

## 前 言

本标准是根据 GB/T 18488.1—2001《电动汽车用电机及其控制器技术条件》提出的试验项目要求进行编写的。在本标准制定的过程中,参考了日本 JEVS E 701—1994《电动汽车电机及控制器联合功率测试》中的有关测试条件,使试验数据更接近于电动汽车用电机及控制器的实际使用结果。

本标准由国家机械工业局提出。

本标准由全国汽车标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:中国科学院电工研究所、清华大学、重庆电机厂、华中科技大学、西北工业大学、信息产业部电子工业标准化研究所。

本标准主要起草人:李世毅、温旭辉、姚若萍、刘林、马志源、季小尹、陈俐。

# 中华人民共和国国家标准

## 电动汽车用电机及其控制器试验方法

GB/T 18488.2—2001

### Test procedures of the electrical machines and controllers for electric vehicles

#### 1 范围

本标准规定了电动汽车用驱动电机及其控制器试验用的仪器、仪表,试验准备及各项试验方法。本标准适用于电动汽车(EV)和混合动力汽车(HEV)驱动电动机及其控制器。

#### 2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 1029—1993 三相同步电机试验方法(neq IEC 60034-2:1972)

GB/T 2423.17—1993 电工电子产品基本环境试验规程 试验 Ka:盐雾试验方法(eqv IEC 60068-2-11:1981)

GB 10068—2000 轴中心高为 56 mm 及以上电机的机械振动 振动的测量、评定及限值(idt IEC 60034-14:1996)

GB 10069.1—1988 旋转电机噪声测定方法及限值 噪声工程测定方法(neq ISO 1680-1:1986)

GB 10069.2—1988 旋转电机噪声测定方法及限值 噪声简易测定方法(neq ISO 1680-2:1986)

GB/T 14023—2000 车辆、机动船和由火花点火发动机驱动的装置的无线电骚扰特性的限值和测量方法(eqv IEC/CISPR 12:1997)

GB/T 17619—1998 机动车电子电器组件的电磁辐射抗扰性限值和测量方法

GB/T 18488.1—2001 电动汽车用电机及其控制器技术条件

GB 14711—1993 中小型旋转电机安全通用要求(neq IEC 60034-1)

GB/T 4942.2—1993 低压电器外壳防护等级(eqv IEC 60947-1:1988)

GB/T 12665—1990 电机在一般环境条件下使用的湿热试验要求

#### 3 试验准备

##### 3.1 测量仪器选择

###### 3.1.1 仪器准确度

测量电压、电流平均值可采用磁电式仪表或能读出平均值的其他仪表,包括数字式仪表。试验时,采用的电气测量仪器、仪表的准确度应不低于 0.5 级(兆欧表除外),直流分流器准确度应不低于 0.2 级。数字式转速测量仪的准确度应不低于 0.1%±1 个字;转矩测量仪及测功机的准确度应不低于 1%(直测效率时应不低于 0.5%)。测力计准确度应不低于 0.5 级,温度计的误差在±1℃以内。

