

团体标准

T/HSIT 003-2025

重载电力机车台架动力学试验规范

Specification for dynamic tests of heavy-duty electric locomotives on test rig

2025-6-12 发布

2025-6-12 实施

湖南省检验检测学会 发布

目 次

前 言	1
1 范围	2
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义	2
4 试验环境条件	3
5 试验检测方法	3
6 结果报告要求	9

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分:标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中车株洲电力机车有限公司提出。

本文件由湖南省检验检测学会归口。

本文件起草单位:中车株洲电力机车有限公司、湖南省计量检测研究院、湖南省科创检验检测认证研究院。

本文件主要起草人:张登科、熊晨彩、伍道乐、阳涛、柏文琦、陈晓、方配丰、周煜东、李继贤、吴双双、王思思、向德、陈祥光。

重载电力机车台架动力学试验规范

1 范围

本文件规定了重载电力机车台架动力学试验的环境条件、检测方法和结果报告要求。

本文件适用于标准轨距的重载电力机车整车和单个转向架在滚动振动试验台上进行的动力学试验，其他非标准轨距机车车辆参考使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅改日期对应的版本适用于本文件；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。

GB/T 5599-2019 机车车辆动力学性能评定及试验鉴定规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

滚动振动试验台

利用轨道轮旋转模拟无限长钢轨支撑被试机车/转向架，并且轨道轮具有振动激励功能，可以完成动力学性能试验的试验台。

[来源：GB/T 32358-2015，3.2，有修改]

3.2

试验用轨道谱

采用轨道检测车等测试手段，对典型线路进行高低不平顺、水平不平顺、方向不平顺和轨距不平顺的检测，通过统计分析处理，形成的轨道不平顺空间样本函数或者功率谱密度函数。

[来源：GB/T 32358-2015，3.4 有修改]

3.3

代用谱

用户提供的与轨道谱相近的轨道不平顺空间样本函数，亦或者用户自定义的用于特定试验目的（如动态扫频试验）的轨道激励。

[来源：GB/T 32358-2015，3.5，有修改]

3.4

台架动力学试验

在滚动振动试验台上，利用轨道谱或代用谱开展关于重载电力机车运行平稳性、运动稳定性、运行品质的相关试验。

3.5

最高运营速度

机车车辆能够适应长期持续运行的最高速度。

注：最高运营速度用千米每小时（km/h）表示。

[来源：GB/T 5599-2019, 3.1]

3.6

假台车

一种模拟电力机车车体结构连接试验转向架，传递各种连接载荷并与反力架进行连接，固定试验转向架的装置。

4 试验环境条件

试验环境条件为：

- a) 海拔不超过 2000 m；
- b) 温度：（-5~45）℃；
- c) 湿度：最大相对湿度为 95%。

5 试验检测方法

5.1 被试品

5.1.1 试验前应提供被试品的试验大纲、系统关键参数、关键部件参数、接口尺寸图等。

5.1.2 试验前应对被试品的下列部件（如有）进行检查，确认其状态符合试验条件：

- a) 减振器；
- b) 弹簧；
- c) 电机；
- d) 齿轮箱及润滑油；
- e) 车轮。

5.1.3 被试品为整车时，应达到整备状态；被试品为单个转向架时，应达到出厂状态。

5.1.4 滚动振动试验台（以下简称“试验台”）的调整及被试品的定位等图样应对轴距、轨距、车轮与轨道轮中心线等关键尺寸进行公差标注，并按照图样要求进行调整及安装定位，公差要求见 5.2.2.2。

5.2 试验条件要求

5.2.1 测量设备

测量设备及其技术参数要求应符合表1的规定。

表 1 测量设备及其技术参数要求

序号	测量设备名称	技术参数要求
1	数据采集系统	系统精度：≤±0.1%，A/D 转换：≥16bit。
2	车体振动加速度传感器	量程：20 m/s ² ~50 m/s ² ； 工作频率范围：0Hz~100Hz；

