

隧道衬砌防排水施工监理中的常见问题及管控措施

申星煜

上海市浦东新区建设(集团)有限公司 上海 200137

【摘要】：隧道衬砌防排水工程维系隧道运营稳定，规避渗漏水病害问题，施工监理是把控该项工程整体质量的重要手段。本文依托阳朔龙脊山隧道、湖南华常高速笋安山隧道工程，梳理隧道衬砌防排水施工监理中的常见问题，围绕排水系统安装、防水板铺设焊接、成品保护与质量检测三大施工环节，探析现场质量缺陷及产生根源。结合施工场景制定全流程监管理控要点，依托前期筹备、旁站巡检、验收资料闭环搭建完整管控体系，界定各施工工序的执行标准与检测规范。研究能够改良隧道防排水监管理控模式，规避施工质量隐患，缩减工程后期运维整治资金投入，为富水隧道防排水施工质量管控提供实操依据。

【关键词】：隧道衬砌；防排水施工；施工监理；质量管控；气密性检测

DOI:10.12417/2811-0722.26.07.029

引言

隧道工程建设中，衬砌防排水系统决定隧道结构耐久性与后期运营稳定性，是隧道施工重要的隐蔽工程。富水、断层破碎等复杂围岩地段，防排水施工与监管理控不当，易产生衬砌渗水、管路淤堵、结构积水等病害，影响隧道使用功能，增加后期病害整治成本。隧道防排水施工的管路布置、防水焊接、质量检测等环节仍存在管控漏洞。本文依托实际隧道施工案例，总结防排水施工监理问题，细化各工序管控要点，完善全过程监理保障措施，为提升防排水施工质量、保障隧道长期安全运营提供技术支撑。

1 隧道衬砌防排水施工监理常见问题

1.1 排水系统安装施工问题

排水系统安装施工易存在管路布置、固定、连接及通畅性管控缺陷。环向弹簧排水管锚钉间距、外露高度不达标，固定不牢易出现脱落移位现象。纵向排水管标高存在偏差，与水沟底间距不符合设计规范。各类排水管搭接长度不足、接头密封较差，横向PVC管路衔接弯折变形，造成水流堵塞^[1]。富水地段盲沟布置密度不合理，排水通道产生断点。阳朔龙脊山隧道围岩裂隙水、断层带水储量丰富，隧道内环向Φ100软式透水管固定与搭接施工质量较差，造成局部排水不畅。衬砌背后积水堆积升压，产生渗水隐患。施工残留杂物与管路坡度偏差会引发积水淤积，影响隧道整体排水运行效果。

1.2 防水板铺设与焊接施工问题

防水板铺设与焊接作业易存在基面处置、铺设工艺、焊缝质量把控缺陷。初期支护基面欠挖残留、锚杆钢筋未割除整平，墙面凸起未找平，造成EVA防水板刺破破损。洞外拼幅施工不规范，幅宽拼接存在偏差，洞内无钉铺设不达标，吊带间距偏大，防水板松弛预留量不足，衬砌浇筑时板材受拉开裂。板面搭接宽度未保持10cm标准，尺寸偏差影响焊缝成型效果。焊接施工温控与行进速度未遵从试验参数，热风施工操作不当产生漏焊、虚焊、焊穿、烤焦等问题，双焊缝空腔形态杂乱，

无法满足气密性检测要求。阳朔龙脊山隧道焊接温度调控不当、焊缝宽度不足，造成局部密封失效。防水板铺设长度未适配二次衬砌施工，加大后续搭接难度，留存渗漏水隐患。

1.3 成品保护与质量检测问题

成品保护与质量检测环节常存在防护疏漏、检测落实不足的问题。衬砌混凝土浇筑、钢筋焊接施工未对防水板设置遮挡防护，板面产生灼伤、破损缺陷。交叉作业扰动已敷设排水管路，造成管路移位、堵塞，成型防排水设施缺乏有效防护。焊缝气密性检测未遵从规范，100kPa-150kPa充气压力管控不严，保压时长不足、检测长度随意改动，部分结构未经检测直接隐蔽。排水系统未实施通水试验，防水板各类缺陷无法全面排查。湖南华常高速笋安山隧道运营后出现衬砌渗水、排水淤堵病害，施工防护与检测管控疏漏致使隐患留存，显著增加后期病害治理成本。

