

中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 3156—2007

代替 TB/T 2216—1991, TB/T 2361—1993, TB/T 2364—1993, TB/T 2365—1993, TB/T 2367—1993
TB/T 2528—1995, TB/T 2529—1995, TB/T 2536—1995, TB/T 2539—1995

内燃机车牵引性能试验方法

Test method of the diesel locomotive tractive performance

2007-08-13 发布

2007-12-01 实施

中华人民共和国铁道部 发布

前 言

本标准代替以下 9 项标准：

- TB/T 2216—1991《内燃机车辅助功率消耗率、传动效率、功率利用系数、轮周效率评定方法》；
- TB/T 2361—1993《内燃机车牵引性能试验方法》；
- TB/T 2364—1993《内燃机车电阻制动性能方法》；
- TB/T 2365—1993《内燃机车最大起动牵引力、起动加速能力试验方法》；
- TB/T 2367—1993《电力、内燃机车起动阻力试验方法》；
- TB/T 2528—1995《内燃机车黏着性能试验方法》；
- TB/T 2529—1995《液力传动内燃机车液力制动性能试验方法》；
- TB/T 2536—1995《内燃机车恒功率速度范围的试验方法》；
- TB/T 2539—1995《内燃机车牵引电动机电流分配不均匀度试验方法》。

本标准与以上标准相比主要变化如下：

- 各单项标准的试验项目合并列入第二章试验项目；
- 各单项标准中的试验设备及仪表合并为第三章试验设备；
- 各单项试验共同的试验要求合并为第四章试验要求；
- 各单项标准的测试参数合并列入第五章测量参数；
- 各单项标准的试验方法内容合并并在第六章试验方法中分述；
- 增加了交流传动系统的相关内容，给出了交流发电机和电动机的测试参数及计算公式；
- 增加了内燃机车过渡转换点性能试验方法；
- 增加了机车运行阻力试验方法；
- 增加了牵引电动机温升试验方法；
- 删除了内燃机车辅助功率消耗率、传动效率、功率利用系数的计算内容。

本标准由铁道部标准计量研究所提出并归口。

本标准起草单位：铁道科学研究院机车车辆研究所、中国北车集团大连机车研究所。

本标准主要起草人：李海燕、肖锦龙、刘和才。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- TB/T 2216—1991；
- TB/T 2361—1993；
- TB/T 2364—1993；
- TB/T 2365—1993；
- TB/T 2367—1993；
- TB/T 2528—1995；
- TB/T 2529—1995；
- TB/T 2536—1995；
- TB/T 2539—1995。

内燃机车牵引性能试验方法

1 范 围

本标准规定了内燃机车牵引性能试验的试验项目、试验设备、试验要求、测量参数、试验方法。

本标准适用于铁路用 1 435 mm 标准轨距,以柴油机为动力的电力传动和液力传动内燃机车(以下简称机车)。其他轨距内燃机车及工矿用内燃机车可参照使用。

2 试验项目

本标准包含的相关试验项目见表 1。

表 1 试验项目

章条号	项 目
6.1	机车牵引特性试验方法
6.2	机车最大起动牵引力试验方法
6.3	机车黏着性能试验方法
6.4	机车起动加速性能试验方法
6.5.2.1	起动阻力试验方法
6.5.2.2	惰行阻力试验方法
6.5.2.3	运行阻力试验方法
6.6	牵引电动机温升试验方法
6.7	动力制动性能试验方法

3 试验设备

3.1 测试设备

3.1.1 具有测力装置和测速装置的试验车、具有动力制动的机车作为负载(称陪试机车),必要时可加挂若干车辆或具有等效功能的试验台。

3.1.2 传感器及测试装置应满足表 2 所列参数测量的相应要求。

3.2 系统误差

3.2.1 电流、电压、温度、转速、速度、距离等参数的系统误差不大于 $\pm 0.5\%$ (F.S)。

3.2.2 车钩力、压力、燃油消耗量、环境条件(温度、压力、相对湿度)等参数的系统误差不大于 $\pm 1.0\%$ (F.S)。

3.2.3 其他参数的系统误差按合同或试验要求确定。

3.2.4 测试设备、仪表及传感器应符合有关计量规定。

4 试验要求

4.1 基本要求

4.1.1 试验前应根据试验目的和要求编制试验大纲和试验计划。

4.1.2 试验前,要求提供必要的技术文件:

- a) 总体技术条件;
- b) 牵引特性计算;
- c) 动力制动特性计算;
- d) 冷却水、燃油、机油、空气及液力传动工作油等系统图;
- e) 主电路及控制电路图;
- f) 计算柴油机功率所必须的技术参数或资料。如:主发电机(或液力传动箱)效率曲线、辅助系统消耗功率或计算公式等。

4.1.3 试验过程中,下列各项参数不应超出允许值:

- a) 柴油机冷却水出口温度;
- b) 柴油机油出口温度;
- c) 气缸爆发压力;
- d) 柴油机各缸排气温度;
- e) 柴油机总管排气温度(涡轮前);
- f) 增压器转速;
- g) 液力变矩器工作油温度、压力。

4.2 环境条件

4.2.1 周围空气温度不高于30℃。

4.2.2 海拔不高于700 m。

4.2.3 相对湿度不大于95%。

4.2.4 风速不大于5 m/s。

4.2.5 超出环境条件的试验,由有关试验方面协商。在试验报告中应给予说明或对试验结果进行修正。

4.3 被试机车

4.3.1 提交试验的机车,应技术状态正常。推荐提交试验前,干线机车应正常运行 3×10^4 km,调车机车运用不少于2个月,并有一段时间发挥其最大功率。

4.3.2 性能试验前可进行必要的调整试验,试验开始后不允许再做调整。

4.3.3 性能试验前,测量机车动轮滚动圆直径。

4.3.4 试验正式开始前,机车应高于持续速度运行一段时间,以使轴温及各运转部件达到正常状态。

4.4 线路条件

4.4.1 正常运营线的平直道(或具有等坡度,且坡度在0~4‰的直线)。

4.4.2 专用试验线(如:北京环行试验线),或专用试验台。

4.4.3 要求轨面无油、水、霜等其他杂物。

4.5 列车编组

推荐采用下列编组形式:被试机车+试验车+陪试机车(带有动力制动)+若干车辆(必要时)。

5 测量参数

主要测试参数见表2,根据试验要求,测量参数可增减。

6 试验方法

6.1 机车牵引特性试验方法

6.1.1 试验内容

6.1.1.1 柴油机最低转速和标定转速工况下的牵引特性试验。

表 2 测量参数

参 数		试 验 项 目							
		牵引特 性试验	最大起 动牵引 力试验	黏着性 能试验	起动加 速性能 试验	起动阻 力试验	惰行、运 行阻力 试验	牵引电 动机温 升试验	动力制 动性能 试验
机 车	速度	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	车钩力	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	运行时间	✓		✓	✓		✓	✓	
	走行距离				✓				
	动轮轮径	✓	✓	✓				✓	✓
电 参 数	主发电机电流、电压	✓	✓	✓	✓			✓	✓
	辅助发电机电流、电压	✓							
	励磁机电流、电压	✓							
	牵引电动机电流、电压	✓		✓	✓			✓	✓
	牵引电动机励磁电流	✓			✓			✓	✓
转 速	柴油机转速	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	增压器转速	✓							
	冷却风扇转速	✓							
	牵引电机通风机转速	✓						✓	
温 度	柴油机进、出口冷却水温度	✓						✓	
	柴油机进、出口机油温度	✓						✓	
	机油热交换器进、出口水温度	✓							
	中冷器进、出口水温度	✓							
	增压器压气机进气温度	✓							
	中冷器前增压空气温度	✓							
	中冷器后增压空气温度	✓							
	柴油机各缸排气温度	✓							
	柴油机总管排气温度(涡轮前)	✓							
	柴油机总管排气温度(涡轮后)	✓							
	散热器进、出口空气温度	✓							
	液力变矩器工作油温度	✓	✓	✓	✓				✓
	电阻带温度								✓
	牵引电动机绕组冷、热态温度							✓	
	牵引电动机冷却空气进、出口温度							✓	
压 力	柴油机各缸爆发压力	✓							
	增压器进气空气压力	✓							
	中冷器前增压空气压力	✓							
	中冷器后增压空气压力	✓							

表 2(续)

参 数		试 验 项 目							
		牵引特性试验	最大起动牵引力试验	黏着性能试验	起动加速性能试验	起动阻力试验	惰行、运行阻力试验	牵引电动机温升试验	动力制动性能试验
压 力	柴油机总管排气压力(涡轮前)	✓							
	柴油机总管排气压力(涡轮后)	✓							
	液力变矩器工作油压力	✓	✓	✓	✓				✓
燃 油	柴油机燃油消耗量	✓							✓
	燃油低热值	✓							✓
环 境 条 件	周围空气温度	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	大气压力	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	相对湿度	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	风速	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

