

# 环境空气自动监测站运维—验收—数据分析一体化管理模式创新与实践

李昌盛

宁夏中科精科检测技术有限公司 宁夏 银川 750000

**摘要:** 随着我国生态文明建设的深入推进和“双碳”战略目标的提出,对环境空气质量精细化、科学化管理提出了更高要求。环境空气自动监测站作为获取大气环境质量数据的核心基础设施,其数据的真实性、准确性、完整性和代表性直接关系到环境决策的科学性与公信力。然而,传统管理模式,运维、验收与数据分析三大核心环节长期处于割裂状态,信息孤岛现象严重,制约了监测体系效能的整体提升。本文针对这一痛点,创新性地提出并构建了“运维-验收-数据分析”一体化管理模式。该模式以数据全生命周期管理为核心,通过制度重构、流程再造、技术融合与平台集成,打通各环节壁垒,实现从设备运行保障到数据质量控制再到深度价值挖掘的闭环管理。文章详细阐述了一体化模式的理论框架、关键技术创新、实践路径。该模式可以提升监测数据质量、运维响应效率和数据分析支撑能力,为构建现代化生态环境监测体系提供了可复制、可推广的范式。

**关键词:** 环境空气自动监测; 一体化管理; 运维; 验收; 数据分析; 数据质量; 智慧环保

## 引言

近年来,我国大气污染防治成效显著,但臭氧和细颗粒物协同控制等新挑战浮现,精准、科学、依法治污成为核心要求。环境空气自动监测网络作为感知大气环境的“眼睛”,战略地位愈发重要。截至2025年底,我国建成全球规模最大的环境空气质量监测网络。然而,庞大网络带来复杂管理挑战,传统模式将运维、验收、数据分析视为独立模块,导致信息割裂,运维、验收、分析人员彼此难理解需求;责任边界模糊,数据出问题三方易推诿;管理效率低下,验收校准等操作信息未反馈后续环节,造成资源浪费;数据价值受限,割裂管理使数据质量控制链条断裂,限制高阶应用挖掘。因此,打破三者壁垒,构建一体化管理模式,是提升监测数据公信力、支撑精准治污与服务“双碳”战略的迫切需要。

## 1 一体化管理模式的理论框架与核心内涵

### 1.1 理论基础

一体化管理模式的构建基于两大核心理论。其一是数据全生命周期管理(Data Lifecycle Management, DLM)理论。该理论认为数据从产生、处理、存储、使用到最终归档或销毁,经历一个完整的生命周期,每个阶段都需要相应的管理策略来确保数据的质量、安全和价值。环境监测数据同样遵循此规律,从传感器采集(运维保障)、到数据有效性确认(验收把关)、再到深度挖掘应用(分析赋能),构成了其独特的生命周期。一体化管理

正是DLM理论在环境监测领域的具体应用,强调对数据从“出生”到“应用”的全过程进行统筹规划与精细管控。其二是PDCA循环(Plan-Do-Check-Act)理论。作为一种持续改进的管理方法,PDCA循环强调计划、执行、检查、处理的闭环。在一体化模式中,运维是“Do”,即执行设备的日常维护与保障;验收是“Check”,即对数据产出过程和结果进行质量核查;数据分析则兼具“Check”与“Act”双重角色——一方面通过对数据趋势、异常值的识别实现对数据质量的再验证,另一方面又基于分析结论反向优化运维策略、调整验收标准,从而形成一个自我驱动、持续优化的管理闭环。

### 1.2 核心内涵

“运维-验收-数据分析”一体化管理模式的核心内涵在于“三个打通”。首先是打通业务流。该模式将原本线性的、割裂的三个业务环节,重构为一个首尾相接、相互反馈的闭环业务流。运维产生的状态数据为验收提供依据,验收确认的数据质量为分析奠定基础,而分析发现的问题又反向指导运维优化和验收标准修订,形成良性的互动机制。其次是打通数据流。通过建立统一的数据湖或数据中台,汇聚来自现场仪器、运维工单、验收报告、气象、污染源清单等多源异构数据,并通过统一的数据标准、元数据管理和数据血缘追踪,确保数据在整个生命周期内的一致性和可追溯性,彻底消除信息孤岛<sup>[1]</sup>。最后是打通责任链。该模式明确各环节的责任主体,并通过数字化平台固化工作流程和考核指标。任何数据

