

南水北调山东段工程运行管理与综合效益浅谈

焦凌玥

南水北调东线山东干线有限责任公司 山东 济南 250109

摘要：南水北调工程作为缓解中国北方水资源危机的战略性基础设施，其山东段不仅是东线的骨干供水通道，更是一个复杂的社会-生态耦合系统。自2013年通水以来，累计调水超98亿立方米，直接惠及人口逾4000万，从根本上重塑了山东省的水资源格局。本文旨在超越传统的工程运行描述，深入剖析山东段在实现“三个安全”（工程、供水、水质）过程中，所展现的从“工程管理”向“综合治理”的范式转型。文章系统审视了通过引入智能化调度与标准化体系后的管理体系以及在供水保障、生态复苏、社会经济拉动等方面的深层贡献，并直面当前在极端情景预测、跨域协同及长效评估等方面存在的挑战，进而提出构建智慧水网、深化生态补偿机制及动态效益评估体系的对策，以期大型调水工程的可持续发展提供理论参考与实践范式。

关键词：南水北调；山东段；运行管理；综合效益；水资源调度

引言：南水北调工程是国家水资源宏观配置的战略壮举，其山东段作为东线的“咽喉”与“枢纽”，其意义已远超一条单纯的水通道，而是演变为驱动区域可持续发展的核心水脉。面对山东省水资源总量不足、时空分布不均匀以及胶东半岛、鲁北等地区长期资源性缺水的严峻挑战，山东段工程“T”字型骨干水网的构建，标志着山东水治理从“就地平衡”向“跨域统筹”的根本性转变。通水十年，98亿立方米的江水北上，不仅有效缓解了供水紧张，更在潜移默化中修复了受损生态、托举了经济发展。本文试图从管理范式的创新、综合效益的深层挖掘以及未来挑战的预判三个维度，对这一战略性工程的十年运行进行深度剖析，旨在提炼其成功背后的治理逻辑，为同类跨流域调水工程提供更具普适性的启示。

1 南水北调山东段工程概述

1.1 工程基本情况

南水北调东线山东段工程，全长约1191公里，以南北、东西两条干线构筑起覆盖全省的“T”型骨干水网。其战略定位经历了从单一“应急补水”向“常态化骨干水源”与“水网调节中枢”的双重转变。它不仅连接了长江、黄河与当地水源，更通过与省内引黄灌区、大中型水库的联合调度，实现了水源间的“互济、互补、互调”，从根本上将山东碎片化的水系整合为一张具有韧性的现代水网。年设计调水能力13.53亿立方米，覆盖13市68县（市、区），使其具备了重塑区域水资源分配格局的“杠杆”能力，为破解鲁南、鲁北及胶东半岛的水资源瓶颈提供了关键的战略支撑。

1.2 运行目标与任务

南水北调山东段工程首要目标是达成安全稳定供水，借助科学调度和精细化管理保障全省城乡居民生活、工业生产和农业灌溉用水持续供应，日常运行注重提升供水效率与精准调度能力，构建完善运行管理制度和技术支撑体系，保障水资源供给安全可靠，缓解水资源供需矛盾^[1]。

该工程还担负着推动区域水网络一体化协调发展任务，与地方水利工程联调实现区域供水系统互联互通，优化水资源配置格局。它既服务社会经济发展需求，又兼顾生态补水、环境保护等目标，利用智能化调度平台和标准化管理体系提高运行效率，实现调水、生态环境改善和高质量发展有机融合。

2 运行管理的实践创新与深层困境

2.1 管理体系：矩阵式架构与适应性治理

山东段工程构建了“总部战略统筹-地方执行反馈”的矩阵式管理架构。总部负责宏观调度、资源协调与重大决策，确保战略一致性；地方管理机构则承担具体的运行维护、水源调度和属地监控，拥有因地、因时制宜的灵活处置权。这种“集权与分权”的平衡设计，使得管理体系既能保持顶层设计的统一性，又能有效应对沿线复杂的社情、水情和工情。此外，设立直属的应急抢险与水质检测中心，作为一种“冗余设计”，显著增强了系统应对突发事件的韧性和响应速度。

2.2 技术赋能与标准化：从“经验调度”到“数字孪生”

山东段运行管理的核心跃迁，在于技术驱动下的管理流程再造。工程积极引入ISO标准化体系，覆盖安全生产、设备维护等全环节，实现了管理行为的可量化、可追

溯。更重要的是，通过搭建集成的信息化调度系统与智能监控平台，初步构建了工程的“数字孪生体”。这使得调度决策不再仅依赖历史经验，而是能够基于实时数据进行模拟、预测和优化。在面对极端天气或供水紧张时，智能调度平台可以快速生成多种预案，模拟不同调度策略下的供需平衡效果，将应急响应从“被动抢险”升级为“主动预判与精准干预”，极大地提升了决策的科学性和效率。

