

Võ Trọng Hùng, Phùng Mạnh Đắc

Cơ học đá ứng dụng trong xây dựng công trình ngầm và khai thác mỏ

Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật

Hà Nội. 2005

Cuốn sách “Cơ học đá ứng dụng trong xây dựng công trình ngầm và khai thác mỏ” trình bày một số vấn đề cơ bản liên quan tới vật liệu đá và khối đá, các quá trình cơ học xảy ra trong các khối đá, đánh giá chất lượng khối đá, dự báo độ ổn định cho các loại công trình ngầm, đánh giá độ ổn định và tính toán trụ bảo vệ, đánh giá và dự báo độ ổn định cho nền công trình ngầm, hiện tượng “nổ đá”, duy trì và nâng cao độ ổn định cho công trình ngầm... Đây là những vấn đề quan trọng trong khai thác tài nguyên khoáng sản, xây dựng công trình ngầm giao thông, thủy điện, thủy công, thành phố và các loại công trình ngầm có công dụng đặc biệt khác.

Cuốn sách có 460 trang, 96 bảng, 150 hình vẽ và 102 tài liệu tham khảo.

$\frac{6C1 - 6C1.2}{KHKT - 2005}$ 150 – 330, 18/7/2005

In 1000 cuốn, khổ 16x24 cm, tại Nhà in Hà Nội.

Giấy phép xuất bản số 150-330 do Cục xuất bản cấp ngày 18 tháng 7 năm 2005.

In xong và nộp lưu chiểu tháng 9 năm 2005.

© **Bản quyền thuộc về Võ Trọng Hùng, Phùng Mạnh Đắc và Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật**

Vo Trong Hung, Phung Manh Dac

Rock mechanics applying in the underground construction and mining

Publishing House for Science and Engineering

Hanoi. 2005

The Book “Rock mechanics applying in the underground construction and mining” introduces some main basics knowledge of the rock material, the rock mass, the mechanical processes which are occurring in a rock mass, estimating the rock quality, predicting the stables for a rock mass and an underground constructions and other theory problems in rock mechanics.

The Book has 460 pages, 96 tables, 150 pictures and 102 references.

$\frac{6C1 - 6C1.2}{KHKT - 2005}$ 150 – 330, 18/7/2005

© Copyright of Vo Trong Hung, Phung Manh Dac and Publishing House for Science and Engineering. 2005. All rights reserved.

Printed in Hanoi, Vietnam, 2005

MỞ ĐẦU

Phần lớn các lĩnh vực hoạt động sản xuất-công nghệ của con người đều liên quan chặt chẽ tới quá trình phá hoại trạng thái tự nhiên của khối đá. Các hoạt động khai thác khoáng sản, xây dựng công trình ngầm, xây dựng các công trình bề mặt... ở những mức độ khác nhau đều làm thay đổi trạng thái và các quá trình cơ học xảy ra trong khối đá.

Cơ học đá là một bộ môn khoa học vừa mang tính lý thuyết vừa mang tính ứng dụng cao thuộc lĩnh vực các khoa học về trái đất. Cơ học đá có nhiệm vụ nghiên cứu về đá, khối đá, những quá trình cơ học xảy ra trong khối đá khi có tác động của con người... Hiện nay, các nhà địa cơ học rất khó đưa ra những giải pháp hợp lý cho công tác thiết kế, xây dựng công trình ngầm và công nghệ khai thác khoáng sản mà không dựa trên những lời giải của các bài toán ứng dụng thuộc lĩnh vực cơ học đá.

Danh mục các bài toán, các vấn đề ứng dụng cơ học đá lớn đến mức độ làm cho các phương pháp giải quyết chúng trở nên quá phong phú, quá phức tạp và trên thực tế khó có thể trình bày đầy đủ chỉ trong một quyển sách. Cuốn sách “Cơ học đá ứng dụng trong xây dựng công trình ngầm và khai thác mỏ” là thử nghiệm đầu tiên của các tác giả nhằm hệ thống trình bày một số vấn đề quan trọng liên quan tới vật liệu đá và khối đá, các quá trình cơ học xảy ra trong các khối đá bao quanh công trình ngầm và khai thác khoáng sản, vấn đề đánh giá chất lượng khối đá và dự báo độ ổn định cho các loại công trình ngầm, vấn đề nghiên cứu đánh giá độ ổn định và tính toán trụ bảo vệ, vấn đề nghiên cứu đánh giá và dự báo độ ổn định cho nền các công trình ngầm, một số vấn đề liên quan tới các vụ “nổ đá” (một hiện tượng phá huỷ động học của khối đá mà ngành công nghiệp khai thác khoáng sản Việt Nam sẽ phải tiếp cận, chuẩn bị cho những độ sâu khai thác lớn hơn trong tương lai), vấn đề duy trì và nâng cao độ ổn định cho công trình ngầm v.v... Những vấn đề trên đây có ý nghĩa quan trọng không chỉ trong công tác khai thác tài nguyên khoáng sản mà còn trong các lĩnh vực xây dựng công trình ngầm giao thông, thủy điện, thủy công, thành phố và các loại công trình ngầm có công dụng đặc biệt khác.

