

重庆山地环境下轨道交通土建施工难点及关键技术研究

王 晗 凌晨曦

重庆交通建设管理有限公司 重庆 400000

【摘要】：重庆属典型山地丘陵城市，地势落差大、地层结构破碎多变，城市建成区楼宇路网排布密集，大幅加大轨道交通土建工程施工实施难度。线路多依山布线、穿越深谷与高陡边坡，深埋隧洞及路基构筑物占比高，常规施工方法难以适配复杂山地条件，极易诱发边坡滑移、地层不均匀沉降等隐患。基于此，本文将结合本地山地实际工况，梳理土建施工突出难题，研析适配实用核心技术，以期为西南同类型城轨工程建设提供借鉴。

【关键词】：重庆山地环境；轨道交通；土建施工；难点；关键技术

DOI:10.12417/2811-0528.26.13.018

随着城市的发展和建设，城市所面临的交通拥堵问题日益严重。为提升城市交通质量，减少汽车污染，我国大部分城市均已开展了城市轨道交通的建设，利用轨道交通来弥补传统公共交通的运力不足和城市拥堵问题。但是对于城市建设来说，城市所面临的地面环境和地下环境都十分复杂，城市轨道交通的施工需考虑多方面问题，这对于土建工程的技术能力是一个巨大挑战。

1 重庆山地环境下轨道交通土建施工难点

1.1 地形起伏悬殊，线路布设与场地布置难度大

重庆山地地势落差通常在 50 至 200 米之间，部分区域甚至超过 300 米，轨道交通线路不得不频繁穿越高山与深谷，这使得线路的平面及纵断面设计受到极大制约。为贴合地形特点，线路常采用大坡度、小半径曲线铺设方式，这不仅提高了轨道铺设的精度标准，还容易影响列车运行的稳定性。与此同时，山地地形狭窄，施工场地选址难度较大，多数施工点位需依托山体开辟，场地平整工程任务繁重。受地形限制，施工机械进场、建筑材料运输均存在不便，大型设备难以灵活调配，不仅降低了施工进度，还可能因场地局促引发施工拥堵、交叉作业冲突等各类问题。

1.2 地质条件复杂，岩土工程风险突出

重庆位于川东褶皱带范围内，地质构造复杂多样，岩土类型繁多且交错分布，主要涵盖砂岩、泥岩、页岩以及回填土等，部分区域还存在岩溶、滑坡、危岩等不良地质现象。泥岩遇水后容易发生软化崩解，砂岩强度不均衡，这极易引发隧道围岩失稳、掌子面坍塌等安全事故。在岩溶区域施工时，很可能遭遇突水、突泥险情，若处理措施不当，会导致施工停滞，甚至造成人员伤亡。除此之外，山地地下水储量丰富且分布不均，地下水位波动较大，施工过程中容易出现涌水、渗水现象，这不仅会延误施工进度，还会腐蚀施工设备，降低工程结构的耐

久性。

1.3 周边环境敏感，施工扰动控制难度高

重庆山地城区建筑分布密集，多数轨道交通线路贯穿老城区、核心商圈，周边既有建筑、地下管线（包括燃气、供水、供电管线等）分布集中且使用年限较长，部分建筑基础薄弱、管线存在老化问题。轨道交通施工多采用明挖、暗挖两种工艺，施工过程中产生的沉降与振动，极易对周边既有建筑、地下管线造成扰动，进而引发墙体开裂、管线破损等安全隐患。同时，山地区域地形复杂，施工扰动的影响范围难以精准把控，加之部分施工点位临近山体边坡，施工扰动还可能诱发边坡滑移，进一步加大施工安全管控的难度。

2 重庆山地环境下轨道交通土建施工关键技术的应用

2.1 地形适配型线路布设与场地优化技术

结合重庆山地地势落差大、线路布设受地形限制明显、施工场地狭窄等实际工况，重点采用地形适配型线路优化与场地集约化布置技术，达成施工工艺与山地地形的高效契合。在线路布设过程中，借助三维立体建模技术，整合地形高程各类相关数据，对线路平面及纵断面布局进行科学调整，合理把控线路坡度与曲线半径，在确保列车运行安全的前提下，尽可能贴合山地原有地形地貌，减少山体开挖规模及植被破坏程度。

