

隧道三臂凿岩台车施工中超欠挖监理控制技术研究

赵长永

中铁华铁工程设计集团有限公司 北京 100161

摘要: 针对隧道三臂凿岩台车施工中超欠挖频发、影响工程质量与安全的问题, 本文结合超欠挖形成机理及地质、设备等主要影响因素, 系统研究施工全流程监理控制技术, 涵盖前期方案审核、过程精准管控及后期检测整改, 构建监理控制质量评价体系, 并结合工程实例验证技术可行性。结果表明, 该套监理技术可有效控制超欠挖偏差, 提升开挖精度, 降低工程成本与安全风险, 为同类隧道施工监理提供技术参考与实践支撑。

关键词: 隧道三臂凿岩台车施工; 超欠挖; 监理控制技术

引言: 随着隧道工程机械化水平提升, 三臂凿岩台车广泛应用于开挖施工, 但超欠挖问题仍是制约工程质量的关键瓶颈, 易引发衬砌开裂、围岩坍塌等隐患, 增加造价与工期成本。目前现有监理控制技术针对性不足, 难以适配复杂地质条件下的精准管控需求。基于此, 本文聚焦三臂凿岩台车施工超欠挖监理控制, 深入剖析问题成因, 研发针对性监理技术, 对保障隧道工程结构安全、提升施工效益具有重要的理论与现实意义。

1 隧道三臂凿岩台车施工超欠挖相关理论与影响因素分析

1.1 相关概念界定

(1) 隧道三臂凿岩台车施工工艺: 以三臂凿岩台车为核心设备, 结合测量放线、钻孔、爆破、出碴等工序, 实现隧道开挖的机械化作业, 核心是通过精准钻孔控制爆破效果, 适配不同围岩条件的高效开挖。(2) 超欠挖的定义与判定标准: 超挖指实际开挖断面大于设计断面, 欠挖则相反; 判定以规范为依据, 结合激光断面仪实测数据, 不同围岩级别有明确允许偏差, 欠挖需及时处理, 超挖需按要求回填。(3) 监理控制的核心内涵与职责: 核心是把控施工全流程精度, 职责包括审核施工方案、旁站钻孔爆破工序、检测开挖断面, 及时纠正违规操作, 保障开挖质量符合设计要求。

1.2 隧道三臂凿岩台车施工超欠挖形成机理

(1) 钻孔精度偏差机理: 钻孔时孔位、孔深、倾角偏差, 导致爆破后岩石破碎范围偏离设计轮廓, 孔位偏外引发超挖, 偏内或孔深不足则导致欠挖。(2) 爆破参数不合理机理: 周边眼间距、装药量、起爆顺序等参数不当, 装药量过大易造成超挖, 过小则形成欠挖, 起爆顺序紊乱会导致开挖轮廓不规则。(3) 设备运行偏差机理: 台车定位不准、钻臂摆动偏差, 或设备老化导致钻孔稳定性不足, 直接影响钻孔精度, 进而引发超欠挖。

1.3 隧道三臂凿岩台车施工超欠挖主要影响因素

(1) 地质条件因素: 围岩硬度、节理发育程度及地下水情况, 软岩易坍塌引发超挖, 硬岩则易因爆破不充分产生欠挖。(2) 设备操作因素: 操作人员技能不足, 对台车操作、钻孔参数控制不当, 或未及时调整设备偏差, 是人为层面的主要影响因素。(3) 施工参数因素: 钻孔、爆破参数未结合地质条件动态调整, 与实际施工需求不匹配, 直接诱发超欠挖。(4) 监管理控因素: 监理旁站不到位、检测不及时, 对违规操作未及时制止, 导致偏差累积形成超欠挖^[1]。

1.4 超欠挖的危害分析

(1) 对工程质量与结构安全的危害: 超挖回填不密实、欠挖未处理, 会削弱隧道衬砌受力性能, 易出现裂缝、渗漏, 影响结构耐久性和安全稳定性。(2) 对工程造价与施工工期的危害: 超挖增加回填材料和出碴工作量, 欠挖需二次处理, 均增加造价; 额外工序延长施工工期, 影响项目履约。(3) 对施工安全与围岩稳定性的危害: 超挖扰动围岩, 易引发坍塌, 欠挖导致断面狭窄, 影响施工通行和设备作业, 均增加施工安全风险。

2 隧道三臂凿岩台车施工超欠挖监理控制关键技术

2.1 施工前期监理控制技术

(1) 施工方案监理审核技术: 核心是全面审核隧道三臂凿岩台车施工专项方案, 重点核查钻孔参数、爆破设计、超欠挖防控措施的合理性与可行性, 结合工程地质资料, 判断方案是否适配现场围岩、台车性能及施工进度。审核中需提出针对性优化建议, 明确超欠挖控制目标, 要求施工单位完善应急处置预案, 确保方案具备可操作性和指导性, 审核合格后方可批准开工。(2) 设备与人员资质监理核查技术: 设备核查重点关注三臂凿岩台车的性能参数、校准报告及检修记录, 确认其定位、钻臂控制系统运行正常、精度达标, 杜绝老旧故障

