

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT**

BÁO CÁO HỌC THUẬT

NĂM HỌC 2023 – 2024

**CƠ SỞ KHOA HỌC PHƯƠNG PHÁP QUAN TRẮC BỀ MẶT MỎ
THAN HÀM LÒ BẰNG CÔNG NGHỆ GNSS/CORS KẾT HỢP
TOÀN ĐẠC ĐIỆN TỬ**

Người báo cáo: GVC TS Vương Trọng Kha

Đơn vị : Bộ môn Trắc địa mỏ

Khoa Trắc địa – Bản đồ và Quản lý đất đai

Hà Nội 12- 2023

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT**

**BÁO CÁO HỌC THUẬT
NĂM HỌC 2022 – 2023**

**CƠ SỞ KHOA HỌC PHƯƠNG PHÁP QUAN TRẮC BỀ MẶT MỎ
THAN HÀM LÒ BẰNG CÔNG NGHỆ GNSS/CORS KẾT HỢP TOÀN
ĐẶC ĐIỆN TỬ**

Phòng KHCN

Bộ môn

Người báo cáo

GVC TS. Vương Trọng Kha

Hà Nội 12- 2023

MỤC LỤC

MỤC LỤC	i
DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU.....	iv
DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ.....	v
DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT	viii
MỞ ĐẦU.....	1
CHƯƠNG 1.....	5
KHÁI QUÁT VỀ CÁC VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU	5
<i>1.1. Ảnh hưởng của quá trình khai thác hầm lò đến bề mặt mỏ và địa tầng đất đá.....</i>	<i>5</i>
1.1.1 Vùng ảnh hưởng trên bề mặt mỏ.....	5
1.1.2 Vùng ảnh hưởng trong địa tầng bao quanh khoảng trống lò chợ	10
<i>1.2. Các phương pháp nghiên cứu về dịch động đất đá mỏ</i>	<i>17</i>
1.2.1. Phương pháp nghiên cứu lý thuyết	17
1.2.2. Phương pháp nghiên cứu trên các mô hình thực nghiệm	22
1.2.3. Phương pháp quan trắc thực địa bằng các công nghệ thiết bị đo đạc... ..	24
<i>1.3. Một số thiết bị đo quan trắc truyền thống.....</i>	<i>29</i>
1.3.1. Máy toàn đạc điện tử.....	29
1.3.2. Máy thủy bình	30
1.3.3. Thiết bị quan trắc các lớp đá trong địa tầng mỏ.....	31
CHƯƠNG 2.....	34
CƠ SỞ KHOA HỌC PHƯƠNG PHÁP QUAN TRẮC DỊCH ĐỘNG BỀ MẶT MỎ BẰNG CÔNG NGHỆ GNSS/CORS KẾT HỢP TOÀN ĐẠC ĐIỆN TỬ..	34
<i>2.1. Khái quát về công nghệ GNSS.....</i>	<i>34</i>
2.1.1. Các hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu GNSS.....	35
2.1.2. Nguyên lý cấu trúc chung của hệ thống GNSS.....	38
2.1.3. Các trị đo trong GNSS	39

2.1.4 Nguyên lý định vị GNSS	41
2.2. Công nghệ trạm CORS.....	42
2.2.1. Khái niệm chung	42
2.2.2 Các thành phần của trạm CORS	49
2.2.3 Các phương pháp định vị theo CORS	53
2.3 Quy trình quan trắc dịch động bề mặt mỏ bằng công nghệ GNSS/ CORS kết hợp với máy toàn đạc điện tử	57
2.3.1 Thiết kế lưới quan trắc	57
2.3.2 Công tác chuẩn bị xây dựng lưới quan trắc	58
2.3.3 Thực hiện công tác ngoại nghiệp	59
2.3.4 Công tác xử lý số liệu đo.....	61
2.3.5 Đánh giá độ chính xác kết quả đo	63
CHƯƠNG 3.....	64
THỰC NGHIỆM QUAN TRẮC DỊCH ĐỘNG BỀ MẶT MỎ BẰNG CÔNG NGHỆ GNSS/CORS KẾT HỢP MÁY TOÀN ĐẠC ĐIỆN TỬ.....	64
3.1 Giới thiệu khu vực thực nghiệm quan trắc dịch động.....	64
3.1.1 Vị trí địa lý khu vực khai thác vỉa V7, V8 cánh Bắc, khu Tây Bắc III, mỏ than Mạo Khê.....	64
3.1.2 Khái quát về điều kiện địa chất khu vực vỉa 7TBIII và vỉa 8 TBIII.....	65
3.1.3. Đặc điểm hệ thống khai thác.....	70
3.1.4 Kết cấu lưới quan trắc trên bề mặt mỏ	72
3.2 Đặc điểm của các thiết bị công nghệ đo quan trắc	73
3.2.1 Đặc điểm máy TĐĐT Leica TS09 Plus (5'').....	73
3.2.2 Đặc điểm các trạm CORS và máy thu RTK	75
3.3 Các kết quả đo dịch động theo quy trình quan trắc.....	79
3.3.1 Các kết quả đo dịch động	79
3.3.2 Các kết quả xử lý số liệu đo dịch động.....	83

3.3.3 Phân tích và đánh giá độ chính xác kết quả thực nghiệm.....	88
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	90
<i>Kết luận</i>	90
<i>Kiến nghị</i>	90
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	92

DANH MỤC CÁC BẢNG BIỂU

Bảng 1. 1 Phân nhóm mỏ theo độ cứng đất đá và góc dịch chuyển δ_{tb}	18
Bảng 1. 2 Xác định góc dịch chuyển β , (độ).....	19
Bảng 1. 3 Xác định góc β khi $c > 50\%$ và $m \geq 30m$	20
Bảng 1. 4 Xác định góc β_1	21
Bảng 1. 5 Xác định góc dịch chuyển φ trong lớp đất phủ	21
Bảng 2. 1 Nhiệm vụ và độ chính xác của mạng lưới GNSS/CORS quốc gia.....	47
Bảng 3.1. Bảng tổng hợp các công trình địa chất via 7 TBIII	65
Bảng 3.2. Bảng tổng hợp các chỉ tiêu cơ lý đá via 7 TBIII.....	66
Bảng 3.3. Bảng tổng hợp các công trình địa chất via 8 TBIII	68
Bảng 3.4. Bảng tổng hợp các chỉ tiêu cơ lý đá via 8 TBIII.....	69
Bảng 3.5. Các thông số kỹ thuật của một số khu vực khai thác	71
Bảng 3.6. Bảng chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật công nghệ khai thác chia lớp ngang nghiêng	72
Bảng 3.7. Bảng tổng hợp kết quả quan trắc tuyến V1 bằng máy TĐĐT.....	79
Bảng 3.8. Bảng tổng hợp kết quả quan trắc tuyến V2 bằng máy TĐĐT.....	79
Bảng 3.9. Bảng tổng hợp kết quả quan trắc tuyến V3 bằng máy TĐĐT.....	80
Bảng 3.10. Bảng tổng hợp kết quả quan trắc tuyến V1 bằng trạm CORS	80
Bảng 3.11. Bảng tổng hợp kết quả quan trắc tuyến V2 bằng trạm CORS.....	81
Bảng 3.12. Bảng tổng hợp kết quả quan trắc tuyến V3 bằng trạm CORS	81
Bảng 3. 13 Bảng so sánh độ lệch kết quả đo bằng máy TĐĐT với trạm CORS	82
Bảng 3.14. Bảng tổng hợp kết quả xử lý số liệu đo dịch động tuyến V1	83
Bảng 3.15. Bảng tổng hợp kết quả xử lý số liệu đo dịch động tuyến V2.....	83
Bảng 3.16. Bảng tổng hợp kết quả xử lý số liệu đo dịch động tuyến V3	84

DANH MỤC CÁC HÌNH VẼ

Hình 1. 1. Các vùng ảnh hưởng trong bồn dịch chuyển	6
Hình 1. 2. Bồn dịch chuyển khi khai thác hoàn toàn	7
Hình 1. 3. Bồn dịch chuyển khi khai thác chưa hoàn toàn ở vỉa bằng hoặc dốc thoải	7
Hình 1. 4. Bồn dịch chuyển khi khai thác chưa hoàn toàn ở vỉa dốc, dốc đứng.....	8
Hình 1. 5 Tính chất phân bố dịch chuyển và biến dạng mặt đất.....	10
Hình 1.6. Sơ đồ dịch chuyển đất đá khi vỉa bằng hoặc dốc thoải	12
Hình 1. 7. Sơ đồ dịch chuyển đất đá khi vỉa dốc hoặc dốc đứng.....	13
Hình 1. 8. Góc đứt tách và vùng xuất hiện hố sụt lở trong bồn dịch chuyển.....	15
Hình 1. 9. Các thông số về góc trong đất phủ và đá gốc.....	16
Hình 1. 10. Mô hình mỏng vật liệu tương đương	23
Hình 1. 11. Kết cấu trạm quan trắc trung bình và dài hạn	25
Hình 1. 12. Quan trắc bằng máy toàn đạc điện tử.....	30
Hình 1.13. Quan trắc mặt bằng mỏ bằng máy thủy bình	30
Hình 1.14. Quan trắc sâu bằng Inclinomater	31
Hình 1. 15. Hệ thống quan trắc bằng thiết bị cảm biến Inclinomater	32
Hình 1. 16. Kết quả chuyển vị nghiêng tính từ kết quả quan trắc bằng Inclinomater.....	33
Hình 2. 1. Hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu GNSS	34
Hình 2. 2. Cấu trúc hệ thống GNSS	39
Hình 2. 3. Định vị tuyệt đối đo khoảng cách giả	41
Hình 2. 4. Định vị tương đối	42
Hình 2. 5. Các thành phần của trạm CORS	49
Hình 2. 6. Trung tâm điều khiển của hệ thống trạm CORS	51
Hình 2. 7. Người sử dụng GNSS/CORS	52
Hình 2. 8. Nguyên lý truyền dữ liệu của trạm tham chiếu ảo VRS (dạng NMEA).....	53
Hình 2. 9. Kỹ thuật thông số hiệu chỉnh khu vực	55
Hình 2. 10. Kỹ thuật phối hợp trạm phụ trợ và trạm chính.....	56
Hình 2. 11. Nâng cao kỹ thuật trạm tham chiếu ảo.....	57

Hình 2. 12. Đưa điểm quan trắc ra thực địa	59
Hình 2. 13. Kết cấu mốc quan trắc	60
Hình 3. 1. Sơ đồ vị trí khu mỏ Mạo Khê, Đông Triều, Quảng Ninh	64
Hình 3. 2. Sơ đồ khai thác lò chợ ngang nghiêng	70
Hình 3. 3. Kết cấu trạm quan trắc trên mặt mỏ	73
Hình 3. 4. Sơ đồ hệ thống trạm CORS	75
Hình 3. 5 Sơ đồ hệ thống các trạm CORS xung quanh khu vực đo	77
Hình 3.6. Biểu đồ so sánh lún tuyến V1	84
Hình 3.7. Biểu đồ so sánh lún tuyến V2	85
Hình 3.8. Biểu đồ so sánh lún tuyến V3	85
Hình 3.9. Biểu đồ so sánh chuyển dịch ngang tuyến V1	86
Hình 3.10. Biểu đồ so sánh chuyển dịch ngang tuyến V2	86
Hình 3.11. Biểu đồ so sánh chuyển dịch ngang tuyến V3	87
Hình 3.12. Biểu đồ so sánh tốc độ dịch chuyển tuyến V1	87
Hình 3.13. Biểu đồ so sánh tốc độ dịch chuyển tuyến V2	88
Hình 3.14. Biểu đồ so sánh tốc độ dịch chuyển tuyến V3	88

DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
CORS	Continuously Operating Reference Station
GLONASS	Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema
ITRF	International Terrestrial Reference Frame
IGS	International GPS Service
NGS	Nation Geodetic Survey
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NSRS	National Spatial Reference System
HARN	High Accuracy Reference Network
CIGNET	Cooperative International GPS Network
VRS	Virtual Reference Station
FKP	Flächen Korrektur Parameter
MAC	Master Auxiliary Corrections
RINEX	Receiver Independent Exchange Format
RTK	Real – Time Kinematic
PPK	Post Processing Kinematic
OPUS	Online Positioning User Service
WGS-84	World Geodetic System 1984
VN2000	Hệ quy chiếu và hệ tọa độ quốc gia hiện hành của Việt Nam được thống nhất trong cả nước theo quyết định số 83/2000/QĐ/TTg ngày 12 tháng 7 năm 2000 của thủ tướng Chính phủ

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Theo thời gian và quy mô phát triển ngành than của TKV, mức độ ảnh hưởng của quá trình khai thác than hầm lò ở bể than Quảng Ninh đến các công trình, đối tượng trên mặt đất ngày càng tăng. Do vậy cần thiết phải tập trung nghiên cứu các tai biến nguy hiểm do ảnh hưởng quá trình khai thác đến bề mặt đất. Quan trắc dịch động bề mặt mỏ là một trong các phương pháp phổ biến, hiệu quả trong nghiên cứu xác định các quy luật dịch chuyển biến dạng đất đá do ảnh hưởng công tác khai thác mỏ hầm lò. Trước đây quan trắc bề mặt mỏ thường được tiến hành bằng các công nghệ thiết bị truyền thống như thước thép, máy đo dài điện tử, máy đo laser, máy thủy bình, máy toàn đạc điện tử, ... Hiện nay nhiều công nghệ đo đạc mới hiện đại đã được phát triển và ứng dụng hiệu quả trong lĩnh vực đo đạc nói chung như công nghệ định vị vệ tinh GNSS/CORS/RTK, quét laser mặt đất, UAV và công nghệ bay quét Lidar,... Tuy nhiên bên cạnh các ưu điểm nổi trội, các công nghệ này còn có các nhược điểm như khó thực hiện trong các điều kiện địa hình và môi trường phức tạp, mật độ dân cư, công trình xây dựng, lớp phủ thực vật dày đặc, không đồng đều, thường xuyên có sự đan xen nên trong công tác quan trắc khó đáp ứng yêu cầu về cùng mức độ chính xác như nhau tại các điểm trên các tuyến quan trắc. Để có được những tập dữ liệu quan trắc có độ chính xác cao, hiệu quả về kinh tế cần có phương pháp đo phù hợp và sự kết hợp các công nghệ tương ứng.

Công nghệ toàn đạc điện tử ra đời đã thay thế dần phương pháp quan trắc truyền thống bằng thước thép kết hợp với máy thủy bình. Phương pháp này đã được các cơ quan nhà nước có thẩm quyền phê duyệt để áp dụng rộng rãi trong thực tế đo đạc quan trắc lún hiện nay. Công nghệ toàn đạc điện tử có ưu điểm là dễ dàng thực hiện, cho kết quả với độ chính xác cao, không phụ thuộc vào điều kiện địa hình địa vật,...Nhược điểm của phương pháp là phải thành lập mạng lưới cơ sở các cấp trước khi đo quan trắc.

Công nghệ định vị toàn cầu (GNSS) bắt đầu được xây dựng từ những năm 1970. Hiện nay, công nghệ GNSS đã được ứng dụng rộng rãi trên thế giới với các tính năng

vượt trội như: độ chính xác cao, linh hoạt trong quá trình sử dụng, tiết kiệm nhân lực. Không nằm ngoài xu hướng phát triển đó, từ đầu những năm 1990 Việt Nam đã ứng dụng công nghệ GNSS vào công tác đo đạc thành lập mạng lưới tọa độ Nhà nước, lưới khống chế khu vực, lưới địa hình... bằng phương pháp đo tĩnh, và đo đạc định vị công trình, đo vẽ chi tiết bằng phương pháp đo động thời gian thực (RTK).

Tuy nhiên, phương pháp đo động thời gian thực sử dụng sóng radio truyền tín hiệu thường bị nhiễu, gián đoạn do khoảng cách từ máy trạm đến máy thu động ảnh hưởng đến khả năng truyền dữ liệu cải chính; sóng radio thường bị ngắt quãng khi đi qua các vật cản. Do đó, phải đo xác định lại số nguyên đa trị và phải thiết lập nhiều trạm máy chủ cho một khu vực đo vẽ, làm giảm năng suất và độ chính xác. Để khắc phục những hạn chế nêu trên, công nghệ GNSS có bước phát triển mới chính là trạm tham chiếu CORS. Tại Việt Nam, trạm tham chiếu CORS đang dần hình thành và phát triển. Mặc dù vậy, trong các văn bản quy phạm pháp luật quy định về đo quan trắc bề mặt mỏ hiện nay chưa đề cập chi tiết đến trạm tham chiếu CORS.

Vì vậy, đề tài báo cáo “*Cơ sở khoa học phương pháp quan trắc bề mặt mỏ than hầm lò bằng công nghệ GNSS/CORS kết hợp toàn đạc điện tử*” được chọn thực hiện nhằm đánh giá khả năng ứng dụng cũng như tính hiệu quả của công nghệ trạm GNSS/CORS kết hợp với công nghệ toàn đạc điện tử trong công tác quan trắc dịch động bề mặt mỏ.

2. Mục tiêu của báo cáo

Phân tích, luận giải và xác lập được cơ sở khoa học, thực tiễn cũng như hiệu quả của công nghệ GNSS/CORS và việc kết hợp với máy toàn đạc điện tử trong công tác quan trắc dịch động bề mặt mỏ.

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.

- Ảnh hưởng của quá trình khai thác than hầm lò đến bề mặt mỏ.
- Hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu GNSS.
- Trạm tham chiếu hoạt động liên tục CORS

- So sánh kết quả phương pháp đo động xử lý tức thời RTK trên cơ sở ứng dụng công nghệ GNSS/CORS và máy toàn đạc điện tử trong quan trắc dịch động để tìm ra giải pháp kết hợp hai phương pháp trên trong đo quan trắc dịch động bề mặt mỏ.

- Đề tài nghiên cứu được giới hạn bởi không gian và thời gian tại khu vực các lò chợ vỉa 7 và vỉa 8 khu Tây Bắc III mỏ than Mạo Khê.

4. Nội dung báo cáo của đề tài

- Tổng quan ảnh hưởng của quá trình khai thác than hầm lò đến bề mặt mỏ.
- Nghiên cứu tổng quan về công nghệ GNSS/CORS.
- Nghiên cứu các kỹ thuật đo theo phương thức mạng lưới trạm CORS phục vụ công tác quan trắc bề mặt mỏ.
- Nghiên cứu thiết kế sơ đồ bố trí lưới quan trắc trên bề mặt mỏ.
- Đo đạc thực nghiệm công tác quan trắc dịch động bề mặt mỏ bằng công nghệ GNSS/CORS và máy toàn đạc điện tử từ đó so sánh, phân tích, đánh giá khả năng để kết hợp hai phương pháp đo trong quan trắc bề mặt mỏ.

5. Phương pháp nghiên cứu

Đề tài báo cáo áp dụng các phương pháp nghiên cứu sau:

- Phương pháp tổng hợp, phân tích và đánh giá các số liệu, tài liệu quan trắc thực địa hoặc thu thập được có liên quan đến nội dung nghiên cứu.
- Tra cứu, nghiên cứu, phân tích, tổng hợp tài liệu liên quan đến công nghệ GNSS/CORS để xây dựng lưới quan trắc dịch động bề mặt mỏ.
- Kế thừa các kết quả nghiên cứu ở trong và ngoài nước, nghiên cứu thiết kế, xây dựng mạng lưới quan trắc dịch động bề mặt mỏ dựa trên công nghệ GNSS/CORS.

6. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của báo cáo

- Ý nghĩa khoa học:

Đề tài là bước đầu xây dựng được cơ sở khoa học và phương pháp luận của việc ứng dụng công nghệ GNSS/CORS và việc kết hợp với máy toàn đạc điện tử trong công tác trắc địa mỏ nói chung và công tác quan trắc dịch động bề mặt mỏ nói riêng.

- Ý nghĩa thực tiễn:

+ Có cái nhìn tổng quan về công nghệ GNSS/CORS và sự kết hợp với máy toàn đạc điện tử trong công tác quan trắc dịch động bề mặt mỏ.

+ Minh chứng được khả năng ứng dụng hiệu quả công nghệ GNSS/CORS kết hợp với máy toàn đạc điện tử trong công tác quan trắc dịch động bề mặt mỏ qua việc so sánh phân tích kết quả quan trắc của hai phương pháp đo trên.

8. Kết cấu của báo cáo

Ngoài phần mở đầu, kết luận và kiến nghị, phần phụ lục kèm theo; báo cáo được cấu trúc thành 3 chương với bố cục như sau:

Chương 1: Khái quát về các vấn đề nghiên cứu.

Chương 2: Cơ sở khoa học phương pháp quan trắc dịch động bề mặt mỏ bằng công nghệ GNSS/CORS kết hợp máy toàn đạc điện tử

Chương 3: Thực nghiệm quan trắc dịch động bề mặt mỏ bằng công nghệ GNSS/CORS kết hợp máy toàn đạc điện tử.

CHƯƠNG 1

KHÁI QUÁT VỀ CÁC VẤN ĐỀ NGHIÊN CỨU

Khai thác khoáng sản trong lòng đất là nguyên nhân gây ra hiện tượng dịch động của các khối đất đá và biến dạng bề mặt đất. Các hiện tượng dịch chuyển đất đá và biến dạng bề mặt là mối đe dọa nguy hiểm đối với các công trình trong tổ hợp công nghệ dưới hầm lò, các công trình tự nhiên và nhân tạo trên bề mặt đất. Quy mô dịch chuyển biến dạng đất đá được đặc trưng bởi nhiều tham số, trong đó các thông số về góc dịch động có ý nghĩa rất quan trọng trong việc xác định ranh giới ảnh hưởng khai thác, cho phép dự báo trước được phạm vi ảnh hưởng của khai thác dưới.

1.1. Ảnh hưởng của quá trình khai thác hầm lò đến bề mặt mỏ và địa tầng đất đá

1.1.1 Vùng ảnh hưởng trên bề mặt mỏ

a. Bồn dịch chuyển

Do ảnh hưởng khai thác than hầm lò ở lò chợ bề mặt đất sẽ bị lún, tạo thành vùng trũng xuống được gọi là bồn dịch chuyển, có hình dạng và kích thước phụ thuộc vào điều kiện địa chất và công nghệ khai thác khác nhau.

Hình dạng của bồn dịch chuyển, giá trị cường độ dịch chuyển và biến dạng trong bồn, đơn cử như độ lún η của nó, phụ thuộc chủ yếu vào kích thước khoảng trống khai thác. Diện tích khai thác càng lớn thì những giá trị này càng tăng. Tuy nhiên, khi kích thước diện tích khai thác tăng đến một giá trị nhất định nào đó 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; khi đó lò chợ có kích thước theo phương là D_0 . Ở thời điểm này đáy bồn dịch chuyển trên bề mặt đất có độ lún đạt giá trị cực đại lớn nhất η_0 và sau đó 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. Còn trước thời điểm đạt mức khai thác hoàn toàn đáy bồn chỉ có một điểm có giá trị lún cực đại η_{\max} .

b. Phân loại vùng ảnh hưởng trong bồn dịch chuyển

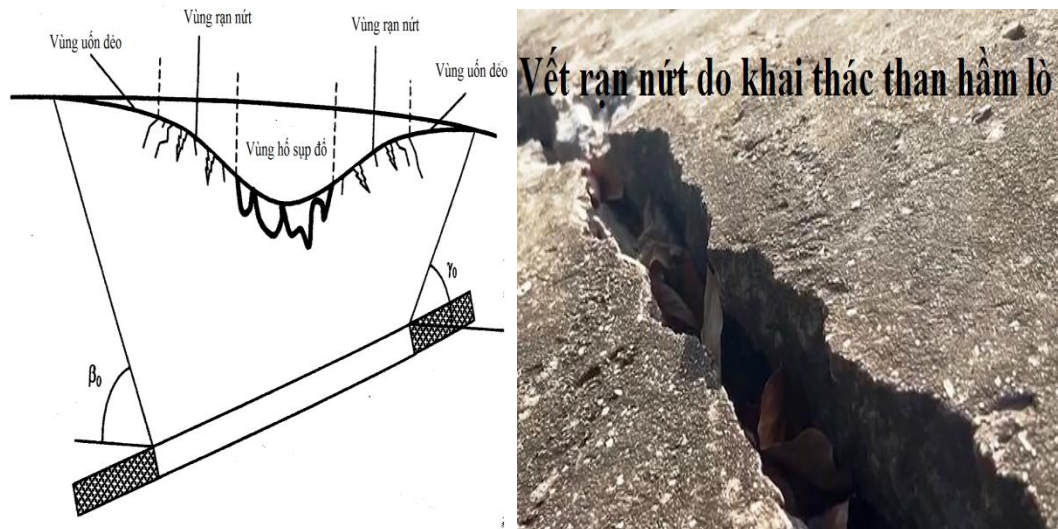
Bồn dịch chuyển trên mặt đất phân biệt các vùng sau (hình 1.1)

-*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.

-*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

-*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.

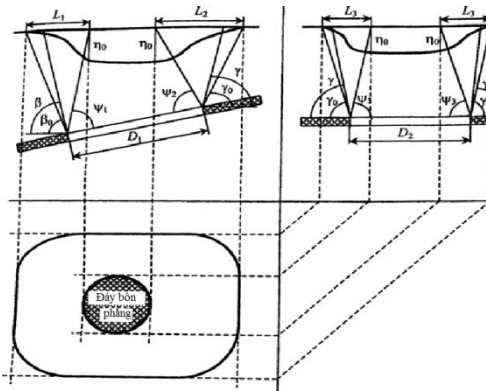
-*Vùng dịch chuyển nguy hiểm* - là vùng bề mặt đất xuất hiện biến dạng làm các công trình và các đối tượng tự nhiên ảnh hưởng nghiêm trọng, nguy hiểm.



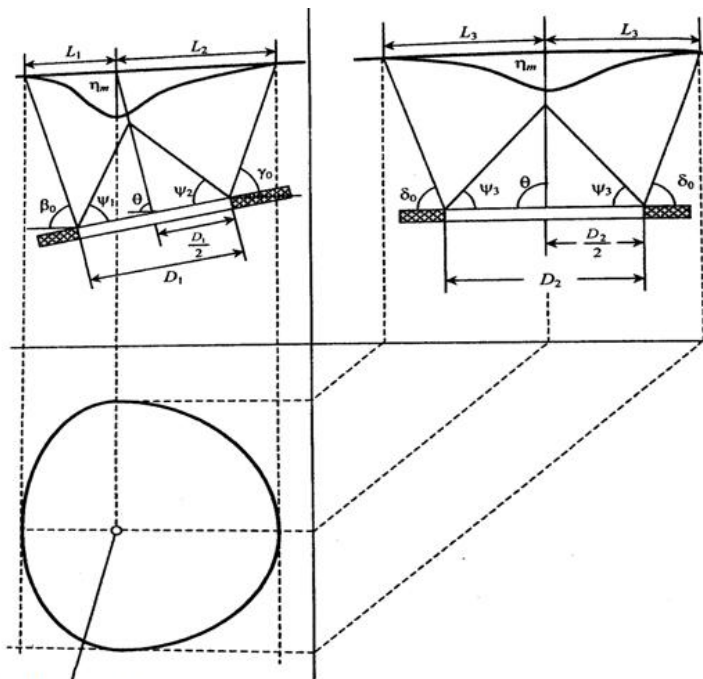
Hình 1. 1. Các vùng ảnh hưởng trong bồn dịch chuyển

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. 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 1.2 - 1.4.

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 1.2 - 1.4.

