

技术资料

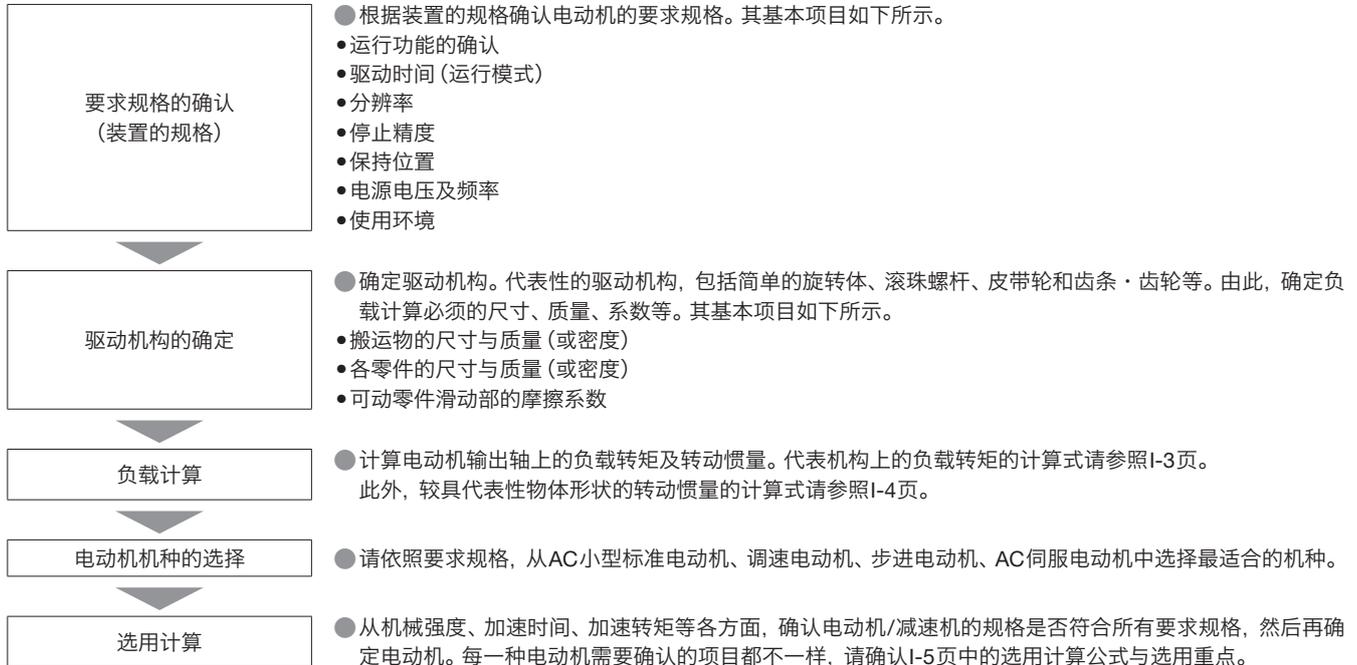
技术资料		I-1
选用计算.....	I-2	选用计算
电动机.....	I-2	电动机
电动传动装置.....	I-18	电动传动装置
风扇 & 散热管理.....	I-32	风扇 & 散热管理
寿命.....	I-34	寿命
AC 小型标准电动机.....	I-38	AC 小型标准电动机
调速电动机.....	I-41	调速电动机
步进电动机.....	I-43	步进电动机
AC 伺服电动机.....	I-50	AC 伺服电动机
减速机.....	I-52	减速机
电动传动装置.....	I-59	电动传动装置
风扇 & 散热管理.....	I-65	风扇 & 散热管理

选用计算 电动机时

选用符合装置要求规格的电动机是提高装置的可靠性与经济效益的重要因素。以下介绍此电动机的选用步骤、选用计算公式、选用重点以及选用例。

■ 选用顺序

这里说明步骤的概述。



选用服务导引

可下载使用简单的选型软件及由专人负责的最佳产品选用服务 (免费)。

下载选型软件

备有本公司制作的步进电动机及AC伺服电动机专用软件，只需输入机构及运行条件的数值，就能够简单选用电动机容量。可从官方网站下载。

https://www.orientalmotor.com.cn/service/software/dl/sizing_m/

委托选型

可为顾客代劳完成耗时的负载计算等电动机选型的每个环节。

● 互联网

可通过官方网站的选型表，轻松委托我们帮您选用电动机。

<https://www.orientalmotor.com.cn/sizingservice/>

可从官方网站下载选型表。

<https://www.orientalmotor.com.cn/sizingservice/>

● FAX

相关资料中刊载了选型表。

请在此处填写好必要事项后，发送到客户咨询中心。

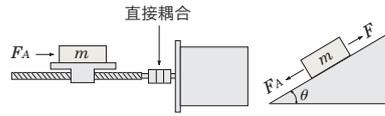
各驱动机构的负载转矩 T_L [N·m] 计算式

● 负载转矩的计算式

◇ 滚珠螺杆驱动

$$T_L = \left(\frac{F \cdot P_B}{2\pi \cdot \eta} + \frac{\mu_0 \cdot F_0 \cdot P_B}{2\pi} \right) \frac{1}{i} \text{ [N·m]} \dots\dots\dots ①$$

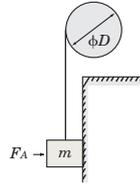
$$F = F_A + m \cdot g(\sin \theta + \mu \cdot \cos \theta) \text{ [N]} \dots\dots\dots ②$$



◇ 滑轮驱动

$$T_L = \frac{\mu \cdot F_A + m \cdot g}{2\pi} \cdot \frac{\pi \cdot D}{i}$$

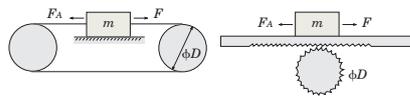
$$= \frac{(\mu \cdot F_A + m \cdot g)D}{2 \cdot i} \text{ [N·m]} \dots\dots\dots ③$$



◇ 金属线·皮带驱动、齿条·齿轮式驱动

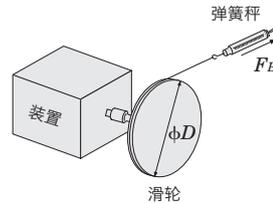
$$T_L = \frac{F}{2\pi \cdot \eta} \cdot \frac{\pi \cdot D}{i} = \frac{F \cdot D}{2 \cdot \eta \cdot i} \text{ [N·m]} \dots\dots\dots ④$$

$$F = F_A + m \cdot g(\sin \theta + \mu \cdot \cos \theta) \text{ [N]} \dots\dots\dots ⑤$$



◇ 根据实测的方法

$$T_L = \frac{F_B \cdot D}{2} \text{ [N·m]} \dots\dots\dots ⑥$$



- F : 运行方向负载 [N]
- F_0 : 预负载 [N] ($\div \frac{1}{3}F$)
- μ_0 : 预压螺母的内部摩擦系数 (0.1~0.3)
- η : 效率 (0.85~0.95)
- i : 减速比 (机构的减速比, 并非本公司减速机的减速比)
- P_B : 滚珠螺杆的导程 [m/rev]
- F_A : 外力 [N]
- F_B : 主轴开始旋转时的作用力 [N] ($F_B = \text{弹簧秤值 [kg]} \times g [\text{m/s}^2]$)
- m : 工作台及工作物的总质量 [kg]
- μ : 滑动面的摩擦系数
- θ : 倾斜角度 [°]
- D : 最终段滑轮直径 [m]
- g : 重力加速度 [m/s^2] (9.807)

选用计算

电动机

电动
传动装置

风扇 &
散热管理

寿命

AC 小型
标准电动机

调速
电动机

步进
电动机

AC 伺服
电动机

减速机

电动
传动装置

风扇 &
散热管理

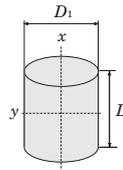
转动惯量 J [kg·m²] 的计算式

转动惯量的计算式

◇ 圆柱的转动惯量

$$J_x = \frac{1}{8} m \cdot D_1^2 = \frac{\pi}{32} \rho \cdot L \cdot D_1^4 \text{ [kg·m}^2\text{]} \dots\dots\dots ⑦$$

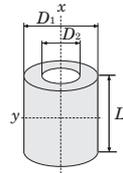
$$J_y = \frac{1}{4} m \left(\frac{D_1^2}{4} + \frac{L^2}{3} \right) \text{ [kg·m}^2\text{]} \dots\dots\dots ⑧$$



◇ 中空圆柱的转动惯量

$$J_x = \frac{1}{8} m (D_1^2 + D_2^2) = \frac{\pi}{32} \rho \cdot L (D_1^4 - D_2^4) \text{ [kg·m}^2\text{]} \dots\dots\dots ⑨$$

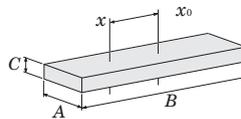
$$J_y = \frac{1}{4} m \left(\frac{D_1^2 + D_2^2}{4} + \frac{L^2}{3} \right) \text{ [kg·m}^2\text{]} \dots\dots\dots ⑩$$



◇ 不通过重心的轴的转动惯量

$$J_x = J_{x_0} + m \cdot l^2 = \frac{1}{12} m (A^2 + B^2 + 12 \cdot l^2) \text{ [kg·m}^2\text{]} \dots\dots\dots ⑪$$

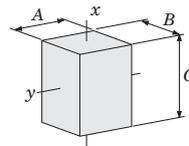
l : x 轴与 x_0 轴的距离 [m]



◇ 角柱的转动惯量

$$J_x = \frac{1}{12} m (A^2 + B^2) = \frac{1}{12} \rho \cdot A \cdot B \cdot C (A^2 + B^2) \text{ [kg·m}^2\text{]} \dots\dots\dots ⑫$$

$$J_y = \frac{1}{12} m (B^2 + C^2) = \frac{1}{12} \rho \cdot A \cdot B \cdot C (B^2 + C^2) \text{ [kg·m}^2\text{]} \dots\dots\dots ⑬$$



◇ 直线运动物体的转动惯量

$$J = m \left(\frac{A}{2\pi} \right)^2 \text{ [kg·m}^2\text{]} \dots\dots\dots ⑭$$

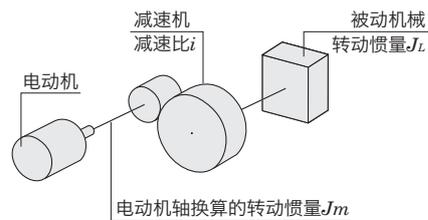
A : 单位移动量 [m/rev]

由减速机介入传导时, 电动机轴转动惯量的换算公式

$$J_m = \frac{1}{i^2} J_L$$

J 和 GD^2 的关系式

$$J = \frac{1}{4} GD^2$$



密度

铁	$\rho = 7.9 \times 10^3$ [kg/m ³]
不锈钢 (SUS304)	$\rho = 8.0 \times 10^3$ [kg/m ³]
铝	$\rho = 2.8 \times 10^3$ [kg/m ³]
黄铜	$\rho = 8.5 \times 10^3$ [kg/m ³]
尼龙	$\rho = 1.1 \times 10^3$ [kg/m ³]

J_x : x 轴相关转动惯量 [kg·m²]

J_y : y 轴相关转动惯量 [kg·m²]

J_{x_0} : x_0 轴 (通过重心的轴) 相关转动惯量 [kg·m²]

m : 质量 [kg]

D_1 : 外径 [m]

D_2 : 内径 [m]

ρ : 密度 [kg/m³]

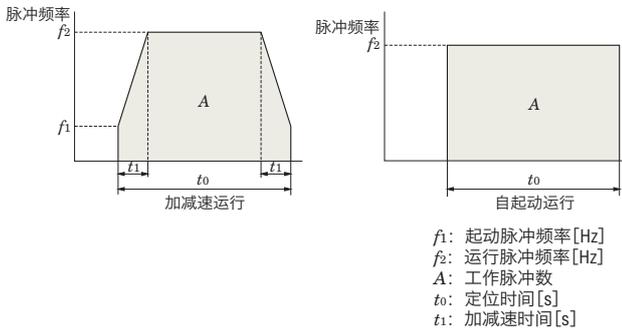
L : 长度 [m]

电动机选用计算公式

说明脉冲信号控制步进电动机及AC伺服电动机时必备的计算式。

运行模式

作为脉冲速度的运行模式，步进电动机通常是选定左边的加减速运行模式，运行速度低速、负载转动惯量小时，可以采取右图的自启动运行。



工作脉冲数A [脉冲] 的计算式

工作脉冲数是以脉冲信号来表示将工作物由A点移至B点时，电动机必须旋转的角度。

$$A = \frac{l}{l_{rev}} \cdot \frac{360^\circ}{\theta_s}$$

l : 由A点到B点的移动量 [m]
 l_{rev} : 电动机每转的移动量 [m/rev]
 θ_s : 步距角度 [°]

运行脉冲频率 f_2 [Hz] 的计算式

运行脉冲频率可通过工作脉冲数与定位时间及加减速时间进行计算。

①加减速运行时

加减速时间的长短是选用时的重点，但是除此之外还必须考虑加速转矩及加减速常数的平衡，所以不能轻易决定。

因此，开始计算时，设定定位时间的25%左右为基准来进行计算。(最后需要调节。)

$$t_1 = t_0 \times 0.25$$

$$f_2 = \frac{A - f_1 \cdot t_1}{t_0 - t_1}$$

②自启动运行时

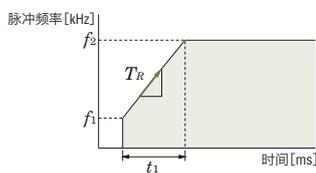
$$f_2 = \frac{A}{t_0}$$

加减速常数 T_R [ms/kHz] 的计算式

加减速常数是本公司控制器使用的设定值。

表示脉冲频率的加速程度，以下述计算式计算。

$$T_R = \frac{t_1}{f_2 - f_1}$$



●脉冲频率请按整步换算。

●此处速度单位用 [kHz]，时间用 [ms] 进行计算。

运行脉冲频率 f_2 [Hz] 到运行速度 N_M [r/min] 的换算公式

$$N_M = f_2 \cdot \frac{\theta_s}{360} \cdot 60$$

负载转矩的计算

请参照I-3页的计算式。

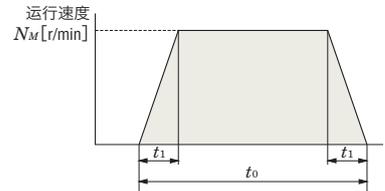
加速转矩 T_a [N·m] 的计算式

改变电动机转速时，加速及减速转矩都是不可缺少的要素。

各种电动机其加速转矩的基本公式是相同的，通过脉冲速度计算步进电动机加速转矩时，请使用如下公式。

<所有电动机通用的基本公式>

$$T_a = \frac{(J_0 \cdot i^2 + J_L) \cdot N_M}{9.55 \cdot t_1}$$



J_0 : 转子转动惯量 [kg·m²]
 J_L : 全负载转动惯量 [kg·m²]
 N_M : 运行速度 [r/min]
 t_1 : 加减速时间 [s]
 i : 减速比

<通过脉冲速度计算步进电动机的加速转矩时>

①加减速运行时

$$T_a = (J_0 \cdot i^2 + J_L) \cdot \frac{\pi \cdot \theta_s}{180} \cdot \frac{f_2 - f_1}{t_1}$$

②自启动运行时

$$T_a = (J_0 \cdot i^2 + J_L) \cdot \frac{\pi \cdot \theta_s}{180 \cdot n} \cdot f_2^2 \quad n: (3.6^\circ/\theta_s) \cdot i$$

必要转矩 T_M [N·m] 的计算式

负载转矩与加速转矩之和，乘以安全系数即是必要转矩。

$$T_M = (T_L + T_a) S_f$$

T_M : 必要转矩 [N·m]
 T_L : 负载转矩 [N·m]
 T_a : 加速转矩 [N·m]
 S_f : 安全系数

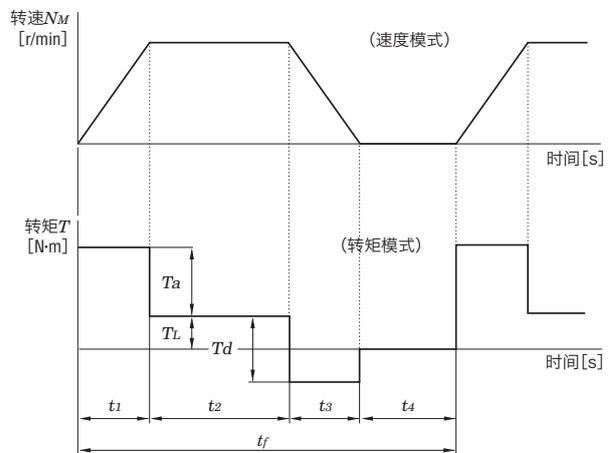
有效负载转矩 T_{rms} [N·m] 的计算式

选用AC伺服电动机和无刷电动机BXII系列时计算有效负载转矩。

电动机所要求的转矩与时间一同变化时，先计算有效负载转矩再判断能否使用。

短周期运行中频繁进行加速减速的运行模式下尤其重要。

$$T_{rms} = \sqrt{\frac{(T_a + T_L)^2 \cdot t_1 + T_L^2 \cdot t_2 + (T_a - T_L)^2 \cdot t_3}{t_f}}$$



选用的重点

因AC小型标准电动机、无刷电动机、步进电动机、AC伺服电动机的特性各不相同，选用时要注意的重点（确认项目）也有所差异。

●AC小型标准电动机

①负载造成的转速变动

AC小型标准电动机的实际转速受到负载转矩的影响，相比同步转速会降低2~20%。

选用AC小型标准电动机时必须发生在发生这种转速降低的前提下选用。

②时间额定

即使是输出功率相同的电动机，因电动机种类不同，其连续额定、短时额定也各不相同。应依据驱动时间（模式）来选用。

③减速机的容许转动惯量

使用减速机与电动机组合，执行瞬时停止（制动器）或是频繁的断续运行、瞬时正反运行等时，因负载转动惯量过大，可能造成减速机的破损。因此选用时必须选在减速机的容许转动惯量以下。（参照A-18页）

●无刷电动机

①容许转矩

对于安装了专用减速机的无刷电动机联体型产品，请参考减速机输出轴的容许转矩一览表。请选择负载转矩不超过容许转矩的产品。

②容许转动惯量

无刷电动机为了避免减速时由于再生电力所造成的警报，并且为了实现稳定的速度控制，所以规定了容许转动惯量的数值。请选择转动惯量不超过容许值的产品。联体型有其自己的容许转动惯量。请选择不超过该值的产品。

③有效负载转矩

BXII系列在频繁运行、停止时，请勿使有效负载转矩超过额定转矩。超过时，过载保护功能启动，电动机停止。

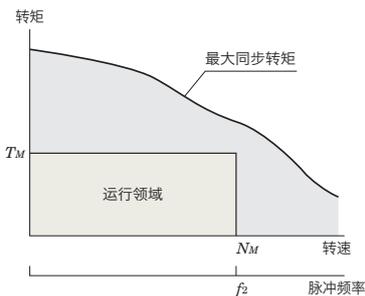
●步进电动机

①必要转矩的确认

选择步进电动机时，在最大同步转矩以内，选用根据运行速度 $N_M(f_2)$ 与必要转矩 T_M 表示的运行领域内的电动机。

安全系数 S_f 的基准值

对象组合产品	安全系数(基准值)
αSTEP	1.5~2
2相5相 步进电动机	2



②对温度上升的考虑

步进电动机长时间连续运行的话，会导致温度上升，超过电动机内部的耐热等级130(B)温度，使得绝缘性能劣化。随运行速度、负载条件及安装状态等条件不同，上升的温度也会发生变化。请以运行占空比50%以下为基准进行选购。运行占空比超过50%时，请选择转矩较为充裕的电动机，并采用降低运行电流的使用方法。

$$\text{运行占空比} = \frac{\text{运行时间}}{\text{运行时间} + \text{停止时间}} \times 100$$

③加减速常数的确认

选择步进电动机时，用运行速度 N_M 与必要转矩 T_M 表示的运行领域需控制在最大同步转矩以内。但是控制器输出的脉冲信号，其加减速时的脉冲速度为阶梯状变化，剧烈加减速时段差会增大。因此，在大转动惯量的条件下，即使指示进行剧烈加减速也可能无法运行。为使得选用的电动机运行更正确，请确认其加减速常数在下表的参考值以上。

加减速常数（结合EMP系列的参考值）

对象组合产品	安装尺寸[mm]	加减速常数 T_{rs} [ms/kHz]
αSTEP	20、28(30)、42(40)、60、85(90)	0.5以上
5相步进电动机	20(φ22)、28(30)、42、56.4、60	20以上
	85(90)	30以上
2相步进电动机	20、28、35、42、50、56.4、60(φ72)	50以上
	85(90)	75以上

●表中的数值为EMP系列设定的下限值。

减速机机型时也是上述加减速常数。但，在使用半步、微步时需进行以下换算。

$$T_{rs} \cdot \frac{\theta_s}{\theta_B} \cdot i$$

T_{rs} : 加减速常数 [ms/kHz]
 θ_s : 步距角度 [°]
 θ_B : 参照下表
 i : 减速机型的减速比

系数

对象组合产品	θ_B
αSTEP	0.36°
5相步进电动机	0.72°
2相步进电动机	1.8°

④惯性比的确认

惯性比按以下计算式计算。

$$\text{惯性比} = \frac{J_L}{J_0}$$

减速电动机时

$$\text{惯性比} = \frac{J_L}{J_0 \cdot i^2} \quad i: \text{减速比}$$

若步进电动机的惯性比大，则启动、停止时的过冲现象与回冲现象也变大，因而会影响启动、稳定时间。但是，控制器输出的脉冲信号，其加减速时的脉冲速度为阶梯状变化，剧烈加减速时段差会增大。因此，若惯性比较大可能导致无法运行。为使得选用的电动机运行更正确，请确认其惯性比在下表的参考值以下。

惯性比（参考值）

对象组合产品	安装尺寸[mm]	惯性比
αSTEP	20、28、42、60、85	30以下
2相5相 步进电动机	20、28、35	5以下
	42、50、56.4、60、85	10以下

若超过表中数值范围时，建议使用减速机。

●AC伺服电动机

①容许转动惯量

为进行稳定控制，AC伺服电动机规定了容许转动惯量。选用AC伺服电动机时，请注意勿使转动惯量超过这一容许值。

对象组合产品	容许转动惯量
NX 系列	转子转动惯量的50倍以下*

*自动增益调整时，可进行最多转子转动惯量50倍的运行；手动增益调整时，可进行最多100倍的运行。

②额定转矩

只要负载转矩 T_L 与AC伺服电动机的额定转矩之比为1.5~2以上就能够进行驱动。

$$\frac{\text{额定转矩}}{\text{负载转矩}} \geq 1.5 \sim 2$$

③瞬时最大转矩

请确认必要转矩小于AC伺服电动机的瞬时最大转矩。(此时，必要转矩的安全系数 S_t 的基准值为1.5~2。)

此外，请注意能够使用瞬时最大转矩的时间会根据电动机的不同而有所差异。

瞬时最大转矩和使用时间

对象组合产品	使用时间	瞬时最大转矩
NX 系列	约0.5秒以内	额定转矩的3倍时(额定转速时)

④有效负载转矩

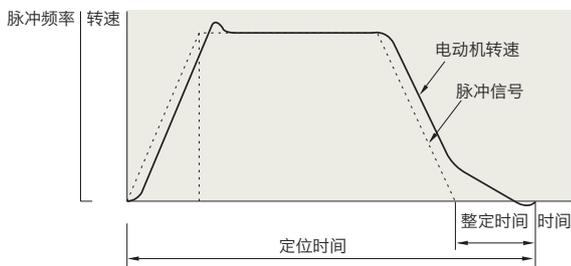
只要有效负载转矩与AC伺服电动机的额定转矩之比，即有效负载安全系数为1.5~2以上，就能够驱动。

$$\text{有效负载安全系数} = \frac{\text{额定转矩}}{\text{有效负载转矩}}$$

⑤整定时间

相对于使用脉冲信号的位置指令，AC伺服电动机的实际运行会存在延迟。这个延迟差称为整定时间。

因此，根据运行模式计算出的定位时间加上该整定时间即为实际的定位时间。



NX系列的出厂时整定时间为60~70ms。但，使用机械刚性设定开关更改增益参数后，整定时间会发生变化。

■选用示例

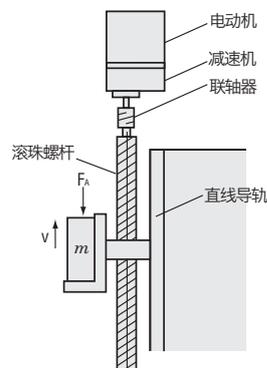
●滚珠螺杆机构

AC电动机时

(1) 驱动机构部的规格及运行条件

以下为在采用滚珠螺杆的工作台的上下驱动上使用带电磁制动电动机时的选用例。

须按下述要求规格来选用电动机。



- 工作台及工作物的总质量 $m = 45$ [kg]
- 工作台的移动速度 $V = 15 \pm 2$ [mm/s]
- 外力 $F_A = 0$ [N]
- 滚珠螺杆的倾斜角度 $\theta = 90$ [°]
- 滚珠螺杆的全长 $L_B = 800$ [mm]
- 滚珠螺杆的轴径 $D_B = 20$ [mm]
- 滚珠螺杆的导程 $P_B = 5$ [mm]
- 滚珠螺杆每转1圈的移动距离 $A = 5$ [mm]
- 滚珠螺杆的效率 $\eta = 0.9$
- 滚珠螺杆的材质 铁 (密度 $\rho = 7.9 \times 10^3$ [kg/m³])
- 预压螺母的内部摩擦系数 $\mu_0 = 0.3$
- 滑动面的摩擦系数 $\mu = 0.05$
- 电动机的电源 单相100V、60Hz
- 工作时间 1天间歇运行5小时
- 反复起动、停止
- 停止时需保持负载

(2) 确定减速机的减速比

$$\begin{aligned} \text{减速机输出轴转速 } N_G &= \frac{V \cdot 60}{A} = \frac{(15 \pm 2) \times 60}{5} \\ &= 180 \pm 24 \text{ [r/min]} \end{aligned}$$

带电磁制动电动机(4极型)在60Hz下额定转速为1450~1550[r/min]，请在此范围内选择减速机的减速比。

$$\text{减速机减速比 } i = \frac{1450 \sim 1550}{N_G} = \frac{1450 \sim 1550}{180 \pm 24} = 7.1 \sim 9.9$$

据此，选择减速比为 $i=9$ 。

(3) 必要转矩 T_M [N·m]的计算

$$\begin{aligned} \text{运行方向负载 } F &= F_A + m \cdot g(\sin \theta + \mu \cdot \cos \theta) \\ &= 0 + 45 \times 9.807(\sin 90^\circ + 0.05 \cos 90^\circ) \\ &= 441 \text{ [N]} \end{aligned}$$

$$\text{滚珠螺杆的预负载 } F_0 = \frac{F}{3} = 147 \text{ [N]}$$

$$\begin{aligned} \text{负载转矩 } T'_L &= \frac{F \cdot P_B}{2\pi \cdot \eta} + \frac{\mu_0 \cdot F_0 \cdot P_B}{2\pi} \\ &= \frac{441 \times 5 \times 10^{-3}}{2\pi \times 0.9} + \frac{0.3 \times 147 \times 5 \times 10^{-3}}{2\pi} \\ &= 0.426 \text{ [N·m]} \end{aligned}$$

考虑安全系数 $S_t=2$ 。

$$T_L = T'_L \cdot S_t = 0.426 \times 2 = 0.86 \text{ [N·m]}$$

选用计算

电动机

电动传动装置

风扇&散热管理

寿命

AC小型标准电动机

调速电动机

步进电动机

AC伺服电动机

减速机

电动传动装置

风扇&散热管理

以之前的计算结果(减速比*i*=9、负载转矩 $T_L=0.86$ [N·m])为条件,选择满足减速机容许转矩的减速机及带电磁制动电动机。在此请参照A-175页的“容许转矩”表,暂时选用电动机**4RK25JAM-9**。将其负载转矩换算为电动机输出轴的数值,求得必要转矩 T_M 。

$$T_M = \frac{T_L}{i \cdot \eta_G} = \frac{0.86}{9 \times 0.9} = 0.106 [\text{N}\cdot\text{m}] = 106 [\text{mN}\cdot\text{m}]$$

(减速机**4GV9B**的传动效率 $\eta_G = 0.9 \rightarrow$ A-13页)

之前选定的**4RK25JAM-9**的起动转矩为170 [mN·m],满足必要转矩106 [mN·m],因此该机构可以起动。

另外,确认停止时是否可通过电磁制动保持重力负载。在此,假定是与先前求得的负载转矩相等的负载进行运转。电动机输出轴保持负载的必要转矩 T'_M

$$T'_M = \frac{T_L}{i} = \frac{0.86}{9} = 0.0956 [\text{N}\cdot\text{m}] = 95.6 [\text{mN}\cdot\text{m}]$$

之前选定的**4RK25JAM-9**的电磁制动部分的静摩擦转矩为100 [mN·m],满足保持负载的必要转矩95.6 [mN·m]。

(4) 转动惯量 J [kg·m²] 的确认

滚珠螺杆的转动惯量

$$\begin{aligned} J_B &= \frac{\pi}{32} \cdot \rho \cdot L_B \cdot D_B^4 \\ &= \frac{\pi}{32} \times 7.9 \times 10^3 \times 800 \times 10^{-3} \times (20 \times 10^{-3})^4 \\ &= 0.993 \times 10^{-4} [\text{kg}\cdot\text{m}^2] \end{aligned}$$

工作台与工作物的转动惯量 $J_m = m \left(\frac{A}{2\pi}\right)^2$

$$\begin{aligned} &= 45 \left(\frac{5 \times 10^{-3}}{2\pi}\right)^2 \\ &= 0.286 \times 10^{-4} [\text{kg}\cdot\text{m}^2] \end{aligned}$$

求出减速机输出轴的转动惯量 J 。

$$\begin{aligned} J &= J_B + J_m = 0.993 + 0.286 \\ &= 1.28 \times 10^{-4} [\text{kg}\cdot\text{m}^2] \end{aligned}$$

此处减速比为9的减速机**4GV9B**的容许转动惯量 J_G ,请参照A-18页的**GV**减速机的容许转动惯量一览表,使用以下数值。

$$J_G = 25.1 \times 10^{-4} [\text{kg}\cdot\text{m}^2] \text{ (瞬时停止时)}$$

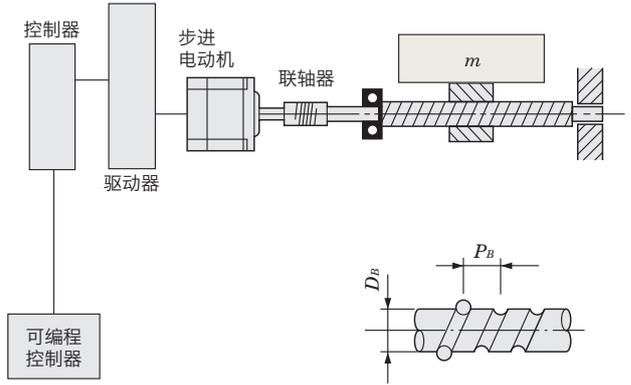
因 $J < J_G$,即转动惯量为容许值以下,故可以使用。转矩尚有余量,可通过空载时的转速(约1750r/min)确认移动速度。

$$V = \frac{N_M \cdot P_B}{60 \cdot i} = \frac{1750 \times 5}{60 \times 9} = 16.2 [\text{mm}/\text{s}] \quad N_M: \text{电动机转速}$$

以上确认结果均能满足规格要求。因此,选用电动机**4RK25JAM-9**。

步进电动机时

(1) 驱动机构部的规格及运行条件



工作台及工作物的总质量	$m=40$ [kg]
滑动面的摩擦系数	$\mu=0.05$
滚珠螺杆的效率	$\eta=0.9$
预压螺母的内部摩擦系数	$\mu_0=0.3$
滚珠螺杆的轴径	$D_B=15$ [mm]
滚珠螺杆的全长	$L_B=600$ [mm]
滚珠螺杆的材质	铁 (密度 $\rho = 7.9 \times 10^3$ [kg/m ³])
滚珠螺杆的导程	$P_B=15$ [mm]
要求分辨率	$\Delta l=0.03$ [mm/step]
(每1个脉冲的移动量)	
移动量	$l=180$ [mm]
定位时间	$t_0=0.8$ 秒以内
倾斜角度	$\theta=0$ [°]

(2) 必要分辨率 θ_s 的计算

$$\begin{aligned} \theta_s &= \frac{360^\circ \cdot \Delta l}{P_B} \\ &= \frac{360^\circ \times 0.03}{15} = 0.72^\circ \end{aligned}$$

可使用步进电动机组合产品**AZ**系列。
可更改、设定分辨率。
出厂时的分辨率0.36°/脉冲更改为0.72°/脉冲。

(3) 运行模式的制定 (参照I-5页的计算式)

① 工作脉冲数 A [脉冲] 的计算

$$\begin{aligned} A &= \frac{l}{P_B} \cdot \frac{360^\circ}{\theta_s} \\ &= \frac{180}{15} \times \frac{360^\circ}{0.72^\circ} = 6000 [\text{脉冲}] \end{aligned}$$

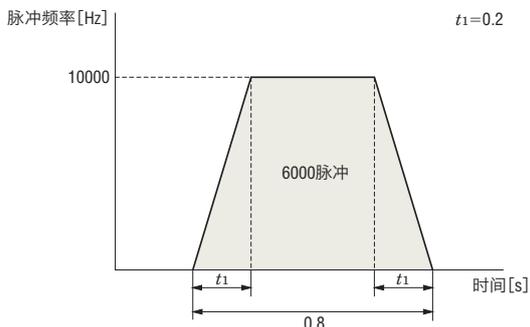
② 加减速时间 t_1 [s] 的确定

加减速时间以定位时间的25%为适。

$$t_1 = 0.8 \times 0.25 = 0.2 [\text{s}]$$

③ 运行脉冲频率 f_2 [Hz] 的计算

$$\begin{aligned} f_2 &= \frac{A - f_1 \cdot t_1}{t_0 - t_1} \\ &= \frac{6000 - 0}{0.8 - 0.2} = 10000 [\text{Hz}] \end{aligned}$$



④运行速度 N_M [r/min] 的计算

$$\begin{aligned}
 N_M &= \frac{\theta s}{360^\circ} f_2 \cdot 60 \\
 &= \frac{0.72^\circ}{360^\circ} \times 10000 \times 60 \\
 &= 1200 \text{ [r/min]}
 \end{aligned}$$

(4) 必要转矩 T_M [N·m] 的计算 (参照 I-5 页)

① 负载转矩 T_L [N·m] 的计算

$$\begin{aligned}
 \text{运行方向负载 } F &= F_A + m \cdot g(\sin \theta + \mu \cos \theta) \\
 &= 0 + 40 \times 9.807(\sin 0^\circ + 0.05 \cos 0^\circ) \\
 &= 19.6 \text{ [N]} \\
 \text{预负载 } F_0 &= \frac{F}{3} = \frac{19.6}{3} = 6.53 \text{ [N]} \\
 \text{负载转矩 } T_L &= \frac{F \cdot P_B}{2\pi \cdot \eta} + \frac{\mu_0 \cdot F_0 \cdot P_B}{2\pi} \\
 &= \frac{19.6 \times 15 \times 10^{-3}}{2\pi \times 0.9} + \frac{0.3 \times 6.53 \times 15 \times 10^{-3}}{2\pi} \\
 &= 0.0567 \text{ [N·m]}
 \end{aligned}$$

② 加速转矩 T_a [N·m] 的计算

②-1 转动惯量 J_L [kg·m²] 的计算
(参照 I-4 页的计算式)

滚珠螺杆的转动惯量

$$\begin{aligned}
 J_B &= \frac{\pi}{32} \cdot \rho \cdot L_B \cdot D_B^4 \\
 &= \frac{\pi}{32} \times 7.9 \times 10^3 \times 600 \times 10^{-3} \times (15 \times 10^{-3})^4 \\
 &= 0.236 \times 10^{-4} \text{ [kg·m}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{工作台与工作物的转动惯量 } J_T &= m \left(\frac{P_B}{2\pi} \right)^2 \\
 &= 40 \times \left(\frac{15 \times 10^{-3}}{2\pi} \right)^2 \\
 &= 2.28 \times 10^{-4} \text{ [kg·m}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{转动惯量 } J_L &= J_B + J_T \\
 &= 0.236 \times 10^{-4} + 2.28 \times 10^{-4} = 2.52 \times 10^{-4} \text{ [kg·m}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

②-2 加速转矩 T_a [N·m] 的计算

$$\begin{aligned}
 T_a &= \frac{(J_0 + J_L)}{9.55} \cdot \frac{N_M}{t_1} \\
 &= \frac{(J_0 + 2.52 \times 10^{-4})}{9.55} \times \frac{1200}{0.2} \\
 &= 628 J_0 + 0.158 \text{ [N·m]}
 \end{aligned}$$

