 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i1.4486

Development and Application of a Dual-Source Based Groundwater Environment Monitoring and Early Warning Platform

Xinxin Wang Peng Hu Meiqin Sun Rui Wu Xulong Gao

Wuhan Zhibo Chuangxiang Science and Technology Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

Abstract

This article proposes a comprehensive groundwater environment monitoring and early warning platform that integrates groundwater dynamic monitoring, data management, analysis, early warning, quality evaluation, assessment, and decision support based on the requirements of groundwater environment monitoring data management. We have developed a groundwater environment monitoring and early warning platform using microservice technology, multi-source heterogeneous automatic recognition technology, and early warning technology. This platform not only realizes automatic and intelligent monitoring of groundwater environment for online monitoring wells, but also constructs a groundwater environment management system for the entire business process of groundwater environment monitoring, early warning, evaluation, and assessment. It provides convenient and efficient business tools for groundwater environment management personnel and helps with groundwater environment protection.

Keywords

Online monitoring of groundwater; Groundwater quality assessment; Dual source data

基于双源的地下水环境监控预警平台研发与应用

王鑫鑫 胡鹏 孙美琴 吴瑞 高旭龙

武汉智博创享科技股份有限公司，中国 · 湖北 武汉 430000

摘 要

本文基于地下水环境监测数据管理要求，提出了一款集地下水动态监测、数据管理、分析、预警、质量评价、考核及决策支持于一体的综合性地下水环境监控预警平台。采用微服务技术、多源异构自动识别技术和预警技术，研发了地下水环境监控预警平台，该平台不仅对在线监测井实现地下水环境自动化、智能化监控，而且构建地下水环境监测、预警、评价、考核等全业务流程的地下水环境管理体系，为地下水环境管理人员提供便捷、高效的业务工具，助力地下水环境保护工作。

关键词

地下水在线监测；地下水质量评价；双源数据

1 引言

在工业化进程的飞速发展和人类活动日益频繁的今天，地下水正面临前所未有的挑战和压力。农业活动、富营养化、生活垃圾与废水、工业排放等污染源将有害物质不断输入地下水循环系统，导致水质的恶化，对人类健康和生态环境构成了严峻的威胁[1-3]。因此，实时掌握地下水水位、水质、水温等重要指标的变化规律，是实现地下水资源可持续发展的重要前提。为应对这一挑战，2021 年 10 月 29 日，国务院发布《地下水管理条例》，旨在加强地下水资源的保护和合理利用。该条例强调了建立统一的国家地下水监测站网和地下水监测信息共享机制的重要性，以确保对地下水环境进行动态监测。由于地下水自动监测总站数多，实时监测数据量较大，数据监测过程中存在缺报、异常、突变较大等复杂情况，数据治理主要依靠人工，缺少自动化识别手段[4]。

“十四五”国家地下水环境质量考核监测站点分别实现对平原、盆地，集中式地下水型饮用水水源地，关注度高、地下水污染风险大的工业园区或聚集区进行监控。然而过去一段时间，出现了“重评价，轻考核”的现象[5]，因此构建完整的质量考核体系并加强考核点与“双源”（地下水污染源和集中式地下水型饮用水源）数据分析，对地下水环境保护工作的考核监督至关重要。在这样的背景下，开发一款集地下水在线监测井、考核点等各类数据获取、管理、分析、预警、质量评价、考核及决策支持于一体的综合性地下水环境监控预警软件系统，成为当务之急。

近年来，许多学者和研究人员在地下水监测管理系统

【作者简介】王鑫鑫（1997–），女，中国河南濮阳人，硕士，助理工程师，从事环保信息化研究。

领域投入了大量的时间和精力，致力于开发创新技术和解决方案。如关琴等 [6] 提出的地下水监测预警综合信息平台实现地下水监测数据采集、传输、存储、管理、分析、预警与发布，为地下水数据进行有效的管理与展示提供了强大的技术支持。此外，易树平等 [7] 针对“双源”地下水环境监管需求，实现地下水污染羽迁移预测与污染溯源。

