

TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

TS VƯƠNG TRỌNG KHA, TS PHẠM VĂN CHUNG, TS NGUYỄN QUỐC LONG

GIÁO TRÌNH

DỊCH ĐỘNG ĐẤT ĐÁ VÀ BỀ MẶT MỎ

HÀ NỘI - 2022

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU	5
CHƯƠNG 1. DỊCH ĐỘNG ĐẤT ĐÁ MỎ HÀM LÒ.....	7
1.1 Một số khái niệm và các thông số dịch động đất đá.....	7
1.1.1 Dịch chuyển biến dạng đất đá xung quanh lò chuẩn bị	7
1.1.2 Dịch chuyển biến dạng đất đá xung quanh lò chợ	10
1.1.3 Vùng ảnh hưởng do khai thác lò chợ trong địa tầng và trên bề mặt mỏ	12
1.1.4 Một số khái niệm cơ bản	17
1.1.5 Các thông số về góc của quá trình dịch chuyển.....	21
1.1.6 Các đại lượng dịch chuyển và biến dạng	25
1.2 Các yếu tố ảnh hưởng đến các thông số dịch động đất đá	27
1.2.1. Các yếu tố liên quan đến điều kiện địa chất mỏ.....	27
1.2.2. Các yếu tố liên quan đến tính chất cơ lý đất đá	29
1.2.3. Các yếu tố liên quan đến điều kiện khai thác.....	32
1.2.4. Các yếu tố liên quan đến điều kiện kỹ thuật công nghệ.....	38
1.3 Các phương pháp nghiên cứu xác định các thông số dịch động đất đá.....	40
1.3.1 Nghiên cứu bằng phương pháp quan trắc thực địa	40
1.3.2 Phương pháp nghiên cứu ở phòng thí nghiệm	41
1.3.3. Nghiên cứu lý thuyết.....	44
HƯỚNG DẪN HỌC TẬP CHƯƠNG 1	47
CHƯƠNG 2. QUAN TRẮC DỊCH CHUYỂN BIẾN DẠNG MỎ HÀM LÒ.....	49
2.1. Khái niệm và phân loại lưới quan trắc	49
2.1.1 Khái niệm	49
2.1.2 Phân loại lưới quan trắc	50
2.2 Khảo sát thiết kế lưới quan trắc.....	52
2.2.1. Xác định đối tượng, mục đích và nhiệm vụ quan trắc	53
2.2.2. Nghiên cứu đặc điểm khu vực và thu thập tài liệu cho công tác thiết kế	54
2.2.3. Mạng lưới quan trắc dịch động	54
2.2.4. Xác định khoảng cách giữa các điểm quan trắc.....	72
2.2.5. Kết cấu mốc và phương pháp bố trí điểm quan trắc ra thực địa	73
2.2.6. Xác định chu kỳ quan trắc.....	73
2.3 Xây dựng các mạng lưới quan trắc.....	74
2.4 Công tác đo dịch chuyển trên mạng lưới quan trắc.....	75
2.4.1 Quan trắc dịch chuyển đứng	75
2.4.2 Quan trắc dịch chuyển ngang.....	75
2.5 Xử lý số liệu quan trắc.....	76
2.6. Một số công nghệ mới trong quan trắc dịch chuyển bề mặt mỏ	80
2.6.1 Quan trắc dịch chuyển biến dạng bề mặt mỏ máy toàn đạc điện tử	80
2.6.2. Quan trắc dịch chuyển biến dạng bề mặt mỏ bằng kỹ thuật InSAR	84
2.6.3. Quan trắc dịch chuyển biến dạng bằng công nghệ GPS/GNSS.....	85
HƯỚNG DẪN HỌC TẬP CHƯƠNG 2	87

CHƯƠNG 3. DỰ BÁO (ƯỚC TÍNH) DỊCH CHUYỂN VÀ BIẾN DẠNG BỀ MẶT DO ẢNH HƯỞNG CỦA KHAI THÁC HÀM LÒ.....	89
3.1 Khái niệm chung.....	89
3.1.1 Mục đích, ý nghĩa và nhiệm vụ công tác dự báo	89
3.1.2 Phân loại lý thuyết dự báo.....	90
3.2. Các phương pháp dự báo dịch chuyển và biến dạng bề mặt đất.....	92
3.2.1 Phương pháp Knothe.....	92
3.2.2 Phương pháp Aversin.....	96
3.2.3 Phương pháp Knothe-Budryk	99
3.2.4 Dự báo theo các phương pháp đường cong mẫu chuẩn	102
3.2.5 Tính toán dự báo theo quy phạm của Nga	115
3.2.6 Tính toán dự báo theo phương pháp địa cơ mỏ	119
3.3 Tính các chỉ số biến dạng cho phép và biến dạng giới hạn.....	125
của các công trình dân dụng và công nghiệp.....	125
3.3.1 Tính các chỉ tiêu biến dạng ước tính với nhà dân dụng Δl	126
3.3.2 Tính các chỉ số biến dạng cho phép và biến dạng giới hạn	128
3.4 Khả năng khai thác dưới các đối tượng, công trình chứa nước.....	136
HƯỚNG DẪN HỌC TẬP CHƯƠNG 3	147
CHƯƠNG 4. CÁC BIỆN PHÁP BẢO VỆ CÔNG TRÌNH VÀ ĐỐI TƯỢNG TỰ NHIÊN KHI KHAI THÁC HÀM LÒ	149
4.1 Khái niệm	149
4.2 Hạng bậc công trình.....	152
4.3. Khoanh vùng ảnh hưởng khai thác hàm lò.....	154
4.4 Các phương pháp tính trụ bảo vệ.....	155
4.4.1 Khái niệm	155
4.4.2 Phương pháp mặt cắt đứng.....	159
4.4.3 Phương pháp đường pháp tuyến	160
4.4.4 Phương pháp các điểm góc	161
4.4.5 Phương pháp đường đồng mức	163
4.5 Xây dựng trụ bảo vệ cho các công trình.....	164
4.5.1 Trụ bảo vệ cho các công trình có diện tích không lớn.....	164
4.5.2 Trụ bảo vệ dưới các công trình có dạng kéo dài	166
4.5.3 Xây dựng trụ bảo vệ cho giếng đứng	167
4.5.4 Xây dựng trụ đỡ chống trượt.....	168
4.5.5 Xây dựng trụ bảo vệ giếng nghiêng	169
4.5.6 Tính trụ bảo vệ dưới các lò xuyên vỉa.....	170
4.5.7 Xây dựng trụ bảo vệ các đối tượng chứa nước	171
4.6 Xén các góc nhọn của trụ bảo vệ.....	172
4.6.1 Xén các góc nhọn theo kinh nghiệm.....	173
4.6.2 Phương pháp tổng hợp xén trụ bảo vệ	174
4.6.3 Phương pháp các đường bán kính.....	175
HƯỚNG DẪN HỌC TẬP CHƯƠNG 4	176
CHƯƠNG 5. DỊCH ĐỘNG ĐẤT ĐÁ MỎ LỘ THIÊN	178

5.1	Khái niệm về độ ổn định bờ mỏ	178
5.1.1.	Khái niệm	178
5.1.2	Cơ chế trượt lở bờ mỏ	180
5.2	Các dạng trượt lở bờ mỏ	181
5.2.1	Phân loại trượt lở bờ mỏ	181
5.2.2	Quan hệ giữa các yếu tố gây trượt lở bờ mỏ	185
5.3	Các yếu tố ảnh hưởng đến ổn định bờ mỏ	186
5.3.1.	Ảnh hưởng của các yếu tố địa chất đến độ ổn định bờ mỏ	186
5.3.2.	Ảnh hưởng của yếu tố địa chất thủy văn và điều kiện khí hậu	188
	đến độ ổn định của bờ mỏ	188
5.3.3.	Ảnh hưởng của yếu tố địa chất công trình đến độ ổn định bờ mỏ	189
5.3.4.	Ảnh hưởng của công nghệ khai thác đến độ ổn định bờ mỏ	192
5.3.5.	Ảnh hưởng của khai thác hầm lò đến độ ổn định bờ mỏ	195
5.4	Lưới quan trắc dịch chuyển bờ mỏ lộ thiên	196
5.4.1	Quan trắc toàn bộ bờ mỏ	196
5.4.2.	Quan trắc sườn dốc của các tầng công tác	201
5.5.	Một số công nghệ mới trong giám sát độ ổn định bờ mỏ	204
5.5.1	Giám sát độ ổn định bờ mỏ bằng thiết bị UAV	204
5.5.2	Ứng dụng công nghệ quét laser 3D mặt đất giám sát biến dạng bờ mỏ	217
5.6	Tính toán độ ổn định bờ mỏ	225
5.7.	Các biện pháp duy trì độ ổn định bờ mỏ	232
5.7.1	Điều chỉnh độ dốc bờ tầng	232
5.7.2	Đề lại trụ bảo vệ	234
5.7.3	Cắt giảm tải bờ dốc	234
5.7.4	Giải tỏa nguy cơ trượt lở	234
	HƯỚNG DẪN HỌC TẬP CHƯƠNG 5	237
	TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	239

LỜI NÓI ĐẦU

Giáo trình Dịch động đất đá và bề mặt mở được các tác giả Nguyễn Đình Bé và Lê Nhân biên soạn lần đầu tiên vào năm 1974. Lần thứ hai, vào năm 2000 các tác giả Nguyễn Đình Bé và Vương Trọng Kha đã biên soạn lại giáo trình này. Đến nay, trong mọi lĩnh vực khoa học kỹ thuật nói chung, trong lĩnh vực địa tin học nói riêng và các lĩnh vực có liên quan đến nghiên cứu dịch chuyển và biến dạng đất đá do ảnh hưởng khai thác mỏ đã có nhiều tiến bộ mới vượt bậc. Bên cạnh đó, các chương trình đào tạo đại học và sau đại học thuộc nhiều ngành nghề của trường Đại học Mỏ- Địa chất cũng đã có nhiều cải cách mang tính đột phá, khoa học để phù hợp với xu thế hòa nhập với thế giới.

Cuốn giáo trình lần này được biên tập dựa theo đề cương môn học và cơ sở các bài giảng về dịch động đất đá và bề mặt mở (MHP 4050534, 4050506) của các giảng viên bộ môn Trắc địa mỏ.

Nội dung giáo trình trình bày các khái niệm cơ bản, các quy luật dịch chuyển và biến dạng đất đá mỏ do ảnh hưởng khai thác trên cơ sở quan trắc bằng các thiết bị và công nghệ địa tin học tiên tiến, hiện đại kết hợp với nghiên cứu đặc điểm địa kỹ thuật, kỹ thuật khai thác và các lý thuyết địa cơ học. Các thông số, các quy luật và kết quả nhận được từ nghiên cứu dịch chuyển và biến dạng đất đá, bề mặt mở có ý nghĩa rất lớn về kinh tế và kỹ thuật đối với công tác hoạt động khoáng sản hiện nay.

Trong lần biên soạn này, giáo trình gồm 5 chương do GVC. TS Vương Trọng Kha chủ biên, các thành viên tham gia (đồng chủ trì): GVC. TS Nguyễn Quốc Long, GVC.TS Phạm Văn Chung. Tập thể bộ môn Trắc địa mỏ hiệu đính.

Các chương được chất lọc, tổng hợp, cập nhật từ các tài liệu, giáo trình và công trình khoa học mới được công bố ở Việt Nam và các nước trên thế giới; đảm bảo tính mới và hiện đại của giáo trình. Giáo trình sẽ là tài liệu chính dùng cho

giảng dạy, học tập phục vụ công tác đào tạo các kỹ sư chuyên ngành trắc địa mỏ, kỹ thuật khai thác và kỹ thuật xây dựng mỏ, đồng thời có thể làm tài liệu tham khảo hữu ích cho các học viên cao học và các nhà nghiên cứu chuyên sâu của trường Đại học Mỏ- Địa chất. Giáo trình có thể dùng cho các cán bộ kỹ thuật ở các mỏ, các nghiên cứu viên ở các viện nghiên cứu khoa học công nghệ mỏ.

Lần đầu tiên trong nội dung giáo trình đã đề cập đến các phương pháp đo, quy trình quan trắc dịch chuyển bằng các thiết bị công nghệ mới thuộc lĩnh vực địa tin học như: toàn đạc điện tử, UAV, quét laser mặt đất, GNSS/CORS,...

Các tác giả rất mong nhận được sự góp ý chân thành về những hạn chế và thiếu sót về mọi mặt của giáo trình mới này để bổ sung và hiệu chỉnh lại.

Mọi ý kiến góp ý xin gửi về địa chỉ: bộ môn Trắc địa mỏ, trường Đại học Mỏ- Địa chất, số 18 phố Viên, phường Đức Thắng, Quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội.

Các tác giả.

CHƯƠNG 1. DỊCH ĐỘNG ĐẤT ĐÁ MỎ HÀM LÒ

1.1 Một số khái niệm và các thông số dịch động đất đá

Quá trình dịch chuyển biến dạng được đặc trưng bởi các thông số có giá trị và ứng dụng khác nhau, gọi là các thông số dịch chuyển. Những thông số này có thể chia làm hai nhóm:

Nhóm thứ nhất gồm các thông số của quá trình dịch chuyển, chủ yếu các đại lượng về chiều dài, các đại lượng không thứ nguyên và một số đại lượng về thời gian.

Nhóm thứ hai gồm chủ yếu các thông số đặc trưng trạng thái ứng suất của khối đất đá nguyên trạng, lực kháng tương hỗ của các vỉ chống tiếp xúc với đá. Việc xác định các thông số nhóm thứ hai đặc trưng cho các hiện tượng lý học trong khối đá nguyên trạng là nhiệm vụ của ngành cơ lý đá mà những năm gần đây nó được coi như một ngành riêng biệt trong lĩnh vực khai thác mỏ.

Các thông số thu nhận được từ kết quả nghiên cứu quá trình dịch chuyển mang những đặc trưng cơ lý của một môi trường đất đá rất phức tạp, không đồng nhất. Xác định dạng hàm số phụ thuộc của chúng là nhiệm vụ quan trọng của vấn đề nghiên cứu dịch chuyển và biến dạng đất đá mỏ.

Phương pháp nghiên cứu chính hiện nay là tìm cách xác định quy luật chủ yếu của sự dịch chuyển đất đá và mặt đất, xác định tính chất cơ lý và những đặc điểm về địa chất khai thác để từ đó xây dựng các phương pháp ước tính dịch chuyển và biến dạng, tính toán thiết kế và bảo vệ các công trình trên mặt đất và dưới hầm lò.

1.1.1 Dịch chuyển biến dạng đất đá xung quanh lò chuẩn bị

Trước khi đi lò đất đá bao quanh khoáng sàng nằm trong trạng thái cân bằng ứng lực tự nhiên. Áp lực trên một đơn vị diện tích của khối đá nguyên trạng ở độ sâu H được tính theo công thức:

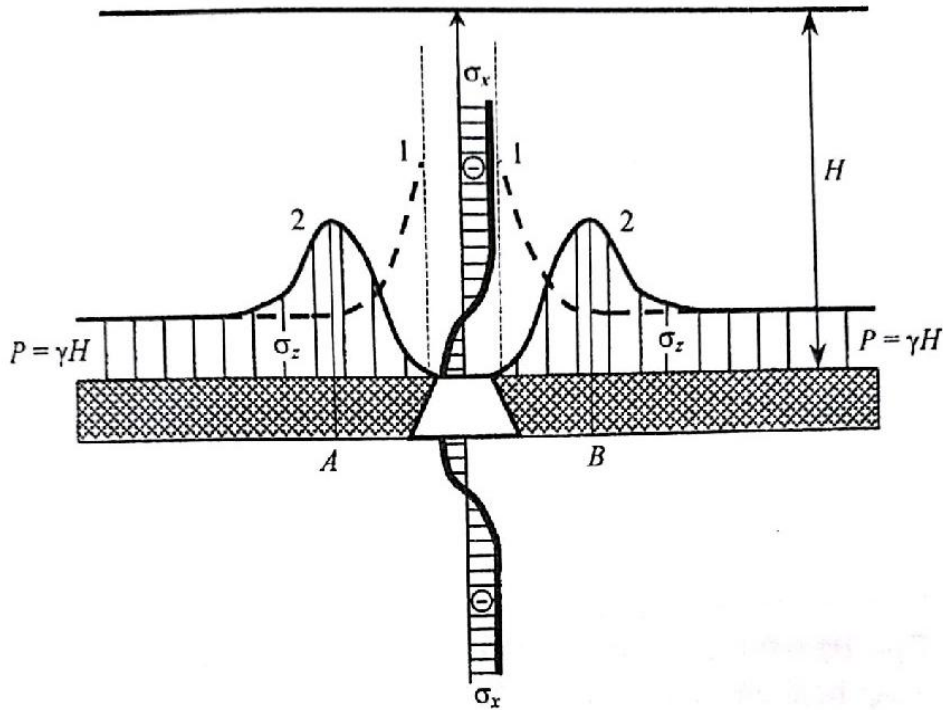
$$P = \sigma_z = \gamma H \quad (1.1)$$

Trong đó: σ_z – Thành phần ứng lực pháp tuyến thẳng đứng; γ - trọng lượng riêng trung bình của khối đá trong cột địa tầng, N/m^3 ; H - Độ sâu trung bình, mét.

Thành phần ứng lực ngang (sườn hông) được tính theo công thức:

$$\sigma_x = \sigma_y = \Delta\sigma_z \quad (1.2)$$

Trong đó: Δ - Hệ số lực đẩy bên



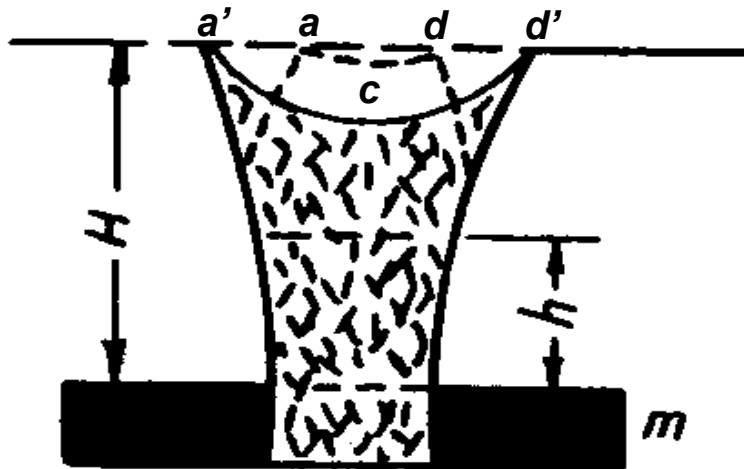
Hình 1.1. Biểu đồ phân bố ứng lực xung quanh lò chuẩn bị

Sau khi đi lò, một phần trọng lượng của cột đá nằm trên nóc lò được chuyển sang hai bên thành lò (hoặc trụ bảo vệ) làm tăng trọng tải ở các vùng này (đường cong 1, hình 1.1). Khi trọng tải tăng vượt quá giới hạn bền nén, đất đá hoặc khoáng sàng ở thành lò sẽ bị phá hủy làm giảm độ chịu tải ở vùng thành lò và gây ra sự chuyển dịch các điểm có ứng lực cực đại về phía sâu trong thành lò, về điểm A và B. Vì thế ứng lực nén pháp tuyến lên vỉa được thể hiện bằng đường cong 2, hình 1.1. Trong khu vực bắt đầu từ bên phải điểm A và bên trái điểm B đến thành lò sẽ xảy ra quá trình giảm dần tải trọng cho đến khi ứng lực nhỏ hơn P . Từ bên trái

điểm A và bên phải điểm B đi sâu vào phía trong thành lò sẽ xảy ra quá trình giảm dần tải trọng cho đến khi ứng lực trở lại giá trị P ban đầu. Giá trị P_{\max} phụ thuộc vào tính chất cơ lý của các lớp đá ở vách và trụ vữa, kích thước đường lò và các yếu tố khác; thường dao động trong phạm vi khá lớn và có thể đạt $(1.5 - 3.0)P$.

Phân bố thành phần ứng lực ngang (ứng lực sườn) được biểu thị bằng đường σ_x trên hình 1.1: vùng đất đá nằm trực tiếp ở nóc hoặc nền lò chịu ứng lực kéo làm giảm tải; khảo sát sâu hơn vào trong khối đá, ứng lực kéo sẽ giảm dần rồi chuyển sang trạng thái chịu ứng lực nén tăng dần để rồi trở về trạng thái ứng lực ban đầu σ_x . Tuy nhiên, nếu đất đá nóc sụt vỡ thì ứng lực nén sẽ không đạt đến giá trị ban đầu σ_x .

Sự sụt vỡ đất đá yếu ở nóc lò sẽ tạo nên vùng sụp đổ vỡ lộn xộn. Chiều cao h của vùng sụp đổ phụ thuộc vào chiều dày của vữa m và hệ số nở rời K_n của đá, (hình 1.2).



Hình 1.2: Hồ phễu sụt lở trên mặt đất do đi lò chuẩn bị

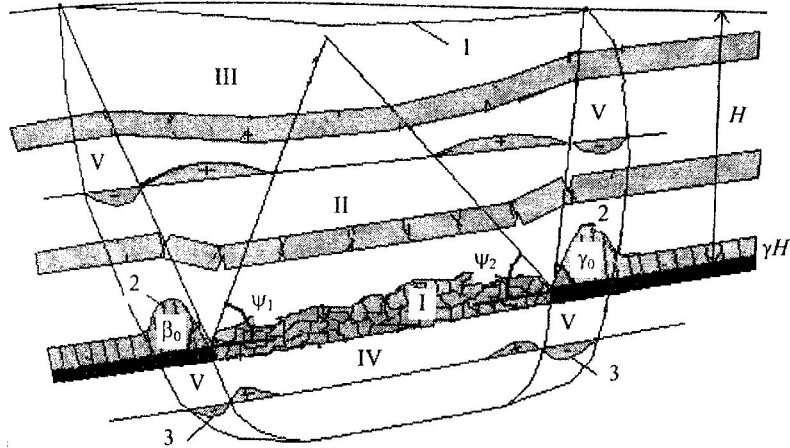
Trong trường hợp độ sâu đường lò H nhỏ và đá nóc yếu thì vùng đổ vỡ có thể lan đến mặt đất và tạo ra hồ phễu sụt lở $a-c-d$ (hình 1.2), sau đó phễu sụt lở sẽ lan rộng ra xung quanh tạo nên hồ lớn hơn $a'-c'-d'$.

1.1.2 Dịch chuyển biến dạng đất đá xung quanh lò chợ

Quá trình khai thác ở lò chợ đã tạo ra những khoảng trống không được chống đỡ dẫn đến sự phá vỡ thể cân bằng tự nhiên của khối đất đá, dưới tác động của trọng lượng bản thân làm chúng dịch chuyển và biến dạng để xác lập nên trạng thái cân bằng mới. Có thể phân biệt 3 giai đoạn phát triển của quá trình dịch chuyển: giai đoạn đầu tiên là sụp đổ hoặc uốn võng lớp đá vách trực tiếp (nóc giả); giai đoạn giữa là uốn võng các lớp đá vách cơ bản và giai đoạn cuối cùng là dịch chuyển lớp đất bồi và bề mặt đất.

Khi độ sâu khai thác và kích thước khoảng trống tạo ra đủ lớn thì quá trình dịch chuyển đất đá sẽ xảy ra dưới các dạng cơ bản như sau (hình 1.3):

- ✓ Sụp đổ- là sự rơi vỡ lộn xộn các lớp, khối đất đá ở vách trực tiếp của vỉa dưới dạng cục, tảng, khối (vùng I- vùng sụp đổ).
- ✓ Uốn võng kèm theo các kẽ nứt cắt ngang và tách lớp- các lớp đất đá ở vách cơ bản của vỉa tuân tự uốn võng vào phía khoảng trống khai thác kèm theo hiện tượng xuất hiện các kẽ nứt cắt lớp và sự tách rời các lớp đá (vùng II)
- ✓ Uốn võng điều hòa- các lớp đất đá mềm ở vách cơ bản hoặc lớp đất bồi không bị tách lớp hoặc không bị nứt cắt khi uốn võng về phía khoảng trống (vùng III)
- ✓ Trồi vách, bùng nền- hiện tượng các lớp đất đá ở thành lò, gương lò hoặc ở nền lò trương nở và uốn cong về phía khoảng trống khai thác
- ✓ Đất đá lún khi chịu áp lực nén, bị vỡ và làm thể tích khối đất đá, tính chất cơ lý bị thay đổi đáng kể.
- ✓ Đất đá trượt dưới các dạng chuyển dịch: trượt theo mặt tiếp giáp giữa các lớp đất đá, trượt đất đá thành lò trong trạng thái ứng suất tới hạn.



Hình 1.3: Dịch chuyển đất đá ở lò chợ khi via bằng hoặc dốc thoải

Vùng sụp đổ lan truyền từ nóc lò lên phía trên, theo phương pháp tuyến với via với chiều cao h xác định theo công thức:

$$h = \frac{m}{K_n} \cos \alpha \quad (1.3)$$

hoặc
$$h = (3-5) \cdot m \quad (1.4)$$

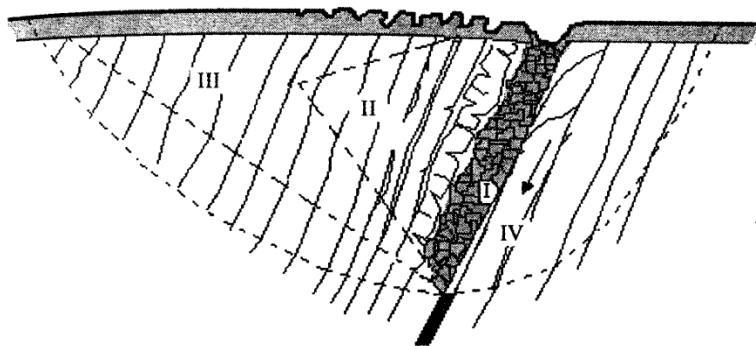
Trong đó: m - Chiều dày của via;

K_n - Hệ số hệ số nở rời của đá trong vùng sụp đổ;

A - Góc dốc của via

Vùng sụp đổ có thể không xuất hiện trong các trường hợp: chiều dày khâu than nhỏ; xảy ra hiện tượng bùng nền, hoặc khi chèn lấp toàn phần hoặc từng phần khoảng trống khai thác.

Chiều cao hợp nhất của hai vùng I và II, tính từ vách via hướng lên phía trên thường dao động trong khoảng $(30-40)m$. Các đối tượng chứa nước trên mặt đất cũng như các via nước ngầm hoặc các đường lò cũ ngập nước nếu nằm trong phạm vi của các vùng này có thể bị bực nước, gây ngập lò đang hoạt động.



Hình 1.4: Sơ đồ dịch chuyển đất đá khi vỉa dốc hoặc dốc đứng

Khi khai thác ở vỉa dốc hoặc dốc đứng, ngoài việc xuất hiện các vùng I, II, III ở vách vỉa, có thể đồng thời xảy ra sự tách lớp, chuyển dịch trượt cắt các lớp đất đá ở trụ vỉa về phía khoảng trống khai thác (vùng IV, hình 1.4). Hậu quả là bề mặt đất bị biến dạng và sẽ xuất hiện các tầng bậc ngược, các kẽ nứt hoặc vùng sụt lở lớn.

Sự dịch chuyển của các lớp đất đá gốc trong các vùng I, II, III cuối cùng sẽ kích hoạt sự dịch chuyển lớp đất bồi và tạo thành bồn dịch chuyển trên mặt đất (đường cong 1 hình 1.3).

Khi khai thác ở độ sâu nhỏ, xấp xỉ bằng (10- 15) lần chiều dày vỉa thì sự dịch chuyển của lớp đất bồi và các lớp đá gốc có thể xảy ra dưới dạng sập đổ; ở độ sâu khá lớn và vỉa bằng thì dễ xảy ra dưới dạng uốn võng theo phương pháp tuyến với vỉa. Khi góc dốc của vỉa lớn hơn 10^0 sự dịch chuyển đất đá gốc xảy ra ở dạng uốn võng theo phương pháp tuyến với vỉa kết hợp với hiện tượng trượt đá vách theo mặt phân lớp yếu ở phía ngược dốc của lò chợ. Hậu quả là trên mặt đất, ở phía ngược dốc vỉa, các vec tơ thành phần dịch chuyển ngang của lớp đất bồi và đá gốc cùng hướng, dẫn đến làm tăng cường độ dịch động ngang; ở phía xuôi dốc vỉa thì các vec tơ trên có hướng ngược nhau nên làm giảm cường độ dịch động ngang. Hiện tượng này rất dễ nhận thấy khi khai thác ở vỉa dốc hoặc dốc đứng.

1.1.3 Vùng ảnh hưởng do khai thác lò chợ trong địa tầng và trên bề mặt mỏ

1.1.3.1 Trong địa tầng đất đá mở

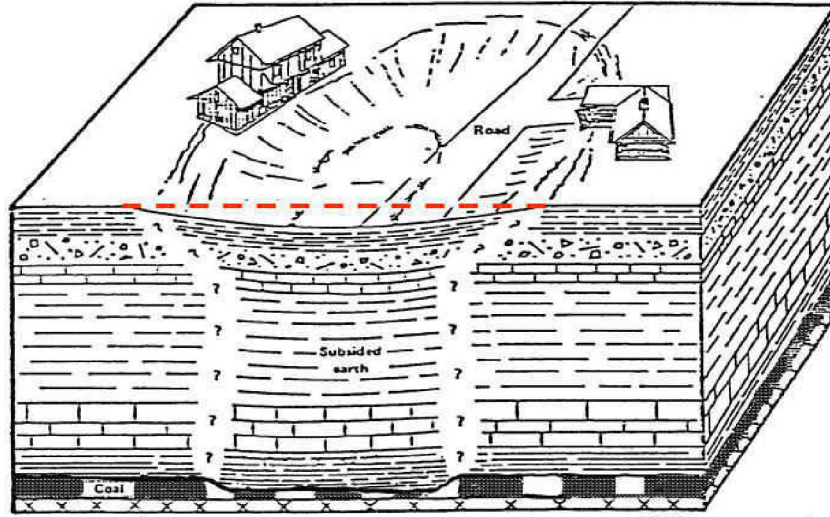
Trong địa tầng đất đá, vùng ảnh hưởng do khai thác có thể xác định một cách gần đúng bằng cách sử dụng các góc biên $\beta_0, (\beta_{01}), \gamma_0, \delta_0$ và kẻ trên các mặt cắt đứng theo dốc, theo phương của vỉa. Trên hình 1.3, vùng đất đá vách (hoặc trụ) vỉa nằm trên (dưới) khoảng trống khai thác là vùng giảm tải; về phía xuôi dốc và ngược dốc của vỉa là vùng áp lực tựa V. Nguyên nhân xuất hiện các vùng trên là do các lớp đất đá vách nằm trên vùng trống khai thác uốn võng về phía lò chợ theo phương pháp tuyến với vỉa giống như sự uốn võng của một thanh dầm có gối tựa ở hai đầu. Phần trọng lượng khối đá nằm trên khoảng trống được truyền tải lên khối đất đá bao xung quanh lò chợ dẫn đến làm tăng áp lực tựa ở vùng thành lò thuộc ranh giới trên và ranh giới dưới (đường cong 2, hình 1.3).

Sự chuyển dịch của các lớp đá ở nóc lò bắt đầu dưới dạng uốn võng, tách lớp dẫn đến hình thành vùng đồng thời chịu ứng lực nén- kéo (đường cong 3, hình 1.3). Khi biến dạng đạt tới giá trị ứng lực giới hạn, các lớp đá sẽ đứt gãy, sụp đổ và dần lấp đầy khoảng trống khai thác. Khối đất đá đổ vỡ này sẽ trở thành gối đỡ cho các lớp đá nằm phía trên (vùng II) đang bị uốn võng xuống. Nếu biến dạng không vượt quá giá trị ứng suất giới hạn thì đất đá vách không sụp đổ nên sẽ không xuất hiện vùng I mà chỉ phát triển vùng II, nơi các lớp đá bị uốn cong, tách lớp cùng với các kẽ nứt cắt vỉa. Khi lò chợ phát triển, tạo ra khoảng trống có kích thước đủ lớn, các lớp đất đá ở vùng II và III sẽ bị đẩy ép trở về dạng vỉa song song với vị trí ban đầu và hình thành vùng dịch chuyển hoàn toàn. Kích thước của vùng này trên các mặt cắt chính theo dốc và theo phương của vỉa được xác định bởi các góc Ψ_1, Ψ_2 và góc Ψ_3 .

1.1.3.2 Trên bề mặt mỏ

Ảnh hưởng do công tác khâu than ở lò chợ tạo ra vùng sụt lún trên bề mặt mỏ được gọi là bồn dịch chuyển (hình 1.5). Khi nghiên cứu các quy luật dịch chuyển biến dạng do ảnh hưởng quá trình khai thác mỏ hầm lò, các nhà khoa học thường tập trung nghiên cứu chủ yếu các biến cố xảy ra trong phạm vi bồn dịch

chuyển. Ranh giới của bồn dịch chuyển là đường nối các điểm có giá trị biến dạng ngang ε và biến dạng đứng i không vượt quá $0,5 \cdot 10^{-3}$ hoặc có giá trị dịch chuyển đứng (lún) bằng $15 \div 20$ mm [2].



Hình 1.5. Bồn dịch chuyển do khai thác hầm lò

Thông thường, trong phạm vi bồn dịch chuyển trên mặt đất được phân biệt các vùng (hình 1.6) sau đây:

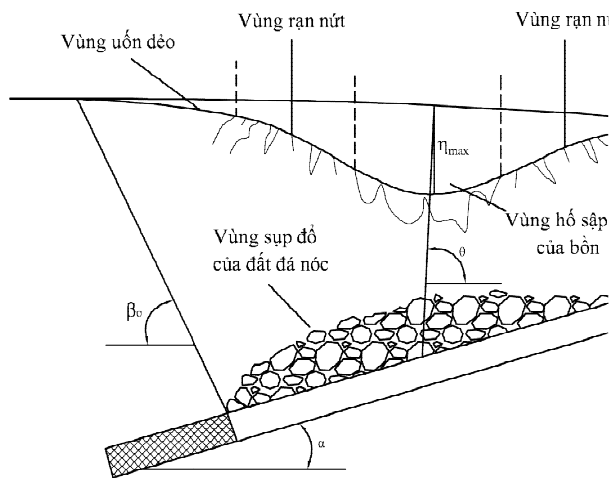
1. *Vùng dịch chuyển nguy hiểm* - là vùng bề mặt đất trong bồn dịch chuyển xuất hiện các biến dạng làm các công trình và các đối tượng tự nhiên bị ảnh hưởng nghiêm trọng, gây nguy hiểm. Ranh giới của vùng dịch chuyển nguy hiểm là đường nối các điểm có các giá trị biến dạng giới hạn: biến dạng đứng $i = 4 \cdot 10^{-3}$, biến dạng cong $k = 0,2 \cdot 10^{-3}$, biến dạng ngang $\varepsilon = 2 \cdot 10^{-3}$; trong phạm vi vùng này có thể xuất hiện các vùng: sụp đổ, rạn nứt và một phần vùng uốn dẹo.

2. *Vùng sụp đổ* - một phần trong bồn dịch chuyển có xuất hiện hố sụt lở, hào rãnh sâu, khe nứt, tầng bậc. Ranh giới của vùng này là đường nối các kẽ nứt có độ rộng lớn hơn 25 cm.

3. *Vùng rạn nứt* - vùng có các kẽ nứt chia cắt bề mặt đất và tạo thành các kẽ nứt nhìn thấy được. Các đối tượng chứa nước nằm trong vùng sụp đổ và rạn nứt sẽ bị hư hại, gây mất nước và ngập lụt đường lò.

4. *Vùng dịch chuyển dẻo, êm dịu* - vùng mặt đất chuyển dịch lún xuống êm dịu, giữ được tính nguyên vẹn của các lớp đá do không có các kẽ nứt chia cắt.

5. *Vùng đáy bồn phẳng* là vùng khi có độ lún đều, không có biến dạng đứng. Trên hình 1.6 bồn dịch chuyển có đáy lõm với độ lớn dịch chuyển đứng là η_{\max} và có góc lún cực đại θ .

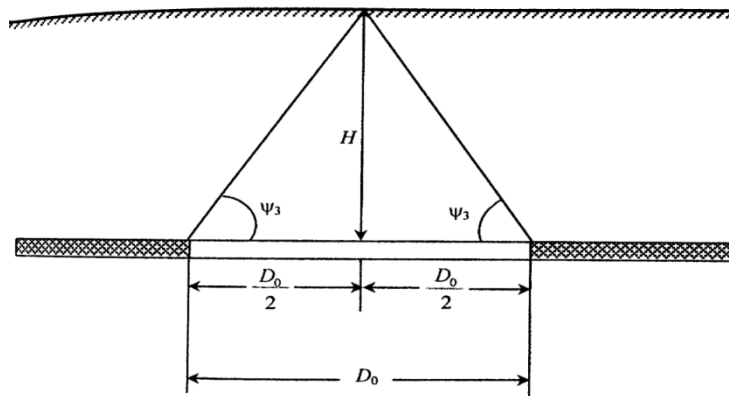


Hình 1.6. Các vùng ảnh hưởng trong bồn dịch chuyển

Hình dạng và kích thước của *bồn dịch chuyển* phụ thuộc vào các điều kiện địa chất- khai thác khác nhau:

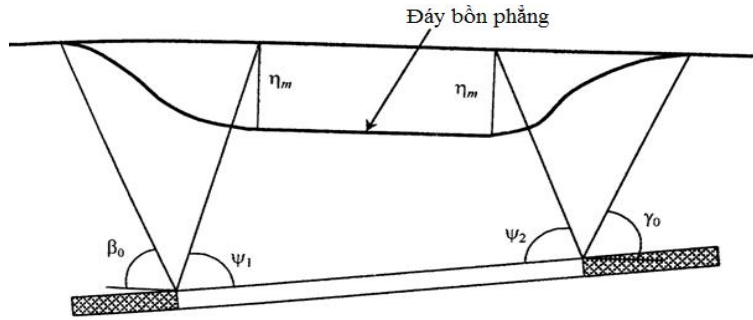
- ✓ Chiều dày khấu than và góc dốc của vỉa;
- ✓ Độ sâu khai thác;
- ✓ Cấu trúc địa tầng và tính chất cơ lý đất đá;
- ✓ Số lượng lò chợ khai thác;
- ✓ Chiều dày lớp đất phủ;
- ✓ Dạng đứt gãy, uốn nếp;

Giá trị cường độ dịch chuyển và biến dạng trong bồn, đơn cử như giá trị dịch chuyển đứng (η), phụ thuộc chủ yếu vào kích thước khoảng trống khai thác. Diện tích khoảng trống càng lớn thì những giá trị dịch chuyển và biến dạng trong bồn càng tăng. Tuy nhiên, khi kích thước diện tích khai thác tăng đến một giá trị nhất định nào đó là D_0 thì các giá trị dịch chuyển và biến dạng bề mặt đất không tăng lên nữa. Thời điểm khai thác đạt đến mức độ này được gọi là *khai thác hoàn toàn*; Ở thời điểm này tâm của đáy bồn dịch chuyển trên bề mặt đất có dịch chuyển đứng đạt giá trị cực đại lớn nhất là η_0 (hình 1.7) và sau đó độ lún không tăng lên nữa khi kích thước khoảng trống tiếp tục mở rộng. Đáy bồn dịch chuyển sau thời điểm đạt mức *khai thác hoàn toàn* sẽ có dạng phẳng (hình 1.8); tại thời điểm đạt mức khai thác hoàn toàn đáy bồn chỉ có một điểm có giá trị lún cực đại η_0 .



Hình 1.7: Xác định D_0 tại thời điểm đạt mức khai thác hoàn toàn

Còn trước thời điểm đạt mức *khai thác hoàn toàn* đáy bồn chỉ có một điểm có giá trị lún cực đại η_{\max} (hình 1.6).



Hình 1.8: Đáy bôn có dạng phẳng khi vượt mức khai thác hoàn toàn

1.1.4 Một số khái niệm cơ bản

1. Hệ số đánh giá mức độ bị khai thác dưới (hệ số bị khai thác) là tỷ số giữa kích thước của lò chợ hiện trạng là D_i với kích thước D_0 tương ứng với thời điểm đạt mức khai thác hoàn toàn. Phân biệt hệ số bị khai thác theo dốc là n_1 và theo phương của vỉa là n_2 , và được tính như sau:

$$n_1 = \frac{D_1}{D_0} = 0,5 \frac{D_1}{H} \operatorname{tg} \Psi_3 \quad (1.5)$$

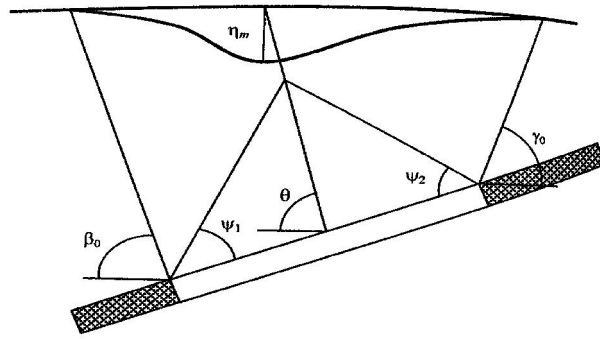
$$n_2 = \frac{D_2}{D_0} = 0,5 \frac{D_2}{H} \operatorname{tg} \Psi_3 \quad (1.6)$$

Trong đó: D_1, D_2 - kích thước theo dốc và theo phương của khoảng trống khai thác hiện tại; Ψ_3 - góc dịch chuyển hoàn toàn theo phương của vỉa.

Kích thước của lò chợ tương ứng với thời điểm đạt mức khai thác hoàn toàn xác định theo hình 1.7 như sau:

$$0,5D_0 = H \operatorname{ctg} \Psi_3; D_0 = 2H \operatorname{ctg} \Psi_3; \text{ suy ra: } \frac{D_i}{D_0} = \frac{D_i}{2H \operatorname{ctg} \Psi_3} = 0,5 \frac{D_i}{H} \operatorname{tg} \Psi_3$$

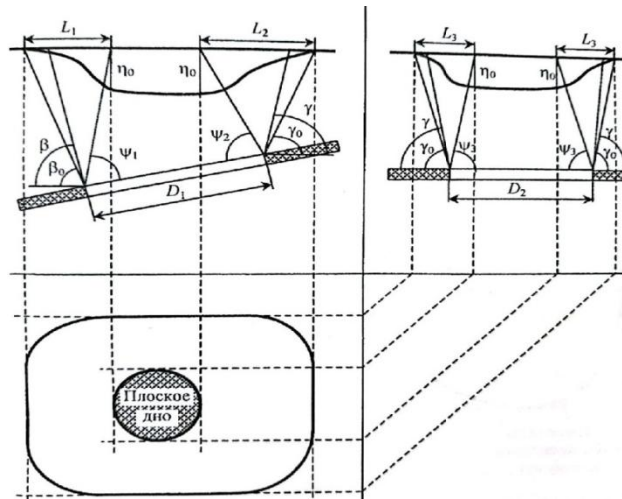
Trong trường hợp kích thước khoảng trống đạt hoặc vượt mức khai thác hoàn toàn thì các hệ số $n_1, (n_2) \geq 1$ (hình 1.8, 1.10); còn ngược lại thì $n_1, (n_2) < 1$ (hình 1.9, 1.11).



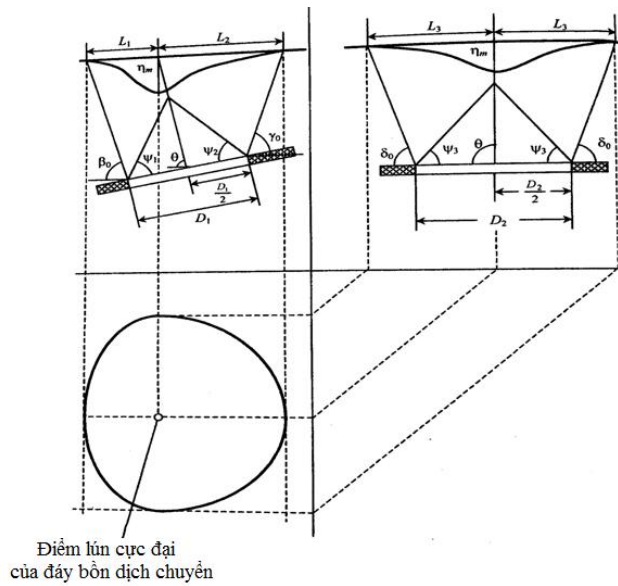
Hình 1.9: Khai thác chưa hoàn toàn, đáy bồn có một giá trị cực đại η_{max}

2. Mặt cắt chính – mặt cắt đứng theo dốc hoặc theo phương của vỉa và đi qua đáy bồn dịch chuyển (đi qua điểm lún cực đại η_{max}) được gọi là mặt cắt chính. Trường hợp khai thác vượt mức hoàn toàn thì có nhiều mặt cắt chính đi qua đáy bồn. Thông thường tương quan vị trí của bồn dịch chuyển ở trên mặt đất so với khoảng trống khai thác (lò chợ) ở trong địa tầng chứa than được xác định dựa vào các mặt cắt chính theo dốc và theo phương của vỉa, bằng cách sử dụng các góc biên, góc dịch chuyển, góc lún cực đại, góc dịch chuyển hoàn toàn, (hình 1.10 - 1.13). Trên các hình vẽ, D_1 , D_2 là kích thước lò chợ theo dốc và theo phương của vỉa; L_1 - chiều dài bán bồn theo hướng xuôi dốc vỉa, L_2 - chiều dài bán bồn theo hướng ngược dốc vỉa và L_3 - chiều dài bán bồn theo phương của vỉa, hình 1.12.

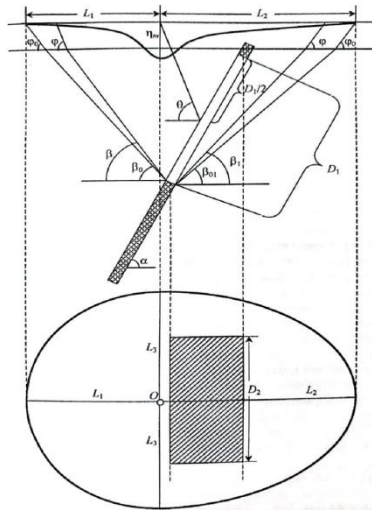
2. Bán bồn dịch chuyển (L_1 , L_2 , L_3). Trên các mặt cắt chính, kích thước bán bồn dịch chuyển là khoảng cách theo phương nằm ngang từ điểm lún cực đại đến ranh giới bồn dịch chuyển (trong trường hợp khai thác chưa đạt hoàn toàn); khi khai thác vượt mức hoàn toàn là khoảng cách từ ranh giới đáy bồn phẳng đến ranh giới bồn. Phân biệt bán bồn theo hướng xuôi dốc- L_1 , ngược dốc- L_2 và theo phương của vỉa- L_3 .



Hình 1.10: Bồn dịch chuyển khi khai thác hoàn toàn



Hình 1.11: Bồn dịch chuyển khi khai thác chưa hoàn toàn ở vĩa bằng hoặc dốc thoải



Hình 1.12: Bùn dịch chuyển khi khai thác chưa hoàn toàn ở vỉa dốc và dốc đứng

3. Độ sâu khai thác tương đối K được thể hiện bằng tỷ số giữa chiều sâu khai thác H với chiều dày của vỉa m .

$$K = \frac{H}{m} \quad (1.7)$$

4. Độ sâu khai thác an toàn H_a là độ sâu mà tại mức đó hoặc sâu hơn nữa nếu tiến hành khai thác thì không gây ra những biến dạng lớn ảnh hưởng đến công trình, nhà cửa và các đối tượng khác trên mặt đất.

$$H_a = K_a \cdot m \quad (1.8)$$

Trong đó: m - chiều dày vỉa than; K_a - Hệ số an toàn, xác định theo kết quả quan trắc thực địa kết hợp với tính toán bằng cơ sở lý thuyết.

5. Hệ số an toàn K_a là đại lượng tương quan với độ sâu khai thác an toàn H_a .

$$K_a = \frac{H_a}{m} \quad (1.9)$$

Các giá trị của hệ số an toàn K_a được dùng để giải quyết các vấn đề có liên quan đến việc bảo vệ các công trình khỏi ảnh hưởng nguy hại của quá trình khai thác.

6. Thời gian chung của quá trình dịch chuyển mặt đất- T là khoảng thời gian mà bề mặt đất nằm trên khoảng trống khai thác bị dịch chuyển biến dạng. Thời điểm quá trình dịch chuyển được xem là kết thúc khi lũy kế độ lún mặt đất sau 6 tháng không vượt quá 30mm. Nếu biết thời gian chung của quá trình dịch chuyển T sẽ xác định được khả năng thi công các trình trên khu vực đã khai thác và giải quyết nhiều vấn đề thực tế khác.

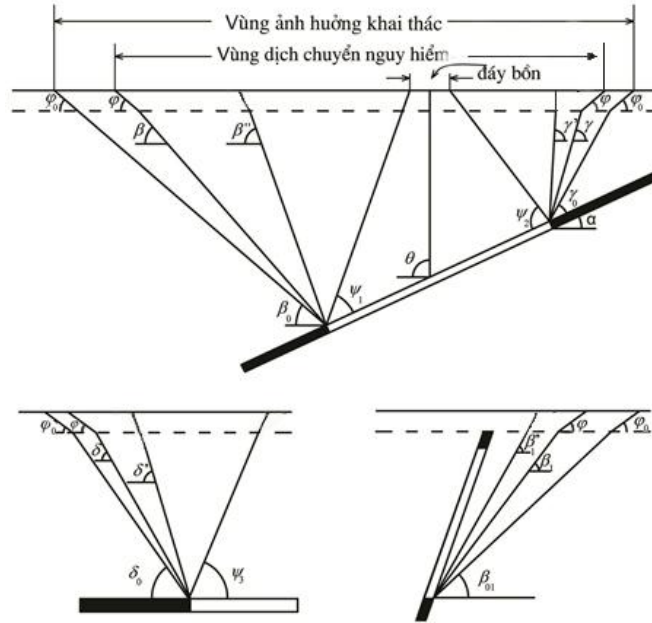
7. Thời kỳ biến dạng nguy hiểm của mặt đất là thời gian mà tốc độ lún không nhỏ hơn $V \geq 50\text{mm}$ trong một tháng đối với vỉa dốc thoải và dốc; $V \geq 30\text{mm}$ trong một tháng với vỉa dốc đứng. Trong thời kỳ này các công trình trên bề mặt bị khai thác dưới sẽ chịu các tác động biến dạng lớn nhất.

1.1.5 Các thông số về góc của quá trình dịch chuyển

1. Các góc biên (góc giới hạn) $\beta_0, \beta_{01}, \gamma_0, \delta_0, \varphi_0$ (hình 1.13) trong các lớp đá gốc là các góc nằm ngoài vùng trống khai thác. Trên các mặt cắt chính của bồn dịch chuyển các góc này được tạo bởi đường nối ranh giới vùng trống khai thác đến các điểm ranh giới của bồn dịch chuyển trên mặt đất với các đường thẳng nằm ngang.

Trên mặt cắt chính theo dốc và theo phương của vỉa, vùng dịch chuyển được giới hạn bởi các góc biên $\beta_0, \beta_{01}, \gamma_0, \delta_0, \varphi_0$ như sau:

- β_0 - Góc biên ở ranh giới dưới của lò chợ, về phía vách vỉa;
- β_{01} - Góc biên ở ranh giới dưới của lò chợ, về phía trụ vỉa (trường hợp vỉa dốc đứng, hình 1.13.c);
- γ_0 - Góc biên ở ranh giới trên của lò chợ;
- δ_0 - Góc biên ở ranh giới lò chợ, trên mặt cắt đứng theo phương của vỉa.
- φ_0 - Góc biên trong lớp đất phủ.



Hình 1.13. Các thông số về góc dịch chuyển

2. Các góc dịch chuyển β , β_1 , γ , δ , φ (hình 1.13) trong các lớp đá gốc là các góc nằm ngoài vùng trống khai thác. Trên các mặt cắt chính của bồn dịch chuyển các góc này được tạo bởi đường nối ranh giới vùng trống khai thác đến các điểm là ranh giới của vùng dịch chuyển nguy hiểm trên mặt đất với các đường thẳng nằm ngang. Trên mặt cắt chính theo dốc và theo phương của vỉa, vùng dịch chuyển nguy hiểm được giới hạn bởi các góc dịch chuyển β , β_1 , γ , δ , φ như sau:

- β - Góc dịch chuyển ở ranh giới dưới của lò chợ, về phía vách vỉa;
- β_1 - Góc dịch chuyển ở ranh giới dưới của lò chợ, về phía trụ vỉa (trường hợp vỉa dốc đứng, hình 1.13.c);
- γ - Góc dịch chuyển ở ranh giới trên của lò chợ;
- δ - Góc dịch chuyển trên mặt cắt đứng theo phương của vỉa.
- φ - Góc dịch chuyển trong lớp đất bồi.

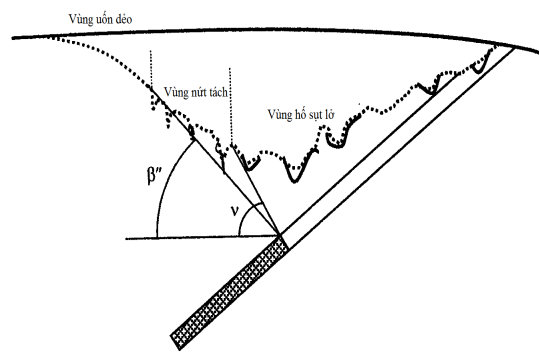
Các góc β_{01} và β_1 sử dụng để ký hiệu sự dịch chuyển đất đá trụ vỉa khi khai thác vỉa dốc, với $\alpha \geq \alpha_{gh}$. Trong đó α - góc dốc của vỉa; α_{gh} - là giá trị góc dốc giới

hạn khi bắt đầu xảy ra dạng dịch trượt đất đá ở trụ vỉa vào khoảng trống khai thác, hình 1.12. Giá trị góc giới hạn trượt α_{gh} ($\alpha_{gh} = 56^0 - 70^0$) phụ thuộc vào cấu trúc và độ kiên cố của các lớp đất đá trụ. Nếu $\alpha < \alpha_{gh}$ thì không xảy ra hiện tượng dịch trượt đất đá trụ; còn nếu $\alpha \geq \alpha_{gh}$ thì đất đá trụ vỉa sẽ bị dịch trượt, trong trường hợp này sẽ thay các góc γ_0 và γ bằng các góc β_{01} và β_1 .

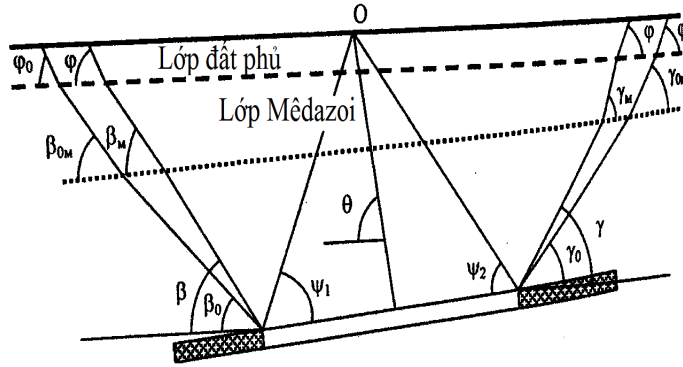
3. Các góc đứt tách β'' , β''_1 , γ'' , δ'' : Khi độ sâu khai thác không đáng kể, chiều dày vỉa than lớn hoặc khi khai thác mở quặng thì trong vùng đáy bồn dịch chuyển sẽ xuất hiện các hố sụt lở, các kẽ nứt dài và sâu. Ranh giới bao vùng bị biến dạng phá hủy như vậy được xác định bằng các góc đứt tách β'' , β''_1 , γ'' , δ'' . Các góc đứt tách được định nghĩa là các góc nằm ngoài vùng trống khai thác, được tạo bởi đường nối ranh giới vùng trống khai thác tới kẽ nứt đầu tiên tính từ ranh giới của bồn dịch chuyển đi vào phía tâm bồn với các đường thẳng nằm ngang. Ký hiệu các góc đứt tách trên mặt cắt chính theo dốc là β'' , β''_1 , γ'' và theo phương vỉa là δ'' , hình 1.13.

Các góc đứt tách được sử dụng để xác định vùng ảnh hưởng nguy hiểm đến những đối tượng chứa nước, cũng như để đánh giá mức độ ảnh hưởng nguy hiểm đến các công trình riêng rẽ như đường tàu điện, đường bộ, đường dây tải điện, ...

Trong lớp đất phủ (đệ tam, đệ tứ) phân biệt góc biên - φ_0 và góc dịch chuyển - φ , (hình 1.13, 1.15) nhưng không phân biệt góc đứt tách trong các lớp đá gốc và đất phủ.



Hình 1.14: Góc đứt tách và vùng xuất hiện hố sụt lở trong bồn dịch chuyển



Hình 1.15: Các thông số về góc trong đất phủ và đá góc

Trong các lớp đá tuổi Medzoi phân biệt các góc biên β_{0M} , γ_{0M} , δ_{0M} và các góc dịch chuyển là β_M , γ_M , δ_M , hình 1.15.

1. Góc sụp đổ v

Khi khai thác các mỏ quặng, trên mặt đất có thể xuất hiện vùng có các hố sâu, hào sụt lở, các khe nứt lớn. Khai thác than ở độ sâu (20-30)m (m- chiều dày vỉa than) cũng có thể gây ra vùng sụp đổ có đặc điểm tương tự và nằm phía trên lò chợ, hình 1.14. Để xác định ranh giới vùng hố sâu và hào sụt lở cần sử dụng góc sụp đổ v ; trên các mặt cắt chính theo dốc và theo phương của vỉa góc sụp đổ v được hợp bởi đường thẳng nằm ngang với đường thẳng nối ranh giới khai thác với ranh giới của vùng sụp đổ trên mặt đất.

2. Góc lún cực đại θ

Trên mặt cắt chính theo dốc vỉa góc lún cực đại θ (hình 1.15) là góc nhọn được tạo bởi đường thẳng nằm ngang với đường thẳng nối điểm trung tâm lò chợ đến điểm lún cực đại trên mặt đất khi khai thác chưa hoàn toàn ($n_1; n_2 < 1$) hoặc đến tâm điểm của đáy bồn phẳng ($n_1; n_2 \geq 1$). Góc lún cực đại θ dùng để xác định điểm có độ lún cực đại của bồn dịch chuyển, trong tính toán dịch chuyển thường lấy điểm này làm góc tọa độ. Góc θ được xem là cố định trong tất cả các lớp đất đá; không phân biệt trong lớp đá góc hoặc lớp đất bồi.

3. Góc dịch chuyển hoàn toàn Ψ_1, Ψ_2, Ψ_3

Là góc trong tương ứng với vùng trống khai thác. Trên các mặt cắt chính theo dốc hoặc phương của vỉa góc dịch chuyển hoàn toàn được tạo bởi đường thẳng nối từ biên giới khai thác đến điểm ranh giới của đáy bồn ($n_1; n_2 \geq 1$) với mặt phẳng vỉa. Phân biệt các góc dịch chuyển hoàn toàn như sau (hình 1.15):

- Góc dịch chuyển hoàn toàn ở ranh giới dưới lò chợ, ký hiệu Ψ_1
- Góc dịch chuyển hoàn toàn ở ranh giới trên lò chợ, ký hiệu Ψ_2
- Góc dịch chuyển hoàn toàn theo phương của vỉa, ký hiệu Ψ_3

1.1.6 Các đại lượng dịch chuyển và biến dạng

1. Các đại lượng dịch chuyển η, ξ

Kết quả quan trắc cho thấy do ảnh hưởng khai thác dưới, các điểm mốc trên mặt đất chuyển dịch theo một quỹ đạo rất phức tạp. Véc tơ dịch chuyển của các điểm và các véc tơ thành phần của chúng luôn thay đổi về hướng và giá trị. Véc tơ dịch chuyển của một điểm có thể phân tích thành ba thành phần: dịch chuyển đứng (lún)- η , dịch chuyển ngang- ξ và dịch chuyển theo phương vuông góc với mặt cắt chính (độ lệch tuyến)- ζ . Trên các mặt cắt chính, giá trị véc tơ thành phần độ lệch tuyến ζ rất nhỏ nên có thể bỏ qua không xét tới. Như vậy, đại lượng dịch chuyển của các điểm thuộc bồn bao gồm hai thành phần chính: dịch chuyển đứng (lún) - η và dịch chuyển ngang - ξ . Giá trị của các đại lượng này xác định theo các công thức sau:

$$\eta_i = H_0 - H_i; \quad (1.10)$$

$$\xi_i = D_n^i - D_n^0 \quad (1.11)$$

Trong đó: H_0, H_i - độ cao của điểm mốc ở đợt quan trắc chuẩn (lần đầu tiên) và lần đo thứ i ; D_n^0 - là khoảng cách ngang từ mốc cố định đến mốc quan trắc n ở đợt đo chuẩn; D_n^i - là khoảng cách ngang từ mốc cố định đến mốc quan trắc n ở đợt đo thứ i

2. Các đại lượng biến dạng i, k, ε

Chuyển dịch ngang và lún không đều giữa các điểm mốc trên mặt đất sẽ gây ra sự biến dạng. Các chỉ số biến dạng bao gồm các đại lượng: nghiêng - i ; cong - k và biến dạng ngang - ε .

Các đại lượng này được xác định theo các công thức sau:

– Biến dạng nghiêng của một đoạn:
$$i_i = \frac{\eta_j - \eta_{j-1}}{l_0} \quad (1.12)$$

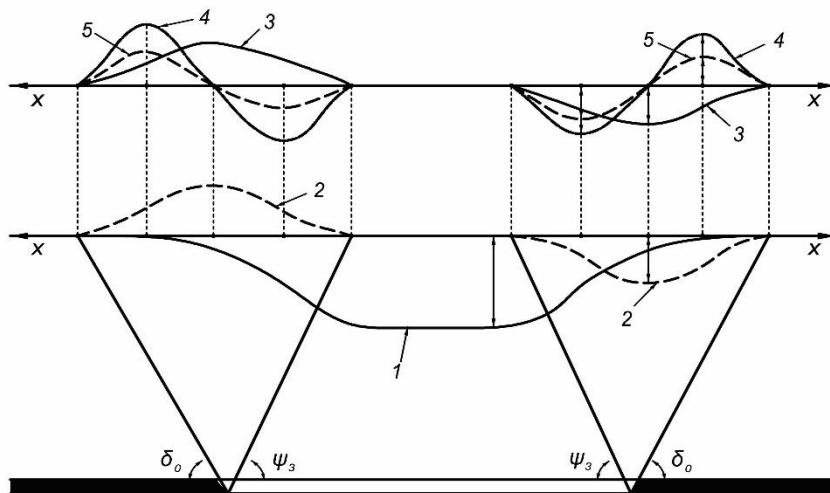
Trong đó: η_{j-1} , η_j – độ lún của các mốc thứ $j-1$ và j ở đợt đo thứ i ; i_i – độ nghiêng của đoạn trên ở đợt quan trắc thứ i ; l_0 – khoảng cách đo được giữa 2 mốc ở đợt quan trắc chuẩn (đợt đo đầu tiên).

– Biến dạng cong giữa hai đoạn kế tiếp nhau:
$$k_i = \frac{i_j - i_{j-1}}{l_{tb}} \quad (1.13)$$

Trong đó: i_{j-1} , i_j – độ nghiêng của hai đoạn kế tiếp nhau $j-1$ và j ; l_{tb} – khoảng cách trung bình giữa hai đoạn kế tiếp; k_i – độ cong ở đợt quan trắc thứ i tương ứng giữa hai đoạn $j-1$ và j .

– Biến dạng ngang của đoạn thẳng giữa hai mốc:
$$\varepsilon_i = \frac{l_i - l_0}{l_0} \quad (1.14)$$

Trong đó: l_0 , l_i – khoảng cách giữa hai mốc ở lần đo thứ i và lần đo chuẩn (lần đầu tiên)



Hình 1.16: Tính chất phân bố dịch chuyển và biến dạng mặt đất

Trong đó: 1- độ lún (η); 2- dịch chuyển ngang (ξ); 3- biến dạng nghiêng (i); 4- biến dạng ngang (ε); 5- biến dạng cong (K); $R=1/K$ - bán kính cong.

Giữa các đại lượng dịch chuyển và biến dạng có mối tương quan như sau:

$$i = \frac{\partial \eta}{\partial x} ; \quad k = \frac{\partial i}{\partial x} = \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} ; \quad \varepsilon = \frac{\partial \xi}{\partial x} \quad (1.15)$$

Trong bồn dịch chuyển có thể phân biệt một số điểm đặc trưng: tại những điểm uốn của đường cong lún η sẽ có giá trị độ nghiêng $i = i_{\max}$, độ cong $k=0$, dịch chuyển ngang $\xi = \xi_{\max}$ và biến dạng ngang $\varepsilon = 0$.

Khi vỉa dốc và dốc đứng sự phân bố dịch chuyển và biến dạng tương quan với tâm bồn sẽ không cân đối. Ở nửa bồn dịch chuyển phía ngược dốc, điểm có biến dạng ngang cực đại tiến dần đến điểm có độ lún cực đại khi góc dốc vỉa tăng dần từ dốc đến dốc đứng và không trùng với điểm có độ nghiêng cực đại. Điểm có dịch chuyển ngang cực đại $\xi = \xi_{\max}$ chuyển dịch về phía ngược dốc của vỉa; khi vỉa dốc đứng nó nằm gần sát biên giới của bồn dịch chuyển,....

Cần nghiên cứu xác định và đánh giá các đại lượng dịch chuyển biến dạng để dự báo cho các lần khai thác tiếp theo thì các thông số dịch chuyển sẽ thay đổi và ảnh hưởng như thế nào đến các công trình trên mặt đất cũng như quá trình khai thác. Lựa chọn phương pháp điều khiển áp lực mỏ, hoặc để lại trụ bảo vệ... là biện pháp tối ưu nhất đảm bảo an toàn và hiệu quả sản xuất.

1.2 Các yếu tố ảnh hưởng đến các thông số dịch động đất đá

Các yếu tố ảnh hưởng đến các thông số dịch chuyển được chia là bốn nhóm chính sau:

- Nhóm các yếu tố điều kiện địa chất mỏ;
- Nhóm các yếu tố tính chất cơ lý đất đá;
- Nhóm các yếu tố điều kiện khai thác;
- Nhóm các yếu tố điều kiện kỹ thuật công nghệ.

1.2.1. Các yếu tố liên quan đến điều kiện địa chất mỏ

1. Độ dốc địa hình

Địa hình mỏ có ảnh hưởng rất lớn đến quá trình dịch chuyển đất đá, đặc biệt là ở những vùng đồi núi, nơi có sườn dốc lớn như khu vực Lộ Trí mỏ Thống Nhất... Khai thác hầm lò dưới những sườn núi dốc như vậy sẽ gây trượt theo mặt tiếp xúc yếu trong đá gốc hoặc giữa đá gốc với lớp đất phủ. Kết quả quan trắc vùng Lộ Trí, nơi có địa hình dốc 35° , cho thấy các véc tơ dịch chuyển trên các tuyến quan trắc ở đây luôn hướng theo bờ dốc.

2. Địa chất cấu tạo

Cấu tạo các lớp đất đá, mức độ phân lớp, phân nhện ảnh hưởng đến mức độ dịch chuyển biến dạng. Thứ tự các lớp đất đá ảnh hưởng lớn đến tính chất dịch chuyển. Nếu lớp đá cứng (cát kết, đá vôi,...) nằm dưới những lớp đá yếu (bột kết, sét kết...) thì sự phá hủy và dịch chuyển mãnh liệt ở các lớp đá dưới được các lớp đá yếu nằm trên điều hòa, vì vậy dịch chuyển mặt đất sẽ xảy ra điều hòa hơn. Với trình tự cấu tạo ngược lại thì dịch chuyển mặt đất sẽ phức tạp và thường xuất hiện những kẽ nứt.

Chiều dày các lớp đất đá lớn, thời gian dịch chuyển sẽ kéo dài hơn, dễ xảy ra dịch chuyển trượt và tách lớp khi bị uốn. Khi via dốc, các lớp đá có cấu tạo không đồng nhất, dễ xảy ra chuyển dịch trượt theo các mặt tiếp giáp yếu, trên mặt đất hình thành những kẽ nứt.

3. Địa chất thủy văn

Các loại đá yếu khi ngậm nước có ảnh hưởng lớn đến quá trình dịch chuyển. Kết quả quan trắc dịch chuyển trên các mỏ đã khẳng định về mùa mưa tốc độ dịch chuyển tăng lên từ 10- 20 lần so với mùa khô hanh. Trong đất bồi và đá gốc yếu ngậm nước thì giá trị của các góc dịch chuyển sẽ giảm đi. Tháo khô đá ngậm nước có thể gây lún thậm chí đến 0,5m mặc dù không tiến hành khai thác.

4. Địa chất công trình

Đối với đá yếu như: sét, phiến sét hoặc các loại đá khác thì dự báo dịch chuyển xảy ra điều hòa và nhanh hơn so với đất đá cứng. Trong những điều kiện giống nhau, độ lún cực đại khi khai thác ở vùng đá cứng nhỏ hơn ở vùng có đá yếu.

5. Địa chất kiến tạo (uốn nếp và đứt gãy)

Dịch chuyển đất đá ở vùng có hoạt động kiến tạo mang tính chất đặc trưng riêng và phụ thuộc vào dạng kiến tạo địa chất.

Ở vùng uốn nếp lõm kích thước nửa bồn dịch chuyển phía dốc giảm đi, dẫn đến dịch chuyển tập trung trong một khu vực nhỏ hơn nên biến dạng mặt đất sẽ tăng lên. Phương pháp xác định vùng dịch chuyển nguy hiểm ở vùng uốn nếp lõm phụ thuộc vào góc dốc của các cánh vế nếp uốn.

Ở phía ngược dốc, ranh giới vùng nguy hiểm được xác định theo góc γ kể từ ranh giới khai thác trên và góc φ trong lớp đất bồi khi không có chuyển dịch trượt ở đá vách và dịch chuyển đá trụ. Trong trường hợp này cần kiểm tra điều kiện dịch chuyển đất đá H_{TR} và H_{RGT} (độ sâu ranh giới trên và độ sâu giới hạn xảy ra dịch trượt ở phía ranh giới trên).

