

农田水利灌溉系统的优化设计与节水策略研究

李宗昱

宁夏水利水电勘测设计研究院有限公司 宁夏银川 750004

摘要: 宁夏地区是黄河流域的重要组成部分,其农田水利灌溉系统对农业生产至关重要。本文旨在探讨宁夏农田灌溉系统的优化设计与节水策略,以期提高灌溉效率,减少水资源浪费,并保障粮食安全。通过分析宁夏农田水利灌溉的现状,提出科学的优化设计原则和目标,深入研究节水灌溉技术的创新与应用,以及完善灌溉管理与维护体系。本文结合实地案例,从理论与实践两方面,探讨如何在现有条件下,通过技术创新和管理策略的改进,实现农田水利灌溉的高效、节水目标。

关键词: 农田水利;灌溉系统;节水

引言

农田水利灌溉系统是农业生产和农村经济发展的基础。在宁夏,农田灌溉对于保障粮食安全、促进农业增产和农民增收起着决定性作用。有效的灌溉系统可以提高作物产量,保障食品安全,减轻干旱和降水不确定性对农作物产量的影响。良好的水利设施还有助于改善土壤结构,防止水土流失,改善农田生态环境,进一步推动农业的可持续发展。滴灌技术通过减少蒸发损失,将水直接输送至作物根部,提高了灌溉效率。喷灌则通过喷头将水雾化,以减少水分蒸发,同时实现均匀灌溉。

一、宁夏水利水电农田灌溉现状分析

(一) 现有灌溉系统的组成与分布

宁夏的农田水利灌溉系统主要由水库、泵站、渠道、灌溉管道和田间工程组成。宁夏的水资源主要来源于黄河,因此,多数灌溉系统的设计和建设与黄河取水设施密切相关。全区各地分布有数百座中小型水库和大量的提灌站,为农田提供水源。灌溉网络以渠道系统为主,包括干渠、支渠和斗渠等各级渠道,覆盖了广阔的农田。在干旱和半干旱的宁夏地区,这些灌溉设施对于农业生产至关重要,确保了农作物的正常生长。

(二) 灌溉效率与水资源利用率评估

宁夏的农田水利灌溉效率在过去的几年中已有所提高,但仍然面临一些挑战。采用传统的灌溉方式,如漫灌,导致水资源的大量流失,利用率相对较低。根据最新的评估报告,宁夏农田水利灌溉系统的平均水资源利用率约为40%,远低于国际公认的70%以上的节水标准^[1]。在部分老旧灌溉区域,由于设施老化和技术落后,水

资源浪费现象更为严重。

(三) 存在的主要问题与挑战

①设施老化:许多灌溉设施由于年久失修,存在老化、破损的问题,导致灌溉效率下降,水资源浪费严重。

②技术落后:传统灌溉方式(如沟灌、漫灌)普遍,与现代节水灌溉技术(如滴灌、喷灌)相比,效率低下。

③管理不善:灌溉系统的规划和管理缺乏科学的水管理策略,导致水资源分配不均,一些地区出现过度灌溉,而其他地方则水资源匮乏。

④环境影响:过度灌溉可能导致地下水位上升,引发盐碱化问题,对农田生态环境产生负面影响。

⑤法规与资金:政府对农田水利建设的投入有限,法规执行力度不够,限制了灌溉系统的现代化进程。

这些问题与挑战要求宁夏地区必须对现有灌溉系统进行深入的评估和改革,以提高水资源的利用效率,减少浪费,同时保障农业生产的需求。

二、农田水利灌溉系统优化设计策略

(一) 灌溉技术的创新与应用

在农田水利灌溉系统优化设计中,灌溉技术的创新与应用是关键环节。新型灌溉技术,如滴灌、渗灌和微喷灌,通过精确控制灌溉量,能显著提高水的利用效率。滴灌系统将水直接输送到作物根部,减少了水分蒸发损失,同时能有效防止病虫害的传播。渗灌技术则通过地下管道将水缓慢释放,避免了地表水分蒸发,有助于保持土壤结构。微喷灌技术则利用低压喷头将水雾化,既节省了水资源,又避免了对作物的损害。这些技术的采用,应结合宁夏地区的土壤类型、气候条件和作物种类,进行定制化设计。

（二）智能灌溉系统的引入与实施

智能灌溉系统是优化灌溉效率的重要手段。它结合了物联网、大数据和人工智能等先进技术，能够实时监测土壤湿度、作物需水量、气象条件等参数，自动调整灌溉计划。通过安装土壤湿度传感器、气象站和作物生长监测设备，系统能够收集实时数据，然后通过算法分析，精确控制灌溉设备的运行，实现按需灌溉，从而减少水资源浪费。智能灌溉系统还可以通过移动应用或云端平台，让农民远程监控和管理灌溉，提高管理效率。

