



中等职业学校立体化精品教材·机电系列

Zhongdeng Zhiye Xuexiao Litihua Jingpin Jiaocai · Jidian Xilie

数控车床编程 与操作

于作功 陈玫 编著

- 以典型零件的加工为主线
- 工艺、编程和操作一体化
- 突出技能训练，实用性强



NLIC 2970751851



精品系列



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



中等职业学校立体化精品教材·机电系列

Zhongdeng Zhiye Xuexiao Litihua Jingpin Jiaocai · Jidian Xilie

数控车床编程 与操作

于作功 陈玫 编著



NLIC 2970751851



精品系列

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

数控车床编程与操作 / 于作功, 陈玫编著. — 北京: 人民邮电出版社, 2009. 10

中等职业学校立体化精品教材. 机电系列
ISBN 978-7-115-20226-0

I. ①数… II. ①于… ②陈… III. ①数控机床: 车床—程序设计—专业学校—教材②数控机床: 车床—操作—专业学校—教材 IV. ①TG519.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第167137号

内 容 提 要

本书以项目为基本写作单元, 结合数控车床的加工工艺与编程技巧, 介绍了数控车床的编程与操作的基本技能。全书共 12 个项目, 主要内容包括, 认识数控车床、加工简单阶梯轴、加工套筒类零件、加工带有凹槽的轴类零件、加工带有螺纹的传动轴、加工复杂型面传动轴、应用复合指令车削内径、应用闭式车削循环指令加工外圆、应用轮廓循环加工手柄、应用复合指令车削外径、应用多刀连续加工传动轴、数控车床的维护等。

本书可作为中等职业学校数控加工相关课程的教材, 也可供相关从业人员参考。

中等职业学校立体化精品教材·机电系列

数控车床编程与操作

-
- ◆ 编 著 于作功 陈 玫
责任编辑 张孟玮
执行编辑 曾 斌
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鑫正大印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 13
字数: 306 千字
印数: 1—3 000 册
- 2009 年 10 月第 1 版
2009 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-20226-0

定价: 22.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

前 言

数控技术作为制造业实现自动化、柔性化和集成化的基础，是制造业提高产品质量和生产效率的重要手段。数控技术水平的高低，数控机床的保有量大小已经成为衡量一个国家工业现代化的重要标志。随着数控机床的日益普及，企业急需大批能够熟练掌握数控机床编程、操作与维修的技能型人才。

本书以项目为基本写作单元，结合数控车床的加工工艺与编程技巧，介绍了数控车床编程与操作的基本技能。全书在内容安排上以国家职业技能鉴定数控车中级要求的应知应会内容为主线，力求做到难易适度、详略得当，从最基础的简单外圆加工起步，用大量的案例讲解数控车床编程与操作的基本方法和技巧；叙述上力求简明扼要、通俗易懂，既方便教师讲授，又便于学生理解掌握。本书还配有大量的教学资源，包括教学课件、相关知识点的动画演示等，可以使教学获得更好的效果。

数控车床的系统众多，但基本的编程指令、加工工艺与基础操作类似，因此本书以企业中广泛应用的 FANUC 0T 系统和中等职业学校教学中应用较多的华中系统为主，重在向学生传授数控车床编程与操作的基本知识和技能，同时培养学生在数控车床加工中独立分析问题、解决问题的能力。

本书共 12 个项目，“项目”是本书的结构单元和教学单元，每个项目都包含一个相对独立的教学主题和重点，并通过多个“任务”来具体阐释，而每一个任务又通过若干个操作来具体细化。每一个“项目”中包含以下经过特殊设计的结构要素。

- ❖ 图纸尺寸分析：介绍学习该项目所要保证的主要尺寸。
- ❖ 加工工艺分析：针对不同的加工对象，设计加工工艺。
- ❖ 数据计算：重点培养学生计算基点或节点数据的思路与方法。
- ❖ 编写加工程序：详细介绍编程步骤，并在每一程序段中指出刀具的加工路线。
- ❖ 操作不同系统数控车床：从基础的操作开始，采取与实际操作完全一致的步骤，强化学生数控车床的基本操作技能。

