

数控车床的对刀原理及对刀方法

陈光明, 吴洪彬

(南京农业大学农业工程学院, 江苏南京 210032)

摘要: 本文分析了数控车床的对刀原理, 并从实用角度分析介绍了几种常用的对刀方法。

关键词: 数控车床; 坐标系; 参考点; 对刀法

中图分类号: TG519 文献标识码: B 文章编号: 1001-3881(2002)3-179-3

Principles and Methods of Presetting Cutter in a NC Lathe

Cheng Guangming, Wu Hongbin

(School of Agriculture Engineering, Nanjing Agriculture University, Nanjing 210032, China)

Abstract: The principles of presetting cutter in a NC lathe are analysed, and several useful methods of presetting cutter are also presented in this paper.

Keywords: NC lathe; Coordinate system; Reference point; Presetting cutter method

数控车床的对刀问题一直是一个难题, 这一问题已成为数控加工中的“瓶颈”, 阻碍了数控加工效率和质量的提高。为此, 本文分析了数控车床的对刀原理, 并从实用角度介绍了几种常用的对刀方法。

1 数控车床的对刀原理

所谓对刀, 就是在数控车床进行切削加工之前需要确定每一把刀具的刀位点在工件坐标系和数控车床坐标系中的位置, 也就是求刀偏值。

(1) 数控车床坐标系与数控车床参考点

数控车床坐标系——是指以机床原点为坐标原点所建立的坐标系。数控车床的机床原点通常取在卡盘前端面与主轴中心线交点处(如图1中O点)。一般机床原点在数控车床出厂前由生产厂家已经调整好, 一般不允许用户随意变动。如图1中XOZ为机床坐标系。

数控车床参考点——是指刀架上某一固定点, 即对刀参考点T(如图1中T点)退离距机床原点O最近的一个固定点R点(如图1中R点)。该R点在机床出厂时也由生产厂家调试好, 并将数据输入到数控系统中。因此机床参考点R对机床原点O的坐标是一个已知数, 一个固定值。一般对刀之前, 必先使数控车床进行“回零”操作(即使刀架返回参考点操作), 就是使刀架上对刀参考点T与机床参考点R重合。此时CRT屏幕上显示值 x_z 即为机床参考点R相对于机床原点O点在X方向和Z方向的值。此时, 若再次对机床进行手动操作时, 例如, 使刀架向工件靠近时, 此时CRT屏幕上显示值为刀架上对刀参考点T相对于机床原点O点在X向、Z向上的值(即对刀参考点T在机床坐标系中的坐标值 x_z)。

数控车床参考点R点的位置由设置在机床Z向和X向滑板上的机械挡块通过行程开关来确定, 刀架返回参考点时由挡块压下相应行程开关向数控系统发出信号, 即停止滑板运动, 完成返回参考点操作。

(2) 工件坐标系与起刀点

①工件坐标系(又称为编程坐标系)——是指以工件原点(或称编程原点)为坐标原点所建立的坐标系。编程坐标系, 供编程用, 是人为设置的。工件原点可以是工件上任意点, 但为了编程, 方便数值计算, 一般数控车床编程原点选工件右端面或左端面与中心线交点作为工件原点(如图1中 O_p 点)。如图1中 $X_pO_pZ_p$ 为工件坐标系。数控编程时应首先确定工件坐标系。

②起刀点B(又称程序起点)——即刀具刀位点A(如图1中车刀的刀位点为刀尖A点)相对工件原点 O_p 的位置, 即刀具相对于工件运动的起始点。如图1中B点, 图1B点与A点重合。工件坐标系的建立实际上是确定刀具起刀点相对于工件原点的坐标值的过程。

