

齐跃湾矿山地质环境恢复治理工程

黄昱清,祝启坤,阳凯,宋征

(武汉工程大学环境与城市建设学院,湖北 武汉 430074)

摘要:根据现场调查,齐跃湾煤矿现状条件下主要存在不稳定边坡、危岩体、矿山弃渣、水质污染与地表生态破坏等矿山地质环境问题,且预测随着矿山开采活动的持续进行,这些地质环境问题将会进一步凸显.综合考虑该矿山所处的地质环境背景条件、矿山地质环境问题特点与灾害体特征以及危害程度等,有针对性地提出了削方与整形、挡土墙支挡与围护、覆土植被、水质处理、截排水以及工程监测等综合性防治工程方案.该方案的具体实施,不仅可有效地解决该矿山所面临的矿山地质环境问题与地质灾害安全隐患,而且还有效地保护了矿山生态环境.

关键词:矿山;地质环境;地质灾害;恢复治理;工程措施

中图分类号:U416.1

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2012.04.006

0 引言

矿山地质环境问题,是人类工程活动引发的各类环境问题中最为主要的问题之一^[1].特别是自改革开放以来,我国中小型矿山迅猛发展,再加上我国矿山企业长期以来所实行的粗放型资源利用管理模式,使得矿山地质环境问题不断恶化,已愈来愈强烈地影响和改变着人们赖以生存的地质环境,为此,也引起国家政府部门的高度重视,自2007年以来国土资源部相继颁布并实施了《矿山环境保护与综合治理方案编制规范》、《矿山地质环境保护规定》等相关标准与法规,这些标准与法规的颁布实施标志着我国矿山地质环境的恢复治理工作已纳入法制化和规范化的管理轨道.如何既合理地开发利用矿产资源,又不至于造成矿山地质和生态环境的恶化以及重大地质灾害事故发生,是实现经济社会可持续发展战略的重要研究课题^[2].本文针对齐跃湾煤矿所存在的矿山地质环境问题现状,有针对性地提出了相应的防治工程措施,以有效保护该矿山地质环境.

1 矿山基本概况

齐跃湾煤矿位于鄂西南中切割中山区,海拔高程1 500~1 750 m,显岩溶地貌景观,溶蚀峰丛及槽谷构成区内基本地貌单元.矿区地层从三叠系下统大冶组至志留系中统纱帽组各系地层均有

出露,地层总体呈单斜构造,倾向295°~315°,倾角12°~15°.第四系残坡积层主要分布于缓坡与山间冲沟两侧及河谷地带,结构松散,透水性强,厚度0~10 m,分布不连续.矿区含水层主要为第四系孔隙水含水层,三叠系下统大冶组、二叠系灰岩段以及石炭系中统黄龙组岩溶裂隙含水层,隔水层主要为二叠系上统吴家坪组含煤段及泥盆系上统黄家磴组和中统云台观组.区内地表水系不发育,无常年永久性地表水体,东部边缘响水沟为区内地表水及地下水的主要排泄通道,流量随降雨强度而剧烈变化,区内年平均降水量1 500 mm,5~9月为雨季.地下水主要为大气降水补给,沿基岩裂隙、岩溶及构造破碎带渗透深部岩体.矿区工程地质水文地质条件总体属简单~中等复杂类型.

该矿山为多年生产矿井,矿权面积1.255 8 km²,矿床类型为煤系沉积型,含煤岩系为二叠系下统栖霞组马鞍段(P₁q^m),煤质属中~富灰分、富硫无烟煤.矿井采用平硐暗斜井联合开拓方式和走向长壁后退式回采,年生产能力为60 kt,属小型煤矿.

2 主要地质环境问题

齐跃湾煤矿地处鄂西南褶皱山区,具备发生突发性地质灾害的地质条件,且矿区沿煤层露头民窑小井开采历史较长,采掘弃渣随意堆放,矿区

收稿日期:2012-03-19

作者简介:黄昱清(1985-),男,河南信阳人,硕士研究生.研究方向:地质灾害防治工程.

