



技术资料

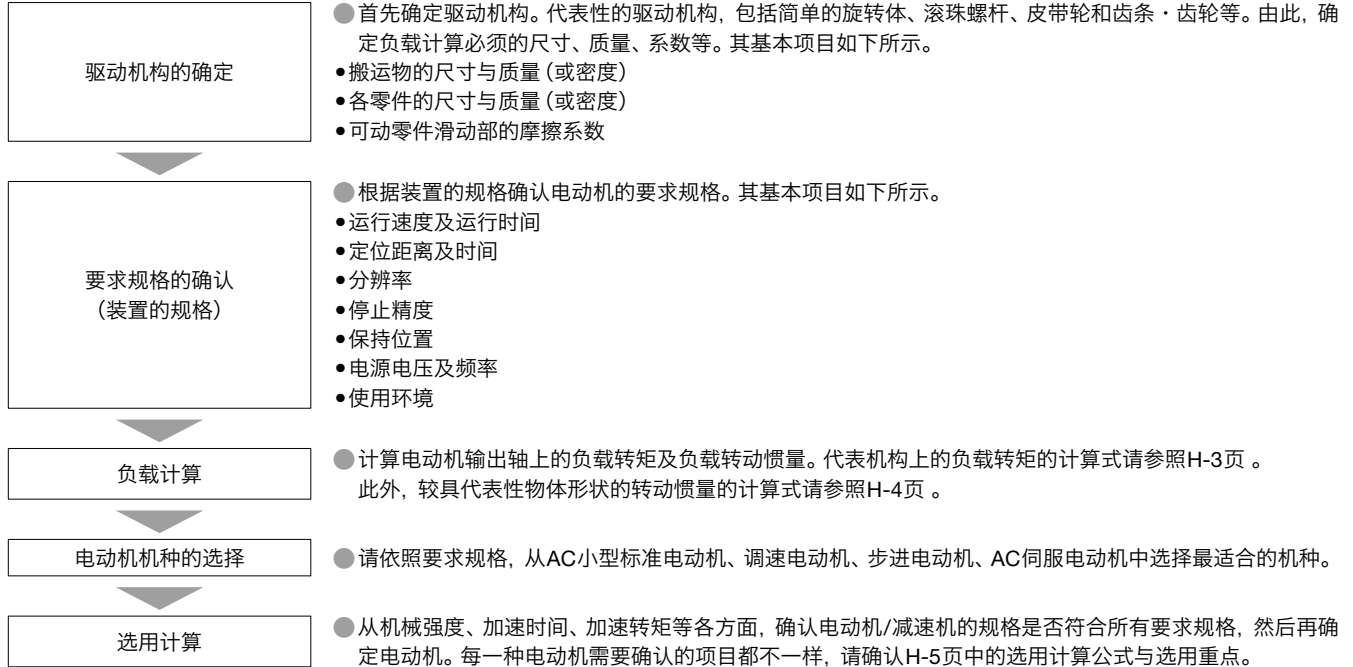
选用计算	H-2	选用计算
电动机	H-2	电动机
电动传动装置	H-18	电动传动装置
风扇	H-28	风扇
寿命	H-29	寿命
AC小型标准电动机	H-33	AC小型标准电动机
调速电动机	H-40	调速电动机
步进电动机	H-46	步进电动机
AC伺服电动机	H-55	AC伺服电动机
减速机	H-58	减速机
直线减速机	H-66	直线减速机
电动传动装置	H-68	电动传动装置
风扇	H-77	风扇

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/>

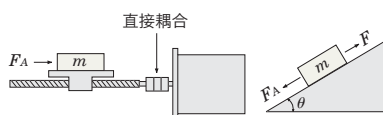
各驱动机构的负载转矩 T_L [N·m] 计算式

● 负载转矩的计算式

◇ 滚珠螺杆驱动

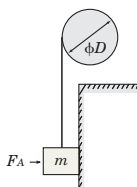
$$T_L = \left(\frac{F \cdot P_B}{2\pi \cdot \eta} + \frac{\mu_0 \cdot F_0 \cdot P_B}{2\pi} \right) \cdot \frac{1}{i} \quad [\text{N}\cdot\text{m}] \quad \text{①}$$

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



◇ 滑轮驱动

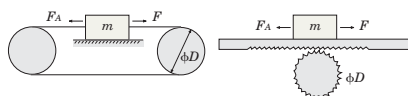
$$T_L = \frac{\mu \cdot F_A + m \cdot g}{2\pi} \cdot \frac{\pi \cdot D}{i} = \frac{(\mu \cdot F_A + m \cdot g)D}{2 \cdot i} \quad [\text{N}\cdot\text{m}] \quad \text{③}$$