2 隧道衬砌防排水施工监管理控要点

2.1 排水系统安装质量管控

排水系统安装质量管控贯穿管路布置、固定、连接施工环节，监理核验环向弹簧排水管锚钉间距与外露高度，锚固牢固且不超管径，结构按10m间距布置，富水区域增设1-2道排水结构^[2]。纵向排水管设于水沟底20cm高处，随隧道坡度稳固安装，保持排水通行顺畅。管道端头预留10cm搭接余量，切开管材完成对接，接头密封严实不透水。横向Φ60PVC硬塑管与纵向管路平直对接，杜绝弯折积水现象。监理旁站关键施工环节，参照阳朔龙脊山隧道设计要求核对管材规格与安装位置，清理管内杂物，搭建完整通畅的立体排水通道。

2.2 防水板施工全过程管控

防水板施工管控包含基面处理、拼幅、铺设、防护多项工序。监理查验初期支护净空与平整度，凿除基面欠挖及凸起混凝土，整平外露锚杆端头，砂浆找平基面避免防水板受压破损。洞外三幅统一焊接成型，稳定幅宽与拼接质量。洞内实行无钉铺设，90cm间距布置固定铁丝与无纺布吊带，把控防水板松

弛度，防止浇筑拉伸破损。板面搭接宽度保持 10cm，铺设外延 50cm 超出二次衬砌，预留后续搭接空间。交叉施工落实防水板防护，避免板面灼伤受损。施工对照 EVA 防水板参数，核验材料规格与施工适配性，规范现场施工操作（见图 1）。

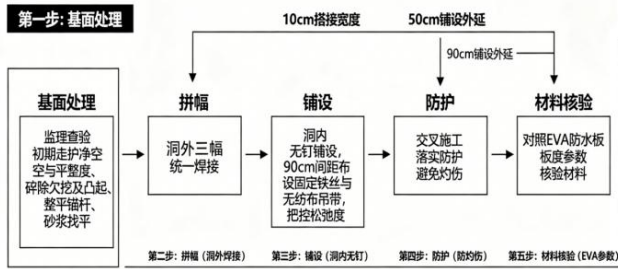


图 1 防水板施工全过程管控

2.3 焊缝质量与气密性检测管控

焊缝质量与气密性检测依托标准化焊接及检测流程开展，监理约束热楔与热风焊接作业行为，作业温控区间维持在 250℃-300℃，适配设备行进速率与滚轮压力参数，清除设备表层杂质保障受热均匀，成型两道 10mm 宽度焊缝并预留合规空腔结构^[3]。双焊缝充气检测全程落实监理旁站，参照板材基础参数设定 100kPa-150kPa 检测气压，静置保压 1-2 分钟，气压数值保持稳定即可判定焊接质量合格。现场单次检测区间控制在 60m-100m，焊缝整体强度达到母材强度八成即可满足标准，存在焊接缺陷的施工段落需返工处理，复检达标后方可开展后续隐蔽作业，保障各道施工工序质量符合工程标准。

3 隧道衬砌防排水施工监理保障措施

3.1 施工前期准备监管管控

施工前期准备监管管控聚焦源头质量把控，从方案、材料、人员、现场落实前置管控工作。监理审核隧道防排水专项施工方案，结合项目地质条件、富水围岩特性，核验排水系统布设、防水板铺设及焊接核心工艺，参考富水隧道施工经验，完善断层、富水软弱地层等特殊地段处置方案，保障方案落地适配可用。监理核查防水板、土工布、排水盲管、波纹管等主材的出厂合格证、检测报告等资料，开展现场抽样复检，核对材料规格、性能参数契合设计及规范要求，杜绝不合格材料进场。督促施工人员完成岗前专项培训，检查防水焊接设备、气密性检测仪器调试校准状态，参与初期支护基面验收，处理基面凹凸、破损、空鼓等缺陷，开展全员技术交底，明确施工参数、质量标准及管控要求，为后续标准化施工筑牢基础。

