

# 团体标准

T/HSIT 002-2025

## 重载电力机车牵引动力系统地面联调试验 规范

Specification for combined test of traction power system of heavy-duty electric  
locomotives

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 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 试验环境条件 .....	2
5 被试系统 .....	2
6 仪器设备 .....	2
6.1 电气联调试验台 .....	2
6.2 滚动试验台 .....	3
6.3 牵引试验电源 .....	3
6.4 试验台主要测量仪器 .....	3
7 试验搭建方案 .....	3
7.1 基于电气联调试验台的牵引动力系统联调试验搭建方案 .....	3
7.2 基于滚动试验台的牵引动力系统联调试验搭建方案 .....	4
8 试验 .....	5
8.1 概述 .....	5
8.2 故障保护试验 .....	5
8.3 操作过电压试验 .....	5
8.4 牵引电机热态时的转矩特性试验 .....	6
8.5 牵引电机冷态时的转矩特性试验 .....	6
8.6 牵引特性（牵引力/速度特性曲线）试验 .....	6
8.7 转速为零时的启动转矩 .....	6
8.8 辅助电源输出特性试验 .....	6
8.9 辅机功率试验 .....	6
8.10 效率特性试验 .....	6
8.11 温升试验 .....	7
8.12 牵引-制动转换试验 .....	7
8.13 微制动试验 .....	8
8.14 电压变化试验 .....	8
8.15 电压突变试验 .....	8
8.16 供电中断试验 .....	8
8.17 牵引供电接触失效试验 .....	8
9 结果报告要求 .....	9
附录 A（资料性）试验项目一览表 .....	10

## 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：高雄、陈铁柱、伍道乐、阳涛、王思思、文秧林、宋文翔、林佳芳、王兴财、陈红江、肖克、柏文琦、吴双双、向德、陈祥光。

# 重载电力机车牵引动力系统地面联调试验规范

## 1 范围

本文件规定了重载电力机车牵引动力系统地面联调试验的环境条件、被试系统、仪器设备、试验搭建方案、试验及结果报告要求等内容。

本文件适用于重载电力机车牵引动力系统，其他类似机车参照使用。

## 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，仅该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 25117-2020 轨道交通 机车车辆 牵引系统组合试验方法

GB/T 32358-2015 轨道交通 机车车辆台架试验方法

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 牵引动力系统 traction power system

具有实现牵引电制动功能的单元，一般由牵引变压器、牵引变流器、牵引电机（或转向架）、包含软件在内的牵引控制装置、输入滤波器、制动电阻、主断路器、冷却装置、传感器和接触器等组成。

[来源：GB/T 25117-2020，3.2，有修改]

### 3.2

#### 滚动试验台 rolling test rig

利用轨道轮模拟钢轨，并借助牵引电源及其他支持系统，进行机车车辆牵引、制动试验的成套设备。

[来源：GB/T 32358-2015，3.1，有修改]

### 3.3

#### 地面联调试验 combined test

利用电气联调试验台或滚动试验台对牵引动力系统（含转向架）或整车进行联调试验。

## 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 被试系统

5.1 试验前应提供被试系统的技术参数、部件尺寸图和接口参数。

5.2 试验前应对被试系统的下列部件或系统（如有）进行检查，确认其状态符合试验条件：

- a) 变压器；
- b) 变流器；
- c) 辅助设备；
- d) 牵引电机；
- e) 转向架
- f) 整车或一节车。

## 6 仪器设备

### 6.1 电气联调试验台

#### 6.1.1 陪试传动系统

陪试传动系统应满足下列要求：

- a) 传动系统力矩-速度曲线包络被试系统电机的特性曲线，具备速度和力矩控制模式；
- b) 牵引试验为主的试验台应有适当的转动惯量，必要时应配置飞轮；
- c) 应具备机械、电气过载保护功能；
- d) 多个连接轴之间应有适当的转速同步措施，转速差宜不大于 0.5%；
- e) 电气传动系统应具备能量回馈功能。

