

ICS 45.060.01  
S 30

**TB**

# 中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 3501—2018

---

## 机车车辆碰撞试验测试方法

Test method for crash test of rolling stock

2018-04-12 发布

2018-11-01 实施

国家铁路局 发布

目 次

前言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 总体要求与测试内容 ..... 2

5 试验场地与被试结构 ..... 2

6 测试设备 ..... 3

7 测试方法 ..... 3

8 测试程序 ..... 4

9 数据处理 ..... 5

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中车青岛四方车辆研究所有限公司归口。

本标准起草单位：中南大学、中车青岛四方机车车辆股份有限公司、中车长春轨道客车股份有限公司、中车大同电力机车有限公司、中车株洲电力机车有限公司、中国铁道科学研究院标准计量研究所、中车青岛四方车辆研究所有限公司。

本标准主要起草人：姚松、许平、田红旗、彭勇、赵士忠、车全伟、宋瑞、余永革、李幸人、闵阳春、刘辉、阎锋。

# 机车车辆碰撞试验测试方法

## 1 范围

本标准规定了机车车辆碰撞试验的术语和定义,总体要求与测试内容,试验场地与被试结构,测试设备,测试方法,测试程序 and 数据处理。

本标准适用于采用缩比或全尺寸进行的机车、客车、动车组多车、单车、车辆部件、吸能元件碰撞试验测试。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

ISO 6487 道路车辆 碰撞试验中的测量技术 测试设备(Road vehicle—Measurement techniques in impact tests—Instrumentation)

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**测力墙 impact force measuring wall**

