

## 小功率电动机试验用测功机通用技术条件

### 1 主题内容与适用范围

本标准规定了小功率电动机试验用测功机的测量范围、技术要求、试验方法、检验规则、成套性、标志、包装、运输和贮存等。

本标准适用于异步测功机、同步测功机、永磁测功机、感应子测功机、磁滞测功机、磁粉测功机、涡流测功机及直流测功机。

### 2 引用标准

- GB 5171 小功率电动机通用技术条件
- JJG 1001 计量器具检定规程 常用计量名词术语及定义
- GB 12665 电机在一般环境条件下使用的湿热试验要求
- GB 1032 三相异步电动机试验方法
- GB 191 包装储运图示标志
- JJG 99 砝码检定规程

### 3 术语

本标准专用的术语定义如下：

- 3.1 测功机  
能产生制动转矩且带有转矩转速指示器的测量装置。
- 3.2 引用误差  
绝对误差与测量范围上限值或量程之比值，以百分数表示。
- 3.3 灵敏阈  
引起计量仪器(仪表)示值可察觉变化的被测的量的最小变化值，亦称灵敏阈。
- 3.4 极限转矩  
指测功机能承受的短时过载转矩的最大值。
- 3.5 最大推荐转矩  
指测功机在极限转速仍能长期运行而不超过允许温升的最大转矩。
- 3.6 极限转速  
指测功机能长期可靠运转而不发生有害变形的最高转速。

### 4 测功机的测量范围

#### 4.1 测功机在连续工作制 S1 下的测量范围

在以转矩为纵坐标，转速为横坐标的直角坐标平面上，由最大推荐转矩，可测转矩最小值，极限转速与转速最小量程四条直线所围成的矩形区域即测量范围。

#### 4.2 测功机在短时工作制 S2 下的测量范围

在以功率、时间、转矩、转速为坐标的直角坐标系中，以允许临界温升确定的功率时间曲线与极限转

矩,极限转速以及各坐标平面所围成的多维区域即测量范围。

## 5 技术要求

5.1 制动转矩即 S1 工作制测功机的最大推荐转矩, S2 工作制测功机的极限转矩, 均按以下规定选择:

40, 100, 250, 600, 1500, 4000, 10000, 25000, 60000 mN·m。

5.2 极限转速按以下规定选择:

3000, 4000, 9000, 15000, 21000, 30000 r/min。

5.3 测功机可测量的转矩最小值为最大推荐转矩(或极限转矩)值的 5%。

5.4 测功机可测量的转速最小值为极限转速的 5%。

5.5 测功机的误差

5.5.1 测量误差的环境条件为室内温度 10~30℃, 相对湿度小于 80%, 环境安静, 应无可察觉的机械振动和冲击。

5.5.2 转矩测量误差(见附录 A)为在测量的满量程范围内, 制动转矩在 600 mN·m 及以上者引用误差小于±0.5%, 制动转矩在 250 mN·m 及以下者引用误差小于±1.0%。

注: 转矩的满量程, 对 S1 工作制测功机为最大推荐转矩, 对 S2 工作制为极限转矩。

5.5.3 转速测量的误差小于极限转速的±0.1%。

5.6 测功机的转矩灵敏阈为其引用误差的 50%。

5.7 当海拔不超过 1000 m, 环境空气温度不超过 40℃时, 测功机在其测量范围内使用时, 其各发热部分的温升和温度限值不超过下表的规定。

表

| 测量部位   |      | 绕组<br>K | 铁芯<br>K | 内外轴承<br>℃ |
|--------|------|---------|---------|-----------|
| S1 工作制 | 温度计法 |         | 75      | 95        |
|        | 电阻法  | 75      |         |           |
| S2 工作制 | 温度计法 |         | 85      | 95        |
|        | 电阻法  | 85      |         |           |

5.8 测功机绕组对机壳及绕组相互间的绝缘电阻在热状态下应不低于 1.0 MΩ 或常态下不低于 20 MΩ。

5.9 测功机绕组对机壳应能承受历时 1 min 的耐电压试验而没有闪络或击穿现象, 其试验电压频率为 50 Hz, 波形为实际正弦波, 试验设备的容量每千伏不小于 0.5 kVA, 对测功机的交流绕组, 其试验电压(有效值)为 1000 V 加两倍额定电压, 对测功机的直流励磁绕组其试验电压(有效值)为 500 V 加两倍额定电压。