本书由于作功、陈玫编著，参加编写工作的还有沈精虎、黄业精、宋一兵、向先波、冯辉、郭英文、计晓明、尹志超、董彩霞、郝庆文、滕玲等。

由于编者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

2009 年 7 月

目 录

项目一 认识数控车床1	一、确定编程基准.....29
任务一 初识数控车床1	二、计算基点尺寸.....29
一、数控车床的概念、种类、特点及用途.....1	任务四 编写加工程序30
二、数控车床的组成、加工原理以及与普通车床的区别.....2	一、基本编程思路.....30
三、数控车床的操作过程及安全操作规程.....2	二、编写 FANUC 系统的外轮廓加工程序.....31
任务二 操控卧式数控车床3	三、对比写出 SIEMENS、华中的加工程序.....32
一、操作数控车床.....3	任务五 应用仿真软件检验加工程序33
二、对刀及刀具补偿设置.....7	一、操作 FANUC 系统数控车床.....34
任务三 掌握数控车编程基础8	二、操作华中系统数控车床.....45
一、记住常用的刀具.....8	项目三 加工套筒类零件50
二、车削加工常用编程指令.....9	任务一 图纸尺寸分析51
三、加工坐标系设置.....21	一、确定加工基准.....51
四、选择切削要素.....21	二、保证关键尺寸.....51
五、设计编程时的进退刀路线.....22	任务二 加工工艺分析52
六、数控程序.....23	一、装夹方式的确定.....52
七、数控加工原理.....24	二、编排加工工艺.....52
八、数控机床坐标系.....24	三、选择合适的刀具.....52
项目二 加工简单阶梯轴26	四、设计进退刀路线.....53
任务一 图纸尺寸分析26	五、确定切削要素.....53
一、确定加工基准.....26	任务三 数据计算54
二、保证关键尺寸.....27	一、确定编程基准.....54
任务二 加工工艺分析27	二、计算基点尺寸.....54
一、装夹方式的确定.....27	任务四 编写加工程序55
二、选择合适的刀具.....27	一、编程思路.....55
三、设计进退刀路线.....28	二、编写 FANUC 系统的加工程序（直径编程）.....56
四、确定切削要素.....29	三、对比写出 SIEMENS、华中的加工程序.....57
任务三 数据计算29	任务五 应用仿真软件检验加工程序58

一、操作 FANUC 系统数控 车床.....58	二、计算基点尺寸..... 86
二、操作华中系统数控车床.....63	任务四 编写加工程序..... 88
项目四 加工带有凹槽的轴类零件.....67	一、基本编程思路..... 88
任务一 图纸尺寸分析.....67	二、编写 FANUC 系统的加工 程序..... 88
一、确定加工基准.....67	三、对比写出 SIEMENS、华中的 加工程序..... 90
二、保证关键尺寸.....68	任务五 应用仿真软件检验加工程序... 92
任务二 加工工艺分析.....68	项目六 加工复杂型面传动轴..... 100
一、装夹方式的确定.....68	任务一 图纸尺寸分析..... 100
二、选择合适的刀具.....68	一、确定加工基准..... 100
三、设计进退刀路线.....69	二、保证关键尺寸..... 101
四、确定切削要素.....69	任务二 加工工艺分析..... 101
任务三 数据计算.....69	一、装夹方式的确定..... 101
一、确定编程基准.....70	二、选择合适的刀具..... 102
二、计算基点尺寸.....70	三、设计工艺路线..... 102
任务四 编写加工程序.....71	四、确定切削要素..... 103
一、编程思路.....71	任务三 数据计算..... 103
二、编写 FANUC 系统的外轮廓 加工程序（直径编程）.....71	一、确定编程基准..... 104
三、对比写出 SIEMENS、华中的 加工程序.....72	二、计算基点尺寸..... 104
任务五 应用仿真软件检验加工程序.....73	任务四 编写加工程序..... 106
一、操作 FANUC 系统数控 车床.....74	一、基本编程思路..... 106
二、操作华中系统数控车床.....79	二、编写 FANUC 系统的加工 程序..... 107
项目五 加工带有螺纹的传动轴.....82	三、对比写出 SIEMENS 加工 程序..... 108
任务一 图纸尺寸分析.....83	任务五 应用仿真软件检验加工 程序..... 110
一、确定加工基准.....83	项目七 应用复合指令车削内径..... 116
二、保证关键尺寸.....83	任务一 图纸尺寸分析..... 116
任务二 加工工艺分析.....83	一、确定加工基准..... 116
一、装夹方式的确定.....83	二、保证关键尺寸..... 116
二、选择合适的刀具.....83	任务二 加工工艺分析..... 117
三、设计进退刀路线.....85	一、装夹方式的确定..... 117
四、确定切削要素.....85	二、选择合适的刀具..... 117
任务三 数据计算.....86	三、设计工艺路线..... 117
一、确定编程基准.....86	