3.2 施工过程旁站与巡检管控

施工过程旁站与巡检是把控现场施工质量的核心环节，监理落实全程动态、全域的质量监督管控模式。排水管路安装、防水板铺设焊接、气密性检测等关键施工工序与核心作业节点，均配置专人全程驻场旁站，实时记录现场工艺参数与作业推进流程，纠正现场人员违规作业、偏离施工方案等各类问题。

日常巡检贯穿基面预处理、排水管路固定、防水板材铺设防护、焊缝拼接等全部施工流程，依据隧道施工规范标准，逐项核验管材安装间距、布设标高、板材搭接宽度、焊缝长度等关键细节参数。锚固点位松动、板材搭接长度不足、焊缝漏焊虚焊、成品材料破损污染等现场常见质量问题，均纳入专项整改台账，督促施工班组按期完成整改并落实复核工作，各类质量隐患核验达标后方可开展后续施工作业。富水段、断层带等高危施工区段，提升现场巡检频次与检查强度，依托现场实际作业状态排查隐蔽质量隐患，全面规避各类施工质量隐患问题。

3.3 验收与资料闭环管控

验收与资料闭环管控搭建隧道防排水施工质量与过程资料的双重闭环管理体系，稳固工程建设品质与后期运营稳定状态。监理组织防排水隐蔽工程分段分层专项验收工作，逐段核对排水管路通畅状态与排水系统布设逻辑，检查防水板铺设平整程度与拼接密封效果，检测焊缝气密性及整体焊接成型状态，依托笋安山隧道病害治理实操经验，排查围岩渗水、节点漏水等各类潜在病害问题，对验收不达标区域出具整改文书，推动现场完成彻底返工修正，复验达标后再进行后续隐蔽覆盖作业。工程作业开展阶段同步落实资料归档工作，动态整理材料质量证明文件、现场性能检测报告、旁站记录、巡检台账、隐蔽工程验收记录等成套工程资料，规范资料收录标准，保障工程建设全程具备可追溯性与可核查性。标准化验收模式搭配系统化资料归档体系，构建完整的施工全流程管控闭环，稳固隧道防排水工程建设品质，为隧道长期安全运营筑牢基础条件。

4 施工环境与季节性施工专项监管管控

4.1 富水雨季施工现场动态管控

隧道富水区段与雨季施工阶段极易产生防排水质量隐患，雨水渗入山体后提升洞内围岩涌水及裂隙水渗水总量，冲刷尚未凝固的结构体与预埋防排水配套设施。监理采用动态监管模式，常态化观测洞内积水深度、涌水速度及围岩渗水状态，持续降雨天气停止洞外防水板裁切、管材拼接等露天作业，规避材料受潮变质、作业面泥水淤积干扰施工精度的情况。掌子面、断层破碎带等渗水严重区域，督促施工单位提前安装临时引排盲管疏导集中渗水，避免积水浸泡成型防水卷材与预埋排水管道。依据现场突水位置、渗水范围微调排水管布设密度与安装间距，加固管路锚固固定结构，抵御水流持续冲击引发的管路偏移、脱落现象，降低排水通道破损、衬砌背部积水渗漏等工程问题发生概率。

4.2 高低温工况施工监管管控

温度波动能够改变 EVA 防水板材料状态与焊接作业成效，高低温极端环境都会产生防排水施工缺陷，属于现场管控中容易遗漏的重点内容。洞内环境温度低于 5℃ 的低温工况中，EVA

