

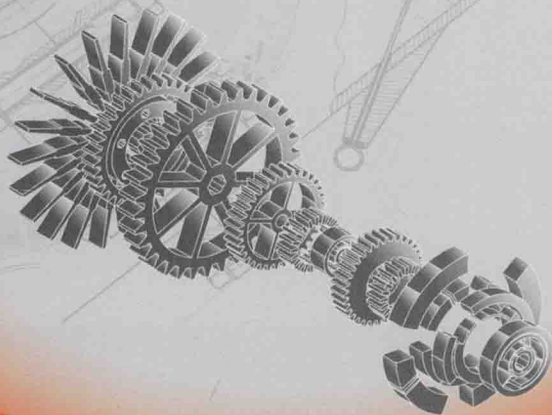


高等职业教育改革创新示范系列教材

数控车床

加工工艺及编程

SHUKONGCHECHUANG JIAGONG GONGYI JI BIANCHENG



汪锐◎主编



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
安徽大学出版社



高等职业教育改革创新示范系列教材

数控车床

加工工艺及编程

SHUKONGCHECHUANG JIAGONG GONGYI JI BIANCHENG

主 编 汪 锐

副主编 李功勇

编 者 金 军 刘 芳 王兆芳

郑 漫 陈运新 高慧勤

李现旗



北京师范大学出版集团

BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP

安徽大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控车床加工工艺及编程 / 汪锐主编. —合肥:安徽大学出版社,2012.8

高等职业教育改革创新示范系列教材

ISBN 978-7-5664-0456-5

I. 数… II. ①汪… III. ①数控机床—车床—加工工艺—高等职业教育—教材
IV. ①TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 132529 号

数控车床加工工艺及编程

汪 锐 主编

出版发行: 北京师范大学出版集团
安 徽 大 学 出 版 社
(安徽省合肥市肥西路3号 邮编 230039)
www.bnupg.com.cn
www.ahupress.com.cn

经 销: 全国新华书店
印 刷: 合肥杏花印务股份有限公司
开 本: 184mm×260mm
印 张: 15.25
字 数: 371 千字
版 次: 2012 年 8 月第 1 版
印 次: 2012 年 8 月第 1 次印刷
定 价: 29.50 元
ISBN 978-7-5664-0456-5

策划统筹:李 梅 武溪溪
责任编辑:武溪溪

装帧设计:李 军
责任印制:赵明炎

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话:0551—5106311

外埠邮购电话:0551—5107716

本书如有印装质量问题,请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话:0551—5106311

前 言

随着数控机床在汽车、模具等机械制造领域的广泛应用,现代机械制造技术发生了巨大的变化。大力发展、应用数控加工技术已成为 21 世纪全体机械制造企业的重中之重。以高等职业教育为主导的各种形式的培养应用型人才的教育发展到与普通高等教育等量奇观的地步,其来势之迅猛,迫人深思。与此同时,实用型数控加工技术人员的匮乏,已成为制造工业快速、高效及可持续发展的瓶颈。

本书正是从有效培养数控实用技术人才角度出发,使数控编程与数控加工工艺技术相互融合、贯通,针对当前机械制造企业对数控人才具备的专业知识结构的要求,结合近几年高等职业技术教育课程改革的经验以及全体编者多年数控编程与加工技术理论和实践教学的工作经验,精心编写而成。

本教材全面、系统地介绍了数控车床加工工艺及编程的主要理论和相关技能,共分为八个模块。主要内容包括数控机床加工概述、数控车削加工工艺分析、数控车床刀具与选用、数控车床的工装夹具、数控车床操作面板介绍、数控车床基本编程方法、数控车床循环指令编程方法、数控车床仿真加工等。各模块还附有练习题,供读者选用。

本教材在编写过程中,突出以下特色:

1. 全书以四个任务驱动数控加工工艺、数控刀具、数控机床夹具、数控编程和仿真加工的学习。四个任务贯穿全书始终,在对应不同的模块时作出具体分析。如任务一的典型轴类零件加工在模块一主要作图形分析,在模块二主要作数控加工工序分析,在模块三主要作数控刀具分析,在模块四主要作数控机床夹具分析,在模块五主要作零件精加工分析,在模块六主要作粗加工循环加工分析,在模块七主要作加工机床面板分析,在模块八主要作仿真加工分析。

