

//

数控机床编程 与操作

孙竹 编著



机械工业出版社

数控机床编程与操作

孙 竹 编著



机械工业出版社

本书着重叙述数控车床、数控铣床的编程和操作方法。内容包括：数控编程规则；G 指令和 M 指令的功能及编程方法；编辑、图形模拟、刀具参数设置、工件零点设置及手动、自动加工操作等。

本书图文并茂，通俗易懂，并以 CK0630 车床、XK0816A 铣床及 FANUC 系统为例列举了大量例题和习题，供读者参考、练习。

在本书的编写、出版过程中，得到上海发展汽车工业教育基金会的赞助。

本书可作为数控机床编程操作人员岗位培训教材，大中专、技校学生学习数控编程操作的教材，也可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

数控机床编程与操作/孙竹编著. —北京：机械工业出版社，1996.11

ISBN 7-111-05258-7

I. 数… II. 孙… III. ①数控机床-程序设计②数控机床-操作 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 12222 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：盛君豪 张亚秋 版式设计：王颖 责任校对：申薇

封面设计：方芬 责任印制：路琳

北京市密云县印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2000 年 8 月第 1 版第 6 次印刷

850mm×1168mm¹/₃₂·6.875 印张·179 千字

15001—19000 册

定价：14.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010)68993821、68326677-2527

目 录

第一章	数控机床简介	1
第一节	数控机床的特点	1
第二节	数控机床的主要技术参数与功能	2
第二章	数控机床的编程规则	6
第一节	数控机床的坐标系	6
第二节	编程中的工艺处理	12
第三节	编程的一般步骤	14
第四节	加工程序的结构	15
第三章	数控编程及指令应用	17
第一节	概述	17
第二节	M 指令应用	23
第三节	G 指令在数控车床上的应用	25
第四节	G 指令在铣床上的应用	78
第四章	数控车床操作	138
第一节	控制面板及功能选择	138
第二节	回零操作	148
第三节	手动操作	150
第四节	编辑操作	151
第五节	图形模拟加工与通信操作	155
第六节	参数设置	158
第七节	自动加工	163
第八节	安全操作	166
第五章	数控铣床操作	168
第一节	控制面板	168
第二节	程序管理操作	172
第三节	图形模拟加工	178
第四节	机床操作	180

IV

第五节 参数设置	186
第六章 编程与操作练习	191
第一节 车床练习	191
第二节 铣床练习	200
第三节 思考题	212
参考文献	213

第一章 数控机床简介

第一节 数控机床的特点

数控机床较普通机床有以下特点。

一、能加工复杂型面

因数控机床能实现多坐标轴联动而容易实现许多普通机床难以完成或无法加工的空间曲线、曲面。因此，数控机床首先在航空、航天领域得到应用，并在复杂型面的模具加工中广泛应用。

二、具有高度柔性

所谓柔性即“灵活”、“可变”，是相对“刚性”而言的。许多企业采用的组合机床、专机是专门针对某种零件而设计的，适用于产品稳定的大批量生产，可提高生产率和产品质量并降低成本。但这类“刚性”设备，无法适应多品种、小批量生产。一般的机械仿形加工机床能加工一些较复杂零件，但产品变型后，必须重新设计、制造靠模等，生产准备周期较长。而数控机床当加工对象改变后，只需变换加工程序、调整刀具参数等，生产准备周期大大缩短，故特别适合多品种、中小批量和复杂型面的零件加工。它对企业激烈的市场竞争中不断开发新产品将起到很大的作用。

三、加工精度高、质量稳定

数控系统每输出一个脉冲，机床移动部件的移动量称为脉冲当量，数控机床的脉冲当量一般为 0.001mm ，高精度的数控机床可达 0.0001mm ，其运动分辨率远高于普通机床。另外，数控机床具有位置检测装置，可将移动部件的实际位移量或丝杠、伺服电机的转角反馈到数控系统，并进行补偿。因此，可获得比机床本身精度还高的加工精度。

数控机床加工零件的质量由机床保证,无人为操作误差影响,所以同一批零件的尺寸一致性好,质量稳定。

四、生产率高

零件的加工时间包括机动时间和辅助时间。数控机床能有效地减少这两部分时间。数控机床刚度大、功率大,主轴转速和进给速度范围大且为无级变速,所以每道工序都可选择较大而合理的切削用量,减少了机动时间。