质量问题都能通过数据血缘快速回溯到具体的设备、运维操作或验收环节，实现责任的精准定位和追究，从而建立起权责清晰、奖惩分明的管理体系。

## 2 一体化管理模式的核心架构

一体化管理模式可构建为“一个平台、两大支柱、三环联动”的核心架构。

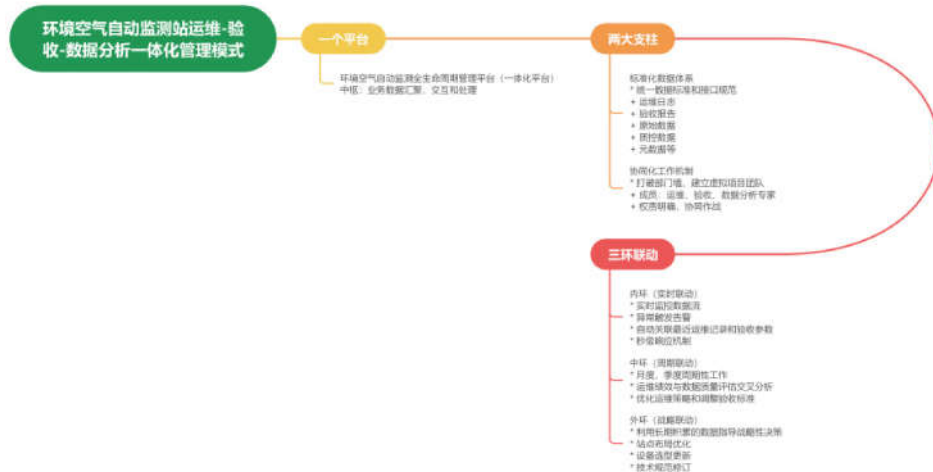


图1：一体化管理模式的核心架构

### 2.1 一个平台：

建立统一的“环境空气自动监测全生命周期管理平台”（以下简称“一体化平台”）。该平台是所有业务数据汇聚、交互和处理的中枢。

### 2.2 两大支柱

**标准化数据体系**：制定涵盖运维日志、验收报告、原始数据、质控数据、元数据等在内的统一数据标准和接口规范，确保数据在不同环节间无缝流转。

**协同化工作机制**：打破部门墙，建立由运维、验收、数据分析专家共同组成的虚拟项目团队，明确各方在数据质量保障中的权责边界，形成协同作战的工作文化。

### 2.3 三环联动

**内环（实时联动）**：平台实时监控数据流，一旦发现异常（如突变、缺失、逻辑矛盾），立即触发告警，并自动关联该站点最近的运维记录和验收参数，推送至相关负责人，实现秒级响应。

**中环（周期联动）**：在月度、季度等周期性工作中，将运维绩效（如有效数据捕获率、故障修复时长）与数据质量评估（如与手工监测比对结果）进行交叉分析，用于优化运维策略和调整验收标准。

**外环（战略联动）**：将长期积累的一体化运行数据，用于指导站点布局优化、设备选型更新、技术规范修订等战略性决策，形成从战术执行到战略规划完整反馈回路。

## 3 一体化管理模式的关键技术创新

### 3.1 智能化运维保障体系

为支撑一体化管理的高效运转，必须构建高度智能化的运维保障体系。该体系以物联网技术为基础，实时

采集监测站内所有关键设备（包括分析仪、采样系统、辅助设备等的运行参数，如电压、温度、流量、压力等。在此基础上，运用机器学习算法（如LSTM、孤立森林）对海量历史运行数据进行建模分析，从而实现对设备潜在故障的早期预警和剩余使用寿命的精准预测，推动运维模式从被动抢修向主动预防的根本转变<sup>[2]</sup>。同时，开发配套的移动端APP，使运维人员能够通过电子化工单接收任务、扫码签到、上传现场照片或视频、并详细记录维修过程，所有操作均带有时间戳和地理位置信息，确保整个运维过程可追溯、可审计。此外，结合设备故障率统计和预测性维护结果，动态优化备品备件的库存策略，确保关键备件随用随有，从而显著缩短故障修复时间，保障监测数据的连续性与完整性。

### 3.2 数字化、标准化验收流程

验收环节作为连接运维与数据分析的桥梁，其数字化与标准化是确保数据质量的关键。为此，需构建一个全流程在线的验收管理平台，将验收申请、方案制定、现场测试、数据比对、报告生成乃至专家评审等环节全部纳入线上管理。系统能够自动抓取被验收站点近30天的历史运维数据和质控数据，作为评估其稳定性和可靠性的核心参考，避免验收流于形式。在技术层面，引入自动化性能审核手段，利用标准气体发生装置和预设的自动化测试程序，对监测仪器的关键性能指标（如精密度、准确度、检出限、24小时零/跨漂等）进行客观、高效的测试，最大限度减少人为干预带来的不确定性。为了进一步增强验收结果的公信力，可将关键的验收数据、最终报告和专家评审意见通过区块链技术进行存证，利