四、确定切削要素·····	118	三、设计工艺路线·····	140
任务三 数据计算·····	118	四、确定切削要素·····	141
任务四 编写加工程序·····	120	任务三 数据计算·····	141
一、基本编程思路·····	120	任务四 编写加工程序·····	142
二、编写 FANUC 系统的加工 程序·····	120	一、基本编程思路·····	143
三、对比写出华中系统的加工 程序·····	120	二、编写 FANUC 系统的加工 程序·····	143
任务五 应用仿真软件检验加工 程序·····	121	三、对比写出华中系统的加工 程序·····	144
项目八 应用闭式车削循环指令加 工外圆·····	127	任务五 应用仿真软件检验加工 程序·····	144
任务一 图纸尺寸分析·····	127	项目十 应用复合指令车削外径·····	150
一、确定加工基准·····	127	任务一 图纸尺寸分析·····	151
二、保证关键尺寸·····	127	一、确定加工基准·····	151
任务二 加工工艺分析·····	128	二、保证关键尺寸·····	151
一、装夹方式的确定·····	128	任务二 加工工艺分析·····	151
二、选择合适的刀具·····	128	一、装夹方式的确定·····	151
三、设计工艺路线·····	128	二、选择合适的刀具·····	151
四、确定切削要素·····	129	三、设计工艺路线·····	152
任务三 数据计算·····	129	四、确定切削要素·····	153
任务四 编写加工程序·····	130	任务三 数据计算·····	153
一、基本编程思路·····	131	任务四 编写加工程序·····	154
二、编写 FANUC 系统的加工 程序·····	131	一、基本编程思路·····	154
三、对比写出华中系统的加工 程序·····	132	二、编写 FANUC 系统的加工 程序·····	154
任务五 应用仿真软件检验加工 程序·····	133	三、对比写出华中系统的加工 程序·····	155
项目九 应用轮廓循环加工手柄·····	139	任务五 应用仿真软件检验加工 程序·····	156
任务一 图纸尺寸分析·····	139	项目十一 应用多刀连续加工传 动轴·····	163
一、确定加工基准·····	139	任务一 图纸尺寸分析·····	163
二、保证关键尺寸·····	139	一、确定加工基准·····	163
任务二 加工工艺分析·····	140	二、保证关键尺寸·····	164
一、装夹方式的确定·····	140	任务二 加工工艺分析·····	164
二、选择合适的刀具·····	140	一、装夹方式的确定·····	164

二、选择合适的刀具	165
三、设计工艺路线	165
四、确定切削要素	166
任务三 数据计算	166
任务四 编写加工程序	167
一、基本编程思路	168
二、编写 FANUC 系统的加工程序	168
三、对比写出华中系统的加工程序	169
任务五 应用仿真软件检验加工程序	170

项目十二 数控车床的维护 176

任务一 维护和保养数控车床	176
任务二 排除数控车床的常见故障	180
一、数控车床的故障诊断技术	180
二、如何排除日常故障	181

附录 数控车床中级工试题库 183

项目一 认识数控车床

任务一 初识数控车床

一、数控车床的概念、种类、特点及用途

1. 概念

数控车床是用数字信息来控制加工过程的车床，简称 NC（Numerical Control）车床。

（1）数控技术发展的 6 个主要阶段：

1952 年第一代电子管数控系统；

1959 年第二代晶体管数控系统；

1965 年第三代集成电路数控系统；

1970 年第四代小型计算机数控系统；

1974 年第五代微处理器数控系统；

1990 年第六代基于工业 PC 的通用 CNC 系统。

（2）数控车床发展趋势。

高速、高效、高精度、高可靠性、模块化、智能化、柔性化、集成化、开放性、出现新一代数控加工工艺与装备。

2. 种类

按主轴轴线所处的位置（水平位置，垂直位置）可分为：卧式数控车床和立式数控车床。目前应用较多的还是中等规格的两坐标连续控制的数控车床。

3. 数控车床的特点

与普通车床和专用车床相比，数控车床有以下特点。

（1）加工精度高，产品质量稳定。

（2）适合加工回转表面复杂的零件。

（3）具有广泛的适应性。

（4）生产效率高。

（5）能够减轻操作者的劳动强度，改善劳动条件。

（6）机床价格昂贵。

（7）要求操作者理论知识，综合素质水平较高。

4. 用途

数控车床可以对回转体类零件上具有车削、钻削工艺内容的工序进行高效、自动、精确

的加工，特别是用于多品种，大批量的机床加工。

二、数控车床的组成、加工原理以及与普通车床的区别

1. 数控车床的组成

数控车床的基本组成如图 1-1 所示。

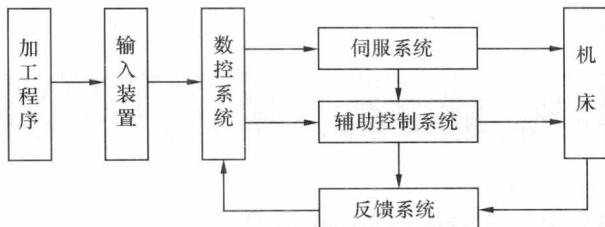


图 1-1 数控车床组成

2. 数控车床的加工原理

数控车床首先要将被加工零件的图样及工艺信息数字化，用规定的代码和程序格式编写加工程序；然后将所编程序指令输入到机床的数控装置中；然后数控装置将程序（代码）进行译码、运算后，向机床各个坐标的伺服机构和辅助控制装置发出信号，驱动机床各运动部件，控制所需要的辅助运动，最后加工出合格零件。

