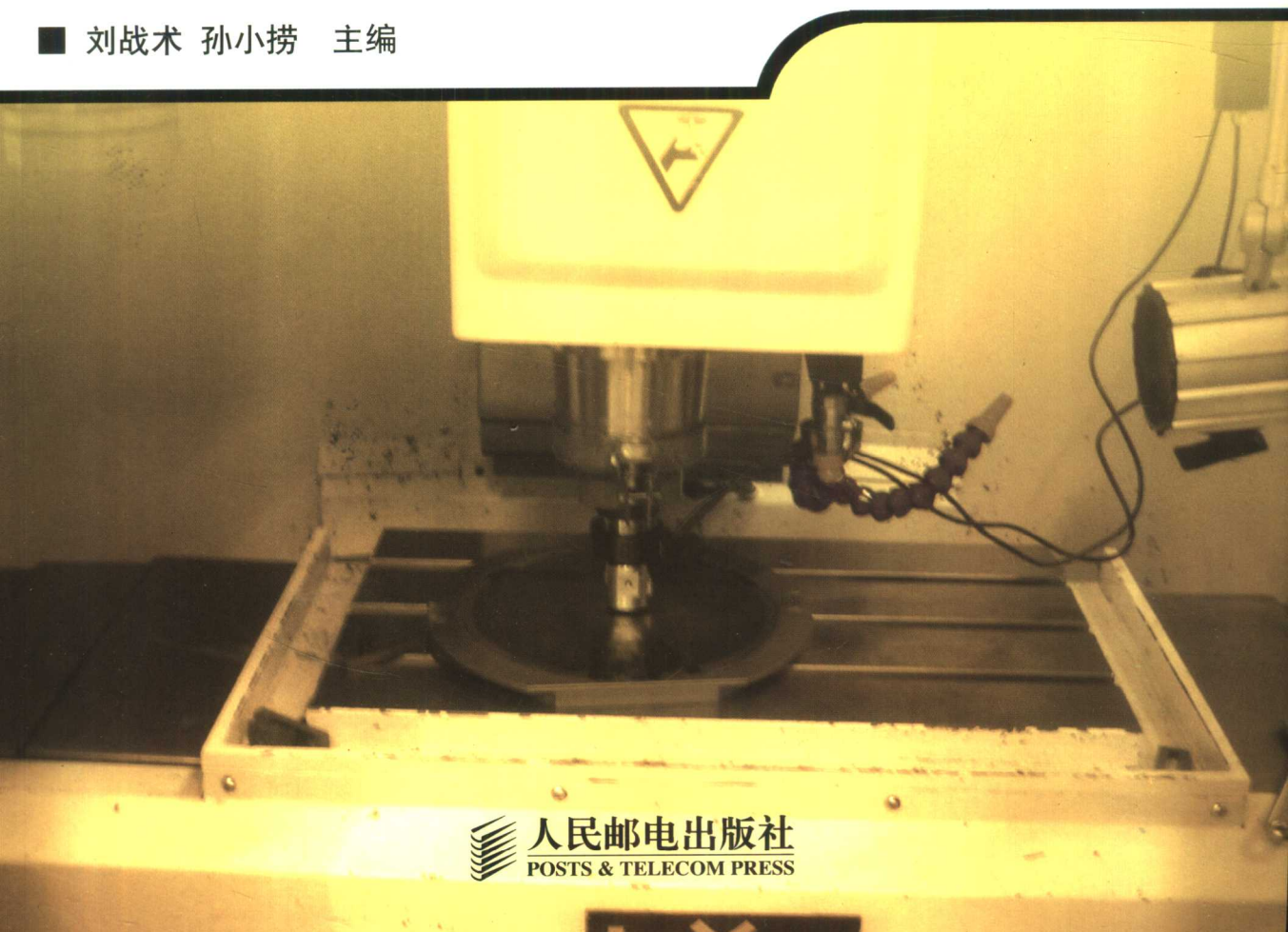


21世纪 高等职业教育
数控技术 规划教材

数控机床操作 与加工实训

■ 刘战术 孙小捞 主编



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪高等职业教育数控技术规划教材

数控机床操作与加工实训

刘战术 孙小撈 主编

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

数控机床操作与加工实训/刘战术主编. —北京: 人民邮电出版社, 2006.1

21 世纪高等职业教育数控技术规划教材

ISBN 7-115-14078-2

I. 数... II. 刘... III. ①数控机床—操作—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. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 116979 号

