

文章编号: 1006-4362(2023)03-0097-08

山区煤矿可研阶段地质灾害危险性评估的重要性

王彤标¹, 宋绍飞², 王刘文¹, 陈金宏¹, 高明专³

(1. 贵州省煤矿设计研究院有限公司, 贵阳 550025; 2. 贵州天然气管网有限责任公司, 贵阳 550016;
3. 贵州盘江精煤股份有限公司, 盘州 561600)

摘要: 贵州山区地质环境脆弱, 煤矿开采易引发地质灾害。为使煤矿业主充分认识到可行性研究阶段开展地质灾害危险性评估工作的目的与意义, 以某煤矿为例, 结合其地形条件、煤层赋存条件及开采方案设计, 采用赤平投影、稳定性检算、数值模拟等方法对开采前后不同工况下山体的稳定性进行了直接、间接的影响分析, 结果表明该煤矿开采后引发地质灾害的可能性大, 治理地质灾害的难度大、投资额高, 项目的投资可行性较差。进而得出应将地质灾害危险性评估报告的主要结论纳入可行性研究报告或在可行性研究报告中增加专门篇章的结论。

关键词: 山区煤矿; 可行性研究; 地质灾害; 危险性评估

中图分类号: P694; TD167 **文献标识码:** A

IMPORTANCE OF GEOLOGICAL HAZARD RISK ASSESSMENT IN THE FEASIBILITY STAGE OF MOUNTAIN COAL MINE

WANG Tong-biao¹, SONG Shao-fei², WANG Liu-wen¹, CHEN Jin-hong¹, GAO Ming-zhuan³

(1. Guizhou Coal Mine Design and Research Institute Co., Ltd., Guiyang 550025, China;

2. Guizhou Natural Gas Pipeline Network Co., Ltd., Guiyang 550016, China;

3. Guizhou Panjiang Clean Coal Co., Ltd., Panzhou 561600, China)

Abstract: The mountainous region of Guizhou has a fragile geological environment, making it susceptible to geological disasters when coal mining activities take place. This study aims to emphasize the importance and significance of conducting geological hazard risk assessments during the feasibility study stage of mining projects. Using a specific coal mine as a case study, and considering its topographical features, coal seam deposition, and proposed mining designs, we employed methods like stereographic projection, stability analysis, and numerical simulation. These methods helped in evaluating both direct and indirect impacts on mountain stability under different mining conditions. Our findings suggest a high probability of geological disasters post-mining, indicating challenges in disaster mitigation, increased associated costs, and a subsequent lack of investment feasibility. Therefore, we recommend incorporating the primary conclusions of geological hazard risk assessments into the main feasibility study report or adding a dedicated section addressing these findings.

Key words: mountain coal mine; feasibility study; geological disaster; risk assessment

收稿日期: 2022-08-20 改回日期: 2022-10-12

基金项目: 贵州省煤矿安全高效开采技术支撑与服务人才基地基金资助(GMY-RD2022, KJ-010)

可行性研究阶段最重要的任务是方案比选以及投资效益的分析,对投资的影响程度最大,故其成果必须满足建设单位对项目决策的需要^[1]。煤矿项目的主要开拓开采方案、各系统设计和主要设备的选择以及投资效益等均在可行性研究报告中基本确定,而众多的前置、后置文件的审批、项目众多对外协议的签署等均主要以可行性研究报告为依据^[2-3],故可行性研究报告是煤矿建设项目最重要的基础性文件。

可行性研究报告编制的支撑资料包括工程选址意见书、取水意向书、供电承诺函、市场调研资料、经济指标、地质勘查资料,以及有关单位和部门对制约矿井开拓开采的军事设施、文物保护单位、水资源保护区及敏感保护目标的审核意见等。对矿区内地质灾害情况的论述来源于地质勘查报告,但地质勘查报告内容以地层、地质构造、煤层、煤质、开采技术条件、矿井资源储量的分类与计算等内容为主,对矿区内地质灾害的论证分析较简单且偏重现状描述^[4-5],对未来煤矿开采引发地质灾害的威胁程度认识缺失或泛泛而谈。上述情况导致可行性研究阶段对地质灾害缺乏足够的认识和重视^[6]。

按照国家相关规定,在地质灾害易发区内进行各类工程建设和规划可行性研究阶段应进行地质灾害危险性评估^[7],煤矿也需要编制矿山地质环境保护与恢复治理方案代替地质灾害危险性评估报告,但该方案对地质灾害的诱发因素、危害程度、危险性大小的分析偏定性,同时与矿井特别是新建矿井的生产规划衔接性不强,针对性、时效性、指导性有限,导致煤矿业主对该方案的重视程度不够。目前,多数的矿山地质环境保护与恢复治理方案仅被作为程序性文件对待^[8-9]。

