

中华人民共和国

行业标准

××/T ×××××—××××
代替 QB/T 2946—2008

电动自行车用电机及控制器

Motor and Controller used for Electric Bicycles

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

(征求意见稿)

(本稿完成日期: 2018-4-27)

××××—××—××发布

××××—××—××实施

发布

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准代替QB/T 2946—2008《电动自行车用电动机及控制器》。

本标准与QB/T 2946—2008相比主要技术变化如下：

- 修改了标准名称及相关内容，将“电动机”修改为“电机”；
- 在型号命名中 删除转矩代号，增加额定功率代号；删除了有刷直流电机和控制器代号、开关磁阻电机和控制器代号；
- 增加了一般规定，增加了电动自行车轮辋、引出线要求，提高了使用环境温度；
- 删除了额定转矩、定子电阻、定子电感、空载电流、质量、噪声要求和试验方法；
- 修改了电机效率要求和试验方法；
- 修改了控制器主要功能，“过流保护功能”名称修改为“限流保护功能”，修改了调节功能、欠压保护功能、限流保护功能、制动断电功能要求和试验方法，增加了堵转保护功能、相间短路保护功能、启动时防失控保护功能、运行时防失控保护功能要求和试验方法；
- 修改了绝缘电阻、电机短时过载、电机温升、控制器短时过载要求和试验方法；
- 修改了低温、高温要求和试验方法；删除了防淋水要求和试验方法，增加防溅水、防喷水、高低温循环要求和试验方法；
- 增加了无线电骚扰特性、控制器老化要求和试验方法；
- 修改了外观要求，增加了电机运转要求；
- 修改了检验规则中出厂检验抽样方案、周期检验抽样方案。

本标准由中国轻工业联合会提出。

本标准由全国自行车标准化技术委员会（SAC/TC155）归口。

本标准起草单位：

本标准主要起草人：

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- QB/T 2946—2008。

电动自行车用电机及控制器

1 范围

本标准规定了电动自行车用电机（包括含减速器的电机）及控制器的型号命名、一般规定、要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输和贮存。

本标准适用于 QB/T 1714 中规定的电动自行车用电机（以下简称“电机”）及控制器。

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 755—2008 旋转电机 定额和性能

GB/T 2423.5 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验 Ea 和导则：冲击

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

GB/T 2828.1—2012 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限(AQL)检索的逐批检验抽样计划

GB/T 2829—2002 周期检验计数抽样程序及表(适用于对过程稳定性的检验)

GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP 代码)

GB/T 5171.1 小功率电动机 第1部分：通用技术条件

GB 14023 车辆、船和内燃机 无线电骚扰特性 用于保护车外接收机的限值和测量方法

GB/T 26846 电动自行车用电机和控制器的引出线及接插件

QB/T 1802 自行车 轮辋

3 型号命名

3.1 电机型号编制

3.1.1 总则

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部分组成。

3.1.2 机座号

带辐条孔轮毂电机的机座号为辐条孔中心圆的直径，一体轮轮毂电机的机座号为轮胎外径，规格见表2。内转子电机的机座号为电机的机壳外径。

表1 机座号的规格

mm

| | 机座号的规格 |
|---------------------|-------------------------|
| 带辐条孔轮毂电机（辐条孔中心圆的直径） | 130、164、181、224 |
| 一体轮轮毂电机（轮胎外径） | 254、304、355、405、455、510 |

3.1.3 产品名称代号

产品名称代号由基本产品名称代号和扩展产品名称代号组成，基本产品名称代号与扩展产品名称代号之间由“-”相连。

基本产品名称代号定义为：

ZW —— 无刷直流电机；

YX —— 三相异步电机；
 YC —— 永磁同步电机。
 扩展产品名称代号定义为：
 J —— 带减速器。

3.1.4 性能参数代号

性能参数代号用 8 位阿拉伯数字表示。第 1、2 位表示电机的额定电压数值，单位为 V；第 3、4、5 位表示额定功率，额定功率的单位为 W；第 6、7 位表示电机额定转速数值的前两位数，第 8 位表示对应转速的整数位数，额定转速的单位为 r/min。

3.1.5 派生代号

带辐条孔轮毂电机的派生代号用大写汉语拼音字母 A、B……表示，但不能使用 I、N、O、Y 字母。一体轮轮毂电机的派生代号用 YA、YB、YC……等表示。内转子电机的派生代号用 NA、NB、NC……等表示。

3.1.6 型号组成形式

电机型号组成形式如图1所示。

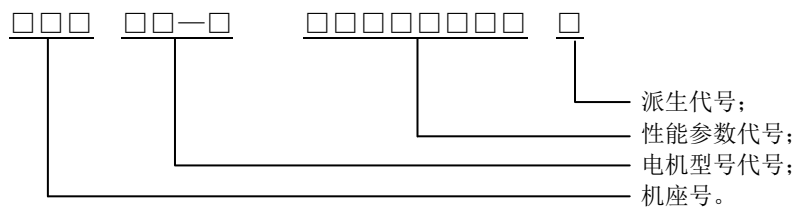


图 1 电机型号组成形式

3.1.7 型号编制示例

按 3.1.6 的规定，电机型号编制示例如下：

示例 1：

辐条孔中心圆直径为 164 mm，额定电压为 36 V，额定功率为 180 W，额定转速为 170 r/min，首次设计的带减速器的无刷直流电机，其型号为：164 ZW-J 36180173；