内 容 提 要

本书主要介绍数控车床、数控铣床和电火花加工机床的机械结构和数控系统, 以及使用这些常用数控机床进行详细的加工实例。书中用到的实例均由实训教师在相应的设备上验证。本书每篇的末尾还提供了大量的练习题, 以使读者巩固所学知识。

本书简明扼要, 浅显易懂, 理论结合实践, 是一本针对性和实用性较强的教材。本书可作为数控技术专业、机电一体化专业和机械制造专业的数控技术实习及实训教材, 以及初、中、高级数控技术工人的培训用书, 也可作为从事数控机床销售与维护服务的工程技术人员的参考书。

21 世纪高等职业教育数控技术规划教材

数控机床操作与加工实训

-
- ◆ 主 编 刘战术 孙小捞
责任编辑 杨 堃
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京通州大中印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 13.25
字数: 307 千字
印数: 1—3 000 册
 - 2006 年 1 月第 1 版
2006 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-14078-2/TN · 2616

定价: 18.00 元

读者服务热线: (010) 67170985 印装质量热线: (010) 67129223

21 世纪高等职业教育数控、模具技能教材

编写委员会

主 任 翁其金 王其昌 李迈强 李 华

副 主 任 刘亚琴 邱国庆 钱泉森 陈洪涛 虞建中 向 伟

委 员 (排名不分先后)

马西秦	邓志久	朱江峰	胡照海	周 虹	徐志扬
宋文学	贾崇田	刘战术	朱登洁	朱国平	唐 健
廖兆荣	首 珩	朱光力	蔡冬根	苏 珉	张光明
林海岚	罗学科	李 奇	张志鸣	周明湘	李名望
王浩钢	潘春燕	瞿川钰	朱国平	窦 凯	杨 堃
迟之鑫	王春海	刘小群	孟 奎	余少玲	郑 金
陈福安	左文钢	王泽中	陈智刚	黎 震	张国文
赵先仲	蔡向朝	杨好学	陈加明	丁学恭	黄 海
刘向东	杨化书				

执 行 主 编 杨 堃

执行副主编 蔡冬根 王浩钢 林海岚 李 奇

审 读 主 任 翁其金 张歧生 段来根 彭炎荣

丛书前言

在当今世界上，高度发达的制造业和先进的制造技术已经成为衡量一个国家综合经济实力和科技水平的最重要标志之一，成为一个国家在竞争激烈的国际市场上获胜的关键因素。目前，中国制造业已跻身世界第四位，中国已成为制造业大国，但尚不是制造业强国。中共十六大明确提出：“用高新技术和先进适用技术改造传统产业，大力振兴装备制造业”。当前，要从制造大国走向制造强国，必须优先发展先进制造业。这就要求，必须大力发展以数控技术为主的先进制造技术，提高模具设计制造水平，提升计算机辅助设计与制造（CAD/CAM）的技术水平。

自改革开放以来，到目前为止制造业在中国国民经济中的比重已占到 45%，制造业部门成为 GDP 增长的主要支撑力量。无论从制造业占国民生产总值和财政收入的比重来讲，还是从扩大就业、保持社会稳定来讲，我们都可以肯定地说，至少在 21 世纪前 50 年制造业仍然是我国国民经济增长的主要源泉。

制造业要发展，人才是关键。尽快拥有一批高技能人才和高素质劳动者，是先进制造业实现技术创新和技术升级的迫切要求。高等职业教育担负着培养高技能人才的根本任务。中国打造“世界工厂”，为中国高等职业教育的发展提供了难得的机遇和艰巨的挑战。

为顺应中国制造业的深层次发展和现代设计方法、数控技术的广泛应用，人民邮电出版社组织全国知名专家，经过与现代数控、模具生产制造企业技术人员的反复研讨，编写了适合当前技术改革、紧跟技术发展的本套高职高专教材。本套教材包括数控技术、模具设计与制造技术、机械专业基础、辅助设计与制造技术四个系列。

全书以高等职业教学中的实际技能要求为主旨，内容简明扼要，突出重点。编写方法上注重发挥实例教学的优势，引入众多生产应用实例和操作实训题，便于读者对全书内容的融会贯通，加深理解。丛书特色主要有如下几点：

