

# 空调用富氧抗菌节能模块杀菌性能研究

赵 健 诸华杰 黄跃弟

上海罗克环控节能科技股份有限公司 上海奉贤 201400

**摘要:** 在非瘟、新冠疫情频发和常态化防疫的需求不断升级的背景下,人们对健康环境产品的需求越来越高。空调系统在生物安全的缺点不断突显,空调内滋生军团菌等病菌,危害人和动物的健康,疫情病毒有可能通过空调系统加剧传播。前期本单位在光触媒的基础上研发出无需光源的超纳米分散冷触媒技术,并进一步根据空调系统的特点,设计并生产出一种空调用富氧抗菌节能模块。本文对模块的负氧离子释放性能、表面抗菌性能和安装在风机盘管上之后的空间杀菌性能和一次通过杀菌性能进行了检测。检测结果表明:模块在负氧离子释放方面,产品安装在风机盘管的出风口,距出风口30cm处的负氧离子浓度可达13000个/cm<sup>3</sup>;在30m<sup>3</sup>的测试舱中运行30分钟,全舱的负氧离子浓度可达到1800~2980个/cm<sup>3</sup>;产品对大肠杆菌和高危嗜肺军团菌的表面抗菌率可达99.9%,已达到消毒水平;试验条件下风机盘管安装模块运行2h后对大肠杆菌空间除菌率达到86.4%,对H1N1流感病毒空间除菌率达到85%,对白葡萄球菌一次通过杀菌率可达74%。说明模块具有很强的表面接触抗菌功能,可实现空调内和房间空间内的杀菌净化功能,具有很强的病菌消杀效果,在空调健康环境绿色升级领域具有较强的推广应用价值。

**关键词:** 健康环境; 空调; 病菌; 生物安全; 杀菌率

## Study on germicidal performance of oxygen-rich antibacterial energy-saving module for air conditioning

Jian Zhao, Huajie Zhu, Yuedi Huang

Shanghai Roke Environmental Control Energy Saving Technology Co., LTD., Shanghai Fengxian 201400

**Abstract:** In the context of increasing demand for ASF, COVID-19 and regular epidemic prevention, the demand for healthy environmental products is getting higher and higher. The shortcomings of air conditioning system in biosafety continue to highlight, air conditioning breeding legionella bacteria and other pathogens, harm the health of people and animals, epidemic virus may be exacerbated through the air conditioning system spread. In the early stage, our unit developed the ultra-nano dispersed cold catalyst technology without light source on the basis of photocatalyst, and further designed and produced an oxygen-rich antibacterial energy-saving module for air conditioning according to the characteristics of air conditioning system. In this paper, the negative oxygen ion release performance, surface antibacterial performance and installed on the fan coil after the space sterilization performance and a pass sterilization performance were tested. The detection results show that: in terms of the release of negative oxygen ions, the product is installed in the air outlet of the fan coil, and the concentration of negative oxygen ions 30cm away from the air outlet can reach 13,000 /cm<sup>3</sup>; After running for 30 minutes in a 30m<sup>3</sup> test chamber, the concentration of negative oxygen ions in the whole chamber can reach 1800-2980 /cm<sup>3</sup>. The surface antibacterial rate of the product to Escherichia coli and high-risk Legionella pneumophila can reach 99.9%, which has reached the disinfection level. Under experimental conditions, the space sterilization rate of EScherichia coli, H1N1 influenza virus and Staphylococcus aureus reached 86.4%, 85% and 74% respectively after the fan coil installation module was operated for 2 hours. It indicates

**资助项目:** 上海市科技兴农重点攻关项目(2022-02-08-00-12-F01195)

**作者简介:** 赵健(1986年7月——),男,汉族,安徽省亳州市,博士学位,工学博士学位,主要从事空气净化、消毒杀菌技术的研究,现为上海罗克环控节能科技有限公司研发主管。

that the module has strong surface contact antibacterial function, and can realize sterilization and purification function in air conditioning and room space. It has strong bacteria-killing effect, and has strong promotion and application value in the field of green upgrade of air conditioning health environment.

