

步进常识

1. 什么是步进电机？

步进电机是一种将电脉冲转化为角位移的执行机构。通俗一点讲：当步进驱动器接收到一个脉冲信号，它就驱动步进电机按设定的方向转动一个固定的角度（及步进角）。您可以通过控制脉冲个数来控制角位移量，从而达到准确定位的目的；同时您可以通过控制脉冲频率来控制电机转动的速度和加速度，从而达到调速的目的。

2. 步进电机分哪几种？

步进电机分三种：永磁式（PM），反应式（VR）和混合式（HB）
永磁式步进一般为两相，转矩和体积较小，步进角一般为 7.5 度 或 15 度；反应式步进一般为三相，可实现大转矩输出，步进角一般为 1.5 度，但噪声和振动都很大。在欧美等发达国家 80 年代已被淘汰；混合式步进是指混合了永磁式和反应式的优点。它又分为两相和五相：两相步进角一般为 1.8 度而五相步进角一般为 0.72 度。这种步进电机的应用最为广泛。

3. 什么是保持转矩（HOLDING TORQUE）？

保持转矩（HOLDING TORQUE）是指步进电机通电但没有转动时，定子锁住转子的力矩。它是步进电机最重要的参数之一，通常步进

电机在低速时的力矩接近保持转矩。由于步进电机的输出力矩随速度的增大而不断衰减，输出功率也随速度的增大而变化，所以保持转矩就成为了衡量步进电机最重要的参数之一。比如，当人们说 2N.m 的步进电机，在没有特殊说明的情况下是指保持转矩为 2N.m 的步进电机。

4. 什么是 DETENT TORQUE?(起动力矩)

DETENT TORQUE 是指步进电机没有通电的情况下，定子锁住转子的力矩。DETENT TORQUE 在国内没有统一的翻译方式，容易使大家产生误解；由于反应式步进电机的转子不是永磁材料，所以它没有 DETENT TORQUE。

5. 步进电机精度为多少？是否累积？

一般步进电机的精度为步进角的 3-5%，且不累积。

6. 步进电机的外表温度允许达到多少？

步进电机温度过高首先会使电机的磁性材料退磁，从而导致力矩下降乃至失步，因此电机外表允许的最高温度应取决于不同电机磁性材料的退磁点；一般来讲，磁性材料的退磁点都在摄氏 130 度以上，有的甚至高达摄氏 200 度以上，所以步进电机外表温度在摄氏 80-90 度完全正常。

7. 为什么步进电机的力矩会随转速的升高而下降？

当步进电机转动时，电机各相绕组的电感将形成一个反向电动势；频率越高，反向电动势越大。在它的作用下，电机随频率（或速度）的增大而相电流减小，从而导致力矩下降。

8. 为什么步进电机低速时可以正常运转,但若高于一定速度就无法启动,并伴有啸叫声?

步进电机有一个技术参数：空载启动频率，即步进电机在空载情况下能够正常启动的脉冲频率，如果脉冲频率高于该值，电机不能正常启动，可能发生丢步或堵转。在有负载的情况下，启动频率应更低。如果要使电机达到高速转动，脉冲频率应该有加速过程，即启动频率较低，然后按一定加速度升到所希望的高频（电机转速从低速升到高速）。

9. 如何克服两相混合式步进电机在低速运转时的振动和噪声?

步进电机低速转动时振动和噪声大是其固有的缺点，一般可采用以下方案来克服： A. 如步进电机正好工作在共振区，可通过改变减速比等机械传动避开共振区； B. 采用带有细分功能的驱动器，这是最常用的、最简便的方法； C. 换成步距角更小的步进电机，如三相或五相步进电机； D. 换成交流伺服电机，几乎可以完全克服震动和噪声，但成本较高； E. 在电机轴上加磁性阻尼器，市场上已有这种产品，但机械结构改变较大。

10. 细分驱动器的细分数是否能代表精度?

步进电机的细分技术实质上是一种电子阻尼技术（请参考有关文献），其主要目的是减弱或消除步进电机的低频振动，提高电机的运转精度只是细分技术的一个附带功能。比如对于步进角为 1.8° 的两相混合式步进电机，如果细分驱动器的细分数设置为 4，那么电机的运转分辨率为每个脉冲 0.45° ，电机的精度能否达到或接近 0.45° ，还取决于细分驱动器的细分电流控制精度等其它因素。不同厂家的细分驱动器精度可能差别很大；细分数越大精度越难控制。

11. 四相混合式步进电机与驱动器的串联接法和并联接法有什么区别？

四相混合式步进电机一般由两相驱动器来驱动，因此，连接时可以采用串联接法或并联接法将四相电机接成两相使用。串联接法一般在电机转速较的场合使用，此时需要的驱动器输出电流为电机相电流的 0.7 倍，因而电机发热小；并联接法一般在电机转速较高的场合使用（又称高速接法），所需要的驱动器输出电流为电机相电流的 1.4 倍，因而电机发热较大。

