

污染源废气现场采样质量控制数字化技术研究与应用

宋梦洁

上海市环境监测中心,上海 200235

摘要:随着生态环境监测技术的不断发展,污染源废气现场采样质量控制的数字化转型成为提升监测数据质量和水平管理水平的关键。通过研究污染源废气现场采样过程的数字化技术,提出了基于物联网和信息化技术的现场采样质量控制解决方案。通过固化现场监测仪器操作流程、规范仪器数据记录、实现仪器数据自动采集与传输、完成现场移动端与实验室信息管理系统的集成等,显著提升了现场采样数据的准确性、完整性和可追溯性。结果表明:数字化技术的应用有效解决了现场采样质量控制的瓶颈问题,为生态环境监测领域的智能化发展提供了技术支持。

关键词:污染源废气;现场采样;质量控制;数字化技术;实验室信息系统(LIMS)

中图分类号:X830.5 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-6002(2025)S1-0079-08

DOI:10.19316/j.issn.1002-6002.2025.S1.10

Research and Application of Digital Technology for On-Site Sampling Quality Control of Pollution-Source Exhaust Gas

SONG Mengjie

Shanghai Environmental Monitoring Center, Shanghai 200235, China

Abstract: With the continuous advancement of ecological and environmental monitoring technologies, the digital transformation of quality control in on-site sampling of pollution-source exhaust gases has become pivotal for improving both data quality and management efficiency. This study investigates digital technologies applied to the field sampling process of exhaust gas and proposes a quality control solution based on the Internet of Things and information technologies. By standardizing the operational procedures of portable monitoring instruments, regulating instrumental data logging, enabling automatic data acquisition and transmission, and seamlessly connecting field-based mobile terminals with the laboratory information management system, the accuracy, completeness, and traceability of on-site sampling data are significantly enhanced. The results demonstrate that the application of digital technologies effectively overcome traditional bottlenecks in field sampling quality control, providing robust technical support for the intelligent development of ecological and environmental monitoring.

Keywords: pollution-source exhaust gas; on-site sampling; quality control; digital technology; laboratory information management system (LIMS)

生态环境监测是精准、科学、依法治污的前提。污染源废气现场采样和测试的环节多、条件恶劣、受突发性因素的影响较大,仪器设备的数据采集、操作程序、信息传输方式也各不相同,原始记录要素内容不统一等,仅依靠监测人员的自我约束和内部监督手段,难以保证现场采样过程的真实性和可追溯性^[1]。因此,现场采样质量控制是目前环境监测质量管理的难点和痛点。

《“十四五”生态环境监测规划》提出健全监测质量管理体系,指导各地建立统一管理、全国联网的生态环境监测实验室信息系统(以下简称LIMS系统),运用区块链和物联网技术,实现

监测全过程信息封闭式采集、存储和追溯^[2]。《生态环境智慧监测创新应用试点工作方案》提出,要完善生态环境监测感知、加强数据汇聚融合、创新智慧应用服务,为生态环境监测领域智能化、智慧化提供技术指引,支撑“三个治污”^[3]。

针对污染源废气现场采样过程涉及的仪器数据采集和原始数据记录、业务流程、数据传输等关键环节进行信息化质控技术研究,与现有LIMS系统进行全面集成交互并进行应用示范,探索形成可推广、可复制的现场采样质量控制创新应用成果,确保数据真实、准确,助力监测先行、监测灵敏、监测准确。

收稿日期:2025-10-09;修订日期:2025-10-29

基金项目:国家环境保护监测质量控制重点实验室2022年度开放课题(KF202204)

