

中高职衔接核心课程精品系列教材

数控车床 (中职分册) 操作技能实训教程

◎主 编 杜海清



 ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

中高职衔接核心课程精品系列教材

数控车床操作技能 实训教程

(中职分册)

主 编 杜海清

副主编 贾春扬 盛国栋

主 审 刘 健



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数控车床操作技能实训教程(中职分册)/杜海清主编.
—杭州:浙江大学出版社,2017.1
ISBN 978-7-308-16536-5

I .①数… II .①杜… III .①数控机床—车床—操作
—中等专业学校—教材 IV .①TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 325030 号

数控车床操作技能实训教程(中职分册)

主编 杜海清

责任编辑 王元新
责任校对 杨利军 汪淑芳
封面设计 杭州林智广告有限公司
出版发行 浙江大学出版社
(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)
(网址:<http://www.zjupress.com>)
排 版 杭州中大图文设计有限公司
印 刷 嘉兴华源印刷厂
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 9.5
字 数 237 千
版 次 2017 年 1 月第 1 版 2017 年 1 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-308-16536-5
定 价 28.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行中心联系方式:0571-88925591;<http://zjdxcs.tmall.com>

前 言

数控技术是用数字信息对机械运动和工作过程进行控制的技术,数控机床是数控技术实施加工控制的机床,是以数控技术为代表的新技术对传统制造产业和新兴制造业的渗透形成的一种机电一体化产品。数控机床是发展新兴高新技术产业和尖端工业最基本的装备。世界各国的信息产业、生物产业、航空航天、国防工业等广泛采用数控技术,以提高制造能力和水平,提高对市场的适应能力和竞争能力。目前,大力发展以数控技术为核心的先进制造技术已成为世界各发达国家加速经济发展、提高综合国力和国家地位的重要途径。

本教材是中高职衔接数控技术专业核心课程教材,按照中高职教学大纲,依据《国家职业标准(数控车工)》中、高级要求,结合作者多年从事数控加工工艺和数控加工技术方面的教学、竞赛与工作经验编写而成。

本教材按“工学结合”“任务引领”的教学理念,紧密联系生产实际,在理论知识够用的前提下,按工作过程设置教学内容,包括任务布置、知识链接、工艺分析、编程、操作实训以及注意事项等内容,实现理实一体化教学,激发学生的学习兴趣,提高课堂教学质量,最终达到相应等级职业技能操作水平。

本教材分为中职分册和高职分册,中职分册模块一、模块二由贾春扬编写,模块三由俞星编写,模块四由金海波编写。全书由杜海清组织编写、统稿,并任主编;贾春扬、盛国栋任副主编;刘健担任主审。

在教材编写和出版过程中,浙江工业职业技术学院、温州职业技术学院、宁海职教中心、宁波鄞州职教中心、温州市职业中等专业学校、慈溪杭州湾中等职业学校、新昌技师学院、德清县职业中等专业学校、杭州汽轮机股份有限公司、浙江日发数码精密机械股份有限公司、浙江凯达机床有限公司等单位相关老师、技

术人员给予了大力支持,对教材提出了许多宝贵的意见和建议,在此一并表示衷心感谢!

由于编者水平有限,书中存在错误与不当之处在所难免,敬请读者批评指正,以期进一步完善。

编 者

2016 年 10 月

目 录

模块一 职业素养与安全规范 1

 任务一 经济型数控车床结构与工艺范围 1

 任务二 机夹可转位车刀及其选用 14

 任务三 数控车床日常维护与保养 27

 任务四 数控车床安全作业与文明生产 31

模块二 FANUC 系统手工编程技术 34

 任务一 基础功能代码编程技术 34

 任务二 刀尖圆弧半径补偿及其应用 49

 任务三 循环功能代码编程技术 56

 任务四 子程序的编程技术 72

模块三 常见轮廓要素的加工技术..... 78

 任务一 外轮廓的加工技术 78

 任务二 内轮廓的加工技术 84

 任务三 内外径槽的加工技术 89

 任务四 普通螺纹的加工技术 94

 任务五 端面槽的加工技术 101

模块四 典型零件的加工工艺 107

 任务一 轴类零件的加工工艺 107

 任务二 套类零件的加工工艺 117

 任务三 盘类零件的加工工艺 127

 任务四 偏心零件的加工工艺 135

参考文献..... 146

模块一 职业素养与安全规范



知识目标

- (1) 建立对数控车工工种的感性认识。
- (2) 了解数控车床的组成及工作原理。
- (3) 了解数控车床常用刀具与应用场合。
- (4) 熟悉数控车床安全操作规程。



