



国家骨干高职院校工学结合创新成果系列教材

机械制造技术分析 与实践

主 编 陈伟珍 金祖峰
副主编 袁晓征 李英梅 邓岐杏 韦建军
主 审 裴华明 梁建和



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



国家骨干高职院校工学结合创新成果系列教材

机械制造技术分析 与实践

主 编 陈伟珍 金祖峰
副主编 袁晓征 李英梅 邓岐杏 韦建军
主 审 裴华明 梁建和



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书以培养学生机械加工能力为目的,从高职学生就业岗位的实际出发,突出高职教育特色,全面提升学生的技术应用能力。全书共分10个部分,以任务驱动的思路对机械加工的相关知识有机整合,将机械制造中每一种典型任务作为一个项目,结合任务的展开进行论述。每个任务均按照“项目任务书”—“相关知识”—“项目实践”—“拓展知识”的顺序编排,使教学难点分散、循序渐进。

本书内容包括金属切削机床与刀具,机械加工原理,夹具的使用、拆装和设计,机械加工工艺规程编制,零件加工精度的分析与控制,典型零件加工工艺,机械装配工艺,特种加工技术与现代制造技术等。

本书可作为高职高专院校机械类和近机械类专业的教材,也可供相关专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造技术分析与实践 / 陈伟珍, 金祖峰主编

— 北京: 中国水利水电出版社, 2014.7

国家骨干高职院校工学结合创新成果系列教材

ISBN 978-7-5170-2297-8

I. ①机… II. ①陈… ②金… III. ①机械制造工艺—
—高等职业教育—教材 IV. ①TH16

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第167021号

书 名	国家骨干高职院校工学结合创新成果系列教材 机械制造技术分析与实践
作 者	主 编 陈伟珍 金祖峰 副主编 袁晓征 李英梅 邓岐杏 韦建军 主 审 裴华明 梁建和
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 15.25印张 362千字
版 次	2014年7月第1版 2014年7月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	36.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前言

本书是根据教育部《关于加强高职高专教育人才培养工作的若干意见》等文件精神，为满足机械制造行业对机械加工技术人员的需要，为适应高职教学改革需要，在总结高职高专机械类专业人才培养教改经验的基础上编写而成的。

本书以工学结合为核心，以融入行动引导型教学法为载体，以实例操作为训练和培养的方式，体现高等职业教育教学改革特色，突出了机械制造基础知识与生产实践的结合，使学生在打好坚实的理论基础的同时，提高解决实际问题的能力。

在编写体系上，本书通过对机械类专业课程中的核心教学内容进行综合提炼以及对新的专业能力的扩展，以任务驱动的方式来组织教材内容，打破传统的本科压缩型教材的体系结构，将各知识点重新组合，每个知识点均围绕一个实际任务去组织教学，从而构建了新的教学内容体系，形成理论、设计计算、实训一体化教材，突出了应用能力的培养，适应了行动引导型教学法的要求。

参加本书编写的有：广西农业职业技术学院金祖峰（任务一），广西水利电力职业技术学院邓岐杏（任务二）、姜金堂（任务三）、张海明（任务五），广西计量检测研究院李英梅（任务四），黔西南民族职业技术学院袁晓征（任务六），桂林工学院南宁分院周敬辉（任务七），广西工业职业技术学院吴耀明（任务八），广西现代职业技术学院韦建军（任务九），梧州职业学院陈惠清（任务十）。本书由广西水利电力职业技术学院陈伟珍负责统稿；安顺职业技术学院裴华明、广西水利电力职业技术学院梁建和担任主审；广西机械工程学会岑汉材对本书提出了许多宝贵意见和建议，在此表示衷心的感谢！

由于时间仓促加之编者水平所限，书中难免有疏漏之处，恳请读者提出宝贵意见。

编者

2014年3月

目 录

前言

任务 1 认识机床	1
1.1 项目任务书	1
1.2 机械制造技术的相关知识	1
1.3 金属切削机床分类及型号	2
1.4 金属切削原理	4
1.5 拓展知识——机床传动	11
思考题	13
任务 2 夹具设计	14
2.1 项目任务书	14
2.2 机床夹具的作用、组成	14
2.3 基准及工件的安装方式	17
2.4 工件的定位和定位元件	19
2.5 定位误差的分析与计算	28
2.6 夹紧装置及夹具动力装置	32
2.7 夹具设计	38
2.8 拓展知识——数控机床夹具	41
思考题	41
任务 3 轴类零件的加工	45
3.1 项目任务书	45
3.2 轴类零件加工的相关知识	45
3.3 车削加工方法及装备	50
3.4 外圆表面其他常用加工方法及装备	64
3.5 机械加工基础	76
3.6 轴类零件加工实践	89
3.7 拓展知识——车圆锥面	91
思考题	92
任务 4 零件加工质量的分析与检测	93
4.1 项目任务书	93
4.2 精度测量的相关知识	94