#### 6.1.2 冷却系统

电气联调试验台应具备冷却风源，冷却风量可调，能够满足被试牵引电机冷却需求。

#### 6.1.3 辅助电源系统

电气联调试验台应配备足够容量的三相正弦波辅助电源系统，能满足被试品辅助系统供电需求，其关键性能指标应符合表 1 的规定。

表 1 辅助电源系统关键性能指标

序号	关键性能指标	指标要求
1	电压调节范围	(80~440) V
2	频率调节范围	(10~60) Hz
3	电压静态公差	≤±5%

4	总谐波含量 (THD)	≤5%
---	-------------	-----

## 6.2 滚动试验台

### 6.2.1 滚道轮

滚道轮应满足：

- a) 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；
- b) 同轴的轨道轮径差不大于 0.5mm，同一转向架的滚道轮径差不大于 1.0mm，整车所用全部滚道轮的轮径差不大于 2mm。

### 6.2.2 陪试传动系统

陪试传动系统应满足传动系统力矩-速度曲线包络被试机车牵引/制动特性曲线，具备速度和力矩控制模式。

## 6.3 牵引试验电源

6.3.1 对于地面联调试验，试验现场应具备 AC 27.5 kV/50 Hz、AC 15 kV/16.7 Hz、DC 3 000 V 的电源，按被试系统需求进行供电。

6.3.2 牵引试验电源宜配置电压调节的设备。

6.3.3 牵引试验电源宜配置供电中断时间调节的设备，供电中断最小可调节时间宜不大于 50ms。

## 6.4 试验台主要测量仪器

主要测量设备的技术参数应符合表 2 的规定。

表 2 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	相对误差：≤±0.5%
2	电压传感器	相对误差：≤±0.5%
3	电流传感器	相对误差：≤±0.5%
4	转矩传感器	相对误差：≤±0.5%
5	转速传感器	相对误差：≤±0.1%

