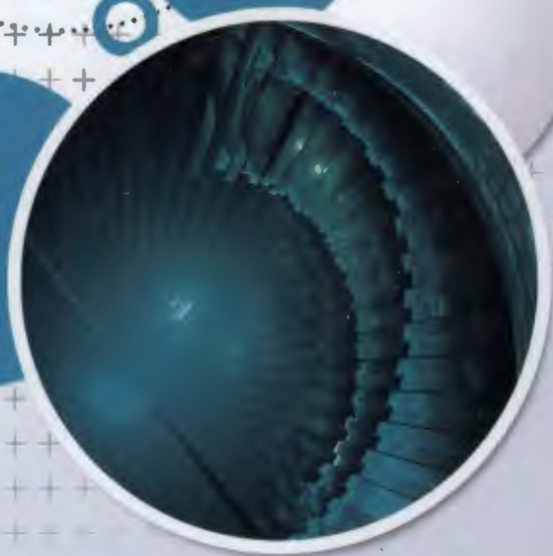




机械加工

计算与实例

于惠力 韩彦勇 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



机械工程技术人员必备技术丛书

机械加工计算与实例

于惠力 韩彦勇 编著



机械工业出版社

本书介绍了金属切削加工的基础计算,并根据各种机械加工方法的现场工程技术人员所需,收集整理了常用公式和重要公式,给出了 11 个工种的机械加工计算公式,包括钳工加工的计算、车削加工的计算、铣削加工的计算、磨削加工的计算、镗削加工的计算、钻削加工的计算、刨削加工的计算、插削加工的计算、拉削加工的计算、钣金件的展开计算、数控编程中的计算,每一种加工方法都附有相应的计算实例。

本书内容简单明了、重点突出、讲解清晰、易学易用。

本书是机械工程技术人员必备的技术资料,可为从事机械设计制造及其自动化专业的工程技术人员、大专院校的相关专业师生提供帮助,尤其对初、中级的机械工程技术人员具有指导意义。

图书在版编目(CIP)数据

机械加工计算与实例/于惠力,韩彦勇编著. —北京:机械工业出版社,2014.12

(机械工程技术人员必备技术丛书)

ISBN 978-7-111-48239-0

I. ①机… II. ①于…②韩… III. ①机械加工—计算方法 IV. ①TG501

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 235825 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:黄丽梅 责任编辑:黄丽梅 安桂芳

版式设计:霍永明 责任校对:张晓蓉

封面设计:陈沛 责任印制:乔宇

山东鸿杰印务集团有限公司印刷

2015 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·18.5 印张·365 千字

0 001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-48239-0

定价:48.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

社服务中心:(010) 88361066

销售一部:(010) 68326294

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203

网络服务

策划编辑电话:(010) 88379770

教材网:<http://www.cmpedu.com>

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

前 言

机械加工是一个应用范围极广的基础加工专业，在机械加工过程中，常常会遇到一些数学计算问题，能否快速准确地查找计算公式，对提高机械加工的质量和效率有着重要的影响。为了使机械工程技术人员尤其是初、中级技术人员在最短时间内便捷地查找到机械加工常用计算公式，提高机械加工的质量和效率，特编写本书。

机械加工种类繁多，涉及的面很广，如何将众多的机械加工方法概括成浅显易懂的方式来表达，使读者在最短时间内消化理解，是我们编写的难题。本书的编写有如下特点：

1. 编写内容方面突出实用的原则

本书以实用为主，根据各种机械加工方法的现场工程技术人员所需，收集了常用公式和重要公式，旨在为机械制造领域的相关读者提供一种快速查找各种机械加工公式的途径。内容简单明了、重点突出、讲解清晰、易学易用。

2. 编写方法方面采用高度概括、精炼的编写方式

各种机械加工方法涉及的基本理论和公式很多，编者采用高度概括、精炼的编写方式，本着既能培养计算能力，又能灵活掌握公式使用方法的原则进行编写。为了便于读者尽快掌握和运用机械加工公式，书中对每个公式都进行了简要的讲解。

