

水利建设在农业灌溉中的创新技术与应用研究

文 / 王 新 阳谷县水利局

摘 要：水是农业发展的不可或缺的基础资源，农业灌溉则是保障农作物生长和农业生产的重要环节。随着全球人口的不断增长和经济的快速发展，农业用水需求急剧上升，在这种背景下，传统的灌溉方式因其高耗水、低效率的特点，已经难以满足现代农业对水资源高效利用和可持续发展的要求，而针对农业灌溉模式进行创新研究就显得尤为迫切和重要。通过引进和应用先进的灌溉技术，可以显著提升灌溉效率，减少水分蒸发和渗漏损失，实现水资源的精准调控和高效利用。基于此，本文就针对水利建设在农业灌溉中的创新技术与应用进行了研究。

关键词：水利建设；农业灌溉；应用研究

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.01.091

引言

农业是国民经济的基础，而灌溉则是农业生产的命脉。在发展农业土地利用项目过程中，积极使用节水灌溉技术将大大提高农业生产效率和用水效率，这对农业土地利用的发展将产生非常重要的影响。随着科技的进步和节水意识的提高，水利建设在农业灌溉中的应用越来越广泛，滴灌、喷灌、微灌等节水灌溉技术以及基于物联网等技术的智能灌溉系统被广泛应用于农田灌溉中，新技术的应用不仅显著提高了灌溉效率，减少了水资源的浪费，还实现了灌溉过程的精准控制和自动化管理，为农业生产带来了显著的效益。

一、节水灌溉创新技术

节水灌溉技术指的是通过优化灌溉方式和引入前沿的灌溉设备，从根本上降低灌溉过程中不必要的水分蒸发、深层渗漏及地表流失的技术^[1]。节水灌溉技术具有精准、高效的灌溉特点，主要包括滴灌、喷灌以及与之配套的渠道防渗、管道输水等技术。

（一）滴灌技术

滴灌技术，是一种先进的节水灌溉方式，利用水泵将水从水源压上来，然后经管道通往每一垄田地。管道上设有一系列小孔或滴头，水在重力作用下通过这些小孔或滴头一滴一滴地浸润到作物根部土壤中。种植人员还可以将肥料溶解在水中，以同样的方式供给作物，实现水肥一体化管理。滴灌系统通常由管道、滴灌器、过滤器、压力调节器和控制设备等组成，通过智能化的管理，使水资源得到最大限度地利用。

根据灌水方式不同，滴灌可以分为重力式滴灌系统和压力式滴灌系统。重力式滴灌系统是利用水在重力的作用下，使水向根部渗透而进行浇水的技术；压力式滴灌则是在加压情况下利用水滴的冲击和扩散作用而使作物得到灌溉的技术。

根据供水管道的不同分为软管（PVC）管材、硬管（镀锌钢）、半固定半活动管材等类型。

滴灌技术具有节水高效、省水省肥、提升农作物产

量以及适应性较强等优点。具体来看，滴灌技术能够显著提高水资源的利用效率，水的利用率可达95%以上，大大高于传统的喷灌和微灌方式^[2]。由于滴水流量小，对土壤的冲刷作用小，不伤害根系，且减少了水分的蒸发和深层渗漏。滴灌技术能够减少灌溉次数和灌溉量，每次灌水时间间隔较长（一般为30~60天），从而避免了频繁灌水造成的水资源浪费和损耗。同时，由于水肥同步供给，肥料的利用率也大大提高，减少了化肥的施用量和浪费。采用滴灌技术可以使单位面积产量平均增加10%~25%，同时改善农产品的品质。由于作物根区能够保持最佳的水分和养分状态，有利于作物的生长和发育。滴灌技术可适用于多种作物和不同的土壤条件，包括果树、蔬菜、经济作物以及温室大棚等，在干旱缺水地区尤为适用。

（二）喷灌技术

喷灌技术是一种利用先进的喷灌设备，将水以一定压力通过喷头喷洒至空中，进而细化为均匀分布的小水滴，覆盖在作物表面，实现了对作物进行灌溉的方式。一般来讲，喷灌系统主要由水源、水泵、管道、喷头等部分组成。工作时，水泵从水源抽取水，通过管道输送到田间，最终由喷头将水流雾化成细小的水滴，均匀地喷洒在作物上。根据喷头的工作原理和布置方式，喷灌系统可以分为固定式、半固定式和移动式等多种类型，以适应不同地形和作物种植的需求^[2]。喷灌技术的均匀灌溉特性，确保了作物根系能够均匀吸收到所需的水分，避免了传统灌溉方式中可能出现的局部过湿或过干现象，从而优化了作物的生长环境，提高了作物产量和品质。同时，由于喷灌过程中水被雾化成细小水滴，减少了水与土壤的直接接触面积，大大降低了水分的深层渗漏和地面径流损失，节水效果显著，有助于实现水资源的最大化利用。

