



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 20638—2006/IEC/TS 60034-20-1:2002

---

## 步进电动机通用技术条件

General specification for stepping motors

(IEC/TS 60034-20-1:2002, IDT)

2006-11-08 发布

2007-04-01 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 .....	III
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 定义 .....	1
4 符号和单位 .....	5
5 尺寸 .....	6
5.1 1型电动机(基于公制尺寸) .....	6
5.2 2型电动机(基于英制尺寸) .....	7
6 试验方法和验收标准 .....	10
6.1 轴伸径向圆跳动、安装配合面的同轴度和安装配合端面的垂直度 .....	10
6.2 转子的转动惯量 .....	10
6.3 耐电压试验 .....	10
6.4 热阻 $R_{th}$ 和热时间常数 $\tau_{th}$ .....	10
6.5 反电势常数 .....	10
6.6 电感 .....	10
6.7 直流电阻 .....	10
6.8 步距角误差 .....	10
6.9 自定位转矩 .....	10
6.10 保持转矩 .....	11
7 特殊试验 .....	11
7.1 总则 .....	11
7.2 绕组温升 .....	11
7.3 矩角特性曲线 .....	11
7.4 单步响应、固有频率和稳定时间 .....	11
7.5 最高运行频率 .....	11
7.6 牵入频率 .....	11
7.7 牵出转矩 .....	11
7.8 最高反转频率 .....	11
7.9 谐振 .....	11
8 铭牌和其他信息 .....	11
8.1 铭牌 .....	11
8.2 典型励磁模式 .....	12
8.3 制造商提供的数据 .....	13
8.4 引出线标记和端子编号 .....	13
8.5 样本描述内容 .....	14
8.6 基本特性曲线 .....	15
9 电磁兼容性要求 .....	15
10 安全性要求 .....	15

附录 A (资料性附录) 试验方法 .....	16
A.1 试验方法 .....	16
A.2 转子的转动惯量-单线悬挂法 .....	16
A.3 转子的转动惯量-双线悬挂法 .....	16
A.4 热阻 $R_{th}$ 和热时间常数 $\tau_{th}$ .....	17
A.4.1 概述 .....	17
A.4.2 试验条件 .....	17
A.4.3 试验程序 .....	17
A.5 反电势常数 .....	18
A.6 电感 .....	18
A.6.1 概述 .....	18
A.6.2 电感电桥法 .....	19
A.6.3 电流放电法 .....	19
A.7 步距角误差 .....	20
A.7.1 概述 .....	20
A.7.2 编码器法 .....	20
A.7.3 旋转变压器法 .....	20
A.7.4 分度头法 .....	20
附录 B (资料性附录) 特殊试验 .....	21
B.1 特殊试验程序 .....	21
B.2 绕组温升 .....	21
B.3 矩角特性曲线 .....	21
B.4 单步响应、固有频率和稳定时间 .....	21
B.5 最高运行频率 .....	21
B.6 牵入频率 .....	21
B.7 牵出转矩 .....	22
B.8 最高反转频率 .....	24
B.9 谐振 .....	24

## 前 言

本标准等同采用国际电工技术委员会 IEC/TS 60034-20-1:2002《旋转电机 第 20-1 部分:控制电动机-步进电动机》。

本标准规范性引用文件中已转化为国家标准的国际标准将直接引用国家标准。

本标准对相关定义术语按国内标准进行了统一。

本标准的附录 A、附录 B 是资料性附录。

本标准由中国电器工业协会提出。

本标准由全国微电机标准化技术委员会归口。

本标准主要起草单位:西安微电机研究所、上海鸣志电器有限公司、北京和利时电机技术有限公司、常州宝马前杨电机电器有限公司、南京华兴电机制造有限公司、湖南科力电机股份有限公司、珠海运控电机有限公司。

本标准主要起草人:吴晓溪、王健、谭莹、石永福、黄希一、顾景明、聂葆生、韩光鲜。



# 步进电动机通用技术条件

## 1 范围

本标准规定了对旋转步进电动机的要求和适当的试验方法。本标准也规定了尺寸和铭牌以及制造商应在相关手册和样本中提供的细节和内容。

本标准仅适用于旋转步进电动机。

本标准不适用于：

- 感应电动机；
- 液压和棘轮式步进电动机；
- 直线电动机；
- 机械换向电动机；
- 同步电动机。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB 755—2000 旋转电机 定额和性能(idt IEC 60034-1:1996)

GB/T 997—2003 旋转电机结构及安装型式(IM代号)(IEC 60034-7:1992, IDT)

GB/T 4772.1—1999 旋转电机尺寸和输出功率等级 第1部分:机座号56~400和凸缘号55~1080(idt IEC 60072-1:1991)

GB/T 4772.3—1999 旋转电机尺寸和输出功率等级 第3部分:小功率装入式电动机 凸缘号BF10~BF50(idt IEC 60072-3:1994)