用其不可篡改的特性,为验收工作的权威性和透明度提供坚实的技术背书。

### 3.3 融合式数据分析与应用平台

数据分析是一体化管理模式的价值出口,其能力直接决定了监测数据能否真正服务于科学决策。因此,必须打造一个融合式的数据分析与应用平台。该平台不仅接入常规六参数(SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>)的监测数据,更进一步融合气象数据、VOCs组分数据、激光雷达垂直观测数据、卫星遥感数据以及重点污染源在线监控数据,构建起“空天地”一体化的大气环境立体感知网络。在此基础上,采用AI驱动的高级分析方法,将传统的受体模型(如PMF)、后向轨迹模型(HYSPLIT)与现代机器学习算法(如XGBoost、深度神经网络)相结合,对重污染过程进行快速、精准的来源贡献解析,有效识别本地排放与区域传输的相对影响<sup>[3]</sup>。尤为关键的是,平台需内置数据质量智能诊断模块。当分析模型发现数据存在异常(例如不符合物理化学规律,或与周边站点的趋势严重背离)时,系统能够自动关联该时段的运维日志和设备状态信息,初步判断异常是由真实污染事件引发,还是源于设备故障或运维失误,并立即向运维团队发出核查指令,从而将数据分析的洞察力直接转化为运维行动力,形成闭环反馈。

## 4 一体化管理模式的实践路径

### 4.1 制度与组织保障

任何管理模式的成功落地,都离不开坚实的制度与组织保障。首先,应由省级或市级生态环境主管部门牵头,成立专门的一体化管理领导小组,整合监测、信息、执法等相关处室的力量,负责统筹协调一体化模式的顶层设计、建设推进和日常运行。其次,必须同步修订或制定配套的管理制度,例如出台《环境空气自动监测站一体化管理办法》,以制度形式明确运维、验收、数据分析三方的职责边界、协作机制、数据共享规则以及具体的考核问责办法,为新模式的运行提供法规依据。最后,人才是模式运行的核心驱动力,亟需培养和引进一批既精通监测技术、又熟悉数据分析和信息化管理的复合型人才队伍,使其成为一体化平台高效运转的中坚力量。

### 4.2 平台建设 with 集成

一体化信息平台是整个管理模式的技术载体和神经中枢。该平台的建设应包含四大核心子系统:智能运维管理子系统、数字化验收管理子系统、融合数据分析子系统,以及统一的用户权限与数据中心。平台的成功与否,关键在于其集成能力。必须通过标准化的API接口,实现与国家或省级环境质量监测平台、污染源监控平台、

气象服务平台等外部系统的无缝对接,彻底打破信息孤岛,实现数据的自由流动与共享<sup>[4]</sup>。同时,为满足不同层级管理者的需求,平台应配备一个高度可视化的“驾驶舱”,能够实时、直观地展示整个监测网络的运行状态、数据有效率、重点污染事件的演变过程以及溯源分析的核心结论等关键指标,为环境管理决策提供一目了然的全局视图和科学依据。

### 4.3 试点先行与全面推广

考虑到改革的复杂性和风险,采取“试点先行、总结经验、逐步推广”的策略是稳妥而有效的路径。应选择一个具有代表性的区域(如一个地级市或典型的城市群)作为试点,全面部署一体化管理模式。在试点运行期间,密切跟踪模式的实际效果,及时发现并解决业务流程和技术细节中存在的问题,不断打磨和优化系统功能。待模式运行成熟、成效得到充分验证后,再以此为基础,制定详细的、分阶段的推广路线图,在全省乃至更大范围内进行复制和应用,最终实现环境空气自动监测管理体系的整体跃升。

## 5 结语

本文提出的“运维-验收-数据分析”一体化管理模式,是对传统环境空气自动监测管理体系的一次深刻变革。它通过理念创新、制度重构和技术赋能,成功构建了一个以数据为中心、业务深度融合、责任清晰闭环的现代化管理范式。展望未来,一体化管理模式仍有广阔的发展空间。首先,可以进一步深化人工智能的应用,探索大语言模型(LLM)在自动生成运维知识库、智能解读复杂分析报告等方面的潜力,提升系统的自主认知与服务能力。其次,应将一体化管理的理念从空气监测领域延伸至水、土壤、噪声等其他环境要素监测领域,逐步构建覆盖全要素的生态环境智慧监测网络。最后,在确保国家数据安全和商业秘密的前提下,可探索向社会科研机构、企业乃至公众有条件地开放部分脱敏数据和分析工具,激发全社会的创新活力,共同参与到生态环境的共建、共治、共享之中。

### 参考文献

- [1]申恒梅,阴璐璐,魏征,等.环境空气自动监测站运维管理策略分析[J].皮革制作与环保科技,2024,5(11):53-55.
- [2]罗四海.环境空气自动监测站管理和控制分析[J].皮革制作与环保科技,2023,4(21):43-44+47.
- [3]唐秋香.环境空气自动监测站规范管理探讨[J].皮革制作与环保科技,2022,3(20):39-41.
- [4]吕晨,王治非,边萌.环境空气自动监测站运行维护路径分析[J].黑龙江环境通报,2025,38(08):52-54.