

文章编号: 1674—8247(2020)05—0087—05

DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2020.05.017

浅论环保新形势下艰险山区弃渣场系统设计

陈柯霖 卿伟宸 朱 勇

(中铁二院工程集团有限责任公司, 成都 610031)

摘 要:艰险山区铁路弃渣场建设具有弃渣规模大、可用渣场少、环境保护形势严峻、堆渣总高度大、坡度陡、失事危害程度高等特点。为确保弃渣场建设及运营安全,加强环境保护及水土保持,本文基于成兰铁路弃渣场建设工程实例,建立了艰险山区弃渣场的设计流程,提出了从弃渣场选址、稳定性分析、主体工程设计到绿色防护的系统设计方法,为艰险山区弃渣场设计、施工提供指导和参考,对减少弃渣场地质灾害、保护环境、实现水土保持、顺应环保新形势具有显著作用。

关键词:弃渣场; 选址; 工程设计; 环境保护

中图分类号:X731 **文献标志码:**A

Discussion on the Spoil Area System Design in Harsh Mountainous Areas in the New Era of Environmental Protection

CHEN Kelin QING Weichen ZHU Yong

(China Railway Eryuan Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610031, China)

Abstract: The railway spoil area in harsh mountainous area is characterized by large scale, few available spoil areas, severe environmental protection situation, large total height of piled spoil, steep slope, high degree of damage caused by accident, etc. In order to ensure the construction and operation safety of the spoil area and enhance environmental protection and water and soil conservation, based on the construction project of the spoil area in Chengdu-Lanzhou Railway, this paper establishes the design process of the spoil area in harsh mountainous areas, and puts forward the system design method from site selection, stability analysis, main engineering design to green protection, to provide guidance and reference for the design and construction of the spoil area in harsh mountainous areas, which plays a significant role in reducing geological disasters, protecting the environment, realizing water and soil conservation and adapting to the environmental protection new norm.

Key words: spoil area; site selection; engineering design; environmental protection

1 研究背景

近年来,随着高速铁路在西部地区的大力发展,受地形地质条件复杂、线路曲线半径大、环保要求高等因素的制约,长大隧道越来越多,隧道长度在线路长度中

的比重越来越大,隧道弃渣量增大。其中,除极少部分弃渣可用作路基、站场填料或混凝土骨料外,大量弃渣需运至弃渣场集中堆放。部分长大铁路干线的弃渣规模如表1所示。

收稿日期:2019-11-05

作者简介:陈柯霖(1992-),男,工程师。

引文格式:陈柯霖,卿伟宸,朱勇. 浅论环保新形势下艰险山区弃渣场系统设计[J]. 高速铁路技术,2020,11(4): 87-91.

CHEN Kelin, QING Weichen, ZHU Yong. Discussion on the Spoil Area System Design in Harsh Mountainous Areas in the New Era of Environmental Protection[J]. High Speed Railway Technology, 2020, 11(4): 87-91.

表 1 长大铁路干线弃渣规模表

铁路名称	隧道总数 /座	隧道延长 /km	隧道弃渣方量 /(万 m ³)
沪昆高铁(贵州、云南段)	259	389	6 050
贵南高铁	114	260	4 030
云桂铁路	90	306	4 655
成贵铁路	183	231	3 550
成兰铁路	32	333	6 600

艰险山区具备弃渣条件的可选渣场较少,加之渣场选址还受居民点、建(构)筑物、交通线路等的制约以及江河、湖泊、水库等水资源和环境敏感区的影响,使得可弃渣之地进一步减少。因此,艰险山区弃渣场常面临可用场地少、弃渣方量多、堆渣高度大、堆渣坡度陡、弃渣场失事概率大的困境。近年来,艰险山区弃

渣场失稳垮塌事故多有发生,且大量渣场的施工极大地破坏了当地环境及水土保持,已引起社会高度关注^[1-2]。因此做好弃渣场选址、设计、施工是确保弃渣场稳定、保证周边建(构)筑物安全,切实保护环境的关键。