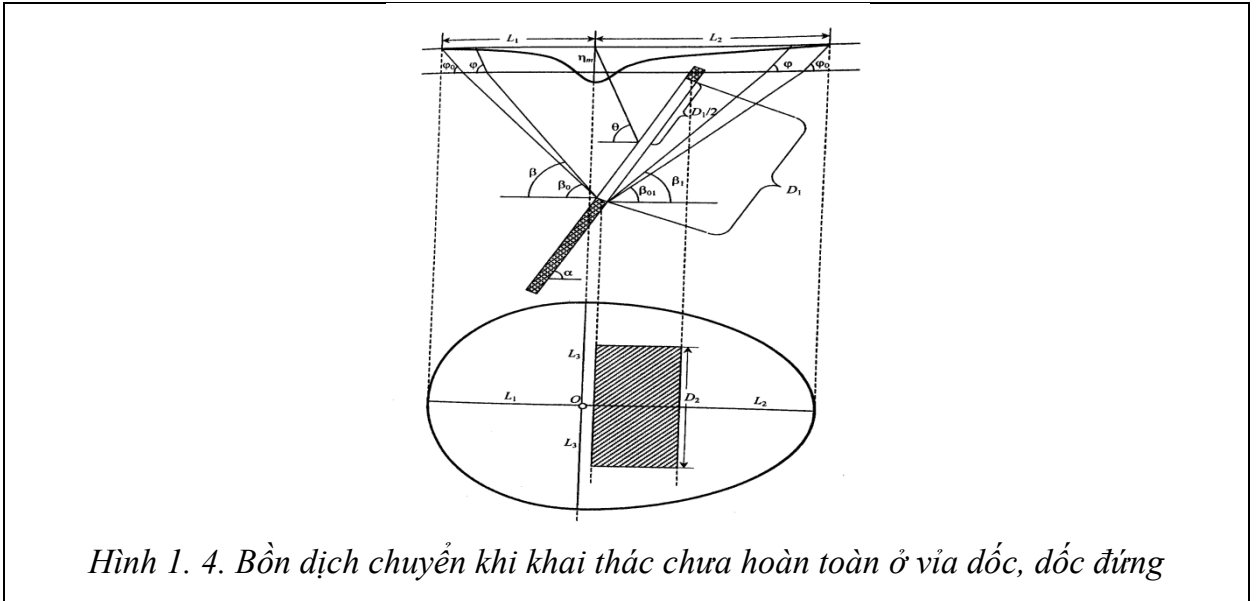


Hình 1. 2. Bồn dịch chuyển khi khai thác hoàn toàn



Điểm lún cực đại
của đáy bồn dịch chuyển

Hình 1. 3. Bồn dịch chuyển khi khai thác chưa hoàn toàn ở vỉa bằng hoặc dốc thoải



Hình 1. 4. Bồn dịch chuyển khi khai thác chưa hoàn toàn ở via dốc, dốc đứng
c. Đặc điểm dịch chuyển bề mặt bồn theo thời gian

Thời gian chung của quá trình dịch chuyển mặt đất- T là khoảng thời gian mà 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 sau đó 6 tháng lũy kế độ lún mặt đất (cộng dồn lại) không vượt quá 30mm. Biết được thời gian chung của quá trình dịch chuyển - T sẽ cho phép xác định khả năng thi công các trình trên khu vực đã khai thác và giải quyết nhiều vấn đề thực tế khác.

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 via dốc thoải và dốc; $V \geq 30\text{mm}$ trong một tháng với via dốc đứng. Trong thời kỳ này các công trình trên bề mặt bị khai thác dưới chịu tác động biến dạng lớn nhất.

d. Các đại lượng đặc trưng cho dịch động bề mặt mỏ

* Các đại lượng dịch chuyển η , ξ

Qua 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 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:

$$\eta_i = H_0 - H_i; \quad (1.1)$$

$$\xi_i = D_n^i - D_n^0 \quad (1.2)$$

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 .

* 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 biến dạng, bao gồm các đại lượng: nghiêng - i ; cong - k và biến dạng cong - ε .

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

+ **Biến dạng nghiêng của một đoạn:** $i_i = \frac{\eta_j - \eta_{j-1}}{l_0} \quad (1.3)$

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:** $k_i = \frac{l_j - l_{j-1}}{l_{tb}}$

(1.4)

Trong đó:

i_{j-1}, i_j - độ nghiêng của hai đoạn kế tiếp nhau $j-1$ và j ;

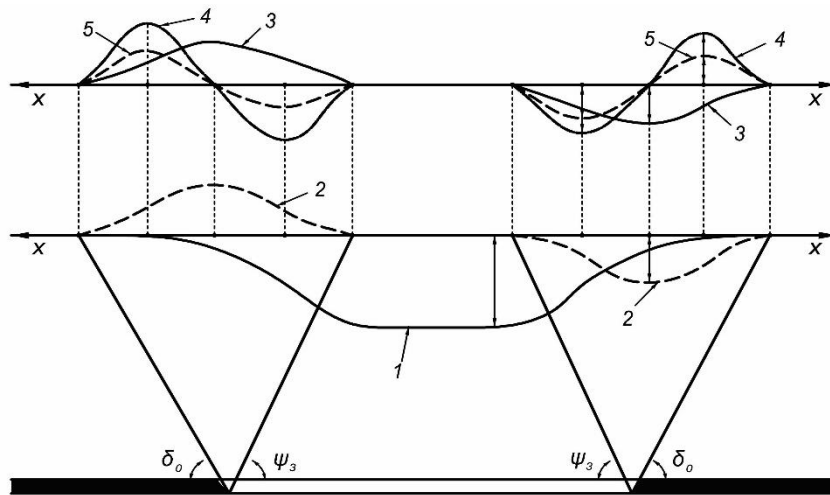
l_{tb} - khoảng cách trung bình giữa hai đoạn kế tiếp;

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:** $\varepsilon_i = \frac{l_i - l_0}{l_0} \quad (1.5)$

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. 5 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.

Trong bồn dịch chuyển có 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 vĩa 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 vĩa 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 vĩa; khi vĩa dốc đứng nó nằm gần sát biên giới của bồn dịch chuyển, ...

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

$$i = \frac{\partial \eta}{\partial x} ; \quad k = \frac{\partial i}{\partial x} = \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} ; \quad \varepsilon = \frac{\partial \xi}{\partial x} \quad (1.6)$$

1.1.2 Vùng ảnh hưởng trong địa tầng bao quanh khoảng trống lò chợ

a. Vùng ảnh hưởng trong địa tầng

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 β_0 , (β_{01}) , γ_0 , δ_0 và kẻ trên các mặt cắt đứng theo dốc, theo phương của vỉa. Trên hình 1.6, vùng đất đá vách (hoặc trụ) vỉa nằm trên 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 trực tiếp trên vùng trống khai thác uốn võng về phía lò theo phương pháp tuyến với vỉa giống như sự uốn võng một dầm gối tựa ở hai đầu. Phần trọng lượng khối đá nằm trên khoảng trống được truyền lên phần đất đá bao quanh lò chợ làm tăng áp lực tựa vùng thành lò ở phía ranh giới trên và ranh giới dưới (đường cong 2, hình 1.6).

Sự chuyển dịch của các lớp đá ở nóc lò bắt đầu dưới dạng uốn võng, tách lớp và hình thành vùng đồng thời chịu ứng lực nén- kéo (đường cong 3, hình 1.6). Khi biến dạng đạt tới giá trị giới hạn, các lớp đá sẽ gãy, sụp đổ và dần lấp đầy khoảng trống khai thác. (Với các vỉa dốc đứng còn tạo ra các hố sụt trong địa tầng đất đá.) Chúng sẽ trở thành gối đỡ cho các lớp đá nằm phía trên (vùng II) đang bị uốn cong xuống. Nếu biến dạng không vượt quá giá trị giới hạn thì đất đá vách không sụp đổ nên không xuất hiện vùng I mà chỉ phát triển vùng II, nơi các lớp đá bị uốn cong với các kẽ nứt cắt lớp. Khi lò chợ phát triển và đạt kích thước đủ độ lớn, các lớp đất đá ở vùng II và III sẽ bị nén ép trở về song song với vị trí ban đầu và hình thành vùng dịch chuyển hoàn toàn. Kích thước của vùng này trên mặt cắt chính theo dốc được xác định bởi các góc Ψ_1 , Ψ_2 ; trên mặt cắt theo phương của vỉa, góc Ψ_3 .

Trong quá trình dịch chuyển có 3 giai đoạn phát triển: 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.

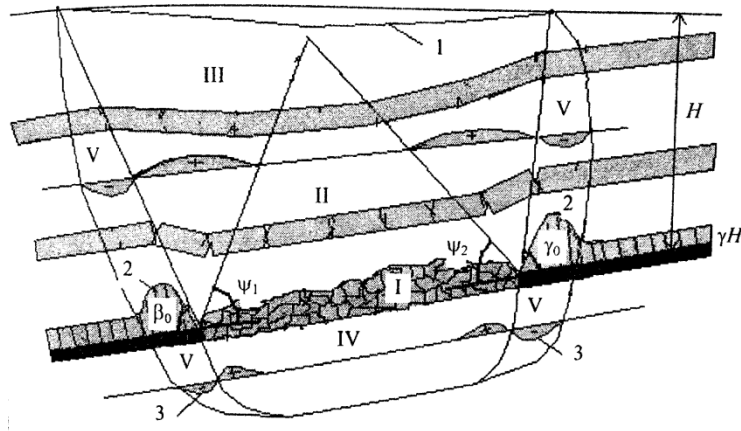
Khi độ sâu khai thác và kích thước khoảng trống khai thác đủ lớn thì quá trình dịch chuyển đất đá sẽ xảy ra dưới các dạng sau (hình 1.6):

- *Sụp đổ*: là sự rơi vỡ lộn xộn các lớp, khối đất đá ở vách vỉa dưới dạng cục, tảng, khối (vùng I- vùng sụp đổ).

- *Uốn võng cắt, tách lớp*: các lớp đất đá tuân tự uốn võng vào phía khoảng trống khai thác với sự tạo thành các kẽ nứt cắt lớp và đồng thời xảy ra sự tách rời các lớp (vùng II)

- *Uốn võng điều hòa*: các lớp đất đá không bị tách ra khi uốn võng xuống dưới (vùng III)

- *Trôi vách, bùng nền*: hiện tượng đất đá ở hai bên thành lò, gương lò hoặc ở nền lò trương nở và uốn cong về phía khoảng trống khai thác



Hình 1.6. Sơ đồ dịch chuyển đất đá khi vỉa bằng hoặc dốc thoải

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

$$h = \frac{m}{K_n} \cos \alpha \quad (1.7)$$

hoặc $h = (3-5) m \quad (1.8)$

Trong đó:

m - Chiều dày của vỉa;

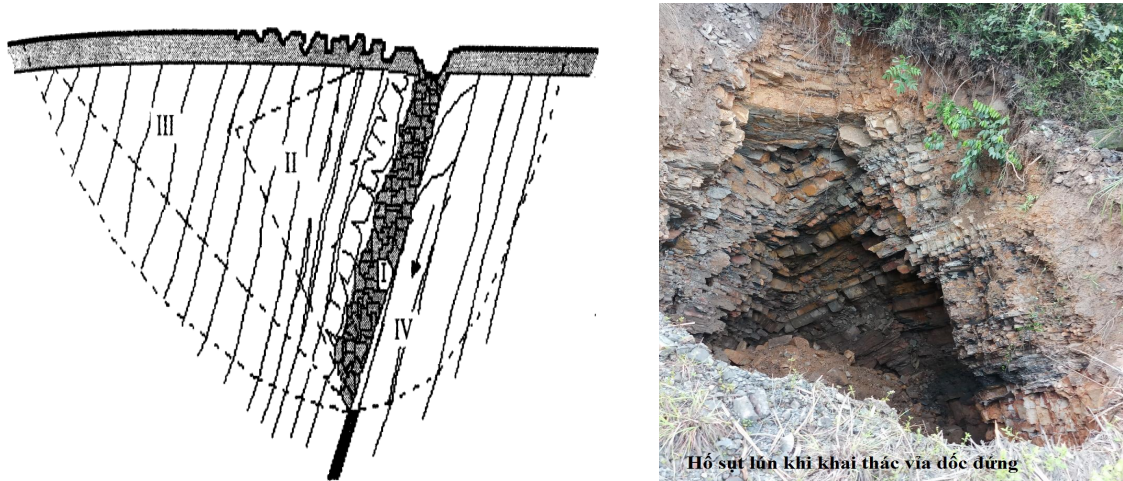
K_n - Hệ số hệ số nở rời của đá trong vùng sụp đổ;

α - Góc dốc của vỉa

Vùng sụp đổ có thể không xuất hiện khi chiều dày khâu than nhỏ, xảy ra sự bùng nền, 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 lên phía trên dao động trong khoảng (30- 40)m.

Các đôi tượng chứa nước trên mặt đất cũng như các via nước ngầm hoặc các đường lò cũ ngập nước nếu nằm trong phạm vi các vùng này có thể bị bực nước, gây ngập lò đang hoạt động.



Hình 1. 7. Sơ đồ dịch chuyển đất đá khi via dốc hoặc dốc đứng

Khi khai thác ở via dốc hoặc dốc đứng, ngoài việc xuất hiện các vùng I, II, III ở vách via, có thể gây ra sự tách, cắt, trượt và dịch chuyển các lớp đất đá ở trụ via về phía khoảng trống khai thác (vùng IV, hình 1.7). Hậu quả là bề mặt đất bị biến dạng và sẽ xuất hiện các tầng bậc, rãnh kẽ nứt hoặc vùng sụt lún lớn.

Sự dịch chuyển của các lớp đất đá gốc trong các vùng I, II, III cuối cùng sẽ làm dịch chuyển lớp đất bồi và tạo thành bồn dịch chuyển trên mặt đất (đường cong 1 hình 1.6).

Khi khai thác ở độ sâu nhỏ, xấp xỉ bằng (10- 15) lần chiều dày via 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 via bằng thì dễ xảy ra dưới dạng uốn cong theo phương pháp tuyến với via. Khi góc dốc của via lớn hơn 10^0 sự dịch chuyển đất đá gốc xảy ra ở dạng uốn cong theo phương pháp tuyến với via 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.

b. Các thông số dịch động đất đá trong địa tầng

** Các góc biên (góc giới hạn) $\beta_0, \beta_{01}, \gamma_0, \delta_0$*

Trên mặt cắt chính theo dốc và theo phương của vỉa, vùng dịch chuyển được giới hạn bởi các góc biên $\beta_0, \beta_{01}, \gamma_0, \delta_0$, 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 1.4);

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.

** Các góc dịch chuyển $\beta, \beta_1, \gamma, \delta$*

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. Ranh giới của vùng dịch chuyển nguy hiểm là đường nối các điểm có các giá trị biến dạng giới hạn nguy hiểm sau: biến dạng nghiêng $i = 4.10^{-3}$, biến dạng cong $k = 0,2.10^{-3}.1/m$, biến dạng ngang $\varepsilon = 2.10^{-3}$. Trên mặt cắt chính theo dốc và theo phương của vỉa, vùng dịch chuyển nguy hiểm được giới hạn bởi các góc dịch chuyển $\beta, \beta_1, \gamma, \delta$ 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 1.4);

γ - Góc dịch chuyển ở ranh giới trên của lò chợ;

δ - Góc dịch chuyển ở ranh giới lò chợ, trên mặt cắt đứng theo phương của vỉa.

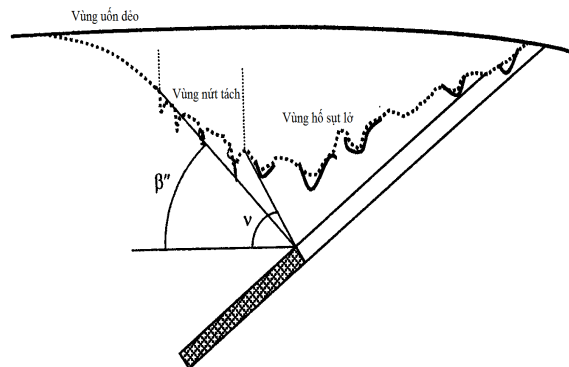
Các góc β_{01} và β_1 sử dụng để ký hiệu sự dịch chuyển đất đá trụ vỉa khi khai thác vỉa dốc, với $\alpha \geq \alpha_{gh}$. Trong đó α - góc dốc của vỉa; α_{gh} - là giá trị góc dốc giới hạn khi bắt đầu xảy ra dạng dịch trượt đất đá ở trụ vỉa vào khoảng trống khai thác. Giá trị góc giới hạn trượt α_{gh} ($\alpha_{gh} = 56^0 - 70^0$) 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 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 .

** Các góc đứt tách β'' , β''_1 , γ'' , δ''*

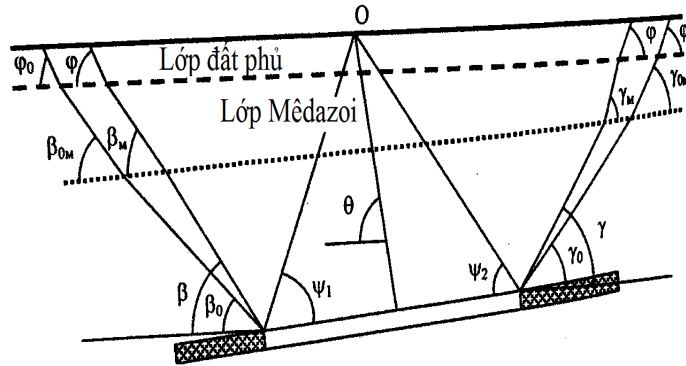
Khi độ sâu khai thác không đáng kể, chiều dày vỉa khấu than lớn hoặc khi khai thác mở rộng thì trong vùng đáy bồn dịch chuyển sẽ xuất hiện các hố sụt lờ, các kẽ nứt dài và sâu. Ranh giới bao vùng bị biến dạng phá hủy như vậy được xác định bằng các góc đứt tách β'' , β''_1 , γ'' , δ'' .

Các góc đứt tách được 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 1.9), không phân biệt góc đứt tách trong các lớp đá gốc và đất phủ.



Hình 1. 8. Góc đứt tách và vùng xuất hiện hố sụt lờ trong bồn dịch chuyển



Hình 1. 9. Các thông số về góc trong đất phủ và đá góc

Trong các lớp đá tuổi Medozoi phân biệt các góc biên β_{0M} , γ_{0M} , δ_{0M} và các góc dịch chuyển là β_M , γ_M , δ_M , hình 1.9.

* 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 1.8. 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.

* Góc lún cực đại θ

Góc lún cực đại θ dùng để xác định điểm có độ lún cực đại trong 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 gốc hoặc lớp đất bồi.

* Góc dịch chuyển hoàn toàn Ψ_1, Ψ_2, Ψ_3

Phân biệt các góc dịch chuyển hoàn toàn như sau (hình 1.3):

- 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

1.2. Các phương pháp nghiên cứu về dịch động đất đá mở

Hiện nay, trên thế giới cũng như ở Việt nam đang 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 ở phòng thí nghiệm, nghiên cứu lý thuyết và kết hợp ba hướng trên vào mục đích nghiên cứu.

1.2.1. Phương pháp nghiên cứu lý thuyết

a. Phương pháp dựa trên các giả thuyết về môi trường cơ học đất đá

Nghiên cứu lý thuyết được tiến hành theo hai hướng:

- Hướng thứ nhất 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.

Theo hướng này 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.

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 bị chi phối theo nhiều quy luật dịch chuyển và biến dạng không giống nhau. Đây là trở ngại lớn 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 tính đến thăm dò đến mức chi tiết khối đất đá nguyên có liên quan đến quá trình dịch chuyển đất đá.

- Hướng thứ hai là 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 thứ hai cho phép tìm ra những phương pháp để tính dịch chuyển và biến dạng mặt đất, các tính toán xây dựng các trụ than bảo vệ cho những mỏ đã tiến hành nghiên cứu dịch chuyển đất đá. Phương 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 α - δ

Bảng 1. 1 Phân nhóm mỏ theo độ cứng đất đá và góc dịch chuyển δ_{tb}

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

Kết quả nghiên cứu 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 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 khó tìm được các vùng mỏ đồng thời tương tự nhau theo ba chỉ tiêu trên, dẫn đến các tham số dịch chuyển được xác định với độ tin cậy không cao.

b. Phương pháp tổng hợp và khái quát hóa các dữ liệu quan trắc dịch động

Để khắc phục nhược điểm của phương pháp nghiên cứu lý thuyết, 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.

Để tính các thông số dịch chuyển theo các dấu hiệu được đề xuất ở trên cần tuân theo lược đồ sau:

- + Lập trạm quan trắc ngắn hạn ở mỏ và xử lý số liệu để xác định góc dịch chuyển δ_{tb}
- + Xác định hệ số kiên cố trung bình của đất đá mỏ, theo trình tự:
 - Tính hệ số kiên cố cho từng lớp đá:

$$f_i = \frac{\sigma_{nenTB}}{9,8.10^6} \quad (1.9)$$

Bảng 1. 2 Xác định góc dịch chuyển β , (độ)

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 1. 3 Xác định góc β khi $c > 50\%$ và $m \geq 30m$

Nhóm mỏ	Góc dốc via 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

- Tính hệ số kiên cố trung bình của các lớp đá cát kết, đá vôi và các loại khác tương đương:

$$f_c = \frac{\sum m_i f_i}{\sum m_i} \quad (1.10)$$

- Tính hệ số kiên cố trung bình của các lớp đá bột kết, sét kết và các loại khác tương đương:

$$f_s = \frac{\sum m_j f_j}{\sum m_j} \quad (1.11)$$

- Tính hệ số kiên cố trung bình cho cả địa tầng chứa than:

$$f_{TB} = \frac{xf_c + yf_s}{100} \quad (1.12)$$

Trong đó: x, y - Tỷ lệ thành phần (theo %) các loại đá khác nhau có trong địa tầng; m_i, m_j - là chiều dày các lớp đá; f_i, f_j - độ kiên cố của các lớp đá.

+ Lựa chọn nhóm mỏ theo độ kiên cố trung bình f_{tb} :

$$A = \frac{f_s}{f_c} \quad (1.13)$$

- Nếu $A \geq 0,5$ thì nhóm mỏ được chọn theo bảng 1.1

- 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.

+ Xác định góc dịch chuyển trong lớp đá gốc:

Phụ thuộc vào nhóm mỏ và góc dốc của vỉa α , góc β được xác định theo bảng 1.2 hoặc bảng 1.3.

Các mỏ thuộc nhóm VII và VIII trong trường hợp có tổng chiều dày các lớp cát kết, đá vôi lớn hơn 50% độ sâu khai thác trung bình ($C > 50\%$) và đồng thời chiều dày (m) của các lớp đá cát kết, đá vôi $\geq 30\text{m}$ thì góc dịch chuyển β xác định theo bảng 1.3.

Bảng 1. 4 Xác định góc β_1

Nhóm mỏ	Chiều dày vỉa, (mét)	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

Góc δ xác định theo bảng 1.1 theo sự phụ thuộc vào nhóm mỏ. Góc $\gamma = \delta$. Góc β_1 xác định theo bảng 1.4 với sự phụ thuộc vào nhóm mỏ, chiều dày và góc dốc của vỉa.

Bảng 1. 5 Xác định góc dịch chuyển φ trong lớp đất phủ

Chiều dày lớp đất phủ h, (mét)	Tình trạng lớp đất phủ	
	Khô ráo	Ngập nước
< 40	50	45
40-60	55	50
> 60	60	55

Góc dịch chuyển trong lớp đất phủ (φ) xác định theo bảng 1.5 cho các mỏ thuộc nhóm III- VIII, đối với các nhóm mỏ I, II góc dịch chuyển φ lấy bằng góc dịch chuyển trong các lớp đá gốc.

1.2.2. Phương pháp nghiên cứu trên các mô hình thực 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.

a. Nghiên cứu trên mô hình 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.

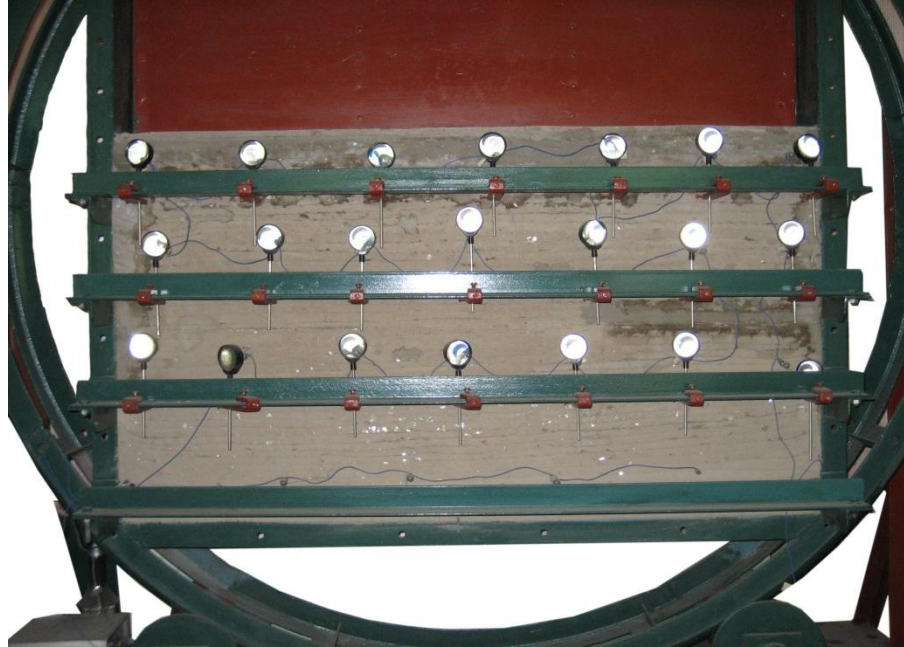
Lựa chọn vật liệu và xác định các yếu tố cơ lý tương đương của chúng với điều kiện thực tế là điều khó khăn, cần thiết và quan trọng nhất đối với nhiệm vụ nghiên cứu trên mô hình. Các vật liệu xây dựng mô hình thường dùng là cát, thạch cao, mica, paraffin và một số các phụ liệu khác. Để mô hình giống 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 tơn. Các chỉ tiêu về tính chất cơ lý của vật liệu mô hình, theo G.N. Kuznheov, được xác định theo công thức:

$$N_m = \frac{l}{L} \frac{\gamma_m}{\gamma_{tt}} N_{tt} \quad (1.14)$$

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. 10. Mô hình móng 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.

b. Nghiên cứu trên mô hình địa cơ

Trên thế giới đã có nhiều dạng mô hình địa cơ phân tích, dự báo dịch chuyển biến dạng bề mặt đất được nghiên cứu, 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 bể 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 bôn dịch chuyển trên bề mặt đất.

c. Nghiên cứu trên mô hình vật liệu hoạt tính quang học

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.

