

Practice of Geological Environment Control in an Open Pit Closed Mine

Wen Gu¹, Linlin Zhou¹, Shiming Yan¹, Menlong Dong²

¹The First Geological Brigade of Jiangsu Bureau of Geology and Mineral Exploration, Nanjing Jiangsu

²Institute of Engineering Geology and Geohazards, Nanjing Jiangsu

Email: 84266179@qq.com

Received: Mar. 5th, 2020; accepted: Mar. 31st, 2020; published: Apr. 7th, 2020

Abstract

Taking the geological environment management of an open-pit sandstone mine in Jiangsu province as an example based on the analysis of the geological environment conditions of the mine slope, the paper analyzes the key engineering geological problems of the mining slope by the methods of field geological investigation and slope stability evaluation. According to the characteristics and potential hazards of geological disasters in different areas of open mining high slope, combined with the utilization requirements of the shut-down mine, the paper puts forward some measures such as local removal of dangerous rock, random anchor bolt, flexible protective net and drainage to carry out the slope disaster elimination treatment, which effectively guarantees the safety of the shut-down as a rubbish landfill during the construction and operation period.

Keywords

Abandoned Mine, Open Pit, Geological Disaster, Random Bolt, Random Block

某露天关闭矿山地质环境综合治理的实践

顾 问¹, 周玲玲¹, 颜世明¹, 董梦龙²

¹江苏省地质矿产勘查局第一地质大队, 江苏 南京

²河海大学工程地质及灾害研究所, 江苏 南京

Email: 84266179@qq.com

收稿日期: 2020年3月5日; 录用日期: 2020年3月31日; 发布日期: 2020年4月7日

摘 要

论文以江苏某露天开采砂岩关闭矿山地质环境治理为例, 在对矿山边坡地质环境条件分析的基础上, 通过现场地质调查, 边坡稳定性评价等方法, 对开采边坡存在的关键工程地质问题进行了分析。针对露采

高边坡不同区域地质灾害特征及潜在危害,结合该关闭矿山宕口的利用要求,提出了分区采用清除危岩、削坡减载、随机锚杆、柔性防护网及排水等措施进行边坡消灾治理,有效的保障了宕口作为垃圾填埋场施工与运行期的安全。

关键词

废弃矿山, 露采宕口, 地质灾害, 随机锚杆, 随机块体

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 概述

露天开采矿山宕口的土地利用是现代矿山的重要组成部分,近年来,各矿山企业按照《矿山地质环境保护规定》[1]、《土地复垦条例》[2]的有关规定,落实国家关于“在保护中开发,在开发中保护”的相关政策,在合理开发矿产资源的同时,保护好矿区的地质环境条件[3]。对于一些关闭矿山,尽管矿山责任主体已经灭失,但地方政府投入大量的财力和物力,对关闭矿山的地质环境进行了综合治理,一些关闭的露天矿山采石宕口已得到了充分的恢复与利用,极大的发挥了废弃矿山的综合利用价值,效果十分显著[4] [5] [6] [7],对矿山地质环境调查与开采方式的研究,进一步提高了在采矿山的边坡稳定性[8] [9]。某城市生活废弃物处理中心是在原废弃的露天采石关闭矿山宕口范围内建设而成,而采石场在开采时,将部分山体开挖成近 90°陡坡,且坡度较高(最高处大于 50 m),原有山体被切割,改变了山体原有的应力状态,破坏了原有的植被和地形地貌,经过长期的日晒雨淋,坡顶及坡面的岩石风化严重,经常有石块滑落至垃圾填埋库中,最大的石块大于 10 m³,重约 30,000 kg,已将库中的 HDPE 防渗膜砸坏,同时对填埋库区的作业和人身安全造成严重威胁,给这一民生工程的建设带来了巨大的障碍。由于由该宕口建成的是该市唯一的生活垃圾填埋处置场所,其填埋的库容量十分宝贵,在对该关闭采石矿山宕口进行地质灾害治理的同时,尽量扩大填埋区可用的库容,可谓一举两得。因此,该地质灾害工程的治理已成为保障生活废弃物处理中心库区填埋工程安全、顺利进行的首要任务。

2. 矿山地质环境条件

治理区总体地貌形态为低缓丘陵区。夹山山体呈南北向展布于垃圾填埋区的东侧,沿库区轴线地形起伏呈“W”形。治理区东侧开挖边坡,最高高程 80.12 m,边坡全长约 700 m。

