



九江职业技术学院

国家示范性高职院校建设项目成果

数控技术专业

数控编程与加工

杨静云 主 编
张文华 于龙耀 副主编



高等教育出版社
Higher Education Press

国家示范性高职院校建设项目成果

数控编程与加工

Shukong Biancheng yu Jiagong

杨静云 主 编

张文华 于龙耀 副主编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书是根据教育部《关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》的指导思想,按照高职教育工学结合的人才培养模式,密切联系企业数控加工的生产实际而开发编写的。本书涵盖了回转体类零件,平面类零件,方程序面类零件,箱体类零件及车铣复合类零件的数控编程知识与实训加工内容。

本书以企业产品的工作任务为依据设计了14个典型学习性工作任务,按照任务驱动、项目导向的教材设计思想,组织和编排了各个项目的教学内容。本书一方面注重学生在数控编程与工艺方面理论知识的学习,另一方面注重典型零件加工实践操作技能的培养,内容精练,深入浅出,充分体现了工学结合、能力递进的设计思路。

本书可作为高职高专院校数控技术、模具设计与制造和计算机辅助设计与制造等专业的教材,也可作为机械设计制造及其自动化专业本科生的教材,并可供机械加工及自动化行业广大工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控编程与加工/杨静云主编. —北京:高等教育出版社,2010.5

ISBN 978-7-04-026977-2

I. ①数… II. ①杨… III. ①数控机床-程序设计-高等学校:技术学校-教材②数控机床-加工-高等学校:技术学校-教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第043007号

策划编辑 徐进
版式设计 张岚

责任编辑 杜惠萍
责任校对 杨雪莲

封面设计 杨立新
责任印制 张泽业

责任绘图 尹莉

出版发行 高等教育出版社
社址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100120
总机 010-58581000

经销 蓝色畅想图书发行有限公司
印刷 北京丰源印刷厂

开本 787×1092 1/16
印张 16.25
字数 390000

购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598
网址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landrac.com>
<http://www.landrac.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版次 2010年5月第1版
印次 2010年5月第1次印刷
定价 25.80元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 26977-00

前 言

目 录

随着我国装备制造业的振兴与发展,数控设备在机械制造领域迅速普及,对数控编程与加工人才的需求越来越大,如何培养一批既有较强的数控工艺设计和编程能力又有较高的加工过程控制能力的数控高技能人才,已经成为全社会共同关注的问题。

本书突出高职教育特色,适应工学结合人才培养模式的要求,通过校企合作,引入具有丰富数控编程和加工经验的企业一线技术人员和行业专家参与本书的编写工作,使本书内容密切联系企业数控加工的生产实际。以任务驱动、项目导向的教学模式,参照相关国家职业资格标准,选取和规划本书的教学内容,涵盖了数控编程与加工相关职业资格中级工和高级工的理论和加工知识,充分体现了本书内容的针对性、先进性与实用性。

本书内容涉及五大类零件的数控编程与加工,包括回转体类零件数控编程与加工,平面类零件数控编程与加工,方程曲面类零件数控编程与加工,箱体类零件数控编程与加工和车铣复合类零件数控编程与加工。所选的14个工作任务都具有企业生产的典型性,编排次序体现了能力递进的设计思路。项目由工作任务、学习目标、学习内容、工作内容以及项目拓展五大部分组成。在项目中,通过对工作任务的分析,制订学习目标,进行相关理论知识的学习,最终完成工作任务。实现理论知识与实践操作技能的融会贯通,加强理论知识的理解和实践操作技能的强化,在培养专业能力的同时,注重职业素养的养成。本书所选项目涉及的理论知识和加工技能不仅全面而且具有一定的难度,训练学生运用已学知识在一定范围内解决实际问题的能力。对于箱体类零件数控编程与加工和车铣复合类零件数控编程与加工的学习项目可以根据具体情况作为选择性的教学内容。

本书由九江职业技术学院杨静云任主编,九江职业技术学院张文华、中国船舶工业集团公司九江海天设备制造有限公司于龙耀任副主编,九江职业技术学院修辉平、张秀娟、吴金会、胡斌、于晨斯及中国船舶重工集团公司第七〇七研究所(九江)廖云参加了部分内容的编写。具体分工如下:学习情境1由修辉平、张秀娟编写,学习情境2由张文华、吴金会编写,学习情境3由杨静云编写,学习情境4由于晨斯、于龙耀编写,学习情境5由胡斌、廖云编写。杨静云负责全书的统稿工作。

本书由武汉船舶职业技术学院邹新宇副教授审阅,他对全书提出了许多宝贵的建议和修改意见。在编写过程中还得到了有关院系领导的指导和帮助。编者在此一并表示感谢。

尽管我们在探索《数控编程与加工》教材特色建设的突破方面做出了许多努力,但是由于作者水平有限,数控技术发展迅速,教材编写中难免存在疏漏之处,恳请各相关单位和读者在使用本书的过程中给予关注,提出宝贵意见。

