

ICS 45.060
S 30

TB

中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 3523.1—2018

代替 TB/T 2510—1995、TB/T 2511—1995、TB/T 2515—1995；部分代替 TB/T 2509—2014、TB/T 2514—2014

交流传动电力机车试验方法 第1部分：输出特性试验

**Test methods for AC drive electric locomotives—
Part 1: Test methods for output characteristic**

2018-07-31 发布

2019-02-01 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 基本要求 1

4 输出特性试验 1

前 言

TB/T 3523《交流传动电力机车试验方法》分为三个部分：

- 第1部分：输出特性试验；
- 第2部分：输入特性试验；
- 第3部分：温升、电气保护及辅助机组性能试验。

本部分为TB/T 3523的第1部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分代替TB/T 2510—1995《电力机车牵引特性试验方法》、TB/T 2511—1995《电力机车牵引力特性试验方法》、TB/T 2515—1995《电力机车电气制动特性试验方法》，部分代替TB/T 2509—2014《电力机车及电动车组牵引效率试验方法》、TB/T 2514—2014《电力机车及电动车组阻力试验方法》。本部分合并修订TB/T 2510—1995、TB/T 2511—1995、TB/T 2515—1995，并将TB/T 2509—2014和TB/T 2514—2014中适用电力机车的内容纳入本部分。本部分与上述标准的主要技术变化如下：

- 删除了“对新出厂机车应正常牵引列车运行 5×10^3 km~ 200×10^3 km”的要求（见TB/T 2510—1995、TB/T 2511—1995和TB/T 2515—1995的3.1）；
- 删除了“试验设备及仪表”的要求（见TB/T 2510—1995、TB/T 2511—1995和TB/T 2515—1995的5.1）；
- 删除了牵引特性试验中“运行速度的归算”的要求（见TB/T 2510—1995的8.1）；
- 删除了阻力试验中“推送法”的要求（见TB/T 2514—1995的6.4.1）；
- 删除了电气制动试验中“试验时，各牵引电动机的电枢电压，电枢电流及磁场电流均应不超过规定值，同时牵引电动机应无异常自激”的要求（见TB/T 2515—1995的7.7）；
- 增加了起动牵引力试验内容（见4.2.2.2）；
- 修改了线路条件的要求（见3.3，TB/T 2510—1995、TB/T 2511—1995和TB/T 2515—1995的4.2）；
- 修改了列车测试级位的要求（见4.2.2.3，TB/T 2510—1995的7.8）。

本部分由中国铁道科学研究院集团有限公司标准计量研究所提出并归口。

本部分主要起草单位：中国铁道科学研究院集团有限公司机车车辆研究所。

本部分主要起草人：黄金、李杰波、王志峰、陈亮。

本部分所代替标准历次版本发布情况：

- TB/T 2509—1995、TB/T 2509—2014；
- TB/T 2510—1995；
- TB/T 2511—1995；
- TB/T 2514—1995、TB/T 2514—2014；
- TB/T 2515—1995。

交流传动电力机车试验方法

第1部分：输出特性试验

1 范围

TB/T 3523 的本部分规定了交流传动电力机车的阻力试验方法、牵引特性试验方法(含牵引力特性试验方法)、总效率试验方法、再生制动特性试验方法。

本部分适用于交流传动电力机车(以下简称机车)。

直流传动电力机车相关试验可参照本部分。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件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。

TB/T 1407.1 列车牵引计算 第1部分:机车牵引式列车

3 基本要求

3.1 试验前应具备如下条件:

- a) 完成主要零部件及子系统的型式试验,向机车试验单位提交试验报告结果;
- b) 提供被试机车主要零部件型号和供货商清单;
- c) 提供被试机车设计任务书、整车技术规范和司机使用手册等文件;
- d) 提供被试机车主要零部件及子系统技术资料;
- e) 提交试验的机车应完成各项调试工作,并通过出厂检验。

3.2 一端设司机室的机车,司机室端为机车前进方向。两端设司机室的机车,任意端均可作为机车前进方向。

3.3 交流传动电力机车在试验前要进行各项试验准备,至少应确认以下内容:

- a) 被试机车状态:
 - 1) 确认机车载荷状态;
 - 2) 确认随车控制软件版本。
- b) 陪试机车的功率及牵引力、电制动力,且陪试列车空气制动力应能满足试验要求。
- c) 环境与线路:
 - 1) 试验环境温度: $-25\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 - 2) 轨面黏着良好,且坡度不宜大于 4‰。

4 输出特性试验

4.1 阻力试验

4.1.1 试验目的

测定电力机车的惰行单位基本阻力和运行单位基本阻力。

4.1.2 试验方法

4.1.2.1 溜放法

试验时,被试机车单机运行,进入采样区段前应达到预定速度;进入采样区段后机车断主断路器惰

行,连续记录惰行速度及相应的时间参数。

4.1.2.2 惰行单位基本阻力值的计算

溜放法试验结果按公式(1)计算:

$$w'_0 = 28.3 \times (1 + \gamma) \times \frac{v_1 - v_2}{\Delta t} - w_r - w_i \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

w'_0 ——单位基本阻力,单位为牛每千牛(N/kN);

v_1 、 v_2 ——在一定时间间隔内的初速度、末速度,单位为千米每小时(km/h);

