

水利工程中的智能化技术应用与发展趋势

王天恩

622827*****1911

摘要：数字经济与新型基础设施建设推动下，水利工程正从传统粗放式管理向智能化精准化转型。智能化技术为水利工程规划设计、施工建造、运行监管及应急处置提供全新解决方案，有效破解传统模式效率偏低、响应滞后等问题。本文结合水利工程智能化发展背景，梳理主流智能化技术在水利领域的应用场景与实践价值，剖析技术应用瓶颈与挑战，展望未来技术融合创新方向，为水利工程向智慧化、高效化、安全化升级提供思路，助力提升水利工程综合效能与水资源可持续利用水平。

关键词：水利工程；智能化技术；应用场景；发展瓶颈；未来趋势

DOI：10.69979/3029-2727.25.04.068

引言

水利工程是保障国家水安全、支撑经济社会发展的重要基础设施，其建设管理水平关乎民生福祉与生态平衡。我国水利工程长期依托传统技术实现大规模发展，但极端天气频发、水资源供需矛盾加剧使传统模式在数据获取、风险预判等方面局限性凸显。人工智能、大数据等智能化技术的发展为水利工程注入活力，推动其进入全链条智能化新阶段。明确智能化技术应用现状与发展方向，对提升水利工程综合效能、实现水资源可持续利用具有重要现实意义。

1 核心技术支撑

1.1 物联网技术

物联网技术通过在水利工程关键区域部署各类传感器，构建起全要素感知网络。这些传感器能够实时采集水位、流量、水质、土壤墒情等核心数据，打破了传统水利数据获取依赖人工巡检的局限。数据经无线传输模块汇聚至云端平台，实现了对水利工程运行状态的全天候监测。在堤防工程中，振动传感器可及时捕捉堤身结构异常；在灌溉区域，墒情传感器为精准灌溉提供数据支撑。这种全方位的感知能力，为水利工程的精细化管理奠定了坚实基础，提升了对各类运行参数的掌控精度。

1.2 人工智能与大数据

人工智能与大数据技术的结合，实现了水利数据的深度挖掘与决策优化。水利工程日常运行会产生海量数据，大数据技术可对这些多源异构数据进行清洗、整合与存储，消除数据孤岛现象。人工智能算法则对处理后的数据进行分析，挖掘数据背后的关联规律与发展趋势。

在洪水预报中，通过对历史水文数据的学习，模型能精准预测洪水演进过程；在水库调度中，算法可根据来水情况与用水需求，制定最优调度方案。这种数据驱动的决策模式，有效提升了水利工程决策的科学性与时效性，降低了人为判断的误差。

1.3 遥感与地理信息系统

遥感与地理信息系统技术强化了水利空间信息的精准管控。遥感技术借助卫星、无人机等平台，能够快速获取大范围的水利空间信息，包括流域地形地貌、水域面积变化、水土流失情况等。高分辨率遥感影像可清晰呈现水利工程的外观结构，为工程隐患排查提供直观依据。地理信息系统则具备强大的空间数据处理与可视化能力，可将遥感获取的空间信息与属性数据相结合，构建水利工程空间信息数据库。通过该系统，工作人员可直观查看工程分布、空间关系等信息，为水利工程规划选址、区域水资源评估等工作提供精准的空间支撑。

2 核心应用场景

2.1 工程规划设计

在水利工程规划设计阶段，智能化技术显著提升了方案的科学性与前瞻性。传统规划设计多依赖经验数据，易受主观因素影响，常出现与实际水文条件脱节的问题。如今，借助大数据技术可整合流域历史水文、气象、地质等多方面数据，甚至纳入周边区域经济发展规划数据，为规划提供全面的数据支撑。地理信息系统能够对区域空间信息进行分析，优化工程选址与布局。人工智能算法可对不同规划方案进行模拟推演，预测工程建成后的水文情势变化与生态影响。通过这些技术手段，设计人员能够更准确地把握工程建设条件，减少规划设计中的

盲目性，使方案更贴合实际需求与长远发展目标。

2.2 施工过程管控

智能化技术在施工过程管控中的应用，实现了建造质量与安全的高效保障。在施工现场，无人机可对施工区域进行航拍巡查，及时发现施工进度偏差与安全隐患。物联网技术通过在施工机械、建筑材料上安装传感器，实现对施工设备运行状态、材料使用情况的实时监测。人工智能视频分析系统能够对施工人员的操作规范进行实时监督，提醒违规操作行为。这些技术手段构建起全方位的施工监管体系，有效减少了施工质量问题与安全事故的发生，提高了施工效率，确保工程按计划推进。

