

黑山头露天煤矿采场裂隙区边坡稳定性 评价与治理技术研究

Study on Slope Stability Evaluation and Treatment Technology in the
Fissure Area of Heishantou Open-pit Coal Mine

张 峰 (北京天地华泰矿业管理股份有限公司, 北京 100013)

摘要:为保障黑山头煤矿采场裂隙区域边坡的稳定性,根据采场内边坡地质条件,结合裂隙区域的发育特征,采用FLAC^{3D} + SLIDE数值模拟的方式进行裂隙区域边坡稳定性的评价分析,基于分析结果可知东北角裂隙区域有滑动趋势,该处边坡欠稳定,需要采取相应措施进行治理,综合目前边坡治理技术,确定采用清帮处理的方式加以治理,并对治理效果进行评价分析。结果表明:裂隙区域采用清帮治理措施后,采场后续开采过程中裂隙区域无滑坡现象出现,且裂隙区内无滑坡倾向,保障了采场裂隙区域边坡的稳定。

关键词:露天矿;模拟分析;极限平衡法;治理措施

中图分类号: TD824 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-609X(2021)05-0045-04

Abstract: In order to ensure the slope stability in the fissure area of Heishantou open-pit coal mine, by combining the geological conditions of the open-pit slope and the development characteristics of the fissure area, FLAC^{3D} + SLIDE numerical simulation is used to evaluate and analyze the slope stability in the area. From the analysis results it can be seen that there is a sliding trend in the fissure area in the northeast corner, and the slope is unstable. Therefore, corresponding measures are needed for slope control. Based on the current slope control technology, slope foundation clearing is selected and the control effect is evaluated and analyzed. The results show that after the slope clearing measures are adopted in the fissure area, there is no slope sliding in the area and no such tendency in the follow-up mining of the pit, which ensures the slope stability in the fissure area of the pit.

Key words: open-pit mine; simulation analysis; limit equilibrium method; control measures

1 前言

目前针对岩土工程中的边坡稳定性进行评价时,由于边坡体内煤岩层赋存结构及形式相对较为复杂,采用普通理论计算的方式进行评价分析时,得出的分析结果会存在着较大的偏差,现针对边坡稳定性评价时最常采用数值模拟和极限平衡两种分析方法^[1-3]。极限平衡法是建立在一定合理假设条件下分析,该种分析方法对岩土体的应力及变形情况进行了简化,可解决一些形状复杂、加载形式不一的边坡稳定性问题,但该种方法存在着滑动面的形状和位置均为人工假设,科学性差、普适性差、忽略边坡变形的时效性等缺点;数值模拟分析法能够直

观的分析边坡工程中应力分布状态和变形规律,但该种分析方法对材料的性质及边界条件作了一定的简化处理,模拟结果与现场实际结果间存在着一定的差异^[4-6]。基于上述两种研究方法的优缺点,以黑山头露天煤矿裂隙区域为工程背景,采用数值模拟 + 极限平衡法综合分析的方式,通过极限平衡法对数值模拟法中的缺点进行补充^[7],对裂隙区域的边坡稳定性进行综合评价,并针对评价结果提出针对性的治理措施,以保障裂隙区域边坡的稳定。

2 工程概况

准东煤田位于新疆昌吉回族自治州,黑山头露天煤矿位于准东煤田的中小露天煤矿开采区范围内。勘探区位于奇台县北东90 km处,行政区划属奇台县管辖。勘探区南北平均长5.25 km,东西平均宽2.60 km,面积13.67 km²。为掌握露天矿现有边坡岩性及特征,根据现场裂缝勘察情况,结合

[作者简介] 张峰(1975-),男,硕士,采矿工程师,从事露天矿开采研究工作。

[基金项目] 国家十三五重点研发计划(2017YFC1503101)

[引用格式] 张峰.黑山头露天煤矿采场裂隙区边坡稳定性评价与治理技术研究[J].中国矿山工程,2021,50(5):45-48+83.

