

TẠP CHÍ

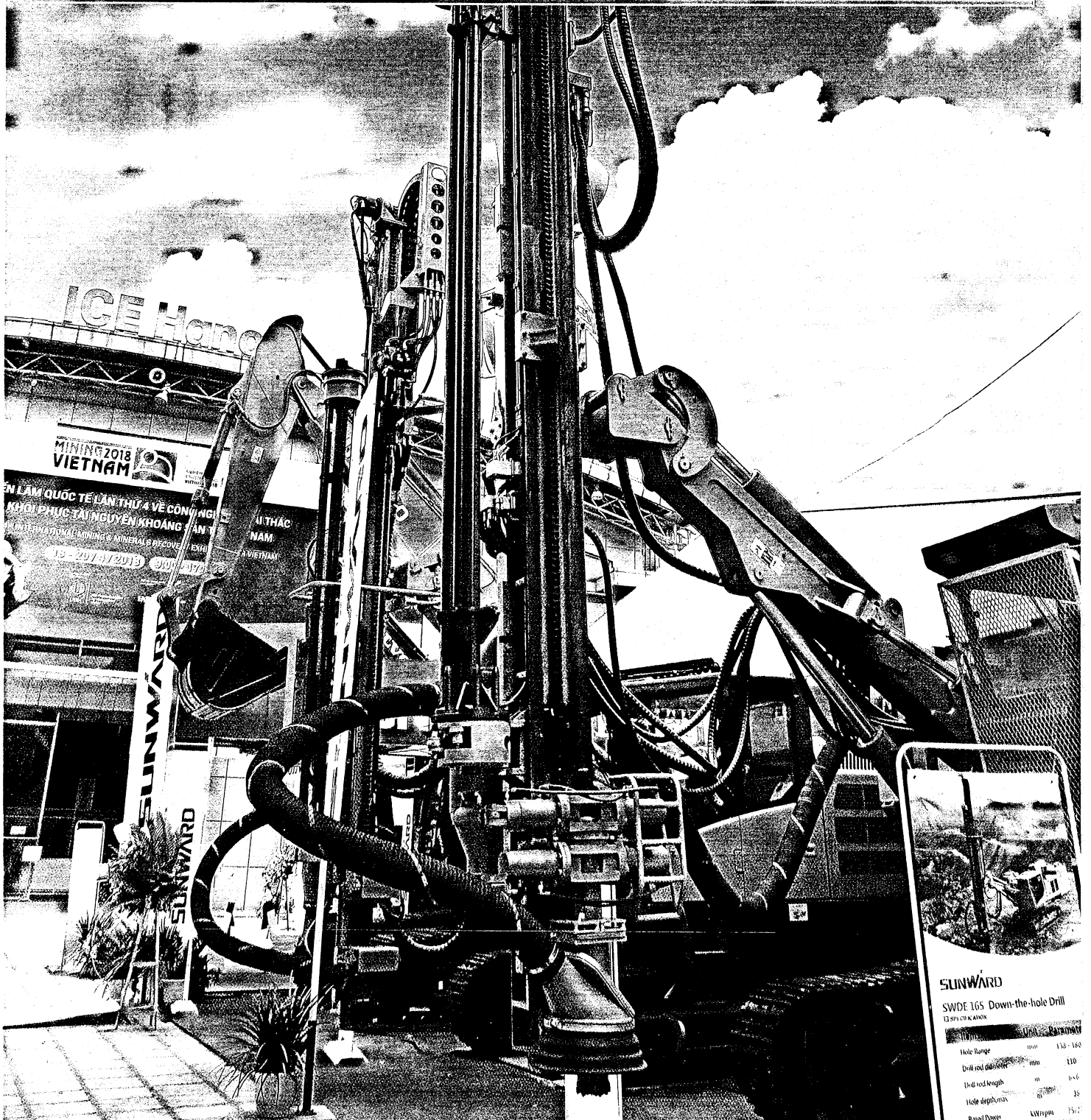
ISSN 0868 - 7052

CÔNG NGHIỆP MỎ

MINING INDUSTRY JOURNAL

NĂM THỨ XXXII SỐ 2 - 2018

CƠ QUAN CỦA HỘI KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ MỎ VIỆT NAM



SUNWARD

SWDE 165 Down-the-hole Drill

Parameter	Value
Hole Range	110 - 160
Drill rod diameter	110
Drill rod length	5-6
Hole depth	35
Rated Power	AW1000 75-2

TẠP CHÍ CÔNG NGHIỆP MỎ

CƠ QUAN CỦA HỘI KH&CN MỎ VIỆT NAM

NĂM THỨ XXXII
SỐ 2 - 2018

✦ Tổng biên tập:
GS.TS.NGND. VÕ TRỌNG HÙNG

✦ Phó Tổng biên tập
kiêm Thư ký Toà soạn:
ThS. NGUYỄN VĂN BIÊN

✦ Ủy viên Phụ trách Trĩ sự:
KS. TRẦN VĂN TRẠCH

✦ Ủy viên Ban biên tập:
TS. NGUYỄN BÌNH
PGS.TS. PHÙNG MẠNH ĐẮC
TSKH. ĐÌNH NGỌC ĐĂNG
TS. NGHIÊM GIA
PGS.TS.NGUT. HỒ SĨ GIAO
TS. TẠ NGỌC HẢI
CN. NGUYỄN THỊ HUYỀN
TS. NGUYỄN HỒNG MINH
GS.TS.NGUT. VÕ CHÍ MỸ
PGS.TS. NGUYỄN CẢNH NAM
KS. ĐÀO VĂN NGÂM
TS. ĐÀO ĐẮC TẠO
TS. PHAN NGỌC TRUNG
GS.TS.NGND. TRẦN MẠNH XUÂN