◇ 金属线·皮带驱动、齿条·齿轮式驱动

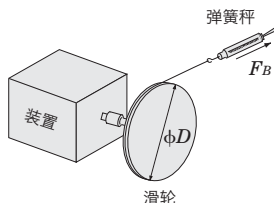
$$T_L = \frac{F}{2\pi \cdot \eta} \cdot \frac{\pi \cdot D}{i} = \frac{F \cdot D}{2 \cdot \eta \cdot i} \quad [\text{N}\cdot\text{m}] \quad \text{④}$$

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



◇ 根据实测的方法

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



- 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] ($F_B = \text{弹簧秤值 [kg]} \times g [\text{m/s}^2]$)
- m : 工作台及工作物的总质量 [kg]
- μ : 滑动面的摩擦系数
- θ : 倾斜角度 [°]
- D : 最终段滑轮直径 [m]
- g : 重力加速度 [m/s^2] (9.807)

选用计算

电动机

电动
传动装置

风扇

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

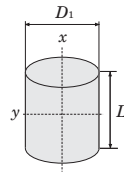
■转动惯量 J [kg·m²] 的计算式

●转动惯量的计算式

◇圆柱的转动惯量

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

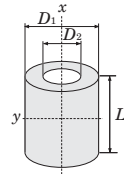
$$J_y = \frac{1}{4} m \left(\frac{D_1^2}{4} + \frac{L^2}{3} \right) \text{ [kg·m}^2\text{]} \dots\dots\dots ⑧$$



◇中空圆柱的转动惯量

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

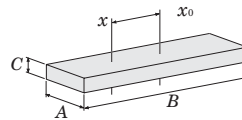
$$J_y = \frac{1}{4} m \left(\frac{D_1^2 + D_2^2}{4} + \frac{L^2}{3} \right) \text{ [kg·m}^2\text{]} \dots\dots\dots ⑩$$



◇不通过重心的轴的转动惯量

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

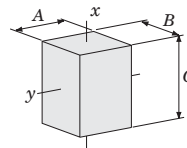
l : x 轴与 x_0 轴的距离 [m]



◇角柱的转动惯量

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

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



◇直线运动物体的转动惯量

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

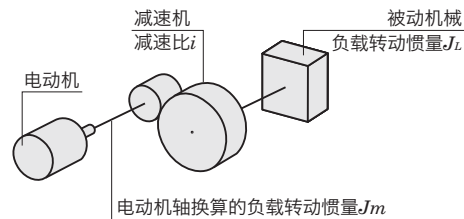
A : 单位移动量 [m/rev]

由减速机介入传导时, 电动机轴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/m ³]
铁	$\rho = 7.9 \times 10^3$ [kg/m ³]
铝	$\rho = 2.8 \times 10^3$ [kg/m ³]
黄铜	$\rho = 8.5 \times 10^3$ [kg/m ³]
尼龙	$\rho = 1.1 \times 10^3$ [kg/m ³]

J_x : x 轴相关转动惯量 [kg·m²]

J_y : y 轴相关转动惯量 [kg·m²]

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

m : 质量 [kg]

D_1 : 外径 [m]

D_2 : 内径 [m]

ρ : 密度 [kg/m³]

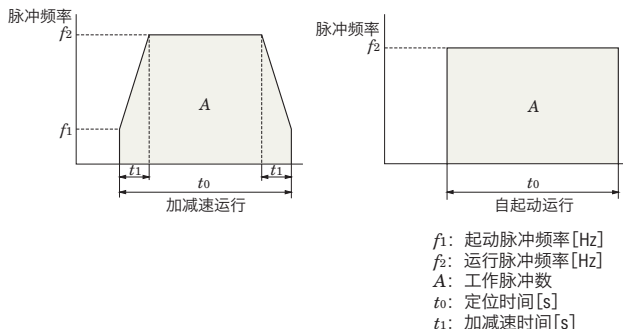
L : 长度 [m]

