



中华人民共和国国家标准

GB/T 20638—2023

代替 GB/T 20638—2006

步进电动机通用技术规范

General specification for stepping motors

2023-09-07 发布

2024-04-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本参数	3
5 技术要求和试验方法	3
6 检验规则	15
7 交付准备	19
8 用户服务	19
附录 A (规范性) 试验方法	20
图 1 单步响应曲线	3
图 A.1 确定热阻和热时间常数的试验电路图	20
图 A.2 测量过程参数说明	21
图 A.3 确定反电势常数的试验装置	21
图 A.4 由电感电桥测量电感的典型电路图	22
图 A.5 电流放电法测量电感的电路图	22
表 1 引出线标记和端子编号	4
表 2 安装配合面的同轴度	6
表 3 安装配合端面的垂直度	7
表 4 步距角误差	11
表 5 振动	13
表 6 冲击	14
表 7 恒定湿热	14
表 8 检验项目及顺序	16

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 GB/T 20638—2006《步进电动机通用技术条件》，与 GB/T 20638—2006 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 修改了范围(见第 1 章,2006 年版的第 1 章)；
- 修改了术语和定义(见第 3 章,2006 年版的第 3 章)；
- 删除了符号和单位(见 2006 年版的第 4 章)；
- 增加了外观、出线方式及标识、引出线及接线端强度、外形及安装尺寸、径向间隙、轴向间隙、绝缘电阻、旋转方向、空载牵入频率、牵出频率、起动矩频特性、运行矩频特性、起动惯频特性等性能试验(见 5.1、5.2、5.3、5.4、5.5、5.6、5.12、5.17、5.18、5.21、5.24、5.25、5.26)；
- 增加了低温、高温、温度变化、振动、冲击、恒定湿热、质量、电磁兼容、寿命等试验(见 5.32、5.33、5.34、5.35、5.36、5.37、5.38、5.39、5.40)；
- 修改了附录 A,删除了附录 B(见附录 A,2006 年版的附录 A、附录 B)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由全国微电机标准化技术委员会(SAC/TC 2)归口。

本文件起草单位：西安微电机研究所有限公司、常州富兴机电有限公司、上海鸣志电器股份有限公司、深圳市雷赛智能控制股份有限公司、常州市旭泉精密电机有限公司、宁波九菱电机有限公司、山东山博电机集团有限公司、浙江游锚科技有限公司、横川机器人(深圳)有限公司、东莞市维斗科技股份有限公司、广东敏卓机电股份有限公司、新思考电机有限公司、深圳市杰美康机电有限公司、余姚市宏伟磁材科技有限公司、杭州爱维斯电子有限公司、浙江精力工具有限公司、广东成信科技有限公司、陕西智恒电器科技有限公司、广东康鑫新材料有限公司、义乌市老金模具有限公司、陕西云拓电器有限公司、广东特华科技有限公司、陕西亚特尼电子有限公司。

本文件主要起草人：王引波、李宁、韩光鲜、黄捷建、丁旭红、金纯骏、张红旗、林小小、王建云、钟木生、邱意想、蔡振鹏、王申相、周建军、徐之秋、池海、黄建伟、平鸽、向东梅、金庆和、郑海峰、张元林、王哲维。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 2006 年首次发布为 GB/T 20638—2006；
- 本次为第一次修订。

步进电动机通用技术规范

1 范围

本文件规定了步进电动机的基本参数、技术要求和试验方法、检验规则、交付准备和客户服务。
本文件适用于永磁式、混合式和磁阻式步进电动机的设计和制造。

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/T 755 旋转电机 定额和性能

GB/T 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验A:低温

GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验B:高温

GB/T 2423.3—2016 环境试验 第2部分:试验方法 试验Cab:恒定湿热试验

GB/T 2423.5—2019 环境试验 第2部分:试验方法 试验Ea和导则:冲击

GB/T 2423.10—2019 环境试验 第2部分:试验方法 试验Fc:振动(正弦)

GB/T 2423.22—2012 环境试验 第2部分:试验方法 试验N:温度变化

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 2900.26—2008 电工术语 控制电机

GB/T 6113.203 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第2-3部分:无线电骚扰和抗扰度测量方法 辐射骚扰测量

