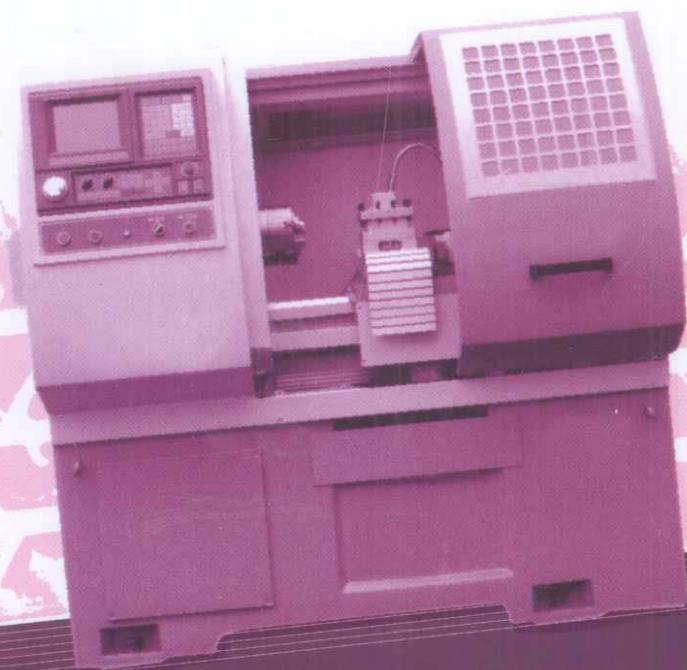


21世纪全国高职高专机电系列技能型规划教材



数控编程与加工项目教程

主 编 周晓宏



- 3大模块详尽阐述数控编程与加工相关知识
- 设置不同层次的加工实例，逐步提升实际操作技能
- 技能综合训练满足“双证制”教学需求



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国高职高专机电系列技能型规划教材

数控编程与加工项目教程

主 编 周晓宏

副主编 高金玉 朱祖武 岳腾达

参 编 肖 清



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书是根据数控机床操作工的岗位技术和技能要求,按照学生的学习规律编写的,是一本理论和实际操作一体化的教材。本书从易到难,精选了17个项目,每一个项目下又设计了几个任务,在任务引领下介绍完成该任务(编程、加工工件等)所需的理论知识和实操技能。

本书分数控车床模块、数控铣床模块和加工中心模块三大部分。数控车床模块部分根据数控车床操作工的岗位技术和技能要求,介绍了数控车削的技术和技能;数控铣床模块部分根据数控铣床操作工的岗位技术和技能要求,介绍了数控铣削的技术和技能;加工中心模块部分根据加工中心操作工的岗位技术和技能要求,介绍了加工中心的技术和技能。

本书可作为高职高专及成人高校、技校、中职等数控技术专业、模具专业、数控维修专业、机电一体化专业的教材,也可供相关工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

数控编程与加工项目教程/周晓宏主编. —北京:北京大学出版社,2012.3

(21世纪全国高职高专机电系列技能型规划教材)

ISBN 978-7-301-20312-5

I. ①数… II. ①周… III. ①数控机床—程序设计—高等职业教育—教材②数控机床—加工—高等职业教育—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第029931号

书 名: 数控编程与加工项目教程

著作责任者: 周晓宏 主编

策 划 编 辑: 赖 青 张永见

责 任 编 辑: 张永见

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-20312-5/TH·0287

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: 河北滦县鑫华书刊印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787mm×1092mm 16开本 22.75印张 531千字

2012年3月第1版 2012年3月第1次印刷

定 价: 42.00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

前言

数控机床在企业中的使用数量正在大幅度增加,企业正急需大批数控编程与加工方面的技能型人才。然而,目前国内掌握数控编程与加工的技能型人才较短缺,这使得数控技术应用技能型人才的培养显得十分迫切。为适应培养数控技术应用技能型人才的需要,本书总结了编者在生产一线和教学岗位上多年的心得体会,同时结合学校教学的要求和企业要求,组织编写了本书。

