

基于 AI 技术的智慧水务平台的建设研究

刘海牙 张雁佳

深圳市水务(集团)有限公司

摘要: 针对城市给水管网中存在的问题,设计开发一套基于智能控制技术的城市智慧水务管理平台。结合物联网、云计算和人工智能等技术,对给水设施进行实时监测,减少维修费用;基于收集到的信息,采用人工智能的方法,可以对给水设施的运行状态进行预测,为供水设施的安全运行提供依据。实际应用证明,本方案对提高城市生活用水质量具有较好的效果。

关键词: AI技术; 智慧水务; 水务平台; 平台建设

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.16.079

引言

“十四五”规划指出,要加强对污染的控制,要加强对环境的管理,要做到精准、科学、法律、系统地水务管理,同时推进减污减排工作,使我国的水环境质量持续得到提高。在我国大力推动生态文明的进程中,加强对水环境的信息系统的建设,进行准确管理,并在新时代背景下构建完善的江河湖泊动态监控体系,已经成为时代的必然趋势。经过几年的保护与治理,我国不少河流、湖泊以及流域都已初步形成了相应的水环境监管制度。但现有的环境监控系统尚不完善,环境综合监督的现代化水平不高,综合决策的智能化程度较低,无法满足对决策的科学化与精细化的要求^[1]。

一、平台建设的必要性

(一) 融合治理水务规划数据的需要

目前,在我国的城市水务管理工作中,数据分散于不同的系统,导致数据太过无序,存在着不同部门之间的信息孤岛问题。同时,数据来源于不同的源头,管理不够规范,管理手段较为简单,规划工作不够统一,数据基础不够扎实,难以为税务管理工作提供支持和保障。需通过对水务信息的进一步整合,构建出覆盖城市不同系统、数据来源足够统一的基础管理设施,可以保证数据管理空间关系的逻辑清晰,结果更为标准和统一。

(二) 顺应推进智慧水务发展的需要

美国管理学大师罗素·艾可夫构建了“数据-信息-知识-智能”的DIKW系统。这里的数据是指原始资料;信息是将原资料进行集成后所产生之逻辑资料;知识是把所获得的资料与现实相联系,从而使得所抽取的资料能够用于商业或科研;所谓智能,就是通过各种技术方法,最大限度地利用信息。这也符合我国智慧水务的理念。为了更好地促进地区信息化建设,更好地适应和推

动成熟智慧水务系统建设,迫切需要建立一个以数字水资源管理系统为基础的一体化管理系统。

(三) 建立健全水务规划体系的需要

参照地区土地规划的整体架构以及水资源规划的有关规定,建立市级、流域、区级三级规划管理体系,统筹规划编制、规划执行、规划保障、规划监管等四大子系统,可实现对水资源规划工作的闭环管理。

二、设计目标

基于国土调查等资料,对区域内的智慧水务空间大数据进行集成,构建覆盖全市的、动态更新的、权威的、统一的水务规划大数据平台,并开展水务规划的实际案例研究,为地区水务规划的编制、审批、实施、评估、监督等环节提供支持,实现闭环管理,保障水务规划的高质量发展。

三、基于 AI 技术的智慧水务平台的建设策略

(一) 系统功能模块

1. 管理驾驶舱

将现有的 SCADA系统数据、水质数据、地理信息系统和巡检数据、水表计量数据、用户数据、收费数据等进行整合,实现对供水系统核心指标和水厂的核心运行数据展示,为各个层次的生产经营管理人员提供一个统一的管理板块,对整个生产流程中的海量生产运行数据、水质化验数据、设备运行数据、工艺数据等进行深入的分析,以一种可视的形式,为数据监控、统计和分析提供一个管理座舱^[2]。

2. 水源地管理系统

为了保证水源的水质安全,在供水点的上游1000 m和下游200 m的地方修建一道防护网,在两道防护网的中间都要浇筑一层防护网;并做好水源地的视频监控和保护工作。

3. 水质在线监测预警系统

建立水环境质量早期预警和监控系统。对原水、工艺水、出厂水和管网水进行连续24 h的在线检测,其中包括余氯、浊度、生物毒性、总锰和 TOC。根据国家规定、地区给水标准以及当地的水资源现状,在此体系中设立标准线和内部控制线,对各水厂进行水质的实时监控和预警,当发现有任何问题时,会立即启动三级警报,并将警报消息发出,使工作人员能够对自来水厂和管网水的质量状况进行掌握,并对质量进行更好的监控。水质预警监测平台画面如图1。通过分析水质传感器数据,配合事件报警规则,以监测污染物、浑浊度和