◆ TOÀ SOẠN:
Số 3 - Phan Đình Giót
Thanh Xuân-Hà Nội
Điện thoại: 36649158; 36649159
Fax: (844) 36649159
Email: info@vinamin.vn
Website: www.vinamin.vn

◆ Tạp chí xuất bản với sự cộng tác của: Trường Đại học Mỏ-Địa chất; Viện Khoa học và Công nghệ Mỏ-Luyện kim; Viện Khoa học Công nghệ Mỏ; Viện Dầu khí

◆ Giấy phép xuất bản số:
319/GP-BVHTT ngày 23/7/2002
của Bộ Văn hoá Thông tin
◆ In tại CTCP Khoa học và
Công nghệ Hoàng Quốc Việt
18 Hoàng Quốc Việt - Hà Nội
Điện thoại: 31562778

◆ Nộp in miễn phí
Tháng 4 năm 2018



MỤC LỤC

☐ KHOA HỌC VÀ CÔNG NGHỆ MỎ

- ✦ Nghiên cứu đề xuất phương pháp đánh giá mức độ chấn động nổ mìn thi công đường hầm mới đến trạng thái của đường hầm cũ lân cận Võ Trọng Hùng, 1
Đặng Văn Kiên
- ✦ Nghiên cứu áp dụng thuốc tuyển nổi mới tuyển quặng fenspat Lập Thạch Dương Mạnh Hùng 8
và nnk
- ✦ Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo máy cõ đặc cho nhà máy tuyển than Vàng Danh II Bùi Xuân Hạnh 12
và nnk
- ✦ Một hướng tiếp cận khi xác định chiều sâu khai thác các mỏ đá xây dựng nằm dưới mức thoát nước tự chảy Lê Thị Thu Hoa, 17
Nguyễn Tuấn Thành
- ✦ Nghiên cứu độ ổn định của khối đá xung quanh công trình ngầm tiết diện hình tròn Đào Việt Đoàn, 20
Đặng Trung Thành
- ✦ Một số vấn đề về vận tải hỗn hợp bùn than tại nhà máy tuyển than Vàng Danh 2 Nguyễn Duy Chính 26
- ✦ Một số giải pháp quản lý tiết kiệm điện năng trong các phân xưởng và xí nghiệp công nghiệp Phạm Thanh Liêm 29
- ✦ Nghiên cứu sự thay đổi của ứng suất và biến dạng xung quanh các đường lò khi chú ý đến sự thay đổi các tính chất đất đá Trần Tuấn Minh, 36
Đặng Trung Thành
- ✦ Dự báo và phân vùng nguy cơ xảy ra lũ quét khu vực Quỳnh Hợp, tỉnh Nghệ An Nguyễn Phương 44
và nnk
- ✦ Giải pháp ứng dụng công nghệ định vị vệ tinh để chuyển độ cao qua sông trong xây dựng cầu Nguyễn Quang Thắng 52
- ✦ Nghiên cứu thu hồi than sạch từ đất đá lẫn than của Công ty TNHH MTV Khe Sim-Tổng Công ty Đông Bắc Lê Việt Hà 57
và nnk
- ✦ Nghiên cứu ảnh hưởng của một số thông số kết cấu đến tuổi thọ của máy bơm ly tâm dùng cấp liệu ở các nhà máy tuyển than Quảng Ninh Vũ Nam Ngạn, 63
Vũ Ngọc Trà
- ✦ Nghiên cứu nguyên nhân, giải pháp giảm sự cố khi thi công các công trình ngầm tiết diện nhỏ bằng phương pháp kéo ống trực tiếp Nguyễn Văn Thịnh 67
và nnk
- ✦ Sự ảnh hưởng của đặc điểm hình thái-cấu trúc các vỉa quặng apatit mỏ Cốc, Cam Đường, Lào Cai đến thăm dò và khai thác Khương Thế Hùng 73
- ✦ So sánh hiệu quả giữa thuật toán hồi quy tuyến tính và phi tuyến tính khi dự báo sóng chấn động nổ mìn trên mỏ than Núi Béo, Quảng Ninh Nguyễn Hoàng 78
và nnk

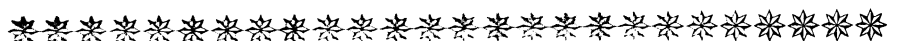
☐ KHOA HỌC KINH TẾ VÀ QUẢN LÝ NGÀNH MỎ

- ✦ Nhập khẩu than-Những vấn đề đặt ra cần giải quyết Đồng Thị Bích 85
- ✦ Giải pháp đảm bảo nhu cầu than cho luyện gang lò cao của ngành thép Việt Nam Nghiêm Gia 89
và nnk

☐ THÔNG TIN KHOA HỌC-KỸ THUẬT NGÀNH MỎ

- ✦ Phiếu đăng ký Hội nghị KH&KT Mỏ toàn quốc lần thứ 26 - 93
- ✦ Tin vắn ngành mỏ thế giới Đức Toàn 93
- ✦ Tình hình kinh doanh của các doanh nghiệp ngành khai khoáng Quý 1 năm 2018 Nguyễn Văn Biên 96
- ✦ Thông báo Số 1 Hội nghị KH&KT Mỏ toàn quốc lần thứ 26 - 97

Ảnh Bìa 1: Máy khoan SUNWARD SWDE 165 (Ảnh VTH)



NGHIÊN CỨU NGUYÊN NHÂN, GIẢI PHÁP GIẢM SỰ CỐ KHI THI CÔNG CÁC CÔNG TRÌNH NGẦM TIẾT DIỆN NHỎ BẰNG PHƯƠNG PHÁP KÉO ỐNG TRỰC TIẾP