③工件坐标系建立。目前数控车床上建立工件坐标系的方法一般用相应的G指令来设定(例如, FANUC用G50指令, ISO标准中为G92)。

如图1所示, 假设刀具起点相对于工件坐标系的坐标值为 (x_0, z_0) 则执行该程序段后, 即建立了工件坐标系 $X_pO_pZ_p$ 。

例如: N010 G50 $\overline{x} \overline{x_0} \quad \overline{z} \overline{z_0}$;

当工件坐标系建立以后, 并未与机床坐标系发生任何联系, 此时, 两者仍然相互独立, 数控系统既不知道工件在机床中的位置, 也不知道刀具刀位点A在机床中的位置, 即无法按所编程序正确加工, 因此加工之前, 还必须确定刀具刀位点A与机床坐标原点O之间的关系, 即一般加工之前通过对刀方法来实现。如图1所示数控车床的二种坐标系即机床坐标系XOZ与工件坐标系 $X_pO_pZ_p$ 之间关系如下:

$$\begin{cases} x = x_p \\ z = \text{卡盘厚度 } L_0 + \text{工作外伸长度 } L + Z_p \end{cases} \quad (1)$$

(3) 对刀参考点及对刀过程

①对刀参考点T——是指数控机床加工时, 校准刀具相对工件运动起点的一个刀具参考点, 数控车床

上常取刀架上某一固定点作为车刀的对刀参考点(如图1中T点)。数控系统通过控制该点运动,间接地控制每把刀的刀尖运动。

②对刀过程:刀偏值的设置过程称为对刀操作。数控车床加工时,首先应按编程所确定的刀具刀位点相对工件原点的尺寸值(x_0, z_0)来校准刀位点起始位置。对于多刀作业数控车床,由于每把刀的刀尖就其各自安装位置相对于对刀参考点“T”点在两个坐标方向的位置均不同,即每一把刀具的刀位点不可能调整到同一坐标点上,为此这就需要确定各刀具刀位点A相对于对刀参考点T的刀偏值(如图1中 L_1, L_2)并输入到相应刀偏寄存器中,这一过程就称为对刀过程。在加工程序中调用刀具时,数控系统会自动补偿两个方向X、Z的刀偏值(刀具位置补偿量)从而准确地控制每把刀的刀尖轨迹——即使各把不同位号上的不同刀具的刀尖在加工零件执行程序时,处于同一个位置上,这样给加工与编程带来很大的方便。

(4) 刀具位置补偿及刀偏值的设定原理

①刀具位置补偿。刀具位置补偿又称为刀具位置偏置补偿。下列三种情况下,均须进行刀具位置的偏置补偿:一是在实际加工中,通常是各把不同位置的若干把刀具(即各把刀具的刀尖在刀架上相对于某固定点的位置各不相同)加工同一轮廓尺寸的工件,而编程时,往往都建立统一的坐标系,要求使所有的刀尖都移到坐标系中的一个基准点上,或者以一把刀为基准设定工件坐标系,因此须将其余刀具的刀尖都偏移到此基准刀尖位置上。利用刀具位置补偿即可完成;二是对同一把刀具而言,当刀具重磨或更换新刀后,再把它准确地安装到程序所设定的原位置,是非常困难的,总是存在位置误差,这个位置误差,在实际加工后,即成为加工误差,此时,需通过刀具位置补偿功能来修正刀具安装位置误差;三是每把刀具在使用过程中都有不同程度的磨损,而磨损后的刀尖位置与编程位置存在差值,同样会造成加工误差,这种误差,也可通过刀具位置补偿功能来纠正。

②刀偏值的设定原理。各类数控机床的对刀方法各异,但其原理与目的一致:即通过对刀操作,将刀偏值人工算出后输入CNC系统;或把对刀时屏幕显示的有关数据直接输入CNC系统,由系统自动换算出刀偏值存入刀具数据库。