3. 本书采用最新颁布的国家标准、规范及法定计量单位

本书涉及的所有理论计算、加工方法及加工实例，全部采用最新颁布的国家标准、规范及法定计量单位。

本书以简明的文字、图和表来进行内容表达。结合现场生产所需，其内容包括金属切削加工基础计算、钳工加工的计算、车削加工的计算、铣削加工的计算、磨削加工的计算、镗削加工的计算、钻削加工的计算、刨削加工的计算、插削加工的计算、拉削加工的计算、钣金件的展开计算、数控编程中的计算共 12 部分，涉及 11 个工种的加工计算方法，以及相应加工计算的实例。

本书是机械工程技术人员必备的技术资料，可为从事机械设计制造及其自动化专业的工程技术人员、大专院校的相关专业师生提供帮助，尤其对于初、中级的机械工程技术人员具有指导意义。

本书由于惠力和韩彦勇编写，在撰写过程中得到了各界同仁和朋友的大力支持、鼓励和帮助，也参考了一些同行所编写的教材、文献等，在此一并表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，编写时间仓促，不妥之处在所难免，殷切希望广大读者对书中的错误和欠妥之处提出批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 金属切削加工基础计算	1
1.1 切削参数及其计算	1
1.1.1 切削运动	1
1.1.2 切削用量	2
1.1.3 切削层参数	3
1.2 刀具角度及其计算	5
1.2.1 刀具切削部分的组成	5
1.2.2 刀具标注角度	6
1.2.3 刀具工作角度	8
1.3 切削力和切削功率的计算	10
1.3.1 切削力的来源与分解	10
1.3.2 单位切削力和切削功率	11
1.3.3 影响切削力的主要因素	11
1.4 加工余量的计算	12
1.4.1 加工余量的概念	12
1.4.2 工序余量	12
1.4.3 影响加工余量的因素	14
1.4.4 加工余量的确定	15
1.5 工序尺寸及其公差计算	15
1.5.1 基准重合时, 工序尺寸及其公差计算	15
1.5.2 基准不重合时, 工序尺寸及其公差计算	16
1.6 计算实例	18
第 2 章 钳工加工的计算	21
2.1 基础计算	21
2.1.1 锥度	21
2.1.2 滚花形式和尺寸	22
2.1.3 沉头座及通孔尺寸	23
2.1.4 T 形槽尺寸	24
2.2 螺纹加工的计算	25
2.2.1 螺纹概述	25
2.2.2 攻螺纹	28

2.2.3 套螺纹	34
2.3 铰削和刮研的计算	37
2.3.1 铰削	37
2.3.2 刮削（刮研）	38
2.4 矫正和弯曲的计算	41
2.4.1 矫正	41
2.4.2 弯曲	43
2.5 划线和分度的计算	46
2.5.1 划线	46
2.5.2 分度	50
2.6 计算实例	52
第3章 车削加工的计算	55
3.1 车床传动系统的计算	55
3.1.1 机床传动系统的分析	55
3.1.2 机床运动的分析及其计算	57
3.2 车削余量的计算	58
3.2.1 轴的加工余量	58
3.2.2 内孔的加工余量	63
3.3 车削圆柱体和圆柱孔的计算	64
3.3.1 正多边形外接圆直径的计算	64
3.3.2 内圆弧和外圆弧的计算	65
3.3.3 用钢柱测量圆柱体直径的计算	66
3.3.4 用内卡钳测量圆柱孔直径摆动量的计算	66
3.3.5 用两个钢球测量圆柱孔直径的计算	66
3.3.6 用外径千分尺测量孔径的计算	67
3.4 车削圆锥体表面和角度工件的计算	67
3.4.1 圆锥体各部分名称及代号	67
3.4.2 车削圆锥表面的方法及其计算	68
3.4.3 车削圆锥表面时切削深度的计算	71
3.5 车削齿轮坯计算	72
3.5.1 直齿圆柱齿轮各部分名称及计算	72
3.5.2 内齿轮的计算	73
3.5.3 直齿锥齿轮的计算	74
3.5.4 斜齿圆柱齿轮的计算	75
3.5.5 蜗轮蜗杆传动的计算	76
3.6 车削螺纹的计算	79

