

某客车气压盘式制动器故障原因分析与解决方法

沈国华, 余以才

(扬州亚星客车股份有限公司, 江苏 扬州 225001)

摘要: 分析某客车气压盘式制动器故障现象, 找出故障原因, 提出解决方法并进行验证。

关键词: 客车; 气压盘式制动器; 故障原因; 解决方案

中图分类号: U463.51

文献标志码: A

DOI: 10.15917/j.cnki.1006-3331.2025.03.010

Cause Analysis and Solution of the Failure of the Air Disc Brake of a Bus

SHEN Guohua, SHE Yicai

(Yangzhou Yaxing Motor Coach Co., Ltd., Yangzhou 225001, China)

Abstract: The authors analyze the failure phenomenon of the bus's air disc brake, find out the cause of its fault, provide a solution and verify it.

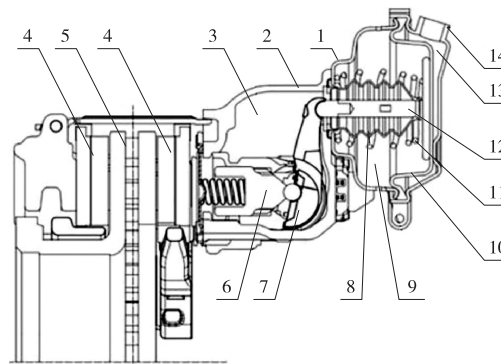
Key words: bus; air disc brake; failure cause; solution

随着车型的日益高端化^[1]以及 GB 7258—2017^[2]的实施, 国内客车对气压盘式制动器 (Air Disc Brake, ADB) 的应用逐渐增加。ADB 作为一种先进的制动系统^[3-4], 不仅可以为驾驶员带来更好的踏板感受和操控体验, 还可以缩短制动距离、减少制动打滑, 从而提高车辆的安全性^[5-6]。然而在实际使用过程中, ADB 经常会出现因制动卡钳体内腔进水导致的制动故障现象^[7-8]。本文将结合具体案例详细分析 ADB 卡钳体内腔进水的原因。

1 ADB 结构与工作原理

ADB 的主要组成部件包括制动气室、制动盘、摩擦片、卡钳体、杠杆等^[9], 如图 1 所示。行车制动时, 由制动脚阀控制储气罐释放的压缩空气经进气口 14 进入行车腔 13, 气压作用在气室皮碗 10 上, 使排气腔 9 的气室回位弹簧 11 受力压缩, 作用在气室皮碗 10 上的力经气室顶杆 12 传递至安装于卡钳体内腔中的杠杆 7 和执行调整机构 6, 再经杠杆 7 放大和执行调整机构 6 传递, 使两摩擦片 4 受力向内压靠制动盘 5, 从而对车轮产生制动力。当行车制动解除时, 行车腔 13 内的气体通过快放阀或继动阀的快速排气

口排出。随着行车腔 13 内压力减小, 在气室回位弹簧 11 的作用下, 气室顶杆 12 和气室皮碗 10 恢复到制动前状态。



1—制动气室; 2—制动卡钳体; 3—卡钳体内腔; 4—摩擦片;
5—制动盘; 6—调整机构; 7—杠杆; 8—宝塔形密封罩;
9—排气腔; 10—皮碗; 11—回位弹簧; 12—顶杆;
13—行车腔; 14—进气口。

图 1 ADB 结构示意图

2 引发 ADB 内腔进水的原因

ADB 卡钳体内腔进水的原因主要有两个: 一是 ADB 制动卡钳体本身密封性能不良; 另一个是 ADB 制动气室密封不良。其中 ADB 制动卡钳体本身密封

收稿日期: 2024-11-02。

第一作者: 沈国华 (1978—), 男, 工程师, 主要从事城市客车产品平台设计工作。E-mail: shenguohua@asiastarbus.com。

性能不良的原因比较简单,多数情况为卡钳体上的密封帽或滑销端盖松脱、损伤或者遗失,如图2所示;也可能是滑销密封圈存在裂纹或损伤。这两种情况很容易通过检查发现,处理方法是对于损坏的部件进行更换,对松脱或遗失的部件进行安装。本文重点论述第二种原因。

