

# 水力风力双侵蚀地区弃渣场防治措施设计

## ——以甘肃玉门抽水蓄能电站下库弃渣场为例

詹锐生, 胡利强

(广东省水利电力勘测设计研究院有限公司, 广东 广州 510635)

[关键词] 弃渣场; 措施设计; 水力侵蚀; 风力侵蚀; 甘肃玉门抽水蓄能电站

[摘要] 以甘肃玉门抽水蓄能电站下库弃渣场为例, 介绍了在项目区存在天然降水量小、土壤贫瘠、无植被存活条件等不利因素, 且伴随着风蚀水蚀双侵蚀作用的情况下, 弃渣场抗水蚀、风蚀的水土流失综合防治措施。在抗水力侵蚀方面, 主要在弃渣场下游末端、堆渣平台左右两侧位置及弃渣场首部共设置 4 道挡渣墙, 对弃渣场外围因地制宜采用导排渠结合截水沟设计, 对渣场平台、马道、下游采用排水沟及渣底预埋混凝土圆管涵等防洪排导措施; 在抗风力侵蚀方面, 主要结合项目区实际情况就地取材, 利用现有较大粒径的碎(块)石进行地表压盖。从措施空间布局上看, 能有效解决双侵蚀地区水土流失的防治难题。

[中图分类号] S157.2 [文献标识码] B DOI:10.3969/j.issn.1000-0941.2024.11.021

[引用格式] 詹锐生, 胡利强. 水力风力双侵蚀地区弃渣场防治措施设计: 以甘肃玉门抽水蓄能电站下库弃渣场为例[J]. 中国水土保持, 2024(11): 85-88.

## 1 工程简况及弃渣场概况

### 1.1 工程简况

甘肃玉门抽水蓄能电站位于甘肃省玉门市境内, 距玉门市区直线距离约 40 km, 距酒泉市区直线距离约 150 km。电站装机容量 1 200 MW, 额定水头 425 m。枢纽工程主要建筑物由上水库、下水库、地下输水系统及地面发电厂房等组成, 建成后承担甘肃省电力系统调峰、填谷、储能、调频、调相、紧急事故备用等任务<sup>[1]</sup>, 电站工程级别为 I 等大(1)型。

### 1.2 下库弃渣场概况

工程下库区经土石方平衡后共产生堆渣量约 716.3 万 m<sup>3</sup>(松方), 运至下库弃渣场统一堆置。下库弃渣场位于下水库东侧北大窑沟内, 属于北大窑沟上游沟头范围, 总占地面积 52.44 hm<sup>2</sup>, 最大堆渣高度 96 m, 渣场级别为 1 级, 规模为特大型。下库弃渣场平面布置见图 1。

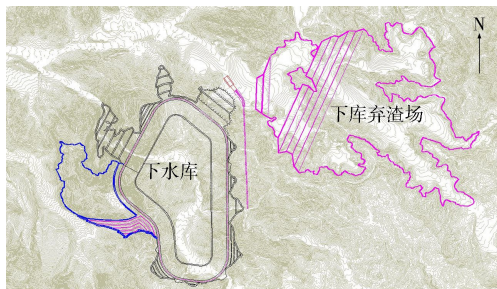


图 1 下库弃渣场平面布置示意

### 1.2.1 地形地质条件

下库弃渣场布置在北大窑沟主沟道上游沟头处, 渣场堆填区利用北大窑沟主沟的中上游段, 在主沟修筑拦渣坝, 利用主沟、两岸支沟及低矮山坳堆渣。堆渣区为沟、梁相间的地貌, 地形起伏变化大。堆渣区主沟沟底高程为 2 332~2 412 m, 长 1 075 m, 平均坡降为 7.5%, 沟宽 60~110 m。

