



21世纪高职高专数控技术系列规划教材

—· 教学改革与创新优秀成果教材 ·—



数控编程 技术与实例

吴志强 主编

袁 锋 主审



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

21 世纪高职高专数控技术系列规划教材
教学改革与创新优秀成果教材

数控编程技术与实例

主 编 吴志强
副主编 程 畅 李爱敏
主 审 袁 锋



北京邮电大学出版社
[www. buptpress. com](http://www.buptpress.com)

内 容 简 介

本书选用了技术先进、占市场份额最大的 FANUC、SIEMENS 系统和具有我国自主知识产权的华中系统作为典型数控系统进行剖析。

全书共分五个学习情境,依次介绍了 FANUC/华中系统数控车床编程与实例,SIEMENS 系统数控车床编程与实例,FANUC/华中系统数控铣床与加工中心编程与实例,SIEMENS 系统数控铣床与加工中心编程与实例,自动编程基础与实例。

本书从培养技术应用型人才的目的出发,采用学习情境教学方法,通过分解任务对大量典型零件数控加工实例进行介绍,内容翔实,可作为高职高专工科院校机械、数控等相关专业的教材。

图书在版编目(CIP)数据

数控编程技术与实例/吴志强主编. —北京:北京邮电大学出版社,2012.3

ISBN 978-7-5635-2927-8

I. ①数… II. ①吴… III. ①数控机床—程序设计—
高等职业教育—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 029625 号

书 名: 数控编程技术与实例

主 编: 吴志强

责任编辑: 王晓磊 高银交

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京振兴源印务有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 14.75

字 数: 359 千字

版 次: 2012 年 3 月第 1 版 2012 年 3 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-2927-8

定 价: 29.00 元

· 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

21 世纪高职高专机械系列规划教材

编审委员会

主任：程 周 教育部高职高专自动化技术类专业教学指导委员会委员

副主任：郑晓峰 教育部高职高专机电设备技术类专业教学指导委员会委员

委员：(以姓氏笔画为序)

万文龙 常州机电职业技术学院	张本升 浙江工贸职业技术学院
王宏颖 河南工业职业技术学院	张建忠 黄河水利职业技术学院
王金斗 石家庄职业技术学院	邵娟琴 常州工程职业技术学院
冯 丰 天津电子信息职业技术学院	武永鑫 阜阳职业技术学院
吕 波 沈阳职业技术学院	苟维杰 北京电子科技职业学院
刘良瑞 黄冈职业技术学院	罗友兰 湖南铁道职业技术学院
刘继光 辽宁省交通高等专科学校	罗正斌 娄底职业技术学院
江建刚 安庆职业技术学院	姜连军 青岛港湾职业技术学院
杨圣春 安徽电气工程职业技术学院	袁清萍 铜陵职业技术学院
杨秋合 杭州职业技术学院	贾 芸 安徽水利水电职业技术学院
李 伟 河南职业技术学院	夏长富 中国一重技师学院
李 庆 安徽机电职业技术学院	高永强 天津石油职业技术学院
李言武 安徽工贸职业技术学院	郭 辉 北京农业职业学院
李河水 江西现代职业技术学院	曹选平 成都纺织高等专科学校
李治国 安徽职业技术学院	龚运新 无锡科技职业学院
李新广 许昌职业技术学院	蒋 玲 芜湖职业技术学院
李新德 商丘职业技术学院	韩文成 天津轻工职业技术学院
吴志强 常州轻工职业技术学院	韩玉勇 枣庄科技职业学院
吴春玉 天津电子信息职业技术学院	程启森 安徽工业职业技术学院
何光好 池州职业技术学院	鲁昌国 辽宁石化职业技术学院
宋 新 黄河水利职业技术学院	廖友军 湖南铁路科技职业技术学院

出版说明

高等职业教育以培养生产、建设、管理、服务第一线的高素质技能型专门人才为根本任务,在建设人力资源强国和高等教育强国的伟大进程中发挥着不可替代的作用。

近年来,我国高职高专教育蓬勃发展,积极推进校企合作、工学结合人才培养模式改革,办学水平不断提高,为现代化建设培养了一批高素质技能型专门人才,对高等教育大众化作出了重要贡献。尽管如此,我国高职高专教育的质量、结构、规模还不能很好地适应当前经济社会发展的需要,部分高职高专院校毕业生还不能很好地满足社会工作岗位对相关技术和能力的需求。

