 DOI: https://doi.org/10.12349/ees.v6i8.6980

The role of LDAR data management platform in troubleshooting has been improved

Fei Sun

Zhenjiang Environmental Protection Service Center, Zhenjiang, Jiangsu, 212000, China

Abstract

The LDAR Data Management Platform serves as a critical tool in leak detection and repair operations. It integrates data collection, storage, analysis, and repair tracking functions to manage equipment leakage information throughout its lifecycle. When addressing challenges such as scattered equipment distribution, complex environmental conditions, and disorganized data during troubleshooting, the platform enhances its effectiveness through data quality control, analytical optimization, interface improvements, and system integration. By leveraging standardized data collection templates and intelligent verification/cleaning technologies, it ensures data reliability. The platform introduces machine learning to build predictive models for scenario-specific analysis, optimizes interfaces and visualization tools to support decision-making, and achieves data interoperability through API gateways integrated with multiple systems.

Keywords

LDAR data management; troubleshooting; function analysis; optimization strategy

LDAR 数据管理平台在排查工作中的作用提升

孙飞

镇江市环境保护服务中心，中国 · 江苏 镇江 212000

摘　要

LDAR数据管理平台是泄漏检测与修复工作里的关键工具，它把数据采集、存储、分析以及修复跟踪等功能整合起来，实现设备泄漏信息在整个生命周期的管理，面对排查时设备分布零散、环境状况复杂、数据杂乱无序等难题，平台运用数据质量控制、分析优化、界面改进以及系统集成等办法来提高自身作用。它依靠标准化采集模板、智能校验与清洗技术保证数据的可靠性，引入机器学习构建预测模型，根据不同场景进行定制化分析，优化界面与可视化工具来辅助决策，借助API 网关与多个系统集成达成数据互通。

关键词

LDAR数据管理；排查工作；作用分析；优化策略

1 引言

随着环保要求越发严格，泄漏检测与修复即 LDAR 成为企业控制污染物排放的关键工作，传统排查模式依靠人工操作存在设备分散难以全面覆盖、环境干扰致使数据不准确、数据管理混乱等问题，使得泄漏源识别滞后、减排效果不好，甚至还会引发合规风险，LDAR 数据管理平台的出现为解决这些难题提供了技术支持，它借助标准化流程以及数字化工具，实现从检测到修复的全流程管控。

2 LDAR 数据管理平台概述

LDAR 数据管理平台作为面向泄漏检测与修复工作的专业化管理工具，融合了检测数据采集、存储、分析以及修复跟踪等多项功能，借助标准化的数据流程，实现对设备泄漏信息的全生命周期管理，可以帮助企业精确识别泄漏源、评估减排效果，契合环保监管数据上报要求，提升 LDAR 工作效率与合规程度。

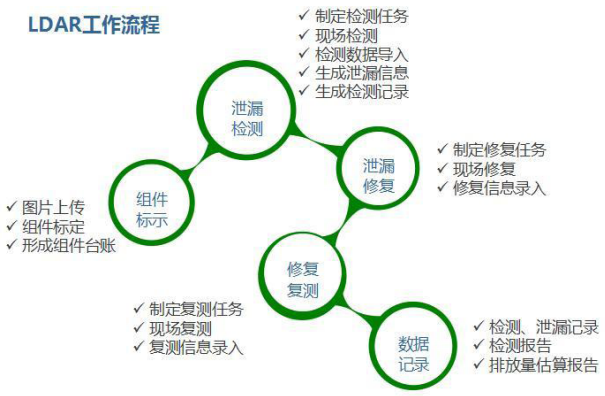

图 1 LDAR 工作流程

【作者简介】孙飞（1985–），男，中国江苏扬州人，本科，工程师，从事环境管理研究。

3 LDAR 数据管理平台在排查工作中的挑战

3.1 排查工作中常见的挑战

排查工作大多时候会遭遇来自多个维度的难题，在现场，设备状况复杂，化工企业里的阀门以及法兰等组件，数量众多而且分布得十分分散，依靠人工进行检测很容易出现遗漏或者重复排查的情况。检测环境有多样性，高温、高压或者有毒的区域使得数据采集的难度增大，部分设备由于空间受限，难以进行近距离监测，影响到数据的精度。不同检测人员的操作习惯差异较大，手持设备的参数设置并不统一，这容易造成数据格式的混乱。此外，排查周期与生产计划时常存在冲突，停机检测会影响产能，而在不停机的状态下，又可能因为设备运行时的振动等因素干扰检测结果，这些因素都让排查工作的复杂性有所增加。

