

★ 服务热线: 400-615-1233
★ 配套精品教学资料包
★ www.huatengedu.com.cn

(第3版)
SHUKONG BIANCHENG
JISHU YU SHILI
**数控编程
技术与实例**

策划编辑: 刘子嘉
责任编辑: 高 宇
封面设计: 华腾视觉·刘文东



定价: 55.00元

数控编程技术与实例 (第3版)

主编 吴志强 王静 冒益海

北京邮电大学出版社



X-A



“十二五”职业教育国家规划教材修订版

AR (增强现实)
(第3版)
SHUKONG BIANCHENG
JISHU YU SHILI
**数控编程
技术与实例**

主编 吴志强 王 静 冒益海
主审 袁 锋



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com





“十二五”职业教育国家规划教材修订版

AR

(增强现实)

(第3版)

SHUKONG BIANCHENG
JISHU YU SHILI

数控编程 技术与实例

主 编 吴志强 王 静 冒益海
副主编 程 畅
主 审 袁 锋



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书为“十二五”职业教育国家规划教材修订版。本书选用了技术先进、占市场份额较大的 FANUC 系统、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。

全书共分五个项目,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。

本书从培养技术技能型人才的目的出发,采用项目-任务教学方法,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,可作为高等职业院校机械、数控等相关专业的教材。

本书出版由江苏高校“青蓝工程”资助(Sponsored by Qing Lan Project)。

图书在版编目(CIP)数据

数控编程技术与实例 / 吴志强, 王静, 冒益海主编. -- 3 版. -- 北京: 北京邮电大学出版社, 2022. 2 (2023. 1 重印)

ISBN 978-7-5635-6539-9

I. ①数… II. ①吴… ②王… ③冒… 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(2021)第 217869 号

策划编辑: 刘子嘉 责任编辑: 高 宇 封面设计: 刘文东

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

邮政编码: 100876

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 三河市众誉天成印务有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 19 插页 1

字 数: 396 千字

版 次: 2022 年 2 月第 3 版

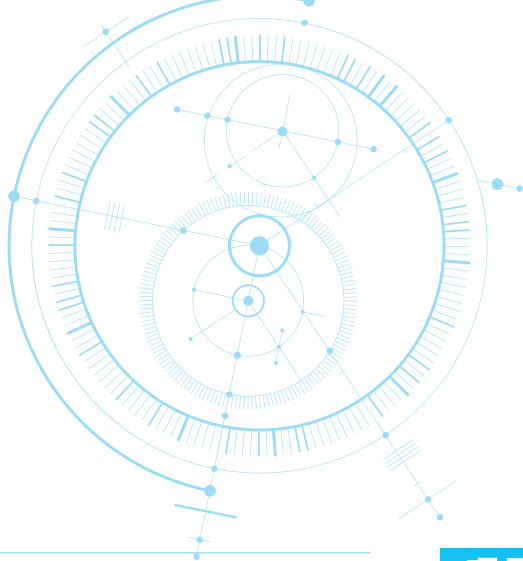
印 次: 2023 年 1 月第 2 次印刷

ISBN 978-7-5635-6539-9

定 价: 55.00 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 •

服务电话: 400-615-1233



Contents 目 录

项目一 FANUC/华中系统数控车床编程与实例 1

学思园地 华中数控:为机床换上“中国脑”	2
任务一 FANUC/华中系统数控车床编程基础	3
一、程序结构	3
二、系统功能指令	4
三、准备功能 G 指令	9
四、刀具补偿指令	13
五、固定循环指令	14
六、螺纹加工指令	25
七、子程序	30
巩固提高一	31
任务二 轴类零件的加工编程	31
子任务一 外轮廓的车削加工编程	31
子任务二 槽和外螺纹的车削加工编程	34
巩固提高二	37
任务三 套类零件的加工编程	37
子任务一 内轮廓的车削加工编程	37
子任务二 内沟槽与内螺纹的车削加工编程	39
巩固提高三	42
任务四 综合类零件的加工编程	43
子任务一 轴类综合零件的车削加工编程	43
子任务二 复杂综合零件的车削加工编程	45
巩固提高四	50

项目二 SIEMENS 系统数控车床编程与实例 51

学思园地 巾帼不让须眉,大机床数控车比赛中唯一 女选手——沈健英	52
-------------------------------------	----





任务一	SIEMENS 系统数控车床编程基础	52
	一、程序结构	52
	二、功能指令	54
	三、准备功能 G 指令	56
	四、子程序	67
	五、循环指令	68
	巩固提高一	75
任务二	轴类零件的加工编程	75
	子任务一 外圆轮廓的加工编程(一)	75
	子任务二 外圆轮廓的加工编程(二)	79
	子任务三 切槽与外螺纹的车削加工编程(一)	82
	子任务四 切槽与外螺纹的车削加工编程(二)	84
	子任务五 切槽与外螺纹的车削加工编程(三)	85
	巩固提高二	87
任务三	套类零件的加工编程	88
	子任务一 内轮廓的车削加工编程	88
	子任务二 内沟槽与内螺纹的车削加工编程	90
	巩固提高三	92
任务四	综合类零件的加工编程	92
	子任务一 轴类综合零件的车削加工编程	92
	子任务二 复杂综合零件的加工编程	96
	巩固提高四	102

项目三 FANUC/华中系统数控铣床与加工中心编程与实例 103

学思园地	“中国创造”高端数控机床——大连光洋科技	104
任务一	FANUC/华中系统数控铣床与加工中心编程基础	105
	一、程序结构	105
	二、功能指令	106
	三、准备功能 G 指令	111
	四、子程序	117
	五、固定循环指令	118
	巩固提高一	124
任务二	平面凸台类零件的加工编程	124



子任务一	平面的铣削加工编程	124
子任务二	外轮廓的铣削加工编程	127
巩固提高二		129
任务三	型腔类和孔系零件的加工编程	130
子任务一	型腔零件的铣削加工编程	130
子任务二	孔系零件的铣削加工编程	132
巩固提高三		136
任务四	综合类零件的加工编程	137
子任务一	内、外轮廓综合零件的铣削加工编程	137
子任务二	复杂综合零件的铣削加工编程	143
巩固提高四		150