通过脉冲速度计算其加速转矩时请参照如下所示。计算结果相同。

$$\begin{aligned}
 T_a &= (J_0 + J_L) \cdot \frac{\pi \cdot \theta s}{180^\circ} \cdot \frac{f_2 - f_1}{t_1} \\
 &= (J_0 + 2.52 \times 10^{-4}) \times \frac{\pi \times 0.72^\circ}{180^\circ} \times \frac{10000 - 0}{0.2} \\
 &= 628 J_0 + 0.158 \text{ [N·m]}
 \end{aligned}$$

③ 必要转矩 T_M [N·m] 的计算

安全系数设为 $S_f = 2$ 。

$$\begin{aligned}
 T_M &= (T_L + T_a) S_f \\
 &= \{0.0567 + (628 J_0 + 0.158)\} \times 2 \\
 &= 1256 J_0 + 0.429 \text{ [N·m]}
 \end{aligned}$$

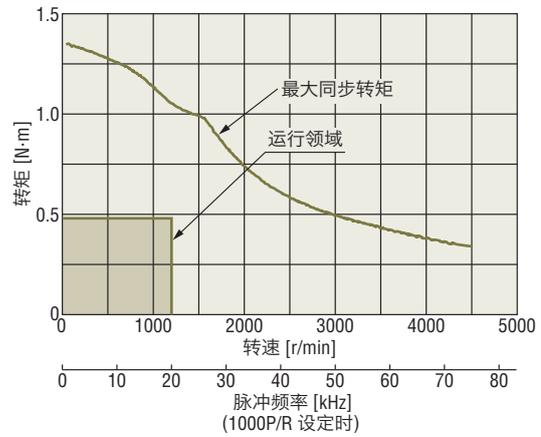
(5) 电动机的选用

① 暂时选用电动机

品名	转子转动惯量 [kg·m ²]	必要转矩 [N·m]
AZM66AC	370×10^{-7}	0.48

② 依据转速—转矩特性来确定电动机

AZM66AC



因运行速度与必要转矩表示的运行领域在转速—转矩特性的最大同步转矩以内，因此可使用。

(6) 惯性比的确认 (参照 I-6 页)

$$\frac{J_L}{J_0} = \frac{2.52 \times 10^{-4}}{370 \times 10^{-7}} \doteq 6.8$$

AZM66AC 的惯性比在 30 以下，因此若为 6.8，即判断可以运行。

选用计算

电动机

电动传动装置

风扇 & 散热管理

寿命

AC 小型标准电动机

调速电动机

步进电动机

AC 伺服电动机

减速机

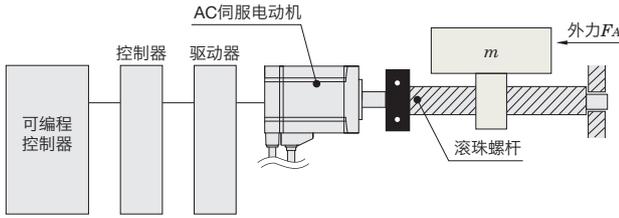
电动传动装置

风扇 & 散热管理

AC伺服电动机时

(1) 驱动机构部的规格及运行条件

如下图所示，为了驱动单轴的工作台，选用AC伺服电动机。



- 工作台的最高速度 $V_L=0.2$ [m/s]
- 分辨率 $\Delta l=0.02$ [mm]
- 电动机的电源 单相100V
- 工作台及工作物的总质量 $m=100$ [kg]
- 外力 $F_A=29.4$ [N]
- 滑动面的摩擦系数 $\mu=0.04$
- 滚珠螺杆的效率 $\eta=0.9$
- 预压螺母的内部摩擦系数 $\mu_0=0.3$
- 滚珠螺杆的轴径 $D_B=25$ [mm]
- 滚珠螺杆的全长 $L_B=1000$ [mm]
- 滚珠螺杆的导程 $P_B=10$ [mm]
- 滚珠螺杆的材质 铁 (密度 $\rho=7.9 \times 10^3$ [kg/m³])
- 运行周期 运行2.1秒停止0.4秒 (如此反复)
- 加减速时间 $t_1=t_3=0.1$ [s]

(2) 必要分辨率 θ 的计算

根据工作台驱动所需的分辨率计算电动机的分辨率。

$$\theta = \frac{360^\circ \cdot \Delta l}{P_B} = \frac{360^\circ \times 0.02}{10} = 0.72^\circ$$

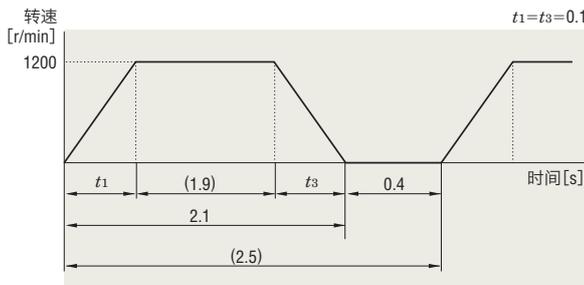
NX系列的分辨率 $\theta_M=0.36^\circ$ /脉冲 (出厂时设定) 满足此项规定。

(3) 运行模式的制定

根据下面的公式计算电动机转速 N_M 。

$$N_M = \frac{60 \cdot V_L}{P_B} = \frac{60 \times 0.2}{10 \times 10^{-3}} = 1200 \text{ [r/min]}$$

速度模式由该 N_M 和运行周期、加减速时间组成。



(4) 负载转矩 T_L [N·m] 的计算

$$\begin{aligned} \text{运行方向负载 } F &= F_A + m \cdot g (\sin \theta + \mu \cdot \cos \theta) \\ &= 29.4 + 100 \times 9.807 (\sin 0^\circ + 0.04 \cos 0^\circ) \\ &= 68.6 \text{ [N]} \end{aligned}$$

电动机轴换算的负载转矩

$$\begin{aligned} T_L &= \frac{F \cdot P_B}{2\pi \cdot \eta} + \frac{\mu_0 \cdot F_0 \cdot P_B}{2\pi} \\ &= \frac{68.6 \times 10 \times 10^{-3}}{2\pi \times 0.9} + \frac{0.3 \times 22.9 \times 10 \times 10^{-3}}{2\pi} \\ &\approx 0.13 \text{ [N·m]} \end{aligned}$$

这里假设滚珠螺杆的预负载为 $F_0 = \frac{1}{3} F$ 。

(5) 转动惯量 J_L [kg·m²] 的计算

滚珠螺杆的转动惯量

$$\begin{aligned} J_B &= \frac{\pi}{32} \cdot \rho \cdot L_B \cdot D_B^4 \\ &= \frac{\pi}{32} \times 7.9 \times 10^3 \times 1000 \times 10^{-3} \times (25 \times 10^{-3})^4 \\ &\approx 3.03 \times 10^{-4} \text{ [kg·m}^2\text{]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{工作台与工作物的转动惯量 } J_m &= m \left(\frac{P_B}{2\pi} \right)^2 \\ &= 100 \times \left(\frac{10 \times 10^{-3}}{2\pi} \right)^2 \\ &\approx 2.53 \times 10^{-4} \text{ [kg·m}^2\text{]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{转动惯量 } J_L &= J_B + J_m \\ &= 3.03 \times 10^{-4} + 2.53 \times 10^{-4} = 5.56 \times 10^{-4} \text{ [kg·m}^2\text{]} \end{aligned}$$

(6) 暂时选用AC伺服电动机

安全系数设为 $S_f=1.5$ 。

$$\begin{aligned} \text{负载转矩 } T_L &= S_f \cdot T_L \\ &= 1.5 \times 0.13 = 0.195 \text{ [N·m]} \end{aligned}$$

$$\text{转动惯量 } J_L = 5.56 \times 10^{-4} \text{ [kg·m}^2\text{]}$$

据此，选用转速为1200 [r/min]、输出0.195 [N·m] 以上额定转矩、容许转动惯量 5.56×10^{-4} [kg·m²] 以上的AC伺服电动机。

→ **NX620AA**-◇

- 额定转速 $N=3000$ [r/min]
- 额定转矩 $T_M=0.637$ [N·m]
- 转子转动惯量 $J_0=0.162 \times 10^{-4}$ [kg·m²]
- 容许转动惯量 $J=8.1 \times 10^{-4}$ [kg·m²]
- 瞬时最大转矩 $T_{MAX}=1.91$ [N·m]
- 为适。

(7) 加速转矩 T_a [N·m]、减速转矩 T_d [N·m] 的计算

使用下面的公式计算加减速转矩。

$$\begin{aligned} T_a (= T_d) &= \frac{(J_L + J_0) N_M}{9.55 t_t} \\ &= \frac{(5.56 \times 10^{-4} + 0.162 \times 10^{-4}) \times 1200}{9.55 \times 0.1} \approx 0.72 \text{ [N·m]} \end{aligned}$$

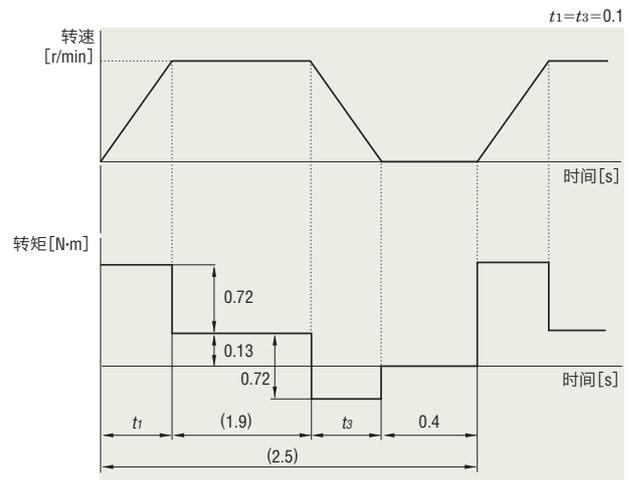
(8) 必要转矩 T [N·m] 的计算

$$\begin{aligned} T &= T_a + T_L \\ &= 0.72 + 0.13 = 0.85 \text{ [N·m]} \end{aligned}$$

该必要转矩小于**NX620AA**-◇的瞬时最大转矩1.91 [N·m]，因此，可使用**NX620AA**-◇。

(9) 转矩模式的制定

使用运行周期、加减速转矩、负载转矩、加速时间制定转矩模式。



(10) 有效负载转矩 T_{rms} [N·m] 的计算

利用转矩模式和下面的公式计算有效负载转矩 T_{rms} 。

$$T_{rms} = \sqrt{\frac{(T_a + T_L)^2 \cdot t_1 + T_L^2 \cdot t_2 + (T_a - T_L)^2 \cdot t_3}{t_f}}$$

$$= \sqrt{\frac{(0.72 + 0.13)^2 \times 0.1 + 0.13^2 \times 1.9 + (0.72 - 0.13)^2 \times 0.1}{2.5}}$$

$$\approx 0.24 [\text{N}\cdot\text{m}]$$

这里，根据运行周期， $t_1 + t_2 + t_3 = 2.1$ [s]、加速时间·减速度时间 $t_1 = t_3 = 0.1$ ，因此， $t_2 = 2.1 - 0.1 \times 2 = 1.9$ [s]

该 T_{rms} 与 AC 伺服电动机的额定转矩 T_M 之比 (有效负载安全系数) 使用下面的公式。

$$\frac{T_M}{T_{rms}} = \frac{0.637}{0.24} = 2.65$$

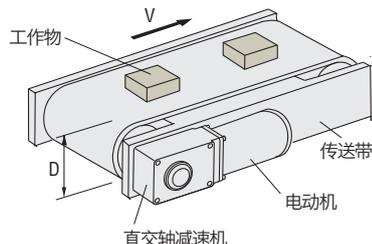
此有效负载安全系数一般在 1.5~2 以上即可运行。

● 滑轮机构

AC 电动机 (直交轴减速电动机中空轴型) 时

(1) 驱动机构部的规格及运行条件

此为在传送带驱动上使用感应电动机时的选用例。须按下述要求规格来选用电动机。



- 皮带及工作物的总质量 $m_1 = 25$ [kg]
- 外力 $F_A = 0$ [N]
- 滑动面的摩擦系数 $\mu = 0.3$
- 滚筒直径 $D = 90$ [mm]
- 滚筒质量 $m_2 = 1$ [kg]
- 皮带及滚筒的效率 $\eta = 0.9$
- 皮带的速度 $V = 130$ [mm/s] $\pm 10\%$
- 电动机的电源 三相 220V、50Hz
- 工作时间 1 日运行 8 小时

(2) 确定减速机的减速比

$$\text{减速机输出轴转速 } N_G = \frac{V \cdot 60}{\pi \cdot D} = \frac{(130 \pm 13) \times 60}{\pi \times 90}$$

$$= 27.6 \pm 2.7 [\text{r}/\text{min}]$$

感应电动机 (4 极型) 在 50Hz 下额定转速为 1200~1300 [r/min]，请在此范围内选择减速机的减速比。

$$\text{减速机减速比 } i = \frac{1200 \sim 1300}{N_G} = \frac{1200 \sim 1300}{27.6 \pm 2.7} = 39.6 \sim 52.2$$

据此，选择减速比为 $i = 50$ 。

(3) 必要转矩 T_M [N·m] 的计算

$$\text{滑动面摩擦力 } F = F_A + m \cdot g (\sin \theta + \mu \cdot \cos \theta)$$

$$= 0 + 25 \times 9.807 (\sin 0^\circ + 0.3 \cos 0^\circ)$$

$$= 73.6 [\text{N}]$$

$$\text{负载转矩 } T'_L = \frac{F \cdot D}{2 \cdot \eta} = \frac{73.6 \times 90 \times 10^{-3}}{2 \times 0.9} = 3.68 [\text{N}\cdot\text{m}]$$

考虑安全系数 $S_f = 2$ 。

$$T_L = T'_L \cdot S_f = 3.68 \times 2 = 7.36 [\text{N}\cdot\text{m}]$$

以之前的计算结果 (减速比 $i = 25$ 、负载转矩 $T_L = 7.36$ [N·m]) 为条件，选择满足额定转矩的电动机。

在此请参照 2019-2020 综合目录 01-98 的规格表，暂时选用电动机 **SIK100VKEST-5H50S**。

选用计算

电动机

电动
传动装置

风扇 &
散热管理

寿命

AC 小型
标准电动机

调速
电动机

步进
电动机

AC 伺服
电动机

减速机

电动
传动装置

风扇 &
散热管理

(4) 转动惯量 J [kg·m²] 的确认

$$\begin{aligned}
 \text{皮带与工作物的转动惯量 } J_{m1} &= m_1 \left(\frac{\pi \cdot D}{2\pi} \right)^2 \\
 &= 25 \times \left(\frac{\pi \times 90 \times 10^{-3}}{2\pi} \right)^2 \\
 &= 507 \times 10^{-4} [\text{kg} \cdot \text{m}^2] \\
 \text{滚筒的转动惯量 } J_{m2} &= \frac{1}{8} \cdot m_2 \cdot D^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 1 \times (90 \times 10^{-3})^2 \\
 &= 10.2 \times 10^{-4} [\text{kg} \cdot \text{m}^2]
 \end{aligned}$$

求出减速机输出轴的转动惯量 J 。
考虑有两个滚筒 (J_{m2})。

$$\begin{aligned}
 J &= J_{m1} + 2J_{m2} \\
 &= 507 \times 10^{-4} + 10.2 \times 10^{-4} \times 2 \\
 &= 528 \times 10^{-4} [\text{kg} \cdot \text{m}^2]
 \end{aligned}$$

此处 **5IK100VKEST-5H50S** 的容许转动惯量 J_G ，请参照2019-2020综合目录01-114的规格表，使用以下数值。

$$J_G = 2750 \times 10^{-4} [\text{kg} \cdot \text{m}^2] \text{ (瞬时停止时)}$$

因 $J < J_G$ ，即转动惯量为容许值以下，故可以使用。由于所选用的电动机额定转矩为20.6 [N·m]，比实际负载转矩大，因此电动机能以比额定转速更快的转速运行。
再依据空载时的转速(约1470r/min)来计算皮带速度，确认所选用产品是否符合规格要求。

$$V = \frac{N_M \cdot \pi \cdot D}{60 \cdot i} = \frac{1470 \times \pi \times 90}{60 \times 50} = 138.5 [\text{mm/s}] \quad N_M: \text{电动机转速}$$

以上确认结果均能满足规格要求。
因此，选用电动机 **5IK100VKEST-5H50S**。

超低速同步电动机 **SMK** 系列时

(1) 驱动机构部的规格及运行条件
图1的皮带驱动工作台按图2所示运行模式驱动时，请选用 **SMK237A-A** 可驱动工作物的质量。

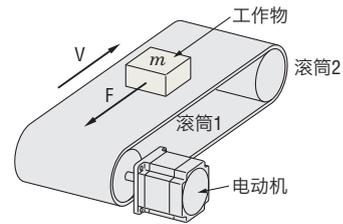


图1 皮带驱动示例

皮带及工作物的总质量	$m_1 = 1$ [kg]
滚筒直径	$D = 30$ [mm]
滚筒质量	$m_2 = 0.1$ [kg]
滑动面的摩擦系数	$\mu = 0.04$
皮带及滑轮的效率	$\eta = 0.9$
电源频率	50Hz (转速60r/min)

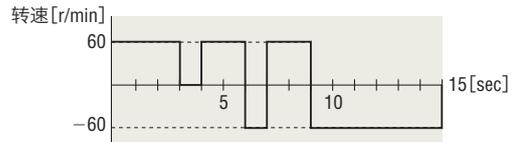


图2 运行模式

由于超低速同步电动机与2相步进电动机基本原理相同，因此可用与后者相同的方法计算转矩。

(2) 皮带的速度 V [mm/s]

请确认皮带(工作物)的速度。

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{60} = \frac{\pi \times 30 \times 60}{60} = 94 [\text{mm/s}]$$

(3) 负载转矩 T_L [N·m] 的计算

$$\begin{aligned}
 \text{滑动面摩擦力 } F &= FA + m_1 \cdot g (\sin \theta + \mu \cdot \cos \theta) \\
 &= 0 + 1 \times 9.807 (\sin 0^\circ + 0.04 \cos 0^\circ) \\
 &= 0.392 [\text{N}]
 \end{aligned}$$

$$\text{负载转矩 } T_L = \frac{F \cdot D}{2 \cdot \eta} = \frac{0.392 \times 30 \times 10^{-3}}{2 \times 0.9} = 6.53 \times 10^{-3} [\text{N} \cdot \text{m}]$$

(4) 转动惯量 J_L [kg·m²] 的计算

$$\begin{aligned}
 \text{皮带与工作物的转动惯量 } J_{m1} &= m_1 \left(\frac{\pi \cdot D}{2\pi} \right)^2 \\
 &= 1 \times \left(\frac{\pi \times 30 \times 10^{-3}}{2\pi} \right)^2 \\
 &= 2.25 \times 10^{-4} [\text{kg} \cdot \text{m}^2]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{滚筒的转动惯量 } J_{m2} &= \frac{1}{8} m_2 \cdot D^2 \\
 &= \frac{1}{8} \times 0.1 \times (30 \times 10^{-3})^2 \\
 &= 0.113 \times 10^{-4} [\text{kg} \cdot \text{m}^2]
 \end{aligned}$$

求得转动惯量 J_L 。
考虑有两个滚筒 (J_{m2})。

$$J_L = J_{m1} + 2J_{m2} = 2.25 \times 10^{-4} + 0.113 \times 10^{-4} \times 2 = 2.48 \times 10^{-4} [\text{kg} \cdot \text{m}^2]$$

(5) 加速转矩 T_a [N·m] 的计算

求出自启动加速转矩。

$$\begin{aligned}
 T_a &= (J_0 + J_L) \cdot \frac{\pi \cdot \theta_s}{180^\circ \cdot n} \cdot f^2 = (J_0 + 2.48 \times 10^{-4}) \times \frac{\pi \times 7.2}{180 \times 0.5} \times 50^2 \\
 &= 628 J_0 + 0.156 [\text{N} \cdot \text{m}]
 \end{aligned}$$

$$\theta_s = 7.2^\circ, f = 50\text{Hz}, n = 3.6^\circ/\theta_s = 0.5$$

J_0 : 转子转动惯量

(6) 必要转矩 T_M [N·m] 的计算 (安全系数设为 $S_f=2$)

$$\begin{aligned} \text{必要运行转矩 } T_M &= (T_L + T_a) S_f \\ &= (6.53 \times 10^{-3} + 628 J_0 + 0.156) \times 2 \\ &= 1256 J_0 + 0.325 \text{ [N·m]} \end{aligned}$$

(7) 电动机的选用

选用满足必要运行转矩和容许转动惯量两方面要求的电动机。

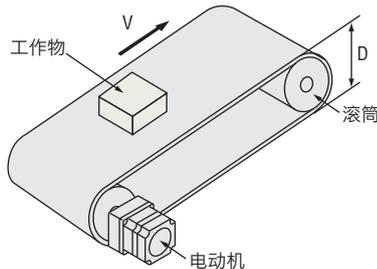
品名	转子转动惯量 [kg·m ²]	容许转动惯量 [kg·m ²]	输出转矩 [N·m]
SMK237A-A	0.3×10^{-4}	2.5×10^{-4}	0.37

代入转子转动惯量求出必要转矩为 $T_M=0.362$ [N·m], 即可得知小于输出转矩的值。之后, 确认容许转动惯量。(4) 中求得的转动惯量在容许转动惯量以下, 因此可使用 **SMK237A-A**。

无刷电动机时

(1) 驱动机构部的规格及运行条件

如下图所示, 为了驱动传送带, 选用无刷电动机。



- 皮带的速度 $V_L=0.05\sim 1$ [m/s]
- 电动机的电源 单相100V
- 传送带驱动
- 滚筒直径 $D=0.1$ [m]
- 滚筒质量 $m_2=1$ [kg]
- 皮带及工作物的总质量 $m_1=7$ [kg]
- 外力 $F_A=0$ [N]
- 滑动面的摩擦系数 $\mu=0.3$
- 皮带及滚筒的效率 $\eta=0.9$

(2) 计算所使用的转速范围

$$N_G = \frac{60 \cdot V_L}{\pi \cdot D} \quad N_G: \text{减速机轴转速}$$

根据皮带速度求出滚筒的转速。

$$\begin{aligned} 0.05 \text{ [m/s]} \dots \frac{60 \times 0.05}{\pi \times 0.1} &= 9.55 \text{ [r/min]} \text{ (最低转速)} \\ 1 \text{ [m/s]} \dots \frac{60 \times 1}{\pi \times 0.1} &= 191 \text{ [r/min]} \text{ (最高转速)} \end{aligned}$$

减速机的减速比请参照B-132页的输出轴转速表, 选择速度范围为5.3~200的[15], 以使最低转速与最高转速均在速度范围之内。

(3) 转动惯量 J_G [kg·m²] 的计算

$$\begin{aligned} \text{皮带与工作物的转动惯量 } J_{m1} &= m_1 \left(\frac{\pi \cdot D}{2\pi} \right)^2 \\ &= 7 \times \left(\frac{\pi \times 0.1}{2\pi} \right)^2 \\ &= 175 \times 10^{-4} \text{ [kg·m}^2\text{]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{滚筒的转动惯量 } J_{m2} &= \frac{1}{8} \cdot m_2 \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 1 \times 0.1^2 = 12.5 \times 10^{-4} \text{ [kg·m}^2\text{]} \end{aligned}$$

求得转动惯量 J_G 。

考虑有两个滚筒 (J_{m2})。

$$J_G = J_{m1} + 2J_{m2} = 175 \times 10^{-4} + 12.5 \times 10^{-4} \times 2 = 200 \times 10^{-4} \text{ [kg·m}^2\text{]}$$

依据B-132页的规格, 输出功率120W、减速比15的容许转动惯量为 225×10^{-4} [kg·m²]。

(4) 负载转矩 T_L [N·m] 的计算

$$\begin{aligned} \text{滑动面摩擦力 } F &= F_A + m \cdot g(\sin \theta + \mu \cdot \cos \theta) \\ &= 0 + 7 \times 9.807(\sin 0^\circ + 0.3 \times \cos 0^\circ) = 20.6 \text{ [N]} \end{aligned}$$

$$\text{负载转矩 } T_L = \frac{F \cdot D}{2 \cdot \eta} = \frac{20.6 \times 0.1}{2 \times 0.9} = 1.15 \text{ [N·m]}$$

参照B-132页的容许转矩表, 选用输出功率120W、减速比15的无刷电动机。

容许转矩为5.2 [N·m], 因此, 安全系数为 $T_M / T_L = 5.2 / 1.15 \doteq 4.5$ 。

此安全系数一般在1.5~2以上即可运行。

选用计算

电动机

电动
传动装置

风扇&
散热管理

寿命

AC 小型
标准电动机

调速
电动机

步进
电动机

AC 伺服
电动机

减速机

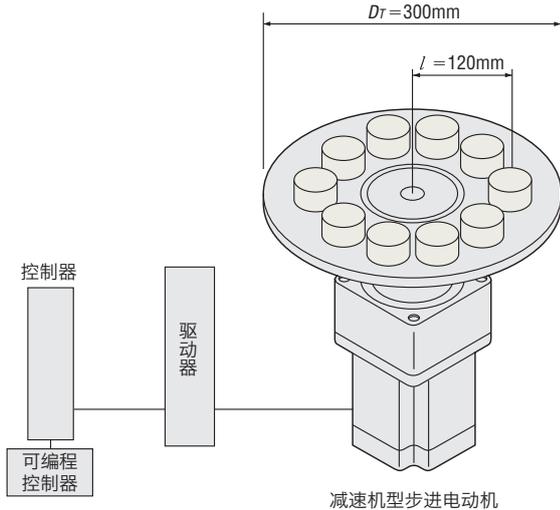
电动
传动装置

风扇&
散热管理

●分度盘机构

(1) 驱动机构部的规格及运行条件

分度盘之类的大惯性驱动，以使用减速机型步进电动机为宜。



- 工作台的直径 $D_T=300$ [mm]
- 工作台的厚度 $L_T=5$ [mm]
- 工作台的材质 铝 (密度 $\rho = 2.8 \times 10^3$ [kg/m³])
- 工作物直径 $D_W=40$ [mm]
- 工作物厚度 $L_W=30$ [mm]
- 工作物的数量 10个 (间隔36°配置)
- 工作物的材质 铝 (密度 $\rho = 2.8 \times 10^3$ [kg/m³])
- 由工作台中心至工作物中心的距离 $l=120$ [mm]
- 定位角度 $\theta=36^\circ$
- 定位时间 $t_0=0.25$ 秒

可使用RKII系列PS减速机型(减速比10、分辨率/脉冲=0.072°)。
 PS减速机型可以在最大转矩范围使用惯性驱动的起动停止转矩。
 减速比 $i=10$
 分辨率/脉冲 $\theta_s=0.072^\circ$

(2) 运行模式的确定 (参照I-5页的计算式)

①工作脉冲数A [脉冲] 的计算

$$A = \frac{\theta}{\theta_s} = \frac{36^\circ}{0.072^\circ} = 500 \text{ [脉冲]}$$

②加减速时间 t_1 [s] 的确定

加减速时间以定位时间的25%为适，但此处

设为 $t_1=0.1$ [s]。

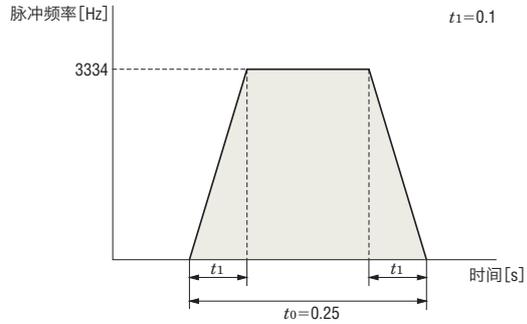
③运行脉冲频率 f_2 [Hz] 的计算

$$f_2 = \frac{A}{t_0 - t_1} = \frac{500}{0.25 - 0.1} \approx 3334 \text{ [Hz]}$$

④运行速度 N_M [r/min] 的计算

$$N_M = \frac{\theta_s}{360^\circ} \cdot f_2 \cdot 60 = \frac{0.072^\circ}{360^\circ} \times 3334 \times 60 \approx 40 \text{ [r/min]}$$

PS减速机减速比为10时，速度范围为0~300 [r/min]。



(3) 必要转矩 T_M [N·m] 的计算 (参照I-5页)

①负载转矩 T_L [N·m] 的计算

因摩擦负载极小故可省略，负载转矩可考虑为0。

$$T_L = 0 \text{ [N·m]}$$

②加速转矩 T_a [N·m] 的计算

②-1转动惯量 J_L [kg·m²] 的计算

(参照I-4页的计算式)

$$\begin{aligned} \text{工作台的转动惯量 } J_T &= \frac{\pi}{32} \rho \cdot L_T \cdot D_T^4 \\ &= \frac{\pi}{32} \times 2.8 \times 10^3 \times (5 \times 10^{-3}) \times (300 \times 10^{-3})^4 \\ &= 1.11 \times 10^{-2} \text{ [kg·m}^2\text{]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{工作物的转动惯量 } J_{W1} &= \frac{\pi}{32} \rho \cdot L_W \cdot D_W^4 \\ \text{(工作物中心轴旋转)} \\ &= \frac{\pi}{32} \times 2.8 \times 10^3 \times (30 \times 10^{-3}) \times (40 \times 10^{-3})^4 \\ &= 0.211 \times 10^{-4} \text{ [kg·m}^2\text{]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{工作物质量 } m_w &= \frac{\pi}{4} \rho \cdot L_W \cdot D_W^2 \\ &= \frac{\pi}{4} \times 2.8 \times 10^3 \times (30 \times 10^{-3}) \times (40 \times 10^{-3})^2 \\ &= 0.106 \text{ [kg]} \end{aligned}$$

旋转中心的工作物的转动惯量 J_W [kg·m²] 可以依据工作物中心与工作台旋转中心的距离 l [mm]、工作物质量 m_w [kg]、工作物中心轴旋转的工作物转动惯量 J_{W1} [kg·m²] 求得。

工作物个数 $n=10$ [个]，

$$\begin{aligned} \text{工作物的转动惯量 } J_W &= n(J_{W1} + m_w \cdot l^2) \\ \text{(工作台的旋转中心旋转)} \\ &= 10 \times \{(0.211 \times 10^{-4}) + 0.106 \times (120 \times 10^{-3})^2\} \\ &= 1.55 \times 10^{-2} \text{ [kg·m}^2\text{]} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{转动惯量 } J_L &= J_T + J_W \\ &= (1.11 + 1.55) \times 10^{-2} \\ &= 2.66 \times 10^{-2} \text{ [kg·m}^2\text{]} \end{aligned}$$

②-2加速转矩 T_a [N·m]的计算
求出减速机输出轴的加速转矩。

$$T_a = \frac{(J_0 \cdot i^2 + J_L) \cdot \frac{N_M}{t_1}}{9.55} = \frac{(J_0 \times 10^2 + 2.66 \times 10^{-2}) \cdot 40}{9.55} \cdot 0.1 = 4.19 \times 10^3 J_0 + 1.11 [\text{N}\cdot\text{m}]$$

通过脉冲速度计算其加速转矩时，请参照如下所示。计算结果相同。

$$T_a = (J_0 \cdot i^2 + J_L) \frac{\pi \cdot \theta_s}{180^\circ} \cdot \frac{f_2 - f_1}{t_1} = (J_0 \times 10^2 + 2.66 \times 10^{-2}) \times \frac{\pi \times 0.072^\circ}{180^\circ} \times \frac{3334 - 0}{0.1} = 4.19 \times 10^3 J_0 + 1.11 [\text{N}\cdot\text{m}]$$

③必要转矩 T_M [N·m]的计算
以安全系数 $S_f=2$ 计算。

$$T_M = (T_L + T_a) S_f = \{0 + (4.19 \times 10^3 J_0 + 1.11)\} \times 2 = 8.38 \times 10^3 J_0 + 2.22 [\text{N}\cdot\text{m}]$$

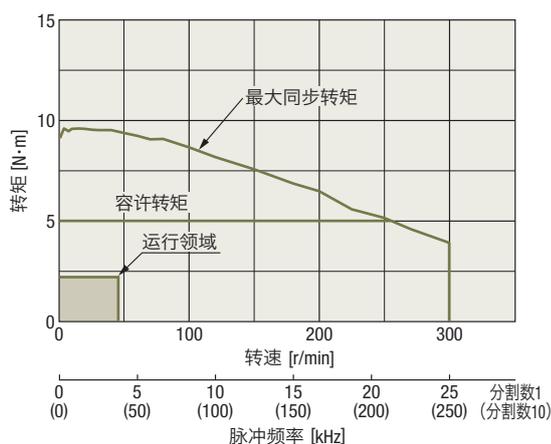
(4) 电动机的选用

①暂时选用电动机

品名	转子转动惯量 [kg·m ²]	必要转矩 [N·m]
PKE566AC-PS10	270×10^{-7}	2.45

②依据转速—转矩特性来确定电动机

PKE566AC-PS10 (搭配**RKSD507-AD**驱动器)



使用**PS**减速机型可以在最大转矩范围使用惯性负载起动/停止时的加速转矩。

因运行速度与必要转矩表示的运行领域在转速—转矩特性的最大同步转矩以内，因此可使用。

为使选用结果更加正确，可确认惯性比和加减速常数。

(5) 惯性比的确认 (参照I-6页)

PKE566AC-PS10的减速比为10，可参照如下计算惯性比。

$$\frac{J_L}{J_0 \cdot i^2} = \frac{2.66 \times 10^{-2}}{270 \times 10^{-7} \times 10^2} \approx 9.85$$

PKE566AC-PS10与**PKE566AC**一致。其惯性比在10以下，因此若为9.85，即判断可以运行。

(6) 加减速常数的确认 (参照I-5页)

加减速常数 T_R 的单位为 [ms/kHz]，计算时需注意。

$$T_R = \frac{t_1}{f_2 - f_1} = \frac{0.1 [\text{s}]}{3334 [\text{Hz}] - 0 [\text{Hz}]} = \frac{100 [\text{ms}]}{3.334 [\text{kHz}] - 0 [\text{kHz}]} \approx 30 [\text{ms}/\text{kHz}]$$

PKE566AC-PS10相当于**PKE566AC**，其加减速常数为20 [ms/kHz] 以上，因此若为30 [ms/kHz]，即判断可以运行。

选用计算

电动机

电动传动装置

风扇 & 散热管理

寿命

AC 小型标准电动机

调速电动机

步进电动机

AC 伺服电动机

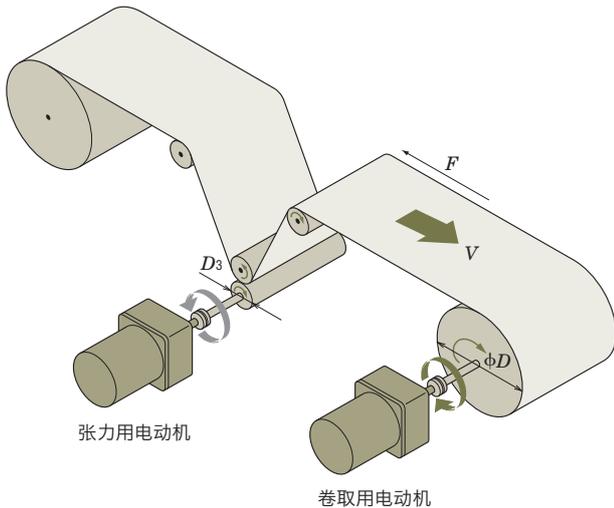
减速机

电动传动装置

风扇 & 散热管理

●卷取机构

此为在卷取装置上使用力矩电动机时的选用例。



(1) 驱动机构部的规格及运行条件

卷取用滚筒直径 ϕD

- 开始卷取时直径..... $D_1=15$ [mm] = 0.015 [m]
- 卷取结束时直径..... $D_2=30$ [mm] = 0.03 [m]
- 张力用滚筒直径..... $D_3=20$ [mm] = 0.02 [m]
- 卷取速度..... $V=47$ [m/min] (恒定)
- 张力..... $F=4$ [N] (恒定)
- 电源..... 单相100V、50Hz
- 运行时间..... 连续

(2) 卷取用电机的选用

卷取用电动机一般需具备以下条件。

- 一定的卷取速度
- 有一定的张力，防止材料松弛。

为了满足此条件，必须按以下的要点选择电动机。

- 卷取开始到结束期间，由于卷取直径会发生变化，为保持卷取速度恒定，需要电动机根据卷取直径调整转速。
 - 在张力恒定时，卷取开始到结束期间，由于电动机的必要转矩会发生变化，因此需要电动机根据卷取直径调整转矩。
- 力矩电动机具有满足以上条件的特性。

①必要转速的计算

求得开始卷取时的必要转速 N_1 。

$$N_1 = \frac{V}{\pi \cdot D_1} = \frac{47}{\pi \times 0.015} = 997.9 \text{ [r/min]} \approx 1000 \text{ [r/min]}$$

求得卷取结束时的必要转速 N_2 。

$$N_2 = \frac{V}{\pi \cdot D_2} = \frac{47}{\pi \times 0.03} = 498.9 \text{ [r/min]} \approx 500 \text{ [r/min]}$$

②必要转矩的计算

求得开始卷取时的必要转矩 T_1 。

$$T_1 = \frac{F \cdot D_1}{2} = \frac{4 \times 0.015}{2} = 0.03 \text{ [N}\cdot\text{m]}$$

