



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 18488.2—2015  
代替 GB/T 18488.2—2006

## 电动汽车用驱动电机系统 第 2 部分：试验方法

Drive motor system for electric vehicles—  
Part 2: Test methods

2015-02-04 发布

2015-09-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会

发布

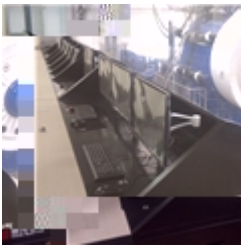
## 目 次

前言 .....	I
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 试验准备 .....	1
5 一般性试验项目 .....	3
6 温升试验 .....	7
7 附录A 给山性能试验 .....	0

# GB/T 18488.2-2015

## 2

GB/T 18488.2-2015



**WP4000**

WP4000



**DP800**

5~400Hz

0.2%

## 前 言

GB/T 18488《电动汽车用驱动电机系统》分为两个部分：

——第1部分：技术条件；

——第2部分：试验方法。

本部分为 GB/T 18488 的第2部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

**GB/T 18488.2—2015**

汽车有限公司、北京汽车新能源汽车有限公司、上海机动车检测中心、北京中纺锐力机电有限公司、精进电动科技(北京)有限公司。

本部分主要起草人：宋强、贡俊、郭淑英、贾爱萍、何云堂、蒋时军、窦汝振、樊晓松、周旭光、黄炘、李波、谢欢、蔡蔚、闫志平、笱晓宏。

本部分所代替标准的历次版本发布情况：

——GB/T 18488.2—2001、GB/T 18488.2—2006。

# 电动汽车用驱动电机系统

## 第2部分:试验方法

### 1 范围

GB/T 18488 的本部分规定了电动汽车用驱动电机系统试验用的仪器仪表、试验准备及各项试验方法。

本部分适用于电动汽车用驱动电机系统、驱动电机、驱动电机控制器。对仅具有发电功能的车用电机及其控制器,可参照本部分执行。

### 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 755—2008 旋转电机 定额和性能

GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 A:低温

GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 B:高温

GB/T 2423.10—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 F:振动(正弦)

GB/T 2423.17—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 Ka:盐雾

GB/T 2900.25 电工术语 旋转电机

GB/T 2900.33 电工术语 电力电子技术

GB/T 3859.1—2013 半导体变流器 通用要求和电网换相变流器 第1-1部分:基本要求规范

GB/T 4208—2008 外壳防护等级(IP代码)

GB/T 4942.1—2006 旋转电机整体结构的防护等级(IP代码) 分级

GB/T 13422—2013 半导体电力变流器 电气试验方法

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 19596 电动汽车术语

GB/T 22719.1—2008 交流低压电机散嵌绕组匝间绝缘 第1部分:试验方法

GB/T 28046.3—2011 道路车辆 电气及电子设备的环境条件和试验 第3部分:机械负荷

GB/T 29307—2012 电动汽车用驱动电机系统可靠性试验方法

- a) 温度:18 ℃~28 ℃;
- b) 相对湿度:45%~75%;
- c) 气压:86 kPa~106 kPa;
- d) 海拔:不超过1 000 m,若超过1 000 m,应按 GB 755—2008 的有关规定。

#### 4.2 试验仪器选择

##### 4.2.1 仪器准确度

仪器的准确度或误差应不低于表1的要求,并满足实际测量参数的精度要求,尤其对于电气参数测量的仪器仪表,应能够满足相应的直流参数和交流参数测量的精度和波形要求。

表1 试验仪器准确度

序号	试验仪器	准确度或误差
1	电气测量仪器	0.5级(兆欧表除外)
2	分流器或电流传感器	0.2级
3	转速测量仪	±2 r/min

屏蔽。

## 5 一般性试验项目

### 5.1 外观

要的工具。

### 5.2 外形和安装尺寸

根据被试电机系统的外形和安装尺寸要求,以及尺寸范围,选择满足测量精度要求的游标卡尺、螺旋测微仪、米尺等量具进行测量。

### 5.3 质量

采用满足测量精度要求的衡器量取驱动电机和驱动电机控制器的质量,衡器测量误差应不超过被试样品标称质量的 $\pm 2\%$ 。

### 5.4 驱动电机控制器壳体机械强度

试验时,分别在驱动电机控制器壳体的3个方向上按照GB/T 18488.1—2015中5.2.4的规定,缓慢施加相应压强的砝码,其中砝码与驱动电机控制器壳体的接触面积最少不应低于 $5\text{ cm}\times 5\text{ cm}$ ,检查壳体是否出现明显的塑性变形。