2 弃渣场设计

2.1 弃渣场设计流程

弃渣场设计首先应进行弃渣调配设计,将可用于站场、路基的弃渣进行调配,将剩下的弃渣进行集中堆放。然后再根据弃渣量,结合现行政策及环保要求,考虑安全、经济、施工方便等因素,开展弃渣场设计。具体设计流程如图 1 所示。

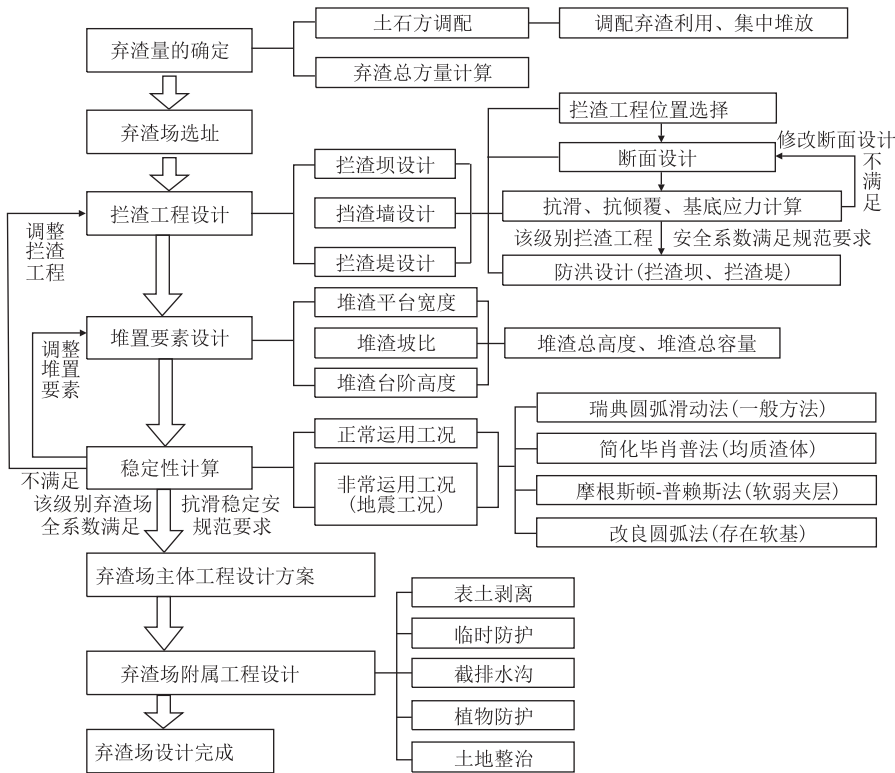


图 1 山区弃渣场设计流程图

2.2 弃渣场选址

弃渣场位置的选择是弃渣场设计的重要环节,对环境保护、水土保持、减少弃渣运距、简化弃渣施工以及保证弃渣场后续稳定安全均有十分重要的意义^[3]。渣场选址应根据弃渣量、弃渣场运距,综合渣场地形、地质、水文条件及其周边建筑物、交通线路、风景名胜等影响因素,同时考虑当地国土、环保、水保、河道管理等部门意见,并与地方建设规划相结合。

在环保新要求下,艰险山区弃渣场选址应符合环保、水保法律法规和环境、水保敏感区法定规划,优先

绕避生态保护红线、自然保护区的核心区和缓冲区、风景名胜区的核心景区、世界文化和自然遗产地的核心区和缓冲区、饮用水水源地的一级保护区、森林公园的珍贵景物、重要景点和核心景观区、地质公园的地质遗迹保护区、湿地公园的湿地保育区和恢复重建区、水产种质资源保护区的核心区、国家公园的严格保护区和生态保育区、水土流失重点预防区和重点治理区、水功能一级区的保护区和保留区以及其他类型禁止开发建设区域。

弃渣场选址不得影响周边重要基础设施和人民群

众生命财产安全,并应坚持“少占压耕地,少损坏水土保持设施”的原则,选择工程地质和水文地质条件相对简单,地形相对平缓的沟谷、凹地、坡地等^[4]位置。渣场选址涉及河道时,不得影响行洪安全,不得在江河、湖泊、建成水库及河道管理范围内布设弃渣场。渣场选址应避免产生滑坡及泥石流,不宜设置在汇水面积和流量大、沟谷纵坡陡、出口不易拦截的沟道,否则应进行防洪论证。选址涉及石灰岩地区时,还应避免破坏地下暗河、溶洞及落水洞等地下水系^[5]。

