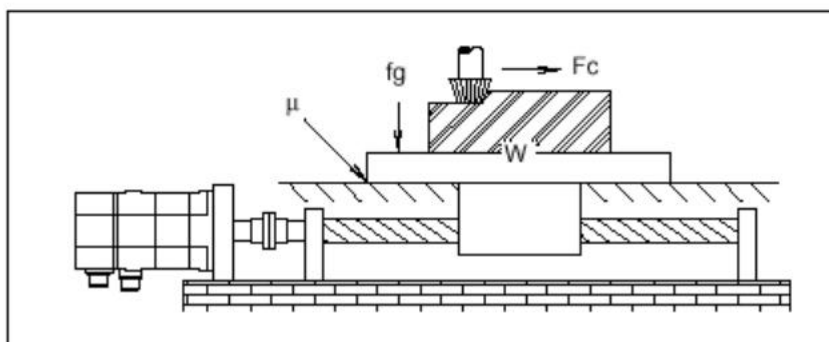


### 伺服电机选型实例

1. 选择电机时的计算条件 本节叙述水平运动伺服轴（见下图）的电机选择步骤。



例：工作台和工件的机械规格

W : 运动部件（工作台及工件）的重量（kgf）=1000 kgf  
 μ : 滑动表面的摩擦系数=0.05  
 π : 驱动系统（包括滚珠丝杠）的效率=0.9  
 fg : 镶条锁紧力（kgf）=50 kgf  
 Fc : 由切削力引起的反推力（kgf）=100 kgf  
 Fcf : 由切削力矩引起的滑动表面上工作台受到的力（kgf）=30kgf  
 Z1/Z2: 变速比=1/1

例：进给丝杠的（滚珠丝杠）的规格

Db : 轴径=32 mm  
 Lb : 轴长=1000 mm  
 P : 节距=8 mm

例：电机轴的运行规格

Ta : 加速力矩（kgf.cm）  
 Vm :快速移动时的电机速度(mm<sup>-1</sup>)=3000 mm<sup>-1</sup>  
 ta :加速时间(s)=0.10 s  
 Jm :电机的惯量(kgf.cm.sec<sup>2</sup>)  
 Jl :负载惯量(kgf.cm.sec<sup>2</sup>)  
 ks :伺服的位置回路增益(sec<sup>-1</sup>)=30 sec<sup>-1</sup>

#### 1.1 负载力矩和惯量的计算 计算负载力矩

加到电机轴上的负载力矩通常由下式算出:

$$T_m = \frac{F \times L}{2 \pi \eta} + T_f$$

Tm :加到电机轴上的负载力矩(Nm)  
 F :沿坐标轴移动一个部件(工作台或刀架)所需的力(kgf)  
 L :电机转一转机床的移动距离=P×(Z1/Z2)=8 mm  
 Tf :滚珠丝杠螺母或轴承加到电机轴上的摩擦力矩=2Nm

无论是否在切削，是垂直轴还是水平轴，F 值取决于工作台的重量，摩擦系数。若坐标轴是垂直轴，F 值还与平衡锤有关。对于水平工作台，F 值可按下列公式计算：

不切削时：

$$F = \mu (W+fg)$$

例如：

$$F=0.05 \times (1000+50)=52.5 \text{ (kgf)}$$

$$T_m = (52.5 \times 0.8) / (2 \times \mu \times 0.9) + 2 = 9.4 \text{ (kgf.cm)} \\ = 0.9 \text{ (Nm)}$$

切削时：

$$F = F_c + \mu (W+fg+F_{cf})$$

例如：

$$F=100+0.05 \times (1000+50+30)=154 \text{ (kgf)}$$

$$T_{mc} = (154 \times 0.8) / (2 \times \mu \times 0.9) + 2 = 21.8 \text{ (kgf.cm)} \\ = 2.1 \text{ (Nm)}$$

为了满足条件 1，应根据数据单选择电机，其负载力矩在不切削时应大于 0.9 (Nm)，最高转速应高于 3000 ( $\text{min}^{-1}$ )。考虑到加/减速，可选择  $\alpha 2/3000$  (其静止时的额定转矩为 2.0 Nm)。

• 注

计算力矩时，要注意以下几点：

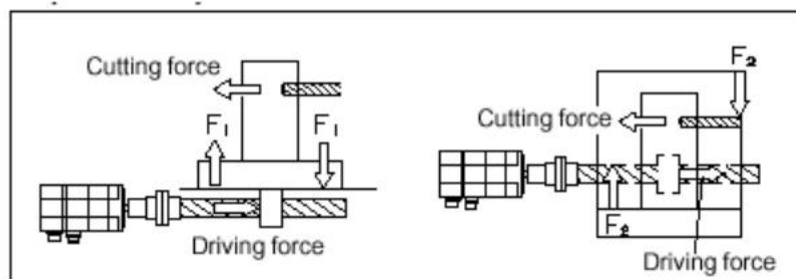
。考虑由镶条锁紧力 (fg) 引起的摩擦力矩

根据运动部件的重量和摩擦系数计算的力矩通常相当小。镶条锁紧力和滑动表面的质量对力矩有很大影响。

。滚珠丝杠的轴承和螺母的预加负荷，丝杠的预应力及其它一些因素有可能使得滚动接触的  $F_c$  相当大。小型和轻型机床其摩擦力矩会大大影响电机的承受的力矩。

。考虑由切削力引起的滑动表面摩擦力 ( $F_{cf}$ ) 的增加。切削力和驱动力通常并不作用在一个公共点上如下图所示。当切削力很大时，造成的力矩会增加滑动表面的负载。

当计算切削时的力矩时要考虑由负载引起的摩擦力矩。



。进给速度会使摩擦力矩变化很大。欲得到精确的摩擦力矩值，应仔细研究速度变化，工作台支撑结构 (滑动接触，滚动接触和静压力等)，滑动表面材料，润滑情况和其它因素对摩擦力的影响。

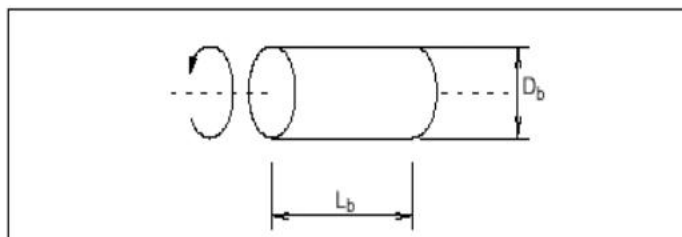
。机床的装配情况，环境温度，润滑状况对一台机床的摩擦力矩影响也很大。大量搜集同一型号机床的数据可以较为精确的计算其负