要加快高职高专教育改革的步伐、全面提高人才培养质量,就必须对课程体系等问题进行深入探索。教育部在《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》中指出,“课程建设与改革是提高教学质量的核心,也是教学改革的重点和难点”,“建立突出职业能力培养的课程标准,规范课程教学的基本要求,提高课程教学质量”,这为高职高专教育课程体系建设指明了方向。在课程体系建设过程中,教材无疑起着至关重要的基础性作用,高质量的教材是培养高素质人才的重要保证。

目前,我国高等职业教育教学改革正在深入进行,高职教材建设取得了显著的成效。但从整体上看,教材建设仍不能很好地适应高职高专教育的发展需要,主要表现在:缺乏科学理论的支持,缺乏行业支持,缺少对生产实际的调查研究和深入了解,缺乏对职业岗位所需的专业知识和专项能力的科学分析,出现体系不明、内容交叉或重复、脱离实际、针对性不强等问题;与专业课程相配套的实践性教材严重不足;同类教材建设缺乏统一标准,相关课程的教材内容自成体系,缺乏沟通衔接;版本偏老或内容陈旧,不能及时将新法规、新知识、新技术、新工艺、新装备、新案例反映到教材中来;与劳动部门颁发的职业资格证书或技能鉴定标准缺乏有效衔接。教材的相对落后成为制约高职高专教育发展的瓶颈之一。

在此背景下,为了更好地贯彻《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》相关精神,更好地推进高职高专教育的发展,我们组织了一批具有丰富理论知识和实践经验的专家、一线教师,成立了21世纪高职高专规划教材编审委员会,着力规划出版一批符合高职高专教育特点和需求的优质教材。

依据教育部制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》,我们调研了数百所具有代表性的高等职业技术学院和高等专科学校,广泛而深入地了解了高职高专教育的专业和课程设置,系统地研究了课程的体系结构;同时充分汲取各院校在探索培养应用型人才方面取得的成功经验,并在教材出版的各个环节设置专业的审定人员进行严格审查,从而确保了整套教材“突出行业需求,突出职业的核心能力”的特色。



本系列教材除了满足内容充实、完整,结构、体例合理,语言得体、流畅等基本要求外,还力求克服以往高职高专教材的缺陷和不足,在以下方面打造自己的优势和特色:

(1) 本系列教材的定位更加强调“以就业为导向”。紧密依托行业或企业优势,建立产、学、研密切结合的运行机制,是高职高专教育健康发展的关键。我们通过对生产实际的调查研究和深入了解,对职业岗位(群)所需专业知识和专项能力的科学分析,以科学的课程理论为支持,力求使本系列教材定位与就业市场相结合,充分体现出“以就业为导向,以能力为本位,以学生为中心”的风格,从而更具实用性和前瞻性。

(2) 本系列教材打破传统的教材编写模式,力求在编写风格和表达形式方面有所突破,充分体现“项目导向、任务驱动”的教学理念,通过构建具体的工作任务作为学生学习的切入点,这就促使学生能够主动学习,从而达到“教中做、做中学、学中练”的目的,全面提升学生解决问题的实战经验和能力。

(3) 本系列教材编写思路清晰,体系结构安排合理,注重知识体系的有序衔接,力避知识的断层和重复。同时,教材也遵循教育部对高职高专教育提出的“以应用为目的,以必需、够用为度”原则,从实际应用的需要出发,减少枯燥、实用性不强的理论灌输。

(4) 本系列教材的编写及时跟进社会及行业的最新发展动态,将最新、最权威、最具代表性的成果运用于教材当中,从而避免所讲知识与社会脱节。

为保证教材的总体质量和前瞻性,我们着重加强与示范性高等职业院校的合作,在全国范围遴选了具有丰富教学经验和实践经验、具有较高专业水平的双师型教师参加编写。

为支持“立体化”教学,我们为本系列教材精心策划了精品教学资料包和教学资源网,向教师用户提供教学课件、教学案例、教学参考、教学检测、教学资源推荐、课后习题答案等教学资源,以支持网络化及多媒体等现代化教学方式,有效提升教学质量。

