

评估室内 空气质量状况

专业人员和专家

目前面临的挑战:

- 气溶胶作为传播媒介物导致感染
- 评估换气和空气净化
- 有用的工具: 气溶胶发生器和光谱仪



多年来，公众对“空气质量”这一话题的讨论一直集中在室外空气质量上。但是，随着新冠疫情的发展，人们越来越意识到室内空气质量的重要性。疫情之初，预防感染的措施主要集中在避免通过液滴和污染表面进行传播，而现在已经很明确，病毒感染主要是由空气传播所致。当前，我们务必尽快掌握室内空气质量状况，这同时也是建立合适空气质量概念的基础。

1. 初期状况

在当前的健康危机中 - 很可能不是最后一次危机 - 室内空气质量专家和通风空调技术专业人员面临的挑战在于，评估室内区域存在的与空气传播传染相关的风险。针对此情况提出的新观点是，房间内的人都可能成为危险源。

人们在呼吸或说话时呼出的空气会携带气溶胶液滴，如果此人已经感染，则可能含有细菌和病毒。这些液滴基本上不到 $1\mu\text{m}$ 。随着含有的水分在干燥室内空气中蒸发，较大的液滴会迅速缩小至这一尺寸范围。这就表明，此类液滴非常小，可能一直漂浮在空气中，被其他人吸入。

由于体积小，只有使用专用测量设备才能探测到空气中悬浮的潜在传染颗粒物。

最新研究结果表明，部分新冠患者呼出的气溶胶颗粒物数浓度非常高。一个所谓的“超级传播者”释放的病毒相当于一百个普通人释放的数量。如果没有出现疾病症状，人们可能不会注意到此人。可以认为，这群人造成了大量传播。在这种情况下，要确保室内空间安全相当具有难度。

三种减轻措施可以降低室内空气中潜在传染气溶胶颗粒物的浓度，从而降低吸入感染的风险：

1. 用新鲜空气稀释呼出的气溶胶（“通风”）
2. 通过固定或移动过滤设备去除颗粒物（“净化”）
3. 使用个人防护设备 (PPE)，尤其是口罩（“防护”）

关于第三点，这里不能一概而论，因为个人防护设备的效果受很多材料和个人特定因素的影响。

2. 在实践中培养和推行空气质量概念面临的挑战

假定空气充分混合,下面是一个室内空气净化的简单示例:房间内的感染者每小时吸入并呼出约0.5 m³ 空气。房间内的过滤设备每小时处理约500m³ 空气,去除气溶胶颗粒物。感染者释放气溶胶的浓度将降低为约千分之一。充分混合室内空气,可以避免传染性气溶胶在局部积聚,使得浓度升高。

要通过使用新鲜空气稀释来达到同样的效果,则在冬季需要经常进行交叉通风,多数情况下会将室温降至接近室外温度,不符合工作场所需求,或者增加取暖成本,大大超出空气净化设备的成本。

现在学校提出的规定的是每20分钟通风5分钟¹,每小时仅换气约两次。如果不再多通风,房间空气将很快再次充满气溶胶。

宁可通风,也不过滤?

容积 200 m³ 的教室内每小时换气 5 次,意味着每小时将 1300 kg 空气从室外温度加热到室内温度。这相当于 3 m³ 取暖气体的热值。假设一天 6 小时,每年取暖 100 天,相当于一个房间 1800 m³。这样成本高而且对环境有害 - 所以增加取暖以在冬季开窗不是个好办法。

还请注意: 开窗是一种有组织性的措施,可能因人为失误而忽略。自动通风系统可以锁定,防止未经授权访问,可以实时监控,但成本也高。所以取决于...