6.1.1.2 另选择3~5种柴油机转速进行部分工况的牵引特性试验。

6.1.1.3 交流传动系统稳态性能试验。

6.1.1.4 交流传动系统动态性能试验。

6.1.2 试验方法

6.1.2.1 试验时,被试机车处于牵引工况,由陪试机车控制速度。试验记录时应尽量避开空压机打风时间,对其他辅助机组无特殊要求。

6.1.2.2 各试验点之间的速度间隔应根据机车的速度范围来确定,不宜大于 10 km/h。在额定工况下应包括机车持续速度和最高速度试验点。

6.1.2.3 推荐采用平衡速度法进行试验,即控制各试验点的速度应相对稳定,波动范围小于 ± 1 km/h。每个试验点记录不应少于 3 次。

6.1.2.4 也可采用加速法或减速法进行试验。

6.1.2.5 电力传动内燃机车若具有磁场削弱,应对全磁场和各级削弱磁场分别进行试验;若牵引发电机或牵引电动机为串、并联结构,应对串、并联工况分别进行试验。还应对过渡中各参数的变化情况进行测量。

6.1.2.6 液力传动内燃机车若具有二个以上液力元件,应分别对各液力元件进行试验。还应对过渡中各参数的变化情况进行测量。

6.1.2.7 测量机车由低速到高速和由高速返回低速的各过渡转换点的速度与转换过渡完成的时间。

6.1.3 试验数据整理

6.1.3.1 机车轮周牵引力按公式(1)计算:

$$F = F_g + P \cdot g \times 10^{-3} (w'_0 + w_r + w_i + w_a) \dots\dots\dots (1)$$

式中:

F ——机车轮周牵引力,单位为千牛(kN);

F_g ——实测机车车钩牵引力,单位为千牛(kN);

P ——机车重量,单位为吨(t);

g ——重力加速度,单位为米每平方秒(m/s^2), $g = 9.81 m/s^2$;

w'_0 ——机车单位运行基本阻力,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);

w_a ——机车单位加速阻力,单位为牛每千牛(N/kN)。

$$w_a = 30 \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

其中:

Δv ——速度增量,单位为千米每小时(km/h);

Δt ——时间增量,单位为秒(s)。

6.1.3.2 机车轮周功率按公式(2)计算:

$$N_K = \frac{Fv}{3.6} \dots\dots\dots (2)$$

式中:

N_K ——机车轮周功率,单位为千瓦(kW);

F ——机车轮周牵引力,单位为千牛(kN);

v ——机车速度,单位为千米每小时(km/h)。

6.1.3.3 机车轮周效率按公式(3)计算:

$$\eta_K = \frac{3.6 \times 10^3 N_K}{e_y \cdot Q_b} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

式中:

η_K ——机车轮周效率,单位为百分数(%);

N_K ——机车轮周功率,单位为千瓦(kW);

e_y ——机车单位燃油消耗量,单位为千克每小时(kg/h);

Q_b ——燃油低热值,单位为千焦每千克(kJ/kg)。

6.1.3.4 轮周牵引力换算至计算轮径按公式(4)计算:

$$F' = F \cdot \frac{D}{D'} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

F' ——按计算轮径的公式修正后的轮周牵引力,单位为千牛(kN);

F ——轮周牵引力,单位为千牛(kN);

D ——实测动轮滚动圆直径,单位为毫米(mm);

D' ——动轮滚动圆计算轮径,单位为毫米(mm)。

6.1.3.5 机车速度换算至计算轮径按公式(5)计算:

$$v' = v \cdot \frac{D'}{D} \dots\dots\dots (5)$$

式中:

v' ——按计算轮径的公式修正后的机车速度,单位为千米每小时(km/h);

v ——实测机车速度,单位为千米每小时(km/h)。

6.1.3.6 柴油机输出功率按公式(6)计算:

$$N_e = N_f + \sum N_{ff} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

N_e ——柴油机输出功率,单位为千瓦(kW);

N_f ——柴油机驱动主发电机或液力传动箱的功率,单位为千瓦(kW);

