

## 动车组间壁、端墙的高防火性能设计与研究

孟凡帅<sup>1</sup> 姚艳伟<sup>2</sup> 毛星原<sup>3</sup> 刘可力<sup>4</sup>

中车唐山机车车辆有限公司, 河北 唐山 063035

**[摘要]**随着我国高速铁路快速发展, 车辆防火安全已逐渐成为了一项极为重要的性能指标, 尤其是间壁、端墙防火至关重要。动车组间壁、端墙分布在列车端部, 其面积较大且使用较多的非金属材料, 其发生火灾的可能性及危险性较大。通过本文中开展的间壁、端墙防火优化设计与研究, 提高了间壁、端墙防火性能, 可以有效的防止火灾发生, 为人们出行提供更好的安全保障。

**[关键词]** 动车组; 间壁端墙; 防火性能; EN45545

DOI: 10.33142/ec.v3i1.1323

中图分类号: U266

文献标识码: A

### Design and Research on High Fire Performance of Partition Wall and End Wall of EMU

MENG Fanshuai<sup>1</sup>, YAO Yanwei<sup>2</sup>, MAO Xingyuan<sup>3</sup>, LIU Keli<sup>4</sup>

CRRC Tangshan Co., Ltd., Tangshan, Hebei, 063035, China

**Abstract:** With the rapid development of China's high-speed railways, vehicle fire safety has gradually become an extremely important performance index, especially the fire prevention of partition walls and end walls is very important. The partition wall and end wall of EMU are distributed at the end of the train, which have a large area and use a lot of non-metallic materials, so the possibility and danger of fire is great. Through the fire protection optimization design and research in this paper, the fire performance of the wall and the end wall is improved, which can effectively prevent fire and provide better security for people to travel.

**Keywords:** EMU; partition and end wall; fire performance; EN45545

#### 1 研究背景及意义

在人们的日常生活当中, 交通运输系统具有十分重要的角色, 不管是人们的出行还是货物的运输, 都与交通运输系统之间具有十分密切的联系。今天, 铁路系统是运输系统的五种主要运输方式之一, 不仅是主要的陆路运输方式, 而且是主要的运输方式。随着社会的进步和不断发展, 人们也对铁路系统的舒适性和便利性提出了更高的要求。根据相关资料统计来看, 目前, 我国已经成为世界上高铁投产运营里程最长、在建规模最大的国家。因此, 高铁作为人们日常生活当中十分重要的运输工具, 其安全行驶十分重要, 只有保证列车的安全性能, 才能够有效的保障人民的生命安全、财产安全。

列车颠覆、失火是轨道车辆运行过程当中面临的最主要的危险, 因此, 世界各国都对列车防火工作十分重视。英国、德国、法国等国家都对相应的防火研究机构进行成立, 从材料选择、结构耐火性等多个方面出发, 对大量的研究工作开展, 并以此为基础, 对比较完善的轨道车辆防火标准体系进行制定, 而相比于国外来看, 我国之前并没有足够的重视车辆防火工作, 研究工作与国外发达国家相比也比较落后。近些年来, 我国不断发展的高铁技术, 使得销往国外的我国列车数量也在不断的增加, 面对国外的标准以及各国发生的火灾事故, 我们也对列车防火工作的重要性有了充分的认识。但是, 由于起步较晚, 因此我国目前对于列车防火的研究, 仍然处于起步阶段, 虽然也有《机车车辆阻燃材料技术条件》等相关标准发布, 但并没有对系统的防火安全标准体系进行构建, 且这些标准主要是对国外标准的直接参考、引用, 但是, 由于各个国家在性能指标、防火标准、实验方法上存在较大的差异, 因此, 对于我国缺乏足够的适用性。

基于上述背景, 本课题针对高铁客室间壁、端墙的复合材料, 在使得原有动车组客车顶板物理性能、力学性能得到满足的基础上, 对客室间壁、端墙进行防火材料, 希望能够使得原有符合 TB/T3237 级别提升至 EN45545-2 的 R1 系列 HL3 级别防火标准要求。本课题的研究, 除了能够使得我国相关研究空白得到弥补, 也能够为我国高速列车防火工作提供重要的参考、实践价值。

