ICS 21.010
J 09

中华人民共和国国家标准

GB/T 37414.3—2020

工业机器人电气设备及系统 第3部分：交流伺服电动机技术条件

Electrical equipment and system of industrial robot—Part 3：Requirements for AC servo motor

2020-04-28 发布　　2020-11-01 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 …… Ⅲ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 2
4　基本要求 …… 4
4.1　一般要求 …… 4
4.2　检验 …… 4
5　制造质量 …… 5
5.1　外观 …… 5
5.2　基本外形及安装尺寸 …… 5
5.3　轴向间隙 …… 7
5.4　轴伸径向圆跳动 …… 7
5.5　安装配合面(凸缘止口)对电动机轴线的径向圆跳动 …… 7
5.6　安装配合端面对电机轴线的端面全跳动 …… 8
5.7　出线方式、引出线颜色及标识 …… 8
5.8　引出线强度 …… 9
6　电动机性能及安全 …… 9
6.1　绝缘电阻 …… 9
6.2　耐电压(绝缘介电强度) …… 10
6.3　保护联结(保护接地) …… 11
6.4　定子绕组电阻 …… 11
6.5　外壳防护 …… 11
6.6　噪声 …… 11
6.7　旋转方向 …… 12
6.8　空载电流 …… 12
6.9　温升 …… 12
6.10　转子转动惯量 …… 13
6.11　反电动势常数 …… 13
6.12　定子电感 …… 13
6.13　定位转矩 …… 14
6.14　额定转矩 …… 14
6.15　额定功率 …… 14
6.16　额定电压 …… 15
6.17　额定转速 …… 15
6.18　最高允许转速 …… 15
6.19　最大堵转转矩 …… 16
6.20　连续堵转转矩(零速转矩) …… 16

6.21 连续堵转电流 …… 16
6.22 工作区 …… 16
6.23 转矩波动率 …… 17
6.24 超速运行 …… 17
6.25 高温及低温运行 …… 17
6.26 贮存和运输的耐干热与耐干冷 …… 18
6.27 耐交变湿热 …… 19
6.28 电动机的机械自振动 …… 21
6.29 振动 …… 21
6.30 冲击 …… 22
6.31 盐雾 …… 23
6.32 长霉 …… 23
6.33 电磁发射干扰 …… 23
6.34 寿命 …… 24
6.35 质量(重量) …… 24
7 随行文件 …… 24
7.1 要求 …… 24
7.2 检验 …… 25
8 包装、运输与贮存 …… 25
8.1 包装 …… 25
8.2 运输与贮存 …… 26
9 试验条件与检验规则 …… 26
9.1 试验条件 …… 26
9.2 检验分类 …… 28
9.3 检验顺序 …… 28
10 质量保证期与用户服务 …… 30
参考文献 …… 31

前　言

GB/T 37414《工业机器人电气设备及系统》分为以下几个部分：

——第1部分：控制装置技术条件；

——第2部分：交流伺服驱动装置技术条件；

——第3部分：交流伺服电动机技术条件。

……

本部分为GB/T 37414的第3部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国工业机械电气系统标准化技术委员会(SAC/TC 231)归口。

本部分起草单位：国家机床质量监督检验中心、重庆大学、西安微电机研究所、广州数控设备有限公司、琦星智能科技股份有限公司、固高科技(深圳)有限公司、成都卡诺普自动化控制技术有限公司、北京大豪科技股份有限公司、山东建筑大学、浙江明泉工业装备科技有限公司、广东南方职业学院。

本部分主要起草人：蒋峥、黄祖广、王光建、薛瑞娟、姬帅、张玉洁、张亮、王霖、吴文俊、戴丹、李良军、茹水强、黄立明、龚自康。

工业机器人电气设备及系统
第3部分：交流伺服电动机技术条件

1 范围

GB/T 37414的本部分规定了工业机器人电气设备及系统中交流伺服电动机制造的技术要求以及检验(试验)方法，包括制造质量、电动机性能及安全、随行文件、包装和运输与贮存、试验条件与检验规则、质量保证期与用户服务。

本部分适用于工业机器人用交流伺服电动机(简称电动机)。其他类似用途的交流伺服电动机可参照本部分。

注：本部分所指的交流伺服电动机为交流同步伺服电动机，不涉及交流异步伺服电动机。交流异步伺服电动机的要求由专门技术标准规定。

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 191—2008 包装储运图示标志

GB/T 755—2008 旋转电机 定额和性能

GB/T 756 旋转电机 圆柱形轴伸

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 2423.4—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Db：交变湿热(12 h+12 h循环)

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 2423.16—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验J及导则：长霉

GB/T 2423.17—2008 电工电子产品环境试验 第2部分：试验方法 试验Ka：盐雾

GB/T 2900.26—2008 电工术语 控制电机

GB/T 4208—2017 外壳防护等级(IP代码)

GB 4824—2019 工业、科学和医疗设备 射频骚扰特性 限值和测量方法

GB/T 4942.1—2006 旋转电机整体结构的防护等级(IP代码) 分级

GB/T 5226.1—2019 机械电气安全 机械电气设备 第1部分：通用技术条件

GB/T 10068—2008 轴中心高为56 mm及以上电机的机械振动 振动的测量、评定及限值

GB/T 10069.1—2006 旋转电机噪声测定方法及限值 第1部分：旋转电机噪声测定方法

GB/T 10405 控制电机型号命名方法

GB/T 12643—2013 机器人与机器人装备 词汇

GB/T 19678.1—2018 使用说明的编制 构成、内容和表示方法 第1部分：通则和详细要求

GB/T 25636—2010 机床数控系统 用户服务指南

JB/T 8162 控制电机包装 技术条件

JB/T 10490—2016 小功率电动机机械振动 振动测量方法、评定和限值

3 术语和定义

GB/T 2900.26—2008 和 GB/T 12643—2013 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用，以下重复列出了 GB/T 2900.26—2008 和 GB/T 12643—2013 中的某些术语和定义。

3.1

工业机器人 industrial robot

自动控制的、可重复编程、多用途的操作机(固定式或移动式)，可对三个或三个以上轴进行编程。

注 1：工业机器人包括：

——操作机，含致动器；

——控制器，含示教盒和某些通信接口(硬件和软件)。

注 2：包括某些集成的附加轴。

注 3：某些特定工业机器人的控制轴数为二轴。

注 4：改写 GB/T 12643—2013，定义 2.9。

3.2

交流伺服电动机 AC servo motor

应用于运动控制系统中采用交流电动机结构，能控制位置、速度、加速度或转矩(力矩)的电动机。

注：改写 GB/T 2900.26—2008，定义 3.2.76。

3.3

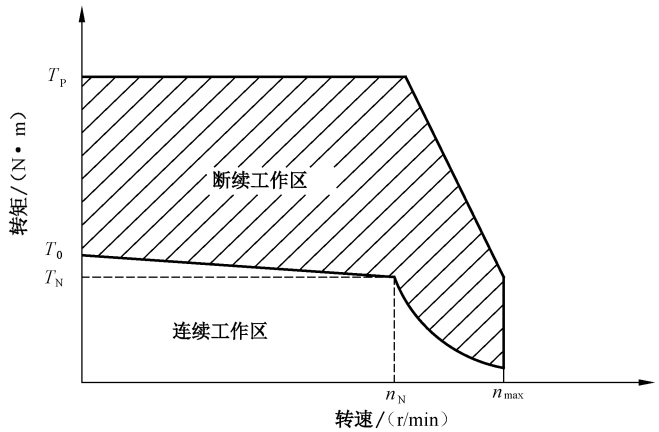
工作区 operating area

电动机的工作区域。

注：工作区包括连续工作区和断续工作区。在电动机不超过规定值即允许温升的条件下，电动机能长期工作的区域称为连续工作区(见图 1)。连续工作区域指由电动机的发热、受离心力影响的机械强度、换向及电动机电气极限工作条件限制的范围。超过连续工作区即在连续工作区之外，允许电动机短期运行(如短时过载运行)的区域称为断续工作区(图 1 中阴影部分)。

工作区用转矩和转速组成的二维平面坐标表示。

额定功率 P_N、额定转速 n_N 与额定转矩 T_N 的关系为：$P_N=\frac{T_N\times n_N}{60/2\pi}$。



说明：

T_P ——最大堵转转矩；

n_{max} ——最高允许转速；

n_N ——额定转速；

T_0 ——连续堵转转矩；

T_N ——额定转矩。

图 1 工作区

3.4

额定功率　rated power

在连续工作区内，电动机连续输出的最大功率。

3.5

额定转速　rated speed

在连续工作区内，电动机在额定转矩下运行时的允许的最高转速。

3.6

额定转矩　rated torque

在连续工作区内，电动机输出额定功率时对应于额定转速下的转矩。

3.7

最大堵转转矩　maximum stall torque

电动机超出连续工作区，允许短时输出的最大转矩。

3.8

最高允许转速　maximum permission speed

在断续工作区内，在保证电气耐电压强度和机械强度条件下，电动机允许的最大设计转速。

3.9

连续堵转转矩　continuous stall torque

零速转矩

在连续工作区内，电动机堵转时即电动机为零速时所能输出的最大连续转矩。

3.10

连续堵转电流　continuous stall current

在连续工作区内，电动机对应连续堵转转矩时的电流。

注：对于方波驱动电动机电流为峰值，对于正弦波驱动电动机电流为有效值。

[GB/T 30549—2014，定义 3.7]

3.11

转子转动惯量　rotor inertia

相对于转轴旋转中心的转子惯性矩。

[GB/T 2900.26—2008，定义 5.1.19]

