

# 水工环工程中排水系统技术标准化实施路径研究

成艳军 郭哲栋

山西金地源地质科技有限公司 山西 晋中 030600

**摘要：**随着基础设施建设规模的不断扩大，水工环工程中的排水系统作为保障工程安全与生态环境稳定的关键环节，其技术标准化实施具有重要意义。本文分析当前排水系统技术应用中存在的问题，探讨标准化实施的必要性与可行性，从技术规范统一、质量管控体系构建、智能化监测等方面提出实施路径，旨在提升排水系统的可靠性与可持续性，推动水工环工程高质量发展。

**关键词：**水工环工程；排水系统；技术标准化；质量管控；智能化

## 1 引言

在水工环工程领域，排水系统承担着排除地表水、调控地下水水位、防治内涝灾害及保护生态环境的重要功能。无论是水利枢纽工程、城市地下空间开发，还是矿山开采、生态修复项目，排水系统的设计与施工质量直接关系到工程的安全性和使用寿命。然而，当前排水系统技术应用中存在标准不统一、施工工艺差异大、运维管理不规范等问题，导致部分工程出现排水效率低下、渗漏、堵塞等故障，甚至引发次生灾害。因此，推进排水系统技术标准化实施，成为保障水工环工程质量、降低环境风险的关键举措。

## 2 排水系统技术标准化实施的必要性与现状问题

### 2.1 现状问题

#### 2.1.1 标准体系不完善

当前水工环工程排水系统的标准规范呈现“碎片化”特征。从国家层面来看，水利行业的《水利工程设计概（预）算编制规定》、市政领域的《室外排水设计标准》（GB50014）以及建筑行业的《建筑给水排水设计标准》（GB50015）等，各有侧重却缺乏衔接。例如，水利工程排水标准强调防洪排涝能力，市政排水更关注城市管网布局，而建筑排水则聚焦单体设施设计，三者接口设计、水力计算方法等方面存在参数差异，导致综合性水工环项目在实施时出现“标准打架”现象。

#### 2.1.2 执行力度不足

在工程建设实践中，标准执行不到位的问题较为突出。一方面，部分施工单位为降低成本，违规采用非标材料或简化施工流程。例如，某矿山疏干排水工程中，施工方擅自将设计要求的HDPE防渗管材替换为普通PVC管，导致运营半年后出现多处渗漏，污染周边地下水；另一方面，部分项目存在“重进度、轻质量”倾向，忽视标准中关于施工工艺的严格要求。以管道接口施工为

例，《给水排水管道工程施工及验收规范》明确要求柔性接口需进行闭水试验，但实际施工中，部分工程未按标准流程操作，直接导致后期接口渗水，影响排水系统整体效能。此外，监管部门的检查频率与覆盖范围不足，难以对隐蔽工程（如地下排水管网铺设）进行全过程监督，进一步加剧了标准执行的随意性。

#### 2.1.3 技术更新滞后

随着科技发展，排水系统领域不断涌现新材料、新工艺，但现有标准更新周期较长，难以匹配技术迭代速度。例如，非开挖施工技术（如水平定向钻、顶管施工）已广泛应用于城市排水管网改造，其在减少路面破坏、缩短工期等方面具有显著优势，但现行标准中对非开挖施工的质量验收、管材选择等规定仍不完善；又如，纳米复合材料、自修复高分子管材等新型材料具备更强的耐腐蚀性和抗渗性，但因缺乏标准化的性能测试方法和应用规范，难以在工程中大规模推广。这种技术发展与标准滞后的矛盾，不仅限制了行业创新，还可能导致部分工程因采用未经充分验证的新技术而存在安全隐患。

#### 2.1.4 监测与评估缺位

排水系统建成后的运行监测与效果评估缺乏标准化流程。目前，多数工程仅在竣工阶段进行简单的闭水试验或功能性测试，缺乏长期、动态的运行数据监测。例如，某沿海防涝排水工程在验收时各项指标达标，但投入使用三年后，因未对管道淤积、泵站设备老化等问题进行持续监测，导致排水效率下降30%，暴露出后期运维管理的不足<sup>[1]</sup>。此外，现行评估体系多关注工程建设阶段的质量指标，对排水系统运行后的生态影响（如对周边水体的污染控制效果）、社会效益（如内涝灾害减少程度）缺乏量化评估标准，难以全面衡量工程实际效益，也无法为后续优化提供科学依据。

### 3 排水系统技术标准化实施的核心路径

#### 3.1 构建统一的技术标准体系

整合现有规范：由行业主管部门牵头，梳理水利、市政、环境等领域的排水系统标准，编制跨行业的《水工环工程排水系统技术通用规范》，明确设计参数、材料性能、施工工艺等核心要求。

