

中国铁道科学研究院集团有限公司

标准计量研究所文件

标计 [2022]90 号

关于发送铁道行业标准《电力机车及电动车组牵引辅助系统试验方法 阻力、效率及能量消耗试验》征求意见二稿的函

国铁集团科信部、机辆部，北京局、沈阳局、上海局、武汉局、广州局集团公司，北京交通大学、西南交通大学、中南大学、青岛四方阿尔斯通铁路运输设备有限公司（AST）、中车青岛四方车辆研究所有限公司、中车株洲电力机车研究所有限公司、中车大同电力机车有限公司、中车南京浦镇车辆有限公司、中车永济电机有限公司、北京纵横机电科技有限公司：

根据国家铁路局标准项目计划的要求，由中国铁道科学研究院集团有限公司标准计量研究所归口，由中国铁道科学研究院集团有限公司机车车辆研究所、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、中车唐山机车车辆有限公司、中国铁道科学研究院集团有限公司标准计量研究所、中车株洲电力机车有限公司、中车大连机车车辆有限公司共同起草的铁道行业标准《电力机车及电动车组牵引辅助系统试验方法 阻力、效率及能量消耗试验》已经完成征求意见二稿，现发送给贵单位征求意见。

请将审查意见于2022年8月28日前反馈铁科院机辆所。

回函地址：北京市海淀区大柳树路2号，铁科院机辆所。

联系人：张世聪 邮箱：wizardzsc@126.com

联系电话：18211090611

附件：铁道行业标准《电力机车及电动车组牵引辅助系统试验方法 阻力、效率及能量消耗试验》征求意见二稿及编制说明。

铁科院集团公司标准计量研究所

2022年7月28日



抄送：国家铁路局科技与法制司、设备监管司、装备技术中心、规划与标准研究院，中国铁道科学研究院集团有限公司机车车辆研究所、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、中车唐山机车车辆有限公司、中车株洲电力机车有限公司、中车大连机车车辆有限公司。

中华人民共和国铁道行业标准

TB/T XXXXX—XXXX

代替 TB/T 2509-2014、TB/T 2514-2014，部分代替 TB/T 3523.1-2018

电力机车及电动车组牵引辅助系统试验方法 阻力、效率及能量消耗试验

Test methods of traction system and auxiliary system equipped on the electric locomotive and EMU Test for resistance, traction efficiency and energy consumption

(征求意见稿二稿)

(本稿完成日期 2022 年 7 月 22 日)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 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 阻力试验	1
5 牵引效率试验	4
6 能量消耗试验	7

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。

本文件代替TB/T2509-2014《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》，部分代替TB/T 3523.1-2018《交流传动电力机车试验方法 第1部分：输出特性试验》，本文件合并修订TB/T 2509-2014和TB/T 2514-2014中的电动车组相关内容，并将TB/T 3523.1-2018中机车阻力试验和总效率试验相关内容纳入本文件，与上述文件相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 增加了术语和定义（见第3章）；
- b) 删除了阻力和牵引效率试验中的“试验设备”的要求（见TB/T 2514-2014和TB/T 2509-2014的第4章）
- c) 更改了阻力试验和牵引效率试验中“试验条件”的要求（见4.1、5.1，TB/T 2514-2014的第3章、TB/T2509-2014的第3章和TB/T 3523.1-2018的3.3）
- d) 更改了阻力试验和牵引效率试验中的“测量参数”（见4.2、5.2，TB/T 2514-2014的第5章和TB/T2509-2014的第5章）
- e) 增加了起动力试验方法（见4.3.1、4.4.1）；
- f) 删除了阻力试验中的“试验准备”、“试验时的前进方向”和“试验速度点的选取”的要求（见TB/T 2514-2014的6.1、6.2和6.3和TB/T 3523.1-2018的3.2）；
- g) 删除了阻力试验中的“惰行/运行基本阻力的计算”的要求（见TB/T 2514-2014的7.6和TB/T 3523.1-2018的4.1.2.5）；
- h) 删除了牵引效率试验中的“试验准备”中的部分要求（见TB/T2509-2014的6.1）；
- i) 增加了混合动力机车及动车组（弓网受流/内燃发电机/储能式电源驱动方式）的牵引效率测试方法（见5.3、5.4）；
- j) 更改了牵引效率试验中牵引手柄级位的要求（见5.3.8、5.3.9）；
- k) 增加了电力机车及电动车组能量消耗试验方法。

本标准由中国铁道科学研究院集团有限公司标准计量研究所归口。

本标准起草单位：中国铁道科学研究院集团有限公司机车车辆研究所、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、中车唐山机车车辆有限公司、中国铁道科学研究院集团有限公司标准计量研究所、中车株洲电力机车有限公司、中车大连机车车辆有限公司。

