

水利工程灌溉中的高效节水技术研究

马晓源

摘要: 随着全球水资源短缺问题日益严重, 农业灌溉领域的高效节水技术研究显得尤为重要。本文针对水利工程中常见的灌溉问题, 提出了高效的节水技术方案。首先, 从水资源短缺现状出发, 分析了农业用水管理的重要性, 结合生态农业的理念, 探讨了节水灌溉技术在优化水资源利用方面的潜力。接着, 重点介绍了几种在水利工程中应用广泛的高效节水技术, 包括低压管道输水技术、喷灌技术、微灌技术以及改进沟畦灌溉技术。通过对这些技术的理论分析和实践应用, 本文旨在为推动农业可持续发展和水资源高效利用提供理论支持和技术参考。

关键词: 水利工程灌溉; 高效节水技术; 农业用水管理; 生态农业

引言

水资源为人类赖以生存与发展提供了基础资源, 但在全球人口增长, 经济发展及气候变化的背景下, 水资源短缺现象越来越严重。农业领域中灌溉用水占总用水量比重较大, 而传统灌溉方式普遍存在水资源利用率不高, 浪费现象严重, 这不仅会加剧水资源供需矛盾, 同时也会给生态环境带来一些负面影响。所以研究水利工程灌溉高效节水技术以提高农业用水效率对确保国家粮食安全, 推动农业可持续发展和保持生态环境稳定有着十分重要的意义。

一、高效节水技术的理论基础

1. 水资源短缺的现状

水资源短缺已成为全球性严峻挑战, 严重制约着人类社会的可持续发展。从全球范围看, 淡水资源仅占地球总水量的2.5%, 而可直接利用的淡水资源更是少之又少, 仅占淡水总量的0.3%。联合国相关报告显示, 全球超20亿人面临安全饮用水短缺问题, 预计到2050年, 这一数字将攀升至50亿以上。在我国, 水资源时空分布极不均衡, 人均水资源占有量仅约2100立方米, 仅为世界平均水平的四分之一, 是全球人均水资源最贫乏的国家之一。北方地区情况尤为严重, 黄河、淮河、海河流域水资源开发利用已超70%, 远超国际公认的40%警戒线。水资源短缺不仅影响居民日常生活用水, 还对农业灌溉、工业生产造成巨大冲击, 导致农作物减产、工业停产限产等现象频发, 解决水资源短缺问题刻不容缓。

作者简介: 马晓源(1991.06——), 男, 回族, 本科学历, 助理工程师, 主要从事水利灌溉调度方面的研究工作。

2. 农业用水管理的重要性

作为用水大户的农业, 用水管理之重要性是不言而喻的。农业用水在全球淡水消费中占据了超过七成的比例, 而在我国, 这一比例甚至超过了60%。因此, 科学地管理农业用水成为确保水资源可持续使用的核心要素。由于灌溉方法的不合理, 导致了大量的水资源被浪费。在传统的漫灌模式下, 水资源的利用率仅为30%—40%, 这远远低于发达国家70%—80%的标准。加强农业用水管理可以提高水资源的利用效率, 利用精准灌溉技术按照作物需水的规律进行供水可以降低无效蒸发和渗漏。同时农业用水的合理配置可以缓解地区水资源的供需矛盾, 确保城乡用水安全。并且, 科学的用水管理有利于改善土壤环境、避免过度灌溉导致土壤盐碱化和其他问题、维持农田生态系统平衡。另外高效的农业用水管理可以降低农业生产成本、提高农产品产量和品质、促进农业经济的可持续发展、对于国家粮食安全、生态安全具有重要的意义。

