



全国现代制造技术应用
软件课程远程培训教材

数控工艺培训教程 (数控车部分)

宋放之 等编著
杨伟群 主 审

数控工艺培训教程
(数控车部分)

TG659/120

版社



清华大学出版社

全国现代制造技术应用软件课程远程培训教材

数控工艺培训教程 (数控车部分)

宋放之 等 编著

杨伟群 主审

清华大学出版社

北 京

本书配有光盘，需要的读者请到多媒体阅览室（新馆 301 室）联系。

内 容 简 介

本书是全国现代制造技术应用软件远程培训课程系列培训教材之一，是一本专门讲解数控车削工艺、编程和操作的教材。全书共有五个章节，分为三大部分：数控车床的结构与性能、数控车削的工艺知识，以及数控车床的编程技术。书中介绍了许多实际操作的经验，其中的例题、作业、加工数据和图表都是典型的数控车削实例，并经过实践检验，可用于实际操作教学。本书以具有我国自主知识产权的北航海尔 CAXA 数控车 2000 为软件工具，介绍了自动编程的技术。本书的目的就是要基于现代信息技术和传统制造工艺，培养具有现代先进制造技能的复合型技能人才。

本书不仅可以用作技校、中高等职业技术学院、大专院校工程训练用的学生教材，而且还可以当作从事数控车削工艺的工程技术人员、操作工人的参考书。随书附赠 CAXA 数控车 2000 学习版软件和 VNUCL.0 数控机床仿真软件(演示版)，以供读者自学。

版权所有，翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签，无标签者不得销售。

出 版 者：清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机：010-62770175

地 址：北京清华大学学研大厦

邮 编：100084

客户服务：010-62776969

责任编辑：郑寅莹

封面设计：项尧

印 装 者：清华大学印刷厂

发 行 者：新华书店总店北京发行所

开 本：787×1092 1/16 印张：13.75 字数：341 千字

版 次：2003 年 8 月第 1 版 2004 年 1 月第 2 次印刷

书 号：ISBN 7-89494-133-6

印 数：5001 ~ 7500

定 价：29.00 元（附光盘 1 张）

全国现代制造技术远程培训 工作委员会

主任委员	陈李翔	雷毅			
委员	张永麟	陈言秋	孙冰	王鹏	谢小星
	鲁君尚	尚玉山			
专家组专家	梁训瑄	陈贤杰	杨海成	雷毅	吴生富
	韩永生	赵伯雄	孙林夫	廖文和	陈吉红
本书作者	宋放之	张超英	黄旭东	李国华	钱逸秋

序

我国是制造业大国。在新一轮国际产业结构变革中，我国正逐步成为全球制造业的重要基地之一。“以信息化带动工业化，发挥后发优势，推动社会生产力的跨越式发展”是国家发展战略；应用高新技术，特别是信息技术改造传统产业、促进产业结构优化升级，将成为今后一段时间制造业发展的主题之一。

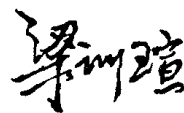
我国 CAD/CAM 等现代制造技术的研发与应用起步晚、基础差。“九五”期间科技部会同国家经贸委等部门实施“CAD 应用工程”和“863 计划 CIMS 应用示范工程”，成功地实现了“甩图板”，并在部分企业进行了 CAD/CIMS 应用试点与示范，现代制造技术的开发和应用有了良好的起步和发展。“十五”期间国家投入 8 亿元实施制造业信息化工程，我国制造业发展开始进入了一个更好更快的新阶段。

“CAD 应用工程”的一条基本经验就是“培训先行”；“制造信息化工程”四大目标之一就是培养一批应用人才，推进和打造一支掌握现代制造技术的人才队伍；同时在我国加入 WTO 的新形势下，面对激烈的国际竞争，培养和造就大批掌握现代制造技术的应用人才，更为重要、紧迫。

在劳动和社会保障部、科技部、教育部等有关方面大力支持下，由劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心与北航海尔软件有限公司(CAXA)在“CAXA 大学”培训体系基础上共同组织、由北京斐克科技有限公司承办实施的“CETTIC 全国现代制造技术应用软件课程远程培训”项目，就是在新形势下针对我国制造业实际应用需求，使用自主知识产权的国产 CAD/CAM 软件，配合制造业信息化工程，通过政府指导、产学研结合、市场化运作等各方面努力，加速现代制造技术的技能培训。

本着上述宗旨，这次编写的这套数控工艺培训教材将包括：数控铣(加工中心)编程培训教程；三维实体设计培训教程；数控车编程培训教程；注塑模具设计培训教程；线切割编程培训教程。这套教材是针对制造业第一线的技术工人适应信息技术技能要求而进行培训所用，势必对今后制造业信息化发展打下扎实而广泛的基础。但由于时间急促，难免有遗漏之处，我们会努力在今后实践中不断充实提高。

