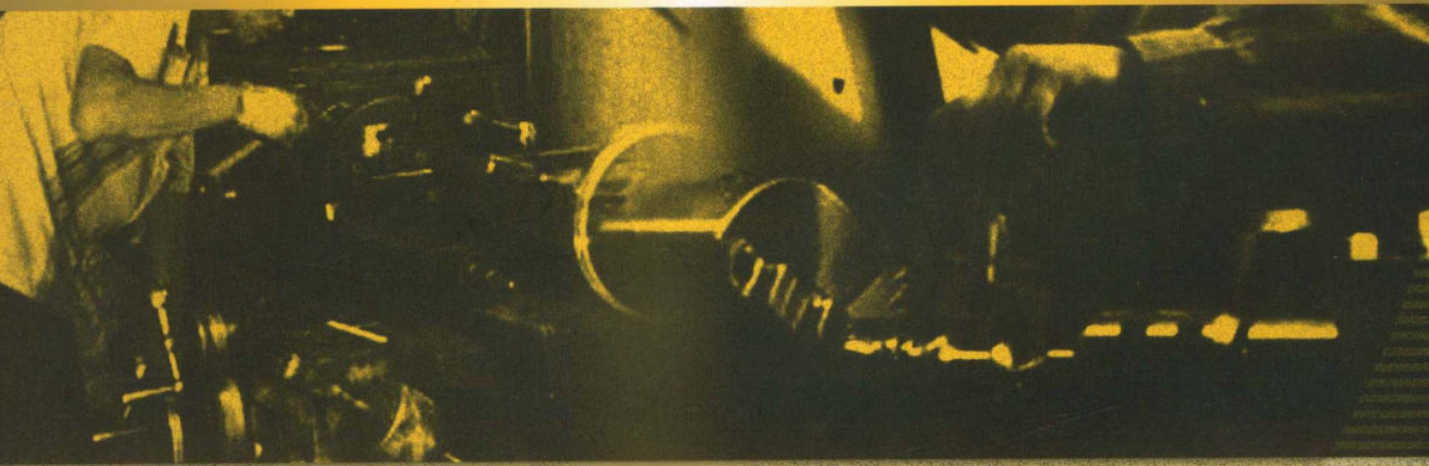


机械制造业职业技能培训系列丛书

中级车工 和高级车工必读

何建民 编著



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

全国机械类职业岗位技能培训系列教材

中级车工和高级车工必读

何建民 编著



机械工业出版社

本书从车刀及其工作原理谈起,比较全面地介绍了外回转表面和内回转表面多种典型工件的车削技术,对特形工件、较复杂工件和工件在车床上的特别切削方法、特种加工形式都作了实践性很强的叙述,对车床上的抛、磨、滚、压等光整加工技术及成形技术也作了重点介绍,并讲解了车削高硬度、高强度、高韧性等难加工材料、特殊材料时的难点和举措。

在介绍以上内容时,有针对性地突出操作关键、重点提示和工作经验。为了提高读者解决实际问题的能力,书中在多处提出难点对策,还列举了很多现场加工示例,以帮助读者理解与消化。本书对各种形式车刀、工件装夹、工件检测及工艺系统中的技术和工艺改进措施,也都作了叙述。

本书内容充实,实用性和实效性很强,各个章节插图都比较丰富,适合中级车工、高级车工及相关技术人员阅读,也可作为初级车工的进修教材和在现场教学中使用。

图书在版编目(CIP)数据

中级车工和高级车工必读/何建民编著. —北京:机械工业出版社, 2014. 4

机械制造职业技能培训系列丛书

ISBN 978-7-111-46149-4

I. ①中… II. ①何… III. ①车削—技术培训—教材 IV. ①TG51

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第050076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:汪光灿 责任编辑:汪光灿 王海霞

版式设计:霍永明 责任校对:孙延翔

封面设计:陈沛 责任印制:李洋

北京瑞德印刷有限公司印刷(三河市胜利装订厂装订)

2014年8月第1版第1次印刷

184mm×260mm·29.25印张·721千字

0001—2000册

标准书号:ISBN 978-7-111-46149-4

定价:59.00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

网络服务

社服务中心:(010)88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

当今的新型技工，尤其是中级和中级以上技工，不仅实际操作要熟练，还应掌握金属切削规律和相关知识；不仅要熟悉常规工件的加工技术，还应了解复杂工件和高难度工件的加工技术。为了满足读者这方面的需要，编写了这套丛书，包括《中级车工和高级车工必读》、《中级钳工和高级钳工必读》和《中级铣工和高级铣工必读》三册。

书中的每个加工环节，都是由一般到复杂系统地进行叙述。为了便于读者学习，在介绍疑难工件的车削方法时，都是与相关加工内容紧密结合起来；在介绍深层次工件的车削方法时，也与普通工件密切结合起来；在介绍特殊工件的车削方法时，都是有针对性地列举一些现场加工示例，许多处都是举一反三，使读者反复受到启发，从而领悟和找到操作经验和技术窍门。

本书在编写中，将工艺系统及其应用融为一体，以典型工件的加工技术关键、工艺窍门和加工实践为主线，将车削规律与实践有机地结合起来，同时力求追索内容新颖和技术进步，丰富读者的知识，引导读者的创新思维，并结合自己的工作特点，找到解决问题的方案。

