

中华人民共和国汽车行业标准

QC/T 792—××××

代替QC/T 792-2007

电动摩托车和电动轻便摩托车驱动用
电机及其控制器

Motors and controllers for electric motorcycles and electric mopeds

(征求意见稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中华人民共和国工业和信息化部

发布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用档 1

3 术语和定义 1

4 产品型号编制 2

5 要求 4

6 试验方法 8

7 检验规则 12

8 标志、包装、运输和贮存 15

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QC/T 792-2007，与QC/T 792-2007相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 增加了“术语和定义”中3.2-3.13的术语和定义（见3.1-3.13）；
- 修改了“电压等级”的规定，将“电压等级用额定电压的整数值表示”改为“电压等级用电机控制器的直流母线标称电压值表示”（见4.2.2，2007版4.2.2）；
- 增加了“一般要求”的规定（见5.1）；
- 修改了“使用环境条件”的规定，将“环境温度：-25℃~+60℃”改为“环境温度：-30℃~+60℃”（见5.2，2007版5.1）；
- 修改了“额定电压”的规定，将“采用直流24V、36V、48V、60V、72V……电压”改为“额定电压应为电机控制器的直流母线标称电压”（见5.3，2007版5.2）；
- 修改了“径向圆跳动”的要求，增加“电机与减速器一体机”的径向圆跳动要求和试验方法（见5.6.2、6.4.2，2007版5.5.2）；
- 增加了“液冷系统冷却回路密封性能”的要求和试验方法（见5.7、6.5）；
- 修改了“引出线和接插件”的要求，删除了“CAN总线接口”和“CAN总线电压”的要求，增加了“CAN总线”和“基于CAN的诊断及刷新”的要求和试验方法（见5.8，2007版5.6）；
- 修改了“绝缘介电强度”的名称，将“绝缘介电强度”改为“耐电压”（见5.10，2007版5.8）；
- 修改了“电机性能参数和效率”的要求，删除了“额定转矩、额定转速和额定输出功率”的要求和试验方法（2007版5.13.1），增加了“工作电压范围、额定转矩、持续功率、峰值扭矩、峰值功率、最高工作转速、效率”的要求和试验方法（见5.16.1、5.16.2、5.16.3、6.14），增加“电机与减速器一体机”的效率要求和试验方法（见5.16.4）；
- 增加了“转速控制精度、转矩控制精度”的要求和试验方法（见5.17）；
- 增加了“转速、转矩响应时间”的要求和试验方法（见5.18）；
- 修改了“电机超速”的要求和试验方法，将“电动机（永磁同步电动机除外）在1.2倍额定电压下空载超速运行2 min”改为“电机在1.2倍最高工作转速空载运行2 min”（见5.19、6.17，2007版5.19、6.13）；
- 删除了“电机短时过载”的要求（2007版5.15、6.14）；
- 修改了“控制器短时超载”的要求和试验方法，将“控制器应能承受2.5倍额定输入电流，持续1min的短时过载”改为“电机运行在峰值扭矩时，对应控制器的超载工况，电动摩托车电机的控制器超载持续时间为60s，电动轻便摩托车电机的控制器超载持续时间为30s”（见5.23、6.21，2007版5.19、6.18）；
- 修改了“控制器欠压保护功能”的要求和试验方法，将“控制器欠压保护功能”改为“控制器过压、欠压保护功能”（见5.25、6.22.2，2007版5.21、6.19.2）；
- 增加了“控制器过温保护功能”的要求和试验方法（见5.26、6.22.3）；
- 删除了“控制器制动功能”的要求和试验方法（2007版5.23、6.19.4）；
- 增加了“控制器制动和能量回收功能”的要求和试验方法（见5.28）；
- 修改了“温升”的要求，将“工作温升应不超过企业技术文件所规定的限值”改为“工作温升

应符合 GB 755 规定的温升限值”（见 5.31，2007 版 5.26）；

- 修改了“低温”、“高温”、“恒定湿热”的要求和试验方法（见 5.32、5.33、5.34、6.25、6.26、6.27，2007 版 5.27、5.28、5.29、6.22、6.23、6.24）；
- 修改了“电磁兼容性”的要求和试验方法，将应符合的标准“GB 14023—2006”和“GB/T 17619—1998”改为“GB/T 34660”（见 5.35，2007 版 5.30）；
- 增加了“高压电压波动试验”的要求和试验方法（见 5.36、6.29）；
- 增加了“低压电压波动试验”的要求和试验方法（见 5.37、6.30）；
- 增加了“低压瞬断”的要求和试验方法（见 5.38、6.31）；
- 增加了“低压反接”的要求和试验方法（见 5.39、6.32）；
- 删除了“防淋水”的要求和试验方法（2007 版 5.31、6.26）；
- 增加了“防护要求”的要求和试验方法（见 5.40、6.33）；
- 修改了“振动”的要求和试验方法，将“振动”改为“耐振动”，将“按 QC/T 413—2002 表 4 规定的条件（3 个振动方向中有一个为电动机轴线方向）进行振动试验”改为“电机及控制器耐振动应符合 GB/T 18488.1 的要求”，将“按 GB/T 2423.10 的规定进行试验”改为“电机及控制器按照 GB/T 18488.2 的规定进行耐振动试验”（见 5.41，2007 版 5.32）；
- 增加了“跌落”的要求和试验方法（见 5.43、6.36）；
- 修改了“噪声”的要求，将“电动机在额定电压下空载运行，其噪声应不大于 65dB（A）”改为“电机的噪声限值应符合产品技术文件的规定，但不应低于 GB/T 10069.3—2008 中表 1 的要求”（见 5.44，2007 版 5.34）；
- 删除了“寿命”的要求和试验方法（2007 版 5.35）；
- 删除了“说明书”的要求和试验方法（2007 版 5.36）；
- 增加了“盐雾”的要求和试验方法（见 5.45、6.38）。

