

# Analysis on Reinforce Scheme of Aluminum Honeycomb Blind Window for Subway Vehicles

Fengcui Hu Guowang Zhang Junjie Hui

CRRC Nanjing Puzhen Vehicle Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210031, China

## Abstract

Aluminum honeycomb panel has been widely used in rail transit vehicles because of its advantages of low mass and high strength. However, with the long-term operation of the vehicle and the erosion of the external environment, the adhesive of aluminum honeycomb panel is damaged, resulting in bulging and falling off. In order to eliminate the safety risks caused by the bulging and falling off of the blind window panel to the normal operation of vehicles and the personal safety of passengers, this paper puts forward a reinforcement scheme for the honeycomb blind window of metro vehicles, which eliminates the hidden dangers of vehicle safety.

## Keywords

aluminum honeycomb panel; reinforce scheme; bulging and falling off

## 地铁车辆铝蜂窝盲窗加固方案浅析

胡凤翠 张国旺 惠君杰

中车南京浦镇车辆有限公司, 中国 · 江苏 南京 210031

## 摘要

铝蜂窝板因其质量小、强度高优点, 在轨道交通车辆上得到了广泛应用。但是, 随着车辆长时间运营、外部环境的侵蚀, 铝蜂窝板面板粘接胶受损, 从而产生起鼓脱落的现象。为杜绝盲窗面板起鼓脱落对车辆正常运营及旅客人身安全带来的安全风险, 论文对地铁车辆蜂窝盲窗提出了加固方案, 消除了车辆安全隐患。

## 关键词

铝蜂窝板; 加固方案; 起鼓脱落

## 1 引言

铝蜂窝板由于其重量轻、强度高、刚性好、平整度高、不变性等优势被广泛应用于轨道交通车辆, 尤其是轻轨和地铁车辆, 如地铁车辆的地板和盲窗就广泛采用铝蜂窝板结构。其中, 某城市地铁车辆的外部盲窗就采用了铝蜂窝盲窗结构, 在车辆长时间运营、风压和雨水等外部环境的侵蚀, 铝蜂窝盲窗面板粘接胶失效, 从而导致面板出现起鼓现象, 甚至脱落。由于铝蜂窝盲窗安装工艺的特殊性, 更换新的铝蜂窝盲窗耗时较长、成本较高, 且影响车辆的正常运营。而对铝蜂窝盲窗进行现场加固就完美地解决了此问题。因此, 论文针对此问题提出了一种简单的加固方案。

## 2 铝蜂窝板盲窗结构简介

地铁车辆铝蜂窝板盲窗是由面板、底板和蜂窝芯组成的三明治夹心结构。铝蜂窝板盲窗的面板和底板均采用优质

的 5052-H32 铝合金板为基材, 厚度分别为 2mm 和 1mm; 盲窗的蜂窝芯采用正六边形 3003-H18 铝箔, 六边形的边长约为 3mm, 铝箔厚度为 0.04~0.06mm。面板与蜂窝芯之间以及底板与蜂窝芯之间均采用粘接胶粘接而成, 四周采用密封胶、腻子或铝合金板进行封边<sup>[1]</sup>。

## 3 加固方案

由于铝蜂窝盲窗是用粘接胶粘接于车体上, 因此铝蜂窝盲窗的拆卸均为破坏性拆卸。需要先使用切割机在铝蜂窝盲窗上切割一个缺口, 然后割开铝蜂窝盲窗的粘接胶和密封胶。铝蜂窝盲窗拆卸下来后需要使用刀片、砂纸将车体和窗下板上的残胶、底涂清除干净, 直至漏出铝合金金属本色, 否则影响新的铝蜂窝盲窗的粘接效果。而残胶清除是一个非常复杂耗时的过程, 且粘接胶需要的干燥时间很长, 因此更换新的盲窗是一个成本高、耗时长方案。为了降低成本、减少整改时间, 可采用对铝蜂窝盲窗进行加固的方案<sup>[2]</sup>。

论文所述加固方案为在铝蜂窝盲窗周边增加加固板, 加固板分为横板和竖板, 加固板上增加粘接的打胶槽以确保粘接效果, 加固板与铝蜂窝盲窗之间通过粘接胶 Loctite330

【作者简介】胡凤翠 (1986-), 女, 中国山东济宁人, 本科, 高级工程师, 从事城轨车辆研究。

进行粘接,竖板与窗下板、窗上板之间通过 GB12615 铆钉 4.8 进行连接(共 4 个铆钉),横板与窗下板之间通过 GB12615 铆钉 4.8 进行连接(共 5 个铆钉)<sup>[1]</sup>。

为了保证加固方案的密封性,防止雨水从加固板四周或铆钉位置进入铝蜂窝盲窗或窗下板,在加固板四周使用密封胶进行密封,在铆钉上进行油漆处理或者使用密封胶进行密封(见图 1、图 2)。