3.6.1 普通螺纹的计算	79
3.6.2 寸制三角螺纹的计算	80
3.6.3 55° 非密封管螺纹的计算	81
3.6.4 60° 密封管螺纹的计算	82
3.6.5 圆形螺纹的计算	82
3.7 特殊车削加工的计算	83
3.7.1 车床上盘绕弹簧的计算	83
3.7.2 在自定心卡盘上车削偏心工件的计算	85
3.7.3 车削椭圆轴和孔的计算	87
3.7.4 车削特形面的计算	87
3.8 计算实例	90
第 4 章 铣削加工的计算	97
4.1 万能分度头分度的计算	97
4.1.1 简单等分数的分度计算	97
4.1.2 质数等分数的分度计算	98
4.1.3 直线移距的分度计算	101
4.2 铣削参数的选择及计算	103
4.2.1 铣刀主要几何参数	103
4.2.2 铣刀主要结构参数的选择	103
4.3 铣削齿轮的计算	107
4.3.1 铣圆柱齿轮的盘铣刀	107
4.3.2 斜齿圆柱齿轮的铣削	108
4.3.3 齿条的铣削	111
4.3.4 直齿锥齿轮的铣削	113
4.3.5 蜗轮蜗杆的铣削	118
4.4 铣削斜面和沟槽的计算	120
4.4.1 铣斜面的计算	120
4.4.2 键槽的加工与计算	121
4.4.3 铣削矩形花键轴的计算	125
4.5 铣削特形工件的计算	132
4.5.1 铣削等速圆盘凸轮的计算	132
4.5.2 铣削球台的计算	133
4.5.3 铣削带柄圆球的计算	134
4.6 计算实例	135
第 5 章 磨削加工的计算	141
5.1 圆锥面的磨削计算	141

5.1.1	外圆锥面的磨削计算	141
5.1.2	内圆锥面的磨削计算	143
5.2	螺纹和偏心工件的磨削计算	145
5.2.1	单线砂轮磨削计算	145
5.2.2	多线砂轮磨削计算	145
5.2.3	圆柱螺纹的测量计算	146
5.2.4	圆锥螺纹的测量计算	147
5.2.5	偏心工件的磨削计算	148
5.3	斜面和成形面工件的磨削计算	150
5.3.1	斜面的磨削计算	150
5.3.2	角度块的测量计算	152
5.3.3	成形面的磨削计算	153
5.4	球面工件的磨削计算	154
5.4.1	球轴的磨削计算	154
5.4.2	外球面的磨削计算	155
5.4.3	内球面的磨削计算	156
5.5	花键轴的磨削计算	156
5.5.1	单砂轮磨削计算	156
5.5.2	双砂轮磨削计算	157
5.5.3	三砂轮磨削计算	158
5.6	齿轮的磨削计算	158
5.6.1	成形法磨齿	158
5.6.2	展成法磨齿	159
5.6.3	磨齿用的砂轮选择	161
5.6.4	磨削用量选择	161
5.7	刀具刃磨的计算	162
5.7.1	铰刀的刃磨计算	162
5.7.2	铣刀的刃磨计算	164
5.7.3	插齿刀的刃磨计算	166
5.8	计算实例	166
第 6 章	镗削加工的计算	174
6.1	圆柱孔的镗削计算	174
6.1.1	安装镗刀的计算	174
6.1.2	测量孔径的计算	175
6.2	镗削坐标系统的计算	176
6.2.1	直角坐标系统	176

