

## • 发明与专利 •

## 一种移动式正压洁净舱的研制与应用

周心蓓<sup>1,2</sup> 侯文肖<sup>1,2</sup> 刘良<sup>1,2</sup> 段军<sup>1</sup><sup>1</sup>中日友好医院外科重症医学科,北京 100029; <sup>2</sup>北京中医药大学研究生院,北京 100029

通信作者:段军, Email: 13691362130@163.com

**【摘要】** 在新型冠状病毒肺炎疫情期间,由于需要采集大量核酸样本,工作人员压力较大。为此,中日友好医院的医务人员研制了一种移动式正压洁净舱,并申请了国家实用新型专利(申请号:202021173605.8)。该设备主要由舱体、装有橡胶手套的操作孔、设置两扇电动门的交互通道、环境调节组件及空调等设施构成。使用时,医务工作人员位于舱体内部,双手由两个操作孔伸出,为等待检测人员进行核酸采样,然后将样本放置于舱外桌面等待待检。该洁净舱可用于医院、社区等地定点采集核酸样本,在达到高效采集样本这一目标的同时,通过有效阻隔医务工作人员与传染源的接触,进而降低在采样过程中被感染的风险。

**【关键词】** 核酸采样; 移动式正压洁净舱; 研制; 应用

**基金项目:** 国家实用新型专利(申请号:202021173605.8)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20200915-00624

**Development and application of a mobile positive pressure clean chamber**Zhou Xinbei<sup>1,2</sup>, Hou Wenxiao<sup>1,2</sup>, Liu Liang<sup>1,2</sup>, Duan Jun<sup>1</sup><sup>1</sup>Department of Surgical Intensive Care Unit, Beijing China-Japan Friendship Hospital, Beijing 100029, China; <sup>2</sup>Graduate School of Beijing University of Chinese Medicine, Beijing 100029, China

Corresponding author: Duan Jun, Email: 13691362130@163.com

**【Abstract】** During the epidemic of coronavirus disease 2019, due to the need to collect a large number of nucleic acid samples, the staff are under great pressure. For this reason, the medical staff of China-Japan Friendship Hospital developed a mobile positive pressure clean chamber and applied for a national utility model patent (application number: 202021173605.8). The equipment is composed of a cabin body, an operation hole equipped with rubber gloves, an interactive channel with two electric doors, an environmental control unit and an air-conditioner. When in use, the medical staff are located inside the cabin, and their hands are protruded by two operating holes to calculate and sample for the tested personnel. Then the samples are placed on the table outside the cabin waiting for inspection. The clean chamber can be used in hospitals, communities and other places, while achieving the goal of efficient sampling, and the risk of infection in the process is reduced by effectively blocking the contact between medical staff and the source of infection.

**【Key words】** Collect nucleic acid samples; Mobile positive pressure clean chamber; Preparation; Application

**Fund program:** National Utility Model Patent (application number: 202021173605.8)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20200915-00624

全球暴发的新型冠状病毒肺炎(新冠肺炎)疫情是由2019新型冠状病毒引起的,该病毒传播方式主要有飞沫传播和密切接触传播,呈现出致病性较弱、致死率较低,但传染性较强、潜伏期较长的特点<sup>[1]</sup>。当前,我国已基本控制国内疫情,但仍有小规模暴发及境外输入型病例,国际形势仍然严峻。故早期进行核酸检测普查,发现病毒阳性携带者并尽快隔离传染源,仍是防疫的重要措施。

医务人员需要采集大量咽拭子样本进行核酸检测,但由于病毒的传播特性,这一过程感染风险较高,医务人员需做好严格的个人防护,包括穿戴全套一次性防护服、医用防护口罩、护目镜等<sup>[2]</sup>。但正因为传染的高风险、简陋的工作环境、巨大的采集量和极端天气等因素,对医务工作人员造成了非常大的身心压力<sup>[3]</sup>。因此,我们设计研制了一种移动式正压洁净舱,并申请了国家实用新型专利(申请号:202021173605.8),以为医务工作者提供更为安全、舒适、高效的工作环境,关爱工作人员身心健康,助力疫情防控常态化。现将该洁净舱的结构、功能和优势介绍如下。