3. 数控车床的结构以及与普通车床的区别

从总体上看，数控车床没有脱离普通车床的结构形式，如图 1-2 所示。虽然它没有传统车床的进给箱和交换齿轮架，但其主运动、进给运动的形式没变，只是改变了驱动的方式。Z、X 两方向的运动是由伺服电动机直接驱动滚珠丝杠运动同时带动刀架移动，形成纵横向切削运动，从而实现车床的进给运动。而主轴带动工件旋转形成数控车床的主运动。这就是数控车床的传动原理。

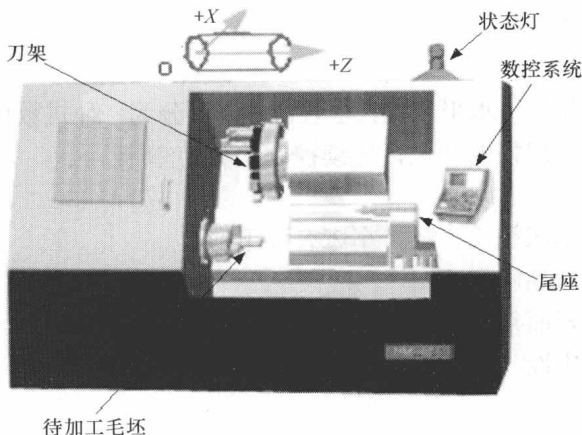


图 1-2 数控车床结构

三、数控车床的操作过程及安全操作规程

1. 数控车床安全操作规程

(1) 工作时必须穿工作服，长发者必须戴安全帽，不允许戴手套操作机床。

- (2) 开机前先检查机床运行状况是否正常，润滑是否良好。
- (3) 安装刀具及工件必须牢固，不要把工具等物品遗留在机床内。
- (4) 机床开动前必须关好安全防护门。
- (5) 机床加工时禁止用手触摸刀尖、工件及铁屑。
- (6) 禁止用手触摸运动中的主轴、刀架及尾座等运动部件。
- (7) 定期维护机床。

2. 数控车床的操作过程



任务二 操控卧式数控车床

一、操作数控车床

1. 控制面板及操作面板

数控车床控制面板及操作面板（以 CK6150D 型数控车床采用的 FANUC O-TD 型数控系统为例），如图 1-3 所示。

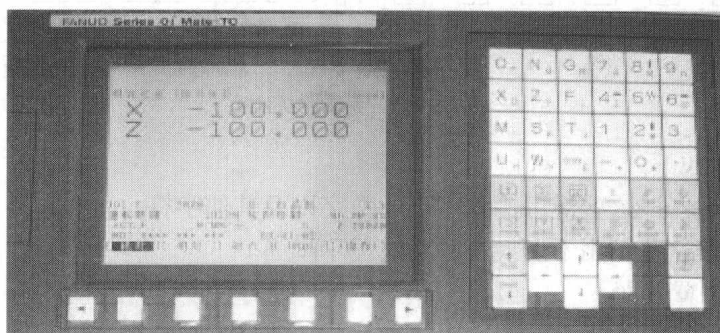


图 1-3 FANUC O-TD 面板

(1) 方式选择开关，如图 1-4 所示。

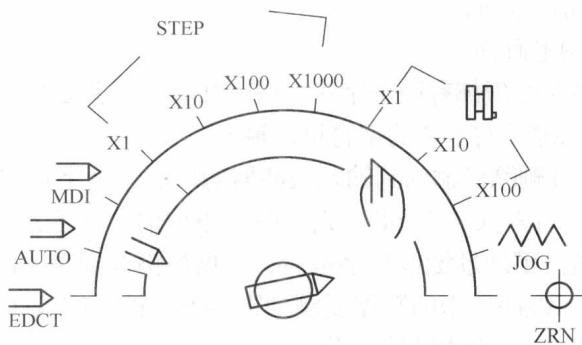


图 1-4 方式选择开关

EDIT	程序编辑方式，编辑一个已存储的程序。
AUTO	程序自动运行方式，自动运行一个已存储的程序。
MDI	手动数据输入方式，直接运行手动输入的程序。
INC	增量进给方式
HANDLE	手摇脉冲方式，使用手轮，步进的值由手轮开关来选择。
JOG	手动进给方式，使用点动键或其他手动开关。
ZRN	回零方式，手动返回参考点。