第一作者简介:宋梦洁(1984-),女,上海人,学士,工程师。

1 现场采样质量控制现状分析

1.1 现场采样质量控制要求

《检验检测机构资质认定生态环境监测机构评审补充要求》明确提出,生态环境监测机构应及时记录样品采集、现场测试、样品运输和保存、样品制备、分析测试等监测全过程的技术活动,保证记录信息的充分性、原始性和规范性,能够再现监测全过程^[4]。废气现场采样和测试的质量控制主要执行《环境监测质量管理技术导则》(HJ 630—2011)、《固定污染源监测质量保证与质量控制技术规范(试行)》(HJ/T 373—2007)、《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》(GB/T 16157—1996)、《固定源废气监测技术规范》(HJ/T 397—2007)及《大气污染物无组织排放监测技术导则》(HJ/T 55—2000)等标准要求^[5-9]。

《生态环境监测规划纲要(2020—2035年)》推动监测机构按照统一要求建设实验室信息管理系统(LIMS),对“人、机、料、法、环、测”各要素进行监管,实现生态环境监测活动全流程可追溯^[10]。国内LIMS系统建设指南和管理要求参照《实验室信息管理系统管理规范》(RB/T 028—2020)和《检测实验室信息管理系统建设指南》(RB/T 029—2020)执行^[11-12]。上海市环境科学学会发布了《生态环境监测实验室信息管理系统建设技术指南》(T/SESSEB 000002—2021),针对生态环境监测的流程和特点,进一步明确功能要求^[13]。

在生态环境监测仪器通信标准方面,已有相关标准对污染源在线自动监控、污染源工艺过程等涉及的数据传输模式、传输流程、传输的数据格式和参数代码定义进行规定^[14-17]。

1.2 现场采样质量控制现状调研

随着实验室信息管理系统(LIMS)的深入应用,各类生态环境监测项目的业务流程管理、资源管理、实验室数据自动采集、监测报告自动生成及数据多级审核等功能得以实现和不断完善,用数据和算法赋能生态环境监测质量。但是,由于现场采样工作场地不固定、仪器设备信息化程度较低等,在已建成的LIMS系统中,大部分机构仍采取现场采集数据、回实验室再录入的方式,难以监督数据有效性。笔者选取30家上海市生态环境

监测机构进行调研,其中有9家区级环境监测站,21家社会环境监测机构。结合调研结果对现场采样质量控制的难点和需求、现场移动端应用情况等分析如下。

1.2.1 现场采样质量控制落实情况

经调研,各机构普遍认为在日常监测过程中,现场采样和测试的质量控制存在较大难度,主要包括以下几方面:现场采样受人为因素影响较大,缺乏对现场人员实际操作行为的监控手段;现场采样技术规范多,对部分内容的理解会产生偏差;采样仪器记录的参数不完整,无法满足技术规范要求;现场条件复杂,对现场工况、生产工艺、点位布设的错误判断,均会导致采集的样品不具有代表性。

1.2.2 现场移动端建设及应用情况

在参与调研的30家机构中完成LIMS系统建设的有23家,其中已建成投运现场移动端的有8家,另有8家正在建设过程中(图1)。

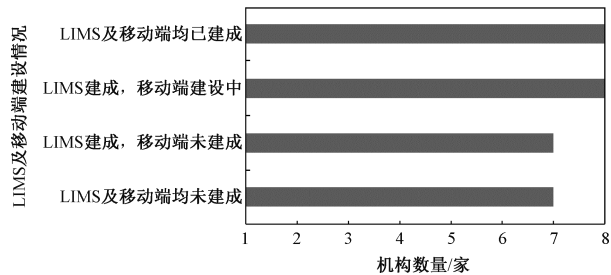


图1 上海市生态环境监测机构LIMS及现场移动端建设情况

Fig. 1 The construction situation of LIMS and on-site mobile terminals of Shanghai's ecological environment monitoring institutions

进一步分析现场移动端的建设情况,发现有以下特点:

1) 移动端功能相似,但基本不涉及仪器数据采集。从已建成的现场移动端功能范围来看,基本都具备现场数据录入、拍照及GPS定位功能,4家机构还实现了现场标签打印和仪器出入库功能,另有3家机构实现了样品交接和采样人员分配功能,2家机构实现了采样记录审核功能,仅有1家机构具备部分仪器数据直传采样端功能等(图2)。

