

室内空气检测的样品采集及处理方法解析

韩春玲

宁波市宁乐建筑工程检测有限公司 浙江 宁波 315048

摘要：本文聚焦室内空气检测，阐述其重要性。介绍了室内空气污染物种类，包括化学性、物理性、生物性污染物及其危害；说明检测标准。详细剖析样品采集方法，涵盖采样点选择、容器设备使用、采样技术与注意事项。同时阐述样品处理方法，如预处理、分析方法选择及数据处理与质量控制。通过写字楼新装修后室内空气检测案例，展示样品采集与处理全过程及改善措施。

关键词：室内空气检测；样品采集；处理方法

1 室内空气检测概述

1.1 室内空气污染物的种类

室内空气污染物来源多样、种类复杂，按性质大致可分为化学性、物理性与生物性三类。化学性污染物中，甲醛常见于人造板材、家具及胶粘剂等装修材料，长期低浓度接触可诱发慢性呼吸道疾病、月经紊乱、妊娠综合征，甚至增加鼻咽癌、结肠癌、脑瘤等发病风险；苯系物（苯、甲苯、二甲苯）多存于油漆、涂料及稀释剂，会损害人体造血系统，致白细胞、血小板减少，严重时可引发白血病；总挥发性有机化合物（TVOC）为室内各类挥发性有机物统称，源自建筑材料、装饰材料及办公用品等，可扰乱机体免疫功能，影响中枢神经系统，引发头晕、头痛、嗜睡、乏力、胸闷等症状^[1]。物理性污染物方面，PM10与PM2.5主要源于室外污染物渗透、吸烟及烹饪活动，能深入肺部甚至进入血液循环，诱发心血管与呼吸系统疾病；氡及其子体作为放射性污染物，主要来自地基土壤与花岗岩、砖砂等建材，长期接触会提升肺癌风险。生物性污染物涵盖细菌、病毒、真菌及尘螨，在潮湿、通风差的室内环境中易滋生，可引发过敏反应、呼吸道疾病及传染病，对免疫力低下人群危害显著。

1.2 室内空气检测的标准

为规范室内空气检测工作，保障检测结果的准确性和可靠性，我国制定了一系列相关标准。例如，《室内空气质量标准》（GB/T18883-2022）是推荐性国家标准，它规定了室内空气质量参数及检验方法，适用于住宅和办公建筑物，其他室内环境可参照执行。该标准对各类污染物的浓度限值做出了明确规定，如甲醛的1小时平均浓度限值为 $0.08\text{mg}/\text{m}^3$ ，苯的1小时平均浓度限值为 $0.03\text{mg}/\text{m}^3$ 等。还有《民用建筑工程室内环境污染控制标准》（GB50325-2020），这是强制性国家标准，主要针

对新建、扩建和改建的民用建筑工程，对建筑材料和装修材料的污染物含量控制、工程验收时的室内环境污染物质浓度限量等方面做出了详细规定。这些标准的制定为室内空气检测提供了统一的依据，确保了检测工作有章可循。

2 室内空气检测样品采集方法

样品采集是室内空气检测的关键环节，采集到的样品质量直接影响检测结果的准确性。因此需要科学合理地选择采样点、使用合适的采样容器与设备，并掌握正确的采样方法与技术，同时注意采样过程中的各项细节。

2.1 采样点的选择与布局

采样点的选择应具有代表性，能够反映室内空气质量的整体状况。一般情况下，采样点应避开通风口、门窗等空气流动较大的位置，以免受到外界空气的干扰。对于面积较小的房间，可在房间中心位置设置1个采样点；对于面积较大的房间，可根据房间的形状和功能分区，采用对角线法、梅花点法或网格法等进行布点。例如，在对角线法中，将房间对角线三等分，在两个等分点处设置采样点；梅花点法是在房间中心点和距离墙壁0.5m处均匀设置5个采样点；网格法则是将房间划分为若干个等面积的网格，在每个网格的中心位置设置采样点。采样点的高度也有一定要求，通常距离地面0.8-1.5m，这个高度基本与人的呼吸带高度一致，能够更好地反映人体实际接触的空气质量情况。同时采样点的数量应根据房间面积确定，一般每 10m^2 至少设置1个采样点，不足 10m^2 的房间按 10m^2 计算。

2.2 采样容器与设备

不同的污染物需要使用不同的采样容器和设备。对于采集气体样品的容器，常用的有玻璃注射器、气袋、吸收管等。玻璃注射器适用于采集少量的气体样品，具有密封性好、不易吸附气体的优点；气袋则常用于采

