

石化企业智能仪器仪表在环境监测中的应用分析

赵英龙

中国石化河南油田分公司石油工程技术研究院 河南 南阳 473132

摘要：石化企业环境监测涵盖大气、水体、土壤和噪声，传统监测方式存在周期长、覆盖有限、误差大、效率低等局限。智能仪器仪表的应用极大提升了监测效率与精准度，如智能VOCs、颗粒物、水质、土壤重金属及噪声在线监测仪等，可实时精准监测并自动报警。但智能仪器仪表应用存在成本高、运维难、数据融合共享不足、抗干扰能力弱等问题，需通过降低成本、加强人才培养、统一数据标准、优化设备设计等对策加以解决。

关键词：石化企业；智能仪表；环境监测；应用分析

引言：石化企业生产环节复杂，污染物种类繁多，环境监测涵盖大气、水体、土壤及噪声四大环境要素。传统监测方式以人工采样和实验室分析为主，存在监测周期长、覆盖范围有限、人为误差大、数据处理效率低等局限性，难以满足现代环境管理需求。随着科技发展，智能仪器仪表凭借其实时、精准、高效等优势，在石化企业环境监测中得到广泛应用，涵盖大气、水体、土壤及噪声监测多个领域。然而，其在应用过程中也暴露出设备成本高、运维难度大、数据融合共享不足以及抗干扰能力有待提升等问题。本文将深入探讨智能仪器仪表在石化企业环境监测中的应用及优化策略。

1 石化企业环境监测的主要对象与传统监测方式的局限性

石化企业在生产过程中涉及原油开采、炼制、化工产品生产等多个环节，产生的污染物种类繁多，环境监测的对象主要包括大气环境、水体环境、土壤环境及噪声环境四大类。其中，大气污染物主要有二氧化硫、氮氧化物、挥发性有机物（VOCs）、颗粒物等；水体污染物主要包括化学需氧量（COD）、氨氮、石油类、重金属等；土壤污染物主要为石油烃、重金属等；噪声则主要来源于生产设备运行、物料运输等环节。

传统的环境监测方式以人工采样和实验室分析为主，例如大气监测中，工作人员定期到固定采样点采集空气样品，随后带回实验室利用气相色谱仪、分光光度计等设备进行分析；水体监测则需要人工采集水样后，通过化学滴定、仪器分析等方法测定污染物浓度。这种监测方式存在明显的局限性：一是监测周期长，难以实现实时监测，无法及时捕捉污染物浓度的瞬时变化，当发生突发污染事件时，难以及时采取应急措施；二是监测覆盖范围有限，受人力、物力限制，采样点数量较少，无法全面反映企业周边及厂区内的污染物分布情

况；三是人为误差较大，采样过程中的操作规范性、样品运输与保存条件等都会影响监测数据的准确性；四是数据处理效率低，实验室分析完成后，数据需要人工整理、汇总，难以快速形成监测报告，不利于企业及时调整生产工艺和环保措施^[1]。

2 智能仪器仪表在石化企业环境监测中的具体应用

2.1 智能仪器仪表在大气环境监测中的应用

（1）在石化企业复杂且严格的大气环境监测体系里，智能仪器仪表扮演着不可或缺的角色，其核心任务是实时、精准地监测厂区内及周边大气中各类污染物的浓度动态变化，为企业的环境管理和环保部门的监管提供坚实的数据支撑。常见的智能监测设备涵盖智能VOCs在线监测仪、智能颗粒物在线监测仪、智能二氧化硫/氮氧化物在线监测仪等。（2）智能VOCs在线监测仪运用了先进的光离子化检测（PID）技术或气相色谱-质谱联用（GC-MS）技术。PID技术凭借其高灵敏度和快速响应的特点，能迅速捕捉大气中VOCs的微小浓度变化；而GC-MS技术则以其强大的分离和鉴定能力，可精准识别并定量分析多种复杂的VOCs成分。该仪器可连续不间断地实时监测大气中VOCs的浓度，监测范围广泛，能覆盖苯、甲苯、二甲苯等多种具有代表性的特征污染物。它具备自动采样、自动分析以及数据自动传输的完备功能，能将监测数据实时、准确地上传至企业环境管理平台或环保部门监管平台。一旦VOCs浓度超过预设阈值，仪器会立即自动发出声光报警信号，及时提醒工作人员排查泄漏点。例如，在石化企业的储罐区、装卸区等VOCs易泄漏的关键区域安装该仪器，可实时监测密封点的泄漏情况，从源头上有效减少VOCs的无组织排放。