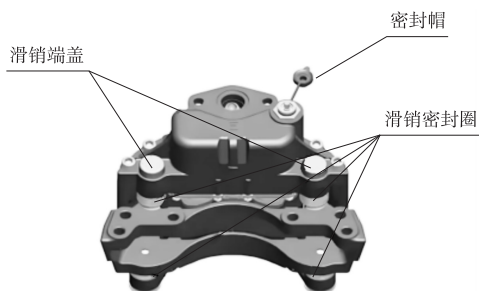


图2 ADB制动卡钳体本身密封点示意图

ADB制动气室密封不良的原因相对较复杂,也是最容易引发ADB卡钳体内腔进水的原因。如图3所示,ADB制动气室上共有两处密封:一处是顶杆密封,另一处是装配口密封。任意一处密封不良,都会导致整个ADB制动气室的密封性能下降。

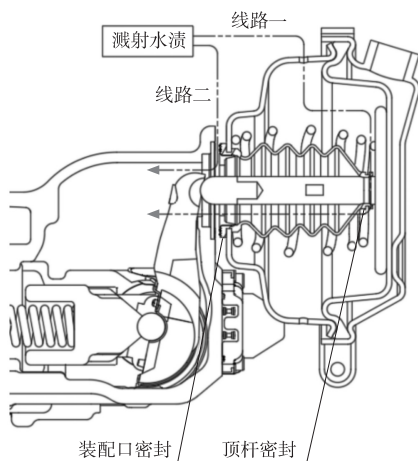


图3 内腔进水线路图

2.1 顶杆密封不良

顶杆密封位于宝塔形密封罩的顶部。气室的排气腔上设有排气孔,大气中的水汽、行车时飞溅出的水或洗车水会通过排气孔进入排气腔并积聚在排气腔内。汽车制动时,大量压缩空气进入行车腔,使排气腔空间突然减小,排气腔内的气体被排出。同时,排气腔内的压力变化也可能让积聚的水穿过宝塔形密封罩顶杆密封处。若顶杆密封不良,水便会从此处

渗入卡钳体内腔(如图3中线路一所示),最终导致卡钳体内腔内的执行及调整机构的零件因生锈而出现故障。

2.2 装配口密封不良

装配口密封位于宝塔形密封罩的底部,主要对盘式制动器制动气室和制动卡钳体的贴合面起密封作用。制动气室和制动卡钳体之间通过两个安装螺钉和螺母进行连接(如图4所示),并通过装配口进行密封。

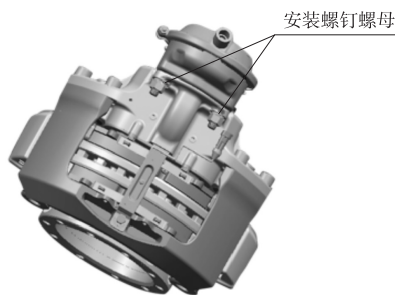


图4 气室与卡钳体装配连接图

装配口由盘式制动器的制动气室1和制动卡钳体2两个组件构成,如图5所示。通常要求制动卡钳体2的装配口与制动气室1的密封圈配合处的凹槽深度为2.5 mm,且密封圈厚度在整个使用周期都保持在3.0 mm以上,这样密封圈至少凸出凹槽0.5 mm,保证密封圈的顶部始终与凹槽的底部压实,两者之间始终保持良好的密封。当密封圈因磨损或其他原因(如基体刚度或强度不足)导致密封圈的顶部不能与凹槽底部压实时,飞溅的水渍就会从此处进入卡钳体内腔(如图3中线路二所示),从而导致卡钳体内腔内的执行及调整机构的零件因生锈而出现故障。

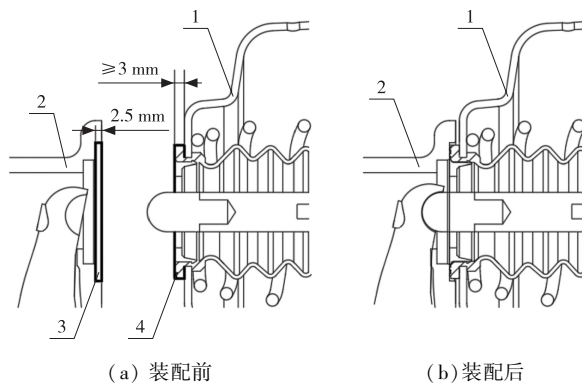


图5 装配口密封细节图

1—制动气室; 2—制动卡钳体; 3—凹槽; 4—密封圈。

3 案例分析

2017年5月,北京某运营客车因制动器故障导致车辆停运。经技术专家现场拆解事故车辆制动器确认:ADB内腔有进水生锈痕迹,但ADB制动钳各个密封状态良好,且密封处无生锈痕迹,可以排除因ADB制动钳密封性能不良导致ADB内腔进水的可能性。随后进一步检查制动气室密封情况,发现ADB制动气室装配口密封处有泥污痕迹,同时伴有灰尘。由此可知,水汽是从制动气室装配口密封处进入卡钳体内腔,从而导致了ADB故障。