1.2.2. Các yếu tố liên quan đến tính chất cơ lý đất đá

Quy luật dịch chuyển đất đá và sự phân bố không gian của chúng trên bề mặt trong lòng đất phụ thuộc vào tính chất cơ lý của đất đá trong khu vực. Đất đá có niên đại hình thành khác nhau nên sự phân bố, thể nằm, các thông số lớp và đặc tính cơ lý cũng khác nhau. Đất đá được chia làm ba loại: đất đá rắn, bờ rời và dẻo, các đặc tính của các loại đất đá này sẽ bị biến đổi do quá trình khai thác có ảnh hưởng tới các đại lượng dịch chuyển đất đá và biến dạng bề mặt: độ cứng, tính phân lớp, tính lưu biến, trọng lượng riêng và tỷ trọng, độ rỗng, tính thấm thấu nước, khả năng tự chảy.

1. Độ kiên cố (f) của đất đá

Độ cứng của đất đá phụ thuộc vào thành phần thạch học, thành phần cấu trúc hạt. Độ cứng của đất đá được đặc trưng bằng các chỉ số dưới đây:

- Độ kháng nén,
- Độ kháng kéo,
- Độ dẻo của đất đá.

Trong quá trình khai thác, chúng ta thường gặp những biến dạng ở phần đá vách, đặc biệt trong các lò chợ có bề rộng hẹp, chiều dài lò chợ ngắn. Khi khai thác trong các khu vực đất đá có độ cứng lớn, quá trình xảy ra chậm, bồn dịch chuyển phân bố đều trên bề mặt; các đại lượng độ nghiêng, dịch chuyển ngang thường có giá trị không lớn. Khi khai thác ở khu vực đất đá có độ cứng nhỏ, quá trình biến dạng xảy ra nhanh, tốc độ biến dạng cũng lớn hơn. Trường hợp khoáng sản khai thác trong những vùng xen lẫn các lớp đất đá cứng và mềm, lúc đó biến dạng trên bề mặt phụ thuộc vào vị trí, hình dạng và thể nằm của các lớp đất đá.

2. Góc nội ma sát (φ)

Là khả năng phân rã, chia lớp đất đá dưới tác dụng của lực cơ học hoặc nhiệt độ. Trong quá trình khai thác mỏ, dưới tác động của công nghệ, đất đá được giải phóng năng lượng, các lớp đất đá giãn tách nhau. Độ ma sát của các lớp đất đá càng nhỏ thì quá trình dịch chuyển biến dạng càng xảy ra nhanh hơn với phạm vi và tốc độ lớn hơn.

3. Lực dính kết (C)

Sự thay đổi ứng suất và dịch chuyển trong khối đất đá phụ thuộc vào thời gian. Tính liên kết còn phụ thuộc vào phương pháp điều khiển áp lực đá vách trong quá trình khai thác.

4. Tính phân lớp của đất đá

Là khả năng phân rã, chia lớp của đất đá dưới tác dụng của lực cơ học hoặc nhiệt độ. Trong quá trình khai thác mỏ, dưới tác động của công nghệ, đất đá được giải phóng năng lượng, các lớp đất đá dần tách nhau. Tính phân lớp của đất đá càng lớn, quá trình dịch chuyển biến dạng càng xảy ra nhanh hơn với phạm vi và tốc độ lớn hơn.

5. Tính lưu biến

Sự thay đổi ứng suất và dịch chuyển trong khối đất đá phụ thuộc vào thời gian. Tính lưu biến còn phụ thuộc vào phương pháp điều khiển áp lực đá vách trong quá trình khai thác. Sự thay đổi đặc tính khối đá theo thời gian được gọi là tính lưu biến, là yếu tố ảnh hưởng đến quá trình dịch chuyển và biến dạng.

6. Trọng lượng riêng và tỷ trọng đất đá:

Trọng lượng riêng là trọng lượng của một đơn vị thể tích đất ở trạng thái tự nhiên với đơn vị kN/cm³.

Tỷ trọng đất đá là trọng lượng khô của đất đá trên một đơn vị thể tích phần rắn (không tính đến thể tích phần rỗng) với đơn vị là 2.6 tấn/m³ hay 6g/cm³.

7. Độ rỗng đất đá

Độ rỗng đất đá là tỷ số giữa thể tích lỗ hổng và thể tích khối đất đá. Dựa vào tỷ số này để phân loại đất đá theo độ rỗng như sau:

- đất đá nén chặt: $\theta \leq 1\%$,
- đất đá độ rỗng nhỏ: $1\% \leq \theta \leq 2,5\%$
- đất đá độ rỗng trung bình: $2,5\% \leq \theta \leq 5,0\%$,
- đất đá độ rỗng lớn: $10\% \leq \theta \leq 20\%$,
- đất đá độ rỗng rất lớn: $\theta \geq 20\%$

8. Tính thấm thấu nước

Là khả năng thấm nước của đất đá. Sự có mặt của nước trong khối đất đá có thể làm giảm độ cứng của đất đá. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng: đất đá rất cứng khi bị ngậm nước mạnh, độ cứng bị giảm đến 20-60%. Tính thấm thấu nước của đất đá không những ảnh hưởng lớn đến quá trình dịch chuyển đất đá và biến dạng bề mặt, trong nhiều trường hợp còn là nguyên nhân gây rò rỉ nước trong đường lò và các hiểm họa bực nước hầm lò.

9. Tính tự cháy của khoáng sản

Khi có các điều kiện thuận lợi gây cháy như luồng gió, nhiệt độ cao, độ ẩm thích hợp, có một số loại khoáng sản có thể tự cháy: ví dụ khi khai thác mỏ than, sự cháy sẽ phân hủy các cột than, hoặc một phần than nào đó là yếu tố gia tăng quá trình dịch chuyển đất đá và biến dạng.

Trên đây là các yếu tố liên quan đến tính chất cơ-lý đất đá mỏ và ý nghĩa của chúng đối với quá trình, quy luật, sự phân bố và các đại lượng dịch chuyển và biến dạng. Mỗi yếu tố có mức độ và phạm vi ảnh hưởng khác nhau, phức tạp. Trong số các yếu tố trên, độ cứng và tính phân lớp của đất đá được coi là yếu tố quan trọng nhất.

1.2.3. Các yếu tố liên quan đến điều kiện khai thác

1. Góc dốc vỉa (α)

Góc dốc của các vỉa than Quảng Ninh dao động chủ yếu từ $20 - 45^0$. Độ lún cực đại giảm tỉ lệ với $\text{Cos}\alpha$. Tính chất phân bố biến dạng trong bồn phụ thuộc vào góc dốc vỉa. Điểm lún cực đại sẽ lệch dần về phía xuôi dốc khi α tăng. Các góc dịch chuyển có mối quan hệ phụ thuộc với góc dốc vỉa α .

Đất đá trượt theo mặt phân lớp dự báo sẽ gây ra biến dạng nguy hiểm vượt ra ngoài ranh giới được xác định theo góc γ . Khi khấu than ở vỉa đơn, chuyển dịch trượt xảy ra nếu $\alpha > \rho'$ và độ sâu khai thác tại ranh giới trên lò chợ $H_{RGT} < H_{TR}$. Trong đó:

ρ' - góc ma sát theo mặt phân lớp yếu

H_{TR} - độ sâu cực đại sẽ xảy ra dịch chuyển trượt nguy hiểm ở phía ngược dốc theo mặt phân lớp khi khai thác ở lò chợ. Ở các mỏ chưa nghiên cứu, lấy $\rho' = 13^0$, độ sâu H_{TR} được xác định theo bảng 1.1 với sự phụ thuộc vào góc dốc vỉa α và tổng chiều dày lớp đất phủ cùng với lớp đất phong hóa Mezozoi.

Bảng 1.1 Xác định các giá trị H_{TR}

$h + h_M$	Góc dốc vỉa α (độ)
-----------	---------------------------

(m)	15	25	35	45	55	60
≤ 5	30	60	90	110	140	155
10	30	70	100	130	160	180
15	35	80	115	145	180	200
≥ 20	50	115	160	200	255	285

Khi khai thác tập vỉa với $\alpha > \rho'$, vùng ảnh hưởng nguy hiểm có thể vượt qua ranh giới xác định theo góc γ , lan đến lộ vỉa dưới cùng của tập vỉa nếu $H_{RGT} < H_{TR} \sqrt[3]{n}$. Trong đó n- số vỉa đang khai thác.

Khi góc dốc vỉa thay đổi, kích thước vùng nguy hiểm ở hướng xuôi dốc được xác định theo góc dịch chuyển β tương ứng các lớp đá số trong địa tầng với gia số $\Delta\alpha=10^0$. Về phía ngược dốc và theo phương của vỉa, vùng nguy hiểm được xác định theo góc γ và δ .

Các tác giả A.G.Akimov, A.N.Mediansev, I.A.Petukhov và V.N.Zemisev đã đưa ra 4 sơ đồ dịch chuyển (hình 1.17):

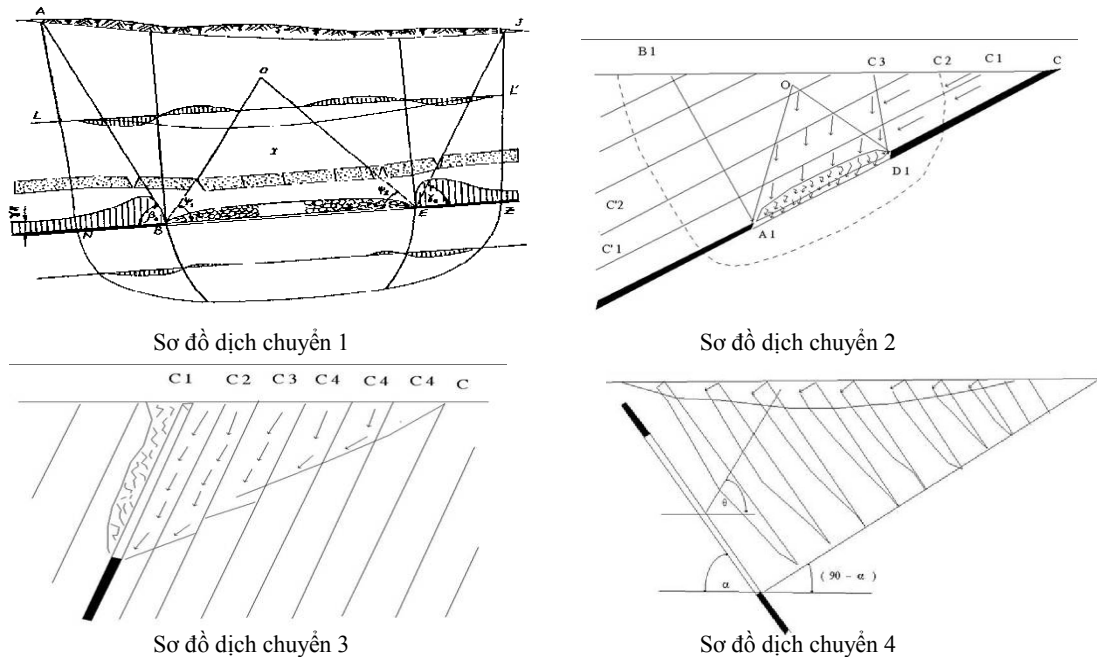
+ Đất đá dịch chuyển theo sơ đồ 1 với điều kiện $\alpha < \rho'$; trong đó ρ' - là góc ma sát theo mặt phân lớp yếu. Đất đá vách dịch chuyển theo hướng vuông góc với bề mặt vách vỉa.

+ Đất đá dịch chuyển theo sơ đồ 2 khi $45^0 + \frac{\rho}{2} > \alpha \geq \rho'$.

Đất đá dịch chuyển tương tự như sơ đồ 1, đồng thời có sự dịch chuyển trượt theo các mặt phân lớp đá vách ở phía ranh giới trên.

+ Đất đá dịch chuyển theo sơ đồ 3 khi vỉa dốc, với $\alpha \geq 45^0 + \frac{\rho}{2}$.

Theo sơ đồ này thì dịch chuyển đá vách xảy ra tương tự như sơ đồ 2, đồng thời đá nền chuyển dịch dưới dạng uốn cong các lớp về phía khoảng trống khai thác và trượt theo mặt phân lớp ở các mức phía trên.



Hình 1.17: Ảnh hưởng góc dốc vỉa đến dạng đất đá dịch chuyển

+ Đất đá dịch chuyển theo sơ đồ 4 khi khai thác vỉa dốc đứng. Chuyển dịch các lớp đất đá vách dưới dạng uốn võng công xon ở đầu các lớp đá xuất lộ dưới lớp đất phủ. Do các lớp đất đá góc bị uốn cong và bị giữ chặt đầu còn lại ở vùng ranh giới dưới lò chợ nên sẽ xuất hiện sự trượt theo mặt phân lớp; trên vùng lộ của các lớp đá hình thành các bậc ngược, chiều cao bậc ngược được tính theo công thức:

$$h_y = 10.c.i.l. \left(\frac{\alpha}{570} - 0.6 \right)^2 \quad (1.16)$$

Trong đó i - độ nghiêng, lấy theo kết quả quan trắc.

l - khoảng cách giữa các bậc (m).

α - góc dốc của các lớp đất đá.

c - hệ số phụ thuộc tính chất cơ lí đất đá.

2. Chiều dày vỉa (m)

Tất cả các thông số dịch chuyển đều phụ thuộc vào chiều dày khai thác của vỉa. Chiều dày khai thác ảnh hưởng đến phạm vi phát triển dịch chuyển: chiều cao

vùng đổ vỡ, vùng có kẽ nứt,... Các đại lượng lún và biến dạng cực đại tỉ lệ thuận với chiều dày khai thác.

Các vỉa than ở Quảng Ninh thường có chiều dày không ổn định, nên khi khai thác sẽ gây biến dạng không đều trên mặt đất, các giá trị biến dạng cực đại sẽ phân bố tương ứng với điểm có chiều dày biến động lớn.

3. Chiều dày lớp đất phủ (h)

Những lớp đất phủ dày từ 5m đến 10m sẽ điều hòa dịch chuyển và biến dạng không đều, giảm bớt những kẽ nứt xuất hiện trên mặt đất. Góc dịch chuyển trong lớp đất bồi mỏng (nhỏ hơn 5m) thường lấy $\varphi=55^0$; lớp đất bồi không ngậm nước, dày hơn 5m lấy $\varphi=50^0$; lớp đất đá bồi ngậm nước lấy $\varphi=45^0$. Vectơ dịch chuyển ở lớp đất bồi hướng vào giữa đáy bồn. Lớp đất bồi thường tách khỏi đá gốc tại mặt phân lớp và dịch chuyển hoàn toàn độc lập với dịch chuyển của đá gốc.

4. Độ sâu khai thác (H)

Độ sâu khai thác ảnh hưởng tới mức độ dịch chuyển biến dạng, tới khoảng thời gian và tốc độ dịch chuyển mặt đất. Lấy ví dụ khi độ sâu khai thác dưới 50m thì quá trình dịch chuyển mặt đất kéo dài từ 2 đến 3 tháng còn khi độ sâu khai thác đạt tới 500- 600m thì kéo dài từ 2-3 năm, tốc độ lún cực đại của mặt đất tỉ lệ nghịch với độ sâu khai thác.

Độ sâu khai thác tương đối $K < 30$, vỉa bằng hoặc dốc thì mặt đất bị dịch chuyển mạnh, xuất hiện những kẽ nứt. Dịch chuyển mặt đất xuất hiện ở dạng tụt dần từng khối có kích thước tương ứng với bước đánh sập vách khi phá hỏa. Nơi tiếp giáp với các khối sẽ xuất hiện những kẽ nứt và tầng bậc. Tính chất dịch chuyển và biến dạng rất đặc biệt, không tuân theo quy luật chung.

Khi vỉa dốc đứng và chiều sâu khai thác tương đối $K \leq 50$, tại vết lộ vỉa dễ xuất hiện các phễu sụt lở. Độ sâu khai thác tương đối $K > 50$ thì thời gian dịch chuyển kéo dài, kích thước bồn tăng đáng kể. Đại lượng biến dạng mặt đất tỉ lệ nghịch với độ sâu khai thác, do vậy thường lấy các đại lượng biến dạng giới hạn

của các dạng công trình để tính độ sâu khai thác an toàn. Độ sâu khai thác an toàn được tính như sau:

- Công trình có dạng kéo dài, tính theo biến dạng giới hạn $[\varepsilon_D]$:

$$H_a = K\varepsilon \cdot \frac{m}{[\varepsilon_D]} \quad (1.17)$$

- Công trình có chiều cao lớn, tính theo biến dạng nghiêng giới hạn $[i_D]$:

$$H_a = K_i \cdot \frac{m}{[i_D]} \quad (1.18)$$

- Công trình đường bộ, hồ nước và giếng nghiêng tính theo công thức 1.8

Đại lượng biến dạng mặt đất phụ thuộc vào độ sâu khai thác, biến dạng giảm khi độ sâu khai thác tăng. Nhìn chung, các đại lượng dịch chuyển biến dạng phụ thuộc nhiều vào độ sâu khai thác, còn góc dịch chuyển ít ảnh hưởng bởi độ sâu khai thác. Mỗi phụ thuộc giữa góc dịch chuyển, góc biên với độ sâu khai thác đang cần được tiếp tục nghiên cứu. Độ lún cực đại sau thời điểm khai thác hoàn toàn có

sự biến đổi không đáng kể và được tính: $q_0 = \frac{\eta_0}{m}$. (1.19)

Độ sâu khai thác tăng thì thời gian dịch chuyển kéo dài, tốc độ dịch chuyển mặt đất chậm hơn. Tốc độ lún cực đại tỉ lệ nghịch với độ sâu khai thác.

Cần xác định điều kiện an toàn và độ sâu ảnh hưởng (độ sâu tính từ đáy sông, suối, ao hồ... đến mức khai thác) khi khai thác dưới các ao hồ, sông, suối... để dự báo các khả năng ảnh hưởng có thể xảy ra như: bụi nước, lượng nước ngấm vào lò quá mức cho phép, trượt lở đất... để tìm nguyên nhân và biện pháp xử lí.

5. Khai thác lần đầu, khai thác lặp lại hoặc khai thác một tập via

Tính chất của quá trình dịch chuyển, giá trị các thông số và sự phân bố quy luật dịch chuyển và biến dạng trong vùng bồn thay đổi trong những điều kiện khai thác tập via hay có nhiều lò chợ trên một via so với trường hợp khai thác một lò chợ riêng biệt. Những sự thay đổi đó được gọi là sự tăng cường dịch chuyển.

Trong trường hợp khai thác một tập vỉa, các giá trị thông số dịch chuyển nhận được khi khai thác các vỉa dưới và vỉa trên (vỉa khai thác đầu tiên) không giống nhau. Nguyên nhân của sự khác nhau là do tính chất cơ học của khối đá nguyên ban đầu bị quá trình khai thác làm thay đổi. Tính chất đất đá thay đổi nhiều nhất ở phía trên nóc vỉa, trong vùng đổ vỡ lộn xộn và vùng có những kẽ nứt, hoặc ở khối đá nguyên có tính cơ học yếu và bị dãn nén. Do vậy khi khai thác các vỉa dưới sẽ bị biến dạng nhiều hơn so với khối đá nguyên không bị tác động của quá trình khai thác.

Khi khai thác các vỉa dưới, kích thước vùng áp lực tựa tăng lên rất lớn do đó kích thước của bồn dịch chuyển cũng tăng lên còn góc biên và góc dịch chuyển cũng trở lên thoải hơn, biến dạng cực đại của mặt đất tăng lên. Mức độ tăng cường dịch chuyển càng lớn nếu khoảng cách giữa các vỉa càng nhỏ. Mức độ tăng cường dịch chuyển không phụ thuộc vào khoảng thời gian giữa những lần khai thác các vỉa. Yếu tố để xác định giá trị các thông số dịch chuyển khi khai thác lặp lại là khoảng cách giữa các vỉa, chiều dày vỉa và kích thước khối đất đá đã bị khai thác từ trước, tính chất cơ học đá (độ cứng). Độ cứng đất đá càng lớn càng xuất hiện mạnh sự tăng cường dịch chuyển.

Khi có các hiện tượng “treo hoặc cầu đá” trong bề dày các lớp đá rắn thì hiệu độ lún giữa lần khai thác đầu và lần khai thác sau sẽ tăng lên. Trong trường hợp này, giá trị độ lún tương đối cực đại được xác định theo công thức thực nghiệm sau:

$$q_{cm} = q_0 + K \left(\frac{H_1}{H} \right)^2 \quad (1.20)$$

Trong đó : q_0 - độ lún tương đối cực đại khi khai thác lần đầu

K -hệ số tỷ lệ mà giá trị của nó vào khoảng 1- q_0

H_1 - chiều dày của lớp đất đá bị khai thác lần 2

Khi khai thác nhiều lò chợ trong một vỉa, dịch chuyển mặt đất sẽ bao gồm dịch chuyển của từng lò chợ một, nhưng có bổ sung thêm dịch chuyển ở vùng giáp ranh giữa hai lò chợ. Do giữa những lò chợ kế cận nhau thường để lại những trụ bảo vệ nên tại đó sẽ xuất hiện áp lực tựa gây ra biến dạng các trụ than, dẫn đến sự dịch chuyển toàn bộ lớp đất đá nằm trên trụ và mặt đất. Đại lượng áp lực tựa và mức độ biến dạng của các trụ bảo vệ cũng như đại lượng dịch chuyển mặt đất phụ thuộc vào kích thước của trụ bảo vệ giữa các lò chợ.

Tính bồn dịch chuyển tăng cường trong điều kiện vỉa bằng và dốc thoải hoặc trên mặt cắt chính theo phương của các vỉa có góc dốc bất kỳ được tiến hành như sau:

Từ ranh giới của các trụ bảo vệ giữa các lò chợ dựng những đường dưới các góc biên về phía ngoài vùng trống đã khai thác để xác định biên giới vùng bồn dịch chuyển tăng cường. Độ lún cực đại trong vùng bồn dịch chuyển tăng cường xác định theo công thức thực nghiệm:

$$\eta_{am} = \eta_m(0.52 - 0.7\frac{l}{H}) \quad (1.21)$$

Trong đó: η_m - độ lún cực đại mặt đất của lò chợ đang xét đến

$\frac{l}{H}$ - tỷ lệ giữa bề rộng trụ bảo vệ của các lò chợ với chiều sâu khai thác

Để xác vị trí điểm lún cực đại của bồn dịch chuyển tăng cường, từ tâm trụ bảo vệ vạch một đường về hướng dốc với một góc θ . Sự phân bố dịch chuyển trong bồn dịch chuyển tăng cường được coi như ở trong bồn chính.

1.2.4. Các yếu tố liên quan đến điều kiện kỹ thuật công nghệ

1. Hệ thống khai thác, phương pháp khấu than

Khai thác chia buồng gây dịch chuyển mặt đất không đáng kể, dịch chuyển xảy ra chậm và kéo dài về thời gian. Nhiều nơi mặc dù đã kết thúc khai thác nhưng mãi 4 năm sau sự ảnh hưởng mới thực sự lan truyền đến mặt đất, gây rạn nứt các

công trình. Điều này cũng rất phù hợp với các kết quả quan trắc ở các nước như Nga, Ucraina.

Khai thác chia cột dài, phá hỏa đá nóc toàn phần gây dịch chuyển biến dạng bề mặt lớn nhất.

2. Kích thước vùng trống khai thác (theo dốc và theo phương), hình dạng lò chợ

Phân bố biến dạng trong bồn dịch chuyển phụ thuộc vào hệ số bị khai thác dưới n_1 và n_2 , được tính theo các công thức:

$$n_1 = K \frac{D_1}{H} \quad n_2 = K \frac{D_2}{H} \quad (1.22)$$

Trong đó: K- Hệ số đặc trưng cho điều kiện địa chất- kỹ thuật của vùng mỏ, $K = \operatorname{tg} \varphi$; H- Độ sâu khai thác.

Khi $n_1 = n_2 = 1$ thì độ lún bằng giá trị cực đại, nếu tiếp tục mở rộng khai thác thì đáy bồn dịch chuyển sẽ có dạng phẳng.

Khi $n_1 < 1$ hoặc $n_2 < 1$ thì tâm đáy bồn có độ lún $\eta_{\max} < \eta_0$, bồn dịch chuyển sẽ có dạng đường cong parabol.

3. Phương pháp phá hỏa (phá hỏa hoàn toàn, lấp từng phần, lấp toàn phần)

Ứng dụng các biện pháp điều khiển áp lực mỏ để giảm bớt và điều hòa cường độ dịch chuyển biến dạng đất đá. Hiện nay thường ứng dụng các phương pháp phá hỏa toàn bộ, lấp từng phần lò chợ bằng vật liệu lấy từ ngoài, hạ vách xuống điều hòa bằng cách lấp toàn phần khoảng trống khai thác để điều khiển áp lực mỏ...

Với độ sâu khai thác nhỏ hơn 100m, độ lún mặt đất khi phá hỏa hoàn toàn lớn hơn 10- 30% so với phương án lấp từng phần lò chợ. Lấp toàn phần làm giảm 50% các đại lượng dịch chuyển và biến dạng mặt đất. Chiều dày quy đổi do chèn lấp toàn phần khoảng trống được tính như sau:

$$m_g = m(1 - A + AB) \quad (1.23)$$

Trong đó: m – Chiều dày khai thác của vỉa;

A – Hệ số lấp vùng trống khai thác, bằng tỉ lệ khối vật liệu lấp trên thể tích của vùng trống khai thác mS (S – diện tích vùng khai thác).

$$A = \frac{V}{mS} \quad (\text{khi } V \text{ không biết có thể lấy } A \approx 0,9);$$

B – Hệ số tự nén.

4. Hướng và tiến độ khai thác

Khai thác ở độ sâu nhỏ hoặc trung bình thì tốc độ dịch chuyển tỉ lệ thuận với tiến độ lò chợ. Tiến độ lò chợ chậm và không đều ở mỏ than Nam Mẫu đã làm tăng biến dạng bề mặt mỏ. Những vùng có tiến độ lò chợ đều thì dịch chuyển mặt đất xảy ra điều hòa. Nếu khâu than đồng thời theo hai hướng ngược nhau từ lò cắt nằm dưới trục công trình sẽ làm giảm mức độ biến dạng cho công trình. Khai thác ở độ sâu lớn thì tiến độ đi lò chợ ít ảnh hưởng đến mức độ dịch chuyển và biến dạng mặt đất.

1.3 Các phương pháp nghiên cứu xác định các thông số dịch động đất đá

Hiện nay, trên thế giới cũng như ở Việt nam đang tiến hành nghiên cứu dịch chuyển biến dạng đất đá theo các hướng chính: quan trắc thực địa bằng thiết bị, công nghệ trắc địa, nghiên cứu trong phòng thí nghiệm, nghiên cứu lý thuyết và kết hợp ba hướng trên vào mục đích nghiên cứu.

1.3.1 Nghiên cứu bằng phương pháp quan trắc thực địa

Quan trắc thực địa dựa vào các kết quả đo đạc sự dịch động của một tập hợp các điểm mốc. So sánh các số liệu quan trắc theo chu kỳ sẽ xác định được trị số và véc-tơ dịch chuyển biến dạng của từng điểm mốc trên bề mặt hoặc dưới lòng đất. Phương pháp này chỉ theo dõi được hiện tượng, không xác định được bản chất của quá trình và không xác định được mối quan hệ nhân quả giữa quá trình khai thác và dịch chuyển biến dạng đất đá mỏ.

Phương pháp quan trắc thực địa được tiến hành trực tiếp ở ngoài hiện trường, trên các vùng bị ảnh hưởng khai thác hầm lò. Tại đó sẽ thành lập các trạm

quan trắc bằng cách chôn các mốc đặc biệt rồi xác định vị trí không gian của nó qua các chu kỳ thời gian bằng các thiết bị đo trong công nghệ địa tin học.

Các trạm quan trắc cần được xây dựng để đón trước tại nơi lò chợ sẽ đi qua. Công việc đo đạc, giám sát các mốc được tiến hành theo chu kỳ hoặc liên tục theo thời gian thực từ trước khi lò chợ đi qua cho đến thời điểm kết thúc quá trình dịch chuyển. Qua việc xử lý những số liệu quan trắc đo được sẽ xác định được các thông số dịch động, khái quát được các quy luật dịch chuyển, ...

Phương pháp quan trắc cho kết quả nghiên cứu tin cậy nhất nhưng đòi hỏi tiến hành quan trắc một phạm vi rộng với khối lượng công việc lớn và trong một thời gian dài. Kết quả nghiên cứu nhận được không thể áp dụng chung cho tất cả mọi trường hợp vì điều kiện địa chất- khai thác ở mỗi nơi khác nhau.

1.3.2 Phương pháp nghiên cứu ở phòng thí nghiệm

Trong phòng thí nghiệm, để nghiên cứu dịch chuyển biến dạng đất đá đã sử dụng mô hình xây dựng bằng vật liệu tương đương, mô hình số địa cơ, thí nghiệm với hoạt liệu quang học và thí nghiệm trên các máy ly tâm đặc biệt,...

1. Mô hình xây dựng bằng vật liệu tương đương

Nghiên cứu trên mô hình xây dựng bằng vật liệu tương đương là cách làm phổ biến ở nhiều nước trên thế giới. Những mô hình nghiên cứu được xây dựng giống như ở thực địa bằng các vật liệu tương tự, bao gồm các đường lò, các tầng đất đá, các vỉa khoáng sản,... với một tỷ lệ nhất định so với thực tế. Tiến hành công tác khai thác các vỉa khoáng sản trên mô hình rồi quan sát quá trình dịch chuyển. Đo các điểm đã đánh dấu trên các lớp đá của mô hình để xác định tính chất dịch chuyển và biến dạng của nó và mặt đất ở bên trên. Cần đo với độ chính xác các đại lượng xác định trên mô hình.

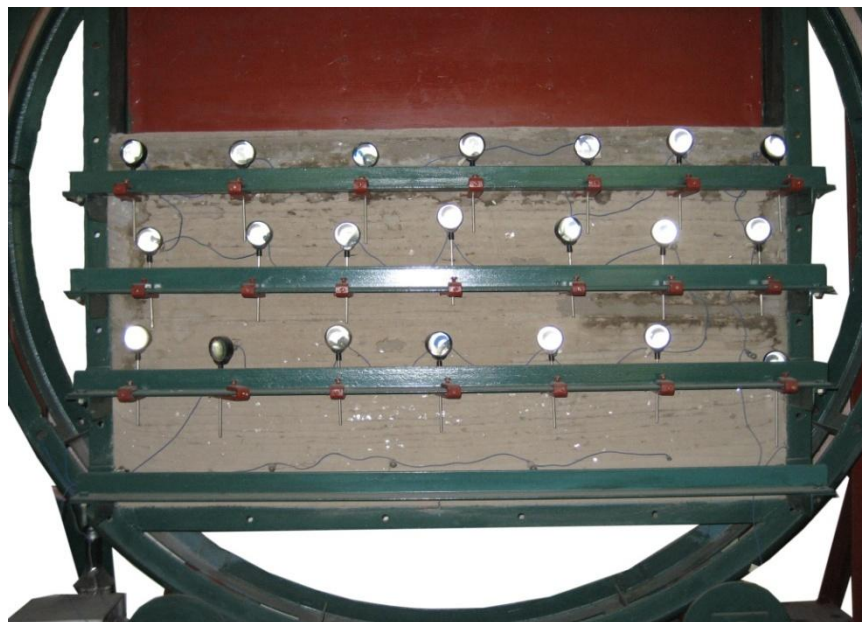
Lựa chọn vật liệu và xác định các yếu tố cơ lý tương đương của chúng với điều kiện thực tế là điều khó khăn, cần thiết và quan trọng nhất đối với nhiệm vụ nghiên cứu trên mô hình. Các vật liệu xây dựng mô hình thường dùng là cát, thạch

cao, mica, paraffin và một số các phụ liệu khác. Để mô hình giống về hình thức và tương tự về tính chất cơ học như ở thực địa, cần sử dụng vật liệu có tính chất cơ học thoả mãn định luật động học tương tự của Niu ton. Các chỉ tiêu về tính chất cơ lý của vật liệu mô hình, theo G.N. Kuznhezov, được xác định theo công thức:

$$N_m = \frac{l \gamma_m}{L \gamma_{tt}} N_{tt} \quad (1.24)$$

Trong đó: N_m - chỉ tiêu nào đó về tính chất cơ học của vật liệu mô hình (lực kháng nén, kháng uốn,...); $\frac{l}{L}$ - tỷ lệ của mô hình; γ_m, γ_{tt} - chỉ số mật độ (độ nén chặt) của vật liệu mô hình và đất đá ngoài tự nhiên; N_{tt} – chỉ tiêu cơ học tương ứng của đá ngoài thực tế.

Hiện nay thường dùng phổ biến mô hình mỏng có bề dày 0.5m hoặc lớn hơn một ít. Mô hình khối chiếm kích thước và diện tích lớn hơn nhiều nên nó có ưu điểm thể hiện một cách đầy đủ tình trạng thực địa hiện có, nhưng có nhược điểm là phức tạp khi đo biến dạng và dịch chuyển của những lớp đất đá do đó không được ứng dụng rộng rãi.



Hình 1.18: Mô hình mỏng vật liệu tương đương

Ưu điểm khi nghiên cứu trên mô hình vật liệu tương đương là giảm nhẹ được nhiều khối lượng công tác, đảm bảo an toàn, rút ngắn thời gian nghiên cứu và cho phép điều chỉnh các thông số địa chất, khai thác một cách linh hoạt so với quan trắc thực địa.

Nhược điểm của phương pháp là khó đạt đến mức độ hoàn toàn giống với thực tế do việc chọn vật liệu không phù hợp, tự tạo các kẽ nứt một cách nhân tạo, tính toán lực dính kết không đúng tại mặt tiếp xúc giữa các lớp đất đá ... Kết quả nghiên cứu trên mô hình vật liệu tương đương có ý nghĩa lớn về mặt định tính và kém hơn về định lượng, nhưng có hiệu quả hơn các phương pháp thí nghiệm khác nên có tác dụng bổ sung cho kết quả quan trắc thực địa.

2. Nghiên cứu trên mô hình địa cơ

Trên thế giới đã có nhiều dạng mô hình địa cơ để nghiên cứu phân tích, dự báo dịch chuyển biến dạng bề mặt đất được phát triển ở các mức độ khác nhau. Nhìn chung, các mô hình địa cơ đều có những hạn chế nhất định và thường mang tính địa phương, do liên quan tới các điều kiện địa chất cụ thể của từng khu vực bề than.

Mô hình địa cơ sử dụng phương pháp số cho kết quả có tính định lượng cao, về độ chính xác thì tùy thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó thí nghiệm độ bền nén một trục có vai trò rất quan trọng.

Để nghiên cứu dịch chuyển biến dạng thường xây dựng mô hình địa cơ với điều kiện môi trường đàn hồi, đồng nhất, đẳng hướng và được giải bằng phương pháp phần tử hữu hạn. Dữ liệu đầu vào của mô hình nhằm xác định thông số đàn hồi E và các thông số dịch chuyển biến dạng bao gồm:

- Các tham số cơ học: độ bền nén σ của các loại đất đá, chỉ số bền địa chất (GSI), chỉ số phá hoại do nổ mìn (D), hằng số vật liệu (mi);

- Kích thước hình học: độ sâu khai thác, chiều dài lò chợ theo phương và theo hướng dốc vỉa;
- Chiều dày vỉa.

Mô hình địa cơ cho phép xác định được biến động cơ học xung quanh hầm lò cũng như địa tầng đất đá và bề mặt đất, chiều cao vùng sập đổ, bước sập đổ của đá vách khi khấu than, vùng uốn võng liên tục, vùng uốn võng có kẽ nứt và bồn dịch chuyển trên bề mặt đất.

3. Nghiên cứu trên các dạng mô hình khác

Mô hình xây dựng bằng vật liệu hoạt tính quang học dùng để nghiên cứu sự phân bố ứng suất trong khối đá xung quanh lò chợ. Nghiên cứu dịch chuyển đất đá bằng phương pháp này hiện nay ít được lưu ý tới.

Phương pháp thực nghiệm trên máy ly tâm để xác định một số số liệu về áp lực mỏ còn có nhiều nhược điểm nên không được áp dụng rộng rãi.

1.3.3. Nghiên cứu lý thuyết

Nghiên cứu lý thuyết đi theo hướng xây dựng các phương trình, các hàm toán học để mô tả quá trình, sự phân bố và các chỉ số đại diện cho mức độ dịch chuyển biến dạng. Nghiên cứu lý thuyết được tiến hành theo hai hướng nhỏ:

1. Xuất phát từ bản chất cơ học của quá trình dịch chuyển tìm các mối quan hệ giải tích giữa các giá trị bằng số của dịch chuyển với các thông số về địa chất khai thác.
2. Tìm các mối quan hệ thực nghiệm thông qua việc xử lý các số liệu nghiên cứu ở thực địa và trong phòng thí nghiệm cũng như các quan hệ giải tích đối với việc đánh giá tính chất dịch chuyển và biến dạng.

Hướng nghiên cứu thứ nhất có cơ sở hơn, đã có nhiều ý tưởng áp dụng những lý luận khác nhau, những lĩnh vực khác nhau của khoa học toán lý (thuyết đàn hồi, tính dẻo, môi trường rời, môi trường đồng nhất..) song vẫn chưa đem đến những kết quả mong muốn do tính chất phức tạp của quá trình dịch chuyển và biến

dạng đất đá trên quan điểm địa cơ học. Hiện tại hướng nghiên cứu này vẫn là một trong những hướng quan trọng được các nhà khoa học lưu tâm hoàn thiện.

Do tại mỗi một điểm trên bề mặt hoặc trong lòng đất bị tác động dịch chuyển trong những điều kiện địa chất- khai thác khác nhau và ở các giai đoạn khác nhau của quá trình dịch chuyển sẽ chịu chi phối theo nhiều quy luật dịch chuyển và biến dạng không giống nhau. Đây chính là trở ngại lớn nhất cho việc nghiên cứu quá trình dịch chuyển của đất đá theo hướng lý thuyết.

Một khó khăn khác là sự hiểu biết của chúng ta về cấu tạo và những tính chất cơ lý đất đá còn bị hạn chế, rất khó khắc phục vì hiện nay chưa có đủ khả năng thực hiện việc khảo sát thăm dò đến mức chi tiết khối đất đá nguyên trạng có liên quan đến quá trình dịch chuyển đất đá.

Hướng nghiên cứu thứ hai cho phép tìm ra những phương pháp để tính dịch chuyển và biến dạng mặt đất, thực hiện các tính toán xây dựng các trụ than bảo vệ cho những mỏ đã tiến hành nghiên cứu dịch chuyển đất đá. Nhưng ở hướng này vẫn vấp phải những hạn chế lớn do để tìm các công thức thực nghiệm đòi hỏi phải có một số rất lớn tài liệu quan trắc thực địa; mặt khác những công thức thực nghiệm đó thường chỉ áp dụng cho những điều kiện nhất định nào đó, phù hợp cho vùng mỏ này mà không phù hợp với vùng mỏ khác.

Điển hình trong hướng nghiên cứu lý thuyết là phương pháp vùng tương tự của giáo sư Kazacovski D A. Nguyên lý của phương pháp vùng tương tự là so sánh vùng mỏ chưa được nghiên cứu với vùng mỏ đã được nghiên cứu kỹ về quy luật dịch chuyển biến dạng đất đá mỏ dựa trên ba dấu hiệu quan trọng là:

- Đặc điểm về địa chất mỏ
- Đặc điểm cơ lý đất đá: độ kiên cố - f
- Góc dịch chuyển trung bình theo phương của vỉa - δ

Kết quả nghiên cứu phương pháp này cho phép xác định các tham số về góc dịch chuyển và các thông số khác cho mỏ mới. Các đại lượng này được xác định

theo nhóm mỏ có các chỉ tiêu tương tự nhưng đã được nghiên cứu kỹ về quy luật dịch chuyển biến dạng đất đá.

Phương pháp này có ưu điểm nổi bật là cho phép xác định nhanh chóng các tham số dịch chuyển cần thiết để phục vụ cho công việc bảo vệ công trình và đảm bảo an toàn quá trình khai thác, tuy nhiên cũng có hạn chế là khó tìm được các vùng mỏ đồng thời tương tự nhau theo cả ba chỉ tiêu trên, dẫn đến các tham số dịch chuyển được xác định với độ tin cậy không cao. Để khắc phục nhược điểm này, cần thiết phải thành lập trạm quan trắc thực địa ngay khi mỏ mới đi vào giai đoạn khai thác thử nghiệm để có cơ sở tiến hành dự báo chính xác các tham số dịch chuyển và những khả năng ảnh hưởng dịch chuyển, biến dạng đất đá và bề mặt có thể xảy ra cho vùng mỏ mới.

HƯỚNG DẪN HỌC TẬP CHƯƠNG 1

1.1. Tóm tắt nội dung chính của chương 1

Chương một nghiên cứu về nguyên nhân và quy luật dịch chuyển biến dạng đất đá xung quanh lò chuẩn bị và lò chợ. Đã định nghĩa và nêu cách xác định, khoanh vùng và ý nghĩa sử dụng các vùng ảnh hưởng do khai thác hầm lò ở trên mặt đất cũng như trong địa tầng đất đá.

Quy luật định tính về dịch chuyển biến dạng đất đá và bề mặt mỏ được mô tả bằng các khái niệm, định nghĩa; về mặt định lượng được đặc trưng bởi các thông số về góc, các đại lượng dịch chuyển đứng, dịch chuyển ngang, các đại lượng biến dạng nghiêng i , biến dạng cong k , và biến dạng ngang; thời gian, vận tốc dịch chuyển,...

Mức độ dịch chuyển biến dạng đất đá và bề mặt mỏ phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố về địa chất, cơ lý đá và khai thác. Các yếu tố ảnh hưởng đến các thông số dịch chuyển trên đã được khảo sát và phân chia làm bốn nhóm chính: nhóm các yếu tố điều kiện địa chất mỏ; nhóm các yếu tố tính chất cơ lý đất đá; nhóm các yếu tố điều kiện khai thác; nhóm các yếu tố điều kiện kỹ thuật công nghệ.

Hiện nay, trên thế giới cũng như ở Việt nam đang tiến hành nghiên cứu dịch chuyển biến dạng đất đá theo các hướng chính: quan trắc thực địa bằng các thiết bị, công nghệ trắc địa, nghiên cứu trong phòng thí nghiệm, nghiên cứu lý thuyết và kết hợp ba hướng trên vào mục đích nghiên cứu.

1.2. Câu hỏi và bài tập ôn tập kiến thức chương 1

1. Kể tên và vẽ minh họa các vùng ảnh hưởng dịch chuyển biến dạng ở trên mặt đất do tác động của công tác khai thác than hầm lò. Nêu các ứng dụng của việc phân vùng này trong thực tế sản xuất.

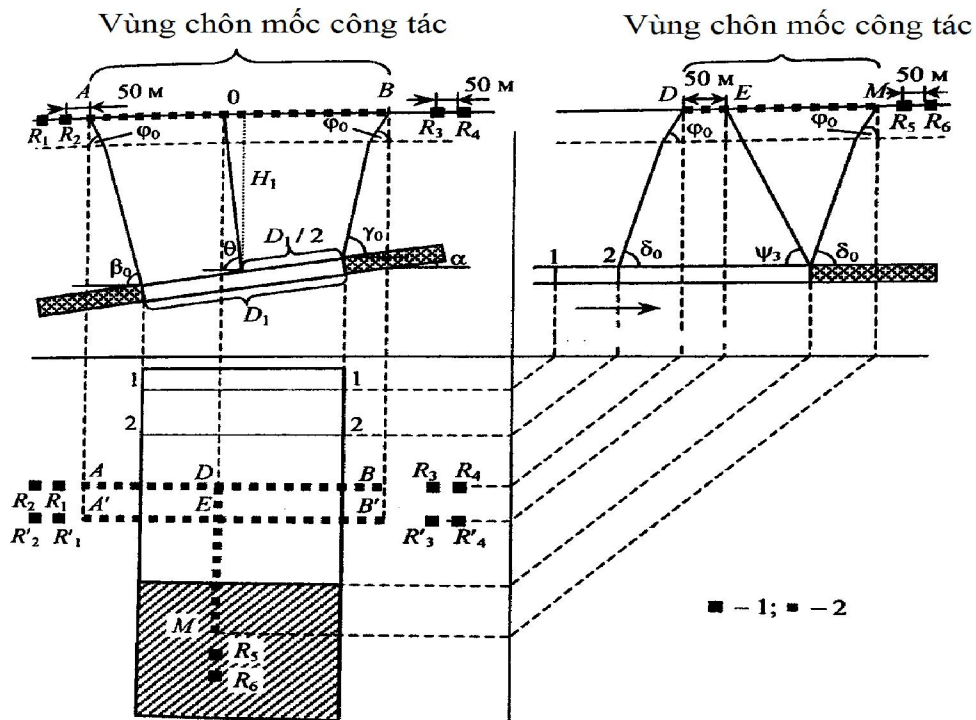
2. Kể tên và vẽ minh họa các vùng ảnh hưởng trong địa tầng đất đá bao quanh một lò chợ khi khai thác hầm lò. Nêu các ứng dụng của việc phân vùng này trong thực tế sản xuất.
3. Kích thước bán bồn dịch chuyển là gì? các đại lượng về tốc độ và thời gian dịch chuyển biến dạng
4. Nêu các thông số về góc của quá trình dịch chuyển và ý nghĩa sử dụng của chúng
5. Nêu các đại lượng dịch chuyển và biến dạng đất đá
6. Nêu các khái niệm về: độ sâu khai thác tương đối, độ sâu khai thác an toàn, chỉ số đánh giá mức độ khai thác dưới, khai thác hoàn toàn và chưa hoàn toàn?
7. Nêu các yếu tố về điều kiện địa chất mỏ có ảnh hưởng đến quy luật dịch chuyển biến dạng đất đá
8. Nêu các yếu tố về tính chất cơ lý đất đá có ảnh hưởng đến quy luật dịch chuyển biến dạng đất đá
9. Nêu các yếu tố về điều kiện khai thác có ảnh hưởng đến quy luật dịch chuyển biến dạng đất đá
10. Nêu các phương pháp điển hình trong nghiên cứu dịch chuyển, biến dạng đất đá?. Nội dung tóm tắt và ưu nhược điểm của các phương pháp đó.

CHƯƠNG 2. QUAN TRẮC DỊCH CHUYỂN BIẾN DẠNG MỎ HÀM LÒ

2.1. Khái niệm và phân loại lưới quan trắc

2.1.1 Khái niệm

Quan trắc thực địa bằng thiết bị, công nghệ trắc địa nhằm mục đích xác định các góc dịch chuyển, góc giới hạn, góc đứt tách, ... và xác định sự phân bố các đại lượng dịch chuyển biến dạng trong vùng bồn, thời gian quá trình dịch chuyển, tốc độ và cường độ dịch chuyển,... Ngoài ra còn nhằm mục đích xác định biến dạng các công trình nằm trong phạm vi ảnh hưởng của khu vực khai thác, xác định mức độ thấm thấu hoặc khả năng bị rò nước qua các kẽ nứt từ đáy sông, suối và các đối tượng chứa nước khác xuống lò chợ đang khai thác, mối liên hệ giữa biến dạng mặt đất và các công trình bị ảnh hưởng của quá trình khai thác, giới hạn cho phép biến dạng của các nền móng công trình, ảnh hưởng của dịch chuyển đất đá đến các loại hầm lò.



Hình 2.1: Kết cấu mạng lưới quan trắc trung bình và dài hạn

Trong đó: 1- Mốc cố định; 2- Mốc công tác

Kết quả xử lý số liệu quan trắc được ứng dụng trong nghiên cứu lựa chọn biện pháp bảo vệ công trình, tính các trụ bảo vệ, lý giải quy luật quá trình dịch chuyển để tổng hợp thành lý thuyết và xây dựng các phương pháp ước tính dự báo dịch chuyển. Ngoài ra, kết quả quan trắc dịch chuyển đất đá khu vực lò chợ được dùng trong nghiên cứu điều khiển hợp lý áp lực mỏ, khai thác các vỉa gần nhau và tính trụ ngăn giữa các mỏ.

Tuỳ thuộc vào nhu cầu thực tế, công tác quan trắc dịch chuyển có thể ứng dụng ở các đối tượng khác nhau như: mặt đất, nham tầng, những lớp đất đá bao quanh lò chợ, công trình bị khai thác dưới,... Đặc biệt cần lưu ý đến việc quan trắc dịch chuyển liên quan đến giữa mặt đất, các lớp đá bị khai thác ở dưới và các lớp đá bao quanh lò chợ trong một khu vực.

2.1.2 Phân loại lưới quan trắc

Căn cứ vào mức độ nhu cầu nghiên cứu, tính chất và khối lượng công việc để phân loại các dạng quan trắc như sau:

1. Quan trắc cơ bản theo một chương trình lớn nhằm thu thập các thông số dịch chuyển và xác định các tính chất của quá trình dịch chuyển.
2. Quan trắc theo một chương trình ngắn hơn nhằm xác định những thông số dịch chuyển và các đại lượng cần thiết để tính toán trụ bảo vệ.
3. Quan trắc ngắn gọn (như đo kẽ nứt, thu thập tài liệu đặc trưng độ cứng của đá, quan sát sơ bộ trên một tuyến quan trắc trong một thời gian ngắn,...) nhằm xác định góc dịch chuyển để tính trụ bảo vệ tại những nơi chưa có số liệu nghiên cứu dịch chuyển đất đá từ trước.

Theo thời hạn sử dụng, nhiệm vụ công việc và điều kiện khai thác để phân biệt các dạng lưới quan trắc như sau:

1. Lưới quan trắc dài hạn được bố trí nhằm thu thập những chỉ số dịch chuyển và biến dạng mặt đất khi khai thác một vỉa hoặc một tập hợp vỉa ở một số mức khai thác.
2. Lưới quan trắc trung bình nhằm mục đích như trên nhưng khi khai thác 1-2 vỉa ở cùng một mức với thời gian tồn tại từ 1 đến 3 năm.
3. Lưới quan trắc ngắn hạn được bố trí theo phương của vỉa, khi độ sâu khai thác không quá 250m với mục đích thu thập một số thông số như: góc dịch chuyển δ , góc dịch chuyển hoàn toàn ψ_3 , các điểm có giá trị cực đại, tốc độ dịch chuyển và biến dạng. Thời hạn quan trắc từ 1 đến 5 tháng.
4. Lưới quan trắc đặc biệt nhằm mục đích nghiên cứu đặc điểm dịch chuyển biến dạng khi khai thác đi qua các đứt gãy, trục các nếp uốn hoặc để đánh giá ảnh hưởng của các bề mặt phân lớp yếu đến sự xuất hiện các tầng bậc trên mặt đất, xác định mối quan hệ giữa biến dạng nền đất với móng chính công trình; để xác định tính chất thấm thấu của đất đá sau khi khai thác, các thông số dịch chuyển sau khi chèn lấp khoảng trống khai thác, ...

Lưới quan trắc có thể bố trí trên mặt đất, ở các công trình công nghiệp và dân dụng; trong các lớp nham tầng, dưới lò chợ, ở các đường lò chính,... Những tuyến lưới quan trắc bố trí trên mặt đất thường thẳng theo đường phương hoặc theo phương dốc vỉa, tại những chỗ dự đoán sau này là mặt cắt chính của bồn dịch chuyển (hình 2.1).

Kết cấu lưới quan trắc có thể bao gồm một hay nhiều tuyến quan trắc hoặc một số điểm quan trắc. Tuyến quan trắc là một đường thẳng bố trí trong phạm vi khu vực quan trắc dịch chuyển, trên đó chôn nhiều mốc quan trắc.

Ở những mỏ có cấu tạo địa chất phức tạp thì tuyến quan trắc bố trí theo dạng đường phân kỳ gần thẳng góc với phương của vỉa. Trường hợp phương của vỉa không rõ ràng hoặc vỉa có độ dốc nhỏ thì tuyến quan trắc bố trí theo các mặt cắt chính dự đoán của bồn dịch chuyển và thẳng góc hoặc song song với gương lò chợ.

Lưới quan trắc có thể thành lập dưới dạng lưới ô vuông hay ô chữ nhật trên một diện tích rộng. Kết quả đo đạc ở loại lưới này cho phép thu nhận được đầy đủ số liệu cần thiết, nhưng trong thực tế không sử dụng vì khối lượng chôn mốc và công việc quan trắc lớn. Loại quan trắc này thường sử dụng ở những nơi có phương vị của vỉa và ranh giới khai thác không xác định được rõ ràng.

Ngoài việc bố trí các tuyến quan trắc theo các mặt cắt chính vuông góc với nhau như trên, còn cho phép bố trí các tuyến quan trắc theo phương bất kỳ khi quan trắc biến dạng đường xe lửa, các ống dẫn dầu, khí đốt, nước, ... Ở những vùng rậm rạp và đồi núi có thể bố trí các tuyến quan trắc đứt đoạn.

Việc bố trí lưới quan trắc phải phù hợp với thiết kế được xây dựng và phê duyệt từ trước. Kèm theo phải thành lập các bản báo cáo giải trình công tác cụ thể và các bản vẽ cần thiết. Trong giải trình cần trình bày rõ mục đích quan trắc, mô tả tóm tắt điều kiện địa chất - khai thác trong khu vực quan trắc, phương pháp quan trắc, chôn mốc và đo nối các điểm quan trắc khác, trình tự và kế hoạch thời gian thực hiện. Tính toán các tuyến quan trắc theo các mặt cắt chính, dẫn ra các số liệu gốc ban đầu (với toạ độ X, Y, H) để đưa thiết kế ra thực địa.

Những bản vẽ chính gồm có bản đồ lưới quan trắc tỷ lệ 1:1000 -1: 2000 đối với mỏ than và 1:500 -1:1000 đối với mỏ quặng. Trên bản đồ phải biểu hiện địa hình địa vật vùng quan trắc, các đường lò hiện trạng và sẽ đào theo kế hoạch ở khu vực lò chợ, kèm theo bản đồ phải có bản vẽ mặt cắt địa chất dọc theo tuyến quan trắc. Số lượng tuyến quan trắc bố trí theo phương của vỉa ít nhất là 1, theo dốc vỉa ít nhất là 2 (vì theo hướng này số lượng cần xác định nhiều).

2.2 Khảo sát thiết kế lưới quan trắc

Nhiệm vụ quan trắc dịch chuyển biến dạng bề mặt là tiến hành đo các đại lượng dịch chuyển của tập hợp các điểm mốc trên bề mặt theo một chu kỳ nhất định. Điều quan trọng là việc lựa chọn và bố trí hợp lý các điểm mốc quan trắc. Một phương án quan trắc được coi là tối ưu khi số lượng điểm quan trắc là ít nhất

mà kết quả phản ánh tác động của quá trình dịch chuyển biến dạng là đầy đủ và trung thực nhất. Trong một dự án quan trắc biến dạng bề mặt mỏ cần thể hiện được các nội dung: mục đích quan trắc; đặc điểm khu vực quan trắc, các điều kiện địa chất và các thông số công nghệ khai thác; đồ hình mạng lưới quan trắc; khoảng cách giữa các điểm quan trắc; phương pháp bố trí mốc quan trắc; chu kỳ quan trắc; phương pháp quan trắc dịch chuyển đứng và dịch chuyển ngang; phương pháp xử lý số liệu.

2.2.1. Xác định đối tượng, mục đích và nhiệm vụ quan trắc

Đối tượng quan trắc có thể là một vỉa hoặc một tập vỉa. Trạm quan trắc cần được thiết kế hợp lý, để thông qua việc đo đạc thực địa cho phép thu thập đầy đủ, chính xác các bộ số liệu cần thiết để thông qua việc xử lý cho phép rút ra các thông số, đại lượng của quá trình dịch chuyển, biến dạng đất đá phù hợp với các điều kiện địa chất- khai thác ở mỏ.

Việc xác định mục đích quan trắc là để lựa chọn phương pháp đo, xử lý số liệu, áp dụng các tiêu chuẩn kỹ thuật và công nghệ đo phù hợp. Thông thường, các dự án quan trắc cho hai mục đích: nghiên cứu khoa học và phục vụ sản xuất.

Mạng lưới quan trắc nghiên cứu khoa học thường được đo đạc, theo dõi trong thời gian dài, nhằm mục đích thu thập các số liệu để kiểm chứng kết quả dự báo; để xác định các hệ số cho phương trình thực nghiệm; để xác định các góc dịch chuyển; để nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố tự nhiên và nhân tạo tác động đến quá trình dịch chuyển, biến dạng mỏ, ...

Mạng lưới quan trắc phục vụ sản xuất được thiết lập và quan trắc trong các chu kỳ ngắn để nhanh chóng xác định các đại lượng biến dạng nhằm có phương án kịp thời bảo vệ các công trình tự nhiên và nhân tạo trên bề mặt.

Lưới quan trắc dài hạn và trung bình được ứng dụng cho mục đích nghiên cứu khoa học; lưới quan trắc ngắn hạn phục vụ cho hoạt động sản xuất, thông qua các đại lượng biến dạng để điều khiển áp lực mỏ, tìm kiếm các giải pháp bảo vệ

các công trình trên bề mặt. Việc xác định mục đích quan trắc liên quan đến độ chính xác quan trắc. Có nhiều phương pháp quan trắc với độ chính xác khác nhau, cần luận giải cơ sở khoa học xác định độ chính xác và các tiêu chuẩn kỹ thuật quan trắc sao cho thỏa mãn yêu cầu của dự án đáp ứng mục đích của chương trình quan trắc.

2.2.2. Nghiên cứu đặc điểm khu vực và thu thập tài liệu cho công tác thiết kế

Cần tiến hành nghiên cứu đặc điểm khu vực quan trắc, trong đó cần mô tả điều kiện địa lý, địa hình, địa kỹ thuật,... Các tài liệu cần thu thập gồm bản đồ địa hình khu vực cần quan trắc, bản đồ khai thác khu vực mỏ, sơ đồ lưới khống chế cơ sở của mỏ, các tài liệu báo cáo tổng kết về trắc địa. Các điều kiện này có ý nghĩa quan trọng khi thiết kế đồ hình mạng lưới điểm quan trắc và bố trí mốc quan trắc.

Cần khảo sát các điều kiện địa chất mỏ và các thông số liên quan đến công nghệ khai thác, bao gồm các mặt cắt địa chất, địa tầng; chiều dày vỉa và các lớp đất đá phủ; độ sâu khai thác; hệ thống khai thác; phương pháp chèn lò. Phụ thuộc vào khu vực quan trắc, các bản đồ, bản vẽ địa chất-khai thác phải được thể hiện ở tỷ lệ lớn trong khoảng từ 1:500 đến 1:2000.

2.2.3. Mạng lưới quan trắc dịch động

Đồ hình mạng lưới quan trắc đóng vai trò quan trọng trong các chương trình quan trắc biến dạng. Mạng lưới quan trắc phải bố trí sao cho các kết quả quan trắc phản ánh đầy đủ và trung thực quá trình và tính chất dịch chuyển biến dạng theo không gian và thời gian. Mạng lưới quan trắc có thể bố trí theo các dạng sau đây:

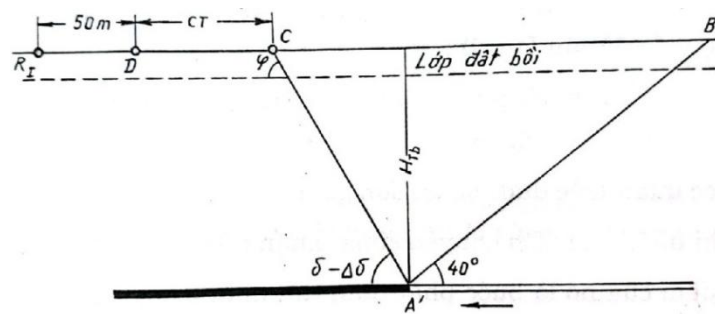
- Tuyến quan trắc đơn,
- Mạng lưới tuyến quan trắc,
- Lưới quan trắc đặc biệt,
- Lưới quan trắc sâu.

Lựa chọn đồ hình, vị trí và phương pháp quan trắc nào là phụ thuộc vào mục đích quan trắc, đặc điểm, kết cấu của đối tượng quan trắc, điều kiện địa chất, cơ lý

đá mở và các thông số công nghệ khai thác; điều kiện địa hình, mật độ xây dựng trên bề mặt,...

2.2.3.1- Tuyến quan trắc đơn

Là loại hình đơn giản nhất, được ứng dụng để theo dõi quá trình dịch chuyển và biến dạng theo phương của vỉa hoặc theo một hướng bất kỳ nào đó như chạy dọc theo đường sắt, đường ống dẫn, băng tải, ...nhằm phục vụ cho các nhiệm vụ quan trắc ngắn hạn hoặc quan trắc đặc biệt ở các công trình. Các điểm quan trắc được bố trí cách đều nhau trên một tuyến thẳng. Trên mỗi tuyến, cần bố trí các điểm cố định R_i cách nhau $50\text{ m} \div 100\text{ m}$ gọi là các điểm đầu tuyến. Tọa độ không gian của các điểm cố định (X,Y,H) cần phải được xác định trong hệ qui chiếu độc lập hoặc đo nối với các điểm cấp cao; độ ổn định của chúng phải thường xuyên được đo đạc kiểm tra. Các điểm cố định đầu tuyến cần bố trí cách ranh giới khai thác một khoảng cách an toàn.



Hình 2.2: Tuyến quan trắc đơn dọc theo phương của vỉa

Tuyến quan trắc phải xây dựng đón đầu, đảm bảo xong trước thời điểm bề mặt đất bị ảnh hưởng khai thác dưới. Do vậy tuyến quan trắc theo phương phải bố trí lùi cách gương lò chợ một khoảng $CD = c.t$; trong đó: c - là tiến độ đi lò, t - là khoảng thời gian cần thiết để xây dựng xong tuyến quan trắc. Chiều dài tuyến quan trắc được tính như sau:

Trên mặt cắt theo tuyến quan trắc biểu thị vị trí lò chợ tại thời điểm dự kiến bắt đầu quan trắc là điểm A' . Từ điểm A' về phía khoảng trống đã khai thác dựng

đường thẳng A'B dưới một góc 40^0 (hình 2.2) và về phía hướng tiến của gương lò chợ, dựng đường thẳng A'C dưới góc $\delta-\Delta\delta$ đến mặt tiếp giáp đá gốc với lớp đất bồi và dưới góc φ trong lớp đất bồi. Từ C đặt các đoạn $CD = c.t$ và DR_1 về phía hướng tiến của lò chợ.

Đoạn BD sẽ là khoảng cần bố trí các điểm mốc và tiến hành quan trắc các hiện tượng dịch chuyển trong phạm vi đó. Vị trí điểm cố định R_1 xác định bằng cách đặt một đoạn 50m từ điểm dịch chuyển D về phía hướng tiến của lò chợ.

Lúc lập tuyến quan trắc vị trí gương lò chợ cần cách lò cắt không ít hơn một khoảng bằng $1,4H_{tb}$. Khoảng cách giữa các mốc quan trắc được chọn tùy thuộc vào độ sâu khai thác. Các mốc cố định và mốc quan trắc làm bằng sắt đường ray, các thanh kim loại hoặc các ống sắt có chiều dài 0,7–1m, đường kính 5-8cm.

Đo nối tuyến quan trắc với các điểm khống chế cơ sở gần nhất. Đo nối mặt bằng phải đạt độ chính xác $1/2000$; đo nối độ cao bằng đường chuyền cao đạc hình học với sai số khép không quá $15\sqrt{L}$ mm.

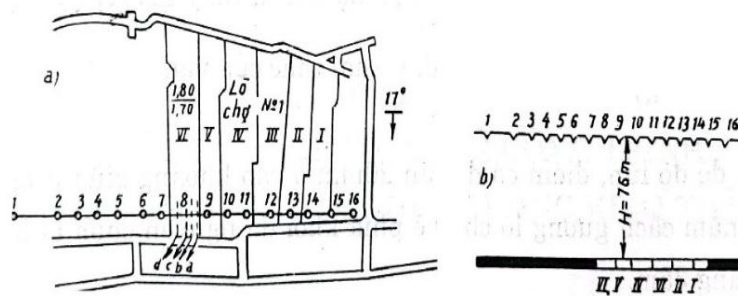
Đo khoảng cách giữa các điểm và xác định độ cao các mốc quan trắc cũng như yêu cầu về độ chính xác khi đo cần tuân thủ theo “Tiêu chuẩn trắc địa mỏ Việt Nam TCVN-2015”. Song song với việc đo khoảng cách giữa các mốc và xác định độ cao, phải ghi chép cập nhật các kẽ nứt trên mặt đất và ở các công trình trong phạm vi bị ảnh hưởng của công tác khai thác.

Lần quan trắc đầu tiên được tiến hành sau khi chôn mốc 1-2 ngày và sau đó theo chu kỳ 8-10 ngày sẽ tiến hành quan trắc các đợt tiếp theo cho đến lúc kết thúc quá trình dịch chuyển trong phạm vi tuyến quan trắc.

Trong đồ hình lưới quan trắc tuyến đơn có thể kể đến loại lưới “quan trắc tàn số”. Cơ sở của phương pháp “quan trắc tàn số” được xuất phát từ quy luật lún của các điểm trong mặt cắt chính theo phương của vỉa khi có tiến độ lò chợ xảy ra điều hoà thì quỹ đạo điểm mốc sau sẽ lặp lại giống quỹ đạo chuyển dịch của điểm trước.

Do đó cho phép dùng tích phân đồ thị đường cong tốc độ trung bình để xác định được đường cong lún tương ứng với thời kì từ khi bắt đầu đến khi kết thúc quá trình dịch chuyển.

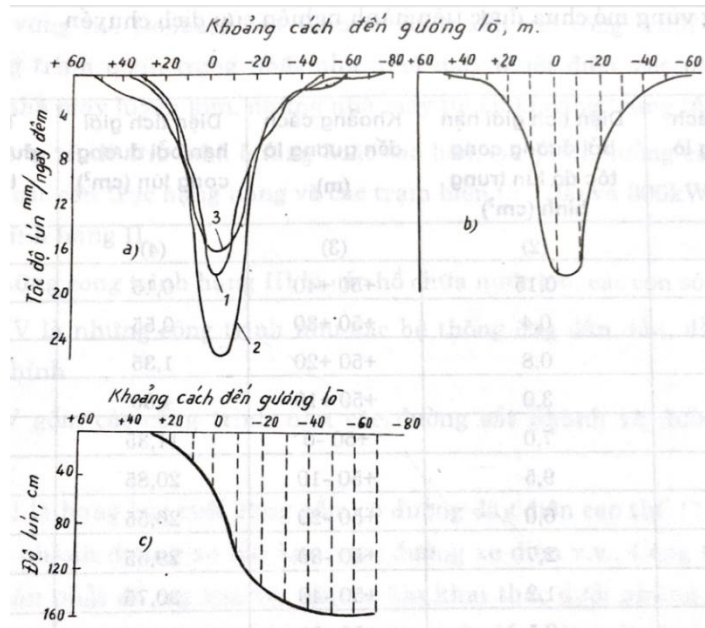
Việc quan trắc được tiến hành trên tuyến quan trắc theo mặt cắt chính của bồn dịch chuyển dự kiến theo phương của vỉa. Trong suốt thời kì quan trắc mốc ngoài cùng về phía hướng tiến của lò chợ cần nằm ngoài giới hạn vùng ảnh hưởng của công tác khai thác, còn mốc ngoài cùng của tuyến ở phía đối diện phải nằm trên khu vực đã kết thúc quá trình dịch chuyển (hình 2.3).



Hình 2.3: Tuyến quan trắc tần số theo phương vỉa

a- Tuyến quan trắc trên lò chợ; b- Mặt cắt dọc tuyến quan trắc theo phương

Vị trí của các mốc ngoài cùng 1 và 16 được xác định tương tự như các điểm B và R_1 trên tuyến quan trắc đơn đã nêu ở trên. Trên thực địa chôn các mốc cố định 1, 16 và các mốc quan trắc từ 2 đến 15. Các mốc này làm bằng gỗ có chiều dài 0.7-0.8m; đường kính 5cm. Khoảng cách giữa các mốc lấy từ 8-10m.



Hình 2.4: Biểu đồ tốc độ lún các mốc tuyến 1-16

a- Biểu đồ tốc độ lún ở các chu kỳ đo; b- Biểu đồ tốc độ lún trung bình cho toàn bộ thời gian quan trắc; c- Đường cong lún của các điểm mốc ở tuyến quan trắc

Việc bố trí tuyến quan trắc được tiến hành trong điều kiện lò chợ có tiến độ điều hoà và vỉa có độ dốc thoải hoặc dốc. Với chu kỳ 6-10 ngày, tiến hành 5-10 lần đo cao hình học các mốc với qui định tuân thủ quy trình kỹ thuật đo và các hạn sai tương đương với lưới độ cao cấp IV. Theo các số liệu đo độ cao ở các chu kỳ đo 1, 2, 3, ... để xác định tốc độ lún trung bình của các mốc quan trắc và xây dựng biểu đồ tốc độ lún ở các chu kỳ (hình 2.4-a); đường cong tốc độ trung bình cho suốt thời kì quan trắc (hình 2.4-b).

Để nhận được các đường cong trong dạng trùng hợp, theo trục ngang đặt các khoảng cách trung bình l_{itb} từ gương lò chợ đến điểm i nào đó với dấu dương nếu điểm i đó nằm trên phạm vi khối đá nguyên chưa bị khai thác và với dấu âm nếu điểm i nằm trên phạm vi vùng đã bị khai thác. Biết vị trí gương lò ở thời điểm tiến hành đo cao, khoảng cách từ gương lò đến các mốc và khoảng cách giữa các mốc

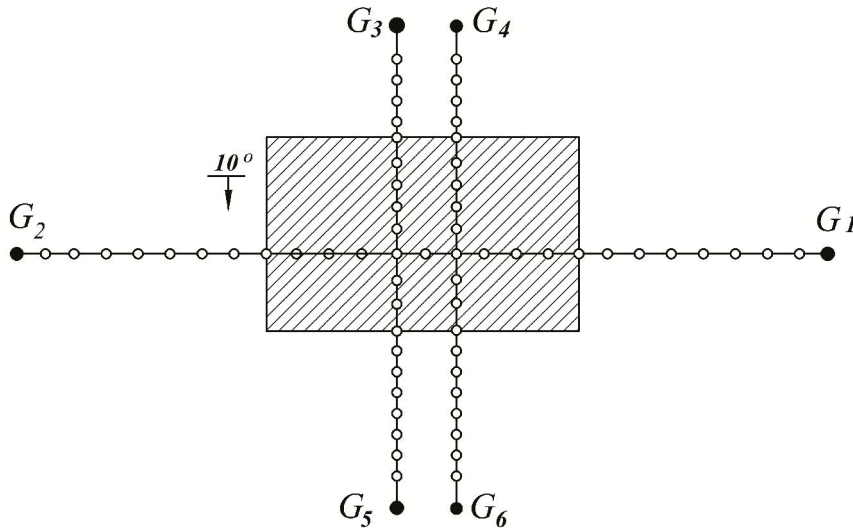
sẽ tính được đại lượng l_{itb} . Trong đó l_{itb} bằng một nửa tổng số các khoảng cách tại điểm của lần đo cao kế tiếp nhau:

$$l_{itb} = \frac{l_i + l_{i+1}}{2} \quad (2.1)$$

Tích phân đồ thị đường cong tốc độ trung bình để xác định được đường cong lún tương ứng với thời kì từ khi bắt đầu đến khi kết thúc quá trình dịch chuyển (hình 2.4-c).