如图2为数控车床试切对刀原理图。图中XOZ为机床坐标系, $X_pO_pZ_p$ 为工件坐标系。在手动、对刀状态下,CRT动态坐标为刀具参考点“T”在机床坐标系内的坐标值(x, z)。刀偏值(L_1, L_2)可通过下式计算:

$$\begin{cases} L_2 = x - d \\ L_1 = \sqrt{z^2 + L_2^2} + L \end{cases} \quad (2)$$

2 对刀方法

目前数控车床常用对刀的方法有试切对刀法和对刀仪自动对刀法等。

(1) 试切对刀法

对刀前,应先进行手动机床回参考点操作。然后按图3所示,将一工件毛坯夹持于卡盘上,测出 d, L ,启动机床,以手动方式进行对刀(以 90° 外圆车刀为例)。

①将车刀刀尖与棒料端面轻轻接触对刀,然后Z向不动,X向退出车刀,记下CRT动态坐标值 z 。

②将车刀刀尖与棒料外圆轻轻接触对刀,然后X向不动,Z向退出车刀,记下CRT动态坐标值 x 。

③计算刀偏值(L_1, L_2)。由于 x, z, d, L_0, L 已知,代入公式(2)式计算即可计算出 L_2, L_1 的值。

④将刀偏值(L_1, L_2)输入CNC系统中。

刀具补偿值输入到数控系统后,刀具的运动轨迹便会自动校正。对于多刀加工时,其它各刀的对刀过程一样,将各刀的刀偏值分别输入相应刀偏寄存器中供数控系统补偿使用。也可以以第一把刀的刀位点作为基点,将其余各刀的刀位点相对第一把刀的偏差值作为补偿值。

用上述方法对刀,实质上是使每把刀的刀尖与工件外圆母线与端面的交点接触,利用这一交点为基准,算出各把刀的刀偏量。

采用试切法对刀时,精确对刀的方法是:手动对刀时,将工件试件端面、外圆车一刀,并仔细测量试件伸出卡盘长度 L 、试切外圆直径 d ,并降低进给速度,并使每把刀对刀接触工件的程度尽可能统一,可有效提高试切对刀的精度。

采用试切法对刀优点是无需特殊对刀工具,操作者只需按常规操作,简便快速,有时1~2min就能对出一把刀,而且较为正确有效。

(2) 对刀仪自动对刀法

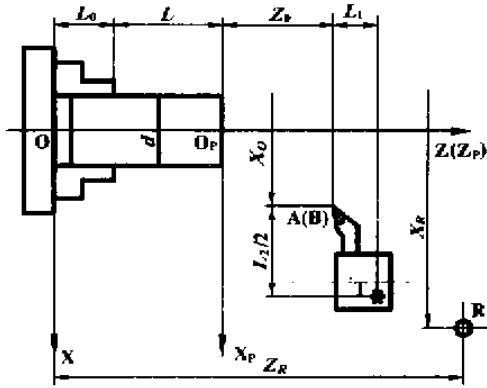
在数控车床某固定位置上(如车床主轴箱)固定一显微对刀镜支架,上装显微镜,显微镜的十字线交点位于机床坐标系的一固定点上(即与机床参考点或机床原点位置固定并已知)。测量时只需将刀架上各刀具的刀位点(车刀刀尖)分别对准显微对刀镜的十字线交点,数控系统便能自动算出刀位点相对机床原点的距离,并把这些数据寄存起来,在加工时自动把刀尖相对于机床原点的距离加进去。

采用对刀仪自动对刀系统,对一把刀一般只需一分钟左右,对刀速度快,而且对刀精度高,大大减少了数控车削加工的辅助时间,有效提高了劳动生产率和车削加工质量。

3 刀偏值的修改

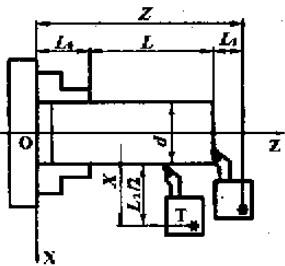
刀偏值修改的原因是：对刀误差不可能完全消除，而且刀具在使用一段时间后会磨损，这些都影响加工精度，所以当试切加工后发现工件尺寸不符合要求时，可根据工件实测尺寸进行刀偏值修改。