1.2.3. Phương pháp quan trắc thực địa bằng các công nghệ thiết bị đo đạc

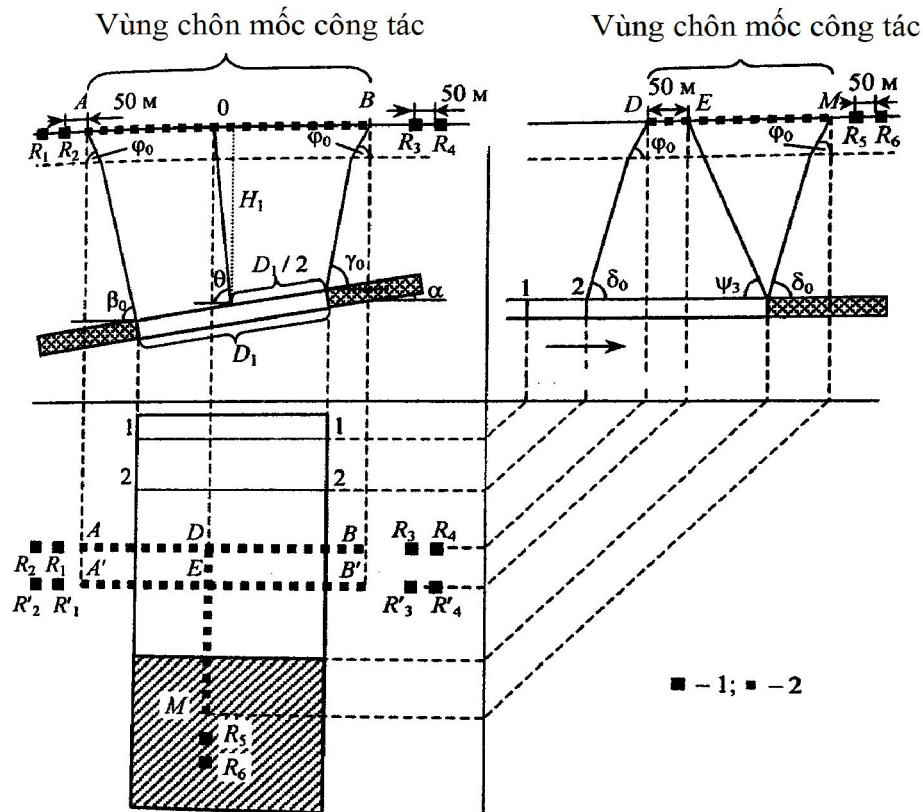
a. Khái niệm về quan trắc dịch động

Khi nghiên cứu quá trình dịch chuyển đất đá mỏ trực tiếp ngoài hiện trường, trên vùng khai thác hầm lò, cần thành lập các lưới quan trắc bằng cách chôn những

mốc đặc biệt rồi xác định vị trí của nó qua từng thời gian bằng thiết bị, công nghệ và các phương pháp trắc địa.

Các lưới quan trắc được xây dựng để đón trước tại nơi lò chợ sẽ đi qua. Công việc đo đạc, giám sát được tiến hành theo chu kỳ hoặc liên tục từ trước khi lò chợ đi qua cho đến thời điểm kết thúc quá trình dịch chuyển. Những số liệu quan trắc nhận được cho biết khái niệm về quá trình dịch chuyển ở đó, 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.



Hình 1. 11. Kết cấu trạm quan trắc trung bình và dài hạn
Trong đó: 1- Mốc cố định; 2- Mốc công tác

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.

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,...

Quan trắc thực địa bằng thiết bị, công nghệ trắc địa 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.

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.

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.

Tùy 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.

b. Phân loại quan trắc dịch động

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:

- 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.

- 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.

- 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:

- 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.

- Lưới quan trắc trung bình nhằm mục đích như trên nhưng khi khai thác 1-2 vỉa ở cùng một mức. Thời gian tồn tại từ 1 đến 3 năm.

- 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 .

- 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, ...

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.

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 quan

trắc bố trí trên mặt đất sẽ theo đường phương hoặc theo dốc của vỉa tại những chỗ dự đoán sau này là mặt cắt chính của bồn dịch chuyển.

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 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 ban đầu (với toạ độ X, Y, H) để đưa thiết kế ra thực địa.

Những bản vẽ chính gồm có bản đồ trạm 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 các tham số cần xác định nhiều).

Ở những mỏ có cấu tạo địa chất phức tạp thì lưới 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.

c. Các đại lượng đo quan trắc và yêu cầu về độ chính xác

** Quan trắc chuyển dịch 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:

$$f_{h\max} = \pm 4\sqrt{n}$$

** Quan trắc chuyển dịch 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 khoảng cách 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. Sai số đo cạnh:

$$\frac{m_l}{l} \leq \frac{1}{10000}$$

1.3. Một số thiết bị đo quan trắc truyền thống

1.3.1. Máy toàn đạc điện tử

Máy toàn đạc điện tử được sử dụng rộng rãi trong các công tác trắc địa tại mỏ nói chung và trong công tác quan trắc dịch động bề mặt địa hình mỏ nói riêng. Với khả năng đồng thời xác định các đại lượng góc, cạnh và độ cao, toàn đạc điện tử cho phép

xác định các thông số dịch chuyển đất đá và tự động tính toán các đại lượng dịch chuyển và biến dạng trên bề mặt mỏ. (hình 1.12).



Hình 1. 12. Quan trắc bằng máy toàn đạc điện tử

1.3.2. Máy thủy bình

Máy thủy bình là một loại thiết bị trắc địa dùng để đo độ chênh cao giữa các điểm trên mặt đất theo nguyên lý tia ngắm ngang nằm ngang và song song với mặt nước biển. Số đo từ máy sẽ tính ra được độ cao điểm cần dẫn tuyến. Độ chính xác của máy thủy bình phụ thuộc vào các yếu tố như độ phóng đại của ống kính và độ nhạy bén của ống thẳng bằng dài. Trong quan trắc dịch động máy thủy bình dùng để đo đạc xác định độ lún của bề mặt địa hình.



Hình 1.13. Quan trắc mặt bằng mỏ bằng máy thủy bình

1.3.3. Thiết bị quan trắc các lớp đá trong địa tầng mở

Khi quan trắc các lớp đất đá trong địa tầng mở thì thiết bị Inclinator được dùng để đo dịch chuyển ngang nhờ một đầu dò được kết nối với thiết bị thu số liệu, đầu dò sẽ được kéo dọc theo ống đo nghiêng từ đáy lên tới đỉnh ống. Ống đo nghiêng được lắp đặt trong lỗ khoan chờ sẵn trong tường vây hoặc trong các lớp đất đá. Một số ứng dụng đặc trưng của nó như sau:

- Xác định được khu vực có sự trượt lở đất.



Hình 1.14. Quan trắc sâu bằng Inclinator

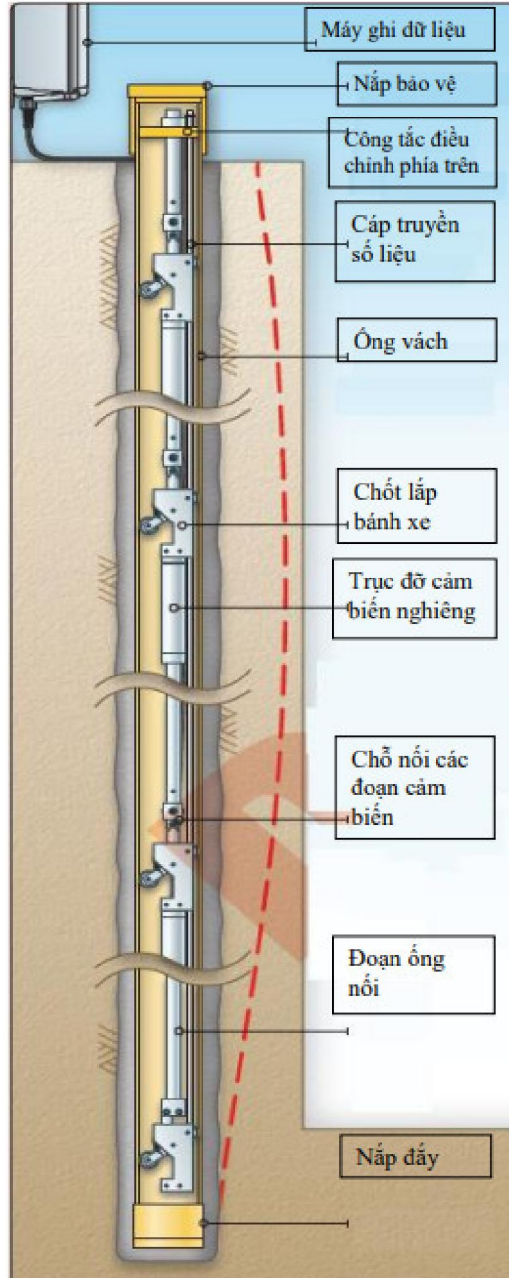
- Quan trắc chuyển vị ngang của đập đất, nền đập trên đất yếu, hố đào sâu hoặc tunnel.
- Quan trắc dịch chuyển của các bờ mố của lòng moong khai thác lộ thiên, của bãi thải mỏ.

Khi quan trắc theo phương pháp này thì các mốc quan trắc được chôn dưới những lỗ khoan đã có sẵn hoặc những lỗ khoan đặc biệt. Những mốc này gắn liền với sợi dây thép, một đầu dây ở trên mặt đất.

Khi đất đá chuyển dịch kéo theo sự dịch chuyển của mốc và dây thép, qua sự chuyển dịch của dây thép mà xác định được tình trạng và mức độ dịch chuyển của đất đá ở độ sâu cần quan tâm.

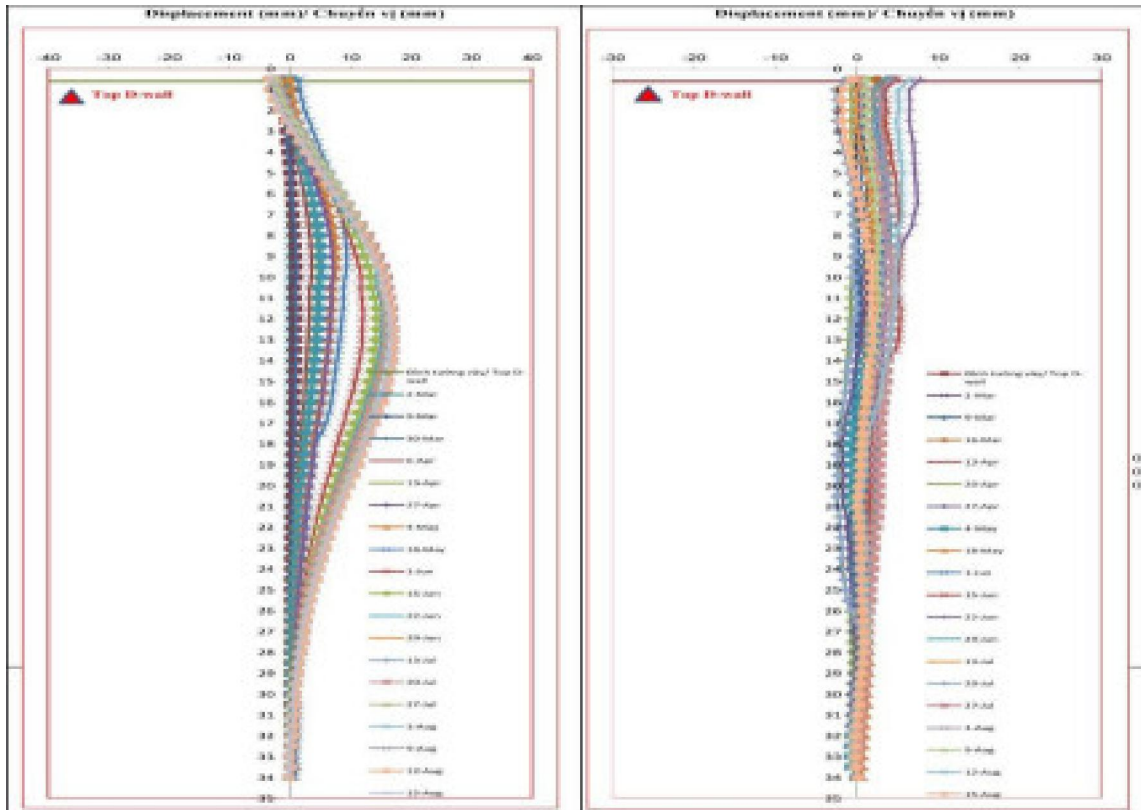
Trong lỗ khoan, tùy theo yêu cầu cụ thể mà có thể bố trí một hoặc nhiều mốc ở những độ sâu khác nhau, (hình 1.14).

Thiết bị được chuẩn bị sẵn và được đặt vào trong một ống vách tiêu chuẩn có đường kính 85 mm, 70mm hoặc 48mm. Đường kính lớn có độ chính xác cao hơn. Việc quan trắc liên tục bằng thiết bị như trên cho kết quả đo rất chính xác bằng việc xác định sự thay đổi trạng thái lỗ khoan. Hình 1.15 thể hiện hệ thống thiết bị trong một lỗ khoan quan trắc bằng thiết bị cảm biến Inclinometer của hãng Geokon (Mỹ).



Hình 1. 15. Hệ thống quan trắc bằng thiết bị cảm biến Inclinometer

Khi quan trắc bằng phương pháp này kết quả về chuyển vị nghiêng xác định được bằng thiết bị cảm biến Inclinometer được thể hiện như ở (hình 1.16).



Hình 1.16. Kết quả chuyển vị nghiêng tính từ kết quả quan trắc bằng Inclinometer

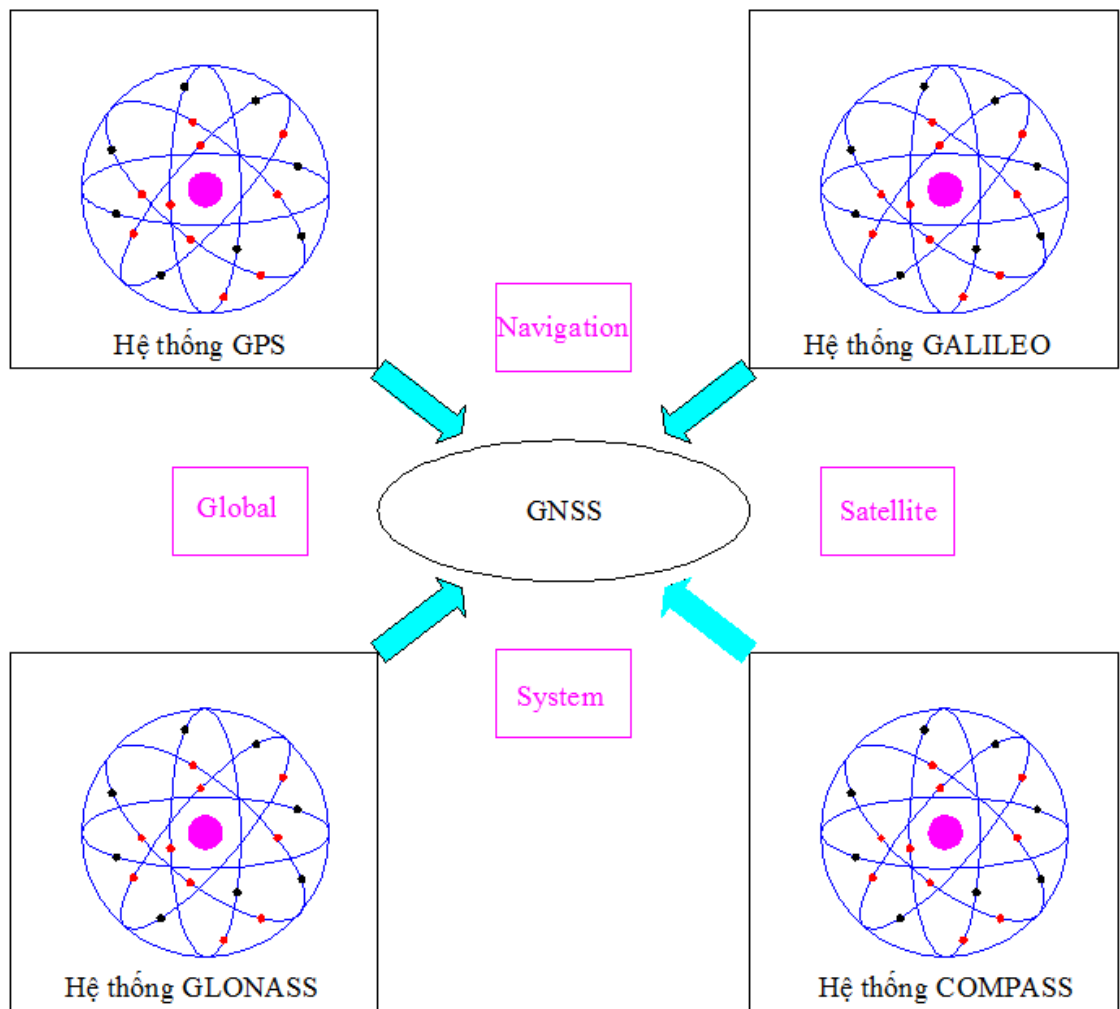
Trong khai thác than hầm lò luôn xảy ra hiện tượng dịch biến dạng đất đá gây dịch chuyển trên bề mặt mỏ sẽ gây ra các hố sụt lún nguy hiểm và các vùng nứt nẻ ảnh hưởng đến các công trình trên bề mặt địa hình. Do đó để hạn chế thấp nhất các tai biến ảnh hưởng đến các công trình trên mặt trong quá trình khai thác hầm lò phải tiến hành lập các trạm quan trắc để kịp thời phát hiện những dịch chuyển nguy hiểm.

CHƯƠNG 2

CƠ SỞ KHOA HỌC PHƯƠNG PHÁP QUAN TRẮC DỊCH ĐỘNG BỀ MẶT MỞ BẢNG CÔNG NGHỆ GNSS/CORS KẾT HỢP TOÀN ĐẠC ĐIỆN TỬ

2.1. Khái quát về công nghệ GNSS

Công nghệ GNSS còn được gọi là hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu được kết hợp của các hệ thống GPS, GLONASS, GALILEO và COMPASS (hình 2.1), nó sẽ cung cấp số lượng vệ tinh nhiều hơn so với số lượng vệ tinh hiện có của một trong những hệ thống nói trên, vì vậy nâng cao được độ chính xác của các máy thu mặt đất và cung cấp được nhiều ứng dụng hơn.



Hình 2. 1. Hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu GNSS

Công nghệ GNSS đã mở ra khả năng vô cùng to lớn cho công tác trắc địa mặt đất. Trước hết, hệ thống GNSS hoạt động trên phạm vi toàn cầu trong hệ tọa độ địa tâm nào đó (WGS- 84, PZ- 90 hay ITRF), có gốc tọa độ được chọn ở tâm Trái Đất. Toàn bộ các phép đo và các thành quả đo được thể hiện trong hệ tọa độ toàn cầu. Việc thiết lập lưới khống chế bao trùm toàn bộ hành tinh là hoàn toàn khả thi và các cộng đồng quốc tế đã hình thành IGS (International GNSS Service).

Một trong những đặc điểm lớn nhất của GNSS là tính toàn cầu. Hệ thống hoạt động trong hệ quy chiếu và tọa độ toàn cầu. Ý tưởng về hệ tọa độ thống nhất toàn cầu đã hình thành từ lâu, song hiện thực hóa vấn đề không đơn giản, đòi hỏi công nghệ mới có tính toàn cầu và độ chính xác cao.

Một thế mạnh không thể phủ nhận của công nghệ GNSS là đo đạc trên khoảng cách rất xa và có độ chính xác rất cao.

Không những vậy, hệ thống tọa độ được xác định trong không gian 3 chiều có nghĩa là vị trí mỗi điểm được biểu diễn theo 3 chiều không gian (X,Y,Z) hoặc (B,L,H). Với việc bổ sung và kết hợp các trị đo trọng lực và thủy chuẩn, người ta đã thiết lập được mô hình Geoid toàn cầu để đưa độ cao hình học H về độ cao thủy chuẩn h. Đây là khả năng tạo nên những bước phát triển mới về công nghệ đo độ cao. Hơn nữa, công nghệ GNSS luôn có ưu việt về thời gian thi công nhanh, ít phụ thuộc vào thời tiết, không cần thông hướng trên cạnh đo, không cần dựng cột tiêu và phát cây thông hướng, giá thành thi công thấp.

Bên cạnh các thế mạnh trên, việc ứng dụng GNSS yêu cầu kỹ năng tương đối đơn giản, mức độ tự động hóa cao, dễ đào tạo chuyển giao công nghệ. Với hàng loạt ưu thế trên, công nghệ GNSS đã trở thành công nghệ chủ yếu dần dần thay thế các công nghệ đo đạc truyền thống trong việc xây dựng mạng lưới trắc địa, đo vẽ địa hình...

2 1.1. Các hệ thống vệ tinh dẫn đường toàn cầu GNSS

a. Hệ thống GPS

Hệ thống định vị toàn cầu GPS (NAVSTAR GPS - Navigation Satellite Timing and Ranging Global Positioning System) là một hệ thống các vệ tinh có khả năng xác

định vị trí trên toàn cầu với độ chính xác khá cao được phát triển bởi bộ quốc phòng Hoa Kỳ trong khoảng đầu 1970. Đầu tiên, GPS được xây dựng để phục vụ cho các mục đích quân sự, tuy nhiên sau này cho phép sử dụng cả trong lĩnh vực dân sự. Hiện nay, hệ thống này được truy nhập bởi cả hai lĩnh vực quân sự và dân sự.

GPS bao gồm một mạng lưới 24 vệ tinh hoạt động. Mạng lưới này chính thức hoàn thành vào ngày 8-12-1993. Để đảm bảo vùng phủ sóng liên tục trên toàn thế giới, các vệ tinh GPS được sắp xếp sao cho 4 vệ tinh sẽ nằm cùng nhau trên 1 trong 6 mặt phẳng quỹ đạo. Với cách sắp xếp này sẽ có 4 đến 10 vệ tinh được nhìn thấy tại bất kỳ điểm nào trên trái đất với góc nâng là 100 nhưng thực tế chỉ cần 4 vệ tinh là có thể cung cấp đầy đủ các thông tin về vị trí.

Các quỹ đạo vệ tinh GPS là những đường vòng, có dạng elip với độ lệch tâm cực đại là 0.01, nghiêng khoảng 550 so với đường xích đạo. Độ cao của các vệ tinh so với bề mặt trái đất là khoảng 20.200 km, chu kỳ quỹ đạo các vệ tinh GPS khoảng 12 giờ (11 giờ 58 phút). Hệ thống GPS được chính thức tuyên bố có khả năng đi vào hoạt động vào ngày 17-7-1995 với việc đảm bảo có tối thiểu 24 vệ tinh hoạt động. Trong thực tế, để GPS có khả năng hoạt động tốt, số lượng vệ tinh trong mạng lưới GPS phải luôn luôn nhiều hơn 24 vệ tinh. Hệ thống GPS cũng là hệ thống vệ tinh đầy đủ, hoạt động hiệu quả nhất trong hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu (GNSS).

Độ chính xác định vị thông thường là khoảng 5 mét, nhưng khi dùng các các bộ thu chuyên dụng như máy đo RTK thì độ chính xác sẽ lên tới milimet.

b. Hệ thống GLONASS

Glionass là hệ thống định vị toàn cầu được phát triển bởi Nga (Liên Xô cũ) dựa trên các vệ tinh trong không gian bay xung quanh trái đất, hệ thống này cung cấp các dịch vụ định vị, dẫn đường, xác định thời gian một cách tin cậy, miễn phí và dành cho tất cả mọi người trên thế giới. Từ năm 2011 đến năm 2020, chính phủ Nga đã đầu tư tổng cộng 15 tỷ đô vào hệ thống định vị Glionass. Có 24 vệ tinh thuộc hệ thống Glionass đang hoạt động và bay xung quanh trái đất. Chiều cao quỹ đạo

của Glonass là 21150km. Độ nghiêng so với mặt phẳng quỹ đạo là 64.8 độ. Chu kỳ quỹ đạo của một vệ tinh là 11 giờ 16 phút

** Các phiên bản của Glonass*

GLONASS - được phóng vào năm 1982, nhằm mục đích hoạt động để định vị thời tiết, đo vận tốc và thời gian ở bất kỳ đâu trên thế giới hoặc không gian gần Trái đất của quân đội và các tổ chức chính thức.

GLONASS-M - ra mắt năm 2003 thêm mã dân sự thứ hai, đây là dấu mốc quan trọng để các nhà khảo sát phát triển đầu thu tin hiệu vệ tinh phục vụ đo vẽ bản đồ.

GLONASS-k - bắt đầu trở lại năm 2011 có thêm 3 loại nữa là k1, k2 và k. Thêm tần số dân dụng thứ ba.

c. Hệ thống GALILEO

Galileo là hệ thống định vị vệ tinh toàn cầu được phát triển bởi Liên minh châu Âu, được điều hành, thiết kế và phát triển bởi cơ quan GNSS châu Âu (GSA) và Cơ quan vũ trụ châu Âu (ESA). Đây là hệ thống định vị đầu tiên trên thế giới được sử dụng cho các mục đích dân dụng với độ chính xác.

Tuy được sử dụng vào mục đích dân sự, nhưng hệ thống Galileo có hiệu suất ngang ngửa với những hệ thống định vị được phát triển chủ yếu phục vụ cho quân sự với 3 điểm nhấn sau:

Chính xác cao: Có tính năng định vị thời gian thực, độ chính xác cho người dùng lên tới 1m, và đạt tới hàng centimet nếu sử dụng RTK chuyên dụng

Tin cậy: Với rất nhiều cải tiến, tín hiệu từ vệ tinh Galileo rất ổn định, tin cậy dù người dùng ở những địa hình khó khăn hiểm trở.

Tính khả dụng: Hệ thống Galileo có thể tương thích với các hệ thống khác như GPS, Glonass, giúp cho độ chính xác khi định vị được cải thiện đáng kể.

d. Hệ thống Beidou (còn gọi là COMPASS)

Hệ vệ tinh Beidou - tên tiếng anh là Beidou Navigation Satellite System, viết tắt là BDS, là hệ thống định vị vệ tinh do Trung Quốc đầu tư, xây dựng và phát triển.

Hệ thống Beidou thế hệ đầu tiên, mang tên gọi chính thức là Beidou Satellite Navigation Experimental System hoặc Beidou 1, gồm 3 vệ tinh hoạt động từ năm 2000, chỉ có thể phủ sóng trong lãnh thổ Trung Quốc, và phục vụ chủ yếu cho Trung Quốc và khu vực, quốc gia lân cận.

Hệ thống Beidou thế hệ 2 có tên là Beidou Navigation Satellite System (BDS), còn gọi là COMPASS hoặc Beidou-2 gồm 10 vệ tinh bay trên quỹ đạo, đi vào hoạt động năm 2011 và cung cấp dịch vụ cho khu vực Châu Á Thái Bình Dương.

Hệ thống Beidou thế hệ thứ 3 (BDS-3) được phóng lên vào năm 2015, và hoàn thiện tổng số 35 vệ tinh bay xung quanh quỹ đạo trái đất vào năm 2020, chính thức cung cấp dịch vụ định vị, dẫn đường toàn cầu, là đối trọng của các hệ vệ tinh khác trong hệ thống GNSS: GPS, Galileo, Glonass.