## 3 定义

下列定义适用于本标准。

### 3.1

**轴向推力 axial thrust**

沿轴向施加在旋转轴上的力。

### 3.2

**双极性驱动 bipolar drive**

通过正反向电流给绕组励磁,使步进电动机产生转矩的驱动方式。

### 3.3

**爪极结构 canstack construction (claw pole)**

转子磁极呈爪形环状对称排列的永磁式步进电动机。

### 3.4

**齿槽转矩 cogging torque**

电动机绕组开路时定转子由于开槽而有趋于最小磁阻位置的倾向,从而产生的周期性转矩。

3.5

**换向 commutation**

为使电动机定子磁场间夹角保持在规定的限值内,其绕组按时序励磁的过程。

3.6

**连续堵转转矩 continuous stall torque**

$T_{CS}$

在额定供电状态下,电动机在堵转时能输出的最大连续转矩。

3.7

**反电动势 counter e. m. f. (back e. m. f.)**

$E_r$

因磁场与电枢绕组相对运动,在该绕组中感生的电压。

注1:反电动势通常用峰值(pk)或有效值(r. m. s)来表述。

注2:该电压的性质应说明是峰值还是有效值。

3.8

**反电势常数 counter e. m. f. (back e. m. f. constant)**

$K_E$

在规定温度下,电动机在每单位转速下所产生的反电动势。

3.9

**自定位位置 detent position**

当无励磁并且无负载时,永磁式或混合式步进电动机的转子的静止位置。

3.10

**自定位转矩 detent torque**

在无励磁条件下,在永磁式或混合式步进电动机转轴上施加转矩而又不引起连续转动时的最大静态转矩。

3.11

**旋转方向 direction of rotation**

从安装配合面的轴伸端视之,轴逆时针旋转作为正方向,顺时针旋转作为负方向。

3.12

**驱动电路 drive circuit**

以预定顺序切换步进电动机各相绕组的一种装置,一般由逻辑转换器和功率放大器组成。

3.13

**摩擦转矩 friction torque**

$T_f$

阻碍电动机转轴旋转的摩擦阻力矩。

3.14

**保持转矩 holding torque**

$T_H$

按规定励磁方式励磁时,在转轴上施加转矩而又不引起连续旋转的最大静态转矩。

3.15

**混合式(HY)步进电动机 hybrid (HY) stepping motor**

用永磁体使低剩磁材料转子磁极极化的步进电动机。

## 3.16

**最高反转频率** maximum reversing rate

在额定驱动状态下,使空载运行时的步进电动机突然反转并能保持同步运行的最高脉冲频率。

## 3.17

**最高安全运行温度** maximum safe operation temperature

在规定寿命时间内,步进电动机在不损坏任何零部件条件下,连续或周期性运行的最高温度。

## 3.18

**最高运行频率** maximum slew rate

在额定驱动状态下,步进电动机在空载运行时能保持同步的最高脉冲频率。

## 3.19

**驱动模式或步进序列** mode or step sequence

由驱动电路产生的供给步进电动机绕组励磁的脉冲序列。

## 3.20

**转子(对轴线)转动惯量** moment of inertia of rotor (about an axis)

$J_r$

旋转体各质点的质量与到指定轴距离平方乘积的总和。

## 3.21

**超调或瞬时超调** overshoot or transient overshoot

步进电动机的轴旋转位置超出最终指令位置的角度(量)。

## 3.22

**峰值电流** peak current

$I_{PK}$

在规定条件下,不使电动机损坏或性能不可逆下降的短时电流的最大值。

## 3.23

**峰值转矩** peak torque

$T_{PK}$

在规定条件下,当施加最大允许峰值电流时电动机产生的最大转矩。

## 3.24

**永磁式(PM)步进电动机** permanent magnet (PM) stepping motor

具有永磁转子磁极的步进电动机。

## 3.25

**位置误差** positional error

电动机空载时按步进序列运行后,实际位置与理论位置的偏差,用基本步距角的百分数表示。

## 3.26

**牵出转矩** pull-out torque

在规定驱动条件下,步进电动机在给定脉冲频率下运行,不丢步时转轴上所能承受的最大负载转矩。

## 3.27

**脉冲频率** pulse rate

能使步进电动机依次产生步进运动的频率。

## 3.28

**径向负载** radial load

垂直于电动机转轴上并施加在该轴上的力,可用等效到轴伸中间的力表示。

3.29

**额定电流 rated current**

在额定电压和额定转速下不超出额定温度时电流的有效值。

3.30

**分辨率 resolution**

电动机转轴每转步数的倒数。

3.31

**稳定时间 settling time**

除非另有规定,在电动机单步运行时,从转子首次达到指令位置时起到转子振荡幅度衰减至步距角的1%以内所需的总时间,见图1。

3.32

**单步响应 single step response**

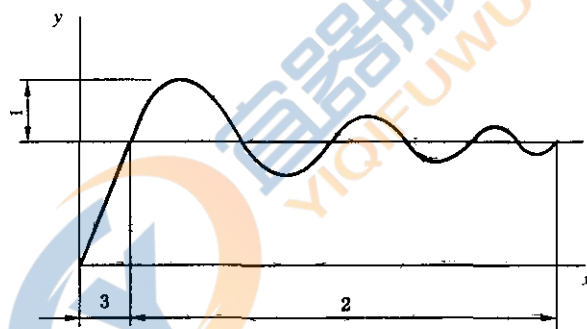
电动机对单步指令的响应,见图1。

注:单步响应因控制器不同而不同。

3.33

**堵转(转子锁定) stalled motor (locked rotor)**

当电动机引线端子输入电压时转子保持静止的状态。



$x$  轴 -- 时间;

$y$  轴 -- 角位置;

1 -- 超调;

2 -- 稳定时间;

3 -- 单步时间。

图 1 超调和稳定时间

3.34

**步进 step**

电动机转子按从一个单拍励磁位置到下一个单拍励磁位置的转动。

3.35

**步距角(单拍) step angle**

当空载状态下的步进电动机的相邻两相绕组被先后单拍励磁时,它的轴按步进序列运行一步所能转过的角位移。

3.36

**步距角误差 step angle error**

实际步距角与理论步距角相比的角位移偏差的最大值。通常用百分数来表示。



## 3.37

**步进电动机** **stepping motor**

当按一定程序给定子绕组励磁时,其转子不连续旋转,并按一定角位移作增量运动的电动机。

## 3.38

**每转步数** **steps per revolution**

转动一周所运行的步数。

## 3.39

**步进位置** **step position**

当给空载状态下的步进电动机励磁使转轴作增量运动,其角度偏转的位置。

注:步进位置不一定与自定位位置相同。

## 3.40

**同步** **synchronism**

当每输入一个指令脉冲,转子就旋转一步的状态。

## 3.41

**热阻** **thermal resistance** $R_{th}$ 

热流的阻抗。

## 3.42

**热时间常数** **thermal time constant** $\tau_{th}$ 

在规定条件下,给电动机施加恒定负载,绕组温升达到稳态值的63.2%所需时间。

## 3.43

**转矩波动** **torque ripple**

在规定测试条件下,当电动机旋转一周时转矩的偏差(包括齿槽转矩),用转矩振幅峰—峰值的一半与平均转矩之比来表示。

## 3.44

**逻辑分配器** **translator logic**

将输入脉冲转换成用于驱动步进电动机的规定模式的逻辑电路。

## 3.45

**粘性阻尼系数(无穷源阻抗)** **viscous damping factor(at infinite source impedance)** $D_v$ 

电动机转速增加引起转矩下降的近似比例。

$$D_v \propto \frac{\Delta T}{\Delta \omega}$$

## 4 符号和单位(表1)

表1 符号和单位

符号	名称	国际单位
$D_v$	粘性阻尼系数	Nms
$E_s$	反电动势	V
$f$	频率	Hz

表 1(续)

符号	名称	国际单位
$I$	电流	A
$I_{pk}$	峰值电流	A
$J$	转动惯量	$\text{kgm}^2$
$J_r$	转子对转轴转动惯量	$\text{kgm}^2$
$K_E$	反电动势系数	Vs
$K_T$	转矩系数	$\text{Nm/A}$
$L$	电感	H
$m$	质量	kg
$P_o$	输出功率	W
$P$	功率	W
$R$	电阻	$\Omega$
$R_{mt}$	电动机端电阻	$\Omega$
$R_{th}$	热阻	K/W
$T$	转矩	Nm
$T_{CS}$	连续堵转转矩	Nm
$T_f$	摩擦转矩	Nm
$T_H$	保持转矩	Nm
$T_{pk}$	峰值转矩	Nm
$V$	电压	V
$V_{pk}$	峰值电压	V
$V_s$	电源电压	V
$\theta_t$	$t$ 时刻的温度	$^{\circ}\text{C}$
$\theta_a$	环境温度	$^{\circ}\text{C}$
$\theta_f$	热平衡的最终温度	$^{\circ}\text{C}$
$\tau_{th}$	热时间常数	s
$\omega$	角速度 $\omega = d\varphi/dt$	1/s

## 5 尺寸

### 5.1 1型电动机(基于公制尺寸)

电动机(包括爪极步进电动机)尺寸应符合以下规定:

凸缘号 BF50 及以下按 GB/T 4772.3—1999 规定;