本书全部按项目来编写。按照学生的学习规律,从易到难,精选了17个项目,每一个项目下又设计了几个任务,在任务的引领下介绍完成该任务(编程、加工工件等)所需的理论知识和实际操作技能,符合目前我国职业教育界正在大力提倡的“工作过程导向的项目课程”的教学特点。全书分为数控车床模块、数控铣床模块和加工中心模块三个部分。数控车床模块部分根据数控车床操作工的岗位技术和技能要求,介绍数控车削的技术和技能。数控铣床模块部分根据数控铣床操作工的岗位技术和技能要求,介绍数控铣削的技术和技能。加工中心模块部分根据加工中心操作工的岗位技术和技能要求,介绍加工中心的技术和技能。

本书在编写过程中,突出体现“知识新、技术新、技能新”的编写思想,以知识和技能的“实用、可操作性强”为基本原则,不追求理论知识的系统性和完整性。本书可操作性很强,按照本书的思路,通过这些项目的学习和训练,学生可很快掌握各种数控加工技术和技能。本书可大大提高学生学习数控加工技术和技能的兴趣和针对性,提高学习效率。目前市场上按这种模式编写的数控机床操作方面的书还很少。

本书可作为高职高专及成人高校、技校、中职等数控技术专业、模具专业、数控维修专业、机电一体化专业的教材,也可供相关工程技术人员参考使用。

本书建议学时为300学时,具体安排见下表。

项目	课程内容	学时
	数控车床模块	120
项目1	了解数控车削加工工艺系统	4
项目2	FANUC系统数控车床的操作	6
项目3	简单轴类零件加工	16
项目4	中等复杂轴类零件加工	24
项目5	内孔零件加工	16
项目6	内腔、内螺纹零件加工	20
项目7	数控车床技能综合训练	34



(续)

项目	课程内容	学时
	数控铣床模块	120
项目 8	数控铣削加工工艺系统	4
项目 9	FANUC 系统数控铣床的操作	6
项目 10	简单零件铣削	16
项目 11	中等复杂零件铣削	24
项目 12	曲面零件铣削加工	16
项目 13	复杂零件铣削	20
项目 14	数控铣床技能综合训练	34
	加工中心模块	60
项目 15	加工中心工艺系统	4
项目 16	FANUC 系统加工中心操作	16
项目 17	加工中心技能综合训练	40
合计		300

本书由深圳技师学院周晓宏任主编，由山东信息职业技术学院高金玉、江西工业贸易职业技术学院朱祖武、临沂职业学院岳腾达任副主编，深圳米恩达科技有限公司肖清参加编写。

由于编者水平有限，书中难免存在一些疏漏之处，恳请读者批评指正。

编 者
2012 年 1 月

目 录

数控车床模块

项目 1 了解数控车削加工工艺系统 ... 3

- 1.1 认识数控车床 4
- 1.2 了解数控车削加工刀具 8
- 1.3 制定数控车削加工工艺 16
- 项目小结 23
- 思考与训练 24

项目 2 FANUC 系统数控车床的操作 ... 26

- 2.1 学习 FANUC 系统数控车床的
组成及基本操作 27
- 2.2 FANUC 系统数控程序的
编辑和管理 35
- 2.3 掌握应用数控车床加工零件的
工作步骤 41
- 2.4 数控车床的操作规程与维护 52
- 项目小结 56
- 思考与训练 56

项目 3 简单轴类零件加工 58

- 3.1 学习数控车床编程基础 59
- 3.2 阶梯轴加工 63
- 3.3 圆锥轴加工 69
- 3.4 带圆弧面的轴类零件加工 74
- 项目小结 80
- 思考与训练 80

项目 4 中等复杂轴类零件加工 82

- 4.1 中等复杂轴类零件加工(一) 83
- 4.2 中等复杂轴类零件加工(二) 91
- 4.3 中等复杂轴类零件加工(三) 95
- 4.4 中等复杂轴类零件加工(四)——
螺纹零件 101

项目小结 112

思考与训练 112

项目 5 内孔零件加工 115

- 5.1 学习孔加工基础知识 116
- 5.2 盲孔加工 121
- 5.3 通孔加工 124
- 5.4 薄壁孔加工 125
- 项目小结 128
- 思考与训练 128