3. 生态农业与节水灌溉的关系

生态农业寻求经济, 生态与社会效益有机统一, 而节水灌溉是达到这一目的必不可少的依托, 两者密切相关, 相辅相成。生态农业强调保护和改善生态环境, 传统灌溉方式通常存在水资源利用率不高, 大量渗漏及蒸发等造成水资源浪费现象, 也会造成土壤次生盐碱化的生态隐患, 明显违背了生态农业的理念。节水灌溉方法, 例如滴灌和喷灌, 可以精确地控制水量, 直接将水输送到作物的根部, 从而大大减少了在输送和灌溉过程中的水损失, 水资源利用效率得到提高, 节约生态农业宝贵水资源。同时节水灌溉可以避免因过度灌溉而造成土壤结构受损, 维持土壤肥力与透气性, 利于作物的健康成长, 继而促进农产品质量的提高, 符合生态农业所追求的高品质农产品。另外, 生态农业发展为节水灌溉技术

提供了广阔的推广空间。生态农业强调资源在体系中的循环利用与高效配置，节水灌溉是其重要的一环，能够较好的融入到生态农业体系中，促使农业生态系统良性循环，促使农业朝着绿色，可持续的方向稳步发展。

二、水利工程灌溉中的高效节水关键技术

1. 低压管道输水灌溉技术

低压管道输水灌溉技术作为现代农业节水领域中的重要革新正在深刻地变革传统灌溉模式。它摒弃土渠输水容易渗漏和蒸发损失严重等缺点，采用低压管道为载体输水，准确地把水源引到野外。这类管道大多由塑料或者混凝土材质制成，耐腐蚀性好和使用寿命长，可以在复杂多样的田间环境中稳定工作。

输水时，由于低压管道内壁平滑，水流阻力显着减小，使水流能迅速平稳到达灌溉区域，输水效率比传统方式有很大提高。此外，该管道具有很好的封闭性，有效地降低了水在传输过程中的渗漏和蒸发，从而显著提高了水资源的利用效率，通常可以达到90%或更高，对干旱半干旱地区农业灌溉有可靠保证。

该项技术同时具有灵活性及适应性等特点，能够针对不同的地形，作物以及灌溉需求对管道布局及走向进行合理规划，从而达到精准灌溉的目的。同时低压管道输水灌溉系统便于自动化控制，智能监测设备和控制系统的设置，可以根据土壤湿度，作物生长阶段的不同进行控制，实现了灌溉水量和灌溉时间的自动调节，进一步增强了灌溉的科学性和精准性，有利于作物的健康成长，有利于农业生产综合效益的提高，有利于农业朝着节水，高效和可持续发展的方向。

2. 喷灌技术

喷灌技术是在特殊的装置帮助下，对水分施加压力，并通过喷头变成细密的水滴均匀地洒在农田里，以模拟自然降雨的方式进行灌溉。与传统的漫灌相比，喷灌方式在节约水资源方面表现出色，其对水的利用效率大大提高，通常可以达到70%~85%的范围，从而显著降低了30%~50%的用水量。这一优点是由于它对灌溉控制准确，可根据作物需水规律及土壤湿度状况灵活地调节喷灌强度和幅度，以免水资源过度消耗和浪费。

3. 微灌技术

微灌技术，作为一种精确而高效的灌溉手段，利用低压管道系统和末端灌水器，能够以极小的流量（1~8L/h）将水和营养物质直接输送到作物根部附近的土壤中，从而实现局部的湿润灌溉。该方法的主要优点是显著提高了水资源的使用效率。通过精确地控制水流，只需湿润作物根区的20%~80%的土壤，与传统的漫灌相比，可以节省50%~75%的水，与喷灌相比，节省了15%~30%的水，而且灌溉水的利用率高达85%~90%。这一技术体系涵盖了滴灌、微喷灌、涌泉灌等不同的亚类，其中滴灌的特点是以0.1~0.5L/min的流速持续滴水，非常适合经济农作物使用；微喷灌是利用微喷头产生细密水雾的一种灌溉方式，具有调节田间小气候的双重作用，多用于蔬菜花卉的灌溉；涌泉灌的方式是用少量的水流来渗透土壤，虽然流量比滴灌更大，但仍然低于地面灌溉的标准。微灌系统的工作压力范围在50~150kPa之间，这比喷灌系统降低了超过50%，能源消耗也减少了30%。此外，该系统还能实现自动化控制，从而在单

