

## 气象观测站点运维监管系统设计及实现

董方有, 吴胜平, 徐林虎, 周怡轩, 何敏发

安庆市气象局 安徽安庆

**【摘要】**气象观测站点运行状态直接影响观测资料质量。针对基层气象部门站点分散、现场监管薄弱、维修过程留痕不足及处置时效难以量化等问题,结合安庆市气象局“13612”快速核查处置工作机制,设计并实现了一套覆盖移动端与管理端的运维监管系统。系统采用前后端分离架构,后端基于 Flask 与 SQLAlchemy 构建业务服务与数据模型,管理端基于 Vue3 实现站点监管与统计分析,小程序端基于 uni-app 实现移动定位、到站登记、照片上传和维修登记等功能。核心算法引入基于 Haversine 公式的站点地理匹配方法,自动比对运维人员定位与站点坐标,实现到站真实性校验。系统围绕“到站登记→故障填报→修复登记”形成全过程数字化留痕与闭环管理,后台自动计算处置时长并进行超时判定,同时支持多维统计分析。应用结果表明,该平台提升了故障处置的可追溯性与监管效率,为基层气象装备保障信息化提供了可行方案。

**【关键词】**气象观测站点; 运维监管; 微信小程序; 地理匹配; Haversine 公式; 闭环管理

**【收稿日期】**2025年12月20日

**【出刊日期】**2026年1月22日

**【DOI】**10.12208/j.ccm.20260003

### Design and implementation of a meteorological observation station operation and maintenance supervision system

Fangyou Dong, Shengping Wu, Linhu Xu, Yixuan Zhou, Minfa He  
Anqing Meteorological Bureau, Anqing, Anhui

**【Abstract】**The operational status of meteorological observation stations directly affects observation data quality. To address problems in grassroots meteorological departments, including scattered stations, weak field supervision, insufficient traceability of maintenance operations, and difficulty in quantifying disposal timeliness, this study designed and implemented an operation and maintenance supervision system for the "13612" rapid verification and disposal mechanism of the Anqing Meteorological Bureau. The system adopts a front-end/back-end separated architecture. The back end is developed with Flask and SQLAlchemy, the management terminal is built with Vue 3 for supervision and statistical analysis, and the mobile mini-program is implemented with uni-app for positioning, arrival registration, photo upload, and repair registration. A geographic matching method based on the Haversine formula is introduced to compare personnel location with station coordinates and verify on-site arrival. The system supports a closed-loop workflow of arrival registration, fault reporting, and repair registration, automatically calculates disposal duration and overtime status, and provides multidimensional statistics. Application results indicate that the platform improves the traceability and supervision efficiency of fault handling and provides a feasible technical solution for grassroots meteorological equipment support.

**【Keywords】**Meteorological observation station; Operation and maintenance supervision; WeChat mini-program; Geographic matching; Haversine formula; Closed-loop management

#### 1 引言

气象观测站点是综合气象观测业务体系的重要基础,其运行稳定性直接关系到观测数据的连续性、

准确性和可用性,并进一步影响天气预报、灾害预警和气象服务的质量。随着我国综合气象观测网持续完善,基层台站设备数量不断增加,观测要素类

型和运行保障要求日益复杂, 观测装备运维管理工作面临更高要求。近年来, 围绕综合气象观测业务运行监控、装备运行信息化平台和气象大数据应用等方向, 已有研究开展了较多探索<sup>[1-3]</sup>。在具体业务应用层面, 相关工作还涉及观测元数据对比、自动站运行效能分析、微信小程序开发以及气象数据管理平台建设等方面<sup>[4-10]</sup>。

