



技术资料

选用计算	H-2	选用计算
电动机	H-2	电动机
电动传动装置	H-18	电动 传动装置
风扇	H-28	风扇
寿命	H-29	寿命
AC 小型标准电动机	H-33	AC 小型 标准电动机
调速电动机	H-40	调速 电动机
步进电动机	H-46	步进 电动机
AC 伺服电动机	H-55	AC 伺服 电动机
减速机	H-58	减速机
直线减速机	H-66	直线 减速机
电动传动装置	H-68	电动 传动装置
风扇	H-77	风扇

选用计算

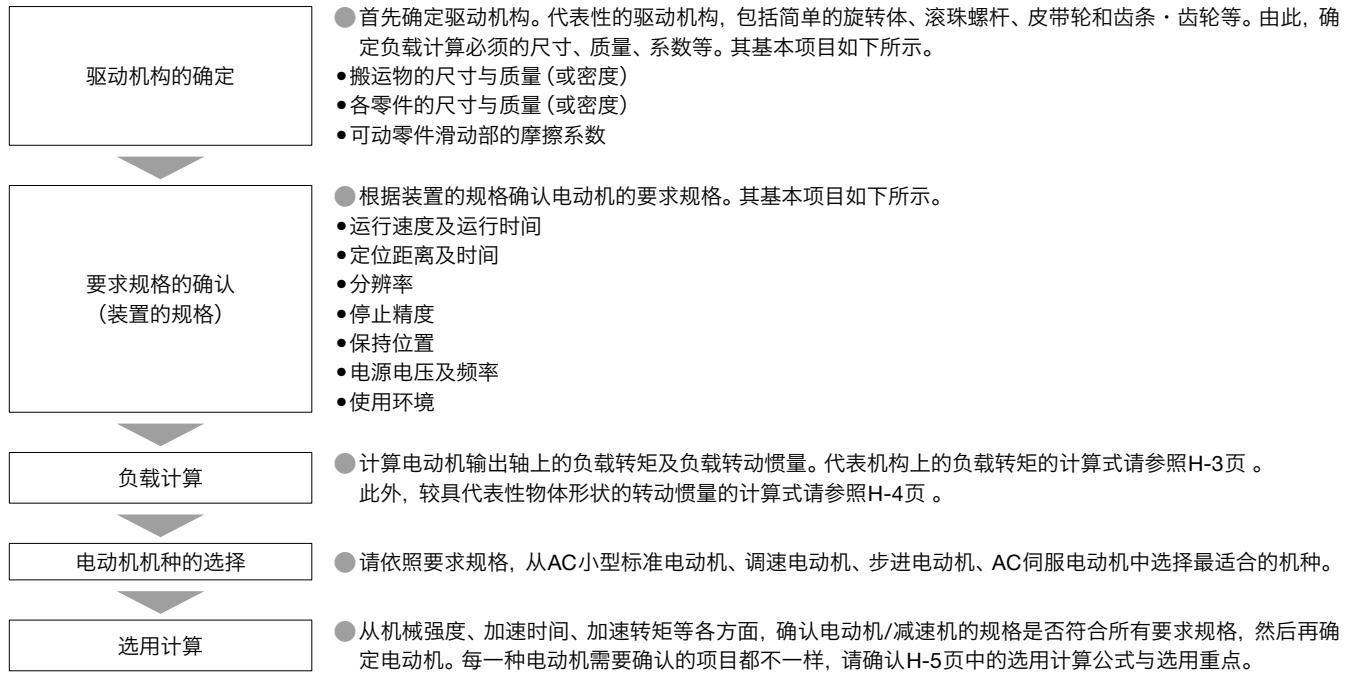
电动机时

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

备有本公司制作的无刷电动机、步进电动机及AC伺服电动机选型软件，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。可通过官方网站下载。

<http://www.orientalmotor.com.cn/>

委托选用

可为顾客代劳完成从耗时的负载计算到电动机选用的各种过程。

FAX

I-24页到I-33页中刊载了选型表。

请在此处填写好必要事项后，发送到客户咨询中心。

互联网

可通过官方网站上的选用表，轻松委托我们帮您选用电动机。

<http://www.orientalmotor.com.cn/>

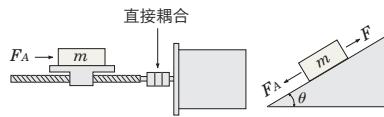
■各驱动机构的负载转矩 T_L [N·m] 计算式

● 负载转矩的计算式

◇ 滚珠螺杆驱动

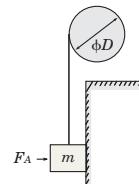
$$T_L = \left(\frac{F \cdot P_B}{2\pi \cdot \eta} + \mu_0 \cdot F_0 \cdot P_B \right) \frac{1}{i} [\text{N}\cdot\text{m}] \quad \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

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



◇ 滑轮驱动

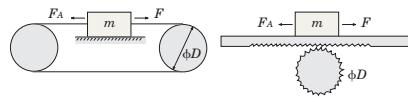
$$\begin{aligned} T_L &= \frac{\mu \cdot F_A + m \cdot g \cdot \frac{\pi \cdot D}{i}}{2\pi} \\ &= \frac{(\mu \cdot F_A + m \cdot g)D}{2 \cdot i} [\text{N}\cdot\text{m}] \quad \dots \dots \dots \textcircled{3} \end{aligned}$$



◇ 金属线·皮带驱动、齿条·齿轮式驱动

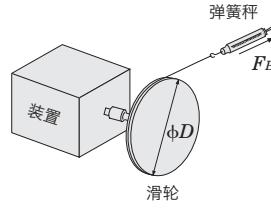
$$T_L = \frac{F}{2\pi \cdot \eta} \cdot \frac{\pi \cdot D}{i} = \frac{F \cdot D}{2 \cdot \eta \cdot i} [\text{N}\cdot\text{m}] \quad \dots \dots \dots \textcircled{4}$$

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



◇ 根据实测的方法

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



F : 运行方向负载 [N]

F_0 : 预负载 [N] ($\doteq 1/3F$)

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] ($F_B = \text{弹簧秤值} [\text{kg}] \times g [\text{m/s}^2]$)

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 [$^\circ$]

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

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

直线
减速机

电动
传动装置

风扇

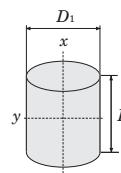
■转动惯量 J [kg·m²] 的计算式

● 转动惯量的计算式

◇ 圆柱的转动惯量

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

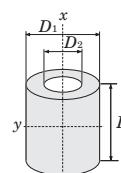
$$J_y = \frac{1}{4} m \left(\frac{D_1^2}{4} + \frac{L^2}{3} \right) [\text{kg}\cdot\text{m}^2] \quad \text{⑧}$$



◇ 中空圆柱的转动惯量

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

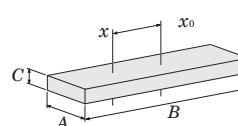
$$J_y = \frac{1}{4} m \left(\frac{D_1^2 + D_2^2}{4} + \frac{L^2}{3} \right) [\text{kg}\cdot\text{m}^2] \quad \text{⑩}$$



◇ 不通过重心的轴的转动惯量

$$J_x = J_{x0} + m \cdot l^2 = \frac{1}{12} m (A^2 + B^2 + 12 \cdot l^2) [\text{kg}\cdot\text{m}^2] \quad \text{⑪}$$

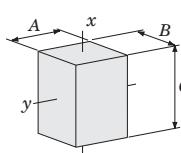
l : x 轴与 x_0 轴的距离 [m]



◇ 角柱的转动惯量

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

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



◇ 直线运动物体的转动惯量

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

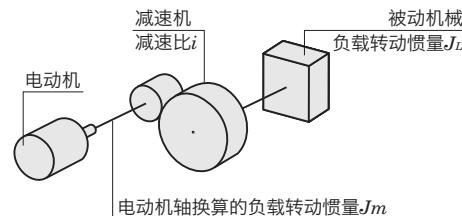
A: 单位移动量 [m/rev]

由减速机介入传导时，电动机轴负载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

不锈钢 (SUS304) $\rho = 8.0 \times 10^3$ [kg/m³]

铁 $\rho = 7.9 \times 10^3$ [kg/m³]

铝 $\rho = 2.8 \times 10^3$ [kg/m³]

黄铜 $\rho = 8.5 \times 10^3$ [kg/m³]

尼龙 $\rho = 1.1 \times 10^3$ [kg/m³]

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_{x0} : 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]

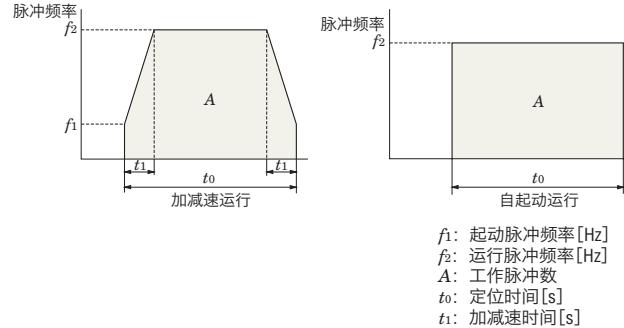
L : 长度 [m]

■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 [°]

●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。)

$$t_1 = t_0 \times 0.25$$

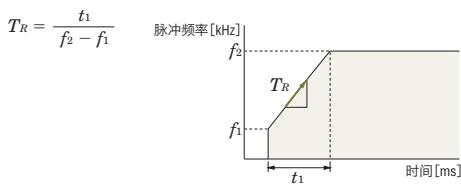
$$f_2 = \frac{A - f_1 \cdot t_1}{t_0 - t_1}$$

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。



●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H-3页 的计算式。

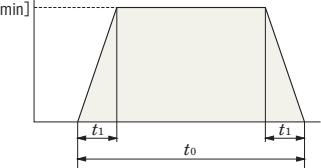
●加速转矩 T_a [N·m]的计算式

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>

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



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

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

②自启动运行时

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

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

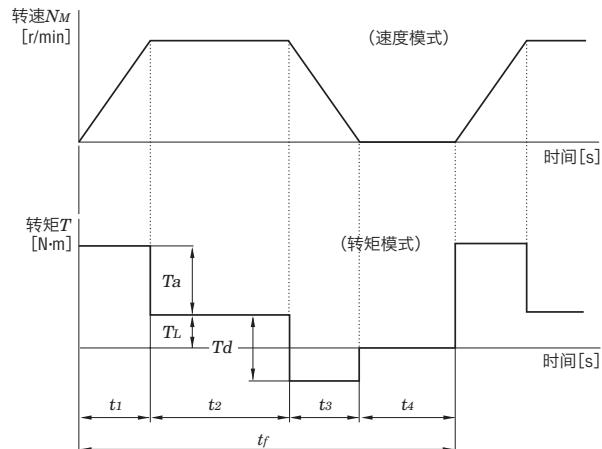
●有效负载转矩 T_{rms} [N·m]的计算式

选用AC伺服电动机和无刷电动机/BX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。

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



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几个百分点。

选用AC小型标准电动机时必须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减速机的容许负载转动惯量

使用减速机与电动机组合，执行瞬时停止（制动器等）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负载转动惯量以下。（参照A-15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容许负载转动惯量

无刷直流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，所以规定了容许负载转动惯量的数值。请选择负载转动惯量不超过容许值的产品。联体型有其自己的容许负载转动惯量。请选择不超过该值的产品。

③有效负载转矩

BX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，过载保护功能起动，电动机停止。

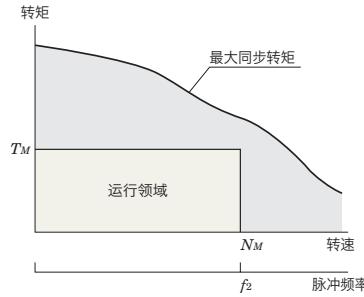
● 步进电动机

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)
2相5相 步进电动机	2
αSTEP	1.5~2



②对温度上升的考虑

步进电动机长时间连续运行的话，会致使温度上升，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，在大负载转动惯量的条件下，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	加减速常数 T_{RS} [ms/kHz]
5相步进电动机	20、28、42、60	20以上
	85(90)	30以上
2相步进电动机	20、28(30)、35、42、50、56.4、60	50以上
	85(90)	75以上
αSTEP	28(30)、42、60、85(90)	0.5以上*

***αSTEP**表示无需确认此项目。表中的数值为**EMP**系列设定的下限值。

减速机型时也是上述加减速常数。但是，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 [°]

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
5相步进电动机	0.72°
2相步进电动机	1.8°
αSTEP	0.36°

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较大，则起动、停止时的过冲现象与回冲现象也变大，因而会影响起动、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	惯性比
2相5相步进电动机	20、28、35	5以下
	42、50、56.4、60、85	10以下
αSTEP	28、42、60、85	30以下

若超过表中数值范围时，建议使用减速机型。

选用计算

电动机

电动
传动装置

风扇

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

直线
减速机电动
传动装置

风扇

● AC伺服电动机

① 容许负载转动惯量

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

对象组合产品	容许负载转动惯量
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_f 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

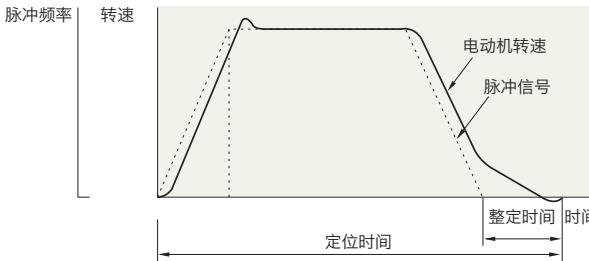
只要有效负载转矩与 AC 伺服电动机的额定转矩之比，即有效负载安全系数为 1.5~2 以上，就能够驱动。

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

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

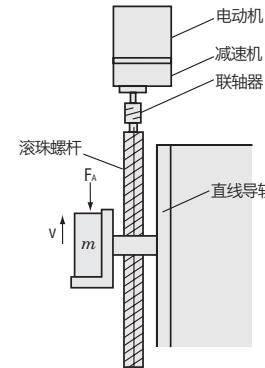
● 滚珠螺杆机构

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。

须按下列要求规格来选用电动机。



工作台及工作物的总质量 $m = 45 [\text{kg}]$

工作台的移动速度 $V = 12 \pm 2 [\text{mm/s}]$

外力 $F_A = 0 [\text{N}]$

滚珠螺杆的倾斜角 $\theta = 90^\circ$

滚珠螺杆的全长 $L_B = 800 [\text{mm}]$

滚珠螺杆的轴径 $D_B = 20 [\text{mm}]$

滚珠螺杆的导程 $P_B = 5 [\text{mm}]$

滚珠螺杆每转 1 圈的移动距离 $A = 5 [\text{mm}]$

滚珠螺杆的效率 $\eta = 0.9$

滚珠螺杆的材质 铁 (密度 $\rho = 7.9 \times 10^3 [\text{kg/m}^3]$)

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 220V 50Hz

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

$$\text{减速机输出轴的转速 } N_G = \frac{V \cdot 60}{A} = \frac{(12 \pm 2) \times 60}{5} = 144 \pm 24 [\text{r/min}]$$

带电磁制动电动机 (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。

$$\text{减速机减速比 } i = \frac{1200 \sim 1300}{N_G} = \frac{1200 \sim 1300}{144 \pm 24} = 7.1 \sim 10.8$$

据此，选择减速比为 $i=9$ 。

(3) 必要转矩 T_M [N·m] 的计算

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

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

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

考虑安全系数 $S_f=2$ 。

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

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-105页的“装有减速机时的容许转矩”表，暂时选用电动机：**4RK25GN-CW2ML1**、减速机：**4GN9KF**。
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*。

$$T_M = \frac{T_L}{i \cdot \eta_G} = \frac{0.86}{9 \times 0.81} = 0.118[\text{N}\cdot\text{m}] = 118[\text{mN}\cdot\text{m}]$$

(减速机**4GN9KF**的传动效率 $\eta_G = 0.81$)

之前选定的**4RK25GN-CW2ML1**的起动转矩为160[mN·m]，满足必要转矩118[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，假定是以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**4RK25GN-CW2ML1**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) 负载转动惯量*J*[kg·m²]的确认

滚珠螺杆的转动惯量

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

$$\begin{aligned} \text{工作台与工作物的转动惯量 } J_m &= m \left(\frac{A}{2\pi}\right)^2 \\ &= 45 \left(\frac{5 \times 10^{-3}}{2\pi}\right)^2 \\ &= 0.286 \times 10^{-4}[\text{kg}\cdot\text{m}^2] \end{aligned}$$

求出减速机输出轴的负载转动惯量*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**4GN9KF**的容许负载转动惯量*J_G*，请参照A-15页，使用以下公式。

$$\begin{aligned} J_G &= 0.31 \times 10^{-4} \times 9^2 \\ &= 25.1 \times 10^{-4}[\text{kg}\cdot\text{m}^2] \end{aligned}$$

因*J*<*J_G*，即负载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1470r/min)确认移动速度。

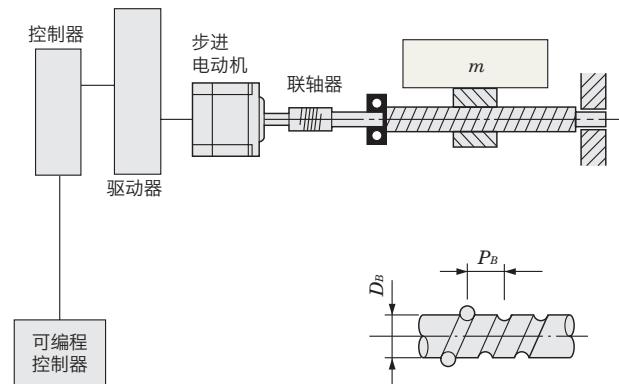
$$V = \frac{N_M \cdot P_B}{60 \cdot i} = \frac{1470 \times 5}{60 \times 9} = 13.6[\text{mm/s}] \quad N_M: \text{电动机转速}$$

以上确认结果均能满足规格要求。

因此，选用电动机：**4RK25GN-CW2ML1**、减速机：**4GN9KF**。

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	$m = 40[\text{kg}]$
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	$D_B = 15[\text{mm}]$
滚珠螺杆的全长	$L_B = 600[\text{mm}]$
滚珠螺杆的材质	铁(密度 $\rho = 7.9 \times 10^3[\text{kg/m}^3]$)
滚珠螺杆的导程	$P_B = 15[\text{mm}]$
要求分辨率	$\Delta l = 0.03[\text{mm/step}]$ (每1个脉冲的移动量)
移动量	$l = 180[\text{mm}]$
定位时间	$t_0 = 0.8\text{秒以内}$
倾斜角度	$\theta = 0[\text{°}]$

(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**AR**系列(分辨率0.72°/脉冲)。

(3) 运行模式的制定(请参照H-5页的计算式)

① 工作脉冲数*A*[脉冲]的计算

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

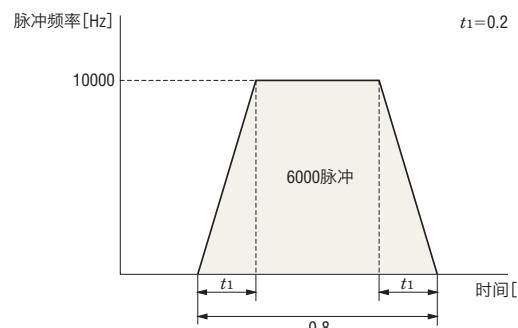
② 加减速时间 t_1 [s]的确定

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

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



选用计算
电动机
电动传动装置
风扇
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
直线减速机
电动传动装置
风扇

④运行速度 N_M [r/min] 的计算

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

(4) 必要转矩 T_M [N·m] 的计算(参照H-5页)

①负载转矩 T_L [N·m] 的计算

$$\begin{aligned} \text{运行方向负载 } F &= F_A + m \cdot g(\sin \theta + \mu \cos \theta) \\ &= 0 + 40 \times 9.807 (\sin 0^\circ + 0.05 \cos 0^\circ) \\ &= 19.6 [\text{N}] \end{aligned}$$

$$\text{预负载 } F_0 = \frac{F}{3} = \frac{19.6}{3} = 6.53 [\text{N}]$$

$$\begin{aligned} \text{负载转矩 } T_L &= \frac{F \cdot P_B}{2\pi \cdot \eta} + \frac{\mu_0 \cdot F_0 \cdot P_B}{2\pi} \\ &= \frac{19.6 \times 15 \times 10^{-3}}{2\pi \times 0.9} + \frac{0.3 \times 6.53 \times 15 \times 10^{-3}}{2\pi} \\ &= 0.0567 [\text{N}\cdot\text{m}] \end{aligned}$$

②加速转矩 T_a [N·m] 的计算

②-1负载转动惯量 J_L [kg·m²] 的计算

(参照H-4页的计算式)

滚珠螺杆的转动惯量

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

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

$$\text{负载转动惯量 } J_L = J_B + J_T$$

$$= 0.236 \times 10^{-4} + 2.28 \times 10^{-4} = 2.52 \times 10^{-4} [\text{kg}\cdot\text{m}^2]$$

②-2加速转矩 T_a [N·m] 的计算

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

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。

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

③必要转矩 T_M [N·m] 的计算

安全系数 $S_f=2$ 。

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

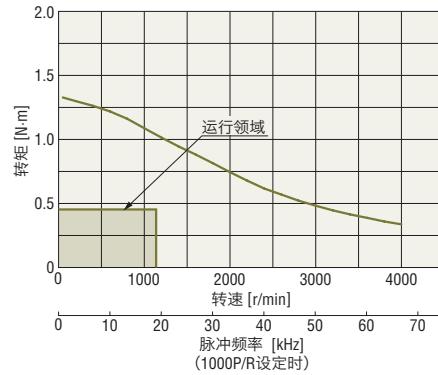
(5) 电动机的选用

①暂时选用电动机

品名	转子转动惯性力矩 [kg·m ²]	必要转矩 [N·m]
AR66AC-◇	380×10^{-7}	0.48

②依据转速—转矩特性来确定电动机

AR66AC-◇



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速以内，因此可使用。

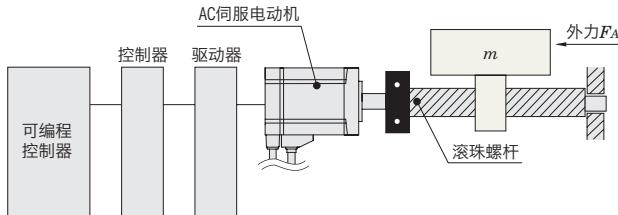
(6) 惯性比的确认(请参照H-6页)

$$\frac{J_L}{J_0} = \frac{2.52 \times 10^{-4}}{380 \times 10^{-7}} \approx 6.6$$

AR66AC-◇的惯性比在30以下，因此若为6.6即可判断能够运行。

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	$V_L = 0.2 \text{ [m/s]}$
分辨率	$\Delta l = 0.02 \text{ [mm]}$
电动机的电源	单相220V
工作台及工作物的总质量	$m = 100 \text{ [kg]}$
外力	$F_A = 29.4 \text{ [N]}$
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	$D_B = 25 \text{ [mm]}$
滚珠螺杆的全长	$L_B = 1000 \text{ [mm]}$
滚珠螺杆的导程	$P_B = 10 \text{ [mm]}$
滚珠螺杆的材质	铁(密度 $\rho = 7.9 \times 10^3 \text{ [kg/m}^3]$)
运行周期	运行2.1秒停止0.4秒(如此反复)
加减速时间	$t_1 = t_3 = 0.1 \text{ [s]}$

(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。

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

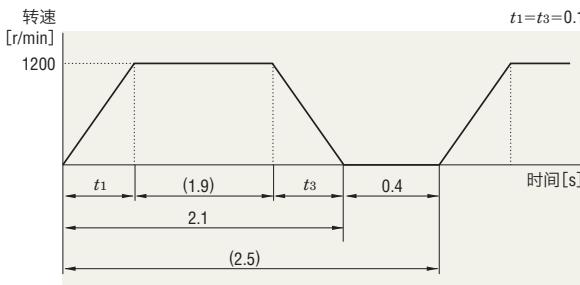
NX系列的分辨率 $\theta_M = 0.36^\circ/\text{脉冲}$ 满足此项规定。

(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) 负载转动惯量 J_L [kg·m²] 的计算

滚珠螺杆的转动惯量

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

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

$$\begin{aligned} &= 100 \times \left(\frac{10 \times 10^{-3}}{2\pi}\right)^2 \\ &\approx 2.53 \times 10^{-4} \text{ [kg·m}^2\text{]} \end{aligned}$$

$$\text{负载转动惯量 } J_L = J_B + J_m$$

$$= 3.03 \times 10^{-4} + 2.53 \times 10^{-4} = 5.56 \times 10^{-4} \text{ [kg·m}^2\text{]}$$

(6) 暂时选用AC伺服电动机

安全系数 $S_f = 1.5$ 。

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

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

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

→ NX620AC-◇

额定转速 $N = 3000 \text{ [r/min]}$

额定转矩 $T_M = 0.637 \text{ [N·m]}$

转子转动惯量 $J_0 = 0.162 \times 10^{-4} \text{ [kg·m}^2\text{]}$

容许负载转动惯量 $J = 8.1 \times 10^{-4} \text{ [kg·m}^2\text{]}$

瞬时最大转矩 $T_{MAX} = 1.91 \text{ [N·m]}$

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。

$$\begin{aligned} T_a (= T_d) &= \frac{(J_L + J_0) N_M}{9.55 t_1} \\ &= \frac{(5.56 \times 10^{-4} + 0.162 \times 10^{-4}) \times 1200}{9.55 \times 0.1} \approx 0.72 \text{ [N·m]} \end{aligned}$$

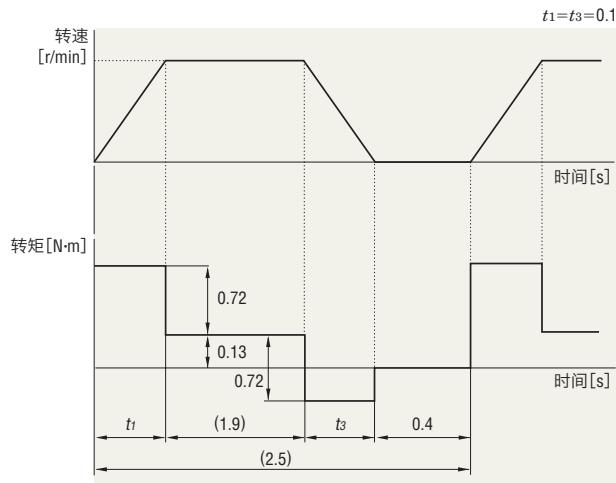
(8) 必要转矩 T [N·m] 的计算

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

该必要转矩小于**NX620AC-◇**的瞬时最大转矩1.91[N·m],因此,可使用**NX620AC-◇**。

(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} 。

$$\begin{aligned} T_{rms} &= \sqrt{\frac{(T_a + T_L)^2 \cdot t_1 + T_L^2 \cdot t_2 + (T_d - T_L)^2 \cdot t_3}{t_f}} \\ &= \sqrt{\frac{(0.72 + 0.13)^2 \times 0.1 + 0.13^2 \times 1.9 + (0.72 - 0.13)^2 \times 0.1}{2.5}} \\ &\approx 0.24 [\text{N}\cdot\text{m}] \end{aligned}$$

这里，根据运行周期 $t_1+t_2+t_3=2.1$ [s]、加速时间·减速时间 $t_1=t_3=0.1$ ，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。

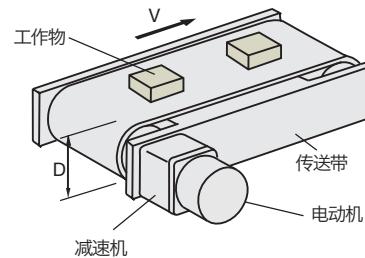
$$\frac{T_M}{T_{rms}} = \frac{0.637}{0.24} = 2.65$$

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。
须按下列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 $V=180$ [mm/s] ±10%

电动机的电源 单相220V50Hz

工作时间 1日运行8小时

(2) 确定减速机的减速比

$$\begin{aligned} \text{减速机输出轴的转速 } N_G &= \frac{V \cdot 60}{\pi \cdot D} = \frac{(180 \pm 18) \times 60}{\pi \times 90} \\ &= 38.2 \pm 3.8 [\text{r}/\text{min}] \end{aligned}$$

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。

$$\text{减速机减速比 } i = \frac{1200 \sim 1300}{N_G} = \frac{1200 \sim 1300}{38.2 \pm 3.8} = 28.6 \sim 37.8$$

据此，选择减速比为 $i=36$ 。(3) 必要转矩 T_M [N·m]的计算

$$\begin{aligned} \text{滑动面摩擦力 } F &= F_A + m \cdot g(\sin \theta + \mu \cdot \cos \theta) \\ &= 0 + 25 \times 9.807(\sin 0^\circ + 0.3 \cos 0^\circ) \\ &= 73.6 [\text{N}] \end{aligned}$$

$$\text{负载转矩 } T_L = \frac{F \cdot D}{2 \cdot \eta} = \frac{73.6 \times 90 \times 10^{-3}}{2 \times 0.9} = 3.68 [\text{N}\cdot\text{m}]$$

考虑安全系数 $Sf=2$ 。

$$T_L = T_L \cdot Sf = 3.68 \times 2 = 7.36 [\text{N}\cdot\text{m}]$$

以之前的计算结果(减速比 $i=36$ 、负载转矩 $T_L=7.36$ [N·m])为条件，选择满足减速机容许转矩的减速机及感应电动机。在此请参照A-41页的“装有减速机时的容许转矩”表，暂时选用电动机：**5IK40GN-CW2L2**、减速机：**5GN36KF**。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 。

$$T_M = \frac{T_L}{i \cdot \eta_G} = \frac{7.36}{36 \times 0.73} = 0.280 [\text{mN}\cdot\text{m}] = 280 [\text{N}\cdot\text{m}]$$

(减速机**5GN36KF**的传动效率 $\eta_G = 0.73$)

选用计算

电动机

电动传动装置

风扇

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

直线减速机

电动传动装置

风扇

之前选定的**5IK40GN-CW2L2**的起动转矩为200 [mN·m]，不能满足必要转矩。

因此，需将电动机更改为大一号的**5IK60GE-CW2L2**、减速机更改为**5GE36KBF**。此时，使用下面的公式。

$$T_M = \frac{T_L}{i \cdot \eta_G} = \frac{7.36}{36 \times 0.66} = 0.31 [\text{N} \cdot \text{m}] = 310 [\text{mN} \cdot \text{m}]$$

(减速机**5GE36KBF**的传动效率 $\eta_G = 0.66$)

5IK60GE-CW2L2的起动转矩为320 [mN·m]，满足必要转矩310 [mN·m]。

(4) 负载转动惯量 J [kg·m²] 的确认

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

$$\begin{aligned} \text{滚筒的转动惯量 } J_{m2} &= \frac{1}{8} \cdot m_2 \cdot D^2 \\ &= \frac{1}{8} \times 1 \times (90 \times 10^{-3})^2 \\ &= 10.2 \times 10^{-4} [\text{kg} \cdot \text{m}^2] \end{aligned}$$

求出减速机输出轴的负载转动惯量 J 。

考虑有两个滚筒 (J_{m2})。

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

此处减速比为36的减速机**5GE36KBF**的容许负载转动惯量 J_G ，请参考A-15页，使用以下公式。

$$\begin{aligned} J_G &= 1.1 \times 10^{-4} \times 36^2 \\ &= 1425 \times 10^{-4} [\text{kg} \cdot \text{m}^2] \end{aligned}$$

因 $J < J_G$ ，即负载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490 [mN·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。

$$V = \frac{N_M \cdot \pi \cdot D}{60 \cdot i} = \frac{1470 \times \pi \times 90}{60 \times 36} = 192 [\text{mm/s}] \quad N_M: \text{电动机转速}$$

以上确认结果均能满足规格要求。

因此，选用电动机：**5IK60GE-CW2L2**、减速机：**5GE36KBF**。

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**SMK5100C-A**可驱动工作物的质量。

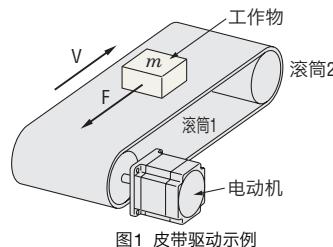


图1 皮带驱动示例

皮带及工作物的总质量	$m_1 = 1.5 [\text{kg}]$
滚筒直径	$D = 30 [\text{mm}]$
滚筒质量	$m_2 = 0.1 [\text{kg}]$
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)

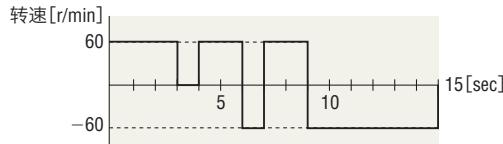


图2 运行模式

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

$$\begin{aligned} \text{滑动面摩擦力 } F &= FA + m_1 \cdot g (\sin \theta + \mu \cdot \cos \theta) \\ &= 0 + 1.5 \times 9.807 (\sin 0^\circ + 0.04 \cos 0^\circ) \\ &= 0.589 [\text{N}] \end{aligned}$$

$$\text{负载转矩 } T_L = \frac{F \cdot D}{2 \cdot \eta} = \frac{0.589 \times 30 \times 10^{-3}}{2 \times 0.9} = 9.82 \times 10^{-3} [\text{N} \cdot \text{m}]$$

(4) 负载转动惯量 J_L [kg·m²] 的计算

$$\begin{aligned} \text{皮带及工作物的转动惯量 } J_{m1} &= m_1 \left(\frac{\pi \cdot D}{2\pi} \right)^2 \\ &= 1.5 \times \left(\frac{\pi \times 30 \times 10^{-3}}{2\pi} \right)^2 \\ &= 3.38 \times 10^{-4} [\text{kg} \cdot \text{m}^2] \end{aligned}$$

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

求得负载转动惯量 J_L 。

考虑有两个滚筒 (J_{m2})。

$$J_L = J_{m1} + 2J_{m2} = 3.38 \times 10^{-4} + 0.113 \times 10^{-4} \times 2 = 3.5 \times 10^{-4} [\text{kg} \cdot \text{m}^2]$$

(5) 加速转矩 T_a [N·m] 的计算

求出自起动加速转矩。

$$\begin{aligned} T_a &= (J_0 + J_L) \cdot \frac{\pi \cdot \theta s}{180 \cdot n} \cdot f^2 = (J_0 + 3.5 \times 10^{-4}) \times \frac{\pi \times 7.2}{180 \times 0.5} \times 50^2 \\ &= 628 J_0 + 0.22 [\text{N} \cdot \text{m}] \end{aligned}$$