载力矩。调整镶条锁紧力时，要监测其摩擦力矩，注意不要产生过大的力矩。

计算负载惯量

与负载力矩不同，负载惯量可以精确地算出。由电机的转动驱动的物体的惯量形成电机的负载惯量，无论该物体是转动还是沿直线运动。对各运动物体分别计算其惯量，然后按一定规则将各物体的惯量加在一起，即可得出总惯量。总惯量可按下述方法计算：

- 圆柱体（滚珠丝杠，齿轮，联轴节等）的惯量计算



圆柱体绕其中心轴回传的惯量可按下式计算：

$$J = \frac{\pi \gamma}{32 \times 980} D_b^4 L_b \quad (\text{kgf.cm.s}^2)$$

J : 惯量(kgf.cm.s<sup>2</sup>)

γ : 物体的比重 (kg/cm<sup>3</sup>)

D<sub>b</sub> : 直径 (cm)

L<sub>b</sub> : 长度 (cm)

若物体的材料是铁（其比重为  $7.8 \times 10^{-3} \text{kg/cm}^3$ ），则惯量的近似值为：

$$J = 0.78 \times 10^{-6} D_b^4 L_b \quad (\text{kgf.cm.s}^2)$$

例如：

滚珠丝杠的 D<sub>b</sub> 为 32mm，L<sub>b</sub> 为 1000mm，其惯量为 J<sub>b</sub> 为：

$$J = 0.78 \times 10^{-6} \times 3.2^4 \times 100 = 0.0082 (\text{kg.cm.s}^2)$$

- 沿直线运动物体(工作台,工件等)的惯量

$$J = \frac{W}{980} \times \left( \frac{L}{2\pi} \right)^2 \quad (\text{kgf.cm.s}^2)$$

W : 沿直线运动物体的重量(kg)

L : 电机一转物体沿直线的移动距离(cm)

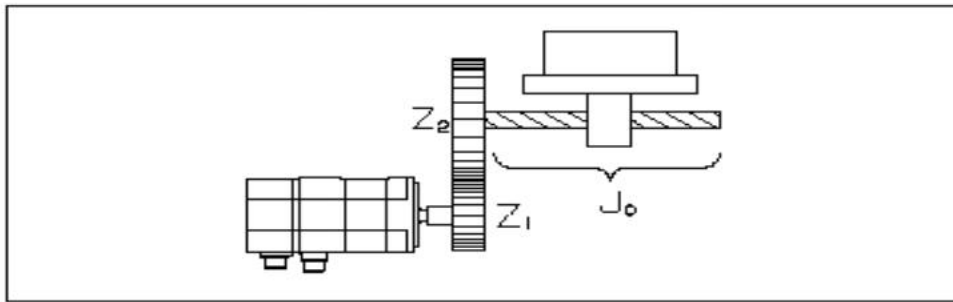
例如：

工作台和工件的 W 为 1000kg，L 为 8mm，则其惯量计算得：

$$J_w = 1000/980 \times (0.8/2/\pi)^2 = 0.0165 (\text{kgf.cm.s}^2)$$

- 速度高于或低于电机

轴速的物体的惯量(惯量的折算)

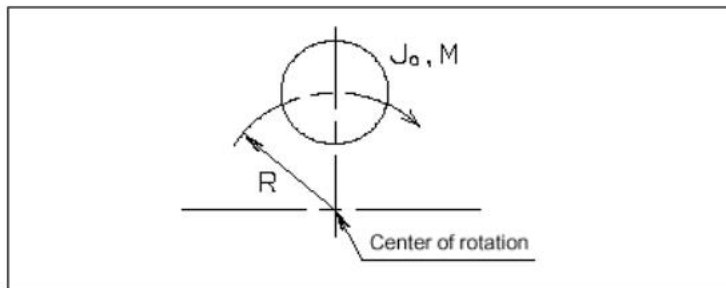


惯量  $J_0$  折算到电机轴上后的计算方法如下:

$$J = \left(\frac{Z_1}{Z_2}\right)^2 \times J_0 \text{ (kgf.cm.s}^2\text{)}$$

$J_0$  :折算前的惯量(kgf.cm.s<sup>2</sup>)

- 回转中心偏离轴心的圆柱体的惯量



$$J = J_0 + \frac{M}{980} R^2 \text{ (kgf.cm.s}^2\text{)}$$

$J_0$  :围绕圆柱体中心回转的转动惯量(kgf.cm.s<sup>2</sup>)

$M$  :物体的重量(kg)

$R$  :回转半径(cm)

上述公式用于计算大齿轮等零件的惯量。为了减小重量和惯量，这些零件的结构都是中空的。上述计算的惯量值的和是电机加速的负载惯量  $J$ 。

上述例子计算得到的  $J_B$  及  $J_W$  的和就是负载惯量  $J_L$ 。

$$J_L = 0.0082 + 0.0165 = 0.0247 \text{ (kgf.cm.s}^2\text{)}$$

- 对负载惯量的限制

负载惯量对电机的控制特性和快速移动的加/减速时间都有很大影响。负载惯量增加时，可能出现以下问题：指令变化后，需要较长的时间达到新指令指定的速度。若机床沿着两个轴高速运动加工圆弧等曲线，会造成较大的加工误差。

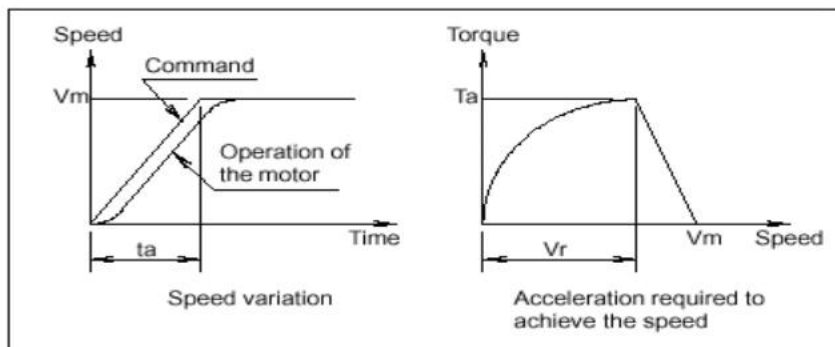
负载惯量小于或等于电机的惯量时，不会出现这些问题。若负载惯量为电机的 3 倍以上，控制特性就会降低。实际上这对普通金属加工机床的工作的影响不大，但是如果加工木制品或是高速加工曲线轨迹，建议负载惯量要小于或等于电机的惯量。