3.12

反电动势常数　back EMF constant

在规定条件下，电动机绕组开路时，单位转速在电枢绕组中所产生的线感应电动势值。

注：对于方波驱动电动机电压为峰值，对于正弦波驱动电动机电压为有效值。

[GB/T 30549—2014，定义 3.10]

3.13

定子电感　stator inductance

电动机静止时的定子绕组两端的电感。

3.14

转矩波动率　torque ripple coefficient

在规定的条件下，电动机一转内输出转矩的变化。通常表示为转矩变化的峰-峰值的 1/2 与平均转矩之比。

见公式(1)。

$$K_{Tb}=\frac{T_{max}-T_{min}}{T_{max}+T_{min}}\times 100\% \qquad \cdots\cdots(1)$$

式中：

K_{Tb} ——转矩波动率；

T_{max} ——瞬态转矩的最大值，单位为牛米（N·m）；

T_{min} ——瞬态转矩的最小值，单位为牛米（N·m）。

注：改写 GB/T 2900.26—2008，定义 5.1.15。

3.15

定位转矩　cogging torque

静摩擦转矩

电动机在不通电时，在转轴上施加转矩而又不会引起转动的最大转矩值。

4　基本要求

4.1　一般要求

4.1.1　分类

电动机按其驱动方式基本分为正弦波驱动交流同步伺服电动机和方波驱动交流同步伺服电动机。

4.1.2　型号

电动机型号宜按 GB/T 10405 及有关规定进行命名，一般由机座号、电动机名称代号等组成，电动机的型号名称由具体规格电动机专用技术标准规定。

4.1.3　基本外形结构

电动机外形的基本安装型式为端面止口带凸缘型式。

电动机的基本轴伸型式为带键槽的圆柱形轴伸，电动机的轴伸直径及键槽等应符合 GB/T 756 的有关规定。

4.1.4　冷却方式

电动机冷却方式为封闭自冷或封闭强冷方式。

4.1.5　工作制

电动机的工作制一般应符合 GB/T 755—2008 的规定，非连续工作的电动机制造厂商应对此作出明确规定并进行标识。同时，电动机制造厂商也应对电动机工作条件和使用环境温度作出规定。

4.1.6　铭牌及标志

在电动机明显部位应具有耐久和内容清晰的铭牌，铭牌内容包括（但不限于）：制造厂商名称及注册商标，电动机型号及名称，电动机编号，制造日期，额定电压，额定转速，额定转矩（额定功率），绝缘等级，IP 防护等级，质量（即重量）等。

同时，每台电动机均应有防触电、防高温以及需要的安全警示标志。

电动机铭牌及标志上的字迹应清晰耐久、内容无误、颜色正确。电动机铭牌及标志的安装（或粘贴）应牢固耐久，不准许歪斜。

4.2　检验

对电动机的型号、外形结构、额定电压（或直流母线电压）、冷却方式、工作制及电动机铭牌标志进行视检（或测试），应分别符合 4.1.2～4.1.6 的规定。

对非粘贴的电动机铭牌和标志进行试验，用浸有水的湿棉布擦抹铭牌及标志 15 s，再用浸有汽油的棉布擦抹 15 s，每秒来回擦一次，经过试验后铭牌及标志应符合 4.1.6 的规定。

注：直流母线电压为交流驱动单元(驱动器)逆变器输入端的直流电压。

5 制造质量

5.1 外观

5.1.1 要求

电动机表面不应锈蚀、碰伤、划痕、涂覆层脱落等，紧固件连接应牢固耐久，接线装置的线缆连接应牢固可靠，接线装置上的字迹应清晰耐久。

5.1.2 检验(试验)

对电动机外观进行视检，应符合 5.1.1 的规定。

5.2 基本外形及安装尺寸

5.2.1 要求

电动机制造厂商应对电动机基本外形及安装尺寸进行规定，外形及安装尺寸分别见图 2 及表 1、表 2。

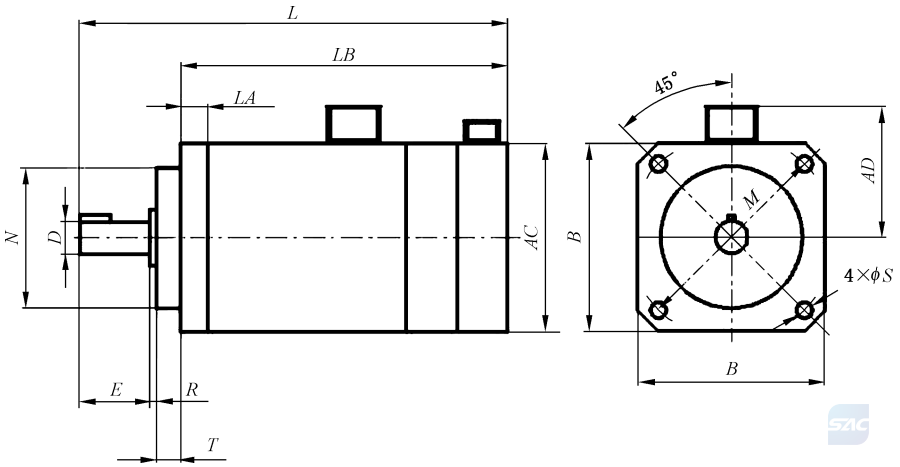


图 2 电动机基本外形及安装尺寸符号例图

表 1 电动机安装尺寸符号及意义

尺寸符号	意义
D	轴伸直径
N	凸缘止口直径
LB	凸缘安装面至电动机端面的距离
L	电动机总长
AC	电动机直径或两侧面间最大距离
AD	电动机中心线至出线盒边缘的最大距离
B	法兰盘边长

表 1（续）

尺寸符号	意义
E	从轴肩起的轴伸长度
LA	前端盖宽(厚)度
M	凸缘安装孔中心基圆直径
R	凸缘安装面至轴伸肩的距离
S	凸缘螺栓通孔直径
T	凸缘止口高(长)度

表 2　电动机的基本尺寸公差要求

单位为毫米

机座号	*B*（法兰盘边长）	*N*			孔数	*S*		T_{max}
		基本尺寸	公差带	极限偏差		基本尺寸	极限偏差 H14	
40	40	30	J6	$^{+0.011}_{-0.005}$	4	4.5	$^{+0.30}_{0}$	2.5
55	55	40		$^{+0.011}_{-0.005}$	4	4.5	$^{+0.30}_{0}$	2.5
60	60	50		$^{+0.011}_{-0.005}$	4	5.5	$^{+0.30}_{0}$	2.5
80	80	70		$^{+0.012}_{-0.007}$	4	7	$^{+0.36}_{0}$	3.0
90	90	80		$^{+0.012}_{-0.007}$	4	7	$^{+0.36}_{0}$	3.0
100	100	90		$^{+0.012}_{-0.007}$	4	9	$^{+0.36}_{0}$	3.0
110	110	95		$^{+0.013}_{-0.009}$	4	9	$^{+0.36}_{0}$	3.5
130	130	110		$^{+0.013}_{-0.009}$	4	9	$^{+0.36}_{0}$	3.5
150	150	115		$^{+0.014}_{-0.011}$	4	11	$^{+0.43}_{0}$	3.5
175	175	180		$^{+0.014}_{-0.011}$	4	13.5	$^{+0.43}_{0}$	3.5
220	220	200		$^{+0.016}_{-0.013}$	4	15	$^{+0.43}_{0}$	4.0
265	265	250		$^{+0.016}_{-0.013}$	4	18	$^{+0.52}_{0}$	4.0
320	320	270		$^{+0.016}_{-0.013}$	4	18	$^{+0.52}_{0}$	5.0

5.2.2 检验(试验)

将电动机置放于常温条件下,使电动机达到稳定非工作温度后,用精度适当的检具(量具)检验电动机的基本外形及安装尺寸,应符合 5.2.1 的规定。

注:在不影响所测精度条件下,允许在常温(一般为 20 ℃～25 ℃)下测量。

5.3 轴向间隙

5.3.1 要求

电动机的轴向间隙要求见表 3。

表 3 电动机的轴向间隙

单位为毫米

机座号	40≤B≤80	80<B≤175	175<B≤265	B>265
轴向间隙	≤0.20	≤0.30	≤0.40	≤0.50
注:B 为机座号(法兰盘边长)。				

5.3.2 检验(试验)

在常温条件下,将电动机轴向水平牢固地安装,用精度适当的百分表,测头置于轴伸顶端的中心孔(孔上置一钢球)上,并尽可能靠近轴承位置,按设计规定的轴向力沿水平方向施加在轴上。首先向一个方向,然后向相反方向,百分表两次读数之差为轴向间隙误差,误差值应满足 5.3.1 的要求。

允许用其他等效方法测量。

注:轴向力由具体规格电动机专用技术标准规定。

5.4 轴伸径向圆跳动

5.4.1 要求

电动机轴伸径向圆跳动要求见表 4。

表 4 轴伸径向圆跳动

单位为毫米

机座号	40≤B≤80	80<B≤175	175<B≤265	B>265
轴伸径向圆跳动	≤0.020	≤0.025	≤0.030	≤0.040

5.4.2 检验(试验)

在常温条件下,将电动机轴向水平固定,将千分表固定在测试台或电动机本体上,千分表的测头置于轴伸外圆表面上,低速转动电动机转子进行测量,千分表的最大读数与最小读数之差为径向圆跳动误差,其值应满足 5.4.1 的要求。