本文件由全国汽车标准化技术委员会（SAC/TC114）提出并归口。

本文件起草单位：上海致控驱动技术有限公司、上海电驱动股份有限公司

本文件主要起草人：

本文件所代替标准的历次发布情况为：

- QC/T 792-2007。

电动摩托车和电动轻便摩托车驱动用电机及其控制器

1 范围

本文件规定了电动摩托车和电动轻便摩托车驱动用电机（包括含减速器的电机）及其控制器的产品型号编制、要求、试验方法、检验规则及对标志、包装、运输和贮存的要求。

本文件适用于电动摩托车和电动轻便摩托车驱动用电机（以下简称电机）及其控制器。

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 191-2008 包装储运图标标志（ISO 780: 1997, EQV）
- GB 755 旋转电机 定额和性能
- GB/T 1184 形状和位置公差 未注公差值
- GB/T 2423.5-2019 电工电子产品基本环境试验 第2部分：试验方法 试验 Ea 和导则：冲击（IEC 60068-2-27: 1987, IDT）
- GB/T 2423.10-2019 电工电子产品基本环境试验 第2部分：试验方法 试验 Fc 和导则：振动（正弦）（IEC 60068-2-6: 1982, IDT）
- 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 4208 外壳防护等级（IP 代码）
- GB/T 4942.1 旋转电机整体结构的防护分级（IP 代码） 分级
- GB/T 5171.21-2016 小功率电动机 第21部分：通用试验方法
- GB/T 10069.1-2006 旋转电机噪声测定方法及限值 第1部分：旋转电机噪声测定方法（ISO 1680: 1999, MOD）
- GB/T 10069.3-2008 旋转电机噪声测定方法及限值 第3部分：噪声限值
- GB/T 13202-2015 摩托车轮辋系列（ISO 4249-3: 1990, EQV）
- GB/T 18387 电动车辆的电磁场辐射强度的限值和测量方法宽带 9kHz~30MHz
- GB/T 18488.1 电动汽车用电机系统 第1部分：技术条件
- GB/T 18488.2 电动汽车用电机系统 第2部分：试验方法
- GB/T 34660 道路车辆 电磁兼容性要求和试验方法
- ISO 11898.1-2015 Road Vehicle - Controller Area Network (CAN) Part 1: Data link layer and physical signaling (2004)
- ISO 11898.2-2016 Road Vehicle - Controller Area Network (CAN) Part 2: High-speed medium access unit (2004)
- ISO 14229.2 Road vehicles - Unified diagnostic services (UDS) Part 2: Session layer services
- ISO 15765.2 道路车辆—控制局域网络诊断 第2部分：网络层服务
- T/CSAE 43-2015 电动汽车 CAN 总线测试规范
- T/CSAE 42-2015 电动汽车 CAN 总线故障诊断服务规范

3 术语和定义

3.1

一体轮 wheel with the outer shell of motor integrated

轮毂和电机外壳做成一个整体的摩托车主动轮。

3.2

额定转矩 rated torque

规定可持续工作的最大转矩。

3.3

持续功率 continuous power

规定可持续工作 30 min 的最大功率。

3.4

峰值转矩 peak torque

可短时工作的最大转矩。

3.5

峰值功率 peak power

可短时工作的最大功率。

3.6

电动摩托车电机 electric motorcycle motor

用于电动摩托车，为其提供驱动力的电机。

3.7

电动轻便摩托车电机 electric moped motor

用于电动轻便摩托车，为其提供驱动力的电机。

3.8

直驱电机 direct drive motor

电机转速与轮毂转速相同的电机。

3.9

非直驱独立电机 Non-direct drive independent motor

电机转速与轮毂转速不同，出厂不带减速机构的电机。

3.10

电机与减速器一体机 motor and reducer integrated machine

电机转速与轮毂转速不同，出厂带不可分离减速机构的电机。

3.11

高压 high voltage

动力电池输出电压。

3.12

低压 low voltage

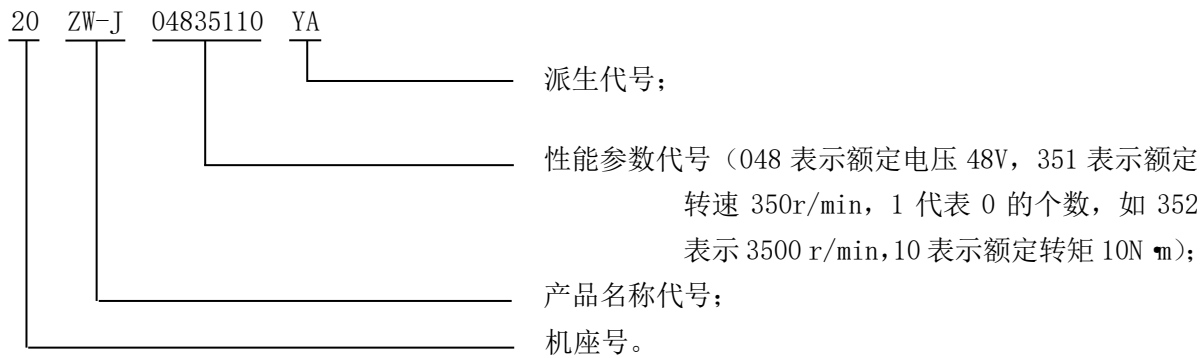
控制器控制电压（一般为 12 V 铅酸蓄电池电压）。

4 产品型号编制

4.1 电机型号

电机的型号由机座号、产品名称代号、性能参数代号和派生代号四个部分组成。

例如：



4.1.1 机座号

一体轮轮毂电机的机座号为 GB/T 13202—2015 所规定的轮辋名义直径代号。内转子电机的机座号为电机的定子铁芯外径（单位 mm）。

4.1.2 产品名称代号

电机产品基本名称代号为：

- Z ——有刷直流电机；
- ZW ——无刷直流电机；
- YC ——永磁同步电机；
- JY ——交流异步电机；
- KC ——开关磁阻电机。

需要时可以在基本名称代号的后面加扩展名称代号，二者之间用符号“-” 隔开。扩展名称代号为：J ——带减速器的。

4.1.3 性能参数代号

性能参数代号为 8 位阿拉伯数字。前三位为电机额定电压值（单位 V），第 4、5 位是电机额定转速（单位 r/min）的前两位数字，第 6 位是电机额定转速的整数位数字，第 7、8 位是电机额定转矩的整数值（单位 N·m，不足两位时前面加一个 0）。