指导老师:祝启坤,男,教授,硕士,硕士研究生导师.研究方向:地质灾害防治与岩土加固工程.*通信联系人

地质环境破坏较为严重,对今后不再继续使用的工矿废弃地及废渣堆未采取任何恢复性治理工程措施。根据现场踏勘及已有工程资料综合分析,目前该矿山主要存在不稳定边坡、危岩体、矿山弃渣、水质污染与地表生态环境破坏等矿山地质环境问题。

2.1 不稳定边坡问题

受工业场地平整、修路、建房等工程活动影响,目前该矿山在矿区范围内已形成4处高度不等的边坡切坡边坡体(BP1、BP2、BP3、BP4),其中BP1位于矿山主平硐上方,对矿山安全生产危害较大,本文以BP1为例来说明各不稳定边坡体的综合治理工程措施。BP1长约35m,坡高5~8m,坡角30°~40°,平均约35°,坡体主要由粉质粘土和残坡积碎石土组成,结构松散,透水性较强,其成因主要为在矿山公路修建时,由于对该自然斜坡坡脚开挖,使其坡脚位置的侧向反压支撑力减少所致。目前该斜坡体的稳定性总体较差,局部已发生小规模滑移破坏,且坡体常有少量地下水渗出。图1为不稳定边坡体(BP1)现状。



图1 不稳定边坡体(BP1)现状

Fig. 1 Current state of instability slope (BP1)

为了解BP1在治理前的稳定性状况,同时也为该边坡的支挡加固提供设计依据,首先对该边坡体进行稳定性分析计算。根据该边坡地形地貌、物质组成、地层结构等综合分析,BP1可能发生的破坏模式为圆弧滑动破坏,计算模型选用Bishop法,则边坡稳定系数 K 为:

$$K = \frac{\sum \frac{1}{m_{\theta i}} [c_i b_i + (W_i + \Delta H_i) \tan \phi_i]}{\sum W_i \sin \theta_i}$$

其中:

$$m_{\theta i} = \cos \theta_i + \frac{\sin \theta_i \tan \phi_i}{K} \quad (1)$$

式(1)中: W_i 为第 i 条块重力(kN/m^3); ΔH_i 为第 $i+1$ 条块与第 i 条块切向力之差(kN/m^3); b_i 为第 i 条块宽度(m); θ_i 为第 i 条块底面法向反力与铅垂线夹角(°); c_i 、 ϕ_i 为第 i 条块滑面岩土体凝聚力(kPa)和内摩擦角(°)。

根据工程类比^[3],该边坡体物理力学参数取值如下:重度 $\gamma = 20.0 \text{ kN/m}^3$;凝聚力 $c = 15.0 \text{ kPa}$;内摩擦角 $\phi = 15.0^\circ$ 。据此,对BP1进行稳定性分析计算,计算结果如图2。

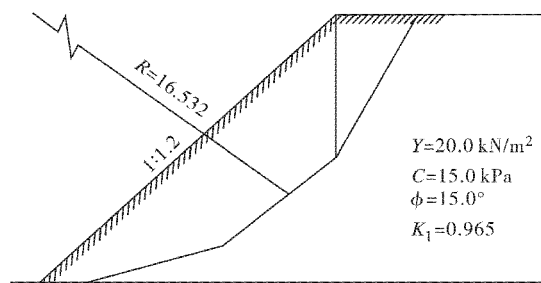


图2 BP1稳定性计算结果

Fig. 2 Stability calculation result for BP1

由计算结果可知,该边坡在天然状态下的稳定系数 $K_1 = 0.965$,边坡基本上处于临界滑动状态,因此,当该边坡遭受降雨等不利外部环境条件时,随时有可能产生更大规模的滑动破坏。同理,可对其它各边坡体在支挡加固前进行稳定性分析计算。

