

农业灌溉管道网络布局优化与灌溉效率提升研究

金宜亮 宋玉娟

新疆兵团勘测设计院集团股份有限公司

DOI:10.12238/hwr.v9i1.6041

[摘要] 本研究针对农业灌溉管道网络布局优化与灌溉效率提升问题,首先分析了当前灌溉管道网络的现状与不足,进而构建了管道网络布局优化模型,并提出了具体的优化策略与实施步骤。同时,研究了高效节水灌溉技术和智能灌溉控制系统的应用,以提升灌溉效率。通过综合评价,本研究揭示了优化布局与效率提升的综合效益,为农业节水灌溉提供了科学依据。研究成果有助于实现水资源的高效利用,促进农业可持续发展。

[关键词] 农业灌溉; 灌溉效率提升; 节水灌溉技术; 智能灌溉控制系统

中图分类号: TU991.64 文献标识码: A

Research on Optimization of Agricultural Irrigation Pipeline Network Layout and Improvement of Irrigation Efficiency

Yiliang Jin Yujuan Song

XPCC Surveying & Designing Institute Group Co., Ltd.

[Abstract] This study focuses on the optimization of agricultural irrigation pipeline network layout and the improvement of irrigation efficiency. Firstly, the current status and shortcomings of the irrigation pipeline network are analyzed. Then, a pipeline network layout optimization model is constructed, and specific optimization strategies and implementation steps are proposed. At the same time, efficient water-saving irrigation technology and the application of intelligent irrigation control systems were studied to improve irrigation efficiency. Through comprehensive evaluation, this study reveals the comprehensive benefits of optimizing layout and improving efficiency, providing a scientific basis for agricultural water-saving irrigation. The research results contribute to the efficient utilization of water resources and promote sustainable agricultural development.

[Key words] agricultural irrigation; Improvement of irrigation efficiency; Water saving irrigation technology; Intelligent Irrigation Control System

引言

农业作为国民经济的基石,其稳定发展对于国家粮食安全和社会经济繁荣具有举足轻重的作用。然而,随着全球水资源日益紧张,农业灌溉用水面临着严峻挑战。传统的灌溉方式往往存在水资源浪费严重、灌溉效率低下等问题,难以满足现代农业可持续发展的需求。因此,优化农业灌溉管道网络布局,提升灌溉效率,成为当前农业节水灌溉研究的重要课题。灌溉管道网络作为连接水源与农田的桥梁,其布局的合理性直接关系到水资源的有效利用和灌溉效果的优劣。合理的管道网络布局能够减少水资源的输送损失,提高灌溉水的均匀分布,从而提升灌溉效率。

1 农业灌溉管道网络布局基础理论

1.1 管道网络布局的基本概念

管道网络布局,在农业灌溉领域中,特指为高效、安全地将水资源从水源地输送至农田而设计的管道系统布置方案。它涵盖了管道的走向、管径选择、节点设置、泵站布局等多个方面,旨在通过科学合理的规划,实现水资源的最大化利用和灌溉效率的最优化。管道网络布局不仅是农业灌溉系统的基础框架,更是决定灌溉效果和水资源管理水平的关键因素。

1.2 灌溉管道系统的组成与分类

灌溉管道系统主要由水源、泵站、管道网络、控制设备和灌溉终端等部分组成。水源是灌溉系统的起点,可以是河流、湖泊、水库或地下水等;泵站负责将水源的水提升至一定高度或压力,以便通过管道输送;管道网络则是连接泵站与灌溉终端的纽带,包括干管、分干管、支管和毛管等;控制设备用于调节水量、水压和灌溉时间,确保灌溉的精准性;灌溉终端则是水资源

的最终利用点,如农田、果园等。根据灌溉规模、地形条件和水源类型,灌溉管道系统可分为大型灌区管道系统、中型灌区管道系统和小型农田灌溉管道系统等。

1.3 管道网络布局的原则与要求

在进行管道网络布局时,应遵循以下原则:一是经济性原则,即在满足灌溉需求的前提下,尽量降低管道建设成本和维护费用;二是高效性原则,通过优化管道走向和管径选择,减少水流阻力,提高灌溉水的输送效率;三是安全性原则,确保管道网络结构稳定,能够承受外部压力和水流冲击,防止泄漏和破坏;四是可持续性原则,考虑未来灌溉需求的变化和资源的可持续性,为管道网络的扩建和升级预留空间。具体要求包括:管道走向应顺应地形,避免不必要的弯曲和爬坡;管径选择应基于流量需求和水力计算,确保水流顺畅;泵站布局应合理,减少能耗和泵站间的相互干扰;控制设备应智能化、自动化,提高灌溉的精准度和效率。