2.3 弃渣场主体工程设计

2.3.1 拦渣工程设计

(1) 拦渣工程类型

拦渣工程主要有拦渣坝、挡渣墙、拦渣堤和围渣堰^[6-7]。拦渣工程类型应根据弃渣场类型对应确定。弃渣场按地形条件、与河流相对位置、洪水处理方式等,可分为沟道型弃渣场、临河型弃渣场、坡地型弃渣场、平地型弃渣场和库区型弃渣场5种类型。拦渣工程类型及弃渣场特征如表2所示。

表2 弃渣场及拦渣工程类型表

弃渣场类型	特征	对应拦渣工程
沟道型	弃渣堆放在沟道内,将沟道全部或部分填埋	拦渣坝或挡渣墙
临河型	弃渣堆放在河流或沟道两岸较低的河滩地上	拦渣堤
坡地型	弃渣沿山坡堆放,坡度不大于25°且坡面稳定山坡	挡渣墙
平地型	弃渣堆放在宽缓的平地上	围渣堰或挡渣墙
库区型	弃渣堆放在水库库区内河道两岸台地河滩地上	拦渣堤或挡渣墙

(2) 拦渣工程级别

拦渣工程级别根据弃渣场级别对应确定。弃渣场级别应根据堆渣量、堆渣最大高度以及弃渣场失事后对主体工程或环境造成的危害程度来确定,弃渣场及拦渣工程级别如表3所示。

表3 弃渣场及拦渣工程级别表

弃渣场级别	堆渣量 $V/(\text{万 m}^3)$	最大堆渣高度 H/m	渣场失事对主体工程或环境造成的危害程度	拦渣工程	
				拦渣坝及拦渣堤	挡渣墙
1	$2\,000 \geq V \geq 1\,000$	$200 \geq H \geq 150$	严重	1	2
2	$1\,000 > V \geq 500$	$150 > H \geq 100$	较严重	2	3
3	$500 > V \geq 100$	$100 > H \geq 60$	不严重	3	4
4	$100 > V \geq 50$	$60 > H \geq 20$	较轻	4	5
5	$V < 50$	$H < 20$	无危害	5	5

(3) 拦渣工程设计

在环保新要求下,山区弃渣场建设对江河、水库等水资源的保护要求较高,临河型和库区型弃渣场已十

分罕见。弃渣场主要为沟道型和坡地型弃渣场,拦渣工程主要为挡渣墙。

挡渣墙设计应先确定墙趾位置及走向,再选择挡渣墙类型。挡渣墙类型主要包括重力式、悬臂式、扶臂式和加筋式,如图2所示。挡渣墙具体断面参数根据稳定性计算确定。

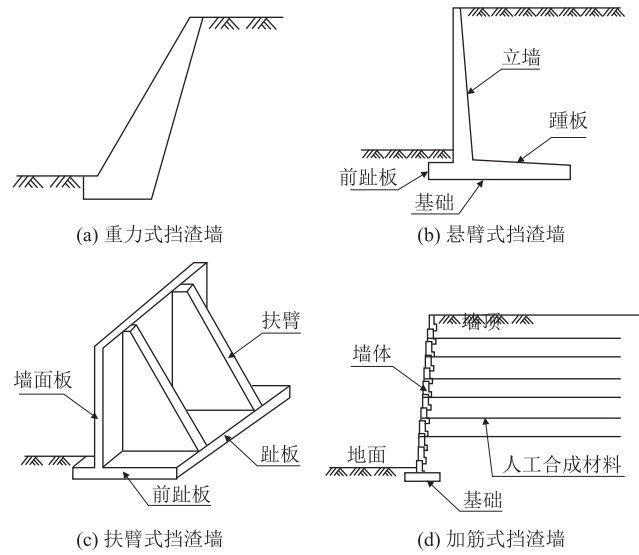


图2 挡渣墙形式图

(4) 拦渣工程稳定性计算

拦渣工程抗滑、抗倾覆稳定性安全系数及基底应力、截面内力计算应满足现行规范、规定对相应级别拦渣工程的规定。

2.3.2 弃渣场堆置要素设计

弃渣场堆置要素主要包括台阶高度、平台宽度、总堆渣高度、堆渣坡比等。堆置要素根据弃渣量、弃渣体物理学性质、渣场工程地质条件,先通过工程类比初步拟定,再根据弃渣场稳定性计算进行调整。

