

文章编号:1002-7602(2012)04-0030-03

# 光触媒技术应用于铁路客车 空气净化的可行性研究

赵刚

(青岛四方车辆研究所有限公司 公司办公室, 山东 青岛 266031)

摘要:分析了光触媒技术应用于铁路客车空气净化的可行性,初步设计了样机,并进行了试验验证。

关键词:光触媒;空气净化;可行性研究

中图分类号:U270.38<sup>+</sup>3 文献标识码:B

光触媒是一种以纳米级二氧化钛为代表的具有光催化功能的光半导体材料的总称,是当前国际上治理室内环境污染的理想材料。目前,光触媒主要应用于陶瓷制品、灯具制品、光触媒喷剂、家用空调等。如何将光触媒技术应用于铁路客车空气净化系统中,以提高我国铁路客车的空气清洁性,将成为一个新的课题。

## 1 光触媒作为新型除菌材料的优点

### 1.1 本身无毒无污染

美国食品与药品管理局(FDA)曾做过鉴定,二氧化钛对人体无伤害。

### 1.2 消毒能力强

光触媒具有很强的氧化能力,可以分解空气中的有机物、硫化氢、甲醛、苯、氨等有害物质,并可以杀死空气中的细菌、病毒、真菌,净化效果安全、强力、持久。

### 1.3 成本低,使用周期长,维护费用低

光触媒利用空气中的氧分子及水分子将所接触的有机物转换为二氧化碳和水,自身不起变化,却可以促进化学反应,理论上有效期非常长久,维护费用低。

## 2 光触媒技术在铁路客车上的应用方案

目前我国一些城市的公交车已经在车内空调送风口处增加了一层光触媒过滤网来达到清洁车内空气的目的。在轿车的净化处理上,一些厂家采用了在车内喷涂光触媒溶液的方法,这样虽然能达到除臭杀菌的目的,但由于光触媒具有极强的氧化性,对车内的皮革制品也会产生氧化作用,加速了轿车内饰的老化。

借鉴光触媒技术在汽车行业的应用经验,若将光

触媒技术应用于铁路客车空气净化系统中,需要考虑以下几个方面的问题。

### 2.1 使光触媒产品达到最佳的杀菌消毒效果

使光触媒技术达到最佳的杀菌消毒效果,就需要深入研究光触媒技术的反应机理,并结合铁路客车通风系统,找到最佳的组合方案。

#### 2.1.1 选用合适的光源

选用能有效激发触媒所需的发光波长为388 nm以下的紫外线光源,但并不是波长越短越好,波长过短的紫外线对人体有害。经综合考虑,发光波长为365 nm的紫外线灯管是理想光源。

#### 2.1.2 选用合适的触媒

触媒是指光触媒过滤网表面附着的二氧化钛颗粒,二氧化钛颗粒的大小和浓度不同、喷涂方式不同,导致杀菌效果也不同。从反应效果及经济性方面综合考虑,建议选用以浸泡式海绵为基材的光触媒过滤网。

### 2.2 设计应用于客车空气净化的光触媒装置

光触媒技术在铁路客车内的运用应结合现有铁路客车通风系统,以达到经济、合理、有效。需要考虑以下几个方面的问题。

#### 2.2.1 结构形式

为了节约车内空间、降低成本,最好将光触媒技术融合到现有的客车通风系统中。考虑到安装、拆洗、维修的方便,建议采用框架式结构,做成一个薄型的过滤器。为增强杀菌效果,建议采用双层过滤网,并增加紫外线灯管的照射密度和强度,使双层过滤网均匀受光。

#### 2.2.2 安装位置

可将光触媒过滤器安装在风道的送风末端或者风道的总回风口。由于客车内送风末端较多,若每个送风末端都增加一个过滤器,整车送风阻力会很大,这样势必会影响送风量和制冷量,从而增加空调机组的负

