

开创性标准 ASHRAE 241，降低室内传染性气溶胶传播风险

同济大学 沈晋明 刘燕敏

2023年10月在武汉举办的第七届全国净化技术学术年会上，我们的讲演涉及到最新颁布的ASHRAE标准241“传染性气溶胶的控制”，引起与会者的极大兴趣，提出许多相关问题。为此我们特撰文以作介绍。后续还将对该标准进行解说。

0 引言

借用ASHRAE241的前言，认为在发生传染性气溶胶传播期间，稀释通风、过滤和空气消毒等工程控制措施可以降低空气中活性病原体的浓度，从而降低感染风险。工程控制只是设计良好的风险管理计划的一个要素，但不能完全消除风险，且有可能不如其他风险缓解措施有效。然而，对室内暴露的控制不足已被证明会导致传染风险增加，因此，重要的在于产生高风险的控制水平和超出收益递减点的控制水平之间取得的平衡。一个世纪以来，除了为卫生护理设施和实验室编写的标准外，室内空气质量(IAQ)标准中没有对空气传播风险管理的明确要求。ASHRAE的前身是美国供暖与通风工程师协会(ASHVE)，该协会于1895年发布了旨在减少疾病传播的通风建议，这些建议被纳入1914年提出的示范法，并于1922年纳入美国22个州的法典。在20世纪30年代，室内空气质量标准开始采用可接受的室内空气质量定义，重点关注感知空气质量和典型化学和颗粒污染物的控制，并将最低通风量重新设置为通常远低于原ASHVE的要求值。从那时起，人们越来越认识到室内环境在疾病传播中起着重要作用。ASHRAE在这一主题上的早期贡献包括2009年的“ASHRAE关于空气传播传染病的立场文件”，该文件于2022年修订为“ASHRAE关于传染性气溶胶的立场”。不幸的是，尽管人们担心极有可能发生1918年流感大流行那样大规模的历史性传染事件，但迄今为止，这种认识并未导致标准和规范发生重大变化。过去几十年里，涉及流感和冠状病毒的许多较小的流行病引起了短暂的关注，然后很快从人们的记忆中消失了。2019冠状病毒病大流行造成了巨大的个体、社会和经济损失，其中很大一部分是由于公共建筑被关闭，因为人们普遍认为(有大量证据支持)**公共建筑是传播感染的高风险环境**。这一经验加强了关于现有室内空气质量标准的充分性的讨论，包括基于法规的标准，如ANSI/ASHRAE标准62.1，并增加了对改进指导的呼吁的紧迫性。ASHRAE认识到室内环境还没有做好充分准备来降低COVID-19传播的风险，因此在2020年初成立了流行病工作组(ETF)。在几个月的时间里，ETF编制了大量的指导意见，受到了广泛的欢迎和使用。它解决了通风、过滤和空气净化、空气分配、暖通空调系统运行和多种建筑类型的调试问题，并提出了规划有效升级的框架。该指导并不是要设定新的可执行的最低要求，而是为其开发奠定了基础，这被设想为合乎逻辑的下一步。制定标准241的催化剂是ASHRAE和白宫COVID-19应对小组之间关于需要新的和更好的室内空气质量标准的讨论，鼓励ASHRAE带头制定控制空气传播病原体的新标准。2022年12月6日，ASHRAE董事会授权制定一项标准，目标是在六个月内发布，并授权使用特殊程序来实现这一目标。董事会批准的项目范围还表明了“将类似条款纳入现有ASHRAE室内空气质量标准”的意图，特别是ANSI/ASHRAE标准62.1和62.2，可能作为可选要求。在ASHRAE 2023冬季会议上项目委员会的名单和标准的标题、目的和范围获得批准，委员会于2月开始工作。2023年5月11日，批准标准草案并进行咨询公众审查，收到了1000多条评论。修订草案于2023