集较大体积的气体样品, 材质一般有聚四氟乙烯、铝箔复合膜等, 可根据污染物的性质选择合适的气袋; 吸收管主要用于采集气态污染物, 如大型气泡吸收管、小型气泡吸收管、冲击式吸收管等, 它们通过将气体样品通过吸收液, 使污染物被吸收液吸收, 从而达到采集的目的。采样设备主要包括各种气体采样泵, 如空气采样泵、恒流采样泵等。空气采样泵能够提供稳定的负压, 将室内空气吸入采样容器中; 恒流采样泵则可以在采样过程中保持恒定的流量, 确保采样结果的准确性。还有温湿度计、气压计等辅助设备, 用于测量采样时的环境参数, 以便对检测结果进行校正。

2.3 采样方法与技术

常见的采样方法有直接采样法和富集采样法。直接采样法适用于空气中污染物浓度较高的情况, 可直接用注射器、气袋等容器采集一定体积的空气样品。这种方法操作简单、快速, 但只能采集到瞬时的空气样品, 对于污染物浓度较低的情况, 可能无法满足检测要求。富集采样法则是通过采样设备将大量的空气样品通过吸附剂、吸收液等, 使污染物在采样介质中富集, 从而提高检测的灵敏度。例如, 活性炭吸附管可用于采集苯系物、TVOC等挥发性有机物, 当空气通过活性炭吸附管时, 污染物被活性炭吸附; 溶液吸收法是利用吸收液与空气中的污染物发生化学反应或物理溶解, 将污染物从空气中分离出来, 如用酚试剂分光光度法采集甲醛时, 就是通过酚试剂吸收液将空气中的甲醛吸收。在采样过程中, 需要严格控制采样流量和采样时间^[2]。采样流量应根据采样方法、采样设备以及污染物的性质等因素确定, 并在采样过程中保持恒定。采样时间则根据室内空气污染物的浓度、采样体积以及检测方法的灵敏度等因素综合考虑。

2.4 采样注意事项

采样前, 应对采样容器和设备进行清洗、干燥和校准, 确保其性能良好。采样容器要用适当的溶剂清洗多次, 去除残留的污染物; 采样设备要检查其流量是否准确, 如有偏差应及时调整。同时要了解采样现场的环境情况, 如室内装修情况、通风状况、人员活动等, 这些信息有助于分析检测结果。采样时, 要避免采样人员对采样过程产生干扰, 采样人员应站在采样点的下风向, 防止自身呼吸影响采样结果; 采样过程中要保持采样设备的稳定, 避免晃动影响采样流量。此外, 要准确记录采样时间、采样地点、环境温湿度、气压等参数, 这些记录对于后续的数据处理和结果分析非常重要。采样结束后, 应尽快将样品送往实验室进行分析。对于一些易

挥发、易变质的样品, 需要采取适当的保存措施, 如低温冷藏、添加固定剂等, 以确保样品在运输和保存过程中不发生变化。

3 室内空气检测样品处理方法

采集到的样品需要经过一系列的处理步骤, 才能进行准确的分析检测。样品处理包括预处理、分析方法选择以及数据处理与质量控制等环节, 每个环节都对最终检测结果的准确性有着重要影响。

3.1 样品预处理

样品预处理的目的是将样品中的目标污染物转化为适合分析检测的形式, 同时去除干扰物质。对于气态样品, 如用活性炭吸附管采集的挥发性有机物, 可采用热解吸或溶剂解吸的方法将污染物从吸附剂上解吸下来。热解吸是将吸附管放入热解吸仪中, 在一定的温度和载气流量下, 使吸附在活性炭上的污染物挥发出来, 并随载气进入分析仪器; 溶剂解吸则是用适当的溶剂将吸附在活性炭上的污染物洗脱下来, 如用二硫化碳解吸苯系物。对于液态样品, 如用吸收液采集的气态污染物, 可能需要进行浓缩处理。常用的浓缩方法有氮吹浓缩、旋转蒸发浓缩等。氮吹浓缩是将样品置于氮吹仪中, 用氮气将溶剂吹干, 使污染物浓缩; 旋转蒸发浓缩则是利用旋转蒸发仪, 在减压条件下使溶剂蒸发, 达到浓缩的目的。

3.2 样品分析方法

根据污染物的种类和性质, 选择合适的分析方法。对于甲醛的检测, 常用的方法有酚试剂分光光度法、乙酰丙酮分光光度法、气相色谱法等。酚试剂分光光度法是利用甲醛与酚试剂反应生成嗪, 嗪在酸性溶液中被高铁离子氧化形成蓝绿色化合物, 通过测定其吸光度来确定甲醛的浓度, 该方法操作简单、灵敏度高, 但易受其他醛类物质的干扰; 乙酰丙酮分光光度法则是甲醛与乙酰丙酮在氨性条件下生成黄色化合物, 在413nm波长处有最大吸收, 该方法选择性较好, 但反应时间较长; 气相色谱法具有分离效能高、分析速度快、灵敏度高等优点, 可用于同时测定多种挥发性有机物, 包括甲醛, 但仪器设备昂贵, 操作相对复杂。对于苯系物的检测, 气相色谱法是首选方法^[3]。通过选择合适的色谱柱和检测器, 如氢火焰离子化检测器(FID), 能够准确分离和测定苯、甲苯、二甲苯等苯系物。对于TVOC的检测, 一般采用热解吸-气相色谱法, 将采集到的样品热解吸后, 进入气相色谱仪进行分析, 通过保留时间和峰面积进行定性和定量分析。