堆渣区主要在冲沟内, 沟谷较开阔, 上、下游无建筑物分布。除沟底分布密实状碎石土外, 其余地段基岩多裸露, 有白垩系下统泥质砂砾岩和志留系中-下统泥质砂砾岩, 均为稳定岩体。堆渣区上游地段及堆填范围均无地表水系分布, 且冲沟常年干枯(短历时暴雨除外)。地下水在沟底埋深 12~15 m、两岸山梁埋深大于 30 m。区内除陡崖、陡坎见有崩落外, 未见有大规模滑坡、不稳定块体分布, 且未见有较大规模的软弱结构面分布。总体堆填区无不良地质现象发育, 地层岩层稳定连续, 作为堆渣区场地适宜。

### 1.2.2 水文、气象情况

项目区主要河流为疏勒河, 该河为甘肃省河西走廊内流水系的第二大河, 发源于祁连山脉西段托来南山与疏勒南山之间, 汇集疏勒南山北坡诸冰川支流, 入昌马盆地。项目区属温带干旱气候和高寒半干旱气候过渡区。根据实测资料统计, 玉门市国家基本气象站多年平均气温 7.4℃, 极端最高气温 38.0℃, 极端最低气温 -35.1℃; 多年平均降水量 64 mm, 多年平均水面蒸发量 1 805.1 mm。受流域地理位置和地形影响,

盛吹西北风,最大风速可达  $25.0 \text{ m/s}$ <sup>[2]</sup>。

## 2 弃渣场防治难点

1) 水力及风力侵蚀共同作用下,水土流失防治难度大。项目区地处甘肃省河西走廊西部,属于降水稀少、生态环境脆弱的裸地(荒漠戈壁)风沙区,土壤侵蚀类型以风力侵蚀为主,兼有水力侵蚀、冻融侵蚀,属于以风力侵蚀为主的“三北”戈壁沙漠及沙地风沙区。在水力及风力的共同侵蚀作用下,虽然年均降水量较少,但是仍应考虑对短历时暴雨进行及时疏导,同时实施有效的防风固沙措施以防风蚀<sup>[3-5]</sup>。

2) 泥石流灾害对下库弃渣场的影响。下库弃渣场位于北大窑沟主沟道上游沟头位置,沟内有一定规模的季节性泥石流。北大窑沟流域形态呈上大下小的树冠状,上游汇水面积大,下游沟口处逐渐收窄,是典型的沟谷形态泥石流沟。北大窑沟泥石流易发程度为中等,沟口 100 a 一遇泥石流规模为中型,流量为  $227.85 \text{ m}^3/\text{s}$ ,一次最大冲出量为  $3.10 \text{ 万 m}^3$ 。为安全起见,本着从严治理的原则,对泥石流进行重点设防<sup>[6-7]</sup>。

3) 立地条件差,水土流失危害大,无植被生长条件。根据现场调查,项目区植被稀少,地表大部分被砂砾石所覆盖;土壤贫瘠,现有土壤肥力较低且有机质含量较少,含氮量低,pH 值呈微碱性<sup>[8]</sup>,表层多含砾石或卵石,砾石含量大于 10%,其土壤质地、剖面构型、土壤有机质含量及土壤酸碱度情况等均不具备后续作为复绿覆土综合利用的条件,且水分和土壤是限制植物生长的主要因子。因此,项目区施工结束后对现场施工迹地的恢复属于水土流失防治的另一重点<sup>[9-11]</sup>。

## 3 弃渣场防护设计

### 3.1 堆渣方案

下库弃渣场位于北大窑沟,划分为上、下游两个堆渣区,上游堆渣区堆放高程从 2 334 m 开始至 2 408 m 结束,下游堆渣区堆放高程从 2 310 m 开始至 2 340 m 结束。下游堆渣区于 2 310 m 高程处修建拦渣设施,墙顶高程 2 320 m,2 320~2 340 m 为渣场分级平台堆置范围,按每 10~20 m 高度设置一级马道,马道宽 2 m,并设马道排水沟,共布设 1 个分级平台,平台边坡坡比 1:3,下游堆渣平台高程为 2 340 m;上游堆渣区于 2 334 m 高程处修建拦渣设施,墙顶高程 2 344 m,2 344~2 408 m 继续采用自下而上分级平台堆置,按每 10~20 m 高度设置一级马道,马道宽 2 m,共布设 4 个分级平台,第一级平台边坡坡比 1:3,第二级平台边坡坡比 1:2.75,第三、四级平台边坡坡比 1:2.5。