设备投入使用。人员核查需确认操作人员、爆破人员资质齐全,熟悉操作及安全规范,同时监理岗前交底工作,核查交底记录完整性,确保人员技能匹配岗位要求^[2]。(3)测量控制基准监理复核技术:监理人员需严格复核施工单位布置的隧道平面、高程控制网及开挖轮廓线基准点,采用双检制保障测量数据准确。重点复核基准点的布置位置、稳定性及精度,用专业仪器反复校验,及时纠正偏差并留存记录,为后续钻孔、开挖、监测工作提供可靠基准,从源头规避基准偏差引发的超欠挖问题。

2.2 施工过程中监理控制核心技术

(1)钻孔精度监理控制技术:实行全过程旁站监理,重点控制钻孔的孔位、孔深、倾角及间距,对照施工方案要求,采用卷尺、倾角仪等工具逐孔检查。要求操作人员严格按照基准线定位钻孔,对偏差超标的钻孔及时要求返工处理,严禁违规钻孔。同时监理台车钻臂定位系统的运行状态,及时发现并纠正设备定位偏差,确保钻孔精度符合规范要求,减少因钻孔偏差引发的超欠挖。(2)爆破作业监理控制技术:旁站监督爆破作业全过程,重点核查周边眼、掏槽眼的装药量、装药结构及起爆顺序,确保与施工方案一致,杜绝超量装药、装药不均等问题。爆破前检查爆破器材的质量与有效期,核查警戒区域设置、人员撤离情况,确保爆破安全;爆破后及时进入现场,观察爆破效果,分析超欠挖与爆破参数的关联,督促施工单位优化爆破参数,减少爆破扰动对开挖轮廓的影响。(3)超欠挖实时监测与反馈技术:监理人员需督促施工单位采用激光断面仪等专业设备,对每循环开挖断面进行实时监测,监测数据及时上报监理部。监理人员对监测数据进行审核分析,判断超欠挖程度及分布范围,对超欠挖超标部位及时下达整改通知,明确整改要求和时限。同时建立监测反馈机制,将超欠挖数据反馈至施工班组,指导施工单位调整钻孔、爆破参数,实现动态管控^[3]。

2.3 施工后期监理控制技术

(1)超欠挖检测与验收技术:开挖作业完成后,监理人员组织施工单位开展超欠挖全面检测,采用激光断面仪结合人工复核的方式,对隧道开挖断面进行全覆盖检测,详细记录检测数据、超欠挖位置及超标幅度。对照规范要求和设计标准,对检测结果进行验收评定,区分允许偏差范围内的超欠挖和需整改的超标部位,验收合格后方可进入下一工序施工。(2)超欠挖处理方案监理审核与实施监督技术:对施工单位提交的超欠挖处理方案进行严格审核,重点核查处理工艺、材料选用、

施工流程的合理性,确保处理方案能够有效消除超欠挖隐患,满足结构安全要求。处理过程中实行旁站监理,监督施工单位按照方案要求进行处理,重点控制回填材料的密实度、欠挖部位的凿除质量,杜绝敷衍处理、违规操作等行^[4]。(3)整改效果复核与归档技术:超欠挖处理完成后,监理人员对整改部位进行复核检测,采用与原检测一致的方法,核查整改效果是否符合验收标准,确保整改到位、无遗留隐患。同时收集整理施工前期、过程中及后期的所有监理资料,包括审核记录、旁站记录、检测数据、整改通知及复核报告等,按规范要求分类归档,建立完整的监理档案,为工程后续验收和追溯提供依据。

2.4 监理控制质量评价指标体系

(1)评价指标选取原则:遵循科学性、实用性、针对性和可操作性原则,结合隧道三臂凿岩台车施工特点及超欠挖控制核心要点,选取能够全面反映监理控制效果的指标,避免指标冗余、抽象。同时兼顾规范性,指标选取需符合行业规范和工程设计要求,确保评价结果客观、准确,能够为监理控制工作优化提供可靠支撑。

(2)核心评价指标确定:结合监理控制全流程,确定三大类核心评价指标,包括前期控制指标(方案审核合格率、设备人员资质达标率、基准点复核合格率)、过程控制指标(钻孔精度合格率、爆破参数执行率、实时监测覆盖率)、后期控制指标(超欠挖验收合格率、整改到位率、资料归档完整性),全面覆盖监理控制各环节,突出超欠挖防控核心目标^[5]。(3)评价标准制定:参照行业规范及工程设计要求,结合工程实际情况,制定各核心指标的评价标准,明确合格、良好、优秀三个等级的划分依据。例如,钻孔精度合格率合格标准不低于95%,良好标准不低于98%;超欠挖验收合格率合格标准为100%(超标部位全部整改到位),同时明确评价方法和评分规则,确保评价工作规范、有序开展,为监理控制质量提升提供指引。

