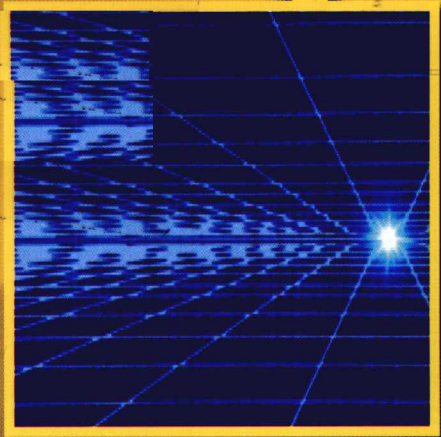
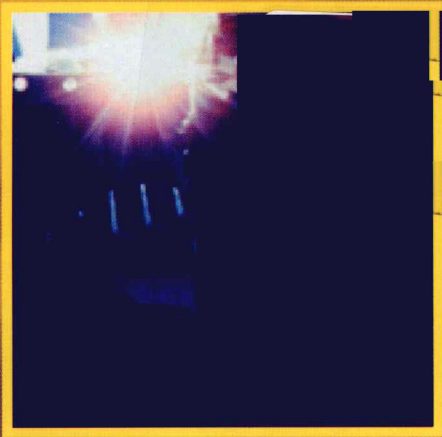




职业教育教学改革规划教材

数控车工技能训练 项目教程（中级）

朱兴伟 蒋洪平 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



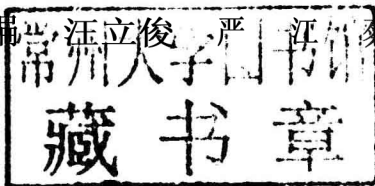
职业教育教学改革规划教材

数控车工技能训练 项目教程（中级）

主 编 朱兴伟 蒋洪平

副主编 黄站平

参 编 汪立俊 严 江 蔡苏明



机械工业出版社

本书采用项目教学模式, 全面介绍数控车工职业技能(中级)考核所需的工艺、编程方法和操作加工技术等知识。

全书共分三篇。第一篇是基础篇, 包括数控车床概述、数控车床的操作、数控系统编程和数控加工仿真等基础知识; 第二篇是技能篇, 包括十个递进的数控车工(中级)技能训练项目; 第三篇是鉴定篇, 包括五套数控车工职业技能(中级)考核试卷。本书通过对典型案例进行分析, 按“项目描述→项目教学目标→项目实施→项目总结”的步骤展开项目训练, 使学生快速、全面地掌握数控车削加工工艺分析与设计、编程和操作加工技术等知识。

本书可以作为职业院校数控技术、模具设计与制造、CAD/CAM、机电一体化等专业的教材, 也可以作为工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控车工技能训练项目教程: 中级/朱兴伟, 蒋洪平主编. —北京: 机械工业出版社, 2011.7

职业教育教学改革规划教材

ISBN 978-7-111-34784-2

I. ①数… II. ①朱…②蒋… III. ①数控机床: 车床-车削-职业教育-教材 IV. ①TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 103748 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 齐志刚 责任编辑: 齐志刚 王海霞 版式设计: 霍永明

责任校对: 薛娜 封面设计: 鞠杨 责任印制: 乔宇

三河市国英印务有限公司印刷

2011 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·10.25 印张·248 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-34784-2

定价: 21.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者购书热线: (010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书针对职业院校数控技术、模具设计与制造、CAD/CAM、机电一体化等专业教育人才培养目标及规格的要求,以就业为导向,紧紧围绕“以能力为本位、以项目课程为主体、以职业实践为主线的模块化课程体系”(简称“三以一化”)的课程改革理念,并结合岗位实际和职业技能考核标准编制而成。

本书共分三篇。第一篇是基础篇,包括数控车床概述、数控车床的操作、数控系统编程和数控加工仿真等基础知识;第二篇是技能篇,包括十个递进的数控车工(中级)技能训练项目;第三篇是鉴定篇,包括五套数控车工职业技能(中级)考核试卷。本书通过对典型案例进行分析,按“项目描述→项目教学目标→项目实施→项目总结”的步骤展开项目训练,使学生快速、全面地掌握数控车削加工工艺分析与设计、编程和操作加工技术等知识。

