

广西资源县某萤石矿矿山地质灾害危险性评估及防治对策

蒋剑, 郑剑锋, 陈雪源

(桂林理工大学地球科学学院, 广西 桂林 541004)

摘要:以广西资源县某萤石矿山为例,重点介绍矿山地质灾害危险性评估的分析思路及基本方法,并提出有效的防控对策。在了解矿山基本情况和查明矿山地质环境背景的基础上,综合采矿场地形及工程活动特征,对矿山地质灾害进行现状评估和预测评估,并提出了相应的防治对策。

关键词:萤石矿;地质灾害;防治对策;广西资源

中图分类号:P694

文献标识码:B

引文格式:蒋剑,郑剑锋,陈雪源.广西资源县某萤石矿矿山地质灾害危险性评估及防治对策[J].山东国土资源,2015,31(1):50-54. JIANG Jian, ZHENG Jianfeng, CHEN Xueyuan. Geology disaster risk assessment and Prevention countermeasures about a fluorite ore mine in Ziyuan county of Guangxi province[J]. Shandong Land and Resources, 2015, 31(1):50-54.

矿山地质灾害是指自然地质作用和矿山地质作用(亦称人为地质作用)导致的矿山生态地质环境恶化,并造成人类生命和财产损失或人类赖以生存的资源、环境严重破坏的灾害事件,主要包括崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷、地面沉降、地裂缝等地质灾害^[1]。近几年,随着矿产资源开发力度的不断加大,矿山地质灾害发生频率呈加剧趋势,尤其是地下开采矿山,对矿业正常生产和人居生态环境构成严重的威胁,甚至造成重大的群死群伤灾难^[2]。该次研究针对广西资源县某萤石矿矿山的地质灾害问题,分析了矿山因开采而产生及诱发的地质灾害的类型、成因,并提出了该矿山地质灾害的有效防治措施,亦可为其他同类型矿所参考。

1 矿山基本概况

矿山工程位于广西北部低山地貌区,矿区面积0.198 km²,开采矿种为萤石矿,开采方式为地下开采,开采规模为1万 t/a,开采标高为+750 m~+400m,为小型矿山。可采资源储量为78 016.77 t,由2条矿脉组成,I号脉体长约320 m,平均厚度

2.4m,其倾向为323°,倾角为65°~78°;II号脉体长340 m,平均厚为1.5 m,其产状与I号脉体基本一致。并建设有堆矿坪、采空区、炸药库、生活区和变电站等配套设施。

2 矿山地质环境概况

2.1 气象水文

矿区属中亚热带季风湿润气候区,气候温和,年平均气温16.4℃;阳光充足,年平均日照为1 305.6 h;降雨量充沛,年平均降雨量1 773 mm,有记载的日最大降雨量为1983年的6月20日,3小时降雨量达208.6 mm。

矿区相对高差较大,地表沟谷发育,较长的沟谷中只有少量的溪水存在,干旱季节常会断流,雨季和发洪水时排泄快,并最终注入北东侧的漆树底河。

2.2 地形地貌

矿区位于构造剥蚀地貌区之中低山地貌亚区,地貌类型单一,总体地势为西高东低,区内海拔标高+796.5~+400.0 m,相对高差约396.5 m,自然坡

收稿日期:2014-10-07;修订日期:2014-10-30;编辑:陶卫卫

作者简介:蒋剑(1987—),男,广西桂林人,硕士研究生,主要从事构造地质学方面研究;E-mail:364198653@qq.com

度在 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 之间,局部较陡可达 50° ,地形起伏变化大,山体主要由中细粒含斑二云钾长花岗岩体组成,山坡上覆盖有较薄的第四纪松散土层,局部岩体裸露,植被覆盖率约95%。

2.3 地层岩性与地质构造

2.3.1 地层岩性

矿区分布地层为第四系的碎石粉质粘土和腐植土,厚 $0.5 \sim 3$ m;岩体为猫儿山加里东期的肉红、浅肉红色中细粒含斑二云钾长花岗岩,岩石主要矿物成分为斜长石、钾长石和石英,其次是黑云母、白云母、堇青石及电气石。