（3）智能颗粒物在线监测仪采用激光散射法或 β 射线吸收法进行实时测量。激光散射法通过分析颗粒物对激光的散射特性来确定其浓度，具有测量速度快、响应灵敏

的优点； β 射线吸收法则基于颗粒物对 β 射线的吸收程度来计算浓度，测量结果准确可靠。该仪器抗干扰能力强、测量精度高，还可与气象站数据联动，深入分析风速、风向等气象因素对颗粒物扩散的影响，为企业制定科学合理的颗粒物污染防控措施提供有力的数据支持。

2.2 智能仪器仪表在水体环境监测中的应用

(1) 石化企业在生产运营过程中，水体环境监测至关重要，涵盖生产废水、生活污水、雨水以及周边地表水和地下水等多个方面。智能仪器仪表在这一领域的广泛应用，极大地提升了监测的效率和精准度，其中智能水质在线监测系统成为关键应用典范。(2) 智能水质在线监测系统是一个高度集成化的监测体系，由智能传感器、数据采集传输模块、数据分析软件等核心部分构成。该系统具备强大的多参数监测能力，可同时对化学需氧量(COD)、氨氮、石油类、pH值、溶解氧等多项关键水质指标进行实时监测。以智能COD在线监测仪为例，它运用先进的重铬酸钾氧化-分光光度法，能够自动化地完成水样采集、消解、比色以及分析等一系列复杂过程。监测周期可根据实际需求灵活设定，最短可达到每小时一次，相较于传统人工分析方式，不仅大大缩短了监测时间，而且数据的准确性显著提高。智能石油类在线监测仪则采用红外分光光度法，能够快速、精准地检测水体中石油类物质的浓度，有效避免了人工采样过程中因油类物质挥发而导致的误差，确保了监测结果的可靠性。(3) 在石化企业的实际应用中，将智能水质在线监测仪安装在污水处理站出口、雨水排放口以及周边地下水监测井等关键位置，可实现对排水水质的实时监控。一旦水质指标出现异常，系统会立即发出警报，并自动追溯异常数据的来源。通过这一功能，工作人员能够迅速定位污染源头，例如排查是否存在生产装置泄漏、污水处理工艺异常等情况，从而及时采取有效的措施进行处理，避免污染的进一步扩散，保障企业周边水体环境的安全与稳定^[2]。

2.3 智能仪器仪表在土壤与噪声环境监测中的应用

(1) 在环境监测领域，智能仪器仪表正凭借其高效、精准等优势，逐渐成为石化企业环境监测的重要工具，尤其在土壤与噪声环境监测方面发挥着关键作用。(2) 在土壤环境监测方面，传统土壤采样分析方式不仅需要耗费大量人力进行样品采集、运输，还需在实验室进行复杂的前处理和检测流程，整个过程耗时费力且易受人为因素干扰，导致监测效率和准确性受限。而智能土壤重金属在线监测仪、智能土壤石油烃在线监测仪等智能仪器仪表的出现，有效解决了这些问题。以智能土

壤重金属在线监测仪为例，它采用先进的X射线荧光光谱(XRF)技术，该技术基于不同元素对X射线的特征吸收和发射特性，无需对土壤样品进行复杂前处理，就能快速、准确地检测土壤中铅、镉、铬等多种重金属的含量。这使得它非常适用于石化企业厂区内及周边土壤的定期监测与污染溯源，能够及时发现土壤重金属污染状况，为污染治理提供科学依据。同时，部分智能土壤监测仪器还具备自动采样功能，工作人员可根据实际需求预设采样深度和采样间隔，仪器会自动采集不同土层的土壤样品进行分析，从而全面、细致地反映土壤污染的垂直分布情况，为土壤污染修复方案的制定提供更精准的数据支持。(3) 在噪声环境监测中，智能噪声在线监测仪是核心设备。它能够实时采集环境噪声数据，并精准计算等效连续A声级(L_{eq})、最大声级(L_{max})等关键参数。该仪器还具备数据存储、自动传输、超标报警等强大功能。通过将其安装在石化企业的厂界、生产车间周边及员工生活区附近等关键位置，可实时监测生产设备运行、物料运输等环节产生的噪声对周边环境的影响。一旦噪声超标，仪器会立即发出报警信号，工作人员可通过远程监控系统迅速定位噪声源，及时采取调整设备运行参数、加装隔音设施等有效措施，降低噪声污染，保障企业周边环境的安静与和谐^[3]。

