

Research on Quality Control of Canal Construction in Irrigation District Extension and Water-Saving Renovation Projects

Yanping Huang

Sichuan Guangzhi Huarong Engineering Project Consulting Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610030, China

Abstract

Irrigation district extension and water-saving renovation projects constitute a vital component of agricultural infrastructure modernization. The construction quality of canals directly impacts water distribution efficiency and water conservation benefits. Current projects face challenges including lax standard implementation, weak supervision, and inadequate material and process controls, which compromise operational stability. This study establishes a quality management system centered on full-process quality control, supported by digital supervision and standardized construction practices. It proposes improvement strategies covering design optimization, construction management, material testing, and intelligent monitoring. Research findings demonstrate that scientific design and intelligent management can significantly enhance canal structural strength, seepage resistance, and operational lifespan, providing technical support for developing water-efficient irrigation systems.

Keywords

Irrigation district extension; Water-saving renovation; Canal engineering; Construction quality control; Intelligent supervision

灌区续建配套与节水改造中的渠道工程施工质量控制研究

黄艳苹

四川广智华荣工程项目咨询有限公司, 中国·四川成都 610030

摘要

灌区续建配套与节水改造工程是农业基础设施现代化的重要组成部分, 渠道工程施工质量直接影响输配水效率与节水效益。当前部分项目存在标准执行不严、监管薄弱、材料与工艺控制不足等问题, 影响工程运行稳定性。本文在分析渠道施工质量控制现状的基础上, 构建以全过程质量管控为核心、以信息化监管和标准化施工为支撑的质量体系, 并从设计优化、施工管理、材料检测和智能监管等方面提出提升路径。研究表明, 科学设计与智能化管控能显著提高渠道结构强度、防渗性能和运行寿命, 为节水型灌区建设提供技术支撑。

关键词

灌区续建配套; 节水改造; 渠道工程; 施工质量控制; 智能监管

1 引言

渠道工程作为灌区输配水系统的核心组成部分, 其施工质量直接影响节水改造的整体效益。然而, 在工程建设过程中, 部分地区存在设计标准不完善、施工组织混乱、质量检测缺失等问题, 导致渠道渗漏严重、结构变形、运行维护成本高等现象。

本文以工程管理与水利施工技术为研究视角, 结合典型灌区渠道工程建设实践, 系统分析施工质量控制的关键环节与影响因素, 探讨渠道工程在续建配套与节水改造中的质量管控策略与优化路径。研究旨在通过建立科学、可操作的

质量控制体系, 推动渠道工程施工管理由经验型向标准化、信息化、智能化转变, 为我国节水型灌区建设提供理论支持与实践参考。

2 渠道工程施工质量控制的现状与问题

2.1 质量管理体系不健全

当前部分灌区续建配套与节水改造工程仍沿用传统分段式管理模式, 缺乏系统化、可追溯的质量控制体系。设计、施工、监理及监管部门之间的职责界限不清, 导致质量监督存在盲区或重复管理现象。一些地方的质量管理标准存在地区性差异, 未能严格执行《水利水电工程施工质量检验与评定标准》《渠道防渗工程技术规范》等国家规范, 造成项目间质量水平参差不齐。工程管理仍以经验性判断为主, 缺乏基于数据与标准的科学评价体系。在建设任务重、工期紧的

【作者简介】黄艳苹(1983-), 女, 中国四川遂宁人, 本科, 高级工程师, 从事水利水电工程研究。

压力下,质量检查往往流于形式,现场检测和资料审核环节脱节,质量数据记录不规范、归档不完整,难以形成有效的质量追溯机制。这种管理体系的不完善,直接影响工程的长期运行安全和后期维护科学性,制约了灌区节水效益的充分发挥。

2.2 施工过程控制薄弱

渠道工程施工涉及基槽开挖、混凝土浇筑、防渗层铺设及伸缩缝处理等多道关键工序,各环节均对质量控制提出高要求。然而,在实际操作中部分施工单位存在“重进度、轻质量”的现象,为压缩成本或抢工期而忽视工艺规范。常见问题包括原材料检验不到位、配比控制不严、混凝土振捣不充分、养护时间不足及伸缩缝密封不合格,导致渠道衬砌层出现空鼓、裂缝、渗漏等缺陷。部分隐蔽工程因缺乏实时监测与有效监督,存在质量风险积累的隐患。监管部门现场巡查频次有限,检测设备和监测手段较为落后,无法及时发现工艺偏差或材料缺陷。长期来看,这些问题易引发渠道结构劣化与渗漏加剧,降低节水改造工程的运行可靠性与经济效益。