本标准主要起草人：张世聪、王雅婷、黄金、徐力、孙超、刘建城、况阳、宋子贤、付磊、文秧林、王威。

本标准所代替标准的历次版本发布情况：

- TB/T 2509，1995年首次发布，2014年第一次修订；
- TB/T 2514，1995年首次发布，2014年第一次修订；
- TB/T 3523.1，2018年首次发布，并入TB/T 2510-1995、TB/T 2511-1995、TB/T 2515-1995的内容，部分纳入TB/T 2509-2014、TB/T 2514-2014的内容；
- 本次为第二次修订。

电力机车及电动车组牵引辅助系统试验方法

阻力、效率及能量消耗试验

1 范围

本标准规定了交流传动电力机车及动力分散电动车组的阻力试验、牵引效率试验、能量消耗试验。本标准适用于单相交流25kV、50Hz供电的交流传动电力机车（以下简称机车）、动力分散动车组（以下简称动车组），其他类型机车及动车组可参照使用。

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 2900.36 电工术语 电力牵引

TB/T 1407.1 列车牵引计算 第1部分：机车牵引式列车

3 术语和定义

GB/T 2900.36 所界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 车载储能式电源 energy storage power supply on board

能储存能量并可以驱动机车或动车组牵引的车载电源。

注：储能式电源包括但不限于蓄电池（如动力电池等）及燃料电池供能系统等型式。

3.2 内燃辅助发电机 internal combustion auxiliary generator

可由内燃发电机驱动牵引的动车组上，与内燃主发电机共同串联于内燃机曲轴的辅助发电机。

注：其输出电能可用于牵引系统冷却系统、控制系统、与安全驾驶相关的用电设备及保证旅客的舒适性和安全性的车载辅助设备等的用电。

4 阻力试验

4.1 试验条件

4.1.1 线路条件

线路条件如下：

- 试验应在明线进行，且线路轨面黏着良好。
- 试验线路允许速度应满足被试机车或动车组最高运行速度的要求。
- 起动阻力试验应选择在一系列具有由小到大的不同坡度的直线区段进行。
- 运行试验时线路宜选择平直区段进行。若在已知曲线半径或坡度的非平直区段进行，应考虑坡

道及曲线附加阻力的影响。

4.1.2 环境条件

环境条件如下：

- a) 风速不应大于 3.3m/s；
- b) 试验不应在雨、雪及其它恶劣环境条件下进行。
- c) 当试验时环境条件与规定偏离时，应对试验结果的有效性进行评估。

4.1.3 载荷条件

载荷条件如下：

- a) 机车载荷状态为整备载荷；
- b) 动车组载荷状态为定员载荷。

4.1.4 其他

制造商应提供被试机车、动车组回转质量系数。制造商应提供被试机车、动车组牵引计算时采用的运行阻力计算公式以及气动阻力风洞试验结果（若有）。

4.2 测量参数

测量参数及单位应符合表 1 的规定。

表1 阻力试验测量参数

测量参数	单位
速度	km/h
时间	s

4.3 试验方法

4.3.1 起动阻力试验采用溜放法，试验方法如下：

- a) 在若干选定的不同坡度直线区段上，按照坡度从小到大的顺序，依次进行起动阻力试验；
- b) 被试机车或动车组停于坡道上，受电弓升起，制动缓解，观察被试机车或动车组是否溜车；
- c) 同一坡度下进行 3 次试验，只要 1 次发生溜车则判定被试机车或动车组起动阻力小于该坡道附加阻力，记录试验中发生溜车的最小坡度。

4.3.2 惰行阻力试验采用溜放法。被试机车或动车组运行进入采样区段前应达到预定速度，进入采样区段后断主断路器惰行，连续记录惰行速度及相应的时间参数。

4.4 试验数据整理

4.4.1 被试机车或动车组起动阻力试验中若发生溜车的最小坡度小于 1%，则单位起动基本阻力为 1N/kN；若发生溜车的最小坡度大于或等于 1%且小于 2%，则单位起动基本阻力为 2N/kN，依此类推。

4.4.2 惰行阻力试验在曲线或坡道区段进行时，应按 TB/T 1407.1 折算单位曲线附加阻力或单位坡道附加阻力，试验结果按公式（1）计算：

$$w_0'' = 28.3 \times (1+x) \times \frac{v_1 - v_2}{\Delta t} - w_r - w_i \dots \dots \dots (1)$$