1.4 灌溉效率的评价指标与方法

灌溉效率是衡量灌溉系统性能优劣的重要指标,它反映了水资源从水源到农田的转化效率和利用程度。常用的灌溉效率评价指标包括灌溉水利用效率、灌溉均匀度、灌溉保证率等。灌溉水利用效率是指实际灌溉水量与总用水量的比值,反映了水资源的利用效率;灌溉均匀度是指农田各区域灌溉水量的分布均匀程度,影响了作物的生长和产量;灌溉保证率则是指在一定时期内,灌溉系统能够满足灌溉需求的概率。评价灌溉效率的方法主要有实地测量法、模型模拟法和遥感监测法等,通过这些方法可以获取灌溉系统的实际运行数据,进而计算和分析灌溉效率指标,为管道网络布局的优化和灌溉效率的提升提供科学依据。

2 农业灌溉管道网络布局现状分析

2.1 管道网络布局存在的问题与挑战

当前,我国农业灌溉管道网络布局虽已取得一定成就,但仍面临诸多问题与挑战。一方面,部分老旧灌区管道网络布局不合理,存在管道走向曲折、管径不匹配、泵站布局分散等现象,导致水流阻力大、能耗高、灌溉效率低。另一方面,随着农业种植结构的调整和灌溉需求的多样化,原有管道网络难以适应新的灌溉要求,亟需进行改造和升级。此外,管道网络的维护管理也存在薄弱环节,如管道老化、破损严重,缺乏有效的监测和修复机制,进一步加剧了灌溉效率的低下和资源的浪费。

2.2 灌溉效率低下的原因分析

灌溉效率低下是农业灌溉管道网络布局现状中亟待解决的问题。其原因主要包括以下几个方面:一是管道网络设计不合理,如管道走向未充分考虑地形因素,导致水流阻力增大;管径选择不当,造成水流速度过快或过慢,影响灌溉效果。二是泵站运行效率低下,部分泵站设备老化,能耗高,且缺乏有效的调度和管理,导致泵站出水压力不稳定,影响灌溉的均匀性和及时性。三是灌溉控制系统落后,缺乏智能化、自动化的控制设备,无法实现精准灌溉,造成水资源的浪费。四是农田灌溉制度不科

学,如灌溉时间、灌溉量等参数未根据作物生长需求和土壤墒情进行合理安排,导致灌溉效率低下。五是管道网络维护管理不到位,管道破损、泄漏等问题得不到及时修复,进一步降低了灌溉效率。因此,要提升农业灌溉效率,必须从管道网络布局的优化、泵站和灌溉控制系统的升级、灌溉制度的科学制定以及管道网络的维护管理等多个方面入手,综合考虑,系统推进。

3 农业灌溉管道网络布局优化策略与实施

3.1 管道材料选择与施工技术要求

在农业灌溉管道网络布局优化过程中,管道材料的选择至关重要。应优先考虑具有高强度、耐腐蚀、使用寿命长且经济合理的材料,如HDPE(高密度聚乙烯)管、PVC(聚氯乙烯)管、PVC-O(取向聚氯乙烯)管等。这些材料不仅具备良好的水力性能,能有效减少水流阻力,还能适应各种复杂地形和气候条件,降低维护成本。施工技术方面,要求施工队伍具备丰富的经验和专业技能,确保管道安装平直、接口严密、埋设深度合理。

3.2 优化布局的实施步骤

实施农业灌溉管道网络布局优化需遵循科学合理的步骤和时间表。首先,应进行详细的现场勘查和需求分析,明确灌溉目标、水源条件、地形地貌等关键因素,为优化布局提供基础数据。接着,利用先进的GIS(地理信息系统)和水利模型软件,进行管道网络布局的优化设计,确定最佳的管道走向、管径和泵站位置。然后,制定详细的施工方案,包括施工顺序、工期安排、人员配置等,确保施工过程的顺利进行。

3.3 成本控制与经济效益分析

在农业灌溉管道网络布局优化过程中,成本控制是确保项目经济可行的关键。应通过精细化管理和技术创新,降低材料采购、施工安装、运行维护等各个环节的成本。例如,采用集中采购、规模化施工等方式,提高采购效率和施工效率;引入智能管理系统,降低运行维护成本。同时,应进行全面的经济效益分析,评估优化布局带来的经济效益和社会效益。经济效益方面,主要考虑节水效益、增产效益和节能效益等,通过对比优化前后的灌溉水量、作物产量和能耗等指标,计算项目的投资回报率和收益期。社会效益方面,则包括改善农业生产条件、提高农民生活水平、促进农村经济发展等方面。综合评估结果显示,农业灌溉管道网络布局优化具有显著的经济效益和社会效益,是推动农业可持续发展的重要举措。

4 灌溉效率提升技术研究与应用

4.1 高效节水灌溉技术

高效节水灌溉技术是提升农业灌溉效率不可或缺的核心手段,其核心目标在于通过采取科学合理的灌溉方式,最大限度地减少水资源浪费,并努力提高灌溉水的利用效率。这一领域的技术创新对于保障农业生产的可持续发展至关重要。