数控机床加工可免去划线工作。空行程速度大大高于普通机床,缩短了快进、快退时间。数控机床定位精度、加工精度较稳定,一般省去加工过程中的中间检验,而只作工序间关键尺寸的抽样检验,减少了停机检验时间。

五、一机多用、在制品少

加工中心、车削中心等数控机床,一机具备了多台普通机床的功能,可自动换刀,一次装夹后,几乎可完成全部加工部位的加工。工序间半成品少,即在制品少。

第二节 数控机床的主要技术参数与功能

一、主要技术参数

1. 主要规格尺寸 对车床而言,有床身及刀架上的最大回转直径、最大车削长度、最大车削直径等。铣床有工作台尺寸、工作台 T 形槽尺寸、工作台行程等。

2. 主轴系统 有主轴锥孔规格、主轴转速范围等。

3. 进给系统 有切削进给速度范围、快速(空行程速度)范围、运动分辨率(最小移动增量)、定位精度、螺距范围等。

4. 刀具系统 对车床有刀架工位数、工具孔直径、刀杆尺寸、换刀时间、重复定位精度等。

5. 冷却系统 有冷却箱容量、冷却泵输出量等。

6. 尾座 对车床有尾座套筒直径、行程等。

7. 外形尺寸 表示为长×宽×高。

8. 质量

9. 电气 有主电动机、伺服电动机功率等。

二、数控系统主要功能

1. 控制轴数和联动轴数 控制轴数指数控系统可控制的，按加工要求运动的坐标轴数量。联动轴数指数控系统可同时控制的，按加工要求运动的坐标轴数量。如某数控机床，机床本身具有 X、Y、Z 三个方向运动坐标轴，但数控系统仅可同时控制两个坐标 (XY、YZ 或 XZ)，则该机床的控制轴数为三轴，而联动轴数为二轴。

数控机床按联动轴数可分为以下四类：

(1) 二坐标数控机床 如数控车床，加工曲面回转体；某些数控铣床，二联动铣斜面 (图 1-1a)。

(2) 三坐标数控机床 如一般的数控铣床、加工中心，三轴联动可加工曲面零件 (图 1-1b)。

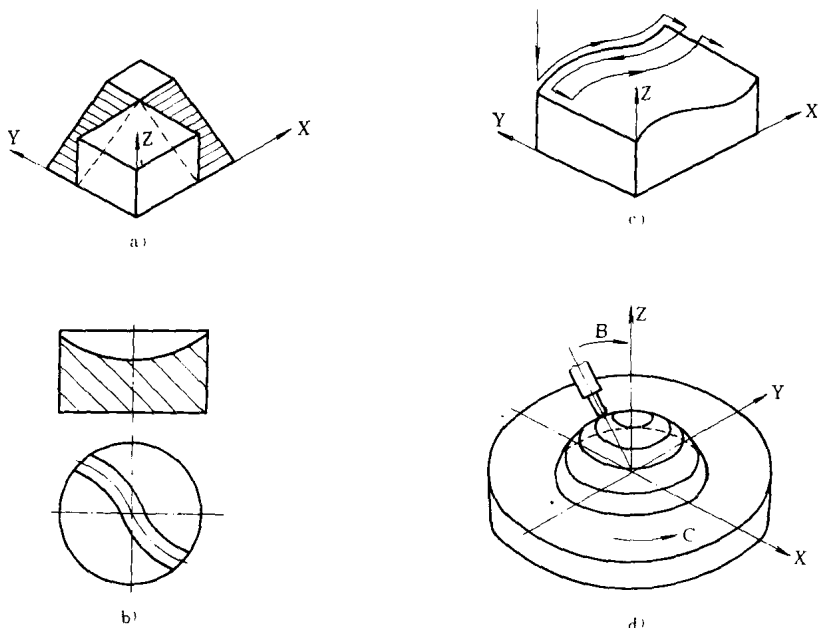


图 1-1 数控机床联动轴数

a) 二坐标 b) 三坐标 c) $2\frac{1}{2}$ 坐标 d) 五坐标

(3) $2\frac{1}{2}$ 坐标数控机床 又称二轴半。实为二坐标联动,第三轴作周期性等距运动(图 1-1c)。

(4)多坐标数控机床 四轴及四轴以上联动称为多轴联动。图 1-1d 所示为五轴联动铣床,工作台除 X、Y、Z 三个方向可直线进给外,还可绕 Z 轴回转进给(C 轴);刀具主轴可绕 Y 轴作摆动进给运动(B 轴)。

