

伺服电机在金属切削机床的应用与选型

机床的驱动电机包括进给伺服电机和主轴伺服电机两类. 机械制造商在选购电机时但心切削力不够, 往往选择较大规格的马达, 这不但会增加机床的制造成本, 而且使之体积增大, 其结构布局不紧凑. 因此, 一定要通过具体的分析计算, 选择最佳规格的电机.

一, 进给驱动伺服电机的选择

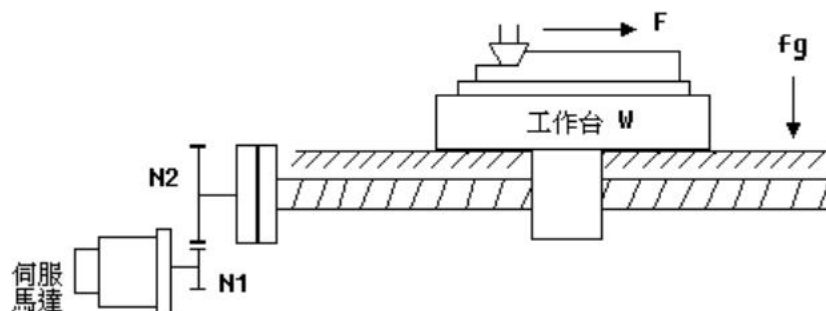
1, 原则上应该**根据负载条件来选择伺服电机**. 在电机轴上所家的负载有两种, 即阻尼转矩和惯量负载. 这两种负载都要正确地计算, 其值应满足下列条件:

- 1) 当机床作空载运行时, 在整个速度范围内, 加在伺服电机轴上的负载转矩应在电机连续额定转矩范围内, 即应在转矩—速度特性曲线的连续工作区.
- 2) 最大负载转矩, 加载周期以及过载时间都在提供的特性曲线的准许范围以内.
- 3) 电机在加速/减速过程中的转矩应在加减速区(或间断工作区)之内.
- 4) 对要求频繁起, 制动以及周期性变化的负载, 必须检查它的在一个周期中的转矩均方根值. 并应小于电机的连续额定转矩.

加在电机轴上的负载惯量大小对电机的灵敏度和整个伺服系统的精度将产生影响. 通常, 当负载小于电机转子惯量时, 上述影响不大. 但当负载惯量达到甚至超过转子惯量的 5 倍时, 会使灵敏度和响应时间受到很大的影响. 甚至会使伺服放大器不能在正常调节范围内工作. 所以对这类惯量应避免使用. 推荐对伺服电机惯量 J_m 和负载惯量 J_l 之间的关系: $1 \leq J_l/J_m < 5$

2, **负载转矩的计算方法** 加到伺服电机轴上的负载转矩计算公式, 因机械而异. 但不论何种机械, 都应计算出折算到电机轴上的负载转矩. 通常, 折算到伺服电机轴上的负载转矩可由下列公式计算:

$$T_l = (F \cdot L / 2 \pi \mu) + T_0$$



式中: T_1 —折算到电机轴上的负载转矩 (N. M);

F —轴向移动工作台时所需要的力

L —电机轴每转的机械位移量 (M)

T_0 —滚珠丝杠螺母, 轴承部分摩擦转矩折算到伺服电机轴上的值 (N. M)

μ —驱动系统的效率

F 取决于工作台的重量, 摩擦系数, 水平或垂直方向的切削力, 是否使用了平衡块 (用在垂直轴). 如果是水平方向, F 轴的值由上图例给出.

无切削时: $F = \mu * (W + fg)$

切削时: $F = F_c + \mu * (W + fg + F_{cf})$

W : 滑块的重量 (工作台与工件) Kg

μ : 摩擦系数

F_c : 切削力的反作用力

fg : 用镶条固紧力

F_{cf} : 由于切削力靠在滑块表面作用在工作台上的力 (kg) 即工作台压向导轨的正向压力.

计算转矩时下列几点应特别注意.