然而, 从基层气象部门的实际工作情况看, 现有平台更多侧重设备状态监控和业务数据汇聚, 对一线运维过程的精细化监管支持仍相对不足。尤其是在地市和县级气象部门, 区域自动站数量多、分布范围广, 部分站点位于交通不便或通信条件较差的区域, 设备故障处置往往依赖电话通知、人工记录和事后汇总等方式完成。这种工作模式存在以下不足: 一是人员到站情况缺乏有效核验, 难以准确判断现场处置的真实性; 二是维修过程留痕不完整, 现场照片、故障信息和修复结果之间缺少统一的数据关联; 三是故障处置时长通常依靠人工统计, 管理滞后, 难以支撑制度执行情况的量化评估; 四是缺乏多维统计分析手段, 不利于运维资源调度和备件保障优化。

结合安庆市气象局提出的“13612”快速核查处置工作机制, 即值班人员每 1 小时巡查一次设备运行状态、维修人员 3 小时内到站、一般故障 6 小

时内修复、重点故障 12 小时内修复, 基层运维工作对“到站校验、过程留痕、时效统计、闭环监管”提出了明确的信息化需求。为解决上述问题, 本文设计并实现了一套气象观测站点运维监管系统。该系统围绕基层运维业务流程, 构建了覆盖人员权限管理、站点定位匹配、到站登记、维修登记、照片存证和统计分析的全流程管理机制; 同时结合移动端定位能力与地理距离计算方法, 对运维人员现场作业进行辅助校验, 从而提升运维监管的真实性和规范性。

本文的主要工作包括: 一是结合实际业务需求, 完成系统总体架构设计与功能模块划分; 二是构建站点、人员、运维记录和照片存证等核心数据模型, 实现运维业务闭环管理; 三是引入基于 Haversine 公式的站点地理匹配方法, 实现运维人员到站识别; 四是开发管理后台与移动端应用, 并对系统的应用效果进行总结分析。本文研究可为基层气象观测装备保障工作的数字化转型提供实践参考。

## 2 系统总体架构与技术选型

为满足基层气象观测站点运维监管中现场核验、过程留痕、时效统计和闭环管理等业务需求, 本文设计的系统采用前后端分离架构, 由移动端、管理后台、后端服务和数据库等部分组成。系统总体架构如图 1 所示。