以贵州为例,煤矿分布区以山地地貌为主,地形起伏大,地质环境脆弱^[10]。煤矿开采引发地质灾害的问题较突出,在坡度相对平缓地段易引发采空塌陷、地裂缝,在地势较陡地段易引发山体开裂、陡崖崩塌,在部分第四系堆积体较厚的地段还可能引发滑坡^[11-13],甚至有时可能形成崩塌→滑坡→泥石流的灾害链。但以往煤矿业主对山区煤矿开采引发地质灾害问题的认识,主要停留在地质灾害发生后会导致煤矿的治理或搬迁费用增加^[14],而对地质灾害问题可能造成投资效益变差甚至使项目变得不可行的风险基本没有考虑到。

为使煤矿业主、管理部门充分认识到煤矿开采引发地质灾害有可能对煤矿建设项目可行性带来的不利影响,本文以某煤矿为例,通过分地段、分状态、

分工况对其先期开采地段范围内开采引发地质灾害的直接、间接影响预测评估,说明煤矿开采后引发地质灾害的可能性大、危险性大、治理难度大、投资巨大,项目建设的适宜性差,项目的投资可行性较差;若及早发现问题,则决策结果会完全不同、投资效益会更好。由此说明了山区煤矿在可研阶段开展地质灾害危险性评估的重要性,希望能引起相关煤矿业主和设计单位对该项工作的重视,并希望为其他山区新建煤矿的可行性研究和地质灾害危险性评估工作提供借鉴。

1 矿区地质环境条件

1.1 地质环境条件概况

矿区地貌以构造侵蚀、剥蚀高中山为主,地形起伏较大,自然地形标高+900~+2 086 m,相对高差约1 186 m。东部、南部分布的3个“叠层饼”状的逆向坡山头地势较陡,仅北西部北盘江西部的顺向坡地势较缓。

区内地表水体主要为由北向南贯穿全区的北盘江,长约5.5 km,最大洪峰流量2 400 m³/s,河床最低标高+900 m左右,是本区的最低侵蚀基准面。大气降水补给地下水后均排泄入北盘江。

矿区内地表出露地层及主要岩性由老到新为二叠系上统峨眉山组(P₃β)玄武岩、龙潭组(P₃l)砂泥岩,三叠系下统飞仙关组(T₁f)砂泥岩、永宁镇组(T₁yn)灰岩及第四系坡积土。

矿区北东部、南西部分布两处小型向斜构造,断层发育较少,地层倾角8°~45°,浅部较大、深部平缓,平均约20°。

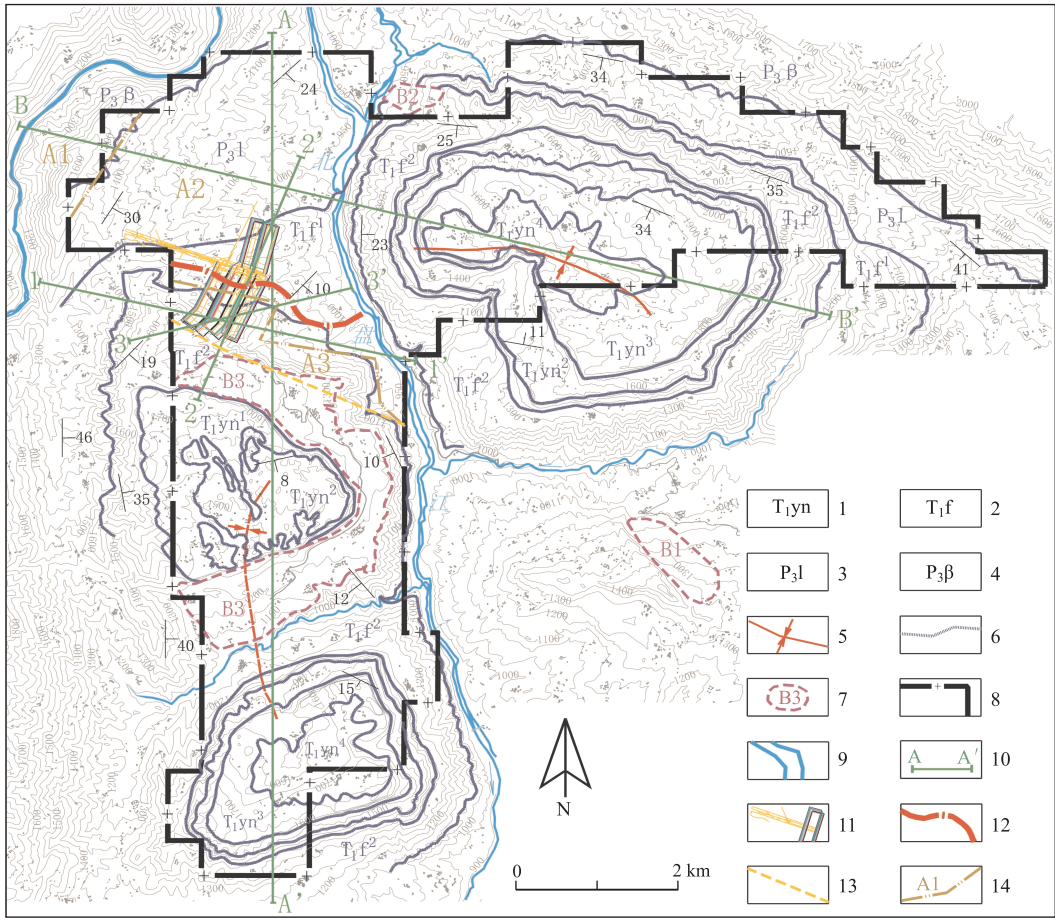
区内山体局部陡峭的逆向坡下分布崩塌堆积体,其中呈长弧型展布的B3规模较大,厚4.78~83.65 m,面积约3 km²。该类堆积体主要由飞仙关组砂泥岩、永宁镇组灰岩崩落堆积而成。