Δt ——在一个速度间隔($v_1 \sim v_2$)内的时间,单位为秒(s);

γ ——回转质量系数;

w_r ——单位曲线附加阻力,单位为牛每千牛(N/kN);

w_i ——单位坡道附加阻力,单位为牛每千牛(N/kN)。

试验在曲线区段及坡道进行时,单位曲线附加阻力和单位坡道附加阻力按 TB/T 1407.1 的规定计算。

4.1.2.3 惰行单位基本阻力试验公式

测得的不同速度下的单位基本阻力值,采用最小二乘法按公式(2)进行拟合:

$$w'_0 = A + Bv + Cv^2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

A 、 B 、 C ——回归待定系数;

v ——速度,单位为千米每小时(km/h)。

4.1.2.4 运行单位基本阻力的计算

对应各种速度下惰行基本阻力与牵引电机机械阻力值之差,称为该速度下的运行单位基本阻力。可用惰行单位基本阻力代替运行单位基本阻力。如有特殊需要,采用计算法获得机车的运行单位基本阻力。

将被试车牵引电机型式试验提供的“转速—机械损耗曲线”换算为“速度—机械损耗阻力曲线”。

速度换算方法按公式(3)计算:

$$v = 0.1885 \times 10^{-3} \times \frac{D \cdot n}{\mu_g} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

D ——被试车的轮径,单位为毫米(mm);

n ——牵引电机转速,单位为转每分钟(r/min);

μ_g ——齿轮传动比。

机械阻力换算按公式(4)计算:

$$w_m = 367 \times \frac{P_m}{v \times \eta_g \times M_p} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

w_m ——牵引电机单位机械阻力,单位为牛每千牛(N/kN);

P_m ——全部牵引电机的机械损耗,单位为千瓦(kW);

M_p ——被试机车计算整备质量,单位为吨(t);

η_g ——齿轮传动效率,取值依据厂家提供的齿轮传动装置型式试验报告或 0.975。

4.1.2.5 惰行/运行阻力的计算

机车惰行/运行阻力按公式(5)计算:

$$W = w'_0 \times M_p \times 9.81 \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

W ——机车惰行/运行阻力,单位为千牛(kN)。

4.1.2.6 试验曲线的绘制

根据回归得到的单位基本阻力试验公式,给出以运行速度为横坐标,单位基本阻力为纵坐标的试验曲线。

4.2 牵引特性试验

4.2.1 试验目的

测定电力机车牵引特性曲线即牵引力与速度的关系。

4.2.2 试验方法

4.2.2.1 试验编组

起动牵引力试验时,被试机车在前,试验车居中,陪试列车居后。

牵引特性试验时,被试机车在前,试验车居中,陪试机车居后。

4.2.2.2 起动牵引力试验

试验在平直轨道干燥轨面状态下进行。试验时,被试机车拉伸车钩后,全列实施空气制动,再缓解被试机车空气制动,被试机车将司控手柄置于指定试验级位或不同百分比(25%、50%、75%、100%),同时记录牵引电机电流、车钩力。共测试3次,可根据需要调整测试起始位置。

被试机车与试验车间的车钩力通过安装在试验车上的车钩力传感器直接测得,在其基础上可计算得到被试机车轮周牵引力。按公式(6)计算:

$$F_q = F_c + M_p \times w'_q \times 9.81 \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

F_q ——起动牵引力,单位为千牛(kN);

F_c ——实测车钩力,单位为千牛(kN);

M_p ——机车计算整备质量,单位为吨(t);

w'_q ——机车单位起动基本阻力,单位为牛每千牛(N/kN),取5 N/kN。

4.2.2.3 牵引特性试验

被试机车为牵引工况,陪试机车为电气制动工况。被试机车将司控手柄置于指定试验级位或不同百分比(25%、50%、75%、100%),由陪试机车调节列车按照指定速度运行(各测点之间的速度间隔应不大于5 km/h的要求),待速度稳定后,开始记录网压和网流、电机电压和电流、速度和车钩力。

被试机车与试验车间的车钩力通过安装在试验车上的车钩力传感器直接测得,在其基础上可计算得到被试机车轮周牵引力。按公式(7)计算:

$$F_k = F_c + M_p \times (w'_0 + w_r + w_i) \times 9.81 \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

F_k ——轮周牵引力,单位为千牛(kN);

F_c ——实测车钩力,单位为千牛(kN);