5.10 测功机交流绕组应进行匝间绝缘冲击耐电压试验而不击穿, 冲击试验电压(峰值)为耐电压试验值的 1.4 倍, 波前系数为 0.5 μs。

5.11 测功机在热状态和逐渐增加转矩的情况下, 应能承受 1.1 倍极限转矩的过转矩试验, 历时 15 s 而不发生有害变形。

5.12 测功机在空载情况下, 应能承受提高转速至最大推荐转速的 1.1 倍, 历时 2 min 而不发生有害变形。

5.13 测功机经 6 d 湿热试验后, 绝缘性能应符合下列要求:

a. 测功机绕组对机壳及绕组相互间的绝缘电阻应不小于 U/1000 MΩ。

b. 测功机绕组对机壳及绕组相互间的绝缘耐电压试验应能承受本标准 5.9 条规定的 85% 试验电压, 历时 1 min 无击穿闪络现象。

5.14 测功机表面不应有明显的斑点、皱纹、气泡碰坏、裂痕和粘附污物。另部件不应有松动或位移。

5.15 在用户按照使用维护说明书规定,正确地使用与存放测功机的情况下,制造厂应保证测功机在使用的一年内,但自制造厂起运日期不超过二年的时间内能良好地运转,如在此规定时间内,测功机因制造不良而发生损坏或不正常工作时,制造厂应无偿地为用户修理或更换测功机。

## 6 试验方法

### 6.1 转矩误差的测量

6.1.1 各种类型测功机的转矩误差应通过标准测功机进行测量。标准测功机的转矩误差,用最大绝缘误差 $\Delta_{sm}$ 表示,被校测功机的转矩满量程 $A_m$ 应符合关系

$$\frac{\Delta_{sm}}{A_m} < 0.15\%$$

6.1.2 误差测量时,被校测功机与标准测功机用联轴器同轴联接,必须保证联接的同心度。然后以标准测功机为电动机,被校测功机作为负载在不同转速和转矩下稳定运转,读取两者转矩读数差值,即被校测功机转矩误差绝对值。

上述测量转速不得少于三点,其中应包括极限转速,测量转矩不得少于五点,其中包括空载和最大推荐转矩(或极限转矩)。

6.1.3 对测力机构为杠杆天平的异步或同步测功机,其转矩误差可以按照附录所规定的程序通过自校或对校方法确定。误差确定后的测功机可以作为其它相当容量的测功机转矩误差测量的基准,但其引用误差应保证小于0.15%。

### 6.2 转速误差的测量

转速表为外配件,按本标准5.5.3条要求选购。

### 6.3 灵敏阈检查

测功机在静止状态,杠杆保持水平位置,转矩定标指零针指零,在任一砝码盘内加砝码,从砝码最小值微微加重,当指针有可察觉偏转即停止,此时砝码质量乘以杠杆臂长得到的转矩值为测功机的灵敏阈,应不超过本标准5.6条规定。

### 6.4 温升试验

6.4.1 温升试验按GB 1032第八章进行,由直流或串励电动机,也可用带变频电源的异步电动机带动测功机运转。

6.4.2 S1工作制测功机的制动转矩保持在最大推荐转矩,转速应为极限转速,可在 $\pm 5\%$ 范围内波动,但乘积不变。在此负载下连续运转直到测功机各部分温升达到热稳定状态为止。每隔半小时记录周围介质的温度、测功机铁芯及轴承处温度、试验前与结束时绕组的电阻,以计算绕组温升。

6.4.3 S2工作制测功机的制动转矩在极限转矩至可测转矩最小值范围内选取,转速在极限转速至可测转速最小值范围内选取,转矩 $M_1$ ,转速 $n_1$ 得到功率 $P_1$ ,保持 $P_1$ 进行试验至测功机各部分温升达到或接近温升限值为止,记下对应于 $P_1$ 的试验持续时间 $t_1$ ,断能冷却至常温,重选 $M_2$ 、 $n_2$ 得 $P_2$ ,保持 $P_2$ 再行试验,记下 $t_2$ ,选取5组 $M$ 、 $n$ 进行试验,可得5组 $P-t$ 值,由此可得S2工作制测功机的临界 $P-t$ 曲线。