求得卷取结束时的必要转矩 T_2 。

$$T_2 = \frac{F \cdot D_2}{2} = \frac{4 \times 0.03}{2} = 0.06 \text{ [N}\cdot\text{m]}$$

以下为卷取用电机的必要条件。

开始卷取：

转速 $N_1 = 1000$ [r/min]、转矩 $T_1 = 0.03$ [N·m]

卷取结束：

转速 $N_2 = 500$ [r/min]、转矩 $T_2 = 0.06$ [N·m]

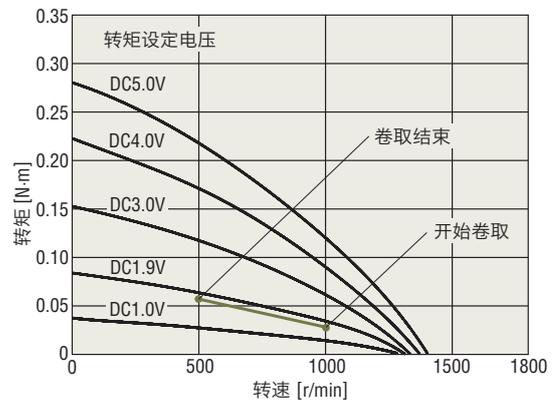
③电动机的选用

转速—转矩特性的确认

从力矩电动机组合产品**TM**系列中选择满足以上必要条件的电动机。**TM410A-AJ**的转速—转矩特性图为例，对照一下必要条件，则可发现与转矩设定电压设定为DC1.9V时的特性大致相同。

转速—转矩特性

TM410A-AJ (100V 50Hz)



运行时间的确认

使用**TM410A-AJ**时，转矩设定电压设定为DC5.0V时为5分钟额定，设定为DC1.9V时为连续额定。本选型示例因转矩设定电压为DC1.9V以下，所以可连续运行。

【请注意】

●作为卷取用连续运行时，请在力矩电动机的使用额定适用于连续运行的条件下使用。

(3) 张力用电机的选用

进行卷取时，由于没有张力的材料会发生松弛等情况，因此不能整齐的卷取。因力矩电动机有反向制动特性，可作为张力用电动机使用。I-16页所示的卷取装置中，用以下方法选用张力用电动机。

① 必要转速 N_3 的计算

$$N_3 = \frac{V}{\pi \cdot D_3} = \frac{47}{\pi \times 0.02} = 748.4 \text{ [r/min]} \doteq 750 \text{ [r/min]}$$

② 必要转矩 T_3 的计算

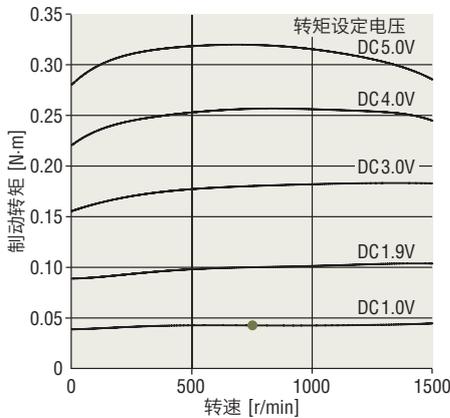
$$T_3 = \frac{F \cdot D_3}{2} = \frac{4 \times 0.02}{2} = 0.04 \text{ [N}\cdot\text{m]}$$

③ 电动机的选用

从力矩电动机组合产品**TM**系列中选择满足以上必要条件的电动机。以**TM410A-AJ**的反向制动时转速—制动转矩特性图*为例，对照一下必要条件，则可发现与转矩设定电压设定为DC1.0V时的特性大致相同。

反向制动时转速—制动转矩特性

TM410A-AJ (100V 50Hz)



请注意

● 作为制动用连续运行时，根据使用的转速、转矩设定电压，温度上升会发生变化。请将电动机外壳温度保持在90°C以下。

确认以上内容后，确定卷取用电动机与张力用电动机都可使用**TM410A-AJ**。

*各产品的转速—制动转矩特性，请洽询本公司客户咨询中心。

选用计算

电动机

电动
传动装置

风扇 &
散热管理

寿命

AC 小型
标准电动机

调速
电动机

步进
电动机

AC 伺服
电动机

减速机

电动
传动装置

风扇 &
散热管理

选用计算

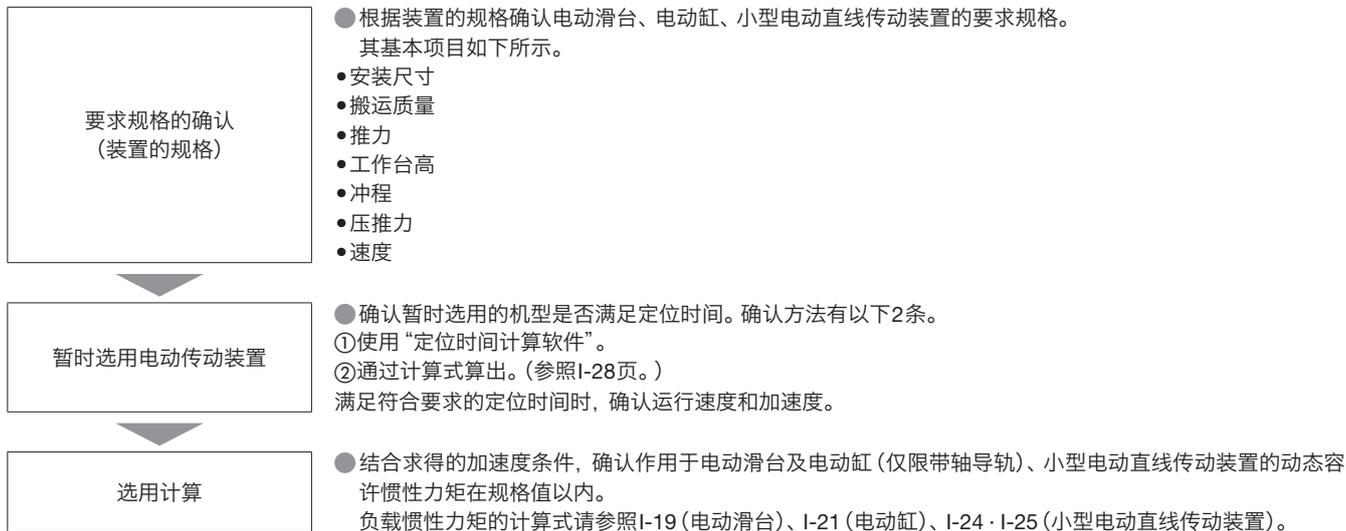
电动传动装置时

电动滑台·电动缸·小型电动直线传动装置

请在确定需要使用的系列后，选用机型。
以如下流程图为准选用使用的传动装置。

选用顺序

这里说明步骤的概述。



选用服务导引

可下载使用简单的选型软件及由专人负责的最佳产品选用服务(免费)。

下载选型软件

备有专用软件，只需输入机构及运行条件的数值，就能够简单选用电动滑台。可从官方网站下载。不仅是单轴，还可在双轴安装方法中选型及显示最短定位时间。选用电动滑台时请务必使用。
http://www.orientalmotor.co.jp/sizing/sizing_service/software_lm_slide/

委托选型

● 互联网

可通过官方网站的选型表，轻松委托我们帮您选用传动装置。
<https://www.orientalmotor.com.cn/sizingservice/>

可从官方网站下载选型表。

<https://www.orientalmotor.com.cn/sizingservice/>

● FAX

相关资料中刊载了选型表。

请在此处填写好必要事项后，发送到客户咨询中心。

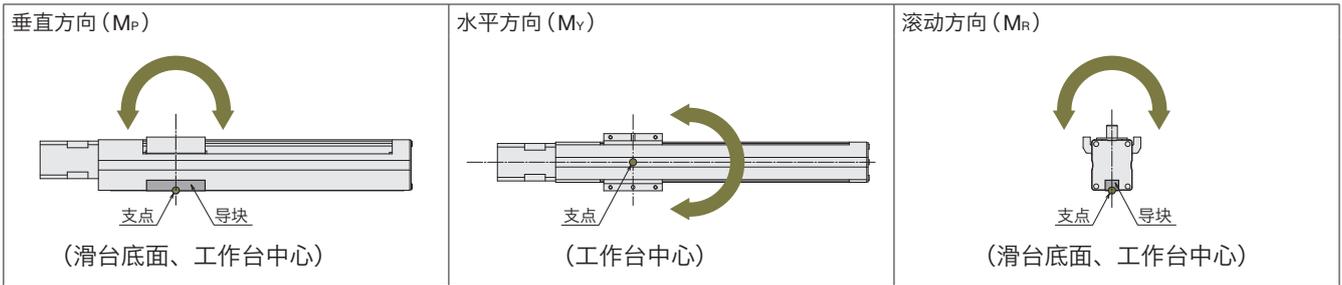
定位时间计算工具指南

选择电动滑台、电动缸、小型电动直线传动装置的各系列与型号，只需简单输入，就能够计算出基准定位时间的工具。可从官方网站下载。

■ 计算电动滑台的负载惯性力矩

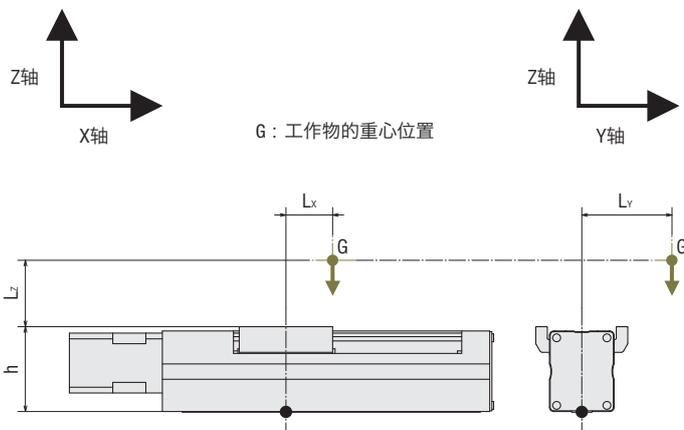
● 负载惯性力矩

在用电动滑台搬运工作物时，以工作台中心（支点）为原点，若工作物的重心位置偏置，负载惯性力矩会对直线导轨发生作用。根据偏置位置，作用方向分别向垂直方向（ M_P ）、水平方向（ M_Y ）和滚动方向（ M_R ）作用。



选用的电动滑台即使满足搬运质量、定位时间的条件，但如果工作物的重心位置超出工作台中心（支点），就会因为负载惯性力矩而缩短其运行寿命。因此有必要计算负载惯性力矩，并确认其是否在规格值范围内。请确认静止状态时作用的惯性力矩为静态容许惯性力矩，工作中作用的惯性力矩为动态容许惯性力矩。

从工作物、负载的施力点求出施加给电动滑台的负载惯性力矩，确认并未超过静态容许惯性力矩和动态容许惯性力矩，并且强度也足够。



- m : 工作物的质量 (kg)
- g : 重力加速度 9.807 (m/s²)
- a : 加速度 (m/s²)
- h : 电动滑台的工作台高度 (m)

- L_x : X轴方向伸出距离 (m)
- L_y : Y轴方向伸出距离 (m)
- L_z : Z轴方向伸出距离 (m)

- ΔM_P : 垂直方向的负载惯性力矩 (N·m)
- ΔM_Y : 水平方向的负载惯性力矩 (N·m)
- ΔM_R : 滚动方向的负载惯性力矩 (N·m)
- M_P : 垂直方向的容许惯性力矩 (N·m)
- M_Y : 水平方向的容许惯性力矩 (N·m)
- M_R : 滚动方向的容许惯性力矩 (N·m)

● 负载惯性力矩判断公式：

$$\frac{|\Delta M_P|}{M_P} + \frac{|\Delta M_Y|}{M_Y} + \frac{|\Delta M_R|}{M_R} \leq 1$$

伸出范围的工作物为复数时需用各工作物惯性力矩的和来判定。

● 工作物为复数 (n个) 时

$$\frac{|\Delta M_{P1} + \Delta M_{P2} + \dots + \Delta M_{Pn}|}{M_P} + \frac{|\Delta M_{Y1} + \Delta M_{Y2} + \dots + \Delta M_{Yn}|}{M_Y} + \frac{|\Delta M_{R1} + \Delta M_{R2} + \dots + \Delta M_{Rn}|}{M_R} \leq 1$$

选用计算

电动机

电动
传动装置

风扇 &
散热管理

寿命

AC 小型
标准电动机

调速
电动机

步进
电动机

AC 伺服
电动机

减速机

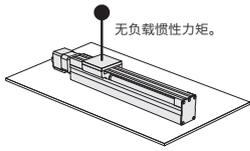
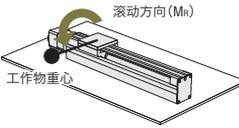
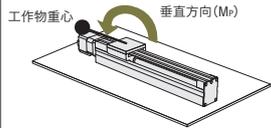
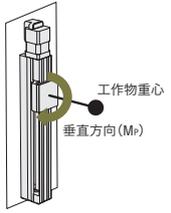
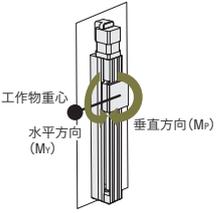
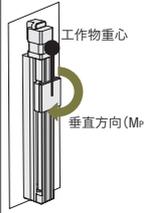
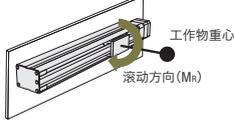
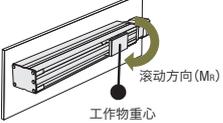
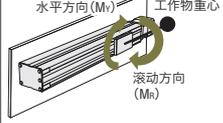
电动
传动装置

风扇 &
散热管理

● 负载惯性力矩作用的考虑点

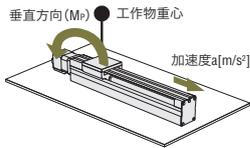
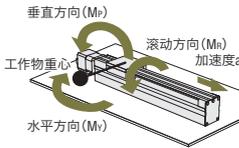
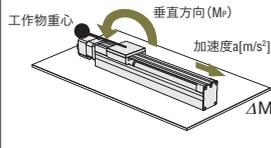
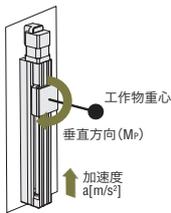
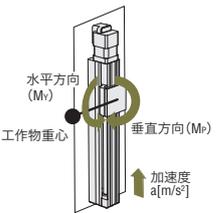
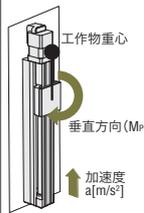
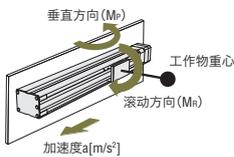
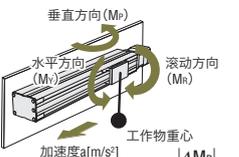
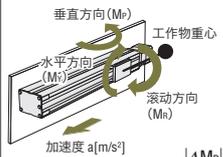
◇ 静态惯性力矩作用的考虑点

以下图解为电动滑台的设置条件和负载伸出状态的代表性组合范例。从此图解中选择符合用户使用状态的产品。求出电动滑台停止状态下的负载惯性力矩 (ΔM_P 、 ΔM_Y 、 ΔM_R)，并使用负载惯性力矩判断公式确认是否在静态容许惯性力矩 (M_P 、 M_Y 、 M_R) 范围内使用。

水平	 <p>无负载惯性力矩。</p>	 <p>滚动方向 (M_R) 工作物重心</p> $\Delta M_R = m \cdot g \cdot L_y \quad \frac{ \Delta M_R }{M_R} \leq 1$	 <p>工作物重心 垂直方向 (M_P)</p> $\Delta M_P = m \cdot g \cdot L_x \quad \frac{ \Delta M_P }{M_P} \leq 1$
垂直	 <p>工作物重心 垂直方向 (M_P)</p> $\Delta M_P = m \cdot g \cdot (L_z + h)$ $\frac{ \Delta M_P }{M_P} \leq 1$	 <p>工作物重心 水平方向 (M_Y) 垂直方向 (M_P)</p> $\Delta M_P = m \cdot g \cdot (L_z + h)$ $\Delta M_Y = m \cdot g \cdot L_y$ $\frac{ \Delta M_P }{M_P} + \frac{ \Delta M_Y }{M_Y} \leq 1$	 <p>工作物重心 垂直方向 (M_P)</p> $\Delta M_P = m \cdot g \cdot (L_z + h)$ $\frac{ \Delta M_P }{M_P} \leq 1$
壁挂	 <p>工作物重心 滚动方向 (M_R)</p> $\Delta M_R = m \cdot g \cdot (L_z + h)$ $\frac{ \Delta M_R }{M_R} \leq 1$	 <p>工作物重心 滚动方向 (M_R)</p> $\Delta M_R = m \cdot g \cdot (L_z + h)$ $\frac{ \Delta M_R }{M_R} \leq 1$	 <p>工作物重心 水平方向 (M_Y) 垂直方向 (M_P) 滚动方向 (M_R)</p> $\Delta M_Y = m \cdot g \cdot L_x$ $\Delta M_R = m \cdot g \cdot (L_z + h)$ $\frac{ \Delta M_Y }{M_Y} + \frac{ \Delta M_R }{M_R} \leq 1$

◇ 动态惯性力矩作用的考虑点

以下图解为电动滑台的设置条件和负载伸出状态的代表性组合范例。从此图解中选择符合用户使用状态的产品。求出电动滑台工作中 (考虑加速度) 的负载惯性力矩 (ΔM_P 、 ΔM_Y 、 ΔM_R)，并用负载惯性力矩判断公式确认是否在动态容许惯性力矩 (M_P 、 M_Y 、 M_R) 范围内使用。

水平	 <p>垂直方向 (M_P) 工作物重心 加速度 $a[m/s^2]$</p> $\Delta M_P = m \cdot a \cdot (L_z + h)$ $\frac{ \Delta M_P }{M_P} \leq 1$	 <p>工作物重心 垂直方向 (M_P) 水平方向 (M_Y) 滚动方向 (M_R) 加速度 $a[m/s^2]$</p> $\Delta M_P = m \cdot a \cdot (L_z + h)$ $\Delta M_Y = m \cdot a \cdot L_y$ $\Delta M_R = m \cdot g \cdot L_y$ $\frac{ \Delta M_P }{M_P} + \frac{ \Delta M_Y }{M_Y} + \frac{ \Delta M_R }{M_R} \leq 1$	 <p>工作物重心 垂直方向 (M_P) 加速度 $a[m/s^2]$</p> $\Delta M_P = m \cdot g \cdot L_x + m \cdot a \cdot (L_z + h)$ $\frac{ \Delta M_P }{M_P} \leq 1$
垂直	 <p>工作物重心 垂直方向 (M_P) 加速度 $a[m/s^2]$</p> $\Delta M_P = m \cdot g \cdot (L_z + h) + m \cdot a \cdot (L_z + h)$ $\frac{ \Delta M_P }{M_P} \leq 1$	 <p>工作物重心 水平方向 (M_Y) 垂直方向 (M_P) 加速度 $a[m/s^2]$</p> $\Delta M_P = m \cdot g \cdot (L_z + h) + m \cdot a \cdot (L_z + h)$ $\Delta M_Y = m \cdot g \cdot L_y + m \cdot a \cdot L_y$ $\frac{ \Delta M_P }{M_P} + \frac{ \Delta M_Y }{M_Y} \leq 1$	 <p>工作物重心 垂直方向 (M_P) 加速度 $a[m/s^2]$</p> $\Delta M_P = m \cdot g \cdot (L_z + h) + m \cdot a \cdot (L_z + h)$ $\frac{ \Delta M_P }{M_P} \leq 1$
壁挂	 <p>工作物重心 垂直方向 (M_P) 滚动方向 (M_R) 加速度 $a[m/s^2]$</p> $\Delta M_P = m \cdot a \cdot (L_z + h)$ $\Delta M_R = m \cdot g \cdot (L_z + h)$ $\frac{ \Delta M_P }{M_P} + \frac{ \Delta M_R }{M_R} \leq 1$	 <p>工作物重心 水平方向 (M_Y) 垂直方向 (M_P) 滚动方向 (M_R) 加速度 $a[m/s^2]$</p> $\Delta M_P = m \cdot a \cdot (L_z + h)$ $\Delta M_Y = m \cdot a \cdot L_y$ $\Delta M_R = m \cdot g \cdot (L_z + h)$ $\frac{ \Delta M_P }{M_P} + \frac{ \Delta M_Y }{M_Y} + \frac{ \Delta M_R }{M_R} \leq 1$	 <p>工作物重心 垂直方向 (M_P) 水平方向 (M_Y) 滚动方向 (M_R) 加速度 $a[m/s^2]$</p> $\Delta M_P = m \cdot a \cdot (L_z + h)$ $\Delta M_Y = m \cdot g \cdot L_x$ $\Delta M_R = m \cdot g \cdot (L_z + h)$ $\frac{ \Delta M_P }{M_P} + \frac{ \Delta M_Y }{M_Y} + \frac{ \Delta M_R }{M_R} \leq 1$

电动滑台的直线导轨预测使用寿命已设计成各系列的使用寿命基准值。但是，负载惯性力矩判断公式大于1时，在其使用状态下预测使用寿命将缩减。可按下述计算式确认其与预测使用寿命的差距。

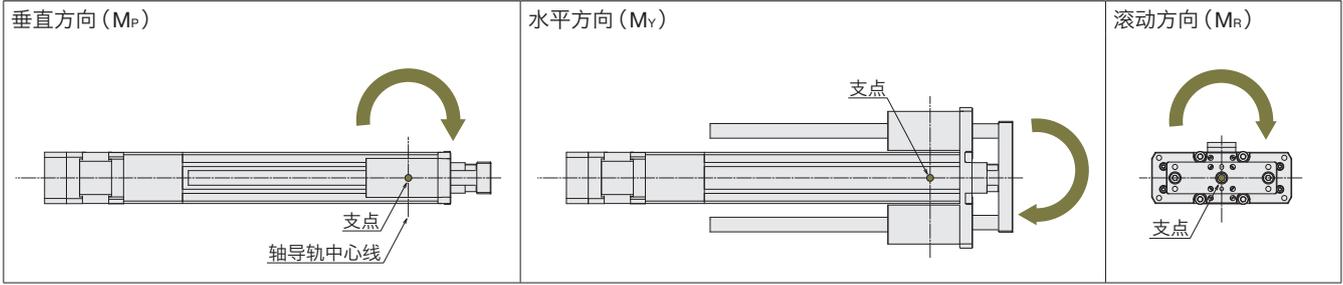
$$\text{预测使用寿命 (km)} = 5000 \text{km} * \times \left(\frac{1}{\frac{|\Delta M_P|}{M_P} + \frac{|\Delta M_Y|}{M_Y} + \frac{|\Delta M_R|}{M_R}} \right)^3$$

*EAS2的直线导轨预测使用寿命为3000km。

包括滚珠螺杆、轴承在内，电动滑台的预测使用寿命请参照I-36页的“■电动滑台·电动缸的寿命”。

■ 计算电动缸（仅限带轴导轨）负载惯性力矩

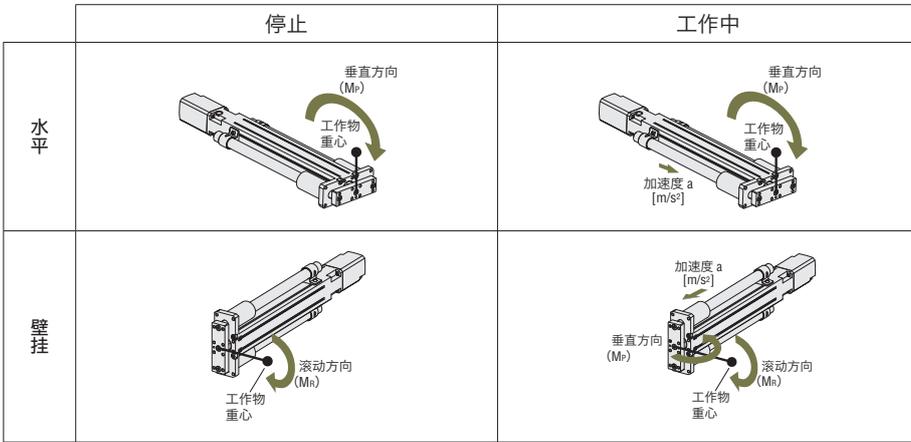
在用电动缸（仅限带轴导轨）搬运工作物时，若工作物的重心位置偏离轴导轨中心（支点），负载惯性力矩会对轴导轨发生作用。根据偏置位置，作用方向分别向垂直方向（ M_V ）、水平方向（ M_H ）和滚动方向（ M_R ）作用。



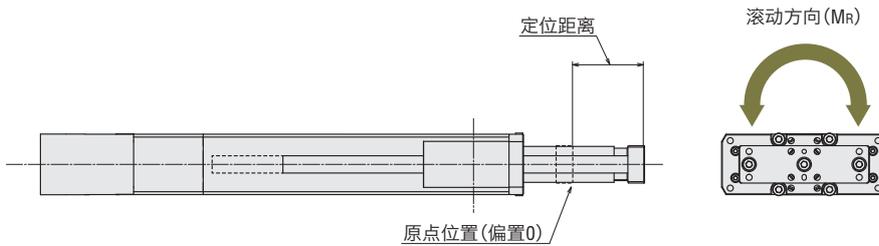
选用的电动缸即使满足搬运质量、定位时间的条件，但如果工作物的重心位置超出轴导轨中心（支点），就会因为负载惯性力矩而缩短其运行寿命。因此有必要计算负载惯性力矩，并确认其是否在规格值范围内。请确认静止状态时作用的惯性力矩为静态容许惯性力矩，工作中作用的惯性力矩为动态容许惯性力矩。

● 负载惯性力矩作用的考虑点（水平、壁挂方向使用时）

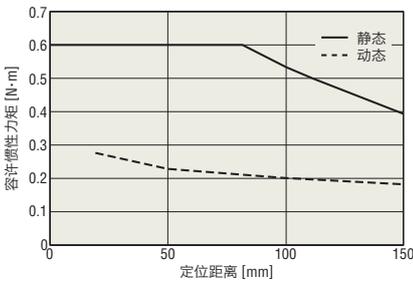
电动缸（仅限带轴导轨）停止及工作中负载惯性力矩作用时，请确认刊载电动缸部规格表页的特性图（■ 水平可搬质量）。该特性图在静态惯性力矩及动态惯性力矩中通用。



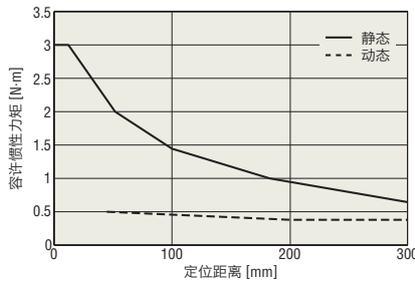
◇ 滚动方向的容许惯性力矩（ M_R ）



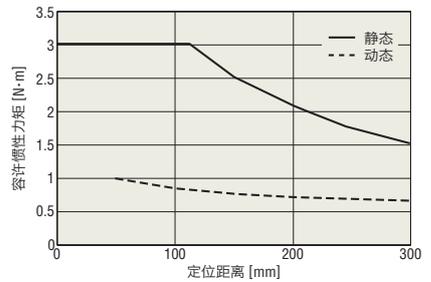
● EAC2W



● EAC4W



● EAC6W



选用计算

电动机

电动传动装置

风扇 & 散热管理

寿命

AC 小型标准电动机

调速电动机

步进电动机

AC 伺服电动机

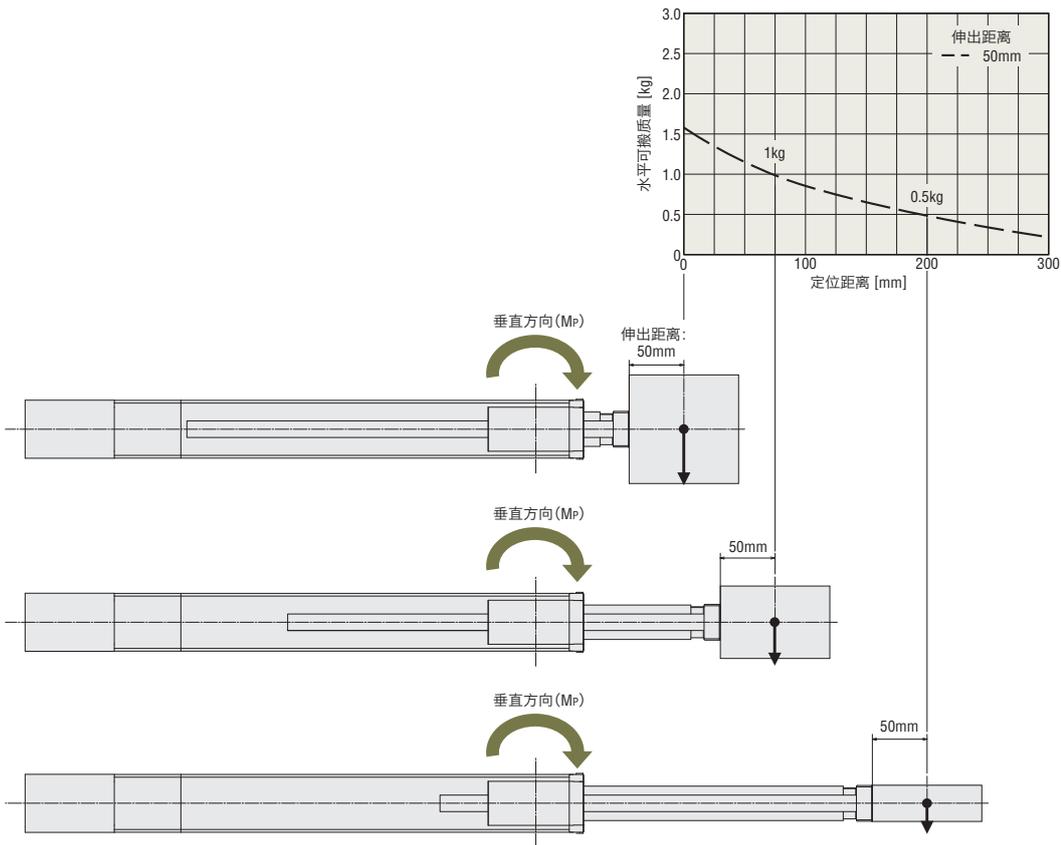
减速机

电动传动装置

风扇 & 散热管理

◇垂直方向的容许惯性力矩 (M_P)

各产品的规格表中备有考虑负载惯性力矩计算的计算结果特性图, 水平方向安装、壁挂方向安装时, 请予以确认。

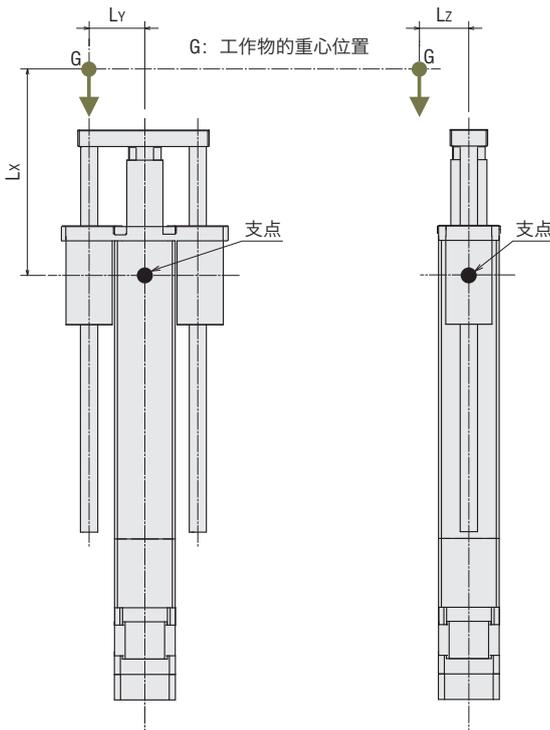


●负载惯性力矩作用的考虑点 (垂直方向使用时)

从工作物、负载的施力点求出作用在电动缸 (仅限带轴导轨) 的负载惯性力矩, 确认静态容许惯性力矩和动态容许惯性力矩的强度足够。



●电动缸 (仅限带轴导轨)



m : 工作物的质量 (kg)
 g : 重力加速度 9.807 (m/s²)
 a : 加速度 (m/s²)

L_x : X轴方向伸出距离 (m)
 L_y : Y轴方向伸出距离 (m)
 L_z : Z轴方向伸出距离 (m)

ΔM_P : 垂直方向的负载惯性力矩 (N·m)
 ΔM_V : 水平方向的负载惯性力矩 (N·m)
 ΔM_R : 滚动方向的负载惯性力矩 (N·m)

M_P : 垂直方向的容许惯性力矩 (N·m)
 M_V : 水平方向的容许惯性力矩 (N·m)
 M_R : 滚动方向的容许惯性力矩 (N·m)

●负载惯性力矩判断公式 :

$$\frac{|\Delta M_P|}{M_P} + \frac{|\Delta M_V|}{M_V} + \frac{|\Delta M_R|}{M_R} \leq 1$$

伸出范围的工作物为复数时需用各工作物惯性力矩的和来判定。

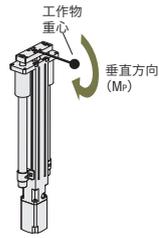
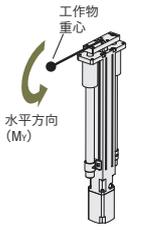
●工作物为复数 (n个) 时

$$\frac{|\Delta M_{P1} + \Delta M_{P2} + \dots + \Delta M_{Pn}|}{M_P} + \frac{|\Delta M_{V1} + \Delta M_{V2} + \dots + \Delta M_{Vn}|}{M_V} + \frac{|\Delta M_{R1} + \Delta M_{R2} + \dots + \Delta M_{Rn}|}{M_R} \leq 1$$

●负载惯性力矩作用的考虑点

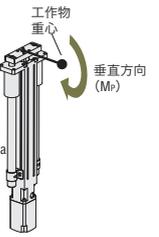
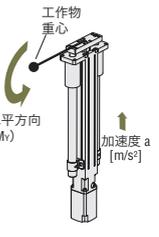
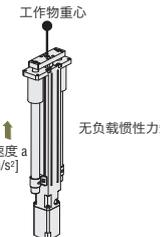
◇静态惯性力矩作用的考虑点

以下图解表示将电动缸（仅限带轴导轨）安装在垂直方向，在停止状态下作用的负载惯性力矩（ ΔM_P 、 ΔM_Y 、 ΔM_R ）。请使用负载惯性力矩判断公式，确认负载惯性力矩在静态容许惯性力矩（ M_P 、 M_Y 、 M_R ）的范围内。

垂直	 $\Delta M_P = m \cdot g \cdot L_z$ $\frac{ \Delta M_P }{M_P} \leq 1$	 $\Delta M_Y = m \cdot g \cdot L_y$ $\frac{ \Delta M_Y }{M_Y} \leq 1$	 <p>无负载惯性力矩。</p>
----	--	--	---

◇动态惯性力矩作用的考虑点

以下图解表示将电动缸（仅限带轴导轨）安装在垂直方向，在工作中（考虑加速度）作用的负载惯性力矩（ ΔM_P 、 ΔM_Y 、 ΔM_R ）。使用负载惯性力矩判断公式确认负载惯性力矩在动态容许惯性力矩（ M_P 、 M_Y 、 M_R ）的范围内。

垂直	 $\Delta M_P = m \cdot g \cdot L_z + m \cdot a \cdot L_z$ $\frac{ \Delta M_P }{M_P} \leq 1$	 $\Delta M_Y = m \cdot g \cdot L_y + m \cdot a \cdot L_y$ $\frac{ \Delta M_Y }{M_Y} \leq 1$	 <p>无负载惯性力矩。</p>
----	--	--	---

电动缸（仅限带轴导轨）的轴导轨部位预测使用寿命已设计成各系列的使用寿命基准值。但是，负载惯性力矩判断公式大于1时，在其使用状态下预测使用寿命将缩减。可按下述计算式确认其与预测使用寿命的差距。

$$\text{预测使用寿命 (km)} = 5000\text{km} \times \left(\frac{1}{\frac{|\Delta M_P|}{M_P} + \frac{|\Delta M_Y|}{M_Y} + \frac{|\Delta M_R|}{M_R}} \right)^3$$

