

doi: 10.7690/bgzd.2025.04.007

气象与环境监测管理可视化设计与实现

田淙海¹, 于万荣¹, 刘 澎², 李 晖¹, 景 哲³(1. 山西省气象服务中心, 太原 030002; 2. 山西省生态环境保护和规划研究院, 太原 030002;
3. 山西省气象灾害防御技术中心, 太原 030002)

摘要: 为提高气象与环境污染的监测可视化管理水平, 提出一种安全、可靠、高效、便捷的气象与环境监测平台。以 GIS 技术为基础, 选取 SQL 数据库平台, 设计一种气象与环境监测管理可视化系统。围绕系统数据库, 建立气象环境监测模块; 搭建气象与污染信息智能管理系统, 建立环境监测模块和污染应急处理辅助决策模块; 通过与地区相关环境部门系统进行对接集成完成监测系统的应用验证。实践结果表明, 开发的气象与环境监测管理可视化系统使多设备、多站点联网检测成为了可能, 有利于促进气象事业现代化发展, 对气象观测与环境管理的综合管控和维护具有较高的实用价值, 安全系数更高, 能较好辅助决策。

关键词: 气象; 环境污染; 监测管理; 可视化系统

中图分类号: X830 **文献标志码:** A

Design and Implementation of Visualization of Meteorological and Environmental Monitoring Management

Tian Zonghai¹, Yu Wanrong¹, Liu Peng², Li Hui¹, Jing Zhe³(1. Shanxi Meteorological Service Center, Taiyuan 030002, China;
2. Shanxi Academy of Eco-Environmental Planning and Technology, Taiyuan 030002, China;
3. Shanxi Meteorological Disaster Prevention Technology Center, Taiyuan 030002, China)

Abstract: In order to improve the visual management level of meteorological and environmental pollution monitoring, a safe, reliable, efficient and convenient meteorological and environmental monitoring platform is proposed. Based on GIS technology and SQL database platform, a visualization system of meteorological and environmental monitoring management is designed. Firstly, the meteorological environmental monitoring module is established around the system database; then the meteorological and pollution information intelligent management system is built, and the environmental monitoring module and the pollution emergency treatment assistant decision-making module are established; finally, the application verification of the monitoring system is completed by docking and integrating with the system of the relevant environmental departments in the region. The practical results show that the developed visualization system of meteorological and environmental monitoring and management makes it possible for multi-equipment and multi-station network detection, which is conducive to promoting the modernization of meteorological undertakings, and has a high practical value for the comprehensive control and maintenance of meteorological observation and environmental management, with a higher safety factor, and can better assist decision-making.

Keywords: meteorology; environmental pollution monitoring; monitoring management; visualization system

0 引言

目前,我国综合国力与整体经济实力不断增强,在高速发展过程中对自然资源需求与日俱增的同时,对生态环境的保护、污染物的监测治理等方面也面临着巨大的风险挑战。我国也立足现状提出了经济社会系统性变革:争取在 2030 年前实现碳达峰,在 2060 年前实现碳中和。我国对碳中和与碳达峰等气候变化的重视程度工作也已经达到了前所未有的地步。

同时,2021 年 5 月 24 日,甘肃景泰山地马拉

松比赛中 21 位运动员遭遇极端天气导致失温最终失去生命;7 月 20 日,河南郑州突降暴雨给人民生命财产安全造成了巨大的损失;11 月 13 日,4 名年轻的地质勘探人员因遭遇极端天气而在哀牢山遇难。近年来,由于极端气象天条件而造成的沉痛的人民生命财产损失频繁进入大众视野,传统的气象预警系统已不能满足社会的需求。保障跨区域指挥调度、区域风险态势分析、极端气象预警与辅助决策的重要性已经日益凸现,在整个过程中高精度与智能有效的气象与环境监测也显得尤为重要。

收稿日期: 2024-08-07; 修回日期: 2024-09-19

第一作者: 田淙海(1988—),男,江苏人。

随着环境监测的不断深入，监测过程中数据管理低效，数据共享能力差，安全管理无法满足要求等问题日渐突出。针对这些问题，文献[1]选取春夏秋冬四季的大气数据的相对误差均值，分别计算了监测因子，最终预测到了与真实值相符的污染监测结果，在帮助环境监测部门减少成本的基础上，提供有效的监测结果。但由于投入资源有限、技术水平落后，传统的气象与环境监测系统的建设过程十分的繁琐且耗时很长^[2-3]，远远不能满足迫切的发展需求。

