

# 水利工程智能化建设的现状与发展趋势研究

王彬 史雅楠 袁程 钱晓 周华健

江苏省苏州市昆山市水事综合管理中心淀山湖管理站，江苏苏州，215300；

**摘要：**随着科技的飞速发展，水利工程智能化建设已成为行业发展的必然趋势。本文深入探讨了水利工程智能化建设的现状，详细阐述了物联网、大数据、人工智能等关键技术在其中的应用，分析了当前建设过程中面临的问题与挑战，并对未来发展趋势进行了展望。旨在为推动水利工程智能化建设提供理论支持，助力水利行业实现高效、可持续发展。

**关键词：**水利工程；智能化建设；发展趋势

**DOI：**10.69979/3060-8767.25.08.007

## 引言

水利工程作为国家基础设施建设的重要组成部分，对于防洪、灌溉、供水、发电等方面起着至关重要的作用。传统水利工程在长期运行过程中，暴露出管理效率低、决策科学性不足、信息获取不及时等问题。随着物联网、大数据、云计算、人工智能等新一代信息技术的迅猛发展，为水利工程的智能化建设提供了强大的技术支撑。智能化建设成为提升水利工程管理水平、保障水资源合理利用、增强水灾害防御能力的关键途径，对推动水利行业的现代化发展具有深远意义。

## 1 水利工程智能化建设的现状

### 1.1 智能化建设的总体进展

近年来，我国水利工程智能化建设取得了显著进展。众多水利项目积极引入智能化技术，从工程规划设计到建设施工，再到运行管理的全生命周期，智能化应用不断深入。例如，一些大型水利枢纽工程建立了智能化管理系统，实现了对工程设施运行状态的实时监测与远程控制，有效提高了工程运行的安全性和可靠性。同时，部分地区的流域管理机构构建了流域智能化监测与调度平台，整合了水文、气象、水质等多源数据，为流域水资源的统一调配和科学管理提供了有力支持。

### 1.2 关键技术的应用情况

#### 1.2.1 物联网技术

物联网技术在水利工程中广泛应用于数据采集与设备监控领域。通过在水利设施（如大坝、水闸、泵站等）以及水体环境（河流、湖泊、水库等）中部署大量传感器，如水位传感器、流量传感器、水质传感器、振动传感器等，实现了对水利工程设施运行状态和水情信息的实时、精准采集。这些传感器将采集到的数据通过

无线通信网络传输至数据中心，为后续的数据分析与决策提供了基础。例如，在一些水库中，利用物联网技术实现了对水库水位、库容、大坝渗流等参数的24小时不间断监测，一旦数据出现异常，系统能够及时发出预警信号，通知管理人员采取相应措施，有效保障了水库的安全运行。

#### 1.2.2 大数据技术

大数据技术在水利工程智能化建设中发挥着核心作用。面对海量、复杂的水利数据，大数据技术能够对其进行高效存储、管理和分析。通过数据挖掘、机器学习等算法，从数据中提取有价值的信息，为水利工程的决策提供科学依据。例如，在水资源管理方面，利用大数据分析可以准确把握不同区域、不同时段的水资源供需情况，从而实现水资源的优化配置。在水灾害防御中，通过对历史洪水数据、实时降雨数据、河道地形数据等多源数据的综合分析，能够更准确地预测洪水演进过程，提前制定防洪预案，提高防洪减灾能力。

#### 1.2.3 人工智能技术

人工智能技术在水利工程中的应用日益广泛。在水利工程设施的安全监测与评估方面，人工智能算法可以对传感器采集到的数据进行实时分析，自动识别设施运行状态是否正常，预测可能出现的故障和安全隐患。例如，利用深度学习算法对大坝表面裂缝、渗漏等病害进行图像识别和分析，能够及时发现病害并评估其严重程度。在水利工程调度方面，人工智能技术可以根据实时水情、雨情、工情以及用水需求等信息，通过智能优化算法自动生成最优的调度方案，实现水利工程的高效运行。如一些水电站采用人工智能技术实现了机组的智能启停和负荷优化分配，提高了发电效率和经济效益。

#### 1.2.4 地理信息系统（GIS）技术

GIS技术为水利工程智能化建设提供了强大的空间

分析和可视化功能。通过将水利工程相关的地理空间数据（如地形地貌、水系分布、水利设施位置等）与属性数据（如工程参数、运行状态等）进行整合，能够直观地展示水利工程的空间分布和运行情况。在水利工程规划设计阶段，GIS技术可以辅助进行工程选址、线路优化等工作；在运行管理阶段，可用于实时监测工程设施周边环境变化，评估自然灾害对工程的影响等。例如，在流域防洪规划中，利用GIS技术可以清晰地展示洪水淹没范围和风险区域，为防洪决策提供直观的信息支持。