温度时应根据电机的大小,在不同部位测量绕组端部和绕组槽部的温度(如有困难时,可测量铁芯齿和铁芯轭部表面温度),取其平均值作为绕组的实际冷状态下的温度。

b) 驱动电机处于不工作状态且在环境温度稳定的空间中放置时间超过 12 h。

### 5.6.2 绕组直流电阻的测量

5.6.2.1 使用微欧计测量绕组直流电阻,测量时,通过绕组的试验电流应不超过其额定电流的 10%,通电时间不超过 1 min。

5.6.2.2 测量时,驱动电机转子静止不动。绕组各相各支路的始末端均引出时,应分别测量各相各支路的直流电阻。

5.6.2.3 如果各相绕组在电机内部连接,那么应在每个出线端间测量电阻。对于三相电机,各相电阻值按下式计算[见式(1)~式(6)]:

a) 对星形接法的绕组,如图 1a);

$$R_U = R_{med} - R_{vw} \dots\dots\dots(1)$$

$$R_V = R_{med} - R_{wu} \dots\dots\dots(2)$$

$$R_W = R_{med} - R_{uv} \dots\dots\dots(3)$$

b) 对三角形接法的绕组,如图 1b)。

$$R_U = \frac{R_{vw} \times R_{wu}}{R_{med} - R_{uv}} + R_{uv} - R_{med} \dots\dots\dots(4)$$

$$R_V = \frac{R_{wu} \times R_{uv}}{R_{med} - R_{vw}} + R_{vw} - R_{med} \dots\dots\dots(5)$$

$$R_W = \frac{R_{uv} \times R_{vw}}{R_{med} - R_{wu}} + R_{wu} - R_{med} \dots\dots\dots(6)$$

式中:

$$R_{med} = (R_{uv} + R_{vw} + R_{wu})/2;$$

$R_{uv}$ 、 $R_{vw}$ 、 $R_{wu}$ ——分别为出线端 U 与 V、V 与 W 和 W 与 U 之间测得的电阻值,单位为毫欧(mΩ);

$R_U$ 、 $R_V$  和  $R_W$  ——分别为各相的相电阻,单位为毫欧(mΩ)。

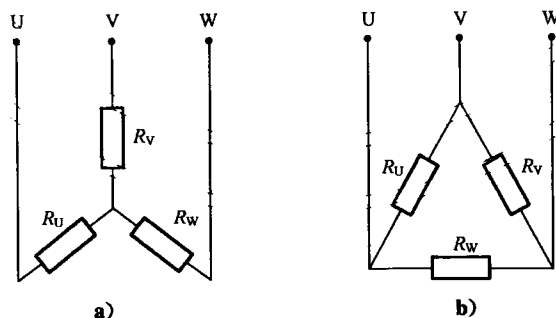


图 1 绕组形式

对于其他相数电机,需另行推导公式进行计算。

## 5.7 绝缘电阻

### 5.7.1 测量时被试样品的状态

5.7.1.1 绝缘电阻试验应分别在被试样品实际冷状态或热状态(如温升试验或高低温试验或湿热试验后)下进行。

5.7.1.2 常规测试时,如无其他规定,绝缘电阻仅在实际冷状态下测量,并记录被试样品周围介质的

温度。

5.7.1.3 若需要在热状态下或者冷却回路通有冷却液的情况下测量绝缘电阻,则周围介质温度指试验时被试样品所在空间的温度或者冷却液的温度。

## 5.7.2 兆欧表的选用

5.7.2.1 应根据被测绕组(或测量点)的最高工作电压选择兆欧表。

5.7.2.2 当最高工作电压不超过 250 V 时,应选用 500 V 兆欧表,当最高工作电压超过 250 V,但是不高于 1 000 V 时,应选用 1 000 V 兆欧表。

