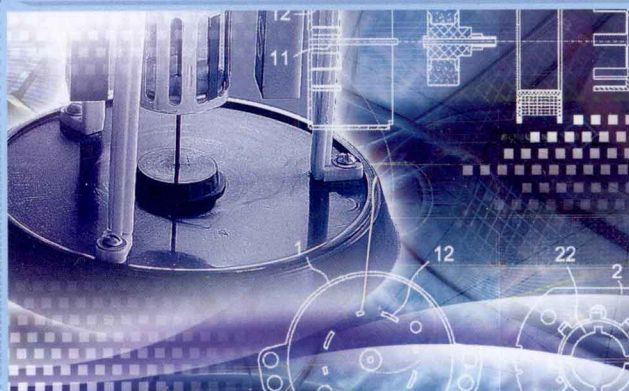




高等教育“十二五”应用型人才重点建设规划教材



数控加工工艺简明教程

(第2版)

SHUKONG JIAGONG GONGYI JIANMING JIAOCHENG

◎ 主 编 罗春华 曾 珍 周中民

◎ 主 审 陈 磊

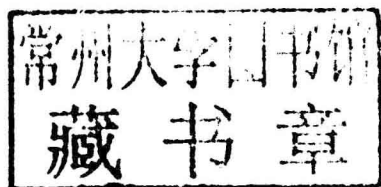
 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高等教育“十二五”应用型人才重点建设规划教材

数控加工工艺简明教程

(第2版)

主 编 罗春华 曾 珍 周中民
主 审 陈 磊



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

全书共分八章,内容包括数控加工的切削基础、工件的装夹基础、数控加工工艺基础、数控车削加工工艺、数控铣削加工工艺、数控加工中心加工工艺、数控线切割加工工艺及数控工艺课程设计。

本书简明扼要,浅显易懂,理论结合实际,是一本针对性和实用性较强的教材。书中的实例都接近实际加工。可作为数控技术应用专业、机电一体化专业等专业课程的教材,也可供相近专业师生及有关工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

数控加工工艺简明教程/罗春华,曾珍,周中民主编. —2版. —北京:北京理工大学出版社,2010.9

ISBN 978-7-5640-1025-6

I. ①数… II. ①罗…②曾…③周… III. ①数控机床-加工工艺-高等学校-教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 142567 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市文通印刷包装有限公司

开 本 / 710 毫米×1000 毫米 1/16

印 张 / 20.5

字 数 / 382 千字

版 次 / 2010 年 9 月第 2 版 2010 年 9 月第 5 次印刷 责任编辑 张慧峰

印 数 / 15 001 ~ 19 000 册 责任校对 张沁萍

定 价 / 35.00 元 责任印制 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

第2版前言

目前,市场急需数控技术人才,而现代高新技术企业在数控方面既需要有扎实的基础理论知识的研发型人才,更需要有较强动手能力的应用技能型人才。根据市场的需要,各大中院校都加强了实践环节的教学,以培养学生解决实际问题的基本技能。

数控加工工艺在数控技术应用专业中占有极其重要的位置。学习数控加工工艺的目的之一就是要具备中等复杂程度零件的数控加工工艺能力。为了使学生在这方面得到基本训练,并拓宽知识面,增强实践动手能力,使学生初步具有工程实践能力和综合运用知识的能力,作者根据多年的教学实践,在前版的基础上进行了部分修改,增加了数控加工工艺课程设计的内容,使内容更加简明扼要、浅显易懂,进一步加强理论结合实际,体现应用型教学的特点。

全书共分八章,内容包括数控加工的切削基础、工件的装夹基础、数控加工工艺基础、数控车削加工工艺、数控铣削加工工艺、数控加工中心加工工艺、数控线切割加工工艺及数控加工工艺课程设计。