2.3 技术手段与信息化水平滞后

尽管近年来部分地区已在水利工程建设中引入智能检测与信息化管理,但总体水平仍显不足。施工质量监测主要依赖人工抽查和阶段性检测,数据精度有限、更新滞后,难以实现全过程的动态监控。施工现场的信息采集、材料溯源、检测记录等环节未实现数据互联互通,导致质量信息碎片化,影响决策效率。部分项目虽设立信息化平台,但功能停留在资料归档与报表统计层面,未形成智能预警与实时反馈机制。缺乏基于物联网(IoT)和大数据分析的监管体系,使质量管理仍以静态审查为主,无法及时识别潜在风险。此外,施工单位与监管机构在数据标准和信息共享方面缺乏统一规范,制约了智慧工地建设与质量管控模式的推广。信息化手段滞后不仅降低了管理透明度,也限制了工程质量提升的科学化与精细化进程。

3 渠道工程施工质量的主要影响因素

3.1 设计方案的科学性与适用性

设计阶段是渠道工程质量控制的首要环节,其科学性和适用性直接决定了工程的整体安全性与节水效益。部分设计单位在方案制定中存在对地质、水文条件与灌区布局考虑不足的问题,导致后期施工中频繁出现设计变更和适应性不足现象。为避免此类问题,应强化前期地质勘查、水文监测与地形分析,全面掌握区域地下水位、土壤渗透系数及地势坡降规律^[1]。设计阶段应采用水力计算与结构分析相结合的技术路径,合理确定渠道断面形式、防渗层厚度及构造材料选型,确保结构稳定与流态平衡。对于不同灌区地貌类型,应进行可施工性分析(Constructability Analysis),优化设计方案,提升设计与施工条件的契合度,从源头上保障渠道的耐久性与节水性能,为后续工程实施提供坚实技术支撑。

3.2 材料质量与施工工艺控制

材料质量是渠道工程防参与结构稳定的根本保障,而施工工艺是将设计意图转化为工程实体的关键过程。混凝土、钢筋、防渗膜、聚合物砂浆等原材料一旦质量不达标,极易造成空鼓、裂缝、渗漏等质量缺陷。施工中模板安装、混凝土振捣密实度、伸缩缝处理及养护管理均为重点控制环节。应严格执行材料进场检验制度,对配合比、强度等级及外加剂性能进行复核,建立材料溯源档案。工艺层面应推广机械化施工与标准化操作流程,规范混凝土浇筑温控、模板支护与脱模时机,防止早期裂缝产生。施工过程中应设置质量巡查与样板引路制度,以典型工序样板指导施工操作,实现“过程控制—节点验收—数据存档”三维质量保障模式,确保渠道衬砌结构致密、线形顺直、防渗层完整,达到节水改造的质量要求。

3.3 环境因素与施工管理水平

渠道工程多分布于复杂地形与多变气候区域,其施工质量受自然环境影响显著。雨季施工可能导致基底浸泡、边坡坍塌,寒冷地区则易出现冻胀裂缝,干旱区施工过程中高温蒸发亦会引发混凝土早期收缩问题。因此,应依据区域气候与地质条件合理安排施工季节,优化施工进度计划,确保关键工序避开极端气候阶段。施工管理水平直接决定工程质量稳定性^[2]。项目管理团队需具备系统化组织协调与技术管理能力,通过建立分级管理制度和动态监督机制,保证施工过程可控。施工单位应开展定期培训与技术考核,强化操作人员的质量意识与标准化操作技能。结合现场监理与质量考评制度,可实现从施工准备、过程控制到完工验收的全链条质量闭环,确保渠道工程在环境约束条件下仍具备结构稳定性与长期运行安全性。

4 施工质量控制的关键环节与技术路径

4.1 设计阶段的优化与前期论证

渠道工程施工质量的核心在于源头设计的科学性与适用性。设计阶段需基于充分的地形、水文、地质及灌区运行数据分析,强化方案论证与可施工性研究。通过BIM与GIS的集成应用,实现设计成果与地理信息、地形特征、管网系统的多维融合,为施工组织提供精确的空间数据支撑。采用三维建模优化渠道断面设计,使水力计算、结构受力与防渗性能协调统一。设计文件中应明确防渗层材料性能、衬砌厚度、伸缩缝布置、抗冻抗裂指标等关键参数,杜绝模糊性描述与随意更改。对特殊地段可开展水力学与结构耦合仿真,预测运行应力与渗流行为,提前识别潜在风险。通过建立设计审核与技术论证机制,形成科学、可操作、可追溯的设计体系,从源头上保障施工的合理性与质量稳定性。

4.2 施工过程中的动态控制与检测

施工阶段是渠道工程质量形成的关键过程,需构建分层次、动态化的质量控制与检测体系。针对基槽开挖、混凝土浇筑、防渗层铺设、伸缩缝处理等关键工序,应建立严

格的工序检验与质量复核制度。施工现场可布设物联网传感器,实时监测混凝土温湿度、应力变化及裂缝发展趋势,形成质量数据库,实现数据可视化、趋势分析与动态预警。监理单位应采用无人机航测、视频监控等信息化手段进行全方位巡查,确保隐蔽工程可视化留档。通过 BIM 平台比对设计与施工偏差,及时调整施工参数,保证精度与一致性。各工序完成后应实施过程性验收与抽检,确保材料性能、结构密实度与防渗质量均达标。动态监测与智能检测结合的模式,可有效降低人为误差,实现“可控、可测、可追溯”的质量保障目标。