### 3.2 拦渣工程

下库弃渣场在启用前,于下游末端坡脚布置第一道挡渣墙,编号挡渣墙 A。下游堆渣区堆渣平台形成后,于 2 334 m 高程堆渣范围右侧方位布设第二道挡渣墙,编号挡渣墙 B,墙顶高程 2 344 m;于左侧方位布设第三道挡渣墙(依据地形高差具体实施),编号挡渣墙 C,墙顶高程 2 344 m。为预防上游泥石流发生,拟在渣场首部设置挡渣墙,编号挡渣墙 D,采用重力式挡墙。挡渣墙 A、B、C 出露地面约 8.0 m,基础埋深 2.0 m,顶宽 1.5 m,墙背比 1:0.2,墙胸比 1:0.8;挡渣墙 D 出露地面约 5 m,基础埋深 1.0 m,顶宽 0.75 m,墙背比 1:0.2,墙胸比 1:0.3。弃渣场挡渣墙断面设计见图 2。

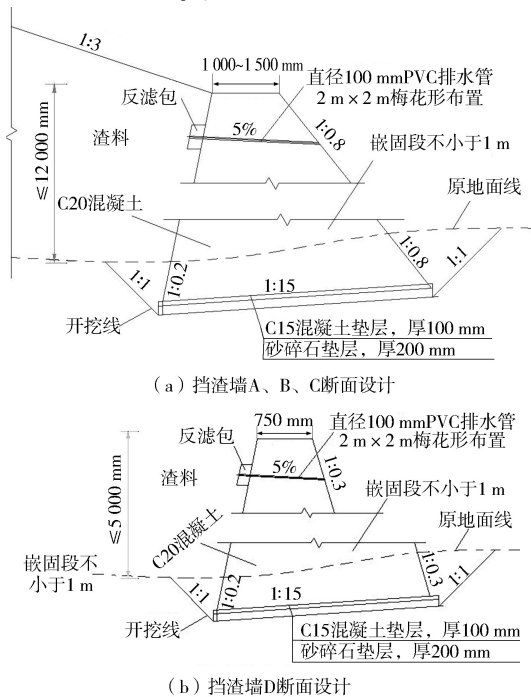


图 2 挡渣墙设计示意

### 3.3 防洪排导工程

1) 导排渠。下库弃渣场级别为 1 级,按规范,设计防洪标准为 100 a 一遇洪水,相应洪峰流量为  $15.1 \text{ m}^3/\text{s}$ 。为疏导弃渣场左侧大面积汇水,在弃渣场右侧设置导排渠,为明渠,梯形断面,底宽 3 m、深 2 m,左侧坡比 1:0.5、右侧坡比 1:1。导排渠由渠道和急流槽组成,渠道长 988 m,急流槽长 419 m。导排渠断面设计见图 3。

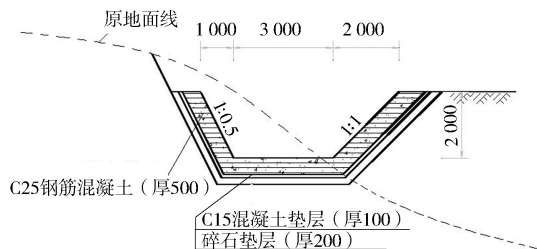


图 3 导排渠设计示意(单位:mm)