2. 四个任务内容全面,包括典型轴类零件加工和典型套类零件加工。涉及数控加工中常见的内外圆柱面、内外圆锥面、槽、螺旋面、端平面、非圆曲线等。

3. 基础知识必需和够用,易学易懂。表现形式图文并茂。反映工作逻辑,逻辑性强,内容编排合理。由一开始工序分析、刀具分析、夹具分析到最后零件加工综合分析及加工,内容体现梯度化。

4. 贴合企业实际,以汽车企业实际加工零件为例,如汽车前减振器下销零件



加工和汽车前桥转向节零件加工。能够结合实际生产,与实际生产精密关联,反映新知识、新技术、新工艺和新方法。

本教材由安徽汽车职业技术学院汪锐任主编,安徽汽车职业技术学院李功勇任副主编,安徽汽车职业技术学院金军、刘芳、王兆芳、郑漫、陈运新、高慧勤、李现旗参加了部分章节的编写。具体分工如下,汪锐编写模块二和模块三;李功勇编写模块八;李现旗编写附图;金军编写模块六;刘芳编写模块七;王兆芳编写模块一;郑漫编写模块五;陈运新编写各模块实训任务;高慧勤编写模块四。

本书是高等职业技术学院机械制造、模具、数控技术应用等专业的教材,也可以供机电技术应用等相关专业使用。

本书虽经众多编者反复推敲以尽量避免学术上的讹谬,然而由于编者的能力和水平所限,加之时代日新月异的发展而导致理论的持续变革,书中难免存在不妥或疏漏之处,恳请广大师生、读者、同仁和专家批评斧正,以便修订时加以完善。在此一并致谢。

汪 锐

2012 年 6 月

目 录

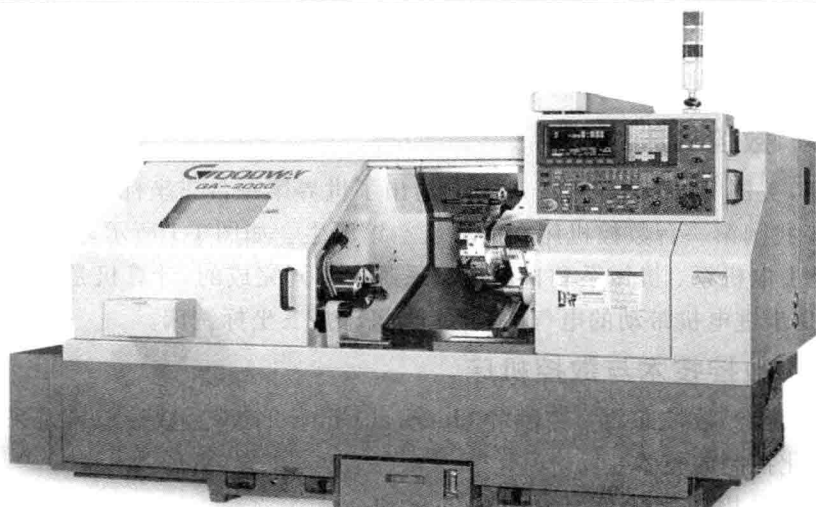
模块一 数控机床加工概述	1
1.1 数控机床	2
1.2 数控机床加工系统	3
1.3 数控机床加工	7
实训任务 汽车典型零件图形分析	17
模块练习题	20
模块二 数控车削加工工艺分析	22
2.1 数控加工工艺概述	23
2.2 数控加工工艺分析与工艺设计	24
2.3 数控车削进给路线的确定	28
2.4 数控编程中的数字处理	32
2.5 数控加工工艺文件	34
2.6 数控车削零件工艺分析举例	35
实训任务 汽车典型零件加工工艺分析	38
模块练习题	43
模块三 数控车床刀具与选用	48
3.1 数控刀具的主要种类	49
3.2 数控刀具的基本要求	52
3.3 数控可转位刀片	55
3.4 数控车刀的装夹	61
实训任务 汽车典型零件加工刀具选用	64
模块练习题	74
模块四 数控车床的工装夹具	77
4.1 数控车床工装夹具的作用及组成	78
4.2 数控机床夹具的类型和特点	79
4.3 数控车床零件基准和加工定位基准	80