2) 现场移动端应用效果不理想。对现场移动端运行情况的调查统计发现,在已建成的8家机构中,有1家机构的现场移动端处于搁置状态,2家机构未能真正应用,4家机构未对此反馈,仅

有1家机构目前运行良好。现场移动端的整体应用效率不理想,原因如下:①未实现仪器数据采集,采样人员仍然使用现场手写原始记录,回实验室再录入的方式;②部分功能建设不完善,操作存在局限性,有的无法运行,有的可以运行,但会增加采样人员工作量。

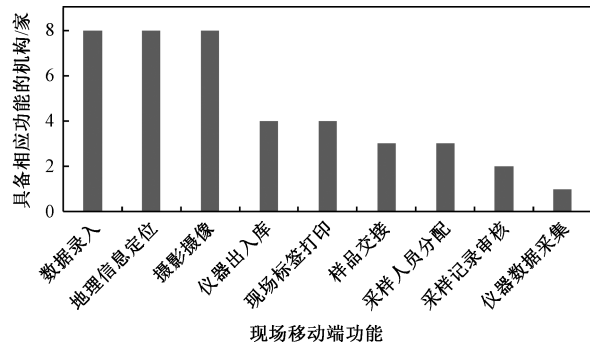


图2 现场移动端功能统计

Fig. 2 On-site mobile terminal function statistics

1.3 现场采样质量控制的关键问题分析

污染源废气现场手工监测的质量控制核心在于强化现场监测质量管理,完善原始监测记录,保存完整的现场监测活动真实性相关材料,确保样品的代表性和测定结果的准确性。其关键环节包括:

1) 采样前准备:仪器设备、样品容器、试剂耗材等方面的准备与确认。

2) 现场操作过程:监测仪器(如烟枪采样器)的校准和气密性检查、容器清洗、现场空白(平行)、现场操作过程、采样点位布设、现场工况等方面的规范性与真实性。

3) 样品与数据管理:样品的唯一性标识、保存与运输的规范性,以及现场原始记录信息的完整性、准确性与不可篡改性。

传统模式下,这些环节主要依靠纸质记录和人员自律进行质量控制,缺乏有效的技术手段进行实时监督与过程追溯,现场采样的智能化、智慧

化水平普遍不高。为切实提升现场采样环节的监测质量,必须采取系统性的质量控制手段,实现从“采样端”开始的精准管控。以激活采样数据要素的潜力为抓手,利用物联网等信息技术,从仪器端、移动端等方面实现采样数据生产全过程信息的采集、存储和追溯,提升现场采样活动的质量监控、全程留痕和异常信息发现锁定能力。

1.4 现场采样质量控制数字化技术可行性分析

1.4.1 现场监测仪器可行性

在国内企业沉淀技术积累和国家政策大力支持的背景下,生态环境监测仪器行业也取得了较大的进步,仪器国产化程度越来越高,国产监测设备具有良好的性能及价格优势,因此占据市场主导地位^[18]。对于现场监测仪器,目前已涌现出许多专业的仪器生产厂商,企业规模不断扩大,自主创新能力也日益提高,现场监测仪器逐步向高质量、多功能、系统化、智能化的方向发展,既能满足常规的监测工作,还具备质控要素管理、数据通信等功能,从源头上确保监测数据的准确性,提升生态环境监测质量水平。

污染源废气现场监测仪器主要分为现场采样仪器和便携式分析仪器两大类,对于现场采样仪器,可实现地理信息定位及压力调零、气密性检查等质控措施。对于便携式分析仪器,为了确保监测数据的准确性,还增加了示值误差、系统误差、标定、校准等质控措施,满足相关方法标准要求。常用仪器主要功能见表1。在数据通信方面,现场监测仪器也已具备通过有线(如RS232、RS485、USB等)或无线(如蓝牙、网络接口等)方式进行数据传输的能力,信息系统平台可根据仪器厂商提供的通信协议,获取和解析样品数据,进一步保障监测数据质量。因此,现场监测仪器已具备技术基础,通过对现有主流仪器的数据整合、集成与适配,能够有效解决仪器“数据孤岛”问题,实现监测数据从仪器端到应用端的无缝流转。