## 7 试验搭建方案

### 7.1 基于电气联调试验台的牵引动力系统联调试验搭建方案

牵引动力系统布置在地面，被试电机和试验台陪试电机连轴固定，如图1所示。

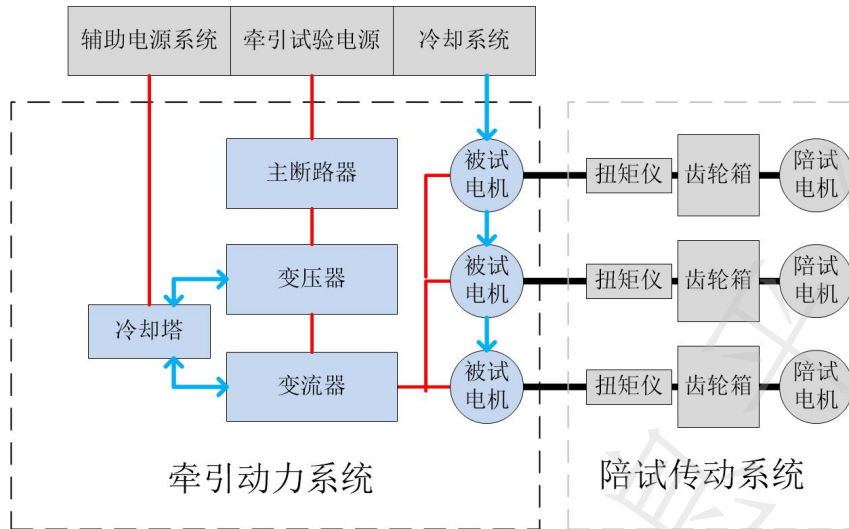


图1 基于电气联调试验台的牵引动力系统联调试验搭建框图

## 7.2 基于滚动试验台的牵引动力系统联调试验搭建方案

7.2.1 被试系统以单转向架轮对发挥牵引制动力时，牵引动力系统布置在地面，被试转向架固定在滚动试验台的轨道轮上，如图2所示。

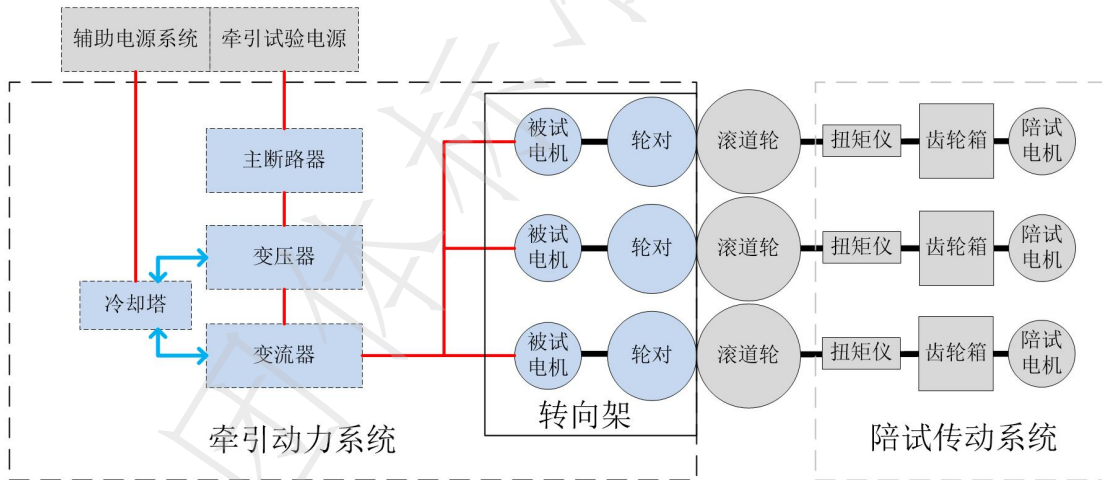


图2 基于滚动试验台和单转向架的牵引动力系统联调试验搭建框图

7.2.2 被试系统为整车时，整车固定在滚动试验台的轨道轮上，如图3所示。

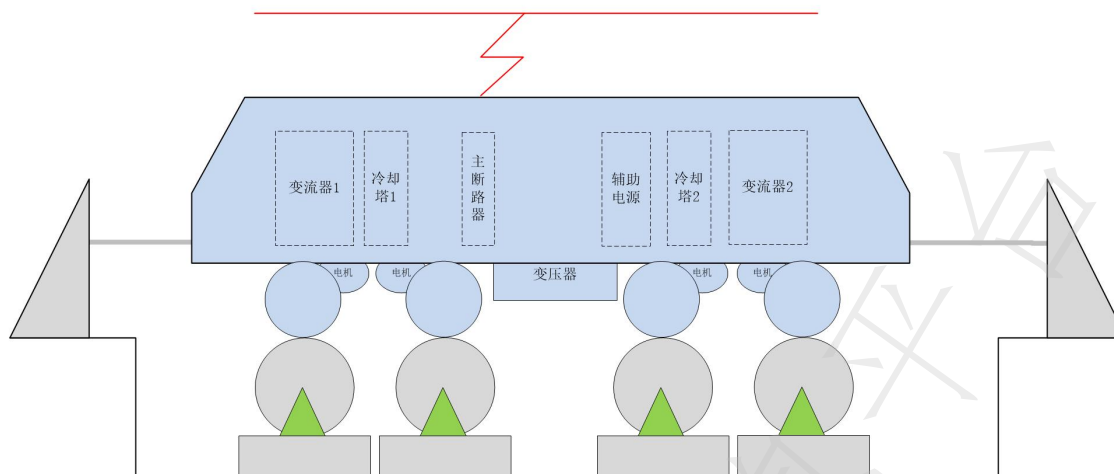


图3 基于滚动试验台和整车的牵引动力系统联调试验搭建框图

## 8 试验

### 8.1 概述

地面联调试验项目及适用的试验搭建方案见表 A.1。

### 8.2 故障保护试验

8.2.1 通过模拟过压、过流、接地、短路、传感器功能失效、命令和反馈信号丢失、冷却系统故障等故障，验证牵引动力系统的保护功能。对于可能造成设备损坏的故障可以通过修改保护设定值的方式模拟。