其他水质参数。这有助于确保供水水质符合法规标准。基于人工智能的智能视频分析方法，通过对污水处理过程中的过滤、电机、传动装置等关键部件进行实时监测，实现对水处理装置（如振动、温度、运行状态等）的监测。不但帮助保证部件的正确工作，而且还能预先检测出问题，组织维修。通过本项目的研究，可以实现对装置运行速度、生产效率、过滤效果等性能的评价，方便生产厂家和操作者对装置进行工艺优化，减少能耗，延长装置的使用寿命。



图 1 水质预警监测平台画面

4. 任务管理系统

任务管理系统将各部门之间的信息隔离开来，可以让多个部门进行工作协同，不管是生产运行系统中产生的生产类工单、巡检类工单，还是其他种类的工作协同，例如报警等。根据这些工作单的源头和不同的体系，将它们导入到各自的工作单中，从而构成了一个工作单的闭环，从而达到了整个过程的控制和监控目的^[3]。

5. 生产及运行监控管理系统

完成药剂管理、电力消耗管理、突发事件处理和应急计划管理等工作。

6. APP应用

通过手机，用户可以方便地查看已经安装在该软件平台上的各个测量点的实时资料以及相关的信息，并且还可以以适用于手机显示的模式进行查看和操作，让工作不受空间和场景限制，从而大大提升企业的生产运行效率。

7. GIS地理信息系统

采用管道 GPS 技术，将远程流量计、远程压力传感器、电动调节阀等设备连接到给水干线上，通过对给水管道进行水质、压力的实时监测，可以实时监测管网的工作压力和流量，并对其进行准确的定位，达到“有漏必修”的目的。

8. 污水处理系统

与污水处理厂的中控平台采集到的数据相结合，以

及其他排污企业的新设备采集到的数据进行集成处理，并将其展示在大屏幕，整合各方资源，建立“直观展示、实时监测、数据总览”的大数据展示平台。

在智能化无人操作方式下，设备以污水处理区域内的传感器节点（液位计、氧浓度传感器、污水流量计、PAC加药计量泵等）为基础，通过对各节点的数据进行智能化决策，实现污水处理厂各受控环节的自动控制，确保污水处理系统的稳定高效运行。此外，还通过通信网络，对污水处理环境、外部环境信息、污水处理状况进行智能感知、可视化管理智能、智能决策、智能分析、智能预警等功能，让管理人员能够在远距离地对污水处理系统的各项数据进行实时浏览，并将自己的经验与云计算的决策状况相融合，从而达到提高污水处理系统运行效率的目的。

通过在污水处理厂进/出水口、厂内的污水处理观察口、关键处理设备、加药间等关键部位安装摄像机，对重点处理环节进行实时监视，可取得良好的效果。使用硬盘刻录机接入排污企业排水口视频监控数据，实现视频监控数据的轮询显示、操作以及历史的查询回放等功能。通过部署指挥水务AI智慧巡检系统，可对厂区内关键点位的摄像头数据进行拉取，和AI自动分析，实时智能监测厂区内是否出现人员安全、设备损坏、非正常生产现象等情况，一旦发现异常，立刻向中控值班室发出预警信号，并保存异常发生时刻的监控截图等关键数据。

在厂外污水企业排水口配置流量监测设备，并将采集到的数据上传到智能排污管理平台，对流量、水质进行统计控制。主要包括：①流量统计②水质监控及相应状态报警；③排污单位阀门开闭控制；④远程抄表。

9. 模型建设

利用DBN-BP网络建立水质预报的数学模型，实现了对水质的预报。（1）BP算法的学习流程DBN-BP算法的构建，该算法的建模步骤包括：1）以各供水站的实测值为初始值，以各监测点的水质信息为网络的输入参量。2）数据预处理：首先对已获取的csv数据进行预处理，并在此基础上对数据进行统计分析，根据数据情况，对其进行标准化，并根据滑动窗的大小将其划分为训练样本和检验样本。3）计算内嵌层数及结点数目。本项目拟采用基于约束玻尔兹曼机器（RBM）的分层预训练方法，将各层的学习结果转化为BP神经网络的输入，利用BP神经网络对各层的偏差进行逆向修正，获得具有最佳收敛性能的数学模型，再调整相关的参数，实现对模型的逆向修正。在此基础上，通过连续学习来调整网络中的隐含层数目以及网络中的结点数目，从而得到最优的网络结构。4）模型优化，根据预测的结果，选取激励和权值最优解，调节各子模块的参数，提

