

重庆市轨道交通环线项目水土流失特征及水土保持措施探讨

汪三树

(重庆市水利电力建筑勘测设计研究院有限公司, 重庆 400020)

摘 要:重庆市轨道交通环线是主城区“九线一环”的主骨架,是连接主城组团的重要轨道交通骨干线,对优化城市结构、增大城市“骨架”、缓解市区交通拥堵、促进主城区整体发展起到重要支撑保障作用。由于轨道建设项目占地面积大、施工周期长、扰动地表强烈、开挖土石方量大等,因此项目建设极易造成严重的水土流失。基于重庆市轨道交通环线项目的自然地理特征和施工方法,将重庆市轨道交通环线项目区划分为区间工程防治区、车站工程防治区、停车场工程防治区、车辆段工程防治区、变电所工程防治区和施工生产生活防治区 6 个一级防治区,分析各防治区的水土流失特点,提出各分区水土保持工程、植物、临时措施配置和工程量,明确水土保持监测范围、内容和方法。预计项目可治理水土流失面积为 158.81 hm^2 ,栽植植被面积 28.12 hm^2 ,将减少水土流失量 $16\,042 \text{ t}$,其水土保持工作可有效防治水土流失、降低洪涝灾害、提高土壤蓄水保土能力、改善周边环境。

关键词:水土流失;水土保持措施;轨道交通;重庆市

中图分类号: S157 **文献标识码:** C **DOI:** 10.3969/j.issn.1000-0941.2025.06.009

引用格式: 汪三树.重庆市轨道交通环线项目水土流失特征及水土保持措施探讨[J].中国水土保持,2025(6):29-32.

重庆市位于长江上游三峡库区腹地,地形以山地丘陵为主,长江、嘉陵江穿城而过,北部、东部及南部分别有大巴山、巫山、武陵山、大娄山环绕,跨江桥梁众多,有“山城”之称,交通问题对其城市发展具有重要影响。重庆市轨道交通环线作为连接主城组团的重要轨道交通骨干线,对优化城市结构、增大城市“骨架”、缓解市区交通拥堵、促进主城区整体发展起到重要支撑保障作用^[1-2]。然而,轨道交通线路存在较多隧洞和高架桥梁,建设过程中挖填土石方量大,扰动地表、破坏植被现象比较严重,极易导致严重的水土流失,影响城市防洪安全和周边群众的正常生产生活^[3-5]。因此,基于重庆市轨道交通环线项目的自然地理特征和施工方法,划分水土流失防治区,分析各防治区的水土流失特点,并针对性提出水土保持措施体系,明确水土保持监测内容和方法,探讨水土保持效益,以期重庆市水土保持高质量发展提供支撑。

1 项目概况

1.1 项目基本情况

重庆市轨道交通环线是主城区轨道交通线网的重要组成部分,是“九线一环”的主骨架,连接了九龙坡区、沙坪坝区、江北区、两江新区、渝北区、南岸区 6 区,串联起重庆北站、沙坪坝火车站、重庆西站、九龙

园区和沙坪坝商业中心等城市主要客流集散点,具有完善全城线网格局的重要作用。项目由区间工程、车站工程、车辆段、停车场、变电所及其相关附属建筑物组成,环线全长 52.85 km ,其中地下线路长 43.29 km 、高架线路长 4.92 km 、路基段长 1.11 km 、桥梁段长 2.27 km 、其他项目代建长度 1.26 km ;共设车站 33 座、停车场 2 处、涂山车辆段 1 座、主变电所 3 座、控制中心 1 处。项目占地面积 158.81 hm^2 ,其中永久占地 73.69 hm^2 、临时占地 85.12 hm^2 ,土石方挖方总量为 $1\,340.55 \text{ 万 m}^3$ 。项目设计使用年限为 100 a,车站设计防洪标准为 100 a 一遇,洞口为 50 a 一遇,常规桥梁为 100 a 一遇。项目于 2013 年 10 月开始建设,预计 2026 年 9 月完工,总工期 13 a。

