

# 理化分析仪器实验室环境因素影响综合分析

王玉川

德力西电气有限公司 浙江 温州 310000

**摘要:** 本文综述了理化分析仪器的概述、分类及其在各个领域的应用。文章详细分析了实验室环境因素,包括温度与湿度、电磁干扰与振动干扰、空气洁净度与化学污染以及光照与辐射,对理化分析仪器性能的影响。针对不同环境因素,提出了相应的控制策略,如温湿度监控、空气净化与通风优化、电磁屏蔽与接地系统改进以及隔振装置的应用。旨在为理化分析仪器实验室的环境控制提供理论指导和实践参考,以确保仪器性能稳定,提升实验结果的准确性和可靠性。

**关键词:** 理化分析仪器; 实验室; 环境因素影响; 控制策略

**引言:** 理化分析仪器作为现代科学研究和工业生产中不可或缺的工具,其准确性和稳定性对于保障实验结果的可靠性至关重要。实验室内的环境因素往往会对理化分析仪器的性能产生显著影响,从而干扰实验结果的准确性。深入分析实验室环境因素对理化分析仪器的影响,并采取相应的控制策略,对于提升实验数据的质量具有重要意义。

## 1 理化分析仪器概述

理化分析仪器的工作原理:如光谱仪通过检测物质对光的吸收、发射或散射来分析成分;色谱仪基于不同物质在固定相和流动相之间的分配差异实现分离和检测。理化分析仪器的应用领域:如在化工领域用于原料、产品质量检测;食品行业用于营养成分分析、有害物质检测;环境监测中对水、空气、土壤污染物的分析等。在半导体制造业中,借助理化分析仪器,制造商能够严格控制生产过程中的每一个环节,确保最终产品达到行业最高标准<sup>[1]</sup>。理化分析仪器的发展历程:阐述从

早期简单仪器到现代精密复杂仪器的演变,如分析仪器的技术突破,像从手工操作到自动化、智能化的转变。理化分析仪器的性能指标:介绍评价仪器性能的关键指标,如灵敏度(检测低浓度物质的能力)、准确度(测量值与真实值接近程度)、精密度(多次测量结果的重复性)、分辨率(区分不同物质或信号的能力)等。在机械制造领域,理化分析仪器发挥着不可或缺的作用。通过对原材料和零部件的成分、组织结构及力学性能等关键指标进行精确分析,能够有效确保产品质量和性能符合设计要求,同时保障生产工艺的稳定性。此外,理化分析结果为材料选择、产品设计优化提供了重要依据,并对失效分析和故障预防具有重要的指导意义。随着科技的飞速发展,理化分析仪器也在不断进步。它们正朝着更高灵敏度、更高分辨率、更高自动化程度以及更智能化的方向迈进,以满足日益复杂多样的分析需求。

## 2 常见理化分析仪器的分类

仪器类别	工作原理	应用领域	优势特点
紫外-可见分光光度计	基于物质分子对紫外与可见光区域电磁辐射的选择性吸收特性,依据朗伯-比尔定律,通过检测光强度变化计算物质浓度	水质检测(测定水中硝酸盐、亚硝酸盐含量)、食品行业(检测食品添加剂、色素等成分)	操作简便、分析速度快、灵敏度较高,广泛用于多个领域定量分析
红外光谱仪	利用物质分子对红外光的吸收产生振动和转动能级跃迁,形成特征红外吸收光谱鉴别物质	聚合物材料研究(鉴别聚合物种类、分析分子链结构)、刑侦领域(分析犯罪现场残留物质成分)	对样品无破坏,能提供丰富结构信息,是有机化合物结构分析的重要手段
气相色谱仪	以气体为流动相,依据各组分在固定相和流动相之间分配系数差异,多次分配实现分离,分离后组分进入检测器产生电信号记录成色谱图	石油化工领域(分析油品组成)、环境监测(检测大气或水中挥发性有机污染物)	分离效率高、分析速度快,适合分析易挥发、热稳定性好的物质
液相色谱仪	以液体为流动相,通过高压输液泵将流动相输送通过装有固定相的色谱柱,样品在柱内分离后被检测器检测	制药行业(用于药物纯度检测、杂质分析)、生物化学领域(分离和分析蛋白质、核酸等生物大分子)	应用范围广、分离效果好,适用于分析高沸点、热稳定性差、相对分子质量大的化合物