选择仪表时,应使测量值位于 20%~95%仪表量程范围内。

###### 3.1.2 测量要求

a) 在电流表量程允许的范围内,尽可能不采用分流器。在用分流器测量电流时,测量线的电阻应按所用毫伏表选配。

b) 试验时,各仪表的读数应同时读取。

### 3.1.3 控制器输入功率的测量

测量电机控制器输入功率采用从电源供电的电机控制器输入端的电压和电流的测量值。

输入功率用电压乘电流来计算,电压应在控制器接线端子处量取。

## 3.2 试验电源

所使用的直流电源应符合所用电池的电压和电流特性。在使用直流电源时,应注意电源的输出阻抗要与规定的电池阻抗尽可能相等。

## 3.3 布线

测试中的布线应与车辆中的布线相近。如果布线不可避免地车辆中布线不同,应注意控制器的外线路阻抗与车辆中布线的阻抗尽可能相等。

## 3.4 冷却装置

电机和控制器的冷却效果应与车辆中具体使用条件相似,电机和控制器冷却装置的型号应记录于电动汽车电机功率参数测试报告中。

## 4 常规检验

### 4.1 电机空载转速

电机及控制器在额定电压条件下运行,测量电机空载转速值。

### 4.2 电机定子绕组冷态直流电阻

绕组电阻值  $R > 1 \Omega$  时用惠斯登电桥测量。

绕组电阻值  $R \leq 1 \Omega$  时用凯文电桥测量。

### 4.3 电机绕组匝间绝缘

采用匝间试验仪检测,测试电压按 GB 14711—1993 中 9.2.1 的规定。

### 4.4 控制器壳体机械强度

按 GB/T 18488.1—2001 中 5.5 要求进行,检查壳体是否有明显的塑性变形。

### 4.5 电机定子绕组的绝缘电阻

作绝缘电阻测定的兆欧表,在额定电压为(60~250)V时,选用500V兆欧表。在额定电压为(251~1000)V时,选用1000V兆欧表。常规测试时,如无其他规定,绕组的绝缘电阻仅在实际冷状态下测量。

### 4.6 耐电压

试验时的环境温度在18℃~28℃范围内。按 GB/T 18488.1—2001 中 5.11 的要求进行测试。

在电机控制器测试时测定应在电路与控制器壳体的接地部件之间及彼此无电连接的导电部件之间进行。

试验时,所有电力半导体元器件的端子应短接,印制电路板可以拔除。对有些因绝缘损坏会导致高电压进入低压电路的部件(如脉冲变压器、互感器等),应在试验时(或试验前)承受相应的试验电压。对绝缘材料的外壳,应在其相应部位敷以金属膜。

### 4.7 堵转转矩和堵转电流

堵转试验在电机接近实际冷状态下进行。试验时,应将转子堵住。施加堵转电流  $I_{kn}$ (由最大电流设定值决定),测量堵转转矩  $T_{kn}$ 。改变定子、转子的相对位置,沿转子圆周均匀等分测取5点,取测量中堵转转矩的最小值。

### 4.8 噪声

按 GB 10069.1 和 GB 10069.2 方法测量。

#### 4.9 电压波动

按 GB/T 18488.1—2001 中 5.12 的规定,检查电机及其控制器能否正常运行。

#### 4.10 电机控制器的过载能力

按 GB/T 18488.1—2001 的 5.19 中规定检测。

#### 4.11 电机控制器保护功能

对电机控制器的过电流、过电压及欠电压的保护功能进行测试。

#### 4.12 安全接地检查

测量电机及控制器中能触及的金属部件与外壳接地点处的电阻。

### 5 型式检验

#### 5.1 环境试验

##### 5.1.1 温度、湿度和热态绝缘电阻

a) 环境条件温度为+40℃,相对湿度为95%的条件下进行试验,试验时间48h。

在湿热试验后,测量电机和控制器的绝缘电阻值。

b) 将电机及控制器放入低温箱内,使箱内温度降至-20℃,至少保持30min后,在低温箱内通电后检查电机能否正常运行4h。

c) 热态绝缘电阻按照 GB/T 12665 规定的方法进行。

##### 5.1.2 定频振动和扫频振动

a) 定频振动

将电机及控制器固定在振动台上,定频振动频率为67Hz,加速度为 $110\text{ m/s}^2$ 。试验时间:上下方向为4h,左右方向为2h,前后方向为2h。

试验后不会有机械上的损坏、变形和紧固部位的松动现象,通电后能正常工作。

b) 扫频振动

按上下方向的扫频振动试验,扫频范围在25Hz~60Hz时,位移幅值0.78mm,每个周期15min扫频次数14次。在60Hz~200Hz时,加速度 $110\text{ m/s}^2$ ,每个周期15min,扫频次数14次。试验后不会有机械上的损坏、变形和紧固部分的松动现象,通电后能正常工作。

##### 5.1.3 盐雾

盐雾试验应按 GB/T 2423.17 的规定进行。电机及控制器在试验箱内应处于正常安装状态。试验持续时间为16h。试验结束,电机及控制器在3.2规定的条件下恢复1h~2h后,检查其通电能否正常工作,但不考核电机及控制器的外观。

