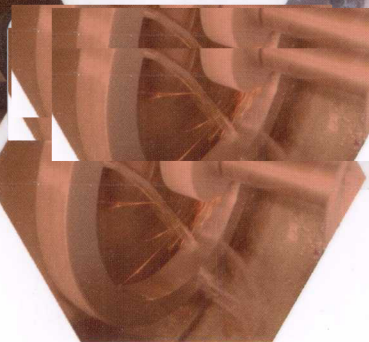


图解机械加工实用技术丛书

磨 工

一点通

尹成湖 等 编著



科学出版社

图解机械加工实用技术丛书

磨工一点通

尹成湖 等 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以实用技术和操作要点为主线,以解决实际问题为出发点,配有大量的图片和现场操作照片,便于读者阅读和理解。

本书共6章,内容包括:磨工基本知识、磨床及其使用维护、砂轮的特性及其平衡修整、磨削工艺方法、磨床常用夹具及其使用、磨削质量检验量具及其操作。

本书适合磨削加工技术初学者使用,可作为工人上岗、转岗培训自学教材、农民工培训教材,也可作为各类工科院校机械专业学生的学习参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

磨工一点通/尹成湖等编著. —北京: 科学出版社, 2011

(图解机械加工实用技术丛书)

ISBN 918-7-03-030719-4

I. 磨… II. 尹… III. 磨削—图解 IV. TG58-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第058017号

责任编辑: 张莉莉 杨 凯 / 责任制作: 董立颖 魏 谨

责任印制: 赵德静 / 封面设计: 刘 源

北京东方科龙图文有限公司 制作

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

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011年5月第 一 版 开本: A5 (890×1240)

2011年5月第一次印刷 印张: 8 3/4

印数: 1—5 000 字数: 230 000

定价: 25.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

为了使磨削加工技术的初学者更快、更容易的理解和掌握磨工需要掌握的知识、技能和操作要点，本书以实用技术和操作要点为主线，以解决实际问题为出发点，配有大量的图片和现场操作照片，便于读者直观的学习、记忆、理解、掌握和使用。

本书通俗易懂，以图、表、文和现场操作照片相结合的形式将磨工需要掌握的基本知识、技能和操作要点、操作过程进行了直观易懂的表达。

本书内容包括：磨工基本知识、磨床及其使用维护、砂轮的特性及其平衡修整、磨削工艺方法、磨床常用夹具及其使用、磨削质量检验量具及其操作。

本书由河北科技大学的尹成湖、张英、冯运、赵小明、边跃建、孙建强，强大泵业集团的靳清、刘惠峰、黄国强、杜新建共同编写，由尹成湖教授统筹规划。文字录入和图表处理工作由张英完成。

在编写和照片拍摄过程中，得到了强大泵业集团的侯万祥，河北科技大学的陶维成、吴书迎、王长荣等同志的帮助，在此表示衷心感谢。

由于编写时间短，拍摄条件有限，不妥之处在所难免，恳请读者指正。

目 录

第 1 章 磨工基本知识

1.1 什么是磨削	2
1.2 磨削加工方法的分类	3
1.3 磨削运动	4
1.4 磨削用量	6
1.5 磨削过程与磨削比	7
1.6 磨削力与磨削功率	9
1.7 磨削热和磨削温度	10
1.8 磨削液	11
1.9 安全文明生产	21
思考与练习	24

第 2 章 磨床及其使用维护

2.1 磨床的类型及型号	26
2.1.1 磨床的分类	26
2.1.2 磨床型号中代号的含义	27
2.2 磨床的选用	29
2.2.1 磨床类型规格的选用	29
2.2.2 磨床的精度选择	29
2.3 M1432A型万能外圆磨床	31
2.3.1 M1432A型万能外圆磨床的用途	31

2.3.2	M1432A型万能外圆磨床的组成及其功能	33
2.3.3	M1432A型万能外圆磨床的操纵系统及开机步骤	40
2.3.4	M1432A型万能外圆磨床的电气控制系统	45
2.3.5	M1432A型万能外圆磨床的冷却润滑系统	47
2.3.6	M1432A型万能外圆磨床的使用、保养与调整	48
2.4	磨工操作规程及维护保养	53
2.4.1	磨工操作规程	53
2.4.2	磨床的维护保养	54
	思考与练习	57