2.2 矿山弃渣问题

矿山废渣危害不仅表现为对矿区土地资源的占用和对地表植被的严重损毁,而且当遇连续降雨或暴雨等不利外部环境条件时,还有可能产生堆渣体边坡滑移破坏,甚至会形成小型泥石流。根据现场地质调查,该矿山目前共存在4处规模较大的废渣堆场(KZ1、KZ2、KZ3、KZ4)。其中KZ1位于矿山主平硐东侧依响水沟西岸坡的陡斜坡地带顺坡堆放,长45m,宽4m,高15m,坡角40°~50°,方量约3000 m^3 ,坡体主要由碎石土组成,局部为粉质粘土,结构松散,如图3所示。KZ1在矿山未来开采中将继续作为矿山排渣场使用。其它废渣堆分别位于矿山风井及矿区公路附近,今后将不再继续使用。目前各废渣堆场无任何拦挡工程措施。



图3 废渣堆(KZ1)现状

Fig. 3 Current state of mine residue (KZ1)

在对各废渣堆进行工程治理前同样需要了解

其稳定性状况,稳定性分析采用圆弧滑动失稳破坏模式。根据工程类比,废渣堆物理力学参数取值如下:重度 $\gamma = 19.0 \text{ kN/m}^3$;凝聚力 $c = 5.0 \text{ kPa}$;内摩擦角 $\phi = 32.0^\circ$ 。以 KZ1 为例,同样采用 Bishop 法对其进行稳定性计算,计算结果如图 4。

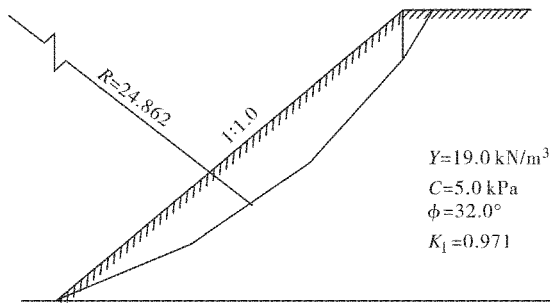


图 4 KZ1 稳定性计算结果

Fig. 4 Stability calculation result for KZ1

由计算结果可知,KZ1 废渣堆在天然状态下的稳定系数为 $K_1 = 0.971$,处于不稳定状态。同理,可对其它废渣堆进行稳定性分析计算。

2.3 危岩体崩塌问题

自然条件下矿区共发育危岩体三处(WY1、WY2、WY3),发育地层为二叠系灰岩段。危岩体呈石林或陡立状临空分布,卸荷与溶蚀裂隙较发育,其破坏方式为崩塌。根据现场调查,目前各危岩体均处于欠稳定~基本稳定状态,主要危害对象为坡下矿区公路,危岩体崩塌范围内无当地居民活动。由于治理区危岩体发育地层倾向与山体坡面多构成逆向或斜交结构,对山坡岩体的整体稳定较为有利,在矿山服务年限内,预测未来自然条件下产生较大规模的危岩体崩塌灾害的可能性不大。

2.4 水质污染问题

矿山地表水质污染主要来源于矿坑废水、废渣堆淋滤水。坑口废水正常排放量一般为 $10 \text{ m}^3/\text{h}$,因煤层及围岩含硫化物,矿坑水一般呈弱酸性,且含泥沙、粉尘等悬浮物,生活污水排放量约 $25 \text{ m}^3/\text{d}$ 。由于该矿山废渣堆目前未采取任何恢复治理工程措施,因此,当废渣堆场遇地表雨水冲刷与浸泡后会排出渗滤污水,对地表水环境会产生较严重的污染。

另外,该矿山还存在土地资源与生态环境的破坏问题,现状条件下主要表现为工业场地建设、修路建房以及废渣堆等场所,压占与破坏土地类型主要为灌木林地。由于该矿山采用地下开采方式,矿区内土地资源占用与生态环境破坏总体属较轻程度。