项目四 SIEMENS 系统数控铣床与加工中心编程与实例 151

学思园地	航空制造领域中的中国数控技术	152
任务一	SIEMENS 系统数控铣床与加工中心编程基础	152
	一、程序结构及程序传输格式	152
	二、功能指令	153
	三、准备功能 G 指令	158
	四、子程序	168
	五、孔加工固定循环	169
	巩固提高一	179
任务二	平面凸台类零件的加工编程	180
子任务一	平面的铣削加工编程	180
子任务二	外轮廓的铣削加工编程	185
巩固提高二		188
任务三	型腔类零件和孔系零件的加工编程	189
子任务一	型腔类零件的铣削加工编程	189
子任务二	孔系零件的铣削加工编程	191
巩固提高三		197
任务四	综合类零件的加工编程	198
子任务一	一般综合零件的铣削加工编程	198
子任务二	复杂综合零件的铣削加工编程	209
巩固提高四		221





项目五 自动编程基础与实例 223

学思园地 “只有站在数控机床旁,心里才觉得踏实” ——王士良	224
任务一 自动编程基础	225
一、Mastercam 的界面	225
二、Mastercam 的基本概念	227
三、Mastercam 的 CAD 功能	227
四、Mastercam 的 CAM 功能	231
巩固提高一	234
任务二 自动编程实例	235
子任务一 零件的 CAD 建模	235
子任务二 零件的 CAM 编程	237
巩固提高二	253

附录 职业技能鉴定试卷 254

附录一 数控车床中级工试卷	254
附录二 加工中心(数控铣床)中级工试卷	266
附录三 2020 年江苏省职业院校技能大赛	281
附录四 2021 年江苏省职业院校技能大赛	287
附录五 职业素养评估	295

参考文献 296



项目

FANUC/华中系统数控车床编程与实例

知识目标

- 掌握 FANUC/华中系统数控车床加工程序的结构组成及编程指令。

能力目标

- 对数控车削零件进行加工工艺分析。
- 会运用 FANUC/华中系统指令编制完整、正确的数控车床加工程序。

素质目标

- 通过展示国产装备的伟大成就,增强学生对于国产装备制造业的信心。
 - 培养学生精益求精的精神品质。
- 



华中数控:为机床换上“中国脑”

2021年6月10日,在湖北三江航天红峰控制有限公司生产车间,一排排装配着“中国脑”——华中8型数控系统的高档数控机床全速运转,精巧的机械手如“绣花”般飞舞其间。“华中8型在功能、稳定性上都足以作为主力装备使用,我们终于摆脱了国外设备的束缚。”该公司副总工艺师叶昌楠颇为欣喜。

数控系统是机床装备的“大脑”,是决定数控机床功能、性能、可靠性、成本的关键因素,也是制约我国数控机床行业发展的瓶颈。近年来,这一瓶颈正在被以武汉华中数控股份有限公司(以下简称华中数控)为代表的中国数控系统企业所打破。

1. “求变破冰”——另辟蹊径实现从无到有

“国产数控的自主研发之路走得并不容易。”华中数控重大专项指挥部总指挥向华介绍,中国数控系统的技术基础“一穷二白”,发展国产数控系统只能寄希望于引进国外先进技术。但国外公司只愿意将其落后淘汰的技术转让给我国,将核心硬件芯片和源代码控制在自己手中。

“变道”是华中科技大学研发高性能数控系统的突破点。1992年,华中科技大学数控研究所独辟蹊径,选用常规的工业计算机和电子器件,通过更高水平的算法、更高性能的软件,弥补硬件方面的不足。历史证明了这一选择的超前眼光。1993年,拥有自主知识产权的华中Ⅰ型数控系统在武汉问世,实现了国产高性能数控技术的突破。

得知中国研发出新型数控系统,西方立即解除性能相当机床的出口禁令,并大幅降价,力图掐死新生的“中国脑”。研发出华中Ⅰ型的专家们四处联系厂家,提出免费试用,仍应者寥寥。

“那我们就自己动手将成果产品化!”1994年,华中数控应运而生。

2. “十年磨剑”——结束国产数据系统在国航无应用历史

2009年,我国启动“高档数控机床与基础制造装备”国家科技重大专项,在重点企业应用、验证国产数控系统。华中数控主动承担了多个课题。经过研发团队的艰苦奋斗,终于攻克了高速高精控制技术、多轴多通道技术、五轴联动技术等一批关键技术,在平台化、网络化、智能化等技术方面形成了自身的特色和亮点。

在由国家权威机构国家机床质量监督检验中心组织的第三方测试中,华中8型数控系统各项功能均达到国际主流高档数控系统的指标,功能、性能和可靠性达到国外知名品牌同类数控系统水平,为我国高档数控装备的自主可控提供了保障。

“沈飞愿意做航空企业中第一个吃螃蟹的人!我们全程跟踪,有问题马上反馈,与数控系统厂家一起想办法改进。”2012年4月,中航工业沈阳飞机工业(集团)有限公司果断地将一台三坐标大型立式加工中心交由华中数控采用国产高档数控系统和电气系统进行改造。

2013年1月,机床交付沈飞投入生产检验。经过连续数月的实际使用和密切跟踪,沈飞做出了客观评价:两台改造机床的定位精度、加工精度以及稳定性和可靠性等性能指标均满足了加工航空结构件的技术要求。

“这一次尝试,终于结束了国产高档数控系统在中国航空企业无应用的历史。”向华感慨万千。

3. “换道超车”——探索智能化新路

首战告捷的华中数控并没有因此止步不前,而是不断地采纳客户建议升级产品。



“华中数控的客服每天都会向我们询问情况,一旦出现问题,工程师会马上赶到现场处理。”提到华中数控的服务,武汉友龙智能装备有限公司董事长喻婧满口称赞。

2021年4月12日,华中数控新一代人工智能数控系统——华中9型智能数控系统产品正式发布,这是世界上首台具备自主学习、自主优化能力的数控系统。自此,国产数控机床开启换道超车之路。

“中国大脑”赋能中国“智造”。如今,从华中数控走出的高性能数控系统已在航空、航天、通信、汽车、造船等高端制造领域批量装备,中国企业对国产数控系统的信心空前高涨。

不断求索的国产数控企业开始迎来曙光。2020年,中国机床消费量达213亿美元,居全球首位。“我们坚信,再经过5~10年的努力,中国家电、手机、高铁等行业的今天,就是中国数控系统产业的明天。”华中数控董事长陈吉红信心满满。

拓展

张海鸥团队铸锻
镜一体化3D打
印数控机床



任务一

FANUC/华中系统数控车床编程基础



任务引入

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、圆锥螺纹等的切削加工,并能进行切槽、钻孔、扩孔、铰孔等加工。

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。本任务将重点介绍FANUC Oi Mate-TC系统与华中HNC-21/22T系统的用法。