6.2.2	极坐标系统	176
6.2.3	极坐标系与直角坐标系的关系	176
6.3	孔距坐标的计算方法	177
6.4	平行孔系的镗削计算	178
6.4.1	试切法镗平行孔系	178
6.4.2	坐标法镗平行孔系	179
6.4.3	定心套找正法计算	179
6.5	壳体两平行孔的镗削计算	180
6.5.1	分析图样及加工工艺	180
6.5.2	确定加工顺序	180
6.5.3	加工方法	180
6.5.4	孔的坐标尺寸及公差计算	181
6.6	传动箱体三平行孔的镗削计算	182
6.6.1	镗孔要求	182
6.6.2	加工顺序	182
6.6.3	确定孔位坐标尺寸的计算	183
6.6.4	确定坐标尺寸公差计算	183
6.7	镗削小型齿轮箱孔距的计算	184
6.8	用坐标镗床镗孔的计算	186
6.9	用镗床切螺纹的计算	187
6.10	用镗刀加工内球面的计算	188
6.10.1	外球心内球面的加工计算	188
6.10.2	内球心内球面的加工计算	189
6.11	计算实例	190
第 7 章	钻削加工的计算	196
7.1	圆周等分钻孔的计算	196
7.1.1	公式计算法	196
7.1.2	查表算孔距法	196
7.1.3	查表算直径法	197
7.1.4	有精度要求的平行孔距加工计算法	198
7.2	交叉孔零件加工计算	198
7.2.1	偏心交叉孔中心距测量计算法	199
7.2.2	斜面上孔的测量计算法	200
7.2.3	圆柱体径向孔夹角测量计算法	201
7.3	扩孔计算及加工特点	202
7.4	铰削的有关计算	203

7.4.1	铰孔规范及要点	203
7.4.2	铰圆锥孔的计算	204
7.5	内螺纹的加工计算	204
7.5.1	攻普通螺纹计算法	204
7.5.2	钻底孔代用钻头尺寸	205
7.5.3	自攻螺钉孔的直径	205
7.5.4	机用丝锥攻螺纹的切削速度	206
7.5.5	底孔深度的计算	206
7.5.6	挤压前的底孔直径计算	206
7.6	计算实例	207
第 8 章	刨削加工的计算	213
8.1	刨削直角槽的计算	213
8.1.1	刨键槽时的对刀计算	213
8.1.2	键槽深的测量	214
8.2	刨削 V 形槽的计算	214
8.2.1	刨削 V 形槽的步骤	214
8.2.2	V 形槽的测量计算	215
8.3	刨削燕尾导轨的计算	216
8.3.1	燕尾的特点及各部分尺寸计算	216
8.3.2	斜燕尾的刨削计算	217
8.4	刨削镶条的计算	218
8.4.1	直镶条的刨削计算	218
8.4.2	斜镶条的刨削计算	219
8.5	刨削齿条的计算	220
8.5.1	概述	220
8.5.2	直齿条的刨削计算	221
8.5.3	斜齿条的刨削计算	221
8.6	刨削曲面的计算	221
8.7	计算实例	222
第 9 章	插削加工的计算	224
9.1	孔内插键槽的计算	224
9.2	多边形孔的插削计算	225
9.2.1	求中心的方法	225
9.2.2	几何作图法	225
9.2.3	查表计算边长的方法	226
9.2.4	分度头分度法	226

9.2.5 插削四方孔的计算	226
9.2.6 插削六方孔的计算	227
9.3 内花键的插削计算	228
9.3.1 概述	228
9.3.2 插矩形内花键的计算	229
9.4 插削直齿圆柱齿轮的计算	230
9.5 计算实例	231
第 10 章 拉削加工的计算	235
10.1 拉削余量的计算	235
10.1.1 直径余量的计算	235
10.1.2 用经验公式计算拉削余量	235
10.2 普通拉刀齿升的计算	236
10.3 计算实例	237
第 11 章 钣金件的展开计算	240
11.1 钣金展开基础	240
11.1.1 圆和椭圆周长	240
11.1.2 常见平面图形的面积和重心	240
11.1.3 常见几何图形的面积计算公式	242
11.2 封头的展开计算	243
11.2.1 球缺体封头放样坯料直径计算	243
11.2.2 球缺体直边封头放样坯料直径计算	244
11.2.3 球缺体平底封头放样坯料直径计算	244
11.2.4 半球体封头放样坯料直径计算	245
11.2.5 半球体直边封头放样坯料直径计算	245
11.3 弯头的展开计算	246
11.3.1 两节等径直角圆柱弯头	246
11.3.2 两节任意角度等径弯头	247
11.4 三通管的展开计算	248
11.4.1 等径直交三通管	248
11.4.2 等径斜交三通管	249
11.5 圆锥台的展开计算	250
11.5.1 正圆锥台	250
11.5.2 直角斜圆锥台	251
11.6 方矩锥管的展开计算	252
11.6.1 方矩锥管的计算基础	252
11.6.2 正方连接管	254