收稿日期:2011-11-16

作者简介:赵刚(1980-),男,工程师。

荷。因此,建议将光触媒过滤器安装在风道回风滤尘装置后面,这样既能减小光触媒滤网的清洗周期,也能减小回风阻力。

### 2.2.3 电气安全性

光触媒过滤器是带电装置,因此要考虑其电气安全性,建议在光触媒过滤器内设置变电阻保险丝,并安装接地线,以增加其电气安全性。

### 2.2.4 抗振性能

光触媒过滤器内置灯管,由于车辆运行过程中产生振动,灯管应具有良好的抗振性能,因此选择管径较大而长度较短的紫外线灯管作为光源。

### 2.2.5 结构方式

光触媒过滤网采用抽屉式结构,更换方便。灯管配置卡式新型灯座,既方便更换灯管,又能提高灯管的安装强度。

### 2.2.6 清洗更换周期

光触媒过滤网对灰尘的吸附性很小,且安装在风道滤尘装置的后面,因此清洗周期较长,可以是客车滤尘网清洗周期的3倍~5倍。光触媒理论上不消耗,但考虑到清洗次数多了光触媒滤网二氧化钛颗粒可能会脱落,影响其杀菌除臭的效果,因此更换周期不宜太长,可将光触媒过滤网的更换周期定为半年。

## 3 光触媒过滤器初步设计及试验效果

### 3.1 样机设计

在以上理论分析的基础上设计了光触媒过滤器样机,样机效果如图1所示。

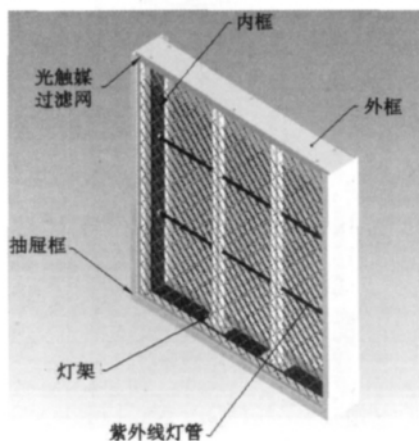


图1 光触媒过滤器效果图

### 3.2 光触媒过滤器阻力测试结果

将光触媒过滤器安装在空调试验台的回风口上,模拟不同的通风量,得到的阻力测试结果见表1~表

3,每组测试数据间隔15 min,阻力随通风量的变化曲线见图2。

表1 通风量为2500 m<sup>3</sup>/h的试验数据

项目	第1组	第2组	第3组	第4组	平均值
阻力/Pa	13.8	14.1	13.4	10.9	13.1
回风温度/°C	23.16	23.21	23.28	23.28	23.23

表2 通风量为3500 m<sup>3</sup>/h的试验数据

项目	第1组	第2组	第3组	第4组	平均值
阻力/Pa	38.7	38.4	38.4	37.8	38.3
回风温度/°C	23.22	23.11	23.19	23.12	23.16

表3 通风量为4500 m<sup>3</sup>/h的试验数据

项目	第1组	第2组	第3组	第4组	平均值
阻力/Pa	74.4	74.4	75.0	75.0	74.7
回风温度/°C	23.07	23.04	23.07	23.13	23.08

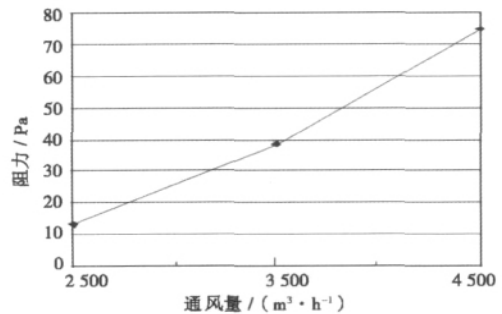


图2 阻力随通风量的变化曲线

可以看出,阻力大小随通风量变化成单调上升的趋势。在客车运行的主要通风量范围内,光触媒空气过滤器的阻力较小,在空调机组的机外余压范围内,不会对空调机组的通风量产生大的影响。

### 3.3 电气安全性及抗振性能测试结果

参照铁路相关标准所规定的测试方法对光触媒过滤器进行了电气性能和抗振性能的检测,试验工况见表4、表5,试验结果见表6。

表4 模拟长寿命试验的严酷等级和频率范围

类别	取向	振动加速度有效值 RMS(试验5 h)/ (m·s <sup>-2</sup> )	振动谱密度 ASD/ (m·s <sup>-2</sup> ) <sup>2</sup> ·Hz <sup>-1</sup> )
1	垂向	5.9	1.034
A级	横向	2.9	0.250
车体安装	纵向	3.9	0.452

表 5 功能性随机振动试验的严酷等级和频率范围

类别	取向	振动加速度有效值 RMS(试验 5 h)/ ( $m \cdot s^{-2}$ )	振动谱密度 ASD/ ( $(m \cdot s^{-2})^2 \cdot Hz^{-1}$ )
1	垂向	0.75	0.016 4
A 级	横向	0.37	0.004 1
车体安装	纵向	0.50	0.007 3