2.2.3.2 - Mạng lưới tuyến quan trắc

Bao gồm nhiều tuyến thẳng bố trí dọc theo dốc và theo phương của vĩa. Trường hợp đơn giản nhất là mạng lưới bao gồm ba tuyến, hai tuyến theo dốc của vĩa và một tuyến dọc theo phương (hình 2.5). Các điểm trên tuyến được bố trí cách đều nhau, khoảng cách giữa hai tuyến dọc theo dốc của vĩa không được lớn hơn 50m.



Hình 2.5: Phân bố các tuyến trong mạng lưới quan trắc

1. Xác định các thông số về góc

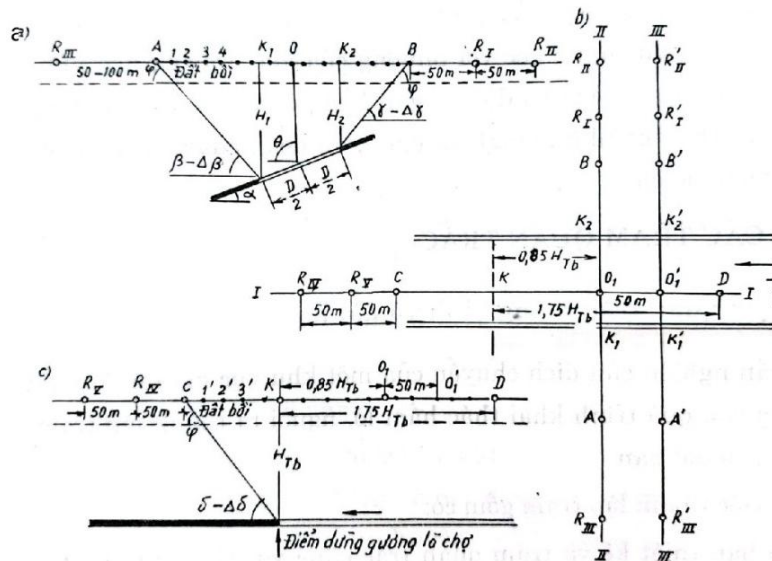
Để tính kích thước hợp lý cho các tuyến quan trắc cần xác định các thông số về góc dịch chuyển như β , γ , δ (trong lớp đá gốc), φ (trong lớp đất phủ). Góc β , γ và δ phải bớt đi những đại lượng $\Delta\gamma$, $\Delta\beta$ và $\Delta\delta$ nhằm có một giới hạn rộng rãi bao lấy bồn dịch chuyển, đồng thời đề phòng sự chênh lệch quá lớn giữa góc dịch chuyển thực với góc chọn để tính.

Trị số $\Delta\beta$, $\Delta\gamma$, $\Delta\delta$ được xác định theo góc dốc vỉa nêu trong quy phạm về quan trắc dịch chuyển. Đối với mỏ than thì $\Delta\gamma$ và $\Delta\delta$ lấy bằng 20° còn $\Delta\beta$ phụ thuộc vào góc dốc của vỉa α , xác định theo bảng 1.2.

Bảng 2.1- Xác định giá trị góc điều chỉnh $\Delta\beta$ theo góc dốc vỉa

Góc dốc của vỉa (α)	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
$\Delta\beta$	18°	17°	15°	13°	12°	11°	9°	7°	8°

Để xác định vị trí của tuyến quan trắc theo phương cần xác định giá trị góc lún cực đại Θ hoặc xác định theo các góc dịch chuyển hoàn toàn ψ_1 , ψ_2 . Giá trị các góc này được xác định theo “Tiêu chuẩn trắc địa mỏ Việt Nam TCVN-2015” hoặc xác định theo phương pháp vùng tương tự của GS Kazacovsky



Hình 2.6: Xác định chiều dài tối ưu của các tuyến quan trắc

2. Tính toán xác định chiều dài các tuyến quan trắc

Để xác định chiều dài các tuyến cần xây dựng các mặt cắt đứng dọc theo các tuyến quan trắc theo dốc và theo phương của vỉa (hình 2.6). Từ ranh giới dưới và trên của lò chợ tiến hành dựng các góc $\beta-\Delta\beta$ (từ ranh giới dưới) và $\gamma-\Delta\gamma$ (từ ranh giới trên), trong lớp đất phủ dựng góc φ (hình 2.6-a). Ta được các điểm A và B trên mặt đất. Lưu ý, các đường dựng dưới các góc này sẽ cắt mặt tiếp giáp giữa lớp đất bồi với đá gốc, và tại những điểm này sẽ dựng góc dịch chuyển φ của lớp đất bồi để xác định được điểm A và B - là điểm biên của vùng dịch chuyển dự kiến.

Trong phạm vi đoạn AB trên mặt cắt, đánh dấu vị trí các mốc quan trắc 1, 2, 3,... Từ điểm B về phía ngoài đánh dấu các điểm mốc cố định R_I, R_{II} với khoảng cách không nhỏ hơn 50m và tương tự từ điểm A đánh dấu các điểm R_{III}, \dots với khoảng cách 50 - 100m. Các mốc cố định cần bố trí nằm ngoài phạm vi dự kiến dịch chuyển và được dùng làm mốc cơ sở để xác định mối tương quan dịch chuyển của các mốc quan trắc so với chúng.

Từ trung tâm lò chợ trên mặt cắt chính theo dốc vỉa, dựng góc θ (góc lún cực đại) để xác định điểm O - là vị trí xác định tuyến quan trắc theo phương vỉa. Triển điểm O lên bản vẽ mặt bằng và vẽ qua đó đường thẳng I-I là tuyến quan trắc (mặt cắt chính) theo phương của vỉa.

Trên mặt cắt chính I-I qua điểm O_1 sẽ tiến hành xác định kích thước tuyến quan trắc theo phương của vỉa. Từ điểm dừng dự kiến của lò chợ (nơi có trụ bảo vệ lớn, biên giới mỏ,...) hoặc từ lò cắt dựng một tia dưới góc nghiêng $\delta-\Delta\delta$, cắt mặt tiếp giáp lớp đá gốc với lớp đất bồi, và từ đó kẻ tiếp tia với góc φ sẽ được điểm C là điểm biên dự kiến của tuyến quan trắc dịch chuyển theo phương (hình 2.6-c). Điểm biên D bên phải được xác định bằng cách đặt đoạn $KD = 1,75H_0 = 1,75H_{tb}$. Điểm K xác định bằng cách chiếu điểm dừng dự kiến của lò chợ lên mặt đất. H_0 là độ sâu từ điểm đáy bồn dự kiến O đến vỉa; trong phạm vi cho phép có thể lấy $H_0 = H_{tb}$ (độ sâu tại điểm trung tâm của lò chợ), được tính theo công thức:

$$H_{tb} = \frac{H_1 + H_2}{2} \quad (2.2)$$

Trên đoạn CD sẽ bố trí các mốc công tác để quan trắc dịch chuyển theo phương của vỉa. Trong đoạn này sẽ đánh số các mốc 1', 2', 3',... Cách điểm C (về phía bên trái) một khoảng lớn hơn 50m, bố trí 2 điểm mốc cố định R_{IV} , R_V cách nhau 50 -100m.

Đặt đoạn $KO_1 = 0,85 H_{tb}$ để xác định điểm O_1 sẽ dùng để định vị tuyến quan trắc II-II theo dốc của vỉa. Cách điểm O_1 (tuyến II-II) với khoảng cách không nhỏ hơn 50m bố trí điểm O'_1 để xác định vị trí tuyến quan trắc theo dốc vỉa tiếp theo (tuyến III-III).

Trong trường hợp đến thời gian bố trí trạm quan trắc, gương lò chợ chuyển dịch một đoạn S so với lò cắt, khoảng cách từ gương lò chợ đến O'_1 sẽ được tính theo công thức:

$$d = H_{tb} \text{ctg} (\delta - \Delta\delta) \quad (2.3)$$

Giá trị d không được nhỏ hơn $0,85H_{tb} - S$.

Trên các tuyến quan trắc (ở trên bản đồ khai thác) cần biểu thị vị trí của các điểm mốc cố định R_i và vị trí của các mốc quan trắc (mốc công tác).

Mỗi tuyến quan trắc ít nhất phải có ba mốc cố định: 2 mốc ở một đầu để phòng khi bị hỏng, bị mất mốc và một mốc ở phía đầu kia của tuyến. Những mốc không chế đầu tuyến phải bố trí ở những nơi đất đá ổn định, không bị ảnh hưởng dịch chuyển do khai thác dưới. Thường những mốc này được bố trí tại những chỗ chưa khai thác và nằm ngoài phạm vi ảnh hưởng của khai thác trong suốt thời gian tồn tại của lưới quan trắc.

Kết quả cuối cùng phải tính được số lượng các mốc cố định và số lượng tất cả các mốc quan trắc cần bố trí trên lưới thiết kế.

2.2.3.3- Lưới quan trắc đặc biệt

Lưới quan trắc đặc biệt được bố trí nhằm mục đích nghiên cứu những vấn đề đặc biệt trong quá trình dịch chuyển đất đá và mặt đất. Lưới quan trắc đặc biệt thường có dạng lưới điểm, lưới cụm điểm hoặc kết hợp cả hai dạng trên.

- *Lưới điểm quan trắc* là dạng lưới bất định hình, thường được bố trí trên khu vực cần nghiên cứu rộng có mức độ dịch chuyển biến dạng mạnh và điều kiện địa chất phức tạp hoặc được bố trí trên khu vực xây dựng dày đặc, trong phương pháp truyền thống, việc đo chiều dài gặp khó khăn.

- *Lưới cụm điểm quan trắc* là tập hợp gồm các cụm mốc có từ ít nhất ba điểm trở lên trong một cụm. Các cụm điểm bố trí trên các khu vực xây dựng dày đặc, trên mặt bằng công nghiệp, gần các đối tượng nhạy cảm với quá trình dịch chuyển đất đá mở, hoặc khi nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình khai thác đến các khu vực nhà dân dụng và công nghiệp, các công trình khác như đường sắt, ống dẫn nước, dẫn dầu, các hầm lò chính, bể chứa nước, các sông suối, ...

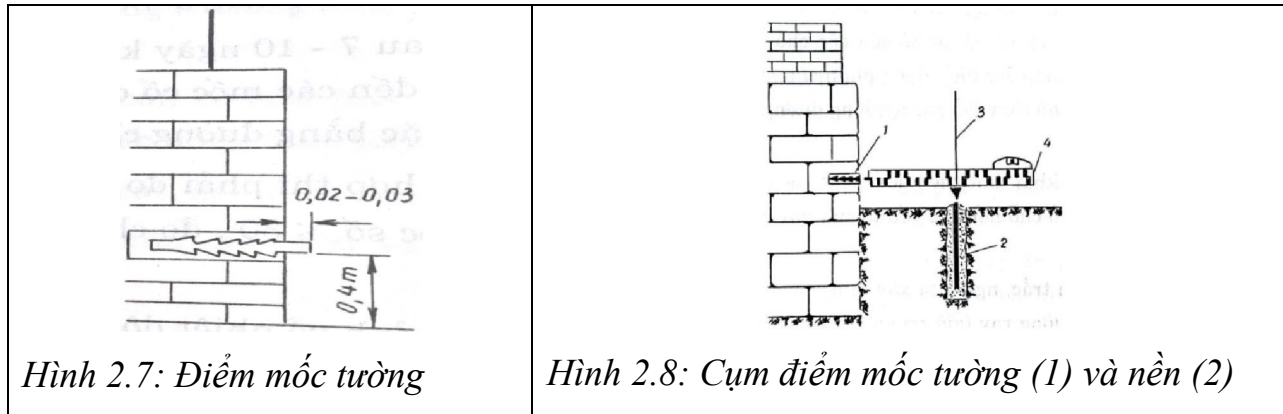
Lưới quan trắc đặc biệt phục vụ các công tác sau:

- Nghiên cứu quá trình ảnh hưởng của dịch chuyển đến các công trình để tìm biện pháp bảo vệ, cũng như xác định hiệu quả sử dụng những cấu trúc đặc biệt cho các công trình nhà cửa, quan hệ giữa biến dạng nền đất và công trình, nghiên cứu ảnh hưởng của khai thác hầm lò đến sụt lún bờ mở lộ thiên gần đó, nghiên cứu dịch chuyển với tính chất cơ lý và biến dạng, sụt lún trong nham tầng.

- Quan trắc biến dạng các công trình khi tiến hành khai thác thử ở độ sâu bé hơn độ sâu an toàn hoặc là khai thác ở độ sâu gần với độ sâu an toàn nhằm tìm biện pháp thuận lợi nhất cho việc khai thác.

- Khi khai thác dưới những khu vực nhà dân dụng và các công trình công nghiệp có thể xuất hiện các hiện tượng dịch chuyển gây nên biến dạng và ảnh hưởng nguy hiểm đến các công trình nói trên. Trong trường hợp này sẽ dùng *lưới cụm điểm quan trắc* bao gồm các loại mốc nền và mốc tường. Mốc nền bố trí cách tường 1,5- 2m, còn mốc tường thì bố trí ở móng nhà hay chân tầng ngầm của toà

nhà hoặc công trình. Mốc tường bố trí khắp chung quanh toà nhà, ở những khoảng cách từ 4 – 10m, mỗi phía của toà nhà có ít nhất là 3 mốc. Cách bố trí các mốc nền và mốc tường như vậy là hợp lý khi nghiên cứu quan hệ giữa biến dạng của nền đất và công trình.



Hình 2.7: Điểm mốc tường

Hình 2.8: Cụm điểm mốc tường (1) và nền (2)

Khi quan trắc sẽ đo độ cao của các mốc và đo khoảng cách giữa các mốc nền và các mốc tường. Trong điều kiện vĩa dốc đứng, ngoài các đại lượng đo trên còn đo thêm khoảng cách giữa các mốc tường và mốc nền theo phương dốc vĩa. Độ cao của mốc nền và mốc tường được xác định bằng thủy chuẩn hạng ba. Để quan trắc sự thay đổi kích thước những kẽ nứt xuất hiện ở tường cũng như ở các nơi khác cần phết lên đây một lớp sơn màu và đánh dấu các điểm nằm đối xứng qua đường kẽ nứt để quan trắc. Khoảng cách giữa các mốc tường và mốc nền đối diện đo bằng mia cùng dây dọi, thước thép, hoặc máy toàn đạc điện tử (hình 2.8).

Chu trình quan trắc ở những lưới đặc biệt này tùy thuộc vào nhiệm vụ cụ thể và tính chất của các công trình. Trong thời kì dịch chuyển mạnh nhất việc quan trắc phải tiến hành ít nhất là 2 lần/tháng và ở thời kì dịch chuyển giảm dần thì ít nhất là 1 lần/tháng. Ở cuối quá trình dịch chuyển cần quan trắc kiểm tra ít nhất 2 lần, cách nhau khoảng 2-3 tháng.

- Khi khai thác dưới đường xe lửa thì lưới quan trắc được bố trí bằng một loạt điểm mốc dọc theo nền đường hoặc gần chân nền và rải rác trong phạm vi bị

ảnh hưởng dịch chuyển của khu vực khai thác. Điểm quan trắc còn được đánh dấu bằng sơn màu trên đường ray và những chỗ nối. Khi quan trắc cùng với việc đo thủy chuẩn và đo khoảng cách các điểm trên tuyến còn phải đo cả kẽ hở ở các chỗ nối ray, đo độ cao các điểm đánh dấu trên đường ray, ghi chép biến dạng các thành phần cấu trúc của đường (đứt gãy, xô lệch tà vẹt, sự thay đổi góc nghiêng đường ray, tình trạng của các ghi,...).

Tùy thuộc vào độ sâu khai thác, tiến độ lò chợ, các quy định sử dụng đường xe lửa, độ dốc đường, kẽ hở chỗ nối, các yếu tố của ghi... để quy định chu kì quan trắc.

Dựa theo số liệu quan trắc, người ta xây dựng biểu đồ dịch chuyển và biến dạng nền đường và các đường ray. Tài liệu quan trắc được chuyển cho bộ phận phụ trách sửa chữa đường sắt để tìm những biện pháp khắc phục. Tại những khu vực bị ảnh hưởng của khai thác cần giảm tốc độ của xe lửa. Đường ray xe lửa khi bị khai thác dưới nếu chịu biến dạng nén và căng sẽ rất nguy hiểm. Chịu biến dạng nén sẽ làm cho đường ray vòng lên và bị bẩy khỏi tà vẹt, còn biến dạng căng sẽ làm đứt các bản nối các thanh ray.

- Khi khai thác dưới tuyến ống dẫn các loại thì các điểm quan trắc được bố trí dọc theo đường ống. Kết quả quan trắc cho phép nghiên cứu về giá trị và tốc độ dịch chuyển, biến dạng của nền đất và các ống dẫn. Nếu vật liệu ống dẫn làm bằng gang thì khi quan trắc phải lưu ý đến các mối nối. Trong vùng có dự báo biến dạng ngang lớn nhất cần bố trí ít nhất 3 cụm mốc để quan trắc các mối nối bằng cách đánh dấu bằng sơn màu về 2 phía tại điểm có nghi vấn xảy ra biến dạng ngang.

Theo chu kì quy định, tiến hành đo khoảng cách giữa các điểm quan trắc nói trên để xác định biến dạng nén hay căng ở các chỗ mối nối. Ngoài ra, dựa vào dịch chuyển của các mốc quan trắc bố trí ở gần đáy để xác định sự xô dịch tuyệt đối hay tương đối của ống dẫn so với nền đất.

Trong phạm vi bị ảnh hưởng của khu vực khai thác, người ta thường moi bót đất ở xung quanh ống dẫn ra để giảm bớt lực dính của nền đất vào mặt ngoài ống dẫn. Trong trường hợp này việc quan trắc dịch chuyển và biến dạng có thể tiến hành theo những điểm mốc đánh dấu trực tiếp trên mặt ống dẫn. Các kết quả quan trắc sẽ giao cho bộ phận có trách nhiệm sử dụng và bảo quản ống dẫn để tìm biện pháp khắc phục.

Khi khai thác dưới hồ nước hay sông suối trạm quan trắc sẽ bố trí gần những chỗ đó. Đặc biệt phải lưu ý xác định lực căng và so sánh các giá trị bằng số của nó với giá trị trên chuẩn mà nó có thể gây ra đứt gãy các khối đất đá liền và tạo thành những kẽ nứt.

Phải đo đạc các kẽ nứt, có khi phải phát quang những vùng nhỏ có cây cối hoặc rêu phong bao phủ để dễ phát hiện.

Để quan trắc động lực của dòng nước trong các đường lò người ta trang bị các dụng cụ đo nước và tiến hành việc đo trước khi khai thác và trong quá trình khai thác ở dưới các đối tượng thiên nhiên đó.

- Khi khai thác dưới những vùng ao hồ, sông suối, và các via nước ngầm điều quan trọng nhất là xác định chiều cao vùng uốn võng có sự rạn nứt và đứt gãy của khối đá liền. Vấn đề này được giải quyết bằng cách quan trắc địa chất thủy văn ở các lỗ khoan nằm trước hướng tiến của gương lò chợ.

Trước khi khai thác dưới, thông qua các lỗ khoan sẽ tiến hành bơm hút nước ở khối đá nguyên chưa bị ảnh hưởng dịch chuyển để xác định hệ số thấm thấu nước lần đầu ở những độ sâu khác nhau. Sau khi khai thác dưới những lỗ khoan đó, lại tiếp tục tiến hành công việc như trên để xác định lại hệ số thấm thấu. So sánh hệ số thấm thấu thu được trước và sau khi khai thác bên dưới các lỗ khoan để qua đó xác định gần đúng biên giới vùng rạn nứt, chiều cao và vị trí của nó so với đáy các đối tượng chứa nước.

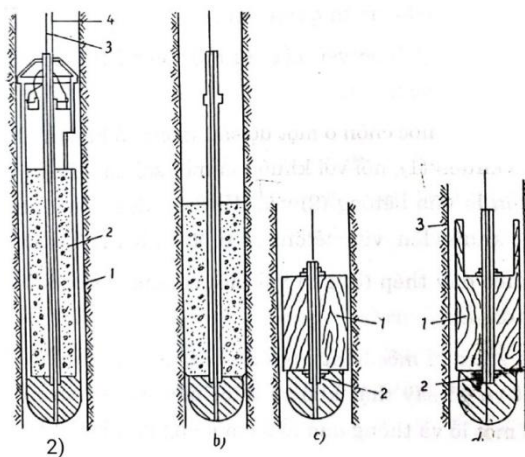
Khi khai thác dưới các công trình công nghiệp, tính chất và khối lượng quan trắc phụ thuộc vào loại công trình và những yêu cầu liên quan đến các yếu tố hình học vị trí các công trình, các máy móc, thiết bị đặt trong các công trình đó.

2.2.3.4 - Quan trắc dịch động các lớp đất đá trong địa tầng mở

1. Phương pháp chôn các mốc sâu

Các mốc quan trắc được chôn trong những lỗ khoan có sẵn hoặc những lỗ khoan đặc biệt. Những mốc này gắn liền với sợi dây thép, một đầu dây ở trên mặt đất. Đất đá chuyển dịch kéo theo sự dịch chuyển của mốc và dây thép và qua sự chuyển dịch của dây thép sẽ xác định được tình trạng và mức độ dịch chuyển của đất đá ở độ sâu cần nghiên cứu.

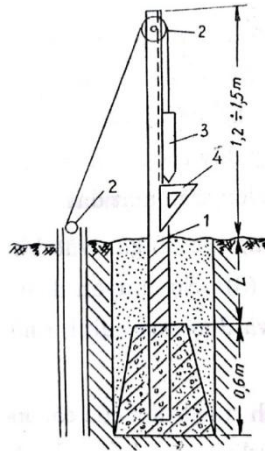
Trong lỗ khoan, có thể bố trí 1 hoặc nhiều mốc ở những mức độ sâu khác nhau. Hình 2.9-a,b mô tả cách chôn mốc ở một độ sâu trong lỗ khoan. Mốc gồm có khuôn (1) được nối với một sợi dây thép (4) kéo dài lên mặt đất, trong khuôn chứa vữa bê tông tươi (2). Khi thả mốc đến độ sâu cần thiết thì dùng sợi dây thép (4) kéo khuôn lên, vữa bê tông sẽ chảy tràn ra bám vào thành lỗ khoan rồi đông đặc. Quan sát theo dây thép (3) gắn với mốc sẽ phát hiện được hiện tượng dịch chuyển của đất đá.



Hình 2.9: Các loại mốc chôn sâu đặt trong các lỗ khoan

Trên hình 2.9-c,d là móc bằng gỗ hình trụ, đường kính nhỏ hơn đường kính lỗ khoan một ít; gỗ được sấy thật khô và nén lại (1), xuyên qua trục của nó là một ống kim loại (2) với đường kính 10-15 mm. Dùng sợi dây thép thả móc gỗ xuống lỗ khoan ở độ sâu cần thiết. Móc gỗ dần dần bị ẩm, nở ra và tự nôm chặt vào lỗ khoan. Nếu trong lỗ khoan không đủ độ ẩm làm nở móc thì người ta có thể tưới nước xuống lỗ khoan hoặc vào lỗ khoét sẵn (3) ở phía trên trụ gỗ.

Trong 1 lỗ khoan có thể cùng một lúc bố trí nhiều móc quan trắc ở những độ sâu khác nhau. Trong trường hợp này dây thép gắn với móc dưới cùng được luôn qua lỗ hông xuyên qua móc ở trên và dẫn lên trên mặt đất. Các dây thép đi qua rỗng rọc (2) gắn vào khung (1) gần miệng lỗ khoan (hình 2.10) với đầu dây có treo quả nặng (3). Sự chuyển dịch của móc được thể hiện qua sự chuyển dịch của quả nặng và được xác định nhờ một êke (4) và giấy ô ly gián trên khung.



Hình 2.10: Cách ghi nhận dịch chuyển móc chôn sâu

Để xác định chuyển dịch tuyệt đối của các móc cần phải tính đến sự dịch chuyển đứng của khung được xác định theo kết quả cao đạc từ các móc cố định.

2. Phương pháp dùng chất đồng vị phóng xạ

Trong phương pháp này người ta thay các loại móc nêu ở trên bằng một loại móc thép kiểu như một viên đạn có chứa chất đồng vị phóng xạ, thường là CO^{60} .

Viên đạn có chứa chất đồng vị phóng xạ này được thả xuống lỗ khoan ở độ sâu cần thiết và dùng một bộ phận kiểu như nòng súng để bắn vào lớp đất đá. Chiều sâu của viên đạn so với mốc trên mặt đất xác định bằng cường độ phóng xạ nhờ một máy ghi đo phóng xạ carôta ghi nhận (loại KPN- M) và dựa theo chỉ số độ sâu đọc được trên bộ phận đọc số được ghi nhận từ trước bằng thước thép. Dây carôta thả xuống theo độ sâu đã được ghi nhận đó.

Do nhiều lần cường độ phóng xạ có thể biết được sự chuyển dịch của viên đạn và do đó có thể xác định được sự chuyển dịch của đất đá. Dây carôta có thể bị kéo căng sau một thời gian kể từ khi nó được thả xuống và vì lẽ đó sẽ dẫn tới chỗ xác định sai vị trí của viên đạn phóng xạ. Sau này việc đo khoảng cách đến vị trí các viên đạn phóng xạ được thay bằng dụng cụ đo độ sâu (máy đo độ sâu DA-2).

3. Phương pháp sử dụng cảm biến điện trở

Quan trắc sâu được tiến hành dựa trên việc quan trắc chuyển vị ngang lỗ khoan quan trắc bằng thiết bị cảm biến điện trở. Các kết quả quan trắc cho phép ta biết vị trí xảy ra trượt lở (mặt trượt) ở độ sâu trong lòng đất, cũng cho phép ta biết được quy mô trượt lở có thể xảy ra.

Công tác quan trắc được tiến hành thông qua việc quan trắc các lỗ khoan. Các lỗ khoan quan trắc có đường kính 90mm hoặc 110mm khoan sâu vào địa tầng đất đá; độ sâu lỗ khoan thường được khoan sâu thêm ít nhất khoảng 4 mét dưới mặt trượt, vào vùng nền cứng, ổn định và không tính độ dày của lớp đất đá có nguy cơ sạt lở. Bên trong lỗ khoan lắp đặt ống nhựa chuyên dụng, gọi là ống đo. Ống đo được gắn vào thành lỗ khoan thật chắc sao cho ống và thành lỗ khoan là một khối thống nhất để khi biến dạng các lớp đất đá thì ống này cũng bị dịch chuyển theo như vậy. Ống đo này thường dùng ống nhựa PVC chuyên dụng có đường kính từ 70mm đến 85mm. Ống đo này được quan trắc bằng thiết bị đo bán tự động hoặc bằng thiết bị đo tự động.

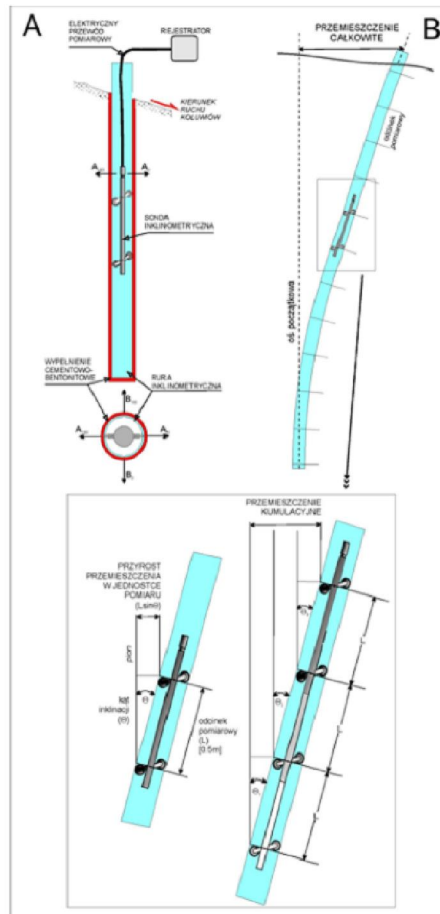
- Thiết bị quan trắc bán tự động:

Thiết bị quan trắc bán tự động gồm 1 đầu đo chuyển vị ngang Inclinometer, máy ghi dữ liệu, dây cáp kết nối đầu đo và máy ghi. Công tác quan trắc được thực hiện bằng việc thả đầu đo cảm biến xuống tận đáy lỗ khoan để thực hiện số đo đầu tiên, sau đó kéo dần lên khoảng từng 0,5 mét một để đo các số đo tiếp theo. Số liệu đo được lưu tự động bởi máy ghi dữ liệu.



Hình 2.11: Đầu đo chuyển vị điện tử STS 1.701 & cuộn dây

Quá trình đo được thực hiện dọc theo chiều sâu của ống nhựa, cho đến khi đầu cảm biến được kéo lên mặt đất chỗ ta đang đứng thì kết thúc. Cách tính độ gia tăng chuyển vị theo từng đoạn đo và khối lượng chuyển vị cho toàn lỗ khoan được minh họa theo hình 2.12



Hình 2.12- Nguyên lý đo chuyển dịch của lỗ khoan

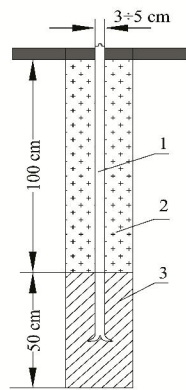
- Thiết bị quan trắc tự động:

Thiết bị quan trắc tự động gồm một loạt các đầu đo chuyển vị ngang được cố định trong lỗ khoan quan trắc, hệ thống dây cáp dẫn và ống bảo vệ, hộp datalog ghi số liệu. Việc đo và ghi dữ liệu được thực hiện tự động liên tục theo thời gian ngay sau khi lắp đặt xong.

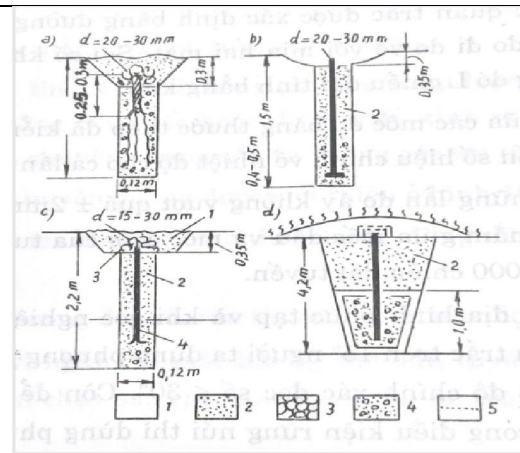
2.2.5. Kết cấu mố và phương pháp bố trí điểm quan trắc ra thực địa

Khi bố trí điểm trên tuyến thẳng, cần sử dụng máy kinh vĩ để định tuyến và các phương pháp đo chiều dài chính xác để bố trí khoảng cách giữa các điểm.

Hình 2.14 minh họa cấu trúc một mố quan trắc thông dụng với thanh kim loại có đường kính 3-5 cm và chiều dài 1,5 m. Mố thường được chôn sâu 1,5 m, trong đó, phần đáy mố 0,5 m được đổ bê-tông, phần trên của mố 1,0m được chèn lấp bằng sỏi và đất đá. Các mố quan trắc cần bố trí vài chục ngày trước chu kỳ quan trắc đầu tiên.



Hình 2.14: Mố đánh dấu điểm quan trắc
1. lõi kim loại 2. sỏi và đất đá 3. bê tông



Hình 2.15: Các dạng mố nền quan trắc khác
1. Đất; 2. Đất đầm chặt; 3. Đá; 4. Bê tông

Hình 2.15 minh họa một số dạng cấu trúc khác của một mố quan trắc

2.2.6. Xác định chu kỳ quan trắc.

Chu kỳ quan trắc phụ thuộc vào mục đích của dự án quan trắc. Nhiều kết quả nghiên cứu đã cho thấy rằng: khoảng thời gian giữa các chu kỳ quan trắc phụ thuộc vào các yếu tố sau đây:

- độ sâu của vĩa H , [m];
- tiến độ khai thác C , [m/d];
- độ chính xác yêu cầu xác định các đại lượng biến dạng giữa các chu kỳ.

Khoảng thời gian giữa các chu kỳ đo không nên quá lâu vì có thể sẽ không ghi nhận được thời điểm xuất hiện các giá trị biến dạng cực đại. Tùy thuộc vào điều kiện cụ thể của các dự án quan trắc mà qui định khoảng thời gian giữa các chu kỳ cho hợp lý. Thông thường, trong giai đoạn biến dạng xảy ra mạnh mẽ, các chu kỳ đo cách nhau một tháng; sau thời gian ổn định các chu kỳ đo có thể kéo dài từ 2-3 tháng. Là quốc gia có nhiều công trình nghiên cứu về dịch chuyển và biến dạng mỏ, các nhà khoa học Nga đã có nhiều công bố về phương pháp xác định thời gian giữa hai chu kỳ quan trắc biến dạng, trong đó công thức của giáo sư D.A. Kazakovski, 1970 được sử dụng phổ biến:

$$t = \frac{H}{2C} \quad (2.4)$$

trong đó:

t – khoảng thời gian giữa hai chu kỳ quan trắc,

2.3 Xây dựng các mạng lưới quan trắc

Công tác xây dựng mạng lưới quan trắc bắt đầu bằng việc đưa các tuyến mốc ra thực địa. Khi thành lập một mạng lưới quan trắc cần chọn các điểm mốc trắc địa (mốc tam giác hay đa giác) hạng IV hoặc giải tích 1 gần nhất để phục vụ cho việc đo nối mặt bằng và độ cao. Các điểm gốc trắc địa cần được biểu thị trên bản vẽ mặt bằng cùng mạng lưới quan trắc.

Nếu các điểm gốc trắc địa ở xa thì phải bố trí mới ít nhất là 3 mốc có độ chính xác tương đương lưới giải tích 1 ở gần khu vực lưới quan trắc sẽ xây dựng. Những nơi có điều kiện địa chất không ổn định, hoặc có hiện tượng bùng nền thì không bố trí các mốc trắc địa và mốc khống chế hai đầu tuyến tại đó.

Dựa vào các mốc khống chế đầu tuyến để bố trí các mốc quan trắc ra thực địa. Công việc này được tiến hành bằng máy móc, dụng cụ trắc địa thích hợp. Dùng cọc gỗ để chỉ định nơi chôn mốc quan trắc. Các điểm chôn mốc phải nằm

thẳng hàng trên tuyến quan trắc được xác định theo tia ngắm của máy kinh vĩ và chỉ cho phép lệch khỏi tia ngắm không quá 5cm.

2.4 Công tác đo dịch chuyển trên mạng lưới quan trắc

Công tác đo đạc trên mạng lưới quan trắc chủ yếu tập trung vào hai nhiệm vụ chính là đo độ cao của các mốc quan trắc và đo khoảng cách giữa các mốc kế tiếp nhau để xác định các đại lượng dịch chuyển đứng và dịch chuyển ngang

2.4.1 Quan trắc dịch chuyển đứng

Đo cao hình học được coi là phương pháp phổ biến nhất để xác định các đại lượng dịch chuyển đứng (lún) của bề mặt mỏ do ảnh hưởng của quá trình khai thác dưới. Cùng với sự phát triển của các thiết bị và công nghệ mới, ngày nay các phương pháp đo cao bằng máy toàn đạc điện tử, đo cao GNSS,... cũng đã được sử dụng rộng rãi trong quan trắc dịch chuyển đứng bề mặt mỏ. Khi đo cao hình học, quá trình đo nối các điểm đầu tuyến với các điểm cấp cao Nhà nước phải thực hiện theo tiêu chuẩn đo cao chính xác. Sai số trung phương hai lần đo trong đường chuyền độ cao không được vượt quá 0,2mm/km. Khi xác định độ cao của các điểm quan trắc, đo cao hình học được tiến hành theo tiêu chuẩn và độ chính xác đo cao kỹ thuật. Sai số khép giới hạn hai lần đo cao kỹ thuật được tính bằng công thức:

$$f_{h_{\max}} = \pm 4\sqrt{n} \quad (2.5)$$

trong đó: n – số trạm máy trong đường chuyền độ cao.

2.4.2 Quan trắc dịch chuyển ngang

Đại lượng dịch chuyển ngang là sự thay đổi vị trí của các điểm so với điểm cố định dọc theo hướng của tuyến quan trắc. Đại lượng dịch chuyển ngang được xác định thông qua sự so sánh tọa độ các điểm quan trắc hoặc các phép đo chiều dài giữa các điểm. Tọa độ các điểm có thể được xác định bằng đường chuyền đa giác hoặc các phương pháp giao hội góc - cạnh. Trước đây, công tác đo chiều dài

được tiến hành bằng thước thép và thước in-va. Hiện nay, chiều dài giữa các điểm quan trắc được đo bằng máy đo dài điện tử hoặc máy toàn đạc điện tử.

2.5 Xử lý số liệu quan trắc

Khi thực hiện việc xử lý số liệu quan trắc cần thực hiện các nhiệm vụ sau:

- Kiểm tra tính toán số liệu ngoại nghiệp về đo nối các điểm trắc địa với các điểm khống chế 2 đầu của tuyến quan trắc. Bình sai số liệu đo, tính tọa độ và độ cao của chúng.

- Tính hiệu số đo cao, bình sai và tính độ cao những mốc quan trắc theo số liệu thủy chuẩn của mỗi lần quan trắc, lập bảng tính độ cao H cho các điểm mốc.

- Tính chiều dài bằng giữa các mốc cho mỗi lần quan trắc, tính độ lệch ngang so với tuyến của các mốc cho mỗi lần quan trắc (nếu có hiện tượng chuyển dịch ngang so với tuyến).

- Xác định giá trị dịch chuyển đứng và ngang, vectơ dịch chuyển, biến dạng đứng, ngang và tốc độ của chúng (dựa theo số liệu của những lần quan trắc lập bảng tính các đại lượng).

a. Dịch chuyển đứng

$$\eta = H_{i+1} - H_i, \text{ mm} \quad (2.6)$$

b. Dịch chuyển ngang

$$\xi = D_{i+1} - D_i, \text{ mm} \quad (2.7)$$

+ Trị số dịch chuyển theo trục x

$$\delta_x = X_{i-1} - X_i \quad (2.8)$$

+ Trị số dịch chuyển theo trục y

$$\delta_y = Y_{i-1} - Y_i \quad (2.9)$$

+ Trị số dịch chuyển ngang

$$\xi_i = \sqrt{\sigma_{x_i}^2 + \sigma_{y_i}^2} \quad (2.10)$$

+ Véc tơ dịch chuyển toàn phần

$$B_i = \sqrt{\xi_i^2 + \eta_i^2} \quad (2.11)$$

c. Trị số độ nghiêng

$$i_i = \frac{\eta_i - \eta_{i+1}}{l} \quad (2.12)$$

d. Độ cong k

$$k = \frac{i_i - i_{i-1}}{l_{tb}} \quad (2.13)$$

e. Biến dạng ngang

$$\varepsilon = \frac{l_2 - l_1}{l} \quad (2.14)$$

Trong đó :

- H_{i-1}, H_i - độ cao các mốc quan trắc tương ứng với lần quan trắc trước và tiếp sau đó.

- η_i, η_{i-1} - các đại lượng lún trước (theo hướng tính) và sau của một đoạn (đoạn giữa hai mốc gần nhau).

- l - chiều dài bằng giữa hai mốc kế tiếp nhau

- i_i, i_{i-1} - giá trị độ nghiêng của đoạn sau và đoạn trước

- l_{tb} - trung bình cộng của các đoạn sau và trước :

$$(l_{tb} = \frac{l_i - l_{i-1}}{2}) \quad (2.15)$$

- Xác định thời gian chung của dịch chuyển và thời gian của thời kỳ dịch chuyển mạnh nhất.

- Xây dựng các loại biểu đồ dịch chuyển, biến dạng và tốc độ.

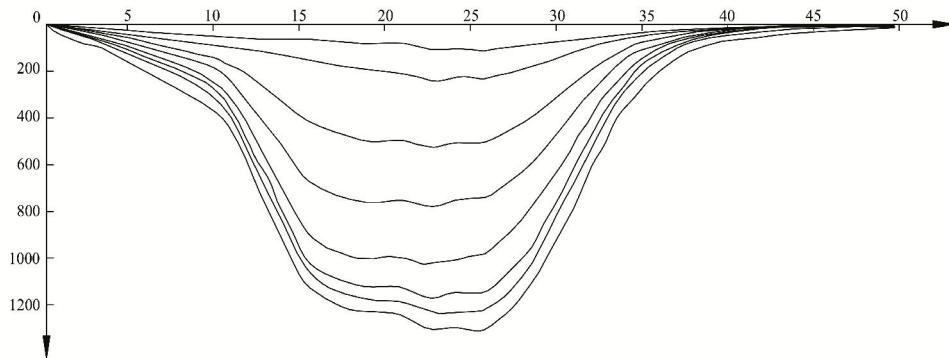
Để có khái niệm rõ ràng về kết quả tính được người ta xây dựng các biểu đồ dịch chuyển, biến dạng và tốc độ, các biểu đồ được thể hiện bằng các đường cong. Phần dưới của biểu đồ cần vẽ mặt cắt địa chất hoặc ở dạng cột địa tầng của từng

tuyến quan trắc. Trên đó trình bày các lớp đất đá, các yếu tố địa chất, vị trí và số thứ tự của các mốc quan trắc. Ở phía trên trình bày các biểu đồ dịch chuyển, biến dạng và tốc độ theo từng chu kỳ quan trắc riêng biệt hoặc chung cho toàn bộ thời kỳ dịch chuyển. Tỷ lệ ngang và đứng của mặt cắt địa chất lấy theo tỉ lệ ngang của bản đồ mặt bằng trạm quan trắc, hoặc có thể chọn tỷ lệ đứng phù hợp với yêu cầu về đảm bảo rõ ràng khi vẽ.

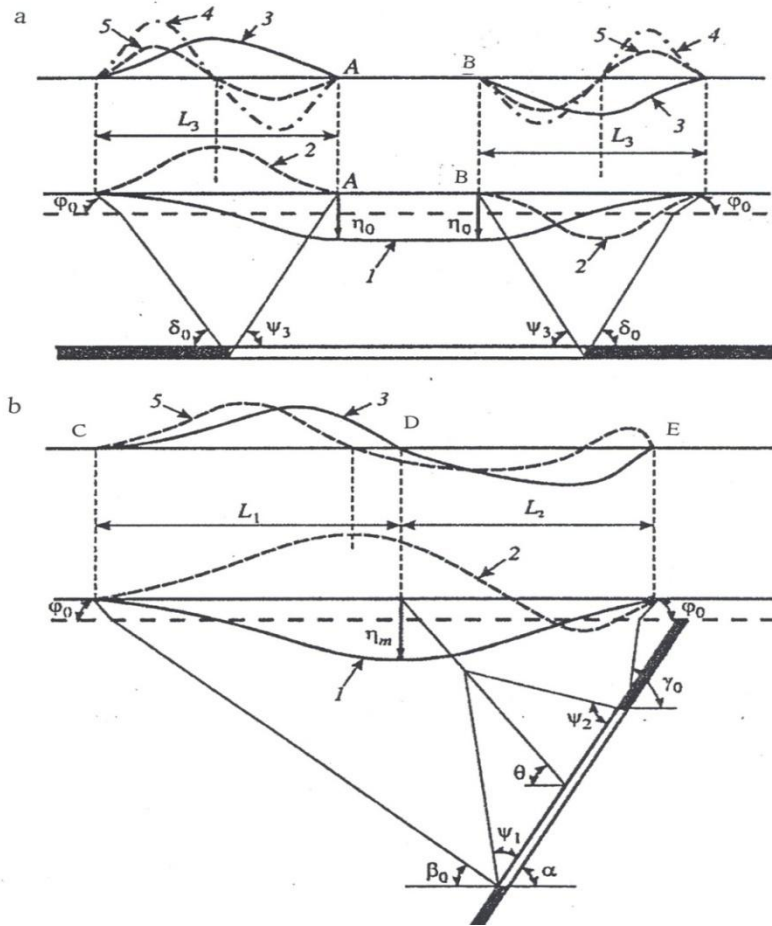
- Xác định góc dịch chuyển, góc biên, góc đứt tách, góc lún cực đại, góc dịch chuyển hoàn toàn.

Góc dịch động được xác định bằng cách nối biên lò chọt với các điểm mặt đất có các giá trị biến dạng tới hạn sau: $k=0,2 \cdot 10^{-3}$; $\varepsilon = 2,0 \cdot 10^{-3}$; $i= 4,0 \cdot 10^{-3}$; Góc nứt tách giới hạn vùng kẽ nứt được xác định bởi đoạn thẳng nối biên lò chọt tới kẽ nứt ngoài cùng; Góc lún cực đại – đường nối giữa lò chọt đến điểm có độ lún cực đại. Góc biên được xác định bằng cách nối biên lò chọt với các điểm mặt đất có các giá trị tới hạn sau: độ nghiêng $i = 0,5 \cdot 10^{-3}$, độ giãn $\varepsilon = 0,5 \cdot 10^{-3}$.

- Lập báo cáo kỹ thuật

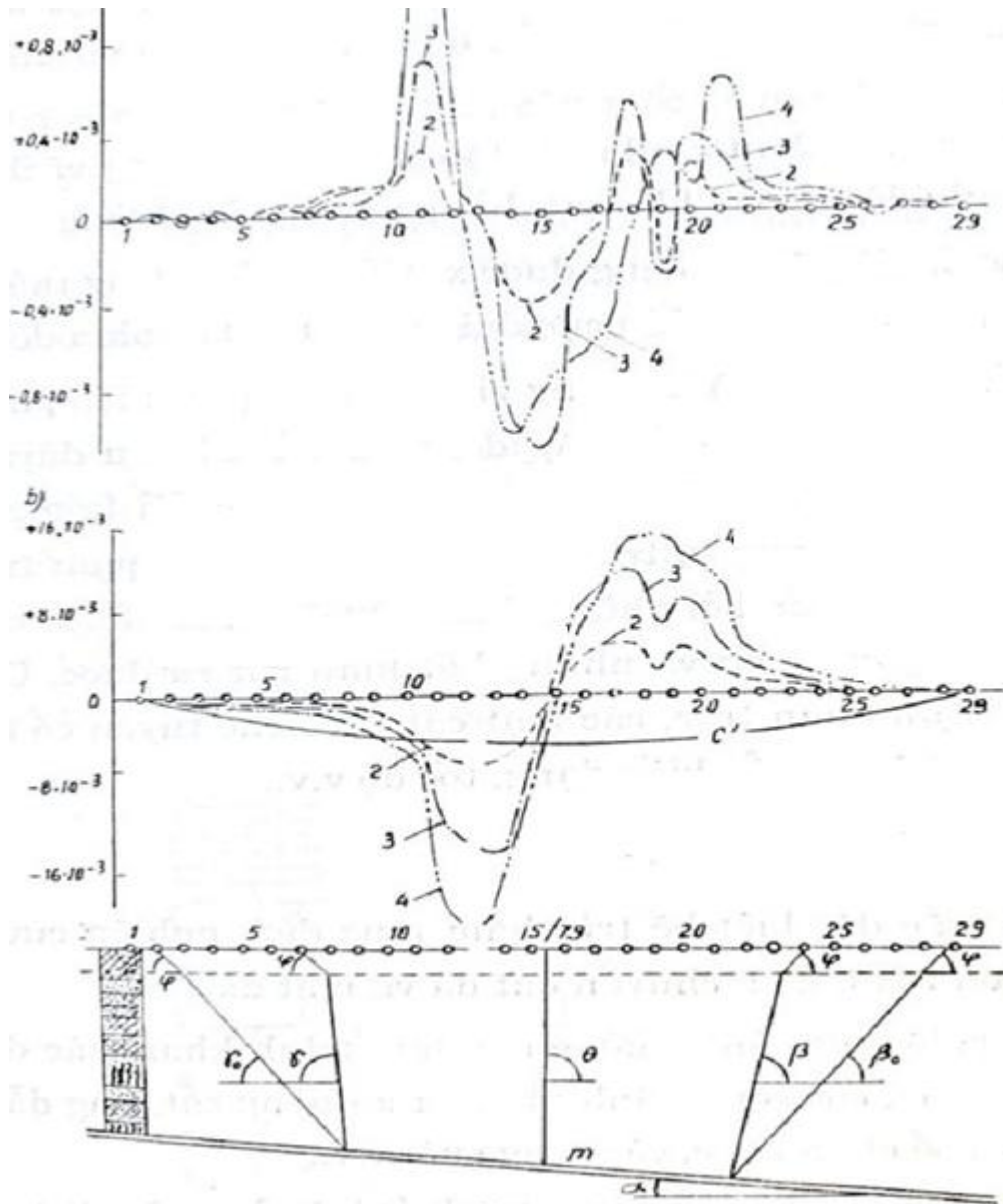


Hình 2.16. Biểu đồ dịch chuyển đứng các điểm trên tuyến quan trắc



Hình 2.17: Biểu đồ dịch chuyển và biến dạng của các điểm mốc ở vỉa dốc, dốc đứng.

a – mặt cắt chính theo phương; *b* – mặt cắt chính theo dốc vỉa; 1 - độ lún; 2 – dịch chuyển ngang; 3 - độ nghiêng; 4 - độ cong; 5 – biến dạng ngang;



Hình 2.18: Biểu đồ độ lún, biến dạng nghiêng, biến dạng cong và biến dạng ngang xây dựng theo kết quả quan trắc ở vỉa dốc thoải

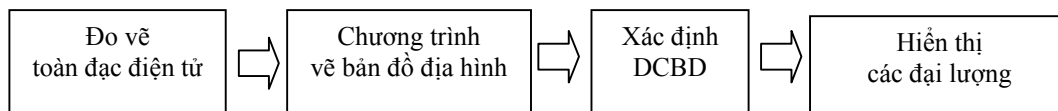
2.6. Một số công nghệ mới trong quan trắc dịch chuyển bề mặt mỏ

2.6.1 Quan trắc dịch chuyển biến dạng bề mặt mỏ máy toàn đạc điện tử

2.6.1.1. Quan trắc bề mặt mỏ bằng phương pháp trừ bản đồ địa hình số

Phương pháp này được ứng dụng từ khi máy toàn đạc điện tử ra đời, cho phép đồng thời đo góc, đo chiều dài và độ cao với độ chính xác cao. Phương pháp này

ứng dụng cho khu vực nghiên cứu rộng và yêu cầu về độ chính xác không lớn lắm. Nguyên lý chung là tiến hành đo vẽ chi tiết bề mặt mở bằng các máy toàn đạc điện tử và lập bản đồ địa hình theo các chu kỳ. Sau đó, thông qua phương pháp trừ bản đồ thông qua mô hình chồng xếp sẽ xác định được mức độ dịch chuyển, biến dạng bề mặt. Hiện nay, các hệ thống tự động hóa khép kín từ đo đạc, vẽ bản đồ, xử lý số liệu dịch chuyển biến dạng và hiển thị cho phép thực hiện phương pháp này nhanh chóng, dễ dàng theo quy trình ở hình 2.19.

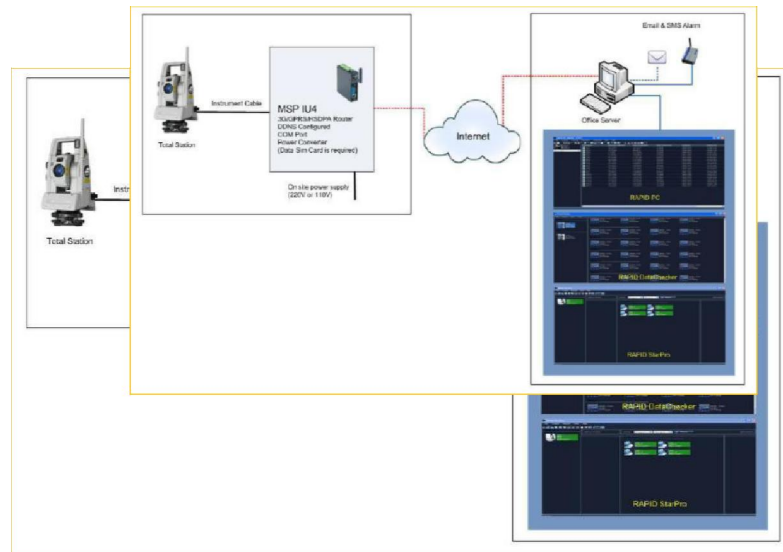


Hình 2.19. Chương trình tự động hóa xác định các đại lượng dịch chuyển biến dạng bề mặt mở bằng phép trừ bản đồ địa hình

Kết quả xử lý các đại lượng dịch chuyển và biến dạng bằng phương pháp so sánh bản đồ địa hình thường có sai số lớn bởi vì, sự phân bố các điểm chi tiết của các chu kỳ đo là khác nhau. Để nâng cao độ chính xác, phương pháp đo điểm song trùng được áp dụng, các điểm chi tiết được đánh dấu và các chu kỳ đều được đo tại cùng một điểm.

2.6.1.2. Quan trắc dịch chuyển bề mặt mở theo thời gian thực

Là quá trình đo đạc và theo dõi một cách có hệ thống bề mặt mở hoặc hình dạng và kích thước của các công trình để phát hiện sự thay đổi của những đối tượng này theo thời gian do ảnh hưởng khai thác dưới. Hệ thống cung cấp thông tin để đảm bảo sự ổn định, an toàn và duy trì tính toàn vẹn các cấu trúc trước, trong và sau khi khai thác dưới.



Hình 2.20: Các thành phần của hệ thống giám sát biến dạng

Các hợp phần cấu thành cơ bản của hệ thống bao gồm (hình 2.20):

a). Phần cứng

- Thiết bị đo: Máy toàn đạc điện tử tự động
- Phụ kiện: Hộp điều khiển tích hợp sẵn máy tính công nghiệp mini PC, gương chuẩn, gương chuyên dụng, cáp nối.
- Máy chủ và đường kết nối Internet

Máy toàn đạc điện tử lắp đặt tại hiện trường sẽ được kết nối với tủ điều khiển tại hiện trường MSP IU4 để nhận nguồn cấp điện từ tủ kỹ thuật IU4, đồng thời kết nối với máy tính kích thước nhỏ PC.

Phần mềm MSP RAPIDTM PC sẽ kiểm soát máy toàn đạc điện tử để thu thập và sao lưu dự phòng số liệu. Sau đó số liệu sẽ được truyền gửi tới máy chủ xử lý số liệu thông qua đường truyền Internet. Với cấu hình này thì quá trình truyền gửi số liệu sẽ ngưng khi không có đường kết nối và tự động khởi hoạt lại khi đường truyền được phục hồi.

Số liệu sau đó sẽ được nhận bởi hai hợp phần mềm gồm MSP RAPID™ Datachecker và MSP RAPID™ StarPro để xử lý.

Việc giám sát các báo cáo sau đó sẽ được thực hiện trong phần mềm MSP RAPID™ Starpro. Cảnh báo thông qua SMS và thư điện tử sẽ được tự động gửi mỗi khi hệ thống chạm và vượt ngưỡng đã ấn định trong cấu hình hệ thống.

b). Phần mềm

Gói phần mềm bao gồm các hợp phần sau:

- + Phần mềm thu thập số liệu, đọc trị đo từ các gương chuẩn và lưu số liệu (kiểm soát trạm đo đơn bảo vệ bằng USB)
- + Phần mềm kiểm tra trước chất lượng số liệu đo.
- + Phần mềm xử lý sau số liệu đo, tổng hợp báo cáo và gửi tín hiệu thông tin cảnh báo (với bộ xử lý).

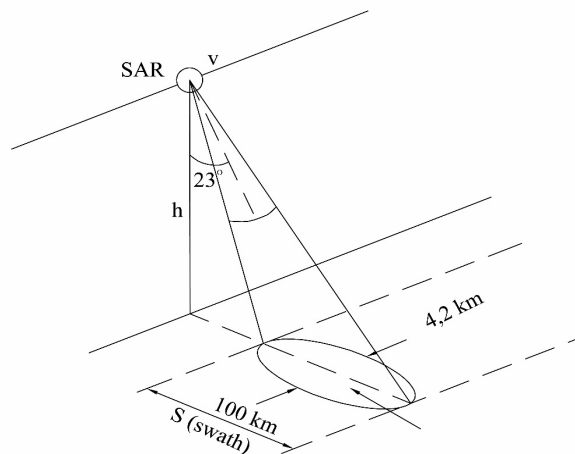
Gói phần mềm được thiết kế phục vụ cho mục đích:

- Điều khiển và kiểm soát hoạt động của các máy toàn đạc điện tử tự động thế hệ mới thiết kế riêng cho ứng dụng kiểm soát biến dạng công trình;
- Xác lập cấu hình hoạt động của các máy toàn đạc điện tử tự động trên thực địa (một máy đơn lập hoặc tập hợp nhiều máy tạo thành lưới quan trắc);
- Thu thập số liệu đo độ chính xác cao từ các máy toàn đạc điện tử và gương đo đã được lắp đặt ngoài thực thực địa;
- Kiểm tra chất lượng số liệu đo thu được từ các máy toàn đạc bố trí rải trên thực địa;
- Truyền tải số liệu từ thực địa về máy chủ xử lý số liệu dựa trên nền tảng Internet;
- Xử lý số liệu, tính toán xác định các thông số biến dạng cho từng phép đo tới từng vị trí gương;
- Tổng hợp báo cáo kết quả; tạo cảnh báo (tin nhắn, thư điện tử ...) khi biến dạng vượt hạn sai cho phép;

2.6.2. Quan trắc dịch chuyển biến dạng bề mặt mở bằng kỹ thuật InSAR

Trong những năm gần đây, tư liệu viễn thám siêu cao tần SAR (*Synthetic Aperture Radar*) ngày càng được ứng dụng rộng rãi trong nghiên cứu biến dạng bề mặt đất nói chung và biến dạng bề mặt mở nói riêng. Hình 2.21 minh họa nguyên lý quét tạo ảnh vệ tinh ra-đa. Kỹ thuật xử lý tư liệu siêu cao tần ngày càng được hoàn thiện cho phép sử dụng hiệu quả nhiều loại ảnh ra-đa cho mục đích này như ALOS PALSAR (Nhật Bản), ENVISAT ASA (Châu Âu), RADARSAT (Canada) và TERRA SAR (Đức).

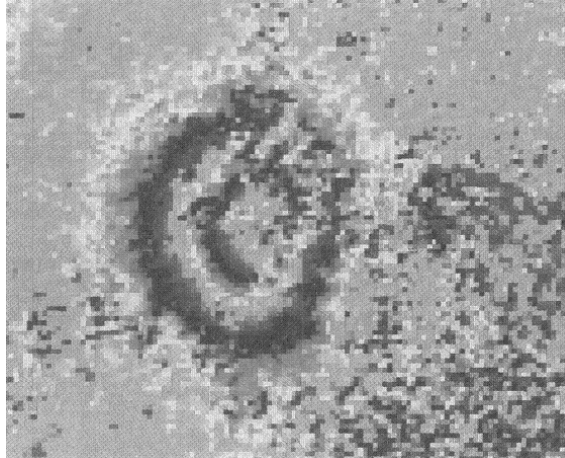
InSAR - giao thoa ra-đa độ mở tổng hợp - là tên viết tắt của cụm từ tiếng anh (*Interferometric Synthetic Aperture Radar*). Nguyên lý của kỹ thuật InSAR là dựa vào sự thay đổi pha của tín hiệu ra-đa phản xạ từ các đối tượng trên mặt đất thu được từ hai vị trí ăng-ten.



Hình 2.21: Nguyên lý quét ảnh ra-đa

Trên cơ sở hiệu lệch pha, thông tin về đối tượng trên bề mặt địa hình sẽ được xác định. Hai ảnh ra-đa có thể được thu từ cùng một ăng-ten ở hai vị trí khác nhau, hoặc có thể được thu đồng thời từ hai ăng-ten gắn trên một cạnh đáy. Lĩnh vực dịch chuyển biến dạng bề mặt đã tận dụng đặc tính của ảnh ra-đa là cung cấp thông

tin về hiệu pha giữa sóng phát ra và sóng phản xạ (Sos G. Tim et al,1994). Trên cơ sở hai tấm ảnh SAR của cùng một khu vực ở hai thời điểm khác nhau, có thể tính được trị số lệch pha của tín hiệu và thu được ảnh chứa độ lệch pha gọi là ảnh giao thoa (hình 2.22).



Hình 2.22: Ảnh giao thoa ra-dar

2.6.3. Quan trắc dịch chuyển biến dạng bằng công nghệ GPS/GNSS

Phương pháp đo tĩnh được sử dụng phổ biến trong công tác quan trắc xác định các đại lượng dịch chuyển, biến dạng mô. Thời gian thu tín hiệu phụ thuộc vào độ chính xác đòi hỏi và chiều dài véc-tơ cạnh (khoảng cách giữa trạm base và các điểm quan trắc). Kinh nghiệm cho thấy: thời gian thu tín hiệu tối thiểu để xác định tọa độ GPS/GNSS cho các điểm quan trắc nằm trong khoảng 60-90 phút. Sai số trung phương xác định vị trí điểm nằm trong khoảng:

- đối với véc-tơ cạnh: $\pm(10mm + 2ppm.S_{km})$

- đối với phương vị: $\pm(1' + 5' / S_{km})$

Phương pháp giả tĩnh được sử dụng khi một máy thu đặt tại điểm cố định, các điểm khác di chuyển giữa các điểm quan trắc. Thời gian thu tín hiệu tại các điểm quan trắc từ 5-10 phút. Sau khi đi qua một lượt tất cả các điểm, thao tác đo trên đây có thể lặp lại một hoặc hai lần, phải tính toán sao cho thời gian quay lại

đối với một điểm không quá 60 phút. So với đo tĩnh nhanh (*Fast static, Rapid Static*), phương pháp giả tĩnh cho độ chính xác cao hơn, rút ngắn thời gian hơn, tuy vậy, nó thường chỉ dùng cho các mạng lưới quan trắc nhỏ. Sai số định vị bằng phương pháp giả tĩnh nằm trong khoảng:

- đối với chiều dài véc-tơ cạnh: $\pm (30mm + 2ppm.S_{km})$

- đối với phương vị: $\pm (2' + 5' / S_{km})$

Phương pháp đo tĩnh nhanh có qui trình đo giống như phương pháp giả tĩnh, sự khác nhau là trong phương pháp đo tĩnh nhanh, các điểm quan trắc chỉ được đo một lần. Phương pháp này được sử dụng khi chiều dài véc-tơ cạnh không lớn quá, góc ngưỡng không nhỏ hơn 15^0 , số lượng vệ tinh tối thiểu là 5 và hệ số PDOP < 5.

Xuất phát từ nhiều lý do khác nhau, ở Việt Nam, phương pháp GNSS mới chỉ được dùng trong xác định tọa độ phẳng của các điểm quan trắc, độ cao vẫn xác định bằng đo thủy chuẩn hình học. Tuy nhiên, cùng với khả năng nâng cao độ chính xác độ cao trắc địa, công nghệ GNSS đã được nhiều nước trên thế giới ứng dụng trong đo cao chính xác. Vấn đề ứng dụng GNSS trong đo độ cao chính xác nhằm xác định độ cao các điểm quan trắc ở Việt Nam chỉ còn là vấn đề thời gian, khi hệ thống trạm thu nhận thường xuyên (CORS) được xây dựng, mô hình geoid và dị thường độ cao vùng mở được xác lập và hoàn thiện.

HƯỚNG DẪN HỌC TẬP CHƯƠNG 2

2.1. Tóm tắt nội dung chính của chương 2

Quan trắc thực địa nhằm mục đích xác định các quy luật định lượng của quá trình dịch chuyển biến dạng đất đá và bề mặt mỏ để bảo vệ hiệu quả nhất các công trình bị ảnh hưởng do khai thác. Theo các tiêu chí và mục đích quan trắc có thể phân loại các dạng quan trắc khác nhau.

Phụ thuộc vào mục đích, nhiệm vụ và đối tượng quan trắc mà mạng lưới quan trắc có thể bố trí theo các dạng: tuyến quan trắc đơn, mạng lưới tuyến quan trắc, lưới quan trắc đặc biệt, lưới quan trắc sâu.

Quy trình khảo sát thiết kế, xây dựng và đo đạc lưới quan trắc được thực hiện theo trình tự:

1. Xác định đối tượng, mục đích và nhiệm vụ quan trắc;
2. Nghiên cứu đặc điểm khu vực và thu thập tài liệu cho công tác thiết kế;
3. Lựa chọn và thiết kế mạng lưới quan trắc dịch động:
 - *Lựa chọn dạng lưới quan trắc,*
 - *Xác định chiều dài tối ưu lưới quan trắc,*
 - *Xác định khoảng cách giữa các điểm quan trắc,*
 - *Kết cấu mốc và phương pháp bố trí điểm quan trắc ra thực địa,*
 - *Xác định chu kỳ quan trắc;*
4. Xây dựng mạng lưới quan trắc:
 - *Sơ bộ định vị lưới quan trắc ra thực địa,*
 - *Chôn các mốc trong lưới quan trắc,*
 - *Đo nối mặt bằng và độ cao tới lưới quan trắc;*
5. Công tác đo dịch chuyển trên mạng lưới quan trắc:
 - *Quan trắc dịch chuyển đứng,*
 - *Quan trắc dịch chuyển ngang;*

6. Xử lý số liệu quan trắc:

- Bình sai số liệu đo,
- Tính các đại lượng dịch chuyển biến dạng, thời gian và tốc độ dịch chuyển,
- Vẽ các biểu đồ dịch chuyển biến dạng,
- Xác định các thông số về góc và các đặc điểm dịch chuyển biến dạng,
- Lập báo cáo quan trắc;

Ngoài công nghệ quan trắc truyền thống, hiện nay đã có một số công nghệ mới được ứng dụng trong quan trắc dịch chuyển bề mặt mở:

1. Quan trắc dịch chuyển biến dạng bề mặt mở máy toàn đạc điện tử,
 - Quan trắc bề mặt mở bằng phương pháp trù bản đồ địa hình số
 - Quan trắc dịch chuyển bề mặt mở theo thời gian thực
2. Quan trắc dịch chuyển biến dạng bề mặt mở bằng kỹ thuật InSAR,
3. Quan trắc dịch chuyển biến dạng bằng công nghệ GPS/GNSS.

2.2. Câu hỏi và bài tập ôn tập kiến thức chương 2

1. Phân loại các dạng quan trắc?
2. Kết cấu và nhiệm vụ lưới tuyến quan trắc đơn?
3. Kết cấu và phương pháp xây dựng mạng lưới tuyến quan trắc,
4. Kết cấu và nhiệm vụ của lưới quan trắc đặc biệt,
5. Trình bày các dạng lưới quan trắc sâu.
6. Nội dung phương pháp quan trắc sâu sử dụng cảm biến điện trở
7. Phương pháp chôn mốc và quan trắc sâu các lớp đất đá?
8. Nêu trình tự các bước xử lý số liệu quan trắc?
9. Quan trắc dịch chuyển bề mặt mở theo thời gian thực bằng máy TĐĐT
10. Quan trắc dịch chuyển biến dạng bằng công nghệ GPS/GNSS

CHƯƠNG 3. DỰ BÁO (ƯỚC TÍNH) DỊCH CHUYỂN VÀ BIẾN DẠNG BỀ MẶT DO ẢNH HƯỞNG CỦA KHAI THÁC HÀM LÒ

3.1 Khái niệm chung

3.1.1 Mục đích, ý nghĩa và nhiệm vụ công tác dự báo

Khi một mỏ bước vào giai đoạn khai thác thì quá trình dịch chuyển đất đá và bề mặt đất về cơ bản được nghiên cứu thông qua kết quả tổng hợp và phân tích các số liệu quan trắc bằng các thiết bị và công nghệ địa tin học ở thực địa. Kết quả nghiên cứu ở giai đoạn này là đã xác định được các quy luật dịch chuyển biến dạng của mỏ được đặc trưng bởi các thông số và các đại lượng dịch động phục vụ công tác bảo vệ các công trình, đảm bảo an toàn kỹ thuật quá trình khai thác.

Khi mỏ ở giai đoạn xây dựng hoặc lập lịch kế hoạch chuẩn bị khai thác ở khu vực mới thì cần thiết phải ước tính mức độ dịch chuyển và biến dạng đất đá, bề mặt đất, các công trình và đối tượng nằm trong vùng ảnh hưởng để làm cơ sở lựa chọn công nghệ khai thác hợp lý và đề xuất các biện pháp bảo vệ tối ưu các đối tượng bị ảnh hưởng. Trên cơ sở ước tính biến dạng, cho phép dự báo mức độ hư hỏng của các công trình, xác định khả năng khai thác ở dưới các công trình đó, tìm biện pháp bảo vệ sơ bộ, dự trù chi phí sửa chữa khi lún. Khi thiết kế xây dựng nhà dân dụng, công trình trong vùng đang tiến hành khai thác cần biết được những kết luận về các khả năng biến dạng của nền đất để từ đó đặt vấn đề tính toán kết cấu của nền móng và công trình cho thích hợp.

Cho đến nay, dự báo dịch chuyển đất đá và biến dạng bề mặt đã trở thành hướng nghiên cứu khoa học quan trọng, đặc biệt đối với các nước có công nghiệp mỏ phát triển. Dự báo chính xác các quy luật, đặc điểm, tính chất và các véc-tơ chuyển dịch của các đại lượng đóng góp các thông tin quan trọng nhằm ngăn ngừa các ảnh hưởng có hại của quá trình khai thác mỏ đến các công trình, giảm chi phí sản xuất, bảo vệ bề mặt mỏ an toàn, hướng tới sự phát triển bền vững trong hoạt động khoáng sản.

Hiện nay, ở Việt Nam, vẫn chưa có các công trình nghiên cứu có hệ thống về dự báo dịch chuyển biến dạng do ảnh hưởng của quá trình khai thác mỏ hầm lò. Các thông số về tính chất địa cơ mỏ, tính chất cơ lý đất đá, đặc điểm địa chất thủy văn - công trình, trường ứng suất,... vẫn chưa được xác định. Theo quy hoạch phát triển của công nghiệp mỏ Việt Nam đến năm 2020 và tầm nhìn đến năm 2030, các phương pháp khai thác hầm lò ngày càng chiếm ưu thế cả về số lượng mỏ và sản lượng. Bể than đồng bằng sông Hồng đang bước vào giai đoạn nghiên cứu khai thác thử nghiệm và sẽ được đưa vào kế hoạch khai thác trong tương lai gần. Dù công nghệ khai thác bể than đồng bằng sông Hồng bằng các phương pháp nào thì ảnh hưởng của nó đối với quá trình dịch chuyển đất đá và biến dạng bề mặt sẽ xảy ra rất mạnh mẽ. Do vậy, nhu cầu dự báo quy luật dịch chuyển đất đá và biến dạng bề mặt nhằm ngăn ngừa và giảm thiểu các tác động tiêu cực chắc chắn sẽ là vấn đề rất cấp thiết.

