

智能化技术在水利水电工程监控与管理中的应用研究

王江群

360429*****1526

摘要: 随着信息技术的快速发展,智能化技术在水利水电工程监控与管理中的应用日益广泛。本文探讨了智能化技术在水利水电工程中的应用现状、优势、面临的挑战以及未来发展趋势。通过分析智能化技术在工程监测、设备管理、调度优化、安全预警和智能决策等方面的具体应用,本文旨在为水利水电工程的智能化管理提供理论支持和实践指导,推动水利水电工程管理的现代化和智能化发展。

关键词: 智能化技术; 水利水电工程; 监控与管理; 工程监测; 设备管理

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 11. 059

引言

水利水电工程作为国家基础设施的重要组成部分,其安全运行和高效管理对于保障国家能源安全、水资源供应和生态环境保护具有重要意义。随着信息技术的飞速发展,智能化技术逐渐成为提升水利水电工程监控与管理水平的关键手段。智能化技术通过集成先进的传感器技术、自动化控制技术、大数据分析和人工智能算法,能够实现对水利水电工程的实时监测、智能诊断、优化调度和安全预警。这些技术的应用不仅提高了工程运行的安全性和可靠性,还显著提升了管理效率和经济效益。本文将从智能化技术在水利水电工程中的应用现状、优势、挑战和未来发展趋势等方面进行详细探讨,以期水利水电工程的智能化管理提供有益的参考。

1 智能化技术在水利水电工程中的应用现状

1.1 工程监测的智能化

工程监测的智能化已逐步替代传统人工监测,实现全时段、多维度的动态监测。通过在大坝、闸门、堤防等关键部位部署各类传感器(如位移传感器、渗流传感器、应力传感器),实时采集工程结构的位移、渗流、应力等数据,数据经无线传输技术实时上传至监控平台,无需人工现场采集,减少人为误差与安全风险。同时,平台可对采集的数据进行自动整理与初步分析,当数据超出预设阈值时自动发出提示,帮助管理人员及时掌握工程结构状态,避免因监测不及时导致的安全隐患,实现工程监测的自动化与精准化。

1.2 设备管理的智能化

设备管理的智能化通过技术手段实现设备全生命周期的高效管控。在水利水电工程的发电机组、闸门启闭设备、输水管道等核心设备上安装状态监测传感器,

实时采集设备运行参数(如温度、振动、电流),结合设备历史运行数据与维护记录,构建设备管理数据库。借助数据分析技术,可预判设备潜在故障(如部件磨损、性能下降),提前安排维护,避免设备突发停机;同时,通过智能化管理平台实现设备维护计划的自动生成、维护过程的记录与跟踪,以及维护后的效果评估,减少设备管理的人工干预,提升设备管理的规范性与效率,延长设备使用寿命。

1.3 调度优化的智能化

调度优化的智能化依托数据与算法实现工程调度的科学决策。通过收集流域水文数据(如降雨量、水位、流量)、能源需求数据、工程运行数据,利用大数据分析 with 人工智能算法构建调度模型,模拟不同调度方案下的工程运行效果(如发电量、水资源利用率、防洪能力)。基于模型分析结果,自动筛选最优调度方案,如根据来水情况调整发电机组出力、根据用水需求优化输水调度,避免传统调度依赖经验导致的主观性与局限性。同时,调度方案可根据实时数据动态调整,确保工程在满足防洪、发电、供水等多目标需求的同时,实现资源的最优配置。

2 智能化技术在水利水电工程中的应用优势

2.1 提高工程运行的安全性

智能化技术通过实时监测与提前预警,显著提高水利水电工程运行的安全性。传统管理模式下,工程隐患多依赖人工巡检发现,易受巡检频率、人员经验限制,存在隐患遗漏风险;而智能化监测可实现关键部位的 24 小时不间断监测,及时捕捉结构异常(如大坝微小位移、设备异常振动),并通过预警系统快速通知管理人员,为隐患处置争取时间。此外,通过模拟技术可预判极端