$\theta s = 7.2^\circ$ 、 $f = 50\text{Hz}$ 、 $n = 3.6^\circ/\theta s = 0.5$

J_0 ：转子转动惯量

选用计算
电动机
电动传动装置
风扇

(6) 必要转矩 T_M [N·m]的计算(安全系数设为 $S_f=2$)

$$\begin{aligned}\text{必要运行转矩 } T_M &= (T_L + T_v) S_f \\ &= (9.82 \times 10^{-3} + 628 J_0 + 0.22) \times 2 \\ &= 1256 J_0 + 0.46 [\text{N} \cdot \text{m}]\end{aligned}$$

(7) 电动机的选用

选用满足必要运行转矩和容许负载转动惯量两方面要求的电动机。

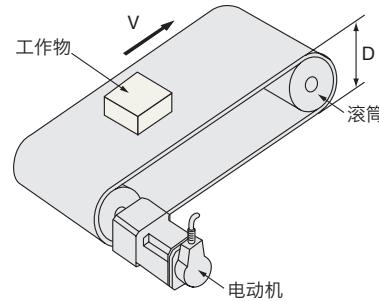
品名	转子转动惯性力矩 [kg·m ²]	容许负载惯量惯性力矩 [kg·m ²]	输出转矩 [N·m]
SMK5100C-A	1.4×10^{-4}	7×10^{-4}	1.12

代入转子转动惯量求出必要转矩为 $T_M=0.636$ [N·m]，即可得知小于输出转矩的值。之后，确认容许负载转动惯量。(4)中求得的负载转动惯量在容许负载转动惯量以下，因此可使用**SMK5100C-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220V

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。

$$0.05[\text{m/s}] \cdots \frac{60 \times 0.05}{\pi \times 0.1} = 9.55[\text{r/min}] \text{ (最低转速)}$$

$$1[\text{m/s}] \cdots \frac{60 \times 1}{\pi \times 0.1} = 191[\text{r/min}] \text{ (最高转速)}$$

减速机的减速比请参照B-34页的“联体型的容许转矩”表，选择速度范围为6.7~200的[15]，以使最低转速与最高转速均在速度范围内。

(3) 负载转动惯量 J_G [kg·m²]的计算

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

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

求得负载转动惯量 J_G 。

考虑有两个滚筒(J_{m2})。

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

依据B-35页的规格，**BLE512C15S**□的容许负载转动惯量为 225×10^{-4} [kg·m²]。

(4) 负载转矩 T_L [N·m]的计算

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

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

参阅B-34页联体型的容许转矩表，选用**BLE512C15S**□。

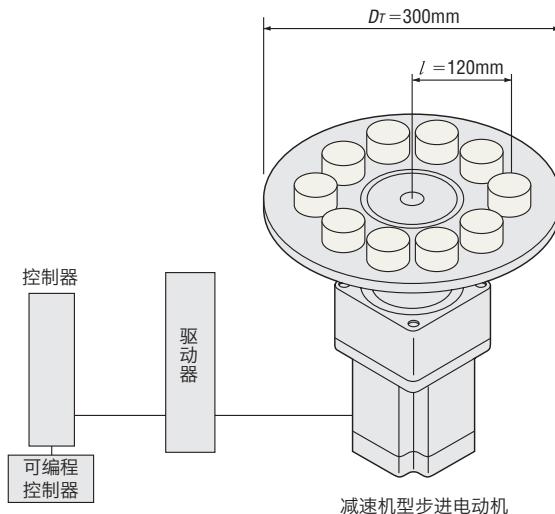
容许转矩为5.4[N·m]，因此，安全系数为 $T_M / T_L = 5.4 / 1.15 = 4.6$ 。

此安全系数一般在1.5~2以上即可运行。

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

可使用RK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 (请参照H-5页的计算式)

① 工作脉冲数A [脉冲] 的计算

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

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，
但此处

设为 $t_1 = 0.1 \text{ [s]}$ 。

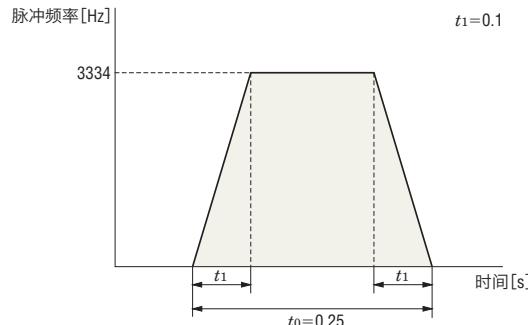
③ 运行脉冲频率 f_2 [Hz] 的计算

$$\begin{aligned} f_2 &= \frac{A}{t_0 - t_1} = \frac{500}{0.25 - 0.1} \\ &\doteq 3334 \text{ [Hz]} \end{aligned}$$

④ 运行速度 N_M [r/min] 的计算

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

PS减速机减速比为10时，容许速度范围为0~300 [r/min]。



(3) 必要转矩 T_M [N·m] 的计算 (参照H-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 负载转动惯量 J_L [kg·m²] 的计算
(参照H-4页的计算式)

$$\begin{aligned} \text{工作台的转动惯量 } J_T &= \frac{\pi}{32} \rho \cdot L_T \cdot D_T^4 \\ &= \frac{\pi}{32} \times 2.8 \times 10^3 \times (5 \times 10^{-3}) \times (300 \times 10^{-3})^4 \\ &= 1.11 \times 10^{-2} \text{ [kg·m}^2\text{]} \\ \text{工作物的转动惯量 } J_{W1} &= \frac{\pi}{32} \rho \cdot L_w \cdot D_w^4 \\ (\text{工作物中心轴旋转}) &= \frac{\pi}{32} \times 2.8 \times 10^3 \times (30 \times 10^{-3}) \times (40 \times 10^{-3})^4 \\ &= 0.211 \times 10^{-4} \text{ [kg·m}^2\text{]} \end{aligned}$$

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

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]，

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

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

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。

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

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。

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

③ 必要转矩 T_M [N·m] 的计算

以安全系数 $S_f = 2$ 计算。

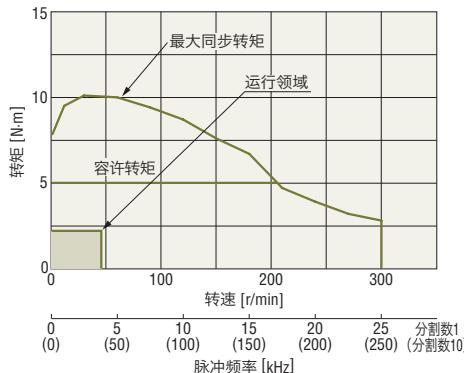
$$\begin{aligned} T_M &= (T_L + T_a) S_f \\ &= \{0 + (4.19 \times 10^3 J_0 + 1.11)\} \times 2 \\ &= 8.38 \times 10^3 J_0 + 2.22 [\text{N}\cdot\text{m}] \end{aligned}$$

(4) 电动机的选用

① 暂时选用电动机

品名	转子转动惯性力矩 [kg·m ²]	必要转矩 [N·m]
RK566ACE-PS10	280×10^{-7}	2.45

② 依据转速—转矩特性来确定电动机

RK566ACE-PS10

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 H-6 页)

RK566ACE-PS10 的减速比为 10, 可参照如下计算惯性比。

$$\begin{aligned} \frac{J_L}{J_0 \cdot i^2} &= \frac{2.66 \times 10^{-2}}{280 \times 10^{-7} \times 10^2} \\ &\approx 9.5 \end{aligned}$$

RK566ACE-PS10 的电动机部与 **RK566ACE** 一致。其惯性比在 10 以下, 因此若为 9.5, 即判断可以运行。

(6) 加减速常数的确认 (参照 H-5 页)

加减速常数 T_R 的单位为 [ms/kHz], 计算时需注意。

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

RK566ACE-PS10 的电动机相当于 **RK566ACE**, 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

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

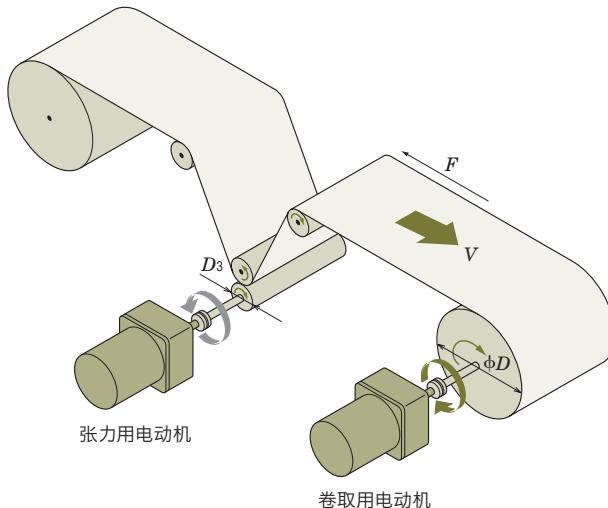
直线
减速机

电动
传动装置

风扇

●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	$D_1 = 15 \text{ [mm]} = 0.015 \text{ [m]}$
卷取结束时直径	$D_2 = 30 \text{ [mm]} = 0.03 \text{ [m]}$
张力用滚筒直径	$D_3 = 20 \text{ [mm]} = 0.02 \text{ [m]}$
卷取速度	$V = 47 \text{ [m/min]} \text{ (恒定)}$
张力	$F = 4 \text{ [N]} \text{ (恒定)}$
电源	单相220V、50Hz
运行时间	连续

(2) 卷取用电动机的选用

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 。

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

求得卷取结束时的必要转矩 T_2 。

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

以下为卷取用电动机的必要条件。

开始卷取：

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

卷取结束：

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

③电动机的选用

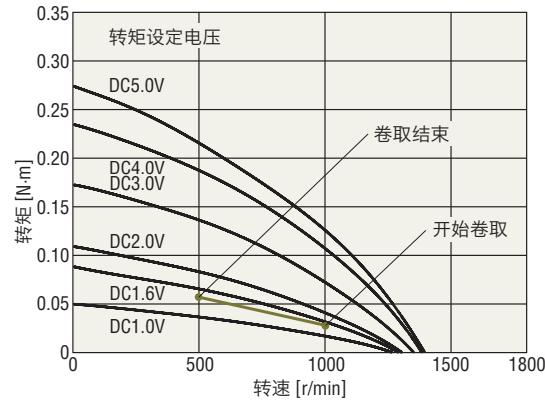
转速—转矩特性的确认

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。

以**TM410C-AE**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DC1.6V时的特性大致相同。

转速—转矩特性

TM410C-AE (220V 50Hz)



运行时间的确认

使用**TM410C-AE**时，转矩设定电压设定为DC5.0V时为5分钟额定，设定为DC1.6V时为连续额定。本选型示例因转矩设定电压为DC1.6V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) 张力用电动机的选用

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。
H-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

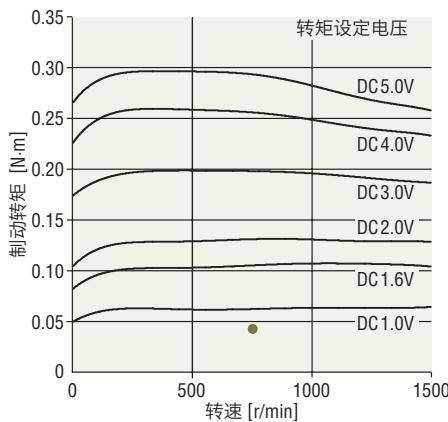
$$T_3 = \frac{F \cdot D_3}{2} = \frac{4 \times 0.02}{2} = 0.04 \text{ [N·m]}$$

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**TM410C-AE**型的反向制动时转速—制动转矩特性图*为例，对照一下必要条件，则可发现低于转矩设定电压设定为DC1.0V时的特性。

反向制动时转速—制动转矩特性

TM410C-AE (220V 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

TM410C-AE。

*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

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

直线
减速机电动
传动装置

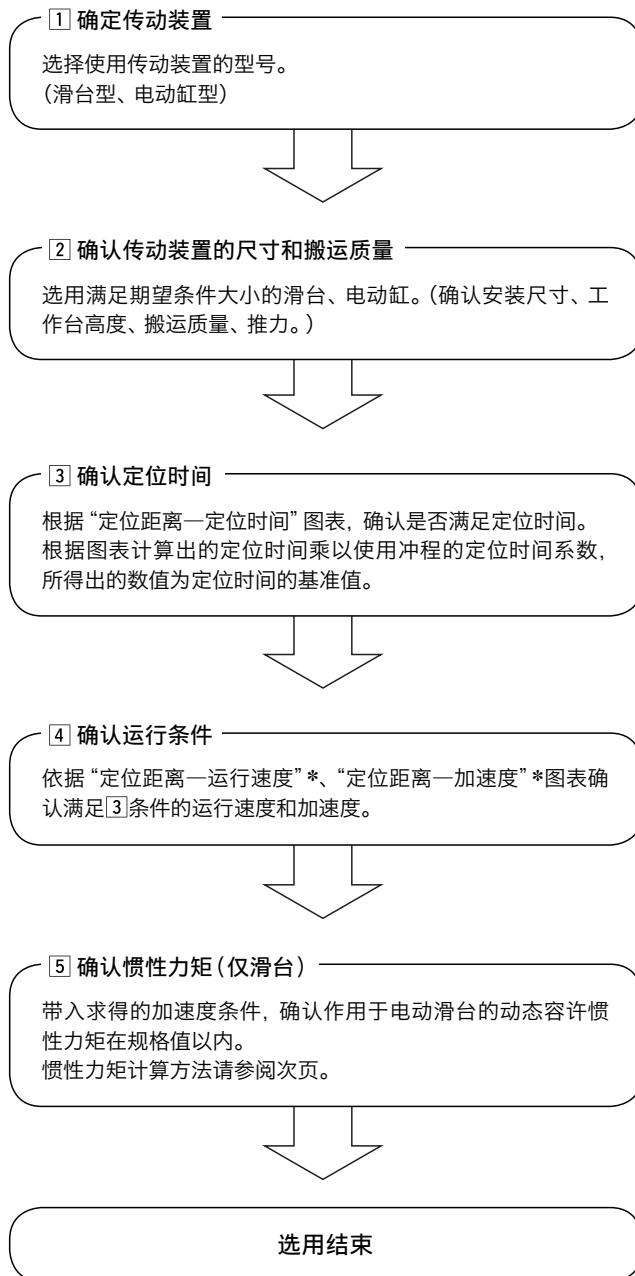
风扇

选用计算 电动传动装置时

电动滑台·电动缸

EZSII系列、EZSII系列无尘室对应、EZCII系列的选用

请在确定需要使用的系列后，选用机型。
以如下流程图为基准选用使用的传动装置。

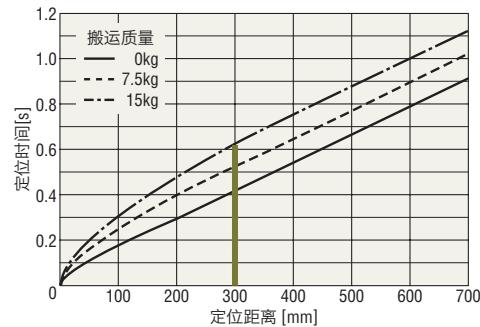


*请参阅东方马达官方网站。

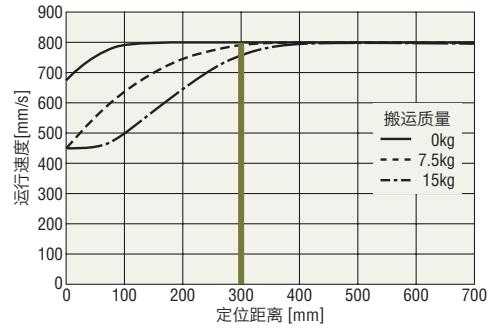


例) 定位距离300mm的情况下，确认其定位时间及运行所需的运行速度和加速度。

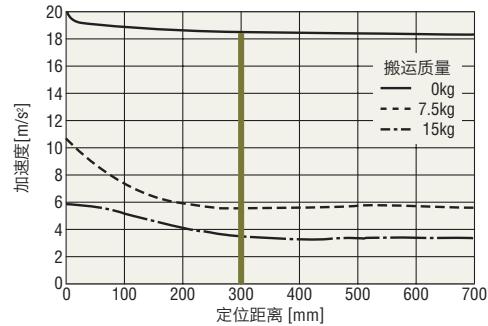
•定位距离一定位时间(水平)



•定位距离—运行速度(水平)



•定位距离—加速度(水平)



选用计算

电动机

电动传动装置

风扇

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

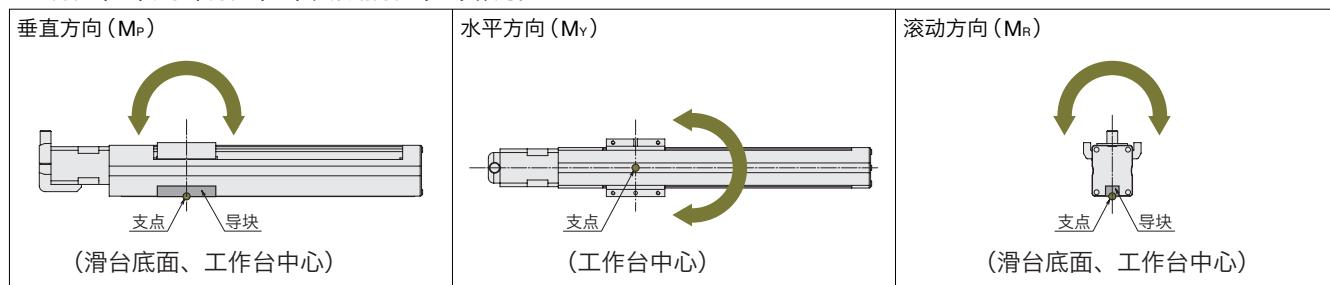
减速机

直线
减速机电动
传动装置

风扇

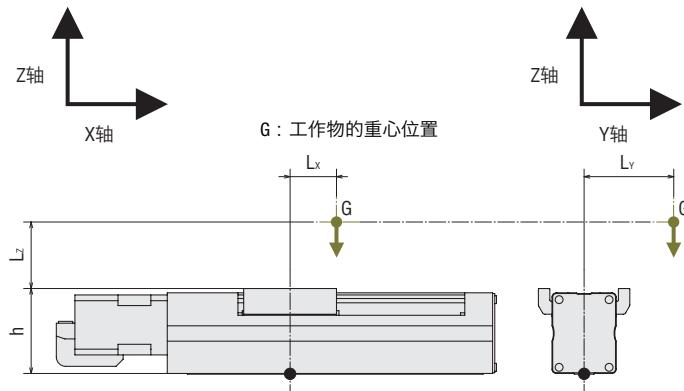
● 计算负载惯性力矩

在用电动滑台搬运负载时,以工作台中心为原点,若工作物的位置偏置,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,但如果工作物的固定超出工作台,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 : 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)

● 负载惯性力矩判断公式 :

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

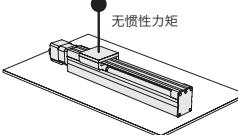
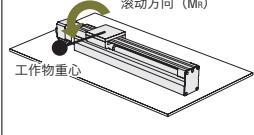
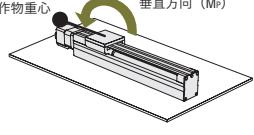
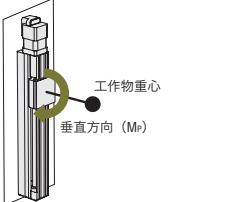
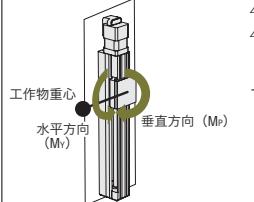
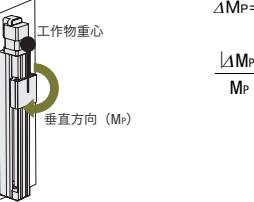
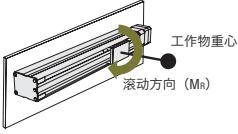
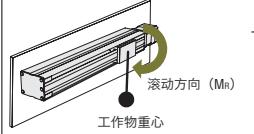
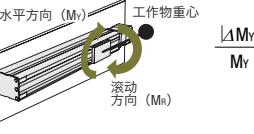
伸出范围的工作物为复数时需用各工作物惯性力矩的和来判定。

● 工作物为复数 (n个) 时

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

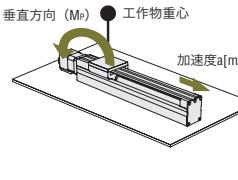
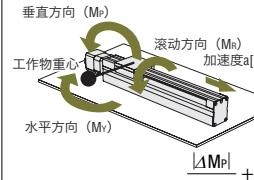
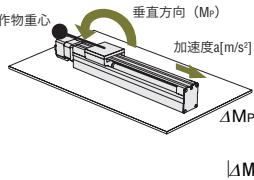
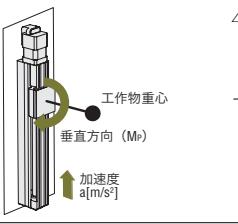
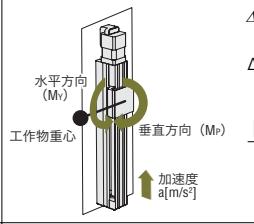
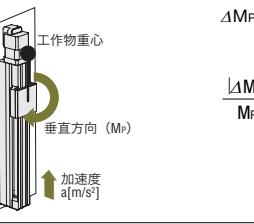
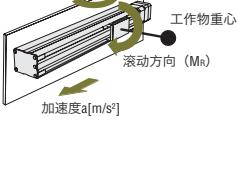
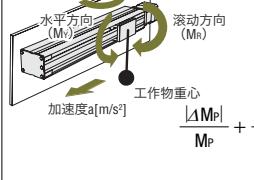
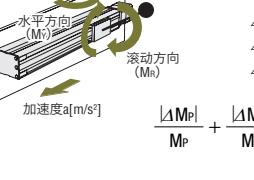
● 静态容许惯性力矩作用的考虑点

滑台停止状态下，负载惯性力矩作用时确认静态惯性力矩，并与静态容许惯性力矩或最大负载惯性力矩对比。

水平			
垂直			
壁挂			

● 动态容许惯性力矩作用的考虑点

滑台工作状态下负载惯性力矩作用时，考虑加速度，确认不超过动态惯性力矩，并与动态容许惯性力矩或最大负载惯性力矩对比。

水平			
垂直			
壁挂			

滑台的直线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，上述求得的静态及动态容许惯性力矩或最大负载惯性力矩的负载惯性力矩的负载率大于1时，预测使用寿命将缩减。可按下列计算方式确认其与预测使用寿命的差距。

$$\text{预测使用寿命 (km)} = \text{各系列的使用寿命基准值} \times \left(\frac{1}{\frac{|\Delta M_p|}{M_p} + \frac{|\Delta M_y|}{M_y} + \frac{|\Delta M_r|}{M_r}} \right)^3$$

*各系列的使用寿命基准值，请参阅H-29页的“●寿命的考察方法”。

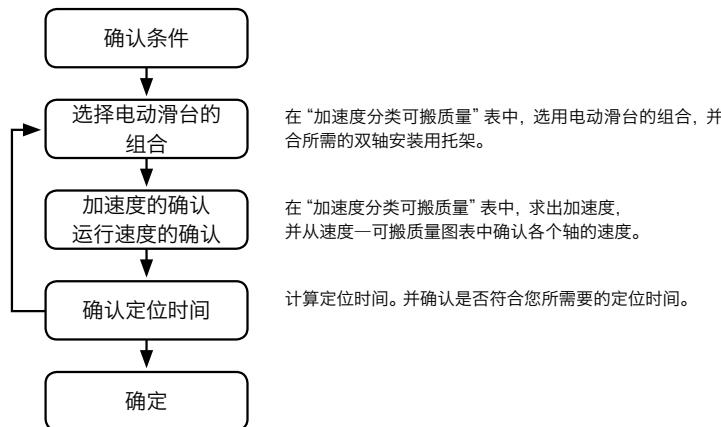
■ 使用EZSII系列双轴安装用托架时的选用

使用EZSII系列专用双轴安装用托架时的选用方式。

可以先选用符合EZSII系列条件的双轴组合，然后决定需要的双轴安装用托架。

只要根据流程图的步骤顺序确认条件，即可选用最合适的组合。

● 选用流程图



在“加速度分类可搬质量”表中，选用电动滑台的组合，并确定组合所需的双轴安装用托架。

在“加速度分类可搬质量”表中，求出加速度，并从速度—可搬质量图表中确认各个轴的速度。

计算定位时间。并确认是否符合您所需要的定位时间。

● 选用范例

请根据流程图，并参考以下的条件进行选用。

条件

X-Y安装时，以125mm、0.5s搬运2.5kg。

可动范围为X轴500mm、Y轴250mm

Y轴搬运物的重心为(G1、G2、G3)=(45、20、25)

电源电压为单相220V

(1) 选择滑台的组合与双轴安装用托架

在“加速度分类可搬质量”表(参阅H-23页)中，确认电动滑台的组合。在G1、G2、G3中求出最大的绝对值。条件中，|G1|=45为最大值，见重心条件 $30 < |G_n| \leq 50$ 的表。

可以在冲程250mm的情况下承担2.5kg可搬质量的滑台组合如下所示。

组合1： X轴：EZS6D Y轴：EZS3D

或

组合2： X轴：EZS6D Y轴：EZS4D

选择产品尺寸较小的“组合1”。

暂时选用以下的产品。

X轴：EZS6D050-C

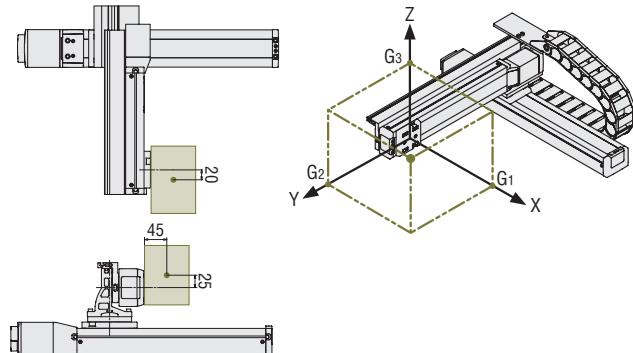
Y轴：EZS3D025-C

第1轴暂时选用EZS6D，第2轴暂时选用EZS3D。因为第2轴的冲程在250mm时，组合模式(参阅E-97页)为R型，因此需要PAB-S6S3R025的双轴安装用托架。

(2) 确认滑台的加速度

从“加速度分类可搬质量”表中确认加速度。

可承担2.5kg可搬质量的最大加速度为 $5m/s^2$ 。



■ 加速度分类可搬质量

● X-Y安装 Y轴可搬质量 [kg]

X轴： EZS4D Y轴： EZS3D	加速度	30 < Gn ≤ 50					
		冲程 [mm]					
		50	100	150	200	250	300
	1.0m/s ²	2.0	1.6	1.3	1.0	0.7	0.4
	2.5m/s ²	1.1	0.8	0.5	0.2	—	—
	5.0m/s ²	0.3	—	—	—	—	—
X轴： EZS6D Y轴： EZS3D	加速度	冲程 [mm]					
		50	100	150	200	250	300
	1.0m/s ²	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1
	2.5m/s ²	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
	5.0m/s ²	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
X轴： EZS6D Y轴： EZS4D	加速度	冲程 [mm]					
		50	100	150	200	250	300
	1.0m/s ²	8.7	8.7	8.7	8.1	7.0	6.0
	2.5m/s ²	7.0	7.0	7.0	6.3	5.3	4.5
	5.0m/s ²	5.3	5.3	5.2	4.3	3.6	2.9

● X-Y安装 Y轴可搬质量 [kg]

X轴： EZS6D Y轴： EZS3D	加速度	30 < Gn ≤ 50					
		冲程 [mm]					
		50	100	150	200	250	300
	1.0m/s ²	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1
	2.5m/s ²	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
	5.0m/s ²	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6

选用计算

电动机

电动
传动装置

风扇

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

直线
减速机

电动
传动装置

风扇

(3) 确认滑台的运行速度

请确认“速度—可搬质量特性”的图表(参阅H-24页)。

将Y轴的可搬质量2.5kg的线朝水平方向拉长。

与加速度5m/s²的线交叉的速度值为

双轴组合时的最高速度(上限)。

X轴速度：460mm/s以下

Y轴速度：560mm/s以下

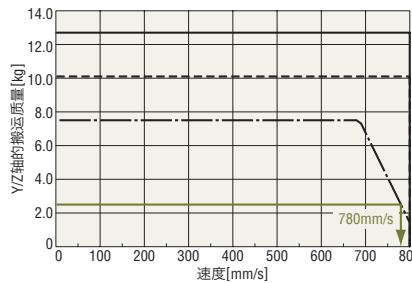
只要提高组合滑台的型号，就可以用相同的可搬质量提高速度或加速度。

●速度—可搬质量

◇X轴速度

•DC24V

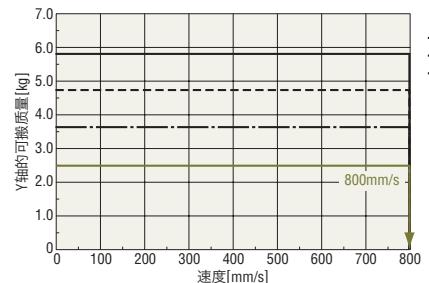
EZS6D□(M)-C



◇Y轴速度

•DC24V

EZS3D□(M)-C



(4) 确定位时间

进行简易的定位时间计算，确认是否符合自己所需要的定位时间要求。

简易计算式如下。

•确认运行模式

$$V_{Rmax} = \sqrt{L \cdot a \times 10^3}$$

L ：定位距离 [mm]

a ：加速度 [m/s²]

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

V_R ：运行速度 [mm/s]

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

V_{Rmax} ：三角驱动的最高速度 [mm/s]

T ：定位时间 [s]

•计算定位时间

<三角驱动时>

$$T = \frac{2 \cdot V_{Rmax}}{a \times 10^3} \quad \text{或} \quad T = \sqrt{\frac{L}{a \times 10^3}} \times 2$$

<梯形驱动时>

$$T = \frac{L}{V_R} + \frac{V_R}{a \times 10^3}$$

◇计算范例

请确认H-21页的组合是否能以0.5s移动100mm。

X轴：EZS6D050-C

条件

速度 V_R : 780mm/s
加速度 a : 5m/s²
定位距离 L : 125mm

确认运行模式

$$V_{Rmax} = \sqrt{125 \times 5 \times 10^3} \\ = 791 > V_R \text{ 梯形驱动}$$

计算定位时间

$$T = \frac{125}{780} + \frac{780}{5 \times 10^3} \\ = 0.316s$$

Y轴：EZS3D025-C

条件

速度 V_R : 800mm/s
加速度 a : 5m/s²
定位距离 L : 125mm

确认运行模式

$$V_{Rmax} = \sqrt{125 \times 5 \times 10^3} \\ = 791 \leq V_R \text{ 三角驱动}$$

计算定位时间

$$T = \frac{2 \times 800}{5 \times 10^3} \\ = 0.320s$$

经计算后，可确认符合所需的定位时间。

●按加速度分类可搬质量

◇X-Y安装 Y轴可搬质量 [kg]

		Gn ≤ 30 [mm]						30 < Gn ≤ 50 [mm]						50 < Gn ≤ 100 [mm]						
X轴 : EZS4D Y轴 : EZS3D	加速度	冲程 [mm]						冲程 [mm]						冲程 [mm]						
		50	100	150	200	250	300	50	100	150	200	250	300	50	100	150	200	250	300	
		1.0m/s ²	2.3	1.9	1.5	1.1	0.7	0.4	2.0	1.6	1.3	1.0	0.7	0.4	1.5	1.2	1.0	0.7	0.5	0.3
		2.5m/s ²	1.3	0.9	0.6	0.2	—	—	1.1	0.8	0.5	0.2	—	—	0.8	0.6	0.4	0.2	—	—
X轴 : EZS6D Y轴 : EZS3D	加速度	5.0m/s ²	0.3	—	—	—	—	0.3	—	—	—	—	—	0.2	—	—	—	—	—	—
		冲程 [mm]						冲程 [mm]						冲程 [mm]						
		50	100	150	200	250	300	50	100	150	200	250	300	50	100	150	200	250	300	
		1.0m/s ²	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	
X轴 : EZS6D Y轴 : EZS4D	加速度	2.5m/s ²	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	
		5.0m/s ²	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	

◇X-Z安装 Z轴可搬质量 [kg]

		Gn ≤ 30 [mm]						30 < Gn ≤ 50 [mm]						50 < Gn ≤ 100 [mm]						
X轴 : EZS4D Z轴 : EZS3D	加速度	冲程 [mm]						冲程 [mm]						冲程 [mm]						
		50	100	150	200	250	300	50	100	150	200	250	300	50	100	150	200	250	300	
		1.0m/s ²	3.5	3.3	3.0	2.7	2.5	2.2	2.6	2.6	2.5	2.3	2.0	1.8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.3	
		2.5m/s ²	2.1	1.7	1.4	1.0	0.7	0.4	1.7	1.4	1.2	0.9	0.6	0.4	1.2	1.0	0.8	0.7	0.5	0.3
X轴 : EZS6D Z轴 : EZS3D	加速度	5.0m/s ²	0.7	0.3	—	—	—	0.5	0.3	—	—	—	—	0.4	0.2	—	—	—	—	
		冲程 [mm]						冲程 [mm]						冲程 [mm]						
		50	100	150	200	250	300	50	100	150	200	250	300	50	100	150	200	250	300	
		1.0m/s ²	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	
X轴 : EZS6D Z轴 : EZS4D	加速度	2.5m/s ²	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
		5.0m/s ²	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1

●Gn是工作台到工作物重心的距离 [mm]。

选用计算

电动机

风扇

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

直线
减速机电动
传动装置

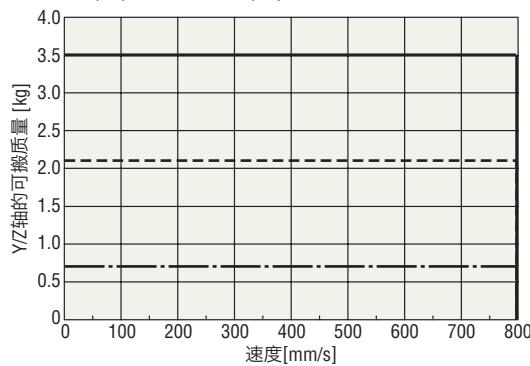
风扇

●速度—可搬质量特性

◇X轴速度(带电磁制动型产品通用)