NGUYỄN VĂN THỊNH, TRẦN TUẤN MINH,
 NGUYỄN DUYÊN PHONG, ĐẶNG TRUNG THÀNH
Trường Đại học Mỏ-Địa chất
 Email: dangtrungthanh@khoaxaydung.edu.vn

1. Đặt vấn đề

Công trình ngầm tiết diện nhỏ (CTNTDN) ngày càng được sử dụng rộng rãi trong lĩnh vực xây dựng công trình ngầm (CTN). Chúng được sử dụng làm hầm kỹ thuật (cáp điện, cáp kỹ thuật), đường ống cấp và thoát nước trong các thành phố,... Đường kính các CTNTDN thường hạn chế nằm trong khoảng 20÷300 cm. Hiện nay, việc thi công các CTNTDN trong điều kiện địa chất phức tạp ít được quan tâm, đặc biệt là tại các đô thị lớn. Công nghệ xây dựng CTNTDN có thể được chia ra làm các phương pháp [6]: phương pháp đào lộ thiên (Cut and Cover); phương pháp đào bằng máy (MTBM - Micro Tunnel Boring Machines); phương pháp kích đẩy ống (Pipe Jacking); phương pháp khoan ngang định hướng (HDD - Horizontal Directional Drilling); phương pháp đóng ống (Pipe Ramming); phương pháp khoan cơ học (Auger Boring); phương pháp kéo ống trực tiếp (DPM - Direct Pipe Method). Mỗi phương pháp thi công đều có các ưu, nhược điểm và điều kiện áp dụng khác nhau. Các kết quả thực tế và nghiên cứu chỉ ra hiệu quả của công nghệ thi công xây dựng CTNTDN phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: điều kiện địa chất công trình, địa chất thủy văn, công nghệ thi công, khả năng vận hành thiết bị của công nhân, kỹ sư.

Việc nghiên cứu hiệu quả khi sử dụng công nghệ thi công CTNTDN đã được quan tâm từ lâu, có thể kể đến các nghiên cứu [6]-[16]. Các tác giả [6], [10], [11] đã chỉ ra những yếu tố ảnh hưởng đến tiến độ, chất lượng của công tác thi công CTNTDN trong điều kiện đất đá chứa nước, có cuội sỏi. Ngày nay, tiến bộ kỹ thuật trong thi công CTN bằng máy đào hầm loại nhỏ (MĐHLN) đã và đang được các công ty sản xuất như Herrenknecht

(Đức), Lovat (Canada), Szhimuzin/Shimizu (Nhật Bản),... luôn được cải tiến để đáp ứng tốt hơn trong điều kiện thực tế.

Tại Việt Nam, việc nghiên cứu áp dụng công nghệ thi công CTNTDN cũng đã được quan tâm [1]-[5]. Tuy nhiên, các nghiên cứu đánh giá sự cố trong quá trình thi công CTNTDN còn ít được đề cập. Trong các tài liệu [2]-[4], các tác giả chủ yếu phân tích, đánh giá các rủi ro trong quá trình thi công xây dựng CTNTDN khi sử dụng công nghệ kích đẩy (Pipe Jacking). Trong khi đó, khi thi công CTNTDN có nhiều công nghệ thi công khác nhau. Do vậy, việc nghiên cứu đánh giá khả năng xảy ra sự cố và đề xuất giải pháp nhằm giảm thiểu rủi ro trong quá trình thi công với các công nghệ thi công khác nhau được xem là vấn đề cấp thiết. Trong bài báo, nhóm tác giả giới thiệu một số dạng sự cố thường xảy ra và đề xuất giải pháp giảm thiểu sự cố khi thi công CTNTDN bằng phương pháp kéo ống trực tiếp (Direct Pipe Method).

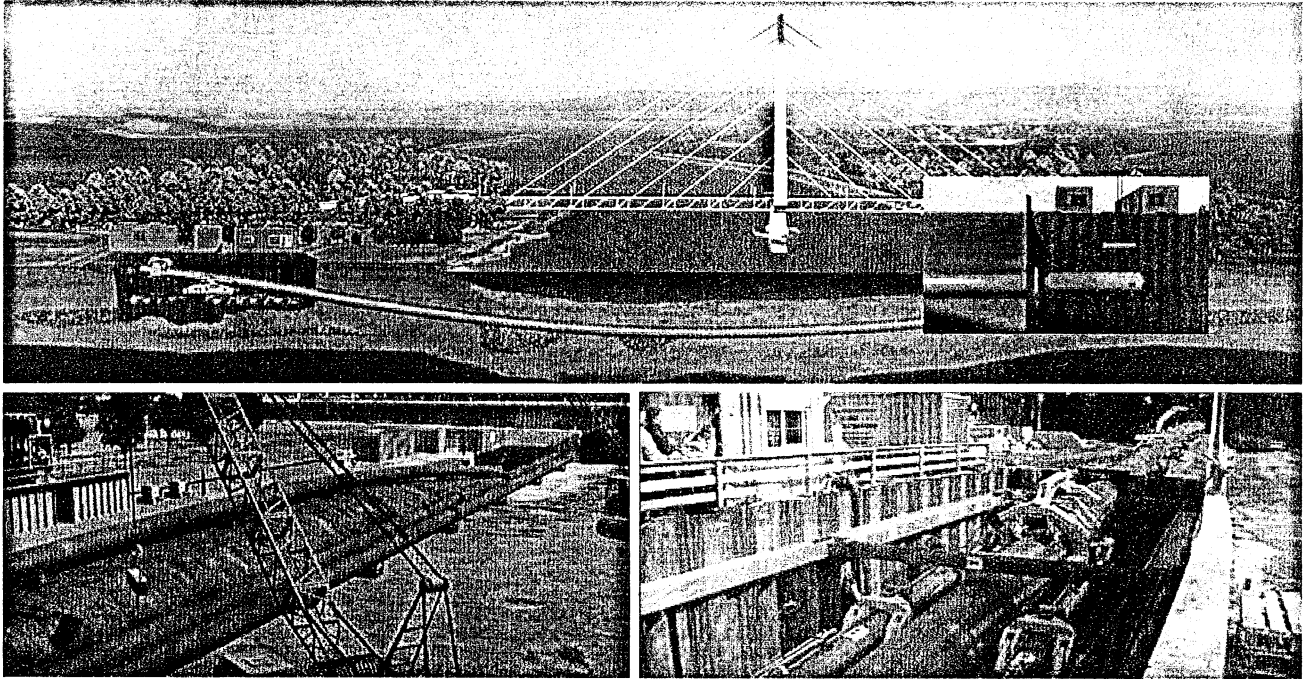
2. Phương pháp kéo ống trực tiếp trong xây dựng CTNTDN

