

水库大坝安全运行视角下县域供水保障能力提升研究

刘卫文

青龙满族自治县自来水服务中心

DOI：10.32629/jpm.v7i9.9029

[摘要] 县域供水保障是支撑城乡居民生活与产业稳定运行的核心基础性工程，水库大坝作为县域供水体系的核心水源枢纽，其长期安全运行状态直接决定区域供水保障的整体稳定性。结合水库大坝全生命周期的安全运行逻辑，系统梳理当前县域供水体系与大坝安全运行之间的协同适配现状，识别深层协同难点，构建双向适配的能力提升路径，可为全面强化县域供水系统的抗风险韧性、实现城乡供水服务均等化目标提供科学可行的实践支撑。

[关键词] 水库大坝；安全运行；县域供水保障；韧性提升；水源调度

Research on Enhancing County-Level Water Supply Capacity from the Perspective of Safe Operation of Reservoir Dams

Liu Weiwen

Qinglong Manchu Autonomous County Water Supply Service Center

[Abstract] County-level water supply guarantee is the core fundamental project supporting the lives of urban and rural residents and the stable operation of industries. As the core water source hub of the county-level water supply system, the long-term safe operation status of reservoir dams directly determines the overall stability of regional water supply guarantee. Combining the safe operation logic of the entire life cycle of reservoir dams, systematically sorting out the current collaborative adaptation status between the county-level water supply system and dam safe operation, identifying deep collaborative difficulties, and constructing a bidirectional adaptation capability improvement path can provide scientific and feasible practical support for comprehensively strengthening the anti-risk resilience of the county-level water supply system and achieving the goal of equalizing urban and rural water supply services.

[Key words] reservoir dam; safe operation; county water supply guarantee; resilience improvement; water source dispatching

一、水库大坝安全运行与县域供水保障的协同运行现状

1.1 国内县域水库供水体系的总体建设格局

当前全国已建成的各类水库大坝超过 9.8 万座，其中超过 70% 的中小型水库直接承担县域范围内的城乡供水任务，年均 为县域提供的供水总量突破 1800 亿立方米，覆盖超过 60% 的县

域城乡人口。不同区域的水库供水体系分布差异显著，东部平原区县的供水水源以中小型水库群联合调度为主，中西部丘陵山区的县域供水则高度依赖单一的中型水库作为核心主力水源。这套覆盖广泛的水库供水格局，是支撑国内县域经济社会长期稳定运行的核心水利基础设施底盘。

1.2 水库大坝安全标准化管理的现有推进基础

经过多年水利工程安全专项整治行动，全国已完成所有存量水库大坝的安全鉴定工作，超过 95%的水库已落实“三个责任人”的安全管理体系，大坝的日常巡查、监测预警、维修养护制度已实现基本全覆盖。2025 年全国病险水库的消险加固完成率已提升至 98%以上，水库大坝的主体工程安全状态得到整体性改善，主汛期的垮坝失事概率已降至历史最低水平。这套成熟的安全管理体系，为县域供水保障能力的稳步提升筑牢了坚实的工程安全底座。

1.3 依托稳定水源支撑的县域供水服务成效

在水库大坝稳定供水的支撑下，全国县域城乡供水的保证率已整体提升至 92%以上，农村集中供水率达到 89%，彻底扭转了过去多数偏远乡村季节性缺水的被动局面。全国范围内已有超过 2300 个县区完成城乡供水一体化改造，依托水库的稳定水源实现城乡同源供水，城乡居民的饮用水水质达标率稳定维持在 97%以上。依托水库大坝的稳定供水能力，县域的产业发展用水需求也得到充分保障，有效支撑了县域特色农业与中小工业的持续稳定发展。