GB/T 6113.204 无线电骚扰和抗扰度测量设备和测量方法规范 第2-4部分:无线电骚扰和抗扰度测量方法 抗扰度测量

GB/T 7345—2008 控制电机基本技术要求

GB/T 10405 控制电机型号命名方法

GB 17799.3 电磁兼容 通用标准 居住、商业和轻工业环境中的发射

GB 17799.4 电磁兼容 通用标准 工业环境中的发射

JB/T 8162 控制电机包装 技术条件

3 术语和定义

GB/T 2900.26—2008 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

额定电流 **rated current**

步进电动机产生保持转矩时,供给电动机绕组线电流的有效值。

3.2

额定供电状态 rated power supplied condition

步进电动机按额定电流及规定的分配方式供电的状态。

3.3

空载牵入频率 no-load pull-in frequency

步进电动机空载起动无失步的最高脉冲频率。

3.4

牵入频率 pull-in frequency

起动频率 starting frequency

步进电动机带规定负载起动且无失步运转的最高脉冲频率。

3.5

牵出频率 pull-out frequency

运行频率 running frequency

步进电动机带规定负载运行而且无失步的最高脉冲频率。

3.6

自定位转矩 detent torque

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

3.7

保持转矩 holding torque

按规定励磁方式励磁时,在转轴上施加转矩而不引起连续旋转的最大静态转矩。

3.8

热阻 thermal resistance

热流的阻抗。

3.9

热时间常数 thermal time constant

在规定条件下,给步进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。

3.10

反电动势常数 back EMF constant

在规定温度下,步进电动机单位转速下所产生的反电动势。

3.11

稳定时间 settling time

除另有规定外,步进电动机单步运行时,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

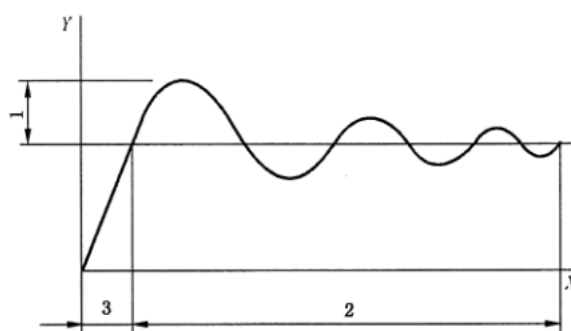
注:见图 1。

3.12

单步响应 single step response

步进电动机对单步指令的响应。

注:单步响应因控制器不同而不同。见图 1。



标引说明：

X 轴——时间；

Y 轴——角位置；

1 ——超调；

2 ——稳定时间；

3 ——单步时间。

图 1 单步响应曲线

4 基本参数

4.1 型号命名

步进电动机(以下简称电动机)型号命名应符合 GB/T 10405 或产品专用技术条件的规定。

4.2 电压等级

驱动电压等级优先选用直流电压 6 V、9 V、12 V、24 V、27 V、36 V、48 V、60 V、80 V、110 V。

4.3 步距角

磁阻式电动机步距角推荐值：0.36°、0.60°、0.75°、0.90°、1.00°、1.125°、1.50°、1.875°、2.25°、3.00°、3.75°、4.50°、7.50°；

混合式电动机步距角推荐值：0.36°、0.6°、0.72°、0.9°、1.2°、1.8°；

永磁式电动机步距角推荐值：3.6°、3.75°、7.5°、15°、18°、22.5°、30°、45°、90°。

4.4 励磁方式

励磁模式有整步、半步、微步(细分)三种,具体励磁模式通过驱动器设置决定。

4.5 冷却方式

冷却方式为自冷方式,也可根据产品专用技术条件规定其他方式。

4.6 工作制

工作制应符合 GB/T 755 的规定。

5 技术要求和试验方法

5.1 外观

5.1.1 技术要求

电动机表面不应有锈蚀、涂覆层脱落、碰伤、划痕,紧固件应牢固,接线板、电连接器及铭牌的字迹和

内容应清楚无误,且不应脱落,引出线或接线端应完整无损,引出线颜色或接线端标记应正确。

5.1.2 试验方法

目测电动机及其附件外观。

5.2 出线方式及标识

5.2.1 技术要求

电动机出线方式可采用引出线或接线端方式,也可采用电连接器方式出线。

除另有规定外,带引出线的电动机,引出线(或带记号套的导线)颜色见表1。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的端子标记号见表1。

表1 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
两相无公共端点		
1	棕	棕/白
2	红	红/白
四相无公共端点		
1	棕	棕/白
2	红	红/白
3	橙	橙/白
4	黄	黄/白
b) 有星形端点或带公共端		
相	颜色	出线编号
三相有星形点		
1	棕	1
2	红	2
3	橙	3
星形端点	黑(白)	4
四相有星形点		
1	棕	1
2	红	2
3	橙	3
4	黄	4
星形端点	黑(白)	5

表 1 引出线标记和端子编号 (续)

相	颜色	出线编号
四相带公共端		
1	棕	1
3	橙	3
2	红	2
4	黄	4
公共端	棕/橙(黑)	5
公共端	红/黄(白)	6

5.2.2 试验方法

目测电动机出线方式及标识。

5.3 引出线或接线端强度

5.3.1 技术要求

除另有规定外,引出线或接线端的强度应符合 GB/T 7345—2008 中 5.3.1 的规定。

5.3.2 试验方法

按 GB/T 7345—2008 中 5.3.2 的规定进行引出线或接线端强度试验。

5.4 外形及安装尺寸

5.4.1 技术要求

外形及安装尺寸应符合产品专用技术条件的规定。

5.4.2 试验方法

按电动机的外形及安装尺寸要求选用量具种类及精度等级,将电动机放置在常温条件下,使其达到稳定非工作温度后,逐项进行测量。

5.5 径向间隙

5.5.1 技术要求

电动机的径向间隙不应大于 0.02 mm,或符合产品专用技术条件的规定。

5.5.2 试验方法

将电动机牢固地轴向水平安装,可用千分表的测量头置于轴伸面上,并尽可能靠近轴承位置,按产品专用技术条件施加规定的力,沿与轴向垂直的方向加在轴上,首先向一个方向,然后向相反方向,观察千分表两次读数之差即为径向间隙测量值。

测量时,加力位置与千分表的测量头位置应靠近。

5.6 轴向间隙

5.6.1 技术要求

电动机的轴向间隙不应大于 0.12 mm,或符合产品专用技术条件的规定。

5.6.2 试验方法

将电动机牢固地轴向水平安装,可用千分表的测量头置于轴伸端面,按产品专用技术条件施加规定的力,沿轴向水平方向加在轴上,首先向一个方向,然后向相反方向,观察千分表两次读数之差即为轴向间隙测量值。测量时,加力位置与千分表的测量头位置应靠近。

