

农田水利灌溉工程规划设计与灌溉技术分析

程文鏖

云南龙猴建设工程有限公司, 云南 昆明 650000

DOI:10.61369/ME.2025080028

摘 要： 本文聚焦农田水利灌溉工程，首先阐述了农田水利灌溉工程的定义、范围及发展现状，明确了环境友好、经济效益最大化、社会可持续发展等规划原则与目标。接着详细论述了农田水利灌溉系统设计，涵盖水源选择与配置以及灌溉方式比较研究。随后探讨了现代灌溉技术的应用与挑战，包含智能灌溉系统的构建和节水灌溉策略实施案例。最后对未来发展进行预测，包括技术创新方向（新材料开发、能源效率提升、人工智能算法优化）和政策环境影响因素，并总结主要发现，对行业发展提出建议。

关 键 词： 农田水利灌溉工程；灌溉系统设计；灌溉方式；智能灌溉系统；节水灌溉策略；未来发展趋势

Planning, Design, and Irrigation Technology Analysis of Agricultural Water Conservancy Irrigation Projects

Cheng Wenbiao

Yunnan Longhou Construction Engineering Co., Ltd., Kunming, Yunnan 650000

Abstract： This paper focuses on agricultural irrigation projects, first defining their scope and current development status while clarifying planning principles and objectives such as environmental sustainability, economic efficiency maximization, and social sustainability. It then details irrigation system design, covering water source selection and allocation alongside comparative studies of irrigation methods. Subsequently, it explores the application and challenges of modern irrigation technologies, including the construction of intelligent irrigation systems and case studies on implementing water-saving irrigation strategies. Finally, it forecasts future development trends, encompassing technological innovation directions (new material development, energy efficiency enhancement, AI algorithm optimization) and policy environment influencing factors. Key findings are summarized, and recommendations for industry advancement are proposed.

Keywords： agricultural irrigation engineering; irrigation system design; irrigation methods; smart irrigation systems; water-saving irrigation strategies; future development trends

一、农田水利灌溉工程规划原则与重要性

（一）农田水利灌溉工程概述

农田水利灌溉工程作为农业基础设施建设的核心组成部分，其规划设计与技术实施直接关系到农业生产的可持续性与水资源利用效率。从定义与范围来看，该工程涵盖水源工程、输配水系统、田间灌溉设施及配套管理措施，旨在通过科学规划实现水资源的高效调配与精准利用^[1]。其核心目标不仅包括满足作物生长需求，更需兼顾生态保护、节能减排及经济效益的平衡。当前，随着全球气候变化与农业现代化进程加速，我国农田水利灌溉工程发展呈现显著特征：据水利部统计，截至2022年，全国有效灌溉面积达10.37亿亩，高效节水灌溉面积占比提升至30%，但区域发展不平衡问题仍突出，北方干旱半干旱地区灌溉水利用系数仅为0.58，较发达国家0.7-0.8的水平存在明显差距。这一现状凸显了规划原则的重要性——需遵循“因地制宜、节水优先、生态可持续”的总体要求，结合地形地貌、土壤类型、作物结构等条件，优化工程布局与技术选型。例如，在黄河流域灌区，通过引入低

压管道输水与滴灌技术，使单方水粮食产量提升至1.8kg/m³，较传统漫灌提高40%；而在南方水稻产区，推广“薄浅湿晒”节水灌溉模式，既保障了产量稳定，又减少了甲烷排放。

（二）规划原则及目标设定

农田水利灌溉工程规划作为农业水资源高效利用的核心环节，其规划原则与重要性直接关系到区域农业可持续发展及粮食安全保障。在规划过程中，环境友好原则要求通过科学布局灌溉设施，最大限度减少对生态系统的干扰^[2]。例如，在黄河流域灌区改造中，采用渠道防渗与管道输水技术，使灌溉水利用系数从0.45提升至0.62，年减少地下水超采量达1.2亿立方米，有效缓解了区域生态压力。经济效益最大化原则强调通过优化工程投资与收益比实现资源高效配置，如新疆棉区推广的膜下滴灌技术，虽初期投资较传统灌溉增加30%，但通过节水50%、增产20%的综合效益，投资回收期缩短至3年，显著提升了农业产出效率。社会可持续发展原则则侧重于保障灌溉公平性与民生需求，在云南红河州梯田灌区改造中，通过分级配水系统建设，使偏远山区农田灌溉保证率从65%提升至85%，直接带动1.2万户少数家庭增收，

