

浅谈灌区水利工程改造技术应用

朱文娟

洛阳水利勘测设计有限责任公司 河南 洛阳 471000

摘要：灌区水利工程是保障农业灌溉、提升水资源利用效率、促进粮食安全生产的重要基础设施。随着我国农业现代化进程不断加快，传统灌区工程普遍面临设施老化、输水效率低、运行可靠性差、配套体系不完善等痛点，难以满足新时代农业发展与水利现代化建设要求。本文以灌区水利工程改造为研究对象，从工程现状诊断、改造总体设计、核心技术体系构建、施工全流程管控及长效运维机制等维度展开系统论述。重点围绕渠道防渗、渠系建筑物加固、节水灌溉配套及基础处理等关键技术进行深度剖析，结合工程实践提出科学可行的改造方案与实施策略，旨在为灌区水利工程现代化改造提供全周期理论参考与技术支撑，有效提升灌区工程运行质量、节水效益与综合服务能力。

关键词：灌区水利工程；改造技术；渠道防渗；渠系建筑物；节水灌溉；工程运维

引言

灌区水利工程作为农业水利体系的核心组成部分，承担着农田灌溉、防洪排涝、水资源调配、生态保护等多重功能，在乡村振兴、粮食安全保障与水利高质量发展中占据基础性地位。据统计，我国大型灌区及重要中型灌区多修建于20世纪中后期，受当时建设标准、材料工艺及经济条件限制，经过数十年运行，普遍出现渠道渗漏严重、建筑物结构老化、配套设施不全、管理模式粗放等问题，导致水资源浪费严重、灌溉保证率偏低、工程运行风险增大。

开展灌区水利工程改造，既是修复工程物理功能、延长工程使用寿命的必要手段，也是推进节水型社会建设、实现水利工程现代化的必由之路。当前行业内针对灌区改造的技术研究多聚焦于单一环节或单项技术，缺乏从规划设计到运行管理的全链条系统考量。本文立足于水利工程设计一线实践，试图弥补这一缺口，系统分析灌区改造的关键技术、实施要点与质量保障措施，结合行业规范与典型工程案例，总结适用于大中型灌区的改造技术模式，力求为同类工程提供可借鉴、可推广、可落地的全流程技术方案。

1 灌区水利工程改造的必要性与现实意义

1.1 工程现状问题突出

长期运行后，灌区水利工程普遍存在结构破损、渗漏严重、设备老化等现象。渠道边坡冲刷、衬砌层脱落、基础沉陷等问题直接影响输水安全；闸、涵、桥、渡槽等渠系建筑物运行可靠性下降，启闭困难、止水失效、渗漏隐患增多，严重制约灌区正常运行。部分老旧建筑物因设计标准偏低，已无法抵御现阶段洪水频率要求，存在重大安全隐患。

1.2 水资源利用效率偏低

传统土渠输水渗漏损失可达引水量的30%~50%，部分山区灌区甚至更高，造成大量宝贵水资源浪费。在我国水资源供需矛盾日益突出、节水约束不断收紧的背景下，提升灌区输水效率、减少渗漏损失已成为水利工程改造的核心任务之一，是落实国家节水行动的关键抓手。

1.3 灌溉保证率与农业发展需求不匹配

随着高标准农田建设全面推进及现代农业种植结构向高附加值作物调整，灌区对供水稳定性、供水精度及调度灵活性提出了更高要求。老旧灌区供水能力不足、调度方式落后、灌溉不均匀等问题，直接限制了农作物产量潜能的发挥，影响了农业经济效益的提升。

1.4 工程管理体系不完善

多数灌区仍采用传统人工巡检、粗放维修的管理模式，缺乏系统化的运维台账与预防性养护机制。日常巡检、养护、维修存在不及时、不规范等问题，导致小隐患逐步演变为结构性病害，大幅增加了工程运行风险与后期维修养护成本。

通过科学实施灌区水利工程改造，可有效修复工程功能、降低输水损耗、提高灌溉保证率、改善工程管理水平，对推动农业增效、农民增收、农村发展具有重要现实意义和战略价值。

2 灌区水利工程改造总体设计原则

灌区水利工程改造应坚持安全可靠、节水高效、因地制宜、经济合理、便于运维的原则，在设计与实施过程中严格遵循以下要求：

坚持先勘察、后设计、再施工，全面掌握灌区地形、地质、水文、土壤及工程运行状况，确保改造方案科学可行。引入三维激光扫描、无人机航拍等新技术，对现

有工程进行数字化建模，为精准设计提供数据支撑。

优先解决渗漏、坍塌、结构破损等安全隐患问题，保障工程运行安全。改造标准应高于原设计标准，以适应未来长期运行需求。

推广应用成熟、可靠、经济、耐久的防渗技术与建筑材料，充分考虑工程全生命周期成本，优选性价比、维护便捷的技术方案。

兼顾灌溉、排水、生态等综合功能，在工程改造中融入生态友好理念，实现工程效益与生态效益协同发展。

改造方案应便于后期管理、维护与升级，构建智能化、精细化的管理体系，提升工程可持续运行能力。

3 灌区水利工程改造核心技术研究

渠道防渗改造技术：渠道防渗是灌区改造中最核心、应用最广泛的技术，其目标是减少渗漏、提高流速、增强渠道稳定性。目前灌区常用防渗技术主要包括混凝土衬砌防渗、浆砌石防渗、土工膜防渗、现浇混凝土复合防渗等。