防水板整体硬度提升、柔韧性能减弱，板材熔合效果变差，焊缝开裂、虚焊、脱胶等病害频发。监理执行低温作业管控标准，杜绝低温环境开展热风焊接施工，配合现场布设加温设施改善作业环境，让施工条件契合规范标准。夏季洞内高温环境会加速防水板软化，正午高温时段施焊容易产生板材烤焦、焊缝过熔穿孔、成型厚度不均等问题。监理指导施工单位错峰组织作业，规避正午极端高温时段，把控焊接热度与设备行走速率，维持高温环境下的防水板焊接施工品质。

4.3 洞内粉尘、积水环境管控

隧道洞内爆破、掘进作业产生的泥浆、粉尘与基底残留积水，会诱发防排水系统后期淤堵、渗漏问题，纳入日常监理巡检管控范畴^[4]。洞内作业生成的细微扬尘、泥浆杂质会附着在防水板焊缝空腔、排水管内壁及接口位置，固化后缩减排水通道断面、损毁焊缝密封结构，造成排水流通受阻、焊缝气密性不符合施工标准。监理紧盯作业面清理各项工序，施工单位开展防排水施工前需彻底清除洞内泥水、粉尘、建筑垃圾等杂物，保持作业区域洁净干燥。基底积水问题实施从严管控，衬砌浇筑、防水板铺设、管路预埋各工序开展前，施工单位利用抽排设备排净基底积水，禁止带水施工行为，规避积水残留、杂质淤积带来的管路堵塞、衬砌渗水等质量问题，稳固防排水系统整体施工品质。

参考文献：

- [1] 陈建军.隧道衬砌环向施工缝防排水措施应用现状与存在问题[J].现代隧道技术,2025,62(S1):9-24.
- [2] 毛剑文.隧道衬砌防排水措施在防渗漏施工中的应用[J].新城建科技,2025,34(9):148-150.
- [3] 郑波,赵万强,吴剑,等.隧道衬砌环向施工缝新型防排水结构性能研究[J].铁道工程学报,2025,42(1):89-94.
- [4] 欧阳云峰.探析铁路隧道防排水施工关键技术[J].工程建设与设计,2025,(6):193-195.
- [5] 郭林深.旅游公路建设项目隧道工程防排水及衬砌施工工艺要点[J].汽车周刊,2025,(1):156-158.

4.4 交叉多工种协同作业协调管控

隧道掘进、钢筋绑扎、混凝土浇筑多工序交叉施工，现场人员、机具来往频繁，极易刮蹭磕碰已铺设完成的防水板与预埋排水管线，造成防排水成品破损失效。监理提前统筹各施工班组作业时序，优化工序穿插方案，减少不同工种同步近距离施工^[5]。开展钢筋焊接作业前，选用阻燃土工布、铁皮全覆盖遮挡防护防水板面，隔绝焊渣高温灼伤、尖锐钢筋穿刺破损；混凝土浇筑阶段严控下料与振捣操作，防止粗骨料刺破防水层。针对场内挖掘机、运输车等重型机械，提前划定排水管路保护禁区，做好管线标识，严禁机具碾压、拖拽各类排水管。巡检中一旦发现管材移位、防水板撕裂破损等问题，立即下达停工整改通知，督促施工单位返修处理，经监理复检合格后，方可恢复后续施工作业，最大限度保障防排水成品完好。

5 结语

隧道衬砌防排水施工质量隐患多源于工序不规范、监管理控缺位，隐蔽工程质量决定隧道整体品质与运营年限。本文结合工程病害与施工问题，梳理排水系统、防水施工、质量检测的常见缺陷，明确各环节核心管控要点，搭建前期筹备、过程监督、验收闭环的全链条监理体系。落实材料核验、旁站巡检、气密性检测、成品保护及资料闭环等举措，可有效规避防排水施工隐患。该体系精准适配富水隧道施工痛点，提升施工标准化程度，为同类隧道监理质量管控提供实操依据。