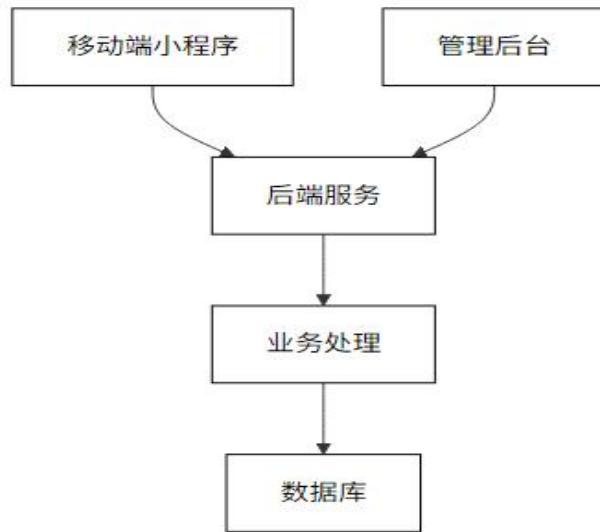


图 1 系统总体架构图

如图 1 所示, 移动端主要承担现场运维数据采集任务, 管理后台负责站点监管、记录查询与统计分析, 后端服务负责业务逻辑处理与数据交互, 数

据库用于存储站点信息、人员信息、运维记录、照片存证及系统配置等核心数据。该架构兼顾了基层现场作业需求与后台管理需求, 具有较好的可维护性

和扩展性。后端服务层基于 Flask 框架进行构建。Flask 具有轻量、灵活和易于快速开发的特点, 能够较好适配基层业务系统功能迭代快、接口定制需求强的应用场景。系统通过 RESTful 风格接口实现前后端解耦, 并结合 SQLAlchemy 完成数据库对象关系映射, 用于统一管理站点信息、运维人员信息、运维记录、照片存证及系统配置等业务数据。数据库选用 SQLite, 可满足当前业务规模下的数据存储与查询需求, 同时便于部署和维护。管理后台前端采用 Vue3 框架开发, 并结合 Element Plus 组件库构建可视化管理界面。管理人员可通过 Web 端完成站点信息维护、运维记录查询、故障状态跟踪和统计报表查看等操作。基于组件化开发模式, 前端能够高效地实现表格管理、条件筛选、地图展示和图表分析等功能, 从而提升后台监管的交互性和使用效率。移动端采用 uni-app 进行开发, 并以微信小程序作为主要运行载体。相较于传统原生移动应用, 小程序具有部署便捷、使用门槛低和推广成本小等优势, 更适合基层运维人员在外业场景下快速完成到站登记、现场拍照、故障信息填写和修复登记等操作。系统借助移动设备的定位与拍照能力, 实现对现场运维行为的实时采集和上传, 为后续的真实性校验与过程追溯提供基础数据支撑。

在数据流转方面, 移动端采集的定位信息、照片信息和维修登记数据通过统一接口上传至后端服务, 后端完成业务校验、站点匹配、时长计算和数据入库处理后, 再由管理后台进行展示与统计分析。整体架构既能支撑当前安庆市气象局观测站点运维监管工作的实际需要, 也为后续对接设备监控平台、扩展告警联动和引入智能分析模块预留了接口基础。

### 3 数据库建模与实体关系设计

数据库设计是系统实现业务闭环管理的基础。结合气象观测站点运维监管的实际需求, 本文围绕“站点管理、人员管理、过程记录、影像存证、系统配置”五个方面进行数据建模, 构建了支撑系统运行的核心数据结构。通过对业务对象之间关系的梳理, 系统实现了运维全过程数据的统一存储、关联查询与统计分析。

站点信息表是系统的基础数据表, 主要用于存储观测站点的静态属性信息, 包括站点名称、台站号、所属区域、经纬度坐标和海拔高度等内容。其

中, 经纬度信息不仅用于地图展示, 也是后续实现定位匹配和到站校验的重要依据。通过对站点信息进行标准化管理, 系统能够为移动端自动匹配和后台监管分析提供统一的数据底座。

运维人员信息表用于管理系统授权用户的基础信息和权限范围。该表主要包括人员姓名、联系方式、所属单位、账号状态及权限标识等字段, 并与移动端登录认证和白名单校验机制相对应。通过将人员身份信息与所属辖区进行关联, 系统能够对不同区域的运维任务进行分级管理, 从而满足基层气象部门按县区或业务职责划分运维范围的实际需求。

运维记录表是系统中最核心的业务数据表, 用于记录一次完整运维任务的全过程信息。其主要字段包括关联站点、关联人员、到站时间、修复时间、故障现象、故障原因、定位坐标、匹配距离和处置状态等内容。通过该表, 系统能够实现从到站登记到修复登记的全过程数据留痕, 并为故障处置时长统计、超时判断和历史查询提供直接支撑。该表既反映了单次运维任务的执行情况, 也为系统后续开展统计分析和绩效评估提供了原始数据来源。

照片存证表用于保存与运维记录相关联的影像资料信息, 主要包括照片路径、上传时间、照片类型及所属运维记录编号等字段。该表与运维记录表之间构成一对多关系, 即一条运维记录可对应多张现场照片。通过建立影像资料与业务记录之间的关联关系, 系统能够形成较完整的电子存证链条, 提高现场作业过程的可追溯性与规范性。

系统配置表主要用于存储可动态调整的业务参数, 如站点匹配距离阈值、时间窗口范围和相关显示配置等。其中, 站点匹配距离阈值是定位校验中的关键参数, 系统初始设置为 50m, 主要综合考虑移动设备在野外环境下常见的定位误差范围(通常为 10~30m)以及观测站点周边实际作业区域大小确定。该参数存储于系统配置表中, 管理人员可根据不同站点周边环境特征, 如空旷区域、道路附近或山坳遮挡区域等, 在后台进行动态调整。通过参数化设计, 系统无需频繁修改程序代码即可适应不同站点环境和管理需求, 有利于提升系统的灵活性和可维护性。

