如何正确选择伺服电机的容量

菱电自动化（上海）有限公司北京代表处　(100005)　赵宏伟

在选择数控系统时，不仅要考察系统具备的数控功能，还要注意选择适当的伺服系统，才能保证机床获得完善的动作执行机构。本文以三菱电机公司生产的交流伺服电机为例，着重介绍如何正确选择伺服电机的容量。

三菱伺服电机有多种系列，可根据电机惯量（电机惯性）的大小加以区分，如表1所示。

表1　电机惯量

电机种类	中惯量电机	低量性电机
电机型号	HC□，HA□N，HC-SF	HC□R，HC-RF，HA-FF，HC-MF
惯量	法兰盘尺寸大 惯量（惯性）比较大	法兰盘尺寸小 惯量（惯性）小
加减速	对于低惯量的负载，加减速时间常数没有变化 电机惯量的影响大	对于低惯量的负载，可进行短时间常数的加减速运转 电机惯量的影响小
安装	电机大小相对于输出容量较大，安装空间大	电机大小相对于输出容量较小，安装空间小
干扰特性	干扰影响小	干扰影响大
速度变化	转矩脉动、初始转矩的影响小，不易发生速度变动	转矩脉动、初始转矩的影响大，容易发生速度变化
应用	适合进行高精度插补控制	适合进行高速高频率定位

要求插补精度的机床或负载惯量大的机床应选定中惯量电机，负载惯量小的机床希望缩短定位时间时选定低惯量电机。一般来说，机床的控制轴使用HC□、HA□N电机；机床辅助轴、周边轴、一般产业机械定位应使用HC□R、HC-SF、HC-RF、HA-FF、HC-MF电机。

伺服电机有适当的负载惯量倍率。如果负载惯量超出应用范围，则控制容易变得不稳定，也很难进行伺服参数的调整。负载惯量过大时，应通过齿轮减速（电机轴换算的负载惯量与减速比的乘方成比例），或更换为惯量大的电机。

即使电机的容量相同，电机的额定转速也会不完全相同。电机的额定输出是以额定转速时的输出进行设计的，输出功率 P（W）用公式（1）表示，因此相同容量电机的额定转矩也会因额定转速而有所不同。

$$P = 2\pi\omega T \quad (1)$$

式中　ω——电机角速度，1/s

T——输出转矩，Nm

也就是说即使电机的容量相同，额定转速低的电机产生的转矩大。在实际安装到机床时，当定位距离短，电机无法达到最高转速时，额定转速低的电机的定位时间会变短。在选定电机时，需要考虑轴的行程长度和使用方法，选定适当额定转速的电机。

在确定了电机系列和额定转速后，可按以下三个要素确定伺服电机容量：

（1）负载惯量比。

（2）短时间特性（加减速转矩）。

（3）连续特性（连续实效负载转矩）。

其中任何一个条件不满足时，应采取适当的措施，如变更电机系列，提高电机容量等。

1. 负载惯量比

伺服电机分别有适当的负载惯量比（负载惯量/电机惯量）。若负载惯量比过大，则控制易变得不稳定，伺服参数调整也很困难。不易改善进给轴的面精度，定位轴的稳定时间增长，因此不能缩短定位时间。