1.2 施工方法

区间线路工程包括正线区间和出入线区间工程,施工方法包括明挖施工、矿山法施工、TBM 施工、高架施工、桥梁施工。明挖施工工艺为先将隧道或者建筑地下室部位的岩(土)体全部挖除,修建洞身、洞门后

收稿日期:2024-06-27

基金项目:重庆市水利电力建筑勘测设计研究院有限公司基金项目(RP2024041056)

第一作者:汪三树(1988—),男,重庆开州人,高级工程师,硕士,主要从事水土保持规划设计和生产建设项目水土保持技术咨询。

E-mail: 670466265@qq.com

再进行回填的施工方法。矿山法施工多应用于项目暗挖区间,区间矿山法施工总长 14.49 km。穿越城市密集区区间工程多采用 TBM 施工,出入口设置在车站施工区内,TBM 施工全线总长 26.94 km。高架施工工艺为定位、钻孔、清孔、放钢筋笼、捣混凝土、承台施工。环线上浩站—四公里站区间采用高架施工,高架施工全线总长 2.90 km。环线沙正街站—玉带山站区间采用桥梁跨越嘉陵江,海峡路站—谢家湾站区间和五里店站—弹子石站区间采用桥梁跨越长江,桥梁施工全线总长 6.09 km。

车站工程以地下车站和高架车站为主,施工方法包括明挖法施工、暗挖法施工和高架施工。明挖法施工工艺为自上而下开挖土石方至设计标高后,再在基底按自下而上顺作施工,完成基坑主体结构,最后回填基坑或恢复地面的施工方法,采用明挖法建设车站 9 座。当车站埋深较大或处于比较繁华而狭窄的街道,无明挖法施工条件时,采用暗挖法施工,项目暗挖法主要为双侧壁导坑法,共建设车站 16 座。环线还有 3 座高架车站,施工步骤是三通一平、围挡施工、设置施工挡土墙及土石方开挖、完成施工基础、施工车站主体框架结构及钢屋盖安装、室内工程及外墙装饰工程施工、出入口及附属通道施工。

1.3 项目区自然地理特征

项目区位于长江、嘉陵江两大地表水系汇合的狭长地带,宏观地貌景观呈深切切割丘陵地貌景观,全线路层较简单,为第四系全新统松散土层和侏罗系中统上、下沙溪庙组。项目区属亚热带湿润季风气候区,年均降水量 1 082.6 mm,且主要集中在 5—9 月,年均气温 18.3℃,年均无霜期 349 d。土壤以紫色土为主,土壤质地主要为壤土。植被主要为人工栽植的乔木和自然生长的灌木、杂草,如黄葛树、小叶榕、构树等,无珍稀保护植被,区域森林覆盖率约 22%。线路沿线大部分地段地形较平坦,土层种类较单一,岩层受构造应力作用轻微,构造裂隙不发育,基岩完整性较好。项目区内未见滑坡、泥石流、危岩崩塌等不良地质现象,不涉及生态红线、饮用水水源保护区、水功能一级区的保护区和保留区、自然保护区、世界文化和自然遗产地、风景名胜区、地质公园、重要湿地,土壤侵蚀强度以轻度为主。

2 水土流失情况

重庆市轨道交通环线占地面积较大、施工周期长,开挖土石方量大,对土壤和植被扰动强烈,遇侵蚀性降雨时极易产生水土流失。依据项目建设特点,项

目区可分为区间线路工程区、车站工程区、车辆段工程区、停车场工程区、变电所工程区、施工生产生活区 6 个施工区,其占地情况见表 1,不同区域在施工准备期、施工期、自然恢复期的水土流失特征不同。

表 1 项目区占地情况							hm ²
占地性质	各施工区面积						合计
	区间线路工程区	车站工程区	车辆段工程区	停车场工程区	变电所工程区	施工生产生活区	
永久占地	10.37	6.99	27.69	25.38	1.35	1.91	73.69
临时占地	34.15	44.47	1.13	1.50	1.03	2.84	85.12
合计	44.52	51.46	28.82	26.88	2.38	4.75	158.81

