

牛栏江—滇池补水工程弃渣场 选址及水土保持措施设计

连振龙¹, 郭艳波^{2,3}

(1. 云南秀川环境工程技术有限公司, 云南 昆明 650021;

2. 云南环境工程设计研究中心, 云南 昆明 650034;

3. 云南省环境科学研究院/中国昆明高原湖泊国际研究中心, 云南 昆明 650034)

[关键词] 引水工程; 弃渣场; 选址; 水土保持; 防护措施

[摘要] 牛栏江—滇池补水工程是滇中调水近、中期重点工程, 重点向滇池补充生态水量, 改善滇池水环境。工程建设中动用土石方量较大, 在分析工程建设特点、项目区自然条件的基础上, 针对弃渣场的弃渣堆放特点、环境特点、安全稳定要求及水土流失防治等, 探讨引水工程弃渣场选址及水土保持措施设计。

[中图分类号] S157.2 [文献标识码] C [文章编号] 1000-0941(2018)01-0014-03

1 工程及项目区概况

牛栏江—滇池补水工程是滇池水环境综合治理中的近期外流域调水工程, 是滇中调水近、中期重点工程, 重点向滇池补充生态水量, 改善滇池水环境, 并在昆明发生供水危机时, 提供城市生活及工业用水。工程涉及昆明市的寻甸县、嵩明县、官渡区、盘龙区, 曲靖市的沾益县和会泽县, 工程等级及规模为 II 等、大(2)型。工程建设内容包括德泽水库水源工程、德泽干河泵站提水工程和德泽干河提水工程至昆明(盘龙江)的输水线路工程 3 个部分。

项目区所在的牛栏江流域位于滇中高原北东与黔西高原交界处, 山脉、水系大致呈南北及北东—南西向, 牛栏江上游段(嵩明、杨林盆地)为中低山剥蚀丘陵地貌区, 嵩明至黄梨树为中山溶蚀地貌区, 黄梨树至金沙江交汇处为中高山侵蚀地貌区。项目区多年平均降水量 858.4~1 039.8 mm, 多年平均气温 12.7~15.6℃, 5—10 月降水量约占全年的 90%。项目区土壤的垂直分布明显, 主要有红壤、黄壤、黄棕壤、棕壤及少量紫色土、燥红土。植被属于滇中、滇东高原半湿润常绿阔叶林、云南松林, 林草植被覆盖率 60.5%, 牛栏江流域上游植被覆盖状况尚好, 中、下游由于人类破坏严重, 植被覆盖极差, 加之上游多为宽阔的坝子或丘陵, 下游山高坡陡, 流域侵蚀产沙现象普遍, 呈现上游轻微、下游严重的特点。

2 弃渣场选址及布设情况

根据工程实际情况, 在主体工程施工组织设计土石方平衡的基础上, 综合考虑地形、地貌、水文地质条

件、环境敏感区、涉及安置人数与专项设施数量及其投资、弃渣场占地类型与面积、容量、运距、运渣道路、防护措施及其投资、损坏水土保持设施数量及可能造成水土流失危害、弃渣场后期利用方向等因素后进行合理可行的弃渣场选址。弃渣场选址应避免潜在危害大的泥石流、滑坡等不良地质地段, 对重要基础设施、人民群众生命财产安全及行洪安全、环境敏感区有重大影响区域(如河道、湖泊、已建水库管理范围内等)不布设弃渣场, 汇水面积和过水流量较大、沟谷纵坡陡、出口不易拦截的沟道不宜布设弃渣场^[1-2]。综上所述, 本工程弃渣场选址影响因子分析详见表 1。

表 1 弃渣场选址影响因子分析

| 影响因子 | 主要影响内容 |
|-----------|---|
| 地形 | 弃渣场容量及其安全性、占地面积、防护措施设计及工程量 |
| 水文地质 | 弃渣场稳定安全、弃渣场截、排水措施设计, 弃渣场稳定安全、防护措施等级及工程量 |
| 环境敏感区 | 水土保持制约性条件(搬迁安置、行洪安全、生态脆弱区等) |
| 交通条件 | 弃渣运输成本 |
| 土地利用现状 | 基本农田、公益林、水源地或其他保护地类不宜作为弃渣场, 损坏水土保持设施数量 |
| 可恢复性及覆土来源 | 后期恢复措施投资及效果 |
| 经济合理性 | 工程弃渣成本 |
| 施工难易程度 | 工程弃渣成本 |