示例 2：

一体轮轮毂电机的轮胎外径为 405 mm，额定电压为 48 V，额定功率为 400 W，额定转速为 320 r/min，第二次派生的永磁同步电机，其型号为：405 YC 48400323 YB。

3.2 控制器型号编制

3.2.1 总则

控制器的型号由产品名称代号、电压等级、电流等级和派生代号四部分组成。

3.2.2 产品名称代号

产品名称代号定义为：

ZWK —— 无刷直流电机控制器；
 YXK —— 三相异步电机控制器；
 YCK —— 永磁同步电机控制器。

3.2.3 电压等级

电压等级由两位阿拉伯数字组成，它代表匹配蓄电池的额定电压，单位为 V，不含小数位，不足两位的数在数的前面冠以 0。一般选用 24、36 和 48。

3.2.4 电流等级

控制器的电流等级由两位阿拉伯数字组成，它代表控制器最大输入电流，单位为 A，不含小数位，不足两位的数在数的前面冠以 0。

3.2.5 派生代号

派生代号用大写汉语拼音字母 A、B……表示，但不能使用 I、O 字母。

3.2.6 型号组成形式

控制器型号组成形式如图2所示。

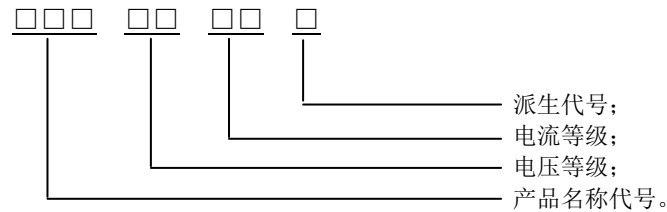


图 2 控制器型号组成形式

3.2.7 型号编制示例

按 3.2.6 的规定，控制器型号编制示例如下：

示例：

额定电压为 48 V，控制器最大电流为 18 A，第一次派生的三相异步电机用控制器，其型号为：YXK 4818A。

4 一般规定

4.1 使用环境条件

应能在下列条件下正常工作：

- 环境温度：-20℃~+60℃；
- 相对湿度：0~95%；
- 大气压力：86 kpa~106 kpa。

4.2 额定电压

采用直流 24V、36V 和 48V 等电压。

4.3 电机旋转方向

轮毂电机从相线出线端看（内转子电机从轴伸端看），规定逆时针为正方向。

4.4 电机外形及安装尺寸

4.4.1 带辐条孔轮毂电机的外形和安装尺寸

带辐条孔轮毂电机的外形和安装尺寸分别见图 3 和表 2。

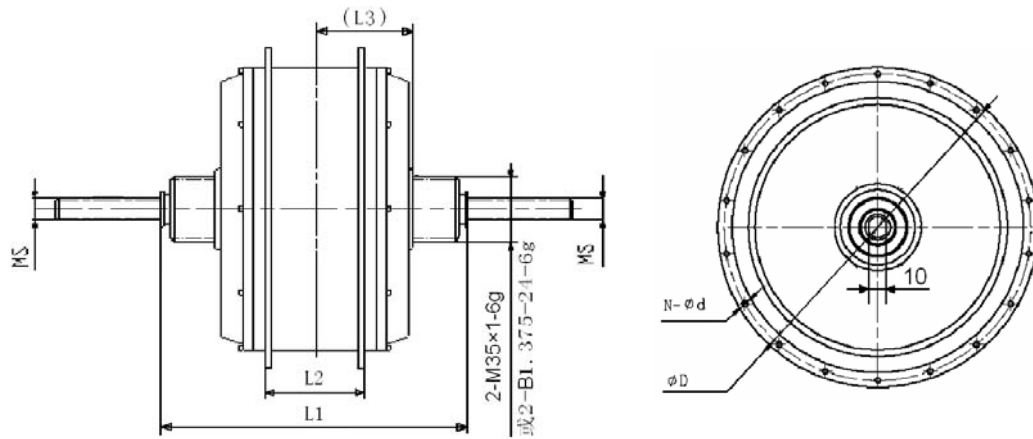


图3 带辐条孔轮毂电机外形图

表2 带辐条孔轮毂电机安装尺寸

| D (机座号) mm | N 个 | d mm | L_1 mm | L_2 mm | L_3 mm | S |
|-----------------|---------------|------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------------|
| 130 | 14 或 18 | $2.8_0^{+0.4}$ | 130 | 30 | 40 | M12×1.25-6g 或 M14×1.5-6g |
| 164 | | 或 $3.1_0^{+0.4}$ | 或 145 | 或 43 | 或 47.5 | |
| 181 | | 或 $3.5_0^{+0.4}$ | 或 160 | 或 64 | 或 55 | |
| 224 | | | | | | |

4.4.2 一体轮轮毂电机的外形和安装尺寸

一体轮轮毂电机的外形和安装尺寸分别见图4和表3。

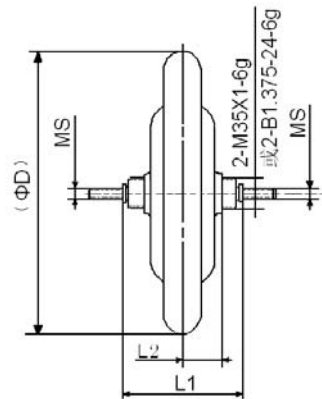


图4 一体轮轮毂电机外形图

表3 一体轮毂电机安装尺寸

| D (机座号) mm | L_1 mm | L_2 mm | S |
|-----------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| 254 | 130 或 145 或 160 | 40 或 47.5 或 55 | M12×1.25-6g 或 M14×1.5-6g |
| 304 | | | |
| 355 | | | |
| 405 | | | |
| 455 | | | |
| 510 | | | |

