

## GB/T 16439-2009

GB/T 16439-2009

GB/T 16439-2009

1000HZ

1500V

1000V

GB/T 16439-2009

GB/T 16439-2009





# 中华人民共和国国家标准

GB/T 16439—2009  
代替 GB/T 16439—1996

---

## 交流伺服系统通用技术条件

General specification for AC servo system

2009-09-30 发布

2010-02-01 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 术语和定义 .....	2
4 运行条件 .....	5
4.1 使用环境条件 .....	5
4.2 储存运输环境条件 .....	5
4.3 试验环境条件 .....	5
5 技术要求和试验方法 .....	6
5.1 总则 .....	6
5.2 外观 .....	6
5.3 外形及安装尺寸 .....	6
5.4 保护接地 .....	6
5.5 介电性能 .....	6
5.6 绝缘电阻 .....	8
5.7 通电操作试验 .....	8
5.8 工作区 .....	8
5.9 正反转速差率 .....	9
5.10 系统效率 .....	9
5.11 转速调整率 .....	9
5.12 位置跟踪误差 .....	9
5.13 转矩波动 .....	9
5.14 转速波动 .....	9
5.15 转速变化的时间响应 .....	9
5.16 频带宽度 .....	10
5.17 惯量适应范围 .....	10
5.18 静态刚度 .....	10
5.19 噪声 .....	10
5.20 低温 .....	10
5.21 高温 .....	10
5.22 振动 .....	11
5.23 冲击 .....	11
5.24 稳态加速度 .....	11
5.25 恒定湿热 .....	11
5.26 电磁兼容性 .....	11
5.27 可靠性 .....	12
5.28 质量 .....	12

6.1	检验分类	12
6.2	鉴定检验	12
6.3	质量一致性检验	14
7	交付准备	15
7.1	总则	15
7.2	铭牌、标志	15
7.3	附带随机文件	15
7.4	包装	15
7.5	运输	15
7.6	储存	15
7.7	保证期	15

## 前 言

本标准代替 GB/T 16439—1996《交流伺服系统通用技术条件》。

本标准与 GB/T 16439—1996 相比主要变化如下：

- 按照 GB/T 1.1—2000《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写规则》的规定，对标准的编排格式进行了修改。增加了第 4 章“运行条件”，同时把原标准的第 4 章“技术要求”和第 5 章“试验方法”两章合并为第 5 章“技术要求和试验方法”。

的范畴；修改了交流伺服系统的组成，由原标准的“伺服系统由伺服驱动器和伺服电机两个主要部分组成”更改为“交流伺服系统一般由交流伺服驱动器，交流伺服电动机和传感三个部分组成”，并调至 3.1。

- 在第 3 章“术语和定义”中对所有术语都增加了英文对应词。增加了“交流伺服驱动器”、“交流伺服电动机”、“位置控制”、“速度控制”、“转矩控制”、“工作区”、“转速调整率”、“稳态跟踪误差”、“动态跟踪误差”、“系统效率”、“电磁兼容性”等术语和定义；修改了“交流伺服系统”、“调速比”、“系统效率”的术语和定义；删除了“转速变化率”、“稳速误差”、“超调量”、“转矩变化的时间响应”、“阶跃输入的转速响应时间”、“建立时间”等术语和定义。

# 交流伺服系统通用技术条件

## 1 范围

本标准规定了交流伺服系统的定义和术语、运行条件、技术要求和试验方法、检验规则以及交付准备等内容。

本标准适用于输入供电电源交流额定电压不超过 1 000 V、频率不超过 1 000 Hz,直流额定电压不超过 1 500 V 的交流伺服系统。

本标准适用于交流伺服系统(以下简称“伺服系统”)及构成伺服系统的交流伺服驱动器(以下简称“驱动器”),交流伺服电动机(以下简称“电动机”)。本标准的内容不涉及传感部分,但该部分内容应在产品专用技术条件中进行规定。

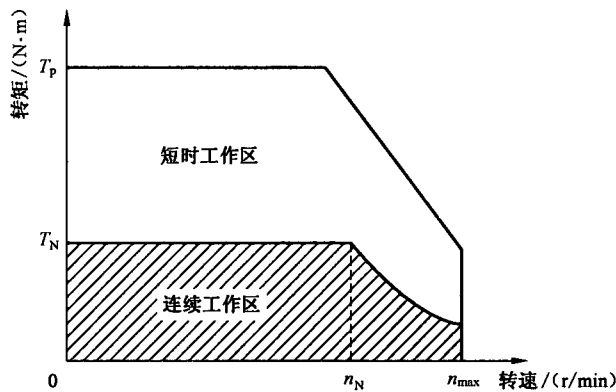
本标准未列入而又与伺服系统有关的技术要求,应按照有关的电动机标准和工业机械电气控制设备标准的规定执行。

