

水利工程管理中大数据技术的应用探讨

王艳芬

安阳县财政局

摘要：随着信息技术的快速发展，大数据技术已经成为水利工程管理中的重要工具。本文探讨了大数据技术在水利工程管理中的应用情况，包括数据收集与处理、预测与决策支持等方面。通过分析大数据技术的优势，指出其在提高水利工程效率、促进可持续发展等方面的重要作用。同时，也讨论了在实际应用中面临的挑战和问题，并提出了相应的解决策略。

关键词：水利工程管理；大数据技术；应用

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2024.17.087

水利工程是关系到国计民生的重要基础设施，其管理效率和水平直接影响到水资源的合理利用和社会经济的可持续发展。传统的水利工程管理多依赖经验判断和简单的数据分析，难以处理复杂的水文信息和工程数据。随着大数据技术的发展，其在数据收集、存储、处理和分析方面的优势为水利工程管理提供了新的思路和方法。

一、水利工程管理的特点

①受自然条件影响大：由于水利水电工程常在河流等自然环境中进行，因此施工和管理受到地形、地质、水文、气象等自然条件的极大影响。例如，施工导流、围堰填筑和基坑排水是施工进度的关键控制因素。②安全至关重要：水利工程中的坝、堤、水闸等结构物，一旦发生失事或溃决，可能会导致严重的甚至是毁灭性的灾害。因此，确保工程的安全性是管理工作中的首要任务。③季节性强：水利工程的管理和运作受自然条件和气候变化的影响很大，因此工作的季节性明显。需要专门的水文测报系统、水利调度系统和相应的通信系统来及时掌握水情和工程情况的变化，并进行有效的调度指挥。

二、传统水利工程管理面临的主要问题

（一）管理体制不完善

首先，传统管理体制往往缺乏明确的权责划分。在某些情况下，责任和权力分散于多个部门，而各部门之间的协调和沟通不畅，导致决策执行过程中出现推诿和延误。例如，水资源管理可能涉及水利部门、环境保护局、农业部门等，而这些部门之间若没有有效的沟通机制，就很难对水资源进行高效合理的规划和调配。其次，传统的水利工程管理通常缺少灵活性和动态调整能力。随着社会发展和技术进步，水资源的需求和环境条件都在不断变化，而传统的管理体制往往难以快速适应这些变化。由于缺乏及时更新的法规、标准和策略，管

理人员在遇到新问题时可能会束手无策，无法有效应对。

（二）安全隐患和资源消耗成本增加

首先，安全隐患问题主要来源于传统水利工程的设计、施工、维护和运行等各个环节。设计阶段可能因为技术标准落后或考虑不周全，导致工程存在先天性的安全问题。施工过程中，由于监管不严或施工方为降低成本而忽视材料和工程质量，也易造成潜在的安全风险。在维护和运行环节，由于缺乏有效的监测手段和预防措施，工程带病运行的情况并不少见，加之自然灾害或人为破坏，安全隐患随时可能演变成安全事故。其次，资源消耗成本的增加在传统水利工程管理中同样突出。随着资源的不断开发利用，水资源的稀缺性逐渐上升，导致取水、用水的成本增加。同时，由于传统水利设施效率低下，例如渠道渗漏、泵站老化等问题，大量能源和水资源在传输和分配过程中被浪费，进一步加剧了资源短缺和成本上升的状况。此外，传统的管理模式往往忽视了经济杠杆的调节作用，水价长期偏低，无法反映水资源的真实价值，导致用户缺乏节水动力，加剧了水资源的浪费^[1]。

（三）环境保护与可持续发展的挑战

首先，传统水利工程往往以水资源的开发利用为核心目标，而在保护水环境和维护生态系统平衡方面的考虑不足。例如，建设大型水库和灌溉系统时，可能会对自然河流的流向、流速和水量产生显著影响，导致水生态系统发生改变，影响鱼类和其他水生生物的栖息地，甚至造成某些物种的减少或灭绝。此外，水体的富营养化、盐碱化和地下水水位下降等问题也常常伴随着不当的水利管理措施出现。其次，面对全球气候变化带来的挑战，传统水利工程管理显得力不从心。气候变化导致的极端天气事件频发，如洪水、干旱等，对水利工程提出了更高的适应性要求。然而，许多旧有的水利设施既不足以应对这些极端事件，也缺乏灵活性来调整 and 适应新的环境变化，从而加剧了灾害风险和压力。