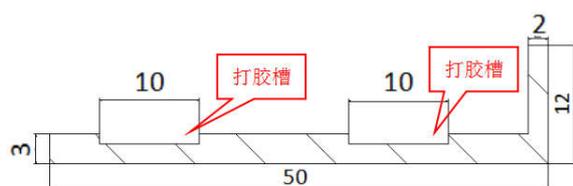


图 1 加固板断面图

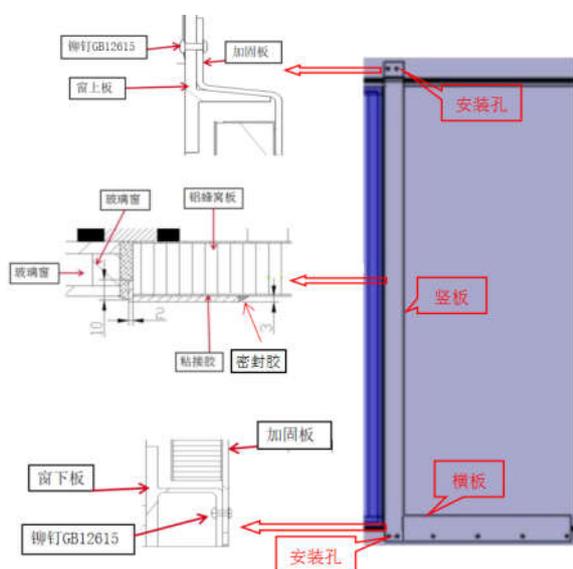


图 2 方案示意图

## 4 强度校核

### 4.1 加固板受力分析

据实验测得某城市的车辆在进出隧道及汇车时车辆表面受到的最大风压为 3000Pa,小铝蜂窝盲窗尺寸为 570mm×1147mm,大铝蜂窝盲窗的尺寸为 967mm×1147mm。因此,小盲窗的最大受力为  $F_1=3000 \times 570 \times 1147 \times 10^{-6} \text{N} \approx 1961 \text{N}$ ,同理可得大盲窗的最大受力为  $F_2 \approx 3327 \text{N} > F_1$ 。

GB/T12615.4 铆钉 4.8 的剪切载荷为 4000N,拉力载荷为 4400N,此加固方案共 9 个铆钉可承受的拉力载荷为

$$F=4400 \times 9 \text{N}=39600 \text{N} > F_2。$$

加固板与铝蜂窝盲窗之间采用 Loctite330 进行粘接,而 Loctite330 的剪切强度为 3300psi,拉伸强度为 3700psi (1psi=6895Pa)。由图 1 可知,加固板地粘接胶宽度为  $2 \times 10 \text{mm}=20 \text{mm}$ ,加固板的宽度 50mm。由图 1 可以看出,铝蜂窝盲窗的门边侧被型材覆盖(覆盖宽度约为 50mm),因此加固板的总粘接面积为  $S=(1147+570-100) \times 20 \text{mm}^2=32340 \text{mm}^2$ 。综上所述,加固板的粘接力  $F_3=32340 \times 3700 \times 6895 \times 10^{-6} \text{N} \approx 825041 \text{N} > F_2$ 。

由上述计算可知,此加固方案的受力完全满足铝蜂窝盲窗的运营要求。

### 4.2 仿真分析

为确定此加固方案的可靠性,需要对此加固方案进行有限元分析,特建立相应的有限元分析模型,进行相应的强度仿真计算分析。

载荷及约束:车体窗下板上下端固定,对称面施加对称约束。根据车辆技术规范,在垂向的最大加速度为 3g。作为载荷输入,由米塞斯应力云图可以看出,在孔的位置应力稍大,但是从整体应力值看,最大仅为 0.3MPa,非常安全。

疲劳分析结果:疲劳分析采用 Fe-safe 进行计算。载荷谱认为一次向下的 3g 和一次向上的 3g 为一次应力循环,经过计算求解,车体窗下板的寿命大于 10<sup>7</sup>,即无限寿命。

通过静力学分析和疲劳分析,在铝蜂窝盲窗上增加加固板对车体窗下板的应力和寿命均无明显影响,此方案安全,可以执行。

## 5 结语

经过上述分析计算可得,铝蜂窝盲窗上增加加固板的方案受力能够满足铝蜂窝盲窗的运营要求,且对车体的应力和寿命均无明显影响。而且此加固板的成本远低于铝蜂窝盲窗的成本,整改过程远比更换新的盲窗简单。综上所述,此加固方案不仅能够有效地防止铝蜂窝盲窗面板在地铁车辆高速运营的过程中瞬间脱落的故障发生,确保地铁车辆的运营安全,而且能够降低整改成本。

### 参考文献

- [1] 张国旺,李斌斌,常虹,等.地铁车辆铝蜂窝盲窗脱落原因及加固方案浅析[J].智能制造,2019(11):53-57.
- [2] 王燕生,王春萌,宗艳,等.浅谈轨道车辆铝蜂窝板修复工艺[J].工程技术(文摘版)-建筑,2015(12):255-256.
- [3] 徐明,韩日美.西安地铁盾构始发与接收端头加固方案研究[J].2021(2019-9):118-119.