2018年3月份现状图以及初设各阶段相关图纸,根据相关工程经验,选取采场北帮一条勘探线N1,东帮两条勘探线E1和BP1,西帮一条勘探线W1,N1勘探线上布设三个边坡勘察孔KC1~KC3,W1勘探线上布设三个边坡勘察孔KC4~KC6,E1勘

探线上布设三个边坡勘察孔KC7~KC9,BP1勘探线上布设四个边坡勘察孔KC10~KC13,勘探点具体位置如图1a所示;通过对勘探线上观测钻孔的取样试验分析,得出采场边坡地质柱状图如图1b所示。

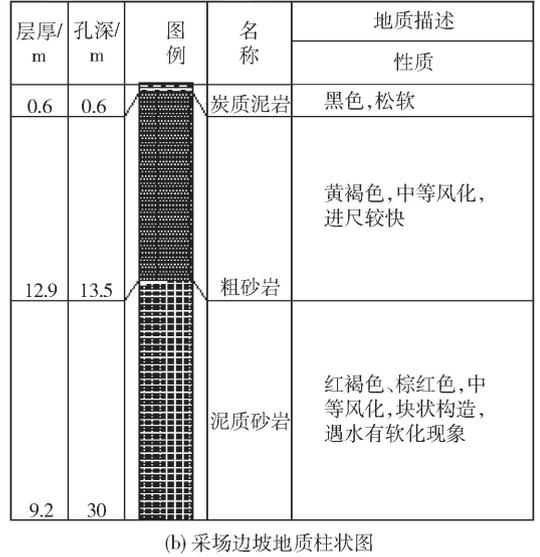
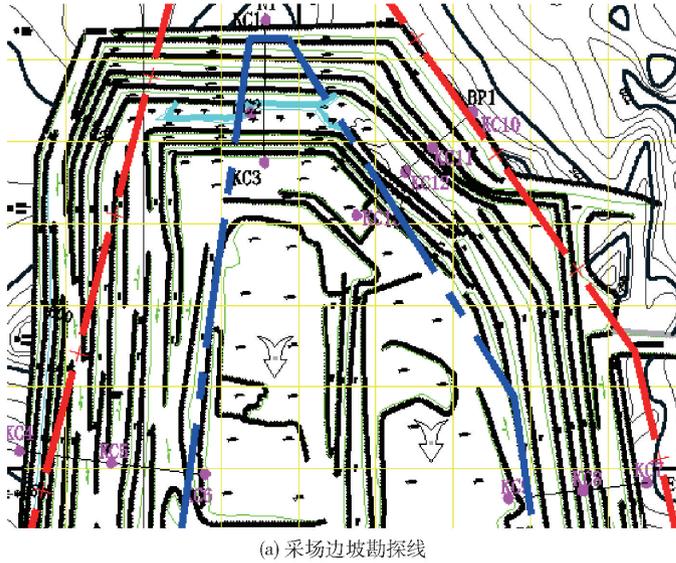


图1 采场边坡勘探布置及勘探结果图

根据黑山头2018年3月末采剥工程平面图,结合钻探资料、露天矿山提供勘探资料、露天矿采矿边坡现状形态,可知采场内裂隙区主要位于勘探线KC10~KC13附近,通过对现场裂缝区域进行踏勘发现,675平盘发生平盘错动,平台上有较大的张裂缝,通过张裂缝,可以看到滑裂面上岩性为泥岩层,

具体平台错动滑面如图2所示,该层泥岩非常光滑,质地软,通过实验获知岩体力学性质差,遇水后力学性质下降明显。通过现场勘查,该区域除了煤层底板这层泥岩外,在深处未发现明显弱层,现为确保裂隙区域边坡的稳定性,特进行裂隙区稳定评级与治理技术的研究分析。



图2 裂隙区平台错动情况图

3 裂缝区边坡稳定性评价

3.1 评价理论基础

为掌握裂隙区边坡的稳定性,现采用数值模拟的方式进行裂隙区域边坡稳定性的研究分析,数值模拟软件采用FLAC^{3D}和SLIDE模拟软件,选用Mohr-Coulomb本构模型,选用该模型时,对于岩土体来说,抗剪强度参数内聚力C和内摩擦角φ是最

为重要的两个参数。

数值模拟建模时,对于边坡岩土体的赋值时,采用强度折减法是对边坡的抗剪强度参数C、φ这两个参数同时除折减系数,从而得到两个新的抗剪参数,采用强度折减法对边坡稳定性进行计算时,需要采用合理的失稳判据,其中常见的边坡失稳判据有以下几点:

- (1)以数值计算结果的是否收敛作为边坡失稳

的判据。

(2)以特征区域是否发生突变以及突变会不会无限制的发展作为边坡失稳的判据。

(3)以塑性区的是否贯通作为失稳判据。

滑动面塑性区是否贯通并不能充分说明边坡是否失稳破坏,只能作为边坡失稳的必要条件,因而滑动面是否贯通作为失稳判据会使判断依据趋于保

守,通常边坡发生失稳使用的判据为:当边坡破坏面上的应变或位移出现突变且无限制移动时,认为边坡发生失稳。

FLAC^{3D}数值模型长 200 m,宽 50 m,高度 30 m,SLIDE 软件建立的为剖面,模型中各岩层的力学参数赋值见表 1,模型建立后固定模型的底边、限制模型两侧的位移,模型顶部设置为自由状态。

表 1 岩体物理力学参数表

岩层	天然		饱和		容重/ kN·m ⁻³	弹性模量/ 10 ⁴ MPa	泊松比
	内聚力/kPa	内摩擦角/(°)	内聚力/kPa	内摩擦角/(°)			
第四系	30	20	19	14	21	120	0.25
泥岩	55	23	30	16	23	140	0.26
泥质砂岩	95	31	60	24	20	260	0.24
泥质粉砂岩	50	23	30	17	20	280	0.22
细砂岩	140	37	95	30	23	320	0.2
粗砂岩	130	31	85	25	21	400	0.2
砂质泥岩	100	24	75	19	20	200	0.25
排弃物	31	22	18	15	18.5	180	0.28
煤	115	30	70	20	15	240	0.23
弱层	15	10	10	6.5	20	90	0.3
砂砾互层	110	30	80	23	22	300	0.25

3.2 评价结果分析

通过 FLAC^{3D}数值模拟结果,能够得出现状边坡位移云图如图 3 所示。分析图 3 可知,裂缝区域边坡的滑动力主要是上覆岩层重力的分力产生的,下滑力抵抗滑力在边坡的临空面产生位移,根据位

移云图可以知道在应力集中的地方会产生较大的位移。现状边坡裂缝区域,由于煤层底板泥岩弱层岩体物理力学性质差,且倾角较大,应力集中在倾角较大的弱层处,造成了挂帮煤滑坡的趋势,滑动趋势为沿着煤层底板片帮。

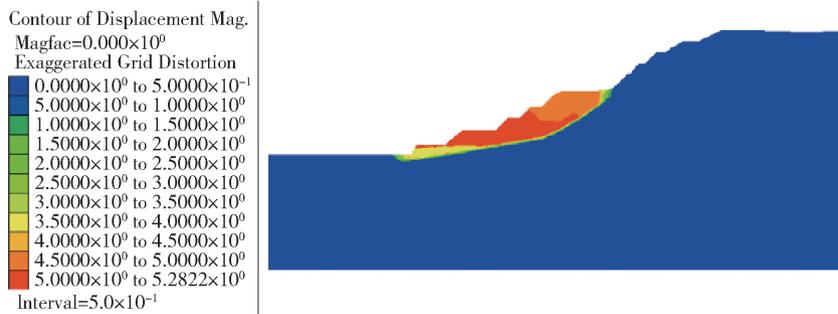


图 3 现状边坡位移云图

通过 SLIDE 数值模拟结果得出现状边坡 SLIDE 计算结果如图 4 所示。分析图 4 可知,计算得到局部边坡稳定性为 1.060,边坡稳定性较低。在后续开采过程中,应继续保持,按照设计的平盘与边坡角度进行合理开采,并定期对边坡稳定性情况进行验算。

4 边坡治理措施

4.1 治理措施

根据上述 FLAC^{3D}模拟可以看出东北角的滑动趋势,并结合极限平衡法计算了该处边坡的稳定性系数,该处边坡欠稳定,需要采取相应措施进行治理。由于此种滑坡属于局部滑坡,现场该处平盘煤