## 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,其随后所发

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





$T_p$ ——峰值转矩；  
 $n_{max}$ ——最高允许工作转速；  
 $n_N$ ——额定转速；  
 $T_N$ ——最大连续转矩。

图 1 工作区示意图

短时工作区是指在图 1 中,处于峰值转矩以下,最大连续转矩以上的区域(图 1 中无阴影区域)。在该区域短时工作,电动机电流虽大于最大连续电流,但电动机绕组在一定时间内不会被损坏,驱动器在一定时间内也能正常工作。

短时过流持续时间是由绕组的热时间常数决定的。

注 1: 额定功率  $P_N$ (W)、额定转速  $n_N$ (r/min)与最大连续转矩  $T_N$ (N·m)的关系为:  $P_N = \frac{T_N \times n_N}{60/2\pi}$ 。

注 2: 对于带油封、制动器等其他附件的电动机,应降额使用。

3.5

位置控制 position control

以位置为被控量的控制模式。

3.6

速度控制 speed control

以速度为被控量的控制模式。

3.7

转矩控制 torque control

以转矩为被控量的控制模式。

3.8

正反转速差率 difference ratio between CW and CCW speed

伺服系统在额定电压空载运行,不改变转速指令的量值,仅改变电动机的旋转方向,测量电动机的正、反两方向的转速平均值  $n_{ccw}$  和  $n_{cw}$ ,按式(1)计算正反转速差率  $K_n$ 。

$$K_n = \frac{|n_{cw} - n_{ccw}|}{n_{cw} + n_{ccw}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

$K_n$ ——正反转速差率;

$n_{cw}$ ——电动机顺时针旋转时的转速平均值,r/min;

$n_{ccw}$ ——电动机逆时针旋转时的转速平均值,r/min。

3.9

转速调整率 speed regulation rate

伺服系统在额定转速条件下,仅由源电压变化,或环境温度变化,或仅负载变化,电动机的平均转



速变化值与额定转速的百分比分别叫做电压变化的转速调整率、温度变化的转速调整率、负载变化的转速调整率。按式(2)计算转速调整率。

$$\Delta n = \frac{|n_i - n_N|}{n_N} \times 100\% \quad i = 1, 2 \dots\dots\dots(2)$$

式中:

- $\Delta n$ ——转速调整率;
- $n_i$ ——电动机的实际转速, r/min;
- $n_N$ ——电动机的额定转速, r/min。

3. 10

**转矩波动系数 torque ripple coefficient**

伺服系统稳态运行时,对电动机施加恒定负载,瞬时转矩的最大值为  $T_{max}$ ,最小值为  $T_{min}$ ,则转矩波动系数  $K_{rr}$  为:

$$K_{rr} = \frac{T_{max} - T_{min}}{T_{max} + T_{min}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

- $K_{rr}$ ——转矩波动系数;
- $T_{max}$ ——瞬态转矩的最大值, N·m;
- $T_{min}$ ——瞬态转矩的最小值, N·m。

3. 11

**转速波动系数 speed ripple coefficient**

伺服系统稳态运行时,瞬时转速的最大值为  $n_{max}$ ,最小值为  $n_{min}$ ,则转速波动系数  $K_{fn}$  为:

$$K_{fn} = \frac{n_{max} - n_{min}}{n_{max} + n_{min}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

- $K_{fn}$ ——转速波动系数;
- $n_{max}$ ——瞬时转速的最大值, r/min;
- $n_{min}$ ——瞬时转速的最小值, r/min。

3. 12

**调速比 speed ratio**

伺服系统满足规定的转速调整率和规定的转速波动时的最低空载转速  $n_{min}$  和额定转速  $n_N$  之比,用  $D$  表示。

$$D = \frac{n_{min}}{n_N} \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

- $D$ ——调速比;
- $n_{min}$ ——最低空载转速, r/min;
- $n_N$ ——额定转速, r/min。

3. 13

**频带宽度 band width**

伺服系统输入量为正弦波,随着正弦波信号的频率逐渐升高,对应的输出量的相位滞后逐渐增大同

出转角的偏移量  $\Delta\theta$ , 则静态刚度  $K_s$  为:

$$K_s = \frac{T_0}{\Delta\theta} \dots\dots\dots(6)$$

式中:

$K_s$ ——静态刚度,  $N \cdot m/(')$ ;

$T_0$ ——连续转矩,  $N \cdot m$ ;

$\Delta\theta$ ——转角的偏移量,  $(')$ 。

### 3.15

#### 惯量适应范围 load inertia range

伺服系统在不影响自身稳定性和调速比的前提下所能带的惯量负载的范围(一般以电动机转子惯量的倍数表示)。

### 3.16

#### 动态位置跟踪误差 dynamic position tracking error

伺服系统对输入信号的瞬态响应过程中, 位置指令值与位置反馈值之差。

### 3.17

#### 稳态位置跟踪误差 steady-state position tracking error

伺服系统对输入信号的瞬态响应过程结束以后, 稳态运行时位置指令值与位置反馈值之差。

### 3.18

#### 系统效率 system efficiency

电动机的输出机械功率对驱动器的输入有功功率之比。

### 3.19

#### 电磁兼容性 electromagnetic compatibility; EMC

伺服系统在规定的电磁环境中能正常工作且不对该环境中任何事物构成不能承受的电磁骚扰的能力。

## 4 运行条件

### 4.1 使用环境条件

除另有规定外, 伺服系统的使用环境条件应符合下列规定:

——环境温度(分两级): (1) 商用级:  $0\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; (2) 工业级:  $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

——相对湿度:  $5\% \sim 85\%$ , 无凝露;

——大气压强:  $86\text{ kPa} \sim 106\text{ kPa}$ ;

——污染等级: 空气中不应有过量的尘埃、酸、盐、腐蚀性及爆炸性气体。如果没有其他规定, 伺服系统应在污染等级 2(一般情况下, 只有非导电性污染。但是也要考虑到偶然由于凝露造成的暂时的导电性)中使用。

### 4.2 储存运输环境条件

伺服系统的储存运输环境条件应符合下列规定:

——环境温度:  $-25\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +55\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 在短时间内(不超过 24 h)可达  $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

——相对湿度:  $5\% \sim 95\%$ , 无凝露。

### 4.3 试验环境条件

#### 4.3.1 测量和试验用标准大气条件

所有测量和试验若无其他规定, 均应在下列的测量和试验用标准大气条件下进行:

——温度:  $15\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

- 相对湿度:25%~75%;
- 气压:86 kPa~106 kPa。

#### 4.3.2 基准试验的标准大气条件

作为计算依据的基准试验标准大气条件为:

- 温度:20℃;
- 气压:101.3 kPa。

注:由于相对湿度不应通过计算来校正,因此不予规定。

#### 4.3.3 仲裁试验的标准大气条件

如果需要严格控制试验气候条件,以获得重现结果时,规定在下列仲裁试验标准大气条件下进行:

- 温度:25℃±1℃;
- 相对湿度:48%~52%;
- 气压:86 kPa~106 kPa。

#### 4.3.4 试验电源

交流试验电源的电压幅值波动应不大于±5%,频率变化应不大于1%;直流试验电源的电压幅值波动应不大于±2%,纹波电压应不大于±1%。

#### 4.3.5 安装方式

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

对于驱动器试验,应断开电源后进行。驱动器应形成一个连续的电路,主电路的开关和控制电路应闭合或旁路。对于不能承受试验电压的元件(如浪涌抑制器、半导体元件、电容器等)应将其断开或旁路。对于安装在电路和裸露导电部件之间的抗干扰电容器不应断开,可以采用交流电压或等于规定的交流电压的峰值的直流电压进行试验。

试验电压的有效值不应超过规定值的 $\pm 5\%$ 。开始施加时的试验电压不应超过规定值的 $50\%$ 。然后在几秒钟内将试验电压平稳增加到规定的最大值并保持 $5\text{ s}$ 。交流电源应具有足够的功率以维持试