4.4 数控车床通用夹具	82
4.5 零件加工夹具的选择	88
实训任务 汽车典型零件工装夹具分析	88
模块练习题	96
模块五 数控车床操作面板介绍	99
5.1 计算机仿真加工系统的进入	100
5.2 选择机床类型	101
5.3 部分面板按键功能说明(FANUC)	102
5.4 机床准备	105
5.5 工件的使用	106
5.6 选择刀具	108
实训任务 汽车典型零件加工准备	109
模块练习题	121
模块六 数控车床基本编程方法	123
6.1 数控车床编程概述	124
6.2 数控程序基础知识	125
6.3 数控车床编程系统功能	129
6.4 数控车床常用指令和编程方法	132
6.5 B类宏程序编程	136
6.6 FANUC0i 数控车床常用编程指令表	143
实训任务 汽车典型零件加工程序编写	144
模块练习题	153
模块七 数控车床循环指令编程方法	156
7.1 内外直径的切削循环	157
7.2 螺纹加工自动循环指令	163
7.3 数控加工的刀具半径补偿	167
7.4 主程序和子程序	169
实训任务 汽车典型零件加工程序优化分析	170
模块练习题	182
模块八 数控车床仿真加工	184
8.1 刀具形状参数补偿	185
8.2 刀具磨耗参数补偿	188



8.3 手动操作·····	189
8.4 数控程序处理·····	190
8.5 自动加工方式·····	193
8.6 MDI 模式 ·····	194
实训任务 汽车典型零件仿真加工 ·····	195
模块练习题 ·····	217
附 录 ·····	218
附录 1 任务一的典型轴类零件图(一) ·····	218
附录 2 任务一的典型轴类零件图(二) ·····	219
附录 3 任务二的典型套类零件图 ·····	220
附录 4 任务三的汽车前减振器下销图 ·····	221
附录 5 任务四的汽车转向节图 ·····	222
附录 6 FANUC 系统常用编程代码 ·····	224
附录 7 SINUMERIK 802S 系统常用编程代码 ·····	226
附录 8 SINUMERIK 840D/FM—NC 系统常用编程代码 ·····	228
附录 9 PA 系统常用编程代码 ·····	230
附录 10 OSP700M/7000M(大隈 OKUMA)系统常用编程代码 ·····	231
附录 11 KND 车床数控系统常用编程代码 ·····	233
附录 12 南京新方达 CNC—39T 车床数控系统常用编程代码·····	235
参考文献 ·····	236



模块一

数控机床加工概述

知识目标

1. 了解数控机床的产生和数控机床的概念。
2. 了解机械加工表面质量的含义及对零件使用性能的影响。
3. 了解加工余量的概念和确定加工余量的方法。
4. 掌握数控机床的组成及功能。
5. 掌握数控加工工艺系统的基本组成。
6. 掌握工件获得尺寸精度的方法。

技能目标

1. 正确分析典型轴类零件的尺寸精度和表面质量。
2. 正确分析典型套类零件的尺寸精度和表面质量。
3. 正确分析汽车前减振器下销零件的尺寸精度和表面质量。
4. 正确分析汽车转向节零件的尺寸精度和表面质量。



1.1 数控机床

1.1.1 数控机床的产生

1952年,美国 Parsons&MIT 联合制造出了世界第一台三坐标数控铣床。

1958年我国第一台数控机床在清华航空馆诞生。如图 1-1 所示,这台代号为 101 的数控机床是由电机系、机械系和自动控制系统师生共同完成的,计算机是直线插补电子管系统,传动是步进电机带动的电气随动系统,机床是三坐标铣床。

1.1.2 数控技术与数控机床

什么是数控? 数控即数字控制(Numerical Control, NC),数控机床是采用数字化信息实现自动化控制的技术。

数控机床是用数字化信号对机床的运动及其加工过程进行控制的机床。数控机床按照事先编织好的加工程序,自动地对被加工零件进行加工。我们把零件的加工工艺路线、工艺参数、刀具的运动轨迹、位移量、切削参数(主轴转数、进给量、背吃刀量等)以及辅助功能(换刀,主轴正转、反转,切削液开、关等),按照数控机床规定的指令代码及程序格式编写成加工程序单,再把这一程序单中的内容记录在控制介质上,然后输入到数控机床的数控装置中,从而指挥机床加工零件。这种从零件图的分析、控制介质到制成的全部过程叫数控程序的编制。

