

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 排水盲管施工

(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:纵向排水管理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;排水管理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》(JTG/T3660)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 & 质量控制措施[J].智能城市,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].智能城市,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.