

# Experimental Study on Emergency Safety Device for Bus Tire Burst

Shunting FANG, Zhongwen WEI, Yuliang RONG, Qingtao CUI, Qingkai YANG

China Automobile Technology & Research Center Co.,Ltd,Tianjin,China,300300

[fangshunting@catarc.ac.cn](mailto:fangshunting@catarc.ac.cn), [weizhongwen@catarc.ac.cn](mailto:weizhongwen@catarc.ac.cn)

**Abstract:** The incidence of vehicle puncture accidents on the expressway is increasing year by year, which seriously affects the safety of the occupants. In order to prevent the lack of steering and braking of the vehicle caused by sudden puncture, the current bus tires have been gradually installed emergency safety devices for puncture, and the state has also established corresponding standards for related products, and stipulates specific test methods. The test methods and requirements for steering and braking properties are specified when the tire is broken. The types of emergency safety devices for tire burst were analyzed in this paper. An anti-tire removal device for bus was introduced, and a puncture simulation deflation device was proposed. The tire burst test was carried out on a bus provided by the manufacturer to verify the reliability of the anti-tire removal device.

**Key words:** Bus; Tire burst; Anti-tire removal device; Puncture simulation deflation device ; Test verification

## 客车爆胎应急安全装置的试验研究

方顺亭, 魏仲文, 荣玉良, 崔庆涛, 杨清凯

中国汽车技术研究中心有限公司, 天津, 中国, 300300

[fangshunting@catarc.ac.cn](mailto:fangshunting@catarc.ac.cn), [weizhongwen@catarc.ac.cn](mailto:weizhongwen@catarc.ac.cn)

**摘要:** 车辆爆胎事故在高速公路上的发生率在逐年增加, 严重影响乘员的生命安全。为了预防因突然爆胎而导致车辆的转向性和制动性的不足, 现有客车轮胎已逐步安装爆胎应急安全装置, 国家也对相关产品制定了相应的标准, 规定了具体的试验方法和爆胎时转向、制动性的要求。本文对爆胎应急安全装置的种类进行分析, 介绍了客车适用的防轮胎脱圈装置, 并提出了一种爆胎模拟放气装置, 应用此装置对厂家提供的客车进行了爆胎试验, 以验证防轮胎脱圈装置的可靠性。

**关键词:** 客车; 爆胎; 防轮胎脱圈装置; 爆胎模拟放气装置; 试验验证

### 1 引言

近年来, 伴随汽车的保有量持续上升, 加之高速公路的快速发展, 我国交通事故的发生率常年多发。根据公安交通管理部门数据显示, 车辆爆胎事故占高速公路上发生事故总量的 70%, 车辆轮胎突然爆胎, 轮胎在短时间内瞬间破裂干瘪, 会导致车辆行驶的稳定性和制动性急剧下降, 转向和制动失效从而导致事故的发生, 据统计车速在 120km/h 以上时发生碰撞的死亡率高达 100%, 严重影响人们的生命安全。为了预防和降低爆胎事故的发生率, 国家已制定了相关的标准: JT/T 782-2010 《营运客车爆胎应急安全装置技术要求》。标准规定了客车爆胎后的制动性能、转向性能和爆胎后可控行驶距离的要求, 本文根据此标准进行了营运客车爆胎应急安全装置的道路试验并验证防轮胎脱圈装置的可靠性。