技能目标

- (1) 会进行数控车床的开关机和回参考点操作。
- (2) 会进行数控车床操作面板的基本操作。
- (3) 会根据加工要求选择数控车刀。
- (4) 会进行数控车床的日常保养。

任务一 经济型数控车床结构与工艺范围



任务导入

《国家职业标准》对数控车工的职业定义为:从事编制数控加工程序并操作数控车床进行零件车削加工的人员。数控车削加工是数控车工这一职业工种的主要工作内容。

世界技能组织(WorldSkills International)对数控车削加工的定义为:利用数控车床对工件进行数控金属切削加工而产生回转体零件的一种加工方法。这样的一些回转体零件被广泛应用于金属制造业,例如汽车、工具和模具、航空甚至航天工业。

数控车工需根据工程图样编制数控程序,设定所用的切削刀具、切削用量和走刀路径,制造所需的零件,并使零件的尺寸与形状、位置精度通常精确到 $1/100\text{mm}$ 的数量级(0.01mm 大约是一根人的头发直径的 $1/8$)、表面粗糙度通常精确到 $1/1000\text{mm}$ 的数量级。

一、任务布置

本任务以 FANUC Series 0i Mate-TD 系统卧式经济型数控车床为主要对象,学习数控车床主要组成部分的名称、作用和工艺范围,掌握基本开关机、回参考点和面板操作等技能。

(一)知识目标

- (1) 熟悉数控车床的工艺范围。

(2) 了解数控车床的组成与工作原理。

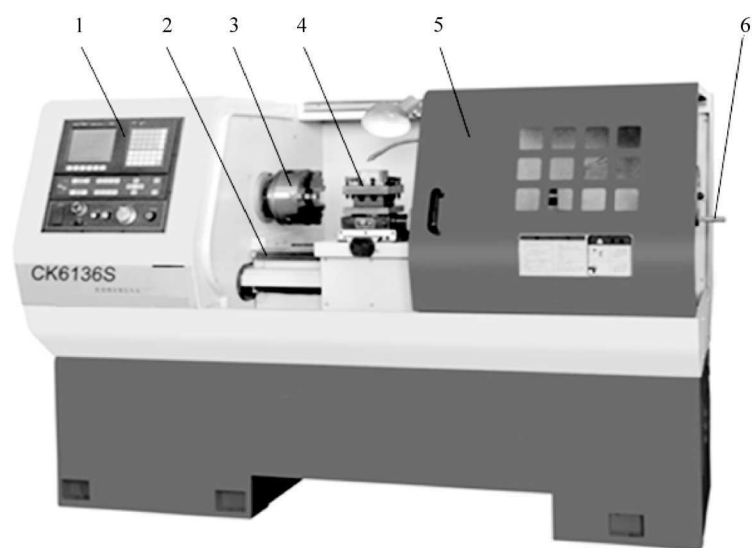
(二)技能目标

(1) 会进行数控车床的开关机和回参考点操作。

(2) 会进行数控车床操作面板的基本操作。

二、知识链接

数控车床是金属切削机床家族的重要组成成员,是目前使用比较广泛的数控机床。典型的卧式经济型数控车床如图 1-1 所示,其型号可参阅国家标准 GB/T 15375—1994《金属切削机床型号编制方法》进行解读。CK6136S 型卧式数控车床的主要技术参数如表 1-1 所示。



1—数控操作面板 2—导轨 3—卡盘 4—刀架 5—安全防护门 6—尾座

图 1-1 CK6136S 型卧式数控车床

表 1-1 CK6136S 型卧式数控车床的主要技术参数

序 号	项 目		参 数
1	床身上最大工件回转直径		∅360mm
2	刀架上最大回转直径		∅220mm
3	最大工件长度		1000mm
4	最大车削件长度		900mm
5	最大车削直径	盘类	∅360mm
		轴类	∅220mm
6	纵向最大行程(Z轴)		990mm
7	横向最大行程(X轴)		215mm
8	主轴头型式		C6