2. 插补功能 指数控机床可实现的线型加工能力。如直线、圆弧、螺旋线、抛物线、正弦曲线等插补功能。

3. 进给功能 有快速进给(空行程)、切削进给;手动连续进给、点动进给;进给率修调(倍率开关);自动加减速功能。

4. 主轴功能 可实现恒转速、恒线速、定向停止及转速修调(倍率开关)。恒线速即主轴自动变速,使刀具对工件切削点的线速度保持不变。主轴定向停止即换刀、精镗后退刀前,主轴在其周向准确定位。

5. 刀具功能 指刀具的自动选择和自动换刀。

6. 刀具补偿 包括刀具位置补偿、半径补偿和长度补偿功能。半径补偿如车刀的刀尖半径、铣刀半径的补偿;长度补偿如铣床、加工中心沿加工深度方向对刀具长度变化的补偿。

7. 机械误差补偿 指系统可自动补偿机械传动部件因间隙产生的误差。

8. 暂停与急停功能 暂停指通过程序指令或控制面板操作,使自动加工暂停执行,以便进行其它操作,然后再通过程序指令或面板操作,使自动加工继续执行。急停指当数控机床工作出现异常现象时,通过面板操作使机床停止运行。

9. 机械锁住功能 指数控系统仍在工作,而主轴、进给、换刀、切削液等机械动作不执行。如在图形模拟及自动加工屏幕显示时,可用此功能使机床锁住不联动。

10. 单段执行与跳段执行 单段执行指每按一次面板操作键,仅执行一个程序段的动作,使加工程序逐段执行。跳段执行

指系统可对某些指定的程序段跳过不执行。

11. 程序管理功能 指对加工程序的检索、编制、修改、插入、删除、更名、锁住、在线编辑即后台编辑（在执行自动加工的同时进行编辑）以及程序的存储通信等。

12. 图形显示功能 利用监视器（CRT）进行二维或三维、单色或彩色、图形可缩放、坐标可旋转的刀具轨迹动态显示。

13. 辅助编程功能 如固定循环、镜象、图形缩放、子程序、宏程序、坐标旋转、极坐标等功能，可减少手工编程的工作量和难度，尤为适合三维复杂零件和大余量零件。

14. 自诊断报警功能 指数控系统对其软、硬件及故障的自我诊断能力，该功能用于监视整个加工过程是否正常，并及时报警。

第二章 数控机床的编程规则

第一节 数控机床的坐标系

一、标准坐标系及其运动方向

数控机床的坐标系及其运动方向,在国际标准中有统一规定,我国机械工业部标准 JB3051—82 与之等效。

(一) 规定原则

1. 右手直角坐标系 标准的坐标系为右手直角坐标系(图 2-1)。它规定了 X、Y、Z 三坐标轴的关系:用右手的拇指、食指和中指分别代表 X、Y、Z 三轴,三个手指互相垂直,所指方向分别为 X、Y、Z 轴的正方向。围绕 X、Y、Z 各轴的回转运动分别用 A、B、C 表示,其正向用右手螺旋定则确定。与 +X、+Y、+Z、……+C 相反的方向用带“'”的 +X'、+Y'、+Z'、……+C' 表示。