M_p ——被试机车计算整备质量,单位为吨(t);

w'_0 ——被试机车单位基本阻力,单位为牛每千牛(N/kN);

w_r ——单位曲线附加阻力,单位为牛每千牛(N/kN);

w_i ——单位坡道附加阻力,单位为牛每千牛(N/kN)。

试验在曲线区段及坡道进行时,单位曲线附加阻力和单位坡道附加阻力按TB/T 1407.1的规定计算。

4.2.2.4 轮周力折算

如果机车牵引特性与轮径有关,且试验时车轮直径与评估用轮径(通常为半磨耗轮径)不同时,应对轮周力及速度进行折算。无特殊说明时,半磨耗轮周牵引力按公式(8)计算:

$$F_B = F_K \times D / D_B \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

F_B ——半磨耗轮周牵引力,单位为千牛(kN);

D ——被试机车各个车轮直径的平均值,单位为毫米(mm);

D_B ——半磨耗轮轮径,单位为毫米(mm)。

半磨耗轮速度 v_B 按公式(9)计算:

$$v_B = v \times D_B / D \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

v ——机车实测运行速度,单位为千米每小时(km/h);

v_B ——半磨耗轮速度,单位为千米每小时(km/h)。

4.2.2.5 牵引特性及相关曲线的绘制

根据测试结果得到的速度和轮周牵引力散点,绘制以速度为横坐标,轮周牵引力为纵坐标的牵引特性曲线。

根据测试结果得到的速度和牵引电机电压/电流/功率(基波)散点,绘制以速度为横坐标,牵引电机电压/电流/功率为纵坐标的电机特性曲线。

4.3 机车总效率试验

4.3.1 试验目的

测定机车总效率与速度的关系。

4.3.2 试验方法

4.3.2.1 试验编组

被试机车在前,试验车居中,陪试机车居后。

4.3.2.2 试验操作及数据处理

试验时被试机车为牵引工况,陪试机车为电气制动工况。被试机车辅助机组工作在最大功率点,不考虑间歇性负载(如压缩机等)。带列车供电系统的被试机车试验时,应根据技术文件要求确认列车供电系统工作状态。

被试机车将司控手柄置于指定试验级位或不同百分比(25%、50%、75%、100%),由陪试机车控制列车速度,使被试机车工作在恒功区速度范围内,待速度稳定后,同步采集各参数。

机车总效率按照公式(10)计算:

$$\eta = \frac{P_K}{P_L} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

P_K ——机车轮周输出功率, $P_K = \frac{F_K \times v}{3.6}$,单位为千瓦(kW);

P_L ——网侧有功功率, $P_L = \frac{1}{1\,000 \times T} \int_0^T u_L(t) \times i_L(t) dt$,单位为千瓦(kW);

其中:

T ——计算周期,单位为秒(s);

$u_L(t)$ ——网压瞬时值,单位为伏(V);

$i_L(t)$ ——网流瞬时值,单位为安(A)。

4.3.2.3 机车总效率曲线的绘制

根据测试结果得到的速度和总效率散点,绘制以速度为横坐标,机车总效率为纵坐标的总效率曲线。

4.4 再生制动特性试验

4.4.1 试验目的

测定电力机车的再生制动特性。

4.4.2 试验方法

4.4.2.1 试验编组

被试机车在前,试验车居中,陪试机车居后。

4.4.2.2 再生制动特性试验

根据机车设计再生制动特性的速度范围,试验时该速度段内被试机车不应施加空气制动。

试验时,被试机车处于最大再生制动工况,陪试机车处于牵引工况。由陪试机车调节试验列车运行在指定的速度点上(各测点之间的速度间隔不应大于5 km/h的要求),待速度稳定后,开始采集网压和网流、电机电压和电流、速度和车钩力。

被试机车与试验车间的车钩力通过安装在试验车上的车钩力传感器直接测得,在其基础上可计算得到被试机车轮周再生制动力。按照公式(11)计算:

$$B_d = B_g - M_p \times (w'_0 + w_r + w_i) \times 9.81 \times 10^{-3} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中:

B_d ——被试机车轮周再生制动力,单位为千牛(kN);

B_g ——实测机车车钩力,单位为千牛(kN)。

4.4.2.3 轮周力折算

如果机车牵引特性与轮径有关,且试验时车轮直径与评估用轮径(通常为半磨耗轮径)不同时,应对轮周力及速度进行折算。无特殊说明时,半磨耗轮周再生制动力 B_{eg} 按公式(12)计算:

$$B_{eg} = B_d \times D_B / D \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中:

B_{eg} ——半磨耗轮周再生制动力,单位为千牛(kN)。

半磨耗轮速度 v_B 按公式(9)计算。

4.4.2.4 再生制动特性及相关曲线的绘制

根据测试结果得到的速度和轮周再生制动力散点,绘制以速度为横坐标,轮周再生制动力为纵坐标的再生制动特性曲线。

根据测试结果得到的速度和牵引电机电压/电流/功率(基波)散点,绘制以速度为横坐标,牵引电机电压/电流/功率为纵坐标的电机特性曲线。