

不同消毒剂对铝合金物表亲脂类病毒的消毒效果比较

高继霞 周一帆 潘胜梅 刘铁兵 祁妍敏 邱兵^(通讯作者)

中国民用航空局民用航空医学中心, 北京, 100123;

摘要: 对比三种消毒方式对铝合金物表上亲脂类病毒的消毒效果, 旨在为金属物表的消毒提供科学依据。参考方法: 选择常见的铝合金材质作为物表, 根据科学研究, 使用含氯消毒剂和双链季铵盐消毒剂对包装进行喷洒消毒, 以及采用紫外线消毒灯照射, 已被证明是有效的消毒方法, 能够显著提高物体表面的消毒合格率。采用金黄色葡萄球菌作为指示微生物, 分别在消毒前、消毒后进行指示菌采样, 比较3种消毒剂对金属物表的有效性。结果: 使用3种消毒剂消毒后, 箱体表面金黄色葡萄球菌的杀灭对数值均 >3.00 , 判为消毒方差分析结果显示, 三种消毒剂对铝合金物表的消毒效果具有统计学意义的显著性差异($P<0.05$)。结论: 金属物表材质在3种消毒方式作用下均能达到良好的消毒效果, 但含氯消毒剂消毒效果最好, 季铵盐消毒剂效果较好, 紫外线消毒效果较差。

关键词: 金属物表; 消毒效果评价

DOI: 10.64216/3104-9656.25.03.021

随着全球卫生事业和航空运输的快速发展, 越来越多的医疗卫生相关的货物能够便捷地跨越国界和地区运输。其中, 航空运输的发展也促进了货物的快速流通, 确保在紧急情况下, 如疫情爆发或自然灾害时, 救援物资能及时送达。这种全球化合作不仅提升了整体公共卫生水平, 还加强了各国、各地区之间的医疗资源共享与协作。然而, 通过航空运输的感染性物质运输量也逐年增多。根据《危险物品安全航空运输技术细则》^[1] (以下简称“技术细则”), 感染性物质的包装必须符合特定的说明要求, 以确保运输安全。例如, A类感染性物质, 即那些在运输过程中与之接触能对健康人或动物造成永久性残疾或致命疾病的物质, 其包装要求非常严格, 通常使用铝合金等材料以提供必要的防护。高风险货物的外包装需进行预防性消毒, 消毒方法主要包括化学方法、物理消毒等。为防止新冠病毒等微生物致病菌通过货物运输大规模扩散, 对危险货物外包装实施有效消毒至关重要。当前, 针对货物外包装物表消毒方法的效果评价研究尚显不足。基于此, 本研究选用常见的金属材料外包装, 实施了三种消毒方法, 并对其消毒效果进行了评估, 以期找到一种成本低廉且效果显著的消毒方式, 为航空运输货物外包装消毒工作提供技术支撑^[2]。

1 材料与方法

1.1 材料

(1) 消毒剂: 含氯消毒泡腾片 (杭州先安生物技术有限公司生产, 有效成分: 三氯异氰尿酸, 有效氯含

量 45%~55%); 复合季铵盐消毒液 (杭州先安生物技术有限公司生产, 有效成分: 氯型季铵盐, 以苯扎氯铵计, 含量 45 g/L-55 g/L); 紫外线消毒车 (紫外线灯管 ZW30S19W)。

(2) 感染性物质包装箱: 金属包装 (外包装材质为铝镁合金, 尺寸 420mm×315mm×265mm)。

(3) 试验菌种: 金黄色葡萄球菌 (ATCC 6538) (第4代), 购自中国普通微生物菌种保藏管理中心。

(4) 中和剂: 含 0.5% 硫代硫酸钠、0.1% 吐温 80 的磷酸盐缓冲液 (PBS) 溶液。

(5) 培养基: 营养琼脂培养基、胰蛋白胨大豆琼脂培养基。

(6) 稀释液: 含 0.1% 吐温 80 的 PBS 溶液。

1.2 试验方法

1.2.1 菌悬液制备

取菌株编号为 ATCC 6538 第4代的金黄色葡萄球菌, 在营养琼脂斜面培养基中培养 24 小时, 使用 5.0ml 吸管精确吸取 5ml 生理盐水溶液, 注入斜面试管内, 通过反复吹吸操作, 彻底洗下菌苔。随后, 利用 5.0ml 吸管将洗脱液转移至另一无菌试管内, 并使用电动混匀器进行 20 秒的充分混匀。