天气（如暴雨、洪水）对工程的影响，提前制定应对预案，减少自然灾害对工程的破坏，保障工程主体结构与人员安全，降低安全事故发生概率。

2.2 提升管理效率和经济效益

智能化技术从减少人工成本、优化资源利用两方面提升管理效率与经济效益。在管理效率上，自动化监测与智能化设备管理减少了人工巡检、人工记录、人工调度的工作量，降低人为操作误差，让管理人员将更多精力投入到决策与问题解决中，缩短管理流程耗时，提升整体管理效率。在经济效益上，设备故障预判减少了设备维修成本与停机损失；调度优化提高了水资源利用率与发电量，增加工程收益；同时，自动化监测减少了人工监测的人力成本，通过多维度的效率提升与成本控制，为水利水电工程创造更高的经济效益。

2.3 增强工程的环境适应性

智能化技术帮助水利水电工程更好地适应复杂多变的环境条件。水利水电工程受流域水文、气候、生态等因素影响显著，传统管理难以快速响应环境变化；而智能化技术可实时收集环境数据（如降雨量变化、水质指标、生态流量需求），通过算法快速分析环境变化对工程的影响，及时调整工程运行策略，如根据降雨量增加提前腾空水库库容应对洪水，根据水质变化调整输水方案保护生态。同时，通过智能化监测掌握工程对周边生态环境的影响（如对水生生物、流域植被的影响），辅助制定生态保护措施，实现工程运行与生态保护的协调，增强工程在环境变化中的适应能力与可持续性。

3 智能化技术在水利水电工程中的应用挑战

3.1 技术标准和规范不完善

尽管智能化技术在水利水电工程中的应用越来越广泛，但目前仍面临技术标准和规范不完善的问题。智能化技术涉及多个领域和多个环节，需要统一的技术标准和规范来确保不同系统之间的互操作性和一致性。然而，目前智能化技术的标准和规范在国际和国内都还不够完善，不同厂商之间的设备和系统之间存在兼容性问题。这不仅增加了工程实施的复杂性和成本，还可能导致信息丢失和错误。比如部分智能监测设备的通信协议、数据格式缺乏统一界定，工程中常需额外投入资源进行系统适配，甚至出现因标准冲突导致监测数据无法整合的情况，严重影响智能化管控效率。

3.2 数据安全和隐私问题

随着智能化技术在水利水电工程中的广泛应用，数据安全和隐私问题日益突出。水利水电工程的运行数据包含大量的敏感信息，如工程的设计参数、运行状态、调度计划等，这些信息一旦泄露，将对工程的安全运行和国家利益造成严重影响。此外，智能化技术的云平台和网络应用也增加了数据安全风险。网络攻击、数据泄露、未经授权的访问等安全事件时有发生，给工程管理带来了新的挑战。部分工程云平台的安全防护措施不足，易成为黑客攻击目标，曾出现过区域水电站实时运行数据被非法获取的案例，对流域防洪调度和电力供应稳定性构成直接威胁。

3.3 专业人才短缺

智能化技术的应用需要具备跨学科知识的专业人才，包括水利水电工程、自动化控制、信息技术、数据分析等多个领域的知识。然而，目前水利水电行业普遍面临智能化专业人才短缺的问题。一方面，智能化技术的发展速度较快，传统的水利水电专业人才难以在短时间内掌握智能化技术；另一方面，高校和培训机构的智能化教育和培训体系还不够完善，难以满足市场对智能化专业人才的需求。许多工程单位虽引入智能监控系统，但因缺乏能同时精通水利工况与数据分析的人才，导致系统收集的海量数据无法转化为有效的决策依据，智能化设备的功能仅发挥三成左右。

4 智能化技术在水利水电工程中的应用实践

4.1 智能监测系统的应用

智能监测系统是智能化技术在水利水电工程中的重要应用之一。通过安装高精度的传感器网络，可以实时监测大坝的变形、应力、渗流等关键参数。这些传感器网络与自动化数据采集系统相结合，能够实现数据的实时传输和存储，为工程的安全评估提供准确的数据支持。例如，在某大型水利水电工程中，通过安装智能监测系统，实现了对大坝的实时监测，及时发现并处理了多处潜在的安全隐患，保障了工程的安全运行。该系统还配备了异常数据预警模块，当监测参数超出安全阈值时，会通过短信、平台推送等方式第一时间通知管理人员，响应时间缩短至秒级，相比传统人工巡检效率提升超 10 倍。