针对现存问题，文献[4]选取矿山安全预警为研究对象，将大数据、云计算等多种技术相结合，将现场检测与数值建模二者相融合，这对智慧矿山信息管理系统的开发提供了参考。文献[5]将地理信息 GIS 系统平台引入城市管理中，充分发挥了 GIS 平台良好的互补特性和协同特性，设计了一整套 3 维城市管理体系。系统使管理水平与管理效率有了质的飞跃，验证了 GIS 系统在大规模数据管理上的实用性。此外，文献[6]实现了数据信息在 GIS 平台上的可视化，并运用大数据挖掘其重要信息，为后续在人机交互层面的系统建设提供良好的范例。

由此可见，可视化管理对于气象与环境监测的建设具有不可替代的重要作用。故笔者基于 GIS 强大的地理空间表达及数据接入功能^[7-11]，采用 web 的“三层架构”分离模式，设计了一种更为便携、高效、安全、可靠的气象与环境监测管理可视化系统，这有利于增强环境污染与各类气象信息的信息共享能力和相关企业的智能化水平。

1 气象与环境监测管理可视化系统总体框架

1.1 系统功能分析

本系统除了拥有基本的信息收集、管理及存储功能以外，同时还需要具备一定的环境污染等级划分功能及智能辅助决策功能^[12-14]，能够实现系统信息的可视化管理。

1) 系统基本功能。系统基本功能有区域气象条件数据收集，区域内环境污染等级划分与 PM2.5、O₃ 等各类污染物成分可视化处理。

2) 语音与短信报警功能。系统为服务区域内居民针对突发应急事件、极端恶劣天气与重度污染等提供语音与短信报警，实时更新所属区域的污染情况。

3) 突发采集管理与分析功能。系统为气象采集点与环境污染采集点提供故障分析功能，对采集点

处智能物联网设备的上载数据进行分析 and 挖掘，提取故障信息并实现储存和上报。

4) 智能分析辅助决策功能。智能分析辅助决策功能为系统的核心功能，系统自动对所收集的各项数据进行分析。挖掘近年来造成当地环境污染的主要因素，结合周边工厂分布与气象河流走向以及当地政策给出切实建议，为政府与企业构建绿色生态环境提供事实依据。

1.2 功能需求分析

依据安全可靠、高效准确的设计原则，本套气象与环境监测管理可视化系统由数据库模块和功能模块 2 部分构成，系统的功能需求如图 1 所示。

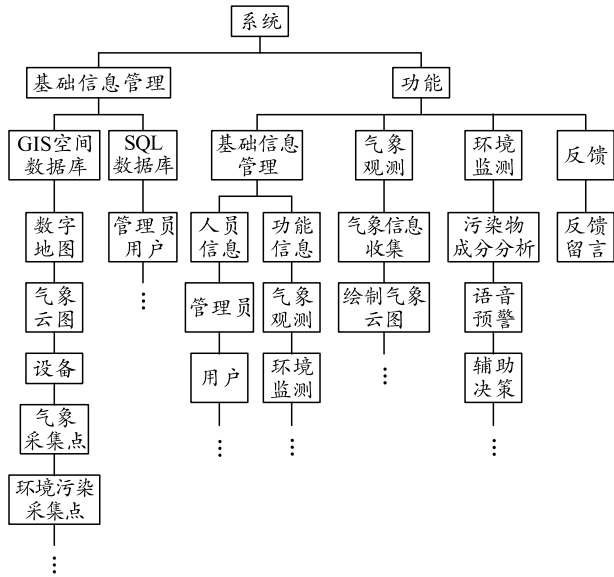


图 1 系统功能需求

1.3 系统架构技术

根据气象系统功能需求分析，以图 2 所示的系统架构设计采用基于 GIS 技术实现位置定位与数据监测可视化，并且通过 COM 组件完成数据交互，以 SQL 等数据库平台建立底层数据服务，储存读取核心数据，针对数据进行分析，准确显示气象与环境数据位置，通过预警与辅助决策，及时高效完成气象与环境监测管理，从而实现气象数据的可视化与管理决策。