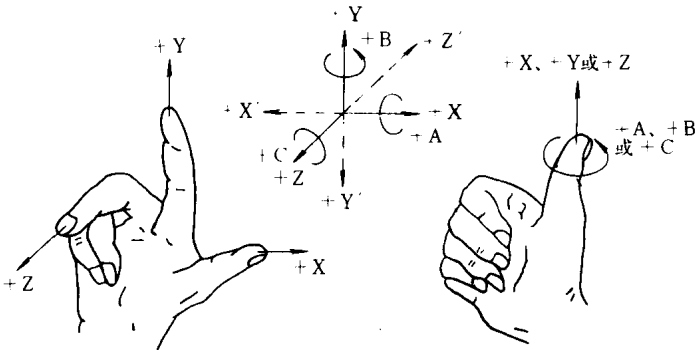


图 2-1 右手直角坐标系

2. 刀具运动坐标与工件运动坐标 数控机床的坐标系是机床运动部件进给运动的坐标系。由于进给运动可以是刀具相对工

件的运动（车床），也可以是工件相对刀具的运动（铣床），所以统一规定：用字母不带“ $-$ ”的坐标表示刀具相对“静止”工件而运动的刀具运动坐标；带“ $-$ ”的坐标表示工件相对“静止”刀具而运动的工件运动坐标。