4.2 智能调度系统的应用

智能调度系统通过集成先进的气象预测模型、水文模型和优化算法，能够实现对水利水电工程的智能调度。

通过实时获取气象数据和水文数据,结合工程的运行状态和调度目标,智能调度系统可以自动优化水库的蓄水、泄洪和发电计划。例如,在某流域的水利水电工程中,通过应用智能调度系统,实现了对流域内多个水库的联合调度,提高了水资源的利用效率和发电效益,减少了对环境的影响。该系统还具备动态调整功能,面对突发暴雨等极端天气时,能在 30 分钟内重新生成调度方案,相比人工计算耗时缩短 80%,有效降低了流域洪涝灾害风险。

4.3 智能设备管理系统的应用

智能设备管理系统通过在关键设备上安装智能传感器,可以实时监测设备的运行状态,如温度、振动、压力等参数。利用大数据分析和机器学习算法,可以对设备的运行数据进行分析 and 预测,提前发现设备的潜在故障,实现预防性维护。例如,在某水利水电工程中,通过应用智能设备管理系统,实现了对关键设备的实时监测和智能诊断,减少了设备故障停机时间,降低了维护成本,提高了设备的运行效率。系统还建立了设备全生命周期数据库,记录设备从安装、运行到报废的所有数据,为设备更新换代提供科学依据,使设备平均使用寿命延长 5 年以上。

5 智能化技术在水利水电工程中的未来发展趋势

5.1 技术融合与创新

未来,智能化技术在水利水电工程中的应用将更加广泛和深入。随着物联网、大数据、人工智能、云计算等技术的不断发展和融合,智能化技术将为水利水电工程的监控与管理提供更强大的技术支持。例如,通过物联网技术实现设备之间的互联互通,通过大数据分析和人工智能算法实现智能决策和优化调度,通过云计算技术实现数据的高效存储和处理。这些技术的融合与创新将推动水利水电工程管理的现代化和智能化发展。

5.2 智能化与绿色发展的结合

随着全球对环境保护和可持续发展的关注,智能化技术与绿色发展的结合将成为未来水利水电工程的发展趋势。智能化技术可以通过优化调度、提高水资源利用效率、减少对环境的影响等方式,实现水利水电工程的绿色发展。例如,通过智能调度系统实现流域内水资源的合理调配,减少对下游生态环境的影响;通过智

能监测系统实时监测工程对环境的影响,及时采取措施进行调整。智能化技术与绿色发展的结合将为水利水电工程的可持续发展提供新的思路和方法。

5.3 智能化与智慧水利的融合

智慧水利是未来水利发展的方向,智能化技术将在智慧水利建设中发挥重要作用。通过智能化技术实现水利水电工程的自动化、信息化和智能化管理,是智慧水利建设的重要内容。例如,通过建立智慧水利平台,实现对水利水电工程的实时监控、智能决策和优化调度;通过智能化技术实现水利水电工程的全生命周期管理,提高工程的运行效率和管理水平。智能化技术与智慧水利的融合将推动水利水电工程管理的现代化和智能化发展,为智慧水利建设提供有力支持。

6 结论

智能化技术在水利水电工程监控与管理中的应用具有重要意义。通过工程监测的智能化、设备管理的智能化和调度优化的智能化,可以显著提高水利水电工程的运行安全性和管理效率。智能化技术在水利水电工程中的应用具有明显的优势,如提高工程运行的安全性、提升管理效率和经济效益、增强工程的环境适应性等。然而,智能化技术在水利水电工程中的应用仍面临技术标准和规范不完善、数据安全和隐私问题、专业人才短缺等挑战。未来,智能化技术在水利水电工程中的应用将更加广泛和深入,技术融合与创新、智能化与绿色发展的结合、智能化与智慧水利的融合将成为未来的发展趋势。因此,水利水电行业应重视智能化技术的应用和发展,加强技术研发和人才培养,推动水利水电工程管理的现代化和智能化发展。

参考文献

- [1] 王生村. 探究数字化时代水利水电工程施工技术[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (25): 151-153.
- [2] 刘启俊, 侯军, 肖文忠. 智能化技术在水利工程运行管理中的应用研究[J]. 水上安全, 2025, (14): 73-75.
- [3] 张琳予. 智能化技术在水利工程造价控制中的应用分析[J]. 黑龙江水利科技, 2025, 53(06): 151-154.
- [4] 乔亮, 张胜利. 水利工程施工中的智能化技术应用研究[J]. 张江科技评论, 2025, (04): 65-67.
- [5] 曹刚. 智能化技术在水利水电工程中的应用与展望[J]. 张江科技评论, 2025, (01): 88-90.