(2) CRT/MDI 控制面板，如图 1-5 所示。

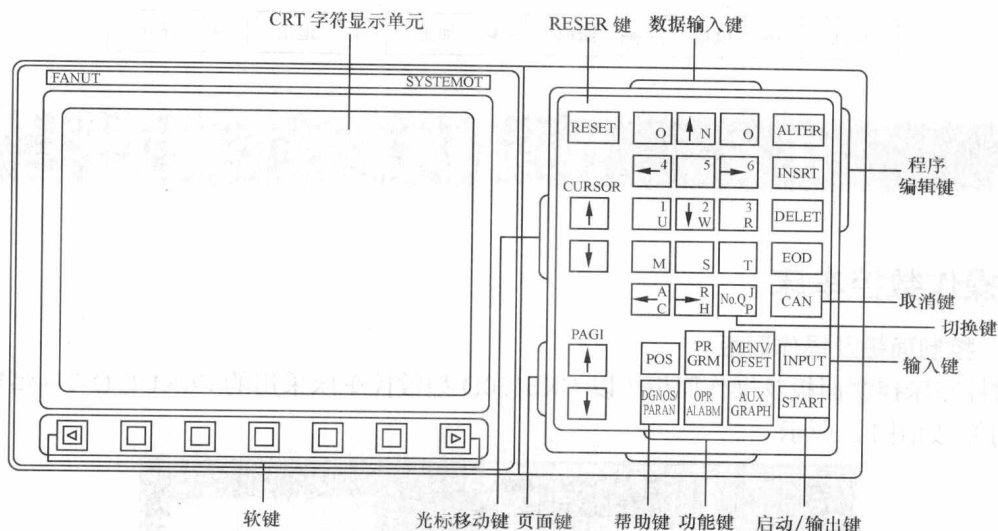


图 1-5 数控系统控制面板


各功能键说明如下。


- ① 数据输入键：按这些键可输入字母、数字以及其他字符。
- ② 功能键：按这些键用于切换各种功能显示画面。
 - 〈POS〉显示位置画面。
 - 〈PROG〉显示程序画面。
 - 〈OFS/SET〉显示刀偏/设定 (SETTING) 画面。
 - 〈SYSTEM〉显示系统画面。
 - 〈MESSAGE〉显示信息画面。
 - 〈CSTM/GR〉显示图形画面。
- ③ 切换键：在有些键的顶部有两个字符。按〈SHIFT〉键来选择字符。当一个特殊字符 \hat{E} 在屏幕上显示时，表示键面右下角的字符可以输入。
- ④ 取消键：按此键可删除已输入到输入缓冲器的最后一个字符或符号。当显示输入缓冲器为：N001×100Z_ 时，按〈CAN〉键，则字符 Z 被取消，显示：N001×100。
- ⑤ 数据输入键：当按了地址键或数字键后，数据被输入到缓冲器，在 CRT 屏幕上显示出来。为了把键入到输入缓冲器中的数据复制到寄存器，按〈INPUT〉键。这个键相当于软键的〈INPUT〉键，按此二键的结果是一样的。
- ⑥ 程序编辑键：当编辑程序时可按这些键。

〈ALTER〉: 替换。〈INSERT〉: 插入。〈DELETE〉: 删除。

⑦ 帮助键: 按此键用来显示如何操作机床, 如 MDI 键的操作。可在 CNC 发生报警时提供报警的详细信息 (帮助功能)。

⑧ 复位键 : 按此键可使 CNC 复位, 用以消除报警等。

⑨ 页面键 : 这两个翻页键是用于在屏幕上朝前或朝后翻页。

⑩ 光标移动键 : 这两个光标移动键按其方向可控制光标上、下、左、右移动。每按一次前进或后退一个字符位置。

⑪ 软键: 根入其使用场合, 软键有各种功能。软键功能显示在 CRT 屏幕的底部, 如图 1-6 所示。

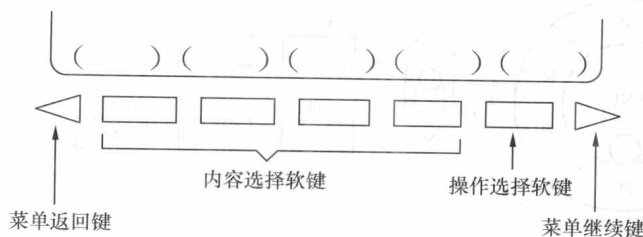


图 1-6 屏幕软键

⑫ 功能键和软键: 功能键用于选择显示的屏幕 (功能) 类型。按功能键之后, 接着按软键 (节选择软键), 与已选功能相对应的屏幕 (节) 就被选中 (显示)。画面的一般操作。