表1 常用仪器主要功能

Table 1 The main functions of common instruments

仪器名称	仪器主要功能
自动烟尘/气测试仪	烟尘采样、烟气采样、烟气分析、地理信息定位、压力调零、气密性检查
多路烟气采样器	烟气采样、地理信息定位、气密性检查
一体式烟气流速湿度直读仪	排气参数测量、地理信息定位、压力调零
红外烟气分析仪	烟气采样及分析、地理信息定位、气密性检查、零点校准、示值误差、系统误差、全系统示值误差
紫外烟气分析仪	烟气采样及分析、地理信息定位、气密性检查、零点校准、示值误差、系统误差、全系统示值误差
便携式甲烷非甲烷总烃分析仪	烟气采样及分析、地理信息定位、气密性检查、零点校准、示值误差、系统误差、全系统示值误差
空气采样器	总悬浮颗粒物采样、气态污染物采样、地理信息定位、气密性检查

1.4.2 现场移动端可行性

自进入信息化时代以来,智能移动端逐渐成为当今社会发展中多领域的核心技术。针对现场监测工作中的不足之处,可将移动端作为现场信息处理设备。当前主流移动设备的计算能力、存储空间、高清摄像头、多种定位技术(GPS、北斗)以及稳定的网络连接(4G/5G),足以流畅运行集成了样品信息录入、电子签名、现场照片/视频上传等复杂功能的应用程序。可通过建立移动端与服务器端的数据操作规则,将质控技术的核心环节部署于现场移动端(如平板电脑、智能手机等),利用时间戳、地理位置、操作人员ID等信息,自动形成不可篡改的电子原始记录,将质控环节从实验室“事后核查”前移至现场“事中控制”,有效防范采样、现场测试等前端环节的误差,实现监测全过程的可追溯性。

1.4.3 社会可行性

国家层面持续出台政策,明确要求提高监测数据的“真、准、全、快、新”水平,严厉打击数据造假。该研究方向与顶层设计高度一致,具有强大的政策合理性,通过数字化手段固化质控流程,能

有效杜绝人为篡改和记录错误,提升政府公信力和环境执法的科学性,社会效益巨大。

1.4.4 经济可行性

在实施现场采样质量控制数字化过程中的主要投入在于软件开发与系统集成,无须大规模更换现有监测仪器,投入成本可控。开发完成后的数字化应用,能大幅减少后期数据审核、纠错、溯源所耗费的人力与时间成本,提升整体监测工作效率,使机构实现降本增效、防范业务和质量风险的总体目标。

2 现场采样质量控制数字化技术

2.1 现场监测仪器数字化改造

针对污染源废气现场采样过程中存在的仪器信息关键参数不完整、质控和状态参数缺失、软件操作随意性较大等问题,以监测过程和数据处理标准化、程序化、自动化为出发点,构建了一套基于物联网的质量控制数字化体系,对污染源废气采样全流程进行量化的、可追溯的、闭环的科学管理。现场监测仪器数字化功能见图3。



图3 现场监测仪器数字化功能

Fig. 3 Digital functions of on-site monitoring instruments

2.1.1 固化操作流程

按照监测方法标准和现场实际操作习惯顺序设置现场监测仪器系统界面,固化现场监测仪器操作流程,从仪器端引导并约束监测人员的操作行为,确保数据产出的规范性,主要包括仪器开机自检、质控校准以及现场监测3个核心环节。

1) 仪器开机自检

仪器启动后自动进行自检,检查核心传感器、存储单元及无线或蓝牙模块等状态是否正常,与事先在仪器中录入的仪器检定/校准日期进行对比,核查仪器是否处于计量有效期。通过自检,提前识别潜在的仪器故障或性能衰减,有效避免在后续监测过程中因设备状态不佳而导致的数据系统性偏差或监测任务中断。若任一关键参数异