●单相100-115V/单相200-230V

EZS4D□(M)-A/EZS4D□(M)-C



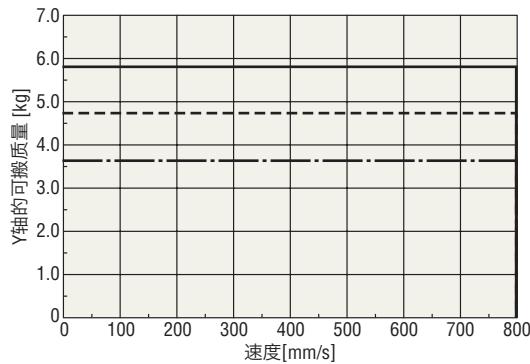
●品名的□中为表示冲程的数值。

●对于X轴,图表上确认的最高速度会受到冲程的限制。请确认**EZSII**系列各个冲程的最高速度。

◇Y轴速度(带电磁制动型产品通用)

●单相100-115V/单相200-230V

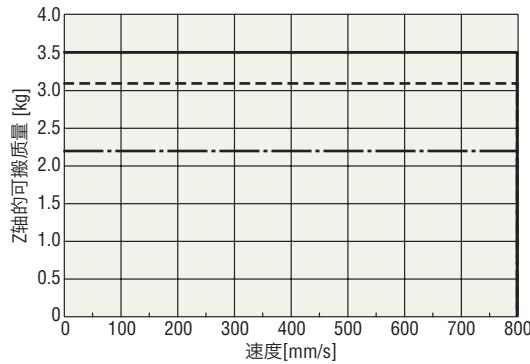
EZS3D□(M)-A/EZS3D□(M)-C



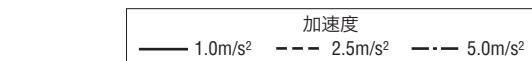
◇Z轴速度(带电磁制动型产品通用)

●单相100-115V/单相200-230V

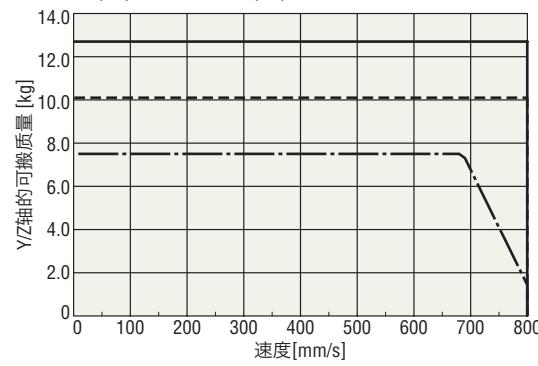
EZS3D□(M)-A/EZS3D□(M)-C



●品名的□中为表示冲程的数值。



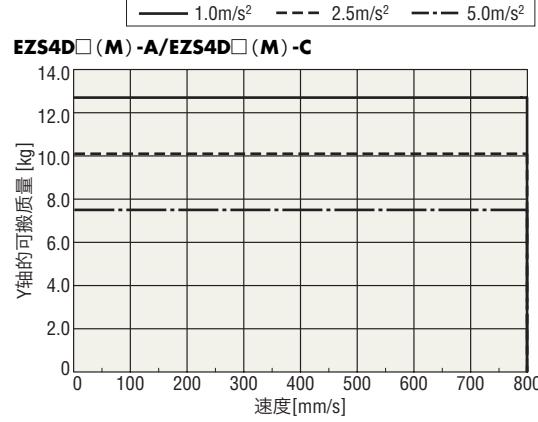
EZS6D□(M)-A/EZS6D□(M)-C



加速度

1.0m/s² 2.5m/s² 5.0m/s²

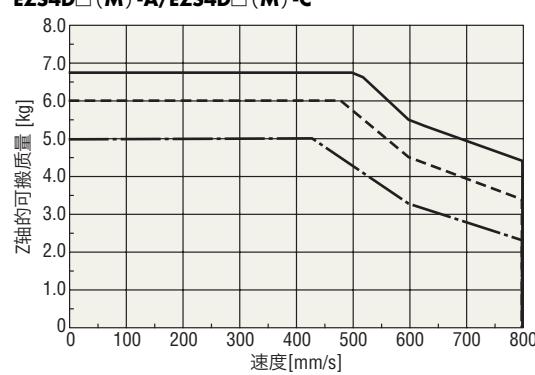
EZS4D□(M)-A/EZS4D□(M)-C



加速度

1.0m/s² 2.5m/s² 5.0m/s²

EZS4D□(M)-A/EZS4D□(M)-C

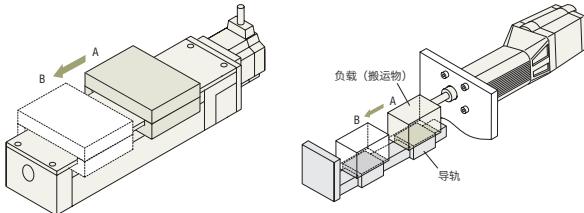


加速度

1.0m/s² 2.5m/s² 5.0m/s²

电动滑台、电动缸的选用(计算求取)

如下图所示,如选用将搬运物从A点搬运到B点的电动滑台、电动缸时,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

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

②可推拉推力的计算

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

加在搬运物上的外力比F小时,可以推拉。

F_{max} : 电动滑台、电动缸的最大推力 [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]

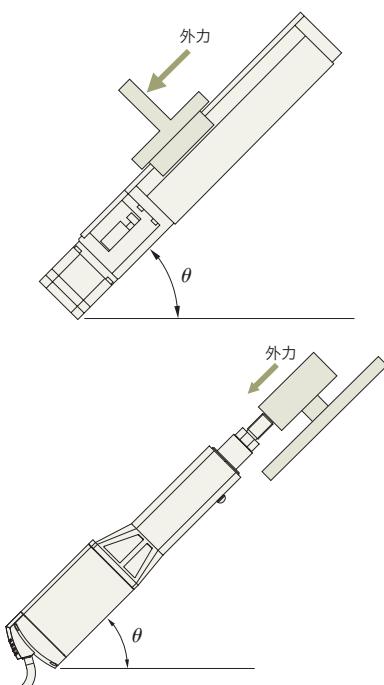
m : 工作台及活塞杆的搬运物质量 [kg]

a : 加速度 [m/s^2]

g : 重力加速度 $9.807 [\text{m/s}^2]$

μ : 摩擦系数 0.01(电动滑台时为支撑搬运物的导轨的摩擦系数)

θ : 移动方向与水平面的角度 [$^\circ$]



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。

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

$V_{Rmax} \leq V_R \rightarrow$ 三角驱动

$V_{Rmax} > V_R \rightarrow$ 梯形驱动

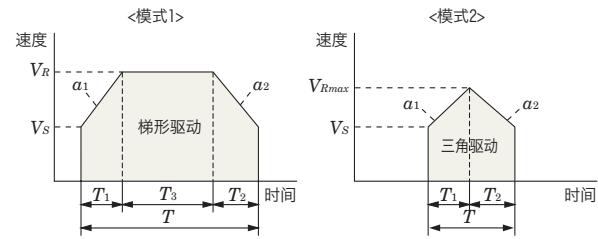
③计算定位时间

<梯形驱动时>

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

<三角驱动时>

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



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。

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

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。

选用计算

电动机

电动
传动装置

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

直线
减速机

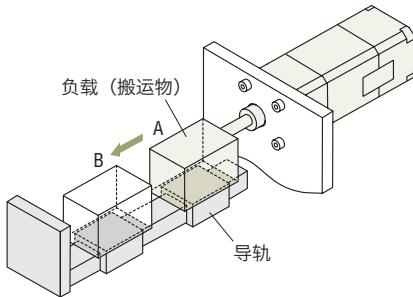
电动
传动装置

风扇

小型电动直线传动装置

DRL系列的选用

如下图所示, 如选用将搬运物从A点搬运到B点时, 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)

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

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

②可推拉推力的计算

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

加在搬运物上的外力比 F 小时, 可以推拉。

F_{max} : 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]

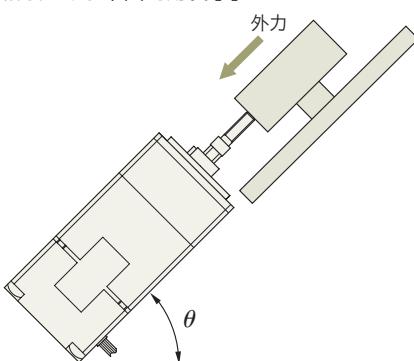
m : 搬运物质量 [kg]

a : 加速度 [m/s^2]

g : 重力加速度 $9.807 [m/s^2]$

μ : 支撑搬运物导轨的摩擦系数 0.01

θ : 移动方向与水平面的角度 [$^\circ$]



●定位时间计算式

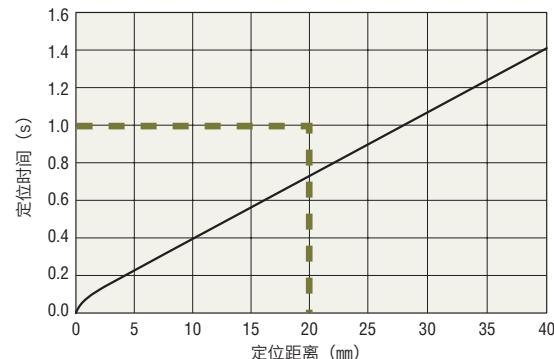
确认传动装置是否可以在预计时间内进行定位。确认的方法有二种, 一是依据观看图表求取概略定位时间的方法, 二是实际进行计算以求取较正确的定位时间。每个确认步骤如下所述。

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。

以图表求取

例) 暂选用DRL42PA2-04, 希望于1.0秒以内定位20mm距离。搬运质量为5kg垂直驱动。

请确认DRL42的图表。



从以上图表可知1.0秒内定位20mm距离是可行的。

以实际计算求取定位时间

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。

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

$V_{Rmax} \leq V_R \rightarrow$ 三角驱动

$V_{Rmax} > V_R \rightarrow$ 梯形驱动

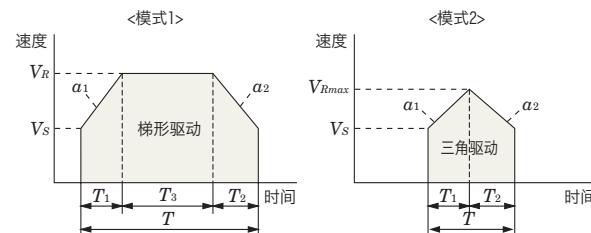
③计算定位时间

<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]

中空旋转式传动装置

DGII系列的选用

以下对DGII系列选用计算进行说明。

● 计算必要转矩

① 计算搬运物的转动惯量(负载转动惯量)。

搬运物的转动惯量请以传动装置转动惯量的30倍以下作为基准。

② 确定位角度。

③ 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表来确认定位时间。请参照E-153页的负载转动惯量一定位时间图表。

④ 确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表求得的最短定位时间请取加减速时间 $t_1 \times 2 \leq$ 定位时间。

⑤ 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。

$$N_2 = \frac{\theta - 6N_1 t_1}{6(t - t_1)}$$

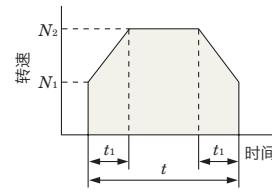
N_2 : 运行转速 [r/min]

θ : 定位角度 [$^{\circ}$]

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④, 再次确认条件。

⑥ 通过下面的公式计算加速转矩。

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

T_a : 加速转矩 [N·m]

J_1 : 传动装置转动惯量 [$\text{kg}\cdot\text{m}^2$]

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

N_2 : 运行转速 [r/min]

N_1 : 起动转速 [r/min]

t_1 : 加减速时间 [s]

⑦ 计算必要转矩。必要转矩为由磨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]

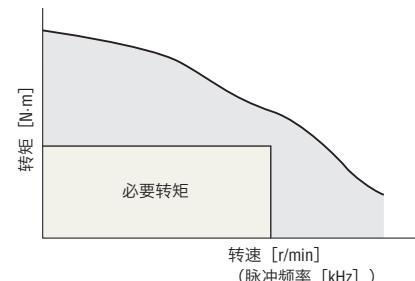
T_L : 负载转矩 [N·m]

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。

⑧ 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④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。

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

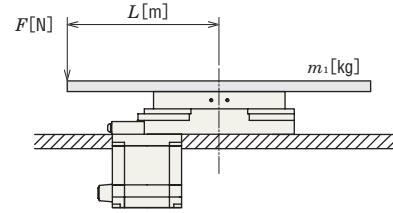
f : 脉冲频率 [Hz]

N : 转速 [r/min]

θs : 旋转平台步距角 [$^{\circ}/\text{step}$]

● 计算轴向负载、惯性力矩负荷

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轴向负载与惯性力矩负荷, 并确认其是否在规格值内。



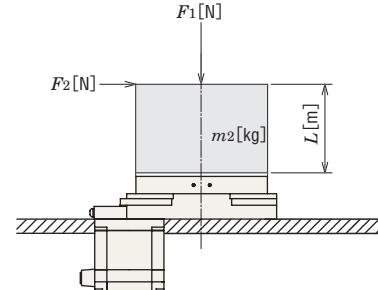
轴向负载 [N]

$$F_s = F + m_1 \cdot g$$

惯性力矩负荷 [N·m]

$$M = F \cdot L$$

g : 重力加速度 9.807 [m/s²]



轴向负载 [N]

$$F_s = F_1 + m_2 \cdot g$$

惯性力矩负荷 [N·m]

$$M = F_2 \cdot (L + a)$$

品名	a
DG60	0.01
DG85	0.02
DG130	0.03
DG200	0.04

- 选用计算
- 电动机
- 电动传动装置
- 风扇
- 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
- 直线减速机
- 电动传动装置
- 风扇

选用计算 风扇时

■选用顺序

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℃。

●装置内部的发热量

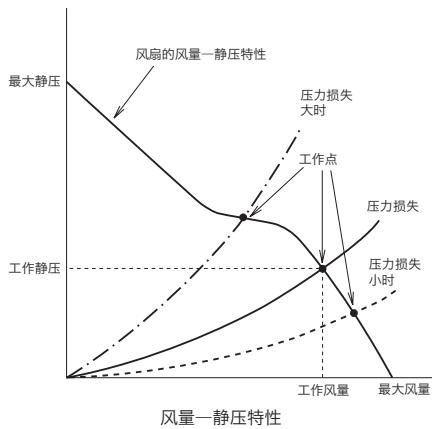
求得装置内发热部件的发热量总和。

●计算必要风量

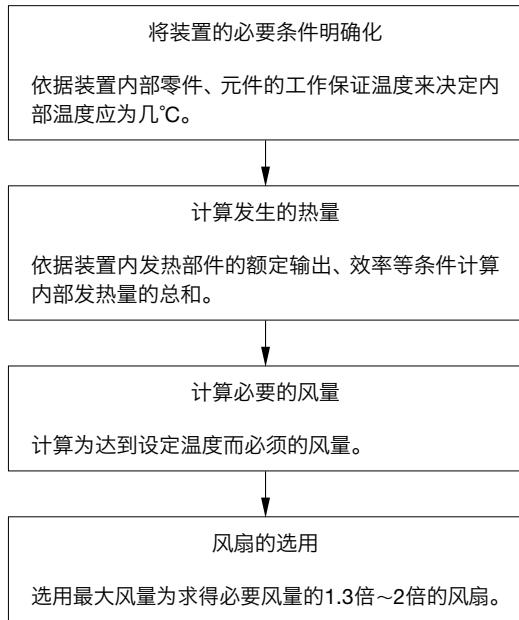
确定须将发生热量降低至几℃，并在确定环境温度后再计算所需风量。

●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



■选用示例—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 AC220V

*以如下公式求得。(环境全开放时)

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

(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

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

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Q450W与容许温升值ΔT20°C的交点A。

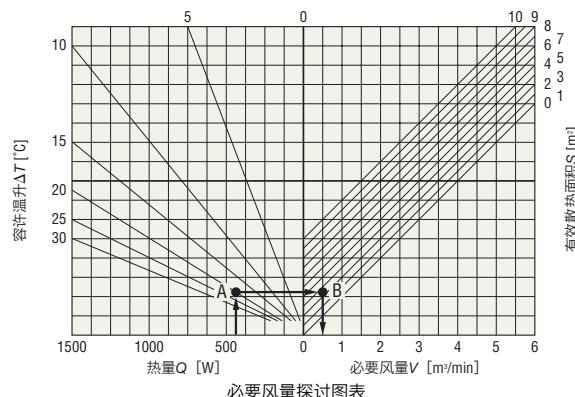
②以交点A点为起点，拉出横轴与平行线。

③计算出平行线与表面积S2.37m²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_f2倍，能够导出

1.00 [m³/min] 的必要风量。



(2) 风扇的选用

根据求取结果，选用轴流风扇**MU**系列

MU1225M-51。

MU1225M-51的规格

电压 V	频率 Hz	电流 A	输入 W	转速 r/min	最大风量 m ³ /min	最大静压 Pa	噪音等级 dB(A)
单相220	50	0.07	10.0	2250	1.4	32	33
单相230	50	0.07	12.0	2250	1.4	32	33
单相230	60	0.07	9.5	2600	1.7	31	37

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。

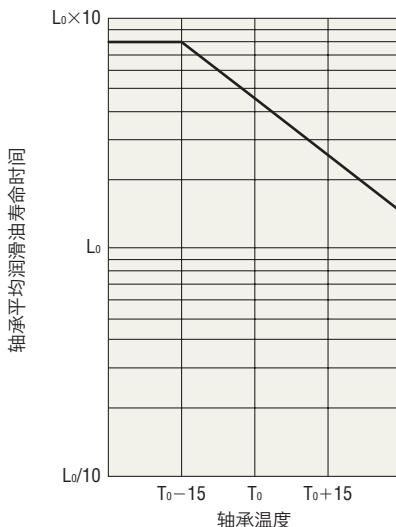
轴承的寿命可表述为以下2种。

- 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。

	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		50,000
步进电动机 安装尺寸50mm以上	电动机外壳表面温度 在 80°C 下运行时	30,000
步进电动机 安装尺寸42mm以下		

●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，如悬挂负载过大时，个别也会出现机械寿命较润滑油寿命更短的情况。

减速机的寿命

减速机的寿命几乎都是依据轴承的机械寿命而定，是指到了无法传递动力的状态。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，本公司使用的减速机其齿面均已涂上润滑油。不需要再上油。

●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
- 悬挂负载 : 容许悬挂负载
- 轴向负载 : 容许轴向负载

表1：各减速机型的额定寿命

系列·电动机种类	对象减速机型	基准输入转速	额定寿命时间 L1
步进电动机 AR 系列	PS 减速机型	3000r/min	5000小时
	TH 减速机型		
	谐波减速机型		
步进电动机 CMK 系列 2相 PKP 系列 2相 PK 系列	SH 减速机型	1500r/min	
AC伺服电动机 NX 系列	PS 减速机型	3000r/min	5000小时
	PJ 减速机型	3000r/min	10000小时
AC小型标准电动机 无刷电动机	GN-KF 、 GE-KBF 、 GU 减速机	1500r/min	5000小时
	直交轴减速机		
	BH 平行轴减速机型	1500r/min	10000小时
	BH 直交轴减速机型		
GFS 减速机 GFS 中空轴扁平减速机		3000r/min	



●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。

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

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，几乎只有在起动/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	· 频繁的起动/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运行及起动/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起动/停止	2.0

请注意

有关悬挂负载、轴向负载的影响

● 寿命时间的推算是悬挂在负载、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，悬挂负载、轴向负载也都是以50%来计算寿命。

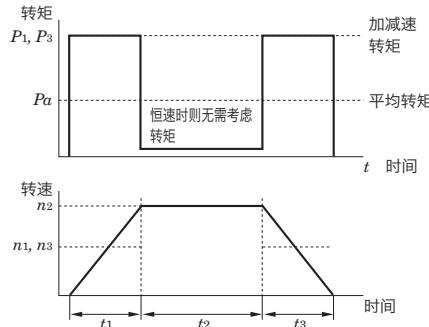
● 当负载率低，而悬挂负载或轴向负载较大时，其寿命会比以此式计算所得的值更短。

●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。于恒速时虽有轴承等摩擦负载，但因为是相当微小的，所以可不必考虑。



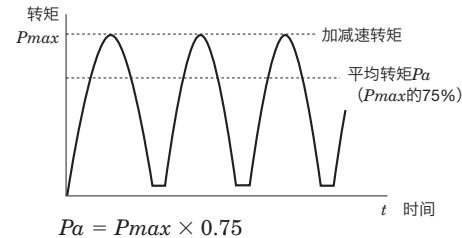
$$P_a = \sqrt[3]{\frac{(P_1^3 \times n_1 \times t_1) + (P_3^3 \times n_3 \times t_3)}{(n_1 \times t_1) + (n_2 \times t_2) + (n_3 \times t_3)}}$$

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

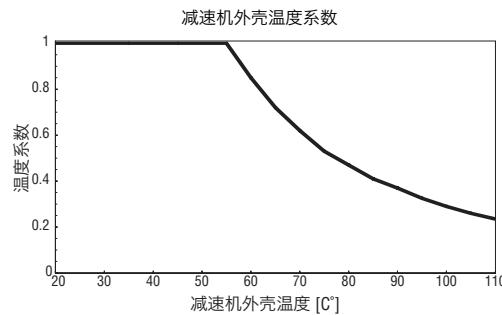
驱动机械手臂等时，有时会产生如下所示的变动负载。例如，驱动两段机械手臂或朝垂直方向驱动机械手臂时。此时如下式所示将加减速时最大转矩的75%当作平均转矩。



●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。寿命的推算是以轴承的寿命考虑点为基础算出。

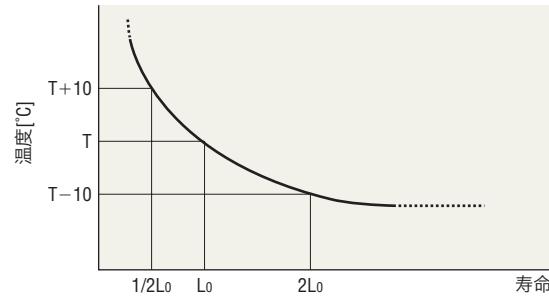
超过规格值的驱动有时会影响轴承以外的零件，因此请在记载于目录中的产品规格值内使用。

■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，温度高于10°C时，寿命为1/2，相反地，低于10°C时，寿命延长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。



铝电解电容器的寿命

选用计算

电动机

电动
传动装置

风扇

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

直线
减速机电动
传动装置

风扇

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或是直线导轨的滚动寿命影响。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劳而引起剥落(金属表面产生如鳞片状的剥落现象)。滚动寿命是指发生此类剥落时的寿命。

寿命的考察方法

电动滑台的寿命是由滚珠螺杆上的最大推力及施加在直线导轨上的最大可搬运质量与惯性力矩负荷值决定的。电动缸的寿命是由滚珠螺杆上的最大推力决定的。

此外，寿命受到使用条件及环境等各种要素影响而有所变化，请作为基准灵活运用。

各系列的使用寿命基准值

系列	导程12mm	导程6mm	导程3mm
EZSII系列(含无尘室对应)	5000km	3000km	-
EZCII系列	5000km	3000km	1500km

风扇的寿命

风扇的寿命是指由于风扇连续运行某一期间之后，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·起动转矩原本就比较小，润滑油如果劣化而丧失润滑功能时，轴承的起动转矩以及动转矩将增大，有时甚至无法起动。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。

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数

n：轴承的转速

T：轴承的运行温度

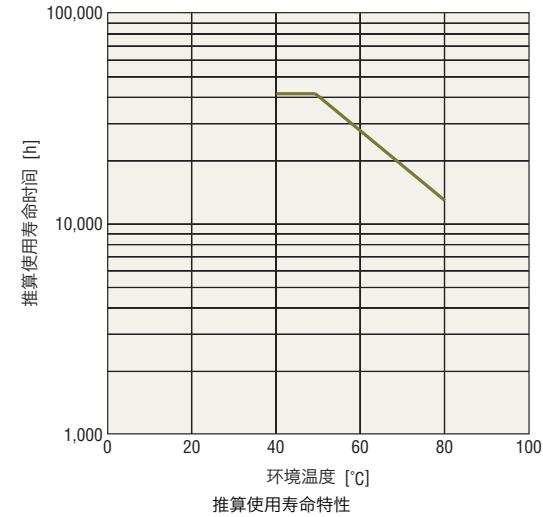
由此公式可得知*N_{max}*是由轴承所决定的，因此润滑油的寿命与温度和轴承的转速息息相关。但是，有关轴承的转速，以本公司的产品水准来讲，对寿命几乎没有影响的， $\frac{n}{N_{max}}$ 为一定值，所以润滑油平均寿命是由温度来决定的。

推算使用寿命特性

风扇的推算使用寿命特性如下图所示。

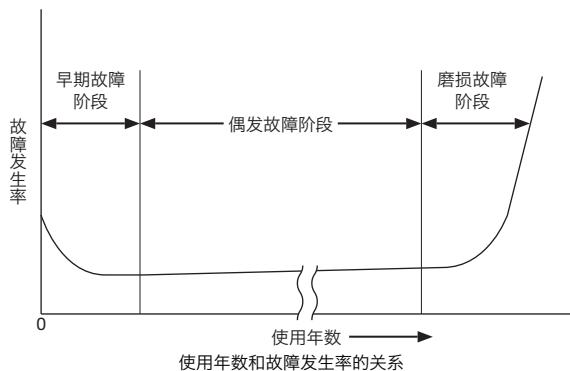
有关小型AC输入风扇**MU1238A**型如下所示。

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。



■ 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。

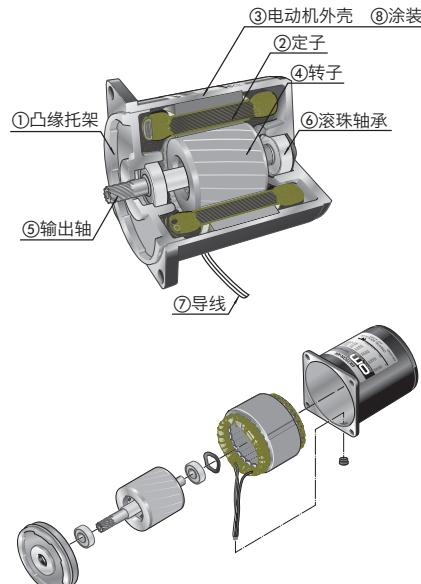
磨损故障是在劣化的过程或是磨损的结果造成的耐用寿命期间结束前后发生的故障，故障会随时间急速增加。这时，必须更换特定零件，并且采取适当的预防对策。

(选自于《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

AC小型标准电动机的构造

AC小型标准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、聚酯膜被铜电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

有圆轴型和齿轮轴型两种类型。

使用S45C等材质，对圆轴型进行铣面加工(输出功率25W以上)，对齿轮轴型进行精密齿轮加工。

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。

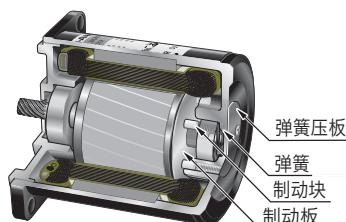
⑧涂装

采用丙烯树脂或密胺树脂烤漆。

可逆电动机制动机构

在可逆电动机的电动机后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。



构造上如上图所示，以螺旋弹簧张力向制动板上的制动块施加压力使其滑动。

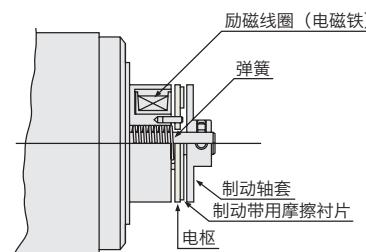
虽具有一定程度的保持力，但此构造在制动力上有一定的限度，本公司将之设为电动机输出转矩的约10%。

电磁制动的构造与动作

带电磁制动电动机采用无励磁动作型电磁制动。

其主要构造如下所示。

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。反之，若在未施加电压的状态下则电枢受螺旋弹簧挤压至制动轴套，结果则呈现电动机轴遭固定而进行制动工作的状态。

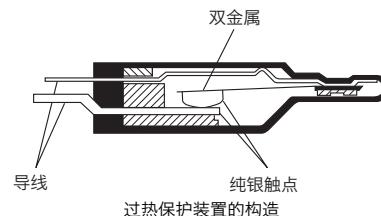


过热保护装置

电动机于运行状态下，因过载而受堵转或环境温度急遽上升，或因某种因素造成输入增加时，均会促使电动机温度急遽升高。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。



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，电动机线圈温度会比上述的工作温度高一些。)

●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。

选用计算

电动机

电动
传动装置

风扇

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

直线
减速机

电动
传动装置

风扇

■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属的电容器。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。请务必使用电动机附属的电容器。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25,000个小时为基准。接近寿命结束发生电容器破损时，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。

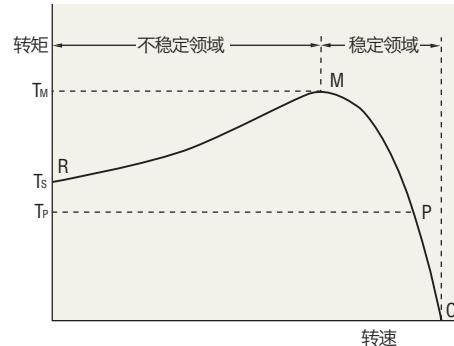
请考虑另外的保护方案，防止电容器发生异常时对装置造成影响。

●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。

■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。

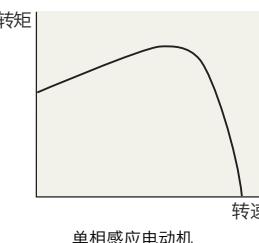


空载时以接近同步转速的速度旋转，但随着负载的增加，转速也同时下降，并且以负载及电动机的转矩 T_P 的平衡点P进行旋转。

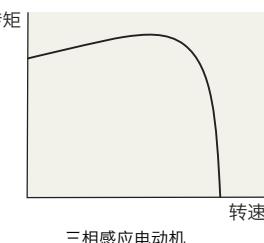
负载若再增加到M点时，因电动机无法产生更大的转矩，所以降至R点而停止。

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。



单相感应电动机



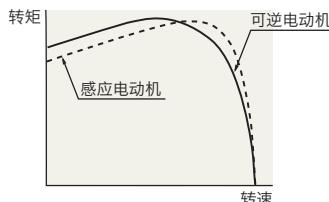
三相感应电动机

电动机的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。

■可逆电动机转速—转矩特性

可逆电动机与感应电动机同为电容起动式单相感应电动机，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。



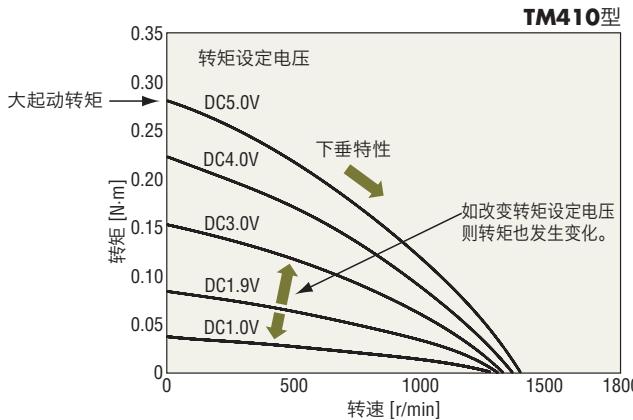
选用计算
电动机
电动传动装置
风扇
寿命
AC小型标准电动机
调速电动机
步进电动机
AC伺服电动机
减速机
直线减速机
电动传动装置
风扇

力矩电动机的概要

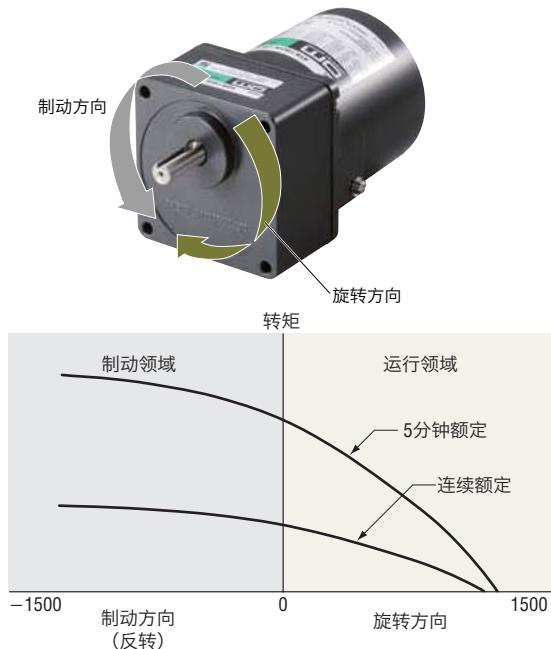
- 如改变对电动机的施加电压，转矩也发生变化。
- 具有大起动转矩与下垂特性，可在转速—转矩特性的全领域使用。
- 与感应电动机及可逆电动机不同，可在低速及堵转时取得稳定的转矩。
- 负载一定的情况下，如调节施加电压，转速将发生变化。
- 施加电压一定的情况下，如改变负载，转速将发生变化。

力矩电动机的转速—转矩特性

对于力矩电动机组合产品TM系列，如调节转矩设定电压或转矩设定器，则施加电压发生改变，转矩也发生变化。



此外，当力矩电动机受到与电动机旋转方向相反方向的外力时，可获得制动力。此制动特性称为反向制动。通常将转速—转矩特性表示的领域称为运行领域，将产生反向制动的领域称为制动领域。



AC小型标准电动机的温度上升

电动机的温度上升

在电动机运行时，内部损耗（铜、铁损耗）所形成的热量会提高电动机的温度。

- 感应电动机（连续额定）运行开始2~3个小时后，温度上升至饱和状态，并且保持在一定温度。
- 可逆电动机（30分钟额定）运行开始30分钟后达到规定的上升温度，若继续运行则温度继续上升。

温度上升的测量方法

本公司测量电动机的温度上升方法规定如下。

◇ 温度计法

于电动机外壳中央部固定温度计或热电偶运行电动机，测量温度上升饱和时的温度，将之与环境温度的差做为温度上升的值。

◇ 电阻法

将线圈温度以其电阻值的变化进行测量的方法。将运行前后的电动机的线圈电阻与环境温度用电阻计、温度计等测量，以求得电动机的线圈温度上升的值。

■可逆电动机的运行时间与温度上升

可逆电动机设为“30分钟额定”，不过进行短时间间歇运行时，运行条件的不同也造成运行时间的变化。可逆电动机短时间间歇使用时，电动机起动及反转时会有大电流通过而加大发热量，不过若电动机停止时间设定较长，自然冷却效果也增加，可抑制电动机温度上升。