本书由罗春华、曾珍、周中民任主编,付廷龙、刘芑、谢燕琴、杨家兴任副主编,参编张景,由江西蓝天学院陈磊博士后主审。其中第1章由江西蓝天学院罗春华编写;第2章由江西环境工程职业学院曾珍编写;第5章5.4节由江西工业贸易职业技术学院周中民编写;第4章4.2、4.3、4.4由江西工业工程职业技术学院谢燕琴编写;第5章5.1、5.2、5.3节,第7章由江西蓝天学院付廷龙编写;第3章3.4、3.5节,第5章5.5、5.6节,第8章由江西蓝天学院刘芑编写;第3章3.1、3.2、3.3节,第4章4.1,第6章由江西蓝天学院杨家兴编写;保定科技职业学院张景编写了其中的部分实例。全书由罗春华统稿。

本书编写得到了从事数控车、数控铣、加工中心操作的技师、高级技师的宝贵建议和大力帮助，在此致以衷心的感谢。

鉴于编者的水平和经验有限，本书虽经数控教研室详细审阅，但难免有疏漏之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 数控加工的切削基础	1
§ 1.1 切削运动与切削要素的概述	1
1.1.1 切削运动和工件加工表面	1
1.1.2 切削要素	2
§ 1.2 金属切削过程的基本规律	5
1.2.1 金属切削过程中的变形区概述	5
1.2.2 切屑的形成及种类	7
1.2.3 积屑瘤与鳞刺	8
1.2.4 切削力	10
1.2.5 切削热与切削温度	13
§ 1.3 金属切削刀具	15
1.3.1 刀具材料	15
1.3.2 刀具构造	18
1.3.3 刀具几何参数选择	21
1.3.4 刀具失效和刀具耐用度	25
§ 1.4 切削用量与切削液的选择	28
1.4.1 合理选择切削用量	28
1.4.2 切削液的选择	31
§ 1.5 改善工件材料的切削加工性能	32
1.5.1 工件材料切削加工性能的分类比较	32
1.5.2 影响工件材料切削加工性能的因素	33
1.5.3 改善工件材料切削加工性能的途径	35
习题一	35
第 2 章 工件的装夹基础	37
§ 2.1 工件的装夹方法与定位原理	37
2.1.1 工件装夹的方法	37
2.1.2 工件定位的基本原理	38
§ 2.2 常用定位方式和定位元件	40
2.2.1 常见定位方式	40
2.2.2 常见定位方案	43
§ 2.3 定位误差	47

2.3.1	定位误差的产生	47
2.3.2	定位误差的类型	47
2.3.3	定位误差的计算方法	48
2.3.4	几种常见定位方式的定位误差	48
§ 2.4	工件的夹紧与数控机床夹具	50
2.4.1	工件的夹紧	50
2.4.2	常见机床夹紧装置	54
习题二		59
第3章	数控加工工艺基础	61
§ 3.1	基本概念	61
3.1.1	生产过程	61
3.1.2	机械加工工艺过程的组成	61
3.1.3	机械加工的生产纲领、生产类型及其工艺特征	64
§ 3.2	数控加工工艺规程的制订	66
3.2.1	工艺规程的概念、作用、步骤和格式	66
3.2.2	零件的结构工艺分析	72
3.2.3	零件毛坯的种类和选择	74
3.2.4	工件定位基准的选择	75
3.2.5	工艺路线的拟定步骤	81
§ 3.3	加工余量的确定	93
3.3.1	加工余量的概念	93
3.3.2	工序加工余量的影响因素	95
3.3.3	确定加工余量的计算方法	96
§ 3.4	工序尺寸及公差的确定	96
3.4.1	基准重合时, 工序尺寸及公差的计算	97
3.4.2	基准不重合时, 工序尺寸及公差的计算	98
§ 3.5	机械加工精度及表面质量	106
3.5.1	机械加工精度	107
3.5.2	机械加工表面质量	119
习题三		123
第4章	数控车削加工工艺	127
§ 4.1	数控车削加工概述	127
4.1.1	数控车削的工艺特点	127
4.1.2	数控车削加工的主要对象	128
4.1.3	数控车削加工的主要内容	129
§ 4.2	数控车削加工工艺的制定	131

