

密闭空间微生物消杀方法研究进展

王浩智

陕西科技大学食品科学与工程学院生物工程系 陕西 西安 473000

摘 要：随着科技的进步，密闭空间微生物消杀技术得到了广泛关注。本文综述了通风换气、过滤除菌、紫外辐照、等离子体消杀、光催化氧化及化学消毒等多种消杀方法，并探讨了新型高效过滤材料、原位灭活技术、超临界流体消杀及诱导发光聚集与自清洁表面等新技术。这些技术各具特点，在医疗、食品加工、航空航天等领域有广泛应用前景，为提高密闭空间卫生水平和保障人员健康提供了有力支持。

关键词：密闭空间；微生物消杀方法；研究进展

引言：密闭空间中，由于环境相对封闭且条件适宜，微生物的数量往往会迅速增加。如果不加以控制，这些微生物不仅可能危害人类的身体健康，还可能对设备安全产生严重影响。近年来，随着空间站、潜艇等密闭载人环境的长期运行，微生物滋生问题日益凸显，消杀方法的研究显得尤为迫切。本文旨在综述当前密闭空间微生物消杀方法的研究进展，包括通风换气、过滤除菌、紫外辐照、等离子体、光催化、臭氧消毒等多种技术手段，以期密闭空间微生物污染防控提供有益参考。

1 密闭空间微生物的来源与特点

1.1 自然环境中的微生物入侵

（1）空气中微生物的悬浮与传播：空气中的微生物主要通过悬浮和传播进入密闭空间。这些微生物可能来源于室外环境，通过门窗缝隙、通风系统等途径进入室内。一旦进入密闭空间，它们可能附着在物体表面，或悬浮在空气中，对人类健康构成潜在威胁。（2）土壤、水体等微生物的潜在影响：尽管土壤和水体中的微生物通常不会直接进入密闭空间，但在某些情况下，如建筑施工、土壤污染或水体渗漏等，这些微生物可能通过接触或空气传播进入室内环境。特别是某些致病微生物，如细菌、病毒等，可能对密闭空间内的人员构成严重健康风险。

1.2 人为因素导致的微生物污染

（1）人体携带的微生物：人体是微生物的主要载体之一。人们在日常生活中会携带大量微生物，包括皮肤表面的细菌、呼吸道中的病毒等。当人员进入密闭空间时，这些微生物可能随之进入，并通过触摸、呼吸等方式在空间中传播。（2）日常活动产生的微生物：密闭空间内的日常活动，如烹饪、清洁、呼吸等，都会产生微生物。烹饪时产生的油烟、食物残渣等可能滋生细菌；清洁过程中使用的清洁剂、消毒剂等也可能成为微生物

物的来源；而呼吸产生的飞沫则携带大量病毒和细菌。

（3）宠物、植物等生物因素的微生物贡献：宠物和植物也是密闭空间内微生物的重要来源。宠物身上的毛发、皮屑等可能携带细菌、寄生虫等；而植物则可能通过土壤、水分等传播微生物。这些微生物在密闭空间内可能与其他微生物相互作用，形成复杂的微生物群落^[1]。

1.3 密闭空间内的微生物繁殖条件

（1）湿度、温度对微生物繁殖的影响：在密闭空间里，微生物的繁殖受多种条件影响。湿度和温度至关重要，高湿度利于微生物快速繁殖，像喜湿的霉菌，会迅速生长，既污染空气，又损坏建筑材料。而在人体舒适的温度区间，不少微生物也能良好生长，所以把控好湿度与温度，是预防微生物污染的关键。（2）营养物质与微生物生长的关系：营养物质同样是微生物生长的必备要素。密闭空间内，尘埃里的有机物、人体脱落皮屑、宠物毛发油脂等，都为微生物提供了生长基础。此外，部分微生物还能借助空气中二氧化碳、水蒸气等无机物生长，这大大增强了它们在密闭空间中的存活能力。

2 密闭空间微生物消杀方法

2.1 通风换气法

通风换气是降低密闭空间微生物浓度的一种有效手段。自然通风和机械通风是两种主要的通风方式。（1）自然通风与机械通风的优缺点：自然通风依赖于室内外气压差或风力形成的空气流动，成本较低，但通风效果受外界环境影响大，无法精确控制。机械通风则通过风机等设备强制空气流动，通风效果稳定，可精确控制通风量，但设备维护和能耗成本较高。（2）通风换气对微生物浓度的稀释作用：通风换气可以将含有微生物的室内空气排出，同时引入新鲜空气，从而稀释室内微生物浓度。通风效果受通风量、通风时间以及室内微生物污染程度等因素的影响。