4.5 引出线

电机和控制器的引出线及接插件应符合 GB/T 26846 的规定。

4.6 轮辋

电动自行车轮辋应符合 QB/T 1802 的规定。

5 要求

5.1 电机装配质量

5.1.1 电机轴向间隙

电机轴的轴向间隙不应大于 0.3 mm。

5.1.2 径向圆跳动

5.1.2.1 内转子电机轴伸径向圆跳动

内转子电机轴伸径向圆跳动不应大于表 4 中的规定。

表4 径向圆跳动 mm

| 轴伸直径 | $6 \leq d \leq 10$ | $10 < d \leq 18$ | $18 < d \leq 30$ |
|--------|--------------------|------------------|------------------|
| 径向圆跳动值 | 0.030 | 0.035 | 0.050 |

5.1.2.2 一体轮轮毂电机径向圆跳动

一体轮轮毂电机的轮辋外缘径向圆跳动不应大于 0.5 mm。

5.1.3 端面圆跳动

一体轮轮毂电机的轮辋外缘端面跳动不应大于 1.0 mm。

5.2 电机额定参数和效率

5.2.1 额定输出功率和额定转速

在额定电压、额定转矩工况下,电机的输出功率和转速应分别在企业技术文件所规定的偏差范围内。

5.2.2 效率

在额定电压下,电机的效率应符合表5的规定。

表5 电动机效率

| 转矩范围 | 电机效率 |
|---|-------------|
| 100%额定转矩 | $\geq 82\%$ |
| $\geq 50\%$ 额定转矩, $< 80\%$ 额定转矩 | $\geq 78\%$ |
| $\geq 80\%$ 额定转矩, $< 150\%$ 额定转矩 ^a | $\geq 80\%$ |
| $\geq 150\%$ 额定转矩, $< 200\%$ 额定转矩 | $\geq 75\%$ |
| ^a 不包含 100%额定转矩。 | |

5.3 控制器参数

5.3.1 最大输入电流

控制器最大输入电流应符合企业技术文件的规定。

5.3.2 额定输入电流

控制器额定输入电流应符合企业技术文件的规定。

5.3.3 控制器效率

控制器在额定电压、额定输入电流工况下，控制器效率应大于 95%。

5.4 控制器主要功能

5.4.1 调节功能

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

5.4.2 欠压保护功能

控制器应有欠压保护功能，欠压保护值应符合企业技术文件的规定，当控制器的输入电压降到其欠压保护规定值时，应能自动停止输出。

5.4.3 限流保护功能

当控制器电流超过规定值时，控制器应能自动限流。

5.4.4 制动断电功能

控制器接受制动断电指令后，应能停止输出。

5.4.5 堵转保护功能

控制器在电机堵转情况下，应能在 5 s 内停止输出。

5.4.6 相间短路保护功能

电机相线间发生短路时，控制器应能自动停止输出；故障解除后，控制器各功能正常。

5.4.7 启动时防失控保护功能

当接通控制器电源时，若控制器调节装置信号没有复位，控制器应自动停止输出；调节装置重新复位后，应恢复正常调节功能。

5.4.8 运行时防失控保护功能

当调节装置的负极信号线脱落时，控制器应自动停止输出。

5.5 机械性能

5.5.1 电机辐条孔拉伸强度

带辐条孔轮毂电机每个辐条孔的极限拉力不应小于 3000 N。

5.5.2 振动

按 6.5.2 规定的方法进行试验；试验过程中，电机或控制器不应出现零部件松动或损坏。

5.5.3 冲击

按 6.5.3 规定的方法进行试验；试验过程中，电机或控制器不应出现零部件松动或损坏。

5.6 电气性能

5.6.1 绝缘电阻

电机或控制器的绝缘电阻应符合表 6 的规定。

表6 绝缘电阻

MΩ

| 需测试的部位 | 常态 | 低温 | 高温 | 恒定湿热 | 防溅水 | 防喷水 |
|-----------------|-----|-----|----|------|-----|-----|
| 电机绕组与机壳之间 | ≥20 | ≥20 | ≥5 | ≥2 | —— | ≥2 |
| 控制器电源地与机壳或散热器之间 | ≥20 | ≥20 | ≥5 | ≥2 | ≥2 | —— |