凸缘号大于 BF50 按 GB/T 4772.1—1999 规定。

爪极步进电动机应符合表 2 及图 2 规定。

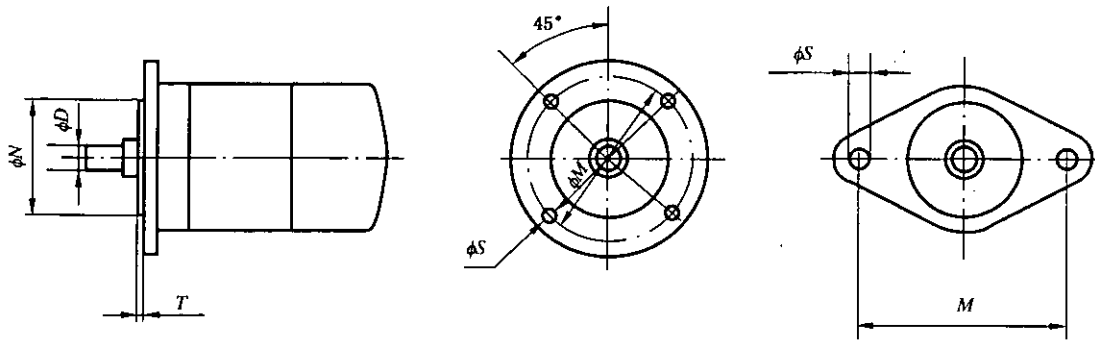


图 2 爪极步进电动机外形安装尺寸  
表 2 爪极步进电动机外形安装尺寸

单位为毫米

尺寸 <sup>a</sup>	M	N	S	孔数	D	T
2.0	25.0	6	2.3	2	1.5	1.0
2.2	25.0	6	2.3	2	1.5	1.0
2.5	32.0	8	3.0	2	2.0	1.5
2.8	32.0	8	3.0	2		1.5
3.2	42.0	10	3.2	2	2.0	1.5
3.6	42.0	10	3.2	2	2.0	1.5
4.0	49.5	10	3.5	2	3.0	1.5
4.5	49.5	10	3.5	2	3.0	1.5
5.0	60.0	11	3.5	2	3.0	2.0
5.6	65.0	11	3.5	2	4.0	2.0
6.3;7.1	52.0	14	4.5	4	4.0	2.0

注 1: 允许凸缘外形为非圆结构,但边长不能超出直径 P。  
注 2: 电动机按 GB/T 997—2003 中 IM B5 或 IM B14 两种安装方式。

<sup>a</sup> 尺寸表示电动机实际直径除以 10。

5.2 2型电动机(基于英制尺寸)

2型电动机的安装尺寸按表 3 采用 GB/T 997—2003 中 IM B5 安装方式和按表 4 采用 GB/T 997—2003 中 IM B14 安装方式。轴的详细尺寸由表 5 列出。尺寸示意图详见图 3 和图 4。

注: 2型步进电动机是基于英制尺寸,安装尺寸只针对旧设计要求。新设计将符合 5.1 描述的 1型电动机的要求。

表 3 根据 IM B5 安装方式的 2 型电动机外形安装尺寸 单位为毫米(英寸)

机座号	N	T	AC	M	S <sup>a</sup>	X <sup>b</sup>
05	9.525 (0.3750)	1.092 (0.043)	12.700 (0.500)			4
	9.512 (0.3745)	0.940 (0.037)	12.624 (0.497)			
08	12.700 (0.5000)	1.143 (0.045)	19.126 (0.753)			4
	11.417 (0.4495)	0.889 (0.035)	18.923 (0.745)			
11	25.400 (1.0000)	1.702 (0.067)	27.051 (1.065)	20.701 (0.815)		4
	25.387 (0.9995)	1.448 (0.057)	26.848 (1.057)	20.549 (0.809)		

表 3(续)

单位为毫米(英寸)

机座号	N	T	AC	M	S <sup>a</sup>	X <sup>b</sup>
15	33.325 (1.3120)	3.480 (0.137)	36.576 (1.440)	28.016 (1.103)		4
	33.312 (1.3115)	3.226 (0.127)	36.373 (1.432)	27.864 (1.097)		
18	39.675 (1.5620)	3.480 (0.137)	44.526 (1.753)			4
	39.662 (1.5615)	3.226 (0.127)	44.323 (1.745)			
20	44.501 (1.7520)	6.731 (0.265)	51.054 (2.010)			4
	44.399 (1.7480)	5.969 (0.235)	50.546 (1.990)			
23	50.800 (2.0000)	5.207 (0.205)	57.150 (2.250)			4
	50.775 (1.9990)	4.953 (0.195)	57.023 (2.245)			

<sup>a</sup> S 尺寸值没有给出,安装孔的节圆直径由制造商规定。

<sup>b</sup> X 指凸缘上均布的孔数,安装孔的直径由制造商规定。

表 4 根据 IM B14 安装方式的 2 型电动机外形安装尺寸

单位为毫米(英寸)

机座号	N	T	AC	M <sup>a</sup>	S	X <sup>b</sup>
23	38.151 (1.502)	1.956 (0.077)	60.20 (2.370)	47.269 (1.861)	5.461 (0.215)	4
	38.049 (1.498)	1.194 (0.047)	max. max.	47.015 (1.851)	4.953 (0.195)	
34	73.076 (2.877)	3.302 (0.130)	86.36 (3.400)	69.723 (2.745)	5.918 (0.233)	4
	72.974 (2.873)		max. max.	69.469 (2.735)	5.410 (0.213)	
42	55.575 (2.188)	1.702 (0.067)	109.22 (4.300)	89.027 (3.505)	6.858 (0.27)	4
	55.474 (2.184)	1.448 (0.057)	max. max.	88.773 (3.495)	min. min.	

<sup>a</sup> GB/T 997—2003 中 IM B14 安装方式为方形凸缘,边长为 AC。安装孔中心位置由尺寸为 M 的正方形坐标系给定。

<sup>b</sup> X 指凸缘上均布的孔数。

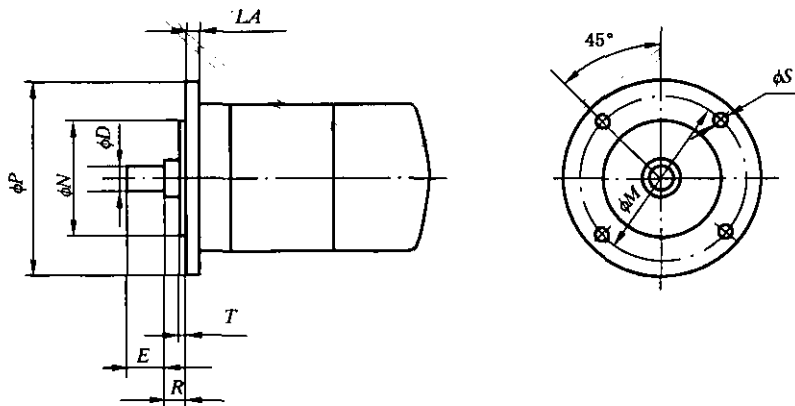


图 3 根据 IM B5 安装方式的电动机外形安装尺寸

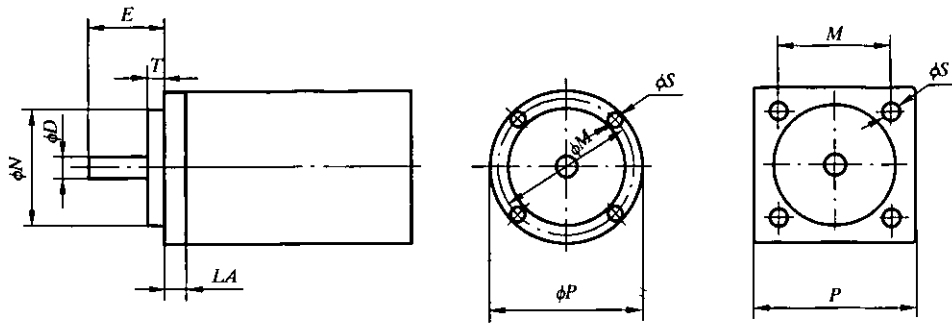


图 4 根据 IM B14 安装方式的电动机外形安装尺寸

表 5 2 型电动机转轴尺寸

单位为毫米(英寸)