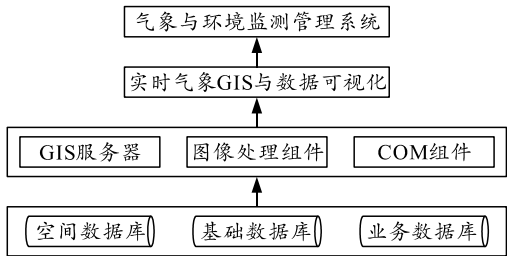


图 2 系统架构技术设计

2 气象与环境监测管理可视化设计实现

2.1 系统功能模块设计

1) 基础信息管理模块。该模块可对各个气象观测点与环境监测点的分布坐标、型号、精度等设备信息,以及检测区域的 3 维地图、高污染指数企业分布以及当地环保政策等各类基础信息,便于不同工作人员定期巡检,同时为系统辅助决策时进行建模分析提供理论依据。设计的系统数据库划分结构如图 3 所示。

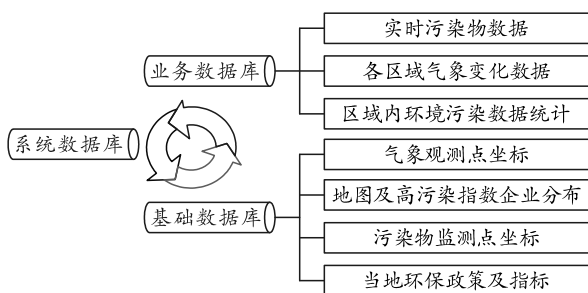


图 3 系统数据库划分

2) 气象环境 GIS 模块。基于 GIS 平台,将系统覆盖辖区的地形地貌、植被分布、3 维地图、城市建筑及结构等数据信息进行可视化展示,为用户做出决策与分析提供理论依据。ArcGIS 在日常制图中应用广泛,因此气象环境 GIS 模块通过 ArcGIS10 进行开发。首先,在 ArcGIS10 内容列表中点击需要导出的图层后选择数据,导出数据到目标位置并且将数据格式存为 Shapefile;然后,使用 C#读取 Shapefile 的矢量数据,这样就可以实现对目标地区的 GIS 信息图层的分层绘制。通过 C#的控制技术和控件组合,就可以方便快捷的在地图界面绘制出相应的各个气象观测点与环境监测点、各气象要素和地形等。

3) 突发应急事件监测报警模块。在气象与环境监测管理系统的基础上,通过物联网远程数据传输或人工备案的方式,对突然应急事件进行预测及可视化展示,系统可以自动高效地与前一时刻所接收到的数据信息进行比较,如果实时气象数据或实时污染物数据在规定时间内达到或超过数量阈值,立刻进行短信或语音报警。突发应急事件监测报警模块基于 B/S 架构模式开发,包括有数据接收单元、数据存储单元以及处理逻辑的服务端等。

数据接收单元接收环境污染物传感器和气象传感器的数据,由于 TCP 通信方式可靠性高,因此 TCP 通信方式可以应用于气象站中发送数据,那么数据接收单元也以 TCP 通信方式接收数据。在数据

接收单元中开通 Socket 通道,用以监听处理逻辑的服务端的指定端口,并且判断在指定端口下连接信息,然后建立气象站与数据接收单元的通道来进行数据传送。通过数据接收单元可以将气象站传送过来的数据存储到数据库中。由于此模块中基于 B/S 架构模式,所以还需服务端单元进行逻辑处理,本系统选择可在服务端执行的脚本语言 PHP 进行开发,在 Nginx 下部署 PHP 项目可由以下几步完成:首先,安装 Nginx 和 php-fpm;然后,找到 Nginx 服务器的配置文件;最后,指定 PHP 项目的部署位置。这样就可以通过 Nginx 访问服务端信息。