2.3.2 地质构造

矿区NE走向断裂较发育,南东侧约1 km处有数条不知名小断裂,其中F1断层控制着南西段的I号矿体和北东段的II号矿体,倾向 $323^{\circ} \sim 330^{\circ}$,倾角 $65^{\circ} \sim 85^{\circ}$ 。矿区内岩石节理弱发育,主要发育的有2组,节理密度1条/5~10 m,其产状分别为 $250^{\circ} \angle 80^{\circ}$, $60^{\circ} \angle 70^{\circ}$,常被石英和铁、锰质等充填,主要为剪节理。

2.4 水文地质条件

2.4.1 含水岩组空间分布及其水文地质特征

矿区地下水主要分为第四系松散岩类孔隙水和块状岩类裂隙水。

第四纪松散岩类孔隙水主要分布于地势低洼地带,含水层主要为残坡积、冲洪积的粘土、粉质粘土与风化基岩碎块的混合物以及含碎石粉质粘土层等。一般含水微弱,地下水补给主要靠大气降水,加上地形陡峭,多顺地表径流或沿裂隙流走,泉流量多小于 0.5 L/s。

块状岩类裂隙水含水岩组为加里东期的中细粒含斑二云钾长花岗岩体,岩体裂隙一般不发育,多呈闭合状或被石英、方解石脉充填,为不含水层,加之矿体位于当地侵蚀基准面之上,对矿床充水没有多大影响,地下水主要分布于花岗岩与风化残坡积层界面中,一般含水量中等,常见泉流量 $0.34 \sim 0.78$ L/s,最大达 2.357 L/s。

2.4.2 断层破碎带含水特征

矿区内主要发育F1断层,两侧岩体质地坚硬,裂隙和孔隙弱发育,因此,断层带透水性较差,富水性弱,一般仅在雨季或雨后有少量降水沿断层带下渗,但水量不大。

2.5 工程地质条件

矿区可划分为块状坚硬花岗岩岩组和第四纪松散土体2大岩土体类型。

块状坚硬花岗岩岩组分布于整个矿区,该组岩石结构致密,抗拉强度(P_t) $7 \sim 25$ MPa,内摩擦角 $\varphi = 45^{\circ} \sim 60^{\circ}$,软化系数(K) 0.8 ,粘聚力 $C = 14 \sim 50$ MPa,饱和单轴抗压强度(R_c) $100 \sim 250$ MPa,属硬质岩石,压缩性低,承载力高。部分出露的岩体由于节理裂隙发育,力学性能受到一定影响,但岩体总体较完整,切坡较稳定。

第四纪松散土体主要分布于评估区的山坡及坡角处,为基岩风化而成的残坡积松散土层,黄褐色—浅棕色,中密—稍密,属中等压缩性土,近地表或被揭露而失水干燥多为松散状态,成分主要为粘土,局部夹砂或花岗岩碎块。

3 矿山地质灾害现状评估

野外调查表明,矿区内除局部地段因耕种和平硐口开挖造成小规模水土流失不良地质现象外,未见有地质灾害发生。因此,现状评估认为,评估区地质灾害弱发育,危害程度小,危险性小,地质灾害影响程度较轻。

4 矿山地质灾害预测评估

4.1 预测采矿活动可能引发的地质灾害

4.1.1 崩塌、滑坡

(1)平硐口均为逆坡开拓,硐口需修整切坡,硐口处山坡自然坡角一般 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$,后缘山坡高;在前期平硐开拓过程中已形成3处宽 $3 \sim 6$ m,高 $2 \sim 8$ m,坡角 $70^{\circ} \sim 86^{\circ}$ 的岩土质边坡。硐口人工切坡形成较高陡临空面,后缘山坡陡且高,在自身重应力、施工机械振动、爆破作业等因素作用下,引发崩塌、滑坡地质灾害的发生,其规模小于 150 m³。由于工作人员及机械经常进出平硐口,崩塌、滑坡地质灾害一旦产生,将直接危害采矿设备及工作人员(6~12人)的安全,影响采矿作业的正常进行。因此,预测平硐口边坡引发边坡崩塌、滑坡地质灾害的可能性中等,危害程度中等,危险性中等。