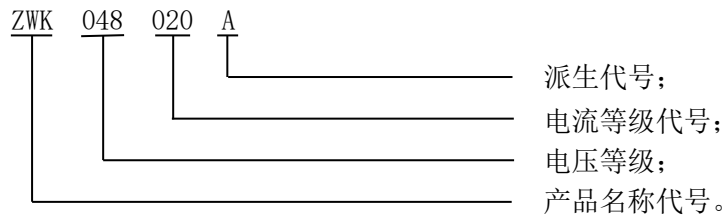
4.1.4 派生代号

一体轮轮毂电机的派生代号依次为 YA、YB、YC……。内转子电机的派生代号为 NA、NB、NC……。二字母中的后一个不使用 I、N、O、Y。

4.2 控制器型号

控制器的型号，由产品名称代号、电压等级、电流等级代号和派生代号四个部分组成。

例如：



4.2.1 产品名称代号

控制器产品名称代号为：

- ZK ——有刷直流电机控制器；
- ZWK ——无刷直流电机控制器；
- YCK ——永磁同步电机控制器；
- JYK ——交流异步电机控制器；
- KCK ——开关磁阻电机控制器。

4.2.2 电压等级

控制器采用直流电压输入。电压等级用电机控制器的直流母线标称电压值表示，不足三位时前面加一个 0。

4.2.3 电流等级代号

控制器的电流等级用控制器最大直流输入电流的整数值（单位安培，三位阿拉伯数字）表示，不足三位时前面加一个 0。

4.2.4 派生代号

派生代号依次为 A、B……（字母 I、N、O、Y 除外）。

5 要求

5.1 一般要求

电机应空转灵活，无定转子摩擦现象或者异响（如周期性异响、轴承受损异响或异物卡滞在转动部位引起的异响等）；电动摩托车电机控制器应具有满足整车要求的通信、故障诊断、标定、程序刷新、电源时序管理和转矩解析等安全管理功能。

5.2 使用环境条件

电机和控制器应能在下列条件下正常工作：

——环境温度：-30℃～+60℃；

——相对湿度：0～100%。

5.3 额定电压

额定电压应为电机控制器的直流母线标称电压。

5.4 外观

电机和控制器表面应无锈蚀、碰伤、裂痕，涂覆层应无剥落；紧固件连接要牢固；引出线应完整无损；电机和控制器的铭牌内容应正确，字迹应清晰，底色不得脱落。

5.5 外形尺寸及安装尺寸

电机和控制器的外形尺寸及安装尺寸应符合企业技术文件的规定。

5.6 装配品质

5.6.1 电机轴向间隙

电机的轴向间隙应不大于 0.3 mm。

5.6.2 径向圆跳动

直驱电机、非直驱独立电机等内转子电机的轴伸的径向圆跳动应满足 GB/T 1184 中 6 级公差要求。对于电机与减速器一体机其减速器的出轴径向圆跳动应满足 GB/T 1184 中 6 级公差要求。

5.6.3 端面跳动

一体轮轮毂电机轮辋外缘端面跳动应不大于 1 mm。

5.7 液冷系统冷却回路密封性能

对于液冷的电机及电机控制器，应在承受不低于 200 kPa 的压力时无渗漏。

5.8 引出线和接插件

5.8.1 引出线的颜色

无刷直流电机、永磁同步电机和开关磁阻电机的三相主绕组线中 A 相线应有明显的黄色标识，B 相线应有明显的绿色标识，C 相线应有明显的蓝色标识。

有刷直流电机绕组线中绕组正极应有明显的红色标识，绕组负极应有明显的黑色标识。

控制器及电机控制器一体机的电源输入线中电源正极应有明显的红色标识，电源负极应有明显的黑色标识。

5.8.2 电机引出线强度

每根电机主绕组引出线承受 25 N 拉力，传感器引出线承受 9 N 拉力后，应能保持完整无损。

5.8.3 接插件

电机及控制器引出线的接插件应符合企业技术文件的规定。

5.8.4 CAN 总线

如果电机控制器具备通信功能，则电机控制器与其他控制器的通信方式应使用 CAN 总线，CAN 总线设计应遵循 ISO 11898.1-2015 和 ISO 11898.2-2016 中的要求，整车 CAN 总线线束采用屏蔽双绞线。

5.8.5 基于 CAN 的诊断及刷新

具备 CAN 总线通信功能的电机控制器应支持基于 CAN 总线的诊断及刷新功能，设计应遵守 ISO 14229.2 及 ISO 15765.2。

5.9 绝缘电阻

电机和控制器的绝缘电阻应符合表 1 的规定。绝缘电阻用兆欧表测定，兆欧表的电压按表 2 规定。

表 1 绝缘电阻 单位为欧姆

需测试的部位	常态	低温	高温	恒定湿热
电机绕组与机壳之间	≥20	≥20	≥1	≥1
控制器电源地与机壳或散热器之间	≥20	≥20	≥1	≥1

表 2 兆欧表的电压值 单位为伏特

额定电压	兆欧表电压值
≤36	250
>36~500	500

5.10 耐电压

电机的绕组与机壳之间、控制器电源的地与机壳或散热器之间，都应能承受如下耐电压试验：

- a) 交流电频率为 50 Hz~60 Hz，波形为实际正弦波；
- b) 额定电压在 100V 以下的（含 100V），由独立电源供电的电机且额定功率小于 1KW，其试验电压（有效值）为 500V+2U_N；其它电机的试验电压（有效值）为 1000V+2U_N（U_N为额定电压），低于 1500 V 时为 1500 V。
- c) 试验历时 1 min。