5.6.2 电气强度

按 6.6.2 规定的方法进行试验，试验过程中应无击穿或闪络现象。

5.6.3 电机超速

按 6.6.3 规定的方法进行试验，试验过程中不应发生电机运行故障。

5.6.4 电机短时过载

按 6.6.4 规定的方法进行试验，试验过程中无转速突变、停转及其他不利损坏；试验后，应能正常启动与运转。

5.6.5 电机温升

按 6.6.5 规定的方法进行试验，绝缘等级为 B 级的电机，其温升限值应小于等于 80 K。

5.6.6 控制器短时过载

按 6.6.6 规定的方法进行试验，控制器应能正常工作。

5.7 环境适应性能

5.7.1 低温

按 6.7.1 规定的方法进行试验后，电机或控制器能正常工作，绝缘电阻应符合 5.6.1 规定的要求。

5.7.2 高温

按 6.7.2 规定的方法进行试验后，电机或控制器能正常工作，绝缘电阻应符合 5.6.1 规定的要求。

5.7.3 恒定湿热

按 6.7.3 规定的方法进行试验后，电机或控制器应符合下列要求：

- a) 外观无明显锈蚀和斑点；
- b) 绝缘电阻符合 5.6.1 的规定；
- c) 电气强度符合 5.6.2 的规定。

5.7.4 高低温循环

电机或控制器按 6.7.4 规定的方法进行试验后，电机或控制器应能正常工作。

5.7.5 防溅水

控制器按 6.7.5 规定的方法进行试验后，控制器应能正常工作，绝缘电阻应符合 5.6.1 的规定。

5.7.6 防喷水

电机按 6.7.6 规定的方法进行试验后，电机应能正常工作，绝缘电阻应符合 5.6.1 的规定。

5.8 无线电骚扰特性

电机或控制器无线电骚扰特性应符合 GB 14023 的规定。

5.9 其他要求

5.9.1 外观

电机或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; 铭牌字迹和内容应清晰无误, 且不应脱落。

控制器装配面不宜拆开。

5.9.2 电机运转

电机运转时, 应平稳轻快, 无停滞现象, 声音均匀和谐而无有害杂音。

5.10 控制器老化

按6.10规定的方法进行试验后, 控制器应正常工作。

5.11 电机寿命

电机寿命不应小于 2000 h。寿命试验后电机的额定参数应符合 5.2.1 的规定, 且额定转矩时电机效率应不低于 5.2.2 规定值的 5%。

5.12 说明书

出厂电机和/或控制器应附有说明书(提供同一客户、同一批次电机和/或控制器产品可以只提供一份说明书)。说明书印刷应规范, 且应具有下列内容:

- a) 产品的生产厂家和型号;
- b) 产品的外形及安装尺寸、接口及接线定义、正确接线方法;
- c) 电机的空载电流、额定性能数据(仅适用于电机);
- d) 控制器的额定电压、欠压保护值、限流保护值、相位角、调速电压、刹把电平(仅适用于控制器);
- e) 生产厂商有关“质量三包”承诺的具体内容;
- f) 生产厂需要说明的其他事项;

注: 说明书内容应与实物一致。

6 试验方法

6.1 电机装配质量

6.1.1 电机轴向间隙

将电机以轴向水平位置牢固地安装, 百分表测量头置于轴伸顶端, 沿着轴线施加 100 N 推力在轴上, 先向一个方向, 然后向相反方向, 百分表两次读数之差为轴向间隙。

6.1.2 径向圆跳动

一体轮轮毂电机: 固定电机轴, 缓慢转动电机壳, 用百分表沿轮辋径向测量跳动量, 取最大值最小值之差。

内转子电机: 将机壳固定, 当缓慢地转动转轴时, 用百分表在轴伸配合部位沿轴向测取三点跳动值, 取最大值最小值之差。

6.1.3 端面圆跳动

将一体轮轮毂电机轴固定，缓慢地转动外壳，用百分表在轮辋外缘端面沿径向测取三点跳动值，取最大值最小值之差。

6.2 电机额定参数和效率

6.2.1 额定输出功率和额定转速

电机固定在转矩测试仪上，电机和控制器在额定电压下运行，并逐渐加大转矩至额定转矩，用转速表读取电机转速。然后用公式(1)计算出电机额定转矩时的输出功率 P_{out} 。

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

式中：

- P_{out} —— 输出功率，单位为瓦（W）；
- 9.55—— 变换系数；
- M —— 电机额定转矩，单位为牛顿米，（N·m）；
- n —— 电机转速，单位为转每分钟，（r/min）。

6.2.2 效率

6.2.2.1 概述

效率试验有电机效率和带控制器电机效率两种方法，试验可选任一方法进行。测量转矩为50%、80%、100%、150%、200%的额定转矩时效率。

当检验结果有争议时，采用电机效率进行仲裁。

6.2.2.2 电机效率

电机固定在转矩测试仪上，功率分析仪接在控制器与电机之间，电机和控制器在额定电压下运行，并逐渐加大转矩，至电动机达到额定转矩；以此状态运行，按 GB/T 755-2008 中 4.2.1 规定，使电动机达到热稳定状态。

再将转矩回零后，逐渐加大转矩，达到规定的转矩点，分别用转速表及功率分析仪测取对应的电机转速 n 、电机输入功率 P_{in} 。然后用公式(1)计算出对应电机转矩时的输出功率，用公式（2）计算对应转矩点的电机效率。

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

式中：

- η —— 电机效率，%；
- P_{out} —— 输出功率，单位为瓦，（W）；
- P_{in} —— 输入功率，单位为瓦，（W）。

6.2.2.3 带控制器电机效率

电机固定在转矩测试仪上，电机和控制器在额定电压下运行，并逐渐加大转矩，至电动机达到额定转矩；以此状态运行，按 GB/T 755-2008 中 4.2.1 规定，使电动机达到热稳定状态。