3.2 数据管理不善对排查工作的影响

数据管理欠佳会给排查工作带来一系列负面效应，数据存储状况较为分散，像存在纸质记录与电子表格混合使用的情况，这使得历史数据追溯变得险阻，难以迅速对比不同周期的泄漏变化趋势，数据校验机制有所欠缺，容易出现错填以及漏填的状况，虚假数据或者不完整数据会对泄漏源判断造成误导，增加无效排查成本。数据共享并不顺畅，检测团队和修复团队之间信息存在脱节现象，致使已修复设备被重复列入排查清单，而高风险泄漏点却未能及时得到跟进。此外，不符合环保标准的数据格式会对监管上报效率产生影响，有可能引发合规风险，降低排查工作的实际价值。

4 LDAR 数据管理平台在排查工作中的作用提升策略

4.1 数据质量控制

4.1.1 提高数据采集的准确性和完整性

为了提高数据采集的精确程度以及全面程度，平台可从源头开始对采集流程进行优化。其一，研发标准化采集模板，清晰确定阀门编号、检测时间、泄漏浓度等要填写的字段，防止关键信息出现缺失情况。其二，配备智能校验功能，是实时对比检测值与设备历史数据的偏差范围，当数值超出合理范围的时候自动提醒检测人员进行复核 [1]。结合物联网技术接入便携式检测设备，实现数据自动上传，降低人工录入所产生的误差，针对复杂的检测场景，可以预先设定环境参数修正算法，在高温环境下自动校准气体浓度检测值，保证不同工况下数据的一致性，为后续的分析提供可靠的基础条件。

4.1.2 实施数据清洗和预处理流程

建立全流程自动化机制用于数据清洗和预处理工作，平台可设置多维度过滤规则，以此自动识别重复记录、格式存在错误以及逻辑有矛盾的数据，当同一设备在同一时间出现两次不同检测结果时就会触发异常标记并通知管理员来介入处理，针对缺失值，运用基于设备类型以及历史数据趋势的智能填充算法，依据同类阀门的泄漏规律来推算出合理的数值。在预处理阶段，还需要完成数据标准化转换，把不同检测设备的单位、精度统一成平台通用格式，并且剔除明显受到干扰的无效数据，像因设备振动而产生的瞬时异常峰值，借助系统化清洗为数据分析清除障碍 [2]。

4.2 数据分析优化

4.2.1 引入先进的数据分析技术，如机器学习和人工智能

引入机器学习以及人工智能技术可挖掘数据价值，训练泄漏预测模型，运用历史检测数据来识别设备泄漏的潜在规律。像某类阀门运行 1000 小时后泄漏概率会上升，模型可以提前生成预警清单，以此指导排查重点，人工智能算法可自动聚类高风险泄漏区域，结合生产工艺参数分析泄漏的诱因，比如温度波动与法兰密封失效之间的关联性。构建实时监测模型，针对上传的检测数据开展动态分析，迅速定位超出阈值的泄漏点并分级标注，有效缩短从数据采集到隐患识别的时间，提高排查的针对性和时效性。

4.2.2 开发定制化的分析模型以适应特定排查需求

定制化分析模型要紧密结合行业特性以及企业的个性化需求，就石油化工企业而言，开发管道腐蚀泄漏关联模型，将设备防腐层厚度、土壤电阻率等数据整合起来，计算不同管段的泄漏概率等级，以此辅助制定差异化的排查计划，对于医药行业洁净车间，设计微泄漏追踪模型，借助分析相邻设备检测数据的时空关联性，确定微小泄漏源的扩散路径。模型应支持多维度参数配置，比如用户可自定义“高风险设备”判定标准，并依据配置自动生成专项排查清单，针对环保督察场景，开发追溯分析模块，输入特定的时间段和区域，就能快速生成该范围内所有超标设备的检测、修复、复检全流程记录，并且依靠数据钻取功能展示每个环节的时间节点和责任人，契合精准监管需求，使分析结果切实服务于实际业务场景 [3]。

4.3 用户界面和体验改进

4.3.1 设计直观易用的用户界面

用户界面设计要朝着“零培训上手”的方向去优化交互逻辑，平台可采用模块化布局，把核心功能划分成“数据采集”“隐患管理”“统计分析”“系统设置”这四大模块，每个模块都运用卡片式设计，借助图标与文字的组合来直观地呈现功能用途，对于一线检测人员，开发移动端的轻量界面，把常用操作像扫码检测、拍照上传等设置成底部固定按钮，支持单手操作，界面色彩选用高对比度设计，在强光环境下依旧可以清晰地显示数据，防止出现误读。管理层界面采用数据驾驶舱模式，依靠拖拽式布局让用户可自定义关注指标，比如日排查完成率、超标设备修复率等，并且支持一键切换图表类型，像柱状图、折线图、饼图等，优化操作反馈机制，例如数据提交成功的时候显示动画提示，操作错误的时候提供具体的修正建议，依靠这些细节设计来降低用户