(2)废渣场和表土堆放场建设可能引发的崩塌、滑坡地质灾害危险性预测评估。在采矿活动中,废渣场、表土堆放场将形成高 $1 \sim 3$ m、边坡角 $40^{\circ} \sim$

60°、体积约3 800 m³的堆积体,主要由矿山开采过程产生的废渣土石组成。上述边坡体结构松散、稳定性较差,在降雨和机械振(震)动等作用下易引发崩塌、滑坡地质灾害。主要危害附近的工作人员(5~8人)、运输车辆及机械设备等。鉴于上述场地不会形成较大的堆积体(<5 000 m³)。预测上述区段引发崩塌、滑坡的可能性中等,危害程度小,危险性小。

4.1.2 泥石流

评估区雨量充沛,地形起伏较大、坡高谷深,加之残坡积层较为松散,具备发生泥石流的环境地质条件。在修建矿山配套设施剥离的表土和平硐开拓及采矿过程中形成的废渣在平硐口斜坡或冲沟中堆积,堆积体坡度较陡(一般35°~45°),加之废渣堆积体结构松散、稳定系数低、防冲刷能力弱,为泥石流的产生提供了物源。因此,在遇到持续强降雨时,地下排泄区的地下水排量增大,孔隙水压力加强,地面山洪暴发,在地表水的冲刷及地下水的渗透作用下,可能使堆放的堆积体饱和、流动,引发泥石流地质灾害。泥石流可能对当地水土资源及生态环境产生长期的不利影响,亦会堵塞溪沟、破坏环境,也会威胁到附近过往的车辆、工作人员、居民(8~15人)及矿山的生产、生活设施及其下游地区。预测采矿活动引发泥石流地质灾害发生的可能性中等,危害程度中等,危险性中等。

4.1.3 采空区地面塌陷

随着矿山对矿体的开采,将会形成一定的采空区,为不稳定岩体提供了临空面,上部岩土体原有平衡被破坏,在重力作用下,矿体上方地表岩、土体可能向下陷落引发采空区地面塌陷^[3-4]。

为了客观地评估采空区地面塌陷的危害性,对采空区的垮落带高度 H_m 、导水裂隙带高度 H_{li} 进行估算,其结果作为采空区地表塌陷评价的依据。计算结果见表1:

表1 各矿体导水裂隙带、垮落带高度预测值计算

矿体编号	矿体平均倾角(°)	矿体平均厚度(m)	回采阶段高度(m)	导水裂隙带高度(m)	垮落带高度(m)
I	77	2.4	1.6	2.75 ± 8.4	(1.1~1.38) ± 8.4
II	75	2	1.8	2.56 ± 8.4	(1.03~1.28) ± 8.4

$$\text{导水裂隙带高度 } H_{li} = \frac{100Mh}{4.1h + 133} \pm 8.4 \text{ (倾角大}$$

于55°)

垮落带高度 $H_m = (0.4 \sim 0.5) H_{li}$ (倾角大于55°)

式中: M —矿层法线厚度(m); h —回采阶段高度(m)。

表1计算结果表明,矿体厚度越大,采空区垮落带高度及导水裂隙带高度越大,地表变形受影响越明显;该次设计I, II号矿体采空区埋深分别为25 m, 23 m, 均大于各自矿体的导水裂隙带高度及垮落带高度,且采空区埋深大于5倍以上采厚。因此,预测评估采矿活动引发采空区地面塌陷的可能性小,危害程度小,危险性小。

4.1.4 采空区地面沉陷

随着矿山开采形成采空区,则为不稳定岩体提供了临空面,上部岩土体原有平衡被破坏,在重力作用下,顶部基岩及围岩可能会发生移动和变形,引起地表发生下错、移动,最终引发采空区地面沉陷^[3-4]。为了客观地评估采空区地面沉陷危害性,对采空区的地表影响区半径 r 、地表最大下沉值 W_{cm} 、最大倾斜值 i_{cm} 、最大曲率值 K_{cm} 、最大水平移动值 e_{cm} 、最大水平变形值 u_{cm} 估算,其结果作为采空区地面沉陷评价的依据。计算结果见表2、表3:

表2 各矿体充分采动程度预测值计算

矿体编号	D_1 (m)	D_3 (m)	H_0 (m)	D_1/H_0	D_3/H_0	充分采动程度	n_1	n_2
I	50	300	30	1.66	10.0	超充分采动	1.5	9
II	65	350	26	2.50	13.4	超充分采动	2.25	12.11

采区尺寸大小与充分采动程度:

$D_1/H_0, D_3/H_0 < 1.2 \sim 1.4$ 时地表为非充分采动;

$D_1/H_0, D_3/H_0 = 1.2 \sim 1.4$ 时地表为充分采动;

$D_1/H_0, D_3/H_0 > 1.2 \sim 1.4$ 时地表为超充分采动;

充分采动系数 $n_1 = 0.9D_1/H_0; n_2 = 0.9D_3/H_0$; 当 n 值 > 1 时取 1。

式中: D_1, D_3 —采空区沿倾斜方向和走向的实际长度; H_0 —平均采深; n_1, n_2 —倾斜方向和走向的采动系数。

地表移动与变形预测值计算公式如下^[5]:

最大下沉值 $W_{cm} = Mq\cos\alpha$ (mm) (充分采动)

$$W_{cm} = Mq\cos\alpha \times \sqrt{n_1 \times n_2} \text{ (mm) (非充分采动)}$$

式中: M —矿体开采厚度(m); q —单层采动下沉系数; α —矿体倾角。

最大倾斜值 $i_{cm} = W_{cm}/r$ (mm/m)

最大曲率值 $K_{cm} = 1.52W_{cm}/r^2$ ($10^{-3}/m$)

最大水平移动值 $\varepsilon_{cm} = bW_{cm}$ (mm)

最大水平变形值 $u_{cm} = 1.52bW_{cm}/r$ (mm/m)

地表影响区半径 $r = H/\tan\beta$

式中: H —采区边界开采深度(m); β —移动角,参考同类矿山经验和岩体的工程地质性质,按 $\beta = 70^\circ$ 计算; b —水平移动系数,取 $b = 0.3(1 + 0.0086\alpha)$ 。

表3 各矿体采空区变形预测值计算

矿体编号	边界采深 H (m)	矿体倾角 α ($^\circ$)	平均采厚 (m)	下沉系数 q	地表影响区半径 r (m)	水平移动系数 b	最大下沉值 W_{cm} (mm)	最大倾斜值 i_{cm} (mm/m)	最大曲率值 K_{cm} (mm/m ²)	最大水平移动值 ε_{cm} (mm)	最大水平变形值 U_{cm} (mm/m)
I	25	77	2.4	0.65	9.10	0.498	350	38.46	6.42	174.3	29.11
II	23	75	2.0	0.65	8.37	0.493	336	40.14	7.29	165.6	30.08

注:表中矿体采深 H 、倾角 α 取对地表变形影响最大的值。

表3 计算结果表明,采空区采深越深,其对应地表影响范围越大,最大倾斜值 i_{cm} 、最大曲率值 K_{cm} 、最大水平变形值 ε_{cm} 则越小;采深越浅,地表受其影响就越小。该次估算 I, II 号矿体采空区地面最大下沉值分别为 350 mm, 336 mm, 由此可见,矿山地下开采后引发采空区地面沉陷的可能性小,引发采空区地面沉陷范围内没有村庄及其他永久建筑物,可能造成损失较小,其危害程度小,危险性小。

4.2 预测采矿活动本身可能遭受的地质灾害

根据评估区地质灾害发育现状及项目建设本身可能引发地质灾害分析,预测平硐口、废渣场、表土堆放场、炸药库及生活区等区段遭受崩塌、滑坡地质灾害的可能性中等,危害程度小—中等,危险性小—中等;预测废渣场和表土堆放场遭受泥石流地质灾害的可能性中等,危害程度中等,危险性中等;预测平硐上部区域遭受采空区地面塌陷和采空区地面沉陷地质灾害的可能性小,危害程度小,危险性小。

