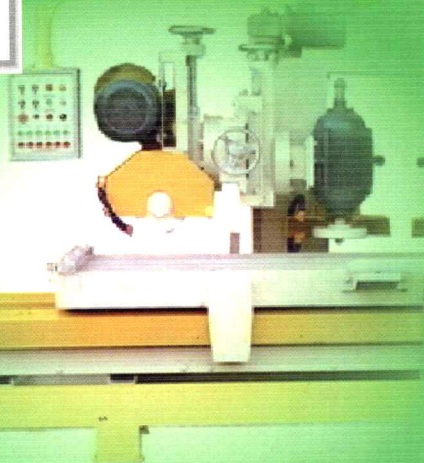




全国本科院校机械类 **创新型** 应用人才培养规划教材

数控编程与加工 实习教程

主 编 张春雨 于 雷



精选内容：提升数控实习效果

突出实践：丰富实例辅助教学

强化技能：有效培养操作能力



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材

数控编程与加工实习教程

主 编	张春雨	于 雷	
副主编	乔印虎	孙 亮	
参 编	孙业荣	罗 佳	范新波



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书是根据本科院校机械类创新型应用人才培养的要求,结合编者数控实训的经验编写的。本书主要介绍常用的数控加工工艺分析和设计方法及应用,并详细讲述了几类常用数控系统的编程方法、技巧及其应用实例。全书共4章,内容包括数控车床加工、数控铣床加工、数控线切割加工和CAXA制造工程师。在各章中根据各自的实习要求,以项目为纽带,以任务为载体,把相关工艺知识、编程知识和编程技能有机地结合,便于教师采用“项目导向、任务驱动”教学法,具有较强的可操作性。

本书可作为应用型本科院校机械类专业教学用书,也可作为大中专机电和数控类专业的教学用书及相关技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控编程与加工实习教程/张春雨,于雷主编. —北京:北京大学出版社,2011.9

(全国本科院校机械类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-17387-9

I. ①数… II. ①张…②于… III. ①数控机床—程序设计—实习—高等学校—教材②数控机床—加工—实习—高等学校—教材 IV. ①TG659-45

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第181219号

书 名: 数控编程与加工实习教程

著作责任者: 张春雨 于 雷 主编

责任编辑: 童君鑫

标准书号: ISBN 978-7-301-17387-9/TH·0262

出版者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路205号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.cn>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子邮箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787毫米×1092毫米 16开本 19.5印张 453千字

2011年9月第1版 2011年9月第1次印刷

定 价: 37.00元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

86	过程控制装置及系统设计	978-7-301-17635-1	张早校	30	2010.8
87	质量管理与工程	978-7-301-15643-8	陈宝江	34	2009.8
88	质量管理统计技术	978-7-301-16465-5	周友苏, 杨 飒	30	2010.1
89	测试技术基础(第2版)	978-7-301-16530-0	江征凤	30	2010.1
90	测试技术实验教程	978-7-301-13489-4	封士彩	22	2008.8
91	测试技术学习指导与习题详解	978-7-301-14457-2	封士彩	34	2009.3
92	可编程控制器原理与应用(第2版)	978-7-301-16922-3	赵 燕, 周新建	33	2010.3
93	工程光学	978-7-301-15629-2	王红敏	28	2009.9
94	精密机械设计	978-7-301-16947-6	田 明, 冯进良等	38	2010.3
95	传感器原理及应用	978-7-301-16503-4	赵 燕	35	2010.2
96	测控技术与仪器专业导论	978-7-301-17200-1	陈毅静	29	2010.6
汽车类					
97	汽车电子控制技术	978-7-5038-4432-9	凌永成, 于京诺	32	2007.7
98	汽车构造	978-7-5038-4445-4	肖生发, 赵树朋	44	2007.8
99	汽车发动机原理	978-7-301-12168-9	韩同群	32	2010.8
100	汽车设计	978-7-301-12369-0	刘 涛	45	2008.1
101	汽车运用基础	978-7-301-13118-3	凌永成, 李雪飞	26	2008.1
102	现代汽车系统控制技术	978-7-301-12363-8	崔胜民	36	2008.1
103	汽车电气设备实验与实习	978-7-301-12356-0	谢在玉	29	2008.2
104	汽车试验测试技术	978-7-301-12362-1	王丰元	26	2008.2
105	汽车运用工程基础	978-7-301-12367-6	姜立标, 张黎骅	32	2008.6
106	汽车制造工艺	978-7-301-12368-3	赵桂范, 杨 娜	30	2008.6
107	汽车工程概论	978-7-301-12364-5	张京明, 江浩斌	36	2008.6
108	汽车运行材料	978-7-301-13583-9	凌永成, 李美华	30	2008.7
109	汽车试验学	978-7-301-12358-4	赵立军, 白 欣	28	2011.7
110	内燃机构造	978-7-301-12366-9	林 波, 李兴虎	26	2008.8
111	汽车故障诊断与检测技术	978-7-301-13634-8	刘占峰, 林丽华	34	2008.8
112	汽车维修技术与设备	978-7-301-13914-1	凌永成, 赵海波	30	2010.8
113	热工基础	978-7-301-12399-7	于秋红	34	2009.2
114	汽车检测与诊断技术	978-7-301-12361-4	罗念宁, 张京明	30	2009.1
115	汽车评估	978-7-301-14452-7	鲁植雄	25	2009.8
116	汽车车身设计基础	978-7-301-15619-3	王宏雁, 陈君毅	28	2009.9
117	汽车车身轻量化结构与轻质材料	978-7-301-15620-9	王宏雁, 陈君毅	25	2009.9
118	车辆自动变速器构造原理与设计方法	978-7-301-15609-4	田晋跃	30	2009.9
119	新能源汽车技术	978-7-301-15743-5	崔胜民	32	2010.8
120	工程流体力学	978-7-301-12365-2	杨建国, 张兆营	35	2010.1
121	高等工程热力学	978-7-301-16077-0	曹建明, 李跟宝	30	2010.1
122	汽车电气设备(第2版)	978-7-301-16916-2	凌永成, 李淑英	38	2011.1
123	现代汽车排放控制技术	978-7-301-17231-5	周庆辉	32	2010.6
124	汽车服务工程	978-7-301-16743-4	鲁植雄	36	2010.7
125	现代汽车发动机原理	978-7-301-17203-2	赵丹平, 吴双群	35	2010.7
126	现代汽车新技术概论	978-7-301-17340-4	田晋跃	35	2011.6
127	汽车数字开发技术	978-7-301-17598-9	姜立标	40	2010.8
128	汽车人机工程学	978-7-301-17562-0	任金东	35	2010.8
129	专用汽车结构与设计	978-7-301-17744-0	乔维高	45	2010.9
130	汽车空调	978-7-301-18066-2	刘占峰, 宋 力等	28	2010.11
131	汽车 CAD 技术及 Pro/E 应用	978-7-301-18113-3	石沛林, 李玉善	32	2010.11