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，真诚地希望广大读者给予批评指正。

编 者

目 录

前言	二、干切削技术的发展及应用····· 81
第一章 车削加工规律和车刀切削	第二章 外回转表面车削技术····· 83
原理····· 1	第一节 车削外回转表面时使用的车刀····· 83
第一节 切屑的形成与车刀切削	一、常用车刀分析····· 83
原理····· 1	二、车削直线表面的典型车刀····· 85
一、切屑变形及其影响因素····· 1	三、车刀的安装和定位····· 88
二、切削层与加工表面残留面积····· 3	第二节 车削外回转表面时工件的装夹和切削位置的确定····· 91
三、车刀刀头上“长瘤”及其对策····· 5	一、以外圆定位的小尺寸和较短工件的装夹····· 91
四、切削力的产生及其影响因素····· 6	二、双顶法和夹顶法装夹较长工件····· 93
第二节 车刀结构形式和多工位车刀····· 10	三、中心孔及其加工····· 107
一、焊接式车刀····· 10	四、以孔定位工件的装夹····· 114
二、粘结式车刀····· 12	五、不规则和异形工件的装夹····· 123
三、机械夹固式重磨车刀····· 12	六、装夹工件时的定位和基准面的选择····· 130
四、可转位车刀····· 17	七、工件的装夹精度····· 131
五、多工位车刀····· 28	八、车削外回转表面夹具的设计····· 135
第三节 车刀的几何角度及其优选····· 30	第三节 车削外回转表面及其操作提示····· 139
一、车刀辅助平面和角度····· 30	一、表面粗糙度与车削对策····· 139
二、车刀角度的优选····· 34	二、车削中的进给控制····· 147
三、车削中的断屑问题····· 39	三、特殊轴件外表面车削示例····· 149
第四节 刀具材料及高速车削····· 47	第四节 细长轴类工件车削技术····· 151
一、刀具材料及其发展与应用····· 47	一、车削细长轴时工件的装夹和辅助用具····· 151
二、高速切削····· 58	二、细长轴的加工方法及所用车刀法的形式····· 160
第五节 车刀刃磨技术····· 59	三、细长轴车削示例····· 169
一、切削热和车刀磨损····· 59	第五节 外回转表面与轴件检测及量具修复····· 174
二、车刀和刀片的刃磨及研磨····· 63	
三、车刀角度的测量····· 69	
四、刃磨车刀使用的砂轮及其修整····· 71	
第六节 切削液的使用与干切削技术的发展····· 77	
一、切削液的使用及其添加剂····· 77	

一、常用量具的测量误差和修复	174	技术	296
二、回转表面直径和长度的检测	177	第一节 特形工件的车削	296
三、外回转表面几何误差的检测	179	一、薄板工件的车削	296
第三章 内回转表面车削技术	183	二、椭圆形工件的车削	299
第一节 孔车削工艺与质量保证		三、外正多边形工件的车削	303
措施	183	四、内正多边形工件的车削	308
一、车孔刀的结构形式及其改进	183	五、在车床上加工倒角	309
二、车孔时工件的定位和装夹	187	六、车床断续切削	311
三、车孔时的振动问题及其解决		第二节 偏心类工件的车削	313
措施	203	一、偏心类工件的装夹形式	313
四、孔类工件加工工艺及其典型		二、偏心类工件加工示例	326
示例	207	第三节 特殊螺纹的车削	329
第二节 车削特殊孔和有特别要求		一、大螺距螺旋槽的车削	329
的孔	213	二、细长和超长轴件上的螺纹的	
一、车削特殊尺寸的孔	213	车削	331
二、车削特殊形式的孔	221	三、特殊螺杆工件的加工	335
三、车削有位置要求的孔	232	四、蜗条工件的加工	338
四、在车床上加工深孔	234	五、密封管螺纹的车削	341
五、精细车孔和精密孔系的车削	244	第四节 车床上用特别的切削方法	
第三节 浮动车孔技术	251	加工螺纹	343
一、浮动车孔装置及其要求	251	一、利用铣刀加工螺纹	343
二、浮动车压加工法	255	二、旋刀法加工螺纹及其扩大	
第四节 车床上铰孔	256	使用	346
一、典型铰刀及其结构形式的		三、车床上滚压外螺纹	356
改进	257	四、车床上使用拉刀加工矩形和	
二、铰刀的修复、制作和测量	264	梯形内螺纹	357
三、铰刀的装夹形式	267	第五章 车床上的特种加工及缩口和	
四、铰孔操作提示	267	封口成形技术	362
五、铰孔加工示例	269	第一节 车床上的抛磨光整加工	362
六、铰孔质量缺陷及其控制	272	一、车床上的研磨加工	362
七、浮动铰孔和浮动铰刀	274	二、车床上的珩磨加工	372
第五节 内回转表面的检测	279	三、车床上的抛光加工	379
一、孔类工件径向尺寸的测量	279	四、去毛刺加工	382
二、孔深和孔长尺寸的测量	285	第二节 车床上的特殊加工形式	384
三、几何公差项目的检测	286	一、车床上的推孔加工	384
四、使用通用测孔量具的操作		二、车床上的挤压加工	385
提示	289	三、车床上的旋压加工	388
第四章 特形工件和较复杂工件车削		四、车床上的拉刷加工	390

五、车床上的滚压加工	391	四、不锈钢工件车削示例	432
第三节 缩口和封口成形技术	412	第三节 合金材料的车削	434
一、缩口成形加工	412	一、铝合金材料的车削	434
二、管件封口成形加工	414	二、高温合金材料的车削	437
第六章 难加工材料和特种材料的		三、钛合金材料的车削	438
车削	417	四、热喷涂材料的车削	441
第一节 高硬度高强度材料的		第四节 非铁金属材料的车削	442
车削	417	一、铜质工件的车削	442
一、淬火钢的车削	417	二、铝质工件的车削	445
二、高锰钢材料的车削	422	三、非铁金属材料工件的光整	
三、冷硬铸铁材料的车削	423	加工	447
第二节 不锈钢的车削	425	第五节 非金属材料的车削	450
一、不锈钢的成分和加工特性	425	一、橡胶类工件的车削	450
二、车削不锈钢使用的刀具和切削		二、玻璃类工件的车削	455
用量	426	三、化工制品的车削	458
三、切削液的选用	431	四、非金属脆性材料的车削	460