8.2.2 对于原边短路故障，宜通过修改保护设定值的方式模拟；

8.2.3 对于过压、过流故障，宜通过信号发生器模拟对应的电压、电流传感器信号，发送牵引动力系统来模拟故障；

8.2.4 对于接地等故障，宜通过接入地线实际模拟故障。

8.2.5 评定内容为：故障信息及保护动作与设计要求一致。

### 8.3 操作过电压试验

8.3.1 合主断和分主断时，测量变压器原边对地电压、变压器次边绕组电压，至少进行 15 次分合主断测试。

8.3.2 传感器宜采用分压器测试电压，变压器原边对地电压传感器应布置在主断路器后。采样率宜不低于 2M/s。

8.3.3 应检测并记录下列参数：

- a) 变压器原边对地电压；
- b) 变压器次边绕组电压。

8.3.4 评定内容为：分合主断过程的最大电压，最大电压应不超过设计值，其中对于 AC25kV 供电系统，变压器原边对地电压峰值不应超过 50kV。

#### 8.4 牵引电机热态时的转矩特性试验

按照GB/T 25117—2020的7.2进行。

#### 8.5 牵引电机冷态时的转矩特性试验

按照GB/T 25117—2020的7.3进行。

#### 8.6 牵引特性（牵引力/速度特性曲线）试验

按照GB/T 32358—2015的8.10进行。

#### 8.7 转速为零时的启动转矩

按照GB/T 25117—2020的7.4进行。

#### 8.8 辅助电源输出特性试验

8.8.1 对于辅助电源的定压定频支路，启动所有负载，当负载未装全时，可以由电气联调试验台提供辅助负载，测量辅助系统输出电压、电流、频率和功率，并计算输出电压和电流的谐波含量。

8.8.2 对于辅助电源的变压变频支路，启动所有负载，当负载未装全时，可以由电气联调试验台提供辅助负载，操作辅助系统工作在不同频率，测量辅助系统输出电压、电流、频率和功率，并计算输出电压和电流的谐波含量，并绘制输出电压和频率关系图。

8.8.3 应检测并记录下列信息：

- a) 辅助系统输出电压、电流、频率和功率；
- b) 辅助系统输出电压和电流谐波含量。

8.8.4 评定内容为：辅助系统输出电压、电流、功率、频率及谐波含量，满载运行时谐波含量应不大于 5%。

#### 8.9 辅机功率试验

8.9.1 对于辅助系统的定压定频支路的辅机，启动辅助系统，测量辅机输入电压、电流、频率和功率。

8.9.2 对于辅助系统的变压变频支路的辅机，启动辅助系统，操作辅助系统工作在不同频率，测量辅机输入电压、电流、频率和功率。

8.9.3 应检测并记录水泵、油泵、冷却塔风机等辅机输入电压、电流、频率和功率等信息。

8.9.4 评定内容为：辅机功率。

#### 8.10 效率特性试验

8.10.1 如果辅助系统是牵引系统的一部分，那么进行试验时，通过试验台向牵引动力系统提供设计要求容量的辅助负载。

8.10.2 牵引动力系统置于固定级位牵引运行，通过电气联调试验台进行速度控制，运行至试验大纲规定的速度点，当转速波动小于 $\pm 10\text{rpm}$ 时记录数据，每个试验点记录不少于3次，按试验大纲要求读取不少于5组测量值（应至少包括持续转速点和最高恒功率转速点），得到一条牵引电机效率-速度曲线和一条系统牵引效率-速度曲线。

8.10.3 应检测并记录下列参数或曲线：

- a) 牵引电机的转矩和转速，或者轮周力和速度；
- b) 牵引电机的电压、电流、频率和基波功率；
- c) 供电网的电压、电流和功率；
- d) 与功率有关的温度。

8.10.4 评定内容为：牵引电机效率和系统牵引效率，系统效率应大于85%

### 8.11 温升试验

8.11.1 试验前，电机供应商应提供电机铁芯温度和电机绕组温度关系曲线。

8.11.2 如果辅助系统是牵引系统的一部分，那么进行试验时，通过试验台向牵引动力系统提供设计要求容量的辅助负载。

8.11.3 牵引电机的风机宜采用被试系统风机，如没有风机时，可由试验台提供同等风量。

8.11.4 试验时，牵引动力系统按用户和制造商双方商定的定额工况下持续运行，直至温度稳定（温升变化不超过 $2\text{K/h}$ ）或达到试验大纲约定的试验停止条件。建议在被试系统满功率的最小网压下进行测试。

8.11.5 应检测并记录下列信息：

- a) 牵引电机的转矩和转速，或者轮周力和速度；
- b) 牵引电机的电压、电流、频率和基波功率；
- c) 电机铁芯温度和环境温度；
- d) 电机冷却介质的进出口温度；
- e) 变流器冷却介质的进出口温度；
- f) 变压器油温（仅整车时需测试）。