第3章 砂轮的特性及其平衡修整

3.1	普通磨料磨具	60
3.1.1	普通磨料的品种、代号、特点和应用	60
3.1.2	普通磨料粒度	62
3.1.3	普通磨具结合剂的代号、性能及应用	63
3.1.4	磨具的硬度代号及应用	63
3.1.5	磨具的组织号及其应用	64
3.1.6	磨具的强度	65
3.1.7	磨具的形状尺寸	66
3.1.8	普通磨料磨具的标记	68
3.2	砂轮的平衡与安装	69
3.2.1	砂轮从主轴上拆卸的操作	69
3.2.2	砂轮与平衡法兰盘的拆装操作	71
3.2.3	砂轮的平衡操作	75
3.2.4	砂轮与主轴的安装操作	79
3.2.5	内圆砂轮与主轴的安装操作	81
3.3	金刚石修整笔	84
3.4	砂轮的修整	88

3.4.1 砂轮的修整方法	88
3.4.2 外圆磨床砂轮修整	89
3.4.3 内圆磨床砂轮修整	93
3.4.4 平面磨床砂轮修整	97
思考与练习	99

第4章 磨削工艺方法

4.1 外圆磨削	102
4.1.1 外圆磨削方法	102
4.1.2 外圆磨削的砂轮选择	107
4.1.3 外圆磨削的磨削用量	108
4.1.4 外圆磨削的磨削余量	109
4.1.5 外圆磨削实例	110
4.2 内圆磨削	122
4.2.1 内圆磨削方法	123
4.2.2 内圆磨削的砂轮	126
4.2.3 内圆磨削的磨削用量	128
4.2.4 内圆磨削的磨削余量	133
4.2.5 内圆磨削实例	134
4.3 圆锥面磨削	146
4.3.1 圆锥面各部分名称及参数计算	146
4.3.2 圆锥面的磨削方法	147
4.4 平面磨削	150
4.4.1 平面的磨削方法	150
4.4.2 平面磨削砂轮特性选择	153
4.4.3 平面磨削用量	153
4.4.4 平面磨削实例	158
4.5 其他磨削工艺	170

4.5.1	高速磨削	170
4.5.2	低粗糙度磨削	171
4.5.3	珩 磨	173
4.5.4	研 磨	175
4.5.5	抛 光	178
4.5.6	超精加工	183
	思考与练习	185

第 5 章 磨床常用夹具及其使用

5.1	磨床夹具的种类和用途	188
5.2	外圆磨削的工件装夹	189
5.2.1	外圆磨削工件常用的装夹方法	189
5.2.2	用顶尖夹头装夹工件的操作	196
5.2.3	用圆柱心轴装夹工件的操作	204
5.2.4	用液性塑料胀胎心轴装夹工件的操作	208
5.3	内圆磨削的工件装夹	213
5.3.1	内圆磨削常用的工件装夹方法	213
5.3.2	卡盘在万能外圆磨床上的装卸过程	220
5.4	平面磨削的工件装夹	222
	思考与练习	227

第 6 章 磨削质量检验量具及其操作

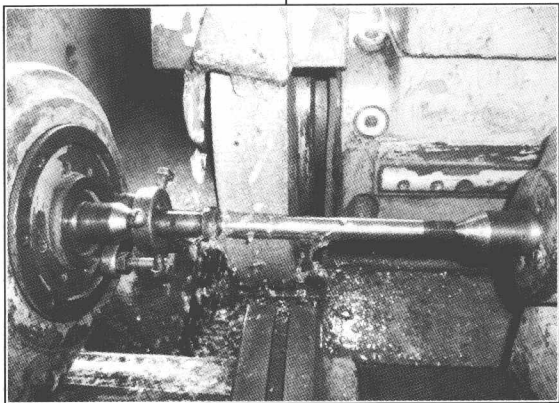
6.1	外圆磨削的质量检验	230
6.1.1	外圆磨削的磨前检查	230
6.1.2	外圆磨削过程中的检查	231
6.1.3	工件外圆磨后的圆柱度和圆度测量	232
6.2	内圆磨削的质量检验	235
6.2.1	内圆磨削时上活找正和磨削过程中的	

孔径测量	235
6.2.2 内圆磨削后的圆度、圆柱度和内外圆 同轴度测量	235
6.3 平面度和表面粗糙度测量	238
6.3.1 用光隙法测平面度	238
6.3.2 工件的表面粗糙度检验	239
6.4 工件表面尺寸测量常用的量具及其使用	240
6.4.1 千分尺	240
6.4.2 千分表	243
6.4.3 用圆锥量规测量圆锥接触面积和直径尺寸 ...	246
6.4.4 用正弦规检测外圆锥角度	251
思考与练习	255
附 录 磨床的组、系代号、主参数及其折算系数表	257
参考文献	265