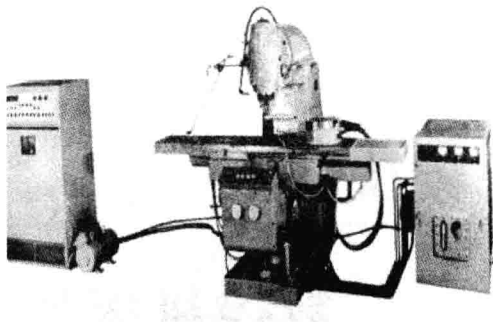


图 1-1 我国第一台数控机床

从以上分析可以看出,数控机床特别适合加工小批量且形状复杂要求精度高的零件。

从外观上看,数控机床都有 CRT 屏幕,我们可以从屏幕上看到加工程序、各种工艺参数等内容。从内部结构来看,数控机床没有变速箱,它的主运动和进给运动都是由直流或交流无级变速伺服电动机来完成的。另外,数控机床一般都有工件测量系统,在加工过程中,可以减少人工测量工件的次数。所以,数控机床在各行各业中的使用将会越来越普及。

1.1.3 计算机数控装置系统

计算机数控装置系统由用户程序、输入输出设备、计算机数字控制装置(CNC 装置)、可编程控制器(PLC)、主轴驱动装置和进给驱动装置等组成,如图 1-2 所示。数控机床在数控系统的控制下,自动地按给定的程序进行机械零件的加工。

1.1.4 可编程控制器(PLC)

可编程控制器主要完成数控设备的各种执行机构的逻辑顺序控制,即用 PLC 程序



代替继电器控制线路,实现数控设备的辅助功能、主轴转速功能、刀具功能等的译码和控制。

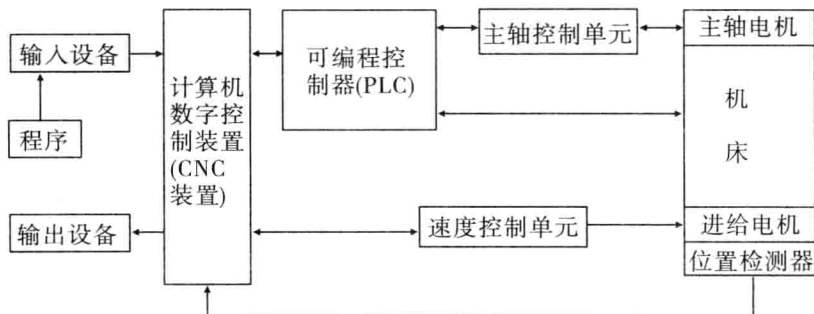


图 1-2 计算机数控装置系统

PLC有内装型和独立型两种。内装型PLC从属于CNC装置,PLC硬件电路可与CNC装置的其他电路制作在同一块印刷板上,也可以做成独立的电路板。独立型PLC独立于CNC装置,本身具有完备的硬、软件功能,可以独立完成所规定的控制任务。

1.1.5 伺服系统

伺服系统主要指数控设备的主轴驱动和进给驱动,是CNC系统的执行部分,包括驱动机构和执行机构两大部分。伺服系统的作用是把来自CNC装置的各种指令(脉冲信号),转换成数控设备移动部件的运动。