前 言

随着我国大力发展制造业，数控机床的使用越来越广泛。随之而来的是需要大批高素质的数控机床编程、操作和维修的人员。全国许多院校纷纷设置了数控技术专业，在数控技术专业的课程中，数控实习环节尤其重要，但由于目前缺乏实用性和可操作性很强的实习教材，在很大程度上影响了数控实习的效果。

本书是编者多年从事数控机床教学和实习的经验总结，集中体现了教学中注重学生实际应用能力培养的教学特点。全书以数控加工综合实习为目标，从数控加工的基本操作、工艺分析、编程指令、数控机床的实际操作训练出发，以典型零件的工艺分析和编程为重点，既强调了实际加工训练，又具有很强的数控实习的可操作性。全书综合性、实践性强，通过大量的综合实例，使各章节内容紧密联系。

本书主要以基本技能操作为重点，适合作为数控机床操作方面的职业培训、大中专院校的机械类专业数控机床编程与操作的实习教材，也可供从事数控机床的科研、工程技术人员参考。

全书由安徽科技学院张春雨、长春工程学院于雷担任主编，由张春雨统稿。参加编写的还有安徽科技学院的乔印虎、孙业荣和范新波，安徽省池州职业技术学院的孙亮和罗佳。这些老师长期从事数控编程与加工的理论与实践教学，参加和指导过数控技能培训和数控技能大赛，并取得过优异成绩，有着丰富的经验。

本书在编写过程中，还得到了安徽科技学院、长春工程学院和安徽省池州职业技术学院各级领导的关心、支持和帮助，在此向他们表示感谢。

由于编者的水平有限，书中难免存在一些不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

2011 年 7 月

目 录

第 1 章 数控车床加工 1

- 1.1 数控车床基本操作 1
 - 1.1.1 FANUC Oi 系统数控车床基本操作 1
 - 1.1.2 FANUC Oi 系统数控车床基本编程指令 6
 - 1.1.3 华中数控车床基本操作 ... 12
 - 1.1.4 华中世纪星 HNC-21T 数控车床基本编程指令 ... 22
 - 1.1.5 SIEMENS 802D 系统数控车床基本操作 26
 - 1.1.6 SIEMENS 802S 系统数控车床基本编程指令 38
- 1.2 数控车床基本加工 54
 - 1.2.1 基本面板功能 54
 - 1.2.2 系统功能熟悉 55
 - 1.2.3 车削外圆、端面、台阶 ... 56
 - 1.2.4 圆弧车削练习 59
 - 1.2.5 车槽与切断 61
 - 1.2.6 车圆柱孔和内沟槽 63
 - 1.2.7 车外圆锥 65
 - 1.2.8 车内圆锥 67
 - 1.2.9 车外三角螺纹 68
 - 1.2.10 车简单成形面 71
 - 1.2.11 数控编程练习题 72
- 1.3 数控车削加工复合课题 79
 - 1.3.1 复合课题一 79
 - 1.3.2 复合课题二 81
 - 1.3.3 复合课题三 84
 - 1.3.4 复合课题四 87
 - 1.3.5 复合课题五 90
- 1.4 数控车床工具系统及使用 92
 - 1.4.1 常用量具及测量 92
 - 1.4.2 常用夹具及工件安装 95

- 1.4.3 数控车床刀具系统 97

1.5 车削加工实训 102

- 1.5.1 对刀及工件坐标系的设定 102
- 1.5.2 简单台阶轴加工 105
- 1.5.3 简单套类零件加工 108
- 1.5.4 螺纹类零件加工 112