（四）信息化水平不足

首先，数据收集和处理能力有限。在许多传统水利管理系统中，依赖于人工进行数据记录和整理，这不仅效率低下，而且容易出错。由于缺少先进的传感器和自动监测设备，很难实现实时数据采集和更新，导致决策过程中缺乏及时准确的数据支持。此外，数据处理能力的不足也意味着难以从大量数据中提取有用信息，用于趋势分析和预测。其次，信息技术应用程度不足。在传

统的水利工程管理中，信息技术的应用往往局限于基本的办公自动化和简单的数据库管理，未能充分发挥信息技术在深度分析、模拟预测和智能决策方面的优势。例如，地理信息系统（GIS）、远程自动控制系统和人工智能等先进工具和技术的应用不够普及，无法为复杂的水资源管理提供强有力的技术支持^[2]。

三、大数据技术在水利工程管理中的优势

首先，大数据技术提高了数据处理能力。通过高速的数据采集和存储系统，大数据技术能够处理海量的水利数据，包括水文数据、气象数据、土壤湿度数据等。这种强大的数据处理能力使得管理者能够快速获得全面的实时信息，从而及时发现潜在的问题并做出响应。其次，大数据技术增强了数据分析和预测能力。利用机器学习 and 统计分析方法，可以从历史和实时数据中挖掘出有用的模式和趋势，对水资源供需、洪水发生概率、水质变化等进行精确预测。这些分析结果为决策者提供了科学的依据，帮助他们制定更有效的管理策略和应对措施。

四、大数据技术在水利工程管理中的应用

（一）数据源分析与整合

这一过程涉及对多种来源、不同类型的海量数据进行收集、清洗、存储和处理，以便用于有效的决策支持和资源管理。具体而言，数据源包括实时监测数据、历史记录数据、遥感和卫星图像数据、地理信息系统（GIS）数据以及社会经济数据等。实时监测数据提供了水文站点、水质监测点和水库水位的即时信息，这些信息对于实现洪水预警和干旱管理至关重要。历史记录数据则包括过往的水文循环数据、水资源利用情况和工程维护记录，这些数据有助于理解长期趋势并为未来的规划提供依据。遥感和卫星图像能够揭示地表水分布、土地利用情况和环境变化，对于监测流域环境和指导水资源宏观管理具有极大的价值。GIS数据为水利工程提供了详细的空间参考信息，使得地理位置与相关属性数据的整合成为可能。而社会经济数据则涉及人口统计、产业用水和农业需水等信息，它们对于平衡水资源供需和制定公平合理的水政策至关重要^[3]。

（二）实时监测与预警系统

利用传感器网络、遥感技术和物联网设备收集的数据，再结合大数据分析技术，可以构建一个强大的实时监测与预警平台。这种平台能够持续追踪各种关键指标，如水位、流量、水质、降雨量和蒸发率等，并通过高级数据分析模型进行数据处理和解读。模型能够基于历史趋势、季节性变化和即时环境因素，预测可能的极端天气事件和水文动态。此外，机器学习算法可被训练识别潜在的风险模式，提前触发警报，以便采取预防或应急措施。在面临洪水威胁时，实时监测系统能够提供精确的河流水位和流量变化数据，结合地理信息系统

（GIS）数据来评估洪水扩散的潜在影响范围。通过分析这些数据，预警系统可以预测即将发生的洪水事件，并启动预警流程，包括通知下游地区、启动应急响应计划以及调整水库泄洪操作等。同样，在干旱情况下，实时监测系统通过分析水源状况和用水需求预测可能的供水短缺，从而启动相应的节水措施和应急供水安排。这种系统还能够辅助灌溉管理，通过监测土壤湿度和天气预报来优化灌溉时间和量，以提高水的利用效率。