常,系统将提示故障信息并无法进入监测模块,从源头上杜绝不可靠数据的产生。

2) 质控校准

根据监测标准要求,设置现场质控校准模块,如气密性检查、压力调零、示值误差测定等。以烟气分析为例,分析仪、采样管、导气管等完成连接后分别进入气密性检查、零点校准和量程校准模块,根据录入的标准气体信息计算示值误差和系统偏差,若校准结果未达标,系统将禁止进入采样阶段并提示采样员进行维护或重新校准。监测完成后,需再次开展零点校准和量程校准,否则仪器将标记未完成。增加此项强制性措施,可确保仪器在每次监测任务开始时均处于已知且受控的准确状态,有效弥补了未实际开展仪器校准的监管空白。

3) 现场监测

在仪器经由前述环节验证合格后,方可启动实质性的采样与监测。采样人员根据监测标准,设置样品编号、采样时长、采样流量等,在采样过程中,仪器持续监控并记录关键参数变量(如实际流量、计前压力、计前温度等),任何偏离预设条件的偏差都会触发警报并进行标记,为后续数据的审核与有效性判定提供依据。

2.1.2 规范数据记录

将现场监测过程中产生的以及证明仪器运行正常的所有数据和信息进行梳理、清洗和分类,明确各步骤中仪器记录的参数要求,确保仪器的计量溯源性和稳定性符合要求。仪器中所记录的数据和信息包括启动与自检、质控校准、现场监测过程中产生的所有信息,能够再现监测过程,确保数据的完整性和可追溯性。仪器可通过内置的GNSS模块(优先采用中国北斗卫星导航系统)和网络授时协议(NTP)自动获取采样点位的地理坐标和国家授时中心的标准时间,真实并准确记录采样位置与采样时间,仪器对所有操作事件均完整记录且禁止删除或修改,最大限度地减少人为错误与主观干预,进一步确保了现场监测的合规合理性^[19]。

2.1.3 数据采集与传输

基于低功耗、高稳定性和灵活性考虑,采用蓝牙技术构建采样仪器与数据接收终端之间的无线数据链路。与以往另外连接数据采集仪的方式不同,该研究通过在采样仪器上集成蓝牙模块,完成现场采样数据的采集和处理,提高现场操作的便捷性。数据接收终端采用智能移动端,与蓝牙网关建立点对点连接,接收、解析并存储各类采样数据,还可进一步通过移动互联网等方式将移动端中的仪器数据上传至LIMS系统等数据管理平台,实现数据的同步和共享。

2.2 现场移动端建设

建设覆盖现场监测全过程的技术和质量控制活动的现场移动端,包括仪器出入库、点位布设、样品采集和测试、样品流转等,将现场监测过程中产生的数据和信息全部采集至移动端,与LIMS系统集成交互,实现现场监测数据和质控信息全程留痕且可追溯,全面提升现场监测质量管理水平。

2.2.1 技术选型

基于安卓平台进行开发,适用于安卓6.0及

以上版本操作系统,可适配平板电脑和手机。开发语言主要采用Java与Kotlin,并结合HTML、JavaScript与CSS用于相关前端页面的构建。数据存储选用轻量级数据库SQLite,以满足移动端本地数据管理需求。系统基于HTTP协议进行网络通信,数据交换格式采用JSON,数据传输过程中使用MD5算法进行加密处理,在保障需求全面实现的同时,也确保了应用在主流安卓设备上的高性能与长周期可维护性。