2.3.3 弃渣场稳定性计算

弃渣场稳定性计算分为正常运用工况和非常运用工况。正常运用工况是指弃渣场处在最终弃渣状态时,渣体无渗流或稳定渗流。非常运用工况是指弃渣场在正常工况下遭遇Ⅶ度及以上地震的情况。

弃渣场稳定性计算方法可采用瑞典圆弧法,对于均质渣体,宜采用简化毕肖普法,对于有软弱夹层的弃渣场,宜采用摩根斯顿-普赖斯法,对于存在软基的弃渣场,宜采用改良圆弧法^[8-9]。

弃渣场稳定性安全系数应满足相应级别弃渣场稳定性安全系数,如表4所示。不满足时,应优先调整弃渣场堆置要素,必要时调整拦渣工程,确保弃渣场稳定性满足要求。

表 4 弃渣场抗滑稳定安全系数表

稳定性 计算方法	应用情况	弃渣场级别			
		1	2	3	4、5
瑞典圆弧法、 改良圆弧法	正常运用工况	1.35	1.30	1.25	1.20
	非常运用工况	1.15	1.15	1.10	1.05
简化毕肖普法、 摩根斯顿-普莱斯法	正常运用工况	1.35	1.30	1.25	1.20
	非常运用工况	1.15	1.15	1.10	1.05

2.3.4 弃渣场附属工程设计

在环保新要求下,除做好保护环境,减少水土流失,避免渣场外附近汇水造成弃渣湿化、泥化甚至稀化导致渣场滑坡外,还应对弃渣场截排水等附属工程进行设计,具体包括以下几方面的内容。

(1)截排水沟

弃渣场上游四周应设截水、排水沟,并与下游自然沟道顺接,排水沟应设置在渣场外侧山坡,并设置消能、防冲措施。渣场上游洪水集中时,应设置排洪沟、涵洞等排洪建筑物^[10-12]。

(2)表土剥离

弃渣前应将原场地表土进行分层剥离,并集中保存,施工结束后作为恢复耕地、林草地的覆土。

(3)临时防护

施工过程应有临时防护措施,对于裸露面应采取临时拦挡、排水、沉沙、覆盖等措施。

(4)植物防护

弃渣场顶部、坡面等宜采用植物护坡,也可根据弃渣场实际情况采取工程与植物相结合的防护措施。

(5)土地整治

弃渣作业完成后,应及时进行土地整治,采取水土保持措施,恢复其利用功能。覆土厚度应根据土源、恢复地自然条件、利用方向等因素确定。

3 工程实例

成都至兰州铁路(简称成兰铁路)全长 573 km,隧道总长 333 km,隧道弃渣方量 6 600 万 m³,铁路沿线环境敏感区范围广、数量多。成兰铁路弃渣场选址坚持避开滑坡、泥石流等不良地质,避免对村庄、江河湖泊等造成威胁,环境敏感区不设渣场的原则。成兰铁路某弃渣场弃渣量为 76.6 万 m³,占地 128 亩,最大堆渣高度 36 m,弃渣场下游无重要建筑物,为 4 级坡地型弃渣场,地震动峰值加速度为 0.3g。

(1)拦渣工程设计及稳定性检算

弃渣场拦渣工程采用重力式挡渣墙,墙高 2 ~ 5 m。挡墙抗滑稳定性安全系数正常工况下为 1.45,非常工况为 1.19;抗倾覆稳定性安全系数正常工况为

2.43,非常工况为 2.16,均满足规范要求。其基底应力及截面应力均满足规范要求。

(2)弃渣场整体稳定性检算

采用瑞典圆弧法及毕肖普法对弃渣场整体稳定性进行计算,弃渣场正常工况及非常工况下的抗滑稳定安全系数如表 5 所示。

表 5 抗滑稳定安全系数计算结果表

计算工况	正常工况		非常工况	
计算方法	瑞典圆弧法	毕肖普法	瑞典圆弧法	毕肖普法
规范要求	≥1.15	≥1.20	≥1.05	≥1.05
计算结果	1.35	1.42	1.13	1.15