### 1.3 典型应用案例分析

#### 1.3.1 某大型水库智能化管理系统

某大型水库建设了一套先进的智能化管理系统。该系统基于物联网技术，在大坝、溢洪道、输水洞等关键部位安装了大量传感器，实现了对水库水位、坝体变形、渗流渗压、设备运行状态等参数的实时监测。利用大数据技术对采集到的海量数据进行存储和分析，建立了水库运行状态评估模型，能够及时发现潜在的安全隐患。同时，引入人工智能技术实现了水库调度的智能化，根据实时水情和天气预报信息，自动生成最优的水库泄洪和蓄水方案。通过该智能化管理系统的运行，水库的管理效率大幅提高，安全保障能力显著增强，有效提升了水库的综合效益。

#### 1.3.2 某流域智能化监测与调度平台

某流域管理机构构建了智能化监测与调度平台。该平台整合了流域内水文、气象、水质、水利工程等多方面的数据资源，通过物联网技术实现数据的实时采集和传输。利用GIS技术将流域地理信息与水利数据相结合，以直观的地图形式展示流域内的水情、工情等信息。大数据和人工智能技术则应用于数据挖掘和分析，实现了对流域水资源的动态监测和预测，以及水利工程的智能调度。例如，在枯水期，通过平台的智能分析和调度，合理调配流域内各水利工程的水量，保障了城乡居民生活用水和工农业生产用水需求；在汛期，准确预测洪水发生时间和洪峰流量，提前做好防洪准备，有效减轻了洪水灾害损失。该平台的建设为流域水资源的科学管理和高效利用提供了有力支撑，促进了流域的可持续发展。

## 2 水利工程智能化建设面临的问题与挑战

### 2.1 数据质量与安全问题

#### 2.1.1 数据质量参差不齐

在水利工程智能化建设过程中，数据来源广泛，包括不同厂家生产的传感器、不同部门提供的监测数据等。由于数据采集标准不统一、设备老化或故障等原因，导

致采集到的数据质量参差不齐，存在数据缺失、错误、不一致等问题。这些低质量的数据会严重影响后续数据分析和决策的准确性，降低智能化系统的应用效果。

#### 2.1.2 数据安全风险高

水利数据涉及国家水安全、经济社会发展等重要信息，具有极高的敏感性。随着水利工程智能化程度的提高，数据在传输、存储和使用过程中面临着诸多安全风险，如网络攻击、数据泄露、恶意篡改等。一旦发生数据安全事件，将对水利工程的正常运行和国家水安全造成严重威胁。因此，如何保障水利数据的安全，是水利工程智能化建设中亟待解决的重要问题。

### 2.2 技术集成与协同难度大

水利工程智能化建设涉及多种技术的集成应用，如物联网、大数据、人工智能、GIS等。然而，目前不同技术之间的标准和接口不统一，导致在系统集成过程中存在技术壁垒，难以实现各技术之间的无缝对接和协同工作。此外，水利工程智能化系统通常需要与水利部门现有的业务系统进行整合，由于各业务系统建设时间不同、技术架构各异，进一步增加了系统集成和协同的难度。这在一定程度上限制了水利工程智能化建设的整体推进速度和应用效果。

### 2.3 专业人才短缺

水利工程智能化建设需要既懂水利专业知识又掌握现代信息技术的复合型人才。然而，目前水利行业内这类专业人才相对匮乏。一方面，传统水利专业教育侧重于水利工程的规划、设计、施工和管理等方面的知识传授，对信息技术的培养重视不足；另一方面，信息技术领域的专业人才对水利工程的业务流程和专业知识了解有限，难以将先进的信息技术与水利工程实际需求紧密结合。专业人才的短缺制约了水利工程智能化建设的技术创新和应用推广。

### 2.4 建设与运营成本高

水利工程智能化建设需要投入大量资金用于设备购置、系统开发、网络建设、数据处理等方面。此外，智能化系统建成后的运营和维护成本也较高，包括设备更新、软件升级、数据存储和管理、人员培训等费用。对于一些经济欠发达地区或小型水利工程而言，难以承担如此高昂的建设和运营成本，从而影响了水利工程智能化建设的普及和推广。