在实体关系方面, 站点信息表、运维人员信息表与运维记录表之间分别构成一对多关系, 即一个站点可对应多条运维记录, 一名运维人员也可产生

多条运维记录; 运维记录表与照片存证表之间同样构成一对多关系。上述关系设计能够较好反映实际业务流程中的数据关联特征, 并为后续的多条件查询、统计汇总和可视化展示提供结构化支持。

总体来看, 本文所构建的数据库模型能够覆盖气象观测站点运维监管中的主要业务对象和关键数据链路, 为系统实现人员授权、站点匹配、过程留痕、状态追踪和统计分析等功能提供了可靠的数据基础。

#### 4 核心算法与站点匹配方法

为实现运维人员到站情况的自动识别与辅助校验, 系统在移动端定位数据基础上引入站点地理匹

配方法。由于基层气象观测站点分布较广, 且部分站点位于道路条件复杂或环境较为偏远的区域, 单纯依赖人工选择站点容易产生误报、漏报或虚假登记等问题。因此, 本文采用基于经纬度坐标的空间距离计算方法, 对运维人员当前位置与系统预置站点坐标进行自动匹配, 以提高到站登记的真实性和准确性。

在地理空间距离计算中, 考虑到地球表面可近似视为球面, 本文采用 Haversine 公式计算两点之间的球面距离。设运维人员当前位置坐标为  $(\phi_1, \lambda_1)$ , 目标站点坐标为  $(\phi_2, \lambda_2)$ , 则两点间距离可表示为:

$$d = 2R \cdot \arcsin \left( \sqrt{\sin^2 \left( \frac{\Delta\phi}{2} \right) + \cos \phi_1 \cos \phi_2 \sin^2 \left( \frac{\Delta\lambda}{2} \right)} \right)$$

其中,  $R$  为地球平均半径,  $\phi$  表示纬度,  $\lambda$  表示经度,  $\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$ ,  $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$ 。通过该公式可计算出运维人员当前位置与各候选站点之间的球面距离, 并据此筛选最近站点。

系统实现过程中, 后端在接收到移动端上传的经纬度信息后, 首先读取站点数据库中的坐标数据, 随后逐一计算当前位置与各站点之间的距离, 并选取距离最小的站点作为候选匹配对象。在此基础上, 系统结合预设距离阈值对匹配结果进行判定。综合考虑移动设备在野外场景下的典型定位误差以及站点实际覆盖范围, 系统初始将匹配距离阈值设定为 50m, 并将该阈值存储于系统配置表中, 供管理人员按站点环境动态调整。当最小距离小于或等于阈值时, 系统认为当前人员已到达对应站点, 并允许执行到站登记; 当距离超出阈值时, 则提示用户当前位置与目标站点不匹配, 以避免非现场登记或误关联情况的发生。

该方法具有实现简单、计算效率较高、适用于中小规模站点集合匹配等特点, 能够较好满足基层气象观测站点运维监管中的实际应用需求。与人工输入站点名称或手动选择站点的方式相比, 基于地理距离的自动匹配可有效减少人为操作误差, 提高数据采集的一致性与可靠性。同时, 该方法还为后台开展到站真实性核查、位置偏差分析和异常记录排查提供了技术支撑。

需要说明的是, 移动定位结果可能受到网络环境、设备性能和现场遮挡条件等因素影响, 存在一定程度的定位误差。结合实际测试经验, 移动端在一般室外环境下的定位误差多在 10~30m 范围内, 在建筑遮挡、山地或弱网条件下可能进一步增大。因此, 系统在实际应用中采用“距离计算+阈值判定”的方式进行到站辅助识别, 而非简单以单次定位结果作为唯一依据。对于因定位信号不佳导致首次匹配失败的情况, 系统支持运维人员手动刷新定位后重新匹配, 并可结合附近站点信息进行辅助确认, 同时记录相关操作信息用于后台核查与后续分析。后续还可结合多次定位采样、轨迹辅助判断或地图围栏等方式, 进一步提升站点匹配的精度和稳定性。