由此可知，目前系统研究主要聚焦于地下水质量评价、数据管理、污染预警与溯源等方面。然而，为了进一步提升地下水环境监控的效率和准确性，开发一款能够满足对“双源”、监测井、考核点数据管理需求，同时提供在线监测井实时监测、实时预警，环境评价，质量考核以及可视化展示功能的综合性平台显得尤为重要。该平台不仅能够提供全方位的地下水环境保护和管理工作流程，还能够确保地下水资源的安全与可持续利用，同时为管理部门提供精确的数据支持和高效的决策辅助。

2 系统关键技术

2.1 微服务技术

本系统采用了微服务架构技术方式，将系统用到的服务开发成原子服务，然后进行注册，通过网关和负载均衡进行自动管理，在调用应用服务时，系统自动从负载均衡中选取对应的原子服务进行组装调用，从而加快后台服务调用相应的效率。这种架构方式有效地利用微服务的单一职责和服务自治特性，确保架构拥有更好的灵活性和故障隔离能力 [8]。

2.2 多源异构数据自动识别技术

多源异构数据自动识别技术可以通过统一的数据结构和多源的数据输入插件实现多源异构数据的自动识别。可以实现不同源的数据输入，并实现多级别、多专题、多年度以及异构空间数据、非空间数据的集成分类管理，并提供统一的数据访问接口。利用该技术可以快速准确地识别多源数据（基础地质、水文地质、地理空间数据以及其他数据）、异构数据（图片数据、表格数据等）。

2.3 监测预警技术

参考《地下水环境质量标准》根据地下水质量分类，将地下水型饮用水源点位阈值设置为Ⅲ类，污染源点位阈值设置为Ⅳ类。根据国家考核标准分别对区域点、饮用水源点位、风险监控点位设定水质预警阈值。

在线监测井按照地下水型饮用水源和污染源分别设定阈值。在线监测井阈值主要包括对监测指标的范围和点位变化率进行设置。系统为用户提供对指标最高阈值、最低阈值设置功能，便于监控监测指标范围和变化情况。同时支持设置各监测站点的变化率阈值，超过一定的变化幅度则判定为预警点位。

3 功能设计

①数据管理模块是平台的基础，管理人员通过数据管理模块实现地下水相关数据的维护更新。支持导入 Excel 文件或录入人工监测井基本信息和人工监测井监测数据、考核点基本信息和考核点监测数据、饮用水源信息、其他污染源信息。系统支持接入并查看在线监测井运行状态，针对监测井异常的设备支持上传维护信息，有助于运维人员及时记录并跟踪设备维护历史，为设备的长期管理和维护提供依据。

②数据分析模块提供基础统计分析、时间序列分析、空间统计分析和比较分析四类分析功能。基础统计分析实现对地下水环境监测数据进行最值、均值、检出率和超标率的统计；时间序列分析可实现历史监测数据对比分析；空间分析对监测数据空间分布规律进行分析，支持生成等值线和浓度分布图；比较分析提供不同监测井的数据对比。

③监测预警模块综合运用监测井水质类别和变化趋势进行预警，根据设置预警阈值对监测井的状态进行判断，快速筛选出潜在污染点位。针对在线监测井，通过设置最低阈值，最高阈值和变化率判断在线监测井数据运行情况。

④环境评价模块提供地下水质量评价和地下水污染状况评价，地下水质量评价按照《地下水环境质量标准》评价，并支持地下水质量的综合评价和单指标评价。地下水污染状况评价方法按照《地下水环境状况调查评价工作指南》计算污染指数。该模块评价结果可为管理人员掌握地下水水质分布情况提供决策支撑。

⑤质量考核模块包含达标预警、核实整改和成效评估。达标预警实现考核点预警点位和考核任务建立。核实整改由对应管理部门对不达标的考核点进行核实、整改以及审查。成效评估提供“十四五”规划要求的地下水生态环境信息填报。