可采用类似测量方法和仪器进行测量。

5.5 安装配合面(凸缘止口)对电动机轴线的径向圆跳动

5.5.1 要求

电动机安装配合面(凸缘止口)对电动机轴线的径向圆跳动要求见表 5。

表 5　安装配合面(凸缘止口)对电动机轴线的径向圆跳动　　单位为毫米

机座号	40≤B≤80	80<B≤150	150<B≤175	175<B≤220	220<B≤320
安装配合面(凸缘止口)对电动机轴线的径向圆跳动	≤0.03	≤0.04	≤0.06	≤0.08	≤0.10

5.5.2　检验(试验)

在常温条件下,将电动机转子轴向水平固定,将百分表固定在测试台上,百分表的测头置于安装配合面(凸缘止口)上,低速转动电动机定子进行测量,百分表的最大读数与最小读数之差为径向圆跳动误差,其值应满足 5.5.1 的要求。

注:上述检验方法是对规格较小电动机测量而言的。对于规格较大的电动机,在常温条件下,将电动机定子固定,百分表与其合装一体的百分表座套筒固定在轴伸上,百分表的测头置于安装配合面(凸缘止口)上,低速转动转子测量。

可采用类似测量方法和测量装置进行测量。

5.6　安装配合端面对电机轴线的端面全跳动

5.6.1　要求

电动机安装配合端面对电动机轴线的端面全跳动要求见表 6。

表 6　电动机安装配合端面对电机轴线的端面全跳动　　单位为毫米

机座号	40≤B≤80	80<B≤150	150<B≤175	175<B≤220
安装配合端面对电动机轴线的端面全跳动	≤0.04	≤0.06	≤0.08	≤0.10

5.6.2　检验(试验)

在常温条件下将电动机轴向水平固定,百分表固定及百分表测头置于安装配合端面上,转动定子,测量整个安装配合端面的全跳动,其端面全跳动的最大读数即为端面全跳动误差,其值应满足 5.6.1 的要求。

注:上述检验方法是对规格较小电动机测量而言的。对于规格较大的电动机,在常温条件下,将电动机定子固定,百分表与其合装一体的百分表座套筒固定在轴伸上,百分表的测头置于安装配合端面上,低速转动转子测量。

可采用类似测量方法和测试装置进行测量。

5.7　出线方式、引出线颜色及标识

5.7.1　要求

电动机的三相电源线通过插头座(或接线端子盒)引出,传感反馈元件的出线方式通过插头座引出,在插头座(或接线端子盒)上所有引出线应具有明显、耐久的标识,引出线颜色标识和插头座(或接线端子盒)上的标识要求如下:

a)　三相电源 U、V、W 端子和保护联结(保护接地)端子的标识为:用 U、V、W 及“⏚”或“PE”标注;

b)　U、V、W 及保护联结引出线颜色宜分别对应为“棕色、红色、蓝色及黄绿双色”;

c) 传感反馈元件的出线插头座应具有符合各相应接口定义的标识；
d) 传感反馈元件的各引出线颜色采用颜色代码标识，如红、黑、蓝、蓝/黑、绿、绿/黑、黄、黄/黑、棕、棕/黑、灰、灰/黑、白、白/黑颜色代码，也可采用橙、浅蓝、紫、粉红、青绿等颜色代码。

5.7.2 检验(试验)

对电动机的出线方式、引出线颜色标识及插头座标识进行视检，应符合 5.7.1 的规定。

5.8 引出线强度

5.8.1 要求

电动机每根引出线的长度由设计确定。每根引出线强度应能承受≥9 N 的拉力，试验后引出线不得断开，绝缘层和芯线不得损坏。

5.8.2 检验(试验)

电动机引出线的引出端朝下，垂直向下施加 9 N 的力于其外端头，加力时应使导线芯和绝缘层均匀受力。

对于端部出线的电动机，试验时，在常温条件下，先轴伸向上垂直，然后电动机转过 90°，使轴成水平位置，再将机壳绕轴线顺时针和逆时针各转 360°，试验应满足 5.8.1 的规定。

对于径向出线的电动机，试验时，在常温条件下，先水平放置，引线向下，然后电动机转过 90°轴伸垂直向上，再将机壳绕出线孔的轴线顺时针和逆时针各转 360°，试验应满足 5.8.1 的规定。

6 电动机性能及安全

6.1 绝缘电阻

6.1.1 要求

电动机在正常试验、高温试验、极限低温试验及交变湿热试验后都应具有足够的绝缘电阻值，其绝缘电阻值要求如下：

a) 电动机在正常试验条件及极限低温试验条件下，各绕组对机壳及各绕组之间的绝缘电阻值不应小于 50 MΩ；
b) 电动机在相应的高温条件下，绝缘电阻值不应小于 10 MΩ；
c) 电动机在交变湿热试验后(试验结束放置 2 h 后)，其绝缘电阻值不应小于 1 MΩ；
d) 绝缘电阻检验用测试仪器的电压要求见表 7。

表 7 绝缘电阻检验用测试仪器的电压

单位为伏

直流母线电压	绝缘电阻测试仪的电压
≤24	250
>24～36	500
>36～115	750
>115～250	1 000
>250～500	1 500
>500	2 500

6.1.2 检验(试验)

按 6.1.1 的要求选择绝缘电阻测试仪,测量电动机各绕组对机壳、电动机各绕组间、传感器对电动机绕组及制动器对电动机绕组的绝缘电阻值,应符合 6.1.1 的规定。

6.2 耐电压(绝缘介电强度)

6.2.1 要求

电动机各绕组对机壳之间、制动器对机壳及传感器电源线对机壳应能承受表 8 规定的耐电压(绝缘介电强度)试验,试验时应无绝缘击穿、飞弧、闪络现象产生,耐电压试验时间为 1 min,且绕组漏电流有效值应符合表 9 的要求。

表 8 耐电压的试验电压

单位为伏

直流母线电压	试验电压(有效值)
≤24	300
>24～36	500
>36～115	1 000
>115～250	1 500
>250	$1\,500+2U_n$[a]
[a] U_n——电动机的额定电压。	

表 9 耐电压试验时的漏电流

额定功率/kW	漏电流(有效值)/mA
≤5	≤5
>5～10	≤10
>10	≤15

试验后立即测量绝缘电阻并应符合 6.1.1 的规定。

出厂检验时,试验时间为 1 min 的耐电压试验可采用 5 s 试验时间,试验电压不变。

重复进行耐电压试验时,试验电压为规定值的 80%。

也可用试验时间 1 s 进行试验,试验电压值应为表 8 规定值的 120%。

6.2.2 检验(试验)

试验用高压电源,其频率为 50 Hz,电源波形近似于正弦波。电源功率和输出阻抗应能保证在各种负载下,均无明显的波形失真和显著的电压变化,试验设备应能区别绕组漏电流和浪涌电流。

电动机按 6.2.1 的规定施加试验电压,电压值应从不超过试验全电压值的一半开始,然后均匀地或以每步不超过全电压值的 5%逐步增至全值,电压从半值增至全值的时间不应少于 10 s,并在全值上维持 1 min。整个试验过程中电压峰值不应超过规定有效值的 1.5 倍,监视故障指示器,以判定电动机有无击穿放电,并监视漏电流值(必要时,记录漏电流值)。

在试验结束时,应逐渐降低试验电压至零,以免出现浪涌。试验结束后,按 6.1.2 测量绝缘电阻,其值应符合 6.1.1 的规定。

6.3 保护联结(保护接地)

6.3.1 要求

按 GB/T 5226.1—2019 中 8.2 的规定,电动机机壳及所有可导电部分与保护联结装置之间应具有牢固、可靠及良好的电气连接,同时满足要求如下:

a) 接插件的金属壳应连接到保护联结装置上;
b) 保护联结电路只有在通电导线全部断开之后再断开;
c) 保护联结电路连续性的重新建立应在所有通电导线重新接通之前;
d) 保护联结线截面积 $S_{保护}$ 应至少具有与同规格电动机相线的截面积 $S_{相线}$;
e) 保护联结电路的连续性即保护接地电阻≤0.1 Ω。

6.3.2 检验(试验)

对电动机保护联结及其装置进行视检,并使用保护联结连续性测试仪进行测量,应符合 6.3.1 的规定。

6.4 定子绕组电阻

6.4.1 要求

电动机定子绕组的直流线电阻应符合具体规格电动机的专用技术标准或设计要求。

6.4.2 检验(试验)

电动机在常温条件下保持 3 h 以上,用直流电桥或能保证测量精度的测试仪器测量,折算到 20 ℃的定子绕组电阻应符合 6.4.1 的规定。

6.5 外壳防护

6.5.1 要求

电动机应具有良好的外壳防护并不低于 GB/T 4208—2017 及 GB/T 4942.1—2006 规定的 IP65 防护等级,即 IP 的第一位特征数字 6——尘密电动机,能防止触及或接近壳内带电或转动部件,电动机外壳能完全防止灰尘。IP 的第二位特征数字 5——防喷水电动机,承受任何方向的喷水而无有害影响。

6.5.2 检验(试验)

对电动机外壳防护按 GB/T 4942.1—2006 的第 8 章～第 10 章规定的方法进行试验,应符合 6.5.1 的规定。

6.6 噪声

6.6.1 要求

电动机的空载噪声按 GB/T 10069.1—2006 中第 5 章的规定进行测定,其 A 计权声功率级噪声均应≤70 dB(A)。

6.6.2 检验(试验)

电动机在额定转速下空载运行,按 GB/T 10069.1—2006 中第 5 章和有关规定的方法进行噪声测量,应符合 6.6.1 的要求。

6.7 旋转方向

6.7.1 要求

电动机的旋转方向应为双向可逆旋转，按设计规定的接线标识：即 U 相(棕色)、V 相(红色)、W 相(蓝色)接线，从安装配合面的电动机传动轴轴伸端面视之，电动机传动轴的逆时针旋转方向规定为电动机旋转的正方向。