2) 渣底涵管。渣场施工期导流标准采用 20 a 一遇洪水标准,洪峰流量  $7.8 \text{ m}^3/\text{s}$ 。施工期在渣场底部设置直径 2 m 的 C30 混凝土圆管涵主管,另布设直径 1 m 的 C30 混凝土圆管涵支管,其中主管长 1 260 m,支管长 460 m。弃渣场排水涵管断面设计见图 4。

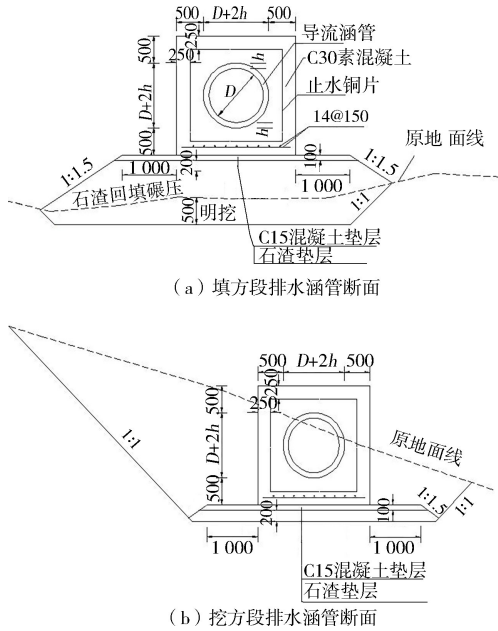


图 4 渣底涵管设计示意(单位:mm)

3) 截、排水沟。包括渣场上游的截水沟和渣场平台、马道及下游坡脚的永久排水沟。排水标准根据《水土保持工程设计规范》(GB 51018—2014)要求,按 10 a 一遇最大 10 min 短历时设计暴雨确定。流量计算参照《水土保持工程设计规范》(GB 51018—2014)截排水工程设计流量计算确定,其中径流系数取 0.15,重现期转换系数  $C_p$  取 1.34,降雨历时转换系数  $C_t$  取 1.0,5 a 一遇 10 min 降雨量  $q_{5,10}$  取  $1.0 \text{ mm}/\text{min}$ ,依据公式计算相应的截、排水沟设计流量。验算后弃渣场截、排水沟断面及过水能力计算结果见表 1。弃渣场截水沟断面设计见图 5,排水沟断面设计见图 6。

表 1 弃渣场截、排水沟断面及过水能力计算结果

渣场截、排水设施	过水断面尺寸	设计流量/ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	设计过水能力/ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	设计流速/ ( $\text{m}/\text{s}$ )
上游截水沟/急流槽	上底 1.45 m, 下底 1.0 m, 深 0.9 m (直角梯形)	3.14	3.45	3.08
平台、马道、坡脚排水沟	宽 1.1 m, 深 1.0 m (矩形)	1.69	4.32	3.37

### 3.4 防风固沙工程

堆渣结束后,筛拣现场渣料粒径较大的碎(块)石作为压盖材料对弃渣场地表进行压盖,压盖材料就地取材<sup>[12]</sup>。防风固沙工程断面设计见图 7。

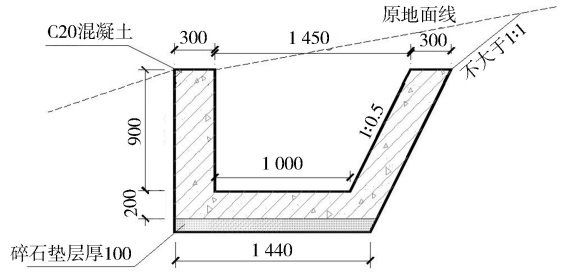


图 5 截水沟设计示意(单位:mm)

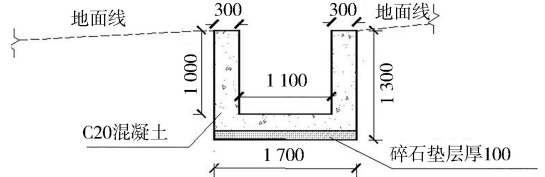


图 6 平台、马道、坡脚排水沟设计示意(单位:mm)

