

节水灌溉水利工程施工技术分析

王聪容

新疆塔建三五九建工有限责任公司, 新疆 阿克苏 843000

[摘要]农业节水灌溉水利工程是提升水资源利用效率的关键载体, 针对当前农业灌溉中技术适配不当、施工管控缺失等导致节水效益不佳的问题, 文章系统分析滴灌、喷灌等主流节水灌溉技术的节水机制、施工要点及适用条件, 对比各技术的节水效益与成本特征, 提出基于多维度因素的技术选择策略, 明确各技术的应用边界, 为规范节水灌溉工程施工、科学选型提供实操性参考。

[关键词]节水灌溉; 水利工程; 施工技术; 水资源利用

DOI: 10.64635/ja.2026.1137

中图分类号: TV93

文献标识码: A

Analysis of Construction Technologies for Water Conservancy Projects in Water-Saving Irrigation

Wang Congrong

Xinjiang Tajiansanwujiu Construction Engineering Co., Ltd., Aksu 843000, Xinjiang, China

Abstract: Agricultural water-saving irrigation projects are a key vehicle for improving the efficiency of water resource utilization. In response to the unsatisfactory water-saving performance caused by inappropriate technical adaptation and insufficient construction management in current agricultural irrigation practices, this paper systematically analyzes the water-saving mechanisms, construction requirements, and applicable conditions of mainstream water-saving irrigation technologies such as drip irrigation and sprinkler irrigation. It compares the water-saving benefits and cost characteristics of different technologies, proposes a technology selection strategy based on multidimensional factors, and clarifies the application boundaries of each technology, thereby providing practical reference for standardizing the construction of water-saving irrigation projects and supporting scientific technology selection.

Keywords: water-saving irrigation; water conservancy project; construction technology; water resource utilization

引言

节水灌溉水利工程施工技术的应用质量直接决定农业水资源利用效率, 其核心价值在于通过工程手段减少灌溉全流程的水资源损耗, 实现水分精准供给。当前农业灌溉中仍存在技术选择与实际条件脱节、施工环节管控不足导致节水效益衰减等问题, 不同节水技术的节水机制、施工工艺与适配场景差异显著, 盲目应用易造成资源浪费。基于节水核心目标, 系统解析主流节水灌溉施工技术的原理、要点、适用条件与效益特征, 开展技术对比并提出选择策略, 对规范施工技术应用、提升工程节水效能具有重要的实践价值, 为缓解农业用水供需矛盾、推动农业可持续发展提供技术保障。

1 节水灌溉水利工程施工技术的核心节水逻辑与设计原则

1.1 核心节水逻辑

节水灌溉施工技术的节水本质在于通过工程优化实

现灌溉全流程的水资源损耗控制, 形成“输水-补给-利用”的全链条节水体系^[1]。在输水环节, 通过防渗、管道化等技术替代传统土渠, 降低渗漏与蒸发损耗, 提升输水效率; 在灌溉补给环节, 根据作物需水规律实现精准定量灌溉, 避免大水漫灌导致的田间流失与深层渗漏; 在利用环节, 通过水肥一体化等施工设计, 提高肥料吸收率, 减少因肥料流失引发的水体污染, 间接降低农业用水的生态损耗。三者协同形成节水闭环, 确保水资源从水源到作物根系的高效转化。

1.2 施工设计的节水导向原则

适配性原则是技术应用的基础, 施工设计需结合区域地形、土壤透水性、作物需水特征选择技术类型, 避免技术与实际条件脱节导致节水效益下降。例如干旱地区优先选择滴灌、微灌等节水率高的技术, 平原大田作物可选用喷灌、低压管灌。系统性原则要求灌溉工程作为管网、设备、调控系统的有机整体, 施工设计需兼顾各环节的协调

性,保证水压稳定、水流均匀,实现系统整体节水。高效性原则聚焦节水效益与经济效益的统一,在技术可行的前提下,通过工艺优化降低投资与运行成本,确保工程长期可持续运行。

2 主流节水灌溉水利工程施工技术体系分析

2.1 滴灌工程施工技术

2.1.1 技术原理与节水机制

滴灌技术依托低压管道系统,将水分与可溶性肥料以水滴形式精准输送至作物根系区域,实现定向灌溉^[2]。其节水机制体现在三方面:水分直达根系利用区,直接规避田间漫灌的蒸发与地表流失,有效减少无效耗水;根据作物生长阶段调控灌溉量与灌溉频率,实现按需供水,避免深层渗漏;水肥一体化的施工设计让养分随水分同步渗透至根系,提高肥料吸收率,减少因肥料流失导致的水体污染与后续生态补水需求。