如：由于对刀误差，刀具磨损等原因，试切后实测工件外圆尺寸，往往与要求不符。例：实测工件外圆偏大 0.3mm（设 1 号刀加工），此时，应将 1 号刀的 X 方向原刀偏值改大 0.3mm——得到一个新的 X 方向的刀偏值 L_2 ，数控系统据此参数自动补偿，可纠正误差。



O—机床原点 Op—工件原点
B—起刀点 T—对刀参考点
 L_0 —卡盘厚度 L—工件伸出卡盘长度
d—棒料直径
(x_0, z_0)—起刀点 B 相对于 O_p 点的坐标值
 x, z —X、Z 方向刀具参考点“T”与机床原点 O 之间的动态坐标值
 x_R, z_R —参考点 R 相对于机床原点 O 的坐标值

图 1 平床身数控车床坐标系与参考点



A—车刀刀位点 R—机床参考点 L_1/L_2 —刀偏值

图 2 试切对刀设置刀偏值原理图

作者简介：陈光明，男，江苏泰兴人，1967 年生。现为南京农业大学工学院讲师，在职攻读硕士学位，主要从事 CAD/CAM、数控机床及其应用的教学与科研工作。已发表论文多篇。联系电话：025-8605529（宅），025-8606549-2066（办）

收稿时间：2001-09-03

（上接第 103 页）

计算结果如图 6 所示。从图中可以看到，时间-能量加权最优控制开关曲线在时间最优控制开关曲线之下，这与双积分系统是类似的。

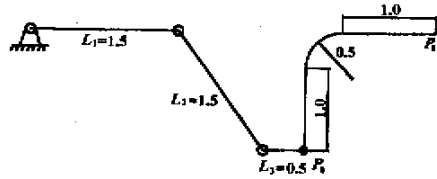


图 5 机器人运动轨迹

4 结论

本文结合动态规划法与速度限制曲线对指定轨迹机器人进行最优二次轨迹规划，既保持了文献 [1] 方法的直观性，又可将性能指标从时间最优推广到时间-能量加权最优，力/力矩可以是关节位置和速度的函数。本文对速度边界曲线的构造，使得即使存在所谓“孤岛”的情况下，求解方法仍然是可行的。

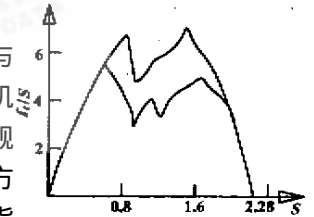


图 6 机器人最优控制开关曲线

参考文献

【1】J. E. Bobrow, S. Dubowsky, J. S. Gilson. Time - Optimal Control of Robotics Manipulators Along Specified Paths. The International Journal of Robotics Research, Vol.4, No.3, 1985
【2】J. Y. S. Luh. An Anatomy of Industrial Robotics and Their Control. Vol. AC-28, No.2, 1983
【3】S. Singh, M. C. Leu. Optimal Trajectory Generation for Robotics Manipulators Using Dynamics Programming. ASME, Vol.109, June 1987
【4】牧野洋，谢存禧，郑时雄. 空间机构及机器人机构学. 北京：机械工业出版社，1987

收稿时间：2001-08-13

湍流排沙潜水泵研制成功

一种含有多项专利技术的工程施工新设备排沙潜水泵已研制成功，并同宁夏吴忠仪表股份有限公司达成合作协议。

该水泵较为成功地解决了工程施工中抽排沙水、污水的技术难题，具有许多优点。它使用寿命长，是潜污泵的 4~8 倍；使用成本大大降低；工作时无需专人看护，允许电机长时间空转；有普通型和防爆型两大系列；有单级和双级，能满足高扬程的技术需要。

（胡正隆）