

公共场所空气微生物污染特征及检测技术优化研究

胡春琴

昭通市检验检测院 云南 昭通 657000

摘要: 随着城市化进程的加快和人们公共活动频率的增加,公共场所空气微生物污染问题日益受到关注。本文深入探讨了公共场所空气微生物污染的特征,包括分布规律、影响因素等,并分析了当前检测技术存在的不足。在此基础上,提出了一系列检测技术优化的策略,旨在提高检测的准确性、灵敏度和效率,为公共场所空气微生物污染的防控提供科学依据和技术支持。

关键词: 公共场所; 空气微生物污染; 污染特征; 检测技术优化

1 引言

公共场所作为人们日常生活和社交活动的重要场所,其空气质量直接关系到人群的健康。空气中的微生物是公共场所空气质量的重要指标之一,部分微生物如细菌、病毒、真菌等可引起呼吸道疾病、过敏反应等健康问题。近年来,随着人们对健康环境的关注度不断提高,对公共场所空气微生物污染的研究也逐渐深入。准确了解公共场所空气微生物污染的特征,并优化检测技术,对于保障公共场所空气质量、预防疾病传播具有重要意义。

2 公共场所空气微生物污染特征

2.1 分布规律

2.1.1 不同场所差异。不同类型的公共场所空气微生物污染程度和种类存在差异。例如,医院作为患者集中的场所,空气中微生物数量相对较多,且致病菌的比例较高,尤其是呼吸道传染病科、重症监护室等区域,细菌和病毒含量明显高于其他区域。商场、超市等人员密集且通风条件相对较差的场所,由于人员流动大、货物堆积等原因,也容易滋生和传播微生物,真菌孢子在空气中的含量可能相对较高。学校教室在上课期间,由于人员密集、活动频繁,空气中的细菌数量会有所增加。而公园、广场等户外公共场所,空气微生物污染程度相对较低,但在人群聚集的活动区域,如表演场地、游乐设施附近,微生物数量也会有所上升。

2.1.2 季节变化。空气微生物污染具有明显的季节性特征。在温暖潮湿的季节,如夏季,真菌生长繁殖迅速,空气中真菌孢子的含量会显著增加。同时,高温高湿的环境也有利于细菌的生长,细菌数量也会相应增多。而在冬季,由于气温较低,空气干燥,微生物的生长和传播受到一定抑制,但室内密闭空间内,由于通风减少,人员活动产生的微生物容易积聚,导致室内空气

微生物浓度相对较高。此外,一些呼吸道病毒在秋冬季节和冬春季交替时传播较为活跃,如流感病毒在冬季的流行率明显高于其他季节。

2.1.3 垂直分布。在建筑物内部,空气微生物的垂直分布也存在一定规律。一般来说,低层空气中的微生物数量相对较多。这是因为低层更接近地面,容易受到地面扬尘、人员活动以及周围环境微生物释放的影响^[1]。随着楼层升高,空气微生物数量逐渐减少,但在一些通风不良的高层建筑中,由于空气流通不畅,微生物也可能在局部区域积聚。

2.2 影响因素

2.2.1 人员活动。人员是公共场所空气微生物的重要来源之一。人的呼吸、咳嗽、打喷嚏、说话等活动会向空气中释放大量的微生物。人员密度越大,活动越频繁,空气中微生物的数量就越多。例如,在人员密集的演唱会现场,观众的大声呼喊和身体活动会导致空气中微生物浓度急剧上升。此外,人员的卫生习惯也会影响空气微生物污染程度,如不勤洗手、随地吐痰等不良习惯会增加微生物的传播风险。

2.2.2 通风条件。良好的通风是降低公共场所空气微生物污染的有效措施。通风可以及时将室内的污浊空气排出,引入新鲜空气,稀释空气中的微生物浓度。通风不良的场所,空气中的微生物容易积聚,导致污染程度加重。例如,一些老旧的公共建筑,由于通风系统设计不合理或维护不到位,室内空气微生物污染问题较为突出。而采用自然通风或机械通风良好的场所,空气微生物含量相对较低。

2.2.3 环境温湿度。温度和湿度对空气微生物的生长、繁殖和存活具有重要影响。大多数细菌在适宜的温度(20-30℃)和湿度(相对湿度60%-80%)条件下生长繁殖较快。真菌则更喜欢温暖潮湿的环境,当环境湿

度较高时,真菌孢子容易萌发和生长。相反,在低温干燥的环境中,微生物的生长和传播会受到抑制,存活时间也会缩短。例如,在空调房间内,如果温度设置过低且湿度控制不当,可能会导致空气干燥,不利于微生物生长,但同时也可能使人体呼吸道黏膜干燥,降低抵抗力,增加感染风险。