2.1.2. Nguyên lý cấu trúc chung của hệ thống GNSS

Hệ thống GNSS được cấu thành từ 3 phần: đoạn không gian, đoạn điều khiển mặt đất và đoạn sử dụng.

a. Đoạn không gian

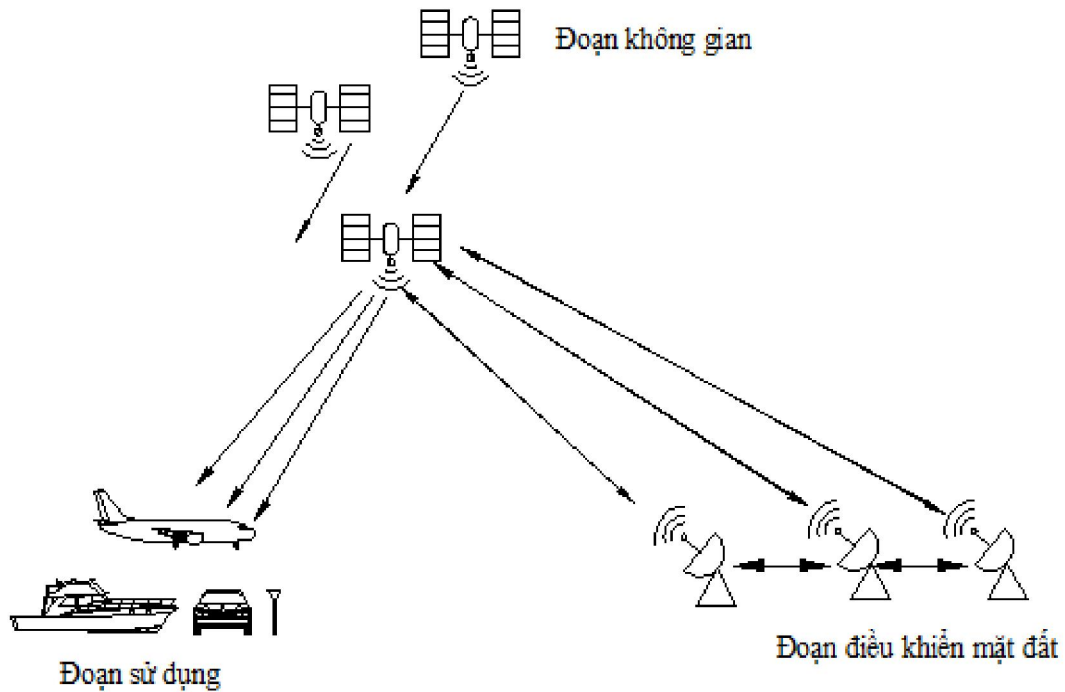
Gồm các vệ tinh của các hệ thống GPS, Galileo, Glonass, Compass đang hoạt động trên quỹ đạo.

b. Đoạn điều khiển mặt đất

Đoạn điều khiển mặt đất với mục đích để duy trì hoạt động của toàn bộ hệ thống GNSS cũng như hiệu chỉnh các tín hiệu thông tin của vệ tinh. Đoạn điều khiển mặt đất bao gồm các trạm quan sát trên mặt đất, chia thành trạm trung tâm và trạm con. Các trạm con vận hành tự động, nhận thông tin từ vệ tinh gửi tới các trạm chủ. Sau đó các trạm con gửi các thông tin đã hiệu chỉnh trở lại, để các vệ tinh biết được vị trí của chúng trên quỹ đạo và thời gian truyền tín hiệu. Nhờ vậy các vệ tinh mới có thể đảm bảo cung cấp thông tin chính xác tuyệt đối vào bất cứ thời điểm nào.

c. Đoạn sử dụng

Đoạn sử dụng bao gồm các máy thu tín hiệu vệ tinh và phần mềm xử lý tính toán số liệu, máy tính thu tín hiệu GNSS, có thể đặt cố định trên mặt đất hay gắn trên các phương tiện chuyển động như ô tô, máy bay, tàu biển, tên lửa, vệ tinh nhân tạo... tùy theo mục đích của các ứng dụng mà các máy thu GNSS có thiết kế cấu tạo khác nhau cùng với phần mềm xử lý và quy trình thao tác thu thập số liệu ở thực địa.



Hình 2. 2. Cấu trúc hệ thống GNSS

2.1.3. Các trị đo trong GNSS

Việc định vị GNSS được thực hiện trên cơ sở phương pháp giao hội cạnh không gian. Từ những vệ tinh trong không gian (đã có tọa độ) và khoảng cách từ máy thu đến các vệ tinh này ta có thể xác định được vị trí không gian của máy thu. Trong đó các thông số vệ tinh đã được cung cấp, còn khoảng cách từ máy thu đến vệ tinh được xác định dựa trên cơ sở của hai đại lượng đo đó là đo khoảng cách giả theo tín hiệu code tựa ngẫu nhiên và đo pha sóng tải.

a. Trị đo khoảng cách giả theo tín hiệu CODE

Phép đo khoảng cách giả dựa trên nguyên tắc đo khoảng cách từ máy thu đến vệ tinh. Trị đo khoảng cách giả chính bằng tích của vận tốc ánh sáng (c) với giá trị biến

đổi thời gian (delta) cần thiết so với mã code. Về mặt lý thuyết, trị biến đổi thời gian là trị chênh lệch giữa thời gian nhận tín hiệu (được đo bằng thời gian của máy thu) và thời gian phát tín hiệu (được đo bằng hệ thời gian của vệ tinh). Tuy nhiên trong thực tế hai hệ thời gian này không đồng bộ với nhau. Sự chênh lệch về thời gian giữa hai hệ này sẽ gây nên một sai số trong trị đo khoảng cách.

Khoảng cách giả được xác định bằng cách máy thu GNSS thu code tựa ngẫu nhiên được phát từ vệ tinh cùng với sóng tải và đem so sánh với code tựa ngẫu nhiên do chính máy thu GNSS tạo ra. Có thể xác định khoảng thời gian lan truyền tín hiệu code và từ đây ta tính được khoảng cách từ vệ tinh tới máy thu.

Do không có sự đồng bộ giữa đồng hồ vệ tinh và máy thu, do ảnh hưởng của môi trường lan truyền tín hiệu nên khoảng cách tính theo khoảng thời gian đo được không phải là khoảng cách thực giữa vệ tinh và máy thu. Do đó người ta gọi là khoảng cách giả.

Khoảng cách giả R được tính theo công thức sau:

$$R = C(t + \Delta t) = \sqrt{(X_s - X)^2 + (Y_s - Y)^2 + (Z_s - Z)^2} + C \times \Delta t \quad (2.1)$$

Trong đó:

C - Tốc độ lan truyền tín hiệu.

t - Thời gian lan truyền tín hiệu từ vệ tinh đến máy thu.

Δt - Sai số không đồng bộ giữa đồng hồ vệ tinh và máy thu.

(X_s, Y_s, Z_s) - Toạ độ không gian vệ tinh S.

(X, Y, Z) - Toạ độ không gian điểm quan sát

b. Đo pha sóng tải

Người ta tiến hành đo hiệu số pha của sóng tải do máy thu nhận được từ vệ tinh với pha của tín hiệu do chính máy thu tạo ra. Hiệu số pha do máy thu đo ϕ ($0 < \phi < 2\pi$)

$$\phi = \frac{2\pi}{\lambda} (R - N\lambda + C\Delta t) \quad (2.2)$$

Trong đó:

R - Khoảng cách giữa vệ tinh và máy thu.

λ - Bước sóng của sóng tải.

N - Số nguyên lần bước sóng λ chứa trong R.

Δt - Sai số không đồng bộ giữa đồng hồ trên vệ tinh và máy thu.

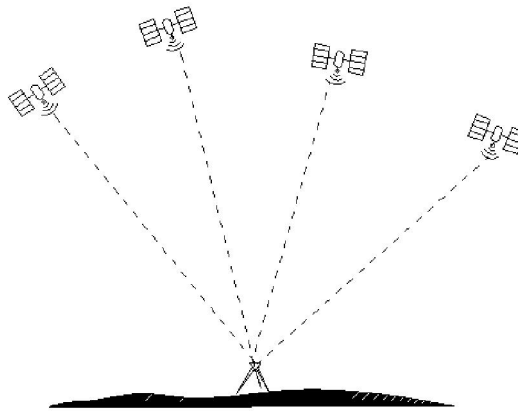
N còn được gọi là số nguyên đa trị, chính là số nguyên lần bước sóng lan truyền từ vệ tinh tới máy thu. Số nguyên đa trị thường không được biết trước mà chúng ta cần phải xác định trong quá trình đo.

Đo pha sóng tải thường có độ chính xác rất cao. Trường hợp pha sóng tải L1 có thể xác định khoảng cách giữa vệ tinh và máy thu với độ chính xác centimet thậm chí tới milimet. Đo pha sóng tải L2 thường cho độ chính xác thấp hơn ít nhiều những tác dụng chủ yếu của nó là cùng với sóng tải L1 làm giảm khả năng đáng kể của tầng điện ly và thêm vào đó làm cho việc xác định số nguyên đa trị được đơn giản hơn.

2.1.4 .Nguyên lý định vị GNSS

a. Định vị tuyệt đối

Việc định vị GNSS tuyệt đối được thực hiện trên cơ sở sử dụng đại lượng đo là khoảng cách giả từ vệ tinh đến máy thu theo nguyên tắc giao hội không gian từ điểm có tọa độ đã biết là các vệ tinh đến vị trí máy thu chưa biết tọa độ.



Hình 2. 3. Định vị tuyệt đối đo khoảng cách giả

Về mặt hình học có thể mô tả định vị tuyệt đối như sau:

+ Nếu có một vệ tinh thì điểm cần đo sẽ nằm trên mặt cầu có tâm là vị trí vệ tinh, có khoảng cách là từ vệ tinh đến máy thu.

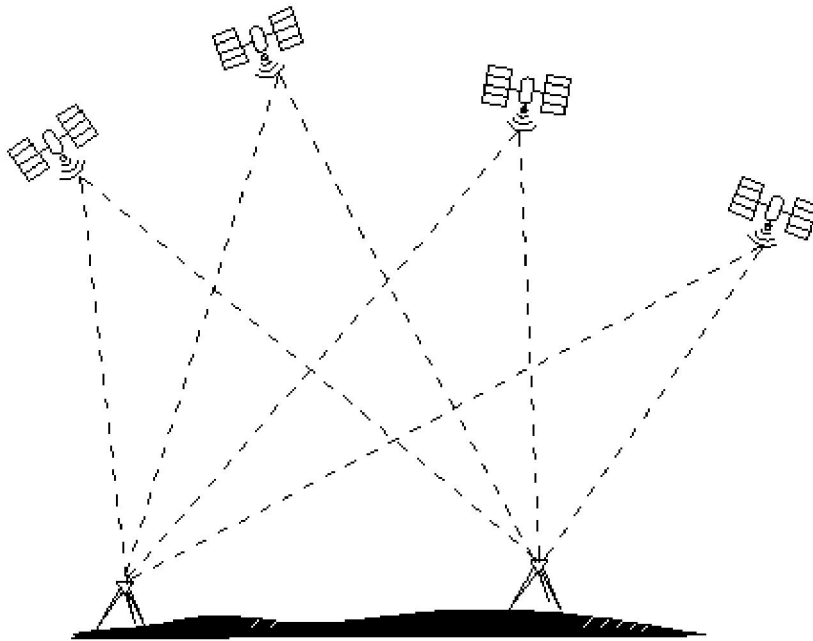
+ Nếu có hai vệ tinh điểm đo nằm trên mặt cầu thứ 2 có tâm là vệ tinh thứ hai, có bán kính là khoảng cách từ vệ tinh thứ 2 đến máy thu. Kết hợp trị đo đến hai vệ tinh thì vị trí của điểm đo nằm trên giao của hai mặt cầu trong không gian đó là vòng tròn.

+ Khi có 3 vệ tinh thì cũng như trên, vị trí điểm đo sẽ là giao của mặt cầu thứ 3 và đường tròn nêu trên cho ta hai nghiệm số là hai vị trí không gian.

+ Nếu có 4 vệ tinh thì kết quả tổng hợp sẽ cho 1 nghiệm duy nhất đó là vị trí điểm đo trong không gian.

b. Định vị tương đối

Định vị GNSS tương đối là nguyên lý định vị trong đó sử dụng ít nhất hai máy thu đồng thời thu tín hiệu vệ tinh và xác định véc tơ hiệu tọa độ ΔX , ΔY , ΔZ hay $(\Delta B, \Delta L, \Delta H)$ giữa hai điểm trong hệ tọa độ Trái Đất (WGS- 84) gọi là véc tơ cạnh (Baseline).



Hình 2. 4. Định vị tương đối

2.2. Công nghệ trạm CORS

2.2.1. Khái niệm chung

a. Định nghĩa

Trạm tham chiếu hoạt động liên tục (Continuously operating Reference Station - CORS) là một hoặc nhiều trạm tham chiếu GNSS cố định được vận hành liên tục, ứng dụng công nghệ máy tính hiện đại và internet truyền dữ liệu tạo thành một mạng lưới. Do có nhiều thông tin từ nhiều trạm tham chiếu truyền tới nên tại trạm chủ cho phép xây dựng được mô hình số cải chính vi phân tức thời như là hàm của vị trí điểm các trạm tham chiếu. Trong mô hình này, người ta có thể xét tới một số nguồn sai số như sai số quỹ đạo vệ tinh, sai số đồng hồ vệ tinh, ảnh hưởng của tầng đối lưu, tầng điện ly,...

Các trạm tham chiếu hoạt động liên tục được xây dựng bảo đảm cho mật độ tương đối đồng đều, khoảng cách giữa các trạm tham chiếu là một tham số đặc trưng cho độ chính xác của hệ thống. Vị trí các trạm tham chiếu sẽ được xác định chính xác trong hệ thực dụng. Tại mỗi trạm tham chiếu sẽ lắp đặt máy thu GNSS đa tần số và liên tục thu tín hiệu vệ tinh. Các trạm CORS được kết nối với trạm chủ (MS) thông qua internet. Trạm chủ có nhiệm vụ xử lý và lưu giữ các thông tin từ các trạm tham chiếu gửi tới.

b. Lịch sử phát triển công nghệ CORS

Trạm tham chiếu liên tục CORS được gắn liền với Cơ quan Trắc địa Hoa Kỳ (Nation Geodetic Survey viết tắt là NGS), Cục Quản lý Đại dương và khí quyển Hoa Kỳ (National Oceanic and Atmospheric Administration viết tắt là NOAA) với giai đoạn khởi đầu là nhiệm vụ thành lập, vận hành, duy tu và cung cấp dịch vụ truy cập vào hệ thống các trạm tham chiếu không gian quốc gia Hoa Kỳ NSRS (U.S. National Spatial Reference System). NSRS là hệ thống tham chiếu chính thức trong lĩnh vực dân sự cho phép người sử dụng xác lập kinh độ, vĩ độ, cao độ và cao độ trực giao của bất kỳ điểm đo đạc nào trong quá trình nghiên cứu địa chất, trọng lực, đo đạc bản đồ trên tất cả các vùng lãnh thổ thuộc quyền quản lý của Hoa Kỳ. Hệ thống NSRS bao hàm

thông tin liên quan tới thông số định hướng và tỷ lệ liên hệ mật thiết tới các hệ thống khung tham chiếu Quốc tế, cũng như thông tin chính xác về quỹ đạo của tất cả các vệ tinh được sử dụng trong quá trình xác định hoặc truy cập vào NSRS. Không những vậy, hệ thống NSRS còn bao hàm tất cả những thông tin cần thiết để mô tả một cách chi tiết những thay đổi về số lượng của các yếu tố nội dung đã đề cập ở trên theo thời gian như thế nào. NSRS là minh chứng một cách rõ ràng nhất cho một giải pháp cung cấp số liệu tập trung có khả năng đáp ứng những yêu cầu phát triển có liên quan trực tiếp tới kinh tế, xã hội và môi trường trên phạm vi Quốc gia.

NGS đã sớm nhận ra những đóng góp tiềm năng của kỹ thuật định vị mới sử dụng hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu GPS (Global Positioning System) để cải thiện và nâng cấp cho NSRS ngay từ những ngày đầu tiên Hoa Kỳ định hướng phát triển hệ thống GPS. Vì thế ngay từ những năm đầu của thập kỷ 80, NGS đã bắt đầu sử dụng các thiết bị GPS cũng như các kỹ thuật ứng dụng trên thực địa để nâng cấp và cải thiện cho hệ thống NSRS. NGS nhanh chóng chuyển đổi các hoạt động đo đạc thực địa theo phương ngang truyền thống (sử dụng các thiết bị đo bắt buộc phải thông hướng) sang phương pháp định vị ba chiều (3D Positioning) trên thực địa sử dụng các thiết bị đo GPS thế hệ mới (đo không cần định hướng).

Với ứng dụng triển khai đầu tiên, NGS sử dụng GPS để xác định tọa độ của các vị trí điểm cho các điểm mốc Quốc gia, mốc đồng theo quy chuẩn được sử dụng để phục vụ cho lưới tham chiếu truyền thống của Hoa Kỳ. Bắt đầu tại bang Tennessee vào năm 1987, NGS phối hợp với rất nhiều bang cũng như các cơ quan liên bang có liên quan để hình thành nên hệ thống lưới tham chiếu không chế có độ chính xác cao hơn với tên gọi HARN (High Accuracy Reference Network), hay còn được biết đến với tên gọi khác là lưới không chế Trắc địa độ chính xác cao hiện diện trên tất cả 50 bang của Hoa Kỳ. Trong mỗi phiên đo của HARN, có thêm nhiều điểm tham chiếu mới được xác định và được sử dụng để so sánh với các điểm tham chiếu hiện đang tồn tại trong hệ thống NSRS, điểm đặc biệt nữa là các điểm trong hệ thống HARN mới đều được đặt ở những vị trí dễ tiếp cận như gần đường giao thông, khu dân cư ... mà không

bị che khuất bởi các đối tượng liền kề như nhà cao tầng, cây xanh tán lớn ... Sau thời gian triển khai xây dựng HARN đã trở thành hệ thống phủ trùm diện rộng và được nhúng vào mạng lưới không chế Quốc gia với độ chính xác cao hơn và tất cả các điểm không chế đều được định vị dựa trên kỹ thuật đo đạc định vị vệ tinh GPS lần đầu vào năm 1987 và lần đo lại vào năm 1990. NGS cũng đưa ra quy định cứ mỗi hệ thống HARN hoàn thiện ở một bang, NGS sẽ tiến hành bình sai lại số liệu HARN của bang đó dựa trên số liệu đo mới kết hợp với số liệu liên bang nhằm đảm bảo tính toàn vẹn của số liệu đo mới cũng như đảm bảo độ chính xác và tính gắn kết trong toàn bộ lưới HARN bang cũng như liên bang.

Thấy trước được tầm quan trọng của việc đo đạc chính xác để xây dựng hệ thống HARN cũng những ứng dụng của lưới HARN trong thực tiễn, vào cuối năm 1986 NGS đã giới thiệu mạng lưới GPS phối hợp Quốc tế CIGNET (Cooperative International GPS Network), đây chính là tiền thân và định dạng đầu tiên của hệ thống lưới các trạm tham chiếu hoạt động liên tục CORS sau này.

Cuối năm 1996 số lượng trạm CORS trên lãnh thổ Hoa Kỳ đã tăng lên con số 85 trạm. Thông qua việc liên hệ với các đối tác có cùng mối quan tâm cùng chia sẻ số liệu GPS, NGS đã mở rộng lưới lên con số 108 trạm thu số liệu vào cuối tháng 12/1997. Cột mốc quan trọng đạt 200 trạm đã cán đích năm 2000 và cũng kể từ thời điểm này số lượng trạm CORS trong lưới liên tục tăng nhanh và đạt tới con số 1.350 trạm tính tới thời điểm hiện tại và quan trọng hơn là số lượng trạm CORS tham gia vào lưới của NGS vẫn không ngừng tăng, đây cũng là cách thức tốt nhất để cộng đồng các nhà đo đạc chuyên nghiệp truy cập vào hệ thống NSRS. Tới thời điểm hiện tại lưới CORS Hoa Kỳ bao gồm các trạm CORS phân bố trên lãnh thổ Hoa Kỳ, Canada, Mexico, Trung và Nam Mỹ, vùng Caribbean và Iraq với hơn 200 cơ quan tổ chức tham gia vào chương trình.

Mặc dù số lượng các trạm CORS hiện vẫn đang tiếp tục tăng với tốc độ khoảng 15 trạm mỗi tháng, tổng số trạm tham chiếu GPS cố định trên lãnh thổ Hoa Kỳ có tốc độ tăng trưởng gấp đôi tốc độ trung bình (khoảng 30 trạm mỗi tháng). Theo như dự báo

của các nhà khoa học và nhà quản lý, vẫn còn cần tới vài năm nữa để có thể hoàn chỉnh toàn bộ hệ thống lưới để đảm bảo khả năng đo đạc chính xác độ cao thẳng đứng của bất kỳ trạm CORS nào trong lưới. Việc đo đạc chính xác độ cao thẳng đứng của trạm CORS đòi hỏi phải áp dụng phương pháp đo đặc biệt phụ thuộc vào vị trí phân bố và kiểu gá lắp ăng ten GNSS sử dụng tại trạm.

Hệ thống CORS Quốc gia ngày càng chứng minh những lợi ích to lớn đã và đang trở thành phương pháp được lựa chọn phục vụ cho việc tính toán chính xác vị trí 3D trên lãnh thổ Hoa Kỳ cũng như ở rất nhiều Quốc gia khác.

Tính đến thời điểm hiện nay, số lượng các quốc gia trên thế giới đã xây dựng hệ thống trạm GNSS/CORS phục vụ cho việc đo đạc độ chính xác cao tăng lên rất nhanh. Theo thống kê, trên thế giới hiện có hàng nghìn hệ thống GNSS/CORS đang hoạt động, ở Châu Á có vài chục hệ thống trạm này đang hoạt động như: Nhật Bản, Trung Quốc, Hàn Quốc,... Trong đó Nhật Bản có 1.550 trạm, Trung Quốc có 295 trạm đang hoạt động liên tục và hơn 2000 trạm khác tham gia theo chu kỳ.

Việc lắp đặt trạm CORS ở mỗi quốc gia còn tùy thuộc vào điều kiện địa hình, khả năng thu nhận tín hiệu vệ tinh nên một số quốc gia đã xây dựng hệ thống trạm CORS khác nhau như:

- Hệ thống trạm CORS của Mỹ
- Hệ thống SAPOS của Đức
- Hệ thống SWEPOS của Thụy Điển
- Hệ thống CORSNet-NSW của Australia
- Hệ thống GEONet của Nhật Bản,...

Ở Việt Nam Dự án “Xây dựng mạng lưới trạm định vị toàn cầu bằng vệ tinh trên lãnh thổ Việt Nam” được xây dựng với 65 trạm GNSS CORS (trạm tham chiếu hoạt động liên tục) trong đó: 24 trạm Geodetic CORS được bố trí trên phạm vi toàn quốc với khoảng cách trung bình giữa các trạm từ 150÷200 km và 41 trạm NRTK CORS được bố trí tại 3 khu vực: Đồng bằng Bắc Bộ và khu vực Thanh Hóa; khu vực miền Trung và Tây Nguyên; khu vực Nam Bộ với khoảng cách trung bình giữa các

trạm từ 50 - 80km. Trạm xử lý, điều khiển trung tâm được đặt tại Hà Nội có chức năng quản lý, giám sát, thu nhận, xử lý và cấp phát số liệu từ các trạm trên.

Dự án được thực hiện từ năm 2016 đến hết năm 2020 với 5 giai đoạn gồm xây dựng các thiết bị kỹ thuật, xây dựng cơ sở hạ tầng trạm Geodetic CORS, hoàn thiện hạ tầng các trạm trên toàn quốc, xây dựng hạ tầng trạm xử lý trung tâm và lắp đặt thiết bị cho một số trạm CORS; lắp đặt hoàn chỉnh thiết bị đối với hệ thống trạm, đo xác định tọa độ, độ cao cho các trạm, vận hành và chuyển giao công nghệ...

Nhiệm vụ cũng như độ chính xác của mạng lưới GNSS/CORS quốc gia đáp ứng cho các yêu cầu của công tác trắc địa bản đồ (Bảng 2.1)

Bảng 2. 1 Nhiệm vụ và độ chính xác của mạng lưới GNSS/CORS quốc gia

STT	Nhiệm vụ	Độ chính xác yêu cầu
1	Đáp ứng các yêu cầu cơ bản của công tác đo đạc bản đồ	≤ 10 cm
2	Đáp ứng các yêu cầu của công tác địa chính	≤ 4 cm
3	Đáp ứng các yêu cầu về đạo hàng và giám sát	≤ 3 m
4	Đáp ứng yêu cầu nghiên cứu dịch chuyển hiện đại của vỏ Trái Đất	cỡ mm
5	Đóng vai trò thiết lập khung quy chiếu Trắc địa quốc gia	cỡ mm
6	Kết nối với IGS quốc tế, một số điểm thuộc lưới IGS quốc tế để giải quyết các nhiệm vụ khoa học mang tính khu vực và toàn cầu	cỡ mm

Trong điều kiện Việt Nam, ý tưởng phân loại lưới GNSS/CORS được đề xuất dựa vào đặc điểm về điều kiện địa lý tự nhiên của đất nước:

Loại 1: Là các điểm có tính ổn định cao, tuân theo các hướng dẫn của IGS, góp dữ liệu vào IGS, tham gia vào việc xác định khung quy chiếu Trái Đất quốc tế, phục vụ cho mục đích nghiên cứu khoa học mang tính khu vực và toàn cầu.

Loại 2: Là các trạm GNSS/CORS có độ chính xác cao được trang bị các trạm thu có chất lượng đo đạc tốt, vị trí có tính ổn định cao, có thể ghi lại tất cả tín hiệu, tần số của GNSS/RNSS, có ăng ten gắn cố định, tuân theo hướng dẫn của IGS. Lưới này được hoạt động với mục đích duy trì hệ quy chiếu Trắc địa quốc gia và tạo thành lưới “xương sống” cơ bản là khung quy chiếu không gian quốc gia phục vụ cho việc nghiên cứu chuyển dịch hiện đại của vỏ Trái Đất trên lãnh thổ và lãnh hải Việt Nam.

Loại 3: Là các trạm GNSS/CORS được hoạt động bởi các tổ chức, cơ quan của Nhà nước hay các công ty tư nhân thiết lập cung cấp các dịch vụ GNSS. Lưới được thành lập với mục đích làm tăng dày khung quy chiếu Trắc địa quốc gia và hỗ trợ các ứng dụng định vị thời gian thực (đo đạc bản đồ cơ bản, đạo hàng, giám sát,...). Lưới GNSS/CORS được đề xuất để hiện đại hóa lưới không chế Trắc địa hiện có của Việt Nam là lưới gồm 3 loại với tổng số 79 điểm, trong đó: 4 điểm tham gia vào IGS, 8 điểm đóng vai trò thiết lập khung quy chiếu Trắc địa quốc gia, 11 điểm dùng cho nghiên cứu chuyển dịch của vỏ Trái Đất, 4 điểm có chức năng đạo hàng giám sát và toàn bộ 79 điểm đều có thể phục vụ cho công tác đo đạc bản đồ cơ bản.

c. Phân loại trạm CORS

** Đối với độ chính xác*

- Phương pháp code, tương đương với mạng lưới DGPS
- Phương pháp pha, tương đương với mạng PDGPS

** Đối với các dữ liệu có sẵn Phương pháp thời gian thực (Real Time Kinematic – RTK), có bốn kỹ thuật áp dụng cho phương pháp này:*

- Kỹ thuật trạm tham chiếu ảo (Virtual Reference Station – VRS).
- Kỹ thuật thông số hiệu chỉnh khu vực (Flächen Korrektur Parameter – FKP).
- Kỹ thuật phối hợp trạm phụ trợ và trạm chính (Master Auxiliary Corrections MAC).
- Kỹ thuật hệ thống mạng lưới tham chiếu – NRS.