2.1.2 施工关键点

管网布设是滴灌工程施工的核心环节,需采用鱼骨式布置方法,在作物种植区地下0.8m左右埋设主干管道,滴灌管正对作物种植位置,选用壁厚0.5mm以上的PE管保障管材防渗性与使用寿命。同时需规避光照直射与做好保温处理,防止冻害影响管网输水效率。首部枢纽施工以过滤系统为核心,无藻类的水源优先采用离心式过滤器,河流水源等含漂浮物的水源选用介质过滤器,通过高效过滤避免滴头堵塞导致的灌溉不均与水资源浪费。

管线安装需严控防参与连接质量,地下管线接缝采用承插连接方式,冷接头保障连接紧密度,严禁使用胶带密封管道。若发现渗漏需在管道周边深挖1m深坑暴露接口后更换管材。工程验收需对管道密封性、水压稳定性、滴灌均匀性进行全面检测,确保各指标达标后投入运行,避免后期返工导致的节水效益衰减。

2.1.3 适用条件与节水效益

滴灌技术对地形的适应性较强,可应用于平原、丘陵等复杂地形区域,在水资源短缺的干旱半干旱地区节水效果最佳^[3]。作物类型方面,适配棉花、果蔬、葡萄等经济作物及设施农业,不适用于需水量大、种植密度极高的大田作物。土壤条件上,砂质土壤透水性强,滴灌可有效减少水分快速流失,是理想应用场景。

滴灌技术的节水率可达40%~60%,水分利用系数提升至0.6~0.85,同时可实现化肥减量20%左右,有效降低农业生产的水肥成本。成本方面,前期投资较高,主要集中在管网铺设、过滤设备与调控系统的安装,但其运行

过程中无需大量人工,维护成本较低,长期应用经济效益显著。

2.2 喷灌工程施工技术

2.2.1 技术原理与节水机制

喷灌技术以压水泵为动力,通过喷头将水雾化成小水珠模拟天然降雨,实现田间均匀灌溉。其节水机制主要为替代传统土渠输水,减少输水环节的渗漏与蒸发损失;通过精准调控喷头喷洒范围与强度,实现按需灌溉,避免大水漫灌的田间流失;雾化水珠可降低田间地表温度,改善田间小气候,减少作物蒸腾耗水,间接提升水资源利用效率。

2.2.2 施工关键点

喷头布置需结合作物种植密度与地形条件,合理确定喷头间距与安装高度,确保喷洒无死角、不重叠。风力较小区域可适当增大喷头间距,风力较大区域需缩小间距并调整喷头角度,防止水雾飘移导致的灌溉不均。管网施工需根据喷灌类型选择布局方式,固定式喷灌将管网埋于地下,出水口设置在田间合理位置,严控管道坡度与压力;移动式喷灌采用软管铺设,保障管材的抗折性与防渗性。

压力调控是施工核心,需在管网中配置减压阀,维持系统水压稳定,确保喷头出水均匀,避免水压过高导致的水资源浪费与水压过低引发的灌溉不足。设备安装后需进行全系统调试,检测喷洒均匀性、水压稳定性,及时调整喷头位置与角度,确保节水效益达标。

2.2.3 适用条件与节水效益

喷灌技术适用于地形平坦、面积较大的大田作物种植区,如小麦、玉米、水稻等,在风力小于3级的区域喷洒效果最佳,风力过大易导致水雾飘移,降低节水效益。土壤条件上,黏质土壤透水性差,喷灌可实现水分均匀渗透,是适宜应用场景;砂质土壤透水性强,喷灌需缩短灌溉时间、提高灌溉频率,避免水分深层渗漏^[4]。

喷灌技术的节水率为20%~30%,水分利用系数较传统漫灌提升0.2~0.3,同时可减少耕地占用,无需修建传统土渠。成本方面,固定式喷灌前期投资较高,主要为管网与自动化设备安装,运行成本低且人工投入少;移动式喷灌前期投资低,管材多为薄膜塑料或软管,但其运行过程中需要人工移动设备,管理成本稍高;半固定式喷灌投资与运行成本介于两者之间,是工程实践中应用较广的类型。