第 2 章 数控铣床加工 119

- 2.1 数控铣床基本操作 119
 - 2.1.1 FANUC Oi 系统数控铣床基本操作 119
 - 2.1.2 FANUC Oi Mate MDI 面板操作 124
 - 2.1.3 对刀及工件坐标系的设定 129
 - 2.1.4 FANUC 数控铣床基本编程指令 133
 - 2.1.5 华中世纪星 HNC-21M 数控铣床基本操作 144
 - 2.1.6 华中世纪星 HNC-21M 数控铣床基本编程指令 156
 - 2.1.7 SIEMENS 802S 系统数控铣床基本操作 179
 - 2.1.8 SIEMENS 802S 系统数控铣床基本编程指令 184
- 2.2 数控铣削加工复合课题 195
 - 2.2.1 复合课题一 195
 - 2.2.2 复合课题二 197
 - 2.2.3 复合课题三 199
- 2.3 数控铣削加工实训 201
 - 2.3.1 坐标系设定 201
 - 2.3.2 基本移动指令的应用 203
 - 2.3.3 固定循环指令的应用 207
 - 2.3.4 子程序 210

2.3.5 刀具补偿	211	4.1.5 十字连接件造型	243
2.4 数控铣床编程练习	214	4.1.6 台钳搬子造型	244
2.4.1 练习一	214	4.2 五角星的造型与加工	246
2.4.2 练习二	217	4.2.1 五角星造型	246
2.4.3 练习三	219	4.2.2 绘制五角星框架	247
2.4.4 练习四	220	4.2.3 生成五角星曲面	249
2.4.5 练习五	221	4.2.4 生成加工实体	250
2.4.6 练习六	222	4.2.5 五角星加工	251
第3章 数控线切割加工	227	4.3 鼠标的曲面造型与加工	259
3.1 数控线切割机床基本操作	227	4.3.1 鼠标造型	259
3.1.1 线切割机床面板 操作	227	4.3.2 生成扫描面	259
3.1.2 线切割机床的基本 操作	230	4.3.3 曲面裁剪	261
3.2 数控线切割加工实例	232	4.3.4 生成直纹面	262
3.2.1 凹凸模加工实例	232	4.3.5 曲面过渡	263
3.2.2 凹模和凸模加工实例	234	4.3.6 生成鼠标电极的托板	263
第4章 CAXA 制造工程师	237	4.3.7 鼠标加工	263
4.1 基本造型	237	4.4 连杆件的造型与加工	269
4.1.1 轴承支架造型	237	4.4.1 连杆件的实体造型	269
4.1.2 连杆造型	240	4.4.2 连杆件加工	276
4.1.3 螺母造型	241	4.5 凸轮的造型与加工	284
4.1.4 叶轮造型	242	4.5.1 凸轮的实体造型	284
		4.5.2 凸轮加工	288
		实训报告	295
		参考文献	301

第 1 章

数控车床加工

1.1 数控车床基本操作

本节主要介绍几种典型数控系统和机床的编程及相关的操作。

1.1.1 FANUC Oi 系统数控车床基本操作

1. 知识准备

- (1) 数控车床的基本组成和工作原理。
- (2) 数控车床的坐标系。

2. 实训仪器与设备

配置 FANUC Oi 数控系统的数控车床若干台。

3. 任务目的

- (1) 掌握数控系统 CRT 显示器操作方法和 MDI 键盘的操作方法。
- (2) 熟悉数控车床操作面板上各按键与旋钮功能，如图 1.1 所示。

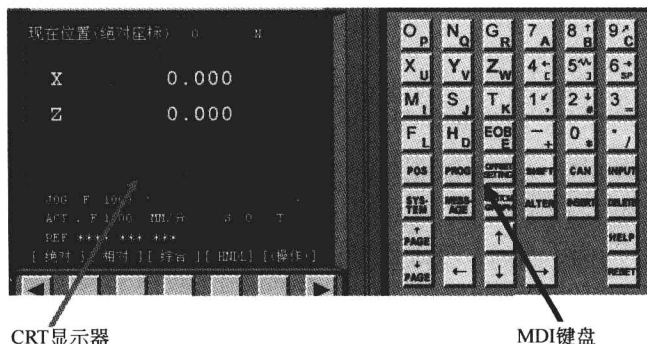


图 1.1 数控系统操作面板

(3) 掌握数控车床基本操作。

4. 任务实现

操作步骤 1: CRT 显示器的操作与 MDI 键盘的操作

1) CRT 显示器

CRT 显示器用于显示机床的各种参数和状态, 状态显示主要是指显示工件在工件坐标系中的坐标以及工件坐标系在机床坐标系中的坐标。7 个软键用于 CRT 各种界面的选择, 左端的软键是返回键, 右端的软键是扩展键, 中间的软键对应于 CRT 上显示的内容。

2) MDI 键盘

MDI 键盘包括两部分: MDI 地址、数字键和 MDI 功能键, 程序编辑键。

MDI 地址、数字键: 主要是用于数字和字母的输入, 系统会自动识别输入的类型。

MDI 功能键: 用于控制 CRT 的显示模式, 它由以下功能键组成。

POS 键: 位置键, 用于显示当前机床坐标位置, 位置显示有相对坐标、绝对坐标和综合显示 3 种方式, 用 PAGE 键可以进行显示切换。

PROG 键: 程序键, 主要是用于程序的显示和编辑, 有 3 种工作方式。①编辑方式: 编辑、显示程序。②MDI 方式: 手动输入程序, 编辑程序。③自运行方式。