5.7.2.3 测量时,应在兆欧表指针或者显示数值达到稳定后再读取数值。

## 5.7.3 驱动电机定子绕组对机壳的绝缘电阻

5.7.3.1 如果各绕组的始末端单独引出,则应分别测量各绕组对机壳的绝缘电阻,不参加试验的其他绕组和埋置的检温元件等应与铁芯或机壳作电气连接,机壳应接地。

5.7.3.2 当中性点连在一起而不易分开时,则测量所有连在一起的绕组对机壳的绝缘电阻。

5.7.3.3 测量结束后,每个回路应对接地的机壳作电气连接使其放电。

## 5.7.4 驱动电机定子绕组对温度传感器的绝缘电阻

5.7.4.1 如果驱动电机埋置有温度传感器,则应分别测量定子绕组与温度传感器之间的绝缘电阻。

5.7.4.2 如果各绕组的始末端单独引出,则应分别测量各绕组对温度传感器的绝缘电阻,不参加试验的其他绕组和埋置的其他检温元件等应与铁芯或机壳作电气连接,机壳应接地。

5.7.4.3 当绕组的中性点连在一起而不易分开时,则测量所有连在一起的绕组对温度传感器的绝缘电阻。

5.7.4.4 测量结束后,每个回路应对接地的机壳作电气连接使其放电。

## 5.7.5 驱动电机控制器绝缘电阻

5.7.5.1 试验前,控制器与外部供电电源以及负载应分开,不能承受兆欧表高压冲击的电器元件(如半导体整流器,半导体管及电容器等)宜在测量前将其从电路中拆除或短接。

验时,将冲击试验电压直接施加于换向器片间,电枢轴应接地。

a) 跨距法:

选取跨距内换向片的数目应根据绕组类型和试验设备具体确定,一般推荐5~7片。为了使每一片间都经受一个相同条件的电压试验,推荐逐片进行实验(可根据均压线的连接方式减少试验次数)。

b) 片间法:

依次对换向器上一对相邻换向片进行试验。试验时,若未试线圈中产生高的感应电压,则应在被试换向片两侧的换向片上设置接地装置,并良好接触。

### 5.8.2 驱动电机绕组对机壳的工频耐电压

5.8.3.4 记录试验过程中漏电流的大小。

#### 5.8.4 驱动电机控制器的工频耐电压

5.8.4.1 试验过程中,驱动电机控制器的各个动力端子应短接,各个信号端子应短接。根据 GB/T 18488.1—2015 中表 2 的试验电压要求设置试验电压,按照 5.8.2.2 的试验方法,在驱动电机控制器动力端子与外壳、控制器信号端子与外壳、控制器动力端子与控制器信号端子之间进行试验。对于控

驱动电机绕组温度变化的影响。在断能时刻开始记录时间,并记录冷却介质温度。尽快测量驱动电机绕组的电阻随时间的变化情况,绕组电阻的测量点与试验前的绕组电阻测量点相同。第一个记录时间

7.1.2 在驱动电机系统转速范围内的测量点数不少于 10 个,绘制转速-转矩特性曲线,检查转矩输出是否能符合产品技术文件的规定。

## 7.2 转矩-转速特性及效率

### 7.2.1 测试点的选取

#### 7.2.1.1 转速测试点的选取

试验时,在驱动电机系统工作转速范围内一般取不少于 10 个转速点,最低转速点宜不大于最高工作转速的 10%,相邻转速点之间的间隔不大于最高工作转速的 10%。测试点选择时应包含必要的特征点,如:

- 额定工作转速点;
- 最高工作转速点;
- 持续功率对应的最低工作转速点;
- 其他特殊定义的工作点等。

#### 7.2.1.2 转矩测试点的选取

在驱动电机系统电动或馈电状态下,在每个转速点上一般取不少于 10 个转矩点,对于高速工作状态,在每个转速点上选取的转矩点数可以适当减少,但不宜低于 5 个。测试点选择时应包含必要的特征点,如:

- a) 持续转矩数值处的点;
- b) 启动转矩(或最大启动转矩)曲线上的点;
- c) 持续功率曲线上的点;
- d) 峰值功率(或最大功率)曲线上的点;
- e) 其他特殊定义的工作点等。

#### 7.2.2 测量参数的选择

试验时,根据试验目的,在相关的测试点处可以全部或者部分选择测量下列数据:

- a) 驱动电机控制器直流母线电压和电流;
- b) 驱动电机的电压、电流、频率及电功率;
- c) 驱动电机的转矩、转速及机械功率;



$$\eta = \frac{T \times n}{9.55 U \times I} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(11)$$

7.2.4.3.3 驱动电机系统处于馈电工作状态时,输入功率为驱动电机轴端的机械功率,输出功率为驱动电机控制器直流母线输出的电功率,驱动电机系统馈电工作状态下的效率按式(12)求取:

$$\eta = \frac{9.55 U \times I}{T \times n} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(12)$$

式中:

$\eta$ ——驱动电机系统的效率(%);

$n$ ——驱动电机转速,单位为转每分钟(r/min);

$T$ ——驱动电机轴端转矩,单位为牛米(N·m)。

$U$ ——驱动电机控制器直流母线电压平均值,单位为伏(V);

$I$ ——驱动电机控制器直流母线电流平均值,单位为安培(A)。

## 7.2.5 关键特征参数的测量

### 7.2.5.1 持续转矩

7.2.5.1.1 除非特殊说明,试验过程中,驱动电机控制器直流母线电压设定为额定电压,驱动电机系统可以工作于电动或馈电状态。

7.2.5.1.2 试验时,使驱动电机系统工作于 GB/T 18488.1—2015 中 5.4.3 规定的转矩和转速条件下,利用 7.2.3 的方法从事试验和测量,驱动电机系统应能够长时间正常工作,并且不超过驱动电机的绝缘等级和规定的温升限值。

### 7.2.5.2 持续功率

按照 7.2.5.1 获得的持续转矩和相应的工作转速,利用式(13)即可计算获得驱动电机在相应工作点的持续功率。

$$P_m = \frac{T \times n}{9\ 550} \quad \dots\dots\dots(13)$$

式中:

$P_m$ ——驱动电机轴端的持续功率,单位为千瓦(kW)。

### 7.2.5.3 峰值转矩

7.2.5.3.1 可以在驱动电机系统实际冷态下进行峰值转矩试验。除非特殊说明,试验过程中,驱动电机控制器直流母线电压设定为额定电压,驱动电机系统可以工作于电动或馈电状态。

7.2.5.3.2 试验时,使驱动电机系统工作于 GB/T 18488.1—2015 中 5.4.5 规定数值的峰值转矩、转速和持续时间等条件下,利用 7.2.3 的方法从事试验和测量,同时记录试验持续时间。驱动电机系统应能够正常工作,并且不超过驱动电机的绝缘等级和规定的温升限值。

7.2.5.3.3 如果需要多次从事峰值转矩的测量,宜将驱动电机恢复到实际冷态时,再进行第二次试验测量。

7.2.5.3.4 如果用户或制造商同意,可以在不降低试验强度的情况下,允许驱动电机没有恢复到冷态时开始第二次试验测量。如果这样调整后,试验测量得到的温升值和温度值较大,或者超过了相关的限值



7.2.5.3.6 作为峰值转矩的一种特殊情况,可以试验驱动电机系统在每个转速工作点的最大转矩,试验过程中,在最大转矩处的试验持续时间可以很短,一般情况下远低于 30 s。根据试验数据,绘制驱动电机系统转速-最大转矩曲线。