表 6 电气安全性及抗振性检测结果

序号	检测项目	检测结果	备注
1	性能测试	工作电压 AC 220 V, 50 Hz 工作电流 0.14 A 功率 20 W	符合设计要求
2	绝缘电阻测试	插头芯子对壳体的绝缘电阻为 500 MΩ	符合设计要求
3	工频耐压测试	对过滤器施以 2 500 V 高压, 历时 1 min, 无击穿和闪络现象	符合设计要求
4	模拟长寿命试验	参照表 4 对过滤器进行试验后, 过滤器外观、性能完好	符合设计要求
5	功能性随机振动试验	参照表 5 对过滤器进行试验后, 过滤器外观、功能完好	符合设计要求

### 3.4 甲醛去除测试结果

将样机装在一辆新造 25G 型餐车的回风道内, 开启光触媒过滤器并对餐车内的甲醛含量进行了实时测试, 图 3 所示为 1 h 内的甲醛去除效果。

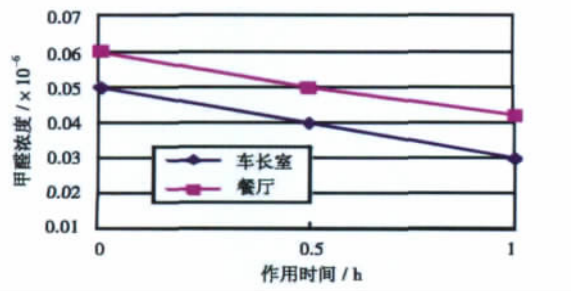


图 3 25G 型餐车甲醛去除效果曲线

可以看出, 在光触媒作用的 1 h 内, 车内甲醛浓度呈现出明显的下降趋势, 其中车长室的甲醛去除率达到了 40%, 餐车内甲醛去除率达到了 30%。

为进一步验证光触媒过滤器的除甲醛效果, 又将此过滤器安装在一辆新造软卧车回风道内进行了甲醛去除效果测试, 其结果见图 4。

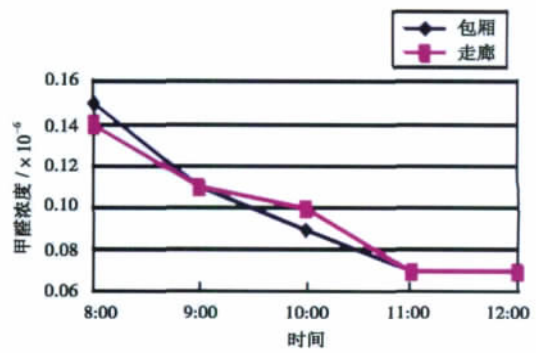


图 4 软卧车甲醛去除效果曲线

可以看出, 在整车通风的情况下, 开启光触媒过滤器, 车内甲醛浓度呈现明显下降的趋势, 包厢内甲醛的去除率能达到 50% 以上。

## 4 结束语

通过以上的试验, 验证了光触媒过滤器的设计可行性及对甲醛等有害气体的有效去除效果。随着生活水平的提高以及对生存环境要求的不断提高, 开发适用于铁路客车的光触媒净化装置, 降低车厢内有害气体及细菌对乘客的身体伤害, 提升铁路客车的乘坐环境及舒适性, 将具有可靠的理论支持和广泛的市场前景。

### 参考文献:

- [1] 秋山司郎, 埤田博史. 光触媒及其相关技术 [M]. 日刊工業新聞社, 2000.
- [2] 埤田博史. 最容易理解的关于光触媒的书 [M]. 日刊工業新聞社, 2002.

(编辑: 颜 纯)

(上接第 24 页)

### 参考文献:

- [1] EN 12663—2—2010, 铁路应用 轨道车辆车体结构要求 第 2 部分: 货车[S].
- [2] GB/T 25343.3—2010, 铁路应用 轨道车辆及其零部件的焊接 第 3 部分: 设计要求[S].
- [3] UIC 577 OR—1998, 货车应力[S].
- [4] ERRI B12/RP17, 钢制底架和车体及铸钢转向架货车试验大纲

[R]. 1997.

- [5] ERRI B12/RP60, 验证试验和最大许用应力的规定[R]. 2001.
- [6] 项 彬, 等. 铁路常用材料 Goodman 疲劳极限图的绘制与应用 [J]. 中国铁道科学, 2002, 23(4): 72—76.
- [7] 王德俊. 疲劳强度设计理论与方法 [M]. 沈阳: 东北工学院出版社, 1991.
- [8] 徐 灏. 疲劳强度设计 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1981.
- [9] 福克斯, 等. 工程中的金属疲劳 [M]. 北京: 中国农业机械出版社, 1983: 178—180.