$\sum N_{ff}$ ——柴油机驱动辅助设备功率之和,单位为千瓦(kW)。

6.1.3.7 主发电机输出功率 P_f 计算

6.1.3.7.1 主发电机整流后功率按公式(7)计算:

$$P_f = U_f \cdot I_f \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

P_f ——主发电机整流后输出功率,单位为瓦(W);

U_f ——主发电机整流后的输出电压,单位为伏(V);

I_f ——主发电机整流后的输出电流,单位为安(A)。

6.1.3.7.2 主发电机三相四线制的功率按下列公式计算:

a) 相有功功率按公式(8)计算:

$$P_i = \frac{1}{T} \int_0^T u(t) \cdot i(t) dt \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

P_i ——相有功功率,单位为瓦(W), $i = U, V, W$;

T ——测量周期,单位为秒(s);

$u(t)$ ——相电压瞬时值,单位为伏(V);

$i(t)$ ——相电流瞬时值,单位为安(A)。

b) 主发电机输出功率按公式(9)计算:

$$P_f = P_U + P_V + P_W \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

P_f ——主发电机输出功率,单位为瓦(W);

P_U, P_V, P_W ——U、V、W相有功功率,单位为瓦(W)。

6.1.3.7.3 主发电机三相三线制的功率按公式(10)计算:

$$P_f = \frac{1}{T} \int_0^T (u_{AC} \cdot i_A + u_{BC} \cdot i_B) dt \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

P_f ——主发电机输出功率,单位为瓦(W);

T ——计数器的测量周期,单位为秒(s);

u_{AC} ——端子U与W之间的电压瞬时值,单位为伏(V);

u_{BC} ——端子V与W之间的电压瞬时值,单位为伏(V);

i_A, i_B ——端子U、V的线电流瞬时值,单位为安(A)。

6.1.3.8 机车恒功率范围系数按公式(11)计算:

$$H = \frac{\Delta v}{v_{\max} - v_c} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中:

H ——机车恒功率范围系数;

Δv ——机车恒功率速度范围(机车最高恒功率速度与持续速度之差),单位为千米每小时(km/h);

$v_{\max}$ ——机车最高运行速度,单位为千米每小时(km/h);

v_c ——机车持续速度,单位为千米每小时(km/h)。

6.1.3.9 磁场削弱系数按公式(12)计算:

$$\beta = \frac{I_{DL}}{I_D} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中:

β ——磁场削弱系数,用百分数(%)表示;

I_{DL} ——牵引电动机励磁电流,单位为安(A);

I_D ——牵引电动机电枢电流,单位为安(A)。

6.1.3.10 牵引电动机电流分配不均匀度按公式(13)计算(仅对交—直流传动内燃机车):

$$\lambda = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max}} \times 100\% \quad (13)$$

式中:

λ ——牵引电动机电流分配不均匀度,用百分数(%)表示;

$I_{\max}$ ——同一工况下牵引电动机电流中最大的支路电流值,单位为安(A);

$I_{\min}$ ——同一工况下牵引电动机电流中最小的支路电流值,单位为安(A)。

6.1.4 试验报告

6.1.4.1 汇总试验数据。

6.1.4.2 绘制下列性能曲线:

- 机车轮周牵引力与速度的关系曲线;
- 机车轮周功率与速度的关系曲线;
- 机车轮周效率与速度的关系曲线;
- 柴油机功率与速度的关系曲线;
- 主发电机或液力传动箱的输出功率与速度的关系曲线;
- 机车过渡转换点的参数(车钩牵引力、柴油机转速、主发电机输出电流、电压、励磁机输出电流、电压或液力传动箱液力元件充、排油压力等)变化曲线;
- 对交流传动机车还应包括:
 - 机车在不同速度稳态时:
 - 主发电机输出电压、电流及牵引机电机电压、电流波形图;
 - 不同速度下牵引机电机电压、电流的频谱;
 - 计算不同速度下牵引机电机电压、电流的畸变率。
 - 牵引变流器调制比及调制方式发生变化瞬间的牵引机电机电压、电流波形图。

6.1.4.3 机车恒功率速度系数、磁场削弱系数、牵引电动机电流分配不均匀度等的计算结果。

6.1.4.4 对试验结果进行分析、评价。

6.2 机车最大起动牵引力试验方法

6.2.1 试验内容

6.2.1.1 柴油机在标定转速下的最大起动牵引力试验。

6.2.1.2 柴油机在部分工况下的起动牵引力试验。

6.2.2 试验方法

6.2.2.1 被试机车对试验车组施行全制动,被试机车用小闸缓解。然后逐步提高柴油机转速,记录速度为零时各档位或对应柴油机转速的最大车钩牵引力、柴油机转速等参数。