*EAC2的轴导轨预测使用寿命为3000km。

包括滚珠螺杆、轴承在内，电动缸的预测使用寿命请参照I-36页的“■电动滑台·电动缸的寿命”。

选用计算

电动机

电动传动装置

风扇 & 散热管理

寿命

AC小型标准电动机

调速电动机

步进电动机

AC伺服电动机

减速机

电动传动装置

风扇 & 散热管理

■小型电动直线传动装置的负载惯性力矩计算

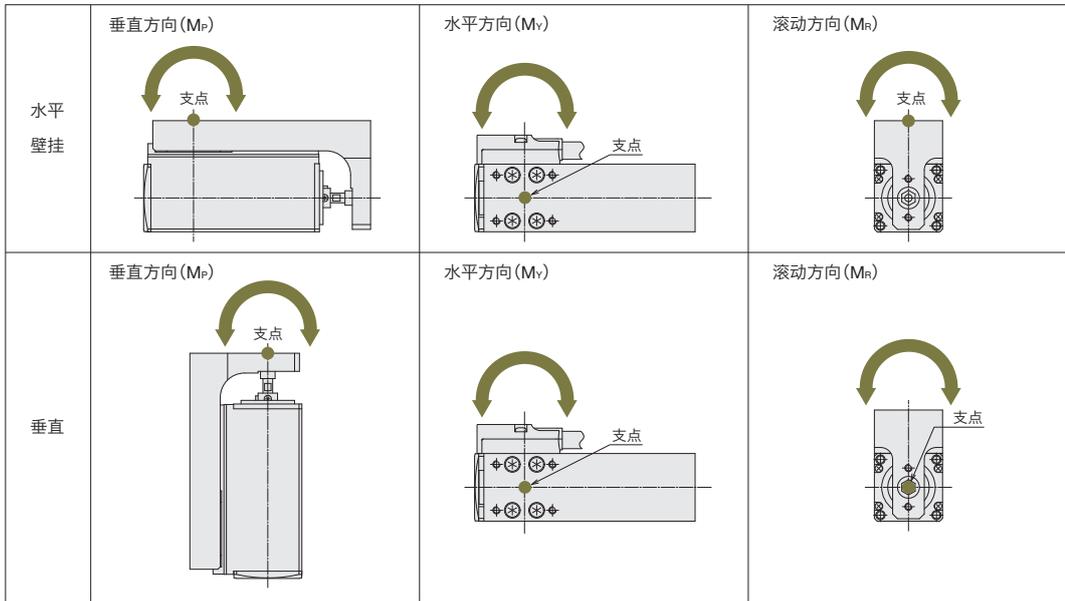
在用以下产品搬运工作物时，以工作台中心为原点，若工作物的重心位置偏置，负载惯性力矩会对导轨发生作用。

●DRS2系列 带导轨型

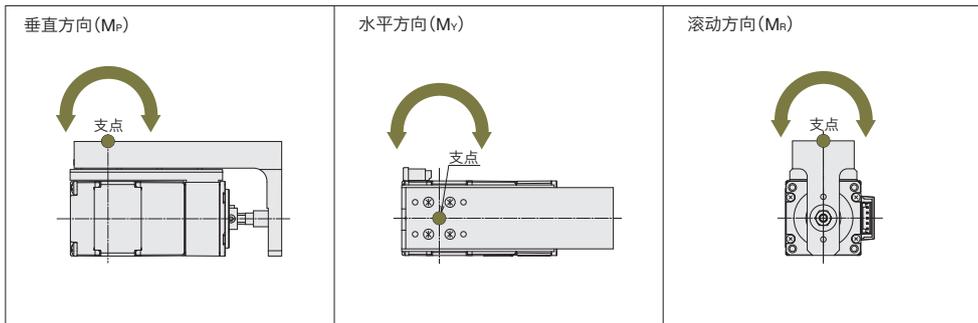
●DRLII系列 带导轨型/带工作台型

根据偏置位置，作用方向分别向垂直方向 (M_P)、水平方向 (M_Y) 和滚动方向 (M_R) 作用。

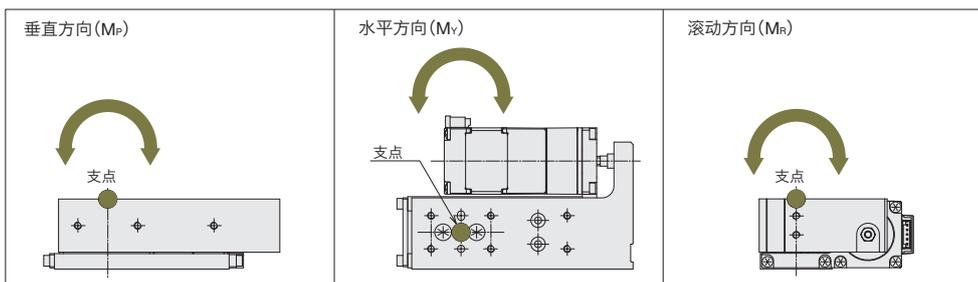
●DRS2系列 带导轨型的负载惯性力矩



●DRLII系列 带导轨型的负载惯性力矩



●DRLII系列 带工作台型的负载惯性力矩



选用的电动传动装置即使满足搬运质量、定位时间的条件，但如果工作物的重心位置超出接头中心，就会因为负载惯性力矩而缩短其运行寿命。因此有必要计算负载惯性力矩，并确认其是否在规格值范围内。请确认静止状态时作用的惯性力矩为静态容许惯性力矩，工作中作用的惯性力矩的任何一个为最大负载惯性力矩。

●垂直方向时会改变惯性力矩计算的接头中心位置。

从工作物、负载的施力点求出施加给使用的小型电动直线传动装置的负载惯性力矩，确认并未超过最大负载惯性力矩，并且强度也足够。

•DRS2系列 带导轨型

<p>水平 壁挂</p>		<p>m: 工作物的质量 (kg) g: 重力加速度 9.807 (m/s²) a: 加速度 (m/s²) Lx: X 轴方向伸出距离 (m) Ly: Y 轴方向伸出距离 (m) Lz: Z 轴方向伸出距离 (m)</p> <p>ΔMp: 垂直方向的负载惯性力矩 (N·m) ΔMv: 水平方向的负载惯性力矩 (N·m) ΔMr: 滚动方向的负载惯性力矩 (N·m)</p> <p>Mp: 垂直方向的容许惯性力矩 (N·m) Mv: 水平方向的容许惯性力矩 (N·m) Mr: 滚动方向的容许惯性力矩 (N·m)</p>
<p>垂直</p>		<p>m: 工作物的质量 (kg) g: 重力加速度 9.807 (m/s²) a: 加速度 (m/s²) Lx: X 轴方向伸出距离 (m) Ly: Y 轴方向伸出距离 (m) Lz: Z 轴方向伸出距离 (m)</p> <p>ΔMp: 垂直方向的负载惯性力矩 (N·m) ΔMv: 水平方向的负载惯性力矩 (N·m) ΔMr: 滚动方向的负载惯性力矩 (N·m)</p> <p>Mp: 垂直方向的容许惯性力矩 (N·m) Mv: 水平方向的容许惯性力矩 (N·m) Mr: 滚动方向的容许惯性力矩 (N·m)</p>

•DRLII系列 带导轨型

	<p>G: 工作物的重心位置</p>	<p>m: 工作物的质量 (kg) g: 重力加速度 9.807 (m/s²) a: 加速度 (m/s²) Lx: X 轴方向伸出距离 (m) Ly: Y 轴方向伸出距离 (m) Lz: Z 轴方向伸出距离 (m)</p> <p>ΔMp: 垂直方向的负载惯性力矩 (N·m) ΔMv: 水平方向的负载惯性力矩 (N·m) ΔMr: 滚动方向的负载惯性力矩 (N·m)</p> <p>Mp: 垂直方向的容许惯性力矩 (N·m) Mv: 水平方向的容许惯性力矩 (N·m) Mr: 滚动方向的容许惯性力矩 (N·m)</p>
--	--------------------	--

•DRLII系列 带工作台型

	<p>G: 工作物的重心位置</p>	<p>m: 工作物的质量 (kg) g: 重力加速度 9.807 (m/s²) a: 加速度 (m/s²) Lx: X 轴方向伸出距离 (m) Ly: Y 轴方向伸出距离 (m) Lz: Z 轴方向伸出距离 (m)</p> <p>ΔMp: 垂直方向的负载惯性力矩 (N·m) ΔMv: 水平方向的负载惯性力矩 (N·m) ΔMr: 滚动方向的负载惯性力矩 (N·m)</p> <p>Mp: 垂直方向的容许惯性力矩 (N·m) Mv: 水平方向的容许惯性力矩 (N·m) Mr: 滚动方向的容许惯性力矩 (N·m)</p>
--	--------------------	--

● 负载惯性力矩判断公式：

$$\frac{|\Delta M_P|}{M_P} + \frac{|\Delta M_V|}{M_V} + \frac{|\Delta M_R|}{M_R} \leq 1$$

伸出范围的工作物为复数时需用各工作物惯性力矩的和来判定。

● 工作物为复数 (n个) 时

$$\frac{|\Delta M_{P1} + \Delta M_{P2} + \dots + \Delta M_{Pn}|}{M_P} + \frac{|\Delta M_{V1} + \Delta M_{V2} + \dots + \Delta M_{Vn}|}{M_V} + \frac{|\Delta M_{R1} + \Delta M_{R2} + \dots + \Delta M_{Rn}|}{M_R} \leq 1$$

选用计算

电动机

电动
传动装置

风扇 &
散热管理

寿命

AC 小型
标准电动机

调速
电动机

步进
电动机

AC 伺服
电动机

减速机

电动
传动装置

风扇 &
散热管理

●负载惯性力矩作用的考虑点

停止状态下和工作状态下负载惯性力矩作用时，请考虑加速度，确认动态、静态惯性力矩，并与最大负载惯性力矩对比。

●DRS2系列 带导轨型

水平	<p>$\Delta M_P = m \cdot a \cdot L_z$ $\frac{ \Delta M_P }{M_P} \leq 1$</p>	<p>$\Delta M_Y = m \cdot a \cdot L_y$ $\Delta M_R = m \cdot g \cdot L_z$ $\frac{ \Delta M_Y }{M_Y} + \frac{ \Delta M_R }{M_R} \leq 1$</p>	<p>$\Delta M_P = m \cdot g \cdot L_x$ $\frac{ \Delta M_P }{M_P} \leq 1$</p>
垂直	<p>$\Delta M_P = m \cdot g \cdot L_z + m \cdot a \cdot L_z$ $\frac{ \Delta M_P }{M_P} \leq 1$</p>	<p>$\Delta M_Y = m \cdot g \cdot L_y + m \cdot a \cdot L_y$ $\frac{ \Delta M_Y }{M_Y} \leq 1$</p>	<p>无负载惯性力矩。</p>
壁挂	<p>$\Delta M_P = m \cdot a \cdot L_z$ $\Delta M_R = m \cdot g \cdot L_z$ $\frac{ \Delta M_P }{M_P} + \frac{ \Delta M_R }{M_R} \leq 1$</p>	<p>$\Delta M_Y = m \cdot a \cdot L_y$ $\frac{ \Delta M_Y }{M_Y} \leq 1$</p>	<p>$\Delta M_Y = m \cdot g \cdot L_x$ $\frac{ \Delta M_Y }{M_Y} \leq 1$</p>

●上述求得的负载惯性力矩的最大负载惯性力矩的负载率大于1时，会导致动作不良、降低使用寿命。

●DRLII系列 带导轨型

水平	<p>$\Delta M_P = m \cdot a \cdot L_z$ $\frac{ \Delta M_P }{M_P} \leq 1$</p>	<p>$\Delta M_Y = m \cdot a \cdot L_y$ $\Delta M_R = m \cdot g \cdot L_z$ $\frac{ \Delta M_Y }{M_Y} + \frac{ \Delta M_R }{M_R} \leq 1$</p>	<p>$\Delta M_P = m \cdot g \cdot L_x$ $\frac{ \Delta M_P }{M_P} \leq 1$</p>
垂直	<p>$\Delta M_P = m \cdot g \cdot L_z + m \cdot a \cdot L_z$ $\frac{ \Delta M_P }{M_P} \leq 1$</p>	<p>$\Delta M_Y = m \cdot g \cdot L_y + m \cdot a \cdot L_y$ $\frac{ \Delta M_Y }{M_Y} \leq 1$</p>	<p>无负载惯性力矩。</p>
壁挂	<p>$\Delta M_P = m \cdot a \cdot L_z$ $\Delta M_R = m \cdot g \cdot L_z$ $\frac{ \Delta M_P }{M_P} + \frac{ \Delta M_R }{M_R} \leq 1$</p>	<p>$\Delta M_Y = m \cdot a \cdot L_y$ $\frac{ \Delta M_Y }{M_Y} \leq 1$</p>	<p>$\Delta M_Y = m \cdot g \cdot L_x$ $\frac{ \Delta M_Y }{M_Y} \leq 1$</p>

●上述求得的负载惯性力矩的最大负载惯性力矩的负载率大于1时，会导致动作不良、降低使用寿命。

●DRLII系列 带工作台型的负载惯性力矩

<p>水平</p>	$\Delta M_P = m \cdot a \cdot L_z \quad \frac{ \Delta M_P }{M_P} \leq 1$	$\Delta M_v = m \cdot a \cdot L_y \quad \frac{ \Delta M_v }{M_v} \leq 1$ $\Delta M_r = m \cdot g \cdot L_y \quad \frac{ \Delta M_r }{M_r} \leq 1$	$\Delta M_P = m \cdot g \cdot L_x \quad \frac{ \Delta M_P }{M_P} \leq 1$
<p>垂直</p>	$\Delta M_P = m \cdot g \cdot L_z + m \cdot a \cdot L_z \quad \frac{ \Delta M_P }{M_P} \leq 1$	$\Delta M_v = m \cdot g \cdot L_y + m \cdot a \cdot L_y \quad \frac{ \Delta M_v }{M_v} \leq 1$	<p>无负载惯性力矩。</p>
<p>壁挂</p>	$\Delta M_P = m \cdot a \cdot L_z \quad \frac{ \Delta M_P }{M_P} \leq 1$ $\Delta M_r = m \cdot g \cdot L_z \quad \frac{ \Delta M_r }{M_r} \leq 1$	$\Delta M_v = m \cdot a \cdot L_y \quad \frac{ \Delta M_v }{M_v} \leq 1$	$\Delta M_v = m \cdot g \cdot L_x \quad \frac{ \Delta M_v }{M_v} \leq 1$

●上述求得的负载惯性力矩的最大负载惯性力矩的负载率大于1时,会导致动作不良、降低使用寿命。

选用计算

电动机

电动
传动装置

风扇 &
散热管理

寿命

AC 小型
标准电动机

调速
电动机

步进
电动机

AC 伺服
电动机

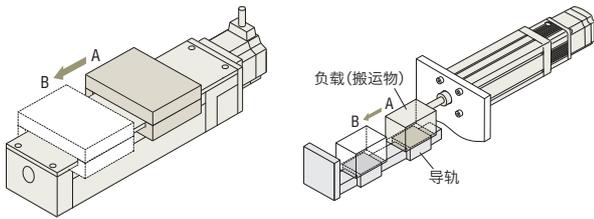
减速机

电动
传动装置

风扇 &
散热管理

电动传动装置的选用 (计算求取)

如下图所示，如选用将搬运物从A点搬运到B点的电动传动装置时，必须有如下参数。



必要参数如下所述。

- 搬运物的质量 (用 m 表示) 或是推力 (用 F 表示)
- 定位距离 (用 L 表示)
- 定位时间 (用 T 表示)
- 反复定位精度
- 最大冲程

上述参数中，推力及定位时间可由下述计算式算出。

● 推力计算式

① 对搬运物执行加速运行时的必要推力的计算

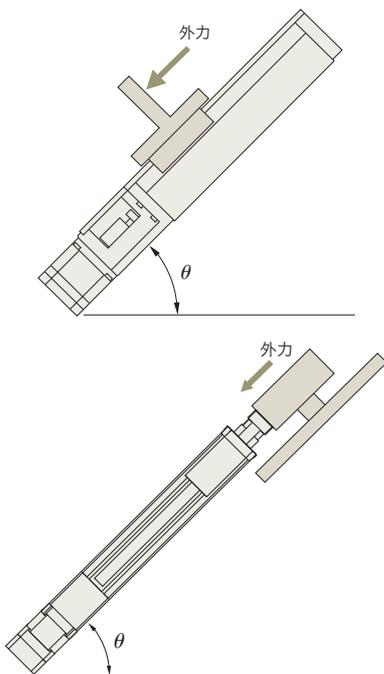
$$F_a = m \{ a + g (\sin \theta + \mu \cdot \cos \theta) \}$$

② 可推拉推力的计算

$$F = F_{max} - F_a$$

加在搬运物上的外力比 F 小时，可以推拉。

- F_{max} : 电动传动装置的最大推力 [N]
- F_a : 加减速运行的必要运行推力 [N]
- F : 外力推拉可能的推力 [N]
- m : 搬运物质量 [kg]
- a : 加速度 [m/s^2]
- g : 重力加速度 9.807 [m/s^2]
- μ : 摩擦系数 0.01 (支撑搬运物导轨的摩擦系数)
- θ : 移动方向与水平面的角度 [°]



● 通过计算求得定位时间

① 确认运行条件

请确认以下的条件。

安装方向、搬运质量、定位距离、起动速度、加速度、运行速度

② 从上述运行条件可确认驱动模式是三角驱动或梯形驱动

从定位距离、起动速度、加速度、运行速度计算出三角驱动时的最大速度。最大速度为运行速度以下时，是为三角驱动，超过运行速度时是为梯形驱动。

$$V_{Rmax} = \sqrt{\frac{2 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot L}{a_1 + a_2} \cdot 10^3 + V_s^2}$$

$$V_{Rmax} \leq V_R \rightarrow \text{三角驱动}$$

$$V_{Rmax} > V_R \rightarrow \text{梯形驱动}$$

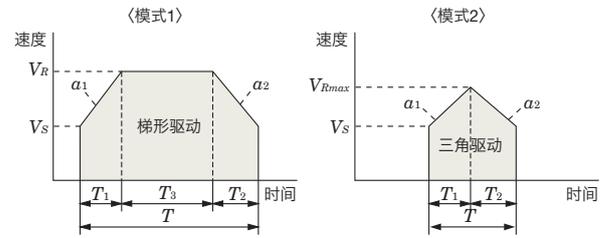
③ 计算定位时间

<梯形驱动时>

$$T = T_1 + T_2 + T_3 = \frac{V_R - V_s}{a_1 \times 10^3} + \frac{V_R - V_s}{a_2 \times 10^3} + \frac{L}{V_R} - \frac{(a_1 + a_2) \times (V_R^2 - V_s^2)}{2 \times a_1 \times a_2 \times V_R \times 10^3}$$

<三角驱动时>

$$T = T_1 + T_2 = \frac{V_{Rmax} - V_s}{a_1 \times 10^3} + \frac{V_{Rmax} - V_s}{a_2 \times 10^3}$$



V_{Rmax} : 三角驱动时算出的最大速度 [mm/s]

V_R : 运行速度 [mm/s]

V_s : 起动速度 [mm/s]

L : 定位距离 [mm]

a_1 : 加速度 [m/s^2]

a_2 : 减速度 [m/s^2]

T : 定位时间 [s]

T_1 : 加速时间 [s]

T_2 : 减速时间 [s]

T_3 : 恒速时间 [s]

此外，与实际的工作时间会产生若干误差，所以此值仅为参考值。

其他换算公式如下所示。

脉冲频率与运行速度可以下列公式换算。请将运行速度在规格的最大速度以下时使用。

$$\text{脉冲频率 [Hz]} = \frac{\text{运行速度 [mm/s]}}{\text{分辨率 [mm]}}$$

工作脉冲数与移动量可以下列公式换算。

$$\text{工作脉冲数 [脉冲]} = \frac{\text{移动量 [mm]}}{\text{分辨率 [mm]}}$$

加减速常数与加速度可以下列公式换算。

$$\text{加减速常数 [ms/kHz]} = \frac{\text{分辨率 [mm]} \times 10^3}{\text{加速度 [m/s}^2\text{]}}$$

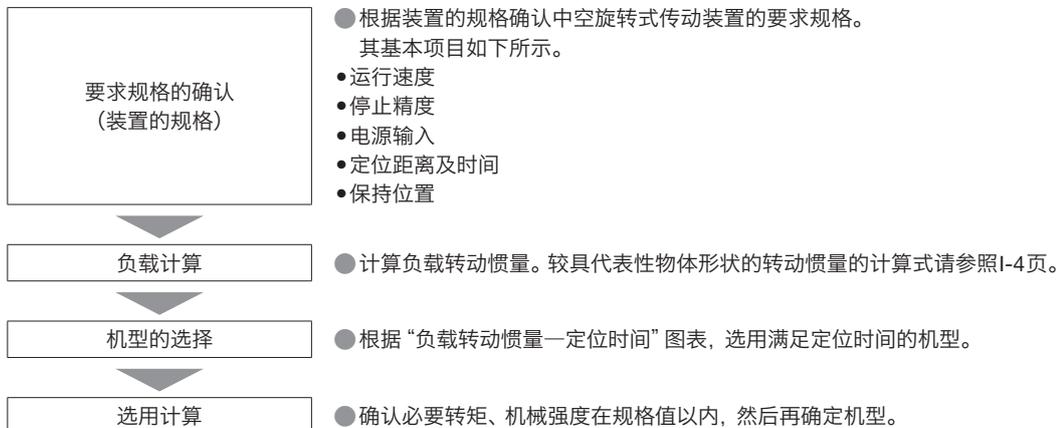
速度、移动量、加速度的输入方法依控制器而异，请根据使用情况计算。

中空旋转式传动装置

请在确定需要使用的系列后，选用机型。
以如下流程图为准选用使用的传动装置。

选用顺序

这里说明步骤的概述。



选用服务导引

可下载使用简单的选型软件及由专人负责的最佳产品选用服务(免费)。

委托选型

● 互联网

可通过官方网站的选型表，轻松委托我们帮您选用传动装置。
<https://www.orientalmotor.com.cn/sizingservice/>

可从官方网站下载选型表。
<https://www.orientalmotor.com.cn/sizingservice/>

● FAX

☐相关资料中刊载了选型表。
请在此处填写好必要事项后，发送到客户咨询中心。

选用计算

电动机

电动
传动装置

风扇 &
散热管理

寿命

AC 小型
标准电动机

调速
电动机

步进
电动机

AC 伺服
电动机

减速机

电动
传动装置

风扇 &
散热管理

DGII系列的选用

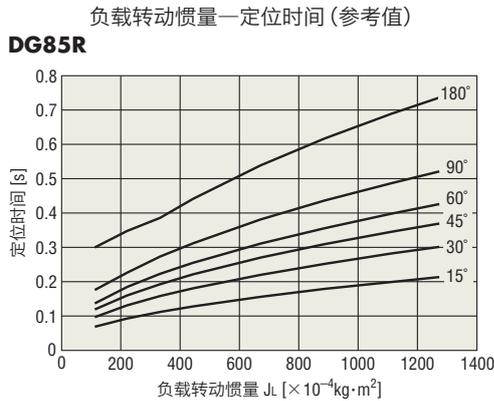
以下对DGII系列选用计算进行说明。

(1) 负载转动惯量的计算

计算搬运物的转动惯量(负载转动惯量)(参照I-4页)。搬运物的转动惯量请以传动装置转动惯量的30倍以下(搭载AZ系列AC电源输入型)作为基准。

(2) 机型的选用

①没有摩擦转矩时,请参照DGII系列的负载转动惯量一定位时间图来确认定位时间。请参照F-248页的负载转动惯量一定位时间图表。



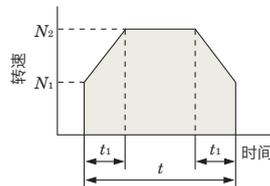
②确定定位时间与加减速时间。

但是,通过定位时间 \geq 负载转动惯量一定位时间图求得最短定位时间请取加减速时间 $t_1 \times 2 \leq$ 定位时间。

③确定起动转速 N_1 ,然后按下面公式算出运行转速 N_2 。请将 N_1 设定为低速[0~数r/min],注意不要设得太大。

$$N_2 = \frac{\theta - 6N_1t_1}{6(t - t_1)}$$

- N_2 : 运行转速 [r/min]
- θ : 定位角度 [°]
- N_1 : 起动转速 [r/min]
- t : 定位时间 [s]
- t_1 : 加减速时间 [s]



按上述计算式得出的结果若不能满足 $N_1 \leq N_2 \leq 200$ [r/min]的条件,则请返回①,再次确认条件。

(3) 必要转矩的计算

①通过下式计算加速转矩。

$$T_a = (J_1 + J_L) \times \frac{\pi}{30} \times \frac{(N_2 - N_1)}{t_1}$$

- T_a : 加速转矩 [N·m]
- J_1 : 传动装置转动惯量 [kg·m²]
- J_L : 全负载转动惯量 [kg·m²]
- N_2 : 运行转速 [r/min]
- N_1 : 起动转速 [r/min]
- t_1 : 加减速时间 [s]

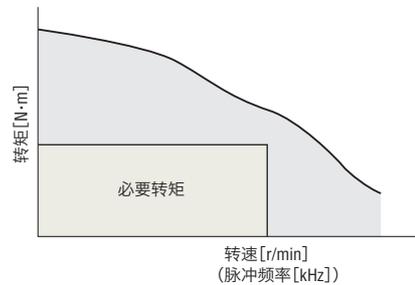
②计算必要转矩。必要转矩为由摩擦阻力引起的负载转矩与由转动惯量引起的加速转矩相加,再乘以安全系数后得出的数值。

$$T = (T_L + T_a) S_f$$

- T : 必要转矩 [N·m]
- T_L : 负载转矩 [N·m]
- T_a : 加速转矩 [N·m]
- S_f : 安全系数

安全系数 S_f 请设定在1.5以上(搭载AZ系列AC电源输入型)。

③确认必要转矩 T 是否包含在转速—转矩特性的范围以内。若不在范围内,请返回(2)的②,变更条件并重新计算。



此外,将转速换算成脉冲速度时,请按以下公式计算。

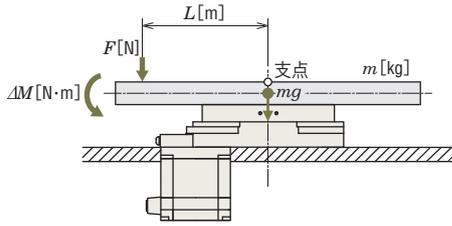
$$f[\text{Hz}] = \frac{6N}{\theta_s}$$

- f : 脉冲频率 [Hz]
- N : 转速 [r/min]
- θ_s : 旋转平台步距角度 [°/step]

(4) 负载惯性力矩、轴向负载的计算

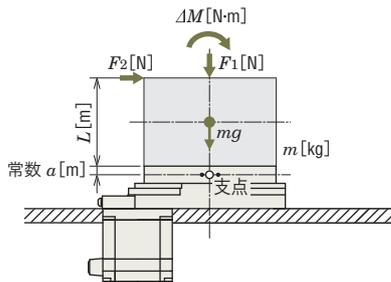
如下图所示当旋转平台上载有负载时, 请按下面的公式算出负载惯性力矩与轴向负载, 并确认是否在规格值内。

例1: 在距离旋转平台中心的L处施加外力F时



负载惯性力矩 [N·m] $M = F \cdot L$
 轴向负载 [N] $F_s = F + m \text{ (负载质量)} \cdot g \text{ (重力加速度)}$

例2: 在距离旋转平台安装面的L处施加外力F₁和F₂时



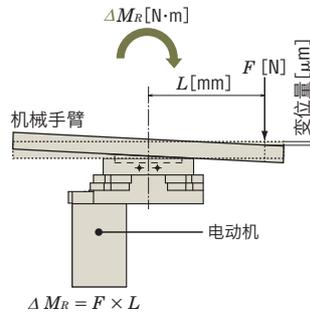
负载惯性力矩 [N·m] $M = F_2 (L + \text{常数} a)$
 轴向负载 [N] $F_s = F_1 + m \text{ (负载质量)} \cdot g \text{ (重力加速度)}$

品名	DR85R	DG130R	DG200R
支撑旋转平台的轴承	交叉滚子轴承		
常数 a [m]	0.02	0.03	0.04

品名	支撑旋转平台的轴承	容许惯性力矩 [N·m]	容许轴向 [N]
DG85R	交叉滚子轴承	10	500
DG130R		50	2000
DG200R		100	4000

● 因负载惯性力矩引起的变位量 (参考值)

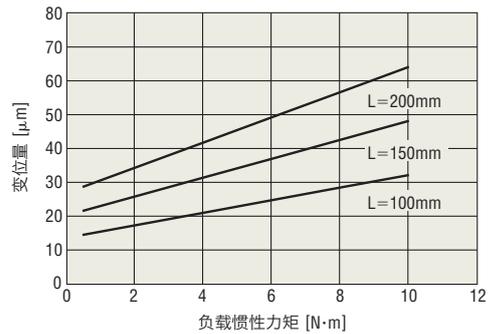
在旋转平台上附加负载惯性力矩时, 会发生变位。图表中的变位量显示负载惯性力矩按固定方向作用时, 在距离旋转平台旋转中心的L位置上的变位。负载惯性力矩若从正负两方向作用时, 变位量约为2倍。



$\Delta M_R = F \times L$

ΔM_R : 滚动方向的负载惯性力矩 [N·m]
 F : 外力 [N]
 L : 距旋转轴的距离 [N]

DG85R



选用计算

电动机

电动传动装置

风扇 & 散热管理

寿命

AC 小型标准电动机

调速电动机

步进电动机

AC 伺服电动机

减速机

电动传动装置

风扇 & 散热管理

选用计算 风扇&散热管理时

■ 风扇的选用步骤

在风扇的使用方法上，以具代表性的通风冷却的基本选用方法进行说明。

● 装置的规格、条件

设计装置时，首先须明确内部温度应为几°C。

● 装置内部的发热量

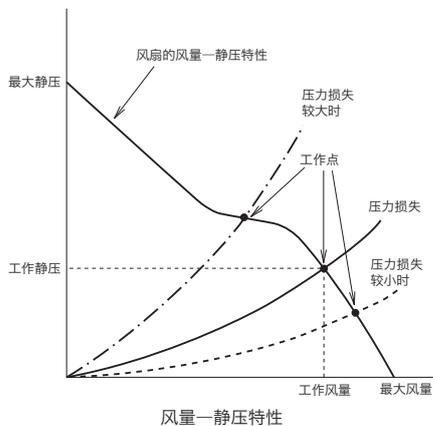
求得装置内发热部件的发热量总和。

● 计算必要风量

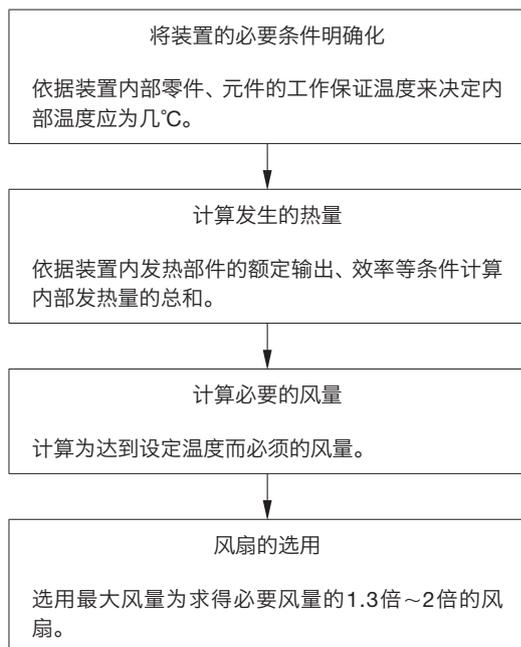
确定须将发生热量降低至几°C，并在确定环境温度后再计算所需风量。

● 风扇的选用

依据求得的必要风量来选用风扇。风扇在实际使用时的风量可依据风扇的风量—静压特性与装置的压力损失来计算。但是，因装置的压力损失事实上很难计算，所以应选择最大风量为必要风量1.3倍~2倍的风扇。



■ 风扇选用流程图



■ 风扇的选用例—控制盘的通风冷却—

控制盘的规格

项目	记号	规格
设置环境		普通工厂
控制盘	尺寸	W 宽 700 mm
		H 高 1000 mm
		D 长 400 mm
	表面积	S 2.37 m ² *
材质	SPCC	
	热通过率	U 5W/(m ² ·K)
容许温升	ΔT	20°C 装置环境温度 T ₁ 25°C 内部容许温度 T ₂ 45°C
总发热量	Q	450W
电源		50Hz AC100V

*以如下公式求得。(环境全开放时)

$$\begin{aligned} \text{控制盘的表面积} S &= \text{侧面积} + \text{顶面积} \\ &= 1.8 \times H \times (W + D) + 1.4 \times W \times D \end{aligned}$$

(1) 必要风量的计算

在此说明通过计算求得的方法和通过图表求得的简易方法。

◇ 通过计算求得的方法

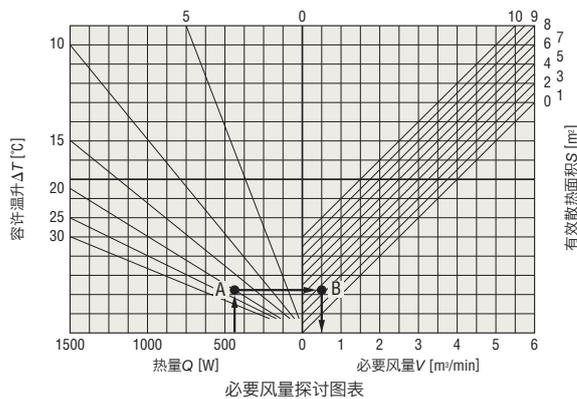
$$\begin{aligned} V &= 1 \div 20 \times (Q \div \Delta T - U \times S) \times S_f \\ &= 1 \div 20 \times (450 \div 20 - 5 \times 2.37) \times 2 \\ &= 1.07 \text{ [m}^3\text{/min]} \end{aligned}$$

计算必要风量时，请务必考虑内部的压力损失。

一般来说，控制盘内部的压力损失是未知数，所以工作点的风量假定为最大风量的50%，考虑安全系数 $S_f = 2$ 。

◇ 通过图表求得的方法

- ① 计算出发热量 Q 450W与容许温升值 ΔT 20°C的交点A。
- ② 以交点A点为起点，拉出横轴与平行线。
- ③ 计算出平行线与表面积 S 2.37m²的交点B。
- ④ 从图表B点向横轴拉出垂直线，求得必要风量约0.5 [m³/min]。
- ⑤ 依据前述的理由，考虑安全系数 S_f 2倍，能够导出1.00 [m³/min]的必要风量。



(2) 风扇的选用

根据探讨结果，选用控制盘风扇组合产品**C-MU1238B-11B-PSLG**(吸风型)。

C-MU1238B-11B-PSLG的规格

电压 V	频率 Hz	输入 W	电流 A	转速 r/min	最大风量 m ³ /min	最大静压 Pa	噪音等级 dB(A)
100	50	15.2	0.21	2300	1.08	41	40

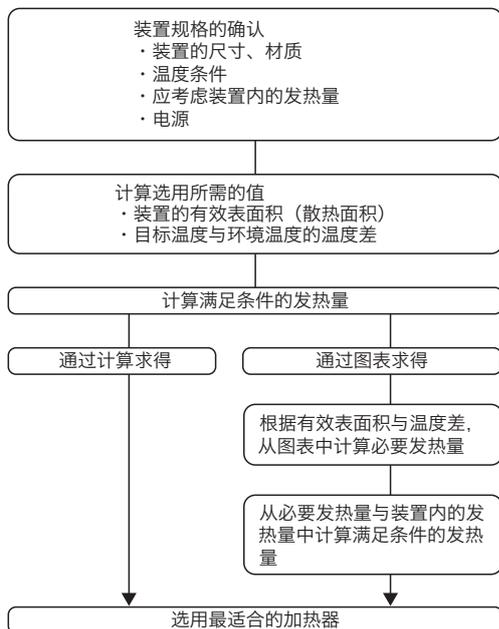
控制盘风扇组合产品是风扇与选购配件(防止异物及灰尘、水滴进入的外罩及过滤网用滤片、外框、防护网)一体化的产品。通过过滤网不仅能阻止异物侵入，设置、维护也十分简便，是最适用于控制盘的产品。

加热器的选用例

要保持装置内的适当温度，需了解满足其条件的加热器的必要发热量。

必要发热量可通过装置的尺寸、材质、装置内外部的温度进行计算。在此对最适合用户装置的加热器选用例进行说明。

● 加热器选用流程图



● 选用计算方法

请根据流程图，并参考条件进行计算。

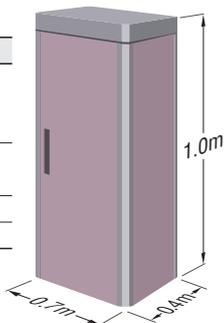
(1) 运行条件与装置规格的确、计算
作为例子，选用安装在极寒地区一般工厂内，将装置内部温度设定为目标温度的加热器。

- 冬季最低气温达到 -20°C 的地区
- 装置内机器的使用环境温度为 0~50°C
- 将装置内的目标温度设定成 5°C

① 装置规格的确

项目	规格
装置的尺寸 (材质：铁)	宽 (W) = 0.7m 高 (H) = 1.0m 长 (D) = 0.4m
温度条件	目标温度 T ₁ = 5°C 环境温度 T ₂ = -20°C
装置内的发热量*	Q = 100W
电源	50Hz 100V

*为装置内机器的发热量。电源、变频器、可编程控制器等在加热器以外有热源时考虑。



程

② 计算选用所需的值

- 计算装置的有效表面积 (散热面积) S
- 装置的有效表面积计算方法如下。

设置场所的分类	计算式
装置的环境全开放时	$S = 1.8 \times H \times (W + D) + 1.4 \times W \times D$
装置背面接触到墙壁时	$S = 1.4 \times W \times (H + D) + 1.8 \times D \times H$
阻碍装置一侧的散热时 (装置连结等)	$S = 1.4 \times D \times (H + W) + 1.8 \times W \times H$
阻碍装置背面与装置一侧的散热时	$S = 1.4 \times H \times (W + D) + 1.4 \times W \times D$
阻碍装置两侧的散热时 (装置连结等)	$S = 1.8 \times W \times H + 1.4 \times W \times D + D \times H$
阻碍装置背面与两侧的散热时	$S = 1.4 \times W \times (H + D) + D \times H$
阻碍装置前面以外的所有散热时	$S = 1.4 \times W \times H + 0.7 \times W \times D + D \times H$

