

室内空气环境监测技术的现状及对策分析

唐苏苏

宁波市宁乐建筑工程检测有限公司 浙江 宁波 315048

摘要: 本文深入探讨了室内空气环境监测技术的现状与对策,概述了室内空气污染物及其危害、监测的意义与标准规范。接着分析了传统与现代监测技术及其应用的现状,指出存在技术局限性、设备成本高、数据管理薄弱及标准规范滞后等问题。为解决这些问题,提出了加强技术研发、降低设备成本等对策。本文旨在提升室内空气环境监测水平,保障公众健康与优化室内环境。

关键词: 室内空气;环境监测技术;现状;对策分析

引言:随着人们对居住与工作环境质量要求提升,室内空气质量成为关注焦点。室内空气污染物种类繁多,其中甲醛、苯、二甲苯、TVOC(总挥发性有机化合物)等化学性污染物严重威胁人体健康。精准的环境监测技术是把控室内空气质量的关键,但当前技术在应用中面临诸多挑战。因此,深入分析室内空气环境监测技术现状,探讨有效对策,对改善室内空气质量、推动监测技术发展、完善环境管理体系具有重要现实意义。

1 室内空气环境监测技术相关理论概述

1.1 室内空气污染物及危害

室内空气污染物种类繁多,主要包括化学性污染物、物理性污染物、生物性污染物和放射性污染物。化学性污染物中,甲醛、苯系物(苯、二甲苯等)、TVOC等来源广泛且危害显著。甲醛作为一种无色有刺激性气味的气体,被世界卫生组织确定为致癌和致畸形物质,主要来源于装修板材、粘合剂、窗帘等。长期接触低剂量甲醛,可能引起慢性呼吸道疾病,甚至引发鼻咽癌等严重疾病;苯系物中的苯、二甲苯具有毒性,苯主要来自油漆、涂料、胶粘剂,二甲苯常见于溶剂型涂料和清洁剂,二者会对人体的神经系统和造血系统造成损害,导致头痛、头晕、白细胞减少等症状。TVOC涵盖了多种挥发性有机化合物,来源于家具、地毯、清洁剂等,过量吸入会影响中枢神经系统,出现头晕、嗜睡、无力等症状,还可能损伤肝脏和造血系统。

物理性污染物主要包括PM_{2.5}、PM₁₀等颗粒物,以及噪声、电磁辐射等。PM_{2.5}粒径小,富含大量有毒有害物质,能直接进入并黏附在人体呼吸道和肺泡中,引发呼吸道疾病,还可能通过血液循环进入人体各个器官,对心血管系统等造成损害。生物性污染物如细菌、病毒、霉菌等,在潮湿、通风不良的室内环境中大量滋生,易引发呼吸道感染、过敏反应等疾病。放射性污染

物如氡气,是一种放射性惰性气体,主要来源于建筑材料,长期吸入高浓度氡气会增加患肺癌的风险。

1.2 室内空气环境监测的意义

室内空气环境监测对保障人体健康、优化建筑设计以及推动环境保护政策制定具有重要意义。首先,准确监测甲醛、苯、二甲苯、TVOC等污染物浓度数据,能够及时发现室内空气污染状况,让人们了解自身所处的空气质量状况,从而采取相应的防护措施,如使用空气净化器、加强通风等,降低污染物对人体健康的危害,预防疾病的发生^[1]。其次,通过对不同建筑室内空气环境的监测,分析甲醛释放量与装修材料的关系、苯系物浓度与涂料使用的关联等,可以发现建筑设计、装修选材、通风系统等方面存在的问题,为优化建筑设计提供依据,提高建筑的室内空气质量和舒适度。例如,根据甲醛监测结果调整装修材料选择,或根据苯系物浓度分布调整通风口位置和面积,改善室内空气流通。最后,室内空气环境监测数据是制定环境保护政策的重要依据,有助于政府部门了解室内空气污染的现状和趋势,针对甲醛、TVOC等重点污染物制定合理的污染防治措施,推动室内空气质量标准的完善和执行。

1.3 室内空气环境监测的标准与规范

为确保室内空气环境监测的科学性、准确性和规范性,国内外制定了一系列标准与规范。我国现行的《室内空气质量标准》(GB/T18883-2022)对甲醛、苯、二甲苯、TVOC等污染物浓度限值作出明确规定,如甲醛的1小时均值为0.10mg/m³,苯的1小时均值为0.11mg/m³,二甲苯1小时均值为0.20mg/m³,TVOC8小时均值为0.60mg/m³;同时还规定了相应的监测方法、采样时间和频率等内容,为室内空气环境监测提供了明确的技术指导。国际上,美国环境保护署(EPA)制定的《室内空气质量指南》、世界卫生组织(WHO)发布的《室内空气质量准

