

# 水利水电工程安全生产智慧监管探究

丁乾东

江苏省南通市通州湾堤防涵闸管理所 江苏 南通 226001

**摘要:**随着我国经济社会的快速发展和对水资源安全、生态安全要求的日益提高,传统水利水电工程管理模式在应对复杂多变的水情、保障工程运行安全、提升管理效能等方面已显现出诸多局限。以物联网、云计算、大数据、人工智能等为代表的新一代信息技术正深刻重塑各行各业,为水利水电工程的安全生产监管提供了前所未有的机遇。本文以通州湾涵闸(泵站)智慧管控中心为典型案例,深入剖析其“监测预警、智能控制、精细管理、智慧调度”的核心模式,系统阐述智慧监管体系在提升水利工程本质安全水平、优化资源配置、强化风险防控等方面的内在逻辑与实践路径。研究表明,构建集全面感知、智能分析、精准控制、科学决策于一体的智慧监管体系,是实现水利水电工程从“被动响应”向“主动预防”、从“经验驱动”向“数据驱动”转型升级的关键所在,对于保障国家水安全、推动新阶段水利高质量发展具有重要的理论价值与现实意义。

**关键词:** 水利水电工程; 安全生产; 智慧监管; 物联网; 大数据; 通州湾

## 引言

面对全球气候变化加剧、极端天气事件频发等新挑战,传统模式已难以满足新时代对水利工程“安全、高效、绿色、智能”的高标准要求。在此背景下,“智慧水利”应运而生,并成为水利行业数字化转型的核心方向。智慧水利旨在通过深度融合新一代信息技术与水利业务,构建一个能够全面感知、智能模拟、前瞻预演、协同联动的现代化水治理体系。其中,安全生产智慧监管是智慧水利建设的重中之重,它不仅是保障工程自身安全运行的基石,更是实现水资源优化配置、水生态有效保护的前提条件。通州湾涵闸(泵站)智慧管控中心的成功实践,为我们提供了一个极具价值的观察窗口。该中心通过系统性地整合信息化新技术,实现了对辖区内37座涵闸(泵站)的集中、高效、智能管控,形成了可复制、可推广的“通州湾模式”。本文将以此为切入点,深入探究水利水电工程安全生产智慧监管的内涵、技术架构、核心功能、应用优势及未来发展方向,以期为全国范围内智慧水利建设提供有益的理论参考和实践借鉴。

## 1 水利水电工程安全生产面临的传统挑战

### 1.1 信息孤岛与感知盲区

传统水利工程的监测点分散、设备老旧,数据采集多为离散式、非实时,且不同系统间数据标准不一,形成了严重的信息孤岛。管理人员难以获得全局、连续、准确的工程运行状态信息,对于一些隐蔽性、渐进性的安全隐患(如结构微小变形、设备内部磨损、水质缓慢恶化等)存在大量感知盲区,无法做到早发现、早预警。

### 1.2 管理粗放与效率低下

工程管理高度依赖人工经验,从日常巡检、设备操作到调度决策,都带有较强的主观性和随意性。特别是在管辖范围广、工程数量多的区域,管理人员疲于奔命,劳动强度大,且容易因疏忽或疲劳导致操作失误<sup>[1]</sup>。这种“人盯人、人管人”的粗放式管理模式,不仅效率低下,人力成本高昂,而且难以保证管理的一致性和规范性。

### 1.3 风险预警滞后与应急能力不足

由于缺乏对水情、工情、险情的实时、动态、综合研判能力,传统模式下的风险预警往往是滞后的。当洪水、风暴潮等突发事件发生时,管理者常常是在险情已经显现甚至恶化后才启动应急响应,错过了最佳处置时机。应急预案多停留在纸面,缺乏与实时数据的联动和动态推演,导致应急指挥调度效率不高,资源调配不够精准。

### 1.4 决策支撑薄弱与调度优化困难

水利工程的调度决策涉及复杂的水文、气象、工程、生态等多维因素。传统决策主要依靠历史经验和简单的规则,缺乏对海量数据的深度挖掘和对未来情景的科学模拟,难以实现水资源在防洪、排涝、供水、生态等多重目标间的最优配置,制约了水利工程综合效益的最大化发挥。

## 2 智慧监管的内涵与技术基础

针对上述挑战,水利水电工程安全生产智慧监管应运而生。其核心内涵在于,利用先进的信息技术构建一个覆盖工程全要素、贯穿管理全过程的数字化、网络化、智能化监管体系,实现从“看得见”到“看得懂”,从“管得住”到“管得好”的根本转变。