2.3 水质保障：从末端监测到全链条管控

水质安全是调水工程的生命线。山东段建立了覆盖“源头-过程-末端”的全链条水质保障体系，构建水源水质预警机制，定时开展水质监测分析，促使水体达国家标准，一旦水质异常便及时处理，同时运用智能化监控系统，对水质实施全程实时监测，实现对pH值、浊度、特定污染物等指标的实时、连续监控，将水质管理的重心从“事后处理”前移至“事前预警”和“事中控制”，有效应对了跨区域调水面临的水环境容量变化、突发污染等复杂风险^[2]。

2.4 管理效果与运行绩效

南水北调山东段工程历经十年运行，在完成年度调水任务上成绩斐然，稳定保障全省供水需求，累计调水98亿立方米、惠及4000万人的数据，充分证明了山东段工程卓越的运行绩效。然而，在这精细化管理的表象之下，仍潜藏着深层次的系统性挑战，具体体现在：首先，预测能力的短板——现有调度模型在面对极端气候变化（如超标准干旱、突发暴雨）时，其预测精度和响应能力依然有限，“黑天鹅”事件对供水安全的威胁依然存在；其次，协同调度的壁垒——尽管工程联通了多水源，但在实际操作中，长江水、黄河水与当地水之间尚未完全实现基于市场或生态价值的优化配置，不同管理主体间的协调成本和利益博弈制约了水网整体效能的发挥；此外，水质风险的复杂性——长距离输水过程中，水质变化受沿线面源污染、内源释放、水动力条件等多因素耦合影响，现有监控体系对这类复合型、累积性风险的识别和预警能力仍有待加强。

3 综合效益的深层审视

3.1 供水效益：从“量”的满足到“质”的保障

南水北调东线山东段工程通水后成绩斐然，累计调水量超98亿立方米，4000多万人直接受益，有效缓解山东省区域水资源供需矛盾，长江水、黄河水与本地水等多源水资源联合调度，优化山东段供水结构，增强多市县供水能力，解决鲁南、鲁北及胶东半岛等地长期存在的水资源短缺难题，该工程保障城市居民基本生活用水需求，提升工业和农业用水可靠性，干旱年份调度系统作用凸显，合理

调度确保农业灌溉与工业生产用水稳定，应对干旱下的水资源紧张，提升供水稳定性与可持续性，推动地方经济稳步增长，为社会经济发展提供坚实水资源保障。

3.2 生态与环境效益：从“补水”到“复苏”

山东段工程实施生态补水成效显著，累计为河湖生态系统注入7.37亿立方米水，这一数据背后是生态系统结构与功能的深刻变化。持续稳定的生态补水，不仅仅是“加”水，更是激活了区域水系的“新陈代谢”。它促进了南四湖、东平湖等关键湿地水文周期的恢复，增强了水体稀释自净能力，为水生生物提供了稳定的栖息环境，促进了生物多样性的恢复。更为深远的影响是，外调水的介入有效置换和压减了部分地区的地下水开采量，为长期处于超采状态的深层地下水提供了宝贵的“休养生息”机会，推动了区域水循环从“亏损”向“平衡”的缓慢修复^[3]。

3.3 社会经济效益

南水北调山东段工程极大程度缓解干旱期供水压力，增强区域经济稳定性，在保障供水基础上满足各产业用水需求，吸引投资，推动产业发展与就业增长。

工程的社会经济效益呈现出显著的“乘数效应”。稳定的供水保障不仅直接提升了居民生活质量，更重要的是，为区域产业结构优化和空间布局调整创造了前提条件。胶东半岛高端制造业、鲁北重化工业以及沿线城市群的扩张，都直接或间接得益于这一稳定的水源保障。从这个角度看，南水北调工程已从一个基础设施“支撑者”，转变为驱动区域经济社会高质量发展的“引擎”。

3.4 防洪、航运与其他效益

工程强化防洪调度能力，经对湖库、泵站及涵闸合理调度，增强区域防洪排涝能力、缓解洪涝风险、提升防灾减灾水平，在极端气候时科学调度水量可降低洪水对沿线地区潜在影响。

南水北调山东段工程实施于内河航运改善航道条件，新增约62公里通航里程、让部分河段达更高等级通航标准、推动物流活动与区域经济联通，中水截蓄导用等综合利用举措提高水资源利用效率、为农业灌溉、景观建设等多元领域提供水利服务^[4]。如表1所示。