1. 全套教材的重点实例全部编入图册，形成全套教材的整体配合。图册既可以作为全套教材的总结，又可以作为工程实例中的模板。既可以使学生们在三年的学习之后，通过图册加以回顾；又可以在工作中，通过对已学实例加以修改完成工程项目要求。
2. 本套教材的例图尽量使用当前常用的新图，尽量贴近工程。
3. 辅助设计的教材全部采用“案例教学”的教学方法，并且设计了软件学会之后与工程实践相结合的实践教程（实践教程配有视频教学光盘）。
4. 采用螺旋结构、分四层逐级深入的教学方法，形成各系列教材的整体配合。
5. 课程的整体设计上，特别强调与工程实践的联系。各系列中最后的几门课程，尽量联系到当代工程的实例，使学生们在学习了一定的知识、掌握了相关的技能后，能够应用于工程中。

本套教材适合于高职高专院校机械类专业的数控、模具、基础和辅助设计的课程教学，也可选作数控、模具技能培训教材或从事数控加工和模具设计的广大工程技术人员参考书。

我们衷心希望，全国关心高等职业教育的广大读者能够对本套教材的不当之处给予批评

指正；我们也热切盼望从事高等职业教育的教师、专家和我们联系，共同探讨数控、模具教学的课程组织方案和教材编写等相关问题，来信请发至 yangkun@ptpress.com.cn。

21 世纪高等职业教育数控、模具技能教材编写委员会

前 言

目前,我国已经成为世界上重要的经济地区,制造业作为国民经济的基础,出现了日新月异的局面。为提高产品的质量和生产效率,各大企业引进了大量具有世界先进水平的生产设备,中国被誉为“世界工厂”。快速的经济向高等学校提出要培养大量具有先进科学知识装备的、具有一技之长的技术人才。数控技术是现代制造技术的典型应用,数控技术对我国的工业及科技的进步和发展有巨大的推动力。据有关部门统计表明,在未来几年,数控技术应用人才的需求量将达到 100 万。为适应数控技术教学和人才培养的需求,我们编写了本书。

本书以实际操作为重点,详细介绍常用数控机床数控系统的功能和操作方法,并通过实例介绍数控机床的操作加工过程,书中用到的实例均给以详细的说明,力求通过实例和理论的介绍让初学者能以较快的速度掌握操作数控机床的基本方法。本书介绍了机械制造行业使用较多的数控车床、数控铣床和电火花加工机床的操作与使用方法。

本书主要供高职、高专类院校机、电类专业开展数控技术教学使用,也可供从事数控加工与安装调试的工程技术人员使用。

本书作为教材,以理论联系实际为指导、以加工技术的应用为目标,把熟悉结构原理和掌握应用技能作为学习的基本要求。在内容上力求体系完整、通俗易懂、具有实际指导意义。全书共分数控车床、数控铣床、特种加工 3 篇。主要内容有:数控机床的机械结构,电气控制系统与伺服系统,典型零件的加工工艺与编程方法,零件加工的操作过程方法等。

本书由刘战术等人编著。参加编写的有:刘战术(概论、第 3 篇部分),孙小捞(第 2 篇部分),王春清(第 3 篇部分),黄桂琴(第 1 篇第 1、2 章)和邹武(第 1 篇第 3 章,第 2 篇第 4、5 章)。

本书在编写过程中参阅了国内外同行有关的资料、文献和教材,得到了许多专家和同行的支持与帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者的水平和时间所限,书中定有不少错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2005 年 6 月

目 录

概 论	1
一、数控机床及其适用范围	1
1. 数控机床的分类	1
2. 数控机床的优势	1
3. 数控机床的适用范围	2
二、机床刀具	2
1. 切削运动和刀具几何参数	3
2. 常用刀具材料	6
三、数控实训的目的	10

第一篇 数控车床操作与加工

第 1 章 数控车床简介	12
1.1 数控车床主体的组成	12
1.1.1 主传动系统及主轴部件	12
1.1.2 进给传动系统	14
1.1.3 床身和导轨的布局	14
1.2 数控车床刀架结构及刀具安装	16
1.3 刀具类型和工艺范围	18
1.3.1 刀具的分类	18
1.3.2 刀具的选用	20
1.4 数控车床的辅助装置	21
第 2 章 数控车削加工的编程与操作	23
2.1 FANUC 0i-T 数控系统简介	23
2.2 SINUMERIK 802S 数控系统简介	24
2.3 刀具的测量与刀尖偏移补偿	27
2.4 车削加工的基本编程	29
2.4.1 数控车床的编程基础	30
2.4.2 数控车床的编程特点	31
2.4.3 常用指令	31
2.5 固定循环与子程序	35
第 3 章 数控车削加工实训	42
3.1 实训 1: 外圆加工	42

实例一	42
实例二	51
3.2 实训 2: 螺纹加工	54
实例一	54
实例二	63
3.3 实训 3: 内圆加工	65
3.4 实训 4: 综合训练	69
练习题	74