Phương pháp kéo ống trực tiếp được sử dụng khi thi công các đường ống thép có đường kính không lớn hơn 1,2 m (như các đường ống kỹ thuật) [9], [10], [11]. Chiều dài mỗi ống có thể lên đến vài chục mét, trong trường hợp CTN có chiều dài lớn thì có thể hàn và nối các đoạn ống với nhau để tăng chiều dài thi công. Về bản chất phương pháp kéo ống trực tiếp tương tự như phương pháp kích đẩy (Pipe Jacking), điểm khác ở đây là hệ thống kéo ống được bao bên ngoài vỏ tấm thép còn phương pháp kích đẩy hệ thống kích đẩy được đặt ở phía sau ống kích. Mặt bằng thi công khi sử dụng DPM lớn hơn để tránh tiếp xúc giữa ống và đất đá do ma sát cũng

như tránh hư hại ống. Trong quá trình kéo ống nên sử dụng các giá đỡ kết hợp với con lăn. Công tác tách bóc đất đá ở gương hầm được thực hiện bằng các MĐHLN. Trong điều kiện đất đá yếu hệ thống đầu cắt sử dụng dạng răng cưa, trường hợp đất đá cứng sử dụng đầu cắt dạng đĩa cắt (H.4). Việc chống đỡ gương hầm sử dụng betonite hoặc nước

có áp, vận tải đất đá thải bằng ống thủy lực. Tổng quan về công tác thi công CTNTDN được mô tả trong hình H.1.

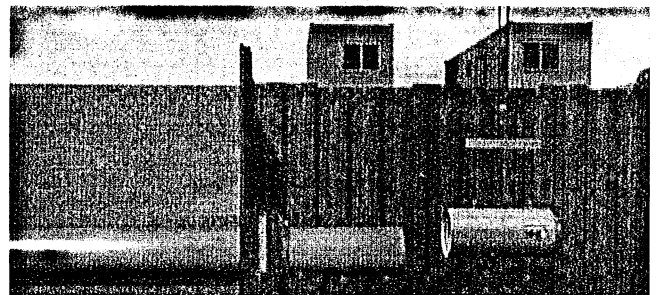
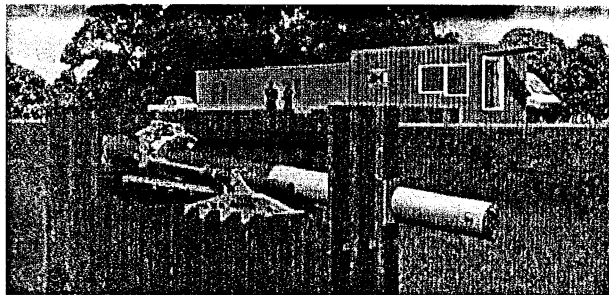
Để điều chỉnh hướng và thi công tránh tình trạng vụn, xoắn ống cũng như làm giảm ma sát trên thành ống người ta sử dụng bộ điều khiển kích như trong hình H.3.



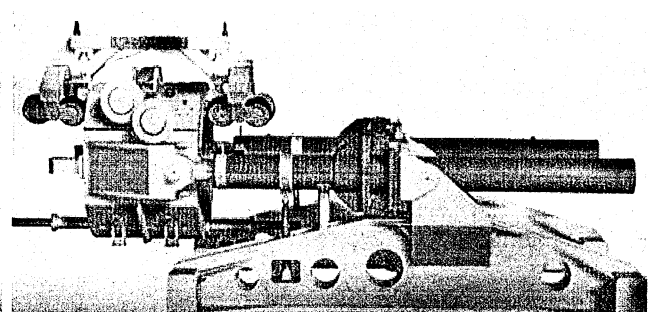
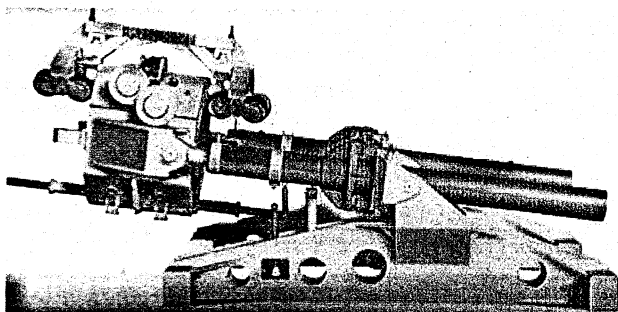
H.1. Tổng quan phương pháp xây dựng CTNTDN bằng công nghệ DPM [17]

a)

b)