式中：

- w_0'' —— Δt 内的平均速度所对应的惰行单位基本阻力，单位为牛顿每千牛（N/kN）；
- v_1 ——在一定时间间隔内惰行的初速度，单位为千米每小时（km/h）；
- v_2 ——在一定时间间隔内惰行的末速度，单位为千米每小时（km/h）；
- Δt ——速度由 v_1 降至 v_2 所需的时间，单位为秒（s）；
- x ——回转质量系数；

w_r ——单位曲线附加阻力，单位为牛顿每千牛（N/kN）；

w_i ——单位坡道附加阻力，单位为牛顿每千牛（N/kN）。

4.4.3 测得的不同速度下的惰行单位基本阻力值，按公式（2）用最小二乘法进行回归：

$$w'_0 = a + bv + cv^2 \dots\dots\dots (2)$$

式中：

w'_0 ——惰行单位基本阻力，单位为牛顿每千牛（N/kN）；

a 、 b 、 c ——回归待定系数， a 不应大于起动阻力数值；

v ——速度，单位为千米每小时（km/h）。

根据回归得到的惰行单位基本阻力试验公式，给出以速度为横坐标，惰行单位基本阻力为纵坐标的拟合曲线。

对应各种速度下的惰行单位基本阻力与牵引电机及传动齿轮单位机械阻力值之差，称为该速度下的单位运行基本阻力。一般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，采用算法获得机车或动车组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”。速度换算方法应符合公式（3）的规定。

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

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）；

\sim_g ——齿轮传动比。

单位机械阻力换算方法应符合公式（4）的规定。

$$w'_m = 367 \times \frac{P_m}{v \times y_g \times m_2} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

w'_m ——牵引电动机单位机械阻力，单位为牛顿每千牛（N/kN）；

P_m ——全部牵引电机的机械损耗，单位为千瓦特（kW）；

m_2 ——被试机车计算整备质量或动车组定员质量，单位为吨（t）；

y_g ——机械传动效率，由部件型式试验报告获取。

整理出试验报告，试验报告应包括以下内容：

- a) 被试机车及动车组编号；
- b) 试验时间、地点；
- c) 试验时环境条件，包括温度、湿度、海拔、大气压力和平均风速；
- d) 单位基本阻力试验公式和试验结果拟合曲线。

5 牵引效率试验

5.1 试验条件

5.1.1 试验不应在雨、雪及其它恶劣环境条件下进行。

5.1.2 机车试验可采用加挂陪试机车或负载列车的编组方式以满足调速要求。一般被试机车在前，陪试机车或负载列车居后。

5.1.3 试验线路允许速度应满足试验速度的要求。

5.1.4 试验时接触网应能满足被试机车及动车组满功率牵引的要求。

5.1.5 制造商应提供被试动车组的旅客用电设备清单。

5.1.6 制造商应提供机车及动车组的牵引变压器、变流器、牵引电机和传动装置型式试验报告和效率试验结果。

5.2 测量参数

测量参数及单位应符合表2的规定。

表2 牵引效率试验测量参数

测量参数	单位
速度	km/h
时间	s
牵引电机输入电压	V
牵引电机输入电流	A
网压	V
网流	A
储能式电源输出电压	V
储能式电源输出电流	A
内燃主发电机输出单相电压瞬时值	V
内燃主发电机输出单相电流瞬时值	A
内燃辅助发电机输出单相电压瞬时值	V
内燃辅助发电机输出单相电流瞬时值	A
车钩牵引力	kN

5.3 试验方法

5.3.1 被试机车及动车组的牵引效率测试应充分考虑牵引系统拓扑结构以及在不同能量输入方式下（如接触网、内燃机或储能式电源等单独供电方式）的能量流动，见图1。

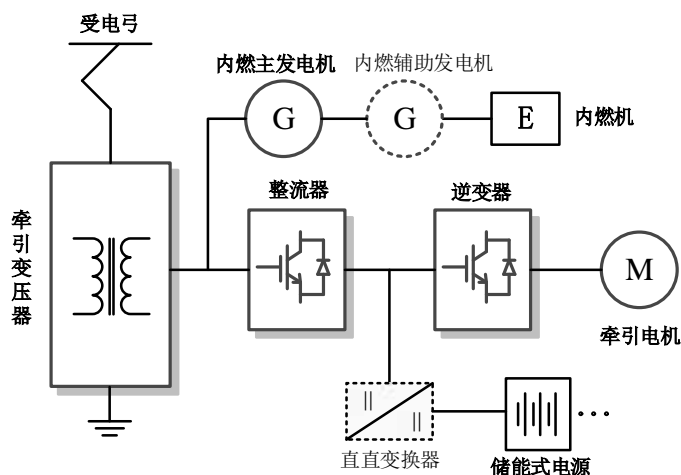


图 1 被试机车及动车组牵引系统组成框图

5.3.2 当机车及动车组包含多个受电弓、多组储能式电源或多台内燃发电机牵引单元时，应以单个受电弓、单组储能式电源或单台内燃发电机为单位进行试验得到牵引效率。

5.3.3 只对单一能量来源驱动时的机车或动车组牵引效率进行计算，而不考虑多种能量来源共同驱动时的牵引效率。

5.3.4 储能式电源驱动机车或动车组在试验开始前，需将储能式电源充至满电状态，若为燃料电池，保证其工作状态正常。并联供电的多个储能式电源视作同一组电源计算总能量输入功率。