第二篇 数控铣床操作与加工

第 4 章 数控铣床简介	80
4.1 数控铣床的机械结构	80
4.1.1 数控铣床的分类	80
4.1.2 数控铣床的结构	81
4.1.3 数控铣床的使用要求	82
4.1.4 数控铣床的发展趋势	82
4.1.5 数控铣床的主要技术参数	82
4.2 主轴部件的端部结构与刀柄	83
4.2.1 数控铣床的主传动系统	83
4.2.2 主轴部件	84
4.2.3 主轴端部的结构形状	84
4.2.4 刀柄	85
4.3 进给系统的机械传动结构及元件	88
4.3.1 进给传动系统	88
4.3.2 进给系统的主要机械传动部件	88
第 5 章 数控铣削加工的编程与操作	91
5.1 FANUC 0M 系统功能简介	91
5.2 SIEMENS SINUMERIK 802D 数控系统性能简介	91
5.3 华中世纪星 HNC-21M 数控系统功能简介	92
5.4 常用编程指令	93
5.4.1 FANUC 0M 数控系统编程指令	93
5.4.2 SIEMENS SINUMERIK 802D 数控系统编程指令	96
5.4.3 华中世纪星 HNC-21M 数控系统编程指令	98
5.5 固定循环与子程序	100
5.5.1 FANUC 0M 数控系统	100
5.5.2 SIEMENS SINUMERIK 802D 数控系统	103
5.5.3 华中世纪星 HNC-21M 数控系统	105
5.6 刀具测量与补偿	105

5.6.1 刀具测量	105
5.6.2 刀具半径补偿	106
5.6.3 刀具长度补偿	107
5.7 自动编程简介	107
第 6 章 数控铣削加工实训	109
6.1 实训 1: 平面加工	109
6.2 实训 2: 轮廓和孔加工	118
6.3 实训 3: 外廓和孔加工	131
6.4 实训 4: 型腔加工	137
练习题	146

第三篇 特种加工

第 7 章 数控线切割加工	155
7.1 数控线切割机床及其组成	155
7.1.1 数控线切割机床概述	155
7.1.2 数控线切割机床的组成	156
7.2 DK7725 数控线切割机床操作与调整	157
7.2.1 线切割机床控制机操作面板	157
7.2.2 线切割机床的操作面板	159
7.2.3 脉冲电源的操作面板	160
7.2.4 线切割机床的控制功能	161
7.2.5 切割丝的安装与调整	164
7.2.6 DK7725 线切割机床的编程	165
7.3 加工中的问题与对策	169
7.3.1 断丝的原因及解决的办法	169
7.3.2 提高加工质量的途径	171
7.4 加工操作实例	173
7.4.1 冲裁模具的凸模加工	173
7.4.2 凹模加工	175
7.5 快、慢走丝线切割机床的性能比较	177
第 8 章 电火花成形加工机床	179
8.1 电火花成形加工机床组成及功能	179
8.1.1 电火花成形加工机床组成	179
8.1.2 电火花成形加工机床的典型部件介绍	181
8.1.3 电火花成形加工机床的特点	183
8.1.4 典型电火花成形加工机床技术规格	184
8.2 电火花成形加工机床操作	184
8.2.1 电火花成形加工机床的操作界面	184

8.2.2 电火花加工程序的编制指令介绍	188
8.2.3 加工举例	191
练习题	195
参考文献	197

概 论

一、数控机床及其适用范围

数控技术是一种用以对机床、设备和生产过程进行自动控制的新兴技术，它随着微电子技术的发展而迅速普及于制造业。数控机床是数控技术在制造业应用的直观表现，控制数控机床依靠是数控系统。在工作中，数控系统按照预定加工程序对机床主轴、坐标轴的运动、位置以及加工过程中的各种辅助动作进行协调控制，使其成为高效自动化的机床。

数控加工是指在数控机床上根据设定的程序对零件进行切削加工的过程，这种控制零件加工过程的程序称之为数控加工程序。数控程序由一系列的标准指令代码组成，每一指令对应于工艺系统的一种动作状态，数控程序的编制称之为数控编程。数控编程是数控加工的关键环节，其实质是用数控系统能识别的数控程序表达零件的加工工艺。