5.7 轴伸径向圆跳动

5.7.1 技术要求

电动机的轴伸径向圆跳动不应大于 0.02 mm,或符合产品专用技术条件的规定。

5.7.2 试验方法

将电动机牢固地轴向水平安装,千分表的测量头置于轴伸面上离轴伸端面距离约为轴伸长度的 1/3 处,缓慢地转动电动机转轴,在一周内测取其最大与最小读数之差即为电动机的轴伸径向圆跳动。

5.8 安装配合面的同轴度

5.8.1 技术要求

电动机的安装配合面的同轴度应符合表 2 或产品专用技术条件的规定。

表 2 安装配合面的同轴度

机座号 mm	安装配合面的同轴度 mm
≤20	0.025
>20	0.075

5.8.2 试验方法

电动机转轴垂直放置并固定,将千分表的测量头置于定子安装配合圆面上,转动电动机定子,测取千分表最大与最小读数之差即为安装配合面的同轴度。

5.9 安装配合端面的垂直度

5.9.1 技术要求

电动机的安装配合端面的垂直度应符合表 3 或产品专用技术条件的规定。

表 3 安装配合端面的垂直度

机座号 mm	安装配合端面的垂直度 mm
≤5	0.025
>5~20	0.050
>20	0.075

5.9.2 试验方法

电动机转轴垂直放置并固定,将千分表的测量头置于定子安装配合端面上,转动电动机定子,在端面均匀测量三个圆周的全跳动,取其最大值即为安装配合端面的垂直度。

5.10 转子转动惯量

5.10.1 技术要求

电动机转子的转动惯量应符合产品专用技术条件规定。

5.10.2 试验方法

按 GB/T 7345—2008 中 5.19.2 的规定进行测量。

5.11 绝缘介电强度

5.11.1 技术要求

电动机各绕组对壳体之间及各独立绕组之间应能承受 GB/T 7345—2008 中 5.17.1 或产品专用技术条件规定的试验电压及绕组的峰值漏电流,应无绝缘击穿、飞弧及闪络现象。试验后立即测量绝缘电阻。

重复本试验时,其电压值为原试验电压值的 80%。

5.11.2 试验方法

按 GB/T 7345—2008 中 5.17.2 规定的方法进行绝缘介电强度试验。

5.12 绝缘电阻

5.12.1 技术要求

电动机各绕组对机壳之间及各独立绕组之间的绝缘电阻应符合下列要求:

- 在正常试验条件和规定的低温条件下,绝缘电阻不应小于 50 MΩ;
- 在规定高温条件下,绝缘电阻不应小于 10 MΩ;
- 在经受相应湿热条件后,绝缘电阻不应小于 1 MΩ。

5.12.2 试验方法

按 GB/T 7345—2008 中表 4 规定选择对应电压值的绝缘电阻表或绝缘电阻测试仪,测量电动机各绕组对机壳之间及各独立绕组之间的绝缘电阻。

5.13 直流电阻

5.13.1 技术要求

电动机每相绕组的直流电阻值应符合产品专用技术条件的规定,各相绕组之间直流电阻的差值不应超过规定值的 $\pm 10\%$ 。

5.13.2 试验方法

电动机在室温下放置 2 h 以上,用直流电桥或能保证测量精度的其他仪器仪表测量每相绕组的直流电阻,折算到 20 °C 时的等效电阻。

5.14 热阻和热时间常数

5.14.1 技术要求

电动机热阻和热时间常数应符合产品专用技术条件的规定。

5.14.2 试验方法

按附录 A 中的 A.1 的试验方法进行热阻和热时间常数测量。

5.15 反电动势常数

5.15.1 技术要求

电动机反电动势常数应符合产品专用技术条件的规定。

5.15.2 试验方法

按 A.2 的试验方法进行反电动势常数测量。

5.16 电感

5.16.1 技术要求

电动机每相绕组的电感应符合产品专用技术条件的规定。

5.16.2 试验方法

根据选定的试验方法连接电路图,按 A.3 规定的测量方法,测量电动机每相电感。

5.17 旋转方向

5.17.1 技术要求

除另有规定外,电动机在额定供电状态下空载运行,从电动机安装面轴伸端视之,电动机应逆时针旋转,并规定电动机轴伸逆时针旋转为正方向。

5.17.2 试验方法

电动机在额定供电状态下空载运行,测量电动机的旋转方向。

5.18 空载牵入频率

5.18.1 技术要求

在额定供电状态下,空载牵入频率应符合产品专用技术条件的规定。

5.18.2 试验方法

电动机在额定供电状态下空载运行,采用预置脉冲数和其他能检查失步的方法,使电动机从锁定状态突然起动,测出转子三个不同位置正、反两个转向的最高牵入频率,取其中的下限值。

5.19 最高运行频率

5.19.1 技术要求

在额定供电状态下,最高运行频率应符合产品专用技术条件的规定。

5.19.2 试验方法

电动机空载起动后,采用预置脉冲数和其他能检查失步的方法,测出电动机在正、反两个转向时,随着控制脉冲频率连续慢慢上升能不失步运行的最高频率,取其中的下限值。

5.20 牵入频率

5.20.1 技术要求

在额定供电状态下,牵入频率应符合产品专用技术条件的规定。

5.20.2 试验方法

在额定供电状态下,采用预置脉冲数和其他能检查失步的方法,施加产品专用技术条件规定的负载,从锁定状态突然起动,测出转子三个不同位置正、反两个转向的最高牵入频率,取其中下限值。