试验过程中，跳闸电流应不大于 10 mA。试验过程中不得发生击穿或飞弧现象。

一般不对同一台电机重复进行本项试验。如确有需要重复进行本项试验，第 2 次试验时所用试验电压为上述规定试验电压的 80%。

批量生产的电机进行耐电压试验时，试验电压允许用上述规定值的 120%，试验时间相应缩短至 1 s。

5.11 定子电阻

电机各相定子绕组的电阻应在企业技术文件所规定的范围内。

5.12 定子电感

电机各相定子绕组在频率 1000 Hz 下的电感应应在企业技术文件所规定的范围内。

5.13 位置传感器相位偏差

电机位置传感器相位偏差应在企业技术文件所规定的范围内。

5.14 电机转子的旋转方向

单向出线的电机逆时针（一体轮轮毂电机从出线端看；内转子电机从轴伸端看）为正方向。

双向出线的一体轮轮毂电机的旋转方向按企业技术文件的规定。

5.15 空载电流

电机在额定电压下以额定转速空载运行 5 min，母线电流不得大于企业技术文件所规定的限值。

5.16 电机性能参数和效率

5.16.1 工作电压范围

电机系统的工作电压范围应符合产品技术文件的规定。

5.16.2 额定转矩、持续功率

电机的额定转矩和持续功率应符合产品技术文件的规定。

5.16.3 峰值转矩、峰值功率、最高工作转速

电机的峰值转矩和峰值功率应符合产品技术文件的规定，其中电动摩托车电机在峰值转矩和峰值功率工况下应能正常运转 60 s，电动轻便摩托车电机在峰值转矩和峰值功率工况下应能正常运转 30 s。在额定电压下，电机带载运行的最高工作转速应符合产品技术文件规定。

5.16.4 效率

额定电压、额定转速、额定转矩工况下，电机和控制器系统效率应不低于 75%。额定电压、额定转速、50%和 160% 额定转矩工况下，电机和控制器系统效率应不低于 70%。

电机与减速器一体机在额定电压、额定转速、额定转矩工况下，电机、控制器和减速器的系统效率应不低于 70%。额定电压、额定转速、50%和 160% 额定转矩工况下，电机、控制器和减速器的系统效率应不低于 65%。

5.17 转速控制精度、转矩控制精度

具有转速控制功能、转矩控制功能的电机系统，转速、转矩的控制精度应符合产品技术文件规定。

5.18 转速、转矩响应时间

具有转速控制功能、转矩控制功能的电机系统，转速、转矩的响应时间应符合产品技术文件规定。

5.19 电机超速

电机在 1.2 倍最高工作转速空载运行 2 min，不得发生机械变形或发出异常声响。

5.20 控制器最大输入电流

控制器最大输入电流应在企业技术文件所规定的范围内。

5.21 控制器额定输入电流

在企业技术文件规定的控制器额定输入电流工况下，控制器应能连续 2h 正常运转。

5.22 控制器效率

控制器在额定电压、额定输入电流工况下的效率应大于等于 95%。

5.23 控制器短时超载

电机运行在峰值转矩时，对应控制器的超载工况，电动摩托车电机的控制器超载持续时间为 60 s，电动轻便摩托车电机的控制器超载持续时间为 30 s，短时超载完成后，电机控制器应能正常工作。

5.24 控制器调节功能

开环控制的控制器应具有电压调节功能；外环为速度闭环控制的控制器应具有速度调节功能；外环为转矩闭环控制的控制器应具有转矩调节功能。

5.25 控制器过压、欠压保护功能

控制器应有过压、欠压保护功能，过压、欠压值由企业技术文件规定，当控制器电压超出过压、欠压规定值时，控制器应能自动停止工作。

5.26 控制器过温保护功能

控制器在其温度超出规定的阈值时，应具备自动降低输出功率、停止输出功率或者自身断电的保护功能。

5.27 控制器过流保护功能

控制器在输入电流超过其最大输入电流工况时，应具备自动降低输出电流、停止输出电流或者自身断电的保护功能。过流的限值由企业技术文件规定。

5.28 控制器制动和能量回收功能

具备控制器制动和能量回收功能的电机控制器接受到制动指令后，应能停止驱动电机，并根据整车状态实现一定程度的再生制动能量回收，以降低整车能耗，馈电的功率范围应符合企业技术文件规定。

5.29 控制器防失控保护功能

当调节指令线断开或用于指令调节的把手地线断开时，控制器应能控制电机不输出功率。

5.30 电机及控制器质量

电机和控制器的质量应分别在企业技术文件所规定的范围内。

5.31 温升

电机电枢绕组的工作温升应符合 GB 755 规定的温升限值。

5.32 低温

在环境温度在 $(-30\pm1)^{\circ}\text{C}$ 范围内冷态断电静置持续 2h 后，电机和控制器的绝缘电阻应仍能符合第 5.9 条低温所规定的要求，电机静置至室温后电机和控制器的性能符合 5.16.2 的要求。

5.33 高温

当环境温度在 $(60\pm2)^{\circ}\text{C}$ 范围内，电机和控制器持续空载运行 2h 后，绝缘电阻应仍能符合 5.9 条高温的要求，电机静置至室温后电机和控制器的性能符合 5.16.2 的要求。

5.34 恒定湿热

电机和控制器应能承受 $(40\pm2)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 90%~95%、历时 48h 的恒定湿热试验，试验后空载电流仍应符合 5.15 的要求，绝缘电阻仍应符合 5.9 的要求，外观锈蚀不得影响正常工作，电机静置至室温后电机和控制器的性能符合 5.16.2 的要求。