（三）灌溉设施的现代化改造与升级

现代化的灌溉设施是实现高效灌溉的基础。对现有灌溉设施进行改造，如提升泵站效率，更换老旧管道，采用高效节水阀门，都是提高灌溉系统整体性能的重要步骤。

引入管道化灌溉，取代传统的沟渠灌溉，可以减少水在传输过程中的损失。通过增设灌溉调节设施，如分水闸、阀门等，可以实现灌溉的精细化管理，确保水资源在时间和空间上的合理分配。

对于大型灌溉区，可考虑建设中央控制室，集中管理各个灌溉区域，实现灌溉的自动化和智能化。在具体实施过程中，应充分考虑经济效益与社会效益的平衡，结合政策支持和资金投入，逐步推进灌溉设施的现代化改造，确保优化设计策略的有效落地。定期的维护与更新是确保设施持续高效运行的关键，应建立完善的维护制度和资金保障机制。

三、节水灌溉技术策略探索

（一）节水灌溉技术的多样化选择

节水灌溉技术的发展为农业水资源管理带来了革命性的变革。从微灌、滴灌到喷灌，每一种技术都有其独特的节水优势，适应不同的地理、气候和作物条件。除了传统的灌溉方式，现代节水灌溉技术还包括地下灌溉、渗灌、膜下灌溉等^[2]。例如，地下灌溉通过埋设管道系统在作物根部下方输送水分，减少了水分蒸发损失。而膜下灌溉则结合了地膜覆盖技术，有效减少了水分蒸发，同时增强了土壤保温和保墒效果。

（二）滴灌、喷灌等技术的优势分析

滴灌技术被誉为最节水的灌溉方式之一，其核心是将水以点滴的方式直接送到作物根部，减少了水分的无效蒸发，提高了水分利用率。滴灌系统还可以方便地配以肥料，实现水肥一体化，既节约了水资源，又节省了肥料^[3]。喷灌则利用喷头将水雾化后均匀地喷洒到作物上，适合大面积的农田，尤其在地形起伏较大或作物种

类多样的地区，能有效提高灌溉均匀性，减少水土流失，同时降低水分蒸发。

（三）节水灌溉技术的综合应用与效果评估

节水灌溉技术的综合应用在农田管理中取得了显著成效。滴灌和喷灌的结合，使得灌溉更加精准且高效，既满足了作物生长需求，又降低了水资源浪费。通过实时监测和数据分析，已经证明这些节水灌溉技术能够将农田的灌溉定额降低30-50%，显著提高了水资源的利用效率。节水灌溉技术的应用还有助于减少作物病虫害的发生，提高作物产量，减轻了农民的劳动强度，提升了农业生产的经济效益。农田水利灌溉系统与节水技术的结合，不仅对宁夏的农业可持续发展起到了积极推动作用，也为全球水资源紧张的地区提供了可借鉴的节水方案。通过不断的技术创新和实践，节水灌溉技术的应用范围和影响力将持续扩大，为全球粮食安全和水资源的可持续利用做出了重要贡献^[4]。

四、灌溉管理与维护体系的完善

（一）灌溉管理制度的建立健全

建立和健全灌溉管理制度是确保农田水利灌溉系统高效运行的关键步骤。这不仅包括对灌溉设施的使用、维护和更新的规定，还包括用水许可、灌溉计划的审批、水权交易和用水权的分配等。制度设计应鼓励公平、高效和可持续的水资源管理。例如，可以通过实施按需灌溉政策，以确保水资源在不同作物、不同农田间公平分配。建立灌溉调度系统，依据气象数据和作物需水量进行科学灌溉，减少水资源的浪费。灌溉管理制度应涵盖农田水利设施的使用规则，以防止过度使用和滥用，确保水资源的可持续利用。

（二）灌溉设施的定期检测与维护

灌溉设施的定期检测与维护是保障灌溉系统正常、高效运行的基石。这包括对渠道、泵站、管道和控制系统等进行周期性的检查和保养，确保其在灌溉季节来临时能够正常工作。例如，应定期检查渠道的渗漏情况，修复破损，保持其良好密封性；泵站的电机和泵体应检查是否磨损，润滑是否正常，电力供应是否稳定；灌溉设备的阀门、管道和喷头也需定期清理，避免堵塞和腐蚀。通过定期维护，可以提前发现并解决问题，避免因设备故障导致的水资源浪费。

（三）农民节水意识的培养与提升

农民是农田水利灌溉系统的主要使用者，因此，提高他们的节水意识和技能至关重要。政府和相关机构可以组织培训课程，教授农民现代灌溉技术，如滴灌、喷

灌的使用方法，以及如何根据作物需求和气候条件调整灌溉量。通过教育农民了解水资源的珍贵，以及不适当的灌溉可能对环境造成的经济损失，可以提高他们的节水责任感。还可以设置奖励机制，鼓励农民参与节水竞赛，对节水表现突出的农户给予经济或其他形式的激励，进一步推广节水理念。通过这些举措，农民将成为节水灌溉系统中不可或缺的一部分，共同助力宁夏农田水利灌溉系统的可持续发展。