5.3.5 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），关闭生活辅助设施，如窗加热、空调、脚炉、暖风机和厕所加热压等设备。带列车供电系统的被试机车试验时，应根据技术规范要求确认列车供电系统工作状态。同时要确保试验过程中不会对储能式电源进行充电（如有）。

5.3.6 动车组试验开始前关闭全部舒适性负载，如空调、取暖、车内照明、娱乐等设备，并确保试验过程中不会对储能式电源进行充电（如有）。

5.3.7 电力机车牵引效率试验可采用加速法或推送法，其中推送法为仲裁法。动车组牵引效率试验采用加速法。

5.3.8 加速法试验时，动车组或加挂负载列车的机车主手柄放置在牵引满级加速或指定功率发挥位置，进入恒功区后连续记录测量参数到规定运行速度。

5.3.9 推送法试验时，被试机车在前，试验车居中，陪试机车居后，被试机车处于牵引工况，陪试机车处于电气制动工况。进入恒功区前牵引手柄放置满级或指定功率发挥位置，陪试机车控制速度，当速度平衡后，连续记录测量参数，相邻试验点速度间隔不大于 5 km/h，直至达到被试机车的最高运行速度。

5.4 试验数据整理

5.4.1 牵引电机单相输入有功功率 P_x 按公式（5）计算。

$$P_x = \frac{1}{T} \int_0^T u_x(t) \times i_x(t) dt \times 10^{-3} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

P_x ——牵引电机单相输入有功功率，单位为千瓦（kW）；

T ——牵引效率计算周期，单位为秒（s）；

$u_x(t)$ ——牵引电机输入单相电压瞬时值，单位为伏特（V）；

$i_x(t)$ ——牵引电机输入单相电流瞬时值，单位为安培（A）；

x ——牵引电机u、v、w相中的某一相。

牵引电机输入有功功率为三相有功功率相加。

5.4.2 加速法轮周输出功率按公式（6）计算。

$$P_k = \sum_{i=1}^M P_i \times y_m \times y_g \dots\dots\dots (6)$$

式中：

P_k ——轮周输出功率，单位为千瓦（kW）；

P_i ——实测第*i*个牵引电机输入有功功率，单位为千瓦（kW）；

M ——单个受电弓、单组储能式电源或单台内燃发电机下的牵引电机台数；

y_m ——牵引电机效率，由部件型式试验报告获取；

y_g ——机械传动效率，由部件型式试验报告获取，永磁直驱机车及动车组为联轴节传动效率。

当机车及动车组单个受电弓、单组储能式电源或单台内燃发电机下的牵引电机数量较多时，可选取一定数量电机进行测试，其余电机功率发挥认为与被测电机平均水平相当。

5.4.3 推送法轮周输出功率按公式（7）计算：

$$P_k = \frac{F \times v}{3.6} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

F ——电力机车轮周牵引力，单位为千牛顿（kN）；

v ——运行速度，单位为千米每小时（km/h）。

电力机车轮周牵引力按公式（8）计算：

$$F = F_g + w'_0 \times m \times 9.81 \times 10^{-3} \dots\dots\dots (8)$$

式中：

F_g ——实测的车钩牵引力，单位为千牛顿（kN）；

w'_0 ——对应速度下的电力机车总单位阻力，单位为牛顿每千牛顿（N/kN）；

m ——电力机车整备质量，单位为吨（t）。

5.4.4 能量输入侧功率按公式（9）计算。

$$P_{in} = \begin{cases} \frac{1}{T} \int_0^T (u_L(t) \times i_L(t)) dt \times 10^{-3} & \text{（适用于弓网受流牵引）} \\ \frac{1}{T} \int_0^T (u_B(t) \times i_B(t)) dt \times 10^{-3} & \text{（适用于储能式电源牵引）} \\ \frac{1}{T} \int_0^T (\sum_y (u_{lmy}(t) \times i_{lmy}(t)) + \sum_z (u_{laz}(t) \times i_{laz}(t))) dt \times 10^{-3} & \text{（适用于内燃发电机牵引）} \end{cases} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

- P_m ——能量输入侧有功功率，单位为千瓦（kW）；
- $u_L(t)$ ——网压瞬时值，单位为伏特（V）；
- $i_L(t)$ ——网流瞬时值，单位为安培（A）；
- $u_B(t)$ ——储能式电源输出电压瞬时值，单位为伏特（V）；
- $i_B(t)$ ——储能式电源输出电流瞬时值，单位为安培（A）；
- $u_{lmy}(t)$ ——内燃主发电机输出单相电压瞬时值，单位为伏特（V）；
- $i_{lmy}(t)$ ——内燃主发电机输出单相电流瞬时值，单位为安培（A）；
- $u_{lay}(t)$ ——内燃辅助发电机输出单相电压瞬时值，单位为伏特（V）；
- $i_{lay}(t)$ ——内燃辅助发电机输出单相电流瞬时值，单位为安培（A）；
- y——内燃主发电机输出u、v、w相中的某一相；
- z——内燃辅助发电机输出u、v、w相中的某一相。