此处假设装置的环境全开放的情况。

$$\begin{aligned}
 \text{装置的有效表面积 } S &= \text{侧面积} + \text{顶面积} \\
 &= 1.8 \times H \times (W + D) + 1.4 \times W \times D \\
 &= 1.8 \times 1.0 \times (0.7 + 0.4) + 1.4 \times 0.7 \times 0.4 \\
 &= 2.37 \text{ [m}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

- 计算目标温度与环境温度的温度差

$$\begin{aligned}
 \text{温度差 } \Delta T &= T_1 - T_2 \\
 &= 5 - (-20) \\
 &= 25 \text{ [}^\circ\text{C]}
 \end{aligned}$$

(2) 计算满足条件的发热量

在此说明通过计算求得的方法和通过图表求得的简易方法。

◇ 通过计算求得的方法

$$\begin{aligned}
 Q_H &= S \times 5 \times \Delta T - Q \\
 &= 2.37 \times 5 \times 25 - 100 \\
 &= 196.25 \text{ [W]}
 \end{aligned}$$

*装置的材料是铁时，热通过率为 5。

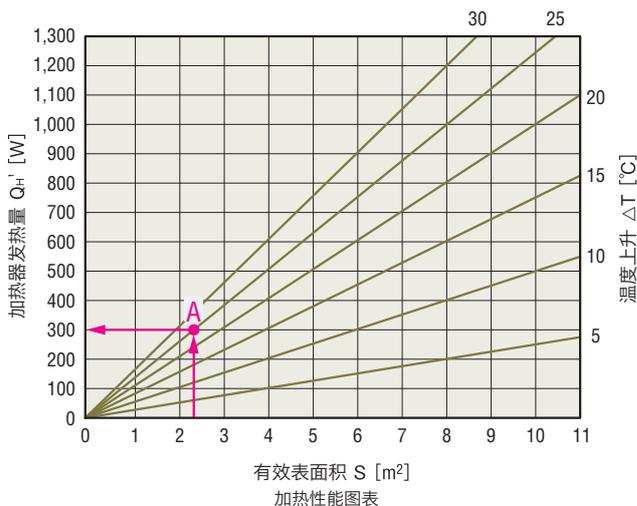
其他装置的材料与热通过率如下。

不锈钢：4.5、铝：12.0、铝 (2层)：4.5

◇ 通过图表求得的方法 (下图加热性能图表)

- ① 计算出有效表面积 (S) 2.37m² 与温度差 (ΔT) 25°C 的交点 A。
- ② 以交点 A 点为起点，拉出与横轴平行的线。
- ③ 从平行线与纵轴的交点求得必要发热量 (Q_{H'}) 300W。
- ④ 装置内的发热量 (Q) 为运行时的加热器相同热源，因此要从必要发热量 (Q_{H'}) 中去除。

$$\begin{aligned}
 Q_H &= Q_{H'} - Q \\
 &= 300 - 100 \\
 &= 200 \text{ [W]}
 \end{aligned}$$



(3) 选用最适合的加热器

通过计算的结果：196.25 [W]

通过图表的结果：200 [W]

从计算结果可知需要 200W 的发热量。

从必要条件中选用单相 100V 规格的 **HMA200F-1**。

使用寿命

本公司产品的寿命是决定顾客的装置维修检查期间时的重要因素。以下说明各产品寿命的考虑要点。此外，有关寿命，本公司提供的并非保证值，仅作为维修、检查的基准。

电动机的设计寿命

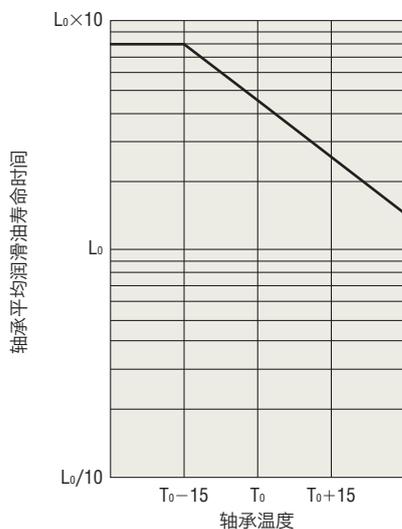
能够显著影响电动机设计寿命的是轴承的使用寿命。轴承的寿命可表述为以下2种。

- ① 润滑油受热劣化后的寿命
- ② 滚动疲劳影响的机械寿命

电动机在绝大部分的情况下，因发热对于润滑油寿命的影响更甚于加在轴承上的负载重量对机械寿命的影响。因此，①的润滑油寿命非常关键。

对轴承润滑油寿命影响最大的要因是温度，温度对使用寿命造成显著影响。下图中的图表简单介绍了这种现象。

从该图表可以看出，轴承温度每上升15°C，轴承润滑油的使用寿命就会减少一半。



为了确保使用时间更长，采取降低电动机温度的措施是非常有效的。下表参考了各电动机的轴承平均润滑油使用寿命的基准。

产品	运行条件	轴承平均润滑油寿命的基准时间 [h]
感应电动机	运行 : 连续、单方向 转矩 : 额定转矩 负载种类 : 均匀负载	30,000
无刷电动机	速度 : 额定转速 环境温度 : 30°C	40,000
伺服电动机 步进电动机	电动机外壳表面温度 在80°C下运行时	50,000

● 请注意，使用方法及环境条件等运行条件会严重影响轴承润滑油的使用寿命。

AC小型标准电动机、无刷电动机、AC伺服电动机

请在电动机外壳表面温度90°C以下时使用。

步进电动机

请在电动机外壳表面温度100°C以下*时使用。

由于使用环境温度或是运行占空比的作用，电动机表面温度愈低，寿命愈长。

此外，径向负载过大时，个别也会出现机械寿命较润滑油寿命更短的情况。

*以下产品为85°C以下。

- AZ系列
- PKP系列/PK系列 带编码器

减速机的寿命

减速机的寿命主要是依据轴承的机械寿命而定，是指到了无法传达动力的状态。因此，实际的寿命时间会受到负载的大小、负载的施加方式、以及使用转速的影响。本公司是将一定条件下的寿命作为额定寿命，而实际使用状态下的寿命则依额定寿命为基准，并考虑负载状况等而算出的。此外，本公司的减速机齿面使用润滑油润滑。不需要再注入油剂。

额定寿命

本公司将以下条件下的减速机的寿命定义为额定寿命。

条件

- 转矩 : 容许转矩
- 负载种类 : 均匀负载
- 输入转速 : 基准输入转速
- 径向负载 : 容许径向负载
- 轴向负载 : 容许轴向负载

表1：各减速机型的额定寿命

电动机种类	系列	减速机型	基准输入转速 [r/min]	额定寿命 [小时]
AC小型标准电动机	KIIS系列	直交轴减速机型	1500	5000
		平行轴减速机		10000
	BH系列	直交轴减速机		10000
		平行轴减速机		5000
	世界规格K系列	平行轴减速机		5000
	TM系列*1	平行轴减速机		10000
	SMK系列	平行轴减速机		5000
FPW系列	平行轴减速机			
调速电动机	US2系列	直交轴减速机型	1500	5000
		DSC系列		平行轴减速机
	BMU系列	平行轴减速机	3000	10000
		BLE2系列		JH减速机、JB减速机、JV减速机
	BXII系列	平行轴减速机	10000	
		BLH系列*2		中空轴扁平减速机*3
步进电动机	AZ系列	TS减速机型	1500	10000
		FC减速机型	1500	5000
		PS减速机型	1500	20000
		HPG减速机型	1500	20000
		谐波减速机型 (□42mm)	1500	7000
		谐波减速机型 (□60mm、□90mm)	1500	10000
	AR系列	TH减速机型	1500	5000
		CRK系列	PS减速机型	1500
	CRK系列	PN减速机型	1500	20000
		谐波减速机型	1500	5000
AR系列	FC减速机型	1500	5000	
RKII系列	TS减速机型	1500	10000	
	FC减速机型	1500	5000	
	PS减速机型	1500	20000	
	谐波减速机型 (□42mm)	1500	7000	
	谐波减速机型 (□60mm、□90mm)	1500	10000	
2相PK系列	SH减速机型 (□90mm)	1500	5000	
2相PKP系列	SH减速机型	1500	10000	
	薄型 带谐波减速机 (φ72mm)	1500	7000	
AC伺服电动机	NX系列	PS减速机型	3000	10000

*1 平行轴减速机与力矩电动机单体组合使用，基准输入转速1500[r/min]、额定寿命5000[小时]。

*2 15W是额定寿命5000[小时]。

*3 200W、400W是额定寿命5000[小时]。

●推算使用寿命时间

根据转速、负载惯量、负载种类等情况，通过下列算式可以计算实际的使用寿命。此外，这一寿命时间表示实际的驱动时间。

$$L(\text{寿命时间}) = L_1 \frac{K_1}{(K_2)^3 \cdot f} \quad [\text{h}]$$

L_1 ：额定寿命时间[小时]

根据表1的减速机型而异。

K_1 ：转速系数

根据表1所记载的基准输入转速与实际使用的输入转速算出 K_1 。

$$K_1 = \frac{\text{基准输入转速}}{\text{使用输入转速}}$$

K_2 ：负载率

可从实际使用转矩与各减速机的容许转矩算出负载率 K_2 。

$$K_2 = \frac{\text{使用转矩}}{\text{容许转矩}}$$

若是如驱动惯性物体等，几乎只有在启动/停止时才承受负载，这种情况下我们就将平均转矩作为使用转矩计算。有关计算方法稍后说明。容许转矩是指记载于目录中的产品规格值。

f ：负载种类系数

参考以下的驱动例，从负载种类中确定负载种类系数 f 。

负载种类	例	负载种类系数 f
均匀负载	· 单向连续运行 · 如传送带、卷薄膜等负载变动较少的驱动	1.0
轻撞击	· 频繁的启动/停止 · 以凸轮驱动、步进电动机来控制惯性物体的定位等	1.5
中撞击	· 可逆电动机的频繁瞬时正反转运行及启动/停止 · 以AC电动机的制动器进行频繁瞬时停止 · 通过无刷电动机、伺服电动机进行频繁的瞬时启动/停止	2.0

【请注意】

有关径向负载、轴向负载的影响

●寿命时间的推算不管是径向负载、或是轴向负载的值皆是以相对于负载率比例的值所计算。因此，当负载率为50%时，径向负载、轴向负载也都是以50%来计算寿命。

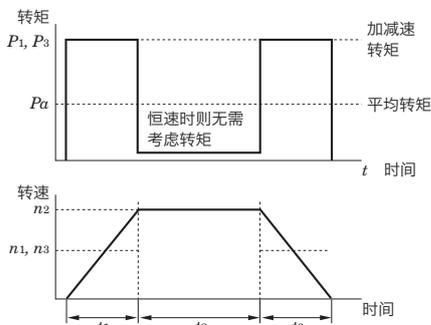
●当负载率低，而径向负载或轴向负载较大时，其寿命会比以此式计算所得的值更短。

●求取平均转矩

在步进电动机、AC伺服电动机的使用上，有时会用于如驱动分度盘或机械手臂等惯性体间歇运行的用途。此时请按照下列方法将平均转矩视为使用转矩来考虑。以AC小型标准电动机、无刷电动机驱动惯性体时，负载率视为1.0。

◇仅驱动惯性体①

仅驱动惯性体而运行周期较长时会产生如下图所示的转矩。定速时轴承会产生微小的摩擦负载，可不必考虑。



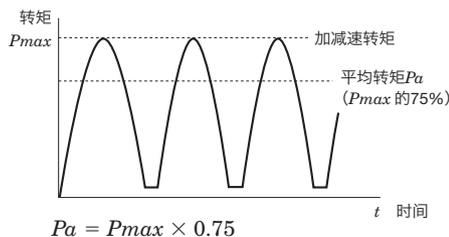
$$P_a = \sqrt[3]{\frac{(P_1^3 \times n_1 \times t_1) + (P_3^3 \times n_3 \times t_3)}{(n_1 \times t_1) + (n_2 \times t_2) + (n_3 \times t_3)}}$$

n_1, n_3 为 t_1, t_3 领域的平均转速。

上述例的情况是为 $n_1 = n_3 = \frac{1}{2} n_2$ 。

◇仅驱动惯性体②：驱动机械手臂等

驱动机械手臂等时，有时会产生如下图所示的变动负载。例如，驱动两段机械手臂或朝垂直方向驱动机械手臂时。此时如下式所示将加速时最大转矩的75%当作平均转矩。

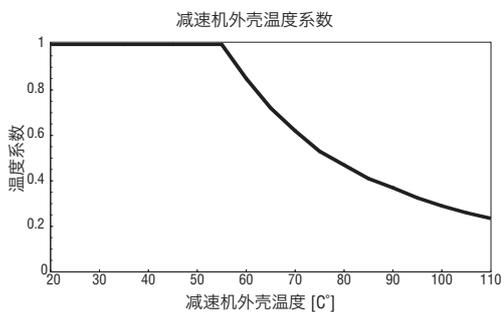


$$P_a = P_{max} \times 0.75$$

●关于运行温度

减速机的温度一旦上升，将会影响轴承的润滑程度。温度所带给寿命的影响会因施加于减速机轴承的负载状况或安装尺寸等要因而有所不同。因此，将温度的影响列入前述的寿命时间的预测计算式来考虑是相当困难的。

以下数据所显示的是温度给减速机轴承带来的影响。减速机外壳表面温度超过55°C以上时会影响机器的使用寿命。



●注意点

因条件而异，有时寿命时间可达数万个小时，但请将其当作基准值使用。

寿命的推算以轴承的寿命考虑点为基础算出。

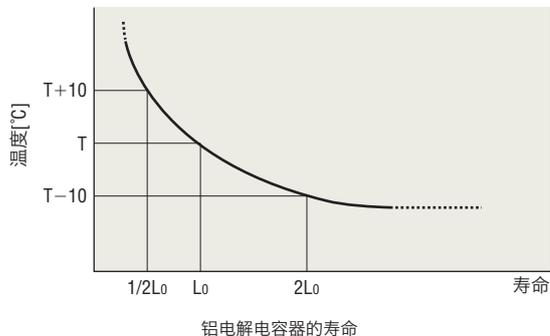
超过规格值的驱动有时会影响轴承以外的零件，因此请在记载于目录中的产品规格值内使用。

■电路产品的寿命

本公司电路产品的寿命是视内部使用的铝电解电容器而定，设计为在环境温度40°C的环境下连续通电使用时，寿命为5年以上。（部分机种除外。）

此外，一般对铝电解电容器依据“Arrhenius法则”具有如下图所示的特性，温度比某个基准温度T高10°C时，寿命为基准温度T的1/2，相反地，比基准温度T低10°C时，寿命为基准温度T的2倍。

电路产品依据使用环境、运行条件等，使用寿命会产生变化，所以为了预防磨损故障，建议以下图的曲线作为维护的基准。



选用计算

电动机

电动传动装置

风扇&散热管理

寿命

AC小型标准电动机

调速电动机

步进电动机

AC伺服电动机

减速机

电动传动装置

风扇&散热管理

■ 电动滑台·电动缸的寿命

电动滑台、电动缸的寿命一般受滚珠螺杆、导轨、滚珠轴承的滚动寿命影响。球体的转动面或是转动体上反复产生的应力会造成材料转动疲乏而引起剥落（金属表面产生如鳞片状的剥落现象）。滚动寿命是指至发生此类剥落时的寿命。

作为计算产品寿命的大致基准，可算出在最大规格（最大搬运质量、最高速度、负载惯性力矩等）条件下运行时的理想寿命。

各系列的使用寿命基准值

电动滑台/电动缸	导程3mm	导程6mm	导程12mm
EAS 系列	1500km	3000km	5000km
EAC 系列	1500km	3000km	5000km
EZS 系列	—	3000km	5000km

电动滑台	导程20mm	导程30mm
EZSH 系列	5000km	5000km

电动滑台/电动缸的导轨部位预测使用寿命已设计成各系列的使用寿命基准值。相对于产品的动态容许惯性力矩，施加在导轨上的负载惯性力矩计算结果的负载率大于1时，预测使用寿命将缩减。可按下述计算式确认其与预测使用寿命的差距。

负载惯性力矩的计算请参照I-19页。

$$\text{预测使用寿命 (km)} = 5000\text{km} \times \left(\frac{1}{\frac{|\Delta M_P|}{M_P} + \frac{|\Delta M_Y|}{M_Y} + \frac{|\Delta M_R|}{M_R}} \right)^3$$

***EAS2**、**EAC2**的导轨预测使用寿命为3000km。

■ 维护

以下对安全有效率地运行电动传动装置的维护进行说明。

● 检查项目与时间

电动传动装置1日运行8小时时，请按下表的各个时间进行检查、维护。

昼夜连续运行、高运行率时，请根据状况，缩短维护周期。

维护时间一览（基准值）

机型	检查时间	检查周期
EAS 系列	起动时	运行后6个月 以后每隔6个月
EZS 系列		
EZS 系列 无尘室对应		
EZSH 系列		
EAC 系列		
DRLII 系列 DRS2 系列 带导轨/无导轨	运行1周后	以后每隔1个月
DRLII 系列带工作台		

● 确认滚动面、滑动面的润滑油状态

用肉眼确认电动传动装置的滚动面、滑动面的润滑油状态。请确认表的项目。

润滑油即使变色，只要滚动面有光泽，润滑依旧良好。

目视确认项目一览

项目	确认内容	处理
滚珠 螺杆轴	是否附着了尘埃等异物。	请除去异物。
	润滑油是否失去光泽或油量减少。	请用软布擦拭滚珠螺杆，然后用润滑油涂抹螺母滑动沟。
导轨/ 活塞杆	是否附着了尘埃等异物。	请除去异物。
	润滑油是否失去光泽或油量减少。 (EAC 系列时，润滑油有无变为褐色，或润滑油有无失去光泽)	请用软布擦拭导轨两侧的滚珠传送沟，然后用润滑油涂抹滚珠传送沟。

润滑油一览

项目	滚珠螺杆	导轨/活塞杆
EAS 系列	AFF (THK生产)	AFF (THK生产)
EZS 系列		
EZS 系列 无尘室对应	AFC-CA (THK生产)	
EZSH 系列	AFF (THK生产)	AFF (THK生产)
EAC 系列	—	MULTEMP SRL (协同油脂生产)
DRS2 系列	AFC (THK生产)	AFC (THK生产)
DRLII 系列 带导轨/无导轨	AFC (THK生产)	MULTEMP PS No.2 (协同油脂生产)
DRLII 系列 带工作台	AFC-CA (THK生产)	AFC-CA (THK生产)

● **EAS**系列、**EZS**系列、**EZSH**系列的润滑油(AFF)即使变为褐色，只要滚动面有光泽，润滑依旧良好。

● **EZS**系列的无尘室对应产品为了抑制发尘量，没有安装润滑装置QZ。

● 长期使用无需维护

EAS系列、**EZS**系列（不包括满足无尘室对应的产品）、**EZSH**系列、**EAC**系列的滚珠螺杆螺母安装有润滑装置QZ (THK生产)，内部设计有Ball Retainer的导轨 (THK生产)，因此，可大幅延长润滑油的维护周期。

本公司的电动滑台、电动缸在运行试验中达到预测使用寿命为止，都无需进行维护。但，润滑油的劣化情况会因运行条件和使用环境的变化而异。实际使用时，请参考上表进行维护。

■ 齿条·齿轮机构产品的寿命

齿条·齿轮机构的寿命是依据齿轮的机械寿命而定，直到无法传达动力为止。

本公司的额定寿命规定是依据目录规格值的最大可搬运质量与速度的最严格条件下的寿命制定的。因此，实际的寿命时间会受负载的大小、负载的施加方式、以及使用速度所影响。

● 额定寿命

齿条·齿轮机构：2000小时

齿条·齿轮机构：往返1千万次
(相当于2000小时)

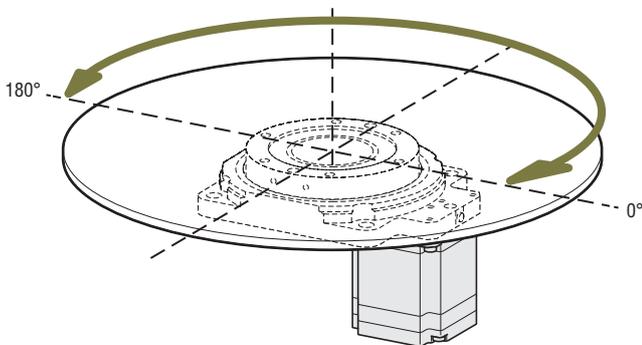
中空旋转式传动装置的使用寿命

本公司的中空旋转式传动装置进行了往返1000万次的实际试验，确认正常工作。往返1000万次是参考值，并非保证值。环境温度及运行条件的不同，使用寿命会有所不同。

实际试验的条件

- 安装惯性体的状态下180°往返运行
- 往返次数：1000万次
- 使用转矩：容许转矩的最大值（安全系数1倍）

* 请确保使用转矩的安全系数为1.5~2倍（基准值）。
安全系数1倍是本公司实际试验的条件。



风扇的寿命

风扇的寿命是指由于风扇连续运行一段时间之后，丧失了送风能力，或是噪音过大而无法使用的状态。

风扇的寿命

- ① 旋转寿命—其定义为转速已降低到某一数值时的时间
- ② 音响寿命—其定义为噪音增加到某一数值以上时的时间

①的旋转寿命，由于可明确规定其数值并且测量也较容易，因此一般说到寿命时，通常是指这个旋转寿命。

虽然②的音响寿命定义为噪音增加到某一dB时的使用寿命，但最后的判断还要依据使用者的判断而定，根据使用条件在达到规定值以后，有的情况下仍然还可使用。因此，没有明确的判定基准和寿命时间。

本公司对于风扇寿命是以①的旋转寿命来定义的，当转速降低至额定转速的70%时则判定其已到达使用寿命。

风扇的轴承寿命

风扇的轴承是采用滚珠轴承，就此我们针对滚珠轴承的寿命来作说明。由于风扇轴承的负载可能比较小的原因，风扇的寿命可以根据轴承内的润滑油的劣化程度来决定。

风扇与动力用电动机相比，运行·启动转矩原本就比较小，润滑油如果劣化而丧失润滑功能时，轴承的启动转矩以及动转矩将增大，有时甚至无法启动。当润滑油劣化时，风扇的轴承所产生的噪音也会变大，因此风扇的寿命受制于润滑油的寿命。

轴承的润滑油寿命公式

润滑油的寿命可由下列公式来表示。

$$\log t = K_1 - K_2 \frac{n}{N_{max}} - \left(K_3 - K_4 \frac{n}{N_{max}} \right) T$$

t：平均润滑油寿命

K₁、K₂、K₃、K₄：由润滑油决定的常数

N_{max}：润滑油润滑的容许转速

n：轴承的转速

T：轴承的运行温度

由此公式可得知N_{max}是由轴承所决定的，因此润滑油的寿命与温度和轴承的转速息息相关。但是，有关轴承的转速，以本公司的产品水准来讲，对寿命几乎是没有什么影响的， $\frac{n}{N_{max}}$ 为一定值，所以润滑油平均寿命是由温度来决定的。

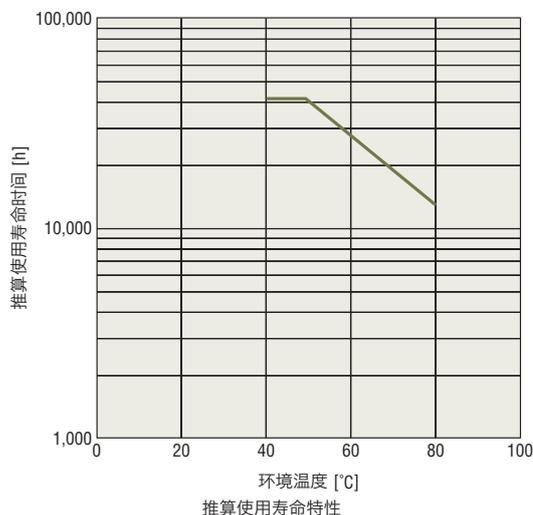
推算使用寿命

推算使用寿命特性

风扇的推算使用寿命特性如下图所示。

有关小型AC输入风扇MU1238A型如下所示。

此图表是实际测量风扇轴承在额定电压时的温度上升值，再根据轴承的润滑油寿命公式求得轴承的预测使用寿命。



关于预测使用寿命

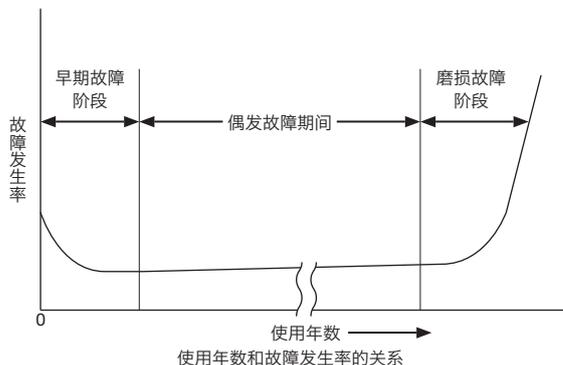
表示实施加速试验，在使用环境温度上限值的条件下运行符合下述判断基准，在此前提下90%以上的风扇可达到的使用寿命。

判断基准

- 转速（额定电压时）：额定的70%以上
- 输入电流（额定电压时）：额定的130%以内

使用年数和故障发生率的关系

一般来说，零件的故障形态可以从下图得知，可以分成早期故障、偶发故障、磨损故障3个阶段。



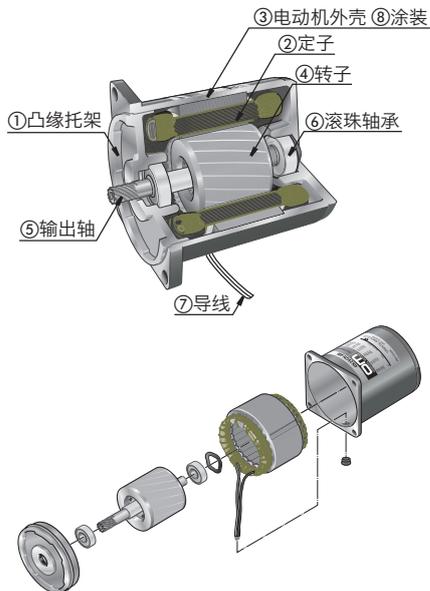
早期故障可以在制造及检查过程中排除，但是偶发故障则是在产品的耐用寿命期间内，磨损加深之前随机发生的无预期的突发故障，很难拟定技术对策加以处理，目前只能依据统计数字采取实施对策。磨损故障是在劣化的过程或是磨损的结果造成的耐用寿命期间结束前后发生的故障，故障会随时间急速增加。这时，必须更换特定零件，并且采取适当的预防对策。

(选自《社团法人日本电机工业会 通用变频器定期检查的建议》)

AC小型标准电动机

■感应电动机的构造

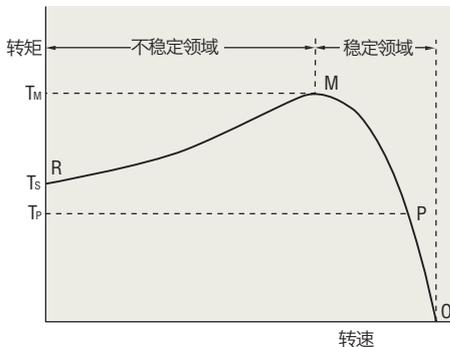
感应电动机的基本构造如下所示。



- ①凸缘托架
是以铝铸切削加工的成品。压入电动机外壳内缘。
- ②定子
是由电磁钢板层压成的定子铁心、聚酯膜被铜线圈及绝缘用薄膜等所构成。
- ③电动机外壳
内部是以铝铸切削加工的材质所构成。
- ④转子
是由层压电磁钢板和铝铸的导体所构成。
- ⑤输出轴
使用S45C等材质。有用于减速机组合使用而进行精密齿轮加工的机型与圆轴两种类型。
- ⑥滚珠轴承
- ⑦导线
主要采用具耐热功能的聚乙烯膜被的导线。
- ⑧涂装
采用丙烯酸树脂或密胺树脂烤漆。

■感应电动机的转速—转矩特性

感应电动机的转速—转矩特性，如下图所示。

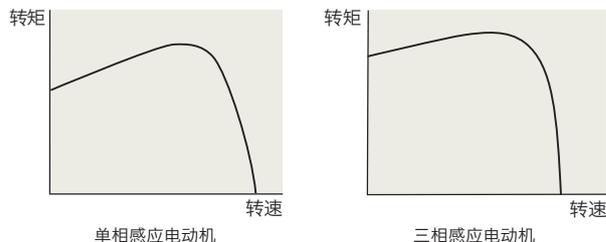


空载时以接近同步转速的速度旋转，但随着负载的增加，转速也同时下降，并且以负载及电动机的转矩 T_P 的平衡点P进行旋转。

负载若再增加到M点时，因电动机无法产生更大的转矩，所以降至R点而停止。

换言之，R-M之间为不稳定范围，电动机可稳定运行的范围为M-O。

此外，感应电动机有电容起动式单相感应电动机及三相感应电动机2种。单相型通常起动转矩会比运行转矩小。三相型时有起动转矩较大的特性。



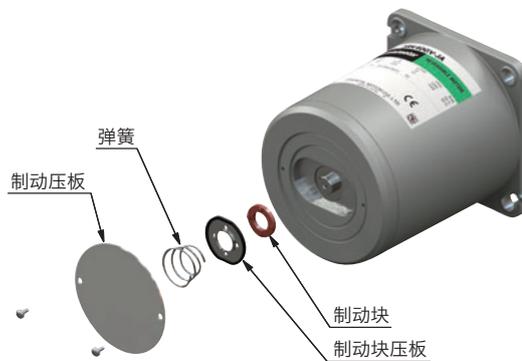
电动机发生转矩大致与电源电压的2次方成正比。例如，若向额定电压为100V的电动机施加110V电压时，则发生转矩会变为约120%。

此时电动机温度上升可能超过容许范围。此外，施加90V电压时则变为约80%。此时电动机无法如预期运行。如上所述，电源电压变动较大时可能造成电动机温度上升超过容许范围，或是转矩过低运行不稳定，因此请在电源电压位于额定电压 $\pm 10\%$ 以内的情况下使用。

■可逆电动机的构造

在可逆电动机的电动机尾部上内藏有简易制动机构（摩擦制动）。其制动机构的安装目的如下。

- 通过增加摩擦负载，提高瞬时可逆特性。
- 减少过转量。



构造上向制动块施加压力使其滑动。为了减轻制动块使用过程中由磨损导致的变化，制动块采用一体型构造，耐磨损性能优越的材料。虽具有一定程度的保持力，但此构造在制动力上有一定的限度，本公司将之设为电动机输出转矩的约10%。

选用计算

电动机

电动传动装置

风扇 & 散热管理

寿命

AC 小型标准电动机

调速电动机

步进电动机

AC 伺服电动机

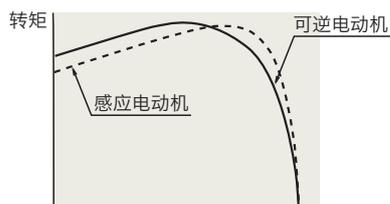
减速机

电动传动装置

风扇 & 散热管理

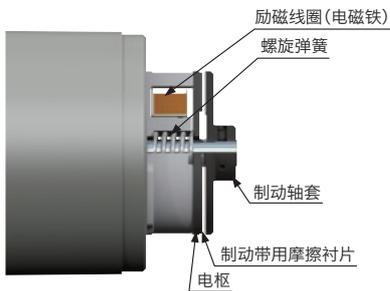
可逆电动机的转速—转矩特性

可逆电动机与感应电动机同为电容起式单相感应电动机，转速—转矩特性与前述的感应电动机特性相同。然而，可逆电动机为提高瞬时可逆特性，因此拥有比感应电动机更大的起动转矩。



电磁制动的构造与寿命

带电磁制动电动机采用无励磁动作型电磁制动。构造例如下所示。在励磁线圈上施加电压时，电枢受电磁铁吸引而压迫螺旋弹簧使制动开放，电动机轴即可自由旋转。在未施加电压的状态下电枢会释放，制动带用摩擦衬片受螺旋弹簧挤压至制动轴套，电动机轴遭固定。



工作与寿命

该制动可作为制动用使用。反复制动容许转动惯量范围内的负载时，使用寿命为200万次。

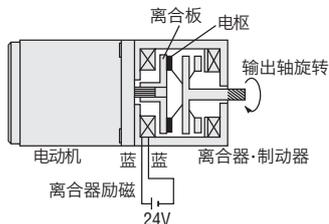
带离合器制动电动机的构造与动作

带离合器制动电动机的构造如右图所示。离合器线圈及制动线圈均不施加DC24V的状态下，输出轴能够自由运行。



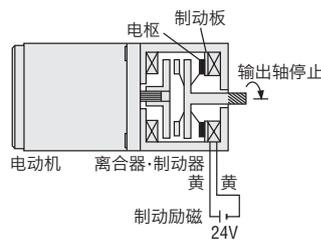
运行

如果在离合器线圈上施加DC24V，离合器侧电枢会吸着在离合板上，电动机的旋转带动输出轴旋转。电动机一直处于旋转状态。

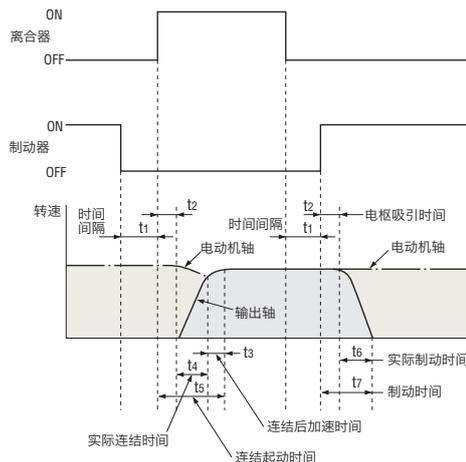


停止、保持负载

解除离合器线圈的励磁并设定时间间隔后，如果在制动线圈上施加DC24V，制动侧电枢会吸着在制动板上，使输出轴停止。制动时输出轴与电动机部被分离，所以不会受到电动机部惯性的影响。电动机一直处于旋转状态。



电动机轴、输出轴的动作与离合器、制动器的励磁状态为下图所示。



运行

保持负载状态切换到运行状态时，从解除制动到在离合器上施加电压，设定20ms以上的时间间隔。（为了防止离合器与制动器同时吸引的现象。）

从离合器上施加电压到离合器制动输出轴达到一定转速的时间 t_5 称为连结起动时间，即加上以下时间。

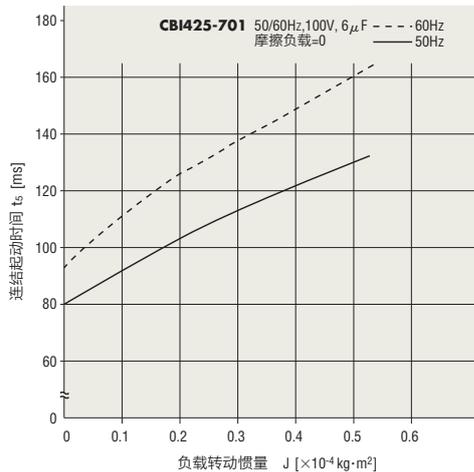
- ①电枢吸引时间 t_2
从离合器上施加电压到电枢吸着在离合器的时间。
- ②实际连结时间 t_4
电枢吸着在离合器后，离合器制动输出轴侧通过动摩擦转矩加速，与电动机轴侧完全连结的时间。
- ③连结后的加速时间 t_3
在②中对电动机施加剧烈负载后转速会暂时下降，加速到对应该负载下的转速的加速时间。

制动

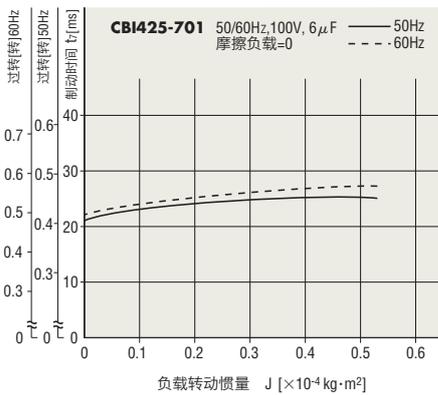
运行状态切换到停止及保持负载时，从解除离合器到制动器上施加电压，设定20ms以上的时间间隔。从制动器上施加电压到离合器·制动器的输出轴停止时间 t_7 称为制动时间，即加上以下时间。

- ①电枢吸引时间 t_2
从制动器上施加电压到电枢吸着在制动板的时间。
- ②实际制动时间 t_6
从电枢吸着至制动板到离合器·制动器部的输出轴停止转动的的时间。

● 连结起动特性 (参考值)



● 制动特性 (参考值)