矿区地质环境条件见图1、图2。

1.2 煤层赋存情况

研究区含煤地层为二叠系上统龙潭组(P₃l),为一套海陆交互相含煤沉积,平均厚度419.28 m。岩性以碎屑岩为主,夹少量泥灰岩、灰岩。含煤45~80层,煤层平均总厚度47.35 m,含煤系数11.29%;含可采煤层18层(编号为1、3、5-2、5-3、7、10、12、13-1、13-2、14、15-2、16、17、21、23-1、23-2、33、34),煤层平均可采总厚度为22.23 m。

矿界内北西部地势总体较缓,煤层埋深一般小于800 m;在3个“叠层饼状”山头下,煤层埋深大于1 100 m。



1. 三叠系永宁镇组; 2. 三叠系飞仙关组; 3. 二叠系龙潭组; 4. 峨嵋山玄武岩组; 5. 向斜; 6. 地层界线; 7. 崩塌堆积体; 8. 矿界范围; 9. 河流; 10. 剖面线; 11. 已建巷道拟建井巷; 12. 安全开采界限; 13. 先期开采地段界限; 14. 地形分区及界限

图 1 研究区地质环境示意图

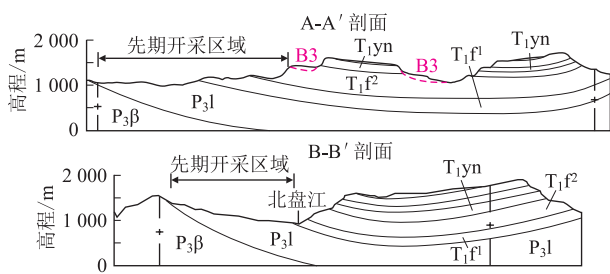


图 2 研究区典型地形地质剖面图

2 煤矿设计建设情况

煤矿于 2009 年开展前期工作, 2011 年 11 月开始建设, 2012 年 4 月完成资源勘探报告(其中提到了崩塌堆积体 B3、提到了开采可能引发地质灾害的可能, 并未提到地质灾害可能对煤矿造成的不利影响), 2013 年停建, 2014 完成可行性研究报告(同样并未考虑地质灾害可能对开采造成的不利影响), 2015 年完成初步设计并获得批复(未针对陡崖、崩塌堆积体等采取措施), 2016 年完成安全设施设计

并获得批复, 2018 年获得采矿证(面积 47.808 2 km², 开采标高为 ±0~+1 470 m), 当年恢复建设。

该矿属煤与瓦斯突出矿井, 按当时的《煤矿安全规程》^[15]第 190 条, 新建突出矿井第一生产水平开采深度不得超过 800 m。根据煤矿勘探资料, 先期开采区域只能布置在煤层埋深相对较浅的北西段。

2020 年 9 月, 该矿井东南方向邻近的另一煤矿多年开采引发的崩塌堆积体(图 1 中 B1)推动下方土体形成滑坡并存在堵塞北侧河沟的风险。为此, 煤矿业主方不得不重新审视自身开采引发地质灾害的问题, 对先期开采区域开采引发崩塌进而引发滑坡堵塞北盘江等问题进行了专项论证。此时, 煤矿主工业场地井筒(主斜井、副斜井、副平硐、行人斜井)、一采区风井场地井筒(回风平硐、轨道平硐、瓦斯管道井)、一采区上山系统(轨道上山 I、回风上山 I、运输行人上山 I)、一采区下部车场及 +935 m 辅助水平运输大巷已施工完毕, 111 轨道运输石门及回风石门及联络巷施工 550 m, 累计施工巷道总长 13 378 m, 职工教育、单身宿舍及探亲综合楼、场

地排水涵洞及矿井水处理站等地面设施也已修建完成,建设总投资已近 10 亿元。

3 煤矿先期开采区域开采引发地质灾害的专项论证

地形坡度对采动山体的稳定性影响较大^[16],故评估山区煤矿开采引发地质灾害的危险性时,应先划分地段,再分状态、分工况进行直接、间接的预测分析。首先应对天然情况下各地段不同工况下的稳定性进行现状分析,其次应预测分析开采后各地段不同工况下的稳定性,最后还要考虑间接影响,即预测分析山体变形后各地段加载后不同工况的稳定性及对周边环境的影响。