希望各高职院校在使用本系列教材的过程中提出宝贵的意见和建议,我们将认真听取,不断完善。

21 世纪高职高专规划教材编审委员会

随着现代制造业的发展,对机械加工精度和生产效率的要求也越来越高,数控制造技术在机械加工制造业中的使用也日益广泛,各种类型的数控机床在生产中得到越来越多的应用。社会迫切需要大批技能型数控编程和操作人才。为了满足社会的需要,同时根据国内高职高专院校培养技能型人才的要求,编者总结多年教学与实践经验编写了本书。

本书从培养技术应用型人才的目的出发,着重对数控加工编程人员、操作人员的实践能力进行培养,采用项目教学法,通过对大量典型零件的数控加工实例的介绍,使读者对每一个任务中的内容能够深入理解,能够掌握编程思路,以达到满意的教学效果。

本书选用了技术先进的、占市场份额最大的 FANUC、SIEMENS 系统和具有我国自主知识产权的华中系统作为典型数控系统进行剖析。本书通过典型数控机床和数控系统将各部分教学内容有机联系、渗透和互相贯通,在结构上打破了原有课程体系,突出了编程技能的实用性教学,突出了对学生应用能力和综合能力的培养。将数控编程基础知识、数控加工工艺知识通过任务的形式进行具体运用。这种教学方法能使学生系统掌握本专业知识,具有较强的实用性。

全书共分为五个学习情境,依次介绍了 FANUC/华中系统数控车床编程与实例,SIEMENS 系统数控车床编程与实例,FANUC/华中系统数控铣床与加工中心编程与实例,SIEMENS 系统数控铣床与加工中心编程与实例,自动编程基础与实例。

本书由常州轻工职业技术学院吴志强副教授任主编并统稿,程畅副教授、许昌职业技术学院李爱敏副教授任副主编。具体分工如下:学习情境一、三由吴志强编写,学习情境二、四由程畅编写,学习情境五由李爱敏编写。全书由常州轻工职业技术学院袁锋教授主审。书中精选了大量典型实例,是编者多年实践和教学经验的结晶,也有常州轻工职业技术学院教师的集体智慧和成果。本书在编写过程中参考了国内外同行的许多文献资料和教学科研成果,在此谨表示感谢。

由于编者水平和经验有限,本书难免有一些疏漏和不足之处,恳请读者批评指正。

学习情境一 FANUC/华中系统数控车 床编程与实例 1

任务一 FANUC/华中系统数控车床	
编程基础	1
一、程序结构	1
二、系统功能指令	2
三、准备功能 G 指令	7
四、刀具补偿指令	12
五、固定循环指令	13
六、螺纹加工指令	22
七、子程序	28
任务训练一	29
任务二 轴类零件的加工编程	29
一、外轮廓的车削加工编程	29
二、切槽与外螺纹的车削加工编程	31
任务训练二	34
任务三 套类零件的加工编程	34
一、内轮廓的车削加工编程	34
二、内沟槽与内螺纹的车削加工编程	37
任务训练三	39
任务四 综合类零件的加工编程	40
一、轴类综合零件的车削加工编程	40
二、复杂综合零件的车削加工编程	42
任务训练四	47

学习情境二 SIEMENS 系统数控车 床编程与实例 48

任务一 SIEMENS 系统数控车床编程	
基础	48
一、程序结构	48
二、系统功能指令	50
三、准备功能 G 指令	53
四、子程序	63
五、循环指令	64
任务训练一	70
任务二 轴类零件的加工编程	70
一、外轮廓的车削加工编程一	70
二、外轮廓的车削加工编程二	74
三、切槽与外螺纹的车削加工编程	75
任务训练二	77
任务三 套类零件的加工编程	78
一、内轮廓的车削加工编程	78
二、内沟槽与内螺纹的车削加工编程	80
任务训练三	82
任务四 综合类零件的加工编程	82
一、轴类综合零件的车削加工编程一	82
二、轴类综合零件的车削加工编程二	85
三、复杂综合零件的车削加工编程	89