2.2.2 功能模块

现场移动端数据采集覆盖现场监测全过程的技术和质量控制活动,与LIMS进行数据交互(图4)。

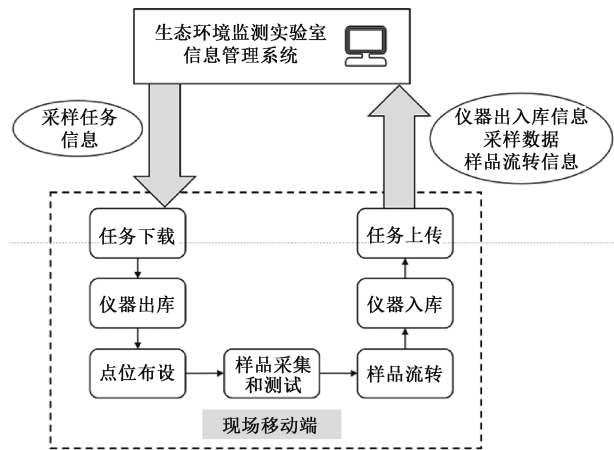


图4 现场移动端数据流向

Fig. 4 On-site mobile data flow direction

1) 任务管理

支持基于用户权限将LIMS系统中相应的监测任务下载至移动端,采样人员可随时查看包含监测方案、执行标准及质控要求在内的完整任务内容。现场工作完成后,该任务下所有数据(包括原始记录、点位示意图、仪器使用记录等)被统一打包回传至LIMS系统,有效避免了任务传达偏差与数据滞后,实现了监测全过程的信息同步与可追溯管理。

2) 仪器出入库管理

采样人员可根据任务信息进行仪器类型和数量的出库申请,仓库管理员则通过射频识别(RFID)或扫码方式完成仪器出入库操作,系统自动记录出入库日期和时间、使用时长、使用人等,形成完整的《仪器出入库记录单》,提升仪器管理的效率。

3) 现场数据录入

采样人员可通过2种方式录入数据,一是通

过仪器数据采集方式记录样品采集和测试的过程和结果,并自动生成相关原始记录;二是对于无法通过仪器采集的数据,采用手工录入方式,同时,还可通过绘制电子监测点位示意图、地理信息定位的方式来记录监测点位,特殊情况下,可通过照片、视频或文字补充描述等方式进行说明。监测及被测双方人员可直接通过移动端手写电子签名确认现场原始记录单、监测点位示意图及现场监测工况记录单,签名确认后的电子表单不可修改,确保过程控制及可追溯。

4) 样品流转

采样结束后,采样人员可在移动端记录样品流转信息,包括任务信息、样品编号、名称、数量、交样人、采样时间、保存条件等关键要素,降低了运送过程中样品混淆、信息丢失或保存不当的风险。

2.3 仪器数据采集标准化方案

在《污染物自动监测监控系统数据传输技术要求》的基础上,结合国内主流现场监测仪器的硬件接口和环境监测相关信息化通信标准要求,

制定污染源废气现场监测各类仪器输出标准化方案。规定统一的通信协议、通信内容及通信方式的技术要求,使环境监测仪器生产商有规范可依,实现现场采样(监测)仪器数据自动采集的规范化。

污染物代码格式采用码位固定的字母数字混合格式。字母代码采用缩写码,数字代码采用阿拉伯数字表示,即采用递增的数字码。污染物因子、仪器信息与质控信息代码共分3层。第1层代码采用1位小写字母表示,用“a”表示气;第2层代码表示污染物的类别,采用2位阿拉伯数字表示,即01~99;第3层代码为污染物代码,采用3位阿拉伯数字表示,即001~999,每一组阿拉伯数字表示一种污染物或相关指标。按此规则已确定122项参数的编码,包括废气监测因子、仪器信息及质控信息(表2),实现了监测数据与质控数据的同步采集与管理。仪器数据采集方案标准化的实施,将有效解决因仪器厂商协议不统一、数据格式多样导致的系统对接困难、数据解析错误等问题。

表2 仪器数据采集标准化参数

Table 2 Standardized parameters for instrument data acquisition

参数类型	数量/项	参数内容
有组织废气监测因子	91	二氧化硫、氮氧化物等常规或特征污染物;采样嘴直径、采样流量等过程参数
无组织废气监测因子	11	采样流量、采样体积等过程参数
仪器信息	7	仪器编号、压力传感器状态、温度传感器状态等
质控信息	13	气密性检查、示值误差、系统误差、检定/校准日期等