- a. 在 MDI 面板上按功能键。属于选择功能的对应软键出现。
- b. 按其中一个对应软键。与所选择功能相对应的画面出现。如果目标功能的软键未显示, 则按继续菜单键 (下一个菜单键)。
- c. 当目标功能画面显示时, 按操作选择键显示被处理的数据。
- d. 为了重新显示当前功能, 选择软键, 按返回菜单键。

(3) 车床操作面板, 如图 1-7 所示。

① ST: 启动开关。SP: 停止开关。

② KEY: 写保护开关。

③ TRST: 手动换刀开关。

④ ON: 水泵启动开关。OFF: 水泵停止开关。

⑤ NOR 开关: 手动主轴正转开关。

⑥ REV 开关: 手动主轴反转开关。

⑦ STOP: 手动主轴停止开关。

⑧ DRN: 空运行开关。

⑨ BDT: 程序跳转开关。

⑩ SBK: 程序单段开关。

⑪ 进给倍率开关。

⑫ 急停按钮开关。

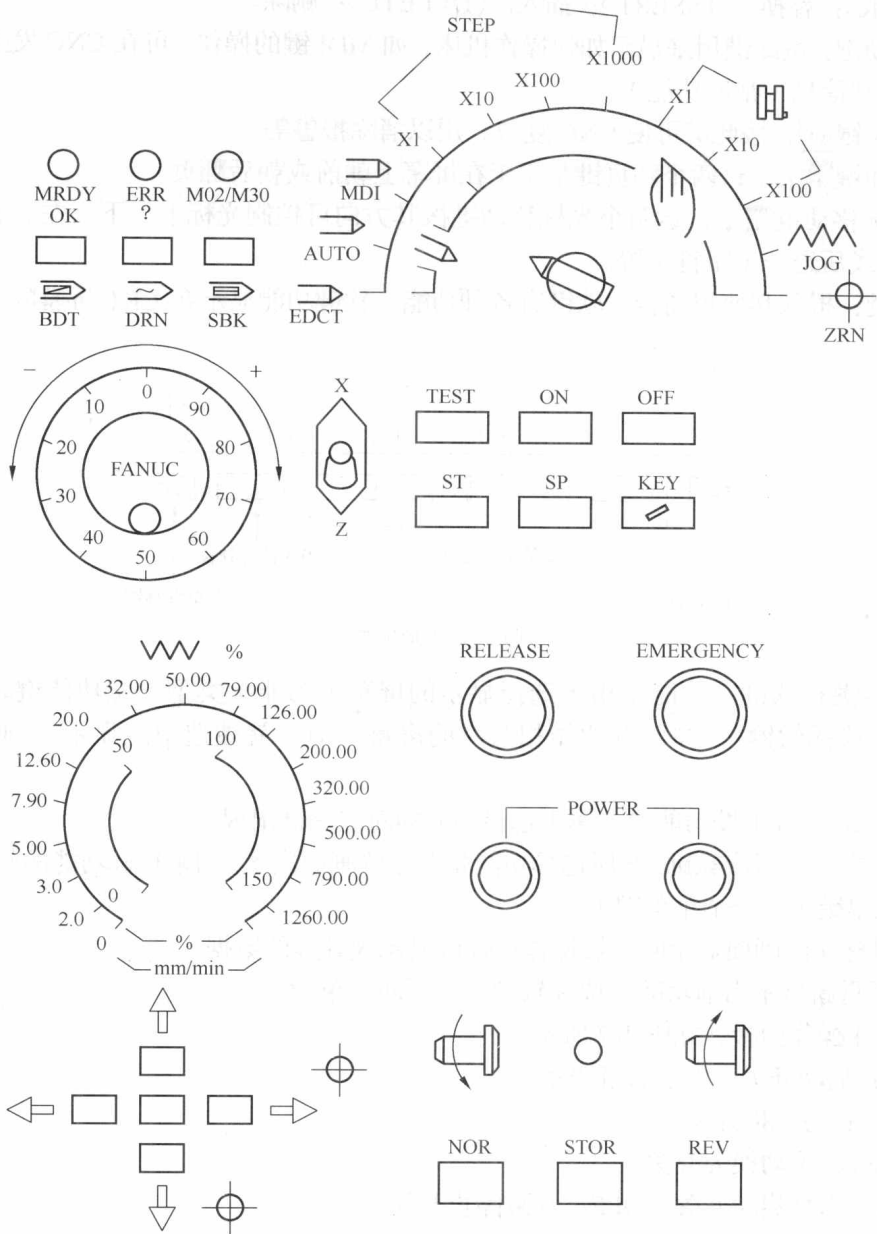


图 1-7 数控车床操作面板

2. 回参考点及手动操作

(1) 回参考点操作。在程序运行前，必须先对机床进行参考点返回操作，即将刀架返回机床参考点。有手动参考点返回和自动参考点返回两种方法，通常情况下，在开机时采用手动参考点返回方法，其操作方法如下。