如果负载惯量比 3 倍的电机惯量大得多，则控制特性将大大下降。此时，电机的特性需要特殊调整。使用中应避免这样大的惯量。若机械设计出现这种情况，请与 FANUC 联系。

1.2 加速力矩的计算  
计算加速力矩：步骤 1

按下步骤计算加速力矩：  
假定电机由 NC 控制加/减速，计算其加速度。将加速度乘以总的转动惯量（电机的惯量 + 负载惯量），乘积就是加速力矩。计算式如下。

• 直线加/减速



$$T_a = \frac{V_m}{60} \times 2\pi \times \frac{1}{t_a} \times J_m \times (1 - e^{-k_s \cdot t_a}) + \frac{V_m}{60} \times 2\pi \times \frac{1}{t_a} \times J_L \times (1 - e^{-k_s \cdot t_a}) \div \eta$$

$$V_r = V_m \times \left\{ 1 - \frac{1}{T_a \cdot k_s} (1 - e^{-k_s \cdot t_a}) \right\}$$

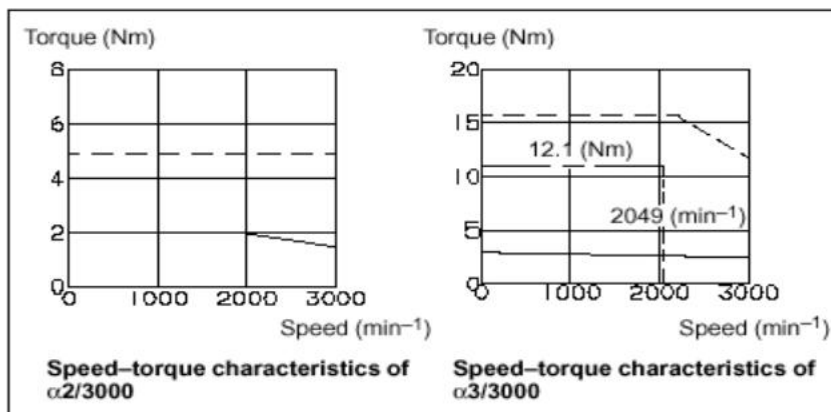
$T_a$  :加速力矩(kgf·cm)  
 $V_m$  :电机快速移动速度(min<sup>-1</sup>)  
 $t_a$  :加速时间(sec)  
 $J_m$  :电机的惯量(kgf.cm.s<sup>2</sup>)  
 $J_L$  :负载的惯量(kgf.cm.s<sup>2</sup>)  
 $V_r$  :加速力矩开始下降的速度(与  $V_m$  不同)(min<sup>-1</sup>)  
 $K_s$  :位置回路的增益(sec<sup>-1</sup>)  
 $\eta$  :机床的效率

例子:

在下列条件下进行直线加/减速:

电机为  $\alpha$  2/3000。首先计算电机和负载惯量，然后计算加速转矩。电机惯量  $J_m$  为 0.0061(kgf.cm.s<sup>2</sup>)， $V_m$  为 3000(min<sup>-1</sup>)， $t_a$  为 0.1(s)， $k_s$  为 30(sec<sup>-1</sup>)， $J_L=0.0247$ (kgf.cm.s<sup>2</sup>)。

$$T_a = 3000/60 \times 2\pi \times 1/0.1 \times 0.0061 \times (1 - e^{-30 \times 0.1}) + 3000/60 \times 2\pi \times 1/0.1 \times 0.0247 \times (1 - e^{-30 \times 0.1}) \div 0.9 = 100.1(\text{kgf.cm.}) = 9.81(\text{Nm})$$



由 α 2/3000 的速度-转矩特性可以看到，9.81 (Nm) 的加速力矩处于断续工作区的外面（见上面的特性曲线和电机的数据单）。（α 2/3000 的力矩是不够的。）

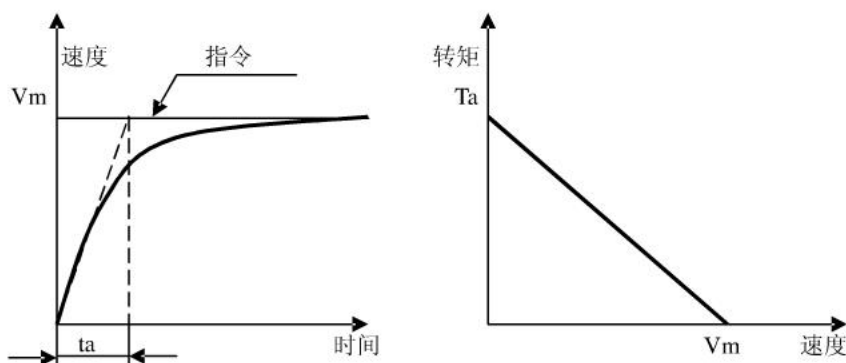
如果轴的运行特性（如，加速时间）不变，就必须选择大电机。比如，选择 α 3/3000 (Jm 为 0.02 kgf.cm.s<sup>2</sup>)，重新计算加速力矩如下：

$$T_a = 123.7(\text{Kg.cm}) = 12.1(\text{Nm})$$

$$V_r = 2049(\text{min}^{-1})$$

由该式可知，加速时，在转速 2049(min<sup>-1</sup>)时，要求加速力矩为 12.1 Nm。由上面的速度-力矩特性可以看出，用 α 3/3000 电机可满足加速要求。由于已将电机换为 α 3/3000，则法兰盘尺寸已经变为 130mm×130mm。若机床不允许用较大电机，就必须修改运行特性，例如，使加速时间延长。