6.7.2 检验(试验)

按 6.7.1 的要求接线并通电，伺服驱动单元给定指令为正时，从安装配合面的电动机传动轴轴伸端面视之电动机的旋转方向应符合 6.7.1 的规定，即为逆时针旋转。

6.8 空载电流

6.8.1 要求

电动机在额定转速下空载运行，其空载电流应符合具体规格电动机专用技术标准(或设计)要求。

6.8.2 检验(试验)

将电动机安装在测试台上，在额定转速下空载运行，用电流测试装置测量电动机定子绕组上的空载电流，其最大值应符合 6.8.1 的规定。

6.9 温升

6.9.1 要求

电动机温升一般是通过绕组电阻的变化进行测量的。

在连续工作区连续工作时，电动机定子绕组的温升不应超过 105 K(热分级 F 级绝缘结构绕组)，热分级 A 级绝缘结构绕组不应超过 60 K，热分级 E 级绝缘结构绕组不应超过 75 K，热分级 B 级绝缘结构绕组不应超过 80 K，热分级 H 级绝缘结构绕组不应超过 125 K。电动机温升不应影响内部位置反馈元件正常工作。

6.9.2 检验(试验)

电动机的温升试验采用电阻法。

注 1：位置传感器、制动器的温升也可按此法测量。

将受试电动机固定在标准试验支架上并和驱动单元组成伺服装置，试验环境不受外界辐射和气流影响。电动机的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装置。

受试电动机在室温下放置并达到不通电时的稳定温度，测取冷态时定子绕组电阻 R_1，并记下此时的室温 t_1，然后在额定功率点运行至稳定工作温度，测取定子绕组电阻 R_2，并记下此时的室温 t_2。

温升按公式(2)计算，在额定功率点的最高温升值应符合 6.9.1 的规定。

$$\theta=\frac{R_2-R_1}{R_1}\times(235+t_1)+(t_1-t_2) \quad \cdots\cdots(2)$$

式中：

θ ——电动机的温升，单位为开(K)；

R_2——热试验结束温度为 t_2 时的定子绕组电阻，单位为欧(Ω)；

R_1——温度为 t_1(冷态)时的定子绕组电阻，单位为欧(Ω)；

t_1——测量绕组(冷态)初始电阻 R_1 时的温度(室温),单位为摄氏度(℃);

t_2 ——温升试验结束时的温度(室温),单位为摄氏度(℃)。

电动机停止运行后如不超过 30 s,测得绕组电阻读数直接作为温升计算值的数据。

注 2:对铜绕组,温度常数为 235;对铝绕组,由 225 替代。

6.10 转子转动惯量

6.10.1 要求

电动机转子转动惯量应符合具体规格电动机专用技术标准(或设计)要求。

6.10.2 检验(试验)

将电动机转子安装在一个惯量尽可能小的连接器上(其惯量可以测试或由计算给出)。连接器和转子应刚性地连接在一根长至少为 3 m 的钢丝上,并悬挂起来(适当选择钢丝直径,悬挂连接器和转子组件后,钢丝应拉直),使转子轴线与钢丝重合。

试验时应尽量避免气流和外来振动的影响,以防止摆动。然后扭转连接器和转子组件,使其绕轴线扭转,测定其振荡周期 T_a,用同样的方法和同一连接器测出已知其惯量的物体振荡周期 T_b,转子转动惯量由公式(3)求出。

$$J_a = [(J_b + J_{ad})(T_a/T_b)^2] - J_{ad} \quad \cdots\cdots(3)$$

式中:

J_a ——转子转动惯量,单位为千克二次方米(kg·m²);

J_b ——已知惯量物体惯量,单位为千克二次方米(kg·m²);

J_{ad} ——连接器的转动惯量,单位为千克二次方米(kg·m²);

T_a ——转子与连接器件的振荡周期,单位为秒(s);

T_b ——已知惯量物体与连接器组件的振荡周期,单位为秒(s)。

其结果应符合 6.10.1 的规定。

6.11 反电动势常数

6.11.1 要求

电动机的反电动势常数应符合具体规格电动机专用技术标准(或设计)要求,仅在型式检验进行。

6.11.2 检验(试验)

将受试电动机拖动至 1 000 r/min,测取电动机的空载转速时的线反电动势 E,则反电动势常数 k_e 用公式(4)计算,其计算结果应符合 6.11.1 的规定。

$$k_e = \frac{E}{1\,000} \quad \cdots\cdots(4)$$

式中:

k_e ——反电动势常数,单位为伏分每转[V/(r·min⁻¹)];

E ——电动机的线反电动势,单位为伏(V)。

6.12 定子电感

6.12.1 要求

电动机的定子绕组电感应符合具体规格电动机专用技术标准(或设计)要求。

6.12.2 检验(试验)

电动机定子绕组的电感随着转子的位置和磁路饱和程度的变化而变化,测量也受电流变化率的影响。因此,当确定给出一个电感指标时,应明确测量条件。

在电动机定子绕组两端加以400 Hz的正弦交流电源,调整电压,使电动机达到空载电流值,缓慢地转动转子,转子在均匀测量多个不同位置(>3个位置)时,用电感测试仪(或电感电桥)测量定子绕组的电感,取平均值,其结果应符合6.12.1的规定。

也可按公式(5)计算出每相线电感值。

$$L=\frac{U}{2\pi fI}\sin\phi\times10^{-3} \qquad \cdots\cdots(5)$$

$$\sin\phi=\sqrt{1-(P/UI)^2}$$

式中:

L ——两相绕组电感,单位为毫亨(mH);

U ——绕组两端施加的电压,单位为伏(V);

f ——频率,单位为赫兹(Hz);

I ——实测电流,单位为安(A);

P ——实测功率,单位为瓦(W)。

6.13 定位转矩

6.13.1 要求

电动机的定位转矩应符合具体规格电动机专用技术标准(或设计)要求,仅在型式检验进行。

6.13.2 检验(试验)

电动机不通电,采用滑轮砝码法或其他方法在电机转轴上施加转矩,在五个等分点上测量电机的正、反方向转轴即将转动而又不会连续转动时的转矩值(正、反方向各测取三次),其最大值应符合6.13.1的规定。

也可采用其他试验方法进行测试,如采用扭距扳手的方法等。

6.14 额定转矩

6.14.1 要求

电动机在连续工作区内,电动机输出额定功率时的额定转矩应符合专用技术标准(或设计)要求。电动机温升不应影响内部位置反馈元件正常工作。

6.14.2 检验(试验)

将电动机固定在标准支架上与驱动单元组成伺服装置,试验环境不应受外界辐射和气流影响。

在驱动单元输入额定转速指令,然后逐渐增加负载,在电动机热分级为F级绝缘结构绕组的温升(电阻法测定)不超过105 K(其他电动机热分级绝缘结构要求见6.9.1)的条件下,测量电动机在额定转速下的最大转矩,其值应符合6.14.1的规定。

6.15 额定功率

6.15.1 要求

电动机在连续工作区内,电动机的额定功率应符合具体规格电动机专用技术标准(或设计)要求。

电动机温升不应影响内部位置反馈元件正常工作。

6.15.2 检验(试验)

将电动机固定在标准支架上并和驱动单元组成伺服装置,试验环境应不受外界辐射和气流影响。

在电动机在额定转速加额定转矩下运行,在电动机热分级为F级绝缘结构绕组的温升(电阻法测定)不超过105 K(其他电动机热分级绝缘结构要求见6.9.1)的条件下,测量电动机的输出功率值即为额定功率,其值应符合6.15.1的规定。

6.16 额定电压

6.16.1 要求

电动机在连续工作区内,对应于额定功率时的额定电压(即电动机输入电压,也即是驱动单元的输出电压)应符合具体规格电动机专用技术标准(或设计)要求。

6.16.2 检验(试验)

将电动机固定在标准支架上并和驱动单元组成伺服装置,试验环境应不受外界辐射和气流影响。

在电动机在额定转速加额定转矩下运行,在电动机热分级为F级绝缘结构绕组的温升(电阻法测定)不超过105 K(其他电动机热分级绝缘结构要求见6.9.1)的条件下,测量电动机的输入电压值即为额定电压,其值应符合6.16.1的规定。

6.17 额定转速

6.17.1 要求

在额定转矩下电动机正向、反向旋转以额定功率运行的额定转速应符合具体规格电动机专用技术标准(或设计)要求。

6.17.2 检验(试验)

将电动机固定在标准支架上并和驱动单元组成伺服装置,试验环境应不受外界辐射和气流影响。

在驱动单元输入额定转速指令,然后逐渐增加负载到额定值,在电动机热分级为F级绝缘结构绕组的温升(电阻法测定)不超过105 K(其他电动机热分级绝缘结构要求见6.9.1)的条件下,此时测量电动机的转速值即为额定转速,其值应符合6.17.1的规定。

6.18 最高允许转速

6.18.1 要求

电动机在断续工作区的最高允许转速应符合具体规格电动机专用技术标准(或设计)要求。

注:具体规格电动机专用技术标准(或设计)规定中,要考虑与最高允许转速下电动机的机械强度及刚性相匹配,以及紧固连接件可靠等因素。

6.18.2 检验(试验)

将电动机固定在标准支架上并和驱动单元组成伺服装置。

在驱动单元输入最高转速指令,然后逐渐增加负载到最高转速下允许的最大转矩值,在电机热分级为F级绝缘结构绕组的温升(电阻法测定)不超过105 K(其他电动机热分级绝缘结构要求见6.9.1)的条件下,此时测量电动机的转速值即为最高转速,其值应符合6.18.1的规定。

