

团 体 标 准

T/CAMETA XX—2024

电动汽车用电驱动系统工况能效 技术规范 及 试验方法

Cycle efficiency of electric-driven system for electric vehicle — Technical
specifications and test method

2024-XX-XX 发布

2024-XX-XX 实施

中国机电一体化技术应用协会 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 工况能效等级要求	2
5 技术规范	2
5.1 环境要求和参数	2
5.2 测试台架	3
5.3 待测电驱动系统	3
5.4 安装要求	3
5.5 磨合试验	4
5.6 台架试验	4
5.6.1 试验准备	4
5.6.2 道路循环工况能效试验方法	4
5.6.3 静态工作点工况能效测试方法	6
附录 A 试验测试台架推荐布局	7
附录 B 测试推荐道路工况	9
附录 C 电驱动系统载荷计算方法	10
附录 D 整车行驶阻力参数	12
附录 E 静态工作点工况能效测试方法	15
附录 F 电动汽车用电驱动系统工况能效测试报告	17
参考文献	18

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020 给出的规则起草。

本标准的目的是测量电动汽车电驱动系统在特定运行工况下的能量损失和效率，以确
保电 驱动系统的能效得到更有效的评价，满足设计及使用要求。

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这些专利的责
任。

本标准提出单位： 中国机电一体化技术应用协会

本标准起草单位：

本标准主要起草人：

电动汽车用电驱动系统工况能效技术规范及试验方法

1 范围

本文件规定了电动汽车用驱动系统的术语和定义、工况能效技术条件和试验测试方法。
本文件适用于轻型汽车及重型商用车的直流电力驱动系统及电动汽车中的辅助电驱动系统。

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。

- GB/T 19754-2015 重型混合动力电动汽车能量消耗量 试验方法
- GB/T 18488.1-2015 电动汽车用驱动电机系统 第1部分 技术条件
- GB/T 18488.2-2015 电动汽车用驱动电机系统 第2部分 试验方法
- QC/T 1022-2015 纯电动乘用车用减速器总成技术条件
- GB/T 19756-2017 电动汽车术语
- GB/T 18386-2017 电动汽车 能量消耗率和续航里程试验方法
- ISO 21782.1-2023 Electrically propelled road vehicles — Test specification for electric propulsion components — Part 1: General test conditions and definitions
- ISO 21782.2-2019 Electrically propelled road vehicles — Test specification for electric propulsion components — Part 2: Performance testing of the motor system
- ISO 21782.3-2019 Electrically propelled road vehicles — Test specification for electric propulsion components — Part 3: Performance testing of the motor and the inverter
- GB/T 38146.1-2020 中国汽车行驶工况 第1部分 轻型汽车
- GB/T 38146.2-2020 中国汽车行驶工况 第2部分 重型商用车
- GB/T 19753-2021 轻型混合动力电动汽车能量消耗量 试验方法
- GB/T 27840-2021 重型商用车燃料消耗量测量方法
- TCECA-G 0159—2022 电动汽车用电驱动系统工况能效技术要求与试验方法
- TCAAMTB 134—2023 《质量分级及“领跑者”评价要求 电动汽车用驱动电机系统》

3 术语和定义

GB/T 15089-2001，GB/T 19756-2017，GB/T 18488.1-2015，ISO 21782.1-2023 中界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电动汽车 electric vehicle

包含纯电动汽车、混合动力电动汽车。

注：具体定义参见 GB/T 19756-2017。

3.2

电驱动系统 electric-driven system

以电动机作为动力能源的驱动系统，包含驱动电机系统、电驱动总成和发电机系统。

3.2.1

驱动电机系统 drive motor system

注：定义参见 GB/T 18488.1-2015。

3.2.2

电驱动总成 electric-driven assembly

驱动电机、驱动电机控制器、变速装置及它们工作必须的辅助装置的组合。

注：由两个或多个驱动电机集成于一体，则视为一个电驱动总成。

3.2.3

发电机系统 generator system

发电机、发电机控制器及它们工作必须的辅助装置的组合。

3.3

工况能效 cycle efficiency

在规定的测试工况和试验方法下，电驱动系统的能量转化效率。

3.4

工况能效等级 cycle efficiency level

在规定的测试工况和试验方法下，电驱动系统的能量转化效率等级。

4 工况能效等级要求

a) 不含齿轮变速装置的电驱动系统

能效等级	1 级	2 级	3 级
效率值	≥88%	≥85%	≥82%

b) 含齿轮变速装置得电驱动系统

能效等级	1 级	2 级	3 级
效率值	≥85%	≥82%	≥79%

c) 用于发电的不含齿轮变速装置的电驱动系统

能效等级	1 级	2 级	3 级
效率值	≥93%	≥90%	≥88%

d) 用于发电的含齿轮变速装置的电驱动系统

能效等级	1 级	2 级	3 级
效率值	≥90%	≥88%	≥85%

5 技术规范

5.1 环境要求和参数

- 环境温度：应在 5℃-35℃之间，推荐环境温度为23℃±5℃；实际环境温度应在试验报告中注明。
- 环境湿度 RH 应 25%-75%。
- 大气压力应处于 91kPa-104 kPa 之间。

