

山区中型水库智慧化监测感知体系构建与应用

张泽伟

临沧市水务局，云南临沧，677000；

摘要：山区中型水库在区域水资源调配、防洪减灾等方面发挥着关键作用。随着信息技术的发展，智慧化监测感知体系成为保障水库安全运行、提升管理效能的重要手段。本文综述了山区中型水库智慧化监测感知体系的构建要素、技术手段、应用场景及发展趋势，分析了其在提升监测精度、实现智能预警、优化管理决策等方面的作用，为山区中型水库的智慧化建设提供理论支持与实践参考。

关键词：山区中型水库；智慧化监测感知体系；信息技术；安全运行；管理效能

DOI：10.69979/3060-8767.26.04.058

引言

山区中型水库作为区域水资源管理的重要基础设施，承担着灌溉、供水、发电、防洪等多重功能。然而，受地形复杂、气候多变等因素影响，山区水库面临着洪水灾害、地质灾害、工程结构安全等多重风险。传统的人工监测方式存在响应速度慢、数据精度低、覆盖范围有限等问题，难以满足现代水库管理的需求。随着物联网、大数据、云计算、人工智能等信息技术的发展，智慧化监测感知体系应运而生，为山区中型水库的安全运行与管理提供了新的解决方案。

1 山区中型水库智慧化监测感知体系的构建要素

1.1 多源感知网络构建

多源感知网络是智慧化监测感知体系的基础，通过部署各类传感器，实现对水库水位、雨量、水质、渗流、变形等关键参数的实时监测。在山区中型水库中，感知网络的构建需充分考虑地形复杂、环境恶劣等因素，合理选择传感器类型与布设位置。例如，在水库大坝关键部位布设渗压计、位移计、应变计等，监测大坝的渗流与变形情况；在水库周边布设雨量计、水位计，实时掌握降雨与水位变化；在水库水质敏感区域布设水质传感器，监测水体的pH值、溶解氧、浊度等指标。

1.2 数据传输与通信网络

数据传输与通信网络是连接感知设备与数据处理中心的关键环节。山区中型水库通常地处偏远，通信条件较差，因此需选择合适的通信方式，确保数据的稳定传输。目前，常用的通信方式包括有线通信（如光纤、以太网）与无线通信（如LoRa、NB-IoT、4G/5G）。对于分布范围广、布线困难的监测点，可采用无线通信

方式；对于数据传输量大、实时性要求高的场景，可采用有线通信方式。此外，还可采用混合通信方式，结合有线与无线通信的优势，提高数据传输的可靠性与灵活性。

1.3 数据处理与分析平台

数据处理与分析平台是智慧化监测感知体系的核心，负责对采集到的数据进行清洗、整合、分析与挖掘。平台需具备强大的数据处理能力，能够实时处理海量数据，并通过数据挖掘技术提取有价值的信息。例如，利用机器学习算法对水库水位、雨量等数据进行建模分析，预测洪水发生概率；利用大数据分析技术对水库运行数据进行关联分析，发现潜在的安全隐患。同时，平台还需具备可视化展示功能，将分析结果以图表、地图等形式直观展示，为管理决策提供支持。

1.4 智能预警与应急响应系统

智能预警与应急响应系统是智慧化监测感知体系的重要组成部分，负责根据数据分析结果及时发布预警信息，并启动应急响应机制。系统需具备高灵敏度与高准确性，能够在险情发生初期及时发出预警，为应急处置争取时间。同时，系统还需具备完善的应急预案库，能够根据不同类型的险情自动生成应急处置方案，指导现场人员进行应急处置。此外，系统还需与上级管理部门、周边居民等建立联动机制，确保预警信息能够及时传达至相关人员。

2 山区中型水库智慧化监测感知体系的技术手段

2.1 物联网技术

物联网技术是智慧化监测感知体系的技术基础，通过将各类传感器与通信模块集成，实现设备的互联互通

与数据的实时采集。在山区中型水库中，物联网技术可应用于水位监测、雨量监测、水质监测、渗流监测等多个场景。例如，利用物联网水位计实时监测水库水位变化，并通过无线通信模块将数据传输至数据处理中心；利用物联网水质传感器实时监测水体质量，并通过云计算平台进行数据分析与预警。