项目 6 内腔、内螺纹零件加工 131

- 6.1 内圆锥零件加工 132
- 6.2 内球加工 133
- 6.3 内螺纹零件加工 135
- 6.4 内型腔加工 137
- 项目小结 138
- 思考与训练 139

项目 7 数控车床技能综合训练 141

- 7.1 数控车床中级工技能综合
训练(一) 142
- 7.2 数控车床中级工技能综合
训练(二) 145
- 7.3 数控车床高级工技能综合
训练(一) 148
- 7.4 数控车床高级工技能综合
训练(二) 154
- 项目小结 158
- 思考与训练 158

数控铣床模块

项目 8 数控铣削加工工艺系统 163

- 8.1 认识数控铣床 164

加工中心模块



**项目 17 加工中心技能综合训练** 33617.1 加工中心中级工技能综合
训练(一) 33717.2 加工中心中级工技能综合
训练(二) 33917.3 加工中心高级工技能综合
训练 343

项目小结 351

思考与训练 351

参考文献 353

数控车床模块

项目 1

了解数控车削加工工艺系统

学习目标

1. 熟悉数控车床的加工特点及其应用
2. 认识数控车床的刀具
3. 掌握数控车床加工工艺的编制方法



项目导读

图 1.1 所示为一些数控车削加工的产品，图 1.2 所示为数控车床。要想熟练应用数控车床编程与加工出合格零件，首先必须了解数控车床的加工特点、数控车削刀具和编制工艺的方法，本项目将介绍这些方面的知识。



图 1.1 数控车削加工的产品



图 1.2 数控车床

1.1 认识数控车床

1.1.1 数控车床的用途

数控车床如图 1.2 所示,其主要用于加工各种轴类、套筒类和盘类零件上的回转表面。数控车床能对轴类或盘类等回转体零件自动地完成内、外圆柱面,圆锥面,圆弧面和直、锥螺纹等工序的切削加工,并能进行切槽、钻、扩和铰等工作。它是目前国内使用极为广泛的一种数控机床,约占数控机床总数的 25%。

数控车床加工零件的尺寸精度可达 IT5~IT6,表面粗糙度可达 $1.6\mu\text{m}$ 以下。

1.1.2 数控车床的分类

数控车床品种繁多,常见的分类方法有以下几种。

1. 按数控系统的功能分类

(1) 经济型数控车床。一般采用步进电动机驱动形成开环伺服系统,其控制部分采用单板机或单片机来实现。此类车床结构简单,价格低廉,无刀尖圆弧半径自动补偿和恒线速切削等功能。

(2) 全功能型数控车床。如图 1.2 所示,一般采用闭环或半闭环控制系统,具有高刚度、高精度和高效率等特点。

(3) 车削中心。如图 1.3 所示,以全功能型数控车床为主体,并配置刀库、换刀装置、分度装置、铣削动力头和机械手等,实现多工序的复合加工。在工件一次装夹后,它可完成回转类零件的车、铣、钻、铰、攻螺纹等多种加工工序,其功能全面,但价格较高。