OFFSET/SETTING 键: 偏置键, 主要用来显示和设定刀具相对于机床坐标系的偏置, 确定工件坐标系与刀具在机床坐标系中的位置。

SYSTEM 键: 系统参数设置键, 用于系统参数的设置、自动诊断数据的显示。

MESSAGE 键: 报警操作键, 用于报警号的显示。

CUSTOM/GRAPH 键: 图形显示键, 用于模拟加工刀具运动轨迹的显示。

SHIFT 键: 字母数字转换键, 用于选择字母或者数字的输入。

ALTER 键: 修改键, 用于程序的修改, 用输入的数据修改光标处的数据。

INSERT 键: 插入键, 用于程序的插入, 把程序插入到光标所在处的后面。

CAN 键: 取消键, 用于删除光标正在输入的数据。

DELETE 键: 删除键, 用于删除程序, 也可用于删除光标所在处的数据。

INPUT 键: 参数设置和修改键, 可以输入刀具偏置值和修改参数值。

PAGE 键: 翻页键, 用于页面的整体更换。

EOB 键: 换行键, 一段程序语句结束换行, 即 “;” 的输入和换行切换。

RESET 键: 复位键, 用于解除报警, 使数控系统复位, 按下此键, 数控机床马上停止所有操作。

HELP 键: 系统帮助键, 用于显示系统帮助菜单。



: 光标移动键, 控制光标的上下、左右移动, 方便程序的编辑和修改系统参数。

操作步骤 2: 数控车床操作面板按键和按钮的操作(图 1.2)

1) 工作方式选择键

 AUTO 按键: 按下此键, 指示灯亮, 确定工作方式是程序自动运行。

 EDIT 按键: 按下此键, 指示灯亮, 确定工作方式是程序编辑。

 MDI 按键: 按下此键, 指示灯亮, 确定工作方式是手动输入数据, 即数字和字母

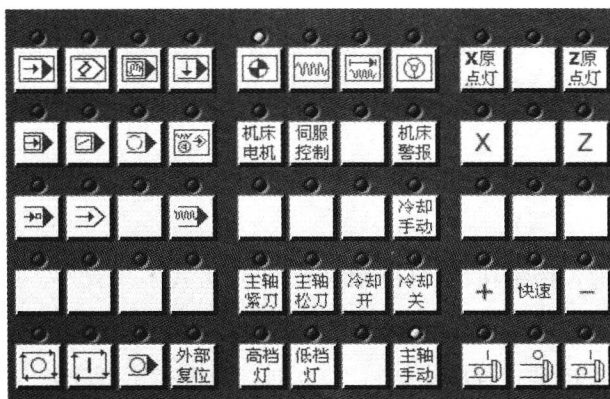


图 1.2 数控车床操作面板

的输入。

 **DNC 按键**: 按下此键, 指示灯亮, 用于实现从外部输入/输出设备上选择程序并进行在线加工。

2) 数控加工操作键

 **REF 按键**: 按下此键, 指示灯亮, 返回参考点。

 **JOG 按键**: 按下此键, 指示灯亮, 实现手动连续进给方式。

 **INC 按键**: 按下此键, 实现增量进给方式, 即步进进给方式。

 **HND 按键**: 按下此键, 实现手轮进给方式。

 **单步执行按键**: 按下此键, 指示灯亮, 锁定程序单段执行方式, 每按一次单步执行键, 执行一条程序。

 **程序跳读按键**: 在自动方式下按下此键, 指示灯亮, 可以跳过程序段开头带有“/”的程序。

3) 程序运行控制键

 **旋钮**: 程序编辑开关, 旋钮至左边竖线位置时, 可以对程序进行编辑或者修改, 至圆圈位置时, 无法编辑和修改程序。

 **选择停止按键**: 按下此键, “选择停止”功能有效, 若程序中有 M01(选择停止)指令, 机床停止工作, 自动循环停止。若想机床继续执行指令, 必须按循环启动按钮。若不按下此键, 在程序中出现的 M01 指令无效, 程序执行到 M01 时, 机床运动不会停止。

