

工程岩体分级标准在地下金属采矿工程中的应用

韩海龙 (湖南涟邵建设工程(集团)有限责任公司, 湖南 长沙 410000)

摘要: 由于地下岩体性质复杂性, 采场岩体失稳造成事故占比较大。本文通过新旧国标工程岩体分级标准对比分析, 提出岩体基本质量指标 BQ 简化计算方法, 建立 BQ 与 Rc 间的关系表, 通过图标结合可以确定岩体质量等级。通过分析采场稳定性能开展岩体质量分级, 提出相应安全对策, 确保矿山安全开采。结合大红山铜矿生产矿山采用工程岩体分级标准, 对采矿工程岩体稳定性分类研究, 为矿产采取针对性支护措施提供依据。

关键词: 工程岩体分级标准; 地下采矿工程; 技术应用

工程岩体分级是评价稳定性的前提, 国内外学者进行大量研究, 如俄罗斯学者 1926 年提出岩体坚固性系数法, 美国维克汉姆提出 RSP 分类法, 挪威学者巴顿提出综合指标 Q 系统等。矿体稳定性分级涉及因素较多, 岩体稳定性受到地下水等诸多因素的影响, 频繁爆破振动使得矿岩稳定性分级具有复杂性。采用工程岩体分级标准, 对矿山深部开采工程研究, 得出不同岩体稳定性经验数据, 为采矿工程施工提供技术参考。

1 岩体质量分级研究

矿山资源开采是国民经济基础支柱产业, 矿产开采主要采用地下开采方法, 目前国内金属矿开采深度为数百米, 随着资源开发深度增加, 带来较多矿山地质工程问题。矿山稳定性反映矿山稳定条件, 采矿稳定性对矿区稳定性产生长期影响。随着矿床开采深度增加, 矿山开采中经常发生采场顶板不稳固等岩石冒落现象, 生产安全成为重要问题。

目前我国地下开采金属矿山安全取得很大进步, 但相比国外矿山安全生产形势严峻, 为企业造成巨大的经济财产损失^[1]。国内许多专家对岩体质量分级做出大量理论研究。矿岩是地下工程的主体, 目前国内外对岩体工程定性评价流行做法是对岩体工程分级。岩体稳定性评价综合考虑影响各种地质条件, 进行地质调查作出稳定性评价。岩体稳定性评价研究经历近百年发展史, 岩体分类从早期岩石分类发展到多参数分类, 早期苏联普罗托亚克诺夫提出普氏系数 f 分类, 奥地利 Lauffer 定性描述提出 Lauffer 分类, 日本田中根据对岩石风化程度提出岩体分类等为早期单因素分类方法。

表 1 水电工程围岩工程地质 HC 分类

评分值	T > 85	85 ≥ T > 65	65 ≥ T > 45	45 ≥ T > 25	T ≤ 25
围岩强度应力比 S	> 4	> 4	> 2	> 2	
围岩级别	I	II	III	IV	V

表 2 岩体质量指标 Q 系统围岩分类

Q 值	> 40	10-40	1-10	1-0.1	< 0.1
围岩级别	I	II	III	IV	V

近年来我国岩石质量分级取得一些成果, 有研究用岩体完整性系数计算岩体质量岩体质量系数 Z 分类; 对岩体进行评价弹性波指标 Za 分类法; 水利部以岩体完整性为初步分类指标, 根据地下水条件进行修整 BO 分类法, 水利工程边坡登记小组考虑边坡高度提出 CSMR 分类, 在工程中得到很好的应用。地下工程岩体领域中应用较多的分级法有 RMB 份额里, 地下硐室围岩 HC 分类等。

2 工程岩体分级标准的改进

1994 年编写出版岩体分级标准, 适用于各类岩体工程岩体分级, 岩体基本质量指标根据分级因素定量指标 Rc 按公式计算。BQ=90+3Rc+250Kv, Rc > 90Kv+30, 以 Kv 代入计算 BQ 值, Kv > 0.04Rc+0.4, Rc 大爱如计算 BQ 值。Kv 为岩体完整性指数, Vpm 为岩体弹性纵波速度 km/s, Rc 为岩石单轴饱和抗压强度 MPa。VPr 为岩体弹性纵波速度^[2]。岩体完整度采用定性定量方法确定, 对不同跨度岩体自稳能力评价。