试验电压施加部位:(1) 保护接地端与裸露导电部件之间;(2) 每个极与裸露导电部件 其他极

之间。

注:此项试验应将裸露导电部件与其他极相连接,试验后应拆除其连接。

对于用绝缘材料制造的外壳,还应进行一次补充的介电试验。在外壳的外面包覆一层能覆盖所有

5.6 绝缘电阻

5.6.1 驱动器的绝缘电阻

驱动器中除不能承受试验电压的电路外,检查试验点对保护接地端之间的绝缘电阻应不小于 50 MΩ;在极限高温条件下绝缘电阻应不小于 10 MΩ;恒定湿热试验时绝缘电阻应不小于 1 MΩ。

驱动器的绝缘电阻测试应在驱动器不通电的状态下进行。绝缘电阻检查选用兆欧表进行检测,兆欧表的电压等级按照表 3 的规定选取。对于不能承受兆欧表电压等级的元器件,测量前应将其短接或拆除。

表 3 试验仪器的电压等级

额定电压 $U_n$ V	兆欧表的电压值 V
$U_n < 500$	500
$500 \leq U_n < 1\ 000$	1 000
$U_n \geq 1\ 000$	2 500

注 1: 驱动器与电动机一体安装的伺服系统,其绝缘电阻试验条件由产品专用技术条件规定。

注 2: 对于电路接机壳的驱动器,无法进行绝缘电阻试验时,不进行此项试验。

5.6.2 电动机的绝缘电阻

电动机的绝缘电阻技术要求与试验方法应符合 GB/T 7345 中的相关规定。

5.7 通电操作试验

5.7.1 系统功能试验

伺服系统的控制功能、保护和监控功能应符合产品专用技术条件的规定。

### 5.9 正反转速差率

伺服系统在额定电源电压,额定转速下空载运行,测量电动机正、反两方向的转速平均值,按式(1)计算伺服系统的正反转速差率,结果应符合产品专用技术条件的规定。

### 5.10 系统效率

伺服系统的效率应符合产品专用技术条件的规定。

伺服系统在额定转速、额定负载的条件下,运行至稳定工作温度,测量驱动电机上的有功电功率(交

流输入电源侧如有匹配变压器,在变压器副边测量)和电动机输出的机械功率。

### 5.11 转速调整率

#### 5.11.1 要求

伺服系统在规定的最低温度和最高温度下,测出电动机随温度变化的转速调整率;在规定的供电电源电压的下限值变化到上限值,测出随电压变化的转速调整率;在负载由空载变化到额定负载,测出随负载变化的转速调整率,应符合产品专用技术条件的规定。

#### 5.11.2 温度变化的转速调整率

伺服系统在空载条件下放置于人工气候箱中,在 20 °C 温度下将电动机转速调至额定转速  $n_N$ ,然后将温度调至最低工作温度,热平衡后测出电动机转速  $n_1$ ;再将温度调至最高工作温度,达到热平衡后测量此时电动机的转速  $n_2$ ,按式(2)计算温度变化的转速调整率(取最大值)。

#### 5.11.3 电压变化的转速调整率

伺服系统在空载条件下,调节伺服系统的输入电源电压,在额定输入电压时将电动机转速调至额定转速  $n_N$ ,将伺服系统的输入电源电压调到规定的上限值,记录此时的转速  $n_1$ ,然后将输入电压调到规定的下限值,再测出电动机转速  $n_2$ 。用式(2)计算电压变化的转速调整率(取最大值)。

### 5.16 频带宽度

伺服系统速度闭环的频带宽度应符合产品专用技术条件的规定,并应说明是幅度下降到-3 dB 的频带宽度,还是 90°相移的频带宽度。

试验时,驱动器工作在速度模式下,输入正弦波转速指令,其幅值为额定转速指令值的 0.01 倍,频率由 1 Hz 逐渐升高,记录电动机对应的转速曲线,随着指令正弦波频率的提高,电动机实际转速的波形曲线对指令正弦波曲线的相位滞后逐渐增大,而幅值逐渐减小。相位滞后增大至 90°时的频率作为伺服系统 90°相移的频带宽度;幅值减小至  $1/\sqrt{2}$  的频率作为伺服系统-3 dB 频带宽度。