在数控机床的伺服驱动机构中,常用的驱动元件有功率步进电机、直流伺服电机和交流伺服电机,后二者都带有感应同步器、编码器等位置检测元件。

1.2 数控机床加工系统

1.2.1 数控机床加工工件的基本过程

数控机床加工工件包括以下基本过程如图 1-3 所示。

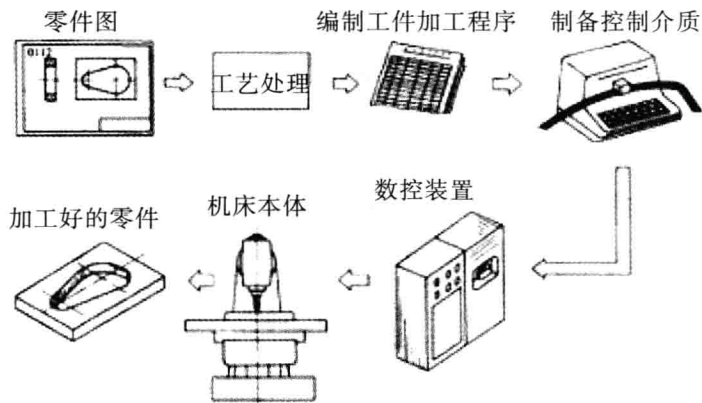


图 1-3 数控机床加工工件的基本过程



- (1) 根据零件加工图样进行工艺分析, 确定加工方案、工艺参数和位移数据。
- (2) 用规定的程序代码和格式编写零件加工程序单, 或用自动编程软件 CAD/CAM 进行工作, 直接生成零件的加工程序文件。
- (3) 程序的输入或传输。对于手工编写的程序, 可以通过数控机床的操作面板输入; 对于编程软件生成的程序, 则通过计算机的串行通信接口直接传输到数控机床的数控单元。
- (4) 按照输入或传输到数控单元的加工程序, 进行试加工、刀具路径模拟等。
- (5) 通过对机床的正确操作, 运行程序, 完成零件的加工。

1.2.2 数控加工工艺系统的组成

在机械加工中, 由机床、夹具、刀具和工件等组成的统一体, 称为数控工艺系统。数控加工工艺系统的组成如图 1-4 所示。

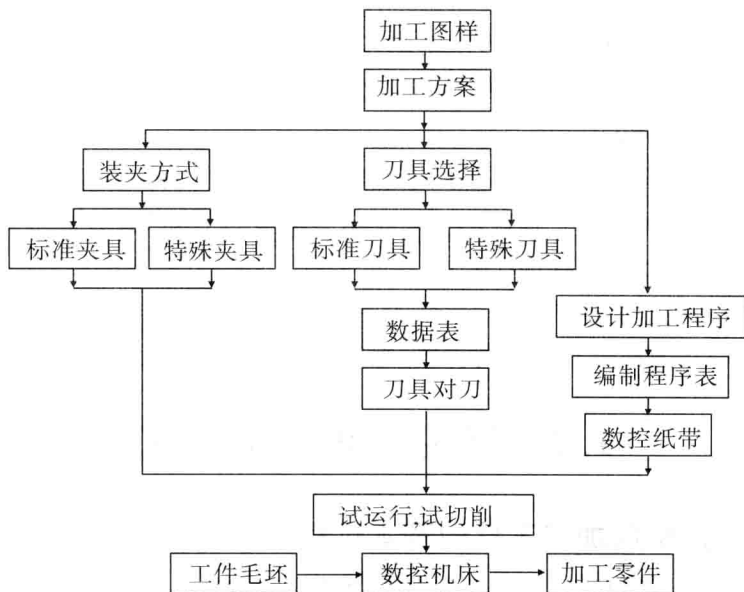


图 1-4 工艺系统的组成

1.2.3 数控机床加工工件的图形分析

- (1) 选择确定数控车削加工的内容, 选择适合数控机床加工的部分。
- (2) 分析结构工艺性, 使满足设计的零件结构便于加工成形, 且成本低、效率高。
- (3) 分析工件图形的尺寸精度及技术要求, 以确定加工余量。
- (4) 分析工件图形的形位精度及技术要求, 以确定装夹方式。
- (5) 分析工件图形的表面质量及技术要求, 以确定切削用量的选择。
- (6) 分析工件材料及技术要求, 以确定刀具的选择。
- (7) 选择零件图形编程原点, 以确定工件编程坐标系。
- (8) 确定零件图形尺寸设定值, 以确定各节点坐标。



1.2.4 数控机床加工工件的工艺处理

- (1)选择加工方法,要同时确保达到加工精度和表面粗糙度的要求。
- (2)确定加工方案,计算加工余量,以确定总加工余量。
- (3)划分工序和工步,以确定工序余量。
- (4)确定装夹方式 首先确定工件的加工定位基准,其次确定工件的夹紧方案。
- (5)选择合适的通用夹具或自制专用夹具。
- (6)选择刀具与切削用量 首先选择刀具,其次确定背吃刀量、切削速度、进给量,最后确定对刀点和换刀点。
- (7)确定工艺加工路线。