12. 如何确定步进电机驱动器的直流供电电源？

A. 电压的确定 混合式步进电机驱动器的供电电源电压一般是一个较宽的范围（比如 IM483 的供电电压为 $12\sim 48\text{VDC}$ ），电源电压通常根据电机的工作转速和响应要求来选择。如果电机工作转速较高或响应要求较快，那么电压取值也高，但注意电源电压的纹波不能超过驱

动器的最大输入电压，否则可能损坏驱动器。 B. 电流的确定 供电电源电流一般根据驱动器的输出相电流 I 来确定。如果采用线性电源，电源电流一般可取 I 的 1.1~1.3 倍；如果采用开关电源，电源电流一般可取 I 的 1.5~2.0 倍。

13. 混合式步进电机驱动器的脱机信号 FREE 一般在什么情况下使用？

当脱机信号 FREE 为低电平时，驱动器输出到电机的电流被切断，电机转子处于自由状态（脱机状态）。在有些自动化设备中，如果在驱动器不断电的情况下要求直接转动电机轴（手动方式），就可以将 FREE 信号置低，使电机脱机，进行手动操作或调节。手动完成后，再将 FREE 信号置高，以继续自动控制。

14. 如果用简单的方法调整两相步进电机通电后的转动方向？

只需将电机与驱动器接线的 A+和 A-（或者 B+和 B-）对调即可。关于驱动器的细分原理及一些相关说明 在国外，对于步进系统，主要采用二相混合式步进电机及相应的细分驱动器。但在国内，广大用户对“细分”还不是特别了解，有的只是认为，细分是为了提高精度，其实不然，细分主要是改善电机的运行性能，现说明如下：步进电机的细分控制是由驱动器精确控制步进电机的相电流来实现的，以二相电机为例，假如电机的额定相电流为 3A，如果使用常规驱动器（如常用的恒流斩波方式）驱动该电机，电机每运行一步，其绕组内的电流将从 0 突变为 3A 或从 3A 突变到 0，相电流的巨大变化，必然会引起

电机运行的振动和噪音。如果使用细分驱动器，在 10 细分的状态下驱动该电机，电机每运行一微步，其绕组内的电流变化只有 0.3A 而不是 3A，且电流是以正弦曲线规律变化，这样就大大的改善了电机的振动和噪音，因此，在性能上的优点才是细分的真正优点。由于细分驱动器要精确控制电机的相电流，所以对驱动器要有相当高的技术要求和工艺要求，成本亦会较高。注意，国内有一些驱动器采用“平滑”来取代细分，有的亦称为细分，但这不是真正的细分，望广大用户一定要分清两者的本质不同：

15. “平滑”并不精确控制电机的相电流，只是把电流的变化率变缓一些，所以“平滑”并不产生微步，而细分的微步是可以用来精确定位的。

16. 电机的相电流被平滑后，会引起电机力矩的下降，而细分控制不但不会引起电机力矩的下降，相反，力矩会有所增加。

17. 两相和五相的混合式步进电机的应用场合有何不同？

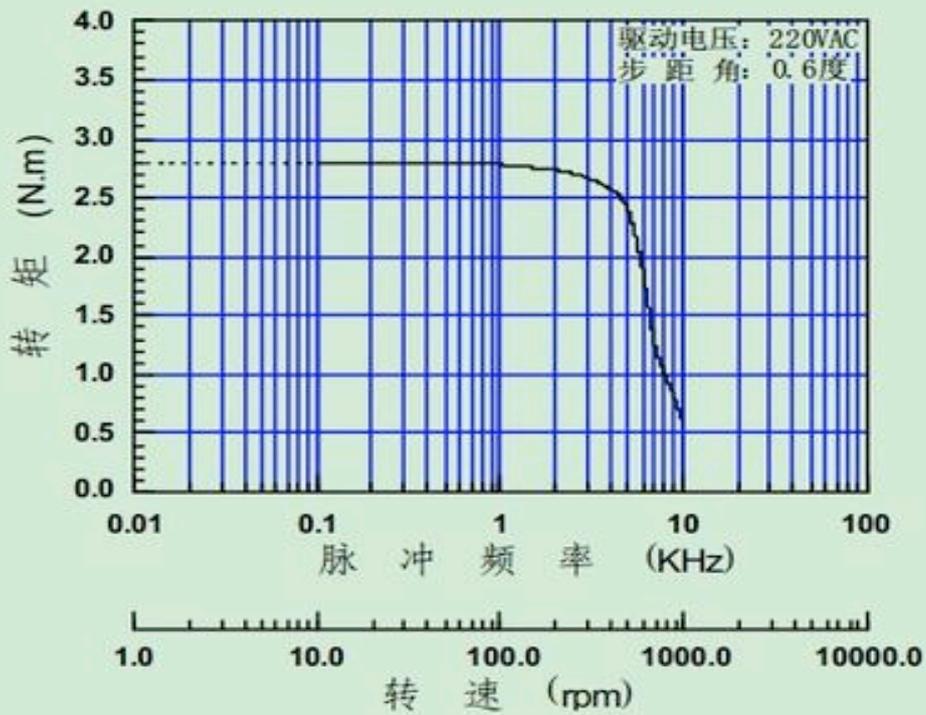
问题解答：一般来说，两相电机步距角大，高速特性好，但是存在低速振动区。而五相电机步距角小，低速运行平稳。所以，在对电机的运转精度要求较高，且主要在中低速段（一般低于 600 转/分）的场合应选用五相电机；反之，若追求电机的高速性能，对精度及平稳性无太多要求的场合应选用成本较低的两相电机。另外，五相电机的力矩通常在 2NM 以上，对小力矩的应用，一般采用两相电机，而低

