

基于大数据的智慧水库管理方法

曹万里¹ 汪清芬² 魏士杰³

1 沔洪县双沟水利站, 江苏溧洪, 223900;

2 沔阳县水利局穿城水务站, 江苏溧阳, 223700;

3 沔洪县魏营水利站, 江苏溧洪, 223900;

摘要: 一种基于大数据的智慧水库管理方法, 包括步骤: S1. 水库水质监测; S2. 水库水质分析; S3. 水库水位预测; S4. 用水调度分析; S5. 大坝安全监测; S6. 设备状态监测; S7. 水库安全分析, 通过分析水库各时间点各检测点水样的水质参数筛选水库各检测点各污染时间段, 通过获取各区域各时间段的用水量分析各区域各时间段的输送水量, 进而在各时间段对各区域进行用水输送, 根据水库各未来时间点水位预测最大值、水库大坝的安全评价系数、水库设备的状态评价系数, 分析得到水库的安全综合评价指数, 并对其进行反馈, 有助于全面评估水库的安全状况, 及时发现潜在风险和问题。

关键词: 大数据; 智慧; 水库管理; 方法

DOI: 10.69979/3060-8767.26.01.032

1 背景技术

在当今时代, 随着科技的飞速发展, “智慧水库”的概念应运而生。

水库作为重要的水利基础设施, 在防洪、供水、灌溉、发电等方面发挥着至关重要的作用, 然而, 传统的水库管理模式存在着效率不高、信息不及时、决策缺乏科学性等问题。

在这样的背景下, 智慧水库的出现具有重要意义, 它借助先进的信息技术, 如物联网、大数据、人工智能等, 实现对水库各项数据的实时监测和精准分析, 通过智能化的监控系统, 可以实时掌握水库的水位、水量、水质等关键信息, 及时发现潜在的风险和问题。

如现有的申请号为 201710087916.9 的中国专利公开了水库管理系统, 该方案通过当水位计检测到闸门上游水位高于最高水位时, 工控机将数据传至控制台并接受运行指令, 控制变频器输出相应电源信号让卷扬机开启闸门, 同时根据闸位计数据控制闸门开度; 当水位低于最低水位时, 同理控制变频器让卷扬机关闭闸门, 同时还能通过水位计监测水库水位上升速率, 若高于最高限制速率, 工控机就会发送报警信号至控制台进行警示, 实现水资源的合理调节和利用。

但是上述技术中存在以下问题:

(1) 该方案只针对根据水位控制闸门开度, 未涉及用水调度, 不能根据不同区域、不同时段的用水需求

进行合理的水资源分配, 可能导致某些区域用水紧张而其他区域水资源浪费的情况, 无法实现水资源的高效利用和优化配置。

(2) 该方案没有涉及到水库相关设备的故障分析, 比如大坝位移和应力、水库设备的振动频率等, 可能会使一些潜在的设备故障不能被提前察觉和预防, 增加了系统运行的风险。

2 技术方案

为了克服背景技术中的缺点, 提供了一种基于大数据的智慧水库管理方法, 能够有效解决上述背景技术中涉及的问题。

一种基于大数据的智慧水库管理方法, 该方法包括以下步骤:

S1. 水库水质监测: 对水库各时间点各检测点水样的水质参数进行检测, 水质参数包括酸碱度、溶解氧浓度、浊度。

S2. 水库水质分析: 根据水库各时间点各检测点水样的水质参数分析得到水库各时间点各检测点水样的水质评价系数, 进而分析得到水库各检测点各污染时间段, 并对其进行反馈。