### 5.17 惯量适应范围

伺服系统的惯量适应范围应符合产品专用技术条件的规定。

电动机在最低转速,带最大允许的惯量负载条件下,测量其转速波动不应超过规定值,逐渐转速升高到额定值,伺服系统应工作正常。

### 5.18 静态刚度

位置伺服系统的静态刚度应符合产品专用技术条件的规定。

位置伺服系统处于空载零速锁定状态,用满足精度要求的轴角传感器检测电动机轴角位置,选定这时的电动机轴角为参考零位。用滑轮盘挂砝码、测力扳手或测力计的方法对电动机施加正反向转矩,转矩达到连续工作区规定的最大转矩后,测量电动机轴角位置对参考零位的偏移量  $\Delta\theta$ 。按式(6)计算伺服系统的静态刚度。试验应在三个不同的轴角位置,正向和反向共测量六组数据,取最大值。

### 5.19 噪声

伺服系统在额定电源电压下空载运行时,其 A 计权声功率级的噪声限值应符合产品专用技术条件的规定。

噪声的测试按 GB/T 10069.1 规定的要求进行。

### 5.20 低温

#### 5.20.1 低温工作

伺服系统应在额定电源电压下空载运行,达到稳定温度后,伺服系统应能正常工作。

应能正常驱动电动机在额定转速下空载运行。

试验时,伺服系统不通电置于气候箱内,按 GB/T 2423.2—2001 中 Bd 的方法进行试验,温度升到

空载运行无误。

### 5.22 振动

电动机的振动技术要求与试验方法应符合 GB/T 7345 中的相关规定。

驱动器在三个轴向上应能承受表 4 规定的振动试验,按 GB/T 2423.10 中的方法进行振动试验,试验后驱动器电气性能不受到影响,不应有机械上的损坏、变形和紧固部位的松动现象,通电后应能正常工作。

表 4 振动试验

			振动持续时间
--	--	--	--------



表 5 抗扰度试验

项 目	适用范围(端口)					试验方法
	交流电源	直流电源	外壳	信号	接地	
电压暂降和短时中断	适用	—	—	—	—	GB/T 17626.11
直流电源输入端口电压暂降、短时中断和电压波动	—	适用	—	—	—	GB/T 17626.29
浪涌	适用	—	—	—	—	GB/T 17626.5
电快速瞬变脉冲群	适用	适用	—	适用	适用	GB/T 17626.4
静电放电	—	—	适用	—	—	GB/T 17626.2
辐射电磁场	—	—	适用	—	—	GB/T 17626.3
射频场感应的传导骚扰	适用	适用	—	适用	适用	GB/T 17626.6

注：“—”表示不适用。

5.26.3 发射

电网电压的使用环境 根据 GB 4824—2004 中 1 组 A 类或 B 类设备确定端子骚扰电压限值和中

磁辐射骚扰限值。

端子骚扰电压的测试频段为 150 kHz~30 MHz,电磁辐射骚扰的测试频段为 30 MHz~1.0 GHz。  
试验时伺服系统在额定电压,额定转速下空载运行,试验方法按 GB 4824—2004 的规定进行。

5.27 可靠性

可靠性指标用平均无故障时间(MTBF)衡量,具体数值应在产品专用技术条件中规定。  
根据 GJB/Z 299C—2006,使用元器件计数可靠性预计法预测平均无故障时间。  
可靠性试验方法应按照 GB/T 5080.1 在产品专用技术条件中做出规定。

5.28 质量

伺服系统质量应符合产品专用技术条件的规定。  
用相对精度不低于 1%的衡器称取。

6 检验规则

6.1 检验分类

检验分类



## 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

当鉴定部门确定某台样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)该台样机的所有项目。然后继续试验,若再有一台样机的任一项目不符合要求,则鉴定检验不合格。

### 6.2.4.4 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 环境试验期间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,鉴定部门可以采取两种方式: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

当某一类同规格的两个及两个以上型号的伺服系统同时提交鉴定检验时,每种型号均应提交四台

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,每两年应至少进行一次。

### 6.3.2.2 检验规则

C组检验项目及其基本顺序按表6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,待合格后方能进行C组检验。

C组检验样机数量及检验结果评定按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

除非另有规定,交付的产品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 铭牌、标志

驱动器的铭牌、标志应符合GB 7251.1—2005中5.1和5.2的规定。

附带随机文件应包括产品合格证、产品使用说明书。

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
交 流 伺 服 系 统 通 用 技 术 条 件  
GB/T 16439—2009

\*

中 国 标 准 出 版 社 出 版 发 行  
北 京 复 兴 门 外 三 里 河 北 街 16 号  
邮 政 编 码 : 100045

电 话 : 68523946 68517548

中 国 标 准 出 版 社 秦 皇 岛 印 刷 厂 印 刷

\*