6.19 最大堵转转矩

6.19.1 要求

电动机的最大堵转转矩应符合具体规格电动机专用技术标准(或设计)要求。

6.19.2 检验(试验)

将电动机固定在标准支架上和驱动单元组成伺服装置。

在断续工作区电机堵转状态下(或设定一具体低速)施加6.19.1规定的最大堵转转矩运行5 s,然后测量电动机的绝缘电阻和反电动势常数,其值应符合6.1.1和6.11.1的规定。

6.20 连续堵转转矩(零速转矩)

6.20.1 要求

电动机的零速转矩应符合具体规格电动机专用技术标准(或设计)要求。

注:电动机的连续堵转转矩也称之为零速转矩。

6.20.2 检验(试验)

将电动机固定在标准支架上与驱动单元组成伺服装置,试验环境应不受外界辐射和气流影响。

在电动机在堵转状态下施加6.20.1规定的连续堵转转矩运行,电动机热分级F级绝缘结构绕组的温升(电阻法测定)不准许超过105 K(其他电动机热分级绝缘结构要求见6.9.1)。

6.21 连续堵转电流

6.21.1 要求

电动机的连续堵转电流应符合具体规格电动机专用技术标准(或设计)要求。

6.21.2 检验(试验)

将电动机固定在标准支架上并和驱动单元组成伺服装置,试验环境应不受外界辐射和气流影响。

在电动机在连续堵转状态下施加6.20.1规定的零速转矩运行,电动机达到稳定温升后,测量电动机连续堵转的电流,其值应符合6.21.1的规定。

6.22 工作区

6.22.1 要求

电动机的工作区由连续工作区和断续工作区组成,具体规格电动机的工作区由其专用技术标准(或设计)要求。

6.22.2 检验(试验)

将受试电动机固定在标准试验支架上与驱动单元组成伺服装置,试验环境不受外界辐射和气流影响。

连续工作区试验:在n_0、n_N、n_{max}三点进行。其中n_0为零速,即电机堵转;n_N为恒转矩输出转速范围内的最高转速点(也可选$n_N=0.75n_{max}$),n_{max}为最高转速。在上述三点施加对应的最大负载转矩,电机热分级F级绝缘结构绕组的温升(电阻法测定)不应超过105 K(其他电动机热分级绝缘结构要求见6.9.1)。

断续工作区试验：按设计规定的短时工作时间和短时允许的过载倍数在转速 n_0 和 n_{max} 运行，电机的温升不应超过 105 K(其他电动机热分级绝缘结构要求见 6.9.1)。

6.23 转矩波动率

6.23.1 要求

电动机的转矩波动率一般为：K_{Tb}≤3%～7%。

6.23.2 检验(试验)

在稳定工作温度下，将受试电动机固定在标准试验支架上与驱动单元组成伺服装置，电动机开环运行，只保留驱动单元的电流环，电动机的电流等于二分之一连续堵转电流，并稳定运行在 10%最高允许转速值这一点，对电动机施加连续工作区中规定的该转速下允许的最大转矩，用转矩仪(或测功机)或类似测试设备连续测量并记录一转中电动机的输出转矩，找出最大转矩 T_{max} 和最小转矩 T_{min}(即瞬态值)。

按公式(1)计算转矩波动率，转矩波动率应符合 6.23.1 的规定。

6.24 超速运行

6.24.1 要求

电动机应承受为最高允许转速的 120%的空载超速运行，运行时间为 2 min。空载超速运行试验后，电动机转子不应发生影响性能的有害变形。

6.24.2 检验(试验)

将受试电动机空载运行，可用其他电机拖动受试电动机的方法，使受试电动机转速升至最高允许转速的 120%，运行时间不少于 2 min，其结果应符合 6.24.1 的规定。

6.25 高温及低温运行

6.25.1 要求

电动机应能在以下气候温度环境条件下正常运行：

a) 环境温度：－10 ℃～55 ℃；

b) 相对湿度：30%～95%，无凝露；

c) 大气压强：86 kPa～106 kPa；

d) 海拔高度：≤2 000 m。

注：当工作条件有特殊要求时，由制造厂与用户签订技术协议(合同)约定。

6.25.2 检验(试验)

分别按以下方法进行：

a) 高温运行试验：

1) 试验目的：确定电动机在高温运行条件下的适应性；

2) 试验方法：见 GB/T 2423.2—2008 的试验 Bd；

3) 试验条件与试验仪器：

——试验温度：55 ℃±2 ℃；

——试验空气湿度：绝对湿度不超过 20 g/m^3 水汽(相当于 35 ℃时 50%的相对湿度)；

——试验持续时间：48 h±1 h。从温度箱内温度达到稳定后对试品通电开始计算；

——试验用温度箱：对于有强迫空气循环的温度箱，循环风速度应尽可能低（尽可能不大于 0.5 m/s）；对于无强迫空气循环的温度箱，应符合 GB/T 2423.2—2008 的规定。容积与电动机体积比大于 3∶1。

4） 试验程序：

——将电动机在室温下放入同处于室温的温度箱内并处于准备通电状态；

——将温度箱温度逐步升至试验温度，注意箱内温度变化率不超过 1 ℃/min（不超过 5 min 时间的平均值）；

——当温度箱内温度达到稳定后（一般不少于 30 min），并保持箱内温度恒定，然后电机在额定转速下空载运行即连续 48 h±1 h 的通电运行，运行期间电动机应正常工作；

——试验期结束后，立即测量绝缘电阻，绝缘电阻应符合 6.1.1 的规定。

b） 低温运行试验：

1） 试验目的：确定电动机在低温运行条件下的适应性；

2） 试验方法：见 GB/T 2423.1—2008 的试验 Ad；

3） 试验条件与试验仪器：

——试验温度：－10 ℃±3 ℃；

——试验空气湿度：绝对湿度不超过 20 g/m^3 水汽（相当于 35 ℃时 50%的相对湿度）；

——试验持续时间：4 h±1 h，从温度箱内温度达到稳定后对试品通电开始计算；

——低温试验箱：对于有强迫空气循环的温度箱，循环风速度应尽可能低（尽可能不大于 0.5 m/s）；对于无强迫空气循环的温度箱，应符合 GB/T 2423.1—2008 的规定，容积与电动机体积比大于 3∶1。

4） 试验程序：

——将电动机在室温下放入同处于室温的温度箱内并处于准备通电状态；

——将温度箱温度逐步降至－10 ℃±3 ℃。注意箱内温度变化率不超过 1 ℃/min（不超过 5 min 时间的平均值）并没有凝露产生；

——当箱内温度达到稳定后（一般不少于 30 min），电动机在额定转速下空载运行，并保持箱内温度恒定，开始连续 4 h±0.5 h 的通电运行，运行期间电机应正常工作；

——试验期结束后，立即测量绝缘电阻，绝缘电阻应符合 6.1.1 的规定。

6.26 贮存和运输的耐干热与耐干冷

6.26.1 要求

电动机应能承受以下气候温度环境条件下的贮存试验：

a） 环境温度：－40 ℃～70 ℃；

b） 相对湿度：≤95%（40 ℃）；

c） 大气压强：86 kPa～106 kPa；

d） 海拔高度：≤2 000 m。

试验结束后，检测在极限高、低温条件下电动机的绝缘电阻，其值应符合 6.1.1 的要求，且电动机应能空载正常运行。

6.26.2 检验（试验）

分别按以下方法进行：

a） 耐干热试验：

1） 试验目的：确定电动机在干热条件下贮存与运输的适应性。

2） 试验方法：见 GB/T 2423.2—2008 的试验 Bb。

3） 试验条件与试验仪器：

——试验温度：70 ℃±2 ℃。

——试验持续时间：4 h±0.5 h。从试验样品的温度达到稳定后开始计算。

——试验时的湿度：绝对湿度不超过 20 g/m^3 水汽（相当于 35℃时 50％的相对湿度）。

——试验用高温箱：可以采用有强迫空气循环的温度箱以保持温度均匀，容积与电动机体积比大于 3∶1。

4） 试验程序：

——将试品在室温下放入同处于室温的温度箱内并处于不通电状态。

——将温度箱温度逐步升至试验的上限温度，注意箱内温度变化率不超过 1 ℃/min（不超过 5 min 时间的平均值）。

——当箱内温度达到稳定后（至少 30 min）开始计时，将系统存放 4 h±0.5 h。试验期结束后，立即测量绝缘电阻，绝缘电阻应符合 6.1.1 的规定。

——然后使箱内温度逐渐下降至室温，并在此条件下恢复至初始状态；箱内温度变化率不超过 1 ℃/min（不超过 5 min 时间的平均值）。当温度稳定后，如果有冷凝水应去除，在此条件下，放置 4 h（箱内降温时间不计入放置时间）。

——随后检查外观并通电，电动机应能正常工作。

b） 耐干冷试验：

1） 试验目的：确定电动机在贮存与运输在干冷条件下的适应性。

2） 试验方法：见 GB/T 2423.1—2008 的试验 Ab。

3） 试验条件与试验仪器：

——试验温度：－40 ℃±2 ℃。

——试验持续时间：4 h±0.5 h。从试验样品的温度达到稳定后开始计算。

——试验时的湿度：绝对湿度不超过 20 g/m^3 水汽（相当于 35 ℃时 50％的相对湿度）。

——试验用低温箱：可以采用有强迫空气循环的温度箱以保持温度均匀，容积与电动机体积比大于 3∶1。

4） 试验程序：

——将试品在室温下放入同处于室温的温度箱内并处于不通电状态，必要时可用聚苯乙烯薄膜给予密封。

——将温度箱温度逐步升降至试验的下限温度，注意箱内温度变化率不超过 1 ℃/min（不超过 5 min 时间的平均值）。

——当箱内温度达到稳定后（至少 30 min）开始计时，将系统存放 4 h±0.5 h。试验期结束后，立即测量绝缘电阻，绝缘电阻应符合 6.1.1 的规定。

——然后使箱内温度逐渐升至室温，并在此条件下恢复至初始状态；箱内温度变化率不超过 1 ℃/min（不超过 5 min 时间的平均值）。当温度稳定后，如果有冷凝水应去除，在此条件下，放置 4 h（箱内降温时间不计入放置时间）。