6.2.2.2 对于电力传动机车,还应记录主发电机电流等参数。

6.2.2.3 对于液力传动机车,还应记录传动箱工作油温度等参数。

6.2.2.4 试验一般在不撒砂状态下进行,需要时可撒砂。

6.2.2.5 试验应不少于3次。

6.2.3 试验数据整理

6.2.3.1 起动牵引力按公式(14)计算:

$$F_q = F_g + P \cdot g \cdot w'_q \times 10^{-3} \quad (14)$$

式中:

F_q ——起动牵引力,单位为千牛(kN);

F_g ——实测最大车钩牵引力,单位为千牛(kN);

P ——机车质量,单位为吨(t);

w'_q ——机车单位起动阻力,单位为牛每千牛(N/kN),无试验数值时,可取 5.0N/kN;

g ——重力加速度,单位为米每二次方秒(m/s^2), $g=9.81m/s^2$ 。

6.2.4 试验报告

6.2.4.1 柴油机标定转速下机车最大起动牵引力及相对应的参数。

6.2.4.2 柴油机部分工况下机车起动牵引力及相对应的参数。

6.3 机车黏着性能试验方法

6.3.1 试验内容

6.3.1.1 柴油机在标定转速下的黏着牵引力试验。

6.3.1.2 柴油机在部分工况下的黏着牵引力试验。

6.3.2 试验方法

6.3.2.1 列车起动后,柴油机以标定转速运行,由陪试机车缓慢地控制列车速度(减速),直到被试机车动轮空转为止,采集空转前的车钩牵引力、运行速度及其他参数。

6.3.2.2 根据被试机车的牵引特性曲线,分别在其他不同柴油机转速(3~5个)状态下重复 6.3.2.1 试验过程。

6.3.2.3 对于电力传动内燃机车,如果装有防空转装置,需要时切除。

6.3.2.4 对于有自动撒砂装置的内燃机车,应人为控制,避免撒砂。需要时切除。

6.3.2.5 对于电力传动内燃机车,试验时,应注意牵引发电机和牵引电动机的电流,避免温升超限;对于液力传动内燃机车,试验时,应注意传动箱工作油的温度,避免超限。

6.3.2.6 测量数据要尽可能多,测点数一般应达到 100~300 个。

6.3.2.7 如果需要进行其他环境条件(如雨、雪、霜等)及撒砂状态下的黏着性能试验,可参照上述步骤控制。

6.3.3 试验数据整理

6.3.3.1 轮周黏着牵引力计算同公式(1)。

6.3.3.2 黏着系数按公式(15)计算:

$$\mu_j = \frac{F_\mu}{P_\mu \cdot g} \quad (15)$$

式中:

μ_j ——计算黏着系数;

F_μ ——机车轮周黏着牵引力,单位为千牛(kN);

P_μ ——机车黏着质量,单位为吨(t);

g ——重力加速度,单位为米每二次方秒(m/s^2), $g=9.81m/s^2$ 。

6.3.4 试验报告

6.3.4.1 汇总试验数据。

6.3.4.2 绘制下列性能曲线:

a) 机车黏着牵引力与速度的关系曲线;

b) 计算黏着系数与速度的关系曲线。

6.3.4.3 拟合黏着系数与速度的关系式见公式(16):

$$\mu_j = f(v) \quad (16)$$

6.4 机车起动加速性能试验方法

6.4.1 试验内容

6.4.1.1 机车牵引预定质量的车列从柴油机转速提升开始加速到机车持续速度和最高运行速度时的全过程。

6.4.1.2 交流异步牵引电动机在起动加速过程中电参数的波形变化情况。

6.4.2 试验方法

6.4.2.1 试验在选定的运营线或专用线上进行,轨面不撒砂。

6.4.2.2 牵引质量的确定可根据合同的要求或按下列近似公式计算:

a) 货运内燃机车按公式(17)计算:

$$G = 1.5N_e \quad (17)$$

式中:

G ——预定牵引质量,单位为吨(t);

