

铁路弃土(渣)场渣顶防护体系布设

张维成

(中铁第五勘察设计院集团有限公司,北京 102600)

[关键词] 弃土(渣)场;挡水埂;植被恢复;“田字格”状整地;中卫至兰州铁路甘肃段

[摘要] 以新建中卫至兰州铁路甘肃段为例,研究了弃土(渣)场水土保持措施体系布设及其防治效果。结果表明:弃土(渣)场周边截水沟及渣顶排水沟的设置能有效拦截上游降雨产生的汇流冲刷,排出渣场顶部雨水,避免雨水汇流后集中下渗产生陷穴等,在下游坡面顶部设置挡水埂能使坡面侵蚀量减少 95% 以上,水土保持效果显著;渣顶平整覆土后采用“田字格”状整地,能有效降低施工初期的水土流失并为植物生长创造良好微环境,是干旱半干旱区一种极为有效的水土保持整地模式;试验筛选发现相同栽植条件下四翅滨藜(*Atriplex canescens*)的成活率最高,平均可达 91%,且养护管理要求低,柠条(*Caragana korshinskii*)成活率次之,撒播草籽成活率、保存率普遍较低。

[中图分类号] S157.2 [文献标识码] A DOI:10.3969/j.issn.1000-0941.2024.06.014

[引用格式] 张维成.铁路弃土(渣)场渣顶防护体系布设[J].中国水土保持,2024(6):44-46.

随着我国国民经济和社会的全面发展,铁路作为一种清洁交通运输方式近年来发展迅速,特别是高速铁路建设取得了举世瞩目的成就,已经成为一张新的中国名片。目前,我国“四纵四横”高速铁路网已经建成,“八纵八横”高速铁路网初步成型,运营总里程已达 4.2 万 km。高速铁路的建设在促进区域经济发展的同时,极大地方便了群众出行,但由于其运行速度快,设计曲线半径大,线路趋避地形的能力低,因此产生了大量的隧道工程和高填、深挖路段,挖填土石方量巨大^[1]。相关部门不断强化铁路工程土石方移挖作填和综合利用的要求,但受铁路工程本身填料要求和沿线在建项目工期衔接等限制,项目建设过程中仍会产生大量的弃土、弃渣,需要设置大量专门的弃土(渣)场^[2-3]。弃土(渣)场水土保持措施体系的合理性和有效性不仅直接关系其生态恢复的效果,而且对后期安全稳定也有重要影响^[4]。本研究以新建中卫至兰州铁路甘肃段(甘肃省白银市、兰州市辖区段,以下简称“中兰铁路甘肃段”)弃土(渣)场为例,对渣顶水土保持措施体系的建设情况及其有效性进行研究分析,以期对西北黄土高原地区铁路等项目弃土(渣)场水土保持工作提供参考。

1 项目概况

新建中卫至兰州铁路项目区位于宁夏回族自治区和甘肃省境内,途经两省三市。该项目为新建双线铁路,电力牵引,设计速度目标值 250 km/h,线路全长 219.707 km,其中甘肃段正线长 173.458 km,设桥梁 95 座(长 70.672 km)、隧道 18 座(长 26.889 km)、取土场 20 处(取土量 485.78 万 m³)、弃土(渣)场 88 处

(弃渣量 2 820.57 万 m³)。该项目于 2018 年 9 月全面开工,已于 2022 年 12 月建成通车,水土保持设施验收合格并经水利部黄河水利委员会核查满足验收条件。

中兰铁路甘肃段项目区位于黄土高原中低山丘陵区,属中温带干旱和半干旱气候区,沿线不同地点年均气温 7.4~9.5℃,年均降水量 176.5~319.6 mm,雨季主要集中在 7—9 月,年均蒸发量 1 457.7~1 974.2 mm,≥10℃年积温 3 000~3 200℃。项目区涉及 1 条河流,即靖远段黄河干流。沿线土壤主要为黄土母质发育的黄绵土、灰钙土等,部分区域发育有盐渍土,土壤肥力低,上覆地层多为第四系上更新统风积砂质黄土,下伏白垩系下统砂岩,岩性软,具有强风化性,少量隧道渣体有侏罗系砂岩、泥岩,前寒武系片岩,泥盆系砂岩,以及志留系下统变质砂岩夹板岩、千枚岩、片岩等。沿线自然植被稀少,林草覆盖率为 10%~15%。