1. 数控机床的分类

根据工艺过程的不同，数控机床可以分为：数控车床、数控铣床、数控磨床、特种加工机床等。

根据机床可以实现的工艺范围的不同，数控机床可以分为：普通数控机床、数控加工中心和复合型数控加工中心等。

根据机床使用数控系统的性能的不同，数控机床可以分为：二轴、三轴和多轴联动数控机床。

2. 数控机床的优势

数控机床使用程序自动控制，其工作过程具有如下优势：

① 可以加工复杂型面的工件：刀具的运动轨迹由加工程序控制，因此只要能够编制出正确的程序，任何复杂的型面均可以加工。

② 加工精度高，尺寸一致性好：数控加工过程消除了人为因素对加工过程的影响，工件的加工精度完全由机床保证，高精度的机床可以加工出高精度的零件，且质量稳定。

③ 生产效率高：数控技术的准确性可以使加工过程的主轴转速、进给速度和快速定位速度均以高速实现，提高了生产效率；其辅助动作的自动、精确完成，加工过程的不间断连续进行，减少了大量的辅助时间。

④ 经济效益明显：虽然数控机床的一次投资及日常维护费用比普通机床高，但数控机床的生产效率高、加工质量稳定及成品率高，可以减少加工中使用的工具和量具，缩短生产周期，减少在制品的数量，因此具有明显的经济效益。

⑤ 可以减轻工人的劳动强度，实现一人多机操作：数控机床加工出第一个合格的零件后，操作工人一般只需要进行工件的装夹和起动机床加工过程，因此工人的劳动强度比操作普通机床大大降低。现在，数控机床的可靠性和各种保护功能完备，并且控制系统具有多种诊断

和自动停机功能, 当一个工件的加工时间大于其装夹时间时, 可以实现一人多机操作。

⑥ 可以精确地计算成本和安排生产进度: 在数控机床上加工零件所需的时间是可以预计的, 并且每一件是不变的。因此时间进度和各种费用能够精确计算, 有利于精确编制生产进度表, 均衡生产过程。

3. 数控机床的适用范围

根据数控机床的优势可以看出, 最适合数控机床加工的零件是:

- ① 批量小而又多次生产的零件;
- ② 几何形状复杂的零件;
- ③ 在加工过程中必须进行多种工步加工的零件;
- ④ 必须严格控制公差的零件;
- ⑤ 加工过程中如果发生错误将会造成浪费严重的贵重零件;
- ⑥ 需要全部检验的零件;
- ⑦ 工艺设计可能会变化的零件。

二、机床刀具

机床刀具是直接完成切削工作的, 切削过程是否能够顺利进行取决于构成刀具切削部分的材料、切削部分合理的几何形状和结构。在切削的过程中, 刀具切削部分由于受到力、热和摩擦而会产生磨损, 所以好的刀具不仅要锋利, 而且要经久耐用, 不容易磨损及变钝。随着技术的进步, 新的刀具材料不断研究出来, 有力地推动着切削加工工艺和设备的变革, 使设备的生产效率不断提高。数控机床的普遍使用和迅速发展, 对刀具的材料性能和刀具的结构提出了新的要求:

- ① 刚性好 (尤其是粗加工刀具), 精度高, 抗振及热变形小。
- ② 良好的互换性, 便于快速换刀, 降低辅助时间, 提高加工效率。
- ③ 切削性能稳定、可靠, 寿命高, 耐热冲击强。
- ④ 刀具的尺寸、结构便于调整, 以减少换刀调整时间。
- ⑤ 刀具应能可靠地断屑或卷屑, 以利于切屑的排除。
- ⑥ 系列化、标准化、模块化, 以利于减少刀具数量, 提高刀具利用率, 便于编程和对刀具的管理。

目前在数控机床上使用非常普及的机床刀具有两种, 分别是整体式刀具和机夹式刀具。

● 整体式刀具: 是指刀具切削部分和夹持部分 (也叫刀体) 为固定一体式结构的刀具。按照刀体与切削部分材料是否相同分为焊接式刀具和整体材料式刀具。

① 焊接式刀具是指把刀片与刀体采用气焊的方法焊接成一体, 常用的焊接式刀具一般是采用硬质合金刀片焊接到刀具夹持体上的。

② 整体材料式刀具为夹持部分与刀具切削部分为同一种材料制造, 如常用的整体高速钢立铣刀、整体硬质合金钻头刀具。整体材料式刀具的特点是: 刀具强度、刚性好; 几何尺寸准确; 初始精度高; 制造工艺简单; 整体材料式刀具在高温下热应力均匀; 刀具磨损后可以重新修磨; 但缺点是磨损后重新刃磨需要测量预调; 不易实现快换; 刀片材料浪费大等。