4.2.1 分析零件图	131
4.2.2 制定工艺方案	133
§ 4.3 典型零件的车削加工工艺分析	145
4.3.1 轴类零件的工艺分析与编程	145
4.3.2 套类零件的工艺分析	148
4.3.3 螺纹车削加工实例	152
§ 4.4 难加工材料的数控车削加工	154
4.4.1 难加工材料的分类及特点	154
4.4.2 难加工材料的数控车削	155
习题四	158
第 5 章 数控铣削加工工艺	160
§ 5.1 数控铣削加工概述	160
5.1.1 数控铣削的工艺特点和方式	160
5.1.2 数控铣削加工的主要对象	163
5.1.3 适合数控铣削零件的工艺分析	165
§ 5.2 数控铣削加工工艺装备选用	170
5.2.1 数控铣削加工的工件装夹	171
5.2.2 数控铣削加工的刀具与选用	172
5.2.3 铣削用量的选择	177
§ 5.3 典型结构的数控铣削加工工艺	180
5.3.1 平面铣削工艺	180
5.3.2 立铣刀的周铣工艺	183
§ 5.4 典型零件的数控铣削加工工艺分析	193
5.4.1 孔类零件加工工艺分析	193
5.4.2 轮廓加工工艺分析	194
5.4.3 挖槽加工工艺分析	195
5.4.4 支架零件的数控铣削加工工艺	197
§ 5.5 数控铣削加工综合实例	202
5.5.1 零件图工艺分析	203
5.5.2 数控机床选择	203
5.5.3 加工顺序的确定	204
5.5.4 确定装夹方案	204
5.5.5 刀具与切削用量选择	205
5.5.6 拟订数控铣削加工工序卡片	205
5.5.7 加工程序	206
习题五	210

第6章 数控加工中心加工工艺	213
§ 6.1 加工中心概述	213
6.1.1 加工中心加工的对象	213
6.1.2 加工中心的工艺特点	216
§ 6.2 加工中心加工工艺的拟订	217
6.2.1 零件图的工艺分析	217
6.2.2 加工方法的选择	219
6.2.3 加工阶段的划分	220
6.2.4 加工顺序的安排	220
6.2.5 夹具的选择和工件装夹	221
6.2.6 刀具的选择	223
6.2.7 进给路线的确定	231
6.2.8 切削用量的选择	233
6.2.9 加工中心的选择	235
§ 6.3 典型零件的加工中心加工工艺分析	238
6.3.1 壳体的加工工艺	239
6.3.2 支承套的加工工艺	242
6.3.3 盖板的加工工艺	246
6.3.4 异形支架的加工工艺	250
习题六	255
第7章 数控线切割加工工艺	258
§ 7.1 数控线切割概述	258
7.1.1 线切割的加工原理	258
7.1.2 线切割的加工特点	259
7.1.3 线切割的加工应用	260
§ 7.2 数控线切割加工工艺的拟订	260
7.2.1 零件图的工艺分析	261
7.2.2 工艺准备	262
7.2.3 工件的装夹和位置的校正	267
7.2.4 电极丝的位置校正	268
7.2.5 切割路线的选择	269
7.2.6 穿丝孔位置的确定	270
7.2.7 接合突尖的去除方法	271
§ 7.3 典型零件的数控线切割加工工艺	272
7.3.1 冷冲模加工	272
7.3.2 零件加工	275