编 者

2009年12月

目 录

言 前

学习情境 1 回转体类零件数控编程与加工	1
项目 1 圆柱、圆锥、圆弧面零件编程与加工	1
项目 2 复合形状零件编程与加工	24
项目 3 螺纹零件编程与加工	47
项目 4 轴套类零件编程与加工	59
项目 5 配合件编程与加工	64
学习情境 2 平面类零件数控编程与加工	77
项目 1 平面凸廓类零件编程与加工	77
项目 2 平面型腔类零件编程与加工	108
项目 3 盘类零件编程与加工	115
项目 4 配合件编程与加工	134
学习情境 3 方程曲面类零件数控编程与加工	161
项目 1 回转体方程曲面零件编程与加工	161
项目 2 平面类方程曲面零件编程与加工	178
项目 3 潜望镜侧罩编程与加工	199
学习情境 4 箱体类零件数控编程与加工	226
学习情境 5 车铣复合类零件数控编程与加工	241
参考文献	254

学习情境 1

回转体类零件数控编程与加工

回转体类零件大多数由数控车床加工。数控车削适合加工精度、表面粗糙度要求较高,轮廓形状复杂或难于控制尺寸,带螺纹的回转体等零件。数控车削与普通车削有较大区别,不仅包括零件的工艺过程,还包括走刀路线、切削用量、刀具尺寸和车床的运动过程。操作者不仅要掌握数控系统的编程指令,还要熟悉数控车床的性能、特点、运动方式、刀具系统、切削规范及工件的装夹方法。用数控车床规定的指令代码和编程格式编写零件的加工程序叫数控车床的程序编制。我国目前数控车床的形式和数控系统的种类较多,它们的指令代码定义还没有完全统一,同一 G 指令或同一 M 指令其含义可能完全不同。本学习情境主要以当前国内外应用较广泛的 FANUC 0i 系统为例介绍数控车床的编程与加工功能。

项目 1 圆柱、圆锥、圆弧面零件编程与加工

一、工作任务

加工如图 1-1 所示的零件。

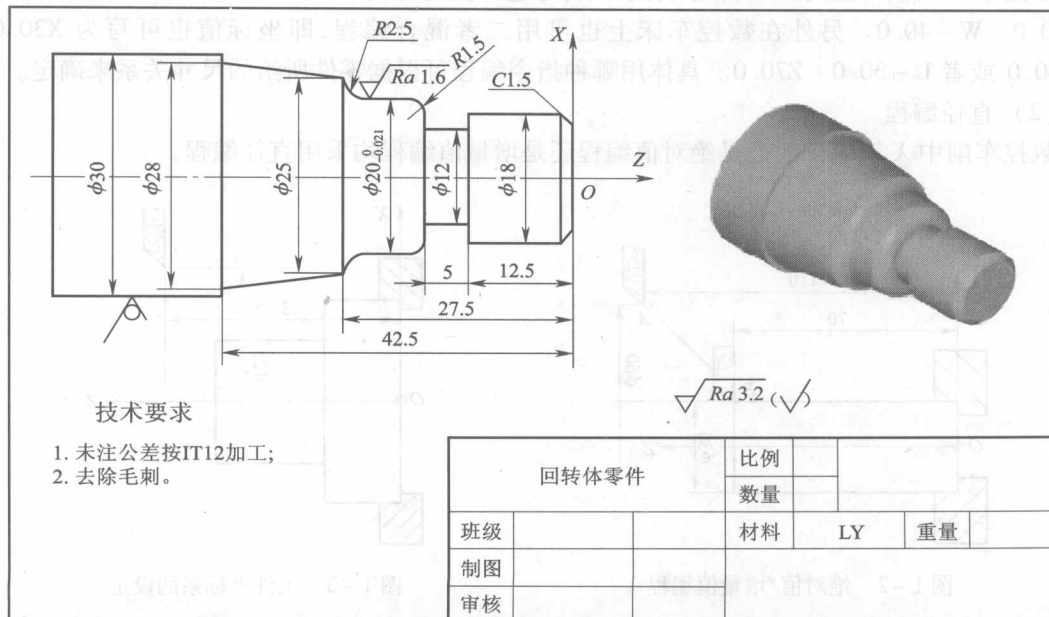


图 1-1 圆柱、圆锥、圆弧面零件

二、学习目标

1. 掌握数控车床编程基础。
2. 掌握简单零件数控车削加工工艺的制订。
3. 掌握圆柱、圆锥、圆弧面编程指令的应用。
4. 能合理安排数控车削加工准备工作。
5. 学会圆柱、圆锥、圆弧面零件的数控加工。

三、学习内容

(一) 数控车床编程的基础知识

1. 数控车床的编程特点

(1) 绝对值编程/增量值编程

各轴移动量的指令方法有绝对值指令和增量值指令两种。对于车床,绝对值、增量值指令的地址字见表 1-1。

表 1-1 绝对值、增量值指令的地址字

绝对值指令	增量值指令	备 注
X	U	X 轴移动指令
Z	W	Z 轴移动指令

绝对值坐标是相对于坐标系原点给出的,而增量值坐标是相对于前一位置给出的。

如图 1-2 所示,刀具从 A 点移动到 B 点的绝对值指令为 X30.0 Z70.0,而增量值指令为 U-30.0 W-40.0。另外在数控车床上也可用二者混合编程,即坐标值也可写为 X30.0 W-40.0 或者 U-30.0 Z70.0。具体用哪种指令编程可根据零件所给的尺寸关系来确定。