5.21 牵出频率

5.21.1 技术要求

在额定供电状态下,牵出频率应符合产品专用技术条件的规定。

5.21.2 试验方法

在额定供电状态下,采用预置脉冲数和其他能检查失步的方法,电动机由低频起动,缓慢升频,施加产品专用技术条件规定的负载(或先加载后升频),测出电动机正、反两个转向不失步运行的最高频率,取其中下限值。

5.22 自定位转矩

5.22.1 技术要求

在无励磁条件下,自定位转矩应符合产品专用技术条件的规定。

5.22.2 试验方法

在无励磁条件下,施加负载到转轴上,增加负载直到转轴刚要开始连续旋转,此时的最大负载转矩,即为自定位转矩,测出转子在三个不同位置的自定位转矩,取其中下限值。

5.23 保持转矩

5.23.1 技术要求

在额定供电状态下,保持转矩应符合产品专用技术条件的规定。

5.23.2 试验方法

在额定供电状态下,电动机锁定并达到稳定工作温度,在其转轴上逐渐施加负载转矩直到转轴刚要开始连续旋转,此时转轴上的最大负载转矩即为保持转矩。

5.24 起动矩频特性

5.24.1 技术要求

在额定供电状态下,起动矩频特性应符合产品专用技术条件的规定。应在产品专用技术条件规定的负载下测得的起动矩频特性(测试点应不少于5个)。

5.24.2 试验方法

在额定供电状态下,电动机锁定并达到稳定工作温度,采用预置脉冲数和其他能检查失步的方法,施加产品专用技术条件规定的负载(从空载到负载之间不同的测试点不少于5个),然后从锁定状态突然起动,测出转子三个不同位置正、反两个转向的最高牵入频率,取其中下限值,逐点测试产品专用技术条件规定的起动矩频特性。

5.25 运行矩频特性

5.25.1 技术要求

在额定供电状态下,运行矩频特性应符合产品专用技术条件的规定。应在产品专用技术条件规定的负载下测得的运行矩频特性(测试点不少于5个)。

5.25.2 试验方法

在额定供电状态下,电动机达到稳定工作温度,采用预置脉冲数和其他能检查失步的方法,电动机由低频起动,然后升频,施加产品专用技术条件规定的负载(或先加载后升频,测量点不少于5个),测出电动机能不失步运行的运行矩频特性。

5.26 起动惯频特性

5.26.1 技术要求

当有要求时,在额定供电状态下,起动惯频特性应符合产品专用技术条件的规定。应在产品专用技术条件规定的负载下测得的起动惯频特性(测试点不少于3个)。

5.26.2 试验方法

在额定供电状态下,电动机达到稳定工作温度,采用预置脉冲数和其他能检查失步的方法,电动机带有产品专用技术条件规定的惯量负载(测量点不少于3个),从额定状态突然起动,测出转子在三个任意不同位置上的正、反两个转向的起动惯频特性。

5.27 谐振频率

5.27.1 技术要求

当有要求时,允许电动机存在谐振频率,谐振频率应符合产品专用技术条件的规定。

5.27.2 试验方法

在额定供电状态下,电动机达到稳定工作温度,采用预置脉冲数和其他能检查失步的方法,缓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,快速而平滑地通过前一次记录的脉冲频率,再次缓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。测出谐振频率。

起动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。

5.28 步距角误差

5.28.1 技术要求

电动机的步距角误差按表 4 的规定。

表 4 步距角误差

步距角 θ_b (°)	步距角误差 %
$\theta_b < 1.5$	±10
$1.5 \leq \theta_b < 7.5$	±8
$\theta_b \geq 7.5$	±5

5.28.2 试验方法

在额定供电状态下,使电动机空载单脉冲整步运行一周,用足够准确度的读数显微镜、准确度测试仪或其他方法测出其一周内步距角的实测值和理论值相比的角位移偏差的最大值。双向旋转电动机应在正反两个旋转方向分别进行测量。

5.29 矩角特性曲线

5.29.1 技术要求

电动机矩角特性曲线应符合产品专用技术条件的规定。

5.29.2 试验方法

在额定供电状态下,给电动机施加转矩,同时测量转轴从起动位置所转过的角度,采用测角仪测量角度,在保持转矩范围内均匀施加转矩测试点(不少于 5 个),绘制转矩与转角之间的关系曲线,即为矩角特性曲线。

5.30 单步响应、固有频率和稳定时间

5.30.1 技术要求

当有要求时,电动机单步响应、固有频率和稳定时间应符合产品专用技术条件的规定。

5.30.2 试验方法

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,记录的曲线即反映了“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。

5.31 温升

5.31.1 技术要求

电动机绕组的温升应符合产品专用技术条件的规定。

5.31.2 试验方法

将电动机安装在标准试验支架上,应避免通过轴伸及与其所连接物体进行热量传递,且不受外界热辐射及气流的影响。

电动机在室温下达到稳定非工作温度,测量规定绕组的直流电阻 R_1 ,并记录此时的室温 t_1 ,然后在额定供电状态下运行至稳定工作温度,测量同一绕组的直流电阻 R_2 ,并记录此时的室温 t_2 ,温升按公式(1)计算。

$$\theta = \frac{R_2 - R_1}{R_1} (235 + t_1) + (t_1 - t_2) \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- θ ——电动机的绕组温升,单位为开尔文(K);
- R_1 ——室温为 t_1 时的绕组电阻,单位为欧姆(Ω);
- R_2 ——室温为 t_2 时的绕组电阻,单位为欧姆(Ω);
- t_1 ——测量 R_1 时的环境温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);
- t_2 ——测量 R_2 时的环境温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$)。