本书由江苏联合职业技术学院朱兴伟、蒋洪平任主编,由黄战平任副主编,全书由蒋洪平统稿。参加编写人员及具体编写分工如下:朱兴伟(基础篇第一、第二、第三、第四章,技能篇项目二、项目五、项目六、项目七、项目十,鉴定篇样卷三、四、五,附录A、B、C、D),蒋洪平(技能篇项目四,鉴定篇样卷一、二,附录E),黄战平(技能篇项目八),汪立俊(技能篇项目三),严江(技能篇项目一),蔡苏明(技能篇项目九)。

本书在编写过程中得到了有关学校领导和行业、企业一线专家的大力支持和帮助,在此谨向他们表示衷心的感谢。

由于时间仓促,加之编者水平有限,书中难免存在不当和错误之处,敬请广大读者谅解,并真诚欢迎读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一篇 基础篇	1
第一章 数控车床概述	2
第二章 数控车床的操作	7
第三章 数控系统编程	15
第四章 数控加工仿真	26
第二篇 技能篇	33
项目一 台阶轴零件的加工	34
项目二 带圆弧台阶轴零件的加工	43
项目三 螺纹轴零件的加工 (1)	49
项目四 螺纹轴零件的加工 (2)	56
项目五 螺纹轴零件的加工 (3)	63
项目六 带孔螺纹轴零件的加工	71
项目七 梯形槽螺纹轴的加工	79
项目八 综合零件的加工 (1)	86
项目九 综合零件的加工 (2)	95
项目十 综合零件的加工 (3)	103
第三篇 鉴定篇	111

样卷一 数控车工职业技能 (中级)	
考核试卷 01	112
样卷二 数控车工职业技能 (中级)	
考核试卷 02	119
样卷三 数控车工职业技能 (中级)	
考核试卷 03	126
样卷四 数控车工职业技能 (中级)	
考核试卷 04	132
样卷五 数控车工职业技能 (中级)	
考核试卷 05	138

附录	145
-----------------	-----

附录 A FANUC 0i 系统数控车床	
常用指令表	145
附录 B 常用切削用量表	146
附录 C 数控车床安全操作规程	147
附录 D 数控车床的维护与保养	148
附录 E 数控车工国家职业标准	149

参考文献	158
-------------------	-----

第一篇

基础篇

第一章 数控车床概述

顾名思义，数控（Numerical Control，NC）机床是一类由数字程序控制的机床。它是将事先编好的程序输入机床的专用计算机，由计算机指挥机床各坐标轴的伺服电动机，从而控制机床各运动部件的先后动作、速度和位移量，并与选定的主轴转速相配合，最终加工出各种不同工件的设备。

数控车床是能自动完成轴类及盘类零件内外圆柱面、圆锥面、圆弧面、螺纹及各种回转曲面的切削加工，并能进行切槽、钻孔、扩孔和铰孔等工作的机床。它是目前国内使用量最大，覆盖面最广的一种数控机床。

第一节 数控车床的特点及种类

一、数控车床的特点

1. 加工精度高，产品质量稳定

数控车床是按程序指令进行加工的。由于数控车床的脉冲当量普遍可达到 0.001mm，其传动系统和车床结构都具有很高的刚度和热稳定性，而且进给系统采用了消除间隙措施，反向间隙与丝杠螺距误差等可由数控装置进行自动补偿，因此数控车床能达到最高的加工精度。对于中、小型数控车床，定位精度普遍可达 0.03mm，重复定位精度为 0.01mm。又因为数控车床加工完全是自动进行的，消除了操作者人为产生的误差，所以同一批工件的尺寸一致性好，加工质量十分稳定。

2. 适应性强，适合加工单件或小批量复杂工件

在数控车床上改变加工工件时，只需要重新编制（更换）程序，就能实现新工件的加工。用数控车床加工工件时，只需要简单的夹具，因此在加工工件改变后，不需要制作特别的工装夹具，更不需要重新调整车床。这就为结构复杂工件的单件、小批量生产及试制新产品提供了极大的便利。对于那些利用手工操作的一般车床很难加工或无法加工的精密复杂零件，数控车床也能实现自动加工。

3. 自动化程度高，劳动强度低

数控车床对工件的加工是按事先编好的程序自动完成的，工件加工过程中不需要人的干预，加工完毕后自动停车，使操作者的劳动强度与紧张程度大为减轻。另外，数控车床一般都具有较好的安全防护、自动排屑、自动冷却和自动润滑装置，操作者的劳动条件也大为改善。

