

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 and 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。

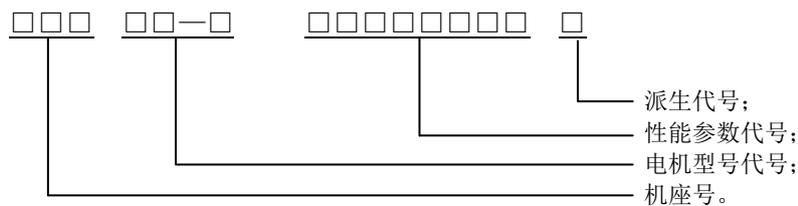


图 1 电机型号组成形式

### 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。

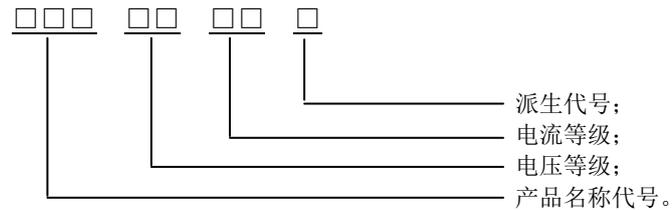


图 2 控制器型号组成形式

### 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。

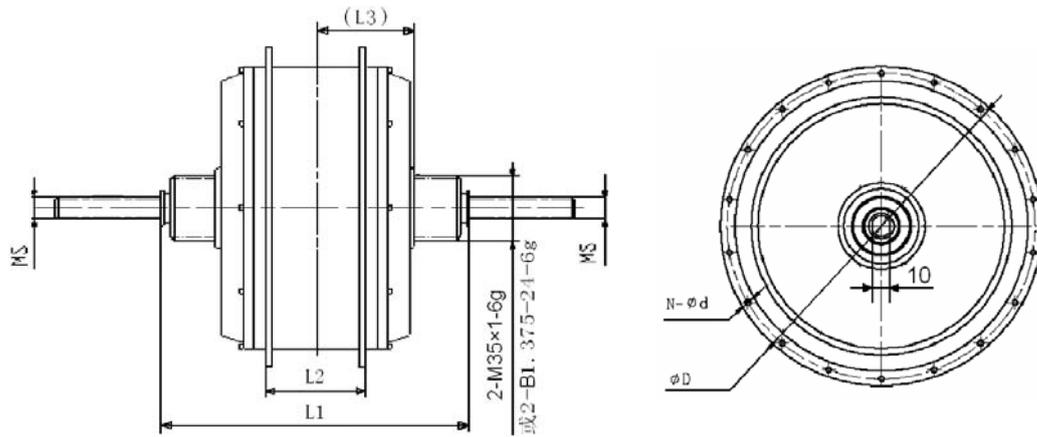


图3 带辐条孔轮毂电机外形图

表2 带辐条孔轮毂电机安装尺寸

| $D$ (机座号)<br>mm | $N$<br>个      | $d$<br>mm        | $L_1$<br>mm | $L_2$<br>mm | $L_3$<br>mm | $S$                            |
|-----------------|---------------|------------------|-------------|-------------|-------------|--------------------------------|
| 130             | 14<br>或<br>18 | $2.8_0^{+0.4}$   | 130         | 30          | 40          | M12×1.25-6g<br>或<br>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。

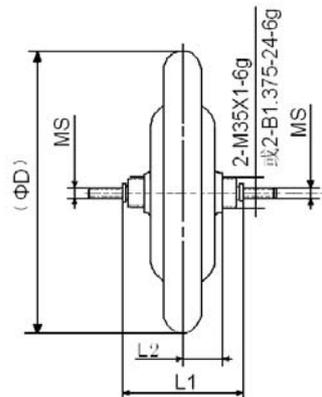


图4 一体轮轮毂电机外形图

表3 一体轮毂电机安装尺寸

| $D$ (机座号)<br>mm | $L_1$<br>mm                 | $L_2$<br>mm                | $S$                            |
|-----------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| 254             | 130<br>或<br>145<br>或<br>160 | 40<br>或<br>47.5<br>或<br>55 | M12×1.25-6g<br>或<br>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 <sup>a</sup> | $\geq 80\%$ |
| $\geq 150\%$ 额定转矩, $< 200\%$ 额定转矩             | $\geq 75\%$ |
| <sup>a</sup> 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：

- $\eta$  —— 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：

- $\eta_1$ ——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：

$\eta_2$  —— 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<br>Hz | 双振幅<br>mm | 扫描频次 | 每一轴线振动时间<br>min | 三个相互垂直轴线方向振动总时间<br>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<br>m/s <sup>2</sup> | 脉冲持续时间<br>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

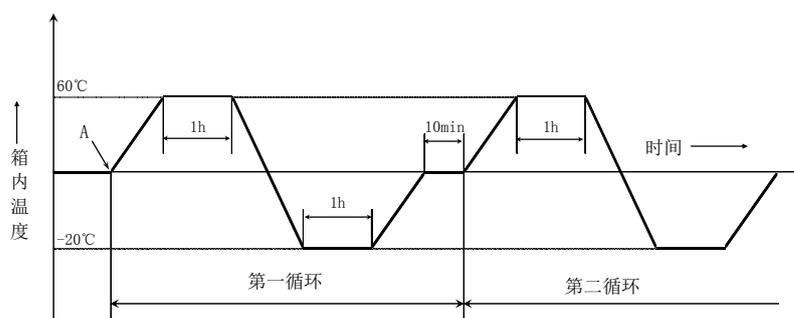
的方法检测绝缘电阻。

### 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（ $40 \pm 2$ ）℃、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



说明：A —— 第一循环开始

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

| 产品  | 试验组<br>序号 | 检验<br>顺序 | 检验项目       | 本标准条款 |       | DL | 不合格<br>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<br>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         | 1        | 低温         | 5.7.1 | 6.7.1 |    | B         | 65  | n=2 | A=0<br>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         | 1        | 无线电骚扰特性    | 5.8   | 6.8   |    | B         | 65  | n=2 | A=0<br>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<br>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         | 1        | 低温         | 5.7.1 | 6.7.1 |    | B         | 65  | n=2 | A=0<br>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   |    |           |     |     |            |
|     | 3         | 1        | 说明书        | 5.12  | 6.12  |    | B         | 65  | n=2 | A=0<br>R=1 |
|     |           | 2        | 无线电骚扰特性    | 5.8   | 6.8   |    |           |     |     |            |
|     |           | 1        | 无线电骚扰特性    | 5.8   | 6.8   |    |           |     |     |            |
|     |           | 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。