7.3.3 数控线切割的应用技巧与经验	277
习题七	279
第8章 数控加工工艺课程设计	281
§ 8.1 概述	281
8.1.1 课程设计的目的、内容、要求和考核	281
8.1.2 课程设计任务书、说明书示例	283
§ 8.2 数控加工工艺设计步骤	286
8.2.1 零件图的工艺性分析	286
8.2.2 加工方法的选择	289
8.2.3 工序的划分	293
8.2.4 定位与夹紧方式的确定	294
8.2.5 加工顺序的安排	295
8.2.6 确定走刀路线和工步顺序	295
8.2.7 切削用量的选择	300
8.2.8 刀具的选用	303
8.2.9 对刀点与换刀点的确定	303
8.2.10 程序编制	304
§ 8.3 课程设计分析实例	305
8.3.1 数控车课程设计分析实例	305
8.3.2 数控铣课程设计分析实例	308
习题八	311
参考文献	316

第 1 章 数控加工的切削基础

§ 1.1 切削运动与切削要素的概述

1.1.1 切削运动和工件加工表面

在金属切削加工过程中，数控机床的运动主要包括切削运动和辅助运动。

1. 切削运动

切削加工就是用金属切削刀具把工件毛坯上的余量（预留的金属材料）切除，获得图样所要求的零件。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。切削运动是由金属切削机床通过两种运动单元组合而成的，其一是产生切削力的运动，其二是保证切削工作连续进行的运动。按照它们在切削过程中所起的作用，通常分主运动和进给运动。

（1）主运动 主运动是由机床提供的主要运动，它使刀具和工件之间产生相对运动，从而使刀具接近工件并切除切削层，即是切削过程中切下切屑所需的运动。其特点是切削速度（ v_c ）最高，消耗的机床功率也最大。如图 1-1 所示，主运动必须有一个：可以是旋转运动，如车削时工件的旋转运动，铣削时铣刀的旋转运动，磨削工件时砂轮的旋转运动，钻孔时钻头的旋转运动等；也可以是直线运动，如刨削时刀具或工件的往复直线运动。

（2）进给运动 进给运动又称走刀运动，是由机床提供的，使刀具与工件之间产生附加的相对运动，加上主运动即可不断地或连续地切除切削层，并得出具有所需几何特性的已加工表面。其特点是消耗的功率比主运动小得多。如图 1-1 所示，进给运动可以有一个、两个或多个，甚至没有（如拉削）。其形式可以是连续的运动，如车削外圆时车刀平行于工件轴线的纵向运动，钻孔时钻头沿轴向的直线运动等；也可以是间断运动，如刨削平面时工件的横向移动；或是两者的组合，如磨削工件外圆时砂轮横向间断的直线运动和工件的旋转运动及轴向（纵向）往复直线运动。

（3）合成切削运动 当主运动和进给运动同时进行，由主运动和进给运动合成的运动称为合成切削运动，又叫表面成形运动。刀具切削刃上选定点相对工件的瞬时合成运动方向称为合成切削运动方向，其速度称为合成切削速度，该速度方向与过渡表面相切，如图 1-1 所示。合成切削速度 v_c 等于主运动速度 v_c 和