从表 5 可以看出,弃渣场整体稳定性满足规范要求。

(3)附属工程设计

弃渣场排水采取在渣顶周边布设截水天沟,在渣底布设排水盲沟的措施。弃渣前将渣场范围地表熟土或腐殖土剥离,集中堆放,清除地表植被,对渣场进行清理。弃渣完毕后,覆盖原地表土对渣顶进行复垦。采用人字型截水骨架护坡结合草灌对坡面及堆渣平台进行绿化。

4 结论

本文针对艰险山区铁路弃渣场出弃渣规模大、可用渣场少、环保形势严峻、渣场选址难度大、渣场失事危害大的特点,以成兰铁路为研究背景,开展了相关研究,结论如下:

(1)弃渣场系统设计主要包括弃渣场选址、挡渣工程设计、堆置要素设计、弃渣场稳定性计算、弃渣场主体设计和附属工程设计。

(2)艰险山区弃渣场主要类型为沟道型和坡地型,主要拦渣工程为挡渣墙。拦渣工程断面设计由抗滑、抗倾覆、基底应力及截面内力计算确定。

(3)弃渣场堆置坡度、台阶高度等堆置要素由弃渣场稳定性计算确定。若稳定性安全系数不满足规范对该级别弃渣场安全系数的要求,则优先调整堆置要素,必要时再调整拦渣工程。

(4)截排水、表土剥离、临时防护、植物防护及土地整治等附属工程能有效保护环境,防止水土流失,减小引发渣场发生滑坡的风险。

参考文献:

[1] 刘传正. 深圳红坳弃土场滑坡灾难成因分析[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2016, 27(1): 1-5.
LIU Chuanzheng. Genetic Mechanism of Landslide Tragedy Happened

- in Hong'ao Dumping Place in Shenzhen, China [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2016, 27(1): 1-5.
- [2] 胡勇生,刘玉洁,赖书名,等. 广甘高速弃渣场地质灾害危险性评价[J]. 公路交通科技(应用技术版),2018,14(10):167-170.
HU Yongsheng, LIU Yujie, LAI Shuming, et al. Hazard Assessment of Slag Abandonment Yard in Guangyuan Expressway [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2018, 14(10): 167-170.
- [3] 袁普金,姚赫,张勇,等. 生产建设项目弃渣场安全选址方案研究[J]. 水土保持通报,2018,38(6):132-137.
YUAN Pujin, YAO He, ZHANG Yong, et al. Investigation of Site Selection for Slag Abandonment Yard of Production and Construction Projects[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(6): 132-137.
- [4] GB 50433-2018 生产建设项目水土保持技术标准[S].
GB 50433-2018 Technical Standard of Soil and Water Conservation for Production and Construction Projects [S].
- [5] GB 51018-2014 水土保持工程设计规范[S].
GB 51018-2014 Code for Design of Soil and Water Conservation Engineering [S].
- [6] 王禹生,万彩兵. 开发建设项目弃渣场设计探讨[J]. 人民长江,2004,35(10):11-13.
WANG Yusheng, WAN Caibing. Discussion on Design of Waste Debris Field of Development and Construction Works[J]. Yangtze River, 2004, 35(10): 11-13.
- [7] 张娜. 线状开发建设项目弃渣场防护设计研究[D]. 西安:西北大学,2013.
ZHANG Yuan. Study on Protective Measures of Linear Development and Construction Project Dumping Site [D]. Xi'an: Northwest University, 2013.
- [8] 罗雷,何丙辉. 弃渣场堆渣及挡渣墙稳定性分析[J]. 水土保持应用技术,2006(5):35-37.
LUO Lei, HE Binghui. Stability Analysis on Piling Dregs in Abandoned Dreg Field and Retaining Wall [J]. Technology of Soil and Water Conservation, 2006(5): 35-37.
- [9] 刘建伟,史东梅,马晓刚,等. 弃渣场边坡稳定性特征分析[J]. 水土保持学报,2007,21(5):192-195.
LIU Jianwei, SHI Dongmei, MA Xiaogang, et al. Stability Characteristics Analysis on Sideslopes of Excavation Waste Dump[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2007, 21(5): 192-195.
- [10] 徐永年,田卫宾. 开发建设项目弃渣场设计及防洪问题[J]. 中国水土保持,2003(2):27-28.
XU Yongnian, TIAN Weibin. Issues on the Design of Dumping Sites and Flood Control of Development and Construction Projects[J]. Soil and Water Conservation in China, 2003(2): 27-28.
- [11] 陈旭欣. 生产建设项目水土保持方案弃渣场截水沟设计探讨[J]. 水土保持应用技术,2017(4):20-22.
CHEN Xuxin. Discussion on Intercepting Drain Design of Dumping Site in Soil and Water Conservation Schemes for Development and Construction Project [J]. Technology of Soil and Water Conservation, 2017(4): 20-22.
- [12] 张家发. 影响铁路工程建设的主要因素分析和对策[J]. 高速铁路技术,2019,10(3):51-54.
ZHANG Jiafa. Analysis of Main Factors Affecting Railway Engineering Construction and Countermeasures [J]. High Speed Railway Technology, 2019, 10(3): 51-54.