电动机选用计算公式

说明脉冲信号控制步进电动机及AC伺服电动机时必备的计算式。

●运行模式

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



●工作脉冲数A [脉冲]的计算式

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

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

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

●运行脉冲频率 f_2 [Hz]的计算式

运行脉冲频率可通过工作脉冲数与定位时间及加减速时间进行计算。

①加减速运行时

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

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

$$t_1 = t_0 \times 0.25$$

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

②自启动运行时

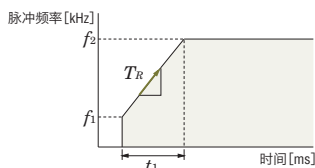
$$f_2 = \frac{A}{t_0}$$

●加减速常数 T_R [ms/kHz]的计算式

加减速常数是本公司控制器使用的设定值。

表示脉冲频率的加速程度，以下述计算式计算。

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



●脉冲频率请按整步换算。

●此处速度单位用 [kHz]，时间用 [ms] 进行计算。

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

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

●负载转矩的计算

请参照H-3页的计算式。

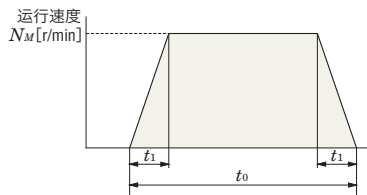
●加速转矩 T_a [N·m]的计算式

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

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

②自启动运行时

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

●必要转矩 T_M [N·m]的计算式

负载转矩与加速转矩之和，乘以安全系数即是必要转矩。

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

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

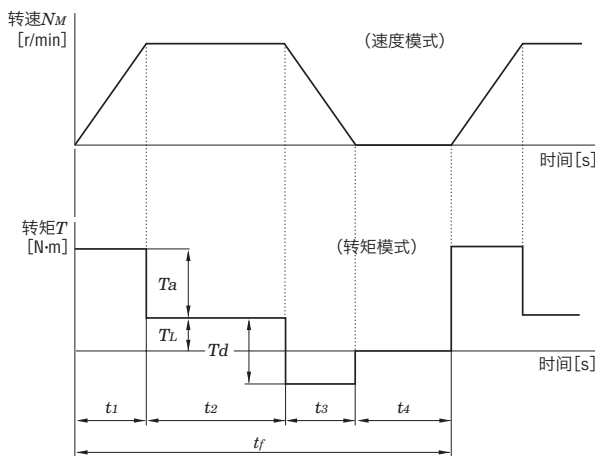
●有效负载转矩 T_{rms} [N·m]的计算式

选用AC伺服电动机和无刷电动机/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，过载保护功能启动，电动机停止。

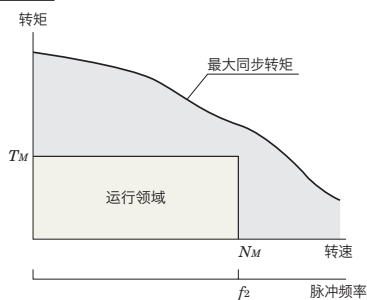
●步进电动机

①必要转矩的确认

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

安全系数 S_f 的基准值

对象组合产品	安全系数(基准值)
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*

* \alphaSTEP 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。

● 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

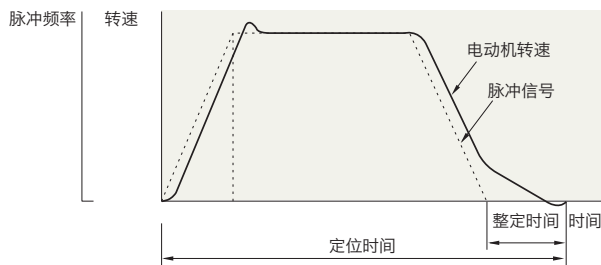
只要有效负载转矩与AC伺服电动机的额定转矩之比，即有效负载安全系数为1.5~2以上，就能够驱动。

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

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

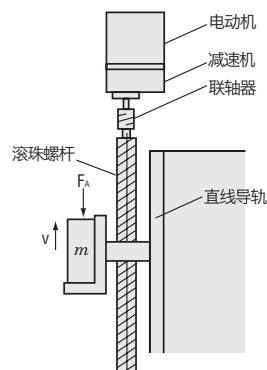
● 滚珠螺杆机构

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。

须按下述要求规格来选用电动机。



工作及工作物的总质量	$m=45$ [kg]
工作台的移动速度	$V=12 \pm 2$ [mm/s]
外力	$F_A=0$ [N]
滚珠螺杆的倾斜角	$\theta=90$ [°]
滚珠螺杆的全长	$L_B=800$ [mm]
滚珠螺杆的轴径	$D_B=20$ [mm]
滚珠螺杆的导程	$P_B=5$ [mm]
滚珠螺杆每转1圈的移动距离	$A=5$ [mm]
滚珠螺杆的效率	$\eta=0.9$
滚珠螺杆的材质	铁(密度 $\rho=7.9 \times 10^3$ [kg/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220V50Hz
工作时间	1天间歇运行5小时
反复启动、停止	
停止时需保持负载	

