

节水灌溉技术在现代农业生产中的应用研究

苏悦

贵州财经大学，贵州 贵阳 550025

[摘要] 节水灌溉是缓解农业水资源约束、稳定粮食产能和提升投入效率的重要手段。基于我国农业用水与灌溉发展数据，分析输配水节水、喷微灌、滴灌、水肥一体化和智能调控的作用机理与应用成效，指出区域适配、工程衔接、运维能力和经营收益等制约，提出分区配置、骨干工程与田间设施协同、数字监测及长效管护路径，为现代农业节水增产协同提供参考。

[关键词] 节水灌溉；现代农业；水肥一体化；水分生产率

DOI：10.64635/ja.2026.1411 中图分类号：S275 文献标识码：A

Research on the Application of Water-Saving Irrigation Technology in Modern Agricultural Production

Su Yue

Guizhou University of Finance and Economics, Guiyang 550025, Guizhou, China

Abstract: Water-saving irrigation is an important means to alleviate constraints on agricultural water resources, stabilize grain production capacity, and improve input efficiency. Based on data on agricultural water use and irrigation development in China, this paper analyzes the working mechanisms and application effects of water-saving technologies, including water conservation in water conveyance and distribution, sprinkler and micro-irrigation, drip irrigation, integrated water and fertilizer management, and intelligent regulation. It also identifies constraints such as regional adaptability, coordination between engineering facilities, operation and maintenance capacity, and operating returns. On this basis, the paper proposes pathways involving regionalized allocation, coordination between backbone projects and field facilities, digital monitoring, and long-term management and maintenance, providing reference for the coordinated development of water conservation and yield improvement in modern agriculture.

Keywords: water-saving irrigation; modern agriculture; integrated water and fertilizer management; water productivity

引言

水资源是农业生产的基础性要素，灌溉稳定性直接影响作物播种、群体形成和产量实现。我国水土资源空间匹配度不高，北方粮食主产区水资源约束突出，南方部分地区也面临季节性干旱、渠系渗漏和田间灌水粗放等问题。传统大水漫灌依赖经验控制水量，输水、配水和田间利用环节存在损失，难以适应农业用水总量控制、粮食稳产和耕地质量保护的多重目标。

2025 年我国农业用水量为 3683.8 亿立方米，占全国用水总量的 62.0%，农业仍是用水占比最高的部门。同期，全国耕地灌溉面积超过 10.9 亿亩，灌溉耕地贡献全国粮食总产量的 80.76%^[1-2]。这组数据表明，农业节水不能以压缩作物合理需水为代价，其重点应放在降低输配水损失、控制无效蒸发和深层渗漏、提高根区供水匹配度。节水灌溉已由单一设备替代逐步转向工程设施、农艺制度、数字监测和经营管理的系统集成。厘清不同技术的作用边界、应用条件与推

广障碍，对提高现代农业水分生产率具有现实意义。

1 节水灌溉技术的作用基础

1.1 农业用水约束与技术需求

农业用水具有季节集中、区域差异大和受气候波动影响明显等特征。作物需水量与降水时序不一致时，灌溉承担补充水分和稳定产量的功能。节水灌溉的评价因而包含三层目标：在水源端控制取用水总量，在输配水端减少渗漏与蒸发，在田间端提高单位灌溉水形成的产量和产值。只核算设备出水量，容易忽略作物蒸散、土壤墒情和产量变化，难以真实反映节水成效。

表 1 列出 2025 年我国农业用水和农田灌溉的关键指标。农田灌溉水有效利用系数达到 0.583，说明灌溉水利用效率持续改善，同时仍有进一步优化空间。节水灌溉工程面积达到 6.38 亿亩，与超过 10.9 亿亩的灌溉面积相比，存量灌区改造、田间末级设施完善和技术服务覆盖仍是推广重点。

表 1 2025 年我国农业用水与农田灌溉相关指标

指标	2025 年数据	说明
全国用水总量	5944.5 亿 m ³	水资源利用总规模
农业用水量	3683.8 亿 m ³	占全国用水总量 62.0%
耕地灌溉面积	超过 10.9 亿亩	较 2020 年底增加 5300 万亩以上
节水灌溉工程面积	6.38 亿亩	节水设施已形成较大覆盖规模
耕地灌溉亩均用水量	342m ³ / 亩	反映田间灌溉用水强度
农田灌溉水有效利用系数	0.583	反映灌溉水有效利用水平
灌溉耕地粮食贡献	80.76%	占全国粮食总产量比重