3.1 天然状态下坡体稳定性现状分析

首先,根据地形地貌情况进行地段划分。先期开采区域的西侧为山体,总体地形坡度大于 40° ,划为 A1 区;中部为地形较平缓的坡体,总体坡度小于 15° ,划为 A2 区;南部为较陡的山体,总体地形坡度大于 40° ,划为 A3 区(崩塌堆积体 B3 分布区附近),分区位置见图 1。分别对其天然状态下的稳定性进行现状分析。

(1) 西侧山体

先期开采区域西侧山体坡度较大,总体地形坡度 55° 左右,局部 60° 以上。表层第四系覆盖层一般厚 $0.5\sim 1.0$ m,大部基岩裸露。基岩岩性主要以飞仙关组上段(T_1^f)黄灰色薄层状泥质灰岩、钙质粉砂岩组成,节理裂隙发育(主要发育 3 组结构面,发育密度 $1\sim 2$ 条/m)。适宜采用赤平投影法进行边坡稳定性分析^[17]。

据赤平投影分析,两组节理交叉点位于 P 大圆上、节理 2 与层面的交叉点位于大圆外侧(表 1)。据赤平投影分析的判断准则,岩层层面坡度小于地形坡度时,岩层有顺层滑动的可能;且节理 2 与岩层层面切割形成的块体坡度小于自然地形坡面的坡

度,两组节理交叉切割形成的楔形体在局部地形较陡地段有失稳的可能,发生岩块局部掉落的可能大。

表 1 赤平投影分析表

赤平投影图	编号	结构面	倾向/ $^\circ$	倾角/ $^\circ$
	P	整体坡面	75	55
	1	岩层层面	120	15
	2	节理 2	320	70
	3	节理 1	100	65

(2) 中部坡体

先期开采区域中部为顺向坡,地形坡度 $10^\circ\sim 15^\circ$,第四系覆盖层较厚(补充勘察揭露厚度 $4\sim 8$ m)。覆盖层上部为粘土或粘土混碎石,下部以碎块石为主。坡面形态不规则,沟槽发育,呈台阶状。北盘江从坡体下方边侧流过,河谷底及两侧岸基岩出露。

自然情况下,坡体整体处于稳定状态,多年雨季也未见明显的地质灾害发生。选取典型剖面,按稳定性系数 1.15 反算下部碎块石层的抗剪强度指标为 $C=8$ kPa、 $\varphi=18.5^\circ$,与本地经验值相符。再以此指标采用传递系数法检算剖面 3-3'(位置见图 1)在暴雨工况下坡体整体处于基本稳定状态(稳定性系数 $F_s=1.063$),坡面上分布的东西向冲沟附近局部地形坡度较大的地段在暴雨工况下不稳定($F_s=0.926$),且洪水期间岸边土体受河流冲刷,坡面土体有发生局部浅表滑动的可能。

(3) 南部崩塌堆积体(B3)

先期开采区域的南部为崩塌堆积体(B3),堆积厚度 $4.78\sim 83.65$ m,地形坡度 40° 以上。选取 2-2'剖面采用碎块石层的抗剪强度指标进行检算,天然工况整体处于基本稳定状态,暴雨工况下整体处于欠稳定状态;局部地势陡峻区域天然工况下处于欠稳定状态,暴雨工况下有失稳的可能。检算结果见表 2。

表 2 崩塌堆积体现状稳定性检算结果

剖面编号	计算工况	计算方法	稳定性系数 F_s	评价意见
2-2'	天然工况	传递系数法	1.211	处于基本稳定状态
	暴雨工况	传递系数法	1.044	处于欠稳定状态
2-2'局部	天然工况	简化毕肖普法	1.021	处于欠稳定状态
	暴雨工况	简化毕肖普法	0.994	处于不稳定状态

3.2 开采后状态下坡体稳定性预测分析

据相关规范及文献,对于斜坡下的采空区,倾向主断面上采动影响范围内的覆岩运动如图 3^[18]、图 4^[19] 所示。受采动影响的岩体存在两个运动方向,

分别指向采空区(地下采动引起的移动矢量 W_i)及坡向(山体向坡脚临空面的移动矢量 u_i)方向,两个方向的移动变形相互叠加(叠加矢量 v_i),使山体上方产生拉张裂缝,下方产生鼓胀裂缝,中部产生采空

塌陷^[20-22]。

先期开采地段标高 900~1 500 m,西侧山体基岩多裸露,地形坡度局部大于 60°;中部坡体土层厚度 4~8 m,地形坡度一般小于 15°;南部山体崩塌堆积体较厚,地形坡度 40°以上。据《煤矿采空区岩土工程勘察规范》,采动坡体高度大于 50 m 时,中硬砂页岩为主的山体坡度大于 50°时发生崩塌的可能性大,土层较厚的山体坡度大于 40°时发生崩塌的可能性大。据贵州当地实际经验,煤系地层区土层厚度一般小于 8 m,在单纯考虑边坡坡度不考虑加载间接影响的情况下,采动山体坡度小于 40°时不会发生崩塌和滑坡^[23-24]。根据先期开采地段实际情况分析,预测采动后西侧山体发生局部崩塌的可能性大;中部坡体以下沉、开裂变形为主,不会产生崩塌、滑坡;南侧山体发生崩塌的可能性大。