●间歇运行时

间歇运行的条件如图1的A~E所定。F表示连续运行的条件。在这些条件下，试对本公司代表性可逆电动机温度上升情况进行实测。

图2到图7为测试结果。

测量温度上升时，将电动机单体悬吊以杜绝热传导，电容起动电动机温度上升面需在最严格空载状态下进行测量。

不过负载大于电动机额定转矩以及惯性负载较大时，也可发生起动或反转所需时间变长温度上升更大的情况，敬请注意。

例如**4RK25GN-CW2L2**的温度上升，需要注意保持线圈温度上升在80°C以下，电动机外壳温度90°C以下运行。

图4 **4RK25GN-CW2L2**中如运行时间和停止时间相同（条件A、B），可进行连续间歇运行。（条件C、D时则有限度。）此外电动机输出越大则时间越短。

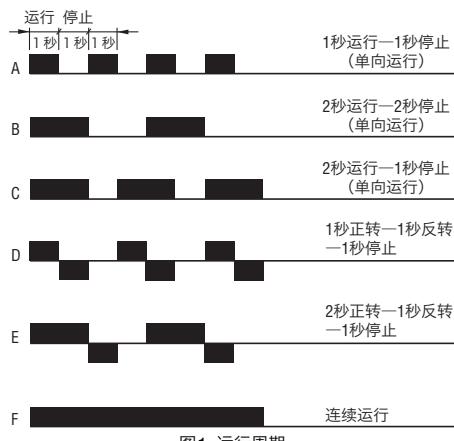


图1 运行周期

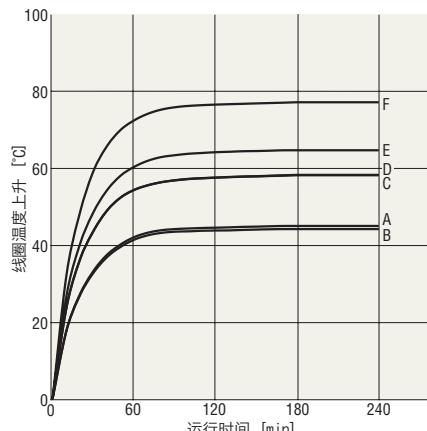


图2 2RK6GN-CW2L2 (50Hz 220V) 的间歇运行

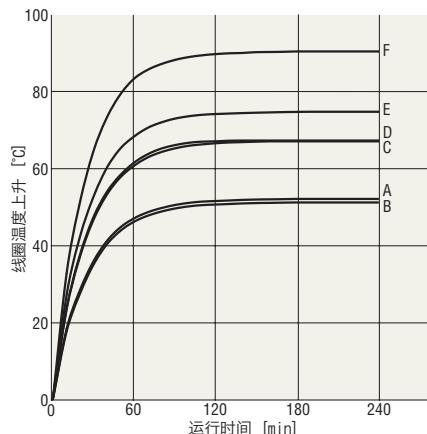


图3 3RK15GN-CW2L2 (50Hz 220V) 的间歇运行

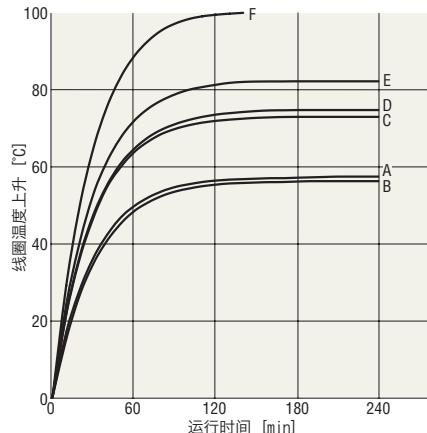


图4 4RK25GN-CW2L2 (50Hz 220V) 的间歇运行

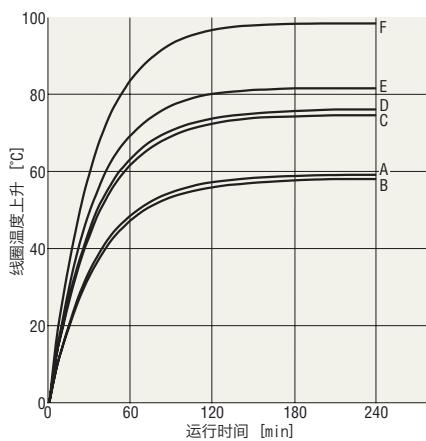


图5 5RK40GN-CW2L2 (50Hz 220V) 的间歇运行

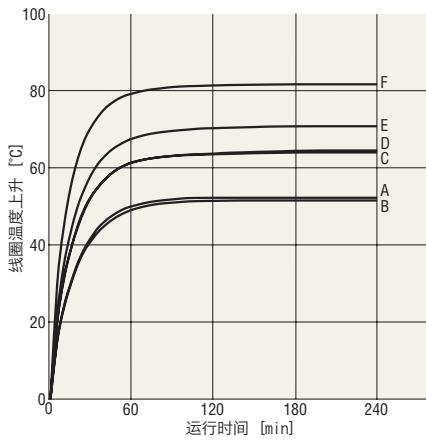


图6 5RK60GE-CW2L2 (50Hz 220V) 的间歇运行

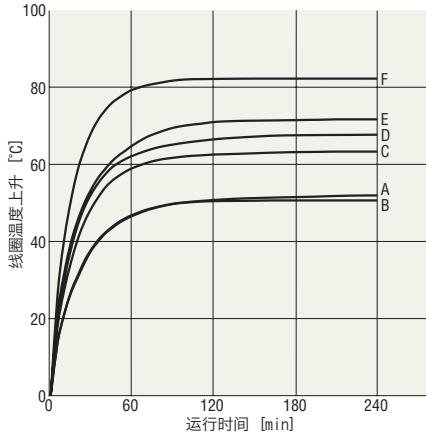


图7 5RK90GE-CW3L2 (50Hz 220V) 的间歇运行

表1所示为图2到图7温度上升测量使用的散热板。

表1：散热板的尺寸

品名	尺寸 (mm)	厚度 (mm)	材质
2RK6GN-CW2L2	115×115		
3RK15GN-CW2L2	125×125		
4RK25GN-CW2L2	135×135		
5RK40GN-CW2L2	165×165		
5RK60GE-CW2L2	200×200		
5RK90GE-CW3L2	200×200		

● 安装散热板时

表2所示为图9温度上升测量使用的散热板的种类。

从这些测量结果中可知，散热板尺寸加倍则可抑制温度上升约10°C。此外，与铁相比铝的传热率更高，更能抑制温度上升，如果对铝进行黑色涂装则还能降低约5°C。

电动机温度会根据负载条件、运行周期、电动机安装方式、环境温度等条件的不同而有所变化。这些很难都通过数据加以判断，请仅将其作为判断因素之一。

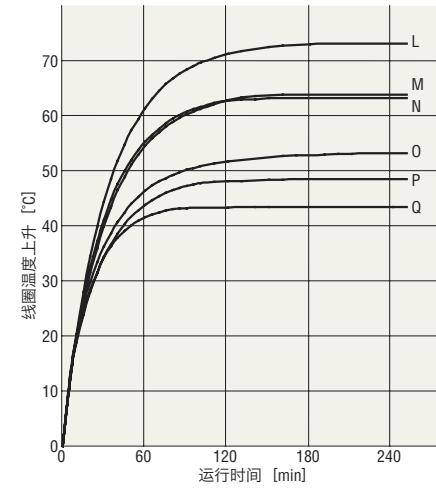


图8 4RK25型 + 减速机 + 散热板 (安装减速机及散热板)

表2：散热板的种类

温度上升曲线	散热板种类			
	尺寸 (mm)	厚度 (mm)	材质	涂装
L	—	—	—	—
M	150×150	5	铁	无
N	150×150	5	铝	无
O	300×300	5	铁	无
P	300×300	5	铝	无
Q	300×300	5	铝	黑色

选用计算

电动机

电动
传动装置

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

直线
减速机电动
传动装置

风扇

用语解说

● 额定

◇ 额定

从温度、机械强度、振动、效率等运行性能方面来看，该电动机所能保证的使用限度称为额定，并分为连续额定及短时额定两种。其条件除对输出的使用限度有所规定外，对电压、频率、转速亦有所指定。上述又分别称为额定输出、额定电压、额定频率、额定转速。

◇ 连续额定·短时额定

额定输出下可正常连续运行的时间称为额定时间。在额定输出下可连续使用时称为连续额定，而在指定的固定时间做额定输出运行，则称为短时额定。

● 输出功率

◇ 输出功率

是指电动机在单位时间内可进行的工作，并依电动机的转速转矩来决定。电动机上会显示额定输出的值。亚洲地区用W来表示，欧美则使用HP。

$$\text{输出 [W]} = 1.047 \times 10^{-1} \times T \times N$$

$$1\text{HP} = 746\text{W}$$

1.047×10^{-1} ：常数

$T[\text{N}\cdot\text{m}]$ ：转矩

$N[\text{r}/\text{min}]$ ：转速

◇ 额定输出

是指电动机在额定电压、额定频率下发挥其最优良特性，并同时连续产生的输出即所谓额定输出。产生额定输出的转速、转矩则称为额定转速、额定转矩。一般来说，所谓输出均意指额定输出。

● 转矩

◇ 起动转矩

是指电动机起动时瞬间产生的转矩。电动机如果受比这一转矩更大的摩擦负载抑制，则无法起动。也称为起动转矩。^①

◇ 静止转矩

是指电动机在一定电压、一定频率下所能输出的最大转矩。一旦所承载的负载超越此转矩范围，电动机即停止。^②

◇ 额定转矩

是指电动机在额定电压、额定频率下可连续产生额定输出时的转矩。即额定转速时的转矩。^③

◇ 静摩擦转矩

是指电磁制动、离合器·制动器等在停止状态下，于保持负载时所输出的转矩。

◇ 容许转矩

是指电动机运行时所能使用的最大转矩。受电动机的额定转矩、温度上升及所组合的减速机强度所限制。

转速—转矩特性

①：起动转矩

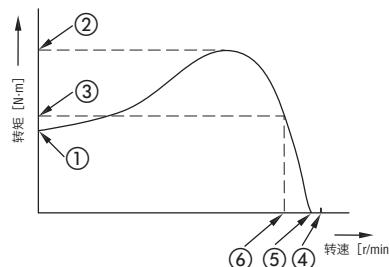
②：静止转矩

③：额定转矩

④：同步转速

⑤：空载旋转速度

⑥：额定转速



● 转速

◇ 同步转速

根据电动机的极数与电源频率所决定的固定数字，以下列公式表示。

通常以1分钟的转速表示。^④

$$Ns = \frac{120f}{P} [\text{r}/\text{min}]$$

N_s ：同步转速 [r/min]

f ：频率 [Hz]

P ：极数

120：常数

假设是4极的电动机，其电源频率为50Hz时则如下所示。

$$Ns = \frac{120 \times 50}{4} = 1500 [\text{r}/\text{min}]$$

◇ 空载旋转速度

感应电动机、可逆电动机在无负载时的转速，与同步转速相比降低了约20~60r/min。^⑤

◇ 额定转速

电动机做额定输出时的转速，为使用时最理想的转速。^⑥

◇ 转差率

是转速的表现方法之一，公式如下所示。

$$S = \frac{Ns - N}{Ns} \quad \text{或} \quad N = N_s(1 - S)$$

N_s ：同步转速 [r/min]

N ：任意负载时转速 [r/min]

4极50Hz的感应电动机，

所谓以转差率S=0.1运行，是指转速可如下所示。

$$N = \frac{120 \times 50}{4} (1 - 0.1) = 1500 (1 - 0.1) = 1350 [\text{r}/\text{min}]$$

● 过转

是指从切断电源的瞬间至电动机停止前的过转，以角度(转数)来表示。

● 减速机

◇ 减速比

为减速机将电动机转速减速的比例。电动机转速就减速机输出轴而言为 $\frac{1}{减速比}$ 。

相对于50Hz、60Hz电动机中不同的转速，为使减速机输出轴的转速相同，减速机的减速比有3、5、7.5、12.5、15……等系列以及为它的1.2倍的减速比3.6、6、9、15、18等系列。

50Hz区域的减速比为3时与60Hz区域的减速比为3.6时，减速机输出轴转速几乎可达相同。

不论50Hz区域、60Hz区域都可以和所有的减速机一起配合使用。

◇ 最大容许转矩

是减速机所能承受的最大负载转矩。

其容许转矩是依减速机所使用的齿轮、轴承的材质、大小等机械强度所决定，故随减速机的种类及减速比而有不同。

◇寿命系数

是预测减速机寿命时所使用的系数。

针对负载的种类及使用条件对其做寿命实验得到的经验值来决定。

选用计算

◇传动效率

是连接电动机和减速机，使转矩传动时的效率。以% (百分比) 表示。

依减速机的轴承、齿轮的摩擦及润滑油的电阻等条件来决定。

传动效率，以GN型减速机为例，减速机的减速段数1段相当于90%，而最少的减速段数为2段，故其效率为81%。而且，随着减速比的增大，减速段数也会相应增加，每增加一次级数，其传动效率则降低至73%、66%等。

电动机

◇悬挂负载

与减速机输出轴呈直角方向的承受负载。

减速机所承载悬挂负载的最大值称为容许悬挂负载。随减速机的种类及距轴端的距离差异而有所不同。

如皮带驱动时的张力即为此一负载。

电动传动装置

风扇

◇轴向负载

对减速机输出轴的轴方向所承载的负载。

减速机所承载的轴向负载的最大值称为容许轴向负载，随减速机的种类而有所不同。

寿命

AC小型标准电动机

调速电动机

步进电动机

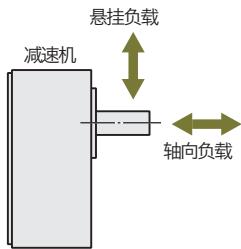
AC伺服电动机

减速机

直线减速机

电动传动装置

风扇



●其他

◇CW、CCW

表示电动机的旋转方向。

CW为以输出轴为准的顺时针方向，而CCW则为逆时针方向的旋转。

减速机

直线减速机

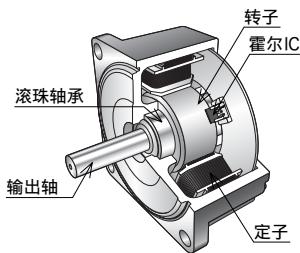
电动传动装置

风扇

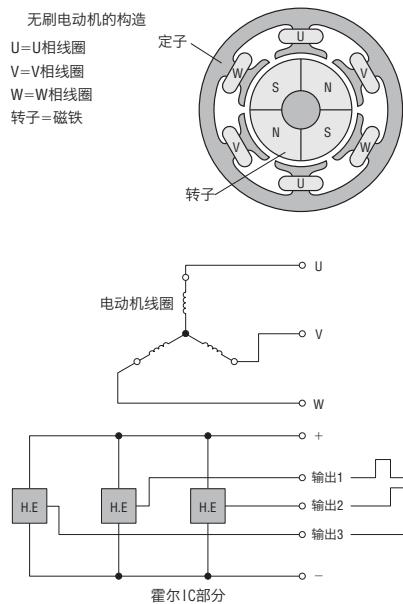
调速电动机

■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用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。

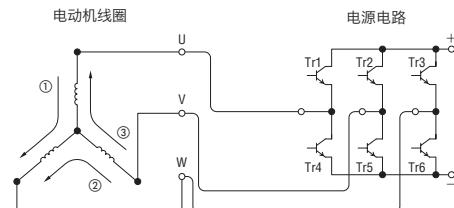


检测用的磁性元件是使用霍尔IC。在定子内侧安装有3个，转子旋转时，即从霍尔IC输出数字信号。

●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。上下晶体管依一定顺序交替地重复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。



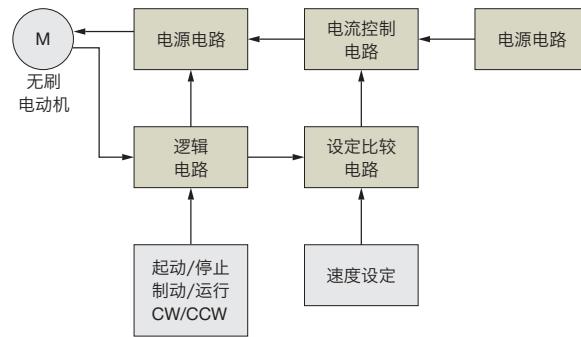
各晶体管的开关程序

步骤	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	
晶体管	ON					ON	ON						ON	ON
Tr1	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取经常检测的方式，控制在不偏移设定的转速。

◇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。

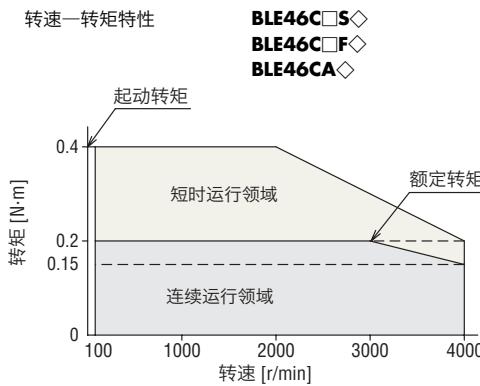
选用计算
电动机
电动传动装置
风扇
寿命
AC小型标准电动机
调速电动机
步进电动机
AC伺服电动机
减速机
直线减速机
电动传动装置
风扇

无刷电动机的转速—转矩特性

下图为**BLE**系列的特性示例。**AXU**系列、**BX**系列、**BLH**系列在速度控制范围上虽有些许不同，但也拥有相同的特性。

无刷电动机如下图所示在100~4000r/min内的额定转矩、起动转矩为一定（**BLE**系列、**BLH**系列最高转速时的输出转矩低于额定转矩。），由于不会像AC调速电动机般在低速领域发生转矩下降的情形，低速到高速的额定转矩皆可使用。

无刷电动机除了有可连续运行领域之外，并拥有短时运行领域。短时运行领域内可发生约为额定转矩2倍（**AXU**系列、**BLH**系列时为1.2倍）的转矩，因此在起动惯性负载时相当有效。此外，如果在短时运行领域内连续运行超过5秒以上时，驱动器过载保护功能就会工作，使电动机自然停止。



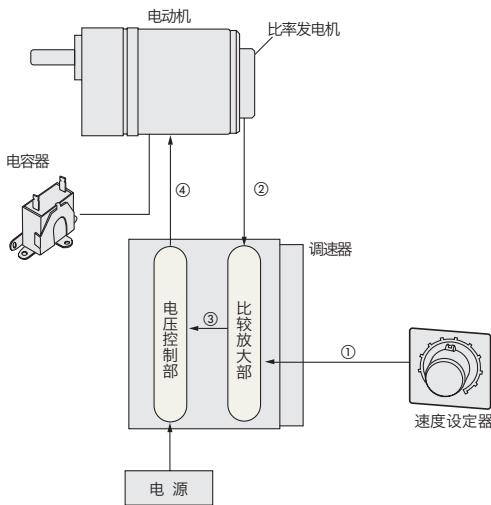
调速电动机的转速控制方法

控制方法的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，变频器为开环速度控制方式。

● AC调速电动机

◇ 控制方法

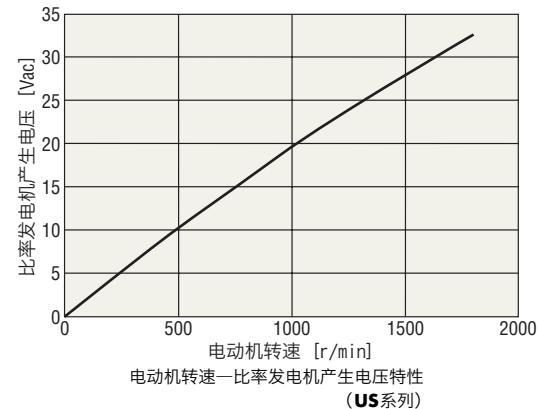
- ①由速度设定器提供速度设定电压。
- ②检测电动机转速，并给予速度信号电压。
- ③输出速度设定电压与速度信号电压的差值。
- ④为能达到所设定速度，按比较放大部分输出效率提供电动机电压。



◇ 比率发电机的产生电压特性

与调速器用电动机直接耦合的比率发电机如下图所示，产生与电动机转速大致成比例的交流电压。因此，可通过在比率发电机导线间连接交流电压计来计算出电动机的转速。（交流电压计请使用内部阻抗200kΩ以上的型号。本公司备有作为选购配件的专用转速表。）

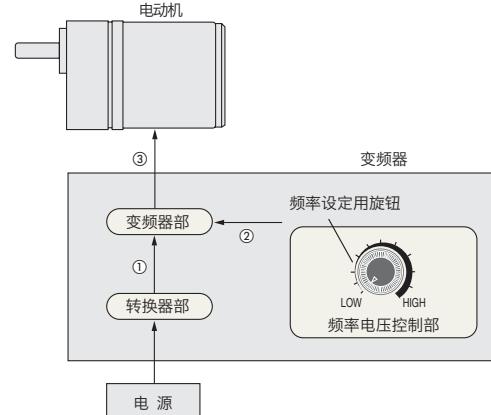
转速表 → B-154页



● 变频器

◇ 控制方法

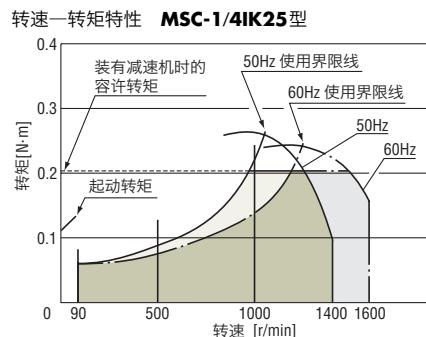
- ①来自交流电源的输入经整流后输出为直流电压。
- ②输出的是与频率设定用旋钮设定的频率相吻合的电压信号。
- ③对电动机施加设定的频率电压。



■ 调速电动机的转速—转矩特性

● AC调速电动机

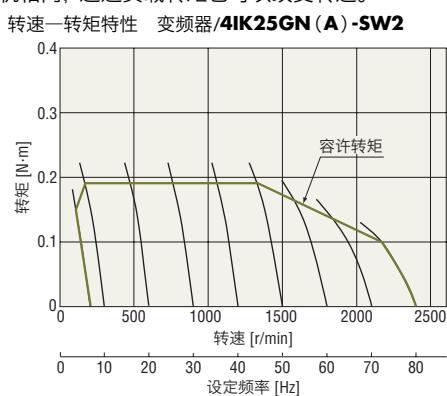
AC调速电动机的转速—转矩特性一般而言如下图所示。



● 变频器

变频器的转速—转矩特性一般而言如下图所示。

改变变频器施加到电动机上的电压频率就可以改变转速，这一特性与感应电动机相同，通过负载转矩也可以改变转速。



◇ 使用界限线、减速机连接时容许转矩

速度控制电动机其输入随着负载与转速而改变。负载越大或转速越低则温度上升越高。

AC调速电动机及变频器的转速—转矩特性图表上记载有“使用界限线”，此线下方称作“连续运行领域”。

“使用界限线”是电动机在不超过容许最高温度下可连续运行的界限（可逆电动机为30分钟），由电动机的温度而决定。

可依据测得的电动机外壳温度，来判断电动机是否能按实际负载及转速运行。一般来说，电动机外壳温度只要保持在90°C以下，就线圈部的绝缘等级而言是可以连续运行的。然而，因为电动机温度越低则电动机寿命越长，因此建议最好能在可以使电动机温度保持较低的条件下使用。

使用减速机时请使用“连结减速机时的容许转矩”以下的转矩。使用减速机以超过这一转矩的状态运行可能引起产品寿命缩短及产品破损。

◇ 可变速度范围（速度比）与负载率

在AC调速电动机的可变速度范围内最低转速与最高转速的比为速度比时，负载率（相对于起动转矩的负载转矩的比）较小的范围内，速度比增大为1:15（下图的负载率40%时），可以进行大范围的运行。相反，负载率大时，速度变小。

负载率与速度比

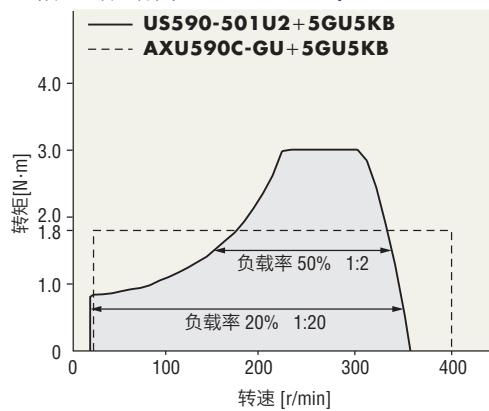
在此来观察负载率与速度比的关系。实际使用时，多数是与减速机搭配使用，这里也以此为例进行说明。

从图中可看出，**US**系列的负载率20%时与负载率50%时的连续运行领域与速度比如下表所示。

负载率为20%时速度比增加，50%时速度比则减小。因此，一般，AC调速电动机不能使用在大范围的运行。要进行大范围的运行时，请选择起动转矩较大的电动机（安装尺寸大一级的电动机）。

使用无刷电动机时，则不受此限制，可以进行如点线所示般较宽广范围的运行。

（转速—转矩特性） **US590-501U2/5GU5KB**

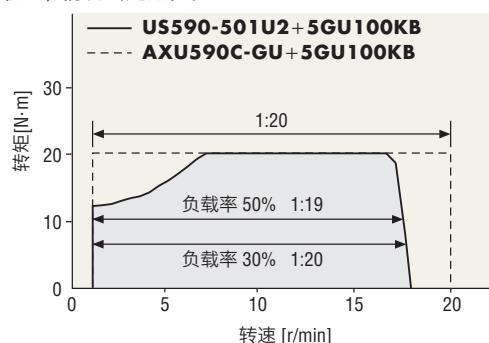


负载率 [%]	连续运行领域		速度比
	最低转速 [r/min]	最高转速 [r/min]	
20	17	348	1:20
50	148	337	1:2

使用大减速比减速机时的速度比

起动转矩也受到减速机最大容许转矩的限制，使用减速比较大的减速机时的负载率是对于减速机的最大容许转矩的负载转矩。

在前例是使用减速比为5的减速机，这里再来看看组装减速比为100的减速机时，情况会是如何。



减速比100的减速机**5GU100KB**的最大容许转矩为20N·m，负载率30%与负载率50%时的速度比如下表所示。

负载率 [%]	连续运行领域		速度比
	最低转速 [r/min]	最高转速 [r/min]	
30	0.9	17.6	1:20
50	0.9	17.4	1:19

像这样，与减速比大的减速机组合使用时，即使不必太多考虑负载率，也可以执行速度比较大的运行。

无刷电动机的负载转矩—驱动器输入电流特性(参考值)

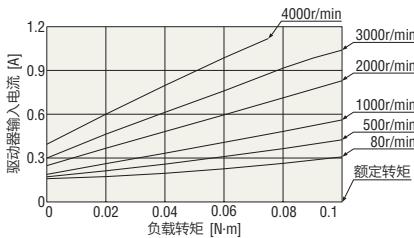
无刷电动机会随其负载转矩变化而改变其驱动器的输入电流。负载转矩和驱动器电流大致上呈一定比例。根据此特性我们可以从驱动器输入电流来推断负载转矩的大小。此特性只适用于电动机在正常旋转的状态下。起动或正反转时会产生较大电流，因此不适用此特性。

● 联体型、减速电动机产品为电动机单体时的数值。

● BLE系列

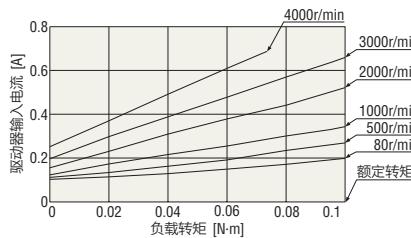
BLE23A■■S-◇、BLE23A■■F-◇

BLE23A■■A-◇



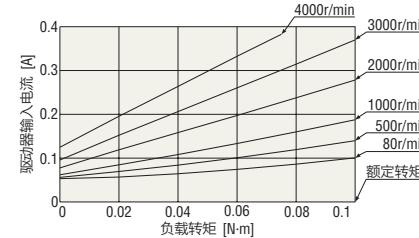
BLE23C■■S-◇、BLE23C■■F-◇

BLE23C■■A-◇



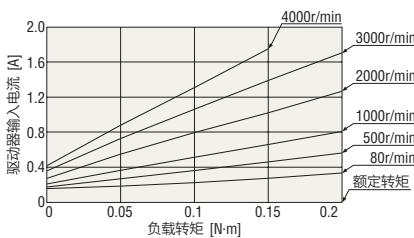
BLE23S■■S-◇、BLE23S■■F-◇

BLE23S■■A-◇



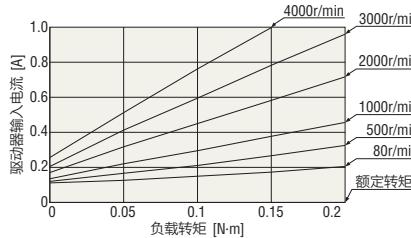
BLE46A■■S-◇、BLE46A■■F-◇

BLE46A■■A-◇



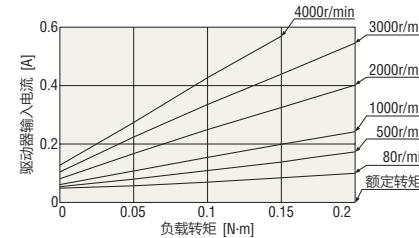
BLE46C■■S-◇、BLE46C■■F-◇

BLE46C■■A-◇



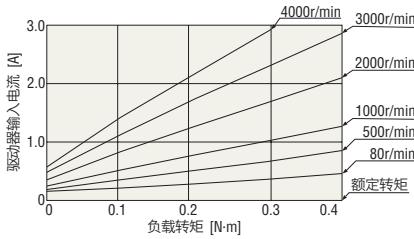
BLE46S■■S-◇、BLE46S■■F-◇

BLE46S■■A-◇



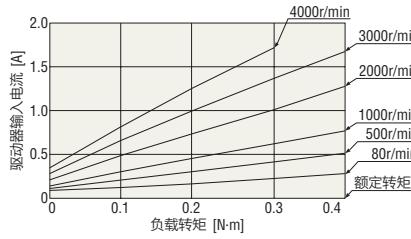
BLE512A■■S-◇、BLE512A■■F-◇

BLE512A■■A-◇



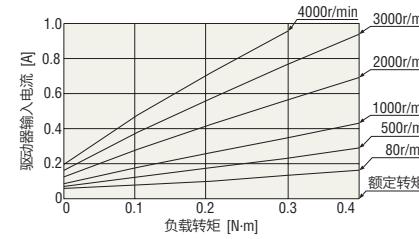
BLE512C■■S-◇、BLE512C■■F-◇

BLE512C■■A-◇



BLE512S■■S-◇、BLE512S■■F-◇

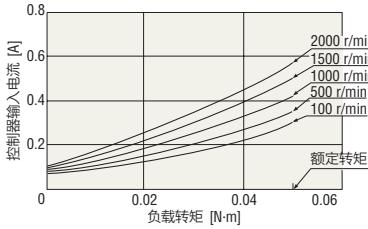
BLE512S■■A-◇



● AXU系列

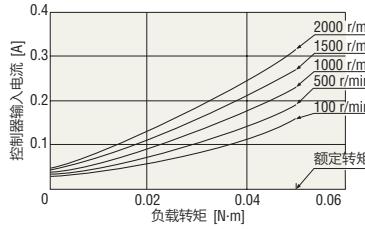
AXU210A-GN

AXU210A-A



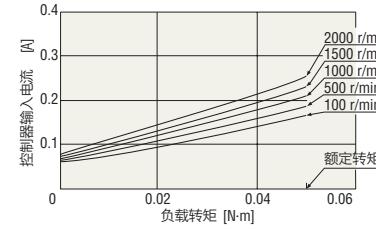
AXU210C-GN

AXU210C-A



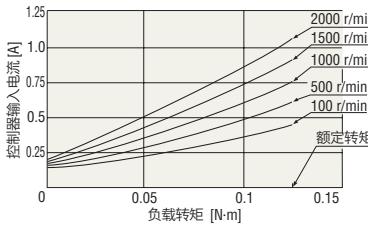
AXU210S-GN

AXU210S-A



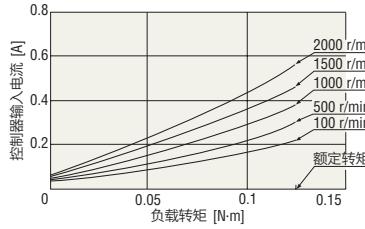
AXU425A-GN

AXU425A-A



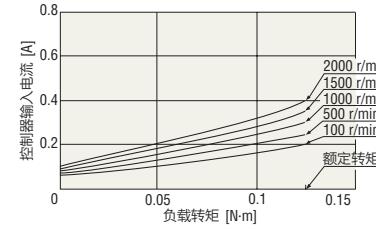
AXU425C-GN

AXU425C-A



AXU425S-GN

AXU425S-A

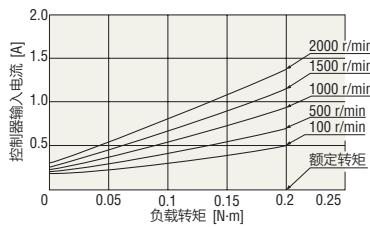


● 品名的□中为表示减速比的数值。

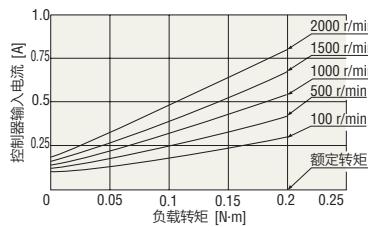
品名的■中为带电磁制动型的M。

品名的◇中为表示连接用电缆线(附件)长度的数值, 为1(1m)、2(2m)、3(3m)中的任一个。

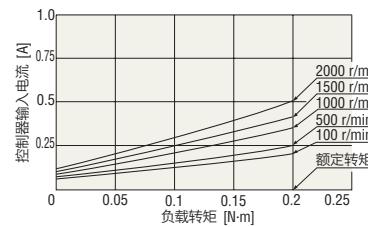
**AXU540A-GN
AXU540A-A**



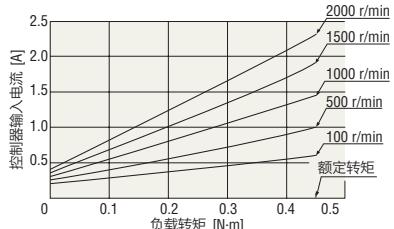
**AXU540C-GN
AXU540C-A**



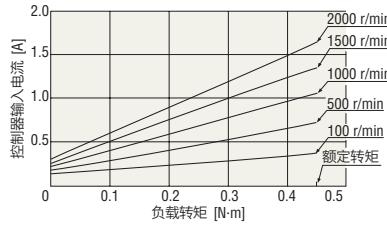
**AXU540S-GN
AXU540S-A**



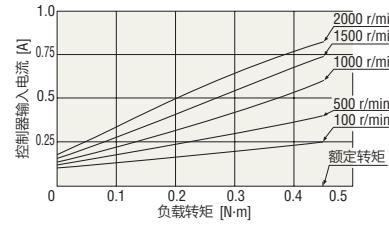
**AXU590A-GU
AXU590A-A**



**AXU590C-GU
AXU590C-A**

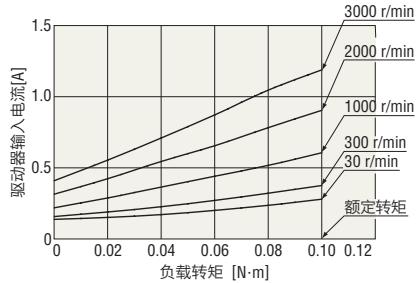


**AXU590S-GU
AXU590S-A**

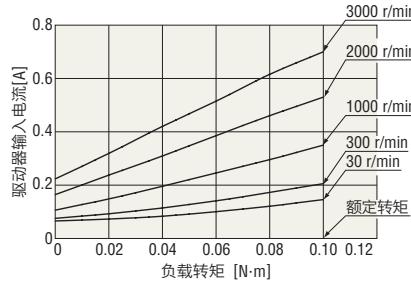


● BX系列

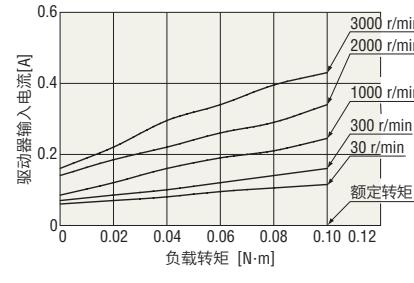
**BX230A■-□S
BX230A■-□FR
BX230A■-A**



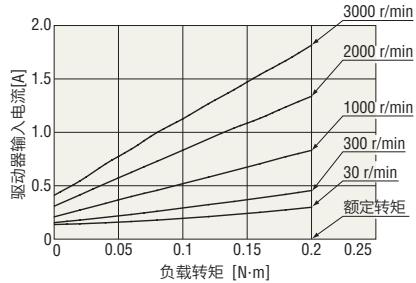
**BX230C■-□S
BX230C■-□FR
BX230C■-A (单相200-230V)**