再将转矩回零后，逐渐加大转矩，达到规定的转矩点，分别用转速表、电压表、电流测取对应的电机转速 n 、控制器输入电压、控制器输入电流。用公式（3）计算对应转矩点的带控制器电机效率。

$$\eta_1 = \frac{9.55 \times M \times n}{U \times I} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

式中：

- η_1 ——带控制器电机效率，%；
- 9.55—— 变换系数；
- M —— 电机转矩，单位为牛顿米，（N·m）；
- n —— 电机转速，单位为转每分钟，（r/min）；
- U —— 控制器输入电压，单位为伏特，（V）；

I —— 控制器输入电流，单位为安培，(A)。

注：带控制器电机效率计算结果允许比 5.2.2 的规定减少 3%。

6.3 控制器参数

6.3.1 最大输入电流

电机固定在测功机上，控制器与电机相连，给控制器施加额定电压，调节指令到最大使电机运转，通过测功机给电机逐渐增加转矩，直至控制器的直流母线输入电流至最大值，检查是否符合 5.3.1 的要求。

6.3.2 额定输入电流

电机固定在测功机上，控制器与电机相连，给控制器施加额定电压，调节指令到最大使电机运转，通过测功机给电机逐渐增加转矩，直至控制器的直流母线输入电流至 5.3.2 规定的控制器额定输入电流，连续工作 2 h，控制器应能正常工作。

6.3.3 控制器效率

电机固定在测功机上，控制器与电机相连，给控制器施加额定电压，调节指令到最大使电机运转，通过测功机给电机逐渐增加转矩，调节控制器直流母线输入电流至控制器额定输入电流，通过电压表、电流表及功率分析仪读出控制器输入电压、输入电流及控制器的输出功率。用公式 (4) 计算控制器效率。

$$\eta_2 = \frac{P_{out1}}{U \times I} \times 100\% \dots \dots \dots (4)$$

式中：

η_2 —— 效率，%；

P_{out1} —— 控制器输出功率，单位为瓦，(W)；

U —— 控制器输入电压，单位为伏特，(V)；

I —— 控制器输入电流，单位为安培，(A)。

6.4 控制器主要功能

6.4.1 调节功能

将电机固定在转矩测试仪器，连接控制器与电机的连线，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，控制器输出电压是否同步改变。

速度闭环的控制器：在空载工况下，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，电机转速是否同步改变。

转矩闭环的控制器：在空载工况下，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，监测电机输出转矩随着转矩调节指令的改变而改变。

6.4.2 欠压保护功能

调直流稳压电源输出电压为控制器的额定值，控制器调节装置输出最大信号指令，电机工作正常，然后调低稳压电源输出电压到电机自动断电不工作，此值为欠压值。该检测值应在企业规定值的 $\pm 0.5 V$ 范围内。

如企业规定了欠压保护的数值，则取其平均值。

6.4.3 限流保护功能

调直流稳压电源输出电压为控制器的额定值，控制器调节装置输出最大信号指令，电机工作正常，改变负载使电流指示逐渐上升到不能继续上升时即自动限电流，该电流值为限流值。该检测值应在企业

规定值的±1 A 范围内。

如企业规定了限流保护的数值，则取其平均值。

6.4.4 制动断电功能

电机固定在具有制动性能的模拟台架上，调直流稳压电源输出电压为控制器额定值，控制器调节装置输出最大信号指令，电机工作正常，当制动动作时，检查电机是否停止运转。

6.4.5 堵转保护功能

调直流稳压电源输出电压为控制器的额定值，调控制器到高速位，电机工作正常，通过测功机给电机逐渐增加转矩，直到电机转速降为 0，用计时装置读取控制器在规定时间内是否自动切断电机电流。

6.4.6 相间短路保护功能

在额定电压下，运转电机。对控制器相线两两或三相进行直接短路，每次间隔在 2 s 内，试验 3 次，检查控制器是否进行保护，是否有烧毁 MOS 管或影响控制器各功能现象。

在控制器相线两两或三相已经短路的情况下进行调速，每次间隔在 2 s 内，试验 3 次，检查控制器是否进行保护，是否有烧毁 MOS 管或影响控制器各功能现象。

解除短路故障，检查控制器能否正常调速，电机能否正常运转。

6.4.7 启动时防失控保护功能

控制器与电机相连，控制器调节装置输出最大信号指令；给控制器施加额定电压，接通控制器电源；检查控制器是否有输出。

复位调节装置，检查控制器能否正常调速，电机能否正常运转。

6.4.8 运行时防失控保护功能

控制器与电机相连，给控制器施加额定电压，控制器调节装置输出最大信号指令，电机正常运行；断开调节装置连接控制器的负极信号线，检查控制器是否有输出。

6.5 机械性能

6.5.1 电机辐条孔拉伸强度

将两根具有足够强度的试验用辐条装入电机外壳一侧辐条孔内（两辐条孔位置间隔应接近 180°），对辐条孔进行拉伸强度试验。试验应对电机外壳两侧辐条孔各进行一次，两侧辐条孔位置间隔应接近 90°。

6.5.2 振动

将电机或控制器固定在振动试验台上，按 GB 2423.10 中的规定进行振动试验。其振动频率、振幅、扫频次数、每一轴线的振动时间按表 7 的规定。试验在三个垂直的方向（其中一个方向为电机轴线方向）进行。