5.2 测试台架

5.2.1 测试台架结构布局

待测电驱动系统，根据具体的类型，测试台架结构布局亦有不同，具体参见附录 A。

5.2.2 测试台架要求

用于电驱动系统工况能效测试的台架，应满足以下要求：

- a) 试验过程中，电驱动系统的试验电源要求参见 GB/T 18488.2-2015 4.3。
- b) 台架应配备能够满足电驱动系统技术要求的冷却装置。
- c) 台架除去采集计算电驱动系统工况能效所必须的信号参数之外，还应该采集监测保证台架及电驱动系统正常测试运行的信号参数，如室温、振动等参数。
- d) 对于含有多挡位齿轮变速装置的电驱动系统，如采用道路工况测试方法，则台架控制系统的延迟应小于 50ms。其他类型的电驱动系统可参照执行，但必须满足电驱动系统与台架控制系统信号交互的响应需求。
- e) 测试台架应具备必要的安全防护装置及报警装置，具体参照 GB/T 16855.1-2018 执行。

5.2.3 其他相关测量参数的要求见表 1

表 1 相关测量参数的单位、准确度及分辨率

参数	单位	准确度	分辨率
电能	Wh	±1%	1
功率	Kw	±0.1% 测量值	0.01
电流	A	±0.1%FS 或 ≤±0.5% 最大测量值	0.1
电压	V	±0.1%FS 或 ≤±0.5% 最大测量值	0.01
转速	rpm	±0.1%FS	0.1
扭矩	N·m	±0.1%FS	0.01
温度	℃	±1	0.1
流量	L/min	±1%FS	0.1
压力	MPa	±0.5%FS	0.1

注：电流、电压测量仪器的工作频率不得低于 20HZ；

5.3 待测电驱动系统

5.3.1 电驱动系统的输出尺寸、安装尺寸、用于冷却的进出水、油口尺寸以及进气口等应符合设计要求。

5.3.2 电驱动系统的外观应无氧化、锈蚀等情况。

5.3.3 电驱动系统上的紧固件应连接牢固，对应的接线端或引出线应完整无损，颜色和标志应正确无误。

5.3.4 电驱动系统应保持空转灵活，不应存在卡滞、异响等问题。

5.3.5 与电驱动系统相配套的控制器，如 MCU、TCU，应具有满足整车要求的通讯功能及相应的控制功能。

5.3.6 对于存在液冷的电驱动系统，系统本身回路不应存在漏液情况。

5.3.7 对于含有齿轮变速装置的电驱动系统，试验测试前必须经过清洗，确保含有的杂质总量与其额定加注润滑油比值不大于 50mg/L。

5.4 安装要求

台架测试过程中，电驱动系统的安装应满足以下要求：

- a) 电驱动系统在台架上的固定方式应与其在整车上的实际安装方式相同或者相近；
- b) 电驱动系统的安装应牢固可靠。

5.5 磨合试验

对于不含有齿轮变速装置的电驱动系统，使用一个完整的试验循环对电驱动系统进行预热和预处理。

对于含有齿轮变速装置的电驱动系统，正式循环试验开始之前，需要开展磨合试验，存在多个挡位的，需要磨合到每个挡位，磨合试验的参数要求如下：

- a) 按照产品技术要求，添加指定型号及要求的润滑油；
- b) 电机的输出转速为其最高输出转速的 50%，偏差范围为 $\pm 10\text{r/min}$ ；
- c) 电机的输出扭矩为其最大输出扭矩的 50%，偏差范围为 $\pm 10\text{N.m}$ ；
- d) 前进挡磨合时间不少于 1h，倒挡磨合时间不少于 0.5h；
- e) 磨合试验润滑油温度应为 $75\pm 5^\circ\text{C}$ ；
- f) 磨合后的电驱动系统应更换润滑油。

5.6 台架试验

5.6.1 试验准备

试验开始前，应做以下准备：

- a) 按照电驱动系统的技术要求，对驱动电机控制器、驱动电机及有温控要求的齿轮变速装置进行控温，冷却装置的流量、压力及温度应满足电驱动系统的技术要求；相关信息应记录于试验报告中。没有做冷却液温度要求的，试验过程之中冷却液温度应控制在 $(65\pm 5)^\circ\text{C}$ 。
- b) 试验前检查供气是否正常。
- c) 试验前检查台架各关键部位及辅机是否正常，安全防护是否做好。
- d) 电驱动系统的温度应为冷却条件下的温度平衡点。

