

# 灌区现代化改造中农业供水保障的多维路径研究

林志宽

海南省水利灌区管理局大广坝管理分局 海南 东方 572600

**【摘要】**：农业供水保障是灌区续建配套与现代化改造的核心目标，也是国家粮食安全与水资源安全协同实现的关键支撑。在中国大中型灌区承担约四分之三粮食生产任务的前提下，面对水资源刚性约束不断强化、极端气候事件频发、工程老化失修等多重压力，确保农业供水安全、及时、可靠已成为灌区改造面临的重大议题。本文从“安全—高效—均衡”的内在逻辑出发，构建了灌区农业供水保障的分析框架，系统阐述了工程提质升级、水源多源调控、用水精细管控、智慧赋能调度四个维度的保障路径。结合内蒙古河套灌区、湖北漳河灌区、甘肃张掖灌区、宁夏利通区等典型案例的实践经验，论证了灌区农业供水保障已从单一工程措施走向“工程—水源—管理—数智”系统协同的新范式。

**【关键词】**：灌区现代化改造；农业供水保障；水资源配置；用水精细管控；感知监测体系

DOI:10.12417/2705-0998.26.07.028

## 1 引言

灌区是国家粮食安全的“压舱石”，也是农业用水的核心承载空间。中国大中型灌区以约占全国耕地面积二分之一的灌溉面积，贡献了全国约四分之三的粮食和五分之四的商品粮。然而，长期以来，中国灌区农业供水保障普遍面临三大深层矛盾的挑战。其一，工程老化失修与供水能力不足的矛盾。大量骨干工程服役年限超过30年，渠道渗漏、建筑物破损问题突出，输水损耗居高不下。据水利部统计，全国灌溉水有效利用系数长期在0.55左右的低位徘徊，大量水资源在输送途中悄然流失。近年来国家设定了明确目标：到2030年农田灌溉水有效利用系数提高到0.6以上，这意味着约50个百分点的提升空间蕴含着巨大的节水潜力。其二，水资源刚性约束与农业刚性需求之间的矛盾。农业用水长期占中国总用水量的60%以上，在工业用水、生活用水持续增长的背景下，农业用水总量被严格控制，作为用水大头的灌区面临“增量无望、存量亟需优化”的严峻挑战。其三，气候变化加剧的供水不稳定性与灌区应对外部冲击能力薄弱之间的矛盾。极端干旱、突发暴雨、河道断流等异常水文事件频发，而灌区传统上以河渠引水为主的单一水源结构和粗放的调度方式，使其在面对气候异常时往往“捉襟见肘”。

农业供水保障的“保障”二字，内涵多重。其至少包含三层递进的含义：一是安全，即供水的可靠性与稳定性，在干旱年份不能“断供”；二是高效，即供水的经济性与可持续性，以最少的水资源满足最大的农业产出；三是均衡，即供水的时空公平性，既要保障上游也要保障下游、既要保障干渠也要保障末梢。这三层含义共同构成灌区农业供水保障的立体坐标。本文循此逻辑，从工程提质升级、水源多源调控、用水精细管控、智慧赋能调度四个维度展开分析，系统探讨灌区续建配套与现代化改造中如何多路径协同保障农业供水。

## 2 工程提质升级：筑牢供水基础设施的“硬件底子”

工程体系的完好程度，是灌区能否实现稳定供水的第一道门槛。灌区续建配套与现代化改造的首要任务，正是对老化失修的工程体系进行系统性修缮、升级和配套，从根本上消除“跑冒滴漏”和“卡脖子”难题。

### 2.1 骨干工程维修改造：从“有病难医”到“系统治理”

灌区骨干工程主要包括渠首枢纽、输水渠道、渠系建筑物和节制闸、分水闸等控制设施。长期以来，这些骨干工程因资金投入不足、管护缺位，普遍存在结构老化、功能衰减、安全隐患突出等问题。在灌区改造中，骨干渠道的衬砌是投入最大、收效最明显的环节之一。