设计的突发应急事件监测系统与报警系统架构分别如图 4—5 所示。

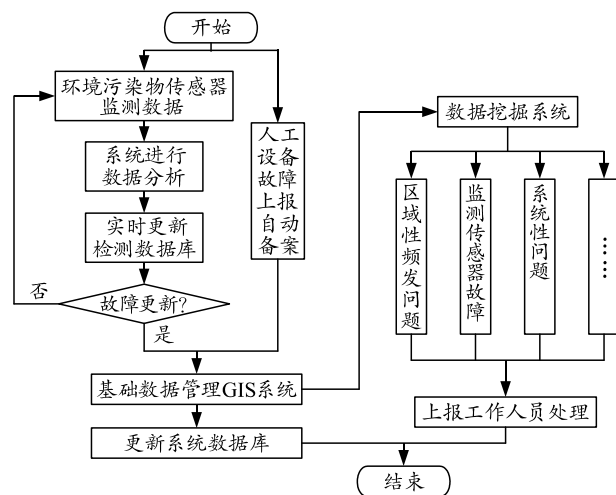


图 4 突发应急事件监测系统架构

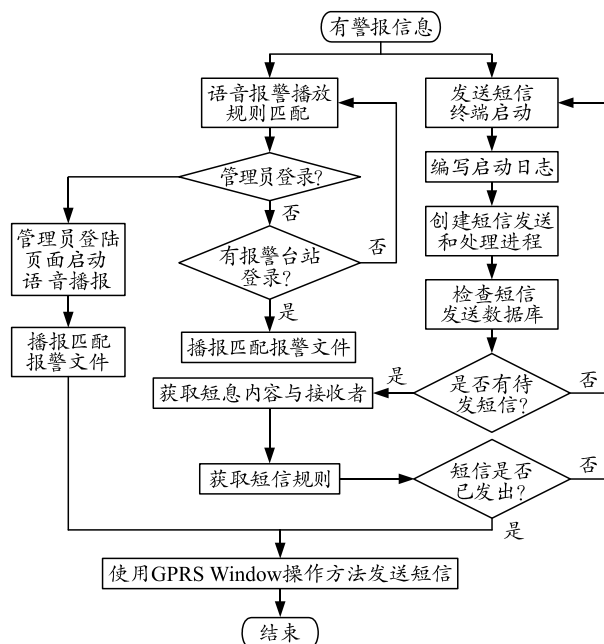


图 5 突发应急事件报警系统架构

4) 风险辅助决策模块。如果观测到的气象或

者环境污染浓度超出设定阈值，则可以利用优先级决策功能对系统进行决策开端模拟以帮助管理人员进行辅助决策，设计的辅助决策的功能流程如图 6 所示。

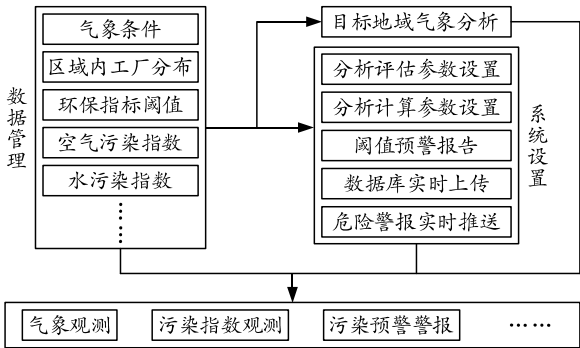


图 6 环境污染辅助决策流程

2.2 系统数据库设计

1) 用户与管理员数据库。用户与管理员数据库中记录了用户和管理员的个人身份信息，主要包括姓名(Name)、手机号(Number)、性别(Sex)、年龄(Age)、身份(Identity)等信息。以上信息均属于保密信息，主要用于系统登录时的身份认证。具体如表 1 所示。

表 1 用户与管理员数据库设计

说明	数据类型	属性	示例
姓名	VARCHAR	Name	张三
手机号	VARCHAR	Number	8888888
性别	VARCHAR	Sex	男
年龄	VARCHAR	Age	20
身份	VARCHAR	Identity	普通用户

2) 污染物监测量数据库。污染物监测量数据库包含一张表，表里包含多条数据项，每个数据项有多个属性，包括名称(Name)，地址(Location)，污染物名称(Type)和污染物排放量(Quantity)。具体如