5.6.2 道路循环工况能效试验方法

道路循环工况能效试验方法是指在测试台架上模拟电驱动系统所安装实车的道路谱，并在模拟运行过程中实时采集监测相关数据信号，从而计算出电驱动系统的工况能效。

5.6.2.1 转速控制

- a) 应用于不同车型的电驱动系统，其试验转速参照附录 B 中对应的道路工况。
- b) 试验过程中的实际车速与道路工况中的理论车速允许偏差为 $\pm 3\text{km/h}$ ，超过速度偏差的单次时间不应大于 2s，累计时间不应大于 15s。
- c) 转速应根据电驱动系统在实车上的安装位置以及传动系统结构进行转换计算，转换公式如下：

$$n_T = i * \frac{u * 1000}{2\pi * R * 60}$$

式中：

n_T 为电驱动系统输出侧的转速，单位为 rpm；

u 为道路工况的实际车速，单位为 km/h；

R 为轮胎半径，单位为 m；

i 为电驱动系统到车轮之间齿轮变速装置的速比，若两者之间没有齿轮装置，则该值为 1；

- d) 被测对象最高转速无法满足其道路工况的最高车速要求时，超出时段应保持被测对象最高转速运行。

5.6.2.2 扭矩控制

电驱动系统的工况能效试验测试中，负载扭矩应能够模拟整车的道路工况，且将整车的道路工况转化为电驱动系统的试验工况。整车的道路工况直观体现为行驶阻力。不同的电驱动系统根据其本身的组成形式、在电动汽车上的安装形式以及不同车型，行驶阻力也有不同。整车行驶阻力的计算方法及电驱动系统负载端扭矩的换算方法参见附录 C。

施加负载扭矩偏差控制应不大于理论施加扭矩的 0.5%。

被测对象最大输出转矩无法满足工况转矩需求时，应降低选择整车参数或采用整车企业提供的真实参数进行测试。

5.6.2.3 试验循环次数

要求进行至少三次循环试验，由试验人员根据转速及转矩要求，判断试验结果是否有效、试验次数是否充分，然后决定结束试验。

在相邻的两个完整工况之间，电驱动系统及相关设备应继续运行或采用其他方法以保持同样的热机状态。

5.6.2.4 数据采集

测试过程中，用于电驱动系统工况能效计算的信号，采样频率不低于 100Hz。要求计算信号采样的同步性小于 10ms。

5.6.2.5 数据处理

$$\overline{\eta}_X = \frac{\int_{\text{试验开始}}^{\text{试验结束}} \frac{n_T * T_T}{9549} dt}{\int_{\text{试验开始}}^{\text{试验结束}} U_T * I_T dt} \quad \text{或} \quad \overline{\eta}_X = \frac{\sum_{\text{试验开始}}^{\text{试验结束}} \frac{n_T * T_T}{9549} * \Delta t_N}{\sum_{\text{试验开始}}^{\text{试验结束}} U_T * I_T * \Delta t_N}$$

$$\overline{\eta} = \frac{\sum_1^n \overline{\eta}_x}{n}$$

式中：

$\overline{\eta}$ 为被测电驱动系统的工况能效；

n 为测试工况的循环次数，不小于 3；

$\overline{\eta}_x$ 为单次循环工况的转换效率；

n_T 为被测电驱动系统的输出转速，单位为 rpm；

T_T 为被测电驱动系统的输出转矩，单位为 N·m；

U_T 为被测电驱动系统进线侧的直流母线电压，单位为 V；

I_T 为被测电驱动系统进线侧的直流母线电流，单位为 A；

Δt_N 为数据采集的时间间隔；

补充说明：

- 如被测对象为电驱动总成，则需要分别对输出侧的功率进行积分，然后相加得到总的输出能量；
- 电驱动系统的测试过程中，当 $T_T \leq 0$ 或 $n_T = 0$ 时采样结果不参与积分计算；
- 对于发电的电驱动系统，转速和转矩项应作为分母，电压和电流项应作为分子；
- 如在测试过程中选用功率分析仪对电驱动系统的功率损耗进行采集，可直接利用仪器输出的功率值，代替电流和电压的乘积。

5.6.3 静态工作点工况能效测试方法

静态工作点工况能效测试方法是指针对基于电驱动系统参数以及整车道路循环工况而编制的测试工况点进行电驱动系统的工况能效测试。测试工况点的分布与定义参见附录 E。

5.6.3.1 转速、扭矩控制

- 施加负载扭矩偏差控制应不大于理论施加扭矩的 0.5%。
- 转速偏差控制应不大于 $\pm 2\text{rpm}$ 。
- 测试工况点的转速和负载扭矩值的计算方法参见附录 E。

5.6.3.2 数据采集

- 测试过程中，用于电驱动系统工况能效计算的信号，采样频率不低于 100Hz。要求计算信号采样的同步性小于 10ms；
- 每个测试工况点的数据采集数量不少于 50 个。

5.6.3.3 数据处理

$$\bar{\eta}_x = \frac{\bar{n}_T * \bar{T}_T}{U_T * \bar{I}_T}$$

$$\bar{\eta} = \frac{\sum_1^n \bar{\eta}_x}{n}$$

式中：

$\bar{\eta}_x$ 为被测电驱动系统的各个测试工况点的平均能效；

$\bar{\eta}$ 为被测电驱动系统的工况能效， n 取决于设置的静态工作点的数目；

n_T 为被测电驱动系统的输出转速，单位为 rpm；

T_T 为被测电驱动系统的输出转矩，单位为 N·m；

U_T 为被测电驱动系统进线侧的直流母线电压，单位为 V；

I_T 为被测电驱动系统进线侧的直流母线电流，单位为 A；

说明：

- 如被测对象为电驱动总成，则需要分别对输出侧的功率进行积分，然后相加得到总的输出能量；
- 对于发电的电驱动系统，转速和转矩项应作为分母，电压和电流项应作为分子；
- 如在测试过程中选用功率分析仪对电驱动系统的功率损耗进行采集，可直接利用仪器输出的功率值，代替电流和电压的乘积。