**Keywords:** Healthy environment; Air conditioning; The germs; Biosafety; Sterilization rate

## 引言:

在全球新冠疫情频发和常态化防疫的需求不断升级的背景下,人们对健康环境产品的需求越来越高。空调系统在生物安全方面的短板不断突显,空调内滋生军团菌等病菌<sup>[1-2]</sup>,危害人体健康,疫情病毒有可能通过空调系统加剧传播。空调运行时室内通风不良,时间长了会导致室内各种有害气体累积,室内空气品质变差。目前,空调系统常采用传统的光催化技术、紫外线杀菌技术、高压静电技术、等离子技术、臭氧技术等方法进行消毒和净化<sup>[3-6]</sup>,有一定的应用价值,但还存在电击空气导致有臭氧、醛酮、有机物等二次污染,增加能耗,有安全隐患,有噪声,耗材寿命短,易发生故障,清洗费时费力,清洗导致处理效率下降等缺点。

为解决以上空调系统的行业痛点,本单位在光触媒的基础上研发出无需光源的超纳米分散冷触媒技术,并进一步根据空调系统的特点,设计并生产出一种空调用富氧抗菌节能模块。本文对该模块的负氧离子释放性能、表面抗菌性能和安装在风机盘管上之后的空间杀菌性和一次通过杀菌性等性能进行了检测。

## 一、试验材料

供试样品:罗云富氧抗菌节能模块固体样品(型号JF-007,上海罗克环控节能科技股份有限公司)

供试设备:安装了罗云富氧抗菌节能模块的风机盘管1台(上海罗克环控节能科技股份有限公司)

供试菌株:大肠杆菌(ATCC 8739)、甲型流感病毒(A/PR8/34 H1N1)、白色葡萄球菌(8032)由广州市微生物研究所有限公司保存提供。嗜肺军团菌(ATCC 33152)由广东省微生物分析检测中心保存提供。

培养基:胰蛋白胨大豆琼脂培养基(TSA)、营养肉汤培养基、营养琼脂培养基、生理盐水。

试验仪器:MJX-160B-B型生化培养箱、HAD-JWL-S6型空气微生物采样器、TK-3型气溶胶发生器和温度计、湿度计等。

## 二、试验方法

### 1. 表面抗菌性能的检测方法

产品的表面抗菌性能的检测方法根据GB/T 31402-2015《塑料表面抗菌性能试验方法》,主要包括以下步

骤:细菌预培养、试样的制备(本试样在测试前采用紫外线进行杀菌,不可以使用酒精擦洗)、接种液的制备、试样接种、接种试样的培养、试样上的细菌回收、平板培养法测定活菌数、活菌数测定。

### 2. 空间杀菌消毒性能的检测方法

空间杀菌消毒性能的检测方法参照《消毒技术规范》(2002年版)2.1.3空气消毒效果鉴定试验和GB 21551.3-2010《家用和类似用途电器的抗菌、除菌、净化功能空气净化器的特殊要求》,主要包括以下步骤:菌悬液的制备、气溶胶喷雾染菌、消毒前采样、消毒处理(按待测风机盘管的使用说明,开机运行2h)、消毒后采样、培养与结果观察(置 $36^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 培养箱培养48h进行活菌培养计数)、对气雾室消毒处理、数据处理(每组试样重复3次并取平均值,通过SPSS16.0软件对数据进行计算处理)、空气中含菌量计算、杀灭率的计算。

### 3. 一次通过杀菌率的检测方法

一次通过杀菌率的检测方法参照GBT34012-2017《通风系统用空气净化装置》。

试验菌气溶胶准备:取试验菌菌悬液,用无菌脱脂棉过滤后,再用营养肉汤培养基稀释成所需浓度,并注入气溶胶喷雾器并连接至试验台气溶胶注入口。

对照组试验:不安装空气净化装置,将试验台调整至所要测试的风量并空吹5 min~10 min。分别将微生物采样器连接至试验台上游及下游采样口。开启气溶胶喷雾器,按设定的压力及气体流量进行喷菌,喷雾菌液的浓度、喷雾压力以及气体流量的设定应能保证空气试验菌浓度在 $2500\text{ CFU}/\text{m}^3 \sim 25\ 000\text{ CFU}/\text{m}^3$ 范围内。在试验台上游及下游采样口同时采样,测量试验台在不安装空气净化装置时的试验菌自然死亡率。

