

# 水利工程渠道施工技术及工程管理措施分析

钟涛

英德市东华镇农业技术综合服务中心

DOI: 10.12238/j.pm.v6i12.8612

**[摘要]** 水利工程渠道作为国家水资源调配与农业灌溉的核心基础设施，其建设质量直接关乎国家粮食安全、水资源安全与生态安全。在气候变化加剧、水资源供需矛盾日益突出的背景下，渠道工程不仅承担着保障农田灌溉、支撑粮食稳产高产的重任，更是实现跨流域水资源优化配置、缓解区域水资源短缺的关键载体。本文旨在通过梳理渠道设计与施工优化、防渗衬砌技术应用、智能控制集成等核心技术，构建全流程质量管控体系，为水利工程高质量发展提供理论与实践参考。

**[关键词]** 水利工程渠道；运行问题；维护策略；管理措施

## Analysis of Construction Technology and Engineering Management Measures for Water Conservancy Engineering Channels

Zhong Tao

Donghua Town Agricultural Technology Comprehensive Service Center

**[Abstract]** As the core infrastructure for national water resource allocation and agricultural irrigation, the construction quality of water conservancy engineering channels directly affects national food security, water resource security, and ecological security. Against the backdrop of intensified climate change and increasingly prominent contradictions between water supply and demand, channel engineering not only undertakes the important task of ensuring farmland irrigation and supporting stable and high grain production, but also serves as a key carrier for achieving cross basin water resource optimization and alleviating regional water resource shortages. This article aims to establish a full process quality control system by reviewing core technologies such as channel design and construction optimization, application of anti-seepage lining technology, and intelligent control integration, providing theoretical and practical references for the high-quality development of water conservancy engineering.

**[Key words]** water conservancy engineering channel; Operational issues; Maintenance strategy; management measures

水利工程渠道项目是指在特定区域内为了解决水资源分布不均或防洪、灌溉等问题而设计和实施的一系列渠道工程。这些项目通常涉及挖掘河道、建造堤坝、铺设管道及配套设施的建设与完善，旨在提高水资源利用率，优化农业生产条件，保护生态环境。

## 一、渠道维护与管理的意义

1. 保障工程安全与延长使用寿命。预防结构失效风险，定期维护可及时发现并修复衬砌裂缝、边坡滑坡等隐患，避免小问题演变为重大安全事故。例如，通过防渗膜修补和边坡加固，能显著降低渠道渗漏和滑坡风险，延长工程寿命至设计年限以上。应对自然侵蚀挑战，渠道长期暴露于紫外线、温度变化和

土壤腐蚀中，维护工作如清淤和防渗处理，可减轻环境侵蚀，确保结构完整性。在极端气候事件中，如暴雨或干旱，有效的维护能增强工程韧性，减少灾害损失。

2. 提升水资源利用效率与农业效益。优化灌溉效能，维护管理通过防渗衬砌和智能监测技术，减少渠道渗漏，使灌溉水利用系数显著提升，支撑粮食主产区稳定生产。例如，精准水量调控可保障农田在干旱条件下仍实现高产。促进农业现代化，维护良好的渠道系统为高效节水农业提供基础，推动灌溉方式从粗放型向集约型转变，提升作物产量并降低水资源浪费。

3. 服务国家战略与可持续发展。支撑粮食安全与水安全，

作为农田灌溉和水资源调配的核心，渠道维护直接保障国家粮食安全，确保跨流域调水工程高效运行，服务人口用水需求。在生态层面，精准流量调控维持河流生态基流，保护生物多样性和区域生态平衡。推动绿色发展与政策落地，维护管理融入“绿色施工”理念，减少高耗能工艺，助力国家“双碳”目标。同时，其成果为行业标准制定提供参考，推动水利工程向高质量、可持续方向转型。

