

RQD 与三维地质建模在别列瓦尔矿区的运用

罗海波, 杨柳斌, 王乔

(中国水利水电第十工程局有限公司, 四川 成都 610036)

摘要: 别列瓦尔矿区位于塔吉克斯坦苦盏市东北部, 距离杜尚别约 400 km。矿区内的矿体及岩体断裂破碎带发育(IV/V 类岩体, RQD 值为 0%~50%)。阐述了利用 Micromine 三维制图软件、依据三维建模及矿体空间展布品位估值的原理, 采用钻孔 RQD 值替换矿体品位值对别列瓦尔矿区进行了 RQD 三维地质建模, 模拟矿区矿体及岩体破碎带的空间展布形态, 为矿区生产建设提供完整直观模型的过程, 其具有直观易用的作用; 清晰显示了破碎带与矿体空间形态之间的关系, 根据三维模型能够明确 +950~+900 m 标高段适宜作为首采地段。

关键词: RQD; Micromine 建模; 别列瓦尔矿区; 塔吉克斯坦; 运用

中图分类号: TD1; TD2; TD8

文献标志码: B

文章编号: 1001-2184(2023)增 2-0087-04

Application of RQD and 3D Geological Modeling in the Belevay Mining

LUO Haibo, YANG Liubin, WANG Qiao

(Sinohydro Bureau 10 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610036)

Abstract: The Belevay mining area is located in the northeast of Khujand City, about 400 km away from Dushanbe. The ore bodies and rock mass fractures and fracture zones in the mining area are developed (class IV/V rock mass, RQD value 0%~50%). This paper uses Micromine 3D mapping software, replaces the ore body grade values with the drilling RQD values based on the principles of 3D modeling and ore body spatial distribution grade evaluation, and conducts RQD 3D geological modeling of the Belevay mining area, simulates the spatial distribution form of the ore bodies and rock mass fracture zones in the mining area and provides a complete and intuitive model for the production and construction of the mining area, which is intuitive and easy to use. The spatial morphological relationship between the fracture zones and the ore bodies is clearly displayed, and according to the 3D model, it can be determined that the +950~+900 m elevation is suitable as the first mining area.

Key words: RQD; Micromine modeling; Belevay mining area; Tajikistan; Application

1 概述

随着岩土工程地质研究的不断深入, 世界各国的研究成果不断呈现, 针对岩体质量的分级、分类方法已有很多种经典、著名的理论学说, 如 RQD 分类方法、Q 系统分类方法、比尼奥斯基的地质力学 RMR 分类方法、中国标准《工程岩体分级标准》等^[1]。国内部分规范及标准对于井巷围岩岩体质量评价均推荐使用岩体质量系数(Z)法和岩体质量指标(M)法^[2], 如《矿区水文地质工程地质勘查规范》GB12719-2021 及《煤矿床水文地质、工程地质及环境地质勘查评价标准》MT/T1091-2008。上述标准针对岩体质量的分级评

价方法多数建立在岩石物理力学数据的基础上, 其结果往往不具备整体代表性, 在实际借鉴应用时需要多个参数理论公式并经综合分析后方能指导生产, 缺乏对矿体及岩体质量等级的直观评价。随着科学技术水平的进步、三维地质软件技术的不断成熟, 结合矿体及围岩的 RQD 值建立三维模型形成整体的矿体及岩体的质量分级, 从而为矿区生产建设提供完整直观模型具有较大的指导意义。针对 RQD 概念与三维制图的内容阐述于后。

(1) RQD (rock quality designation-Deere, 1963) 作为岩石质量指标, 其定义为本回次岩芯中

大于或等于 100 mm 的柱状岩芯的累计长度与本回次岩芯钻探总进尺之比(以百分数表示),其计算公式如下^[3]:

$$RQD(\%) = \frac{L_p}{L_t} \times 100$$

式中 L_p 为回次岩芯大于等于 100 mm 完整岩芯(小于 100 mm 岩芯非原生破碎,则其长度应上下合计,累计长度大于 100 mm 时应参与计算;当钻头内径小于 54.1 mm 时,其 RQD 值应降低,根据实际经验其降低 20%~50%为宜)长度之和,单位 m; L_t 为钻探回次总进尺,单位 m。