■ 过热保护装置

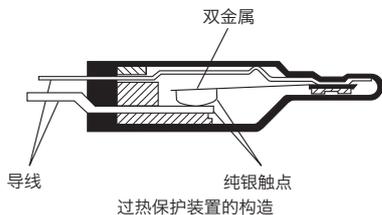
电动机于运行状态下, 因过载而受堵转或环境温度急速上升, 或因某种因素造成输入增加时, 均会促使电动机温度急速升高。如果放置不管, 电动机内部的绝缘性能将会劣化, 缩短使用寿命, 严重时甚至可能烧坏线圈并引起火灾。为避免电动机异常过热, 本公司的UL规格、CSA规格、EN规格及IEC规格认证电动机均装有下述过热保护装置。

● 过热保护装置

安装尺寸为70mm、80mm、90mm、104mm的电动机皆内藏自动还原型过热保护装置。*

过热保护装置的构造如下图所示。

*K11S系列没有内藏过热保护装置(过热保护装置), 因此, 请使用电磁开关及变频器的电子过热功能。



过热保护装置采用双金属方式, 其触点处使用金属中电阻最低且传热仅次于铜的纯银。

◇ 过热保护装置工作温度

open...130±5°C
(工作温度也因机型不同而异。)

close...82±15°C
(工作温度也因机型不同而异。)

(过热保护装置动作时, 电动机线圈温度略高于上述的工作温度。)

● 阻抗保护器

适用于安装尺寸为60mm以下的电动机。

由于阻抗保护器电动机的设计特点为增大电动机线圈的阻抗值, 所以即使当电动机被堵转时, 亦可有效地抑制电流(输入)增幅, 控制温度上升幅度。

关于各产品的过热保护, 请参阅产品页。

■ 电容器

本公司的单相电源用AC电动机皆为电容起动电动机。电容起动电动机的主线圈及辅助线圈以90°电角将极轴以不同方向绕线。电容器是以串联方式与辅助线圈连接, 其功用为促使辅助线圈的电流相位超前。

电动机所使用的电容器主要以JIS C 4908电气机器用电容器所规定的蒸镀电极电容器为主。此型电容器因在元件上使用金属蒸镀或塑料薄膜, 具有自动恢复功能, 因此一般而言称之为SH (Self Healing) 电容器。本公司使用如下类型的电容器。

- 薄膜电容器角形树脂外壳型
(本公司品名: CH电容器)

● 容量

电容器的容量有误时, 会导致电动机的强烈振动及异常发热, 并且转矩下降而导致运行不稳定。请务必使用电动机附带的电容器。电容器的容量单位以 μ F (微法拉) 表示。

● 额定电压

超过额定电压使用时, 可能会导致电容器破损冒烟、发生火花。请务必使用电动机附带的电容器。电容器的额定电压单位以V (伏特) 表示。电容器的额定电压标注在电容器外壳的表面。与电动机本身的额定电压不同, 请特别注意。

● 额定通电时间

额定通电时间是在电容器的额定负载、额定电压、额定温度、额定频率下工作时设计的最低寿命。以40,000个小时为基准。接近寿命后期发生电容器破损时, 会发生冒烟或是引火的现象。建议以额定通电时间为基准更换电容器。

请另行考虑保护方案, 防止电容器发生异常时对装置造成影响。

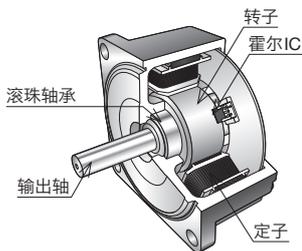
● 带保安机构电容器

万一电容器的绝缘破坏时, 也可安全地从电路中切断电容器, 具有防止冒烟、引火功能的附保安机构型。本公司产品采用已通过UL810故障电流实验10,000A的UL规格认证的保安机构电容器。

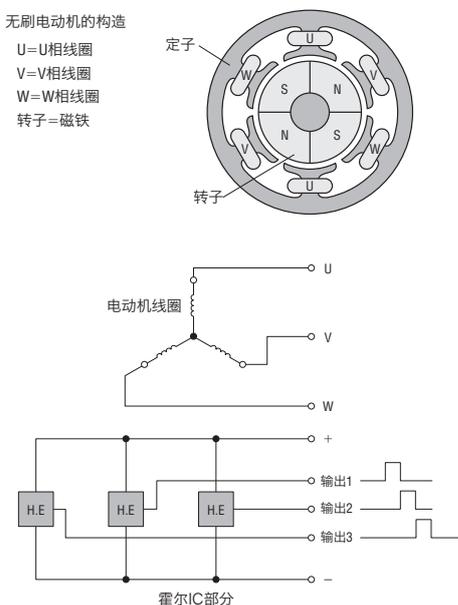
调速电动机

无刷电动机的构造及工作原理

无刷电动机的构造



无刷电动机的构造一般是内藏检测转子位置的磁性元件或光学编码器。由此位置检测器向驱动电路发送信号。电动机线圈是3相星形接线。此外，转子使用永磁磁钢。

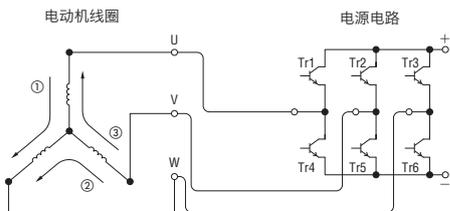


检测用的磁性元件是使用霍尔IC。在定子内侧安装有3个，转子旋转时，即从霍尔IC输出数字信号。

无刷电动机的驱动方法

电动机线圈与开关用晶体管相连接，由6个晶体管组成变频器。上下的晶体管依一定顺序交互地重复ON-OFF，转变线圈电流的方向。接下来说明旋转的结构。

以下图的晶体管的开关程序执行STEP①时，晶体管是Tr1与Tr6为ON的状态。这时的线圈电流是从U相流到W相，U相被励磁成N极，而W相则被励磁成S极。因此，转子旋转30°。此动作重复12次，转子旋转。



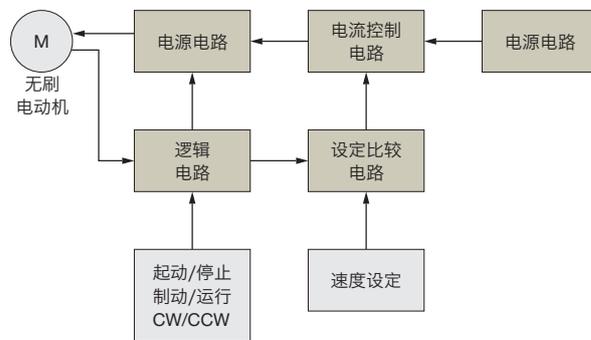
各晶体管的开关程序

晶体管	步骤												
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬
Tr1	ON					ON	ON					ON	ON
Tr2		ON	ON					ON	ON				
Tr3				ON	ON					ON	ON		
Tr4			ON	ON					ON	ON			
Tr5					ON	ON					ON	ON	
Tr6	ON	ON					ON	ON					ON
U相	N	-	S	S	-	N	N	-	S	S	-	N	N
V相	-	N	N	-	S	S	-	N	N	-	S	S	-
W相	S	S	-	N	N	-	S	S	-	N	N	-	S

无刷电动机的控制方法

无刷电动机的驱动电路是以图示的构造与电动机连接，大致可分为5个区间。

- 电源电路
- 电流控制电路
- 逻辑电路
- 设定比较电路
- 电源电路



◇电源电路

控制流入电动机线圈的电流。使用6个晶体管。上下连接的晶体管是依一定顺序重复ON-OFF，让电流流入电动机线圈。

◇电流控制电路

流入电动机的电流因负载大小而有所变化。流入电动机的电流是采用经常检测的方式，控制在不移设定的转速。

◇逻辑电路

从电动机的霍尔IC接收反馈信号，检测转子的位置，并决定电动机线圈的励磁顺序。来自于此的信号连接至动力电路的各个晶体管，以一定顺序驱动晶体管。此外，也具有检测电动机转速的功能。也可以执行对电动机下达指令、起动/停止、制动/运行、CW/CCW的控制。

◇设定比较电路

比较进行速度设定信号与电动机转速信号。依此结果，判断电动机的转速是较设定的转速更高或更低。当电动机转速较设定值高时，则降低对电动机的输入电流，较低时，则提高对电动机的输入电流，使其回到设定转速。

◇电源电路

其功能为通过商业电源制作出驱动电动机与各控制电路所需的电压。

选用计算

电动机

电动传动装置

风扇&散热管理

寿命

AC小型标准电动机

调速电动机

步进电动机

AC伺服电动机

减速机

电动传动装置

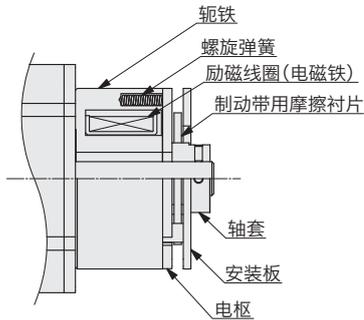
风扇&散热管理

●无刷电动机电磁制动的构造与寿命

带电磁制动电动机采用无励磁动作型的定位用电磁制动。构造例如下所示。

在励磁线圈上施加电压时，电枢受电磁铁吸引而压迫螺旋弹簧使制动开放，电动机轴即可自由旋转。

在未施加电压的状态下电枢会释放，制动带用摩擦衬片受螺旋弹簧挤压至安装板，电动机轴遭固定。



◇工作与寿命

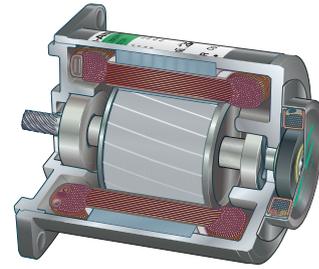
该制动在电动机未励磁的状态下可作为位置保持用途使用。请勿作为停止旋转中负载的制动用途使用。由于不是以制动为目的的制动带用摩擦衬片，因此如果反复制动会因磨损而间隙变大，导致无法正常工作。

起动或停止容许转动惯量范围内的负载时的使用寿命为500万次。

■AC调速电动机的构造及控制方法

●构造

AC电动机尾部安装了比率发电机(速度检测用传感器)的电动机。

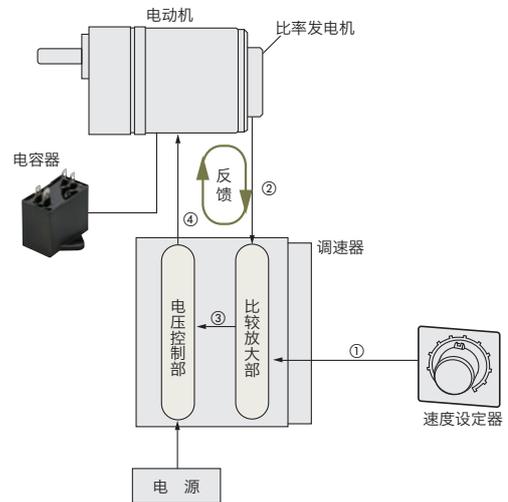


●AC调速电动机的控制方法

基本构造图及控制方法的概要如下所示。

AC调速电动机为闭环速度控制方式。

- ①由速度设定器提供速度设定电压。
- ②比率发电机检测电动机转速，并输出速度信号电压的差值。
- ③输出速度设定电压与速度信号电压的差值。
- ④为能达到所设定电压，将从比较放大部输出的电压提供给电动机。



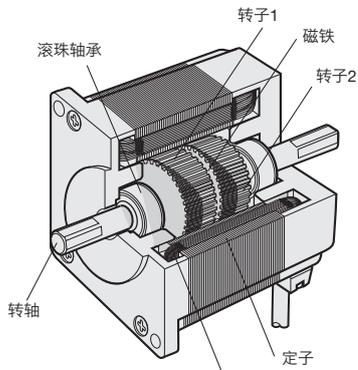
●AC调速电动机电磁制动的构造与寿命

带电磁制动电动机采用无励磁动作型电磁制动。电磁制动的构造与寿命和AC小型标准电动机相同(→ I-39页)

步进电动机

■ 步进电动机的构造

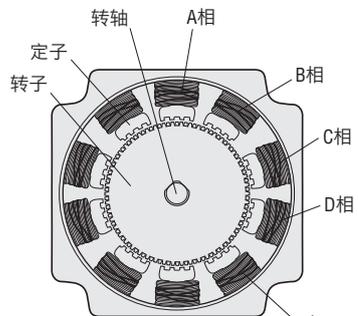
步进电动机的断面图如下图所示。
 步进电动机构造上大致分为定子与转子两部分。
 转子由转子1、转子2、永磁磁钢3部分构成。此外，转子已被轴向磁化，转子1为N极时，转子2则为S极。



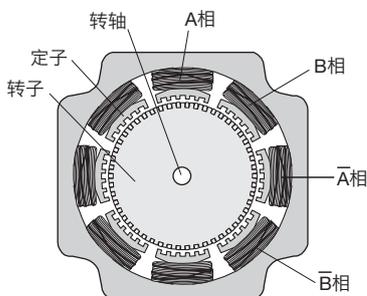
电动机构造图：与转轴平行方向的断面图

定子拥有小齿状的磁极，皆绕有线圈。
 其线圈的对角位置的磁极相互连接着，通电时，线圈即会被磁化成同一极性。（例如对某一线圈进行通电后，对角线的磁极将磁化成S极或N极。）
 对角线的2个磁极形成1个相。有A相至E相等5个相位的机型称为5相步进电动机、有A相和B相2个相位的机型称为2相步进电动机。
 转子的外圈由50个小齿构成，转子1和转子2的小齿于构造上互相错开1/2螺距。

励磁：是指电动机线圈通电时的状态
 磁极：是指励磁后变成电磁铁的定子突出部分
 小齿：是指转子和定子的齿



5相电动机构造图：与转轴垂直方向的断面图



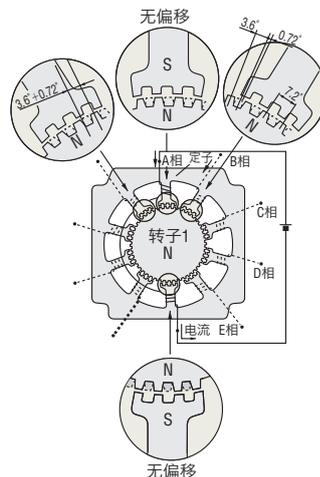
2相电动机构造图：与转轴垂直方向的断面图

■ 步进电动机的工作原理

下面以5相步进电动机为实例，针对实际上经过磁化后的转子及定子的齿的位置关系进行说明。

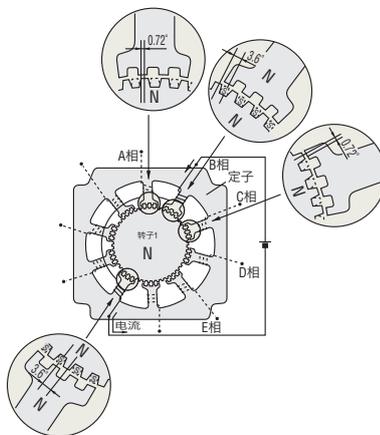
● 将A相励磁时

将A相励磁，会使得磁极磁化成S极，而其将与带有N极极性的转子1的小齿互相吸引，并与带有S极极性的转子2的小齿相斥，于平衡后停止。此时，没有励磁的B相磁极的小齿和带有S极极性的转子2的小齿互相偏离 0.72° 。以上是A相励磁时的定子和转子小齿的位置关系。



● 将B相励磁时

其次由A相励磁转为B相励磁时，B相磁极磁化成N极，与拥有S极极性的转子2互相吸引，而与拥有N极极性的转子1相斥。



也就是说，将励磁相从A相励磁转换为B相励磁时，转子旋转 0.72° 。由此可知，励磁相位随A相→B相→C相→D相→E相→A相依次转换，则步进电动机以每次 0.72° 做正确的旋转。此外，希望作反方向旋转时，只需将励磁顺序倒转，依照A相→E相→D相→C相→B相→A相励磁即可。
 0.72° 的高分辨率取决于定子和转子构造上的机械偏移量，所以不需要编码器等传感器即可正确定位。此外，就停止精度而言，只有定子与转子的加工精度、组装精度、及线圈的直流电阻的不同等因素会造成影响，因此可获得 ± 3 分（空载时）的高停止精度。实际上步进电动机是由驱动器来进行励磁相的转换，而励磁相的转换定时则是由输入驱动器的脉冲信号所进行。以上举的是单相励磁的例子，实际运转时，为了有效利用线圈，4相或5相同时进行励磁。

选用计算

电动机

电动传动装置

风扇&散热管理

寿命

AC小型标准电动机

调速电动机

步进电动机

AC伺服电动机

减速机

电动传动装置

风扇&散热管理

■ 步进电动机的基本特性

使用步进电动机时，电动机的特性是否符合使用条件，是相当重要的一点。

在此说明步进电动机使用时的重要特性。

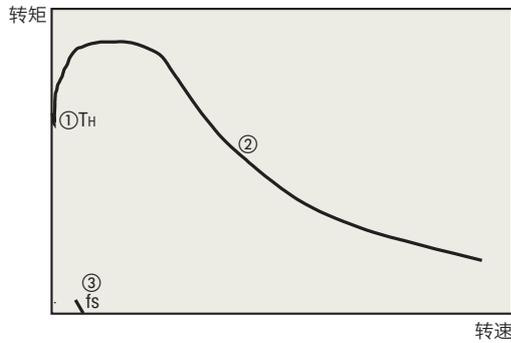
步进电动机的特性可大略分为两项。

● 动特性：

这是与步进电动机启动或旋转时有关的特性，主要会影响机器的工作、周期时间等。

● 静特性：

这是与步进电动机停止时角度变化有关的特性，主要会影响机器的精度。



转速—转矩特性

● 动特性

◇ 转速—转矩特性

这是表示驱动步进电动机时的转速和转矩的关系，如特性图所示。是选用步进电动机时必须考虑的特性。横轴代表电动机输出轴的转速，而纵轴则代表转矩。

转速—转矩特性取决于电动机及驱动器，因使用的驱动器种类不同会有较大差异。

① 最大励磁转矩 (TH : Holding Torque)

是指步进电动机在通电状态 (额定电流) 下停止时，本身保有的最大保持转矩 (保持力)。

② 最大同步转矩 (Pullout Torque)

各转速所能产生的最大转矩。
选用电动机时，必要转矩必须在本曲线的内侧。

③ 最大自启动频率 (fs)

步进电动机的摩擦负载、惯性负载为0时，瞬间 (无加减速时间) 能启动、停止的最大脉冲频率。

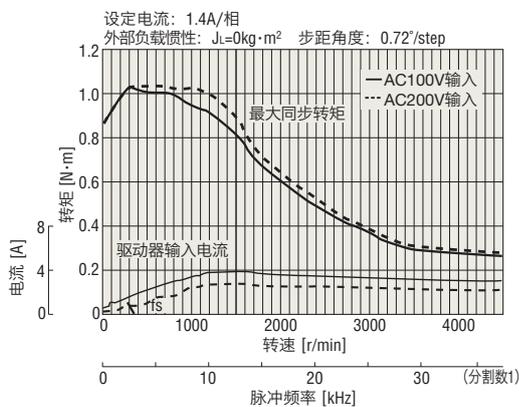
当在超过此脉冲频率的情况下驱动电动机时，应逐渐进行加减速。随电动机承载的惯性负载增加，此频率亦逐渐降低。

(参考惯性负载—自启动频率特性)

最大响应频率 (fr)

步进电动机的摩擦负载、惯性负载为0时，进行缓慢的加减速时可运行的最大脉冲频率。

下图为代表5相步进电动机组合产品的转速—转矩特性。

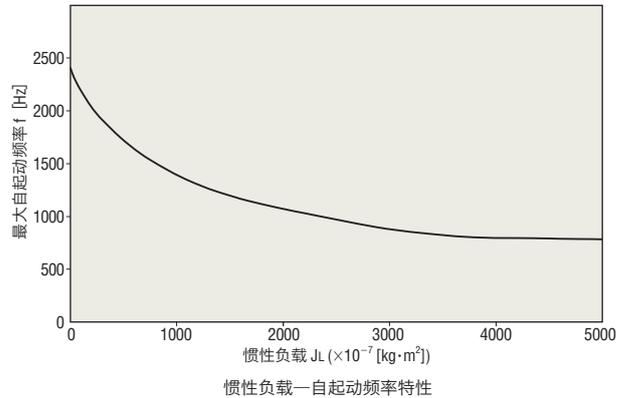


◇ 惯性负载—自启动频率特性

表示因自启动频率的惯性负载而产生变化的特性。

步进电动机的转子本身或负载，因有转动惯量存在，因此于瞬时启动或停止时，电动机轴会产生延迟或超过的现象。此数值会随脉冲频率而变化，但是若超过某一数值时电动机将无法跟踪脉冲频率，而产生失步 (miss-step) 现象。

将即将失步前的脉冲频率称为自启动频率。



惯性负载—自启动频率特性

相对于惯性负载的最大自启动频率的变化可以根据下列公式算出近似值。

$$f = \frac{f_s}{\sqrt{1 + \frac{J_L}{J_o}}} \text{ [Hz]}$$

f_s : 电动机单体的最大自启动频率 [Hz]

f : 有惯性负载时的最大自启动频率 [Hz]

J_o : 转子转动惯量 [$\text{kg}\cdot\text{m}^2$]

J_L : 负载转动惯量 [$\text{kg}\cdot\text{m}^2$]

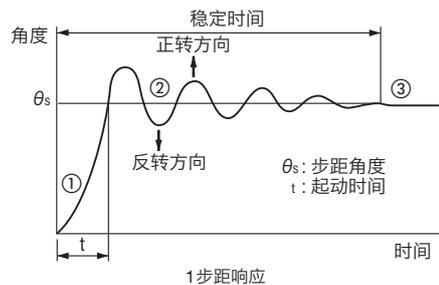
◇ 振动特性

步进电动机以连续的步距状态边移动边重复旋转。其步距状态的移动会产生如下所示的1步距响应。

① 停止状态的步进电动机输入1个脉冲时，会朝下一个步距角度进行加速。

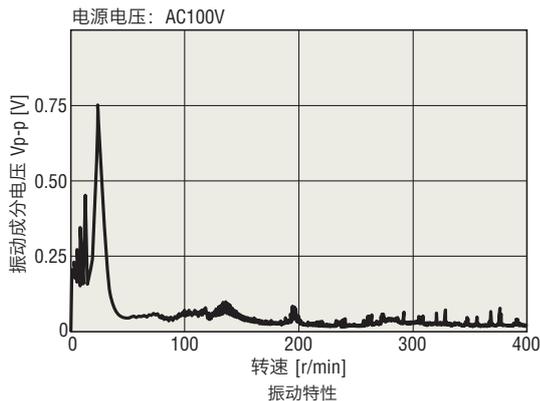
② 加速后的电动机通过步距角度并过冲某个角度后，则会朝反方向被拉回。

③ 如此般衰减振动后，将于既定的步距角度位置上停止下来。



1步距响应

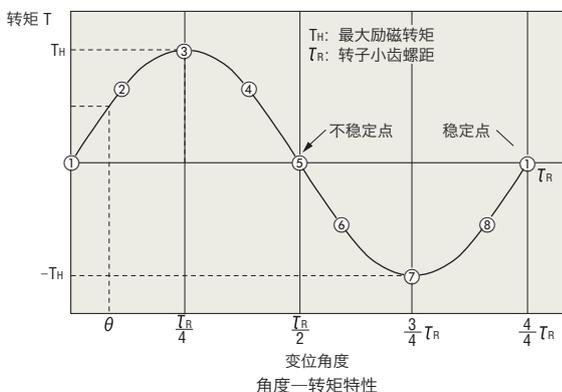
产生此一衰减振动的步距状态的移动即为低速旋转时的振动原因。振动特性所表现的即是步进电动机旋转中的振动的大小的特性。振动幅度越小旋转越顺畅。



●静特性

◇角度—转矩特性

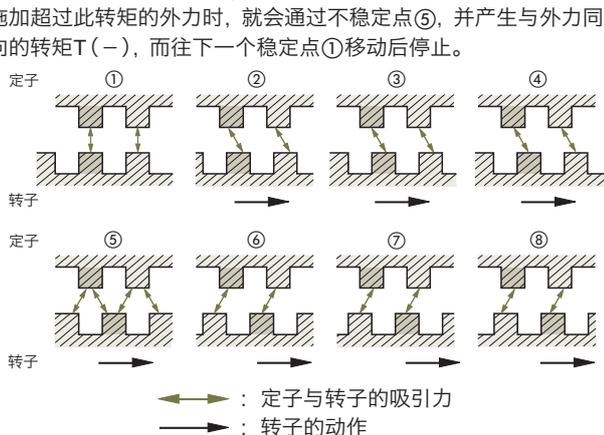
将电动机以额定电流励磁，并由外部朝电动机转轴施加转矩，使得转子角度产生变化，此时角度与转矩的关系称为角度—转矩特性。下图即其特性的表示。



将上示特性图中各点上的定子与转子的齿的位置关系表示为如下图。

在稳定点①平衡并停止时，向电动机转轴施加外力，则会向左产生欲将之拉回稳定点①的转矩T(+)，并于与外力取得平衡的角度上停止。

②继续增加外力时，即会有一角度的发生转矩达到最大。此时所发生转矩称为最大励磁转矩TH。③施加超过此转矩的外力时，就会通过不稳定点⑤，并产生与外力同方向的转矩T(-)，而往下一个稳定点①移动后停止。



稳定点：

是指定子与转子的齿于完全相对的位置而停止的点。此点非常稳定，当外力为0时一定会于此点上停止。

不稳定点：

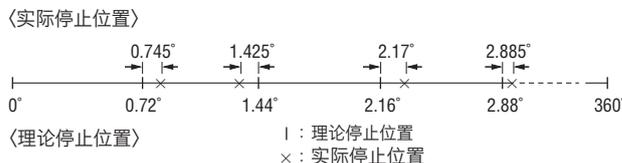
是指定子与转子的齿互相错开1/2螺距的位置。此为非常不稳定的状态，施加细微外力就会使转子往左边或右边的稳定点移动。

◇角度精度

步进电动机在空载状态时，将保持±3分(0.05°)以内的角度精度。此一细微的角度误差的原因主要是来自转子与定子的机械精度以及定子线圈上细微的电阻不同所造成的。步进电动机的角度精度一般是以下列的静止角度误差来表示。

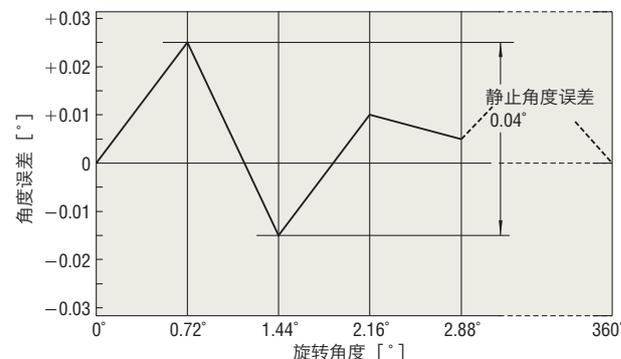
静止角度误差：

是指转子在理论上和实际上停止位置的差距。此差距所代表的是将转子的任意停止位置作为出发点，以每1步距测量360°时的(+)最大值及(-)最大值之间的宽幅。



虽然静止角度误差在±3分以内，然而这是在无负载条件下的数值。但是，实际的用途上必然有摩擦负载的存在。

此时，角度精度会依据角度—转矩的特性，根据摩擦负载的不同而产生角度变位。当摩擦负载一定时，若朝同一方向运行则变位角度一定，但若从正反两方向进行运行，则往返间将产生两倍的变位角度。因此若需要停止精度时，务必只朝单一方向进行定位。

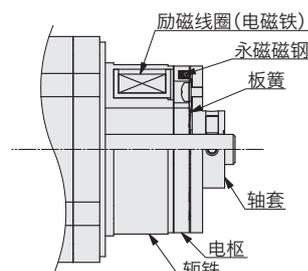


●电磁制动的构造与寿命

带电磁制动电动机采用无励磁动作型的定位用电磁制动。构造例如下所示。

在励磁线圈上施加电压时，会产生与永磁磁钢的磁力反方向的起磁力，电枢受板簧的力量后被释放并使制动开放，电动机轴即可自由旋转。

在未施加电压的状态下，电枢通过永磁磁钢吸着在轭铁上，电动机轴遭固定。



◇工作与寿命

该制动在电动机未励磁的状态下可作为位置保持用途使用。请勿作为停止旋转中负载的制动用途使用。由于没有装备制动带用摩擦衬片，因此，如果频繁进行制动会使金属之间互相摩擦而产生磨损或烧结现象，导致无法正常工作。

工作寿命是板簧疲劳寿命的100万次。

由于步进电动机停止时仍有保持力，因此，只限装置的电源ON/OFF时运行电磁制动的使用方法。

选用计算

电动机

电动传动装置

风扇&散热管理

寿命

AC小型标准电动机

调速电动机

步进电动机

AC伺服电动机

减速机

电动传动装置

风扇&散热管理

■ 步进电动机组合产品

本目录所介绍的5相组合产品皆采用新五角形接线的5条导线电动机及装载专用励磁程序的驱动器所构成。借助本公司独创的组合，成功实现了

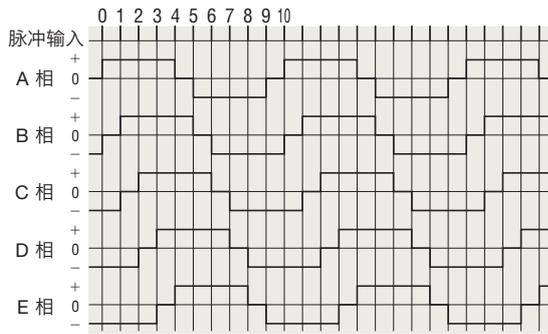
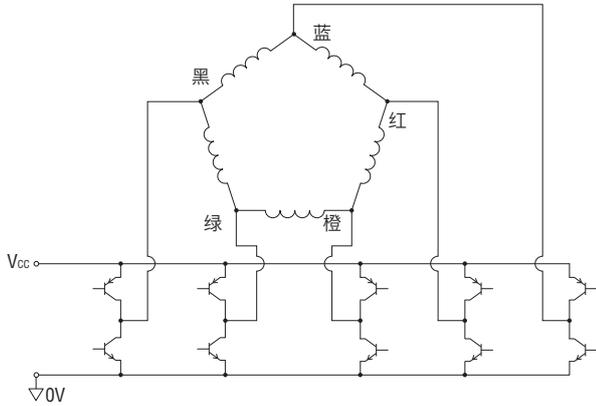
- 简单接线的5根导线
- 低振动化

在此针对此接线及励磁程序进行说明。

● 新的五角形接线4相励磁方式…整步

0.72°/step

以持续进行4相励磁的5相电动机独特的方式，1步距为0.72°(0.36°)。阻尼效果较大且可获得稳定运行。

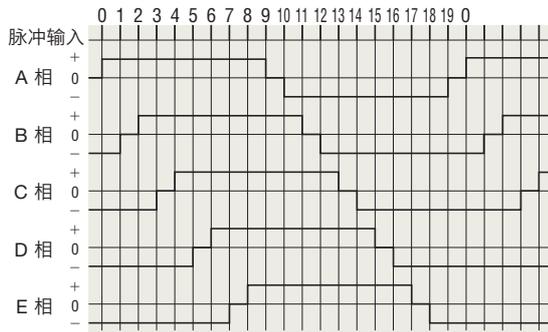


新的五角形接线4相励磁程序

● 新的五角形接线4-5相励磁方式…半步

0.36°/step

以4相励磁与5相励磁交互重复使用的方式，1步距为0.36°。可将每转做1000分割。



新的五角形接线4-5相励磁程序

■ 步进电动机的驱动器

步进电动机的驱动方式分为恒流驱动与恒压驱动两种。

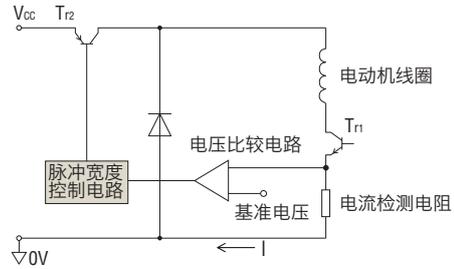
恒压驱动方式因电路构造简单，在高速领域时不易获得转矩特性。

然而恒流驱动方式则是现在广为使用的驱动方式，在高速领域中能掌握优良的转矩特性。本公司的步进电动机驱动器全部采用此种驱动方式。

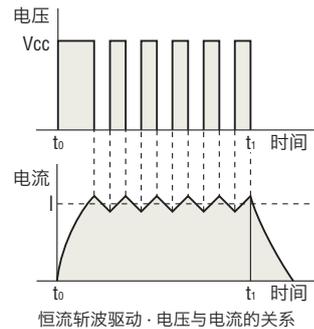
● 恒流驱动方式的概要

步进电动机是将流过各线圈的电流按顺序转换使其旋转的，但是转速越快则此转换亦需加快，此时电流的上升无法追随速度将导致转矩下降。

因此，通过比电动机额定电压更高的直流电压斩波的方式，即使于高速时也可对电动机提供额定电流。



以电流检测电阻将流过电动机线圈的电流作为电压取出，并将之与基准电压作比较。检测电阻的电压若比基准电压低时(未达额定电流时)，开关晶体管Tr2持续ON，若比基准电压高时(超过额定电流时)，则将Tr2转为OFF。恒流驱动方式就是以这种方式控制电流线圈，使其可保持额定电流。

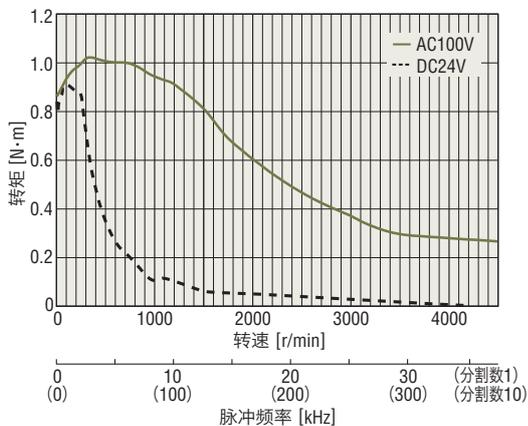


恒流斩波驱动·电压与电流的关系

●AC输入与DC输入的特性差异

步进电动机通过驱动器施加直流电压以驱动电动机。
 本公司的DC24V输入组合产品是将DC24V直接施加于电动机，而AC100V、AC200V输入产品则是将电压整流成约DC140V电压后施加于电动机。(部分产品除外。)

对电动机施加电压的差异会造成高速领域时的转矩特性的不同。这是因为流经电动机线圈的电流上升会随施加电压越高而越快，因此在高速领域也可以流过额定电流。也就是说，AC输入组合产品从低速领域到高速领域都可获得优异的转矩特性及宽广的速度比。因此使用时建议您使用AC输入组合产品，因为它可对应机器多样化的使用条件。



●微步驱动技术

无需通过机械的减速机构即可将5相步进电动机的基本步距角0.72°再度细分(最大250)。

◇特征

- 步进电动机是在每1个由转子与定子的凸极构造决定的步距角度上进行旋转、停止的，所以具有可以做到高精度且轻易的定位控制的特征。相反的，同时也具有每1步距角度的旋转时，转子产生速度变化，在特定旋转圈数下会产生共振而使振动加大的特性。
- 微步驱动是控制流入电动机线圈的电流使电动机基本步距角更加地细化，以实现超低速·低噪音运行的技术。
- 电动机的基本步距角(0.72°/整步)可以细分至1/1~1/250，所以可经由微小角传输实现顺畅的运行。
- 利用电动机的驱动电流的平滑性技术，控制电动机的振动，实现了低噪音的运行。

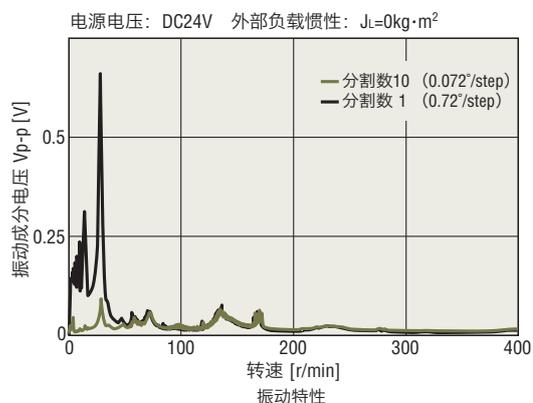
◇基本步距角最多进行250分割

微步驱动器是2个步距角设定开关可以设定各自独立的步距角(16种类、最多250分割)，利用外接的步距角转换输入信号操作，可针对2个开关上所设定的步距角进行转换。

特性面

●低振动

利用微步驱动技术执行步距角度的电气细化。使低速领域的阶段性运转更加顺畅，大幅地改善振动。
 一般为了降低振动都是采用阻尼器，但是电动机本身就是低振动设计，再采用微步驱动技术更能够减少振动。
 因为振动对策非常地简便，最适合使用在必须避免振动的用途与装置。