第一章

车削加工规律和车刀切削原理

车削时，由车床、车刀、夹具和工件组成工艺系统，并通过它们之间的相互运动和相互作用完成切削过程。在这一切削过程中，车床、车刀和夹具互相依赖；车刀与工件、夹具既相互排挤又相互制约，最后完成各种工件的加工任务。

工艺系统是金属切削中的核心部分，车刀是工艺系统的主体，它们之间的相互关系是影响加工质量的关键因素，也直接影响着生产率。所以，了解金属切削知识及车刀工作原理，是进一步学好和用好车削加工技术的前提。

第一节 切屑的形成与车刀切削原理

在车床上使用车刀从毛坯上切去一层多余的金属材料，从而使工件的形状、尺寸精度和表面粗糙度达到技术要求的加工过程，称为车削加工。车削加工在机械制造中占有很大比重，因此掌握其基本过程和工作条件十分必要。

一、切屑变形及其影响因素

1. 切屑形成的基本过程

车削时，随着工件旋转（主运动）和工件进给（辅助运动）的协调动作，把金属切离下来形成切屑，如图 1-1 所示。

切屑之所以会被切下来，是金属被挤压后产生变形的结果。向下压一个圆柱状橡胶件时，它的高度会缩短，而直径会增大；压力撤去后，圆柱状橡胶件又恢复原有高度和直径，这种现象称为弹性变形。如果在这个橡胶件上施加很大的压力，当这个压力超过橡胶的弹性极限时，此时材料内部会发生变化，这时，虽然把压力去掉，橡胶件也不能恢复到原来的形状，不能恢复的部分就是内部变形的结果，这种现象称为塑性变形。金属材料同样具有这样的性质，在车削过程中，同样有压缩的过程发生，也会产生弹性变形和塑性变形。

当金属被切削时，其表面首先受到车刀的挤压力，这个挤压力若限制在弹性极限内，则吃刀时工件被压而凹下去一块，如图 1-2a 所

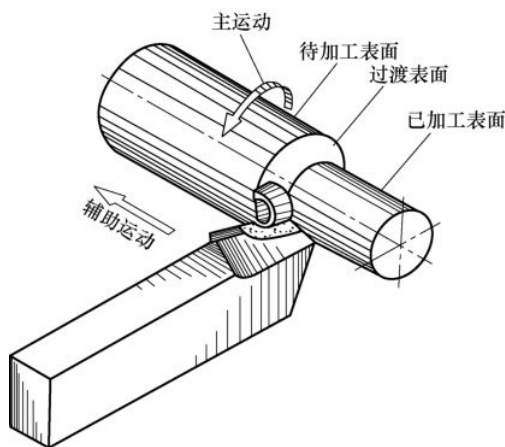


图 1-1 车削加工

示，退出车刀时，工件又恢复到原来的形状和尺寸，此过程为金属的弹性变形，如图 1-2b 所示。

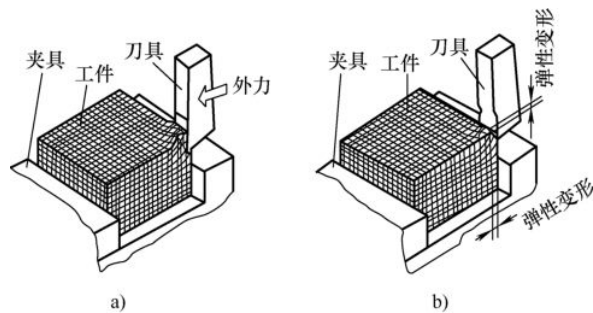


图 1-2 金属材料的弹性变形
a) 吃刀时的情况 b) 退刀时的情况

如果继续吃刀，当所增加的压力超过材料的弹性极限时，工件凹下去的更多了，即使退出车刀后，工件也不能恢复原来的形状和尺寸了，但比吃刀时凹下去的浅了一些。由深变浅是弹性变形，剩余凹下去无法恢复的部分，就是塑性变形，如图 1-3 所示。这时，被切除部分就会滑移（材料内部组织发生变化）、脱落而成为切屑。

实际上，金属不是被“切”下来的，而是被“挤压”下来的。图 1-4 所示是车刀切入金属，金属受挤压后的变形情况。

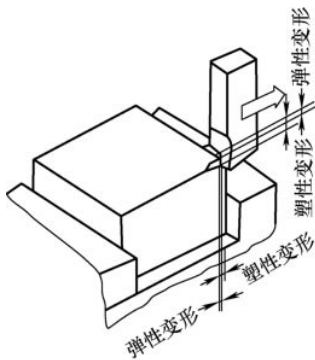


图 1-3 金属材料的变形过程

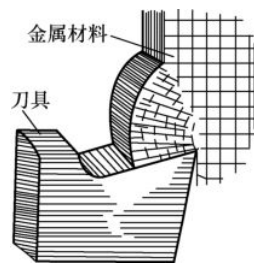


图 1-4 金属材料受挤压后的变形情况

切削塑性材料，如碳钢、合金钢工件时，若切屑在滑移后尚未达到破裂的程度（即塑性变形不充分），由于车刀在工件上继续发生挤压，切屑靠近车刀前刀面的那一面发生拉伸现象，反面则受到挤压，如图 1-5 所示，因而形成的切屑一面光滑而另一面呈“松松”的裂开状。所以有些操作者为了使切削轻快，在增大切削用量的同时，往往又增大了车刀前角，这是由于前角增大，切屑的变形可以相应减少。

2. 影响切屑变形的因素

影响切屑变形的主要因素有车刀角度、切削用量和工件材料等。

(1) 车刀角度 切削时，切屑变形很大，在切屑排出后，其厚度比工件切削层的厚度大，而长度却比切削层的长度短，如图 1-6 所示；并且变形越大，两者间的差距就越大。这