表7 振动试验条件

| 振动频率 Hz | 双振幅 mm | 扫描频次 | 每一轴线振动时间 min | 三个相互垂直轴线方向振动总时间 min |
|------------|-----------|------|-----------------|------------------------|
| 10~55 | 1.5 | 10 | 45 | 135 |

在进行初始振动时如出现危险频率，应记录该频率和所施加的振幅值，并在每一危险频率上，以相同的振幅值振动 30 min。

试验后，检查电机或控制器是否有零部件松动或损坏现象。

6.5.3 冲击

电机或控制器固定试验台上,按 GB 2423.5 中的规定进行冲击试验。其峰值加速度、脉冲持续时间、波形、冲击次数按表 8 的规定。

表8 冲击试验条件

| 峰值加速度 m/s ² | 脉冲持续时间 ms | 波形 | 每一轴线冲击次数 | 三个相互垂直轴线的 6 个方向冲击总次数 |
|---------------------------|--------------|-----|----------|----------------------|
| 150 | 11 | 半正弦 | 3 | 18 |

试验后,检查电机或控制器是否有零部件松动或损坏现象。

6.6 电气性能

6.6.1 绝缘电阻

用 500 V 兆欧表进行测量;将兆欧表“L”端连接电机或控制器的相线,将“E”端连接电机或控制器的外壳,检测其绝缘电阻。

6.6.2 电气强度

将耐压测试仪正极连接电机或控制器的相线,耐压仪的负极连接电机或控制器的外壳,测试电气强度。试验电压为 500 V,频率为 50 Hz,跳闸电流 I_r 为 10 mA,试验时间为 1 min,观察是否符合要求。

6.6.3 电机超速

电机在 1.2 倍额定电压下空载运转 2 min,检查电机是否发生运行故障。

6.6.4 电机短时过载

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,使电机以最高转速状态空载运转。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规定的额定转矩的 2.5 倍,持续运行 10 min。

6.6.5 电机温升

按GB/T 5171.1-2014中11.3.1规定的方法进行试验;电机温升试验有电阻法和温度计法两种方法,试验可选任一方法进行。当采用温度计法进行检测时,检测值允许低于规定值10 K。

当检验结果有争议时,采用电阻法进行仲裁。

6.6.6 控制器短时过载

电机固定在测功机上,控制器与电机相连,给控制器施加额定电压,使电机以最高转速状态空载运转。运转稳定后,操纵转矩测试仪逐渐增加电机转矩,使工作电流达到最大工作电流值,维持 10 min 的时间,检查控制器是否能正常工作。

6.7 环境适应性能

6.7.1 低温

电机或控制器不通电放入试验箱中,逐渐降低箱温,并保持在 $(-20 \pm 1)^\circ\text{C}$ 范围内。持续 2 h 后,观察电机或控制器是否正常工作,按 6.6.1 规定的方法检测绝缘电阻。

6.7.2 高温

电机或控制器安装在试验支架上,不通电放入试验箱中,升高箱温并保持在 $(60 \pm 2)^\circ\text{C}$ 。对电机或控制器通电,并在 50 %额定负载下运行 2 h。试验后观察电机或控制器是否正常工作,按 6.6.1 规定

的方法检测绝缘电阻。

6.7.3 恒定湿热

电机轴伸及安装配合面涂以防锈脂后，放入试验箱（室）内；控制器直接放入试验箱（室）内。试验箱环境温度（ 40 ± 2 ）℃、相对湿度为（90 ~95）%，进行历时 4 d 的恒定湿热试验。