组成宕口边坡的岩体结构较简单,属于典型的层状结构岩体,且边坡坡向与岩层倾向小角度斜交,以斜切坡为主,局部地段属于典型的顺向坡。地层为志留系上统茅山组(S_{3m})中段紫红色中厚层状石英砂岩夹灰白、灰黄、灰绿色中薄-薄层状粉砂质泥岩或泥质粉砂岩,常见斜层理、交错层理。

边坡以单斜构造为主,地层产状为走向 N88°~90°E,倾向 SE∠12°~25°,走向与边坡坡向大体呈大角度相交,局部为顺向坡,露采边坡中,除层面外,还发育三组节理,产状分别为 15°~20°∠65°~75°、180°~220°∠43°~45°与 275°~300°∠65°~75°,各组节理均为张性,延伸长度一般>20 m,节理密度一般 5~10 条/m,层间存在软弱夹层。

3. 矿山地质环境主要问题

现场地质调查可知,由于原矿山露天开采过程中,将原有山坡体呈条块状切割,改变了原来自然山

坡较平缓的自然坡角，几乎完全破坏了原有的植被和地形地貌，形成了高陡的宕口边坡，破坏了原有自然山体的平衡条件，使局部部位的边坡存在较严重的失稳隐患。3#库的东侧为一高度超过 50 m 的高边坡，由于边坡部位结构面发育，岩体受风化作用的影响，坡面个别位置已发生沿结构面的脱离崩塌现象。5#库、6#库的东侧边坡坡高约 50 m，受岩体中层面与节理的切割，边坡岩体呈块状，局部发生了大的崩塌，尤其以结构面组合形成的楔体破坏为主。5#、6#库的坡脚未设置防护网，所有坡体未设置排水系统，离山坡基岩侧向距离较近，极易产生崩坍、滑坡等地质灾害。因此，该矿山地质环境修复中的主要问题为：1) 不同区域地质灾害严重程度与类型不同，需要针对性地采用削坡减载、随机锚杆，柔性主动防护网对地质灾害进行加固处理；2) 针对矿山环境修复需要，应对各区采用绿化修复技术进行修复。

4. 矿山地质环境治理措施

4.1. 治理区段划分及边坡破坏模式判别

根据现场实地调查与边坡存在的地质灾害类型，针对不同区段坡面的植被发育情况、边坡角、岩层面与坡面关系、边坡岩体结构条件、坡面出露陡坎高度及范围，坡面岩体稳定性等要素，以不同边坡稳定现状将边坡治理区域分为 5 个区段，分别采用不同的治理措施。

1) **第一区段(AB 段)**：位于 6#库的北侧，边坡长度约 180 m。该区段边坡最大坡高约 30 m。层面产状 $175^{\circ} \angle 15^{\circ}$ ，坡向 270° ，坡角近 70° ，局部区段达 85° 甚至变成了直立坡。该区北侧有岩脉穿过，岩体破碎，岩体结构面发育，易形成结构面组合的楔体破坏。

2) **第二区段(BC 段)**：位于 5#库的北侧，边坡长度约 200 m。区内崩塌破坏现状见图 1。该区域边坡开挖整体高度较大，最大坡高约 50 m。45 m 高程以下坡角 46° ，45 m 高程以上坡角 63° 。由于边坡高度大，岩体结构面发育，除层面外，尚发育主要结构面三组，由结构面组合易形成楔体破坏，局部已发生较大的楔体破坏(图 2)。



Figure 1. Typical excavation slope status in the second section

图 1. 第二区段典型开挖边坡现状



Figure 2. Status of collapse and destruction of the second section

图 2. 第二区段崩塌破坏现状

3) **第三区段(CD段)**: 位于4#库的北侧, 边坡长度约230 m。该区段目前由自然斜坡山体组成, 以顺向坡为主, 但坡顶残坡积物较厚, 边坡稳定性较差。

4) **第四区段(DE段)**: 位于3#库的北侧, 边坡长度约50 m, 边坡最大高度大于50 m, 坡向240°。坡体为斜切坡, 但岩体结构面发育, 边坡中发育有顺坡向的陡倾结构面, 形成块体后缘拉裂面。边坡破坏模式主要为块体失稳破坏。