细化专项标准：针对不同类型工程（如山地排水、沿海防涝、矿山疏干排水等）制定专项技术指南，补充特殊环境下的排水系统设计与施工细则。

动态更新机制：建立标准修订委员会，定期收集行业技术创新成果和工程实践反馈，每3-5年更新标准内容，确保其时效性。

#### 3.2 强化全流程质量管控

设计阶段标准化：推行标准化设计模板，要求设计单位采用统一的计算模型和参数取值，通过专家评审制度对设计方案进行合规性审查。

施工过程规范化：制定标准化施工流程手册，明确沟槽开挖、管道铺设、接口处理、闭水试验等关键工序的操作规范，并引入BIM技术进行施工模拟与质量预控。

材料与设备认证：建立排水系统材料设备认证制度，对管材、水泵、检查井等核心产品实施准入管理，确保其性能符合标准要求。

#### 3.3 推进智能化监测与运维

构建智能监测网络：在排水系统关键节点部署传感器（如水位计、流量计、水质检测仪），通过物联网技术实现数据实时采集与传输，构建“感知-分析-预警”一体化监测平台。

标准化数据管理：制定排水系统监测数据格式与传输协议标准，确保不同工程、不同区域的数据兼容共享，为后续评估与决策提供支撑<sup>[2]</sup>。

运维管理标准化：编制《排水系统运维技术规程》，明确日常巡检、设施维护、故障处理的流程与标准，引入AI算法实现运维任务的智能调度与优化。

#### 3.4 加强行业协同与人才培养

建立多方协作机制：成立由设计单位、施工企业、科研机构、监管部门组成的标准化推进联盟，定期开展技术交流与经验分享。

标准化培训体系：将排水系统技术标准纳入行业职业技能培训课程，通过线上线下相结合的方式开展标准化施工、运维培训，提升从业人员技术水平。

激励政策引导：对严格执行标准化的工程项目给予资金补贴、评优评先等政策支持，形成“标准引领、市场驱动”的良性发展模式。

### 4 案例分析：某山地城市排水系统标准化改造实践

西南某山地城市地处长江上游流域，城市沿山脉与河谷呈组团式分布，年平均降雨量达1300毫米，且降雨集中于5-9月，单次暴雨强度常超过50毫米/小时。受地形地貌与早期规划局限，城市原有排水系统存在设计标准低、雨污合流、管网老化等问题，近五年年均发生内涝灾害8-10次，部分区域积水深度达1.5米，不仅严重影响居民生活，还对城市基础设施安全及下游河道生态环境造成威胁。为系统性解决排水难题，该城市启动排水系统标准化改造工程，具体实施路径如下：

#### 4.1 标准化设计体系重构

改造初期，项目团队以新编《山地城市排水系统设计规范》为核心依据，突破传统平原城市排水设计思维。首先，基于GIS地理信息系统与高精度地形数据，建立城市三维水文模型，结合历史降雨数据与未来气候预测，采用推理公式法和SWMM模型双重校核，重新核算各区域排水流量。结果显示，原设计管径普遍存在30%-50%的排水能力缺口，因此将主排水管道管径统一提升1-2个规格，干管管径从DN600扩容至DN800-DN1000，同时优化排水坡度，确保山地地区排水流速 $\geq 0.7\text{m/s}$ ，有效避免泥沙淤积。

针对山地城市特有的山洪威胁，项目引入“滞-蓄-排”结合的标准化设计理念：在上游区域增设生态截洪沟，采用标准化预制U型槽结构，每公里设置3处沉砂池；中游结合城市公园、绿地建设调蓄池，单个调蓄池容积不低于5000立方米，并配备自动启闭闸门；下游排水口设置防倒灌装置，采用符合《防洪标准》（GB50201）的液压力式拍门，保障极端天气下排水安全。

#### 4.2 施工工艺标准化创新

为减少对城市正常运行的影响，改造工程大量采用非开挖施工技术。在穿越主干道及居民区时，选用定向钻技术铺设深层排水管道，施工前通过地质雷达探测地下管线，采用标准化导向孔设计流程，确保管道埋深误差控制在 $\pm 5$ 厘米以内。管道连接环节采用热熔焊接工艺，严格执行《给水排水管道工程施工及验收规范》（GB50268），焊接温度控制在 $210\pm 10^\circ\text{C}$ ，保压时间不少于10分钟，并对每个焊口进行100%超声检测，杜绝渗漏隐患。此外，项目推行预制装配式施工模式，将检查井、雨水口等附属设施统一设计为标准化构件。例如，新型混凝土检查井采用模块化拼装，单个构件重量控制在3吨以内，便于机械吊装；井壁预留标准化接口，可适配不同管径管道，施工效率提升40%，且密封性较传统砖砌结构提高60%。