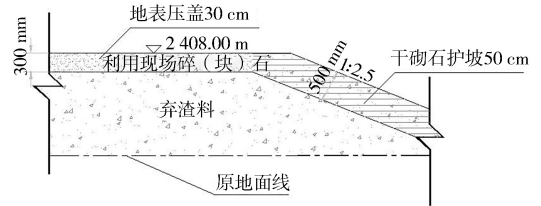


图 7 防风固沙工程设计示意

### 3.5 临时防护工程

1) 临时拦挡。施工期堆渣期间于下库弃渣场下边坡坡脚布置钢筋石笼临时拦挡措施进行防护。

2) 临时苫盖。施工期对下库弃渣场堆填形成的裸露边坡采取密目网苫盖措施进行防护,以防风力侵蚀,同时雨季时可减少水土流失。

3) 沉沙池。在下库弃渣场下游排水沟末端布设沉沙池,兼具消能作用。

4) 临时洒水。对下库弃渣场扰动的地面,在施工结束并土地整治后进行洒水,一方面抑尘,另一方面加速地表结皮的形成,以促进自然修复。可根据当地实际天气情况具体调整洒水次数。

5) 拉控制线。施工期对下库弃渣场用地范围拉控制红绳,划定区域,禁止施工人员及车辆随意扰动此区域,以保护原地貌、减少水土流失。

### 3.6 弃渣场稳定性分析计算

#### 3.6.1 挡渣墙稳定性计算

下库弃渣场稳定性计算采用的地勘材料参数见表 2,挡渣墙稳定安全系数计算结果见表 3。计算结果表明,挡渣墙稳定安全系数满足要求。

#### 3.6.2 边坡稳定性计算

1) 上库施工区渣料由碎石、土组成,主要来自上库大坝、库岸库盆开挖料及上库区洞挖料,碎石料、土料分别占上库总弃渣量的 60%、40%,渣体凝聚力一般,

表 2 下库弃渣场地勘材料参数

材料名	容重/ (kN/m <sup>3</sup> )	浮容重/ (kN/m <sup>3</sup> )	有效应力法 黏聚力/kPa	有效应力法 摩擦角/(°)	总应力法 黏聚力/kPa	总应力法摩 擦角/(°)	(水下)有效应力 法黏聚力/kPa	(水下)有效应力法 摩擦角/(°)	(水下)总应力 法黏聚力/kPa	(水下)总应力 法摩擦角/(°)
弱风化层	26.5	16.5	80	50	80	50	80	50	80	50
渣料	18	8	0	30	0	30	0	30	0	30
坡积碎石土	19	9	6.5	31.5	6.5	31.5	6.5	31.5	6.5	31.5

表 3 下库弃渣场挡渣墙稳定安全系数计算结果

弃渣场 名称	挡渣墙 级别	抗滑稳定安全系数计算结果		抗滑稳定安全系数标准		抗倾覆稳定安全系数计算结果		抗倾覆稳定安全系数标准	
		正常运用工况	非常运用工况	正常运用工况	非常运用工况	正常运用工况	非常运用工况	正常运用工况	非常运用工况
下库弃渣场	3	1.399	1.233	1.08	1.00	2.66	2.64	1.45	1.35

排水性能较好。下库施工区渣料由碎石、土组成,主要来自下库大坝及下库进出水口开挖料、下库区洞挖料,碎石占主要成分,占比约 70%,渣体凝聚力低,排水性良好,渗透系数高,可作为无黏性土考虑<sup>[13]</sup>。

2) 在渣体的堆积过程中,粒径较大的粒料将先到达沟底,这样在渣体底部自然形成较好的排水垫层,对降低渣体浸润线、提高渣体稳定性有利。

3) 渣体不同于水工结构中经过层层碾压的土石坝,在堆积过程中只经过运输汽车和推土机械的初步碾压,随着时间推移,在自身重力及渗透水作用下会逐渐固结沉降,密实性会有所提高,这对渣体的稳定有利。