## 3 水利工程智能化建设的发展趋势

### 3.1 多技术深度融合与创新

未来,物联网、大数据、人工智能、区块链、5G等新一代信息技术将在水利工程智能化建设中实现更深度的融合与创新。例如,物联网与5G技术的结合将进一步提升水利数据采集的实时性和传输的稳定性,实现更广泛区域内水利设施的远程精准监控;大数据与人工智能的深度融合将推动水利数据分析从传统的统计分析向智能预测和决策支持转变,提高水利工程管理的智能化水平;区块链技术的应用将为水利数据的安全存储和共享提供可靠保障,确保数据的真实性、完整性和不可篡改。通过多技术的协同创新,将构建更加高效、智能、安全的水利工程智能化体系。

### 3.2 智能化水平持续提升

随着技术的不断进步,水利工程智能化水平将持续提升。在监测方面,传感器技术将更加先进,能够实现对水利工程设施和水情信息的更精准、更全面监测,如开发出能够同时监测多种参数的复合型传感器,以及具备自诊断、自校准功能的智能传感器。在数据分析与决策方面,人工智能算法将不断优化,实现更复杂水利问题的智能求解和决策支持。例如,利用深度学习算法建立更精确的洪水预报模型,实现对洪水发生时间、洪峰流量和洪水演进路径的更精准预测;通过强化学习算法实现水利工程的自适应调度,根据实时工况自动调整调度策略,提高工程运行的效率和效益。

### 3.3 数字孪生技术广泛应用

数字孪生技术将在水利工程智能化建设中得到广泛应用。数字孪生水利工程通过构建与物理实体相对应的虚拟模型,实时反映水利工程的运行状态,并通过模拟分析和预测,为工程管理和决策提供支持。未来,数字孪生技术将不仅应用于大型水利工程,还将逐步推广到中小型水利工程。通过数字孪生技术,水利工程管理人员可以在虚拟环境中对工程进行全方位的监测、分析和优化,提前发现潜在问题并制定解决方案,实现水利工程的精细化管理和智能化运维。例如,在水利工程建设阶段,利用数字孪生技术可以对工程设计方案进行虚拟仿真和优化,降低工程建设风险;在运行阶段,通过数字孪生模型实时模拟工程运行状态,预测设备故障和安全隐患,为设备维护和抢修提供决策依据。

### 3.4 跨界融合与协同发展

水利工程智能化建设将加强与其他行业领域的跨界融合与协同发展。与智慧城市建设相结合,水利工程智能化系统可以为城市防洪、供水、排水等提供数据支持和决策服务,同时也可以借助智慧城市的信息技术和

基础设施,提升自身的智能化水平。与农业、能源等行业的融合,将促进智慧农业灌溉、水电站智能运维等领域的发展,实现水资源的综合利用和多行业的协同发展。此外,水利工程智能化建设还将加强产学研用之间的协同合作,高校、科研机构与企业共同开展技术研发和应用推广,加速科技成果转化,推动水利工程智能化技术的创新和发展。

### 3.5 注重可持续发展与绿色水利

在未来的水利工程智能化建设中,将更加注重可持续发展理念和绿色水利的实践。通过智能化技术的应用,实现水资源的合理配置和高效利用,减少水资源浪费和污染,促进水生态系统的修复和保护。例如,利用智能化灌溉系统根据农作物的需水情况精准供水,提高农业灌溉用水效率;通过水质监测与智能预警系统,及时发现水体污染问题并采取治理措施,保障水环境安全。同时,在水利工程建设和运行过程中,充分考虑对生态环境的影响,利用智能化技术优化工程设计和运行方案,实现水利工程与生态环境的和谐共生,推动水利行业的可持续发展。

## 4 结论

水利工程智能化建设是水利行业实现现代化发展的必然趋势。当前,我国水利工程智能化建设在关键技术应用和典型项目实践方面已取得一定成果,但仍面临数据质量与安全、技术集成与协同、专业人才短缺、建设与运营成本高等问题与挑战。展望未来,随着多技术的深度融合与创新、智能化水平的持续提升、数字孪生技术的广泛应用、跨界融合与协同发展的加强以及对可持续发展与绿色水利的重视,水利工程智能化建设将迎来新的发展机遇,为保障国家水安全、促进水资源可持续利用、推动经济社会高质量发展提供强有力的支撑。因此,水利行业应积极应对挑战,加大技术研发投入,加强人才培养,完善政策支持体系,全面推进水利工程智能化建设,开创水利事业发展的新局面。

### 参考文献

- [1] 毕鑫. 浅谈水利工程数字化与智能化发展趋势研究[J]. 智能城市应用, 2024, 7(5): 90-92.
- [2] 李坚. 水利工程数字化与智能化发展趋势研究[J]. 东北水利水电, 2024, 42(11): 64-67.
- [3] 王良泽南. 水利工程数字化与智能化发展趋势研究[J]. 长江工程职业技术学院学报, 2023, 40(3): 75-78.