则》等，也对甲醛、苯系物、TVOC等污染物的监测和控制提出要求，在全球范围内对室内空气环境监测起到了重要的指导作用。

2 室内空气环境监测技术的现状

2.1 传统监测技术现状

传统室内空气环境监测技术主要包括化学分析法和仪器分析法。化学分析法，如分光光度法，常用于甲醛检测，它通过甲醛与特定试剂反应后测量吸光度来确定浓度，操作简便且成本低，但灵敏度有限且耗时较长。气相色谱法则适用于苯、二甲苯、TVOC等挥发性有机化合物的分析，利用不同物质在色谱柱中的分配系数差异实现分离与检测，具有高分离效率和灵敏度，但设备昂贵且对操作技术要求高。

2.2 现代监测技术现状

现代监测技术凭借传感器和光学技术的革新，在室内空气环境监测中崭露头角。半导体气体传感器和电化学传感器在实时监测甲醛、TVOC等污染物方面发挥关键作用，前者响应速度快、体积小、成本低，后者对特定气体具有高灵敏度和选择性^[2]。光学监测技术，如傅里叶变换红外光谱技术（FTIR）和差分吸收光谱技术（DOAS），能够同时或远程监测多种污染物。FTIR技术通过分析气体分子对红外光的吸收特性，快速检测甲醛、苯系物、TVOC等，具有分析速度快、检测范围广的特点；而DOAS技术则适用于大型公共场所的在线监测，通过测量气体分子对光的吸收特性确定浓度。

2.3 监测技术应用现状

室内空气环境监测技术广泛应用于住宅、办公等多个领域。在住宅中，家庭开始重视室内空气质量，使用便携式设备日常监测甲醛、PM2.5、TVOC等，以保障居住安全。新装修房屋重点关注甲醛和TVOC，通过实时监测了解装修材料污染释放情况，决定入住时间。办公场所则定期监测苯、二甲苯等来源于办公用品和装修材料的污染物，依据监测结果优化通风和空气净化设备，以提升员工工作效率和健康水平。

3 室内空气环境监测技术存在的问题

3.1 监测技术局限性

尽管室内空气环境监测技术不断发展，但在甲醛、苯、二甲苯、TVOC等污染物检测方面仍存在一定的局限性。部分传感器技术对污染物的选择性较差，容易受到其他气体的干扰，导致监测结果不准确。例如，一些半导体气体传感器在检测甲醛时，可能会受到酒精、水蒸气等气体的影响，产生误报^[3]。对于TVOC的检测，由于其包含多种挥发性有机化合物，现有传感器难以精确区

分每种成分，只能给出总量，无法满足精准监测需求。传统的化学分析法和仪器分析法虽然准确性较高，但分析周期长，无法实现实时在线监测，难以满足对室内空气质量动态变化进行及时监测的需求，在快速检测甲醛、苯系物等污染物浓度变化时存在滞后性。

3.2 监测设备成本高

先进的室内空气环境监测设备往往价格昂贵，如用于精确检测甲醛、苯、二甲苯、TVOC等污染物的傅里叶变换红外光谱仪、气相色谱-质谱联用仪等高端仪器，其购置成本高达数十万元甚至上百万元，这使得许多中小企业和普通家庭难以承受。同时，监测设备的维护和校准成本也较高，需要定期更换耗材、进行专业校准，进一步增加监测成本，限制了高精度监测技术在甲醛、苯系物、TVOC等污染物日常检测中的广泛应用和普及。

3.3 数据管理与分析不足

随着室内空气环境监测数据的不断积累，在甲醛、苯、二甲苯、TVOC等污染物数据管理与分析方面面临着诸多挑战。目前，许多监测数据缺乏统一的管理平台和规范的存储格式，导致数据分散、难以整合和共享。在数据分析方面，缺乏专业的数据分析人才和先进的分析方法，无法充分挖掘数据背后的信息，难以准确预测室内空气中甲醛、TVOC等污染物浓度的变化趋势，不能为污染防治和决策制定提供有效的支持，例如无法及时发现甲醛浓度的潜在上升趋势并提前采取防控措施。

3.4 监测标准与规范不完善

虽然国内外已经制定了一系列室内空气环境监测标准与规范，但随着监测技术的发展和室内空气污染物种类的变化，部分标准与规范存在滞后性。对于甲醛、苯、二甲苯、TVOC等污染物，目前的标准在检测方法和浓度限值方面仍有改进空间。例如，对于一些新型装修材料中甲醛的释放规律和检测方法，现有标准尚未完全覆盖；对于TVOC中某些新型挥发性有机化合物的检测和控制，标准中尚未明确其浓度限值和监测方法。同时，不同地区的环境特点和建筑风格存在差异，现有的统一标准难以完全满足各地的实际需求，需要进一步细化和完善，以更好地指导不同地区的甲醛、苯系物、TVOC等污染物监测工作。