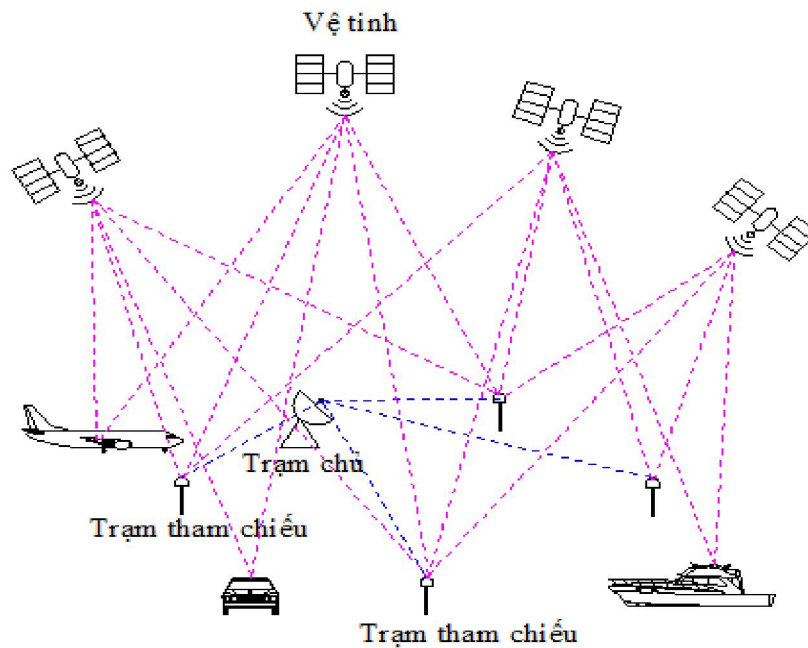
* Theo mục đích sử dụng

- Trạm IGS hoặc tương đương
- Xây dựng khung quy chiếu quốc gia, nghiên cứu dịch chuyển hiện đại của vỏ Trái Đất.
- Phục vụ đo đạc bản đồ cơ bản, đạo hàng và giám sát,...

2.2.2 Các thành phần của trạm CORS

Thành phần của hệ thống GNSS/CORS gồm 3 phần:

- Hệ thống các trạm tham chiếu
- Trạm chủ
- Người sử dụng



Hình 2. 5. Các thành phần của trạm CORS

a. Hệ thống các trạm tham chiếu

Tại vị trí các trạm tham chiếu được lắp đặt các máy thu GNSS liên tục thu tín hiệu vệ tinh. Vị trí đặt trạm tham chiếu thỏa mãn các điều kiện sau:

Các điểm đặt trên mặt đất: Vị trí đặt điểm phải là những nơi có điều kiện địa chất ổn định, độ dốc vừa, không có các mỏ hoạt động, nơi ít xảy ra các hiện tượng sụt lỏ hay sụt lún, quanh vị trí không có các vật cản với góc ngưỡng tối thiểu từ 0 – 10 độ.

Các điểm đặt trên tòa nhà: Lựa chọn các tòa nhà gạch hoặc bê tông cốt thép. Tòa nhà ít nhất đã được sử dụng trên 5 năm và không quá 2 tầng, không có các vết nứt có thể nhìn thấy bằng mắt thường ở bên ngoài hoặc bên trong, không có mái bằng kim loại hay có tường kim loại bao quanh tòa nhà.

Các điểm đặt trạm CORS phải cách đảm bảo sự thu nhận tín hiệu vệ tinh là ổn định nhất, cách xa các nguồn phát sóng, đường dây điện cao thế, ...

Một số yêu cầu cần thiết của máy thu:

- Thu được ít nhất hai tần số L1 và L2
- Thu được ít nhất 10 vệ tinh trên ngưỡng 0 độ
- Cung cấp L1 C/A – code khoảng cách giả hoặc P – code khoảng cách giả và L1, L2 với đủ bước sóng mang.
- Ghi dữ liệu hàng giờ, hàng ngày, trong dòng thời gian thực
- Khả năng cung cấp điện liên tục
- Tần suất thu tín hiệu ít nhất là 30s

b. Trạm chủ

Trạm chủ là nơi xử lý, điều khiển và lưu giữ thông tin từ các trạm tham chiếu gửi tới. Tại đây, người ta có thể xây dựng được mô hình số cải chính vị phân tức thời như là hàm của vị trí các điểm trạm tham chiếu. Tất cả dữ liệu từ các trạm tham chiếu được truyền qua internet đến trung tâm điều khiển ở trạm chủ việc tính toán lưới và hiệu chỉnh vị trí được thực hiện và gửi chúng đến người sử dụng. Trạm chủ có phần mềm và phần cứng bền vững.

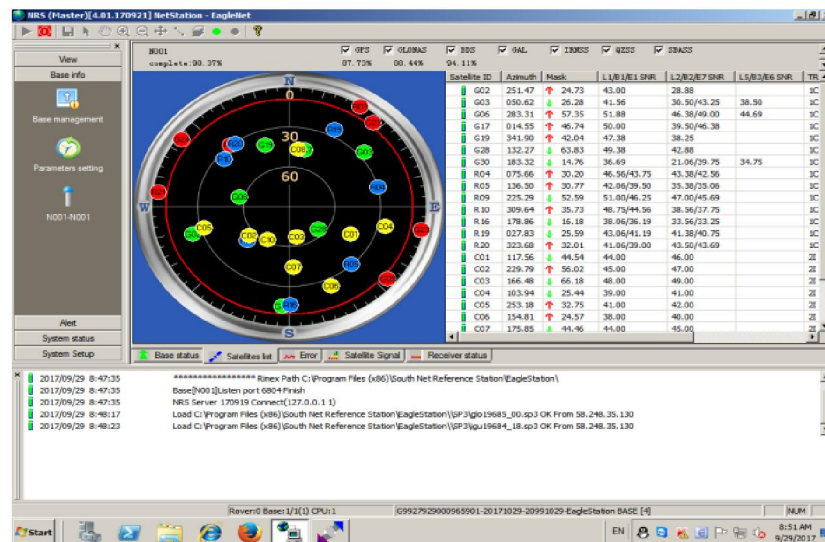
Trạm chủ được hợp bởi các thành phần:

- Máy chủ giám sát, điều khiển hoạt động của tất cả các trạm GNSS/CORS thông qua việc kết nối với máy tính chạy phần mềm đặt tại các trạm này. Phần mềm phải có khả năng điều khiển và giám sát liên tục việc thu thập số liệu của các trạm phát tín hiệu GNSS/CORS thông qua một trung tâm điều khiển tập trung.

- Máy chủ quản lý việc thu thập số liệu đo GNSS tại các trạm. Phần mềm tại trạm phải có khả năng kết nối được các trạm GNSS đơn lẻ thành lưới GNSS/CORS; quản lý

từ xa các trạm thông qua các kênh kết nối một cách toàn diện; có khả năng xác lập cấu hình thu GNSS, quản lý việc thu, ghi, cấp phát dữ liệu; giám sát liên tục tính toàn vẹn của lưới và dữ liệu cấp phát; và có cấu trúc mở hỗ trợ nâng cấp lên RTK và VRS.

- Máy chủ chạy phần mềm ứng dụng có chức năng thực thi các ứng dụng từ nguồn dữ liệu thu thập được từ các trạm GNSS CORS. Phần mềm tại máy này có khả năng: Tính toán tọa độ và vận tốc chuyển dịch của tất cả các trạm của lưới một cách nhanh chóng; xử lý tự động toàn bộ lưới; xử lý được lưới lớn gồm rất nhiều điểm; tính được số nguyên đa trị trên khoảng cách lớn đến hàng nghìn km; theo dõi được biến động của tầng đối lưu và tầng điện ly; xác định được quỹ đạo vệ tinh chính xác và tham số định hướng của Trái Đất; tính được các số hiệu chỉnh và phát đến các trạm động; xử lý được số liệu đa hệ (ít nhất là GPS và GLONASS) với độ chính xác rất cao; thực hiện các dịch vụ định vị trong thời gian thực, các dịch vụ mạng và lưu trữ số liệu.

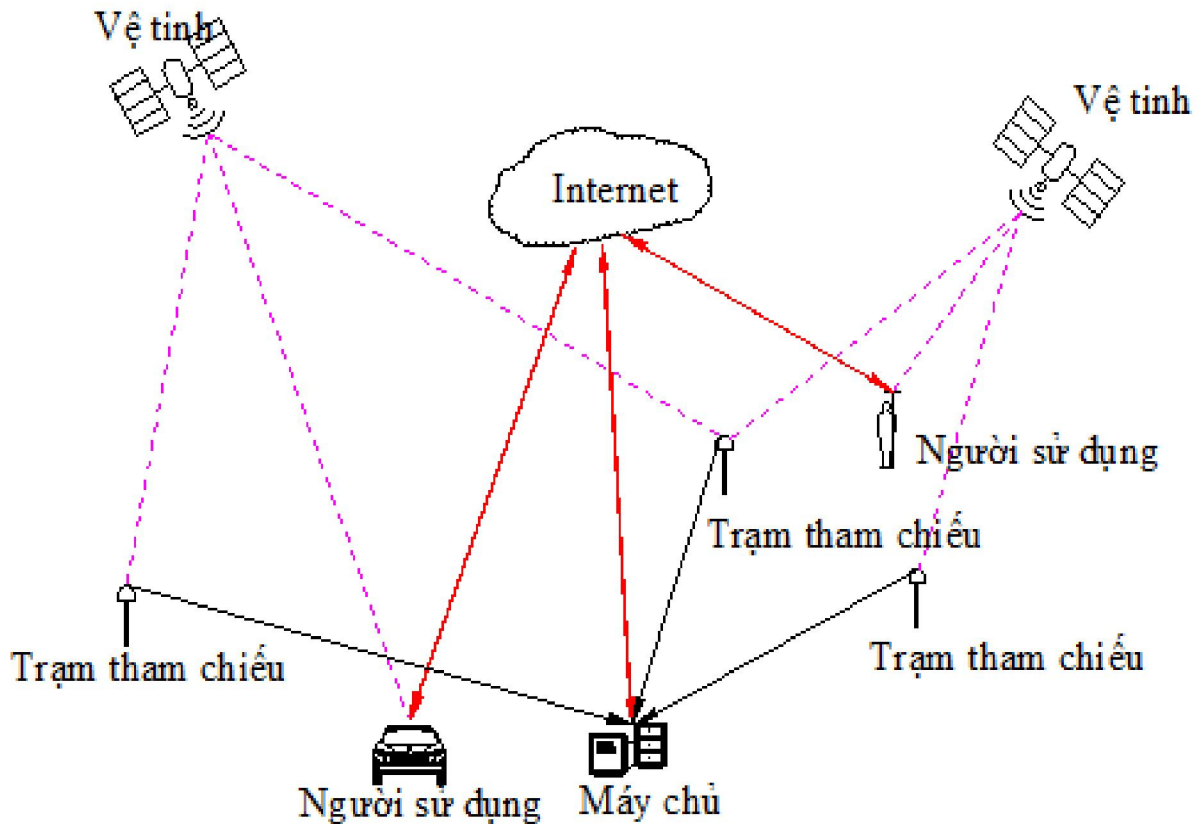


Hình 2. 6. Trung tâm điều khiển của hệ thống trạm CORS

c. Người sử dụng

Người sử dụng có thể dùng trạm CORS với phương pháp định vị tức thời (RTK) hoặc phương pháp định vị xử lý sau. Với phương pháp định vị tức thời, khi trạm chủ nhận được thông tin từ máy thu của người sử dụng, nó sẽ tính toán và gửi giá trị hiệu chỉnh tới các trạm tham chiếu gần đó để hiệu chỉnh luôn vào kết quả đo. Dữ liệu được truyền tới người sử dụng thông qua một trong các cách sau: Thông tin vô tuyến, điện

thoại di động, vệ tinh, Internet. Mạng điện thoại cố định (Chỉ áp dụng với phương pháp xử lý sau)– Internet bằng việc sử dụng định dạng RINEX.



Hình 2. 7. Người sử dụng GNSS/CORS

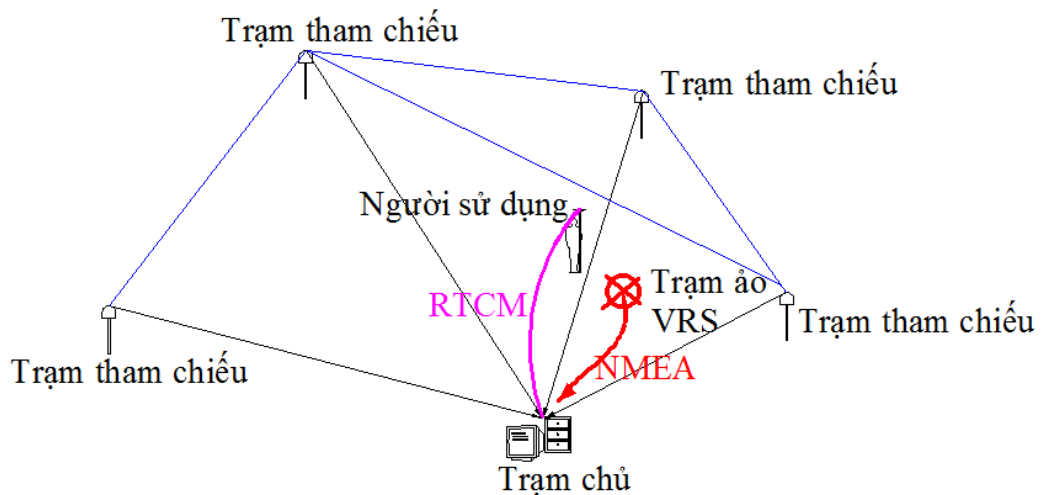
Phần mềm cho người dùng sử dụng: Dịch vụ định vị trực tuyến cho người sử dụng OPUS (Online Positioning User Service). Đây là một bước tiến lớn trong việc đưa trạm CORS vào sử dụng rộng rãi hơn của NGS. Mục tiêu của NGS khi phát triển OPUS là cung cấp cho người sử dụng một dịch vụ định vị chính xác với những phương tiện truy cập đơn giản. Với OPUS, người dùng có thể theo dõi các vệ tinh GPS của mình thông qua một giao diện web đơn giản, với đầu vào tối thiểu và chỉ trong vòng vài phút họ sẽ nhận được báo cáo tọa độ của các vệ tinh họ theo dõi. Quá trình này được thực hiện bằng cách sử dụng phần mềm NGS được cung cấp miễn phí và máy tính. OPUS được chia làm hai loại là OPUS – S và OPUS – RS.

2.2.3 Các phương pháp định vị theo CORS

a. Trạm tham chiếu ảo - VRS

* Nguyên tắc hoạt động

Phương pháp định vị theo giải pháp trạm tham chiếu ảo (Virtual Reference Station - VRS) được ứng dụng đối với mạng lưới trạm CORS là khi máy Rover của người sử dụng gửi tọa độ định vị tuyệt đối dưới dạng dữ liệu theo tiêu chuẩn NMEA theo định dạng tin nhắn trị đo ở dạng GGA để gửi thông tin đi tới trạm điều khiển trung tâm của hệ thống mạng GNSS/CORS. Sau khi trạm điều khiển trung tâm nhận được tọa độ gần đúng, trạm tham chiếu ảo (VRS) lập tức được tạo ra và cách trạm sử dụng chỉ vài mét. Số liệu “đo” của trạm tham chiếu ảo được hình thành tại trạm trung tâm dựa trên ít nhất 3 trạm tham chiếu gần nhất bao quanh trạm sử dụng, có xét tới mô hình sai số của mạng và được gửi ngay tới máy thu của người sử dụng theo chuẩn dữ liệu RTCM (hình 2.8).



Hình 2. 8. Nguyên lý truyền dữ liệu của trạm tham chiếu ảo VRS (dạng NMEA)

Việc truyền dẫn dữ liệu từ máy Rover tới trung tâm được thực hiện bằng giải pháp qua Internet theo theo giao thức NTRIP (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol).

* Đặc điểm kỹ thuật mạng tham chiếu ảo VRS

- Xây dựng một trạm quy chiếu (số trạm >3) và trạm xử lý trung tâm

- Trạm rover sẽ thu tín hiệu vệ tinh tọa độ gần đúng, sau đó chuyển tọa độ về trung tâm xử lý.

- Trạm trung tâm nhận được tín hiệu từ các trạm quy chiếu chuyên đến, sẽ tính ra các số hiệu chỉnh và chuyển đến cho các trạm rover.

- Trạm rover sẽ tính ra tọa độ chính xác hơn và chuyển đến trung tâm xử lý.

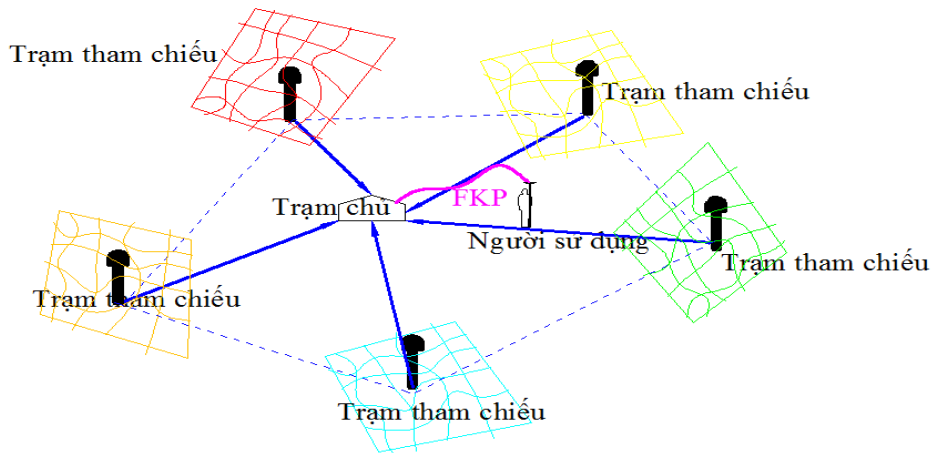
- Trung tâm sẽ tính ra vị trí trạm ảo và các số hiệu chỉnh cho trạm ảo.

- Trạm Rover sẽ nhận được các số hiệu chỉnh cuối cùng và sử dụng bài toán định vị tương đối để xác định chính xác vị trí trạm tham chiếu ảo.

b. Kỹ thuật thông số hiệu chỉnh khu vực –FKP

** Nguyên tắc hoạt động*

Kỹ thuật thông số hiệu chỉnh khu vực - FKP sử dụng thông tin từ các trạm tham chiếu của lưới để có được tham số tuyến tính mô tả các sai số do ảnh hưởng của quỹ đạo và tầng khí quyển. Các tham số này được truyền đến người sử dụng để nội suy các sai số của lưới ở vị trí thực tế của điểm trạm rover, từ đó tính ra tọa độ chính xác. Ứng với mỗi diện tích khu vực sẽ có giá trị các tham số tương ứng, mỗi khu vực được đánh dấu bằng các màu khác nhau. Khi các máy đo hoạt động trong hệ thống thì sẽ nhận được tham số của trạm quy chiếu gần nhất.



Hình 2. 9. Kỹ thuật thông số hiệu chỉnh khu vực

Kỹ thuật FKP còn có thể được sử dụng cách khác, đó là trạm rover nhận được các tọa độ của các trạm tham chiếu từ hệ thống thông tin liên lạc truyền dữ liệu. Điều này đặc biệt hữu hiệu trong một lưới rộng lớn khi mà người sử dụng làm việc trên diện rộng với các trạm quy chiếu khác nhau ở gần đó. Nếu vị trí của các trạm quy chiếu đã biết, trạm rover sẽ lựa chọn các số hiệu chỉnh khu vực phù hợp nhất. Các tham số khu vực có thể được coi là tuyến tính trong phạm vi hoạt động khoảng 100 km.

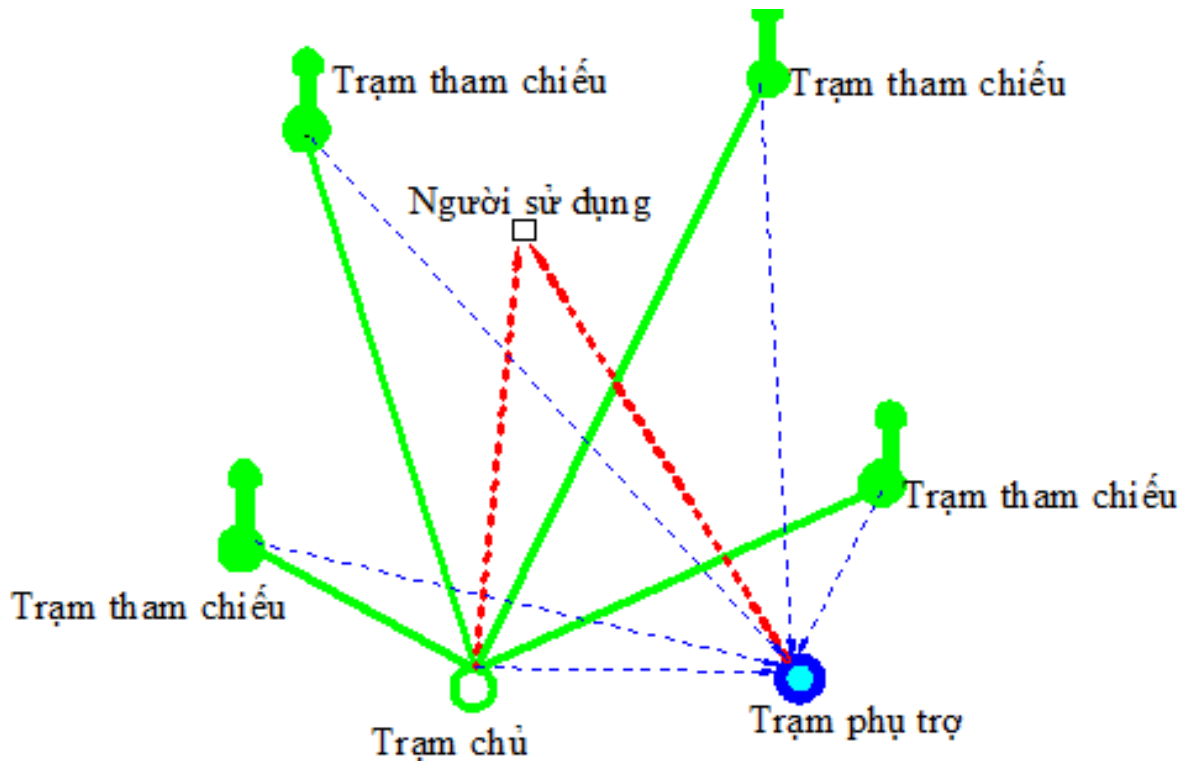
** Đặc điểm kỹ thuật*

- Truyền dữ liệu một chiều
- Không thể tương thích với trạm động RTK truyền thống
- Truyền dữ liệu một chiều, người dùng có thể nhận mà không truyền đi được, tính bảo mật cao.

c. Kỹ thuật phối hợp trạm phụ trợ và trạm chính – MAC

** Nguyên tắc hoạt động*

Trung tâm xử lý số liệu phát đi trị đo của trạm chủ, cùng lúc thông qua RTCM 3.1 với đoạn 1014 đến 1017 biz phát đi một trạm thông số phụ trợ (chỉ phát đi sự chênh lệch thay đổi của trạm phụ trợ và trạm chính), sự chênh lệch vị trí tọa độ của trạm phụ trợ và trạm chính để giảm bớt gánh nặng của việc truyền, nhận dữ liệu. Trạm động nhận được tín hiệu thì bắt đầu tính toán sự hiệu chỉnh vị trí của mình, cộng vào giá trị quan sát sau đó định vị RTK thông thường.



Hình 2. 10. Kỹ thuật phối hợp trạm phụ trợ và trạm chính

** Đặc điểm kỹ thuật*

- Tăng cường ứng dụng cho một người dùng
- Trạm rover phát sóng GGA
- Dễ dàng trong việc giám sát và quản lý trạm rover của người dùng

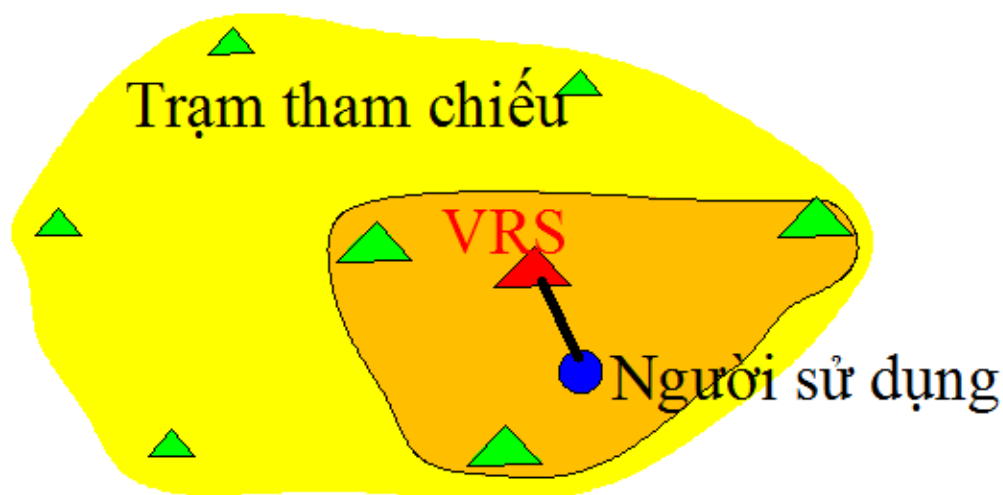
d. Hệ thống mạng lưới tham chiếu– NRS

** Nguyên tắc hoạt động*

Nguyên tắc cơ bản của NRS đến từ kỹ thuật trạm tham chiếu ảo. Nó có tất cả đặc điểm của một trạm tham chiếu ảo, đồng thời sử dụng những ưu điểm, kỹ thuật và nâng cao một số bộ phận của FKP, MAC.

** Đặc điểm kỹ thuật*

Khác với kỹ thuật trạm tham chiếu ảo VRS bình thường, NRS kết hợp các ưu điểm của FKP và MAC, tạo thành mạng lưới tam giác, lợi dụng một hoặc toàn bộ trạm tính gần đó để đảm bảo tính ổn định và chất lượng số liệu.



Hình 2. 11. Nâng cao kỹ thuật trạm tham chiếu ảo

Với kỹ thuật NRS khi có ba trạm tĩnh trở lên, hệ thống sẽ xây dựng tất cả các đoạn chuẩn phù hợp với điều kiện, làm tăng độ che phủ của lưới tam giác trong khu vực. Dựa vào khoảng cách của các đoạn chuẩn trong khóa tam giác để lựa chọn một tam giác tốt nhất cung cấp dịch vụ cho trạm động. Đến khi trạm tam giác này không còn phù hợp thì có thể thay thế bằng trạm tam giác khác, đảm bảo cho việc sử dụng ổn định.

2.3 Quy trình quan trắc dịch động bề mặt mở bằng công nghệ GNSS/ CORS kết hợp với máy toàn đạc điện tử

2.3.1 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. 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 mở 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.

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. Với 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.

2.3.2 Công tác chuẩn bị xây dựng lưới quan trắc

- Thu thập các tài liệu địa hình và các tài liệu địa chất liên quan thuộc phạm vi khu vực quan trắc bao gồm:

+ Bản đồ địa hình khu vực quan trắc, tìm kiếm và chuẩn bị hồ sơ các mốc tọa độ, độ cao hạng IV hoặc giải tích 1 đã có tại khu vực;

+ Thiết kế sơ bộ vị trí các điểm mốc tọa độ và độ cao trên bản đồ địa hình đã thu thập được đảm bảo các tiêu chí kỹ thuật xây dựng lưới.