1.2 节水灌溉的技术体系与作用机理

节水灌溉技术可按水流过程划分为水源与输配水工程、田间灌水设备、农艺调控和数字管理四类。渠道防渗、管道输水与压力调控降低水从水源到田间的损失。喷灌将水分均匀喷洒至田面，适合连片旱作和机械化程度较高区域。微喷灌与滴灌把小流量水分送至作物根区，可减少行间无效湿润。覆盖、保墒、测墒灌溉和调亏灌溉通过调节土壤水分状态，提高降水、灌溉水与土壤贮水的协同利用。

技术发挥作用的关键是供水时空分布与作物需水规律匹配。播种出苗、拔节孕穗、开花灌浆等关键生育阶段对水分亏缺更敏感，应优先保障。耐旱阶段可依据墒情适度控制灌水。孟铁等基于 34 篇文献和 263 对观测值的荟萃分析发现，轻度节水灌溉对水稻产量无显著影响，并可改善部分加工品质，重度节水灌溉则导致水稻产量下降 22.1%^[3]。这说明合理阈值比单纯减少灌水量更重要，节水管理应同时设置水量、墒情、产量和品质边界。

2 节水灌溉技术在现代农业生产中的应用

2.1 输配水环节的工程节水

灌区节水首先依赖稳定高效的输配水网络。土壤渗漏较大的区域可结合灌区续建配套，采用渠道衬砌、管道化输水和末级渠系整治。泵站更新、闸门自动控制和量测水设施能够提高调度精度，减少跑水、漏水和重复灌溉。平原连片区适合建设干支斗农渠衔接体

系，丘陵区应依据地形配置蓄水池、小型泵站和低压管网，避免照搬高压、大流量模式。

工程改造还应与高标准农田建设、土地整治和田块平整同步。田面高差过大时，渠首配水准确也可能出现上游积水和下游供水不足。激光平地、短畦灌溉和小流量沟灌可改善水层推进均匀度。工程节水解决“送得到”和“分得准”的问题，为田间精准灌水提供基础。

2.2 田间精准灌溉技术

喷灌适用于小麦、玉米、马铃薯、牧草等密植作物，可与中心支轴式或平移式设备结合，实现大面积均匀作业。风速较大、蒸发强烈区域应调整喷头压力、作业时段和喷灌强度，降低漂移损失。滴灌适用于棉花、玉米、果树和设施蔬菜等作物，通过滴头把水分送到根系集中层，便于小水勤灌和分阶段控制。

长期定位试验为滴灌效果提供了量化证据。刘梦洁等在北疆开展 2015—2021 年田间试验，在等灌量条件下，膜下滴灌较细流沟灌平均增产 14.4%，灌溉水利用效率平均提高 14.6%^[4]。增效来源包括根区水分分布改善、表层蒸发降低和干物质积累增强。该结果具有明确的区域、作物与栽培制度条件，其他地区应用时仍需依据土壤质地、盐分、降水和作物根系特征校准灌水制度。

2.3 水肥一体化与智能调控

水肥一体化利用灌溉管网分次输送可溶性养分，能够按生育进程调节水肥供应，减少一次性施肥造成的淋失和表层积累。其技术重点包括肥液浓度、灌水定额、施肥顺序和末端冲洗。盐碱地或水质矿化度较高地区还要安排适量淋盐水量，防止只强调节水而加剧根区盐分聚集。

土壤水分传感器、气象站、作物长势监测和电磁阀控制为智能灌溉提供数据条件。系统可根据土壤含水率、蒸散估算和天气预报生成灌溉建议，并记录分区用水量。数字化的价值在于提高决策及时性和可追溯性，传感器精度、布点代表性和灌溉制度模型仍需人工校验。对小农户而言，村级服务组织或灌溉合作组织统一建设平台，比单户购置整套设备更具经济可行性。

3 节水灌溉推广中的现实制约

3.1 技术模式与区域条件适配不足

部分项目重设备配置、轻灌溉制度，喷头、滴头和过滤装置选型未充分考虑水源含沙量、地块尺度与作物布局。北方膜下滴灌经验直接用于南方高降水区，

可能出现设施利用期短和投入回收慢。黏重土壤滴水过快易形成地表径流,砂质土壤滴头间距过大又会形成湿润盲区。统一参数难以覆盖气候、土壤、作物和经营尺度差异。

节水与盐分管理、耕作制度之间也存在联动。干旱区减少灌水可能削弱盐分淋洗,设施栽培长期滴灌可能造成湿润体边缘盐分累积。水稻控制灌溉若超过耐受阈值,会影响产量和品质。缺少连续墒情、盐分和产量监测时,操作人员容易把低灌水量等同于高节水水平,技术效益随之偏离设计目标。