试验后，目视检查电机或控制器外观，按 6.6.1 规定的方法进行绝缘电阻试验，按 6.6.2 规定的 85 % 测试电压及其方法进行电气强度试验。

6.7.4 高低温循环

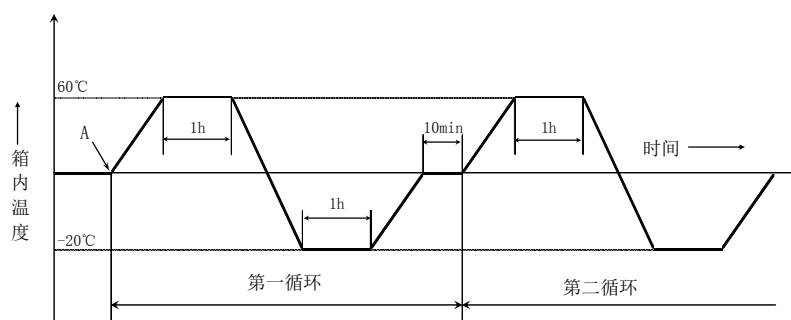


图 6 高低温循环

电机或控制器按 GB/T 2423.22 的规定试验，按图 6 所示；在 -20℃、60℃ 温度下的暴露持续时间为 1h，循环次数为 10 次。

试验后，在 5 min 内检查电机或控制器是否正常工作。

6.7.5 防溅水

控制器处于非通电状态，按 GB/T 4208-2017 中 IP04 规定的方法进行试验；试验过程中，控制器引出线向下并施加防水保护。

试验后，检测控制器是否正常工作，并按 6.6.1 规定的方法检测绝缘电阻。

6.7.6 防喷水

电机处于非通电状态，按 GB/T 4208-2017 中 IP05 规定的方法进行试验；试验过程中，电机引出线向下并施加防水保护。

试验后，检测电机是否正常工作，并按 6.6.1 规定的方法检测绝缘电阻。

6.8 无线电骚扰特性

按 GB 14023 规定“发动机运转”模式的运行状态方法进行试验。

6.9 其他要求

6.9.1 外观

采用目测法检查。

如控制器外壳装配螺钉采用开槽螺钉、十字槽螺钉、六角螺钉、内六角螺钉，则使用标准螺钉旋具旋松控制器外壳装配螺钉，检查控制器外壳装配结合面是否采用胶固封。

如装配螺钉采用其它规格的螺钉，则视为控制器外壳不宜拆开。

6.9.2 电机运转

电机通电，以空载状态运行，用耳听法检查。

6.10 控制器老化

将控制器放在 $60\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的高温箱内；控制器连接负载电机，加以 1.1 倍工作电压，调节电机负载至 1.5 倍额定功率；控制器连续工作 2 h，切断电源 5 min，以上试验为一次循环；连续进行 3 次循环试验。

试验后，检查控制器能否正常调速。

6.11 电机寿命

电机轴向水平放置，施加 60 % 额定负载（对拖法或其他模拟负载）进行寿命试验，试验时间可累计计算，但每次试验连续时间必须大于 2 h，试验总累计时间应符合规定。试验期间不允许更换零件。

6.12 说明书

检查出厂产品所附的说明书是否符合要求，与实物是否一致。

6.13 试验条件

如无其他规定，本章测试应在下述条件下进行：

- a) 环境温度为 $(5 \sim 30)\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 相对湿度为 $(45 \sim 75)\%$ ；
- c) 大气压力 $86\text{ KPa}\sim 106\text{ KPa}$ ；
- d) 电器测量仪表精度不应低于 0.5 级（兆欧表除外）；
- e) 测功仪、测速仪精度不应低于 1 %；
- f) 直流电源纹波系数不应大于 5 %；
- g) 声级计精度为 $\pm 1.5\text{ dB}$ ；
- h) 百分表精度为 1 级。

7 检验规则

7.1 总则

产品应经生产企业质量检验部门检验合格，并附有合格证才能出厂。

产品检验分出厂检验、周期检验和型式检验。

7.2 出厂检验

7.2.1 检验依据

出厂检验按照 GB/T 2828.1—2012 的规定，在出厂连续系列批的成品中抽取样本进行逐批检验。

7.2.2 单位产品

批中的单位产品：只。

7.2.3 批质量

提交检验批的质量水平，以不合格品百分数表示。

7.2.4 抽样方案

采用二次抽样方案。检验开始时应采用正常检验。检验项目、检验水平（IL）、不合格分类、接收质量限（AQL）分别见表 9。

7.2.5 其他

检验批用于供需双方交货验收时，可以在合同中对本标准 7.2 规定的要求另作约定。

表9 出厂检验抽样方案

| 产品 | 检验项目 | 本标准条款 | | II | 不合格分类 | AQL |
|-----|-----------|-------|-------|----|-------|-----|
| | | 要求 | 试验方法 | | | |
| 电机 | 电机装配质量 | 5.1 | 6.1 | II | B | 4.0 |
| | 电机额定参数和效率 | 5.2 | 6.2 | | | |
| | 绝缘电阻 | 5.6.1 | 6.6.1 | | C | 6.5 |
| | 其他要求 | 5.9 | 6.9 | | | |
| 控制器 | 调节功能 | 5.4.1 | 6.4.1 | II | B | 4.0 |
| | 欠压保护功能 | 5.4.2 | 6.4.2 | | | |
| | 限流保护功能 | 5.4.3 | 6.4.3 | | | |
| | 制动断电功能 | 5.4.4 | 6.4.4 | | | |
| | 绝缘电阻 | 5.6.1 | 6.6.1 | | | |
| | 控制器短时过载 | 5.6.6 | 6.6.6 | | C | 6.5 |
| | 其他要求 | 5.9 | 6.9 | | | |

7.3 周期检验

7.3.1 检验依据

周期检验按照 GB/T 2829—2002 的规定，从逐批检验合格的某个批或若干批中抽取样本进行检验。

7.3.2 单位产品

批中的单位产品：只。

7.3.3 批质量

提交检验批的质量水平，以不合格品百分数表示。

7.3.4 抽样方案

采用一次抽样方案。检验项目、判别水平（DL）、不合格分类、不合格质量水平（RQL）、样本量（n）、判定数组等具体内容见表 10。

7.3.5 检验周期

检验周期 3 个月，其中试验组序号 3 为 6 个月；也可在订货合同中针对不同试验组规定不同的检验周期。

表10 周期检验抽样方案

| 产品 | 试验组 序号 | 检验 顺序 | 检验项目 | 本标准条款 | | DL | 不合格 分类 | RQL | n | 判定数组 |
|----|-----------|----------|------|-------|------|----|-----------|-----|---|------|
| | | | | 要求 | 试验方法 | | | | | |