Cùng với sự phát triển lý thuyết địa cơ học, lý thuyết dự báo, các phương pháp nghiên cứu dịch chuyển, biến dạng trên thế giới bước sang giai đoạn mới dựa trên các lý thuyết về môi trường liên tục, địa thống kê, môi trường ngẫu nhiên,... Trong những năm gần đây, các lý thuyết dự báo dịch chuyển biến dạng ngày càng có độ chính xác cao hơn, độ tin cậy lớn hơn nhờ ứng dụng các thuật toán hiện đại như: lô-gic mờ, phân tích đa tiêu chí, mạng nơ-ron nhân tạo,...

3.1.2 Phân loại lý thuyết dự báo

3.1.2.1 Lý thuyết hình học

Các biểu hiện của dịch động bề mặt mỏ được mô tả dựa vào các đặc trưng hình học thông qua các công thức tích phân. Những người tiên phong trong hướng nghiên cứu này là hai nhà khoa học Đức Keihorst và Bals (1928 - 1934). Trong nhóm các công thức biểu diễn dịch động của bề mặt đất dưới tác động khai thác có dạng tích phân, được tính dựa vào hình chiếu của trường khai thác ở vỉa lên mặt phẳng ngang. Dưới dấu tích phân là tích của hàm xác định độ lún vách vỉa ở trên

vùng trống khai thác $W(s)$ và hàm ảnh hưởng $\varphi(x, s)$. Trong không gian 2 chiều công thức biểu diễn độ lún bề mặt có dạng:

$$W(x) = \int W(s)\varphi(x, s) ds \quad (3.1)$$

Các lý thuyết được biết đến nhiều nhất và ứng dụng rộng rãi nhất là của Keihorst, Bals (Đức), của Aversin và Kolbenkov (Nga), và của Knothe, Kowalczyk (Ba Lan);

3.1.2.2 Lý thuyết dựa trên môi trường cơ học liên tục

Với giả thuyết địa tầng đất đá được xem là môi trường liên tục và đàn hồi. Các biểu hiện dịch động đất đá và bề mặt được mô tả dựa trên các nguyên lý của môi trường liên tục. Trạng thái ứng suất và chuyển dịch được mô tả bằng hệ các phương trình vi phân. Người ta tìm các lời giải cho hệ này dựa trên những điều kiện biên ban đầu khác nhau, các điều kiện biên xác định sự phân bố ứng suất hoặc biến dạng tồn tại trong các lò khai thác và trên bề mặt đất. Các điều kiện ban đầu mô tả giá trị của các đại lượng ấy trước lúc bắt đầu khai thác. Định luật Hook được sử dụng để xác định trạng thái biến dạng ở trạng thái ứng suất. Những lý thuyết nổi tiếng nhất có thể kể ra là Salustowicz, H. Gil và Billinski-Borecki.

3.1.2.3 Lý thuyết ngẫu nhiên

Trong phương pháp này, hiện tượng dịch chuyển đất đá và mặt đất được biểu diễn dựa vào các tính chất của cơ học môi trường ngẫu nhiên. Xuất phát từ kết quả nghiên cứu của nhiều nhà khoa học về sự không đáp ứng đầy đủ của các khái niệm môi trường liên tục trong việc giải thích các hiện tượng dịch động đất đá do quá trình chuyển dịch các phần tử đất đá chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố mang tính ngẫu nhiên. Việc quan trắc những chuyển động này tạo cơ sở để xây dựng một mô hình mới cho hiện tượng này. Những nghiên cứu của Litwiniszyn và Knothe có ý nghĩa đặc biệt quan trọng trong nhóm này. Trên cơ sở quan trắc họ đã khẳng định, trong hàng loạt trường hợp, hàm ảnh hưởng $\varphi(x, s)$ có thể thay thế xấp xỉ bằng

hàm Gause. Do vậy, hiện tượng dịch động đất đá liên quan đến các quá trình ngẫu nhiên và có thể biểu diễn bằng các mô hình toán học dựa vào các khái niệm về lý thuyết ngẫu nhiên. Các tác giả tiêu biểu là Litwiniszyn, Knothe-Budryk và Batkiewicz.

3.1.2.4 Phương pháp các đường cong mẫu chuẩn

Đây là những hàm phân phối không có đơn vị, dùng để biểu thị các đại lượng dịch chuyển và biến dạng có giá trị trung bình xác suất nhất. Do hàm số được xác lập từ việc phân tích, xử lý một tập hợp lớn số liệu quan trắc thực địa nên các giá trị của hàm đã tính đến các yếu tố địa cơ, khai thác có ảnh hưởng đến quá trình dịch chuyển.

Các giá trị dịch chuyển và biến dạng ước tính được xác định bằng cách nhân các giá trị xác suất nhất của các hàm số với hệ số dự phòng.

Các thông số đầu vào phục vụ tính toán dự báo là: góc biên, góc lún cực đại hoặc góc dịch chuyển hoàn toàn, các đại lượng lún, dịch chuyển ngang cực đại tương đối.

3.2. Các phương pháp dự báo dịch chuyển và biến dạng bề mặt đất

3.2.1 Phương pháp Knothe

3.2.1.1. Hàm ảnh hưởng và xác định các thông số của nó

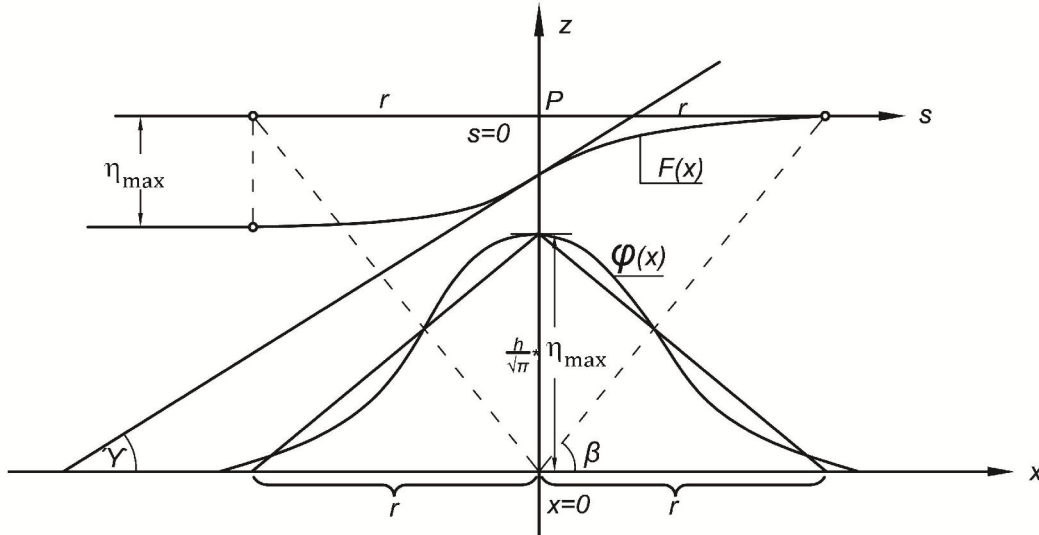
Trong lý thuyết Knothe hàm ảnh hưởng được mô tả bằng đường cong hàm phân phối Gauss chứa các tham số (hình 3.1).

$$\varphi(x) = \eta_{\max} \frac{h}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 x^2} \quad (3.2)$$

Hàm này thỏa mãn các giả thiết của Litwiniszyns, ngoài ra Knothe còn đưa thêm điều kiện về tính đồng nhất của đất đá và sự bất biến của thể tích bôn trong quá trình biến dạng đất đá.

Thay thế đường cong ảnh hưởng bằng tam giác ảnh hưởng với các điều kiện mà tam giác ảnh hưởng phải thỏa mãn so với đường cong là:

- $\varphi(x)$ bằng với $\frac{h}{\sqrt{\pi}} \eta_{\max}$
- Diện tích của tam giác ảnh hưởng bằng diện tích giới hạn bởi đường cong ảnh hưởng với trục x .



Hình 3.1. Hàm ảnh hưởng và tam giác ảnh hưởng

Giá trị tham số h có thể biểu diễn thông qua tham số r :

$$h = \frac{\sqrt{\pi}}{r} \quad (3.3)$$

Thay (3.3) vào (3.2) thì hàm ảnh hưởng có dạng:

$$\varphi(x) = \eta_{\max} \frac{1}{r} e^{-\pi \frac{x^2}{r^2}} \quad (3.4)$$

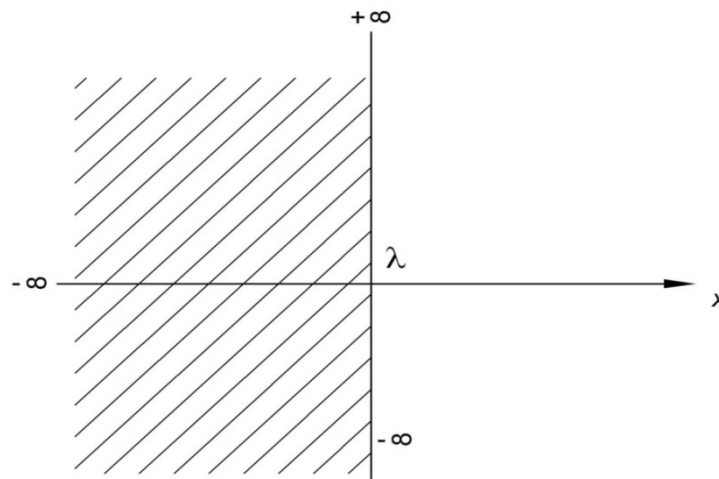
Tham số r ban đầu được gọi là vùng ảnh hưởng chính thì nay được Knothe gọi là tham số lan tỏa ảnh hưởng, tham số này liên quan đến góc ảnh hưởng chính, là tham số đặc trưng cho tính chất biến dạng của đất đá.

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{H}{r} \quad (3.5)$$

Như vậy, việc thay thế đường cong Gauss bằng tam giác không ảnh hưởng tới hình dạng hàm chuyển đổi mà chỉ thay đổi các thông số của nó, sự thay đổi này cho phép giới hạn vùng ảnh hưởng mà về lý thuyết thì nó lan tỏa đến vô cùng.

3.2.1.2. Tính các đại lượng dịch chuyển, biến dạng

Giả thiết xem trường khai thác có dạng nửa mặt phẳng vô hạn. Khi đó trường khai thác chạy dài dọc theo trục x từ $-\infty$ tới λ hoặc từ λ tới $+\infty$, còn dọc theo trục y từ $-\infty$ tới $+\infty$ được gọi là nửa mặt phẳng vô hạn (hình 3.2)



Hình 3.2. Trường khai thác dạng nửa mặt phẳng vô hạn

Ký hiệu biến số tích phân là λ thì ta sẽ nhận được phương trình bốn lún có dạng sau:

$$\eta(x) = \eta_{\max} \int_x^{+\infty} f(\lambda) d\lambda \quad (3.6)$$

Khi ta mô tả đường cong ảnh hưởng theo dạng (3.4) thì ta sẽ nhận được phương trình bốn lún như sau:

$$\eta(x) = \frac{\eta_{\max}}{r} \int_x^{+\infty} e^{-\pi \frac{\lambda^2}{r^2}} d\lambda \quad (3.7)$$

Đối với chuyển dịch trên mặt phẳng thì giá trị dịch chuyển, biến dạng trong bồn lún được tính theo các công thức sau:

- Độ nghiêng địa hình:

$$i_{(x)} = \frac{\eta_{\max}}{r} e^{-\pi \frac{\lambda^2}{r^2}} \quad (3.8)$$

- Độ cong bồn lún:

$$k_{(x)} = \eta_{\max} 2\pi \frac{x}{r^3} e^{-\pi \frac{\lambda^2}{r^2}} \quad (3.9)$$

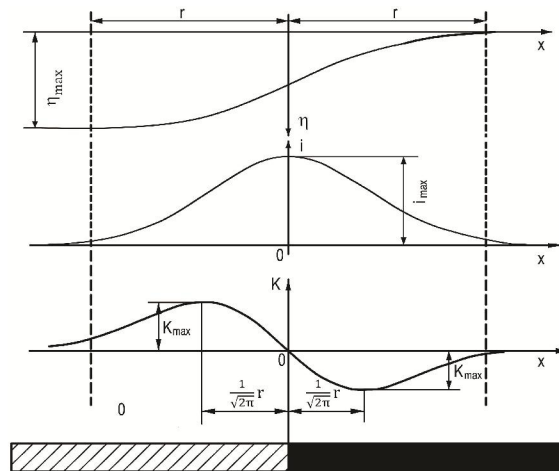
- Dịch chuyển ngang:

$$\xi_{(x)} = \eta_{\max} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\pi \frac{\lambda^2}{r^2}} \quad (3.10)$$

- Biến dạng ngang:

$$\varepsilon_{(x)} = \pm \eta_{\max} \sqrt{2\pi} \frac{x}{r} e^{-\frac{\lambda^2}{r^2}} \quad (3.11)$$

3.2.1.3 Xác định các chỉ số dịch chuyển và biến dạng cực đại:



Hình 3.3: Phân bố các đại lượng dịch chuyển, biến dạng cực đại

Khi đánh giá sơ bộ tác động của khai thác lên các đối tượng nằm trong vùng ảnh hưởng khai thác thì cần tính các giá trị cực đại của các đại lượng biến dạng. Bằng cách cho các đạo hàm bậc một bằng 0 sẽ cho phép xác định được giá trị cực

đại và vị trí xuất hiện của nó. Các giá trị cực đại trong trường hợp trường khai thác nửa mặt phẳng vô hạn được tính theo các công thức sau:

- Tính độ lún cực đại:

$$\eta_{\max} = a \cdot m \quad (3.12)$$

- Tính độ nghiêng cực đại:

$$i_{\max} = \frac{\eta_{\max}}{r} \quad (3.13)$$

- Tính độ cong cực đại:

$$k_{\max} = \pm 1.52 \frac{\eta_{\max}}{r^2} \quad (3.14)$$

- Tính dịch chuyển ngang cực đại:

$$\xi_{\max} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \eta_{\max} = 0.4 \eta_{\max} \quad (3.15)$$

- Tính biến dịch ngang cực đại:

$$\varepsilon_{\max} = \pm \frac{\eta_{\max}}{r} e^{-\frac{1}{2}} = 0,6 \cdot i_{\max} \quad (3.16)$$

Phân bố các đại lượng cơ bản cùng với giá trị cực đại được thể hiện trên (hình 3.3).

3.2.2 Phương pháp Aversin

3.2.2.1 Đối với vỉa bằng hoặc dốc thoải

Trên cơ sở phân tích một số lượng số liệu quan trắc phong phú, Aversin đã thiết lập phương trình đường cong bồn lún đối với ruộng khai thác lớn (hình 3.4):

$$\eta_x = \eta_{\max} \left(1 - \frac{x}{2,13 \cdot l}\right)^{4,54} \cdot e^{2,13 \frac{x}{l}} \quad (3.17)$$

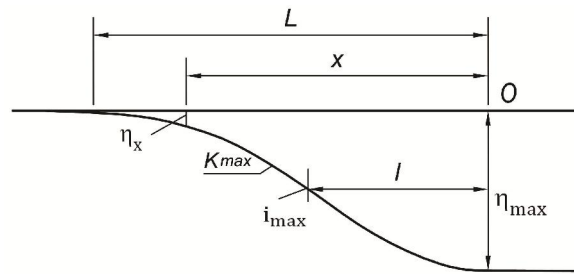
Trong đó:

l - khoảng cách nằm ngang từ điểm uốn đường cong lún tới tâm bồn dịch chuyển (tham số của lý thuyết);

x - hoành độ của điểm bất kỳ tính từ tâm bồn lún.

Trên cơ sở công thức 3.17 cho phép xác định giá trị cực đại của độ nghiêng, là đạo hàm bậc nhất của phương trình hàm lún, giá trị này xuất hiện ở điểm uốn mặt cắt bồn dịch chuyển.

$$i_{\max} = 0,9 \frac{\eta_{\max}}{l} \quad (3.18)$$



Hình 3.4: Mặt cắt bồn lún đối với vỉa nằm ngang

Giá trị độ cong cực đại là đạo hàm bậc 2 của hàm lún, giá trị này xuất hiện ở khoảng cách $1,5.l$ tính từ tâm của bồn lún và nằm phía trên vỉa.

$$K_{\max} = 1,39 \frac{\eta_{\max}}{l^2} \quad (3.19)$$

Chuyển dịch ngang của điểm bất kỳ trên mặt cắt bồn dịch chuyển liên quan tới đại lượng lún và độ nghiêng, đối với vỉa nghiêng giá trị của nó được tính theo công thức:

$$\xi = k. i \quad (3.20)$$

Giá trị của biến dạng ngang cực đại được xác định theo công thức:

$$\varepsilon_{\max} = k. 1,39 \frac{\eta_{\max}}{l^2} \quad (3.21)$$

Trong đó hệ số k được tính theo công thức:

$$k = \frac{\frac{d\xi}{dt}}{\frac{d^2\eta}{dx. dt}} \quad (3.22)$$

Trong đó:

$\frac{d\xi}{dt}$ - tốc độ thay đổi chuyển dịch ngang;

$\frac{d^2\eta}{dt}$ - tốc độ thay đổi độ nghiêng trên mặt cắt bồn lún.

Trong tất cả các công thức trên đều xuất hiện tham số 1, Aversin đã đưa ra mối quan hệ giữa tham số này và hoành độ L của điểm biên bồn dịch chuyển (hình 3.4);

$$L = 2,13.l \quad (3.23)$$

Công thức (2.23) được sử dụng để tính tham số 1 từ các số liệu quan trắc. Theo Aversin tham số 1 cũng có thể xác định theo công thức khác dưới đây (cho trường hợp vỉa nằm ngang hoặc dốc thoải)

$$l = \frac{\eta_{\max}}{g} \cdot s \quad (3.24)$$

Trong đó:

s - hoành độ của ranh giới khai thác trong hệ tọa độ đã chọn.

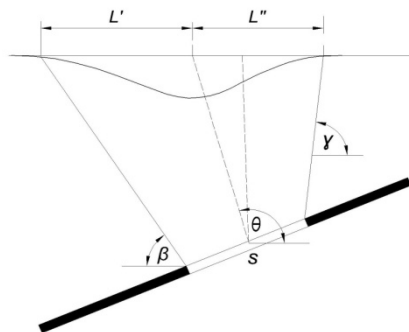
3.2.2.2 Đối với vỉa dốc

Điểm có độ lún cực đại được xác định trên biểu đồ bằng cách từ tâm của lò chợ, vẽ một tia nghiêng hợp với đường nằm ngang một góc θ (góc lún cực đại) (hình 3.5):

$$\theta = 90^\circ + \frac{\beta - \gamma}{2} \quad (3.25)$$

Trong đó:

β và γ là góc dịch chuyển ở hai phía xuôi dốc và ngược dốc của vỉa.



Hình 3.5: Mặt cắt bồn dịch chuyển đối với vỉa dốc

Độ nghiêng cực đại trên mặt cắt bồn dịch chuyển ở hai phía của vỉa được xác định:

$$i'_{\max} = \frac{\eta_{\max}}{L'} \cdot a' \quad (3.26)$$

$$i''_{\max} = 2 \frac{\eta_{\max}}{L''} \quad (3.27)$$

Trong đó:

L' và L'' - hoành độ tính từ trung tâm bồn dịch chuyển tới ranh giới ở phía xuôi dốc và ngược dốc;

a' - Hệ số hiệu chỉnh được xác định theo (bảng 3.1).

Bảng 3.1: Giá trị của hệ số điều chỉnh a' theo Aversin

Góc dốc vỉa	0^0	10^0	20^0	30^0	40^0	50^0	60^0	70^0
Hệ số a'	3,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0

Độ cong cực đại tại phía xuôi dốc của bồn được xác định theo công thức:

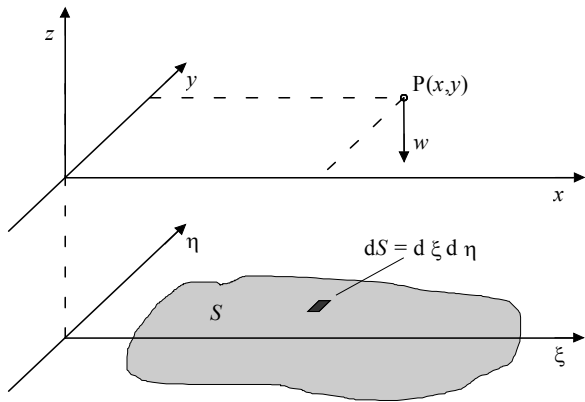
$$K_{\max} = 4 \frac{i'_{\max}}{L'} \quad (3.28)$$

3.2.3 Phương pháp Knothe-Budryk

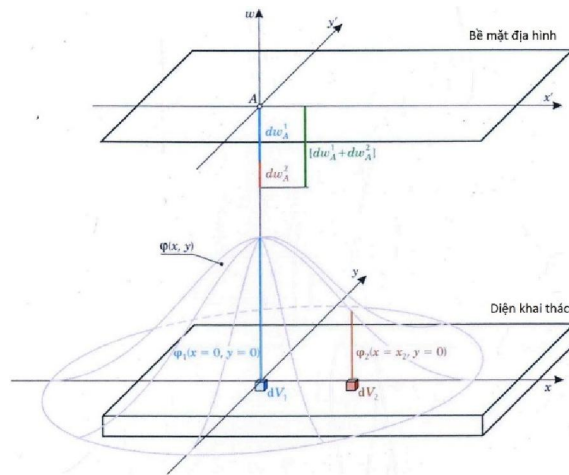
Phương pháp tính toán dự báo dịch chuyển, biến dạng bề mặt mỏ của Knothe-Budryk dựa trên phương pháp tích phân-hình học, trong đó các công thức tính toán được xây dựng trên cơ sở hàng loạt các công trình quan trắc thực nghiệm trong các điều kiện khác nhau đối với các khoáng sàng dạng vỉa.

Các đại lượng mô tả biến dạng liên lục bao gồm: độ lún (w), dịch chuyển ngang (u), độ nghiêng (T), độ cong (K) và biến dạng ngang (ϵ). Trên cơ sở số đo trắc địa, giá trị tính toán của độ nghiêng và biến dạng ngang là các giá trị trung bình cho 1 đoạn. Trong trường hợp độ cong, đó là các giá trị trung bình cho hai đoạn nối tiếp nhau. Khi lựa chọn hợp lý chiều dài các đoạn đo cơ sở và số lượng của chúng thì các chỉ số biến dạng đo được sẽ gần giống với các giá trị tính toán lý thuyết.

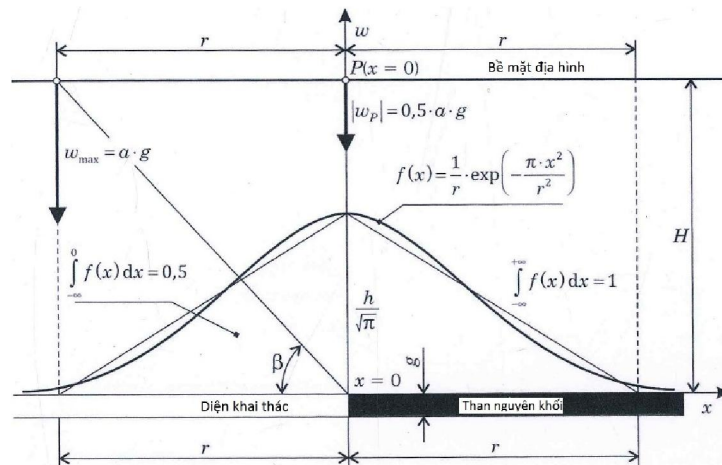
Trong phương pháp tích phân- hình học, giả định rằng có sự tồn tại của một hàm số- gọi là hàm số ảnh hưởng. Độ lún tại một điểm được tính bằng cách tính toán tích phân ảnh hưởng tùy thuộc vào khoảng cách ngang tới diện tích của phần tử khai thác ds như giới thiệu trên hình 3.6. Trong phương pháp Knothe-Budryk, hàm số ảnh hưởng là hàm Gauss. Trên hình 3.7 và hình 3.6 giới thiệu hàm ảnh hưởng trong hệ không gian 3 chiều và trong hệ 2 chiều.



Hình 3.6: Hệ tọa độ dùng để tính toán biến dạng bề mặt địa hình



Hình 3.7: Hàm số ảnh hưởng trong hệ tọa độ 3 chiều (Ostrowski 2015)



Hình 3.8: Hàm số ảnh hưởng trong hệ tọa độ 2 chiều (Ostrowski 2015)

Để mô tả dịch động, lấy hệ tọa độ vuông góc với chiều quay sang phải và hệ tọa độ ngang theo chiều quay sang phải:

Hệ tọa độ $\xi \eta$ dành cho vỉa than khai thác.

Hệ tọa độ $x y$ dành cho điểm tính toán dịch động $P(x, y)$.

Độ lún w_a của điểm (x, y) trên bề mặt được tính theo công thức:

$$w_a(x, y) = \frac{w_{\max}}{r^2} \iint_S \exp \left[-\frac{\pi}{r^2} [(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2] \right] d\xi d\eta$$

$$w_a(x, y) = \frac{w_{\max}}{r^2} \iint_S \exp \left[-\frac{\pi}{r^2} [(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2] \right] d\xi d\eta \quad (3.29)$$

Trong đó:

w_{\max} = a m - độ lún cực đại,

r - Bán kính ảnh hưởng trên bề mặt địa hình đặc trưng cho độ bền của đất đá mỏ, được xác định bằng công thức $r = H / \operatorname{tg}\beta$

S - Diện khai thác của vỉa,

$ds = d\xi d\eta$ - Diện của một phần tử khai thác,

a - Hệ số khai thác, còn gọi là hệ số điều khiển đá vách. Giá trị của hệ số này phụ thuộc vào cách lấp đầy khoảng không gian sau khi khai thác,

m - Chiều dày của lớp than khai thác,

H - Chiều sâu khai thác,

$\operatorname{tg}\beta$ - Thông số của phương pháp tính biến dạng, còn gọi là thông số đá mỏ.

Công thức (3.29) thể hiện bản chất của phương pháp Knothe-Budryk phục vụ tính độ sụt lún.

Dịch chuyển ngang trong phương pháp Knothe-Budryk được theo phương pháp của Aversin:

$$U_x = B \frac{dw}{dx}$$

$$U_y = B \frac{dw}{dy} \quad (3.30)$$

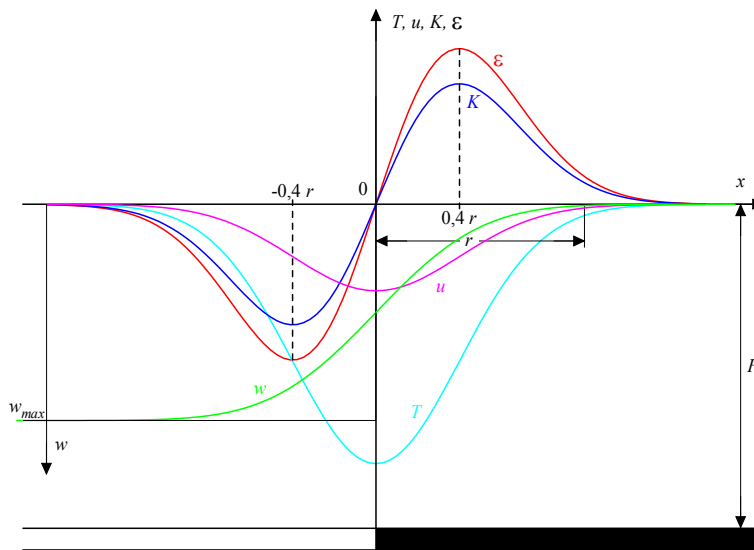
Trong đó B được Budryk gọi là hệ số biến dạng ngang. Ở Ba Lan, hệ số này được lấy với giá trị trung bình là:

$$B = 0,32 \cdot r \quad (3.31)$$

Độ nghiêng (T) và độ cong (K) có được bằng cách tính đạo hàm của hàm sụt lún (3.29). Tensor của biến dạng ngang tỷ lệ thuận với tensor độ cong đứng tương ứng.

$$\begin{aligned} \varepsilon_{xx} &= B \cdot K_{xx} \\ \varepsilon_{xy} &= B \cdot K_{xy} \\ \varepsilon_{yy} &= B \cdot K_{yy} \end{aligned} \quad (3.32)$$

Hình 3.9 minh họa các chỉ số biến dạng gây ra trong trường hợp khai thác 1 diện lớn hoặc theo đường phương của vỉa.



Hình 3.9: Đồ thị các chỉ số biến dạng bề mặt theo phương pháp Knothe-Budryk

Trong đó: w - Độ lún, u - dịch chuyển ngang, T - độ nghiêng, ε - biến dạng ngang, K - Độ cong đứng, H - chiều sâu khai thác, r - bán kính ảnh hưởng.

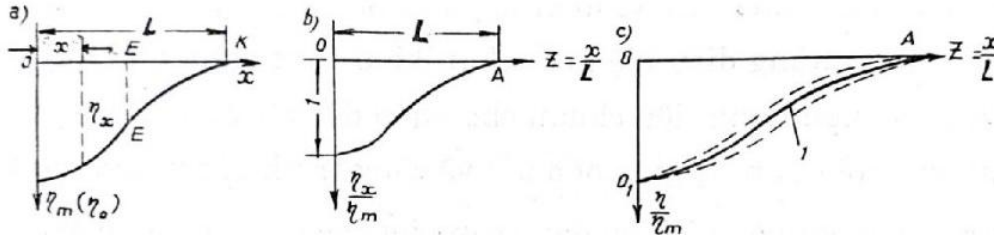
Khái niệm diện khai thác lớn được hiểu là diện khai thác gần như hình vuông, có chiều dài cạnh là $l=2,0r$ và chính xác hơn khi chiều dài cạnh hình vuông là $l=3,0r$.

3.2.4 Dự báo theo các phương pháp đường cong mẫu chuẩn

3.2.4.1 Các dạng đường cong lún trong ước tính dịch chuyển biến dạng

Để biểu thị sự phân bố dịch chuyển và biến dạng trong bồn dịch chuyển đã xây dựng các đồ thị, bao gồm các loại đường cong tự nhiên, không tỷ lệ và mẫu

không tỷ lệ (hình 3.10). Các dạng đường cong trên được biểu thị trong hệ tọa độ vuông góc có gốc tọa độ trùng với điểm lún cực đại η_m (tâm đáy bồn dịch chuyển) và được phân làm 2 nhánh, từ tâm o về hai phía biên giới của bồn.



Hình 3.10: Đường cong lún

a. Đường cong tự nhiên; b. Đường cong không tỷ lệ; c. Đường cong mẫu không tỷ lệ

Trên hình 3.10-a là đường cong tự nhiên được xây dựng từ số liệu quan trắc thực địa, có gốc tọa độ trùng với điểm 0 lún cực đại η_m , còn những điểm lún khác (η_x) trên mặt cắt chính được biểu thị bằng các đoạn (x, η_x).

Ở những độ sâu khai thác khác nhau sẽ có kích thước bán bồn L khác nhau nên đường cong lún tự nhiên sẽ đoạn 0K khác nhau. Do vậy những biểu đồ đường cong tự nhiên nhận được khó so sánh với nhau. Để khắc phục người ta xây dựng đường cong không tỷ lệ thay cho đường cong tự nhiên (hình 3.10-b) bằng cách dựng biểu đồ hàm số không tỷ lệ.

$$\frac{\eta_x}{\eta_m} = \varphi\left(\frac{x}{L}\right) = S(z) \quad (3.33)$$

$$Z = \frac{x}{L}$$

Trong đó: η_x - độ lún tại điểm có hoành độ x

η_m - độ lún cực đại

L - chiều dài bồn dịch chuyển

Từ biểu thức (3.33) ta có:

$$\eta_x = \eta_m \cdot S(z) \quad (3.34)$$

Nếu biết đại lượng η_m và hàm số không tỷ lệ thì dễ dàng xác định đại lượng lún η_x tại bất cứ điểm nào của bồn với hoành độ x .

Xây dựng và so sánh nhau những đường cong không tỷ lệ theo các tuyến quan trắc ở các chu kỳ đo khác nhau hoặc ở nhiều trạm quan trắc để nhận được một đường cong lún trung bình (*đường cong 1, hình 3.10-c*), được gọi là đường cong lún mẫu không tỷ lệ.

Phân tích số liệu quan trắc cho thấy hàm số đường cong không thứ nguyên trong điều kiện vĩa bằng và thoải sẽ đối xứng qua điểm uốn E. Do vậy có thể chấp nhận cho hàm số không tỷ lệ được biểu thị theo mẫu:

$z = \frac{x}{L}$	0	0,1	0,2	0,3.....1,0
$s(z)$	1,00	0,99	0,95	0,85.....0

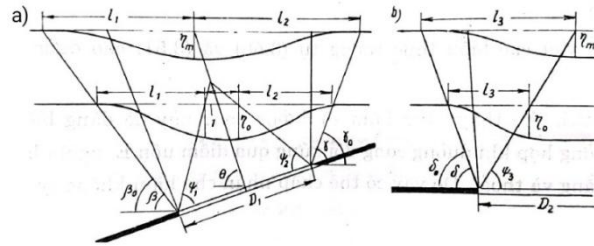
Như vậy, bằng cách lập bảng theo số liệu quan trắc thực địa hoặc từ những mối quan hệ phụ thuộc nhận được trên cơ sở quan trắc có thể xác định được đại lượng η_x theo giá trị η_m đã biết.

Khi tính dịch chuyển và biến dạng cần dựng các đường cong sau: độ lún η (dịch chuyển đứng), biến dạng nghiêng i , biến dạng cong k , dịch chuyển ngang ξ và biến dạng ngang (nén và kéo) ϵ .

Độ nghiêng và độ cong là đạo hàm bậc nhất và bậc hai của độ lún còn biến dạng ngang là đạo hàm bậc nhất của dịch chuyển ngang.

Các thông số đầu vào dùng để tính toán dự báo được lấy từ kết quả quan trắc thực địa hoặc xác định theo phương pháp vùng tương tự là góc biên $\beta_0, \delta_0, \gamma_0$ (hoặc góc dịch chuyển); góc lún cực đại θ ; góc khai thác hoàn toàn Ψ_1, Ψ_2, Ψ_3 ; chiều dài bán bồn dịch chuyển L_1 (*xuôi dốc*), L_2 (*xuôi dốc*), L_3 (phương của vĩa); kích thước lò chợ theo dốc D_1 và theo phương của vĩa D_2 ; độ sâu khai thác H (hình 3.11).

Nhiệm vụ tính toán dịch chuyển và biến dạng bề mặt đất có thể là các giá trị cực đại hoặc tất cả các đường cong thể hiện sự phân bố dịch chuyển và biến dạng trên mặt cắt chính của bồn dịch chuyển.



Hình 3.11. Các thông số đầu vào để ước tính dịch chuyển biến dạng

Dưới góc nhìn kỹ thuật khai thác có thể phân biệt các trường hợp ước tính sau:

- 1) Tính dịch chuyển và biến dạng do khai thác một lò chợ;
- 2) Tính dịch chuyển và biến dạng do khai thác tập vỉa;
- 3) Tính dịch chuyển và biến dạng khi không có thiết kế và lịch kế hoạch khai thác.

3.2.4.2 Tính độ lún cực đại

Độ lún cực đại là một trong những thông số phụ thuộc bởi nhiều yếu tố như: chiều dày khai thác, góc dốc vỉa, độ cứng đất đá và thứ tự sắp xếp các lớp đất đá, hệ số tổn thất khoáng sản, mức độ khai thác (khai thác hoàn toàn, không hoàn toàn; khai thác lần đầu, lần thứ hai), hệ thống khai thác và phương pháp điều khiển đá vách. Hiện nay có hai phương pháp xác định độ lún cực đại.

1. Phương pháp của Kolbencov

Trong phương pháp này, các công thức ước tính nhận được trên cơ sở xử lý tổng hợp kết quả quan trắc thực địa. Độ lún cực đại được tính theo công thức sau:

$$\eta_m = q_0 \cdot m \cdot \cos \alpha \cdot N \quad (3.35)$$

- Trong đó: q_0 - đại lượng cực đại dịch chuyển tương đối khi khai thác hoàn toàn;
 m - chiều dày khai thác của vỉa, mét;
 α - góc dốc của vỉa, độ;

N - hệ số mức độ khai thác;

$$q_0 = \frac{\eta_0}{m} \quad (\eta_0 - \text{đại lượng lún cực đại khi khai thác hoàn toàn}).$$

Tích số $q_0 \cdot m \cdot \cos\alpha$ là thành phần đứng của vectơ dịch chuyển khi khai thác hoàn toàn. Trường hợp vỉa nằm ngang, do $\cos\alpha = 1$ thì khi khai thác hoàn toàn sẽ có:

$$q_0 = \frac{\eta_0}{m}$$

trong đó: η_0 - độ lún cực đại.

Đại lượng q_0 phụ thuộc vào độ cứng của đất đá và mức độ phá hoại của nó trước khi khai thác lò chợ. Độ cứng đất đá tăng giá trị q_0 sẽ giảm. Khi khai thác lặp lại giá trị q_0 tăng từ 10-20% và cao hơn nhiều tại những vùng có đất đá cứng. Giá trị của q_0 xác định theo số liệu quan trắc thực địa hoặc lấy theo phương pháp tương tự.

Hệ số mức độ khai thác N xác định theo công thức:

$$N = \sqrt{n_1 n_2}$$

Trong đó: n_1, n_2 - hệ số mức độ khai thác tương ứng theo dốc và theo phương vỉa.

$$n_1 = k \frac{D_1}{H} ; \quad n_2 = k \frac{D_2}{H} \quad (3.36)$$

k- hệ số phụ thuộc bởi tính chất của đất đá (xác định theo số liệu quan trắc);

D_1 và D_2 - chiều dài lò chợ theo dốc và theo phương của vỉa, mét.

H - độ sâu khai thác trung bình (tại điểm chính giữa của lò chợ), m.

Ở vùng Donbass của Ucraina hệ số $k=0$, với điều kiện khai thác lần đầu và góc dốc vỉa α phải nằm trong khoảng từ 0° - 6° .

$$\eta_m = 0,6m \cos\alpha \sqrt{n_1 n_2} \quad (3.37)$$

trong đó: $n_1 = 0,9 \frac{D_1}{H} ; n_2 = 0,9 \frac{D_2}{H}$

2. Phương pháp Kazacovski

Phương pháp Kazacovski để xác định độ lún cực đại xuất phát từ giả thiết thể tích của bồn dịch chuyển không thay đổi (cố định) trong suốt quá trình uốn võng

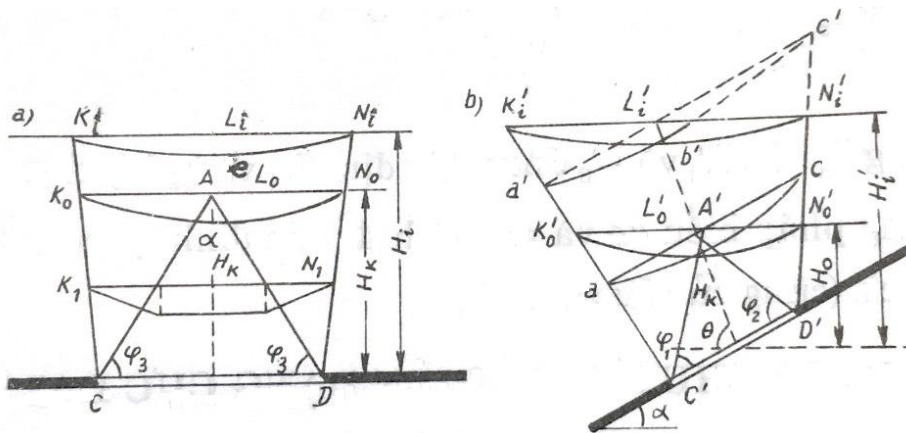
các lớp nham tầng nằm cách lò chợ những khoảng cách khác nhau. Giả thuyết này được coi là hợp lý khi không có hiện tượng “đá treo” lớn. Bản chất của phương pháp đó như sau:

Trên hình 3.12 các tam giác CAD và C'A'D' chỉ giới hạn vùng dịch chuyển hoàn toàn trong mặt cắt chính theo phương và dốc vỉa. Các hình tam giác đó được xây dựng dựa vào các góc dịch chuyển hoàn toàn.

Trong phạm vi vùng dịch chuyển hoàn toàn, khi càng xa lò chợ theo hướng thẳng đứng thì kích thước bồn dịch chuyển (theo phương và dốc vỉa) tăng lên còn kích thước vùng đáy bồn phẳng sẽ bị thu hẹp lại. Do đó đại lượng lún cực đại sẽ không giảm. Khi vượt ra khỏi phạm vi vùng dịch chuyển hoàn toàn, việc tăng kích thước bồn dịch chuyển sẽ giảm độ sâu của bồn một cách tương ứng, nghĩa là giảm η_m .

Trên mặt cắt theo dốc vỉa, kích thước bồn dịch chuyển tại biên giới tiếp giáp giữa hai vùng dịch chuyển hoàn toàn và không hoàn toàn (hình 3.12-b) là $K'_0 N'_0 = L'_0$, còn trên mặt đất là $K'_i N'_i = L'_i$. Lập tỷ lệ giữa các đại lượng: $k_1 = \frac{L'_0}{L'_i}$ - thể hiện sự tắt dần của độ lún cực đại do khai thác không hoàn toàn.

Tương tự, theo phương của vỉa ta có hệ số $k_2 = \frac{L_0}{L_i}$ (hình 3.12-a).



Hình 3.12. Phương pháp tính độ lún cực đại theo Kazacovski

Hệ số chung sẽ là:

$$k = k_1 k_2 \quad (3.38)$$

Độ lún cực đại trên mặt đất sẽ là:

$$\eta_m = \eta_0 k \text{ hay } \eta_m = q_0 \cdot m \cdot \cos \alpha \cdot k \quad (3.39)$$

Khi xác định η_m có thể xảy ra các trường hợp sau:

1) Trên mặt cắt theo phương của vỉa đạt mức khai thác hoàn toàn, còn trên mặt cắt theo dốc vỉa thì khai thác không hoàn toàn:

$$k_1 = \frac{L_0}{L_i}; k_2 = 1. \text{ Đây là trường hợp thường hay gặp.}$$

2) Đồng thời đạt mức khai thác hoàn toàn ở các mặt cắt theo phương và theo dốc vỉa:

$$k_1 = 1; k_2 = 1.$$

3) Khai thác hoàn toàn ở mặt cắt theo dốc của vỉa, và không hoàn toàn ở mặt cắt theo phương vỉa:

$$k_1 = 1; k_2 = \frac{L_0}{L_i}$$

4) Ở cả hai mặt cắt đều khai thác không hoàn toàn:

$$k_1 = \frac{L_0}{L_i}; k_2 = \frac{L_0}{L_i}$$

Các đại lượng L_0, L_i, L'_0, L'_i dùng để xác định k_1 và k_2 được xác định theo bản vẽ.

3.2.4.3. Tính dịch chuyển và biến dạng cực đại mặt đất do ảnh hưởng khai thác tầng lò chợ

1. Đại lượng lún cực đại

Đại lượng lún cực đại trong điều kiện khai thác lần đầu được xác định theo công thức (3.35), khi khai thác lặp lại thì tính theo các công thức sau:

Khi $\alpha \leq 25^\circ$

$$\eta_m = q_0 m_v \cos \alpha \sqrt{n_1 n_2} \left(1 + 0,5 \frac{H_1}{H}\right) \quad (3.40)$$

Khi α trong khoảng 25° đến 65°

$$\eta_m = (q_0 m_v + 0,1 m_{v-1}) \cos \alpha \sqrt{n_1 n_2} \quad (3.41)$$

Trong đó: q_0 - đại lượng vector dịch chuyển tương đối khi khai thác lần đầu và đạt mức khai thác hoàn toàn;

m_v - chiều dày của vỉa dưới;

m_{v-1} - chiều dày của vỉa trên (vỉa có đá vách đã bị khai thác dưới);

α - góc dốc của vỉa;

$n_1 n_2$ - hệ số mức độ khai thác theo dốc và theo phương của vỉa;

H_1 - chiều dày đứng của nham tầng đã bị khai thác ở giữa lò chợ.

2. Đại lượng độ nghiêng cực đại

Khi $\alpha \leq 45^\circ$

$$i_m = 1.5 \frac{m}{H} \quad (3.42)$$

Khi $45^\circ \leq \alpha \leq 65^\circ$

$$i_m = \frac{m}{H} \quad (3.43)$$

Trong đó: m - chiều dày khai thác của vỉa;

H - độ sâu khai thác trung bình (ở giữa lò chợ).

3. Đại lượng độ cong cực đại:

Độ cong phần lồi K_m và phần lõm K'_m thuộc đường cong lún khi $\alpha \leq 65^\circ$ xác định theo các công thức:

$$K_m = (5 + n_1^2) \frac{\eta_m}{L_2^2} \quad (3.44)$$

$$K'_m = (5 + \frac{1}{n_1}) \frac{\eta_m}{L_2^2} \quad (3.45)$$

Trong đó: L_2 - khoảng cách từ điểm lún cực đại đến biên giới bồn dịch chuyển về phía ngược dốc của vỉa, m.

4. Đại lượng dịch chuyển ngang cực đại

Đại lượng dịch chuyển ngang cực đại trên các mặt cắt chính khi góc dốc vỉa $\alpha \leq 65^\circ$ được tính như sau:

- theo phương của vỉa

$$\xi_m = 0,3\eta_m \quad (3.46)$$

- theo dốc của vỉa:

$$\xi_m = (0,3 + 0,8P)\eta_m \quad (3.47)$$

Trong đó: P - hệ số ảnh hưởng của lớp đất bồi.

$$P = \operatorname{tg}\alpha - \frac{Ch}{\eta_m} \quad (3.48)$$

h - chiều dày của lớp đất bồi;

C = 0,01 khi $\alpha \leq 25^\circ$ và C = 0,02 khi $\alpha > 25^\circ$; nếu P nhận dấu âm thì lấy P = 0.

5. Đại lượng các biến dạng ngang (nén và kéo)

Khi vỉa thoải và dốc với $\alpha \leq 45^\circ$

$$\varepsilon_{m.p} = \varepsilon_{m.c} = 0,7\frac{m}{H} \quad (3.49)$$

Khi $45^\circ < \alpha < 65^\circ$

$$\varepsilon_{m.p} = \varepsilon_{m.c} = \frac{m}{H} \quad (3.50)$$

trong đó: $\varepsilon_{m.p}$ - biến dạng kéo và $\varepsilon_{m.c}$ - biến dạng nén.

6. Xác định tốc độ lún cực đại khi lò chợ hoạt động v_m

Trên cơ sở kết quả quan trắc thực địa, tốc độ lún cực đại được xác định theo công thức thực nghiệm sau đây: (vùng Donbass của Ucraina).

$$v_m = t \frac{C\eta_m}{H} \quad (3.51)$$

Trong đó: η_m - độ lún cực đại, mét;

H - độ sâu khai thác trung bình;

C - tiến độ trung bình của lò chợ m/ngày;

t - hệ số tỷ lệ (phụ thuộc vào tính chất của đất đá).

Đại lượng η_m và v_m chịu ảnh hưởng lớn của góc dốc vỉa α . Khi đạt mức khai thác hoàn toàn thì $\eta_m = q_0 m \cos\alpha$. Trên cơ sở đó công thức (3.51) có thể biến đổi:

$$v_m = t \frac{Cmq_0 \cos\alpha N}{H} \quad (3.52)$$

Giáo sư Kazacovski đề xuất tính v_m theo công thức:

$$v_{m(2)} = v_{m(1)} \frac{H_1 C_2 \eta_{m(2)} \cos \alpha_2}{H_2 C_1 \eta_{m(1)} \cos \alpha_1} \quad (3.53)$$

Trong trường hợp khi η_m không xác định được thì tính theo công thức:

$$v_{m(2)} = v_{m(1)} \frac{H_1 C_2 m_2 \cos \alpha_2}{H_2 C_1 m_1 \cos \alpha_1} \quad (3.54)$$

Trong đó: $v_{m(2)}$ - tốc độ lún cực đại cần tính trong điều kiện khai thác ở độ sâu H_2 , chiều dày vỉa m_2 , tiến độ lò chợ C_2 , góc dốc của vỉa α_2 và độ lún cực đại $\eta_{m(2)}$.

$v_{m(1)}$ - tốc độ lún cực đại đã biết trong điều kiện $H_1, m_1, C_1, \alpha_1, \eta_{m(1)}$ (xác định theo số liệu quan trắc thực địa hoặc theo phương pháp vùng tương tự).

Lưu ý, các đại lượng dịch chuyển và biến dạng cực đại khi khai thác lặp lại sẽ tăng lên. Khi các công trình bị khai thác dưới, điều đáng lưu ý nhất không phải là các giá trị cực đại mà là các đại lượng dịch chuyển và biến dạng tại các điểm khác nhau trong mặt cắt chính của bồn. Do vậy đường cong dịch chuyển và biến dạng sẽ là công cụ biểu đạt hữu hiệu nhất.

3.2.4.4. Tính các đường cong dịch chuyển và biến dạng bề mặt do khai thác từng lò chợ

1. Tính độ lún tại những điểm khác nhau trên mặt cắt chính:

$$\eta_x = \eta_m s(z) \quad (3.55)$$

$$z = \frac{x}{L}$$

trong đó: η_m - độ lún cực đại (tính theo công thức 3.35);

$s(z)$ - hàm số lún tỷ lệ: $s(z) = \frac{\eta_x}{\eta_m} = \varphi\left(\frac{x}{L}\right)$;

x - hoành độ điểm trên mặt cắt chính của bồn dịch chuyển, m;

L - chiều dài bán bồn dịch chuyển, m.

Trong bản quy phạm bảo vệ các công trình thì hàm lún tỷ lệ $s(z) = \varphi\left(\frac{x}{L}\right)$ được lập thành bảng tra cho các điều kiện khai thác hoàn toàn và không hoàn toàn.

Sau khi tính các giá trị lún η_x đối với $x = 0,1; 0,2; 0,3; \dots 1$ ta dựng các đoạn η_x tính được tại những điểm tương ứng ở trên trục hoành của mặt cắt chính sẽ nhận được đường cong lún. Gốc toạ độ là điểm có độ lún cực đại. Việc tính toán được tiến hành riêng đối với từng phần nửa bồn dịch chuyển theo phía xuôi dốc, phía ngược dốc và phương của vĩa bởi vì giá trị L_i của từng phần nửa bồn khác nhau.

2. *Tính các đường cong độ nghiêng:*

$$i_x = \pm \frac{\eta_m}{L} s'(z) \quad (3.56)$$

trong đó: $s'(z)$ – hàm tỷ lệ, là đạo hàm bậc nhất của η_x theo z . Giá trị của nó phụ thuộc vào mức độ khai thác đối với những giá trị khác nhau của z trong bảng tra. Các giá trị âm của độ nghiêng dựng dưới trục oz , còn các giá trị dương dựng phía trên trục oz .

Trong hình 3.13 biểu diễn các đường cong lún 1 và đường cong độ nghiêng 2 khi khai thác hoàn toàn và không hoàn toàn.

3. *Tính biểu đồ độ cong:*

$$K_x = \frac{\eta_m}{L^2} s''(z) \quad (3.57)$$

Trong đó : $s''(z)$ – hàm tỷ lệ là đạo hàm bậc 2 của η_x hoặc đạo hàm bậc nhất của i_x ; các giá trị của hàm được tra trong các bảng của quy phạm bảo vệ các công trình.

Khi khai thác không hoàn toàn ($n < 1$) độ cong tại những điểm lún cực đại được xác định với $L_{tb} = \frac{L_1 + L_2}{2}$

Bán kính cong được xác định như một đại lượng tỷ lệ nghịch của độ cong

$$R = \frac{1}{K}$$

4. *Tính đường cong dịch chuyển ngang:*

a/ Trong mặt cắt chính theo phương của vĩa :

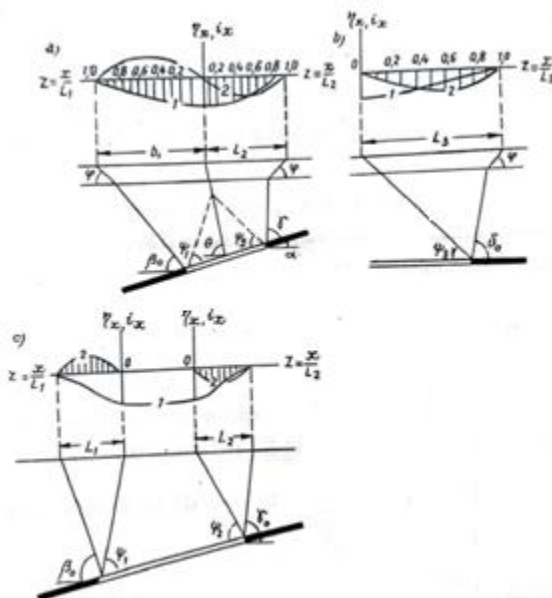
$$\xi_x = \pm 0.15 \eta_m s'(z) \quad (3.58)$$

b/ Trong mặt cắt chính theo dốc của vỉa:

$$\xi_x = \eta_m F(z) = \eta_m [Ps(z) \pm 0.15s'(z)] \quad (3.59)$$

trong đó: $s'(z)$; $F(z)$; $s(z)$ – những hàm tỷ lệ mà giá trị bằng số được tra theo bảng.

P – là hệ số tính đến ảnh hưởng của lớp đất bồi, xác định theo công thức (3.48).



Hình 3.13. Dựng đường cong lún và đường cong độ nghiêng

- Khi khai thác không hoàn toàn theo dốc vỉa
- Khi khai thác không hoàn toàn theo phương của vỉa
- Khi khai thác hoàn toàn theo dốc vỉa

Sử dụng giá trị bằng số của các hàm tỷ lệ $F(z)$, $s(z)$, và $s'(z)$. Trong công thức (3.59) dấu cộng dùng đối với nửa bồn phía ngược dốc vỉa, dấu trừ đối với nửa bồn phía xuôi dốc vỉa .

5. Tính biến dạng ngang (kéo và nén):

- Theo phương của vỉa:

$$\varepsilon_x = \pm 0.15 \frac{\eta_m}{L} s'(z) \quad (3.60)$$

- Theo dốc của vỉa:

$$\varepsilon_x = \frac{\eta_m}{L} F'(z) = \pm \frac{\eta_m}{L} [Ps'(z) \pm 0.15 s''(z)] \quad (3.61)$$

trong đó : $F'(z)$ – hàm tỷ lệ là đạo hàm bậc nhất của $F(z)$, giá trị bằng số lấy theo bảng tính sẵn.

Hệ số P xác định theo công thức (3.48). Khi khai thác không hoàn toàn ($n < 1$) biến dạng ngang tại điểm lún cực đại theo hướng xuôi dốc vỉa được xác định khi

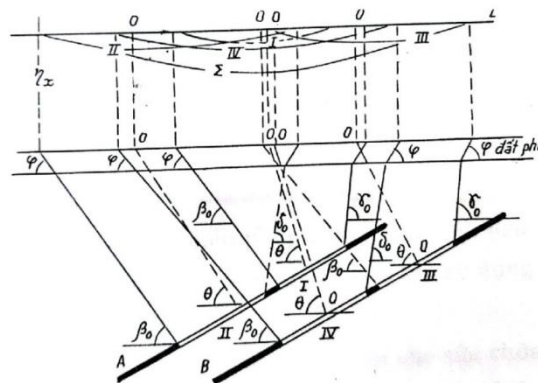
$$L_{tb} = \frac{L_1 + L_2}{2}$$

Trong công thức (3.61) dấu cộng dùng cho nửa bồn theo phía xuôi dốc và dấu trừ cho nửa bồn theo phía ngược dốc của vỉa.

3.2.4.5. *Tính dịch chuyển và biến dạng do ảnh hưởng khai thác một số lò chợ nằm trong một vỉa hoặc tập vỉa*

Nhiệm vụ tính toán được thực hiện bằng cách cộng đại số các đường cong biến dạng và dịch chuyển của từng lò chợ một. Phương pháp này được xác lập dựa trên cơ sở nhiều lần quan trắc thực địa.

Trước tiên cần tính và dựng các đường cong dịch chuyển và biến dạng sau đó đem cộng chúng lại để được một đường cong tổng. Công việc tính toán cần được thực hiện theo một trình tự phù hợp với lịch kế hoạch khai thác các lò chợ đã được duyệt.



Hình 3.14 : Đường cong lún tổng cho một số lò chợ

I,II,III,IV - đường cong lún ứng với các lò chợ I, II, III, IV; Σ – đường cong tổng.

Khi tính đường cong của từng lò chợ, các giá trị góc biên, góc dịch chuyển hoàn toàn và η_0 phải tính đến yếu tố khai thác lần đầu hay lặp lại.

Trên hình 3.14 giới thiệu cách dựng đường cong lún tổng của bề mặt đất trong điều kiện khai thác một số lò chợ I,II,III,IV ở vỉa A và B.

3.2.5 Tính toán dự báo theo quy phạm của Nga

Dịch chuyển và biến dạng trên các mặt cắt chính của bồn dịch chuyển (Hình 3.15) được xác định như sau:

3.2.5.1 Độ lún trên mặt cắt chính của bồn dịch chuyển

Độ lún cực đại được tính theo công thức:

$$\eta_m = q_0 m \cos \alpha N_1 N_2 \quad (3.62)$$

Trong đó:

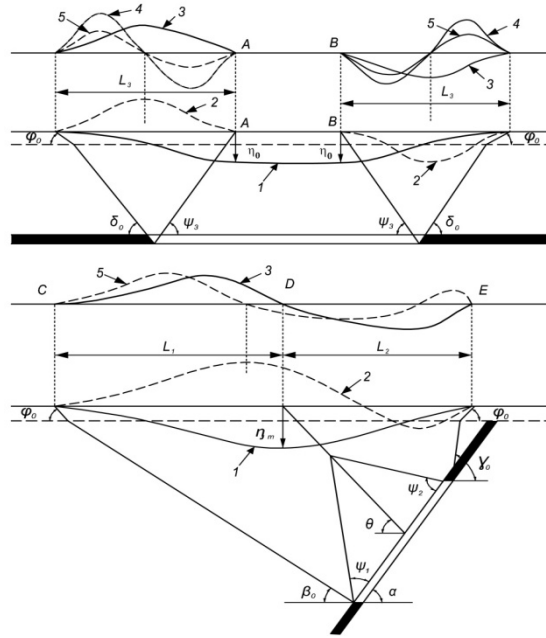
- q_0 - độ lún cực đại tương đối;
- m - chiều dày khai thác vỉa than, nếu chèn lò thì là chiều dày hiệu quả;
- α - góc dốc vỉa than;
- N_1, N_2 - hệ số.

Độ lún mặt đất trên các mặt cắt chính bồn dịch chuyển được tính theo công thức:

$$\eta_{xy} = \eta_m S(z) \quad (3.63)$$

Trong đó:

- $S(z)$ - hàm số đường cong độ lún mẫu, xác định theo (bảng 3.2), phụ thuộc vào hệ số N_1 - đối với những điểm trên mặt cắt chính theo dốc của vỉa và N_2 - đối với các điểm trên mặt cắt chính theo đường phương vỉa;



Hình 3.15. Sơ đồ phân bố dịch chuyển và biến dạng trên mặt cắt chính
a - mặt cắt theo phương; b - mặt cắt theo dọc vỉa; 1 - độ lún; 2 - dịch chuyển ngang; 3 - độ nghiêng; 4 - độ cong; 5 - biến dạng ngang.

Bảng 3.2: Giá trị hàm số $S(z)$, $S'(z)$, $S''(z)$ (vùng Kuzbass)

	N=1			N=0,9			N=0,8			N≤0,7		
	S(z)	S'(z)	S''(z)	S(z)	S'(z)	S''(z)	S(z)	S'(z)	S''(z)	S(z)	S'(z)	S''(z)
0	1,00	0,0	0,0	1,00	0,0	-4,5	1,00	0,0	-6,4	1,00	0,0	-8,3
0,1	0,99	0,2	-2,3	0,97	0,6	-5,5	0,96	0,7	-6,8	0,96	0,8	-8,0
0,2	0,95	0,5	-5,6	0,89	1,1	-6,5	0,85	1,4	-6,2	0,83	1,6	-5,9
0,3	0,86	1,6	-10,8	0,74	1,7	-6,0	0,68	1,8	-3,5	0,65	1,9	-1,0
0,4	0,66	2,6	-8,0	0,55	2,2	-2,5	0,49	2,0	-0,4	0,46	1,8	3,4
0,5	0,38	2,3	6,8	0,32	2,0	8,0	0,31	1,7	6,0	0,29	1,4	4,0
0,6	0,17	1,5	11,0	0,16	1,2	6,5	0,16	1,1	5,1	0,16	1,0	3,6
0,7	0,08	0,6	6,0	0,08	0,7	4,5	0,08	0,7	3,7	0,08	0,7	2,9
0,8	0,03	0,3	2,0	0,03	0,3	2,5	0,03	0,3	2,2	0,03	0,3	2,0
0,9	0,01	0,1	1,0	0,01	0,2	1,0	0,01	0,2	1,1	0,01	0,2	1,2
1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0

3.2.5.2 Độ nghiêng trên các mặt cắt chính:

a. Hướng theo đường phương

$$i_x = \left(\frac{\eta_m}{L_3} \right) S'(z_x); \quad (3.64)$$

b. Hướng ngược với đường phương

$$i_x = - \left(\frac{\eta_m}{L_3} \right) S'(z_x); \quad (3.65)$$

c. Trong bán bồn dịch chuyển hướng xuôi dốc

$$i_{y1} = \left(\frac{\eta_m}{L_1} \right) S'(z_{y1}); \quad (3.66)$$

d. Trong bán bồn dịch chuyển theo hướng ngược dốc

$$i_{y2} = - \left(\frac{\eta_m}{L_2} \right) S'(z_{y2}); \quad (3.67)$$

Trong đó:

$S'(z)$ – hàm số đồ thị chuẩn độ nghiêng, xác định theo (bảng 3.2), phụ thuộc vào hệ số N_1 và N_2 .

3.2.5.3 Độ cong trên mặt cắt chính bồn dịch chuyển

a. Hướng theo đường phương

$$K_x = \left(\frac{\eta_m}{L_3^2} \right) S''(z_x); \quad (3.68)$$

b. Trong bán bồn dịch chuyển theo hướng xuôi dốc

$$K_{y1} = \left(\frac{\eta_m}{L_1^2} \right) S''(z_{y1}); \quad (3.69)$$

c. Trong bán bồn dịch chuyển theo hướng ngược dốc

$$K_{y2} = \left(\frac{\eta_m}{L_2^2} \right) S''(z_{y2}); \quad (3.70)$$

Trong đó:

$S''(z)$ - hàm số đồ thị chuẩn độ cong, xác định theo (bảng 3.2), phụ thuộc vào hệ số N_1 và N_2 . Khi khai thác không hoàn toàn ($N_{1,2} < 1$), độ cong tại các điểm

lún cực đại được xác định theo chiều dài trung bình của bán bồn dịch chuyển $L_{tb} = 0,5 (L_1 + L_2)$.

3.2.5.4 Dịch chuyển ngang trên mặt cắt chính của bồn dịch chuyển:

a. Hướng theo đường phương

$$\xi_x = 0,5a_0\eta_m S'(z_x) \quad (3.71)$$

b. Hướng ngược với đường phương

$$\xi_x = -0,5a_0\eta_m S'(z_x) \quad (3.72)$$

c. Trong bán bồn dịch chuyển theo hướng xuôi dốc

$$\xi_{y1} = 0,5a_0\eta_m [S'(z_{y1}) + 2BS(z_{y1})] \quad (3.73)$$

d. Trong bán bồn dịch chuyển theo hướng ngược dốc

$$\xi_{y2} = -0,5a_0\eta_m [S'(z_{y2}) - 2BS(z_{y2})] \quad (3.74)$$

Giá trị B xác định theo công thức:

$$B = \frac{1}{a_0} \left(\operatorname{tg} \alpha - \frac{h + h_M}{H_{cp}} \right) \geq 0 \quad (3.75)$$

Trong đó:

a_0 - dịch chuyển ngang cực đại tương đối;

α - góc dốc vỉa than;

H_{tb} - độ sâu khai thác trung bình;

h - chiều dày lớp đất phủ;

h_M - chiều dày lớp trầm tích mêzôzôi ($\alpha \leq 45^\circ$), m.

3.2.5.5 Biến dạng ngang tại các điểm mặt cắt chính bồn dịch chuyển:

a. Hướng theo đường phương

$$\varepsilon_x = 0,5a_0 \frac{\eta_m}{L_3} S''(z_x); \quad (3.76)$$

b. Trong bán bồn dịch chuyển theo hướng xuôi dốc

$$\varepsilon_{y1} = 0,5a_0 \frac{\eta_m}{L_1} [S''(z_{y1}) + 2BS'(z_{y1})] \quad (3.77)$$

c. Trong bán bồn dịch chuyển theo hướng ngược dốc

$$\varepsilon_{y2} = 0,5a_0 \frac{\eta_m}{L_2} [S''(z_{y2}) - 2BS'(z_{y2})] \quad (3.78)$$

Các giá trị $S''(z_x)$ và $S'(z_x)$ xác định theo (bảng 3.2), phụ thuộc vào hệ số N_2 ; Giá trị hàm số $S''(z_y)$ và $S'(z_y)$ xác định phụ thuộc vào hệ số N_1 . Khi khai thác dưới không hoàn toàn ($N_1 < 1$) thì biên dạng ngang tại điểm lún cực đại xác định theo chiều dài trung bình của bán bồn dịch chuyển $L_{tb} = 0,5(L_1 + L_2)$.

3.2.6 Tính toán dự báo theo phương pháp địa cơ mỏ

Quá trình tính toán theo phương pháp này được thực hiện như sau:

3.2.6.1 Xác định hệ số kiên cố địa tầng

Xác định hệ số kiên cố f của đất đá mỏ theo trình tự:

+ Tính hệ số kiên cố trung bình của các lớp đá cát kết, sạn kết và các loại tương đương (đá cứng):

$$f_c = \frac{\sum m_{ci} f_{ci}}{\sum m_{ci}} \cdot 10^{-2} \quad (3.79)$$

+ Tính hệ số kiên cố trung bình của các lớp đá bột kết, sét kết, á sét, than và các loại tương đương (đá mềm):

$$f_m = \frac{\sum m_{mi} f_{mi}}{\sum m_{mi}} \cdot 10^{-2} \quad (3.80)$$

+ Tính hệ số kiên cố của cả địa tầng chứa than:

$$f = \frac{30f_c + 70f_m}{100} \quad (3.81)$$

+ Xác định hệ số A:

$$A = \frac{f_m}{f_c} \quad (3.82)$$

+ Xác định hệ số C:

$$C = 100 \frac{\sum m_c}{\sum m_c + \sum m_m} (\%) \quad (3.83)$$

+ Xác định hệ số D:

$$D = 100 \frac{\sum m_m}{\sum m_c + \sum m_m} (\%) \quad (3.84)$$

Trong đó : 30, 70 - tỷ lệ thành phần (theo %) các loại đá cứng “c”, và đá mềm “m” có trong địa tầng.

m_{ci} - là chiều dày các lớp đá cứng;

m_{mi} - là chiều dày các lớp đá mềm;

f_{ci} - hệ số kiên cố của các lớp đá cứng, $f_{ci} = \delta_{nén}/(100)$;

f_{mi} - hệ số kiên cố của các lớp đá mềm, $f_{mi} = \delta_{nén}/(100)$;

f hệ số kiên cố của địa tầng;

A là hệ số xác định tỷ lệ giữ độ cứng đất đá mềm và đất đá cứng;

C là hệ số (%) của tổng đất đá cứng trên tổng chiều dày địa tầng;

D là hệ số (%) của tổng đất đá mềm trên tổng chiều dày địa tầng;

M_c là tổng chiều dày đá cứng trong địa tầng;

M_m là tổng chiều dày đá mềm trong địa tầng.

3.2.6.2 Lựa chọn nhóm mỏ theo hệ số kiên cố địa tầng f .

$$\text{Nếu } A = \frac{f_m}{f_c} \geq 0,5$$

thì nhóm mỏ được chọn theo bảng 3.3. Nếu $A < 0,5$ thì phải tính đến tỷ lệ thành phần các loại đá cát kết (C) có trong địa tầng: nếu $C \leq 30\%$ thì nhóm mỏ chọn theo f ; nếu $C > 30\%$ thì nhóm mỏ chọn tăng lên 1 nhóm.

Bảng 3.3: Phân loại nhóm mỏ theo độ cứng đất đá

Hệ số kiên cố đất đá f		δ_{TB} (độ)	Nhóm mỏ
Trung bình	Khoảng dao động		

0,1	Đến 0,3	45	I
0,5	0,3 - 0,7	55	II
1,0	0,8 - 1,2	60	III
1,5	1,3 - 2,0	65	IV
2,5	2,1 - 3,5	70	V
4,0	3,6 - 4,5	75	VI
5,0	4,6 - 6,0	80	VII
8,0	6,1 - 12,0	85	VIII

Căn cứ vào nhóm mỏ và góc dốc vỉa (α) để xác định góc β theo bảng 3.4 hoặc β_1 theo bảng 3.5. Ở các mỏ thuộc nhóm VII và VIII có tổng chiều dày các lớp cát kết và đá vôi lớn hơn 50% ($C > 50\%$) với độ sâu khai thác trung bình và chiều dày các lớp đá cát kết, đá vôi $\geq 30\text{m}$ thì góc dịch chuyển β xác định theo bảng 3.6.

Phụ thuộc vào nhóm mỏ, góc δ xác định theo bảng 3.3; Góc $\gamma = \delta$. Phụ thuộc vào nhóm mỏ, chiều dày và góc dốc của vỉa để xác định góc β_1 theo bảng 3.4.