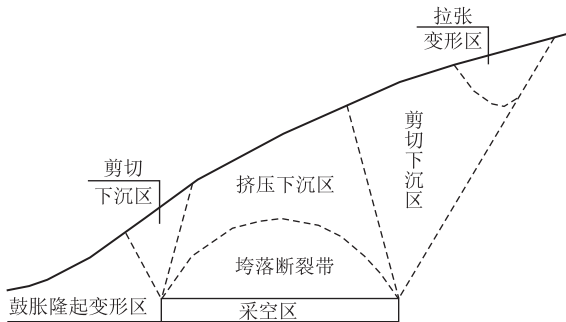


图 3 采空边坡移动变形分区

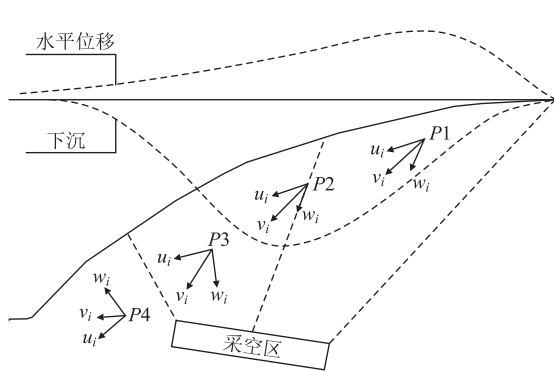


图 4 斜坡下采空区覆岩移动特征

在先期开采区域内,选择近倾向剖面 1-1'、近走向剖面 2-2'(位置见图 1)采用 MIDAS GTS NX 软件进行了数值模拟,典型的综合位移云图见图 5、图 6(图中右侧色条旁的红色数字为不同位移段在本剖面中所占面积百分比,黑色数字为综合位移值,色条由蓝色至红色表示位移逐步增大,最小值为 0,最大值按图显示)。预测结果显示,开采影响范围内,中部斜坡地带发生地面塌陷、地裂缝的可能性大,东部有形成鼓胀变形区的可能;西部、南部地势较陡地段

发生崩塌的可能性大,与根据《煤矿采空区岩土工程勘察规范》预测的结论吻合。

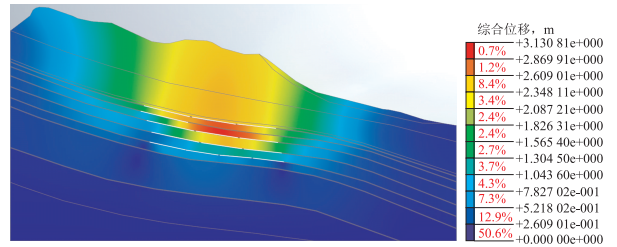


图 5 多煤层采空后覆岩综合位移云图(1-1'剖面)

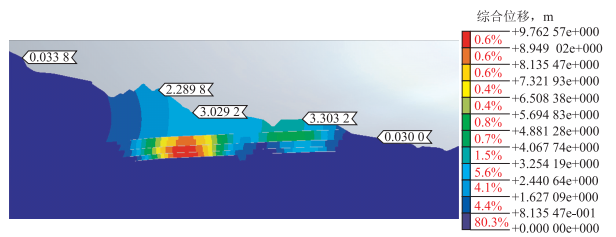


图 6 多煤层采空后覆岩综合位移云图(2-2'剖面)

3.3 开采后直接或间接影响预测分析

(1) 对崩塌堆积体的影响

崩塌堆积体 B3 处于先期开采区域的采动影响范围内(见图 6),且堆积体前缘的陡崖也处于地面变形区,煤矿开采后的直接影响是导致陡崖段岩体向北倾倒引发崩塌,同时牵引后方崩塌堆积体变形;间接影响一是垮塌的崩塌体向北侧斜坡加载,导致其失稳的可能性大(按可能崩塌的山体范围估算 130 kPa 加载,在仅考虑西侧山体崩塌加载的情况下,多条剖面的检算结果稳定性系数均大于 1.05,表明中部坡体基本不会失稳;而一旦崩塌堆积体 B3 失稳加载后,多条剖面的检算结果稳定性系数最大只有 0.92,表明斜坡将失稳);二是崩塌的块体滚动、跳跃,影响范围加大(采用 Rockfall 软件模拟计算滚石运动最远距离约为 446 m,采用公式法计算结果约为 430 m)。

(2) 对河流的影响

先期开采区域地形主要为顺向坡,煤矿开采后的直接影响是引发岩层错动、地表开裂。在持续降雨期间,斜坡岩土体在水的作用下,岩土体抗剪强度降低,将会形成“阶梯状”潜在滑面。随着雨水在坡体内蓄积以及后缘崩塌堆积的加载,斜坡后缘将产生巨大推力,斜坡发生顺层整体滑动的可能性大^[25]。