2.3 微灌工程施工技术

2.3.1 技术原理与节水机制

微灌技术是介于滴灌与喷灌之间的精准灌溉技术,通

过微型喷头以低流量、低压方式向作物根系区域精准供水，实现精细化灌溉。其节水机制为低流量供水可有效减少水分蒸发与渗漏，水分利用效率较传统灌溉提升 50% 以上；微型喷头的雾化效果可实现水分的均匀渗透，避免灌溉死角；根据作物生长需求精准调控供水量，实现按需供水，从根源上避免无效耗水。

2.3.2 施工关键点

微型喷头布置是施工核心，需结合作物种植密度与根系分布，合理确定喷头间距，密植作物如蔬菜、花卉的喷头间距控制在 20-30cm，确保每株作物均可获得充足水分。管网施工采用精细化铺设方式，选用耐腐蚀、抗堵塞的管材，严控管网压力，避免低压导致的供水不足或高压引发的喷头出水不均。

施工过程中需做好喷头的过滤与防护，防止杂质堵塞喷头，影响灌溉效果。安装完成后需进行全系统调试，检测喷头出水均匀性、管网密封性，及时调整喷头位置与管网压力，确保节水效益达标。

2.3.3 适用条件与节水效益

微灌技术适用于蔬菜、花卉、草莓等精细经济作物，在设施农业中应用效果最佳。土壤条件上，疏松的砂质壤土透水性好，是微灌技术的适宜应用场景；黏质土壤透水性差，需适当降低灌溉量，避免田间积水。地形条件上，适用于地形平坦的设施种植区，不适用于大面积大田作物与复杂地形区域。

微灌技术的节水率可达 50%，水分利用系数最高可达 0.9，是节水效果最优的灌溉技术之一。成本方面，前期投资中等，主要为微型喷头与精细化管网的安装，运行过程中对维护要求较高，需要定期清理喷头、检测管网，维护成本稍高于滴灌与喷灌。

2.4 渠道防渗工程施工技术

2.4.1 技术原理与节水机制

渠道防渗技术通过在传统土渠表面铺设防渗材料，形成防渗层，减少输水过程中的渗漏损失，提升渠道输水效率。其节水机制为阻断土壤对水分的渗透，降低土渠输水过程中 50%-60% 的渗漏损耗，同时防渗材料可提高水流速度，缩短输水时间，减少水体蒸发损耗；此外，防渗渠道可避免杂草根系与鼠洞对渠道的破坏，从根源上减少输水损失。

2.4.2 施工关键点

材料选择需结合区域气候与地形条件，混凝土防渗材料防水效果好、坚固耐用，适用于平原灌区，施工时需严

控混凝土配比与衬砌工艺，确保防渗层厚度均匀，避免出现裂缝；沥青混凝土防渗材料抗冻性强，适用于冬季严寒地区，可封堵混凝土裂缝，防止冻融导致的渗漏；膜料防渗材料质量轻、成本低、适配复杂地形，施工时需做好膜料的拼接与固定，避免膜料老化与破损。

渠道施工需先清理渠基，夯实平整，防止地基沉降导致防渗层破损，防渗层铺设后需进行压实处理，确保与渠基紧密贴合，同时做好渠道边坡的防渗处理，避免边坡渗漏。施工完成后需进行渗漏检测，通过注水试验检查防渗效果，对裂缝与破损部位及时修补，确保输水过程中无明显渗漏。

2.4.3 适用条件与节水效益

渠道防渗技术适用于大面积灌区的传统土渠改造，是提升输水环节节水效益的核心技术，可应用于平原、丘陵等多种地形。气候条件上，混凝土防渗不适用于严寒地区，沥青混凝土与膜料防渗可适配低温区域，膜料防渗在地形复杂的山区灌区应用效果更佳。

渠道防渗技术可将土渠的水利用系数从 0.4~0.5 提升至 0.6~0.85，渗漏损失率降至 15%~40%，节水效果显著。成本方面，混凝土与沥青混凝土防渗材料成本适中，施工工艺简便，使用寿命长；膜料防渗材料成本最低，但其使用寿命较短，需要定期更换，长期运行维护成本稍高。