试验组试验:将被测空气净化装置安装于试验台上,将试验台调整至所要测试的风量并空吹5 min~10 min。开启气溶胶喷雾器,按与对照组相同的喷雾参数进行喷菌。使用微生物采样器同时在试验台上游及下游采样口进行采样。采样结束后,将平皿放入 $37^{\circ}\text{C}$ 培养箱于 $(36 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ 环境下培养48 h,观察结果,计数生长菌落数,同时将同批次试验用培养基置于培养箱中培养作为阴性对照,若阴性对照组有菌生长,试验无效,更换无菌器材

重新进行试验。试验组重复次数不宜少于3组,最后取平均值计算被测空气净化装置的微生物净化效率。

#### 4. 负氧离子浓度检测方法

(1) 出风口负氧离子浓度检测方法参照QBT 4982-2016《家用和类似用途电器用负离子发生器》附录C负离子浓度测试方法:以负氧离子检测仪(AIC 1000)为检测器材,通电运行检测器,先检测空气中本底负氧离子浓度,然后开启安装了模块的风机盘管,待稳定运行后,在距离出风口30cm的位置测试负氧离子浓度。

(2) 空间负氧离子浓度检测:按要求在30 m<sup>3</sup>试验舱中安装样机,启动试验舱温湿度控制装置,使舱内温湿度达到试验规定状态(温度25℃,湿度50%RH),开启样机并运行“高档”,稳定后,在规定的采样点位置测试不同高度的负离子浓度。

### 三、结果与讨论

#### 1. 模块的表面抗菌性能

根据《塑料表面抗菌性能试验方法》(GB/T 31402-2015)对罗运富氧抗菌节能模块的表面抗菌性能进行测定,结果如下:

样品编号	试验菌种	0h 对照样 活菌数均值 (CFU/cm <sup>2</sup> )	24h 对照样 活菌数均值 (CFU/cm <sup>2</sup> )	24h 试样 活菌数均值 (CFU/cm <sup>2</sup> )	抗菌 性能值	抗菌率 (%)
WJ20212051-1	大肠杆菌	1.8×10 <sup>4</sup>	5.7×10 <sup>6</sup>	0.63	7.0	99.9

测试微生物	无加工试样片 接种后直接得 到的活菌数 (cfu/cm <sup>2</sup> )	无加工试样片 接种后放置 24h 得到活菌数 (cfu/cm <sup>2</sup> )	抗菌试样片 接种后放置 24h 得到的活菌数 (cfu/cm <sup>2</sup> )	抗菌性 能值	抗菌率 (%)
嗜肺军团菌 ( <i>Legionella pneumophila</i> ) ATCC 33152	2.4×10 <sup>4</sup>	7.9×10 <sup>3</sup>	<0.62	>4.1	>99.9

从上表可以看出,罗运富氧抗菌节能模块对大肠杆菌和嗜肺军团菌的表面抗菌率可达到99.9%,可以达到消毒水平,符合《塑料表面抗菌性能试验方法》(GB/T 31402-2015)的要求,说明该模块具有优越的表面抗菌性能,当细菌病毒触碰到模块表面后会被杀灭。

#### 2. 模块的空间杀菌性能

参照《消毒技术规范》(2002年版)2.1.3空气消毒效果鉴定试验和2.GB 21551.3-2010家用和类似用途电器的抗菌、除菌、净化功能空气净化器的特殊要求,对罗运富氧抗菌节能模块的空间杀菌性能进行测定,结果如下:

样品编号	污染物	作用 时间 (min)	对照组		试验组		去除率 K <sub>t</sub> (%)
			浓度 C' (mg/m <sup>3</sup> )	自然衰减率 N <sub>t</sub> ' (%)	浓度 C (mg/m <sup>3</sup> )	总衰减率 N <sub>t</sub> (%)	
KJ20211340-1	甲醛	0	1.02	—	0.96	—	—
		120	0.92	9.8	0.75	21.9	13.4