负载惯量比超过伺服电机规格表中的推荐值时，应提高电机容量或变更为惯量大的电机系列。负载惯量比的推荐值仅是一种标准值，并不是不能控制超过推荐值的惯量负载。

注：在NC机床的进给轴伺服电机的选定中，应重视加工时的表面精度。因此，电机的负载惯量比必须在推荐值以内并尽量选定较小的值。

2. 短时间特性

伺服电机除连续运转区域外，还有在短时间内的运转特性如电机加减速，用最大转矩表示。即使容量相同，最大转矩也会因各电机而有所不同。

最大转矩影响可驱动电机的加减速时间常数，将相应的机床规格数据用于公式（2）中，估算线性加减速时间常数 t_a。请根据该公式确定所需的电机最大转矩，选定电机容量。

$$t_a = \frac{(J_L + J_M)n}{95.5 \times (0.8T_{max} - T_L)} \quad (2)$$

式中 n——电机设定速度，r/min

J_L——电机轴换算负载惯量，kg·cm²

J_M——电机惯量，kg·cm²

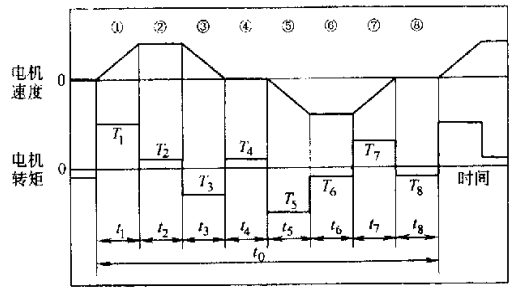
T_{max}——电机最大转矩，Nm

T_L——电机轴换算负载（摩擦、非平衡）转矩，Nm

3. 连续特性

假定典型的运转模式，根据电机轴换算、负载转矩计算电机的连续有效负载转矩 T_{rms}。如果下图中①～⑧动作为一个周期的运转模式，则可利用公式（3），根据各动作时转矩乘方的平均值求出连续有效负载转矩。

$$T_{rms} = \sqrt{\frac{T_1^2t_1 + T_2^2t_2 + T_3^2t_3 + T_4^2t_4 + T_5^2t_5 + T_6^2t_6 + T_7^2t_7}{t_0}} \quad (3)$$



连接运转模式

选定电机时，应使连续有效转矩（T_{rms}）在电机额定转矩 T_{ra}（HC□、HA□N 中，为静态转矩 T_{st}）的 80%以下。

$$T_{rms} \leqq 0.8T_{ra}(或\ 0.8T_{st}) \quad (4)$$

表 2、3 的加速度转矩 T_a 为无摩擦状态时对负载惯量进行加速的转矩，可通过公式（5）计算。

线性加减速时

$$T_a = \frac{(J_L + J_M)n}{95.5\ t_a} \quad (5)$$

式中 n——电机设定速度，r/min

J_L——电机轴换算负载惯量，kg·cm²

J_M——电机惯量，kg·cm²

t_a——线性加减速时间常数，ms

（1）水平轴的负载转矩

①～⑧的动作在水平轴时，各期间按照以下的转矩计算。

表 2 水平轴的各负载转矩

期间	负载转矩计算式	说明
①	（加速度转矩）+（动摩擦转矩）	通常计算加减速时间常数时使此转矩为电机最大转矩的 80%
②	（动摩擦转矩）	
③	（减速度转矩）+（动摩擦转矩）	加速转矩和减速转矩绝对值相等，符号相反
④	（静摩擦转矩）	停止时按照平常所需的静摩擦转矩计算
⑤	-（加速度转矩）-（动摩擦转矩）	动摩擦不因移动方向而变化时，与①的符号相反
⑥	-（动摩擦转矩）	动摩擦不因移动方而变化时，与②的符号相反
⑦	-（减速度转矩）-（动摩擦转矩）	动摩擦不因移动方向而变化时，与③的符号相反
⑧	-（静摩擦转矩）	停止时，按通常需要的静摩擦转矩计算

（2）非平衡轴的负载转矩

①～⑧的动作非平衡时，各期间按照以下的转矩计算，但朝着正的速度向上移动。

表 3 非平衡轴的各负载转矩

期间	负载转矩计算式	说明
①	（加速度转矩）+（动摩擦转矩）+（非平衡转矩）	通常计算加减速时间常数时使此转矩为电机的最大转矩的 80%
②	（动摩擦转矩）+（非平衡转矩）	
③	（减速度转矩）+（动摩擦转矩）+（非平衡转矩）	加速转矩与减速转矩绝对值相等，符号相反
④	（静摩擦转矩）+（非平衡转矩）	停止时的保持转矩变得相当大。（向上停止）
⑤	-（加速度转矩）-（动摩擦转矩）+（非平衡转矩）	
⑥	-（动摩擦转矩）+（非平衡转矩）	根据非平衡转矩的大小，有时发生的转矩会与移动方向相反
⑦	-（减速度转矩）-（动摩擦转矩）+（非平衡转矩）	
⑧	-（静摩擦转矩）+（非平衡转矩）	保持转矩在向上停止时变小。（向下停止）

请注意：停止时可能会加上静摩擦转矩。特别是非平衡轴向上停止时，会加上静摩擦转矩和非平衡转矩，停止中的转矩将变得非常大。

除以上几个方面外，当使用 MDS－B－SVJ2 系列驱动器时，还要选择正确的回生电阻。回生电阻的选定是根据各轴的快速进给速度，计算停止（定位）时的回生能量，选定容量满足机床规格确定的定位频率的回生电阻。因篇幅有限，其选定方法在此不作详细介绍。

（收稿日期：20030707）