任务训练四 93

学习情境三 FANUC/华中系统数控铣床与加工中心编程与实例 94

任务一 FANUC/华中系统数控铣床与加工中心编程基础 94

一、程序结构 94
 二、系统功能指令 95
 三、准备功能 G 指令 100
 四、子程序 106
 五、固定循环指令 107

任务训练一 113

任务二 平面凸台类零件的加工编程 113

一、平面的铣削加工编程 113
 二、外轮廓的铣削加工编程 115

任务训练二 117

任务三 型腔类和孔系零件的加工编程 118

一、型腔类零件的铣削加工编程 118
 二、孔系零件的铣削加工编程 120

任务训练三 124

任务四 综合类零件的加工编程 125

一、内、外轮廓综合零件的铣削加工编程 125
 二、复杂综合零件的铣削加工编程 131

任务训练四 137

学习情境四 SIEMENS 系统数控铣床与加工中心编程与实例 139

任务一 SIEMENS 系统数控铣床与加工中心编程基础 139

一、程序结构及传输格式 139

二、系统功能指令 140

三、准备功能 G 指令 144

四、子程序 154

五、孔加工固定循环 155

任务训练一 165

任务二 平面凸台类零件的加工编程 165

一、平面的铣削加工编程 165
 二、外轮廓的铣削加工编程 168

任务训练二 171

任务三 型腔类和孔系零件的加工编程 171

一、型腔类零件的铣削加工编程 171
 二、孔系零件的铣削加工编程 175

任务训练三 180

任务四 综合类零件的加工编程 180

一、内、外轮廓综合零件的铣削加工编程 180
 二、复杂综合零件的铣削加工编程 185

任务训练四 192

学习情境五 自动编程基础与实例 193

任务一 自动编程基础 193

一、Mastercam 的界面 193

二、Mastercam 的重要概念 195

三、Mastercam 的 CAD 功能 196

四、Mastercam 的 CAM 功能 199

任务训练一 203

任务二 自动编程实例 203

一、零件的 CAD 建模 203

二、零件的 CAM 编程 205

任务训练二 222

参考文献 223



学习情境一

FANUC/华中系统数控车床编程与实例

任务一 FANUC/华中系统数控车床编程基础

数控车床具有加工通用性好、加工精度高、加工效率高和加工质量稳定等特点,是理想的回转体零件加工机床,能自动地完成轴类和盘类零件内外圆柱面、圆锥面、球面、圆柱螺纹、圆锥螺纹等工序的切削加工,并能进行切槽、钻孔、扩孔、铰孔等工序的加工。

FANUC 系统的编程指令与华中系统数控车床的编程指令相似,其不同之处在本书中会加以说明。本书将重点介绍 FANUC 0i Mate-TC 系统与 FANUC-21/22 T 系统的用法。

一、程序结构

1. FANUC 0i Mate-TC 系统加工程序的组成

数控加工中零件加工程序的组成形式与采用的数控系统形式略有不同。现在的数控系统中,其加工程序可分为主程序和子程序,但不论是主程序还是子程序,每一个程序都由若干个程序段组成。程序段由一个或若干个字(字由表示地址的字母和数字、符号等组成,它是控制数控机床完成一定功能的具体指令)组成,它表示数控机床为完成某一特定动作而需要的全部指令。例如:

```
O1001;  
N10 G54 G98 G21;  
N20 M03 S600;  
N30 T0101;  
N40 G00 X42 Z2;  
...  
N50 M05;  
N60 M30;
```

上面每一行称为一个程序段,N10、G54、M03、S600...都是一个字。



2. FANUC 0i Mate-TC 系统加工程序的格式

每个加工程序都由加工程序号、程序段等部分组成。

1) 加工程序号

格式为：

O××××

××××为加工程序号,可以是 0000~9999。存入数控系统中的各零件加工程序号不能相同。

2) 程序段

格式为：

$N \times \dots \times \frac{G \times \times X(U) \pm \times \dots \times Z(W) \pm \times \dots \times F \times \dots \times S \times \dots \times M \times \times T \times \times \times \times}{\text{程序段号}} ;$

准备功能字 坐标运动尺寸 工艺性指令 结束代码

二、系统功能指令

数控车床在编程时,对其自动运行的各个动作,如主轴的转、停,刀具的自动换刀,切削的进给速度,切削液的开、关等,都要以指令的形式给定。通常把这类指令称为功能指令,这类指令有准备功能 G 指令、辅助功能 M 指令、进给功能 F 指令、刀具功能 T 指令和主轴转速功能 S 指令等。