 **手动示教按键**: 手动示教或手轮示教方式。

 **程序重启按键**: 当程序执行由于某种原因停止, 按下此键可以实现程序从指定的程序段重新启动。

 **机床锁定按键**: 在自动方式下按下此键, 指示灯亮, 机床进给不执行, 但是程序

的执行和数据的显示都正常。

 机床空运行按键：在自动方式下按下此键，进给运动轴不以程序指定的进给速度移动，而以机床参数设定了的速度移动，该键只用于检查刀具的运动轨迹，不用于实际加工。

 进给保持按键：即暂停键，按下此键，程序停止，再按循环启动键使程序继续执行。

 循环启动按键：该键在 AUTO 和 MDI 工作方式下才有效，按下此键，指示灯亮，程序开始执行。

 M00 程序停止按键：程序中执行 M00 时，该键指示灯亮。

4) 机床主轴及进给控制键

 主轴控制按键：控制主轴的正转、停止、反转。

 坐标轴控制按键：按下 X 键后，机床的 X 轴被选中，再按“+”键，机床的 X 轴朝正方向移动，按下“-”键，机床的 X 轴朝负方向移动。

 急停按钮：机床出现紧急情况时，机床立刻停止执行，从而避免机床发生危险，重新运行机床时，要首先回参考点，否则机床易出现紊乱。

 进给速度调节按钮，调节进给的倍率，可在 0%~120% 之间调节。

 主轴转速倍率调节按钮，调节主轴的转速，可在 0%~120% 之间调节。在加工中不要随便调节主轴的速度，以免影响刀具和加工质量。

 旋钮：在手轮工作方式下有效，可以通过手轮来控制 X 轴和 Z 轴的移动速度和方向。

5) 开关按钮

 数控系统电源控制开关：控制电源的开和关。

操作步骤 3：数控车床的基本操作

1) 开机的基本操作

(1) 接通车间电源，采用的是三相 380V 交流电。

(2) 旋转机床侧面的旋钮开关，打开机床总电源。

(3) 按下操作面板上的绿色按钮，CNC 系统电源接通，CRT 显示相关的信息。按下红色按钮，关闭 CNC 系统电源。

(4) 松开急停按钮，机床强电接通三相 380V 交流电。

(5) 机床回参考点。按下回参考点按键，指示灯亮。再分别选择 X 轴和 Z 轴，按下方向键“+”，即可使机床回到参考点。

注意：在回参考点前，如果系统报警，可以通过 RESET 键来消除报警。如果在回参考点时发生报警（一般是超程报警），可以先按下 JOG 按键，将机床沿着 X 轴和 Z 轴的负方向移动一小段距离，以消除超程报警。

2) 数控车床的手动操作

(1) 主轴手动操作。主轴的运动有3种状态：正转、停止、反转，通过3个按钮来实现；主轴的转速也可以进行调节，通过主轴转速倍率旋钮来实现，调节倍率是0~1.2倍。

(2) 手动进给操作。手动操作包括4个部分：回参考点手动操作、手动连续进给操作、手动增量进给操作和手轮进给操作。回参考点操作是在机床启动后，确定机床坐标系的操作，是机床进行操作时的第一步操作；手动连续和手动增量进给操作是实现工作台快速进给的手动操作；手轮进给操作是实现工作台微量精确进给运动的操作。

① 手动返回参考点。具体操作过程：按下返回参考点工作方式键，再按下JOG键，将机床的X轴和Z轴沿负方向移动一小段距离，适当调节进给倍率旋钮。按下坐标轴控制键和方向选择键“+”，刀具快速返回参考点，返回参考点的指示灯亮。

② 手动连续进给。具体操作过程：按下连续进给工作方式键，接着按下X轴或Z轴控制键，再按方向键“+”或“-”，机床会沿着相应的方向运动。如按下X轴控制键和“+”键，机床的工作台会沿着X轴的正方向快速移动，移动的速度可以通过倍率旋钮进行调节。

③ 手动增量进给。具体操作过程：按下增量进给工作方式键，接着按下坐标轴控制键和方向选择键，机床就会沿着选择的轴和方向移动，每按一次“+”键，就移动一步，移动的速度可以通过进给倍率旋钮进行调节。

④ 手轮进给。具体操作过程：按下手轮工作方式键，按下进给轴选择按钮，选择一个需要移动的轴，X轴或Z轴，转动手轮脉冲发生器，机床沿着相应的方向移动，移动的速度可以通过手轮进给倍率旋钮进行调节。

3) 程序编辑与运行的操作

(1) 程序的编辑。程序的编辑包括对存储器内程序的调用、程序的直接编辑、程序的修改等操作。

① 对存储器内程序的调用。按下自动运行方式键，按下PROG键，按下地址键，用数字键输入要选择的程序名，按下软键，调出需要的程序，按下循环启动键，程序自动运行。

② 程序的直接编辑。程序的直接编辑一般有两种情况：MDI工作方式下的程序编辑和EDIT工作方式下的程序编辑。

a. MDI工作方式下的程序编辑。编辑过程：按下MDI方式选择键，接着按下MDI面板上的PROG键，显示程序画面，在画面中即可进行程序编辑，按下“自动运行”键，程序即可运行，但在此方式下最多只能编辑10条语句。当执行了程序结束代码M02或M30时，程序自动被删除。

b. EDIT工作方式下的程序编辑。编辑过程：程序保护锁打开，按下EDIT方式选择键，接着按下MDI面板上的PROG键，显示程序编辑画面，按下地址键和数字键，输入程序名，再按下INSERT键，程序名显示在CRT界面上程序的起始位置，接着通过MDI面板进行程序的编辑，通过换行键来进行程序的换行。

(2) 程序的运行。程序编辑好了以后，紧接着就是对程序进行运行，编辑好的程序未必

完全正确,所以首先要对程序进行校验,校验的方法有单段程序调试法和机床功能锁定法。

单段程序调试法的过程:选择机床的工作方式为自动方式,调节进给倍率,按下程序“单步执行”键,按 POS 键,屏幕显示机床坐标位置画面,最后按“循环启动”键,程序执行一条语句后停止,这时通过观察坐标的变化及进给轴的运动来检验程序的正确性,此后每按一次循环启动键,程序就往下执行一条语句,直到全部执行完。

空运行调试法的过程:选择机床的工作方式为自动方式,调节进给倍率,按下“机床锁定”键,按下 CUSTOM/GRAPH 键,按下“循环启动”键,程序开始执行,此时,在 CRT 屏幕上显示刀具坐标位置随着程序的变化情况,通过这种变化来检查整个程序的正确性。