所以整体材料式刀具结构通常应用于钻头、丝锥、铰刀、尺寸较小的铣刀、用于精加工的数控刀具和一些特殊结构形式的刀具。目前数控刀具中整体式刀具所占比例正逐步减少,被机夹式刀具所取代。

● 机夹式刀具:是指把刀片放在刀体上的定位形式从整体式刀具的固定一体式变为机械夹紧式。机夹式刀具按照刀片能否转位分为机夹不转位刀具和机夹可转位刀具。

① 机夹不转位刀具的刀片不能转位,刀片一般只有一个参与切削的刀刃,刀片磨损后必须将刀片卸下重磨或者更换新刀片。

② 机夹可转位刀具采用装备有两个或者两个以上切削刃的刀片,刀片成为独立的功能元件,其切削性能得到了扩展和提高;机械夹紧式避免了焊接工艺的影响和限制,虽然其强度和刚性有所降低,但更便于根据加工对象选择不同的刀片。由于可转位刀具切削效率高,更换刀片的辅助时间短,而且刀片的一致性较好,更换前后刀尖位置变化不大,所以转位刀具提高了工效。可转位刀具的刀体可重复使用,节约了钢材和制造费用。目前,机夹可转位刀具技术已经非常成熟,应用也广为普及,基本能够满足各种加工工艺要求,适应对各种金属或非金属材料的加工需要,成为了数控加工刀具的中坚力量。

1. 切削运动和刀具几何参数

用切削刀具从工件上切除多余金属材料的加工方法,称为金属切削加工。目前,金属零件的成形方法很多,如:精密锻压、精密铸造等,但绝大部分机械零件,尤其是精度和表面质量要求较高者,仍需通过机械加工获得。

(1) 切削时的运动

从零件毛坯上切除多余的金属,使零件成形,在刀具和工件之间必须有一定的相对运动,即切削运动。切削运动包括主运动和进给运动两部分。通常主运动有一个,而进给运动有一个或多个。

① 主运动

主运动是切除金属毛坯上多余金属的基本运动,也是速度最高、消耗功率最大的运动。车削时的主运动是工件的旋转,如图1所示。主运动可以是旋转运动,也可以是直线移动。

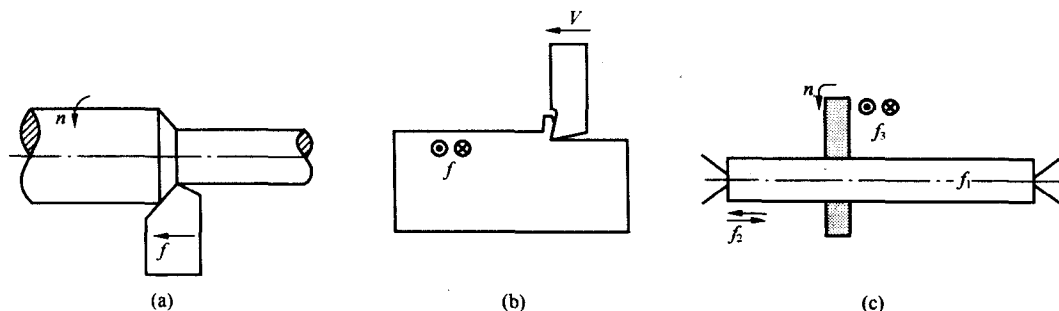


图1 切削加工时的运动

② 进给运动

进给运动是用以维持切削加工的连续进行,以得到所需几何表面的运动。车削时的进给运动是车刀沿工件轴线方向的直线移动。磨削时的进给运动包括工件的旋转 f_1 、工件的纵向移动 f_2 和砂轮的径向进给 f_3 。

(2) 切削用量的三要素

切削速度 (v)、进给量 (f) 和切削深度 (a_p) 三者称为切削用量的三要素。由这三要素构成的切削用量，不仅是调整机床的基本参量，又可以用来对切削运动的快慢和进给的生产效率进行定量的描述，而且对加工过程的切削机理有重大影响。下面以车削加工为例介绍。

① 切削速度 (v)

切削速度是指刀具的主切削刃处主运动的线速度，可按下式计算：

$$v = \pi d_w n / 1000 \quad \text{m/min}$$

式中： d_w ：待加工表面的直径 (mm)

n ：工件的转速 (rpm)

如为钻削、铣削， d_w 用刀具的直径代替， n 则为刀具的转速。在计算切削速度时各点不同，通常以最大速度为准，如图 2 所示。

② 进给量 (f)

