

智慧水利在农业中的创新应用与实践

刘慧珊

华北水利水电大学，河北省沧州市，062350；

摘要：智慧水利是利用现代信息技术实现水资源高效管理和利用的系统，对农业发展具有重要意义。本文分析了智慧水利的概念、技术组成及其在农业中的应用价值，探讨了智慧水利在农业中的创新应用与实践，并提出了农业中智慧水利建设的实施路径与政策建议。

关键词：智慧水利；农业；创新应用；实践

DOI：10.69979/3060-8767.25.04.031

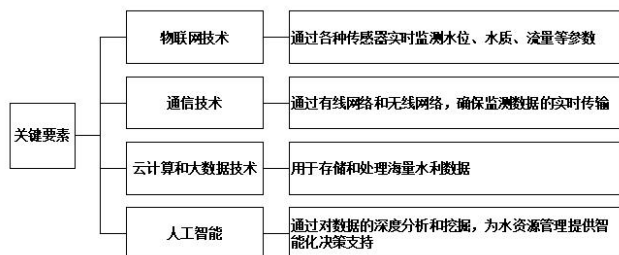
引言

联合国《世界水发展报告》显示：由于人口增长和气候变化，预计到 2050 年全球人均淡水资源量将从 1960 年的 13,000 m³/年降至 4,000 m³/年。随着全球水资源短缺问题日益严峻，农业作为用水大户面临着巨大的挑战。传统农业灌溉方式效率低下，水资源浪费严重，亟需创新解决方案。智慧水利作为信息技术与水利工程相结合的产物，为解决这一问题提供了新的思路。本文旨在探讨智慧水利在农业中的创新应用与实践，为农业水资源高效利用提供理论参考和实践指导。研究采用文献分析、案例研究和比较分析等方法，系统考察智慧水利在农业领域的应用现状和发展前景。

1 智慧水利的概念与内涵

智慧水利是指利用物联网、大数据、云计算、人工智能等现代信息技术，实现对水资源全过程的智能化感知、分析、决策和控制的现代水利系统。其核心在于通过信息技术手段，提高水资源的利用效率和管理水平，实现水资源的可持续利用。智慧水利系统通常由感知层、传输层、数据层、应用层等组成，形成一个完整的水资源管理闭环系统。

智慧水利包含关键要素如下图所示。



2 农业中建设智慧水利的必要性

农业是全球水资源消耗最大的领域，约占全球淡水使用量的 70%。根据联合国粮农组织数据分析，由于人口增长和饮食结构变化（如肉类消费增加），全球农业需水量预计将从目前的 2,800 km³/年增至 4,200 km³/年。传统农业灌溉方式效率低下，大量水资源在输送和灌溉过程中被浪费。据统计，传统灌溉方式的水资源利用率通常不足 50%，这种低效用水模式在全球水资源日益紧张的背景下难以为继。

智慧水利利用新一代信息技术，通过精准灌溉、墒情监测、智能决策等应用，推动传统农业向数字农业转型，实现“节水、增产”目标。智慧水利不仅是技术革新，更是治水理念的系统性变革。通过构建“感知-认知-决策-执行”的智能闭环，实现了从被动应对到主动防控、从粗放管理到精准治理的转变。通过精准监测和智能调控，可以显著提高农业用水效率，减少水资源浪费，这对于保障粮食安全和水资源可持续利用具有重要意义。

3 智慧水利在农业中的创新应用案例

3.1 智能灌溉系统

搭建以土壤墒情感知层、气象数据融合、决策控制中枢的三层技术架构：

土壤墒情感知层：部署介电常数传感器（测量精度 ±2%）、热脉冲探针等设备，实时监测 0-100cm 土层含水量。

气象数据融合：集成卫星遥感（如 MODIS 地表温度数据）与田间微型气象站，预测蒸散发量。

决策控制中枢：基于作物需水模型（如 FAO Penman-Monteith 公式）生成灌溉方案，通过物联网阀门实现分区定量灌溉。

宁夏贺兰山东麓葡萄园智能灌溉系统安装无线传感器网络覆盖 3.2 万亩葡萄种植区，结合酿酒葡萄生长阶段需水特性，将灌溉用水量从每亩 550 立方米降至 320 立方米，节水率达 42%，葡萄糖度提升 1.5-2.0Brix。