根据以上原则, 山区、丘陵区宜选择在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、坡台地、滩地等布置弃渣场, 本工程共布置 51 个弃渣场, 其中: 水源工程区和提水工程区各布设 3 个, 弃渣量 376.75 万 m³; 引水线路区德泽至糟家湾段布置 12 个, 弃渣量 155.55 万 m³; 糟家湾至昆明段布置 33 个, 弃渣量 548.72 万 m³(以上均为松方)。本研究选取具

有代表性的引水线路区德泽至糟家湾段弃渣场作为研究对象,具体布设情况详见表2。

表2 引水线路区德泽至糟家湾段弃渣场布设情况

| 渣场名称 | 弃渣量(万 m ³) | 占地面积(hm ²) | 堆渣高程(m) | 渣场类型 | 弃渣来源 |
|------|------------------------|------------------------|-------------|------|----------------------|
| 大塘子 | 29.17 | 3.68 | 1 985~2 012 | 凹地型 | 大塘子渠道、石料场,干河、金奎地隧洞进口 |
| 大洞 | 7.50 | 1.44 | 2 070~2 083 | 沟道型 | 金奎地 1#支洞 |
| 河底 | 8.17 | 2.32 | 2 068~2 077 | 凹地型 | 金奎地 2#支洞 |
| 大平子 | 10.32 | 2.63 | 2 091~2 114 | 沟道型 | 金奎地 3#支洞 |
| 诺嘎 | 11.35 | 3.07 | 2 104~2 118 | 沟道型 | 金奎地 4#支洞 |
| 太平锣 | 11.36 | 1.85 | 2 035~2 058 | 沟道型 | 金奎地 5#支洞 |
| 马石凹子 | 11.17 | 2.98 | 1 948~1 960 | 沟道型 | 金奎地 6#、7#支洞 |
| 新桥 | 22.03 | 2.53 | 1 945~1 964 | 临河型 | 新桥石料场 |
| 竹园 | 10.50 | 1.95 | 1 940~1 961 | 沟道型 | 竹园隧洞进口、渠道,金奎地隧洞出口 |
| 卢柴冲 | 7.65 | 0.96 | 1 943~1 976 | 沟道型 | 竹园隧洞施工支洞 |
| 鲁洒革 | 12.27 | 2.24 | 1 919~1 942 | 沟道型 | 竹园隧洞出口,鲁洒革 1#、2#隧洞进口 |
| 箐田 | 14.06 | 1.66 | 1 954~1 983 | 沟道型 | 鲁洒革 2#隧洞施工支洞 |

引水线路区德泽至糟家湾段弃渣主要来源于隧洞施工,弃渣场类型以沟道型为主,就近布设在隧道出、入口附近的凹地和沟道里,有利于后续水土保持措施的设计,减少了弃渣运输成本,且各弃渣场无不良地质现象,渣场上、下游无居民点、工业企业和长流水,不涉及风景名胜区和自然保护区等环境敏感区,不影响重要基础设施、人民群众生命财产安全及行洪安全等。

3 弃渣场水土保持措施设计

由于全线弃渣场数量较多,加之考虑到文章篇幅有限,因此这里仅以其中引水线路区德泽至糟家湾段弃渣场为例,详细说明弃渣场水土保持措施设计。

在堆渣前先剥离弃渣场表土,堆放在各渣场的合适位置并采取临时防护措施,待施工结束后用于渣场复垦和植物措施的绿化覆土。为保证弃渣稳定,弃渣采用分台堆置方案,每台高度 10~15 m,设置 3~4 m 宽平台,各分级台阶边坡比为 1:2,堆至渣顶设计标高,然后平堆,在设计渣场顶端形成平台,对各弃渣场采取拦渣墙(坝)、截排水沟、沉沙池、植树种草、复耕等水土保持措施。根据《水利水电工程水土保持技术规范》,本工程弃渣场等级为三级,防洪标准为 20 年一遇^[2-4]。

3.1 拦挡工程设计

从表2来看,引水线路区弃渣场包括凹地型、沟道型、临河型3种类型。根据地形、水文地质、弃渣量、建材、施工、经济及其对周围环境的影响,通过综合方案比选确定拦挡工程。拦挡工程包括:①挡渣坝是从上游开挖线至干砌石护脚顶部平面以下部分,设计最大坝高 6.0~10.0 m,坝顶宽度 3.0~5.0 m,上边坡 1:2,下边坡 1:2.5,下部设置高 2.0~3.0 m、顶宽 1.5 m、上下边坡分别为 1:1 和 1:1.5 的干砌石护脚。坝体用