续表:

仪器类别	工作原理	应用领域	优势特点
质谱仪	将样品分子离子化, 根据离子质荷比 ( $m/z$ ) 不同, 在电场和磁场作用下偏转, 不同质荷比离子到达检测器时间和位置不同得到质谱图, 分析质荷比及相对丰度确定样品信息	生物医学研究 (蛋白质组学分析、代谢物鉴定)、食品安全检测 (检测农药残留、兽药残留等)	高灵敏度、高分辨率, 能提供丰富结构信息, 在复杂样品分析中发挥关键作用
电化学分析仪	基于物质在溶液中的电化学性质, 通过测量电流、电位、电量等电化学参数分析	化工、环保、生物等领域酸碱度测量 (如pH计)、痕量金属离子检测 (伏安分析法)、根据电解电量确定物质含量 (库仑分析法)	灵敏度高、选择性好、设备简单, 在现场快速检测、在线监测等方面应用广泛

### 3 实验室环境因素对理化分析仪器的影响

#### 3.1 温度与湿度的影响

温度和湿度是影响理化分析仪器性能的关键因素之一。不同理化分析仪器对温度和湿度的要求各不相同, 但大多数仪器都需要在特定的温度和湿度范围内运行才能保持最佳性能。例如, 高精度质谱仪、气相色谱仪等高端分析设备, 对温度和湿度的波动极为敏感。温度过高或过低可能导致仪器内部部件的热胀或冷缩, 从而影响仪器的精度和稳定性。湿度过高则可能引发仪器内部电子元件的腐蚀, 降低仪器的使用寿命<sup>[2]</sup>。另外, 温度和湿度的变化还可能影响样品的状态, 如导致样品挥发、结晶或变质, 进而影响分析结果的准确性。

#### 3.2 电磁干扰与振动干扰

电磁干扰和振动干扰同样显著影响理化分析仪器性能。实验室内电子设备、电源线及无线通信设备均可能产生电磁干扰, 这些干扰信号通过电源线、信号线或空间辐射进入仪器内部。当电磁干扰强度达到10V/m时, 部分气相色谱仪的基线噪声可增加50%-100%, 严重影响检测精度。振动干扰主要源于实验室机械设备、人员走动及外部交通。长期振动干扰会使仪器内部部件松动、磨损甚至损坏, 降低仪器精度与稳定性。例如, 高精密度天平对振动极为敏感, 振动幅值超过0.1mm/s时, 称量误差可增大至 $\pm 0.1\text{mg}$ 。在某实验室附近道路施工期间, 因施工振动导致高精密度天平所在区域振动幅值达0.2mm/s, 一周内称量误差超标的次数增加5倍<sup>[3]</sup>。

#### 3.3 空气洁净度与化学污染

在光谱仪中, 空气中颗粒物沉积在分光光度计的光栅、反射镜等光学元件表面, 阻挡光线传播, 降低光通量, 进而大幅降低仪器检测灵敏度。当空气中粒径  $\geq 0.5\mu\text{m}$  的颗粒物浓度达到10000个/ $\text{m}^3$ 时, 光谱仪的检测灵敏度可降低10%-20%, 对于采用气体作为流动相或检测介质的气相色谱仪和部分质谱仪, 颗粒物可能堵塞气路, 影响气体流量与纯度, 干扰仪器正常运行。在环境