#### 7.2.5.4 峰值功率

按照 7.2.5.3 获得的峰值转矩和相应的工作转速,利用式(13)即可计算获得驱动电机系统在相应工

工作电压为额定电压,驱动电机系统可以工作于电动或馈电状态。

7.2.5.8.3 驱动电机系统工作于试验测试点,记录转速、转矩和电压、电流,以及冷却条件等参数,必要时,可以参照附录 A 的方法对相关数据进行修正。

7.2.5.8.4 按照 7.2.4 的方法计算试验点的效率。

### 7.3 控制精度

#### 7.3.1 转速控制精度

7.3.1.1 试验时,驱动电机控制器直流母线电压宜设定为额定电压,驱动电机系统宜处于空载、热态、电动工作状态。

7.3.1.2 对具有转速控制功能的驱动电机系统,在 10%~90%最高工作转速范围内,均匀取 10 个不同的转速点作为目标值。按照某一转速目标值设定驱动电机控制器或上位机软件,驱动电机由静止状态直接旋转加速,直至转速稳定状态。此过程中不应对驱动电机控制器或上位机软件做任何调整,记录驱

7.4.1.4 对于无转速控制功能的驱动电机系统,不进行该项试验。

#### 7.4.2 转矩响应时间

7.4.2.1 试验时,驱动电机控制器直流母线电压宜设定为额定电压,驱动电机系统宜处于堵转、热态、电动工作状态。

7.4.2.2 对具有转矩控制功能的驱动电机系统,在堵转状态下,按照转矩期望值设定驱动电机控制器或

不同驱动电机控制器驱动电机额定转速条件下,驱动电机在相应的工作转速和转矩负载下进行

行馈电试验。

7.6.3 记录馈电状态时驱动电机控制器的直流母线电压、直流母线电流、驱动电机各相的交流电压、交流电流,以及驱动电机轴端的转速和转矩等参数,同时计算获得功率、馈电效率等数值,绘制相关曲线。

7.6.4 必要时,应参照附录 A 对试验结果进行修正。

## 8 安全性试验

### 8.1 安全接地检查

接地检查方法和量具要求按照 GB/T 13422—2013 中 5.1.3 进行,测量被试驱动电机系统相应的接地电阻。量具推荐采用高阻表。

### 8.2 控制器保护功能

按照 GB/T 3859.1—2013 中 7.5.3 的要求进行。

### 8.3 驱动电机控制器支撑电容放电时间

#### 8.3.1 被动放电时间

试验时,驱动电机控制器应处于正常工作电压,电压稳定后,立即切断交流电源,同时利用由气

## 9.2 高温试验

9.2.1 进行高温贮存试验时,将驱动电机和驱动电机控制器放入高温箱内,按照 GB/T 2423.2—2008 的规定,使箱内温度升至 85 ℃,并保持 2 h,试验过程中,驱动电机系统处于非通电状态,对于液冷式驱动电机及驱动电机控制器,不通入冷却液。高温贮存 2 h 后,检查驱动电机轴承内的油脂是否有外溢,同时按照 5.7 的方法在高温箱内复测绝缘电阻,复测绝缘电阻期间,高温箱内的温度应保持在 85 ℃。

9.2.2 高温贮存 2 h,按照 GB/T 2423.2—2008 的规定恢复常态后,将驱动电机控制器直流母线工作电压设定为额定电压,驱动电机工作于持续转矩、持续功率条件下,检查系统能否正常工作。

9.2.3 进行高温工作试验时,将驱动电机和驱动电机控制器正确连接,按照 GB/T 2423.2—2008 的规定,放入高温箱内,按照 GB/T 18488.1—2015 中 5.6.2.2 的要求设置高温箱内的试验环境温度,驱动电机控制器直流母线工作电压设定为额定电压,驱动电机工作于持续转矩、持续功率条件下,检查驱动电机系统能否正常工作 2 h。对于液冷式驱动电机及驱动电机控制器,应在试验过程中通入冷却液,冷却液的成分、温度及流量按照产品技术文件规定。高温工作 2 h 后,按照 5.7 的方法在高温箱内复测绝缘电阻,复测绝缘电阻期间,高温箱内的温度应继续保持不变。