N_e ——柴油机装车功率,单位为千瓦(kW)。

b) 客运内燃机车按公式(18)计算:

$$G = 0.55N_e \quad (18)$$

c) 调车内燃机车按公式(19)计算:

$$G = 3.25N_e \quad (19)$$

6.4.2.3 试验时,尽快将柴油机转速升至标定转速,记录起动加速时间、加速距离和速度等参数。

6.4.2.4 试验次数为2~3次。

6.4.3 试验数据整理

以平均加速度来评定机车的起动加速能力,按公式(20)计算:

$$\bar{a} = \frac{v}{3.6t} \quad (20)$$

式中:

$\bar{a}$ ——平均加速度,单位为米每二次方秒(m/s^2);

v ——列车加速到预定的速度,单位为千米每小时(km/h);

t ——机车提升柴油机转速至加速到预定速度所用的时间,单位为秒(s)。

6.4.4 试验报告

6.4.4.1 汇总试验数据。

6.4.4.2 绘制速度与加速时间、加速距离的关系曲线。

6.4.4.3 计算加速到持续速度的平均加速度值。

6.4.4.4 计算加速到最高速度的平均加速度值。

6.4.4.5 计算加速到预定速度时的剩余加速度。

6.4.4.6 交流异步牵引电动机在起动加速过程中的电气参数(包括波形)的变化情况。

6.5 机车阻力试验方法

6.5.1 试验内容

6.5.1.1 起动阻力试验。

6.5.1.2 惰行阻力试验。

6.5.1.3 运行阻力试验。

6.5.2 试验方法及数据整理

6.5.2.1 起动阻力试验方法

6.5.2.1.1 在平直线上,机车不施行任何制动,柴油机处于最低空转位。

6.5.2.1.2 在被试机车车钩和加力装置间安装测力装置,施加拉力的作用线与车钩中心线应重合。

6.5.2.1.3 由加力装置缓慢平滑地对被试机车车钩施加拉力,记录拉力值变化过程,直至机车车轮转动,所测得的机车最大静摩擦力,视为起动阻力。

6.5.2.1.4 被试机车若一端设司机室,则以司机室端为试验方向。试验 10 次,取其算术平均值作为该车的起动阻力。

6.5.2.1.5 被试机车若两端设司机室,则两个方向均做试验。各试验 10 次,并各取其算术平均值,取两个方向中较大值作为该车的起动阻力。

6.5.2.1.6 将起动阻力除以机车的质量,即为该车型的单位起动阻力(取小数点后一位,单位为 N/kN)。

6.5.2.2 惰行阻力试验方法

6.5.2.2.1 试验时,被试机车柴油机处于最低空转位,试验速度为 10km/h 到最高速度。试验速度间隔根据机车的速度范围来确定,不宜大于 10km/h。每一速度下的试验点为 3~5 个。

6.5.2.2.2 试验可采用推送法或溜放法进行。

采用推送法时,被试机车居前,试验车居中(测力系统端与被试机车相连),陪试机车居后,由陪试机车推送并控制速度。试验列车保持预定速度匀速运行,同时记录车钩力、速度等参数。

推送法试验结果按公式(21)计算:

$$w'_{0d} = \frac{F_g}{P \cdot g} - w_r - w_i \quad (21)$$

式中:

w'_{0d} ——惰行单位基本阻力,单位为牛每千牛(N/kN);

F_g ——惰行阻力试验时测得的车钩力,单位为牛(N);

P ——机车质量,单位为吨(t);

g ——重力加速度,单位为米每二次方秒(m/s^2),取 $g = 9.81 m/s^2$;

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)。

采用溜放法时,被试机车单机运行进入试验线路或被陪试机车推入试验线路后提钩自行溜放,连续记录机车溜放过程中的速度、时间及距离等参数。

溜放法试验结果按公式(22)计算:

$$w'_{0d} = 28.3(1 + \gamma) \frac{v_1 - v_2}{\Delta t} - w_r - w_i \quad (22)$$

式中:

w'_{0d} ——惰行单位基本阻力,单位为牛每千牛(N/kN);

γ ——被试机车的回转质量系数,由试验确定,一般取 0.06;

v_1 、 v_2 ——惰行单位基本阻力试验时计算时间间隔的初、末速度,单位为千米每小时(km/h);

Δt ——计算时间间隔,单位为秒(s);

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)。

6.5.2.3 运行阻力试验方法

6.5.2.3.1 运行阻力试验可在拆除被试机车牵引电动机的小齿轮或车轴齿轮箱中牵引小齿轮后,采用推送法或溜放法进行。试验条件同 6.5.2.2.1,试验方法同 6.5.2.2.2。