2.2 大数据与云计算技术

大数据与云计算技术为智慧化监测感知体系提供了强大的数据处理与存储能力。山区中型水库在运行过程中会产生海量数据，包括水位、雨量、水质、渗流、变形等监测数据，以及气象、地质等外部数据。大数据技术可对这些数据进行高效处理与分析，挖掘数据背后的规律与趋势；云计算技术则可提供弹性的计算与存储资源，满足数据处理与存储的需求。例如，利用大数据技术对水库历史运行数据进行分析，建立洪水预测模型；利用云计算平台构建水库运行管理数据库，实现数据的集中存储与共享。

2.3 人工智能与机器学习技术

人工智能与机器学习技术为智慧化监测感知体系提供了智能分析与决策能力。在山区中型水库中，人工智能技术可应用于洪水预测、安全隐患识别、应急处置决策等多个场景。例如，利用机器学习算法对水库水位、雨量等数据进行建模分析，预测洪水发生概率；利用深度学习算法对水库大坝的渗流、变形等数据进行异常检测，识别潜在的安全隐患；利用强化学习算法对应急处置方案进行优化，提高应急处置的效率与效果。

2.4 地理信息系统（GIS）技术

GIS技术为智慧化监测感知体系提供了空间分析与可视化展示能力。在山区中型水库中，GIS技术可应用于水库地形地貌分析、监测点布设优化、险情定位与展示等多个场景。例如，利用GIS技术对水库地形地貌进行三维建模，为监测点布设提供科学依据；利用GIS技术对监测数据进行空间分析，发现数据之间的空间关联；利用GIS技术将险情位置、影响范围等信息直观展示在地图上，为应急处置提供决策支持。

3 山区中型水库智慧化监测感知体系的应用场景

3.1 洪水预警与防洪减灾

洪水预警是山区中型水库的重要功能之一。智慧化监测感知体系通过实时监测水库水位、雨量等数据，并结合气象预报信息，利用洪水预测模型对洪水发生概率

进行预测。当预测到洪水可能发生时，系统及时发布预警信息，并启动应急响应机制。例如，在洪水来临前，通过智能调度系统提前泄洪，降低水库水位；通过通知周边居民转移，减少人员伤亡与财产损失。

3.2 大坝安全监测与评估

大坝安全是山区中型水库的核心问题。智慧化监测感知体系通过在大坝关键部位布设渗压计、位移计、应变计等传感器，实时监测大坝的渗流、变形等情况。同时，利用数据分析技术对监测数据进行处理与分析，评估大坝的安全状况。例如，当监测到大坝渗流异常时，系统及时发出预警信息，并提示管理人员进行检查与维修；当评估到大坝存在安全隐患时，系统生成临时处置方案，指导管理人员进行应急处理。

3.3 水质监测与保护

水质监测是山区中型水库管理关键，关乎生态与居民用水安全。智慧化监测感知体系构建全方位实时监测网络，在入水口等敏感区域布设多种水质传感器，实时监测pH值、溶解氧、浊度等指标。海量数据传至管理中心，经分析比对评估水质。水质超标立即预警，告知超标指标与位置，生成治理方案；发现恶化趋势，综合分析因素，给出全面可操作的方案，指导科学保护水质，保障生态与用水安全。

3.4 水资源调配与优化

水资源调配是山区中型水库发挥核心功能的关键环节。智慧化监测感知体系通过实时、精准地监测水库水位、入库流量、出库流量等关键数据，并结合气象预报、用水需求等多元信息，利用先进的水资源调配模型，对水资源进行科学合理的优化配置。

在干旱季节，水资源极为珍贵。智能调度系统会根据各区域的用水优先级和实际需求，合理分配水资源。优先保障居民生活用水，确保居民基本生活不受影响；同时，兼顾农业灌溉用水，通过精准灌溉技术，提高水资源利用效率，保障农作物生长。在丰水季节，蓄水调度系统会充分发挥作用，根据水库的蓄水能力和来水预测，科学提高水库蓄水量，为后续可能出现的干旱等用水紧张情况储备充足的水资源，实现水资源的可持续利用。

4 山区中型水库智慧化监测感知体系的发展趋势

4.1 技术融合与创新

随着物联网、大数据、云计算、人工智能等前沿技

术的持续发展与深度渗透,山区中型水库智慧化监测感知体系正迎来技术融合与创新的全新发展阶段。物联网技术犹如神经末梢,让各类传感器能够实时捕捉水库的各类信息,而人工智能技术则如同智慧大脑,对这些海量数据进行深度剖析与智能解读。将二者紧密结合,传感器不再仅仅是简单的数据采集工具,而是具备了智能感知能力,能够根据预设规则对数据进行初步筛选与判断,同时利用人工智能算法进行复杂的数据分析,挖掘数据背后隐藏的规律与潜在风险,为水库管理提供更具前瞻性和精准性的决策依据。

