

广西桂林桐木湾石灰岩矿山地质灾害发育特征及其防治措施

夏瑜

(桂林理工大学地球科学学院, 广西 桂林 541004)

摘要: 桂林是广西石灰岩矿的主要产出地之一, 及时合理地处理矿区地质灾害是关系到矿山安全建设和解决地质环境问题的关键环节。该文以桂林桐木湾石灰岩矿山为例, 通过分析该区现状地质灾害发育程度, 结合矿山地质环境特征, 进一步预测采矿活动可能引发和加剧的地质灾害类型以及地质灾害易发区和危险区, 并在此基础上作出地质灾害综合发育程度分析, 提出合理可行的防治监测措施。

关键词: 石灰岩矿; 地质灾害; 岩溶地面塌陷; 防治监测; 广西桂林

中图分类号: P642.2

文献标识码: A

0 引言

地质灾害是指在地球的发展演化过程中, 由各种自然地质作用和人类活动所形成的灾害性地质事件^[1]。该文所指地质灾害是因矿产资源勘查开采等活动所造成的类型, 包括危岩、崩塌、滑坡、地面塌陷等类型^[2]。地质灾害评价对矿山安全生产有着重要影响, 是判断矿区继续开采的适宜性的科学依据。

石灰岩是建筑、冶金、化工、食品等诸多行业中广泛使用的工业原料, 石灰岩矿山的开发建设情况对国民经济的发展有着重要作用。桂林是广西石灰岩的主要产出地之一, 其石灰岩累计探明储量约占广西总量的23%, 约占估算资源总量的2.5%^[3]。该区石灰岩主要以孤峰、峰丛和峰林等形式出露, 主要赋矿地层包括: 寒武系、奥陶系、泥盆系、石炭系、二叠系等^①。桂林地区的石灰岩矿资源丰富、质量好、厚度大、植被和土壤覆盖率低, 是良好的建筑原料, 石灰岩矿山的开采活动在该区也十分频繁。

桂林石灰岩矿山主要发育的地质灾害包括危岩、崩塌、滑坡、岩溶地面塌陷等类型。该文以桂林

某小型石灰岩矿山为例, 通过对地质灾害的类型、特征和成因分析, 提出有针对性的防治和监测措施, 是保障矿山安全建设和解决地质环境问题的重要依据。

1 矿山概况及地质环境背景

1.1 矿山概况

矿区位于广西桂林市灵川县境内, 矿区面积0.25 hm², 开采标高+381~+325 m, 设计生产能力2万t/a, 为一小型建筑石料用石灰岩矿矿山。矿山采用水平分层露天台阶式采掘方法, 总体从上到下按水平分层开采, 按采掘带顺序由南向北推进^②。矿山的工程布置主要包括开采平台、矿山公路、生活区、破碎场、堆料场及废渣场等基础设施。

1.2 矿山地质环境背景

矿区位于亚热带季风气候区, 平均气温17.5℃, 无霜期285 d/a, 平均降雨量约1 894 mm/a, 降雨天数为70~199 d/a。地貌上, 矿区位于桂林市侵蚀溶蚀地貌区之孤峰平原地貌亚区^③, 类型单一。地势

* 收稿日期: 2013-03-11; 修订日期: 2013-04-03; 编辑: 曹丽丽

作者简介: 夏瑜(1987—), 女, 研究生在读, 研究方向为有色及贵金属矿床成因; E-mail: xiayu9018@sina.com。

①地质部广西壮族自治区地质局, 1:20万桂林幅区域测量地质报告书, 1970年。

②广西工业建筑设计研究院, 灵川县大庙塘桐木湾采石场开采设计方案, 2005年。

③广西壮族自治区水文工程地质队, 1:20万桂林幅区域水文地质普查报告, 1984年。

西北高东南低,海拔标高+391.7~+321.4 m,地形坡度一般 20°~35°,局部较陡。矿区占用、破坏的自然土地类型为灌木林地和荒草地。

矿区附近无新构造活动痕迹,构造较稳定,出露地层为晚泥盆世灰岩,表面覆盖有少量的第四纪浮土层。矿体呈孤峰状产出,总体为一单斜构造,岩层产状 300°∠33°。矿石为灰白色灰岩,细晶结构,中一厚层状构造,主要矿物成分为方解石(CaCO₃),硬度 3~4 级,比重 2.6 t/m³,性较脆,具不规则状断口^①。矿区主要工程场地岩土体工程地质性质较差,局部岩层节理裂隙和岩溶中等发育,水文地质条件简单,地下水类型主要为基岩裂隙水和碳酸盐岩溶洞水^②,矿山地质环境复杂条件属中等类型。