2.4 现场采样全过程数字化应用实践

为验证前期研究成果的实际效能,选取上海市某大型环境监测机构作为试点单位,开展了现场采样全过程数字化应用实践。该机构业务范围广、监测类型多、对数据质量要求高,具有较强的典型性与代表性。试点应用过程中,该机构基本实现了现场采样数据的全流程闭环管理。在硬件方面,共完成36台仪器的数字化改造,涵盖烟尘采样器、烟气分析仪、无组织大气采样器等主要仪器类型,涉及国内2家主流仪器厂商。在系统集成方面,实现了现场移动端与LIMS系统的数据对接与整合。试点期间共完成30项污染源废气采样任务,采样人员使用移动端进行仪器清单准备及相关仪器出入库、点位布设、采样、校准、样品流转等环节的数据录入与确认,已完成数字化改造的仪器通过蓝牙进行数据采集传输,其余参数则由采样人员在移动端直接录入后生成完整、规

范的电子原始记录,所有数据最终全部上传至LIMS系统,实现了数据的集中存储与管理。应用实践表明,现场采样全过程数字化在质量控制方面取得了显著成效,具体体现在:①对仪器端业务流程的控制,使气密性检查、现场校准等容易遗漏的环节被强制完成,采样操作的标准流程合规率显著提升;②通过地理信息定位、网络授时等,避免出现采样人员未实际抵达现场或擅自修改采样时间等涉嫌弄虚作假的行为;③30项试点任务中共采集原始数据1265条,通过与仪器内置存储数据比对,发现其中1248条数据一致,准确率接近99%,有效降低了因采样人员事后补填原始记录或回实验室再录入可能导致的数据失真或错误风险;④管理人员可查阅LIMS系统中的采样数据、质控数据、过程参数等,在现场任务结束后,通过移动端一键打包(加密压缩+断点续传)功能,平均2min内完成小于10MB的任务数据回传,

LIMS系统自动进行完整性校验(字段缺失率<0.1%)和逻辑校验(异常值自动标红),实现了对现场采样全过程的信息化监管与可追溯管理。

3 总结与展望

围绕污染源废气采样仪器的操作系统优化与采样全流程管理开展研究,突破了现场采样质量控制数字化采集的关键技术瓶颈,取得以下主要成果:

1)实现了监测数据从产生到录入的全程自动化或受控化,通过仪器数据直联直采、嵌入式质控、智能预警等方式,极大减少了人为干预和差错,有效保障了数据的“真、准、全”。

2)移动端应用优化了现场工作流程,自动生成原始记录,极大减轻了后期数据录入的工作负担。仪器数字化管理(出入库、期间核查、维修)构建起设备全生命周期管理体系,提升了设备管理的精细化水平。初步实践表明,现场工作效率显著提升,管理成本降低。

3)全过程留痕使得监测活动的任何一个环节均可回溯,为数据质量核查、责任界定和防范数据造假提供了强有力的技术手段,有效提升了质量监管能力。

4)研究成果遵循国家标准的总体方向,具备良好的普适性。仪器改造和移动端建设方案可在不同地区、不同机构复制推广,为全面推进生态环境监测数智化转型提供了可借鉴的实践案例。

未来研究将进一步拓展数字化技术的应用范围,以应对多样化监测场景的需求,提升生态环境监测领域的智能化水平。

参考文献(References):

[1] 刘常永,王勇,杜谨宏,等.固定污染源监测数智化转型技术路径探索[J].中国环境监测,2025,41(3):1-6.
LIU Changyong, WANG Yong, DU Jinhong, et al. Exploring Technological Path for the Digital and Intelligent Transformation of Stationary Sources Monitoring[J]. Environmental Monitoring in China, 2025,41(3):1-6.

[2] 生态环境部.关于印发《“十四五”生态环境监测规划》的通知[EB/OL].(2022-01-21)[2025-09-20].<https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/>

xxgk03/202201/t20220121_967927.html.