Trên thực tế, công tác chống giữ và bảo toàn trạng thái an toàn cho công trình ngầm chiếm một tỷ trọng rất lớn trong tổng giá thành xây dựng và sử dụng công trình. Trong một số vùng có điều kiện địa cơ học rất phức tạp, chi phí bảo dưỡng, bảo vệ công trình ngầm có thể đạt tới 90% tổng giá thành xây dựng công trình. Điều này bắt buộc các nhà địa cơ học phải tìm kiếm, áp dụng những phương pháp dự báo đặc tính thay đổi trạng thái công trình ngầm dưới tác dụng của các yếu tố, điều kiện địa cơ học tại những khu vực xây dựng khác nhau và lựa chọn các giải pháp hiệu quả nâng cao độ ổn định cho công trình ngầm nhằm đảm bảo điều kiện làm việc bình thường cho chúng trong một khoảng thời gian nhất định.

Việc đánh giá, dự báo và đảm bảo độ ổn định cho công trình ngầm là một trong những vấn đề quan trọng nhất thuộc lĩnh vực cơ học đá, cơ học khối đá và cơ học công trình ngầm. Chính trạng thái công trình ngầm sẽ gây ra những ảnh hưởng mang tính quyết định tới hiệu quả, mức độ an toàn cho thiết bị, đội ngũ công nhân làm việc trong công trình. Vì vậy, các nhà địa cơ học đã phải tiến hành tìm kiếm, thử nghiệm và áp dụng những giải pháp hiệu quả để đảm bảo trạng thái làm việc an toàn cần thiết cho các công trình ngầm xây dựng dân dụng và khai thác tài nguyên khoáng sản tại những điều kiện địa cơ học phức tạp khác nhau.

Trong những năm gần đây, vấn đề ổn định công trình ngầm và nhiều vấn đề cơ học đá ứng dụng khác đã được nhiều nhà địa cơ học trên thế giới quan tâm. Nhiều kết quả

nghiên cứu lý thuyết, thực nghiệm và những giải pháp kỹ thuật-công nghệ về lĩnh vực này đã được công bố. Tuy nhiên, trên thực tế rất nhiều vấn đề nghiên cứu cơ bản, nghiên cứu cơ sở trong lĩnh vực cơ học đá vẫn chưa được giải quyết một cách thoả đáng. Đá và khối đá là những môi trường hết sức phức tạp từ góc độ cấu tạo cũng như trạng thái vận động. Ngoài ra, sự tồn tại của các dạng hang đào khác nhau đã nhân lên gấp bội mức độ phức tạp, đặc tính đột biến, đặc tính không quy luật của các quá trình cơ học xảy ra trong khối đá bao quanh công trình ngầm. Cho đến nay, nhiều vấn đề cơ bản nhất trong lĩnh vực cơ học đá và ứng dụng vẫn chưa được các nhà địa cơ học thống nhất.

Cuốn sách “Cơ học đá ứng dụng trong xây dựng công trình ngầm và khai thác mỏ” được biên soạn dựa trên nhiều tài liệu trong nước và trên thế giới. Ngoài ra, cuốn sách này cũng là kết quả tổng kết kinh nghiệm, kiến thức của các tác giả sau nhiều năm nghiên cứu, giảng dạy đại học, sau đại học cho các ngành xây dựng công trình ngầm và khai thác mỏ. Tuy nhiên, đây là lần biên soạn đầu tiên, vì vậy trong nội dung cuốn sách không thể tránh khỏi thiếu sót. Rất mong các bạn đọc và đồng nghiệp góp ý để các tác giả có thể sửa chữa, bổ sung và hoàn thiện cuốn sách trong những lần xuất bản tiếp theo.