4. 强化社会经济效益与民生福祉。降低运行成本与风险，定期维护避免工程大修，减少全生命周期成本，通过预防性措施降低事故发生率，保障下游居民生命财产安全。改善农村人居环境，渠道整治与生态修复结合，打造“水清岸绿”的乡村景观，促进乡村旅游发展，增强社区福祉。渠道维护与管理是水利工程发挥“资源调配、生态保护、安全保障”功能的基础，需通过技术创新和精细化管理，持续提升工程效能，服务国家可持续发展战略。

## 二、渠道施工核心技术要点

1. 渠道设计与施工优化。渠道设计需遵循地形适应性原则，优先采用梯形或 U 型断面结构以优化水流动力特性，减少泥沙淤积与能量损耗。设计阶段应结合地质勘察数据，采用 BIM 技术进行三维模拟，预判潜在冲突并优化布局。施工前运用全站仪、GPS 等设备精准定位轴线，确保渠道走向与设计高程吻合，轴线偏差控制在  $\pm 50\text{mm}$  以内。填筑环节严格执行分层压实工艺，黏土压实度不低于 95%，每层厚度控制在 20–30 厘米，采用重型压路机进行碾压，确保密实度均匀。重点强化渠底与边坡接缝处的防渗处理，采用分层错缝工艺，接缝处铺设土工布并采用专用粘合剂密封，有效阻断渗漏路径。对于冻土或岩石地质条件，爆破开挖成为高效选择，但需严格控制爆破参数（如孔距、装药量），采用预裂爆破技术减少对周边结构的振动破坏，爆破后及时进行边坡支护。

2. 防渗与衬砌技术应用。复合土工膜防渗技术凭借其优异性能被广泛采用，铺设时采用两布一膜结构（上层为土工布保护层，中层为 PE 膜防渗层，下层为土工布缓冲层），搭接宽度需满足不低于 15 厘米的技术要求，并通过专用胶双缝焊接确保密封性，焊接后采用气密性检测仪进行渗漏测试。混凝土衬砌作为关键环节，需严格控制配合比，掺入 8%–12% 的防水剂（如膨胀剂、减水剂）提升抗渗性能，坍落度精准调控在 80–100 毫米范围内，采用插入式振捣器进行振捣，振捣间距不大于 30 厘米，保证浇筑密实度。衬砌施工后执行“三检五测”制度（自检、互检、专检；测厚度、测平整度、测强度、测抗渗性、测几何尺寸），定期检测断面尺寸偏差，确保几何参数符合设计规范，偏差控制在  $\pm 10\text{mm}$  以内。

3. 自动化与智能控制集成。现代渠道工程积极引入自动化控制系统，通过墒情监测站实时采集土壤含水率数据，按 200

亩/套的密度合理布置传感器，分三层埋设（表层 0–20cm、中层 20–40cm、深层 40–60cm）以全面监测不同深度水分状况。电磁阀与控制器之间采用 RS485 总线通讯技术，实现灌溉策略的自动化执行，系统响应时间不超过 30 秒，显著提升水资源利用效率。智能控制系统可集成气象数据、作物需水量模型，实现精准灌溉，减少水资源浪费，同时通过手机 APP 远程监控，方便管理人员实时调整灌溉参数。