4. 生产效率高

加工工件所需的时间主要包括机动时间和辅助时间两部分。数控车床能有效地减少这两部分的时间。数控车床主轴的转速和进给量的变化范围比普通车床大，从而可以选用最有利的切削用量。由于数控车床的结构刚性好，能使用大切削用量的强力切削，从而提高了数控

车床的切削效率,节省了机动时间。数控车床移动部件的空行程运动速度快,工件装夹时间短,辅助时间比一般车床少。

数控车床更换工件时,不需要调整车床。同一批工件的加工质量稳定,不需停机检验,使辅助时间大大缩短。在加工中心进行加工时,一台机床可以实现多道工序的连续加工,生产效率的提高更加明显。

5. 有利于生产管理的现代化

数控车床加工工件,能准确地计算零件的加工工时和费用,有效地简化了检验工装夹具和半成品的管理工作,有利于生产管理的现代化。

二、数控车床的种类

数控车床的品种繁多,常见的分类方法如下。

1. 按数控系统的功能分类

(1) 经济型数控车床 一般采用步进电动机驱动形成开环伺服系统,其控制部分采用单板机或单片机。此类车床的结构简单,价格低廉,无刀尖圆弧半径自动补偿和恒线速切削等功能。

(2) 全功能型数控车床 此类车床一般采用闭环和半闭环控制系统,具有高刚度、高精度和高效率等特点。

(3) 车削中心 它是以全功能型数控车床为主体,配置了刀库、换刀装置、分度装置、铣削动力头和机械手等装置,可以实现多工序复合加工的机床。在一次装夹后,车削中心可以完成回转类零件的车、铣、钻、铰、攻螺纹等多种加工工序,其功能全面,但价格较高。

(4) FMC(柔性制造系统)车床 它实际上是一个由数控车床、机器人等构成的柔性加工单元。FMC车床能实现工件的搬运,装卸的自动化和加工调整准备的自动化。

2. 按加工零件的基本类型分类

(1) 卡盘式数控车床 这类车床未设置尾座,适于车削盘类零件。其夹紧方式多为电动或液压控制,卡盘多数具有卡爪。

(2) 顶尖式数控车床 这类车床设置有普通尾座或数控尾座,适合车削较长的轴类零件及直径不太大的盘、套类零件。

3. 按主轴的配置形式分类

(1) 卧式数控车床 其主轴轴线处于水平位置,又可分为水平导轨式数控车床和倾斜导轨式数控车床(其倾斜导轨结构可以使车床具有更大的刚性,并易于排屑)。

(2) 立式数控车床 其主轴轴线处于垂直位置,并有一个直径很大的圆形工作台,供装夹工件用。这类车床主要用于加工径向尺寸大、轴向尺寸较小的大型复杂零件。

第二节 数控车床的结构及加工过程

一、数控车床的结构

数控车床是数字程序控制车床的简称,CKA6150 数控车床的结构外观如图 0-1 所示。

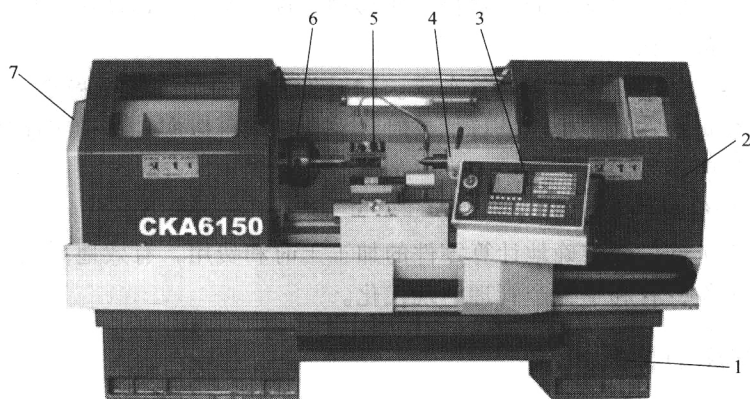


图 0-1 CKA6150 数控车床的结构外观图

1—床身 2—防护门 3—操作面板 4—尾座 5—刀架 6—卡盘 7—主轴箱

数控车床主要由以下几部分组成。

1. 控制介质与程序输入输出设备

控制介质是记录零件加工程序的载体，是人与车床建立联系的介质。程序输入输出设备是数控装置与外部设备进行信息交换的装置，其作用是将记录在控制介质上的零件加工程序传递并存入数控系统内，或将调试好的零件加工程序通过输出设备存放或记录在相应的介质上。