## 2 国内外研究现状

### 2.1 国外研究现状

自上世纪 60 年代以来,不断发生的轨道客车火灾事故,使得世界各国对一些列的列车防火研究工作开展,并大量的开展了列车材料、构件的燃烧测试,使得德国标准 DIN5510,英国标准 BS6853,欧盟标准 EN45545 等一系列标准得到形成。

世界各国针对列车防火实验在各个方面具有较大的差异,但总体上来看,其主要包含有以下几个方面:

(1) 小尺寸燃烧试验。该试验主要是对相关标准测试方法进行参照,对规定尺寸的单一材料、复合材料样本进行试验,这种试验的时间比较简单,且并不会产生较大的操作成本,能够对同类材料进行有效的对比以及筛选,但是这种方法并不能够对实际火灾当中材料的燃烧性能进行有效的模拟。

#### (2) 大尺寸燃烧实验

这类测试主要用来对列车内部局部材料、结构着火且并未蔓延的火灾情境进行模拟,能够对点火、火势早期增长的真实场景进行有效的模拟。但是,这种测试防范难以对列车当中火势充分蔓延、发展的燃烧行为进行真实的反映。

### 2.2 国内研究现状

现如今,我国相关部门、研究机构均在一定程度上开展了列车防火安全研究工作,且也对如 TB/T2640《铁道客车防火保护的结构设计》、TB/T3237《动车组用内装饰材料阻燃技术条件》等标准与规范进行了制定,但是,这些标准当中并没有包含全面的内容,例如,TB/T3237 就没有对材料的毒性影响进行充分的考虑,除此之外,我国的标准大多是对国外标准、建筑行业标准的参照,其实际的试验研究比较缺乏。

目前,我国主要采用理论、仿真分析的方式对列车的防火安全研究进行开展,很多学者都解读、分析了国外的标准,这也为我国列车设计、防火研究工作的开展提供了一定的指导、借鉴价值,此外,还有一些研究者通过 CFD、FDS 等软件的应用,模拟了不同情况下列车温度场、热释放速率的数值,对不同的火源、着火位置、车辆结构等对于列车火灾危害的影响进行了研究,而这均为我国轨道车辆防火安全研究,打下了一定的试验基础。

## 3 技术方案与实施

### 3.1 贴面复合胶合板结构设计:

贴面复合胶合板设计方案为 1.0mm 贴面板+0.5 预浸料+15.4mm 胶合板+0.5 预浸料+1.0mm 贴面复合而成,保证技术要求的  $18.4\text{mm} \pm 0.3$  的总厚度;如下图 1。

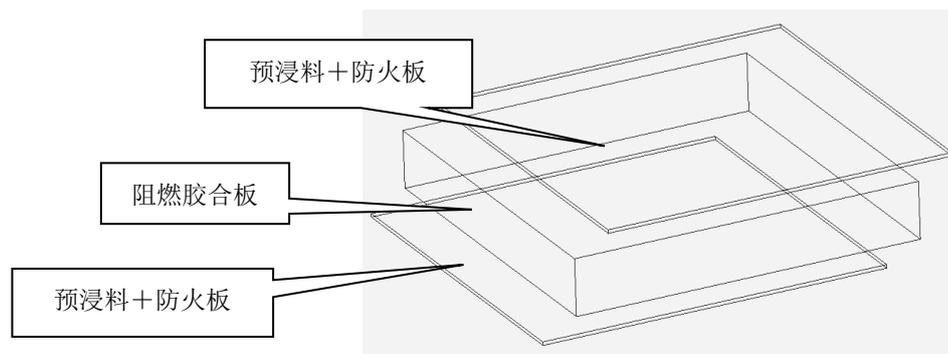


图 1 贴面复合胶合板结构设计

#### 3.1.1 阻燃胶合板

阻燃胶合板采用难燃等级。胶合板采用芯板真空高压浸渍阻燃剂法。先按普通胶合板生产工艺生产出芯板,芯板放入真空压力罐中经真空-加压浸渍阻燃剂溶液,然后取出干燥,再经腻子填缝、贴面板等工序得到阻燃胶合板。阻燃剂及其性能,采用磷-氮-硼三元协效阻燃剂阻燃胶合板燃烧性能(阻燃性能)。胶合板采用的工艺路线如下:

##### 3.1.1.1 芯板阻燃剂浸渍

阻燃剂浸渍是采用低吸潮或不吸潮阻燃剂水溶液,进行真空-高压工序处理芯板。

工艺路线为：芯板→放入真空-压力罐→前真空→灌注阻燃剂溶液→高压浸渍→卸液→后真空→阻燃芯板

### 3.1.1.2 面板粘贴

干燥后的阻燃芯板，进行腻子补缺、砂光和粘贴优质外表面单板等工艺。

工艺路线为：（干燥后）阻燃芯板→腻子补缺→干燥腻子→砂光→粘贴表板→贴面阻燃芯板

### 3.1.1.3 面板阻燃、防霉处理

贴面后的板材必须进行面板阻燃、防霉处理。

工艺路线为：贴面阻燃芯板→涂刷阻燃防霉剂→风干→锯边→打印商标→阻燃胶合板成品

## 3.2 贴面复合芳纶蜂窝板结构设计

设计方案为 1.0mm 防火板+0.5mm 预浸料+15.4mm 纸蜂窝+0.5mm 预浸料+1.0mm

防火复合而成，保证技术要的 18.4mm±0.3 的总厚度；如下图 2。

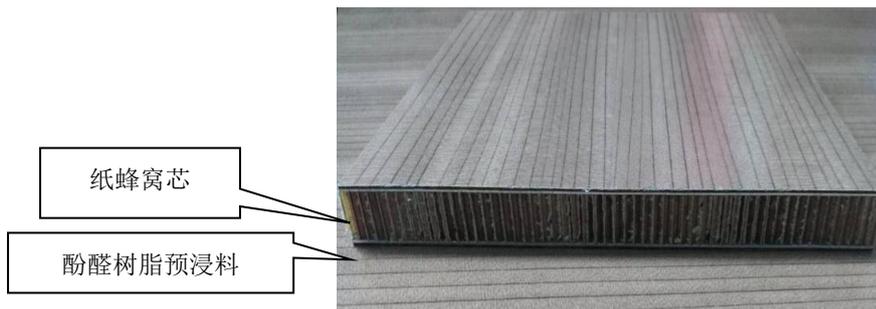


图 2 贴面复合芳纶蜂窝板结构设计

### 3.2.1 芳纶蜂窝板复合工艺

复合预浸料——按下料尺寸裁出相应尺寸的贴面板、预浸料和芳纶蜂窝——在专门的平台上进行复合准备工作，按照防火板+预浸料+芳纶蜂窝+预浸料+防火板的叠加形式进行涂胶、预埋胶加注作业——把做好复合准备的板材放入冷压机中冷压复合，冷压时间 12 小时，压力大小为 10MPa，冷压结束后保压下自然冷却取出板件，完成板材的复合作业。

### 3.2.2 芳纶蜂窝芯

蜂巢的主要原料是芳纶纸和酚醛树脂。芳纶纸是耐高温和可燃性和酚醛树脂主要以菊科、碳氢化合物和氧气，这些阻燃剂和低毒性，所以蜜蜂巢芳纶纸、酚醛树脂浸渍纸制成，芳纶，具有良好的耐火和毒性低。

### 3.2.3 预浸料

预脱气是由酚醛树脂制成的。酚醛树脂最重要的特性是耐高温，即使在很高的温度下也能保持结构的完整性和尺寸的稳定性。由于这个原因，酚醛树脂被用于高温应用，如耐火材料，摩擦材料，粘合剂和铸造工业。在 1000℃左右的惰性气体条件下，酚醛树脂会产生高碳渣，有利于保持酚醛树脂的结构稳定性。酚醛树脂的这一特性也是其可用于耐火材料领域的一个重要原因。与其它树脂体系相比，酚醛树脂体系具有低烟、低毒的优点。在燃烧的情况下，一个科学制定的酚醛树脂系统将慢慢分解产生氢、碳氢化合物、水蒸气和碳氧化物。这种分解过程产生的烟雾相对较少，毒性也相对较低。这些特性使酚醛树脂适用于公共交通和安全要求非常严格的地区。