### 2. 爆胎应急安全装置

针对爆胎问题的严重性, 现各厂家均已对车辆轮胎安装了爆胎应急安全装置, 以防止车辆高速爆胎而导致

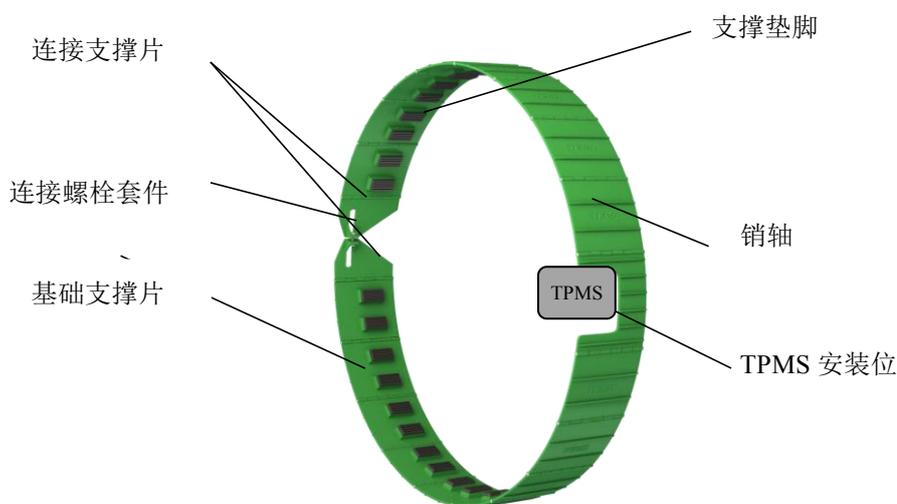
车辆的失控。目前，爆胎应急安全装置的应用已经非常广泛，而且种类也呈现多样化。常用的爆胎应急安全装置包含自封式安全轮胎技术、轮胎气压监测技术（TPMS）、爆胎监测与安全控制系统、刚性支撑式安全轮胎技术和防轮胎脱圈装置等<sup>[2]</sup>，其性能特点如表 1 所示，其中，目前防轮胎脱圈装置在乘用车和客车中应用最为广泛，本文的试验客车主要选用此应急安全装置。

### 3. 防轮胎脱圈装置介绍

本文介绍的防轮胎脱圈装置如图 1 所示，其组成部分主要包括：连接支撑片，位于装置两端；连接螺栓套件，其有防脱螺母和连接螺栓，用于将装置两端连接，紧固在轮辋上；基础支撑片，为独立的个体片，具有不同的大小尺寸，以适应不同规格轮辋的安装；销轴，用于连接支撑片，实现铰接；支撑垫脚，与轮辋接触，增加装置与轮辋的摩擦力，并对支撑片起保护作用；TPMS 安装位，用于安装轮胎压力检测系统芯片，实时监控轮胎的压力、温度等数据，并通过无线方式发射到接收器。

**Table 1 Analysis table for emergency safety device for burst tire**  
**表 1 爆胎应急安全装置分析表**

类型	技术形式	特点
自封式安全轮胎技术	在轮胎腔或密封层内预先充入足量密封剂，轮胎遭外物刺穿后，密封剂自动流到穿孔处，堵塞洞孔，阻止轮胎充气内压下降，从而维持正常行驶状态	轮胎遭外物刺穿后，能较好地维持轮胎气压；但只能适应较小口径的刺穿损坏的堵塞，无法实现对爆胎的应对。
轮胎气压监测技术（TPMS）	能实时对轮胎胎压和温度进行监测，并能做出预警判断，提醒驾驶员减速行驶	当胎压或温度超过限值时，以声信号、光信号反馈报警，但对爆胎不起作用
爆胎监测与安全控制系统	采用智能化自动控制系统，弥补驾驶员生理局限，在爆胎后反应时间为 0.5 秒，替代驾驶员实施行车制动，保障行车安全	控制器声光提示胎压和温度异常爆胎发生后并可对爆胎自行采取制动措施，但针对性较强，只适用某企业的一些车型。
刚性支撑式安全轮胎技术	增强或改进某部件或是引入某部件，保证轮胎失压后保持一定的轮胎轮廓	轮胎失压后能保持轮胎一定程度的滚动半径，爆胎发生后，由于其滚动半径减小，车辆操控力加大，一般用于战地车辆。
防轮胎脱圈装置	安装在轮辋凹槽处，轮胎失压后轮胎被卡住，从而防止轮胎从轮辋脱落	适用性较强，爆胎后，轮胎滚动半径减小，车辆操控力加大。



**Figure 1. Anti-tire tripping device**  
**图 1 防轮胎脱圈装置**

当未安装防轮胎脱圈装置的无内胎轮胎的车辆高速行驶时，车轮突然爆胎，轮胎瞬间失去压力而变瘪，轮胎滚动阻力骤然增大。如图 2.1 所示，胎面在地面上碾行，胎面不能随轮辋同步滚动，形成周期性变化的阻滞力矩，使破损的轮胎撕裂并脱离轮辋<sup>[3]</sup>。轮辋钢圈与地面直接接触，车轮与地面几乎失去附着力，导致与其他轮胎与地面的摩擦力不一致，方向和制动均不可控，发生侧滑，甚至翻滚。对于装有防轮胎脱圈装置的无内胎轮胎，如图 2.2 所示，防脱装置占据了轮辋的凹槽。当爆胎发生时，轮胎与链状防脱装置紧紧啮合，有效释放阻滞力矩，转角差减小，轮胎无法从轮辋脱离。