2. 数控装置

数控装置是数控车床的核心，包括微型计算机、各种接口电路、显示器等硬件及相应的软件。数控装置的作用是接受由输入设备输入的各种加工信息，经过编译、运算和逻辑处理后，输出各种控制信息和指令，控制车床各部分，使其按程序要求实现规定的有序运动和动作。

3. 伺服系统

伺服系统是数控装置和车床的联系环节，包括进给伺服驱动装置和主轴伺服驱动装置。进给伺服驱动装置由进给控制单元、进给电动机和位置检测装置组成，并与车床上的执行部件和机械传动部件组成了数控车床的进给系统。伺服系统的作用是接收数控装置输出的指令脉冲信号，驱动车床的移动部件（刀架或工作台）按规定的轨迹和速度移动或精确定位，加工出符合图样要求的工件。

4. 辅助控制装置

辅助控制装置的主要作用是接收由数控装置输出的开头量指令信号，经过编译、逻辑判断和运动，再经功率放大后驱动相应的电器，带动车床的机械、液压、气动等辅助装置完成指令规定的开关动作。这些控制包括主轴运动部件的变速、换向、启动和停止，刀具的选择和交换，冷却、润滑装置的启动和停止，工件和车床部件的松开、夹紧，分度工作台转位分度等开关的辅助动作。

5. 车床本体

车床本体是加工运动的实际机械机构，它主要包括：主运动机构、进给运动机构和支承部件（如床身、立柱）等。

数控车床的机械传动机构与卧式车床相比已大大简化,保留了部分主轴箱内的齿轮传动,取消了交换齿轮箱、进给箱、溜板箱和绝大部分的传动机构。

二、数控车床的加工过程

数控车床的加工过程如图 0-2 所示。其主要步骤如下:

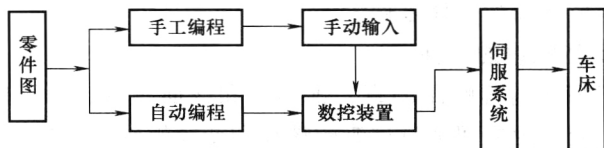


图 0-2 数控车床的加工过程

1) 根据被加工零件的零件图所规定的零件形状、尺寸、材料及技术要求等,制订零件加工的工艺过程,确定刀具相对于零件的运动轨迹,选择合理的切削参数及辅助动作的顺序等。

2) 按规定的代码和程序格式,用手工编程或计算机自动编程的方法完成零件加工程序的编写。

3) 通过车床操作面板将加工程序输入数控装置,或通过通讯接口(键盘、软驱、USB、网络和伺服卡等)传送。

4) 数控车床启动后,数控装置根据输入的信息进行一系列的运算和信息控制处理,将结果以脉冲的形式送入车床的伺服机构。

5) 伺服机构驱动车床的运动部件,使车床按程序预定的轨迹运动,加工出合格的零件。

三、数控车床的主要加工对象

数控车床与卧式车床一样,主要用于轴类、盘类等回转体零件的加工。例如,加工各种内外圆柱面、圆锥面、圆柱螺纹、圆锥螺纹;完成切槽,钻、扩、铰孔等工序。数控车床还可以完成卧式车床不能完成的圆弧、由各种非圆曲面构成的回转面、非标准螺纹、变螺距螺纹等表面的加工。数控车床特别适合于形状复杂零件或中、小批量零件的加工。

1. 精度要求高的零件

由于数控车床的刚性好,制造精度高,并且能方便地进行人工补偿和自动补偿,因此它能加工精度要求较高的零件,甚至可以以车代磨。数控车床刀具的运动是通过高精度插补运算和伺服驱动来实现的,并且一次装夹工件可完成多道工序的加工,因此提高了所加工工件的形状精度和位置精度。

2. 表面粗糙度值小的回转体

数控车床能加工表面粗糙度值小的零件,这不仅是因为车床的刚性和制造精度高,还因为它具有恒线速度切削功能。使用数控车床的恒线速度切削功能,就可选用最佳线速度来切削端面,这样切削出的表面粗糙度值既小又一致。