（三）工程维护与运行优化

通过集成和分析来自多个源的大量数据，管理者能够获得深刻的洞见，以更精细和高效的方式执行维护计划，并优化工程运行。利用传感器和物联网（IoT）设备收集的数据，管理人员可以实时监控水坝、堤防、水库和其他水利设施的健康状况。这些数据包括结构应力、渗漏量、裂缝宽度及其他关键指标。通过将数据与历史维护记录和环境因素相结合，大数据分析可以揭示潜在的问题和维护需求，从而预防潜在故障或灾害的发生。此外，大数据技术可以用于优化水力发电站、灌溉系统以及供水和排水设施的运行效率。通过分析消费模式、天气预报和水资源状况等数据，智能算法能够预测需求变化并相应地调整资源分配。例如，在灌溉系统中，通过对土壤湿度、作物需水量和气候变化数据的分析，可以实现精准灌溉，既节省了水资源，又保证了作物生长所需的水量。大数据还有助于实现能源消耗的最优化。在水电站中，通过分析河流流量、水库水位和电力市场需求等数据，可以确定最佳的发电时机，以提高能源产出和经济效益。同时，通过长期跟踪分析，可以识别出设备性能下降的趋势和模式，以便进行及时的维修替换，确保系统的可靠性和稳定性^[4]。

（四）灾害风险评估与应急响应

首先，大数据技术可以汇集包括气象数据、水文数据、地质信息以及历史灾情记录等多种数据源。这些数据经过清洗、整合后，可用于建立复杂的模型，以模拟降雨、洪水、干旱和地震等自然事件对水利设施及周边区域的潜在影响。模型可以预测不同情景下的水位变化、泛滥范围、洪水路径和可能的影响程度，从而为防灾减灾规划提供科学依据。其次，借助机器学习和人工智能技术，可以从历史灾害事件中提取模式，识别那些可能导致突发水灾或长期水安全问题的因素。这种预测性分析允许管理者提前采取预防措施，比如加固堤坝、调整水库运行策略、优化防洪排水系统等。当面临紧急情况时，大数据分析能够提供实时的监测数据和预测结果，帮助应急管理者迅速做出反应。例如，在一个洪水事件中，实时数据不仅能够指导居民的疏散，还能够协助决策者制定泄洪方案，同时调配救援资源和物资。此外，大数据平台还可以融合社交媒体和其他即时通讯渠道的数据，对公众的报告和求助信息进行分析，以便更

有效地响应社区的具体需求。在灾后恢复阶段，大数据技术继续发挥作用。通过对受灾区域的损害情况进行详细分析，可以确定重建的优先顺序和资源分配，确保恢复工作既高效又有序。同时，对于造成的环境影响进行评估，制定相应的环境修复计划。

（五）智能灌溉与用水管理

大数据技术能够整合土壤湿度传感器、气象站数据、作物需水量模型以及地下水位监测等多种信息源。这些数据被用于构建智能灌溉系统，该系统能够根据实时的环境和植被状况自动调整灌溉计划。例如，通过分析天气预报和土壤湿度数据，智能系统可以预测何时以及在哪些区域需要灌溉，从而避免过度或不足灌溉，节省水资源并提高作物产量。此外，大数据技术还有助于优化工业和城市用水管理。通过分析水使用模式、泄漏检测数据和供水系统的性能参数，可以识别出节水潜力和系统效率改进的机会。例如，在一个城市供水系统中，通过实时监控管网流量和压力，结合用户消费数据，可以检测到潜在的漏损点，及时修复以减少损失。同时，通过对历史和实时数据的深入分析，可以预测未来的水需求趋势，为城市规划和资源分配提供决策支持。在更高层次上，大数据分析还可以辅助政策制定者评估水资源管理的可持续性。通过汇总和分析跨区域的用水数据，可以评估不同水源的利用效率和再生能力，确保水资源的合理分配和长期平衡。这种宏观管理对于应对日益紧张的水资源状况至关重要^[5]。