的认知成本，提高操作效率。

4.3.2 提供实时反馈和可视化工具以辅助决策

实时反馈以及可视化工具可使得数据价值以直观的形式呈现出来，该平台在数据录入的过程当中可以提供即时的校验反馈。例如，当检测值快要接近超标阈值的时候，会使用黄色进度条提示“即将超标”，而一旦超标就会触发红色闪烁预警，同时显示历史最高值进行对比，在可视化方面，集成了三维厂区模型，把设备位置、泄漏状态等信息进行叠加展示，支持借助手势缩放、旋转来查看细节，点击任意设备就能弹出检测数据时间轴以及修复记录。开发动态趋势看板，实时更新关键指标的变化情况，比如当日新增超标设备数量、平均修复时长等，并且凭借警戒线设置来突出异常波动。针对复杂决策场景，提供数据切片分析工具，用户可按照设备类型、检测周期、区域等维度自由组合筛选条件，生成定制化的可视化报告，像“2023 年 Q2 炼油车间闸阀泄漏率分析”，让抽象数据转变为具象的决策依据，提高管理效率。

4.4 系统集成和兼容性

4.4.1 实现与其他工业系统的无缝集成

要实现与其他工业系统的无缝整合，就需要构建起开放且协同的生态体系，该平台可开发标准化的 API 网关，以此支持和集散控制系统也就是 DCS、安全仪表系统即 SIS 进行实时通信，可自动获取设备运行的参数，像介质流量、进出口压力等，建立起“运行状态—泄漏数据”的关联分析机制。当 DCS 显示某泵体的流量出现异常波动时，平台会自动调取该泵最近 3 次的泄漏检测记录来辅助诊断，与企业资产管理系统即 EAM 进行集成，同步设备台账信息，比如安装日期、维护记录等，当平台检测到设备泄漏时，会自动触发 EAM 系统生成维修工单，实现“检测—报修—修复—复检”的闭环管理。针对环保监测的需求，和地方生态环境局监管平台对接，按照要求自动上传月度排查报告以及超标修复情况，防止人工报送出现滞后性和错误率，在集成过程中采用松耦合架构设计，保证某一系统进行升级或者出现故障时不会影响平台的核心功能，保障数据流转的稳定性。

4.4.2 确保数据格式和协议的兼容性

要实现跨系统协同，数据格式与协议的兼容性保障是关键前提，平台需要支持主流工业数据格式的解析工作，比如可直接读取 XML、JSON、CSV 等格式的文件，并且要开发专用的适配器来处理特殊格式的数据，某些老旧检测设备所生成的二进制文件，在通信协议方面，除了兼容 Modbus、OPC UA 等标准协议之外，还要预留协议扩展接口，借助插件形式来支持新协议。例如 MQTT，以此契合不同年代设备的接入需求。对于国际业务较多的企业，要支持多语言、多单位制的数据转换，像自动把英制单位转换为公制单位，并符合 ISO、EPA 等国际标准的数据规范，另外要建立数据格式版本管理机制，当平台进行版本升级时，自动备份历史数据并完成格式迁移，保证新老数据兼容，同时为下游系统提供格式转换工具包，降低集成难度，实现 “一次采集、多方复用” 数据价值的最大化。

4 结语

LDAR 数据管理平台经过系统性的优化之后，泄漏排查工作的质量和效率都有了明显提升，数据质量控制机制在源头上保障了采集的精度，自动化清洗流程去除了无效数据的干扰，机器学习以及定制化模型的运用，实现了泄漏风险的精准预测与定位，直观的界面设计加上可视化工具，降低了操作的门槛，加快了决策的响应速度。多系统集成与格式兼容构建起了数据流通的闭环生态，这些改进有效处理了传统排查中存在的遗漏重复、数据脱节等问题，提升了企业的减排成效，还契合了环保监管的要求，未来随着技术不断迭代，平台需要深入智能算法的应用以及跨场景适配，持续释放数据价值，为工业环保精细化管理提供帮助。

参考文献

[1] 佟巍,张娟. 油田生产数据一体化管理平台关键模块研发模式探究 [J]. 信息系统工程, 2025, (07): 8-11.

[2] 展梓豪,万勇,袁子上,等. 基于Java与MATLAB混合编程的油气损耗数据管理平台 [J]. 物联网技术, 2025, 15 (12): 78-82.

[3] 张文茜,郭锦华,卜意磊,等. 基于主数据质量的公共数据资产管理平台架构设计 [J]. 大众标准化, 2025, (11): 167-169.