——随后检查外观并通电，电动机应能正常工作。

6.27 耐交变湿热

6.27.1 要求

电动机应能承受严酷等级为相对湿度为（93±3）％（当 55 ℃±2 ℃）和相对湿度＞95％（当 25 ℃±

3 ℃),时间为 12 h+12 h 的耐交变湿热试验(见表 10)。

表 10　耐交变湿热(12 h+12 h)试验

项目	内容
参照标准	GB/T 2423.4—2008 的试验 Db
检验	不连接电源
温度[a]	55 ℃±2 ℃, 25 ℃±3 ℃
试验持续时间	12 h±0.5 h, 12 h±0.5 h
循环次数	2 次
试验时的测量和/或加载	无
试验条件	试验前将电动机轴伸及安装配合面涂以防锈脂
恢复步骤	
气候条件	在 GB/T 2423.4—2008 中第 4 章所述的受控条件下[b]
最终测量	在箱内测绝缘电阻,其值应符合 6.1.1 的规定; 检查电动机外观,电动机外表应无明显质量变坏现象及影响正常工作的锈蚀现象;通电运行,电动机应正常工作

[a] 环境温度是在距离电动机的通风位置的气流进入点的平面不超过 50 mm 测得的温度。

[b] 通电运行之前,电动机应通风除去内外部凝露。

6.27.2　检验(试验)

按以下方法进行耐交变湿热试验:

a) 试验目的:确定电动机在交变湿热条件下的适应性。

b) 试验方法:见 GB/T 2423.4—2008 的试验 Db。

c) 试验温度与湿度:55 ℃±2 ℃,相对湿度 93%±3%;25 ℃±3 ℃,相对湿度>95%。

d) 试验持续时间:48h 不通电存放。从试品的温度、湿度达到稳定后开始计算。

e) 循环次数:2 次。

f) 试验用温热试验箱:试验箱内湿度用水的电阻率应保持不小于 500 Ω·m,排出的凝结水未纯化处理前不得再作未湿源水用(见 GB/T 2423.4—2008 中第 4 章的要求)。

g) 试验程序:

1) 将试品在室温下放入同处于室温的温度箱内并处于不通电状态。

2) 调节温度箱使其逐步达到规定的 25 ℃±3 ℃稳定为止,温度变化率不超过 1 ℃/min(不超过 5 min 时间的平均值)且不应产生凝露。

3) 这一过程中,先通过不提高箱内的绝对湿度来避免发生冷凝。再在 3 h±0.5 h 之内,调节箱内湿度达到规定的 55 ℃±2 ℃与相对湿度 93%±3%。

4) 当温度与湿度稳定后,开始计算时间(见 GB/T 2423.4—2008 中 7.3 的要求)。总共在温度箱内存放 48 h,两个循环。

5) 在 55℃±2℃与相对湿度 93%±3%条件下,直至从循环开始的 12 h±0.5 h 为止。

6) 在 3 h～6 h 内降到 25 ℃±3 ℃,同时相对湿度>95%条件下到 24 h 第 1 个循环结束(见 GB/T 2423.4—2008 的 7.3)。

7) 进行试验的第二个循环,即重复步骤 3)～步骤 5)。

8） 当第二循环即 48 h 结束后，将试品保持在正常大气条件下恢复，达到正常温度，即将试验箱内温度湿度逐步降至正常大气条件，在 1 h～2 h 内将相对湿度降至 25%～75%、温度降到试验室的温度。注意温度变化率不应超过 1 ℃/min 和不应产生凝露，如果有凝露应全部去除。

9） 试验后在箱内紧接做电动机的绝缘电阻试验，其值应符合 6.1.1 的规定。

10） 将电动机移出箱外，检查电机外观，电动机外表应无明显质量变坏现象及影响正常工作的锈蚀现象。

11） 最后对电动机通电空载运行，电动机应正常工作。

6.28 电动机的机械自振动

6.28.1 要求

对于机座号≥60 的电动机的机械自振动，应符合 GB/T 10068—2008 的振动等级“A”的有关要求，其测量参数限值要求为：位移≤21 μm，速度≤1.3 mm/s，加速度≤2.0 mm/s^2。

对于机座号＜60 的电动机的机械自振动，应符合 JB/T 10490—2016 的振动等级“A”的有关要求，其测量参数限值要求为：位移≤29 μm，速度≤1.8 mm/s，加速度≤2.8 mm/s^2。

6.28.2 检验（试验）

对于机座号≥60 的电动机的机械自振动，按 GB/T 10068—2008 中第 4 章～第 9 章有关试验方法的规定将受试电动机水平置于试验台上进行试验测量，电动机机械自振动的有关参数实测值应符合 6.28.1 的规定。

对于机座号＜60 的电动机的机械自振动，按 JB/T 10490—2016 有关试验方法的规定，将受试电动机水平置于试验台上进行试验测量，电动机机械自振动的有关参数实测值应符合 6.28.1 的规定。

注：振动测量量值是电动机轴承处的振动位移、速度和加速度以及电机轴承内部或附近的轴相对振动位移，除特殊说明外，一般是在电动机的额定转速及空载状态下进行测量。

6.29 振动

6.29.1 要求

电动机应能承受表 11 规定的定振幅振动试验，试验后进行外观检查，不准许有紧固件松动和零部件变形、损坏等现象。通电后电动机应能正常工作。

表 11 电动机的振动试验参数

机座号	振动频率/Hz	双振幅/mm	扫描次数	每一轴线方向振动及时间/h	总振动时间/h
≤130	10≤f≤55	1.5	10	轴伸的水平、向上、向下方向，各 2	6
＞130	2≤f≤10	1.5	10	轴伸的水平方向，2	2

6.29.2 检验（试验）

试验方法如下：

a） 试验目的：确定电动机在运行状态下对振动的适应性。

b） 试验方法：见 GB/T 2423.10—2019 的试验 Fc。

c） 试验仪器及参数：

振动试验台及夹具：

1） 基本运动：时间的正弦函数；
2） 运动轴向：见表 11。

d） 试验条件：
1） 频率范围：10 Hz≤f≤55 Hz 或 2 Hz≤f≤10 Hz；
2） 扫描速度：(1±10%)oct/min；
3） 振幅峰值：1.5 mm。

e） 试验顺序：
1） 将试品固定在试验台上，不通电状态下进行振动试验；
2） 对电动机按试验条件（见表 11）规定进行振动扫频耐久试验；
3） 试验后，检查电动机结构及外观，不应有紧固件松动和零部件变形、损坏等现象；
4） 最后对电动机通电空载运行，电动机应正常工作。

6.30 冲击

6.30.1 要求

电动机应能承受表 12 规定的冲击试验，试验后进行外观检查，不准许有紧固件松动和零部件变形、损坏等现象。通电后电动机应能正常工作。

表 12 电动机的冲击试验参数

机座号	加速度峰值/(m/s^2)	脉冲持续时间/ms	脉冲波形	每一轴线方向冲击次数	总冲击次数
≤130	300	18	半正弦	轴伸的水平、向上、向下的正、反方向，各 5 次	共 30 次
>130	300	18	半正弦	轴伸的水平的方向，左、右各 3 次	共 6 次

6.30.2 检验（试验）

试验方法如下：

a） 试验目的：确定电动机在使用和运输期间对非重复性冲击的适应性。

b） 试验方法：见 GB/T 2423.5—2019 的试验 Ea。

c） 试验仪器及参数：
——冲击试验台；
——冲击脉冲波形：半正弦脉冲。

d） 试验条件：
1） 冲击加速度：300×(1±10%)m/s^2；
2） 持续时间：11 ms±1 ms；
3） 方向：见表 12；
4） 冲击次数：见表 12。

e） 试验程序：
1） 将试品不通电固定在试验台上按双振幅规定进行冲击试验；
2） 试验后，检查电动机结构及外观，不应有紧固件松动和零部件变形、损坏等现象；
3） 最后对电动机通电空载运行，电动机应正常工作。

6.31 盐雾

6.31.1 要求

电动机应具有抗盐雾腐蚀能力并能承受 48 h 盐雾试验。试验后拆开电动机检查，电动机任何部位不应有影响正常工作的腐蚀迹象和破坏性变质。

6.31.2 检验(试验)

按 GB/T 2423.17—2008 中第 4 章～第 8 章的试验方法，将受试电动机水平置于试验箱内，试验时间为 48 h，试验后应符合 6.31.1 的规定。

注：盐雾试验样品可用电动机零部件替代，而所选零部件要反映电动机的抗盐雾腐蚀的能力。

6.32 长霉

6.32.1 要求

电动机应具有抗霉菌破坏影响能力并能承受 28 d 长霉试验。试验后拆开电动机检查，电动机任何部位不应有影响正常工作的腐蚀迹象和破坏性变质。

注：长霉试验样品可用电动机零部件替代，而所选零部件要反映电动机的抗霉菌破坏的能力。

6.32.2 检验(试验)

