

某矿山场地复杂超高填方边坡 设计方案研究

Study on the Design Scheme of Complex Ultra-high Fill Slope in a Mine Site

孙扬¹, 习泳¹, 齐路路¹, 万毅², 汤靖¹

(1. 中国恩菲工程技术有限公司, 北京 100038; 2. 宜春时代新能源矿业有限公司, 宜春 336300)

摘要:绿色高质量发展是现代矿业发展的底色,要贯彻建设绿色、安全、高效、智能新矿山理念。依托某矿山挖填方工业场地条件,针对有限用地条件下的高填方边坡,且坡腰修建通过重载卡车道路的复杂条件,开展了支挡结构设计方案论述。选定了能够适应填方边坡不均匀沉降的柔性加筋挡墙设计方案,针对两种不同坡率组合方案,开展了详细稳定性分析计算。确定的设计方案能够满足工程条件,满足绿色、安全、环保的要求,可为类似的工程提供借鉴意义。

关键词:矿山场地; 复杂高填方边坡; 加筋挡墙

中图分类号: TD854

文献标志码: A

文章编号: 1672-609X(2023)04-0087-04

Abstract: Green and high-quality development is the background of the development of modern mining. It is necessary to implement the concept of green, safe, efficient and intelligent new mines. Relying on the conditions of the industrial site of a mining to dig and fill in, it has carried out discussions on the supporting structure design scheme for the high-filling slope under the conditions of limited land, and the slope waist construction has carried out a transmission structure for mining truck. The flexible geogrid retaining wall design scheme that can adapt to the uneven settlement of the filling slope is selected. For the two different slopes combination solutions, detailed stability analysis calculations were carried out. The determined design scheme can meet the requirements of engineering conditions, meet the requirements of green, safe, and environmentally friendly, and can provide a reference significance for similar projects.

Key words: mine-site; complex high-filled square slope; geogrid retaining wall

1 前言

随着当前全球新一轮科技革命和产业变革,创新驱动的战略性新兴产业将成为推动全球经济复苏和增长的主动动力。矿业作为工业经济发展的粮食,伴随着新能源时代踏上了新一轮发展快车。绿色、安全、高效、智能开采是未来矿山的发展方向,矿山建设设计要遵从新的发展理念,“绿水青山就是金山银山”的理念成为全社会的共识和共同行动,绿色高质量发展是矿业发展的“风向标”^[1]。露天矿产资源主要赋存在山岭、丘陵地区,其开采建设的场内道路、工业场地等建构物设施均位于山岭之中,不可避免存在大量的挖方与填方边坡工程。为节约土地、高效、绿色开发矿产资源,场地的用地往往受

林地、农田、批复指标限制,采选工业场地总图布置受限。金属矿山场地中高度超高 30 m 的填方场地边坡较为常见。

高填筑边坡受用地限制,对于无法用坡率法达到稳定的边坡,采取合理的加固设计方案对于工程造价、施工进度及安全储备的影响巨大。开展复杂超高边坡设计方案研究工作,能够为推进工程正常建设、保证安全生产、节约用地具有重要实际意义。

2 工程背景

2.1 矿区场地环境

某金属矿区属亚热带季风型气候,气候四季分明。年平均气温 17.9 °C,1 月平均气温最低为 6.0 °C,7 月平均气温最高为 28.6 °C。矿区多年年平均降雨量 1 841 mm,历史最大年降雨量 2 363.85 mm,最大月降雨量 845.21 mm,最大日降雨量 298.1 mm。降雨多集中在 3 月~6 月,占全年降雨量的 55.8%,平均降雨量 256.7 mm。

[作者简介] 孙扬(1985—),男,陕西榆林人,高级工程师,从事金属矿山咨询设计及相关研究工作。

[引用格式] 孙扬,习泳,齐路路,等. 某矿山场地复杂超高填方边坡设计方案研究[J]. 中国矿山工程,2023,52(4):87-90.