鉴于 RQD 简便易得,因此,RQD 分类方法成为应用于评价岩体稳定性及对岩体等级进行分类最多的一种方法^[4~6]。

(2)三维地质建模技术实质上是采用二维勘探数据与图形再构技术完成对地质数据的三维显现,其为运用计算机技术在三维环境下将空间信息管理、地质解译、空间分析和预测、地学统计、实体内容分析以及图形可视化等工具结合起来用于地质研究的一门新技术。国外已有的三维矿业软件技术在上世纪 60 年代已在矿业开发中进行了研究应用,随着地质学的深入研究及三维成图软硬件技术的成熟,三维地质建模开始大规模在矿业行业中应用。目前全世界已有许多知名且应用比较成熟的矿业软件,如英国的 Data Mine & Guide,加拿大的 Lynx、MicroLYNX,美国的 M-K Eagles、澳大利亚的 Vulcan、Surpac、Micromine 等^[7]。由于国内三维可视化技术起步较晚,目前应用较为广泛的三维矿业软件主要为 Micromine、3Dmine 软件等,其已深入矿业生产的各个方面。随着三维矿业软件的大面积使用,为 RQD 值的三维模型建立和利用 RQD 值模型进行别列瓦尔矿区岩石质量评价奠定了基础。RQD 三维地质模型的原理:运用 Micromine 三维地质软件,利用钻孔提取的 RQD 值建立 RQD 值数据库,然后进行整个岩体的 RQD 赋值,生成具有 RQD 值的矿体及围岩模型,进而对整个矿区的矿体及岩体质量进行完整性的评价,最终对矿体及岩体等质量进行评价。

2 基于 Micromine 三维地质软件的别列瓦尔矿

区 RQD 三维建模

采用 Micromine 软件建立实体模型的流程为:新建数据库(样品数据库、RQD 值数据库)→导入数据库建立矿体的实体模型(矿体模型、RQD 值模型)→合并模型,最终得到整个矿体的三维模型。

根据以上步骤,将矿体的 RQD 值加入到模型中,即得到矿体及岩体的 RQD 值三维模型。

2.1 原始数据库与三维模型

根据原始地质编录资料创建 Micromine 钻孔数据库以及定位表、测斜表和 RQD 值表。根据钻孔揭露地层的深度情况,以钻孔深度作为三维模型深度,以地形线作为模型的顶界建立矿区的整体三维实体模型。别列瓦尔矿区 RQD 值分布的特点为:浅部岩体破碎,基本没有赋存具有开采价值的矿体;深部矿体和岩体较完整,矿体具有破碎带特征。本次建模没有将局部的零星破碎带单独建模,而是将整个矿区做为一个整体考虑。

2.2 RQD 值块体模型的生成

简单来说,RQD 值模型的生成方法主要有距离幂次反比法、最近距离法和变异函数分析法等。鉴于别列瓦尔矿区已经进入矿建阶段,业已完成详查阶段的工作。详查阶段采用的探矿手段主要为钻探辅以坑探及少部分槽探进行控制,整个矿区的控制网度为 60 m×60 m,部分地段加密控制至间距 30 m×30 m 网度,已基本查明矿体的赋存形态。但是,RQD 值三维地质建模不同于矿体建模,其还包括矿区岩体的建模,矿体模型只是其中一部分。整个 RQD 值三维模型总体以整个钻孔揭露的地层为主,对于矿体变化形态影响较小。由于矿区内钻孔的控制程度高,破碎带的分布已经基本查明,因此,本次 RQD 值模型生成的计算方法采用距离幂次反比加权法。

3 RQD 值三维模型在别列瓦尔矿区岩体质量等级划分中的运用

别列瓦尔矿区的岩体主要为花岗闪长斑岩、花岗斑岩、石英斑岩、正长斑岩和辉绿玢岩。断裂带内及周围裂隙易于岩浆气、热液所携带的矿物成分赋存,进而形成了别列瓦尔矿区的铅、锌、银、铜等矿体。根据最新的储量核实报告得知:探明

+控制+推断的资源量达 813.57 万 t。别列瓦尔矿区浅部发育着层厚较大的破碎带,其厚度区间为 20~600 m,回次 RQD 值以小于 50%(V、IV 级岩体)为主。破碎带往下为较完整、半坚硬、坚硬岩组,硬度系数 $f=8\sim 12$,为别列瓦尔矿区矿体赋存的主要位置,个别地段矿体位于破碎带之内,岩土工程地质条件较差。因此,别列瓦尔矿区三维地质模型对矿体及岩体的破碎带显现情况直观明了,对于矿区工程地质评价较为重要。利用已经生成的三维模型并根据已查明的别列瓦尔矿区的工程地质条件,依据《矿区水文地质工程地质勘查规范》GB12719—2021 对该矿岩石质量等级进行分类的情况见表 1。参照表 1 中对岩石质量等级的分类,对模型中各块体的显示属性进行了设置,再划分了岩石质量等级后用不同的颜色进行区分。