2 地质灾害现状分布特征

野外调查发现,矿区现状条件下主要发育的地质灾害类型为危岩(表 1)。现存危岩体均位于采场开采形成的岩质边坡上部,为开采过程中未清除的活石;单块体积 8~100 m³,总体积近 300 m³,属于小型危岩(<1 万 m³);距离坡脚底部 6~25 m,总体崩落方向为采场内侧平台及废渣场两侧。危岩体主要由晚泥盆世灰岩组成,目前处于稳定状态,虽对区内机械设备及工作人员有危害性,但尚未造成评估区内人员伤亡和财产损失。因此,矿山现状地质灾害程度为弱发育。

表 1 矿区现存危岩特征

编号	地理位置	体积(m ³)	主要特征
W1	场东北部	84	小型危岩。开采过程中未清除的活石,岩块竖直,上部破碎,距坡脚 6 m,欲崩落方向 161°,稳定性较差
W2		8	小型危岩。下空,仅后侧和右侧与母岩相连,前部往外侧凸出呈伞檐状,距坡脚 10 m,欲崩落方向 158°,稳定性较差
W3		35	小型危岩。开采过程中尚未清除的活石,岩块竖直,自身裂隙发育,下部与 W1 危岩相连,距坡脚 15 m,欲崩落方向 158°,稳定性较差
W4	采场西北部顶端	100	小型危岩。开采过程中尚未清除的活石,立方体状,下空,仅后侧和左侧与母岩相连,顶部植被根系发育,距坡脚 25 m,欲崩落方向 158°,稳定性较差
W5	采场西北部半山腰	72	小型危岩。开采过程中尚未清除的活石,长条状,风化裂隙发育,岩块较破碎,左侧表面有根系附着,距坡脚 20 m,欲崩落方向 126°,稳定性较差

3 地质灾害发展趋势预测

地质灾害的发生主要与地貌环境、地质体本身的稳定性有关以外,还受到暴雨、振动力、风化作用和人类工程活动等的影响。其中,现有的危岩体和不稳定岩土质边坡是崩塌、滑坡地质灾害的易发地形地貌,而岩溶地面塌陷则是碳酸盐岩分布地区常发生的地质灾害类型。矿区处于侵蚀溶蚀地貌区之孤峰平原地貌亚区,岩溶地貌中等发育。区内石灰岩组成的山体即矿体,山体表面有第四纪浮土覆盖,植被发育,岩体节理裂隙发育,风力和水力作用形成的红粘土普遍发育于岩石的节理裂隙中,危岩体和边坡岩体不具有长期稳定性。因此,根据矿区的地形地貌、水文地质条件、岩土体特征和人类工程活动条件,认为采矿活动可能引发的地质灾害类型包括崩塌、滑坡和岩溶地面塌陷,重点威胁的地带包括矿区的开采平台、破碎场、进矿公路和堆料场等区。

3.1 采矿活动可能引发的地质灾害

3.1.1 崩塌滑坡

开采边坡发育的危岩体和矿区内 2 处不稳定边坡(开采边坡、废渣场边坡),是采矿活动可能引发崩塌、滑坡地质灾害的客观条件之一。按照边坡破坏的具体部位,可能引发的崩塌类型可分为坡体、边坡和坡面崩滑 3 种。

坡体崩塌、滑坡:物源为矿山未及时清理及开采过程中继发的危岩体。危岩体发育于开采边坡上方,由晚泥盆世灰岩组成。岩体体积较小,两面或三面悬挂,后壁与母岩相连,一般发育 2~3 组节理,裂隙为红粘土充填。矿区所处地段雨水和风化作用发育,可使危岩体的节理裂隙扩展增加不稳定性,加之采矿活动所用爆破、挖掘和车辆过往形成的振动力,危岩体整体重心向临空面外移失稳脱离母岩崩落,或整体沿着剪切面滑落,形成崩塌、滑坡地质灾害。

① 广西工业建筑设计研究院,灵川县大庙塘桐木湾采石场开采设计方案,2005 年。

② 广西壮族自治区水文工程地质队,1:20 万桂林幅区域水文地质普查报告,1984 年。

边坡崩塌:物源为开采边坡,主要分布于矿山的南东侧。矿山自然坡面岩土体较松散,透水性较强,开采边坡所属的下伏基岩结构较密实,透水性较差,具二元结构。矿石开采及道路修建等工程开挖坡角,会使斜坡根部失去支撑部分,导致坡体失稳。边坡在机械振动、荷载等作业及饱和和强降雨侵蚀作用下,会使边坡上岩土体产生位移、形变,引发岩块、松散体崩塌、滑落形成地质灾害。