矿区构造属侵蚀中低山-丘陵地貌,地形地貌较复杂,山岭总体呈南北走向,地形总体由北向南逐渐变缓。矿区内最高点海拔标高 783 m,其附近山岭呈近东西走向,为矿区附近沟谷的分水岭,向南和向北海拔逐步降低,矿权区北部边界一带海拔标高 200~350 m 不等,其南部边界最低标高约 330 m。区内植物发育,竹木繁茂,森林覆盖率达 90% 以上。矿区山体由花岗岩体组成,自然斜坡坡度一般为 25°~40°,矿区未发现崩塌、滑坡、泥石流地质灾害。矿区地貌如图 1 所示。



图 1 矿区地形地貌图

2.2 矿区工程地质及水文条件

矿区场地地层结构由第四系全新统杂填土(Q4ml)与燕山晚期花岗岩(K)组成。按其岩性及其工程特性,场地内地层自上而下分别为杂填土(Q4ml)、全风化花岗岩(K)、强风化花岗岩(K)、中风化花岗岩(K)。

拟建场地为山地,未发现滑坡、崩塌、泥石流等不良地质作用;场地基岩为花岗岩,不存在岩溶问题;在勘探深度内,花岗岩中未见洞穴、地下管线、施工遗留物、临空面等,部分全风化花岗岩中含未风化的花岗岩球体;部分中风化花岗岩内局部含强风化花岗岩破碎带;拟建场地无人为的地下开采活动,不存在采空区不良地质现象,场地适宜性较好。场地抗震设防烈度为 6 度,属设计地震分组第一组,设计基本地震加速度值为 0.05 g。

矿区内地表水系总体发育,山间溪流均呈季节变化,与降雨量关系密切。矿区地下水为上层滞水和基岩裂隙水,上层滞水主要分布在山谷杂填土层与全风化花岗岩中,基岩裂隙水主要赋存于下部燕山晚期强风化花岗岩与中风化花岗岩中。基岩裂隙水的透水性受基岩裂隙性质及发育程度控制,总体属弱透水层,水量不大。场地内地下水主要赋存于土体空隙及全风化花岗岩中,属于上层滞水,受大气

降水与地表水补给,排泄方式主要为蒸发排泄和人工开采排泄。地下水位动态变化主要受季节性降水的影响,从 4 月至 9 月是每年的丰水期,每年 10 月至来年 3 月为枯水期。上层滞水年内变化幅度为 3.0~8.0 m。

2.3 工业场地概述

项目高填方场地为采矿场破碎站工业场地,场地长约 350 m,宽约 210 m;场地布置破碎机、转载胶带、主运输胶带、配套的供配电机房、供水等辅助构筑物。场地北东侧为挖方边坡,南西侧为填方边坡,最大填方高度 70 m。场地除北侧紧邻露天坑采场近,受爆破扰动影响,场地西侧和南侧局部采用自然坡率填方方案设计,场地东南侧区域受道路限制,无法采用坡率法。场地初步设计方案如图 2 所示。

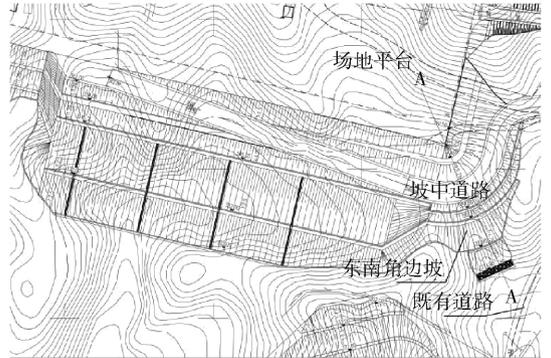


图 2 破碎站场地平面图

矿山为满足基建期剥离矿石运输及后期场地维检需求,需在东南侧与南侧填方边坡修筑道路至破碎工业场地。工程条件使得场地东南侧边坡设计复杂,无法采用常规的坡率法与护角挡墙设计;同时由于坡腰设有重载卡车通过道路,为填方区域挡墙设计增加了难度。

3 设计方案

破碎站西南侧区域边坡和南侧边坡具备坡率法稳定的条件,均按照缓坡方案设计坡脚。本文研究分析区域为东南侧边坡。东南侧边坡坡角有既有道路通过,坡中设计道路通过,该道路重载卡车最大重量约 116 t。