(2) 确定减速机的减速比

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

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

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

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

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

考虑安全系数 $S_f=2$ 。

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

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

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 。

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

(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

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

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

$$J_B = \frac{\pi}{32} \cdot \rho \cdot L_B \cdot D_B^4$$

$$= \frac{\pi}{32} \times 7.9 \times 10^3 \times 800 \times 10^{-3} \times (20 \times 10^{-3})^4$$

$$= 0.993 \times 10^{-4} \text{ [kg·m}^2\text{]}$$

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

$$= 45 \left(\frac{5 \times 10^{-3}}{2\pi}\right)^2$$

$$= 0.286 \times 10^{-4} \text{ [kg·m}^2\text{]}$$

求出减速机输出轴的负载转动惯量 J 。

$$J = J_B + J_m = 0.993 + 0.286$$

$$= 1.28 \times 10^{-4} \text{ [kg·m}^2\text{]}$$

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。

$$J_G = 0.31 \times 10^{-4} \times 9^2$$

$$= 25.1 \times 10^{-4} \text{ [kg·m}^2\text{]}$$

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。

$$V = \frac{N_M \cdot P_B}{60 \cdot i} = \frac{1470 \times 5}{60 \times 9} = 13.6 \text{ [mm/s]}$$

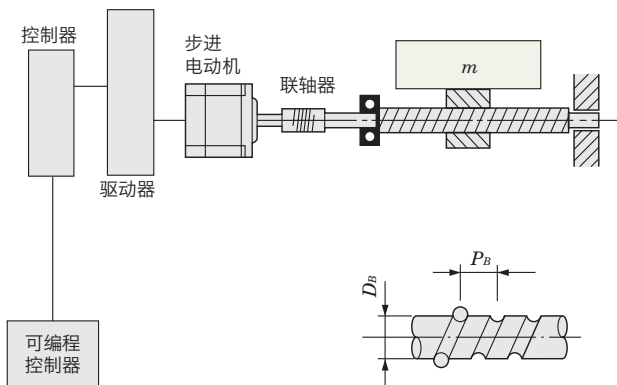
N_M : 电动机转速

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

(2) 必要分辨率 θ_s 的计算

$$\theta_s = \frac{360^\circ \cdot \Delta l}{P_B}$$

$$= \frac{360^\circ \times 0.03}{15} = 0.72^\circ$$

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

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

$$= \frac{180}{15} \times \frac{360^\circ}{0.72^\circ} = 6000 \text{ [脉冲]}$$

② 加减速时间 t_1 [s] 的确定

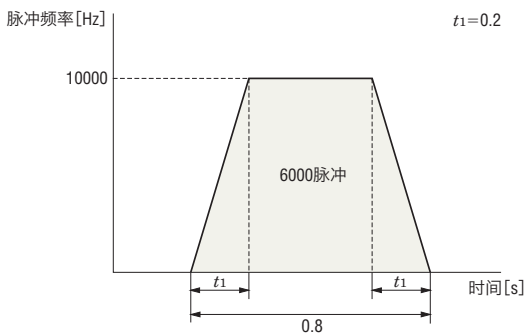
加减速时间以定位时间的25%为适。

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

③ 运行脉冲频率 f_2 [Hz] 的计算

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

$$= \frac{6000 - 0}{0.8 - 0.2} = 10000 \text{ [Hz]}$$



④运行速度 N_M [r/min] 的计算

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

(4) 必要转矩 T_M [N·m] 的计算 (参照H-5页)

①负载转矩 T_L [N·m] 的计算

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

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

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

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

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

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

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

②-2 加速转矩 T_a [N·m] 的计算

$$\begin{aligned}
 T_a &= \frac{(J_0 + J_L) \cdot N_M}{9.55 \cdot t_1} \\
 &= \frac{(J_0 + 2.52 \times 10^{-4}) \cdot 1200}{9.55} \times \frac{1}{0.2} \\
 &= 628 J_0 + 0.158 \text{ [N·m]}
 \end{aligned}$$