1. 准备功能 G 指令

准备功能 G 指令有模态和非模态两种指令。非模态 G 指令只在其指令的程序段中有效,而模态 G 指令一直有效,直到被同一组的其他 G 指令所替代。

FANUC 0i Mate-TC 系统数控车床的准备功能 G 指令见表 1-1-1。

表 1-1-1 FANUC 0i Mate-TC 系统数控车床的准备功能 G 指令

G 指令	组 号	功 能	G 指令	组 号	功 能
G00 *	01	快速定位	G70	00	精加工循环
G01		直线插补	G71		外圆粗车复合循环
G02		顺时针圆弧插补	G72		端面粗车复合循环
G03		逆时针圆弧插补	G73		固定形状粗加工复合循环
G04	00	暂停	G75		切槽循环
G20	02	英寸输入	G76		螺纹切削复合循环
G21 *		毫米输入	G90	01	单一形状固定循环
G32	01	螺纹切削	G92		螺纹切削循环
G40 *	07	取消刀具半径补偿	G94		
G41		刀尖圆弧半径左补偿	G96	02	恒速切削控制有效
G42		刀尖圆弧半径右补偿	G97 *		恒速切削控制取消
G50	00	设定坐标系,设定主轴最高转速	G98	05	进给速度按每分钟设定
G54~G59 *	14	工件坐标系选择	G99 *		进给速度按每转设定

注:带 * 号的 G 指令表示接通电源时即为该 G 指令的状态。00 组的 G 指令为非模态 G 指令,其他均为模态 G 指令。G 指令后一般由两位数字组成,在编程时,G 指令中前面的 0 可省略,如 G00、G01、G02、G03、G04 可简写为 G0、G1、G2、G3、G4。



华中系统数控车床(HNC-21/22T)的准备功能 G 指令见表 1-1-2。

表 1-1-2 华中系统数控车床(HNC-21/22T)的准备功能 G 指令

G 指令	组号	功 能	G 指令	组号	功 能
G00	01	快速定位	G56	11	工作坐标系设定
☆G01		直线插补	G57		工作坐标系设定
G02		顺时针方向圆弧插补	G58		工作坐标系设定
G03		逆时针方向圆弧插补	G59		工作坐标系设定
G04	00	暂停指令	G71	06	内外径粗车复合循环
G20	08	英制单位设定	G72		端面车削复合循环
☆G21		米制单位设定	G73		闭环车削复合循环
G28	00	从中间点返回参考点	G76		螺纹切削复合循环
G29		从参考点返回	☆G80	内外径车削固定循环	
G32	01	螺 纹 车 削	G81	01	端面车削固定循环
☆G36	16	直径编程	G82		螺纹切削固定循环
G37		半径编程	G90	13	绝对值编程
☆G40	09	刀具半径补偿取消	G91		增量值编程
G41		刀具半径左补偿	G92	00	工件坐标系设定
G42		刀具半径右补偿	☆G94	14	每分钟进给
G53	00	机床坐标系选择	G95		每转进给
☆G54	11	工作坐标系设定	G96	16	恒线速度控制
G55		工作坐标系设定	☆G97		取消恒线速度控制

注:1. G 指令根据功能的不同分成若干组,其中 00 组的 G 功能为非模态 G 指令,指令只在所规定的程序段中有效,程序段结束时被注销;其余组的 G 功能为模态 G 指令,这些功能一旦被执行,则一直有效,直到被同一组的 G 指令注销为止。

2. 模态 G 指令组中包含一个缺省 G 指令(上表中带有☆记号的 G 指令),上电时将初始化该功能。

3. 没有共同地址符的不同组 G 指令代码可以放在同一程序段中,而且与顺序无关,如 G90、G17 可与 G01 放在同一程序段中。

4. G 指令后一般由两位数字组成,在编程时,G 指令中前面的 0 可省略,如 G00、G01、G02、G03、G04 可简写为 G0、G1、G2、G3、G4。

2. 辅助功能 M 指令

M 指令主要用于机床操作时的工艺性指令,如主轴的启、停和切削液的开、关等。

表 1-1-3 列出了 FANUC Oi Mate-TC 系统数控车床常用的辅助功能 M 指令。



表 1-1-3 FANUC 0i Mate-TC 系统数控车床常用的辅助功能 M 指令

M 指令	功 能	M 指令	功 能
M00	程序暂停	M08	切削液开
M01	选择停止	M09	切削液关
M03	主轴正转	M30	程序结束
M04	主轴反转	M98	调用子程序
M05	主轴停止	M99	子程序结束,返回主程序