当工件或刀具每转一转时，两者沿进给方向的相对位移称为进给量，常用单位为 mm/r。如果刀具为多刃刀具（如铣刀等），也用每齿进给量表示。

③ 切削深度 (a_p)

切削深度为工件上已加工表面和待加工表面之间的垂直距离，单位为 mm。

(3) 刀具的几何角度

决定刀具性能优劣的主要因素有两个：一为刀具材料，一为刀具的几何结构。金属切削刀具的种类很多，形状各异，但它们切削部分的几何形状和参数却有本质上的共性，均可看做是由车刀切削部分演变的产物。下面以车刀为例介绍。

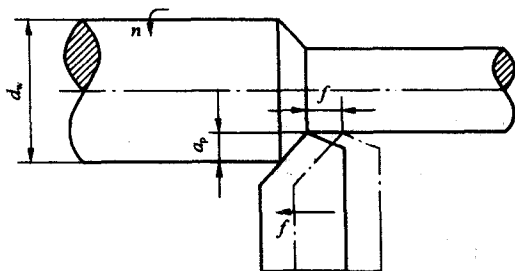
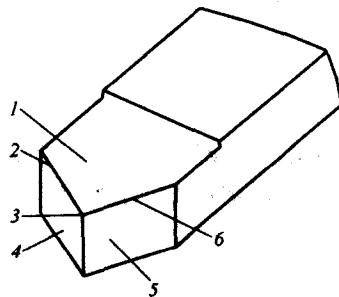


图2 车削时的切削用量



1. 前刀面；2. 副切削刃；3. 刀尖；4. 副后刀面；
5. 后刀面；6. 主切削刃

图3 车刀切削部分组成要素

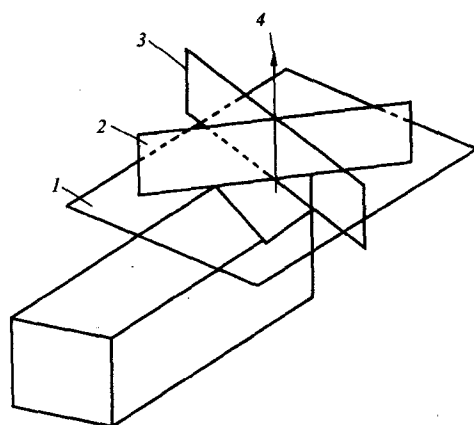
外圆车刀的切削部分由三个表面、两个切削刃和一个刀尖组成：

- 前刀面：加工中切屑流过的表面。
- 后刀面：与工件上切削表面相对，并相互作用的表面。
- 副后刀面：与工件已加工表面相对的表面。
- 主切削刃：前刀面与后刀面的交线，它完成大部分材料的切除工作，并在工件上形成切屑表面。通常主切削刃仅有一条。
- 副切削刃：前刀面与副后刀面的交线，在一些车刀上担负有次要的切削作用。在切槽刀具上有一条以上的副切削刃。

● 刀尖：主切削刃和副切削刃的连接部分。它可以是曲线、直线，也可以是主、副切削刃的直接交点。

① 刀具角度的坐标系

为定量地表示刀具切削部分的几何形状，必须把刀具放在一个确定的参考系中，用一组确定的几何参数准确地表达其表面和切削刃在空间的位置，这一参考系称之为刀具角度的坐标系。衡量刀具角度的坐标系通常有两种，一是用于对刀具制造、刃磨和测量时使用的坐标系，称为静态坐标系。另一种是刀具切削时，确定刀具角度的坐标系，称为动态坐标系。前者不受刀具工作条件变化的影响，只考虑主运动和进给运动的方向。刀具制造图纸上的角度标注由静态坐标系来确定。其最基本的一种形式如图4所示。