9.2.4 高温工作试验完成后,被试样品应按照 GB/T 2423.2—2008 的规定恢复常态。

## 9.3 湿热试验

9.3.1 将驱动电机和驱动电机控制器放入温度为 $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 90%~95% 的试验环境条件下,保持 48 h,试验过程中,驱动电机系统处于非通电状态,对于液冷式驱动电机及驱动电机控制器,不通入冷却液。48 h 后,按照 5.7 的方法复测绝缘电阻,复测绝缘电阻期间,试验环境条件应继续保持不变。

9.3.2 试验结束恢复常态后,将驱动电机控制器直流母线工作电压设定为额定电压,驱动电机工作于持续转矩、持续功率条件下,检查系统能否正常工作。

压设定为额定电压,驱动电机工作于持续转矩、持续功率条件下,检查系统能否正常工作,但不考核驱动电机及驱动电机控制器的外观。

#### 9.7 电磁兼容性

电磁辐射骚扰试验和电磁辐射抗扰性试验应按照制造商或者用户提供的试验方法从事试验。

#### 10 可靠性试验

按照 GB/T 29307—2012 的规定进行试验。

附录 A  
(资料性附录)

驱动电机系统工作转矩测量结果的修正方法

A.1 风摩擦转矩

试验过程中,由于转矩转速测量设备与驱动电机主轴的连接位置和精度关系以及机械传动效率等原因,会产生风摩擦损耗,在驱动电机系统电动试验过程中,风摩擦转矩  $T_{fw}$  按式(A.1)计算:

$$T_{fw} = \frac{9.55(P_1 - P_0)}{n_t} - T_d \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

- $P_1$ ——被试驱动电机系统驱动测功机时的输入电功率,单位为瓦(W),此时,测功机不通电,处于自由旋转状态;
- $P_0$ ——被试驱动电机系统的空载输入电功率,单位为瓦(W);
- $n_t$ ——风摩擦转矩试验时被试电机的转速,单位为转每分钟(r/min);
- $T_d$ ——风摩擦转矩试验时测功设备(或转矩转速测量设备)测量显示的转矩,单位为牛米(N·m)。

A.2 工作转矩的修正

在驱动电机系统电动试验过程中,被试驱动电机修正后的输出转矩  $T_c$  (N·m)按式(A.2)计算:

$$T_c = T_t + T_{fw} \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

在驱动电机系统馈电试验过程中,被试驱动电机修正后的输入转矩  $T_r$  (N·m)按式(A.3)计算:

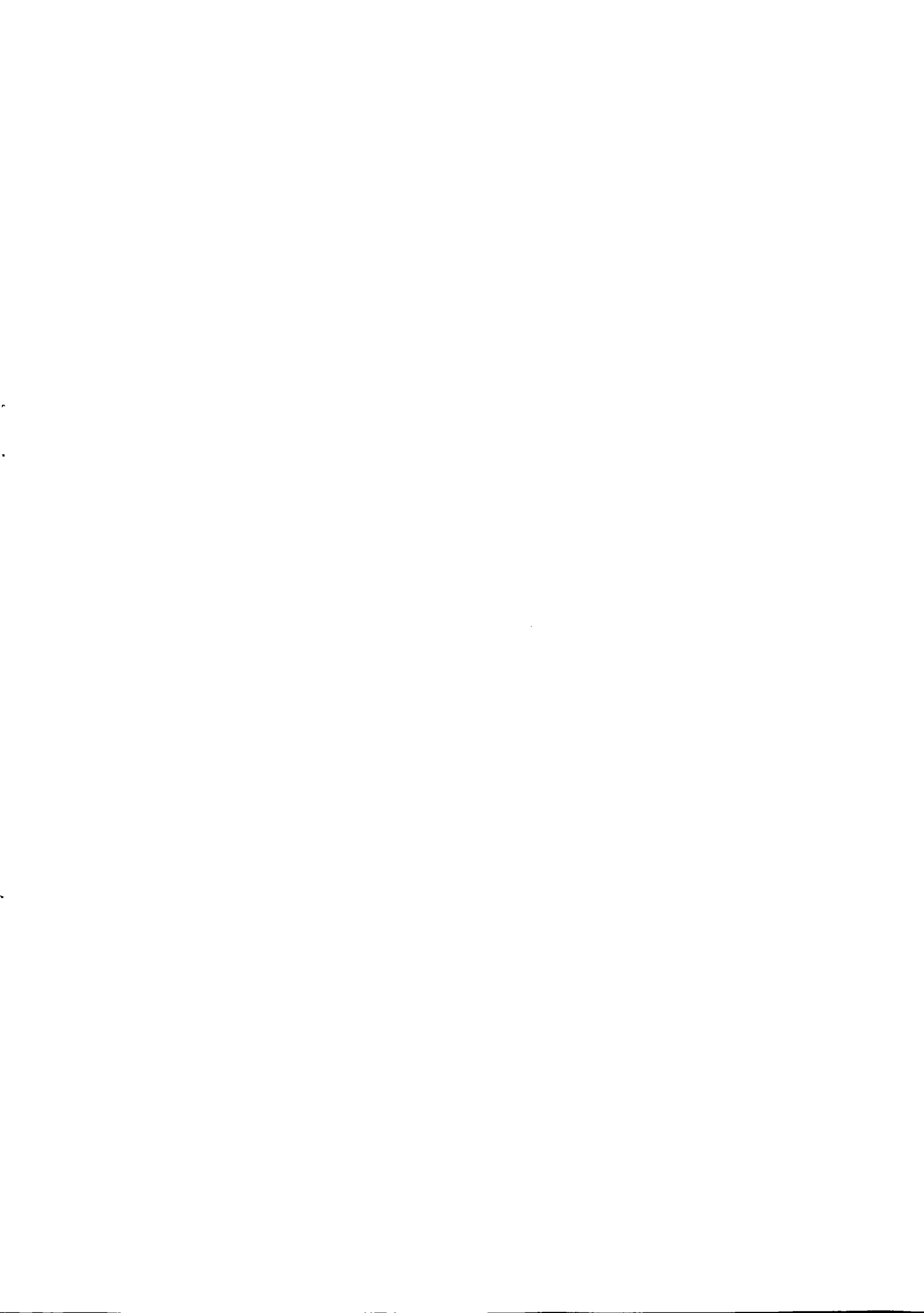
$$T_r = T_t - T_{fw} \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

$T_t$ ——测功机显示的被试驱动电机输出转矩,单位为牛米(N·m)。

需要注意的是,式(A.1)、式(A.2)和式(A.3)的获得具有一定的前提条件。假设驱动电机系统在风摩擦试验时,不论是电动状态还是馈电状态,其系统的损耗保持不变,从而获得式(A.1)的结果;同时,假定驱动电机系统在不同的工作转速和工作转矩条件下,风摩擦损耗保持不变,从而可以获得式(A.2)和式(A.3)的结果。

鼓励用户或制造商根据实际需要制定更加科学合理的修正方法。





中华人民共和国  
国家标准  
电动汽车用驱动电机系统  
第2部分：试验方法  
GB/T 18488.2—2015

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235  
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

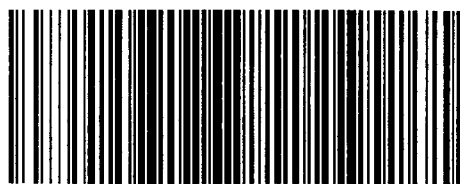
\*

开本 880×1230 1/16 印张 1.5 字数 38 千字  
2015年3月第一版 2015年3月第一次印刷

\*

书号: 155066·1-50845 定价 24.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68510107



GB/T 18488.2-2015