注:在编程时,M 指令中前面的 0 可省略,如 M00、M03 可简写为 M0、M3。

1) 程序停止指令 M00

编程格式

M00;

编程说明

系统执行 M00 指令后,机床所有动作均被切断,以便进行某种手动操作,如换刀、零件掉头、测量零件尺寸等。暂停时,机床的进给停止,而全部现存的模态信息保持不变。重新按循环启动按钮后,再继续执行 M00 指令后的程序,若此时按下复位键,程序将返回到开始位置。该指令常用于粗加工与精加工之间精度检测时的暂停,需重新按下程序启动按钮。

2) 程序选择停止指令 M01

编程格式

M01;

编程说明

M01 的执行过程和 M00 相似,不同的是只有按下机床控制面板上的“选择停止”开关后该指令才有效,否则数控系统跳过 M01 指令,继续执行后面的程序。该指令常用于检查工件的某些关键尺寸。

3) 程序结束指令 M02/M30

编程格式

M02(M30);

编程说明

M02/M30 程序结束指令执行后,表示本加工程序内的所有内容均已完成。M02/M30 一般放在主程序的最后一个程序段中。当 CNC 执行到 M02/M30 指令时,机床的主轴、进给、切削液全部停止,加工结束。使用 M02 的程序结束后,若要重新执行该程序,就得重新调用该程序,而 M03 S6600 也可以写成 S600 M03,没有顺序要求。M30 表示程序结束后,机床 CRT 屏上的执行光标返回程序开始段。

4) 主轴旋转指令 M03/M04/M05

编程格式

M03(M04) S_—;

M05;

编程说明

M03 指令用于主轴顺时针方向旋转(俗称为正转),M04 指令用于主轴逆时针方向旋转(俗称为反转),主轴停转用指令 M05 表示,S 指令表示主轴转速,如 M03 S600 表示主轴以 600 r/min 的转速正转。



5) 切削液开关指令 M08/M09

编程格式

M08(M09);

编程说明

M08 表示打开切削液, M09 表示关闭切削液。

M 功能有非模态和模态两种形式。非模态 M 功能(当段有效指令)只在有该指令的程序段中有效, 下一程序段无效; 模态 M 功能(续效指令)一旦被指定, 就一直有效, 直到这些功能被同一组的另一个功能注销。

在一个程序段中只能指令一个 M 功能, 如果在一个程序段中同时指令了两个或两个以上的 M 功能, 则只有最后一个 M 功能有效。如 M03 S600 M08; 其中 M08 有效, 而 M03 无效。

华中系统数控车床(HNC-21/22T)的辅助功能 M 指令见表 1-1-4。

表 1-1-4 华中系统数控车床(HNC-21/22T)的辅助功能 M 指令

M 指令	模 态	功 能	M 指令	模 态	功 能
M00	非模态	程序暂停	M07	模态	切削液开
M02	非模态	主程序结束	M09	模态	切削液关
M03	模态	主轴正转启动	M30	非模态	主程序结束 返回程序起点
M04	模态	主轴反转启动	M98	非模态	调用子程序
M05	模态	主轴停转	M99	非模态	子程序结束
M06	非模态	换刀			

注: 在编程时, M 指令中前面的 0 可省略, 如 M00、M03 可简写为 M0、M3。

3. 其他功能指令

1) 进给功能 F 指令

进给功能 F 指令用字母 F 及其后面的数字表示。

F 指令主要指定机床加工工件时, 刀具相对于工件的进给量(进给速度), 有两种使用方法。

(1) 每转进给量指令 G99。

编程格式

G99 F_;

编程说明

F 后面的数字表示的是主轴每转进给量, 单位为 mm/r。如 G99 F0.2 表示主轴每转进给量为 0.2 mm/r。

特别注意, 系统开机状态为 G99 指令状态, 只有输入 G98 指令后, G99 指令才被取消。在含有 G99 指令的程序段后面, 在遇到 F 指令时, 认为 F 所指定的进给速度单位为 mm/r。

(2) 每分钟进给量指令 G98。

编程格式

G98 F_;