4.3 验收与评估体系的标准化建设

工程完工后的验收与评估是质量管理体系闭环的关键环节。应严格执行《水利工程质量检验与评定标准》《混凝土结构工程施工规范》等国家与行业标准,实行“实测实量+资料审核+现场核验”三结合的验收模式。引入独立第三方检测机构开展平行检验,确保验收结果的客观性与权威性^[3]。应用激光扫描对渠体几何形态进行数字化复测,利用红外热成像与超声波技术识别隐蔽裂缝、空鼓及渗漏隐患,形成完整的质量评估数据库。评估阶段应注重长期运行监测,建立结构健康档案,实现对渠道运行状态的动态评估。通过标准化检测流程、量化评估指标与信息化管理平台的协同应用,可实现质量问题的可追溯与可量化管理,形成设计—施工—检测—运维全周期质量管理体系,为节水型灌区的可持续运行提供科学依据与技术保障。

5 质量管理体系的创新与提升路径

5.1 全过程质量管理体系构建

以“事前预防—事中控制—事后评估”为主线,建立全周期、全要素、可追溯的质量管理体系。事前阶段强化多源勘测与方案审查,明确质量控制点、指标阈值与旁站监理要求;事中阶段推行项目经理负责制与岗位责任清单,配套首件制、样板引路与关键工序停检制度,形成“计划—执行—复核—纠偏”的闭环;事后阶段开展耐久性评估与缺陷责任期回访,建立运行期绩效数据库。以 BIM 为数据枢纽,集成设计、施工与运维信息,联动进度(4D)、成本(5D)与质量模型,支撑碰撞检查与变更影响评估;通过信息反馈机制与例会制度实现工序协同与问题闭环,结合审计追踪与电子签章,确保数据真实、责任清晰与质量目标可度量。

5.2 信息化与智能监管技术应用

构建“智慧工地”平台,打通人、机、料、法、环数据链路,实现质量数据的实时采集、云端存储与权限化共享。

布设物联网传感器监测混凝土温湿度、应力与收缩变形,渠底沉降与边坡位移采用 GNSS/倾角计联测;无人机低空摄影与遥感红外用于巡检裂缝、渗漏与围护缺陷。平台内置算法对工序参数进行阈值比对和趋势分析,识别离群点与潜在劣化并推送预警,联动 BIM 场景定位问题构件,实现“发现—派单—整改—复核—归档”全流程闭环。通过电子材料台账与二维码追溯掌控到货检验、批次性能与试验记录,沉淀质量知识图谱,支撑经验复用与决策优化,使监管由抽查走向在线、由经验走向数据驱动。

5.3 施工工艺与材料技术创新

围绕节水与防渗目标,优选高分子防渗膜(复合土工膜/涤纶长丝)与生态混凝土、聚合物改性砂浆等材料,实施“材料性能—场地土工—构造细节”一体化设计。渠道衬砌推广预制板装配化与机械化摊铺、自动喷浆,配合智能振捣与激光整平,提高致密度与几何精度;接缝处设置止水带+弹性密封,完善伸缩缝温控与养护工艺,抑制温缩裂缝与渗流通道形成。对不同土质与气候区,分别优化基层压实度、垫层配比与抗冻盐侵体系,寒冷地区引气—纤维复合抗冻,盐渍土区采用防护隔离与控渗排盐构造。全过程落实原材复验、拌合比复核与现场抽检,结合试验段验证与工后无损检测,形成标准化工序与可复制工法,系统提升渠道耐久性与节水效能。

6 结语

渠道工程是灌区续建配套与节水改造的核心环节,其施工质量直接影响工程的节水效益与运行安全。通过研究发现,影响渠道工程质量的关键因素包括设计合理性、材料与工艺控制、过程监管及信息化水平。建立全过程质量管理体系、推广信息化监管与施工技术创新,是提升渠道工程质量的有效路径。未来,应进一步加强标准化体系建设,完善数据化监管机制,实现设计、施工与运维的协同管理。以科技赋能与制度创新为支撑,推动灌区工程建设向精细化、绿色化、智能化方向发展,为国家农业现代化与水资源可持续利用提供坚实保障。

参考文献

- [1] 邱继森.浏阳市洞阳灌区续建配套与节水改造工程项目效益分析[J].湖南水利水电,2025,(03):111-114.
- [2] 饶庆琛.基于水文模型分析的灌区续建配套与节水改造工程优化研究[J].地下水,2025,47(02):137-139.
- [3] 张燕鸿.中型灌区续建配套与节水改造问题及措施研究[J].大众标准化,2023,(01):124-126.