

隧道工程中的隧道排水施工

李胜利

山西省公路局晋城分局 山西 晋城 048000

摘要：隧道排水施工是隧道工程的关键环节，直接关系着工程质量和行车安全。施工中需严格遵循设计要求与施工规范，注重材料质量，采用合适的防排水材料和技术。通过构建完善的排水系统，如设置地表截水沟、排水沟及纵向、环向排水管等，确保地表水及地下水有效排出。同时，加强初期支护与防水层的施工质量控制，提高混凝土自防水性能，以保障隧道排水效果，确保隧道工程的安全与持久使用。

关键词：隧道工程；隧道排水施工；关键技术与方法

引言：隧道工程作为交通建设的重要组成部分，其安全性和稳定性至关重要。排水施工作为隧道建设的关键环节，对于防止隧道渗漏、确保隧道结构稳定具有不可替代的作用。随着技术的进步和施工标准的提高，隧道排水施工技术和方法也在不断发展和完善。本文旨在探讨隧道排水施工的理论基础、关键技术与方法、质量控制与检测以及安全管理与环境保护，以期为隧道工程的排水施工提供有益参考。

1 隧道排水施工的理论基础

1.1 隧道防排水设计理念

(1) 等级确定合理：需结合隧道用途、水文地质条件及周边环境，依据相关规范划分防排水等级。如公路隧道根据降雨量、地下水压力等，确定防水标准，避免过度设计造成成本浪费，或设计不足引发渗漏水问题。

(2) 系统构成完善：防排水系统需统筹考虑防水与排水环节，防水层面涵盖防水层、止水带等材料应用，排水层面涉及各类排水设施布局，形成“防、排、截、堵相结合”的完整体系，确保水流畅通，减少积水隐患。

(3) 结构耐久可靠：选用耐老化、抗腐蚀的材料，如高分子防水卷材、不锈钢排水沟等，同时优化施工工艺，保证各构件连接牢固，提升系统长期使用性能，适应隧道内潮湿、温差变化等恶劣环境。

1.2 隧道排水系统组成

(1) 洞内排水系统：初期支护通过喷射混凝土设置排水盲管，收集围岩渗水；二次衬砌施工中埋设止水带、止水条，阻断水渗透路径；洞内设置纵向、横向排水沟，搭配检查井定期清淤，确保洞内积水及时排出。

(2) 洞口排水系统：洞口外侧设置截水沟，拦截地表雨水，防止流入洞内；洞口下方铺设排水沟，将洞内排出的水与地表径流引至指定区域；当洞口地势较低时，建设排水泵房，通过水泵提升排水，避免洞口积水倒灌。

1.3 隧道地质与水文条件对排水施工的影响

(1) 地质条件复杂性：若隧道穿越断层破碎带，围岩稳定性差，施工中易出现涌水、坍塌，需加强初期支护排水盲管密度，采用注浆堵水等措施；在岩溶地质区域，需探测溶洞分布，针对性设置排水通道，防止溶洞水突涌。(2) 地下水丰富程度：地下水丰富时，需增大排水设施规模，如加宽排水沟、增加排水泵数量，同时加强水质监测，避免地下水含有的腐蚀性物质损坏排水系统；地下水匮乏区域，可适当简化排水系统，但需预留应急排水设施，应对突发降雨等情况。

2 隧道工程中隧道排水施工关键技术与方法

2.1 初期支护防排水施工措施

(1) 排水半圆管的预埋与暗埋永久式排水通道系统的形成：施工时按设计间距在初期支护喷射混凝土前预埋排水半圆管，确保半圆管紧贴围岩表面，与后续铺设的防水板形成封闭排水空间。通过半圆管连接形成纵横向交织的暗埋永久式排水通道，将围岩渗水导入纵向排水管，避免水在支护结构内积聚。(2) 集中出水点的钻孔与引水盲管设置：针对围岩表面集中出水点，采用风钻钻孔至出水点根源处，钻孔深度需超过出水点10-20cm。插入带过滤层的引水盲管，盲管一端深入孔内并用速凝水泥固定，另一端与排水半圆管连接，实现集中出水定向引流，减少对支护结构的侵蚀。(3) 围岩表面股流或线流的均匀设置排水半圆管与水泥砂浆喷射：当围岩出现股流或线流渗水时，沿渗水轨迹均匀布置排水半圆管，间距控制在30-50cm。先喷射5-8cm厚水泥砂浆封闭围岩表面缝隙，待砂浆初凝后铺设半圆管，再喷射第二层水泥砂浆覆盖半圆管，形成兼具支护与排水功能的复合结构^[1]。