北盘江处于斜坡体坡脚,引发的地质灾害将间接威胁北盘江,有堵塞河道影响其正常运行、形成堰塞湖引发更大次生灾害的可能,危险性大。

预测评估先期开采区域采动坡体总体变形模式 见图 7。



图 7 采动坡体变形模式示意图

3.4 综合分析

(1) 由前述可知,按拟定的先期开采区域开采,在斜坡体中部将形成地面塌陷、鼓胀变形区。因其西侧特别是南侧的山体坡度较大,开采后失稳的可能性大。一旦形成崩塌,将对现有顺层、顺向斜坡体的后部上方加载,在大气降水、北盘江冲刷等因素影响下,发生滑坡的可能性极大,先期开采地段影响区域内分布的 508 户居民遭受危害的可能性大,地质灾害的危险性大。在最不利的条件下,将形成崩塌→滑坡→泥石流的灾害链。

(2) 先期开采区域紧邻北盘江,其沿线长度达到 3 km 以上。煤矿开采引发地质灾害的可能性大、危险性大,一旦坡体失稳,治理难度大、治理费用高(即使可以采用抗滑桩治理,以单排抗滑桩、截面积 6 m²、平均桩长 15 m、桩间距 5 m 估算,总费用也将过亿元)。工程建设的适宜性差。

(3) 为避免引发南部崩塌堆积体 B3 失稳,针对现有开拓系统进行了分析计算、数值模拟(见图 8)。结果表明,在不影响南侧陡崖及崩塌堆积体的情况下,煤矿开采后中部斜坡稳定性与天然情况接近。结合现有设计的开采方式、现已施工完成的大巷布置,未来只能在北盘江的西侧、现有大巷的北翼单翼开采(安全开采界限见图 1),采掘接替的难度增加。

虽然煤矿业主、设计单位根据上述分析及及时调

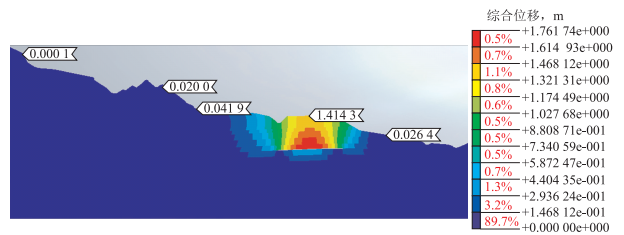


图 8 现有巷道北翼多煤层采空后覆岩综合位移云图(2-2'剖面)

整了初步设计的首采区域及开采步骤,但显而易见,如果在可行性研究阶段煤矿业主、设计单位就意识到上述问题,则可主动决策、合理设计、正确评估投资的合理性。即使要投资建设,划定的矿区范围、设计生产能力、开拓系统的布置、采区的划分等将会更切合实际,投资效益会更好,投资风险会大大降低。

4 煤矿其他区域开采的地质灾害防治措施建议

结合该煤矿其他区域的地形条件可知,除安全开采区域外,若不采取措施,矿井其他区域未来开采引发地质灾害的风险更大,项目建设的适宜性差。若要开采,必须从设计的角度采取以下一些降低开采对地表影响的措施。

4.1 规划开采顺序

现有研究表明,山体下采煤时,工作面与坡体的关系不同,引发山体变形的方向、变形的可能性均不同(徐杨青,2016)。当工作面沿坡向由内向外推进时,地面变形由坡顶向坡脚发展,坡体主要受推力作用,见图 9(a);反之,坡体受牵引作用,见图 9(b);而当工作面正好位于坡体下方时,坡体全部遭受开采影响,见图 9(c)。

结合本煤矿地形条件,未来在其他区域开采时,若要减小对“叠层饼”周边坡体及崩塌堆积体 B3 的影响,应先采“叠层饼”中间再向周边扩展开采范围,这样可以使“叠层饼”山体中间先下沉、周边山体向内移动,降低陡崖外倾崩落的可能性。