3 智能仪器仪表在石化企业环境监测应用中存在的问题及对策

3.1 存在的主要问题

(1) 设备成本较高，初期投入大。智能仪器仪表融合了多种先进技术，其研发与生产成本较高，尤其是高精度的智能监测设备(如GC-MS联用VOCs监测仪)，单台设备价格可达数十万元甚至上百万元。对于中小型石化企业而言，大规模布设智能监测设备需要承担较高的初期投入，部分企业因此望而却步。(2) 设备运维难度大，对技术人员要求高。智能仪器仪表的运行依赖于复杂的硬件和软件系统，设备的日常维护、校准、故障排查等需要专业的技术人员操作。然而，部分石化企业尤其是中小型企业，缺乏具备相关专业知识和技能的运维人员，导致设备出现故障后无法及时修复，影响监测数据的连续性和准确性。(3) 数据融合与共享不足。目前，部分石化企业的智能监测设备来自不同的供应商，设备之间的数据格式和通信协议不统一，导致监测数据分散在不同的系统中，难以实现数据的有效融合与共享。此外，企业内部环境监测数据与生产数据、环保部门监管数据之间也缺乏有效的对接机制，无法形成“监测-分析-决策-调控”的闭环管理。(4) 抗干扰能力有待

提升。石化企业生产环境复杂,存在高温、高压、强腐蚀、强电磁干扰等情况,部分智能仪器仪表在这种恶劣环境下的稳定性和抗干扰能力不足,容易出现监测数据漂移、设备故障等问题。例如,在炼油装置区,高温环境可能导致智能传感器的灵敏度下降,影响监测数据的准确性。(5)环境突发事件应对,智能仪器仪表在应对化学品泄漏等突发事件中发挥重要作用。便携性和快速响应能力使其能够在短时间内到达现场。实时监测污染物浓度,为应急处理提供数据支持。无人机监测:无人机搭载智能仪器仪表,用于大面积或复杂地形区域的空气质量监测。能够覆盖传统地面监测站难以到达的区域。提供更全面的空气质量数据。这些案例展示了智能仪器仪表在空气质量监测中的多样性和重要性,随着技术的不断进步,其应用范围还将进一步扩大。

3.2 针对性的优化对策

(1)降低设备成本,加大政策支持力度。一方面,鼓励智能仪器仪表生产企业加大研发投入,优化生产工艺,通过规模化生产降低设备成本;另一方面,政府相关部门可出台专项补贴政策,对石化企业购置和安装智能环境监测设备给予一定的资金支持,减轻企业的初期投入压力。同时,推动行业内企业开展合作,通过集中采购、共享监测设备等方式,进一步降低设备使用成本。(2)加强人才培养,提升运维能力。石化企业应加强与高校、职业院校及专业培训机构的合作,开展针对性的人才培养计划,培养具备智能仪器仪表运维、数据分析等能力的专业技术人员。同时,设备供应商可提供完善的售后服务,包括设备安装调试、定期维护、技术培训等,帮助企业解决运维难题。此外,企业还可建立运维人员考核机制,提高运维人员的专业水平和责任心。(3)统一数据标准,推动数据融合共享。行业协会应牵头制定智能环境监测设备的数据格式和通信协议标准,规范设备生产和数据传输环节,确保不同供应商的

设备能够实现数据互通。石化企业应搭建统一的环境监测数据管理平台,将分散在各个系统中的监测数据整合起来,实现数据的集中存储、分析和展示。同时,加强与环保部门的沟通协作,建立数据共享机制,及时上报监测数据,实现企业与监管部门的协同管理。(4)优化设备设计,提升抗干扰能力。智能仪器仪表生产企业应针对石化企业的特殊生产环境,优化设备的结构设计和材料选择,采用耐高温、耐腐蚀、抗电磁干扰的元器件和外壳,提高设备的稳定性和适应性。例如,在传感器设计中采用隔离技术,减少电磁干扰对监测数据的影响;在设备外壳采用不锈钢或特种塑料材质,增强设备的耐腐蚀性能。同时,设备安装时应选择合适的位置,避免直接暴露在高温、强腐蚀区域,进一步提升设备的运行稳定性。

结束语

智能仪器仪表在石化企业环境监测中发挥着关键作用,有效弥补了传统监测方式的不足,为企业的环境管理和环保监管提供了有力支撑。然而,当前其应用仍面临设备成本高、运维难度大、数据融合共享不足以及抗干扰能力有待提升等问题。针对这些问题,需从多方面着手解决,如降低设备成本、加强人才培养、统一数据标准、优化设备设计等。通过这些优化对策的实施,可进一步提升智能仪器仪表在石化企业环境监测中的应用效能,推动石化企业实现绿色、可持续发展,更好地履行环境保护责任,实现经济效益与环境效益的双赢。

参考文献

- [1]管仁乐,陈飞,李群.自动化仪器在环境监测实验室中的应用现状及进展[J].越野世界,2020,15(7):184.
- [2]吴辰,邓金颖,张怡,等.地下式污水处理厂中环境气体监测仪表的设置[J].仪器仪表用户,2020,27(1):30-32,47.
- [3]周志伟.石油化工自动化仪表设计及安装调试技术应用[J].化工设计通讯,2021,47(10):100-101,121.