Bảng 3.4: Xác định góc dịch chuyển β theo nhóm mỏ

Nhóm mỏ	Góc dốc vỉa α (độ)																
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90
II	55	51	47	44	42	40	39	38	37	37	35	34	33	32	32	30	30
III	60	56	52	49	46	44	42	40	38	37	36	35	34	33	32	30	30
IV	65	60	56	53	50	48	46	42	40	38	36	34	33	33	32	30	30
V	70	65	61	58	54	51	48	46	43	40	38	36	33	31	30	30	30
VI	75	70	66	62	58	54	50	48	46	42	38	34	31	30	30	30	35
VII	80	75	70	66	62	58	53	49	46	42	38	34	30	30	30	30	35
VIII	85	80	75	70	65	61	57	52	47	42	38	34	30	30	30	30	35

Bảng 3.5: Xác định góc dịch chuyển β_1 theo nhóm mỏ, m , α

Nhóm mỏ	Chiều dày vỉa (m)	Góc dốc vỉa α (độ)								
		50	55	60	65	70	75	80	85	90
II-V	< 4	-	45	45	45	40	40	40	40	30
	≥ 4	45	35	35	35	35	35	35	35	30
VI	< 4	-	-	55	55	55	55	50	40	35
	≥ 4	-	50	50	47	47	45	40	35	35
VII	< 4	-	-	55	55	50	45	45	40	35
	≥ 4	-	-	50	45	45	40	40	35	35
VIII	< 4	-	-	-	60	55	50	45	40	35
	≥ 4	-	-	-	55	50	45	35	35	35

Bảng 3.6: Xác định góc dịch chuyển β , $C > 50\%$ theo nhóm mỏ

Nhóm mỏ	Góc dốc vỉa α (độ)																
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	80	90
VII	80	75	71	67	63	60	57	54	52	49	47	44	40	37	35	35	40
VIII	85	80	76	72	68	64	61	58	55	52	49	46	43	40	40	40	40

Góc dịch chuyển trong lớp đất phủ (φ) xác định theo bảng 3.7 cho các mỏ thuộc nhóm III - VIII. Các nhóm mỏ I, II góc φ lấy bằng góc dịch chuyển trong các lớp đá gốc.

Bảng 3.7: Xác định góc dịch chuyển φ trong lớp đất phủ

Chiều dày lớp đất phủ h (mét)	Tình trạng lớp đất phủ	
	Khô ráo	Ngậm nước
< 40	50	45

40-60	55	50
> 60	60	55

- Góc giới hạn δ_0 , γ_0 , β_0 đối với vùng chưa khai thác được xác định ở bảng 3.8; 3.9.

Bảng 3.8: Xác định góc giới hạn δ_0 , γ_0 (độ)

Nhóm mỏ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII
δ_0, γ_0	40	45	50	55	60	65	70	75

Bảng 3.9: Xác định góc giới hạn β_0 (độ)

δ_0	Góc gốc vỉa α (Độ)									
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
45	45	41	38	36	34	32	32	31	31	30
50	50	45	43	40	38	36	35	33	32	31
55	55	50	47	44	42	40	39	35	34	32
60	60	55	32	49	46	43	41	39	37	34

- Góc lún cực đại θ xác định theo công thức: $\theta = 90 - K_1\alpha$ (3.85)

- Giá trị K_1 xác định theo bảng 3.10 tùy thuộc vào nhóm mỏ và tỷ số tổng chiều dày đất phủ h và lớp mêzodoi h_m với chiều sâu khai thác trung bình H .

Bảng 3.10: Xác định hệ số K_1

Nhóm mỏ	$(h + h_m)/ H$									
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	≥ 0.9
I – II	0.68	0.61	0.54	0.47	0.40	0.34	0.27	0.20	0.14	0
III– IV	0.72	0.65	0.58	0.50	0.43	0.36	0.29	0.22	0.14	0

V	0.78	0.71	0.63	0.55	0.47	0.39	0.31	0.24	0.16	0
---	------	------	------	------	------	------	------	------	------	---

- Góc dịch chuyển hoàn toàn xác định như sau:

Góc dịch chuyển hoàn toàn theo phương xác định theo bảng 3.11 phụ thuộc nhóm mỏ và chiều sâu khai thác trung bình của lò chợ.

Bảng 3.11: Xác định góc ψ_3 (độ)

Nhóm mỏ	Độ sâu khai thác H (mét)						
	≤ 100	101 - 200	201 - 400	401 - 600	601 - 800	801 - 900	>900
I – II	64	64	65	65	65	65	65
III – IV	62	63	63	64	64	65	65
V	60	61	62	63	64	64	65

- Xác định độ lún cực đại tương đối q_0 ở bảng 3.12 phụ thuộc vào nhóm mỏ,

độ sâu khai thác trung bình và tỷ số $\frac{h + 0.5h_m}{H}$

Bảng 3.12: Độ lún cực đại tương đối q_0

Nhóm mỏ	H (mét)	$\frac{h + 0.5h_m}{H}$					
		0,2<	0,20 - 0,40	0,41 - 0,60	0,61 - 0,70	0,71 - 0,80	>0,80
I	Tất cả các độ sâu	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
II		0.85	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
III		0.85	0.85	0.90	0.90	0.95	0.95
IV–V		0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.95
VI–VIII	Đến 200	0.75	0.75	0.80	0.90	0.90	0.95
	>200	0.75	0.80	0.85	0.95	0.95	0.95

- Xác định dịch chuyển ngang cực đại tương đối a_0 theo bảng 3.13 phụ thuộc

vào nhóm khoáng sàng và tỷ số $\frac{h + 0.5h_m}{H}$

Bảng 3.13: Dịch chuyển ngang cực đại tương đối a_0

Nhóm mỏ	$\frac{h + 0.5h_m}{H}$				
	0,10<	0,11 - 0,20	0,21 - 0,30	0,31 - 0,40	>0,40
I	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
II	0.40	0.40	0.45	0.45	0.45
III	0.35	0.35	0.40	0.45	0.45
IV-V	0.30	0.35	0.40	0.45	0.45
VI - VII	0.30	0.30	0.35	40	0.45
VIII	0.30	0.30	0.30	35	40

Hệ số N_1, N_2 xác định tùy thuộc vào tỷ số kích thước lò chọ (D) và chiều sâu khai thác trung bình H theo bảng 3.14.

Bảng 3.14: Hệ số N_1, N_2

Nhóm mỏ	$\frac{D}{H}$												
	≥ 2	1,6	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,25	0,2	$0.15 \leq$
I-II	1	1	1	0.95	0.85	0.75	0.70	0.60	0.45	0.35	0.25	0.20	0.10
III-IV	1	1	1	0.95	0.80	0.75	0.65	0.55	0.45	0.30	0.25	0.15	0.10
V-VI	1	1	0.95	0.85	0.70	0.65	0.55	0.45	0.35	0.25	0.20	0.15	0.10
VII- VIII	1	1	0.95	0.80	0.65	0.60	0.50	0.40	0.30	0.20	0.15	0.10	0.10

3.3 Tính các chỉ số biến dạng cho phép và biến dạng giới hạn của các công trình dân dụng và công nghiệp

3.3.1 Tính các chỉ tiêu biến dạng ước tính với nhà dân dụng Δl

Khi khai thác vỉa bằng các lò chợ riêng rẽ

a. Khi biến dạng mặt đất không xuất hiện dưới dạng thêm bậc

$$\Delta l = l \sqrt{m_\varepsilon^2 \varepsilon_1^2 + m_K^2 \frac{H^2}{R_1^2}}; \quad (3.86)$$

b. Khi biến dạng mặt đất đi cùng với xuất hiện các kẽ nứt và thêm bậc

$$\Delta l = m_\varepsilon \varepsilon_1 l + h_{t1} \quad (3.87)$$

Trong đó: l – chiều dài nhà; H - chiều cao tính từ đáy móng nhà đến mái nhà, mét; ε_1 - đại lượng ước tính biến dạng ngang (không thứ nguyên); k – biến dạng cong; $R = 1/k$ - bán kính cong, m ; h_i – chiều cao thêm bậc, mm do ảnh hưởng từ một lò chợ.

Khi khai thác một vỉa hay tập vỉa bằng nhiều lò chợ

- Nếu trong quá trình dịch chuyển có gián đoạn về thời gian giữa các đợt khai thác ít hơn hay bằng tổng thời gian dịch chuyển thì tính như sau:

a. Khi biến dạng mặt đất không xuất hiện dưới dạng thêm bậc ngược

$$\Delta l = l \sqrt{m_\varepsilon^2 \left(\sum_1^n \varepsilon_i \right)^2 + m_K^2 H^2 \left(\sum_1^n K_i \right)^2}; \quad (3.88)$$

b. Khi biến dạng mặt đất đi cùng với xuất hiện các kẽ nứt và thêm bậc ngược

$$\Delta l = l m_\varepsilon \sum_1^n \varepsilon_i + \sum_1^n h_{t1}; \quad (3.89)$$

- Nếu trong quá trình dịch chuyển có gián đoạn về thời gian lớn hơn tổng thời gian dịch chuyển thì tính như sau:

$$\Delta l = \sqrt{\Delta l_1^2 + \Delta l_2^2 + \dots + \Delta l_n^2}, \quad (3.90)$$

Trong đó: ε_i , k_i , h_i - đại lượng tính toán biến dạng ngang, độ cong mặt đất và thêm bậc của lò khai thác riêng thứ i ; n – số lượng lò khai thác; Δl_1 , Δl_2 , Δl_n – chỉ tiêu biến dạng do khai thác lò chợ thứ nhất, thứ hai, ...thứ n ; xác định theo công thức

(3.86 - 3.90); m_ε , m_K – hệ số điều kiện làm việc khi có tính đến biến dạng ngang ε và độ cong K ; giá trị hệ số điều kiện làm việc lấy theo bảng 3.15.

Bảng 3.15. Hệ số điều kiện làm việc đối với tòa nhà, công trình và mạng truyền tải

Biến dạng mặt đất	Kí hiệu	Chiều dài đối tượng l, m		
		Đến 15	15 - 30	Trên 30
Biến dạng ngang tương đối	m_ε	1,0	0,8	0,7
Độ cong, độ lồi hay lõm	m_K	1,0	0,7	0,5
Độ nghiêng	m_i	1,0	0,8	0,7

Các chỉ tiêu biến dạng tính toán đối với nhà công nghiệp, công trình kỹ thuật và tuyến truyền tải ε , R , i , h (phụ thuộc vào thông số xác định biến dạng cho phép) được xác định theo các công thức sau:

Khi khai thác vỉa than bằng lò riêng rẽ:

a. Khi biến dạng mặt đất không xuất hiện dưới dạng thêm bậc ngược

$$\varepsilon = m_1 \varepsilon_1; \quad (3.91)$$

$$R = \frac{1}{m_K K_1}; \quad (3.92)$$

$$i = m_1 i_1; \quad (3.93)$$

b. Khi biến dạng mặt đất đi cùng với xuất hiện các kẽ nứt và thêm bậc ngược

$$h = h_1 \quad (3.94)$$

Khi khai thác ở nhiều lò chợ trong một vỉa hoặc khai thác tập vỉa than:

Trong quá trình dịch chuyển có gián đoạn về thời gian giữa các đợt khai thác ít hơn, bằng hay nhiều hơn tổng thời gian quan trắc dịch chuyển.

a. Khi biến dạng mặt đất không xuất hiện dưới dạng thêm bậc

$$\varepsilon = m_\varepsilon \sum_1^n \varepsilon_i; \quad (3.95)$$

$$R = \frac{1}{m_K \sum_1^n K_i}; \quad (3.96)$$

$$i = m_i \sum_1^n i_i; \quad (3.97)$$

b. Khi biến dạng mặt đất đi kèm với xuất hiện các kẽ nứt và thềm bậc

$$h_t = \sum_1^n h_{ti}; \quad (3.98)$$

Trong đó: ε - xác định theo (3.95); K_i, i_1 - đại lượng tính toán của độ cong, (1/m) và độ nghiêng mặt đất do ảnh hưởng của một lò chợ; m_i – hệ số điều kiện làm việc có tính đến sự tác dụng của tòa nhà hay công trình do độ nghiêng mặt đất; i lấy theo bảng 3.1; i_i - đại lượng tính toán của độ nghiêng mặt đất do lò khai thác thứ i .

Các chỉ tiêu biến dạng ước tính đối với lò chợ đang thiết kế trong khu vực có các đợt khai thác trước mà thiếu các số liệu cơ sở thì cần phải tăng lên một lượng tương ứng.

3.3.2 Tính các chỉ số biến dạng cho phép và biến dạng giới hạn

Các chỉ tiêu biến dạng cho phép và giới hạn mặt đất đối với các tòa nhà dân dụng (nhà ở và công cộng) xác định theo công thức sau:

$$[\Delta l_c] = [\Delta l_c]_n n_1 n_2 n_3 n_4 n_5; \quad (3.99)$$

$$[\Delta l_g] = [\Delta l_g]_n n_1 n_2 n_3 n_4 n_5; \quad (3.100)$$

Trong đó: $[\Delta l_c]$ và $[\Delta l_g]$ – chỉ tiêu biến dạng cho phép và giới hạn định mức, xác định theo bảng 3.16 phụ thuộc vào mục đích sử dụng và số lượng tầng trong tòa nhà;

n_1 – hệ số phụ thuộc điều kiện nền móng, xác định theo bảng 3.17;

n_2 – hệ số phụ thuộc vật liệu xây dựng và chiều dày tường nhà, lấy theo bảng 3.18;

n_3 – hệ số phụ thuộc độ hao mòn tường nhà, lấy theo bảng 3.19;

n_4 – hệ số phụ thuộc độ cứng của mặt tầng.

Đối với nhà lắp ghép bê tông cốt thép $n_4 = 1,2$, đối với nhà gỗ thì $n_4 = 1,0$.

n_5 – hệ số phụ thuộc hình dạng nhà trên bản đồ.

Đối với hình dạng nhà đơn giản $n_5 = 1,0$; đối với hình dạng nhà Π , Γ , T và hình dạng khác thì $n_5 = 0,8$. Đối với nhà tường gỗ với mọi hình dạng thì $n_5 = 1,0$.

Trong các công thức (3.99, 3.100) cần phải tuân thủ điều kiện:

$$n_1 n_2 n_3 n_4 n_5 \geq 0,5 \quad (3.101)$$

Nếu tích số của các hệ số bé hơn 0,5 thì lấy bằng 0,5.

Bảng 3.16. Chỉ tiêu biến dạng định mức $[\Delta l_c]$ và $[\Delta l_g]$ đối với nhà dân dụng.

Loại	Đối tượng	Số tầng	Cho phép $[\Delta l_c]$, mm	Giới hạn $[\Delta l_g]$, mm
1	Nhà dân dụng có giá trị đặc biệt, với khẩu độ dầm lớn hơn 18 m	1-3	70	140
		4-5	100	140
2	Nhà trẻ, bệnh xá, trường học, bệnh viện, nhà hát, cung văn hóa	1-3	80	160
		4-5	120	160
3	Nhà ở, khách sạn	1-3	100	160
		4-5	130	160
4	Nhà dịch vụ công cộng, nhà phụ trợ	1-3	110	160
		4-5	160	160

Bảng 3.17. Xác định hệ số n_1 đối với các loại đất nền

Đất nền	n_1
Có khả năng chịu tải tốt (đá, bê tông khối lớn, sét nén chặt)	0,9

Cát, á cát, sét, á sét	1,0
Có khả năng chịu tải yếu, yếu (đất sét, dẻo, cát rời)	1,2
Đất đóng băng	0,8

Bảng 3.18- Xác định hệ số n_2

Vật liệu tường	Chiều dày tường, mm	n_2
Gạch	380	1
	> 510	1,2
Gạch xi khối nhỏ	400	1,0
	> 600	1,2
Gạch nhẹ	380	0,7
	510	0,8
Gỗ cây	-	1,5
Khung – tấm	-	1,2
Đồ bê tông xi tro	300 - 400	1,0
Cối, cỏ trộn đất, khung gỗ	350	1,3
Rơm cỏ trộn đất, gạch rơm	300 - 400	0,9

Bảng 3.19- Xác định hệ số n_3 .

Khấu hao tường, %	n_3
< 10	1
11-20	0,85
21-30	0,70
> 30	0,50

Để xác định độ sâu giới hạn và an toàn khi khai thác dưới nhà dân dụng theo các chỉ tiêu cho phép và giới hạn biến dạng ngang xác định theo công thức sau:

$$[\varepsilon_c] = \frac{[\Delta l_c]}{1,2m_\varepsilon l}; \quad (3.102)$$

$$[\varepsilon_g] = \frac{[\Delta l_g]}{1,2m_\varepsilon l}; \quad (3.103)$$

Trong đó $[\Delta l_c]$ và $[\Delta l_g]$ – tương ứng là đại lượng chỉ tiêu biến dạng cho phép và giới hạn (mm) xác định theo công thức (3.99, 3.100).

Các chỉ tiêu biến dạng cho phép và giới hạn đối với nhà công nghiệp xác định theo các công thức sau:

$$[\varepsilon_c] = [\varepsilon_c]_n n_1 n_6; \quad (3.104)$$

$$[\varepsilon_g] = [\varepsilon_g]_n n_1 n_6; \quad (3.105)$$

Trong đó $[\varepsilon_c]_n$ và $[\varepsilon_g]_n$ - đại lượng định mức chỉ tiêu cho phép và giới hạn biến dạng ngang mặt đất đối với nhà công nghiệp; n_1 - hệ số phụ thuộc điều kiện nền nhà lấy theo bảng 3.17; n_6 – hệ số phụ thuộc tình trạng nhà cho thời điểm bị khai thác dưới, lấy theo bảng 3.20.

Bảng 3.20. Xác định hệ số n_6 .

Tình trạng nhà	N_6	Dấu hiệu (hỏng hóc thường gặp)
Tốt	1,1	Hỏng ít khoặc không hỏng
Trung bình	1,0	Khe nứt thẳng đứng trên tường với độ mở đến 2 mm, khe nứt song song trên cột với độ mở đến 0,5 mm. Hỏng tường quanh bản lề của sổ và cửa chính nhưng chưa đổ.
Dưới trung bình	0,9	Hỏng (phong hóa) tường mạnh mẽ, đặc biệt chỗ mối đỡ, dầm, sàn, hỏng móng; Gỉ mạnh hay hỏng các thành phần khung kim loại; nhiều khe nứt trong tường chịu lực

		với độ mở lớn hơn 2 mm; khe nứt nằm ngang trong cột với độ mở lớn hơn 0,5 mm, khe nứt nghiêng trên tường nhưng chưa vỡ gạch; không còn mối liên kết neo giữa tường chịu lực và cột nhưng chưa có phòng tường; thiếu sự tựa của sàn và mái trên tường và dầm.
Cũ nát	0,7	Khe nứt trong tường chịu lực, có vỡ gạch vài chỗ; khe nứt chéo trên cột và dầm; khe nứt thẳng đứng nhiều trên cột; giảm tính ổn định của khung kim loại, có sự cong phòng cột, dầm; nghiêng vênh tường nhiều; han gỉ mạnh.

Giá trị định mức chỉ tiêu cho phép biến dạng ngang đối với nhà công nghiệp (nhà khung, nhà xây không khung hoặc khung từng phần) xác định theo các công thức sau:

$$[\varepsilon_c]_n = \frac{[C_c]}{m_\varepsilon l_t}; \quad (3.106)$$

Đối với nhà trên móng bè bê tông cốt thép

$$[\varepsilon_c]_n = \frac{100}{m_\varepsilon l_m}; \quad (3.107)$$

Trong đó $[C_c]$ – chỉ tiêu (mm) phụ thuộc loại nhà lấy theo bảng 3.21, và sơ đồ kết cấu, xác định theo bảng 3.22; l_t – khoảng cách từ tâm nhà móng băng, tâm nhà khung không có liên kết khối, từ khối liên kết của nhà khung hay chỗ nhà xây thêm đến móng ngoài cùng, mm (hình 3.16); 100 – hệ số, mm; l_m – chiều dài móng bè, mm.

Bảng 3.21. Phân loại nhà xí nghiệp công nghiệp

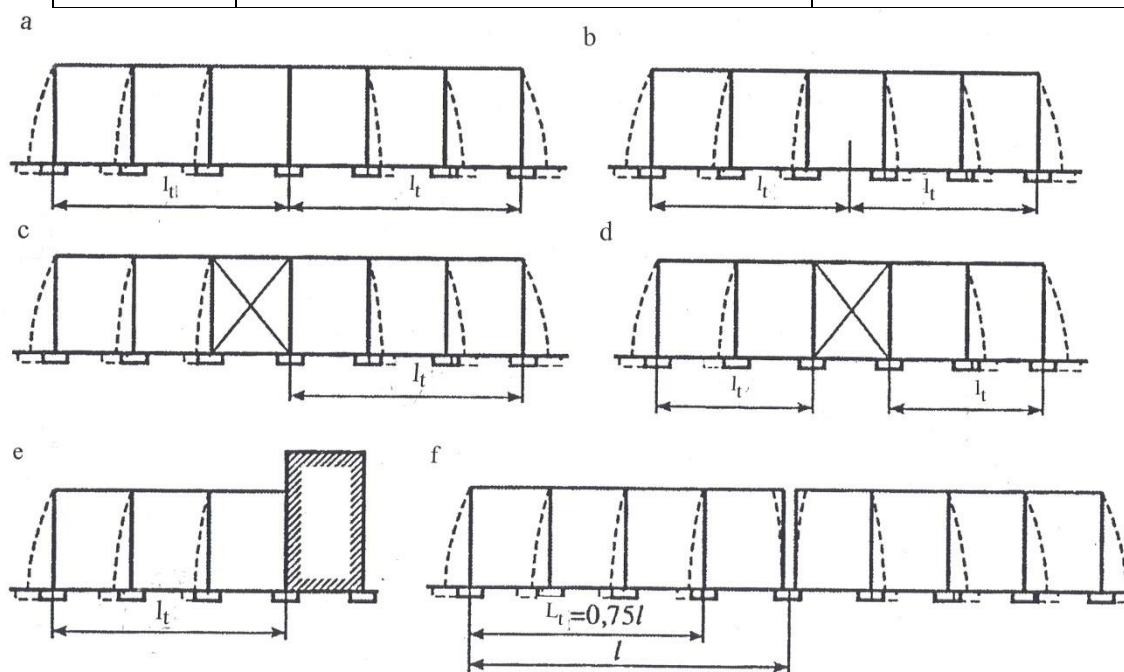
Đặc điểm nhà	Loại
--------------	------

	nhà
Nhà sản xuất có các gian cách ly và đòi hỏi điều kiện vệ sinh đặc biệt về độ sạch, nhiệt độ và độ ẩm không khí; một tầng với 3 ca sản xuất, trong một khẩu độ có 2 cầu trục tải trọng lớn	1
Nhà một tầng có 2-3 ca sản xuất, có cầu trục lớn, trung bình và nhỏ; Nhà sản xuất nhiều tầng công nghiệp nặng với cường độ cao trên mặt tầng; Nhà sản xuất xí nghiệp hóa chất có 2-3 ca sản xuất; xưởng lắp ráp xí nghiệp chế tạo máy chính xác cao; xí nghiệp sản xuất ngành công nghiệp thực phẩm và y dược; nhà máy tuyển than trung tâm và tập nhóm; nhà máy đóng bánh và bụi khí tro; xưởng đúc đường ống và các máy quay; xưởng lò martin, rèn, đúc và cán dẹt kim loại trong các nhà máy chế tạo máy; máy lạnh cho khu vực, nhà trên sân công nghiệp và nhà máy trục nâng.	2
Nhà một tầng có 1 ca sản xuất và có cầu trục; nhà một tầng không có cầu trục và nhà có cầu trục treo với 2-3 ca sản xuất; nhà sản xuất nhiều tầng của ngành công nghiệp nhẹ với cường độ hoạt động cao trên mặt tầng; nhà nhiều tầng ngang công nghiệp nặng với 2-3 ca sản xuất không có cường độ hoạt động mạnh trên mặt tầng; nhà phụ trợ có cầu trục tải trọng lớn và trung bình; liên hiệp hành chính – dân dụng, các gian dân dụng đứng riêng, nhà sản xuất cấp cứu, bệnh viện, nhà tắm...; xưởng sửa chữa điện trung tâm, nhà máy xi măng; nhà máy thực phẩm, bánh mì, thang máy; lò đốt nồi hơi cho nhà máy và mỏ.	3
Nhà không khung một tầng và nhà có cầu trục treo có 1 ca sản xuất; nhà sản xuất nhiều tầng ngành công nghiệp nhẹ không có cường độ hoạt động mạnh trên mặt tầng; nhà nhiều tầng của ngành công nghiệp nặng với 1 ca sản xuất không có cường độ hoạt động mạnh trên mặt tầng; nhà kho; nhà hành chính – kinh tế, phòng thí nghiệm, văn phòng thiết kế, gara ô tô; trạm khí nén;	4

trạm thông gió và trạm biến áp.	
Nhà sản xuất có thiết bị lắp ráp hoặc các thay đổi công nghệ dẫn đến việc giảm tải trọng lên kết cấu; nhà phụ trợ không đề cập trong các loại 3, 4.	5

Bảng 3.22. Xác định chỉ tiêu $[C_d]$

Loại nhà	Nhà khung	Không có khung hoặc có tầng phân
1	25	20
2	40	35
3	60	40
4	80, nhưng không lớn hơn $[C_p]$	60
5	Chỉ tiêu biến dạng cho phép bằng giới hạn, xác định theo 3.99.	



Hình 3.16. Khoảng cách tính toán l_t cho các loại khung khác nhau.

a,b – không có liên kết khối; c, d – có khối cứng; e – có điểm nối cứng; f – có khoảng hở (nối nhiệt).

Đại lượng định mức chỉ tiêu biến dạng ngang giới hạn mặt đất đối với nhà công nghiệp xác định theo công thức sau:

Đối với nhà khung

$$[\varepsilon_g]_n = \frac{[C_p]}{m_\varepsilon l_t}; \quad (3.108)$$

Đối với nhà không có khung không kê trong mục 4.14 và nhà có khung không toàn phần

$$[\varepsilon_g]_n = \frac{100}{m_\varepsilon l_t}; \quad (3.109)$$

Trong đó $[C_p]$ là chỉ tiêu phụ thuộc loại nhà, lấy theo bảng 3.23; l_t xác định trong công thức (3.106, 3.107).

Bảng 3.23. Chỉ tiêu $[C_p]$, mm.

Loại nhà	Chiều cao cột, mét						
	4	5	6	7	8	9	>10
1-4	60	70	80	90	100	110	120
5	70	80	90	100	110	120	130

Đại lượng định mức chỉ tiêu biến dạng ngang giới hạn mặt đất đối với nhà xây không khung bằng đá (gạch, xỉ khối...) với khoảng cách giữa các tường ngang mặt sàn bê tông cốt thép bé hơn 9 mét xác định theo công thức (4.18), trong đó $[\Delta l_g]$ tính là $[\Delta l_g]_n$ trong bảng 3.24.

Bảng 3.24. Chỉ tiêu định mức biến dạng $[\Delta l_g]_n$ đối với nhà công nghiệp không khung

Loại nhà	$[\Delta l_g]_n$, mm
1 và 2	200
3, 4, 5	250

Đối với xí nghiệp công nghiệp có chứa thiết bị thì chỉ tiêu biến dạng mặt đất cho phép và giới hạn được xác định độc lập cho mỗi nhà, còn đối với thiết bị xác định theo chỉ tiêu biến dạng cho phép và giới hạn bé nhất cho nhà hay thiết bị công nghệ.

Khi giải quyết vấn đề khai thác dưới đường ống biến dạng mặt đất cho phép và biến dạng giới hạn cần phải nhân với hệ số hao mòn có tính đến thời gian sử dụng đường ống vào thời điểm khai thác dưới. Hệ số hao mòn cho phép xác định như tỉ số thời gian sử dụng và thời gian tồn tại theo thiết kế của công trình.

3.4 Khả năng khai thác dưới các đối tượng, công trình chứa nước

Khi khâu than bằng hệ thống khai thác cột dài theo phương, điều khiển đá vách sập đổ toàn phần hay chèn lò dưới những đối tượng chứa nước (sông, hồ chứa nước, nước ngầm và vùng đứt gãy kiến tạo), thường tiềm ẩn nguy cơ bực nước ngập mỏ. Trong mọi trường hợp sẽ không cho phép khai thác dưới các công trình chứa nước nếu chúng rơi vào vùng biến dạng có phễu sụt lở và kẽ nứt lớn do khai thác mỏ gây ra. Khi khai thác than dưới các đối tượng chứa nước rất dễ xảy ra những nguy cơ sau:

- Bực nước vào lò khai thác từ nguồn nước, tầng chứa nước ngầm, vùng ngầm nước do hậu quả hình thành hố sụt lở và vùng kẽ nứt dẫn nước phía trên nóc lò khai thác và lò chuẩn bị;
- Bực đất đá bờ rời ngậm nước vào lò khi lớp sét cách nước bị áp lực nước phá vỡ do bị khai thác dưới;
- Ngập lụt, lầy hóa mặt đất bởi nước mưa hay nước từ các hồ chứa nước do mặt đất bị lún bởi ảnh hưởng khai thác dưới;

Điều kiện khai thác an toàn dưới đối tượng chứa nước được chia làm 3 nhóm. Nhóm I là những đối tượng chứa nước (sông, hồ chứa nước, tầng đất đá sũng nước), có lớp sét hay á sét phía dưới G_k với chiều dày không bé hơn độ sâu

dòng sông, hồ nước, hay áp lực nước trên lớp đá trụ tầng nước ngầm và thỏa mãn điều kiện:

$$G_k > 2m_1 - \text{khi khai thác một vỉa than,} \quad (3.110)$$

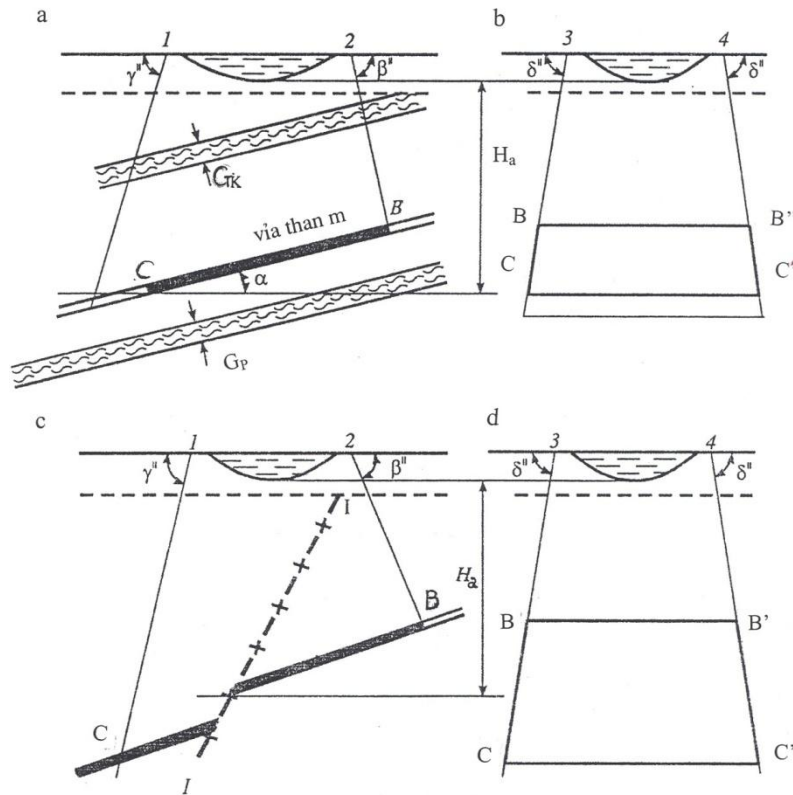
$$G_k > 1,5 \sum_1^3 m_i > 2m_1 - \text{khi khai thác tập vỉa than.} \quad (3.111)$$

Trong đó m_1, m_2, m_3 – chiều dày khai thác lớp 1, lớp 2, lớp 3 của các vỉa than. Công tác khai thác than dưới các đối tượng nhóm I nằm ngoài vùng ảnh hưởng nguy hiểm sẽ không dẫn đến phá hủy lớp cách nước, bụi nước và đất đá. Nhóm II bao gồm các đối tượng chứa nước không đáp ứng những yêu cầu trên. Nhóm III bao gồm các đối tượng chứa nước bị các phá hủy địa chất cắt qua hoặc cách chúng một khoảng bé hơn độ sâu khai thác an toàn (hình 3.17 c, d). Chỉ cho phép khai thác mỏ dưới các đối tượng nhóm III khi được các cơ quan có thẩm quyền cho phép trên cơ sở luận chứng kinh tế kỹ thuật của cơ quan chuyên ngành.

Việc xác định điều kiện khai thác an toàn dưới các đối tượng chứa nước được tiến hành như sau:

Đối với đối tượng nhóm I cần xác định vùng ảnh hưởng nguy hiểm đến đối tượng chứa nước từ quan điểm bụi nước theo hệ thống kê nứt dẫn nước. Cần đánh giá khả năng khai thác mỏ ngoài vùng ảnh hưởng nguy hiểm, bắt đầu từ tổ hợp các biện pháp đảm bảo khai thác mỏ an toàn và đánh giá khả năng ngập lụt cục bộ từng khu vực mặt đất do bị lún trên khu vực khai thác.

Đối với đối tượng nhóm II cần đánh giá khả năng phá hủy tầng đất đá cách nước và chỉ định biện pháp xử lý. Cần xác định vùng ảnh hưởng nguy hiểm theo quan điểm bụi nước theo hệ thống kê nứt dẫn nước như đối với đối tượng nhóm I, đánh giá khả năng khai thác mỏ ngoài vùng ảnh hưởng và xác định sự tăng lưu lượng nước vào mỏ; chỉ định tổ hợp các biện pháp đảm bảo khai thác an toàn và đánh giá khả năng ngập lụt cục bộ từng khu vực ở trên mặt đất.



Hình 3.17: Xác định vùng ảnh hưởng nguy hiểm đến đôi tượng chứa nước

Trên hình 3.17 a, b, c, d – các mặt cắt chính theo phương và dọc vỉa than; 1-2, 3-4 là biên giới đôi tượng chứa nước với mức nước cực đại trên các mặt cắt chính; BC là vùng ảnh hưởng nguy hiểm đến đôi tượng chứa nước trên vỉa than theo dốc; BB' và CC' là nguy hiểm như trên, nhưng theo phương; G_k , G_p là chiều dày lớp sét trong địa tầng nằm trên vỉa than và địa tầng dưới vỉa than; I-I là đứt gãy kiến tạo.

Vùng ảnh hưởng nguy hiểm đến đôi tượng chứa nước trong vỉa than là khu vực nếu khai thác ở đó sẽ dẫn đến sự gia tăng lưu lượng nước vượt mức cho phép chảy vào lò khai thác, trong một số trường hợp đặc biệt sẽ gây bực nước và ngập lò.

Khai thác dưới các đôi tượng chứa nước nhóm I nằm ngoài vùng ảnh hưởng nguy hiểm sẽ không dẫn đến sự gia tăng lưu lượng nước đáng kể vào lò khai thác nếu có chiều dày lớp sét $G_k > 2m_1$ (khi khai thác một vỉa than) hoặc chiều dày

$G_k > 1,5 \sum_1^3 m_i$, nhưng không bé hơn $2m_i$ trong trường hợp khai thác tập vỉa than (m_1, m_2, m_3 có chiều dày từng vỉa than dưới 3,5 mét).

Khai thác dưới đối tượng chứa nước nhóm II ngoài vùng ảnh hưởng nguy hiểm sẽ đảm bảo an toàn theo quan điểm bảo vệ tránh bực nước, nhưng không loại trừ sự gia tăng lưu lượng dòng chảy vào mỏ. Việc dự báo lưu lượng nước có thể thực hiện theo hướng dẫn của Quy phạm bảo vệ công trình.

Biên giới đối tượng chứa nước trên mặt đất, khi không có trầm tích chứa nước dưới lớp đá nền của chúng, trên bản đồ được xem là biên giới khu vực có mức ngập nước cực đại theo số liệu quan trắc địa chất thủy văn với sai số không quá 3% (tần số không quá 3 lần trong 100 năm). Biên giới dưới đối tượng chứa nước là đáy của chúng.

Nếu dưới đối tượng chứa nước có lớp trầm tích ngậm nước mạnh (cát, sỏi đá, đất đá nứt nẻ mạnh) thì biên giới đối tượng chứa nước trên bản đồ và mặt cắt đứng là biên giới các lớp trầm tích đó. Biên giới đối tượng chứa nước như tầng nước ngầm hoặc vùng ngậm nước chính là biên giới tự nhiên của chúng. Khi xác định biên giới đối tượng chứa nước cần phải tính đến khả năng biến đổi do hậu quả khai thác dưới và lún địa tầng, mặt đất trong khu vực ảnh hưởng nguy hiểm đến đối tượng chứa nước.

Biên giới vùng ảnh hưởng đến đối tượng chứa nước trong vỉa than nằm phía trên độ sâu khai thác an toàn được xác định bởi các góc nứt tách δ'' cho mặt cắt chính theo phương và β'', γ'' trên mặt cắt chính theo dốc khi không có dịch chuyển đất đá trụ vỉa than; nếu có dịch chuyển đất đá trụ vỉa than thì sử dụng các góc β'', β''_1 (hình 3.17).

Việc xác định biên giới vùng ảnh hưởng nguy hiểm đến đối tượng chứa nước được thực hiện giống như đối với xây dựng trụ than bảo vệ. Giá trị các góc

nứt tách được xác định theo kết quả quan trắc thực địa hoặc theo phương pháp vùng tương tự.

Độ sâu khai thác an toàn dưới các đối tượng chứa nước là độ sâu nhỏ nhất, mà ở đó vùng có kẽ nứt dẫn nước không đạt tới biên giới dưới của đối tượng chứa nước. Khai thác mỏ dưới mức đường ngang độ sâu an toàn không gây ra bụi nước ngấm vào lò khai thác từ các đối tượng chứa nước bị khai thác dưới.

Nếu độ sâu khai thác an toàn nằm cao hơn điểm giao nhau giữa vỉa than và mặt phẳng kẻ theo góc γ' , thì biên giới dưới của vùng ảnh hưởng nguy hiểm được tính là độ sâu khai thác an toàn. Khả năng khai thác dưới độ sâu khai thác an toàn ở các đối tượng chứa lượng nước hạn chế rất có ý nghĩa về hiệu quả kinh tế nhưng cần tính đến mức độ tổn thất nước do thất thoát từ các đối tượng chứa nước. Dự báo tổn thất nước từ đối tượng chứa nước được thực hiện theo hướng dẫn trong Quy phạm.

Độ sâu khai thác an toàn dưới tất cả các đối tượng chứa nước, trừ tầng đất đá chứa nước có thể nằm chĩnh hợp với vỉa than, được tính từ biên giới dưới đối tượng chứa nước theo phương thẳng đứng và tính từ vách trụ lớp chứa nước theo phương vuông góc với bề mặt vỉa than. Độ sâu khai thác an toàn của một vỉa than dưới đối tượng chứa nước khi trong địa tầng ở vùng ảnh hưởng không có đứt gãy kiến tạo và mặt phẳng trượt của uốn nếp được xác định như sau:

a. Đối với đối tượng chứa nước nhóm I khi có chiều dày lớp sét (α sét) $15\text{ mét} > G_k > 2m$ và chiều dày vỉa than $m \leq 2$ mét thì tính theo công thức:

$$H_a = 0,7 \frac{m}{\varepsilon_{K_1}}, \quad (3.112)$$

Trong đó m – chiều dày khai thác của vỉa than, khi khai thác có chèn lò thì tính theo chiều dày hiệu quả của vỉa than; ε_{ki} – chỉ tiêu biến dạng đất đá ở lớp nền của đối tượng chứa nước nhóm I tại độ sâu khai thác an toàn một vỉa than.

$$\varepsilon_{K_1} = 1,45 \cdot 10^{-3} \cdot (G_k/1m) + 13 \cdot 10^{-3}, \quad (3.113)$$

Trong đó G_k – chiều dày lớp sét (á sét), mét; khi $G_k > 15$ mét độ sâu khai thác an toàn xác định như khi $G_k = 15$ mét, tuy nhiên nó có thể giảm xuống trên cơ sở xác định thực tế chiều cao vùng nứt nẻ dẫn nước.

Khi chiều dày khai thác vỉa than $m > 2$ mét và chiều dày lớp sét (á sét) $G_k > 10$ mét, độ sâu khai thác an toàn dưới đối tượng chứa nước nhóm lấy là

$$H_a = 20m \quad (3.114)$$

Khi chiều dày khai thác vỉa than $m > 2$ mét và chiều dày lớp sét (á sét) $G_k < 10$ mét, nhưng lớn hơn 2m hoặc trong khoảng sàng có lẫn các lớp đất sét dẻo dễ trương nở, độ sâu khai thác an toàn vỉa than dưới đối tượng chứa nước xác định trên cơ sở xác định thực tế chiều cao vùng kẽ nứt dẫn nước.

b. Đối với đối tượng chứa nước nhóm II khi chiều dày lớp sét (á sét) $G_k < 2m$ và $m < 2$ mét, độ sâu an toàn được tính:

$$H_a = 0,7 \frac{m}{\varepsilon_{K_2}}, \quad (3.115)$$

trong đó ε_{K_2} – chỉ tiêu biến dạng đất đá nền của đối tượng chứa nước thuộc nhóm II tại độ sâu khai thác an toàn của một vỉa than;

$$\varepsilon_{K_2} = 6,4 \cdot 10^{-3} K_s + 11,1 \cdot 10^{-3}, \quad (3.116)$$

trong đó $K_s = M_a/M$ – tỉ số tổng chiều dày các lớp sét kết, bột kết, sét phiến M_a trên chiều dày M của địa tầng bị khai thác dưới trong khu vực từ đường bao dưới đối tượng chứa nước đến biên giới trên vùng sập lở với nứt nẻ lớn trong đất đá vách vỉa than. Chiều cao vùng sập lở và nứt nẻ lớn tính bằng $h_0 = 10$ mét.

c. Đối với đối tượng chứa nước nhóm II khi $G_k < 2m$ và $2 \text{ mét} < m \leq 4$ mét độ sâu khai thác an toàn tính bằng:

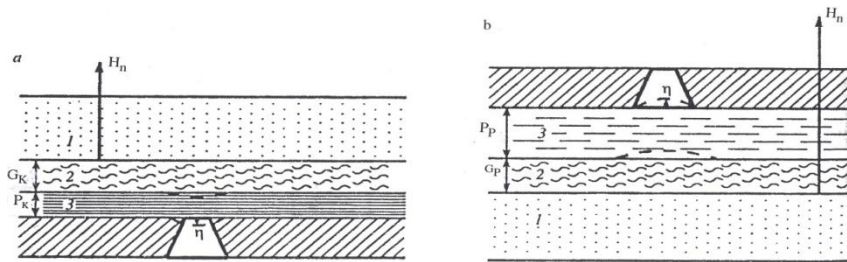
$$H_a = 50m, \text{ khi } \frac{M_a}{M} \leq 0,4; \quad (3.117)$$

$$H_a = 40m, \text{ khi } \frac{M_a}{M} > 0,4;$$

Khi $m > 4$ mét, việc xác định độ sâu an toàn được lấy theo kết quả số liệu quan trắc thực tế về chiều cao vùng nứt nẻ dẫn nước. Trong điều kiện đối tượng chứa nước thuộc nhóm II nếu tiến hành đào lò chuẩn bị hay mở vỉa trong lớp đất đá sét cách nước chỉ được phép khi chiều rộng lò từ 5 –7 mét nếu thoả mãn điều kiện:

$$\eta_c \leq 1,4\varepsilon_{K_1}(G_K + P_K), \quad (3.118)$$

Trong đó: η_c – dịch chuyển cực đại cho phép của đất đá vách lò; ε_{ki} – chỉ tiêu biến dạng xác định theo công thức (3.113) có tính đến chiều dày lớp sét giữa vách lò và trụ lớp đất đá chứa nước; P_k – chiều dày giữa vách lò và trụ lớp sét.



Hình 3.18: Sơ đồ đánh giá khả năng đi lò chuẩn bị trong vùng ảnh hưởng đất đá nguy hiểm bực nước.

*a – khi đất đá nguy hiểm bực nước ở vách lò; b- khi đất đá nguy hiểm bực nước ở trụ lò;
1- đất đá nguy hiểm bực nước; 2- sét; 3- đất đá giữa đường lò và lớp sét.*

Việc đi lò chuẩn bị mà phía trụ có lớp sét nằm trên đất đá ngậm nước được cho phép nếu thoả mãn một trong các bất đẳng thức sau:

$$\eta_c \leq 1,4\varepsilon_{K_1}(G_p + P_p), \quad (3.119)$$

$$H_n \leq \frac{G_p\gamma_s + P_p\gamma_p}{\gamma_0}, \quad (3.120)$$

Trong đó H_n - áp lực nước trong trụ lớp sét; G_p - chiều dày lớp sét ở trụ; P_p - chiều dày đất đá giữa trụ đường lò và vách lớp sét (hình 3.18); γ_s và γ_p - tương ứng trọng lượng thể tích sét và đất đá có chiều dày P_p ; γ_0 – trọng lượng thể tích nước.

Các điều kiện (3.119, 3.120) có thể đạt được bằng cách giảm áp lực nước trong đất đá có nguy cơ bục nước đến giá trị tối ưu nào đó tương ứng với khả năng chịu tải của vỉ chống lò đồng thời ở lò chuẩn bị và lò mở vỉa.

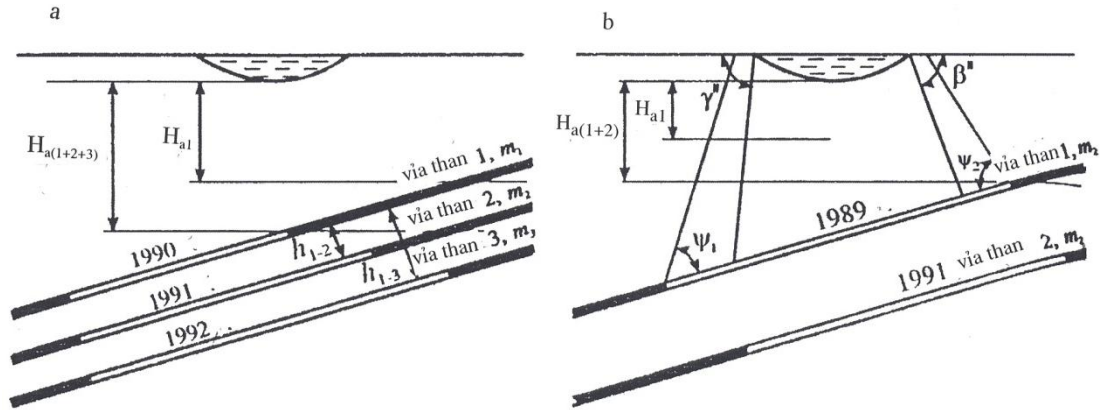
Việc khai thác lặp lại dưới các đối tượng chứa nước ở những vỉa than trên và dưới trong tập vỉa chỉ được phép sau thời kì biến dạng nguy hiểm do khai thác các vỉa than trước. Thời gian biến dạng nguy hiểm xác định theo quy phạm.

Khi khai thác tập vỉa dưới các đối tượng chứa nước thì tập vỉa than cần được chia thành các nhóm vỉa cùng được cùng khai thác chung nhằm tạo ra loại biến dạng triệt tiêu trong vùng ảnh hưởng.

Nếu nhóm vỉa than có kế hoạch cùng khai thác chung có nhiều hơn 3 vỉa, thì độ sâu khai thác an toàn được tính cho 3 vỉa than có ảnh hưởng lớn nhất, việc khai thác các vỉa than tiếp theo của nhóm đó có thể được tiến hành theo bản thiết kế đặc biệt. Khi cùng khai thác tập vỉa theo hướng trên xuống, độ sâu khai thác an toàn $H_{a(1+2+3)}$ xác định theo điều kiện (hình 3.19-a):

$$\frac{m_1}{H_{a(1+2+3)}} + \frac{m_2}{H_{a(1+2+3)} + h_{1-2}} + \frac{m_3}{H_{a(1+2+3)} + h_{1-3}} \leq \frac{m_1}{H_{a_1}}, \quad (3.121)$$

Trong đó m_1, m_2, m_3 – chiều dày khai thác tương ứng các vỉa than 1, 2, 3 có ảnh hưởng nhất; h_{1-2}, h_{2-3} – chiều dày giữa các vỉa than (khoảng cách trực giao đến bề mặt vỉa than) tương ứng giữa trụ vỉa than thứ nhất và vách vỉa than thứ hai và thứ ba; H_{a_1} - độ sâu khai thác an toàn vỉa than trên cùng, xác định theo công thức (3.112, 3.114, 3.117); $H_{a(1+2+3)}$ - độ sâu khai thác an toàn của 3 vỉa than ảnh hưởng nhất.



Hình 3.19: Sơ đồ xác định độ sâu khai thác an toàn tập vỉa than.

a – khi cung khai thác tập vỉa than; b – khi khai thác lần lượt.

Độ sâu khai thác an toàn cho hai vỉa than cùng khai thác $H_{a(1+2)}$ được xác định theo công thức:

$$\frac{m_1}{H_{a(1+2)}} + \frac{m_2}{H_{a(1+2)} + h_{1-2}} = \frac{m_1}{H_{a_1}}, \quad (3.122)$$

$$H_{a(1+2)} = \frac{H_{a_1} \left(1 + \frac{m_2}{m_1} \right) - h_{1-2} + \sqrt{\left[H_{a_1} \left(1 + \frac{m_2}{m_1} \right) - h_{1-2} \right]^2 + 4H_{a_1} h_{1-2}}}{2} \quad (3.123)$$

Nếu trong vùng ảnh hưởng của đối tượng chứa nước tập vỉa than được khai thác lần lượt mà không để lại trụ than bảo vệ và lò chợ được khai thác với khoảng thời gian gián đoạn lớn hơn tổng thời gian dịch chuyển, nghĩa là vùng dịch chuyển của vỉa than khai thác tiếp theo phía dưới rơi vào phạm vi trụ than cho đối tượng chứa nước trong vùng dịch chuyển toàn phần của vỉa than khai thác trước (hình 3.19-b), thì độ sâu khai thác an toàn cho 2 vỉa than tiếp theo được xác định theo trình tự sau:

a. Theo các công thức (3.112, 3.114, 3.117) xác định độ sâu an toàn cho từng vỉa than;

b. Xác định độ sâu an toàn cho khai thác 2 vỉa than

$$H_{a_{(1+2)}} = \frac{H_{a_1} \left(k_1 + \frac{m_2}{m_1} \right) - h_{1-2} + \sqrt{\left[H_{a_1} \left(k_1 + \frac{m_2}{m_1} \right) - h_{1-2} \right]^2 + 4H_{a_1} k_1 h_{1-2}}}{2} \quad (3.124)$$

trong đó k_1 – hệ số thể hiện biến dạng còn dư của đất đá trong mặt phẳng đáy bồn dịch chuyển do ảnh hưởng khai thác vỉa trên và được xác định theo bảng 3.25

Bảng 3.25. Giá trị hệ số k_1, k_2

Khoáng sàng	k_1, k_2
Kuzbass	0,35
Các vùng khác	0,35 - 0,45

Nếu độ sâu khai thác an toàn tính toán theo công thức trên bé hơn độ sâu khai thác an toàn cho từng vỉa than riêng rẽ thì sử dụng giá trị độ sâu an toàn lớn nhất từ đai an toàn riêng rẽ đó.

Khi khai thác riêng biệt lần lượt 3 vỉa than và thỏa mãn điều kiện trên, độ sâu khai thác an toàn được xác định theo trình tự sau:

- Theo công thức (3.112, 3.114, 3.115, 3.117) xác định độ sâu khai thác an toàn cho từng vỉa than;
- Theo công thức (3.124) xác định độ sâu khai thác an toàn cho 2 vỉa than;
- Theo công thức 3.125 xác định độ sâu khai thác an toàn cho 3 vỉa than:

$$\frac{k_1 m_1}{H_{a_{(1+2+3)}}} + \frac{k_2 m_2}{H_{a_{(1+2+3)}} + h_{1-2}} + \frac{m_3}{H_{a_{(1+2+3)}} + h_{1-3}} \leq \frac{m_1}{H_{a_1}}, \quad (3.125)$$

Trong đó k_2 – hệ số ảnh hưởng của biến dạng dư từ vỉa than thứ 2, xác định theo bảng 3.25. Giá trị độ sâu khai thác an toàn được chọn là giá trị lớn nhất thu được từ các kết quả tính toán. Việc xác định độ sâu an toàn có thể thực hiện theo phương pháp lập, phương pháp hình học hoặc các phương pháp khác. Trước khi khai thác tập vỉa than dưới đối tượng chứa nước cần phải chính xác hóa độ sâu an

toàn tập via than bằng cách xác định chiều cao thực tế vùng kẽ nút dẫn nước theo qui phạm.

Khi khai thác dưới công trình dòng sông, hồ chứa nước, trầm tích phù sa ngậm nước có thể gây nên ngập lụt mặt đất do bị lún. Các yếu tố cơ bản gây nên sự ngập lụt bao gồm:

1. Khoảng cách từ mức nước ngầm đến mặt đất hay đến nền móng đối tượng chứa nước bé hơn đại lượng độ lún mặt đất.
2. Đi lò ở độ sâu bằng hoặc lớn hơn độ sâu khai thác an toàn.
3. Có lớp sét dẻo cách nước tốt ở nền đối tượng chứa nước.
4. Trên mặt đất hình thành bồn dịch chuyển kín cản trở dòng nước ngầm và nước mặt.

Biên giới khu vực mặt đất có thể bị ngập lụt được xác định trên cơ sở so sánh độ lún mặt đất, hoặc xây dựng ở dạng đường đồng mức.

HƯỚNG DẪN HỌC TẬP CHƯƠNG 3

3.1. Tóm tắt nội dung chính của chương 3

1. Khái niệm chung

- Mục đích, ý nghĩa và nhiệm vụ công tác dự báo
- Phân loại lý thuyết dự báo

2. Các phương pháp dự báo dịch chuyển và biến dạng bề mặt đất

- Phương pháp Knothe
- Phương pháp Aversin
- Phương pháp Knothe-Budryk
- Dự báo theo các phương pháp đường cong mẫu chuẩn
- Tính toán dự báo theo quy phạm của Nga
- Tính toán dự báo theo phương pháp địa cơ mở

3. Tính các chỉ số biến dạng cho phép và biến dạng giới hạn của các công trình dân dụng và công nghiệp

- Tính các chỉ tiêu biến dạng ước tính với nhà dân dụng Δl
- Tính các chỉ số biến dạng cho phép và biến dạng giới hạn

4. Khả năng khai thác dưới các đối tượng, công trình chứa nước

3.2. Câu hỏi ôn tập kiến thức chương 3

1. Cho biết mục đích, ý nghĩa và nhiệm vụ công tác dự báo?
2. Phân loại lý thuyết dự báo như thế nào?
3. Trình bày phương pháp dự báo Knothe?
4. Trình bày phương pháp dự báo của Aversin?
5. Trình bày phương pháp Knothe-Budryk?
6. Các dạng đường cong lún trong ước tính dịch chuyển biến dạng?
7. Phương pháp dự báo của Kolbencov
8. Phương pháp dự báo của GS. Kazacovski

9. Tính toán dự báo theo quy phạm của Nga
10. Tính toán dự báo theo phương pháp địa cơ mở
11. Tính toán dự báo theo phương pháp địa cơ mở
12. Tính dịch chuyển và biến dạng cực đại mặt đất do ảnh hưởng khai thác từng lò chợ
13. Xác định điều kiện khai thác an toàn dưới các đối tượng chứa nước được tiến hành như thế nào?

CHƯƠNG 4. CÁC BIỆN PHÁP BẢO VỆ CÔNG TRÌNH VÀ ĐỐI TƯỢNG TỰ NHIÊN KHI KHAI THÁC HÀM LÒ

4.1 Khái niệm

Để bảo vệ các công trình và các đối tượng tự nhiên tránh các thiệt hại hư hỏng do ảnh hưởng khai thác hàm lò, hiện nay có hai phương pháp được áp dụng phổ biến là biện pháp khai thác và biện pháp xây dựng và kết cấu đặc biệt của công trình. Đây là những phương pháp cơ bản nhằm mục đích làm giảm hoặc loại trừ các biến dạng mặt đất ảnh hưởng nguy hiểm đến công trình.

Biện pháp khai thác để bảo vệ các công trình, các đối tượng tự nhiên là các phương pháp chuyên dụng và trình tự tiến hành các công tác khai thác, phương pháp điều khiển áp lực mỏ khi khai thác vỉa đơn hoặc tập vỉa nhằm giảm bớt mức độ biến dạng mặt đất và nền móng các công trình đến mức độ biến dạng không vượt quá giá trị biến dạng giới hạn.

Biện pháp khai thác gồm các phương pháp:

- a) Phân bố và khai thác hợp lý các lò chợ trong một vỉa hoặc một số vỉa dưới các công trình để có tổng biến dạng mặt đất xảy ra điều hòa.
- b) Bảo vệ công trình bằng các phương pháp khâu than: khâu với diện rộng, khâu liên tục với cường độ cao (làm giảm thời gian biến dạng nguy hiểm ảnh hưởng đến công trình, tốc độ gương lò chợ đi càng nhanh thì cường độ biến dạng của công trình càng giảm; khai thác về hai phía từ lò cắt);
- c) Khai thác không hết chiều dày hay từng phần chiều dày vỉa hoặc từng phần về diện tích vỉa.
- d) Ứng dụng việc lấp toàn bộ hoặc lấp từng phần khoảng trống đã khai thác bằng vật liệu đưa từ nơi khác đến.
- e) Để lại trụ bảo vệ khi các biện pháp khác không đạt được hiệu quả cần thiết.

Các biện pháp khai thác được ứng dụng rộng rãi và thuận lợi vì nó kết hợp được với quá trình áp dụng kỹ thuật khai thác.

Biện pháp xây dựng và kết cấu đặc biệt của công trình được áp dụng khi thực hiện công tác xây dựng và sửa chữa công trình ở các giai đoạn trước, trong và sau khi khai thác dưới nhằm làm giảm mức độ biến dạng công trình trong những điều kiện nhất định. Biện pháp kết cấu xây dựng có lợi là làm giảm tổn thất than ở các trụ bảo vệ do không phải để lại trong quá trình khai thác và giảm chi phí sửa chữa sau khi khai thác. Hạn chế của biện pháp này là gây phức tạp cho công việc xây dựng và làm tăng giá thành công trình xây dựng.

Phân biệt hai dạng bảo vệ của công trình:

1. Bảo vệ toàn bộ

Ở dạng này các biện pháp kết cấu xây dựng cần phải bảo đảm sự bền vững hoàn toàn của công trình trong bất kỳ biến dạng nào (trừ trường hợp khi trên mặt đất tạo các kẽ nứt và các hố sụt lở). Biện pháp kết cấu xây dựng để bảo vệ toàn bộ rất phức tạp và giá thành cao.

2. Bảo vệ từng phần

Khi bảo vệ công trình bằng phương pháp này, trong nhiều trường hợp vẫn đảm bảo việc sử dụng công trình một cách bình thường. Tại những kết cấu chịu tải của công trình có thể xuất hiện những biến dạng nhỏ.

Có thể lấy nguyên tắc rắn chắc và mềm dẻo để đặt cơ sở cho việc chọn các biện pháp kết cấu xây dựng. Về nguyên tắc thứ nhất người ta dùng kết cấu đảm bảo cho công trình chịu đựng được ứng lực tăng cường do biến dạng mặt đất (ví dụ các khối móng cứng rắn). Về nguyên tắc thứ hai là đảm bảo tính mềm dẻo của các kết cấu để giữ cho công trình không xuất hiện những biến dạng nguy hiểm khi bị tác động của biến dạng mặt đất.

Biện pháp xây dựng và kết cấu công trình gồm các phương pháp sau:

- 1) Dùng sơ đồ kết cấu nhà hợp lý nhất;
- 2) Phân chia khối nhà (bao gồm nền móng) thành từng phần bằng những mạch nối thẳng đứng;

- 3) Tách phần nhà trên mặt đất với móng bằng mạch trượt;
- 4) Tính tăng sức chịu đựng lực kháng nén của đất dùng làm nền nhà;
- 5) Tăng cường tường và móng nhà bằng những trang bị chống đỡ;
- 6) Tăng cường nền bằng cơ cấu các tấm bê, thỏi bê tông cốt sắt;
- 7) Dùng móng hình nêm;
- 8) Tăng cường độ rắn chắc phần bằng đá của công trình bằng cơ cấu những đai bê tông cốt sắt hoặc khối gạch cốt sắt bao quanh từng đoạn nhà một (đai bao);
- 9) Tạo mối liên kết vững chắc giữa các thành phần kết cấu của nhà;
- 10) Đào xây hào xung quanh móng để giảm tác động của biến dạng mặt đất;
- 11) Dùng các vật liệu bền, tốt để nâng cao chất lượng công trình xây dựng;
- 12) Bố trí kích nhà trong thời kì bị khai thác dưới.

Trong những điều kiện cụ thể thường dùng kết hợp cả hai loại biện pháp nêu trên.

Nhìn chung các biện pháp đã nêu đều không kinh tế, tốn kém cho công việc xây dựng, khai thác và không phải lúc nào cũng đem lại hiệu quả thoả đáng. Do vậy tùy theo tình hình cụ thể, khi có nghiên cứu đầy đủ mọi yếu tố địa chất, khai thác trong những điều kiện cần thiết khác để chọn biện pháp bảo vệ cho thích hợp.

Ngoài ra còn có những biện pháp khác như hạn chế, cấm hẳn việc xây dựng các công trình trên những vùng có khoáng sản hữu ích, tạm thời tản cư và sẽ hồi cư sau khi khai thác và sửa chữa xong nhà cửa,... Những biện pháp này khó đảm bảo an toàn khi sử dụng công trình, gây bất tiện khi phải tạm thời di dân lánh sang một nơi khác trong thời gian bị khai thác và khi sửa chữa. Khi trên mặt đất có khả năng xuất hiện các kẽ nứt và hố sụt lở thì biện pháp kết cấu xây dựng và biện pháp đặc biệt không có ý nghĩa.

Nói chung, muốn lựa chọn biện pháp bảo vệ công trình cần phải dựa vào kết quả ước tính biến dạng mặt đất, biến dạng giới hạn của công trình và đánh giá xếp loại hạng bậc công trình.

4.2 Hạng bậc công trình

Để phân biệt mức độ công trình cần được bảo vệ cần chia các công trình ra thành nhiều nhóm ở các hạng bậc khác nhau. Hạng bậc của từng loại công trình được xác định dựa trên cơ sở các điều kiện sau đây:

- Ý nghĩa công dụng của công trình;
- Kết cấu đặc biệt của công trình;
- Tính chất, cường độ biến dạng bề mặt đất do khai thác dưới các công trình.

Thông thường, được xếp vào nhóm hạng I là những công trình quan trọng nhất như: nhà máy nhiệt điện, các phân xưởng chính của nhà máy, nhà máy tuyển khoáng trung tâm, nhà hát lớn, ...

Các công trình nhà cao hơn 5 tầng, các phân xưởng công nghiệp có trang bị cần cầu hạng nặng, các trạm biến thế 200-300 kv, ... được xếp vào nhóm công trình hạng II.

Nhóm những công trình hạng III gồm các hồ chứa nước lớn, các con sông, ...

Nhóm những công trình hạng IV là các hệ thống dẫn dầu, dẫn hơi, các đường sắt chính,...

Nhóm các công trình hạng V gồm các đường sắt nhánh và đường sắt địa phương,...

Nhóm công trình hạng VII là loại hạng bậc cuối cùng, bao gồm các đường dây điện cao thế 110 kv, 35 kv và 6 kv; các nhánh đường xe lửa khu vực, đường xe điện,...

Các công trình hạng VII theo quy định không cần để lại trụ bảo vệ, nhưng khi khai thác dưới những công trình đó cần áp dụng những biện pháp có tính chất phòng ngừa được quy định trong quy phạm bảo vệ các công trình của vùng mỏ. Ví dụ, khi khai thác dưới các nhánh đường xe lửa khu vực, hàng ngày cần cho theo dõi, kiểm

tra, và bố trí quan trắc trong thời kỳ chuyển dịch mạnh để phát hiện độ lún nền, đường ray, tà vẹt nhằm kịp thời tiến hành tu bổ và sửa chữa.

Việc phân nhóm hạng bậc công trình phải tiến hành trên cơ sở xem xét, quan sát sâu rộng, tuy thế cần phải đạt được sự thống nhất và chính xác. Khi xác lập khả năng khai thác dưới một công trình và lựa chọn biện pháp bảo vệ phải căn cứ vào các điều kiện địa chất- khai thác mỏ như tình hình cấu tạo địa chất, chiều dày và độ sâu của vỉa,... Ngoài ra, cần xét đến các yếu tố quan trọng khác như độ sâu an toàn $H_a = mK_a$, trong đó giá trị hằng số K_a được xác định theo số liệu kinh nghiệm và thực tế sản xuất, kết quả quan trắc dịch chuyển mặt đất, các kết luận qua nghiên cứu lý thuyết và các tính toán kinh tế kỹ thuật khác.

Ở các nước đã nghiên cứu và xác định hệ số K_a cho từng bề than khác nhau. Ở nước ta, việc nghiên cứu dịch chuyển để tìm các thông số dịch chuyển cho từng vùng, trong đó có hệ số K_a chưa có điều kiện tiến hành.

Việc quan trắc dịch chuyển ở nước ta chỉ mới tiến hành trong phạm vi xác định hiện tượng trượt tầng, bờ mỏ hoặc xác định độ ổn định bờ mỏ lộ thiên và thiết lập trạm quan trắc ngắn hạn ở mỏ hầm lò. Các số liệu và thông số cần thiết để xây dựng các trụ bảo vệ đều đang dựa vào kinh nghiệm các nước khác hoặc xác định theo phương pháp vùng tương tự. Bảng 4.1 giới thiệu hệ số K_a đã được xác định cho vùng Donbass (để tham khảo).

Bảng 4.1. Xác định hệ số K_a theo hạng bậc công trình

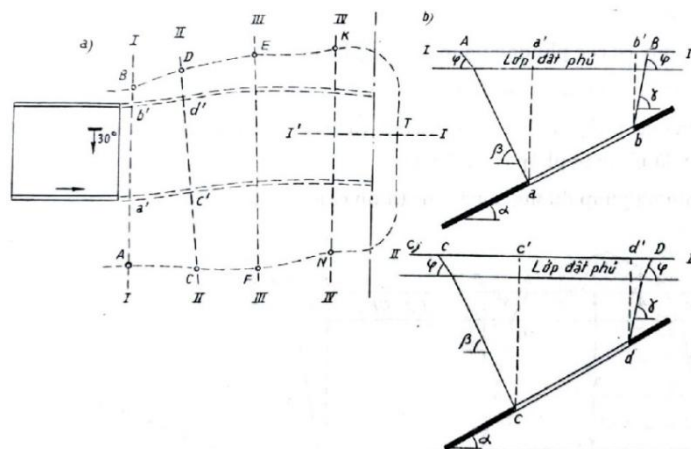
Hạng bậc công trình	Hệ số an toàn K_a	
	$\alpha \leq 45^\circ$	$\alpha > 45^\circ$
I	400	500
II	350	400
III	250	300
IV	150	200

V	100	150
VI	50	75

Giá trị K_a ở bảng 4.1 ứng với trường hợp khai thác một vỉa, và không dùng cho trường hợp có sự tăng cường dịch chuyển khi khai thác lặp lại.

4.3. Khoanh vùng ảnh hưởng khai thác hầm lò

Để xác định ranh giới vùng ảnh hưởng dịch chuyển và biến dạng của lò chợ ở trên mặt đất, trên bản đồ tỷ lệ lớn sẽ vạch các hướng đặc trưng I-I, II-II, và xây dựng các mặt cắt đứng dọc theo các hướng đó (hình 4.1).



Hình 4.1: Khoanh vùng dịch chuyển và biến dạng nguy hiểm

Trên các mặt cắt đứng sẽ xác định ranh giới vùng dịch chuyển nguy hiểm dựa vào các góc β , γ và φ sẽ nhận được các điểm A, B, C, D,... Triển các điểm đó lên bản đồ và nối các điểm với nhau để có đường ranh giới vùng dịch chuyển nguy hiểm dự báo theo dốc của vỉa.

Tương tự như vậy, dựng mặt cắt theo tuyến I'-I' và dùng các góc δ và φ xác định biên giới vùng nguy hiểm theo phương của vỉa và biểu thị lên bản đồ. Sau khi xác định được ranh giới vùng ảnh hưởng dịch chuyển nguy hiểm, cần so sánh xác

định vị trí các công trình nằm trong phạm vi đó. Tiến hành xét đến các chỉ tiêu về hạng bậc công trình, hệ số khai thác an toàn và kết quả tính toán dự báo biến dạng của mặt đất và biến dạng giới hạn của các công trình để lựa chọn phương pháp hợp lý bảo vệ các công trình trên mặt đất.

Trường hợp có hiện tượng sụt lún trên mặt đất khi khai thác vỉa dày và dốc đứng thì phải chỉ rõ trên bản đồ. Để bảo đảm an toàn, tại các vùng đó phải rào lại và cắm bảng cảnh báo nguy hiểm với các chú thích rõ ràng. Việc lựa chọn phương pháp bảo vệ và tính toán các trụ bảo vệ,... phải dựa vào các số liệu được qui định và những điều khoản cụ thể ghi trong “quy tắc bảo vệ các công trình và các đối tượng thiên nhiên khỏi ảnh hưởng nguy hại do khai thác hầm lò”. Bản quy tắc là quy chế và pháp lệnh của Nhà nước; các xí nghiệp, các cơ quan khoa học kỹ thuật phải thực hiện trên cơ sở chỉ dẫn của nó.

4.4 Các phương pháp tính trụ bảo vệ

4.4.1 Khái niệm

Trụ bảo vệ là một phần khoáng sản để lại trong lòng đất nhằm bảo vệ các công trình tránh khỏi ảnh hưởng của quá trình khai thác mỏ; trụ bảo vệ có thể được khai thác với các điều kiện và công nghệ đặc biệt. Tùy thuộc vào ý nghĩa, chức năng, quy mô, hình dạng và kích thước, các công trình trên bề mặt mỏ được phân thành nhiều loại. Mỗi loại đặc trưng một yêu cầu bảo vệ riêng và khả năng chịu đựng giới hạn thể hiện qua đại lượng biến dạng.

Trụ bảo vệ được để lại khi khai thác dưới các công trình có thể gây ra biến dạng bề mặt đất vượt quá biến dạng cho phép và đồng thời theo kết quả tính toán về kỹ thuật- kinh tế thì không thể áp dụng các biện pháp pháp tối ưu bảo vệ công trình.

Ranh giới trụ bảo vệ được xây dựng theo ranh giới diện tích cần bảo vệ của các công trình và các đối tượng. Diện tích cần bảo vệ bao gồm đối tượng cần bảo vệ và đai an toàn bao quanh nó. Chiều rộng của đai an toàn phụ thuộc vào các giá

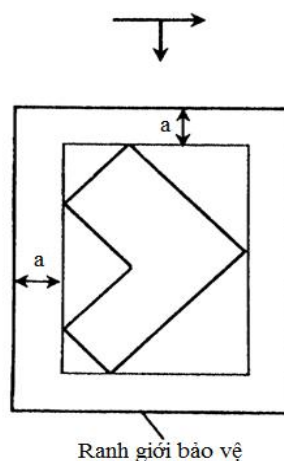
trị biến dạng giới hạn ϵ_{gh} hoặc i_{gh} của công trình hoặc theo hạng bậc bảo vệ của các công trình, được xác định theo Quy phạm bảo vệ công trình (bảng 4.2).