Figure 2.1 The damaged tires were torn and detached from the rim  
图 2.1 破损的轮胎撕裂并脱离轮辋



Figure 2.2 The tires cannot be detached from the rim  
图 2.2 轮胎无法从轮辋脱离

#### 4. 防轮胎脱圈装置验证

本文验证试验的实施按标准：JT/T 782-2010 《营运客车爆胎应急安全装置技术要求》进行，以验证客车爆胎后的制动性能、转向性能和爆胎后可控行驶距离可靠性是否满足标准要求。

##### 4.1 爆胎方式

目前，常用的模拟爆胎方法有枪击法和炸药爆破法，但是枪支和炸药在我国是明令禁止的危险品，国家管控非常严格。应用时，需要提交申请，获取比较繁琐，效率低，试验周期长，且存在安全隐患。

本文通过一套轮胎放气装置实现爆胎的模拟，该装置通过电磁阀的开启来实现迅速放气的功能，如图 3 所示。待检测轮胎外侧钻有多个均布的通孔，每个通孔插有气嘴，气嘴与待检测轮胎的内外侧设有环形密封橡胶垫，气嘴通过软管与旋转接头转子进气端进气管口相连，法兰盘装在轮辋上，旋转接头的转子与法兰盘固接，旋转接头的定子与电磁阀的进气端相连，电磁阀控制器固定在电磁阀上，电磁阀控制器直接通过导线与车载电源及开关相连。闭合开关，电磁阀动作，胎内气体迅速排出。该方法具有结构简单，重复性强，效率高，成本低等特点。

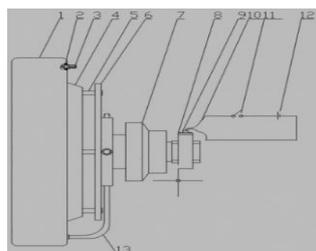


Figure 3 Tire exploded plan  
图 3 爆胎装置图

1. 待检测轮胎
2. 环形密封橡胶垫
3. 气嘴
4. 轮辋
5. 套筒
6. 法兰盘
7. 旋转接头
8. 电磁阀
9. 电磁阀控制器
10. 导线
11. 开关
12. 电源
13. 软管

## 4.2 爆胎试验

### 4.2.1 试验对象

本文试验车辆为某客车厂家生产的 11 米长的公路客车，试验时车辆为满载状态，本文将车辆的右前轮作为本试验的测试轮胎，安装有防轮胎脱圈装置，如图 4 所示。将轮胎爆胎模拟放气装置安装在测试轮胎上，如图 5 所示。



Figure 4 Anti-tire tripping device  
图 4 防轮胎脱圈装置



Figure 5 Simulation of tire blow-out installation drawing  
图 5 爆胎模拟放气装置安装图

### 4.2.2 方向盘切向力测量

依据 GB 17675-1999《汽车转向系 基本要求》以 10km/h 车速、24m 转弯直径在圆形区进行转弯试验，分别测量车辆沿圆周切线从左和右过渡到 24m 圆周方向盘的最大作用力，测得：左转 35.9N，右转 32.5N。

### 4.2.3 转向盘切向力增量

将车速稳定在 80km/h，驶入直线测试路段后，触发电磁阀开关。电磁阀瞬间打开，胎内气体迅速通过电磁阀排出，轮胎骤然变瘪，直行的客车立即产生偏航现象。驾驶员合理地向左修正方向盘，稳住方向盘维持客车直行。爆胎瞬间，方向盘修正的转角、力矩和车速的变化曲线如图 6 所示。方向盘的最大修正转角为  $46.39^\circ$ ，方向盘切向力增量为  $5.06\text{N}\cdot\text{m}$ ，由方向盘直径  $D=0.48\text{m}$  可得最大方向盘切向力增量为  $21.92\text{N}\leq 50\text{N}$ ，试验表明爆胎瞬间，转向盘操纵里增量不大，具有良好的可操控性能。