表 3 BQ 分类方法岩体质量分级

BQ 值	> 550	550-45	450-351	350-251	< 250
围岩级别	I	II	III	IV	V

岩体工程必须进行围岩稳定性分析, 使工程建设达到安全合理的要求。国内外对岩体分级代表性方案有 RSR 系统分级方案等^[3]。94 国标颁布应用于各岩体工程领域, 有研究从定性定量角度分析高坝洲大坝岩基分级岩基稳定性。有研究指出利用基于距离判别岩体质量模糊评价法, 建立综合评价模型; 考虑与主要软弱结构产状组合关系等修正因素。

表 4 岩体质量 RMB 分类确定岩体级别

评分值	108-81	80-61	60-41	40-21	< 20
围岩级别	I	II	III	IV	V
质量描述	非常好的岩体	好岩体	一般岩体	较差岩体	非常差的岩体

表 5 按 D 值确定岩体质量评价表

分维数 D	D ≤ 0.4	0.8 ≥ D > 0.4	1.2 ≥ D > 0.8	1.6 ≥ D > 1.2	D > 1.6
岩体质量	很差	差	一般	好	很好

94 国标使用中与施工围岩情况存在差异性, 有学者分析指出 94 国标中存在针对深部巩华城岩体, 现有分级方法适用性不足, 国内工程岩体分级凌乱^[4]。有研究提出分析岩体波速测试方法对岩体完整性系数的影响, 新国标《工程岩体分级标准》2015 年实施, 在岩体基本质量指标计算公式等方面做出较大完善。

3 工程岩体分级标准下矿井建设工程实例

大红山铜矿位于玉溪市新平彝族、傣族自治县戛洒镇, 在紧靠哀牢山脉东侧的戛洒江东岸。矿区往东有公路通往新平县城 (87km), 昆明市 (282km), 往西有公路至楚雄市 (178km)。进风竖井位于云南高原中部哀牢山脉东侧, 海拔标高 900m 左右。区内河流深切, 地势陡峻, 植被多为亚热带灌木林。西部矿段进风竖井工程, 总支护工程量 3379m³。竖井井筒净径 Φ6.80m, S 净=36.32m²; 井颈以下

井筒深 381.3m、C25 素砼支护。500m 水平进风井通道长 11.6m、井筒侧 3m C25 素砼支护、S 掘 =40.97m²；另 8.6m 为 C20 喷射砼支护、S 掘 =37.18m²。

根据工程岩体分级标准，勘探揭露竖井场地地质条件较为简单，场地地层结构从上至下依次为第四系坡积（Qdl）粉质粘土及碎块石，下伏基岩为元古界干海子组（T3g）泥岩、页岩夹砂岩和大红山群（Pt1-3）变钠质砂岩、熔岩夹大理岩构成。

①第四系坡积（Qdl）粉质粘土：褐红色，含 20~30% 角砾及碎石；土体结构松散；

②元古界干海子组（T3g）泥岩：灰褐，中厚层状构造，节理裂隙发育。页岩：灰褐，岩体较完整~完整，岩块用锤可击碎。砂岩：灰褐色，岩体一般较完整~较破碎，岩质坚硬用锤不易击碎；

③元古界大红山群（Pt1-3）大理岩浅灰色，局部深灰色，微风化。岩质坚硬，岩体一般较完整~完整，节理裂隙较不发育。熔岩：深灰色，中等~微风化。岩体一般较完整~较破碎。场地所揭示的下伏基岩除泥岩为软质岩石外，大理岩及熔岩均为硬质岩石^[5]。

竖井围岩级别划分为：0.00~2.80、2.80~8.73、10.27~12.27、146.01~150.67、150.67~160.94m 段长 25.66m 为 V 级围岩。8.73~10.27、12.27~26.67、27.27~40.92、43.33~66.12、70.82~90.48、93.43~96.95、103.01~142.03、142.03~146.01、160.94~177.01m 段长 134.63m 为 IV 级围岩。26.67~27.27、40.92~43.33、66.12~70.82、90.48~93.43、96.95~103.01、177.01~183.19、183.19~209.48、209.48~287.29、287.29~378.75、378.75~383.01m 段长 222.72m 为 III 级围岩。383.01~413.73m 段长 30.72m 为 II 级围岩。