S3. 水库水位预测: 获取各历史时间点水库各检测点的水位、各历史时间点水库当地的降雨量、气温, 分析得到水库各未来时间点水位预测最大值。

S4. 用水调度分析: 获取各区域各时间段的用水量,

并结合水库的水库的实时可输送水量分析得到各区域各时间段的输送水量，进而在各时间段对各区域进行用水输送。

S5.大坝安全监测：对各大坝检测点的安全参数进行检测，分析得到水库大坝的安全评价系数，安全参数包括位移量、应力合格程度。

S6.设备状态监测：对水库各设备的状态参数进行检测，分析得到水库设备的状态评价系数，状态参数包括各监测时间点温度、振动频率、维护保养时间间隔。

S7.水库安全分析：根据水库各未来时间点水位预测最大值水库大坝的安全评价系数 ω 、水库设备的状态评价系数分析得到水库的安全综合评价指数，其中 u 表示第 u 个未来时间点的编号， $u=1,2,\dots,v$ ，并对其进行反馈。

3 具体实施方案

请参阅图1所示，提供一种基于大数据的智慧水库管理方法，该方法包括以下步骤：

S1.水库水质监测：对水库各时间点各检测点水样的水质参数进行检测，水质参数包括酸碱度、溶解氧浓度、浊度。

请参阅图2所示，所述水库水质监测的具体分析方法为：

第一步，按照设定间距在水库中选取若干个检测点，同时根据设定间隔时长选取若干个时间点，记为各时间点，并分别在各时间点从水库各检测点采集设定量的水样，记为各时间点各检测点水样，通过PH传感器对各时间点各检测点水样的酸碱度进行检测，得到水库各时间点各检测点水样的酸碱度；有助于掌握水库水质的酸碱分布规律，及时发现异常酸碱变化情况，为后续的水质分析和治理提供基础数据，对于维持水库生态平衡和保障用水安全有重要意义。

第二步，连接溶解氧测定仪，将溶解氧电极分别插入各时间点各检测点水样中，通过溶解氧测定仪读取水库各时间点各检测点水样的溶解氧浓度；有助于评估水库的生态健康程度，对于水生生物保护、水生态系统稳定以及判断水体是否可能出现缺氧等问题具有关键作用。

第三步，通过浊度传感器对各时间点各检测点水样的浊度进行检测，得到水库各时间点各检测点水样的浊度；对于判断水质的清洁程度、可能存在的污染情况以

及对后续水处理工艺的选择和调整都有指导意义，同时也关系到水库的景观功能和水资源的利用价值。

S2.水库水质分析：根据水库各时间点各检测点水样的水质参数分析得到水库各时间点各检测点水样的水质评价系数，进而分析得到水库各检测点各污染时间段，并对其进行反馈。所述水库水质分析的具体分析方法为：

第一步，读取水库各时间点各检测点水样的酸碱度、溶解氧浓度、浊度，分别记为 PH_{im} 、 o_{im} 、 ξ_{im} ，其中 i 表示第 i 个时间点的编号， $i=1,2,\dots,n$ ， m 表示第 m 个检测点的编号， $m=1,2,\dots,q$ ，将其代入到公式

$$\chi_{im} = \frac{PH'}{|PH_{im} - PH'| + 1} * \phi_1 + \frac{o'}{|o_{im} - o'| + 1} * \phi_2 + \ln\left(1 + \frac{\xi'}{\xi_{im} + 1}\right) * \phi_3$$

得到水库各时间点各检测点水样的水质评价系数 χ_{im} ，其中 PH' 、 o' 、 ξ' 分别表示预设的酸碱度、溶解氧浓度、浊度的参考值， ϕ_1 、 ϕ_2 、 ϕ_3 分别表示预设的酸碱度、溶解氧浓度、浊度的权值因子；能够直观地比较不同时间和检测点的水质状况，有助于快速了解水质的优劣程度，为后续的分析和决策提供依据。需要说明的是，在一种具体实施例中， ϕ_1 可以设定为0.4， ϕ_2 可以设定为0.4， ϕ_3 可以设定为0.2，溶解氧对水生生物的存活和生态系统的稳定极其关键，水生生物的呼吸依赖充足的溶解氧，其含量不足会严重影响生物多样性和生态平衡，而且它能直观反映水体的自净能力和健康程度；适宜的酸碱度范围对于水生生物的生长发育、繁殖以及水体中化学物质的存在形态和反应等都有重要影响，过酸或过碱的环境会对水生生物造成伤害，也会影响水体的化学性质；浊度主要影响水体的透明度和感官，虽然不像溶解氧和酸碱度那样直接关乎生物生存和化学性质，但过高的浊度会影响水生植物光合作用、鱼类等生物的视觉和觅食等，也可能暗示着泥沙等物质的异常输入，因此酸碱度、溶解氧浓度对应的权重较高。

