

Failure Analysis of Pyrotechnic Alarm Caused by Pure Air Braking of CRH380B EMU

Yin Yang

Zhengzhou EMU Depot, Zhengzhou Bureau Group Company, Zhengzhou, Henan, 450000, China

Abstract

Aiming at the CRH380B EMU applying pure air brake, the violent friction between the brake pad and the brake disc generates smoke. The smoke enters the passenger room and causes a fire alarm problem. The paper analyzes this phenomenon from the aspects of braking principle, test, simulation calculation, etc.

Keywords

braking principle; pure air braking; fire alarm

CRH380B 型动车组纯空气制动导致烟火报警故障分析

杨胤

郑州局集团公司郑州动车段, 中国·河南 郑州 450000

摘要

针对 CRH380B 动车组施加纯空气制动时闸片与制动盘间剧烈摩擦产生烟雾, 烟雾进入客室导致烟火报警问题, 论文针对这一现象, 从制动原理、试验、仿真计算等方面进行分析。

关键词

制动原理; 纯空气制动; 烟火报警

1 引言

2018年5月31日, G2046次(厦门北—郑州东, CRH380B-5887动车组01车主控)运行途中588701车报“CCU(TD)接触网欠压(故障代码: 63E2)”故障, 原因为故障发生区段接触网压异常波动导致。动车组施加最大常用制动时, 由于动车组主断路器断开, 此时动车组无电制动, 制动力全部由空气制动提供。动车组制动闸片与制动盘间剧烈摩擦, 会导致制动盘出现过热情况, 产生烟雾, 由于动车组行驶过程中空调处于通风工作状态, 烟雾随空气通过08车新风口风道进入客室内, 客室内烟感探头检测到烟雾浓度超标, 导致08车报火警。

2 动车组纯空气制动

CRH380B型动车组采用微机控制直通式电空制动系统, 每4车厢为一个制动控制单元, 这4节车厢中2节车厢是动车, 2节车厢是拖车。制动包括空电复合制动与纯空气制动两种控

制模式, 由制动控制单元(BCU)根据实际情况来响应。

2.1 制动原理

空电复合制动。这种模式的制动是通过再生制动和空气制动的复合来实现, 由于这种制动模式有电制动的施加, 减少了摩擦制动的利用率, 能实现能量回收。对空电复合方式而言, 在高速段进行制动时, 电制动力和空气制动力同时施加。

纯空气制动。在动车组无法采用电制动时, 动车组采用纯空气制动模式, 此时只有纯空气制动力施加。

一般情况下动车组制动采用空电复合制动, 电制动优先, 当电制动无法满足制动需求时空气制动补充。但是当动车组电制动失效时, 制动力完全由空气制动施加。

2.2 CRH380B 型动车组制动距离分析

2.2.1 制动距离理论计算公式

在动车组制动距离的计算过程中, 减速度是高速列车制动距离的一个重要参数。根据动力学原理, 有效制动距离 S_e

和减速度 a 的关系式可表示为:

$$S_e = \sum \frac{v_0^2 - v_m^2}{2a}$$

式中: v_0 、 v_m 为所取速度间隔的初速和末速; a 为所取速度间隔的平均减速度。

2.2.2 CH380B 型动车组纯空气制动实验

动车组在试运行, 进行纯空气制动试验, 列车从某一速度施加纯空气制动, 直至列车停下, 得到列车的制动距离, 如表 1 所示。

表 1 CH380B 型动车组试运行纯空气最大常用制动试验记录

车组号	最大常用(200)制动距离/m	最大常用(300)制动			最大紧急(200)制动距离/m	最大紧急(300)制动		
		制动距离/m	制动力/KN	制动时间/秒		制动距离/m	制动力/KN	制动时间/秒
5863	1789	5243			1483	3620		
5872	1976	5149			1439	3293		
5879	2051	5100	301	113	1410	3451		81
5878	1783	4876	307	110	1402	2986		76
5880	1707	5206	293	115	1331	3676	328	79
标准最大制动距离	2600	7000			2000	3800		

由试验数据可知, CH380B 型动车组试运行纯空气制动时, 紧急制动与最大常用制动相比, 紧急制动制动时间短, 制动距离短, 制动力大。紧急制动与最大常用制动制动距离都符合制动距离要求。