为了检查S2工作制测功机的温升是否合格,可根据制造部门提供的 $P-t$ 曲线,任选一点找到对应的 $P_1 t_1$ 值,保持 $P_1$ ,试验持续时间为 $t_1$ 后断能,检查测功机各部分温度、温升,应不超过本标准规定的温度、温升限值。

6.5 测功机的电气性能试验5.8~5.13条按GB 1032规定进行。

6.6 测功机的湿热试验方法按GB 12665规定进行。

6.7 测功机的转矩最小值及转速最小值的测量由各类测功机标准自行规定。

## 7 检验规则

7.1 每台测功机必须检查合格后才能出厂,并附有产品检查合格证。

## 7.2 每台测功机应经过出厂检验, 检验项目如下:

- a. 外观质量检查;
- b. 测功机摆动应灵活, 杠杆应平整、对称, 砝码应按 JJG 99 规程检定;
- c. 绕组对机壳及绕组相互间绝缘电阻的测定;
- d. 绕组在实际冷态下直流电阻的测定;
- e. 介电强度试验;
- f. 匝间绝缘试验;
- g. 转矩误差校核;
- h. 转速表误差考核;
- i. 灵敏阈检查。

## 7.3 新产品试制完成时应进行型式检验。型式检验样机数量 1~2 台。

## 7.4 型式检验项目如下:

- a. 出厂检验的全部项目;
- b. 温升试验;
- c. 湿热试验;
- d. 过转矩试验;
- e. 提高转速试验;
- f. 转矩最小值及转速最小值试验。

## 8 成套性

8.1 交货时应配备各种附件, 如键、联轴节、砝码、安装平台、转速表。

8.2 交货时应附有产品合格证和使用维护说明书。

## 9 标志、包装、运输和贮存

9.1 每台测功机的铭牌必须在测功机的明显位置上, 铭牌材料与铭牌上的数据、标志的刻划方法应保证其字迹不易磨灭。

## 9.2 测功机铭牌上应标明如下项目:

- a. 测功机类型;
- b. 最大励磁电流;
- c. 最大推荐转矩(S1 工作制)或极限转矩(S2 工作制);
- d. 定子绕组基准电压;
- e. 基准频率;
- f. 极限转速;
- g. 工作制;
- h. 标准号;
- i. 制造厂名;
- j. 出厂年、月、日。

注: 对 b、d、e 项的标注可按测功机类型确定。

9.3 测功机在包装前轴伸应采取临时性防锈涂封保护措施。包装必须牢固、可靠, 包装箱应标有“小心轻放”、“怕湿”等字样, 其相应图样应符合 GB 191 的规定。

包装箱在运输过程中应小心轻放, 避免碰撞和敲击, 严禁与酸碱等腐蚀物品放在一起。

9.4 测功机贮存在环境空气  $-5^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度不大于 90%, 清洁、通风良好的库房内, 空气中不得含有腐蚀性气体。

## 附录 A

### 卧式异步和同步测功机转矩误差的校正 (补充件)

#### A1 自校法

A1.1 杠杆两测力点间距离  $2l$  应在装配前通过精密长度测量仪测定。如以  $2l$  表示两测力点间标称距离, 令  $|L-l|=\epsilon$ 。

A1.2 检查并确信杠杆在水平状态时指针指零后, 继续以下步骤。

A1.3 在杠杆两边天平上放上相同质量的砝码, 如指针仍指零, 则两边继续增放等量砝码, 直到指针偏移为止。将指针偏移前天平上所增加过的砝码最大重量数记为  $P_1$ 。

A1.4 在杠杆天平一端逐渐轻加砝码, 直到指针发生可以观察到的偏移, 记下此时砝码重量; 再在天平另一端重复上述过程, 再记下砝码重量。取两重量值大者记为  $P_0$ 。

A1.5 测功机作为电动机在最大极限转速下空载运行, 在天平上轻放砝码让指针指零, 记下砝码重量; 让测功机在另一个转向下重复上述过程, 再记下砝码重量。取两重量值大者记为  $P_2$ 。