第二步，以相邻时间点为一组，记为各相邻时间点组，通过对相邻时间点组水库各检测点水样的水质评价系数进行作差得到水库各相邻时间点组各检测点水样的水质评价系数差值，将水库各相邻时间点组各检测点水样的水质评价系数差值同预设的水质评价系数差值阈值进行比对，若水库某相邻时间点组某检测点水样的水质评价系数差值大于或等于预设的水质评价系数差

值阈值，则将该时间点组记为污染时间段，统计水库各检测点各污染时间段，对其进行反馈；可以及时发现水质的突变情况，精准定位可能出现污染的时间段和区域，以便采取针对性的措施进行治理和干预，提高对水库水质变化的监测和应对效率，保障水库的水质安全和稳定。

S3.水库水位预测：获取各历史时间点水库各检测点的水位、各历史时间点水库当地的降雨量、气温，分析得到水库各未来时间点水位预测最大值。

所述水库水位预测的具体分析方法为：第一步，从管理数据库中读取水库的水情历史数据，按照预设的时间长度对水情历史数据进行时间点选取，记为各历史时间点，从水情历史数据中提取各历史时间点水库各检测点的水位，同时同气象部门进行联网，获取各历史时间点水库当地的降雨量、气温；能够全面了解水库过去的水位变化情况以及与气象因素的关联，为建立准确的预测模型提供数据基础，同时获取当地的降雨量和气温信息可以更好地分析水位变化的影响因素。

第二步，利用线性回归模型，将水位作为因变量 Y，降雨量、气温作为自变量 X1、X2，计算得到线性回归方程 $Y = aX_1 + bX_2 + c$ ，从气象部门获取各未来时间点的降雨量预测值和气温预测值，将其代入线性回归方程，计算得到水库各未来时间点各检测点的水位预测值，从水库各未来时间点各检测点的水位预测值中筛选出最大值，记为水库各未来时间点水位预测最大值，记为可以提前对水库未来的水位情况进行预估，这对于水资源管理、防洪抗旱决策、水利工程规划等具有重要的指导意义，有助于提前做好应对措施，降低潜在风险和损失。需要说明的是，在一种具体实施例中，存在一组数据：降雨量(mm): 10, 15, 25, 25。气温(°C): 20, 25, 30, 35。水位(m): 1.5, 1.8, 2.2, 2.5。设线性回归方程为 $Y = aX_1 + bX_2 + c$ ，首先计算各变量的均值：降雨量均值气温均值水位均值计算各项的偏差乘积和得到 12.5, 7.5, 125, 125，进而计算得到回归系数： $c = 2 - 0.1175 \cdot 0.06275 = 0.2$ ，计算得到线性回归方程： $Y = 0.1 \cdot X_1 + 0.06 \cdot X_2 + 0.2$ 。

S4.用水调度分析：获取各区域各时间段的用水量，并结合水库的水库的实时可输送水量分析得到各区域各时间段的输送水量，进而在各时间段对各区域进行用水输送。

请参阅图 3 所示，所述用水调度分析的具体分析方法为：第一步，按照设定面积将水库供水范围划分为若

干个区域，记为各区域，对各区域进行行业划分，记为各行业区域，同时按照固定时长划分时间段，分别从管理数据库中读取各区域各时间段的用水量，将各区域各时间段的用水量分别按照划分的行业求取均值，得到各行业区域各时间段的平均用水量，进而分析得到各行业区域的用水量占比；能够清晰了解整个供水范围内用水的具体分布和特点，为后续的分析和决策提供基础数据，有助于针对性地进行水资源管理和规划。需要说明的是，所述行业区域可划分为农业区域、工业区域、商业区域、居民生活区域、旅游休闲区域等。需要说明的是，所述各行业区域的用水量占比的具体分析方法为：读取各行业区域各时间段的平均用水量，记为 Q_{jp} ， j 表示第 j 个行业区域的编号， $j = 1, 2, \dots, g$ ， p 表示第 p 个时间段的编号， $p = 1, 2, \dots, l$ ，通过公式得到各行业区域的用水量占比 ϵ_j 。