通过脉冲速度计算其加速转矩时请参照如下所示。计算结果相同。

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

③必要转矩 T_M [N·m] 的计算

安全系数 $S_f=2$ 。

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

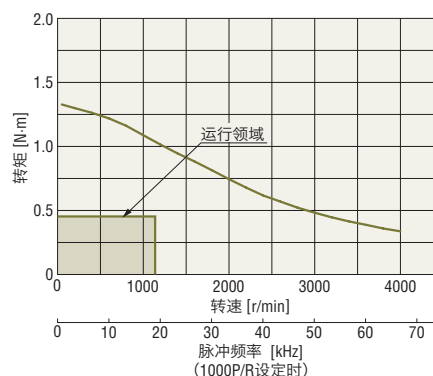
(5) 电动机的选用

①暂时选用电动机

品名	转子转动惯量力矩 [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矩以内，因此可使用。

(6) 惯性比的确认 (请参照H-6页)

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

AR66AC-◇的惯性比在30以下，因此若为6.6即可判断能够运行。

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

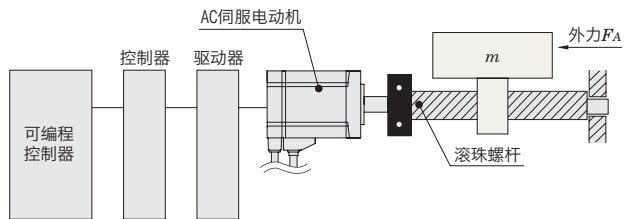
电动
传动装置

风扇

AC伺服电动机时

(1) 驱动机构部的规格及运行条件

如下图所示，为了驱动单轴的工作台，选用AC伺服电动机。



- 工作台的最高速度 $V_L=0.2$ [m/s]
- 分辨率 $\Delta l=0.02$ [mm]
- 电动机的电源 单相220V
- 工作台及工作物的总质量 $m=100$ [kg]
- 外力 $F_A=29.4$ [N]
- 滑动面的摩擦系数 $\mu=0.04$
- 滚珠螺杆的效率 $\eta=0.9$
- 预压螺母的内部摩擦系数 $\mu_0=0.3$
- 滚珠螺杆的轴径 $D_B=25$ [mm]
- 滚珠螺杆的全长 $L_B=1000$ [mm]
- 滚珠螺杆的导程 $P_B=10$ [mm]
- 滚珠螺杆的材质 铁 (密度 $\rho = 7.9 \times 10^3$ [kg/m³])
- 运行周期 运行2.1秒停止0.4秒 (如此反复)
- 加减速时间 $t_1=t_3=0.1$ [s]

(2) 必要分辨率 θ 的计算

根据工作台驱动所需的分辨率计算电动机的分辨率。

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

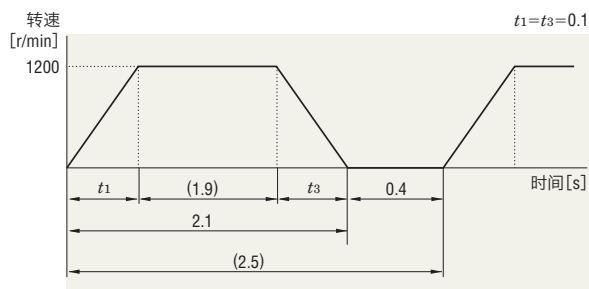
NX系列的分辨率 $\theta_M=0.36^\circ$ /脉冲满足此项规定。

(3) 运行模式的制定

根据下面的公式计算电动机转速 N_M 。

$$N_M = \frac{60 \cdot V_L}{P_B} = \frac{60 \times 0.2}{10 \times 10^{-3}} = 1200$$
 [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