H.2. Sơ đồ vị trí giếng thi công và giếng nhận [17]: a - Khu vực giếng bắt đầu đào; b - Khu vực tháo đầu đào



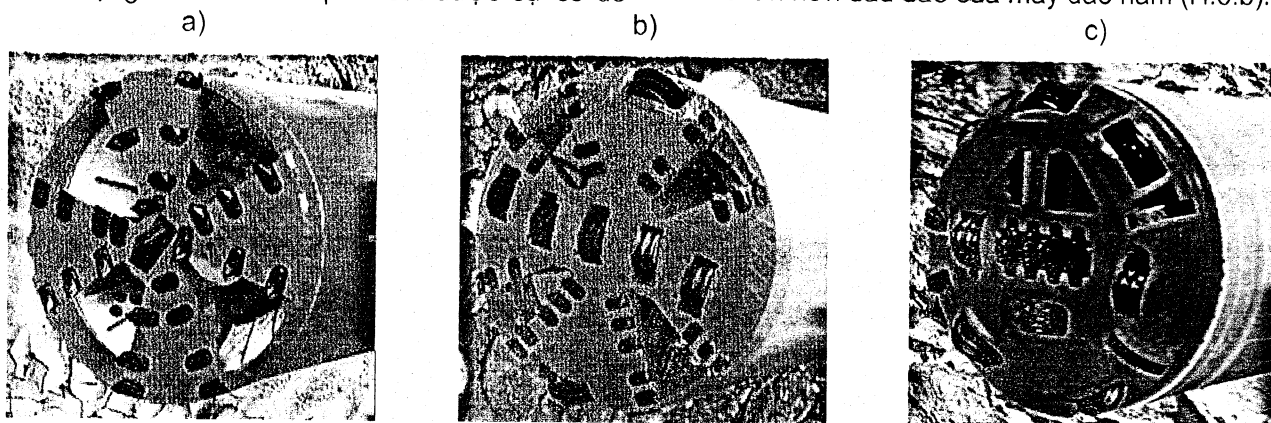
H.3. Hệ thống kéo ống, điều chỉnh hành trình và độ dốc của ống [17]

3. Các sự cố, nguyên nhân và cách khắc phục khi thi công các đường hầm tiết diện nhỏ bằng công nghệ DPM

3.1. Nguyên nhân và dạng sự cố

Có nhiều dạng sự cố xảy ra trong quá trình thi công xây dựng CTNTDN bằng phương pháp DPM. Khi sử dụng DPM có thể quan sát được sự cố do

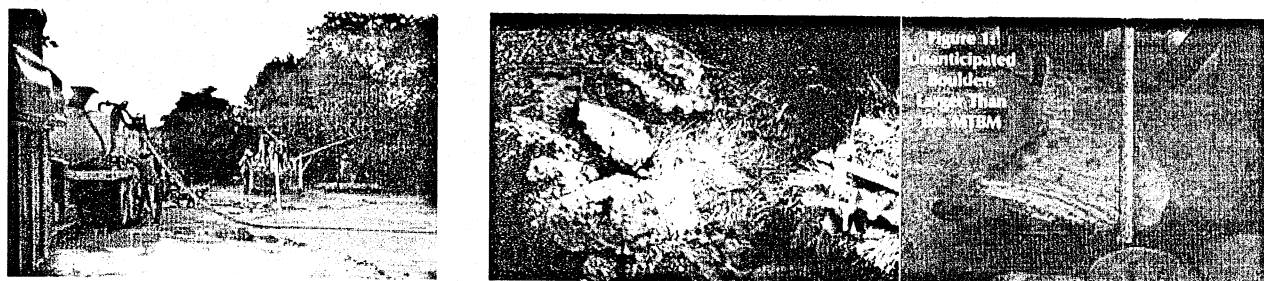
lún, sụt hoặc làm nứt và hỏng bề mặt đường khi thi công đường ống qua đường giao thông (H.5). Trong một số trường hợp, có thể bị tràn chất lỏng do sử dụng bentonite và nước (H.6.a). Một số trường hợp khác, hệ thống đầu cắt có thể bị vỡ hệ thống răng đĩa cắt do quá trình đào gặp đá, tầng đá có kích thước lớn hơn đầu đào của máy đào hầm (H.6.b).



H.4. Một số loại đầu cắt trong thi công CTNTDN [17]: a - Đầu cắt dùng trong đất đá mềm; b - Đầu cắt dùng trong đất đá pha trộn; c - Đầu cắt dùng trong đất đá cứng



H.5. Một số dạng sự cố khi thi công CTNTDN [11]: a - Lún, sụt đường; b - Nứt mặt đường



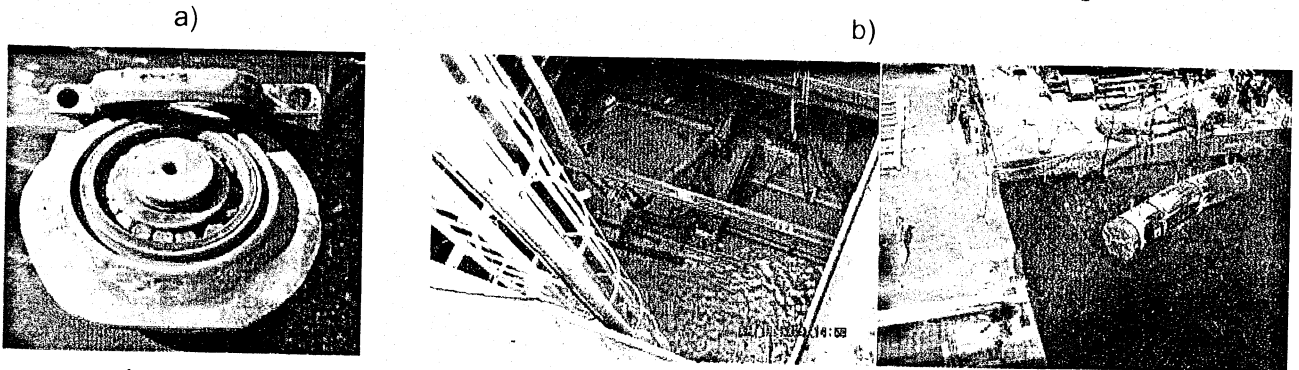
H.6. Sự cố khi thi công đường hầm tiết diện nhỏ [11]: a - Trào vữa bentonite; b - Gặp đá tầng cứng và quá khổ