年6月15日由项目委员会批准出版，ASHRAE标准委员会于2023年6月24日最终批准了标准241。

1 ASHRAE 标准 241 简介

ASHRAE 作为室内空气质量共识标准制定者与长期领导地位，以及 ASHRAE 流行病工作组为应对 COVID-19 大流行而制定的指南的基础上，发布了备受期待的 ASHRAE 标准 241 “传染性气溶胶控制”。这是一项**开创性标准，对降低室内传染性气溶胶传播风险有重大意义**。

ASHRAE 标准 241 规定了**暖通空调降低室内传染性气溶胶传播风险相关控制措施的最低要求，提供了空气系统设计、安装、操作和维护等诸多方面的要求。以降低在新建、既有及重大改建的建筑物中暴露于传染性气溶胶的疾病传播风险**。

传染性气溶胶是微小的呼出颗粒，可以携带致病病原体，且非常小，可以长时间悬浮在空气中随时随地可能被吸入。使用 ASHRAE 标准 241 将减少 COVID-19、流感和和其他每年造成重大人身和经济损失的空气传播病原体，降低在家庭、办公室、学校、医院中传播的风险，给室内人员带来诸多好处。该标准为在我们工作、生活和娱乐的建筑物中创造更健康的环境提供了指导。

2022-23 ASHRAE 主席，终身会员 Farooq Mehboob 说，“整个世界都感受了大流行的影响，我们了解到保护自己免受病原体传播的有效方法是改善我们居住的建筑物的室内空气质量和通风”“世界上没有任何地方的标准可以普遍解决减轻病原体传播的概念”IAQ 和 ASHRAE 很自豪能够领导标准的制定。“ASHRAE 标准 241 代表了在优先考虑室内空气质量方面向前迈出的重要一步”通风标准一直考虑居住者的健康，但重点是空气污染物，而不是暴露于空气传播的传染病。ASHRAE 标准 241 是一项新标准，旨在为专门考虑空气传染病传播的建筑物提供指导。通过实施本标准中概述的要求，我们可以改善建筑居住者的健康、福祉和生产率。该标准授权建筑业主、运营商和专业人员采取积极措施保护室内环境。它是创造更健康的室内环境和促进可持续实践的重要工具。

ASHRAE 标准 241 项目委员会主席 William Bahnfleth 博士，PE “该标准的制定不仅表明 ASHRAE 能够快速响应社会需求，而且还表明了对各地建筑物中人们的健康和安全的坚定承诺。这是**将建筑设计和运营与公共卫生联系起来的重大成就和里程碑**。

该标准主要**解决传染性气溶胶的远距离传播问题**，规定了以下方面的措施：

1.1 传染风险管理模式

ASHRAE 标准 241 的要求创建传染风险管理模式（IRMM），该模式是一种运行模式，适用于确定疾病传播风险升高的时期。具有管辖权的当局（AHJ）可以确定何时需要加强标准 241 的保护，启动该模式。但在其他时间（例如流感季节、人流高峰等）也可以由所有者/运营商自行决定使用。标准 241 将引入弹性概念 - 应对正常条件以外的极端情况的能力 - 引入室内空气质量控制设计和运行领域。该标准

- a. 没有规定维持可接受的室内空气质量的要求；

b. 因传染因子的多样性和个体易感性，可能不会在所有情况下实质性地降低传播风险；

c. 只规定了因吸入、而非靠近室内易感者的感染者排放的传染性气溶胶而导致的室内远距离传播。

该标准不确定在何种条件下应启用感染风险管理模式。在传染风险管理模式(IRMM)下，建筑物准备计划中记录的减少传染性气溶胶暴露的措施应是有效的。

1.2 等效清洁空气量的要求

其他室内空气质量标准，包括 ASHRAE 标准 62.1、62.2，规定了室外空气（新风）风量和过滤要求，以控制通常的室内空气污染物。标准 241 首次设定**等效清洁空气量（equivalent clean airflow）**，以及进入建筑物使用区域的无病原体风量的要求。室内空气经机械过滤和通过杀菌紫外线等技术进行空气消毒具有与室外空气（新风）风量的相同效果。从而开辟了通风净化新的领域。可见**等效清洁空气量是通风、过滤和空气净化化的综合效果**。这种方法允许标准使用者**灵活地选择技术组合，只要符合标准有效性与安全性要求，就可以采用最能满足其经济约束和能源使用目标的措施**。