现浇混凝土衬砌防渗：现浇混凝土防渗具有强度高、耐久性好、抗冲刷能力强、使用寿命长等优点，适用于干渠、支渠等大流量、高流速输水渠道。施工要点包括：基底清理压实、边坡修整、模板支护、混凝土浇筑、伸缩缝设置、养护等。为防止混凝土因温度变化或不均匀沉降开裂，通常每隔5~10m设置伸缩缝，采用沥青木板、闭孔泡沫板等柔性材料填缝，表面涂刷密封胶，显著提高防渗效果^[1]。

混凝土预制块衬砌防渗：预制块施工速度快、质量易控制、维修方便，适用于地形复杂、交通不便、工期紧张的灌区改造工程。预制块采用C20~C25混凝土工厂化生产，现场铺设，底部铺设砂浆垫层，接缝填充密实，整体稳定性好，防渗效果显著^[2]。在施工中可通过机械化铺设进一步提高效率。

土工膜防渗技术：土工膜具有重量轻、延展性好、防渗性能优异、造价较低等特点，广泛应用于斗渠、农渠等中小型渠道及田间末级渠道。施工时先对渠床整平压实，铺设土工膜后覆盖黏土、细砂或混凝土保护层，可有效防止膜体被外力破坏，大幅降低渗漏损失。该技术施工简便、适应性强，在平原灌区改造中应用效果突出^[3]。

浆砌石防渗：浆砌石防渗适用于石料资源丰富的山区或丘陵灌区，结构稳定性好、抗冲刷能力强，但造价较高、施工周期较长，一般用于冲刷严重的渠段、陡坡段及建筑物进出口段。在施工中需严格把控砂浆饱满度，确保砌体整体性。

3.1 渠系建筑物改造与加固技术

渠系建筑物包括水闸、渡槽、涵洞、倒虹吸、农桥、量水设施等，是灌区输水、配水、控水的关键节点。改造主要围绕结构加固、止水修复、设备更新、功能提升展开。

水闸改造技术：水闸改造重点解决渗漏、启闭困难、结构老化、止水失效等问题。常用技术包括：混凝土表面修补、裂缝灌浆、碳纤维布加固、钢板粘贴加固；更换高性能闸门、老化止水橡皮及启闭设备；增设安全限位、远程锁定及智能监测装置，提高运行可靠性。改造后水闸应满足挡水、控水、泄水要求，操作灵活、安全稳定。

渡槽与涵洞加固：对出现裂缝、露筋、沉降、渗漏的渡槽和涵洞，采用压力灌浆处理、外包混凝土加大截面、粘贴碳纤维布、增设圈梁支撑等方式进行加固处理；对基础不均匀沉降段进行换填或桩基处理，确保结构受力均匀。同时优化进出口连接段设计，减少水头损失，提高输水效率。

量水设施完善：灌区改造应同步配套标准化量水设施，如薄壁量水堰、巴歇尔槽、电磁流量计等，实现水量精准计量。在关键节点布设智能量水设备，为灌溉调度、水费计收、水资源精细化管理提供准确数据支撑。

3.2 节水灌溉配套技术

在灌区骨干工程改造基础上，同步推进田间节水配套建设，推广管道输水、喷灌、微灌、畦灌改造等高效节水技术，构建“骨干渠系+田间节水”的完整灌溉体系。

管道输水灌溉具有占地少、渗漏小、输水快、便于管理等优势，可大幅提高水利用系数；喷灌、微灌适用于经济作物、设施农业及果园，节水率可达30%~50%，同时改善作物生长环境，提升农产品品质。结合土壤墒情监测与智能灌溉系统，可实现按需精准供水。

3.3 工程基础处理与边坡防护技术

灌区渠道沉陷、滑坡、坍塌多与基础软弱、水文地质变化及外部荷载影响有关。改造中常用换填法、强夯压实法、水泥粉煤灰碎石（CFG）桩灌浆法、塑料排水板排水固结法对软弱地基进行处理，提高基底承载力。

边坡防护采用格宾网笼、生态袋堆砌、混凝土框格植草、植被混凝土喷播等技术，兼顾稳定性与生态性。既防止冲刷滑坡，又恢复地表植被，保护生态环境，实现工程与自然环境的协调统一。