Bảng 4.2 Xác định đai an toàn theo hạng bậc công trình

TT	Hạng bậc công trình	Đai an toàn a (m)
1	I	20
2	II	15
3	III, IV	10
4	V, VI	5

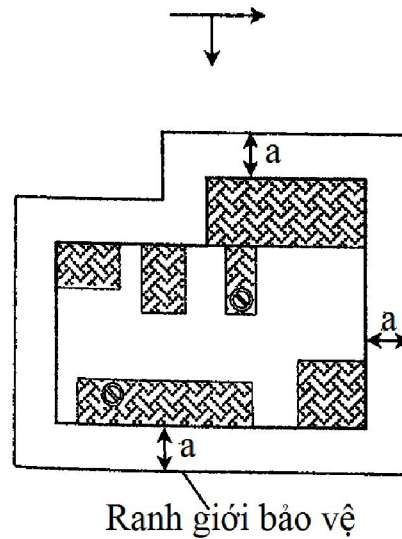
Đối với các công trình, khi kích thước của đai an toàn được tính theo các giá trị biến dạng giới hạn ϵ_{gh} và i_{gh} nếu nhận được các giá trị khác nhau thì chiều rộng cuối cùng của đai sẽ nhận giá trị lớn nhất trong hai giá trị tính được.

Các tòa nhà và các công trình riêng biệt có tỷ số kích thước giữa chiều dài với chiều rộng nhỏ hơn 5 thì ranh giới diện tích bảo vệ được khoanh vùng dưới dạng hình chữ nhật có các cạnh đi dọc theo phương hoặc vuông góc với phương của vĩa. Đai an toàn (a) sẽ được đặt bao quanh hình chữ nhật đã khoanh (hình 4.2).



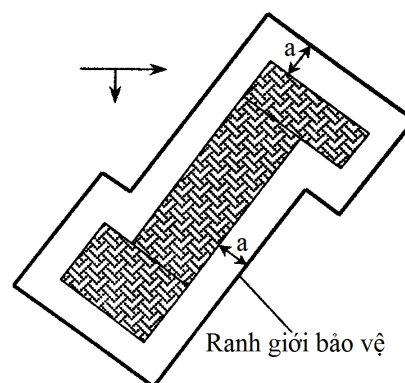
Hình 4.2: Xác định ranh giới diện tích cần bảo vệ

Đối với nhóm các tòa nhà và các công trình thì ranh giới diện tích bảo vệ được khoanh vùng dưới dạng hình đa giác có các góc ở đỉnh bằng 90^0 và có các cạnh đi dọc theo phương hoặc vuông góc với phương của vỉa. Đai an toàn sẽ được đặt bao quanh hình đa giác đã khoanh (hình 4.3).



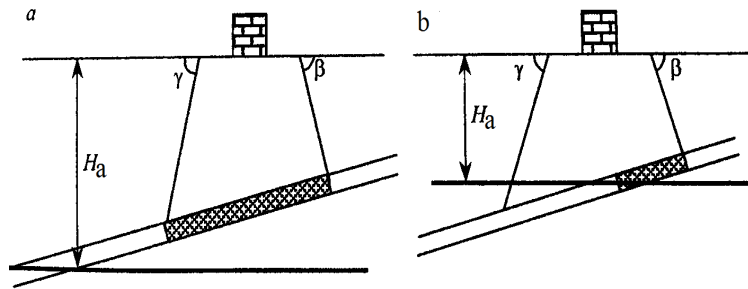
Hình 4.3: Xác định ranh giới diện tích cần bảo vệ cho nhóm công trình

Các công trình, đối tượng có hình dạng kéo dài, nằm chéo phương của vỉa thì ranh giới diện tích bảo vệ đặt song song với các cạnh công trình và cách chúng một khoảng bằng đai an toàn (hình 4.4).



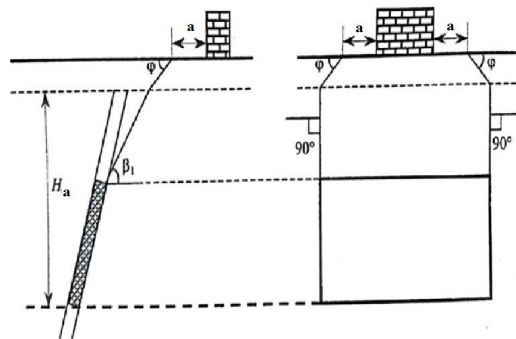
Hình 4.4: Xác định ranh giới diện tích cần bảo vệ cho công trình có dạng kéo dài

Ranh giới trụ bảo vệ các công trình được xác định bằng cách sử dụng các góc dịch chuyển. Nếu ranh giới dưới của trụ bảo vệ được xác định theo góc dịch chuyển γ nằm dưới mức độ sâu khai thác an toàn H_a thì lấy ranh giới độ sâu khai thác an toàn làm ranh giới dưới của trụ bảo vệ (hình 4.5).



Hình 4.5: Xác định ranh giới dưới của trụ bảo vệ công trình

Nhà ở và các công trình nằm về phía trụ vỉa với góc dốc vỉa $\alpha \geq \alpha_{gh}$ thì ranh giới trên của trụ bảo vệ trong các lớp đá gốc được xác định theo góc dịch chuyển β_1 , trong lớp đất bồi xác định theo góc φ ; trong các lớp đá gốc, trên mặt cắt chính theo phương của vỉa, ranh giới trụ bảo vệ xác định theo đường vuông góc với phương vỉa. Ranh giới dưới của trụ bảo vệ lấy theo mức độ sâu khai thác an toàn (hình 4.6).



Hình 4.6: Xác định ranh giới trụ bảo vệ khi vỉa dốc đứng và công trình nằm ở phía trụ vỉa

Hiện nay có các phương pháp tính trụ bảo vệ sau:

- Phương pháp mặt cắt đứng;
- Phương pháp đường pháp tuyến;

- Phương pháp các điểm góc;
- Phương pháp đường đồng mức.

Để tính trụ bảo vệ cần sử dụng các góc dịch chuyển và chiều rộng của đai an toàn lấy theo quy tắc bảo vệ công trình cho từng vùng mỏ khác nhau. Trong bảng 4.3 là trị số các góc dịch chuyển trong đá gốc của vùng mỏ Donbass Ucraina để tham khảo.

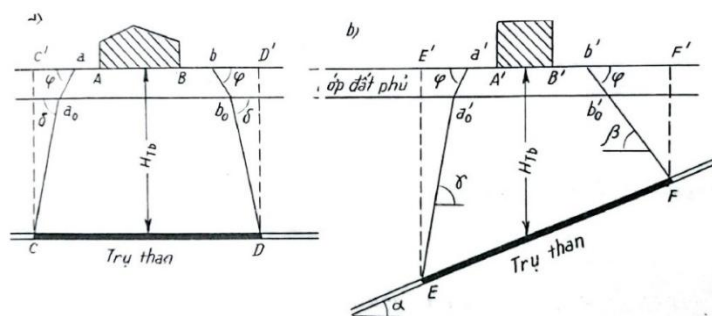
Bảng 4.3 Xác định góc dịch chuyển để tính trụ bảo vệ

Góc dốc vía (độ)	Góc dịch chuyển (độ)		
	β	γ	δ
0-5	85	85	85
6-44	$90-\alpha$	90	85
45-65	$90-\alpha$	85	85
66-69	$\alpha-40$	85	85
70-85	30	85	85

Trong các lớp đá trầm tích phần lớn các góc dịch chuyển trong tất cả các hướng bằng nhau: $\beta = \delta = \gamma = 70^{\circ}$.

4.4.2 Phương pháp mặt cắt đứng

Nội dung của phương pháp là xây dựng các mặt cắt đứng theo phương (hình 4.7-a) và theo dốc của vía (hình 4.7-b).



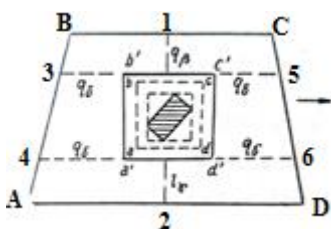
Hình 4.7: Tính trụ bảo vệ bằng phương pháp mặt cắt đứng

Từ ranh giới đai an toàn bao quanh diện tích cần bảo vệ, dựng các góc dịch chuyển β , γ và δ trong lớp đá gốc và góc φ trong lớp đất bồi để khoanh vùng dịch chuyển đất đá và xác định được các điểm C, D, E, F của trụ bảo vệ trong mặt phẳng vĩa. Triển các điểm trên lên bản đồ sẽ nhận được các điểm chiếu C', D', E', F' và nối chúng lại với nhau sẽ được chu vi trụ bảo vệ trên hình chiếu bằng.

Khi xây dựng trụ bảo vệ, biên giới trụ bảo vệ được xác định bởi giao điểm của đường aa_0C , bb_0D , $a'a_0'E$, $b'b_0'F$ với trụ vĩa. Góc φ không dựng từ điểm A, B, A', B' là chu vi công trình mà dựng từ a, b, a', b'. Điều này bảo đảm cho sự bù trừ trong trường hợp có sự chênh lệch giữa những góc dịch chuyển thực với góc dịch chuyển sử dụng khi tính.

4.4.3 Phương pháp đường pháp tuyến

Kích thước trụ bảo vệ xác định theo phương pháp đường pháp tuyến bằng cách trên bản đồ khai thác kẻ các đường pháp tuyến vuông góc với đai an toàn a'b'c'd' (hình 4.8), dọc theo phương hoặc dọc của vĩa. Sau đó từ ranh giới đai an toàn đặt các đoạn q_β về phía ngược dốc, l_γ về phía xuôi dốc vĩa và q_δ theo phương của vĩa. Các đoạn q_i và l_i tính theo công thức sau:



Hình 4.8: Tính trụ bảo vệ bằng phương pháp đường pháp tuyến

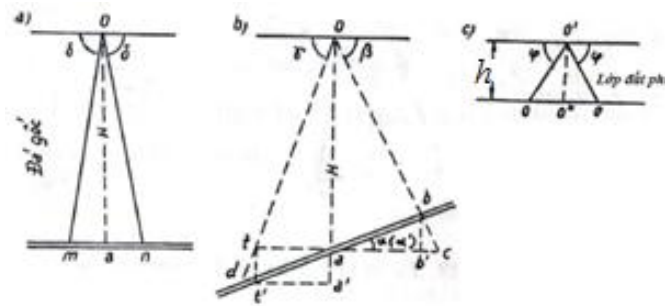
$$q_\beta = h \cdot \text{ctg}\varphi + \frac{(H-h) \cdot \text{ctg}\beta}{1 + \text{ctg}\beta \cdot \text{tg}\alpha} \quad (4.1)$$

$$l_\gamma = h \cdot \text{ctg}\varphi + \frac{(H-h) \cdot \text{ctg}\gamma}{1 - \text{ctg}\gamma \cdot \text{tg}\alpha} \quad (4.2)$$

$$q_\delta = h \cdot \text{ctg}\varphi + (H - h) \cdot \text{ctg}\delta \quad (4.3)$$

Trong đó: h- Chiều dày lớp đất phủ; φ - góc dịch chuyển trong lớp đất phủ;
H- Độ sâu của vĩa; β, γ, δ - Các góc dịch chuyển trong đá gốc

Từ các điểm đầu mút 1, 2 của các đoạn q_β, l_γ kẻ các đường song song với các đoạn $b'c'$ và $a'd'$; nối các điểm đầu mút 3-4 và 5-6 của các đoạn q_δ nằm cùng phía diện tích bảo vệ sẽ nhận được biên giới trụ bảo vệ A,B,C,D



Hình 4.9: Xác định các đoạn pháp tuyến

Trên hình 4.9 biểu thị các đoạn biên giới trụ bảo vệ m-n (theo phương) và d-b (theo dốc của vĩa) đối với điểm bảo vệ O trong trường hợp không có lớp đất bồi; đoạn o-o trong lớp đất phủ. Ký hiệu các đường pháp tuyến theo phương là q_δ , theo hướng ngược dốc là q_β và theo hướng xuôi dốc của vĩa là l_γ ; trong lớp đất phủ là q_α . Theo hình 4.9-a,c sẽ có $q_\delta = am = an = Hctg\delta$; $q_\varphi = oo' = h.ctg\varphi$.

Trong đó: H- độ sâu của vĩa dưới điểm O; h- chiều dày lớp đất phủ

Theo hình 4.9-b ta có $q_\beta = ab' = Hctg\beta - cb'$. Trong đó $cb' = bb'ctg\beta$; mặt khác $bb' = q_\beta tg\alpha$ và $cb' = q_\beta ctg\beta.tg\alpha$. Từ đó ta có: $q_\beta = ab' = Hctg\beta - q_\beta ctg\beta.tg\alpha$;

$$\text{Hoặc: } q_\beta = \frac{Hctg\beta}{1+ctg\beta.tg\alpha}; \text{ trong đó } \alpha - \text{góc dốc của vĩa.}$$

$$l_\gamma = Hctg\gamma + dt'; \text{ trong đó } dt' = tt'ctg\gamma \text{ và } tt' = aa' = l_\gamma tg\alpha.$$

Từ đó $l_\gamma = Hctg\gamma + l_\gamma tg\alpha.ctg\gamma$. Cuối cùng ta có:

$$l_\gamma = \frac{Hctg\gamma}{1-ctg\gamma.tg\alpha}$$

4.4.4 Phương pháp các điểm góc

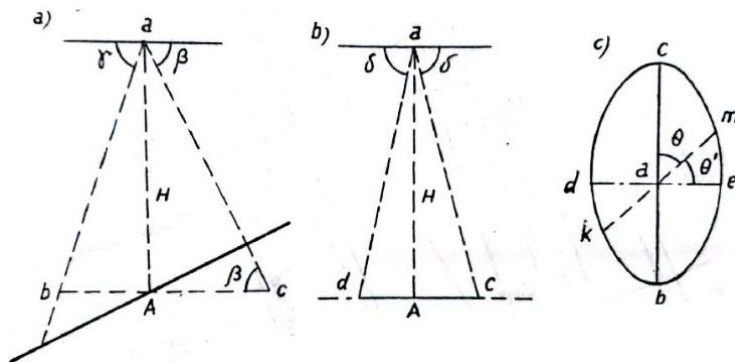
Phương pháp các điểm góc là một trong những dạng đặc biệt của phương pháp đường pháp tuyến, thường được sử dụng để tính trụ bảo vệ cho các công trình đa góc cạnh nằm chéo phương của vỉa (hình 4.4) hoặc có dạng kéo dài theo một hướng (hình 4.12).

Kích thước trụ bảo vệ được xác định trên bản đồ khai thác bằng cách kẻ các đường pháp tuyến vuông góc với đai an toàn tại các điểm đặc trưng lồi ra cao nhất ở bốn phía công trình (hình 4.4). Sau đó từ ranh giới đai an toàn đặt các đoạn q_i về phía ngược dốc và l_i về phía xuôi dốc vỉa. Các đoạn q_i và l_i tính theo công thức sau:

$$q = hctg\varphi + \frac{(H-h)ctg\beta'}{1+ctg\beta'\cos\theta tga} \quad (4.4)$$

$$l = hctg\varphi + \frac{(H-h)ctg\gamma'}{1-ctg\gamma'\cos\theta tga} \quad (4.5)$$

Trong đó: h - Chiều dày lớp đất phủ; φ - góc dịch chuyển trong lớp đất phủ; H - Độ sâu của vỉa; θ - Góc nhọn hợp bởi đường phương của vỉa với đường ranh giới đai an toàn; β' , γ' - Góc dịch chuyển quy đổi (tính theo các công thức 4.8, 4.9) trong mặt cắt đứng dọc theo các đường pháp tuyến q_i và l_i



Hình 4.10: Xác định góc dịch chuyển theo hướng chéo phương của vỉa

Để tính góc dịch chuyển quy đổi β' , γ' GS Kamarovski đề xuất như sau: Xét một điểm cần bảo vệ a trên mặt đất (hình 4.10). Biên giới của trụ bảo vệ dưới điểm a trong các hướng chéo phương và theo dốc của vỉa được xác định bằng giao điểm của đường dựng dưới các góc β , γ (trong mặt cắt chính theo dốc của vỉa) và

góc δ (trong mặt cắt chính theo phương của vỉa) với trụ vỉa. Coi các đường biên dịch chuyển trên các mặt cắt nằm theo hướng chéo phương và chéo dốc của vỉa là đường tạo ra khối nón elíp đỉnh là a và mặt cắt ngang trong dạng hai nửa elíp là dbe và dce (hình 4.10-b,c). Các bán trục elíp trên hình 4.10-c xác định như sau:

$$da=ae= Hctg\delta; ac=Hctg\beta; ab=Hctg\gamma;$$

Để xác định góc dịch chuyển β' theo hướng chéo về phía ngược dốc của vỉa cần lập phương trình của nửa elíp dce trong hệ toạ độ cực, từ đó nhận được đoạn :

$$am=H\sqrt{ctg^2\beta.\sin^2\theta' + ctg^2\delta.\cos^2\theta'} \quad (4.6)$$

Tương tự như thế đối với nửa dbe ta có:

$$ak=H\sqrt{ctg^2\gamma.\sin^2\theta' + ctg^2\delta.\cos^2\theta'} \quad (4.7)$$

Trong đó :

$$am=Hctg\beta'; ak=Hctg\gamma'; \theta = 90^\circ - \theta'$$

Kết hợp và biến đổi các công thức trên sẽ có:

$$ctg\beta' = \frac{am}{H} = \sqrt{ctg^2\beta.\cos^2\theta + ctg^2\delta.\sin^2\theta} \quad (4.8)$$

$$ctg\gamma' = \frac{ak}{H} = \sqrt{ctg^2\gamma.\cos^2\theta + ctg^2\delta.\sin^2\theta} \quad (4.9)$$

4.4.5 Phương pháp đường đồng mức

Nguyên lý phương pháp đường đồng mức là sử dụng các góc dịch chuyển β , γ , δ , φ để dựng các mặt phẳng dịch chuyển và biểu thị chúng dưới dạng các đường đồng mức độ cao. Nối các điểm trong phép giao cùng độ cao giữa các đường đồng mức của vỉa với đường đồng mức của mặt phẳng dịch chuyển sẽ nhận được chu vi của trụ bảo vệ ngay trên bản đồ khai thác.

Phương pháp mặt cắt đứng và phương pháp đường pháp tuyến có thể dùng cho mọi trường hợp, đặc biệt là khi hình dáng diện tích bảo vệ phức tạp hoặc công trình có dạng đường cong kéo dài. Phương pháp đường đồng mức trong thực tế ít dùng vì có khối lượng công việc cần thực hiện nhiều.

Khi thực hiện tính trụ bảo vệ thường gặp hai trường hợp dưới đây:

1) Tính trụ bảo vệ công trình có diện tích không lớn hoặc trụ bảo vệ công trình kéo dài theo phương hoặc theo dốc của vỉa.

2) Tính trụ bảo vệ dưới những công trình có hình dạng kéo dài nằm chéo với phương và dốc của vỉa

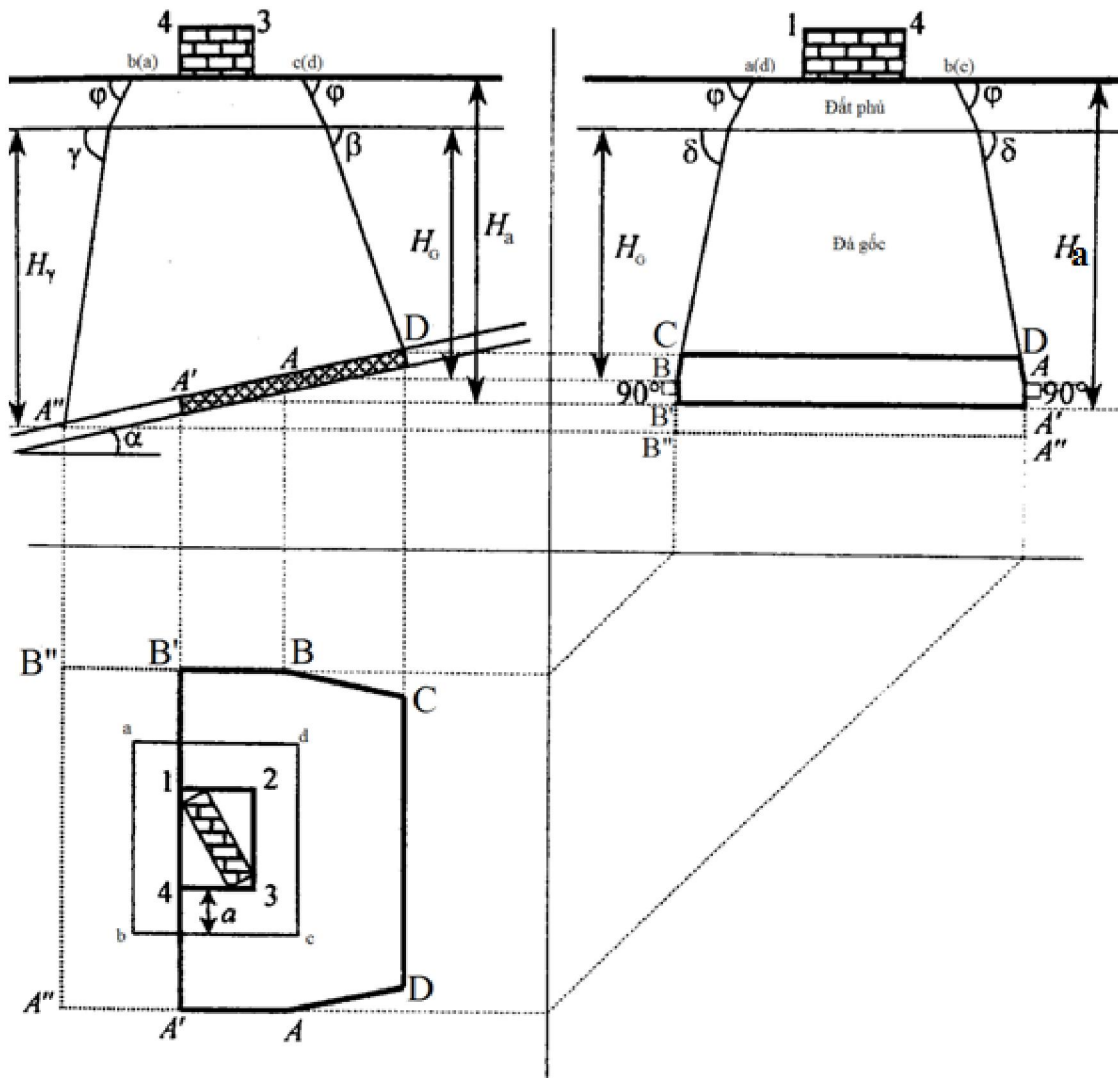
4.5 Xây dựng trụ bảo vệ cho các công trình

4.5.1 Trụ bảo vệ cho các công trình có diện tích không lớn

Trên bản đồ khai thác vẽ đường bao quanh công trình cần bảo vệ là 1-2-3-4 sao cho các cạnh nằm song song với phương hoặc hướng dốc của vỉa (hình 4.11).

Xác định hạng bậc công trình và chiều rộng đai an toàn để dựng ranh giới diện tích bảo vệ a-b-c-d.

Trên mặt cắt chính theo dốc, từ ranh giới đai an toàn a-b-c-d kẻ các đường thẳng tạo với đường nằm ngang dưới góc φ (trong lớp đất phủ) đến cắt mặt phẳng phân lớp đá gốc- đất phủ. Từ các điểm cắt đó, về phía ngược dốc, kẻ đường thẳng tạo với đường nằm ngang dưới góc β đến cắt vỉa tại điểm D; về phía xuôi dốc, kẻ đường thẳng tạo với đường nằm ngang dưới góc γ đến cắt vỉa tại điểm A”



Hình 4.11: Xác định ranh giới trụ bảo vệ khi via bằng hoặc dốc thoải

Trên mặt cắt chính theo phương của via, tiến hành tương tự: trong lớp đất bồi kẻ các đường thẳng dưới góc φ , trong lớp đá gốc kẻ các đường thẳng dưới góc δ đến độ sâu H_G . Dưới mức độ sâu H_G , kẻ các đường thẳng dưới góc vuông 90° đến cắt via hoặc đến mức độ sâu khai thác an toàn H_a . Độ sâu H_G được tính theo công thức:

$$H_G = \sqrt{\frac{tg\gamma - tg\alpha}{tg\gamma + tg\alpha}} H_\gamma \quad (4.10)$$

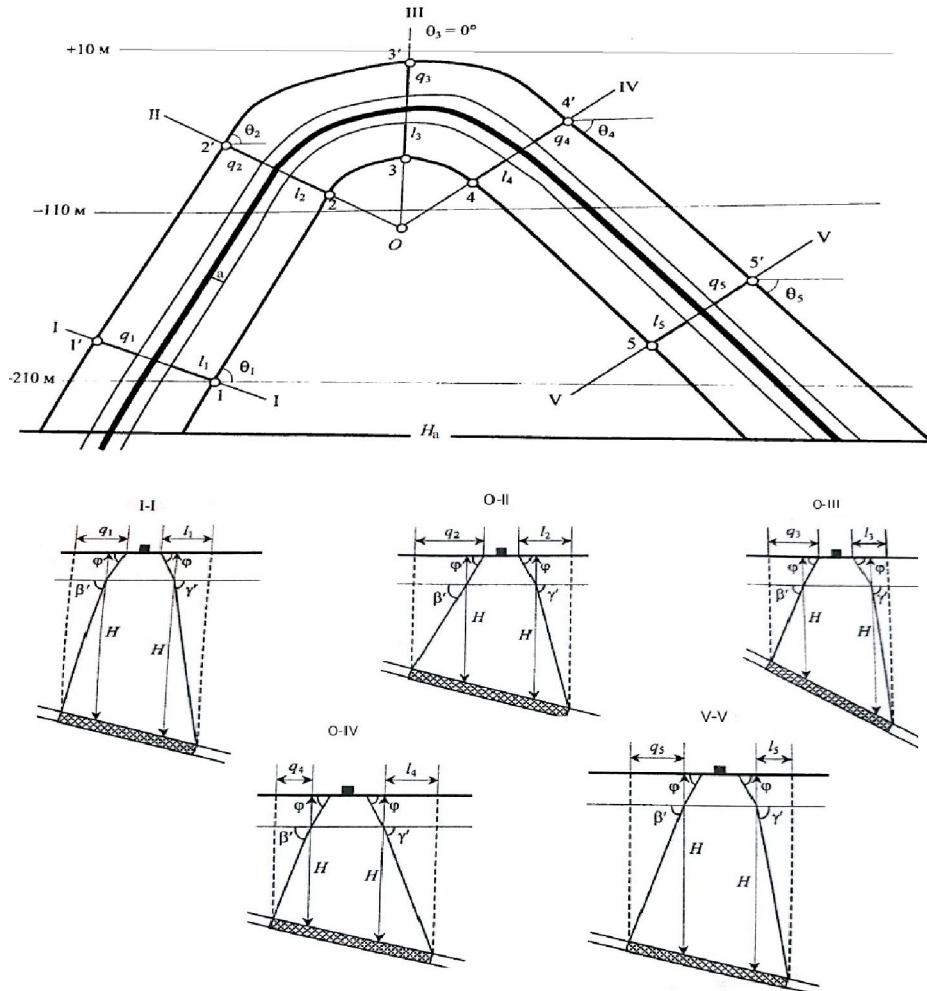
Trong đó: α - Góc dốc vỉa; γ - Góc dịch chuyển về phía ngược dốc; H_γ - Độ sâu từ mặt phân lớp đất bồi- đá gốc đến ranh giới dưới của trụ bảo vệ xác định theo góc γ . Nếu độ sâu khai thác an toàn H_a cắt trụ vỉa ở mức A'B' thì ranh giới dưới của trụ bảo vệ chính là A'B'.

4.5.2 Trụ bảo vệ dưới các công trình có dạng kéo dài

Khi xây dựng trụ bảo vệ cho các công trình có dạng kéo dài nằm chéo với phương của vỉa (ví dụ như đường sắt quốc gia) có thể sử dụng phương pháp mặt cắt đứng bằng cách vẽ các mặt cắt vuông góc với đai an toàn tại các các điểm đặc trưng. Trên các mặt cắt này, sử dụng các góc dịch chuyển quy đổi β' , γ' và góc nhọn Θ (hợp bởi đường phương của vỉa với ranh giới diện tích bảo vệ) để tính kích thước trụ bảo vệ. Trong đó giá trị các góc β' , γ' được tính theo công thức (4.8, 4.9)

Trên hình 4.12, để xây dựng trụ bảo vệ cho tuyến đường sắt đã xây dựng các mặt cắt I-I, O-II, O-III, O-IV và V-V. Trên mỗi mặt cắt, bắt đầu từ ranh giới đai an toàn, sử dụng các góc β' , γ' để xác định ranh giới trụ bảo vệ về hướng ngược dốc và hướng xuôi dốc của vỉa. Sau đó nối các điểm 1-2-3-4-5 và 5'-4'-3'-2'-1' bằng các đường cong tròn. Ranh giới dưới của trụ bảo vệ xác định theo mức độ sâu khai thác an toàn H_a .

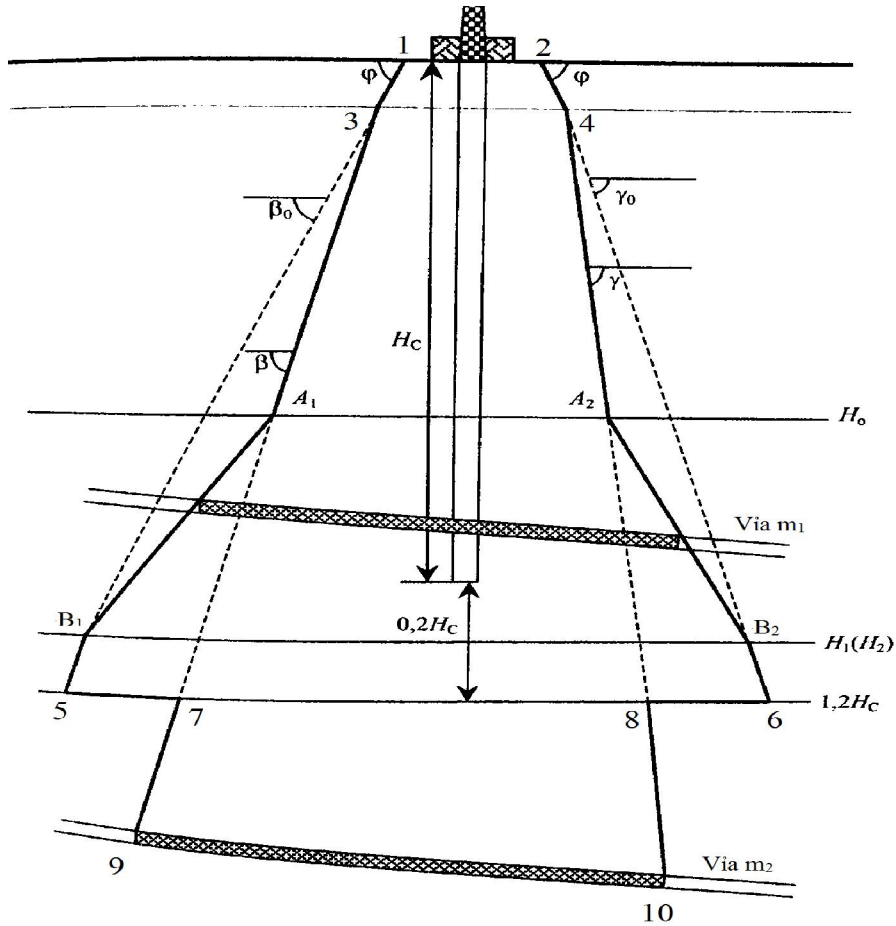
Giá trị các đoạn q_i và l_i nhận được trên các mặt cắt đứng nói trên có thể tính toán bằng phương pháp giải tích theo phương pháp đường pháp tuyến.



Hình 4.12: Xác định trụ bảo vệ cho công trình có dạng cong kéo dài

4.5.3 Xây dựng trụ bảo vệ cho giếng đứng

Đối với giếng đứng, ranh giới diện tích bảo vệ bao gồm tháp giếng, nhà công nghiệp trên miệng giếng, nhà máy trực tải và đại an toàn. Trên các mặt cắt chính ranh giới của trụ bảo vệ xác định (hình 4.13) như sau:



Hình 4.13: Xác định ranh giới trụ bảo vệ cho giếng đứng

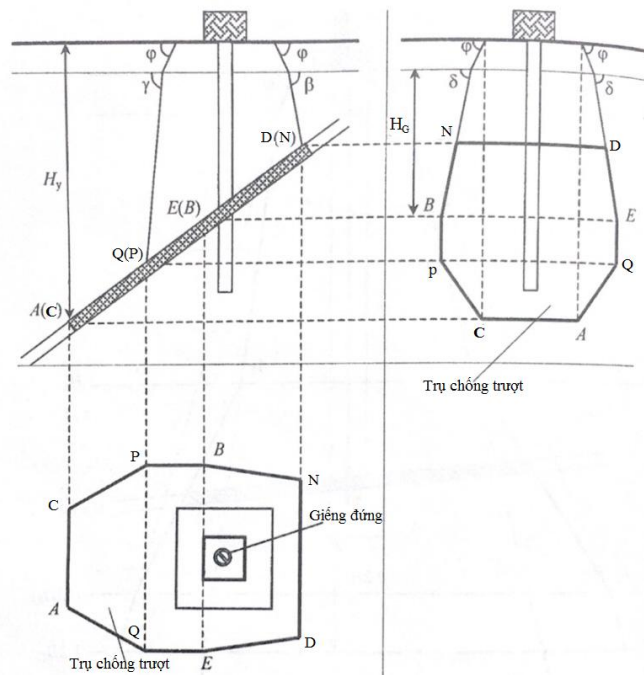
- Trong lớp đất bồi xác định theo góc dịch chuyển φ ;
- Trong lớp đá gốc đến mức độ sâu H_0 và dưới mức độ sâu $1,2H_c$ (H_c - Độ sâu của giếng đứng) thì xác định theo góc dịch chuyển β, γ, δ ;
- Trong đá gốc từ mức độ sâu H_1 (nếu góc dốc của vỉa $\alpha \leq 45^\circ$) hoặc từ mức độ sâu H_2 (nếu $\alpha > 45^\circ$) đến độ sâu $1,2H_c$ thì xác định theo các góc biên $\beta_0, \gamma_0, \delta_0$.

Trong khoảng độ sâu từ mức H_0 đến mức H_1 (khi $\alpha \leq 45^\circ$) hoặc từ mức H_0 đến mức H_2 (khi $\alpha > 45^\circ$) ranh giới của trụ bảo vệ xác định theo “đường trung bình” A_1B_1 hoặc A_2B_2 (hình 4.13). Các giá trị của H_0, H_1, H_2 lấy theo quy phạm. Theo kinh nghiệm ở vùng than Đôn-bass thì $H_0 = 400\text{m}$, $H_1 = 600\text{m}$, $H_2 = 700\text{m}$.

4.5.4 Xây dựng trụ đỡ chống trượt

Ở những mỏ có khả năng xảy ra chuyển dịch trượt đất đá theo bề mặt vách hoặc trụ vữa, để bảo vệ giếng đứng hoặc các đối tượng quan trọng khác trên mặt đất cần phải để thêm trụ chống trượt về phía xuôi dốc của công trình được bảo vệ (hình 4.14).

Ranh giới của trụ đỡ chống trượt ở phía xuôi dốc vữa nằm ở độ sâu $H_y = H_s \sqrt[3]{n}$. Trong đó: H_s - là độ sâu phụ thuộc vào góc dốc vữa, chiều dày lớp đất phủ; n - là số vữa than khai thác. Kích thước trụ bảo vệ chống trượt xác định theo hình 4.14. Kích thước trụ đỡ chống trượt theo phương $PQ = BE$ (ở độ sâu H_G của trụ bảo vệ chính). Ở độ sâu H_y kích thước trụ đỡ chống trượt theo phương CA bằng kích thước diện tích bảo vệ theo phương của vữa



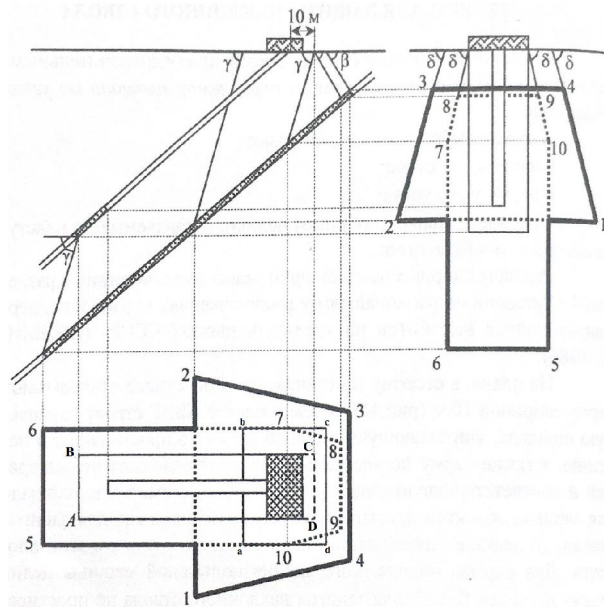
Hình 4.14: Xác định ranh giới trụ đỡ chống trượt cho giếng đứng

4.5.5 Xây dựng trụ bảo vệ giếng nghiêng

Trụ bảo vệ giếng nghiêng được xây dựng từ ranh giới diện tích cần bảo vệ bằng cách sử dụng các góc dịch chuyển β , γ , δ . Diện tích cần bảo vệ bao gồm nhà trực tải, đai an toàn, giếng nghiêng, đai bảo vệ miệng giếng và trụ than bảo vệ để

lại hai bên thành giếng. Chiều rộng của trụ than bảo vệ hai bên thành giếng lấy theo quy phạm bảo vệ công trình. Trên bản đồ, về phía ngược dốc của vỉa, đặt đai bảo vệ miệng giếng, lấy bằng 10m (hình 4.15). Khoanh vùng bảo vệ giếng nghiêng bao gồm trụ các trụ than bảo vệ và đai bảo vệ miệng giếng nhận được hình ABCD.

Tiếp theo sẽ khoanh vùng diện tích bảo vệ nhà máy trực tải nhận được hình abcd. Trên các mặt cắt chính theo dốc và theo phương của vỉa, sử dụng các góc dịch chuyển β , γ , δ để xác định kích thước trụ bảo vệ. Trên hình 4.15 đường nối các điểm 1-2-3-4 là ranh giới trụ bảo vệ cho nhà máy trực tải; đường nối các điểm 5-6-7-8-9-10 là ranh giới trụ bảo vệ cho giếng nghiêng; đường nối các điểm 5-6-2-3-4-1 là ranh giới trụ bảo vệ cuối cùng cần phải xây dựng.

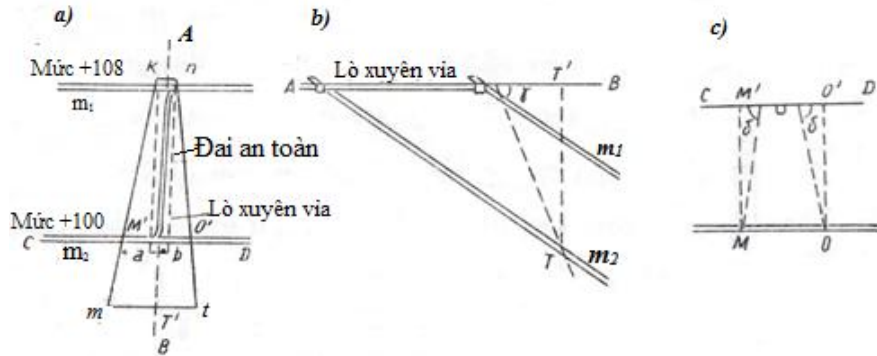


Hình 4.15: Xây dựng trụ bảo vệ cho giếng nghiêng

4.5.6 Tính trụ bảo vệ dưới các lò xuyên vỉa

Trên bản đồ (hình 4.16-a) xung quanh lò xuyên vỉa đặt đai an toàn abnk, sau đó xây dựng các mặt cắt theo trục AB của lò và theo phương của vỉa (đường CD) Trên mặt cắt hình 4.16-b,c dựa vào các góc γ và δ kẻ các đường thẳng giao nhau với vỉa tại T, M, O. Triển các điểm chiếu T', M', O' lên bản đồ. Sau đó vẽ đường

thẳng song song với phương của vỉa qua điểm T và những đường thẳng qua điểm k, M' và n, O'. Giao điểm của những đường đó cho phép xác định đường biên của trụ bảo vệ mknt trên bản đồ.



Hình 4.16: Xây dựng trụ bảo vệ lò xuyên vỉa.

4.5.7 Xây dựng trụ bảo vệ các đối tượng chứa nước

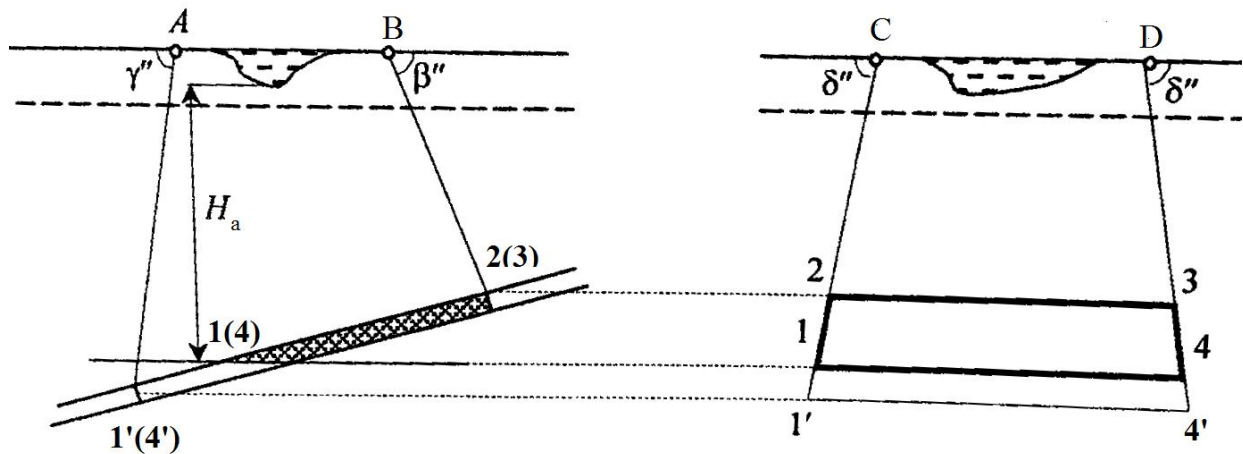
Độ sâu khai thác an toàn dưới các đối tượng chứa nước là độ sâu mà ranh giới trên của vùng rạn nứt (với các kẽ nứt dẫn nước) nằm trên khoảng trống khai thác không tiếp xúc với ranh giới dưới (đáy) của đối tượng chứa nước.

Ranh giới trụ bảo vệ dưới các đối tượng chứa nước (sông, hồ, các đới chứa nước trong địa tầng, ...) là ranh giới vùng ảnh hưởng nguy hiểm đến các đối tượng chứa nước. Khai thác trong vùng ảnh hưởng nguy hiểm đến các đối tượng chứa nước sẽ làm tăng lưu lượng nước chảy vào lò, thậm chí gây bực nước và ngập lò. Ranh giới vùng nguy hiểm bực nước được xác định từ ranh giới đối tượng chứa nước. Đối với các đối tượng chứa nước trên mặt đất (sông suối, đầm phá, ao hồ, ...) nằm ở vùng không có sự liên thông với các lớp đất đá dẫn chứa nước thì ranh giới bảo vệ trên bản đồ của các đối tượng này là ranh giới vùng nước dâng ngập cao nhất được xác định với xác suất tin cậy đạt 0,97; ranh giới bảo vệ dưới của các đối tượng chứa nước này là đáy của chúng.

Các đối tượng chứa nước có sự liên thông với các lớp đất đá dẫn chứa nước (cát, sỏi, đới đứt gãy, ...) thì ranh giới bảo vệ trên bản đồ và ở các mặt cắt của các đối tượng này là ranh giới của các lớp dẫn chứa nước có trong khu vực khai thác.

Các đối tượng chứa nước trong trong địa tầng đất đá là các lớp nước ngầm, đới đứt gãy và các vùng trống ngập nước. Ranh giới bảo vệ của các đối tượng này chính là ranh giới mực nước ngầm hoặc chính ranh giới của chúng.

Ranh giới vùng ảnh hưởng nguy hiểm của các đối tượng chứa nước được xác định theo các góc đứt tách β'' , γ'' , δ'' (hình 4.17). Nếu ranh giới dưới của trụ bảo vệ xác định theo góc γ'' nằm sâu hơn ranh giới độ sâu khai thác an toàn H_a thì sẽ chọn ranh giới nằm ở mức cao hơn làm ranh giới bảo vệ.



Hình 4.17: Xác định ranh giới trụ bảo vệ cho các đối tượng chứa nước

4.6 Xén các góc nhọn của trụ bảo vệ

Vấn đề xây dựng trụ bảo vệ công trình có kích thước tối ưu nhất luôn là nhu cầu thực tế và cần thiết vì giúp giảm bớt mức độ tổn thất than và đảm bảo yêu cầu kỹ thuật về an toàn khai thác.

Khi trụ xây dựng bảo vệ đã sử dụng những thông số dịch chuyển đáng tin cậy và chọn những phương pháp tính toán chặt chẽ nhưng không phải luôn luôn nhận được những trụ bảo vệ có kích thước hợp lý nhất. Kích thước trụ bảo vệ thường bị thừa về phía xuôi dốc của vỉa. Nguyên nhân là do góc dịch động γ được sử dụng để tính trụ bảo vệ là góc nhận được ở điều kiện quan trắc nham tầng bị phá

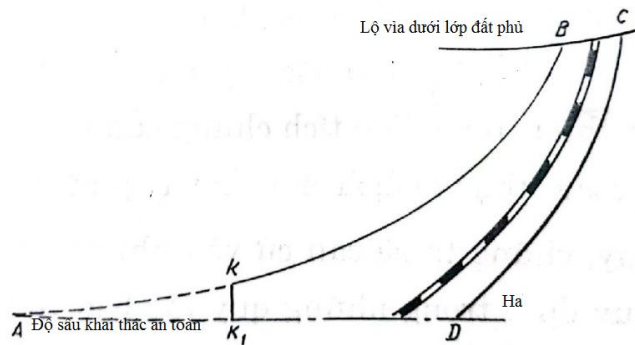
vỡ cấu trúc do khai thác dưới và biên giới trụ bảo vệ được xây dựng dưới dạng những đoạn thẳng thay cho dạng những đường cong elíp hiện trạng.

Tính trụ bảo vệ có kích thước tối ưu là một vấn đề kinh tế - kỹ thuật phức tạp mà hiện nay chỉ mới giải quyết được một phần nhỏ. Trong quy tắc bảo vệ công trình vùng mỏ donbass có nói đến kích thước tối ưu của trụ bảo vệ dưới giếng đứng từ quan điểm áp lực mỏ. Để giảm kích thước các trụ bảo vệ của những công trình hạng IV-VI về phía xuôi dốc của vỉa khi $\alpha \leq 45^\circ$ thì $\gamma = \alpha + 85^\circ$. Trong bản quy tắc cũng nói đến kích thước tối ưu nhất đối với trường hợp độ sâu khai thác an toàn nằm nông hơn giao tuyến giữa mặt dịch chuyển dựng bởi các góc β và γ với vỉa.

Trong các quy tắc khác của những bể than lớn thuộc SNG như Kuzobat, Donbass cũng đề xuất việc giảm kích thước trụ bảo vệ bằng cách xén những góc nhọn (được xem là phần thừa trong diện tích chung của trụ) khi khảo sát đầy đủ các điều kiện về kỹ thuật, tính toán, thực tế dịch chuyển và áp lực mỏ cho phép.

4.6.1 Xén các góc nhọn theo kinh nghiệm

Do phân rã của trụ bảo vệ luôn luôn chịu ứng lực nén cao nên khi có các góc nhọn thì việc để lại các phần trụ ở đó là không cần thiết. Khi tính trụ bảo vệ dưới các công trình kéo dài và nằm chéo phương của vỉa (đường xe lửa, ống dẫn) được phép xén góc nhọn theo đường dốc của vỉa. Chiều dài đường xén KK_1 (hình 4.18) không lớn hơn 40m, trên bản đồ $KK_1 = 40\cos\alpha$ - trong đó α là góc dốc của vỉa; đường biên cuối cùng của diện tích bảo vệ sẽ là KK_1DCB .



Hình 4.18: Xén góc nhọn của trụ bảo vệ những công trình

nằm chéo và có hình dạng kéo dài

4.6.2 Phương pháp tổng hợp xén trụ bảo vệ

Phương pháp tổng hợp xén trụ bảo vệ do Dediukin M.N. đề xuất và thường được áp dụng khi tính trụ bảo vệ dưới công trình có kích thước nhỏ, nằm chéo một góc so với phương của vỉa (hình 4.19).

Trình tự xây dựng trụ bảo vệ công trình được tiến hành như sau:

- Tiến hành xếp loại hạng bậc công trình để xác định chiều rộng đai an toàn
- Xác định diện tích cần bảo vệ cho công trình với các kết quả nhận được:

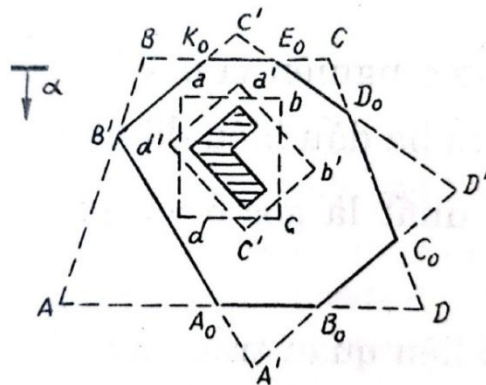
1) đường bao a-b-c-d có các cạnh song song và thẳng góc với đường phương của vỉa.

2) đường bao a'-b'-c'-d' có các cạnh song song với đường biên của công trình.

- Dùng phương pháp mặt cắt đứng hoặc phương pháp đường pháp tuyến, dựng cho diện tích bảo vệ abcd, và nhận được đường biên trụ bảo vệ ABCD.

- Dùng phương pháp đường pháp tuyến hoặc mặt cắt đứng để dựng cho diện tích bảo vệ a'b'c'd', nhận được đường biên trụ bảo vệ A'B'C'D'.

Kết quả cuối cùng sẽ có hai diện tích trụ bảo vệ chồng lên nhau và diện tích trụ bảo vệ cuối cùng sẽ là phần chung $A_0B_0C_0D_0E_0K_0B'A_0$.

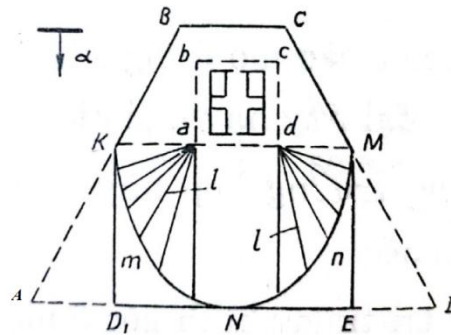


Hình 4.19: Xén trụ bảo vệ các công trình có kích thước nhỏ

Ở mức độ nào đó những phương pháp này mang tính chất hình thức, nó không quan hệ đến việc xén góc nhọn của trụ bảo vệ theo quan điểm phản áp lực mỏ. Tương tự, còn có một số phương pháp của Ersova, Galusko nhưng không được ứng dụng rộng rãi trong thực tế.

4.6.3 Phương pháp các đường bán kính

Phương pháp này thường dùng đối với loại diện tích bảo vệ có cạnh song song và thẳng góc với phương của vỉa (hình 4.20).



4.20: Xén trụ bảo vệ theo phương pháp đường bán kính

Trong trường hợp này từ các điểm góc a và d, cứ cách một góc 10-20° vẽ các bán kính có chiều dài bằng đoạn pháp tuyến l xác định theo công thức (4.5 và 4.9), sau đó nối các điểm nhận được với nhau thành đường cong KmN và NnM. Cuối cùng nhận được trụ bảo vệ theo một đường biên mới BCMnNmKB.

Để thuận lợi cho kỹ thuật công nghệ khai thác than ở lò chợ, một số quy phạm cho phép thay thế biên giới đường cong bằng cách dựng theo phía xuôi dốc của vỉa những đường vuông góc KD_1 và ME . Trong trường hợp này đường biên giới diện tích trụ bảo vệ mới sẽ là BCMED₁KB.

HƯỚNG DẪN HỌC TẬP CHƯƠNG 4

4.1. Tóm tắt nội dung chính của chương 4

1. Khái niệm

- Mục đích, nhiệm vụ công tác bảo vệ các công trình
- Phân loại các biện pháp bảo vệ

2. Hạng bậc công trình

- Các tiêu chí để xếp hạng bậc công trình
- Phân loại hạng bậc công trình

3. Khoanh vùng ảnh hưởng khai thác hầm lò

- Mục đích, nhiệm vụ công tác khoanh vùng ảnh hưởng do khai thác
- Phương pháp khoanh vùng ảnh hưởng

4. Các phương pháp tính trụ bảo vệ

- Khái niệm
- Phương pháp mặt cắt đứng
- Phương pháp đường pháp tuyến
- Phương pháp các điểm góc
- Phương pháp đường đồng mức

5. Xây dựng trụ bảo vệ cho các công trình

- Trụ bảo vệ cho các công trình có diện tích không lớn
- Trụ bảo vệ dưới các công trình có dạng kéo dài
- Xây dựng trụ bảo vệ cho giếng đứng
- Xây dựng trụ đỡ chống trượt
- Xây dựng trụ bảo vệ giếng nghiêng
- Tính trụ bảo vệ dưới các lò xuyên vỉa
- Xây dựng trụ bảo vệ các đối tượng chứa nước

6. Xén các góc nhọn của trụ bảo vệ

- Xén các góc nhọn theo kinh nghiệm
- Phương pháp tổng hợp xén trụ bảo vệ
- Phương pháp các đường bán kính

4.2. Câu hỏi ôn tập kiến thức chương 4

1. Biện pháp khai thác để bảo vệ công trình gồm những phương pháp nào
2. Các biện pháp xây dựng và kết cấu đặc biệt của công trình
3. Hạng bậc của từng loại công trình được xác định dựa trên cơ sở nào
4. Cho biết cách khoanh vùng ảnh hưởng khai thác hầm lò
5. Xác định đai an toàn theo hạng bậc công trình như thế nào
6. Nội dung phương pháp mặt cắt đứng
7. Nội dung phương pháp đường pháp tuyến
8. Nội dung phương pháp các điểm góc
9. Cách tính trụ bảo vệ cho các công trình có diện tích không lớn
10. Cách tính trụ bảo vệ dưới các công trình có dạng kéo dài
11. Phương pháp xây dựng trụ bảo vệ cho giếng đứng
12. Phương pháp xây dựng trụ đỡ chống trượt
13. Phương pháp xây dựng trụ bảo vệ giếng nghiêng
14. Phương pháp xây trụ bảo vệ dưới các lò xuyên vỉa
15. Nội dung phương pháp tổng hợp xén trụ bảo vệ
16. Nội dung phương pháp xén trụ bảo vệ theo đường bán kính

CHƯƠNG 5. DỊCH ĐỘNG ĐẤT ĐÁ MỎ LỘ THIÊN

5.1 Khái niệm về độ ổn định bờ mỏ

5.1.1. Khái niệm

Đảm bảo độ ổn định bờ mỏ là một trong những vấn đề cấp thiết ở mỏ lộ thiên vì nó liên quan đến an toàn lao động, kỹ thuật khai thác, độ sâu giới hạn của mỏ, khối lượng đất bóc và các chỉ tiêu kinh tế chủ yếu của mỏ. Ở mỏ lộ thiên có độ sâu 300m, nếu tăng góc nghiêng bờ mỏ lên 1° thì có thể giảm được khối lượng đất bóc đến gần 3 triệu m^3 cho mỗi km chiều dài bờ công trường. Hiện nay với mức độ cơ giới hóa phát triển mạnh mẽ, xu hướng mở rộng công tác khai thác lộ thiên là tăng độ sâu khai thác của mỏ nên vấn đề lại có ý nghĩa hơn nữa.

Tất cả các dạng biến dạng bờ mỏ xuất hiện ở mức độ này hay mức độ khác là do sự thay đổi trạng thái ứng suất tự nhiên của đá mỏ do tiến hành công tác khai thác. Trong điều kiện tự nhiên đá mỏ ở trong điều kiện nén không đều từ các phía. Lực trọng lực, kiến tạo và ngay cả điều kiện thủy văn địa chất cũng ảnh hưởng đến ứng suất tự nhiên của khối đá mỏ. Lực nén từ các phía không đều do lực kiến tạo hay quá trình tích lũy trầm tích qua thời gian được cân bằng do quá trình lưu biến và thoát giảm ứng lực tiếp tuyến. Khi tiến hành công tác khai thác lộ thiên làm xuất hiện trạng thái lực nén từ các phía không đều, dẫn đến làm tăng ứng suất tiếp tuyến trong vùng khối đá gần bờ mỏ và khi đạt đến giá trị giới hạn thì gây ra hiện tượng trượt và sập đổ bờ mỏ.

Theo lý thuyết cơ học thì mọi biến đổi trạng thái ứng suất của vật liệu đều dẫn đến biến dạng. Khi tăng ứng suất tiếp tuyến thì có biến dạng dưới dạng chuyển dịch trượt. Đại lượng dịch chuyển tương đối γ phụ thuộc vào mô đun dịch chuyển của đá G và đại lượng ứng suất tiếp tuyến τ .

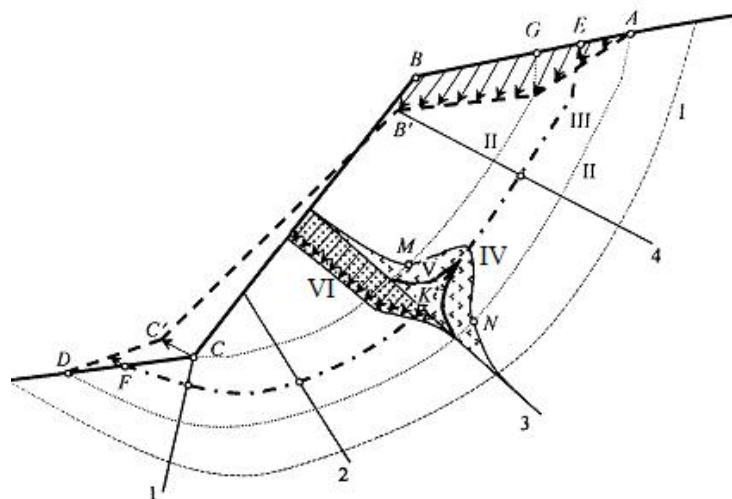
$$\gamma = \frac{1}{G} \tau \quad (5.1)$$

Trong đó mô đun dịch chuyển G có giá trị bằng ứng suất tiếp tuyến mà ứng suất đó gây nên dịch chuyển tương đối bằng đơn vị.

$$G = \frac{E}{2} (1 + \mu) \quad (5.2)$$

Sự biến đổi ứng suất tiếp tuyến trong khối đá mở khi khai thác lộ thiên thường chiếm cả một vùng khá rộng và ở mỗi điểm đều khác nhau. Trên hình 5.1 đường ABCD chỉ ranh giới bờ tầng trước khi biến dạng; đường AB'C'D – ranh giới bờ tầng sau một thời gian tiến hành khai thác; các mũi tên mô tả véc tơ dịch chuyển từng điểm riêng của bờ tầng; đường cong AB' mô tả dịch chuyển mặt đất gần mép tầng khai thác lộ thiên.

Nếu trên đường thẳng vuông góc với bề mặt sườn tầng (đường 3) kẻ những đoạn thẳng vuông góc đường 3 và có độ dài bằng ứng suất tiếp tuyến tại các điểm đó, nối các điểm cuối lại sẽ nhận được đường cong IV với giá trị cực đại nằm cách mặt sườn tầng một khoảng cách nào đó. Trong đoạn MN thuộc đường cong IV có ứng suất trượt vượt quá giới hạn đàn hồi τ_y (đối với đá mở thì giới hạn rã có thể coi gần giới hạn đàn hồi), dưới tác dụng của những ứng suất này sẽ xảy ra biến dạng dẻo. Chuyển dịch trượt được mô tả bằng đường cong V. Tích phân đường cong V sẽ nhận được đường cong dịch chuyển VI.



Hình 5.1: Sơ đồ biến dạng khối đá nguyên gần mép tầng

Tương tự, các điểm có ứng suất cực đại tương ứng với biến dạng cực đại cũng xảy ra ở trên các mặt cắt 1, 2, 4. Nói các điểm có biến dạng cực đại với nhau bằng đường cong trơn để thể hiện bề mặt yếu nhất; khi ứng suất đạt tới giá trị giới hạn sẽ tạo thành bề mặt trượt.

Nghiên cứu biến dạng bờ tầng trên mô hình bằng vật liệu tương đương cho thấy các vectơ dịch chuyển trên bề mặt bờ dốc của khối đá gần như song song với mặt trượt và giá trị của nó dọc theo mặt trượt chỉ giảm chút ít từ trên xuống dưới.

Sơ đồ phân bố ứng suất tiếp tuyến và biến dạng trước khi sập đổ hay chuyển dịch trượt ở bờ tầng với đất đá đồng nhất cũng tương tự như trên. Nếu bờ tầng có nhiều lớp đá với thành phần trầm tích khác nhau, độ bền vững và biến dạng khác nhau, khi bề mặt yếu cắt qua tất cả các lớp thì tính chất chung của biến dạng bờ mỏ cũng xảy ra như trường hợp khối đá đồng nhất.

Ngoài những hiện tượng dịch chuyển nói trên, ở mỏ lộ thiên còn có những biến dạng đơn giản hơn như lở, trượt, chảy và lún

5.1.2 Cơ chế trượt lở bờ mỏ

Kết quả quan trắc, phân tích trạng thái ứng suất, biến dạng của khối đá bờ mỏ cho thấy: sự tập trung ứng suất thường xuất hiện ở chân bờ hoặc ở những mặt yếu trong khối đá. Sự mất ổn định của bờ mỏ xảy ra không đồng thời ở mọi điểm trên mặt trượt mà phát triển dần theo ba giai đoạn:

Giai đoạn thứ nhất: giai đoạn hình thành mặt trượt. Sau khi tạo ra bờ mỏ, do trạng thái ứng suất trong khối đá gần bờ mỏ bị thay đổi, tại chân bờ xuất hiện vùng ứng suất trượt. Giá trị của ứng suất này phụ thuộc vào các thông số hình học của bờ mỏ và đặc tính bền của khối đá. Khi giá trị ứng suất tiếp tuyến lớn hơn sức kháng trượt trong khối đá sẽ xuất hiện các khe nứt trượt và phát triển theo một góc nào đó so với bề mặt của bờ mỏ.

Giai đoạn thứ hai: giai đoạn phát triển mặt trượt. Sau khi xuất hiện các khe nứt trượt, ứng suất được phân bố lại theo mặt có thể trượt và vùng mặt trượt đã hình thành, ứng suất trượt tăng lên. Mặt trượt phát triển dần vào khối đá và chia bờ mỏ thành hai phần: phần chủ động và phần bị động. Giai đoạn này kết thúc khi biến dạng bờ mỏ đạt được giá trị nào đó.

Giai đoạn thứ ba: giai đoạn biến dạng, phá hủy bờ mỏ. Khi trong khối đá bờ mỏ có sự dị hướng hoặc kiếm khuyết tạo nên các hệ mặt yếu thì ứng suất sẽ tăng tập trung ở các vùng yếu đó. Trạng thái ứng suất xuất hiện trong bờ mỏ thay đổi. Sự thay đổi đó ứng với hình dạng, kích thước của vùng chủ động, bị động với quá trình phát triển mặt trượt.

Khi trong bờ mỏ tồn tại các hệ mặt yếu, quá trình trượt lở cũng xảy ra 3 giai đoạn. Mặt trượt sẽ phát sinh và phát triển trùng với mặt yếu.

Quá trình phá hủy bờ mỏ xảy ra theo cách lan truyền mặt trượt từ điểm này đến điểm khác và hình thành đồng thời các vùng trượt ở đỉnh và ở chân.

5.2 Các dạng trượt lở bờ mỏ

Khi đánh giá độ ổn định bờ mỏ thì việc nghiên cứu các dạng và tính chất xuất hiện các hiện tượng rất có ý nghĩa vì cho phép chúng ta kết hợp với số liệu đo đạc địa chất tìm ra nguyên nhân biến dạng bờ mỏ, chọn sơ đồ tính toán độ ổn định bờ mỏ trong điều kiện địa chất cụ thể nào đó và chọn biện pháp hợp lý để đề phòng biến dạng phát triển. Tất cả các dạng mất ổn định bờ dốc của các tầng, bờ mỏ và bãi thải thường được phân loại dựa theo các yếu tố như tốc độ dịch chuyển khối đá, độ dốc của mặt trượt, thể tích của khối trượt.

5.2.1 Phân loại trượt lở bờ mỏ

Tùy thuộc vào điều kiện cấu tạo địa chất, đặc điểm và nguyên nhân xuất hiện biến dạng bờ mỏ có thể chia thành 5 dạng biến dạng chủ yếu là: lở, sập, trượt, chảy và lún. Giữa các thể loại này không xác định được ranh giới rõ ràng. Giữa lở và sập khác nhau chủ yếu về kích thước của khối đá bị biến dạng. Giữa sập và

trượt khác nhau chủ yếu về tốc độ và quy mô biến dạng. Giữa trượt và chảy khác nhau chủ yếu về tính linh động, mức độ ngậm nước. Giữa lún và trượt khác nhau chủ yếu về đặc điểm cấu tạo, tính chất cơ lý, tính chất biến dạng.

1- Lở: Là hiện tượng phổ biến ở bờ mỏ và là thể loại biến dạng đơn giản. Lở bờ được hình thành do quá trình phong hóa bề mặt, chúng thể hiện ở dạng tách, lăn các tảng đá xuống chân dốc khi góc dốc của bờ (sườn tầng) lớn hơn góc dốc tự nhiên của đất đá phong hóa.

Quá trình lở bờ mỏ xảy ra theo thời gian và làm thoải góc chung của bờ mỏ, gây chập tầng. Tốc độ của quá trình lở phụ thuộc vào nhiều yếu tố, trong đó quan trọng nhất là sự phong hóa đất đá bờ mỏ, góc dốc của bờ, thời gian tồn tại cũng như phương pháp tạo tầng và khoan nổ mìn. Lở bờ trong một số trường hợp là nguyên nhân trực tiếp gây nên các biến dạng khác như trượt, chảy.

2- Sập: Là sự phá hủy bờ tầng hoặc cả mảng lớn bờ mỏ trong một khoảng thời gian rất ngắn và đột ngột. Sập tầng xảy ra trong trường hợp khi mặt yếu của đất đá đạt đến sự cân bằng giới hạn của đất đá, tức là khi ứng suất ở các mặt yếu đạt đến giá trị giới hạn. Hiện tượng sập thường xảy ra ở các bề mặt yếu như đới phá hủy, khe nứt kiến tạo, mặt tiếp xúc giữa các lớp khi bề mặt của các lớp này cắm vào không gian khai thác. Sập tầng mỏ thường xuất hiện ở các trường hợp:

- Cắt chân các lớp đất đá, có các mặt yếu trong các lớp đất đá hoặc mặt trượt của các đứt gãy có độ dốc $> 25^\circ$ cắm thuận vào không gian khai thác.

- Tồn tại các kẽ nứt dốc $> 35^\circ$, có hướng cắm vào không gian mỏ và đường phương kẽ nứt gần song song với bờ mỏ (góc giao nhau không quá 30°)

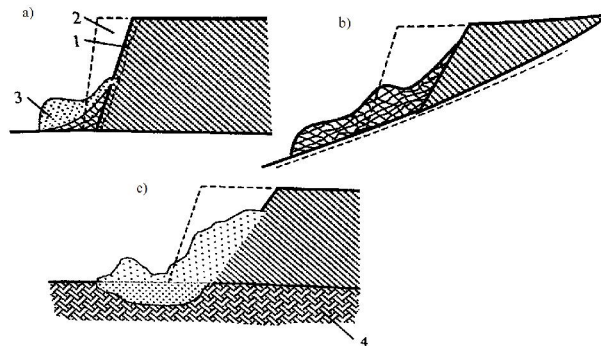
- Do không có sự tương thích giữa chiều cao tầng với thiết bị xúc bốc nên tạo ra mặt cong với khối đá nhô ra ở phần trên mép tầng.

Sập đất đá ở bãi thải thường xảy ra trong các trường hợp:

- Khi nền bãi thải có độ dốc $> 30^\circ$

- Khi đổ xen kẽ các lớp đất đá yếu với các lớp đất đá cứng đã tạo ra các bề mặt phân lớp yếu có góc dốc cắm ra sườn dốc bãi thải. Sập sẽ xảy ra khi góc dốc bề mặt phân lớp yếu lớn hơn góc nội ma sát của đất đá. Đây là dạng sập rất khó dự báo nên rất nguy hiểm.

3- Trượt: Khi khối đất đá chuyển dịch theo mặt trượt một cách tiệm tiến với vận tốc chậm nhưng bao trùm một phạm vi rộng lớn, trong một khoảng thời gian dài. Góc dốc của mặt trượt thường nhỏ hơn góc ma sát trong của các lớp đất đá. Nhìn chung, trượt đất đá xảy ra khi có mặt các lớp đá sét mềm dẻo. Trượt là thể loại nguy hiểm nhất có liên quan đến cấu trúc bờ mỏ như sự có mặt của các mặt lớp, phân lớp yếu trong cấu trúc bờ mỏ. Trượt có thể chia ra các nhóm như: trượt liên quan đến bờ mặt yếu; trượt liên quan đến hiện tượng bùng nền; trượt các tầng đất phủ; trượt do hoạt động của nước ngầm. Tùy thuộc vào khối lượng đất đá bị trượt có thể chia thành các khối trượt nhỏ (khối lượng của lăng trụ trượt từ hàng trăm đến hàng nghìn m³); khối trượt trung bình khi thể tích lăng trụ trượt đến hàng trăm nghìn m³ và khối trượt lớn khi thể tích lăng trụ trượt đạt đến hàng trăm nghìn đến triệu m³.