4 室内空气环境监测技术的发展对策

4.1 加强监测技术研发

为推动室内空气环境监测技术发展，需加强研发投入，促进科研机构、高校与企业间的产学研合作，聚焦甲醛、苯、二甲苯、TVOC等污染物检测技术革新。高校提供理论基础与人才支持，科研机构拥有高端实验设

备及专业团队,企业则负责科研成果的产品化。三方联手,加速新型监测技术的研发步伐。针对传感器技术瓶颈,应研发高选择性、高灵敏度的新型传感器,如利用纳米材料提升甲醛传感器的性能,开发复合传感器以精准检测多种苯系物和TVOC。同时,融合人工智能、大数据技术,打造智能化监测系统,运用机器学习算法分析监测数据,实现空气质量实时在线监测与预警^[4]。

4.2 降低监测设备成本

为降低甲醛、苯、二甲苯、TVOC等污染物监测设备的成本,需从多方面着手。生产企业应优化生产工艺,比如采用自动化生产线代替人工操作,以提高生产效率并减少人为失误带来的成本增加。同时,通过扩大生产规模,利用规模效应降低单个设备的生产成本,使高精度的甲醛检测仪、TVOC监测仪等设备更加亲民。政府层面,可以出台相关政策支持监测设备生产企业,如减免研发和生产低成本监测设备企业的所得税,设立专项补贴资金,鼓励企业降低设备价格。此外,推广低成本、便携式监测设备,这类设备体积小、操作简便,能满足中小企业和普通家庭对污染物的日常监测需求。同时,建立监测设备共享平台,通过互联网技术整合设备资源,实现设备在不同用户、地区间的优化配置,降低使用成本,提高利用率。

4.3 完善数据管理与分析体系

完善数据管理与分析体系是提升监测效率的关键。应建立统一的数据管理平台,规范甲醛、苯、二甲苯、TVOC等污染物数据的采集、存储、传输和共享标准,确保数据集中管理和高效利用。制定统一的数据接口标准,使各种监测设备采集的数据能顺利接入平台,并采用分布式存储技术保证数据安全可靠。在人才培养方面,高校和职业院校应开设数据分析相关专业和课程,培养专业数据分析人才,掌握污染物数据分析方法。企业及相关机构应加强在职人员培训,提高其数据分析能力。引进先进的数据分析方法和技术,如数据挖掘、机器学习等,从海量监测数据中提取有价值信息,如污染物来源、传播规律等。同时,建立空气质量预测模型,准确

预测室内污染物浓度变化趋势,为污染防治和决策制定提供科学依据^[5]。加强数据安全,建立严格的数据访问权限控制机制,采用加密技术保护数据传输和存储安全,确保污染物监测数据的真实性、完整性和保密性。

4.4 健全监测标准与规范

随着室内空气环境监测技术的飞速发展和污染物种类的不断变化,及时修订和完善监测标准与规范显得尤为关键。针对甲醛、苯、二甲苯、TVOC等常见室内污染物,相关部门应积极组织科研力量,开展深入的调查研究,科学制定并不断更新这些污染物的浓度限值和监测方法。加强对新型装修材料中甲醛释放特性的研究,以充分了解其不同环境下的释放规律和影响因素,从而进一步完善甲醛的检测方法和浓度限值标准。同时,针对TVOC中不断涌现的新型挥发性有机化合物,应进行全面的风险评估,综合考虑其毒性、环境持久性以及对人体健康的影响,确定出科学合理的浓度限值。

结束语

本研究全面梳理了室内空气环境监测技术相关理论、现状,深入分析现存问题并提出针对性对策,着重添加了甲醛、苯、二甲苯、TVOC等污染物的检测内容,为行业发展提供思路。未来需持续关注技术创新、标准更新,加强跨学科合作,进一步提升监测技术水平,为营造健康室内环境筑牢技术根基。

参考文献

- [1]程凯丽.室内空气环境污染及对策探讨[J].家庭科技,2021,15(01):16-17.
- [2]陈永忠.关于大气环境中VOC的监测要点探讨[J].中国建设信息化,2021(16):69-71.
- [3]王俊峰.我国VOC类有毒空气污染物优先控制对策探讨[J].皮革制作与环保科技,2021,2(12):120-122.
- [4]廉静.环境监测质量管理现状及对策初探[J].皮革制作与环保科技,2022,3(13):161-163.
- [5]吴彬.环境监测质量管理现状及发展对策分析[J].科技资讯,2022,20(13):91-93.