11.7 方圆连接管的展开计算.....	256
11.7.1 正心方圆连接管	256
11.7.2 正心矩方圆连接管	257
11.8 钢梯、螺旋面的展开计算.....	258
11.8.1 直斜钢梯	258
11.8.2 单双折弯钢梯	259
11.9 计算实例.....	261
第 12 章 数控编程中的计算	262
12.1 数控编程计算基础	262
12.1.1 数值计算概述	262
12.1.2 坐标增量计算	263
12.1.3 角度数值换算	263
12.2 典型几何图形关系的计算	264
12.2.1 直线圆弧过渡尺寸的计算	264
12.2.2 沉孔结构尺寸的计算	265
12.3 切点坐标的计算	266
12.3.1 圆和切线的几何关系计算	266
12.3.2 过圆外一点的直线与圆相切的切点坐标计算	266
12.3.3 两圆内公切线切点坐标的计算	267
12.4 求解基点坐标的标准计算公式	268
12.5 刀位点坐标的计算	271
12.6 数控加工计算中的相互转换	274
12.6.1 双曲线方程及其转换	274
12.6.2 椭圆方程及其转换	274
12.7 数控编程的简化计算	275
12.8 数控编程假想刀尖点坐标的计算	277
12.8.1 车削圆锥面时假想刀尖点坐标的计算	277
12.8.2 两条斜线相交处假想刀尖点坐标的计算	278
12.9 计算实例	279
参考文献	281

第 1 章 金属切削加工基础计算

1.1 切削参数及其计算

1.1.1 切削运动

金属切削加工是用金属切削刀具切除工件上多余的金属材料，使其形状、尺寸精度及表面质量达到图样要求的一种机械加工方法。刀具切除多余金属是通过在刀具和工件之间产生相对运动来完成的，此运动称为切削运动。切削运动可分为主运动和进给运动两种。

1. 主运动

切削运动中直接切除工件上的切削层，使之转变为切屑，以形成工件新表面的运动是主运动。一般来说，主运动是产生主切削力的运动，由机床主轴提供，其运动速度高，消耗的切削功率大。通常主运动只有一个，它可由工件运动完成，也可由刀具运动完成，如车削时由车床主轴带动工件的回转运动（图 1-1）；钻削和铣削时由机床主轴带动的刀具回转运动；刨削时的工件或刀具直线往复运动（图 1-2）等。