一、程序结构

1. FANUC Oi 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因采用的数控系统不同而略有不同。FANUC Oi Mate-TC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		程序名/开始
N10 G54 G98 G21;		
N20 M03 S600;	} 指令 程序号	
N30 T0101;		
N40 G00 X42 Z2;		
.....		
N50 M05;		程序段

微课

FANUC 系统数控
程序结构组成





N60 M30;

结束

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

格式如下:

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

格式如下:

N×××× G×× X(U)±×××× Z(W)±×××× F×××× S×××× M×× T××××;

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		端面切削循环
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。

微课

FANUC 系统数控编程指令





华中 HNC-21/22T 系统的准备功能 G 指令见表 1-1-2。

表 1-1-2 华中 HNC-21/22T 系统的准备功能 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	工件坐标系设定
☆G01		直线插补	G57		工件坐标系设定
G02		顺时针方向圆弧插补	G58		工件坐标系设定
G03		逆时针方向圆弧插补	G59		工件坐标系设定
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		公制单位设定	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	01	内外径车削固定循环
G32	01	螺纹车削	G81		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	工件坐标系设定	G96	16	恒线速控制
G55		工件坐标系设定	☆G97		取消恒线速控制

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就一直有效,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设定,如主轴的启、停和切削液的开、关等。
表 1-1-3 列出了 FANUC 0i 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	M02/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M后面的第一个0可省略,如M00、M03可简写为M0、M3。

1) 程序暂停指令 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;若按下复位键,则程序将返回开始位置。该指令常用于粗加工与精加工之间精度检测时的暂停。

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 表示程序结束后,若要重新执行该程序,就得重新调用该程序。使用 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(俗称正转),M04 指令用于主轴逆时针方向旋转(俗称反转),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,而 M03 S600 也可以写成 S600 M03,没有顺序要求。



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。

技巧点拨

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,在下一程序段无效;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 HNC-21/22T 系统的辅助功能 M 指令见表 1-1-4。

表 1-1-4 华中 HNC-21/22T 系统的辅助功能 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	M30	非模态	主程序结束 返回程序起点
M04	模态	主轴反转	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 M 后面的第一个 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,其指令由地址符 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

用以控制主轴转速的功能称为主轴功能,也称为 S 功能,其指令由地址符 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。

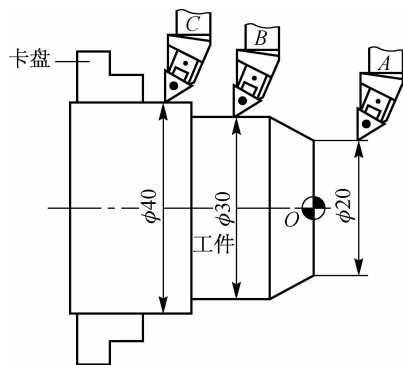


图 1-1-1 恒线速切削方式

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,则在加工时各点的主轴转速分别是多少?

在加工时各点的主轴转速分别为:

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)取消恒线速控制指令 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。



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; 设定恒线速控制,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; 取消恒线速控制,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(X为直径值)、Z进行编程;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值编程。

华中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。增量值编程时,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 指令时,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。

微课

FANUC 系统常
用的插补指令



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(简称顺圆弧)插补,G03 表示逆时针圆弧(简称逆圆弧)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。

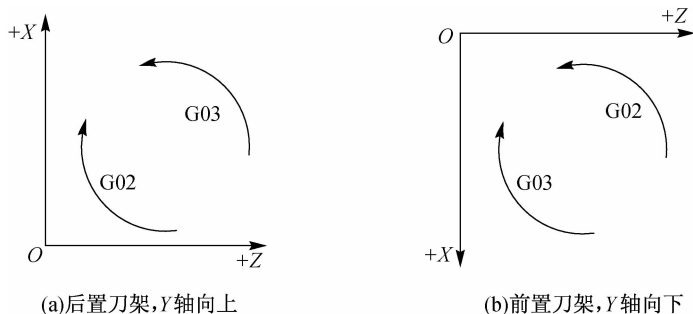


图 1-1-2 圆弧顺、逆方向判断

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_;





编程说明

(1)X(U)、Z(W)为圆弧终点坐标。

(2)I、K 分别为圆心相对圆弧起点的增量坐标,即 $I = \text{圆心的 } X \text{ 坐标} - \text{圆弧起点的 } X \text{ 坐标}$, $K = \text{圆心的 } Z \text{ 坐标} - \text{圆弧起点的 } Z \text{ 坐标}$;不管用绝对方式还是增量方式编程,都是以增量方式指定;在直径、半径编程时 I 都是半径值。

(3)R 为圆弧半径,有正值与负值之分。当圆弧圆心角小于或等于 180° 时,程序中的 R 用正值表示,反之则用负值表示。通常情况下,数控车床所加工圆弧的圆心角一般小于 180° 。

(4)F 为进给速度。

例 1-1-3 如图 1-1-3 所示,刀具以 $0.1 \text{ mm/r}(F0.1)$ 的速度沿 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E$ 运动。编程原点建在工件右端面中心,编写加工程序。

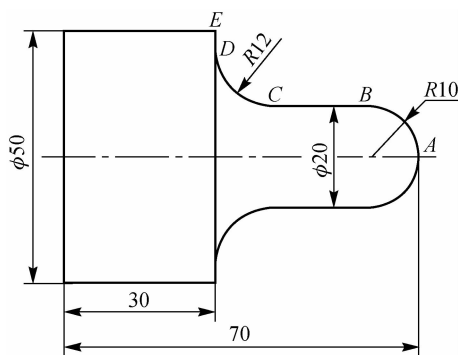


图 1-1-3 圆弧插补

用绝对坐标方式编写的加工程序如下:

N10 G03 X20.0 Z-10.0 I0 K-10.0 (或 R10.0) F0.1;	A—B
N20 G01 Z-28.0;	B—C
N30 G02 X44.0 Z-40.0 I12.0 K0 (或 R12.0);	C—D
N40 G01 X50.0;	D—E

用增量坐标方式编写的加工程序如下:

N10 G03 U20.0 W-10.0 I0 K-10.0 (或 R10.0) F0.1;	A—B
N20 G01 W-18.0;	B—C
N30 G02 U24.0 W-12.0 I12.0 K0 (或 R12.0);	C—D
N40 G01 U6.0;	D—E

5. 程序延时(暂停)指令 G04

G04 指令可使刀具短时间停顿。

编程格式

G04 X_;

或 G04 P_;