#### 5.2 温升

电机及控制器必须在其冷却系统全开的情况下运行于短时过载周期工作制或采用 ISO 城市工况及市郊工况的要求进行测试。

温升试验方法参照 GB/T 1029—1993 中第6章温升试验进行。

#### 5.3 防水、防尘

按 GB/T 4942.2 中方法试验。

#### 5.4 电机转矩-转速特性及效率

在额定电压和额定负载下运行,此时冷却装置应工作。当电机发热部件1h内温度变化不超过2K时电机达到热平衡。测量控制器的输入功率、电机的输出转矩和转速。

##### 5.4.1 测试的起始和终止测量项目

a) 室温;

b) 起始和终止时间。

##### 5.4.2 测试中的测量项目

- a) 控制器输入电压;
- b) 控制器输入电流;
- c) 控制器输入功率。功率应由瞬时运行参数测量得出,也可由直流输入电压和电流乘积得到;
- d) 电机功率。电机转轴的输出功率:

$$P = \frac{2\pi NT}{60\ 000} \dots\dots\dots(1)$$

式中:  $P$ ——电机输出功率, kW;  
 $T$ ——电机输出转矩, Nm;  
 $N$ ——电机转速, r/min。

- e) 控制器和电机各部分温度;
- f) 控制器和电机整体效率

$$\eta = \frac{100NT}{9.55EI} \dots\dots\dots(2)$$

式中:  $\eta$ ——整体效率, %;  
 $E$ ——控制器接线端子处的输入电压, V;  
 $I$ ——控制器输入电流, A。

在完成额定点的效率测量后,测试电机小于额定转速的恒转矩特性和大于额定转速的恒功率特性。整个电机转矩-转速特性的测量值应在十点以上。

### 5.5 馈电

在电机转速达到额定转速时,进行能量反馈(此时电机作为发电机状态运行)。检查电机及控制器能否给 125% 额定电压值的电源馈电。给电源馈电试验可采用三种方法:

#### (1) 直接在整车上试验

测量馈电试验开始前的车速( $V_1$ )和馈电试验结束时的车速( $V_2$ ),同时测量在馈电过程中电源两端的电压和输入电源的电流和时间。

$$\text{能量 } W_1 = \frac{1}{2}m(V_1^2 - V_2^2)$$

式中:  $m$ ——汽车的质量, kg。

$$\text{馈电效率 } \eta = \frac{W_2}{W_1}$$

式中:  $W_2$ ——馈电试验中输给电源的能量。

#### (2) 用惯性轮装置试验

测量馈电试验开始前惯性轮的角速度  $\omega_1$  和馈电试验结束时的角速度  $\omega_2$  同时测量在馈电过程中电源两端的电压和输入电源的电流和时间。

$$\text{能量 } W_1 = \frac{1}{2}J(\omega_1^2 - \omega_2^2)$$

式中:  $J$ ——惯性轮的惯量。

$$\text{馈电效率 } \eta = \frac{W_2}{W_1}$$

#### (3) 用发电试验

电机由原动机拖动,控制器接 125% 额定电压值的电源,在不同转速下进行发电试验。

### 5.6 最高工作转速

按 GB/T 18488.1—2001 中 5.21 的规定测试。

### 5.7 超速试验

如无其他规定,超速试验允许在冷态下进行。试验时,将电机的转速提高到 1.2 倍最高转速运行,历

时 2 min。检查电机是否发生有害机械变形。超速的方法有下列两种：

- a) 通过调节电机控制器来提高电机的转速；
- b) 用原动机直接驱动或变速驱动被试电机。

超速试验时,应采取安全防护措施,尽可能远距离测量转速。

#### 5.8 振动

按 GB 10068 方法测量。

#### 5.9 接触电流

应在电机温升试验后测量。试验电压为电机最高额定电压的 105%,接触电流应在电机上易同时触及的金属零部件之内,电机上易触及的金属零部件与地之间测量。

#### 5.10 峰值功率

按产品规定的持续时间在冷却装置工作的情况下,将电机的负载加大到产品所规定的过载倍数,测试电机的峰值功率。并在运行结束时,测量环境温度和电机及控制器的温度。检查电机及控制器的温升是否超过 GB/T 18488.1—2001 中 6.3 的限值。

#### 5.11 电磁兼容性

##### 5.11.1 辐射干扰试验

按 GB 14023—2000 中第 5 章辐射干扰的测量方法进行测试。

##### 5.11.2 电磁抗扰性试验

按 GB/T 17619—1998 中第 4 章规定的测量方法和表 1 规定的抗扰性电平要求测试。

#### 5.12 耐久性

电机及控制器在额定电压、额定转速和额定负载转矩的条件下进行试验,所需时间按 GB/T 18488.1—2001 中 8.10 的规定。

---