表1 南水北调东线山东段主要综合效益指标

指标类别	关键数据/成果
累计调水量	≥ 98亿立方米（受益人口4000万+）
生态补水	生态补水7.37亿立方米
防洪调度	增强防洪能力、有效应对极端气候
航运提升	新增航道62公里，提升航运等级
社会经济效益	改善供水安全、促进产业发展和生活水平提升

4 问题与对策

4.1 深层挑战：不确定性、协同性与评估困境

当前南水北调山东段工程面临的挑战已超越技术层面，更多体现为系统性与制度性问题。

不确定性应对能力。全球气候变化加剧了水文序列的非平稳性，极端干旱、突发暴雨等事件频次与强度显著增加，使得传统基于历史统计规律的调度规则面临失效风险。现有调度系统多依赖确定性预报与既定预案，对于“未知风险”的识别与适应能力有限。如何构建能够在高度不确定性环境下保持功能完整的韧性调度系统，实现从“被动响应”向“主动适应”的转变，是未来运行管理必须突破的核心难题。

跨域协同的机制瓶颈。多水源联合调度是山东段工程的核心优势，但在实际操作中，长江水、黄河水与当地水之间尚未建立起基于市场价值或生态效益的优化配置机制。不同水源分属不同管理主体，调水成本、水质差异、供水时序等要素缺乏统一的核算与协调标准，导致行政协调成本居高不下，局部利益博弈时常掣肘全局优化。市场在水资源配置中的作用未能充分发挥，水权交易等市场化手段仍处于探索阶段，制约了骨干水网整体效能的最大化释放。

效益评估的“窄化”问题影响价值认知。现行工程效益评估体系多聚焦于供水量、受益人口、生态补水量等显性、可量化的指标，而对生态系统服务功能提升、区域发展韧性增强、社会公平性改善、水文化价值传承等隐性、长期的综合效益缺乏系统性评估。这种“窄化”的理解不仅导致工程价值被低估，更使得决策优化缺乏全面的信息支撑，难以形成对工程可持续发展方向的精准指引。

4.2 对策与建议：构建“智慧-协同-动态”的未来范式

构建基于数字孪生的智慧水网：加快构建融合气象-水文-用水-工程状态的“四维”数字孪生平台。利用人工智能与大数据技术，发展情景推演与风险预判能力，实现对复杂不确定性的“主动适应”与“智能决策”，提

升系统在极端情景下的韧性。

深化市场化改革与生态补偿机制：探索建立跨区域、跨流域的水权交易平台，利用市场机制引导水资源向高效益领域流动。同时，完善生态补水长效补偿机制，明确受益主体与补偿主体，将生态效益转化为可持续的经济激励，为河湖健康提供稳定的资金保障^[5]。

建立综合效益动态评估与反馈闭环：构建一套涵盖经济、社会、生态、文化等多维度的综合效益动态评估体系。将评估结果实时反馈至工程调度和管理决策中，形成“评估-反馈-优化”的管理闭环。这不仅能更全面、真实地反映工程价值，赢得社会广泛支持，更能指引工程管理从“完成指标”向“创造价值”持续进化。

结语

南水北调山东段工程的十年，是中国水治理理念与实践深刻变革的十年。它成功实现了从单一调水工程向区域水网“脊梁”的跨越，其管理实践也从初期的“工程管理”逐步演进为“综合治理”与“智慧赋能”。尽管在迈向现代化的征程中，仍面临不确定性应对、机制协同与价值评估等诸多挑战，但通过构建智慧水网、深化市场机制、完善动态评估，山东段工程完全有能力引领一场水治理的“范式转型”。它不仅是山东省可持续发展的坚实水利支撑，更将为全球大型调水工程的管理运营与价值实现，贡献一份独特的中国智慧与中国方案。

参考文献

- [1]于合群.加强南水北调中线工程运行管理保障供水安全提高供水效益[J].中国水利,2019,(23):33-34.
- [2]李玲,迟强.潍坊市南水北调续建配套工程运行管理探讨[J].山东水利,2022,(05):56-57.
- [3]崔晋.河北省南水北调配套工程运行管理及其思考[J].河北水利,2024,(07):20-21.
- [4]桑晋惠,李庆义.南水北调东线山东段工程综合效益分析[J].山东水利,2024(11):72-74.
- [5]李勇.南水北调工程运行管理成效与推进后续工程高质量发展的思考[J].中国水利,2024,(20):6-9+14.