3 工程实例分析

3.1 工程概况

(1)工程基本信息:本工程位于贵州省境内,设计断面为单洞双线,设平导一座,隧道正洞全长:7425.9m,平导全长:7390m,隧道正洞V级围岩长度864m,约占11.63%,IV级围岩长度3770m,约占50.75%,III级围岩长度2795m占37.62%。

正洞开挖最大宽度14.52m、高度12.38m,设计时速250km/h,总工期35个月。

(2)地质条件概况:隧道穿行于溶蚀~侵蚀构造低山

区,地形起伏较大,冲沟较发育。隧道区岩性主要为第四系全新统人工堆积素填土、残坡积红黏土,下伏寒武系上统娄山关组白云岩。

(3) 三臂凿岩台车施工参数与工艺:采用ZYS113-FLA1全电脑三臂凿岩台车,钻臂最大钻孔深度5.2m,定位精度 $\pm 5\text{cm}$;施工工艺采用“测量放线—台车定位—钻孔—装药爆破—出渣—断面监测”循环作业。

3.2 该工程超欠挖监理控制实施方案

(1) 监理控制组织架构与职责分工:成立专项监理小组,设总监、副总监、工程质量负责人、安全环保、隧道监理组长1人,监理工程师3人,监理员3人,明确各岗位职责,确保监理工作全覆盖、无死角。(2) 施工各阶段监理控制重点与措施:前期重点审核施工方案、核查设备人员资质、复核测量基准;过程中实行全程旁站,严控钻孔精度和爆破参数,对偏差超标部位及时要求返工;后期重点检测超欠挖、监督处理过程、复核整改效果,落实“事前预控、事中管控、事后闭环”的控制思路。(3) 监理监测设备与技术应用:配备激光断面仪、倾角仪、卷尺等监测设备,采用“实时监测+随机抽查”模式,每循环开挖后立即用激光断面仪检测断面尺寸,同步用倾角仪核查钻孔倾角,监测数据实时录入系统,建立超欠挖监测台账,实现数据可追溯、偏差可反馈。

3.3 监理控制效果分析与验证

(1) 超欠挖检测结果统计与分析:本工程已完成开挖循环442次,检测断面724个,超欠挖合格断面718个,合格率99.2%;超挖最大偏差8cm,欠挖最大偏差3cm,均控制在规范允许范围内,无严重超欠挖现象,整体控制效果良好,满足设计要求。(2) 监理控制质量评价:对照监理控制质量评价指标体系,综合评分92分,评价等级为良好;前期方案审核合格率、基准复核合格率均为100%,过程中钻孔精度合格率98.5%,后期整改到位率100%,监理控制措施有效、执行到位。(3) 存在的问题与原因分析:存在局部轻微超挖现象,主要原因是V级围岩节理发育,爆破时局部岩石坍塌;部分钻孔倾角存

在微小偏差,源于操作人员技能熟练度不足,设备定位微调不及时。

3.4 工程经验总结与优化建议

(1) 监理控制经验总结:复杂地质条件下,需强化地质勘察与方案优化,实行全程旁站监督,落实动态管控;完善监测体系、建立台账,确保数据真实可靠;明确职责分工、加强沟通协调,形成监理与施工单位的协同管控合力,是控制超欠挖的关键。(2) 监理控制技术优化建议:加强操作人员岗前培训,提升设备操作精度;针对复杂围岩,优化爆破参数,采用减震爆破技术,减少岩石坍塌;升级监测设备,引入智能化监测系统,实现超欠挖偏差的自动预警,进一步提升监理控制效率和精度。

结束语

本文围绕隧道三臂凿岩台车施工超欠挖监理控制技术展开全面研究,明确了超欠挖形成机理与影响因素,构建了“事前预控、事中管控、事后闭环”的全流程监理体系,结合工程实例验证了技术的有效性与实用性。研究虽取得一定成果,但复杂地质条件下动态管控精度仍有提升空间,后续将结合智能化监测技术优化监理方案,进一步完善评价体系,为隧道施工超欠挖监理提供更高效、精准的技术支撑。

参考文献

- [1]代勇泉.浅析三臂凿岩台车在公路隧道开挖施工中的应用[J].交通科技与管理,2024,5(11):95-98.
- [2]王金宝.长大隧道三臂凿岩台车开挖施工应用研究[J].中国水运,2024,24(03):56-58.
- [3]朱建坤.三臂凿岩台车在长大隧道内的施工应用分析研究[J].中国水运,2024,24(01):134-136.
- [4]郭继怀.全电脑三臂凿岩台车在高速公路隧道施工中的应用[J].四川水力发电,2022,(03):111-114.
- [5]孙士成,张坤.三臂凿岩台车在软岩隧道施工中的应用研究[J].中国港湾建设,2022,(11):64-68.