3. 运动的正方向 是使刀具与工件之间距离增大的方向。

(二) 坐标轴确定的方法及步骤

1. Z轴 一般取产生切削力的主轴轴线为Z轴，刀具远离工件方向为正向，如图 2-2、图 2-3 所示。当机床有几个主轴时，选

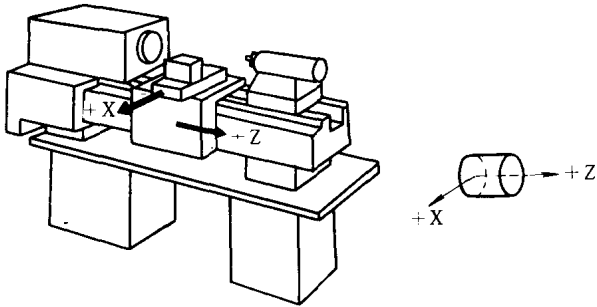


图 2-2 车床坐标轴

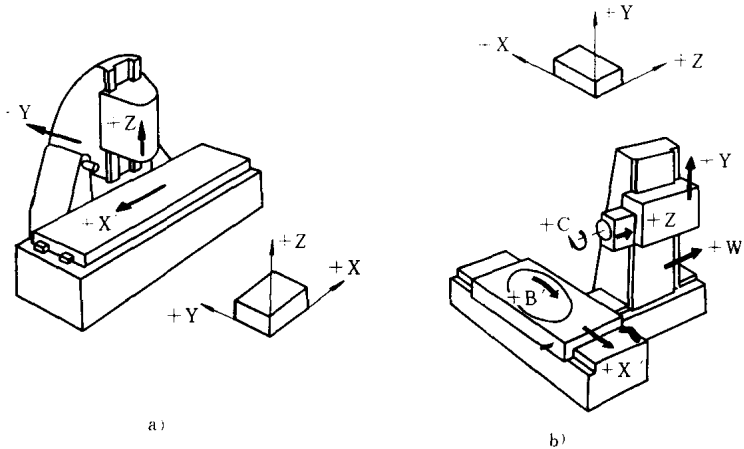


图 2-3 铣床坐标系

a) 立式 b) 卧式

一个垂直工件装卡面的主轴为 Z 轴 (图 2-4)。当机床无主轴时, 其与装卡工件的工作台面相垂直的直线为 Z 轴 (图 2-5)。

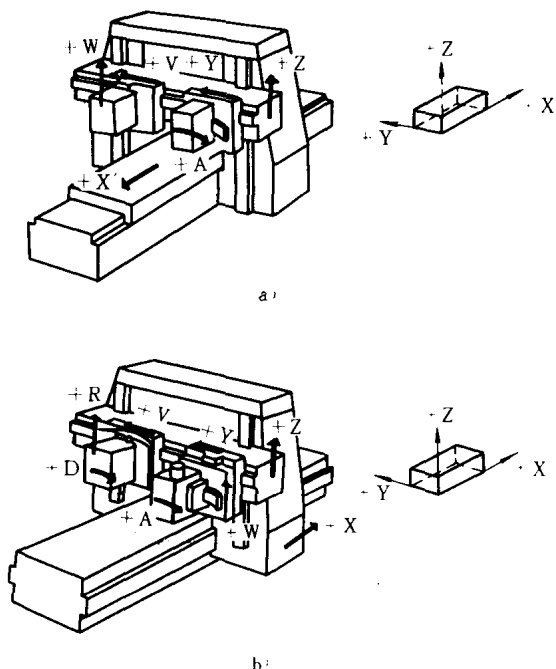


图 2-4 龙门轮廓铣床坐标轴

a) 工作台移动式铣床 b) 框架移动式铣床

若 Z 轴方向进给运动部件为工件 (工作台), 则用 Z' 表示, 其正向与 Z 轴相反, 如图 2-6a 所示。

2. X 轴 一般位于平行工件装卡面的水平面内。对工件作回转切削运动的机床 (如车、磨床), 在水平面内取垂直工件回转轴线 (Z 轴) 的方向为 X 轴, 刀具远离工件方向为正向 (图 2-2)。

对刀具作回转切削运动的机床 (如铣、镗床), 当 Z 轴竖直 (立式) 时, 人面对主轴, 向右为正 X 方向 (图 2-3a); 当 Z 轴水平 (卧式) 时, 则向左为正 X 方向 (图 2-3b)。