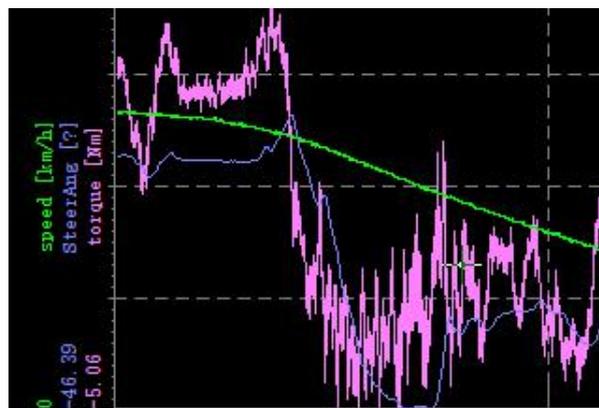


Figure 6 Tire detonation instantaneous vehicle steering force curve  
图 6 爆胎瞬间车辆转向力变化曲线

#### 4.2.4 爆胎后的制动性能

爆胎后，车速达到 30km/h 时，驾驶员紧急制动，直至完全停止，测量制动的距离、减速度和制动力。制动初速度为 30.55km/h，制动距离为 8.71，制动减速度为 5.36m/s<sup>2</sup>，踏板制动力瞬时值为 349N，且制动后客车未偏离 3.7 米宽的测试路，试验表明制动性能稳定。

#### 4.2.5 爆胎后的转向力

爆胎后，客车以 10m/s 的速度绕直径为 24m 的圆行驶，如图 7 所示为客车左转的力矩和转角的变化曲线。试验测得：左转最大转矩为 8.68 N·m，对应的最大转向力为 36.17；右转最大转矩为 8.19 N·m，对应的最大转向力为 34.12N。对比爆胎前测得的转向力可知，爆胎后的转向力左右转均未超过爆胎前的 120%，且不大于 245N，试验表明爆胎后驾驶员具有很好的操纵能力。

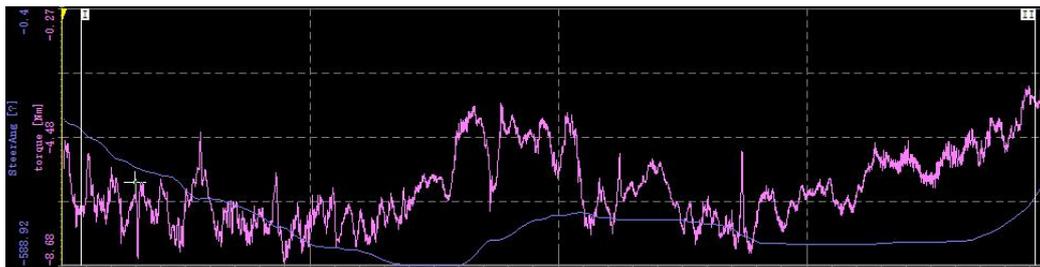


Figure 6 The curve of torque and Angle of turn left after a flat tire

图 7 爆胎后左转的力矩和转角的变化曲线

#### 4.2.6 爆胎后的可控行驶距离

爆胎后，客车仍可继续行驶，其在驾驶员的稳定控制下行驶距离约为 1.5km，保证车辆爆胎后能安全地驶入安全区域等待救援。爆胎后轮胎照片如图 8 所示。



Figure 8 Tire appearance after tire test

图 8 爆胎试验后轮胎外观

#### 4.2.7 试验结果

爆胎后，试验测试结果如表 2 所示。试验结果表明，防轮胎脱圈装置能有效地避免因车辆轮胎突然而导致车辆失控事故的发生。

**Table 2 Test results table**  
**表 2 测试结果表**

试验项目	标准要求	试验结果		符合性判定
方向盘最大切向力 (N)	≤50	21.9		符合
制动初速度 (km/h)	30	30.6		
制动距离 (m)	≤10	8.7		
制动性能	MFDD (m/s <sup>2</sup> )	≥5.0		符合
	控制力 (N)	≤700		
	制动稳定性	不超出 3.0 米车道		
		未超出 3.0 米车道		
		爆胎前	爆胎后	
转向力 (N)	不大于爆胎前实测值的 120%，且应不大于 245 N	左转：35.9 右转：32.5	左转：36.2 右转：34.2	符合
续驶里程 (km)	≥1.0	1.5		符合