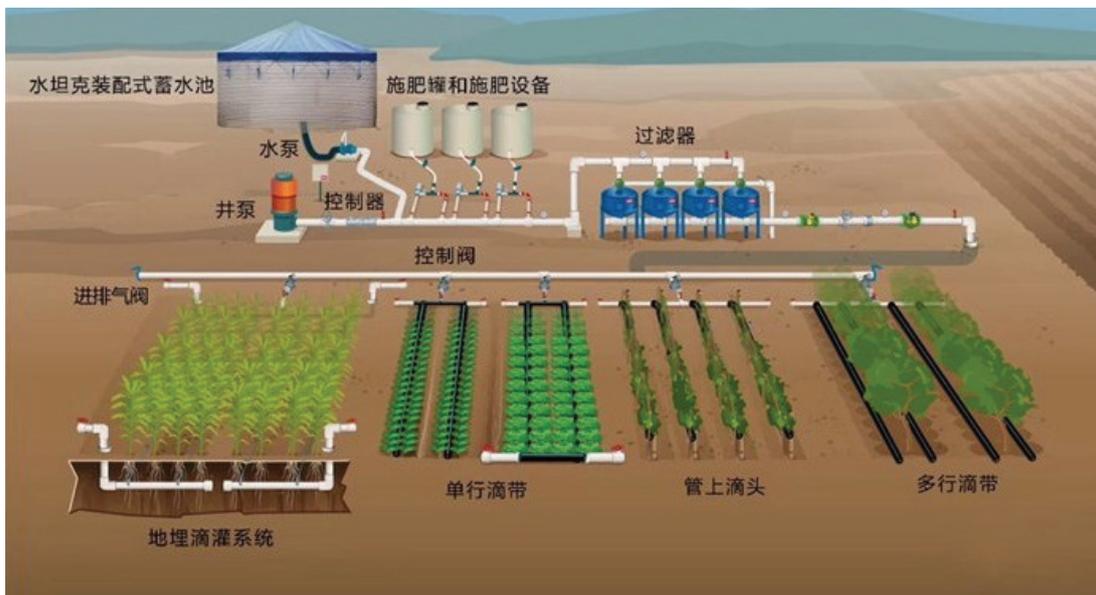


图1 滴灌典型示意图

亩土地上每年节省劳动力15-20个工作日。

4. 改进沟畦灌溉技术

在进行田块的规划时，根据地形和作物的种植需求，细致地将田块划分为各种长度适中、宽度均匀的沟畦。通常，这些沟畦的长度被控制在30-50米之间，而宽度则1-3米，这样可以确保水流在畦地中的分布更为均匀，从而使灌溉的均匀性增加到超过80%。同时，对沟畦进行精细整修，确保沟底平整、畦面平整度误差小于3厘米，减少水流阻力与局部积水现象，让每一寸土地都能“雨露都沾上了”。在浇灌时，采取间歇浇灌的方法，即先灌一段时间水，然后停灌，等水下渗后继续浇灌，以免长期持续浇灌而导致土壤板结和养分流失，还能使水分充分渗透到作物根系层，提高水分利用效率，较传统连续灌溉节水20%-30%。