速平稳性的问题可以通过采用细分驱动器的 方式解决。

和步进电机相比，**伺服电机有以下几点优势**： 1、实现了位置，速度和力矩的闭环控制；克服了步进电机失步 的问题； 2、高速性能好，一般额定转速能达到 2000~3000 转； 3、抗过载能力强，能承受三倍于额定转矩的负载，对有瞬间负载波动和要求快速起动的场合特别适用； 4、低速运行平稳，低速运行时不会产生类似于步进电机的步进运行现象。适用于有高速响应要求的场合； 5、电机加减速的动态相应时间短，一般在几十毫秒之内； 6、发热和噪音明显降低。

86BYG350AH- x x x x x x - 0201

- 驱动方式：双极恒流
- 步距角：0.6°
- 接线方式：标准方式



这应该可以解释步进电机“失步”的现象，当输入频率升高后，电机输出减少，响应就跟不上了，于是就出现了“失步”。可以看到从 1KHz

开始，频率再高，电机实际输出的扭矩就开始减小了，不妨称其为“截止频率”。

图上还可以看到最下面是电机的转速，对应 1KHz 的是 100rpm. 由图上可知此时步距角为 0.6 度

$0.6 \times 1000 = 600$ 度——这是 1s 电机转过的角度

$600 \times 60 = 36000$ 度——这是 1min 电机转过的角度

$36000 / 360 = 100$ 转——这就是电机转速，每 min 100 转

这里 0.6 度的步距角是电机的半步步距角，而实际工作时的步距角与驱动器有关。

再看下图，是从和利时步进电机驱动器 30806n 手册里截的图。

SW1	SW2	SW3	SW4	每转步数	SW1	SW2	SW3	SW4	每转步数
ON	ON	ON	ON	30000	OFF	OFF	ON	OFF	3200
OFF	ON	ON	ON	10000	ON	ON	OFF	OFF	2000
ON	ON	ON	OFF	8000	OFF	ON	OFF	OFF	1600
ON	OFF	ON	ON	7500	OFF	ON	OFF	ON	1000
OFF	ON	ON	OFF	6400	ON	OFF	OFF	OFF	800
OFF	OFF	ON	ON	6000	ON	OFF	OFF	ON	600
ON	ON	OFF	ON	5000	OFF	OFF	OFF	ON	500
ON	OFF	ON	OFF	4000	OFF	OFF	OFF	OFF	400

这是驱动器上拨码开关对步距角进行细分。以 400 步/转为例，表示一转 400 步，这样 $360 \text{ 度} / 400 = 0.9 \text{ 度}$ ，步距角为 0.9 度。矩频曲线图上的 0.6 度，算一下其实就是 600 步/转。

我们再随便拿一个细分出来，以 10000 步/转为例吧，此时步距角为 $360/10000=0.036$ 度，这样电机控制精度就相当高了。如果驱动器还是输出 1KHz 的信号，这时的转速就变成了 $0.036*1000*60/360=6$ rpm

也就是说转速只有 6 转每分钟了。精度上去了，而速度下来了。

其实学过自动控制原理，或对控制理论知识了解的朋友都清楚，控制系统三个重要指标——稳定性、快速性、准确性，即稳、快、准。对于控制系统而言，在稳定工作的前提下，快速性和准确性往往是一对矛盾，响应快了，控制精度就会差些；精度提高了，响应就慢了下来。这要根据控制的要求和目标来定。上面的步进电机也同样反映出这个问题，细分得每步步数多了，也就是控制得精细了，精度高了，这时转速也变慢了。