• 不控制加/减速时



公式为：

$$T_a = \frac{V_m}{60} \times 2\pi \times \frac{1}{t_a} \times (J_m + J_L)$$

$$T_a = \frac{1}{k_s}$$

计算加速力矩：步骤 2

为了得到电机轴上的力矩 T，应在加速力矩 Ta 上增加 Tm（摩擦力矩）。

$$T = T_a + T_m$$

$$T = 12.1(\text{Nm}) + 0.9(\text{Nm}) = 13.0(\text{Nm})$$

计算加速力矩：步骤 3

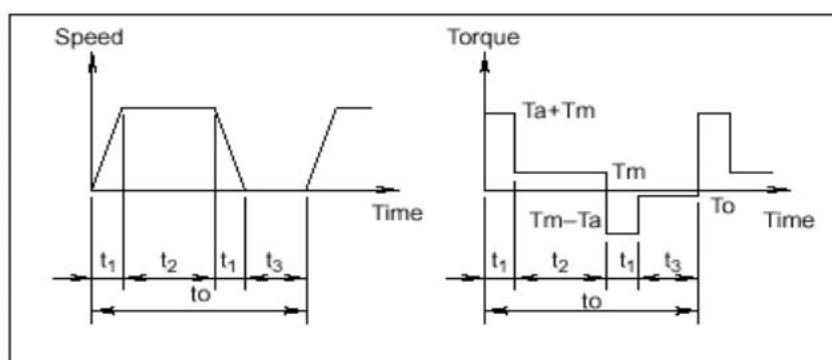
核算上面步骤 2 计算出的力矩 T 应小于或等于放大器已限定的力矩。用相应电机的速度-转矩特性和数据单核算由步骤 1 算得的 Vr 时的 T 应在断续工作区内。

因为 Vr 为 2049(min<sup>-1</sup>), T 为 13.0(Nm), 用指定的时间常数加速是可能的 (条件 2)。

1.3 计算力矩的均方根值

计算快速定位频率

绘制快速定位一个周期的速度-时间和转矩-时间图, 如下图。普通切削时, 快速定位的频率不会有问題; 但是, 对于有些频繁快速定位的机床必须检查加/减速电流是否会引起电机过热。



根据力矩-时间图可以得到一个运行周期的加于电机上力矩的均方根值。对该值进行核算, 确保要小于或等于电机的额定力矩 (条件 3)。

$$Trms = \sqrt{\frac{(Ta+Tm)^2 t_2 + Tm^2 t_2 + (Ta-Tm)^2 t_1 + To^2 t_3}{t_0}}$$

Ta : 加速力矩  
Tm : 摩擦力矩  
To : 停止时的力矩

如果 Trms 小于或等于电机静止时的额定力矩 (Ts), 则选择的电机可以使用。(考虑到发热系数, 核算时静止力矩应为实际静止额定力矩的 90%。

例子:

在下列条件下选用 α 3/3000 (Ts=31 kgf.cm) =3.0Nm 的电机:  
Ta=12.1 Nm; Tm=To=0.9 Nm; t1= 0.1 s; t2=1.8s; t3=7.0s。

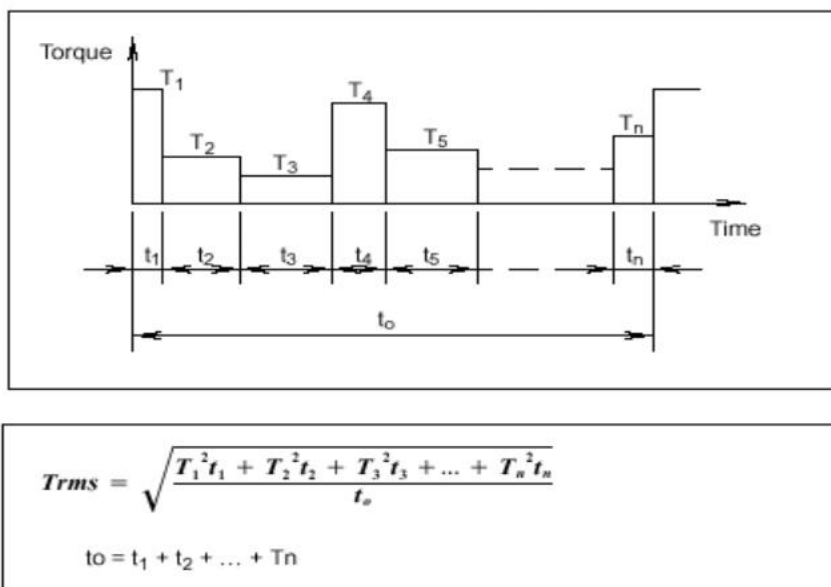
$$Trms = \sqrt{\frac{(12.1+0.9)^2 \times 0.1 + 0.9^2 \times 1.8 + (12.1-0.9)^2 \times 0.1 + 0.9^2 \times 7}{0.1 + 1.8 + 7}}$$

$$= 20.2 \text{ Nm} < Ts \times 0.9 = 2.9 \times 0.9 = 2.61 \text{ Nm}$$

因此, 用 α 3/3000 电机可以满足上述运行条件。(条件 3)

计算在一个负载变化的工作周期内的转矩  $T_{rms}$

若负载（切削负载，加/减速度）变化频繁，其力矩-时间图如下图所示。用该图计算出力矩的均方根值后进行核算，和上述一样，使其小于或等于电机的额定力矩。



#### 1.4 计算最大切削力矩的负荷百分比

核算工作台以最大切削力矩  $T_{mc}$  运动的时间（在负荷期间或 ON 的时间）要在希望的切削时间内。（**条件 5**）

如果切削时加于电机轴上的  $T_{mc}$ （最大负载力矩）--由 § 1.1 算得的一小于电机的静止额定力矩( $T_c$ )与  $\alpha$  (热效率)的乘积, 则所选电机可以满足连续切削。若  $T_{mc}$  大于该乘积 ( $T_{mc} > T_c \times \alpha$ ), 则按下述步骤计算负荷时间比 ( $t_{on}$ )。  $T_{mc}$  可以在整个切削周期内加到电机上。（假设  $\alpha$  为 0.9, 考虑机床运行条件计算负荷百分比。）

$T_{mc} < T_c \times \alpha$  可用最大切削力矩连续运行（用最大切削力矩运行的周期负荷百分比是 100%）。

$T_{mc} > T_c \times \alpha$  根据下图和公式计算周期负荷的百分比。

例如：

如 § 1.1 的计算结果：

$$T_{mc} = 21.8 \text{ kgf.cm} = 2.1 \text{ Nm}$$

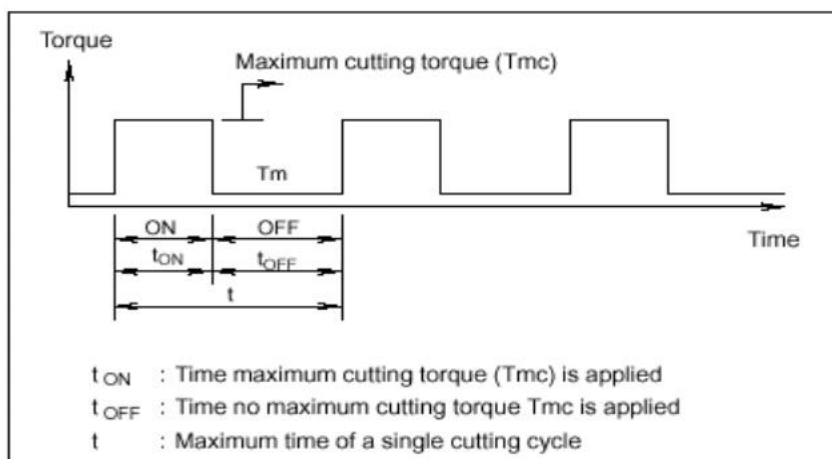
$$\text{OS: } T_c = 30 \text{ kgf.cm} = 2.9 \text{ Nm}$$