机座号	E+R		D		齿数	节圆直径
	毫米	英寸	毫米	英寸		
05	9.779	(0.385)	3.1674	(0.1247)	10	96
	9.271	(0.365)	3.1547	(0.1242)		
08	9.779	(0.385)	3.1674	(0.1247)	13	120
	9.271	(0.365)	3.1547	(0.1242)		
08	9.779	(0.385)	3.1674	(0.1247)	—	—
	9.271	(0.365)	3.1547	(0.1242)		
11	9.779	(0.385)	3.1674	(0.1247)	13	120
	9.271	(0.365)	3.1547	(0.1242)		
11	9.779	(0.385)	3.1674	(0.1247)	—	—
	9.271	(0.365)	3.1547	(0.1242)		
15	11.481	(0.452)	4.4958	(0.1770)	15	96
	10.719	(0.422)	4.4704	(0.1760)		
15	11.481	(0.452)	4.4958	(0.1770)	15	96
	10.719	(0.422)	4.4704	(0.1760)		
15	11.481	(0.452)	4.7625	(0.1875)	—	—
	10.719	(0.422)	4.7371	(0.1865)		
18	14.656	(0.577)	4.4958	(0.1770)	15	96
	13.894	(0.547)	4.4704	(0.1760)		
20	16.637	(0.655)	6.3500	(0.2500)	—	—
	15.113	(0.595)	6.3373	(0.2495)		
23	14.732	(0.580)	6.3424	(0.2497)	22	96
	13.970	(0.550)	6.3170	(0.2487)		
23	21.336	(0.840)	6.3500	(0.2500)	—	—
	19.812	(0.780)	6.3170	(0.2490)		
34	30.925	(1.2175)	9.5250	(0.3750)	—	—
	29.401	(1.1575)	8.8265	(0.3475)		
42	35.687	(1.405)	12.7000	(0.5000)	—	—
	34.163	(1.345)	12.6873	(0.4995)		
42	35.814	(1.410)	14.6558	(0.577)	—	—
	34.290	(1.350)	13.8938	(0.547)		

注：光滑轴没有“齿数”和“节圆直径”栏。

## 6 试验方法和验收标准

### 6.1 轴伸径向圆跳动、安装配合面的同轴度和安装配合端面的垂直度

1型电动机按 GB/T 4772.1—1999 中 8.1 和 8.2 的要求。

2型电动机按下列要求：

安装配合面的同轴度应不超出以下规定：

- 机座号 05,08,11,15,18 和 20:千分表上的读数为 0.025 4 mm(0.001 in);
- 机座号 23,34 和 42:千分表上的读数为 0.076 2 mm(0.003 in)。

安装配合端面的垂直度应不超出以下规定：

- 机座号 05:千分表上的读数为 0.025 4 mm(0.001 in);
- 机座号 08,11,15,18 和 20:千分表上的读数为 0.050 8 mm(0.002 in);
- 机座号 23,34 和 42:千分表上的读数为 0.076 2 mm(0.003 in)。

从轴承端面距离为 6.35 mm(0.25 in)的轴的最大轴伸径向圆跳动不超过 0.02 mm(0.000 8 in)。

### 6.2 转子的转动惯量

转子的转动惯量若不能用标准公式计算,应采用实测法测量。试验方法应参照 A.2 和 A.3。

转动惯量由制造商说明,详见 8.3。

### 6.3 耐电压试验

表 3 和表 4 所列机座号 42 及以下的电动机,其正常试验电压由表 6 给出。

表 6 2型电动机机座号 42 及以下的耐压试验

机座号	试验电压/V(r. m. s.)
11 以下	250
11 到 42	500

注：以上试验通常包含 28 V 及以下运行的电动机

在 GB/T 4772.1—1999 表中给出了所列凸缘号为 55 以下的电动机,试验电压应由合同规定。

其他所有电动机按 GB 755—2000 中 8.1 的要求。

### 6.4 热阻 $R_{th}$ 和热时间常数 $\tau_{th}$

具体试验方法详见 A.4。

热阻和热时间常数不超出制造商提供的数值。

### 6.5 反电势常数

具体试验方法详见 A.5。

反电势常数应符合制造商提供的数值。

### 6.6 电感

具体试验方法详见 A.6。

电动机电感应由制造商提供的允差范围内。

### 6.7 直流电阻

测量每相绕组的直流电阻,必要时应换算为 20℃ 时的等效电阻,见 GB 755—2000 中 7.6.2.2。该直流电阻值应由制造商说明,详见 8.3。

### 6.8 步距角误差

具体试验方法详见 A.7。

步距角误差应符合制造商提供的数值,详见 8.3。

### 6.9 自定位转矩

将电动机励磁 0.5 s,使其移动到稳定位置。脱开励磁源,用转矩表测量自定位转矩数值。

自定位转矩的允差范围由制造商提供。

## 6.10 保持转矩

除非另有规定,电动机的保持转矩应在室温下测量。

给一相绕组或多相绕组通额定电流或施加规定的电压,并在试验过程中保持不变,详见注 2。用最简单方式给电动机转轴施加转矩,并逐渐增加转矩直至转轴连续旋转。即使在恒定电流供电条件下,温度升高时会引起转矩下降,应尽快读取所有数据。

注 1: 由于设计因素,电动机转轴由空载到峰值转矩时旋转角会产生变化,为了不影响测量精度,应确保加载设备有足够的旋转裕量以适应这些变化。

注 2: 通常提供在各种端电压下的峰值保持转矩。一般按额定输入值的 25%、50%、75% 及 100% 测量,测量结果应用曲线表示。

保持转矩应符合制造商提供的数值,详见 8.3。

## 7 特殊试验

### 7.1 总则

下列试验可作为用户要求的特殊试验项目。若需做下列试验项目时,制造商应提供具体参数。

### 7.2 绕组温升

具体试验方法详见 B.2。

电动机的绕组温升应不高于制造商提供的数值。

### 7.3 矩角特性曲线

具体试验方法详见 B.3。

电动机的矩角特性曲线应在制造商提供的允差范围内。

### 7.4 单步响应、固有频率和稳定时间

具体试验方法详见 B.4。

电动机的单步响应,固有频率和稳定时间应在制造商提供的允差范围内。

### 7.5 最高运行频率

具体试验方法详见 B.5。

电动机的最高运行频率应不小于制造商提供的数值。

### 7.6 牵入频率

具体试验方法详见 B.6。

电动机的牵入频率应在制造商提供的允差范围内。

### 7.7 牵出转矩

具体试验方法详见 B.7。

电动机的牵出转矩应在制造商提供的允差范围内。

### 7.8 最高反转频率

具体试验方法详见 B.8。

电动机的最高反转频率应不低于制造商提供的数值。

### 7.9 谐振

具体试验方法详见 B.9。

电动机的谐振带应符合制造商提供数值。

## 8 铭牌和其他信息

### 8.1 铭牌

铭牌至少应包括下列信息:

- a) 制造商名称;
- b) 类型说明(例如:PM 或 HY);
- c) 制造商的产品序列号和/或日期编码;
- d) 标称电压或峰值电流;
- e) 相数;
- f) 本标准号;
- g) 标称直径;
- h) 安装类型;
- i) 从凸缘安装面到电动机末端距离;
- j) 相电流;
- k) 绝缘等级;
- l) 额定相电压。

如有可能,建议提供以下信息:

- a) 每相电阻;
- b) 修正状态;
- c) 每转步数或步距角(单拍);
- d) 绕组接线图;
- e) 引出线颜色表。

## 8.2 典型励磁模式

有四类励磁模式:励磁模式 A、励磁模式 B、励磁模式 AB 以及微步励磁模式。

表 7 给出励磁模式 A、励磁模式 B 和励磁模式 AB 这 3 种典型三相步进电动机的励磁模式及工作方式。当步进电动机的相数为 3 时,励磁模式前加前缀数字 3;当步进电动机的相数为 4 时,励磁模式前加前缀数字 4。例如,励磁模式 B 的三相电动机典型驱动方式,命名为模式 3B,四相电动机则命名为模式 4B。