进一步对上述案例进行原因分析,分别对制动卡钳体和制动气室的装配面进行尺寸测量,发现宝塔型密封罩尺寸符合设计要求,底部密封圈的厚度大于3 mm,但制动气室贴合面的平面度严重超差,最大内陷量超过0.5 mm,如图6(a)所示。这样就不能满足密封圈至少凸出凹槽0.5 mm的要求(实际凸出量已小于0 mm),导致此处密封不严,从而水渗入卡钳体内腔。究其原因,可能是制动气室贴合面的刚度/强度不足,按规定拧紧安装螺栓后制动气室的贴合面内陷变形。最后检查发现同批次车辆的制动气室也都存在相同问题。

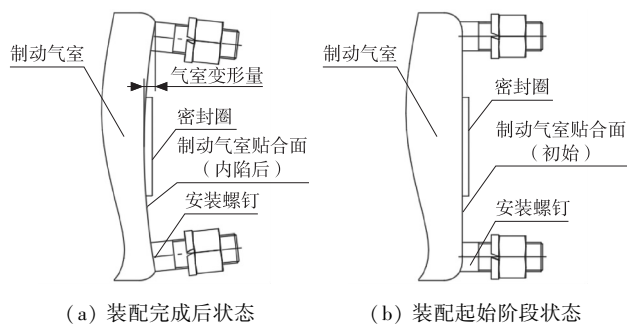


图6 贴合面内陷示意图

为复现故障,选取一个同批次新的制动气室,按服务站保养方法进行装配,安装螺母的拧紧力矩为标准值(180_0^{+30} N·m)。制动气室的安装螺栓与制动气室和制动卡钳体的贴合面最初保持垂直贴合,如图6(b)所示。由于制动气室贴合面的刚度/强度不足,当拧紧力矩逐渐加大时,贴合面逐渐内陷(将贴合面的内陷深度定义为制动气室变形量),密封圈也随之内陷。因此,密封圈凸出凹槽的高度减小,当气室变

形量超过0.5 mm时,密封圈无法接触制动卡钳体安装口处凹槽的底部,导致安装口密封失效。水汽通过密封失效的部位进入卡钳体内腔。由于ADB的关键零部件(杠杆和执行调整机构)均在该密封腔内,造成这些机构功能失效,进而导致制动功能失效。

4 改进设计及试验验证

为验证上述分析,首先对制动气室底部贴合面进行加厚处理,将贴合面厚度从3.0 mm增加到4.0 mm,以提高贴合面的刚度/强度。然后,分别对故障件气室、同厂家同批次新气室、竞品瑞典瀚德气室(其贴合面厚度为4.0 mm)及贴合面加厚的原品牌新气室进行试验。每种气室先进行1万次台架疲劳试验,再进行3万 km 路试试验。试验后分别测量气室贴合面变形量,经多次试验后计算测量值的平均值,数据见表1。

表1 气室变形量试验验证数据平均值 mm

气室类型	初装	台架试验后	路试后	水密性
故障气室	—	—	0.8	不合格
同批气室	0.5	0.9	1.1	不合格
瀚德气室	0.1	0.1	0.12	合格
加厚气室	0.1	0.14	0.18	合格

注:表中“—”表示未测量该数据。

由表1可知,贴合面刚度/强度越大,气室初装变形量越小,且试验后变形量增加幅度也较小。经加厚处理的原品牌新制动气室,路试后的变形量平均值仅为0.18 mm,远小于0.5 mm,密封性能良好。

因此可以确定,上述制动器故障的原因为制动气室贴合面刚度/强度不足。安装紧固时,气室贴合面因受连接螺钉的压力而变形过大,导致制动气室与卡钳体密封失效。在下雨天,轮胎转动带起水雾进入制动气室与制动卡钳体结合处,使结合处及卡钳体内腔关键零部件锈蚀,进而引起制动器故障。

5 结论

通过上述分析,可以得出以下结论:

1) 通过增加气室贴合面厚度或使用高强度材料

(下转第62页)