3. 超精密、超小表面粗糙度值的零件

轮廓精度要求超高和表面粗糙度值超小的零件,适合在精度高、功能强的数控车床上加

工。超精加工的轮廓精度可达 $0.1\mu\text{m}$ ，表面粗糙度值可达 $0.02\mu\text{m}$ ，超精加工所用数控系统的最小设定单位应达到 $0.01\mu\text{m}$ 。超精车削零件的材质以前主要是金属，现已扩大到塑料和陶瓷。

4. 表面形状复杂的回转体零件

由于数控车床具有直线插补和圆弧插补功能，部分车床的数控装置还有某些非圆曲线插补功能，因此可以车削由任意直线和平面曲线组成的形状复杂的回转体零件和难以控制尺寸的零件，如具有封闭内成形面的壳体零件。

5. 带有一些特殊类型螺纹的零件

数控车床不但能车削任何等螺距的直、锥螺纹和端面螺纹，而且能车削增螺距、减螺距，以及要求等螺距、变螺距之间平滑过渡的螺纹和变径螺纹。数控车床可以利用精密螺纹切削功能，采用机夹硬质合金螺纹车刀，使用较高的转速，车削精度较高的螺纹。

思考与练习

1. 数控车床由哪几部分组成？
2. 目前工厂中常用的数控系统有哪些？
3. 数控车床加工的特点有哪些？

第二章 数控车床的操作

数控车床的类型和数控系统的种类很多,各生产厂家设计的操作面板也不尽相同,但操作面板上各种旋钮、按钮和键盘上键的基本功能与使用方法基本相同。本章以型号为CKA6150 的数控车床,选用 FANUC Oi 系统为例,介绍数控车床的操作。

第一节 操作面板

数控车床操作面板一般可分为数控系统操作面板和机床操作面板。对于数控系统操作面板,只要是采用 FANUC Oi 系统,就都是相同的;对于机床操作面板,会因生产厂家的不同而有所不同,主要是按钮和旋钮的位置和设置不同。

一、FANUC Oi 车床数控系统操作面板

FANUC Oi 数控系统操作面板由两部分组成,其左侧为显示屏,右侧为编程面板(MDI 编辑面板),如图 0-3 所示(FANUC Oi Mate-TB)。

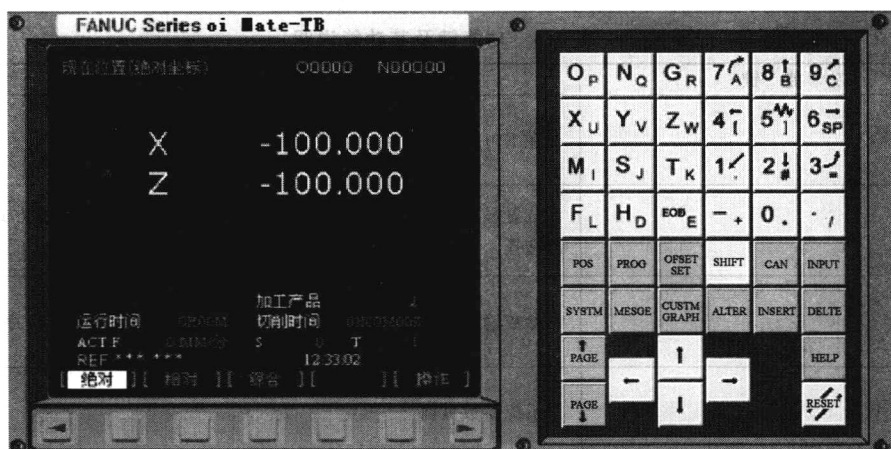


图 0-3 FANUC Oi 车床数控系统操作面板

1. 数字/字母键(表 0-1)

表 0-1 数字/字母键及其功能说明

功能键	功能说明
	数字/字母键用于将数据输入到输入区域,系统自动判别取字母还是取数字。字母和数字键通过 SHIFT 键切换输入,如:O—P、7—A

2. 编辑键（表 0-2）

表 0-2 编辑键及其功能说明

功 能 键	功 能 说 明
	用输入的数据替换光标所在的数据
	删除光标所在的数据、删除一个程序或删除全部程序
	把输入区中的数据插入当前光标之后的位置
	消除输入区内的数据
	结束一程序的输入并且换行
	按下此键再按“数字/字母键”时,输入的是“数字/字母键”右下角的字母或符号。例如,直接按下  输入的为“X”;按下  键,再按下  ,输入的为“U”