种变形量的大小可以用断面收缩率来衡量。断面收缩率的大小和切削速度、进给量、背吃刀量、车刀的角度等因素有关，尤其是前角的大小与切屑断面收缩率的关系很密切。车刀的前角越大，切屑变形越小，切屑断面收缩率就越小，如图 1-7 所示。

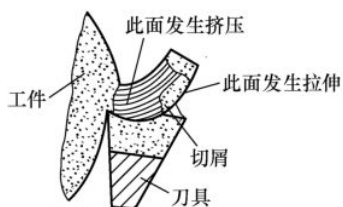


图 1-5 切屑正、反面形状的变化

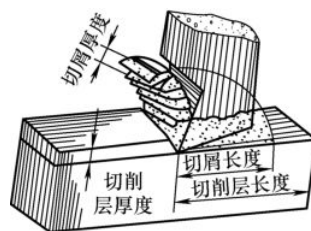


图 1-6 切屑形成规律

(2) 切削用量 高速切削时，切屑变形较小。提高切削速度能得到变形小、切削力小和表面粗糙度值小的效果，这是高速切削的优点。高速切削时，切屑底层与车刀前刀面摩擦时的温度很高，底层上薄薄的一层金属变软，形成润滑膜，降低了摩擦因数，所以切屑变形小。

高速切削硬材料时，如果采用负前角车刀，则切屑变形和切削力增加不大（实验表明，不同前角的车刀在高速切削时对切屑变形的影响不大）；低速切削硬材料时，如用负前角车刀，则很难切下金属，这时切屑变形和切削力都很大，容易引起振动。显然，车削过程中切屑的变形对加工来说是一种不利因素。

当进给量增大、背吃刀量增加时，切屑变形会减小。这是因为在切削层中，应力和变形的分布是不均匀的，越靠近车刀前刀面的金属层，其应力和变形就越大，因此，薄切屑的平均变形程度比厚切屑要大些。

(3) 工件材料 工件材料对切屑变形的影响也很大。塑性大的金属，切屑变形程度就大；强度越低、塑性越大的材料越易发生滑移变形，所以软钢的变形比硬钢大。因此，切削塑性大的金属（如软钢等）时，前角宜大些；切削脆性材料（如铸钢、青铜等）或断续表面时，前角应小些。

除了上述主要因素外，车刀主偏角、刀尖圆弧半径、切削刃圆弧半径及切削液等也对切屑变形有一定影响。

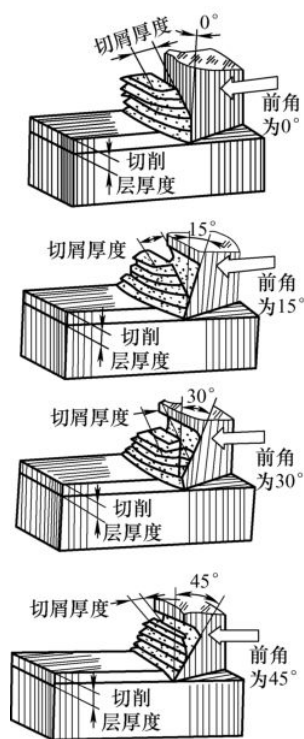


图 1-7 车刀前角与切屑收缩率的关系

二、切削层与加工表面残留面积

1. 切削层及其形成

在车床上加工工件，当工件转一转，车刀沿进给方向移动一个进给距离，即图 1-8 中从

位置 I 移到 II 时，主切削刃正在切削着的 I 和 II 之间的这层材料就是切削层（切削层的尺寸在车刀基面中测量）。切削层的大小和形状直接决定了车刀切削部分所切下切屑的形状和尺寸。图中的 ABCD 称为切削层横截面。当主、副切削刃为直线，且车刀刃倾角 $\lambda = 0^\circ$ 、副偏角 $\kappa'_r = 0^\circ$ 时，切削层横截面 ABCD 为平行四边形；若主偏角 $\kappa_r = 90^\circ$ ，ABCD 则为矩形。

图 1-8 中的背吃刀量 a_p 是在基面上垂直于进给方向测量的工件切削层尺寸，它等于已加工表面与待加工表面之间的垂直距离，即

$$a_p = \frac{D-d}{2} \tag{1-1}$$

式中 D ——工件待加工表面直径（mm）；

d ——工件已加工表面直径（mm）。

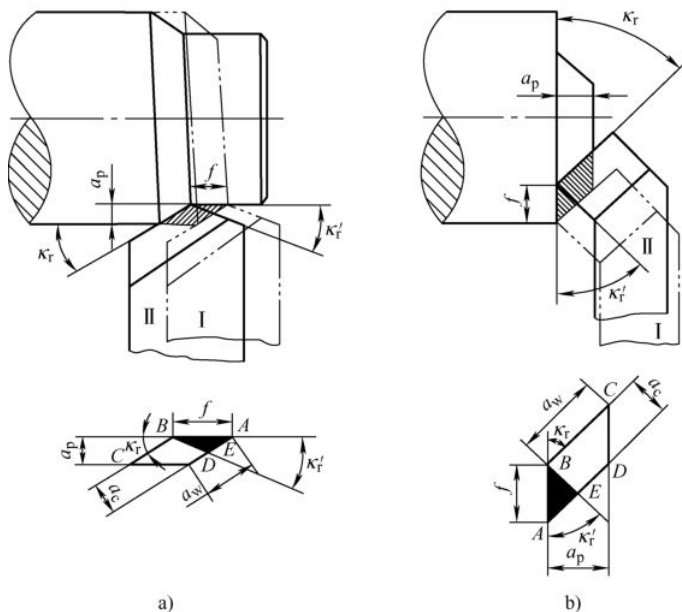


图 1-8 切削层和横截面
a) 车削外圆 b) 车削端面

图 1-8 中的切削层厚度 a_c 和切削层宽度 a_w 是在主切削刃选定点的基面内，垂直于加工表面测量的切削层尺寸，也就是垂直于工件过渡表面测量出的切削层尺寸。当车刀刃倾角 $\lambda = 0^\circ$ ，主切削刃为直线时，它们的计算关系为

$$a_c = f \sin \kappa_r \tag{1-2}$$

式中 f ——工件转一转时刀具的进给量（mm）；

κ_r ——车刀主偏角（°）。

切削层厚度对切削层的变形、断屑、切削力及车刀磨损有直接影响，它的大小也可以反映车刀主切削刃在单位长度上的工作量。

增加主切削刃参加切削的长度可以增加切削层宽度，而在其他条件不变的情况下，增加主切削刃长度能够提高加工效率。切削层厚度 a_c 和切削层宽度 a_w 都和车刀主偏角有关，它们随主偏角的变化而变化。