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

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

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

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

(7) 加速转矩 T_a [N·m]、减速转矩 T_d [N·m] 的计算

使用下面的公式计算加减速转矩。

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

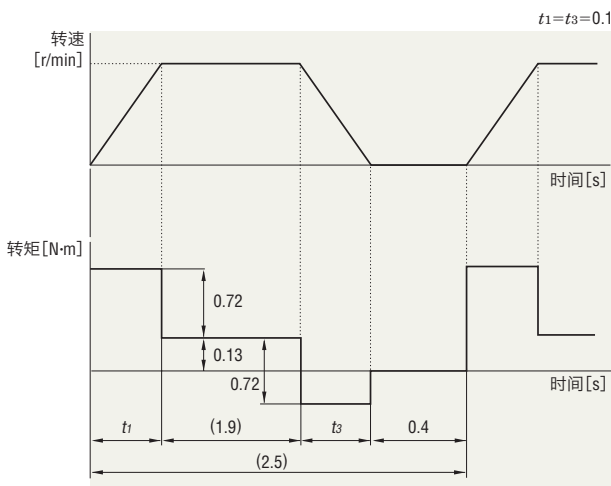
(8) 必要转矩 T [N·m] 的计算

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

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} 。

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

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

$$\doteq 0.24 \text{ [N·m]}$$

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。

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

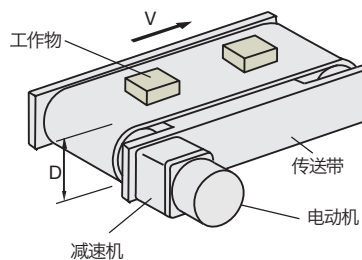
此有效负载安全系数一般在 1.5~2 以上即可运行。

● 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。须按下述要求规格来选用电动机。



皮带及工作物的总质量	$m_1 = 25$ [kg]
外力	$F_A = 0$ [N]
滑动面的摩擦系数	$\mu = 0.3$
滚筒直径	$D = 90$ [mm]
滚筒质量	$m_2 = 1$ [kg]
皮带及滚筒的效率	$\eta = 0.9$
皮带的速度	$V = 180$ [mm/s] $\pm 10\%$
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

$$N_G = \frac{V \cdot 60}{\pi \cdot D} = \frac{(180 \pm 18) \times 60}{\pi \times 90}$$

$$= 38.2 \pm 3.8 \text{ [r/min]}$$

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

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

据此，选择减速比为 $i = 36$ 。

(3) 必要转矩 T_M [N·m] 的计算

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

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

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

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

考虑安全系数 $S_f = 2$ 。

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

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 。

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

(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

$$J_{m1} = m_1 \left(\frac{\pi \cdot D}{2\pi} \right)^2 = 25 \times \left(\frac{\pi \times 90 \times 10^{-3}}{2\pi} \right)^2 = 507 \times 10^{-4} [\text{kg}\cdot\text{m}^2]$$

$$J_{m2} = \frac{1}{8} \cdot m_2 \cdot D^2 = \frac{1}{8} \times 1 \times (90 \times 10^{-3})^2 = 10.2 \times 10^{-4} [\text{kg}\cdot\text{m}^2]$$

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})。

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

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

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

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。

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

以上确认结果均能满足规格要求。

因此，选用电动机：**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。

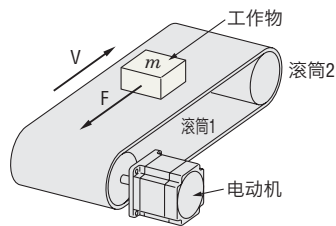


图1 皮带驱动示例

皮带及工作物的总质量	$m_1 = 1.5$ [kg]
滚筒直径	$D = 30$ [mm]
滚筒质量	$m_2 = 0.1$ [kg]
滑动面的摩擦系数	$\mu = 0.04$
皮带及滑轮的效率	$\eta = 0.9$
电源频率	50Hz (转速60r/min)

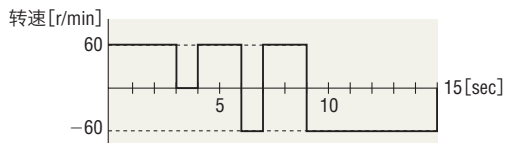


图2 运行模式

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

(2) 皮带的速度 V [mm/s]

请确认皮带 (工作物) 的速度。

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

(3) 负载转矩 T_L [N·m] 的计算

$$F = F_A + m_1 \cdot g (\sin \theta + \mu \cdot \cos \theta) = 0 + 1.5 \times 9.807 (\sin 0^\circ + 0.04 \cos 0^\circ) = 0.589 [\text{N}]$$

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

(4) 负载转动惯量 J_L [kg·m²] 的计算

$$J_{m1} = m_1 \left(\frac{\pi \cdot D}{2\pi} \right)^2 = 1.5 \times \left(\frac{\pi \times 30 \times 10^{-3}}{2\pi} \right)^2 = 3.38 \times 10^{-4} [\text{kg}\cdot\text{m}^2]$$

$$J_{m2} = \frac{1}{8} m_2 \cdot D^2 = \frac{1}{8} \times 0.1 \times (30 \times 10^{-3})^2 = 0.113 \times 10^{-4} [\text{kg}\cdot\text{m}^2]$$