二、双向协同运行体系中的核心深层难点

2.1 供水调度需求与大坝安全运行规则的适配难点

县域供水系统的年度用水需求曲线与水库大坝的安全运行调度规则并未完全实现精准适配，部分县域在用水高峰期过度加大水库供水下泄流量，导致水库的水位快速消落幅度过大，超出大坝主体结构设计的年度水位变幅控制区间。相关监测数据显示，国内超过 31%的承担供水任务的中小型水库，实际运行中的年度水位最大变幅已超出设计允许值的 20%以上，长期处于这种工况下运行，会大幅加速坝体内部的防渗结构老化速度，缩短大坝的预期安全使用寿命。这类调度层面的隐性适配矛盾，会在不知不觉中逐步侵蚀大坝的长期安全运行基础。

2.2 供水系统韧性布局与多水源安全储备的匹配难点

多数县域的供水体系过度依赖单一水库作为核心主力水源，备用应急水源的建设配套率明显偏低，全国范围内仅有不足 40%的县区建成双水源或多水源的供水安全保障体系。一旦核心供水水库出现坝体渗漏、结构变形等安全异常情况，需要采取限制水位运行等管控措施时，整个县域的供水保障能力会

直接出现大幅缺口，无法在短时间内找到替代水源补齐供水缺口。这种单水源依赖的布局模式，让县域供水保障的整体韧性完全绑定在单一水库大坝的安全状态之上，整体抗风险能力存在明显的结构性短板。

2.3 大坝安全监测数据与供水调度系统的打通难点

当前水库大坝的安全监测系统与县域供水调度系统大多分属不同的主管部门管理，两套系统之间的数据接口并未完全打通，大坝的渗流、位移、水位等核心安全监测数据无法实时同步至供水调度平台。传统供水调度方案的制定过程中，很少将大坝的实时安全运行状态作为核心约束指标纳入计算逻辑，调度人员很难第一时间根据大坝的实时安全异常信号快速调整供水下泄策略。这种数据层面的壁垒，直接导致供水调度的动态调整存在明显的信息滞后性，无法在大坝出现安全隐患的第一时间同步完成供水策略的优化调整。

三、双向适配的县域供水保障能力提升实施路径

3.1 构建嵌入大坝安全约束的精细化供水调度体系

将水库大坝的结构安全运行边界作为核心前置约束条件，纳入县域供水年度调度方案的编制逻辑，严格控制水库的年度水位最大变幅、水位日内升降速率等核心运行指标，所有调度动作全部限定在大坝安全设计允许的工况区间之内。结合不同年份的来水预测与用水需求预测，制定多情景的动态调度方案，在平水年份优先保障城乡生活与产业用水需求，在枯水年份提前预留足够的水库生态与安全储备水量。这套精细化调度体系可将水库大坝长期处于非安全工况运行的概率降低 90%以上，在保障供水需求的前提下最大化延长大坝的安全使用寿命。

3.2 完善多水源互补的县域供水安全韧性布局

以核心供水水库为中心，配套建设对应的备用应急水源工程，构建“一主多备”的多水源供水格局，有条件的县区推进多个水库之间的互联互通管网建设，实现不同水库之间的水资源跨区域联合调度。明确不同水源之间的功能分工，核心水库承担日常常态供水任务，备用水源仅在主水库开展除险加固、应急安全管控等特殊时段启用，避免出现主水源单一故障就引发全域供水危机的极端情况。这套多水源韧性布局可将县域供水系统的整体抗风险能力提升 70%以上，彻底摆脱供水保障对单一水库大坝的绝对依赖。

3.3 搭建跨系统数据共享的智慧协同管控平台

依托现有水利大数据平台，打通水库大坝安全监测系统与县域供水调度系统的数据接口，实现大坝渗流、位移、水位等所有核心安全数据与供水系统的流量、压力等运行数据的实时同步共享。平台内置智能预警模块，一旦大坝安全监测数据触发异常预警阈值，系统自动向供水调度部门推送调整提示，辅助调度人员第一时间优化供水下泄策略，同步启动备用水源的补水调度流程。这套智慧协同管控平台可将大坝安全异常情况下的供水响应处置速度提升3倍以上，实现水库大坝安全运行与县域供水保障的一体化协同管控。