4.3	加工误差分析	98
4.4	拓展知识——无损探伤	123
	思考题	124
任务 5	套筒类零件的加工	125
5.1	项目任务书	125
5.2	套筒类零件加工的相关知识	125
5.3	内孔表面常用的加工方法及装备	127
5.4	常用的装夹方式	137
5.5	工艺尺寸链计算	144
5.6	套筒类零件的加工实践	149
5.7	拓展知识——深孔钻	152
	思考题	153
任务 6	盘类零件的加工	154
6.1	项目任务书	154
6.2	盘类零件加工的相关知识	154
6.3	常用的装夹方式	156
6.4	盘类零件的加工实践	156
6.5	拓展知识——螺纹车削	159
	思考题	162
任务 7	齿轮零件的加工	163
7.1	项目任务书	163
7.2	齿轮加工的相关知识	163
7.3	齿轮加工常用的方法及装备	165
7.4	常用的装夹方式	174
7.5	齿轮零件的加工实践	175
7.6	拓展知识——齿形精度检测方法	178
	思考题	179
任务 8	箱体类零件的加工	181
8.1	项目任务书	181
8.2	箱体类零件加工的相关知识	181
8.3	箱体表面常用的加工方法及装备	184
8.4	箱体类零件常用的安装方式	191
8.5	箱体类零件的加工实践	194
8.6	拓展知识——箱体类零件的测量	197
	思考题	198

任务 9 减速器装配	199
9.1 项目任务书	199
9.2 机械装配的相关知识	199
9.3 减速器拆装实践	213
9.4 拓展知识——轴承的装拆方法	216
思考题	217
任务 10 特种加工技术的应用	219
10.1 项目任务书	219
10.2 特种加工的相关知识	219
10.3 电火花线切割加工实践	225
10.4 拓展知识——现代制造技术	229
思考题	235
参考文献	236

任务1 认识机床

1.1 项目任务书

任 务	认 识 机 床
学习领域	机床种类、运动形式及结构特点
学习情境	普通车床组成、运动形式、结构特点及应用
学习目标	认识常用的机床，了解机床型号，为本课程的学习做准备
能力目标	能够说出组成机床的主要部件，学会查阅相关教材、资料获取知识，认识机床型号的含义，机床应用和传动系统图
主要内容	机床种类 ^① 、机床型号 ^① 、机床主要运动及应用
教学组织	(1) 参观、讨论、讲解。 (2) 项目教学
教学过程	(1) 参观工厂或实训车间。学生观察各种机床的运动、加工内容，机床的主要部件、运动形式，师生共同探讨车床主要加工内容。 (2) 课堂。分析 3~5 种机床的型号，机床主要部件及运动。 (3) 小组行动。每 5 人一组完成一种机床型号的含义说明，绘制运动简图，最后小组汇报
教学仪器设备	车床、铣床、刨床、钻床、多媒体教室
教学参考资料	教材、机床使用手册、机床传动系统简图
任务报告 (以一种机床为主)	(1) 机床的主要部件。 (2) 机床的主要运动。 (3) 机床型号的含义。 (4) 切屑类型。 (5) 绘制机床传动系统图。

① 重点、难点。

1.2 机械制造技术的相关知识

1.2.1 机械制造业的地位和作用

机械制造业是国民经济最重要的行业之一，它担负着为各行各业生产机械装备的任



务。强大的国防、现代化的农牧业生产、先进的医疗保健手段、可靠的能源供给、丰富的生活资源等，其所用的生产设备均需要机械制造业的强大支持。国家对机械制造业的重视程度，决定其制造能力和制造技术的发展速度和国际地位。因此，机械制造业是一个国家工业发展的基础与核心，也是一个国家工业化水平和国际竞争力的重要标志。

1.2.2 机械制造业的发展方向

在人类历史发展的过程中，从利用天然石块作为工具到有目的地制造工具，从制造简单的手工工具发展到制造功能齐全的复杂设备，从以满足农业生产为主的附属产业发展成为国民经济的支柱产业，机械制造业的进步大大推动了人类文明的发展。随着科学技术的发展，对机械制造业提出了越来越高的要求，推动着机械制造技术向智能化、全球化、集成化、网络化、精密化和绿色、柔性方向发展。

电子、信息等高新技术的不断发展，给机械制造业带来了先进的工艺技术和工艺装备，机械制造业成为各门学科合作的集合体，成为科学发现和技术发明转换为生产力的关键环节。目前，制造技术向计算机辅助设计（CAD）、计算机辅助制造（CAM）、柔性制造系统（FMS）、计算机集成制造系统（CIMS）和智能制造系统（IMS）等方向发展，形成了面向 21 世纪的信息化的制造技术。