3.2 建设、运维与经营机制衔接不畅

节水工程具有前期投入高、日常维护持续和收益分散的特点。部分地区建设资金侧重首期安装,过滤器清洗、滴灌带更换、管网排空和冬季防冻缺少稳定经费。工程产权、管护主体和维修责任界定不清时,设备故障率上升,建成设施难以长期运行。

小农户地块分散、作物轮作频繁,节水设备转移和标准化铺设成本较高。水价未充分反映计量用水,节水收益难以被经营主体直接感知。农业用水计量点位不足,项目考核又偏重新增面积和设备数量,对亩均用水、产量、水分生产率、能耗及运维成本关注较少。缺少综合绩效评价,会削弱持续改进动力。

4 提升节水灌溉应用效能的路径

4.1 建立分区分类的技术配置体系

技术选择应以水资源条件、作物类型、土壤质地、盐碱程度和经营规模为依据。水资源紧缺且连片经营的旱作区,可优先配置管道输水、滴灌或微喷灌。风速较小、种植规模大的平原区可推广喷灌。水稻区可采用浅湿干交替灌溉,并按品种和生育阶段设置下限。丘陵零散地块宜发展小型蓄引水设施、低压管灌和便携设备。盐碱区应把灌水定额与排盐、排水方案共同设计。

地方技术规程需要给出可执行参数,包括灌水触发墒情、单次灌水量、滴头流量与间距、施肥浓度和冲洗周期。农业、水利、气象和科研单位可联合建设区域试验点,用连续数据校准参数。推广目标应从“安装某种设备”转向“形成适配的灌溉制度”。

4.2 推进灌区骨干工程与田间设施协同

灌区改造应统筹水源、干支渠、计量节点、田间管网和排水系统,避免骨干工程与末级设施脱节。新建高标准农田可同步安排土地平整、管线预埋、电力配套和机耕通道,减少重复开挖。存量灌区应先开展漏损检测和设施普查,依据损失程度分段改造,把有

限资金投向渗漏严重、供水不均和粮食产能贡献较高的区域。

计量设施应覆盖取水口、干支渠控制点和典型田块,形成“取水—输水—配水—田间利用”的水量台账。用水组织可依据计划配水和作物需水协商轮灌,降低无序抢水。工程验收除检查设备完好率,还应设置灌水均匀度、亩均用水变化、作物产量和运行能耗等指标。

4.3 完善数字监测、社会化服务与长效管护

数字平台建设应遵循实用、稳定和低维护原则。墒情监测点需覆盖代表性土壤与作物类型,数据异常应有人工复核。灌溉决策可采用“传感器监测+气象预报+农艺人员校验”的模式,避免算法单独控制。平台应保留用水量、灌溉时段、设备状态和作物产量记录,为年度绩效评价提供依据。

县域可培育灌溉服务队、农机合作社和专业运维企业,为农户提供方案设计、设备铺设、过滤清洗、故障维修和季末回收等服务。财政投入可适度由建设补助转向建设与管护并重,对稳定运行、真实节水和增产增效达到目标的主体给予奖补。明晰工程产权、收费规则和更新周期,建立维修基金与备件库,可降低停灌风险。

节水绩效评价宜设置用水、产出、生态与经济四类指标。用水指标包括取水量、亩均灌水量和有效利用系数,产出指标包括单产与水分生产率,生态指标关注地下水位、土壤盐分和养分淋失,经济指标核算能耗、维护成本与农户收益。多维评价能够识别“节水不增效”或“增产伴随高能耗”等问题,引导技术持续优化。

5 结语

节水灌溉连接水资源安全、粮食安全和农业绿色转型。其应用价值来自输配水减损、根区精准供水、水肥协同和数字调度的共同作用。我国农田灌溉效率持续提高,灌溉面积与粮食贡献保持较高水平,存量灌区改造、田间设施完善和长效运维仍有较大需求。推广工作应尊重区域水土条件与作物需水规律,防止过度亏缺灌溉,统筹工程、农艺、管理和服务。建立分区技术制度、全过程计量体系和以真实节水增效为核心的绩效机制,才能把设施覆盖转化为稳定的水分生产率与农业综合效益。

【参考文献】

[1] 水利部. 2025 年中国水资源公报 [R]. 北京: 水利部, 2026.

-
- [2] 重庆市农业农村委员会. 全国耕地灌溉面积已超 10.9 亿亩 [EB/OL]. (2025-12-25) [2026-07-23].
- [3] 孟轶, 翁文安, 陈乐, 等. 节水灌溉对水稻产量和品质影响的荟萃分析 [J]. 中国农业科学, 2022, 55(11): 2121-2134.
- [4] 刘梦洁, 梁飞, 李全胜, 等. 膜下滴灌与细流沟灌对玉米生长及产量的影响 [J]. 中国农业科学, 2023, 56(8): 1515-1530.