Hình 5.2: Các dạng trượt lở ở bãi thải

- a- Trượt khối trên xuống dưới; b- Trượt theo mặt yếu; c- Trượt sâu ở lớp nền
 1- Lớp đất đá yếu ở tầng bãi thải; 2- Ranh giới ban đầu của bãi thải; 3- Khối trượt
 4- Nền đất yếu dưới bãi đổ thải

Nguyên nhân trượt rất phức tạp bởi có sự tác động đồng thời của nhiều yếu tố, trong đó đáng chú ý nhất là cấu trúc kiến tạo của bờ mỏ, đặc điểm địa chất công trình, địa chất thủy văn, quá trình hoạt động khai thác mỏ. Tùy thuộc vào loại hình bờ mỏ mà một trong những yếu tố trên trở thành nguyên nhân chủ yếu gây ra trượt.

Theo nguyên nhân hình thành cho phép phân biệt các dạng trượt sau:

- Trượt khối đất đá theo các mặt yếu (mặt tiếp xúc yếu giữa các lớp đất đá có độ dốc đáng kể, mặt đứt gãy), khi các mặt yếu này bị cắt chân làm mất điểm tựa.
- Trượt theo mặt tiếp xúc giữa khối đá bề mặt bờ rời với đá gốc do mưa thấm lâu
- Trượt sâu ở đá phân lớp bờ trụ khi có các lớp đá sét, lớp đá cách nước gây nên áp lực nước cao.
- Trượt chảy xảy ra khi các lớp đất đá bờ tầng có độ liên kết yếu và ngậm nước, các mặt phân lớp nằm ngang hoặc cắm dốc vào không gian khai thác. Khi bị công tác khai thác cắt chân sẽ tạo ra các dòng chảy mang theo đất đá vỡ vụn, hậu quả làm trượt phần phía trên của bờ tầng
- Trượt do khối đá đồng nhất trong bờ mỏ ngậm nước hoặc do sự lựa chọn kích thước hình học như chiều cao tầng H và góc dốc bờ mỏ α không chính xác. Trong trường hợp này sẽ hình thành mặt trượt có dạng cong với điểm kết thúc ở phần nền chân tầng và điểm bắt đầu ở trên mặt tầng được biểu hiện dưới dạng các kẽ nứt tách thẳng đứng.

Theo tương quan vị trí giữa mặt trượt so với nền bãi chứa thải có thể phân biệt các dạng trượt sau:

- Trượt phía trên bãi thải xảy ra khi đất đá yếu, có ẩm độ cao và có sự đan xen các lớp đá khô với đá ẩm ướt, đá yếu với đá cứng. Mặt trượt tiềm tàng sẽ nằm cao hơn nền bãi thải và đa số trùng với mặt tiếp xúc giữa đá yếu với đá thải cứng, có độ bền vững cao (hình 5.2a).

- Trượt theo nền bãi thải xảy ra khi đất đá được đổ thải trên nền cứng bị nghiêng hoặc dốc, khi nền bãi thải bị thấm nước hoặc bị ngập. Trong những trường hợp này bề mặt trượt sẽ trùng với bề mặt nền bãi thải (hình 5.2b).
- Trượt sâu dưới nền bãi thải xảy ra khi đổ thải trên nền đất đá yếu, dưới tác dụng của trọng lực đất đá thải sẽ đẩy một phần nền ở rìa bãi thải bùng lên (hình 5.2c).

4- Chảy: Chảy là hiện tượng biến dạng xảy ra chủ yếu với các bề mặt mái dốc bị phong hóa. Trong quá trình tác động của các yếu tố như mưa, nắng, nhiệt độ không khí... đất đá bị phong hóa và tạo ra trên bề mặt mái dốc đới phong hóa vụn mịn. Khi đới phong hóa này gặp nước mưa chúng sẽ nhão ra và chảy trôi xuống chân mái dốc. Quá trình chảy thường xảy ra có tính chu kỳ và chỉ hình thành trong hai điều kiện: thứ nhất là khi bề mặt mái dốc đủ thoải ($\alpha = 15-20^\circ$); thứ hai là phải có nước.

Hiện tượng chảy xảy ra một phần do tác động của nước ngầm, nước mặt bào mòn lớp đất đá có độ liên kết kém. Dưới áp lực thủy động và các hoạt tính hoá học mà nước ngầm có thể đẩy trôi, vận chuyển làm sập đổ, hoà tan và kiềm hoá đất đá.

5- Lún: Biến dạng lún ít xảy ra ở các bờ mỏ, nguyên nhân gây ra lún là sự bão hòa nước của đất rời có độ rỗng lớn như đất hoang thổ; sự nén chặt của các bãi thải đất rời khi tăng độ ẩm; ở nền bờ mỏ có tồn tại các lớp sét dẻo.

Bề mặt bãi thải thường bị lún xẹp xuống do ẩm ướt khi mưa, tự nén chặt do trọng lượng của khối đá hoặc do ảnh hưởng tải trọng của các thiết bị vận tải hoạt động trên bề mặt bãi thải.

Trong 5 loại dịch chuyển, biến dạng nêu trên thì dạng trượt và sập là nguy hiểm hơn cả. Hai dạng tác này tác động lớn đến quá trình khai thác mỏ, đe dọa an toàn sản xuất, ảnh hưởng nghiêm trọng về kinh tế và kỹ thuật.

5.2.2 Quan hệ giữa các yếu tố gây trượt lở bờ mỏ

Quá trình trượt lở bờ mỏ chịu tác động của hàng loạt các yếu tố, có thể chia thành 2 nhóm yếu tố chính là: nhóm các yếu tố tự nhiên và nhóm các yếu tố công nghệ:

1- Nhóm các yếu tố tự nhiên: bao gồm các yếu tố địa chất thể hiện ở đặc điểm địa tầng, cấu trúc kiến tạo của các loại đá tạo bờ mỏ; các yếu tố cơ học đá bao gồm thành phần khoáng vật, sự phân bố các loại đá, qui luật phân bố của các hệ khe nứt, tính chất bền của đá trong mẫu, trong khối và theo các bề mặt tiếp xúc yếu, qui luật thay đổi độ bền theo thời gian, theo phong hóa. Các yếu tố khí tượng thủy văn thể hiện ở chế độ mưa và qui luật mưa hàng năm, chế độ nước mặt và nước ngầm, động thái của các tầng chứa nước ngầm trong điều kiện tự nhiên và trong điều kiện khai thác.

2- Nhóm các yếu tố công nghệ: bao gồm các thông số hình học mỏ, phương pháp mở mỏ, hệ thống khai thác, trình tự khai thác và cường độ khai thác, phương pháp khoan nổ mìn, các biện pháp tháo khô nước mặt và nước ngầm, các công trình khai thác ngầm.

5.3 Các yếu tố ảnh hưởng đến ổn định bờ mỏ

5.3.1. Ảnh hưởng của các yếu tố địa chất đến độ ổn định bờ mỏ

Những yếu tố địa chất như điều kiện hình thành đá, kiến tạo, phong hóa, sự biến chất... có ảnh hưởng rất lớn tới độ bền vững của đất đá và vì thế mà chúng có ảnh hưởng trực tiếp đến độ ổn định của bờ mỏ lộ thiên.

1. Ảnh hưởng của điều kiện thành tạo

Độ bền của đá xâm nhập phụ thuộc vào điều kiện kết tinh, độ sâu, nhiệt độ, hỗn hợp đá, đặc điểm của trạng thái ứng suất khi tạo đá, mức độ kết tinh (độ lớn của các tinh thể). Độ lớn của các tinh thể càng tăng thì độ bền của đá càng giảm và mức độ bị phong hóa càng tăng.

Nếu đá mác ma đang thời kỳ kết tinh hoặc ở dưới sâu gặp ứng suất tiếp tuyến lớn thì dễ xảy ra sự hình thành các mặt trượt. Sự có mặt của các mặt yếu này gọi là sự phân chia khối đá, tạo nên khả năng hình thành các khối trượt trên bờ mỏ.

Đối với đá trầm tích, tùy theo điều kiện tích tụ trên biển hay trên hồ mà người ta chia thành các loại trầm tích biển hay trầm tích lục địa. Ở các lớp trầm tích dưới đáy biển, sau này nó được phủ lên một lớp mới làm tăng sức nén mọi hướng lên đá. Dưới tác dụng của sức nén, độ chặt của đất đá tăng lên, độ rỗng, độ ẩm giảm xuống.

2. Ảnh hưởng của quá trình kiến tạo

Yếu tố thứ hai ảnh hưởng đến độ bền của đá là quá trình kiến tạo, gây ra các uốn nếp, đứt gãy, tạo ra các kẽ nứt. Dưới ảnh hưởng của ứng suất kiến tạo tiếp tuyến, đá tạo thành các lớp riêng biệt hay nhóm lớp riêng biệt có chiều dày nhỏ tự uốn cong trong nếp uốn. Vì có sự chuyển động giữa các lớp khi uốn nếp nên trong đất đá hình thành các mặt có lực dính kết rất nhỏ và hệ số ma sát giảm xuống đáng kể. Ngoài ra, dưới sự ảnh hưởng của ứng suất tiếp tuyến khi hình thành uốn nếp tạo ra các khe nứt. Các khe nứt cắt khai trường chạy dài liên tục tạo thành các đứt gãy kén tạo và triệt tiêu lực dính kết. Vật liệu sét và nước nhét đầy các khe nứt này làm cho hệ số ma sát giảm xuống rất nhiều so với các hướng khác.

Vì những lí do trên nên cần thiết phải nghiên cứu chi tiết thể nằm của các đứt gãy kiến tạo, các mặt vĩa đá trong các uốn nếp, các khe nứt hình thành dưới ảnh hưởng của quá trình kiến tạo, đặt biệt các mặt yếu đó nằm trong vùng lãng trụ có thể trượt lở. Cần phải xác định góc ma sát trong theo các mặt yếu đó để đảm bảo đầy đủ các điều kiện cơ bản trong tính toán ổn định bờ dốc.

3. Ảnh hưởng của quá trình biến chất

Quá trình biến chất cũng ảnh hưởng rất lớn đến độ bền của đá. Tại độ sâu lớn, đá chịu nhiều áp lực và nhiệt độ cao khi có các dung dịch khí, nước lưu thông

sẽ biến thành đá mới gọi là đá biến chất. Các loại đá sau khi biến chất sẽ trở nên bền hơn và ngược lại có loại đá sau khi biến chất lại trở nên yếu hơn.

4. Ảnh hưởng của sự phong hóa

Đá bị phong hóa sẽ giảm độ bền đáng kể so với loại đá đó khi nằm dưới sâu. Đá nằm trên sườn tầng bị phong hóa sẽ yếu đi không giữ được trạng thái cân bằng ban đầu, rơi xuống và tích tụ tại mặt tầng. Điều này dẫn tới khả năng hình thành sườn tầng có độ dốc thoải. Quá trình phong hóa đá cứng lan từ mặt đất đến các phần sâu hơn thông qua sự phát triển của khe nứt. Khi tăng mức độ nứt nẻ sẽ làm tăng mức độ phong hóa. Khuynh hướng đá bị phong hóa phụ thuộc vào cấu trúc và thành phần khoáng vật. Bền nhất và khó phong hóa nhất là đá chứa thạch anh cấu trúc vi tinh thể và bán tinh thể.

5. Ảnh hưởng của sự trương nở

Sự trương nở thường thấy ở đá sét. Khuynh hướng đá sét bị trương nở cũng là một yếu tố chính ảnh hưởng đến độ ổn định của bờ mỏ. Khi mất tải trọng nén của các lớp trên, các đá trầm tích bị giảm mật độ dẫn đến giảm sức chống trượt của đá. Mức độ trương nở của đá phụ thuộc vào thành phần khoáng vật, độ hạt, thành phần cation, trị số áp lực nén tại điểm nghiên cứu và dòng nước ngầm trong đá.

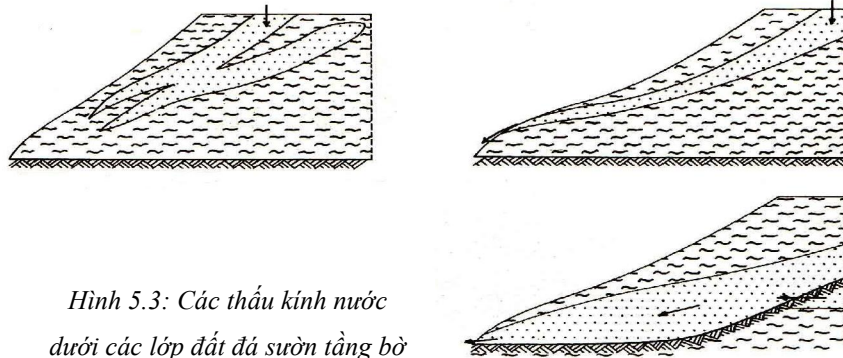
Đặc biệt đá sét kết và cát kết sẽ trương nở mạnh khi ứng suất theo hướng thẳng đứng σ_1 nhỏ hơn 0,5-1,0 Kg/cm². Sự trương nở của đá làm giảm mật độ của nó vì vậy mà làm giảm độ bền của đá và gây ra ảnh hưởng xấu đến độ ổn định bờ mỏ như ở mỏ than Na Dương, Lạng Sơn.

5.3.2. Ảnh hưởng của yếu tố địa chất thủy văn và điều kiện khí hậu

đến độ ổn định của bờ mỏ

1. *Dòng nước ngầm, nước mưa chảy vào làm đá trương nở đá và dẫn tới làm giảm độ bền của đá, gây ra các biến dạng lớn của bờ tại chỗ, đặc biệt là sự biến dạng của các lớp đá sét, argilit, alovrôlit. Khi tính toán độ ổn định lâu dài của bờ dốc có đá*

trầm tích yếu, đá phong hóa và cao lanh cần phải chú ý đến sự giảm độ bền của đá theo thời gian dưới tác dụng của nước ngầm và nước mưa.



Hình 5.3: Các thấu kính nước dưới các lớp đất đá sườn tầng bờ

2. *Mực nước sông và hồ chứa nước, dòng nước trên mặt và dòng nước ngầm ở gần mỏ cũng gây ra những ảnh hưởng lớn đến độ ổn định của bờ khi các nguồn nước đó tạo ra hoặc cung cấp nguồn nước ngầm xung quanh mỏ và hình thành thấu hạ thấp mực nước dọc bờ. Áp lực của dòng nước gây ra hai tác dụng lên mặt trượt là tác dụng của lực đẩy thủy tĩnh và lực đẩy thủy động. Lực đẩy thủy tĩnh làm giảm thành phần pháp tuyến của lực trọng lượng các cột đá tác dụng lên mặt trượt. Đối với bờ dốc gồm đá sét dẻo, áp lực thủy tĩnh không gây ra ảnh hưởng lớn tới độ ổn định bờ mỏ mà chỉ làm trương nở đá. Áp lực dòng nước (thủy động) biểu thị như lực khối, hướng của nó trùng với hướng của dòng chảy. Ảnh hưởng đồng thời của lực đẩy thủy tĩnh và thủy động tổng hợp lại thành tổng hợp lực có hướng song song với phương pháp tuyến của mặt trượt và phân bố theo mặt trượt.*

Áp lực dòng nước ảnh hưởng đặc biệt lớn tới sườn dốc của các tầng cát. Nó làm cho bờ dốc đá chảy phình ra và góc dốc của sườn dốc thoái đi.

5.3.3. Ảnh hưởng của yếu tố địa chất công trình đến độ ổn định bờ mỏ

Độ ổn định của bờ mỏ bị giảm khi đặc tính bền của đá bị giảm, khi tăng mức nước ngầm trong bờ dốc, khi tăng góc dốc hay độ cao của bờ và khi tăng các tải trọng phụ trên bờ dốc. Tính chất bền của đá trong khối và trong mẫu lại phụ thuộc

vào tính chất của kẽ nứt, mức độ (số lượng và chiều dài) kẽ nứt và độ nhám trên các mặt yếu.

Tính chất và mức độ biến chất của đá, thành phần khoáng vật, mức độ phong hóa cũng là những yếu tố chính ảnh hưởng đến các chỉ tiêu bền của đá. Tính chất cơ học của đá là chỉ tiêu cơ bản để đánh giá độ ổn định bờ mỏ.

Mặt khác, vị trí mặt trượt trong bờ dốc phụ thuộc phần lớn vào các mặt yếu (mặt vữa, mặt phân lớp, đứt gãy, khe nứt kéo dài...) có thể nằm dốc đứng, dốc xiên hướng vào khai trường khai thác.

Việc nghiên cứu điều kiện địa chất công trình khu mỏ phải tiến hành thăm dò địa chất công trình bằng các lỗ khoan công trình. Những yếu tố địa chất công trình ảnh hưởng đến độ ổn định bờ mỏ và góc dốc của nó cần phải được nghiên cứu là:

- 1- Thành phần đất đá và tính chất cơ học của đá.
- 2- Thế nằm các đứt gãy kiến tạo.
- 3- Đặc điểm của biến chất đá, mức độ biến chất và giới hạn lan rộng biến chất.
- 4- Thành phần thế nằm của các lớp, vữa đá, thấu kính và các mặt tiếp xúc, các đứt gãy và khe nứt lớn kéo dài (trên 10m).
- 5- Tính chất và mức độ nứt nẻ của đá (số hệ thống kẽ nứt, số lượng kẽ nứt trong một mét dài), sự sắp xếp hệ thống kẽ nứt trong không gian theo đó có thể dự đoán hình dáng và kích thước của các khối đá hình thành.
- 6- Đặc tính bền của đá trong mẫu và trong khối theo từng vùng có thành phần khoáng vật, mức độ biến chất và phong hóa khác nhau.
- 7- Điều kiện địa chất thủy văn của khoáng sản.

Các yếu tố địa chất nói trên được nghiên cứu theo các lỗ khoan thăm dò tùy thuộc vào mức độ phức tạp của thế nằm các vữa đá, tính thay đổi độ bền và sự phân lớp. Phạm vi thăm dò địa chất công trình trên mỏ lộ thiên được giới hạn trên một khoảng cách L, xác định theo biểu thức:

$$L = H \operatorname{ctg} \alpha + b \quad (5.3)$$

Trong đó, H- chiều cao của bờ hay độ sâu khai thác, m; α - góc dốc bờ mở, độ; b- bề rộng lăng trụ có thể trượt lở, m. Bề rộng lăng trụ có thể trượt lở b có thể tính gần đúng theo điều kiện thế nằm của các mặt yếu theo biểu thức:

- Khi thế nằm mặt yếu cắm vào trong bờ

$$b = (0,1-0,2) H$$

- Khi mặt yếu cắm vào không gian khai thác

$$b = (0,25-0,3) H$$

- Khi thế nằm mặt yếu là thoải hay nằm ngang

$$b = (0,3-0,4) H$$

Độ nứt nẻ của đá ảnh hưởng nhiều đến độ ổn định của bờ mở. Mối liên kết của đá theo kẽ nứt bị phá hủy, lực dính theo kẽ nứt không lớn, góc ma sát trong giảm do đó độ ổn định của bờ sẽ thấp. Nghiên cứu kẽ nứt nhằm mục đích:

- Xác định hệ số giảm bền cấu trúc của khối đá.

- Xác định mức độ thấm nước và khả năng lưu thông của nước.

Nội dung của công tác nghiên cứu kẽ nứt (đo vẽ kẽ nứt) cần làm sáng tỏ:

- Sự phân bố trong không gian các hệ kẽ nứt, xác định hệ kẽ nứt chính, hướng của các bề mặt yếu.

- Hình thái của các kẽ nứt và hệ kẽ nứt, nguồn gốc kẽ nứt.

- Xác định mức độ nứt nẻ của đá: chiều dài kẽ nứt, số lượng kẽ nứt trong 1m dài, khoảng cách giữa các kẽ nứt, góc dốc và phương vị của kẽ nứt.

Nghiên cứu kẽ nứt có thể tiến hành theo các tài liệu lõi khoan, bằng phương pháp đo vẽ, phương pháp địa vật lý..., trong đó phương pháp đo vẽ được sử dụng rộng rãi nhất. Từ các kết quả nghiên cứu được, tiến hành tổng hợp và đánh giá theo các nội dung sau đây:

- Phân chia các đới có độ nứt nẻ khác nhau trong cấu tạo bờ mở. Để đánh giá cần sử dụng mô đen khe nứt, là số khe nứt trên 1 mét dài (bảng 5.1)

Bảng 5.1. Đánh giá mức độ nứt nẻ của khối đá

TT	Số khe nứt trên 1 mét dài	Mức độ nứt nẻ
1	5-8 khe nứt	Nứt nẻ mạnh
2	2-4 khe nứt	Nứt nẻ vừa
3	1-2 khe nứt	Nứt nẻ ít

Mức độ thấm nước của khối đá phụ thuộc vào mức độ nứt nẻ cho trong bảng 5.2.

+ Dự đoán các mặt giảm yếu, mặt trượt căn cứ vào vị trí và mức độ liên tục của các hệ khe nứt chủ yếu. Từ đó có thể dự đoán có chế biến dạng xảy ra trong khối đá bờ mỏ.

Bảng 5.2. Mức độ thấm nước của khối đá

TT	Mức độ nứt nẻ của đá	Hệ số thấm nước K (m/ng.đ)	Lượng hấp thụ nước (lít/phút)
1	Không nứt nẻ	<0,01	<0.05
2	Nứt nẻ ít	0,01-10	0,05-5
3	Nứt nẻ vừa	10-30	5-15
4	Nứt nẻ mạnh	30-100	15-50

5.3.4. Ảnh hưởng của công nghệ khai thác đến độ ổn định bờ mỏ

Công nghệ khai thác của mỏ lộ thiên cũng ảnh hưởng đến độ ổn định của bờ mỏ như: phương pháp khoan nổ mìn, chiều cao của bờ và tầng, bề rộng mặt tầng và số lượng tầng trên bờ, độ cong của bờ trên bình đồ, tuổi mỏ, phương pháp khai thác,...

1. Ảnh hưởng của các thông số hình học mỏ đến độ ổn định của bờ mỏ

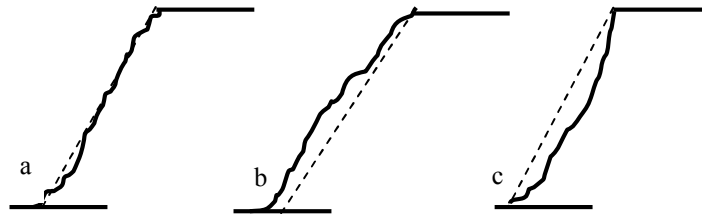
Trong trường hợp chiều cao của bờ mỏ không lớn ($H < H_{gh}$) chiều cao bờ mỏ được xác định bằng giá trị H_{90} và được tính theo biểu thức:

$$H_{90} = H_{90} = \frac{2C}{\gamma} \operatorname{ctg} \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

Trong đó C– lực dính của đất đá (T/m^2); φ – góc ma sát trong (độ); γ - khối lượng riêng của đá T/m^3 .

Khi tăng chiều cao của bờ thì độ ổn định của bờ sẽ giảm, do vậy khi tăng chiều cao của bờ cần phải giảm góc dốc của nó.

Trong thực tế khai thác lộ thiên hình dạng của bờ mỏ có thể là lồi, lõm, phẳng hay tổng hợp các dạng trên. Trong tính toán đa số trường hợp người ta giả thiết rằng mái dốc là phẳng và đường phương là vô hạn.



Hình 5.4: Các dạng địa mạo sườn bờ tầng
a) Sườn thẳng, b) Sườn lồi, c) Sườn lõm

Biến dạng bờ mỏ lộ thiên phụ thuộc vào số tầng, chiều cao tầng, góc nghiêng sườn tầng và chiều rộng của nó. Trong các công trình nghiên cứu của giáo sư Phi-xen-cô đã đề cập tới vấn đề hệ số dự trữ ổn định của các dạng bờ mỏ khác nhau và đi đến kết luận: Khi mép trên và mép dưới của mái dốc trùng với mặt trượt cắt qua chân mái dốc thì hệ số dự trữ ổn định của mái dốc 3 dạng là như nhau. Bờ mỏ dạng lồi có ý nghĩa kinh tế lớn nhất so với dạng phẳng, đặc biệt là dạng lõm.

2. Ảnh hưởng của hệ thống và chế độ khai thác đến độ ổn định của bờ mỏ

Tác động của hệ thống và chế độ khai thác đến độ ổn định của bờ mỏ thể hiện:

- Do chọn hướng phát triển công trình mỏ theo chiều sâu và theo mặt bằng không phù hợp có thể dẫn tới sự phát triển quá trình biến dạng của khối đá (cắt mặt tiếp xúc lớp, phá hủy kiến tạo...).

- Cường độ khai thác xác định các thông số ổn định bờ công tác. Khi diện tích khai thác hẹp, tốc độ khai thác nhanh có thể hạn chế quá trình biến dạng khối đá.

- Sự tồn tại của các mặt tầng tạo điều kiện cho quá trình phong hóa bề mặt và dẫn đến chập tầng, sập tầng.

- Bố trí bãi thải hợp lý (bãi thải trong, bãi thải tạm thời) trong không gian đã khai thác có thể tăng cường khả năng chống lại nội lực gây biến dạng và độ ổn định của bờ được tăng cường.

- Thời gian tồn tại của bờ, phương pháp khai thác, chế độ và hệ thống khai thác cần phải tính đến khi xác định độ bền của đá và hệ số dự trữ ổn định.

3. Ảnh hưởng của hoạt động thiết bị mỏ, vận tải đến độ ổn định bờ mỏ

Vận tải mỏ tạo nên tải trọng động và tĩnh bổ sung lên khối đá bờ mỏ. Vận tải mỏ gây ra rung động làm giảm sức chống trượt của đất đá. Trong thời gian làm việc máy xúc gây nên áp lực lên khối đá và trong những khu vực riêng biệt áp lực động có thể tăng lên một vài lần so với áp lực tĩnh. Vì vậy tải trọng động gây ra trong quá trình xe chạy làm giảm độ bền của đá, còn khi chất tải nếu vượt quá khả năng chịu tải của đá có thể dẫn đến biến dạng tầng và gây trượt lở bờ mỏ.

4. Ảnh hưởng của nổ mìn đến độ ổn định bờ mỏ

Công tác khoan nổ mìn ở mỏ lộ thiên có ảnh hưởng đến độ ổn định bờ mỏ. Quá trình khoan nổ ở những tầng riêng biệt và đôi khi của cả một nhóm tầng trong nhiều trường hợp vi phạm biên giới nổ mìn dự kiến, dẫn tới phát sinh và phát triển quá trình biến dạng: trong khối đá xuất hiện nhiều hệ thống kẽ nứt mới, đặc biệt là sự mở rộng các kẽ nứt nguyên sinh khi các kẽ nứt này hướng vào không gian khai thác và góc nghiêng kẽ nứt nằm trong giới hạn $\alpha > \alpha_k > \varphi'$ (tương ứng là góc nghiêng sườn tầng, góc nghiêng khe nứt và góc ma sát trong theo bề mặt kẽ nứt).

Giữa hướng kẽ nứt, góc nghiêng lỗ khoan và góc nghiêng mái dốc có quan hệ lẫn nhau. Khi góc nghiêng kẽ nứt hướng vào không gian khai thác $\alpha_k < 45^0$ thì góc nghiêng lỗ khoan không ảnh hưởng đến góc nghiêng sườn tầng.

Khi góc nghiêng kẽ nứt cắm vào không gian khai thác dưới một góc từ $46-60^0$ đến $61-70^0$ thì phải sử dụng lỗ khoan xiên với góc nghiêng lỗ khoan đối với trường hợp đầu, $70-80^0$ đối với trường hợp sau. Điều đó cho phép sau khi nổ mìn góc nghiêng của sườn tầng song song với góc nghiêng của khe nứt. Lỗ khoan thẳng đứng được sử dụng trong trường hợp góc nghiêng của kẽ nứt $70-90^0$.

Quan trắc sự biến dạng của sườn tầng sau khi nổ mìn thấy hình thành hai đới: đới phá hủy hoàn toàn bắt đầu từ mép tầng đến 5-6 m đối với lỗ khoan thẳng đứng đường kính 250 mm. Tiếp theo là đới phát triển kẽ nứt kín và độ bền của đá giảm. Chiều rộng của đới này 10-15m với lỗ khoan đứng và 10-12m đối với lỗ khoan xiên.

Ranh giới giữa đới phá hủy và đới chấn động trong mặt cắt thẳng đứng được xây dựng theo kết quả quan trắc tại những lỗ khoan đặc biệt cho thấy sự phá hủy khối đá xảy ra theo hướng mà ở đó xuất hiện ứng suất vượt quá giới hạn bền của đá.

5.3.5. Ảnh hưởng của khai thác hầm lò đến độ ổn định bờ mỏ

Dưới tác động của khai thác hầm lò trong khối đá hình thành hai đới: đới phá hủy và đới biến dạng. Chiều cao đới phá hủy đạt đến 110 m và chiều cao đới biến dạng từ 80 đến 90 m. Độ võng của bề mặt địa hình đạt đến 10-12 m sau khi phá hủy.

Sự phá hủy đá dưới ảnh hưởng của khai thác hầm lò dẫn đến phá hủy toàn bộ khối đá và làm giảm đột ngột lực dính kết theo bề mặt yếu đưa đến hậu quả là góc dốc của bờ mỏ lộ thiên trên khu vực này phải lấy thoải hơn. Hệ số dự trữ ổn định đưa vào tính toán phải chọn lớn hơn 1,5-2 lần so với trường hợp thông thường.

5.4 Lưới quan trắc dịch chuyển bờ mở lộ thiên

Dịch chuyển và biến dạng đất đá bờ mở lộ thiên xảy ra ở nhiều trường hợp có dạng khác nhau, để xác định và phát hiện các vùng trượt lở trên bờ mở cũng như tính chất và cường độ dịch chuyển và biến dạng, cần thiết phải xây dựng các mạng lưới quan trắc trắc địa.

Công tác quan trắc cần phải tiến hành thường xuyên và được chia thực hiện làm hai giai đoạn. Giai đoạn đầu sẽ là thăm dò và phát hiện vùng trượt lở. Giai đoạn sau sẽ tiến hành quan trắc trượt lở và lập phương án khắc phục.

Do khối đất đá mái dốc bờ mở có sự chuyển dịch không ngừng nên đòi hỏi phải tổ chức một chương trình quan trắc đặc biệt. Các mốc lưới quan trắc trên mái dốc bờ mở thường không thể tồn tại lâu dài, mốc ở bờ công tác thì tối đa không quá 3- 5 tháng. Do vậy việc quan trắc phải thực hiện đúng trong khoảng thời gian đó. Hiện nay trên các mỏ đang sử dụng hai dạng quan trắc chính sau:

1. Quan trắc biến dạng thấy được của bờ mở hoặc tầng để xác lập dạng trượt lở, tính chất và sự phát triển của nó theo thời gian và không gian.
2. Quan trắc khu vực biến dạng không thấy được của bờ mở và tầng, nơi sẽ xuất hiện những nguy cơ trượt lở nghiêm trọng gây tổn thất lớn cho mỏ.

Mục đích của dạng quan trắc này là xác định sự chuyển dịch cục bộ và xu thế phát triển của nó để lập phương án xử lý kịp thời. Công tác quan trắc được thực hiện bằng công nghệ địa tin học với kết quả nhận được sẽ dùng để dự báo các khả năng trượt lở. Theo phạm vi công việc, có thể phân biệt hai dạng quan trắc:

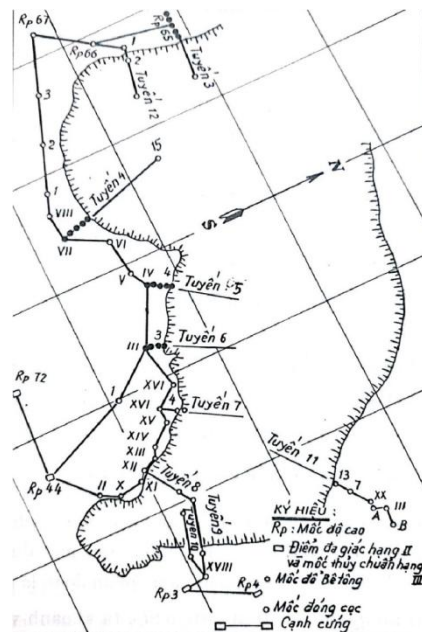
- Quan trắc toàn bộ bờ mở để xác định độ ổn định của bờ;
- Quan trắc trong phạm vi tầng, nơi phát hiện có nguy cơ trượt lở nhằm mục đích xác định độ ổn định của tầng.

5.4.1 Quan trắc toàn bộ bờ mở

Kết quả quan trắc toàn bộ bờ mở cho phép xác lập được tính chất chuyển dịch đất đá bờ mở cụ thể là:

- Dịch chuyển của từng điểm trên khối đất đá bờ theo thời gian và không gian.
- Kích thước của khối đất đá dịch chuyển.
- Các thời kỳ dịch chuyển mạnh hoặc tắt dần dịch chuyển.
- Mức độ nguy hiểm của chuyển dịch đất đá bờ mở đối với công tác khai thác hoặc các công trình trên bề mặt mở.

Để quan trắc dịch chuyển và biến dạng đất đá bờ mở cần thành lập lưới quan trắc và tiến hành quan trắc thường xuyên theo chu kỳ ấn định bằng các thiết bị và công nghệ địa tin học (hình 5.5).



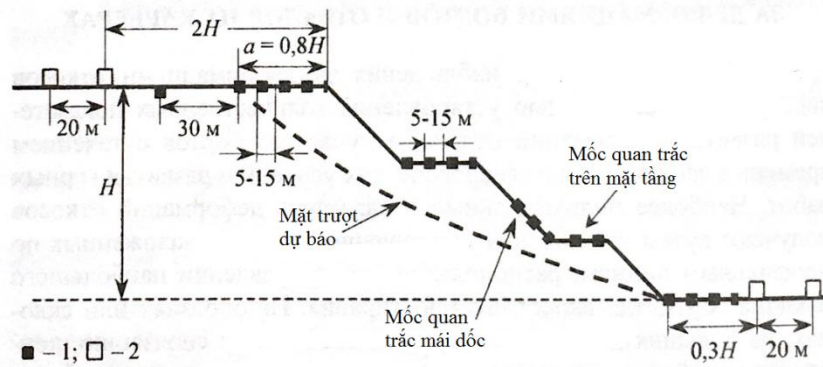
Hình 5.5: Sơ đồ lưới quan trắc trượt lở bờ mở

Lưới quan trắc là hệ thống các mốc bố trí trên sườn dốc bờ mở thành tuyến. Mỗi lưới quan trắc có từ một đến nhiều tuyến quan trắc. Các tuyến quan trắc bố trí vuông góc với đường phương của bờ mở.

Trước khi chôn mốc cần phải có bản thiết kế lưới trên bản vẽ mặt bằng tỷ lệ 1:1000 hoặc 1:2000 và bản thuyết minh phương án thành lập lưới. Trên bản vẽ thiết kế mặt bằng lưới quan trắc cần thể hiện: hiện trạng công tác khai thác tại thời

điểm lập thiết kế lưới quan trắc, kế hoạch phát triển khai thác tiếp theo sau thời điểm lập lưới quan trắc, các công trình chính có trên bờ mỏ, phân bố vị trí các tuyến quan trắc trong bản thiết kế và các mốc quan trắc trên từng tuyến. Cùng với bình đồ lưới quan trắc là các mặt cắt địa chất theo các tuyến. Trên đó biểu hiện đầy đủ các lớp đất đá, các đứt gãy kiến tạo và các bề mặt yếu khác.

Bản thuyết minh phương án thành lập lưới bao hàm những nội dung: khái quát về đặc điểm địa chất- khai thác của khu vực trạm quan trắc. Các tính toán về thành lập trạm như: số lượng các mốc, chiều dài tuyến, khoảng cách giữa các mốc. Phương pháp quan trắc, chu kỳ quan trắc, thời gian quan trắc, máy móc và thiết bị quan trắc. Cấu tạo các loại mốc (mốc không chế đầu tuyến, mốc quan trắc); đo nối tới các mốc không chế mặt bằng và độ cao trong mạng lưới nhà nước hoặc mạng không chế cơ sở của mỏ và các dự toán cần thiết khác.



Hình 5.6 : Sơ đồ lưới tuyến mốc quan trắc bờ mỏ

1- Mốc quan trắc; 2- Mốc cố định đầu tuyến

Tuyến quan trắc cần thiết lập tại những vị trí có điều kiện địa chất khai thác khác nhau vì phải tính đến từng yếu tố ảnh hưởng khác nhau đến độ ổn định bờ mỏ. Trước hết các tuyến quan trắc cần đặt ở những chỗ có khả năng trượt lở có thể xảy ra, nơi độ ổn định bờ mỏ dự báo là yếu nhất hoặc ở những chỗ có các yếu tố tác động làm suy giảm độ ổn định bờ mỏ (góc dốc sườn tầng quá lớn, độ sâu vượt

quá mức cho phép, bờ tầng có các lớp đất đá bị cắt xén, đứt gãy kiến tạo ngập nước...). Ít nhất một đầu của tuyến quan trắc phải nằm ở ngoài vùng bị dịch chuyển. Chiều dài tuyến phụ thuộc vào độ sâu và kích thước của mỏ.

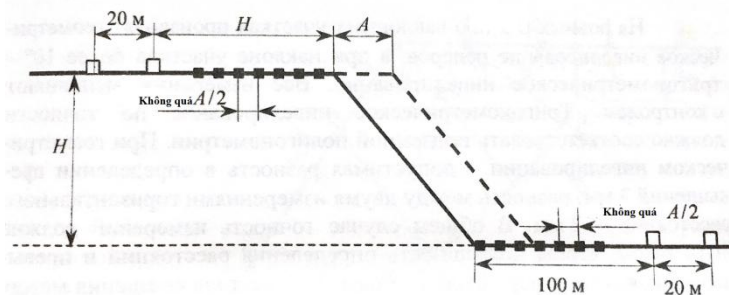
Trong trường hợp độ sâu của mỏ lớn, tuyến quan trắc có thể chạy suốt qua mỏ hoặc bố trí cho từng bờ độc lập nhau. Mỗi tuyến quan trắc cần có mốc cố định khống chế hai đầu tuyến và mốc quan trắc. Ở mỗi đầu tuyến phải có ít nhất hai mốc cố định khống chế đầu tuyến (hình 5.6).

Khoảng cách giữa các mốc quan trắc phụ thuộc vào chiều sâu mỏ và các thông số của tầng. Tại mỗi một tầng cần bố trí ít nhất là hai mốc, một mốc ở gần mép tầng, mốc kia trên mặt tầng để việc đo đạc được thuận lợi và an toàn. Khoảng cách giữa các mốc quan trắc được chọn theo chiều sâu mỏ (bảng 5.3).

Bảng 5.3 Khoảng cách giữa các mốc quan trắc

TT	Chiều sâu mỏ (m)	Khoảng cách giữa các mốc (m)
1	≤ 100	5-10
2	100-200	10-20
3	≥ 200	20-50

Các mốc khống chế đầu tuyến được chọn cùng với việc bố trí các mốc quan trắc trong tuyến, sau này các mốc này được liên kết (đo nối) với các mốc của mạng lưới khống chế cơ sở của mỏ.



Hình 5.7: Sơ đồ bố trí tuyến mốc quan trắc bãi thải

Trên cơ sở phương án thiết kế lưới quan trắc sẽ tiến hành bố trí ra thực địa bằng các phương pháp trắc địa. Cấu trúc mốc và việc chôn mốc cần đơn giản nhưng đảm bảo độ liên kết vững chắc và thời gian tồn tại cần thiết của từng loại mốc để đáp ứng thời hạn kế hoạch quan trắc và thuận lợi trong đo đạc. Cấu trúc của mốc tùy thuộc vào điều kiện thực tế tại chỗ, vật liệu hiện có và thời gian tồn tại cần cho quan trắc.

Sau khi chôn mốc cần thiết lập bản vẽ chi tiết vị trí các mốc khống chế đầu tuyến, tương quan liên hệ với địa vật cố định và các mốc khống chế cơ sở thuộc mạng lưới của mỏ dùng để đo nối và khởi tính sau này.

Việc quan trắc được bắt đầu bằng công tác đo nối với các điểm của mạng lưới khống chế cơ sở mỏ và sau đó là quan trắc các điểm trong tuyến để xác định các đại lượng dịch chuyển và biến dạng tương tự như lưới quan trắc dịch động mỏ hàm lò. Sau khi chôn mốc ở các tuyến xong, khoảng 4-5 ngày khi mốc đã ổn định sẽ tiến hành quan trắc lần đầu tiên. Sau đó theo chu kỳ ấn định, tùy thuộc vào tính chất và yêu cầu đặt ra sẽ lần lượt tiến hành các đợt quan trắc tiếp theo. Căn cứ vào số liệu quan trắc và tính toán, tài liệu địa chất, khai thác để lập bộ hồ sơ sau:

a) Bình đồ trạm quan trắc tỉ lệ: $1:500 \div 1:2000$ trên đó biểu hiện các tuyến quan trắc và tất cả các mốc trên các tuyến. Biến động bờ mỏ và trạng thái địa hình bề mặt mỏ.

b) Mặt cắt đứng lập theo các tuyến quan trắc tỷ lệ đứng và ngang $1:1000$ trên đó biểu hiện đường biên bờ mỏ ở thời điểm quan trắc lần đầu sau khi lập lưới và ở thời điểm của chu kỳ quan trắc.

c) Biểu đồ vectơ dịch chuyển các mốc trong tuyến tỷ lệ $1:1, 1:5, 1:10, 1:20$ trong mặt phẳng đứng.

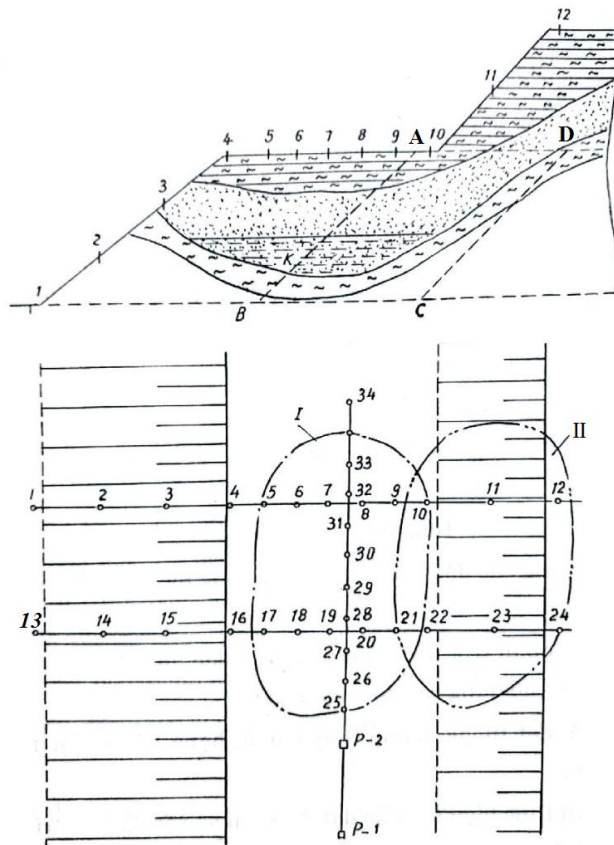
d) Biểu đồ tốc độ dịch chuyển các mốc theo hướng của các vectơ.

Sau khi xử lý kết quả quan trắc và tập hợp tất cả tài liệu địa chất- khai thác cần thiết sẽ tiến hành lập báo cáo nghiên cứu trượt lở.

5.4.2. Quan trắc sườn dốc của các tầng công tác

Quan trắc theo sườn dốc các tầng công tác được tiến hành bằng các tuyến quan trắc đặc biệt gồm các mốc quan trắc chôn trên một đường thẳng theo hướng có độ dốc trượt lở lớn nhất hoặc theo hướng phán đoán là có trượt lở.

Trước khi lập lưới quan trắc, trên các tầng cần tiến hành khoanh vùng dự đoán có trượt lở căn cứ vào tài liệu khoan và khảo sát địa chất.



Hình 5.8: Lưới quan trắc các bờ tầng công tác

Trên hình 5.8, vùng dự đoán có trượt lở được ký hiệu là I, II. Theo tiến trình khai thác, đến một thời điểm nào đó máy xúc sẽ tiến đến vị trí AB. Khi máy xúc làm việc ở mặt tầng sẽ tạo ra một tải trọng phụ ở phần trên mái dốc làm xuất hiện

sự phân bố lại nội lực dẫn đến kết quả mái dốc sẽ trượt theo mặt trượt tự nhiên giữa các lớp đá (lớp bùn cao lanh). Ranh giới trượt lở ở phía trên mái dốc được xác lập giữa hai điểm AD, là nơi bắt đầu mặt trượt tự nhiên nguy hiểm. Ranh giới trượt lở ở phía dưới mái dốc nằm giữa các điểm B và D là nơi kết thúc của mặt trượt tự nhiên.

Từ điểm 4 đến điểm A tải trọng của tất cả các lớp đá của tầng tựa vào lớp cao lanh. Trong khoảng này góc dốc của lớp cao lanh rất thuận lợi nên không có hiện tượng chuyển dịch của khối đá nằm trên nó nên không có hiện tượng phân bố lại nội lực. Khi có thêm tác động ngoại lực là trọng lượng của máy xúc nén xuống lớp cao lanh sẽ làm nước trong lớp này trào ra tại điểm 3. Khi đó khối 3-4-A-K bắt đầu chuyển dịch với độ lún không lớn, không tạo ra nứt nẻ và không quan sát thấy bằng mắt thường. Chuyển dịch này chỉ quan trắc được bằng máy và là dấu hiệu cảnh báo trượt lở sắp xảy ra. Qua kết quả quan trắc có thể phân tích và nhận biết được tính chất trượt, dự báo vị trí mặt trượt và ước tính phạm vi khối trượt.

Tổ chức công tác quan trắc thực hiện như sau:

1- Trên thực địa cắm ranh giới phạm vi vùng trượt lở (đường viền nét đứt I và II). Độ chính xác cắm ranh giới không lớn hơn $0.2 \div 0.3m$.

2- Trong vùng dự báo trượt lở lập các tuyến lưới quan trắc, số lượng tuyến tùy thuộc vào kích thước của vùng trượt lở; phải đảm bảo tối thiểu là 3, trong đó hai tuyến vuông góc với phương của tầng (1-12 và 13-24) và một tuyến dọc theo phương của tầng (25-34). Khoảng cách giữa các tuyến quan trắc không lớn hơn một nửa bề rộng mặt tầng (từ mốc 4 - 10 hoặc 16 - 22). Các mốc quan trắc đóng bằng cọc gỗ hoặc cọc sắt có chiều dài không quá 30-40cm. Các mốc không ché đầu tuyến P-1 và P-2 cũng đóng như vậy nhưng phải nằm ngoài ranh giới trượt lở và được đóng chắc chắn hơn.

3- Tiến hành quan trắc đợt chuẩn và đo nối tới mạng lưới khống chế trắc địa của mỏ. Đo nối cần đạt độ chính xác của đường chuyền đa giác 1:15.000 và thủy chuẩn hạng III. Chương trình quan trắc trên từng tuyến gồm các bước:

- Đo độ cao tất cả các mốc, bắt đầu từ mốc khống chế đầu tuyến;
- Đo khoảng cách giữa các mốc bằng thiết bị đo dài điện tử;
- Đo khoảng lệch tuyến của từng mốc quan trắc;
- Đo vẽ chi tiết những điểm đặc trưng trên tầng công tác, các đóng đất đá, các kẽ nứt, ...

Độ cao lưới quan trắc được xác định bằng cao đạc hình học, các mốc ở mặt sườn dốc tầng có thể dùng cao đạc lượng giác. Độ chính xác phải đạt tương đương thủy chuẩn hạng IV, tiến hành hai lần (đo đi và đo về)

Khoảng thời gian giữa các chu kỳ quan trắc ấn định tùy thuộc vào đại lượng và tính chất chuyển dịch, tiến độ khai thác, thời gian giữa các chu kỳ quan trắc trượt lở tầng công tác có thể từ 3-4 giờ đến 1-2 ngày. Yêu cầu sai số xác định vị trí mốc cuối cùng không vượt quá 5-10% giá trị vectơ dịch chuyển giữa hai chu kỳ quan trắc.

Công việc quan trắc phải thỏa mãn các yêu cầu về độ chính xác sau đây:

1. Trong đo cao hình học, hiệu các chênh cao của hai lần đo $< 5\text{mm}$.
2. Khi đo khoảng cách giữa các mốc, hiệu giữa hai trị đo và hai trị tính không vượt quá 2mm
3. Trong đo cao lượng giác, hiệu giữa hai trị đo độc lập của cùng một chênh cao và khoảng cách nằm ngang $< 5-8\text{mm}$

Khi có kết quả đo các khoảng cách nằm ngang và các độ chênh cao cần lập bảng thống kê độ cao tuyệt đối, độ cao tương đối và các khoảng cách giữa các của từng tuyến ở từng chu kỳ quan trắc.

Trên cơ sở kết quả quan trắc cần tính các đại lượng thể hiện tính chất của quá trình dịch chuyển đất đá trên bờ tầng và lập các biểu đồ sau:

1. Biểu đồ thống kê tốc độ dịch chuyển các điểm mốc

Tốc độ dịch chuyển được tính bằng tỷ số giữa đại lượng dịch chuyển tuyệt đối với thời gian giữa hai chu kỳ đo. Cần xây dựng song trùng các biểu đồ tốc độ dịch chuyển của các điểm mốc với biểu đồ vectơ dịch chuyển để nhận được đầy đủ các thông tin nhằm xác lập tiến trình trượt lở theo thời gian và sự phát triển của nó theo không gian, giúp dự báo được hướng phát triển nguy hiểm của trượt lở và có cơ sở đề xuất được các biện pháp tối ưu để hạn chế hoặc loại trừ.

2. Biểu đồ vectơ dịch chuyển các điểm mốc quan trắc tỷ lệ 1:50 hoặc 1:100

Biểu đồ này được lập cho các tuyến quan trắc vuông góc với phương của tầng (tuyến 1-12 và 13-24)

3. Mặt cắt địa chất của tầng theo các tuyến có tỷ lệ ngang và đứng như nhau

4. Bản vẽ mặt bằng trạm quan trắc

5.5. Một số công nghệ mới trong giám sát độ ổn định bờ mỏ

5.5.1 Giám sát độ ổn định bờ mỏ bằng thiết bị UAV

Với thao tác đơn giản, thiết bị gọn nhẹ, UAV có thể bay chụp với bất kỳ thời gian và chu kỳ nào, khu vực nào và nhanh chóng xác định các vùng nguy cơ tiềm ẩn sạt lở, cảnh báo sớm cho các bộ phận quản lý và kỹ thuật, kịp thời tìm kiếm các giải pháp điều khiển ổn định nhằm ngăn ngừa và giảm thiểu các tai biến môi trường do nguyên nhân sạt lở.

Bảng 5.4. Các thiết bị UAV sử dụng trong lĩnh vực trắc địa-bản đồ

Các UAV mới nhất dùng trong trắc địa-bản đồ				
UAV	MD4-1000	Pteryx	UX5	X100

Nhiều kết quả nghiên cứu (Võ Chí Mỹ, R.Dudek, Stolarski W., 2014) đã khẳng định độ chính xác cao của các loại bản đồ mở lộ thiên đo vẽ bằng UAV, hoàn toàn đáp ứng cho công tác quản lý, điều hành sản xuất mỏ.

5.5.1.1. Thành phần của hệ thống UAV

Thiết bị bay chụp UAV gồm một số thành phần chính sau:

1. Thiết bị bay (vật mang):

Hệ thống bay không người lái là thành phần quan trọng nhất, với nhiệm vụ mang theo bộ phận chụp ảnh, bộ phận định vị cho máy bay thực hiện bay chụp. Thiết bị bay được trang bị một số cảm biến: tốc độ gió, độ cao, cân bằng, bộ thu phát tín hiệu, pin



Hình 5.9: Máy bay UAV Phantom

2. Thiết bị dẫn đường GNSS:

Hệ thống định vị vệ tinh GNSS là hệ thống xác định vị trí bằng cách đo khoảng cách tới các vệ tinh và không chỉ tạo ra khả năng mới cho việc dẫn đường bay, mà còn cho cả việc xác định tọa độ không gian X_S , Y_S của tâm chụp. Muốn xác định được yếu tố giúp định hướng ảnh tại thời điểm chụp ảnh, thì cần sử dụng thiết bị định vị quán tính (IMU). Khi kết hợp GNSS và IMU vào chụp ảnh hàng không thì có thể tính toán được tọa độ tâm ảnh và yếu tố định hướng ngoài của tấm ảnh tại thời điểm chụp ảnh.

3. Thiết bị chụp ảnh:

Các máy ảnh kỹ thuật số thường có kích thước nhỏ gọn, có khả năng lấy nét tự động, sai số méo hình kính vật nhỏ, độ ổn định cao và được thiết kế đồng bộ với các hệ thống GPS/IMU cùng với các phần mềm xử lý số liệu tâm chụp một cách chuyên dụng. Một số máy ảnh hiện nay cho phép chụp ảnh độ phân giải 4K.



Hình 5.10: Máy ảnh kỹ thuật số

Các loại máy ảnh phải đáp ứng được những tính năng cơ bản như:

- + Quang sai máy chụp ảnh phải nhỏ;
- + Độ phân giải ống kính phải cao và độ nét của ảnh phải được đảm bảo trong toàn bộ trường ảnh;
- + Các yếu tố định hướng trong phải được xác định chính xác, (ví dụ: chiều dài tiêu cự, tọa độ điểm chính ảnh...);
- + Trục quang của ống kính phải vuông góc với mặt phẳng phim;
- + Hệ thống chống nhòe phải đủ khả năng loại trừ ảnh hưởng của chuyển động tương đối giữa vật mang và Trái đất.

4. Thiết bị điều khiển mặt đất:



Hình 5.11: Thiết bị điều khiển mặt đất của Phantom

Máy bay không người lái được điều khiển mặt đất bằng các thiết bị điều khiển mặt đất. Thiết bị điều khiển mặt đất kết nối, điều khiển máy bay bằng sóng radio (đối với các loại UAV tầm gần) hoặc qua các vệ tinh trung gian (đối với các loại UAV tầm xa).

5. Hệ thống trạm xử lý ảnh tạo mô hình số mặt đất:

Trạm xử lý ảnh gồm máy tính trạm, có cấu hình mạnh để xử lý ảnh bay chụp bằng một số phần mềm chuyên dụng như: Agisoft PhotoScan (Nga), Pix4D Mapper (Thụy Sĩ), Trimble Business Center Photogrametry và Inpho UASMaster (Mỹ), Contect Capture (Bentley), Photomesh (Skyline). Đặc điểm của các phần mềm này là có khả năng xử lý ảnh chụp với độ phủ 70 – 90%, sau khi ghép các ảnh thành một mô hình sẽ tạo ra mô hình đám mây điểm (Point Cloud), mô hình số bề mặt (DSM), mô hình số độ cao (DEM), ảnh trực giao (Orthomosaic)

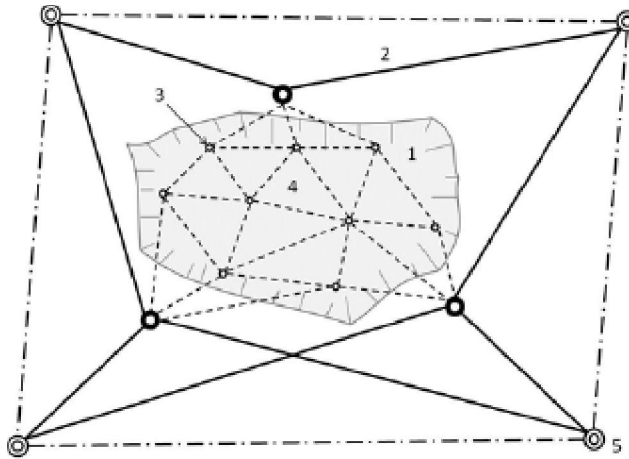
5.5.1.2. Nguyên lý giám sát độ ổn định bờ mỏ bằng UAV

Để quan trắc dịch chuyển biến dạng bề mặt mỏ do ảnh hưởng khai thác cần phải đo chụp bề mặt địa hình ở nhiều thời điểm khác nhau và so sánh kết quả giữa các chu kỳ đo với nhau hoặc các phương pháp đo khác nhau để giải quyết các nhiệm vụ:

1. Xác định địa điểm và phạm vi khu vực xảy ra biến dạng;
2. Xác định đặc điểm, tính chất, quy luật biến dạng;
3. Nghiên cứu nguyên nhân biến dạng và giải pháp khắc phục.

Với phương pháp quan trắc dịch chuyển biến dạng sử dụng công nghệ UAV nói chung, bề mặt địa hình khu vực khai thác mỏ có thể xác định trên mô hình bề mặt 3D. Có hai trường hợp phải quan trắc dịch chuyển đất đá do khai thác mỏ:

- quan trắc hiện trạng và theo dõi quá trình phát triển của các hiện tượng dịch chuyển đã xuất hiện;
- quan trắc các khu vực dự báo có tiềm ẩn xảy ra dịch chuyển.



Hình 5.12: Mạng lưới không chế phục vụ quan trắc (PELZER, 1982);

1- khu vực cần quan trắc, 2- điểm đo tuyệt đối, 3- điểm quan trắc đối tượng, 4- điểm đo tương đối, 5- điểm không chế.

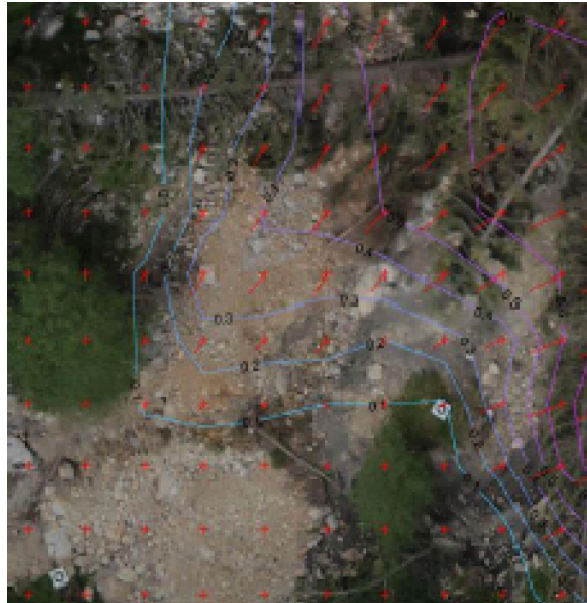
Khi quan trắc bằng công nghệ UAV đòi hỏi phải xây dựng một hệ thống mạng lưới các điểm khống chế cơ sở và các điểm quan trắc đánh dấu nhận biết trên ảnh bay chụp (hình 5.12). Các điểm này là cơ sở chỉ thị các đại lượng dịch chuyển biến dạng bờ mờ theo không gian và thời gian. Tập hợp các vector lưới điểm dịch chuyển được xác định bằng kỹ thuật số ảnh trực giao với đường vạch đánh dấu độ lớn của vector (hình 5.13).

Độ chính xác dữ liệu quan trắc được tạo ra dựa trên các điểm khống chế mặt đất và thông qua so sánh các phép đo kiểm soát với các phương pháp đo đạc kiểm tra độc lập khác và dữ liệu được tạo ra bằng quang phổ.

Công tác thành lập các bản đồ 3D bề mặt theo các chu kỳ phục vụ quan trắc biến dạng bề mặt mô thực tế đòi hỏi không chỉ thành lập mô hình số bề mặt mà còn cần phải thành lập mô hình số độ cao. Bề mặt địa hình quan trắc biến dạng mờ cần phải xây dựng bản đồ 3D và thực hiện theo quy trình công nghệ bay chụp mỗi chu kỳ (hình 5.14). Từ mỗi mô hình bề mặt được thành lập, sử dụng các gói phần mềm chuyên ngành để phân tích và xác định giá trị, mức độ cũng như phạm vi dịch chuyển. Về cơ bản để xác định dịch chuyển biến dạng bề mặt cần tối thiểu 2 chu

kỳ bay chụp. Dựa vào đám mây điểm đo được thành lập ở chu kỳ đầu tiên, chu kỳ thứ 2 được chồng ghép để nhận ra mô hình kỳ trước và phân tích các thay đổi hình học ở chu kỳ thứ hai.

5.5.1.3. Quy trình giám sát độ ổn định bờ mỏ bằng công nghệ UAV



Hình 5.13: Tập hợp các vector lưới điểm dịch chuyển

Trong một chu kỳ bay chụp cần thực hiện các bước sau:

1. Thiết kế tuyến bay chụp

Sau khi khai báo các tham số như: hệ tọa độ, máy ảnh, độ cao bay, thời gian tối đa cho 1 chuyến bay, độ phủ dọc ngang, hướng bay và vị trí cất hạ cánh..., phần mềm thiết kế tuyến bay sẽ tự động tính toán tổng số các chuyến phải bay, số lượng ảnh chụp và bản vẽ thiết kế chi tiết các đường bay. Ngoài ra phần mềm còn tạo ra file dạng (.txt) ghi lại các thông số về đường bay và file tham số định hướng ngoài cho mỗi khu chụp có dạng (*_eo_wgs84.txt). File này chứa dữ liệu như sau: tên ảnh, tọa độ x, y, z, góc omega, phi và kappa.

2. Thiết kế độ cao bay chụp cho UAV [2]

Mối quan hệ giữa độ cao bay chụp và độ phân giải điểm ảnh được thể hiện trong công thức dưới đây:

$$H_{BC} = \frac{L_{im} \cdot GSD \cdot f_k}{L_{SS} \cdot 100} \quad (m) \quad (5.4)$$

Trong đó: H_{BC} - độ cao bay chụp của UAV, m;

L_{im} (image Length)- độ dài của ảnh chụp, pixel;

GSD (Ground Sample Distance)- độ phân giải mặt đất, cm;

f_k - tiêu cự của máy chụp ảnh, mm;

L_{SS} (Sensor Length)- chiều dài của cảm biến thu nhận ảnh của máy ảnh, mm.

3. Tính tổng số đường bay của UAV [2]

Tổng số đường bay của UAV phụ thuộc vào độ phủ ngang giữa hai dải bay kề nhau và được tính theo công thức:

$$n = \frac{W_{Pr}}{m_a \cdot W_{SS} \cdot (100 - q\%)} \cdot 100 \quad (5.5)$$

Trong đó: n - số dải bay; W_{Pr} - độ rộng khu vực bay chụp, đơn vị m; m_a - mẫu số tỷ lệ ảnh; W_{SS} - chiều rộng của Sensor, đơn vị m; $q\%$ - độ phủ ngang.

4. Tốc độ chụp ảnh

Công thức tính tốc độ chụp ảnh:

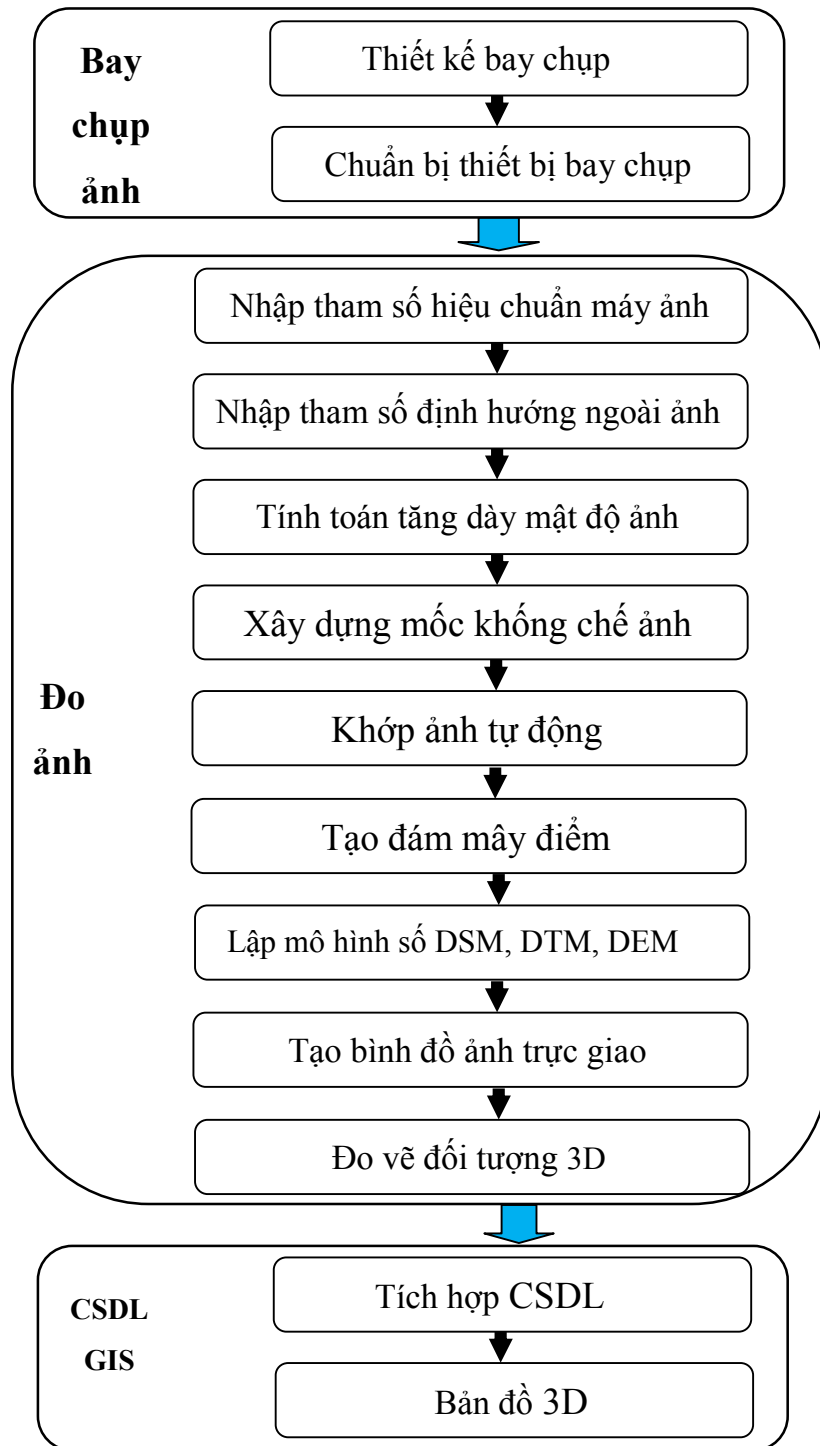
$$V_{Chup} = \frac{L_{im}(\text{hoặc } W_{im}) \cdot GSD}{100} \cdot \frac{100 - p\%}{100} \cdot \frac{1}{v} \quad (s/\text{ảnh}) \quad (5.6)$$

Trong đó:

L_{im} , W_{im} - chiều dài, chiều rộng của ảnh, pixel;

v - tốc độ bay của UAV.

Vì chiều cao và chiều rộng của cảm biến thu nhận ảnh trên máy ảnh là khác nhau, do vậy tốc độ chụp ảnh phụ thuộc vào việc máy ảnh đặt song song hay vuông góc với hướng bay, do vậy L_{im} hay W_{im} sẽ được chọn.



Hình 5.14. Quy trình công nghệ thành lập bản đồ 3D từ ảnh chụp của thiết bị UAV

5. Thông số máy ảnh

- + Kích thước Sensor;
- + Số pixel ảnh;

- + Số điểm ảnh;
- + Kích thước pixel ảnh;
- + Tiêu cự chụp ảnh;

6. Thiết kế tuyến bay phục vụ thành lập bình đồ ảnh và mô hình số

Dựa vào công thức (5.4), công thức (5.5) và các thông số của máy ảnh, để tính các thông số kỹ thuật của ca bay đúng với các giá trị trên phần mềm thiết kế và điều khiển bay chụp, bao gồm: độ cao bay chụp (So với vị trí đứng trạm điều khiển); độ phủ ảnh; độ phân giải mặt đất (GSD); tổng số ảnh chụp; chất lượng hình ảnh (có độ nét cao, màu sắc trung thực, khả năng nhận dạng rất tốt).

7. Thiết kế tuyến bay phục vụ thành lập bản đồ 3D

Việc lập bản đồ 3D ngoài nền DEM thì các yếu tố địa vật 3D là vô cùng quan trọng, trong công tác thành lập bản đồ 3D từ dữ liệu UAV thì việc chụp ảnh để xây dựng DEM thì các yếu tố bề mặt được chụp theo một quy trình khác, do đó việc thiết kế tuyến bay cũng như các tham số cho camera về góc nghiêng, mật độ ảnh, phương chụp,... là rất cần thiết.

Bảng 5.5: Các tham số thiết kế bay chụp ảnh UAV phục vụ thành lập mô hình 3D

Loại UAV	Ngày chụp	Thời gian cất cánh	Vị trí cất cánh	Độ cao bay
Inspire 1	15/4/2017	13h23	21.165659° / 105.381867°	60 m
Kiểu đường bay	Phạm vi ca bay	Độ phủ của ảnh	Góc nghiêng của máy ảnh	Thời gian bay
Hai tuyến vuông góc	284x162m	80%-75%	60°	14 phút 8 giây

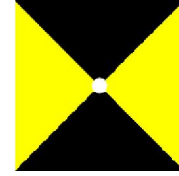
8. Xây dựng mốc khống chế ảnh:

Dựa vào sơ đồ thiết kế vị trí tâm ảnh và các điểm khống chế khu vực, tiến hành khảo sát chọn điểm, làm dấu mốc trên thực địa. Các mốc khống chế ảnh được

thiết kế theo hình dạng chữ thập (+), hoặc dạng chữ L với chất liệu bằng sơn hoặc bằng các giấy bìa cứng. Màu sắc cần lựa chọn để có độ tương phản đối ngược với màu nền xung quanh, ví dụ nếu mốc trên nền đường nhựa có thể sử dụng sơn màu trắng. Kích thước của cánh tiêu mốc thông thường có giá trị gấp 3 đến 4 lần kích thước pixel GSD (độ phân giải mặt đất). Công tác làm dấu mốc phải thực hiện trước khi bay chụp ảnh trong khoảng thời gian 1 ngày. Sau đó, tiến hành đo tọa độ mặt phẳng và độ cao của các điểm khống chế ảnh bằng thiết bị đo đạc có độ chính xác cao như GPS RTK, máy toàn đạc điện tử. Các điểm khống chế ảnh được bố trí rải đều trong khu chụp theo nguyên tắc cứ 4 đáy ảnh dọc theo mỗi tuyến bay có 1 điểm và tại vị trí giữa ở đầu – cuối của mỗi tuyến phải có 1 điểm. Việc đo đạc ngoại nghiệp có thể tiến hành đồng thời trong thời gian bay chụp ảnh.

Số lượng điểm và phương án bố trí điểm khống chế ngoại nghiệp phụ thuộc vào độ chính xác cần đạt của điểm khống chế để phục vụ cho nhiệm vụ đo vẽ cụ thể. Ngày nay với sự phát triển mới của phương pháp tam giác ảnh cho phép nâng cao độ chính xác và hiệu quả của công tác tăng dày. Vì vậy số điểm khống chế ngoại nghiệp được giảm đi rất nhiều, các phương án bố trí điểm cũng rất linh hoạt.