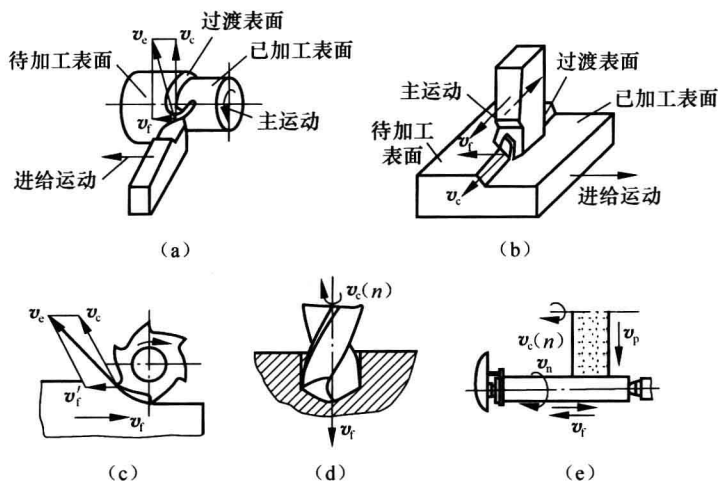


图 1-1 几种常见加工方法的切削运动

v_c —主运动； v_f —纵向进给运动； v_h —圆周进给运动； v_p —径向进给运动

进给运动速度 v_f 的矢量和，即：

$$v_c = v_c + v_f \quad (1-1)$$

2. 辅助运动

除主运动、进给运动以外，机床在数控加工过程中，还需一系列的其他运动，即辅助运动。辅助运动的种类很多，主要包括：刀具接近工件、切入切出工件、快速返回原点的运动，机床对刀时的运动，多工位工作台和多工位刀架的分度运动等。另外，机床的启动、停车、变速、换向以及工件的夹紧、松开等操纵控制运动，也属于辅助运动。辅助运动在整个加工过程中是必不可少的。

3. 加工中的工件表面

在金属切削加工过程中，工件上多余的材料不断地被刀具切除而转变为切屑，与此同时，工件在切削过程中形成了三个不断变化着的表面（图 1-1），分别如下：

(1) 待加工表面 工件上有待切除切削层的表面称为待加工表面。

(2) 过渡表面 过渡表面指工件上由切削刃形成的那部分表面，它在下一切削行程（如刨削）、刀具或工件的下一转里（如单刃镗削或车削）将被切除，或者由下一切削刃（如铣削）切除的表面。

(3) 已加工表面 工件上经刀具切削后产生的表面称为已加工表面。

1.1.2 切削要素

切削要素包括切削用量和切削层的几何参数。如图 1-2 所示。

1. 切削用量三要素

切削用量是用来表示切削运动、调整机床加工参数的参量，用来定量表述主运动和进给运动。切削用量包括切削速度、进给量和背吃刀量三个要素（如图 1-2）。

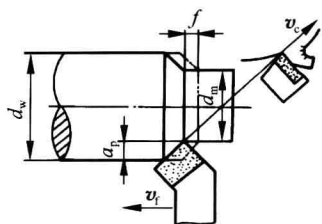


图 1-2 切削用量的三要素

1) 切削速度 (v_c)

切削刃上选定点相对于工件主运动的瞬时线速度称为切削速度。单位：m/min。当主运动是回转运动时，线速度 v_c 的计算公式如下：

$$v_c = \pi d n / 1000 \quad (1-2)$$

需要注意的是：车削加工时，应计算待加工表面的切削速度。

当主运动是往复直线运动时，则常以往复运动的平均速度作为切削速度，线速度 v_c 的计算公式如下：

$$v_c = 2Ln / 1000 \quad (1-3)$$

上两式中 d ——切削刃上选定点处所对应的工件或刀具的回转直径，单位为 mm；

n ——工件或刀具的转速，单位为 r/min；

L ——工件或刀具做往复运动的行程长度，单位为 mm。

2) 进给量 (f)

在主运动的一个循环内，刀具在进给运动方向上相对于工件的位移量，称为进给量。可用刀具或工件每转或每行程的位移量来表达或度量（图 1-2），其单位用 mm/r（如车削、镗削等）或 mm/行程（如刨削、磨削等）表示。

数控编程时，也可以用进给速度 v_f 表示刀具与工件的相对运动速度，单位是 mm/min。车削时的进给速度 v_f 为：

$$v_f = n f \quad (1-4)$$

对于铰刀、铣刀等多齿刀具，通常规定每齿进给量 f_z （单位：mm/z），其含义是刀具每转过一个齿，刀具相对于工件在进给运动方向上的位移量。即

$$f_z = f / z \quad (1-5)$$

式中 z ——刀具齿数。

3) 背吃刀量 (a_p)