2.2 过滤除菌法

过滤除菌法是通过空气过滤器将空气中的微生物颗粒过滤掉的方法。(1)空气过滤器的种类与过滤效率:空气过滤器根据过滤效率的不同可分为初效、中效、高效和超高效等几种类型。其中,高效过滤器(HEPA)能够过滤掉0.3微米以上的颗粒物,过滤效率高达99.97%以上,是微生物过滤中的常用设备^[2]。(2)高效过滤材料在微生物过滤中的应用:高效过滤材料通常采用玻璃纤维、聚四氟乙烯等纤维材料制成,具有过滤效率高、阻力小、耐腐蚀等特点。在微生物过滤中,高效过滤器常用于手术室、实验室等对空气质量要求高的场所。(3)过滤除菌法的局限性与改进措施:过滤除菌法虽然效果显著,但存在初期投资大、运行成本高等局限性。为了降低成本,可以采用预过滤、定期更换过滤器等措施来延长过滤器使用寿命,提高过滤效率。

2.3 紫外辐照消毒法

紫外辐照消毒法是利用紫外线杀灭微生物的方法。

(1)紫外辐照的杀菌原理与波长范围:紫外线主要通过破坏微生物体内的DNA或RNA结构,使其失去繁殖能力而达到杀菌目的。其中,波长为253.7nm的紫外线杀菌效果最佳。(2)紫外辐照在密闭空间中的应用效果:紫外辐照消毒法具有杀菌速度快、操作简便等优点,在手术室、病房等密闭空间中得到了广泛应用。但需要注意的是,紫外线对人体皮肤、眼睛等有损害作用,因此在使用过程中需要做好安全防护措施。(3)紫外辐照的局限性与安全防护措施:紫外辐照消毒法存在穿透力弱、易被遮挡等局限性。为了克服这些局限性,可以采用增加紫外线强度、延长照射时间等措施。同时,在使用过程中需要做好安全防护措施,如佩戴防护眼镜、避免皮肤直接暴露等。

2.4 等离子体消杀法

等离子体消杀法是利用等离子体中的活性粒子杀灭微生物的方法。(1)等离子体的产生与杀菌原理:等离子体是一种由正负离子、电子和中性粒子组成的电离气体。在电场作用下,气体分子被电离产生等离子体,其中的活性粒子(如羟基自由基、臭氧等)具有强氧化性,能够破坏微生物的细胞结构而达到杀菌目的。(2)等离子体消杀法在密闭空间中的效果评估:等离子体消杀法具有杀菌速度快、无残留等优点,在密闭空间中得到了广泛应用。实验结果表明,等离子体消杀法对空气中细菌、病毒的杀灭率高达99%以上。(3)等离子体设备的维护与清洗要求:等离子体设备在使用过程中需要定期清洗电极和过滤器等部件,以防止灰尘和微生物的

积累影响杀菌效果。同时,需要注意设备的稳定运行和安全防护措施^[3]。

2.5 光催化氧化法

光催化氧化法是利用光催化剂在光照条件下产生的活性氧自由基杀灭微生物的方法。(1)光催化氧化技术的杀菌原理:光催化剂(如二氧化钛)在紫外光或可见光照射下能够产生活性氧自由基(如羟基自由基、超氧自由基等),这些自由基具有强氧化性,能够破坏微生物的细胞膜和DNA结构而达到杀菌目的。(2)光催化剂的种类与性能比较:光催化剂的种类繁多,其中二氧化钛(TiO_2)因其化学性质稳定、催化活性高、无毒无害等优点而被广泛应用。此外,还有氧化锌(ZnO)、硫化镉(CdS)等半导体材料也被用作光催化剂。不同类型的光催化剂在催化活性、光谱响应范围、稳定性等方面存在差异。(3)光催化氧化法在密闭空间中的应用实例:光催化氧化法在密闭空间中的应用主要集中在空气净化领域。例如,将光催化剂涂覆在空气净化器的滤网上,利用光照条件产生活性氧自由基,对空气中的细菌、病毒、甲醛等有害物质进行氧化分解,从而达到净化空气的目的。此外,光催化氧化法还被用于医院手术室、实验室等高风险区域的消毒杀菌,以及家居、办公室等密闭空间的空气净化。

2.6 化学消毒法

化学消毒法是利用化学消毒剂杀灭微生物的方法。

(1)常用化学消毒剂的种类与特点:化学消毒法是利用化学消毒剂杀灭微生物的方法。常用化学消毒剂有含氯消毒剂(如84消毒液)、过氧乙酸、季铵盐类消毒剂等。它们杀菌谱广、速度快。含氯消毒剂对各类微生物杀灭力强,但气味刺激;过氧乙酸广谱且降解快,却稳定性欠佳需现配现用;季铵盐类消毒剂低毒低刺激,不过杀菌效果受温度、pH值影响。(2)化学消毒剂的杀菌效果与使用方法:化学消毒剂的杀菌效果受浓度、作用时间、温度、pH值等因素制约。使用时,要依据消毒对象性质、污染程度和消毒要求,合理选择消毒剂与方法,像耐高温耐湿热物品可高压蒸汽灭菌,不耐高温湿热的则用化学浸泡或擦拭法。(3)化学消毒法的安全性与环保性评估:化学消毒法使用时安全很关键。消毒剂自身可能危害人体健康,使用中还可能产生有害气体或残留物污染环境。所以,务必严格把控浓度和使用方法,保障人员安全与环境卫生。废弃消毒剂及其包装物,也要依规妥善处理。