2. 切削层中的表面残留面积

由于车刀几何形状与切削运动过程中走刀等方面的原因,车削时,在过渡表面总会留有少量的金属没能被切除,残留在已加工表面上,如图 1-8 中的 ABE 部分,致使已加工表面不平整而形成了表面粗糙度。这个残留面积主要受车刀主偏角、副偏角及进给量等因素的影响,其高度 R_{\max} (图 1-9) 可由下式求出

$$R_{\max} = \frac{f}{\cot\kappa_r + \cot\kappa'_r} \quad (1-3)$$

式中 f ——工件转一转时车刀的进给量 (mm);

κ_r ——车刀主偏角 ($^\circ$);

κ'_r ——车刀副偏角 ($^\circ$)。

加工时,若增加车刀刀尖的圆弧半径 (图 1-10a),则残留面积将有所改善。如图 1-10b 所示,采用刀尖带圆弧的车刀进行切削时,残留面积由圆弧构成,其高度 R_{\max} 明显减小。这时的 R_{\max} 用下式计算

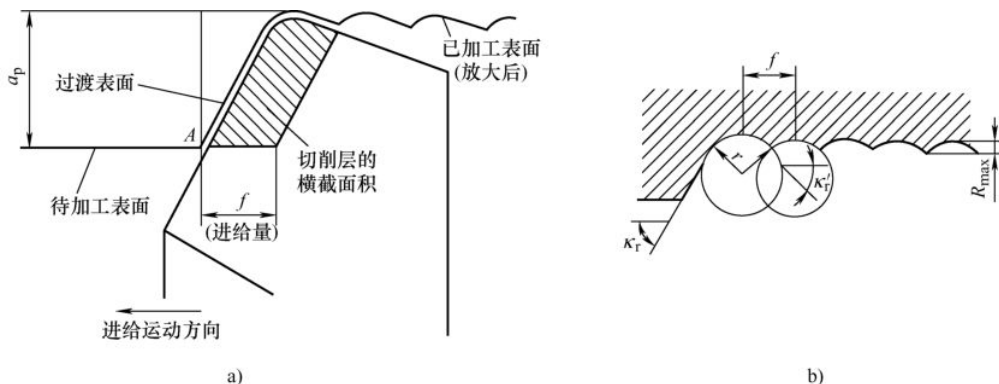


图 1-10 刀尖带圆弧车刀的使用
a) 圆弧车刀加工外圆 b) 工件表面残留高度

$$R_{\max} = \frac{f}{8r} \quad (1-4)$$

式中 f ——工件转一转时车刀的进给量 (mm);

r ——车刀圆弧半径 (mm)。

三、车刀刀头上“长瘤”及其对策

在车削过程中,工件过渡表面上往往会划出一道道细小的沟痕,这些沟痕多是被刀头上的积屑瘤划出的。

积屑瘤 (图 1-11a) 是粘附在车刀刀头上的一小块很硬且极顽固的金属,加工塑性材料 (如钢件) 时极易出现。

刀头上的积屑瘤对粗加工有一定的好处,因为它粘在刀头上可以保护刀尖处的刃部;另

外，它就像刀尖处的楔形，增大了车刀的前角（图 1-11b），有利于降低切削力。但对于精加工来说，它破坏了被切削表面的精度和表面质量，这时，应对积屑瘤进行控制。

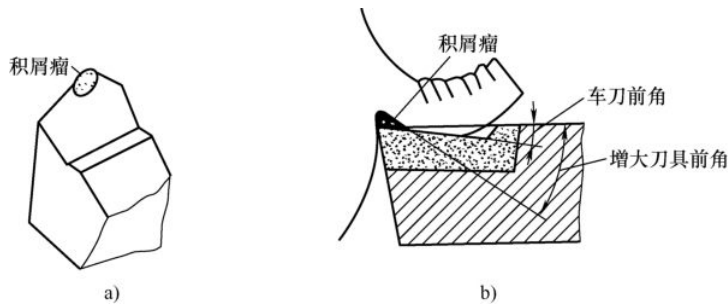


图 1-11 积屑瘤

a) 车刀上出现积屑瘤 b) 积屑瘤形状

积屑瘤产生的原因是在切削塑性材料，切屑从刀头的前刀面流出时，两者发生强烈摩擦，这个摩擦力妨碍了切屑底层的流动，使切屑底层的流动速度变慢。当摩擦力大到可以降低切屑层金属的流动速度，使切屑底层的流动速度变得很慢，而切屑上层金属仍然流动得很快时，切屑的上层变形很大，产生了滑移，结果是切屑下层的金属在高温、高压的作用下粘在切削刃上，形成积屑瘤。由于切屑的多次变形和强化，所以积屑瘤的硬度很高，只有用磨石研磨，才有可能去掉。

在车削过程中，积屑瘤极不稳定，时有时无，时大时小，因为它积到一定高度时，就会被切屑和工件带走，并继续形成新的积屑瘤。随着积屑瘤的不断出现和变化，会使工件已加工表面变得高低不平，并粘附着被带走的积屑瘤，造成工件表面不光洁，硬度不均匀。