我们相信，在社会各界的关心、支持和参与下，“CETTIC 全国现代制造技术应用软件课程远程培训”教材的问世及其相应培训工作的开展，一定能够为我国制造业信息化工程和制造业的大发展做出积极的贡献！



2002 年 8 月 8 日

前 言

中国加入世界贸易组织后将逐步成为制造业大国,应用高新技术,特别是信息技术改造传统产业、促进产业结构优化升级,将成为今后一段时间制造业发展的主题之一。为了实施制造业信息化,提高“中国制造”的竞争力,缓解经济快速发展带来的高技能人才的缺乏,就要大力地推进教育的发展,利用一批具有自主知识产权的制造业信息化产品,着力培养和造就一大批既有理论水平又有操作技能的复合型人才。打造一支既掌握现代信息技术又精通传统制造工艺的高素质专业技能人才队伍。

本书是数控工艺培训课程数控车工种的指定教材,是按全国“现代制造技术应用软件课程远程培训”工作委员会审定的教材编写大纲组织编写的,并由劳动和社会保障部培训就业司组织评审认定。书中系统地介绍了数控车床的结构和性能,数控车削的工艺知识,手工编程方法和自动编程技术。尤其具有特点的是本书编入了很多实际例题,读者可以按照例题所给出的工艺路线,工艺参数、装夹方案、刀具类型和规格,输入例题中的程序,就能够加工出相应的零件。对学生全面了解和掌握数控车削加工的工艺理论和操作技能有极大的帮助。所以这本书不仅可以用作技校、中高等职业技术学院、大专院校工程训练用的学生教材,而且还可以当作从事数控车削工艺的工程技术人员、操作工人的参考书。

本书共有5章,第1章介绍数控车床的结构、性能和刀具。第2章介绍数控车削的工艺基础知识,包括车削方法、定位和车削夹具等。第3章重点讲解数控车削的手工编程方法。第4章是数控车削实例。第5章重点介绍利用CAXA制造工程师数控车软件工具进行自动编程的技术。书中每个章节都有实例以及练习和思考题,旨在有利于使学生掌握数控车削技术。

本书由北京航空航天大学机械学院的宋放之老师主编,其中第1章和第4章由北京工业大学机电学院的黄旭东老师编写。第2章的主要内容天津中德职业技术学院的李国华老师和钱逸秋老师编写,部分内容由北京工业大学的黄旭东老师编写。第3章和第5章由北方工业大学机电中心的张超英老师编写。全书由宋放之负责统稿和定稿,由北京航空航天大学工程训练中心的杨伟群老师担任本书主审。

在本书的编写过程中得到了劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心,北京北航海尔软件有限公司,北京市斐克科技有限责任公司,北京联高软件开发有限公司的大力支持和帮助,得到了北京航空航天大学的孙冰老师,陈言秋老师和尚玉山老师的宝贵意见和指点。在此一并致谢。

本书经北航海尔软件公司授权,附赠CAXA数控车2000学习版软件,经北京市斐克科技有限责任公司和北京联高软件开发有限公司联合授权,附赠VNUC1.1数控机床仿真软件(演示版),以便学员自学。

由于编者的水平和经验有限,加之时间仓促,书中难免有欠妥和错误之处,恳请读者指正。如需了解和教材学习配套的相关内容请上 www.cmmtt.com 网站查询。

编 者

2003年6月

目 录

第1章 数控车床基础知识	1
1.1 车削原理概述	1
1.1.1 车削加工原理	1
1.1.2 数控车削概述	9
1.2 数控车床和数控车削加工	12
1.2.1 数控车床的组成	12
1.2.2 数控车床的分类和主要技术参数	13
1.2.3 数控车床的控制系统	16
1.2.4 数控系统的主要功能	19
1.2.5 数控车床的主要机械结构	20
1.3 练习与思考题	35
第2章 数控车床的加工工艺	37
2.1 车削加工的工艺原则和划分方法	37
2.1.1 工序划分的原则	37
2.1.2 常见的几种数控加工工序划分的方法	38
2.1.3 加工顺序安排原则	39
2.2 车削加工的工艺特点	39
2.3 数控车削加工工艺与常规工艺相结合	42
2.4 数控加工工艺文件	43
2.5 数控车削加工零件的类型	44
2.5.1 轴套类零件	44
2.5.2 轮盘类零件	44
2.5.3 其他类零件	44
2.6 数控车床的加工范围	45
2.6.1 有效车削直径	45
2.6.2 有效切削长度	48
2.7 数控车削的加工特点	48
2.8 零件轮廓的几何要素分析	49
2.8.1 直线	49
2.8.2 圆弧	49
2.8.3 曲线	50
2.8.4 螺纹	50
2.9 零件结构的工艺性分析及工序安排	53
2.9.1 零件的配合表面和非配合表面	53
2.9.2 悬伸结构	53