本项目拟采用磷氧系阻燃剂中阻燃性及持久性最好的品种之一。可广泛用于软、硬质聚氨酯泡沫塑料、聚氯乙烯、环氧树脂、酚醛树脂、丙烯酸树脂、不饱和树脂（玻璃钢）、BMC/DMC / SMC 材料、聚酯纤维、油漆涂料及橡胶制品、传动运输带产品中使用，所得制品除具有自熄性外，还可改善制品的耐光性、耐水性、柔韧性、抗静电及改善产品光泽等性能。本品一般添加量为：软、硬质聚氨酯泡沫塑料中添加 10-15%，阻燃效果优异；聚氯乙烯中添加 10-12%，制品可在 3 秒钟内自熄；聚酯纤维整理剂中加入 5-7%，通过浸渍，制品可达离火自熄的效果。

## 3.3 采用结构防火

### 3.3.1 间壁、端墙内部的通风格栅

格栅是由一种 PVC 制成或带有膨胀芯，在温度突然升高，由于火焰或热气体的存在，导致板条和框架组件，膨胀

到原来的许多倍厚度，熔合在一起以提供，有效防火屏障热烟雾。

### 3.3.2、密封条

间壁的门板密封条防火等级能达到：EN 45545: R22, HL3。环保符合 TB/T 3139 的要求。

FLEXTHERM190 防火膨胀条是一款以石墨为基底的柔性防火材料，初始膨胀温度为 190℃，膨胀形成致密碳层，可有效阻止火焰以及烟气的蔓延。

作用原理：当发生火灾时，防火膨胀条遇到高温，其中的石墨成分遇热膨胀，体积膨胀为原来的 20 倍，形成密闭的防火系统。



图3 密封条

## 4 结束语

(1) 本次研究形成了完整、详细的技术方案，在对纸蜂窝、胶合板、高压装饰层积板、重量管理、环保等几个方面的要求进行明确的基础上，分别从贴面复合胶合板结构、符合芳纶蜂窝板结构、结构防火三个角度出发，对列车端墙、间壁进行防火设计。

(2) 在本次研究过程当中，分别对贴面复合胶合板、贴面复合蜂窝板进行防火性能优化，从实际的测试结果来看，本次防火优化除了能够使得列车原有的物理性能、力学性能得到满足，并最终能够符合 EN 45545-2 防火标准中 R1 系列的 HL3 等级要求。

(3) 本次课题的研究，形成了完整的研究理论成果，这为我国高速列车内饰防火性能的发展发挥了重要的推动作用，具有较强的理论、实践意义。

国家重点研发计划课题（2016YFB1200403）

### [参考文献]

- [1]张向峰. 动车组碳纤维材料设备舱骨架力学性能研究[D]. 青岛:科技大学,2017.
- [2]向龙. 玻璃纤维复合材料在高原型电力机车顶盖上的应用研究[D]. 国防:科学技术大学,2017.
- [3]曹笛. 基于防火性能化设计的综合交通枢纽规划策略及数字模拟方法[D]. 天津:天津大学,2016.
- [4]林瑞炽. 高速列车火灾安全疏散研究[D]. 西南:交通大学,2014.
- [5]孙名伟. 阻燃型高温硫化硅橡胶的制备及性能研究[D]. 青岛:科技大学,2014.
- [6]倪天晓. 高速铁路隧道列车火灾烟气蔓延规律及控制特性研究[D]. 中南:大学,2013.
- [7]李修柏. 特长高速铁路隧道火灾人员疏散研究[D]. 中南:大学,2013.
- [8]王者友. 防火复合材料在公共交通工具中的应用[J]. 玻璃钢,2003(01):36-41.

作者简介：孟凡帅（1990.11 -），硕士研究生，研发设计，工程师。