防止积屑瘤产生的措施如下：

1) 用磨石仔细地研磨刀头前刀面，增加其光洁性，以减少切屑与刀头前刀面的摩擦，增加切屑底面在刀头上的流动速度。

2) 充分使用切削液。切削液中含有一种活性物质，能迅速浸入金属切削表面，减少切屑与车刀前刀面的摩擦，并能降低切削温度，积屑瘤也就不易产生。

3) 采用较高或较低的切削速度。当切削速度为 $15 \sim 20\text{m/min}$ 时，切削温度升高，摩擦力增大，加工硬化趋势强，极易产生积屑瘤；当切削速度降低至 2m/min 以下时，切削温度和压力都较低，摩擦力不大，这时不会出现积屑瘤；当切削速度提高到 70m/min 时，切削温度很高，在 600°C 左右，切屑底层的金属产生弱化作用，呈现微熔状态，于是减少了摩擦，积屑瘤也不会产生。

4) 控制车刀前角的角度。使用大前角车刀低速车削，当前角达到 40° 时，一般不会出现积屑瘤；高速车削中采用小前角车刀时，也不会出现积屑瘤。

5) 工件材料与积屑瘤的出现是有关系的。切削塑性好的材料时，塑性变形大，容易出现积屑瘤；而脆性金属（如灰铸铁和铸造青铜）在车削过程中是不会产生积屑瘤的。

另外，增大切削厚度也能有效地抑制积屑瘤的产生。

四、切削力的产生及其影响因素

车削工件时，需要用车刀把金属层“切”下来，如果没有力的作用，根本无法完成切

削。加工钢铁等金属材料时，即使切下很薄的金属层，切削时所用的力也是很大的。

车削过程就是车刀在力的作用下把金属表层切去的过程，在这一过程中，金属断裂时发生弹性变形和塑性变形，切屑在车刀前刀面流过而产生摩擦，车刀后刀面也要和工件的已加工表面发生摩擦，如图 1-12 所示。使切削层金属发生变形断裂和加工中产生强烈摩擦所需要的总作用力为切削力 P ，它同时作用在车刀和工件上。

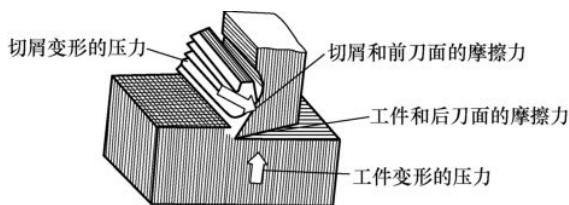


图 1-12 金属变形和摩擦产生的力

1. 切削力的存在和产生

切削力的存在对车工来说是不难理解的。车削时，如果把车刀平放在刀架上而不用螺钉紧固，则当车床主轴转动时，工件就会把车刀向下方打落，这个将车刀打落的力称为主切削力 P_z ，如图 1-13 所示。在切削过程中，刀体有时 would 向下压弯（图 1-14），这主要是由于主切削力很大，超过了刀体强度造成的。

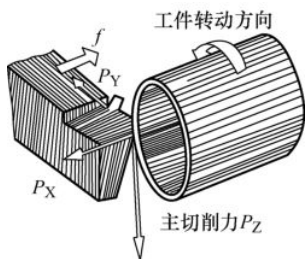


图 1-13 切削力的存在

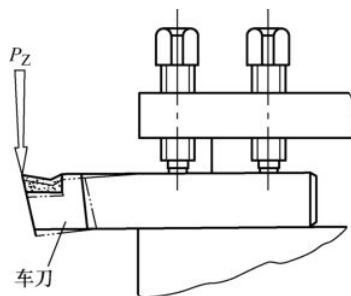


图 1-14 车刀刀杆产生弯曲变形

除了主切削力以外还有两个力。如果把车刀上、下两面托住，当车床主轴转动时，工件就不会把车刀打翻落下，而是将车刀向后推，这种推动车刀向后退的力称为背向力 P_y 。在没有走刀运动的情况下，如果开动车床进给，当车刀没有夹紧或夹紧力不够时，刀杆就会倾斜移动。可见，车刀还受到一个和进给方向相反的切削力的作用，这就是进给力 P_x 。

由于车刀的角度不同，切削刃的形状不同，切削力也会有所改变。但总的来说，这三个切削力中一般主切削力 P_z 最大，背向力 P_y 次之，进给力 P_x 为最小。不难理解，车刀刀杆的矩形截面之所以做成高度大于宽度，就是为了适应这种情况（切削力可以用测力仪测出或用公式计算出来）。

在实际车削时，只要将车刀侧面靠好刀架，把刀架上的螺钉紧固，就可以抵消上述三个力了。但如果车刀没被拧紧或夹紧力不够，切削过程中就会出现车刀移动或退刀现象，使工件形成锥度形状，如图 1-15 所示。车削端面和镗孔时，也会出现类似情况。

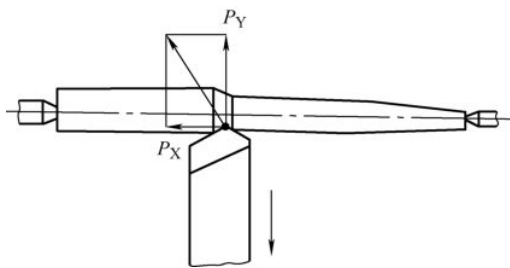


图 1-15 工件产生锥度

在切削过程中，切屑会发生弹性变形和塑性变形，也就产生了切屑变形压力，它垂直作用于车刀的前刀面。同时，已加工表面也发生变形，产生了工件变形压力，它作用于车刀的后刀面。由于切屑、工件与车刀之间存在相对运动，车刀的前刀面和后刀面上就有摩擦力的作用。所有作用于车刀上的力（图 1-16a）实际上就是切削时的合力 P （图 1-16b），这个力的大小和方向可采用几何学中求合力的方法计算出来。