附录 A

试验测试台架推荐布局

针对电驱动系统的结构组成，基于电力测功机的试验测试台架主要有以下几种形式。

A.1 电驱动系统在电动汽车上的安装结构

如图 A.1 所示，电驱动系统在电动汽车上的安装形式主要可分为以下 3 类。其中，结构 1 和结构 2 虽然在整车上的布置形式有所不同，但电驱动系统均为单轴输出。结构 3 为含有集成式电驱动总成结构，即电驱桥，为双轴输出。

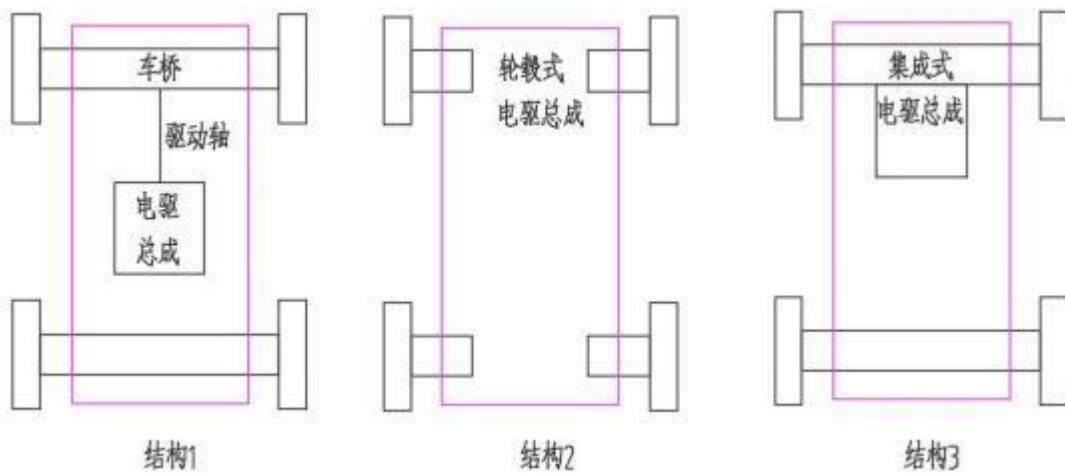


图 A.1 电驱动系统在电动汽车上的安装结构示意图

A.2 台架布局

针对不同的电驱动总成结构，测试台架的布局可分为以下两类。其中，单轴输出的电驱动系统宜采用图 A.2 所示的 A 类台架布局，双轴输出的电驱桥宜采用图 A.3 所示的 B 类台架布局。