2.9.3	空间狭小类结构	54
2.9.4	台阶式曲线深孔结构	56
2.9.5	薄壁结构	56
2.10	零件基准和加工定位基准的选择	57
2.10.1	基准	57
2.10.2	定位基准的选择	58
2.11	工艺装备及夹具的设计和选择	59
2.11.1	车床工装夹具的概念	59
2.11.2	圆周定位夹具	59
2.11.3	中心孔定位夹具	61
2.11.4	其他车削工装夹具	63
2.12	刀具的选择和走刀路线的确定	64
2.12.1	刀具的选择	64
2.12.2	确定切削用量	68
2.12.3	确定走刀路线	69
2.13	对刀的常用方法	73
2.13.1	试切法	74
2.13.2	机内对刀	75
2.13.3	机外对刀仪对刀	75
2.14	典型零件数控车削工艺分析	76
2.15	练习与思考题	81
第3章	数控车削加工的编程基础	84
3.1	数控编程概述	84
3.1.1	数控编程的内容与方法	84
3.1.2	数控编程的种类	85
3.1.3	程序结构与格式	85
3.1.4	数控车床的编程特点	88
3.1.5	典型的数控系统与指令代码	88
3.2	常用指令的编程要点	94
3.2.1	数控机床的坐标系统及其编程指令	94
3.2.2	尺寸系统的编程方法	96
3.2.3	刀具功能 T、进给功能 F 和主轴转速功能 S	97
3.2.4	常用的辅助功能	99
3.2.5	运动路径控制指令的编程方法	100
3.3	刀具补偿指令及其编程	106
3.4	固定循环与子程序	110
3.4.1	车削固定循环	110
3.4.2	车削固定循环编程实例	114
3.4.3	子程序	118
3.5	综合实例	120

3.6 练习与思考题	124
第4章 数控车削举例	128
4.1 轴类零件的数控车削加工	128
4.2 盘类零件的数控车削加工	134
4.3 复杂零件的数控车削加工	139
4.4 练习与思考题	142
第5章 数控车自动编程	145
5.1 自动编程软件概述	145
5.1.1 常用的自动编程软件简介	145
5.1.2 CAXA 数控车 2000 自动编程软件	148
5.2 CAXA 数控车 2000 的 CAD 功能	153
5.2.1 基本图形的构建	153
5.2.2 曲线的编辑	159
5.2.3 几何绘图(建模)实例	159
5.3 CAXA 数控车 2000 的 CAM 功能	162
5.3.1 数控车 CAM 功能概述	162
5.3.2 机床设置与后置处理	164
5.3.3 刀具的管理功能	168
5.3.4 轮廓粗车功能	170
5.3.5 轮廓精车功能	178
5.3.6 切槽功能	179
5.3.7 螺纹加工功能	182
5.3.8 钻孔加工功能	185
5.3.9 代码生成	185
5.4 典型零件车削的自动编程实例	187
5.4.1 车削自动编程综合实例 1——轮廓加工	187
5.4.2 车削自动编程综合实例 2——镗孔加工	197
5.4.3 车削自动编程综合实例 3——换刀处理	201
5.5 练习与思考题	205
参考文献	207
附录 光盘内容及使用说明	209

第 1 章 数控车床基础知识

1.1 车削原理概述

1.1.1 车削加工原理

金属切削加工的目的,就是使用各种类型的金属切削刀具,把各种金属原材料(称为工件毛坯)上多余的金属材料(称为加工余量)从工件毛坯上剥离,得到图纸所要求的零件。

大致可以分为三类:

1. 切削过程中工件与刀具的运动

- (1) 工件毛坯进行回转运动,切削刀具进行平动。主要为车削和镗削等。
- (2) 切削刀具进行回转运动,工件毛坯进行平动。主要为铣削、磨削、钻削等。
- (3) 切削刀具和工件毛坯做相对运动(平动或转动)。主要为拉削、刨削等。