以内蒙古河套灌区为例，作为中国历史悠久的大型灌区，其骨干渠道衬砌率偏低、输水损失严重的问题长期未解。2025年5月，《内蒙古河套灌区现代化改造项目可行性研究报告》获批立项，总投资103亿元。项目实施后，灌区骨干渠道衬砌率将提升到95%以上，农田灌溉水有效利用系数有望提高到0.509。这一案例折射出骨干工程改造的逻辑：通过系统性、大规模提升渠道衬砌率，从源头减少输水过程中的无效渗漏，使有限的水资源能够更多地送达田间。

### 2.2 末级渠系配套建设：打通田间的“最后一公里”

长期以来，末级渠系配套不全、田间工程“最后一公里”缺失是制约灌区灌溉效益发挥的普遍难题。

在灌区改造实践中，末级渠系的整治往往包括斗渠、农渠的衬砌、涵闸的修建以及田间配水设施的完善。四川省创新实施差异化补助机制，对渠首、干支渠等骨干工程按每亩1200元给予补助，而对末级渠系则按每亩200元予以支持。这种分级分担的机制，有效激励了市县整合涉农资金集中投入田间水利配套工程，避免了“骨干通畅、末级梗阻”的尴尬局面。

### 2.3 关键节点的改造优化：消除供水隐患

渠道衬砌解决了大范围的输水损耗问题，但工程体系中还有若干关键瓶颈需要专项攻克。例如，盐城市黄尖灌区改造项目对圩口闸进行拆建；抚顺市柴河灌区改造则包括重建拦河闸和维修拦河闸各1处。这种“掐尖”式的精准投入，往往能以较小的投资撬动整个灌区供水保障能力的显著提升。

工程提质升级的实质，是将灌区供水系统从一个故障频发、损耗巨大的老化系统，再造为一个结构完好、运行可靠、损耗可控的现代水利基础设施体系。这是农业供水保障的最基础维度，没有这一“硬件底子”，其他维度的保障措施如同建立在沙滩之上的楼阁。

## 3 水源多元调控：建构供水冗余的“韧性底盘”

在气候变化加剧、极端水文事件频发的背景下，单一水源的脆弱性日益凸显。灌区现代化改造中，水源多元化、调蓄能力扩容和非常规水利用构成了供水“韧性底盘”的三根支柱。

### 3.1 水源工程的改造与扩容

灌区的常规水源主要有河流引水和水库蓄水两大类。在改造过程中，水源工程的扩容往往从两个方向展开：一是改善蓄水量的时空配置效率。例如甘肃金强川灌区灌溉水源保障工程，通过完善总干管引水系统，将水调引至干渣子调蓄水池，向灌区内6.03万亩农田调节供水，通过调蓄设施将非灌溉期的余水储存起来，精准用于每年5月中旬至6月底因河道断流导致的灌溉缺水时段；二是新建或扩建水源工程，增加灌区的“水家底”。例如甘肃古浪县通过持续实施水利项目，累计建成调蓄水池358座，总容积达3976万方，形成了一张覆盖灌区骨干区域的应急水源网络。

### 3.2 地表水—地下水联合调度

构建地表水与地下水联合调度的“双水源”体系是破解过度依赖地表水或过度依赖地下水的有效路径。例如甘肃张掖骆驼城灌区，该灌区原本是纯井灌区，长期超采导致地下水水位持续下降，即便精打细算用水，治理仍迫在眉睫。其通过创新采用“港湾式”泵池——一种既可引蓄地表水、又内置水泵的微型调蓄设施，灌区成功实现了地表水与地下水的联合调配，在缓解地下水开采压力的同时，保障了灌区农业用水的稳定供给。

联合调度的意义远不止于增加水源供给。在制度层面，它要求灌区管理部门建立跨水源的统筹协调机制；在技术层面，它要求建设覆盖地表水和地下水的水量监测网络；在效益层面，它使地下水作为战略储备资源的角色得以确立，在极端干旱年份发挥“保底”功能。