$$2.9 \times 0.9 = 2.6 \text{ Nm} > 2.1 \text{ Nm} = T_{mc}$$

连续切削不会有问題。

计算最大切削力矩的周期负荷百分比





用 § 1.3 所述的方法计算一个切削周期内力矩的均方根值，指定时间  $t_{on}$  和  $t_{off}$ ，以使均方根值不要超过静止额定力矩  $T_c$  与热效率  $\alpha$  的乘积。则最大切削力矩的周期负荷百分比计算如下：

$$\text{最大切削力矩的 (} T_{mc} \text{) 周期负荷百分比} = \frac{t_{on}}{T} \times 100\%$$

例如：

假设  $T_{mc}=4.0 \text{ Nm}$ ；  $T_m=0.9 \text{ Nm}$

$$\sqrt{\frac{4.0^2 \times t_{on} + 0.9^2 \times t_{off}}{t_{on} + t_{off}}} < 2.6 \text{ Nm}$$

$$\text{因此 } \frac{t_{on}}{t_{off}} < \frac{1}{1.6}$$

即，非切削时间与切削时间的百分比为 1.6，或更大一些。

周期负荷的百分比为：

$$\frac{t_{on}}{t_{off}} \times 100 = 38.5\%$$

所以， $\alpha 3/3000$  电机满足上述选择条件 1—5。

### 3 电机的选择

根据加于电动机上的负载，快速运动速度，系统的分辨率等条件选择电机。本节后面的“伺服电机的选择数据表”，可

以帮助正确地选择。

将机床的数据添在表的 1-3 组中，寄到我公司的代表处，他们将负责填写表中 4-8 组的电机数据，并将表寄回。表中数据在 § 3.1 和 § 3.2 中详细解释。

### 3.1 非数据组

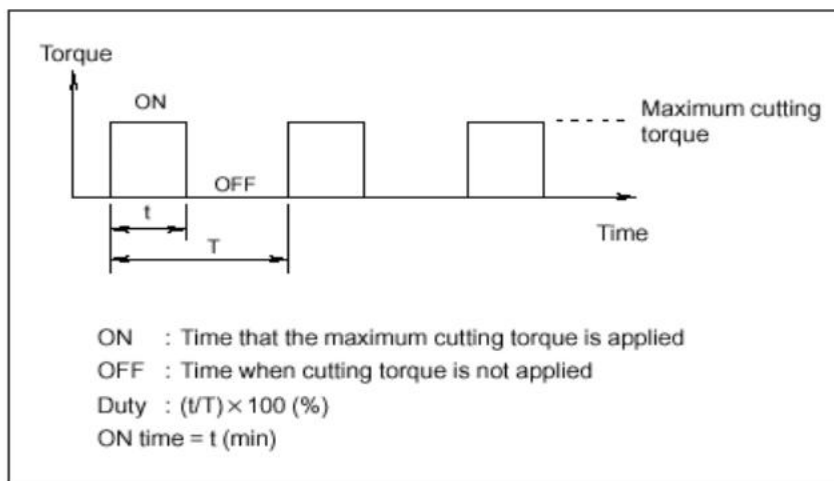
机床类型	添入机床的型式，如：车床，铣床，加工中心等。
机床型号	机床厂确定的型号。
CNC 装置	使用的 CNC 系统，如：0MC，15T，16M 等。
主轴电机的功率	该组用于检查伺服电机的输出功率。
轴的名称	CNC 指令使用的轴。若超过 4 个轴，添在第 2 张表上。
版本号，日期，名字等	由 FANUC 填写。

### 3.2 数据

机床厂需填写 1, 2, 3 组数据，其后的数据如果能够确定也可以添入。如果确定不了，可由 FANUC 代表填写。各项的详细内容如下所述。

No.1 组	此组数据用于确定电机负载（惯量，力矩等）的近似值。该组的全部数据都要添。
• 轴的运动方向	即运动部件如：工作台，刀架等的移动方向。若轴为斜向移动，要添入与水平方向的角度（如 $60^\circ$ ）。 为了计算再生放电能量，无论是水平方向还是垂直方向都必须指明。
• 驱动部件的重量	添入运动部件如工作台，刀架（包括工件，卡具等但不要包含下一组中的平衡锤）等的最大重量。
• 平衡锤	垂直轴若有平衡锤请添入其重量，若用液压平衡请添入平衡力。
• 工作台支撑	添入工作台滑板的类型，如：滚动，滑动或是静压。若有其它形式的滑动导轨材料，请说明。
• 进给丝杠	按次添入丝杠的直径，节距，长度。
• 传动比	添入滚珠丝杠与进给电机之间的传动比，齿轮齿条时小齿轮与进给电机间的传动比，回转工作台转台与电机间的传动比。
No.2 组	这组是选择电机的基本数据。其中某些数据的计算方法请见 § 4.1 和 § 4.2。

- 电机每转的工作台的移动量  
 添入电机转一转时机床的实际移动量。例如：
  - 当滚珠丝杠的螺距为 12mm，变速比为 2/3 时，每转的移动量为  $12 \times 2/3 = 8 \text{ mm}$
  - 若用于转台，变速比为 1/72 时，每转的移动量是  $360 \times 1/72 = 5 \text{ deg}$ 。
- CNC 的最小输入单位  
 添入 NC 指令的最小输入单位值。0, 15, 16, 18 系统为 0.001mm。
- 快速移动速度和进给速度  
 添入机床实际要求的快速移动速度和坐标进给速度。
- 惯量  
 添入折算到电机轴上的全部负载惯量值。计算方法见 § 1.1。惯量值不必很准确，添入 2 位或 1 位数即可。例如，0.2865 可添入 0.29 或 0.3。注意该值不要包括毒剂本身的惯量值。
- 负载力矩
  - 由于在电机停止时也可能有非切削力矩，所以在考虑电机的连续力矩时应留有一定余量。负载力矩要小于电机额定力矩的 70%。
  - 快速运动的力矩要添入快速移动稳态时的力矩。要确保该值要小于电机的连续额定力矩。该项数据不要包括加/减速所需力矩。
  - 进给时的切削力，要添入切削时进给方向的最大切削力。
  - 对于最大切削力矩，要添入上述加于电机轴的最大切削力的力矩值。由于切削力产生的反作用力将大大影响力矩的传送效率，所以要想得到精确地最大切削力矩，必须考虑其它数据或在机床上测量。
  - 在垂直轴方向，若上升或下降的负载力矩值不一样，就应添入两个值。
- 最大负荷（加工）时间/ON 时间  
 在“负载力矩”项中添入最大切削力矩的负荷比和 ON 时间。各值的意义如下图。