五、大数据技术在水利工程管理应用中的未来发展趋势

（一）环境保护与可持续性

一是通过大数据分析支持环境影响评估。水利工程的建设和运营往往伴随着对自然环境的改变，因此，准确评估工程对周边生态系统的潜在影响至关重要。利用大数据技术，可以收集和分析关于水质、土壤湿度、生物多样性等多维度的环境数据。通过这些数据的时空分析，管理者能够预测工程对环境的潜在影响，制定缓解措施，并持续监控生态变化，确保水利工程与自然环境的和谐共存。二是推动环境监测和保护行动的智能化。随着物联网传感技术的发展，大数据技术将更多地与传感器网络结合，实现对水质、水量、生态环境等因素的实时监测。这种智能化监测不仅可以及时发现污染事件，还能长期跟踪环境变化趋势，为科学研究和政策制定提供数据支持。此外，通过机器学习等算法，可以从大量复杂数据中识别出环境改善的关键因素，指导具体的保护行动。三是辅助应对气候变化带来的挑战。气候变化对水资源分布和可用性产生重大影响，大数据技术的应用可以帮助水利工程师更好地理解 and 预测这些变化。通过对气候模型的输出数据和历史水文数据的集成分析，可以预测未来可能的的水情变化，从而调整水利工

程规划和管理策略，提高抗灾能力和水资源的安全。

（二）人工智能的结合

一是智能预测与决策支持。AI能够通过机器学习算法分析历史数据和实时数据，为水利工程管理提供更为准确的预测模型。这些模型可以预测水资源供需、水质变化、降雨量等关键指标，帮助管理者做出更科学、合理的决策。例如，AI可以根据当前的气候条件和水库水位，自动调整水电站的发电计划或灌溉系统的配水方案，以实现资源的最优化利用。二是模式和异常检测。在大规模水利系统中，AI技术可以帮助识别消耗模式、泄漏检测和非正常用水行为。通过深度学习等技术，系统能够从海量数据中学习和识别出正常运行的模式，当出现偏离这些模式的情况时，AI可以迅速识别并发出警报。这对于及早发现水资源浪费、非法取水活动或系统故障具有重要意义。三是人机交互与智能服务。AI技术将使得水利工程管理更加智能化，提供更加友好的人机交互界面和服务体验。例如，通过自然语言处理技术，管理人员可以通过语音或文字与系统进行交互，查询信息或下达指令。同时，AI也可以为公众提供个性化的水服务建议，如节水提示、洪水预警信息的推送等。

六、结语

大数据技术在水利工程管理中的应用展现了巨大的潜力和优势，它不仅提高了数据处理的效率和准确性，还为资源的合理配置和预测决策提供了强有力的支持。然而，要充分发挥大数据技术的作用，还需要解决数据安全、隐私保护、技术标准和人才培养等问题。未来，随着技术的不断进步和政策的支持，大数据技术将在水利工程管理中扮演更加重要的角色，为实现水资源的高效利用和可持续发展做出更大贡献。

参考文献

- [1] 奚宏. 大数据技术在水利工程管理中的应用[J]. 河南水利与南水北调, 2022, 51(10): 102-103.
 - [2] 李文静, 黄梦超. 工程大数据在水利工程建设管理中的应用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2021, (07): 175-176.
 - [3] 杜灿阳, 张兆波, 刘震. 工程大数据在水利工程建设管理中的应用[J]. 东北水利水电, 2020, 38(12): 58-61+72.
 - [4] 刘庆泉. 大数据技术在水利工程建设运营管理中的应用研究[J]. 科技创新与应用, 2019, (23): 175-176.
 - [5] 赵月. 浅谈大数据在水利工程建设管理中的应用[J]. 河北水利, 2018, (11): 30.
- 作者简介: 王艳芬(出生于1976年10月), 性别: 女, 民族: 汉, 籍贯: 安阳县, 学历: 本科, 职称: 工程师, 一级水利造师工程师、水利监理工程师、二级水利建造师, 现在安阳县财政局预算投资评审中心工作。