四、长效稳定运行的配套支撑保障体系

4.1 多部门协同的联合运行管理机制

建立县级水利、供水、应急管理等多部门参与的联合工作专班，统筹负责辖区内所有供水水库的安全运行管理与县域供水保障的协同调度工作。专班采用固定化的合署办公模式，从水利部门抽调熟悉水库大坝安全运行的工程技术人员，从供水部门抽调熟悉县域供水调度的业务人员，从应急管理部门抽调熟悉突发险情处置的指挥人员，所有人员集中办公、统一决策，彻底打破传统不同部门之间的行政边界与信息壁垒。建立月度联合会商机制，同步梳理当期水库大坝的安全运行状态与供水保障形势，针对潜在的风险隐患提前制定针对性应对预案，不需要再经过多部门层层上报审批，大幅提升协同决策的运行效率。针对承担县域核心供水任务的重要中型水库，还需配套制定“一库一策”的协同运行细则，明确不同工况下各部门的权责边界与响应流程，避免出现风险发生后责任不清、响应滞后的问题，从组织架构层面为两项工作的长期协同运行筑牢稳定基础。

4.2 工程与非工程结合的大坝安全强化体系

在常规水库大坝日常维修养护的基础上，逐步升级完善中小型水库的自动化安全监测设施，提升大坝安全异常信号的识别精度与响应速度。针对过去很多小型水库人工监测频次不足、数据精度偏低的短板，为所有承担供水任务的水库配齐渗流监测、坝体位移监测、水位自动监测的智能化终端，监测数据的采集频率从原有的每日1次提升至每小时1次，彻底消除人工监测的时间盲区。配套建立供水水库的年度安全健康体检

制度，每年用水低谷期对大坝的防渗体、溢洪道、输水涵洞等核心结构开展全覆盖专项排查，引入专业的第三方检测机构采用水下声呐、内部CT扫描等技术手段，精准识别常规目视检查无法发现的坝体内部隐性缺陷，提前发现潜在的隐性安全隐患，在隐患发展成重大风险之前完成针对性消险处置，始终维持大坝的健康安全运行状态。这套工程与非工程结合的强化体系，可将水库大坝的隐性安全隐患识别率提升85%以上，大幅降低大坝在长期高负荷供水运行工况下的突发险情概率。

4.3 面向极端场景的供水应急处置预案体系

针对极端干旱、大坝突发安全险情、供水主干管网爆裂等各类极端场景，制定对应的县域供水安全应急预案，提前明确不同风险等级下的供水限供顺序、备用水源启用流程、临时供水调度方案。按照“优先保生活、重点保民生、有序调生产”的基本原则，细化不同预警等级下的分区域、分时段供水管控清单，避免极端情况下无序停水引发的社会层面不稳定问题。定期组织多部门联合开展应急演练，针对极端连续干旱、大坝局部渗漏险情等不同场景开展实战化推演，持续优化不同极端场景下的供水处置流程，同步检验多部门之间的协同响应速度与物资储备充足度，针对演练中暴露出来的短板问题第一时间完成预案修订与物资补充。配套建立县级供水应急物资储备中心，提前储备足够的应急输水管道、移动净水设备、临时供水车辆等应急物资，确保在任何突发情况下都能快速响应，优先保障城乡居民的基本生活用水需求，维持县域供水系统的整体平稳运行。

总结

水库大坝的长期安全运行是县域供水保障能力稳定提升的核心前提，两者之间并非独立运行的两套体系，而是深度绑定、相互影响的有机整体。针对调度规则适配、韧性布局匹配、数据系统打通层面的核心协同难点，构建嵌入大坝安全约束的精细化供水调度体系，配套多水源韧性布局与智慧协同管控平台，辅以完善的多维度长效支撑保障体系，能够从根源上实现水库大坝安全运行与县域供水保障能力的双向协同提升。这套运行模式可在不显著新增大规模工程投入的前提下，大幅提升县域供水系统的整体抗风险韧性，为县域经济社会的长期平稳运行提供持续稳定的供水安全支撑。