大数据技术擅长处理海量、多样的数据,而云计算技术拥有强大的计算能力和无限的存储空间。把大数据技术与云计算技术相结合,就如同为水库监测数据打造了一个高效运转的“超级工厂”。在这个工厂里,大数据技术对来自各个渠道的数据进行整合、清洗和分类,云计算技术则以惊人的速度对这些数据进行处理和分析,实现数据的高效存储与快速调用。无论是历史数据的回溯分析,还是实时数据的动态监测,都能在瞬间完成,大大提高了数据处理效率,为水库的实时监控和科学决策提供了有力支持。

GIS技术能够精准呈现水库的地理空间信息,虚拟现实技术则可以创造出逼真的三维场景。将GIS技术与虚拟现实技术相融合,为水库运行管理带来了沉浸式的三维可视化体验。管理人员可以戴上虚拟现实设备,仿佛置身于水库现场,直观地查看水库的地形地貌、设施分布以及运行状态。这种全新的展示方式不仅使管理更加直观、便捷,还能帮助管理人员更好地理解数据背后的空间关系,及时发现潜在问题,提高管理决策的科学性和准确性。

4.2 智能化与自动化

山区中型水库智慧化监测感知体系正坚定不移地朝着智能化与自动化方向大步迈进。机器学习算法作为人工智能的核心技术之一,能够对水库运行数据进行深度学习和自动分析。通过对大量历史数据的学习,机器学习算法可以建立精准的预测模型,自动对水库的水位变化、水质状况、设备运行状态等进行实时监测和预警。一旦发现异常情况,系统能够立即发出警报,并提供详细的故障信息和解决方案,大大提高了预警的及时性和准确性。

智能调度系统是水库自动化管理的关键环节。它能够根据实时监测到的水库水位、入库流量、出库流量以及用水需求等信息,结合预设的调度规则和优化算法,自动生成最优的调度方案,并对水库的闸门、泵站等设

备进行远程自动控制,实现水库的精准调度和高效运行。

机器人技术的引入为水库的巡检与维护带来了革命性的变化。智能巡检机器人可以按照预设的路线自动在水库大坝、输水隧道等区域进行巡检,利用各种传感器对设施的结构安全、设备运行状态等进行全面检测,并及时将检测数据传输回管理中心。一旦发现问题,机器人还可以进行初步的处理和修复,大大减少了人工巡检的工作量和安全风险,提高了巡检效率和质量。

5 结论

山区中型水库智慧化监测感知体系是保障水库安全运行、提升管理效能的重要手段。通过构建多源感知网络、数据传输与通信网络、数据处理与分析平台、智能预警与应急响应系统等核心要素,并应用物联网、大数据、云计算、人工智能等先进技术,可实现对水库水位、雨量、水质、渗流、变形等关键参数的实时监测与智能分析。同时,智慧化监测感知体系在洪水预警、大坝安全监测、水质监测、水资源调配等方面具有广泛的应用场景,为山区中型水库的安全运行与管理提供了有力支持。未来,随着技术的不断发展与创新,山区中型水库智慧化监测感知体系将呈现技术融合与创新、智能化与自动化、标准化与规范化、生态友好与可持续发展等发展趋势,为水库的长期稳定运行与区域水资源的可持续利用提供更加坚实的保障。

参考文献

- [1] 吴剑疆,曾欣. 中小流域堤坝检测监测技术应用及发展综述[J]. 水利规划与设计,2025,(06):1-5+26.
- [2] 宗睿,李秀文,张明远. 基于数字孪生的官厅水库安全监测平台研究及应用[J]. 水利建设与管理,2025,45(04):80-86. DOI:10.16616/j.cnki.11-4446/TV.2025.04.13.
- [3] 罗明兴,吴景峰,曾武. 基于北斗和物联网智能传感的大坝安全监测方法[J]. 中国新技术新产品,2024,(09):32-34. DOI:10.13612/j.cnki.cntp.2024.09.017.
- [4] 周少良,胡万玲. 数字孪生水利工程背景下的大坝安全监测系统建设研究[J]. 人民珠江,2023,44(S2):437-442+455.
- [5] 石立,张群,高焕焕. 特高拱坝安全监测设计与分析[M]. 中国水利水电出版社:202310:213.
- [6] 连彬,魏忠诚,赵继军. 智慧水利关键技术与应用研究综述[J]. 水利信息化,2021,(05):6-18+31. DOI:10.19364/j.1674-9405.2021.05.002.