A.2.1 台架布局 A

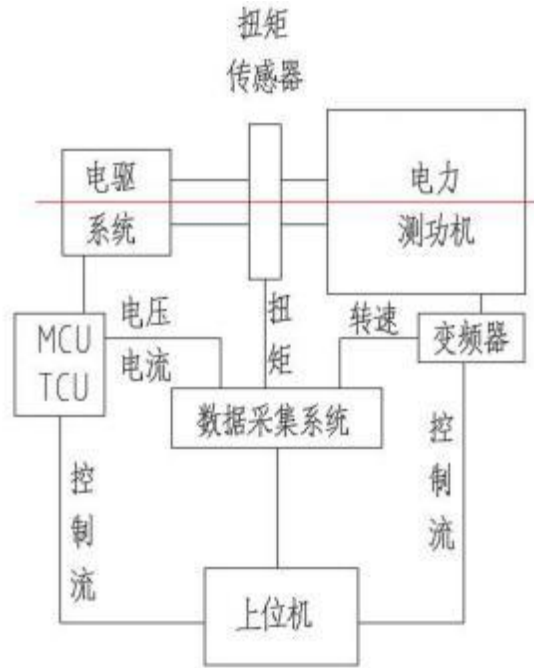


图 A.2 电驱动系统工况能效测试台架布局 A 示意图

A.2.2 台架布局 B

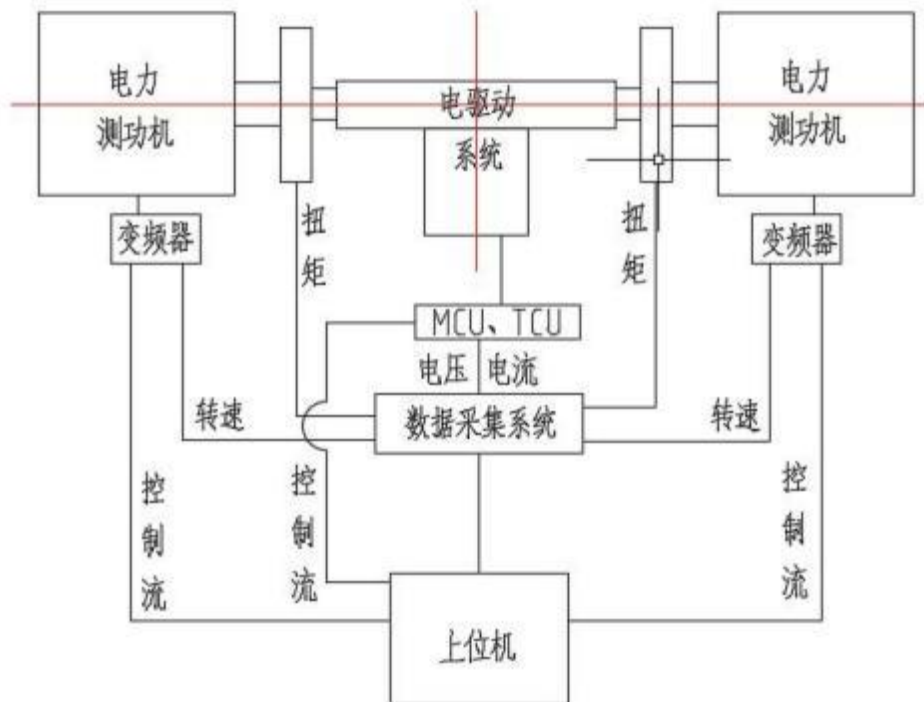


图 A.3 电驱动系统工况能效测试台架布局 B 示意图

附录 B

测试推荐道路工况

B.1 中国汽车道路工况

表 B.1 中国道路工况

类别	车辆类型		道路工况	详细数据
轻型汽车	乘用车		CLTC-P	GB/T38146.1-2019 附录 A 表 A.1
	轻型商用车		CLTC-C	GB/T38146.1-2019 附录 A 表 A.2
重型商用车	客车	城市客车	CLTC-B	GB/T38146.2-2019 附录 A 表 A.1
		普通客车	CLTC-C	GB/T38146.2-2019 附录 A 表 A.2
	货车	GVW≤5500kg	CLTC-LT	GB/T38146.2-2019 附录 A 表 A.3
		GVW>5500kg	CLTC-HT	GB/T38146.2-2019 附录 A 表 A.4
	自卸车		CLTC-D	GB/T38146.2-2019 附录 A 表 A.5
	半挂牵引车		CLTC-TT	GB/T38146.2-2019 附录 A 表 A.6

附录 C

电驱动系统载荷计算方法

由电力测功机组成的测试台架，应具备模拟车辆道路行驶阻力的功能，以便于达成电驱动系统工况能效的试验测定。

C.1 行驶阻力

车辆行驶阻力的计算公式如下：

$$T_R = (A + B * V + C * V^2) * R$$

式中：

A 为行驶阻力系数常数项 (N)；

B 为行驶阻力系数一次项 (N/(km/h))；

C 为行驶阻力系数二次项 (N/(km/h)²)；

V 为工况车速 (km/h)；

R 为滚动半径(m)；

推荐优先选用被测电驱动系统搭载的整车实际阻力系数（参数代号统一为“MD”），M1、N1、最大设计总重量不超过 3500kg 的 M2 类电驱动系统装载车辆，可参照 GB 18352.6-2016 中附件 CC.4、CC.5 和 CC.6 中的规定测量。重型商用车可参照 GB/T 27840-2021 中附录 C 规定测量，无整车实际阻力系数时，可参考附录 D 选择对应的行驶阻力参数。

C.2 加速阻力

当车辆处于加减速状态时，由于整车自重会产生一定的旋转惯量，从而车辆自身会产生一定的加速度。模拟整车惯量有以下两种方法：

a) 机械模拟

采用在电驱动系统的加载侧增加安装惯量盘（储能飞轮）的形式来模拟整车的旋转惯量，但是对于重型商用车而言，由于整车重量太大，无法采用该方法模拟整车惯量。惯量盘的计算方法如下：

$$J_v = \delta * M * R$$

式中：

δ 为整车旋转质量转换系数，与车上所有旋转零部件和车轮的等效有效质量有关。

M 为待测电驱动系统的试验质量，为整车装备质量与装载质量之和。

a 为加速度值，加减速的判定以及数值计算参见 GB/T 38146.1-2020 中的 3.7、3.8 和 3.9。

R 为滚动半径(m)。

此时，电驱动系统负载侧所需施加总的加载扭矩应为：

$$T_T = T_R$$

b) 电惯量模拟

电惯量模拟是通过控制加载侧的电力测功机模拟由于整车的旋转惯量产生的扭矩，计算方法如下：

$$T_I = (\delta * M * a) * R$$

式中：

T_I 为整车旋转惯量的等效扭矩值。

δ 为整车旋转质量转换系数，与车上所有旋转零部件和车轮的等效有效质量有关。

M 为待测电驱动系统的试验质量，为整车装备质量与装载质量之和。

a 为加速度值，加减速的判定以及数值计算参见 GB/T 38146.1-2020 中的 3.7、3.8 和 3.9。

R 为滚动半径(m)。

此时，电驱动系统负载侧所需施加总的加载扭矩应为：

$$T_T = T_R + T_I$$

注：电动汽车整车装备质量与试验所需附加质量的和，附加质量分别为：

- 对于 M1、N1、最大设计质量超过 3500kg 的 M2 类车辆，该质量为 100kg；
- 对于城市客车，该质量为最大设计装载质量的 65%；
- 对于其他车辆，该质量为最大设计装载质量；