2.2.3 CH380B-5887 动车组制动距离分析

根据制动距离计算公式可计算出试验时最大常用(300Km/h)制动减速度 a , 如表 2 所示。

表 2 纯空气最大常用(300Km/h)制动减速度 a

车组号	最大常用(300)制动距离/m	减速度 (m^2/S)
5863	5243	0.662258673
5872	5149	0.674348849
5879	5100	0.680827887
5878	4876	0.71210464
5880	5206	0.666965467
标准最大制动距离	7000	0.496031746

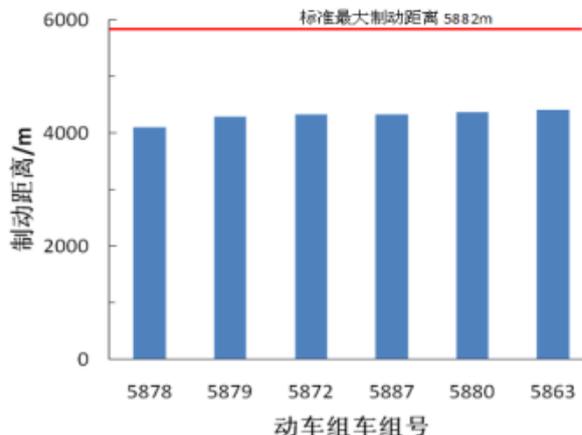
查看 CRH380B-5887 数据发现: 17 时 07 分 48 秒, 动车组运行速度为 275 Km/h, 司机施加最大常用制动, 17 时 09

分 31 秒, 动车组速度为 0Km/h。从动车组施加最大常用制动到停稳, 共计运行时间 103 秒, 运行距离 4328 米。

根据计算出试验时最大常用(300Km/h)制动减速度 a , 可算出当速度为 275 Km/h 时, 施加最大常用制动的理论制动距离, 如表 3 所示。

表 3 速度 275Km/h 时纯空气最大常用制动理论制动距离

减速度 (m^2/S)	速度 275Km/h 时最大常用制动理论制动距离 (m)
0.662258673	4406
0.674348849	4327
0.680827887	4285
0.71210464	4097
0.666965467	4374
标准最大制动距离	5882



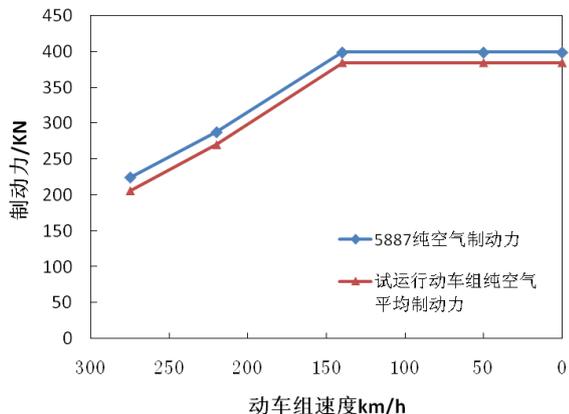
CH380B-5887 动车组运行速度为 275 Km/h, 施加最大常用制动的实际制动距离 4328m, 与理论最大值 4406m、理论最小值 4097m、标准最大制动距离 5882m 相比, CH380B-5887 动车组制动距离符合要求^[1]。

2.3 CH380B 型动车组制动力分析

CH380B 动车组试运行施加纯空气最大常用制动, CH380B-5887 动车组运行时施加纯空气最大常用制动停车, 制动力随速度变化而变化, 详细信息如表 4 所示。

表 4 动车组纯空气最大常用制动力与速度关系

速度 (km/h)	5887 纯空气制动力 /KN	试运行动车组纯空气制动平均制动力 /KN
275	225	206
220	288	270
140	399	384
50	399	384
0	399	384



动车组纯空气最大常用制动力随速度减小而增大，动车组 5887、试运行动车组的变化趋势相同。但 5887 动车组纯空气最大常用制动力比试运行动车组纯空气最大常用制动力大。原因为 5887 动车组为载客运营动车组，试运行动车组为空载，5887 动车组质量大，相同的制动减速度，质量大的动车组所需要的制动力大。

2.4 CH380B 型动车组纯空气制动分析

从 CH380B 型动车组试运行纯空气制动试验数据可知，CH380B 型动车组试运行纯空气制动时，紧急制动与最大常用制动相比，紧急制动制动时间短，制动距离短，制动力大。