- ① 将机床操作模式开关设置在 ZRN 手动方式位置上。
- ② 操作机床面板上的“X”方向按钮，进行 X 轴回零操作。
- ③ X 轴回零后，操作机床面板上的“Z”方向按钮，进行 Z 轴回零操作。

④ 当坐标轴返回参考点时，刀架返回参考点，确认灯亮后，操作完成。

(2) 手动操作。

- ① 手动连续进给。
- ② 快速进给。
- ③ 步进进给 (STEP) 可实现步进移动。

二、对刀及刀具补偿设置

1. 对刀

在数控车削工艺中，刀尖运动轨迹是自始至终要控制的，所以“对刀”是必须掌握的一项工作。在数控加工中，对刀点是加工零件时刀具相对于零件运动的起点，因为数控加工程序是从这一点开始执行的，所以对刀点也称为起刀点。

选择对刀点的原则如下。

- ❖ 便于数学处理（基点和节点的计算）和使程序编制简单。
- ❖ 在机床上容易找正。
- ❖ 加工过程中便于测量检查。
- ❖ 引起的加工误差小。

(1) 试切对刀。用 G50X_Z_ 设定工件坐标系，则在执行此程序段之前必须先进行对刀，通过调整机床，将刀尖放在程序所要求的起刀点位置 (X、Z) 上，如图 1-8 所示，其方法如下。

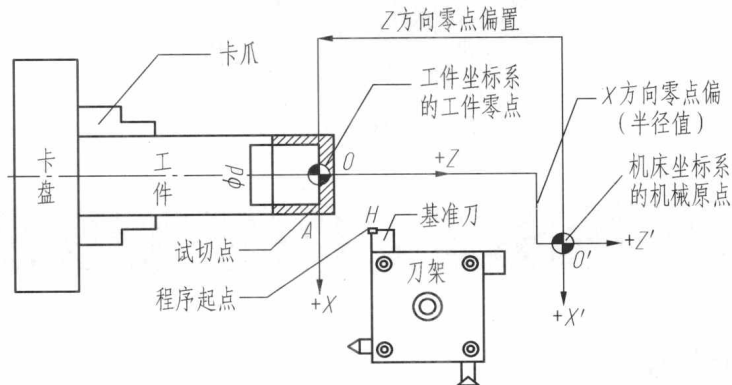


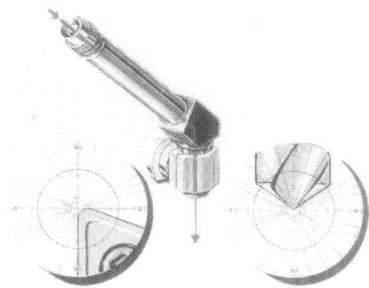
图 1-8 对刀示意图

- ① 回参考点操作。
 - ② 试切测量。
 - ③ 计算坐标增量。
 - ④ 对刀。
 - ⑤ 建立工件坐标系。
- (2) 光学对刀仪对刀，如图 1-9 所示。
- (3) 机械对刀仪对刀，如图 1-10 所示。