体现了水利工程的民生导向。这些原则通过量化指标与实证分析形成有机整体，其中环境友好性通过生态流量保障率、土壤盐渍化控制率等指标衡量；经济效益通过单位水量产值、投资回报率等参数评估；社会效益则通过灌溉面积覆盖率、受益人口比例等维度验证。实践表明，遵循三大原则的规划方案可使灌区综合效益提升40%以上，为现代农业高质量发展提供了坚实支撑。

二、农田水利灌溉系统设计

（一）水源选择与配置

在农田水利灌溉系统设计过程中，水源选择与配置是保障灌溉效能与可持续性的核心环节。自然资源的合理利用需基于区域水文地质条件、降水分布特征及地表水系发育状况进行综合评估^[3]。例如，在黄河流域灌区，通过构建“河湖连通”工程体系，将汛期洪水引入退化湿地储存，既缓解了洪涝灾害，又为非灌溉期提供了稳定水源，使水资源利用率提升至68%。针对降水时空分布不均的问题，需结合地形地貌特征规划人工补水设施，如在丘陵区建设雨水集蓄工程，通过截流沟、沉沙池与蓄水池的串联设计，实现雨水资源化利用。以贵州省某柑橘种植基地为例，其采用“鱼鳞坑+水平阶”集雨模式，配合滴灌系统，使单位面积灌溉水量减少45%，而果实含糖量提升12%。水质标准与处理技术的选择需严格遵循《农田灌溉水质标准》（GB5084-2021），针对不同水源类型制定差异化处理方案。对于地表水，重点控制悬浮物与重金属含量，采用“格栅-沉淀-过滤”三级处理工艺，可使出水浊度降至5NTU以下；对于地下水，需监测硝酸盐氮与氟化物超标风险，通过反渗透膜技术处理后，水质可达农业灌溉一级标准。在内蒙古河套灌区，通过引入电渗析技术处理盐碱水，使灌溉水含盐量从3.2g/L降至0.8g/L，有效抑制了土壤次生盐渍化发展。值得注意的是，水源配置需兼顾生态流量保障，如在塔里木河下游灌区，通过建立“生态基流-农业用水-工业补水”三级分配机制，在保障胡杨林生态需水的前提下，实现农业灌溉用水效率提升23%。这种多目标协同的水源配置模式，为干旱区灌溉系统设计提供了新范式。

（二）灌溉方式比较研究

农田水利灌溉系统设计是保障农业水资源高效利用的核心环节，其技术选择直接影响作物产量与生态效益^[4]。当前主流灌溉方式包括表面灌溉法、喷灌技术、微灌解决方案及地下滴灌系统，各类技术因水力特性、适用场景及经济性差异呈现显著区分。表面灌溉法作为传统技术，通过畦灌、沟灌等形式实现重力输水，具有设备简单、成本低廉的优势，但存在水分渗透不均、蒸发损失大等问题，典型案例显示其水分利用率仅40%-50%，适用于地形平坦、土壤透水性适中的区域。喷灌技术通过压力管道与旋转喷头实现均匀洒水，其湿润半径可达15-30米，水分利用率提升至60%-75%，尤其适合经济作物种植区，但受风速影响显著，当风速超过3m/s时，喷洒均匀度下降20%以上。微灌解决方案涵盖滴灌、微喷带等细分技术，通过低压管道与发丝级滴头实现点对点供水，水分利用率高达85%-90%，在甘肃河西走廊玉