CH380B 型动车组施加纯空气最大常用制动，动车组质量越大施加的制动力越大。

CH380B-5887 动车组运行速度为 275 Km/h，施加纯空气最大常用制动，制动距离符合要求，制动力变化趋势正常，制动系统正常^[2]。

3 动车组纯空气制动时发生烟火报警

动车组制动闸片与制动盘间剧烈摩擦，会导致制动盘出现过热情况，产生烟雾。由于动车组行驶过程中空调处于通风工作状态，烟雾随空气通过 08 车新风口风道进入客室内，客室内烟感探头检测到烟雾浓度超标，导致 08 车报火警。

3.1 纯空气制动产生大量热量

对 380Km/h 纯空气制动制动盘进行温度场的仿真分析，从制动过程中盘面和筋部节点温度随时间变化曲线（图 1）来看，盘面的最高温度出现在制动后 96s 左右。此时，盘面温度达到最大，约 795℃；停车时刻，盘面最高温度降为 748℃，而筋部温度继续上升约为 485℃。温度较高的区域在制动盘上螺栓孔附近的摩擦区域，原因在于在制盘表面平整的情况

下，螺栓孔周围为摩擦中心区域，温度较高，而轮盘内外圆周附近散热面积较大，热量从摩擦区域传递有时间差，图 2 为制动盘摩擦面温度分布，颜色越红代表温度越高。

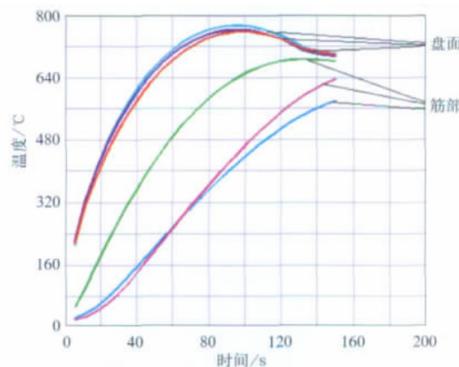


图 1 制动盘盘面和筋部节点随时间变化曲线

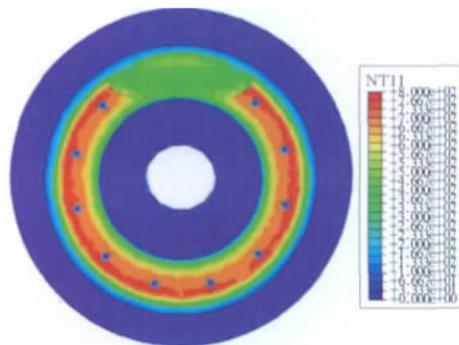


图 2 制动盘摩擦面温度分布

动车组高速运行时动能很大，制动盘与闸片在纯空气制动过程中产生的摩擦热也急剧增加，导致制动盘出现过热情况，从而产生烟雾。

3.2 动车组空气外流场分布

动车组轮对在转动条件下，气流主要从轮顶分离并形成规则涡流向后发展和脱落，同时车轮带动车轮后部气流上扬，使后部流速较快。空气带着制动盘产生的烟雾向后快速流动，如图 3 所示。