背吃刀量也叫切深，是已加工表面与待加工表面之间的垂直距离，其单位为 mm。车削外圆时：

$$a_p = (d_w - d_m) / 2 \quad (1-6)$$

式中 d_w ——待加工表面直径，单位为 mm；

d_m ——已加工表面直径，单位为 mm。

镗孔时式 (1-6) 中的 d_w 与 d_m 的位置互换一下，钻孔加工的背吃刀量为钻头的半径。

2. 切削层参数

在金属切削过程中,刀具或工件沿进给运动方向每移动一个 f (车削) 或 f_z (多齿刀具切削) 所切除的金属层,称为切削层。图 1-3 所示为车削时的切削层,当工件旋转一转时,车刀主切削刃由过渡表面 I 的位置移动到过渡表面 II 的位置,其间所切除的工件材料层即为车削时的切削层。切削层的尺寸称为切削层参数,切削层参数通常在基面内测量。

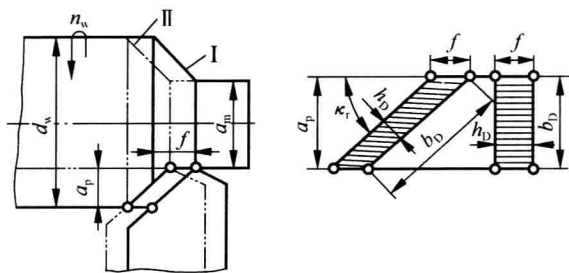


图 1-3 外圆纵车切削层的参数

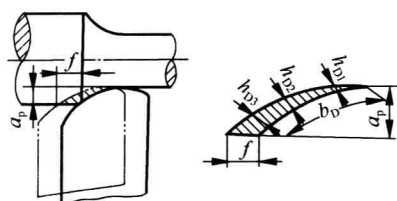


图 1-4 曲线切削刃工作时的
切削厚度与宽度

1) 切削厚度 (h_D)

切削厚度是指在垂直于切削刃方向度量的切削层截面的尺寸,单位为 mm。当主切削刃为直线时,各点的切削厚度相等(图 1-3),并可近似按式(1-6)计算。在曲线切削刃上,各点的切削厚度是变化的(如图 1-4)。

$$h_D \approx f \sin \kappa_r \quad (1-7)$$

2) 切削宽度 (b_D)

切削宽度是指沿切削刃方向度量的切削层截面的尺寸,单位为 mm。它大致反映了刀具主切削刃参与切削工作的长度(图 1-3)。对于直线刃的切削宽度可按式(1-8)估算:

$$b_D = a_p / \sin \kappa_r \quad (1-8)$$

3) 切削面积 (A_D)

切削面积是指切削层的横截面积,单位为 mm^2 。车削时切削面积可按式(1-9)计算:

$$A_D = b_D h_D \quad (1-9)$$

在实际切削时,由于刀具副偏角的存在,刀具常常会在已加工表面上留下刀纹,这些刀纹的横截面积即为残留面积 (ΔA_D)。残留面积将直接影响已加工表

面的粗糙度，同时也减小了切削层的切削面积。

§ 1.2 金属切削过程的基本规律

1.2.1 金属切削过程中的变形区概述

研究证明：金属的切削过程实质上是被切削金属层在刀具挤压作用下产生剪切滑移的塑性变形直到剪切断裂的过程。在这个过程中切削力、切削热、加工硬化和刀具磨损等都对加工质量和生产率有很大的影响。

为了研究方便，通常把切削过程中的塑性变形区域划分为三个变形区（如图 1-5）：

1. 第一变形区

被切削金属层在刀具前面的挤压力作用下，首先产生弹性变形，当最大切应力达到材料的屈服极限时，即沿图 1-6 中的 $OA-OM$ 曲线发生剪切滑移，并依次由位置 1 移至位置 2，2 与 2' 之间的距离就是它的滑移量。随着刀具前刀面的逐渐趋近，塑性变形也逐渐增大，滑移依次为 3—3'、4—4'，直至 OM 曲线，滑移终止，被切削金属层与母体脱离成为切屑沿刀具前面流出。曲线 $OAMO$ 所包围的区域就是剪切滑移区，又称第一变形区，也是金属切削过程中的主要变形区，其宽度很窄，约为 $0.02\sim 0.2\text{mm}$ ，且切削速度越高，宽度越窄。第一变形区消耗大部分功率并产生大量的切削热。