(上接第45页)

- [3] 张宗亮,贾延安,张丙印. 复杂应力路径下堆石体本构模型比较验证[J]. 岩土力学,2008,29(5):1147-1151.
ZHANG Zongliang, JIA Yanan, ZHANG Bingyin. Comparison and Verification of Constitutive Models for Rockfill Materials under Complex Stress Path[J]. Rock and Soil Mechanics, 2008, 29(5): 1147-1151.
- [4] 费正华,邓水明. 应用邓肯-张非线性模型近似计算路基沉降[J]. 中南公路工程,2001,26(3):15-16.
FEI Zhenghua, DENG Shuiming. Approximate Computation of Subgrade Sedimentation with Ducken-Zhang's Nonlinear Model[J]. Central South Highway Engineering, 2001, 26(3): 15-16.
- [5] 熊春宝,雷礼钢,葛有志. 土的不同本构关系对三维有限元分析的影响[J]. 天津理工大学学报,2006,22(1):81-84.
XIONG Chunbao, LEI Ligang, GE Youzhi. Effect of Different Constitutive Relations of Soil on 3D FEA [J]. Journal of Tianjin University of Technology, 2006, 22(1): 81-84.
- [6] 沈珠江. 土的弹塑性应力应变关系的合理形式[J]. 岩土工程学报,1980,2(2):11-19.
SHEN Zhujiang. The Rational form of Stress-strain Relationship of Soils Based on Elasto-plasticity Theory [J]. Chinese Journal of Geotechnical Engineering, 1980, 2(2): 11-19.
- [7] DRUCKER D C, PRAGER W, GREENBERG H J. Extended Limit Design Theorems for Continuous Media[J]. Quarterly of Applied Mathematics, 1952, 9(4):381-389.
- [8] 孙少华,谢红强. 基于非线性有限元法的土石坝除险加固研究[J]. 采矿技术,2009,9(4):71-73.
SUN Shaohua, XIE Hongqiang. Research on Reinforcement of Earth-rock Dam Based on Nonlinear Finite Element Method [J]. Mining Technology, 2009, 9(4): 71-73.
- [9] 屈智炯,刘恩龙. 土的塑性力学(第二版)[M]. 北京:科学出版社,2011.
QU Zhijiong, LIU Enlong. Plastic Mechanics of Soil (Second Edition) [M]. Beijing: Science Press, 2011.
- [10] 迟守旭. 基于ANSYS的土石坝三维非线性有限元计算方法研究及实现[D]. 天津:天津大学,2004.
CHI Shouxu. Research and Implementation of 3D Nonlinear Finite Element Calculation Method for Earth-rock Dam Based on ANSYS [D]. Tianjin: Tianjin University, 2004.