## 三、工程管理关键措施

1. 全流程质量管控体系构建。（1）前期技术准备，设计复核与冲突检测：组织 BIM 技术团队开展三维管渠碰撞检测，通过三维模型可视化分析，提前识别并解决设计冲突。特殊地段处理方案：针对穿越河流、铁路等高风险区域，编制专项施工方案。例如，采用围堰导流结合钢板桩支护技术，确保施工安全。通过超灌区三维水力模型（如 HEC-RAS 软件）模拟水流动态，验证设计合理性，优化渠道断面尺寸，减少泥沙淤积风险。施工组织设计优化：运用 BIM 5D 技术整合时间、成本维度，优化施工流程。（2）材料与设备管理，材料三级验收制度：外观检查：核查 PE 管材表面是否平整、无裂纹，尺寸偏差是否符合 GB/T 13663 标准。性能检测：委托第三方实验室进行纵向回缩率（ $\leq 3\%$ ）、液压试验强度（ $\geq 1.5$  倍工作压力）等指标检测。文件核查：核对材料合格证、检测报告，确保可追溯性。焊接材料追踪管理：建立焊条熔敷金属化学成分数据库，每批次焊条提供完整的检测报告（如 SGS 认证）。采用二维码技术实现材料追溯，确保焊接质量符合 GB 50268 标准。设备智能化管理：引入物联网技术，实时监控压路机、摊铺机等设备的运行状态。（3）过程监控与验收，渠道衬砌施工“三检五测”制度：三检：自检（班组）、互检（相邻班组）、专检（质检部门），重点检查衬砌厚度（允许偏差  $\pm 5\text{mm}$ ）、平整度（ $\leq 3\text{mm}/2\text{m}$ ）。五测：测厚度（超声波测厚仪）、测平整度（3m 直尺）、测强度（回弹仪）、测抗渗性（渗水仪）、测几何尺寸（全站仪）。混凝土浇筑工艺：采用插入式振捣器，振点间距不大于 30cm，振捣时间控制在 20–30 秒，确保混凝土密实度。防渗工程闭水试验：分段进行闭水试验，每段长度不超过 500m。试验前清理渠道，注水至设计水位，稳定 24 小时后测量渗漏量。渗漏量控制在  $\leq 3\text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$  内，超出标准时采用环氧树脂注浆修补。验收标准与试运行：管道系统强度试验：采用水压试验，压力为工作压力的 1.5 倍，稳压 10 分钟无渗漏。自动化系统试运行：连续 72 小时运行，采集数据完整性  $\geq 95\%$ ，验证系统稳定性。（4）质量持续改进，PDCA 循环应用：建立质量反馈机制，通过 Plan（计划）、Do（执行）、Check（检查）、Act（处理）循环，持续优化施工工艺。数字化质量管控平台：开发 BIM+GIS 质量管控系统，集成设计、施工、验收数据，实现质量问题的实时预警和闭环管理。通过平

台自动生成质量报告，简化验收流程，提升管理效率。

2. 施工组织与进度管理。渠道施工具有工程量大、战线长、作业面分散的特点，需通过系统化施工组织设计实现资源优化配置与进度质量双控。采用分段施工策略，将工程划分为 500~1000m 的独立施工段，每个段配备专业班组实现多工作面并行作业，并通过 BIM 技术模拟工序衔接，减少工作面闲置时间。例如，在平原地区采用 20m/段的单元划分，山区则根据地形灵活调整，使单段施工周期显著缩短。建立“核心班组+机动队伍”的弹性用工模式，核心班组负责技术关键工序，机动队伍根据进度需求动态调配，衬砌施工高峰期可增加 30% 模板工。机械调度采用 GPS 定位和物联网平台，实现实时监控与备用机组配置，提升设备利用率。通过关键路径法 (CPM) 识别控制性工序如穿越河流段，采用压缩非关键工序时间、增加资源投入等方式优化进度，并建立“日跟踪、周分析、月调整”的管控机制，确保进度偏差控制在合理范围内。工序衔接优化采用“开挖-填筑-衬砌”三级流水线，开挖完成后立即进行地质复核，合格后 24 小时内启动填筑；衬砌与养护通过“三同步”机制（衬砌-覆盖-养护）确保质量，自动喷淋系统减少裂缝发生率。进度质量平衡通过“双控”考核体系实现，质量指标纳入进度考核，并编制应急预案应对雨季等突发情况。信息化管理应用 BIM 4D 模型和移动端平台，实现进度可视化与数据实时反馈，提高管理效率。