- 快速移动定位的频率  
 添入每分钟快速定位的次数。该值用来检查加/减速时电机是否会发热及放大器的放电能量。

No.3组 这组数据用于检查位置编码器装在电机外部时伺服系统的稳定性。当系统用直线光栅尺和分离型编码器时不要忘记添

• 分离型检测器

入这些数据。

若位置编码器装在电机外面，添入检测器的名称。若 1 使用回转式检测器，在“标注 (Remark)” 栏中添入下列各项。

• 旋转变压器

旋变转一转时机床的移动量。

旋变转一转时的波长数。

• 脉冲编码器

脉冲转一转时机床的移动量。

脉冲编码器的脉冲数。

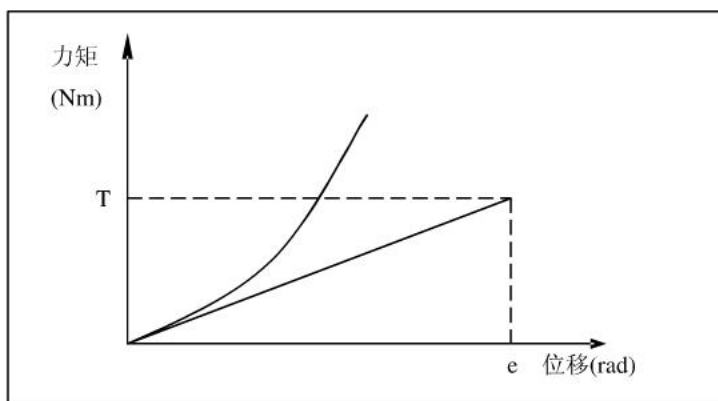
• 机床进给系统的刚性

该项添入力矩加于电机轴且最终的驱动部件（如工作台）锁住时的力矩与移动量之间的关系值，的即 1 弧度角位移所用的力矩值。例如：

力矩 500kgf.cm 时位移 5deg 的计算结果如下：

$$\text{刚性} = 500/5 \times 180/\pi = 5730 \text{ kgf.cm/rad}$$

若位移与力矩的关系是非线形的，可用原点附近的梯度计算。



• 反向间隙

添入变换到工作台移动量的电机与最后驱动部件间（如工作台）的间隙。

No.4

电机的规格。

• 电机的型号

添入电机的名称，内装反馈单元的规格。

• 选择项，特殊规格  
反馈 (FB) 型式

添入特殊规格要求，如果有的话。

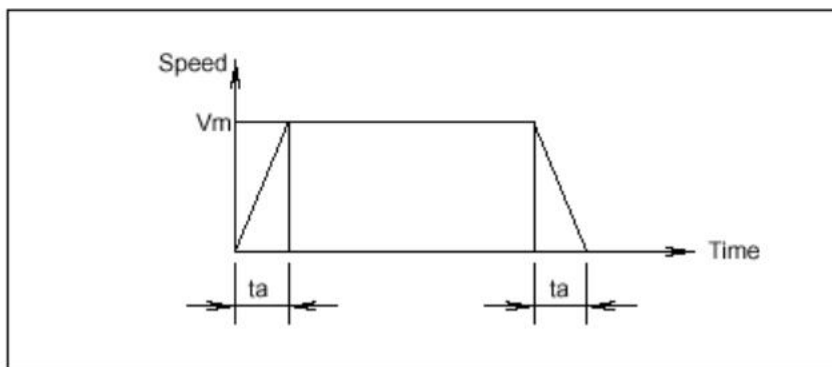
No.5

该组参数是指令的加/减速时间。并非定位的实际执行时间。

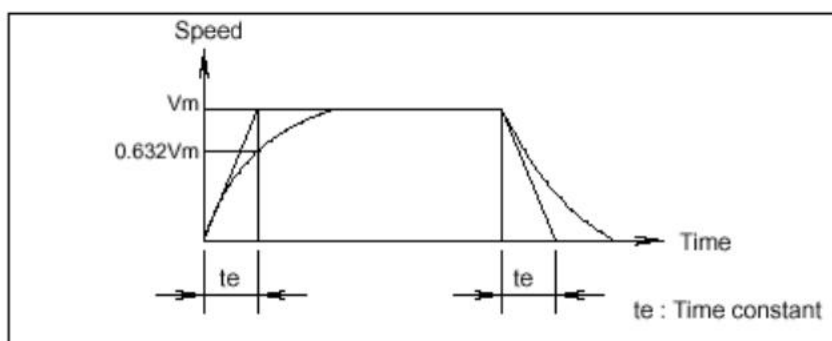
• 快速移动时加/减速时间

加/减速时间根据负载惯量，负载力矩，电机的输出力矩和加工速度决定。详细地计算见 § 1.2 和 § 1.3。

FANUC 的 CNC 快速运动时为线性加/减速。



- 切削进给时的加/减速 通常，切削进给时用指数函数加/减速。这组数据添入时间常数。



No.6

- 输入倍乘比,指令倍乘比,柔性变速比 该组数据要求添入以最小输入单位移机床时的 NC 所需的设定值。这些值的关系如下图示。

上图中，各比值必须设定，以保证误差寄存器的两个输入 a 和 b 要相等脉冲编码器用柔变速比。所以，CMR 通常设 1。若不设 1，请与 FANUC 商量。柔性变速比（F.FG）要设定电机轴转一转时所要脉冲数与反馈脉冲数的比值算法如下：