续表

序 号	项 目	参 数
9	主轴通孔直径	Ø52mm
10	主轴锥孔	MT.NO.6
11	主轴转速范围(无级)	200~2800r/min
12	快速进给(X/Z轴)	8/10m/min
13	三爪卡盘	Ø200mm
14	刀架	四工位
15	车刀刀柄尺寸	20mm×20mm
16	尾座套筒直径	Ø60mm
17	尾座套筒行程	120mm
18	套筒锥孔锥度	莫氏 4 号
19	主电机功率	3.7kW
21	机床外形尺寸(长×宽×高)	2370mm×1200mm×1415mm
22	机床净重	2000kg

(一)数控车床的组成及工作原理

数控车床由程序、输入装置、数控装置(computer numerical control,CNC)、伺服驱动装置、位置检测与反馈装置、辅助控制装置、机床本体等几部分组成,其工作原理框图如图 1-2 所示。

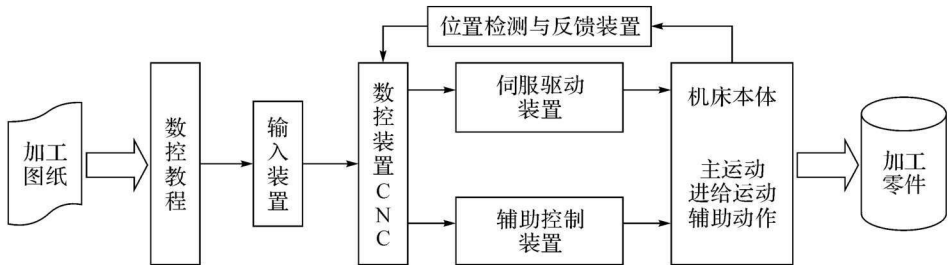


图 1-2 数控车床工作原理

1.数控程序

数控程序是数控车床零件自动加工执行的工作指令,内含零件在机床上的安装位置、刀具与零件相对运动的尺寸参数、零件加工的工艺路线、切削加工的工艺参数以及辅助装置的动作等加工信息。编程人员得到零件的所有运动、尺寸、工艺参数等信息后,用由文字、数字和符号组成的标准数控代码,按规定的方法和格式,编制数控加工程序。对于形状复杂的零件,则可以借助计算机辅助设计与制造软件(CAD/CAM)完成零件程序的自动编制。

2.输入装置

输入装置的作用是将程序载体上的数控代码传递并存入数控系统中。根据存储介质的

不同,输入装置可以是光电阅读机、磁带机、软盘驱动器、光盘驱动器等。数控车床加工程序也可通过数控系统面板上的键盘用手工方式直接输入数控系统,还可以由编程计算机采用传输线以网络通信方式传输到数控系统中。

零件加工程序输入过程有两种不同的方式:一种是边读入边加工(数控系统内存较小),即在线加工;另一种是一次将零件加工程序全部读入数控装置内部的存储器,加工时再从内部存储器中逐段调出指令进行加工。

3. 数控装置

数控装置是数控车床的核心。数控装置从内部存储器中取出或接受输入装置送来的一段或几段数控加工程序,经过数控装置的逻辑电路或系统软件进行编译、运算和逻辑处理后,输出各种控制信息和指令,控制机床各部分工作,使其进行规定的有序运动和动作。

4. 伺服驱动装置

伺服驱动装置接受来自数控装置的指令信息,经功率放大后,严格按照指令信息的要求驱动机床移动部件,以加工出符合图样要求的零件。因此,它的伺服精度和动态响应性能是影响数控车床加工精度、表面质量和生产率的重要因素。驱动装置包括控制器(含功率放大器)和执行机构两大部分。目前大多采用直流或交流伺服电动机作为执行机构。

5. 位置检测与反馈装置

位置检测装置将数控车床各坐标轴的实际位移量检测出来,经反馈系统输入到机床的数控装置之后,由数控装置将反馈回来的实际位移量值与设定值进行比较,控制驱动装置按照指令设定值进行修正与补偿。

6. 辅助控制装置

辅助控制装置的主要作用是接收数控装置输出的开关量指令信号,经过编译、逻辑判别和运算,再经功率放大后驱动相应的电器,带动机床的机械、液压、气动等辅助装置完成指令规定的开关量动作。这些控制包括主轴运动部件的变速、换向和启停指令,刀具的选择和交换指令,冷却、润滑装置的启动停止,工件和机床部件的松开、夹紧等开关辅助动作。