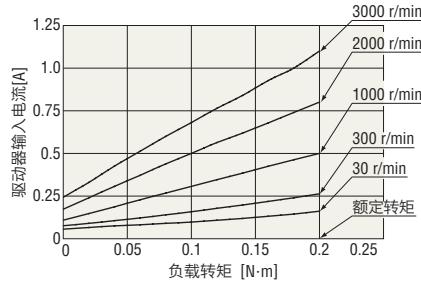
**BX230C■-□S
BX230C■-□FR
BX230C■-A (三相200-230V)**



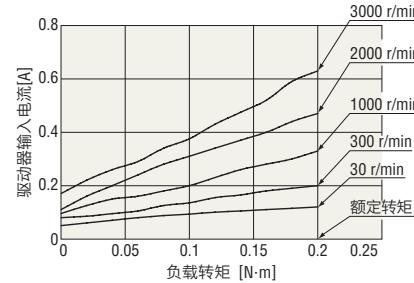
**BX460A■-□S
BX460A■-□FR
BX460A■-A**



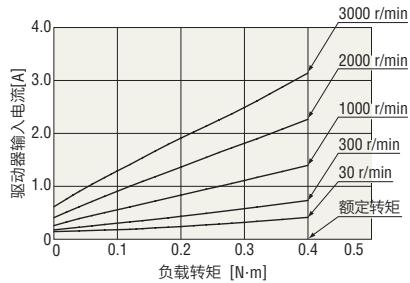
**BX460C■-□S
BX460C■-□FR
BX460C■-A (单相200-230V)**



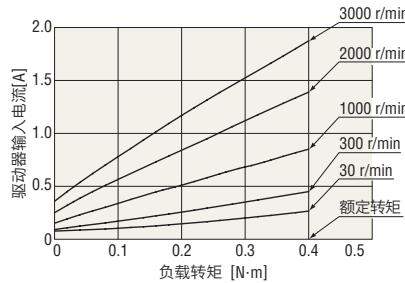
**BX460C■-□S
BX460C■-□FR
BX460C■-A (三相200-230V)**



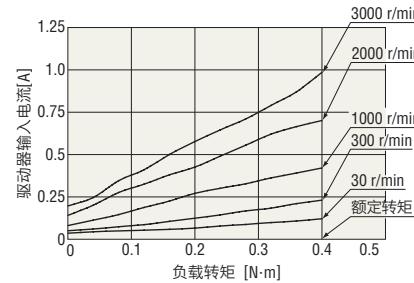
**BX5120A■-□S
BX5120A■-□FR
BX5120A■-A**



**BX5120C■-□S
BX5120C■-□FR
BX5120C■-A (单相200-230V)**

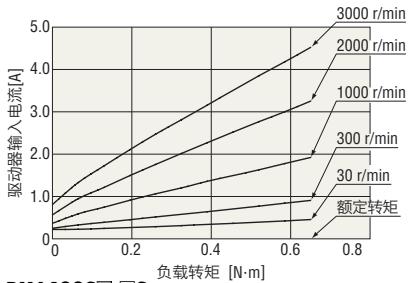


**BX5120C■-□S
BX5120C■-□FR
BX5120C■-A (三相200-230V)**

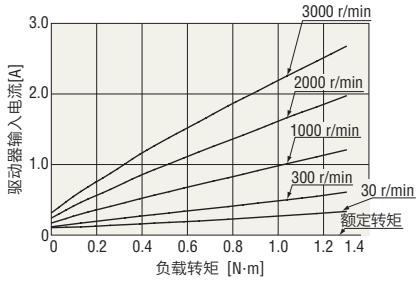


● 品名的□中为表示减速比的数值。
品名的■中为带电磁制动型的M。

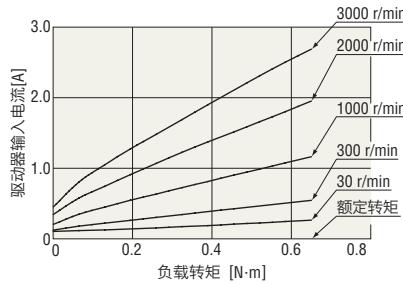
BX6200A■-□S
BX6200A■-□FR
BX6200A■-A



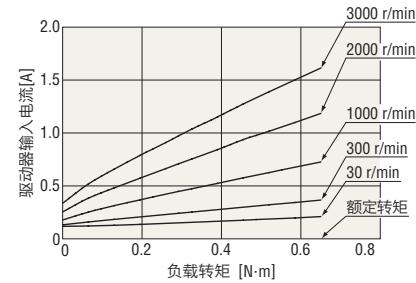
BX6400S■-□S
BX6400S■-□FR
BX6400S■-A



BX6200C■-□S
BX6200C■-□FR
BX6200C■-A (单相200-230V)



BX6200C■-□S
BX6200C■-□FR
BX6200C■-A (三相200-230V)



选用计算

电动机

电动
传动装置

风扇

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

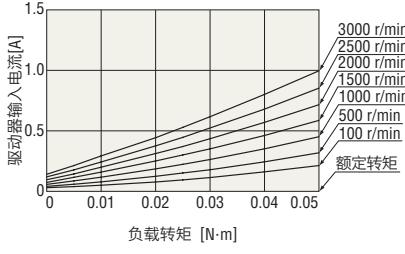
减速机

直线
减速机电动
传动装置

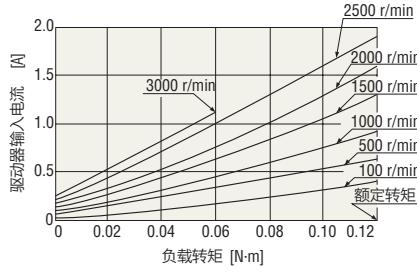
风扇

● BLH 系列

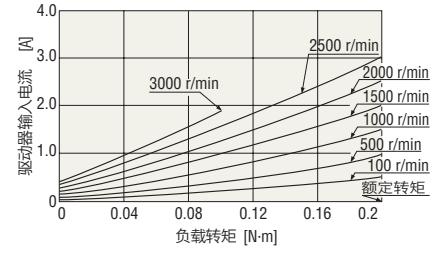
BLH015K-□
BLH015K-A



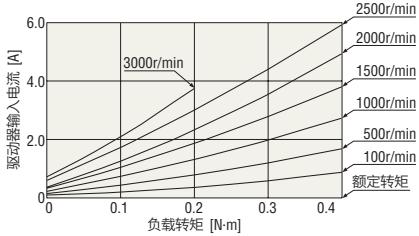
BLH230K-□、BLH230K-□FR
BLH230K-A



BLH450K-□、BLH450K-□FR
BLH450K-A



BLH5100K-□、BLH5100K-□FR
BLH5100K-A



● 品名的□中为表示减速比的数值。
品名的■中为带电磁制动型的M。

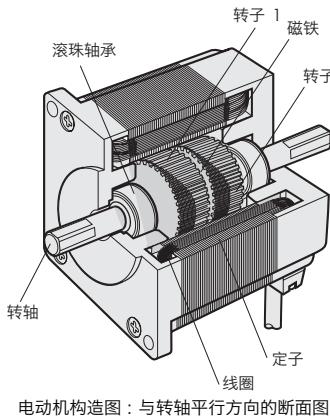
步进电动机

■步进电动机的构造

本公司5相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10个小齿状的磁极，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。)

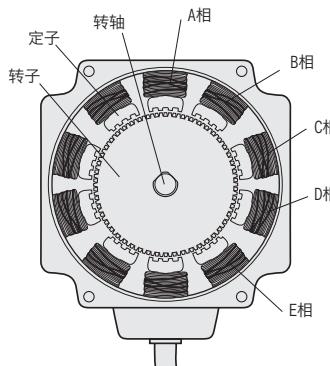
对角线的2个磁极形成1个相。而由于有A相至E相等5个相位，因此称为5相步进电动机。

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：是指转子和定子的小齿



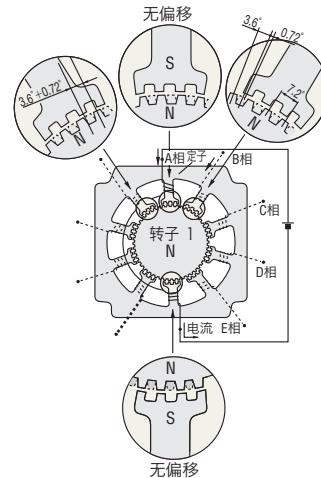
电动机构造图：与转轴垂直方向的断面图

■步进电动机的工作原理

接下来针对实际上经过磁化后的转子及定子的小齿的位置关系进行说明。

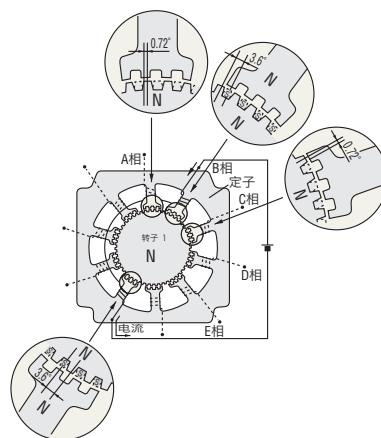
●将A相励磁时

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相励磁转换至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。

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。

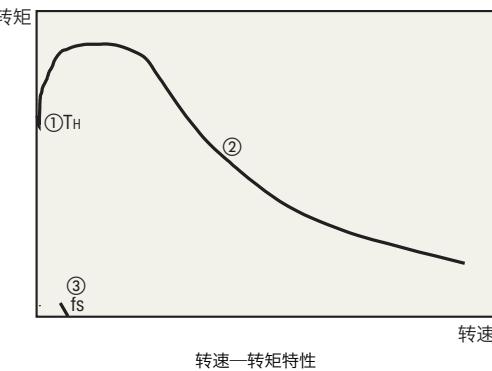
步进电动机的特性可大略分为两项。

• 动特性：

这是与步进电动机起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。



● 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所必须考虑的特性。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 保持转矩 (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 最大自起动频率 (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)能起动、停止的最大脉冲频率。

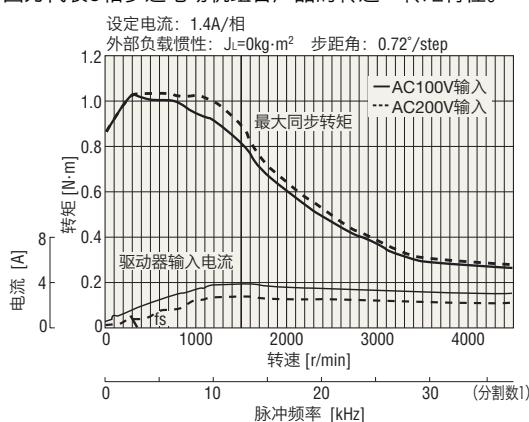
当在超过此脉冲频率的情况下驱动电动机时，应逐渐进行加减速。随电动机承载的惯性负载增加，此频率亦逐渐降低。

(请参考惯性负载-自起动频率特性)

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。

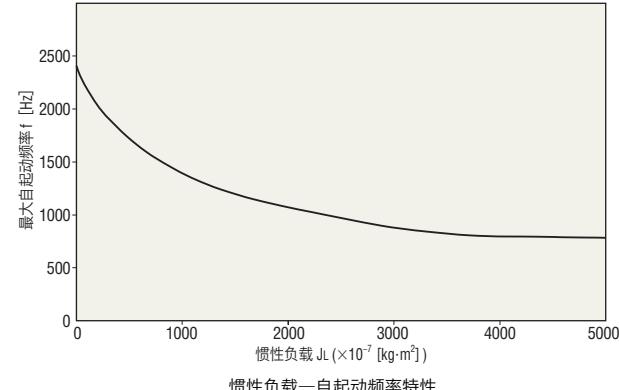


◇ 惯性负载-自起动频率特性

表示因自起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，因此于瞬时起动或停止时，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起动频率。



相对于惯性负载的最大自起动频率的变化可以根据下列公式算出近似值。

$$f = \frac{f_s}{\sqrt{1 + \frac{J_L}{J_0}}} \text{ [Hz]}$$

f_s ：电动机单体的最大自起动频率 [Hz]

f ：有惯性负载时的最大自起动频率 [Hz]

J_0 ：转子转动惯量 [kg·m²]

J_L ：负载转动惯量 [kg·m²]

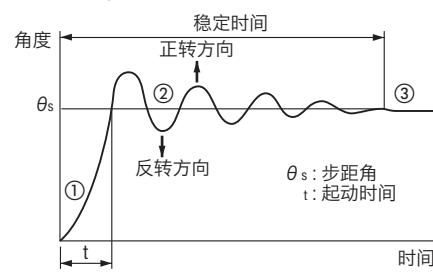
◇ 振动特性

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，会朝下一个步距角进行加速。

② 加速后的电动机通过步距角并过冲某个角度后，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下来。

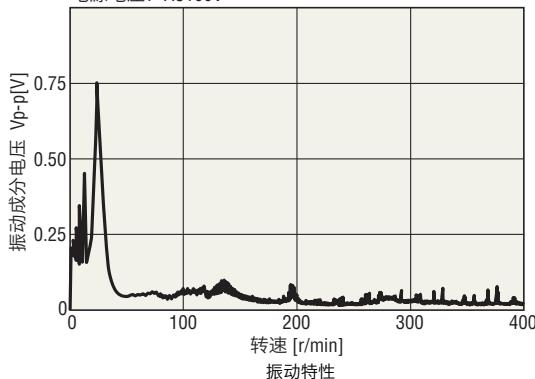


- 选用计算
- 电动机
- 电动传动装置
- 风扇
- 寿命
- AC小型标准电动机
- 调速电动机
- 步进电动机
- AC伺服电动机
- 减速机
- 直线减速机
- 电动传动装置
- 风扇

步进电动机

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。

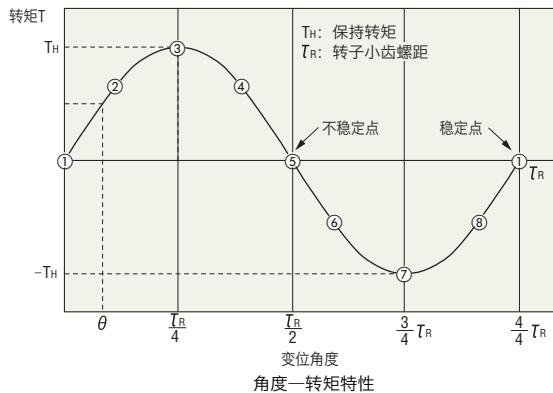
电源电压：AC100V



● 静特性

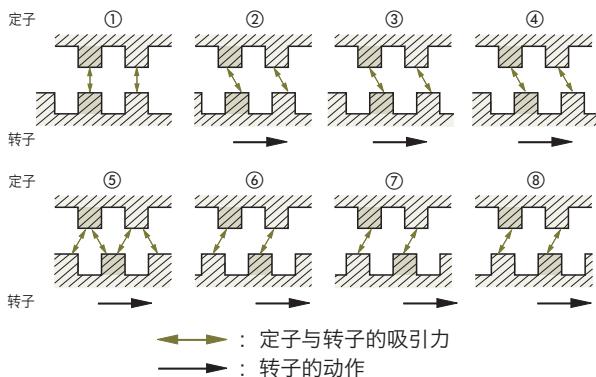
◇ 角度—转矩特性

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小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，则会向左产生欲将其拉回稳定点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保持转矩 T_H 。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：

是指定子与转子的小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：

是指定子与转子的小齿互相错开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

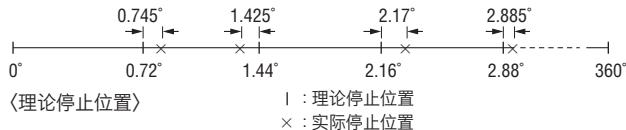
步进电动机在空载状态时，将保持±3分(0.05°)以内的角度精度。此一些微的角度误差的原因主要是来自转子与定子的机械精度以及定子线圈上些微的电阻的不同所造成的。

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。

〈实际停止位置〉



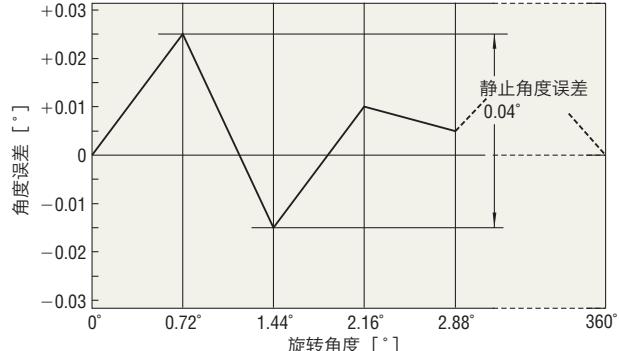
〈理论停止位置〉

I : 理论停止位置
x : 实际停止位置

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。



■步进电动机组合产品中的电动机

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，实现了

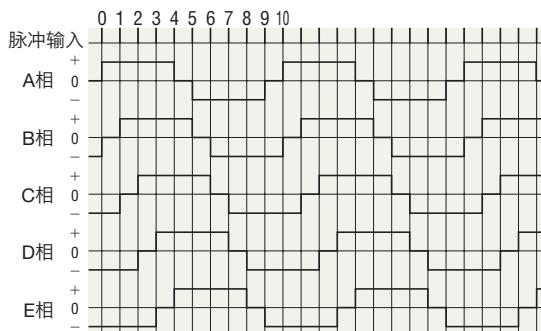
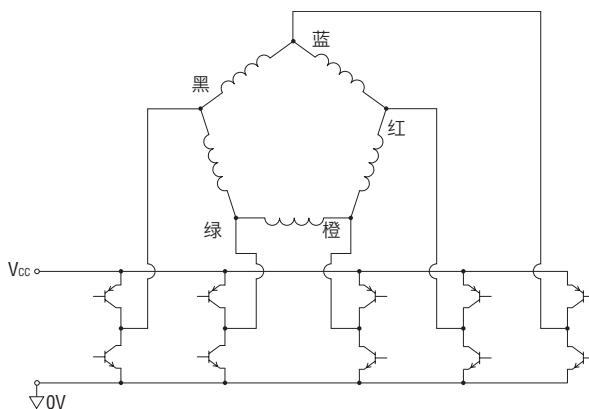
- 简单接线的5根导线
- 低振动化

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。

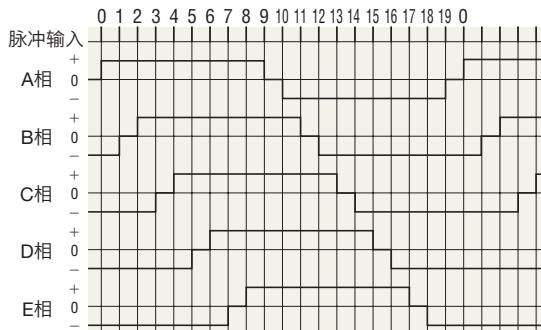


新的五角形接线4相励磁程序

●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

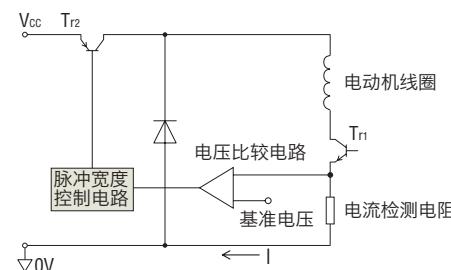
步进电动机的驱动方式分为恒流驱动与恒压驱动两种。

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。

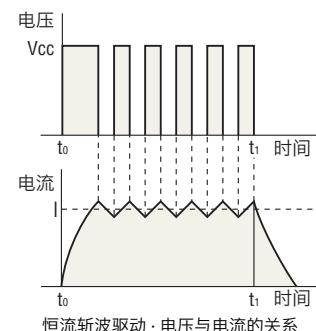
然而恒流驱动方式则是现在广为使用的驱动方式，在高速领域中能掌握优良的转矩特性。本公司的步进电动机驱动器全部采用此种驱动方式。

●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

选用计算

电动机

电动
传动装置

风扇

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

直线
减速机

电动
传动装置

风扇

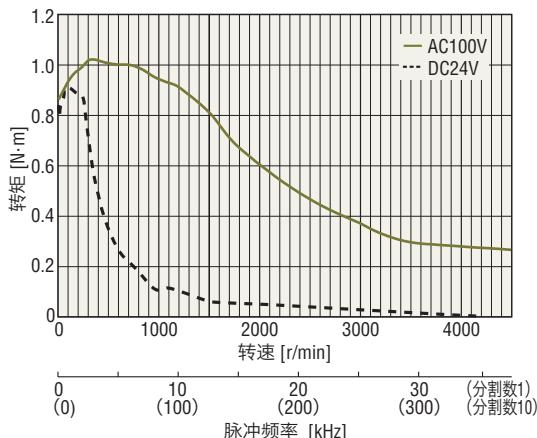
●AC输入与DC输入的特性差异

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入额定电流。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

步进电动机是在每一个由转子与定子的凸极构造决定的步距角上进行旋转、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分化，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

本微步驱动器是2个步距角设定开关可以设定各自独立的步距角(16种、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

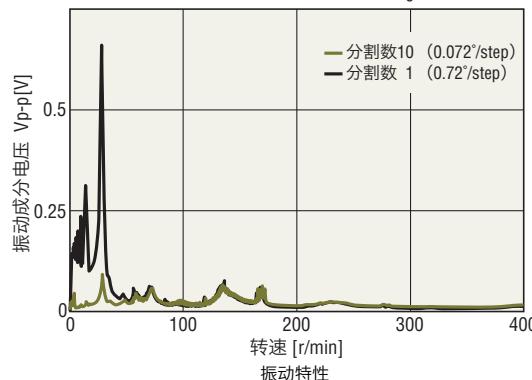
●低振动

利用微步驱动技术执行步距角的电气细分化。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。

电源电压：DC24V 外部负载惯性： $J_L=0\text{kg}\cdot\text{m}^2$



●低噪音

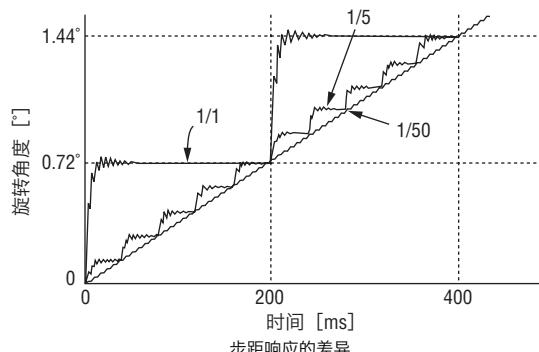
微步驱动技术改善低速领域的振动音，实现低噪音化。
在必须保持安静的环境中也能发挥威力。

●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。(线性度也上升。)

此外，可缓和起动、停止时的冲击。



●电源变压器的选择方法

在海外使用步进电动机时，大多数情况下均使用单相115V或单相220~240V的电源。在这些地区使用时，请通过电源变压器使电源输入符合规格。

变压器容量可通过以下公式来计算求得。

$$\text{变压器容量 [VA]} = \text{驱动器电源电压 [V]} \times \text{驱动器输入电流 [A]}$$

步进电动机的驱动器输入电流可根据规格一览及转速—转矩特性读出。

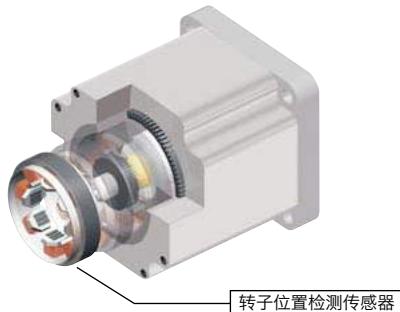
●在海外使用规格认证品时，请参阅I-2页。

闭环步进电动机 α_{STEP}

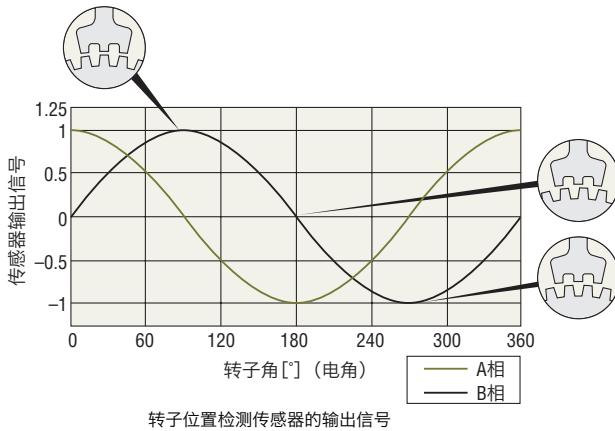
●控制方式的概要

◇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。



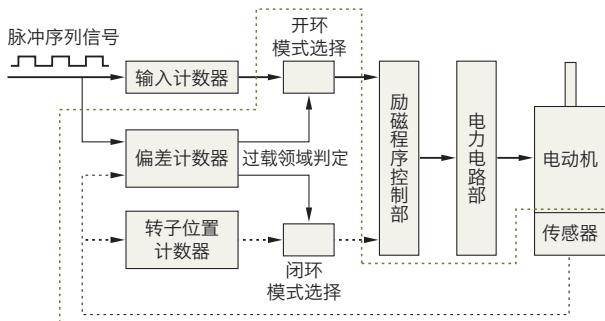
◇采用本公司独创的闭环控制系统

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的转子旋转位置的偏差量(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。



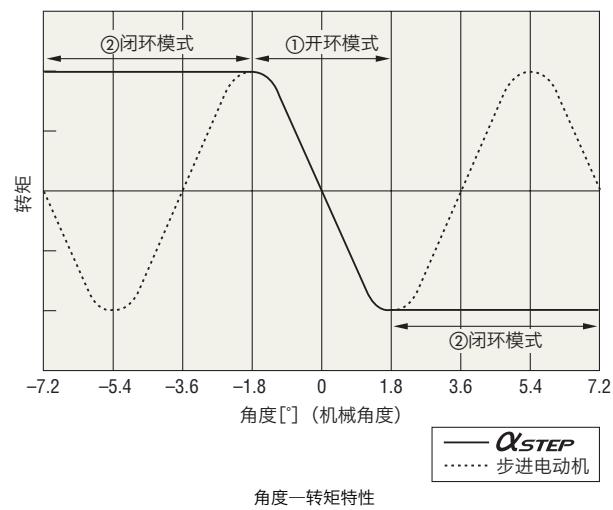
.....: α_{STEP} 独有的控制部分

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

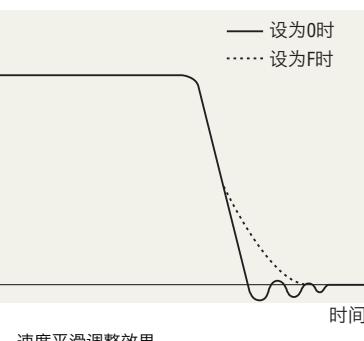
可灵活运用自起动领域，轻易实现高速运行。

•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的保护，以及降低低速运行时的振动。

转速



速度平滑调整效果

选用计算

电动机

电动
传动装置

风扇

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

直线
减速机

电动
传动装置

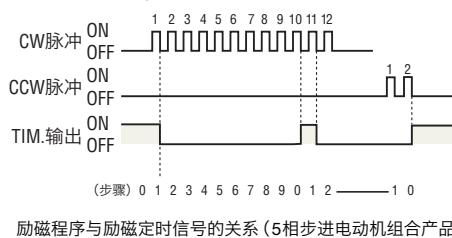
风扇

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。

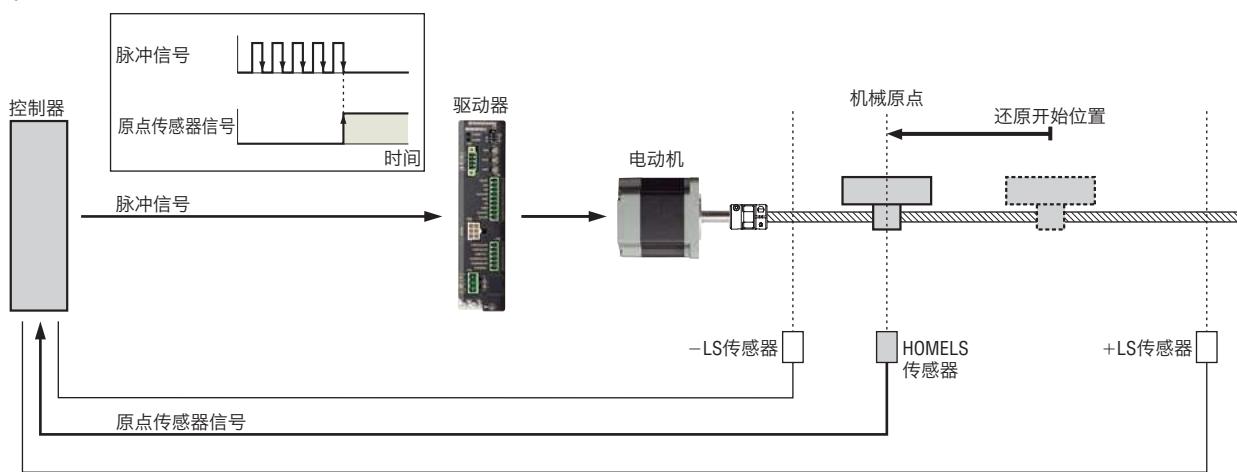
● 步进电动机的机械原点返回运行

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。

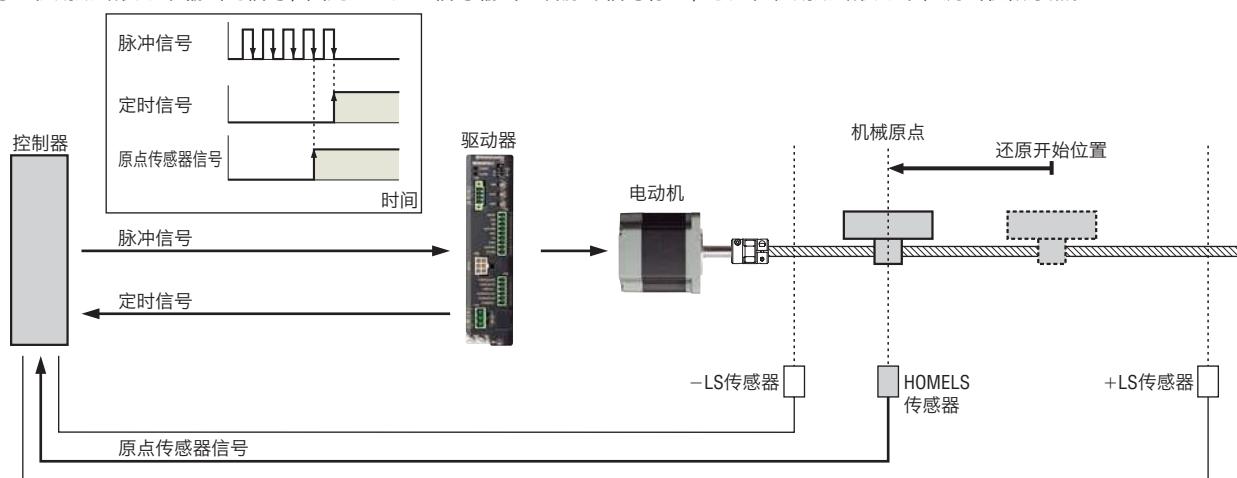
原点传感器的检测性能随着环境温度及机构检测部分的接近速度的变化而不同，因此在需要较高重现性的机械原点标出用途时，需尽力减少其误差。



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)