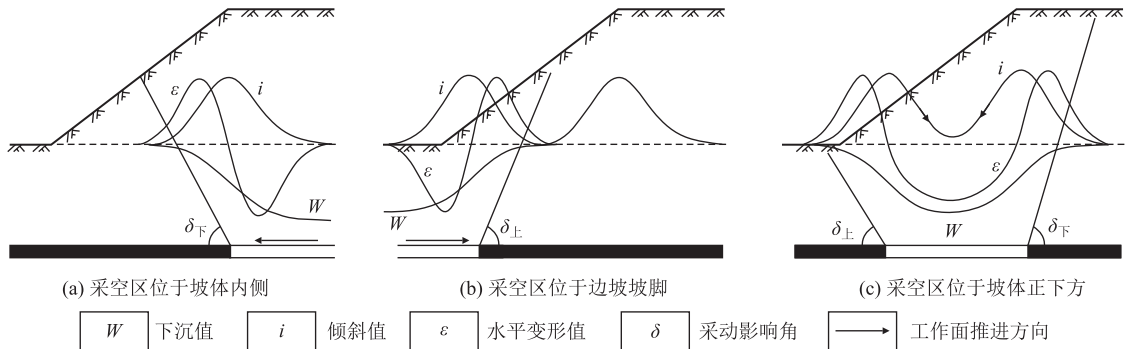


图 9 采空区空间位置对边坡稳定性影响

4.2 采用充填法开采

采用矸石充填法采煤,可以将下沉系数从 0.70 左右降低至 0.10 左右^[26],下沉值、水平变形、倾斜变形均降低 70%左右^[27],可以大大降低开采对地面的影响。本煤矿除了开采顺序从中部向外开采之外,在对“叠层饼”山体斜坡稳定性有影响的区段开采时,还可以配合采用充填法,以降低开采对山体的影响。

4.3 降低工作面推进速度

工作面推进速度与地表最大下沉速度、地表最大下沉量呈正相关^[28],故在“叠层饼”山体斜坡下开采时,应控制工作面推进速度,以降低开采对地表斜坡的影响、降低山体崩塌的可能性。

4.4 工作面垂直于地形坡向布置

以本煤矿为例,即使在划定的安全开采区域的坡体下方开采时,若工作面沿坡向布置,坡体下方水平变形方向指向北盘江,将形成大面积的鼓胀变形

区从而威胁北盘江的安全(图 10 左图);只有工作面布置方向垂直于坡向、各工作面之间留有煤柱时,才不会产生明显的鼓胀变形区(图 10 右图)。

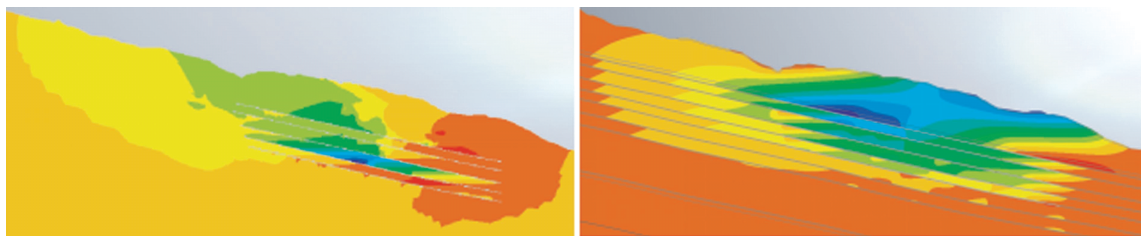


图 10 巷道北翼多煤层采空后覆岩水平位移云图(左图工作面沿坡向布置,右图工作面垂直坡向布置)

4.5 开展地表位移监测及科研工作

地质灾害危险性评估工作在可研阶段开展,只能给出相对宏观的评估结论和地质灾害防治措施建议,上述措施建议的实施效果尚需要大量的监测工作、科研工作成果做支撑。即首先要在安全开采区域开展不同的采煤方法、不同的开采顺序、不同的推进速度等情况的对比工作,同时配合开展地面监测工作;其次通过对地面监测数据的收集、分析,获得不同情况下的地面变形参数,总结该区域不同情况

下地面变形的规律;再根据这些参数、规律,分析未来“叠层饼”下开采的可能性及适宜的开采方法。

总体而言,因未来开采区域涉及的搬迁、监测、科研工作量大,该矿的投资效益远不如预计。

5 结语

(1) 在山区地形条件下,煤矿区的地质灾害危险性评估工作相当重要,评估结论有时甚至可以决定投资的可行性,故应引起高度重视。

(2) 评估山区煤矿开采引发地质灾害的危险性时,应分地段、分条件、分工况进行直接、间接的现状、预测评估,特别应注意间接预测评估即评估山体变形后各地段加载后不同工况的稳定性及对周边环境的影响。

(3) 按现行政策,煤矿区的地质灾害危险性评估工作在编制矿区地质环境保护与恢复治理方案阶段进行,且在部分省份该项工作属于获得采矿证的后置条件,相关方对此项工作的重视度不够。鉴于山区的生态环境脆弱,煤矿开采对地表山体的影响较大,建议严格按照国家《地质灾害防治条例》第二十一条规定的要求,在可行性研究阶段结合煤矿的初步开采规划进行认真、全面、详细的地质灾害危险性评估。

(4) 鉴于山区煤矿开采后引发地质灾害的影响程度大、对项目投资的可行性影响较大,而现行煤矿项目可行性研究报告编制标准中缺少地质灾害的论证内容,应将地质灾害危险性评估报告的主要结论纳入可行性研究报告中,或者在可行性研究报告中增加专门的地质灾害危险性评估篇章,使煤矿业主在关注井下安全的同时,也关注煤矿开采引发地质灾害对自身的影响特别是对投资可行性的影响。