(2) 直径编程

数控车削中 X 轴坐标无论是绝对值编程还是增量值编程均采用直径编程。

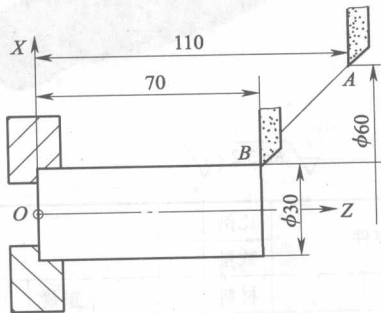


图 1-2 绝对值/增量值编程

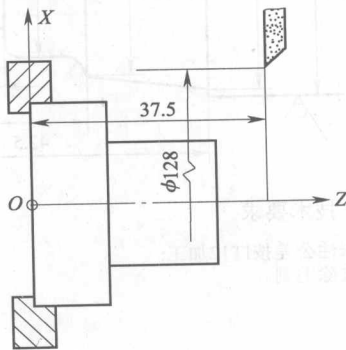


图 1-3 工件坐标系的设定

(3) 小数点编程

在 FANUC 0i 系统中使用小数点输入数字与整数输入数字的含义一般不同。例如,用米制编程时 Z15.0 表示 Z 向 15 mm,Z15 表示 Z 向 15 个脉冲当量。

(4) 工件坐标系的设定 G50 或 G54 ~ G59

数控车床用 G50 或 G54 ~ G59 指令设定工件坐标系。

用 G50 时编程格式为

G50 X ___ Z ___;

该指令一般作为第一条指令放在整个程序的最前面。式中 X、Z 的值是起刀点相对于加工原点的位置。

例如,按图 1-3 设置加工坐标的程序段如下:

G50 X128.0 Z37.5;

执行 G50 X(α) Z(β)后,系统内部即对(α , β)进行记忆,并显示在显示器上,这就相当于在系统内部建立了一个以工件原点为坐标原点的工件坐标系。

2. F、M、S、T 功能简介

(1) 进给功能(F 功能)

① 快速进给 当给出快速定位指令时,刀具以快速进给速度定位,此速度由机床参数设定,其快慢可用机床操作面板上的倍率开关实现调节,调节倍率有 0、25%、50%、100%。

② 切削进给 刀具的切削进给速度由 F 后面的数值指定。F 的值指切削进给的切线方向速度(图 1-4)。

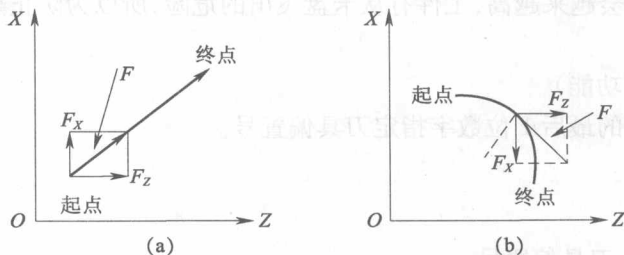


图 1-4 切削进给速度

在数控机床的编程指令中,用 G98 指令每分钟进给方式,F 后面的数值指令刀具每分钟的进给量,单位为 mm/min。用 G99 指令每转进给方式,F 后面的数值指令主轴每转的刀具进给量,单位为 mm/r。

G98、G99 均为模态指令,可互相被替代。

切削进给的速度倍率可利用操作面板上的开关在 0 ~ 150% 范围内调节,但螺纹切削时无效。

(2) 辅助功能(M 功能)

辅助功能又称 M 功能,主要用来表示机床操作时各种辅助动作及其状态。它由 M 及其后的两位数字组成。

① 程序结束 M02/M30 执行 M30,程序结束,变为复位状态,光标返回程序的开头。M02 可用参数设定不返回程序开头。

② 程序停止 M00 执行 M00, 自动运行停止, 而且模态信息被保存。按下“循环启动”按钮, 继续执行程序。M00 主要用于尺寸检验、排屑或插入必要的手工操作。

③ 任选停止 M01 只有当机床操作面板上的“任选停止开关”有效时, M00 等同于 M01。

④ 子程序调用和子程序结束 M98/M99

⑤ 主轴正转、主轴反转、主轴停止 M03/M04/M05 图 1-5 所示为主轴正转。

⑥ 切削液开、切削液关 M08/M09

(3) 主轴功能(S 功能)

主轴功能主要用来指定主轴转速或速度, 由地址 S 和其后的数字组成。

恒线速度控制(G96): G96 是恒线速度控制的指令。系统执行 G96 指令后, S 后面的数值表示切削速度。例如, G96 S100 表示切削速度是 100 m/min。

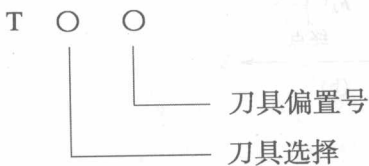
主轴转速控制(G97): G97 是取消恒线速度控制的指令。系统执行 G97 指令后, S 后面的数值表示主轴每分钟的转数。例如, G97 S800 表示主轴转速为 800 r/min, 系统开机状态为 G97 状态。

主轴最高速度限定(G50): G50 除有坐标系设定功能外, 还有主轴最高转速设定功能, 即用 S 指定的数值设定主轴每分钟的最高转速。例如, G50 S2000 表示主轴转速最高为 2 000 r/min。