7. 机床本体

数控车床的机床本体是加工运动的实际机械部件,主要包括:主轴传动装置、进给传动装置、床身、工作台以及辅助运动装置、液压气动系统、润滑系统、冷却装置等。

从外观观察,卧式经济型数控车床的主要组成部分及功能如表 1-2 所示。

表 1-2 卧式经济型数控车床主要组成部分及功能

序 号	名 称	功 能
1	数控操作面板	主要用于编辑程序、控制功能部件动作、调节加工参数等
2	导轨	主要起导向与支承作用,具有较高的精度、刚度和承载能力
3	卡盘	主要用于装夹工件,有三爪自定心卡盘、四爪单动卡盘等
4	刀架	主要用于安装各类车削用刀具
5	安全防护门	用于安全防护,避免切屑伤人,防止切削液飞溅
6	尾座	用于安装顶尖、钻头等工具

(二)数控车床的工艺范围

机床的工艺范围是指机床适应不同生产要求的能力,即机床上可以完成的工序种类,能加工的零件种类,毛坯、材料种类,适应的生产规模等。

与普通车削一样,数控车削也是由工件(主轴)回转作主运动,刀具(刀架)沿纵向导轨或横向导轨作进给运动。这种切削成形运动的形式决定了数控车削主要适宜于加工回转体零件。

随着机床制造技术水平的突飞猛进,各类全功能型数控车床、车削中心等设备不断出现,许多在传统机械制造业中划属铣削、钻削、铰削的加工工艺逐渐以各种灵活的形式融入数控车床中来,使现代数控车床的加工工艺范围不断扩大。但就加工整体工艺划属而言,数控车床仍然适合于加工各种精度要求高、结构形状复杂、表面粗糙度要求高、尺寸一致性要求好、批量大小合适的轴、盘、套等回转体零件(见图 1-3)。