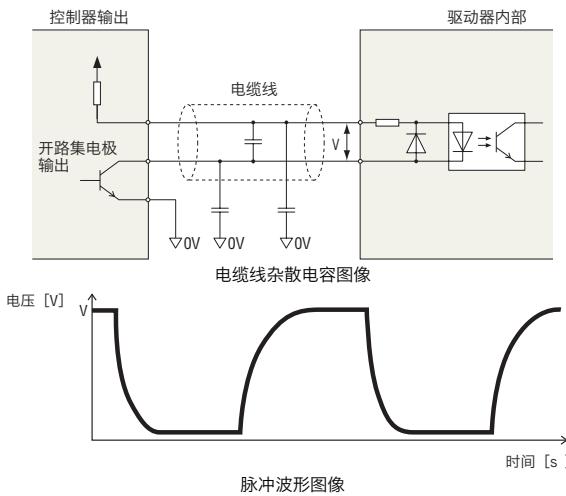
● 利用励磁定时信号提高重现性

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。



■ 电缆线长度与传送频率的关系

脉冲线愈长，可传送的最高频率越低。受到电缆线的电阻成分与杂散电容等的影响，形成CR电路，造成脉冲的上升、下降延迟。电缆线的杂散电容发生在电线间、对地间等处。电缆线的种类、配线、绕线等条件是不同的，所以很难定出明确的数值。



如下所示为与本公司产品组合工作时的传送频率(实测参考值)。

最高传送频率(参考值)

驱动器	控制器	电缆线	最高传送频率
RK系列	EMP400	CC01EMP5 (1m)	170KHz
		CC02EMP5 (2m)	140KHz

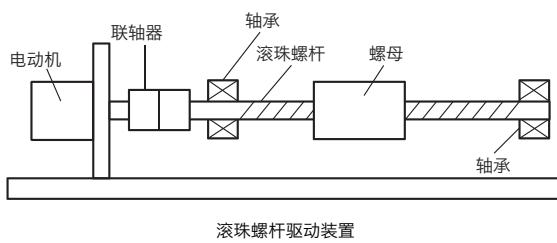
■ 联轴器刚性对装置的影响

表示联轴器性能的规格有容许负载、容许转速、扭簧常数、联轴器本身的齿隙的有无、容许轴心偏差等。若需改善定位特性，或是用于能够降低振动发生的装置上时，一般都以“刚性高、无齿隙”为首要条件选用联轴器。

但是，联轴器的刚性从装置整体的刚性来看，有时影响并不大。

这里举一个例子，比较滚珠螺杆驱动时的装置整体刚性与采用MCS钳口联轴器(一般型联轴器)和刚性较高的波纹联轴器的不同。(引用自KTR公司的技术资料，联轴器的大小与本公司上市的产品不同。)

● 实验装置概要



● 各部分规格

钳口联轴器(一般型联轴器)的扭簧常数

$$C_j = 21000 \text{ [N}\cdot\text{m/rad]}$$

波纹联轴器的扭簧常数

$$C_b = 116000 \text{ [N}\cdot\text{m/rad]}$$

伺服电动机的刚性

$$C_m = 90000 \text{ [N}\cdot\text{m/rad]}$$

滚珠螺杆的导程

$$h = 10 \text{ [mm]}$$

滚珠螺杆的齿根圆径

$$d = 28.5 \text{ [mm]}$$

滚珠螺杆长度

$$L = 800 \text{ [mm]}$$

轴承的轴向刚性

$$R_{brg} = 750 \text{ [N}/\mu\text{m}]$$

滚珠螺杆螺母的轴向刚性

$$R_n = 1060 \text{ [N}/\mu\text{m}]$$

滚珠螺杆的弹性系数

$$R_f = 165000 \text{ [N/mm}^2]$$

选用计算

电动机

电动
传动装置

风扇

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

直线
减速机

电动
传动装置

风扇

①求取滚珠螺杆、轴承、螺母部分的扭转刚性。

滚珠螺杆的轴向刚性 R_s 为

$$\begin{aligned} R_s &= (R_f \cdot d^2) / L \\ &= (165000 \times 28.5^2) / 800 \\ &= 167526 \text{ [N/mm]} \\ &= 167.5 \text{ [N}/\mu\text{m}] \end{aligned}$$

因此，滚珠螺杆、轴承、螺母部分的总轴向刚性 R_t 如下。

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_t} &= \frac{1}{2R_{brg}} + \frac{1}{R_s} + \frac{1}{R_n} \\ &= \frac{1}{2 \times 750} + \frac{1}{167.5} + \frac{1}{1060} \\ &= 0.00758 \\ \therefore R_t &= 131.9 \text{ [N}/\mu\text{m}] \end{aligned}$$

将此轴向刚性置换成扭转刚性 C_t 。

$$\begin{aligned} C_t &= R_t \left(\frac{h}{2\pi} \right)^2 \\ &= 131.9 \times 10^6 \times \left(\frac{10 \times 10^{-3}}{2\pi} \right)^2 \\ &= 334.1 \text{ [N}\cdot\text{m/rad]} \end{aligned}$$

②求取使用钳口联轴器(一般型联轴器)时装置整体的刚性 C 。

$$\begin{aligned} \frac{1}{C} &= \frac{1}{C_m} + \frac{1}{C_j} + \frac{1}{C_t} \\ &= \frac{1}{90000} + \frac{1}{21000} + \frac{1}{334.1} \\ &= 0.003052 \\ \therefore C &= 327.7 \text{ [N}\cdot\text{m/rad]} \end{aligned}$$

③求取使用波纹联轴器时装置整体的刚性 C 。

$$\begin{aligned} \frac{1}{C} &= \frac{1}{C_m} + \frac{1}{C_b} + \frac{1}{C_t} \\ &= \frac{1}{90000} + \frac{1}{116000} + \frac{1}{334.1} \\ &= 0.0030128 \\ \therefore C &= 331.9 \text{ [N}\cdot\text{m/rad]} \end{aligned}$$

④计算结果

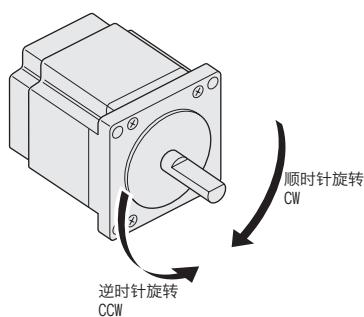
	联轴器的刚性 [N·m/rad]	整体装置的刚性 [N·m/rad]
使用钳口联轴器(一般型联轴器)时	21000	327.7
使用波纹联轴器时	116000	331.9

钳口联轴器(一般型联轴器)时的刚性是波纹联轴器的1/5，但是整体装置的刚性，差别是1.2%。

用语解说

CW、CCW

表示电动机的旋转方向。CW：以输出轴为准呈顺时针方向旋转（正转）、CCW：逆时针方向旋转（反转）



悬挂负载

是指对于电动机输出轴以垂直方向产生的负载重量。产品的容许值已定。

角度精度

一般是以电动机旋转的角度与理论值之间的差异为精度，依据基准的决定方式，表现方法各异。步进电动机的角度精度一般是以静止角度误差表示。

角度传动精度

一般来说，加上减速机构使用时，由输入脉冲数所计算的输出轴的理论上的旋转角度与实际上的旋转角度的差称为角度传动误差。用于表示减速机构的精度。

惯性负载（负载转动惯量）

是指物体要保持目前运动状态时的保持力的大小。任何物体均具有惯性负载。惯性负载大时，加减速时就必须要有较大的转矩。此转矩的大小与从惯性负载的大小与运行速度及加速时间求得的加速度大小成比例。

自动电流下降功能

脉冲信号停止时，电动机电流自动下降约50%，因此有可以降低电动机、驱动器发热的功能。

(2相CMK系列约40%)

脉冲信号停止后，约0.1秒即自动地降低至电动机停止时电流的设定值。

$$\text{保持转矩 [N·m]} = \frac{\text{保持转矩 [N·m]} \times \text{停止时电流 [A]}}{\text{电动机额定电流 [A]}}$$

共振

在特定的速度领域中，振动较大的现象。电动机及机构的固有振动数与工作时的振动是发生的原因。2相步进电动机在100~200Hz时有极大的共振领域。5相步进电动机与2相步进电动机相比振动非常微小。

轴向负载

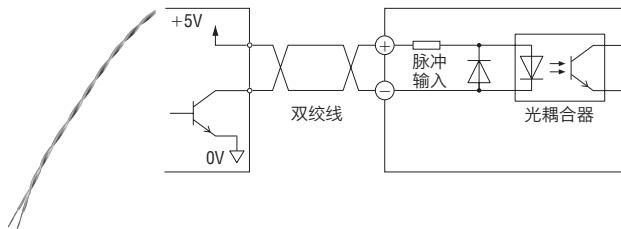
是指电动机输出轴上产生的轴方向负载。产品的容许值已定。

失步

步进电动机虽能与脉冲信号同步旋转，但可能因急剧的速度变化或过载无法与脉冲同步旋转。将此种无法与输入脉冲同步的状态称为失步。经过正确选用且正常驱动的电动机不会突然发生失步的情况。可认为与伺服电动机发生过载警报时是相同情形。

双绞线

如下图所示，2条缠在一起的电线，一条信号线用于防干扰。在互相的相反方向流过相同电流，可使环境入侵的干扰相抵消，因此有不易受干扰的效果。



齿隙

是指减速机或联轴器上的间隙。齿隙角度的范围是无法控制的，愈小愈容易执行高精度定位。本公司备有无齿隙的谐波减速机、齿隙较小（小齿隙）的PS减速机、TH减速机。

脉冲输入方式

是指以脉冲指令方式控制CW、CCW的旋转方向。有单脉冲（1P）输入方式与双脉冲（2P）输入方式。单脉冲输入方式是依据脉冲信号与旋转方向信号产生的方式。双脉冲输入方式是在CW方向输入CW脉冲，在CCW方向输入CCW脉冲的方式。

光耦合器（ON、OFF）

光耦合器是将电信号转换为光进行传动的，输入与输出是采取电气绝缘的方式，具有不易受干扰的特性。本公司定义为驱动器内部的光耦合器（晶体管）通电状态时为「ON」，非通电状态时为「OFF」。

光耦合器状态 OFF ON

下降

将负载从上向下带动的工作称为下降运行。对电动机而言，因为会受重力而产生被带动的情形，所以若使用伺服电动机时将会产生发电机功能，可能造成驱动器的破损，所以必须加装再生电路。步进电动机因与脉冲同步转动，所以下降时也可执行速度控制。

励磁原点

是指励磁程序处于初始状态。5相步进电动机每转动7.2°时，便返回至初始状态。

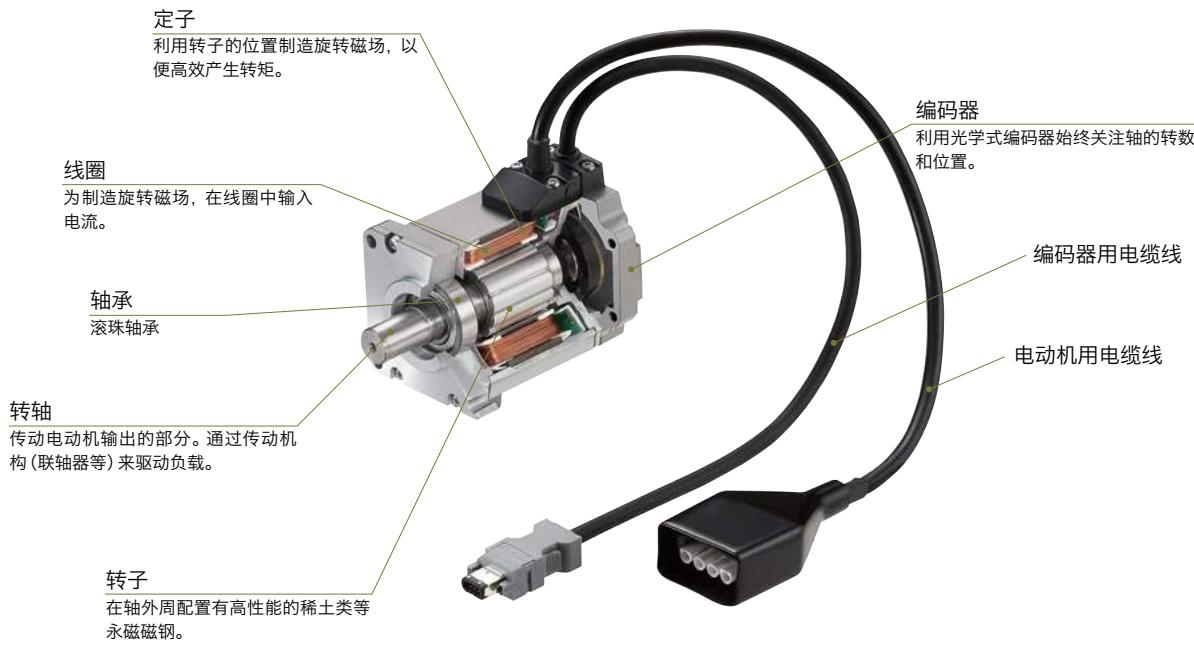
励磁程序

步进电动机依照确定的组合与顺序让电流流入电动机线圈产生旋转。电流流入电动机线圈的顺序称为励磁程序。因电动机或励磁方式的种类而异。

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。

选用计算

电动机

电动
传动装置

风扇

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

直线
减速机电动
传动装置

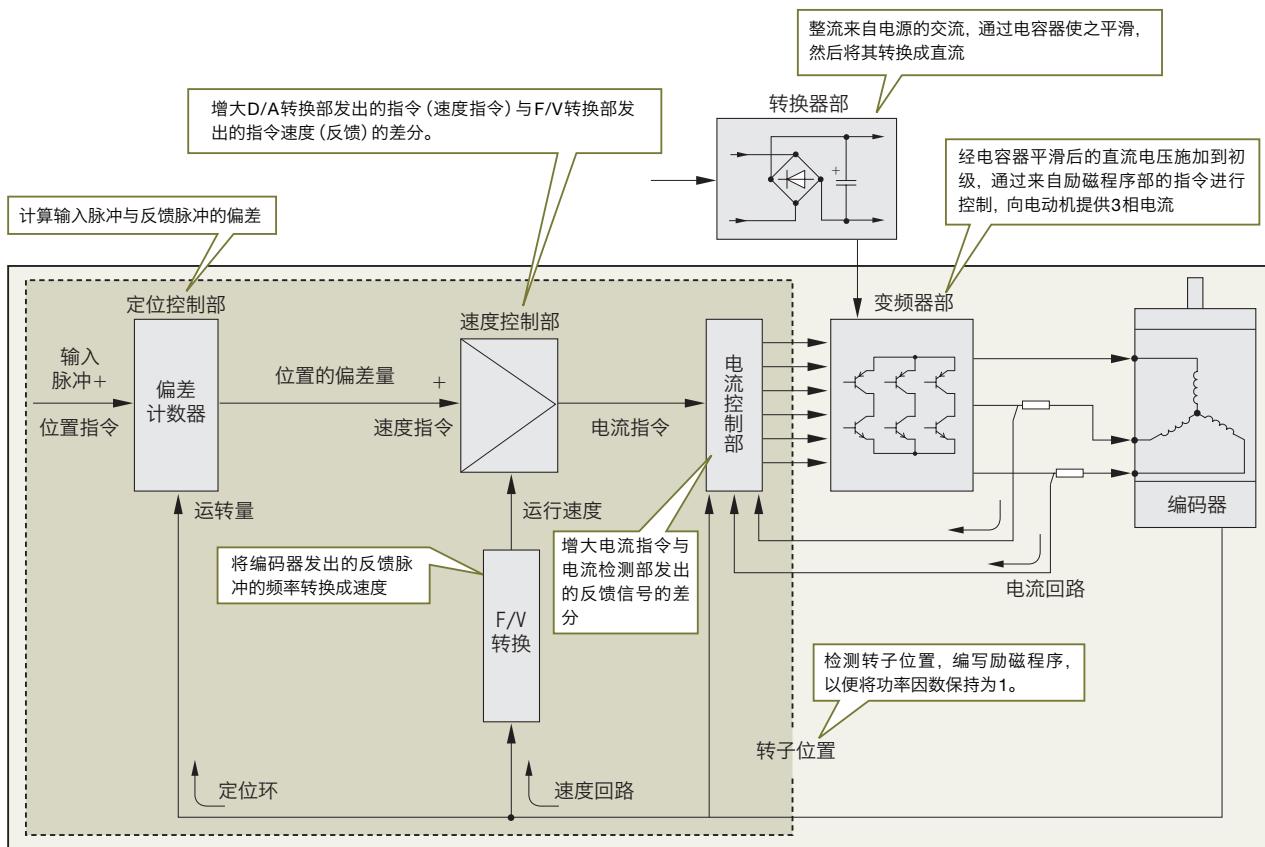
风扇

■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。

用语解说

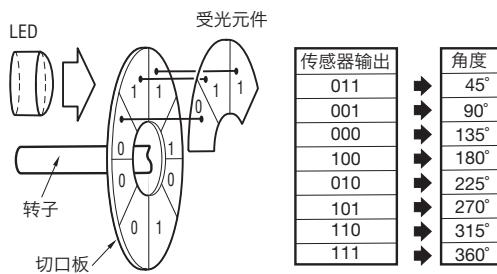
●编码器

将电动机的转速和位置告知驱动器的传感器。

伺服电动机中使用的编码器(位置检测器)从构造上可分成“增量式编码器”和“绝对式编码器”。

本公司的AC伺服电动机(NX系列)采用了20bit绝对式编码器，因此实现了低速领域的低振动化。

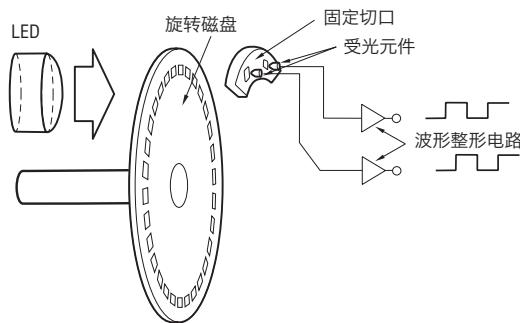
◇绝对式编码器



通过可检测伺服电动机1次旋转的绝对位置的编码器，输出旋转角度的绝对位置。

通常情况下，接通电源时先将多次旋转信息传送到伺服放大器，然后再输出到当前位置数据。

◇增量式编码器



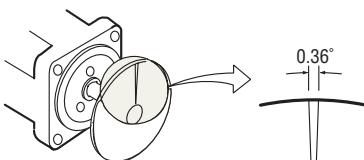
通过可检测伺服电动机的运转量、转速及旋转方向的编码器，针对旋转角度的变化量，输出脉冲。

通常情况下直接输出检测波形，因此，停电时当前位置会消失。

●分辨率

表示1个脉冲产生的电动机旋转角度。

分辨率决定电动机的定位精度。比如，若分辨率=1000p/rev，则表示可以对电动机1次旋转(360°)进行1000分割。



●速度控制、定位控制

NX系列的速度、位置控制指令与步进电动机相同，都通过输入脉冲序列信号进行。脉冲与速度、位置的关系为：

- 旋转角度(位置)与脉冲数成比例
- 旋转速度与脉冲频率成比例

另外，NX系列可进行转矩控制、张力控制。

●最大输入脉冲频率

是指可输入驱动器的最大脉冲频率(速度)。

电动机的最高转速通过驱动器进行限制，因此如果输入到驱动器的频率过大，则电动机将无法进行跟踪，且会输出警报。

●光耦合器“ON”“OFF”

输入(输出)“ON”表示驱动器内部的光耦合器(晶体管)为通电状态，输入(输出)“OFF”表示驱动器内部的光耦合器(晶体管)为非通电状态。



●脉冲频率

脉冲序列输入型时，电动机的转速与输入的脉冲速度(脉冲频率)成比例关系。

$$\text{脉冲频率} f[\text{Hz}] = \frac{\text{电动机旋转1次的脉冲数}}{60} \times \text{转速} [\text{r/min}]$$

●偏差计数器

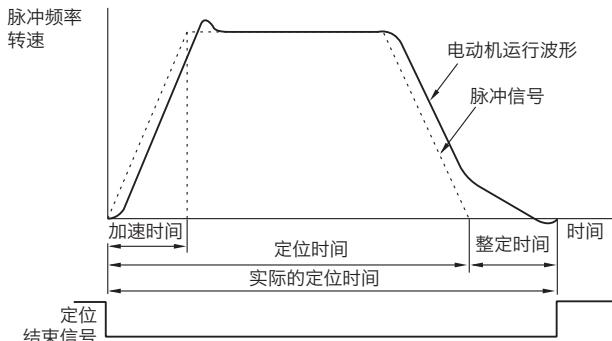
偏差计数器在驱动器内部对输入脉冲与反馈脉冲的偏差进行计数。脉冲输入到驱动器后，在计数器中对脉冲进行累加(积存脉冲)，电动机旋转后，通过反馈信号减去计数器的积存脉冲，进行定位控制，以便积存脉冲变成0。

●微振

停止时，伺服电动机的输出轴有时会出现微振。这种现象称为微振。

●整定时间

脉冲序列输入的位置指令与实际的电动机运行会出现延迟。电动机停止时产生的时间差称为整定时间。



●增益调整

是根据负载进行最佳控制的调节。

●积存脉冲

输入到AC伺服驱动器的指令脉冲与根据电动机的运转量，从AC伺服电动机内藏的编码器输出的反馈脉冲之差称为积存脉冲。

选用计算

电动机

电动
传动装置

风扇

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

直线
减速机电动
传动装置

风扇

减速机

减速机的作用

减速机的作用与电动机的发展有着相当大的关系。最初只有旋转用AC发电机时，减速机最主要的功能是作为改变电动机转速的变速机进行使用，或者在需要增大转矩时使用。但是，随着电动机增加了可变速的功能后，其使用的目的一则主要就是为了增加电动机的转矩。此外，随着可进行定位控制、速度控制的需求，步进电动机、伺服电动机的普及，减速机除了增加转矩外，同时对惯性力也可相对提高，另外还有一个用途就是作为步进电动机的低振动使用。此外，随着电动机高精度定位性能的提升，对减速机的需求也与原本的AC电动机用减速机不同，对于无齿隙及更高精度的减速机的需求也与日俱增。

东方马达的减速机针对以上需求特性开发了各种不会损坏电动机本身特性的减速机。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、长寿型、低噪音，以及产品种类丰富的减速比。然而另外一方面步进电动机、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）。以下针对这些减速机的内容进行说明。

AC电动机用减速机

一般动力用AC电动机的历史相当悠久，而与其组合使用的减速机亦有长久的历史。正因如此，AC电动机具有宽广的使用范围，使用者的需求有低噪音化、高强度化、长寿型化、另外还有需求丰富的减速比、耐环境性等多方面。本公司为了应对各类需求适时地开发了各种产品以供客户选用。

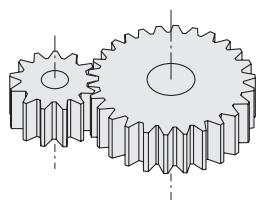
以下根据构造的区别对减速机进行介绍。

●平行轴减速机

平行轴减速机为现在应用最广泛的齿轮机构。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。

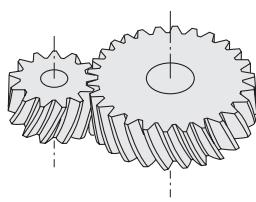
●直齿轮

齿向与轴心呈平行直线的圆筒齿轮。



●斜齿轮

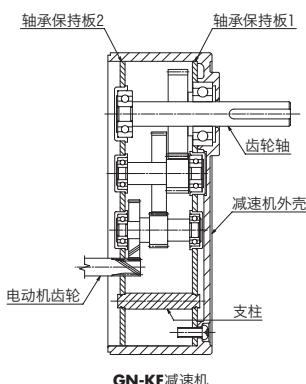
齿向呈螺旋线的圆筒齿轮。比起直齿轮，其咬合率更高，因此噪音更小，并且强度更强。但由于对轴向施加负载，因此设计时需要注意。



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，对任一种减速机皆采用斜齿轮以期达到低噪音化。

下图为**GN-KF**减速机的构造图。

GN-KF减速机



使用定速电动机中最常使用的一般动力用AC电动机时，必须根据所需的速度变更减速比。这些系列中，大约有20种3~180的减速比可供选用。

●直交轴减速机(中空轴、实轴)

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蜗轮齿轮或螺旋齿轮、使用偏轴锥齿轮的直交轴·中空轴减速机、直交轴·实轴减速机。任何一种直交轴减速机都是将直交部分配置在最终段，因此输入部分的齿轮规格与平行轴减速机(**GN**、**GE**、**GU**)相同。因此，可在不变更电动机状况下直接从平行轴减速机更换成直交轴减速机。



中空轴型



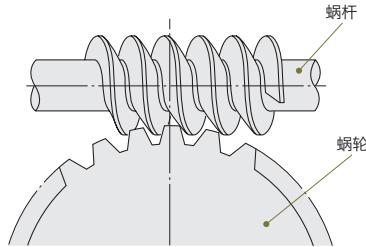
实轴型

◇蜗轮

蜗轮靠拥有1个或2个以上齿数的螺丝状蜗杆，以及与其咬合的蜗轮来传达动力。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个以上齿数的螺丝状蜗杆，与其啮合的蜗轮来传达动力。

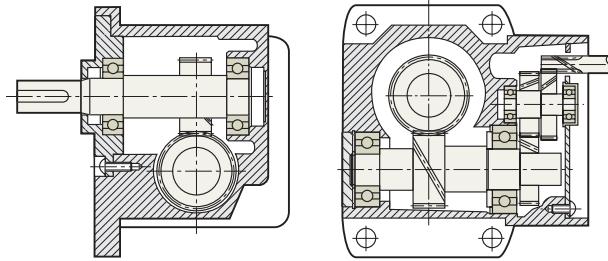
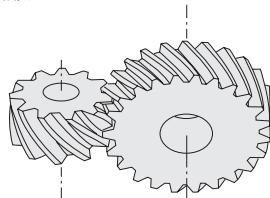


◇螺旋齿轮

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

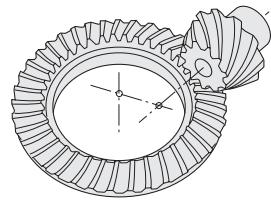
◇偏轴锥齿轮

偏轴锥齿轮通常在汽车的差动齿轮中使用。偏轴锥齿轮偏置量位于锥齿轮0与最大的蜗轮齿轮之间，实现了高强度和高效率。偏轴锥齿轮与锥齿轮相比，通过对齿轮进行偏置，抑制了振动并增加了减速比。本公司的减速机在最终段使用偏轴锥齿轮，因此实现了电动机和减速机的分离。

●偏置：偏轴锥齿轮与锥齿轮不同，双轴不交叉而相互错开。这一错开量即称为偏置。

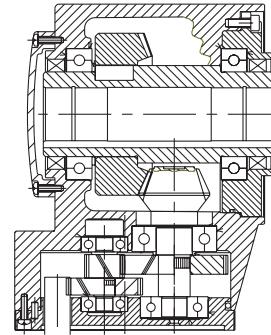
●偏轴锥齿轮

在错开轴之间传动的圆锥形齿轮，齿向为曲线。



直交轴·联体型

BH系列



偏轴锥齿轮的构造图

选用计算
电动机
电动 传动装置
风扇
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
直线 减速机
电动 传动装置
风扇

■无刷电动机用减速机

速度控制用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，并有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

中空轴扁平减速机尽量削减了联轴器等连结零件，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。

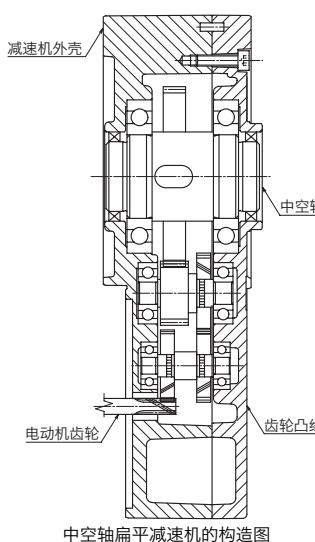
此外与薄型无刷电动机组合使用，即使不采用直交轴机构也可紧凑安装。

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。

本公司无刷电动机是预先完成了与减速机组装的联体型，因此不仅可轻松安装至装置，需要变动减速比时更换减速机即可实现。



中空轴扁平减速机的构造图

■步进电动机、伺服电动机用减速机

步进电动机、伺服电动机等控制用电动机因可进行高精度的定位，因此与这些电动机一起搭配使用的减速机也必须要能维持一定的高精度。本公司的步进电动机用、伺服电动机用减速机针对以上的需求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。

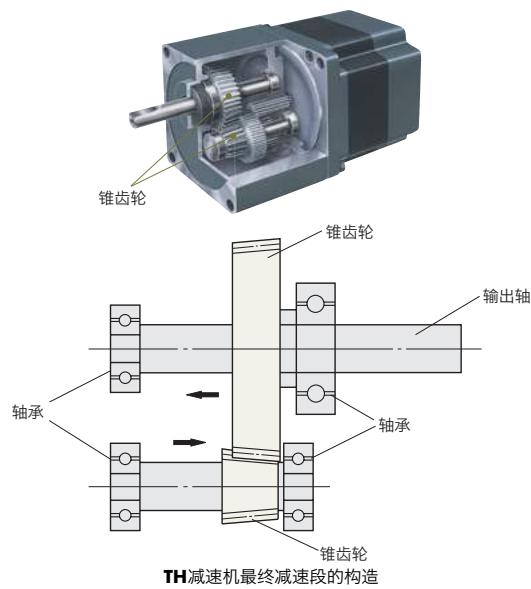
此外，一般如果安装尺寸相同，步进电动机的输出转矩较AC电动机大，又由于伺服电动机高速旋转，因此必须以高转矩、高转速对应，以免破坏电动机的这些特性。

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。

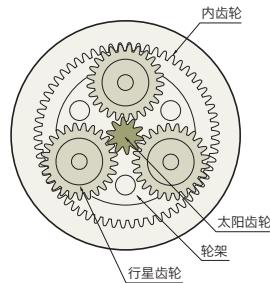
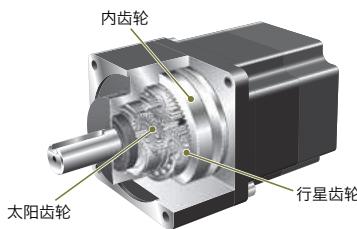


TH减速机最终减速段的构造

● PS减速机

◇ 原理与构造

PS减速机为行星齿轮机构减速机。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。）之外侧有数个行星齿轮，利用内齿轮依中心轴圆周做公转。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。

◇ 高容许转矩

原有的直齿轮机构，由于齿轮的啮合是一对一的方式，因此所能传动的转矩也就由一个齿轮的强度所决定。但是，行星齿轮机构由于可利用数个行星齿轮分散转矩，因此可传动较大的转矩。

行星齿轮机构所施加于其中一个齿轮的转矩的计算公式如下。

$$T = k \frac{T'}{n}$$

T ：对单个行星齿轮施加的转矩 [N·m]

T' ：对全体的传动转矩 [N·m]

n ：行星齿轮的数量

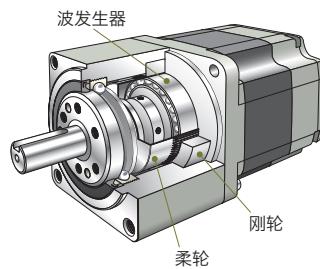
k ：分散系数

此处所谓的分散系数是指转矩分散到各行星齿轮的均等程度的系数，此一数值越接近1则代表可更平均的分散转矩，也就能够传动更大的转矩。是否能够更平均地分散传动转矩取决于各零件间位置关系的配置是否适当、正确。

● 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

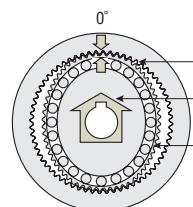
椭圆形凸轮的外圈上嵌入薄型的滚珠轴承，整体呈一椭圆形状的零件。轴承的内圈固定于椭圆形凸轮之上，外圈则介由滚珠弹性变形。安装于电动机转轴上。

柔轮

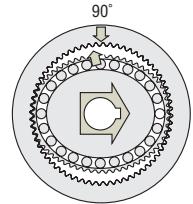
为制成薄型杯状的金属弹性体零件。杯开口部位外缘刻有小齿。柔轮底部安装到减速机输出轴。

刚轮

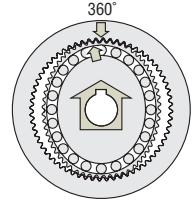
刚性体的内齿轮。内侧上刻有与柔轮同样大小的小齿，且比柔轮多2个齿数。外圈部分固定于减速机外壳上。



将3件基本零件组合。柔轮随波发生器而变形为椭圆状，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。



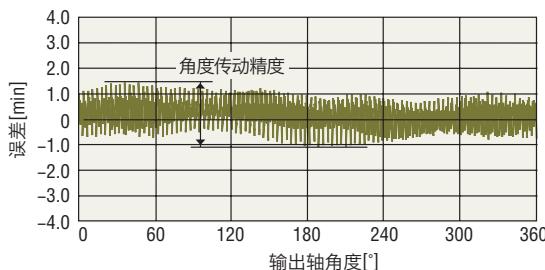
波发生器每旋转一圈，柔轮因比刚轮齿数少2个齿数，因此会与波发生器的旋转方向相反，亦即朝逆时针方向移动2个齿数差。输出这一动作并进行减速。

◇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，对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。

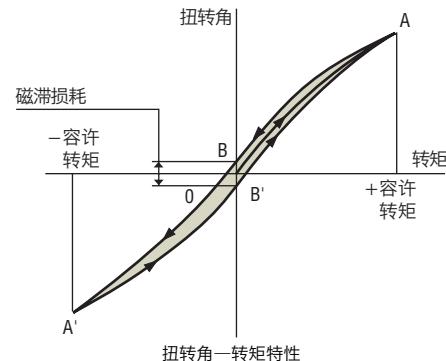


品名	角度传动精度 [min]
CRK513-H□	3 (0.05°)
AR24-H□、CRK523-H□	2 (0.034°)
AR46-H□ RK543-H□、CRK543-H□	1.5 (0.025°)
AR66-H□ RK564-H□、CRK564-H□	

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。



该变位在停止时施加外力及在施加了摩擦负载的情况下会发生。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

