

Selection of Ground Support and Application Based on Method of Rock Mass Rating (RMR) at Taldy Bulak Levoberzhny Gold Mine, Kyrgyzstan

Gang Wang^{1*}, Xiaolong Tang²

¹Zijin Mining Group Altynken LLC, Urumqi Xinjiang

²College of Resources and Environmental Sciences, Chongqing University, Chongqing

Email: 532502286@qq.com

Received: Nov. 4th, 2015; accepted: Jan. 12th, 2016; published: Jan. 15th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Stability evaluation of rock masses is a basic procedure for the design of various underground excavations and support measures. In this paper, engineering geological investigation into country rock and ore body around excavations was extensively carried out; and samples were collected to test their physic-mechanical parameters in laboratory. Then, engineering rock masses in question were classified based on rock mass rating (RMR) and accordingly ground support measures were also proposed with a good effect obtained.

Keywords

Engineering Geological Investigation, RMR Classification, Ground Support

RMR岩体质量稳定性分级方法在塔尔德布拉克左岸金矿巷道支护中的应用

王 刚^{1*}, 唐小龙²

*王刚, 1972年3月, 研究生学历, 高级工程师, 紫金矿业奥同克有限责任公司常务副总经理; 电话: 13565181766, 邮编: 830023。

文章引用: 王刚, 唐小龙. RMR 岩体质量稳定性分级方法在塔尔德布拉克左岸金矿巷道支护中的应用[J]. 矿山工程, 2016, 4(1): 7-12. <http://dx.doi.org/10.12677/me.2016.41002>

¹紫金矿业奥同克有限责任公司, 新疆 乌鲁木齐

²重庆大学资源及环境科学学院, 重庆

Email: 532502286@qq.com

收稿日期: 2015年11月4日; 录用日期: 2016年1月12日; 发布日期: 2016年1月15日

摘要

岩体稳定性评价是巷道开挖和支护设计时的一项基本任务。本文基于RMR岩体质量分类方法, 通过对塔尔德布拉克左岸金矿的工程地质调查, 结合矿岩物理力学参数, 对矿石和围岩进行了稳定性分级, 并根据矿岩稳定性分级提出了针对性支护方案, 并取得了较好支护效果。

关键词

工程地质调查, RMR岩体质量分级, 巷道支护

1. 引言

在自然界中, 岩体被各种构造切割成不连续的裂隙体。因切割程度的不同, 形成由松散体—弱面体—连续体组成的一个岩体序列。这一岩体序列几乎是到处都在变化, 比迄今为止人类所熟知的任何工程材料都复杂。

目前, 国内外有许多工程岩体分级方法。针对不同目的, 选择不同分级因素, 从而产生了许多工程岩体分级方法[1]。Deer于1964年提出按岩石质量指标分类方法, 即RQD分类法。它是根据钻探时的岩芯完好程度来判断岩体的质量, 对岩体进行分类[2], 但是该方法没有反映出节理的影响。国标《工程岩体分级标准》则按岩体的基本质量指标BQ值进行岩体分级。巴顿[3]等人于1974年提出了巴顿岩体质量(Q)分类法, 并于2002年重新修正。目前也有学者利用模糊AHP方法来分析稳定性[4], 然而模糊AHP法计算流程比较复杂, 并未得到推广。南非的比尼亚夫斯基(Bieniawski)提出岩体地质力学分类方法, 即RMR法, RMR值由岩块强度、RQD值、节理间距、节理条件及地下水5种指标组成, 此方法不仅使用较简单, 而且对大多数岩体评价都适用, 玲珑金矿、阿舍勒铜矿均采用过此种方法进行岩体稳定性分级[5], 为支护方案的选择提供了科学的依据, 降低了支护成本。

2. 岩体稳定性分级

鉴于RMR岩体稳定性分级方法的上述优点, 本文将采用RMR法对塔尔德布拉克左岸金矿的主要矿岩体的稳定性进行分级, 然后提出相应的支护方案。

2.1. RMR分类法简介

RMR分类方法由Bieniawski于1973年提出, 后经多次修改, 目前的版本共考虑6个方面因素的影响。采用以下5个岩体特征参数值: 岩块强度(R_1)、RQD值(R_2)、节理间距(R_3)、节理条件(R_4)、地下水条件(R_5), 然后结合不连续结构面方向修正系数(R_6)。综合计算出RMR值。岩体特征参数评分标准见文献[6], 分级标准见表1。