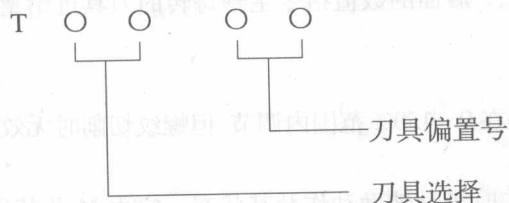
用恒线速度控制加工端面、锥度和圆弧时, 由于 X 坐标值不断变化, 当刀具逐渐接近工件的旋转中心时, 主轴转速会越来越高, 工件有从卡盘飞出的危险, 所以为防止事故的发生, 有时必须限定主轴的最高转速。

(4) 刀具功能(T 功能)

① 用 T 代码后面的最后 1 位数字指定刀具偏置号。



② 用 T 代码后面的最后 2 位数字指定刀具偏置号。



具体使用上述的哪一种可由系统参数设定。

例如某段程序如下:

N1 G00 X100.0 Z140.0;

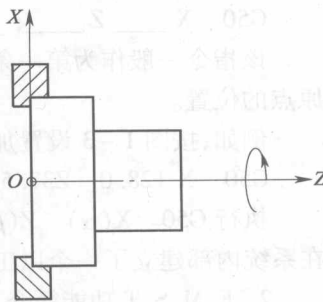


图 1-5 主轴正转

N2 T0313; 选择 3 号刀具,使用 13 号偏置量

N3 X40.0 Z105.0;

F 功能、M 功能、S 功能、T 功能均为模态代码。

3. 补偿功能

(1) 刀具位置偏置补偿

当采用不同尺寸的刀具加工同一轮廓尺寸的零件,或同一名义尺寸的刀具因换刀重调、磨损以及切削力使工件、刀具、机床变形引起工件尺寸变化时,为加工出合格的零件必须进行刀具位置偏置补偿。

所谓刀具位置偏置补偿,是对编程时的假想刀具(一般为基准刀具)与实际加工使用的刀具位置的差值进行补偿的功能。

刀具位置偏置补偿可分为刀具形状补偿和刀具磨损补偿两种,如图 1-6 所示。刀具形状补偿是对刀具形状及刀具安装的补偿,刀具磨损补偿是对刀尖磨损的补偿。两种偏移补偿值可分别设定。

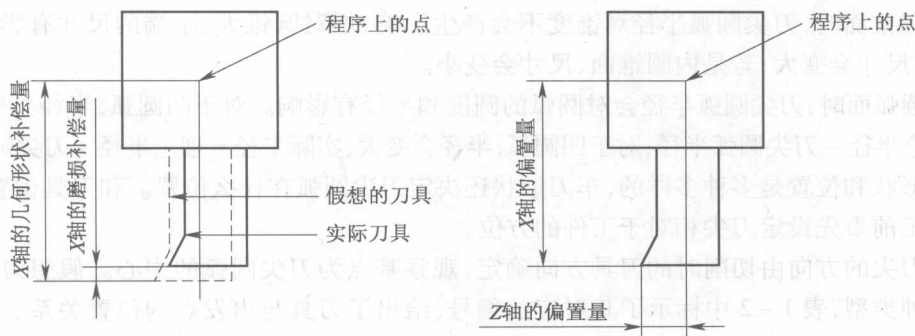


图 1-6 刀具位置偏置补偿

用 T 代码指定刀具选择号及刀具偏置号,一旦指令了偏置号,便意味着选择了与其相适应的偏置量,即开始补偿。刀具偏置号为 0 或 00 时,偏置量为 0,相当于取消偏置。

例: N1 X50.0 Z100.0 T0202;

建立偏移矢量,偏置号为 02

N2 X200.0;

N3 X100.0 Z250.0 T0200;

指定偏置号为 00,取消偏置

(2) 刀尖圆弧半径补偿

在实际加工中,对于“尖头”刀尖,为了提高刀具的使用寿命,满足精加工的需要,常将刀尖磨成半径不大的圆弧,刀位点即为刀尖圆弧的圆心。由于圆弧车刀的刀位点为刀尖圆弧的圆心,为了确保工件的轮廓形状,加工时不允许刀具刀尖圆弧运动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,这个偏移称为刀尖圆弧半径补偿。

在理论状态下,一般将尖头车刀的刀位点假想为一个点,该点即为理论刀尖,如图 1-7a 所示的 P 点就是理论刀尖。在试切对刀时,也以理论刀尖进行。但实际车刀不是一个理论点,而是一段圆弧,如图 1-7b 所示。用圆弧刀头的外圆车刀切削加工时,圆弧刃车刀对刀点分别是 A 点和 B 点,所形成的假想刀尖为 P 点。但在实际加工过程中,刀具切削点在刀头圆弧上变动,从而