8.11.6 评定内容为：能按用户和制造商双方商定的定额工况下持续运行，不得出现因超温故障导致的降级运行。

### 8.12 牵引-制动转换试验

8.12.1 在不同速度下，进行牵引和电制动满转矩/满功率的转换试验，至少包含以下两个速度点：

- a) 速度点1:牵引和制动最大转矩差；
- b) 速度点2:牵引和制动最大功率差。

8.12.2 应检测并记录下列信息：

- a) 牵引电机的转矩和转速，或者轮周力和速度；
- b) 牵引电机的电压、电流、频率和基波功率；

c) 供电网的电压、电流和功率。

8.12.3 评定内容为：转矩变化率。

### 8.13 微制动试验

按照GB/T 25117—2020的10.3进行。

### 8.14 电压变化试验

8.14.1 在表3规定的电压范围下，被试系统在恒功区速度范围内满功率牵引和制动运行，应检测并记录下列信息：

- a) 牵引电机的转矩和转速，或者轮周力和速度；
- b) 牵引电机的电压、电流、频率和基波功率；
- c) 供电网电压、电流、功率。

8.14.2 至少在以下5个网压点下进行试验，并绘制牵引和制动工况下的网压-功率曲线：

- a) 欠压区和过压区各选取1点；
- b) 满功率运行网压范围选取3个点。

8.14.3 评定内容为：各个网压下的被试系统功率与设计要求一致。

表3 电压变化模拟

牵引供电电压	试验台调压范围
DC 3 000 V	DC (2~4) kV
AC 15 kV, 16.7 Hz	AC (11~18) kV
AC 27.5 kV, 50 Hz	AC (17~31.5) kV

注：其他制式的电压的相关规定由试验相关方协商确定。

### 8.15 电压突变试验

按照GB/T 25117—2020中12.2的规定进行。

### 8.16 供电中断试验

按照GB/T 25117—2020中12.3的规定进行。

### 8.17 牵引供电接触失效试验

8.17.1 在额定电压以及满功率牵引和最大再生制动电流条件下进行(如果再生制动适用)，连续断开供电电压3次，每次间隔时间在5s~10s之内或者由用户和制造商协商确定，每次供电电压中断周期为10ms~100ms之间或者由用户和制造商协商确定，模拟牵引供电接触失效。

8.17.2 应检测并记录下列信息：

- a) 牵引电机的转矩和转速；
- b) 牵引电机的电压、电流、频率和基波功率；
- c) 供电网电压、电流、功率。

8.17.3 评定内容为：牵引动力系统运行状态。

## 9 结果报告要求

结果报告中应至少包含以下信息的记录：

- a) 被试系统部件型号、编号和技术状态；
- b) 被试机车车辆与牵引动力系统性能有关的主要技术参数；
- c) 测点布置位置及描述；
- d) 测试系统相关技术参数和检定信息；
- e) 试验数据采集和处理方法；
- f) 试验工况和试验结果。

附 录 A  
(资料性)  
试验项目一览表

表 A.1 给出了适用的联调试验搭建方案试验项目一览表。

表 A.1 试验项目一览表

检验项目	条款	适用的联调试验搭建方案		
		7.1	7.2.1	7.2.2
故障保护试验	8.2	√	√	√
操作过电压试验	8.3	√	√	√
牵引电机热态时的转矩特性试验	8.4	√	√	-
牵引电机冷态时的转矩特性试验	8.5	√	√	-
牵引特性（牵引力/速度特性曲线）试验	8.6	-	-	√
转速为零时的启动转矩	8.7	√	-	-
辅助电源输出特性试验	8.8	-	-	√
辅机功率试验	8.9	-	-	√
效率特性试验	8.10	√	√	√
温升试验	8.11	√	√	√
牵引-制动转换试验	8.12	√	√	√
微制动试验	8.13	√	√	√
电压变化试验	8.14	√	√	√
电压突变试验	8.15	√	√	√
供电中断试验	8.16	√	√	√
牵引供电接触失效试验	8.17	√	√	√
注：“√”表示适用，“-”表示不适用。				