除了以上两种方法以外,机床空运行法也可用来校验程序的正确性,这种方法在校验时,不允许安装工件。

4) 关机的基本操作

(1) 检查机床上所有可移动部件是否停止,关闭外部输入/输出设备。

(2) 将 X 轴和 Z 轴停在合适的位置上。

(3) 按下机床急停按钮,使机床处于急停状态。

(4) 按下面板上的红色按钮,使数控系统断电。

(5) 将机床侧面电器柜上的开关旋到 OFF 位置。

(6) 关闭总三相电源。

1.1.2 FANUC Oi 系统数控车床基本编程指令

1. 建立工件坐标系与坐标尺寸

1) 工件坐标系设定指令

工件坐标系设定指令是规定工件坐标系原点的指令,工件坐标系原点又称编程零点。

指令格式:

G50 X Z;

其中:X、Z 为刀尖的起始点距工件坐标系原点在 X 向、Z 向的尺寸。

执行 G50 指令时,机床不动作,即 X、Z 轴均不移动,系统内部对 X、Z 的数值进行记忆,CRT 显示器上的坐标值发生了变化,这就相当于在系统内部建立了以工件原点为坐标原点的工件坐标系。用 G50 设定的工件坐标系不具有记忆功能,当机床关机后,设定的坐标系立即消失。

2) 尺寸系统的编程方法

(1) 绝对尺寸和增量尺寸。在数控编程时,刀具位置的坐标通常有两种表示方式:一种是绝对坐标,另一种是增量(相对)坐标。数控车床编程时,可采用绝对值编程、增量值编程或者二者混合编程。

① 绝对值编程:所有坐标点的坐标值都是从工件坐标系的原点计算的,称为绝对坐标,用 X、Z 表示。

② 增量值编程:坐标系中的坐标值是相对于刀具的前一位置(或起点)计算的,称为增量(相对)坐标。X 轴坐标用 U 表示,Z 轴坐标用 W 表示,正负由运动方向确定。

注意事项:当 X 和 U 或 Z 和 W 在一个程序段中同时指令时,后面的指令有效。

(2) 直径编程与半径编程。数控车床编程时,由于所加工的回转体零件的截面为圆

形, 所以其径向尺寸就有直径和半径两种表示方法。采用哪种方法是由系统的参数决定的。数控车床出厂时一般设定为直径编程, 所以程序中的 X 轴方向的尺寸为直径值。如果需要用半径编程, 则需要改变系统中的相关参数, 使系统处于半径编程状态。

(3) 公制尺寸与英制尺寸。包括 G20 英制尺寸输入和 G21 公制尺寸输入。

工程图纸中的尺寸标注有公制和英制两种形式, 数控系统可根据所设定的状态, 利用代码把所有的几何值转换为公制尺寸或英制尺寸, 系统开机后, 机床处在公制 G21 状态。

公制与英制单位的换算关系为: $1\text{mm} \approx 0.0394\text{in}$; $1\text{in} \approx 25.4\text{mm}$ 。

2. 主轴控制、进给控制及刀具选用

1) 主轴功能 S

S 功能由地址码 S 和后面的若干数字组成。

(1) 恒线速度控制指令 G96。系统执行 G96 指令后, S 指定的数值表示切削速度。例如 G96 S150, 表示切削速度为 150m/min 。

(2) 取消恒线速度控制指令 G97。系统执行 G97 指令后, S 指定的数值表示主轴每分钟的转速。例如 G97 S1200, 表示主轴转速为 1200r/min 。FANUC Oi 系统开机后, 一般默认为 G97 状态。

(3) 最高速度限制指令 G50。G50 除有坐标系设定功能外, 还有主轴最高转速设定功能。例如 G50 S2000, 表示把主轴最高转速设定为 2000r/min 。用恒线速度控制进行切削加工时, 为了防止出现事故, 必须限定主轴转速。

2) 进给功能 F

F 功能是表示进给速度, 它由地址码 F 和若干位数字组成。

(1) 每分钟进给指令 G98。数控系统在执行了 G98 指令后, 便认定 F 所指的进给速度单位为 mm/min , 如 F200 即进给速度是 200mm/min 。

(2) 每转进给指令 G99。数控系统在执行了 G99 指令后, 便认定 F 所指的进给速度单位为 mm/r , 如 F0.2 即进给速度是 0.2mm/r 。

注意事项: G98 与 G99 互相取代; FANUC Oi 数控车床开机后一般默认为 G99 状态。

3) 刀具选用

FANUC Oi 系统采用 T 指令选刀, 由地址码 T 和 4 位数字组成。前两位是刀具号, 后两位是刀具补偿号。

例如, T0101 前面的 01 表示调用第一号刀具, 后面的 01 表示使用 1 号刀具补偿, 至于刀具补偿的具体数值, 应通过操作面板到 1 号刀具补偿位去查找和修改。如果后面两位数是 00, 例如 T0300, 表示调用第 3 号刀具, 并取消刀具补偿。