对于无主轴的机床 (如刨床), 则以切削方向为 X 正向 (图

2-5)。

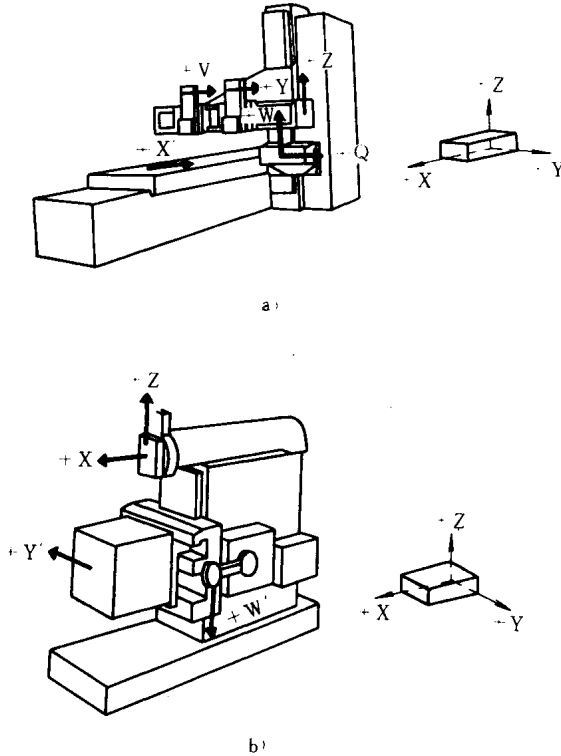


图 2-5 刨床坐标系

a) 龙门刨 b) 牛头刨

若 X 方向进给运动部件是工作台，则用 X' 表示，其正向与 X 正向相反（图 2-6）。

3. Y 轴 根据已确定的 X、Z 轴，按右手直角坐标系确定。同样， Y' 与 Y 正向相反，如图 2-6 所示。

4. A、B、C 轴 此三轴为回转进给运动坐标。根据已确定的 X、Y、Z 轴，用右手螺旋法则来确定（图 2-3、2-4）。

5. 附加坐标 若机床除有 X、Y、Z（第一组）主要直线运动外，还有平行于它们的坐标运动，则分别命名为 U、V、W（第二

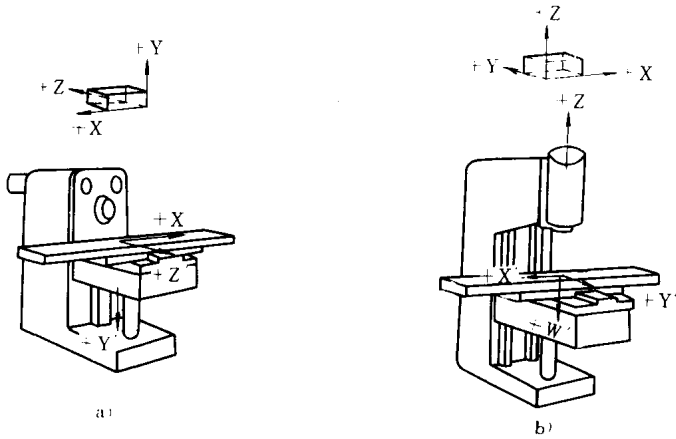


图 2-6 升降台铣床
a) 卧式 b) 立式

组)；若还有第三组运动，则命名为 P、Q、R。

若除了 A、B、C (第一组) 回转运动外，还有其它回转运动，则命名为 D、E 等。

二、数控机床的两种坐标系

数控机床坐标系包括机床坐标系和编程坐标系两种。

1. 机床坐标系 又称机械坐标系，是机床运动部件的进给运动坐标系，其坐标轴及方向按标准规定，其坐标原点的位置则由各机床生产厂设定。

数控车床的机床坐标系 (XOZ) 的原点 O 一般位于卡盘端面 (图 2-7a)，或离卡爪端面一定距离处 (图 2-7b)，或机床参考点 (图 2-7c)。

数控铣床的机床坐标系 (XYZO) 的原点 O 一般位于机床零点，即机床移动部件沿其坐标轴正向的极限位置，如图 2-8 所示。

2. 工件坐标系 又称编程坐标系，供编程用。为使编程人员在不知道是“刀具移近工件”，还是“工件移近刀具”的情况下，就可根据图纸确定机床加工过程，所以规定工件坐标系是“刀具

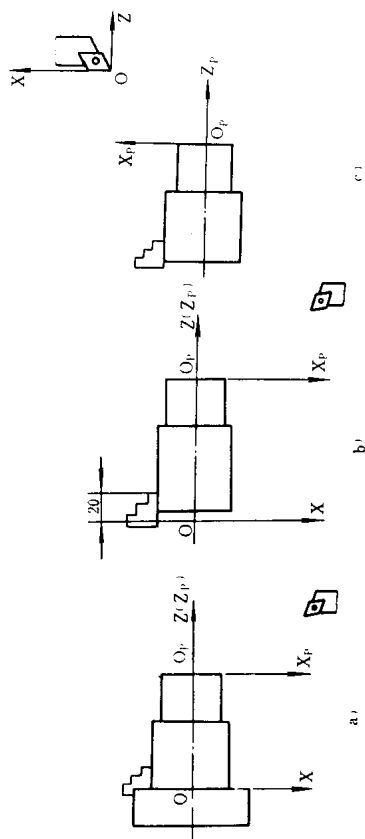


图 2-7 车床的两种坐标系

a) CK3263 b) CK0630 c) CK6140

XOZ —机床坐标系 $X_pO_pZ_p$ —工件坐标系

相对工件而运动”的刀具运动坐标系。见图 2-7 中的 $X_pO_pZ_p$ 及图 2-8 中 $X_pY_pZ_pO_p$ 。

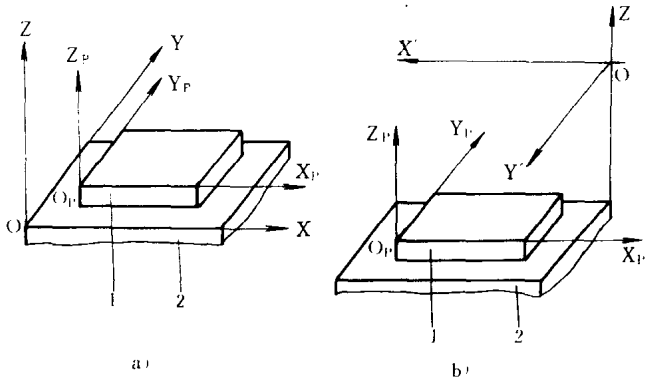


图 2-8 铣床的两种坐标系
1—工件 2—工作台

工件坐标系的原点 O_p 也称工件零点或编程零点，其位置由编程者设定，一般设在工件的设计、工艺基准处，便于尺寸计算。

第二节 编程中的工艺处理

数控机床与普通机床的工艺处理基本相同，其特点如下。

一、工艺方案及工艺路线

数控机床上确定工艺方案、工艺路线的原则是：

1. 保证零件的加工精度和表面粗糙度要求。
2. 尽量缩短加工路线，减少空行程时间和换刀次数，以提高生产率。
3. 尽量使数值计算方便，程序段少，以减少编程工作量。

在连续铣削平面零件内外轮廓时，应安排好刀具的切入、切出路线。尽量沿轮廓曲线的延长线切入、切出，以免交接处出现刀痕（图 2-9）。