2.5 低压管灌工程施工技术

2.5.1 技术原理与节水机制

低压管灌技术以低压管道替代传统水泥与土渠，通过精准调控管网水压实现水资源的高效输送与灌溉。其节水机制为管道输水可有效减少渗漏与蒸发损失，较传统渠道输水减少 30%~40% 的水资源损耗；低压调控可避免水压过高导致的管道破损与水资源浪费，同时实现水流的均匀分配，确保田间灌溉按需供水；此外，低压管灌可结合滴灌、喷灌等技术进行输水，提升整体灌溉系统的节水效益。

2.5.2 施工关键点

管材选择需兼顾防渗性与经济性，优先选用 PVC 材质管材，其耐腐蚀、质量好、便于维护，适配农田灌溉的长期运行。管网布局需结合灌溉区域面积与作物种植布局，合理划分轮灌区，首部枢纽与田间支管形成系统性管网，在输配管道上配置减压阀，协调不同管道的压力，维持系统水压平衡。

管道铺设需严控埋设深度，一般埋于地表下 30~50cm 处，防止外力破坏与日晒老化，确保管道坡度一致，避免水流滞留。连接部位需采用橡胶圈等密封材料固定，

松紧适度,防止过紧磨损管材或过松导致渗漏,铺设完成后进行压力测试与通水试验,检测管网的防渗性与输水均匀性。

2.5.3 适用条件与节水效益

低压管灌技术适用于平原灌区的大田作物种植,如玉米、棉花等,在水资源短缺、农业用水成本较高的区域节水效果最佳^[5]。地形条件上,不适用于地形过于复杂的丘陵山区,此类区域管网铺设难度大,水压调控难度高,易导致灌溉不均。土壤条件上,对各类土壤均有较好的适配性,砂质土壤与黏质土壤均可通过调控灌溉量实现高效节水。

低压管灌技术的节水率可达30%~40%,输水效率显著高于传统渠道,同时可减少农田水利工程的建设投入,降低管材与施工成本。成本方面,前期投资适中,主要为管材铺设与减压阀等设备安装,运行过程中维护简便,人工投入少,管理成本低,是兼顾节水效益与经济成本的实用技术。

3 技术选择的核心考量因素

水资源禀赋是技术选择的首要依据,水资源极度短缺的干旱地区优先选择滴灌、微灌等节水率高的技术,水资源相对充足的区域可选用喷灌、低压管灌,大面积灌区需优先改造渠道防渗,提升输水环节节水效益。作物类型决定灌溉精准度要求,经济作物与设施农业适配滴灌、微灌,大田作物适配喷灌、低压管灌,需水量大的作物可采用渠道防渗+喷灌的组合方式。

地形条件直接影响施工可行性与节水效果,复杂地形优先选择滴灌,平原地形可选用喷灌、低压管灌,山区大面积灌区适配膜料渠道防渗。经济投入需平衡短期成本与

长期效益,资金充足的区域可选用固定式滴灌、喷灌,资金有限的区域可选用移动式喷灌、低压管灌或膜料渠道防渗。

4 结语

节水灌溉水利工程的节水效能,既取决于技术类型的合理选择,也依托于施工环节的严格管控,各类灌溉技术均有专属的节水逻辑与适配场景,无统一最优方案。技术应用需紧密结合区域水资源禀赋、地形、作物类型及经济投入等实际条件,精准匹配、科学施工。唯有实现技术选型与施工质量的双重把控,才能构建起全流程节水体系,切实提升农业水资源利用效率,为农业可持续发展提供坚实的水利技术保障。

[参考文献]

- [1]张东生.农田水利工程中节水灌溉设施的施工技术探讨[J].南方农机,2025,56(13):182-184,187.
- [2]杜彩.农业灌溉水利工程中新型节水施工技术应用[J].粮油与饲料科技,2025(3):196-198.
- [3]吴永莉.水利水电工程施工中水资源管理与节水技术应用研究[J].水上安全,2025(14):82-84.
- [4]崔久丽.节水灌溉水利工程施工技术研究[J].中国科技投资,2024(4):152-154.
- [5]刘家伟.农田水利节水灌溉中滴灌工程的设计与施工应用[J].农村科学实验,2024(16):88-90.

作者简介:王聪容(1978.03—),毕业院校:新疆大学,所学专业:土木工程,当前就职单位名称:新疆塔建三五九建工有限责任公司,就职单位职务:技术员,职称级别:助理工程师。