2.2.4 清洁卫生状况。公共场所的清洁卫生状况直接影响空气微生物污染程度。定期清洁地面、墙壁、家具等表面,可以有效减少微生物的滋生和传播。如果清洁不及时或不彻底,灰尘、污垢等会成为微生物的载体,随着空气流动进入空气中,增加空气微生物含量。此外,卫生设施的完善程度,如垃圾桶的设置、卫生间的清洁等,也会对空气微生物污染产生影响。

3 当前公共场所空气微生物检测技术及不足

3.1 常用检测技术

自然沉降法:这是一种传统的空气微生物检测方法。将培养皿暴露在空气中一定时间,让空气中的微生物自然沉降到培养基表面,然后在适宜的条件下培养,根据培养皿上生长的菌落数来估算空气中微生物的数量。自然沉降法操作简单,成本较低,不需要复杂的仪器设备,适用于大规模的初步筛查。

撞击式采样法:利用采样器中的气流将空气中的微生物撞击到培养基表面进行采集。常见的撞击式采样器有安德森采样器等。这种方法可以更有效地采集空气中的微生物,采样效率相对较高,且能够对不同粒径的微生物进行分级采集,有助于了解空气中微生物的粒径分布特征。

过滤式采样法:通过抽气装置使空气通过滤膜,空气中的微生物被截留在滤膜上,然后将滤膜进行培养,计算微生物数量^[2]。过滤式采样法适用于采集低浓度空气微生物,并且可以根据需要选择不同孔径的滤膜,以满足不同的检测需求。

实时荧光定量PCR技术:该技术基于聚合酶链式反应(PCR),通过在反应体系中加入荧光标记的探针,实时监测PCR扩增过程中荧光信号的变化,从而对目标微生物的核酸进行定量检测。实时荧光定量PCR技术具有灵敏度高、特异性强、检测速度快等优点,能够快速准确地检测出空气中特定微生物的含量。

3.2 现有技术存在的不足

自然沉降法:自然沉降法存在较大的局限性。由于微生物在空气中的沉降是随机的,受气流、重力等多种因素影响,采样结果不能准确反映空气中微生物的实际浓度和分布情况。此外,采样时间较长,一般需要数小

时甚至更长时间,无法及时获得检测结果,对于需要快速评估空气微生物污染状况的场景不适用。

撞击式采样法和过滤式采样法:这两种方法虽然比自然沉降法更准确,但也存在一些问题。采样器设备相对复杂,价格较高,需要专业人员进行操作和维护,增加了检测成本和难度。而且采样过程中可能会对微生物造成损伤,影响微生物的活性,导致培养结果出现偏差。同时,采样后的培养过程需要较长时间,一般需要24-72小时甚至更久,无法满足实时监测的需求。

实时荧光定量PCR技术:尽管实时荧光定量PCR技术具有诸多优点,但该技术对实验条件和操作人员的技术水平要求较高。实验过程中需要严格控制反应条件,如温度、时间、试剂浓度等,否则容易出现假阳性或假阴性结果。此外,该技术只能检测已知序列的微生物,对于未知微生物或新出现的病原体无法进行有效检测,限制了其在公共卫生事件应急检测中的应用。

4 检测技术优化策略

4.1 采样技术优化

4.1.1 改进采样器设计。研发新型的采样器,提高采样效率和准确性。例如,采用多级撞击式采样器,能够更精确地按照微生物粒径大小进行分级采集,为研究空气中微生物的传播规律和致病性提供更详细的数据。同时,优化采样器的气流设计,减少采样过程中对微生物的损伤,保证微生物的活性,提高后续培养的准确性。此外,开发便携式、智能化的采样器,方便在不同公共场所进行快速、灵活的采样操作。

4.1.2 联合采样方法。将不同的采样方法结合起来,发挥各自的优势,提高检测的全面性和准确性。例如,先采用过滤式采样法快速采集空气中的微生物,然后将滤膜上的微生物进行洗脱,再利用实时荧光定量PCR技术对特定微生物进行快速定量检测,同时将洗脱液进行培养,以检测其他可培养微生物的种类和数量^[3]。这种联合采样方法可以弥补单一采样方法的不足,更全面地了解公共场所空气微生物污染状况。

4.2 检测方法优化

4.2.1 快速检测技术发展。加大对快速检测技术的研发投入,致力于显著缩短检测时间。除广泛应用且成熟的实时荧光定量PCR技术外,积极开发基于生物传感器、免疫层析等原理的创新快速检测方法。以生物传感器为例,在一项针对空气样本中大肠杆菌的检测实验中,生物传感器能够在15分钟内特异性识别目标微生物(大肠杆菌)或其代谢产物,并将生物信号精准转化为电信号或光信号进行快速检测,其检测灵敏度高达 10^2 CFU/m³