无法测得网流时，可分别测量单受电弓下各牵引变压器原边输入有功功率，网侧有功功率为所有变压器原边输入有功功率之和。

内燃发电机驱动试验中，若装有内燃辅助发电机，由内燃辅助发电机的输出电压和电流计算出内燃辅助发电机的输出功率，若内燃辅助发电机的输出电压和电流无法测得，则由制造商提供内燃辅助发电机在试验工况下的输出功率；若无内燃辅助发电机，则公式（9）中内燃辅助发电机输出功率一项为零。

5.4.5 牵引效率按公式（10）计算。

$$y = \frac{P_k}{P_{in}} \dots\dots\dots (10)$$

式中：

y——牵引效率，%。

根据测试结果得到的速度和牵引效率散点，绘制以速度为横坐标，机车或动车组牵引效率为纵坐标的牵引效率曲线。

5.4.6 整理出试验报告，试验报告应包括以下内容：

- a) 被试机车或动车组编号
- b) 试验时间、地点；
- c) 试验时环境条件，包括温度、湿度、大气压力和风速；
- d) 牵引效率试验结果。

6 能量消耗试验

6.1 试验条件

- 6.1.1 机车载荷状态为整备载荷，动车组载荷状态为定员载荷。
- 6.1.2 机车试验可采用加挂陪试机车或负载列车的编组方式以满足调速要求。一般被试机车在前，陪试机车或负载列车居后。
- 6.1.3 不应在对试验结果有较大影响的环境条件下进行，如恶劣天气时。
- 6.1.4 试验时接触网电压应能满足被试机车及动车组满功率牵引的要求。

6.1.5 试验线路允许速度应满足最高试验速度的要求。

6.2 测量参数

测量参数及单位应符合表3的规定。

表3 能量消耗试验测量参数

测量参数	单位
速度	km/h
运行时间	s
运行距离	km
网压	V
网流	A
储能式电源输出电压	V
储能式电源输出电流	A

6.3 试验方法

6.3.1 机车有功电流的测定方法如下：

- 被试机车牵引有功电流测定时，被试机车为牵引工况，陪试机车为电气制动工况。将司控手柄置于满级位或指定功率发挥位置，由陪试机车控制列车速度，均匀地选取速度点进行测试，相邻试验点速度间隔宜选取 $5\text{km/h} \pm 2\text{km/h}$ ，待速度稳定后，同步采集各参数。
- 被试机车再生制动发电有功电流测定时，被试机车为电气制动工况，陪试机车为牵引工况。将司控手柄置于再生制动满功率对应级位或指定功率发挥位置，由陪试机车控制列车速度，均匀地选取速度点进行测试，相邻试验点速度间隔宜选取 $5\text{km/h} \pm 2\text{km/h}$ ，待速度稳定后，同步采集各参数。
- 被试机车静止、惰行、实施空气制动时的自用电有功电流也应测量。

6.3.2 动车组有功电流测定方法如下：

- 被试动车组牵引有功电流测定时，将被试动车组的司控手柄置于满级位或指定功率发挥位置，加速至最高运行速度或规定速度，同步采集各参数。
- 被试动车组再生制动发电有功电流测定时，被试动车组以规定的初速度实施再生制动，将司控手柄置于再生制动满功率对应级位或指定功率发挥位置，动车组减速至再生制动消除或规定速度，同步采集各参数。
- 也应测量被试动车组静止、惰行、实施空气制动时的自用电有功电流。

6.3.3 动车组平直道人均百公里能量消耗试验方法如下：

- 最高试验速度为动车组最高运行速度，宜每 10km/h 为一档逐级测量，最低测试速度宜不低于最高运行速度的 60%；
- 宜恒速运行，动车组实际速度应在目标速度 $\pm 2\text{km/h}$ 内波动，可通过自动定速功能或手动控制实现；
- 动车组进入试验区段前应达到预定速度，试验区段平直道长度应满足恒速控制调节周期运行距离要求，周期样本数不少于 3 个，两个方向均进行测试。