第1章

磨工基本知识

- 1.1 什么是磨削
- 1.2 磨削加工方法的分类
- 1.3 磨削运动
- 1.4 磨削用量
- 1.5 磨削过程与磨削比
- 1.6 磨削力与磨削功率
- 1.7 磨削热和磨削温度
- 1.8 磨削液
- 1.9 安全文明生产



1.1 什么是磨削

磨削是指用磨料、磨具切除工件上多余材料的加工方法。随着科学技术的发展,磨削的应用范围愈来愈广。根据工艺目的和要求不同,磨削加工工艺方法亦多种多样,磨削技术正朝着精密、低粗糙度、高速、高效和自动磨削方向发展。

在磨削加工中,把磨床、磨料磨具、工件、夹具和量具称为磨削加工工艺系统。在磨削过程中,磨具与工件相互作用、相互运动产生各种物理现象,主要有磨削变形、磨削力、磨削热、磨具磨损等。磨削加工主要用于工件质量要求较高的精加工,一般是工件加工的最终加工工序,因此,保证工件的磨削精度和表面质量显得更加重要。磨削精度是指磨削后工件的尺寸精度、形状精度和位置精度。表面质量是指磨削后工件的表面粗糙度、残余应力、表面层裂纹和磨削烧伤(金相组织改变)等。磨削与切削相比,主要有以下特点(图1.1)。

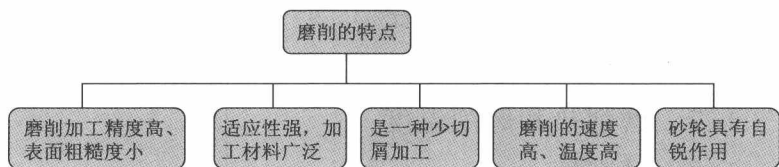


图1.1 磨削的特点

① 磨削的速度高、温度高。磨削速度为砂轮线速度,一般在35m/s左右,是车削和铣削速度的10~20倍,因此,磨削变形快、磨削区内产生大量的热,使磨削区的温度高。

② 磨削加工精度高及表面粗糙度小。通常尺寸精度等级为IT6~IT5,表面粗糙度 Ra 为 $0.8\sim 0.2\mu\text{m}$,超精磨可达 $Ra0.2\sim 0.025\mu\text{m}$,镜面磨削可达 $Ra0.0125\mu\text{m}$,尺寸精度和形位精度可达 $1\mu\text{m}$ 以内。

③ 适应性强。能磨削的工件材料范围广,可以加工铜、铝、铸铁等较软材料,也可以加工硬度很高的材料,如各种淬硬钢件、高速钢刀具和硬质合金等,还可以加工非金属材料,如木材、玻璃、陶瓷、塑料等,这些材料用金属刀具很难加工,甚至根本不能加工。

④ 磨削加工是一种少切屑加工。随着精密毛坯制造技术（精密锻造、精密铸造等）的应用，某些零件有可能不经其他切削加工，而直接由磨削加工完成，这将使磨削加工在大批量生产中得到更广泛的应用。

⑤ 砂轮具有自锐作用。磨削刃磨钝时，作用在磨粒上的力增大，磨粒局部被压碎形成新刃或磨粒脱落露出新的磨粒，这种重新获得锋锐磨刃的作用称为自锐作用。

1.2 磨削加工方法的分类

磨削加工方法的形式多种多样，生产中主要是指用砂轮进行磨削。为了便于使用和管理，通常根据磨床产品的磨削加工形式及其加工对象，将磨削加工方法划分为四种形式。

1. 按磨削精度区分

分为粗磨、半精磨、精磨、镜面磨削、超精加工。

2. 按进给形式区分

分为切入磨削、纵向磨削、缓进给磨削、无进给磨削、定压珩磨、定量珩磨。

3. 按磨削形式区分

分为砂带磨削、无心磨削、行星磨削、端面磨削、周边磨削、宽砂轮磨削、成形磨削、仿形磨削、振动磨削、高速磨削、强力磨削、恒压力磨削、手动磨削、干磨削、湿磨削、研磨、珩磨等。