在加工过程中可能产生过切或少切的现象。如果利用圆弧刀车刀切削加工过程中不使用刀尖圆弧半径补偿功能,加工工件会出现如图1-8所示的几种误差情况。

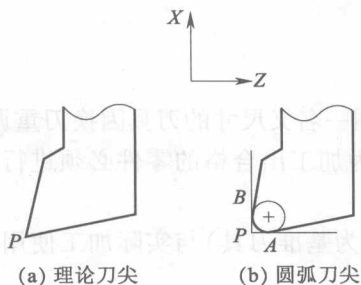


图1-7 车刀刀尖

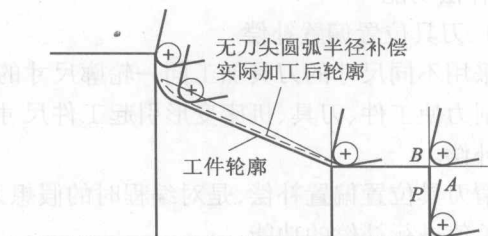


图1-8 刀尖圆弧半径的影响

加工台阶面或端面时,刀尖圆弧半径对加工表面的尺寸和形状影响不大,但端面中心和台阶的清角处会产生残留。

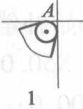
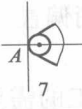
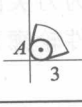
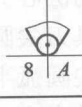
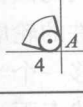
加工圆锥面时,刀尖圆弧半径对锥度不会产生影响,但对圆锥大、小端的尺寸有影响。若是外圆锥面,尺寸会变大;若是内圆锥面,尺寸会变小。

加工圆弧面时,刀尖圆弧半径会对圆弧的圆度和半径有影响。对于凸圆弧,半径会变小,实际半径 = 理论半径 - 刀尖圆弧半径;对于凹圆弧,半径会变大,实际半径 = 理论半径 + 刀尖圆弧半径。

车刀形状和位置是多种多样的,车刀形状还决定刀尖圆弧在什么位置。和刀具偏置量一样,必须在加工前事先设定刀尖相对于工件的方位。

假想刀尖的方向由切削时的刀具方向确定,观察基点为刀尖圆弧的中心。假想刀尖的方向可分为9种类型,表1-2中标示了其对应的编号,给出了刀具与出发点的位置关系。图中黑点为假想刀尖。

表1-2 刀尖的方向

此外,假想刀尖0及假想刀尖9在刀尖中心R与出发点重合时使用。假想刀尖号的设定地址是偏置号画面的OFT。

① 刀尖半径和位置的输入 刀具参数的设置见表1-3、表1-4。

表 1-3 几何形状补偿

几何形状 补偿号	OFGX(X 轴几何 形状偏置量)	OFGZ(Z 轴几何 形状偏置量)	OFGR(刀尖 R 几何 形状偏置量)	OFT(假想 刀尖方位)
G01	10.040	50.202	0	1
G02	20.060	30.030	0	2
G03	0.000	0.000	0.20	6
G04	0.000	0.000	0.000	0.000
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

表 1-4 磨损补偿

磨损补偿号	OFWX(X 轴 磨损补偿量)	OFWZ(Z 轴 磨损补偿量)	OFWR(刀尖 R 磨损补偿量)	OFT(假想刀尖方位)
W01	0.040	0.020	0.000	1
W02	0.060	0.030	0.000	2
W03	0.000	0.000	0.20	6
W04	0.000	0.000	0.000	0.000
W05	0.000	0.000	0.000	0.000
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

② 刀尖圆弧半径补偿指令 刀尖圆弧半径补偿通过 G41/G42/G40 代码及 T 代码指定的刀尖圆弧半径补偿号来建立和取消半径补偿。其编程格式如下：

G41

G42

G40

{

{

{

G00

G01

X

X

Z

Z

F

;

;

;

G41 指令刀尖圆弧半径左补偿,G42 指令刀尖圆弧半径右补偿,G40 取消刀尖圆弧半径左、右补偿。

G41、G42 的判断方法如图 1-9a、b 所示,从 Y 轴正方向向负方向观察,顺着刀具运动方向看,刀具在工件的左侧,用 G41 代码编程,刀具在工件的右侧,用 G42 代码编程。

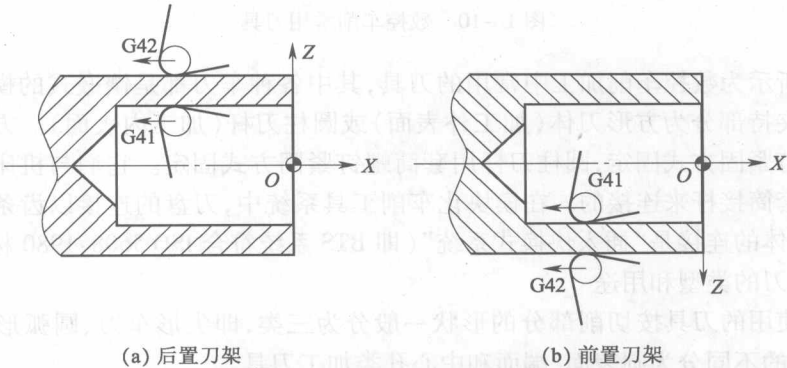


图 1-9 刀尖圆弧半径补偿

如需要取消刀具左、右补偿,可编入 G40 代码。这时,车刀轨迹按理论刀尖轨迹运动。

③ 刀具半径补偿的编程规则

车床刀具补偿必须遵循以下规则:

G40、G41、G42 只能用 G00、G01 结合编程,不允许与 G02、G03 等其他指令结合编程,否则报警。

在编入 G40、G41、G42 的 G00 与 G01 前、后的两个程序段中,X、Z 值至少有一个值变化,否则报警。

在调用新的刀具前,必须取消刀具补偿,否则报警。

(二) 数控车床编程的工艺知识

1. 数控车削加工刀具及切削用量选择

(1) 数控车削加工刀具及其选择

① 数控车削加工中使用的刀具

数控刀具可分为常规刀具和模块化刀具,其中模块化刀具是主要的发展方向。

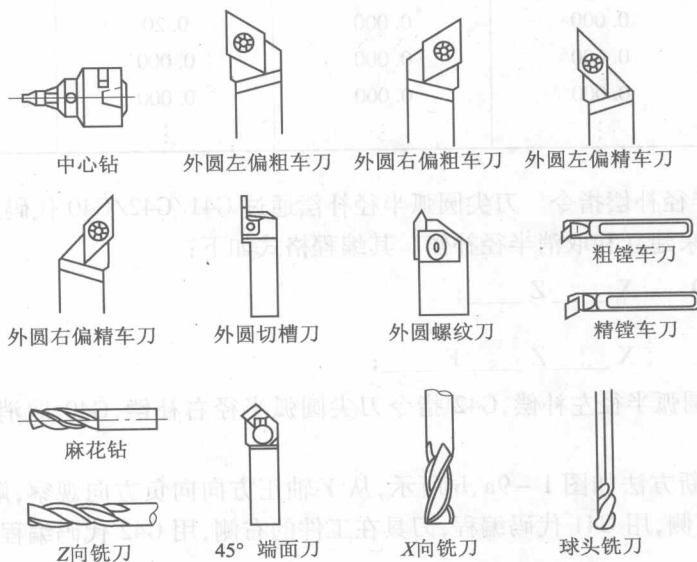


图 1-10 数控车削常用刀具

图 1-10 所示为数控车削加工中常用的刀具,其中各种车刀都是镶嵌式的模块化刀具。数控车削刀具的夹持部分为方形刀体(加工外表面)或圆柱刀杆(加工内表面)。方形刀体一般采用槽形刀架螺钉紧固方式固定,圆柱刀杆用套筒螺钉紧固方式固定。它们与机床刀盘之间是通过槽形刀架和套筒接杆来连接的。在模块化车削工具系统中,刀盘的连接以齿条式柄体连接为多,而刀头与刀体的连接是“插入快换式系统”(即 BTS 系统符合 ISO 5608:1980 标准)。

② 常用车刀的类型和用途

数控车床使用的刀具按切削部分的形状一般分为三类,即尖形车刀、圆弧形车刀和成形车刀;按切削方式的不同分为圆表面、端面 and 中心孔类加工刀具。

尖形车刀:以直线形切削刃为特征的车刀一般称为尖形车刀。这类车刀的刀尖由直线形的

主、副切削刃构成,如90°内、外圆车刀,左、右端面车刀,切断(切槽)车刀及刀尖倒棱很小的各种外圆和内孔车刀。

圆弧形车刀:其特征是构成主切削刃的刀刃形状为一圆度误差或线轮廓误差很小的圆弧,该圆弧刃每一点都是圆弧形车刀的刀尖,因此刀位点不在圆弧上,而在该圆弧的圆心上。

当某些尖形车刀或成形车刀(如螺纹车刀)的刀尖具有一定的圆弧形状时,也可作为这类车刀使用。

圆弧形车刀可以用于车削内、外表面,特别适宜于车削各种光滑连接(凹形)的成形面。

成形车刀:俗称样板车刀,其加工零件的轮廓形状由车刀刀刃的形状和尺寸决定。常见的成形车刀有小半径圆弧车刀、切槽刀和螺纹车刀等。

图1-11给出了常用车刀的种类、形状和用途。为了减少换刀时间和方便对刀,便于实现机械加工的标准化,数控车削加工时,应尽量使用标准的机夹可转位刀具。

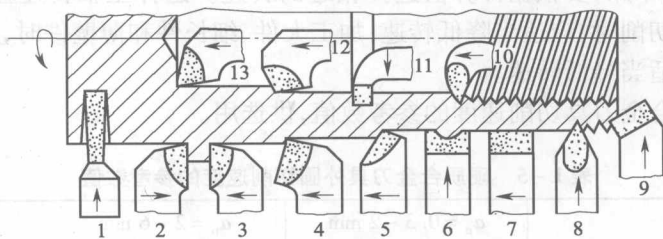


图1-11 常用车刀的种类、形状和用途

1—切断刀;2—90°左偏刀;3—90°右偏刀;4—弯头车刀;5—直头车刀;6—成形车刀;7—宽刃精车刀;
8—外螺纹车刀;9—端面车刀;10—内螺纹车刀;11—内槽车刀;12—通孔车刀;13—盲孔车刀

(2) 数控车削加工的切削用量选择

数控车削加工中的切削用量包括背吃刀量 a_p 、主轴转速 n 或切削速度 v_c (用于恒线速度切削)、进给速度 v_f 或进给量 f 。这些参数均应在机床给定的允许范围内选取。

① 选择切削用量的一般原则

粗车时切削用量的选择 粗车一般以提高生产率为主,兼顾经济性和加工成本。提高切削速度、加大进给量和背吃刀量都能提高生产率。其中切削速度对刀具寿命的影响最大,背吃刀量对刀具寿命的影响最小。所以,考虑粗加工切削用量时首先应选择一个尽可能大的背吃刀量 a_p ,其次选择较大的进给速度 v_f 或进给量 f ,最后在刀具使用寿命和机床功率允许的条件下选择一个合理的切削速度 v_c 。