表 2 所示。

表 2 污染物监测量数据库

说明	数据类型	属性	示例
名称	VARCHAR	Name	A
地址	VARCHAR	Location	长沙市芙蓉区
污染物	VARCHAR	Type	O ₃
排放量/ppm	VARCHAR	Quantity	0.20

3) 气象观测数据库。气象观测数据库主要存储检测区域(Location)、气压(Pressure)、气温(Temperature)、相对湿度(Humidity)、空气密度和(Desity)风向(Direction)等数据信息。如表 3 所示。

表 3 气象观测数据库

说明	数据类型	属性	示例
地址	VARCHAR	Location	长沙市芙蓉区
气压/MPa	VARCHAR	Pressure	1 000
气温/℃	VARCHAR	Temperature	16
相对湿度/%	VARCHAR	Humidy	52
空气密度/(kg/m ³)	VARCHAR	Desity	1.225
风向	VARCHAR	Direction	无风无垂直气流

4) 反馈数据库。由于需要存储使用者对平台的反馈意见，系统需要建立反馈数据库。包含用户ID(Identity)，评价内容(Evaluate)，评价时间(Date)，用户名(Name)等，具体如表 4 所示。

表 4 反馈数据库

说明	数据类型	属性	示例
用户 ID	VARCHAR	ID	Z001
评价内容	VARCHAR	Evaluate	反应速度良好
评价时间	DATE	Date	2022-1-1
反馈的用户名	VARCHAR	Name	张三