用作模拟障碍物的固定或移动刚性墙,并含有若干测力传感器。

### 3.2

**撞击力 impact force**

碰撞过程中,被试结构与测力墙或障碍物之间的作用力。

### 3.3

**台车 trolley**

具有一定惯性质量、装备有运动导向装置、可以通过驱动装置加速,为被试结构提供初始冲击动能的装置。

### 3.4

**驱动装置 power-driven device**

为台车或被试结构提供初始冲击动能的动力装置。

### 3.5

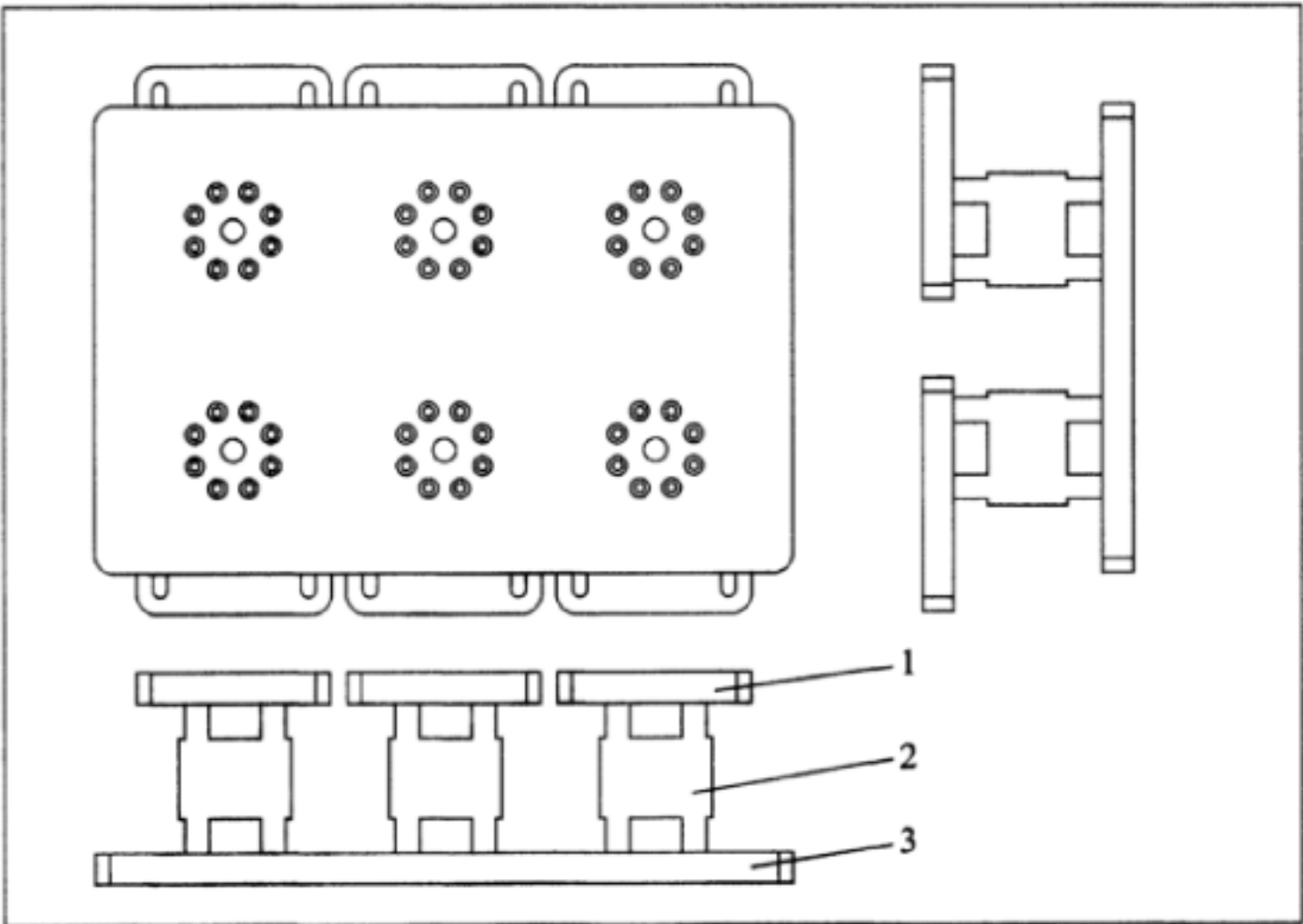
**主轴 main axis**

单轴传感器的测试方向。

### 3.6

**匀力装置 force smoothing device**

用于均匀各测力传感器受力的装置,示意图见图1。



说明：  
1——底座安装板；  
2——传感器；  
3——匀力板。

图 1 匀力装置示意图

4 总体要求与测试内容

4.1 碰撞试验可采用台车、落锤、整车等方式进行。

4.2 碰撞试验中测量以下数据：

- a) 冲击加速度；
- b) 撞击力；
- c) 位移；
- d) 碰撞前后结构几何尺寸的变化,即结构的变形；
- e) 结构的动态应变。

冲击加速度、撞击力、位移、应变测量应稳定、可靠、连续。

4.3 冲击加速度、撞击力、位移、应变的测试应同步进行,宜采用同步自动触发模式,触发方式应稳定可靠。

5 试验场地与被试结构

5.1 试验场地

5.1.1 试验场地应具备电源,并配备不间断稳压电源,应具备起重设备及称重设备。

5.1.2 测试仪器仪表所处环境应符合其正常工作条件的要求。

5.1.3 试验场地附近应避免强磁场、强噪声及振动等干扰,或做相应技术性处理,以不影响测试精度为原则。碰撞试验段应设置防护装置,避免碰撞过程中对试验人员及测试设备造成损伤。

5.1.4 当采用台车、整车、多车进行碰撞试验时,需采用轮轨装置导向并配置动力驱动装置。

5.1.5 试验场地应配备大功率直流照明系统,色温和平均照度满足高速摄影测试要求。

5.2 被试结构

5.2.1 被试结构应体现设计要求。

5.2.2 测试前,应对被试结构进行数值仿真分析,防止被试结构在碰撞过程中发生整体崩塌,确保试验安全。



## 6 测试设备

### 6.1 总体要求

全部测试设备及仪表应在校验的有效期内使用,否则应进行校验,合格后方可使用。

采用台车进行碰撞试验时,台车应具有较大的结构刚度,在碰撞试验中的吸能量可以忽略。

### 6.2 加速度传感器要求

使用高频性能较好的加速度传感器,加速度传感器性能应符合如下要求:

- a) 加速度传感器的自振频率为测量频率上限的 3 倍以上;
- b) 加速度传感器采样频率不应低于 10 kHz。

### 6.3 测力传感器要求

单个测力传感器的基本要求如下:

- a) 测量范围:  $\geq 500$  kN;
- b) 线性(FSO):  $\leq \pm 0.5\%$ ;
- c) 静态标定误差:  $\leq 1.0\%$ 。

### 6.4 高速摄影仪的要求

高速摄影仪基本要求如下:

- a) 高速摄影仪标定误差小于 1%;
- b) 最高分辨率@ 拍摄速率:  $\geq 1\,024 \times 1\,024 @ 2\,000$  fps/s;
- c) 最高拍摄速率:  $\geq 10\,000$  fps/s。

### 6.5 高速摄像光源要求

光源的亮度可分级调节,可提供与太阳光类似的辐照,色温约 5 500 K,高显色性、高均匀性,拍摄时平均照度应大于或等于 40 000 lx。

## 7 测试方法

### 7.1 加速度测试方法

7.1.1 采用加速度传感器测试碰撞过程中的冲击加速度。

7.1.2 加速度传感器布置在被试结构(或台车)的可预见的非破坏区域。布置不少于 5 个加速度测点,其中有 1 个宜布置在被试结构(或台车)的惯性质量中心位置,其余加速度传感器以惯性质量中心为中心位置宜对称布置。

7.1.3 当进行整车碰撞试验时,加速度测点重点布置在车辆的载人区,其布置方式应能反映载人区加速度分布规律。在载人区的加速度最大区域应布置加速度测点。

7.1.4 加速度传感器可采取粘结或螺钉、螺栓紧固等方式进行安装,安装平面应光滑平整,确保加速度传感器与被试结构接触良好、连接牢固、碰撞过程中不脱落。安装方式的谐振频率应大于加速度传感器工作频率的 3 倍以上。

7.1.5 当加速度数据采集系统需安装在移动的被试结构或台车上承受冲击载荷时,采集系统应具有抗冲击过载保护能力,应采取适当隔振和减振措施,加速度传感器与采集系统之间的接口应牢固可靠。

7.1.6 各加速度传感器主轴方向与被试结构冲击方向应保持一致,其夹角不大于  $5^\circ$ 。

### 7.2 撞击力测试方法

7.2.1 采用测力传感器直接测试碰撞过程中的撞击力。

7.2.2 采用被试结构碰撞静止刚性墙方式进行试验时,测力传感器应直接安装于刚性墙上,布置范围应覆盖被试结构与刚性墙的接触区域。

7.2.3 采用被试结构相互碰撞或碰撞可移动障碍物方式进行试验时,测力传感器应通过专用夹具安装于某一被试结构或可移动障碍物上,测力传感器的布置范围应覆盖接触区,能够反映碰撞过程的接

触力,且其安装不会影响到被试结构的变形。

7.2.4 测力传感器数量及量程根据碰撞数值仿真进行选择,每个测力传感器量程相比仿真计算值预留有20%的冗余。

7.2.5 测力传感器的布置应采取可调节式的安装方式,能够根据被试结构的几何尺寸进行动态调节,应尽可能均匀布置,保证各测力传感器均匀受力。

7.2.6 测力传感器与被试结构之间应布置匀力装置,各测力传感器与匀力装置应紧密贴合,碰撞过程中匀力装置相对于测力传感器沿冲击方向的位移不大于2 mm。

7.2.7 各测力传感器主轴方向与被试结构冲击方向应保持一致,其夹角不大于5°。

### 7.3 位移测试方法

7.3.1 位移的测试记录宜采用高速摄影系统。

7.3.2 高速摄影系统记录被试结构碰撞全过程的序列图像,通过碰撞序列图像分析得到各标识点的位移—时间历程曲线。

7.3.3 测点的布置应包括高速摄影系统的布置和台车、被试结构标识点的布置。

7.3.4 被试结构及台车上的标识点应布置在预期非破坏区域,碰撞后不会因为大变形而导致标识不可见。

7.3.5 标识可采用圆形、三角形或方形纸质标记,应使用区分度及对比度高的不同颜色色块进行标记,便于标识的识别和追踪。标识粘贴应平整、牢固。

7.3.6 应同时使用不少于2台高速摄影系统对被试结构在空间3个方向的位移进行测试,高速摄影系统记录的有效范围应覆盖被试结构的碰撞变形区域及台车、被试结构的标识点。