- (a) 由于镶条产生的摩擦转矩必须充分地考虑. 通常, 仅仅从滑块的重量和摩擦系数来计算的转矩很小的. 情特别注意由于镶条加紧以及滑块表面的精度误差所产生的力矩.
- (b) 由于轴承, 螺母的预加载, 以及丝杠的预紧力滚珠接触面的摩擦等所产生的转矩均不能忽略. 尤其是小型轻重量的设备. 这样的转矩响应乡整个转矩. 所以要特别注意.
- (c) 切削力的反作用力会使工作台的摩擦增加, 以此承受切削反作用力的点与承受驱动力的点通常是分离的. 如图所示, 在承受大的切削反作用力的瞬间, 滑块表面的负载也增加. 当计算切削期间的转矩时, 由于这一载荷引起的摩擦转矩的增加应给予考虑.
- (d) 摩擦转矩受进给速率的影响很大, 必须研究测量因速度工作台支撑物 (滑块, 滚珠, 净压力), 滑块表面材料及润滑条件的改变而引起的摩擦的变化. 已得出正确的数值.
- (e) 通常, 即使在同一台的机械上, 随调整条件, 周围温度, 或润滑条件等因素而变化. 当计算负载转矩时, 请尽量借助测量同种机械上而积累的参数, 来得到正确的数据.

3, 负载惯量的计算 由电机驱动的所有运动部件, 无论旋转运动的部件, 还是直线运动的部件, 都成为电机的负载惯量. 电机轴上的负载总惯量可以通过计算各个被驱动的部件的惯量, 并按一定的规律将其相加得到.

- 1) 圆柱体惯量 如滚珠丝杠, 齿轮等围绕其中心轴旋转时的惯量可按下面公式计算:

$$J = (\pi \gamma / 32) * D^4 L \quad (\text{kg cm}^2)$$

如机构为钢材,则可按下面公式计算;

$$J=(0.78 \times 10^{-6}) * D^4 L \quad (\text{kg cm}^2)$$

式中; γ —材料的密度 (kg/cm^3)

D—圆柱体的直径 (cm)

L—圆柱体的长度 (cm)

2) 轴向移动物体的惯量

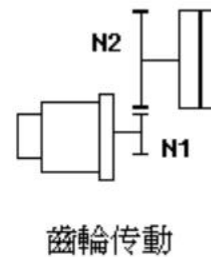
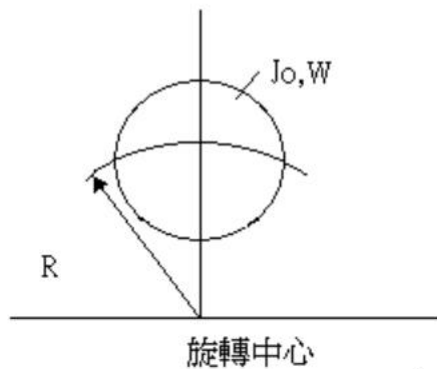
工件,工作台等轴向移动物体的惯量,可由下面公式得出:

$$J=W*(L/2\pi)^2 \quad (\text{kg cm}^2)$$

式中; W—直线移动物体的重量 (kg)

L—电机每转在直线方向移动的距离 (cm)

3) 圆柱体围绕中心运动时的惯量如图所示:



属于这种情况的例子; 如大直径的齿轮, 为了减少惯量, 往往在圆盘上挖出分布均匀的孔这时的惯量可以这样计算;

$$J=J_o+W*R^2 \quad (\text{kg cm}^2)$$

式中; J_o —为圆柱体围绕其中心线旋转时的惯量 (kgcm^2)

W—圆柱体的重量 (kg)

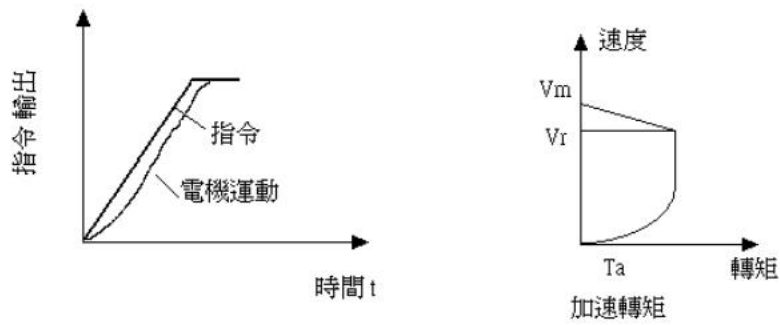
R—旋转半径 (cm)

4) 相对电机轴机械变速的惯量计算 将上图所示的负载惯量 J_o 折算到电机轴上的计算方法如下:

$$J=(N1/N2)^2 J_o$$

式中: N1 N2 为齿轮的齿数

4, 电机加速或减速时的转矩



1) 按线性加减速时加速转矩计算如下:

$$T_a = (2 \pi V_m / 60 * 10^4) * 1 / t_a (J_m + J_l) (1 - e^{-k_s \cdot t_a})$$

$$V_r = V_m \{1 - 1 / t_a \cdot k_s (1 - e^{-k_s t_a})\}$$

T_a —加速转矩 (N. M)