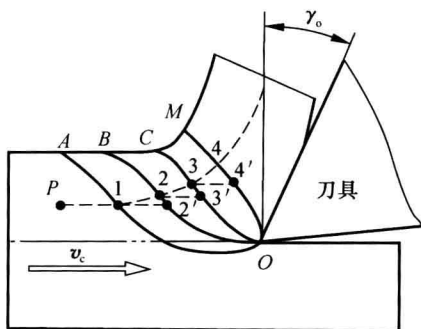


图 1-6 第一变形区的剪切滑移

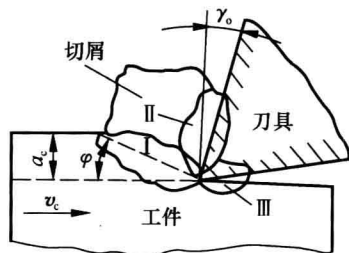


图 1-5 三个变形区的划分

I—第一变形区；II—第二变形区；
III—第三变形区

为使问题简化，设想用一个平面 OM 代替剪切滑移区，则平面 OM 就称为剪切平面。剪切平面与切削速度之间的夹角称为剪切角，以 φ 表示（如图 1-5 所示）。

2. 第二变形区

经第一变形区剪切滑移而形成的切屑，在沿刀具前刀面流出时，又受到前刀面的挤压而产生摩擦，靠近前刀面处的金属再次产生剪切变形，使切屑底层薄薄的一层

金属流动滞缓，这一层滞缓流动的金属层称为滞流层。滞流层的变形程度比切屑上层大几倍到几十倍。

3. 第三变形区

第三变形区是刀具后刀面和工件的接触区，是指工件过渡表面和已加工表面金属层受到切削刃钝圆部分和后刀面的挤压、摩擦与回弹而产生塑性变形的区域。第三变形区的金属变形，造成已加工表层金属的纤维化和加工硬化，并产生一定的残余应力，将影响到工件的表面质量和使用性能。

以上分别讨论了三个变形区的特征，三个变形区是相互联系而又相互影响的。金属切削过程中的许多物理现象都和三个变形区的变形密切相关，研究切削过程中的变形，是掌握金属切削加工技术的基础。

切削变形的大小，主要取决于第一变形区及第二变形区的挤压和摩擦情况，其主要影响因素及规律如下：

(1) 工件材料 实验证明，工件材料强度和硬度越高，变形系数越小；而塑性大的金属材料变形大，塑性小的金属材料变形小。

(2) 刀具前角 刀具前角越大，变形系数越小。这是因为增大刀具前角，可使剪切角增大，从而使切削变形减小。

(3) 切削速度 切削速度 v_c 与切削变形系数 ξ 的实验曲线如图 1-7 所示。当中低速切削 30 钢时，首先，切削变形系数 ξ 随切削速度的增加而减小，它对应于积屑瘤的成长阶段，由于实际前角的增大而使 ξ 减小。而后，随着速度的提高， ξ 又逐渐增大，它对应于积屑瘤减小和消失的阶段。最后，在高速范围内， ξ 又随着切削速度的继续增高而减小。这是因为切削温度随 v_c 的增大而升高，使切削底层金属被软化，剪切强度下降，降低了刀具和切屑之间的摩擦系数，从而使变形系数减小。此外，当切削速度 v_c 很高时，切削层有可能未充分滑移变形就成为切屑流出，这也是变形系数减小的原因之一。