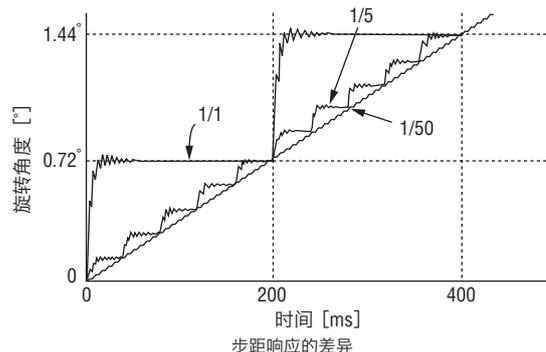


●低噪音

微步驱动技术改善低速领域的振动音，实现低噪音化。
 在必须保持安静的环境中也能发挥威力。

●提高控制性

为阻尼特性佳的新五角形的微步驱动。
 每1STEP的过冲现象、回冲现象少，脉冲模式正确设置。(线性度也提高。)
 此外，可缓和起动、停止时的冲击。



选用计算

电动机

电动传动装置

风扇&散热管理

寿命

AC小型标准电动机

调速电动机

步进电动机

AC伺服电动机

减速机

电动传动装置

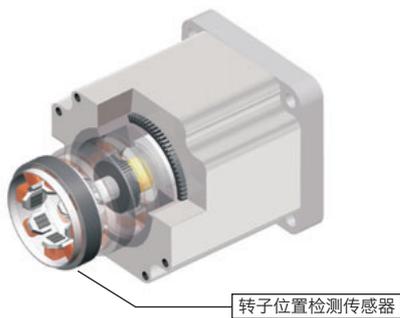
风扇&散热管理

■ 闭环步进电动机 α STEP

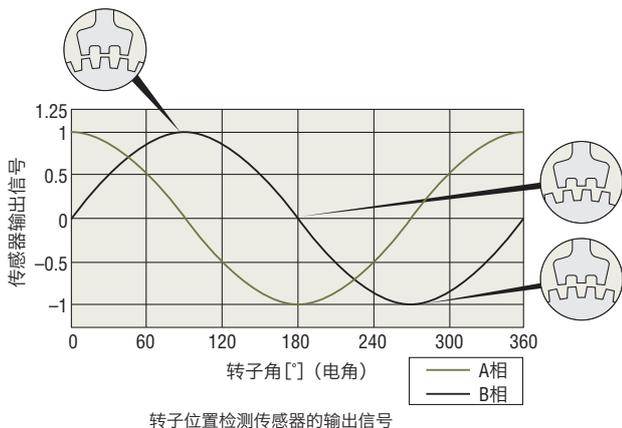
● 控制方式的概要

◇ 内藏转子位置检测传感器

在电动机的反输出轴侧藏有转子位置检测传感器。



利用传感器线圈检测由于转子旋转位置所决定的磁阻的变化。

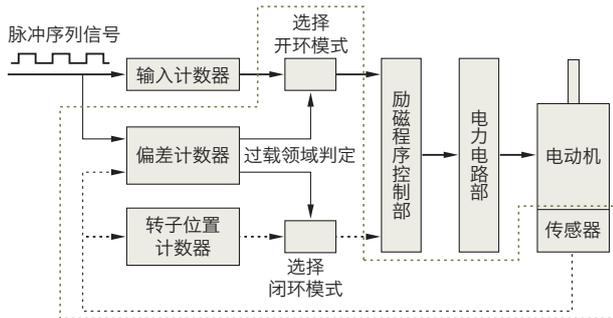


◇ 采用本公司独创的闭环控制系统

通过偏差计数器的计算可得知脉冲序列信号的指令位置与实际转子位置的偏差量(延迟/过转)。

通过偏差计数器的计算结果判断是否进入“过载领域”，以转换开环模式/闭环模式来运行。

- 通常情况下，以开环模式运行。
- 过载时，以闭环模式运行。



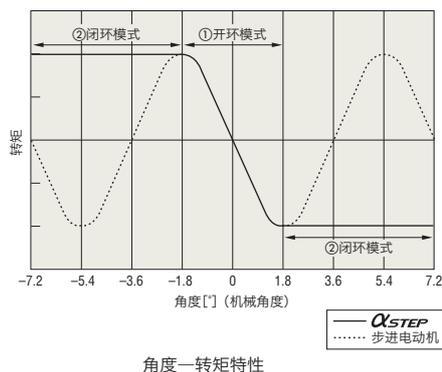
.....: α STEP独有的控制部分

转子位置计数器：指示对转子位置产生最大转矩的励磁程序。

α STEP的控制模块构成图

于闭环模式下，驱动器会控制电动机线圈的励磁状态，令其对于转子旋转位置产生最大转矩。

采用此种控制方式，在角度—转矩特性上没有所谓的不稳定点(过载领域)。



● α STEP的特征

◇ 提升步进电动机的性能

- 高速领域的转矩特性更容易使用

α STEP无需如以往的步进电动机一般需要考虑以下各点。

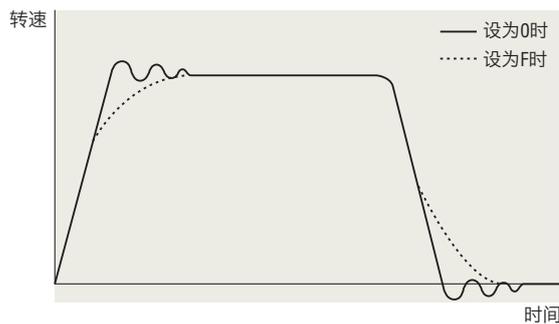
- 限制起动脉冲频率

可灵活运用自起动领域，轻易实现高速运行。

- 使用速度平滑调整调节起动时/停止时的响应性

不需变更控制器的数据(起动脉冲频率、加减速常数)即可将起动时/停止时的响应性做16阶段的调节。

此一功能主要目的是希望能减少对工作物的冲击，以及降低低速运行时的振动。



◇ 机械式多回转绝对式编码器 (ABZO编码器)

ABZO编码器以机械方式检测位置，并在传感器侧保存位置。通过在传感器侧保存位置信息，可建立绝对式系统，以在电源切断时也能够保持位置信息。此外，无需像以往一样需要电池才可备份位置信息，因此，拆下电动机电缆线也不会失去位置。

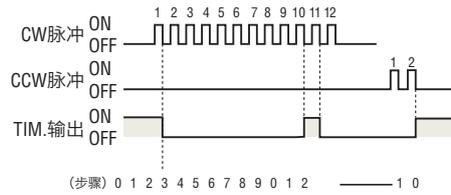


利用励磁定时信号的机械原点返回运行

励磁定时信号

励磁定时 (TIM.) 信号输出是指使步进电动机的励磁状态为初始状态 (STEP [0]) 的输出信号。

本公司的5相步进电动机组合产品在接通电源时进行初始励磁, 之后每次输入脉冲信号会推动励磁程序, 电动机轴每旋转7.2°循环一次。



励磁程序与励磁定时信号的关系 (5相步进电动机组合产品)

这一定时信号请在需要较高重现性的机械原点返回运行时使用。

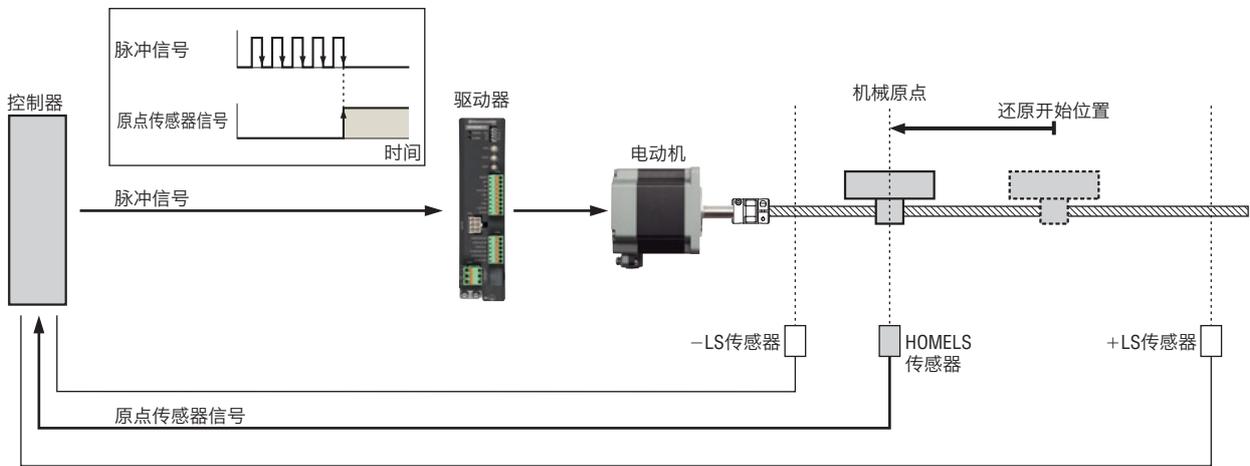
以下对步进电动机机械原点返回运行与定时信号的运用相关事宜加以说明。

步进电动机的机械原点返回运行

自动化机器在接通电源起动时, 或是停电后再起动时, 使步进电动机还原到机械基准位置是十分必要的, 这一功能便称为机械原点返回运行。步进电动机的机械原点返回运行通过原点传感器检测出作为定位运行对象的机构部位, 在确认这一检测信号的时间点停止发送控制器脉冲信号, 以使步进电动机停止。

在这种机械原点返回运行中原点传感器的检测性能是决定机械原点精度的关键。

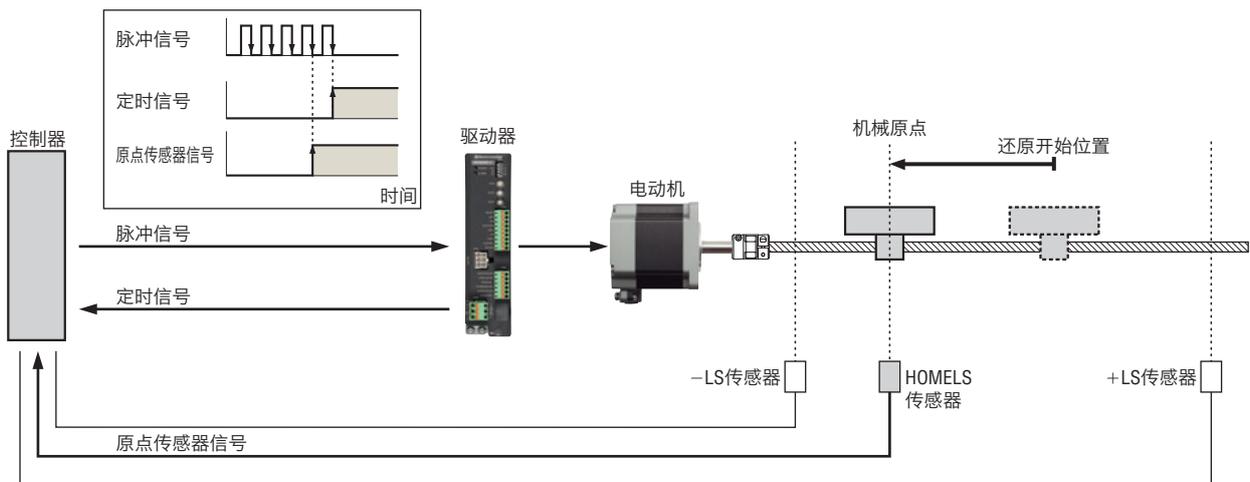
原点传感器的检测性能随着环境温度及机构检测部分的接近速度的变化而不同, 因此在需要较高重现性的机械原点标出用途时, 需尽力减少其误差。



借助传感器的机械原点返回运行 (3传感器方式 HOME、CW LS、CCW LS)

利用励磁定时信号提高重现性

即使原点传感器的检测性能发生变化, 机械原点的位置也尽量不变, 要做到这一点可借助定时信号的理论积累, 使用停止脉冲信号的方法。定时信号为初期励磁状态下输出的信号, 因此这一定时信号输出时若脉冲信号停止, 必定在初期励磁状态下检测出机械原点。



选用计算

电动机

电动传动装置

风扇 & 散热管理

寿命

AC 小型标准电动机

调速电动机

步进电动机

AC 伺服电动机

减速机

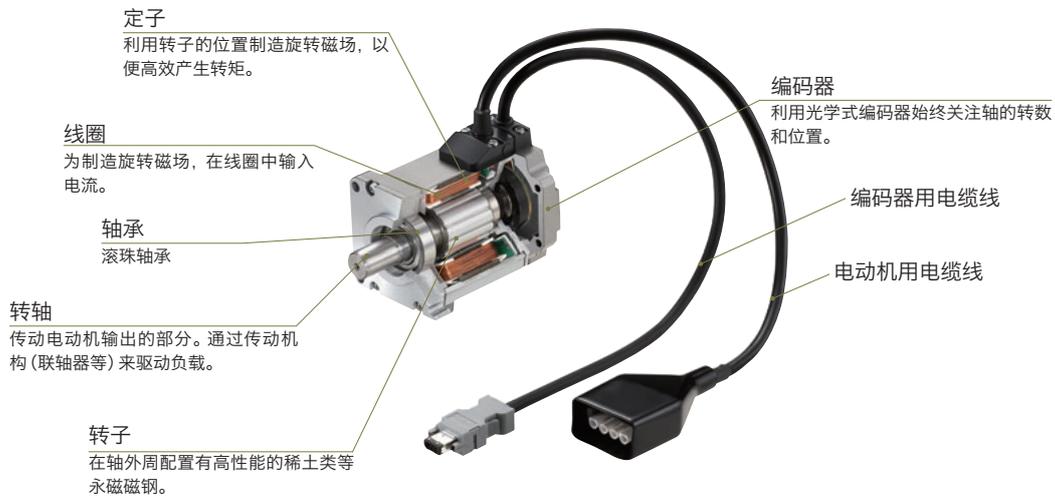
电动传动装置

风扇 & 散热管理

AC伺服电动机

AC伺服电动机的构造

AC伺服电动机在电动机的反输出轴侧搭载有转速探测器（编码器），通过检测转子的位置和速度，可执行高分辨率、高响应定位运行。



编码器是检测电动机转速和位置的传感器。

发光二极管（LED）发出的光线穿过切口圆盘上的位置检测模式，由受光元件读取。受光元件上集成有数十个光电晶体管。绝对位置检测用模式因编码器的旋转角度不同而全部不同。

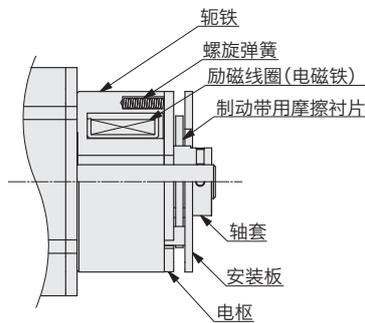
编码器搭载CPU，对绝对位置检测用模式进行分析。通过串行通信将该当前位置数据传送到伺服驱动器。

电磁制动的构造与寿命

带电磁制动电动机采用无励磁动作型的定位用电磁制动。构造例如下所示。

在励磁线圈上施加电压时，电枢受电磁铁吸引而压迫螺旋弹簧使制动开放，电动机轴即可自由旋转。

在未施加电压的状态下电枢会释放，制动带用摩擦衬片受螺旋弹簧挤压至安装板，电动机轴遭固定。



工作与寿命

该制动在电动机未励磁的状态下可作为位置保持用途使用。请勿作为停止旋转中负载的制动用途使用。由于不是以制动为目的的制动带用摩擦衬片，因此如果反复制动会因磨损而间隙变大，导致无法正常工作。

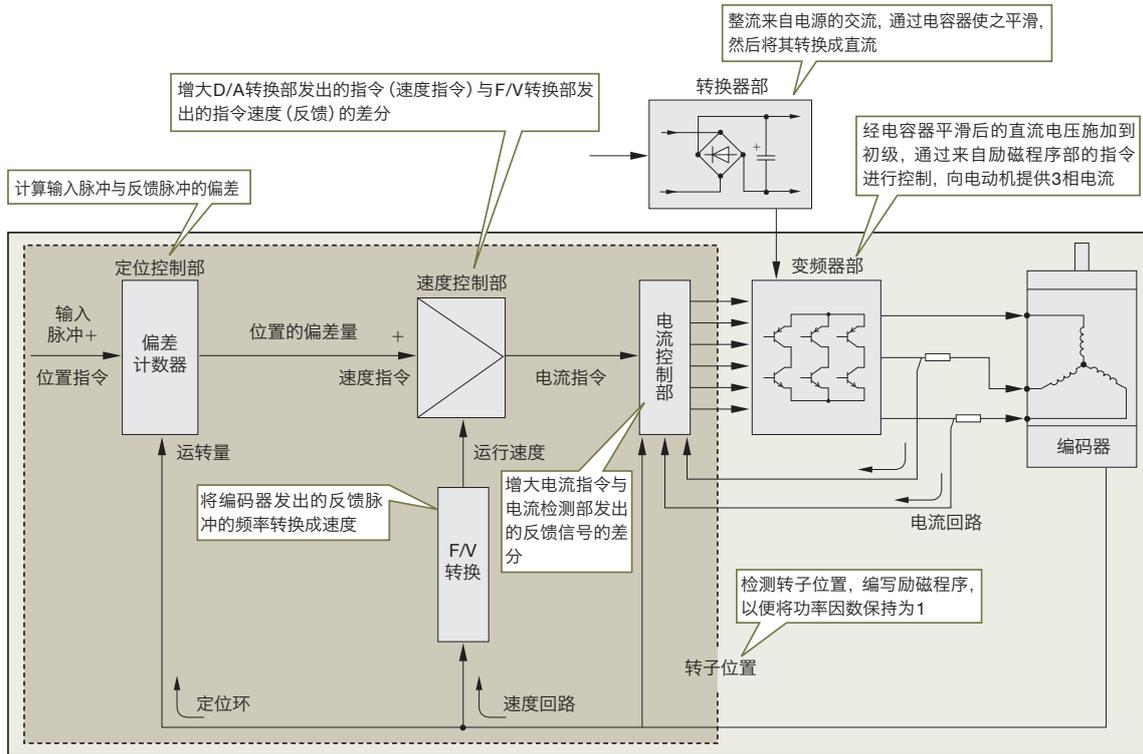
起动或停止容许转动惯量范围内的负载时的使用寿命为200万次。

AC伺服电动机的控制配置图

对来自外部的脉冲信号（脉冲序列输入型时）和伺服电动机的编码器检测到的运转量进行计数，将其差分（偏差）输出到速度控制部。这个计数器被称为偏差计数器。

电动机旋转过程中，偏差计数器出现积存脉冲（=位置偏差），将该积存脉冲控制为0。

通过定位环（偏差计数器）实现了保持当前位置的（伺服锁定）功能。



AC伺服电动机由电动机和编码器、以及驱动器3个要素构成，驱动器的作用是对位置指令和编码器的位置、速度信息进行比较，控制驱动电流。AC伺服电动机时常会通过编码器的位置、速度信息检测电动机的状态，因此，万一电动机停止运行，也能够向控制器侧输出警报信号，检测出异常状态。AC伺服电动机必须根据机构的刚性及负载条件来调整控制系统的参数，但近年来采用了实时自动增益调整，这种调整变得非常简单。

减速机

■ AC电动机用减速机

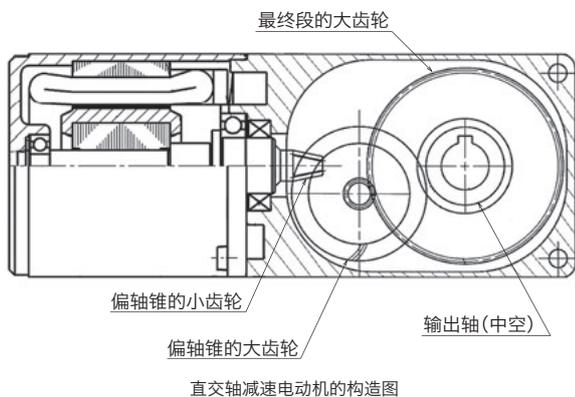
因AC电动机用减速机主要作为动力用而被连续使用，所以设计的重点为高容许转矩、长寿命、低噪音、以及丰富的减速比产品种类。

● 直交轴减速机

直交轴型减速机由于可安装在有限的空间内，并且可减少使用联轴器、等动力传动构件（中空轴减速机），是一种使用方便的产品。本公司的直交轴型减速机有使用偏轴锥齿轮、使用蜗轮齿轮或螺旋齿轮的直交轴·中空轴减速机、直交轴·实轴减速机。

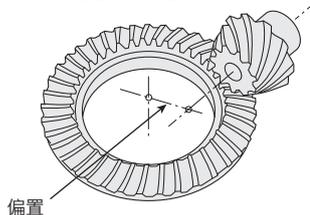
◇ 偏轴锥齿轮

通过在电动机轴使用偏轴锥齿轮，可配置大于输出轴的齿轮，提高输出转矩。此外，根据减速比，还可减少减速段数。由于偏轴锥齿轮的啮合复杂，需精密调节齿轮之间的齿隙及啮合位置。因此，已经组装过的减速电动机无法分离电动机部分和减速机部分。



● 偏轴锥齿轮

在错开轴之间传动的圆锥形齿轮，齿向为曲线。



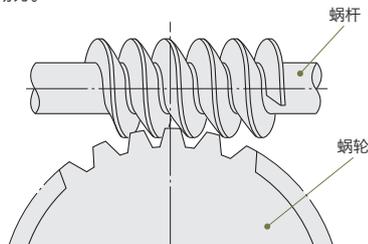
偏轴锥齿轮的构造

◇ 蜗轮

拥有与直齿轮同样古老历史的齿轮，但由于加工困难，再加上效率过低，因此比起直齿轮其可使用的用途相当有限。但是，本公司运用其可将转轴作为直角使用以及可获得较大减速比的特长，并加以改良使其超前角度放大，因此比起一般蜗轮更大幅度提升其效率，目前皆已正式商品化完成。

● 蜗轮

靠拥有1个或2个以上齿数的螺旋状蜗杆，与其啮合的蜗轮来传达动力。

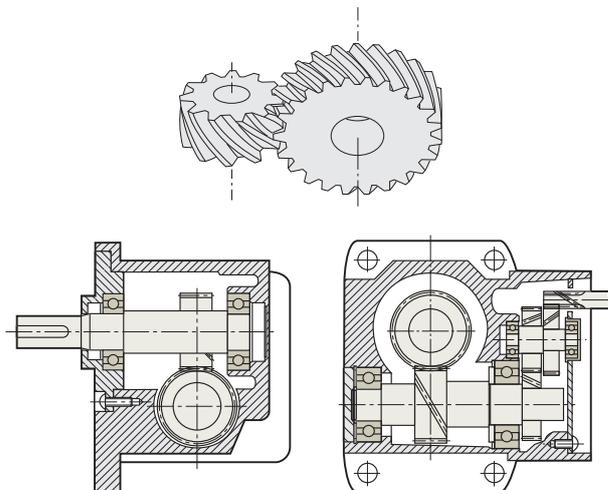


◇ 螺旋齿轮

螺旋齿轮就单体而言只是普通的螺旋减速机。但是，对一般平行轴螺旋齿轮而言，其互相扭转角的角度相等，并且扭转的方向齿轮也互相咬合，而螺旋齿轮的扭转角则是设计成轴部分互成直角。由于螺旋齿轮只是点的接触，因此一般大多使用于较轻负载的用途，正因如此本公司的直交轴减速机主要以低减速比为主。

● 螺旋齿轮

螺旋齿轮是利用斜齿轮作成互相错开成直角的轴（不相交也不平行的双轴）。



直交轴减速机的螺丝构造



中空轴型



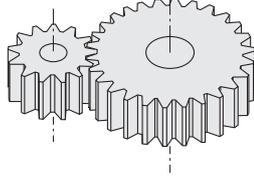
实轴型

● 平行轴减速机

本公司的平行轴减速机采用直齿轮及斜齿轮（螺旋齿轮）。特别是斜齿轮（螺旋齿轮）其采用目的是低噪音化以及高强度化。

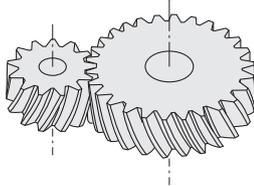
● 直齿轮

齿向与轴心呈平行直线的圆筒齿轮。



● 斜齿轮

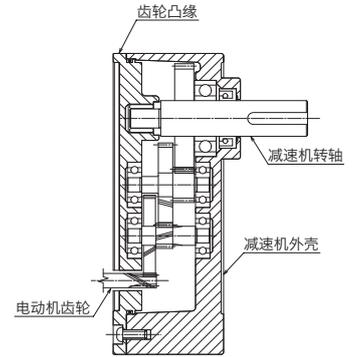
齿向系螺旋线的圆筒齿轮。比起直齿轮，其咬合率更高，因此噪音更小，并且强度更强。但由于对轴向施加负载，因此设计时需要注意。



◇ GV减速机 (KIIS系列、KII系列、US2系列、DSC系列)

GV减速机通过提高减速机外壳的刚性及齿轮加工技术的进一步提高、组装技术的高精度化，以期达到低噪音化。通过采用高强度的渗碳淬火齿轮和大轴径轴承，可达到相当于原有产品GN-K减速机的2~3倍大的容许转矩，实现额定寿命10,000小时。

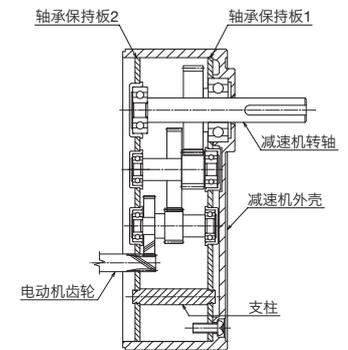
GV减速机



◇ GN-K减速机 (世界规格K系列、SMK系列、力矩电动机)

本公司针对噪音影响最大的电动机小齿轮及与其啮合的齿轮部分，对GN-K减速机皆采用斜齿轮以期达到低噪音化。

GN-K减速机



选用计算

电动机

电动
传动装置

风扇 &
散热管理

寿命

AC 小型
标准电动机

调速
电动机

步进
电动机

AC 伺服
电动机

减速机

电动
传动装置

风扇 &
散热管理

■ 无刷电动机用减速机

无刷电动机最高转速为3000~4000r/min的高速，因此与其组合的减速机需要具备高转速下低噪音，以及灵活运用大功率电动机特性所需的高容许转矩、长寿型特征。

本公司的无刷电动机用减速机采用与AC电动机用减速机相同的平行轴构造，并在此构造中实现中空轴规格的中空轴扁平减速机可供选购。

● 中空轴扁平减速机

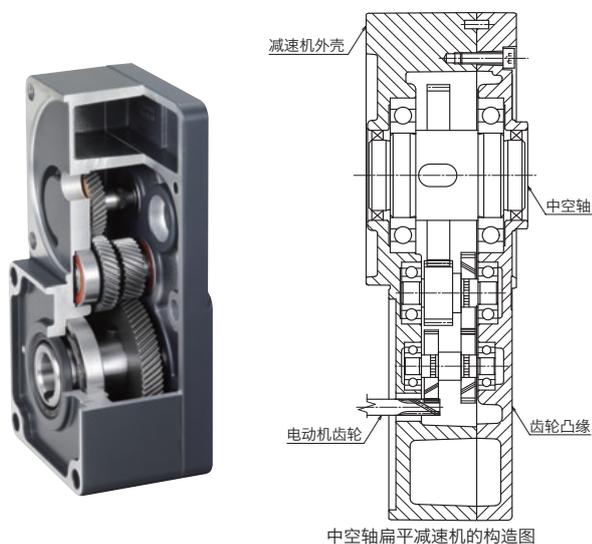
即使在高减速比下容许转矩也不饱和。最适用于需要高容许转矩的用途。此外，可安装在有限的空间内，并且可减少使用联轴器等动力传动构件。

此外与薄型无刷电动机组合使用，即使不采用直交轴机构也可紧凑安装。

中空轴扁平减速机的构造通过在长度方向上延伸齿轮轴配置，使其相比原先的平行轴减速机空间容积更大，同时实现了减速机外壳刚性提高和齿轮及轴承的大直径化。

如此在保持平行轴构造的情况下达到输出轴中空化，实现了产品的高容许转矩和长寿化。

此外，平行轴构造与直交轴相比齿轮传动效率更高也是优势所在。



■ 步进电动机、伺服电动机用减速机

步进电动机、伺服电动机用减速机其用途主要是高精度定位用，因此其设计重点则为高精度、高容许转矩、高速旋转（伺服电动机用）。

此外，开发出能减少齿隙的机构，并在与电动机组装完成的状态下，保证其齿隙的大小。

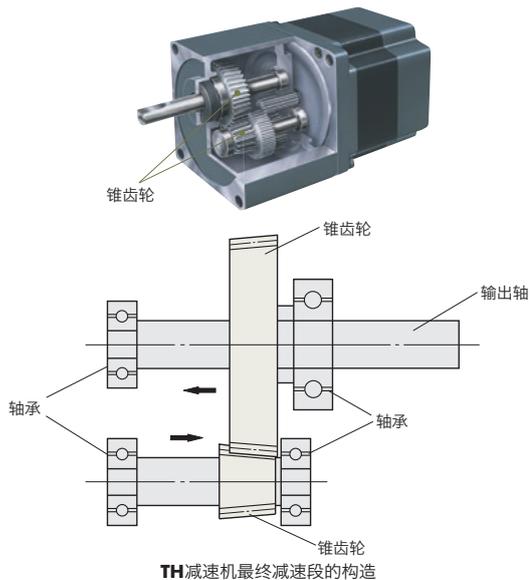
一般如果安装尺寸相同，步进电动机的输出转矩较AC电动机大，又由于伺服电动机高速旋转，因此必须以高转矩、高转速对应，以免破坏电动机的这些特性。

以下为较具代表的控制电动机用减速机的原理构造。

● TH减速机

◇ 原理与构造

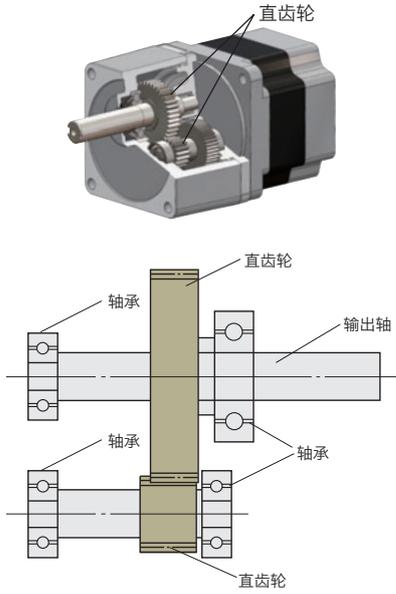
TH减速机型的直齿轮减速机的输出段以及与其啮合的齿轮部分皆采用锥齿轮（Taper Gear）。锥齿轮朝轴向连续变位。微调这些锥齿轮，朝箭头方向调节其啮合量，以达到降低其齿隙的目的。



●TS减速机

◇原理与构造

TS减速机通过齿轮加工的高精度化及将热处理后的尺寸变化量考虑进去的齿轮加工的实施，减少对齿隙的影响。此外，关于输出轴齿轮，热处理后实施高精度加工，去除因热处理导致尺寸变化的影响。因此，TS减速机实现了无需特别调整机构的简单构造。

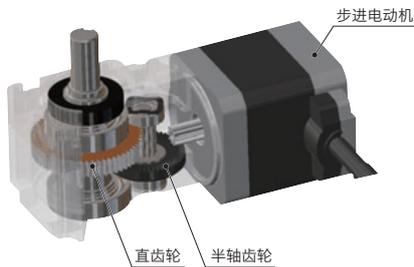


TS减速机最终减速段的构造

●FC减速机

◇原理与构造

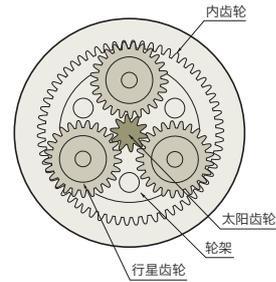
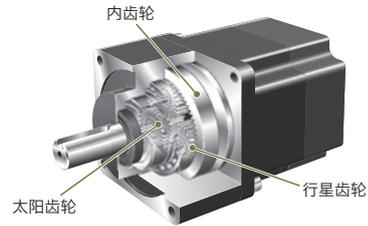
FC减速机是指由半轴齿轮（圆盘状的齿轮）与直齿轮构成的直交轴减速机。借助本公司独创的高精度加工，对半轴齿轮的小型化和高强度化取得成功，实现了可抑制齿隙的小型直交轴。



●PS减速机

◇原理与构造

PS减速机为行星齿轮机构的减速机。由太阳齿轮、行星齿轮、内齿轮等3个机构所构成。安装于中心轴位置的太阳齿轮（一段型减速机时此部分为电动机转轴。）外侧有数个行星齿轮，利用内齿轮沿中心轴圆周做公转。通过行星齿轮的公转利用行星轮架转换成输出轴的旋转。



PS减速机的断面图

太阳齿轮：位于中心位置的齿轮，作为输入轴使用。

行星齿轮：为多个外齿轮，以太阳齿轮为中心公转。各行星齿轮都被安装于行星轮架上，行星轮架上固定有减速机输出轴。

内齿轮：为固定于减速机外壳上的圆筒状的齿轮，内侧有小齿。

选用计算

电动机

电动传动装置

风扇 & 散热管理

寿命

AC 小型标准电动机

调速电动机

步进电动机

AC 伺服电动机

减速机

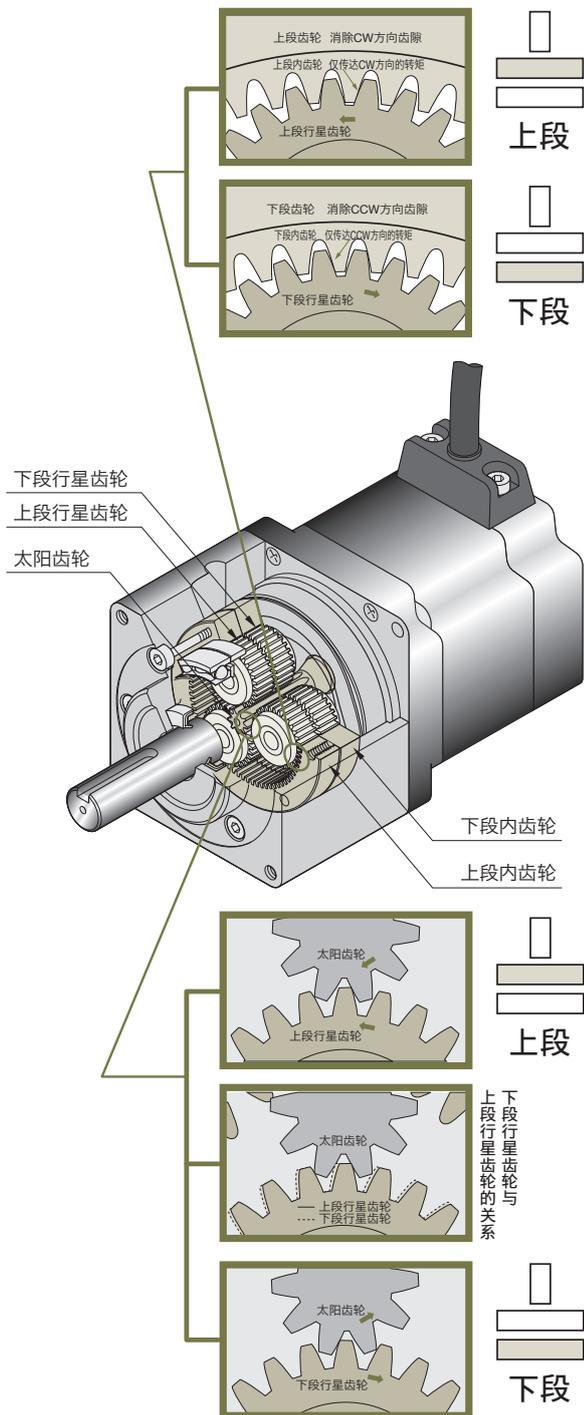
电动传动装置

风扇 & 散热管理

●PN减速机

◇原理与构造

PN减速机是与PS减速机同样的行星齿轮机构的减速机。为使各零件的加工精度提高，采用了齿隙去除机构，实现了规格值3分以内的齿隙。齿隙去除机构是将内齿轮及行星齿轮分别配置成上下两段，并将内齿轮朝圆周方向拧动。因此，上段的内齿轮与行星齿轮去除了CW方向的齿隙，而下段的内齿轮与行星齿轮则去除了CCW方向的齿隙。



◇角度传动精度

是指从输入脉冲数计算出输出轴的理论旋转角度与实际旋转角度的误差。表示从任意位置测量输出轴旋转1次时误差的最小值与最大值的幅度。

不同安装尺寸的角度传动精度

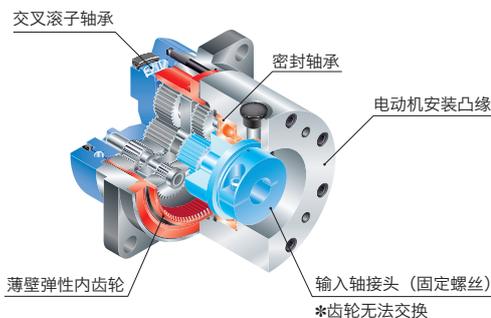
安装尺寸 [mm]	角度传动精度 [arcmin]
28, 42	6 (0.1°)
60	5 (0.09°)
90	4 (0.07°)