道路修筑在填方场地,采用普通混凝土刚性挡墙受不均匀沉降引起开裂的风险较高,因此需要采用其他受沉降影响小的支挡方案。采用抗滑维护桩方案具备可性,能够满足坡体整体稳定性及重载卡车通行功能要求,但道路下方的填方自稳仍不能满

足规范要求。近年来随着加筋材料应用技术成熟,在机场、公路、电力、市政等行业被广泛利用^[2-3];针对项目现场实际条件,应用加筋挡墙既能满足坡体

整体稳定性,也能满足道路重卡通行及路下坡体稳定。常见的加筋支挡有格宾笼加筋挡墙、面板加筋挡墙、筋材反包等几种形式挡墙,具体如图3所示。



图3 常见加筋挡墙类型

本项目建设进度紧张,场地合格石块较少,综合考虑实际可用场地空间,采用反包土工袋的加筋挡墙结构。土工袋反包加筋的施工速度较格宾笼快,不需要石材构建墙面;反包体坡面同时具备复绿条件,满足绿色矿山建设发展理念;反包加筋挡墙的缺陷是其最陡坡率不超过1:0.5。加筋挡墙建设完成后,现场拟采用客土喷播方式复绿,坡率宜缓于1:0.75。

路面至坡顶的场地高差18 m,据此设计了两种不同形式加筋挡墙方案如图4示。方案一是常规的坡脚两级1:1.75的缓坡填方,路基为1:0.75的陡填路基;方案二是坡脚两级1:1.0的较陡填方,路基为1:1.75的缓坡填方。路面上部的设计方案一致,均为1:1.4的非加筋填方。考虑重载道路后期重载卡车与矿山生产服务年限,选用高密度聚乙烯单向土工格栅,格栅强度均选用HDPE170型单向土工筋带,筋带竖向铺设间距设计为0.6 m每层。

针对破碎站东南侧的坡顶与坡底场地空间及道路设计条件,路面至坡脚刚性挡墙的高差30 m,

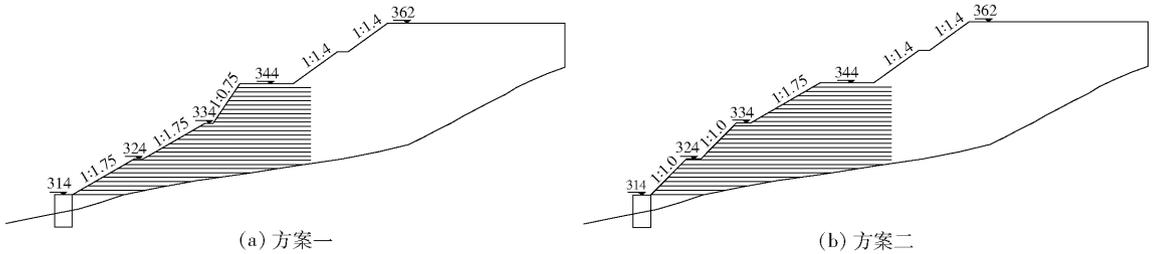


图4 加筋填方挡墙方案

4 稳定性分析

4.1 计算参数

填方上修建的道路生产前期将通行116 t的重型矿卡,在有限空间中选择安全储备更高的加筋挡墙方案更为重要。场地填方采用强夯处理,设计要求场地承载力值为200 kPa;选取场地不同区域,现场剪切实验测定强夯处理后的填土参数见表,考虑加筋区域碾压工艺的变化,填方土层分析参数进行了折减。

表1 填方边坡土层物理力学参数

土层名称		重度/ kN·m ⁻³	内摩 擦角/(°)	黏聚力/ kPa
填方土层	现场实验	20	27	14
	分析采用	20	25	5
全风化花岗		21	22.2	16.7