(编辑: 李 萍)

130062, China)

**Abstract:** The aluminum roof structure, the classification of the roof domes and the drainage principles in the roof area of CRH5 multiple units are described generally. The causes to poor drainage in the roof area of brake resistance and pantograph of CRH5 multiple units operating in southern China are analyzed. And corresponding measures for improvement are given.

**Key words:** CRH5 multiple units; roof area; drainage; analysis

#### **Development of SYS450D Air Springs for Monorail Vehicles in Chongqing**

DU Shang, et al.

(male, born in 1980, engineer, Damping Department of Qingdao Sifang Rolling Stock Research Institute, Qingdao 266031, China)

**Abstract:** The technical requirements and structure features of air springs for monorail vehicles in Chongqing are described. The structure design is made according to the technical requirements, the key parameters of technologies and manufacture of rubber bags and rubber piles are determined through finite element calculation. The type tests of load carrying capacity, vertical stiffness, lateral stiffness, the maximum lateral deformation capacity, the maximum outer diameter, the fatigue endurance, the pressure strength and environment resistant performance are made, and then the air springs are mounted on vehicles to make the dynamics tests on track. The test result shows that the air springs developed have met the technical requirements and the goal to replace the original types of air springs has been achieved.

**Key words:** monorail vehicle; air spring; vertical stiffness; lateral stiffness; fatigue; lateral deformation capacity

#### **The Feasibility Research of the Application of Photocatalysis Technology on Air Cleaning in Railway Passenger Cars**

ZHAO Gang

(male, born in 1980, engineer, Office of Qingdao Sifang Rolling Stock Research Institute Co., Ltd., Qingdao 266031, China)

**Abstract:** The feasibility of application of the photocatalysis technology on air cleaning in railway passenger cars is analyzed. The sample device is designed initially and verified by testing.

**Key words:** photo-catalysis; air cleaning; feasibility research

#### **Structure Analysis of Underfloor Lifting System for Multiple Units with the Finite Element Method**

WANG Wei, et al.

(male, born in 1979, engineer, CNR New Industry Department, Beijing 100038, China)

**Abstract:** The finite element analysis is made for the main load carrying components in the structure system of the carbody lifting device of the underfloor lifting system for multiple units. The stress distribution nephogram of the components and the deform of the integral machine are obtained. The calculation result and test result show that the strength and stiffness of each component have met the design requirements.

**Key words:** underfloor lifting system; carbody lifting device; finite element method; strength; stiffness

#### **The TFDS for Freight Car Troubles Based on Linear Array Scanning Technology**

WANG De-ming

(male, born in 1974, senior engineer, Rolling Stock Section of Shenyang Railway Bureau, Shenyang 110001, China)

**Abstract:** In view of the deficiencies in the TFDS with the plane array camera, the principles and composition of the linear array scanning technology in the TFDS are researched, and the operation analysis in field is made.

**Key words:** freight car; linear array scanning; infrared linear laser source; automatic trouble identification

#### **Application of Dynamic Wheelset Inspection System**

LI Jian

(male, born in 1974, senior engineer, Preparation Group for Construction of the Inspection & Repair Depot for Multiple Units, Xi'an Railway Bureau, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** The inspection principles and application of the dynamic wheelset inspection system which is the newest both in China and abroad are described. The principles and application of the wheelset inspection system at low speed and high speed in China are mainly expounded.

**Key words:** wheelset; tread; profile dimension; dynamic monitor

#### **The Safety Monitoring System for Air Compressors**

JI Xiang

(male, born in 1971, engineer, Hefei Depot of Shanghai Railway Bureau, Xuzhou 221000, China)

**Abstract:** Described are the working principles and design of softwares and hardwares for the safety monitoring system of air compressors.

**Key words:** air compressor; safety monitoring system; design

#### 下 期 要 目

铁路货车技术状态图像检查监控技术研究  
铁路货车轻量化技术研究与应用  
利用 GM/RT 2142 标准评价大风环境下机车车辆的抗倾覆能力  
无中梁铁路罐车罐体稳定性分析研究

车轴关键区域表面超声波冲击强化技术应用研究  
动车组谐波抑制技术研究  
新疆铁路风区苫盖篷布车辆运行安全性分析  
快速地铁转向架结构设计