- Trên cơ sở phương án quan trắc đã được lập, chuẩn bị đầy đủ các thiết bị đo đạc:

+ Cài đặt cấu hình, chế độ thu thập dữ liệu và các tham số trên thiết bị đo;

+ Kiểm nghiệm và hiệu chỉnh các máy toàn đạc điện tử, máy thủy bình theo quy định;

- Khảo sát tìm trên thực địa các điểm khống chế tọa độ, độ cao dự kiến sử dụng trong phương án quan trắc, khảo sát tình hình đặc điểm thời tiết khí hậu, tình hình giao thông, đặc điểm khu dân cư và các chướng ngại vật trong khu vực quan trắc;

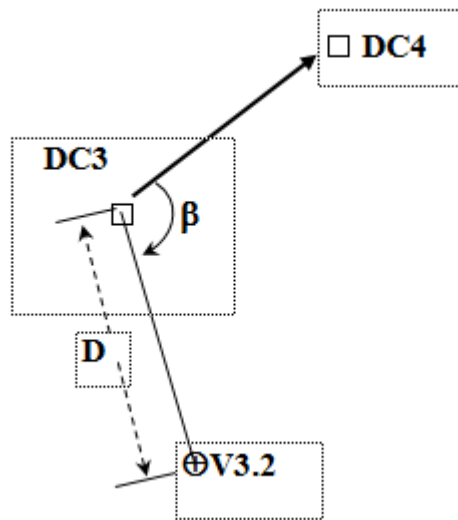
2.3.3 Thực hiện công tác ngoại nghiệp

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.

a. Đưa vị trí điểm quan trắc ra thực địa

Dựa vào các điểm mốc khống chế và vị trí các mốc quan trắc cần xây mới theo thiết kế. Dùng máy toàn đạc điện tử và gương để đưa vị trí các điểm quan trắc ra thực địa bằng phương pháp tọa độ cực.



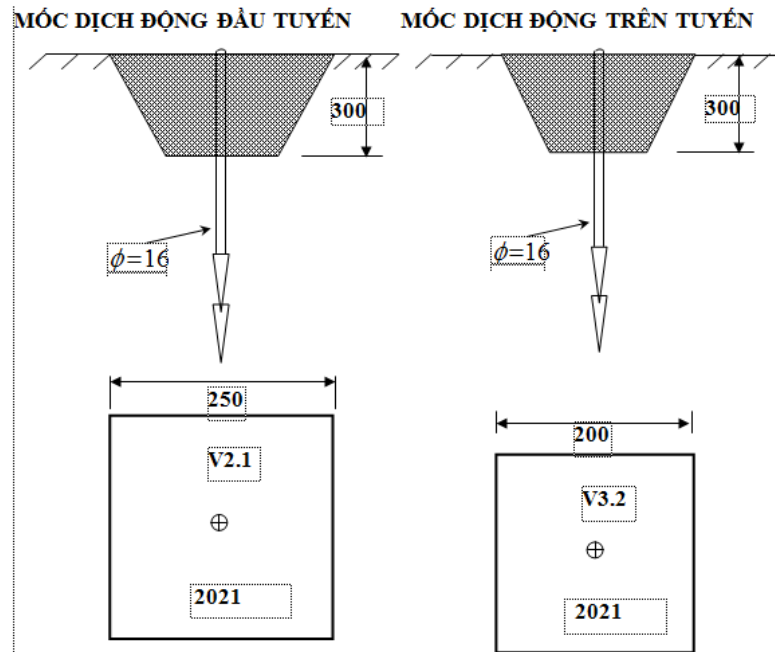
Hình 2. 12. Đưa điểm quan trắc ra thực địa

b. Xây dựng mốc

- Mốc đầu tuyến và cuối tuyến được đổ tại chỗ bằng bê tông, tim mốc làm bằng cọc sắt $\phi=16\div 30\text{mm}$, dài $800\div 1500\text{mm}$. Kích thước mặt mốc $(250 \times 250)\text{mm}$ để mốc

chôn sâu 300 mm .

- Mốc dịch động hay còn gọi là mốc công tác, bố trí trên hướng tuyến giới hạn bởi hai mốc cố định đầu tuyến và cuối tuyến thiết kế. Mốc được xây bằng bê tông, tim mốc đóng cọc sắt $\phi=16\div 30\text{mm}$, dài $800\div 1500\text{mm}$. Kích thước mặt mốc (200 x 200)mm, trên bề mặt mốc ghi ký hiệu mốc.



Hình 2. 13. Kết cấu mốc quan trắc

c. Công tác đo dịch động 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.

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. Đại lượng dịch chuyển đứng được xác định thông qua sự so sánh độ cao của các điểm quan trắc

* *Quan trắc dịch động bằng máy toàn đạc điện tử:*

Dùng máy toàn đạc điện tử đặt tại điểm mốc khống chế, gương đơn lắp trên trên

sào tiêu có kẹp chống, thân sào tiêu kẹp bọt thủy tròn để cân bằng và đặt tại tâm điểm dịch động. Tiến hành đo tọa độ các mốc dịch động trên tuyến theo phương pháp tọa độ cực từ hai hướng đến. Đo xác định độ cao theo phương pháp thủy chuẩn lượng giác. Số liệu đo được ghi vào bộ nhớ của máy.

Kết thúc đợt quan trắc, số đo được kiểm tra chặt chẽ trước khi đưa vào tính toán các đại lượng chuyển dịch.

** Quan trắc dịch động bằng công nghệ GNSS/CORS:*

Hệ thống trạm CORS sử dụng hạ tầng mạng internet để truyền tải thông tin giữa phần mềm quản lý và máy GPS trạm, giữa các máy thu rover với hệ thống trạm CORS. Phương pháp đo chủ yếu là RTK network nên đạt độ chính xác cao. Theo đó, các trạm CORS giống như một trạm Base cố định tại mốc đã biết tọa độ, độ cao. Thông qua mạng hạ tầng 3G/4G phát tín hiệu cải chính đến các Rovers máy thu GNSS xác định tọa độ, độ cao điểm quan trắc.

2.3.4 Công tác xử lý số liệu đo

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).

- Trị số độ lún

$$\eta = H(i+1) - H(i) \quad (2.3)$$

- Trị số độ nghiêng

$$i_i = \frac{\eta_i - \eta_{i+1}}{l} \quad (2.4)$$

- Trị số độ cong khúc độ K

$$k = \frac{i_i - i_{i-1}}{l_{tb}} \quad (2.5)$$

- Trị số biến dạng ngang

$$\varepsilon = \frac{d_2 - d_1}{l} \quad (2.6)$$

- Trị số dịch chuyển ngang

a. Trị số dịch chuyển theo trục x

$$\delta_x = X_{i-1} - X_i \quad (2.7)$$

b. Trị số dịch chuyển theo trục y

$$\delta_y = Y_{i-1} - Y_i \quad (2.8)$$

c. Trị số dịch chuyển ngang

$$\xi = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} \quad (2.9)$$

d. Véc tơ dịch chuyển toàn phần:

- Trị số

$$b = \sqrt{\xi^2 + \eta^2} \quad (2.10)$$

- Phương dịch chuyển được xác định theo các trị số σ_x và σ_y

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 của đoạn

- 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:

$$(l_{tb} = \frac{l_i - l_{i-1}}{2}) \quad (2.11)$$

- d_1, d_2 - hình chiếu bằng của chính đoạn ấy của 2 lần đo trước và sau.

2.3.5 Đánh giá độ chính xác kết quả đo

- Lưới đường chuyền các cấp được tính toán bình sai bằng phần mềm bình sai GNSS theo trình tự:

+ Tính khái lược bằng module xử lý Baseline.

+ Các Baseline sau khi xử lý đạt yêu cầu được đưa vào xây dựng lưới và tính toán bình sai tọa độ các điểm bằng module Trimnet.

+ Dùng các chương trình biên tập để biên tập kết quả tính toán bình sai.

Kết quả bình sai phải đánh giá sai số trung phương đơn vị trọng số mm, sai số vị trí điểm, sai sai trung phương tương đối cạnh yếu nhất.

Lưới thủy chuẩn kỹ thuật

Lưới độ cao thủy chuẩn kỹ thuật được bình sai chặt chẽ bằng phần mềm chuyên dụng trên máy vi tính.

Kết quả phải có đánh giá độ chính xác đạt được sau bình sai.

Sai số khép độ cao cho phép tính theo công thức sau:

- Hành trình thủy chuẩn kỹ thuật

$$f\Delta h_{cp} = \pm 50\sqrt{L} \text{ (mm)}$$

Trong đó: L là tổng chiều dài đường chuyền, đơn vị tính là Km

CHƯƠNG 3

THỰC NGHIỆM QUAN TRẮC DỊCH ĐỘNG BỀ MẶT MỎ BẰNG CÔNG NGHỆ GNSS/CORS KẾT HỢP MÁY TOÀN ĐẠC ĐIỆN TỬ

3.1 Giới thiệu khu vực thực nghiệm quan trắc dịch động

3.1.1 Vị trí địa lý khu vực khai thác vỉa V7, V8 cánh Bắc, khu Tây Bắc III, mỏ than Mạo Khê

Vị trí mỏ Mạo Khê cách Hà Nội khoảng 105 km theo đường Quốc lộ 18 hướng đi Hạ Long; cách thành phố Hạ Long khoảng 60 km và nằm về phía Bắc, cách phường Mạo Khê khoảng 2km. (hình 3.1)



Hình 3. 1. Sơ đồ vị trí khu mỏ Mạo Khê, Đông Triều, Quảng Ninh

Về ranh giới địa chất: Phía Bắc là đứt gãy Trung Lương (F.TL), phía Nam là đứt gãy B(F.B), phía Đông tiếp giáp mỏ Trảng Bạch (T.IXa), phía Tây là T.Ig.

Via 7 và vỉa 8 khu Tây Bắc III thuộc địa tầng cánh Bắc mỏ than Mạo Khê, phân bố từ tuyến T.I đến tuyến T.II. Trên bề mặt địa hình có độ cao từ 20 đến 50m. Địa hình là phần đồi thoải, phần đầu lộ vỉa đã khai thác lộ thiên và đã được hoàn nguyên.

3.1.2 Khái quát về điều kiện địa chất khu vực vỉa 7TBIII và vỉa 8 TBIII

a. Khái quát về điều kiện địa chất vỉa 7 TBIII

* Cấu tạo vỉa:

Vỉa 7 Tây Bắc III mức -80/-25 thuộc loại vỉa dày dốc có cấu tạo hai lớp Vách - Trụ rõ ràng. Lớp phân cách là sét kết cứng chiều dày từ 0,3m đến 1,53m trung bình 0,8m. Chiều dày tổng vỉa thay đổi từ 5,52m đến 13,48m, trung bình 9,37m. Chiều dày riêng than từ 4,24m đến 11,11m trung bình 7,47m. Số lớp kẹp từ 2 đến 6 lớp chiều dày đá kẹp thay đổi từ 1,03m ÷ 3,48m, trung bình 1,89m. Từ tuyến I đến tuyến II mức -80/-25 độ dốc vỉa biến đổi từ 60° ÷ 75° trung bình 70° , cục bộ có nếp uốn làm độ dốc vỉa tăng $\geq 75^{\circ}$. Than vỉa 7CB là loại than cứng, phân lớp vừa đến mỏng, có xen kẹp nhiều lớp sét mỏng. Độ cứng $f = 1 \div 4$. Độ tro than A_{HH}^k từ 24,88% ÷ 34,82% trung bình 29,89%.

Bảng 3.1. Bảng tổng hợp các công trình địa chất vỉa 7 TBIII

S T T	Công trình	Chiều dày vỉa (m) Toàn vỉa (đá kẹp) riêng than Vách - Trụ	Độ tro $A^k(\%)$	Độ cao trụ vỉa	Độ dốc vỉa
1	LK LK7.1	9,01(1,03/3)7,98	27,37	-15,7	68
2	LK LK7.2	13,48(2,37/2)11,11	31,27	-39,78	65
3	LK LK7.3	7,13(1,31/2)5,82	34,82	-40,75	60
4	LK LK7.6	5,52(1,28/2)4,24	29,85	-12,68	68
5	LK 322	12,71(3,07/6)9,64	24,88	-167,26	70
6	XVC1 V7 mức -80	10,29(3,48/5)6,81		-73	68
7	XVCN -86	9,13(1,52/6)7,61		-86	68
8	XVCN -99	8,2(1,2/5)7,0		-99	70
9	XV 7 - 8 mức -25	8,29(2,12/6)6,17		-15	60
10	XVCN -38	9,9(1,55/3)8,35		-38	70

* Đặc điểm vách trụ via:

Via 7 đôi chỗ vách giả là đá sét phân lớp mỏng, mềm bở, dày từ 0.21 ÷ 0.67 mét. trung bình 0.45m, độ cứng ($f=1\div 2$).

Vách trực tiếp là bột kết đôi chỗ kẹp sét kết mỏng (có độ cứng $f=4\div 6$), chiều dày 0.60 đến 21.4m trung bình 11m, đá phân lớp mỏng đến vừa, độ nứt nẻ cao.

Vách cơ bản là đá cát kết rắn chắc (có độ cứng $f=8\div 10$), phân lớp dày đến trung bình, chiều dày 40m đến 60m trung bình đến 50m.

Trụ giả là sét than mềm bở chiều dày 0,38 ÷ 1,61 mét gặp nước dễ trương nở và bùng nền (có độ cứng $f=1\div 2$).

Trụ trực tiếp là sét kết xen kẹp các lớp than mỏng, chiều dày 1.20 ÷ 6.0 mét. Đặc điểm lớp trụ là sét kết phân lớp mỏng, tương đối mềm, gặp nước dễ trương nở, bùng nền(có độ cứng $f=3\div 4$).

Tính chất cơ lý đá vách, trụ via thay đổi không có quy luật. Sắt vách trụ via than thường là những lớp đá có độ bền vững thấp, độ liên kết kém. Trong quá trình khai thác áp lực lò lớn. Đặc biệt là các lớp sét kết, bột kết bị ngấm nước trương nở bùng nền.

Bảng 3.2. Bảng tổng hợp các chỉ tiêu cơ lý đá via 7 TBIII

TT	Các chỉ tiêu cơ lý	Cát kết	Bột kết	Sét kết
1	Cường độ kháng nén δ_n (Kg/cm ²)	728/895	450/562	340/155
2	Cường độ kháng kéo δ_k (Kg/cm ²)	9/113	78/8	83/4
3	Lực dính kết C (Kg/ cm ²)	211/9	166/8	112/4
4	Góc nội ma sát Φ (độ)	26/9	30 ⁰ 46' /8	19 ⁰ 49' /4
5	Dung trọng γ (g/cm ³)	2,59/69	2,61/607	2,7/166
6	Tỷ trọng Δ (g/cm ³)	2,7/76	2,72/572	2,69/160
7	Mô đun khe nứt	-	-	-

** Đặc điểm địa chất thủy văn:*

Theo cập nhật diện vỉa 7 TB.III có nguy cơ mất an toàn về nước mỏ là rất cao. Trong quá trình đào lò đá đã tiến hành khoan thăm dò, tháo nước bằng máy khoan tâm dài và tầm trung ở mức -25. Các lỗ khoan đều có nước chảy ra với lưu lượng từ 3 - 20m³/h. Nguồn nước là do nước tích đọng trong tầng đá vách và nước trong lò cũ, lò Pháp đã khai thác chảy ra.

Mức -80 lò dọc vỉa đá V7 TBIII khu vực cách tuyến I^A về đông khoảng 120 mét đã xảy ra bực nước từ nền lò dọc vỉa đá (gặp hệ thống lò ngầm của Pháp đã đào qua mức -80), lưu lượng nước ban đầu bực ra rất lớn, nước có áp và kèm theo bùn đất. Vỉa 7 từ mức +30 lên lộ vỉa đã khai thác, phần lộ vỉa khai thác lộ thiên tạo nhiều hố sụt lún, dẫn đến vào mùa mưa nước mặt dễ thấm thấu xuống tích đọng trong lò cũ và chảy vào khu vực khai thác ở các mức dưới.

b. Khái quát về điều kiện địa chất vỉa 8 TBIII

**Cấu tạo vỉa :*

Vỉa 8 cánh Bắc khu TB.III có cấu tạo tương đối phức tạp, vỉa có cấu tạo một lớp than không có lớp kẹp đến 4 lớp kẹp. Lớp than trụ không có giá trị khai thác do biến động mạnh cả về độ tro và chiều dày.

Chiều dày vỉa từ 1,21m đến 4,05m trung bình 2,59m; chiều dày riêng than từ 1,21m đến 2,73m trung bình 2,15m; chiều dày đá kẹp từ 0m đến 1,32m trung bình 0,44m. Từ tuyến Ic đến F.340 mức -80/-25 độ dốc vỉa biến đổi từ 54⁰ ÷ 72⁰ trung bình 68⁰, cục bộ có nếp uốn làm độ dốc vỉa tăng ≥72⁰. Vỉa 8 cánh Bắc khu TB.III là loại than cứng, phân lớp vừa đến mỏng. Độ cứng f = 1 ÷ 4. Độ tro hàng hóa biến đổi từ 25,3% đến 40,49%, trung bình 30,43%.

Bảng 3.3. Bảng tổng hợp các công trình địa chất vỉa 8 TBIII

S TT	Công trình	Chiều dày vỉa (m) Toàn vỉa (đá kẹp) riêng than Vách - Trụ	Độ tro A ^K (%)	Độ cao trụ vỉa	Độ dốc vỉa
1	Xuyên vỉa TB.III -80	4,05(1,32/2)2,73		-69	
2	LK MK809	3,34(0,8/2)2,54	40,49	-31,43	65
3	LK 320	2,36(0,1/1)2,26	25,3	-82,83	69
4	LK 1a	1,21	29,85	-8,38	54
5	LK 2a	1,85(0,21/2)1,64	29,21	-171,47	71
6	LK MK814	2,05	25,33	-42,45	65
7	XV 7 - 8 mức -25	3,03(0,76/1)2,27		-15	65
8	H 1a	2,83(0,36/4)2,47	31,83	+40	69

**Đứt gãy thuận :*

Đứt gãy thuận F.340 tồn tại từ gần ranh giới phía Tây đến gần tuyến T.Va, cắt qua vỉa 8 TB.III đoạn giữa tuyến Ia và tuyến II. Đứt gãy F.340 có phương chính là Tây – Đông, mặt trượt cắm Bắc, góc dốc thay đổi từ $70^{\circ} \div 75^{\circ}$. Cự ly dịch chuyển ngang của hai cánh từ $50 \div 70$ m, cự ly dịch chuyển đứng từ $90 \div 160$ m. Đoạn tiếp giáp với phay vỉa bị ép nén, sét hóa và uốn đảo mạnh.

** Đặc điểm vách trụ vỉa:*

- Vỉa 8CB có lớp vách giả là sét kết, sét than màu đen phân lớp mỏng mềm yếu dễ trương nở khi gặp nước, dày từ 0,50 đến 0,95 trung bình 0,72m, độ cứng $f = 1 \div 3$.

- Vách trực tiếp là bột kết chiều dày từ 2,73 ÷ 21,6 mét trung bình là 9,15 m, đá phân lớp mỏng đến trung bình màu xám đen, xám tro độ nứt nẻ trung bình, tương đối rắn chắc, độ cứng $f = 6 \div 8$.

- Vách cơ bản là cát kết hạt thô đến trung màu xám sáng phân lớp từ 0,2 ÷ 0,6m, mật độ khe nứt trung bình từ 7 ÷ 14 khe nứt /m² đá thường chứa nước, chiều dày từ 40 ÷ 60 m trung bình 50 m, độ cứng $f = 8 \div 12$.

- Trụ trực tiếp là Sét kết, sét than tương đối mềm, dễ biến dạng, trương nở khi gặp nước, chiều dày từ 0,50 ÷ 3,05 m, trung bình 1,45 m, độ cứng $f = 1 \div 3$.

Tính chất cơ lý đá vách, trụ via thay đổi không có quy luật. Sét vách trụ via than thường là những lớp đá có độ bền vững thấp, độ liên kết kém. Trong quá trình khai thác áp lực lò lớn. Đặc biệt là các lớp sét kết, bột kết bị ngấm nước trương nở bùng nển.

Bảng 3.4. Bảng tổng hợp các chỉ tiêu cơ lý đá via 8 TBIII

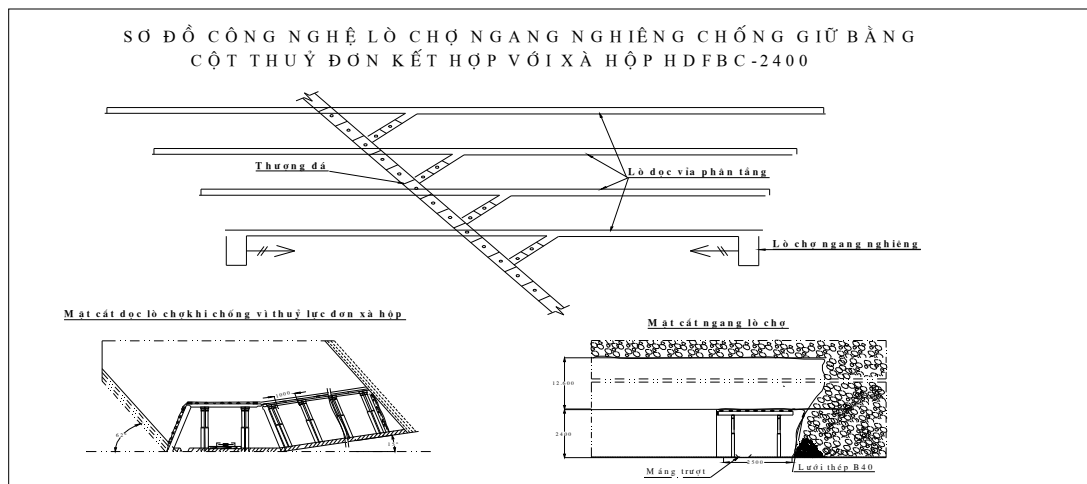
TT	Các chỉ tiêu cơ lý	Cát kết	Bột kết	Sét kết
1	Cường độ kháng nén δ_n (Kg/ cm ²)	728/895	450/562	340/155
2	Cường độ kháng kéo δ_k (Kg/ cm ²)	9/113	78/8	83/4
3	Lực dính kết C (Kg/ cm ²)	211/9	166/8	112/4
4	Góc nội ma sát Φ (độ)	26/9	30 ⁰ 46'/8	19 ⁰ 49'/4
5	Dung trọng γ (g/ cm ³)	2,59/69	2,61/607	2,57/166
6	Tỷ trọng Δ (g/ cm ³)	2,7/76	2,72/572	2,69/160
7	Mô đun khe nứt	-	-	-

** Đặc điểm địa chất thủy văn:*

Theo cập nhật diện via 8 TB.III có điều kiện địa chất thủy văn rất phức tạp. Nguồn nước cấp là nước từ hệ thống lò cũ của dân khai thác tự do trong các giai đoạn trước. Lưu lượng nước chảy ra lớn khi lưu lượng nước giảm quan sát vị trí nước chảy ra thấy một hệ thống lò bằng chưa sập đổ hoàn toàn có tích đọng nước. Hệ thống lò này cũng đã gặp khi đào lò xuyên via 7 - 8 mức -25. Bên vách via đoạn từ tuyến T.I về Tây có suối Văn Lô chảy qua, cách vách via 50m. Từ băng tải nhiệt điện về Tây 130m có hệ thống moong khai thác lộ thiên vẫn tích đọng nước. Quá trình khai thác phía dưới sẽ ảnh hưởng tới tầng đá vách, kết hợp với địa hình khu vực này có cốt cao thấp nên nước mặt sẽ nhanh chóng theo các hệ thống khe nứt của đới sập đổ đá vách chảy xuống các đường lò phía dưới gây mất an toàn về nước mỏ.

3.1.3. Đặc điểm hệ thống khai thác.

Điều kiện áp dụng công nghệ khai thác chia lớp ngang nghiêng là vỉa than có độ dốc $\alpha > 45^\circ$, chiều dày vỉa từ dày trung bình đến dày, độ ổn định chiều dày và góc dốc ở mức độ ổn định đến không ổn định, tính chất đá vách, đá trụ vỉa từ mềm yếu đến bền vững; tức là công nghệ khai thác này có thể áp dụng cho điều kiện địa chất phức tạp. Với vỉa 7TBIII và vỉa 8 TBIII có điều kiện thoả mãn các yêu cầu trên, do vậy hệ thống khai thác lựa chọn áp dụng là hệ thống khai thác chia lớp ngang nghiêng.



Hình 3. 2. Sơ đồ khai thác lò chợ ngang nghiêng

Sau khi đào các lò dọc vỉa than phân tầng các mức từ giới hạn khai thác của lò dọc vỉa tiến hành đào thượng xiên chéo với độ dốc 30° quay về phía trụ vỉa để bắn phá hỏa tạo bước gãy ban đầu. Tại giới hạn khai thác của mỗi phân tầng cách thượng xiên chéo ra phía ngoài 3m đào khởi điểm từ trụ sang vách vỉa và được đào nghiêng một góc 15° so với mặt phẳng nằm ngang, tạo điều kiện thuận lợi cho công tác vận tải than tại gương khẩu. Sau khi đào xong thượng khởi điểm tiến hành lắp giá thủy lực di động được lắp cách nhau 1m theo hướng dốc hết chiều dài của lò thượng này (4÷5 giá). Phía sau lò lò chợ đã lắp vì thủy lực (phía sẽ phá hoá lò chợ) đào một lò thượng phụ khác về phía trụ của vỉa song song và cách thượng khởi điểm đã đào 2 ÷ 2,5 m. Tiến

hành khoan nổ mìn phá sập thượng xiên chéo và tạo sự sụp đổ đầu tiên phía sau lò chợ. Tiến hành khấu lò chợ theo hướng dật từ biên giới về phía lò thượng trung tâm, khấu than gương bằng khoan nổ mìn, chống giữ gương khai thác bằng việc di chuyển các giá thủy lực theo tiến độ. Trần than nóc phía sau lò chợ được khấu bằng khoan nổ mìn hoặc tự sập, than hạ trần được thu hồi về gương và được vận tải ra ngoài bằng máng cào.

Trường hợp vỉa than dày trung bình sẽ không thực hiện việc đào lò thượng khởi điểm mà sẽ tiến hành lấp đặt vì chống thủy lực tăng cường cho vì chống lò dọc vỉa, sau đó dịch chuyển vì chống thủy lực và khấu hạ trần than phía sau.

Trình tự khai thác các phân tầng theo thứ tự từ trên xuống dưới và từ biên giới về phía thượng trung tâm. Có thể khai thác hai phân tầng đồng thời nhưng phân tầng dưới đuôi theo phân tầng trên với khoảng cách duy trì ≥ 30 m.