$$F.FG = \frac{\text{电机轴转一转要求的进脉冲数}}{1,000,000}$$

**注**

计算时，α 脉冲编码器的反馈脉冲数是 1,000,000。分子和分母的最大允许值是 32767。分数要约为真分数。

例如：

NC 的脉冲当量为 1 μ m，电机一转机床的移动距为 8mm，使用 A64 脉冲编码器。则

$$F.FG = \frac{8,000}{1,000,000,000} = \frac{1}{125}, \quad CMR=1$$

半闭环且 1 μ m 检测单位 F.FG 的设定如下：

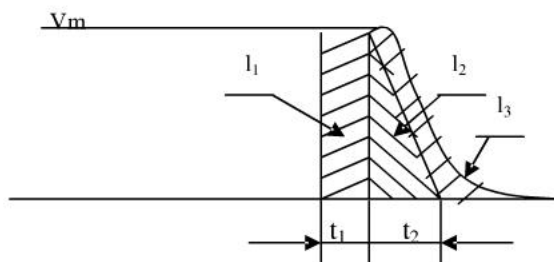
电机一转机床的位移量 (mm/rev)	所需的位置脉冲数 (脉冲数/转)	F.FG
10	10000	1/100
20	20000	2/10 或 1/50
30	30000	3/100

• 位置回路增益

该组参数根据惯量添入经验值。由于机床的刚性，阻尼和其它因素的影响，这些参数并非总是可用的，通常是按实际机床确定。若位置编码器装在电机的外面，这些值受机床的刚性，反向间隙，摩擦力矩影响。这些值必须填写。

• 减速停止的距离

在行程的终端，要考虑机床减速停止的距离，将其添入本组数据。



$V_m$  : 快速运动速度, mm/min 或 deg/min。

$l_1$  : 由接收器的动作延时造成的运动距离。

$l_2$  : 减速时间  $t_2$  造成运动距离。

$l_3$  : 伺服的偏差量。

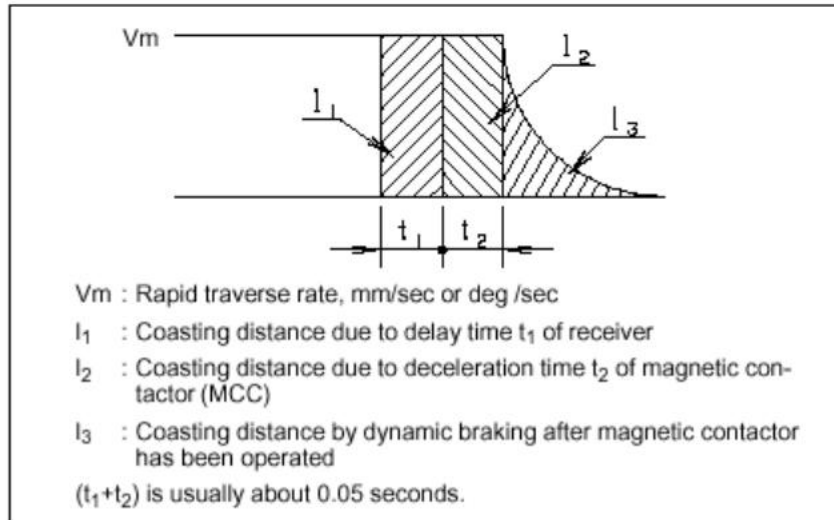
$t_1$  : 通常为 0.02 秒。

$$\text{移动距离} = \frac{V_m}{60} \times \left( t_1 + \frac{t_2}{2} + \frac{1}{k_s} \right)$$

$k_s$  : 位置回路增益 ( $\text{sec}^{-1}$ )

• 动态制动的停止距离

该距离是当故障时，切断机床电源动态制动停止造成移动距离。



- $V_m$  : 快速移动速率, mm/min 或 deg/min
- $l_1$  : 由于接收器的延时  $t_1$  造成的移动距离
- $l_2$  : 由于磁接触器的断开延时  $t_2$  组成的移动距离
- $l_3$  : 磁接触器动作后动制动造成的移动距离
- $(t_1+t_2)$  通常大约为 0.05 秒

移动距离 (mm 或 deg) =

$$= \frac{V_m}{60} \times (t_1+t_2) + (J_m+J_l) \times (A n_0+B n_0^3) \times L$$

- $J_m$  : 电机的惯量 (kg.cm.s<sup>2</sup>)
- $J_l$  : 负载惯量 (kg.cm.s<sup>2</sup>)
- $n_0$  : 电机快速移动速度 (rpm)
- $L$  : 电机一转机移动量 (mm 或 deg)

$n_0 L = V_m$   
 A 和 B 是常数, 随电机而变各种电机的值见下面“动态制动停止距离计算的系数”。

- No.8组
- 放大器的型式
  - 变压器
  - 放大器规格

- 伺服放大器的规格。  
 指定 AC。  
 添入变压器的规格。  
 添入放大器模块的规格。

计算动态制动停止  
距离的系数

Model	A	B	Jm (kgf·cm·s <sup>2</sup> )
<b>α series</b>			
α1/3000	$4.4 \times 10^{-2}$	$1.7 \times 10^{-8}$	0.0031
α2/2000	$1.5 \times 10^{-2}$	$6.6 \times 10^{-9}$	0.0056
α2/3000	$1.5 \times 10^{-2}$	$6.5 \times 10^{-9}$	0.0061
α3/3000	$3.1 \times 10^{-2}$	$3.3 \times 10^{-9}$	0.014
α6/2000	$1.1 \times 10^{-2}$	$2.1 \times 10^{-9}$	0.027
α6/3000	$2.4 \times 10^{-2}$	$1.0 \times 10^{-9}$	0.027
α12/2000	$7.0 \times 10^{-3}$	$3.0 \times 10^{-9}$	0.064
α12/3000	$1.4 \times 10^{-2}$	$1.5 \times 10^{-9}$	0.064
α22/1500	$3.8 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-9}$	0.12
α22/2000	$6.1 \times 10^{-3}$	$8.1 \times 10^{-10}$	0.12
α22/3000	$7.3 \times 10^{-3}$	$6.8 \times 10^{-10}$	0.12
α30/1200	$1.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-9}$	0.17
α30/2000	$1.8 \times 10^{-3}$	$1.2 \times 10^{-9}$	0.17
α30/3000	$4.3 \times 10^{-3}$	$4.9 \times 10^{-10}$	0.17
α40/2000	$1.8 \times 10^{-3}$	$6.3 \times 10^{-10}$	0.23
α65/2000	$1.7 \times 10^{-3}$	$4.2 \times 10^{-10}$	0.19
α100/2000	$1.3 \times 10^{-3}$	$2.4 \times 10^{-10}$	0.27
α150/2000	$1.0 \times 10^{-3}$	$1.7 \times 10^{-10}$	0.35
<b>αM series</b>			
αM3/3000	$2.0 \times 10^{-2}$	$7.8 \times 10^{-9}$	0.0030
αM2.5/3000	$7.0 \times 10^{-3}$	$4.8 \times 10^{-9}$	0.0053
αM3/3000	$4.4 \times 10^{-2}$	$3.7 \times 10^{-9}$	0.008
αM6/3000	$1.8 \times 10^{-2}$	$1.5 \times 10^{-9}$	0.014
αM9/3000	$1.2 \times 10^{-2}$	$4.8 \times 10^{-10}$	0.026
αM22/3000	$6.2 \times 10^{-3}$	$6.8 \times 10^{-10}$	0.059
αM30/3000	$3.0 \times 10^{-3}$	$3.2 \times 10^{-10}$	0.11
<b>αL series</b>			
αL6/3000	$2.7 \times 10^{-2}$	$5.5 \times 10^{-9}$	0.0050
αL9/3000	$2.4 \times 10^{-2}$	$8.7 \times 10^{-10}$	0.010
αL25/3000	$6.3 \times 10^{-3}$	$9.1 \times 10^{-10}$	0.055
αL50/2000	$3.0 \times 10^{-3}$	$6.2 \times 10^{-10}$	0.10
<b>αC series</b>			
αC3/2000	$8.1 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-8}$	0.014
αC6/2000	$2.9 \times 10^{-3}$	$8.2 \times 10^{-9}$	0.027
αC12/2000	$1.6 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-8}$	0.064
αC22/2000	$3.8 \times 10^{-3}$	$1.3 \times 10^{-9}$	0.12