3 新型密闭空间微生物消杀技术研究

3.1 高效过滤材料与原位灭活技术

(1) 新型过滤材料的研发与应用。近年来,新型过滤材料的研发取得了显著进展。这些材料不仅具有更高的过滤效率,还能在一定程度上实现微生物的原位灭活。例如,纳米纤维过滤材料由于其超细的纤维结构和高的比表面积,能够有效拦截空气中的微小颗粒物和微生物。同时,通过加入抗菌剂或光敏剂,可以在光照或特定条件下杀灭被拦截的微生物,实现原位灭活。(2) 原位灭活技术的原理与实现方式。原位灭活技术是指在过滤材料上直接杀灭被拦截的微生物,从而防止其继续繁殖和传播。这种技术通常依赖于特定的化学物质或物理过程。例如,利用银离子的抗菌特性,可以在过滤材料中嵌入银离子,使其在被微生物接触时迅速释放并杀灭微生物。另外,光敏剂也可以在光照条件下产生活性氧自由基,破坏微生物的细胞结构,实现原位灭活。(3) 高效过滤与原位灭活技术的结合应用。将高效过滤与原位灭活技术相结合,可以显著提高密闭空间中微生物的消杀效率。通过高效过滤材料拦截微生物,再利用原位灭活技术杀灭这些微生物,可以有效防止其逃逸和再次繁殖。这种结合应用已经在医疗、食品加工等领域得到了广泛应用,并取得了良好的效果^[4]。

3.2 超临界流体消杀技术

(1) 超临界流体的性质与杀菌原理。超临界流体是指在临界温度和临界压力以上,介于气态和液态之间的物质状态。它具有优异的溶解能力和传质性能,可以渗透并破坏微生物的细胞壁和细胞膜,从而杀灭微生物。常用的超临界流体包括二氧化碳和乙醇等。(2) 超临界流体在密闭空间中的消杀效果。在密闭空间中,超临界流体消杀技术可以通过喷洒或循环流动的方式与空气中的微生物接触,并利用其优异的溶解和传质性能杀灭这些微生物。实验研究表明,超临界流体在密闭空间中的消杀效果非常显著,可以有效降低空气中的微生物浓度。(3) 超临界流体消杀技术的优缺点分析。超临界流体消杀技术的优点在于其高效、环保、易于操作等。然而,它也存在一些缺点,如需要高压设备、能耗较高以及部分超临界流体(如二氧化碳)在消杀后需要回收处理等。因此,在实际应用中需要根据具体情况进行综合

考虑和选择。

3.3 诱导发光聚集与自清洁表面技术

(1) 诱导发光聚集技术的原理与应用。诱导发光聚集技术是一种基于特殊发光材料的新型检测技术。这些材料在受到特定刺激(如光照、温度变化等)时会发出强烈的荧光或磷光,从而实现对微生物的可视化检测和定位。该技术已经在生物医学、环境监测等领域得到了广泛应用。(2) 自清洁表面的设计与实现方式。自清洁表面通常通过在材料表面添加特殊的涂层或纳米结构来实现。这些涂层或纳米结构能够改变材料表面的润湿性和疏水性,使污垢和微生物难以附着和生长。同时,它们还可以利用紫外线等外部刺激产生活性氧自由基等杀菌物质,进一步杀灭附着的微生物。(3) 诱导发光聚集与自清洁表面在密闭空间中的潜力。将诱导发光聚集与自清洁表面技术相结合,可以在密闭空间中实现对微生物的实时监测和主动消杀。通过诱导发光聚集技术监测微生物的分布和浓度,再利用自清洁表面的杀菌功能杀灭这些微生物,可以有效提高密闭空间的洁净度和安全性。

结束语

综上所述,密闭空间的微生物消杀是一个复杂且不断发展的领域。随着科技的进步和人们对健康环境需求的提升,各种新型消杀技术应运而生。这些技术各有千秋,但同时也存在一定的局限性。未来,密闭空间微生物消杀的研究应更加注重技术的集成创新与应用效果评估,力求在保障人体健康与环境安全的同时,实现高效、环保、经济的消杀目标。相信在科研人员的共同努力下,密闭空间的微生物污染问题将得到更有效的解决。

参考文献

- [1]王芳.密闭空间微生物消杀技术研究进展[J].环境科学与技术,2021,(05),61-62.
- [2]陈静,赵磊.紫外线消杀技术在密闭空间中的应用研究[J].中国消毒学杂志,2020,(13),101-102.
- [3]王鹏.等离子体消杀技术在密闭空间中的应用进展[J].环境工程学报,2022,(04),45-46.
- [4]李华,张敏.密闭空间微生物消杀技术的综合应用研究[J].环境科学与技术,2023,(10),89-90.