4. 按加工表面区分

分为外圆磨削、内圆磨削、平面磨削、刃磨，也包括齿轮磨削、花键磨削、螺纹磨削等。

除此之外，还有其他区分方法，如按磨削中使用的磨削工具的类型分为固结磨粒磨具磨削加工方法和游离磨粒磨削加工方法。固结磨粒磨具磨削加工方法主要包括砂轮磨削、珩磨、砂带磨削、电解磨削等；游离磨粒磨削加工方法主要包括研磨、抛光、喷射加工、磨料流动加工、振动加工等。按砂轮线速度 v_s 的高低分为：普通磨削 $v_s < 45\text{m/s}$ ，高速磨削 $45\text{m/s} \leq v_s < 150\text{m/s}$ ，超高速磨削 $v_s \geq 150\text{m/s}$ 。按采用的新技术情况分为磁性研磨、电化学抛光等。

1.3

磨削运动

在机械零件上常用的典型表面有：平面、内外圆柱面、内外圆锥面、齿轮表面、螺纹表面等。磨削这些表面是通过磨具与工件的相对运动和相互作用形成的。典型磨削方式如图1.2所示。

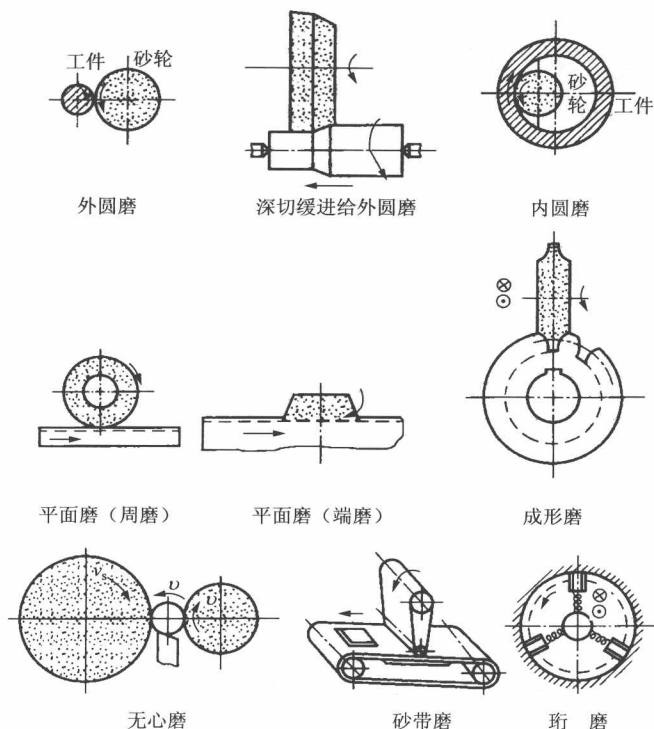
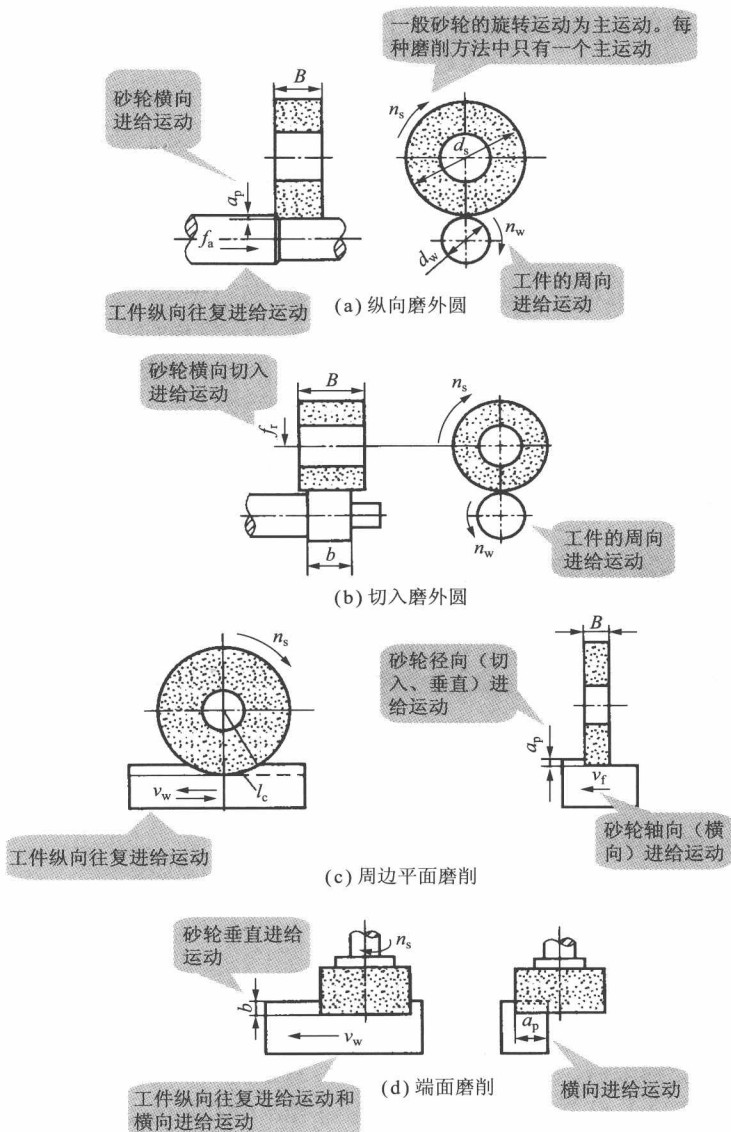