在众多高效节水灌溉技术中,滴灌、喷灌和微喷灌技术凭借其显著的节水效果和广泛的适用性,成为了当前农业灌溉中的佼佼者。滴灌技术利用精密的管道系统,将水以水滴的形式直接输送至作物的根部区域,有效减少了水分的蒸发和渗漏损失。同

时,该技术还能够根据作物的实际生长需求,精确控制灌溉水量,实现精准灌溉,确保作物获得恰到好处的水分滋养。

喷灌技术则是通过喷头将水雾均匀喷洒在作物的叶片上,这种灌溉方式不仅满足了作物对于水分的基本需求,还有效避免了土壤因水分过多而导致的板结问题,以及水分的深层渗漏。微喷灌技术则巧妙地结合了滴灌和喷灌的优点,它能够在保证灌溉均匀度的同时,实现对作物更为精细的灌溉,特别适用于那些对灌溉均匀度要求较高的作物,并且保证了作物生长和坐果所需达到的空气湿润度。值得一提的是,随着智能化技术的不断发展,智能灌溉控制系统也开始在农业灌溉中崭露头角。这一系统能够根据土壤墒情、天气状况等多种因素,自动调节灌溉量和灌溉时间,使得灌溉过程更加自动化、智能化,从而进一步提高了灌溉效率和水资源的利用效率。

4.2 灌溉效率监测与评估方法

为了准确评估灌溉效率提升的效果,必须建立科学有效的灌溉效率监测与评估方法。一方面,应构建完善的灌溉效率监测体系,包括安装水量计、土壤水分传感器等设备,实时监测灌溉水量、土壤墒情等关键参数。另一方面,采用数学模型和统计分析方法,对监测数据进行处理和分析,计算灌溉水利用效率、灌溉均匀度等评价指标。同时,结合实地考察和农户反馈,综合评估灌溉效率提升技术的实际应用效果。在评估过程中,应注重长期效益和短期效益的结合,既要考虑节水、增产等直接效益,也要关注土壤改良、生态环境改善等间接效益。通过定期的监测与评估,及时调整灌溉策略和技术手段,确保灌溉效率持续提升。

4.3 技术推广与农户培训策略

高效节水灌溉技术的推广与农户培训是提升灌溉效率的关键环节。为了促进技术的广泛应用,应采取多种推广方式,如举办技术讲座、召开现场会、发放宣传资料等,提高农户对高效节水灌溉技术的认识和接受度。同时,建立技术示范点,展示技术的实际效果和优势,增强农户的信心和积极性。在农户培训方面,应注重实用性和针对性,结合当地气候条件、作物种类和灌溉需求,制定切实可行的培训计划。培训内容应包括高效节水灌溉技术的基本原理、操作方法、维护保养等方面,确保农户能够熟练

掌握并正确应用。此外,还应建立技术跟踪服务机制,及时解决农户在使用过程中遇到的问题和困难,为技术的长期应用提供有力保障。通过技术推广与农户培训,推动高效节水灌溉技术在农业灌溉领域的广泛应用,为提升灌溉效率、促进农业可持续发展做出积极贡献。

5 结论

本研究针对农业灌溉管道网络布局优化与灌溉效率提升问题,通过深入分析当前灌溉管道网络的现状与不足,提出了有效的优化策略与实施步骤。研究指出,合理的管道网络布局、高效的节水灌溉技术和智能灌溉控制系统的应用,对于提升灌溉效率、减少水资源浪费具有重要意义。通过优化管道材料选择、施工技术要求以及实施科学的灌溉制度,可以显著提高灌溉水的利用效率和灌溉均匀度。同时,建立完善的灌溉效率监测与评估体系,采用数学模型和统计分析方法对灌溉效率进行准确评估,为优化布局和效率提升提供了科学依据。最后,技术推广与农户培训策略的实施,将进一步推动高效节水灌溉技术的广泛应用,为农业可持续发展和水资源高效利用做出积极贡献。综上所述,本研究成果具有显著的理论和实践价值。

参考文献

- [1] 张锐.低压管道节水灌溉技术在农田建设中的应用[J].农村科学实验,2024,(10):91–93.
- [2] 陈书艺.提高农业灌溉用水效率的措施[J].河北农机,2024,(06):93–95.
- [3] 蒋海.节水灌溉技术对农业灌溉效率的影响[J].智慧农业导刊,2022,2(06):96–98.
- [4] 许国锋.永昌县东河灌区农业灌溉用水管理与提高效率的途径探讨[J].农家参谋,2022,(04):171–173.
- [5] 寇美玲.农业灌溉用水管理及效率提高策略研究[J].智慧农业导刊,2021,1(22):83–85.

作者简介:

金宜亮(1980—),男,汉族,安徽桐城人,本科,副高级,研究方向:节水灌溉设计、长距离输水管道设计、农业灌溉管网设计、灌区水利工程规划。