监测实验室, 空气洁净度不达标时, 颗粒物污染会使大气中污染物浓度检测结果偏高, 干扰环境质量评价准确性; 化学污染方面, 空气中二氧化硫、氮氧化物、挥发性有机物等有害气体, 会与仪器金属部件、敏感元件发生化学反应。在电化学分析仪中, 当二氧化硫浓度达到1ppm时, 电极响应时间可延长1s-2s。对于质谱仪, 化学污染降低离子源内离子化效率, 污染检测器, 致使质谱图出现基线漂移、噪声增大等问题, 削弱仪器对样品的分析能力。在半导体材料分析实验室, 化学污染干扰对材料杂质的检测, 影响半导体产品质量控制。

#### 3.4 光照与辐射

光照对采用光敏元件的光谱仪影响不容忽视。以紫外-可见分光光度计的检测器为例, 长时间强光照射会使光敏元件老化, 灵敏度下降, 光强度检测准确性受损。在药品质量检测中, 若仪器光敏元件受光照影响, 对药品中杂质含量检测结果可能出现偏差, 影响药品质量判断。辐射方面, 实验室周边放射性源或仪器自身产生的辐射可能损害仪器电子元件。X射线衍射仪工作时产生的X射线辐射, 若防护不当, 可能影响周边其他仪器电子电路, 导致电路故障或数据错误。在生物医学实验室中, 质谱仪等仪器受到辐射干扰, 可能阻碍对生物样品中代谢物等成分的分析, 影响相关科研工作进展。

### 4 理化分析仪器实验室环境控制策略

#### 4.1 温湿度控制策略

为有效控制实验室温湿度, 科学选型与合理设计空调系统是首要任务。以某大型科研机构的理化分析实验室为例, 该实验室面积达500平方米, 配备了30台高发热光谱仪, 每台光谱仪运行时的发热量约为1.5kW。经专业软件计算, 结合当地夏季最高气温38°C、冬季最低气温-5°C的气候条件, 以及室内常驻20名工作人员的散热情况, 确定实验室制冷量需求为120kW, 制热量需求为60kW, 制冷量预留20%的冗余, 以应对仪器集中运行时的高热量。同时, 选用具备除湿与加湿功能的精密

空调,经实际运行测试,湿度控制精度可达 $\pm 2\%RH$ ,超过 $\pm 3\%RH$ 的标准要求。在该实验室的关键位置,如仪器密集区、通风口、人员活动频繁区域等,共布置10个温湿度传感器。传感器采集的数据通过无线传输至监控主机,一旦温湿度超出预设范围,系统立即发出警报,并自动控制空调系统调节。在连续3个月的监测中,设定温度控制范围为 $22^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$ ,湿度控制范围为 $45\%RH \pm 5\%RH$ ,实验室温湿度满足要求的时间占比高达98%。此外,每季度对温湿度监控系统进行校准与维护,确保数据准确性与可靠性。

#### 4.2 电磁干扰控制策略

电磁屏蔽在降低电磁干扰中发挥重要作用。某企业化分析实验室在建筑设计阶段,采用金属网对实验室进行整体屏蔽,金属网的网孔尺寸为 $0.1mm \times 0.1mm$ ,可有效屏蔽频率范围在10kHz-1GHz的外界电磁辐射。对于实验室中的精密质谱仪,定制了专用电磁屏蔽罩,屏蔽罩采用厚度为2mm的不锈钢材质,经检测,安装屏蔽罩后,质谱仪周围的电磁干扰强度从原来的18V/m降低至4V/m以下。同时,优化实验室接地系统,通过增加接地极数量、采用降阻剂等措施,将接地电阻从原来的 $3\Omega$ 降低至 $0.8\Omega$ ,满足接地电阻控制在 $1\Omega$ 以下的要求,显著提高了电磁兼容性。在一次检测中,发现实验室角落的一台无线通信设备成为干扰源,导致周边区域电磁干扰强度超标。通过调整该设备的位置,并增加局部屏蔽措施,成功将该区域电磁干扰强度降低至标准范围内,保障了仪器的正常运行。