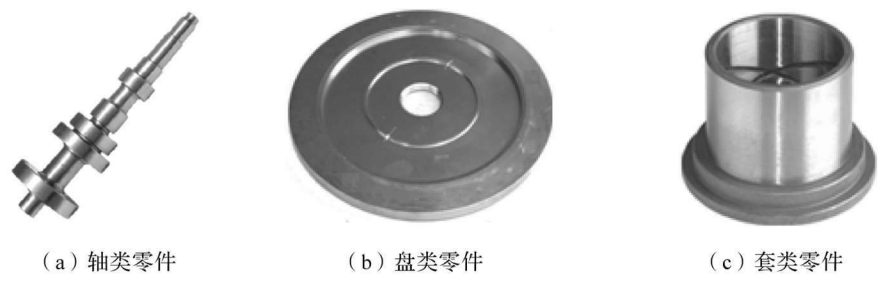


图 1-3 数控车床适合加工的典型零件

如图 1-4 所示,经济型数控车床能自动完成内外圆柱面、圆锥面、圆弧面、螺纹等轮廓要

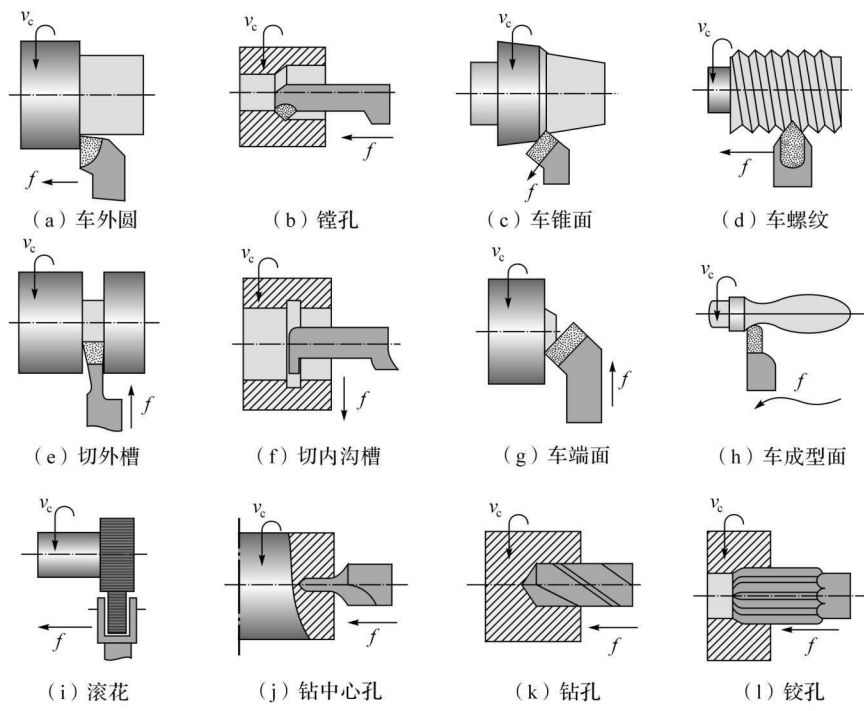


图 1-4 数控车床可以完成的工序种类

素的切削加工,并能进行切内外槽、切断、车端面、车成型面、滚花等加工。在操作者手动配合下,还能进行钻中心孔、钻孔、铰孔等工序种类的加工。

三、任务分析

(一)开机、回参考点、急停、关机

1. 开机

在检查机床各部件初始状态正常后,接通机床电源和 CNC 电源。经自检后,引导进入系统操作界面,通常会出现回参考点的提示窗口。然后解除已被按下的“急停”按钮,给伺服系统复位上电。

2. 回参考点

控制机床运动的前提是建立机床坐标系,为此,系统接通电源、复位后首先应进行机床各轴回参考点操作。若不回参考点,有的数控系统将出现坐标系位置混乱现象,有的数控系统则出现螺距误差补偿、反向间隙补偿功能无法实现的现象。当然,某些使用绝对式测量装置的数控车床,可不回参考点。

回参考点操作一般要将数控系统置于“ ZRN”(回参考点)方式下进行,顺序一般是先将 X 轴回参考点,然后再将 Z 轴回参考点。所有轴回参考点后,即建立了机床坐标系。回参考点操作还应注意:

(1)在回参考点前,应确保回零轴位于参考点的回参考点方向相反侧(如 X 轴的回参考点方向为负,则回参考点前应保证 X 轴当前位置在参考点的正向侧),否则应手动移动该轴直到满足此条件。

(2)在回参考点过程中,若出现超程,则利用系统提供的超程解除方法,向相反方向手动移动该轴使其退出超程状态,然后重新进行回参考点操作。

3. 急停

机床运行过程中,在危险或紧急情况下,按下急停按钮,CNC 即进入急停状态,伺服进给及主轴运转立即停止工作(控制柜内的进给驱动电源被切断)。松开急停按钮(右旋此按钮,自动弹起),CNC 进入复位状态。

解除急停前,应先确认故障原因是否排除,且紧急停止解除后应重新执行回参考点操作,以确保坐标位置的正确性。一般地,在开机和关机之前也应按下急停按钮,以减少设备的电冲击。

4. 关机

机床使用完毕,一般要按照下列顺序关机:

(1)将机床工作台置于行程内不易导致机床基础支撑件变形的位置上。卧式经济型数控车床将纵向拖板移动到尾架一侧未到达机床坐标系原点 100mm 左右的位置上,横向拖板移动到全行程的中间位置。

(2)按下【急停】按钮,使伺服断电。

(3)关闭 CNC 电源和机床电源。

(二)机床面板的基本操作

1.机床的手动操作

机床的手动操作主要包括:手动移动机床坐标轴(包括点动、增量、手摇等方式)、手动控制主轴(包括主轴正转、停止、反转等方式)、机床锁住、刀位转换、卡盘松紧、冷却液启停、手动数据输入(MDI)运行等。

机床手动操作主要由机床操作面板或手持单元完成。

2.程序编辑

程序编辑包括代码的插入、修改、删除和替换,还包括整个程序的删除和自动插入顺序号。高级数控系统还具有程序编辑的扩展功能,如复制程序、移动程序、合并程序、程序号检索、顺序号检索、字检索、地址检索等。

3.自动加工

自动加工的前提条件是:机床已经回过参考点;被加工零件及刀具在机床上正确定位并可靠装夹;系统处于复位状态;被加工零件的程序已经输入数控系统,并经调试校验无误,输入了必要的补偿值和各类参数。此时,调出零件加工程序,可正式启动运行。