2.2. 矿床地质及矿岩物理力学性质

塔尔德布拉克左岸金矿为吉尔吉斯共和国第三大金矿, 黄金储量排在库姆托尔金矿和杰鲁伊金矿之

后, 金金属量 77 吨左右。矿区交通较便利, 中低山地貌, 海拔高度 1600~2300 米。气候属大陆性气候, 昼夜温差较大。

左岸金矿位于天山金矿带、Aktyuz-Boordu 成矿区 Boordu-塔尔德布拉克矿田的东部, 塔尔德布拉克左岸矿床位于元古代地基构造岩块范围内, 面积大约 $2 \text{ km} \times 0.5 \text{ km}$ 。岩块由片麻岩、混合绿泥片岩、绿泥绢云母片岩和角闪岩组成。矿床内发育有两个次火山侵入体: 成矿前泥盆 - 石炭纪侵入体和成矿后下第三纪侵入体, 成矿前次火山体的岩石大量发育, 成矿后第三纪岩浆岩以大量粗玄岩脉的形式存在, 并在有机扩展。金矿矿化作用发生在层纹状黄铁细晶岩和石英 - 电气石混合交代岩上。矿床主要褶皱构造——西北轴向大背斜。结构中心堆积着各种片麻岩, 位于塔尔德布拉克山谷右侧。褶皱翼的缓倾层角度为 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 。矿床产层部分通向西结构翼。从构造地质学而言, 厚度分层。构造部分的内部结构复杂, 有大量褶皱。矿体构造断裂破坏程度强烈, 内部断裂破坏系统数量众多, 方向各异, 倾斜度大。其特点是, 无论在其走向上, 还是在其倾斜方向上, 矿带厚度变化急剧。

通过对 32 个有代表性的试样类型进行试验, 确定了矿山岩石和矿石的物理力学性能。石英 - 电气石交代岩强度最大, 而石英 - 绢云母岩强度最小。石英 - 碳酸质岩、闪长二长岩、花岗混合岩、混合岩、绿闪岩等, 强度介于二者之间。矿石和围岩的主要物理力学性能详见表 2。

2.3. RMR 法矿岩稳定性评价

塔尔德布拉克左岸金矿属于在建矿山, 就矿山技术条件而言, 属于中等复杂程度, 为了获得基本巷道和准备坑道的支护参数, 需要对这些巷道的稳定性进行分区分级。根据 RMR 分类法, 得到具有代表性的各区段岩石稳定性评估结果, 见表 3。

结合质量分级指标以及钻井剖面图和钻孔平面图, 按稳定性对运输斜坡道所在区域和相邻地段的岩体进行分区结果显示, 岩体按其稳定性分配如下: 稳定性为 1 级的占 1%, 2 级占 7%, 3 级占 64%, 4 级占 28%。

3. 支护方案选择

巷道开挖后, 开挖部分岩体所承担的荷载转移到周围岩体而产生应力集中, 导致原始应力场重新分布; 同时由于开挖空间的存在, 为周围岩体提供了垮落的可能。在地下采矿的巷道中, 几乎都采取了相应的支护手段, 以确保安全生产[7] [8]。巷道的稳定状况取决于以下因素共同作用的结果: 巷道布置深度; 矿石和围岩的强度和结构特点; 矿体厚度及其倾角; 底部采空跨距; 至回采空间的距离; 采用的采矿方法; 巷道与回采工作面、留矿柱、构造断层的位置关系与方位; 采空区固体充填物的强度特性; 爆破工程的影响程度等。

目前国内外学者研究较多的是软岩的支护问题, 多采用 U 型钢、钢拱架和锚网喷等支护方式[9]。比尼亚夫斯基(Bieniawski)提出岩体地质力学分类方法, 考虑了岩石力学性质、原岩完整性、节理和层理的状态, 以及地下水等因素, 并在大量工程实践中得到完善, 本文将以此作为支护方法的选择依据[10], 对运输斜坡道所在区域和相邻地段巷道支护参数进行介绍。

Table 1. Evaluation of rock masses stability and application

表 1. 岩体级别及岩体质量评价

总评分值	81~100	61~80	41~60	21~40	0~20
等级	I	II	III	IV	V
质量	非常好	好	一般	差	很差
平均稳定时间	(15 m 跨度)20 a	(10 m 宽度)1 a	(5 m 跨度)7 d	(2.5 m 跨度)10 h	(1 m 跨度)30 min