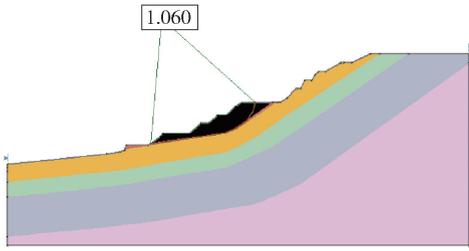
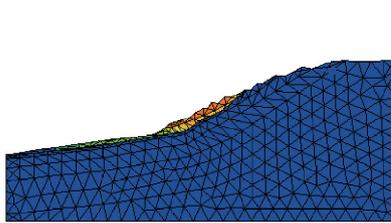
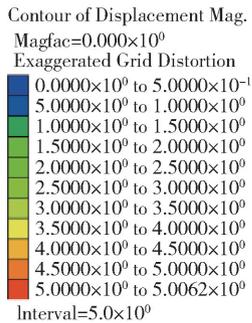


图4 现状边坡 SLIDE 计算结果图

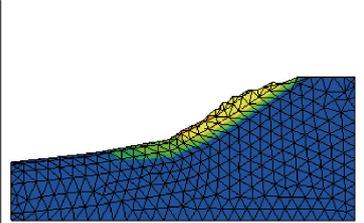
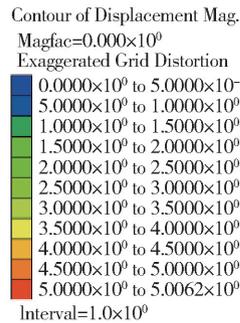
层上存在诸多裂缝,裂缝呈现增大的趋势。煤层平盘上部未发现裂隙,因煤层平盘上裂缝呈现增加趋势,雨季来临将增大滑塌风险,煤台阶长期暴露于空气中容易发生自燃,主要以清帮处理的方式加以治理。

在清理该部分煤层的过程中,应注意以下几点:

- (1) 从 670 平盘自上而下清理,直至清理至煤层底板,从边坡理论角度来看,这样清理符合削帮减荷的边坡理论,对整体边坡有利。
- (2) 施工期间对裂缝区域加强巡查和监测,有滑塌趋势应立即停止施工,尽快撤离人员设备,防止出现安全事故。
- (3) 禁止在夜间施工。



(a) 剪应力增量云图



(b) 位移云图

图5 裂隙区域底板清理后剪应力增量和位移云图

分析图 5 可知,清除了裂缝区域的上覆煤层,减小了裂缝区域边坡的滑动力。从云图可以看出,治理后应力主要集中在煤层底板,说明在煤层底板倾角较大的位置,容易产生片帮,可根据边坡监测与巡查以及对生产安全的影响程度,灵活的进行适当的局部清帮处理。通过清帮与局部煤台阶滑坡治理,裂缝区滑坡问题得到了明显的改善。

另外根据裂隙发育区域后续开采过程中的现场观测可知,裂隙区域采取治理措施后,边坡一直处于稳定状态,无滑坡现象和滑坡倾向出现,治理措施有效保障了边坡的稳定。

(4) 施工期间尽量避免矿山其他位置爆破,若生产确需爆破,爆破后应对该区域重点巡查,并对监测情况进行分析。

(5) 施工期间有降雨情况,雨后应对该区域进行巡查,并对监测情况进行分析。

由于滑坡体上下各段各块的滑动时间、滑动速度常常不一致,在滑坡体表面往往形成一些错台、陡壁,这种微小的地貌称为滑坡台阶或台坎,而宽大平缓的台面则称为滑坡平台或滑坡台地。黑山头矿山的煤层台阶滑坡,现场煤台阶平盘表现出明显的裂缝拉张与平台错动,根据现场探勘与勘查得出结论,主要受到了下部弱层与岩体节理裂隙构造发育的影响。对于此类局部煤层台阶的滑坡,原则上应从上至下进行局部清理回收,回收至煤层底板,以解决局部煤层滑坡给生产带来的安全隐患。施工期间应加强边坡监测,监测结果有异常,应立即停止施工。

4.2 治理措施效果分析

为有效评价清帮处理方式对裂隙区域边坡稳定性的治理效果,建立底板清理后的数值模型,通过模拟分析能够得出裂隙区域底板清理后的剪应力增量和位移云图如图 5 所示。

5 结论

根据黑山头露天矿采场裂隙区域边坡地质特征及现有边坡裂隙区域情况,采用数值模拟的方式进行裂隙区域边坡稳定性的评价分析,根据分析结果得出裂隙区域东北角的滑动趋势,该处边坡欠稳定,确定采用清帮处理的方式进行治理,根据治理措施实施后的模拟分析和现场观测可知,治理方案保障了裂隙区域边坡的稳定性。

(下转第 83 页)