编程说明

F 后面的数字表示的是每分钟进给量,单位为 mm/min,如 G98 F100 表示每分钟进给量为 100 mm/min。注意,mm/r 与 mm/min 的单位换算是 mm/r 乘以主轴转速等于 mm/min。

在含有 G98 指令的程序段后面,在遇到 F 指令时,认为 F 所指定的进给速度单位为 mm/min。G98 指令被执行一次后,系统将保持 G98 指令状态,直到被 G99 指令取消。

2) 刀具功能 T 指令

在 FANUC 0i Mate-TC 系统中,T 功能可指定刀具及刀具补偿,由地址符 T 和其后的 一组数字组成,格式为 T××××,前两位数字表示刀具序号,后两位数字表示刀具补偿号。例如,T0101 表示采用 1 号刀具和 1 号刀补。在 FANUC 系统中,由于刀补存储是公用的,所以往往采用如 T0101、T0202、T0303 等。例如,T0303 表示选用 3 号刀及 3 号刀具补偿值,刀具的序号应与刀盘上的刀位号一致,刀具序号和刀具补偿号可以相同也可以不同,但为了方便通常使它们一致。

3) 主轴转速功能 S 指令

主轴转速功能指令用字母 S 及其后面的数字表示,指定主轴转速。

用以控制主轴转速的功能称为主轴功能,也称为 S 功能,由地址符 S 及其后面的一组数字表示,单位为 r/min。

编程格式

S;

除此之外,它还具有恒线速度控制和恒转速控制两种指令方式,并可限制主轴最高转速。

(1) 恒线速控制指令 G96。G96 实现恒线速控制,可以使数控装置依刀架在 X 轴的位置计算出主轴的转速,自动而连续地控制主轴转速,使之始终达到由 S 功能所指定的切削速度。

编程格式

G96 S;

编程说明

①S 后面的数字表示的是恒定的线速度,单位为 m/min。例如,G96 S100 表示切削点线速度控制在 100 m/min。

②该指令用于车削端面或工件直径变化较大的场合。采用此功能,当工件直径变化时,可保证主轴的线速度不变,保证切削速度不变,从而提高表面加工质量。

例 1-1-1 如图 1-1-1 所示的零件,为保持 A、B、C 各点的线速度为 100 m/min,则各点在加工时的主轴转速分别是多少?

各点在加工时的主轴转速分别为:

A 点: $n = 1\ 000 \times 100 \div (\pi \times 20) \approx 1\ 592\ \text{r/min}$

B 点: $n = 1\ 000 \times 100 \div (\pi \times 30) \approx 1\ 062\ \text{r/min}$

C 点: $n = 1\ 000 \times 100 \div (\pi \times 40) \approx 796\ \text{r/min}$

(2) 取消恒线速指令 G97。G97 指令可取消恒线速控制,此时使用 S 指定的数值表示主轴每分钟的转数。

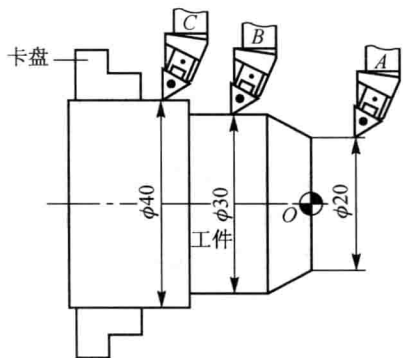


图 1-1-1 恒线速度切削方式



编程格式

G97 S_—;

编程说明

①S后面的数字表示恒线速控制取消后的主轴转速,如S未指定,将保留G96指令的最终值,例如,G97 S500表示恒线速控制取消后主轴转速为500 r/min。

②该指令用于车削螺纹或工件直径变化较小的场合。采用此功能,可设定主轴转速并取消恒线速度控制。

(3)主轴最高转速限定指令G50。G50指令可防止因主轴转速过高,离心力太大而产生危险及影响机床寿命。

编程格式

G50 S_—;

编程说明

①G50指令有坐标系设定和主轴最高转速设定两种功能,此处指后一种功能,用S指定的数值设定主轴每分钟最高转速。例如,G50 S2000把主轴最高转速设定为2 000 r/min。

②用恒线速控制加工端面、锥度、圆弧时,容易获得内外一致的表面粗糙度,但由于X坐标值不断变化,所以由公式 $S=n=1\,000\ v/\pi d$ 计算出的主轴转速也不断变化,当刀具逐渐靠近工件中心时,主轴转速会越来越高,此时工件有可能因卡盘调整压力不足而从卡盘中飞出。为防止发生事故,在使用G96指令之前,最好设定G50指令来限制主轴最高转速。

例 1-1-2 设定主轴速度。

设定主轴速度分别为:

G96 S100; 设定线速度恒定,切削点线速度为100 m/min

G50 S3000; 设定主轴最高转速为3 000 r/min

...