弃渣场岩体物理力学参数按相关技术规范,石方可用量自然安息角取 38°,石方不可用量自然安息角取 35°,覆盖层自然安息角取 25°。边坡稳定性计算结果见表 4,计算结果表明,渣体边坡满足稳定性要求。

表 4 边坡稳定性计算结果

弃渣场 名称	正常工况		偶然工况		短暂状况	
	计算值	允许值	计算值	允许值	计算值	允许值
下库弃渣场	1.802	1.350	1.239	1.150	1.390	1.250

### 4 结束语

笔者以西北地区实例工程下库弃渣场为例,结合项目区水力风力双侵蚀的特征,介绍了弃渣场抗水蚀、风蚀的水土流失综合防治措施。在弃渣场下游末端、堆渣平台左右两侧位置及弃渣场首部共设置 4 道挡渣墙进行拦挡,堆渣前渣底预埋混凝土涵管以疏导上游来水,外围及平台、马道、下游位置通过修建导排渠、截(排)水沟外排水,施工结束后筛拣现有较大粒径的碎(块)石进行地表压盖以防风蚀。从措施空间布局上看,拦渣工程、防洪排导工程、防风固沙工程能有效解决双侵蚀地区水土流失的防治难题,可为同类渣场的防护提供技术借鉴。

设计[J]. 水利技术监督,2021(6):206-207,236.

[2] 曾瑜. 典型西北生态脆弱区水土流失影响因素及治理措施分析[J]. 城镇建设,2022,5(5):32-33.

[3] 王玉竹,闫浩文,王小平,等. 基于 GIS 的兰新铁路沿线风沙灾害致灾成因分析及评价[J]. 铁道标准设计,2020,64(2):51-56.

[4] 王曰军,潘鸿,韩薇. 西北干旱地区林业对防风固沙的影响分析[J]. 农业灾害研究,2023,13(1):167-169.

[5] 王新芳. 林业在西北干旱地区防风固沙中的作用及对策分析[J]. 南方农业,2022,16(10):75-77.

[6] 黄晓宇,姜亚飞. 泥石流危害及防治措施探讨[J]. 中国科技财富,2010(14):119.

[7] 张旭升,安显丞,张楚韩,等. 基于云模型对下垭山泥石流的危险性评价[J]. 河南科技,2023,42(1):110-115.

[8] 曾可,周旭,马特奇,等. 西北某地土壤 pH 研究[J]. 甘肃科技,2012,28(3):63-64.

[9] 黎雅楠. 土壤贫瘠化的研究进展与趋势[J]. 农技服务,2021,38(9):75-77.

[10] 杨厚翔,雷国平,徐秋. 黑龙江省耕地土壤养分贫瘠化研究[J]. 干旱地区农业研究,2018,36(6):224-229,236.

[11] 文鑫,王艺惠,钟聪,等. 贵州表层土壤有机质空间变异特征及其影响因素分析[J]. 水土保持学报,2023,37(3):218-224.

[12] 张欣,尹瑞平,刘静,等. 风水复合侵蚀区植物防风作用的研究[J]. 安徽农业科学,2015,43(11):235-237.

[13] 刁万英,刘刚,司炳成. 土壤水力特性异质性对土壤排水影响的瞬态随机分析[J]. 农业工程学报,2016,32(24):107-113.

收稿日期: 2024-07-25

第一作者: 詹锐生(1985—),男,广东惠来人,高级工程师,硕士,主要从事水土保持设计工作。

通信作者: 胡利强(1985—),男,湖南临武人,高级工程师,硕士,主要从事水土保持设计工作。

E-mail: 287983999@qq.com

[参考文献]

(责任编辑 徐素霞)

[1] 段东亮,张晓远,李建生,等. 深圳抽水蓄能电站水土保持