数控机床反向偏差的测定及其补偿

中南大学铁道学院 （湖南长沙 410075） 陈兴强

在数控机床上，由于各坐标轴进给传动链上驱动部件（如伺服电动机、伺服液压马达和步进电动机等）的反向死区、各机械运动传动副的反向间隙等误差的存在，造成各坐标轴在由正向运动转为反向运动时形成反向偏差，通常也称反向间隙或失动量。对于采用半闭环伺服系统的数控机床，反向偏差的存在就会影响到机床的定位精度和重复定位精度，从而影响产品的加工精度。

如在 G01 切削运动时，反向偏差会影响插补运动的精度，若偏差过大就会造成“圆不够圆，方不够方”的情形；而在 G00 快速定位运动中，反向偏差影响机床的定位精度，使得钻孔、镗孔等孔加工时各孔间的位置精度降低。随着设备投入运行时间的增长，反向偏差还会随因磨损造成运动副间隙的逐渐增大而增加，因此需要定期对机床各坐标轴的反向偏差进行测定和补偿。

1. 反向偏差的测定

反向偏差的测定方法是在所测量坐标轴的行程内，预先向正向或反向移动一个距离并以此停止位置为基准，再在同一方向给予一定移动指令值，使之移动一段距离，然后再往相反方向移动相同的距离，测量停止位置与基准位置之差，如图 1 所示。在靠近行程的中点及

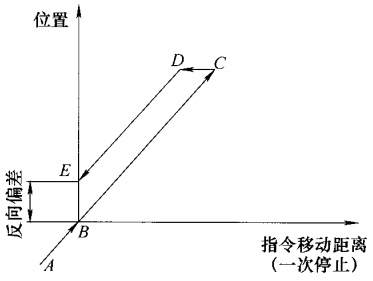


图 1

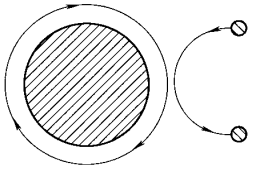


图 3

补铣削；要求较低的直接钻孔即可。

（4）尽可能少的刀具数量，合理用刀，以减少换刀次数、降低刀柄占用率、考虑有限的刀库容量。

（5）充分发挥机床自身的性能特点。

（6）程序短小。

当某个加工程序只使用有限的次数（如夹、模具的加工，往往只有一件或几件），且以后没有重复应用的可能时，我们只需考虑其正确性即可，不必过多在意时效性与可读性，因为追求这些所花费的精力或许超过加工本身。反之，对于批量加工、反复使用的程序，可以重点考虑其可读性、时效性、灵活性。对于品种单一的大批量生产，NC 程序常年使用，则必须以时效性为重点，尽量缩短单件加工时间，同时加强容错性与灵活性，以适应刀具的磨损及更换。

文中列出的几条标准中，技巧性最能反映编写者的编程水平，当然，要结合设备实际情况，扬长避短，充分发挥机床的性能特点，使其达到最佳状态。然而，在一个程序中，各标准不可能面面俱到，有些甚至是相互矛盾、相互制约的，如时效性与正确性，有时会发生冲突，时效性强调减少换刀次数、合并一把刀具能加工的所有部位，但这样势必就改变了加工次序，而合理的加工次序在很大幅度上可以防止工件变形、提高加工质量、降低加工难度等等，编程者务必以保证工件质量为前提，取舍得当，避免片面求全。

（收稿日期：20060326）

两端的三个位置分别进行多次测定（一般为七次），求出各个位置上的平均值，以所得平均值中的最大值为反向偏差测量值。在测量时一定要先移动一个距离，如图1中 *AB* 段，否则不能得到正确的反向偏差值。

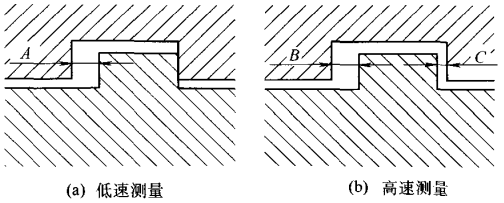
测量直线运动轴的反向偏差时，测量工具通常可采用千分表或百分表，条件允许可使用双频激光干涉仪进行测量。当采用千分表或百分表进行测量时，还要注意表座和表杆不要伸出过高过长，因为测量时由于悬臂较长，表座易受力移动，造成计数不准，补偿值也就不真实了。

测量动作若由程序指令控制，则能使测量过程变得便捷。在测量基准位置将表对好后，就可运行测量程序了。

例如在三坐标立式铣床上测量 *X* 轴的反向偏差，可先将表压住主轴的圆柱表面，然后运行如下程序进行测量：

```
N10 G91 G01 Z100 F500；Z 轴抬高让开
N20 X50；工作台移动（如图 1 的 BC 段）
N30 X－50；工作台反向移动（如图 1 的 CDE 段）
N40 Z－100；Z 轴复位
N50 G04 X5；暂停以便观察
N60 X－50；工作台移动
N70 X50；工作台复位
N80 M99；
```

在工作台不同的运行速度下所测出的结果会有所不同。一般情况下，低速的测出值要比高速的大，特别是在机床轴负荷较大，运动阻力较大时。如图2所示，由于低速运动时工作台运动速度较低，不易发生过冲超程（相对“反向间隙”），因此测出值较大，



(a) 低速测量　　(b) 高速测量

图 2

如图中 *A* 值，在高速时，由于工作台速度较高，容易发生过冲超程，此时，测得值为图中 *B*。一般 *A* 大于 *B*，即低速测量值大于高速测量值。回转运动轴反向偏差量的测量方法同直线轴相同，只是用于检测的仪器不同而已。

2. 运动失动量的补偿

为消除或减小反向偏差对机床精度的不利影响，通常数控装置内存中设有若干个地址，专供存储各轴的反向间隙值。当机床的某个轴被指令改变运动方向时，数控装置会自动读取该轴的反向间隙值，对坐标位移指令值进行补偿、修正，使机床准确地定位在指令位置上。

一般数控系统只有单一的反向间隙补偿值可供使用，为了兼顾高、低速的运动精度，除了在机械上做得更好以外，只能将在快速运动时测得的反向偏差值作为补偿值输入，从而难以做到快速定位精度和切削时的插补精度的平衡、兼顾。

对于 FANUC 0*i*、FANUC 18*i* 等数控系统，有用于快速运动（G00）和低速切削进给运动（G01）两种反向间隙补偿可供应用。根据进给方式的不同，数控系统自动选择使用不同的补偿值，完成较高精度的加工。具体做法为：将 G01 切削进给运动测得的反向间隙值 *A* 输入参数 NO.1851（G01 的测试速度可根据常用的切削进给速度及机床特性来决定），将 G00 测得的反向间隙值 *B* 输入参数 NO.1852。需要注意的是，要数控系统执行分别指定的反向间隙补偿，应将参数号码 1800 的第4位（RBK）设定为1；若 RBK 设定为0，则不执行分别指定的反向间隙补偿。G02、G03、JOG 与 G01 使用相同的补偿值。

通过定期对机床各坐标轴的反向偏差进行准确测量和补偿，可以很好地消除或减小反向偏差对机床精度的不利影响，使机床处于最佳精度状态，从而保证零件的加工质量。

（收稿日期：20060308）

信息

投稿新要求

为满足国际交流的需求，本刊自 2006 年第 1 期起增设了英文目次。为此，作者向本刊投稿时，除附上单位名称、通讯地址、邮编、电话、身份证号码外，请附加英文题目。

《机械工人》杂志社