6.5.2.3.2 运行阻力也可以在测得惰行单位基本阻力的基础上通过计算得到。

a) 对于电力传动内燃机车,将被试机车的牵引电动机型式试验提供的“转速—机械损耗曲线”换

算成“机车运行速度—机械阻力曲线”：

1) 速度换算按公式(23)进行：

$$v = 0.1885 \times \frac{D \cdot n}{\mu_c} \quad (23)$$

式中：

v ——被试机车的换算运行速度，单位为千米每小时(km/h)；

D ——被试机车的实测轮径，单位为米(m)；

n ——牵引电动机转速，单位为转每分钟(r/min)；

μ_c ——被试机车齿轮传动比。

2) 机械阻力换算按公式(24)进行：

$$w_m = 367 \times \frac{P_m}{v \cdot \eta_c \cdot P} \quad (24)$$

式中：

w_m ——被试机车的牵引电动机单位机械阻力，单位为牛每千牛(N/kN)；

P_m ——被试机车全部牵引电动机的机械损耗，单位为千瓦(kW)；

η_c ——牵引齿轮传动效率，取 0.97；

P ——机车质量，单位为吨(t)。

3) 运行单位基本阻力按公式(25)计算：

$$w'_0 = w'_{0d} - w_m \quad (25)$$

b) 对于液力传动内燃机车，运行单位基本阻力按公式(26)计算：

$$w'_0 = w'_{0d} \cdot \eta_{0d} \quad (26)$$

式中：

η_{0d} ——从变速齿轮箱或工况齿轮箱输出轴到车轴齿轮箱的传动效率。

6.5.3 试验报告

6.5.3.1 汇总试验数据。

6.5.3.2 计算机车单位起动阻力。

6.5.3.3 测得的不同速度下的单位基本阻力分别用公式(27)、(28)表示：

$$w'_{0d} = a + bv + cv^2 \quad (27)$$

$$w'_0 = A + Bv + Cv^2 \quad (28)$$

式中：

a, b, c, A, B, C ——回归待定系数；

v ——运行速度，单位为千米每小时(km/h)。

6.5.3.4 根据回归得到的单位基本阻力试验公式，绘制单位基本阻力与运行速度的关系曲线。

6.6 牵引电动机温升试验方法

6.6.1 试验内容

6.6.1.1 电枢绕组温升试验。

6.6.1.2 励磁绕组温升试验(仅对直流牵引电机)。

6.6.2 试验方法

6.6.2.1 绕组的温度建议用电阻法(同时测量直流电压、电流值)测量。

6.6.2.2 利用陪试机车，控制被试机车在持续工况下连续运行至绕组的温升在最后 1 h 内不超过 1℃ 时，认为绕组的温升已基本稳定，试验可以结束。

6.6.2.3 试验时，测量牵引电机的进、出风口处的温度。

6.6.2.4 根据各支路电流分配试验的结果以及通过对各牵引电动机通风量的测量,选择工作条件较差的一个牵引电动机作为被试对象。

6.6.2.5 绕组冷态温度测量:试验前,机车应在车库内停放 24 h 以上,方可测量绕组在实际冷状态下的温度。同时测量绕组(温度计埋置时间不应少于 15 min)和环境温度。测得二个温度之间差值均应不超过 3℃,此时被测绕组的温度即为实际冷状态下的温度。

6.6.2.6 绕组冷态直流电阻测量:应在 6.6.2.5 之后立即进行测量。建议采用电压稳定的直流电源,用电阻法测量。测量时转子应静止不动,测量电压值与被测绕组应接触良好,测量电流的数值不应大于被测绕组额定电流的 10%,每次通电时间不超过 2 min。每一绕组电阻至少应在三种不同电流值下进行测量,取其平均值,每个测量值与平均值之差应不超过平均值的 ±2%。

6.6.2.7 电枢绕组温升试验:采用停机外推法推算出停机瞬间绕组的温升。试验时,控制机车在额定工况持续速度下连续运行直到温升基本稳定后,立刻停机。利用电阻法测量绕组的热电阻,应尽快测取绕组热电阻(直流电动机应在绕组的集电环表面上测量)。停车后 45 s 内测量出第一点,以后连续测出一系列电阻值,并记录相应的时间,每次测量的时间间隔不超过 20 s,该过程至少持续 3 min。