2 弃土(渣)场水土保持措施体系布局

弃土(渣)场作为大型临时设施,是山区、丘陵区铁路建设项目关注的重点,也是水土流失和水土保持的重点区域^[5-6]。根据中兰铁路甘肃段项目建设期水土流失预测结果,在路基工程、站场工程、桥梁工程、隧道工程、取土场、弃土(渣)场、施工便道及施工生产生活 8 个水土保持防治分区中,施工期水土流失量分别占项目区水土流失总量的 23.14%、10.38%、9.41%、2.24%、3.81%、26.56%、10.37%和 14.09%,弃土(渣)场是水土流失量最大和水土流失风险最高的区域,因此建立有效的弃土(渣)场水土保持措施体系对于整个项目区的水土保持工作具有极为重要的作用^[7]。中兰铁路甘肃段水土保持方案获批后,根据工程变化、水

水土保持措施实施情况并结合现场植物栽植试验成果,进一步优化了水土保持措施体系布局,见表 1。设计单位编制了弃土(渣)场补充水土保持方案报告,

表 1 弃土(渣)场水土保持措施体系布局

工程措施				植物措施	临时措施
拦挡工程	截(排)水工程	护坡工程	渣顶整治工程		
浆砌石挡渣墙、混凝土挡渣墙	挡水埂、截(排)水沟、渣顶排水沟、马道排水沟、消力池及顺接工程、排水盲沟	干砌石护脚、拱形骨架护坡	表土回覆,土地整治(“台田”状整地、“田字格”状整地)	渣顶及坡面绿化,穴植四翅滨藜(<i>Atriplex canescens</i>)、地膜覆盖穴植沙棘(<i>Hippophae rhamnoides</i>)、柠条(<i>Caragana korshinskii</i>)、红柳(<i>Tamarix ramosissima</i>)、撒播紫花苜蓿(<i>Medicago sativa</i>)、高羊茅(<i>Festuca elata</i>)	洒水结皮、临时苦盖、临时拦挡、临时排水沟

3 水土流失防治效果分析

3.1 渣顶排水工程

3.1.1 排水沟类型及布局

根据所发挥的作用,将渣顶排水沟分为两类:一类是位于上游汇水面积较大(一般≥0.1 km²)沟道的渣场,为防止上游汇水进入渣场,在渣场顶部设置纵向排水沟,将径流排导至挡渣墙底部再经消能沉沙池后由顺接工程排至下游自然沟道,该类排水沟除专门用于顺接渣场上游主沟汇流外一般与上游渣场周围设置的截水沟不连通;另一类是针对顶面面积较大的渣场(≥5 hm²),根据汇流面积按 2%~4%进行放坡,坡面雨水经渣顶横向排水沟汇集至纵向排水沟,或直接排至纵向排水沟后导排至下游。渣顶排水沟均采用 M10 浆砌石砌筑,厚 30 cm,浆砌石底部夯实后设厚 10 cm 砂石垫层。

3.1.2 洪峰流量计算

该项目渣场汇水面积较小,多位于集水面积较小的沟道,设计最大流量(Q_B)按《水土保持工程设计规范》(GB 51018—2014)进行计算,计算公式为

$$Q_B = 0.278KIF \tag{1}$$

式中: Q_B 为最大洪峰流量,单位 m³/s; K 为径流系数; I 为平均降雨强度,单位 mm/h; F 为汇水面积(根据 1:10 000 地形图量测),单位 km²。

3.1.3 过水断面尺寸

一般来说,截排水沟的过水断面尺寸是根据设计最大流量按明渠均匀流公式计算确定的。但在具体操作过程中,设计单位往往根据不同区域的气候及降雨条件建立截(排)水沟设计标准图集,在确定计算标准后选取其中几个常用的类型进行过水能力分析,这样不仅能提高项目的标准化水平,而且能够为现场施工提供便利。弃土(渣)场截(排)水沟作为附属工程,一个铁路项目的渣场少则数十处,多则上百处,多样性的过水断面尺寸不仅不利于设计,而且会给现场施工造成极大的不便。经核算该项目弃土(渣)场截(排)水