1.2.5 编写工件加工程序

数控机床将加工过程所需的各种操作和步骤,以及刀具与工件之间的相对位移量,用数字化代码编写成加工程序,输入到数控机床数控系统中。

1. 数值处理

在确定工艺方案后,要根据零件的形状、尺寸、加工路线,正确地计算出零件轮廓上各集合元素的起点、终点、圆心等坐标数值。

2. 编写零件加工程序单

在完成工艺处理和数值处理后,编写人员按照数控机床规定的程序指令和程序格式,逐段编写零件加工程序单。

3. 制备控制介质

制备控制介质即把编制好的程序单上的内容记录在控制介质上,作为数控装置的输入信息。它是人与数控机床之间联系的中间媒介物质,反映了数控加工中的全部信息。

4. 程序检验

正式加工之前,应对程序进行检验。程序输入后,利用数控机床的 CRT 图形显示屏模拟刀具对工件的加工过程,以检验程序是否正确。为检验零件的加工精度,还需进行零件的首件试切。当发现有加工误差时,应分析误差产生的原因,再对程序进行整改或采取尺寸补偿等措施。

1.2.6 数控装置

1. 数据输入

输入给数控系统的数据有零件加工程序、控制参数和补偿数据等。

2. 译码

将零件程序以程序段为单位进行处理,把其中各种零件轮廓信息、加工速度信息和其他辅助信息按照一定的语法规则解释成计算机能够识别的数据形式,并以一定的数据格式存放在指定的内存中。



3. 刀具补偿

刀具补偿包括刀具位置补偿和刀具半径补偿。刀具补偿的作用是把零件轮廓轨迹转换成刀具中心轨迹。

4. 进给速度处理

根据编程的刀具移动速度来计算各运动坐标方向的分速度,并进行软件的自动加减速处理。

5. 插补

插补的任务是在一条给定起点和终点的曲线上进行“数据点的密化”。插补程序在每个插补周期运行一次,在每个插补周期内,根据指令进给速度计算出一个微小的直线数据段。通常经过若干次插补周期后,插补加工完一个程序段轨迹,即完成从程序起点到终点的“数据点的密化”。

6. 位置控制

位置控制的主要任务是在每个采样周期内,将理论位置与实际反馈位置相比较,用其差值去控制伺服电机。在位置控制中通常还要完成位置回路的增益调整、各坐标方向的螺距误差补偿和反向间隙补偿,以提高机床的定位精度。

7. I/O 处理

I/O 处理主要进行处理计算机数控装置与机床之间的信号输入、输出与控制。

8. 显示

显示的内容包括零件程序、机床参数、刀具位置、机床状态及报警信息等。

1.2.7 机床本体

机床本体一般指机床的机械结构部分,如床身、导轨、主轴箱、工作台及传动结构等。为适应数控机床的高精度、高效率的特点,数控机床本体在整体布局、机械传动系统和刀具系统的部件结构及操作结构等方面与普通机床有很大的区别。具体表现在以下方面。

(1)在数控机床上采用了高性能的主轴部件和传动系统,机械结构简化,热变形较小,精度稳定性好。

(2)进给传动机械部件采用滚珠丝杠、滚动导轨和静压导轨等,以提高传动效率和灵敏性。

(3)具有完善的刀具自动交换及其管理系统。

(4)在加工中心上一般具有工件自动变换、工件夹紧和放松机构。

(5)机床本身具有很高的动、静刚度。

(6)采用全封闭罩壳。由于数控机床是自动完成加工,为了操作安全等,一般采用移动门结构的全封闭罩壳,对机床的加工部件进行全封闭。



1.3 数控机床加工

1.3.1 获得工件精度的方法

1. 获得尺寸精度的方法

(1)试切法 先试切出很小部分加工表面,测量试切所得的尺寸,按照加工要求适当调节刀具切削刃相对工件的位置,再试切、测量,如此经过 2~3 次试切和测量。当被加工工件尺寸达到要求后,再切削整个待加工表面。

(2)调整法 预先用样件或标准件调整好机床、夹具、刀具和工件的准确相对位置,用以保证工件的尺寸精度。

(3)定尺寸法 指用刀具的相应尺寸来保证工件被加工部位尺寸的方法。

(4)主动测量法 在加工过程中,边加工边测量加工尺寸,并将所测结果与设计要求的尺寸相比较,然后根据比较结果确定机床继续工作或者让机床停止工作,这就是主动测量法。

(5)自动控制法 该方法由测量装置、进给装置和控制系统等组成。它把测量装置、进给装置和控制系统组成一个自动加工系统,加工过程依靠系统来自动完成。

自动控制的具体方法有两种:①自动测量:即机床上有自动测量工件尺寸的装置,当工件达到要求的尺寸时,测量装置即发出指令使机床自动退刀并停止工作。②数字控制:即机床中有控制刀架或工作台精确移动的伺服电动机、滚动丝杠螺母及整套数字控制装置,尺寸的获得(刀架的移动或工作台的移动)由预先编制好的程序通过计算机数字控制装置来自动控制。