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。

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

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

J_0 : 转子转动惯量

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

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

(7) 电动机的选用

选用满足必要运行转矩和容许负载转动惯量两方面要求的电动机。

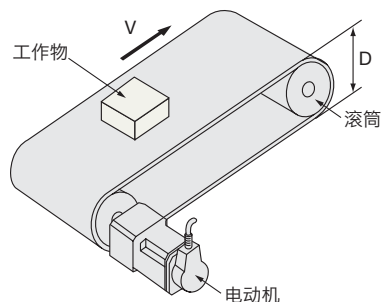
品名	转子转动 惯性力矩 [kg·m ²]	容许负载惯量 惯性力矩 [kg·m ²]	输出转矩 [N·m]
SMK5100C-A	1.4×10^{-4}	7×10^{-4}	1.12

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。

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

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

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之内。

(3) 负载转动惯量 J_G [kg·m²] 的计算

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

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

求得负载转动惯量 J_G 。

考虑有两个滚筒 (J_{m2})。

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

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

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

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

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 $T_M / T_L = 5.4 / 1.15 \div 4.6$ 。

此安全系数一般在1.5~2以上即可运行。

选用计算

电动机

电动
传动装置

风扇

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

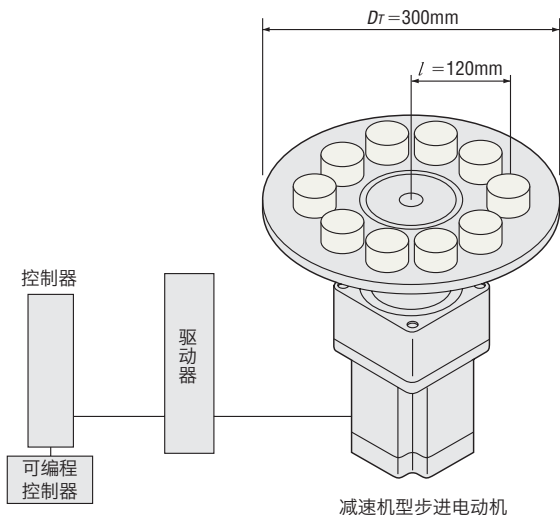
电动
传动装置

风扇

●分度盘机构

(1) 驱动机构部的规格及运行条件

分度盘之类的大惯性驱动，以使用减速机型步进电动机为宜。



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

可使用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

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

② 加减速时间 t_1 [s] 的确定

加减速时间以定位时间的25%为适，但此处

设为 $t_1 = 0.1$ [s]。

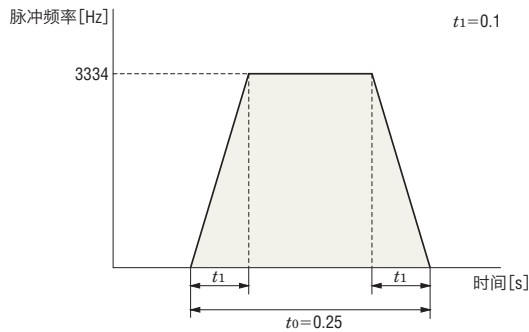
③ 运行脉冲频率 f_2 [Hz] 的计算

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

④ 运行速度 N_M [r/min] 的计算

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

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)

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

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

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

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。

$$T_a = \frac{(J_0 \cdot i^2 + J_L) \cdot N_M}{9.55} \cdot \frac{1}{t_1}$$

$$= \frac{(J_0 \times 10^2 + 2.66 \times 10^{-2})}{9.55} \cdot \frac{40}{0.1}$$

$$= 4.19 \times 10^3 J_0 + 1.11 [\text{N}\cdot\text{m}]$$

通过脉冲速度计算其加速转矩时，请参照如下所示。计算结果相同。

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

$$= (J_0 \times 10^2 + 2.66 \times 10^{-2}) \times \frac{\pi \times 0.072^\circ}{180^\circ} \times \frac{3334 - 0}{0.1}$$

$$= 4.19 \times 10^3 J_0 + 1.11 [\text{N}\cdot\text{m}]$$

③必要转矩 T_M [N·m] 的计算
以安全系数 $S_f=2$ 计算。

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

$$= \{0 + (4.19 \times 10^3 J_0 + 1.11)\} \times 2$$

$$= 8.38 \times 10^3 J_0 + 2.22 [\text{N}\cdot\text{m}]$$

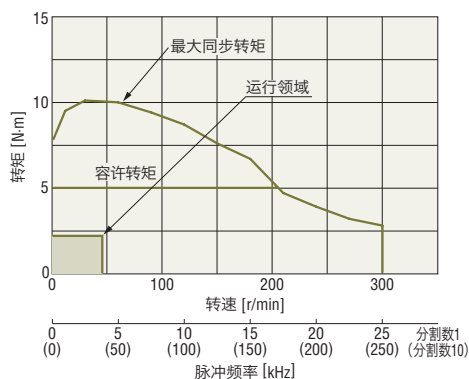
(4) 电动机的选用

①暂时选用电动机

品名	转子转动 惯性力矩 [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，可确认惯性和加减速常数。

(5) 惯性的确认 (参照H-6页)