⑥决策大屏模块提供丰富的地下水数据展示、查询、统计、地图联动功能。实现各类地下水专题图层（水位等值线图、浓度分布图、污染防治分区图、水源地区划图等）、各类监测井（国家级、省级、市级，人工监测、在线监测、考核点）、饮用水源、污染源和预警点位的综合展示和查询；其次针对相关的图层和监测数据提供基础统计展示。此外，还提供了量测、缓冲分析、运移分析等分析工具。

4 系统应用

4.1 实现在线监测井预警与设备维护一体化管理

系统实现在线监测井监测预警与设备维护一体化管理。系统能够实时判断监测井的运行状态。通过设定监测数据的最高阈值、最低阈值、变化率等关键阈值，系统有效实现了对监测井数据异常点位的及时预警。一旦发现异常，设备维护人员即可针对性地对监测井进行维护作业，并将维护详情及现场图片上传至平台，确保了在线监测设备的高效运行与数据准确性。

4.2 构建质量管理业务体系，助力水质保护

为实现地下水环境监测数据的高效管理与应用，本研究构建了完整的数据上传—水质评价—监测预警—质量考核的业务流程。地下水环境监测井监测数据通过 Excel 文件

上传，确保数据的实时性和精确性。在此基础上，系统通过水质评估和监测预警，构建预防水质恶化的坚实防线。此外，通过质量考核机制，明确各级管理层责任与义务，为地下水环境质量稳定提升提供管理支撑。

4.3 地下水综合分析，精准识别污染动态

通过数据分析和决策大屏模块的综合应用实现实时展示地下水水质、预警点位、“双源”点位等信息一张图展示等，便于管理人员快速了解当前地下水状况。在此基础上，平台不仅实现跟踪水质随时间的变化趋势，预测未来的水质变化，而且支持预测超标指标在地理空间分布上的变化。从时间和空间上，综合分析地下水监测数据变化规律，精准识别污染动态，为地下水污染风险管理决策提供依据。



图 1 在线监测井设备维护

Fig.1 Maintenance diagram of the online monitoring well

5 结语

系统以地下水监测数据为基础，对地下水环境质量进行评价，并统筹考虑地下水管理需求，汇集“双源”数据，加强对“双源”点位和监测数据的分析，实现各类地下水环境数据的汇聚和集成应用。该系统为决策者实时提供预警信息，助力决策者与管理者制定出高效的地下水污染防治策略和应急响应措施，从而确保地下水资源的可持续利用与长期保护。

参考文献

[1] 陈瑜,韩丽茹,郭文颢,等.雄安新区不同农用地类型土壤水氮时空变化[J].河北农业大学学报, 2024, 47(1):99-105.

[2] 邬丽姗,佟洪金,刘国,等. 湖库型水源地有机质污染特征研究——以川南地区H水库为例[J]. 四川环境,2022,41(4):140-151.

[3] 许芸.地下水水质分析及水污染治理措施探究[J].资源节约与环保,2021,(11):31-33.

[4] 王卓然,卢洪健,高攀. 国家地下水监测系统数据治理技术和体系[J]. 水利信息化,2023(6):32-38.

[5] 倪鹏程,李名升,李宗超,等.国家地下水环境质量考核监测体系构建与应用[J].中国环境监测, 2023, 39(4):1-14.

[6] 关琴,柳浩然,马雪莹,等.地下水监测预警综合信息平台建设研究[J].绿色科技, 2020(20):5.

[7] 易树平,方铖,刘君全,等.地下水环境智慧监管技术集成与平台应用研究[J].中国环境监测, 2024(001):040.

[8] 卫培刚,孔繁涛,曹姗姗,等.生态监测时空信息微服务:架构,技术与应用——以南岭国家站为例[J].环境生态学, 2024(002):006.