传染风险管理要求是以空间内每位室内人员的等效清洁空气量为单位给出(ECAi)。

1.3 使用过滤和空气净化技术的要求

通过室外空气（新风）通风稀释室内空气污染物可能是控制室内空气质量的能源密集型和昂贵的方法。标准 241 对使用过滤和空气净化提出了宽泛的要求，以安全有效、高效经济地满足等效清洁空气量要求。其中包括测试要求，以确定性能并证明操作不会以其他方式（如通过提高臭氧水平）降低室内空气质量。**仅使用机械纤维过滤器的空气净化系统没有额外的安全测试要求，不受标准 241 规范性附 A 中所有安全测试要求的约束。对灭活传染性气溶胶的空气净化系统，包括紫外线、静电、光催化，电离子空气净化系统，应根据第 7.4.节确定具有灭活传染性气溶胶技术的空气净化器的有效性和安全性，以及规范性附 A 中所有安全测试要求**。这要求适用于所有提供微生物灭活或从气流中增强去除的空气净化技术，以及单独或与机械纤维过滤器结合使用的空气净化装置。

1.4 规划和调试

标准 241 提供评估和规划要求，最终制定建筑准备计划。建筑准备计划(BRP) 应是一份独立文件或现有应急行动计划文件的一部分。**BRP 应在评估、规划和实施阶段之后创建，记录设施系统将用于设施实现其目标的工程和非工程控制的计划，以实现传染控制的等效清洁空气量目标**。

BRP 每年或在工程控制、或设施及其系统发生变化应使用“每个使用空间内呼吸区为减轻远程传播风险所需的最小等效清洁空气量（VECAi）”、目标发生修改时进行审查，以修改较频繁者为准。

a.工程控制部分应包括运行和维护(O&M)程序(包括运行计划)、通风系统运行计划和风量值、所含地点使用的空气净化技术、过滤 MERV 值及其尺寸、最终设计图纸、关键资产管理

计划、基于制造商说明的维护计划、第 9.2.2 节规定的维护要求和更换周期。对传染风险管理模式(IRMM)系统所做的任何更改，而不是正常运行模式（即系统在非 IRMM 时的运行方式）。BRP 还应包括一个区域级通风规划，为每种风险缓解模式指定 VECAi 目标。如果 VECAi 由独立系统(例如室内空气过滤装置)提供，则 BRP 还必须包括所有此类系统的运维计划。

b.非工程控制部分应包括对建筑物占用水平、个人防护设备使用、社交距离和清洁等允许更改的任何要求。BRP 应包括该标准要求的任何测试或安全文件。

2 结语

2022 年 5 月美国设施指南研究所 (FGI) 提出了《设计应对和适应紧急情况的医疗和住宅护理设施的指南》，帮助医疗机构应对紧急事件。

在此基础上，ASHRAE 于 2023 年 6 月颁布了标准 241 “传染性气溶胶的控制”，在其内容和制定速度方面都是一项显著的成就。通过创建一种特殊的运行模式(IRMM)以应对疾病传播高风险时期。强调主要解决传染性气溶胶的远距离传播问题，即非近距离（距离易感者约 1 米内）的感染者排放的气溶胶引起的。规定了降低空气传播疾病风险的最低要求，将弹性概念引入通风空调系统设计、安装、运行和维护的多方面要求。该标准中包含的过滤器和空气净化器测试要求远远超出了现行标准的要求。是朝着为过滤器和空气净化器的性能和安全性制定统一和有效的技术、无关标准的方向迈出的重要一步。

标准 241 对提升我国突发事件紧急医学救援能力以及医院平战结合对策有指导与借鉴作用，有助于促使我们对疫情一系列的标准与规定的反思。