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

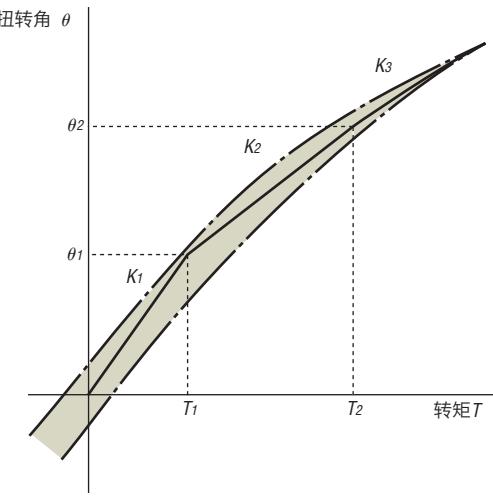
2. 负载转矩 T_L 在 T_1 以上 T_2 以下

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

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。



选用计算
电动机
电动传动装置
风扇
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
直线减速机
电动传动装置
风扇

计算用数值

品名	项目	减速比	<i>T₁</i>	<i>K₁</i>	<i>θ₁</i>	<i>T₂</i>	<i>K₂</i>	<i>θ₂</i>	<i>K₃</i>
			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
ARL46-H50		50	0.8	0.64	1.25	2	0.87	2.6	0.93
AR46-H50			0.8	0.79	1.02	2	0.99	2.2	1.28
RK543-H50			2	0.99	2	6.9	1.37	5.6	1.66
CRK543-H50			2	1.37	1.46	6.9	1.77	4.2	2.1
ARL66-H50		100	7	3.8	1.85	25	5.2	5.3	6.7
AR66-H50			7	4.7	1.5	25	7.3	4	8.4
RK564-H50			7	4.7	1.5	25	7.3	4	8.4
CRK564-H50			7	4.7	1.5	25	7.3	4	8.4
ARL98-H50		50	50	40	30	25	20	15	10
AR98-H50			50	40	30	25	20	15	10
RK596-H50			50	40	30	25	20	15	10
ARL98-H100			100	80	60	50	40	30	20
AR98-H100		100	100	80	60	50	40	30	20
RK596-H100			100	80	60	50	40	30	20

磁滞损耗

从转矩一扭转特性可以看出，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。

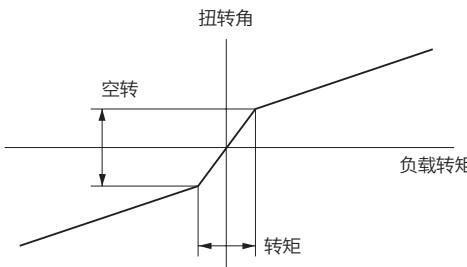
停止时施加外力、通过惯性驱动施加加减速转矩、驱动中施加摩擦负载等时，即使将负载降为0，在此磁滞损耗作用下，有时仍会残留有稍许扭转。

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。

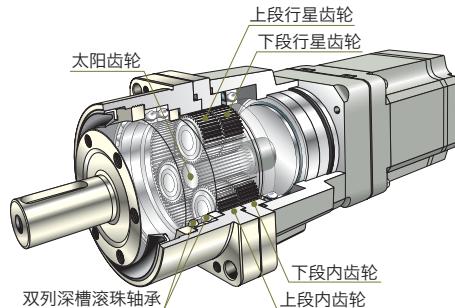


PJ减速机

PJ减速机是作为AC伺服电动机组合产品NX系列用而研发的高强度、高精度行星齿轮。

◇原理与构造

PJ减速机采用了提升部件精度和重视上下段内齿轮的齿隙去除机构，实现了规格值3min以内的齿隙。

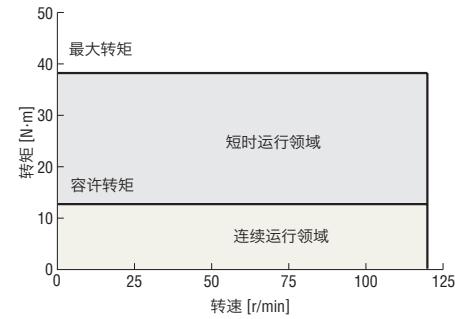


◇高容许转矩

PJ减速机采用与PS减速机同样的行星齿轮机构，由于该齿轮机构可利用数个齿轮分散并传动转矩，因此可获得高转矩。详情请参阅PS减速机的“高容许转矩”项的说明。

另外，PJ减速机的内齿轮与外壳为一体化，与原有的行星减速机相比，空间容积更大，实现了齿轮的大直径化。因此，在强度方面更为有利，可对应NX伺服电动机的瞬时最大转矩。

转速—转矩特性 NX820AC-J25-◇

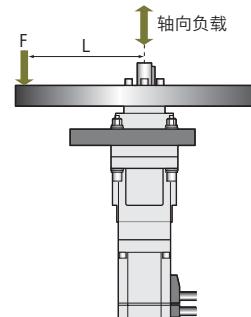


◇容许轴向负载、惯性力矩负荷的提升

PJ减速机采用了可直接安装负载的输出轴形状。因此，负载产生的轴向负载、惯性力矩负荷需由输出轴承载。PJ减速机的输出轴轴承采用双列深槽滚珠轴承，实现了高容许轴向负载、惯性力矩负荷。

惯性力矩负荷请使用下面的计算式计算。

$$M [N·m] = F [N] \times L [m]$$



PJ减速机的容许轴向负载、惯性力矩负荷(例如：安装尺寸80mm)

减速比	容许轴向负载 [N]	容许惯性力矩负荷 [N·m]
5	300	16
10	400	33
25	600	60

◇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 [min]
80, 104	4 (0.07°)

■最大转矩的应用

介绍PS减速机及谐波减速机的最大转矩的应用方法。

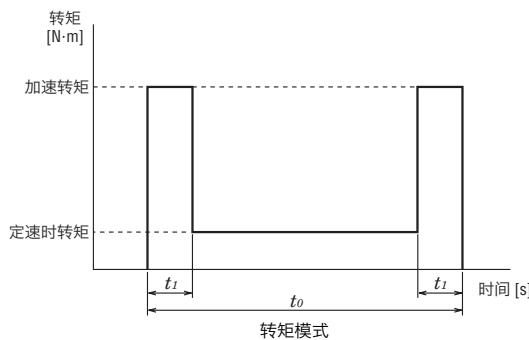
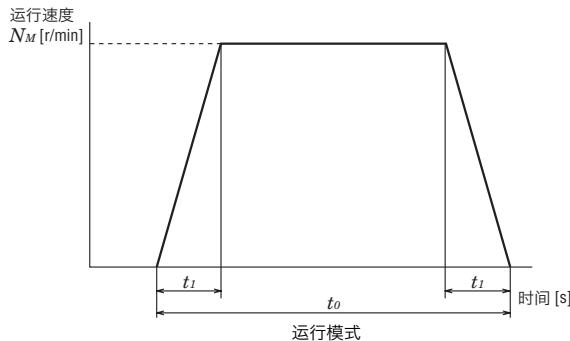
最大转矩是指能够施加到减速机输出轴上的最大转矩值。

容许转矩是指连续施加到减速机输出轴上的转矩值。

加速、减速运行时，在负载转动惯量的影响下，作为加速转矩，会在减速机输出轴上施加大于定速运行时的转矩。从下面的公式可以看出，负载转动惯量越大或加速·减速时间越短，加速转矩会越大。因此，施加到减速机输出轴上的转矩越大，定位时间越快。

$$T_a [\text{N}\cdot\text{m}] = \frac{(J_0 + J_L)}{9.55} \cdot \frac{N_M}{t_1}$$

T_a : 加速转矩 [N·m]
 J_0 : 转子转动惯量 [$\text{kg}\cdot\text{m}^2$]
 J_L : 全负载转动惯量 [$\text{kg}\cdot\text{m}^2$]
 N_M : 电动机的运行速度 [r/min]
 t_1 : 加减速时间 [s]
 t_0 : 定位时间 [s]



作为最大转矩的应用事例，对驱动大小相同的惯性体时的定位时间进行对比。使用AR66AC-PS50-◇，转速一转矩特性如下所示。

条件

① 使用最大转矩时

② 假定只有容许转矩的减速机时

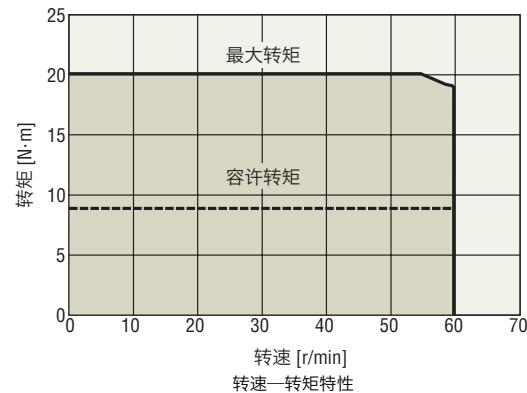
安全系数 : 1.5

惯性负载直径 : 300mm (厚度15mm、铁)

惯性负载惯性力矩 : 942×10^{-4} [kg·m²]

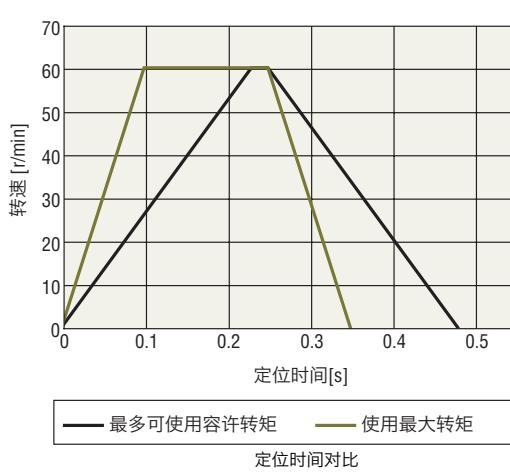
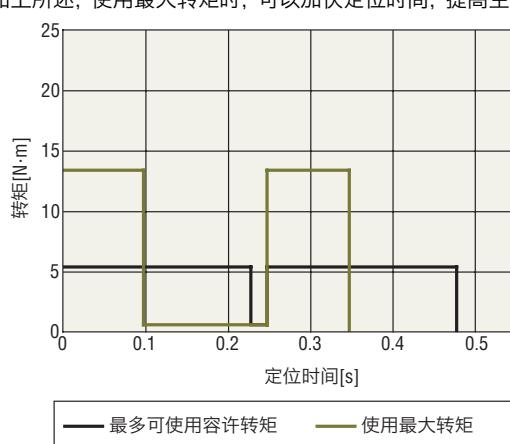
移动量 : 90度

项目	AR66AC-PS50-◇
安装尺寸	60mm
减速比	50
保持转矩	8N·m
容许转矩	8N·m
最大转矩	20N·m
质量	0.75kg



转矩模式对比与定位时间对比的图表如下所示。可以看出，使用最大转矩时，定位时间会快0.1 [s]以上。

如上所述，使用最大转矩时，可以加快定位时间，提高生产效率。



直线减速机

直线减速机的特性

直线减速机具有下述3个重要特性。

- 齿条速度
- 最大可搬运质量
- 保持力

● 齿条速度

各产品特性表中记载的基本速度，为**LH**直线减速机的齿条速度。基本速度根据电动机的同步转速(50Hz : 1500r/min)来计算。实际上电动机的转速会随负载的大小而变化。

LH直线减速机与调速电动机组合时的电动机转速可按照下列的公式计算。

$$V = Ns \frac{1}{60} \cdot \frac{1}{i} \cdot \pi D_P$$

V : 齿条移动速度 [mm/s]

Ns : 组合电动机的转速 [r/min]

i : 直线减速机减速部分的减速比 → 下表

D_P : 齿轮螺距圆径 [mm] → 下表

● 最大可搬运质量

与特性表中没有的电动机组合时，可按照下列的公式从电动机产生的转矩计算其推力。

但是，若减速比较大或是沿水平方向使用时，其计算出可驱动的负载质量将会超过减速机部的机械强度。无论齿条的移动方向为何，直线减速机的负载质量都要在各机型的最大可搬运质量以下。

$$F = T_m \cdot i \cdot \eta_1 \frac{2}{D_P} \cdot \eta_2$$

$$W = F / 9.807$$

T_m : 电动机转矩 [mN·m]*

F : 推力 [N]

W : 可搬质量 [kg]

i : 直线减速机减速部分的减速比 → 下表

η_1 : 根据减速比的传动效率 → 下表

D_P : 齿轮螺距圆径 [mm] → 下表

η_2 : 齿条齿轮传动效率 [=0.9]

*请从起动转矩、额定转矩中取较小值进行计算。

特性表中的最大可搬运质量或计算后求得推力的值所指的是齿条在水平方向运动时的值。当齿条以上下方向移动时，应从该特性表中的值减去齿条质量(请参照外形图)或是相等齿条质量的重力值(齿条质量×9.807)。

◇ LH直线减速机

品名	减速比 i	传动效率 η_1	齿轮螺距圆径 D _P [mm]
OLB (F) 20N-□	30	0.66	7.5
OLB (F) 10N-□	50	0.66	
OLB (F) 5N-□	100	0.59	
2LF (B) 50N-□	17.68	0.73	12
2LF (B) 25N-□	35.36	0.66	
2LF (B) 10N-□	86.91	0.59	
4LF (B) 45N-□	36	0.73	21.25
4LF (B) 20N-□	75	0.66	
4LF (B) 10N-□	150	0.66	

●品名的□中为表示冲程的数值。

● 保持力

根据组合的电动机保持力，可按照下列的公式计算。

$$F_B = T_B \cdot i \frac{2}{D_P}$$

F_B : 保持力 [N]

T_B : 电动机的保持转矩 [mN·m]

i : 直线减速机减速部分的减速比 → 左表

D_P : 齿轮螺距圆径 [mm] → 左表

特性表中的保持力或计算后求得保持力的值所指的是齿条设置于水平方向时的值。若安装在垂直方向，则从特性表中的值减去齿条质量(请参照外形图)的重力(齿条质量×9.807)值。

● LH直线减速机的齿条松动(初始值)

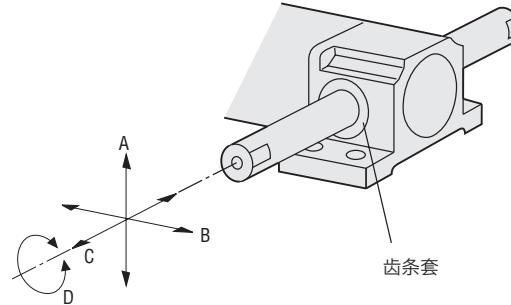
◇ LH直线减速机

LH直线减速机的齿条由齿条外壳两侧的齿条套支撑。为使齿条套内部顺利滑动，设计上齿条套和齿条间留有些微间隙，因此齿条会按如图所示的方向移动。

● A、B方向的间隙是从距离齿条外壳500mm处测量的值。D方向的间隙，由于为圆形齿条，因此其数值较大。

● 齿条的间隙会随使用时间的增加而变大。若在因松动而引起不良结果的用途上使用时，请在外部加装导轨。

A, B方向	2mm 以下
C方向(齿隙)	0.5mm 以下
D方向	5° 以下



●过转(参考值)

◇LH直线减速机

OL型

单位=mm

直线减速机 电动机	OLB(F)5N-□	OLB(F)10N-□	OLB(F)20N-□
ORK1GN-AW3U	1.4	2.8	4.7
ORK1GN-AW3U +制动器 SB50W	0.3	0.5	0.8

●上述过转值为空载时的参考值。

2L型

单位=mm

直线减速机 电动机	2LF(B)10N-□	2LF(B)25N-□	2LF(B)50N-□
2RK6GN-A(C)W2L2	2.6	6.4	13
2RK6GN-A(C)W2L2 +制动器 SB50W	0.7	1.6	3.2
2RK6GN-A(C)W2ML2	1.3	3.2	6.4
2RK6GN-A(C)W2ML2 +制动器 SB50W	0.7	1.6	3.2

●上述过转值为空载时的参考值。

4L型

单位=mm

直线减速机 电动机	4LF(B)10N-□	4LF(B)20N-□	4LF(B)45N-□
4RK25GN-A(C)W2L2	2.7	5.3	11
4RK25GN-A(C)W2L2 +制动器 SB50W	0.7	1.3	2.8
4RK25GN-A(C)W2ML2	1.3	2.7	5.6
4RK25GN-A(C)W2ML2 +制动器 SB50W	0.7	1.3	2.8

●上述过转值为空载时的参考值。

●品名的□中为表示冲程的数值。

选用计算

电动机

电动
传动装置

风扇

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

直线
减速机电动
传动装置

风扇

电动传动装置

■电动滑台·电动缸的直线导轨型号

电动缸、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
EZSII系列	EZS3	SRS12WM
	EZS4	SRS15WM
	EZS6	SRS15WM×2个模块

■电动滑台·电动缸的维护

借助润滑装置QZ、LM导轨 Ball Retainer，可大幅延长维护间隔。

本公司的电动滑台·电动缸维护仅需添加润滑油即可。

本公司产品评估为在各系列最大负载、最高速度下运行达到预测使用寿命为止，即使不添加润滑油也没有问题。

但是，根据运行条件及使用环境有必要进行定期维护。

关于确认内容及处理措施请参阅下表。

项目	确认内容	处理
滑台 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
滑台 导轨	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*	请用软布擦拭导轨两侧的滚珠传送沟， 然后用润滑油涂抹滚珠传送沟
电动缸 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*	请用软布擦拭活塞杆，然后用润滑油涂抹活塞杆

*润滑油即使变为褐色，只要滚动面有光泽润滑依旧良好。

各产品维护使用的润滑油如下所示。

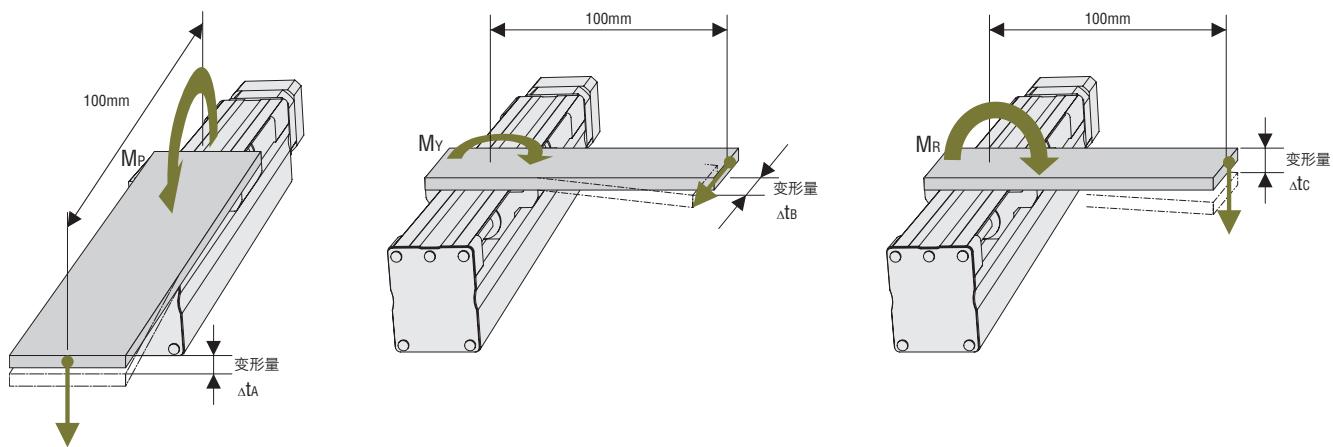
系列	滑台 滚珠螺杆用	滑台 直线导轨用	电动缸 活塞杆用
EZSII系列	AFF (THK生产)	AFF (THK生产)	—
EZSII系列 无尘室对应	AFE-CA (THK生产)	AFF (THK生产)	—
EZCII系列	—	—	MULTEMP SRL (协同油脂生产)

电动滑台工作台的变形

对滑台的工作台作用惯性力矩时，通过直线导轨来支撑工作台。
惯性力矩作用会导致直线导轨内部滚珠变形，出现工作物的变位。
记载了对滑台作用负载惯性力矩时，其变位量的实际值。

<测量条件>

在滑台工作台固定100mm的伸出板，对其施加各方向的动态容许惯性力矩(M_P 、 M_Y 、 M_R)。此时测量其前端的变位量。



相对各系列产品惯性力矩的工作台变形量

单位 [mm]

系列	型号	Δt_a	Δt_b	Δt_c
EZSII系列	EZS3	0.11	0.14	0.14
	EZS4	0.09	0.12	0.17
	EZS6	0.10	0.19	0.04

● 100mm板的变位可忽略。

选用计算

电动机

电动
传动装置

风扇

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

直线
减速机

电动
传动装置

风扇

■ 小型电动直线传动装置的反复定位精度

为确保反复定位精度的规格,请注意以下几点。

① 确保周边部分的刚性

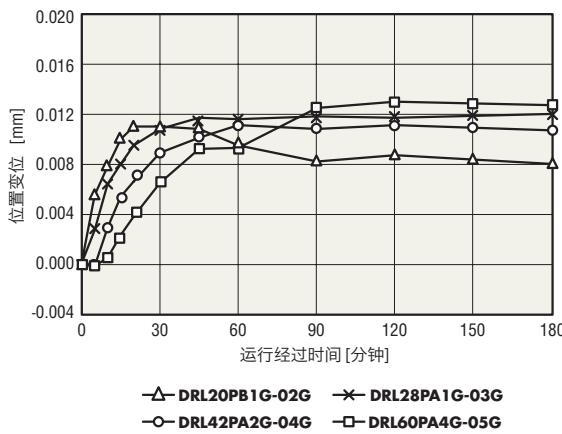
- 使用的直线导轨等机构零件,请使用适合负载质量和外力的刚性产品。刚性不足时可能产生挠曲,而无法满足规格值。
- 设置传动装置的安装底座或是与工作物连接的安装底座,也必须采用刚性符合负载质量或是外力的产品。刚性不足时可能产生挠曲,而无法满足规格值。

② 传感器

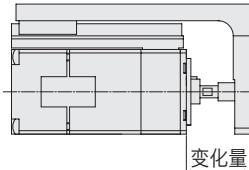
- 原点传感器请使用高精度的产品(微型光电传感器等)。反复定位精度中不包含原点返回精度。

③ 传动装置的温度上升

- 传动装置主体可能因为驱动条件产生明显的发热现象。因此,造成内藏滚珠螺杆伸长发生如下图(参考值)所示的位置变化。为了使温度对反复定位精度的影响降低至最小限度,请调节传动装置主体的输入电流值,并采取有助于周边散热特性的设计。



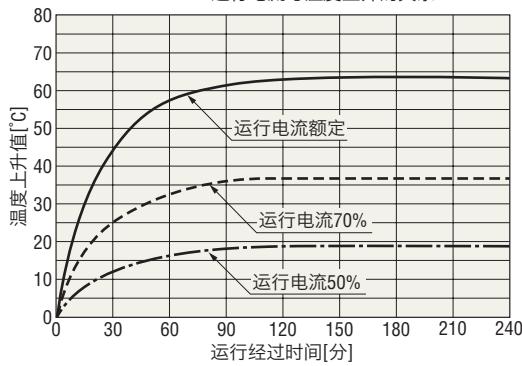
条件
电流下降 : OFF
运行占空比 : 80%
测量方法: 激光变位检测仪



(参考)

传动装置一经调节输入电流后,其温度上升值也会变化。在起动特性及保持力方面保有余裕时效果明显。

DRL42 运行电流与温度上升的关系

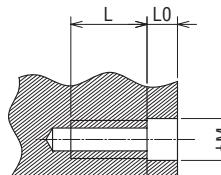


此外,运行占空比的修正也会影响温度上升值。(上图为运行占空比75%)

■ 小型电动直线传动装置的安装

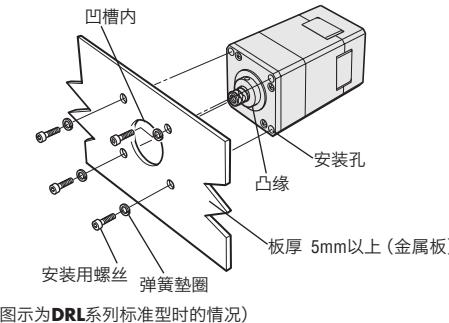
● 安装方法

- 将传动装置安装面的凸缘嵌入安装板的锪孔或嵌入已贯穿加工处理的凹槽内。
- 请使用传动装置的安装孔(①)或安装板(另售)(②)固定到安装板或装置上。
- 安装孔的形状(单位 mm)



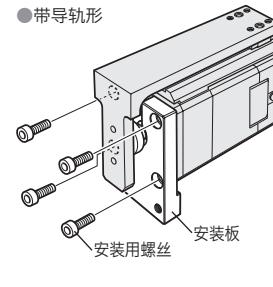
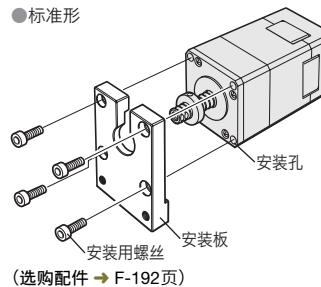
品名	螺丝的标称直径	紧固转矩 N·m	安装孔尺寸 (mm)		
			φM	L0	L(有效螺丝深度)
DRL20	M2	0.4	2.3	2	5
DRS28/DRL28	M2.5	0.6	3	2	6
DRS42	M4	1.8	4.5	2	8
DRL42	M4	1.8	—	—	8
DRS60	M5	5.0	5.5	4	8
DRL60	M5	5.0	5.5	4	10

① 使用传动装置的安装孔进行固定

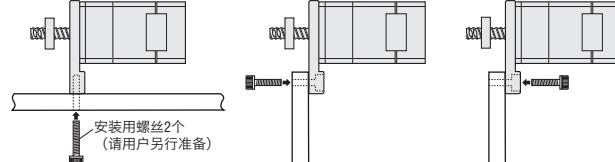


② 使用安装板(另售)进行固定

● 标准形



固定到装置的方法有以下3种。



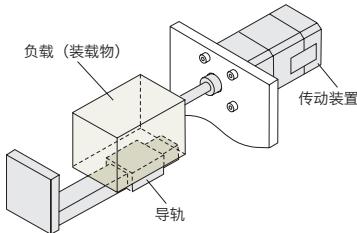
选用计算
电动机
电动 传动装置
风扇
寿命
AC 小型 标准电动机
调速 电动机
步进 电动机
AC 伺服 电动机
减速机
直线 减速机
电动 传动装置
风扇

●安装条件

- 请按以下条件安装传动装置。使用时若超出此范围，可能会导致产品破损。
- 设置在室内的机框内（请设置通风口）
 - 使用环境温度：0~+40°C（无结冰）
 - 使用环境湿度：85% 以下（无结露）
 - 无易爆炸性介质环境的场所、以及无有害气体（硫化物等）或液体的场所
 - 阳光直射不到的场所
 - 尘埃、铁屑少的场所
 - 不接触水（风雨或水滴）、油（油滴）及其他液体的场所
 - 含盐分少的场所
 - 不施加连续振动或过度冲击的场所
 - 无电磁干扰（焊接机、动力机器等）的场所
 - 无放射性物质、磁场，以及非真空的场所

■防止滑动

标准形的可动部分没有防止滑动的装置。定位运行时，务必在外部设置如导轨等防止滑动的装置。此外，请设置支撑负载（装载物）质量的导轨等。

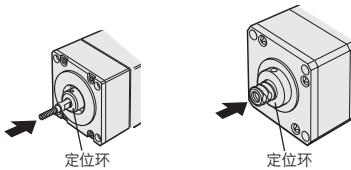


■负载的安装方法

[标准形]

1. 推动滚珠螺杆，直到定位环停止为止。

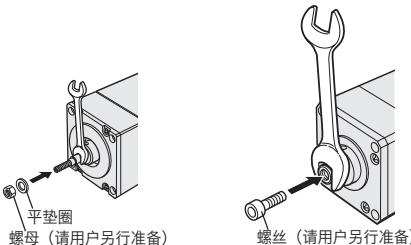
DRS28、DRL20、DRL28 DRS42、DRL42、DRS60、DRL60



2. 将扳手等套住滚珠螺杆的铣刀部，用螺丝（**DRS28、DRL20、DRL28**时，使用螺母）固定负载。

DRS28、DRL20、DRL28

DRS42、DRL42、DRS60、DRL60

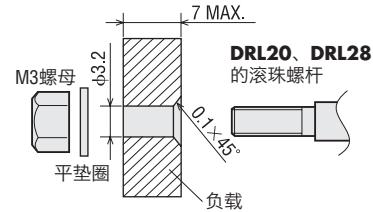


品名	螺丝或螺母的 标称直径	紧固转矩 N·m
DRL20	M3螺母	0.6
DRS28/DRL28	M3螺母	0.6
DRS42/DRL42	M4螺丝	1.8
DRS60/DRL60	M8螺丝	5.0

● 建议使用防松剂。

请注意

- 在**DRL20、DRL28**标准形上安装负载时，请将负载安装孔的倒角控制在0.1。滚珠螺杆的撞块面倒角太大时，会导致滚珠螺杆倾斜、传动装置动作不良以及传动装置使用寿命的降低。



●安装精度

连结负载时，必须要有下图显示的精度。请以更高的精度来加工及组装安装部件。安装部的精度不足时，会导致寿命缩短，以及无法运行等故障。

垂直度

DRL20:

DRL28:

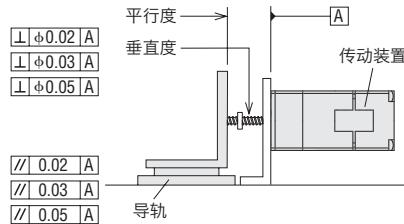
DRL42、DRL60:

平行度

DRL20:

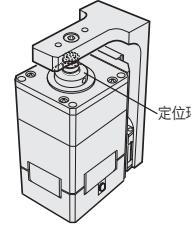
DRL28:

DRL42、DRL60:



[带导轨形]

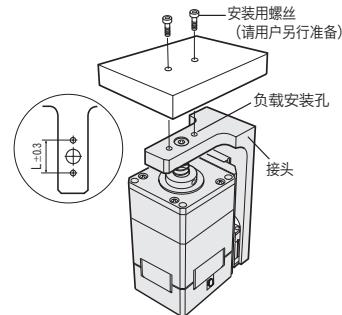
1. 推动滚珠螺杆，直到定位环停止为止。



2. 使用螺丝固定负载。

- 使用滚珠螺杆侧的负载安装孔时

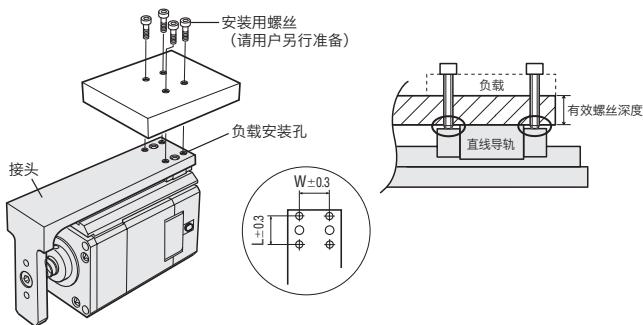
在接头的负载安装孔上使用安装用螺丝安装负载。



品名	螺丝的 标称直径	紧固转矩 N·m	有效螺丝深度 mm	L mm
DRL20	M2	0.4	4	15
DRL28	M2.5	0.6	5	16
DRL42	M4	1.0	7.5	20
DRL60	M5	2.0	11.5	30

● 使用直线导轨侧的负载安装孔时

在接头的负载安装孔上使用安装用螺丝安装负载。此时，请准备好不超过直线导轨侧有效螺丝深度的螺丝。



品名	螺丝的 标称直径	紧固转矩 N·m	有效螺丝深度 mm	L mm	W mm
DRL20	M2	0.4	4	18	12
DRL28	M2.5	0.6	3.5	14	12
DRL42	M4	1.0	5.5	24	19
DRL60	M5	2.0	5.5	22	28

请注意

- 在带导轨形上安装负载时，请勿拆除滚珠螺杆与接头的连接。否则在组装时，有可能引起轴心偏差的情况，从而导致无法正常工作。
- 请勿对带导轨形的接头施加悬挂负载。此外，请勿对**DRL20、DRL28**带导轨形的接头施加负载惯性力矩。否则将会导致传动装置动作不良、降低使用寿命。
- 搬运前，请卸下安装在传动装置的工作物。以免装置破损。

■ 使用润滑油进行维修

小型电动直线传动装置的滚珠螺杆及直线导轨的润滑油变脏时，请使用棉纱擦拭干净，然后涂抹新的润滑油。润滑油的检查，机器运行1周后进行1次，之后以每月1次为基准。

各产品维护时使用的润滑油如下所示。

系列	滚珠螺杆用	直线导轨用
DRL 系列 (滚轧·研磨滚珠螺杆型)	AFC (THK生产)	MULTEMP PS No.2 (协同油脂生产)

用语解说

电动滑台·电动缸

●定位时间系数

用最大规格值运行电动传动装置时的定位时间，乘以定位时间系数，计算冲程最高速度的定位时间。冲程较长时，受滚珠螺杆的危险速度影响，可驱动的最高速度下降。（关于各产品的定位时间系数，请参阅“定位距离一定位时间”。）

●运行占空比

是指电动传动装置执行一个动作的时间和停止过程中时间的比例（电动机的工作比率）。

请在运行占空比不超过50%的状态下使用本公司的电动传动装置。否则电动机部表面温度超过100°C，影响电动机的使用寿命。

在产品规格的环境温度上限+40°C范围内，只要运行占空比保持在50%以内，电动机的表面温度就不会超过100°C。

在超过50%的状态下使用时，请保证电动机部表面温度不超过100°C。

●悬挂负载

是指相对电动缸输出轴（活塞杆）的行进方向，垂直方向产生的负载。请注意，产品的容许值已定，有些产品不会施加悬挂负载。

●加速度/加减速常数

加速度表示单位时间内速度的变化量。

单位为SI单位系时，使用“m/s²”；为重力单位系时，以重力加速度为基准，使用“G”。换算公式如下所示。

$$1G \approx 9.807 \text{ m/s}^2$$

使用本公司的控制器（直线运动控制器除外）时，将加速度表述为加减速常数。单位为ms/kHz。换算公式如下所示。

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

●反复定位精度

是指在一定温度、一定负载的条件下，从相同方向向同一定位点反复定位时产生的停止位置的精度偏差范围。

●润滑油

是指让导轨及滚珠螺杆的运动部位活动顺畅而涂抹的润滑剂。

因在金属表面形成油膜，可减少磨损及摩擦，延长使用寿命，防止生锈。需根据使用条件定期维护。

●最高速度

冲程较长时，最高速度下降。当滚珠螺杆以超出共振点（危险速度）旋转时，滚珠螺杆的固有振动数会导致共振，造成无法运行。请依据滑台/电动缸部规格确认所要求的冲程最高速度。危险速度影响滚珠螺杆的长度和螺丝直径。各系列使用的滚珠螺杆的直径如下所示。