地层岩性主要为石英砂岩、砂卡岩、及绢云千枚岩体；采矿跨越断层时支护工作量不大；岩体以块状结构为主，岩石饱和抗压强度 28.5~60.1MPa，稳固性较好，除第四系地层、强风化带及跨越断层时有掉块现象外，矿山不易发生其他工程地质问题；所以该矿床工程地质条件简单。对边坡应采取相应的处理措施，必要时对边坡进行专项勘察。边坡顶部的坡残积土层结构松散，应在边坡顶部设置

截洪沟。施工阶段应认真监测硐体围岩的工程地质变化情况，发现异常应立即采取有效的措施进行处理。据各井身段围岩类别，采取相应的支护措施。

4 结语

①应对边坡采取相应的处理措施；

②边坡顶部的坡残积土层结构松散，应在边坡顶部设置截洪沟；

③钻探揭露深度范围内，井体地下水类型主要为基岩裂隙水。竖井开挖后地下水主要以点滴状产出，局部地段会以淋雨状流出。施工时须预先采取有效的井内止水措施；必要时超前进行全断面压浆止水；

④竖井洞址区无地热异常，勘察时未发现地层中存在有害气体，应注意井内通风及空气的置换。应对井内围岩进行放射性监测，须及时采取必要的防护措施。可在施工断面采用喷洒水的措施防止岩爆发生；

⑤施工阶段应认真监测井体围岩的工程地质变化情况，发现异常应立即采取有效的措施进行处理；

⑥井体围岩变化较大。可能还存在局部尚未查清的工程地质问题，施工时遇地层突变影响井体安全时，应及时通知有关单位。

参考文献：

- [1] 姜光成. 某大型金属矿岩体力学参数确定与采矿方法优选 [D]. 北京: 北京科技大学, 2018.
- [2] 李海英. 露天转地下过渡期协同开采方法与应用研究 [D]. 沈阳: 东北大学, 2015.
- [3] 丛宇. 卸荷条件下岩石破坏宏观机理与地下工程设计计算方法研究 [D]. 青岛: 青岛理工大学, 2014.
- [4] 朱旭波. 地下金属矿岩体质量评价与采场结构参数优化研究 [D]. 长沙: 中南大学, 2012.
- [5] 付玉华. 露天转地下开采岩体稳定性及岩层移动规律研究 [D]. 长沙: 中南大学, 2010.

作者简介：

韩海龙 (1979-)，男，汉族，河南林州人，本科，高级工程师，研究方向：井巷工程。

（上接第 155 页）缝连接，让瓦斯监控进入自动化、网络化、无人化、科学化。

3.2 排除煤矿瓦斯监测当中的人为因素的干扰

在从前的瓦斯监测过程当中，由于数据大多是人为填写，因此可能会出现数据填写错误或者监测失误等不必要的错误。这些数据往往误差很大且不便核实，这对于安全生产调度指挥带来了极大的困扰。但是采用了新的信息技术，利用监测网络系统所监测到的数据不仅误差更小，而且数据可以在系统中长时间保留。这便于调度人员对于系统当中所采集到的各种数据进行整体化分析、比较、统计，继而做出最科学的判断和决策，避免事故的发生。

综上所述，安全工作是煤炭企业进行正常生产的基础和前提。以矿井信息技术网络化，实现矿井的瓦斯监控系统数据实时发布，通过技术手段进行筛查分析，使得管理者对于进下的情况更加了解，从而保证矿井能够安全生

产。全面启用瓦斯监测系统，不仅可以进行实时预警，提高工作人员的安全感，也对煤矿进一步的开发和开采提供有效的信息来源。

参考文献：

- [1] 王平津. 煤矿瓦斯安全多级监管中的信息技术 [J]. 煤炭科学技术, 2004(04):21-25.
- [2] 江怀. 煤矿安全信息化发展现状及经验教训 [J]. 内蒙古煤炭经济, 2006(03):35-38+34.
- [3] 郭利锋. 用信息技术提高煤矿安全水平 [J]. 大众标准化, 2005(12):45-47.
- [4] 胡鹏飞, 毕玉明. 信息技术在那东矿安全管理中的应用 [J]. 山东工业技术, 2017(21):152.

作者简介：

田鹏飞 (1983-)，男，本科，山西柳林人，工程师，研究方向：煤矿信息化、智能化方面。