2.3 运行调度管理

在水利工程运行调度管理中，智能化技术优化了水资源配置与工程效能发挥。水库、水闸等水利工程的运行调度直接关系到水资源利用效率，传统调度模式易因信息滞后导致水资源浪费或供需失衡。通过物联网技术实时采集水库水位、入库流量、出库流量及水质变化等数据，大数据与人工智能技术对这些数据进行快速分析处理，结合气象部门的精准预报信息，制定最优的水量调度方案。在灌溉季节，根据农田墒情数据与作物需水规律，精准调配灌溉用水，避免水资源浪费。在汛期，通过实时监测与模型预测，科学调控泄洪设施，保障工程安全的同时，实现洪水资源的合理利用，提升了水利工程的综合运行效能。

3 现存问题

3.1 技术融合不足

当前水利工程智能化发展中，技术融合不足的问题较为突出，多系统间存在明显的数据壁垒，协同效率偏低。不同阶段、不同部门引入的智能化系统，往往采用不同的技术标准与数据格式，如施工系统用 XML 格式存储数据，调度系统却以 JSON 格式记录信息，导致数据无法实现有效共享。例如，施工阶段的监测系统与运行阶段的调度系统数据互不联通，难以形成完整的工程数据链条。这种数据孤岛现象使得智能化技术的整体优势无法充分发挥，各系统独立运行，增加了管理成本与数据重复采集的工作量。同时，技术融合的欠缺也导致系统间协同响应能力不足，在应对复杂水利工况时，难以快速形成统一高效的解决方案。

3.2 专业人才匮乏

专业人才匮乏是制约水利工程智能化发展的重要

因素，复合型技术与管理人才供给存在较大缺口。水利工程智能化涉及水利工程、计算机技术、人工智能、大数据等多个领域的知识，需要从业人员具备跨学科的综合素养，既懂水利工程原理又精通智能系统操作。目前，传统水利从业人员往往缺乏对智能化技术的深入了解，难以熟练操作智能化设备与系统，甚至对基础的数据建模分析都感到困难。而信息技术专业人才又对水利工程的专业知识掌握不足，无法结合水利工程实际需求开展技术应用与系统研发。这种人才结构的失衡，导致智能化技术在水利工程中的应用难以深入推进，影响了技术价值的充分发挥。

3.3 标准体系缺失

标准体系缺失使得水利工程智能化技术应用与数据管理规范不统一，阻碍了行业整体发展。目前，我国水利工程智能化领域尚未形成完善的技术标准、数据标准与管理标准体系，标准建设滞后于技术发展速度。不同企业开发的智能化产品与系统在技术参数、接口规范上存在差异，如传感器数据采集精度标准不统一，导致产品兼容性差，难以实现互联互通。数据采集、存储、共享等环节缺乏统一标准，使得数据格式混乱、质量参差不齐，影响数据的有效利用与深度分析。标准的缺失还导致工程验收、性能评估等工作缺乏依据，部分智能化项目建设质量难以保障，不利于水利工程智能化行业的规范化、标准化发展。

4 保障措施

4.1 强化技术创新

强化技术创新需要加大核心技术研发与转化力度，为水利工程智能化发展提供动力。政府应出台相关政策，引导企业、高校与科研机构开展产学研合作，聚焦水利工程智能化领域的关键核心技术难题，如极端水文条件下的精准预测算法、低功耗高稳定性传感器研发等。加大科研资金投入，支持智能化传感器、专用人工智能算法、大数据处理平台等核心技术的研发。同时，建立健全技术转化机制，鼓励将实验室中的科研成果转化为实际应用产品，推动技术与工程实践深度融合。通过技术创新，提升我国水利工程智能化技术的自主研发能力与核心竞争力，打破技术依赖。

4.2 完善人才培养

完善人才培养需构建高校、企业与行业协同培育机制，解决复合型人才短缺问题。高校应调整相关专业设置，开设水利工程与智能化技术交叉融合的课程，如水

利大数据分析、智能水利系统设计等,培养具备跨学科知识的专业人才。企业应加强与高校的合作,建立实习基地,为学生提供实践机会,使学生了解行业实际需求。同时,企业要加强内部培训,提升现有从业人员的智能化技术水平。行业协会可组织开展专业技能培训与交流活动,搭建人才交流平台。通过多方协同,形成“高校培养、企业实践、行业提升”的人才培养体系,为水利工程智能化发展提供充足的人才保障。