A1.6 如以  $P_2$  定义为最大负载转矩时, 天平上所需加的平衡砝码重量(等于最大推荐转矩除以杠杆单边标称长度  $L$ ), 则测功机转矩测量的绝对误差上限由式 A1 决定:

$$E_m < \left( \epsilon + \frac{LP_0}{2P_1} \right) \cdot P_1 + L \cdot (P_2 + 2P_0) \dots\dots\dots (A1)$$

#### A2 对校法

本方法适用于采用杠杆砝码法测量转矩的同步及异步测功机。测量时将两台相同的测功机用联轴器连接, 一台作为电动机运行, 一台作为发电机运行。

转矩误差具体测法如下:

##### A2.1 测功机的校正

两台测功机用联轴器连接之前, 每台测功机要各自进行校正, 校正合格时才能进行转矩误差的测量。

校正方法按下面 1~5 条进行。

A2.1.1 测功机杠杆水平时, 将指针调至零位并固紧。

A2.1.2 有重锤的测功机必须取下重锤, 只留下重锤杆, 并挂上两个砝码盘(不放砝码)。

A2.1.3 将测功机接至三相 50 Hz 工频电源, 并调压起动测功机, 使其在不小于 0.5 倍额定电压下空载运行, 调整平衡块位置使指针指零。

A2.1.4 用手拨动杠杆, 使指针在刻度盘或刻度尺上偏转 0.5~1% 的量程转矩值(一般测功机约偏转 5 格上下)。放手后指针经往复摆动后应停止在零位, 如指针不停在零位时, 应测出所指位置的转矩值。其值应不大于 0.05% 量程转矩值。如果大于上述值, 则认为此测功机校正不合格。

A2.1.5 上述第 4 条校正合格后, 在测功机的两个砝码盘中, 分别放入重量相等的砝码。其砝码与杠杆臂长乘积所产生的转矩应为 60%~80% 量程转矩值。看此时指针是否指零, 如指零, 则杠杆臂长误差已经消除, 校正合格。如不指零, 则应测出指针所指位置的转矩值, 其值应不大于 0.05% 量程转矩值。如果大于上述值, 则应松开杠杆固定用螺钉, 轻轻敲打杠杆端部, 调整杠杆两端臂长, 使指针指零, 去掉砝码后指针亦指零, 如不指零, 则应反复调整杠杆及平衡块的位置。直到盘中放不放砝码指针均指零时为止。或指针所指位置的转矩值不大于 0.05% 量程转矩值时为止。此时测功机亦为校正合格。如果经反复调整仍达不到上述要求时, 则认为此测功机校正不合格。

注: ① 被校测功机杠杆臂长的机械加工公差值, 应不大于杠杆臂长标称尺寸的 0.05%。

② 被校测功机所用砝码应为经检验合格的 4 等以上天平砝码。

##### A2.2 测功机转矩误差测量

A2.2.1 将两台相同的经校正合格的测功机,用联轴器连接,装成机组。安装工作应尽可能保证两联轴器及测功机轴线同心,以消除联轴器阻力矩所产生的测量误差。

A2.2.2 将一台测功机接至 50 Hz 工频电源或变频电源,作为电动机运行。另一台测功机接至负载电阻(试同步测功机时)或变频电源(试异步测功机时)作为发电机运行。调节同步测功机的励磁电流及负载电阻或异步测功机的电源频率等,使所测转矩及转速达到需要值(一般情况下两台测功机所测转矩值基本相等,作为电动机运行的一台应稍大)再微调一台测功机的砝码重量,使两台测功机的指针均指零时,同时读下两台测功机所测转矩值。此时每台测功机的转矩测量误差绝对值 $\Delta T(\text{mN} \cdot \text{m})$ 应符合式 A2 的规定。

$$\Delta T \leq T_1 - T_2 \dots\dots\dots (A2)$$

式中:  $T_1$ ——作为电动机运行的测功机所测转矩值,  $\text{mN} \cdot \text{m}$ ;

$T_2$ ——作为发电机运行的测功机所测转矩值,  $\text{mN} \cdot \text{m}$ 。

#### 附加说明:

本标准由全国旋转电机标准化技术委员会小功率电机分技术委员会提出。

本标准由广州电器科学研究所归口。

本标准由广州电器科学研究所负责起草。

本标准主要起草人徐惠珍、何湘吉。