- [3] 生态环境部.生态环境智慧监测创新应用试点工作方案:环办监测函〔2022〕63号[R].北京:生态环境部,2022.
- [4] 国家市场监督管理总局,生态环境部.关于印发《检验检测机构资质认定生态环境监测机构评审补充要求》的通知:国市监检测〔2018〕245号[EB/OL].(2022-01-13)[2025-09-20].https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk10/202201/t20220113_966933.html.
- [5] 环境保护部.环境监测质量管理技术导则:HJ 630—2011[S].北京:中国环境科学出版社,2011.
- [6] 国家环境保护总局科技标准司.固定污染源监测质量保证与质量控制技术规范(试行):HJ/T 373—2007[S].北京:中国环境科学出版社,2008.
- [7] 国家环境保护局科技标准司.固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法:GB/T 16157—1996[S/OL].(2023-05-08)[2025-09-20].<https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/jcffbz/199603/W020230508363566846163.pdf>.
- [8] 国家环境保护总局科技标准司.固定源废气监测技术规范:HJ/T 397—2007[S].北京:中国环境科学出版社,2008.
- [9] 国家环境保护总局科技标准司.大气污染物无组织排放监测技术导则:HJ/T 55—2000[S/OL].(2001-05-18)[2025-09-20].<https://www.mee.gov.cn/image20010518/2332.pdf>.
- [10] 生态环境部.生态环境监测规划纲要(2020—2035年)[EB/OL].(2020-02-12)[2025-09-20].http://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk01/202002/t20200212_763635.html.
- [11] 国家认证认可监督管理委员会.实验室信息管理系统管理规范:RB/T 028—2020[S].北京:中国标准出版社,2020.
- [12] 国家认证认可监督管理委员会.检测实验室信息管理系统建设指南:RB/T 029—2020[S].北京:中国标准出版社,2020.
- [13] 上海环境科学学会.生态环境监测实验室信息管理系统建设技术指南:T/SSSES 000002—2021[S]. [2025-09-20].<http://sses.sh.cn/index.php?s=/addon/CcWeb/CcWeb/view/pid/84/cid/85/id/5832/mbid/0.html>.
- [14] 环境保护部.污染物在线监控(监测)系统数据传输标准:HJ 212—2017[S].北京:中国环境出版社,2017.
- [15] 环境保护部.污染源在线自动监控(监测)数据采集传输仪技术要求:HJ 477—2009[S/OL].(2011-11-14)[2025-09-20].<https://www.mee.gov.cn/>

- ywgz/fgbz/bz/bzwb/other/qt/200907/W020111114525637509716.pdf.
- [16] 环境保护部. 环境监测信息传输技术规定: HJ 660—2013 [S/OL]. (2013-11-05) [2025-09-20]. <https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/other/xxbz/201309/W020131105538205966968.pdf>.
- [17] 环境保护部. 环保物联网 总体框架: HJ 928—2017 [S/OL]. (2018-01-09) [2025-09-20]. <https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/other/xxbz/201801/W020180109407650207871.pdf>.
- [18] 史伟光, 杨华强, 郭飞耀, 等. 天津市环境监测技术装备创新与应用现状分析 [J]. 中国环境监测, 2024, 40(6): 1-10.
- SHI Weiguang, YANG Huaqiang, GUO Feiyao, et al. Analysis of the Current Status of Innovation and Application of Environmental Monitoring Technology and Equipment in Tianjin [J]. Environmental Monitoring in China, 2024, 40(6): 1-10.
- [19] 王文雷, 张凤菊, 曹燕燕, 等. 生态环境监测机构数据质量技术判断常见方法探讨 [J]. 中国环境监测, 2023, 39(4): 15-22.
- WANG Wenlei, ZHANG Fengju, CAO Yanyan, et al. Discussion on Common Methods of Technical Judgment of Eco-Environmental Monitoring Institution Data Quality [J]. Environmental Monitoring in China, 2023, 39(4): 15-22.