5.32 低温

5.32.1 技术要求

电动机应能承受按产品专用技术条件规定的低温试验。试验后在箱内检查绝缘电阻和空载牵入频率。

5.32.2 试验方法

将电动机安装在标准试验支架上,按 GB/T 2423.1—2008 中试验方法 Ad 进行低温试验,试验电动机按产品专用技术条件规定的转速空载运行。

5.33 高温

5.33.1 技术要求

电动机能承受按产品专用技术条件规定的高温试验。试验后在箱内检查绝缘电阻和空载牵入频率,恢复常温后进行绝缘介电强度测试。

5.33.2 试验方法

将电动机安装在标准试验支架上,按 GB/T 2423.2—2008 中试验方法 Bd 进行高温试验,试验时电动机按产品专用技术条件规定的转速空载运行。

5.34 温度变化

5.34.1 技术要求

电动机应能承受按产品专用技术条件规定的温度变化试验。试验后在箱内检查绝缘电阻和空载牵入频率。

5.34.2 试验方法

将电动机安装在标准试验支架上,按 GB/T 2423.22—2012 中试验方法 N 进行温度变化试验,试验时电动机按产品专用技术条件规定的转速空载运行。

5.35 振动

5.35.1 技术要求

电动机应能承受按产品专用技术条件规定的振动试验。试验后电动机不应出现零部件松动或损坏现象,其空载牵入频率和最高运行频率应符合 5.18.1 和 5.19.1 的要求。正弦扫频振动试验参数见表 5 的规定。

表 5 振动

振动频率 Hz	交越频率 Hz	振幅或加速度	扫频 次数	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	—	双振幅 1.5 mm	10	10,30,45	30,90,135
10~500	57.7	双振幅 1.5 mm 或加速度 100 m/s ²	10		
10~2 000	70.7	双振幅 1.5 mm 或加速度 150 m/s ²	10		

5.35.2 试验方法

电动机应牢固地安装在标准试验支架上,试验支架应刚性固定在振动设备试验台上,按 GB/T 2423.10—2019 中的扫频试验方法 Fc 进行正弦扫频振动试验。其振动条件参数、振动方向及振动时间等按表 5 或按产品专用技术条件的规定,试验时电动机不通电。

5.36 冲击

5.36.1 技术要求

电动机应能承受产品专用技术条件规定的冲击试验。试验后电动机不应出现零部件松动或损坏现象,其空载牵入频率和最高运行频率应符合 5.18.1 和 5.19.1 的规要求。冲击试验参数见表 6 的规定。

5.36.2 试验方法

电动机应牢固地安装在标准试验支架上,试验支架应刚性固定在冲击设备试验台上,按 GB/T 2423.5—

2019 中 Ea 的冲击试验方法进行冲击试验。其冲击条件参数、冲击方向及冲击时间按表 6 或按产品专用技术条件的规定,试验时电动机不通电。

表 6 冲击

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
300	11	半正弦	3	18

5.37 恒定湿热

5.37.1 技术要求

当有要求时,电动机应能承受产品专用技术条件规定的恒定湿热试验。试验后检查电动机应无明显的外观质量变坏及影响正常工作的锈蚀现象,恒定湿热下检查绝缘电阻和空载牵入频率应符合 5.12.1 和 5.18.1 的要求。恒定湿热参数见表 7 的规定。

表 7 恒定湿热

温度 ℃	相对湿度 %	持续时间 d
40±2	90~95	2,4,10

5.37.2 试验方法

电动机安装在标准试验支架上,轴伸及安装配合面涂覆防锈酯,按 GB/T 2423.3—2016 中试验方法 Cab 的规定进行恒定湿热试验。其中恒定湿热条件参数、恒定湿热试验持续时间按表 7 或按产品专用技术条件的规定。

5.38 质量

5.38.1 技术要求

电动机的质量应符合产品专用技术条件的规定。

5.38.2 试验方法

用精度不低于 1% 的衡器称取电动机的质量。

5.39 电磁兼容

5.39.1 技术要求

当有要求时,电动机应满足规定的电磁兼容性。电动机的电磁兼容性要求包括电磁干扰要求和敏感度要求。其中电磁干扰要求用电磁发射限值表示,电磁敏感度要求用电磁抗扰度表示。

电磁发射限值应符合 GB 17799.4 或 GB 17799.3 的规定;电磁抗扰度应符合产品专用技术条件的规定。

5.39.2 试验方法

电磁辐射骚扰试验按 GB/T 6113.203 的规定进行,电磁抗扰度试验按 GB/T 6113.204 的规定进行。其中电磁兼容试验样品处理、安装方式、电动机运行条件及检测要求按产品专用技术条件的规定。

5.40 寿命

5.40.1 技术要求

电动机寿命不应小于 3 000 h 或产品专用技术条件的规定。试验后检查绝缘介电强度、绝缘电阻、空载牵入频率、最高运行频率、自定位转矩和保持转矩应符合 5.11.1、5.12.1、5.18.1、5.19.1、5.22.1 和 5.23.1 的规定;允许参数变化在±10%范围内。