1. 基面；2. 切削平面；3. 主剖面；4. 主运动方向

图4 测量刀具角度的坐标平面

● 基面 (P_1)：通过切削刃上的一点，并与该点切削速度方向垂直的平面。

● 切削平面 (P_s)：通过切削刃上一点与切削刃相切，并垂直于该点基面 P_1 的平面。

● 主剖面 (P_o)：通过切削刃上的一点，并同时与该点的基面 P_1 和切削平面 P_s 相垂直的平面。

② 车刀的主要几何角度

在静态坐标系中描述刀具的几何参数较多，与切削加工过程比较密切的有以下几个（如图5所示）：

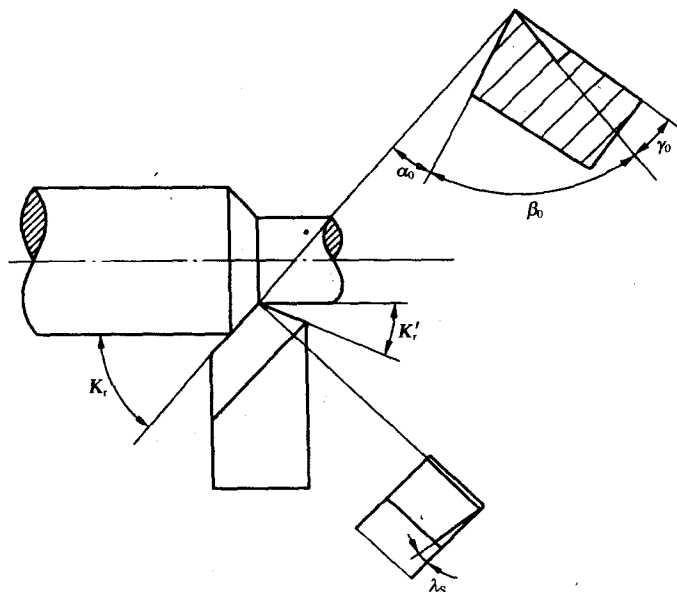


图5 刀具的几何角度

◆ 前角 (γ_0): 前刀面和基面之间的夹角。前角取的大刀具比较锋利, 可以减少阻力和功率消耗。如果前角过大可使刀头部分的强度下降, 刀头的导热面积和容热体积减小, 刀具的磨损加剧和寿命降低。

前角的选取主要取决于刀具材料和工件材料:

- 对于硬度高、韧性差的刀具材料 (如硬质合金), 其前角应取的小一些, 甚至为负值; 而硬度相对低一些、韧性相对高一些的刀具材料 (如高速钢), 其值可以大一些。

- 工件材料的强度、硬度低, 可以取较大的前角; 工件材料强度、硬度高可以取较小的前角。

- 数控机床、自动机床用刀具, 应考虑刀具的尺寸耐用度和工作的稳定性, 宜选用较小的前角。

- 工艺系统刚性差和机床功率不足时, 应选用较大的前角。

◆ 后角 (α_0): 切削平面与后刀面之间的夹角。后刀面的作用为减少后刀面和工件之间的摩擦, 后角必须取正值。后角越大, 摩擦越小, 而且切削刃更为锋利。但是, 后角过大, 同样可使刀头部分的强度下降, 导热面积和容热体积减小, 加剧磨损和降低寿命。

后角的选取主要取决于加工性质和工件材料:

- 粗加工、强力切削时为使切削刃有尽可能高的强度, 后角取较小值; 精加工时为了减少摩擦, 获得较好的表面质量, 后角应取较大的值。

- 加工硬度高、强度高的材料和脆性材料时, 为保证切削刃的强度, 后角取小值; 加工较软、塑性较大或容易产生加工硬化的材料时, 为减小后刀面摩擦对加工表面质量和刀具磨损的影响, 后角取较大值。

◆ 楔角 (β_0): 前刀面和后刀面之间的夹角, 它不是一个独立的角度, 它的大小可直接反映刀头部分的强度, 它与前角、后角的关系为:

$$\gamma_0 + \beta_0 + \alpha_0 = 90^\circ$$

◆ 主偏角 (κ_r): 主切削刃在基面上的投影与进给方向之间的夹角。它的大小影响加工表面的粗糙度; 主切削刃在切向、径向和轴向之间的受力分配以及刀头的强度和散热状况。

主偏角 (κ_r) 的选择原则是:

- 粗加工时主偏角取较大值, 精加工时取较小值。

- 加工细长的工件时, 为减少变形, 主偏角应取较大值。

- 加工高硬度材料时, 为了提高刀头强度和改善导热和容热条件, 主偏角取较小值。

此外, 在确定主偏角的大小时, 还要考虑工件表面的结构形状。例如: 车削带有与周旋垂直的端面的阶梯轴时, 则需用主偏角为 90° 的偏刀。

◆ 副偏角 (κ'_r): 副切削刃和进给方向在基面上的投影的角度。

◆ 刃倾角 (λ_s): 主切削刃和基面之间的夹角, 它的作用是控制切屑留出的方向。刃倾角影响刀尖的强度和切削刃的锋利性。在断续切削和冲击力较大的条件下切削时, 采用负的刃倾角可以保护刀尖, 提高刀头的强度。

2. 常用刀具材料

(1) 高速钢

高速钢是一种含有 Cr (铬)、W (钨)、Mo (钼) 和 V (钒) 等金属元素的合金钢。在