3. 风险防控与技术创新。风险防控需构建多层次体系，在施工前开展地质勘察与水文分析，识别滑坡、渗漏等潜在风险，并制定分级响应预案。例如，穿越河流段采用围堰导流技术，通过 GPS 定位确保轴线偏差≤50mm，围堰结构设计考虑洪水频率，采用土石或混凝土围堰实现水流控制。截流作业通过水力计算确定流量，采用立堵法或平堵法施工，确保在汛期前完成。建立实时监测系统，对渠道变形、渗流量等关键指标进行动态监控，结合 AI 算法预测风险，提前采取加固措施。技术创新方向聚焦新型防渗材料研发，如纳米复合土工膜和自修复混凝土，提升抗渗性能与结构寿命。推广绿色施工技术，采用生态混凝土衬砌和植被护坡，减少生态环境破坏，同时加强自动化控制系统集成，通过墒情监测站和智能阀门实现灌溉策略自动执行。探索智慧水利应用，引入数字孪生技术构建渠道三维模型，实现施工过程实时监控与预测分析，提升水资源管理效率。未来需深化智能材料、5G 物联网等前沿技术融合，推动水利工程向高效、智能、可持续方向发展。

#### 四、水利工程渠道施工技术及工程管理措施分析展望未来

水利工程渠道作为国家水资源调配和农业灌溉的核心基础设施，其施工技术与管理措施的创新直接关系到工程效能、

资源利用效率及可持续发展。面对全球气候变化、人口增长及技术进步的多重挑战，未来水利工程渠道建设将向智能化、绿色化、高效化方向深度演进，重点聚焦以下领域：

1. 技术创新驱动工程效能跃升。智能材料与结构革命：自感知混凝土、纳米复合防渗材料等智能材料的应用将成为主流，实现渠道结构健康状态的实时监测与主动修复，显著延长工程寿命并降低维护成本。例如，嵌入传感器的自修复材料可自动填补微裂缝，减少渗漏风险。数字孪生与智慧水利深度融合：通过构建渠道全生命周期数字孪生模型，集成 BIM、GIS 和物联网技术，实现施工过程模拟、运行状态监控及灾害预警的闭环管理。智慧水利平台将覆盖水资源分配、防洪调度等场景，提升决策精准度。自动化控制系统的深度集成：墒情监测站与智能阀门的联动将进一步优化，结合 AI 算法实现灌溉策略的动态调整，响应时间缩短至秒级，水资源利用效率持续提升。

2. 绿色施工引领可持续发展。生态友好型工艺普及：生态混凝土衬砌、植被护坡等技术将广泛应用，减少对土壤和水体的扰动，提升渠道生态功能。例如，植被覆盖的护坡可增强水土保持能力，同时美化景观。低碳技术全面推广：施工过程将融入可再生能源，如太阳能驱动的监测设备，减少碳排放。绿色施工标准将更严格，推动行业向“零排放”目标迈进。资源循环利用强化：施工废料回收与再利用机制将完善，例如，开挖土方用于渠堤填筑，降低材料浪费，契合循环经济理念。

综上所述，水利工程渠道施工技术与管理是一个系统工程，需兼顾技术创新与精细化管理。通过优化渠道设计、强化防渗衬砌、集成自动化控制，结合全流程质量管控与科学施工组织，可显著提升渠道工程的质量与耐久性。未来，随着新材料、新技术的不断涌现，水利工程渠道建设将向更高效、更智能、更可持续的方向发展，为水资源高效利用与农业现代化提供坚实支撑。

#### [参考文献]

- [1] 李洋.农田水利工程中防渗渠道施工技术研究[J].乡村科技, 2024, 15 (3) : 146-149.
- [2] 马印.水利工程渠道施工中的衬砌混凝土技术研究[J].工程技术研究, 2023, 8 (22) : 92-94.
- [3] 刘瑞.水利工程渠道防渗施工的关键技术探究[J].科技资讯, 2023, 21 (22) : 133-136.
- [4] 王鹏.水利工程渠道防渗的意义及防渗技术措施探讨[J].农业开发与装备, 2022 (9) : 121-123.
- [5] 崔国.水利工程渠道衬砌施工技术探讨[J].四川水泥, 2022 (5) : 137-139.