3.2 农田水肥一体化系统

利用多参数水质监测、变量施肥算法、智能混肥装置等实现技术突破：

多参数水质监测：采用离子选择电极（ISE）阵列在线检测氮、磷、钾浓度，检测限达 0.1mg/L。

变量施肥算法：基于 NDVI 植被指数与土壤养分图谱，生成空间差异化施肥处方图。

智能混肥装置：利用 PID 控制器调节 EC/pH 值，动态匹配作物需求（如草莓花期需 N:P:K=1:2:3）。

山东寿光蔬菜大棚应用水肥一体化系统，肥料利用率从 30% 提升至 68%，减少面源污染排放量 45%。

3.3 农业洪旱灾害防控系统

综合利用旱情预警云图、排涝智能调度、保险精准定损等实现创新应用：

旱情预警云图：通过微波遥感反演土壤湿度（如 SMAP 卫星 L 波段雷达），生成 250m 分辨率干旱指数，实现 14 天预见期预警。

排涝智能调度：基于 LiDAR 地形数据构建农田排水模型，自动启闭闸门泵站（如江苏里下河地区响应时间缩短至 15 分钟）。

保险精准定损：运用无人机多光谱成像识别受灾区域，结合区块链存证技术，保险理赔周期从 45 天压缩至 72 小时。

2023 年夏汛期间，一湖南洞庭湖区“智慧排灌”系统通过 AI 算法优化泵站群联合调度，减少受淹农田面积 12 万亩，挽回经济损失 1.8 亿元。

这些成功的案例为发展农业智慧水利提供了宝贵参考，智慧水利在农业中的应用价值主要体现在以下几个方面：首先，通过土壤湿度传感器和气象站实时监测作物需水情况，实现精准灌溉，避免过度灌溉或灌溉不足；其次，利用智能控制系统实现自动化灌溉，减少人工操作误差和劳动强度；再次，通过数据分析优化灌溉方案，根据不同作物、不同生长阶段的需水特性制定差异化灌溉策略；最后，智慧水利系统还可以实现水资源的多级利用，如将处理后的污水用于灌溉，进一步提高

水资源利用效率。

4 农业智慧水利的挑战与对策

虽然农业智慧水利已取得了一定的进步，但仍然面临很多挑战，如初期投资成本高，技术维护复杂，特别是一些关键技术瓶颈，比如高温、腐蚀、鼠害等农田环境下传感器耐久性以及边缘计算能力等。农民接受度需要逐步提高等。未来智慧水利在农业中的应用将呈现以下趋势：一是技术集成度更高，物联网、大数据、人工智能等技术将更加深度融合；二是系统智能化水平提升，实现更精准的预测和决策；三是应用范围扩大，从灌溉管理扩展到整个农业生产过程的水资源优化配置；四是服务模式创新，出现更多基于云平台的智慧水利服务。

为推动智慧水利在农业中的广泛应用，建议采取以下对策：

4.1 系统规划和分步实施智慧水利

首先做好顶层设计，制定智慧水利发展规划，明确建设目标和实施步骤。充分考虑水资源状况、农业发展需求和信息化基础，确保方案的可行性和适用性。其次，加强基础设施建设，包括传感器网络、通信网络、数据中心等硬件设施的建设和完善。同时，注重软件系统的开发，建立智能化的水资源管理平台。

4.2 加大研发投入，突破关键核心技术

如高精度传感器、低功耗通信技术、大数据分析算法等。同时，要加强技术集成，将物联网、云计算、人工智能等技术有机融合，形成完整的解决方案。此外，还要注重技术的适用性和易用性，确保农民能够方便地操作和使用智慧水利系统。

4.3 加强人才培养和技术培训；促进产学研合作，加快技术转化和应用

一方面，要培养专业技术人才，包括信息技术人才、水利工程人才和农业技术人才，形成跨学科的人才队伍；另一方面，要加强农民培训，提高其信息化素养和操作技能，确保智慧水利系统能够得到有效应用。可以建立多层次的培训体系，包括基础培训、操作培训和高级培训，满足不同用户的需求。

4.4 加大政策支持和资金投入

政府应出台相关政策，鼓励智慧水利技术的研发和应用，如提供财政补贴、税收优惠等激励措施。同时，

要建立多元化的投融资机制,吸引社会资本参与智慧水利建设。此外,还要完善相关标准和规范,确保智慧水利系统的互联互通和数据共享。

5 结语

智慧水利作为现代信息技术与水利工程的深度融合,为农业水资源高效利用提供了创新解决方案。本文研究表明,智慧水利通过精准监测、智能分析和自动控制,可以显著提高农业用水效率,实现节水增产的目标。但在农业智慧水利建设的进程中还面临很多困难和挑战,需要加强系统规划、加快研发投入、加强人才培养、加强政策支持,促进农业现代化和可持续发展。

参考文献

[1] 孙亮,王瑞国,袁瑞,等.人工智能技术在智慧水利中的应用与展望[J].中国水利,2024(3):44-51.
[2] 冯海军.智慧水利信息化系统在水利工程中的应用探究[J].中国设备工程,2025,(06):254-256.
[3] 师倩,阮国杰,陈代鑫.智慧水利中的遥感技术应用探讨[J].水上安全,2025,(04):145-147.
[4] 张晓艳.基于数字孪生技术的智慧水利应用研究

[J].中国战略新兴产业,2025,(03):56-58.
[5] 张新洋,华陆韬,张志龙.智慧水利应用中的可视化建模关键技术研究[J].建筑经济,2024,45(S2):298-300. DOI:10.14181/j.cnki.1002-851x.2024S2298.
[6] 杨发.智慧水利在农业灌溉中的应用与效果分析[J].河北农机,2025,(04):126-128. DOI:10.15989/j.cnki.hbnjzss.2025.04.044.
[7] 孙姝娅.水资源管理中的智慧水利信息化系统应用探究[J].中国设备工程,2025,(01):26-28.
[8] 郑毅.智慧水利的发展及应用探讨[J].现代农业科技,2024,(19):162-164+169.
[9] 任小凤,任鑫.信息化背景下5G通信技术对智慧水利建设的作用分析[C]//河海大学,江苏省水利学会,浙江省水利学会,上海市水利学会.2024(第十二届)中国水利信息化技术论坛论文集.河南黄河水文勘测规划设计院有限公司;中国市政工程西北设计研究院有限公司;,2024:363-369. DOI:10.26914/c.cnkihy.2024.009368.
[10] 王莹.智慧水利在农业灌溉中的应用与节水效果分析[J].黑龙江粮食,2024,(04):49-51.