5.35 电磁兼容性

5.35.1 电磁辐射

电机和控制器在运行中产生的电磁辐射应符合 GB/T 18387、GB/T 34660 的要求。

5.35.2 抗干扰性

按 GB/T 34660 规定的抗扰性电平限值进行试验，电机和控制器应能正常工作。

5.36 高压电压波动试验

高压电压在过压和欠压范围内，按照 0.1 V/s 的速度进行波动变化，持续 10 个周期，试验过程中电机和控制器的功能运行正常。

5.37 低压电压波动试验

若电机控制器设计为高压与低压隔离方案，低压电压在企业技术文件规定的范围内，按照 0.1 V/s 的速度进行波动变化，持续 10 个周期，试验过程中电机和控制器的功能运行正常。

5.38 低压瞬断

若电机控制器设计为高压与低压隔离方案，则需要满足低压按照 1 μs 、100 μs 、1ms 的时间瞬断，恢复后电机控制器运行正常。

5.39 低压反接

若电机控制器设计为高压与低压隔离方案，则需要满足低压反接后，电机控制器内部反接保护功能有效，电机控制器不会损坏，恢复后电机系统能正常工作。

5.40 防护要求

电机及控制器应满足不低于 GB/T 4942.1 和 GB 4208 对 IP66 级产品的防淋水要求。电动摩托车电机及其控制器防护等级均应不低于 IP67。

5.41 耐振动

电机及控制器耐振动应符合 GB/T 18488.1 的要求。

5.42 冲击

电机和控制器固定在试验台上，按表 3 规定的条件进行冲击试验，试验过程中不得出现零部件松动或损坏。试验后测试空载电流仍应符合 5.15 的要求。

表 3 冲击试验条件

峰值加速度 m/s^2	脉冲持续时间 ms	波形	某一轴线方向上的冲击 次数	三个相互垂直轴线正反方向上 冲击总次数
150	11	半正弦	3	18

5.43 跌落

电机和控制器均按照手持 500 mm 的高度进行跌落试验，跌落方向应在电机的伸出轴和控制器的接插件不同的空间轴向，撞击面应为混凝土地面或钢板，试验后电机、控制器外壳可变形，空载电流仍应符合 5.15 的要求。

5.44 噪声

电机的噪声限值应符合产品技术文件的规定，但不应低于 GB/T 10069.3-2008 中表 1 的要求。

5.45 盐雾

电机及电机控制器的抗盐雾能力，应能满足 GB/T 2423.17-2019 的规定，PH 值在 6.5~7.2（温水 $35\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，盐水浓度 $5\pm 1\%$ ）之间，试验周期不低于 24h，试验后恢复 1~2 小时后，电机及控制器能正常运行。

6 试验方法

6.1 试验的一般条件

- a) 环境温度 $5^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 相对湿度 45%~75%；
- c) 大气压力 86 kPa~106 kPa；
- d) 海拔：不超过 1000 m，若超过 1000 m，应参照 GB 755 的有关规定执行；
- e) 电气测量仪表（兆欧表除外）精度不低于 0.5 级；
- f) 测功仪精度不低于 1%，测速仪精度不低于 ± 2 rpm；
- g) 直流电源的纹波系数不大于 5%；
- h) 声级计精度 ± 1.5 dB；
- i) 百分表/千分表精度 1 级；
- j) 温度计精度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

6.2 外观

目测。

6.3 外形尺寸及安装尺寸

用能满足尺寸精度要求的量具检查。

6.4 装配品质

6.4.1 轴向间隙

轴向水平牢固安装电机，将百分表测量头置于轴伸顶端端面。先后对轴沿着轴线方向施加 100 N 推力和拉力，百分表二次读数之差即轴向间隙。

6.4.2 径向圆跳动

对于直驱电机、非直驱独立电机等内转子电机应固定电机机壳，缓慢转动电机转轴，用千分表在轴伸配合部位测取径向跳动。

对于电机与减速器一体机应固定电机机壳，缓慢转动减速器的出轴，用千分表在减速器的出轴测取径向跳动。

6.4.3 端面跳动

固定一体轮轮毂电机轴，缓慢转动电机外壳。用千分表读取机壳端面近外缘的旋转圆的轴向跳动。

6.5 液冷系统冷却回路密封性能

向冷却回路中充入冷却介质，使冷却介质充满冷却回路，排空冷却回路的空气，将被试样品冷却回路的一端堵住，但不能产生影响密封性能的变形。然后逐渐加压至 200 kPa，并保持该压力至少 15 min。压力保持过程中，压力仪表显示值不应下降，不得有明显可见的液滴或表面潮湿。

6.6 引出线和接插件

6.6.1 引出线的颜色

目测。

6.6.2 电机引出线强度

将轴向（径向）出线的电机的轴置于垂直（水平）位置，引出线的引线端朝下，在引出线端部施加拉力，逐渐增至 5.8.2 规定的值，加力时应使导线芯及绝缘层均匀受力。然后将电机转过 90°，使轴处于水平（垂直）位置，重复上述加载过程。再将电机定子绕引出线孔的轴线顺、逆时针各转 360°。最后检查引出线是否破损。

6.6.3 接插件

按企业技术文件对接插件的定义进行检查。

6.6.4 CAN 总线

CAN 总线测试方法按 T/CSAE 43-2015《电动汽车 CAN 总线测试规范》执行。

6.6.5 基于 CAN 的诊断及刷新

基于 CAN 的诊断及刷新测试方法按 T/CSAE 42-2015《电动汽车 CAN 总线故障诊断服务规范》执行。

6.7 绝缘电阻

使用兆欧表测量。

6.8 耐电压

使用耐压试验仪进行耐电压试验。

6.9 定子电阻

用直流电桥或满足精度要求的其它仪表测量电机各相定子绕组的电阻。

6.10 定子电感

用电感电桥测量电机各相定子绕组在频率 1000 Hz 下的电感。

6.11 位置传感器相位偏差

用示波器同时测量电机反电势和对应位置传感器信号的相位偏差，应符合 5.13 要求。

6.12 旋转方向

正确联接电机、控制器，通电后目测电机的旋转方向。

6.13 电机空载电流

电机在额定电压下空载运行 5 min 后，测取电机控制器母线电流即为电机空载电流。

6.14 电机性能参数和效率

6.14.1 额定转矩、持续功率

将电机固定在转矩测试仪上，正确连接电机与控制器。给控制器施加额定电压，调整调节指令使电机以额定转速空载运转。运转稳定后逐渐增加电机转矩，直至达到企业技术文件所规定的额定转矩，电机系统应能够在额定转矩持续运行，试验结束时电机温升不应超过电机规定的温升限值。