按 GB/T 2423.16—2008 中第 5 章的试验方法，将受试电动机置于试验箱内，试验时间为 28 d，试验后应符合 6.32.1 的规定。

6.33 电磁发射干扰

6.33.1 要求

当有要求时，电动机应满足电磁兼容规定的发射干扰限值要求。

电动机的电磁发射干扰包括传导干扰和辐射干扰，其干扰限值分别见表 13、表 14。

表 13 电动机传导干扰限值

端口	频率范围	严酷等级(标准) 在距离 10 m 处测得	严酷等级(可选) 在距离 30 m 处测得	依据标准
电动机电源端口 (传导干扰)	0.15 MHz～0.5 MHz	79 dB(μV/m)准峰值	—	GB 4824—2019
		66 dB(μV/m)平均值		
	0.5 MHz～30 MHz	73 dB(μV/m)准峰值	—	
		60 dB(μV/m)平均值		

表 14 电动机辐射干扰限值

端口	频率范围	严酷等级(标准) 在距离 10 m 处测得	严酷等级(可选) 在距离 30 m 处测得	依据标准
电动机外壳端口 (辐射干扰)	30 MHz～230 MHz	40 dB(μV/m)准峰值	30 dB(μV/m)准峰值	GB 4824—2019
	230 MHz～1 000 MHz	47 dB(μV/m)准峰值	37 dB(μV/m)准峰值	

6.33.2 检验(试验)

配置与受试电动机相匹配的专用驱动单元组成伺服装置,按 GB 4824—2019 的有关规定进行电动机的传导干扰试验,应符合 6.33.1 的规定。

配置与受试电动机相匹配的专用驱动单元组成伺服装置,按 GB 4824—2019 的有关规定进行电动机的辐射干扰试验,应符合 6.33.1 的规定。

6.34 寿命

6.34.1 要求

电动机应能承受 3 000 h 的寿命试验。试验后检测电动机的额定转速及额定转矩,其值应分别符合 6.17.1 和 6.14.1 的要求。

注:所指的"寿命"含义为"由制造厂保证电动机的最低限度无故障持续工作期限"。

6.34.2 检验(试验)

电动机安装在标准试验支架上,在二分之一额定转速和二分之一额定功率下按表 15 进行试验,在每一安装位置,电动机的正向、反向旋转时间各为二分之一,试验后应符合 6.34.1 的规定。

表 15 电动机寿命试验参数

机座号	安装位置	试验时间分配/h
≤130	向上、向下、水平	向上、向下、水平各 1 000
>130	水平	3 000

6.35 质量(重量)

6.35.1 要求

电动机质量应符合设计要求。

6.35.2 检验(试验)

用感量不低于 1%的衡器称取电动机的质量(重量),应符合 6.35.1 的规定。

7 随行文件

7.1 要求

7.1.1 使用文件

电动机使用文件应至少包括指导用户操作、调整、维护、安装和贮运等的电动机使用说明书。

使用说明书应按 GB/T 25636—2010 中第 6 章和 GB/T 19678.1—2018 的有关规定进行编制,一般要求如下:

a) 使用说明书内容的表述要科学、合理、符合操作程序,易于用户快速理解掌握。

b) 使用说明书应在首页给出安全警告,在其他部分涉及安全的内容也应详细表述。

c) 对于复杂的操作程序,使用说明书应多采用图示、图表和操作程序图进行说明,以帮助用户顺利掌握。

d) 具有几种不同和独立功能的产品使用说明书，应介绍产品的基本功能和通常的功能，然后再介绍其他方面的功能。

e) 使用说明书应尽可能设想用户可能遇到的问题。如产品在不同季节、地点、环境条件下可能遇到的问题，并提供预防和解决的办法。

f) 应使用简明的标题和标注，以帮助用户快速查到所需内容；计量单位应严格使用“中华人民共和国法定计量单位”。

g) 语句表述应只包含一个要求，或最多几个紧密相关的要求；最好使用主动语态，不用被动语态；最好使用行为动词，不用抽象名词。

7.1.2 保证文件

应向用户提供质量保证并证明检验合格的电动机合格证明书（合格证）以及保修单等文件，当用户需要时还应提供产品的质量检验报告。合格证中应注明产品所执行的产品标准编号和标准名称。

7.1.3 包装文件

应向用户提供电动机的装箱单，内容包括：箱数、产品型号、名称、数量；随行附件的名称、型号、数量；随行文件的名称、数量等。

7.2 检验

对随行文件的正确性、完整性及统一性进行视检，应符合 7.1.1、7.1.2、7.1.3 的规定。

8 包装、运输与贮存

8.1 包装

8.1.1 要求

电动机包装要求如下：

a) 包装箱

电动机包装的设计、工艺及包装箱质量应符合 JB/T 8162 的规定，包装箱及产品包装应牢固、安全及可靠，并应具有防潮、防振、防碰撞的措施。

b) 包装箱箱面标志

包装箱箱面标志应符合 GB/T 191—2008 中第 2 章～第 4 章的规定，一般应具有“小心轻放、向上、怕雨、堆码层数极限”等图形标志。

包装箱箱面应印制（或注明）“电动机型号、名称、出厂编号、数量、质量（重量）、包装箱外形尺寸”等内容。

c) 包装箱内主机、附件及随行技术文件

在包装箱内，按装箱单清点装齐电动机的主机、随行文件、随行附件等，并摆放整齐可靠，同时装入防潮剂，用聚苯乙烯塑料袋进行封装。

8.1.2 检验

对电动机的包装进行视检，应符合 8.1.1 的规定。

8.2 运输与贮存

8.2.1 要求

电动机运输与贮存要求如下：

a) 应通过设计、制造或采取适当措施，保证电动机能在－40 ℃～70 ℃范围内、湿度≤95％（无冷凝水）及海拔≤2 000 m 条件下贮存及运输。

b) 电动机在包装前应将轴伸及安装配合面采用防锈保护（如涂覆与包装实效期质量相适应的防锈油或脂）。

c) 已包装好的电动机包装箱或包装盒在运输过程中应小心轻放，避免碰撞和敲击，不应与酸碱等腐蚀性物品在一起同运。包装好的产品应能适应公路、铁路、航运、航空等运输方式，产品不应置于露天环境中进行运输，注意防水、防雨雪、防尘和机械损伤。