Các chỉ tiêu kỹ thuật công nghệ được thể hiện trong bảng 3.3 và bảng 3.4

Bảng 3.5. Các thông số kỹ thuật của một số khu vực khai thác

TT	Tên thông số	Đơn vị	Via 7 TBIII	Via 8 TBIII
1	Chiều dày vỉa riêng than trung bình	m	7,47	2,15
2	Chiều dày đá kẹp phân lớp trung bình	m	1,89	0,44
3	Chiều dày toàn vỉa trung bình (cả đá kẹp)	m	9,36	2,59
4	Góc dốc vỉa trung bình	độ	70°	68°
5	Góc dốc lò chợ	độ	15°	
6	Chiều dài lò chợ	m	6,3	
7	Chiều cao khấu gương lò chợ	m	2,2	
8	Trọng lượng thể tích của than	Tấn/m ³	1,54	1,56
9	Độ cứng của than	-	1 - 2	1 - 2
10	Chiều dài theo phương khu vực thiết kế	m	410	440
11	Chiều cao phân tầng	m	12	12
12	Chiều dày lớp than hạ trần	m	7,16	

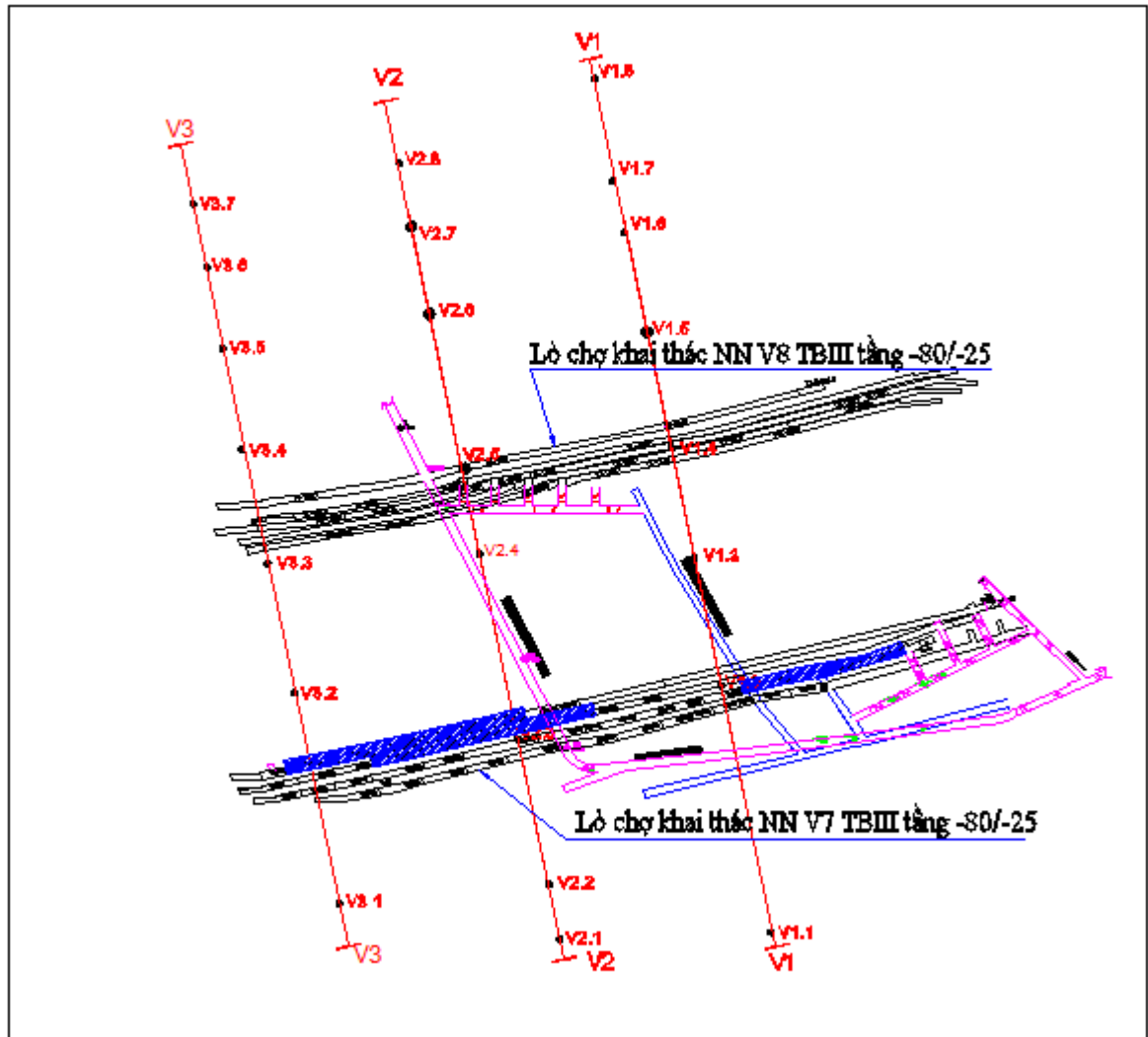
Bảng 3.6. Bảng chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật công nghệ khai thác chia lớp ngang nghiêng

TT	Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Via 7 TBIII
1	Chiều dày vỉa riêng than trung bình	m	7,47
2	Chiều dày toàn vỉa trung bình (cả đá kẹp)	m	1,89
3	Góc dốc vỉa trung bình	độ	9,36
4	Chiều dài theo phương khu khai thác	m	400
5	Chiều dài gương khâu	m	6,3
6	Chiều cao nghiêng phân tầng khai thác	m	12
7	Chiều cao khâu gương	m	2,2
8	Trọng lượng thể tích của than	T/m ³	1,54
9	Hệ số kiên cố của than	-	1 ÷ 2
10	Sản lượng một chu kỳ khai thác (riêng than)	Tấn	94,2
11	Số ca hoàn thành một chu kỳ	Ca	2
12	Hệ số hoàn thành chu kỳ	-	0,8
13	Số ca làm việc ngày đêm	Ca	3
14	Sản lượng khai thác một ngày đêm 1 lò chợ	T/ng- đ	113,04
15	Sản lượng khai thác 1 tháng	T/tháng	2826
16	Công suất lò chợ	T/năm	33.912
17	Tồn thất than khai thác theo công nghệ	%	35,2

3.1.4 Kết cấu lưới quan trắc trên bề mặt mỏ

Kết cấu lưới quan trắc đóng vai trò quan trọng trong các chương trình quan trắc biến dạng. 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. Do khu vực quan trắc là địa hình đồi núi không có dân cư sinh sống và không có các công trình phải bảo vệ và mục đích quan trắc chỉ nhằm xác định mức độ dịch chuyển

đất đá trên bề mặt mỏ nên lưới quan trắc được bố trí dưới dạng lưới điểm quan trắc như hình 3.3.



Hình 3. 3. Kết cấu trạm quan trắc trên mặt mỏ

3.2 Đặc điểm của các thiết bị công nghệ đo quan trắc

3.2.1 Đặc điểm máy TĐĐT Leica TS09 Plus (5")

Ống kính:

- Độ phóng đại: 30x
- Trường ngắm: 1030'
- Khoảng cách đo ngắn nhất: 1.7 m
- Dây chữ thập được chiếu sáng

Đo góc

- Độ chính xác đo góc: 5"
- Số đọc nhỏ nhất: 0.1"
- Hệ thống bù trục: chọn On / Off
- Độ chính xác bù trục: 1.5"

Đo khoảng cách:

- + Gương đơn: 3500 m
- + Gương giấy (60mm x 60mm): 250 m
- + Đo không gương tùy chọn: R500: 500m

Độ chính xác đo cạnh

- Fine / Quick / Tracking: 3mm + 2ppm
- Fine / Quick / Tracking: 2.4s / 0.8s / 0.15s

Lưu trữ dữ liệu/ Kết nối với máy tính

- Lưu trữ: 100.000 điểm trạm; 60.000 điểm đo
- Kết nối với máy tính qua cổng USB, bluetooth
- Định dạng dữ liệu: GSI / DXF / LandXML / user definable ASCII formats

Bàn phím và màn hình

Màn hình màu cảm ứng: màn hình đồ họa và đọc số

Dọi tâm Laser

Độ chính xác: 1.5mm / 1.5m

Laser dẫn đường

5m-150m

Nguồn: Pin Lithium – Ion, 20 giờ

Tính năng nổi trội của máy toàn đạc điện tử Leica TS09 Plus(5")

- Giao diện màn hình dễ sử dụng. Màn hình màu và cảm ứng
- Độ bền cao, phù hợp với mục tiêu đầu tư lâu dài

– Phần mềm trứ số liệu đơn giản, dễ tương tác. Dữ liệu xuất định dạng: RAW, TXT, DXF (autocad) qua cáp truyền hoặc trực tiếp vào USB flash. Dữ liệu xuất định dạng: RAW, TXT, DXF (autocad) qua cáp truyền hoặc trực tiếp vào USB flash.

– Hỗ trợ tất cả các chức năng đo. Có tia laser dẫn hướng với khoảng cách hoạt động < 150 mét (đcx : 5cm/100 mét)

Chức năng và ứng dụng

– Dùng để khảo sát – Thiết kế – Thi công các công trình xây dựng

– Tìm điểm tọa độ ngoài thực địa

– Đo đạc, khảo sát, thu thập số liệu thành lập bản đồ

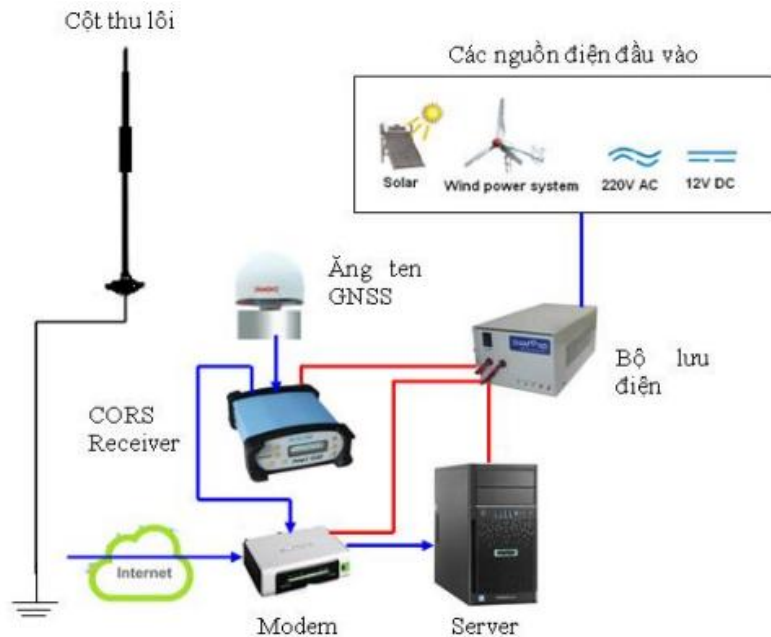
– Thi công dân dụng và các công trình giao thông, cầu đường

– Sử dụng các phép đo hình học để tính toán phục vụ công tác thi công

3.2.2 Đặc điểm các trạm CORS và máy thu RTK

a. Đặc điểm trạm CORS

Hệ thống trạm CORS là hệ thống được đặt tại nơi cách xa công trình, trên hệ thống mốc cố định chắc chắn và khoan sâu xuống tầng đá gốc khác với các trạm CORS bình thường.



Hình 3. 4. Sơ đồ hệ thống trạm CORS

Hệ thống này tích hợp máy thu tín hiệu GNSS, bộ giải mã tín hiệu và máy tính Server hoạt động 24/24h có nhiệm vụ thu tín hiệu sau đó tính ra số cải chính để truyền về Rover dưới dạng thức truyền thông TCP/IP. Toàn bộ hệ thống được kết nối với mạng lưới IGS hoặc các mạng lưới nội bộ tương tự. Sơ đồ một hệ thống trạm CORS được thể hiện ở hình 3.4.

Hệ thống trạm CORS bao gồm các thành phần sau:

- + Ăng ten thu tín hiệu vệ tinh GNSS
- + Bộ thu nhận và giải mã tín hiệu vệ tinh CORS receiver
- + Hệ thống máy chủ Server
- + Hệ thống mạng truyền thông
- + Nguồn cấp điện
- + Hệ thống ổn định và lưu trữ điện năng
- + Dây kết nối
- + Hệ thống chống Sét
- + Một số hệ thống khác,...

Chức năng chính của hệ thống trạm CORS là thu tín hiệu vệ tinh GNSS, tính toán và truyền số liệu cải chính cho các trạm Rover. Khi tích hợp chức năng quan trắc cho hệ thống thì hệ thống trạm CORS được định nghĩa lại với vai trò là một máy chủ trung tâm có chức năng thu nhận số liệu từ các Rover nhằm mục đích tính toán các thông số để xác định được vị trí chính xác của Rover một cách liên tục theo thời gian.

Tại khu vực mỏ Mạo Khê mạng lưới trạm CORS cung cấp dịch vụ đo động thời gian thực trong hệ tọa độ quốc gia VN-2000, hệ độ cao quốc gia thông qua việc ứng dụng các giải pháp công nghệ mạng (Network RTK) VRS cho người sử dụng với công cung cấp dịch vụ 2101.



Hình 3. 5 Sơ đồ hệ thống các trạm CORS xung quanh khu vực đo

b. Đặc điểm máy thu RTK Model T300

Máy thu RTK Model T300

- Thu tín hiệu GPS: L1 C/A, L1 C, L2 P, L5
- BeiDou: B1, B2, B3
- GLONASS: L1, L2
- SBAS: WAAS, EGNOS, MSAS, GAGAN

Độ chính xác

Đo tĩnh:

- Phương ngang: 2.5 mm + 0.5 ppm RMS
- Phương đứng: 5 mm + 0.5 ppm RMS

Đo động RTK:

- Horizontal: 8 mm + 1 ppm RMS
- Vertical: 15 mm + 1 ppm RMS

Giao tiếp:

- Radio modem: Tx/Rx

- Công suất phát: 0.5-2W, dải làm việc 1-4km

- GSM modem.

Định dạng dữ liệu: ASCII: NMEA-0183 GSV, RMC, HDT, VHD, GGA, GSA, ZDA, VTG, GST, PJK, PTNL

Kích thước: 15.8 cm × 7.5 cm, khối lượng 0.95kg

Nhiệt độ làm việc: -40 °C to + 65 °C

Nguồn điện: Pin Li-ion 2 × 1800 mAh, thời gian làm việc 8h

Bộ nhớ trong: 256 Mb, nhớ ngoài nập cấp 16Gb

Phần mềm: ComNav field data collection software CGSurve

Máy RTK có những ưu điểm vượt trội như sau:

Độ chính xác cao: Đối với công tác trắc địa luôn luôn đòi hỏi phải có độ chính xác cao. Đây chính là yêu cầu quan trọng mà không thể bỏ qua. Máy GPS RTK áp dụng công nghệ RTK giúp đo chi tiết, chính xác ở khoảng cách lớn.

Sự sai số của kết quả là không đáng kể, luôn nhỏ hơn sai số điểm theo quy phạm và đã được chứng thực rất nhiều lần đo thực tế, đem đến sự chuẩn xác cao. Giúp các kỹ sư thuận tiện khi làm việc ở địa hình rộng lớn tiết kiệm được thời gian và công sức.

Tiết kiệm nhân lực: Nếu như trước đây để khảo sát một khu vực rộng lớn, số lượng nhân lực cần phải sử dụng nhiều hơn, ít nhất là phải 2 người trở lên, một người đứng ở trạm máy và một người mang theo gương. Nhưng với máy đo đạc RTK thì chỉ cần một người thôi cũng đã tiến hành được công việc.

Rút ngắn thời gian làm việc: Nhờ có bộ tín hiệu vệ tinh GNSS các kỹ sư đo đạc chỉ mất khoảng 8-10 giây để xác định chính xác vị trí tọa độ một điểm. Khắc phục được các máy toàn đạc và máy kinh vĩ, kỹ sư đo đạc sẽ mất khoảng 5-10 phút để đọc tọa độ điểm.

Có thể kết hợp được với nhiều loại máy khác: Chúng ta có thể kết hợp sử dụng máy RTK với các loại máy khác như máy toàn đạc điện tử, máy thủy lực... để tăng độ chính xác cao hơn cũng như sự hiệu quả trong công việc tốt hơn. Các mẫu

máy đa năng này tích hợp nhiều ứng dụng, tính năng đang là xu hướng được sử dụng nhiều hiện nay.

3.3 Các kết quả đo dịch động theo quy trình quan trắc

3.3.1 Các kết quả đo dịch động

a. Các kết quả đo dịch động bằng máy toàn đạc điện tử

Bảng 3.7. Bảng tổng hợp kết quả quan trắc tuyến V1 bằng máy TĐĐT

Kỳ đo ngày 20/7/2021				Kỳ đo ngày 29/11/2021			
Tên mốc	X(m)	Y(m)	H(m)	Tên mốc	X(m)	Y(m)	H(m)
V1.1	2332154,713	380072,416	30,306	V1.1	2332154,714	380072,410	30,299
V1.2	2332272,709	380048,420	51,237	V1.2	2332272,570	380048,489	51,146
V1.3	2332334,303	380038,422	41,132	V1.3	2332334,210	380038,444	41,018
V1.4	2332386,803	380026,562	41,977	V1.4	2332386,715	380026,579	41,892
V1.5	2332440,636	380008,885	40,661	V1.5	2332440,565	380008,896	40,607
V1.6	2332488,963	380002,065	28,177	V1.6	2332488,937	380002,076	28,134
V1.7	2332513,739	379996,543	28,011	V1.7	2332513,709	379996,551	27,910
V1.8	2332562,539	379987,812	48,762	V1.8	2332562,486	379987,845	48,664

Bảng 3.8. Bảng tổng hợp kết quả quan trắc tuyến V2 bằng máy TĐĐT

Kỳ đo ngày 20/7/2021				Kỳ đo ngày 29/11/2021			
Tên mốc	X(m)	Y(m)	H(m)	Tên mốc	X(m)	Y(m)	H(m)
V2.1	2332151,790	379971,486	23,485	V2.1	2332151,791	379971,489	23,496
V2.2	2332177,871	379967,134	27,703	V2.2	2332177,891	379967,137	27,687
V2.3	2332247,193	379951,004	45,417	V2.3	2332246,568	379951,225	45,104
V2.4	2332335,245	379931,433	33,997	V2.4	2332334,961	379931,530	33,749
V2.5	2332376,478	379926,147	26,391	V2.5	2332376,242	379926,163	26,263
V2.6	2332449,403	379904,597	23,598	V2.6	2332449,260	379904,606	23,503
V2.7	2332491,947	379900,519	24,784	V2.7	2332491,936	379900,605	24,731
V2.8	2332522,104	379894,780	24,676	V2.8	2332522,079	379894,795	24,649

Bảng 3.9. Bảng tổng hợp kết quả quan trắc tuyến V3 bằng máy TĐĐT

Kỳ đo ngày 20/7/2021				Kỳ đo ngày 29/11/2021			
Tên mốc	X(m)	Y(m)	H(m)	Tên mốc	X(m)	Y(m)	H(m)
V3.1	2332168,309	379865,936	21,583	V3.1	2332168,329	379865,938	21,569
V3.2	2332268,924	379844,027	39,129	V3.2	2332268,711	379844,145	38,984
V3.3	2332330,879	379830,813	19,310	V3.3	2332330,761	379830,858	19,258
V3.4	2332385,153	379819,457	22,604	V3.4	2332385,104	379819,480	22,565
V3.5	2332433,705	379810,405	22,170	V3.5	2332433,675	379810,443	22,148
V3.6	2332472,560	379802,736	34,941	V3.6	2332472,555	379802,717	34,925
V3.7	2332502,694	379796,240	40,188	V3.7	2332502,691	379796,218	40,177

*b. Các kết quả đo dịch động bằng trạm CORS**Bảng 3.10. Bảng tổng hợp kết quả quan trắc tuyến V1 bằng trạm CORS*

Kỳ đo ngày 20/7/2021				Kỳ đo ngày 29/11/2021			
Tên mốc	X(m)	Y(m)	H(m)	Tên mốc	X(m)	Y(m)	H(m)
V1.1	2332154,738	380072,443	30,393	V1.1	2332154,725	380072,448	30,403
V1.2	2332272,694	380048,398	51,309	V1.2	2332272,561	380048,446	51,254
V1.3	2332334,297	380038,402	41,214	V1.3	2332334,211	380038,405	41,094
V1.4	2332386,803	380026,528	42,049	V1.4	2332386,694	380026,537	41,968
V1.5	2332440,626	380008,865	40,770	V1.5	2332440,552	380008,862	40,695
V1.6	2332488,936	380002,027	28,266	V1.6	2332488,928	380002,039	28,209
V1.7	2332513,738	379996,518	28,109	V1.7	2332513,695	379996,511	27,996
V1.8	2332562,527	379987,768	48,852	V1.8	2332562,483	379987,795	48,757

Bảng 3.11. Bảng tổng hợp kết quả quan trắc tuyến V2 bằng trạm CORS

Kỳ đo ngày 20/7/2021				Kỳ đo ngày 29/11/2021			
Tên mốc	X(m)	Y(m)	H(m)	Tên mốc	X(m)	Y(m)	H(m)
V2.1	2332151,774	379971,456	23,581	V2.1	2332151,781	379971,466	23,601
V2.2	2332177,869	379967,102	27,800	V2.2	2332177,872	379967,113	27,778
V2.3	2332247,187	379950,976	45,513	V2.3	2332246,569	379951,192	45,192
V2.4	2332335,220	379931,400	34,104	V2.4	2332334,936	379931,504	33,860
V2.5	2332376,479	379926,124	26,498	V2.5	2332376,241	379926,135	26,342
V2.6	2332449,397	379904,547	23,668	V2.6	2332449,250	379904,578	23,615
V2.7	2332491,920	379900,491	24,857	V2.7	2332491,920	379900,559	24,814
V2.8	2332522,094	379894,751	24,778	V2.8	2332522,076	379894,772	24,734

Bảng 3.12. Bảng tổng hợp kết quả quan trắc tuyến V3 bằng trạm CORS

Kỳ đo ngày 20/7/2021				Kỳ đo ngày 29/11/2021			
Tên mốc	X(m)	Y(m)	H(m)	Tên mốc	X(m)	Y(m)	H(m)
V3.1	2332168,289	379865,897	21,689	V3.1	2332168,314	379865,898	21,687
V3.2	2332268,909	379844,001	39,245	V3.2	2332268,712	379844,095	39,094
V3.3	2332330,853	379830,775	19,396	V3.3	2332330,749	379830,817	19,343
V3.4	2332385,141	379819,430	22,680	V3.4	2332385,076	379819,447	22,651
V3.5	2332433,695	379810,356	22,263	V3.5	2332433,655	379810,393	22,232
V3.6	2332472,533	379802,689	35,039	V3.6	2332472,554	379802,678	35,013
V3.7	2332502,668	379796,202	40,271	V3.7	2332502,666	379796,177	40,294

Bảng 3. 13 Bảng so sánh độ lệch kết quả đo bằng máy TĐĐT với trạm CORS

Tên điểm	Độ lệch về mặt bằng (cm)	Độ lệch về độ cao (cm)	Tên điểm	Độ lệch về mặt bằng (cm)	Độ lệch về độ cao (cm)	Tên điểm	Độ lệch về mặt bằng (cm)	Độ lệch về độ cao (cm)
V1.1	4,0	-10,4	V2.1	2,5	-10,5	V3.1	4,3	-11,8
V1.2	4,4	-10,8	V2.2	3,1	-9,1	V3.2	5,0	-11,0
V1.3	3,9	-7,6	V2.3	3,3	-8,8	V3.3	4,3	-8,5
V1.4	4,7	-7,6	V2.4	3,6	-11,1	V3.4	4,4	-8,6
V1.5	3,7	-8,8	V2.5	2,8	-7,9	V3.5	5,4	-8,4
V1.6	3,8	-7,5	V2.6	3,0	-11,2	V3.6	3,9	-8,8
V1.7	4,3	-8,6	V2.7	4,9	-8,3	V3.7	4,8	-11,7
V1.8	5,0	-9,3	V2.8	2,4	-8,5			

Kết quả so sánh độ lệch toàn phần giữa hai phương pháp đo là TĐĐT và CORS cho thấy rằng, giá trị độ lệch về mặt bằng trung bình là 4,0cm, giá trị lớn nhất tại điểm V3.5 là 5,4cm. Giá trị độ lệch về độ cao trung bình 9,3cm, giá trị lớn nhất tại điểm V3.1 là 11,8cm. Nguyên nhân có sự khác nhau do sai số đo khi thực hiện đo quan trắc theo hai phương pháp trên và độ chính xác đạt được khi sử dụng dịch vụ đo bằng hệ thống trạm CORS theo phương thức cải chính VRS.