●HPG减速机

◇原理与构造

是将薄壁弹性齿轮技术运用到行星齿轮减速机内齿轮的行星齿轮减速装置。因此，利用内齿轮的弹性变形，在没有调整机构的情况下实现了小齿隙。

行星齿轮减速机是太阳齿轮与行星齿轮、行星齿轮与内齿轮都同时相互啮合的构造。因此，如果只用零件的尺寸精度减少齿隙，则会受到尺寸误差的影响而干扰啮合部分，可能导致旋转转矩不均匀或产生噪音。为解决此类问题，开发了缓和啮合部分干扰的功能及兼备足够强度的“薄壁弹性内齿轮”，诞生了划时代性构造的行星齿轮减速机 HarmonicPlanetary。HarmonicPlanetary在减速机的使用寿命范围内几乎没有齿隙变化。



(Copyright © 1999 HARMONIC DRIVE SYSTEMS INC. All Rights Reserved.)
 ●HarmonicPlanetary是HarmonicDriveSystems公司的注册商标。

◇角度传动精度

是指从输入脉冲数计算出输出轴的理论旋转角度与实际旋转角度的误差。表示从任意位置测量输出轴旋转1次时误差的最小值与最大值的幅度。

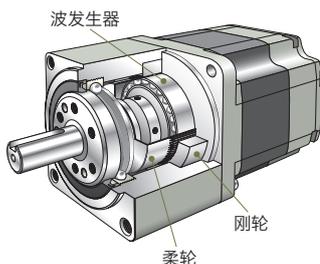
不同安装尺寸的角度传动精度

安装尺寸 [mm]	角度传动精度 [arcmin]
40	5 (0.09°)
60	4 (0.07°)
90	4 (0.07°)

●谐波减速机

◇原理构造

就减速机而言，谐波减速机拥有无可比拟的优异定位精度特性，是由运用金属弹性力的3个基本零件（波发生器、柔轮、刚轮）所组成。



波发生器

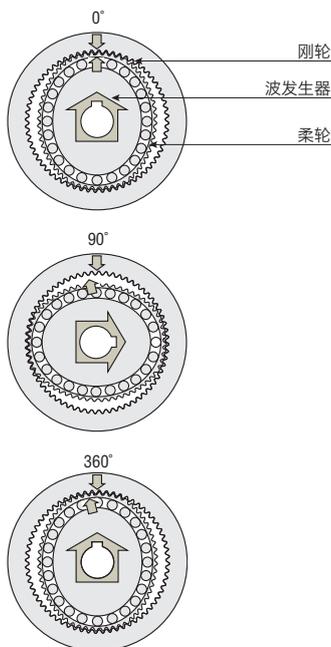
椭圆形凸轮的外圈上嵌入薄型的滚珠轴承，整体呈一椭圆形零件。轴承的内圈固定于椭圆形凸轮之上，外圈则介由滚珠弹性变形。安装于电动机转轴上。

柔轮

为制成薄型杯状的金属弹性体零件。杯开口部位外缘刻有小齿。柔轮底部安装到减速机输出轴。

刚轮

刚性体的内齿轮。内侧上刻有与柔轮同样大小的小齿，且比柔轮多2个齿数。外圈部分固定于减速机外壳上。



将3件基本零件组合。柔轮随波发生器变形为椭圆状，椭圆的长轴部分则与刚轮小齿部分互相啮合，而短轴部分小齿则完全呈脱离状态。

将刚轮固定，将波发生器（输入）朝顺时针方向旋转，此时柔轮会产生弹性变形，而与刚轮小齿互相啮合的位置将按顺序移动。

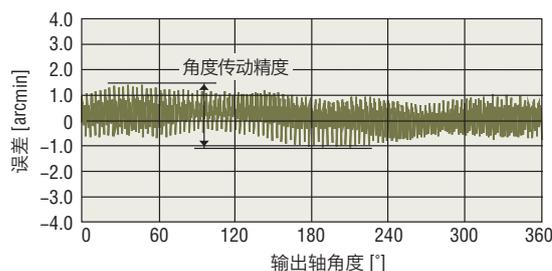
波发生器每旋转一圈，柔轮因比刚轮齿数少2个齿数，因此会与波发生器的旋转方向相反，亦即朝逆时针方向移动2个齿数差。输出这一动作并进行减速。

◇精度

谐波减速机与使用一般直齿轮的减速机不同，没有齿隙（小齿互相啮合间隙）。同时，相互啮合的齿数较多，小齿的齿距误差或累积齿距误差的旋转精度的影响被平均分散掉，可发挥高定位精度的特性。此外，谐波减速机的减速比较高，因此，在输出轴施加负载转矩时的扭转，即使与电动机单体及其它减速电动机相比，也会非常小，且具有高刚性。由于刚性较高，因此，即使负载变动大，也可以非常稳定的定位。对要求较高的定位精度及刚性时，请参考以下特性。

◇角度传动精度

是指从输入脉冲数计算出输出轴的理论旋转角度与实际旋转角度的误差。表示从任意位置测量输出轴旋转1次时误差的最小值与最大值的幅度。

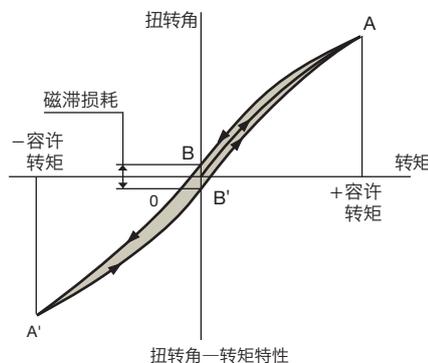


品名	角度传动精度 [arcmin]
CRK513-H□	3 (0.05°)
AR24-H□、CRK523-H□	2 (0.034°)
AR46-H□、AZM46-HS□	1.5 (0.025°)
RKS543-HS□、CRK543-H□	
AR66-H□、AZM66-HS□	
RKS564-HS□、CRK564-H□	
PKP262-H□	
AR98-H□、AZM98-HS□	1 (0.017°)
RKS596-HS□	

这是无负载条件下的值（减速机部参考值）。但是，实际的用途上必然产生摩擦负载，出现与摩擦负载相应的变位。当摩擦负载一定时，若朝同一方向运行则变位固定，但若从正反两方向运行，则往返间将产生两倍的变位。该变位可通过下面的转矩—扭转特性来推测。

转矩—扭转特性

图表中的转矩—扭转特性是将电动机轴进行固定，然后慢慢朝正反方向向输出轴施加或减少负载（转矩）时的变位（扭转）图。如上所述，向输出轴施加负载时，会因减速机的弹簧常数的关系而产生变位。



选用计算

电动机

电动传动装置

风扇 & 散热管理

寿命

AC 小型标准电动机

调速电动机

步进电动机

AC 伺服电动机

减速机

电动传动装置

风扇 & 散热管理

该变位在停止时施加外力及在施加了摩擦负载的状态下进行驱动的情况下会发生。该倾斜率可根据负载转矩的大小，使用以下3个区间的弹簧常数算出近似值，或通过计算进行推定。

1. 负载转矩 T_L 为 T_1 以下

$$\theta = \frac{T_L}{K_1} \text{ [min]}$$

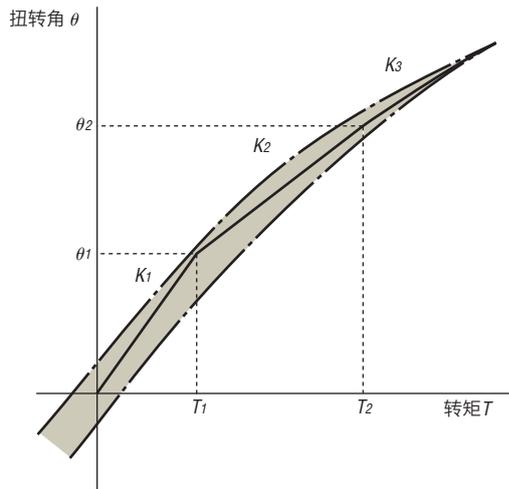
2. 负载转矩 T_L 在 T_1 以上 T_2 以下

$$\theta = \theta_1 + \frac{T_L - T_1}{K_2} \text{ [min]}$$

3. 负载转矩 T_L 在 T_2 以上

$$\theta = \theta_2 + \frac{T_L - T_2}{K_3} \text{ [min]}$$

以计算公式求得的扭转角为谐波减速机单体的数值。



扭转角—转矩特性

计算用数值

项目 品名	减速比	T_1	K_1	θ_1	T_2	K_2	θ_2	K_3
		N·m	N·m/min	min	N·m	N·m/min	min	N·m/min
CRK513-H50	50	0.075	0.03	2.3	0.22	0.04	5.9	0.05
CRK513-H100	100	0.075	0.04	1.7	0.22	0.05	4.5	0.06
AR24-H50	50	0.29	0.08	3.7	—	0.12	—	—
CRK523-H50		0.29	0.12	2.6	0.75	0.17	5.4	0.2
AR24-H100	100	0.29	0.1	2.9	1.5	0.15	11	0.21
CRK523-H100		0.29	0.21	1.4	0.75	0.24	3.4	0.26
AR46-H50	50	0.8	0.64	1.25	2	0.87	2.6	0.93
AZM46-HS50								
RKS543-HS50								
CRK543-H50								
AR46-H100	100	0.8	0.79	1.02	2	0.99	2.2	1.28
AZM46-HS100								
RKS543-HS100								
CRK543-H100								
AR66-H50	50	2	0.99	2	6.9	1.37	5.6	1.66
AZM66-HS50								
RKS564-HS50								
CRK564-H50								
PKP262-H50	50	2	0.84	2.4	6.9	1.1	6.5	1.4
AR66-H100								
AZM66-HS100								
RKS564-HS100								
CRK564-H100	100	2	1.2	1.7	6.9	1.3	5.5	1.8
PKP262-H100								
AR98-H50								
AZM98-HS50								
RKS596-HS50	50	7	3.8	1.85	25	5.2	5.3	6.7
AR98-H100								
AZM98-HS100								
RKS596-HS100								
AR98-H100	100	7	4.7	1.5	25	7.3	4	8.4
AZM98-HS100								
RKS596-HS100								

磁滞损耗

从转矩—扭转特性可以看出，朝正反方向施加转矩到容许转矩后，即使将转矩减少为0，扭转角也不会完全变回0，仍残留有一点扭转。(图 B-B')

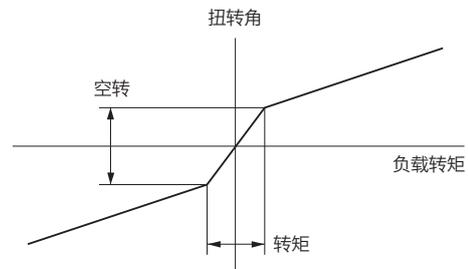
这就是磁滞损耗，该磁滞损耗设计在2分以内。

停止时施加外力、通过惯性驱动施加加减速转矩、驱动中施加摩擦负载等时，即使将负载降为0，在此磁滞损耗作用下，有时仍会残留有少许扭转。

空转

谐波减速机完全没有齿隙，因此减速机的精度则以空转作为其基准值。

空转是减速机输出轴施加容许转矩的约5%的转矩时，所产生变位的合计值。



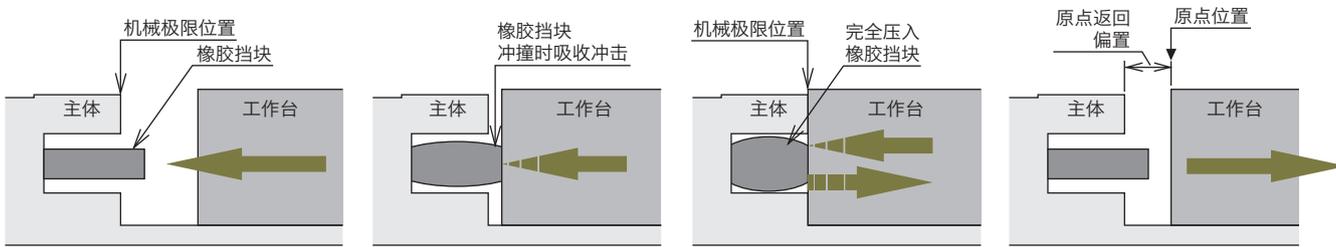
电动传动装置

■压推原点返回运行

“压推原点返回运行”在机械部的主体上压推可动部进行原点返回。新开发的构造通过专用橡胶挡块使金属面能够接触，可实现高速的原点返回运行。

●压推原点返回的动作

◇电动滑台、电动缸时



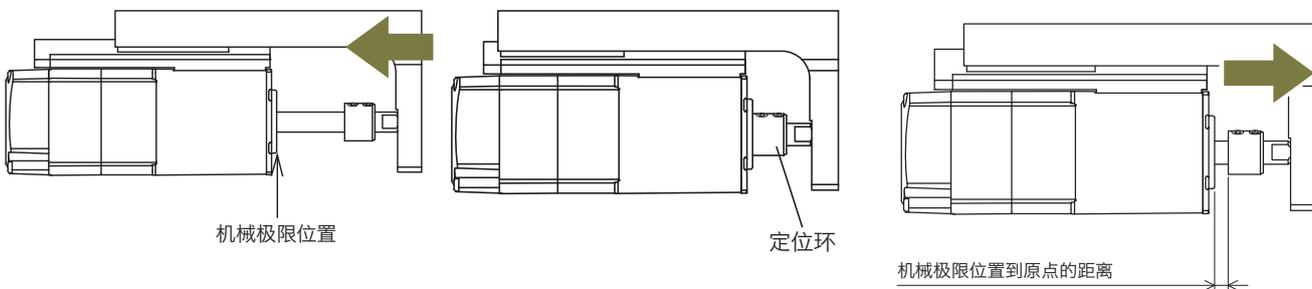
①执行压推原点返回运行时，会朝机械极限位置高速移动。

②接触橡胶挡块后低速运行。

③工作台接触到机械极限位置。与金属面接触后反转。

④AZ搭载：出厂时设定值时停止

◇小型电动直线传动装置时



①执行压推原点返回运行时，会朝机械极限位置高速移动。

②定位环抵达机械极限位置。

③定位环抵达机械极限位置。

*推压原点返回方向请务必设定到电动机侧。

●压推原点返回运行的使用须知

下面介绍使用压推原点返回运行功能时的限制及须知。

- 使用压推原点返回运行时，请确认动态容许惯性力矩值。
- 使用压推原点返回运行时，请设定原点偏置量及设定并确认压推原点返回运行电流值。
- EAC系列朝远离电动机方向压推原点返回时，请在外部设置在有效行程范围内压推活塞杆的机构。活塞杆超过有效行程并往远离电动机方向压推时，可能会导致破损。
- EAS4、EAC4的导程为12mm的产品垂直方向运行负载时，在上升侧执行压推原点返回运行时的负载质量请控制在4kg以下。超过4kg时，原点位置可能会偏移。
- EAS2、EAC2的导程为6mm的产品垂直方向运行负载时，请在下降侧执行压推原点返回运行。在上升侧执行压推原点返回时，原点位置可能会偏移。

选用计算

电动机

电动传动装置

风扇&散热管理

寿命

AC小型标准电动机

调速电动机

步进电动机

AC伺服电动机

减速机

电动传动装置

风扇&散热管理

● 压推原点返回偏置量的设定 (机械极限到原点的距离 [mm])

◇ 搭载 α STEP AZ 系列

初始值 (0) 运行原点返回偏置时, 压推原点返回运行抵达机械极限位置后, 返回到出厂时设定的位置。出厂时的返回量请参阅下表。

系列	型号	原点偏置量 (机械极限位置到原点的距离 [mm])
EAS 系列	2	4
	4	3
	6	6
EZS 系列	3	3
	4	3
	6	6
EAC 系列	2	4
	4	4
	6	4
DRS2 系列	42	1

● 压推原点返回运行电流 (压推力) 的设定 (推荐值)

◇ 搭载 α STEP AZ 系列

压推原点返回的电流值的推荐数值, 出厂时设定在编码器 (ABZO 编码器) 上。

● 压推原点返回速度

压推原点返回速度的上限如下。

◇ 搭载 α STEP AZ 系列

系列	型号	导程 [mm]	压推原点返回速度上限值 (mm/s)
EAS 系列	2	3	25
		6	50
	4、6	6	50
		12	100
EZS 系列	3、4、6	6	50
		12	100
EAC 系列	2	3	25
		6	50
	4、6	6	50
		12	100
DRS2 系列	42	2	6
		8	

请注意

请确认动态容许惯性力矩值。

选用计算

电动机

电动传动装置

风扇 & 散热管理

寿命

AC 小型标准电动机

调速电动机

步进电动机

AC 伺服电动机

减速机

电动传动装置

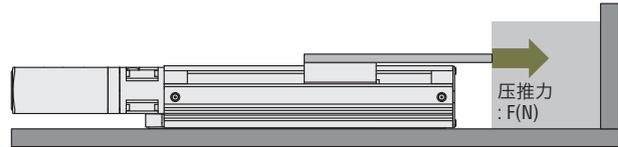
风扇 & 散热管理

压推运行 (搭载 α STEP AZ 系列通用)

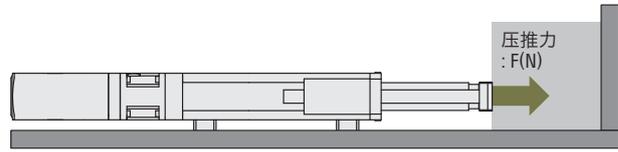
所谓压推运行,是指压推负载时连续加压的运行。内藏定位型和脉冲序列输入型都可进行。压推力的上限值如下所示。

系列	型号	导程 [mm]	最大压推力 [N]
EAS 系列 EAC 系列	2	3	80
		6	40
	4	6	200
		12	100
	6	6	500
		12	400
EZX 系列	3	6	200
		12	100
	6	6	500
		12	400
DRS2 系列	42	2	400
		8	100
	60	4	500

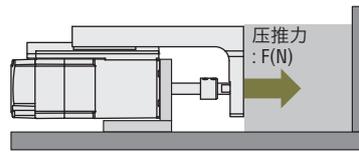
电动滑台



电动缸



小型电动直线传动装置

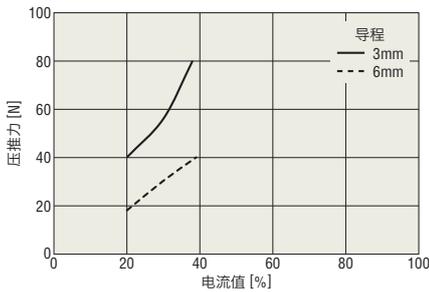


● 压推实际值

如下所示为电动传动装置的压推力和电流值设定的参考值。使用时,请确认实际的压推力。

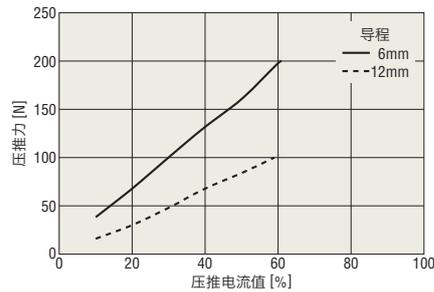
◇ EAS2、EAC2 (搭载 AZ 系列)*1

DC 电源输入



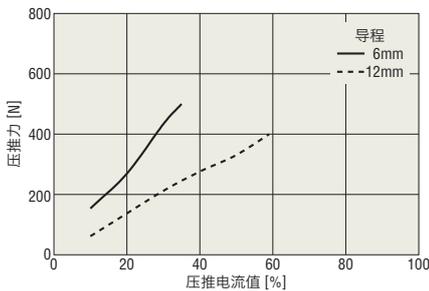
◇ EAS4、EAC4、EZX3、EZX4*1

AC 电源输入/DC 电源输入



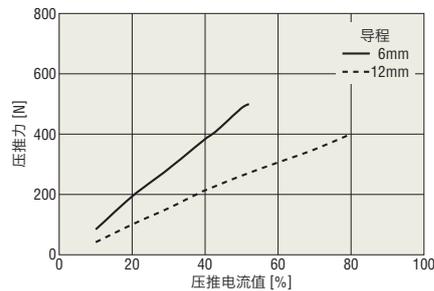
◇ EAS6、EAC6、EZX6*1

AC 电源输入



◇ EAS6、EAC6、EZX6*1

DC 电源输入

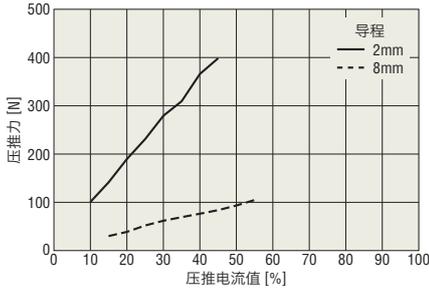


*1 图表制作条件: EAC 系列水平方向驱动时的压推力测量结果的平均值
【请注意】

- 压推力和压推电流值的关系因以下条件而异。请组装在实际装置的状态下确认压推力。
- 安装条件 (水平方向安装、垂直方向安装)
- 电动传动装置的种类、形状 (无轴导轨/带轴导轨、冲程)
- 客户夹具等的负载条件

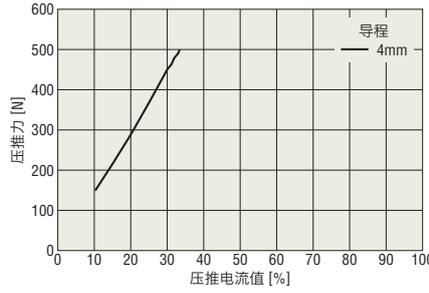
◇ **DRSM42***2

DC电源输入



◇ **DRSM60***2

DC电源输入



*2 图表制作条件：DRS2系列水平方向驱动时的压推力测量结果的平均值

请注意

- 压推力和压推电流值的关系因以下条件而异。请组装在实际装置的状态下确认压推力。
 - 安装条件（水平方向安装、垂直方向安装）
 - 电动传动装置的种类、形状（无轴导轨/带轴导轨、冲程）
 - 客户夹具等的负载条件

● **压推运行速度（上限值）**

压推运行速度的上限如下。

◇ **搭载 α STEP AZ系列**

系列	压推速度 [mm/s]
EAS 系列	25
EAC 系列	
EZS 系列	
EZSH 系列	
DRS2 系列	6

请注意

- 请在压推速度以下进行负载的压推。在超过上限值的速度下进行压推时，可能会导致破损。

● **DRS2系列推荐起动速度**

DRS2在运行中被冲程端或机器高速反撞停止时，请先拆下负载，然后再用推荐起动速度返回滚珠螺杆。

系列/型号	导程 [mm]	推荐起动速度 [mm/s]
DRSM42	2	0.4
	8	1.6
DRSM60	4	0.8

■ **电动滑台的传感器组件（另售）安装（仅限带传感器导轨）**

电动滑台**EAS**系列的传感器导轨型安装在电动滑台的左右两个侧面。

可将传感器组件（另售）的传感器安装在传感器导轨上。此外**EAS4**·**EAS6**可将传感器组件的传感器电缆线收纳在传感器导轨内部*1。而且，X工作台型可将遮光板（传感器组件附带）安装到滑台工作台上*2。

请注意

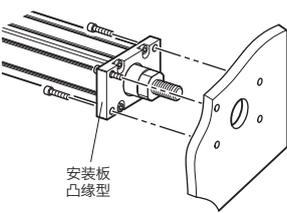
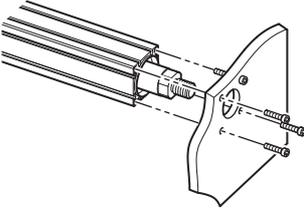
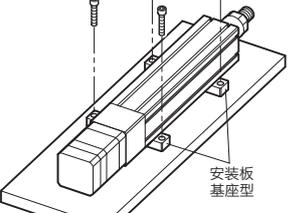
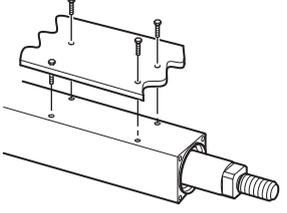
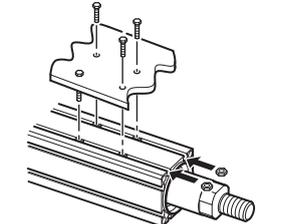
- *1 **EAS2**传感器导轨型无法将传感器电缆线收纳在传感器导轨内部。
- *2 Y工作台型时，需将遮光板安装到客户的装置侧。



- 照片是X工作台型的传感器组件安装示例。

电动缸的安装方法

电动缸的安装方法可从正面安装和侧面安装2种中选择。
此外，每个安装方法有使用另售安装板的安装和直接安装2种模式。

正面安装		侧面安装	
使用安装板 凸缘型(另售)	直接安装	使用安装板 基座型(另售)	直接安装
 <p>安装板凸缘型</p>		 <p>安装板基座型</p>	<p>· EAC2时 使用电动缸本体的 安装用螺孔进行安装</p>  <p>· EAC4、EAC6时 在电动缸本体的槽里放入螺母，用螺 丝进行安装</p> 

● 安装板凸缘型(另售)和安装板基座型(另售)请参阅F-302页。

电动滑台的直线导轨型号

电动滑台使用的直线导轨为THK株式会社的产品。
各系列使用型号如下表所示。

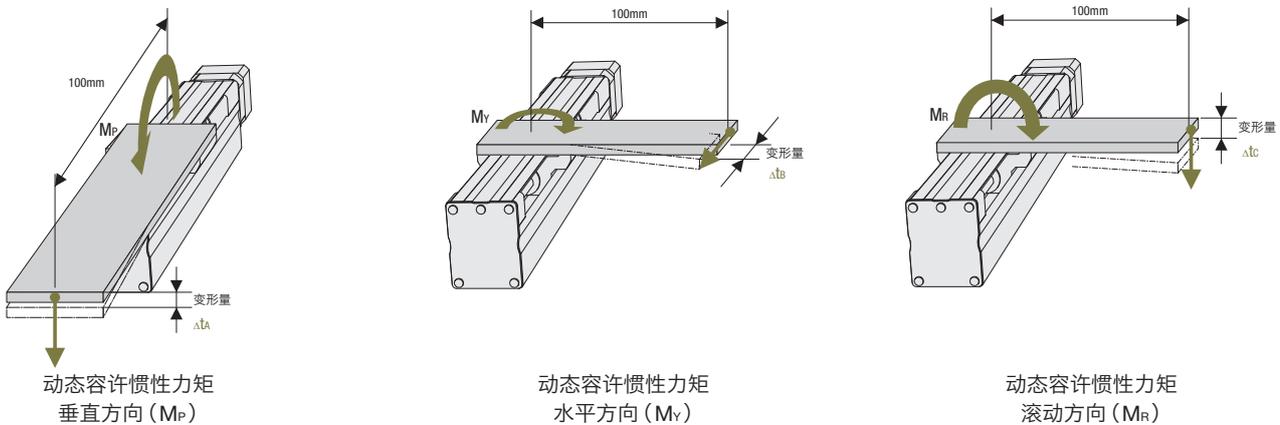
系列	型号	直线导轨型号
EAS系列	EAS2	SRS12M
	EAS4	SHS15V
	EAS6	SSR25XW
EZS系列	EZS3	SRS12WM
	EZS4	SRS15WM
	EZS6	SRS15WM×2个模块

■ 电动滑台工作台变形·刚性

对电动滑台的工作台施加负载惯性力矩时，工作台通过直线导轨支撑。负载惯性力矩作用会导致导轨内部滚珠变形，出现工作物的变形。记载了对电动滑台作用负载惯性力矩时，其变形量的实际值。

<测量条件>

在电动滑台工作台固定100mm的伸出板，对其施加相当于各方向的动态容许惯性力矩 (M_P 、 M_Y 、 M_R) 的负载惯性力矩。测量此时前端的变形量 (Δt_A 、 Δt_B 、 Δt_C)。



相对动态容许惯性力矩 (M_P 、 M_Y 、 M_R) 的工作台变形量 (Δt_A 、 Δt_B 、 Δt_C)

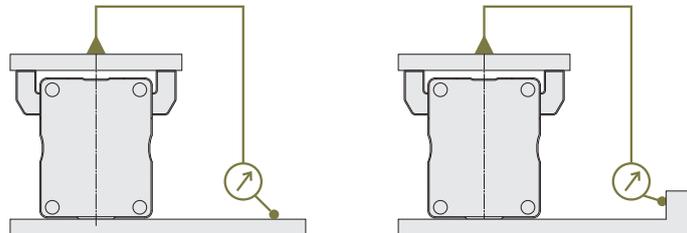
系列	型号	垂直方向		水平方向		滚动方向	
		M_P [N·m]	Δt_A [mm]	M_Y [N·m]	Δt_B [mm]	M_R [N·m]	Δt_C [mm]
EAS系列	EAS2	2.4	0.15	1.5	0.13	4.6	0.36
	EAS4	16.3	0.11	4.8	0.03	15	0.38
	EAS6	31.8	0.11	10.3	0.03	40.6	0.41
EZX系列	EZX3	4.2	0.11	4.2	0.14	10.5	0.14
	EZX4	8	0.09	8	0.12	27.8	0.17
	EZX6	45.7	0.10	37.5	0.19	55.6	0.04

- 100mm的伸出板的变形可忽略。
- X工作台与Y工作台的变形特性不同。

■ 电动滑台的滑动平行度

所谓滑动平行度，是表示以电动滑台为基准平面安装时，工作台移动时工作台与基准平面的距离变动幅度。

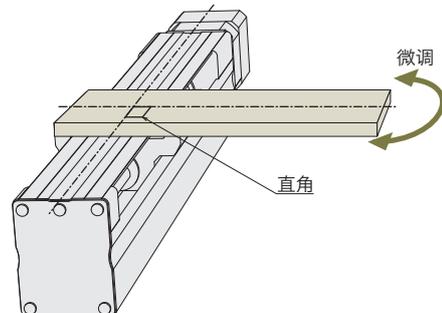
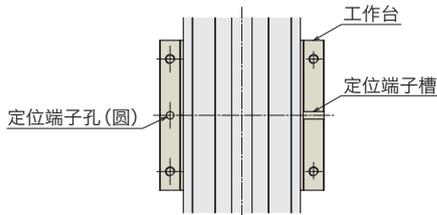
EAS系列可使用直线导轨主体直接安装面，实现了较高的滑动平行度。(0.03mm以内)



■ 负载轴的安装方法

● 滑台工作台分为定位端子孔 (圆) 和定位端子槽 (长孔作用)。这些请在安装负载时需要严格保证安装精确度时使用。

● 相对于滑台的行进方向，安装负载需要垂直度时，请使用定位端子孔 (圆) 的一处调节负载的斜率。



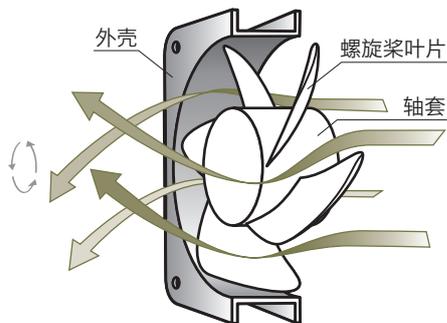
风扇&散热管理

风扇的构造

以下对轴流风扇、西洛克风扇、横流风扇的构造与送风原理加以说明。

●轴流风扇

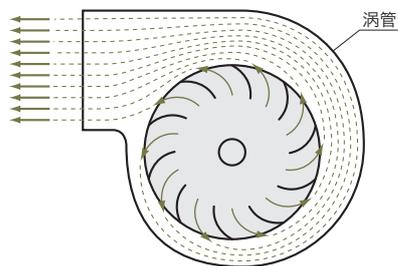
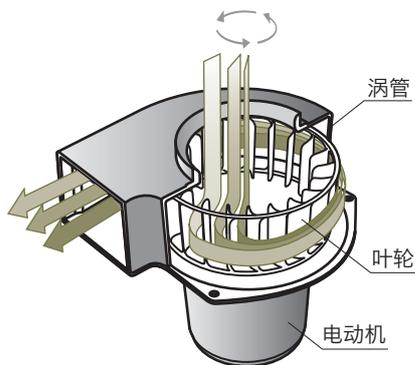
是一种使用圆筒状的轴套·外壳间为环状流路的螺旋桨式叶片(propeller)来压送空气,使其按旋转轴方向送风的风扇。风的流向为沿旋转轴方向,构造紧凑。可获得较大的风量,因此适用于对机器内部作整体通风冷却的用途。



轴流风扇的构造与送风结构

●西洛克风扇

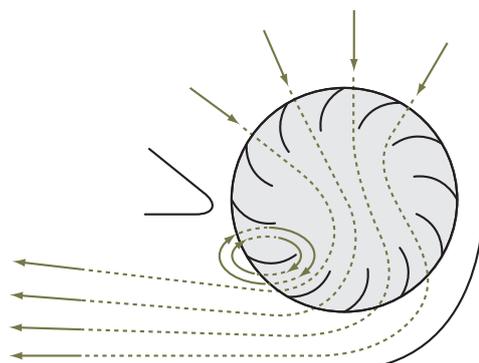
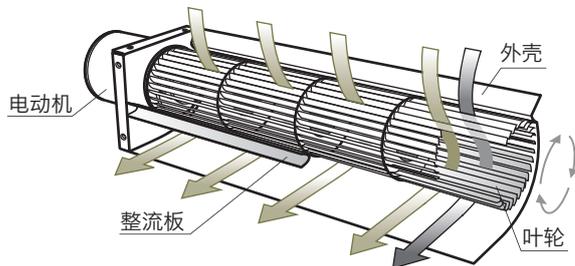
通过圆筒状叶轮(向前叶片)的离心力,在与旋转轴大致垂直方向产生旋流。产生的旋流经由涡管整流为单向,压力也上升。此系列的特点为缩小排风口使风力集中于固定方向,适合用于局部冷却。此外,由于静压大,也适合用于冷却不易通风的装置,或使用通风管送风的用途。



西洛克风扇的构造与送风结构

●横流风扇

叶轮与西洛克风扇类似,但两侧面覆盖侧板,所以轴方向无气体流入。因此叶轮内产生贯通气流。横流风扇是利用此气流的风扇。由于使用较长圆筒状叶轮送风,可调节风的幅度。此外,沿着叶轮圆周切线方向吹风,风量均匀。



横流风扇的构造与送风结构

选用计算

电动机

电动传动装置

风扇&散热管理

寿命

AC小型标准电动机

调速电动机

步进电动机

AC伺服电动机

减速机

电动传动装置

风扇&散热管理

电容器

电容启动电动机的主线圈及辅助线圈以90°电角将极轴以不同方向绕线。电容器是以串联方式与辅助线圈连接，其功用为促使辅助线圈的电流相位超前。

电动机所使用的电容器主要以JIS C 4908电气机器用电容器所规定的蒸镀电极电容器为主。此型电容器于元件上因使用金属蒸镀纸或塑料薄膜，具有自动恢复功能，因此一般而言称之为SH (Self Healing) 电容器。原有产品大都是纸元件的机种，近年来随着对电容器小型化的要求升高，塑料薄膜元件机种已跃升为主流。

●容量

电容器的容量有误时，会导致风扇的强烈振动及异常发热，并且转矩下降而导致运行不稳定。请务必使用风扇附带的电容器。电容器的容量单位以 μF (微法拉) 表示。

●额定电压

超过额定电压使用时，可能会导致电容器破损冒烟、发生火花。请务必使用风扇附带的电容器。电容器的额定电压单位以V (伏特) 表示。电容器的额定电压标注在电容器外壳的表面。与风扇本身的额定电压不同，请特别注意。

●额定通电时间

额定通电时间是在电容器的额定负载、额定电压、额定温度、额定频率下工作时设计的最低寿命。以40,000个小时为基准。接近寿命后期发生电容器破损时，会发生冒烟或是引火的现象。建议以额定通电时间为基准更换电容器。

请另行考虑保护方案，防止电容器发生异常时对装置造成影响。

过热保护装置

风扇在运行状态下，因过载而受堵转或环境温度急速上升或因某种因素造成输入增加时，都会促使风扇温度急剧升高。如果放置不管，风扇内部的绝缘性能将会劣化，缩短使用寿命，严重时甚至可能烧坏线圈并引起火灾。为保护风扇避免出现这种发热异常现象，备有下列过热保护装置。

●过热保护装置 (自动还原型)

过热保护装置的构造如下图所示。

关于各产品的过热保护，请参阅产品页。

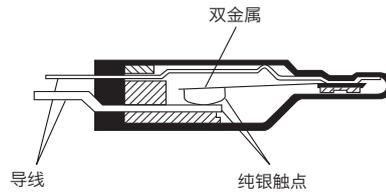
过热保护装置采用双金属方式，其触点处使用金属中电阻最低且传热仅次于铜的纯银。

●过热保护装置工作温度

open $120 \pm 5^\circ\text{C}$

close $77 \pm 15^\circ\text{C}$

(过热保护装置工作时，风扇的线圈温度会比上述的工作温度高一些。)



过热保护装置的构造

●阻抗保护器

由于阻抗保护风扇的设计特点为增大风扇线圈的阻抗值，所以即使当风扇被堵转时，亦可有效地抑制电流 (输入) 增幅，控制温度上升幅度。

●烧坏防止电路

DC风扇备有在转子受到堵转时会暂时切断对线圈通电或限制电流的防损电路。

关于各产品的过热保护，请参阅产品页。

MEMO

MEMO