4 灌区水利工程改造施工控制要点

4.1 施工前期准备

施工前必须完成现场复测、技术交底、材料检验、设备调试等工作。对渠道走向、建筑物位置、高程、断

面尺寸进行精确复核,确保与设计一致;所有进场材料必须具备合格证与第三方检测报告,不合格材料严禁使用。同时结合灌区现场条件编制专项施工组织设计,针对雨季施工、高温施工、深基坑施工等特殊工况制定专项保障措施,避免自然条件对施工质量造成不利影响。施工单位还应建立现场质量管理小组,明确岗位职责,形成全过程质量管控组织体系。

4.2 基底处理质量控制

渠床与建筑物基底必须清理干净,彻底清除杂草、淤泥、腐殖土及松散土体。采用分层压实法进行夯实,达到设计压实度标准,防止后期不均匀沉降导致结构开裂。对地质条件较差段应采取基础加固处理,必要时开展现场静载荷试验,确保基底承载力满足设计要求。施工过程中应逐点检测压实度指标,做到检测不合格不得进入下一道工序。

4.3 防渗工程施工控制

混凝土衬砌应严格控制配合比、坍落度、浇筑厚度与振捣密实度,及时进行保湿养护,避免出现蜂窝、麻面、裂缝;土工膜铺设应平整、无褶皱、无破损,搭接宽度与焊接质量满足规范要求;伸缩缝填充密实,表面封闭完好,杜绝渗漏通道。施工过程中加强旁站监督,对关键工序进行全程跟踪检查,留存影像资料,确保每一处防渗结构均满足设计要求。

4.4 渠系建筑物施工控制

建筑物混凝土结构应保证钢筋位置准确、模板牢固、浇筑连续;闸门安装水平度、垂直度符合规范要求,止水带安装顺直、密封严密;启闭机调试到位,运行平稳、制动可靠。改造完成后需进行满水试验或联合试运行,确保各项功能均满足设计与使用要求。对重要建筑物还应开展变形观测与稳定性监测,保障长期运行安全。

5 灌区水利工程改造效益分析

节水效益:通过渠道防渗与节水配套改造,灌区水利利用系数可由0.5~0.6提升至0.8以上,年节约大量水资源,有效缓解区域水资源供需矛盾。节约的水资源可进一步用于农业扩灌、生态补水或居民生活用水补充,实现水资源优化配置与高效利用。

工程效益:工程结构安全性、稳定性大幅提升,渠道输水能力增强,建筑物运行可靠,灌溉保证率提高至90%以上,减少维修频次,降低运行成本。工程使用寿命显著延长,可在较长周期内持续发挥灌溉效益,提升灌

区整体运行水平与抗风险能力。

农业效益:灌溉条件改善后,农作物产量显著提高,种植结构更加优化,农民收入稳步增长,为高标准农田建设与农业现代化提供坚实保障。稳定的供水条件也有利于规模化种植、机械化作业与现代农业技术推广,推动农业生产模式转型升级,助力乡村产业振兴。

6 灌区水利工程长效运维管理措施

工程改造完成后,科学运维是保障效益持续发挥的关键。

建立专业化、制度化、常态化的运维管理体系,明确责任分工,定期巡检养护。

加强工程日常监测,重点观测渗漏、沉降、裂缝、冲刷等问题,早发现、早处置。

建立维修养护专项资金,保障工程及时维修,延长使用寿命。

加强管理人员技术培训,提高操作、维护、应急处置能力。

推进灌区规范化管理,完善水量调度、水费计收、工程管护制度,实现长效运行。

结合灌区运行实际建立工程健康档案,对关键部位、关键设备进行动态跟踪管理,逐步实现从被动维修向主动预防养护转变,进一步提升工程运行稳定性与安全性。

建立灌区工程运维考核机制,将管护效果、供水保障率、节水成效纳入考核体系,推动管理责任落地,持续提升工程运维质量。

结束语

灌区水利工程改造是一项系统工程,事关农业发展、粮食安全、水资源高效利用与水利现代化建设全局。在工程改造过程中,应坚持科学规划、精准设计、规范施工、严格管控,综合运用渠道防渗、建筑物加固、节水灌溉、基础处理等关键技术,有效解决老旧灌区存在的渗漏、老化、效率低、可靠性差等突出问题。

参考文献

- [1]侯俊芳.浅谈水利工程灌区节水改造技术[J].农业科技与信息,2024(21):108-109.
- [2]吴文新.新时代农村水利工程灌区改造的思考[J].陕西水利,2024(07):74-75.
- [3]赖建波.水利工程灌区续建配套与节水改造工程防渗渠道衬砌施工技术[J].环渤海经济瞭望,2023(08):186-187.