编程说明

(1)G04 指令按给定时间延时,不做任何动作,延时结束后再自动执行下一段程序。





(2)G04 指令主要用于切槽、钻孔时为了保证槽底、孔底的尺寸及表面粗糙度而使刀具在短时间无进给方式下进行光整加工。

(3)G04 指令在车台阶轴清根的场所,可使刀具做短时间的无进给光整加工,以提高表面加工质量。

(4)X 指定时间,单位为 s;P 指定时间,单位为 ms。

(5)G04 为非模态指令,只在规定的程序段中有效。

例 1-1-4 程序暂停 2.5 s,编写其加工程序。

满足要求的加工程序如下:

G04 X2.5;

或 G04 P2500;

6. 倒直角、倒圆角指令

在工件轮廓的转角处,通常要进行倒直角和倒圆角处理。对于这些倒直角和倒圆角轮廓加工,FANUC 0i Mate-TC 系统的数控车床可以直接采用 G01 倒直角、倒圆角功能指令进行编程,以达到简化编程的目的。

1)倒直角

倒直角是由轴向切削向端面切削倒角,即由 Z 轴向 X 轴倒角, i 的正负取决于倒角是向 X 轴正向还是负向,如图 1-1-4(a)所示。

编程格式一

G01 Z(W)_I(C) $\pm i$;

倒直角也可以由端面切削向轴向切削倒角,即由 X 轴向 Z 轴倒角, k 的正负取决于倒角是向 Z 轴正向还是负向,如图 1-1-4(b)所示。

编程格式二

G01 X(U)_K(C) $\pm k$;

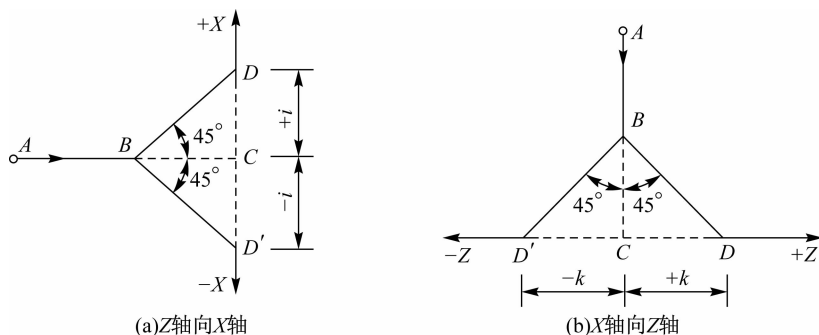


图 1-1-4 倒直角

2)倒圆角

倒圆角是由起始点的轴向切削向终点轴向切削倒圆角, r 的正负值取决于倒圆角是向终点轴向的正向还是负向。

编程格式一

G01 Z(W)_R $\pm r$;



编程格式二

G01 X(U)_ R $\pm r$;

当为 $R \pm r$ 时,圆弧倒角情况如图 1-1-5 所示。

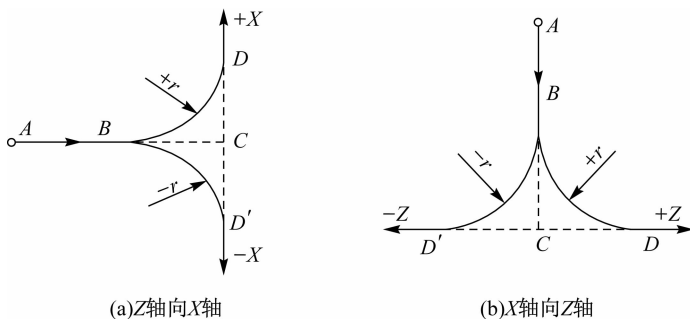


图 1-1-5 倒圆角

编程说明

(1)倒直角和倒圆角指令中的 C 值和 R 值有正、负之分。当倒直角和倒圆角的方向指向另一坐标轴的正向时,C 值和 R 值为正;反之,C 值和 R 值为负。

(2)FANUC 0i Mate-TC 系统中的倒直角和倒圆角指令仅适用于两直角边间的倒直角和倒圆角。

(3)倒直角和倒圆角指令格式可用于实现凸、凹形尖角轮廓。

(4)在螺纹切削程序段中不得出现倒角控制指令。

(5)对于倒直角或倒圆角的移动,其必须是 G01 方式中沿 X 或 Z 轴的单个移动,下一个程序段必须是沿 X 或 Z 轴的垂直于前一个程序段的单个移动。

(6)I、K 和 R 的命令值为半径编程。

(7)在一个倒直角或倒圆角的程序段中,指定命令的始点不是图 1-1-4 及图 1-1-5 中的 D (D'),而是 C 点。在增量程序中,指定从 C 点出发的距离。

四、刀具补偿指令

刀具补偿功能是数控车床的主要功能之一,分为刀具的偏移(即刀具长度补偿)和刀尖圆弧半径补偿,刀具补偿指令是实现这项功能的指令。

1. 刀具的偏移

刀具的偏移是指当车刀刀尖位置与编程位置(工件轮廓)存在差值时,可以通过刀具补偿值的设定使刀具在 X、Z 轴方向得以补偿,它是操作者控制工件尺寸的重要手段之一。

刀具偏移可以根据实际需要分别或同时对刀具轴向和径向的偏移量实行修正。在程序中必须事先编入刀具及其刀补号(例如,在粗加工结束后精加工开始前,在程序中专门编入“T0101”),每个刀补号中的 X 向补偿值或 Z 向补偿值根据实际需要由操作者输入,当程序执行如“T0101”后,系统就调用了 01 补偿值,使刀尖从偏离位置恢复到编程轨迹上,从而实现刀具偏移量的修正。

2. 刀具半径补偿

在实际加工中,由于刀具磨损车刀刀尖被磨成半径不大的圆弧,精加工时为确保工件轮





廓形状,加工时不允许刀具中心轨迹与被加工工件轮廓重合,而应与工件轮廓偏移一个半径值 R ,这种偏移称为刀具半径补偿。

在数控系统编程时,不需要计算刀具中心运动轨迹,而只按零件轮廓编程。在程序中使用刀具半径补偿指令,在“刀具刀补设置”窗口中设置好刀具半径,数控系统在自动运行时能自动计算出刀具中心轨迹,即刀具自动偏离工件轮廓一个刀具半径值,从而加工出所要求的工件轮廓。