1) 区间线路工程区。水土流失主要发生在施工准备期和施工期。区间线路工程呈线性分布,占地面积大,开挖土石方量大,地表土壤和植被破坏严重,水土流失防护重点在高架桥桥墩钻孔灌注桩施工泥浆处理,高架桥桥底挖填平整产生的临时边坡防护等。项目施工期长,无法避开雨季,会加剧水土流失。此外,跨河桥梁施工影响城市河流的防洪安全,增加河道的输沙量。预测新增水土流失量 3.49 万 t。

2) 车站工程区。水土流失主要发生在施工期。施工准备期历时短,水土流失较轻。施工期扰动范围和开挖土石方量大,车站基坑产生泥浆钻渣,分离出来的废水含泥量较高,极易产生水土流失,对城市环境影响较大。另外,地面硬化面积大,导致大量降雨直接排入城市雨水管网,容易形成城市内涝。预测新增水土流失量 4.35 万 t。

3) 车辆段工程区。水土流失主要发生在施工准备期和施工期。施工准备期水土流失主要来源于场地平整和临时设施建设环节;施工期扰动范围和开挖土方量相对较大,硬化面积大,水土流失主要来源于施工场地和施工道路频繁被扰动,以及土石方临时堆放等,应注重截排水工程的布设,以避免雨水携带泥沙流入市内道路。预测新增水土流失量 4.30 万 t。

4) 停车场工程区。停车场占地面积和开挖土方量相对较小,地面硬化面积占比高,裸露边坡和松散临时堆渣遇侵蚀性降雨时极易产生水土流失,会对周边生态环境造成不良影响。预测新增水土流失量 3.43 万 t。

5) 变电所工程区。变电所占地面积小且开挖土方量小,地面硬化面积占比高。预测新增水土流失量 0.12 万 t。

6) 施工生产生活区。施工生产生活区占地面积和开挖土石方量均较小,地面硬化面积占比高,施工形成的扬尘和水土流失会对周边居民生产生活造成影响。预测新增水土流失量 0.30 万 t。

3 水土保持措施体系

3.1 水土流失防治区划分

水土流失防治区划分应遵循以下原则:①各防治区之间具有明显的差异性;②同一防治区内水土流失主要成因和主要防治措施相同或相似;③根据项目复杂程度和项目区自然条件,防治区可划分为一级或多级;④各级分区应层次分明,具有关联性和系统性;⑤防治区应具有控制性、整体性、全局性,结合工程布局 and 施工区进行划分。依据上述原则,将重庆轨道交通环线工程划分为区间工程防治区、车站工程防治区、停车场工程防治区、车辆段工程防治区、变电所工程防治区和施工生产生活防治区 6 个一级防治区。根据项目施工工艺进一步将区间工程防治区划分为暗挖区间工程防治区、明挖区间工程防治区、高架区间工程防治区和桥梁工程防治区 4 个二级分区;将车站工程防治区划分为暗挖车站工程防治区、明挖车站工程防治区和高架车站工程防治区 3 个二级分区。

3.2 水土保持措施配置

基于预防为主、保护优先、防治结合的原则,针对重庆市轨道交通环线项目水土流失特点制定水土保持工作方案。一是做好预防保护和监督管理,依据水土保持相关法律法规要求,提高现场维护人员水土保持意识,完善施工扰动区域临时用地的交付手续;建设单位加强水土保持法律法规学习,施工过程中尽量减少疏松地面的裸露时间,雨季施工要做好临时防护,施工过程中应边开挖、边回填、边碾压、边防护;施工中产生的临时堆放土石方,要及时清运,堆放至指定的场所,并进行平整、碾压、覆盖。二是制定科学、全面的水土保持措施体系,水土保持措施以工程、植物、临时措施相结合为主,基于主体工程进行布设,充分利用主体工程已有的施工场地、交通道路等,工程措施所需的建筑材料尽量与主体工程相一致;落实好水土保持“三同时”制度,明确各水土流失防治区的水土保持措施类型和工程量。