坡面崩塌:废渣场露天堆放于采场下围平地之上,主要由松散的碎石土夹杂泥质、粉渣堆积而成,其前缘边坡宽约 85 m,均厚约 3 m,高约 10 m,坡角 40°。该边坡岩土体本身颗粒不均,结构松散、透水性较强,后期堆放叠加及堆放不当等原因,必然会使废渣场堆载叠加。在后续采矿活动中若定期清理废渣土,过重堆载将会致边坡坡体下滑力加大。当受到雨水、采矿爆破和车辆震动等的影响时,坡面岩土体会发生坍塌或局部松动掉石形成坡面崩塌。但废渣场岩土体形成范围较小(<1 万 m³),坡度较缓(<45°),因此,采矿活动可能引发该段的崩滑灾害一般属于小型规模,危害程度也较小。

3.1.2 岩溶地面塌陷

矿区内碳酸盐岩岩溶中等发育,上覆第四纪土层厚度较薄,具备岩溶地面塌陷发育的基本条件。虽然在评估区尚未发育岩溶地面塌陷,但岩溶塌陷属于桂林普遍发育的地质灾害类型^[4],据与该区相似矿山以往的开采实践情况,边坡开挖、人工爆破以及运输工具的振动和荷载等所产生的作用,都可能破坏地下岩溶管道和溶洞的支撑平衡,致使其顶板塌落,形成基岩塌陷,因此,一般此类矿山,岩溶地面塌陷均有发育可能^[5]。此外,矿区分布有基岩裂隙水和碳酸盐岩溶洞水,具有较活跃的水动力循环,地下水位波动的崩解作用,可使覆盖土层反复饱和失水,形成土洞并向上扩展,形成的红粘土结构联结力较弱,遇水易产生崩解,引起溶洞地基的塌陷失稳^[6]。岩溶地面塌陷的易发区和危险区为整个矿区范围。

3.2 采矿活动可能加剧的地质灾害

预测采矿活动可能加剧的地质灾害主要为危岩体。一方面,随着开采继续推进,开采边坡在开采过程中会不可避免地产生未能及时清理的碎块、活石,增加危岩;另一方面,现状存在的危岩体稳定性低,采矿活动的表层岩土体的剥离、机械的震(振)动等作

用会破坏已有危岩暂时的平衡状态,使危岩坠落加剧形成崩塌、滑坡地质灾害。

4 地质灾害综合评估

灾害综合评估包括地质灾害发育程度、危害程度和危险性 3 个方面。该矿山现状虽有危岩发育,但尚未造成人员伤亡和直接经济损失,地质灾害弱发育(表 2);预测采矿活动可能引发和加剧的地质灾害类型包括危岩、崩塌、滑坡和岩溶地面塌陷的可能性中等,危害程度小,危险性小;综合评估认为该矿山地质灾害危险程度中等。

表 2 地质灾害发育程度分级

分级	确定要素				
	稳定状态	已造成经济损失		地质灾害	
		死亡人数	直接经济损失(万元)	规模	数量(点/km ²)
强发育	不稳定	≥10	≥500	中、大型为主	多(>5)
中等发育	基本稳定	3~9	100~500	小—中型为主	中等(3~5)
弱发育	稳定	<3	<100	小型为主	少(<3)

注:每级 5 项要素中,有 2 项符合较高发育程度者即划分为该发育程度级别

5 地质灾害防治措施

5.1 对崩塌、滑坡的防治和监测工程

崩塌、滑坡的重点防治监测区为开采边坡、废渣场边坡、开采平台、破碎场、进矿公路和堆料场等区域。现状未发育此类地质灾害,但已有 2 处不稳定边坡为灾害重点诱发区。主要采取的防治工程措施包括:

(1)截排水工程:要注意保持边坡上方的截水和排泄,避免汇水面积过大或水流排泄不畅对边坡稳定性造成不良影响;对开采平台形成的裂缝要及时封闭或回填。

(2)岩体稳固工程:对已形成小型的不稳定岩块应采取手动撬动等方式及时清理;若开采结束后形成规模巨大的围岩,可采用支顶、锚固或抗滑桩等施工技术给予稳固。对开采过程形成的废石渣要及时堆放到废渣场,并对废渣场边坡进行排土夯实。