图1.2 典型磨削方式

在磨削过程中，为了从工件毛坯上磨除多余的材料，获得预定要求的工件形状、尺寸、位置精度和表面质量，磨具与工件必须作相对运动，这些运动称为磨削运动。磨削运动一般由机床或人工操作实现。根据磨削运动在磨削过程中所起的作用和特点分为：主运动和进给运动。磨外圆和磨平面的磨削运动如图1.3所示。



B —砂轮宽度； f_a —纵向进给量； a_p —背吃刀量； d_w —工件的直径；
 n_w —工件的转速； n_s —砂轮的转速； f_r —径向进给量； v_w —工件的纵向往复运动速度；
 v_r —工件的横向间歇进给量； b —轴向吃刀量； l_c —磨削长度

图1.3 磨削运动及参数

主运动的特点是运动速度高，磨削时消耗的功率大。进给运动的特点是运动速度小，磨削时消耗的功率小

主运动的作用是直接磨除工件表面层材料，使之变为磨屑，形成工件新表面的运动，一般为砂轮的旋转运动。主运动的特点是运动速度高，磨削时消耗的功率大。每种磨削方法中只有一个主运动。

进给运动的作用是将被磨工件表面层材料连续不断地投入磨削的运动。不同的磨削方式，进给运动的数目不同。进给运动的特点是运动速度小，磨削时消耗的功率小。如图1.3（a）所示，纵向磨外圆的进给运动包括：工件的周向进给运动、工件纵向往复进给运动和砂轮横向进给运动（也称切入或吃刀运动）。如图1.3（b）所示，切入磨外圆的进给运动包括：工件的周向进给运动和砂轮横向切入进给运动。如图1.3（c）所示，砂轮周边平面磨削的进给运动包括：工件纵向往复进给运动、砂轮轴向（横向）进给运动和砂轮径向（切入、垂直）进给运动。如图1.3（d）所示，端面磨削与周边磨削平面的进给运动是工件纵向往复进给运动和横向进给运动及砂轮垂直进给运动。

1.4 磨削用量

磨削用量是用来表示磨削运动主要参数的数值，一般指磨削速度、进给量（进给速度）和背吃刀量（磨削深度）。确定磨削用量的目的是通过调整机床获得良好的磨削效果。

1. 磨削速度

磨削速度是指主运动的速度，即砂轮外圆的线速度 v_s 。

$$v_s = \frac{\pi d_s n_s}{1000} \quad (\text{m/s}) \quad (1.1)$$

式中， d_s 为砂轮直径，单位为mm； n_s 为砂轮转速，单位为r/s。

外圆磨削和平面磨削的磨削速度一般为30~35m/s，内圆磨削因其砂轮直径受到限制，磨削速度一般为18~30m/s。

【例1.1】已知外圆磨削的砂轮直径 $d_s=400\text{mm}$ ，砂轮的转速为1600r/min，求磨削速度 v_s 是多少？

解 根据式（1.1）得，

$$v_s = \frac{\pi d_s n_s}{1000} = \frac{3.14 \times 400 \times 1600}{1000 \times 60} = 33.5 \quad (\text{m/s})$$

2. 进给量

1) 工件周向进给速度

在外圆磨削中, 工件的旋转运动速度是工件周向进给运动速度, 即工件圆周(切向)运动速度 v_w 。一般情况, 工件的圆周运动速度为砂轮速度的 $1/60 \sim 1/120$ 。调整机床时, 可通过式(1.2)的计算来选择头架主轴的转速。

$$v_w = \frac{\pi d_w n_w}{1000} \quad (\text{m/min}) \quad (1.2)$$

式中, d_w 为工件的直径, 单位为mm; n_w 为工件的转速, 单位为r/min。

【例1.2】磨削直径为60mm的工件, 已知磨床头架的转速为80r/min, 求工件的圆周速度 v_w 是多少?