V_m —快速移动时的电机转速 (r/min)

t_a —加速时间 (sec)

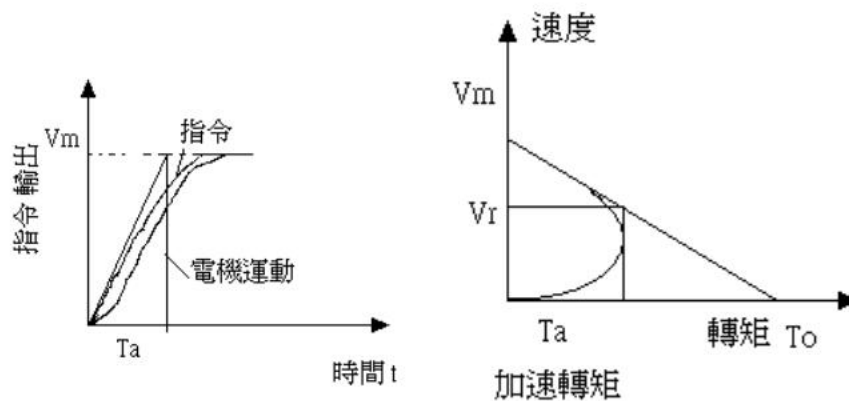
J_m —电机惯量 (N. m. s²)

J_l —负载惯量 (N. m. s²)

V_r —加速转矩开始减少的点

K_s —伺服系统位置环增益 (sec⁻¹)

电机按指数曲线加速时的加速转矩曲线如下图:



此时, 速度为零的转矩 T_o 可由下面公式的出.

$$T_o = (2 \pi V_m / 60 * 10^4) * 1 / t_c (J_m + J_l)$$

t_c —指数曲线加减速时间常数

2) 当输入阶跃性速度指令时, 他的速度曲线与转矩曲线如图所示
这时的加速转矩 T_a 相当于 T_o 可由下面公式求得 ($t_s = k_s$)

$$T_a = (2 \pi V_m / 60 * 10^4) * 1 / t_s (J_m + J_l)$$

5, 工作机械频繁激活, 制动时所需转矩 当工作机械作频繁激活, 制动时, 必须检查电机是否过热, 为此 须计算在一个周期内电机转矩的均方根值, 并且应使此均方根值小于电机的连续转矩. 电机的均方根值;

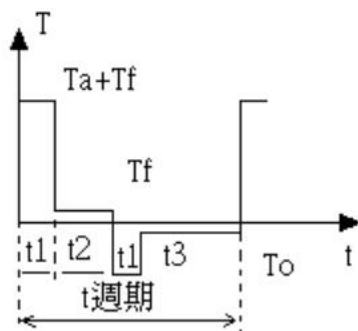
$$T_{rms} = \sqrt{[(Ta+Tf)^2 t_1 + Tf^2 t_2 + (Ta-Tf)^2 t_1 + To^2 t_3] / T_{周}}$$

式中; T_a —加速转矩 (N. M)

T_f —摩擦转矩 (N. M)

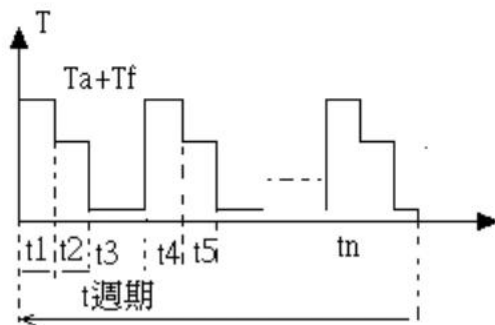
T_o —在停止期间的转矩 (N. M)

$t_1 t_2 t_3 t_{周}$ 所知的时间可参见图所示



6, 负载周期性变化的转矩计算 如图所示

也需要计算出一个周期中的转矩均方根值 T_{rms} . 且该值小于额定转矩. 这样电机才不会过热, 正常工作.



负载惯量的限制

负载惯量与电机的响应和快速移动 ACC/DEC 时间息息相关. 带大惯量负载时, 当速度指令变化时, 电机需较长的时间才能到达这一速度, 当二轴同步插补进行圆弧高速切削时大惯量的负载产生的误差会比小惯量的大一些.

通常, 当负载惯量小于电机惯量时上述提及的问题一般不会发生. 如果高于

5 倍马达转子惯量则, 一般伺服会出现不良反应, 向高速激光切割机床, 在设计时就要考虑负载惯量低于电机转子惯量. 台达伺服马达在此方面有他特有的优势, 负载惯量比高, 应用在此行业台达伺服的优势更为显著.

伺服数控产品处