#### 5 系统功能实现与业务流程

系统功能设计围绕基层气象观测站点运维监管的实际工作流程展开, 旨在实现从现场登记到后台监管分析的全过程闭环管理。系统业务流程如图 2 所示。

如图 2 所示, 运维人员首先完成登录认证, 随后系统自动获取位置信息并进行站点匹配。在匹配结果满足条件后, 运维人员依次完成到站登记、故障信息填写和修复登记, 后台同步完成数据存储、状态更新和统计分析。该流程实现了运维作业全过程的信息化留痕, 为维修时效评估和过程监管提供了数据支撑。



图2 系统业务流程图

在移动端, 系统首先通过手机号登录和白名单校验实现运维人员身份认证。只有通过授权的内部运维人员方可进入业务界面, 从源头上保证数据上报主体的可靠性。登录成功后, 系统自动调用移动设备定位能力获取当前位置, 并结合站点地理匹配算法自动识别最近站点。考虑到移动定位精度可能受现场环境影响, 系统在到站登记前会同步获取定位结果及精度信息, 并按照后台配置的距离阈值进行校验; 当首次匹配失败时, 运维人员可手动刷新定位后再次识别。若匹配结果满足系统设定条件, 运维人员即可执行到站登记操作, 同时上传现场照片作为到站依据。系统在该阶段同步记录人员信息、站点信息、登记时间、定位坐标、匹配距离及照片信息, 为后续过程监管建立完整的数据起点。

完成到站登记后, 运维人员可根据现场核查情况填写故障现象、故障原因及相关说明信息。该功能用于对站点异常情况进行结构化记录, 便于后台后续开展分类统计与问题分析。在维修处置完成后, 运维人员需提交修复登记, 并上传完工照片。系统在修复登记时自动记录修复时间及对应位置信息, 从而形成覆盖“到站前、处置中、修复后”全过程的数据链条。相较于传统纸质记录或电话汇报方式, 该模式能够显著提升维修过程留痕的完整性与规范

性。

在后台管理端, 系统对移动端上报数据进行集中管理、状态更新和统计分析。管理人员可通过 Web 端查看站点基础信息、运维记录明细、故障状态分布、照片存证结果以及维修时效情况, 并能够按照时间范围、站点名称、故障类型、人员信息等条件进行检索。系统还支持对单条运维记录进行追踪查看, 使管理人员能够完整掌握每次故障的发现、到站、处理和修复全过程。

为适应“13612”快速核查处置工作机制的监管要求, 系统在后台自动计算故障处置时长, 并对维修是否超时进行辅助判定。具体而言, 系统根据故障发现时间、到站登记时间和修复登记时间等关键节点数据, 对处置过程进行量化分析, 从而为业务考核、时效监管和流程优化提供依据。该功能使原本依赖人工汇总的时效统计工作转变为自动化处理, 有助于提高管理效率和结果一致性。

此外, 系统还集成了地图展示与统计分析功能。地图模块可直观展示运维人员上报坐标与站点理论坐标之间的空间关系, 为到站真实性核验提供辅助支持。统计模块则对历史运维数据进行汇总分析, 可生成故障类型分布、运维记录时间变化趋势等图表结果, 为管理部门识别高发故障类型、优化备件

配置和调整人员调度提供参考。通过将过程数据转化为可视化结果, 系统进一步增强了业务监管的直观性和决策支持能力。

系统上线后, 实现了运维记录、照片存证、到站信息和处置时长的统一归集, 提升了运维过程的可追溯性和管理效率。由于本文以系统设计与实现为重点, 相关业务成效的量化评估仍需在后续运行中基于更长时间序列数据进一步统计分析。