4.3 健全标准体系

健全标准体系需规范技术应用流程与数据管理要求,推动行业规范化发展。政府相关部门应牵头组织行业专家、企业代表,结合我国水利工程智能化发展实际情况,加快制定完善的技术标准体系,包括设备技术标准、系统接口标准、数据传输协议标准等。明确数据采集、存储、传输、共享等各环节的数据标准,确保数据质量与兼容性,避免因标准不一导致的数据滥用或失效。同时,建立健全管理标准,规范项目建设、验收、运维等全流程管理。通过构建完善的标准体系,为水利工程智能化技术应用提供统一规范,提升行业整体发展水平,促进技术资源的有效整合与共享。

5 发展趋势

5.1 技术融合深化

未来水利工程智能化发展将呈现技术融合深化的趋势,多领域技术交叉融合将催生应用新形态。物联网、人工智能、大数据、云计算等技术将不再是独立应用,而是实现深度融合,形成一体化的智能化解决方案。例如,云计算为大数据处理提供强大的算力支撑,人工智能算法对物联网采集的实时数据进行精准分析,三者协同实现对水利工程的智能化管控。同时,智能化技术还将与BIM技术、数字孪生技术等深度结合,构建水利工程数字孪生体,实现工程物理世界与数字世界的同步映射,为工程全生命周期管理提供更高效的手段,像在工程维护中可通过数字模型提前预判结构老化风险。

5.2 智能化水平升级

智能化水平升级将是水利工程智能化发展的重要方向,技术应用将从感知智能向认知智能加速演进。目前,水利工程智能化多处于感知智能阶段,主要实现数据的采集与简单分析。未来,随着人工智能技术的发展,系统将具备更强的自主学习与决策能力,进入认知智能阶段。智能化系统不仅能够感知水利工程运行状态,还能深入分析问题产生的原因,自主制定应对策略。例如,

在应对突发水情时,系统可结合历史数据与实时情况,自主判断风险等级,自动启动相应的应急处置方案,如调度闸门、发送预警信息等,大幅提升水利工程的应急响应能力与自主管控水平。

5.3 绿色协同发展

绿色协同发展将成为水利工程智能化的重要趋势,智能化与生态水利建设将实现深度融合。在水资源短缺与生态环境日益受到重视的背景下,水利工程建设与管理更加注重生态保护。智能化技术将为生态水利建设提供有力支撑,通过精准监测水质、水量及水生生物状况,为水资源保护与生态修复提供数据依据,比如实时追踪鱼类洄游通道的水文变化。在水利工程规划设计中,智能化模型可模拟工程建设对生态环境的影响,优化方案以减少生态破坏。通过智能化技术实现水资源的高效利用与生态保护的协同发展,推动水利工程向生态友好型方向转变。

6 结论

水利工程智能化是行业发展的必然趋势,智能化技术的应用为水利工程带来了全方位的变革。物联网、人工智能、大数据等核心技术的支撑,使水利工程在规划设计、施工管控、运行调度等场景的效能得到显著提升,有效破解了传统水利模式的诸多难题。然而,当前水利工程智能化发展仍面临技术融合不足、专业人才匮乏、标准体系缺失等问题,这些问题制约了行业的进一步发展。通过强化技术创新、完善人才培养、健全标准体系等保障措施,可推动水利工程智能化水平不断提升。未来,随着技术融合深化、智能化水平升级及绿色协同发展,水利工程将实现更高质量的发展,为国家水安全与经济社会可持续发展提供坚实保障。

参考文献

- [1] 戚洪鹏. 水利工程灌溉系统节水技术优化研究[J]. 山西建筑, 2025, 51(23): 182-185.
- [2] 魏炜. 水利工程渠道运行管理与维护的有效对策[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (28): 187-189.
- [3] 王立伟, 金磊. 基于农业多元化需求的小型水利工程运维策略研究[J]. 江西农业, 2025, (18): 120-122.
- [4] 甄楠楠. 智能化施工技术在水利工程管理中的应用[J]. 智慧中国, 2025, (09): 116-117.
- [5] 李新武. 数字孪生技术赋能水利工程建设管理路径研究[J]. 水上安全, 2025, (17): 63-65.