Table 2. Physical-mechanical parameters for country rock and ore
表 2. 矿岩物理力学参数

岩石名称	岩石强度(MPa)		弹性模量 E(10 ⁴ MPa)	泊松比
	抗压强度	抗拉强度		
矿石				
石英 - 电气石交代岩	<u>125~166</u>	<u>14~11</u>	<u>6.2~6.1</u>	0.25
	151	12.5	6.1	
石英 - 碳酸盐交代岩	<u>68~109</u>	<u>9.9~5.4</u>	<u>5.8~4.1</u>	0.24~0.23
	89	7.6	4.9	
石英 - 绢云母岩交代岩	<u>28~36</u>	<u>3.9~3.0</u>	<u>2.9~3.1</u>	0.23~0.26
	32	3.4	3	
闪长二长岩	<u>92~70</u>	<u>9.1~12</u>	<u>5.4~4</u>	0.27~0.29
	81	10.4	4.7	
破碎闪长二长岩	<u>18~39</u>	<u>3.4~1.7</u>	<u>2.5~2.6</u>	0.24~0.27
	29	2.5	2.5	
围岩				
混合岩	<u>101~107</u>	9.2	<u>5.8~4.1</u>	0.24~0.23
	104		4.9	
破碎混合岩	<u>33~45</u>	<u>4.3~2.4</u>	<u>2.8~4.1</u>	0.3~0.36
	38	3.3	3.4	
石英 - 绢云母岩 - 绿泥片岩	<u>8~32</u>	<u>0.5~2.7</u>	<u>3.2~1.3</u>	0.27~0.33
	20	1.6	2.2	
片麻岩、石英 - 绢云母片岩	<u>28~36</u>	<u>3.9~3.0</u>	<u>2.9~3.1</u>	0.25~0.26
	32	3.4	3	
绿闪岩	<u>98~157</u>	<u>11.2~19</u>	<u>5.1~1.8</u>	0.22~0.28
	125	15	3.4	
角闪页岩	<u>83~132</u>	<u>9.6~4.9</u>	<u>5.7~4.7</u>	0.21~0.2
	112	7.2	5.2	

备注：分子表示性能指数范围，分母表示平均值。

3.1. 支护选型

运输斜坡道所在区域和相邻地段巷道的支护，主要根据岩石稳定性等级、采矿深度、巷道使用期限等因素进行选择支护类型，见表 4，其巷道断面形状为三心拱结构，巷道净宽 3130 mm，墙高 2657 mm，拱高 1043 mm，巷道穿过的 1~4 级稳定性的岩体。

3.2. 支护参数

运输斜坡道所在区域和相邻地段的巷道穿过的 1~4 级稳定性的岩体，根据根据稳定性等级的不同采取支护方式。

一级稳定性岩体，一般无需支护；

二级稳定性岩体，巷道支护采用厚度 50~100 mm 喷混凝土支护，喷射砼标号 C20；

三级稳定性岩体，巷道支护采用锚网喷支护，锚杆长度 2.2 m，间排距为 0.8 × 0.8 m，拱顶架设金属网，拱顶喷射 50~80 mm 混凝土，帮壁 30 mm，喷射砼标号 C20；

四级稳定性岩体，巷道支护采用锚网喷支护，锚杆长度 3 m，间排距为 0.7 × 0.7 m，拱顶架设金属网，拱顶喷射 50~80 mm 混凝土，帮壁 100 mm，喷射砼标号 C20，必要时架设金属支架。

3.3. 应用效果分析

塔尔德布拉克左岸金矿矿岩破碎，巷道支护成本高，通过 RMR 法稳定性分级对巷道的不同地段采用不同的支护方式，从现场应用看，取得了较好的支护效果，降低了支护成本。因此，RMR 法稳定性分级在左岸金矿的应用是成功的，其支护参数在同类矿山中具有参考意义。值得注意的是，此次稳定性分级并未考虑地应力的影响，当进入深部采矿以后，运用 RMR 法稳定性分级时应考虑地应力对分级结果的修正。

Table 3. RMR values and stability evaluation for cored rocks at different depths from various boreholes
表 3. 各区段岩体稳定性评估结果