沟共设置 3 种断面尺寸,根据上游汇水面积确定相应的类别,见表 2。

表 2 截(排)水沟类型设计

类型	断面	底宽/m	深/m	边坡斜率
I	梯形	0.4	0.6	1:1
II	梯形	0.6	0.6	1:1
III	梯形	0.6	0.8	1:1

根据《水土保持工程设计规范》(GB 51018—2014)和《室外排水设计规范》(GB 50014—2021)的规定,该项目混凝土明沟(抹面)糙率取值 0.015,浆砌石明沟糙率取值 0.025,安全超高取 0.2 m。经计算,弃土(渣)场截(排)水沟过水能力均大于估算的洪峰流量。中兰铁路甘肃段截(排)水沟实施较早,部分自 2019 年建设完成,经 5 个雨季,2023 年再次对截(排)水工程进行全部核查,现场保存良好,说明截(排)水沟建设可满足相应截(排)水的功能性、安全性要求。

3.2 渣顶挡水埂及“田字格”状整地工程

3.2.1 渣顶挡水埂

弃土(渣)场渣顶堆填至设计标高后,在弃土(渣)场下游边坡顶面设置挡水埂。挡水埂采用渣场土方或回填覆盖土方夯实拍面堆砌而成,底宽 120 cm,高 60 cm,顶面宽 60 cm,坡比 1:1。根据现场调查,设置挡水埂的 19 处渣场均未发生明显的细沟状侵蚀,而挡水埂未设置到位的渣场,雨水汇流后在下游坡面产生了严重的细沟状侵蚀,在边坡马道处形成大量侵蚀物,部分临时沉沙池淤积情况严重。对比分析发现,在渣顶坡面顶部设置挡水埂能够全面拦截渣顶前端汇流,除坡面本身土壤流失外,因渣顶汇流产生的坡面沟蚀量减少超过 95%,极大地提升了渣体坡面的水土流失防治效果。因此,为有效控制渣体坡面的水土流失,应重视各级坡面顶部挡水埂的设置,包括马道外边坡挡水埂。

3.2.2 “田字格”状整地

弃土(渣)场弃土(渣)完成、渣顶平整、回覆表土后,采用旋耕机翻耕,自坡面顶部挡水埂向沟道上游方向采用“田字格”状整地。“田字格”的长、宽根据渣顶

面积及利用方向确定,一般取 8 m×8 m~12 m×12 m 不等。“田字格”土埂底宽 50 cm,高 30 cm,顶面宽 30 cm,坡比约 1:0.3。考虑到该项目地处西北干旱半干旱地区,降水量少,“田字格”状整地能有效拦截渣顶范围内的降水,最大限度减轻降水汇流的冲刷,为植被恢复创造良好的微环境,同时土埂能发挥沙障作用,可以有效阻断渣场平整初期产生的风蚀,减少扬尘。“田字格”状整地平面布置见图 1。