1.2.2 模拟现场消毒

分别使用作用浓度为 500mg/L 的含氯消毒剂、作用浓度为 5000mg/L 的复合季铵盐消毒剂对铝合金包装箱进行物表喷洒式消毒。两种消毒剂的作用时间均为

30min。使用功率为：124 uW/cm² 紫外线消毒灯对铝合金包装箱的六个面进行垂直照射消毒，紫外线消毒灯紫外照射距离为 1m，消毒时间为 30min。

1.2.3 采样及检测方法

按照布点要求选择铝合金包装箱表面较平的部位，于 5*5cm 规格板中央空格内用无菌棉签蘸以菌悬液均匀涂抹箱体表面，并予以暗号标记，待自然干燥后由消毒人员按照 1.2.2 中方法进行现场消毒。另选择与消毒现场相似的环境，与消毒前采样环境对应物体另选择区域人工染菌自然干燥，不进行现场消毒，作为阳性对照组。消毒完成后，用无菌棉签于含 10mL 中和剂试管中沾湿，分别对现场消毒组和阳性对照组布点区域进行涂抹采样，每区域横竖往返各 5 次，以无菌操作方式将棉签采样端剪入原中和剂试管内，振荡混匀，于 4h 内送实验室进行检测。采样管用 80 次进一步混匀，吸取 1.0mL 接种平皿，每个样本接种 2 个平皿，加入已溶化的 45℃~48℃ 的胰蛋白胍大豆琼脂培养基 15mL~18mL，边倾注边摇匀，待琼脂凝固，置 36℃ 培养，计数存活菌落数 (CFU/皿)。

1.3 统计方法

铝合金物表在 3 种不同消毒方法作用下消毒效果 (杀灭对数值) 比较，通过 SPSS 21 统计软件，对于铝

合金物表的 3 种不同消毒方法消毒效果比较采用方差分析，在假设方差不齐情况下，采用 Dunnett T3 单因素方差分析方法进行比较。

2 消毒效果

2.1 含氯消毒剂铝合金材质包装消毒效果

该样品稀释液 (有效氯浓度 500 mg/L)，对染菌箱体喷洒作用 30 min，检测 30 个样本，对箱体上金黄色葡萄球菌的平均杀灭对数值为 7.22，且各次试验的杀灭对数值均 > 3.00，含氯消毒剂判为消毒合格，详见表 1。

2.2 复合季铵盐消毒剂对铝合金材质包装消毒效果

该样品原液，对染菌箱体喷洒作用 30 min，检测 30 个样本，对箱体上金黄色葡萄球菌的平均杀灭对数值 7.65，且各次试验的杀灭对数值均 > 3.00，复合季铵盐消毒剂判为消毒合格，详见表 1。

2.3 紫外线消毒对铝合金材质包装消毒效果

该样品的紫外线灯管对染菌箱体直射作用 30 min，照射距离 1.5 米以内 (有效距离) 共检测 30 个样本，对箱体上金黄色葡萄球菌的平均杀灭对数值为 3.52，且各次试验的杀灭对数值均 > 3.00，紫外线消毒方式判为消毒合格，详见表 1。

表 1 三种消毒方法对铝合金材质包装消毒效果

方法	消毒前平均菌落数 (CFU/样本)	消毒后平均菌落数 (CFU/样本)	杀灭对数值	结果判定
含氯消毒剂 (n=30)	29312500±1082	0±0.316	7.22±0.012	合格
复合季铵盐消毒剂 (n=30)	52187500±1160	0±0.483	7.65±0.013	
紫外线消毒 (n=30)	46687500±1091	315±0.949	3.52±0.012	

2.4 三种消毒方法对铝合金材质包装的消毒效果比较结果

含氯消毒剂的杀灭对数值显著高于季铵盐 (均值差

-0.633, $p=0.0037$) 和紫外灯 (均值差 -1.500, $p<0.0001$)，季铵盐效果也显著优于紫外灯 (均值差 -0.867, $p=0.0009$)。结果显示，消毒效果排序为含氯消毒剂 (最佳) > 季铵盐 > 紫外灯。详见表 2。

表 2 三种消毒方法对铝合金材质包装的消毒效果比较 (Turkey HSD)

组间比较	均值差	95%置信区间	调整后 P 值
季铵盐 VS 含氯消毒剂	-0.633	[-1.01, -0.26]	0.0037
紫外灯 VS 含氯消毒剂	-1.500	[-1.87, -1.13]	<0.0001
紫外灯 VS 季铵盐	-0.867	[-1.24, -0.49]	0.0009

