

铁道客车 DC600V 电源装置门板密封效果的改进

李 刚¹, 王荣国¹, 张 伟²

(1. 青岛四方车辆研究所有限公司 钣金事业部, 山东 青岛 266031; 2. 河北华密橡胶有限公司, 河北 邢台 055150)

摘要:分析铁道客车 DC600V 电源装置门板密封条失效的原因, 通过改变密封条的物理结构和物理性能对密封效果进行改进, 提高密封条密度并采用空心结构。结果表明, 通过改进, 有效解决了密封条密封不良的问题, 提高了产品质量, 节约了售后成本。

关键词:三元乙丙橡胶; 密封条; 压缩永久变形

中图分类号: TQ336.4⁺2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-890X(2014)09-0557-03

铁道客车 DC600V 电源装置为车厢内的空调系统、照明系统、通风系统等各部件提供电源, 是保证车辆正常运行的关键设备。因此设备安装在车体底部, 且大都没有防护板的保护, 长期经受风吹日晒及冬夏温差的考验, 所以箱体对门板密封效果有着严格的要求。发泡三元乙丙橡胶 (EPDM) 是一种通用合成橡胶, 具有良好的耐高、低温性能以及良好的弹性、粘合性能等, 是目前门板密封的理想材料^[1]。

在实际运用过程中, 部分门板密封条经过几个月的使用后会失效, 具体表现为压缩变形后不能回弹或回弹不足, 当门板打开后再次被锁紧时, 密封条与箱体之间有缝隙, 从而导致箱体进灰甚至进水, 影响供电系统的正常运行。本工作针对该种情况对门板密封效果进行改进。

1 门板密封结构及原理

箱体的密封靠箱体边框压入密封条一定深度来实现, 见图 1。箱体边框与密封条接触部位是厚度为 4 mm 的 U 形叠边, 密封条宽度为 20 mm, 厚度为 14 mm, 理论压缩深度为 4 mm, 压缩率为 28.5%。

2 失效原因分析

在车辆全年的运行过程中, 密封条长期被压缩, 同时承受箱体外表温度 $-40 \sim +70$ °C 的温差

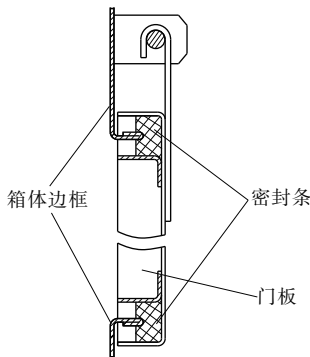


图1 门板密封结构示意图

变化。箱体边框和门板因振动等外部条件影响也会发生形变。从密封结构来看, 当发生密封不良时, 主要存在 2 个原因: ①箱体边框直线度及平面度超差; ②密封条压缩永久变形参数不适合此类结构。

针对上述原因, 逐台检查发生密封不良的箱体, 发现箱体边框的直线度及平面度均在 1 mm 内, 符合设计要求, 但密封条解除压缩后呈现明显的回弹不足, 见图 2。由此可知, 改进密封条的结构或压缩永久变形参数是解决门板失效问题的关键。

3 密封条改进

3.1 改变物理性能

为了获得长期密封的可靠性, 需对胶料的压缩永久变形进行严格控制。硫化体系、填充补强剂、软化增塑剂和硫化时间对 EPDM 高温下的压缩永久变形均有影响^[2]。

作者简介:李刚(1980—), 男, 山东青岛人, 青岛四方车辆研究所有限公司工程师, 硕士, 从事铁道车辆电气柜的研发工作。



图2 密封条解除压缩后的状况

本研究制作了3种不同密度的密封条,测试其静刚度和压缩永久变形,结果见表1。结合安全系数及门锁非均布的实际状况,计算门锁紧时锁杆受到的平均拉力,结果见表2。

表1 不同密度密封条的物理性能

项 目	试样编号		
	1#	2#	3#
密度/(Mg·m ⁻³)	0.580	0.510	0.390
静刚度 ¹⁾ /(N·mm ⁻¹)	1.05	0.75	0.55
压缩永久变形 ²⁾ /%	57	90	100

注:1)室温,密封条长度 133 mm,压缩量 4 mm,压缩率 28.5%,压缩速率 5 mm·min⁻¹;2)70℃×24 h,压缩率 28.5%。

表2 采用表1所示密封条门板锁紧时各部件受力

项 目	门板编号		
	1#	2#	3#
密封条周长/mm	1 860	3 242	1 508
门板理论压力/N			
1# 密封条	1 678	2 924	1 360
2# 密封条	1 161	2 023	940
3# 密封条	866	1 511	736
锁和挂钩数量/个	6	9	4
锁杆平均拉力/N			
1# 密封条	419	487	511
2# 密封条	290	337	353
3# 密封条	159	185	202