表 1 岩石质量等级表

等级	RQD / %	岩石质量描述	岩体完整性评价
I	90~100	极好	完整
II	75~90	好	较完整
III	50~75	中等完整	中等
IV	25~50	劣	完整性差
V	<25	极劣	破碎

3.1 别列瓦尔矿区勘探线剖面的地质评价

利用 Micromine 软件模型剖生成功能,对别列瓦尔矿区的 RQD 值模型按北西南东向的 18 号、22 号勘探线(18 号、22 号勘探线为矿体厚大区域。因别列瓦尔矿区矿体形态呈长条形,矿体厚大部分应为张性发育强烈区域,故采取切割矿体厚大区域的方法)进行块体模型切割,得到 18 号、22 号勘探线 RQD 块体模型剖面(略)。

根据 18 号、22 号勘探线 RQD 三维模型剖面可以分析剖面各位置岩体的破碎情况,进而对 18 号、22 号勘探线矿体及岩体完整性进行以下评价:

(1) V 级岩体(RQD 值小于 25%)的破碎带主要出现在矿体上部靠近地表地段,其厚度较大;局部 III、IV 级岩体交替,岩体地质条件较差。破碎带范围自西向东方向总体呈逐渐减小、尖灭的趋势,但在矿体周围局部有膨大现象。

(2)整体而言,别列瓦尔矿区矿化体的绝大多数储量均位于近东西走向断层内,矿体及围岩以

III、IV 级岩体为主,产于张开断层中的多金属矿石比例约占 90%,工程地质条件较好。

(3)局部矿体位于断层破碎带中,矿体及围岩以 IV、V 级岩体为主,钻取岩芯破碎,地质条件差。

(4)除局部破碎带发育外,别列瓦尔矿区的大部分矿体位于 III、IV 级岩体中。因此,笔者建议后期矿区的井巷建设及开采适宜在岩体条件较好地段,先易后难,采用充填后由下而上的开采方法,优先开采岩体质量等级高的矿体。

3.2 别列瓦尔矿区首采地段的选取

(1)原首采地段(+1 000 m 标高)工程地质评价。别列瓦尔矿区矿体标高分布于 +750 m~+1 100 m,设计开采形式为硐采,+1 000 m 标高为首采地段。利用 RQD 三维模型并结合别列瓦尔矿区矿体实体模型,在模型中切割 +1 000 m 标高的平面图,由该图得知:+1 000 m 标高处矿体赋存面积较小,而破碎带(V、IV 级岩体)大面积出露。该标高矿体及岩体完整性差,不适宜做为首采地段。

(2)首采地段的确定。根据别列瓦尔矿区岩石浅部破碎、深部完整的特点,分别按 +950 m、+900 m 和 +850 m 标高切割 RQD 块体模型得到对应标高的 RQD 块体模型平面图。根据该平面图,从矿体空间赋存形态看,+950 m 标高之上的矿体赋存较少,+950 m 至 +900 m 之间赋存面积较大;从 RQD 值分布面积看:① +1 000 m 标高之上断裂破碎带较发育,部分矿体位于破碎带内。② +950 m 标高之下,断裂破碎带面积显著下降,中部矿体半数不受破碎带影响,部分矿体被破碎带覆盖,至 +900 m 标高处受破碎带影响程度减小。③ +850 m 标高位置破碎带整体不发育。

综上所述,别列瓦尔矿区首采地段宜选择在 +950~+900 m 标高附近,该位置矿体赋存面积大于上部地段且断裂破碎带出露面积明显下降,断裂破碎带对矿山井巷建设的影响程度较小,对后期矿体开采的影响程度亦较小,岩体地质条件较好。

4 结 语

笔者凭借先进的三维地质软件,通过添加 RQD 值数据,运用 Micromine 软件完成了别列瓦尔矿区的 RQD 值三维建模,模拟了矿区矿体

及岩体破碎带展布情况,为矿区生产建设提供了完整、直观模型,具有直观易用的作用。

(1)断裂破碎带(V、IV级岩体)大多数分布于浅部地段,局部分布在矿体位置,其厚度自西向东总体呈逐渐减小、尖灭趋势,矿体周围局部有膨大现象。

(2)原设计方案中的+1 000 m 标高地段矿体赋存的面积较小,岩体破碎带显现面积大,地质条件较差,不适宜做为首采地段。

(3)+950~+900 m 标高位置附近矿体集中赋存,破碎带面积变小,标高范围内的破碎带对矿山井巷施工的影响程度较小,对后期矿体开采的影响程度亦较小,岩体地质条件较好。