2.2 基面处理

(1) 渗漏水处理（注浆堵水、埋设排水管）：对基

面局部渗漏水，采用水泥-水玻璃双液注浆堵水，注浆压力控制在0.5-1.0MPa，注浆范围超出漏水区域0.5m。对注浆后仍有少量渗水的部位，埋设直径50mm的排水管，排水管周围用防水砂浆封堵，确保基面无明显积水。（2）凹凸位置处理（割除钢筋头、锚杆头，砂浆抹面）：检查初期支护表面，用氧割设备割除外露的钢筋头、锚杆头，割除后残留高度不超过5mm。对表面凹凸不平处，采用1:2.5水泥砂浆抹面找平，确保基面平整度误差不大于5cm/2m，为后续防水板铺设创造平整条件。

2.3 排水管施工

（1）盲管位置确定与固定方法：根据设计图纸确定盲管纵向、横向布置位置，纵向盲管沿隧道两侧边墙底部铺设，横向盲管按10-15m间距设置。采用卡箍或铁丝将盲管固定在支护结构预设的挂钩上，固定点间距不超过1m，防止盲管移位。（2）盲管与初期支护的密贴处理：在盲管与初期支护接触面铺设5cm宽土工布，用防水砂浆将盲管与支护结构缝隙填充密实，避免渗水从缝隙流失，确保盲管能有效收集周边渗水。（3）防水板边角料的使用与固定：将裁剪防水板剩余的边角料裁剪成10×15cm的小块，覆盖在盲管固定点处，用射钉枪固定，增强固定点的防水性能，防止水从固定点渗入支护结构内部^[2]。

2.4 纵向排水管与边墙内引水管施工

（1）纵向排水管的埋设位置与坡度控制：纵向排水管埋设在隧道两侧边墙底部的排水沟内，距离底板高度不低于20cm。施工时按设计坡度（不小于3‰）调整排水管高程，每50m设置一个高程控制点，确保排水顺畅，避免管内积水。（2）土工布包裹处理防止堵塞：用200g/m²的短纤土工布包裹纵向排水管，包裹长度超出排水管两端各30cm，土工布接缝处采用缝合连接，缝合宽度不小于5cm，防止泥沙进入排水管造成堵塞。（3）边墙基础内引水管的设置与加密：在边墙基础施工时，按设计间距埋设直径80mm的引水管，引水管一端接入纵向排水管，另一端深入边墙基础内部。在地下水丰富区域，引水管间距加密至2-3m，增强基础内部排水能力，避免基础受水浸泡软化。

2.5 防水板铺设

（1）悬挂法铺设与固定点间距控制：采用悬挂法铺设防水板，在初期支护表面按梅花形布置固定点，拱部固定点间距不大于0.8m，边墙固定点间距不大于1.0m。用专用塑料垫片和射钉固定防水板，确保固定点牢固且防水板无破损。（2）搭接宽度与松弛度保持：防水板横向搭接宽度不小于10cm，纵向搭接宽度不小于8cm。铺

设时预留10%-15%的松弛度，避免隧道开挖变形导致防水板拉伸破损，松弛度通过现场测量调整，确保防水板与支护结构贴合紧密。（3）搭接缝焊接处理与质量检查：采用热合机焊接防水板搭接缝，焊接温度控制在180-220℃，焊接速度为0.5-1m/min。焊接完成后进行充气检查，充气压力为0.2MPa，保持5min无压力下降为合格，对不合格焊缝及时补焊，确保防水性能^[3]。

3 隧道工程中隧道排水施工质量控制与检测

3.1 材料质量控制

（1）合格材料的选用与严格审查：优先选用具备生产许可证、产品合格证及检测报告的排水材料，如防水板需选用符合GB/T18173.1标准的高分子防水卷材，排水管、盲管需满足抗冲击、抗腐蚀性能要求。审查材料供应商资质，核实材料出厂参数与设计要求的一致性，杜绝使用非标或过期材料，从源头保障排水系统基础质量。（2）进场材料的抽样检验：建立材料进场验收制度，每批次材料进场后按规范抽样送检。防水板抽样检测其厚度、拉伸强度、断裂伸长率等指标，排水管检测管径、壁厚及抗渗性能，土工布检测渗透系数、抗拉强度。抽样比例按材料批次确定，同一厂家、同一规格材料每5000m为一批，每批至少抽取3组样品，检测不合格的材料严禁入场使用。

3.2 施工过程控制

（1）施工工艺的严格执行：制定详细的施工工艺指导书，明确各工序操作标准。如防水板焊接需严格控制温度（180-220℃）与速度（0.5-1m/min），禁止在雨天或基面潮湿时施工；排水管埋设需确保坡度不小于3‰，避免出现倒坡或弯折。施工前对作业人员进行技术交底，现场安排质检员监督工艺执行，对违规操作及时制止并整改。（2）质量控制点的设置与检查：针对关键工序设置质量控制点，初期支护阶段重点检查排水半圆管预埋间距与贴合度，基面处理阶段检查平整度（误差≤5cm/2m）与渗漏水封堵情况，防水板铺设阶段检查固定点间距（拱部≤0.8m、边墙≤1.0m）与搭接宽度（横向≥10cm、纵向≥8cm）。每个控制点实行“三检制”（自检、互检、专检），检查记录需留存归档，确保问题早发现、早处理^[4]。