Không những gặp sự cố hư hỏng răng cắt, đĩa cắt (H.7.a) mà trong quá trình thi công hầm tiết diện nhỏ có thể xuất hiện cả hiện tượng ngập úng tại giếng thi công hoặc giếng nhận (giếng thu hồi đầu đào) (H.7.b). Ngoài ra, sự cố

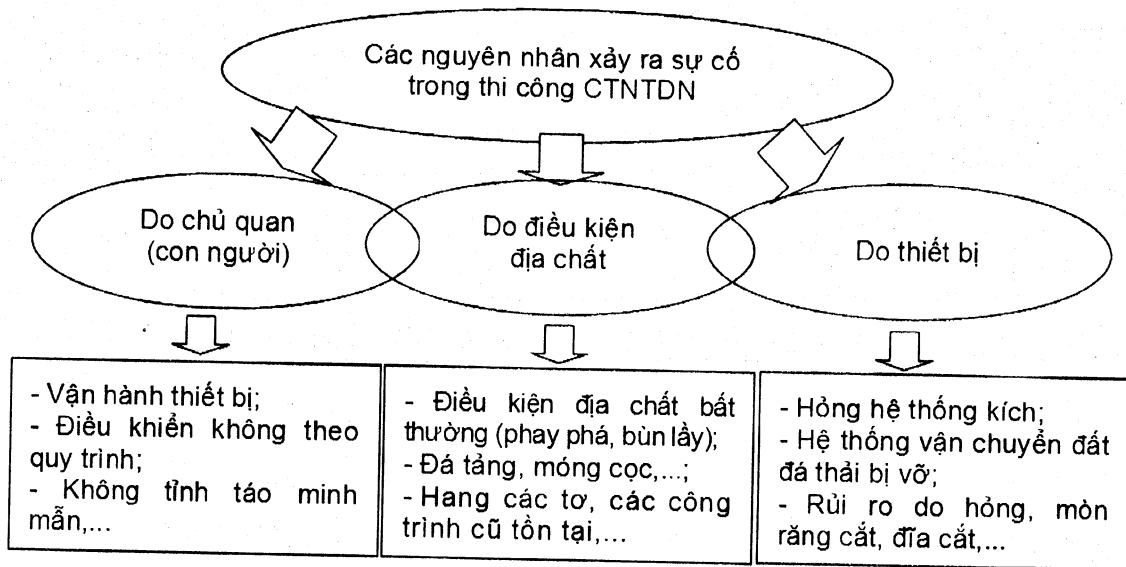
còn xảy ra do lệch hướng thi công hay vướng các cọc của các công trình trên bề mặt cần phải xử lý, và các nguyên nhân bất thường khác như gặp các điều kiện địa chất phức tạp. Qua thực tế thấy rằng, sự cố xảy ra do nhiều nguyên nhân

khác nhau tuy nhiên, có thể tổng kết các nguyên nhân gây sự cố như H.8. Có những nguyên nhân rõ ràng và dễ xác định, song cũng có những nguyên nhân mang tính chủ quan hoặc khách quan. Sự cố xảy ra có thể là do địa chất nhưng

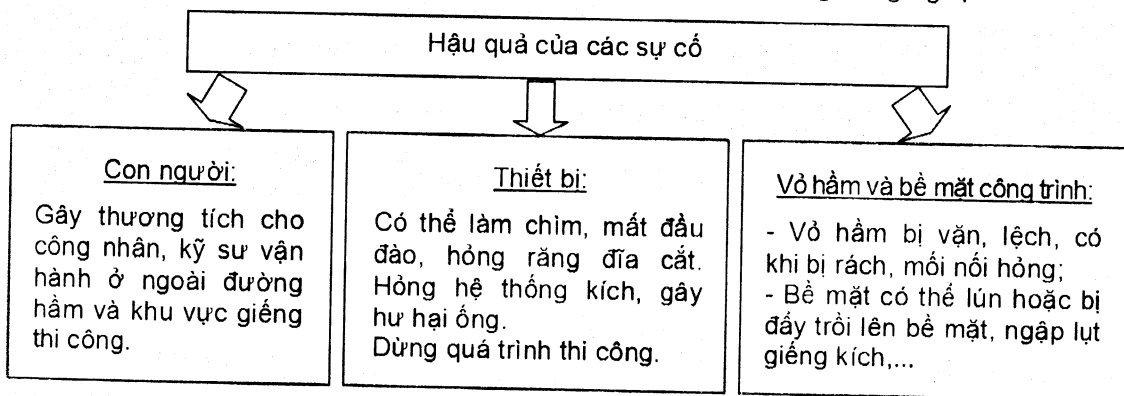
cũng có thể là do thiết bị. Điều này đòi hỏi người chỉ huy công trường phải có các kiến thức chuyên sâu, kinh nghiệm vận hành và thi công bằng công nghệ DPM. Hậu quả của các rủi ro này có thể được mô tả như trong H.9.