		幅值非线性: $\leq 1\%$; 横向灵敏度: $\leq 3\%$ 。
3	构架振动加速度传感器	量程: $200 \text{ m/s}^2 \sim 500 \text{ m/s}^2$; 工作频率范围: $0\text{Hz} \sim 100\text{Hz}$; 幅值非线性: $\leq 1\%$; 横向灵敏度: $\leq 3\%$ 。
4	轴箱振动加速度传感器	量程: $500 \text{ m/s}^2 \sim 5000 \text{ m/s}^2$; 工作频率范围: $0\text{Hz} \sim 500\text{Hz}$; 幅值非线性: $\leq 5\%$; 横向灵敏度: $\leq 5\%$ 。
5	位移传感器	量程: $50\text{mm} \sim 250\text{mm}$; 工作频率范围: $0\text{Hz} \sim 20\text{Hz}$; 幅值非线性: $\leq 1\%$; 分辨率 $\leq 0.1\text{mm}$ 。
6	转速传感器	量程: $\leq 2000\text{rpm}$; 幅值非线性: $\leq \pm 0.1\%$; 分辨率 $\leq 0.1\text{km/h}$ 。

5.2.2 试验台

5.2.2.1 试验台关键性能指标

试验台关键性能指标及要求应符合表2的规定。

表 2 试验台关键性能指标及要求

序号	关键性能指标	指标要求
1	最大允许轴重	35t
2	轨距	$1\ 000\text{mm} \sim 1\ 676\text{mm}$
3	轴距	$1\ 750\text{mm} \sim 3\ 200\text{mm}$
4	最高运行速度	350km/h
5	垂向激振	最高频率:15Hz, 最大振幅:15mm

6	横向激振	最高频率:15Hz, 最大振幅:12mm
---	------	----------------------

5.2.2.2 试验台的轨道轮

轨道轮应满足下列要求:

- a) 轨道轮廓外形及磨耗限值要求:
 - 1) 在没有特殊要求时,轨道轮廓形采用 CHN60 钢轨断面外形,轮廓度应不大于 0.2mm,轨底坡采用 1/40,如有不同要求则需通过镟修轨道轮实现;
 - 2) 轨道轮的内侧面磨耗量应不大于 1.5mm。
- b) 径向跳动及轮径差要求:
 - 1) 同轴的两轨道轮轮径差应不大于 0.5mm;
 - 2) 对应同一转向架的轨道轮轮径差应不大于 1.0mm,全部轮径差应不大于 2.0mm;
 - 3) 所有轨道轮滚动圆处的径向跳动应不大于 0.3mm。
- c) 空间位置偏差要求:
 - 1) 轨道轮顶部的高度偏差应不大于 3mm,且同一转向架范围内应不大于 1.5mm;
 - 2) 轨道轮顶部的水平偏差应不大于 2mm,且同一转向架范围内应不大于 1mm;
 - 3) 轨道轮顶部的摇头偏差,应不大于 2mrad;
 - 4) 轨道轮轴线对应的定距误差应不大于 3mm,轴距误差应不大于 2mm。
- a) 同一转向架试验台轨道轮相对转速差应不大于 0.5%,全部轨道轮相对转速差应不大于 1.0%。