3. 功能键（表 0-3）

表 0-3 功能键及其功能说明

功 能 键	功 能 说 明
	在 EDIT 方式下,编辑、显示存储器里的程序
	位置显示页面,显示现在车床的位置。位置显示有三种方式,用 PAGE 键选择
	参数输入页面。用于设定工件坐标系、显示补偿值和宏程序量
	系统参数页面
	信息页面,如“报警”
	图形参数设置页面
	系统帮助页面
	当车床自动运行时按下此键,则车床的所有操作都停止。若在此状态下恢复自动运行,则程序将从头开始执行

4. 翻页键（表 0-4）

表 0-4 翻页键及其功能说明

功 能 键	功 能 说 明
	向上翻页
	向下翻页

5. 光标移动键（表 0-5）

表 0-5 光标移动键及其功能说明

功 能 键	功 能 说 明
	向上移动光标
	向下移动光标
	向左移动光标
	向右移动光标

6. 输入键（表 0-6）

表 0-6 输入键及其功能说明

功能键	功 能 说 明
	输入键。把输入区内的数据输入参数页面

二、FANUC 0i 车床机床操作面板

FANUC 0i 车床机床操作面板如图 0-4 所示。它主要用于控制车床的运行状态，由操作

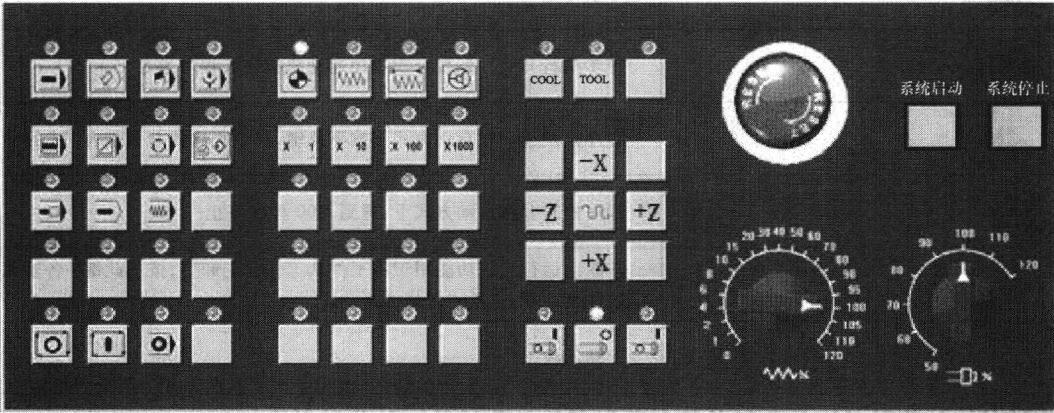


图 0-4 FANUC 0i 车床机床操作面板

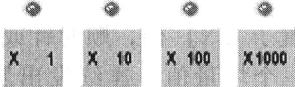
模式开关、主轴转速倍率调整旋钮、进给速度调节旋钮、各种辅助功能选择开关、手轮、各种指示灯等组成。

各键的功能介绍见表 0-7。

表 0-7 FANUC 0i 车床机床操作面板各键的功能

功 能 键	功 能 说 明
	AUTO 自动加工模式
	EDIT 编辑模式
	MDI 输入键
	增量进给
	手轮模式移动车床
	JOG 手动模式,手动连续移动车床
	用 232 电缆线连接 PC 和数控车床,选择程序传输加工
	回零键
	循环启动键。模式选择旋钮在“ AUTO”和“ MDI”位置时按下有效,其余时间按下无效
	程序停止键。在程序运行中,按下此键程序停止运行
	手动主轴正转
	手动主轴反转
	手动停止主轴
	单步执行开关。每按一次程序启动执行一条程序指令
	程序段跳读。在自动方式下按下此键,跳过程序段开头带有“/”的程序
	程序停止。在自动方式下,遇到 M00 程序停止
	车床空运行。该功能用于将工件从工作台上卸下,按下此键,各轴以固定的速度运动,以检查车床的运动
	手动示教
	切削液开关

(续)