表 7 三相步进电动机的典型模式

励磁模式 A			
步	相 1	相 2	相 3
1	1	0	0
2	0	1	0
3	0	0	1
1	1	0	0
励磁模式 B			
步	相 1	相 2	相 3
1	1	1	0
2	0	1	1
3	1	0	1
1	1	1	0



表 7(续)

励磁模式 AB			
步	相 1	相 2	相 3
1	1	0	0
2	1	1	0
3	0	1	0
4	0	1	1
5	0	0	1
6	1	0	1
1	1	0	0

注：1 代表励磁相，0 代表非励磁相，该序列可扩展到任何相数。

### 8.3 制造商提供的数据

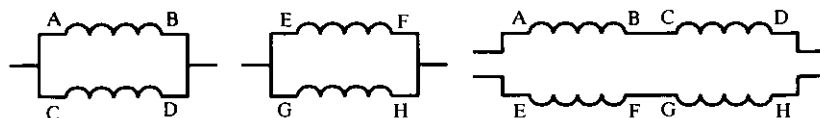
制造商应提供下列参数值及允差。这些参数值可以在第 6 章和第 7 章规定试验中得到验证。如果参数值受驱动电路或负载的影响，则驱动电路或负载应有具体描述。这些参数如下：

- a) 自定位转矩；
- b) 步距角(单步)；
- c) 步距角误差；
- d) 每转步数；
- e) 每相电压或电流；
- f) 每相电感；
- g) 每相直流电阻(20℃)；
- h) 保持转矩；
- i) 当作为发电机时每分钟 1 000 转的电压( $V_{pp}/(kr/min)$ )；
- j) 转子的转动惯量；
- k) 绝缘等级；
- l) 最大安全运行温度。

### 8.4 引出线标记和端子编号

对于带引出线的电动机，引出线(或带记号套的导线)颜色应由表 8 给出。括号内的颜色是非优先选用的替代颜色。电动机带接线盒或接线端子板应由表 8 给出端子标记号数。

对于双极性驱动和 8 根引出线电动机，应按转矩叠加的原则进行绕组连接；根据表 8 规定，绕组连接如图 5 所示，导线颜色如下：



- |        |        |
|--------|--------|
| A—棕色；  | E—红；   |
| B—棕-白； | F—红-白； |
| C—橙-白； | G—黄-白； |
| D—橙；   | H—黄。   |

图 5 双极性驱动的绕组连接

表 8 引出线标记和端子编号

a) 无星形端点或无公共端点		
相	每相首端颜色	每相末端颜色
1	棕	棕/白
2	红	红/白
3	橙	橙/白
4	黄	黄/白
5	绿	绿/白
6	兰	兰/白
7	紫	紫/白
8	灰	灰/白
b) 有星形端点或带公共端点		
相	颜色	出线编号
三相有星形端点		
1	棕	1
2	红	2
3	橙	3
星形端点	黑(白)	4
四相有星形端点		
1	棕	1
2	红	2
3	橙	3
4	黄	4
星形端点	黑(白)	5
四相带公共端点		
1	棕	1
3	橙	3
2	红	2
4	黄	4
公共端点	棕/橙(黑)	5
	红/黄(白)	6

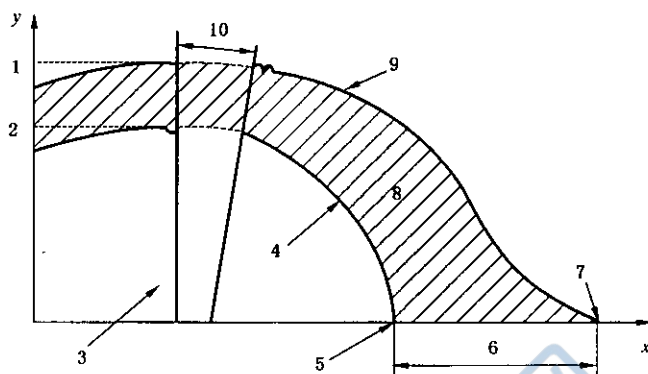
8.5 样本描述内容

为了描述上的一致性和便于比较的目的,建议制造商在样本中给出下列信息:

- a) 根据 8.3 制造商应提供的数据;
- b) 最大允许轴向推力;
- c) 最大允许径向负载(在规定位置);
- d) 电动机的质量。

## 8.6 基本特性曲线

图6的曲线显示了对于某给定步进电动机各动态特性及之间的关系。为了使曲线实用有效,应对驱动电路和惯性负载如皮带轮等具体描述和说明,因为上述因素会对性能产生影响。此曲线只起指导作用,不必提供所有谐振区域,但应标明主要谐振区域。



- 1——最大牵出转矩;
- 2——最大牵入转矩;
- 3——最高反转频率;
- 4——牵入曲线;
- 5——最大牵入频率;
- 6——运行范围;
- 7——最高运行频率;
- 8——运行频率;
- 9——牵出曲线;
- 10——谐振范围;
- $x$ 轴——脉冲频率;
- $y$ 轴——转矩。

图6 基本特性曲线

## 9 电磁兼容性要求

电动机应符合 GB 755—2000 中第 12 章的要求。

## 10 安全性要求

电动机应符合 GB 755—2000 中第 13 章的要求。

附录 A  
(资料性附录)  
试验方法

A.1 试验方法

下述试验方法为参考资料。本标准的试验要求可以使用本附录给出的合适的试验方法或其替代方法。

A.2 转子的转动惯量-单线悬挂法

通过金属线悬挂转子,比较转子的振荡周期(以轴线为中心的转动)与已知转子的振荡周期。转动惯量用公式(A.1)计算:

$$J_i = J_k \left( \frac{T_i}{T_k} \right)^2 \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$J_i$ ——被测转子的转动惯量,单位为千克二次方米(kgm<sup>2</sup>);

$J_k$ ——已知转子的转动惯量,单位为千克二次方米(kgm<sup>2</sup>);

$T_i$ ——转子的振荡周期,单位为秒(s);

$T_k$ ——已知转子的振荡周期,单位为秒(s)。

如果标准转子和转子的质量相差较大,需采用不同金属线才能获得较好垂直性和合适的振荡周期,应使用一个过渡转子,测量各每根金属线悬挂该过渡转子的振荡周期,并用公式(A.2)计算被测转子的转动惯量:

$$J_i = J_k \left( \frac{T_i}{T_k} \right)^2 \times \left( \frac{T_{w1}}{T_{w2}} \right)^2 \dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

$T_{w1}$ ——与标准转子同线时过渡转子的振荡周期;

$T_{w2}$ ——与被测转子同线时过渡转子的振荡周期。

注1:无须知道过渡转子的转动惯量;

注2:单向偏摆角不应超过45°。

A.3 转子的转动惯量-双线悬挂法

将转子沿轴向用两根平行的金属线如图 A.1 所示悬挂起来,金属线应以轴为中心,等距平行,间距为转子直径,长度与间距比率( $L/d$ )近似等于 10

将转子从平衡位置旋转一个小的角度,释放后测量振荡频率。

转动惯量用公式(A.3)计算:

$$J_i = \frac{c \times m \times d^2}{L \times f^2} \dots\dots\dots (A.3)$$

式中:

$J_i$ ——总的转动惯量,单位为千克二次方米(kgm<sup>2</sup>);

$m$ ——总的质量,单位为千克(kg);