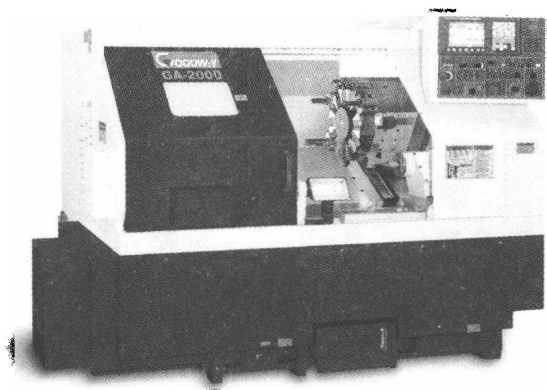


图 1.3 车削中心

(4) FMC 车床。它实际上是一个由数控车床、机器人等构成的柔性加工单元。能实现工件搬运、装卸的自动化和加工调整准备的自动化。

2. 按加工零件的基本类型分类

(1) 卡盘式数控车床。这类车床未设置尾座,适于车削盘类零件,其夹紧方式多为电动或液压控制,卡盘结构多数具有卡爪。



(2) 顶尖式数控车床。这类车床设置有普通尾座或数控尾座, 适合车削较长的轴类零件及直径不太大的盘、套类零件。

3. 按主轴的配置形式分类

(1) 卧式数控车床。其主轴轴线处于水平位置, 它又可分为水平导轨卧式数控车床和倾斜导轨卧式数控车床(其倾斜导轨结构可以使车床具有更大的刚性, 并易于排屑)。

(2) 立式数控车床。其主轴轴线处于垂直位置, 并有一个直径很大的圆形工作台, 供装夹工件用。这类车床主要用于加工径向尺寸大、轴向尺寸较小的大型复杂零件。

具有两根主轴车轴的车床称为双轴卧式数控车床或双轴立式数控车床。

1.1.3 数控车床的组成及布局

1. 数控车床的组成

图 1.2 所示数控车床由以下几个部分组成。

(1) 主机。它是数控车床的机械部件, 包括床身、主轴箱、刀架尾座、进给机构等。

(2) 数控装置。它是数控车床的控制核心, 其主体是由数控系统运行的一台计算机(包括 CPU、存储器、CRT 等)。

(3) 伺服驱动系统。它是数控车床切削工作的动力部分, 主要实现主运动和进给运动, 由伺服驱动电路和伺服驱动装置组成。伺服驱动装置主要有主轴电动机和进给伺服驱动装置(步进电动机或交、直流伺服电动机等)。

(4) 辅助装置。辅助装置是指数控车床的一些配套部件, 包括液压、气压装置及冷却系统、润滑系统和排屑装置等。

由于数控车床刀架的纵向(Z 向)和横向(X 向)运动分别采用两台伺服电动机驱动, 经滚珠丝杠传到滑板和刀架, 不必使用挂轮、光杠等传动部件, 所以, 它的传动链短。多功能数控车床是采用直流或交流主轴控制单元来驱动主轴, 它可以按控制指令做无级变速, 与主轴间无须再用多级齿轮副来进行变速, 其床头箱内的结构也比普通车床简单得多。故数控车床的结构大为简化, 其精度和刚度大大提高。

2. 数控车床的布局

数控车床的布局形式与普通车床基本一致, 但数控车床的刀架和导轨的布局形式有很大变化, 直接影响着数控车床的使用性能及机床的结构和外观。此外, 数控车床上都设有封闭的防护装置。

(1) 床身和导轨的布局。数控车床床身导轨水平面的相对位置如图 1.4 所示。

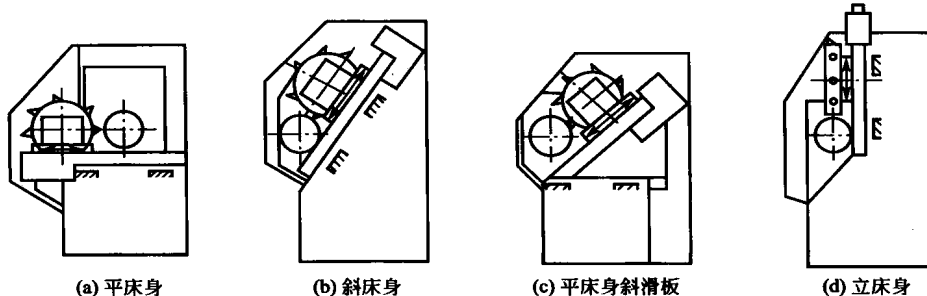


图 1.4 数控车床的布局形式



① 图 1.4(a)所示为平床身的布局。它的工艺性好,便于导轨面的加工,水平床身配上水平放置的刀架,可提高刀架的运动精度。这种布局一般可用于大型数控车床或小型精密数控车床上,但是水平床身由于下部空间小,故排屑困难。从结构尺寸上看,刀架水平放置使滑板横向尺寸较长,从而加大了机床宽度方向的结构尺寸。