渣料中的毛块石进行填筑,上部用开挖渣料填筑并分层碾压,碾压层厚 50~80 cm,孔隙率小于 26%,最大干容重 1.9 t/m³。②挡渣墙采用重力式浆砌块石修建,具有设计施工简便、就地取材、安全可靠的特点。其断面尺寸墙高 3.0~5.0 m、顶宽 0.8~1.5 m、墙背边坡为 1:0.2~1:0.7,墙面为垂直面,墙身布置 10 cm×10 cm 排水孔,孔距 2 m,沿墙线方向每隔 15 m 设置一道伸缩缝,缝宽 3 cm。③格宾式钢丝网石笼挡墙属于柔性材料,具有适应变形、透水性的特点,一般布置在地质基础条件差且堆渣坡度较平缓的渣场,断面较浆砌石挡渣墙宽大,分层错位码砌,断面尺寸墙高 2.0~4.0 m、顶宽 1.0~3.0 m,墙背垂直,墙面为梯台形式,基础开挖深度 0.5 m,单个钢丝笼长×宽×高为 2.0 m×1.0 m×1.0 m。引水线路区德泽至糟家湾段拦挡工程具体断面设计见表3。

表3 引水线路区德泽至糟家湾段拦挡工程断面设计

| 渣场名称 | 拦挡形式 | 断面设计 | | | | | |
|------|-------|-------|-------|---------|---------|-------|-------|
| | | 墙高(m) | 顶宽(m) | 墙趾高(m) | 基础埋深(m) | 上边坡 | 下边坡 |
| 大塘子 | 浆砌石挡墙 | 5.0 | 1.0 | 0.5~1.0 | 1.0 | 1:0.3 | 1:0.5 |
| | | 3.0 | 1.0 | 0 | 0.50 | 1:0.5 | 1:0.5 |
| 大洞 | 格宾挡墙 | 2.0 | 1.0 | 0 | 0.5 | 1:0.5 | 1:0.5 |
| | | 4.0 | 1.0 | 0 | 0.5 | 1:0.5 | 1:0.5 |
| 河底 | 格宾挡墙 | 4.0 | 3.0 | 0 | 0.5 | 1:0.5 | 1:0.5 |
| | | 4.0 | 2.0 | 0 | 0.5 | 1:0.5 | 1:0.5 |
| 大平子 | 格宾挡墙 | 2.0 | 1.0 | 0 | 0.5 | 1:0.5 | 1:0.5 |
| | | 4.0 | 3.0 | 1:0.5 | 0.5 | 1:0.5 | 1:0.5 |
| 诺嘎 | 格宾挡墙 | 4.0 | 1.0 | 0 | 0.5 | 1:0.5 | 1:0.5 |
| | | 4.0 | 3.0 | 0 | 0.5 | 1:0.5 | 1:0.5 |
| 太平锣 | 格宾挡墙 | 2.0 | 1.0 | 0 | 0.5 | 1:0.5 | 1:0.5 |
| | | 4.0 | 3.0 | 0 | 0.5 | 1:0.5 | 1:0.5 |
| 马石凹子 | 格宾挡墙 | 4.0 | 3.0 | 0 | 0.5 | 1:0.5 | 1:0.5 |
| | | 4.0 | 3.0 | 1:0.5 | 0.5 | 1:0.5 | 1:0.5 |
| 新桥 | 格宾挡墙 | 4.0 | 3.0 | 0 | 0.5 | 1:0.5 | 1:0.5 |
| | | 10.0 | 5.0 | 0 | 2~4 | 1:2.0 | 1:2.5 |
| 竹园 | 挡渣坝 | 7.5 | 3.0 | 0 | 2~5 | 1:2.0 | 1:2.5 |
| | | 8.0 | 4.0 | 0 | 2~5 | 1:2.0 | 1:2.5 |
| 卢柴冲 | 挡渣坝 | 6.0 | 4.0 | 0 | 2~5 | 1:2.0 | 1:2.5 |
| | | 6.0 | 4.0 | 0 | 2~5 | 1:2.0 | 1:2.5 |
| 鲁洒革 | 挡渣坝 | 6.0 | 4.0 | 0 | 2~5 | 1:2.0 | 1:2.5 |
| | | 6.0 | 4.0 | 0 | 2~5 | 1:2.0 | 1:2.5 |
| 箐田 | 挡渣坝 | 6.0 | 4.0 | 0 | 2~5 | 1:2.0 | 1:2.5 |
| | | 6.0 | 4.0 | 0 | 2~5 | 1:2.0 | 1:2.5 |