5.40.2 试验方法

电动机安装在标准试验支架上,在额定供电状态下,采用对拖法或按用户规定的其他方法进行寿命试验,可 24 h 变换一次旋转方向,电动机运行方式按产品专用技术条件规定。

5.41 试验条件

5.41.1 试验的标准大气条件

按 GB/T 7345—2008 中 5.37.1 的规定。

5.41.2 仲裁试验的标准大气条件

按 GB/T 7345—2008 中 5.37.2 的规定。

5.41.3 基准试验的标准大气条件

按 GB/T 7345—2008 中 5.37.3 的规定。

5.41.4 电源

试验用电源应符合产品专用技术条件的规定。

5.41.5 试验仪表、仪器精度

质量一致性检验时,选用的电气测量仪器、仪表精度不应低于 1 级;在做鉴定检验时,选用的电气测量仪器、仪表精度不应低于 0.5 级。转矩测量仪表为 1 级。

5.41.6 电动机的安装

如无特殊规定,试验时电动机轴向水平安装在 GB/T 7345—2008 规定的标准试验支架上。

6 检验规则

6.1 检验分类

检验分为:

- a) 鉴定检验;
- b) 质量一致性检验。

6.2 鉴定检验

6.2.1 鉴定检验时机和条件

当有要求时,鉴定检验应在国家认可的实验室按产品专用技术条件规定进行。
有下列情况之一,应进行鉴定检验:

- a) 新产品设计确认前;
- b) 已鉴定产品设计或工艺变更时;
- c) 已鉴定产品关键原材料、元器件变更时;
- d) 产品制造场所改变时。

6.2.2 样机数量

从批产品中随机抽取 6 台样机,其中 4 台供鉴定检验用,另外 2 台保存备用。

6.2.3 检验程序

鉴定检验项目、基本顺序和样机编号按表 8 规定进行。

表 8 检验项目及顺序

序号	检验项目	技术要求和试验方法 条款	鉴定检验 样机编号	质量一致性检验	
				A 组检验	C 组检验
1	外观	5.1	1,2,3,4	√	—
2	出线方式及标识	5.2	1,2,3,4	√	—
3	引出线或接线端强度 ^a	5.3	1,2,3,4	—	√
4	外形及安装尺寸	5.4	1,2,3,4	√	—
5	径向间隙	5.5	1,2,3,4	√	—
6	轴向间隙	5.6	1,2,3,4	√	—
7	轴向径向圆跳动	5.7	1,2,3,4	√	—
8	安装配合面的同轴度	5.8	1,2,3,4	√	—
9	安装配合端面的垂直度	5.9	1,2,3,4	√	—
10	转子转动惯量 ^b	5.10	1,2	—	√
11	绝缘介电强度	5.11	1,2,3,4	√	—
12	绝缘电阻	5.12	1,2,3,4	√	—
13	直流电阻	5.13	1,2,3,4	√	—
14	热阻和热时间常数	5.14	1,2,3,4	—	√
15	反电动势常数	5.15	1,2,3,4	—	√
16	电感	5.16	1,2,3,4	—	√
17	旋转方向	5.17	1,2,3,4	√	—
18	空载牵入频率	5.18	1,2,3,4	—	√
19	最高运行频率	5.19	1,2,3,4	—	√

表 8 检验项目及顺序 (续)

序号	检验项目	技术要求和试验方法 条款	鉴定检验 样机编号	质量一致性检验	
				A 组检验	C 组检验
20	牵入频率	5.20	1,2,3,4	—	√
21	牵出频率	5.21	1,2,3,4	—	√
22	自定位转矩	5.22	1,2,3,4	√	—
23	保持转矩	5.23	1,2,3,4	√	—
24	起动转矩特性	5.24	1,2,3,4	—	√
25	运行转矩特性	5.25	1,2,3,4	—	√
26	起动惯频特性	5.26	1,2,3,4	—	√
27	谐振频率	5.27	1,2,3,4	—	√
28	步距角误差	5.28	1,2,3,4	—	√
29	矩角特性曲线	5.29	1,2,3,4	—	√
30	单步响应、固有频率和稳定时间	5.30	1,2,3,4	—	√
31	温升	5.31	1,2,3,4	—	√
32	低温	5.32	3,4	—	√
33	高温	5.33	3,4	—	√
34	温度变化	5.34	3,4	—	√
35	振动	5.35	1,2,3,4	—	√
36	冲击	5.36	1,2,3,4	—	√
37	恒定湿热 ^c	5.37	3,4	—	—
38	质量	5.38	1,2	—	√
39	电磁兼容 ^c	5.39	1,2,3,4	—	—
40	寿命	5.40	1,2	—	√
注：“√”表示进行该项检验，“—”表示不进行该项检验。					
^a 引出线及接线端强度在鉴定检验时检测。 ^b 允许用同批次转子零部件进行检测。 ^c 根据电动机用途和环境条件,当有要求时才进行的检验项目。					

6.2.4 检验结果的评定

6.2.4.1 合格

鉴定检验用样机的全部项目检验符合要求,则鉴定检验合格。

6.2.4.2 不合格

只要有一台样机的任一项目不符合要求,则鉴定检验不合格。

6.2.4.3 偶然失效

当鉴定部门确定电动机某一不合格项目属于孤立性质的偶然失效时,允许在每次提交的样机中取一台备用样机代替失效样机,并补做失效发生前(包括失效时)的所有项目,然后继续试验,若再有一台样机的任一个项目不符合要求,则鉴定检验不合格。