一般地,数控系统的自动加工操作步骤是:

- (1)选择机床控制面板上的【AUTO】自动模式按键,进入程序运行方式。
- (2)按下机床控制面板上的“循环启动”按键,机床开始自动运行调出的零件加工程序。

(三)FANUC Series Oi Mate-TD 系统操作面板

FANUC Series Oi Mate-TD 系统操作面板分为数控系统面板和机床操作面板两部分。

1.数控系统面板

如图 1-5 所示为 FANUC Series Oi Mate-TD 数控系统面板,包括显示屏与 MDI 键盘。MDI 键盘功能分区如图 1-6 所示,各键使用方法如表 1-3 所示。



图 1-5 FANUC Series Oi Mate-TD 数控系统面板

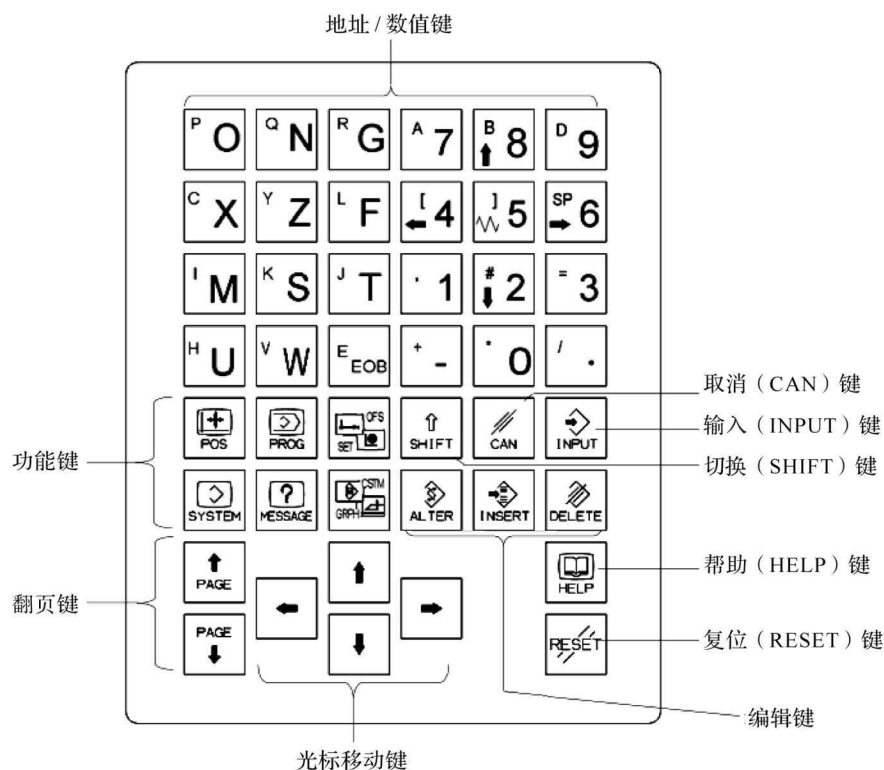
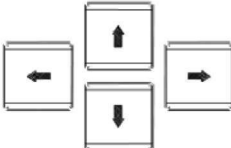


图 1-6 FANUC Series 0i Mate-TD 系统 MDI 键盘

表 1-3 MDI 键盘各键使用说明

序 号	名 称	按键示意图	使用说明
1	复位键		要解除报警或复位数控系统时按此键
2	帮助键		对 MDI 键盘的功能不明确,希望显示操作方法,或希望显示数控系统报警的详细内容时按此键
3	地址/数值键	  ...	按这些键可以输入相应的字母、数字等字符
4	切换键		某个地址/数值键上有 2 个字符时,按此键可以切换输入的字符
5	输入键		把输入区域内的数据输入参数页面或者输入一个外部的数控程序时按此键
6	取消键		消除输入区域内的数据时按此键

续表

序 号	名 称	按键示意图	使用说明
7	修改键		修改输入区域内的数据时按此键
8	插入键		把输入区域中的数据插入到当前光标之后的位置
9	删除键		删除光标所在位置的数据,删除一个或者全部数控程序
10	光标移动键		向上、下、左、右移动光标
11	翻页键		上、下翻页
12	位置功能键		按此键显示位置显示画面
13	程序功能键		按此键显示程序画面
14	偏置功能键		按此键显示偏置/设定画面
15	系统功能键		按此键显示系统画面
16	信息功能键		按此键显示信息画面
17	图形功能键		按此键显示图形模拟画面