自动控制法具有生产率高、加工柔性好、加工工件质量稳定等优点,能适应多品种生产,是目前机械制造的发展方向和计算机辅助制造(CAM)的基础。

2. 获得形状精度的方法

(1)轨迹法 也称刀尖轨迹法,即依靠刀尖的运动轨迹获得形状精度方法。让刀具相对于工件做有规律的运动,以其刀尖轨迹获得所要求的表面几何形状。图 1-5 所示为车圆锥面。

(2)成形法 指利用成形刀具对工件进行加工的方法,即用成形刀具取代普通刀具,成形刀具的切削刃就是工件外形。图 1-6 所示为用成形法车球面。

(3)仿形法 指刀具按照仿形装置进给对工件进行加工的方法。仿形法所得到的形状精度取决于仿形装置的精度和其他成形运动的精度。

(4)展成法(范成法) 指利用工件和刀具做展成切削运动进行加工的方法。展成法所得被加工表面是切削刃和工件做展成运动过程中所形成的包络面,切削刃的形状必须是被加工表面的共轭曲线。它所获得的精度取决于切削刃的形状和展成运动的精度等。这种方法用于各种齿轮齿廓、花键键齿、涡轮轮齿等表面的加工,其特点是刀刃的形状与所需表面的几何形状不同。

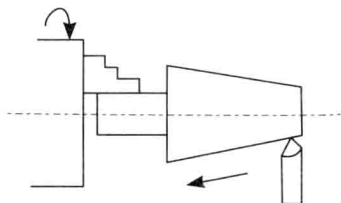


图 1-5 轨迹法

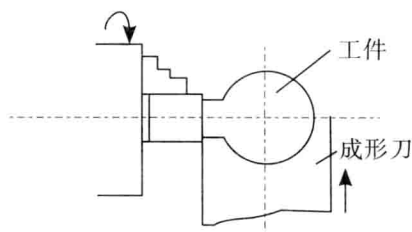


图 1-6 成形法

3. 获得位置精度的方法

(1)一次安装法 有位置精度要求的零件的各相关表面,是在工件同一次安装中完成并保证的。一次安装法一般是用夹具装夹实现的。

(2)多次安装法 零件有关表面的位置精度是由加工表面与工件定位基准面之间的位置精度决定的。

根据工件安装方式不同,多次安装法又分为直接安装法、找正安装法和夹具安装法。

①直接安装法:将工件直接安装在机床上,从而保证加工表面与定位基准面之间的精度。例如,在车床上加工与外圆同轴的内孔,可用三爪卡盘直接安装工件,如图 1-7 所示。

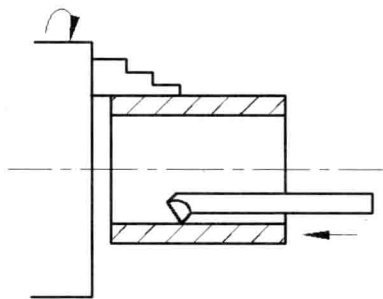


图 1-7 直接安装法

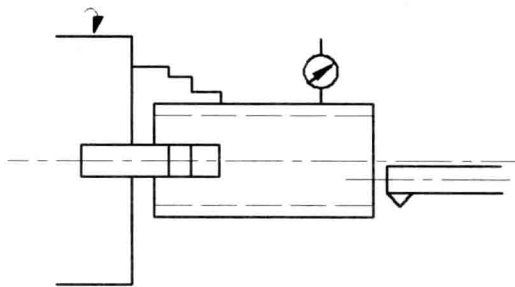


图 1-8 找正安装法

②找正安装法:将找正是用工具和仪表根据工件上有关基准,找出工件在划线、加工(或装配)时的正确位置的过程。例如,在车床上用四爪卡盘和百分表找正后,将工件夹紧,可加工出与外圆同轴度很高的孔。如图 1-8 所示为找正安装法。