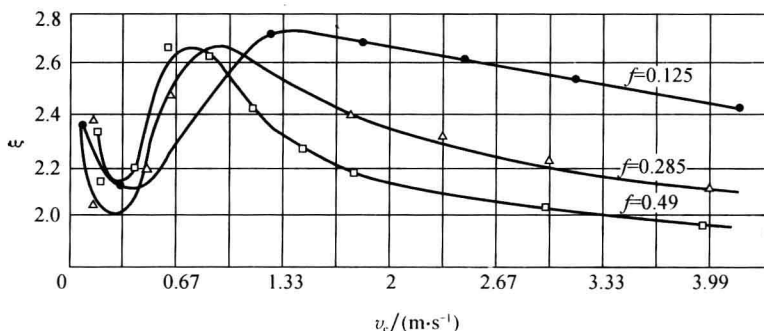


图 1-7 切削速度及进给量对变形系数的影响

工件材料：30 钢 背吃刀量 $a_p = 4\text{mm}$

(4) 切削厚度 由图 1-7 可知，当进给量增加（切削厚度增加）时，切削变形系数减小。

1.2.2 切屑的形成及种类

1. 切屑的形成

金属的切削过程是被切削金属层在刀具切削刃和前面的挤压作用下而产生剪切、滑移、变形的过程。切削金属时：切削层金属受到刀具的挤压开始产生弹性变形；随着刀具的推进，应力、应变逐渐加大，当应力达到材料的屈服强度时产生塑性变形；当刀具继续切入，当应力达到材料的抗拉强度时，金属层被挤裂而形成切屑。实际上，由于加工材料性能与切削条件等不同，上述过程的三个阶段不一定能完全显示出来。

2. 切屑的种类

如前所述，金属切削层变形的过程即为切屑的形成过程。由于工件材料不同，切削加工条件不同，所以金属切削过程中的变形程度也就不同，从而形成不同的切屑。根据切削过程中变形程度的不同，切屑可分为四种不同的形态，如图 1-8 所示。

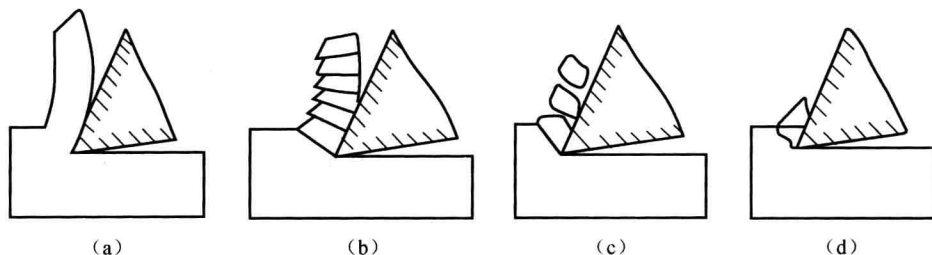


图 1-8 切屑的种类

(a) 带状切屑；(b) 节状切屑；(c) 粒状切屑；(d) 崩碎切屑

(1) 带状切屑 (图 1-8 (a)) 这种切屑的底层 (与前刀面接触的面) 光滑，外表面呈毛茸状，无明显裂纹。在加工塑性金属材料 (如软钢、铜、铝等) 的过程中，当切削厚度较小、切削速度较高、刀具前角较大时，容易产生这种切屑。形成带状切屑时，切削过程较平稳，切削力波动较小，已加工表面质量较高。但切削连续不断，会缠绕在工件或刀具上，影响工件质量且不安全。生产中通常使用在车刀上磨断屑槽等方法断屑。

(2) 节状切屑 (图 1-8 (b)) 节状切屑又称挤裂切屑。这种切屑的底面有时出现裂纹，上表面呈明显的锯齿状。在加工塑性较低的金属材料 (如黄铜) 的过程中，当切削速度较低、切削厚度较大、刀具前角较小时，容易产生节状切屑；特别当工艺系统刚性不足、加工碳素钢材料时，也容易得到这种切屑。产生节状切屑时，切削过程不太稳定，切削力波动也较大，已加工表面质量较低。