注:锁杆设计可承受拉力不大于 400 N。

从表1和2可以看出,随着密封条密度的增大,静刚度随之增大,压缩永久变形降低,但当密封条的压缩永久变形降至57%时,锁杆承受的平均拉力已超出设计要求,因此必须设计一种新型结构的密封条才能实现在锁杆平均拉力不超过设计可承受拉力的情况下降低压缩永久变形至理想状态的目的。

3.2 改变物理结构

本研究设计了空心密封条,其结构如图3所示。照此空心结构,制作了3种密度的密封条,在室温下按照4 mm压缩量做静刚度测试,得出密度分别为0.738,0.657和0.623 Mg·m⁻³的密封条(分别记为4#,5#和6#密封条)静刚度分别为0.99,0.68和0.46 N·mm⁻¹。采用上述数据计算门锁紧时锁杆受到的平均拉力,结果见表3。

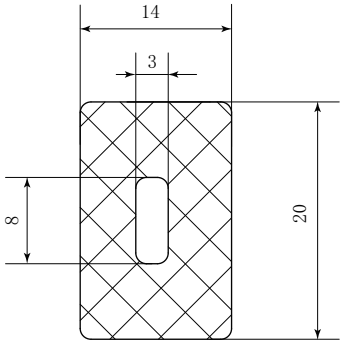


图3 空心密封条结构示意图

表3 采用4#~6#密封条门板锁紧时各部件受力

项 目	门板编号		
	4#	5#	6#
密封条周长/mm	1 860	3 242	1 508
门板理论压力/N			
4# 密封条	1 841	3 209	1 492
5# 密封条	1 146	1 997	930
6# 密封条	839	1 462	680
锁和挂钩数量/个	6	9	4
锁杆平均拉力/N			
4# 密封条	310	360	377
5# 密封条	191	222	232
6# 密封条	140	162	170

注:同表2。

从表3可以看出,使用4#密封条时锁杆承受的平均拉力与设计限值最接近,考虑到车辆运行时不断振动,同时锁的分布不均匀,部分锁杆承受的拉力会有所增大,因此4#密封条不列为选用对象。

全年列车运行过程中的环境温度为一40~+40℃,夏季箱体表面温度最高约为70℃,冬季箱体表面温度最低约为一40℃。将5#和6#密封条在室温及70℃下压缩24 h,测得压缩永久变形,结果见表4。

从表4可以看出,6#密封条在70℃下压缩

表 4 5# 和 6# 密封条的压缩永久变形 %

压缩永久变形	试样编号	
	5#	6#
70 ℃×24 h	32	62
室温×24 h	6	9

24 h 后压缩永久变形达到 62%，超出了 HG/T 3088—1999《车辆门窗橡胶密封条》关于密封条永久压缩变形最大为 50% 的要求，因此选择 5# 密

封条进行实际使用效果验证。

4 实际使用效果

将 5# 密封条安装于门板，室温下压缩 7 d (168 h)，然后打开门板观察压痕及截面(见图 4)，发现该密封条在回弹及压缩永久变形方面表现优异。



(a)



(b)

图 4 5# 密封条压缩后的效果

因为不具备 -40 和 +70 ℃ 的室内试验条件，所以将 5# 密封条装车进行实际环境考验。从 2013 年 9 月至 2014 年 4 月，进行实际环境考验的全部箱体没有发现密封条失效现象。

5 结论

通过改进密封条结构和密度，有效解决了密封条密封不良问题，不仅提高了产品质量，节约了

售后成本，也给同类产品的后续设计积累了经验。

参考文献：

[1] 高树峰,宗成中,方鹏. EPDM 的性能研究[J]. 橡塑技术与装备,2005,31(4):37-40.
[2] 王勇. EPDM 的压缩永久变形性能研究[J]. 世界橡胶工业, 2009,36(6):48-50.

收稿日期:2014-04-10

Optimization of Door Seal for DC600V Power Supply Device in Train

LI Gang¹,WANG Rong-guo¹,ZHANG Wei²

(1. Qingdao Sifang Rolling Stock Research Institute Co., Ltd, Qingdao 266031, China; 2. Hebei Huami Rubber Co., Ltd, Xingtai 055150, China)

Abstract: The causes of failure of the door seal for DC600V power supply device in train were analyzed, and then the seal was optimized by modification of the physical structure and improvement of the physical properties, such as increase of the density of seal and design of hollow structure. The results showed that the failure of seal was avoided after optimization, the quality of the product was improved, and the after-sales service cost was decreased.

Key words: EPDM; seal; compression set