6.3.4 动车组区段运行能量消耗试验方法如下：

- 选择动车组典型运用区段进行该项试验，往返运行；
- 试验速度级应包括最高运行速度等级。此外，宜再选取动车组降级运行模式下的典型速度级；
- 在限速要求下控制动车组运行速度，实际速度应保持在目标速度 $\pm 5\text{km/h}$ 范围内；
- 司机操纵方案应使能耗测试结果贴近实际运营能耗。每个速度级的出站方式相同，动车组从指定车站发车，出站后手柄推至牵引满级到达试验速度，之后按预定速度恒速运行。每个速度级的进站方式相同，进站前实施制动减速的地点及制动级位根据速度级进行调整；

e) 动车组宜采用自动过分相方式通过分相区。

6.3.5 动车组静置能量消耗试验方法如下：

- a) 动车组静置状态，待辅助供电系统全部负载工作稳定后，处于正常工作状态；
- b) 连续测量 5min，将耗电量结果折算至单位小时。

6.3.6 对于储能式电源驱动的机车或动车组，可以参照弓网受流驱动的机车或动车组，按其技术条件中规定的负载工况及周期运行，以测试能量消耗情况。

6.4 试验数据整理

6.4.1 如果牵引或电气制动特性与轮径有关，且试验时轮径与评估用轮径（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，半磨耗轮速度 v_B 按公式（11）计算：

$$v_B = v \times D_B / D \dots\dots\dots (11)$$

式中：

- D ——试验时实测轮径，单位为毫米（mm）；
- D_B ——半磨耗轮轮径，单位为毫米（mm）；
- 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）；

6.4.2 机车或动车组网端有功电流应归算到 25kV，按照公式（12）计算：

$$I_{YG} = I_C \times \} \times U_C / 25 \dots\dots\dots (12)$$

式中：

- I_{YG} ——归算到25kV网压时的网端有功电流（有效值），单位为安培（A）；
- I_C ——试验时实测网端供电电流（有效值），单位为安培（A）；
- $\}$ ——功率因数；
- U_C ——试验时实测网压（有效值），单位为千伏（kV）；

6.4.3 根据测试结果得到被试机车或动车组的速度和网端有功电流散点，绘制以速度为横坐标，网端有功电流为纵坐标的特性曲线。

6.4.4 测量动车组网压、网流后计算得出网端功率，按公式（13）计算：

$$P_L = \frac{1}{T_1} \int_0^{T_1} u_L(t) \times i_L(t) dt \times 10^{-3} \dots\dots\dots (13)$$

式中：

- $u_L(t)$ ——网压瞬时值，单位为伏特（V）；
- $i_L(t)$ ——网流瞬时值，单位为安培（A）；
- T_1 ——网端功率计算周期，单位为秒（s）；
- P_L ——网端功率，单位为千瓦（kW）。

在动车组运行过程中，网端功率为正时，表示动车组从接触网获取电能，网端功率连续为正的若干时间段内的累积电量为动车组的用电量。

在动车组运行过程中，网端功率为负时，表示动车组反馈至接触网电能，网端功率连续为负的若干时间段内的累积电量为动车组的发电量。

在动车组静置过程中，统计时间内的累积电量为动车组的静置耗电量。

6.4.5 规定统计时间内动车组的用电量、发电量与静置耗电量之和为动车组的耗电量，按公式（14）计算：

$$Q = \frac{\int_0^{t_u} P_L dt}{3600} \dots\dots\dots (14)$$

式中：

Q ——耗电量，单位为千瓦时（kWh）；

t_u ——运行时间，单位为（s）。

区段耗电量的计算按照6.3.4的试验方法，利用公式（14）进行计算。

6.4.6 采用拼接的方式对动车组平直道耗电量进行综合处理，即对所有样本数据的耗电量进行累加，同时对样本区段的长度进行累加，之后进行人均百公里耗电量的计算，按公式（15）计算：

$$E_{av} = \frac{Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n}{N(S_1 + S_2 + \dots + S_n)} \times 100 \dots\dots\dots (15)$$

式中：

E_{av} ——平直道人均百公里耗电量平均值，单位为千瓦时每人每百公里（kWh/p/hkm）；

$Q_1、Q_2\dots\dots Q_n$ ——不同平直道区段样本耗电量，单位为千瓦时（kWh）；

N ——动车组定员；

$S_1、S_2\dots\dots S_n$ ——不同平直道区段样本长度，单位为千米（km）。

6.4.7 整理出试验报告，试验报告应包括以下内容：

- a) 被试机车及动车组编号
- b) 试验时间、地点；
- c) 试验时环境条件，包括温度、湿度、大气压力和风速；
- d) 能量消耗试验结果。

铁道行业标准《电力机车及电动车组牵引辅助系统试验方法 阻力、效率及能量消耗试验》
(征求意见稿二稿)
编制说明

1 工作简况

1.1 编制依据

根据《国家铁路局 2020 年铁路技术标准项目计划》(国铁科法函〔2020〕33 号)中 20T007 和《国家铁路局 2020 年铁路技术标准项目计划(承担单位)》(国家铁路局科法函〔2020〕29 号)的要求,由中国铁道科学研究院集团有限公司标准计量研究所归口,并由中国铁道科学研究院集团有限公司机车车辆研究所、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、中车唐山机车车辆有限公司、中车株洲电力机车有限公司、中车大连机车车辆有限公司、中国铁道科学研究院集团有限公司标准计量研究所共同起草《电力机车及电动车组牵引辅助系统试验方法 阻力、效率及能量消耗试验》。