将电机固定在转矩测试仪上，正确连接电机与控制器。给控制器施加额定电压，调整调节指令使电机在持续功率对应的转速区间空载运转。运转稳定后逐渐增加电机功率，直至达到企业技术文件所规定的持续功率，电机系统应能够在持续功率工作 30 min，试验结束时电机温升不应超过电机规定的温升限值。

6.14.2 峰值转矩、峰值功率、最高工作转速

将电机固定在转矩测试仪上，正确连接电机与控制器。给控制器施加额定电压，调整调节指令使电机在峰值转矩对应的转速区间空载运转。运转稳定后逐渐增加电机转矩，直至达到企业技术文件所规定的峰值转矩，电动摩托车电机峰值转矩持续时间为 60 s，电动轻便摩托车电机峰值转矩持续时间为 30 s。试验结束时电机温升不应超过电机规定的温升限值。

将电机固定在转矩测试仪上，正确连接电机与控制器。给控制器施加额定电压，调整调节指令使电机在峰值功率对应的转速区间空载运转。运转稳定后逐渐增加电机功率，直至达到企业技术文件所规定的峰值功率，电动摩托车电机峰值功率持续时间为 60 s，电动轻便摩托车电机峰值功率持续时间为 30 s。试验结束时电机温升不应超过电机规定的温升限值。

将电机固定在转矩测试仪上，正确连接电机与控制器。给控制器施加额定电压，调整调节指令使电

机的转速升至最高工作转速，并施加不低于产品技术文件规定的负载，电机系统工作稳定后，在此状态下的持续工作时间应不小于 3 min。

6.14.3 效率

将电机固定在转矩测试仪上，正确连接电机与控制器。对控制器施加额定电压，调整调节指令使电机以额定转速空载运转。运转稳定后通过转矩测试仪逐渐加大负载转矩，在 50%、100%及 160%额定转矩三个工况点，用转速表及功率分析仪测取电机转速 n 、电机控制器输入功率 P_1 。最后，按公式(1)计算电机的输出功率 P_2 ，按公式(2)计算电机和控制器系统效率 η 。对于电机与减速器一体机，公式(2)计算电机、控制器和减速器的系统效率。

$$P_2 = \frac{M \times n}{9.55} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

P_2 ——输出功率，单位为瓦（W）；

9.55——变换系数；

M ——转矩，单位为牛米（N·m）；

n ——转速，单位为转每分钟（r/min）。

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中：

η ——效率，单位为百分比（%）；

P_2 ——输出功率，单位为瓦（W）；

P_1 ——输入功率，单位为瓦（W）。

6.15 转速控制精度和转矩控制精度

按 GB/T 18488.2 规定的测量方法进行试验。

6.16 转速和转矩响应时间

按 GB/T 18488.2 规定的测量方法进行试验。

6.17 电机超速

将电机断电，由测功机带动电机在 1.2 倍最高工作转速空载运行 2 min，试验过程中无异常声音，试验后目测确认无异常变形。

6.18 控制器最大输入电流

将电机固定在转矩测试仪上，正确连接控制器与电机。给控制器施加额定电压，调整调节指令使电机在峰值功率对应的转速区间空载运转。运转稳定后操纵转矩测试仪逐渐增加电机转矩，直至控制器直流母线的输入电流达到最大值，作为测定电流值。

6.19 控制器额定输入电流

将电机固定在转矩测试仪上，正确连接控制器与电机。给控制器施加额定电压，调整调节指令使电机以额定转速空载运转。运转稳定后操纵转矩测试仪逐渐增加电机转矩，直至控制器直流母线输入电流达到企业技术文件所规定的控制器额定输入电流，持续 2 h。目测控制器能否正常运行。

6.20 控制器效率

将电机固定在转矩测试仪上，正确连接控制器与电机。给控制器施加额定电压，调整调节指令使电机以额定转速空载运转。运转稳定后操纵转矩测试仪逐渐增加电机转矩，直至控制器直流母线的输入电流达到企业技术文件所规定的控制器额定输入电流。从功率分析仪读出控制器的输入电压、输入电流及控制器的输出功率。控制器的输入功率为控制器直流母线电压与直流母线电流的乘积。控制器的效率为

控制器输出功率占控制器输入功率的比值。

6.21 控制器短时超载

将电机固定在转矩测试仪上，正确连接控制器与电机。给控制器施加额定电压，调整调节指令使电机在峰值转矩对应的转速区间空载运转。运转稳定后操纵转矩测试仪逐渐增加电机转矩，直至达到企业技术文件所规定的峰值转矩，电动摩托车电机的控制器超载持续时间为 60 s，电动轻便摩托车电机的控制器超载持续时间为 30 s，短时超载完成后，电机控制器应能正常工作。

6.22 控制器主要功能

6.22.1 控制器调节功能

将电机固定在转矩测试仪器上，正确连接控制器与电机。给控制器施加额定电压。

开环控制的控制器。在空载工况下，均匀调整电压调节指令，用电压表监测不同电压调节指令下的控制器输出电压有效值，确认控制器输出电压有效值随电压调节指令的改变而改变。

外环为速度闭环的控制器。在空载工况下，给控制器施加额定电压，均匀调整速度调节指令，用转速表测取不同速度调节指令下的电机转速，确认电机转速随速度调节指令的改变而改变。