#### 4.3 空气质量控制策略

空气净化设备的合理选择与安装对改善空气质量至关重要。在一家专注于光学材料分析的实验室中,由于光学元件对颗粒物极为敏感,选用过滤效率达99.99%的HEPA过滤器。安装后,通过专业粒子计数器检测,空气中粒径 $\geq 0.5\mu m$ 的颗粒物浓度从安装前的8000个/ $m^3$ 降至500个/ $m^3$ 以下。同时,针对实验室周边工业废气排放导致的二氧化硫、氮氧化物等有害气体污染问题,安装了活性炭吸附装置。经检测,在活性炭吸附装置运行3个月后,空气中二氧化硫浓度从0.6ppm降至0.08ppm,氮氧化物浓度从0.4ppm降至0.05ppm。通风系统的优化同样关键。该实验室根据空间布局与仪器分布,合理设计风量与换气次数。经计算,将换气次数设定为10次/小时,确保室内空气及时更新。在通风系统运行过程中,利用气流可视化技术监测气流组织,未发现气流死角。每两个月对通风管道进行清洁与维护,从清理出的积尘量来

看,每月积尘量控制在50g以内,有效防止管道内积尘与微生物滋生,保障了空气质量。

#### 4.4 光照与辐射控制策略

对于光照影响,在实验室建设过程中,选用低照度、无紫外线的照明灯具,并通过安装窗帘、遮光罩等措施,避免强光直接照射到仪器上。针对采用光敏元件的光谱仪,在仪器外部增设遮光外壳,进一步减少环境光干扰。在某药品质量检测实验室,采取这些措施后,经连续一个月对紫外-可见分光光度计的检测数据跟踪,发现因光照导致的检测结果偏差率从原来的5%降低至1%以内,有效保障了检测准确性。在辐射控制方面,对于实验室周边存在放射性源的情况,通过设置铅屏蔽墙、防护门等措施,阻挡辐射传播。针对仪器自身产生辐射的情况,如X射线衍射仪,对仪器进行全封闭设计,采用铅玻璃观察窗,并在仪器周围设置辐射警示区域,限制人员靠近<sup>[4]</sup>。同时,定期对实验室辐射水平进行检测,配备专业辐射监测设备,确保辐射强度在安全范围内。在一家生物医学实验室,在采取上述辐射防护措施后,质谱仪等仪器因辐射干扰导致的分析异常次数从每月3次降低至每年1次,保障了实验工作的顺利开展。

#### 结束语

综上所述,实验室环境因素对理化分析仪器的性能具有显著影响,因此,合理控制实验室环境对于保障仪器性能和实验结果准确性至关重要。通过实施有效的温湿度控制、空气质量控制、电磁干扰控制和振动控制策略,可以显著提升理化分析仪器的运行稳定性和使用寿命。本文的研究结果对于指导理化分析仪器实验室的环境控制和管理具有重要的实践意义,有助于推动相关领域科研和生产的进步。

#### 参考文献

- [1]龙飞.理化分析仪器检定与校准过程优化措施[J].大众标准化.2024,(24).DOI:10.3969/j.issn.1007-1350.2024.24.059.
- [2]于霄鹏,宋龙波.实验室检定气体报警器的注意事项[J].计量与测试技术.2021,48(11).DOI:10.15988/j.cnki.1004-6941.2021.11.019.
- [3]赵雪峰,李超,贾松涛,等.LIMS系统在第三方食品检测实验室风险管控中的应用[J].现代食品.2020,(9).DOI:10.16736/j.cnki.cn41-1434/ts.2020.09.054.
- [4]黄东兴.理化分析仪器实验室环境因素影响综合分析[J].中国计量,2021(12):71-72,110.DOI:10.16569/j.cnki.cn11-3720/t.2021.12.028.