三、智能科技在节水灌溉中的应用

1. 智能节水灌溉系统：精准调控，高效节水

精讯畅通自主研发的智能节水灌溉系统采用物联网、大数据、云计算等先进技术，实现了对灌溉过程的精准控制和智能化管理。系统主要包括智能控制终端、土壤墒情监测站、气象监测站和云平台管理系统。智能控制终端采用工业级设计，防水防尘，适应各种恶劣环境，支持远程控制和自动控制两种模式，可根据作物需水规律和土壤墒情自动调节灌溉参数。土壤墒情监测站实时监测土壤水分、温度、电导率等参数，数据采集精度高，传输稳定，为科学灌溉决策提供可靠依据。气象监测站监测降雨量、风速、风向、光照强度、空气温湿度等气象要素，结合天气预报数据，实现灌溉方案的动态调整。云平台管理系统通过PC端和手机APP实现远程监控和管理，支持数据可视化展示、灌溉计划设置、报警提示等功能，方便管理人员随时随地掌握灌溉情况。智能节水灌溉系统可根据不同作物、不同生长阶段的需水特性，制定个性化灌溉方案，实现精确灌溉，节水效果可达30%-50%，与宁夏利通区高效节水灌溉项目中取得的亩均节水423立方米的成效相得益彰。

2. 灌区信息化解决方案：数字赋能，智慧管理

针对现代化灌区建设需求，精讯畅通提供全方位的灌区信息化解决方案，助力灌区实现“数字化、网络化、智能化”管理。水资源调度管理系统整合灌区内水源、渠道、闸门、泵站等水利设施信息，实现水资源优化配置和统一调度，提高水资源利用效率。用水计量监测系统采用超声波、电磁等先进计量技术，精确测量各级渠道和用水户的取水量，为水权交易和水费征收提供数据支撑。工程运行监控系统对泵站、闸门等关键设施进行

远程监控和自动化控制，降低人工成本，提高运行效率。决策支持系统基于大数据分析和人工智能算法，为灌区管理提供科学决策支持，如灌溉预报、需水预测、配水计划优化等。灌区信息化解决方案已在多个国家级大型灌区续建配套与现代化改造项目中成功应用，帮助灌区实现了从传统管理向现代化、信息化管理的跨越式发展。

3. 水肥一体化设备：节本增效，绿色发展

水肥一体化技术是高效节水灌溉的重要组成部分，精讯畅通提供全套水肥一体化设备，包括施肥机、过滤系统、灌溉管网和控制系统。施肥机有比例施肥泵、文丘里施肥器、电动施肥泵等多种类型，满足不同规模灌溉系统的需求，施肥精度高，均匀性好。过滤系统包括自动反冲洗过滤器、叠片过滤器、网式过滤器等，有效防止滴头堵塞，保证系统稳定运行。灌溉管网有PE管、PVC管、滴灌带、滴灌管、微喷头等，材质优良，耐腐蚀，使用寿命长。控制系统可根据监测数据和预设程序自动调节灌溉施肥参数，实现水肥同步精准施入。水肥一体化设备可将肥料直接送达作物根部，减少养分流失，提高肥料利用率30%以上，同时降低劳动强度，实现节水、节肥、增产、增收的多重效益。

结论

水利工程灌溉中的高效节水技术是解决水资源短缺问题、保障农业可持续发展的关键措施。本文介绍的低压管道输水灌溉、喷灌、微灌、改进沟畦灌溉和膜上灌等关键技术，各具特点和优势，在实际应用中可以根据不同的地形、土壤、作物和水源条件等因素，选择合适的节水灌溉技术或组合应用多种技术，以实现最佳的节水效果和经济效益。同时，政府和相关部门应加大对高效节水技术的推广和应用力度，加强农业用水管理，提高农民的节水意识，促进高效节水技术在水利工程灌溉领域的广泛应用，推动我国农业向节水型、生态型和可持续型方向发展。未来，随着科技的不断进步和创新，高效节水技术将不断完善和发展，为解决全球水资源问题做出更大的贡献。

参考文献

- [1] 魏成. 水利工程灌溉中的高效节水技术研究[J]. 水上安全, 2024(22): 76-78.
- [2] 杜红田. 对农田水利工程高效节水灌溉技术的探讨[J]. 科技与企业, 2015(9)
- [3] 刘阳. 高效节水灌溉在小型农田水利工程中的应用研究[J]. 砖瓦世界, 2021, 000(007): 245, 247.