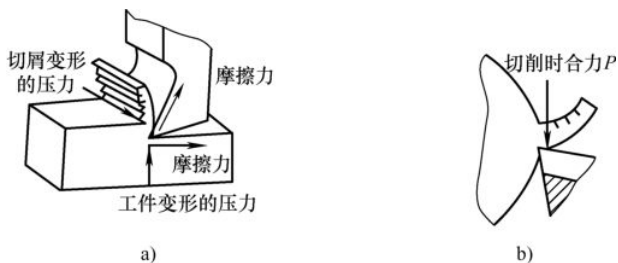


图 1-16 切削力的产生
a) 作用于车刀上的力 b) 切削时的合力

2. 影响切削力的因素

(1) 被加工工件的材料 工件的材料不同，切削过程中产生的切削力就不同。工件材料越硬，强度越高，切削力就越大。切削不锈钢或高级合金钢比切削普通碳钢困难得多，切削硬钢比切削青铜材料的切削力大 4~5 倍。这是因为切削不同材料时，金属的变形强度不同，变形越大、切削力越大。

金属材料内的化学成分会影响其力学性能的变化，从而影响切削力。例如，当材料中含有少量的硫、磷、铅、钙等元素时，会使切削力降低 20%~30%；铸铁等脆性材料，其切削层的塑性变形很小，加工硬度小，切屑为崩碎切屑，与前刀面的接触面积小，因此切削力就较切削钢料时小。另外，同一种材料的热处理状态不同（如正火、调质、淬火等），其硬度就不同，切削力也不同。

(2) 切削用量 切削用量对切削力有很大影响，背吃刀量和进给量增加，都会使切削力增大。这是由于切削层面积增大，车刀上所承受的负荷增加，而且当切削用量增大时，切屑变形也随之增加（图 1-17）。但在车床功率和刚性允许的情况下，总是以加大切削用量来提高生产率，因此必须采取适当措施来降低切削力和增加刀具强度，以满足生产要求。

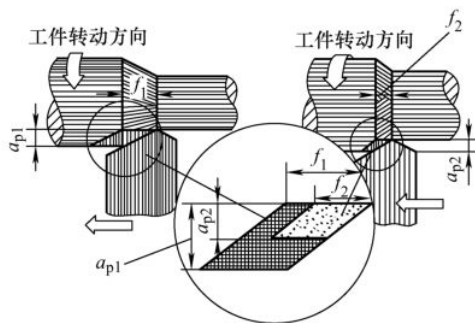


图 1-17 背吃刀量和进给量对切削力的影响

切削速度和切削力的关系是，当切削速度很大时，车刀和切屑的温度都很高，切屑在车刀前刀面上接触表面层后容易软化，减轻了车刀和切屑的摩擦，所以切削力减小，如图 1-18a 所示；当切削速度很小时，切屑变形增大，切削力也随之增大，如图 1-18b 所示。

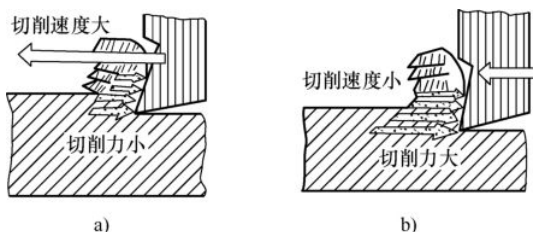


图 1-18 切削速度与切削力的关系

(3) 切削液 切削液除了可以降低切削温度、减少切削变形和降低车刀磨损外，还可以减少切屑与车刀之间、工件与车刀之间的

摩擦，因而也能减小切削阻力。

(4) 车刀磨损 车刀磨损对切削力的影响也很大，因为车刀钝了以后，使用起来就很费力，如图 1-19a 所示；而刃口锋利的刀具，使用时则轻快自如，如图 1-19b 所示。

(5) 车刀的几何形状和参数 下面从车刀前角、主偏角、刀尖圆弧半径和刃倾角几个方面来分别分析影响切削力的因素。

1) 前角。加工钢料时，若前角增大，则切屑变形减小，切削力减小；加工铸铁等脆性材料时，因切屑变形和加工硬化小，所以前角对切削力的影响并不显著。

另外，前刀面上的负倒棱有利于增强切削刃强度，但在切削时也增加了切屑变形的程度，所以会使切削力增大。

2) 主偏角。主偏角 κ_r 改变了切削层面积（图 1-20）和背向力 P_Y 与进给力 P_X 的比值。主偏角 κ_r 增大时，切削厚度相应增大，切削变形减小，主切削力下降，进给力 and 背向力则随主偏角的变化而各有差别。当主偏角增大时，进给力增大，背向力则减小，这是由法向力 P_N 的方向改变而引起的，如图 1-21 所示。

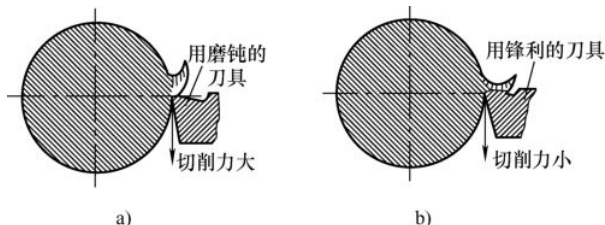


图 1-19 车刀磨损对切削力的影响

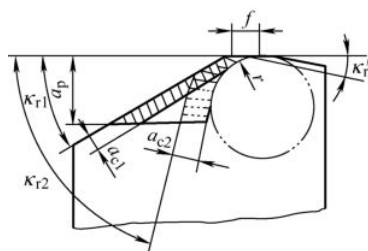


图 1-20 改变主偏角可改变切削层面积

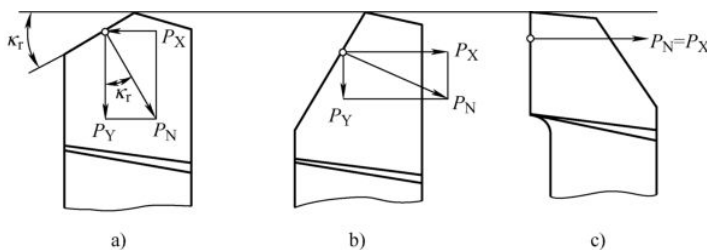


图 1-21 主偏角对切削力的影响

a) 主偏角 $\kappa_r = 30^\circ$ b) 主偏角 $\kappa_r = 75^\circ$ c) 主偏角 $\kappa_r = 90^\circ$