**1 移动式正压洁净舱的结构(图1)、功能和原理**

洁净舱主体为长1.35 m、宽1.15 m、高2.28 m的白色箱体,主要材质由A3钣金、50 mm厚吸音棉、5 kg防火吸音木板、10 mm吸音板、8 mm隔音钢化玻璃构成。舱体主要用于容纳工作人员,并提供物理隔绝保障,洁净舱前后面为隔音钢化玻璃面,后面为舱体进出门;正面距地面1.1 m处开设两个圆形操作孔并安装橡胶手套,用于采样;前玻璃安装对讲机,便于内外人员沟通交流;舱体底部带有轮子和固定柱。

舱体外顶部开口安装环境组件,包括新风及调节装置。新风装置为风机过滤单元(FFU),是一种结合送风机与高效过滤器的气流循环和过滤设备。送风机用于送风形成舱体内微正压环境,通过不断输送气体逐渐稀释进而排出因开启设备门进入的外部气体,新风风量在0~500 m<sup>3</sup>/h动态调整。为了便于户外使用,洁净舱未设计缓冲室,且因户外环境不可控,故舱内使用30 Pa正压,换气不少于每小时60次。调节装置包括高效过滤器(H13)和UV无臭氧紫外线灯。进入舱内的空气首先通过密闭舱由UV无臭氧紫外线灯照射,

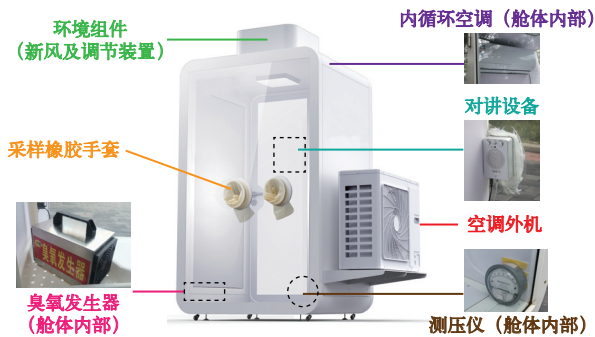


图1 移动式正压洁净舱的结构

中心波长 253.7 nm, 初始臭氧产生率低于  $0.05 \text{ g} \cdot \text{kW}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ , 通过破坏及改变微生物的蛋白质结构完成杀菌, 功率为 25 W (即垂直 1 m 处紫外线强度  $120 \text{ uW/cm}^2$ )。然后通过高效过滤器进行过滤, 使用医用级纯物理过滤的 HEPA13 级别滤网芯, 过滤效率可达 99.97%, 并能保证效能不会衰减, 且不会产生二次污染, 是烟雾、灰尘以及飞沫、飞沫核、气溶胶等细菌病毒载体最有效的过滤媒介。经过 UV 杀菌及过滤净化后的无菌新鲜空气不断送入舱内, 使内部舱体实现正压, 防止未经处理的空气由舱底或缝隙渗透进入, 进而保证内部空气的洁净度和富氧量。同时, 经过处理的空气及工作人员呼出的废气可通过舱底有序排出。舱体下端内部安装臭氧发生器, 臭氧浓度  $\geq 20 \text{ mg/m}^3$ , 使用完毕后用于舱内的终末空气消毒, 进一步保障安全。其余组成包括: ① 初效过滤器: 主要对高效过滤器 (HEPA13) 进行保护, 可延长设备使用寿命; ② 外壳体: 镀锌铁板; ③ 风管连接部件: 吊顶部设有静压箱, 风管连接部件方便风管与 FFU 的连接; ④ 叶轮: 使用能耗相对较低、噪音小的后倾叶轮; ⑤ 气流均衡装置: 用来调整 FFU 的出口气流, 改善洁净室的气流分布; ⑥ 金属防护网: 使用防静电金属防护网对过滤器进行保护; ⑦ 控制单元: 使用多档控制开关。

操作孔旁距地面 0.9 m 处开设方形口, 设置通向舱体内部的交互通道, 包括两扇电动门、通风通道、气体流速检测仪、控制器 (含人工智能芯片, 与气体流速检测仪通信相连) 和提示灯, 用于从内部向外传递物品。开启内门后可将物品放置在通道内, 关闭内门同时可测得当前风速, 计算出一定时间将洁净舱空气排净后自动开启电动外门, 并可通过灯光提示将物品传递至舱外。此外, 当舱体关闭时, 新风从舱体顶部向舱体下方流动, 并从舱体下方出风孔流出。通过压差传感器模块读取正压数值, 并动态调节新风进风量。既实现了对于病菌的放空, 也实现了节能和滤芯的损耗。经烟饼测试观察气体流向, 结果示舱内空气可完全向外排出。