五、优化设计与节水策略的实践案例

(一) 成功案例的选取与分析

在宁夏回族自治区贺兰县，一项农田水利灌溉优化设计与节水策略的典型案例见证了显著的成效。当地农民在政府的引导与专家的协助下，不仅接纳了现代灌溉技术，也革新了农田管理实践，以提升水资源使用效率，减少浪费。政府与农业科研团队紧密合作，一道在贺兰县的农田中实施了先进的滴灌技术，这是一种精细化水资源管理策略的直接体现。通过滴灌系统，灌溉水能直接、高效地输送到作物根部，极大地减少了蒸发损失，同时，配合实时的气象预报与土壤湿度传感器，确保在最适宜的时机给予作物最适量的水分滋养。这一创新实践不仅体现了科技与农业的深度融合，更展示了在政策支持与技术指导下，农民对节水灌溉技术从陌生到熟练掌握的转变过程，进一步彰显了地方、科研与农户三者间协同创新的力量。

(二) 案例中的关键技术与实施要点

该案例的关键技术包括：智能灌溉系统：智能灌溉控制系统集成了物联网技术，如无线传感器和数据分析算法，能够实时获取并处理土壤湿度、气象及作物生长数据。系统不仅监测土壤湿度和作物需水量，还综合分析天气模式，以预测未来的水分需求。通过精确控制灌溉时间和流量，确保在最佳时间提供适量水分，防止了传统灌溉方法常出现的过量或不足灌溉，提升了水效和农业生产效率。

滴灌技术：滴灌系统不仅限于将水直接输送至作物根部，降低蒸发损失，它还通过控制水流量和速度，适应作物不同生长阶段的需水特性。此外，滴灌技术还有助于保持土壤湿度稳定，抑制了病虫害的滋生环境，从而降低了农药使用，提升了农作物的品质，同时减少了农业化学投入。

水资源管理：科学调度灌溉水源，结合地下水和地表水的多源供给，确保了水源的稳定性，降低了对单一水源的过度开发。通过雨水收集和再利用系统，提高了整体水资源的循环使用效率，实现了在确保农田灌溉需

求的同时，对水资源的可持续管理，体现了对环境的尊重和保护意识。

(三) 案例的推广价值与启示

政策与资金支持：政府在该案例中发挥了关键作用，提供财政补贴和低息贷款，鼓励农民采用节水灌溉技术，降低了农民的经济负担，加速了新技术的普及。技术培训与推广：政府和非政府组织为农民提供了技术培训，以提高他们对新技术的接受度和使用能力。通过示范田、研讨会和实地培训，农民对新技术的使用和维护有了更深入的了解。社区参与与合作：案例的成功还在于社区的积极参与和农民间的合作。他们分享节水经验，互相学习，形成了良好的节水文化。环境与经济效益：案例表明，通过优化设计和节水策略，农田的经济效益和环境可持续性均得到了显著提升。减少的水资源浪费不仅降低了运营成本，也减轻了对当地水源的压力，符合宁夏地区水资源保护与管理的政策目标。

该案例为其他地区的农田水利灌溉优化设计与节水策略提供了宝贵的实践经验和理论支持，对推动宁夏乃至全国的农田水利现代化具有深远的启示作用。

结论

本研究对宁夏水利水电农田水利灌溉系统的现状、问题及优化策略进行了深入分析，得出了以下主要结论。通过分析宁夏地区农田水利灌溉系统的实际运作，明确了灌溉效率低下、水资源浪费严重以及设施老化等关键问题。为解决这些问题，本研究提出了一套综合的优化设计策略，包括灌溉技术的创新、智能灌溉系统的引入以及灌溉设施的现代化改造。节水灌溉技术，如滴灌和喷灌，被证明在提高灌溉效率、减少水资源浪费方面具有显著效果。研究还强调了农民节水意识的培养，以及灌溉管理制度的建设，对于实现农田水利灌溉系统的可持续发展至关重要。

参考文献

- [1] 张军. 农田水利工程高效节水灌溉技术的发展与运用[J]. 汽车博览, 2022(11): 76-78.
- [2] 孙兆光. 基于支持向量机的农田水利灌溉分流机械运行异常检测[J]. 机械与电子, 2022, 40(7): 5.
- [3] 武兴伟. 农田水利灌溉防渗渠道施工及质量控制[J]. 农村科学实验, 2024(8): 61-63.
- [4] 陈小明. 小型农田水利灌溉中U型渠道的应用实践[J]. 当代农机, 2023(11): 74-75.