② 图 1.4(b)所示为斜床身的布局,其导轨倾斜的角度分别为 30° 、 45° 、 60° 和 75° 等。当导轨倾斜的角度为 90° 时,称为立床身,如图 1.4(d)所示。此布局倾斜角度小,排屑不便;倾斜角度大,导轨的导向性及受力情况差。其倾斜角度的大小还直接影响机床外形尺寸高度与宽度的比例。综合考虑以上因素,中小规格数控车床,其床身的倾斜度以 60° 为宜。

③ 图 1.4(c)所示为平床身斜滑板的布局。这种布局形式一方面具有水平床身工艺性好的特点,另一方面,机床宽度方向的尺寸较水平配置滑板的要小,且排屑方便。

平床身斜滑板和斜床身的布局形式被中、小型数控车床普遍采用。这是由于这两种布局形式排屑容易,热切屑不会堆积在导轨上,也便于安装自动排屑器;操作方便,易于安装机械手,以实现单机自动化;机床占地面积小,外形美观,容易实现封闭式防护。

(2) 刀架的布局分为排式刀架和回转式刀架两大类。目前两坐标联动数控车床多采用回转刀架,它在机床上的布局有两种形式。一种是用于加工盘类零件的回转刀架,其回转轴垂直于主轴;另一种是用于加工轴类和盘类零件的回转刀架,其回转轴平行于主轴。

1.1.4 数控车床的工作原理

数控机床的工作原理如图 1.5 所示。首先,根据零件图样制定工艺方案,采用手工或计算机进行零件的程序编制,把加工零件所需的机床各种动作及全部工艺参数变成机床数控装置能接受的信息代码。然后,将信息代码通过输入装置(操作面板)的按键,输入到数控装置中。另一种方法是利用计算机和数控机床的接口直接进行通信,实现零件程序的输入和输出。

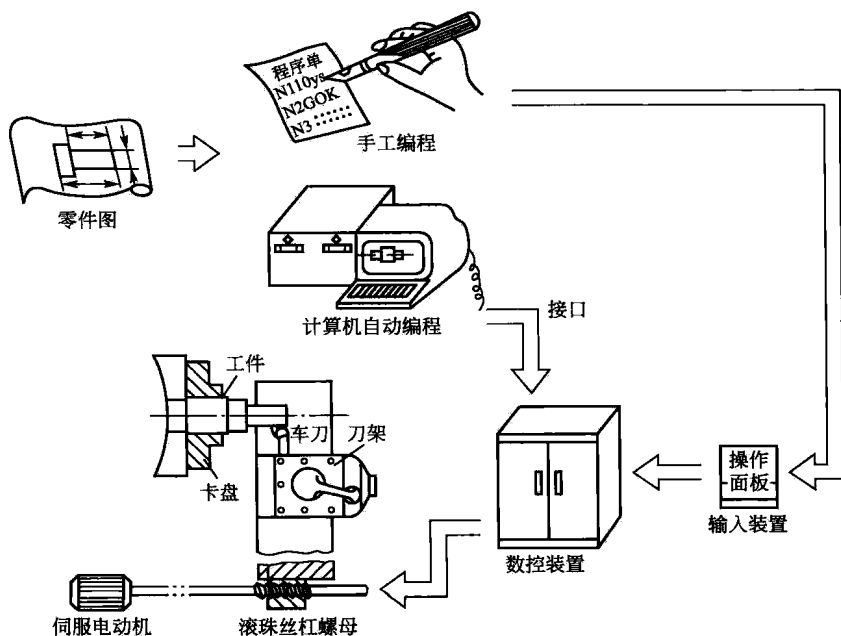


图 1.5 数控车床的工作原理



进入数控装置的信息,经过一系列处理和运算转变成脉冲信号。有的信号送到机床的伺服系统,通过伺服机构对其进行转换和放大,再经过传动机构驱动机床有关部件,使刀具和工件严格执行零件加工程序所规定的相应运动。还有的信号被送到可编程序控制器中,用以顺序控制机床的其他辅助动作,如实现刀具的自动更换与变速、松夹工件、开关切削液等动作。