第二步，将各行业区域的用水量占比同预设的用水量占比阈值进行比对，将用水量占比大于或等于预设的用水量占比阈值的行业区域对应的行业记为高耗水行业，用水量占比小于或等于预设的用水量占比阈值的行业区域对应的行业记为一般用水行业；可以明确重点关注和管理的对象，对于高耗水行业可以采取更严格的节水措施或进行合理调控，以实现水资源的优化配置。

第三步，读取各区域各时间段的用水量，将其分别同预设的用水量阈值进行比对，将各区域的用水量大于或等于预设的用水量阈值的时间段记为用水高峰时段，筛选出各区域的各用水高峰时段；有利于合理安排供水，在用水高峰时段做好充足准备，保障供水的稳定性和可靠性。

第四步，分别按照设定为高耗水行业、一般用水行业、用水高峰时段分配用水权值，通过对其进行累加得到各区域各时间段的用水权值，同时获取水库的实时可输送水量，通过用水库的实时可输送水量乘以各区域各时间段的用水权值，得到各区域各时间段的输送水量，由此在各时间段对各区域进行用水输送；能够更加科学合理地分配水资源，根据不同区域、行业和时段的特点进行差异化供水，提高水资源利用效率，同时也能更好地满足各方面的用水需求。

4 有益效果

(1) 根据水库各时间点各检测点水样的水质参数分析得到水库各时间点各检测点水样的水质评价系数，

进而分析得到水库各检测点各污染时间段，并对其进行反馈，能够及时准确地了解水库不同时间点和检测点的水质状况，有助于针对性地采取治理和保护措施，提升水库水质，保障水资源的安全和可持续利用。

(2) 通过获取各历史时间点水库各检测点的水位、各历史时间点水库当地的降雨量、气温，分析得到水库各未来时间点水位预测最大值，有利于水资源的合理规划和调度。可以提前做好应对不同水位情况的准备，比如在干旱时期合理分配水资源，在洪水时期做好防洪措施等，保障水库的正常运行和周边地区的安全。

(3) 通过获取各区域各时间段的用水量，并结合水库的水库的实时可输送水量分析得到各区域各时间段的输送水量，进而在各时间段对各区域进行用水输送，能够实现水资源的优化配置，确保各区域用水需求得到满足，提高水资源利用效率，避免水资源的浪费或不合理分配。

(4) 根据水库各未来时间点水位预测最大值、水库大坝的安全评价系数、水库设备的状态评价系数，分析得到水库的安全综合评价指数，并对其进行反馈，有助于全面评估水库的安全状况，及时发现潜在风险和问

题，以便采取相应的维护、加固或改进措施，确保水库大坝和相关设备的安全稳定运行，保障水库功能的正常发挥。

参考文献

- [1] 刘成栋,向衍,张士辰,等.水库大坝安全智能巡检系统设计与实现[J].中国水利,2018(20):3. DOI: 10.3969/j. issn. 1000-1123. 2018. 20. 010.
- [2] 盛金保,向衍,杨德玮,等.水库大坝安全诊断与智慧管理关键技术与应用[J].岩土工程学报,2022(007):044. DOI: 10. 11779/CJGE202207013.
- [3] 赵龙,孙浴龄,杨帆.基于数字孪生的密云水库智慧化管理系统设计与应用研究[J].互联网周刊,2025(16).
- [4] 乐伊雄,李成易,王瑜.智慧水利大数据平台建设[J].服务科学和管理,2024, 13(4):409-413. DOI: 10.12677/ssem. 2024. 134051.
- [5] 张为正,全琦.基于数字化转型背景下的水库智慧化管理应用研究[J].产业技术创新,2024, 6(3):103-106.