找正安装法可分为划线找正安装和直接找正安装两种。划线找正安装是用划针根据毛坯或半成品上所划的线找正它在机床上的正确位置的一种安装方法。如图 1-9(a)所示为车床床身毛坯,为保证床身各加工面和非加工面的位置尺寸及各加工面的余量,可先在钳工台上划好线,然后在龙门刨床工作台上用可调支承支起床身毛坯,用划针按线找正并夹紧,再对床身底平面进行粗刨。直接找正安装是用划针和百分表或通过目测直接在机床上找正工件位置的装夹方法。如图 1-9(b)所示是用四爪单动卡盘装夹套筒,先用百分表按工件外圆 A 进行找正后,再夹紧工件进行外圆 B 的车削,以保证套筒的 A、B 圆柱面的同轴度。

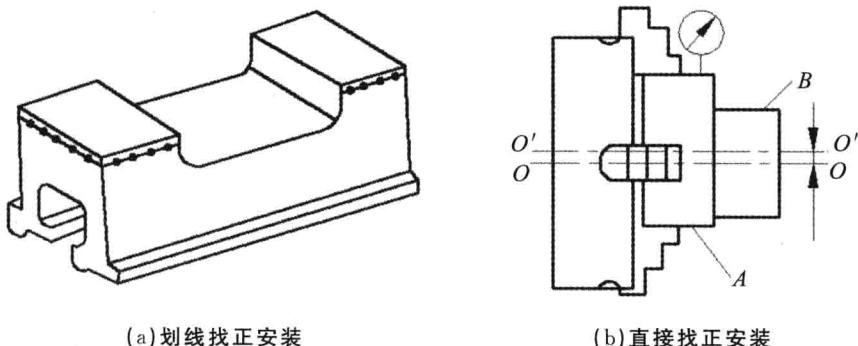


图 1-9 找正安装法

③夹具安装法:通过夹具来保证加工表面与定位基准面之间的位置精度,即用夹具上的定位元件使工件获得正确位置的一种方法。这种方法定位迅速、方便,定位精度高、稳定性好。但专用夹具的制作周期长、费用高,故广泛用于成批、大量生产中。

1.3.2 加工余量

1. 加工余量的概念

加工余量是指加工过程中所切去的金属层厚度。余量有总加工余量和工序余量之分。在毛坯转变为零件的过程中,某加工表面上切除金属层的总厚度,称为该表面的总加工余量(亦称毛坯余量)。一般情况下,总加工余量并非一次切除,而是分在各工序中逐渐切除,故每道工序所切除的金属层厚度称为该工序加工余量(简称工序余量)。如图 1-10 所示是工序余量与工序尺寸的关系。

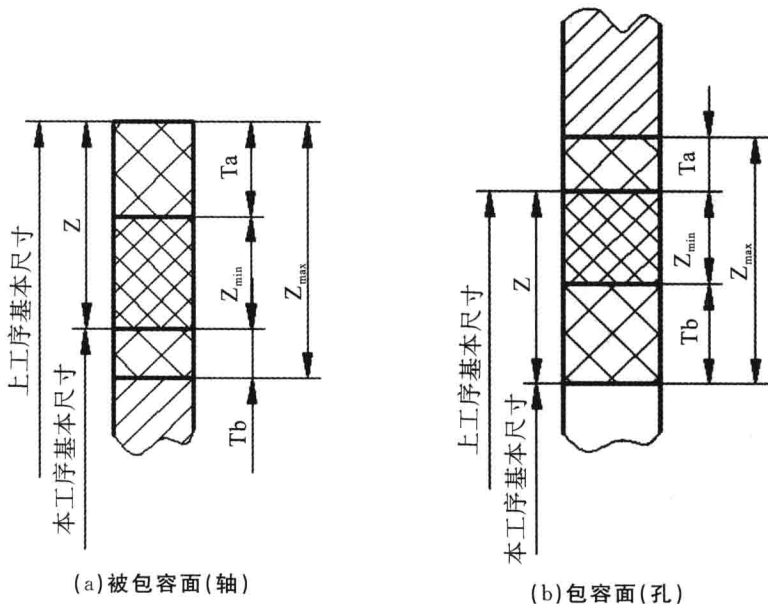


图 1-10 工序余量与工序尺寸及其公差的关系

2. 影响加工余量的因素

(1)影响最小加工余量的因素:前工序形成的表面粗糙度和缺陷层深度(R_a 和 D_a)设