3 讨论

3.1 消毒效果评价的必要性

随着民航业的蓬勃发展，除了民航旅客吞吐量增大

外，通过航空器运输的货物量也骤然增加。带来便利的同时，也存在着一定的风险因素^[3]。货物运输中病毒传播的高风险环节包括人员流动、货物运输、装卸^[4]，其

消毒工作的效果直接关系到病毒传播范围。

在当今全球公共卫生防控中,消毒技术已成为保障卫生安全和预防疾病传播的重要手段之一,尤其在传染病流行期间尤为显著。消毒效果的科学评估不仅是优化消毒措施的基础,也是确保公共卫生环境和医疗环境的安全标准得以实现的关键。然而,消毒效果的评价在实际操作中受到多种变量因素的影响,包括消毒剂的种类与使用浓度、环境条件如温度与湿度、以及施用时间等。这就需要对不同消毒方法的工作原理及其在各种条件下的表现进行深入研究。

此外,评估消毒效果时需考虑的标准各异。在各国现行的标准中,对消毒后环境表面、空气以及操作者手部的细菌消亡率均有严格规定,以确保消毒达到合格的状态。消毒技术因其应用场景和具体要求不同,方法所具有的优势与局限性也不一。在化学消毒剂的应用中,需要兼顾其高效的杀菌效果与对环境及人体的潜在影响;而物理方法如紫外线消毒,则需平衡其有效性与能耗、适用范围等因素。然而,在实际应用中,消毒效果的评价面临诸多挑战,如微生物的抗药性以及某些消毒剂对健康和环境的影响。这要求我们不断改进和研发新型消毒技术,优化传统方法,以实现更广泛、更高效的消毒效果。本文通过不同消毒剂对铝合金物表亲脂类病毒的消毒效果比较,并为现实应用提供指导。综合应用不同方法以优化消毒策略,从而在确保高消毒标准的同时,降低其对人体和环境的负面影响。对卫生和安全具有重大意义。

3.2 国内外相关要求

国际民航组织在《危险物品安全航空运输技术细则》6.2 中规定,感染性物质是指已知或有理由认为含有病原体的物质。根据其传染性和危险程度,感染性物质被进一步划分为 A、B 两类。A 类感染性物质在暴露情况下,可能导致人或动物出现严重残疾、生命威胁甚至致命疾病。其中,可使人或动物致病的感染性物质,归入 UN2814,包装符合《技术细则》的 PI620 分类包装要求;只使动物致病的感染性物质,归入 UN2900。对应 A 类生物安全运输箱。B 类:不符合 A 类标准的感染性物质,归入 UN3373,其正式运输名称为“诊断样品”或“临床样品”,包装符合《技术细则》的 PI650 分类包装要求。截至 2020 年,国内外航空公司在我国境内运输的感染性物质共计 40 吨。

涉疫地区货物抵达国内机场后,按照规定应进行严格的消毒程序,但各航空公司、机场对货物消毒方法各有不同。近几年来,运输货物物表消毒的相关研究不在少数,有研究表明,消毒效果受影响因素较多,包括物表涂层材料、消毒剂种类、消毒剂的稀释浓度、消毒作用时间、物表温度状态等均会对消毒效果有影响^[5-10]。

《技术细则》中规定,感染性物质包装还应通过跌落、穿刺等多项包装测试后方可使用,这对于包装材质要求提出了更高要求。

3.3 不同消毒方式的优劣比较

较多货物采用铝合金作为包装材料,本文选择了铝合金物表作为研究对象,使用机场常用的三种消毒方法对铝合金物表进行消毒,结果显示,三种消毒方法的消毒效果均为较满意,但两两比较来看,含氯消毒剂消毒效果最好,季铵盐消毒剂消毒效果次之,紫外线消毒法消毒效果相对较差。含氯消毒通过释放次氯酸自由基,迅速穿透微生物细胞壁并造成细胞质的氧化损伤,从而使其失活,消毒效果最好,广泛应用于餐饮消毒、卫生检疫和大体量物体表面的消毒工作中,但刺激性强,对不同金属均有不同程度的腐蚀作用,铝合金金属箱成较高,不可一次性使用,且一般在消毒剂消毒后不进行清水擦拭处理,因此在包装箱高频率反复使用时,不建议选择含氯消毒剂,以避免腐蚀作用对箱体机械性能的影响。紫外灯消毒通过短波紫外光引发的光化学反应,通过破坏微生物的 DNA 结构,使其无法繁殖。具有安全、环保、无化学残留的优点,但效果相对较差,从实验结果来看,紫外线消毒方式对铝合金表面亲脂类病毒的杀灭对数值均小于化学方式,且按照要求,需要对包装进行六面照射,单个紫外灯只能对一面进行照射,工作繁琐,耗时较长,且紫外线照射可以加速包装老化^[10]。季铵盐消毒通过改变细胞的渗透性、表面活性作用、蛋白质变性以及影响关键酶系统,从而实现对微生物的灭菌和抑制作用,消毒效果较好,近年来在医疗、食品等环境物体表面的清洁消毒应用较多,有研究表明该消毒剂对不锈钢、铝、铜等金属基本无腐蚀,因此,以铝合金为材质的金属包装箱可以选择复合季铵盐类消毒剂进行细菌、亲脂类病毒的消毒处理。