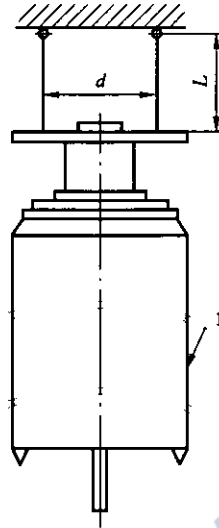
$d$ ——金属线的间距,单位为米(m);

$L$ ——金属线的长度,单位为米(m);

$f$ ——振荡频率,单位为赫兹(Hz);

$c=6.2 \times 10^{-2}$ , 由国际单位中  $g$ (自由落体加速度) $=9.8 \text{ m/s}^2$  换算而来。

注: 为了单独确定转子的惯量, 必须减去联接转子的附加装置及测试装置的惯量。



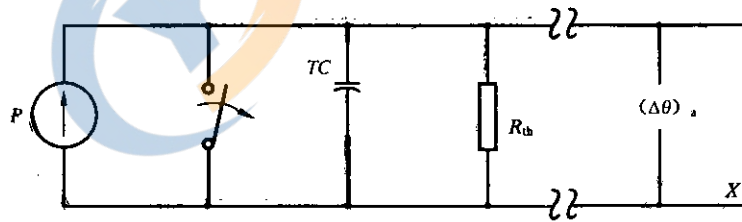
1——转子。

图 A.1 双线悬挂法

#### A.4 热阻 $R_{th}$ 和热时间常数 $\tau_{th}$

##### A.4.1 概述

电动机的热模型可包含几种热时间常数。但为了便于分析, 通常用一种热时间常数来计算, 如图 A.2 所示。



- $P$ ——功率损耗, 单位为瓦特(W);
- $TC$ ——热容, 单位为焦每开(J/K);
- $R_{th}$ ——热阻, 单位为开每瓦(K/W);
- $(\Delta\theta)_e$ ——在环境温度下的温升, 单位为开(K);
- $X$ ——环境温度。

图 A.2 确定  $R_{th}$  和  $\tau_{th}$  的试验电路图

##### A.4.2 试验条件

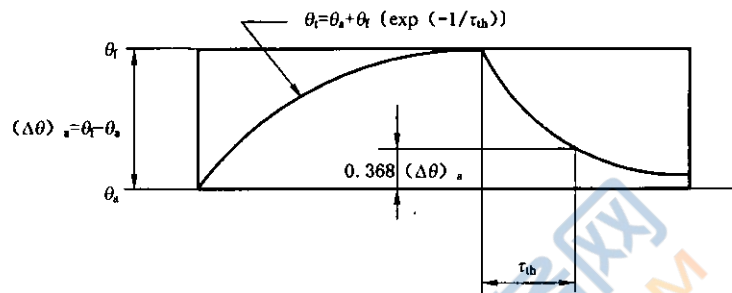
为方便电动机自身均匀散热, 应允许在低速(低于  $5 \text{ r/min}$ )下运行, 散热板与其他接触部分作隔热处理。

试验在恒温条件下进行。若是风冷电机, 试验应在规定的冷却条件下进行。

##### A.4.3 试验程序

- a) 用小于或等于额定电流的电流驱动电动机并使电动机达到热平衡状态。

- b) 确定温升 $(\Delta\theta)_s$ ,方法详见 GB 755—2000 相关条款。
- c) 用 $(\Delta\theta)_s$ 乘以 0.368,结果加上环境温度 $(\theta_a)$ 。
- d) 将电动机与电源断开,记录电动机的温度下降到按 c)步骤计算出的温度值所需的时间 $t$ 。这期间鼓风机应保持运行。
- e) 用 $P=I^2R$ 计算功率损耗,式中 $I$ 为电流值, $R$ 为温度在 $\theta_t$ 时的绕组电阻(多数电动机适用该方法)。热时间常数 $\tau_{th}$ 是在 d)步骤中记录的时间 $t$ ,则热阻 $R_{th}=(\Delta\theta)_s/P$ ,图 A.3 可表述试验过程中相关参数的确定。



$\tau_{th}$ ——热时间常数,单位为分钟 $[(TC) \times (R_{th})]$ ;  
 $\theta_t$ ——热稳定时的温度,单位为摄氏度( $^{\circ}C$ );  
 $\theta_a$ ——环境温度,单位为摄氏度( $^{\circ}C$ );  
 $\theta_t$ ——在 $t$ 时刻的温度,单位为摄氏度( $^{\circ}C$ )。

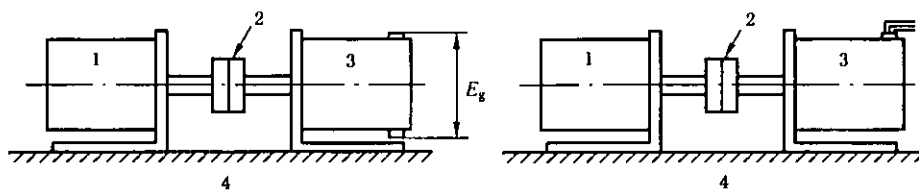
图 A.3 测量过程参数说明

A.5 反电势常数

用一般安装方式安装电动机,如图 A.4 所示。

将电动机驱动至所需恒定转速( $r/min$ )。测量该电动机的感应电压( $V$ )并用公式(A.4)计算反电势常数:

$$k_E = \frac{\text{被测电压} \times 9.55}{\text{转速}} \dots\dots\dots (A.4)$$



- 1——驱动电动机;
- 2——圆形弹性联轴器;
- 3——被测电动机;
- 4——基座。

图 A.4 确定反电势常数的试验装置

A.6 电感

A.6.1 概述

如果电动机包含永磁体材料,性能试验进行前,应根据电动机制造商的说明书做稳磁处理。

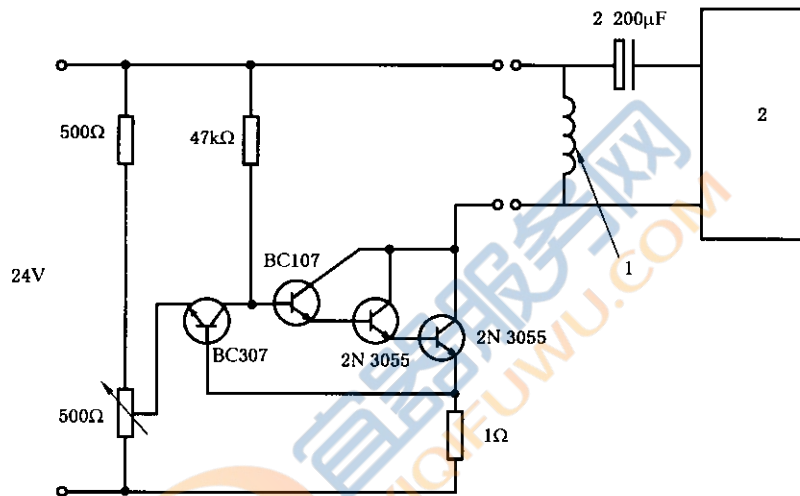
步进电动机绕组的电感随着转子的位置和励磁电流的变化而变化。测量也受电流变化率的影响。

因此,当给出一个电感指标时,应明确测量条件。

**A. 6.2 电感电桥法**

用 100 Hz 的试验频率或其他规定频率的电桥测量。在被测绕组两端施加额定电流使步进电动机定转子达到对齐位置,并保持转轴相对于电动机机身固定不变。逐步切断定子励磁,测量电感(用约 1Vr. m. s 的试验电压)。转动转子至齿间距或极间距一半的角度(最小磁阻点)并重复测试。