3 恢复治理工程措施

综合考虑齐跃湾煤矿所存在的矿山地质环境问题及灾害体特征、稳定性分析计算结果及危害性程度等,对各类矿山地质环境问题分别采取如下恢复治理综合性工程措施^[5~8]。

3.1 不稳定边坡治理工程

对 4 处不稳定边坡体,主要采取“坡面削方与整形+重力式挡土墙+截排水+植被”等综合性防治工程措施。即,首先根据不稳定边坡体所处的地形地貌随坡就势地对坡面进行削方与整形处理,最大削坡坡度一般不大于 30° ,然后沿各边坡体坡脚位置设置一道浆砌石挡土墙用以支挡不稳定边坡体并保护坡脚,同时在不稳定边坡体的外围或坡脚位置设置截(排)水沟用以拦截和排泄地表径流水,最后对坡面种植草木以恢复地表生态植被。以 BP1 为例,设计仰斜式重力式挡土墙墙高 4.2 m ,墙顶宽 1.2 m ,墙胸坡比 $1:0.4$,墙背 $1:0.2$,墙底逆坡 $0.2:1$,墙趾高 35 cm ,宽 30 cm ,埋深 $1.0 \sim 1.2 \text{ m}$ 。墙体采用 MU30 毛石与 M7.5 水泥砂浆砌筑,外露面 M10 水泥砂浆勾缝,墙顶 $1:3$ 水泥砂浆抹面厚 20 mm 。浆砌石墙每 $10 \sim 15 \text{ m}$ 设置一条伸缩缝,分缝处采用沥青止水。为防止雨水下渗浸泡地基,在墙顶和墙底分别设置厚 30 cm 的粘性土夯实层,墙背后设 50 cm 砂砾石反滤层。为排泄挡土墙背后积水,墙体设 $\phi 100 \text{ mm}$ PVC 排水管道两排,间距 2 m ,梅花状排列。

对设计挡土墙(D1)进行稳定性验算,其抗滑移稳定性系数、抗倾覆稳定性系数、地基承载力等各项验算指标均满足相关规范要求^[4]。

3.2 弃渣堆治理工程

本次恢复治理工程主要对齐跃湾煤矿主平硐位置、风井位置以及以往民窑小井开采时所遗留的 4 处废渣堆场(KZ1、KZ2、KZ3、KZ4)进行综合整治。由于 KZ1 废渣堆场在未来矿山开采时将继续使用,本恢复治理工程主要是在其坡脚位置沿响水沟边界处设置一道浆砌石拦渣墙来对 KZ1 进行支挡与围护,同时在该拦渣墙外侧设置二级矿渣堆淋滤废水中和沉淀处理池,以收集和处理 KZ1 酸性淋滤浸出污水,对收集后的污水主要采取投加石灰乳液中和处理方案,同时还建议矿山在今后开采时尽可能对矿山废渣进行综合利用或回填采空区,以减少矿渣的排放量。对今后不再继续使用的矿渣堆(KZ2、KZ3、KZ4),首先采取削方、压实、清理与整形等地面处理,然后采用浆砌石拦渣墙对各废渣堆进行支挡与围护,最后在各废渣

堆表面覆盖不小于0.5 m的种植土后种植草本以恢复地表生态植被,生态恢复采用播撒植草+点穴法植树方案,苗木选用适宜当地气候条件的树种,如杨树、刺槐、日本落叶松等,株距2 m×2 m,三角形配置。各拦渣墙设计的基本原理同不稳定边坡挡土墙。