舱体内部顶端安装空调, 用于冷暖调节, 提供舒适环境; 风机送风口设置支路与空调进风口相连, 保障正压环境不被破坏及内部空气的清洁安全。舱体侧面开口连接空调外机, 用于出风。

舱体内部放置可调节桌椅等配件, 舱外操作孔下方放置操作桌, 用于摆放咽拭子、免洗消毒液、废物篓等必需物品。

外部搭建防雨棚、遮阳伞等装置为检测人员提供舒适环境。

## 2 具体使用方法

洁净舱可移动且易安装, 可设置于医院、社区、机场等户外固定核酸检测点, 并能够在炎热、严寒、风雨等气象条件下使用。使用前首先开启 15 min 臭氧, 实现舱内彻底消杀, 然后开启新风系统。使用时, 医护人员可降低防护级别进入舱内, 通过佩戴医用防护口罩、防护帽, 穿着一一次性隔离衣及鞋套, 替代全套防护服。工作人员可坐或立于舱体前侧, 将双臂由操作孔伸入橡胶手套内为等候检测者进行采样。采样完成后, 样本放置于舱外桌面上, 当一阶段采样完成后, 将样本进行转移, 工作人员离开后关闭洁净舱门, 关闭新风系统, 开启臭氧, 再次进行 15 min 舱体内彻底消杀。

## 3 优点

**3.1 组装简便、可移动:** 移动式正压洁净舱结构简单, 便于运送、安装及拆卸。箱体底部带滑轮及固定柱, 便于搬运。

**3.2 安全性高:** 所用 FFU 性能较高, 确保舱体内形成正压环境, 有效防止外部污染空气进入。所用气体过滤器、UV 无臭氧紫外线灯、臭氧发生器消杀效率较高, 确保进入空气洁净。营造出空气可流动的无菌空间, 有效切断病毒可能的传播途径, 降低医务人员感染风险。

**3.3 交互及调节功能兼具:** 交互通道处在便于物品取出的同时, 其气体流速检测仪及控制器可进行自动检测, 控制新风装置, 进一步确保舱体内的正压环境, 调节能耗。

**3.4 密闭性好:** 箱体为密闭性好的独立空间, 隔音、隔热、防火性能较好。

**3.5 创造舒适工作环境, 提高采样效率、降低假阴性率:** 舱内空调可调节舱体内部温度, 便于在炎热或寒冷天气时使用, 且医务人员可降低防护级别。由此减轻了医务人员的工作压力, 使采样工作更为规范, 提高操作的效率及准确性, 降低检测结果的假阴性率。

**3.6 节约防疫物资:** 因工作人员采样时无需穿戴全套防护服, 而一次性医用防护口罩及隔离衣等替换成本较低, 间接降低了防疫物资的生产成本。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

## 参考文献

[1] 张书晴, 安树, 黎孟枫, 等. COVID-19 的流行及研究现状 [J]. 病毒学报, 2020, 36 (4): 694-702. DOI: 10.13242/j.cnki.bingduxuebao.003751.  
Zhang SQ, An S, Li MF, et al. Current status of epidemiology and research on COVID-19 [J]. Chin J Virol, 2020, 36 (4): 694-702. DOI: 10.13242/j.cnki.bingduxuebao.003751.

[2] 郭世航, 张为华, 倪卫东. 一线医护人员预防新型冠状病毒职业暴露感染的策略 [J]. 重庆医科大学学报, 2020, 45 (7): 1023-1025. DOI: 10.13406/j.cnki.cyx.002552.  
Guo SH, Zhang WH, Ni WD. Strategies for novel coronavirus occupation exposure infection prevention by front-line medical staff [J]. J Chongqing Med Univ, 2020, 45 (7): 1023-1025. DOI: 10.13406/j.cnki.cyx.002552.

[3] 王可欣, 徐德翠, 贺文凤, 等. 新型冠状病毒肺炎疫情期间医务人员焦虑现状及影响因素分析 [J]. 中国医院管理, 2020, 40 (6): 29-32.  
Wang KX, Xu DC, He WF, et al. Analysis of anxiety status and influencing factors of medical staff during COVID-19 epidemic period [J]. Chin Hos Manage, 2020, 40 (6): 29-32.

(收稿日期: 2020-09-15)