(3)护坡工程:开采结束后形成的采场边坡,要保证其单层坡面垂直高度不大于 20 m,坡面宽度不小于 1 m;中—厚层岩质表层土质含量稀少,不适宜进行绿化护坡。在每层边坡面建议采用浆砌片石护坡,设计厚度以 0.3~0.4 m 为宜,并在浆砌片石护坡工程中加以泄水孔,孔径以 6 cm 为宜。对废渣场

边坡,建议在靠近公路一侧修建浆砌片石单级护墙,设计高度以 6 m 为宜,厚度 0.4 m。

(4)警示工程:在矿山开采过程中,在采场形成的最终边坡和工程维稳的岩体其附近树立警示牌,禁止无关人员进入地质灾害易发区和危险区。

(5)检测巡视工程:建议安排专业技术人员在工程维稳的危岩体和最终采场边坡两侧下方设立崩滑监测点,定期监测记录。对崩塌的检测包括绝对位移、相对位移、地面倾斜和地下水检测等方面;对滑坡的检测主要包括地下水动态检测、滑坡推力实测和建筑物变形检测。滑坡和崩塌的检测建议同步进行,结合倾斜仪、水准仪和 GPS 等精密仪器测量记录,检测频率为半个月一次,雨季增加为 5 天一次。若发现有危及过往人员人身安全的崩塌、滑坡等地质灾害及其隐患时,要根据地质灾害发育特征、规模采取支挡工程、加固工程、削坡工程、压脚工程等措施,及时消除隐患并组织人员撤离。

5.2 对岩溶地面塌陷的防治和监测工程

岩溶地面塌陷的危害范围包括整个矿区,主要采取的防治工程包括:在局部土体覆盖较厚区域进行建设工程须进行插钎验槽,查明隐伏溶洞、土洞是否存在,避免岩溶地面塌陷影响矿山工程建设。监测工程以巡查为主:定期对采场、堆料场、生活区等区域进行大比例尺地质填图和拍摄记录,结合倾斜仪对矿山周边形变测量采用短水准测量方式;如果

发现地面变形、裂缝及建筑物裂缝等不良工程地质问题时,应及时采取措施进行处理。

6 结语

该文结合矿山实例,分析了桂林石灰岩矿山易发的几种地质灾害的类型、特征和成因分析,指明了矿山后续采矿活动可能引发和加剧的地质灾害类型及其发展趋势,并针对灾害易发区和危险区提出了有效的防治监测手段。该矿山为典型的岩溶地区露天开采小型矿山,其出现的地质灾害特征与桂林地区石灰岩矿山具有极大相似性,可作为该类同规模矿山地质灾害易发的类型、特征、成因分析及防治措施的实际参考。

参考文献:

- [1] 潘懋,李铁峰. 灾害地质学[M]. 北京:北京大学出版社,2002.
- [2] 广西壮族自治区质量技术监督局. 建设项目地质灾害危险性评估规程(DB45/T382)[S]. 2006.
- [3] 罗允义. 广西石灰岩成矿预测、资源总量估算及综合利用研究[J]. 桂林工学院学报,2002,22(3):328-332.
- [4] 缪钟灵,宗凤书. 桂林岩溶塌陷风险评价[J]. 中国地质灾害与防治学报,1995,6(2):57-66.
- [5] 牛聪聪,张丽霞,韩代成. 广西龙胜曾家塘滑石矿地质灾害评估与防治[J]. 山东国土资源,2012,28(4):36-38.
- [6] 刘之葵,刘宝臣,谢永雄. 桂林岩溶地基中的不良地质现象及治理[J]. 路基工程,2007,(5):163-167.

Development Characteristics and Protection Countermeasures of Geological Disasters in Tongmuwan Limestone Deposit in Guangxi Province

XIA Yu

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

Abstract: Guilin province is one of the main outcropping area of limestone deposit in Guangxi province. Timely and reasonably conduction of geological disasters is the key of safety construction and solving geological environment problems. Setting Tongmuwan limestone deposit in Guangxi province as an example, through analyzing present conditon of developing level of geological disasters in this area, combining with geological environment characteristics, types of geological disasters which are caused and aggravated by mining activities have been predicated. Geological disasters occurrence areas and dangerous areas have been divided. On these basis, comprehensive development levels of geological disasters have been analyzed, and reasonable and feasible prevention and monitoring countermeasure have been put forward.

Key words: Limestone mine; landslip; landslide; karst ground collapse; prevention and monitoring; Guangxi province