说明：

对于半挂牵引车，本标准中最大设计装载质量指最大设计牵引质量。

M1 类车指包括驾驶员在内，座位数不超过九座的载客汽车；

M2 类车指包括驾驶员在内座位数超过九位，且最大设计质量不超过 5000kg 的载客汽车；

N1 类车指最大设计总质量不超过 3500kg 的载货汽车。

附录 D

整车行驶阻力参数

D.1 车辆行驶阻力系数推荐

表 D.1 城市客车行驶阻力系数推荐值

最大设计总质量 (GVW)kg	常数项 (A) N	一次项系数 (B) N/(km/h)	二次项系数 (C) N/(km/h) ²
3500	411.3	2.54	0.107
4500	449.5	2.65	0.114
5500	487.9	2.76	0.121
7000	545.4	2.95	0.131
8500	602.9	3.12	0.141
10500	679.4	3.35	0.154
12500	756.1	3.59	0.167
14500	832.8	3.82	0.181
16500	909.4	4.06	0.194
18000	966.9	4.24	0.203
22000	1120.1	4.70	0.230
25000	1235.1	5.05	0.250

表 D.2 普通客车行驶阻力系数推荐值

最大设计总质量 (GVW)kg	常数项 (A) N	一次项系数 (B) N/(km/h)	二次项系数 (C) N/(km/h) ²
3500	405.8	2.06	0.104
4500	432.9	2.39	0.107
5500	459.9	2.72	0.111
7000	500.5	3.21	0.116
8500	541.0	3.71	0.121
10500	595.1	4.37	0.128
12500	649.2	5.02	0.135
14500	703.3	5.69	0.142
16500	757.4	6.35	0.149
18000	797.9	6.84	0.154
22000	906.0	8.15	0.168
25000	987.1	9.14	0.178

表 D.3 货车行驶阻力系数推荐值

最大设计总质量 (GVW)kg	常数项 (A) N	一次项系数 (B) N/(km/h)	二次项系数 (C) N/(km/h) ²
3500	477.5	2.00	0.102
4500	540.5	2.53	0.109
5500	603.4	3.06	0.115

7000	697.9	3.86	0.125
8500	792.3	4.65	0.135
10500	918.2	5.72	0.148
12500	1044.1	6.78	0.161
16000	1264.4	8.64	0.184
20000	1516.2	10.77	0.210
25000	1830.9	13.43	0.242
31000	2208.6	16.62	0.281

表 D.4 自卸车行驶阻力系数推荐值

最大设计总质量 (GVW)kg	常数项 (A) N	一次项系数 (B) N/(km/h)	二次项系数 (C) N/(km/h) ²
3500	309.2	0.62	0.241
4500	372.8	1.23	0.241
5500	436.5	1.84	0.241
7000	531.9	2.75	0.242
8500	627.3	3.67	0.242
10500	754.6	4.89	0.243
12500	881.9	6.11	0.243
16000	1104.6	8.25	0.244
20000	1359.1	10.69	0.245
25000	1677.2	13.74	0.246
31000	2059.0	17.40	0.248

表 D.5 半挂牵引车行驶阻力系数推荐值

最大设计总质量 (GVW)kg	常数项 (A) N	一次项系数 (B) N/(km/h)	二次项系数 (C) N/(km/h) ²
18000	1474.5	0.01	0.221
27000	1764.3	4.64	0.221
35000	2021.9	10.30	0.221
40000	2182.8	13.83	0.221
43000	2279.3	15.96	0.230
46000	2376.0	18.08	0.239
49000	2472.6	20.21	0.248

D. 2 其他行驶阻力系数计算

除表中规定的最大设计总质量的行驶阻力系数外，其他质量车型可插值计算相应的 A、B、C 系数推荐值。

例如，某车型最大总质量为 M，在相应的推荐表中位于 M₁ 和 M₂ 质量之间，M₁ 和 M₂ 对应的常数项分别为 A₁ 和 A₂，则该车型的行驶阻力常数项按照公式确定：