5 矿山地质灾害防治工程措施

根据上述矿山存在的地质灾害类型及其特点,分别制定相应的工程措施。

5.1 崩塌、滑坡防治工程措施

(1) 平硐口。对平硐口边坡危岩进行清理,集中堆放于废渣场。采用混凝土支护平硐口不稳定地段,对 II 号矿体平硐进行重点防治(开采标高与当地侵蚀基准面较接近),支护平硐口以内 10 m 地段;其余平硐支护平硐口以内 5 m 地段。砌碛厚度 0.2 m,平硐口上宽 2.2 m,下宽 2.4 m,高 2 m。

(2) 废渣场及表土堆放场边坡。在废渣场和表土堆放场下游修建挡土墙,上游修建排水沟,并随着

采矿活动的进行,废渣量增加,适当扩增废渣场的面积来减小高度,减缓坡度。

5.2 泥石流防治工程措施

在废渣场和表土堆放场下游坡脚处修建拦渣墙,墙顶修建排水沟,闭坑后对剩余废渣进行植物固化。

5.3 采空区地面沉(塌)陷防治工程措施

填充地下采空区,保证有充填硐口以内长 20 m 平硐,然后在平硐口处修建厚 1 m 的浆砌石墙封堵硐口,封堵完工后,在平硐口边坡上下各种植一排爬山虎;同时采用监测、警示措施,对预测地面沉(塌)陷范围进行监测。

6 结语

我国矿山种类多、分布广、规模小、富矿少、基础差,由于技术、管理、效益等多种因素,资源开发中的安全隐患相当严重,地质灾害频发^[6],而矿山地质灾害直接关系到国计民生,关系到社会的可持续发展^[6]。

该文以广西资源县某萤石矿矿山为例,客观和科学地提出了该类矿山地质灾害危险性评估的分析思路及基本方法,并在提出一些具体有效的防治工程措施,有利于消除和减少地质灾害的发生,实现矿山的可持续发展。

参考文献:

- [1] 唐春,李波. 矿山地质灾害防治与土地复垦[J]. 中国水土保持, 2007, (2): 25-27.
- [2] 何芳,徐友宁,乔冈,陈华清,刘瑞平. 中国矿山地质灾害分布特征[J]. 地质通报, 2012, (Z1): 476-485.
- [3] 肖荣,李红明,罗瑞,周辉,蓝俊先. 广西龙胜芭蕉湾滑石矿地

- 质灾害评估及其防治措施[J]. 现代矿业, 2011, (2): 59 - 61.
- [4] 谢永彬, 毛煜露. 广西灌阳方解石矿矿山地质环境影响评估及治理恢复措施[J]. 山东国土资源, 2014, 30(4): 78 - 81.
- [5] DB45/T 382—2006. 广西建设项目地质灾害危险性评估规程[S].
- [6] 郭维君, 崔晓艳, 肖桂元, 吴萌. 矿山地质灾害主要类型及防治对策研究[J]. 金属矿山, 2010, (8): 148 - 151.
- [7] 魏东岩. 矿山地质灾害分析[J]. 化工矿产地质, 2003, (2): 89 - 93.

Geology disaster risk assessment and Prevention countermeasures about a fluorite ore mine in Ziyuan county of Guangxi province

JIANG Jian, ZHENG Jianfeng, CHEN Xueyuan

(Earth Science College of Guilin University of Technology, Guangxi Guilin 541004, China)

Abstract: Taking a fluorite mine in Ziyuan county of Guangxi as an example, with emphasis on the analysis of the mine geological disaster risk evaluation thoughts and basic methods, and the effective prevention and control countermeasures are put forward. In understanding mine basic situation and find out the mine geological environment background, on the basis of On the basis of comprehensive mining area topography and the characteristics of engineering activities of situation assessment and forecast of mine geology hazard assessment, and put forward the corresponding countermeasures.

Key words: Fluorite mine; geological disasters; Prevention and control measures; Ziyuan county in Guangxi province