G41——刀具半径左补偿指令,即沿刀具运动方向看(假设工件不动),刀具位于工件左侧时的刀具半径补偿,如图 1-1-6(a)所示。

G42——刀具半径右补偿指令,即沿刀具运动方向看(假设工件不动),刀具位于工件右侧时的刀具半径补偿,如图 1-1-6(b)所示。

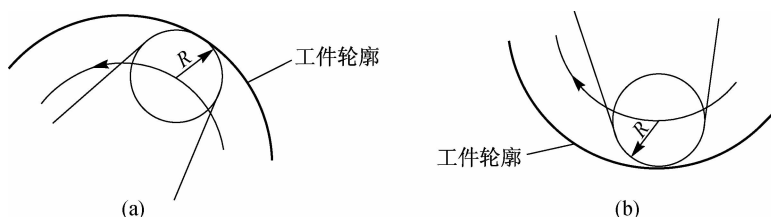


图 1-1-6 刀具半径左、右补偿

G40——刀具半径补偿取消指令,即使用该指令后,G41、G42 指令无效。

五、固定循环指令

固定循环指令是预先给定一系列操作,用来控制机床位移或主轴运转,从而完成各项加工的指令。对非一刀加工完成的轮廓表面,即加工余量较大的表面,采用循环编程可以缩短程序段的长度,减少程序所占内存。

固定循环一般分为单一形状固定循环和复合形状固定循环。本书主要介绍使用较多的复合形状固定循环。

复合形状固定循环应用于非一次加工就能加工到规定尺寸的场合。利用复合形状固定循环功能,只要编写出最终加工路线,给出每次的背吃刀量等加工参数,车床即可自动地重复切削直到加工完为止。

1. 外径、内径粗车循环指令 G71

G71 指令适用于圆柱棒料毛坯粗车外径或圆筒毛坯粗车内径。该指令只需指定精加工路线、精加工余量、粗加工每次切深、F 功能、S 功能、T 功能等,系统会自动给出粗加工路线,刀具的循环路径如图 1-1-7 所示。

编程格式

G71 U(Δd) R(e);

G71 P(ns) Q(nf) U(Δu) W(Δw) F(f) S(s) T(t);

微课

FANUC 系统固定
循环指令



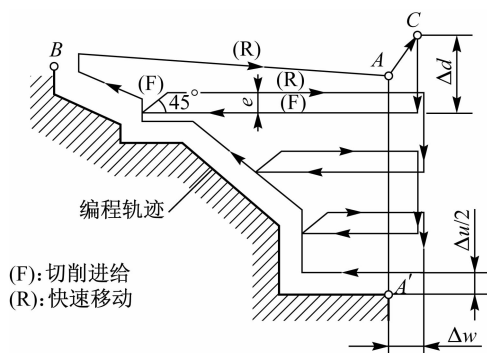


图 1-1-7 外径、内径粗车循环刀具路径

编程说明

(1) G71 指令中各参数意义: Δd 为背吃刀量(半径值, 无正负号); e 为每次切削后的退刀量(半径值, 无正负号); ns 为轮廓精加工程序第一个程序段的段号; nf 为轮廓精加工程序最后一个程序段的段号; Δu 为 X 轴向精加工余量(直径值); Δw 为 Z 轴向精加工余量; f 、 s 、 t 为 F、S、T 指令所赋的值。

(2) 顺序号 $ns \sim nf$ 程序段中的 F、S、T 指令, 即使被指定也对粗车循环无效, 而在 G71 程序段或前面程序段中指定的 F、S 或 T 指令有效。

(3) 零件轮廓必须符合 X 轴、Z 轴方向同时单调增大或单调减小。

(4) 顺序号 $ns \sim nf$ 的程序段中不能调用子程序。

例 1-1-5 如图 1-1-8 所示, 毛坯为 $\phi 45$ mm, 要进行粗加工, 主轴转速为 500 r/min, 粗车背吃刀量为 2 mm, 退刀量为 1 mm, 留给精加工的余量 X 向为 0.5 mm, Z 向为 0.1 mm, 粗车进给量为 0.3 mm/r, 使用 G71 指令编写加工程序, 编程原点建在右端面中心。

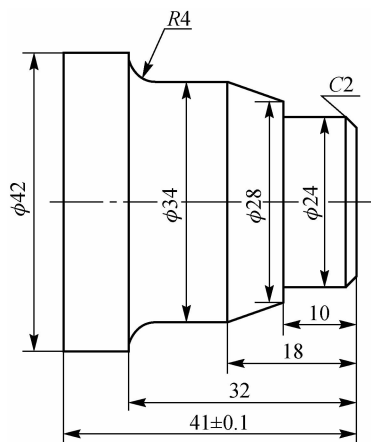


图 1-1-8 外径粗加工循环实例

参考程序如下:

O0046

N05 M03 S500;

主轴正转, 转速为 500 r/min





```

N10 T0101;
N15 G00 X45.0 Z5.0 M08;
N20 G71 U2.0 R1.0;
N25 G71 P28 Q65 U0.5 W0.1 F0.3;
N28 G01 X20.0;
N29 Z0.0;
N30 G01 X24.0 Z-2.0;
N35 Z-10.0;
N40 X28.0;
N45 X34.0 Z-18.0;
N50 Z-28.0;
N55 G02 X42.0 Z-32.0 R4.0;
N60 G01 Z-41.0;
N65 X45.0;
N70 G00 X100.0 Z50.0 M05 M09;
N75 M30;
    
```

选用 1 号刀

快速到达循环起刀点,切削液开

调用外径粗车循环指令

精加工路线程序段

回换刀点,主轴停止,切削液关

程序结束

2. 端面粗车循环指令 G72

G72 指令适用于直径方向的加工余量比轴向加工余量大的情况,一般用于端面尺寸较大的零件的粗加工。刀具的循环路径如图 1-1-9 所示。G72 指令与 G71 指令类似,不同之处就是 G72 指令刀具平行于 X 轴方向进行端面切削。

编程格式

G72 W(Δd) R(e);

G72 P(ns) Q(nf) U(Δu) W(Δw) F(f) S(s) T(t);

编程说明

其中各参数的含义和要求与 G71 指令相同,这里不再重复。

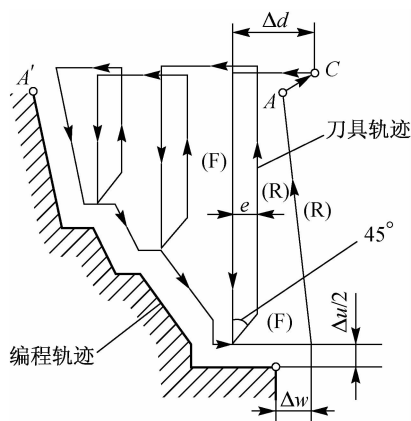


图 1-1-9 端面粗车循环刀具路径



例 1-1-6 如图 1-1-10 所示,毛坯为 $\phi 140$ mm,要进行端面粗车,主轴转速为 500 r/min,粗车背吃刀量为 2 mm,退刀量为 2 mm,留给精加工的余量 X 向为 0.5 mm,Z 向为 0.1 mm,粗车进给量为 0.3 mm/r,使用 G72 指令编写加工程序,编程原点建在右端面中心。