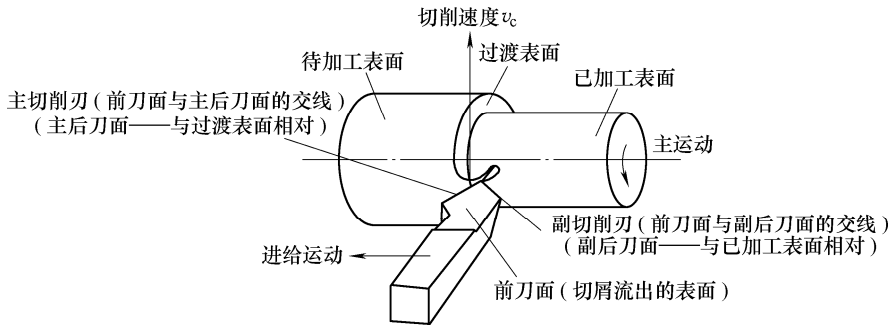


图 1-1 车床主轴带动工件的回转运动

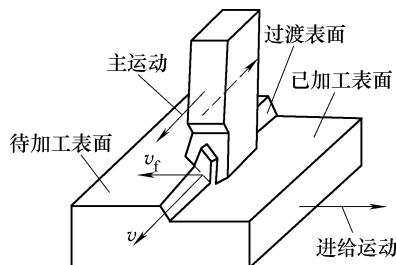


图 1-2 刨削时的工件或刀具直线往复运动

2. 进给运动

结合主运动把切削层不断地投入切削，以完成对一个表面切削的运动是进给运动，如车削时刀具的走刀运动（图 1-1），刨削时工件的间歇进给运动（图 1-2），钻削加工中的钻头、铰刀的轴向移动，铣削时工件的纵向、横向移动等。进给运动速度小，消耗的功率少。切削加工中进给运动可以是一个、两个或多个，甚至可能没有，如拉床。进给运动可连续可间断。

在切削过程中，工件上的多余金属层不断地被刀具切除而转变为切屑，同时工件上形成三个不断变化的表面，车削加工如图 1-1 所示，刨削加工如图 1-2 所示。这些表面可分为如下三种：

- (1) 待加工表面 工件上有待切除的表面称为待加工表面。
- (2) 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。
- (3) 过渡表面 主切削刃正在切削的表面，它在切削过程中不断变化，是待加工表面与已加工表面的连接表面。

1.1.2 切削用量

切削速度 v_c 、进给量 f 和背吃刀量 a_p 是切削用量三要素，总称为切削用量，如图 1-3 所示。

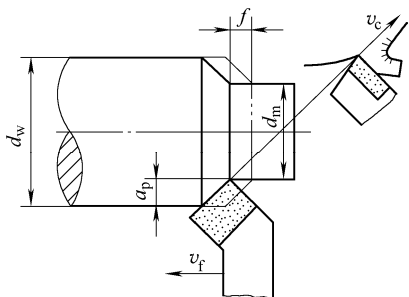


图 1-3 切削用量

1. 切削速度

(1) 主轴转速 主轴转速是指主轴在单位时间内的转数，是表示机床主运动的性能参数，用符号 n 表示，其单位是 r/min 或 r/s。

(2) 切削速度 切削速度是刀具切削刃上选定点相对于工件的主运动的瞬时速度（线速度），用符号 v_c 表示，单位为 m/min 或 m/s。

外圆车削或用旋转刀具切削加工时的切削速度计算公式为

$$v_c = \frac{\pi d n}{1000}$$

式中 v_c ——切削速度 (m/min);
 d ——工件或刀具的直径 (mm);
 n ——工件或刀具的转速 (r/min)。

2. 进给量

(1) 进给量 进给量是刀具在进给运动方向上相对于工件的位移量, 用刀具或工件每转 (主运动为旋转运动时) 或双行程 (主运动为直线运动时) 的位移量来表达, 用符号 f 表示, 单位为 mm/r 或 mm/双行程, 如图 1-3 所示。

(2) 进给速度 进给速度是刀具切削刃上选定点相对工件进给运动的瞬时速度。进给速度用符号 v_f 表示, 单位是 mm/min。

(3) 每齿进给量 对于多齿刀具 (如铣刀), 每转或每行程中每齿相对于工件在进给运动方向上的位移量称为每齿进给量 f_z , 单位为 mm/齿。

$$f_z = \frac{f}{z}$$

式中 f_z ——每齿进给量 (mm/齿);
 f ——进给量 (mm/r);
 z ——刀齿数。

进给速度 v_f 与进给量 f 之间的关系为: $v_f = nf = nf_z z$ 。

即表示铣削进给运动的进给量可用每齿进给量 f_z (mm/齿)、每转进给量 f (mm/r) 或进给速度 v_f (mm/min) 来表示。

3. 背吃刀量

车削加工中, 刀具的横向进给 (也称为吃刀) 和铣削加工中刀具的横向进给是间歇的进给运动, 是由机床的吃刀机构提供的, 也称为吃刀运动。通常把切削加工中的吃刀量称为背吃刀量, 用符号 a_p 表示, 单位为 mm。车削中的背吃刀量是指已加工表面与待加工表面之间的垂直距离。外圆车削时, 其背吃刀量 a_p 等于工件上已加工表面与待加工表面之间的垂直距离, 如图 1-3 所示, 即