5) **第五区段(EF段)**: 位于3#库的北东侧, 边坡长度约20 m, 最大高度22 m, 边坡岩性为紫红色砂岩夹薄层页岩。结构面发育, 边坡结构为斜切坡, 边坡较为稳定。

4.2. 分区治理措施

由于本治理工程所涉及的边坡, 属于垃圾填埋场的库岸, 因此, 在选择治理方案时, 必须考虑后期垃圾填埋场的施工要求, 如铺设防渗膜、隔水土工布、随不同填埋阶段边坡使用情况及垃圾填埋工艺要求等。结合场地地质环境、边坡的稳定性状况以及当地的施工场地要求等各种条件, 优先采用技术可靠、施工简便、投入少的治理方法, 按永久边坡设计[10]。本工程边坡安全等级为一级。根据现场地质调查, 结合边坡岩质性状和稳定性计算结果, 对不同区段边坡分别采取如下治理措施。

AB段: 以清除坡面险石为主, 对危险的边坡部位进行适当修坡, 结合随机锚杆, 柔性主动防护网进行加固处理, 并辅以绿化修复。

BC段: 考虑未来垃圾填埋作业需要, 采用坡角近50°放坡开挖, 每8 m坡高设置4 m平台, 共设置6级放坡5层平台, 对不稳定块体采用随机锚杆, 坡顶设置截水沟。

CD段: 考虑到工程的应用与斜坡结构, 采用开挖方式与前后边坡相接同时增加一部分库容。采用50°放坡开挖, 每8 m坡高设置4 m平台, 共设置7级放坡6层平台, 坡顶设置截水沟。

DE段: 考虑未来垃圾填埋作业需要, 采用坡下部现有坡角38°放坡开挖, 每8 m坡高设置4 m平台, 共设置6级放坡5层平台, 坡顶设置截水沟。

EF段: 边坡结构为斜向坡, 考虑未来垃圾填埋作业需要, 采用坡下部现有坡角38°放坡开挖, 每8 m坡高设置4 m平台, 共设置3级放坡2层平台, 坡顶设置截水沟。

各区通过不同的治理措施加固后, 既保证了边坡的稳定性, 也通过普通喷播、客土喷播等措施, 改善了边坡生态环境, 达到了治理目的。为宕底垃圾填埋场的施工与运行期安全提供了保障, 效果十分显著。

5. 结论

治理方案的设计综合考虑了填埋场的长远规划, 经技术与经济比选确定采用除第一区段采用柔性主动防护网处理, 其余区段采用多级放坡结合细石砼喷射面层等治理手段, 经上述分区治理后的边坡稳定性分析, 各区边坡均满足安全要求。施工结束后的实际监测表明, 采用的分区治理既保证了边坡稳定, 同时节约了工程投资, 且施工方便、技术可靠。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国土资源部. 国土资源部令第44号矿山地质环境保护规定[S]. 北京: 国土资源部, 2009.
- [2] 中华人民共和国国土资源部. 矿山地质环境保护与土地复垦方案编制指南[S]. 北京: 国土资源部, 2016.
- [3] 中华人民共和国国土资源部. (国土资发[2004]69号)国土资源部关于加强地质灾害危险性评估工作的通知[S]. 北京: 国土资源部, 2004.
- [4] 曲华峰, 石金鹏. 矿山地质环境治理问题研究[J]. 科技创新导报, 2011(1): 134.
- [5] 何阳, 陈帅奇, 徐定芳. 长株潭地区矿山地质环境问题及环境保护建议[J]. 城市地质, 2019(3): 58-63.
- [6] 李长洪, 任涛, 蔡美峰, 李军财. 矿山地质生态环境问题及其防治对策与方法[J]. 中国矿业, 2005, 14(1): 29-33.

- [7] 张志明. 矿山地质环境保护与防治[J]. 世界有色金属, 2019(10): 184-185.
- [8] 武珺, 刘婷, 许雷川. 无人机技术在矿山地质灾害调查中的应用探讨[J]. 矿山工程, 2019, 7(4): 361-366.
- [9] 公新忠. 中深孔爆破影响边坡稳定性的研究[J]. 矿山工程, 2019, 7(2): 177-180.
- [10] 张发明. 地质工程设计[M]. 第二版. 北京: 中国水利水电出版社, 2018.