注:上述测量可得出电动机在相邻非对齐位置时的电感和对齐位置时的电感。另外,在测量电感时通过给绕组注入电流能获得其他有用数据。使用三档偏置电流,即电动机额定电流值的 0%,50%和 100%。此时需要 6 次测量,三次为定转子在对齐位置时,另外三次定转子在非对齐位置时。当给绕组施加偏置电流时,电感测量装置将受电源的内阻抗的影响,因此需要高阻抗源。典型电路如图 A. 5 所示。



- 1——电动机绕组;
- 2——电感电桥。

图 A. 5 由电感电桥测量电感的典型电路图

**A. 6.3 电流放电法**

如 A. 6.2 所述校正电动机定转子至对齐位置,同时将转子固定。电流调至高于电动机额定值的 10% 以上并给绕组励磁足够的时间。关闭接在绕组两端的开关,将示波器探头跨接在串联在绕组上的电阻,观测电流衰减过程,记录波形。电路图如图 A. 6。当转子不在对齐位置时重复这一过程。根据公式(A. 5)计算绕组在曲线上任何部分的电感(即任何电流区域):

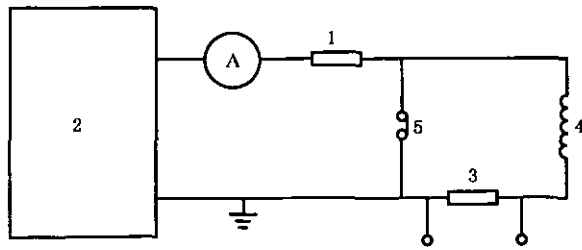
$$L = \frac{R \times t}{\ln(I/i)} \dots\dots\dots (A. 5)$$

式中:

- L——电感,单位为亨(H);
- I——初始电流,单位为安培(A);
- i——经过时间 t 后的电流,单位为安培(A);
- R——包括绕组电阻的总电阻,单位为欧姆(Ω)。

这两个曲线(相当于定转子齿在对齐位置和不在对齐位置)连同上式,或不同电流下电感值列表,可给出本试验结果。

给出任何数值应注明相关的电路参数。



- 1 限定电阻器；
- 2 电源设备；
- 3 采样电阻；
- 4 电动机绕组；
- 5 开关。

图 A.6 电流放电法测量电感的电路图

## A.7 步距角误差

### A.7.1 概述

步距角误差可以用任何简便的方法测量，测量装置应满足精度要求并且其摩擦转矩应足够小而不会影响精度指标。

### A.7.2 编码器法

光电编码器是一个能快速准确地测量步距角误差的研究和生产工具。对于大步距角电动机，应选择一个绝对编码器。但对于小步距角( $1.8^\circ$ )电动机，选用增量式编码器具有更高的分辨率。当使用增量式编码器时，应考虑以下几点：增量式编码器的计数速度是限定的，所以电动机每步间角速度应受限制。一般可在转轴上增加粘滞阻尼或增加转动惯量，但应注意，增加的转动惯量应有足够好的动平衡，以确保电动机精度要求。一般编码器可精确到一半计数且读表到 $\pm 1$ 数字。对于给定编码器分辨率，将限制测试精度。

### A.7.3 旋转变压器法

由于多通道旋转变压器的角度误差很小，基本上可视为绝对量装置，因此采用旋转变压器可与用增量编码器方法一样，获得类似测量精度，不用担心丢失位置刻度。但需要特殊电源和数据读出设备。

### A.7.4 分度头法

该方法不适用生产过程检验，但为了研究和开发目的，它能给出更高的精度。将电动机机身在分度头卡盘里仔细地卡紧，调整电动机的轴线与分度头的轴线成一条直线。按要求给一相或多相绕组励磁，聚焦于转轴上某一刻线位置或在转轴套筒上的某一刻线位置，再给下一相或多相绕组励磁，转动卡盘直到刻痕再次出现在十字线内并记录角度读数。

若要得出最大位置误差，应用两极限位置误差，取其中点确定零位。



**附录 B**  
(资料性附录)  
**特殊试验**

**B.1 特殊试验程序**

下面是特殊试验用参考资料,并仅在用户指定下使用。试验应使用双方共同认可的电源。

**B.2 绕组温升**

步进电动机温升一般是通过绕组电阻的变化进行测量。电动机安装面应尽可能远离热传导表面和通风装置以及其他附加的降温方式。在环境温度下保持稳态,记录电动机温度  $\theta_1$  和绕组电阻  $R_1$ 。按适当的工作循环给各相绕组励磁,直到电动机达到稳定温度。

对于电压型驱动电动机,按要求给单相或更多相绕组励磁,但对零脉冲频率,应给规定相绕组连续励磁,而其他相绕组开路,用励磁相中的一相作温升测量。

对于电流型驱动电动机,使其在某一速度下获得最大输入功率(空载)。该状态通常是最大牵入频率点,同时温升最高。如果不可能在该状态(在最大牵入频率时)下运行,应选取一个脉冲频率,并将驱动电路和温升一并注明。

按 GB 755—2000 中 7.6.2 的要求来确定温升。

**B.3 矩角特性曲线**

施加额定电流或电压,在某一力臂处增加重量以测量转矩。达到峰值保持转矩时,用一弹簧秤平衡转矩臂以防止力臂失控旋转,测量在曲线负区域的数据。弹簧秤的刚度应比电动机好,以避免在高速时弹簧秤的读数有较大误差。一般用分度规和指针测量大步距角电动机转角,但对于小步距角电动机,必须使用更为精密的试验装置。对于双轴伸电动机应用光电编码器测量角度,转矩传感器测量施加转矩。通过人工施加负载,由编码器、转矩传感器的输出值直接用 X-Y 绘图机绘出曲线图。当电动机为单轴伸时,施加重力,或参照大步距角电动机用弹簧秤及负载臂的方式,角度仍用光电编码器测量。

**B.4 单步响应、固有频率和稳定时间**

电动机转轴同轴联接可连续旋转的电位计并且在电位计输入端施加电压。在电位计信号输出端与电源间连接记录装置。当电动机每走一步,记录的曲线既反映了“单步响应”。应确保电位计惯量比电动机转子惯量小且摩擦转矩远远小于电动机转矩。对于大电动机,可在轴端安装光电编码器,采用类似于测量矩角特性的方法。

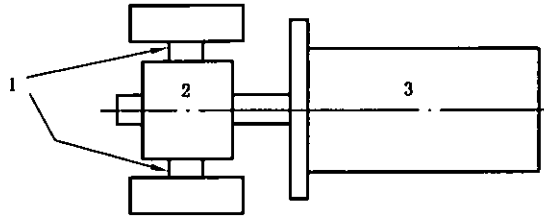
**B.5 最高运行频率**

如 B.6 所述对电动机施加一个脉冲序列,从一个较低脉冲频率(低于牵入频率)开始慢慢增加脉冲频率直到转子刚失步前的频率为最高运行频率。在旋转方向相反时重复此试验,小心避免振荡。

**B.6 牵入频率**

驱动电路应能输入脉冲序列并使电动机起动,该脉冲序列通过驱动电路为电动机各相绕组按顺序励磁。另外,脉冲序列在试验过程中应保持不受干扰。在电动机轴上施加负载并使转矩在转速变化时基本不变。可有几种实现方法:对于大电动机,应用磁粉制动器加载较为便利,这是由于转矩与