参考文献

- [1] 国家安全生产管理总局. 煤炭工业矿井工程建设项目可行性研究报告编制标准(MT/T1151-2011)[S]. 北京:煤炭工业出版社,2011.
- [2] 王和德. 煤矿建设项目申请报告编制要点分析[J]. 煤炭工程, 2018,50(4):3-4,9.
- [3] 宫守才,王长友,范岳虎. 木里矿区井工矿建设可行性研究[J]. 煤炭工程,2019,51(1):7-11.
- [4] 王和德. 编制可行性研究报告时有关地质勘查资料的应用与分析[J]. 煤炭工程,2015,47(1):5-8.
- [5] 王和德. 可行性研究报告中矿井水文地质类型和瓦斯等级的确定[J]. 煤炭工程,2020,52(1):13-16.
- [6] 高男,杨宏海,姜文,等. 可行性研究工作在煤矿项目前期工作的重要性[J]. 露天采矿技术,2015,31(5):85-87.
- [7] 国家市场监督管理总局,等. 地质灾害危险性评估规范(GB/T 40112-2021)[S]. 北京:中国标准出版社,2021.
- [8] 孙庆先. 煤矿建设工程地质灾害危险性评估[J]. 中国煤炭地质,2012,24(4):47-51.
- [9] 刘芳彬. 煤矿建设项目核准中的几个主要问题及建议[J]. 煤炭工程,2013,45(8):8-10.
- [10] 王彤标. 贵州山区煤矿开采对地表影响范围探究[J]. 煤炭工程,2018,50(8):141-144.
- [11] 孙善济,高午. 贵州省煤矿开采引发的地质灾害特征及致灾模式研究[J]. 中国煤炭地质,2013,25(6):51-54.
- [12] 武中鹏,刘宏,董秀群,等. 单体危岩崩塌灾害危险性评价——以贵州威宁县新发乡樊家岩为例[J]. 中国地质灾害与防治学报,2019,30(2):30-34.
- [13] 郑光,许强,巨袁臻,等. 2017年8月28日贵州纳雍县张家湾镇普洒村崩塌特征与成因机理研究[J]. 工程地质学报,2018,26(1):223-240.
- [14] 李莲花,王小青. 马岭山煤矿矿地地质灾害危险性评估及防治措施分析[J]. 煤炭技术,2014,33(11):59-61.
- [15] 国家安全生产管理总局. 煤矿安全规程(2016)[S]. 北京:煤炭工业出版社,2016.
- [16] 王彤标,陈金宏,王刘文. 贵州西部煤矿采空区场地稳定性影响因素分析[J]. 地质灾害与环境保护,2020,31(2):62-67.
- [17] 陈奇珠,董翌为. 赤平投影法分析岩质边坡稳定性的图解模板[J]. 西北水电,2013,32(4):13-17.
- [18] 国家住房和城乡建设部,等. 煤矿采空区岩土工程勘察规范(GB51044-2014)[S]. 北京:中国计划出版社,2017.
- [19] 徐杨青,吴西臣. 采动边坡稳定性评价理论及工程实践[M]. 北京:科学出版社,2016.
- [20] 范士凯,栗怡然,蔡伟英,等. 湖北省陈家河煤矿跑马岭山体稳定性工程地质研究[J]. 资源与环境工程,2006,20(11):628-644.
- [21] 范士凯. 采空区上边坡稳定问题[J]. 资源与环境工程,2006,20(11):26-29.
- [22] 王彤标,陈金宏,王刘文,等. 阻能槽在山区煤矿地面变形应急处置中的应用[J]. 地质灾害与环境保护,2021,32(3):69-74.
- [23] 靳雪皎,王彤标,陈金宏. 米箩煤矿110102工作面开采引发山体开裂稳定性分析[J]. 地质灾害与环境保护,2018,29(1):65-69.
- [24] 王刘文,王彤标,陈金宏. 老鹰岩危岩崩塌稳定性分析及防治措施研究[J]. 地质灾害与环境保护,2022,33(2):27-31.
- [25] 王恭先,赵甫. 煤矿地区的滑坡灾害及其防治技术[J]. 煤田地质与勘探,2018,46(2):1-7.
- [26] 张奇. 中厚煤层回采工作面充填开采与变形控制效果分析[J]. 能源与节能,2020,25(12):14-15.
- [27] 李洪波,周聪,李瑞峰. 充填开采覆岩及地表移动规律数值模拟研究[J]. 世界有色金属,2021,37(23):128-132.
- [28] 贾新果,宋桂军,陈凯. 工作面推进速度对地表沉降动态变形影响研究[J]. 煤炭科学技术,2019,47(7):208-214.

作者简介: 王彤标(1967—),男,河北昌黎人,研究员,注册岩土工程师,毕业于中国矿业学院,现任贵州省煤矿设计研究院有限公司副总工程师,长期从事岩土工程勘察、地质灾害危险性评估与治理等工作。E-mail:wangtongbiao@163.com

通讯作者: 宋绍飞(1973—),男,贵州沿河人,高级工程师,注册岩土工程师,毕业于福州大学,现任贵州天然气管网有限责任公司副总经理,长期从事岩土工程勘察、设计工作。E-mail:1253152554@qq.com