Việc lựa chọn điểm khống chế, đo lưới được thực hiện bằng phương pháp đo tĩnh và được đo bằng máy thu GPS. Số lượng điểm khống chế ảnh gồm điểm gốc tọa độ nhà nước VN2000, một số điểm khống chế ảnh sẽ được sử dụng cho công tác tính toán, còn lại được dùng để kiểm tra.



*Tiêu đo khống chế với
kích thước 50x50 cm*

Hình 5.15: Bố trí điểm khống chế mặt đất (a) và tiêu đo khống chế (b)

9. Bay chụp ảnh:

Trước khi bay chụp tại thực địa, cần phải tiến hành kiểm tra không gian bao quanh vị trí được lựa chọn phục vụ cho cất, hạ cánh an toàn, bao gồm: xác định khả năng thông thoáng để thu tín hiệu GPS được tốt nhất, ước lượng gần đúng chiều cao một số đối tượng cao nhất trong khu chụp (nhà cao tầng, cây, cột ăng ten, đường dây điện...) và đặc biệt lưu ý đến vị trí của các trạm thu phát sóng (truyền hình, điện thoại di động, ra đa...) xuất hiện trong khu chụp, vì có thể gây ảnh hưởng nhiều đến bộ điều khiển của thiết bị bay không người lái

Một ca bay chụp bằng thiết bị bay UAV được thực hiện theo các bước sau:

- + Sạc pin cho các thiết;
- + Kiểm tra thẻ SD và dung lượng bộ nhớ SD;
- + Chuẩn bị bay;
- + Quá trình bay;
- + Sau khi hạ cánh.

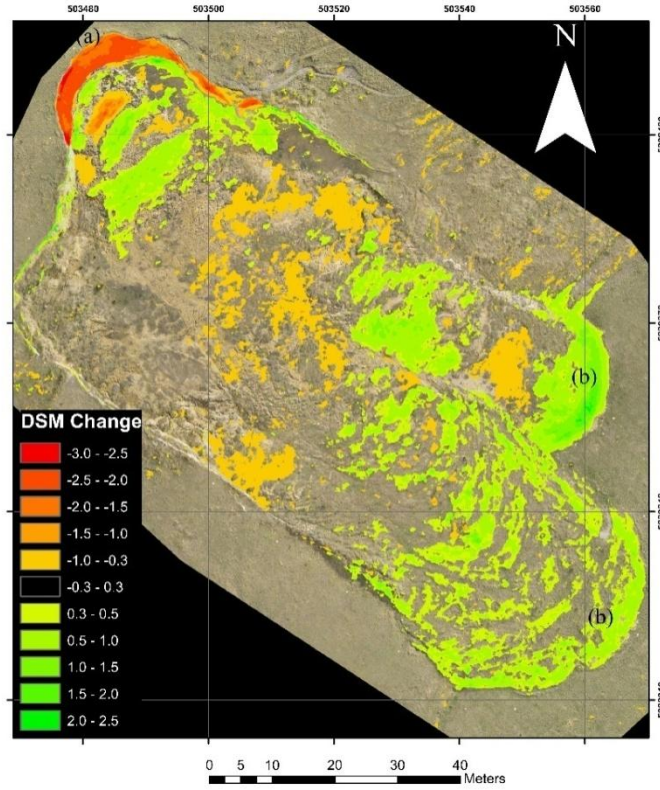
5.5.1.4. Xử lý số liệu đo và xác định biến dạng bờ mở

Để đánh giá chuyển dịch bề mặt đất đá, cần phải so sánh các phép đo hình ảnh kế tiếp. Có thể tận dụng lợi thế của đám mây điểm được tính toán trong điều chỉnh gia tăng. Các điểm 3D thuộc đám mây điểm có nhiều lớp đối tượng mô tả, số chính xác tùy thuộc vào số lượng điểm ảnh được nhìn thấy. Để tính toán độ dịch

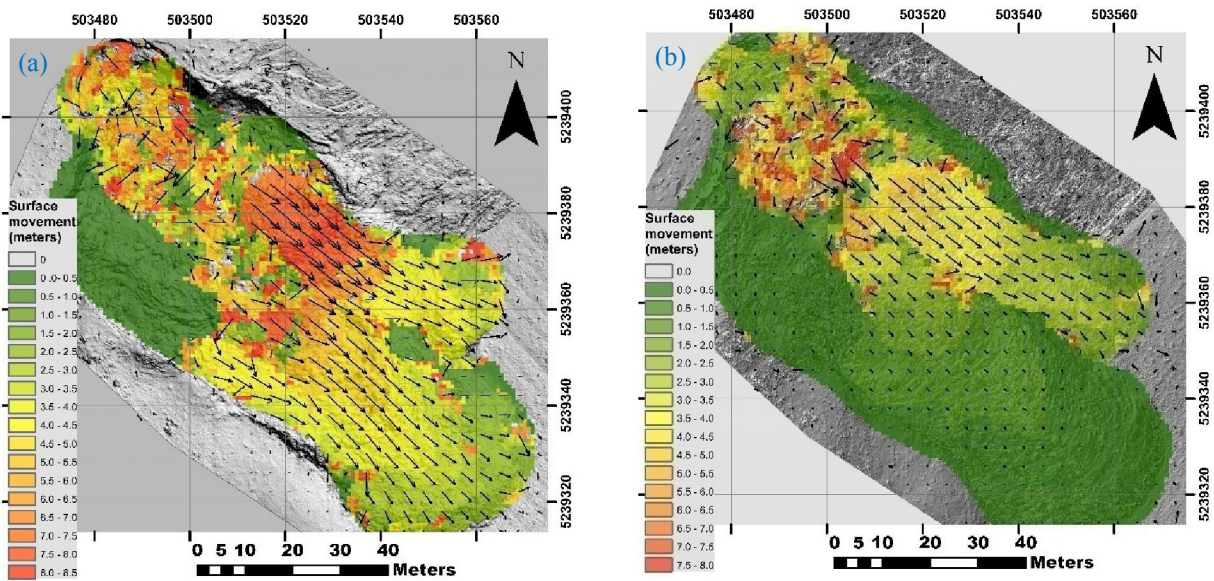
chuyển 3D giữa phép đo ảnh số lần thứ nhất và thứ hai, cần sử dụng các bước sau: lấy giá trị lần đo thứ nhất và thứ hai phép đo quang phổ đo các điểm đám mây và thực hiện điểm kế tiếp bằng điểm kết hợp. Sau đó lấy điểm đầu tiên của điểm đầu tiên - điểm truy vấn và tiếp tục chọn từ điểm thứ hai đám mây điểm, chỉ có những điểm có khoảng cách đến điểm truy vấn đầu tiên là ít hơn một ngưỡng nhất định (phụ thuộc vào mật độ và độ chính xác cần xác định). Những điểm này được gọi là các điểm ràng buộc (train points). Thực hiện mô tả phù hợp giữa điểm truy vấn và các điểm ràng buộc. Đối với mỗi cặp (điểm truy vấn và điểm ràng buộc), khoảng cách ngắn nhất giữa lớp đối tượng bộ mô tả của điểm truy vấn và các điểm ràng buộc được tính toán.

Các giá trị dịch chuyển này sẽ cho phép xử lý để xác định:

- các đại lượng dịch chuyển và biến dạng,
- biểu đồ các véc tơ dịch chuyển,
- tốc độ dịch chuyển của các điểm theo thời gian.



Hình 5.16: Bề mặt khối trượt được thành lập từ dữ liệu bay chụp UAV



Hình 5.17: Khối trượt với các vector dịch chuyển xác định theo các chu kỳ

5.5.2 Ứng dụng công nghệ quét laser 3D mặt đất giám sát biến dạng bờ mỏ

5.5.2.1 Khái niệm chung

Hoạt động của một hệ thống quét laser mặt đất dựa vào nguyên tắc tán xạ ngược các bức xạ điện từ sau khi phản xạ từ các đối tượng. Cấu trúc của laser bao gồm một khối phát bức xạ điện từ kích thích phát ra chùm tia laser hướng đến đối tượng cần khảo sát và một khối thu, xử lý tín hiệu tán xạ ngược. Bức xạ laser sử dụng trong các hệ laser đo đạc có bước sóng nằm trong khoảng từ hồng ngoại gần tới khả kiến và tử ngoại gần, khoảng từ 250 nm đến 11 μ m, tùy thuộc vào mục đích nghiên cứu mà bước sóng được lựa chọn là khác nhau. Dữ liệu thu được của hệ thống là tập hợp đám mây điểm phản xạ 3 chiều của tia laser từ đối tượng được khảo sát. Laser có thể thu nhận tín hiệu phản hồi đầu tiên và cuối cùng với tần suất trung bình 5 nghìn tới 33 nghìn tia/giây, do đó dữ liệu thu được cho phép lập bản đồ khối 3 chiều và bề mặt với mật độ dữ liệu dày và độ chính xác cao.

Các hệ thống quét laser thường dùng một trong các nguyên lý công nghệ sau để xác định khoảng cách tới các đối tượng quét:

1. Thời gian di chuyển – “Time of Flight” hay còn gọi là “Pulse Based”;
2. Cơ sở pha – “Phase Based” hay còn gọi “Phase Shift”;
3. Xử lý hình dạng sóng – “Waveform Processing” hay còn gọi là “Waveform Digitising”.

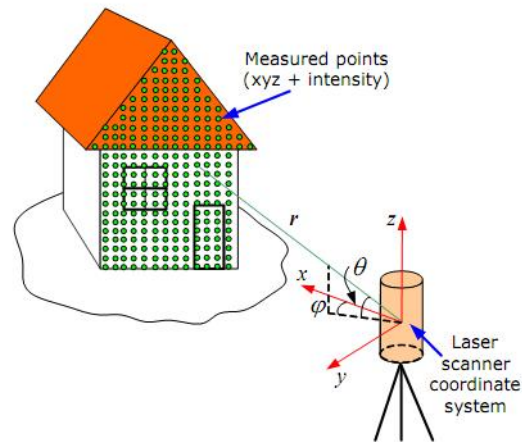
5.5.2.2 Nguyên lý cấu tạo và hoạt động của hệ thống quét laser mặt đất

Máy quét laser cố định trên mặt đất – TLS (Terrestrial Laser Scanning), hay còn được gọi là máy quét laser mặt đất, là hệ thống mà máy quét được đặt trên giá đỡ ba chân đặt tại một điểm cố định. Để tham chiếu dữ liệu đám mây điểm thu được về một hệ thống tọa độ nhất định thì điểm cố định phải là điểm đã biết tọa độ (X, Y, Z).

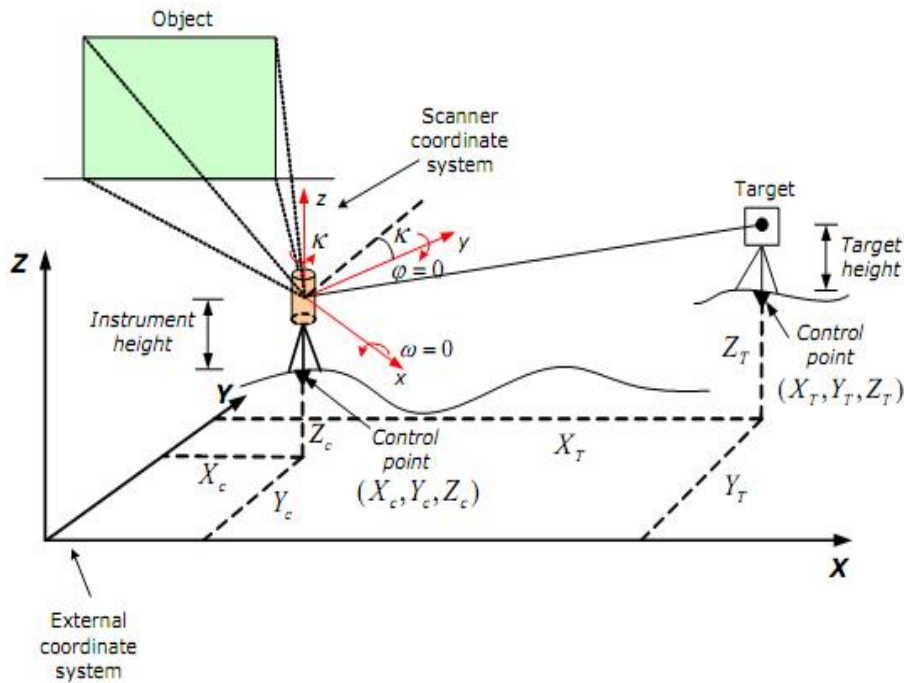
➤ *Nguyên lý hoạt động của một thiết bị quét laser mặt đất:*

Máy quét laser mặt đất bao gồm nhiều hệ thống liên kết với nhau, quan trọng nhất là hệ thống thiết bị phát và thu tín hiệu laser để xác định khoảng cách từ máy quét đến đối tượng cần khảo sát.

Ngày nay các thiết bị quét laser mặt đất chủ yếu được chế tạo để có thể quét được ở chế độ toàn cảnh tại một vị trí đứng máy. Bán kính quét với trục đứng từ 270 đến trên 300 độ, trục ngang 360 độ.



Hình 5.18: Tương quan giữa khoảng cách r , góc đứng θ , góc bằng ϕ với tọa độ x, y, z của tâm quét.



Hình 5.19: Nguyên tắc xác định tọa độ trong một hệ tọa độ X, Y, Z

Tọa độ điểm quét i trong đám mây điểm được tính:

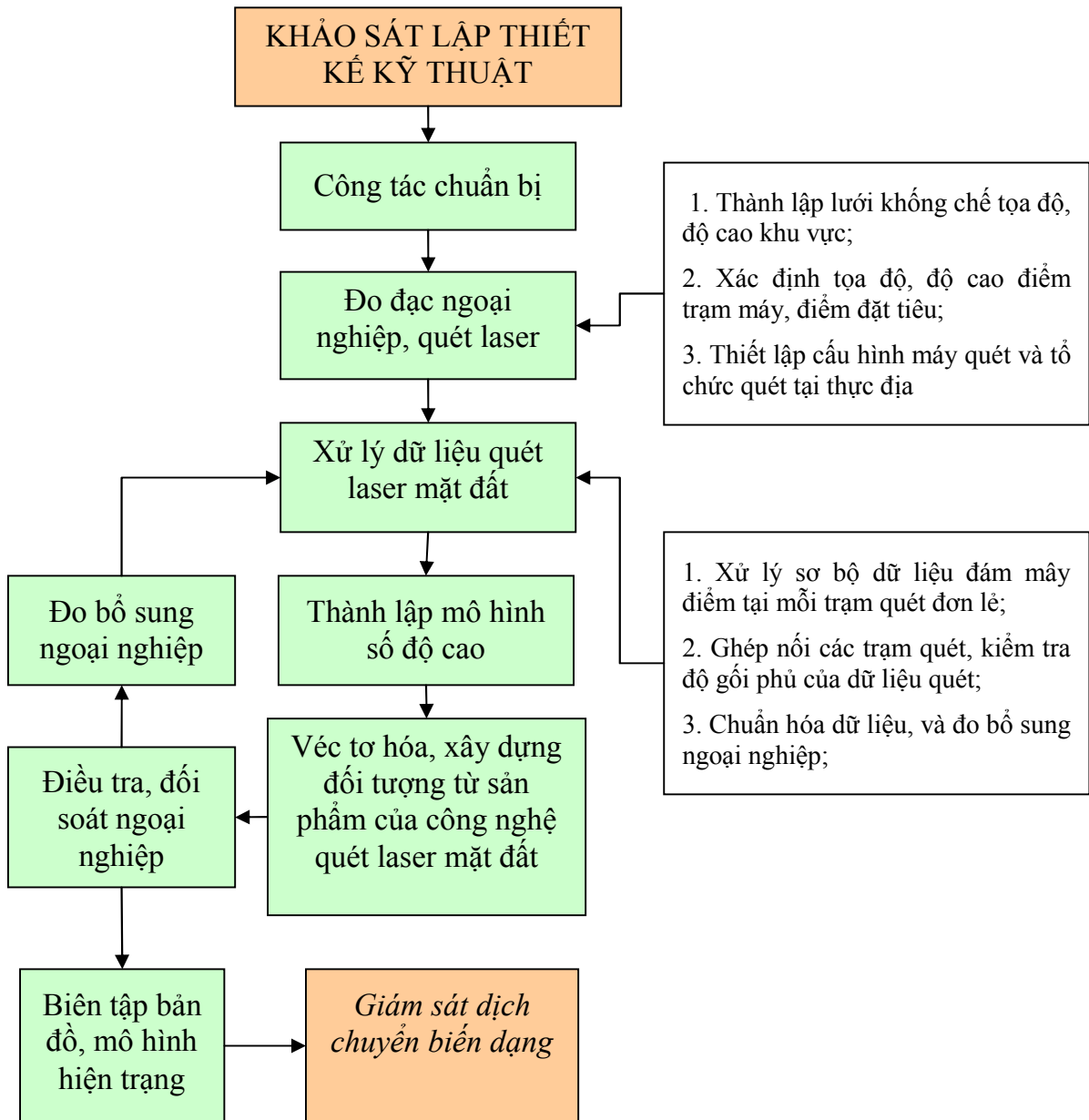
$$\begin{aligned} x_i &= x + r \cdot \sin(\theta) \cdot \cos(\varphi) \\ y_i &= y + r \cdot \sin(\theta) \cdot \sin(\varphi) \\ z_i &= z + r \cdot \cos(\theta) \end{aligned} \quad (5.7)$$

➤ Cấu tạo của một thiết bị quét laser mặt đất:

Một thiết bị quét laser mặt đất bao gồm các thành phần chính:

- 1- Hệ thống đo khoảng cách - Distance Measuring System;
- 2- Hệ thống đo góc đứng - Angle Measuring System (Hz);
- 3- Hệ thống định tâm laser - Laser Plummet;
- 4- Gương phản xạ (X-Mirror);
- 5- Hệ thống đo góc ngang - Angle Measuring System (V);
- 6- Hệ thống chụp ảnh số - Camera;
- 7- Hệ thống bù trục - Dual Axis Compensator.

5.5.2.3 Quy trình giám sát độ ổn định bờ mở bằng máy quét laser mặt đất



Hình 5.20: Sơ đồ quy trình công nghệ thành lập bản đồ hiện trạng bằng máy quét laser mặt đất

Quy trình giám sát độ ổn định bờ mả bằng máy quét laser mặt đất bao gồm các công đoạn sau:

1- Các công tác chuẩn bị

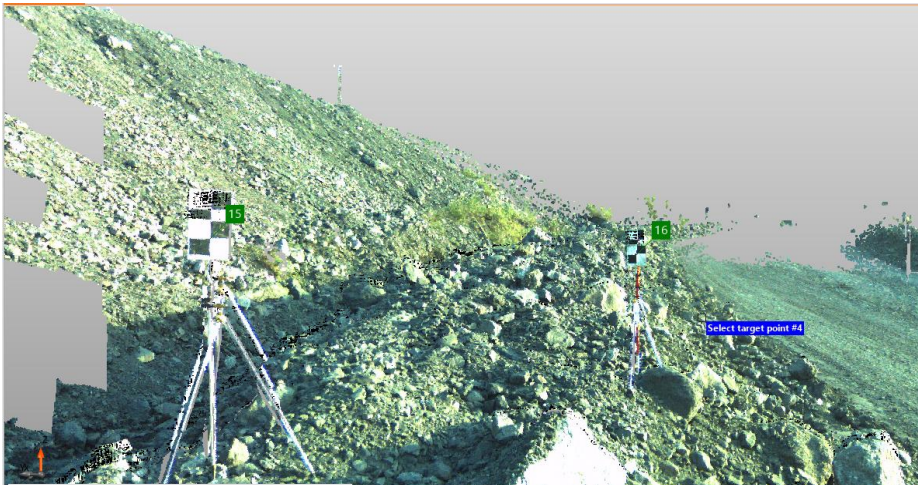
- Thu thập tài liệu;
- Chuẩn bị, kiểm tra, kiểm nghiệm máy móc thiết bị.

2- Công tác đo đạc ngoại nghiệp

- Thành lập lưới khống chế mặt bằng, độ cao;
- Xác định tọa độ, độ cao điểm trạm máy, điểm đặt tiêu;
- Thiết lập cấu hình máy quét và tổ chức quét tại thực địa.

3- Công tác xử lý dữ liệu quét laser mặt đất

- a- Xử lý sơ bộ dữ liệu đám mây điểm tại mỗi trạm quét đơn lẻ.*
- b- Ghép nối các trạm quét, kiểm tra độ gói phủ của dữ liệu*



Hình 5.21: Kiểm tra sai số ghép các trạm quét

c. Chuẩn hóa dữ liệu và đo đạc bổ sung

- Lọc dữ liệu đám mây điểm
- Phân loại thuộc tính dữ liệu đo quét laser
- Đo bổ sung ngoại nghiệp

4- Thành lập mô hình số độ cao

Các tín hiệu địa hình được tách ra khỏi nhóm tín hiệu địa vật sẽ là số liệu cần thiết để thành lập mô hình số độ cao DEM. Mô hình số độ cao được xây dựng bằng modul “TOPO” của phần mềm X-PAD MPS, hoặc được xuất ra file txt (định dạng file xyz, RBG) để thành lập mô hình số độ cao bằng các phần mềm trung gian khác. Mô hình số độ cao là cơ sở để phục vụ cho việc nội suy đường bình độ, biên tập thành lập bản đồ hiện trạng, thành lập mặt cắt địa hình, tính toán khối lượng đất bóc, khoáng sản khai thác trong một chu kỳ và nghiên cứu quá trình dịch chuyển, biến dạng của địa hình.

5- Đoán đọc nội nghiệp, véc tơ hóa, xây dựng đối tượng

Trên cơ sở kết hợp tọa độ, độ cao đám mây điểm, ảnh cường độ và ảnh số chụp được tiến hành đoán đọc nội nghiệp và vector các đối tượng. Tiến hành vector hoá đối tượng địa lý phải đảm bảo tính hợp lý giữa các lớp đối tượng có liên quan và quản lý dữ liệu thống nhất.

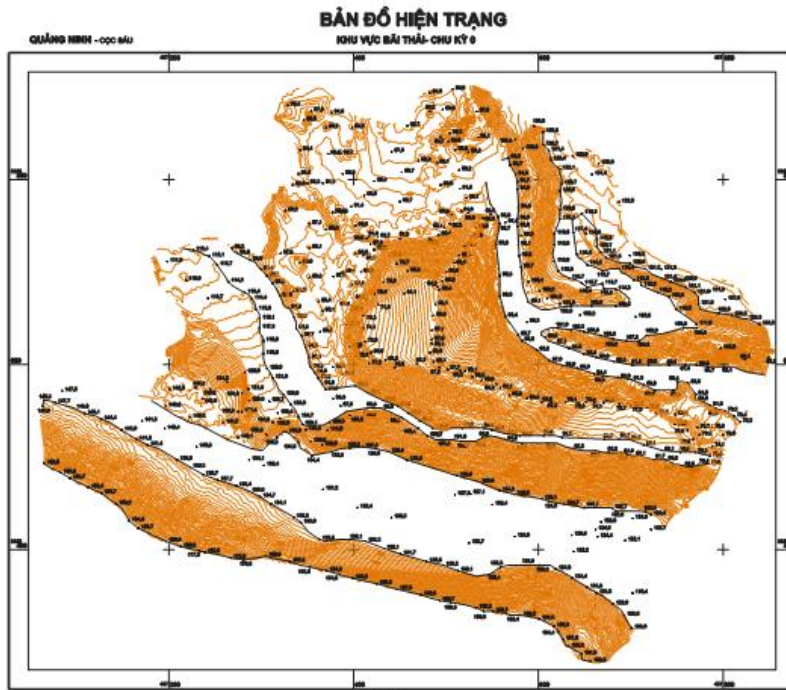
6- Điều tra, đối soát ngoại nghiệp

Các đối tượng sau khi đoán đọc nội nghiệp cần in và tiến hành điều tra đối soát ngoài thực địa. Nội dung điều tra, đối soát: ranh giới lớp via than, các công trình địa chất, điểm khống chế trắc địa; đối tượng thuỷ văn; mạng lưới giao thông; địa hình, nơi rượt lở đất, cắt xẻ, san ủi hoặc khai thác...; hạ tầng dân cư, hạ tầng kỹ thuật; các đối tượng địa giới hành chính; thực phủ bao gồm các loại cây, chiều cao cây...

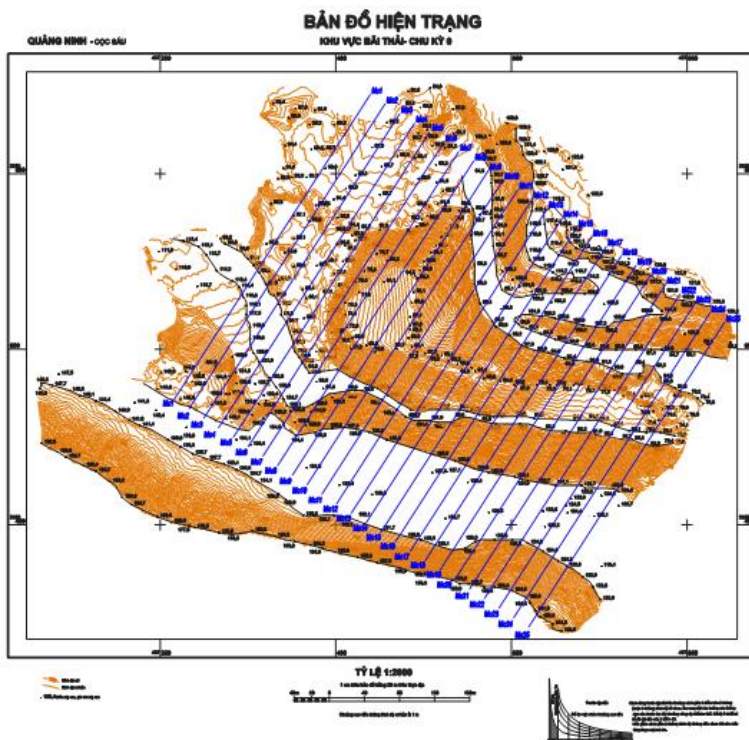
7- Chuẩn hóa dữ liệu địa lý

Sau khi điều tra ngoại nghiệp thông tin thuộc tính đối tượng được số hóa lên file (*.Dgn hoặc *.Dwg) và được tiến hành chuẩn hoá dữ liệu địa lý gốc theo đơn vị mảnh hoặc cụm mảnh bản đồ nhưng phải đảm bảo kết nối liên tiếp của các mảnh cận kề để tập hợp dữ liệu cho toàn khu vực.

8- Biên tập bản đồ hiện trạng



Hình 5.22: Bản đồ hiện trạng vực đo quét (chu kỳ 0)

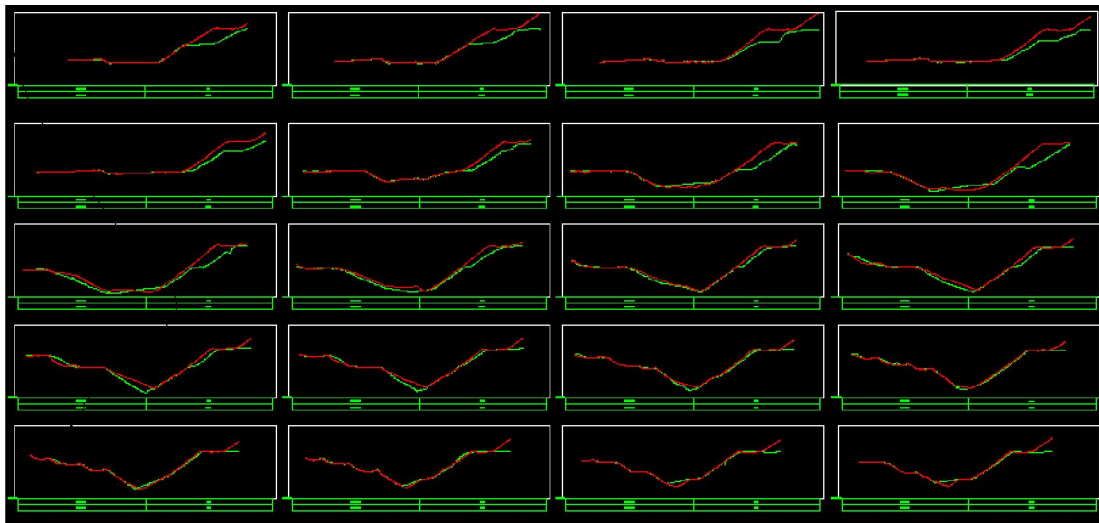


Hình 5.23: Lập mặt cắt để xác định sự dịch chuyển sườn dốc bãi thài

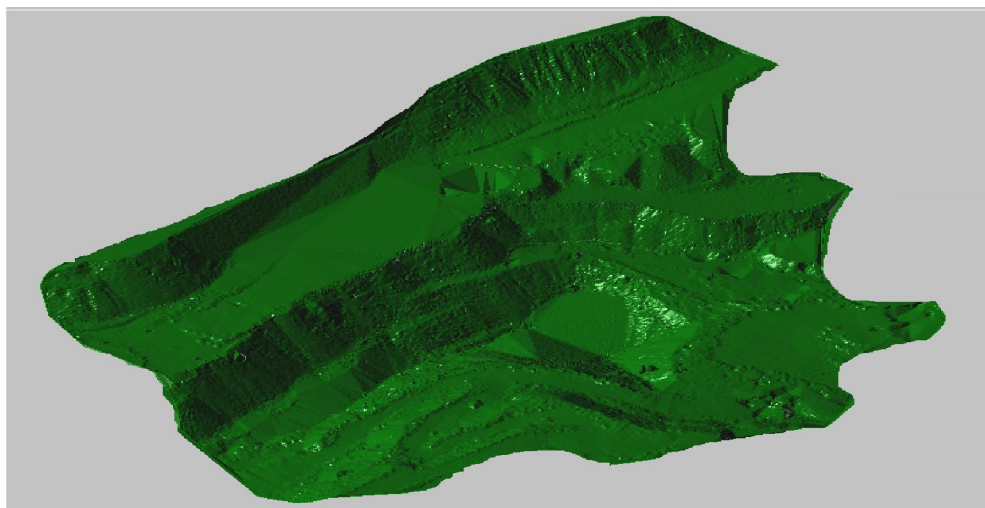
Sau khi sản phẩm dữ liệu địa lý gốc được chuẩn hoá trong môi trường đồ hoạ (*.Dgn hoặc *.Dwg), đối tượng địa lý được đóng gói theo dạng các lớp nội dung, phục vụ trình bày bản đồ địa hình theo tỷ lệ cho trước.

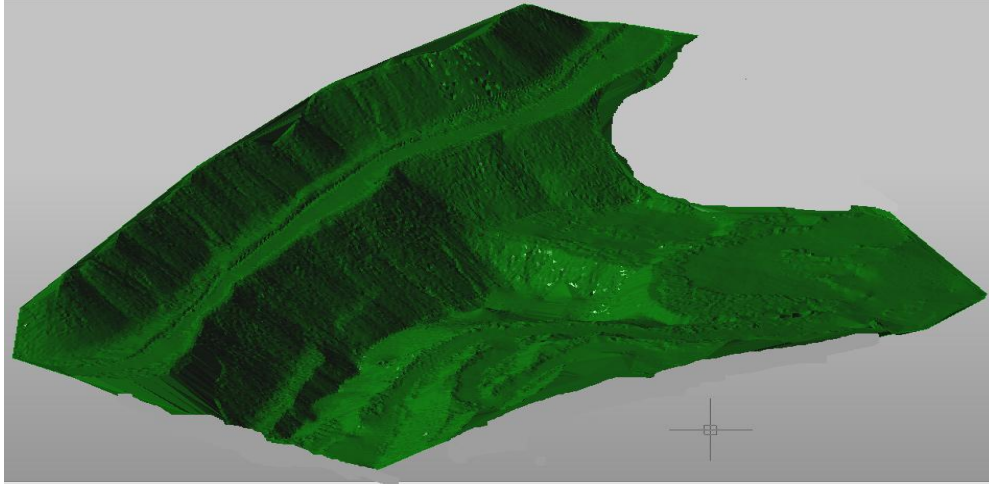
9- Giám sát dịch chuyển sườn dốc bờ mỏ, bãi thải

So sánh mô hình số độ cao, bản đồ hiện trạng được thành lập ở 2 chu kỳ kế tiếp nhau ở khu vực đo quét để xác sự dịch chuyển của sườn dốc bờ mỏ, bãi thải. Trên mô hình số độ cao của 2 chu kỳ kế tiếp nhau, thành lập các mặt cắt cách nhau 20 mét và so sánh các mặt cắt tương ứng giữa 2 chu kỳ trên, xem hình 2.43



Hình 5.24: So sánh mặt cắt khu vực nghiên cứu giữa 2 chu kỳ đo





Hình 5.25: So sánh mô hình số độ cao để giám sát sự dịch chuyển bờ mỏ giữa 2 chu kỳ đo

5.6 Tính toán độ ổn định bờ mỏ

Ổn định bờ mỏ được hiểu là sự ngăn chặn các hiện tượng dịch động bờ dốc mỏ phát triển đến giai đoạn nguy hiểm như sập lở hoặc trượt, hay nói cách khác là duy trì biến dạng bờ mỏ không vượt quá giới hạn cho phép. Độ ổn định được đánh giá bằng kết quả tính toán ở mức cân bằng giới hạn của đất đá bờ mỏ. Mức độ ổn định bờ mỏ được xác định bằng hệ ổn định dự trữ n , xác định theo tỷ số giữa tổng các lực chống trượt $\sum S$ (lực giữ) với tổng các lực trượt $\sum T$ (lực đẩy) ở trên mặt trượt:

$$n = \frac{\sum S}{\sum T} \quad (5.8)$$

Các lực giữ có tác dụng chống lại sự chuyển dịch, bao gồm các lực ma sát và lực dính kết có tác động dọc theo mặt trượt, ngoài ra còn có các lực khác cản trở sự dịch chuyển khối đá bờ mỏ. Các lực này được tạo nên khi xây dựng trụ đỡ, tường ngăn, neo chống, ...

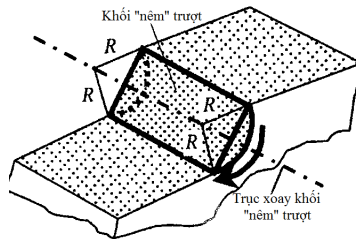
Các lực đẩy có hướng trùng theo phương tiếp tuyến với mặt trượt, là véc tơ thành phần của trọng lượng khối đá mỏ và các thiết bị hoạt động trên các mặt tầng,

cũng như các lực thành phần tiếp tuyến với bề mặt trượt do hoạt động địa chấn hoặc thủy động lực của nước ngầm.

Khi tính toán độ ổn định bờ mở cần lấy bề mặt yếu nhất làm vị trí mặt trượt vì ở đây sẽ có biến dạng cắt lớn nhất và giá trị hệ số n tính theo công thức 5.8 là nhỏ nhất. Hình dạng mặt trượt dự báo và vị trí xuất hiện của nó trong khối đá bờ mở phụ thuộc vào cấu tạo địa chất và vị trí các bề mặt yếu có trong bờ tầng, nơi lực dính kết và hệ số ma sát trong giảm xuống nhỏ nhất.

1. Phương pháp lăng trụ tròn nằm ngang

Nếu trong khối đá của bờ dốc không có các mặt yếu thì phương pháp phổ biến để tính toán độ ổn định bờ mở được áp dụng là phương pháp lăng trụ tròn nằm ngang. Khối đất đá của bờ tầng nằm phía trong mặt trượt lăng trụ tròn được xem như một “khối nêm cứng” và không bị biến dạng. Trong điều kiện như vậy thì khối trượt sẽ dịch chuyển dưới dạng quay “khối nêm cứng” xung quanh một trục nằm ngang. Trục lăng trụ tròn nằm ngang song song với bề mặt tầng và bề mặt lăng trụ tròn đóng vai trò là bề mặt trượt tiềm tàng (hình 5.26).



Hình 5.26: Mô hình biến dạng bờ tầng mở lộ thiên

Trong mặt phẳng đứng vuông góc với bờ tầng, bề mặt trượt được biểu thị bởi cung tròn ACB với tâm tại điểm O, cũng chính là trục của hình lăng trụ trượt nằm ngang (hình 5.27).

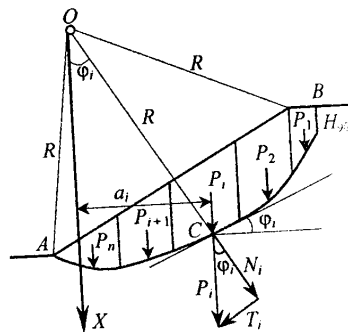
2. Phương pháp cộng đại số lực

Một phương pháp khác để tính độ ổn định bờ mỏ là phương pháp cộng đại số lực. Mô men quay (trượt) M_β được xác định bằng tổng đại số các mô men trọng lực P_i của các thỏi đá được chia ra từ khối trượt tiềm tàng:

$$M_\beta = \sum_1^n a_i P_i \quad (5.9)$$

Từ hình 5.27 cho thấy $a_i = R \sin \varphi_i$ Trong đó R - Bán kính cong bề mặt trượt; a_i - cánh tay đòn của trọng lực P_i (Khoảng cách nằm ngang từ trọng tâm của từng thỏi khối đá đến trục thẳng đứng OX); φ_i - góc nghiêng của bề mặt trượt tại điểm cắt của véc tơ trọng lực của thỏi khối đá thành phần với bề mặt trượt. Từ đó rút ra:

$$M_\beta = \sum_1^n R \sin \varphi_i P_i = R \sum_1^n P_i \sin \varphi_i \quad (5.10)$$



Hình 5.27: Sơ đồ tính độ ổn định theo phương pháp mặt trụ trượt cong tròn

Do $P_i \sin \varphi_i = T_i$ nên suy ra $M_\beta = R \sum_1^n T_i \quad (5.11)$

Mô men lực giữ cho thỏi khối đá không bị trượt quay M_y là tích của tổng các lực ma sát $\sum S$ và lực dính kết với bán kính bề mặt trượt.

$$M_y = R(\sum_1^n S + kL) \quad (5.12)$$

Trong đó k - Lực dính kết trên một đơn vị dài; L - Chiều dài cung ACB

Lực ma sát dọc theo bề mặt trượt xác định theo công thức:

$$\sum_1^n S = f \cdot \sum_1^n N_i; \quad f = \tan \rho; \quad N_i = P_i \cos \varphi_i$$

Trong đó: f - Hệ số ma sát trong; ρ - góc nội ma sát; N - ứng lực thành phần pháp tuyến của trọng lượng thỏi khối đá. Từ đó suy ra biểu thức:

$$\sum_1^n S = f \cdot \sum_1^n P_i \cos \varphi_i \quad (5.13)$$

Điều kiện để cân bằng các mô men tác động lên khối trượt là:

$$M_\beta = M_y \quad (5.14)$$

Thay (5.11, 5.12) vào (5.14) để có biểu thức:

$$R \sum_1^n T_i = R(f \sum_1^n S + kL) \quad (5.15)$$

$$\text{Rút gọn hai vế cho R, suy ra: } \sum_1^n T_i = f \sum_1^n N_i + kL \quad (5.16)$$

Như vậy phép cộng đại số các lực trượt và lực giữ có thể thực hiện khi mặt trượt có dạng hơi dốc (Do khi xác lập điều kiện cân bằng thì các bán kính có thể giản ước).

Từ điều kiện cân bằng (5.16) cho phép rút ra:

$$\frac{f \sum_1^n N_i + kL}{\sum_1^n T_i} = 1 \quad \text{hoặc là} \quad \frac{tg \rho \sum_1^n P_i \cos \varphi_i + kL}{\sum_1^n P_i \sin \varphi_i} = 1 \quad (5.17)$$

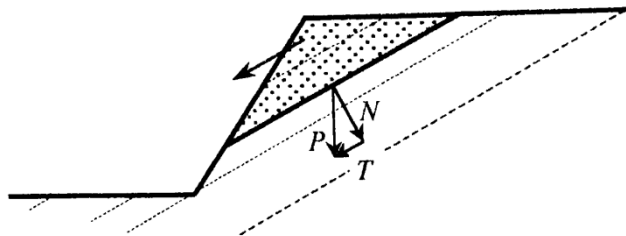
Để đảm bảo sự ổn định bờ mở bền vững và chắc chắn cần có hệ số dự phòng độ ổn định:

$$n = \frac{f \sum_1^n N_i + kL}{\sum_1^n T_i} \quad (5.18)$$

Bằng phương pháp cộng đại số các lực tác động cho phép xác định ứng lực trượt E tác động lên đối tượng cần bảo vệ theo công thức:

$$E = n \cdot \sum_1^n T_i - (f \sum_1^n N_i + kL) \quad (5.19)$$

Khi thực hiện các biện pháp để gia cố như xây tường chắn, đỡ trụ, ... ở chân tầng nhằm chống trượt hoặc sập lở thì cần tính toán xác định E.



Hình 5.28: Sơ đồ tính độ ổn định bề tầng khi bề mặt trượt dạng phẳng

Trường hợp khối đá trượt theo mặt phẳng (hình 5.28) thì hệ số dự phòng độ ổn định bờ tầng được xác định theo công thức:

$$n = \frac{fN+cL}{T} \quad (5.20)$$

Hệ số dự phòng độ ổn định bờ mở hoặc bờ tầng n là đại lượng đặc trưng cho dạng bờ dốc và thời gian tồn tại của nó ở dạng thiết kế. Thông thường hệ số dự phòng độ ổn định bờ mở, bờ tầng nhận giá trị 1,2 – 1,3. Trong một số trường hợp khi cần duy trì bờ tĩnh với thời gian quá 5 năm và đất đá là sét kết và có rạn nứt thì hệ số $n = 1,5 - 2,0$.

Nếu các tầng của bờ mở và bãi thải được cấu trúc bởi các lớp đất đá có các chỉ số cắt (trượt) khác nhau thì cần tính giá trị chỉ số kháng trượt trung bình có tính đến trọng số theo các mặt trượt theo công thức:

$$k_{tb} = \frac{\sum k_i l_i}{\sum l_i} \quad (5.21)$$

$$tg\rho_{tb} = \frac{\sum tg\rho_i l_i \sigma_i}{\sum l_i \sigma_i} \quad (5.22)$$

Trong đó: k_i và ρ_i - độ dính kết và góc ma sát trong của các lớp đất đá; l_i - chiều dài mặt trượt theo các lớp riêng rẽ; σ - ứng lực pháp tuyến ở giữa mỗi lớp được tính theo công thức:

$$\sigma_i = \gamma_i H_i \cos\varphi_i \quad (5.23)$$

Trong đó: γ_i - trọng lượng riêng của lớp đất đá; H_i - Độ sâu đến điểm giữa mặt trượt của lớp đá; φ_i - Góc dốc trung bình của mặt trượt ở các lớp riêng biệt (góc dốc của đường tiếp tuyến với mặt trượt tại điểm giữa của lớp).

Ảnh hưởng của sai số xác định độ bền vững của đất đá, do tác động nỏ mìn hàng loạt, do sự giảm độ cứng đất đá theo thời gian đến kết quả tính toán các thông số bờ mở được biểu hiện thông qua hệ số dự phòng độ ổn định:

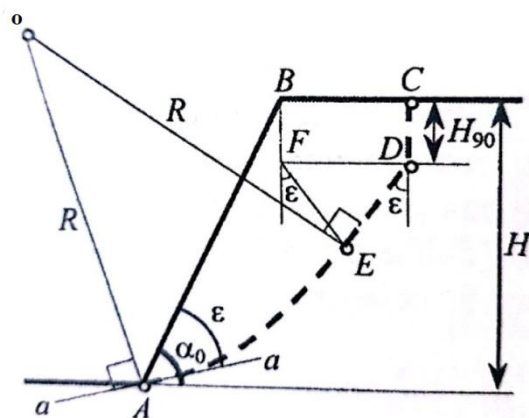
$$k_n = \frac{k_{tb}}{n}; \quad tg\rho_n = \frac{tg\rho_{tb}}{n} \quad (5.24)$$

Trong đó: k_n và ρ_n – độ dính kết ước tính và góc ma sát trong của đất đá trên mặt trượt.

Sử dụng các đặc điểm cơ học đã được tính toán theo các công thức 5.21, 5.22, 5.24 dọc theo mặt trượt để tính toán độ ổn định bờ tầng, bờ mỏ và bãi thải theo các phương pháp đã trình bày ở trên.

3. Phương pháp xác định mặt trượt theo đề xuất GS. Phi-xen-co G.L.

Xác định bề mặt trượt theo phương pháp cộng đại số hoặc theo các phương pháp khác đối với khối trượt có dạng mặt trụ tròn trong thực tế rất phức tạp. Để đơn giản hơn, GS. Phi-xen-co G.L. đã đưa ra phương pháp xác định mặt trượt như hình 5.29. Theo phương pháp này thì chiều dài mặt trượt dự báo gồm 3 đoạn hợp thành: đoạn thẳng đứng CD có chiều sâu bằng H_{90} được xác định theo công thức (5.4); đoạn thẳng DE hợp với phương thẳng đứng một góc $\varepsilon = 45^\circ - \frac{\rho}{2}$; đoạn cong cuối là cung tròn EA có tâm là O và bán kính là R, có tiếp tuyến a-a hợp với mái dốc AB dưới góc ε .



Hình 5.29: Sơ đồ xây dựng mặt trượt dự báo ở tầng có đá đồng nhất

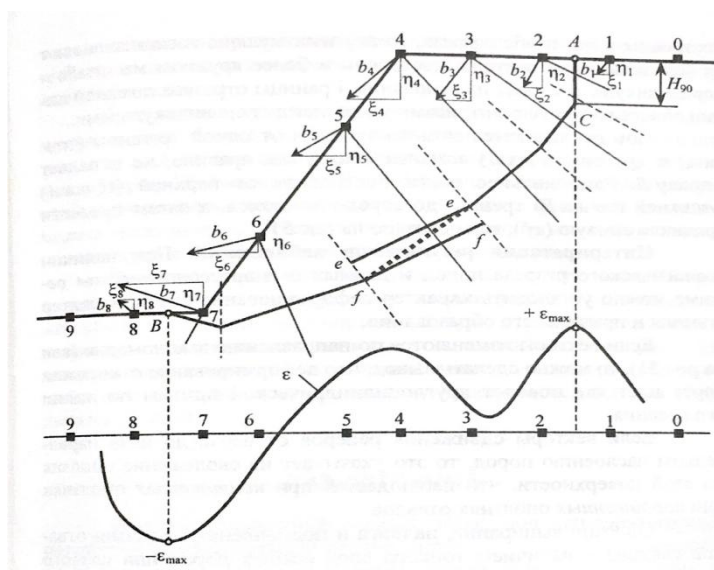
Chiều dài đoạn BC của nêm trượt xác định theo công thức:

$$BC = \frac{2H \left[1 - \text{ctg} \alpha_0 \text{tg} \left(\frac{\alpha_0 + \rho}{2} \right) \right] - 2H_{90}}{\text{ctg} \varepsilon + \text{tg} \left(\frac{\alpha_0 + \rho}{2} \right)} \quad (5.25)$$

Trong đó: ρ - góc ma sát; H- chiều cao tầng; α_0 - Góc nghiêng bờ tầng

4. Phương pháp xác định mặt trượt theo số liệu quan trắc

Theo phương pháp này, sẽ dựng các mặt cắt đứng dọc theo các tuyến quan trắc vuông góc với phương của tầng. Tại các mốc dựng các véc tơ dịch chuyển η, ξ, b ; (với $b = \sqrt{\eta^2 + \xi^2}$) theo số liệu quan trắc (hình 5.30).



Hình 5.30 : Xác định mặt trượt theo số liệu quan trắc

Hướng véc tơ dịch chuyển toàn phần b sẽ được sử dụng để dự báo mặt trượt tiềm tàng trong bờ tầng. Để xây dựng mặt trượt, đầu tiên phải xác định các điểm xuất lộ mặt trượt ở mặt tầng (điểm A) và chân tầng (điểm B) dưới dạng các khe nứt xuất hiện ở đó hoặc xác định theo giá trị biến dạng ngang lớn nhất ϵ_{max} trên đồ thị biến dạng bờ tầng. Dựng đoạn AC thẳng đứng bằng H_{90} tính theo công thức (5.4). Từ C dựng mặt trượt dự báo dưới dạng đường gấp khúc với giả thiết tiếp tuyến với mặt trượt song song với véc tơ dịch chuyển toàn phần. Để xác định chiều dài của các đoạn trên mặt trượt cần dựng các đường pháp tuyến vuông góc với véc tơ dịch chuyển toàn phần tại điểm giữa của b_i . Chiều dài mỗi đoạn trên mặt trượt được xác định bằng cách kẻ đường phân giác của các góc kẹp giữa 2 đường pháp tuyến

vuông góc kế tiếp nhau. Mặt trượt được dựng từ điểm C xuống giữa tầng và từ điểm B ngược lên giữa tầng, nếu không gặp nhau thì lấy trung bình khoảng cách bị lệch nhau là đoạn ef

5.7. Các biện pháp duy trì độ ổn định bờ mở

Các biện pháp chống trượt lở gồm có:

- Điều chỉnh góc dốc tầng hoặc bờ mở.
- Để lại trụ bảo vệ đất đá hoặc khoáng sản.
- Cắt giảm tải từ bờ dốc nhằm giảm áp lực tác động lên khối trượt.
- Giải tỏa nguy cơ trượt lở.
- Một số các biện pháp khác.

Khi thiết kế phương án chống trượt lở cần phân biệt hai trường hợp khi mặt trượt biểu hiện rõ trên thực địa và khi biểu hiện không rõ ràng.

Trường hợp thứ nhất mặt trượt có thể là bề mặt tiếp xúc yếu nhất của các lớp đất đá cấm thuận về phía khai trường. Mặt yếu cũng có thể là các lớp đá yếu, các nứt nẻ, bề mặt đứt gãy kiến tạo,...

Trường hợp thứ hai là mặt trượt không phát hiện được bằng mắt thường và chỉ có thể xác định được trên cơ sở quan trắc thực địa. Trong trường hợp này không thể xác lập một cách hoàn toàn chính xác vị trí mặt trượt. Tuy vậy nếu xác định được gần đúng cũng cho khả năng đánh giá được tính chất trượt lở.

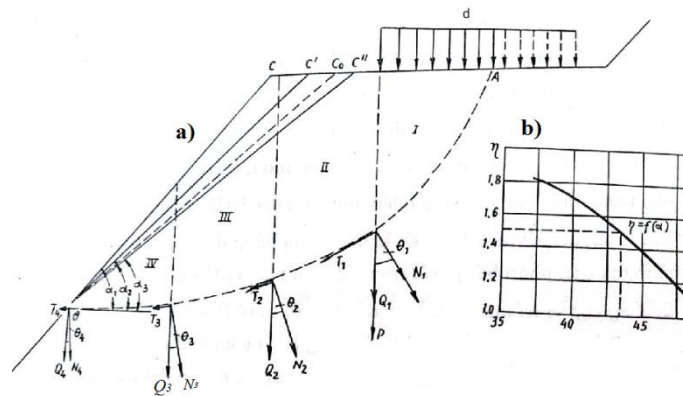
5.7.1 Điều chỉnh độ dốc bờ tầng

Phương pháp này có mục đích ngăn ngừa trượt lở xảy ra bằng cách giảm góc dốc bờ tầng. Trình tự thực hiện như sau:

1- Xây dựng mặt cắt vuông góc với bờ tầng trên đó biểu hiện vị trí mặt trượt và chia mặt trượt ABC (hình 5.31-a) ra từng khối nhỏ I, II, III, IV, ... Giả thiết các thiết bị làm việc ở trên mặt tầng có trọng lượng là P và được phân bố đều trên một chiều rộng.

2- Lần lượt dựng các góc dốc bờ mở với các giá trị $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$, nhận được các đường BC, BC' và BC'' thể hiện mái dốc dự kiến của bờ mở.

3- Tính trọng lượng của từng khối I, II, III, IV,... bằng phương pháp đồ giải đo diện tích của từng khối rồi nhân với 1 mét chiều dài (bề dày khối) và trọng lượng của khối đất đá. Ở những khối có ảnh hưởng tải trọng của các thiết bị hoạt động trên mặt tầng (P) thì cộng thêm vào.



Hình 5.31: Sơ đồ điều chỉnh góc dốc bờ tầng

4- Tính lực giữa và lực trượt trong phạm vi từng khối đá theo công thức:

$$T_i = (P+Q_i)\sin\theta_i \quad \text{và} \quad N_i = (P + Q_i).\cos\theta_i, \quad (5.26)$$

Trong đó : P- Tải trọng phụ của của các thiết bị hoạt động ở trên mặt tầng;

Q_i - Trọng lượng của khối cột đá thứ i ;

θ_i - Góc giữa pháp tuyến với mặt trượt và đường dây dọi tại điểm ranh giới phân chia khối trên đường cong mặt trượt;

5- Tính hệ số ổn định mái dốc bờ mở (tầng) theo giá trị góc dốc α_i

$$n = \frac{tg\varphi \sum N + CL + A}{\sum T + B} \quad (5.27)$$

Trong đó: $(tg\varphi \sum N + CL)$ – tổng các lực ma sát và dính kết, chống trượt, t/m^2 ;

C – lực dính kết đất đá, t/m^2 ; φ – góc ma sát trong, độ; N – áp lực vuông góc với mặt trượt, t/m^2 ; L – chiều dài cung trượt, m; $\sum T$ - tổng lực tiếp tuyến gây trượt bờ

mỏ, t/m^2 ; A- các lực khác giữ sườn dốc ổn định, t/m^2 ; B- các lực gây trượt khác, t/m^2

Hệ số n được tính lần lượt cho các giá trị của các góc dốc bờ mỏ $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$;

6- Theo các giá trị n_i tính được dựng biểu đồ biểu diễn quan hệ $n = f(\alpha)$ như hình 5.31-b. Trên biểu đồ, căn cứ theo hệ số ổn định n_0 đã được xác định theo kinh nghiệm hoặc cho trước để tìm ra góc dốc bờ tầng đảm bảo ngăn ngừa trượt lở.

5.7.2 Để lại trụ bảo vệ

Đây là một trong những biện pháp phổ biến mặc dầu không kinh tế và không mấy hiệu quả. Thực tế cho thấy để ngăn ngừa trượt lở một khối đất đá 20 ÷ 40 nghìn m^3 thì phải để lại hàng nghìn tấn than làm trụ bảo vệ nhưng không ngăn được hoàn toàn sự trượt lở. Tuy vậy phương pháp này vẫn được sử dụng trong một số trường hợp đặc biệt như xử lý các trường hợp trượt lở cục bộ không liên quan đến các tầng khác vẫn đem lại hiệu quả và ít tổn thất khoáng sản.

5.7.3 Cắt giảm tải bờ dốc

Khi tiến hành khai thác trong vùng đang có trượt lở sâu hoặc trong vùng có khả năng xảy ra trượt lở như vậy thì cần thiết phải phân chia khối trượt ra hai phần:

- Khối thứ nhất làm chức năng đế tựa.
- Khối thứ hai có hoạt tính áp lực.

Trong trường hợp xuất hiện nứt tách ở phần trên thì cần phải giảm trọng lượng khối thứ hai bằng cách cắt bớt phần trên của bờ dốc và tăng trọng lượng khối thứ nhất bằng cách đắp đê quai ở phía dưới chân của khối tựa.

Sự phát triển chậm của trượt lở bờ mỏ có góc dốc nhỏ hơn $20^0 - 25^0$ sẽ cho phép khả năng hoàn thành một khối lượng lớn công việc trong khi tốc độ chuyển dịch khối đá không lớn và có thể sau đó hoàn toàn chấm dứt được sự chuyển dịch.

5.7.4 Giải toả nguy cơ trượt lở

Phương pháp này được sử dụng khi độ dốc của các lớp đất đá và khoáng sản trên 18^0-20^0 và khả năng xuất hiện trượt theo mặt phân lớp hoặc các mặt yếu là khó tránh khỏi. Bên cạnh việc tiến hành giải tỏa trượt lở, cần thiết phải áp dụng các biện pháp ngăn ngừa sụp đổ và trượt các tầng có cấu trúc đất đá tơi xốp bờ rời ở phía trên.

Khi máy xúc hoạt động tiến gần sát vùng trượt lở nguy hiểm cần điều chỉnh góc dốc bờ mỏ giảm dần cho đến khi giải tỏa được khối đất đá có khả năng trượt theo mặt yếu hoặc theo các mặt phân lớp bị cắt chân.

Giá trị góc dốc trong trường hợp độ ổn định đất đá không đảm bảo (dưới giới hạn cho phép) có thể tính theo công thức thực nghiệm sau:

$$\alpha_0 = \arctg \left[\frac{H^2 \gamma}{H^2 \gamma + Pl + A} \right] \quad (5.28)$$

Trong đó: H - chiều cao bờ tầng, tính từ mặt trên của tầng đến điểm nguy hiểm nhất trên mặt trượt;

γ - tỷ trọng của đất đá (T/m^3)

P - áp lực của trọng lượng máy xúc (T/m^2)

l- bề rộng phân bố tải trọng trên phạm vi khối trượt (m)

$$A = \frac{2CL}{n \sin \theta - \cos \theta \operatorname{tg} \varphi} \quad (5.29)$$

Trong đó: C - Lực dính kết đất đá theo mặt yếu hoặc mặt phân lớp (T/m^2)

L- chiều dài mặt trượt từ mặt tầng đến điểm nguy hiểm của mặt trượt (m);

n - hệ số ổn định

θ - góc dốc của lớp đất đá yếu (mặt yếu), độ;

φ - góc nội ma sát của đất đá trong mặt yếu hoặc mặt phân lớp.

Nói chung việc điều khiển quá trình biến dạng được thực hiện bằng nhiều phương pháp và việc áp dụng những phương pháp nào có hiệu quả còn tùy thuộc vào điều kiện thực tế của bờ mỏ, điều kiện cấu trúc địa chất, cơ lí đất đá, địa chất thủy văn, kích thước khối đất đá trượt lở, ...

Ngoài các biện pháp nêu trên còn có các biện pháp mang lại hiệu quả cao như gia cố sườn tầng hoặc bờ mỏ bằng nhiều phương pháp khác nhau, tháo khô bờ mỏ, ...

Điều khiển biến dạng bờ mỏ là một quá trình linh hoạt, đa dạng cần được nghiên cứu một cách chi tiết cho từng trường hợp cụ thể để có cơ sở đề xuất các biện pháp chống trượt lở hợp lý, đảm bảo tính kỹ thuật và kinh tế.

HƯỚNG DẪN HỌC TẬP CHƯƠNG 5

5.1. Tóm tắt nội dung chính của chương 5

1. Khái niệm về độ ổn định bờ mỏ

- *Khái niệm*
- *Cơ chế trượt lở bờ mỏ*

2. Các dạng trượt lở bờ mỏ

- *Phân loại trượt lở bờ mỏ*
- *Quan hệ giữa các yếu tố gây trượt lở bờ mỏ*

3. Các yếu tố ảnh hưởng đến ổn định bờ mỏ

- *Ảnh hưởng của các yếu tố địa chất đến độ ổn định bờ mỏ*
- *Ảnh hưởng của yếu tố địa chất thủy văn và điều kiện khí hậu đến độ ổn định của bờ mỏ*
- *Ảnh hưởng của yếu tố địa chất công trình đến độ ổn định bờ mỏ*
- *Ảnh hưởng của công nghệ khai thác đến độ ổn định bờ mỏ*
- *Ảnh hưởng của khai thác hầm lò đến độ ổn định bờ mỏ*

4. Lưới quan trắc dịch chuyển bờ mỏ lộ thiên

- *Quan trắc toàn bộ bờ mỏ*
- *Quan trắc sườn dốc của các tầng công tác*

5. Một số công nghệ mới trong giám sát độ ổn định bờ mỏ

- *Giám sát độ ổn định bờ mỏ bằng thiết bị UAV*
- *Ứng dụng công nghệ quét laser 3D mặt đất giám sát biến dạng bờ mỏ*

6. Tính toán độ ổn định bờ mỏ

- *Phương pháp lăng trụ tròn nằm ngang*
- *Phương pháp cộng đại số lực*
- *Phương pháp xác định mặt trượt theo đề xuất GS. Phi-xen-co G.L.*
- *Phương pháp xác định mặt trượt theo số liệu quan trắc*

7. Các biện pháp duy trì độ ổn định bờ mỏ

- *Điều chỉnh độ dốc bờ tầng*
- *Để lại trụ bảo vệ*
- *Cắt giảm tải bờ dốc*
- *Giải toả nguy cơ trượt lở*

5.2. Câu hỏi ôn tập kiến thức chương 5

1. Khái niệm về độ ổn định bờ mỏ
2. Cho biết cơ chế trượt lở bờ mỏ
3. Cho biết phân loại trượt lở bờ mỏ
4. Ảnh hưởng của các yếu tố địa chất đến độ ổn định bờ mỏ
5. Ảnh hưởng của yếu tố địa chất thủy văn và khí hậu đến độ ổn định bờ mỏ
6. Ảnh hưởng của yếu tố địa chất công trình đến độ ổn định bờ mỏ
7. Ảnh hưởng của công nghệ khai thác đến độ ổn định bờ mỏ
8. Ảnh hưởng của khai thác hầm lò đến độ ổn định bờ mỏ
9. Khái niệm về lưới quan trắc dịch chuyển bờ mỏ lộ thiên
10. Công tác quan trắc toàn bộ bờ mỏ
11. Công tác quan trắc sườn dốc của các tầng công tác
12. Giám sát độ ổn định bờ mỏ bằng thiết bị UAV
13. Nguyên lý giám sát độ ổn định bờ mỏ bằng UAV
14. Quy trình giám sát độ ổn định bờ mỏ bằng công nghệ UAV
15. Xử lý số liệu đo UAV và xác định biến dạng bờ mỏ
16. Nguyên lý cấu tạo và hoạt động của hệ thống quét laser mặt đất
17. Quy trình giám sát độ ổn định bờ mỏ bằng máy quét laser mặt đất
18. Phương pháp cộng đại số lực
19. Phương pháp xác định mặt trượt theo đề xuất GS. Phi-xen-co G.L,
20. Phương pháp xác định mặt trượt theo số liệu quan trắc
21. Các biện pháp chống trượt lở
22. Phương pháp điều chỉnh độ dốc bờ tầng

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- 1- Nguyễn Đình Bé, Vương Trọng Kha (2000), *Dịch chuyển và biến dạng đất đá trong khai thác mỏ*, NXB Giao thông vận tải, Hà nội.
- 2- Vương Trọng Kha (2003), *Nghiên cứu tính chất quá trình dịch chuyển, biến dạng đất đá do khai thác hầm lò trong các điều kiện địa chất phức tạp của bể than Quảng Ninh*, Luận án Tiến sĩ, Trường Đại học Mỏ- Địa chất, Hà Nội.
- 3- Võ Chí Mỹ (2016), *Trắc địa mỏ*, NXB Khoa học và Công nghệ Việt Nam, Hà Nội.
- 4- Võ Chí Mỹ, R.Dudek, Stolarski W, (2014). *Nghiên cứu khả năng ứng dụng máy bay không người lái trong công tác trắc địa mỏ và giám sát môi trường mỏ*. Báo cáo Hội nghị Khoa học kỹ thuật mỏ toàn quốc lần thứ 24, Vũng Tàu.
- 5- Phùng Mạnh Đắc, Báo cáo tổng kết đề tài độc lập cấp nhà nước "*Nghiên cứu lựa chọn các giải pháp kỹ thuật và công nghệ hợp lý để khai thác than ở các khu di tích lịch sử văn hoá, công trình công nghiệp và dân dụng*", Hà Nội, 2011.
- 6- Kiều Kim Trúc và nnk, Báo cáo tổng kết đề tài "*Nghiên cứu và biên soạn hướng dẫn bảo vệ công trình và đối tượng thiên nhiên do ảnh hưởng của khai thác than hầm lò Việt Nam*", Hà Nội, 2012.
- 7- Kiều Kim Trúc (1996), *Nghiên cứu sự biến dạng bờ mỏ và các biện pháp điều khiển hợp lí*, Luận án Tiến sĩ, Trường Đại học Mỏ- Địa chất, Hà Nội.
- 8- Bùi Tiến Diệu, Nguyễn Cẩm Vân, Hoàng Mạnh Hùng, Đồng Bích Phương, Nhữ Việt Hà, Trần Trung Anh, Nguyễn Quang Minh (2016), "*Xây dựng mô hình số bề mặt và bản đồ trực ảnh sử dụng công nghệ đo ảnh máy bay không người lái (UAV)*", Hội nghị Khoa học: Đo đạc Bản đồ với ứng phó biến đổi khí hậu.
- 9- Trần Ngọc Đông (2014), *Nghiên cứu phương pháp Trắc địa quan trắc, phân tích biến dạng và nền móng tầng hầm công trình nhà cao tầng trong giai đoạn thi công xây dựng*. Luận án tiến sĩ kỹ thuật, trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội.

- 10- Vũ Quốc Lập, Trần Anh Tuấn (2017), *Nghiên cứu ứng dụng công nghệ quét laser mặt đất nâng cao chất lượng dữ liệu địa không gian nhằm tăng cường năng lực quản lý nhà nước trong hoạt động khoáng sản*, đề tài khoa học và công nghệ bộ TN & MT, mã số 2015.07.10
- 11- Lê Đại Ngọc (2010), “*Hệ thống máy bay không người lái UAV phục vụ thu thập thông tin ảnh, Thông tin địa hình quân sự*”, Cục Bản đồ, Bộ Tổng tham mưu.
- 12- Quy hoạch phát triển ngành than Việt Nam đến năm 2020, có xét triển vọng đến năm 2030 tại Quyết định số 403/QĐ-TTg của Thủ tướng chính phủ.
- 13- Quy tắc bảo vệ công trình và đối tượng thiên nhiên chống ảnh hưởng có hại của khai thác than hầm lò, Viện VNIMI, LB Nga. St. Petersburg, 1998.
- 14- TCVN: 10673:2015 - Trắc địa mở.
- 15- Hướng dẫn sử dụng phần mềm X-PAD MPS của hãng GeoMax.
- 16- Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2009, *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về xây dựng lưới tọa độ*. Ban hành kèm theo thông tư số 06/2009/ QĐ-B TN MT. Hà Nội.
- 17- Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2008, *Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về xây dựng lưới độ cao*. Ban hành theo Quyết định số 11 /2008/QĐ-BTNMT
- 18- Bộ Công nghiệp, 1998, *Quy phạm kỹ thuật Trắc địa mở*, 18 TCN-97. Hà Nội.
- 19- Viện Khoa học Công nghệ Mỏ, Vinacomin (2016), *Báo cáo kết quả quan trắc dịch động bờ trụ Nam mỏ than Na Dương (2014- 2016)*, Hà Nội.
- 20- ВНИМИ (1981), Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях, Москва.
- 21- В.Н. Гусев, Е.М. Волохов, (2008), Сдвигение и деформаций горных пород, Санкт-петербург.
- 22- Г. В. Орлов, (2010), Сдвигение горных пород и земной поверхности под влиянием подземной разработки, издательство “Горная книга”, Москва.

- 23- Ministerstwo Środowiska, 2011, *Instrukcja wykonywania prace geodezyjnych na potrzeby zakładów górniczych*. Zarządzenia Ministerstwa Środowiska Polski. Nr. 1713. Katowice.
- 24- Government of Western Australia, 2011, *Code of Practice Mines Survey*. Department of Mines and Petroleum, Resources Safety, 100 Plain Street, East Perth, WA.
- 25- *Self-calibration and direct georeferencing in terrestrial laser scanning*, Yuriy Reshetyuk, Printed by Universitetservice US AB Stockholm, Sweden, 2009;
- 26- *Calibration of a Terrestrial Laser Scanner for Engineering Geodesy*, Thorsten Schulz, 2007;
- 27- *Terrestrial laser scanning specifications*, California Department of Transportation, january 2011;
- 28- *Phase Shift Measurement and Time of Flight Measurement*, 18/01/2011 - FARO Technologies;
- 29- Trimble *Trimble TX8 Laser Scanner Datasheet*, April 2015 - Trimble Navigation Limited;
- 30- *Leica ScanStation P30/P40 Because every detail matters*, 2014 - Leica Geosystems;
- 31- *Terrestrial laser scanning for forest monitoring*, Kim Calders Terrestrial laser scanning for forest monitoring 146 pages. PhD thesis, Wageningen University, Wageningen, NL (2015) With references, with summaries in English and Dutch.
- 32- *Introduction to Terrestrial Laser Scanning*, Univ. Prof. Dr. Norbert Pfeifer Institute of Photogrammetry and Remote Sensing Vienna University of Technology A-1040 Wien, Austria;
- 33- *Terrestrial Laser Scanning (TLS) Field Camp Manual*, UNAVCO Boulder, CO v1.3 – 2013. Compiled by: Shawn Carr (UNAVCO), Bruce Douglas (Indiana

University), Christopher Crosby (UNAVCO) With contributions from: David Phillips (UNAVCO), U. Texas Dallas Cybermapping Lab.

35- *Terrestrial Laser Scanners*, Gordon Petrie and Charles K. Toth, 6/25/2008;

36- *Terrestrial Laser Scanning Technology, Systems and Applications*, Rudolf Staiger, Germany, 2003;

37- Pelzer, H. (1985) *Geodätische Netze in der Landes- und Ingenieurvermessung II*. Konrad Wittwer, Stuttgart, 1985.

38- Volker Schwieger (2014). Kinematic and Dynamic Deformation Modeling. International Workshop "Integration of Point- and Area-wise Geodetic Monitoring for Structures and Natural Objects", April 14-15, 2014, Novosibirsk, Russian Federation.

39- N. Quesada-Olmo, M.J. Jimenez-Martinez, M. Farjas-Abadia, 2018. Real-time high-rise building monitoring system using global navigation satellite system technology. *Measurement* 123, 115-124.

40- Wan Abdul Aziz Wan Mohd Akib, Shu Kian Kok Zulkarnaini Mat Amin (2012). High Rise Building Deformation Monitoring With GPS. Department of Geomatic Engineering Faculty of Geoinformation Science & Engineering University Teknologi Malaysia, 81310 Skudai, Johor Malaysia.

41- Ruijie Xi, Weiping Jiang, Xiaolin Meng, Hua Chen, Qusen Chen, 2018. Bridge monitoring using BDS-RTK and GPS-RTK techniques, *Measurement* 120, 128-139.

42- Jiayong Yu, Xiaolin Meng, Xudong Shao, Banfu Yan, Lei Yang, 2012. Identification of dynamic displacements and modal frequencies of a medium-span suspension bridge using multimode GNSS processing. *Engineering Structures*, 81, 432-443.