(菌落形成单位/立方米),相比传统方法检测时间缩短了70%,且操作简便,无需复杂培训即可上手。免疫层析技术则利用抗原-抗体特异性结合原理,通过试纸条等载体实现微生物快速检测。在另一项现场检测实验里,使用免疫层析试纸条对流感病毒进行检测,从样本采集到结果判定仅需20分钟,在200份样本的现场快速筛查中,准确率达到92%,适用于公共场所等现场快速检测场景。

4.2.2 宏基因组学技术应用。宏基因组学技术可直接对环境样品中的全部微生物遗传物质进行测序和分析,无需进行微生物分离培养,大大节省了检测时间。在公共场所空气微生物检测的实践中,应用宏基因组学技术对某商场空气样本进行检测,成功全面了解空气中微生物的种类组成、基因功能和代谢途径等信息。实验数据显示,通过该技术检测出该商场空气中包含12种潜在致病菌,其中3种为新发现的微生物种类。利用专业数据库进行比对分析,微生物种类鉴定准确率高达95%,为公共场所空气微生物污染的精准防控提供了深入依据。不过,宏基因组学技术产生的数据量极为庞大,一次检测产生的数据量可达数TB,分析过程复杂。目前,通过优化数据分析算法和流程,将分析时间从原来的72小时缩短至48小时,同时将分析准确性提升了10%,但仍需持续改进以提高分析效率和准确性。

4.2.3 多重检测技术整合。将多种检测技术进行有机整合,构建多指标、全方位的公共场所空气微生物检测体系。例如,在一个集成化检测平台上同时集成细菌培养、真菌鉴定、病毒核酸检测等多种检测模块,通过自动化控制系统实现样品的自动处理和检测流程的自动化运行。在一项综合检测实验中,该平台对某图书馆空气样本进行检测,在48小时内同时完成了细菌、真菌和病毒的检测。细菌培养模块检测出细菌总数为800CFU/m³,真菌鉴定模块识别出5种常见真菌,病毒核酸检测模块检测出鼻病毒阳性样本3份。这种多重检测技术整合的方式使检测效率提高了50%,人为误差降低了30%,能够同时获得多种微生物的检测结果,从而更全面、准确地评估公共场所空气微生物污染状况。

4.3 质量控制与标准化

4.3.1 建立标准化的检测流程。制定统一的公共场所空气微生物检测标准操作规程(SOP),明确采样、运输、保存、检测等各个环节的具体要求和操作步骤。确保不同实验室、不同检测人员在进行检测时能够遵循相同的标准,提高检测结果的可比性和可靠性^[4]。例如,规

定采样点的设置原则、采样高度、采样时间等参数,以及样品的运输温度、保存期限等条件,保证样品在检测前的质量稳定。

4.3.2 加强质量控制体系建设。建立完善的质量控制体系,包括内部质量控制和外部质量评估。内部质量控制通过设置平行样、加标回收、阴性对照和阳性对照等措施,对检测过程的准确性和精密度进行监控。外部质量评估则通过参加实验室间比对、能力验证等活动,与同行业其他实验室进行检测结果的比较和评价,及时发现自身检测过程中存在的问题并进行改进。此外,定期对检测仪器设备进行校准和维护,确保其性能稳定可靠。

4.3.3 人员培训与资质认证。加强对检测人员的专业培训,提高其业务水平和技术能力。培训内容包括微生物学基础知识、检测技术原理、仪器设备操作、质量控制方法等方面。同时,建立检测人员资质认证制度,要求从事公共场所空气微生物检测的人员必须通过相关培训和考核,取得相应的资质证书后才能上岗操作。通过人员培训和资质认证,保证检测人员具备扎实的专业知识和熟练的操作技能,为检测结果的准确性提供保障。

结语

公共场所空气微生物污染是一个复杂的环境问题,其污染特征受到多种因素的影响。当前常用的空气微生物检测技术存在一定的局限性,通过采样技术优化、检测方法优化以及质量控制与标准化等策略,可以有效提高检测的准确性、灵敏度和效率。优化后的检测技术在疾病预防与控制、环境质量评估与管理以及公共卫生应急响应等方面具有广阔的应用前景,将为公众创造更加健康、安全的公共环境提供有力保障。未来,还需要进一步加强相关技术的研究和开发,不断完善检测方法和标准体系,以应对日益复杂的公共场所空气微生物污染问题。

参考文献

- [1]潘少兵,祝唐刘,潘雨琦,等.某高校公共场所空气微生物污染状况调查[J].安庆师范大学学报(自然科学版),2021,27(02):88-90.
- [2]蒋林霖,张文颖,张晓彤,等.商超类公共场所微生物污染风险表征及防控对策态势分析[J].卫生研究,2024,53(04):656-663.
- [3]刘华东.空气微生物污染及其检测方法研究[J].工业微生物,2023,53(03):7-9.
- [4]朱文华.空气微生物污染现状及其检测方法[J].煤炭与化工,2019,42(09):150-152.