外环为转矩闭环的控制器。均匀调整转矩调节指令，用转矩测量仪给电机施加不同的转矩，确认电机输出转矩随着转矩调节指令的改变而改变。

6.22.2 控制器过压、欠压保护功能

将电机固定在转矩测试仪器上，正确连接控制器与电机。在给控制器施加额定电压，调整调节指令使电机以额定转速空载运转。然后调高/调低控制器的输入电压至企业技术文件规定的保护值，控制器应能自动停止工作。

6.22.3 控制器过温保护功能

将控制器放置在温度箱中，正确连接控制器与电机。在给控制器施加额定电压，调整调节指令使电机在额定转速、额定转矩下运行。然后调节温度箱温度，使控制器温度达到企业技术文件规定的限值，控制器应具备自动降低输出功率、停止输出功率或者自身断电的保护功能。

6.22.4 控制器过流保护功能

将电机固定在转矩测试仪器上，正确连接控制器与电机。给控制器施加额定电压，调整调节指令使电机以额定转速空载运转。运转稳定后操纵转矩测试仪逐渐增加电机转矩，直至电流达到由企业技术文件规定的过流限值，继续操纵转矩测试仪增加电机转矩，控制器应具有维持电流限值不上升、自动降低输出电流、停止输出电流或者自身断电的保护功能。

6.22.5 控制器制动和能量回收功能

将电机固定在功率分析仪器上，正确连接控制器与电机。给控制器施加额定电压，由测功机带动电机以额定转速空载运转，然后由控制器施加制动和能量回收指令，读取功率分析仪器上的馈电功率，馈电的功率范围应符合企业技术文件规定。

6.22.6 防失控保护功能

正确连接控制器与电机。给控制器施加额定电压，调整调节指令使电机以额定转速空载运转。运转稳定后将调节指令线断开，监测电机是否停止转动。

正确连接控制器与电机。给控制器施加额定电压，调整调节指令使电机以额定转速空载运转。运转稳定后将用于调节指令的把手地线断开，监测电机是否停止转动。

6.23 电机及控制器质量

用感量为 1% 的衡器，称取电机和控制器的质量。

6.24 温升

将电机安装在支架上，室温放置。温度平衡后测量电枢绕组的直流电阻，并记下当时室温。然后在额定电压下使电机以额定工况（转矩、转速）下稳定运行一定时间。待温度平衡后，切断电源，测试同一绕组的直流电阻，并记录此时的室温。

按 GB/T 5171.21-2016 中 6.5 的规定计算电机的工作温升。

6.25 低温

将电机和控制器安装在试验支架上，不通电，放在试验箱中。逐渐降低箱温至 $(-30\pm 1)^{\circ}\text{C}$ ，保持2h。之后在箱内测取电机和控制器的绝缘电阻，并检查电机和控制器能否空载起动，将电机和控制器静置至室温后测试电机和控制器的额定性能。

6.26 高温

将电机和控制器安装在试验支架上，放入试验箱中。额定电压下空载运转。逐渐升高箱温至 $(60\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ，保持2h，监测电机和控制器的运转情况。之后在箱内测取电机和控制器的绝缘电阻，将电机和控制器静置至室温后测试电机和控制器的额定性能。

6.27 恒定湿热

控制器、电机的安装配合面都涂以防锈脂后，置于 $(40\pm 2)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度90%~95%的试验箱（室）内，历时48h后，测取空载电流和绝缘电阻，目测电机及控制器的外观，将电机和控制器静置至室温后测试电机和控制器的额定性能。

6.28 电磁兼容性

6.28.1 电磁辐射

按GB/T 18387、GB/T 34660规定的方法进行试验。

6.28.2 抗干扰性

按GB/T 34660规定的测量方法进行试验。

6.29 高压电压波动试验

正确连接控制器与电机。给控制器施加额定电压，调整调节指令使电机以额定转速空载运转。运转稳定后逐渐增加电机转矩，直至达到企业技术文件所规定的额定转矩，然后使控制器高压电压在过压和欠压范围内，按照0.1 V/s的速度进行波动变化，持续10个周期，试验过程中观察电机和控制器运行情况。

6.30 低压电压波动试验

正确连接控制器与电机。给控制器施加额定电压，调整调节指令使电机以额定转速空载运转。运转稳定后逐渐增加电机转矩，直至达到企业技术文件所规定的额定转矩，然后使控制器低压电压在企业技术文件规定的范围内，按照0.1 V/s的速度进行波动变化，持续10个周期，试验过程中电机和控制器的功能运行正常。

6.31 低压瞬断

正确连接控制器与电机，低压按照1 μs 、100 μs 、1ms的时间瞬断，瞬断后低压供电正常，瞬断期间控制器正常工作不能产生复位。

6.32 低压反接

正确连接控制器与电机，反接控制器低压，电机控制器内部反接保护功能有效，电机控制器不会损坏，恢复后电机系统能正常工作。

6.33 防护要求

电机及控制器按GB/T 4942.1和GB 4208所规定的IP66等级产品的防淋水试验方法（试验过程中，电机处于非通电状态，引出线向下）和合格评定方法进行检查。

电动摩托车电机及控制器按GB/T 4942.1和GB 4208所规定的IP67等级产品的防淋水试验方法（试验过程中，电机处于非通电状态，引出线向下）和合格评定方法进行检查。

6.34 耐振动

电机及控制器按照GB/T 18488.2的规定进行耐振动试验。

6.35 冲击

分别将电机和控制器固定试验台上，按GB/T 2423.5-2019规定的方法进行试验。峰值加速度、脉冲持续时间、波形、冲击次数按5.42中表3的规定。

试验过程中随时检查零部件有否松动或损坏。试验结束后，按6.13规定的方法检查空载电流。

6.36 跌落

电机和控制器按照手持 500 mm 的高度进行跌落试验，跌落方向应在电机的伸出轴和控制器的接插件不同的空间轴向，撞击面应为混凝土地面或钢板，试验结束后，按 6.13 规定的方法检查空载电流。