(4)为矿山施工及井巷施工提供了一定的参考指导作用。

(5)对于不同的区域,别列瓦尔矿区存在不被查明的断裂、褶皱等地质构造,亦在不同程度上对RQD地质模型还原度有一定的影响,需要不断收集完善地质资料对模型进行修正。

(6)对于岩体的等级划分,其与岩体的完整性有一定关系,与岩性及岩石的坚硬程度等也息息相关,因此,在实际应用时需要结合矿岩揭露的实际情况进行修正。

(上接第 64 页)

及支护控制要点进行了总结与分析,从施工角度出发对西藏地区高地应力条件下的隧道衬砌管片安装进行了深入研究,所取得的经验可为类似工程借鉴。

参考文献:

[1] 程锦中,刘吉鹏,陈行.基于蠕变模型隧道开挖的数值模拟研究[J].四川水力发电,2020,39(1):66-69.
 [2] 樊高臣,李瑞静.隧道围岩蠕变模型参数计算及变形数值分析[J].科技创新导报,2017,14(9):57-59.
 [3] 陈云飞.不同管片内衬加固方案对盾构管片力学性能影响研究[J].铁道勘察,2022,48(4):116-120.

(上接第 82 页)

[3] 何金武,徐干成,郑建中.地质雷达在地下洞穴探测中的应用[J].地质装备,2001,2(4):16-19.
 [4] 张远博,邓洪亮,高文学,等.地质雷达在采空区探测中的应用研究[J].施工技术,2014,43(17):112-114.
 [5] 褚军凯,霍俊发,张碧踪.符山铁矿尾矿库民采空区治理技术研究[J].金属矿山,2011,40(5):12-17.

参考文献:

[1] 蔡斌,喻勇,吴晓铭.《工程岩体分级标准》与Q分类法、RMR分类法的关系及变形参数估算[J].岩石力学与工程学报,2001,20(增刊1):1679-1681.
 [2] 矿区水文地质工程地质勘查规范,GB12719-2021[S].
 [3] 张新,马婧.岩石质量指标(RQD)在钻孔岩石质量评价中的应用[J].西部探矿工程,2012,24(7):124-125.
 [4] 邱道宏,陈剑平,阙金声,等.基于粗糙集和人工神经网络的洞室岩体质量评价[J].吉林大学学报(地球科学版),2008,38(1):86-91.
 [5] 周念清,杨楠,汤亚琦,等.基于Hoek-Brown准则确定核电工程场地岩体力学参数[J].吉林大学学报(地球科学版),2013,43(5):1517-1522.
 [6] 李继明,左三胜.裂隙岩体岩石质量指标(RQD)的空间变化特征[J].吉林大学学报(地球科学版),2014,44(3):946-953.
 [7] 曾新平,吴健生,郑跃鹏,等.用于固体矿产勘探和开发的地质体三维可视化系统设计:基于混合数据模型[J].矿产与地质,2004,18(6):598-603.

作者简介:

罗海波(1985-),男,四川达州人,工程师,从事矿山生产技术与管理工作;
 杨柳斌(1993-),男,江西鹰潭人,项目副总工程师,工程师,学士,从事矿山工程施工技术与管理工作;
 王 乔(1983-),男,重庆市人,项目安全总监,注册安全工程师,助理工程师,从事矿山工程技术与安全管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

[4] 谭斌.利用三维计算机辅助设计软件进行高精度盾构衬砌管片钢模设计[J].科技风,2014,27(16):21-23.
 [5] 张恒.下穿立交桥盾构隧道掘进控制技术[D].四川:西南交通大学,2010.

作者简介:

周菊兰(1971-),女,四川资中人,副高级工程师,从事水电工程施工技术与管理工作;
 陈 行(1985-),男,四川成都人,副高级工程师,学士,从事水电工程施工技术与管理工作;
 黄 旭(1986-),男,湖北黄冈人,副高级工程师,学士,从事水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

作者简介:

辜禹峰(1980-),男,四川仁寿人,项目经理,工程师,学士,从事矿山工程施工技术与管理工作;
 罗海波(1985-),男,四川达州人,工程师,从事矿山工程施工技术与管理工作;
 廖文斌(1977-),男,四川攀枝花人,工程师,从事矿山工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:李燕辉)