6.2.4.4 性能降低

样机经环境试验后,允许出现不影响其使用的性能降低,性能降低的允许值由产品专用技术条件规定。

6.2.4.5 环境试验周期和试验后的性能严重降低

样机在环境试验期间和试验后,出现影响其使用的性能严重降低时,鉴定部门可采取两种方式:或者认为鉴定不合格,或者当一台样机出现失效时,允许用新的两台样机代替,并补做失效发生前(包括失效时)的所有试验,然后补足原样机数量继续试验,若再有一台样机的任一个项目不合格,则鉴定检验不合格。

6.2.5 同类型产品鉴定检验

当某一类同机座号的两个及两个以上型号的电动机同时提交鉴定检验时,每种型号均应提交4台样机,所有样机应通过质量一致性中的A组检验,然后选取4台有代表性的不同型号的样机进行其余项目的试验。试验结果评定按6.2.4的规定。任一台样机的任一项目不合格,则其所代表的电动机鉴定检验不合格。本检验不准许样机替换。

6.3 质量一致性检验

6.3.1 质量一致性检验分类

质量一致性分为A组和C组检验:

- a) A组检验是为了证实电动机产品是否满足常规质量要求所进行的出厂检验;
- b) C组检验是周期性检验。

6.3.2 A组检验

A组检验项目及基本顺序按表8规定进行。

A组检验可抽样或逐台进行。抽样按GB/T 2828.1—2012中一般检验水平II、一次抽样方案进行,接收质量限(AQL),由用户和制造商协商选定。

A组检验中,电动机若有一项或一项以上不合格,则该电动机为不合格品。

若A组检验合格,则除抽样中的不合格电动机之外,用户应整批接收。

若A组检验不合格,则整批拒收,由制造商消除缺陷并剔除不合格品后,再次提交A组检验。

6.3.3 C组检验

6.3.3.1 C组检验项目及基本顺序

C组检验项目及基本顺序按表8规定进行。

6.3.3.2 检验时机和周期

有下列情况之一,一般应进行C组检验:

- a) 相关项目检验；
 - b) A 组检验结果与鉴定检验结果发生较大偏差时；
 - c) 周期检验；
 - d) 政府或行业监管产品质量或用户要求时。
- C 组检验周期除另有规定，每两年至少进行一次。

6.3.3.3 检验规则

C 组检验项目及基本顺序按表 8 规定进行。

C 组检验样机从已通过 A 组检验的产品中抽取，对未做过 A 组检验的样机应补作 A 组检验项目的试验，待合格后方可进行 C 组检验。

C 组检验样机数量及检验结果评定分别按 6.2.2 和 6.2.4 的规定。

若 C 组检验不合格，由制造商消除不合格原因后，重新进行 C 组检验。

7 交付准备

7.1 总则

除另有规定外，交付的电动机应是通过设计确认后制造的，且经 A 组检验合格的产品。

7.2 包装

电动机包装应符合 JB/T 8162 的规定，制造商应确保电动机通过包装能得到有效防护。

7.3 运输

包装的电动机在运输过程中应小心轻放，避免碰撞和敲击，严禁与酸碱等腐蚀性物质放在一起。制造商应通过标识或协议方式将运输条件告知用户和承运商。

7.4 贮存

包装好的电动机，应放在正常试验大气条件下，温度为 15℃~35℃，相对湿度 45%~75%，清洁且通风良好的库房内，空气中不应含有腐蚀性气体。若有特殊要求时，由产品专用技术条件规定。

7.5 保证期

电动机的保证期应符合 GB/T 7345—2008 中 7.5 的规定。

8 用户服务

制造商应对交付后的技术服务作出规定，当用户有需求时应及时提供技术服务。

附录 A

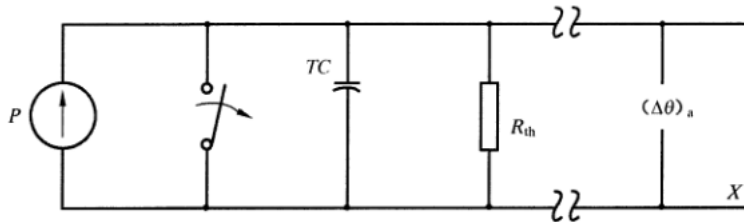
(规范性)

试验方法

A.1 热阻和热时间常数

A.1.1 概述

电动机的热模型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,见图 A.1。



标引符号说明:

- P —— 功耗,单位为瓦特(W);
- TC —— 热容,单位为焦耳每开尔文(J/K);
- R_{th} —— 热阻,单位为开尔文每瓦特(K/W);
- $(\Delta\theta)_a$ —— 在环境温度下的温升,单位为开尔文(K);
- X —— 环境温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$)。

图 A.1 确定热阻和热时间常数的试验电路图

A.1.2 试验条件

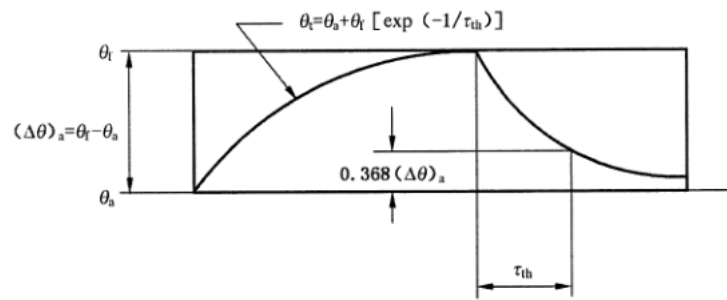
为方便电动机自身均匀散热,应允许在低速(低于 5 转/min)下运行,散热板与其他接触部分应做隔热处理。