精车、半精车时切削用量的选择 精车、半精车时切削用量要保证加工质量,兼顾生产率和刀具使用寿命。因为加工精度和表面粗糙度要求较高,加工余量不大且较均匀,因此选择精车、半精车的切削用量时,应着重考虑如何保证加工质量,并在此基础上尽量提高生产率。精车、半精车时应选用较小的背吃刀量 a_p 和进给量 f ,并选用性能高的刀具材料和合理的几何参数,以尽可能提高切削速度 v_c 。

② 背吃刀量的确定

背吃刀量应根据加工余量确定。在机床、刀具和工件系统刚度允许的情况下,尽量选择较大的背吃刀量,以减少走刀次数,提高生产率。

粗加工时,在不影响加工精度的条件下,可使背吃刀量等于零件的加工余量。在工件毛坯加工余量很大或余量不均匀的情况下,粗加工要分几次进给,前几次进给的背吃刀量应大一些。粗加工、半精加工一般取 0.5 ~ 2 mm,精加工一般取 0.1 ~ 0.5 mm。

③ 主轴转速的确定

光车时的主轴转速 主轴转速要根据机床和刀具允许的切削速度来确定,可以用算法或查表法来选取切削速度,通常由经验确定。用下式计算主轴转速:

$$n = \frac{1\,000\,v_c}{\pi D} \tag{1-1}$$

式中: n ——主轴转速,r/min;

v_c ——切削速度,m/min;

D ——工件直径,mm。

对于有级变速的车床,要根据计算值选择相近的转速。选择主轴转速应尽量避免产生积屑瘤的速度区域;间断切削时,应适当降低转速;加工大件、细长件和薄壁件时,应选较低转速;加工带外皮的工件时,应适当降低转速。

表 1-5 为硬质合金刀具切削速度的参考数值,供选用。

表 1-5 硬质合金刀具外圆切削速度的参考数值

零件材料	热处理状态	$a_p = 0.3 \sim 2\text{ mm}$	$a_p = 2 \sim 6\text{ mm}$	$a_p = 6 \sim 10\text{ mm}$
		0.08 ~ 0.3 mm	0.3 ~ 0.6 mm	0.6 ~ 1 mm
		切削速度/(m/min)	切削速度/(m/min)	切削速度/(m/min)
低碳钢	热轧	140 ~ 180	100 ~ 120	70 ~ 90
中碳钢	热轧	130 ~ 160	90 ~ 110	60 ~ 80
	调质	100 ~ 130	70 ~ 90	50 ~ 70
合金结构钢	热轧	100 ~ 130	70 ~ 90	50 ~ 70
	调质	80 ~ 110	50 ~ 70	40 ~ 60
工具钢	退火	90 ~ 120	60 ~ 80	50 ~ 70
灰铸铁	HBS < 190	90 ~ 120	60 ~ 80	50 ~ 70
	HBS = 190 ~ 225	80 ~ 110	50 ~ 70	40 ~ 60
铜及铜合金		200 ~ 250	120 ~ 180	90 ~ 120
铝及铝合金		300 ~ 600	200 ~ 400	150 ~ 200

车螺纹时的主轴转速 在切削螺纹时,车床主轴的转速将受螺纹的螺距、电动机调速和螺纹插补运算等因素的影响,转速不能过高。通常按下式计算车螺纹的主轴转速:

$$n \leq \frac{1\,200}{Ph} - K \tag{1-2}$$

式中: n ——主轴转速,r/min;

Ph ——工件螺纹的导程,mm;

K ——安全系数,一般取 80。

④ 进给速度的确定

在保证工件质量和运行安全的条件下,尽量选择较高的进给速度,一般不超过 2 000 mm/min。切断、车削深孔或精车时,宜选择较低的进给速度。

一般根据零件的表面粗糙度、刀具及工件材料等因素,查阅切削用量手册选择。表 1-6 给出了硬质合金刀具粗车外圆、端面的进给量参考数值。

表 1-6 硬质合金刀具粗车外圆、端面的进给量参考数值

工件材料	车刀刀杆 尺寸 $B \times H /$ (mm $\times$ mm)	工件直径 d / mm	背吃刀量 a_p / mm				
			小于 3	3 ~ 5	5 ~ 8	8 ~ 12	12 以上
			进给速度 $f / (\text{mm}/\text{r})$				
碳素结构 钢、合金 结构钢及 耐热钢	16 $\times$ 25	20	0.3 ~ 0.4				
		40	0.4 ~ 0.5	0.3 ~ 0.4			
		60	0.5 ~ 0.7	0.4 ~ 0.6	0.3 ~ 0.5		
		100	0.6 ~ 0.9	0.5 ~ 0.7	0.5 ~ 0.6	0.4 ~ 0.5	
		400	0.8 ~ 1.2	0.7 ~ 1.0	0.6 ~ 0.8	0.5 ~ 0.6	
	20 $\times$ 30 25 $\times$ 25	20	0.3 ~ 0.4				
		40	0.4 ~ 0.5	0.3 ~ 0.4			
		60	0.5 ~ 0.7	0.5 ~ 0.7	0.4 ~ 0.6		
		100	0.8 ~ 1.0	0.7 ~ 0.9	0.5 ~ 0.7	0.4 ~ 0.7	
		400	1.2 ~ 1.4	1.0 ~ 1.2	0.8 ~ 1.0	0.6 ~ 0.9	0.4 ~ 0.6
铸铁及 铜合金	16 $\times$ 25	40	0.4 ~ 0.5				
		60	0.5 ~ 0.8	0.5 ~ 0.8	0.4 ~ 0.6		
		100	0.8 ~ 1.2	0.7 ~ 1.0	0.6 ~ 0.8	0.5 ~ 0.7	
		400	1.0 ~ 1.4	1.0 ~ 1.2	0.8 ~ 1.0	0.6 ~ 0.8	
	20 $\times$ 30 25 $\times$ 25	40	0.4 ~ 0.5				
		60	0.5 ~ 0.9	0.5 ~ 0.8	0.4 ~ 0.7		
		100	0.9 ~ 1.3	0.8 ~ 1.2	0.7 ~ 1.0	0.5 ~ 0.8	
		400	1.2 ~ 1.8	1.2 ~ 1.6	1.0 ~ 1.3	0.9 ~ 1.1	0.7 ~ 0.9