### 7.4 变形测试方法

采用标尺等长度计量工具测量碰撞前后被试结构的几何尺寸,从而测试被试结构的变形。

### 7.5 应变测试方法

7.5.1 采用应变电测法测试被试结构的动态应变。

7.5.2 应变测点的位置应根据被试结构实际受力状况、碰撞仿真计算结果等因素选择在被试结构非大变形区域布置。

7.5.3 对已知主应力方向的测点,应沿主应力方向布置单向应变片;对主应力方向不易确定的测点,应布置三向应变片。

7.5.4 应力测点应进行温度补偿,温度补偿片不应受外力作用,粘贴补偿片的材质应与被试结构的材质相同,测量片和补偿片以及连接导线应处于相同环境温度条件下。

## 8 测试程序

测试步骤如下:

- a) 根据被试结构碰撞数值仿真结果,确定测点的数量及布置方案;
- b) 加工制作被试结构以及相关安装夹具,对被试结构、测试仪器安装表面进行处理;
- c) 对被试结构几何尺寸与重量进行测量并记录;
- d) 在被试结构上粘贴应变片、安装加速度传感器与数据采集系统,在被试结构上粘贴高速摄影标识;
- e) 进行准静态冲击调试,确保各测力传感器受力均匀;
- f) 架设高速摄影仪,调试高速摄影光源系统,对标识进行图像静态标定;
- g) 安装速度测试系统和触发系统,并对触发系统进行准动态调试;
- h) 开启各测试系统,驱动动力装置,进行被试结构碰撞试验,触发系统同步触发各测试系统,撞击力、加速度、高速摄影等测试系统同步工作,高速摄影仪记录整个碰撞过程的变形序列图像;



- i) 碰撞试验结束后,测量被试结构碰撞变形后的几何尺寸。

## 9 数据处理

### 9.1 试验数据的筛选

试验数据处理之前应进行筛选,以排除因传感器失灵、仪表工作不正常、信号丢失等原因而出现的异常信号。

### 9.2 加速度数据处理

加速度测试数据处理包括加速度峰值、作用时间、平均冲击加速度以及加速度时程曲线。

加速度测试数据应进行数字滤波,滤波方法应满足 ISO 6487 中的规定。

### 9.3 撞击力数据处理

撞击力测试数据处理包括撞击力峰值、作用时间、平均撞击力以及撞击力时程曲线。

当测力墙包括多个测力传感器时,还应对各测力传感器的数据进行合成处理。

测试数据应进行数字滤波,滤波方法应满足 ISO 6487 中的规定。

### 9.4 位移数据处理

选取被试结构或台车上的标识点,利用高速摄影系统记录的序列运动图像进行标识点的识别追踪,结合图像静态标定的结果对标识点不同时刻在空间的位置进行分析,根据高速摄影系统的采集频率,确定相邻序列运动图像之间的时间间隔,绘制被试结构或台车上标识点的位移时程曲线。

高速摄影图像序列处理精度不低于 1 mm。

### 9.5 变形数据处理

通过比较被试结构在碰撞前和碰撞结束后的几何尺寸,得到被试结构的宏观变形量。

根据被试结构标识点的位移随时间变化的时程曲线,选取不同标识点(不少于 4 个),根据其相对位移计算被试结构沿冲击方向的变形。通过多个标识点得到的结构变形量之间相对误差不应大于 5%,在此情形下,被试结构沿冲击方向的变形可采用多个标识点的数据加权平均得到。

通过高速摄影序列分析测量得到的被试结构最终变形量与标尺直接测量得到的差值应在 4% 之内。

### 9.6 应变数据处理

根据测点的应变计算被试结构的应力,若为单向应变片时,根据应变大小直接计算单向应力;当采用三向应变片进行测试时,合成得到测点的等效应力。