智慧监管的实现离不开坚实的技术底座，主要包括以下几个方面：

### 2.1 物联网（IoT）技术

这是智慧监管的“感官”系统。通过在水闸、泵站、堤防、水库等关键部位部署各类高精度传感器（如水位计、流量计、雨量计、视频摄像头、应力应变计、水质监测仪等），实现对水情、工情、环境等物理世界的全面、实时、自动感知。所有感知数据通过有线或无线网络汇聚至数据中心，为上层应用提供原始“血液”。

### 2.2 云计算技术

这是智慧监管的“心脏”和“大脑”。云计算平台提供了强大的计算、存储和网络资源，能够高效处理来自成千上万个传感器的海量、高频、异构数据流<sup>[2]</sup>。它打破了传统IT架构的资源瓶颈，支持按需弹性扩展，为数据分析、模型运算、应用部署等提供了稳定、可靠的运行环境。

### 2.3 大数据技术

这是智慧监管的“思维”引擎。大数据技术能够对汇集的历史数据和实时数据进行清洗、整合、存储和深度挖掘。通过运用统计分析、机器学习、人工智能等算法，可以从看似杂乱无章的数据中发现隐藏的规律、关联和趋势，例如预测设备故障、识别异常运行模式、评估工程健康状况等，从而将数据转化为有价值的洞察和知识。

### 2.4 移动互联网与地理信息系统（GIS）

移动互联网技术使得管理人员可以随时随地通过手机、平板等终端访问监管平台，接收预警信息，进行远程操作，极大地提升了管理的灵活性和响应速度。GIS技术则为所有工程设施、监测点、预警区域等提供了统一的空间坐标框架，实现了“一张图”管理，让抽象的数据在地图上直观呈现，便于空间分析和可视化决策。

## 3 “通州湾模式”：智慧监管的实践典范

通州湾涵闸（泵站）智慧管控中心正是上述技术理念的完美落地，其构建的“监测预警、智能控制、精细化管理、智慧调度”四位一体模式，生动诠释了智慧监管如何系统性地解决传统难题。

### 3.1 监测预警：构建全域感知与风险前移防线

通州湾中心建立了统一的数据源汇集管理中心，这是整个智慧体系的基石。通过物联网技术，将辖区内37座涵闸（泵站）的运行数据、水文数据、视频图像等全部接入平台，实现了对水闸运行状态的“无死角”监控。无论是闸门是否正常启闭，还是周边是否有异常入侵，都能被系统实时捕捉。基于此全面感知能力，平台进一步依

托大数据分析设定了多级、多维度的预警阈值。当上游水位上涨超过安全阈值，系统会立即自动触发预警，并通过平台弹窗、短信等多种方式通知相关责任人。这种基于数据驱动的预警机制，成功地将风险识别从“事后追溯”转变为“事前预防”和“事中干预”，极大地提升了安全防线的前移能力，有效防范了安全事故的发生。

### 3.2 智能控制：实现远程集约与本质安全提升

“闸门远程控制系统”是通州湾模式的核心亮点之一，它彻底改变了传统的人工现场操作模式。管理人员可以在管控中心，通过可视化界面，一键完成对任意一座涵闸的启闭操作。这一变革不仅大幅降低了工作人员在恶劣天气或危险环境下作业的风险，也从根本上消除了因人为误操作带来的安全隐患，从源头上提升了工程的本质安全水平。同时，平台支持灵活的权限配置，实现了“集中管控、分级负责”的管理机制，日常调度由中心统一指挥，紧急情况下可授权给现场人员进行本地操作，确保了管理的灵活性与安全性。

### 3.3 精细管理：驱动降本增效与标准化运维

智慧平台的应用，使得水利工程管理进入了精细化时代。远程自动控制替代了传统的手动操作，不仅大幅提高了管理效率，还显著降低了人力成本与劳动强度，过去需要多人、多日才能完成的巡检和调度任务，如今在中心一人即可高效完成。平台对所有设备的运行参数进行7x24小时不间断监控，任何微小的异常都逃不过系统的“法眼”，能够及时发现并处理安全隐患，从而有效增强了水利生产的安全性能<sup>[3]</sup>。此外，平台可以记录每一次操作、每一次报警、每一次维护的详细日志，形成完整的电子档案。这不仅便于追溯责任，也为制定标准化的运维规程、开展绩效考核提供了客观依据，有力地推动了管理工作的规范化和制度化，使水利工程的运维管理从粗放走向了精细。