参考文献:

- [1] 赵永刚,尚志诚,张超,等. 基于 2023 EB-PAC 的新能源公交车性能评价与结果解析[J]. 客车技术与研究,2023,45(5):34-38.
- [2] 洪木南,郎垒,李宗华,等. 电动汽车能耗指标评价研究[C]//中国汽车工程学会. 2016 中国汽车工程学会年会论文集. 北京:机械工业出版社,2016:290-292.
- [3] 王震坡,姚利民,孙逢春. 纯电动汽车能耗经济性评价体系初步探讨[J]. 北京理工大学学报,2005,25(6):479-482.
- [4] 中华人民共和国公安部. 机动车运行安全技术条件:GB 7258—2017[S]. 北京:中国标准出版社,2017:1-60.
- [5] 生态环境部. 电磁环境控制限值:GB 8702—2014[S]. 北京:中国环境科学出版社,2015:2.
- [6] 中华人民共和国工业和信息化部. 电动汽车安全要求:GB 18384—2020[S]. 北京:中国标准出版社,2020:1-20.
- [7] 中华人民共和国工业和信息化部. 重型商用车辆燃料消耗量限值:GB 30510—2018[S]. 北京:中国标准出版社,2020:1-2.
- [8] 国家发展和改革委员会. 汽车平顺性试验方法:GB/T 4970—2009[S]. 北京:中国标准出版社,2010:1-16.
- [9] 国家发展和改革委员会. 汽车加速性能试验方法:GB/T 12543—2009[S]. 北京:中国标准出版社,2010:1-12.

- [10] 国家发展和改革委员会. 电动汽车 动力性能 试验方法:GB/T 18385—2005[S]. 北京:中国标准出版社,2005:1-10.
- [11] 中华人民共和国工业和信息化部. 电动汽车能量消耗量和续驶里程试验方法 第 2 部分:重型商用车辆:GB/T 18386.2—2022[S]. 北京:中国标准出版社,2022:1-12.
- [12] 中华人民共和国工业和信息化部. 重型商用车辆燃料消耗量测量方法:GB/T 27840—2011[S]. 北京:中国标准出版社,2012:1-40.
- [13] 中华人民共和国工业和信息化部. 中国汽车行驶工况 第 2 部分:重型商用车辆:GB/T 38146.2—2019[S]. 北京:中国标准出版社,2019:1-80.
- [14] 全国道路交通安全管理标准化技术委员会. 道路交通安全管理机动车类型:GA 802—2019[S]. 北京:中国标准出版社,2020:1-12.
- [15] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 客车车内噪声限值及测量方法:GB/T 25982—2010[S]. 北京:中国标准出版社,2011:1-12.
- [16] 中华人民共和国中央人民政府. 关于印发《关于建立碳足迹管理体系的实施方案》的通知[EB/OL]. (2024-05-22) [2024-10-20]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202406/content_6956112.htm.

(上接第 54 页)

的措施,可提升制动气室与制动卡钳体密封面的密封性能。

2) 盘式制动器装配前,应先对制动气室进行刚度/强度的台架和道路疲劳试验,确保制动气室贴合面在最终试验后的变形量小于 0.5 mm,以保证制动气室与卡钳体安装口密封严实。

参考文献:

- [1] 张海涛. 我国高档大型客车技术现状及发展趋势分析[J]. 中国化工贸易,2017,9(24):89.
- [2] 中华人民共和国公安部. 机动车运行安全技术条件:GB 7258—2017[S]. 北京:中国标准出版社,2017:10.
- [3] 郑继飞. 汽车气压盘式制动器的结构特点与性能分析

- [J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2021(9):157-158.
- [4] 唐亮. 基于汽车气压盘式制动器的结构特点与性能研讨[J]. 科技经济市场,2016(4):86.
- [5] 吴涛,俞碧君,陈斌. 汽车气压盘式制动器工作原理及优点[J]. 工业 B,2016(1):146.
- [6] 鹿胜宝. 气压盘式制动器结构与性能研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2014.
- [7] 竺元昊. 气压盘式制动器性能检测系统研究[D]. 杭州:中国计量大学,2021.
- [8] 贺亮. 现代公交车用气压盘式制动器常见故障排除与维修[J]. 科学与信息化,2017(36):77.
- [9] 张中国,石彬,杨芝金. 气压盘式制动器总成技术[J]. 现代制造技术与装备,2022(6):170-174.