喷灌技术具有节水高效、灌溉均匀、适应性强以及降低土壤侵蚀等优点。具体来看，节水高效指的是喷灌技术能够精确控制水量和灌溉范围，减少水分蒸发和渗

漏损失,提高水资源的利用效率。相比传统灌溉方式,喷灌的节水效果显著,水利用率可达85%左右。灌溉均匀指的是喷灌技术可以将水滴均匀地喷洒在作物表面和土壤上,避免了传统灌溉中可能出现的灌溉不均问题,有利于作物的均衡生长。适应性强的指的是喷灌技术适用于多种土壤类型和作物,特别对地形复杂地区的灌溉具有明显优势。且喷灌还可以与施肥、喷洒农药等作业相结合,实现水肥药一体化管理。降低土壤侵蚀指的是喷灌技术采用的是水滴喷洒方式,这种灌溉方式减少了对土壤结构的破坏和径流冲刷,有助于保持土壤肥力和生态平衡。

近年来,随着自动化、智能化技术的飞速发展,喷灌技术也迎来了前所未有的变革。现代喷灌系统集成了传感器、控制器、通讯模块等高科技元件,能够实时监测土壤湿度、作物生长状况等关键参数,并根据预设的灌溉计划或实时数据分析结果,自动调整喷灌设备的运行参数,实现远程控制和精准灌溉^[4]。这种智能化的灌溉方式,不仅减轻了农民的劳动强度,提高了灌溉作业的精度和效率,还进一步提升了水资源的节约利用水平,为现代农业的可持续发展注入了新的活力。

二、智能灌溉创新技术

智能灌溉技术是指利用传感器、物联网、大数据和人工智能等技术手段,对灌溉过程进行实时监测和智能控制的一种灌溉方式。智能灌溉技术可以根据土壤湿度、作物需水量、气象条件等参数,精确计算并控制灌溉水量和时间,实现节水灌溉的目标。

(一) 土壤水分传感技术

土壤水分传感技术是一种专为测量土壤中水分含量的技术,其通过土壤水分传感器来实现对土壤中水分含量的测量。通过准确测量土壤水分,传感器有助于决策者优化水资源的使用,提高作物产量,同时减少水资源的浪费^[5]。土壤水分传感器可以实现的主要功能为实时监测土壤水分含量、为灌溉系统提供数据支持,实现精准灌溉、监测干旱或洪水情况,预防自然灾害以及支持环境和气候变化研究。基于土壤水分传感器提供的数据,灌溉系统能够智能分析土壤水分状况,自动调整灌溉计划。在土壤水分低于预设阈值时自动启动灌溉,达到设定水平后则停止,从而避免了水资源的浪费和过度灌溉对土壤及作物的不良影响,实现了水资源的精细化管理和高效利用。

依据检测方法的不同,可以将土壤水分含量检测划分为直接检测法和间接检测法两种。其中,直接检测法最为常见的为烘干法,烘干法又可以划分为常规烘干法和快速烘干法两种,这种方法具有测量准确性高的优点,但同时也存在着耗时、操作繁琐的缺陷。而间接检测法则是一种在土壤水分测量中常用的方法,其主要包含频域反射法、时域反射法、时域透射法等,各种检测方法的优缺点如下表1所示。

表1 间接检测法的优缺点比较

间接测量法	优点	缺点
频域反射法 (FDR)	快速准确、并可通过增减传感器数量、测定不同深度土壤水分值	低频时输出信号受土壤类型影响较大
时域反射法 (TDR)	速度快、重复性高、可长期使用	复杂度高,成本高、在高盐碱度土壤中反射损失较大
时域透射法 (TDT)	速度快、重复性高、可长期使用	复杂度高,成本高,在某些特定环境下(如极度干燥或湿润的土壤)受影响较高
介电阻抗法 (CIDR)	分离实部和虚部介电常数的基础上进行校准,准确度较高	实现复杂,价格高
中子探针法 Neutron Probe)	连续、非破坏性测量,适用于大范围监测,受土壤类型影响小。	缺点则是设备成本高,操作复杂需要专业知识,以及使用放射性物质需遵守严格的安全规范。
电阻法 (Resistive)	操作方法简单、成本低	受土壤性质、离子值影响较大、稳定性、适用性较低。
张力计法	结构简单、成本低	水势平衡建立时间长、受土壤质地与温度影响大

土壤水分传感器技术的应用,不仅提升了农业灌溉的精准度与效率,还促进了水资源的可持续利用与农业生态环境的保护。它使得农业生产能够更加灵活地应对自然环境的变化,为农作物的健康生长创造了更加有利的条件。同时,这一技术的推广与应用,也为智慧农业、精准农业的发展奠定了坚实的基础,推动了农业现代化的进程。