米种植试验中，采用滴灌技术较传统漫灌节水42%，增产18%，但初期投资成本是表面灌溉的2.3倍。地下滴灌系统将滴管埋设于地下30-40cm处，直接作用于根系层，彻底消除地表蒸发，新疆棉田应用数据显示其节水效率达55%，且土壤盐碱化发生率降低31%，但存在管道堵塞维修困难、土壤适耕性下降等技术瓶颈。实际应用中需综合考量地形坡度、土壤质地、作物需水规律及经济承受能力，例如在黄土高原旱作区，结合鱼鳞坑整地与微灌技术，可实现降水利用率提升27%；而在华北平原冬小麦产区，喷灌与地表覆盖技术联用，使单方水产出提高至1.8kg/m³。技术选型需建立动态评估模型，将初始投资、运行能耗、维护成本及环境效益纳入量化分析框架，为不同尺度灌溉工程提供科学决策依据。

三、现代灌溉技术的应用与挑战

（一）智能灌溉系统的构建

现代灌溉技术的革新为农田水利领域带来了深刻变革，其中智能灌溉系统的构建已成为提升水资源利用效率的核心方向。传感器技术的深度应用为灌溉决策提供了实时、精准的数据支撑，通过部署土壤湿度传感器、气象站及作物蒸腾量监测设备，系统可动态捕捉土壤水分含量、空气温湿度、光照强度等关键参数，并结合作物需水规律模型，实现灌溉时机的科学判定^[5]。例如，在华北平原的小麦种植区，采用多参数融合传感器的智能灌溉系统，使灌溉水量误差率从传统经验的25%降至8%以内，显著减少了过量灌溉引发的深层渗漏问题。物联网技术的引入则进一步推动了灌溉系统的智能化升级，通过无线传感网络与云平台的无缝对接，灌溉设备可接收来自远程服务器的指令，实现阀门启闭、水泵调速等操作的自动化控制。宁夏引黄灌区的实践表明，基于物联网的精准灌溉模式使单方水粮食产量提升12%，同时降低能源消耗达18%。数据驱动的决策支持系统作为智能灌溉的“大脑”，通过整合历史气象数据、土壤特性数据库及作物生长模型，运用机器学习算法对灌溉方案进行动态优化。在新疆棉田的应用案例中，该系统可根据未来72小时天气预报，提前调整灌溉计划，避免暴雨前灌溉造成的水资源浪费，使灌溉水利用系数从0.62提高至0.75。然而，智能灌溉技术的推广仍面临多重挑战：传感器在恶劣农田环境中的稳定性问题、物联网通信的覆盖盲区、以及小农户对技术复杂性的接受度等，均需通过材料科学改进、混合通信方案研发及定制化培训体系构建来逐步破解。

（二）节水灌溉策略实施案例

在现代农田水利灌溉工程中，节水灌溉技术的应用已成为提升水资源利用效率、保障农业可持续发展的关键手段。其中，滴灌与微喷灌技术作为高效节水灌溉的典型代表，通过精准控制灌溉水量与分布范围，有效减少了深层渗漏与地表径流损失。以新疆某大型棉花种植基地为例，该基地引入智能滴灌系统后，单位面积灌溉用水量较传统漫灌降低45%，同时棉花产量提升12%，充分验证了节水灌溉技术的经济效益与生态效益。然而，现代灌溉技术的推广仍面临多重挑战：其一，初期投资成本较高，包括

管道铺设、智能控制设备采购及系统维护费用，对中小规模农户形成经济压力；其二，技术适配性问题突出，部分地区土壤质地、作物类型与灌溉设备参数不匹配，导致灌溉均匀度下降；其三，农民技术接受度参差不齐，传统灌溉习惯与新型设备操作要求之间存在认知鸿沟。针对上述问题，需构建多元化解决路径：在资金层面，可通过政府补贴、农业信贷创新及 PPP 模式（政府与社会资本合作）分摊建设成本；在技术层面，需加强灌溉设备研发的本土化适配，例如针对黏性土壤开发抗堵塞滴头，或为丘陵地区设计压力补偿式微喷装置；在推广层面，应建立“示范基地+技术培训+延伸服务”三位一体机制，通过现场观摩、实操演练及后期技术跟踪，逐步提升农民对智能灌溉系统的操作熟练度与信任度^[9]。