注:①河底弃渣场为凹地型弃渣场,弃渣量不大,未布设拦挡措施;②格宾挡墙和挡渣坝均为柔性拦挡建筑物,墙趾高按 0 计。

3.2 排水工程设计

拦挡工程修建完成后,改变了自然沟道的坡面径流,为了避免坡面径流冲刷渣体,通过布设排水工程将坡面径流排至下游沟道。根据拦挡工程控制的汇水面积、降雨强度、工程等级及相应设计洪水标准确定排水工程形式,一般分为两类:①涵洞/管,即埋在渣体下部河沟沟底,穿过挡渣坝与出口消力池连接,适用于汇水面积较大、设计洪峰流量亦大的弃渣场。②排水沟,一般布置在渣面与山坡坡脚相交处,出水口与自然沟道相顺接,适用于汇水面积较小且设计洪峰流量不大的渣库^[5]。

排水工程设计根据汇水面积、产流参数及降水强度等确定其结构形式、布置方式和过水能力。根据各弃渣场 $P=5\%$ 洪峰流量,排水涵管采用预制混凝土承插管,管壁厚 82 mm,排水管下部细砂垫层厚度 20~40 cm,上部回填碎石厚度 50 cm。排水沟断面为梯形和矩形,用浆砌石修建,按明渠均匀流设计过水断面,再加 0.10~0.15 m 安全超高,浆砌石衬砌厚度为 30 cm。此外,在各渣场排水工程末端设置浆砌石沉沙池,对汇集的坡面径流进行消能沉淀后再进行排放,沉沙池容积为 10 m³,长、宽和深 2~4 m,衬砌厚度为 30 cm。

3.3 土地整治

弃渣场占地类型主要为林地、草地和耕地。为避免水土资源流失,保障弃渣场植被恢复和复垦的需要,在弃渣堆放前先进行表土剥离,平均剥离表土厚度为 0.40 m,待弃渣结束后,将剥离表土全部回覆至弃渣表面并进行场地平整。

3.4 植被恢复及复垦措施设计

根据项目区立地条件,选用先进可行的造林技术进行植被恢复。各弃渣场表土回覆、场地平整后,渣场平台占用耕地的优先复垦,占用林地、草地的选择乔木和灌木行间结合,按 1:1 混交,株行距 1.5 m×2.0 m,渣场坡面种植灌木,平台和坡面同时撒播草种防护。

3.5 剥离表土临时拦挡设计

表土剥离后临时堆放在各渣场的合适位置,堆土边坡比 1:2.0,需要采取临时措施进行防护。堆渣期间渣场的植物措施尚未实施,为避免暴雨对堆渣体的冲刷,堆土场四周一般采用临时废弃土石编织袋挡墙进行防护,断面尺寸底宽 2.2 m、顶宽 0.6 m、高度 2.0 m、边坡 1:0.4,废弃土石编织袋挡墙可以起到挡护和

稳定坡脚的作用。

4 结 语

从牛栏江—滇池补水工程来看,工程弃渣量大(1 081.02 万 m³),输水线路较长、隧洞比例大是弃渣产生的主要原因,因此合理进行弃渣场选址对后续水土保持措施设计至关重要。通过弃渣场选址影响因子综合分析,共设置了 51 个弃渣场,本研究选取具有代表性的引水线路区德泽至糟家湾段的 12 个弃渣场进行水土保持措施设计,从工程措施、植物措施、临时措施等方面提出相应的防治措施,使弃渣场水土流失得到有效防治。

牛栏江—滇池补水工程大量的弃渣不仅造成了资源的极大浪费,也影响了周边的生态环境。为了解决弃渣场选址及水土保持防护困难等问题,可以借鉴一些同类工程,将弃渣作为骨料用于工程建设(如堤坝填筑等)、回填料场开采坑回填、人造景观、周边道路建设等方面^[6],从弃渣综合利用的角度来说,可有效地减少因工程弃渣造成的占地、投资和水土流失。

[参考文献]

- [1] 赵永军.开发建设项目水土保持方案编制技术[M].北京:中国大地出版社,2007:154-155.
- [2] 水利部.水利水电工程水土保持技术规范:SL 575—2012[M].北京:中国水利水电出版社,2012:1-59.
- [3] 郭建华.水力风力交错侵蚀区弃渣场水土保持防治措施探讨[J].水土保持应用技术,2016(2):12-13.
- [4] 水利部.开发建设项目水土保持技术规范:GB 50433—2008[M].北京:中国计划出版社,2008:91-101.
- [5] 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.
- [6] 刘冠军.水利水电工程弃渣综合利用方式研究[J].中国水土保持,2013(6):62-64.

[作者简介] 连振龙(1982—),男,山东聊城市人,工程师,硕士,主要从事水利水电工程水土保持设计工作;通信作者郭艳波(1982—),女,吉林松原市人,工程师,硕士,主要从事水土保持方案编制及环境影响评价工作。

[收稿日期] 2017-03-10

(责任编辑 孙占锋)