功 能 键	功 能 说 明
	在刀具中选刀
	程序重启动。由于刀具破损等原因自动停止后,程序可以从指定的程序段重新启动
	车床锁定开关。按下此键,车床各轴被锁住,只有程序运行
	M00 程序停止。程序运行中,按下此键程序停止
	增量进给倍率选择键。选择移动车床某轴时,每一步的距离为: ×1 表示 0.001mm, ×10 表示 0.01mm, ×100 表示 0.1mm, ×1000 表示 1mm

第二节 数控车床的操作步骤

工件的加工程序编制完成后，为确定程序正确与否、刀具路径是否合理、工艺参数是否合适，需要在数控车床上进行试加工。下面根据 FANUC 0i 数控车床的功能，介绍车床的操作步骤。

一、开机与关机

1. 开机

- 1) 检查车床的初始状态，以及控制柜的前、后门是否关好。
- 2) 合上车床后面的断路器，将手柄的指示标志置于【ON】的位置。
- 3) 确定车床电源接通后，按下机床操作面板上的【系统启动】按钮，进入数控系统界面。右旋松开“急停”按钮，使系统复位，对应于目前的加工方式为“手动”。
- 4) 回参考点，也称回零。按下机床操作面板上的【回零】键。按【+X】键，再按【+Z】键，观察坐标的位置。当坐标位置为零时，回零指示灯亮，表示已回到参考点。

2. 关机

- 1) 确认车床的运动全部停止，按下机床操作面板上的【系统停止】按钮，CNC 系统电源将被切断。
- 2) 将主电源开关置于【OFF】位置，切断车床电源。

二、手动操作

1. 点动操作

按【手动】键，先设定进给修调倍率，再按【+Z】、【-Z】、【+X】或【-X】键，使坐标轴连续移动。在点动进给时，同时按下【快进】键，则相应的轴会作正向或负向快速运动。

2. 增量进给

按下操作面板上的【增量】键（指示灯亮），再按一下【+Z】、【-Z】、【+X】或【-X】

键，则相应轴会沿选定的方向移动一个增量值。请注意【增量】与【点动】的区别，此时即使按住【+Z】、【-Z】、【+X】或【-X】键不放开，也只能移动一个增量值，而不能连续移动。

增量进给的增量值由【×1】、【×10】、【×100】、【×1000】四个增量倍率选择键控制。增量倍率选择键与增量值的对应关系见表 0-8。

表 0-8 增量倍率选择键与增量值的对应关系

增量倍率选择键	×1	×10	×100	×1000
增量值/mm	0.001	0.01	0.1	1

3. 手摇进给

现以 X 轴为例说明手摇进给操作方法。将坐标轴选择开关置于【X】档，顺时针或逆时针旋转手摇脉冲发生器一格，可控制 X 轴向正向或负向移动一个增量值。连续发出脉冲，则可连续移动车床坐标轴。

手摇进给的增量值由【×1】、【×10】、【×100】三个增量倍率选择键控制。增量倍率选择键与增量值的对应关系见表 0-9。

表 0-9 手摇进给中增量倍率选择键与增量值的对应关系

增量倍率选择键	×1	×10	×100
增量值/mm	0.001	0.01	0.1

三、程序的输入

程序输入有手动输入和自动输入两种方式。由于数控车床加工的零件比较简单，因此主要以手动输入为主。

1. 手动输入

- 1) 按下控制面板上的【EDIT】键，系统进入程序编辑状态。
- 2) 按下【PROG】键，进入程序页面。
- 3) 键入地址 O 及要存储的程序号。要注意的是，输入的程序名不可以与已有的程序名重复。
- 4) 按【EOB】→【INSERT】键，开始程序输入。
- 5) 按【EOB】→【INSERT】键，换行后再继续输入。

2. 自动输入

自动输入程序也是在【EDIT】状态下，通过 RS-232 数据接口传输或者通过 CF 卡通道进行传输的。

四、程序的校验

在每次加工前，都要进行程序的校验。原因在于手动输入程序容易出错，而自动输入的程序一般会用专门的程序校验软件进行校验。程序校验步骤如下：

- 1) 按【EDIT】键，系统进入编辑状态，输入需要校验的程序名，按光标键【↓】。
- 2) 复位程序。按【RESERT】键，使程序复位到程序的开头。
- 3) 按自动运行键【AUTO】，同时按车床锁住键和空运行键。