3.3 危岩体防治措施

目前整治危岩体崩塌的主要工程措施包括:清除、支撑、锚固、拦截、避让、监测等。综合考虑齐跃湾煤矿危岩体的稳定性状况、危害程度以及经济投入等实际情况,对治理区的三个危岩体(WY1、WY2、WY3)主要采用如下预防措施:首先对危岩体上方的松动危石进行人工清理以防危石滚落;对危岩体下部煤层按围岩移动角划分禁采区或采取边回采边充填的回采方案,以避免因采矿活动人为诱发危岩体变形崩塌破坏;在各危岩体的崩塌影响范围的边界位置设置醒目的警示牌警戒区,防止人员入内以达到避让的目的;采取人工巡查观测或仪器监测对各危岩体的变形破坏发展趋势实施监控,必要时对危岩体采取加固处理或爆破卸除工程措施;对危岩体附近的地表裂缝,在人工清缝的基础上,采用水泥砂浆灌浆法回填封堵处理方案,灌浆材料采用1:2水泥砂浆,同时在灌浆体的顶部采用0.5 m粘土夯实层隔水。

3.4 截(排)水措施

滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害一般均发生在雨季,这说明“水”对诱发产生各类地质灾害的重要性,同时排水阻渗也是地质灾害综合防治工程中常用的一种经济而有效的辅助性措施。根据防治区水文地质与地形条件,本工程主要通过合理布设截(排)水沟系统以拦截山坡地表径流水,同时对防治区的各类坡(地)面采用表层夯实或粘土夯实层防水阻渗。截(排)水沟采用梯形或矩形断面, MU30毛石与 M7.5水泥砂浆砌筑,沟壁与沟底厚30 cm, 1:3水泥砂浆抹面厚20 mm。根据防治区降雨强度、降雨历时、汇流面积等水力参数计算,设计梯形截水沟净断面宽×高40 cm×50 cm,沟坡比1:1,分支排水沟矩形净断面宽40 cm,高40~60 cm,总排水沟矩形净断面宽×高50 cm×70 cm。各截(排)水沟沟底坡度不小于0.5%,每隔15 m设伸缩缝一道,缝宽20 mm,沥青麻筋填充止水,对沟底局部疏松岩土层或低洼处进行分层夯实加固处理。

3.5 工程监测

为了解齐跃湾煤矿在矿山地质环境恢复治理工程施工期和未来生产期各类矿山地质环境问题

的发生、发展过程与稳定性状况,预防突发性地质灾害发生,同时也为了检验本恢复治理工程的效果,必须建立矿山地质环境恢复治理工程监测系统。综合考虑该矿山所存在的地质环境问题与危害后果等实际情况,按照经济适用的原则,本恢复治理工程主要采用人工宏观巡视监测方案,必要时辅以仪器监测,即首先安排具有矿山地质灾害专业知识的固定人员定期按固定线路对防治区的地面有无变形开裂、膨胀、塌(沉)陷、危岩体有无变形崩塌迹象以及地表(下)水的渗漏与变化等情况进行巡查和记录,巡查路线应以控制和覆盖各类灾害体的影响范围为原则。当发现变形异常时再采用仪器监测或进行工程处理,同时设置警示牌。人工巡视频次一般每15天监测一次,雨季每5天监测一次,暴雨、连阴雨或情况异常时加大巡视检查频次。