图 1-1 所示为车床的加工要素。

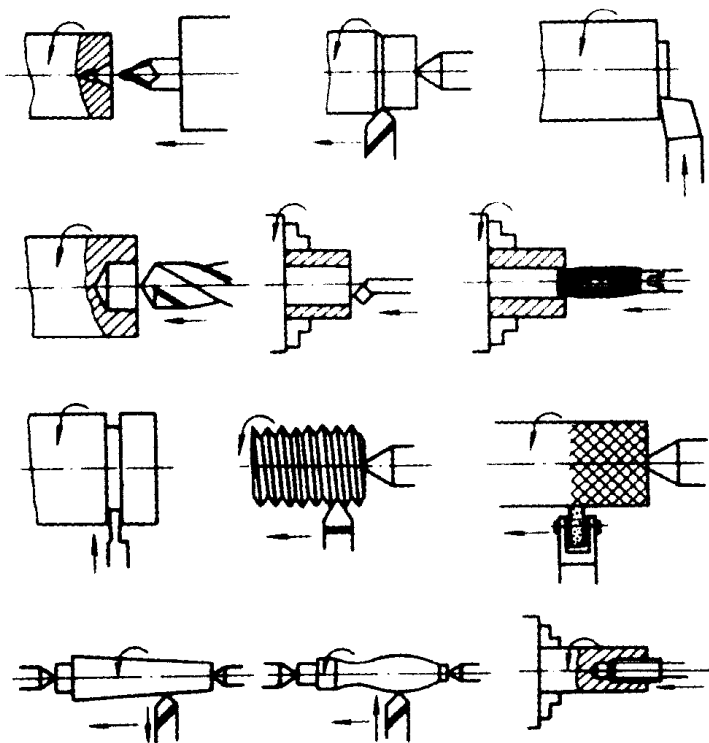


图 1-1 车床的加工要素

在车床(这里指的是普通车床和一般的数控车床)上,可以进行工件的外表面、端面、

内表面(内孔)以及内外螺纹的加工。对于高等级的数控车床(称为车削中心),除了上述各种加工以外,还可以进行铣削、钻削等加工。从以上介绍的对加工工艺过程的介绍中,我们可以知道:在切削过程中,刀具和工件之间必须有相对运动,这种相对运动就称为切削运动。根据切削运动在切削加工中的作用不同分为主运动和进给运动。各种机床的主运动和进给运动见表 1-1。

表 1-1 各种机床的主运动和进给运动

机床类型	主运动	进给运动
(数控)车床	主轴(工件)	刀架
(数控)铣床	主轴(刀具)	工作台
(数控)磨床	主轴(砂轮)	工作台(或砂轮轴,视磨床种类而定)
(数控)镗床	主轴(刀具)	工作台

● 主运动

主运动是指机床提供的主要运动。主运动使刀具和工件之间产生相对运动,从而使刀具的前刀面接近工件并对加工余量进行剥离。在车床上,主运动是机床主轴的回转运动,即车削加工时工件的旋转运动。这一点,对于普通车床和数控车床都是一样的。

● 进给运动

进给运动是指由机床所提供的使刀具与工件之间产生的附加相对运动。进给运动与主运动相配合,就可以形成完整的切削加工。在普通车床上,进给运动是机床刀架(溜板)的直线移动。它可以是纵向的移动(沿机床主轴方向),也可以是横向的移动(与机床主轴方向相垂直),但只能是一个方向的移动(图 1-2)。比如车削外圆时,车刀沿平行于工件轴线(也就是主轴轴线的方向)做纵向运动;而车削端面时,车刀就要沿垂直与机床主轴的方向做横向移动。在数控车床上,虽然进给运动的形式可能有所不同,但基本原理是一致的。与普通车床不同的是:数控车床可以同时两个方向的进给,从而加工出各种具有复杂母线的回转体工件。

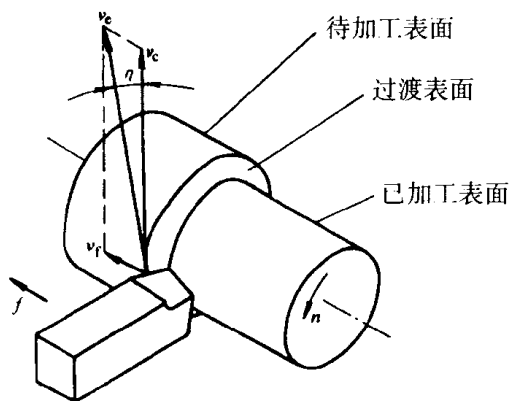


图 1-2 车削原理图

从以上的分析中,我们可以知道:在车削加工中,主运动要消耗比较大的能量,才能完成切削。与之相比,进给运动所要消耗的能量要小一些。在普通车床中,主运动和进给运动的动力都来源于同一台电机,通过一系列的机械传动,把能量分配给主运动和进给运动,进而实现车削加工。在数控车床中,主运动和进给运动是由不同的电机来驱动的,分别称为主轴电机和坐标轴伺服电机。它们由机床的控制系统进行控制,完成加工任务。

2. 切削用量

切削用量是说明机床在进行切削加工时的状态参数。不同类型的机床对切削用量参数

的表述也略有不同,但其基本的含义都是一致的,如图1-3所示。

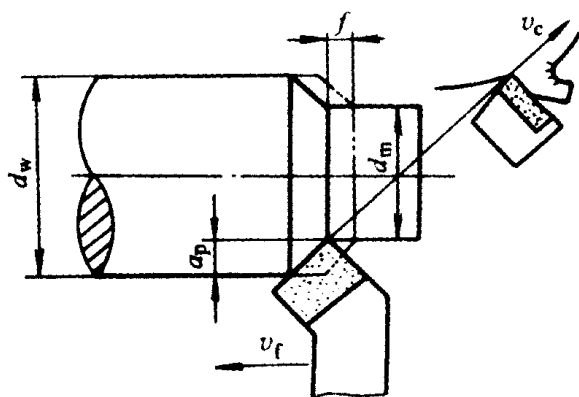


图1-3 车削加工切削用量的示意图

(1) 切削速度(V_c) 切削刃上的切削点相对于工件主运动的瞬时速度称为切削速度。切削速度的单位为(m/min)米/分。在各种金属切削机床中,大多数切削加工的主运动都是机床主轴的运动形成的,即都是回转运动。这样就需要在切削速度与机床主轴转速之间进行转换,两者的关系为:

$$V_c = \frac{\pi dn}{1000}$$

式中: V_c 切削速度(m/min)

d 工件直径(mm)

n 主轴转速(r/min)