出现的结果是,在间歇通风过程中,好的空气与差的空气交替循环,但是空气质量差的时间较长。感染的风险几乎没有降低。此过程也许能够维持 CO₂ 低浓度,不会导致注意力下降或疲劳。研究表明,测量的 CO₂ 浓度通常有助于日常办公室或学校生活,但不足以作为采取有效措施减轻空气传播疾病风险的依据。²

在实践中,专家们经常会遇到一些由于窗户无法打开或者受建筑物内的位置影响而致使

通风能力极其有限的房间。唯一的替代措施是评估给定空气交换的风险,并纳入整体考虑。

现代建筑物可以配备高换气速度(>5/h)的通风系统。如果使用热回收,则最大化新鲜空气供给的解决方案就足够了,并且可节省成本。

¹<https://www.umweltbundesamt.de/richtig-lueften-in-schulen#konnen-mobile-luftreiniger-in-klassenraumen-helfen>(Abrufdatum: 11.01.2021)

²Julia Szabadi, Jörg Meyer & Achim Dittler (2020) „Untersuchung der Minderung der Partikelkonzentration in geschlossenen Innenräumen durch einen hoch wirksamen Innenraumfilter“.

3. 建议做法 - 以及专家可做出的贡献

专家的任务是评估给定房间内的气溶胶行为，并在必要时提出改进措施建议。不同房间在内部几何结构、装修、人员停留区域、窗户和强制通风方面存在不同。因此，对这些方面进行评估比较复杂；特别是，专家必须凭自身经验，借助适当工具来确定空气混合不足的区域。

第一步是研究房间内释放的气溶胶浓度-以每体积单位空气中测得的颗粒物数量表征-在现有房间技术特性（“实际状态”）影响下的变化情况。根据上述房间特性，可以加快或减慢。

确定因为通风或空气循环设备位置不佳导致的流通差的区域，这点非常重要。

气溶胶发生器能够模拟真实负载场景。

可以使用合适的气溶胶发生器产生无害测试颗粒物，模拟人排出的气溶胶，并分布在房间内。气溶胶发生器产生的颗粒物平均粒径应在 $0.2-0.3\mu\text{m}$ 范围内，以模拟人呼出的气溶胶颗粒物，避免由于沉降导致浓度下降。要在不受房间空间随机存在的颗粒物或外部空气流入的影响下进行测量，

必须设置足够高的浓度，使测试气溶胶占主导 (> 10 倍于房间/外部空气浓度)。达到目标浓度后，短暂停顿以使待测气溶胶在房间内均匀分布，然后持续测量一段时间内的气溶胶浓度。给定的空气交换将使颗粒物浓度出现可测量的衰减率。如果可能，应在房间的不同工作模式下重复此测试。

此测量需要一台可测量气溶胶颗粒物粒径范围的单颗粒计数气溶胶光谱仪。简单质量传感器不适合此用途，其探测 $0.5\mu\text{m}$ 以下颗粒物的灵敏度很差，并且通常根本探测不到 $0.35\mu\text{m}$ 以下的颗粒物。评估当前状态的房间后，额外空气处理措施的影响。

合适的测量技术是关键：

不要混淆单颗粒计数气溶胶光谱仪与洁净室粒子计数器。洁净室粒子计数器设计用于极低颗粒物浓度，如果浓度高于约 50 个颗粒物 / cm^3 ，探测区域可能同一时间存在两个或多个颗粒物，可发生定径和计数误差，粒径确定错误。而室内外气溶胶数浓度通常明显高于该值。颗粒计数器通常仅记录高于 $0.3\mu\text{m}$ 的颗粒，且仅测量有限的几个粒径级。

如使用移动空气过滤器，可以在第二步进行检查。德国陆军大学的一项研究表明，配备高质量过滤器的移动空气净化器可以减小通过气溶胶传染的间接风险。³

过程基本相同，只是现在需要考虑房间内设备不同安装位置和运行模式（如“满功率”）的影响。如果房间几何构造复杂，存在其他影响空气流动的装饰，无法凭经验立刻判断理想布局，这一点尤为重要。根据测量结果，可以对安装位置(s)和要设置的空气流速提出建议。

空气净化器集成的传感器通常不理想

为什么不应以自动模式运行房间空气净化器？其集成的传感器通常设计用于测量 PM2.5，几乎不适合测量小于 1 μm 的颗粒物，因为他们无法探测小于 350 nm 的颗粒物（通常只能探测 0.5 μm 以上的颗粒物，效率为 100%），并且只能提供总体质量浓度。其测量原理简单，始终对探测区域内同时存在数量不明的颗粒物发出的信号做出反应。在意识到一个 2 μm 颗粒物或 1000 个 0.2 μm 单个颗粒物可以产生相同 PM2.5 污染后，很明显，这样不够。准确评估需要能够分别识别单个颗粒物并测量其粒径的计数气溶胶光谱仪。