病毒	作用 时间 (min)	试验 编号	对照组病毒滴度			试验组病毒滴度		杀灭率 (%)
			初始浓度 (TCID <sub>50</sub> /m <sup>3</sup> )	终浓度 (TCID <sub>50</sub> /m <sup>3</sup> )	自然 衰亡率 (%)	初始浓度 (TCID <sub>50</sub> /m <sup>3</sup> )	终浓度 (TCID <sub>50</sub> /m <sup>3</sup> )	
H1N1	120	1	3.36×10 <sup>6</sup>	6.24×10 <sup>5</sup>	81.43	7.83×10 <sup>6</sup>	1.98×10 <sup>5</sup>	86.38
		2	5.06×10 <sup>6</sup>	9.64×10 <sup>5</sup>	80.95	8.03×10 <sup>6</sup>	2.26×10 <sup>5</sup>	85.23
		3	4.21×10 <sup>6</sup>	7.48×10 <sup>5</sup>	82.23	6.24×10 <sup>6</sup>	1.81×10 <sup>5</sup>	83.68

注:实验过程中对照组细胞正常生长。

从上表可以看出, 罗沭富氧抗菌节能模块安装到风机盘管上运行2h之后, 对试验舱内的大肠杆菌和H1N1的空间杀灭率可达到85%以上, 说明该模块具有较高的空间灭菌性能, 当空气中的细菌病毒通过内循环触碰到模块表面后会被杀灭。

样品编号	污染物	上游浓度 $\bar{C}_u$ (CFU/m <sup>3</sup> )	下游浓度 $\bar{C}_d$ (CFU/m <sup>3</sup> )	自然消亡率 $N$ (%)	上游浓度 $\bar{C}_u$ (CFU/m <sup>3</sup> )	下游浓度 $\bar{C}_d$ (CFU/m <sup>3</sup> )	净化效率 $E_w$ (%)
KJ20211934-1	白色葡萄球菌 8032	$2.07 \times 10^4$	$1.98 \times 10^4$	4.35	$2.06 \times 10^4$	$5.11 \times 10^3$	74.07

从上表可以看出, 罗沭富氧抗菌节能模块安装到风机盘管上运行2h之后, 对试验舱内的大肠杆菌和H1N1的空间杀灭率可达到85%以上, 说明该模块具有较高的空间灭菌性能, 当空气中的细菌病毒通过内循环触碰到模块表面后会被杀灭。

### 3. 模块的一次通过杀菌性能

参照《通风系统用空气净化装置》(GB/T 34012-2017) 微生物净化效率测试方法, 对罗沭富氧抗菌节能模块的一次通过杀菌性能进行测定, 结果如下:

### 4. 模块的释放负氧离子性能

参照QBT 4982-2016《家用和类似用途电器用负离子发生器》附录C负离子浓度测试方法, 对罗沭富氧抗菌节能模块的出风口距离30cm和空间采样点的负氧离子浓度进行测定, 结果如下:

样品编号	负氧离子浓度 (个/cm <sup>3</sup> )					
	空气本底负氧离子浓度			在距离样机出风口 30cm 处测试负氧离子浓度		
KJ20211340-1	$<1 \times 10^3$			$1.3 \times 10^4$		
测试状态	测试点编号	测试高度	负离子浓度	测试点编号	测试高度	负离子浓度
		(m)	(个/cm <sup>3</sup> )		(m)	(个/cm <sup>3</sup> )
样机运行“高档” 温度: 25.2~25.7℃ 湿度: 52~54%RH	1	0	2960	7	0	2950
		1	2810		1	2820
		2	2740		2	2750
	2	0	2920	8	0	2980
		1	2810		1	2810
		2	2770		2	2750
	3	0	2930	9	0	2950
		1	2830		1	2830
		2	2770		2	2740
	4	0	2960	10	0	2900
		1	2830		1	2810
		2	2760		2	2760
	5	0	2920	11	0	2940
		1	2820		1	2820
		2	2750		2	2750
	6	0	2950	12	0	2920
		1	2810		1	2820
		2	2760		2	2750



从上表可以看出,模块在负氧离子释放方面,产品安装在风机盘管的出风口,距出风口30cm处的负氧离子浓度可达13000个/cm<sup>3</sup>;在30m<sup>3</sup>的测试舱中运行30分钟,全舱的负氧离子浓度可达到2740~2980个/cm<sup>3</sup>。

通过以上结果得出,空调系统的出风口安装了模块后具有很好的表面抗菌和空间杀菌消毒的功能,并且能向空调房间内释放大量的负氧离子,进一步实现空间的净化和杀菌,提高空气质量<sup>[7]</sup>,并有助于人和动物的健康<sup>[8]</sup>。