1) 区间线路工程防治区。主要水土保持措施为截排水沟和绿化工程。具体包括:在暗挖区间工程防治区恢复道路绿化 12 137 m²,恢复景观绿化 1 200 m²;在明挖区间工程防治区设置矩形断面截排水沟 60 m,实施框格植草护坡 755 m²,恢复道路绿化 2 120 m²,恢复景观绿化 8 500 m²,撒播草籽 2 500 m²;在高架区间工程防治区恢复景观绿化 8 100 m²,撒播草籽 400 m²;在桥梁工程防治区恢复景观绿化 6 700 m²,恢复道路绿化 200 m²。

2) 车站工程防治区。主要水土保持措施为排水沟、绿化工程和临时覆盖。具体包括:在暗挖车站工程防治区布设盖板排水沟 55 m,实施道路绿化 47 230 m²,恢复景观绿化 17 200 m²,铺设临时防雨布 3 000 m²;在明挖车站工程防治区实施道路绿化 19 140 m²,恢复景观绿化 21 800 m²;在高架车站工程防治区实施道路绿化 820 m²。

3) 车辆段工程防治区。主要水土保持措施为截排水沟、排洪沟、雨水管网、格构植草护坡、绿化工程和临时覆盖等。在马家岩停车场设置规格为 D200~D1200 的双壁波纹雨水管 3 165 m,设置盖板排水沟 1 227 m,实施厂区绿化 8 249 m²、临时景观绿化 300 m²,布设 C20 矩形结构临时排水沟 800 m,在施工区裸露边坡铺设密目网 3 000 m²、铺设临时防雨布 1 000 m²。在四公里停车场铺设盖板排水沟 865 m、横向排水沟 28 m、规格为 D400~D800 的双壁波纹雨水管 2 000 m,排水涵整治后全长 781 m,实施景观绿化 14 458 m²,撒播草籽 16 765 m²。

4) 停车场工程防治区。主要水土保持措施为截排水沟、涵洞、雨水管网、绿化工程和临时覆盖。具体包括:设置截水沟 1 660 m,规格为 D200~D1200 的双壁波纹雨水管 2 777 m,布设盖板排水沟 14 283 m、横向排水沟 465 m、场外排水沟 75 m、排洪沟(明渠形式) 1 428 m,实施边坡截水骨架护坡 13 512 m²、格构植草护坡 3 618 m²、土工格室植草护坡 1 195 m²,在边坡撒播草籽 40 512 m²,实施绿化 11 389 m²,在裸露边坡铺设密目网 4 500 m²、临时防雨布 3 000 m²。

5) 变电所工程防治区。主要水土保持措施为雨水管网和绿化工程。具体包括:设置规格为 DN125~DN300 的波纹雨水管 375 m,实施景观绿化 770 m²。

6) 施工生产生活防治区。主要水土保持措施为绿化工程和临时措施。具体包括:实施道路绿化 700 m²、厂区绿化 4 425 m²,撒播草籽 16 807 m²,设置临时排水沟 1 564 m,实施临时景观绿化 800 m²,在裸露边坡铺设密目网 500 m²。

4 水土保持监测

该项目水土保持监测范围为项目水土流失防治责任范围,即 158.81 hm²,监测分区划分与水土流失防治分区一致。监测内容主要包括水土流失影响因素、水土流失状况、水土流失危害和水土保持措施等。监测方法采用资料分析、实地调查、监测点观测、实地量测和遥感影像解译相结合的方法。项目共布设 18 个观测点,其中马家岩停车场绿化区、涂山车辆段边

坡、3[#]施工生产生活区为固定监测点,其他监测点为巡查监测点,巡查监测点通过遥感影像解译、实地调查量测生成水土流失监测成果,并编制与报送水土保持监测季度报告和年度报告。

5 水土保持效益分析

依据水土保持方案开展水土保持工作后,可治理水土流失面积 158.81 hm²,栽植植被面积 28.12 hm²,将减少水土流失量 16 042 t,水土流失防治指标均能达到防治目标要求。通过布设水土保持措施体系,可有效防治水土流失,减少泥沙入库,改善河流水质,降低洪涝灾害发生的可能性,提高植被覆盖度和土壤蓄水保土能力,改善周边生态环境,具有显著的生态、社会、经济效益。