(2) 进给量(f) 对于不同种类的机床,进给量的单位是不同的。对于普通车床,进给量为工件(主轴)每转过一转,刀具沿进给方向与工件的相对移动量,单位为 mm/r; 对于数控车床,由于其控制原理与普通车床不同,进给量也可以用进给速度 V_f (单位为 mm/min)来表达,即:刀具在单位时间内沿着进给方向上相对于工件的位移量。其他类型的机床则根据其结构不同,进给量的单位分别为刀具或工件每转的位移量(mm/r,使用多齿刀具的机床)或每行程的位移量(mm/行程,刨床等机床)。在车削加工时,进给速度 V_f 是指切削刃上选定点相对于工件进给运动的瞬时速度。它与进给量之间的关系为:

$$V_f = n \cdot f$$

(3) 切深(a_p) 已加工表面和待加工表面之间的垂直距离。对于车床而言,切深(a_p)的计算公式为:

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2}$$

式中: a_p 切深(mm)

d_w 待加工表面直径(mm)

d_m 已加工表面直径(mm)

在切削加工中,切削速度(V_c)、进给量(f)和切深(a_p)这三个参数是相互关联的。在粗加工中,为了提高效率,一般采用较大的切深(a_p)。此时切削速度(V_c)和进给量(f)相对较小;而在半精加工和精加工阶段,一般采用较大的切削速度(V_c)、较小的进给量(f)和切深(a_p),以获得较好的加工质量(包括表面粗糙度、尺寸精度和形状精度)。

3. 切削刀具(车刀)

切削加工离不开刀具。刀具是整个机械加工工艺系统中的一个重要环节。在各种刀具中,车刀的结构相对比较简单,具有代表性,下面以车刀为例予以介绍。图1-4为普通外圆车刀的示意图。车刀由夹持部分和切削部分组成。夹持部分称为刀柄,用来把刀具装夹在车床的刀架上,一般采用普通钢材料锻造而得;切削部分俗称为刀头,在车刀上一般为单个刀片。刀片材料一般有高速钢(俗称白钢刀条)和硬质合金两种,用于剥离金属材料。根据刀具切削部分与夹持部分(即刀片与刀柄)连接方式的不同,车刀可以分为焊接刀具和机夹刀具两大类。

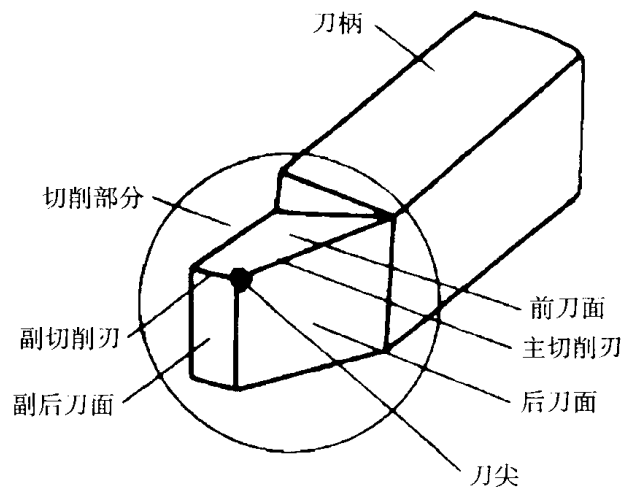


图1-4 车刀示意图

车刀切削部分的主要构成为:

- (1) 前刀面(A_γ) 切削加工而得的切屑经过的刀片表面
- (2) 后刀面(A_α) 刀具片上与过渡表面相对的表面
- (3) 副后刀面(A'_α) 刀具片上与已加工表面相对的表面
- (4) 主切削刃(S) 前刀面与后刀面相交而得到的切削刃。用于切出工件上的过渡表面,完成主要的金属切除。主切削刃是主要的加工刃
- (5) 副切削刃(S') 前刀面与副后刀面相交而得到的切削刃。它的主要作用是配合主切削刃,完成金属材料的剥离工作,形成工件已加工表面
- (6) 刀尖 指主切削刃与副切削刃的连接处。根据刀具所使用的场合不同,刀尖有倒角刀尖和倒圆刀尖两种。

从以上的分析中,我们可以了解到:车刀的各个组成部分之间都有着密切的联系。在十几至几十平方毫米的区域内,若干个部分形成了一些角度,这些角度对加工质量和刀具的使用寿命有极大的影响。对刀具进行角度的分析,是刀具设计者和使用者的重要工作内容。