电源电流近似成正比。由于磁粉制动器惯量较高,小电动机(尺寸为 34 及以下)无法用磁粉制动器加载,可选用其他测功机如空心杯磁滞测功机等。如果电动机转轴上安装低惯量铁质圆筒,或用硬木块或板来摩擦圆筒表面,若接触表面光滑,可获得相对工作转矩而言更小的摩擦转矩,详见图 B.1。



- 1——硬木块;  
2——圆筒;  
3——被测电动机。

图 B.1 确定牵入频率的装置

转矩由平板和圆筒间的力确定且已予校准。因转矩调整较为困难,更简便的方法是改变驱动频率,具体步骤为:

- 将空心杯磁滞测功机或其他低惯量的测功机设定一个低转矩值(10%的保持转矩);
- 设置一个较低脉冲频率(例如 20 脉冲数/s);
- 触发脉冲序列并且观察电动机是否立即同步运行;
- 停止脉冲序列,增加频率,再次触发脉冲序列并观察电动机;
- 停止脉冲序列。

如果电动机立即牵入同步,则重复这个过程直到其出现失步现象。当电动机不能牵入同步,应轻微减少脉冲频率并重新触发。当重复增加和减少脉冲频率,可获得给定力矩点的牵入频率值。试验后应校验空心杯磁滞测功机的转矩,再增加转矩并重复该项试验。最后,绘制一个牵入频率与转矩关系曲线,随曲线应标明负载(圆筒)的转动惯量。当用磁粉制动器时,可调整制动器电流来改变电动机负载,以代替调整脉冲频率的方法。

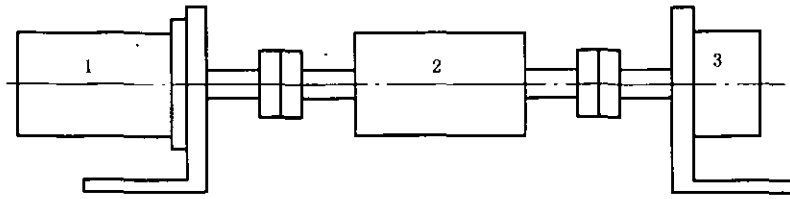
### B.7 牵出转矩

如 B.6,由于测试仪器的惯量对结果有影响,因此磁粉制动器和测功机仅用于大机座号电动机,而绳/弹簧秤组合法仅用于小机座号电动机(机座号为 34 及以下)。磁粉制动器和转矩传感器装配示意图如图 B.2 所示,感应式测功机的示意图如图 B.3 所示。如果移开磁粉制动器并用手指压力施加于转矩传感器轴上,此时的惯量将会削弱到仅剩传感器的惯量,若转矩传感器的惯量更小,对于小机座号电动机的测量将成为可能。

如 B.6,施加一个低脉冲序列频率使电动机启动。增加负载直到电动机失步。记录刚失步前的负载。取消负载,重新起动电动机并增加脉冲频率,再重新加载直至电动机再次失步,记录刚失步前的负载。改变脉冲频率重复上述步骤直到电动机达到最高转速。但电动机正常运行时,必须能以低频率起动直到高速。

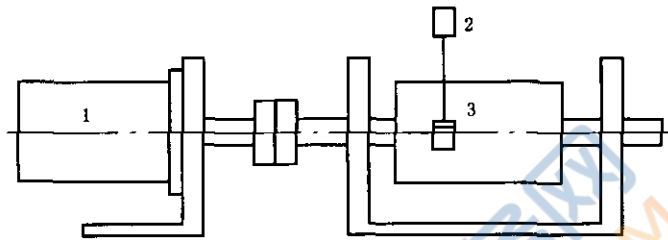
两种用绳和弹簧秤的方法如图 B.4 和图 B.5 所示,它们的结果相似。仅用一个弹簧秤的装置则需绳圈和滑轮安装在活动臂上,见图 B.4。当臂抬起时,绳的张力增加并且转矩也相应增加,转矩是电动机滑轮半径乘以弹簧秤的读数。图 B.5 所示装置需要同时读出两个弹簧秤的读数,此时转矩是两个弹簧秤读数之差与滑轮半径的乘积。如果绳子的直径不够细,计算时应考虑绳子的直径。

在所有情况下,均应注明测量仪器的负载惯量。



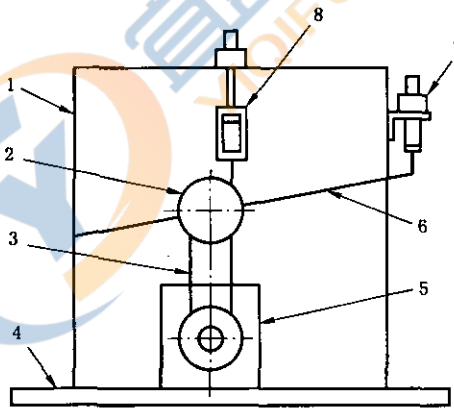
- 1——被测电动机；
- 2——转矩传感器；
- 3——制动器。

图 B.2 用转矩传感器和磁粉制动器测量牵出转矩的测试装置



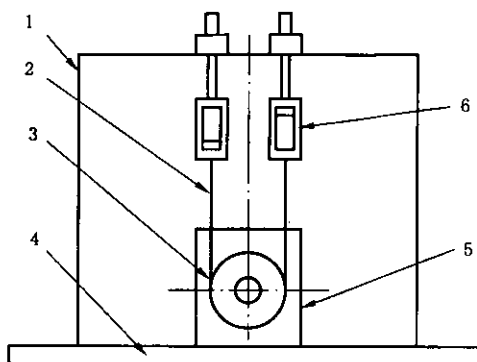
- 1——被测电动机；
- 2——负载传感器；
- 3——磁粉测功机。

图 B.3 用测功机测量牵出转矩的测试装置



- 1——支撑架；
- 2——滑轮；
- 3——绳圈；
- 4——基板；
- 5——被测电机；
- 6——调节棒；
- 7——可调螺母；
- 8——弹簧秤。

图 B.4 用绳和弹簧秤测量牵出转矩的方法



- 1 支撑架；
- 2 绳圈；
- 3 滑轮；
- 4 基板；
- 5 被测电机；
- 6 弹簧秤。

图 B.5 用绳和双弹簧秤测量牵出转矩的方法

### B.8 最高反转频率

按照 B.6 所确定的牵入频率，在空载时予置脉冲频率，使电动机在低于最大牵入频率一半的脉冲频率下运行。一般通过改变驱动电路逻辑电平输入使电动机反转，注意，在初始方向的最后一个脉冲与反向第一个脉冲的时间间隔不能改变。增加脉冲频率直到电动机失步（少步或多步），然后降低脉冲频率直到电动机恢复正常运行。这个脉冲频率值应为最高反转频率。

电动机暂停（不正确响应）的情况可用目测来观察，但是建议用更有效的方法表示失步。如果转子在正反方向上都运动某一确定的步数，那么任何失步或多步的现象都会引起转轴位置的变化，这将比电动机暂停易于观察和判断。如果采用了转轴位置传感器（如 B.4 所述），应确保其惯量足够低，以避免产生不利影响。

### B.9 谐振

如 B.6 所述给电动机施加一个脉冲序列，慢慢升高脉冲频率直到电动机失步。记录脉冲频率，从一个稍微低的脉冲频率（在电动机安全运行时）起动，快速而平滑地通过以前记录的脉冲频率，再次慢慢升高脉冲频率直到转子再次失步。重复这项过程以确定所有谐振频率直到电动机不再运行。反向（降低脉冲频率）进行上述过程以寻找这些谐振区域的上限。

起动步进电动机的另一个方法是使电动机上升至预期的理想同步转速之上并让转子跌落至同步转速，再重复上述的试验步骤。