2. 刀具补偿

- (1) 直接输入刀具偏置值。

(2) 偏置量的计数器输入。



ATC光学对刀仪

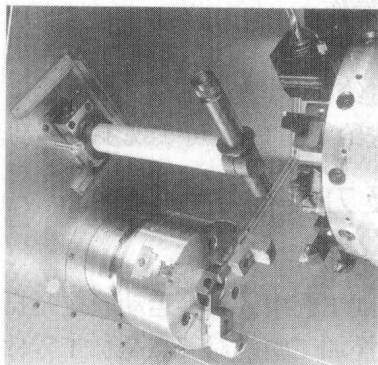


图 1-9 光学对刀仪对刀

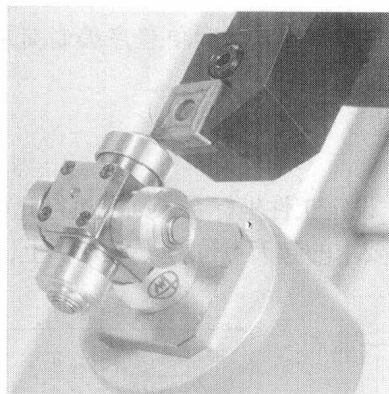


图 1-10 机械对刀仪对刀

任务三 掌握数控车编程基础

一、记住常用的刀具

1. 刀具的选择

与普通机床加工方法相比，数控加工对刀具提出了更高的要求，不仅需要刚性好、精度高，而且要求尺寸稳定，耐用度高，断屑和排屑性能好；同时要求安装调整方便，以此满足数控机床高效率的要求。数控车床上所选用的刀具常采用适应高速切削的刀具材料（如高速钢、超细粒度硬质合金）并使用可转位刀片。

2. 车削用刀具及其选择

数控车削常用的车刀一般分尖形车刀、圆弧形车刀以及成型车刀 3 类。

(1) 尖形车刀是以直线形切削刃为特征的车刀。这类车刀的刀尖由直线形的主副切削刃构成，如 90° 内外圆车刀、左右端面车刀、切槽（切断）车刀及刀尖倒棱很小的各种外圆和内孔车刀。

尖形车刀几何参数（主要是几何角度）的选择方法与普通车削时基本相同，但应结合数控加工的特点（如加工路线、加工干涉等）进行全面考虑，并应兼顾刀尖本身的强度。

（2）圆弧形车刀是以一圆度或线轮廓度误差很小的圆弧形切削刃为特征的车刀。该车刀圆弧刃每一点都是圆弧形车刀的刀尖，因此，刀位点不在圆弧上，而在该圆弧的圆心上。

圆弧形车刀可以用于车削内外表面，特别适合于车削各种光滑连接（凹形）的成型面。选择车刀圆弧半径时应考虑两点：一是车刀切削刃的圆弧半径应小于或等于零件凹形轮廓上的最小曲率半径，以免发生加工干涉；二是该半径不宜选择太小，否则不但制造困难，还会因刀尖强度太弱或刀体散热能力差而导致车刀损坏。

（3）成型车刀也称样板车刀，其加工零件的轮廓形状完全由车刀刀刃的形状和尺寸决定。此外，按照刀具结构可分为机夹车刀，如图 1-11 所示；焊接车刀，如图 1-12 所示。

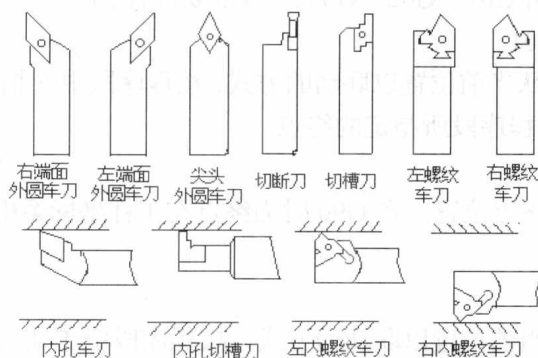
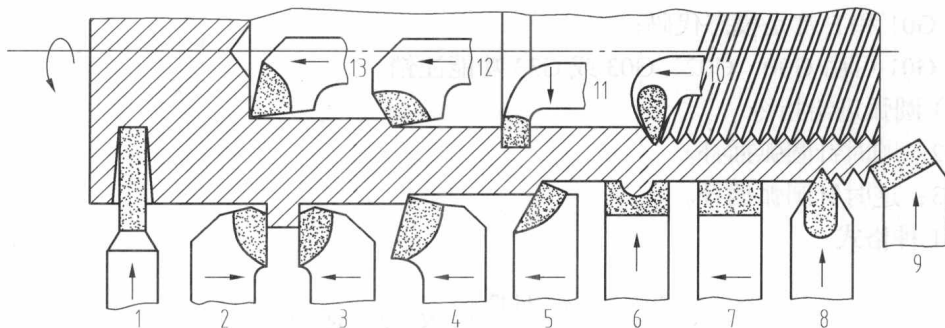


图 1-11 机夹车刀



1—切断刀；2— 90° 左偏刀；3— 90° 右偏刀；4—弯头车刀；5—直头车刀；6—成型车刀；7—宽刃精车刀；8—外螺纹车刀；9—端面车刀；10—内螺纹车刀；11—内孔车槽刀；12—通孔车刀；13—不通孔车刀

图 1-12 焊接车刀

刀位点是在编制加工程序时用以表示刀具位置的特征点。对圆弧车刀，刀位点在圆弧圆心上；对尖头车刀和镗刀，刀位点在刀尖。

二、车削加工常用编程指令

1. 基本编程指令

（1）快速定位指令 G00。