3. 快速定位、直线插补、圆弧插补

1) 快速定位指令 G00

G00 指令使刀具以点定位控制方式从刀具所在点快速运动到下一个目标位置。它只是快速定位, 而无运动轨迹要求, 且无切削加工过程。

指令格式: $G00\ X(U)\ Z(W);$

其中: X、Z 为刀具所要到达点的绝对坐标值;

U、W 为刀具所要到达点距离现有位置的增量值(不运动的坐标可以不写)。

说明:

(1) G00 是模态指令, 一般用于加工前的快速定位或加工后的快速退刀。

(2) 使用 G00 指令时, 刀具的移动速度是由机床系统设定的。

(3) 根据机床不同, 刀具的实际运动路线有时不是直线, 而是折线。使用 G00 指令时要注意刀具是否和工件及夹具发生干涉, 忽略这一点, 就容易发生碰撞。

提示: 应用 G00 指令时, 对于不适合联动的场合, 在进退刀时尽量采用单轴移动。

2) 直线插补指令 G01

G01 指令是直线运动命令, 规定刀具在两坐标间以插补联动方式按指定的进给速度 F 做任意的直线运动。

指令格式: G01 X(U) Z(W) F;

其中:

(1) X、Z 或 U、W 含义与 G00 相同;

(2) F 为刀具的进给速度(进给量), 应根据切削要求确定。

说明:

(1) G01 指令是模态指令。

(2) 在编写程序时, 当第一次应用 G01 指令时, 一定要规定一个 F 指令, 在以后的程序段中, 如果没有新的 F 指令, 则进给速度保持不变, 不必每个程序段中都指定 F。如果程序中第一次出现的 G01 指令中没有指定 F, 则机床不运动。

3) 圆弧插补指令 G02、G03

圆弧插补指令使刀具在指定平面内按给定的进给速度 F 做圆弧运动, 切削出圆弧轮廓。

(1) 指令格式:

顺时针圆弧插补: G02 X(U) Z(W) R F 或 G02 X(U) Z(W) I K F;

逆时针圆弧插补: G03 X(U) Z(W) R F 或 G03 X(U) Z(W) I K F;

其中: X、Z 为刀具所要到达点的绝对坐标值; U、W 为刀具所要到达点距离现有位置的增量值; R 为圆弧半径; F 为刀具的进给量, 应根据切削要求确定; I、K 为圆弧的圆心相对圆弧起点在 X 轴、Z 轴方向的坐标增量(I 值为半径量), 当方向与坐标轴的方向一致时为“+”, 反之为“-”。

注意:

① 当用半径方式指定圆心位置时, 由于在同一半径 R 的情况下, 从圆弧的起点到终点有两个圆弧的可能性, 为区别两者, 规定圆心角 $\alpha \leq 180^\circ$ 时, 用“+R”表示; 当 $\alpha > 180^\circ$ 时, 用“-R”表示。

② 用半径 R 方式指定圆心位置时, 不能描述整圆。

(2) 圆弧方向的判断。圆弧插补的顺(G02)、逆(G03)可按图 1.3 所示的方向判断。

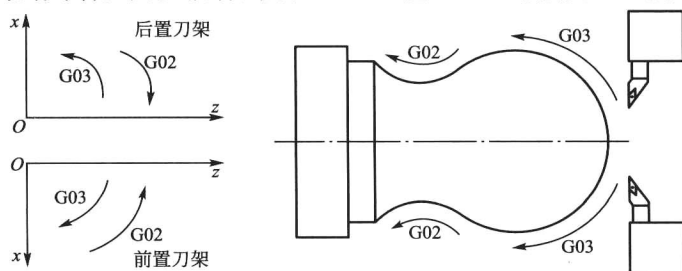


图 1.3 圆弧顺逆的判断

(3) 圆弧的车削方法。圆弧加工时,因受吃刀量的限制,一般情况下不可能一刀将圆弧车好,需分几刀加工。常用的加工方法有车锥法(斜线法)和车圆法(同心圆法)两种。

① 车锥法。车锥法就是加工时先将零件车成圆锥,最后再车成圆弧的方法,一般适用于圆心角小于 90° 的圆弧。

② 车圆法。车圆法就是用不同半径的同心圆弧车削,逐渐加工成所需圆弧的方法。此方法数值计算简单,编程方便,但空行程时间较长,适用于圆心角大于 90° 的圆弧粗车。

4) 刀尖圆弧半径补偿

(1) 刀尖圆弧半径补偿的目的。数控车床编程时,车刀的刀尖理论上是一个点,但通常情况下,为了提高刀具的寿命及降低零件表面的粗糙度,将车刀刀尖磨成圆弧状,刀尖圆弧半径一般取 $0.2\sim 1.6\text{mm}$ 。切削时,实际起作用的是圆弧上的各点。在切削圆柱内、外表面及端面时,刀尖的圆弧不影响零件的尺寸和形状,但在切削圆弧面及圆锥面时,就会产生过切或少切等加工误差,若零件的精度要求不高或留有足够的精加工余量时,可以忽略此误差,否则应考虑刀尖圆弧半径对零件的影响。数控车床的刀具半径补偿功能就是通过刀尖圆弧半径补偿来消除刀尖圆弧半径对零件精度的影响。具有刀具半径补偿功能的数控车床,编程时不用计算刀尖半径的中心轨迹,只需按零件轮廓编程,并在加工前输入刀具半径数据,通过程序中的刀具半径补偿指令,数控装置可自动计算出刀具中心轨迹,并使刀具中心按此轨迹运动。也就是说,执行刀具半径补偿后,刀具中心将自动在偏离工件轮廓一个半径值的轨迹上运动,从而加工出所要求的工件轮廓。