4. 刀具切削部分(刀片)的几何角度

对刀具几何参数进行确定,需要以一定的参考坐标系和参考坐标平面为基准。我们依

然以车刀为例。我们引入一个坐标系，作为刀具几何参数的测量基准，这个坐标系就是如图1-5所示的刀具角度坐标系。在这个坐标系中，有三个相互垂直的坐标轴。坐标轴所在的平面也是相互垂直的。

(1) 基面(P_r) 这个平面是指通过切削刃上的一个选定点而垂直于主运动方向的平面。对于车刀，这个选定点就是刀尖，而基面就是过刀尖而与刀柄安装平面平行的平面。

(2) 切削平面(P_s) 这个平面是指通过切削刃上的一个选定点而垂直于基面的平面。对于一般切削刃为直线的车刀，这个平面就是包含切削刃而与刀柄安装平面垂直的平面。

(3) 正交平面(P_o) 正交平面是指通过切削刃选定点并同时垂直于基面和切削平面的平面。也就是经过刀尖并垂直于切削刃在基面上投影的平面。

刀具的角度有一些是空间角。根据立体几何知识，空间角应以其在坐标系内某一个平面内的投影来进行度量。因此，刀具所有的几何参数都可以在这个坐标系内的某一个平面内进行测量(图1-6)。

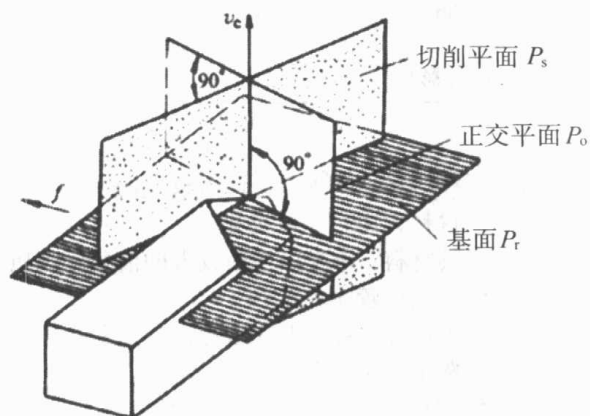


图 1-5 刀具角度坐标系

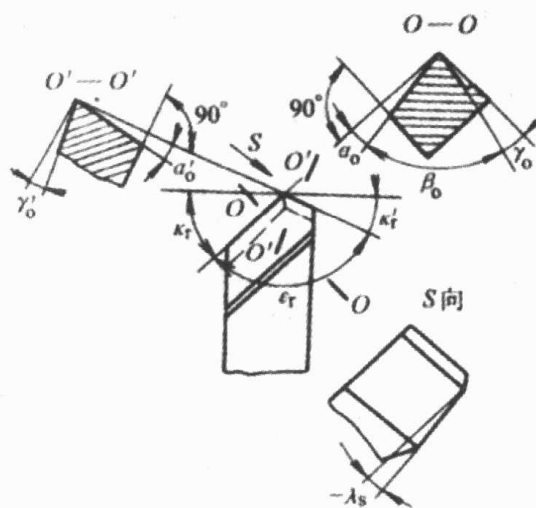


图 1-6 车刀的角度

下面介绍一些车刀的几何角度，主要的车刀角度见表1-2。

表 1-2 车刀上的几种重要角度

刀具角度	符号	说明
前角	γ_0	前刀面与基面的夹角
后角	α_0	后刀面与切削平面的夹角
主偏角	κ_r	主切削平面与假定进给运动方向之间的夹角
副偏角	κ'_r	副切削平面与假定进给运动反方向之间的夹角
刃倾角	λ_s	主切削刃与基面间的夹角

● 在正交平面(P_o)内测量的角度

(1) 前角(γ_0) 前刀面与基面的夹角。当前刀面与切削平面夹角小于 90° 时，前角为正值；大于 90° 时，前角为负值。前角对于刀具的切削性能有很大的影响。

(2) 后角(α_0) 后刀面与切削平面的夹角。当后刀面与基面夹角小于 90° 时，后角为正值；大于 90° 时，后角为负值。由于后角的存在，后刀面与加工过渡表面之间的摩擦可

以大大减小。

(3) 楔角(β_0) 前刀面与后刀面之间的夹角。

$$\beta_0 = 90^\circ - (\gamma_0 + \alpha_0)$$

● 在基面(P_r)内测量的角度

(1) 主偏角(κ_γ) 主切削平面与假定进给运动方向之间的夹角。主偏角总是为正值。

(2) 副偏角(κ'_γ) 副切削平面与假定进给运动反方向之间的夹角。

(3) 刀尖角(ε_γ) 主切削平面与副切削平面之间的夹角。

$$\varepsilon_\gamma = 180^\circ - (\kappa_\gamma + \kappa'_\gamma)$$

● 在切削平面(P_s)内测量的角度

刃倾角(λ_s):指的是主切削刃与基面间的夹角。当刀尖比车刀刀柄的安装面高时,刃倾角为正值;当刀尖低时,刃倾角为负值;当切削刃平行于刀柄安装面时,刃倾角为 0° ,这时,切削刃位于基面内。