本标准是对 TB/T 2509-2014《电力机车及电动车组牵引效率试验方法》以及 TB/T 2514-2014《电力机车及电动车组阻力试验方法》的整合修订,并将 TB/T 3523.1-2018《交流传动电力机车试验方法 第 1 部分:输出特性试验》中机车阻力试验和总效率试验相关内容纳入。

1.2 制修订本标准的必要性

在轨道交通整体要求经济、环保的发展趋势下,机车及动车组阻力、效率及节能水平成为评价其整体性能水平的关键参数,三者关联性强,也是制订我国牵规中列车基本参数的依据。

TB/T2509-2014《电力机车及电动车组牵引效率试验方法》规定了交流传动电力机车和动力分散型电动车组牵引效率试验方法,但未涵盖近期发展的一些动车组类型和技术,如混合动力机车及动车组以及永磁牵引系统、应急电池自走行技术等,其对应的试验方法和数据处理有一定差异。

TB/T2514-2014《电力机车及电动车组阻力试验方法》中缺少交流传动电力机车和动力分散型电动车组起动阻力测试以及阻力公式系数受环境条件参数影响的处理方法。

能耗指标越来越成为行业关注的重点,机车能量消耗的计算和试验方法在 TB/T 1407.1-2018《列车牵引计算 第 1 部分:机车牵引式列车》和 TB/T 3523.2-2018《交流传动电力机车试验方法 第 2 部分:输入特性试验》中有部分涉及,但尚未有相关的独立标准;动车组能量消耗试验在 IEC 61133 标准及《高速动车组整车试验规范》中均有要求,

但在具体实施的过程中方法不明晰，对试验结果的分类和评判较为粗糙。造成这种现象的主要原因是由于没有相应的支撑标准对机车车辆详细的能耗定义和分类进行规定。IEC 已发布 IEC 62888 《Railway applications - Energy measurement on board trains》系列标准，提出了对车载能量记录装置的要求，但并不涉及对整车能耗水平的测试和评价。因此在整车试验中，机车及动车组能耗水平的试验方法、能耗指标计算方法仍有待形成规范以指导试验。综上，应该对以上标准进行整合修订。

1.3 编制过程

在本标准的编制过程中，标准第一起草单位组织相关参加单位成立了标准编制项目组，依据标准第一起草单位前期的试验数据和经验积累，项目组对电力机车及电动车组阻力、效率及能量消耗试验方法展开研究，完成了条文编写工作。标准编制过程概要如下：

(1) 自项目计划下达后，在归口单位指导下，铁科院集团公司机辆所、标准所，中车长客股份、四方股份、唐山公司、株机公司、大连公司成立起草组，对电力机车及电动车组的起动阻力、混合动力电力机车及电动车组的牵引效率试验方法、电力机车及电动车组的能量消耗试验方法等情况进行了调研，收集了相关技术资料，形成了本标准的草案稿。

(2) 标准起草组对前期工作和标准草案深入讨论研究后，2021年1月形成了本标准的征求意见稿（标记〔2021〕30号），归口单位将征求意见稿发往国铁集团科信部、机辆部，沈阳局集团公司、中车株洲所等15个单位进行意见征集。

标准起草组结合国家铁路局纳入 TB/T3523.1-2018 部分内容的要求，2022年7月形成了本标准的征求意见稿二稿（标计〔2022〕90号），归口单位将征求意见稿发往中国国家铁路集团有限公司机辆部、科信部，北京铁路局集团有限公司、中车株洲电力机车研究所有限公司、青岛四方阿尔斯通等17个单位进行意见征集。

2 编制原则

- 2.1 标准格式统一、规范，符合 GB/T 1.1-2020 要求。
- 2.2 标准内容符合统一性、协调性、适用性、一致性、规范性要求。
- 2.3 标准技术内容安全可靠、成熟稳定、经济适用、科学先进、节能环保。
- 2.4 标准实施后有利于提高铁路产品质量、保障运输安全，符合铁路行业发展需求。

3 主要内容

3.1 本标准规定了交流传动电力机车、动力分散电动车组的阻力试验、牵引效率试验、能量消耗试验，适用于单相交流 25kV、50Hz 供电的交流传动电力机车、动力分散动车组，其他类型机车及动车组可参照使用。