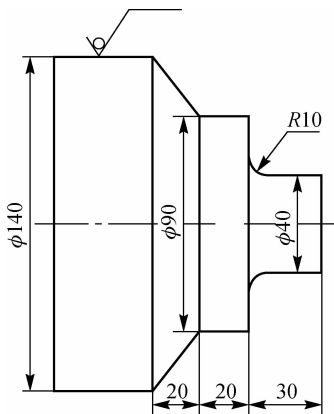


图 1-1-10 端面粗车循环实例

参考程序如下:

O0020	
N05 M03 S500;	主轴正转,转速为 500 r/min
N10 T0101;	选用 1 号刀
N15 G00 X145.0 Z0 M08;	快速到达循环起刀点,切削液开
N20 G72 W2.0 R2.0;	调用端面粗循环指令
N25 G72 P30 Q55 U0.5 W0.1 F0.3;	
N30 G00 X40.0;	
N32 Z0.0;	
N35 G01 Z-20.0;	
N40 G02 X60.0 W-10.0 R10.0;	
N45 G01 X90.0;	
N50 W-20.0;	
N55 X140.0 W-20.0;	
N60 G00 X150.0 Z50.0 M05 M09;	回换刀点,主轴停止,切削液关
N65 M30;	程序结束

3. 成形粗车循环指令 G73

G73 指令适用于具有一定轮廓形状的铸造、锻造毛坯工件,或者已经粗车成形的工件,其刀具路径是按工件轮廓精加工循环进行的,如图 1-1-11 所示。当毛坯形状与零件轮廓形状基本接近时,使用 G71、G72 指令会产生许多空走刀而浪费时间,用 G73 指令比较合适。

编程格式

G73 U(Δi) W(Δk) R(d);

G73 P(ns) Q(nf) U(Δu) W(Δw) F(f) S(s) T(t);





编程说明

(1)G73 指令中各参数意义: Δi 为 X 轴方向总退刀距离(半径值),当向 +X 轴方向退刀时,该值为正,反之为负; Δk 为 Z 轴方向总退刀距离,当向 +Z 轴方向退刀时,该值为正,反之为负; d 为重复加工次数; ns 为轮廓精加工程序第一个程序段的段号; nf 为轮廓精加工程序最后一个程序段的段号; Δu 为 X 轴向精加工余量(直径值); Δw 为 Z 轴向精加工余量; f 、 s 、 t 为 F、S、T 指令所赋的值。

(2)G73 指令不像 G71、G72 指令那样对零件轮廓的单调性有要求。

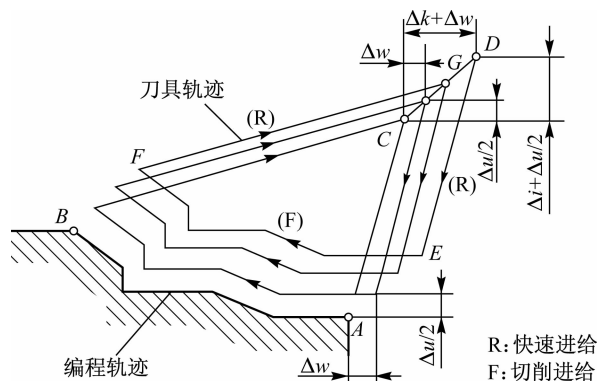


图 1-1-11 成形粗车循环刀具路径

例 1-1-7 如图 1-1-12 所示,使用 G73 指令编写加工程序。

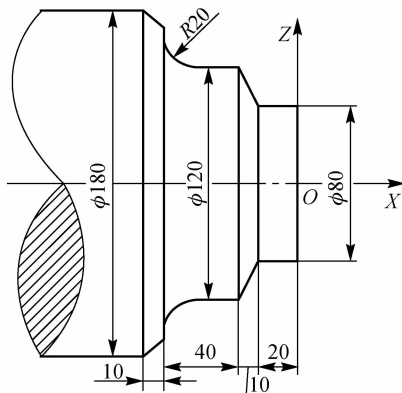


图 1-1-12 G73 指令应用实例

参考程序如下。

O0050

N05 M03 S500;

N10 T0101;

N15 G00 X200.0 Z10.0 M08;

N20 G73 U50.0 W10.0 R10.0;

N25 G73 P30 Q55 U1.0 W0.5 F0.3;

主轴正转,转速为 500 r/min

选用 1 号刀

快速到达循环起刀点,切削液开

轮廓粗加工循环



```

N30 G00 X80.0;
N32 Z0.0;
N35 G01 Z-20.0;
N40 X120.0 W-10.0;
N45 W-20.0;
N50 G02 X160.0 W-20.0 R20.0;
N55 G01 X180.0 W-10.0;
N60 G00 X260.0 Z80.0 M05 M09;
N65 M30;

```

精加工路线程序段

回换刀点, 主轴停止, 切削液关
程序结束

4. 精加工循环指令 G70

当用 G71、G72、G73 指令粗车工件后, 用 G70 指令来指定精车循环, 切除粗加工中留下的余量。精加工时, G71、G72、G73 指令程序段中的 F、S、T 指令无效, 只有在 ns~nf 程序段中的 F、S、T 指令才有效。

编程格式

G70 P(ns) Q(nf);

编程说明

其中, ns 为轮廓精加工程序段中开始程序段的段号, nf 为轮廓精加工程序段中结束程序段的段号。

例 1-1-8 如图 1-1-13 所示, 试用 G70、G71 指令编写加工程序。

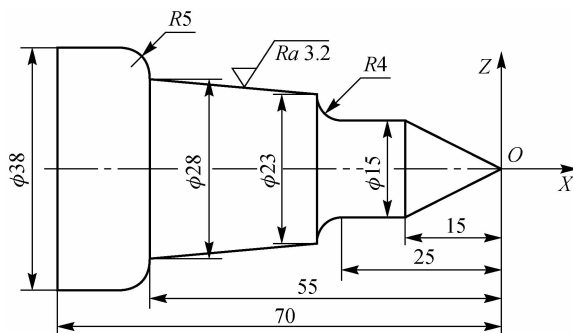


图 1-1-13 粗、精车削实例

参考程序如下。

```
O0051
```

```
N05 M03 S500;
```

```
N10 T0101;
```

```
N15 G00 X40.0 Z5.0 M08;
```

```
N20 G71 U2.0 R2.0;
```

```
N25 G71 P30 Q65 U0.5 W0.2 F0.3;
```