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

式中 d_w ——工件待加工表面直径 (mm);
 d_m ——工件已加工表面直径 (mm)。

1.1.3 切削层参数

切削层是指切削过程中, 由刀具在切削部分的一个单一动作 (或指切削部分切过工件的一个单程, 或指只产生一圈过渡表面的动作) 所切除的工件材料层。外圆车削时的切削层就是工件旋转一圈, 主切削刃移动一个进给量 f 所切除的一层金属层, 如图 1-4 所示。

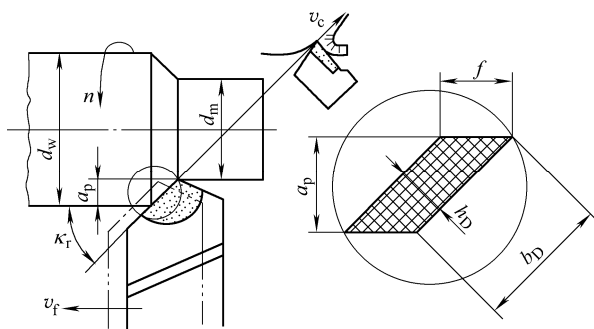


图 1-4 切削层

切削层的形状和尺寸称为切削层参数。切削层参数在通过切削刃上选定点并垂直于该点切削速度 v_c 的平面内测量，有以下 3 个：

(1) 切削层公称厚度 h_D 切削层公称厚度 h_D 是垂直于过渡表面测量的切削层尺寸，即相邻两过渡表面之间的距离。它反映了切削刃单位长度上的切削负荷。车外圆时，若车刀主切削刃为直线，则： $h_D = f \sin \kappa_r$ 。

(2) 切削层公称宽度 b_D 切削层公称宽度是沿过渡表面测量的切削层尺寸。它反映了切削刃参加切削的工作长度。当车刀主切削刃为直线时，外圆车削的切削层公称宽度为： $b_D = a_p / \sin \kappa_r$ 。

(3) 切削层公称横截面积 A_D 在切削层尺寸平面内切削层的实际横截面积称为切削层公称横截面积 A_D ，即

$$A_D = b_D h_D = a_p f$$

分析上述公式可知，当主偏角 κ_r 增大时，切削层公称厚度 h_D 将增大，而切削层公称宽度 b_D 将减小；当 $\kappa_r = 90^\circ$ 时， $h_D = f$ 达到最大值， $b_D = a_p$ 达到最小值。主偏角值的不同引起切削层公称厚度与切削层公称宽度的变化，从而对切削过程的切削机理产生了较大的影响。切削层公称横截面积只由切削用量中的 f 和 a_p 决定，不受主偏角变化的影响，但切削层公称横截面积的形状则与主偏角、刀尖圆弧半径的大小有关。

切削层公称横截面积 A_D 的大小反映了切削刃所载荷荷的大小，并影响加工质量、生产率及刀具寿命，在车削加工时即指车刀正在切削着的 $ABCD$ 这一层金属，如图 1-5 所示。实际上，由于刀具副偏角的存在，经切削加工后的已加工表面上常留下有规则的刀纹，这些刀纹在切削层尺寸平面里的横截面

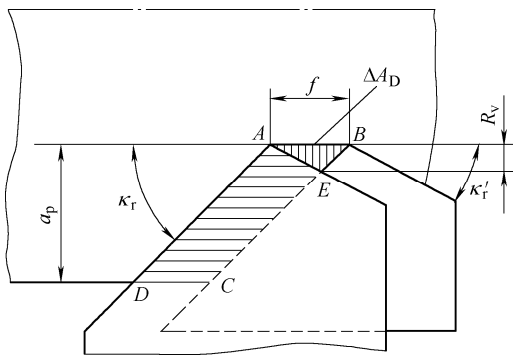


图 1-5 车削加工切削层