G97 S300; 取消线速度恒定功能,主轴转速为300 r/min

F指令、T指令、S指令均为模态指令。

三、准备功能G指令

1. 绝对值编程和增量值编程指令

在FANUC 0i Mate-TC系统中,绝对值编程采用地址X、Z进行编程(X为直径值);而在增量值编程时,用U、W代替X、Z进行编程。U、W的正负由行程方向确定,行程方向与机床坐标方向相同时取正,反之取负。在编程时一般采用绝对编程。

华中世纪星(HNC-21/22T)系统绝对值编程时,用G90指令后面的X、Z表示X轴、Z轴的坐标值,所有程序段中的尺寸均是相对于工件坐标系原点的。增量编程时,用U、W或G91指令后面的X、Z表示X轴、Z轴的增量值,其后的所有程序段中的尺寸均是以前一位置为基准的增量尺寸,直到被G90指令取代。其中表示增量的字符U、W不能用于循环指令G80、G81、G82、G71、G72、G73、G76程序段中,但可用于定义精加工轮廓的程序中。G90、G91为模态指令,可相互注销,G90为缺省值。



2. 快速点定位指令 G00

编程格式

G00 X(U)_ Z(W)_;

编程说明

G00 指令是命令刀具以点定位控制方式从刀具所在点快速运动到目标位置,它是快速定位,没有运动轨迹要求。G00 指令是模态指令。在执行 G00 时,刀具实际的运动路线不一定是两点一线,而有可能是折线,所以在使用 G00 指令时,要注意刀具是否和工件及夹具发生干涉,以免发生意外。此处进给速度对 G00 无效。

3. 直线插补指令 G01

编程格式

G01 X(U)_ Z(W)_ F_;

编程说明

G01 指令是命令刀具按指定的进给速度沿直线运动到指定的位置。G01 指令是模态指令。程序中第一次出现 G01 指令时,必须设定进给速度 F。

4. 圆弧插补指令 G02、G03

1) 顺时针与逆时针圆弧方向判断

G02、G03 指令用于指定圆弧插补,其中,G02 表示顺时针圆弧(简称为顺圆弧)插补,G03 表示逆时针圆弧(简称为逆圆弧)插补。圆弧插补的顺逆方向的判断方法是:向着垂直于圆弧所在平面(如 ZOX 平面)的另一坐标轴(如 Y 轴)的负方向看,其顺时针方向圆弧为 G02,逆时针方向圆弧为 G03。在判断车削加工中各圆弧的顺逆方向时,一定要注意刀架的位置及 Y 轴的方向,如图 1-1-2 所示。

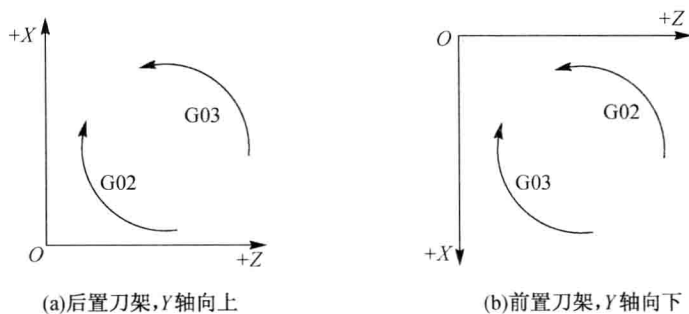


图 1-1-2 圆弧顺、逆方向判断

2) 编程格式

编程格式一

G02 X(U)_ Z(W)_ R_ F_;

G03 X(U)_ Z(W)_ R_ F_;

编程格式二

G02 X(U)_ Z(W)_ I_ K_ F_;

G03 X(U)_ Z(W)_ I_ K_ F_;