主轴正转, 转速为 500 r/min

选用 1 号刀

快速到达 G71 循环起刀点, 切削液开

外圆粗加工循环





N30 G00 X0;	}	精加工路线程序段
N35 G01 Z0 F0.1;		
N40 X15.0 Z-15.0;		
N45 Z-25.0;		
N50 G02 X23.0 Z-29.0 R4.0;		
N55 G01 X28.0 Z-55.0;		
N60 G03 X38.0 Z-60.0 R5.0;		
N65 G01 Z-70.0;	}	回换刀点,主轴停止,切削液关 程序暂停 主轴正转,转速为 1 000 r/min,换 2 号刀 快速到达 G70 循环起刀点,切削液开 精加工循环 回换刀点,主轴停止,切削液关 程序结束
N70 G00 X80.0 Z50.0 M05 M09;		
N75 M00;		
N80 M03 S1000 T0202;		
N85 G00 X40.0 Z5.0 M08;		
N90 G70 P30 Q65;		
N95 G00 X80.0 Z50.0 M05 M09;		
N100 M30;		

技巧点拨

粗车循环指令 G71 程序段中的 F、S、T 指令有效,包含在 ns~nf 中的 F、S、T 指令对于粗车无效。因此,例 1-1-8 中粗车时的进给量为 0.3 mm/r,主轴转速为 500 r/min;精车时进给量为 0.1 mm/r,主轴转速为 1 000 r/min。

4. 径向切槽循环指令 G75

G75 指令主要用于内、外径切槽或切断加工,加工过程中径向断续切削,起到断屑、及时排屑的作用,该指令一般用于加工量大的槽,其刀具路径如图 1-1-14 所示。

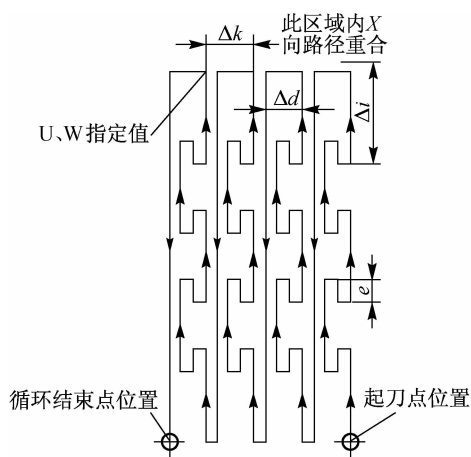


图 1-1-14 径向切槽循环刀具路径



编程格式

G75 R(e)

G75 X(U) Z(W) P(Δi) Q(Δk) R(Δd) F(f)

编程说明

其中, e 为每次沿 X 向切削 Δi 后的退刀量(mm),其值为模态值; $X(U)$ $Z(W)$ 为切槽终点处坐标; Δi 为 X 向每次循环进刀量(μm),不带符号; Δk 为 Z 向每次切削完成后进刀量(μm),不带符号,需注意其值要小于刀宽; Δd 为切削到终点时 Z 向的退刀量(可以缺省),通常不指定; f 为切削时的进给速度。

例 1-1-9 加工图 1-1-15 所示的零件,编程原点建在右端面中心。

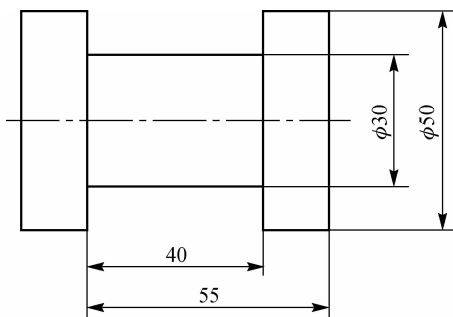


图 1-1-15 G75 指令应用实例

参考程序如下。

O3014

N10 T0202;

选用 2 号切槽刀,刀宽 5 mm

N20 M03 S300;

N30 G00 X52.0 Z-20.0 M08;

起刀点为槽口的右侧,刀具从右侧开始
向左侧加工

N40 G75 R1.0;

N50 G75 X30.0 Z-55.0 P3000 Q4500 R0.0 F0.1;

N60 G00 X100.0 Z80.0 M09;

N70 M05;

N80 M30;

技巧点拨

使用径向切槽循环时的注意事项如下。

(1)在 FANUC 0i Mate-TC 系统中,当出现以下情况而执行径向切槽循环指令时,将会出现程序报警。

① $X(U)$ 或 $Z(W)$ 指定,而 Δi 或 Δk 值未指定或指定为 0。

② Δk 值大于 Z 轴的移动量(W)或 Δk 值设定为负值。





③ Δi 值大于 $U/2$ 或 Δi 值设定为负值。

④退刀量大于进刀量,即 e 值大于每次切深量 Δi 或 Δk 。

(2)由于 Δi 和 Δk 为无符号值,刀具切深完成后的偏移方向由系统根据刀具起刀点及切槽终点的坐标自动判断。

(3)切槽过程中,刀具或工件受较大的单方向切削力,容易在切削过程中产生振动,因此,切槽加工中进给速度 $F(f)$ 的取值应略小(特别是在端面切槽时),通常取 $50 \sim 100 \text{ mm/min}$ 。

运用复合形状固定循环指令时只需指定精加工路线和粗加工的背吃刀量,华中 HNC-21/22T 系统会自动计算粗加工路线和走刀次数。

(一)内、外径粗车复合循环指令 G71

1. 无凹槽加工时

编程格式

G71 U(Δd) R(r) P(ns) Q(nf) X(Δx) Z(Δz) F(f) S(s) T(t);

编程说明

Δd 为切削深度; r 为每次退刀量; ns 为精加工路径第一个程序段的程序段号; nf 为精加工路径最后一个程序段的程序段号; Δx 为 X 向精加工余量; Δz 为 Z 向精加工余量;在粗加工时 G71 指令中编程的 F 、 S 、 T 指令有效,而精加工时处于 $ns \sim nf$ 程序段之间的 F 、 S 、 T 指令有效。