主平硐治理区各项恢复治理工程平面布置如图5所示。

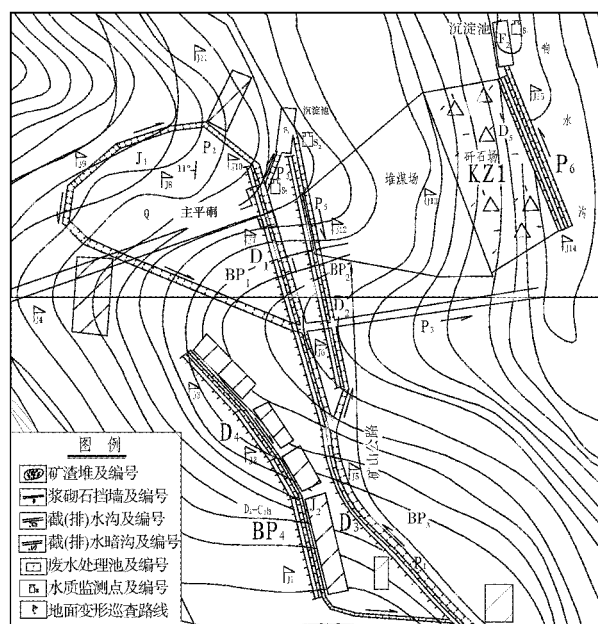


图5 恢复治理工程平面布置

Fig.5 Treatment and recovery project plane layout

4 结 语

本恢复治理工程主要是针对齐跃湾煤矿现状条件下所存在的不稳定边坡、危岩体、矿山弃渣、水质污染与生态环境破坏等矿山地质环境问题而展开的,通过本防治工程方案的具体实施,不仅可有效消除或减轻该矿山潜在的地质灾害安全隐患,而且还还可有效地保护矿山生态环境,进而实现社会效益、经济效益与环境效益的统一。其综合性恢复治理工程模式可为同类矿山所鉴用。

参考文献:

- [1] 王永生. 矿山地质环境治理存在问题及对策[J]. 南方国土资源, 2009, (12): 36-37.
- [2] 祝启坤, 黄玉清, 宋征. 某矿山地质环境问题与综合治理对策研究[J]. 地质灾害与环境保护, 2010, 21(1): 21-25.
- [3] 尉希成, 周美玲. 支挡结构设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
- [4] 中华人民共和国国家标准编写组. GB50330-2002 建筑边坡工程技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.
- [5] 曾敏, 彭红霞, 刘凤梅. 安远新龙稀土矿山地质环境综合治理研究[J]. 金属矿山, 2011, (3): 136-139.
- [6] 郑颖人, 陈祖煜, 王恭先, 等. 边坡与滑坡工程治理[M]. 北京: 人民交通出版社, 2007.
- [7] 梁汉奇. 广东石炭铜矿矿山地质环境治理[J]. 岩土工程界, 2008, 11(7): 84-85.
- [8] 王福祥, 向文远, 徐有光, 等. 大峡煤田矿山地质环境恢复治理研究[J]. 四川地质学报, 2011, 31(5): 54-57.

Countermeasures research of geological environment protection and comprehensive treatment of Qiyuewan coal mine

HUANG Yu-qing, ZHU Qi-kun, YANG Kai, SONG Zheng

(School of Environment and Civil Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: According to site investigation in Qiyuewan coal mine, there are mine geological environment problems mainly including unstable slope, dangerous rock, mine abandon slag, water pollution and ground surface eco-environment destruction, and the geological environment problems will be more serious as mining activities is continued. Comprehensively considering the mine geological environment conditions, the mine geological environment characteristics and the degree of destruction, we put forward the projects of comprehensive control, such as cutting slop and shaping, retaining and enclosing the wall, covering earth and vegetation, treating water, intercepting and draining water, monitoring engineering. After carrying out the control countermeasures, we can effectively solve the mine geological environment problems, prevent potential geological safety hazard, and protect the mine ecological environment.

Key words: mine; geological environment; geological hazard; treatment and recovery; engineering measures

本文编辑: 龚晓宁



(上接第 21 页)

Strength reduction finite difference method for solving safety factor of slope

XIA Shi-you¹, ZHANG Dian-ji¹, XIA Liang², ZENG Meng-qiu¹, WANG Li-guang¹

(1. School of environment and engineering, Wuhan institute of technology, Wuhan 430074, China;

2. Wuhan Urban and Rural Construction Committee, Wuhan 430015, China)

Abstract: The purpose of this paper is to analyze the stability of the slope accurately. based on the strength reduction finite difference method theory, the elastic-plastic theory and related theories were used to construct the model of solving steps of slope stability. The criterion for slope instability was obtained by combined use of the breakthrough of plastic zone and velocity vector diagram. and then the strength reduction finite difference method was applied to an engineering case. The analysis results show that this method can not only get the accurate slope safety factor, but also depict the slope of the deformation process and the shape of the sliding surface.

Key word: slope safety factor; stability; strength reduction technique; fast lagrangian analysis of continua; numerical simulation

本文编辑: 龚晓宁