模块的核心技术是一种无需光源的超分散纳米复合冷触媒材料,含远红外活性金属、硅酸盐、碳素(UDD金刚石SP3,石墨SP2)等成分,形成永久性自发电极和电子催化固体接触杀菌净化原理。产品表面有很多的官能团,通过(SP2碳素石墨),(SP3碳素钻石)电子轨道的高电子释放以及高电子争夺现象形成电荷移动实现氧化还原反应,造成微生物接触材料表面后,细胞丧失分裂繁殖能力而死亡。此外在碳或碳化硅中植入阳离子功能强化电荷移动触媒的抗菌特性。模块在常温条件下通过热辐磁振分裂使空气中水份分子化,与表面吸附的水分子(H<sub>2</sub>O)反应生成羟基自由基(OH<sup>-</sup>),OH<sup>-</sup>溢出接触空气中单个氧分子形成负氧离子,并使负氧离子产生量大幅增加。负氧离子环境使材料周边范围抗氧化,进一步巩固材料抗菌成分不被空气氧化。

模块杀灭病菌的机理主要包括以下三点。一是羟基离子在病菌表面大量聚集,表面上的电势差逐渐增高达到一定的值,表面会发生击穿,从而破坏病菌内的电解质,使病菌灭活;二是阳离子成分可以破坏病菌表面蛋白结构或微生物合成酶的活性,使病菌丧失分裂增殖能力而死亡<sup>[9]</sup>。三是羟基离子被氧气捕捉生成强氧化性负氧离子,负氧离子能够氧化病菌中的核酸、蛋白质,使其发生结构改变或能量的转移,导致其死亡<sup>[10]</sup>。

#### 四、结束语

为解决密闭空间空调系统的生物安全问题,提高室内空气质量,本文开发了空调用罗云富氧抗菌节能模块,并对模块的杀菌和负氧离子释放性能进行的检测。结果表明,模块在负氧离子释放方面,产品安装在风机盘管

的出风口,距出风口30cm处的负氧离子浓度可达13000个/cm<sup>3</sup>;在30m<sup>3</sup>的测试舱中运行30分钟,全舱的负氧离子浓度可达到1800~2980个/cm<sup>3</sup>;产品对大肠杆菌和高危嗜肺军团菌的表面抗菌率可达99.9%,已达到消毒水平;试验条件下风机盘管安装模块运行2h后对大肠杆菌空间除菌率达到86.4%,对H1N1流感病毒空间除菌率达到85%,对白葡萄球菌一次通过杀菌率可达74%。说明模块具有很强的表面接触抗菌功能,可实现空调内和房间空间内的杀菌净化功能,具有很强的病菌消杀效果,并能向室内释放大量有益于人和动物健康的负氧离子,在民用、工业用、农业用空调工程领域具有较强的推广应用价值。

#### 参考文献:

- [1]陈健,刘洋,夏清云,等.公共场所中央空调系统军团菌污染环节的研究[J].现代预防医学,2006,33(8):4.
- [2]黄葵.嗜肺军团菌是怎样制造“空调肺”的?[J].科学养生,2019(8):1.
- [3]刘爱梅.空气净化技术在中央空调中的应用综述[J].制冷与空调,2021,21(3):3.
- [4]李同杰.探讨UVC杀菌技术在空调风管的应用[J].2020.
- [5]史钢强.新型储粮四合一技术暨双向混流通风、环流控温、空调补冷、臭氧杀菌储粮系统介绍[J].粮食加工,2017,42(1):4.
- [6]李静.空调系统的二次污染与细菌控制[J].城市建设理论研究:电子版,2015,5(036):637.
- [7]杨建松,杨绘,李绍飞,等.不同植物群落空气负氧离子水平研究[J].贵州气象,2006,30(3):5.
- [8]林金明,宋冠群,赵利霞.环境、健康与负氧离子[M].化学工业出版社,2006.
- [9]王书杰,张宇.银离子消毒剂的杀菌作用、机制、影响因素及应用[J].中国感染控制杂志,2007,6(3):3.
- [10]包冉.空气负离子与人体健康[J].健康生活,2010(8):2.