该指令执行的粗加工和精加工轨迹如图 1-1-16 所示。

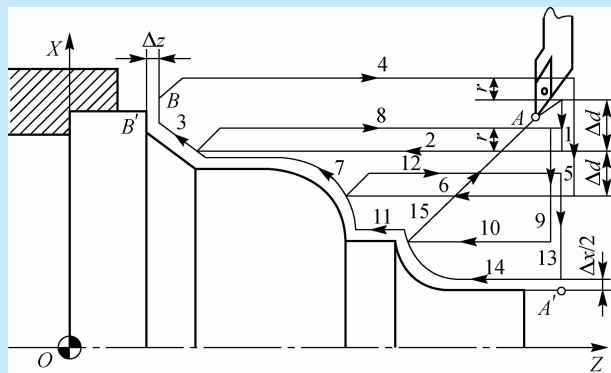
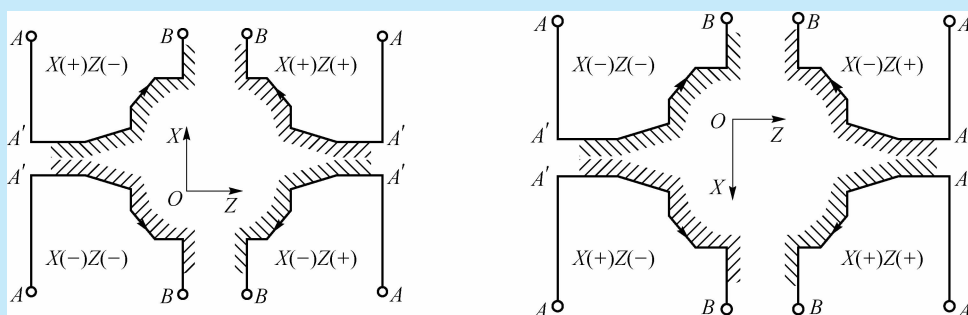


图 1-1-16 内、外径粗车复合循环指令 G71(无凹槽)加工轨迹

在 G71 指令切削循环下,切削进给方向平行于 Z 轴, $X(\Delta U)$ 和 $Z(\Delta W)$ 的符号如图 1-1-17 所示。其中,(+)表示沿轴正方向移动,(-)表示沿轴负方向移动。

图 1-1-17 G71 指令切削循环下 $X(\Delta U)$ 和 $Z(\Delta W)$ 的符号

2. 有凹槽加工时

编程格式

G71 U(Δd) R(r) P(ns) Q(nf) E(e) F(f) S(s) T(t);

编程说明

Δd 为切削深度; r 为每次退刀量; ns 为精加工路径第一个程序段的程序段号; nf 为精加工路径最后一个程序段的程序段号; e 为精加工余量, 其为 X 向的等高距离; 外径切削时为正, 内径切削时为负; 粗加工时 G71 指令中编程的 F、S、T 指令有效, 而精加工时处于 ns~nf 程序段之间的 F、S、T 指令有效。

该指令执行的粗加工和精加工轨迹如图 1-1-18 所示。

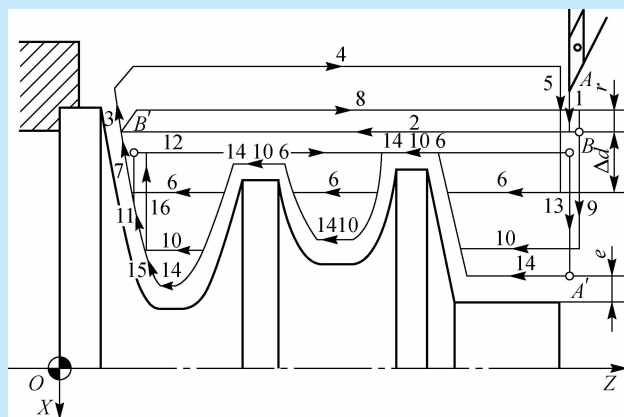


图 1-1-18 内、外径粗车复合循环指令 G71(有凹槽)加工轨迹

(二)端面粗车复合循环指令 G72

编程格式

G72 W(Δd) R(r) P(ns) Q(nf) X(Δx) Z(Δz) F(f) S(s) T(t);

编程说明

该循环指令与 G71 指令的区别仅在于该循环指令切削方向平行于 X 轴。



该指令执行的粗加工和精加工轨迹如图 1-1-19 所示。

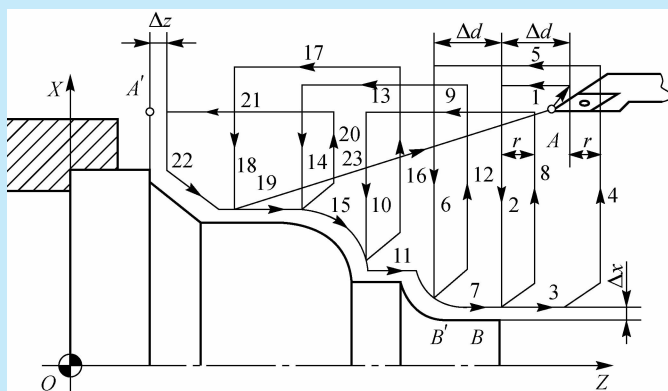


图 1-1-19 端面粗车复合循环指令 G72 加工轨迹

(三) 封闭轮廓车削复合循环指令 G73

编程格式

G73 U(Δi) W(Δk) R(r) P(ns) Q(nf) X(Δx) Z(Δz) F(f) S(s) T(t);

编程说明

Δi 为 X 轴方向的粗加工总余量; Δk 为 Z 轴方向的粗加工总余量; r 为粗切削次数; ns 为精加工路径第一个程序段的程序段号; nf 为精加工路径最后一个程序段的程序段号; Δx 为 X 向精加工余量; Δz 为 Z 向精加工余量; 粗加工时 G71 中编程的 F、S、T 指令有效, 而精加工时处于 $ns \sim nf$ 程序段的 F、S、T 指令有效。

该指令执行的切削加工轨迹如图 1-1-20 所示。

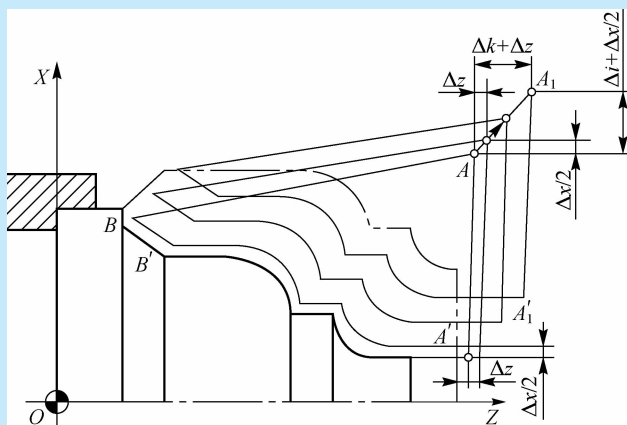


图 1-1-20 封闭轮廓车削复合循环指令 G73 加工轨迹