1.1.5 常见的数控车床控制系统

我国在数控车床上常用的数控系统有日本 FANUC 公司的 0T、0i-T、3T、5T、6T、10T、11T、0-TC、0-TD、0-TE 等;德国 SIEMENS 公司的 802S、802C、802D sl、840D 等;以及美国 ACRAMATIC 数控系统;西班牙 FAGOR 数控系统等。

国产普及型数控系统产品有:广州数控设备有限公司的 GSK980T 系列、武汉华中数控股份有限公司的世纪星 21T、北京凯恩帝数控技术有限公司的 KND-500 系列等。

1.1.6 数控加工的有关概念

1. 数字控制

数字控制简称数控或 NC(Numerical Control),是指用输入数控装置的数字信息来控制机械执行预定的动作,其数字信息包括字母、数字和符号。计算机数控简称 CNC(Computer Numerical Control)是采用具有存储程序的计算机,按照存储在计算机中的读写存储器中的控制程序去执行数控装置的一部分或全部数控功能,其在计算机外的唯一装置是接口。目前应用较普遍的是由 8 位和 16 位微处理器构成的微机 CNC 系统,即 MNC(Microcomputer Numerical Control)系统。

2. 数控机床

数控机床是一种利用数控技术,准确地按照事先安排的工艺流程,实现规定加工动作的金属切削机床。

3. 数控系统

数控系统是指数控机床的程序控制系统,它能逻辑地处理输入到系统中具有特定代码的程序,并将其译码,从而使机床运动,并加工零件。

4. 数控程序

输入数控系统中的、使数控机床执行一个确定的加工任务的、具有特定代码和其他符号编码的一系列指令,称为数控程序(NC Program)或零件程序(Part Program)。

5. 数控编程

生成用数控机床进行零件加工的数控程序的过程,称为数控编程(NC Program)。

数控编程分为手工编程和计算机自动编程两种形式。在数控车床加工中,应用最多的是手工编程。

6. 数控加工

运用数控机床对零件进行加工,称为数控加工。



1.2 了解数控车削加工刀具

1.2.1 车削加工中的切削运动

在车削加工中,刀具与工件的相对运动称为切削运动。切削运行按其功用分为主运动和进给运动,如图 1.6 所示。

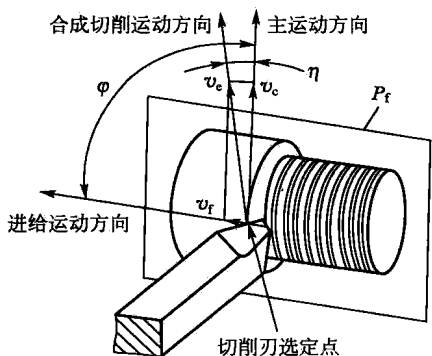


图 1.6 车刀和工件的运动

1. 主运动

由机床或人力提供的主要运动促使刀具和工件之间产生相对运动,从而使刀具前刀面接近工件,从工件上直接切除金属,它具有切削速度最高,消耗功率最大的特点。在切削中必须有一个主运动,且只能有一个主运动。如车削时工件的旋转运动,刨削时工件或刀具的往复运动,铣削时铣刀的旋转运动等。

2. 进给运动

由机床或人力提供的进给运动使刀具和工件之间产生附加的相对运动,使主运动能够继续切除工件上的多余金属,以便形成所需几何特性的已加工表面。进给运动可以是连续的,如车削外圆时车刀平行于工件轴线的纵向运动;也可以是步进的,如刨削工件或刀具的横向移动等。在切削中可以有一个或多个进给运动,也可以不存在进给运动。

3. 合成切削运动

由主运动和进给运动合成的运动称为合成切削运动。刀具切削刃上选定点相对工件的瞬间合成运动方向称为该点的合成切削运动方向,其速度称为合成切削速度 v_c ,如图 1.7 所示。