### 3.3 非常规水的补充利用

按照中国节水制度政策体系的目标，到2030年中国非常

规水利用规模要达到300亿立方米以上。作为农业用水大户，灌区有责任也有能力成为非常规水利用的重要领域。

当前，非常规水在灌区中的利用主要集中在三个方面：一是城镇污水处理后的再生水用于灌区灌溉，这需要配套建设输配管网和水质监测系统；二是在水资源紧缺地区探索微咸水的适度利用，配套盐分调控技术；三是集雨设施的建设与改造，在降雨集中期收集雨水资源，作为灌溉补充水源。

## 4 用水精细管控：构建需求侧管理的“制度屏障”

如果说工程提质和水源调控属于供水侧的保障维度，那么用水精细管控则是需求侧的管理变革。通过水权初始分配与总量控制、农业水价综合改革和种植结构的适水调整，从“以需定供”向“需求侧与供给侧协同治理”转换。

### 4.1 水权初始分配与总量控制

水权的清晰界定，是用水精细管控的逻辑起点。只有明确“谁用多少水、用什么水源、在什么条件下使用”，水资源的配置才有章可循，水资源的节约才能内化为用水主体的自觉行为。

宁夏利通区的实践极具代表性。在深化农业水价综合改革推进现代化灌区试点中，利通区认真落实“四水四定”原则——以水定城、以水定地、以水定人、以水定产，在测算区域水资源承载力的基础上，科学确定农业用水的规模上限和分配方案。通过“合同节水管理+水权交易”模式的创新探索，利通区成功撬动了社会资本参与节水改造，其经验入选水利部合同节水管理典型案例。

### 4.2 农业水价综合改革

在灌区改造中，水价改革与工程改造形成“组合拳”：工程改造降低了输水损耗和供水成本，为水价改革创造了可行性空间；水价改革则以价格信号倒逼用水效率提升，使工程投入的效益最大化。截至2024年年底，中国累计实施农业水价综合改革面积达10.3亿亩，占中国耕地灌溉面积1.7亿亩的96%，耕地实际灌溉亩均用水量由2016年的380m<sup>3</sup>下降到2024年的342m<sup>3</sup>。

水价改革的深层逻辑在于：农业供水的“保障”不等于“免费供应”，而是在价格机制的作用下，引导水资源向高效益、高产出、节水型的农业生产方式集中，从而实现保障粮食安全与节约水资源的双赢。

### 4.3 种植结构优化与灌溉制度改良

在灌区范围内，不同作物的需水特性差异显著，水资源禀赋也各不相同。“适水发展”的核心要义，就是根据区域水资源条件调整种植结构，使需水总量与供水能力大体匹配。例如，基于土壤墒情监测和气象预报数据，制定精准的灌溉计划——什么时候灌、灌多少、用何种灌水方式，都可以从传统的经验

判断转变为数据驱动的科学决策。在水资源紧张年份，还可以采取“轮灌补水、分时供水”等应急调节手段，保障关键生育期的作物用水需求，同时节约非必要灌溉水量。

## 5 智慧赋能调度：重塑精准配水的“数字中枢”

传统灌区管理面临的普遍困境是“管水靠腿、配水靠嘴”——巡渠靠人力、调闸靠腿跑、决策靠经验。这种粗放的管理方式，在面对复杂灌区系统的供水保障需求时，日益显现出其迟滞性、不确定性和低效率。

### 5.1 感知监测体系的构建

通过感知体系全面、实时、准确地获取灌区的物理状态（来水、需水、配水、用水），在数字空间中建立与现实灌区高度一致的映射模型，进而实现精准预测、科学决策和远程控制。例如甘肃疏勒河灌区在感知体系建设上就走在前列，其通过将远程测控闸门系统、渠道安全巡查系统、监控系统、田间灌溉系统等融合升级，建成昌马灌区数字孪生灌区信息中心，实现了区域智能化管理全覆盖。感知体系的本质不只是“装摄像头”，而是构建一张反映灌区水情动态的“神经末梢网络”，让决策者从“盲人摸象”走向“洞若观火”。