注:1. 加工断续表面和有冲击的工件时,表内数值应乘系数 $k = 0.75 \sim 0.85$ 。

2. 在无外皮加工时,表内数值应乘系数 $k = 1.1$ 。

3. 加工耐热钢及其合金时,进给量不大于 1 mm/r。

4. 加工淬硬钢时,进给量应减小。当硬度为 44 ~ 56 HRC 时,乘以系数 $k = 0.8$;当硬度为 57 ~ 62 HRC 时,乘以系数 $k = 0.5$ 。

2. 程序编制中的工艺处理

(1) 分析零件图样

这是工艺准备中的首要工作,直接影响零件加工程序的编制及加工结果。由于设计等多方面原因,在图样上可能出现加工轮廓的数据不充分、尺寸模糊不清及尺寸封闭等缺陷,增加了编程工作的难度,有时甚至无法编程,如图 1-12 所示。

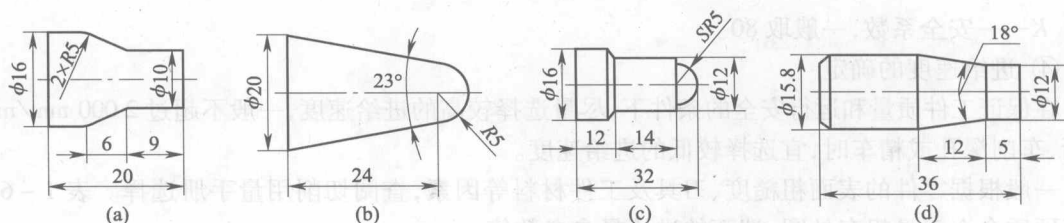


图 1-12 不恰当的零件图样

① 图样上的图线位置模糊或尺寸标注不清,使编程工作无从下手。

如图 1-12a 所示,两圆弧的圆心位置是不确定的,不同的理解将得到完全不同的结果。如图 1-12b 所示,圆弧与斜线的关系要求为相切,但经计算后的结果却为相交(割)关系。

② 图样上所给定的几何条件自相矛盾或漏掉尺寸。

图 1-12c 所示的各段长度之和不等于其总长尺寸,并且漏掉倒角尺寸。

③ 图样上所给定的几何条件已形成封闭尺寸,这不仅给数学处理造成困难,还可能产生不必要的计算误差。

如图 1-12d 所示,其圆锥体的各构成尺寸已经封闭。

当发生以上各项缺陷时,应向图样的设计人员及时反映,解决后方可进行程序编制工作。

(2) 尺寸公差要求

分析零件图样上的公差要求,以确定控制其尺寸精度的加工工艺,如刀具选择及确定切削用量等。

在该项分析过程中,还可以同时进行一些编程尺寸的简单换算,如增量尺寸、绝对尺寸、中值尺寸及尺寸链解算等。在数控编程实践中,常常对零件要求的尺寸取其最大和最小极限尺寸的平均值(即中值)作为编程的尺寸依据。

(3) 形状和位置公差要求

对于数控切削加工,零件的形状和位置误差主要受机床机械运动副精度的影响。在车削中,如沿 Z 轴运动的方向线与其主轴不平行,则无法保证圆柱度形状公差要求。如沿 X 轴运动的方向线与其主轴轴线不垂直,则无法保证垂直度位置公差要求。对上述情况,如果无法提高机床精度,即可在工艺准备工作中考虑进行技术性处理的有关方案。

(4) 表面粗糙度要求

表面粗糙度是保证零件表面微观精度的重要要求,也是合理选择机床、刀具及确定切削用量的重要依据。

(5) 材料与热处理要求

图样上给出的零件材料与热处理要求是选择刀具(材料、几何参数及使用寿命)和机床型号及确定有关切削用量等的重要依据。

(6) 毛坯要求

零件的毛坯要求主要指对坯件形状和尺寸的要求,如棒料、管材或铸、锻坯件的形状及其尺寸等。分析上述要求,对确定数控机床的加工工序,选择机床型号、刀具材料及几何参数、走刀路线和切削用量等都是必不可少的。

例如,当铸、锻坯件的加工余量过大或很不均匀时,若采用数控加工,则既不经济,又降低了