d) 电机应放置在通风、干燥的库房内，周围应避免有害气体等。电动机贮存期为 6 个月，当贮存期超过 6 个月的电动机，应重新进行出厂检验，检验合格后方能出厂。

8.2.2 检验

对电动机的贮存和运输进行视检，应符合 8.2.1 的规定。

9 试验条件与检验规则

9.1 试验条件

9.1.1 正常试验的大气条件

所有试验如无特殊规定，电动机均应在下列环境气候条件下进行：

环境温度：15 ℃～35 ℃；

相对湿度：45％～75％；

大气压强：86 kPa～106 kPa。

9.1.2 仲裁试验的大气条件

如因气候条件对试验结果有争议时，电动机则以下列条件的试验结果为裁定产品的依据：

环境温度：(20±1)℃；

相对湿度：63％～67％；

大气压强：86 kPa～106 kPa。

9.1.3 基准的大气条件

作为计算依据的基准条件如下：

环境温度：20 ℃；

相对湿度：65％；

大气压强：101.3 kPa。

9.1.4 试验用的交流伺服驱动单元

试验采用与电动机相适应的交流伺服驱动单元，应符合相关标准及规定。

9.1.5 测量设备及仪器

试验测量时，所使用的测量设备及仪器应选择以下精度(准确度)：

a) 电气测量设备及仪表的准确度不应低于0.5级(兆欧表除外)；

b) 三相功率表的准确度不应低于1.0级；

c) 互感器的准确度不应低于0.2级；

d) 数字式转速测量仪准确度不应低于0.1%±1个字；

e) 频率测量仪的准确度不应低于0.1级；

f) 转矩测量仪(含测功机和传感器)的准确度不应低于0.5级；

g) 测力计的准确度不应低于1.0级；

h) 温度计的误差在±1 ℃以内。

选择仪表时，应使测量值位于20%～95%仪表量程范围内。

在用两瓦特表测量三相功率时，应使受测的电压及电流值分别不低于瓦特表的电压量程及电流量程的20%。

试验时，各仪表读数同时读取。

在测量三相电压或三相电流时，应取三相读数的平均值作为测量的实际值。

9.1.6 试验电动机的安装

如无特殊规定，试验时试验电动机应相应轴向水平安装在标准试验支架上(见图3)。

试验电动机标准支架宜参考图3并根据其电动机的相应功率(转矩)进行类比后设计确定。

单位为毫米

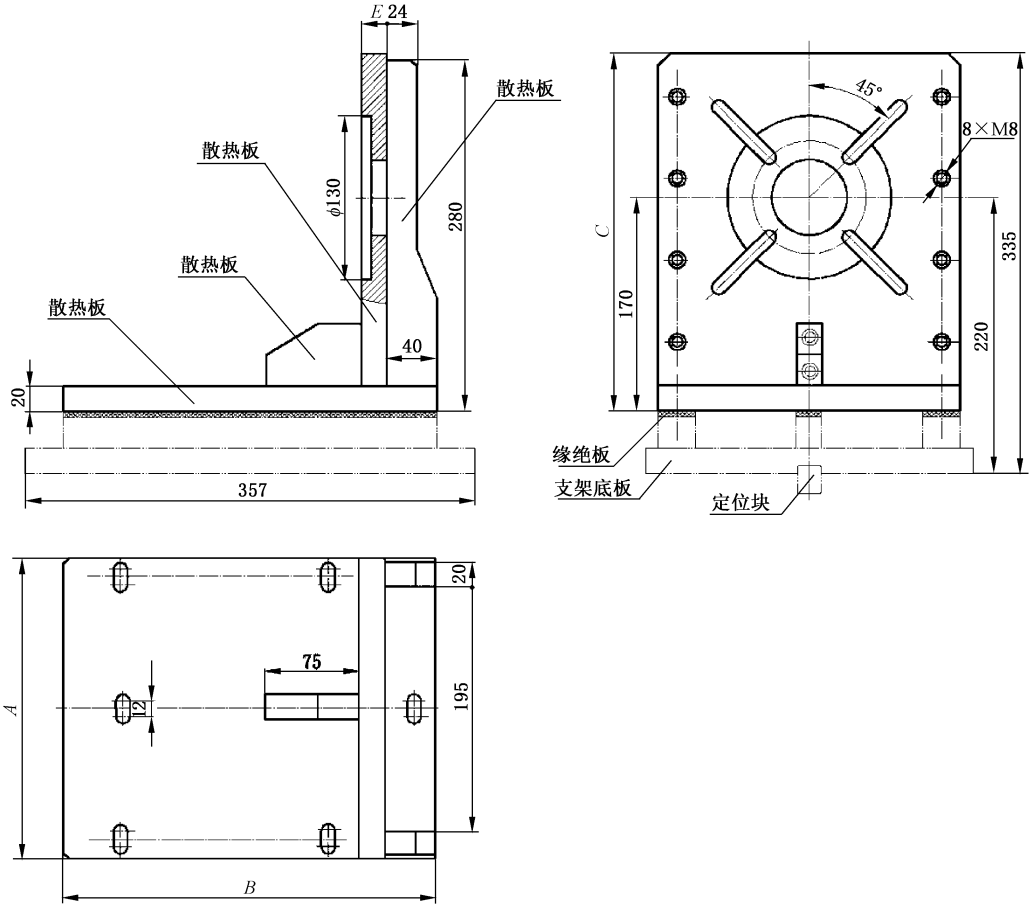


图3 试验电动机标准支架示例

9.2 检验分类

电动机检验分为出厂检验和型式检验，其出厂检验项目和型式检验项目见表16。

9.2.1 出厂检验规则

9.2.1.1 电动机的入库检验按出厂检验项目逐台进行，全部项目检验合格后，方能作为合格品入库并出厂。

9.2.1.2 出厂检验中，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。

9.2.1.3 电动机在库房中存放超过6个月时，应在出厂前重新进行出厂检验。

9.2.2 型式检验规则

9.2.2.1 型式检验

有以下情况之一时，一般应进行型式检验：

a) 新产品或老产品进行重大改进时的试制定型(或鉴定)完成时；

b) 已定型产品，由于电磁设计、机械结构或在制造过程中工艺和所用材料的变更足以引起性能和参数变化时，应根据上述变更可能产生的影响进行有关项目的试验；

c) 产品长期停产后，恢复生产时；

d) 当出厂检验结果与以前的型式检验结果发生较大偏差时；

e) 电动机正常生产时，每两年进行一次型式试验，此时盐雾、长霉、电磁发射干扰和寿命试验项目可不进行。

9.2.2.2 样机数量

从能代表相应生产阶段的电动机中抽取6台，其中4台作为试验样机，2台作为存放对比用。

9.2.2.3 型式检验结果评定

型式检验时，如果有任何一项不符合标准要求，则取两倍于不合格数量的电动机重复该试验。如果试验合格，除第一次试验不合格的电动机外，其余均认为符合标准。如不合格，则评定为通不过型式检验。

9.2.2.4 同类型电机的定型鉴定

同时提交两种以上型号的同类型机座号的电动机定型鉴定时，每种型号均提交4台样机，所有样机均应通过出厂检验，再选取4台具有代表性的不同型号电动机进行其余项目试验，样机型号选定后不准许更换。

如果有任何一项不符合要求，则取两倍于不合格数量的电动机重复该试验。如果试验合格，除第一次试验不合格的电动机外，其余均认为符合标准。如不合格，则评定为通不过定型检验。

9.2.2.5 定型鉴定合格的范围

若定型鉴定试验合格，则认为同时提交的同类型电动机均定型鉴定合格。此后生产的主要结构尺寸相同的同类型电动机也认为定型鉴定合格，可不再进行定型鉴定检验。

9.3 检验顺序

检验顺序可根据具体电动机生产工艺流程等因素确定。

表 16　出厂检验及型式检验表

序号	项目	技术要求与检验(试验)方法	试验样机编号	出厂检验	型式检验	说明
1	基本要求	4.1、4.2	1、2、3、4	√	√	
2	外观	5.1.1、5.1.2	1、2、3、4	√	√	电动机制造质量
3	电动机基本外型及安装尺寸	5.2.1、5.2.2	1、2、3、4	√	√	
4	轴向间隙	5.3.1、5.3.2	1、2、3、4	√	√	
5	轴伸径向圆跳动	5.4.1、5.4.2	1、2、3、4	√	√	
6	安装配合面(凸缘止口)对电动机轴线的径向圆跳动	5.5.1、5.5.2	1、2、3、4	√	√	
7	安装配合端面对电动机轴线的端面全跳动	5.6.1、5.6.2	1、2、3、4	√	√	
8	出线方式、引出线颜色及标识	5.7.1、5.7.2	1、2、3、4	√	√	
9	引出线强度	5.8.1、5.8.2	1、2、3、4	×	√	
10	绝缘电阻	6.1.1、6.1.2	1、2、3、4	√	√	电动机性能及安全
11	耐电压(绝缘介电强度)	6.2.1、6.2.2	1、2、3、4	√	√	
12	保护联结(保护接地)	6.3.1、6.3.2	1、2、3、4	√	√	
13	定子绕组电阻	6.4.1、6.4.2	1、2、3、4	√	√	
14	外壳防护	6.5.1、6.5.2	1、2、3、4	×	√	
15	噪声	6.6.1、6.6.2	1、2、3、4	×	√	
16	旋转方向	6.7.1、6.7.2	1、2、3、4	√	√	
17	空载电流	6.8.1、6.8.2	1、2、3、4	√	√	
18	温升	6.9.1、6.9.2	1、2、3、4	×	√	
19	转子转动惯量	6.10.1、6.10.2	/	×	√	两台同型号转子
20	反电动势常数	6.11.1、6.11.2	1、2、3、4	×	*	
21	定子电感	6.12.1、6.12.2	/	×	√	
22	定位转矩	6.13.1、6.13.2	1、2	×	√	
23	额定转矩	6.14.1、6.14.2	1、2、3、4	√	√	批量生产:出厂检验为抽检
24	额定功率	6.15.1、6.15.2	1、2、3、4	√	√	同上
25	额定电压	6.16.1、6.16.2	1、2、3、4	√	√	同上
26	额定转速	6.17.1、6.17.2	1、2、3、4	√	√	同上
27	最高允许转速	6.18.1、6.18.2	1、2、3、4	√	√	同上
28	最大堵转转矩	6.19.1、6.19.2	1、2、3、4	×	√	

表 16（续）

序号	项目	技术要求与检验(试验)方法	试验样机编号	出厂检验	型式检验	说明
29	连续堵转转矩(零速转矩)	6.20.1、6.20.2	1、2、3、4	×	√	
30	连续堵转电流	6.21.1、6.21.2	1、2、3、4	×	√	
31	工作区	6.22.1、6.22.2	1、2、3、4	×	√	
32	转矩波动率	6.23.1、6.23.2	1、2、3、4	×	√	
33	超速运行	6.24.1、6.24.2	1、2、3、4	×	√	
34	高温及低温运行	6.25.1、6.25.2	1、2、3、4	×	√	
35	贮存和运输的耐干热与耐干冷	6.26.1、6.26.2	1、2、3、4	×	√	
36	耐交变湿热	6.27.1、6.27.2	1、2、3、4	×	√	
37	电动机的机械自振动	6.28.1、6.28.2	1、2	×	√	
38	振动	6.29.1、6.29.2	3、4	×	√	
39	冲击	6.30.1、6.30.2	3、4	×	√	
40	盐雾	6.31.1、6.31.2	1、2	×	√	仅在新产品定型时试验
41	长霉	6.32.1、6.32.2	3、4	×	√	仅在新产品定型时试验
42	电磁发射干扰	6.33.1、6.33.2	1、2、3、4	×	*	仅在新产品定型时试验
43	可靠性(寿命要求)	6.34.1、6.34.2	1、2、3、4	×	√	
44	质量(重量)	6.35.1、6.35.2	1、2	×	√	仅在新产品定型时试验
45	随行文件	7.1、7.2	1、2、3、4	√	√	
46	包装	8.1.1、8.1.2	1、2、3、4	√	√	
47	运输与贮存	8.2.1、8.2.2	1、2、3、4	√	√	

注：“√”检验的项目；“×”不检验的项目；“*”选择检验项目；“/”无编号。

10 质量保证期与用户服务

质量保证期指电动机除正常库存外，为用户正常使用而承担的责任期限。

质量保证的相关内容应写入产品使用说明书或其他易于识别的产品随行文件上。

在用户符合产品运输、贮存、安装、调试、维修及遵守使用规程的条件下，自发货之日起(以发货凭证为据)一年内为质量保证期。凡产品因制造质量不良而发生损坏或不能正常使用时，制造厂(或经销商)应负责为用户包修、包换、包退。

当用户有需求时，应及时提供技术服务。

参 考 文 献

[1] GB/T 30549—2014 永磁交流伺服电动机 通用技术条件