3.3 数据处理与质量控制

在样品分析完成后, 需要对得到的数据进行处理。

首先要对原始数据进行检查和筛选,去除异常值。异常值可能是由于采样、分析过程中的误差或干扰因素导致的,可通过格拉布斯检验法、狄克逊检验法等统计方法进行判断和剔除。然后,根据标准曲线或回归方程计算样品中污染物的浓度。标准曲线是通过测定一系列已知浓度的标准溶液的响应值(如吸光度、峰面积等)绘制的,根据样品的响应值在标准曲线上查得其浓度。质量控制是确保检测结果准确可靠的重要环节,在采样和分析过程中,应设置空白样品、平行样品和加标回收样品。空白样品包括现场空白和实验室空白,用于检查采样和分析过程中是否受到污染;平行样品是对同一样品进行多次平行测定,以评价分析方法的精密性;加标回收样品则是在样品中加入已知量的标准物质,测定其回收率,以评价分析方法的准确性。一般来说,平行样品的相对偏差应控制在一定范围内,加标回收率应在80%-120%之间。

4 室内空气检测样品采集与处理的实践应用

4.1 实践案例介绍

某新装修的写字楼投入使用前,为保障员工的身体健康,委托专业检测机构进行室内空气检测。该写字楼建筑面积约5000m²,共有5层,每层面积约1000m²,房间类型主要包括办公室、会议室、走廊等。装修材料主要使用了人造板材、乳胶漆、地毯等。

4.2 样品采集与处理过程

在样品采集阶段,根据房间的布局和功能,采用梅花点法在每层设置采样点。每层设置5个采样点,分别位于办公室2个、会议室1个、走廊2个,采样点高度为1.2m。使用大型气泡吸收管采集甲醛和氨,用活性炭吸附管采集苯系物和TVOC,采样流量为0.5L/min,采样时间为20min。同时,记录采样时的环境温湿度、气压等参数。采样结束后,将样品尽快送往实验室。对于甲醛和氨的吸收液样品,采用分光光度法进行分析;对于苯系物和TVOC的活性炭吸附管样品,采用热解吸-气相色谱法进行分析。在样品预处理过程中,甲醛和氨的吸收液直接进行分析;苯系物和TVOC的活性炭吸附管在热解吸仪中解吸后,进入气相色谱仪进行分析。

4.3 检测结果与分析

检测结果显示,部分办公室的甲醛浓度超过了《室内空气质量标准》(GB/T18883-2022)规定的限值,最大超标倍数达到1.5倍;苯系物和TVOC在部分房间也有不同程度的超标现象,而氨的浓度均符合标准要求。分析超标原因,主要是由于人造板材和乳胶漆中含有大量的甲醛和挥发性有机物,在新装修后短时间内未能充分挥发和散发^[4]。针对检测结果,提出了以下改善措施:加强室内通风换气,增加新风系统的运行时间;在室内摆放一些具有吸附作用的植物,如绿萝、吊兰等;对甲醛超标严重的房间进行再次治理,如采用光触媒、活性炭吸附等方法。经过一段时间的治理后,再次进行检测,室内空气质量各项指标均符合标准要求,为员工提供了一个安全健康的办公环境。

结束语

室内空气检测样品采集与处理是一个科学且严谨的流程,关乎检测结果的精准性,进而影响室内空气质量改善方案的制定。通过系统了解污染物类型、掌握采样处理要点,并结合实际案例分析,能更有效地开展检测工作。未来,应持续优化检测技术与方法,加强各环节规范操作,为人们营造更健康、安全的室内环境,推动室内空气质量检测领域不断发展。

参考文献

- [1] 邹观,闫柏霖,袁海鑫.室内空气检测的样品采集及处理方法解析[J].皮革制作与环保科技,2024,5(10):193-195. DOI:10.20025/j.cnki.CN10-1679.2024-10-67.
- [2] 李爱平.民用建筑工程室内空气检测方法中检出限的探讨[J].石河子科技.2023,(6).DOI:10.3969/j.issn.1008-0899.2023.06.025.
- [3] 王朝杰,李倩.气相色谱法同时检测室内空气中TVOC和苯系物的研究与探索[J].广州化工.2023,51(14). DOI:10.3969/j.issn.1001-9677.2023.14.033.
- [4] 何金太,高丽丽,白佳威,等.便携式比色计在室内空气中甲醛快速检测的应用研究[J].中国建材科技.2023,32(5). DOI:10.12164/j.issn.1003-8965.2023.05.020.