(二) 智能灌溉系统

智能灌溉系统主要是由传感器、控制器、灌溉设备以及中央控制系统等部分构成。通过集成物联网、大数据、云计算等现代信息技术,实现了灌溉过程的精准控制和资源的高效管理。物联网技术以其强大的连接能力,将灌溉系统中的各个组成部分构建成为一个高效协同的整体^[6]。通过物联网技术,管理人员可以跨越地理限制,实时远程监测土壤湿度、作物生长状态、灌溉设备运行状态等关键信息。这种即时、全面的数据反馈,为灌溉决策提供了科学依据,确保了灌溉作业的灵活性和响应速度。大数据技术在智能灌溉系统中扮演着至关重要的角色。通过对物联网技术收集的灌溉周期、用水量、作物生长周期、环境气象条件等海量灌溉数据进行深度挖掘和智能分析,大数据技术能够揭示出灌溉过程中的隐藏规律和趋势。基于这些分析结果,灌溉模型得以不断优化,灌溉策略更加贴近实际需求,从而在保证作物健康生长的同时,最大限度地减少了水资源的浪费,提高了灌溉的精准性和效率。

在农业生产实践中，常用的智能灌溉系统主要有水肥一体化自动灌溉系统、灌区信息化监测系统、智能灌溉计费系统等。其中水肥一体化自动灌溉系统可以实现土壤湿度监测，远程自动控制灌溉，进行精准化灌溉，节水节能，为客户提供智慧灌溉解决方案。该系统的结构如下图1所示。



图1 水肥一体化自动灌溉系统

由此图可以看出，水肥一体化自动灌溉系统可以实现精准灌溉、远程集中控制、设备记录、农业环境监测等功能^[7]。其中，系统可以通过传感器采集传回的信息，判断分析土壤所需的水量，并结合分析结果来进行自动浇灌。浇灌水量达到设定的阈值时，系统就会立即停止浇灌，从而达到精准灌溉的目的。系统支持远程控、手动控制、定时控制等多种工作模式，可以实现对所有灌溉用设备的集中控制，有效节约了人力资源。在系统运行过程中，还可以对设备操作进行自动记录，并生成相应的操作生产日志，在相应的APP上调取和查看系统运行记录，方便设备维护和保养。除此之外，系统还可以各种传感器终端采集的数据，对监测区域环境变化进行监测，提供各个监测地点的土壤墒情，为农业生产和研究提供支持。

三、水利建设在农业灌溉中的应用

山东潍坊“AI+5G”西红柿智能灌溉系统（图2），该系统深度融合了最前沿的人工智能与第五代移动通信技术，为西红柿的种植带来了革命性的变革。通过构建一套高效、智能的农业管理体系，该系统不仅极大地提升了农业生产效率，还为实现农业的绿色、可持续发展开辟了新路径^[8]。该系统依托“AI+5G”人工智能灌溉系统，利用物联网传感器和系统内置种植数据模型，自动调节作物生长环境，实现西红柿数字化种植。“AI+5G”西红柿智能种植系统内置西红柿种植数据模

型，通过安装在种植大棚内的传感器收集环境数据，根据西红柿的生长需要进行自动调节，实现了对不同生长期西红柿的精细化管理和对水、肥的自动化控制。



图2 “AI+5G”西红柿智能灌溉系统

这种基于“AI+5G”的智能化管理方式，实现了对西红柿生长环境的全方位、精细化管理。它不仅确保了西红柿在最佳生长条件下茁壮成长为，还显著提高了水肥资源的利用效率，据统计，相比传统种植方式，系统的水肥投入量减少，但水肥利用率却提高了30%以上，有效缓解了农业生产中的资源浪费问题。更为重要的是，这种智能化种植模式显著提升了西红柿的产量和品质。通过为西红柿提供定制化、精准化的生长环境，系统促使西红柿在生长周期内的各项指标均达到最优状态，最终使得西红柿的产量提高了20%以上，同时品质也得到了显著提升，口感更佳、色泽更诱人、营养更丰富，满足了消费者对高品质农产品的需求。

结语

综上所述，水是进行农业生产的基础和前提。在淡水资源日渐枯竭的今天，加快农业水利建设，对于推动农业的现代化发展具有重要意义。对此，就需要相关部门应充分结合当地农业生产条件和发展现状，积极引入滴灌、喷灌等先进的灌溉技术来优化农业灌溉模式，并应用物联网、人工智能、大数据等科学技术来不断优化创新农业灌溉技术，构建起智能化的农业灌溉系统，以便做到在节约用水的同时，也能够提升农作物的产量和质量。

参考文献

[1] 赵一军. 高效节水灌溉技术在农田水利建设中的应用——以民勤县为例[J]. 河南农业, 2024, (08): 58-60.

[2] 孙薪力. 农村小型农田水利设施建设的问题及对策[J]. 数字农业与智能农机, 2023, (09): 52-54.

[3] 马精灵. 新时期农田水利建设中节水灌溉技术发展分析[J]. 河北农机, 2023, (10): 166-168.

[4] 赵鹏飞. 新时期农田水利建设中节水灌溉技术发展分析[J]. 新农业, 2023, (08): 92-94.