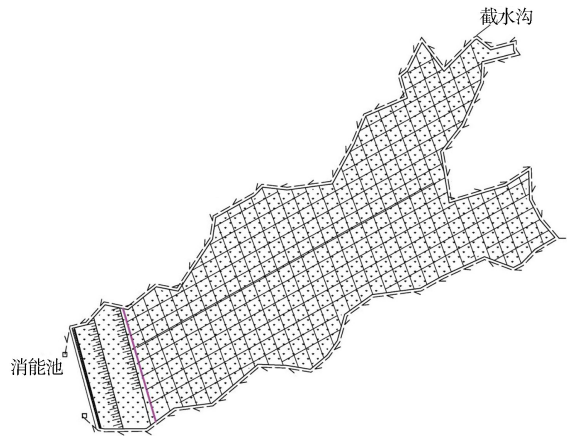


图 1 “田字格”状整体平面布置

3.3 渣顶绿化工程

考虑到工程建设过程中的开挖、回填、堆弃会破坏土壤结构,影响土壤肥力,中兰铁路甘肃段弃土(渣)场水土保持措施设计中贯彻了以灌草为主的绿化原则。在弃土(渣)场恢复过程中,经过前期近 2 a 的试验种植,筛选出四翅滨藜、柠条、沙棘、红柳等适生灌木和紫花苜蓿等草种。在相同栽植条件下发现:灌木中四翅滨藜的平均成活率最高,达 91%,其次为柠条,平均成活率为 70%。与灌木相比,撒播草籽成活率较低,紫花苜蓿平均成活率仅为 35%,同时生长缓慢,第一年越冬后保存率已不足 30%;高羊茅适生性差,平均成活率不足 20%,出苗后生长缓慢,高温天气死苗严重,仅在坑洼处有存活,基本无法越冬。试验渣顶绿化工程植物栽植情况及平均成活率见表 3。

表 3 试验渣顶绿化工程植物栽植及平均成活率统计

灌草类型	栽植规格	株行距和栽植密度	栽植条件	平均成活率/%
四翅滨藜	2 年生裸根苗(一级)	2 m×2 m, 2 500 株/hm ²	“田字格”状整地后穴植苗木	91
柠条	1 年生裸根苗(一级)	2 m×2 m, 2 500 株/hm ²	“田字格”状整地后穴植苗木,地膜覆盖	70
沙棘	1 年生裸根苗(一级)	2 m×2 m, 2 500 株/hm ²	“田字格”状整地后穴植苗木,地膜覆盖	63
红柳	1 年生裸根苗(一级)	2 m×2 m, 2 500 株/hm ²	“田字格”状整地后穴植苗木,地膜覆盖	50

4 结论

中兰铁路甘肃段项目区地处黄土高原地区,年均降水量较少,短历时暴雨是导致水土流失的主要外营力。在弃土(渣)场下游坡面顶部设置挡水埂,能使坡面侵蚀量减少超过 95%,能有效应对上游汇流对坡面沟蚀作用产生的细沟状侵蚀沟“挂坡”现象。在弃土(渣)场周边设置截水沟、渣顶布设排水沟后,能够全面预防渣体雨水饱和或过饱和导致的渣体不稳定现象。在此基础上,渣场平整覆土后进一步采用“田字格”状整地(“田字格”的长、宽根据渣顶面积及利用方向确定,一般为 8 m×8 m~12 m×12 m 不等),能有效拦截降水,为施工初期风蚀防治及植物生长提供条件,效果显著,是干旱半干旱区较有效的整地模式。经过植物种植试验筛选,发现四翅滨藜在项目区弃土(渣)场水土流失防治中成活率高、生长良好、对栽植条件要求不高,裸根实生苗栽植后经简单养护,平均成活率可达 91%,补植补种率低;柠条、沙棘及红柳穴植后成活率略低,可采取地膜覆盖,后期再采取灌溉、补植、补种等养护措施,这样方能满足验收要求;撒播草籽成活率、保存率普遍较低。

[参考文献]

[1] 杜蓓. 基于水保验收的铁路水保措施设计回顾研究[J]. 铁道工程学报,2020,37(10):32-36.

[2] 黎天胜,张杰. 土石方调配问题双层规划模型及算法研究[J]. 铁道工程学报,2012,29(4):108-112.

[3] 张薇,鲍学英. 基于改进灰靶的铁路弃渣场生态环境影响等级评价研究[J]. 工程管理学报,2020,34(6):55-60.

[4] 张帅,韩立鹤. 铁路建设项目弃渣场变更原因分析及防治对策研究[J]. 铁道标准设计,2023,67(4):175-179.

[5] 穆军,李占斌,李鹏,等. 干热河谷水电站弃渣场植被恢复技术研究[J]. 应用基础与工程科学学报,2010,18(2):245-252.

[6] 魏强,韩美清,郑心铭,等. 铁路环境保护与水土保持工程管理系统设计与应用[J]. 中国铁路,2019(10):50-55.

[7] 李文戈,张孟金,张秦,等. 山区铁路弃渣造地方案研究及应用[J]. 铁道建筑技术,2016(增刊1):515-518.

收稿日期: 2023-03-23

第一作者: 张维成(1978—),男,甘肃会宁人,高级工程师,硕士,主要研究方向为铁路环境保护与水土保持设计。

E-mail: 309682316@qq.com

(责任编辑 李杨杨)