以上是对主切削刃的分析。采用同样的方法,也可以定义副切削刃的参考坐标系和参考坐标平面,即定义由副基面(P'_r)、副切削平面(P'_s)和副正交平面(P'_o)构成的参考坐标系,进而对副切削刃的各种角度进行分析。刀具角度对加工的影响见表1-3。

表1-3 刀具主要角度对加工的影响

刀具角度	角度的作用	选用原则
前角	前角主要影响切屑变形和切削力的大小以及刀具耐用度和加工表面质量的高低 前角增大,可以使切削变形和摩擦减小,故切削力小、切削热低,加工表面质量高。但前角过大,刀具强度降低,耐用度下降 前角减小,刀具强度提高,切屑变形增大,易断屑。但前角过小,会使切削力和切削热增加,刀具耐用度也随之降低	① 工件材料:塑性材料选用较大的前角;脆性材料选用较小的前角 ② 刀具材料:高速钢选用较大的前角;硬质合金选用较小的前角 ③ 加工过程:精加工选用较大的前角;粗加工选用较小的前角 ④ 数控机床为了保证刀具稳定,一般使用的刀具前角比较小
后角	后角的主要功用是减小主后刀面与过渡表面层之间的摩擦,减轻刀具磨损 后角减小,可以使主后刀面与工件表面间的摩擦加剧,刀具磨损加大,工件冷硬程度增加,加工表面质量差 后角增大,则摩擦减小,也减小了刃口钝圆半径,对切削厚度较小的情况有利,但使刀刃强度和散热情况变差	① 工件材料:工件硬度、强度较高以及脆性材料选用较小的后角 ② 加工过程:精加工选用较大的后角;粗加工选用较小的后角
主偏角	主偏角可影响刀具耐用度、已加工表面粗糙度及切削力的大小。主偏角较小,则刀片的强度高,散热条件好。参加切削的主切削刃长度长,作用主切削刃上的平均切削负荷减小。但切削厚度小,断屑效果差	① 工件材料:加工淬火钢等硬质材料时,主偏角较大 ② 使用硬质合金刀具进行精加工时,应选用较大的主偏角 ③ 用于单件小批生产的车刀,主偏角应选为 45° 或 90° ,提高刀具的通用性 ④ 需要从工件中间切入的车刀,例如加工阶梯轴的工件,应根据工件形状选择主偏角

续表

刀具角度	角度的作用	选用原则
副偏角	副偏角的功能在于减小副切削刃与已加工表面的摩擦。减小副偏角可以提高刀具强度,改善散热条件,但可能增加副后刀面与已加工表面的摩擦,引起震动	① 在不引起震动的情况下,刀具应选用较小的副偏角 ② 精加工刀具的副偏角应更小一些
刃倾角	刃倾角主要影响切屑流向和刀尖强度 刃倾角为正值,切削开始时刀尖与工件先接触,切屑流向待加工表面,可避免缠绕和划伤已加工表面,对半精加工、精加工有利 刃倾角为负值,切削开始时刀尖后接触工件,切屑流向已加工表面,容易将已加工表面划伤;在粗加工开始,尤其是在断续切削时,可避免刀尖受冲击,起到保护刀尖的作用	① 粗加工刀具应选用刃倾角 $< 0^\circ$,使刀具具有良好的强度和散热条件 ② 精加工刀具应选用刃倾角 $> 0^\circ$,使切屑流向待加工表面,提高加工质量 ③ 断续切削(如车床的粗加工)应选用刃倾角 $< 0^\circ$,以提高刀具强度 ④ 工艺系统的整体刚性较差时,应选用数值较大的负刃倾角,以减小震动

5. 刀具材料

与刀具的组成一样,刀具材料也分为刀柄材料和刀片材料。刀柄一般采用45#钢锻造,经过铣削加工而得。随着数控机床的日益普及,对机床刀具的要求也越来越高,对于刀具的刀柄的要求也日益提高,对车刀刀柄的公差要求也提高了很多。我们现在谈论的刀具材料主要是指刀具切削部分(即刀片)的材料。刀具切削性能的优劣,主要取决于刀片的材料,其次取决于刀具几何参数和刀具结构的设计,再次取决于刀具切削用量的选用和刀具的安装情况。

刀片在切削加工时,要承受很大的切削力,还要承受切屑变形时产生的高温。要是刀具能在这样的条件下工作而不致很快地变钝或损坏,保持其切削能力,刀片必须具备各种特殊的性能(见表1-4)。