### 5.2 远程自动控制与精准配水

传统灌区中，闸门的启闭和水量调配高度依赖人力，一个灌区数百座闸门的调度耗时费力，响应迟缓。数字化的核心突破在于，有了实时数据，便可实现远程控制和精准配水，将闸门控制从“徒步到位、手动操作”升级为“远程下达指令、自动执行”。

湖南桃花江灌区在现代化改造中，立足水旱灾害防御和水资源管理，打造了集“感知、控制、预警、决策”于一体的数字孪生智慧中枢，可实时感知雨水情，实现科学决策、精准调度。工作人员只需动动手指，就能远程控制闸门，实现精准灌溉、按需供水。这种便利性带来的不仅是节水的经济效益，更

重要的是使供水保障从“保证来了水”升级为“按需定时定量来水”的精准模式。

### 5.3 模型预测与全流程智能调度

数字孪生灌区的价值远不止于“看得见、控得住”，更在于“算得出、预得准”。通过建立来水预报模型、需水预测模型和水量平衡调度模型，灌区管理可以实现从“被动响应”向“主动预判”的跨越。

安徽淠史杭灌区提供了一个极具说服力的例子。通过数字孪生平台的蓄水监测模型，管理者可以实时掌握灌区水库及塘坝蓄水量；利用来水预报模型，可以分析出未来10天的来水量；而需水预测模型则能精准分析用水需求。三组模型联动运行，使得配水方案编制时间由原来的1—2周缩短为几分钟。这种“急速响应”能力，在干旱应急和汛期防洪中尤为关键——根据天气变化和来水趋势提前调整供水计划，可以有效规避因调控滞后导致的供水中断或洪涝风险。

## 6 展望

从各地实践看，灌区供水保障正从两个方向进行范式演进。一是从“被动响应”走向“前瞻预判”——数字化改造和感知监测体系的完善，使得灌区管理者能够对供水过程中的风险提前识别、超前预判、实时调度，变“事后救灾”为“事前预防”；二是从“粗放配给”走向“精准调度”——水权、水价、数字技术三者的深度耦合，正在使“精准配水、按需供水”从蓝图走向现实，每一滴水都在清晰的边界约束下实现配置效率的持续优化。

保障农业供水，最终目标是保障粮食安全，但通往这一目标的路径不能只是“多引水、多提水”的简单加法，而是“向机制要效率、向管理要空间、向科技要潜力”的系统解法。灌区续建配套与现代化改造正将这一解法从理论研讨推向大规模实践，而实践本身又在不断提出新的问题、催生新的答案。

## 参考文献：

- [1] 湖北省漳河工程管理局.漳河灌区二干渠末端重获“源头活水”[EB/OL].2025.
- [2] 甘肃省水利厅.临泽县平川水利管理所:从一渠之变见证灌区之变[EB/OL].2025.
- [3] 宁夏回族自治区吴忠市利通区水务局.宁夏利通区农业节水增效的创新与实践[EB/OL].2025.
- [4] 宾川县水务局.宾川县深化农业水价综合改革力促水利兴产业旺民增收[EB/OL].2026.
- [5] 新疆博州水利局.博州水利局以数字孪生灌区建设为抓手推动农业灌溉智慧化转型升级[EB/OL].2026.
- [6] 甘肃省疏勒河流域水资源利用中心.甘肃：一个灌区的数字新生[EB/OL].2025.
- [7] 安徽省淠史杭灌区管理总局.从一条数字灌渠看“增效账”[EB/OL].2025.
- [8] 中国灌溉排水发展中心.农业水价综合改革进展和展望[EB/OL].2025.