| 产品 | 试验组 序号 | 检验 顺序 | 检验项目 | 本标准条款 | | DL | 不合格 分类 | RQL | n | 判定数组 | |
|-----|-----------|----------|------------|---------|-------|----|-----------|-----|-----|------------|------------|
| | | | | 要求 | 试验方法 | | | | | | |
| 电机 | 1 | 1 | 电气强度 | 5.6.2 | 6.6.2 | II | B | 65 | n=2 | A=0 R=1 | |
| | | 2 | 电机超速 | 5.6.3 | 6.6.3 | | | | | | |
| | | 3 | 电机短时过载 | 5.6.4 | 6.6.4 | | | | | | |
| | | 4 | 电机温升 | 5.6.5 | 6.6.5 | | | | | | |
| | | 5 | 高低温循环 | 5.7.4 | 6.7.4 | | | | | | |
| | | 6 | 防喷水 | 5.7.6 | 6.7.6 | | | | | | |
| | 2 | 2 | 1 | 低温 | 5.7.1 | | 6.7.1 | B | 65 | n=2 | A=0 R=1 |
| | | | 2 | 高温 | 5.7.2 | | 6.7.2 | | | | |
| | | | 3 | 恒定湿热 | 5.7.3 | | 6.7.3 | | | | |
| | | | 4 | 说明书 | 5.12 | | 6.12 | | | | |
| | 3 | 3 | 1 | 无线电骚扰特性 | 5.8 | | 6.8 | B | 65 | n=2 | A=0 R=1 |
| 2 | | | 电机寿命 | 5.11 | 6.11 | | | | | | |
| 控制器 | 1 | 1 | 控制器参数 | 5.3 | 6.3 | II | B | 65 | n=2 | A=0 R=1 | |
| | | 2 | 堵转保护功能 | 5.4.5 | 6.4.5 | | | | | | |
| | | 3 | 相间短路保护功能 | 5.4.6 | 6.4.6 | | | | | | |
| | | 4 | 启动时防失控保护功能 | 5.4.7 | 6.4.7 | | | | | | |
| | | 5 | 运行时防失控保护功能 | 5.4.8 | 6.4.8 | | | | | | |
| | | 6 | 振动 | 5.5.2 | 6.5.2 | | | | | | |
| | | 7 | 冲击 | 5.5.3 | 6.5.3 | | | | | | |
| | | 8 | 电气强度 | 5.6.2 | 6.6.2 | | | | | | |
| | | 9 | 高低温循环 | 5.7.4 | 6.7.4 | | | | | | |
| | | 10 | 防溅水 | 5.7.5 | 6.7.5 | | | | | | |
| | | 11 | 说明书 | 5.12 | 6.12 | | | | | | |
| | 2 | 2 | 1 | 低温 | 5.7.1 | | 6.7.1 | B | 65 | n=2 | A=0 R=1 |
| | | | 2 | 高温 | 5.7.2 | | 6.7.2 | | | | |
| | | | 3 | 恒定湿热 | 5.7.3 | | 6.7.3 | | | | |
| | | | 4 | 无线电骚扰特性 | 5.8 | | 6.8 | | | | |
| | | | 5 | 说明书 | 5.12 | | 6.12 | | | | |
| | 3 | 3 | 1 | 无线电骚扰特性 | 5.8 | | 6.8 | B | 65 | n=2 | A=0 R=1 |
| | | | 2 | 控制器老化 | 5.10 | | 6.10 | | | | |

7.4 型式检验

7.4.1 检验周期

型式检验周期为 12 个月。当发生下列情况之一时，应进行型式检验：

- 新产品鉴定或产品的改型设计、结构、工艺、材料有较大变动后的生产定型检验时；
- 产品停止生产半年以上又恢复生产或异地生产的批量生产检验时；
- 合同环境下用户提出要求时。

7.4.2 检验样本

在无特殊要求时，进行型式检验的产品，应从出厂检验合格的产品中按周期检验所需的样本数量随机抽取。先对抽取的所有样本按出厂检验项目进行检验，合格后再按周期检验规定的试验组别、检验项

目及检验顺序进行检验。

7.4.3 合格判定及复验条件

产品的型式检验应全部合格。如有一项不合格时，允许重新抽取加倍数量的产品，对该不合格项目进行一次复验。如仍不合格，则判该产品型式检验为不合格。

可靠性测试不合格时，不允许重新加倍抽样复验，应直接判为不合格。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 在产品的醒目部位应清晰和永久性地标上可溯源的特征符号标志，如制造商的名号或商标、型号、制造日期或代码等。

8.1.2 产品外包装应有以下标志：

- a) 制造商的名号和商标；
- b) 产品名称；
- c) 型号或适用车型；
- d) 标准编号、名称（也可标在产品或说明书上）；
- e) 箱体尺寸（长×宽×高）及体积；
- f) 数量；
- g) 净重和毛重；
- h) “小心轻放”、“怕湿”等储运图示标志；
- i) 出厂日期或生产批号。

8.1.3 合同环境下可按需方要求标志。

8.2 包装

8.2.1 出厂产品应附有产品合格证、装箱单、产品说明资料。

8.2.2 每只产品都应采用单个小包装，外用纸箱或其他箱包装，捆扎牢固。特殊情况，可根据需方（合同）要求确定。

8.3 运输

装有产品的包装箱应按包装储运图示标志进行装卸和运输。搬运时应轻拿轻放，不应抛掷。在运输过程中不应日晒、雨淋，严禁与易燃物品和活性化学品混装运输。

8.4 贮存

8.4.1 产品应放在干燥、通风，并能防雨、雪的室内，并不应与酸、碱等腐蚀性物质或起尘物品存放在一起。装有产品的箱体应放妥垫起，距地面不小于 100 mm，堆垛高度不应超过 2 m。

8.4.2 产品的贮存期通常为 2 年。