### 4.3 推进智能化监测与运维

**构建智能监测网络：**在排水系统关键节点部署传感器（如水位计、流量计、水质检测仪），通过物联网技术实现数据实时采集与传输，构建“感知-分析-预警”一体化监测平台。传统的人工巡检方式存在效率低、数据滞后、安全风险高等问题，难以满足复杂水工环工程对排水系统运行状态的实时监控需求。因此，需构建覆盖全系统的智能监测网络，在排水管网的交汇点、低洼易涝区、泵站进出口等关键位置，密集布设高精度的水位传感器、超声波流量计、pH值与浊度检测仪等设备，实时采集水位、流量、水质等关键参数。例如，在城市地下排水管网中，每隔200-300米设置一个智能监测节点，通过窄带物联网（NB-IoT）或LoRa等低功耗通信技术，将数据传输至云端管理平台。这些数据经过边缘计算初步处理后，可直观呈现排水系统的实时运行状态，如管网负荷、水流速度、污染物浓度变化等，为管理者提供决策依据。

**标准化数据管理：**制定排水系统监测数据格式与传输协议标准，确保不同工程、不同区域的数据兼容共享，为后续评估与决策提供支撑。由于排水系统涉及水利、市政、环保等多个领域，不同部门、不同设备厂商采用的数据格式和通信协议往往存在差异，导致数据孤岛现象严重。为解决这一问题，需建立统一的数据标准体系，明确数据采集频率、编码规则、存储格式以及传输协议。例如，规定水位数据的采集频率为每分钟一次，采用JSON格式进行封装，并使用MQTT协议进行传输<sup>[3]</sup>；

**运维管理标准化：**编制《排水系统运维技术规程》，明确日常巡检、设施维护、故障处理的流程与标准，引入AI算法实现运维任务的智能调度与优化。传统的运维管理模式依赖人工经验，存在巡检不及时、维修响应慢、资源配置不合理等问题。标准化的运维管理规程需对排水系统的日常运维工作进行全面规范，包括巡检周期、巡检内容、维护标准等。例如，规定城市排水管网主干道每日巡检一次，次干道每3日巡检一次，重点检查管道是否存在渗漏、堵塞、沉降等问题；对于排水泵站，需每周对水泵、阀门、电气设备等进行性能检测和维护。同时，利用人工智能算法对监测数据进行深度分析，建立故障预测模型，提前识别潜在风险。例如，通过分析管网水位、流量的历史数据和实时变化趋势，

预测管道堵塞或设备故障的可能性，并自动生成维修工单，调度最近的维护人员和设备前往处理。此外，还可通过大数据分析优化运维资源配置，如根据不同区域的排水系统运行状况，合理分配维护人员和设备，提高运维效率，降低运维成本。通过标准化的运维管理，可实现排水系统的全生命周期管理，保障其长期稳定运行。

### 4.4 改造成效与经验总结

经过两年系统化改造，该城市排水系统重现期从1年一遇提升至3-5年一遇，内涝灾害发生率下降65%，积水退去时间从平均4小时缩短至1小时以内。水质监测数据显示，改造后河道氨氮、COD等污染物浓度下降20%-30%，生态环境显著改善。项目实践验证，标准化设计与施工可使工程质量合格率从改造前的82%提升至98%，返工率降低70%，同时带动本地建材、装备制造等相关产业标准化升级。

该案例表明，在山地城市排水系统改造中，通过建立符合地域特征的标准化体系，整合新型材料、智能技术与创新工艺，能够实现工程效益、经济效益与生态效益的协同提升，为同类地区排水系统建设提供可复制的实践范式。

### 结论

水工环工程排水系统技术标准化实施是一项系统性工程，需从标准体系构建、质量管控、技术创新、行业协作等多维度推进。通过统一技术规范、强化过程管理、引入智能化手段，可有效解决当前排水系统存在的技术乱象与质量隐患，提升工程安全性与环境友好性。未来，随着行业标准的不断完善和新技术的持续应用，排水系统将向更高效、更智能、更可持续的方向发展，为水工环工程高质量建设提供坚实保障。

### 参考文献

- [1]李英.试析环境保护措施对地质水工环工程施工的影响[J].中国科技投资.2021,(8).164-165.
- [2]古志蓉.环境保护措施在水工环地质工程中产生的影响[J].西部资源.2021,(6).DOI:10.3969/j.issn.1672-562X.2021.06.023.
- [3]孔凡芬.地质水工环工程中环境保护措施产生的影响[J].绿色环保建材.2020,(9).42-43.DOI:10.16767/j.cnki.10-1213/tu.2020.09.020.