Model	A	B	Jm (kgf cm s <sup>2</sup> )
<b>α (HV) series</b>			
α3/3000HV	$3.4 \times 10^{-2}$	$3.0 \times 10^{-9}$	0.014
α6/3000HV	$1.3 \times 10^{-2}$	$1.8 \times 10^{-9}$	0.027
α12/3000HV	$1.4 \times 10^{-2}$	$1.5 \times 10^{-9}$	0.064
α22/3000HV	$7.8 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-10}$	0.12
α30/3000HV	$4.3 \times 10^{-3}$	$5.0 \times 10^{-10}$	0.17
<b>αM (HV) series</b>			
αM6/3000HV	$1.4 \times 10^{-2}$	$1.9 \times 10^{-9}$	0.014
αM9/3000HV	$1.1 \times 10^{-2}$	$5.2 \times 10^{-10}$	0.026
αM22/3000HV	$8.6 \times 10^{-3}$	$3.1 \times 10^{-10}$	0.059
αM30/3000HV	$6.8 \times 10^{-3}$	$6.4 \times 10^{-11}$	0.11

计算 A 和 B 时，假设电源线每相的电阻为 0.05 Ω。由于电阻的变化，表中的数值会稍有不同。

系数值还随伺服放大器改变。这些系数将引起机床停止距离的变化。

MTB 选择 AC 伺服电机的数据表

机床	类别	型号
NC, 主轴电机	NC: FANUC ( )	主轴电机 KW

No	轴						
	项目						
1	轴移动方向 (水平,垂直)						
	运动部件的重量(包括工件等)		kgf				
	平衡锤的重量		kgf				
	工作台支撑(滑动,滚动,静压)						
	进给丝杠	直径					
		节距					
		轴长					
总变速比							
2	电机轴一转机床移动量		mm				
	NC 的最小移动单位		mm				
	快速运动速度		mm/min				
	切削速度		mm/min				
	惯量		kgf.cm.sec <sup>2</sup>				
	负载力矩	不切削最低速度时		kgf.cm			
		快速运动时		kgf.cm			
		切削力		kg			
		最大切削力矩		kgf.cm			
	最重切削负荷比/ON 时间		%/min				
快速定位的频率		次数/min					
3	分离型位置编码器						
	机床进给系统的刚性		kgf.cm/rad				
	反向间隙		mm				
4	电机型号						
	反馈型式						
	快速运动转数		rpm				
	选项/特殊规格要求						
5	快速运动时的加/减速时间		msec				
	切削进给时的加/减速时间		msec				
6	指令倍乘比		CMR				
	检测倍乘比		DMR				
	柔性变速比		FFG				
	位置回路增益		sec <sup>-1</sup>				
7	减速停止距离		mm				
	动态制动停止距离		mm				
8	放大器型号						
	变压器						
	规格	放大器					
备注							

FANUC LTD

MTB 选择 AC 伺服电机的数据表(定位用, 如冲床)

机床	类别	型号
NC	NC: FANUC ( )	

项目	轴名		
运动件规格			
轴移动方向 (水平,垂直,回转)			
运动部件的重量(包括工件等)	kgf		
平衡锤的重量	kgf		
工作台支撑(滑动,滚动,静压) (※)			
进给机构(选择下列之一,并添入相应数据)			
进给丝杠: (直径, 节距, 轴长)			
齿轮-齿条: 小齿轮直径 (小齿轮一转机床的移动距离: mm)			
其它			
机床规格			
电机轴一转机床移动量	mm		
总的减速比			
惯量 (减速前即加到电机轴的)	kgf.cm.sec <sup>2</sup>		
NC 的最小输入单位 (分辨率)			
最高快速运动速度	mm/min		
快速运动时电机转数	rpm		
快速运动时的加/减速时间	msec		
快速定位距离	mm		
快速定位的频率	次数/min		
在备注栏中添入运行周期 (速度图)			
负载力矩	kgf.cm		
不切削最低速度时	kgf.cm		
快速运动时	kgf.cm		
反向间隙	mm		
分离型检测器 (※※)			
分离型位置检测器的类型 (检测单位, 脉冲数, 等)			
用回转型编码器时齿轮直径, 减速比			
电机规格			
电机型号 (尺寸和功率)			
反馈型式 (绝对位置编码器时)			
选择项 (制动器, 非标准轴等)			
由 FANUC 添入的数据			
指令倍乘比	CMR		
检测倍乘比	DMR		
柔性变速比	FFG		
位置回路增益	sec <sup>-1</sup>		
减速停止距离	mm		
动态制动停止距离	mm		
放大器规格			
再生放电单元规格			
变压器规格			
注	※ 滑动表面的摩擦系数。 ※※ 下列情况要用分离型编码器: 电机和丝杠的机械位置分开时。		
备注			
	版本	日期	姓名