6.37 噪声

电机悬持在弹性组件上，在额定电压下运行，按 GB/T 10069.1-2006 所规定的方法进行噪声试验。

6.38 盐雾

电机及控制器按照 GB/T 2423.17-2008 的规定进行盐雾试验。

7 检验规则

7.1 检验分类

检验分出厂核对总和型式检验。

电机检验项目见表 4。

表 4 电机检验项目表

序号	检验项目		技术要求	试验方法	出厂检验	型式检验
1	外观		5.4	6.2	√	√
2	外形尺寸及安装尺寸		5.5	6.3		
3	装配品质	轴向间隙	5.6.1	6.4.1		
		径向圆跳动	5.6.2	6.4.2		
		端面跳动	5.6.3	6.4.3		
4	液冷系统冷却回路密封性能		5.7	6.5		
5	引出线和接插件	引出线颜色	5.8.1	6.6.1		
		引出线强度	5.8.2	6.6.2		
		接插件	5.8.3	6.6.3		
6	绝缘电阻		5.9	6.7		
7	耐电压		5.10	6.8		
8	定子电阻		5.11	6.9		
9	定子电感		5.12	6.10		
10	位置传感器相位偏差		5.13	6.11		
11	旋转方向		5.14	6.12		
12	电机空载电流		5.15	6.13		
13	性能参数与效率	额定转矩、持续功率	5.16.2	6.14.1	—	√
		峰值转矩、峰值功率、最高工作速度	5.16.3	6.14.2		
		效率	5.16.4	6.14.3		
14	电机超速		5.19	6.17		
15	质量		5.30	6.23		
16	温升		5.31	6.24		
17	低温		5.32	6.25		
18	高温		5.33	6.26		

表 4 电机检验项目表（续）

序号	检验项目		技术要求	试验方法	出厂检验	型式检验
19	恒定湿热		5.34	6.27	—	√
20	电磁兼容性	电磁辐射	5.35.1	6.28.1		
		抗干扰性	5.35.2	6.28.2		
21	防护要求		5.40	6.33		
22	振动		5.41	6.34		
23	冲击		5.42	6.35		
24	跌落		5.43	6.36		
25	噪声		5.44	6.37		
26	盐雾		5.45	6.38		

控制器检验项目见表 5。

表 5 控制器检验项目表

序号	检验项目		技术要求	试验方法	出厂检验	型式检验
1	外观		5.4	6.2	√	
2	外形尺寸及安装尺寸		5.5	6.3		
3	引出线和接插件	引出线颜色	5.8.1	6.6.1		
		接插件	5.8.3	6.6.3		
4	绝缘电阻		5.9	6.7		
5	耐电压		5.10	6.8	—	
6	转速控制精度、转矩控制精度		5.17	6.15		
7	转速、转矩响应时间		5.18	6.16		
8	最大输入电流		5.20	6.18		
9	额定输入电流		5.21	6.19		
10	效率		5.22	6.20	√	√
11	短时超载		5.23	6.21		
12	调节功能		5.24	6.22.1		
13	过压、欠压保护功能		5.25	6.22.2		
14	过温保护功能		5.26	6.22.3		
15	过流保护功能		5.27	6.22.4		
16	防失控保护功能		5.29	6.22.5	—	
17	质量		5.30	6.23		
18	低温		5.32	6.25		
19	高温		5.33	6.26		
20	恒定湿热		5.34	6.27		
21	电磁兼容性	电磁辐射	5.35.1	6.28.1		
		抗干扰性	5.35.2	6.28.2		
22	高压电压波动试验		5.36	6.29		
23	低压电压波动试验		5.37	6.30		
24	低压瞬断		5.38	6.31		

表 5 控制器检验项目表（续）

序号	检验项目	技术要求	试验方法	出厂检验	型式检验
25	低压反接	5.39	6.32	—	√
26	防护要求	5.40	6.33		
27	振动	5.41	6.34		
28	冲击	5.42	6.35		
29	跌落	5.43	6.36		
30	盐雾	5.45	6.38		

7.2 出厂检验

电机及控制器应经制造厂质量检验部门逐台检验合格，并附合格证后方可出厂。

7.3 型式检验

7.3.1 型式检验应在下列条件之一时进行

- a) 新产品设计定型时；
- b) 更换材料和工艺以致影响性能时；
- c) 正常生产二年。

7.3.2 抽样规则

型式检验应从出厂检验合格的产品中抽取。共抽 4 台，用其中 2 台做型式检验，2 台为复检备用。

7.3.3 判定规则

型式检验中有一台产品一个项目不合格，允许用备用样品加倍复验该项目，如仍有一台不合格，则判型式检验不合格。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 电机和控制器应有牢固清晰的铭牌，其内容必须包括：

- a) 型号、规格；
- b) 出厂编号；
- c) 出厂日期；
- d) 制造厂名。

8.1.2 包装箱外表面应有下列标志：

- a) 产品名称、型号规格、数量；
- b) 产品执行标准号；
- c) 每箱的净重、毛重；
- d) “易碎物品”、“向上”、“怕雨”等标志，这些标志应符合 GB 191—2008 的规定；
- e) 制造厂商地址。

8.2 包装

8.2.1 电机和控制器的包装应能满足防潮、防震要求。

8.2.2 包装箱内应装入下列随产品提供的文件：

- a) 装箱单（指多件包装）；
- b) 产品合格证；
- c) 产品使用说明书。

8.3 运输

- a) 在运输中，产品不得受剧烈机械冲撞、曝晒、雨淋或腐蚀性药品及有害气体的侵蚀；
- b) 在装卸过程中，产品应轻搬轻放，不得抛掷、翻滚、重压。

8.4 贮存

- a) 产品应贮存在温度为 $-10^{\circ}\text{C}\sim+40^{\circ}\text{C}$ 范围内，湿度不大于 90% 的干燥、清洁及通风良好的仓库内；
- b) 不受阳光直射，与热源（暖气设备等）之间的距离不得少于 2m；
- c) 不得受冲击或重压。
-