H.7. Sự cố đĩa cắt và ngập lụt tại giếng thi công: a - Hồng đĩa cắt [12]; b - Ngập lụt trong các giếng [13]



H.8. Nguyên nhân xảy ra sự cố khi thi công CTNTDN bằng công nghệ DPM



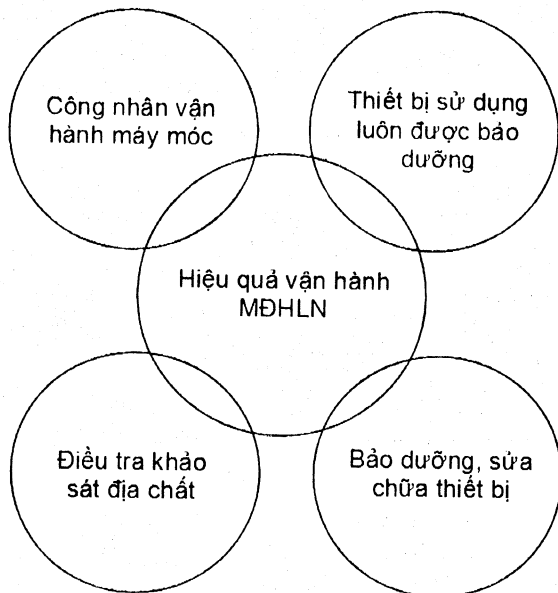
H.9. Hậu quả của các sự cố khi thi công CTNTDN bằng công nghệ DPM

3.2. Một số giải pháp hạn chế sự cố

Đánh giá được các nguyên nhân gây ra sự cố đối với CTNTDN khi thi công bằng công nghệ DPM

và đưa ra được các giải pháp khắc phục là điều cần thiết. Mỗi dạng sự cố đều được khắc phục, giải quyết bằng các phương pháp khác nhau. Tuy

nhiên, để đảm bảo hiệu quả hoạt động cũng như an toàn trong quá trình thi công thì chủ đầu tư phải quan tâm đến các yếu tố có thể gây ra sự cố, các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình thi công như mô tả trong hình H.10.



H.10. Hiệu quả của quá trình thi công CTNTDN bằng công nghệ DPM

Trong thực tế, việc xác định sự cố và đề xuất các giải pháp khắc phục là không đơn giản. Tuy nhiên, dựa trên cơ sở tổng hợp các sự cố ngoài thực tế cũng như các báo cáo khoa học nhóm tác giả đề xuất một số giải pháp như sau:

➢ Các thiết bị phục vụ thi công và phụ kiện đi kèm phải được bảo trì, bảo dưỡng trước khi thi công và luôn có các thiết bị dự phòng;

➢ Khi gặp điều kiện địa chất phức tạp (hang các tơ) phải xử lý hang các tơ từ trước bằng hình thức bơm ép vữa lấp đầy nếu kích thước hang nhỏ, hoặc thay đổi hướng đào để tránh tổn thất vữa bentonite cũng như tránh bị chìm đầu đào nếu điều kiện thực tế cho phép;

➢ Trường hợp CTN đào qua khu vực có cọc của các công trình cũ để lại nên xử lý bằng cách tháo, rút bỏ cọc. Nếu tháo và rút bỏ được cọc không thể thực hiện, nên sử dụng biện pháp cắt cọc, hoặc tiến hành lái tuyến để tránh vị trí của cọc;

➢ Trong quá trình thi công nếu xảy ra hiện tượng tràn, vỡ ống thủy lực dẫn bentonite hoặc dầu. Trong trường hợp này, phải dừng quá trình đào và tiến hành nối ống hoặc thay đường ống mới. Vữa bentonite được thu hồi và các van dẫn phải được đóng, khi sự cố được khắc phục tiến hành kiểm tra và quá trình thi công sẽ tiếp tục

khi điều kiện an toàn cho phép;

➢ Răng và đầu cắt bị mài mòn do thi công trong điều kiện đất đá có khả năng mài mòn cao nên tăng áp lực đẩy cùng với tăng tốc độ cắt tách của đầu đào kết hợp tăng áp lực bơm ép vữa bentonite hoặc chất lỏng để có thể đẩy hoặc cắt tách đất đá tại gương hầm. Nếu đất đá cứng, đường kính lớn hơn máy đào hầm, hệ thống răng cắt không thể cắt tách cần phải thay răng cắt thì đào giếng tạm (giếng trung gian) để tiến hành lấy đầu đào lên thay hoặc bảo dưỡng máy đào hầm;

➢ Sự cố chìm đầu đào và ngập giếng: trong trường hợp này, nên có giải pháp xử lý nền đất trước khi thi công để nền đất có đủ độ cứng nhất định trước khi tiến hành khai đào. Vai trò khảo sát tuyến và thăm dò địa chất có ý nghĩa quyết định đến vấn đề này. Khi mưa lớn, hoặc có hiện tượng ngập lụt phải tiến hành ngăn nước, vây và tạo hành lang tránh nước tràn vào giếng gây ngập lụt, hư hỏng các thiết bị cũng như phải dừng quá trình thi công;

➢ Sự cố do công nhân, kỹ sư trong quá trình vận hành: Quá trình thi công bằng phương pháp kéo ống trực tiếp có thể gây uốn và gãy ống do tốc độ của đầu đào và tốc độ kéo ống không bằng nhau. Trong mọi điều kiện, người điều khiển quá trình thi công phải vận hành đúng với quy trình của phương pháp thi công. Công nhân và kỹ sư vận hành máy móc không đúng quy trình có thể gây ra các sự cố đối với hệ thống điện, thủy lực và các hệ thống cơ khí khác của toàn bộ hệ thống. Do đó, công nhân vận hành cần phải được đào tạo và có các kiến thức, kỹ năng tốt.