6 结束语

依据《城市轨道交通 2023 年度统计和分析报告》,截至 2023 年底我国大陆地区(不含港澳台)共有 59 座城市开通城市轨道交通运营线路 338 条,运营线路总长度 11 224.54 km,其中地铁运营线路 8 543.11 km,其他制式城轨交通运营线路 2 681.43 km,29 座城市线网规模达到 100 km 以上。由此可见,我国城市轨道交通发展迅猛,已成为城市交通的发展方向,对缓解交通压力、促进区域经济发展具有重要作用。重庆市主城区已开通 11 条城市轨道交通线路,运营线路长度超过 500 km,串联起重庆市主城区的 9 个行政辖区,为社会和经济发展增加了新活力。然而,随着轨道交通的发展,城市绿地面积逐渐减少,穿山越岭的施工方式造成各类生态环境破坏问题频现,如车站与区间线路施工导致水土流失问题严重,车辆段和停车场开挖造成地面塌陷、水资源流失,地面硬化面积大幅增加导致大量降雨直接排入城市雨水管网形成城

市内涝。针对轨道交通项目占地面积大、施工周期长、扰动地表强烈、开挖土石方量大、水土流失问题严重等特点,因地制宜开展科学、合理的水土保持工作十分重要。本研究分析了重庆市轨道交通环线项目水土流失特点,并提出了水土流失防治责任区划分和水土保持措施配置,希望可以为全国同类工程水土保持工作开展提供参考。轨道交通项目施工单位应合理安排施工时序,避免土石方重复开挖和多次倒运;应基于施工性质、地理位置、降雨特征、岩土特性等制定科学、合理的水土保持措施体系,通过设置截排水沟、雨水管网、排水涵洞、沉沙池、蓄水池等蓄排水工程及实施绿化工程,提高蓄水保土功能;应做好雨季施工、大风天气施工的临时覆盖和临时拦挡工作,及时调配土石方,严禁乱堆乱弃;应积极引入海绵城市理念,完善地方标准和行政执法措施,将水土保持理念融入项目建设的各个环节,进一步推动轨道交通项目水土保持工作高质量发展。

参考文献:

- [1] 王璇. 重庆市轨道交通快线建设管理创新实践[J]. 现代城市轨道交通, 2022(1): 109-113.
- [2] 李涛. 重庆轨道交通环线高家花园嘉陵江专用桥总体设计[J]. 公路交通技术, 2020, 36(6): 72-79.
- [3] 陈亮. 基于海绵城市理念的轨道交通车辆基地项目建设实践[J]. 中国水土保持, 2021(7): 31-33.
- [4] 高二鹏, 孙涛, 刘登峰, 等. 跨座式单轨交通项目水土流失防治措施体系研究: 以芜湖市城市轨道交通 1 号线为例[J]. 中国水土保持, 2019(5): 19-21.
- [5] 崔万晶. 城市轨道交通项目水土流失特点及防治措施[J]. 中国水土保持, 2015(12): 58-60.

(责任编辑 李佳星)

(上接第 28 页)

有效防治了项目建设造成的水土流失,实现了保护和合理利用水土资源,改善生态环境的目标。

水土保持方案及批复文件是指导和约束建设项目后续设计的重要文件^[4],针对项目建设过程中水土保持方案编制与初步设计和施工的衔接不充分,弃渣场位置、规模、防护措施设计工作开展不及时或缺失,影响水土保持设施验收乃至工程竣工验收的问题,建议加强弃渣场选址、堆置方案和防治措施设计、过程管理、完工验收等方面的工作。

参考文献:

- [1] 王钦涛, 杜辉, 孙强. 公路建设项目水土保持监测现状及发展[J]. 水土保持通报, 2007, 27(4): 90-91.
- [2] 曾红娟, 李智广, 杨胜天. 开发建设项目水土保持监测点布局[J]. 中国水土保持科学, 2009, 7(3): 42-45, 58.
- [3] 吴永红. 线形开发建设项目水土保持监测技术[J]. 水土保持通报, 2003, 23(4): 33-35.
- [4] 姜德文. 弃渣场的水土保持审查与管理[J]. 中国水土保持, 2018(4): 4-7.

(责任编辑 李杨杨)