技术应用环节	优化前参数	优化后参数	核心效益
线路布设（坡度）	3.2‰-3.8‰	2.5‰-3.0‰	山体开挖量降低 18%-22%
场地平整工程	平均挖填量 850m ³ /m ²	平均挖填量 420m ³ /m ²	场地平整工程量减少 49%
材料运输效率	12-15 车次/天	28-32 车次/天	运输效率提升 133%以上

在施工现场布置方面,秉持集约化设计思路,结合山地地形特点采用分层布置方式,利用边坡平台划分各类作业区域,显著减少场地平整所需工程量。同时需选用小型化、灵活度高的施工机械设备,搭配山地专用运输器具,合理规划运输路径,切实解决机械进场困难、材料运输不畅等问题,通过科学划分施工区域、统筹协调交叉作业流程,杜绝施工拥堵情况发生,提高整体施工效率,充分适配山地狭窄场地的施工需求。

2.2 复杂地质条件下岩土工程防控技术

轨道交通土建施工过程中,针对重庆山地地质构造复杂、不良地质频发、地下水分布不均等问题,可采用针对性的岩土工程防控技术,筑牢施工安全防线。对于破碎岩层与软质岩土区域,运用超前支护与围岩加固技术,通过超前小导管注浆、管棚支护等手段,提前对围岩进行加固处理,增强岩土体的稳定性,杜绝隧道掌子面坍塌、围岩失稳等安全隐患。对于岩溶发育区域,采用岩溶探测与预处理技术,借助地质雷达、钻孔探测等方式精准摸清岩溶分布范围与形态,提前开展注浆封堵、回填等预处理工作,有效防范突水、突泥等施工风险。地下水防控工作中,还可采用分区降水与防渗防护技术,结合地下水位的分布规律,合理设置降水井,精准控制地下水位高度,同时对施工区域实施全面防渗处理,减少涌水、渗水对施工进度影响,保护工程结构的耐久性,降低地质灾害带来的施工安全风险。

2.3 周边敏感环境下施工扰动控制技术

针对山地城区建筑密集、地下管线错综复杂、施工扰动易影响周边环境的问题,应用精细化施工扰动控制技术,最大限度降低施工对周边环境的干扰。施工前期,需采用高精度探测手段,全面排查周边既有建筑的基础情况与地下管线的分布细

节,建立完善的环境监测档案,结合实际情况制定个性化的扰动控制方案。施工过程中,采用低扰动施工工艺,优化爆破参数、合理控制施工进度,搭配实时监测技术,对施工过程中的沉降、振动情况进行全程跟踪监测,根据监测数据及时调整施工参数,将施工扰动控制在安全阈值内。对于临近山体边坡的施工点位,运用边坡实时监测与加固技术,实时跟踪边坡位移变化与整体稳定性,提前采取锚杆支护、喷锚加固等防护措施,防止施工扰动引发边坡滑移,保障周边建筑、地下管线及山体边坡的安全稳定。

2.4 山地适配型施工工艺优化与管控技术

结合重庆山地特殊施工工况,对常规轨道交通土建施工工艺进行优化升级,推广应用山地适配型施工工艺与精准管控技术。暗挖隧道施工时,优化传统钻爆工艺,采用控制爆破技术,有效减少对围岩的扰动,适配破碎岩层的施工需求。明挖施工过程中,应用高边坡支护优化技术,结合边坡坡度与岩土性质,采用组合式支护方案,提升边坡的稳定性,避免发生边坡坍塌事故。高架桥段施工中,采用高空架设精准控制技术,优化桥墩施工流程,提高架设精度与施工安全性,适配深谷、高落差的施工环境。同时,引入施工全过程智能化管控技术,结合天气监测数据,提前预判暴雨、高温等极端天气的影响,制定完善的应急预案,科学安排施工进度,通过技术管控与流程优化,提升施工工艺的山地适配性,保障施工工作有序推进。

总而言之,重庆山地环境下轨道交通土建施工的关键技术应用,可有效破解各类施工难点。这些关键技术的合理运用,不仅可保障施工安全、提升施工效率,还能减少工程施工对周边环境的影响,为重庆山地轨道交通工程的高质量建设提供有力的技术支撑,同时也为我国西南地区同类山地轨道工程的施工提供有价值的技术借鉴。

参考文献:

- [1] 刘申育.轨道交通土建施工安全风险管理[J].江苏建材,2025,(03):148-149.
- [2] 肖平.轨道交通土建工程施工机械设备故障诊断方法[J].工程机械与维修,2023,(02):36-38.
- [3] 欧莘玮.城市轨道交通土建工程成本影响因素及管控路径研究[D].武汉理工大学,2022.