试验应在恒温条件下进行。若是风冷电动机,应在规定的冷却条件下进行。

A.1.3 试验程序

试验按以下程序进行。

- a) 用小于或等于额定值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 $(\Delta\theta)_a$,方法按照 GB/T 755 的规定。
- c) 用 $(\Delta\theta)_a$ 乘以 0.368,结果加上环境温度 (θ_a) 。
- d) 将电动机与电源断开,记录温度下降到按 c)步骤计算的温度值所需时间 t 。这期间鼓风机应保持运行。
- e) 用 $P = I^2 R$ 计算功耗,式中 I 为电流值, R 为温度在 θ_t 时的绕组电阻(多数电动机适用)。 τ_{th} 是时间,在 d)步骤中记录 t 值,且 $R_{th} = (\Delta\theta)_a / P$,试验过程中相关参数的确定见图 A.2。



标引符号说明：

τ_{th} ——热时间常数,单位为分钟 $[(TC) \times (R_{th})]$;

θ_t ——热稳定时的温度,单位为摄氏度($^{\circ}C$);

θ_a ——环境温度,单位为摄氏度($^{\circ}C$);

θ_t ——在 t 时刻的温度,单位为摄氏度($^{\circ}C$)。

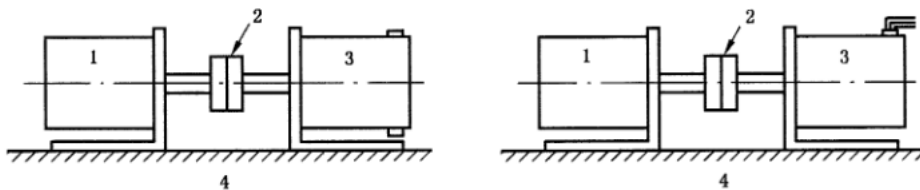
图 A.2 测量过程参数说明

A.2 反电动势常数

用水平安装方式安装电动机,如图 A.3 所示。

将电动机驱动至所需转速。测量该电动机的感应电压,按照公式(A.1)计算反电动势常数。

$$k_E = \frac{\text{被测电压} \times 9.55}{\text{转速}} \dots\dots\dots (A.1)$$



标引序号说明：

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.3 确定反电势常数的试验装置

A.3 电感

A.3.1 通则

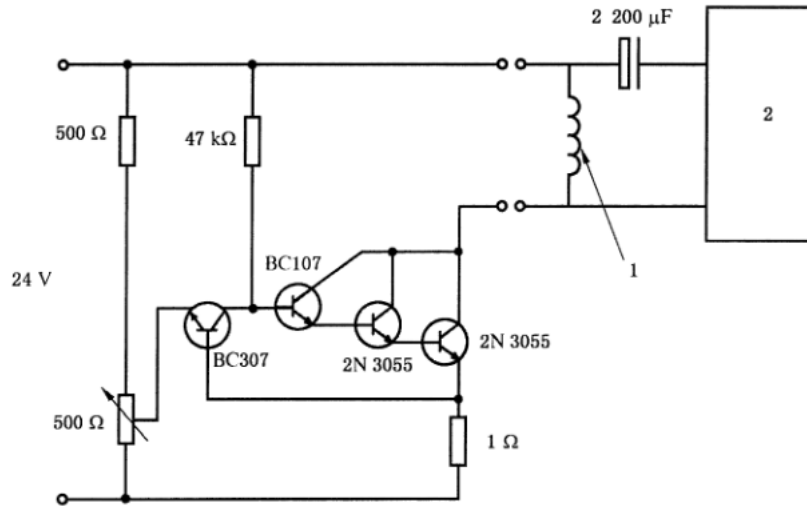
如果电动机包含永磁体材料,性能试验进行前应做稳磁处理。

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.3.2 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 1 V(r.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。

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。使用三挡偏置电流,即电动机额定电流值的0%,50%和100%。此时需要六次测量,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,电感测量装置将受偏移电源的内阻抗的影响,因此需要高阻抗源。典型电路如图 A.4 所示。

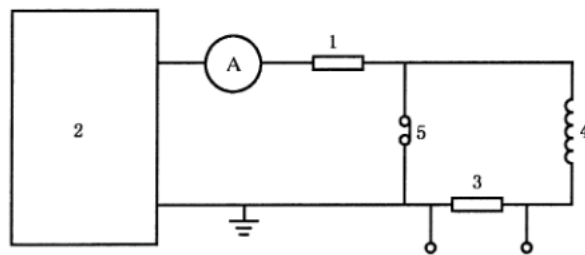


标引序号说明:
1——电动机绕组;
2——电感电桥。

图 A.4 由电感电桥测量电感的典型电路图

A.3.3 电流放电法

如 A.3.2 所述校正电动机定转子齿至对齐位置,同时将转子固定。电流调至大于电动机额定值的10%以上并给绕组励磁足够的时间。关闭并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,见图 A.5。



标引序号说明:
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.5 电流放电法测量电感的电路图

记录波形。当转子不在对齐位置时重复这一过程。按照公式(A.2)计算绕组在曲线上任何部分的电感(即任何电流区域):

$$L = \frac{R \times t}{\ln\left(\frac{I}{i}\right)} \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

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。