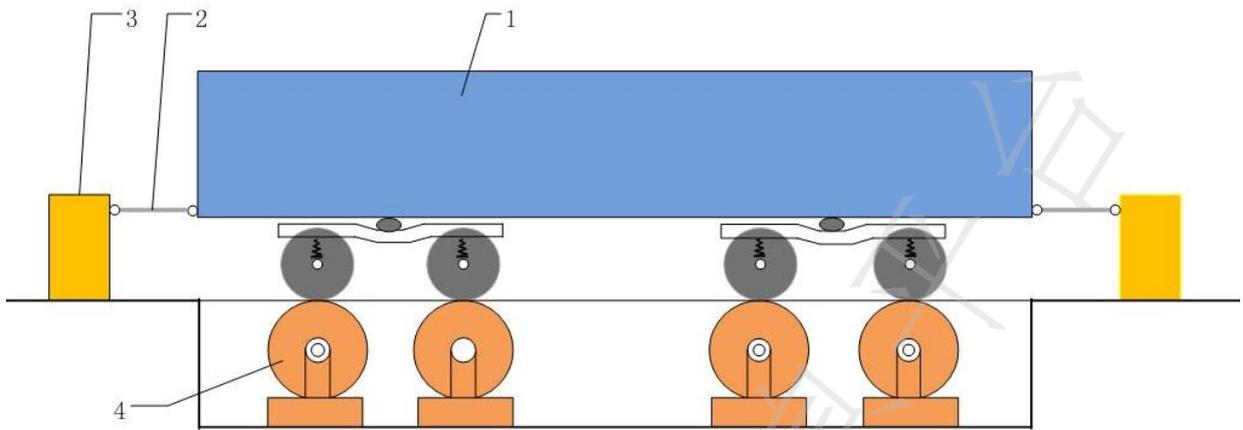
5.2.2.3 试验台激振系统

激振系统应满足如下功能要求:

- a) 激振能力应与要求的试验用轨道谱(以下简称“轨道谱”)相适应;
- b) 激振系统能够使轨道轮进行横向和垂向激振;
- c) 试验台激振系统优先选择液压伺服激振系统;
- d) 激振系统控制方式宜采用位移控制;
- e) 液压伺服激振器与轨道轮的连接宜采用较高刚度系统;
- f) 液压激振系统应具有相应的防护措施以保证系统安全。

5.3 试验搭建方案

5.3.1 被试品为整车时,被试电力机车两端通过过渡车钩及连杆与试验台反力架连接固定,车轮落于轨道轮上,利用轨道轮带动车轮旋转模拟被试电力机车在无限长轨道上行驶,整车上试验台的布置见图 1。

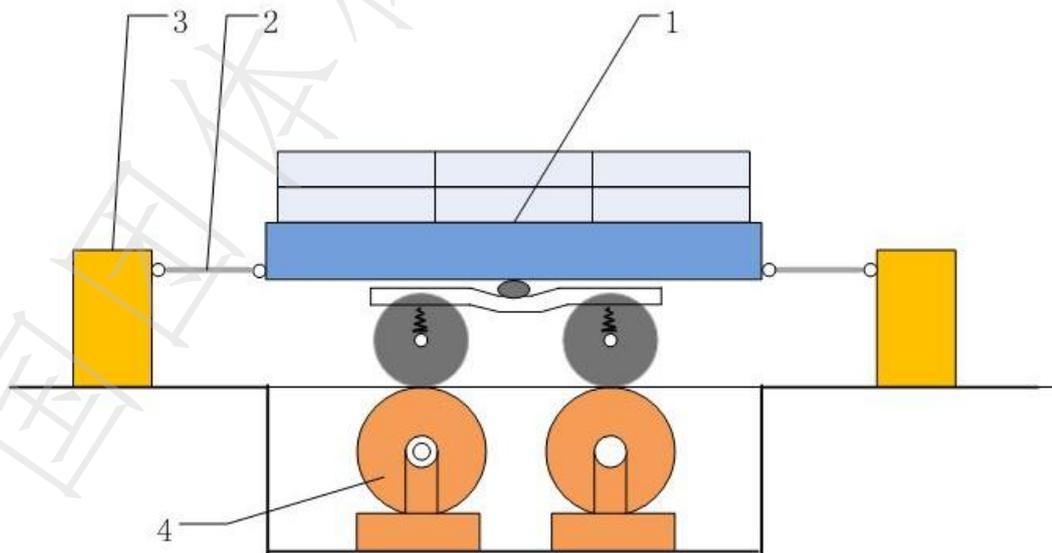


标引序号说明:

- 1——被试电力机车;
- 2——过渡车钩及连杆;
- 3——定位反力架;
- 4——试验台。

图1 整车上试验台布置示意图

5.3.2 被试品为单个转向架时，转向架先与假台车连接，假台车两端通过过渡车钩及连杆与定位反力架连接固定，利用轨道轮带动车轮旋转模拟转向架在无限长轨道上行驶，转向架上试验台的布置见图2。在允许条件下，宜采用整车条件下的单转向架试验。



标引序号说明:

- 1——假台车;
- 2——过渡车钩及连杆;
- 3——定位反力架;
- 4——试验台。

图 2 单个转向架上试验台布置示意图

5.4 测量参数与测点布置

5.4.1 轴箱加速度测量

在被试品的轴箱体上布置加速度传感器测量轴箱的振动。

5.4.2 构架加速度测量

在被试品轴箱体上方构架上平面布置加速度传感器，测量构架的振动并评判被试品的横向稳定性。

5.4.3 车体加速度测量

车体垂向和横向振动加速度测点布置在底架纵向中心线的前牵引梁上和司机座椅基础上。测量车体的振动并评判运行平稳性和运行品质。

5.4.4 位移测量

5.4.4.1 在轴箱上布置位移传感器测量轮对相对地面的横向绝对位移，用于辅助直观判断被试品是否失稳。

5.4.4.2 在一系悬挂或二系悬挂的减振器上布置位移传感器测量相对位移，用于转向架动态性能测量。

5.4.5 其他参数

其余振动加速度、位移、温度等的测量可根据不同项目的具体试验要求由试验相关方协商确定。

5.5 轨道谱及对应速度

试验采用的轨道谱及其对应最高运行速度级应符合表 3 的规定。

表 3 轨道谱及其对应最高运行速度级

序号	轨道谱或代用谱	最高运行速度级 km/h	备注
1	中国干线谱	120	无
2	美国 5 级谱	120	无
3	秦沈谱	160	可根据速度级参考 使用
4	美国 6 级谱	200	
5	德国高干扰谱	250	
6	胶济谱	250	

5.6 试验工况

5.6.1 预备试验

在正式进行测试之前，被试品应在试验台上模拟正、反转分别运行30min，让走行部充分磨合，且磨合运行速度及运行时间应符合表4的规定。

表 4 各速度级运行时间分配表

对应速度/ (km/h)	0.25V	0.5V	0.75V	V	1.1V
时间/min	5	5	5	10	5
注：V 为车辆最高运营速度					

5.6.2 运动稳定性试验

5.6.2.1 运动稳定性试验分为原装车状态（或整备状态）和故障状态两种情况，故障状态分为抗蛇形减振器故障、横向减振器等状态模拟，具体的故障形式需要与委托方协商确认。

5.6.2.2 试验台纯滚动条件下：

- a) 原装车状态最大试验速度为线路最高运行速度的 1.2 倍，故障态的临界速度需要与委托方协商确认；
- b) 试验台主动加速直至最高速度（速度增量每秒不超过 1.0km/h），如果失稳，则记录失稳速度 V_{C0} ，而后缓慢降速至失稳停止，记录失稳速度 V_{C2} 。如果没有出现失稳，则应继续加速至车辆在线路上最高试验速度的 1.2 倍。

5.6.2.3 滚动振动试验条件下：

- a) 原装车状态最大试验速度为线路最高运行速度的 1.15 倍，故障态的临界速度需要与委托方协商确认；
- b) 试验台主动缓慢加速直至相应速度级，然后按对应速度下的轨道谱激振，如继续出现周期性的蛇形运动，则得到实际临界速度 V_{C1} ；而后停止激振并减速，当蛇行运动消失时即得到非线性临界速度 V_{C2} ；如在激振条件下，构架横向加速度通过 0.5 Hz~10 Hz 带通滤波，峰值有连续 6 次以上达到或超过极限值 8 m/s^2 时，即得到转向架横向失稳速度 V_{lim} 。如没有失稳，则升速至线路最高运行速度的 1.15 倍；如果失稳，则停止试验；
- c) 激振信号采用轨道谱或者相应的代用谱，轨道谱的选择应与仿真报告一致。