$$A = A_1 + \frac{M - M_1}{M_2 - M_1} \times (A_2 - A_1)$$

B、C 系数的插值计算方法同理。

说明：(1) 阻力系数应根据被测对象的搭载车型以及核定载重进行选定；

附录 E

静态工作点工况能效测试方法
—测试工况点的分布及定义

E.1 测试工况点

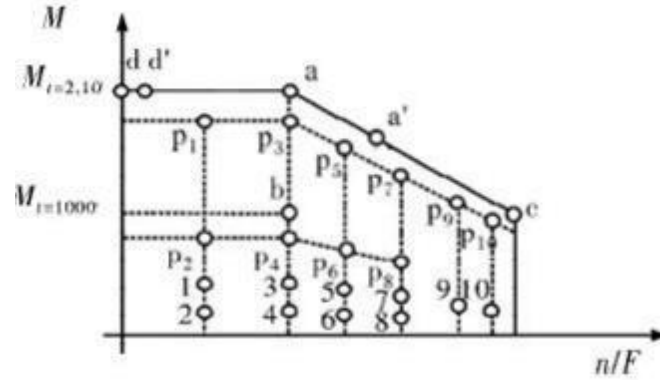


图 E.1 电驱动系统工况能效的测试工况点分布图

其中：

n 电机转速，rpm；

M 扭矩，N·m；

 $M_{t=2,10}$ 峰值扭矩，N·m； $M_{t=1000}$ 持续扭矩，N·m；

表 E.1 测试工况点的定义

序号	测试工况点	驱动电机转速	扭矩	输出功率
1	a	额定转速	$M_{t=2,10}$ (峰值扭矩)	$p_{t=2,10}$ (峰值功率)
2	b	额定转速	$M_{t=1000}$ (持续扭矩)	$p_{t=1000}$ (持续功率)
3	c	最大转速	—	$p_{t=2,10}$
4	P1	0.5*额定转速	0.8*峰值扭矩	—
5	P2	0.5*额定转速	0.4*峰值扭矩	—
6	P3	额定转速	0.8*峰值扭矩	—
7	P4	额定转速	0.4*峰值扭矩	—
8	P5	额定转速+0.25 (最大转速-额定转速)	—	0.8*峰值功率
9	P6	额定转速+0.25 (最大转速-额定转速)	—	0.4*峰值功率
10	P7	额定转速+0.5 (最大转速-额定转速)	—	0.8*峰值功率
11	P8	额定转速+0.5 (最大转速-额定转速)	—	0.4*峰值功率
12	P9	额定转速+0.75 (最大转速-额定转速)	—	0.8*峰值功率
13	P10	额定转速+0.9 (最大转速-额定转速)	—	0.8*峰值功率
14	1	0.5*额定转速	0.4*持续扭矩	—
15	2	0.5*额定转速	0.2*持续扭矩	—

16	3	额定转速	0.4*持续扭矩	—
17	4	额定转速	0.2*持续扭矩	—
18	5	额定转速+0.25（最大转速-额定转速）	—	0.4*持续功率
19	6	额定转速+0.25（最大转速-额定转速）	—	0.2*持续功率
20	7	额定转速+0.5（最大转速-额定转速）	—	0.4*持续功率
21	8	额定转速+0.5（最大转速-额定转速）	—	0.2*持续功率
22	9	额定转速+0.75（最大转速-额定转速）	—	0.4*持续功率
23	10	额定转速+0.9（最大转速-额定转速）	—	0.4*持续功率

附录 F

电动汽车用电驱动系统工况能效评估报告

1) 电驱动系统信息

制造商: _____ 电驱动系统类型: _____

制造时间: _____ 型号: _____

2) 测试环境

测试单位: _____ 测试时间: _____

环境温度: _____ 测试负责人: _____

3) 测试方法

测试方法: _____ 测试时间: _____

环境温度: _____ 测试负责人: _____

测试工况点图或道路谱图:

4) 测试设备

制造商: _____ 年检时间: _____

型号: _____

备注: _____

5) 测试数据

电驱动系统的 Contour map 图

6) 能效等级

平均能效测试值: _____

能效等级: _____

电动汽车用电驱动系统工况能效技术规范 及试验方法

编制说明

一 工作简况

（一）任务来源

随着我国新能源汽车进入新的发展阶段，2020年国务院发布了《新能源汽车产业发展规划（2021—2035年）》，规划指出：要不断巩固和扩大新能源汽车发展优势，持续推进优化支持新能源汽车购买以及使用政策，全面支撑新能源汽车产业的发展，不断提升产业核心竞争力，推动新能源汽车产业高质量可持续发展。

电驱动系统作为电动汽车的核心关键零部件，其性能直接影响电动汽车的动力性和经济型等多项评价指标。电驱动系统的工作效率对于其能耗指标来讲非常重要，常规的电机产品会标定额定效率值。在电动汽车中，电驱动系统通常含有齿轮减速装置，此外还需要经受各种工况的检验，其转矩和转速的工作范围非常宽广，因此仅采用额定效率是不能全面反映电驱动系统的能耗情况。

（二）国内关于电动汽车用电驱动系统工况能效技术规范及试验方法标准的指定情况及最新要求

在电驱动系统的效率测试方面，国家标准 GB/T 18488.1-2015《电动汽车用驱动电机系统 第1部分：技术条件》和 GB/T 18488.2-2015《电动汽车用驱动电机系统 第2部分：试验方法》是目前电驱动系统性能测试的唯一国家标准。国际标准化组织在近年也组织制定了 ISO 21782 电力驱动道路车辆—电驱动部件测试规范系列标准并自 2019 年陆续发布。其中，ISO 21782-1《电力驱动道路车辆—电驱动部件测试规范 第1部分：一般测试条件和定义》和 ISO 21782-2《电力驱动道路车辆—电驱动部件测试规范 第2部分：电机系统性能测试》规定了电驱动系统性能测试的相关内容。2022年3月中国节能协会发布了团体标准《电动汽车用电驱动系统工况能效技术要求与试验方法》（T/CECA-G 0159—2022），规定了电动汽车用电驱动系统工况能效的技术要求与试验方法。2023年6月中国汽车工业协会与中国节能协会联合发布了团体标准《质量分级及“领跑者”评价要求 电动汽车用驱动电机系统》（T/CAAMTB 134—2023 T/CECA-G 0239-2023），规定了电动汽车用驱动电机系统的工况能效测试技术的相关内容。