2.3 系统数据集成结构设计

针对气象数据与环境污染物多样性和复杂性的特点^[15-16]，充分考虑系统可扩充性与可延伸性，本系统对数据集成结构进行了设计，如图 7 所示。

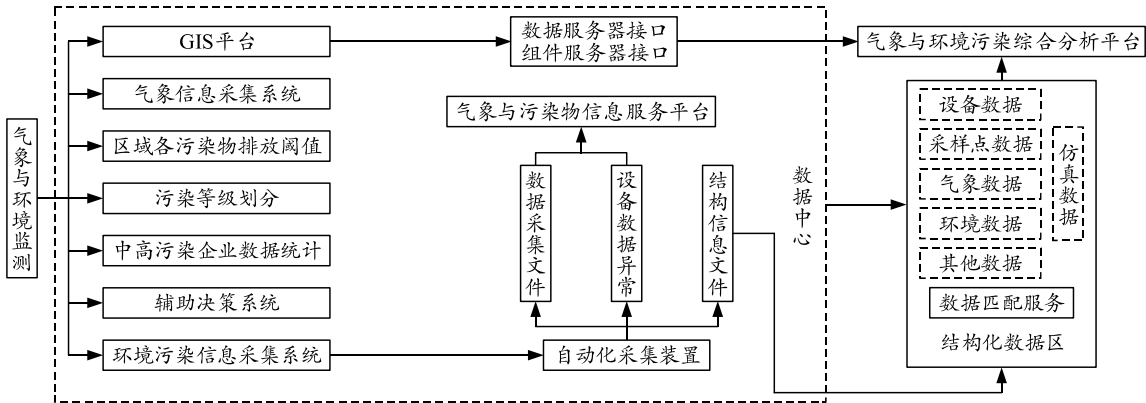


图 7 数据集成结构

2.4 系统实现效果

通过气象与环境监测管理可视化系统与气象部

门进行对接系统集成，同时将各项监测数据进行汇总，得出未来气象变化云图变化，为气象局开展下

一步工作提供有效的决策参考^[17-19]。通过改进 GIS 平台的地图功能,可直观形象的调研当地的各種气象状况,如图 8 所示。

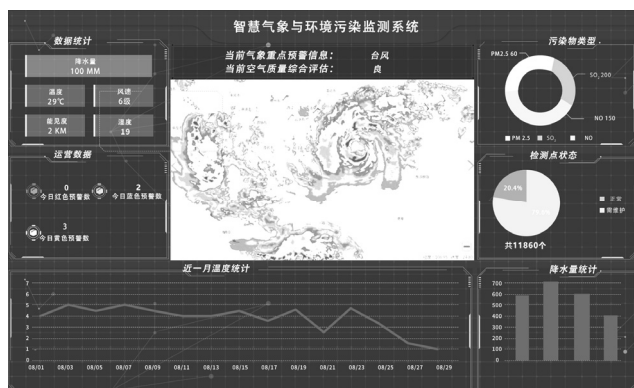


图 8 气象与环境监测管理可视化系统

平台可将分析物联数据所得到的故障信息和人员上报的设备故障信息并统一汇总到预警管理板块中,以避免问题处理的盲目性和滞后性^[20-21],如图 9 所示。



图 9 气象问题分析查看

平台系统还加入了项目管理功能,对于待审批项目可以直观管理,配合环境图层可以对项目可行性和有效性进行快速审批。

3 结论

笔者以 GIS 技术为基础,依托 SQL 数据库平台,设计了气象与环境监测管理可视化系统,具备气象智能分析辅助决策、监测信息采集管理分析、污染物分析等功能,能够将检测区域内高污染值企业、当地气象变化趋势、不同月份不同时间城市环境污染情况等各类信息及指标在用户端可视化呈现,为气象数据、污染物数据等的显示、预警分析提供了强有力的支持。使多设备、多站点联网检测成为了可能,有利于促进气象事业现代化发展。

目前,经实际业务应用验证,该系统实现对气象观测与环境管理的综合管控具有良好效果,具备高度实时可视化和实时预警功能,可基本实现保障跨区域指挥调度、区域风险态势分析、极端气象预

警与辅助决策。

系统依然存在精度不足,缺乏对相关数据信息的质量把控,系统可视化信息不够全面等需待完善的不足之处。在未来的工作中,笔者将进一步丰富系统功能,真正实现气象与环境监测的信息化、智慧化。

参考文献:

- [1] 吾斯曼·玉山,陈晓飞,艾散·帕合提. 基于物联网的大气环境污染监测技术研究[J]. 环境科学与管理, 2021, 46(8): 128-130, 155.
- [2] ABBA S, PATRICK B E. Smart Framework for Environmental Pollution Monitoring and Control System Using IoT-Based Technology[J]. Sensors & Transducers, 2019, 229(1): 84-93.
- [3] 杨虹. 环境监测治理技术在大气污染中的应用[J]. 化学工程与装备, 2021(11): 263-264.
- [4] 徐晓冬,朱万成,张鹏海,等. 金属矿山采动灾害监测预警云平台搭建与初步应用[J]. 金属矿山, 2021(4): 160-171.
- [5] 王树魁,王芙蓉,崔蓓,等. 基于现状三维 GIS 的南京城市设计综合管理平台研究及建设[J]. 测绘通报, 2018(12): 138-143.
- [6] 朱庆. 三维 GIS 及其在智慧城市中的应用[J]. 地球信息科学学报, 2014, 16(2): 151-157.
- [7] 周成虎. 全空间地理信息系统展望[J]. 地理科学进展, 2015, 34(2): 129-131.
- [8] 陆敬刚. 基于 GIS 技术的土地生态环境污染信息监测研究[J]. 环境科学与管理, 2021, 46(5): 125-129.
- [9] 张芳芳,沈少青,陈学业,等. 智慧城市规划云平台的设计与实现[J]. 测绘通报, 2019(1): 123-126.
- [10] 王洪艳. 基于物联网的城市环境污染检测智能技术研究[J]. 智能城市, 2021, 7(20): 115-116.
- [11] 张剑,黄旭哲. 基于大数据的机动车环境污染检测系统的研究与应用[J]. 机械管理开发, 2020, 35(12): 277-278, 281.
- [12] 刘冲,王旭光,赵超超. 基于激光光谱技术的环境污染成分检测分析[J]. 激光杂志, 2019, 40(7): 35-38.
- [13] PAN Y D, ZHAO C, LIU Z R. Estimating the Daily NO₂ Concentration with High Spatial Resolution in the Beijing-Tianjin-Hebei Region Using an Ensemble Learning Model[J]. Remote Sensing, 2021, 13(4): 758-758.
- [14] 张墅,董天天. 智慧物联网微气象监控系统的研究与实现[J]. 长江信息通信, 2021, 34(10): 116-118, 121.
- [15] 王婉,武鹏,郭学峰,等. 基于智慧气象的数据接口的实现[J]. 气象与环境科学, 2018, 41(4): 128-132.