系列	型号	滚珠螺杆直径 mm
EZSII系列	EZS3/EZS4/EZC4/EZA4	φ8
EZCII系列	EZS6/EZC6/EZA6	φ12

●最大负载惯性力矩

（垂直方向、水平方向、滚动方向）

虽然事先已确定电动传动装置在使用寿命期间的滑行距离，但该滑行距离还会受到电动传动装置容许的惯性力矩左右。最大负载惯性力矩是指使用寿命期满的惯性力矩最大值。

●润滑装置QZ（THK生产）

向滚珠螺杆的转动面提供适量润滑油的润滑系统。是在转动体和转动面之间始终形成油膜，减少维护次数。

●长期使用无需维护

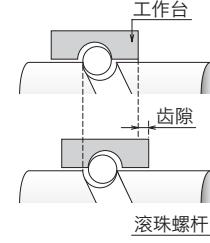
这里所称的维护，是指润滑油维护。采用润滑装置QZ等，可大幅延长使用时间，减少维护次数。

●安装基准面

是指滑台主体上设置的安装基准面。维护时，使用该基准面可将滑台安装到相同位置。

●齿隙

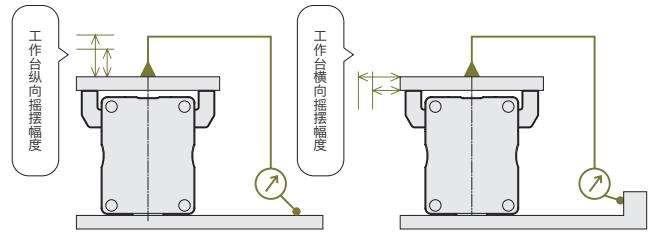
是指滚珠螺杆和螺母螺母的转动面上滚珠间的间隙。



●滑动平行度

EZSII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）

表示以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。



选用计算

电动机

电动
传动装置

风扇

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

直线
减速机

电动
传动装置

风扇

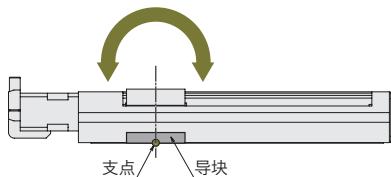
●“QZ”为THK株式会社的注册商标。

●负载惯性力矩

作用于工作台上的负载在前后、左右、上下伸出的状态下，会对滑台产生扭力。这种扭力称为负载惯性力矩。惯性力矩如下图所示，分为垂直(M_P)、水平(M_Y)和滚动(M_R)3个方向。在3个方向中2个方向没有惯性力矩作用的状态下，1个方向所能允许的惯性力矩作为惯性力矩的最大值。

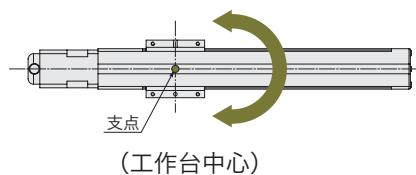
各方向的容许值因产品而异。

垂直方向(M_P)



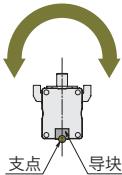
(滑台底面、工作台中心)

水平方向(M_Y)



(工作台中心)

滚动方向(M_R)



(滑台底面、工作台中心)

●Ball Retainer(THK生产)

Ball Retainer将每个滚珠隔开，避免其直接摩擦，使旋转更加顺畅。LM导轨采用了Ball Retainer，滚珠被Ball Retainer支撑，呈循环构造。可获得以下效果。

- ①滚珠不会相互接触，润滑油的保持力也得以提升，因此，实现了长寿命，即使长期使用也不需要维护。而且，润滑油溅出量也会较少，减少灰尘的产生。
- ②滚珠之间不会产生冲撞，可实现低噪音、工作顺畅。
- ③滚珠相互之间不接触，发热较少，因此，高性能化。

●“Ball Retainer”、“LM导轨”为THK株式会社的注册商标。

●空转

是指反复从+方向和-方向向同一定位点进行定位时出现的差。各系列的空转见下表。

系列	空转 mm
EZSII系列	0.1
EZCII系列	0.15

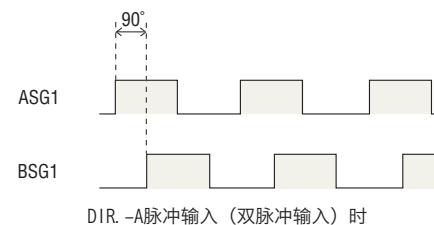
控制器

●A相/B相输出

A相/B相输出在滑台的工作台或电动缸的活塞杆移动期间，继续执行脉冲输出。

- A相：通过计算输出的脉冲数可监控工作台或活塞杆的位置。
- B相：输出相对A相输出有90°的相位差。

可根据A相输出开始时的B相输出等级判断工作台或活塞杆的移动方向。



DIR.-A脉冲输入(双脉冲输入)时

ASG1输出：输出对应传动装置运行的脉冲。

BSG1输出：为判断工作台或活塞杆移动方向的输出，相对ASG1的输出有90°的相位差。可根据ASG1输出开始时的BSG1输出等级判断工作台或活塞杆的移动方向。

●HOMELS(原点传感器)

确定成为定位运行基准点的传感器。

进行3个传感器方式的原点返回运行时使用。

●I/O用电源

是使用START输入及END输出等输入/输出信号时需要的电源。请务必连接。

●+LS/-LS(限位传感器)

+方向和-方向的限位传感器。

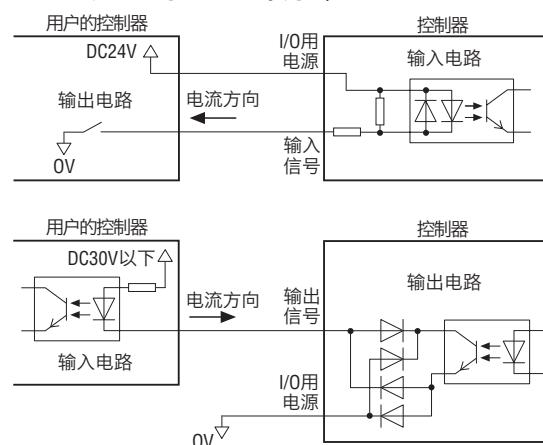
用于防止滑台的工作台或电动缸的活塞杆超过机械极限。检测到+LS或-LS传感器后，停止运行，变成警报状态。或者，在2个传感器方式的原点返回运行中，可将检测到+LS或-LS传感器的位置作为原点。

●漏型逻辑(NPN规格)

输出电路变成ON时，电流会流入到输出电路。

(例如) 控制器的连接例

(EZSII/EZSII无尘室对应/EZCII系列时)

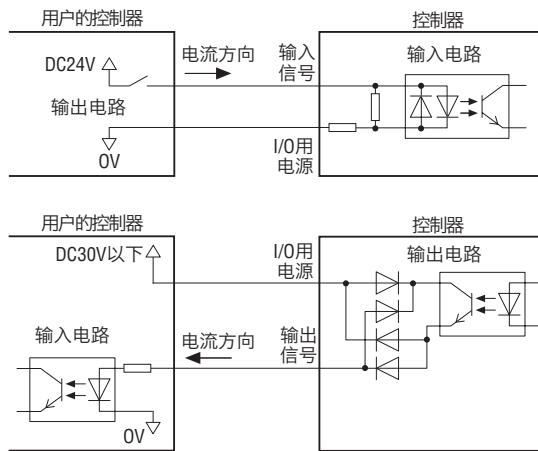


●源型逻辑(PNP规格)

输出电路变成ON时，电流会从输出电路流出。

(例如) 控制器的连接例

(EZSII/EZSII无尘室对应/EZCII系列时)



EZSII/EZSII无尘室对应/EZCII系列的直线运动控制器的I/O规格依据配线可使用NPN(漏型)/PNP(源型)规格中的任意一个。

●定位结束宽度

是指相对定位指令位置，视为定位结束的宽度。当滑台的工作台或电动缸的活塞杆进入到该定位结束宽度(mm)时，END输出(定位结束输出)变成ON。

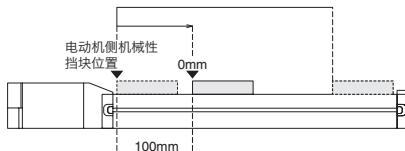
●原点偏置

是指将从原点返回运行中检测到位置(机械性挡块位置或±LS、HOMELS的位置)错开一定距离的位置作为原点(当前位置=0mm)的设定。

设定了原点偏置，则原点返回运行后会自动运行到原点偏置位置，然后停止。

希望偏移机械性挡块所处位置设为原点，或不能在设为原点的位置安装传感器等时，此设定非常方便。

(例) 原点偏置=100mm、原点返回运行=压推时



将错开电动机侧机械性挡块位置100mm的位置设为原点。

●原点返回运行

确定定位运行时原点(当前位置=0mm)的运行。原点返回运行有下列3种。

- 压推：将工作台或活塞杆压推到电动传动装置的机械性挡块的位置作为基准进行原点返回运行。因为不使用传感器，所以，也称为无传感器原点返回运行。

压推原点返回时的最高速度如下所示。

导程12mm : 100mm/s

导程6mm : 50mm/s

导程3mm : 50mm/s

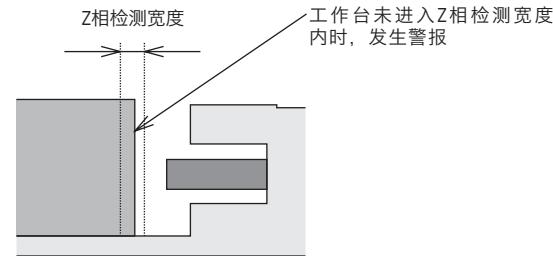
- 2个传感器方式：使用传感器的原点返回。将检测到+LS或-LS传感器的位置作为原点的运行。通过控制器设定将任何一个传感器作为原点。

- 3个传感器方式：使用+LS、-LS、HOMELS共3个传感器。将检测到HOMELS传感器的位置作为原点的运行。

无传感器原点返回结束时一并确认Z相信号，可执行可靠性更高的原点返回。

是有效设定“原点返回高精度化”后执行的功能。

在原点返回运行中，压推工作台或活塞杆后，返回固定量时，确认设定的Z相是否在原点位置进行输出。夹杂垃圾或未检测到Z相时，判断为原点返回失败(警报)。(初始值Z相宽度：电动机旋转角度7.2°宽度可更改)



●控制键

EZSII/EZSII无尘室对应/EZCII系列的直线运动控制器使用。

控制键保存有与滑台控制相关的参数。根据所组合的滑台规格，自动设定以下参数。

- I/O参数：LS检测有效/无效
- 原点参数：原点返回方法
- 速度参数：起动速度、加速度、减速度、通用运行速度
- 通用参数：软件限位上限
- 内部设定(不能更改)：分辨率、运行速度(最大值)、加减速度(最大值)、电动机控制相关设定

请务必确认控制键上显示的滑台部品名与其连接的滑台部品名是否一致。规格不合适可能无法正常操作滑台。



选用计算	
电动机	
电动传动装置	
风扇	
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	
直线减速机	
电动传动装置	
风扇	

●控制器模式、驱动器模式

- 控制器模式：使用控制器中保存的数据来运行电动传动装置的模式。
- 驱动器模式：按用户控制器输出的脉冲信号来运行电动传动装置的模式。

●主电源

驱动电动机所需的电源。请务必连接。

EZSII/EZSI无尘室对应/EZCII系列的直线运动控制器的主电源所需的电流值，因连接的电动传动装置而异。

●控制电源

数据设定、执行运行等使用控制器的控制功能时所需的电源。请务必连接。

●传感器用电源

将±LS及HOMELS等传感器连接到控制器时所需的电源。使用传感器时，请务必连接。

●软件限位

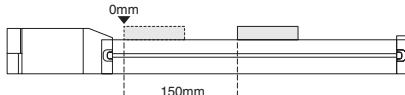
预先将冲程的移动范围设定在控制器中。控制器中所设的移动范围的上限称为+软件限位；下限称为-软件限位。滑台的工作台或电动缸的活塞杆要做超出软件限位运行时，就会在软件限位位置停止，变成警报状态。

●预置

更改设定的当前位置时使用。可任意输入预置位置。

(例) 预置位置=0mm时

- ① 让滑台的工作台在150mm的位置停止，将预置输入设为ON。



- ② 进行①后面的定位运行时，将①的位置设为0mm。



安全·规格

●紧急停止

是为了避免或减少危险源对人的威胁，或机械及工序中对工作物的损伤，手动单纯操作停止机械运行的功能。

一般情况下，紧急停止电路安装有继电器及开关等机械部件，来断开动力源（滑台时，指电动机部的电源）。

电动机在励磁状态下的停止以及利用控制器的停止功能、可编程控制器、电脑等使用软件的机器控制下的停止，可能会因程序错误、干扰等导致误动作。不使用软件，通过断开电动机的电源可以准确无误地进行紧急停止。

[详情请参阅EN ISO 13850]

●危险评估

对伴随机械的危险源进行评估。

[详情请参阅EN ISO 12100]

根据机械的使用方法及其存在的危险源评估风险，决定如何采取必要的应对措施。根据该风险评估结果，选择紧急停止的停止分类及控制系统的性能等级、分类。

即使是使用同一滑台的机械，根据该机械设计及周围安全盖的设置情况，也会出现不同的风险评估结果。需要对客户的机械进行风险评估，选择合适的分类。

●停止分类

使机械停止的停止功能包括下列3种。

停止分类0：通过直接断开机械传动装置的电源进行停止（滑台时，断开电动机部的电源）

停止分类1：先供电，以便机械传动装置停止工作，之后，在传动装置停止时断开电源来控制停止（如果突然断开电动机电源，会产生其他的危险）

停止分类2：向机械传动装置供电的状态下进行控制停止（滑台时，电动机在励磁的状态下停止）

紧急停止时，需要使用停止分类0或停止分类1。选择哪种，要在对客户的装置进行风险评估后确定。

[详情请参阅EN 60204-1 (IEC 60204-1)]

●分类

根据电路构成，按分类B、1~4共5个级别对与安全相关的控制系统发生故障时安全功能的维持能力进行的分类。

[详情请参阅EN ISO 13849-1]

●性能等级

根据控制系统的分类及部件的可靠性、故障的检测能力等，分a~e共5个级别对控制系统运行安全功能的能力进行分类。

[详情请参阅EN ISO 13849-1]

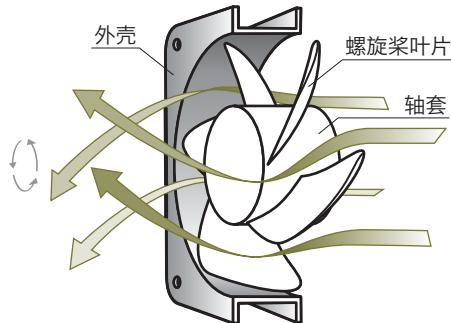
风扇

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。

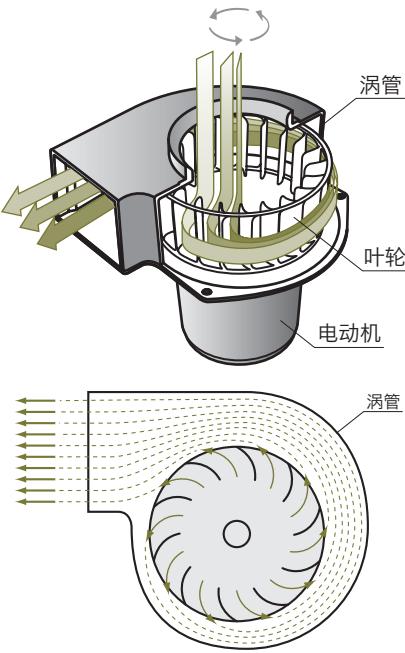


轴流风扇的构造与送风结构

● 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。

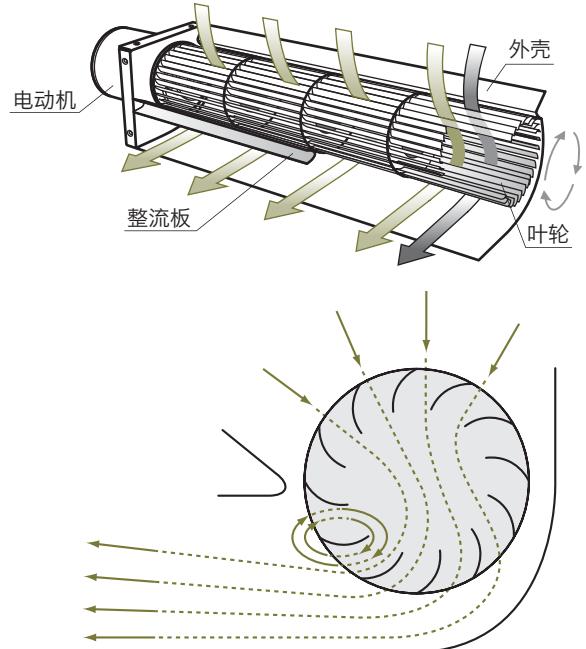
此系列的特点为缩小排风口使风力集中于固定方向，适合用于局部冷却。此外，由于静压大，也适合用于冷却不易通风的装置，或使用通风管送风的用途。



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

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

直线
减速机

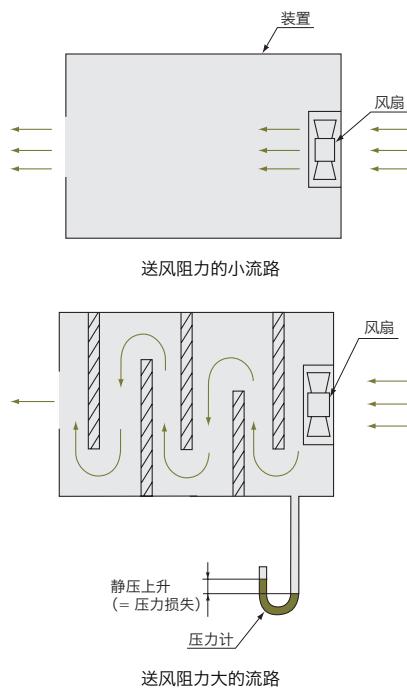
电动
传动装置

风扇

■风量—静压特性

●压力损失

希望将空气流入某一流路当中时，该流路当中即会产生妨碍其送风阻力。例如，在下图中进行比较，可以发现上面的装置内由于几乎是空的，因此送风阻力较小，风量也几乎没有减少。但是，由于下面的装置内阻碍风流的东西较多，因此送风阻力增大并且风量也减少。



此点与电流很相似，当阻抗越小时则可流过越大的电流，相对的阻抗越大时则可流过的电流越小。此送风阻力是使装置内的静压上升的压力能源所在，称做压力损失，以下列算式表示。

$$\text{压力损失 } P = \frac{1}{2} \xi V^2 \rho \\ = \frac{1}{2} \xi \left(\frac{Q}{A} \right)^2 \cdot \rho \quad \dots \dots \dots (1)$$

V : 流速 [m/s]

ρ : 空气密度 [kg/m^3]

ξ : 管路固有电阻系数

A : 管路的断面面积 [m^2]

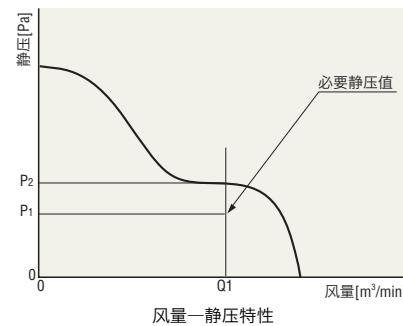
Q : 风量 [m^3/s]

从风扇方面来看这一公式，是指为了流过风量Q风扇就必须保有令装置中的压力仅上升公式(1)P的静压。

●风量—静压特性

风扇的特性一般是以风量—静压特性曲线表示，其表示的是希望送出某种程度风量时与其所需静压值之间的关系。例如，所需风量为Q1时，其装置的压力损失假设为P1。如下图中风扇的特性所示，可以得知此风扇所拥有的静压值为P2，比所需静压值P1更大，因此可获得所需充足的风量。

由于压力损失是与风量的平方成正比，因此需要两倍风量时则不单纯只是增加两倍的风量即可，同时还必须选用静压为4倍的风扇。



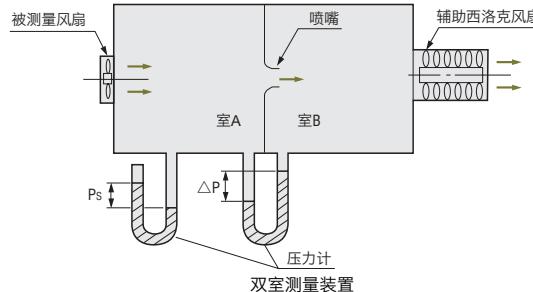
●风量—静压特性的测量方法

测量风量—静压的方法一般有使用皮托管测试的风管测量方式及使用双室测量两种方法。

其中双室方式比风管方式精度更高并且在海外各地也被广泛使用，因此本公司采用此种方式测量。

此外，本公司的测量装置是采用世界上被广泛认可的风扇测量方法的规格AMCA标准210为基准。此种方法如下图所示，是测量喷嘴前后的差压 ΔP 与室内的压力 P_s 以求得被测量风扇的风量—静压特性。

(AMCA : The Air Moving and Conditioning Association)



本公司所使用的双室 (Double Chamber) 为无论风扇上是否有吸风管或排风管皆可使用的最通用的测量装置。

此方式可从A室与B室的压力差来求得流过喷嘴的流体速度，因此可通过将流过喷嘴的速度V、喷嘴面积A以及流量系数C，这3者相乘来表示风量Q，变成下面的公式(2)。

$$Q = 60CA\bar{v} \\ = 60CA \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho}} \quad [\text{m}^3/\text{min}] \quad \dots \dots \dots (2)$$

A : 喷嘴的断面面积 [m^2]

C : 流量系数

\bar{v} : 喷嘴的平均流速 [m/sec]

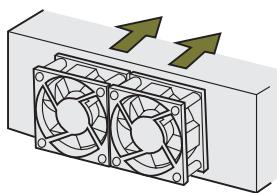
ρ : 空气密度 [kg/m^3] (20°C 1个大气压时 $\rho = 1.2 \text{ [kg/m}^3]$)

ΔP : 差压 [Pa]

测量风量—静压特性时，使用辅助西洛克风扇通过控制B室的压力以改变A室的压力，从而可测量特性曲线图上的各个点。此外，本公司在测试时使用电脑连结，因此可在更短时间内测量得到更高精度的测试资料。

● 使用2台风扇时的风量—静压特性

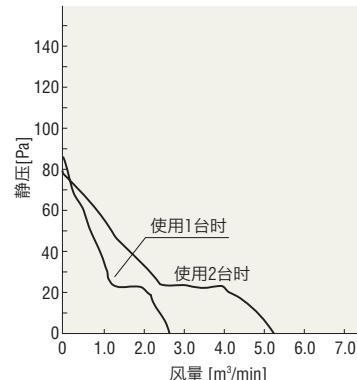
使用2台风扇时最大风量变为约2倍。



使用2台风扇时

MU1238A-51B

50Hz, 220V

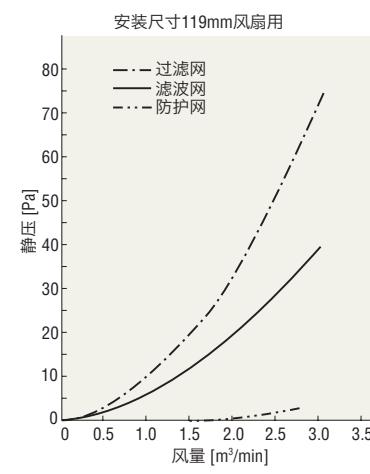


使用2台风扇时的风量—静压特性

● 选购配件安装导致的风量—静压特性的变化

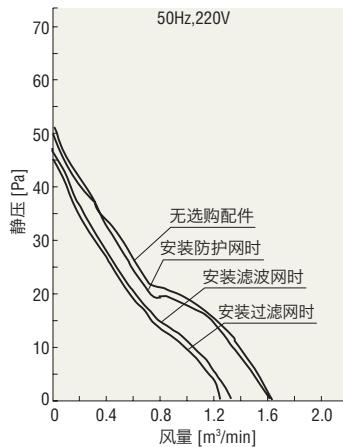
将风扇组装于机器时，安装防护网或过滤网等选购配件可提高机器整体的安全性及可靠性。但是，选购配件本身即为送风阻力，会影响风扇的特性及噪音等方面，因此在选用风扇及选购配件时必须考虑这些要点。

安装尺寸为119mm的风扇用选购配件所测量得到的压力损失为右图所示。就损失而言过滤网最大，而防护网几乎没有造成任何损失。



选购配件的压力损失

以**MU1225S-51**为例，安装各种选购配件时其特性变化如下图所示。



关于**MU1225S-51**安装时的特性变化

如图所示，安装选购配件的压力损失越大则风量—静压特性越低。

选用计算

电动机

电动
传动装置

风扇

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

直线
减速机

电动
传动装置

风扇

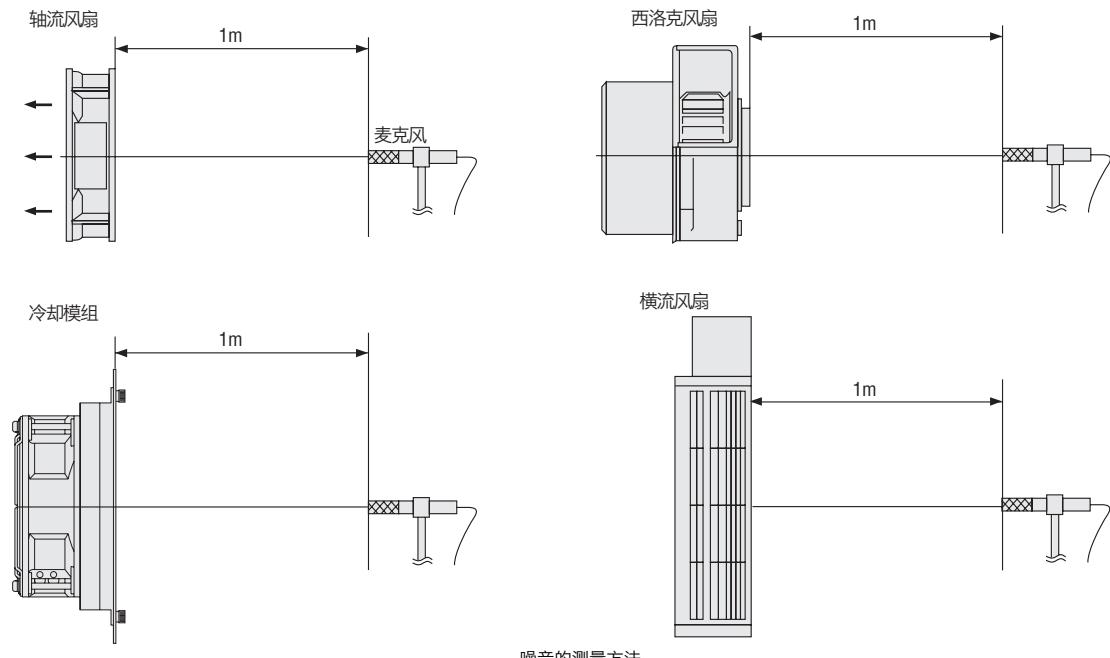
■噪音

●噪音

我们一般将让人感到不快的声音称为噪音。当风扇旋转叶片时会造成空气压力变化而产生噪音。此一空气的压力变化越大则噪音越高。

●噪音的测量

本公司的噪音等级是距风扇吸入口1m处(吸入口中心线)以A特性测量所得到的值。



噪音的测量方法

●噪音的合成

有关噪音等级我们就以使用2台风扇(1台40dB)时产生的噪音等级来分析。

由于噪音等级是以分贝表示，因此并非单纯的算术上的加法运算。如要表示此噪音值，必须先将声音转换成能量，并算出其声压所增加的部分。

声能 J 与声压 P 间的关系为 $J = \frac{P^2}{\rho c}$ (ρ : 空气密度、 c : 声音传播速度)
使用此关系式将噪音等级以分贝[dB]表示如下。

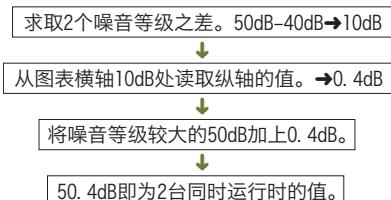
$$\begin{aligned}\text{噪音等级} &= 20 \log P/P_0 \\ &= 10 \log J/J_0 \\ P &: \text{实际声压} \\ J &: \text{测量的噪音能量} \\ P_0, J_0 &: \text{人耳可分辨的最小噪音能量}\end{aligned}$$

也就是说，此算式是将噪音等级以能量 J_0 为基准，并以分贝来表示。用此式算出声压后，风扇有n台则声能便有n倍，如下所示进行计算。

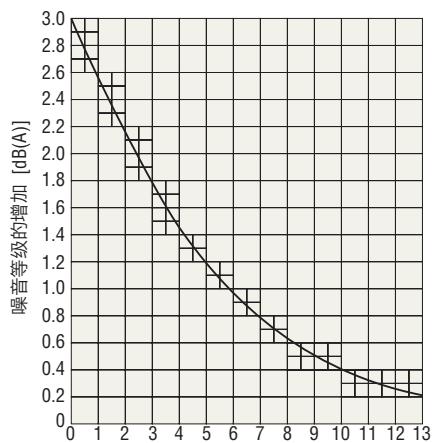
$$\begin{aligned}\text{噪音等级} &= 10 \log n \cdot J/J_0 \\ &= 10 \log J/J_0 + 10 \log n\end{aligned}$$

也就是说，同时运行n台风扇时其噪音增加的部分为 $10 \log n$ [dB]。
在此，因风扇为2台，所以 $n = 2$ ，噪音等级增加 $10 \log 2$ ，即增加了3 [dB]，如果同时运行2台40dB的风扇时，其噪音等级为43dB。

接下来让我们来看看同时运行1台40dB的风扇和1台50dB的风扇时的噪音等级。此时也不能由算术的加法求得合成噪音等级。



50dB加上40dB也不过才增加0.4dB的噪音等级。也就是说，噪音等级通常是受到较大一方的噪音等级所支配，因此同时运行噪音值不同的风扇时，如何控制噪音较高一方的风扇的噪音是相当重要的。



2个等级的差与噪音等级的增加

● 距离与噪音

噪音等级会随着距离声源越远而越小。
将此噪音等级的距离减弱以下列算式表示。

$$SPL_2 = SPL_1 - 20 \log \frac{r_2}{r_1}$$

SPL₂：距离 r₂ 时的噪音等级

SPL₁：距离 r₁ 时的噪音等级

在此我们在距离吸入口 1m 和 2m 的地方，分别测量 40dB 风扇的噪音等级。

r₂ = 2m r₁ = 1m SPL₁ = 40dB，因此，代入后如下所示。

$$\begin{aligned} SPL_2 &= 40 - 20 \log \frac{2}{1} \\ &= 34 \text{ [dB]} \end{aligned}$$

在距离 2m 的地方噪音值降低了 6dB。

上式中的 $20 \log \frac{r_2}{r_1}$ 为 2 个距离的比值，例如距离在 3m 与 6m 来比较时都是相同的。由此可知，只要我们了解某个距离的噪音等级的话，就可以推算在其他距离的噪音等级。

电容器

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。请务必使用风扇附属的电容器。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。请务必使用风扇附属的电容器。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。

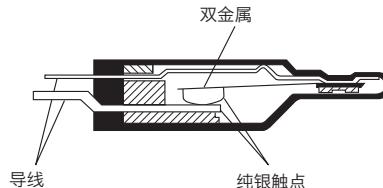
过热保护装置采用双金属方式，其触点处使用金属中电阻最低且传热仅次于铜的纯银。

● 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。

关于各产品的过热保护，请参阅产品页。

选用计算

电动机

电动
传动装置

风扇

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

直线
减速机

电动
传动装置

风扇

用语解说

dB(分贝)

噪音等级以dB来表示。

假设人类能听到的最小噪音等级为1，而能忍受的最大噪音等级则可达到500万，很难划分等级。对此，将噪音(声压强度)以分贝来表示时，如下所示。

$$\text{声压强度} = 20 \log P/P_0$$

P ：实际声压

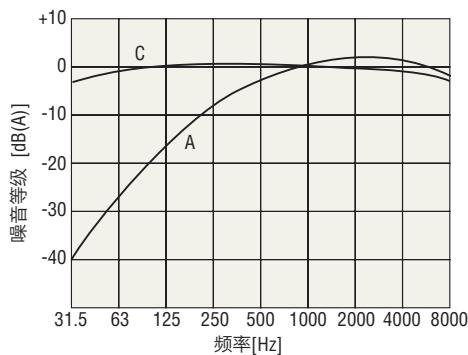
P_0 ：人类可听到的声压最小值

人类可听到的声频范围可以0~130dB表示，便于划分等级。

A特性

人的听力一般只能分辨20Hz~20kHz的声波。由于低频和超高频无法感知的特性，如果不考虑频率的影响只测量声压的话，会造成与人类的嘈杂感觉出现偏离。因此测量声压强度时为使其嘈杂度与人类听觉接近，有必要通过频率对声压强度进行修正。进行此修正即为A特性。

实际情况下测量A特性时，声压强度与测量值本身(C特性)的比较如下图所示。



声压强度对比

难燃等级

难燃等级表示机器零件用塑料材料的燃烧难易程度，通常以UL规格(UL 94, STANDARD FOR TESTS FOR FLAMMABILITY OF PLASTIC MATERIALS FOR PARTS IN DEVICES AND APPLIANCES)来规定。UL规格中对燃烧速度、出火燃烧时间、滴下物引燃等项目进行的评估。

分为下列4个等级。

等级	难燃性
V-0	高
V-1	↑
V-2	↑
HB	低

●ORIX FAN中的外壳叶片及框架部分，采用此分类中具有高度防燃性的(V-0)材料。

曼赛尔值

定量表示颜色种类的值，是通常使用的表示方式。该值对应色感的三个属性，设定为色相H(Hue)、明度V(Value)、饱和度C(Chroma)，表示形式为『H V/C』。

确认表示颜色的曼赛尔值时使用标准色带。

吸风型、排风型

表示冷却模组的风向。

对装置设置冷却模组时，在向装置中送入空气的方向安装风扇的类型为吸风型。