## 5.结束语

本文分析了各种不同的爆胎应急装置的类型及优缺点，以客车为试验研究对象，安装防轮胎脱圈装置，进行客车爆胎应急安全装置验证试验，结果表明，采用防轮胎脱圈装置的客车轮胎突然爆胎后，依然具有很好的转向性能、制动性能和一定的续驶里程，能有效地避免因轮胎突然爆胎而引起的交通事故。同时，通过也验证了轮胎放气装置实现爆胎的模拟的可行性，能用此设备模拟汽车的爆胎过程。

## 参考文献

- [1] JT/T 782-2010 technical requirements for emergency safety device for motor bus tire blowout. (in Chinese)  
JT/T 782-2010 《营运客车爆胎应急安全装置技术要求》
- [2] Zhou Huancheng. Preventive measures to deal with the crisis of road burst tires [J]. Traffic standardization, 2010 (Z2) : 118-120.. (in Chinese)  
周焕成. 应对行车爆胎危险的防范措施[J]. 交通标准化, 2010 (Z2) : 118-120.
- [3] Li Dehai. Road test research of emergency safety device for bus puncture. Practical technology for automobile.2017. No.14. (in Chinese)  
李德海. 客车爆胎应急安全装置的道路试验研究. 汽车实用技术. 2017. NO.14
- [4] Yang Sentiment. Application of tire blowout safety device on a light bus. Passenger car technology and research 2017. NO.4. (in Chinese)  
杨情操. 爆胎安全装置在某轻型客车上的应用. 客车技术与研究 2017. NO.4
- [5] Guo Konghui. Vehicle manipulation dynamics [M]. Changchun: jilin science and technology press.1991  
郭孔辉. 汽车操纵动力学[M]. 长春: 吉林科学技术出版社. 1991
- [6] Guo Konghui. Analysis and control of the whole vehicle motion of a flat tire [J]. Automotive engineering, 2007,29 (12) : 1041-1045. (in Chinese)  
郭孔辉. 爆胎汽车整车运动分析及控制[J]. 汽车工程, 2007,29 (12) : 1041-1045. (in Chinese)
- [7] JT/T 1094-2016. Safety technical conditions of operational passenger cars 2017.3.7. (in Chinese)  
JT/T 1094-2016. 《营运客车安全技术条件》 2017.3.7
- [8] JT/T 1178.1-2018 "safety technical conditions of operating freight vehicles part I: cargo vehicles" 2018.2.26. (in Chinese)  
JT/T 1178.1-2018 《营运货车安全技术条件 第一部分: 载货汽车》 2018.2.26
- [9] Liu Guofeng mechanical design, a new test device designed to simulate air tire blasting, vol. 34, no. 7, 2017. (in Chinese)  
刘国峰. 一种模拟航空轮胎爆破的新型试验装置设计. 机械设计, 2017 年第 34 卷第 7 期.
- [10] Sang Yongfu. Analysis of factors affecting automobile tire blowout [J]. Jiangsu traffic, 2004. (in Chinese)  
桑永福. 浅析影响汽车轮胎爆胎的因素[J]. 江苏交通, 2004.
- [11] Wang Wangyu. Automotive design (third edition) mechanical industry press, May 2000. (in Chinese)  
王望予. 汽车设计 (第三版) 机械工业出版社 2000 年 05 月.
- [12] Wang Zuguo. Study on Test Method of Tyre Failure Emergency Safety Device of Bus[J]. AUTO SCI-TECH, 2016: No.2. (in Chinese)  
汪祖国. 客车爆胎应急安全装置试验方法研究[J]. 汽车科技, 2016 年第二期.
- [13] Wang Yinglin. A corresponding study on the dynamics of tire burst vehicles based on CarSim and UniTire [D]. Changchun: jilin university, 2007. (in Chinese)  
王英麟. 基于 CarSim 与 UniTire 的爆胎汽车动力学相应研究[D]. 长春: 吉林大学, 2007
- [14] Huang Jiang, Guo Konghui, Song Xiaolin. Stability control of flat tire vehicles [J] China mechanical engineering, 2009. (in Chinese)  
黄江, 郭孔辉, 宋晓琳. 爆胎汽车的稳定性控制[J] 中国机械工程, 2009.
- [15] Chen ran. Research on automobile tire detection and control system [M]. Jilin university: master thesis, 2005. (in Chinese)  
陈然. 汽车轮胎检测及控制系统的研究[M]. 吉林大学: 硕士论文, 2005.