所以车削外圆时，操作者经常使用 75° 或 90° 的大主偏角车刀，以降低径向切削力，而使切削平稳。

3) 刀尖圆弧半径。刀尖圆弧半径 r 增大，对主切削力的影响不大，但会使背向力增加。这是因为刀尖圆弧半径增大时，主偏角相应地减小（图 1-22），从而使切屑变形增大的缘故。所以，应正确研磨刀尖圆弧半径。

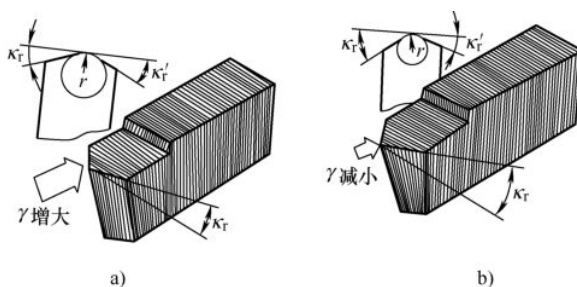


图 1-22 刀尖圆弧半径对切削力的影响

a) 刀尖圆弧半径增大 b) 刀尖圆弧半径减小

4) 刃倾角。当刃倾角 λ 在 $-5^\circ \sim +5^\circ$ 的范围内时, 其对切削力的影响并不大, 但再沿负值改变后, 将使 P_Z 和 P_Y 增大, P_X 减小, 其中尤以对 P_Y 的影响最大。这主要是因为切屑变形抗力垂直作用于车刀的前刀面, 当 λ 增大时, 改变了切屑变形抗力的方向。

第二节 车刀结构形式和多工位车刀

车刀除了整体式(高速工具钢车刀)以外, 大多采用将刀片固定在刀体上的结构形式。在车刀刀体上固定刀片的方法有焊接法(传统方法)、粘结法和机械夹固法等。

一、焊接式车刀

图 1-23 所示为焊接式车刀, 它使用钎料(脱水硼砂和铜)将刀片焊接在刀体上的刀槽内。

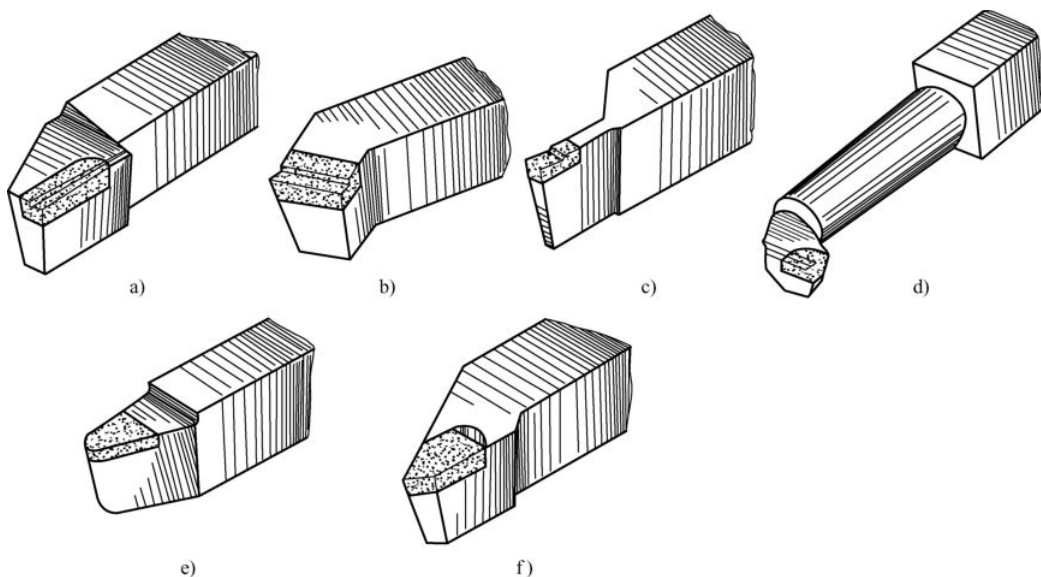


图 1-23 焊接式车刀

a) 偏刀 b) 弯头车刀 c) 切断刀 d) 车孔刀 e) 圆弧槽车刀 f) 螺纹车刀

1. 防止刀片产生裂纹的措施

焊接在刀体上的刀片一般为硬质合金刀片(或陶瓷材料刀片), 由于硬质合金性脆且导热性差, 热后收缩率大, 因此焊接时如果操作不当, 会产生很大的内应力, 从而出现不同形状的裂纹, 如图 1-24a 所示。

车刀在焊接中或焊接后的冷却速度对焊接质量有很大影响, 急速冷却会使刀片产生爆裂。焊好的车刀应立即进行低温回火($220 \sim 250^\circ\text{C}$), 然后放在干燥的保温介质中(如木炭粉、石棉粉等)保温 $6 \sim 8\text{h}$, 以清除大部分焊接应力, 减少刀片裂纹的产生, 提高车刀的使用寿命。

焊接中的加热速度同样对焊接质量影响较大。若快速加热, 会产生很大的内应力, 导致刀片在焊接层处因局部热应力过大而出现崩裂。由于硬质合金的热导率低, 对于快速加热的