5.6.3 运行响应试验

5.6.3.1 运行响应试验是通过试验台轨道轮滚动振动相结合的试验方法，来模拟被试品在线路不平顺激励下的运行状态，测定车体在分级速度下的振动响应的平稳性。同时，也可以在构架、车体、电机、齿轮箱等不同部位布置相应的加速度及位移传感器，测量相应部件的振动响应情况。

5.6.3.2 最高运行速度不低于线路最高运行速度的 1.1 倍，最低试验速度应低于最高运行速度的 1/2，速度间隔 10km/h~20km/h。

5.6.3.3 激振信号采用轨道谱或者相应的代用谱，轨道谱的选择应与仿真报告一致，代用谱的选择依据委托方研究目的协商确定。

5.6.3.4 试验时，需要首先确定运行方向及第 1 轴的激振信号，其他各轴的激振信号通过第 1 轴的激振信号延时得到，延时计算见式（1）。

$$t_i = \frac{l_i}{v_m} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- t_i ——第*i*轴到第1轴的延时，单位为秒（s）；
 l_i ——第*i*轴到第1轴的距离，单位为米（m）；
 v_m ——模拟运行速度，单位为米每秒（m/s）。

5.7 试验数据处理

5.7.1 运动稳定性试验结果

测量和观察轮对的横移：

- 纯滚动时如果轮对出现较规则的等幅振动，则这时的速度即为车辆的蛇行失稳线性临界速度 V_{c0} ，降速后蛇行运动消失，该速度即为非线性临界速度 V_{c2} ；
- 滚动振动时，如果取消激振后轮对的横移运动不消失，则这时的速度即为车辆对该轨道谱的实际临界速度 V_{c1} ，降速至蛇行运动消失时的速度为非线性临界速度 V_{c2} 。
- 以转向架构架横向加速度峰值有连续 6 次以上达到或超过极限值 8m/s^2 （0.5 Hz~10 Hz 带通滤波）来判定转向架是否横向失稳，失稳即为构架蛇行失稳临界速度 V_{lim} 。

5.7.2 运行响应试验结果

5.7.2.1 电力机车整车运行响应试验用平稳性指标、运行品质来评定。

5.7.2.2 运行平稳性指标 W 计算见 GB/T 5599-2019 附录 E。

5.7.2.3 平稳性指标 W 在最高运营速度范围内评定，平稳性指标等级见表 5。

表 5 机车平稳性指标等级表

平稳性等级	平稳性指标 W	评定
1 级	$W \leq 2.75$	优
2 级	$2.75 < W \leq 3.10$	良好
3 级	$3.10 < W \leq 3.45$	合格

5.7.2.4 运行品质采用车体的垂向最大加速度 (a_{tz}) 不大于 3.5m/s^2 ，车体的横向最大加速度 (a_{ty}) 不大于 2.5m/s^2 来评定。

5.7.2.5 其他部件的加速度及位移测试数据可以根据具体需求进行分析。

6 结果报告要求

结果报告中应至少包含以下信息的记录：

- 被试品型号、编号和技术状态；
- 被试品与动力学性能有关的主要技术参数；
- 测点布置位置及描述；
- 测试系统相关技术参数和检定信息；
- 试验数据采集和处理方法；
- 试验工况和试验结果。

参 考 文 献

[1] 丁荣军、张卫华. GB/T 32358, 轨道交通 机车车辆台架试验方法[S]. 南车株洲电力机车研究所有限公司、西南交通大学, 2015.