RK566ACE-PS10的减速比为10，可参照如下计算惯性比。

$$\frac{J_L}{J_0 \cdot i^2} = \frac{2.66 \times 10^{-2}}{280 \times 10^{-7} \times 10^2}$$

$$\doteq 9.5$$

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。

$$T_R = \frac{t_1}{f_2 - f_1} = \frac{0.1 [\text{s}]}{3334 [\text{Hz}] - 0 [\text{Hz}]}$$

$$= \frac{100 [\text{ms}]}{3.334 [\text{kHz}] - 0 [\text{kHz}]}$$

$$\doteq 30 [\text{ms}/\text{kHz}]$$

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

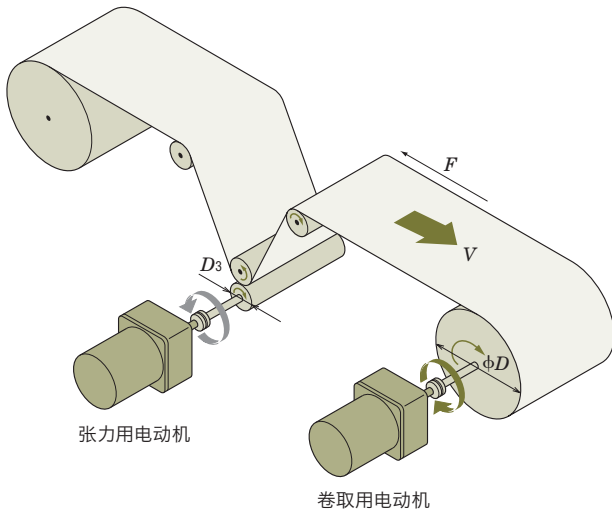
直线
减速机

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

(2) 卷取用电机的选用

卷取用电动机一般需具备以下条件。

- 一定的卷取速度
- 有一定的张力，防止材料松弛。

为了满足此条件，必须按以下的要点选择电动机。

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

①必要转速的计算

求得开始卷取时的必要转速 N_1 。

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

求得卷取结束时的必要转速 N_2 。

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

②必要转矩的计算

求得开始卷取时的必要转矩 T_1 。

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

求得卷取结束时的必要转矩 T_2 。

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

以下为卷取用电机的必要条件。

开始卷取：

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

卷取结束：

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

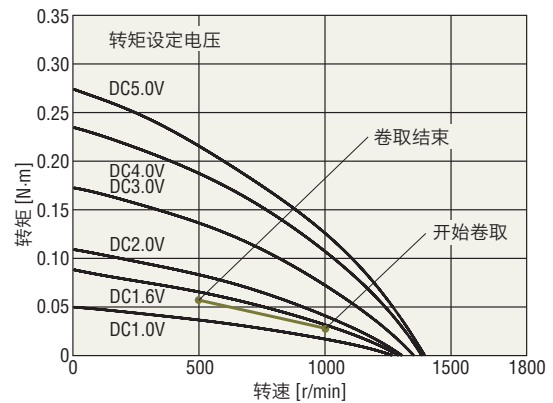
③电动机的选用

转速—转矩特性的确认

从力矩电动机组合产品**TM**系列中选择满足以上必要条件的电动机。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

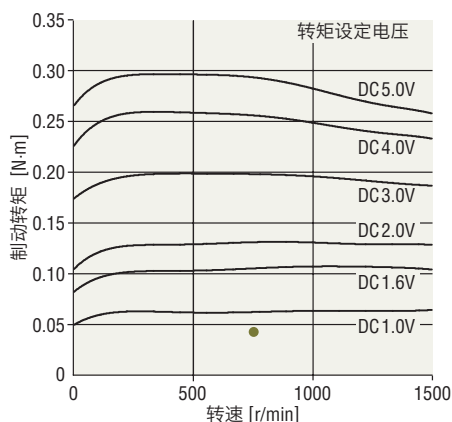
$$T_3 = \frac{F \cdot D_3}{2} = \frac{4 \times 0.02}{2} = 0.04 \text{ [N·m]}$$

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℃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