3.3 施工检测与验收

（1）定期施工检测与质量问题及时发现：按施工进度开展定期检测，每周对排水系统进行一次全面检查，重点检测排水管通畅性（采用冲水试验，观察水流速度与排水效果）、防水板焊缝密封性（采用充气试验，压力0.2MPa保持5min无下降）。使用地质雷达对初期支护

背后积水情况进行扫描检测，发现积水或堵塞时，及时采用钻孔引流或高压冲洗等方式处理，避免问题累积影响系统功能。（2）严格按照规范和标准进行验收：排水施工完成后，依据《公路隧道施工技术规范》（JTGT3660）及设计要求组织验收。验收内容包括材料质量证明文件、施工记录、检测报告的完整性，以及排水系统外观（无破损、无渗漏）、功能（排水通畅、无积水）的符合性。验收合格后签署验收文件，不合格项需制定整改方案，整改完成后重新验收，直至满足规范要求方可进入下道工序。

4 隧道工程中隧道排水施工的安全管理与环境保护

4.1 施工人员安全培训与管理

（1）安全教育培训的开展：施工前组织全员开展专项安全教育培训，内容涵盖隧道排水作业安全规范、有限空间作业风险（如缺氧、有毒气体）、应急避险技能等。邀请安全专家进行案例教学，结合排水施工中常见的触电、坍塌等风险场景，通过实操演练提升人员应急处置能力。培训后进行考核，考核合格方可上岗，且每月开展1次安全再培训，强化人员安全意识。（2）施工现场安全管理措施：施工现场设置明显安全警示标识，如“禁止违规操作”“注意防滑”等；为作业人员配备安全帽、防滑鞋、反光背心等防护用品，并检查穿戴情况。排水作业区域划分安全通道，严禁堆放杂物；使用临时用电设备时，需符合“一机一闸一漏保”要求，避免触电事故。安排专职安全员巡查，发现违规行为立即纠正，每日记录安全管理台账。

4.2 防排水安全

（1）排水安全问题的防范与处理：施工前排查排水系统周边地质情况，评估管涌、渗水引发坍塌的风险，提前加固薄弱区域。作业中实时监测排水管道压力与流量，避免管道破裂导致积水；若发现渗水异常，立即停止作业，采用沙袋封堵、增设临时排水泵等措施控制险情，待隐患排除后方可复工。（2）应急预案的制定与应对：制定排水安全应急预案，明确管涌、坍塌、人员被困等突发事件的处置流程，组建应急小组并定期演练。储备抽水设备、急救物资、通讯器材等应急资源，确保

突发事件发生时，能在30分钟内启动应急响应，快速组织人员疏散、险情处置，同时及时上报事故情况，减少损失。

4.3 环境保护措施

（1）施工现场垃圾清理与废水处理：在隧道出口设置垃圾集中堆放点，分类收集施工废料（如塑料防水板边角料、管材碎片），每日由专人清运至指定处理场所，严禁随意丢弃。排水施工产生的废水经沉淀池（三级沉淀）处理，检测达标后再排放，避免泥沙、化学药剂污染周边土壤与水体；沉淀池定期清理，防止淤泥堵塞。（2）施工噪音控制与减少对周边环境的影响：选用低噪音排水设备，对高噪音机械加装隔音罩；合理安排施工时间，避免在居民休息时段（22:00-6:00）进行钻孔、抽水等噪音作业。在隧道周边敏感区域（如居民区、农田）设置隔音屏障，定期监测噪音值，确保符合《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523），减少对周边生态与居民生活的影响。

结束语

综上所述，隧道排水施工在隧道工程中占据举足轻重的地位，其质量直接影响隧道的稳定性和安全性。我们已深入探讨了隧道排水的设计原则、施工要点及质量检测方法，并强调了排水系统在确保隧道长期安全运营中的重要性。随着工程技术的不断发展，隧道排水施工将面临更多挑战与机遇。我们期待未来能有更多创新技术和材料的应用，为隧道排水施工带来更高水平的安全与效率。

参考文献

- [1]胡世通.铁路隧道施工技术及质量控制措施[J].智慧城市,2020,(07):79-80.
- [2]张佳.高速公路隧道防排水施工技术的应用探究[J].智慧城市,2021,(10):91-92.
- [3]孟庆军.隧道工程中防排水施工技术探讨[J].交通建设与管理,2021,(12):118-119.
- [4]马存安.公路隧道防排水工程施工技术分析[J].工程技术研究,2021,(09):97-98.