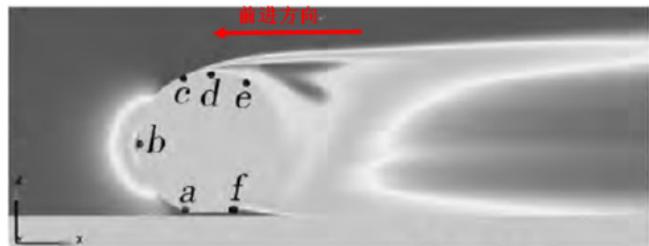


图 3 动车组轮对在转条件下气流分布

动车组空气部分流场，除了车头部位的正压、司机室上方弧顶的负压和一些干扰部件处的正压之外，中间部位压力分

布均匀。气流在流经鼻锥后被导向车顶和车底两个方向,气流在接近动车组鼻锥时逐渐减速,在鼻锥前端滞止为零,在动车组头车鼻锥位置形成驻点和高压区,在尾车形成低压区。

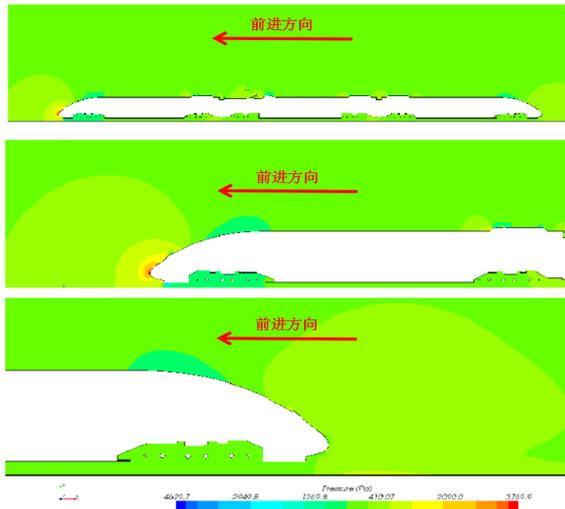


图4 动车组对称面上空气压力云图

图4上图为动车组对称面上整体空气压力分布,中图为头车空气压力分布,下图为尾车空气压力分布,颜色越红代表压力越大,越蓝代表压力越小。

气流在靠近鼻锥前急剧减速,在鼻锥处滞止为零,然后向上下分流,向上的气流在变截面曲率最大处速度达到最大值,接着减速后慢慢趋于均匀分布。转向架周围和尾车鼻锥处出现了绕流,流动比较混乱,造成压差阻力的增大^[1]。

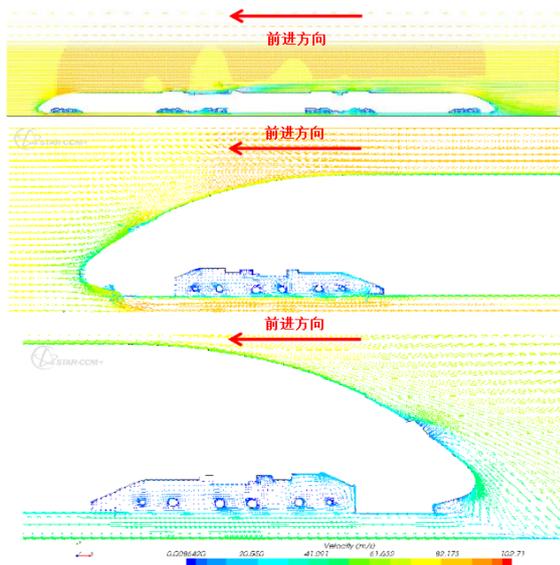


图5 动车组对称面上空气速度矢量图

图5上图为动车组对称面上空气速度分布,中图为头车空气速度分布,下图为尾车空气速度分布,颜色越红代表空气流速越快,越蓝代表空气流速越慢。

3.3 动车组纯空气制动时烟火报警分析

动车组纯空气制动时,制动盘与闸片在纯空气制动过程中产生的摩擦热也急剧增加,导致制动盘出现过热情况,从而产生烟雾。因运用中轮缘润滑的使用,使制动盘上有残留部分润滑油,润滑油加剧了烟雾的产生,如果动车组运行中制动盘散热筋处夹杂树叶等杂物,制动盘高温使杂物燃烧或焦化,也会加剧烟雾的产生。

因为在动车组尾部产生低压区,空气流速变慢,尾部扰流的影响,使制动产生的烟雾容易在尾车聚集。由于动车组行驶过程中空调处于通风工作状态,烟雾随空气通过尾车新风口风道进入客室内,当客室内烟感探头检测到烟雾浓度达到100时,触发客室烟火报警。CRH380B-5887动车组08车客室内烟感探测器检测烟雾值达到137,从而触发客室烟火报警。

4 预防措施

①一二检修时,及时清理制动盘散热筋处夹杂树叶等杂物以及制动盘上的油污。

②当动车组电制动失效时,随车机械师提醒司机尽量避免大级位制动,减小制动力,进而减小制动过程中产生的摩擦热。

③随车机械师在发现烟感探头报警信息后,要立即赶赴现场进行检查,发现异常情况时,加强信息反馈,做到迅速反应。

参考文献

- [1] 金哲,武青海,李和平.和谐号动车组制动计算方法[J].铁道机车车辆,2011(05):80-83,96.
- [2] 李靓娟,张洁,刘堂红.动车组车轮流场数值模拟分析[J].铁道科学与工程学报,2014(04):115-120.
- [3] 李继山,焦标强,顾磊磊,等.高速动车组制动摩擦副的仿真分析[J].铁道机车车辆,2011(05):93-96.