探孔编号	范围(米)	厚度(米)	RMR	稳定性等级
846	67~169	102	49.95	3
846	169~180	11	38.9	4
846	180~186	6	49.85	3
847	35~66	31	63.1	2
847	66~77	11	27.6	4
847	77~91	14	45.54	3
847	91~100	9	37.26	4
847	100~115	15	53.25	3
847	115~121	6	37.29	4
847	121~151	30	48.62	3
841	92~97	5	47	3
841	97~113	6	74	2
841	113~117	4	82	1
841	117~181	64	55	3
842	60~136	76	51.7	3
842	136~145	9	78	2
842	145~151	6	55	3
845	229~264	35	38.2	4
845	264~280	16	51.7	3
845	280~293	13	34.25	4
845	293~321	28	53.31	3
843	215~300	85	52.8	3
850	293~296	3	78.5	2
850	296~329	33	52.8	3
850	329~333	4	74.1	2
850	333~342	9	26.9	4
850	342~360	18	53.2	3
849	250~295	45	36.3	4
848	225~240	15	42.9	3
848	240~253	13	35.9	4
848	253~276	23	46	3
848	276~305	29	35.7	4

Table 4. Selection of support type based on rock masses stability evaluation
表 4. 根据岩体稳定性选择支护的类型

岩体的稳定性等级	支护类型	岩石相互作用的特点	支护种类
(I)	无支护	对支护无负载	无(巷道使用期限 5 年) 在巷道进入采矿工程的影响区时, 要求支护
(II)	隔离支护	对支护无负载, 局部岩石可能破碎	巷道使用期限较长时, 喷射混凝土薄保护层
(II)和(III)	围护支护	没有有规律的负载, 或以外剥落加载。	喷射混凝土配筋支护、加铁丝网配筋
(III)	强化支护	强化岩石周围的巷道, 确保断裂的岩石同步移位	喷射混凝土。各种类型的锚固支护(锚杆) 复合支护(锚固支护+喷射混凝土支护加钢筋网)
(IV)	承托支护	按“规定负荷”操作(岩石产生塌落、剥落)	拱形金属支护、现浇混凝土支护、复合支护 (速凝锚杆+钢筋网+加强型喷射混凝土)
(V)	承托支护(在“支护 + 岩石”系统中)	按“岩体同步变形”和“相互影响变形”操作	要求使用专门掘进方法, 将岩石转化为高稳定性的岩石, 即采用可缩支护, 配合超前防护支护, 或需要向岩石注浆

4. 结语

1) 根据岩体稳定性对运输斜坡道所在区域和相邻地段的岩体进行了分类, 不同稳定性岩体所占比例为: 稳定性为 1 级的占 1%, 2 级占 7%, 3 级占 64%, 4 级占 28%。

2) 根据巷道所处岩体稳定性等级提出了巷道支护方法: 一级岩体, 一般无需支护; 二级岩体, 巷道支护采用喷混凝土支护; 三、四级岩体, 巷道支护宜采用锚网喷支护, 四级岩体巷道支护必要时需要拱形金属支架支护。

3) 利用 RMR 法稳定性分级对巷道的不同地段采用不同的支护方式, 取得了较好的支护效果, 在同类矿山中具有参考意义。

参考文献 (References)

- [1] 林韵梅, 王维纲. 岩体工程稳定性分级的研究[J]. 东北工学院学报, 1983, 34(1): 23-38.
- [2] 陈剑平, 范建华, 刘迪. RQD 应用与研究的回顾与展望[J]. 岩土力学, 2005, 26(S2): 249-252.
- [3] 康小兵, 许模, 陈旭. 岩体质量 Q 系统分类法及其应用[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2008, 19(4): 91-95.
- [4] 李华, 焦彦杰. 基于 RMR 的模糊 AHP 法在岩体分级中的应用[J]. 工程地质学报, 2011, 19(5): 648-655.
- [5] 乔兰, 蔡美峰, 付学生. 玲珑金矿工程地质调查与评价[J]. 黄金, 2000, 21(5): 1-6.
- [6] 蔡美峰, 何满潮, 刘东燕. 岩石力学与工程[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [7] 韩文梅, 陈军胜. 矿井巷道支护应力状态分析[J]. 煤矿安全, 2012, 43(7): 185-187.
- [8] 柏建彪, 王襄禹, 贾明魁, 侯朝炯. 深部软岩巷道支护原理及应用[J]. 岩土工程学报, 2008, 30(5): 632-635.
- [9] 冯周卫, 崔建井, 张洪伟, 李建. 软岩巷道支护方式的选择与应用[J]. 煤炭技术, 2006, 25(10): 69-70.
- [10] 徐小荷, 等. 采矿手册第二卷[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2008.