高了算法的性能。5) 预报水质资料, 并对预报的结果进行分析^[4]。

该模型包含多个隐藏层, 其隐藏层数目和层数对其预测结果具有重要的作用, 隐藏层必须达到1级以上, 在优化模型的过程中, 需要通过优化隐藏层的数目和数量来提高模型的计算速度和精度。当前, 国内外有关研究人员尚无精确地求解隐藏层结点数目及层数的精确算法或公式, 仍需通过试验及经验加以验证。对于通用隐藏层的结点, 引用的经验公式是:

$$m = \log_2 n$$

$$m = \sqrt{nl}$$

这里, m 是隐含层结点的数量, n 是输入层结点的数目, l 是输出层的结点, 本项目拟采用同一采样点, 采用参照计算方法, 采用同一采样点进行多组试验, 通过比较试验确定各隐藏层结点数目, 建立最优化的DBN-BP神经网络网络结构。实验结果表明, 当学习基元层数越多, 其建模能力越强, 对神经网络的预测效果也越好, 但当学习层数目增多时, 其学习速度也会随之增大。实验结果表明, 采用双层隐含层模型的预测精度是最好的, 在第1级和第2级分别有20个结点和40个结点的情况下, 其预测精度最大。为此, 构建一种基于两级RBM的深层信念网络, 并在其基础上加入BP神经网络。

在此基础上, 以InfluxDB序列库中的时间聚集查询为例进行了实例分析, 结果如表1, 证明该模型有效。

表1 数据检索测试结果

投入 / 行动	预期产出 / 响应	与预期相符
200,000 条数据资料	获取不到 1 秒	符合预期
2,000,000 条数据资料	获取不到 1 秒	符合预期
2,000,000 条数据资料	获取不到 1 秒	符合预期

(三) 应用场景

1. 数据决策分析

建设6个版块, 涵盖水源地、水质管理、能源消耗、泄漏等方面, 已经形成了通用的管理决策分析报告, 可以在大屏幕、PC和手机上实时地查看。为用户提供一个统一的数据报告入口, 可以对不同的业务项目进行统一的数据存取与管理, 大大减轻了各个单位的统计工作负担, 实现了对报告的自动化抽取, 取消了手工统计、纸张报告等操作。各个层次的管理者都可以对企业的生产操作情况进行实时监控, 从而可以很好地克服以前由于信息采集不完整或系统响应延迟而造成的问题, 提升了数字化决策水平。

2. 以最优方式实现中央化的排产运作

实行集中的制造计划, 以改善生产力; 通过对维修资源的集成, 达到对维修工作的统一管理, 使工作单处理周期减少30%, 维修工作效率提升20%-30%, 极大地提升管理的执行效能, 保证设备的安全稳定^[5]。

3. 乡村用水一体化

通过大屏幕的可视化图形和GIS图形的方式, 实现了设备、报警信息、视频监控、综合分析、水质等方面的信息的集成和生成。当前, 全部测绘管网资料都已经进入到仓库中, 登录时间、查询管网信息和属性信息的时间都不到3秒钟, 当有50个人同时上线时, 网络公布的实时屏幕更新时间不会超过1秒, 执行供水管网信息系统下的服务需求, 比如传输6000多户的用户信息, 需要30秒钟的时间才能有效地进行对空间信息的查询和分析。

结论

综上所述, 建设智慧水务平台体系涉及的技术较多, 要根据平台的特点和需求来选择和使用。通过构建智慧水务系统, 可以对供水管网进行全过程监控, 准确定位出管网中的漏水点, 为配水调度、智慧管网建模和实际应用等方面提供支撑。就目前而言, 大多数区域的智慧水务只具备以上几种基本功能, 还有一些区域还没有实现。今后的工作重点应放在基于现有技术的智能供水系统的建设上, 重点在于结构的稳定性, 技术的选择, 以及方便的管理。从未来的发展来看, 未来的智能水务将会呈现功能拓展、容量优化、降低费用等方面的发展方向, 这也为未来的应用开辟新的思路与空间。

参考文献

- [1] 孙展, 邢文雅. 污水处理厂智慧管控平台的设计要点概述[J]. 智能建筑与智慧城市, 2024, (01): 154-156.
- [2] 神旗数码长春智慧水务平台建设实践[J]. 软件和集成电路, 2024, (01): 56-57.
- [3] 付燕琴. 智慧水务在农村饮水安全工程管理中的应用[J]. 黑龙江粮食, 2023, (12): 112-114.
- [4] 吴学伟, 罗斌, 袁永钦等. 把智慧水务建设成城市新名片——广州市自来水供水加压站智慧化升级改造实践[J]. 创新世界周刊, 2023, (12): 86-94.
- [5] 焦云强, 李晨光, 王建平等. 石化企业“智慧水务”建设及未来发展思考[J]. 石油化工自动化, 2023, 59(06): 58-64.

作者简介: 刘海牙, 男(1986年3月), 湖南常宁, 汉族, 本科, 洪湖水质净化厂厂长, 研究方向: 设备管理与污水处理工艺研究。