总体来看, 本文实现的系统覆盖了气象观测站点运维监管中的关键业务环节, 构建了从移动端采集、后台处理到统计分析的完整业务链路。该系统不仅能够提升基层运维过程的数字化和规范化水平, 也为管理部门开展全过程监管、时效考核和决策分析提供了较为完整的技术支撑。

## 6 结论与展望

针对基层气象观测站点运维管理中存在的过程监管薄弱、现场核验困难、维修留痕不足和时效统计不便等问题, 本文结合安庆市气象局“13612”快速核查处置工作机制, 设计并实现了一套气象观测站点运维监管系统。系统采用 Flask、Vue3 和 uni-app 等技术构建了覆盖管理端和移动端的业务平台, 实现了运维人员身份校验、站点自动匹配、到站登记、维修登记、照片上传和统计分析等功能。通过引入基于 Haversine 公式的地理距离计算方法, 系统能够对运维人员当前位置与目标站点坐标进行比对, 为到站真实性校验提供技术支撑。系统的建设使运维业务由传统的人工记录和分散管理方式转变为全过程数字化管理模式, 提高了故障处置过程的可追溯性和管理透明度。

从实际应用角度看, 该系统较好契合了基层气象部门对运维监管精细化、规范化和可量化的业务需求, 为故障处置时效评估、运维记录归档和管理决策分析提供了统一的数据平台, 也为后续开展区域站保障效能评价、维修资源优化调度和业务考核支撑奠定了基础。

后续研究可从以下几个方面进一步深化: 一是增强系统与现有业务平台的集成能力, 打通设备监控、故障告警和运维处置之间的数据链路, 进一步提升业务协同水平; 二是引入更丰富的统计分析和可视化方法, 对历史故障类型、季节分布和站点差异进行深度挖掘, 为备件储备和巡检策略优化提供

依据; 三是结合机器学习方法开展设备故障预测和健康评估研究, 推动运维模式由事后处置向预测性维护转变; 四是进一步完善移动端智能辅助能力, 提高基层运维作业的便捷性和智能化水平。

## 参考文献

- [1] 秦世广, 刘健, 李巍, 等. 中国气象局综合气象观测业务运行信息化平台的设计与业务化运行 [J]. 气象科技进展, 2023, 13(06): 65-72.
- [2] 曹铁, 范祥林, 等. 气象业务运行监控系统(ASOM)的设计与实现 [J]. 气象科技, 2012, 40(6): 935-940.
- [3] 肖文名, 何文春, 霍庆, 等. 气象大数据云平台设计与实现 [J]. 应用气象学报, 2026, 37(01): 91-102.
- [4] 韩格格, 张智, 殷光辉, 等. 基于 Django 的气象观测元数据对比系统的设计与实现 [J]. 山地气象学报, 2025, 49(05): 93-98.
- [5] 李大君, 井高飞, 王华, 等. 南沙岛礁气象数据综合应用平台设计与实现 [J]. 气象水文海洋仪器, 2025, 42(06): 129-132.
- [6] 付佳丽, 胡皓. 江西自动气象站运行效能分析 [J]. 气象水文海洋仪器, 2024, 41(01): 41-44.
- [7] 刘全, 程丽平, 陈怡. 个性化气象服务微信小程序设计和实现 [J]. 福建电脑, 2025, 41(07): 71-78.
- [8] 陶淘, 杨挺. 基于气象大数据云平台的观测数据集 APP 设计与实现 [J]. 山地气象学报, 2025, 49(05): 87-92+104.
- [9] 陈楠, 李琳, 张标, 等. 基于微信小程序的英语口语打卡系统设计与开发 [J]. 电脑编程技巧与维护, 2025(09): 85-88.
- [10] 杨笛, 姜筱玮, 张志富, 等. 高价值气象数据产品管理平台设计与实现 [J]. 气象研究与应用, 2025, 46(03): 114-118.

**版权声明:** ©2026 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



**OPEN ACCESS**