3.3.2 Các kết quả xử lý số liệu đo dịch động

Bảng 3.14. Bảng tổng hợp kết quả xử lý số liệu đo dịch động tuyến V1

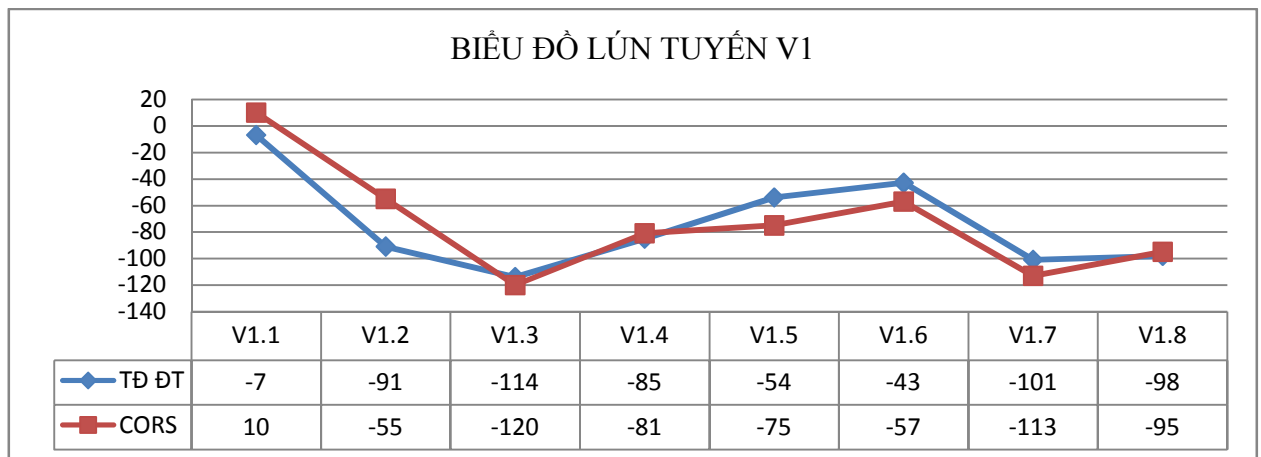
Tên mốc	Đo quan trắc bằng máy toàn đạc điện tử				Đo quan trắc bằng trạm CORS			
	Sụt lún (mm)	Chuyển dịch ngang (mm)	Độ dài véc tơ	Tốc độ chuyển dịch mm/n.đêm	Sụt lún (mm)	Chuyển dịch ngang (mm)	Độ dài véc tơ	Tốc độ chuyển dịch mm/n.đêm
V1.1	-7	6	9	0,083	10	14	17	0,151
V1.2	-91	155	180	1,606	-55	141	152	1,355
V1.3	-114	96	149	1,328	-120	86	148	1,318
V1.4	-85	90	124	1,103	-81	109	136	1,215
V1.5	-54	72	90	0,804	-75	74	106	0,943
V1.6	-43	28	51	0,459	-57	14	59	0,525
V1.7	-101	31	106	0,943	-113	44	121	1,081
V1.8	-98	62	116	1,037	-95	52	108	0,965

Bảng 3.15. Bảng tổng hợp kết quả xử lý số liệu đo dịch động tuyến V2

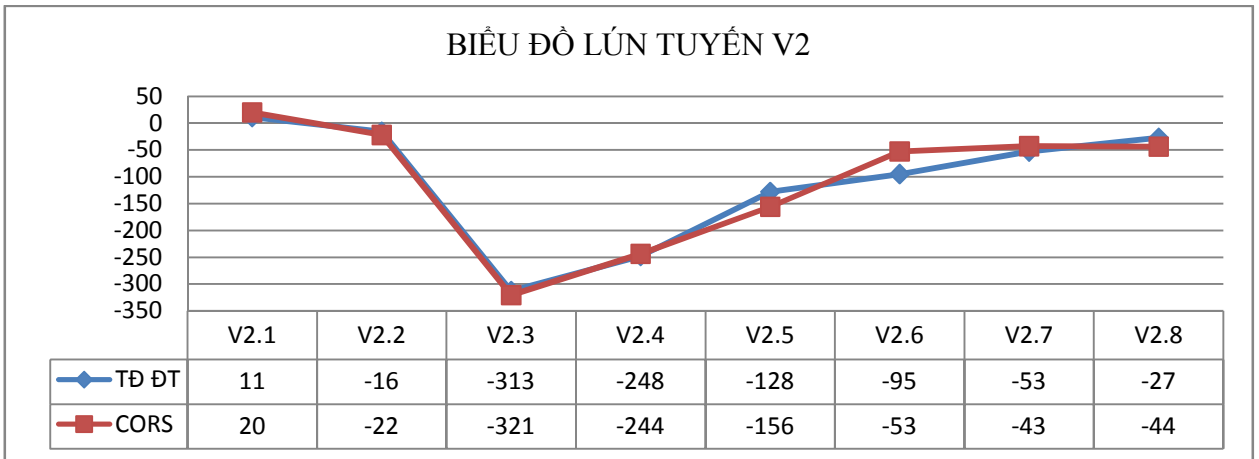
Tên mốc	Đo quan trắc bằng máy toàn đạc điện tử				Đo quan trắc bằng trạm CORS			
	Sụt lún (mm)	Chuyển dịch ngang (mm)	Độ dài véc tơ	Tốc độ chuyển dịch mm/n.đêm	Sụt lún (mm)	Chuyển dịch ngang (mm)	Độ dài véc tơ	Tốc độ chuyển dịch mm/n.đêm
V2.1	11	3	11	0,102	20	12	23	0,209
V2.2	-16	20	26	0,230	-22	11	25	0,221
V2.3	-313	663	733	6,546	-321	655	729	6,510
V2.4	-248	300	389	3,476	-244	302	389	3,470
V2.5	-128	237	269	2,401	-156	238	285	2,543
V2.6	-95	143	172	1,535	-53	150	159	1,422
V2.7	-53	87	102	0,907	-43	68	80	0,718
V2.8	-27	29	40	0,355	-44	28	52	0,464

Bảng 3.16. Bảng tổng hợp kết quả xử lý số liệu đo dịch động tuyến V3

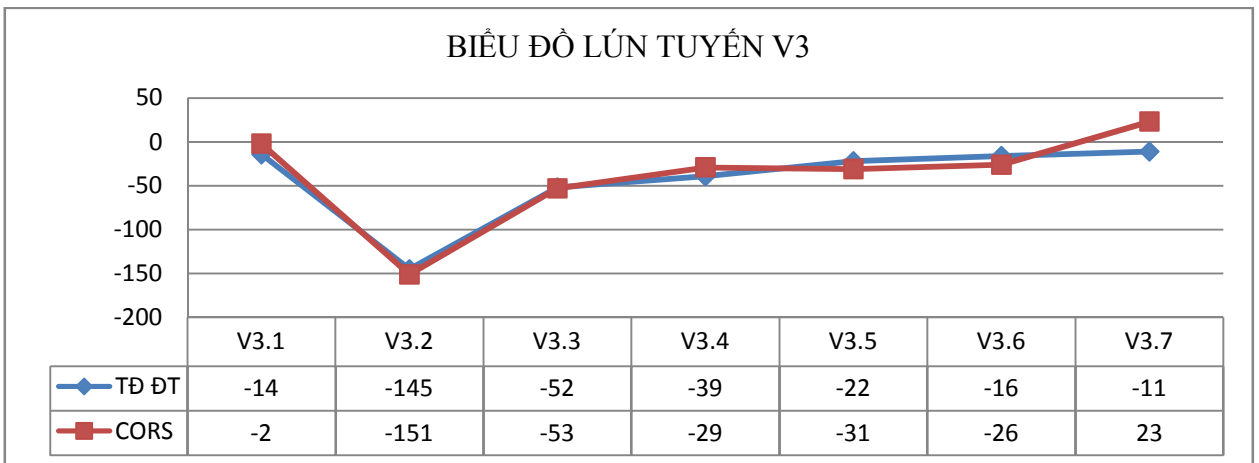
Tên mốc	Đo quan trắc bằng máy toàn đạc điện tử				Đo quan trắc bằng trạm CORS			
	Sụt lún (mm)	Chuyển dịch ngang (mm)	Độ dài véc tơ	Tốc độ chuyển dịch mm/n.đêm	Sụt lún (mm)	Chuyển dịch ngang (mm)	Độ dài véc tơ	Tốc độ chuyển dịch mm/n.đêm
V3.1	-14	20	24	0,219	-2	25	25	0,224
V3.2	-145	244	283	2,530	-151	218	265	2,370
V3.3	-52	126	137	1,219	-53	112	124	1,108
V3.4	-39	54	67	0,596	-29	67	73	0,653
V3.5	-22	48	53	0,475	-31	54	63	0,560
V3.6	-16	20	25	0,227	-26	23	35	0,312
V3.7	-11	22	25	0,221	23	25	34	0,304



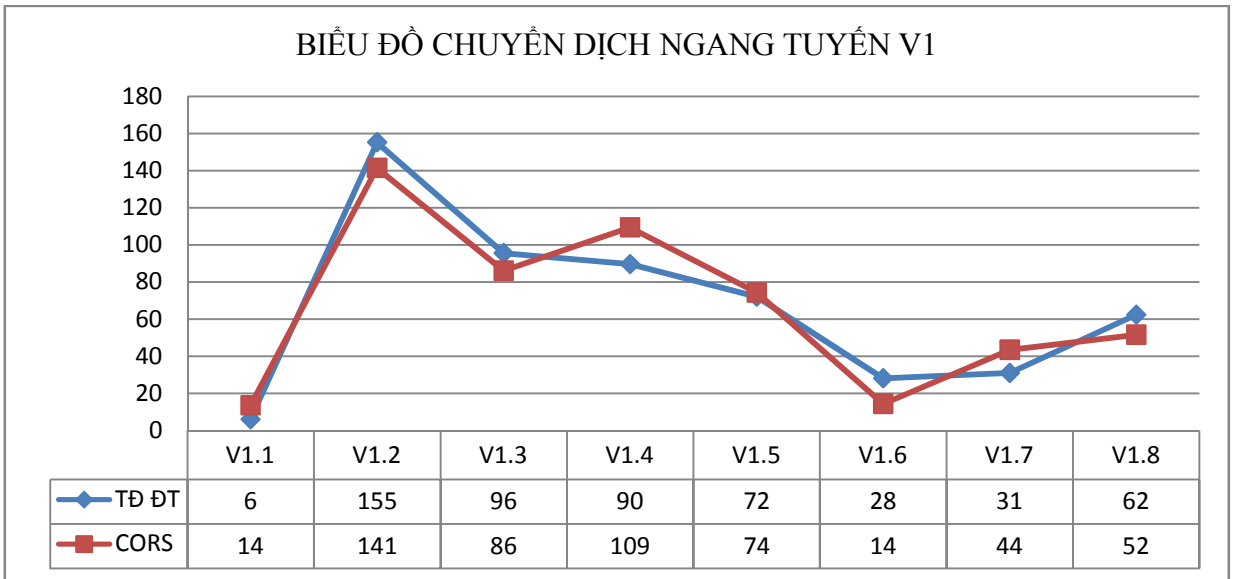
Hình 3.6. Biểu đồ so sánh lún tuyến V1



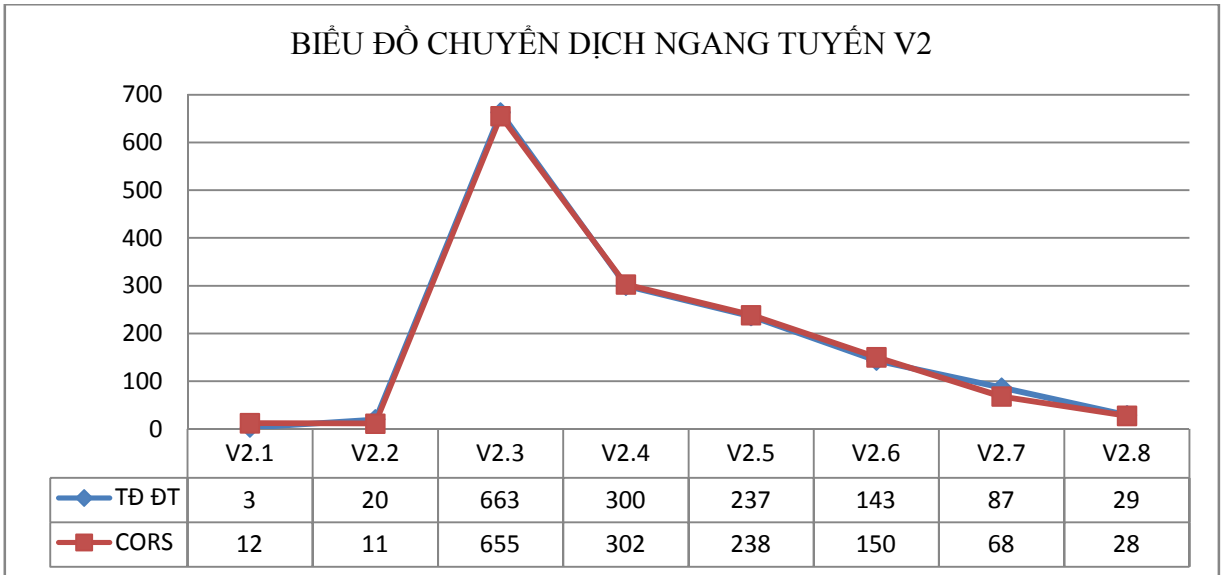
Hình 3.7. Biểu đồ so sánh lún tuyến V2



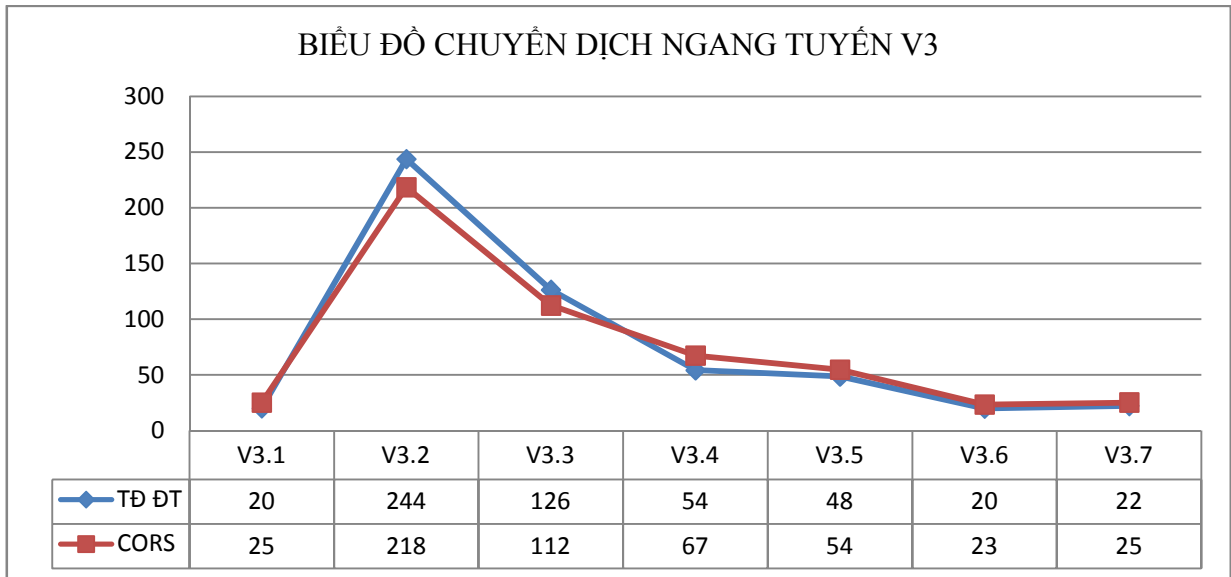
Hình 3.8. Biểu đồ so sánh lún tuyến V3



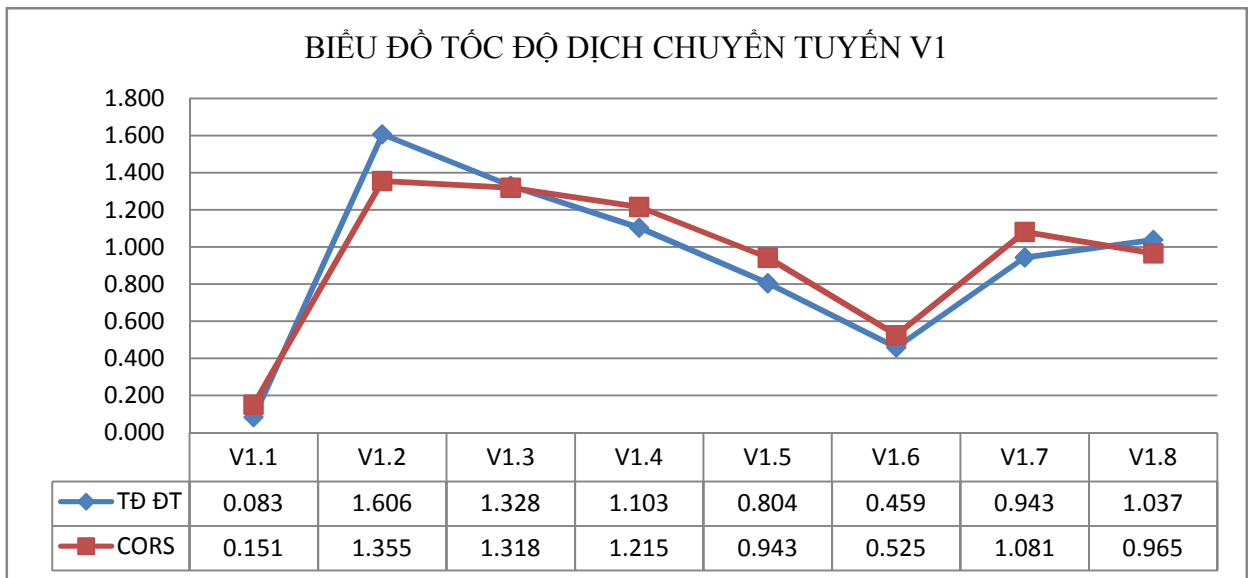
Hình 3.9. Biểu đồ so sánh chuyển dịch ngang tuyến V1



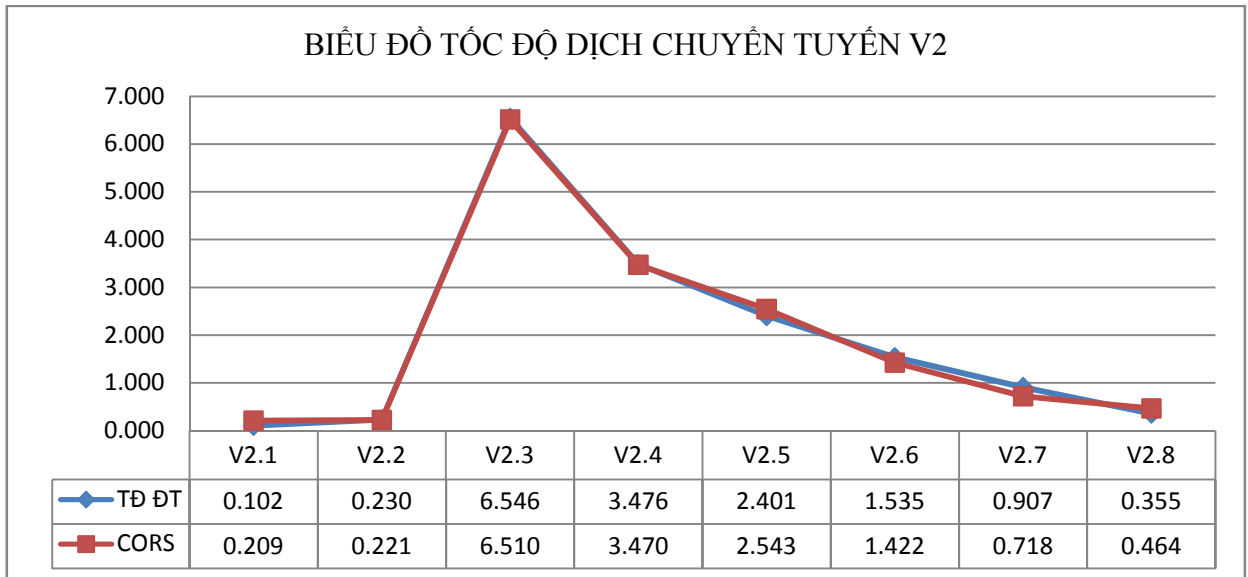
Hình 3.10. Biểu đồ so sánh chuyển dịch ngang tuyến V2



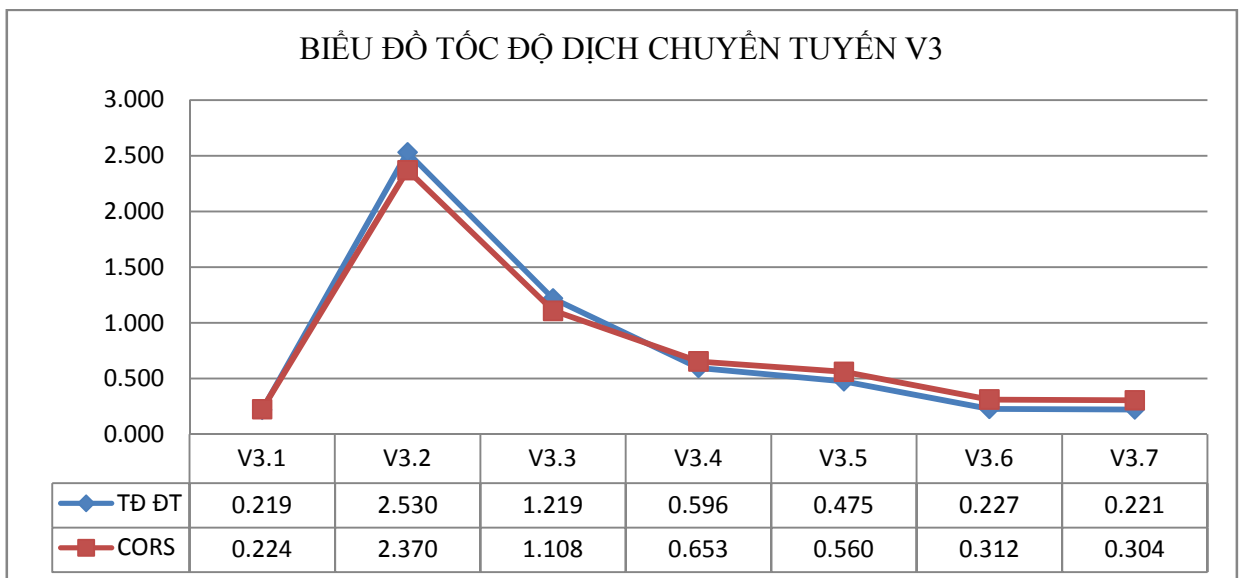
Hình 3.11. Biểu đồ so sánh chuyển dịch ngang tuyến V3



Hình 3.12. Biểu đồ so sánh tốc độ dịch chuyển tuyến V1



Hình 3.13. Biểu đồ so sánh tốc độ dịch chuyển tuyến V2



Hình 3.14. Biểu đồ so sánh tốc độ dịch chuyển tuyến V3

3.3.3 Phân tích và đánh giá độ chính xác kết quả thực nghiệm

Từ kết quả tính toán dịch chuyển bề mặt mỏ qua hai lần đo quan trắc bằng hai phương pháp độc lập đều ghi nhận hiện tượng dịch chuyển bề mặt mỏ khi khai thác vỉa 7 và vỉa 8 TBIII như sau:

Kết quả đo sụt lún:

Tuyến V1 điểm có độ lún lớn nhất là điểm V1.3 trong đó giá trị sụt lún quan trắc bằng máy toàn đạc điện tử là -114mm, bằng đo CORS là -120mm.

Tuyến V2 điểm có độ lún lớn nhất là điểm V2.3 trong đó giá trị sụt lún quan trắc bằng máy toàn đạc điện tử là -313mm, bằng đo CORS là -321mm.

Tuyến V3 điểm có độ lún lớn nhất là điểm V3.2 trong đó giá trị sụt lún quan trắc bằng máy toàn đạc điện tử là -145mm, bằng đo CORS là -151mm.

Dịch chuyển ngang:

Tuyến V1 điểm có dịch chuyển ngang lớn nhất là điểm V1.3 trong đó giá trị dịch chuyển ngang quan trắc bằng máy toàn đạc điện tử là 155mm, bằng đo CORS là 141mm.

Tuyến V2 điểm có dịch chuyển ngang lớn nhất là điểm V2.3 trong đó giá trị dịch chuyển ngang quan trắc bằng máy toàn đạc điện tử là 663mm, bằng đo CORS là 655mm.

Tuyến V3 điểm có dịch chuyển ngang lớn nhất là điểm V3.2 trong đó giá trị dịch chuyển ngang quan trắc bằng máy toàn đạc điện tử là 244mm, bằng đo CORS là 218mm.

Tốc độ dịch chuyển:

Tuyến V1 điểm có dịch chuyển ngang lớn nhất là điểm V1.2 trong đó tốc độ dịch chuyển quan trắc bằng máy toàn đạc điện tử là 1,606mm/ngđ, bằng đo CORS là 1,355mm/ ngđ.

Tuyến V2 điểm có dịch chuyển ngang lớn nhất là điểm V2.3 trong đó tốc độ dịch chuyển quan trắc bằng máy toàn đạc điện tử là 6,546mm/ngđ, bằng đo CORS là 6,510mm/ ngđ.

Tuyến V3 điểm có dịch chuyển ngang lớn nhất là điểm V3.2 trong đó tốc độ dịch chuyển quan trắc bằng máy toàn đạc điện tử là 2,530mm/ngđ, bằng đo CORS là 2,370mm/ ngđ.

Kết quả giữa 2 phương pháp đo quan trắc dịch động đều phản ánh được những giá trị dịch chuyển thực tế tại khu vực bề mặt mỏ khi khai thác via 7 và via 8 TBIII.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận

Qua quá trình thực hiện báo cáo, đã rút ra được một số kết luận:

1. Từ việc tính toán phân tích đánh giá các kết quả đo dịch động khi sử dụng máy toàn đạc điện tử và phương pháp đo sử dụng trạm CORS của đề tài đã cho thấy ngoài việc sử dụng máy toàn đạc điện tử thì phương pháp đo sử dụng trạm CORS đáp ứng được yêu cầu về công tác quan trắc dịch động bề mặt mỏ.

2. Với đặc thù bề mặt địa hình của các mỏ khai thác hầm lò đã bị dịch chuyển do đã khai thác trước đây rất khó khăn cho việc chọn các điểm đầu tuyến nằm trong khu vực ổn định, mặt khác bề địa hình đa số là đồi núi phức tạp, khả năng thông hướng kém việc kết hợp giữa máy toàn đạc điện tử và công nghệ GNSS/CORS sẽ tận dụng những ưu việt của mỗi phương pháp đo trong công tác quan trắc dịch động bề mặt mỏ do giảm đáng kể về chi phí, thời gian và nhân lực thực hiện.

3. Khi kết hợp hai phương pháp quan trắc dịch động bằng máy toàn đạc điện tử và bằng trạm CORS trong một mạng lưới quan trắc thì trong quá trình thiết kế, đo quan trắc không thực hiện hai phương pháp đo trên một tuyến quan trắc trong các chu kỳ đo.

4. Với việc kết hợp hai phương pháp quan trắc dịch động bằng máy toàn đạc điện tử và bằng trạm CORS sẽ rút ngắn thời gian và giảm đáng kể nhân lực khi thực hiện việc quan trắc dịch động các công trình như trạm quạt, băng tải, cửa lò thông gió... nằm giữa khu vực dịch chuyển trên bề mặt địa hình khu vực khai thác hầm lò.

Kiến nghị

Hiện nay, việc ứng công nghệ GNSS/CORS trong quan trắc chuyển dịch bề mặt mỏ nói riêng và trong lĩnh vực Trắc địa-Bản đồ nói chung đang còn khá mới mẻ với đất nước ta, nên cách tiếp cận đang hạn chế, vì vậy xin có một số kiến nghị sau:

1. Do điều kiện và thời gian có hạn việc thực nghiệm công nghệ GNSS/CORS trong quan trắc chuyển dịch bề mặt mỏ khi khai thác via 7TBIII và via 8 TBIII mới thực hiện trong một thời gian nhất định, cần tiến hành thực nghiệm thêm tại khu vực

này và ở các khu vực khác với thời gian dài hơn để hoàn thiện về quy trình công nghệ và đánh giá đầy đủ hơn.

2. Cần xây dựng hệ thống quy trình quy phạm của việc ứng dụng công nghệ GNSS/CORS trong công tác trắc địa bản đồ nói chung và trong công tác quan trắc dịch chuyển bề mặt mở nói riêng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Đình Bé, Vương Trọng Kha (2004), *Dịch chuyển và biến dạng đất đá trong khai thác mỏ*, Nxb Giao thông Vận tải, Hà Nội.
2. Bộ Công nghiệp (1997), *Quy phạm Trắc địa mỏ*, 18TCN-01-97, Hà Nội.
3. Bộ Khoa học và Công nghệ (2015), *Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 10673:2015 Trắc địa mỏ*, Ban hành theo Quyết định số 68/2015/TT-BTNMT, Hà Nội.
4. Bộ Tài nguyên và Môi trường (2015), *Quy định kỹ thuật đo đạc trực tiếp địa hình phục vụ đo đạc bản đồ địa hình và cơ sở dữ liệu nền địa lý tỷ lệ 1/500, 1/1000, 1/2000, 1/5000*, Ban hành theo Quyết định số 68/2015/TT-BTNMT, Hà Nội.
5. Bộ Xây dựng (2012), *Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 9401:2012 Kỹ thuật đo và xử lý số liệu GPS trong trắc địa công trình*, Hà Nội.
6. Đặng Nam Chinh (1998), *Nghiên cứu các phương pháp nâng cao độ chính xác xác định độ cao bằng công nghệ GNSS*, Báo cáo khoa học, Trường Đại Học Mỏ - Địa Chất, Hà Nội.
7. Võ Chí Mỹ, (2016), *Trắc địa mỏ*, Nxb Khoa học tự nhiên và xã hội, Hà Nội.
8. Nguyễn Viết Nghĩa, Vũ Thị Hằng (2013), *Ứng dụng công nghệ GNSS và toàn đạc điện tử nghiên cứu biến dạng bề mặt bãi thải phân lớp bãi thải Chính Bắc – mỏ than Núi Béo*, Tạp chí Công nghiệp mỏ, Số 2B.
9. Dương Văn Phong (2021), *Hệ thống trạm GNSS quan trắc liên tục CORS*, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật, Hà Nội
10. Tổng cục Địa chính (2001), *Hướng dẫn áp dụng hệ quy chiếu và hệ tọa độ Quốc gia VN-2000*, Thông tư 973/TT-TCĐC, Hà Nội.