3.2 与 TB/T2509-2014、TB/T 2514-2014 和 TB/T 3523.1-2018 相比，本标准主要技术变化

如下：

- (1) 增加了术语和定义（见第3章）；
- (2) 删除了阻力和牵引效率试验中的“试验设备”的要求（见 TB/T 2514-2014 和 TB/T 2509-2014 的第4章）
- (3) 修改了阻力试验和牵引效率试验中“试验条件”的要求（见 4.1、5.1，TB/T 2514-2014 的第3章、TB/T2509-2014 的第3章和 TB/T 3523.1-2018 的 3.3）
- (4) 更改了阻力试验和牵引效率试验中的“测量参数”（见 4.2、5.2，TB/T 2514-2014 的第5章和 TB/T2509-2014 的第5章）
- (5) 增加了起动阻力试验方法（见 4.3.1、4.4.1）；
- (6) 删除了阻力试验中的“试验准备”、“试验时的前进方向”和“试验速度点的选取”的要求（见 TB/T 2514-2014 的 6.1、6.2 和 6.3 和 TB/T 3523.1-2018 的 3.2）；
- (7) 删除了阻力试验中的“惰行/运行基本阻力的计算”的要求（见 TB/T 2514-2014 的 7.6 和 TB/T 3523.1-2018 的 4.1.2.5）；
- (8) 删除了牵引效率试验中的“试验准备”中的部分要求（见 TB/T2509-2014 的 6.1）；
- (9) 增加了混合动力机车及动车组（弓网受流/内燃发电机/储能式电源驱动方式）的牵引效率测试方法（见 5.3、5.4）；
- (10) 修改了牵引效率试验中牵引手柄级位的要求（见 5.3.8、5.3.9）；
- (11) 增加了电力机车及电动车组能量消耗试验方法。

3.3 经起草组研究分析，没有与本标准相关联的标准性技术文件及国铁集团企业标准。

3.4 经起草组分析研究，没有与本标准主要技术内容相关联的现行国家标准、行业标准。

4 关键指标的确定

4.1 起动阻力试验方法的确定

在对交流传动电力机车及电动车组起动阻力实际情况及试验方法进行充分调研、试验验证的基础上，对起动阻力试验方法、起动阻力数值的确定做出了规定，提出了在若干选定的不同坡度直线区段上，按照坡度从小到大的顺序，依次进行起动阻力试验，若起动阻力试验中发生溜车的最小坡度小于 1%，则起动阻力为 1N/kN；若发生溜车的最小坡度大于 1%且小于 2%，则起动阻力为 2N/kN，依此类推。

4.2 牵引效率试验方法的确定

在对混合动力机车及动车组（弓网受流/内燃发电机/储能式电源驱动方式）牵引系统构成、特点及牵引效率试验方法进行充分调研、试验验证的基础上，对牵引效率试验方法、计算方法做出了规定，提出了当机车及动车组包含多个受电弓、多组储能式电源或多台内

燃发电机牵引单元时，应以单个受电弓、单组储能式电源或单台内燃发电机为单位进行试验得到牵引效率。并且只对单一能量来源驱动时的机车或动车组牵引效率进行计算，而不考虑多种能量来源共同驱动时的牵引效率。并确定了弓网受流/内燃发电机/储能式电源驱动时能量输入侧功率的计算方法。

4.3 能量消耗试验方法的确定

在对交流传动电力机车及电动车组在实际运用工况中的能量消耗情况及能量消耗试验方法进行充分调研、试验验证的基础上，对能量消耗试验方法、能耗评估指标做出了规定，提出了通过测定有功电流的方法对机车和动车组的能量消耗进行测定和计算。

同时，针对动车组能量消耗的评价，规定了数据的测量原则，包括平直道人均百公里能量消耗、区段运行能量消耗和静置能量消耗，包括测试的速度级要求、载荷要求、区段要求、测量参数、操纵要求、数据处理等。

对于动车组平直道人均百公里能量消耗的测量：

根据经验，试验区段平直道长度应满足恒速控制调节周期运行距离要求，周期样本数不少于3个，以10km/h为一档进行测量，可满足使用测量的能耗数据进行仿真或推演规律的需求。为了减少累积误差，采用拼接的方式对平直道能耗进行综合处理。

对于动车组区段运行能量消耗的测量：

为减少由于操纵造成的能耗差异，规定了动车组在区段的操纵要求，包括出站、站间恒速运行和调速进站等的操纵要求，参考既有运营线路操纵方式，以使能耗测试结果与将来运营时的实际能耗相近。

对于动车组静置能量消耗的测量：

动车组处于静置状态，待辅助供电系统全部负载工作稳定并处于正常工作状态后连续测量5min，将耗电量结果折算至单位小时。

5 采标情况

无。

6 有无重大分歧意见

无。

7 强制或推荐、废止、公开建议

7.1 建议本标准作为推荐性行业标准发布。

7.2 由于未识别出版权等相关知识产权问题，建议本标准公开。

8 其他应予说明的事项

无

标准起草组
2022年7月