解 根据式(1.2)得,

$$v_w = \frac{\pi d_w n_w}{1000} = \frac{3.14 \times 60 \times 80}{1000} = 15 \quad (\text{m/min})$$

2) 纵向(砂轮轴向)进给量 f_a

工件转1转, 砂轮纵向(轴向)移动的距离称为纵向进给量, 用 f_a 表示, 单位是mm/r, 一般取 $f_a = (0.2 \sim 0.8) B/r$, 粗磨时取较大值, 精磨时取较小值, B 为砂轮宽度, 单位为mm。

3. 背吃刀量(磨削深度) a_p

背吃刀量或磨削深度 a_p 是指工作台往复一次, 工件相对砂轮径向移动的距离, 一般为间歇切入运动, 单位为mm/dst¹⁾; 工作台在往返行程时均作一次进给, 单位为mm/st²⁾。工作台移动时, 工件相对砂轮径向作连续切入运动, 称为连续切入, 单位为mm/s。习惯上, 背吃刀量(磨削深度) a_p 称为横向进给量 f_r (或称为砂轮径向进给量), 一般取 $f_r = 0.005 \sim 0.02 \text{ mm/dst}$ 。

1.5

磨削过程与磨削比

1. 磨削过程

磨削过程是指磨粒与工件从开始接触到切除工件表面层材料, 形

1) dst: 往复行程。

2) st: 单行程。

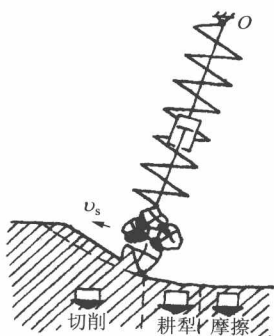


图1.4 磨削运动及参数

成切屑的过程。磨具表面上随机排列着大量的磨粒，每个磨粒就像一把小切刀对工件表面层材料进行切削。由于磨具工作表面上的磨粒形状和几何角度都不相同，分布不均匀，高低不一致，每个磨粒的磨削作用效果也就不同，这就使得磨削过程比切削过程复杂得多。为了说明问题，以单个磨粒为例来说明磨粒的磨削过程。当磨粒相对工件运动时，磨粒将切除工件上的一层金属，形成切屑。这个过程经历了摩擦、耕犁、切削并形成切屑三个阶段，如图1.4所示。

第一阶段称为摩擦阶段。磨粒与工件表面发生接触，磨粒挤压工件表面，触区内工件产生弹性变形，随着磨粒与工件表面相对运动，弹性变形逐渐增大，产生的摩擦力也随着增大，磨粒与工件表面相互摩擦并产生相对滑移，称为摩擦，也称为滑擦。

第二阶段称为耕犁阶段。随着摩擦加剧，产生大量的热，工件表面层金属的温度升高，材料的屈服应力下降，磨粒的切削刃就压入材料塑性基体中，由于磨粒与工件的相对运动，磨粒把塑性变形的金属推向磨粒的前方和侧面，致使工件表面产生隆起现象，形成犁沟或划痕，如图1.5所示。

第三阶段称为切削并形成切屑阶段。在上述两个阶段中，没有切屑产生。随着耕犁阶段，使磨粒切削刃前面的隆起增大，其磨削厚度增大，当磨削厚度达到某一临界值时，磨粒对工件切削层材料产生挤

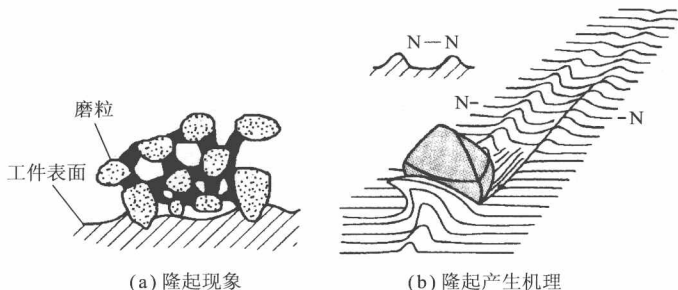


图1.5 磨削过程的隆起