表 1-4 刀具材料的性能一览表

硬度	刀具材料的硬度必须高于被加工材料的硬度,以便在高温状态下依然可以保持其锋利。通常刀具材料的硬度都在60HRC以上
耐磨性	在通常情况下,刀具材料硬度越高,耐磨性也越好。刀具材料组织中碳化物越多、颗粒越细、分布越均匀,其耐磨性也越高
强度和韧性	在工艺上,一般采用刀具材料的抗弯强度表示刀片的强度大小;用冲击韧性表示刀片韧性的大小。刀片韧性的大小反映出刀具材料抗脆性断裂和抗崩刃的能力
高温下的红热性	红热性表示刀片在高温状态下保持其切削性能的能力。红热性越好,刀具材料在高温时抗塑性变形的能力、抗磨损的能力也越强。另外,刀片材料的导热性也是表示刀具使用性能的一个方面。导热性越好,切削热越容易释放,刀具抗磨损、抗变形的能力也越强
加工工艺性	刀片的加工工艺性主要反映在其成型和刃磨的能力上
经济性	价格便宜,易于加工和运输

目前,经常使用的刀具材料有高速钢和硬质合金两大类;随着加工技术的不断发展,一些特种材料,如陶瓷材料和超硬刀具材料(金刚石和立方氮化硼)也得到一定的应用。后者具有硬度高、抗磨性能好、可以保证较好的加工质量和加工效率等优点,但由于价格等因素的限制,应用范围不如前者高。

(1) 高速钢 高速钢指的是含有较多的钨、铬、钼、钒等合金元素的高合金工具钢。高速钢按用途的不同可分为通用型高速钢和高性能高速钢。

① 通用型高速钢 通用型高速钢具有一定的硬度(63HRC ~ 66HRC)和耐磨性、较高的强度和韧性。在加工一般钢材料时,切削速度为 50m/min ~ 60m/min。不适于进行高速切削和超硬材料的加工。主要的牌号为 W18Cr4V 和 W6Mo5Cr4V2。后者在强度、韧性上优于前者,但热稳定性稍差。

② 高性能高速钢 高性能高速钢是在通用型高速钢的基础上,通过增加碳、钒等元素的含量或添加钴、铝等合金元素而得到的耐热性、耐磨性更高的新钢种。高性能高速钢在 630℃ ~ 650℃ 时仍可保持 60HRC 的硬度,其耐用度是通用型高速钢的 1.5 ~ 3 倍。适用于加工奥氏体不锈钢、高温合金、钛合金、超高强度钢等难加工材料。但这类钢种的综合性能不如通用型高速钢,不同的牌号只有在各自规定的切削条件下,才能达到良好的加工效果。因此其使用范围受到限制。常用牌号有: 9W18Cr4V、9W6Mo5Cr4V2、W6Mo5Cr4V3、W6Mo5Cr4V2Co8、及 W6Mo5Cr4V2Al 等。

(2) 硬质合金 硬质合金是由硬度和熔点都很高的碳化物(WC、TiC、TaC、NbC 等),用 Co、Mo、Ni 等元素充当粘结剂而制成的粉末冶金制品。其常温硬度可达 78HRC ~ 82HRC,能够在 800℃ ~ 1000℃ 的高温下使用,允许的切削速度是高速钢的 4 ~ 10 倍。但其冲击韧性与抗弯强度远比高速钢低,因此很少做成整体式刀具。在实际使用中,一般将硬质合金刀块用焊接或机械夹固的方式固定在刀体上。

常用的硬质合金有三大类:

① 钨钴类硬质合金(代号为 YG) 由碳化钨和钴组成。这类硬质合金韧性较好,但硬度和耐磨性较差,适用于加工脆性材料(如铸铁等)。钨钴类硬质合金中含 Co 越多,则韧性越好。常用的牌号有:YG8、YG6、YG3,它们制造的刀具依次适用于粗加工、半精加工和精加工。

② 钨钛钴类硬质合金(代号为 YT) 由碳化钨、碳化钛和钴组成。这类硬质合金耐热性和耐磨性较好,但抗冲击韧性较差,适用于切屑呈带状的钢料等塑性材料。常用的牌号有 YT5、YT15、YT30 等,其中的数字表示碳化钛的含量。碳化钛的含量越高,则耐磨性越好、韧性越低。这三种牌号的钨钛钴类硬质合金制造的刀具分别适用于粗加工、半精加工和精加工。

③ 钨钛钽(铌)类硬质合金(代号为 YW) 由在钨钛钴类硬质合金中加入少量的碳化钽(TaC)或碳化铌(NbC)组成。它具有上述两类硬质合金的优点,其制造的刀具既能加工钢、铸铁、有色金属,也能加工高温合金、耐热合金及合金铸铁等难加工材料。常用牌号有 YW1 和 YW2。

(3) 特种刀具材料

① 涂层刀具材料 这种材料是在韧性较好的硬质合金基体上或高速钢基体上,采用化学气相沉积(CVD)法或物理气相沉积(PVD)法涂覆一薄层硬质和耐磨性极高的难熔金