4. Kết luận và kiến nghị

Sự cố trong thi công CTNTDN là vấn đề quan trọng, làm cho thời gian thi công kéo dài, tăng giá thành xây dựng. Do đó, việc đảm bảo quá trình vận hành, thi công an toàn cũng như tốc độ thi công xây dựng các CTN là điều rất thiết thực. Như đã đề cập trong bài báo có nhiều dạng sự cố khác nhau, do nhiều nguyên nhân gây ra, các nguyên nhân khách quan, chủ quan, có nguyên nhân có thể dự đoán và không thể dự đoán được. Việc nghiên cứu và xác định nguyên nhân gây sự cố có ý nghĩa quan trọng trong quá trình thi công xây dựng các CTNTDN. Những sự cố nhỏ có thể gây ách tắc, làm chậm quá trình thi công CTNTDN như gặp điều kiện địa chất phức tạp, trào vữa bentonite, ngập giếng, hỏng răng, đầu cắt, một số sự cố gây thiệt hại nặng như chìm đầu đào, hư hỏng ống làm chậm tiến độ

công trình gây thiệt hại về kinh tế. Để giảm thiểu các sự cố trong quá trình thi công CTN bằng phương pháp kéo ống trực tiếp phải có kiến thức sâu về các nguyên nhân gây rủi ro trong quá trình vận hành, đặc biệt là những yếu tố có tính giao thoa khó dự đoán giữa các yếu tố chủ quan và yếu tố khách quan. Ngoài ra, để đảm bảo hiệu quả sử dụng phương pháp này thì công tác điều tra khảo sát phải được quan tâm chặt chẽ, kiến thức và tay nghề của công nhân vận hành cũng cần được nâng cao. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đặng Trung Thành. Nghiên cứu, áp dụng ngôn ngữ mô hình hóa hệ thống SysML phân tích ảnh hưởng của các điều kiện địa chất khác nhau đến tốc độ thi công công trình ngầm bằng máy đào hầm loại nhỏ, Đề tài cấp cơ sở, Mã số T15-34, Trường Đại học Mỏ-Địa chất, Hà Nội, 2015.
3. Đặng Trung Thành. Nghiên cứu các nguyên nhân gây ra sự cố khi thi công công trình ngầm bằng máy đào hầm loại nhỏ, Tạp chí Công nghiệp Mỏ, 3, 59-62, 2016.
4. Đặng Trung Thành. Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của điều kiện đất đá đến tốc độ thi công công trình ngầm bằng máy đào hầm loại nhỏ, Tạp chí Công nghiệp Mỏ, 01, 14-17, 2015.
5. Trần Tuấn Minh và nnk. Nghiên cứu và lựa chọn công nghệ thi công các công trình ngầm tiết diện nhỏ trong điều kiện thành phố, Tuyển tập báo cáo Hội nghị khoa học Trường Đại học Mỏ-Địa chất lần thứ 21, Hà Nội tháng 11-2014, tr 160-167.
6. Microtunneling and pipe jacking, Sebastien Viroux FFK, internal BAM Market, Nieuwegein, June 10, 2008.
7. Jacking and boring best practices, Achieving quality products, NASST 2005.
8. Le Projet National de recherches, microtunnels, par Michel MERMET et Alain GUILLOUX, Rencontres techniques IREX Paris - 21 mars 2002.
9. Eric Chey, JACJOBS, LDERWOOD water and wastewater district, an introduction to trenchless methods and evaluation for the installation of new pipelines, 2009.
10. Mohammad Najafi, Ph.D., P.E. Trenchless Technology Piping Installation and Inspection, The University of Texas at Arlington, 2010.
11. J.J. Jebelli et al. Excavation failure during micro-tunneling in fine sands: A case study. Tunnelling and Underground Space Technology 25 (2010) 811-818.
12. Lester M. Bradshaw, Jr., President, Bradshaw

Construction Corporation, Eldersburg, Maryland Microtunneling in Mixed Face/Mixed Reach Hard Rock, 2014.

13. Christy Sanders-Meena, Anne Tonella-Howe, and Matthew Pease. Weighing the Risks of Installing a Lake Tap with Microtunneling. North American Society for Trenchless Technology (NASST). No-Dig Show 2011. Washington, D.C. March 27-31, 2011.

14. Панкратенко А.Н., Нгуен К.Х., Самаль А.С., Бегалинов А.Б., Амантолов Д.Б. Математическое моделирование влияния технологии строительства микротоннелей методом прокола на напряженное состояние вмещающего массива и конструкцию крепи существующего тоннеля//Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), 2015. № 11. С. 252-258.

15. Саммаль А.С., Панкратенко А.Н., Нгуен К. Прогноз изменения напряженного состояния обделки тоннеля при проведении вблизи него выработки методом микротоннелирования// Транспортное строительство, 2015. № 1. С. 14-17.

16. Панкратенко А.Н., Саммаль А.С., Нгуен К.Х. Математическое моделирование напряженного состояния конструкции крепи тоннеля и окружающего массива пород при проведении в его окрестности выработки способами микротоннелирования // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2014. № 9. С. 277-281.

17. www.herrenknecht.com

Ngày nhận bài: 14/09/2017

Ngày gửi phản biện: 29/11/2017

Ngày nhận phản biện: 28/03/2018

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/04/2018

Từ khóa: sự cố trong thi công; thi công an toàn; nguyên nhân gây ra sự cố; giảm thiểu các sự cố; phương pháp kéo ống trực tiếp