(2) 刀尖圆弧半径补偿指令。

① 刀具半径左补偿指令 G41:沿刀具运动方向看,刀具在工件左侧时,称为刀具半径左补偿。

② 刀具半径右补偿指令 G42:沿刀具运动方向看,刀具在工件右侧时,称为刀具半径右补偿。

③ 取消刀具半径补偿指令 G40。

④ 指令格式。刀具半径左补偿: G41 G01 (G00) X(U) Z(W) F;

刀具半径右补偿: G42 G01 (G00) X(U) Z(W) F;

取消刀具半径补偿: G40 G01 (G00) X(U) Z(W)。

⑤ 说明: a. G41、G42 和 G40 是模态指令。G41 和 G42 指令不能同时使用,即前面的程序段中如果有 G41,就不能接着使用 G42,必须先用 G40 取消 G41 刀具半径补偿后,才能使用 G42,否则补偿就不正常了。

b. 不能在圆弧指令段建立或取消刀具半径补偿,只能在 G00 或 G01 指令段建立或取消。

c. 刀具半径补偿的过程。刀具半径补偿的过程分为 3 步:刀补的建立,刀具中心从编程轨迹重合过渡到与编程轨迹偏离一个偏移量的过程;刀补的进行,执行 G41 或 G42 指令的程序段后,刀具中心始终与编程轨迹相距一个偏移量;刀补的取消,刀具离开工件,刀具中心轨迹过渡到与编程重合的过程。

(3) 刀尖方位的确定。刀具刀尖半径补偿功能执行时除了和刀具刀尖半径大小有关外,还和刀尖的方位有关。不同的刀具,刀尖圆弧的位置不同,刀具自动偏离零件轮廓的方向就不同,车刀方位有 9 个,分别用参数 0~9 表示。

5) 程序走向控制

(1) 程序的斜杠跳跃。在程序段的前面编“/”符号,该符号称为斜杠跳跃符号,该

程序段称为可跳跃程序段。如下列程序段：

```
/N10 G00 X100.0;
```

这样的程序段可以由操作者对程序段和执行情况进行控制。当操作机床并使系统的“跳跃程序段”信号生效时，程序在执行中将跳过这段程序段；当“跳跃程序段”的信号无效时，该程序段照样执行，即与不加“/”符号的程序段相同。

(2) 暂停指令 G04。G04 指令的作用是按指定的时间延迟执行下一个程序段。

指令格式：

G04 X 或 G04 U 或 G04 P；

其中：X 为指定暂停时间，s，允许小数点；U 为指定暂停时间，s，允许小数点；P 为指定暂停时间，ms，不允许小数点。

6) 螺纹加工

(1) 单行程螺纹切削指令 G32。用 G32 指令可加工固定导程的圆柱螺纹或圆锥螺纹，也可用于加工端面螺纹。但是刀具的切入、切削、切出、返回都靠编程来完成，所以加工程序较长，一般多用于小螺距螺纹的加工。

程序格式：

```
G32 X(U) Z(W) F;
```

其中：X、Z 为螺纹切削终点的绝对坐标(X 为直径值)；U、W 为螺纹切削终点相对切削起点的增量坐标(U 为直径值)；F 为螺纹的导程，mm。

注：单线螺纹中导程=螺距。

多线螺纹中导程=螺距×螺纹头数。

G32 加工直螺纹时，每一次加工分 4 步：进刀(AB)→切削(BC)→退刀(CD)→返回(DA)。

G32 加工切削斜角 α 在 45° 以下的圆锥螺纹时，螺纹导程以 Z 方向指定，大于 45° 时，螺纹导程以 X 方向指定。

(2) 螺纹切削循环指令 G92。G92 是 FANUC Oi 系统中使用最多的螺纹加工指令。

提示：加工多头螺纹时的编程，应在加工完一个头后，用 G00 或 G01 指令将车刀轴向移动一个螺距，然后再按要求编写车削下一条螺纹的加工程序。

程序格式：

```
G92 X(U) Z(W) R F;
```

其中：X、Z 为螺纹终点的绝对坐标；U、W 为螺纹终点相对于螺纹起点的坐标增量；F 为螺纹的导程(单线螺纹时为螺距)；R 为圆锥螺纹起点和终点的半径差，当圆锥螺纹起点坐标大于终点坐标时为正，反之为负。加工圆柱螺纹时，R 为零，省略。

(3) 螺纹切削复合循环指令 G76。G76 指令用于多次自动循环切削螺纹，切深和进刀次数等设置后可自动完成螺纹的加工，经常用于不带退刀槽的圆柱螺纹和圆锥螺纹的加工。

指令格式：

```
G76 P(m)(r)( $\alpha$ ) Q( $\Delta d_{\min}$ ) R(d);
```

```
G76 X(U) Z(W) R(i) P(k) Q( $\Delta d$ ) F(f);
```

其中：m 为精车重复次数，从 1~99 次，该值为模态值；r 为螺纹尾部倒角量(斜向退刀)，是螺纹导程(L)的 0.1~9.9 倍，以 0.1 为一挡逐步增加，设定时用 00~99 之间的两