四、未来发展趋势预测

（一）技术创新方向

在农田水利灌溉工程规划设计与灌溉技术的未来发展中，技术创新将成为推动行业进步的核心驱动力。其中，新材料开发是首要方向，通过引入耐腐蚀、高强度、轻量化的新型管道材料，如高分子复合管、玻璃钢管等，可显著降低灌溉系统的维护成本，延长使用寿命，并减少因材料老化导致的水资源浪费。例如，某地区在试点项目中采用新型复合管替代传统铸铁管后，管道破裂率下降了70%，同时水头损失减少了15%，直接提升了灌溉效率。能源效率提升则是另一关键领域，随着太阳能光伏板、风力发电装置与灌溉泵站的深度融合，可再生能源在灌溉系统中的占比正逐步提高。据统计，某大型灌区通过安装太阳能水泵，年节电量达50万度，相当于减少二氧化碳排放400吨，不仅降低了运营成本，还实现了绿色灌溉目标。此外，人工智能算法的优

化应用正在重塑灌溉决策模式，通过集成土壤湿度传感器、气象预测数据与作物需水模型，AI系统可动态调整灌溉量与频率，实现精准灌溉。例如，某智慧农业示范区采用基于深度学习的灌溉调度系统后，作物产量提升了12%，而用水量却减少了18%，充分体现了技术赋能带来的经济效益与环境效益双赢。这些技术创新方向不仅为农田水利灌溉工程提供了更高效、可持续的解决方案，也为全球水资源管理提供了可复制的实践范本。

（二）政策环境影响因素

在农田水利灌溉工程规划设计与灌溉技术分析领域，未来发展趋势预测需综合考量政策环境的多维度影响。从政策扶持措施来看，政府正通过专项财政补贴、税收减免及低息贷款等手段，为农田水利基础设施建设提供资金保障。例如，2023年中央财政安排水利发展资金超千亿元，重点支持高效节水灌溉工程改造，推动灌溉面积覆盖率提升。同时，地方政府配套《农田水利设施管护条例》，明确工程产权归属与维护责任，形成“建管并重”的长效机制。这些政策不仅降低了农业用水成本，还通过物联网传感器部署、智能灌溉系统推广等技术升级路径，加速传统灌溉模式向数字化、精准化转型。国际合作机遇则为技术迭代注入新动能。我国与以色列、荷兰等农业强国在滴灌技术、水肥一体化领域开展联合研发，引进耐腐蚀管材、压力补偿滴头等关键设备，结合本土气候条件优化设计参数。例如，新疆地区借鉴国际经验建设的膜下滴灌工程，使棉花单产提升30%，水分利用效率达90%以上。此外，通过参与“一带一路”农业合作项目，我国企业向东南亚、非洲输出成套灌溉解决方案，既拓展了国际市场，又反向促进国内技术标准与工程规范的完善。政策驱动与技术融合的双重作用下，未来农田水利灌溉工程将呈现“硬件智能化、管理集约化、服务社会化”的演进特征，为保障国家粮食安全与农业可持续发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 郭耀华. 农田水利灌溉工程规划设计与灌溉技术分析 [J]. 中国科技投资, 2023(36): 140-142.
- [2] 张德儒. 农田水利灌溉工程规划设计与灌溉技术分析 [J]. 南方农机, 2023, 54(11): 174-176. DOI:10.3969/j.issn.1672-3872.2023.11.047.
- [3] 夏吉鹏. 推广农田水利灌溉技术切实提高水资源利用率 [J]. 河南农业, 2023(11): 50-52.
- [4] 王兴玉. 农田水利工程规划设计与灌溉技术 [J]. 农村实用技术, 2021(3): 175-176.
- [5] 郭有宁. 农田水利灌溉工程规划的设计研究 [J]. 农村实用技术, 2021(6): 152-153.
- [6] 谢秀永, 王爱东, 李申安. 农田水利建设对乡村振兴的推动——评《农田水利建设》[J]. 人民黄河, 2023, 45(9): 后插9. DOI:10.3969/j.issn.1000-1379.2023.09.036.