6.6.2.8 励磁绕组的温升试验(仅对直流牵引电动机):试验开始后,每 10 min 记录一次有关参数,直至温升基本稳定为止。

6.6.3 试验数据整理

6.6.3.1 采用电阻法测量,其温升按公式(29)计算:

$$\tau = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (K + t_1) + t_1 - t_2 \quad (29)$$

式中:

τ ——绕组温升值,单位为摄氏度(℃);

K ——对铜绕组取 235;

R_1 ——绕组冷态电阻,单位为欧(Ω);

t_1 ——对应于 R_1 测量时的绕组温度,单位为摄氏度(℃);

R_2 ——绕组热态电阻,单位为欧(Ω);

t_2 ——对应于 R_2 时的冷却空气温度,单位为摄氏度(℃)。

6.6.3.2 试验时,如果冷却空气温度低于 10℃,则应对绕组温升限值进行修正,即减去修正值 Δ ,修正值 Δ 按公式(30)计算:

$$\Delta = \frac{40 - t}{5} \times \frac{\tau_1}{100} \quad (30)$$

式中:

Δ ——温升限值修正值,单位为摄氏度(℃);

t ——试验时冷却空气的温度,单位为摄氏度(℃);

τ_1 ——各绕组的温升限值,单位为摄氏度(℃)。

6.6.3.3 当温升试验时的电流与额定值略有不同时,绕组的温升 τ_n 可按公式(31)修正:

$$\tau_n = \tau \left(\frac{I_n}{I} \right)^2 \quad (31)$$

式中:

τ_n ——温升修正值,单位为摄氏度(℃);

I ——温升试验时的电流,取试验最后 1h 内电流的平均值,单位为安(A);

I_n ——额定电流值,单位为安(A);

τ ——对应于试验电流 I 时的绕组温升,单位为摄氏度(℃)。

但是 $\frac{I_n - I}{I} \times 100\%$ 应不超过 $\pm 5\%$ 。

6.6.3.4 根据电枢绕组温升试验的计算结果绘出电阻对于时间的关系曲线,延长曲线可得出停机瞬间绕组的热电阻值 R_2 。

将试验结束前 1 h 的冷却空气平均温度 t_2 和 R_2 、 t_1 、 R_1 值代入公式(29)计算,可得出电枢绕组的温升 τ 值。

6.6.4 试验报告

6.6.4.1 汇总试验数据。

6.6.4.2 绘制温升曲线。

6.6.4.3 分别计算电枢绕组和励磁绕组的温升值。

6.7 动力制动性能试验方法

6.7.1 试验内容

6.7.1.1 电力传动机车的电阻制动性能试验。

6.7.1.2 液力传动机车的液力制动性能试验。

6.7.2 试验方法

6.7.2.1 试验采用推送法。被试机车居前,试验车居中(测力系统端与被试机车相连),陪试机车居后。

6.7.2.2 试验时,被试机车施行动力制动,不允许使用空气制动。由陪试机车控制运行速度。

6.7.2.3 除最大动力制动位进行试验外,可选择 3~5 种不同制动位进行试验。

6.7.2.4 各测点之间的速度间隔应根据机车的速度范围来确定,不宜大于 10 km/h。试验记录时速度应稳定。

6.7.2.5 也可采用加速法或减速法进行试验。

6.7.2.6 对于电力传动机车,在试验过程中各牵引电动机的制动电流、励磁电流不应超过规定值;还应测出多级电阻制动的转换速度。

6.7.2.7 对于液力传动机车,在试验过程中液力制动器的工作油温、油压不应超过规定值。

6.7.3 试验数据整理

6.7.3.1 轮周制动力按公式(32)计算:

$$B = B_g - P \cdot g \times 10^{-3} (w'_0 + w_r + w_i + w_a) \quad (32)$$

式中:

B ——机车轮周制动力,单位为千牛(kN);

B_g ——实测的车钩制动力,单位为千牛(kN);

P ——机车质量,单位为吨(t);

g ——重力加速度,单位为米每平方秒, $g = 9.81 \text{ m/s}^2$;

w'_0 ——机车运行单位基本阻力,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);

w_a ——机车单位加速阻力,单位为牛每千牛(N/kN),按 6.1.3.1 中公式计算。

6.7.4 试验报告

6.7.4.1 汇总试验数据。

6.7.4.2 绘制机车轮周制动力与运行速度的关系曲线。