### 3.4 智慧调度：赋能科学决策与综合效益最大化

智慧监管的最终目标是服务于科学决策，实现水资源的最优配置。平台汇聚的海量数据为管理决策提供了坚实支撑，管理者不再是凭感觉“拍脑袋”，而是基于实时、全面、准确的数据进行分析判断。通过建立水动力模型，平台可以模拟不同调度方案下的水流变化、水位涨落等情景，辅助管理者选择最优方案。例如，在保障防洪安全的前提下，如何兼顾内河航运水深、沿岸生态基流等需求，实现“防洪排涝调度优先、水环境调度常态化”的双重目标。这种精准调度避免了“大水漫灌”式的粗放用水，确保了每一滴水都用在刀刃上，不仅提高了水资源利用效率，改善了水环境，也充分发挥了水利工

程的社会、经济和生态综合效益。

#### 4 智慧监管体系的应用优势与价值

通州湾涵闸（泵站）智慧管控中心的成功实践，充分彰显了智慧监管体系的巨大优势和深远价值。通过全天候、全方位的监测预警和远程智能控制，该体系有效防范和化解了各类安全风险，将事故隐患消灭在萌芽状态，从根本上保障了工程、人员和周边社区的安全，安全效益极为显著。在经济效益方面，它大幅减少了对一线操作人员的依赖，降低了人力成本；通过预防性维护，延长了设备使用寿命，减少了突发故障带来的维修费用和停机损失；精准的水资源调度也带来了直接的经济效益。其社会效益同样广泛，不仅提升了防洪排涝和供水保障能力，增强了区域抵御自然灾害的能力，还改善了水环境质量，为人民群众创造了更美好的生活环境；其形成的“通州湾模式”更为其他地区提供了宝贵的建设经验，具有很强的示范和推广价值。从长远来看，智慧调度能够更好地维持河流的生态流量，保护水生生物栖息地，促进水生态系统健康，为实现人水和谐共生的生态文明目标贡献了积极的生态效益。

#### 5 未来展望与深化方向

尽管以通州湾为代表的智慧监管实践取得了显著成效，但面向未来更高水平的水利现代化，智慧监管体系仍有广阔的深化空间。当前的预警和分析多基于规则和简单模型，未来应深度融合深度学习、知识图谱等AI技术，实现更高级别的认知智能，例如利用计算机视觉技术自动识别视频中的漂浮物、堤防裂缝等；系统根据预设的调度规则或实时水情，自动执行一系列联动操作，例如在暴雨预警发布后，系统可自动开启部分闸站进行预降水位，为即将到来的强降雨腾出库容，真正实现了从“被动响应”到“主动防御”的跨越式转变。

或利用AI大模型对复杂的水-沙-生态耦合系统进行更精准的模拟和预测。在此基础上，应在现有智慧平台基础上，进一步构建物理流域的虚拟映射——数字孪生流域，通过集成BIM、CIM、IoT、AI等技术，实现对流域

内所有水利工程、自然水体、社会经济活动的全要素、全时空、全过程的数字化重构，使管理者可以在虚拟世界中进行“预演”和“推演”，为真实世界的决策提供近乎完美的方案<sup>[4]</sup>。与此同时，随着系统联网程度的加深，网络安全风险也随之增加，必须同步加强网络安全防护体系建设，确保关键信息基础设施安全，并建立健全数据治理体系，保障数据的真实性、完整性、一致性和安全性，以释放数据要素的最大价值。最后，应加快制定和完善水利智慧监管相关的技术标准、数据标准和接口标准，打破不同厂商、不同系统间的壁垒，促进互联互通和资源共享，并鼓励产学研用协同创新，共同打造开放、共赢的智慧水利产业生态。

#### 6 结语

通州湾涵闸（泵站）智慧管控中心的实践雄辩地证明，以物联网、云计算、大数据等新一代信息技术为支撑的智慧监管，是破解水利水电工程安全生产传统难题、迈向高质量发展的必由之路。它通过构建“监测预警、智能控制、精细管理、智慧调度”的一体化模式，不仅显著提升了工程的安全性、可靠性和运行效率，更深刻地改变了水利管理的理念和范式。从“人防”到“技防”，从“碎片化”到“一体化”，从“经验主义”到“数据驱动”，智慧监管正在引领一场深刻的水利变革。未来，随着人工智能、数字孪生等前沿技术的深度融合，水利水电工程安全生产智慧监管将变得更加自主、更加智能、更加高效。

#### 参考文献

- [1]黄博豪,杜华冬,冯敏.水利水电工程智慧运行管理平台[J].水利水电快报,2025,46(06):10-11.
- [2]任显祺.水利水电工程中的智慧化管理策略研究[J].水上安全,2025,(10):13-15.
- [3]李长青,马宏元.智慧水利在水利水电工程管理中的应用研究[J].水上安全,2025,(09):13-15.
- [4]潘凌卉,刘翔,葛菁菁,等.智慧小型水利水电工程关键技术及应用实践研究[J].长江技术经济,2025,9(01):121-128.