MỤC LỤC

Mở đầu	3
Chương 1 - Vị trí của cơ học đá trong xây dựng công trình ngầm và khai thác mỏ	5
1.1. Cơ học đá và vấn đề điều khiển áp lực mỏ	5
1.2. Các hệ thống khai thác hầm lò thông dụng hiện nay	7
1.3. Công tác thiết kế kỹ thuật	9
1.4. Vai trò của các số liệu địa kỹ thuật trong thiết kế	13
1.5. Một số thành tựu trong lĩnh vực cơ học đá	15
Chương 2 - Đặc điểm và tính chất của đá	21
2.1. Tổng quan	21
2.2. Tính chất biến dạng của đá	24
2.3. Tính chất bền của đá	30
2.4. Tính chất lưu biến của đá	37
Chương 3 - Đặc điểm cấu trúc và trạng thái cơ học của khối đá	49
3.1. Tổng quan	49
3.2. Đặc tính liên khối của khối đá	50
3.3. Đặc tính nứt nẻ, phân lớp và phân phiến của khối đá	55
3.4. Đặc tính cơ học của khối đá phân lớp, nứt nẻ	62
3.5. Đặc tính không đồng nhất, dị hướng của khối đá	73
3.6. Trường ứng suất nguyên sinh của khối đá	86
Chương 4 - Các quá trình địa cơ học xảy ra trong khối đá khi xây dựng công trình ngầm và khai thác mỏ	95
4.1. Tổng quan	95
4.2. Các quá trình địa cơ học xảy ra trong khối đá khi xây dựng công trình ngầm	95
4.2.1. Quá trình biến dạng đàn hồi	95
4.2.2. Quá trình phá huỷ của khối đá	113
4.2.3. Quá trình biến dạng không đàn hồi	128
4.3. Các quá trình địa cơ học xảy ra trong khối đá bao quanh giếng đứng	139
4.4. Các quá trình địa cơ học xảy ra trong khối đá khi khai thác mỏ	147
4.4.1. Chuyển dịch của đất đá khi khai thác trong lò chợ	147
4.4.2. Biến dạng và phá huỷ của đất đá vách trực tiếp và vách cơ bản	150
4.4.3. Đặc tính chu kỳ xuất hiện của áp lực mỏ trong lò chợ	158
4.4.4. Đặc tính của áp lực mỏ khi khai thác khoáng sản bằng lò chợ dài	167
4.5. Đặc điểm biến dạng và phá huỷ của khối đá gần gương công trình ngầm nằm ngang có chiều dài lớn	189
Chương 5 - Chất lượng khối đá và độ ổn định của công trình ngầm	199
5.1. Tổng quan	199
5.2. Một số phương pháp so sánh giá trị ứng suất thứ sinh lớn nhất với độ bền của khối đá	

	207
5.2.1. Phương pháp Đrújko-Zaxlavxki-Trernhiak	208
5.2.2. Phương pháp Glusko-Xai-Vaganov	212
5.2.3. Phương pháp Koseliov-Trumbatriov	214
5.2.4. Phương pháp Sekhudin	215
5.2.5. Phương pháp Bulutriov	220
5.2.6. Phương pháp KUZNHISAKHTOXTROI	229
5.2.7. Phương pháp Timofeev	232
5.3. Một số phương pháp dự báo vùng biến dạng không đàn hồi trong khối đá tại biên công trình ngầm	235
5.3.1. Phương pháp Izakxon	235
5.3.2. Phương pháp Baklasov-Kartozia	238
5.4. Một số phương pháp dự báo giá trị biến dạng lớn nhất của khối đá tại biên công trình ngầm	239
5.4.1. Phương pháp lý thuyết dự báo mức độ dịch chuyển của khối đá	239
5.4.2. Phương pháp VNIMI	240
5.5. Một số phương pháp sử dụng chỉ tiêu ổn định tổng hợp cho khối đá bao quanh công trình ngầm	243
5.5.1. Phương pháp Bulutriov	244
5.5.2. Phương pháp Deere-Merritt	247
5.5.3. Phương pháp Wickham	249
5.5.4. Phương pháp Bieniawski	252
5.5.5. Phương pháp Barton-Lien-Lunde	260
5.5.6. Phương pháp Hoek-Brown	273
5.5.7. Phương pháp Litvinxki	276
5.6. Một số phương pháp dự báo mức độ ổn định cho khối đá bao quanh công trình ngầm thẳng đứng	281
5.6.1. Phương pháp XNHIP	281
5.6.2. Phương pháp Ximbarevitv-Kozel	284
5.6.3. Phương pháp Roesner-Poppen-Konopka	286
5.7. Nhận xét về các phương pháp dự báo mức độ ổn định cho khối đá bao quanh công trình ngầm	288
Chương 6 - Độ ổn định của trụ bảo vệ	295
6.1. Tổng quan	295
6.2. Độ bền và độ cứng của trụ bảo vệ	295
6.3. Độ cứng của máy nén và giá trị ứng suất phá huỷ của mẫu	297
6.4. Công tác nghiên cứu thực nghiệm cho trụ bảo vệ	302
6.5. Độ bền của trụ bảo vệ	310
6.5.1. Phương pháp Obert-Duvall-Young	311
6.5.2. Phương pháp Holland-Gaddy	312
6.5.3. Phương pháp Holland	313
6.5.4. Phương pháp Salamon-Munro	313
6.5.5. Phương pháp tính độ bền cho trụ bảo vệ từ các thử nghiệm thực tế	315