根据卡车载重及车轮受载面积,路面施加120 kPa的卡车荷载。填方原始地貌均按照全风化花岗岩层简化考虑,据此结合设计方案建立模型。

加筋材料抗拉强度的设计值选用需要考虑蠕变折减、老化折减及施工损伤折减^[4-5],通过以下公式计算确定:

$$T_{\alpha} = T / RF \quad (1)$$

$$RF = RF_c = RF_c \times RF_{ID} \times RF_D \quad (2)$$

式中, T_{α} 是筋材设计抗拉强度。 T 是实测极限抗拉

强度。 RF 是综合折减系数; RF_C 是蠕变强度折减系数; RF_{10} 是施工损伤的强度折减系数。 RF_D 是考虑微生物、热化学、热氧化等影响的老化折减系数。经初步计算及现场实际施工条件,本次综合折减系数取为 3.0。

4.2 分析结果

按照两种设计方案及计算参数建立极限平衡分

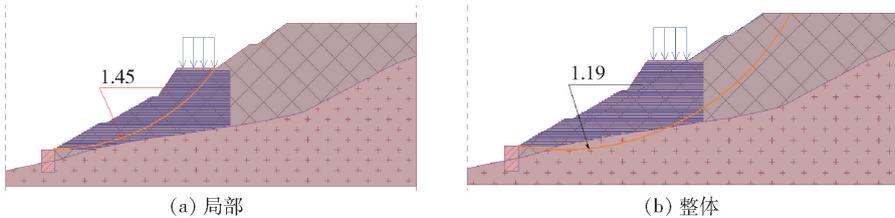


图5 方案一加筋填方稳定分析结果

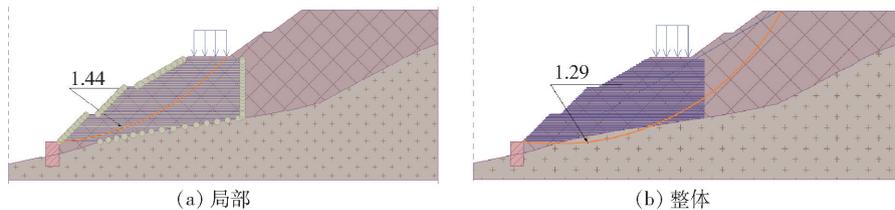


图6 方案二加筋填方稳定分析结果

边坡的支护方案提出了较高要求,通过方案设计对比分析,得到主要结论如下:

(1)高填方边坡的处理是一项较复杂的岩土工程,其支挡结构设计要因地制宜地选择合适的结构形式,否则耗费大量投入仍达不到工程应用性能要求,且严重影响工程要求。

(2)在填方区域修建支挡结构,要充分考虑不均匀沉降、坡体整体稳定和局部稳定。复杂的高填方场地边坡区域应用加筋材挡墙是可靠技术的方案,本案例应用后其路基下边坡稳定性系数达到了 1.4,坡体整体稳定性达到了 1.29。

(3)加筋后的填方区域具有良好的稳定性,在坡脚设置陡填起到了高边坡稳脚反压的作用,方案二的整体稳定计算结果高于方案一。

(4)加筋挡墙的结构形式选用要结合工期进度要求、场地可用空间、现场可用石材、填方边坡高度、

析模型,对两个设计方案分别计算,其计算结果如图 5 和图 6 所示。方案一的整体安全系数 1.19,路下方安全系数为 1.45;方案二的整体安全系数 1.29,路下方安全系数为 1.44。

5 结论

基于本项目复杂场地 48 m 高填方工程,对合理

填方场地用途的多因素综合确定设计方案。

[参考文献]

- [1] 于润沧. 现代矿山工程设计理念诠释—献给中国有色工程设计研究总院建院 65 周年[J]. 中国矿山工程, 2018, 47(4): 1-3.
- [2] 杨天凯, 方天祥. 高填方基础超高挡墙边坡深层抗滑计算研究[J]. 云南水力发电, 2022, (39)3: 280-283.
- [3] 夏志远, 王率, 任延斌. 某山区高填方路基边坡失稳机制分析研究[J]. 岩土工程技术, 2022, (36)5: 371-376.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 土工合成材料应用技术规范: GB/T 50290—2014[S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.
- [5] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 高填方地基技术规范: GB 51254—2017[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.