随着电动汽车产业的发展，对电动汽车提出了更高的要求，尤其在能耗和续航方面。为更好的提升电驱动系统的性能，不断提高电驱动系统工况能耗测试方法的严谨性、科学性和可操作性，填补现行有效规范中的一些不足之处，使电动汽车用电驱动系统工况能效测试试验要求、内容和方法更直观、更全面、更便于

操作和执行，助力电动汽车用电驱动系统的性能提升。中机生产力促进中心有限公司作为主编单位承担了团体标准《电动汽车用电驱动系统工况能效技术规范与试验方法》的编制工作。

（三）标准编制的目的、意义

编制该标准的主要目的在于提高电动汽车用电驱动系统能效测试的精确性，通过制定详细的试验技术要求和测试方法，有助于统一电驱动系统能效的测试方法标准。

近年来，随着电动汽车相关技术的创新发展，电驱动系统的能耗也得到了一定程度上的提升。该标准对电驱动系统的工况能效提出了更高的要求，同时完善了电驱动系统工况能耗的台架测试内容与方法，以确保工况能效测试的可执行性以及测试结果的可信性。

《电动汽车用电驱动系统工况能效技术要求与试验方法》的编制可以进一步规范电驱动系统工况能效的台架测试流程，对于现有标准和电驱动系统评价体系起到很重要的补充和支撑作用。

（四）标准特点

1. 本标准是对已有 T/CECA-G 0159—2022 的有效补充细化。在台架试验方面提出更详细的要求，明确了台架布局、测试安装要求以及相关测试要求，使标准执行更有据可依、有章可循。

2. 本标准是对已有 T/CECA-G 0159—2022 的扩展。在测试方法中，增加了基于道路谱的静态工作点工况能效测试方法，可以降低对测试台架控制系统的要求，同时提高电驱动系统工况能效的测试效率。

3. 本标准是对已有 ISO 2178 的优化补充。在 ISO 21782 标准工况点的基础上，基于对电驱动系统在整车道路循环中的工作点进行分析，进一步优化了电驱动系统效率测试工况点。使测试结果同电驱动系统效率的整体情况更具一致性。

（五）主要工作过程

1. 编制准备阶段

主编单位接到编制任务后，组织专业技术人员成立编制组，开展大量的资料收集和前期调研工作，编写完成标准大纲、标准初稿等。

2. 征求意见阶段

正在进行

3. 送审阶段

未进行

4. 报批阶段

未进行

二 标准编制原则

（一）科学性原则：本标准编制是在科学理论和实践经验基础上，确保技术要求和规范具有科学性和可行性，能够有效指导实际施工过程。

（二）统一性原则：本标准编制统一了各方的要求和标准，确保项目参建单位在进行矿山生态修复过程中能够按照该标准进行操作，实施可行。

（三）公正性原则：本标准编制过程公正、公平、透明，确保标准的制定过程中各方利益的平衡，不偏袒任何一方，保证标准的客观性和公信力。

（四）可操作性原则：本标准编制时充分考虑了可操作性，确保项目参建单位能够对照标准的要求进行施工，避免标准过于理论化或难以实施的情况。

（五）合规性原则：本标准编制符合国家法律法规和相关行业的规范和标准，确保标准的合法性和合规性，遵循国家政策和法律要求。

三 标准主要内容

本标准提供了电动汽车用电驱动系统工况能效技术要求、测试方法、测试台架的相关内容要求。

1. 范围：给出了本规范制定的技术内容、适用范围等；
2. 规范性引用文件：本标准编制时引用的标准规范等文件；
3. 术语与定义：对本技术规范中所涉及的名词术语进行定义；
4. 工况能效等级要求：明确了不同电驱动系统的效率值与能效等级；
5. 技术规范：规定了针对电驱动系统的测试要求、测试环境要求、测试台架要求、测试方法及要求、数据采集及处理要求；

四 预期经济效果

本标准的制定将对电动汽车经济性的提升和电驱动系统的研发成本起到重要作用。一是通过本标准的指导,能够更加准确的测试出电驱动系统的工况能效,同时降低电驱动系统的研发成本。二是通过本标准在行业内的实施,可以起到统一电动汽车用电驱动系统工况能效的评价标准,从而进一步促进电动汽车用电驱动系统工况能效的提升。

五 采用国际标准和国外先进标准情况

在编制电动汽车用电驱动系统工况能效技术规范与试验方法标准过程中,我们充分借鉴了国际标准和国外先进标准,结合国内实际情况进行了深入研究与修订,确保电动汽车用电驱动系统工况能效技术规范与试验方法标准达到国际先进水平,为产业发展提供有力支撑。

六 与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系

本标准符合国家《标准化法》等相关法律法规的规定,与其它相关标准没有矛盾或抵触。

七 重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在起草过程中未出现重大分歧意见。

八 标准性质的说明

建议本标准为推荐性标准。

九 贯彻标准的要求和措施建议

本标准经征求各相关方意见,已形成共识,标准实施之日起,各相关方将遵照执行。

十 废止现行有关标准的建议

无。

参考文献

[1] 孟庆勇, 邓宝清, 蒋立琴. 基于 ISO 21782 标准的电动汽车电驱动系统效率试验研究[J]. 微电机, 2022, 55(12): 66-70.