1.2.2 车削工件上的加工表面

切削加工时在工件上产生的表面如图 1.8 所示。

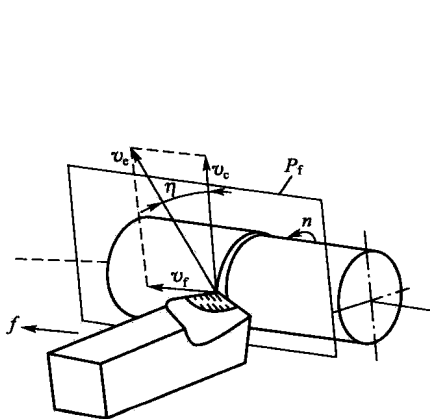


图 1.7 车削时合成切削速度

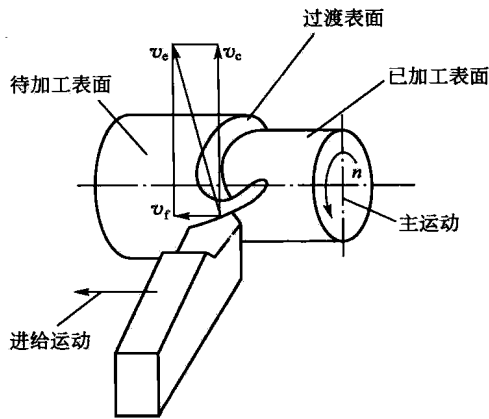


图 1.8 车削工件上的加工表面



1. 待加工表面

工件上有待切除的表面。

2. 已加工表面

工件上经刀具切削后产生的表面。

3. 过渡表面

工件上由刀具切削刃正在切削的那一部分表面，它在下一切削行程、刀具或工件的下一转里被切除，或由下一切削刃切除。

1.2.3 车刀的种类及用途

1. 车刀的种类

常用车刀按刀具材料可分为高速钢车刀和硬质合金车刀两类。其中，硬质合金车刀按刀片固定形式又分焊接式车刀和机械夹固式可转位车刀两种。车刀按用途不同可分为外圆车刀、端面车刀、切断刀、内孔车刀、圆头车刀和螺纹车刀等。常用车刀如图 1.9 所示。

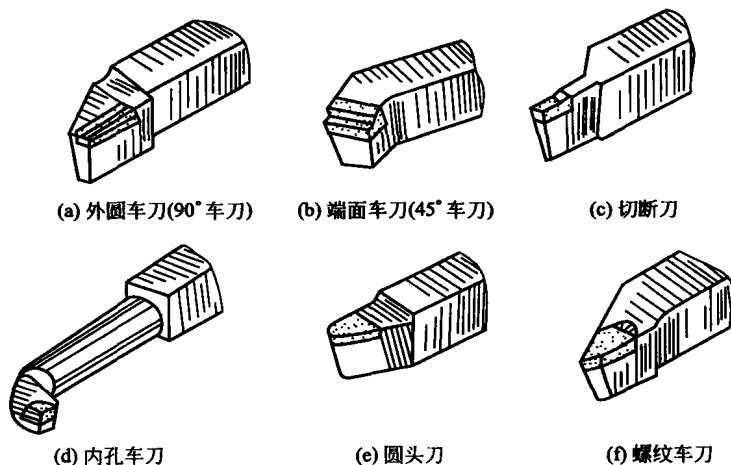


图 1.9 常用车刀

- (1) 外圆车刀(90°车刀，又称偏刀)：用于车削工件的外圆、台阶和端面。
- (2) 端面车刀(45°车刀，又称弯头车刀)：用于车削工件的外圆、端面和倒角。
- (3) 切断刀：用于切断工件或在工件上车槽。
- (4) 内孔车刀：用于车削工件的内孔。
- (5) 圆头刀：用于车削工件的圆弧面或成型面。
- (6) 螺纹车刀：用于车削螺纹。

(7) 硬质合金可转位车刀：如图 1.10 所示，硬质合金可转位车刀包括 4 个组成部分，即刀杆、刀片、刀垫和夹紧元件。这种车刀不需焊接，刀片用机械夹固方法装夹在刀柄上。它是近几年国内外发展和广泛应用的刀具之一，在数控车床上经常使用这种刀具。在车削过程中，当一条切削刃磨钝后，不需卸下来去刃磨，只需松开夹紧装置，将刀片转过