6.5.6. So sánh các công thức tính độ bền cho trụ bảo vệ	318
6.6. Phương pháp tính toán trụ bảo vệ	320
Chương 7 - Độ ổn định của nền công trình ngầm	323
7.1. Tổng quan	323
7.2. Sơ lược lịch sử phát triển của quá trình nghiên cứu	323
7.3. Khả năng mang tải của đất đá tại nền công trình	327
7.3.1. Cơ chế phá huỷ của đất đá tại nền công trình	327
7.3.2. Phương pháp Prandtl	329
7.3.3. Khả năng mang tải giới hạn của vật liệu có trọng lượng	331
7.3.4. Hiệu ứng tỷ lệ khi xác định các thông số nền	334
7.3.5. Sự ảnh hưởng của nước ngầm đến độ bền của đất đá	334
7.3.6. Đặc tính không đồng nhất của khối đá tại nền công trình	335
7.3.7. Sự ảnh hưởng của nứt nẻ đến độ bền của khối đá nền công trình	337
7.4. Khả năng mang tải của trụ bảo vệ	339
7.5. Đặc tính biến dạng của lớp đá nền công trình ngầm	341
7.6. Thông số bùng nền	341
7.7. Trụ bảo vệ linh hoạt	345
7.8. Tính giá trị áp lực đất đá tác dụng từ phía nền công trình ngầm	346
7.8.1. Phương pháp Ximbarevitr	346
7.8.2. Phương pháp Xlexarev	350
7.8.3. Phương pháp Lutkin	351
Chương 8 - Hiện tượng “nổ đá” và phương pháp điều khiển	359
8.1. Tổng quan	359
8.2. Một số thành tựu nghiên cứu hiện tượng “nổ đá” gần đây	360
8.3. Một số trường hợp “nổ đá”	362
8.4. Phân tích các số liệu quan sát về hiện tượng “nổ đá”	366
8.5. Quy luật cân bằng năng lượng và hiện tượng “nổ đá”	368
8.6. Cơ chế của hiện tượng “nổ đá”	372
8.7. Kiểm soát hiện tượng “nổ đá”	374
Chương 9 - Duy trì và nâng cao độ ổn định cho công trình ngầm	376
9.1. Tổng quan	376
9.2. Một số biện pháp nâng cao độ ổn định cho công trình ngầm	389
9.3. Công nghệ thi công và mức độ ổn định của công trình ngầm	391
9.4. Các điều kiện địa cơ học và mức độ ổn định của công trình ngầm	393
9.5. Kết cấu chống giữ công trình ngầm	393
9.6. Bảo toàn và khôi phục độ bền tự nhiên của khối đá	398
9.6.1. Phương pháp hoá học gia cường	399
9.6.2. Phương pháp vật lý gia cường	399
9.6.3. Phương pháp cơ học gia cường	400
9.6.4. Phương pháp hoá-lý gia cường	400
9.7. Kết cấu chống giữ sử dụng khả năng mang tải của khối đá	401

Chương 10 - Một vài bài toán cơ học đá ứng dụng	426
10.1. Trụ bảo vệ an toàn cho hai công trình ngầm nằm gần nhau	426
10.2. Chống giữ công trình ngầm trong khối đá nứt nẻ	429
10.3. Hệ thống “vì neo-khối đá” gia cường	437
10.4. Chiều dày lớp bảo vệ đáy móng chịu tác dụng của áp lực nước ngầm	442
10.4.1. Sơ đồ tính lớp bảo vệ đáy móng khai thác	442
10.4.2. Phương pháp tính chiều dày lớp bảo vệ đáy móng khai thác	445
Kết luận	450
Tài liệu tham khảo	451
Mục lục	456