2.机床操作面板

不同机床生产厂家生产的卧式经济型数控车床所配置的机床操作面板布局不尽相同,但其功能却大同小异。机床操作面板主要用于控制机床的运行状态,由工作方式选择按钮、程序运行控制开关等多个部分组成。

如图 1-7 所示的机床操作面板,各键功能如表 1-4 所示。

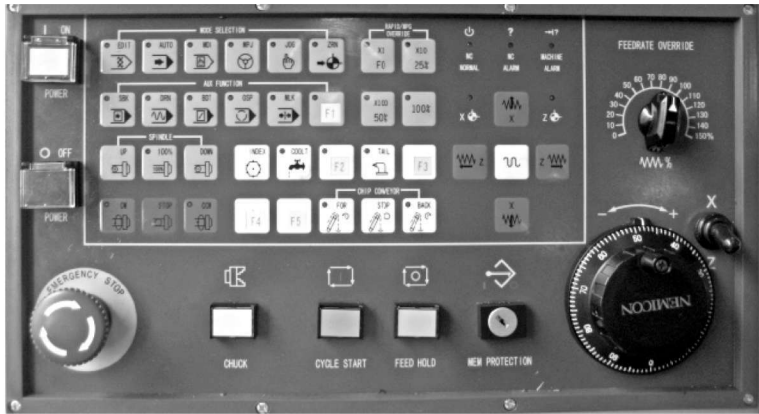
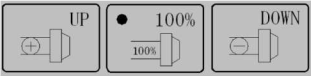
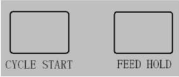
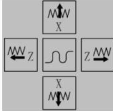


图 1-7 机床操作面板

表 1-4 机床操作面板各键使用说明

序 号	名 称	按键示意图	使用说明
1	编辑方式键		实现编辑、修改、删除或传输零件的加工程序
2	自动运行键		自动加工模式,按下此键,机床按加工程序自动运行
3	MDI 键		手动数据输入方式,从 CRT/MDI 操作面板输入指令
4	手轮方式键		在该模式下,通过手轮可实现 X、Z 轴的各自连续移动
5	手动方式键		通过 X、Z 轴方向移动按钮,实现两轴各自的连续移动
6	回零键		返回参考点,通过按+ X、+ Z 按钮实现 X 轴和 Z 轴回零
7	单段键		仅对自动方式有效,执行完一个程序段,机床停止运行,按循环启动键,再执行下一个程序段
8	空运行键		在自动模式下,用来在机床不装零件的情况下检查机床的运动
9	程序跳段键		在自动模式下,当程序执行到前面带有跳段符号的程序段时就跳过
10	机床锁住键		在不移动刀架的情况下检测刀具位置显示的变化,检查程序指令编制是否正确

续表

序 号	名 称	按键示意图	使用说明
11	刀架转换键		在手动模式下,按下该键则按顺时针转动一刀位
12	冷却液键		冷却液打开和关闭
13	主轴倍率键		机床主轴倍率控制:上升、100%、下降
14	主轴控制键		机床主轴手动控制:正转、停止、反转
15	手轮		在手轮的方式下,可以控制 X 轴和 Z 轴的移动
16	进给速度调节旋钮		用于调节程序运行中的进给速度,调节范围从 0~150%
17	急停开关		用于紧急情况下停止机床的运行
18	循环启动和进给保持按钮		CYSLE START 按钮为循环启动,FEED HOLD 按钮为进给保持
19	增量进给倍率选择键		增量方式下,选择不同的键,移动的位移量不同
20	机床刀架手动控制键		按所需移动方向键,刀架向所需方向移动。同时按下中间键,可实现该方向的快速移动

四、技能实训

(一)开机、关机练习

数控车床的开机按下列顺序操作,而关机则按相反顺序操作。

- (1)打开机床电气柜的电源总开关,接通机床主电源,电源指示灯亮,电气柜散热风扇启动；
- (2)在机床操作面板上按下系统电源启动【ON】键(关机时按【OFF】键),为数控系统上电,待显示器工作并显示初始画面；