3.4 研究的局限性

本文选取的货物外包装是在常温下测试预防性消

毒的消毒效果,未考虑到低温或高温状态对货物表面消毒效果的影响。另外,常温测试通常在 20 至 25 摄氏度之间进行,以确保环境因素不会干扰消毒剂的效果。然而,在实际运输和储存过程中,货物可能会暴露于不同的温度条件下,如冷藏环境中的低温(约 4 摄氏度)或夏季阳光直射下的高温(可达 35 摄氏度以上)。这些极端温度可能会影响消毒剂的活性成分,从而降低其杀菌能力。因此,全面评估不同温度条件下的消毒效果对于确保货物安全至关重要。

综上,本文从消毒效果,环境保护,利旧循环再使用等多个角度分析,为未来通过航空运输的感染性物质外包装物表的亲脂类病毒等感染性物质的消毒工作提供了理论依据,从而有效降低这部分病毒(亲脂类病毒)通过航空运输各环节传播的风险,对于有效提升民航应对突发公共卫生事件、防控感染性物质经航空货物传播具有重要意义。

参考文献

- [1] ICAO. Technical instruction for the safe transport of dangerous goods by air [M]. Montreal: International Civil Aviation Organization, 2021.
- [2] 国家卫生健康委员会. WS/T 797-2022 现场消毒评价标准 5.2 物体表面现场模拟评价[S]. 北京 中国标准出版社, 2022
- [3] 欧阳桃花, 郑舒文, 程杨. 构建重大突发公共卫生事件治理体系: 基于中国情景的案例研究[J]. 管理世界, 2020, 36 (8): 19-31.
- [4] Lai SJ, Ruktanonchai Nick W, Zhou LC, et al. Effect of non-pharmaceutical interventions to contain COVID-19 in China[J]. Nature, 2020, 58

5(7825):410-413.

- [5] S Ali, G Moore, A P R Wilson. Effect of surface coating and finish upon the cleanability of bed rails and the spread of Staphylococcus aureus[J]. J Hosp Infect., 2012, 80(3):192-198.

- [6] 李天一, 邓永强, 等. 次氯酸钠消毒剂灭活新冠病毒的实验研究[J]. 军事医学, 2022, 46 (3): 192-196.

- [7] 曲显恩. 含氯消毒剂的性能与应用[J]. 中国氯碱, 2005, (1): 19-23.

- [8] 易亮, 陈贵秋, 宋江南, 等. 一种复合季铵盐消毒剂的性能评价[J]. 中国消毒学杂志, 2017, 34 (07): 625-627.

- [9] Ouyang ZZ, Li SX, Zhao MY, et al. The aging behavior of polyvinyl chloride microplastics promoted by UV-activated persulfate process [J]. J Hazard Mater, 2022, 424.

- [10] 杨敏贤, 李玉琴, 黄好霞. 洁净室表面消毒方法的研究[J]. 化工管理, 2020, (28): 98-100.

- [11] 高文超, 台枫, 程东浩, 等. 三种消毒方式对不同材质感染性外包装消毒效果观察[J]. 环境卫生学, 2023, 13 (2): 144-148.

作者简介: 高继霞(1995.02-), 女, 汉族, 陕西延安人, 本科, 检验技师, 主要从事民航公共卫生研究。
通讯作者: 邱兵(1981.03-), 男, 汉族, 山东潍坊人, 硕士研究生, 研究员, 主要从事民航公共卫生研究。

基金项目: 民航安全能力建设项目“民航公共卫生监测预警能力提升”[编号: 2024-164]。