检查移动空气净化器和空气处理系统的清洁效果很重要

可以利用相同方法评估在再空气循环模式下空气净化效果（验收测试）。可能需要确定要在房间内所有位置实现良好效果，此设备应运行的功率。

空气中 CO₂ 的扩散可与气溶胶扩散不同。但可通过记录一段时间内 CO₂ 浓度的变化过程之类的方法进行研究。进行此项研究，必须建立真实场景，即测试过程中相应数量的人员在场，或者释放 CO₂，模拟房间预期人数的呼吸行为。建议使用集成 CO₂ 浓度记录功能的测量设备；仅显示当前值的传感器读数还不够。

同时测量颗粒物浓度和 CO₂ 浓度对于预测感染风险是有意义的

³ Christian J. Kähler, Thomas Fuchs, Rainer Hain (2020): „Können mobile Raumluftreiniger eine indirekte SARS-CoV-2 Infektionsgefahr durch Aerosole wirksam reduzieren?“

专业人员和专家
目前面临的挑战：
评估室内
空气质量状况

Palas AQ Guard 配备专用软件包，可以根据 CO₂ 和气溶胶同时测量的结果，评估室内空间的风险水平。

此软件在给定情况下，即预定义典型使用时间，给定技术边界条件，依据空气传播感染的科学研究，确定感染风险指数。

利用此工具，可以结合房间的典型应用场景，比较不同房间，并评估室内空气质量。

室内空气净化器

病毒过滤系统确保空气得到净化。

气溶胶发生器

在房间内产生并分布测试用气溶胶。



气溶胶光谱仪

AQ GUARD 连续监测空气质量。

结论

应始终为室内空间供应新鲜空气，使在场人员的注意力和健康不受损害。为此，可以测量室内空气的CO₂含量、温度和湿度。但是，对于作为传染载体的气溶胶的特定测量，对于卫生评估具有决定性。



气溶胶的评估应由授权专家进行并负责解释。这样，才可能根据建筑物实际情况，确定有效空气质量措施。专家对感染防护建议的意义远超其它常规建议 – 而且还能有助于避免昂贵的不良投资。

走向绿色 呼吸清新



Palas®成立于1983年,总部位于德国巴登符腾堡州的卡尔斯鲁厄,专注于研发用来产生、测量和分析气溶胶颗粒物的高精度仪器,是该领域内全球领先的开发商和制造商。2020年7月,Palas®上海团队成立,希望能够更好地服务于中国和亚洲市场。

Palas®已在全球拥有70多项申请专利,并仍在不断开发产品线和新的市场。Palas®每年从德国总部向全球各地出口过滤器测试系统和光学气溶胶光谱仪。

Palas®不仅将德国品质带入中国,其产品还符合所有相关规范和标准,通过了安全性和可靠性测试。作为一家通过ISO 9001:2015质量管理体系认证的公司,Palas®提供的过滤效率测试解决方案符合欧盟、中国和美国等国家地区的相关标准。例如PMFT系列口罩测试台,可满足EN149、NIOSH (42CFR84)、GB2626和ASTM F2100等标准,为用户的出口业务提供有力支持。在环保方面,Palas®同样遵守多项环境保护行业标准(HJ)。

Palas®拥有值得信赖的合作伙伴,欧洲知名的技术资本集团Brockhaus Technologies AG为Palas®提供支持。

帕刺斯仪器(上海)有限公司
Palas Instruments (Shanghai) Co., Ltd.
上海市松江区顺庆路650号6C幢5层, 邮编: 201612
5th Floor, Building 6C, No. 650 Shunqing Rd, Song Jiang District, 201612 Shanghai
热线/Hotline: +86 400 784 6669
电子邮箱/Email: info@palas.com.cn
网站/Website: www.palas.com.cn