1.2.3 本课程的主要内容及学习要求

本课程以机械产品的制造为主线，介绍机械零件的生产过程、生产组织方式以及机械加工装备，包括金属切削过程及其基本规律，机床、刀具、夹具的基本知识，机械加工和装配工艺规程的设计，机械加工中精度及表面质量的控制，制造技术发展的前沿与趋势。

通过本课程学习，要求学生对机械制造有一个总体的、清晰的了解与把握，掌握金属切削过程的基本规律，掌握机械加工的基本知识，能正确选择加工方法与机床、刀具、夹具及加工参数，具备制定工艺规程的能力和掌握机械加工精度和表面质量的基本知识，初步具备分析解决现场工艺问题的能力和对制造系统、制造模式选择决策的能力。

本课程具有很强的实践性和综合性，在学习时必须加强实践训练，注意理论联系实际，在实践中强化对所学知识的应用，在理论与实际的结合中培养分析和解决实际问题的能力。

1.3 金属切削机床分类及型号

1.3.1 机床的分类

为了适应不同的加工对象和加工要求，需要种类繁多的金属切削机床，为了便于区别、使用和管理，需要对机床加以分类和编制型号。传统的分类方法主要是按加工方法和所用刀具进行分类，将机床分为车床、钻床、镗床、磨床、齿轮加工机床、螺纹加工机床、铣床、刨插床、拉床、锯床、其他机床和特种加工机床，共 12 类。此外，根据机床的特性还可以进一步分类。



1. 按照通用性程度分类

(1) 通用机床。这类机床的工艺范围很宽，可以加工一定尺寸范围内的多种类型零件，完成多种工序的加工。如卧式车床、万能升降台铣床、万能外圆磨床等。

(2) 专门化机床。这类机床的工艺范围较窄，只能用于加工不同尺寸的一类或几类零件的一种或几种特定工序。如丝杆车床、凸轮轴车床等。

(3) 专用机床。这类机床的工艺范围最窄，通常只能完成某一特定零件的特定工序。如加工机床主轴箱体的专用镗床，加工机床导轨的专用导轨磨床等。它是根据特定的工艺要求专门设计制造的，生产率和自动化程度较高，适用于大批量生产。组合机床也属于专用机床。

2. 按照机床的工作精度分类

按照机床的工作精度不同，可分为普通机床、精密机床和高精度机床。

3. 按照机床的质量和尺寸分类

按照机床的质量和尺寸的不同，可分为仪表机床、中型机床（一般机床）、大型机床（质量大于 10t）、重型机床（质量在 30t 以上）和超重型机床（质量在 100t 以上）。

还可以按照机床主要部件分为单轴与多轴、单刀和多刀等机床；按照自动化程度分为普通、半自动和自动机床。自动机床具有完整的自动工作循环，包括自动装卸工件、连续自动地加工工件。半自动机床也有完整的自动工作循环，但装卸工件还需人工完成，因此，不能连续地加工。

1.3.2 机床型号的组成

机床的型号简明地表示机床的类别、类型、技术参数和结构特点等，由类别代号和分类代号等组成。机床的类别代号以大写的汉语拼音字母表示，按其相对应的汉字字意读音。当需要时，每个类别又可分为若干分类。分类代号在类别代号之前作为型号的首位，用阿拉伯数字表示。但第一分类的代号 1 省略不予表示，如磨床类机床有 M、2M、3M 三个分类。见表 1.1。

表 1.1 机床类别和分类代号（摘自 GB/T 15375—2008）

类别	车床	钻床	镗床	磨床			齿轮加工机床	螺纹加工机床	铣床	刨插床	拉床	锯床	其他机床
代号	C	Z	T	M	2M	3M	Y	S	X	B	L	G	Q
读音	车	钻	镗	磨	二磨	三磨	牙	丝	铣	刨	拉	割	其

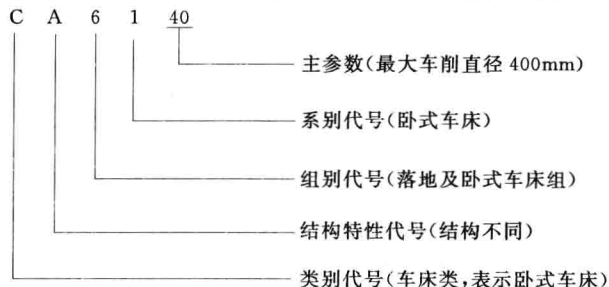


图 1.1 机床型号示例



机床的主参数、设计序号、第二主参数都是用数字表示的。主参数表示机床的规格大小，是机床的最主要的技术参数，反映机床的加工能力，影响机床的其他参数，通常以最大加工尺寸或机床工作台尺寸作为主参数，如图 1.1 所示。

当机床除普通型外还有某种特性时，应在类别代号后用相应的代号表示，见表 1.2。

表 1.2 通用特性代号

通用特性	高精度	精密	自动	半自动	数控	加工中心	仿形	轻型	加重型	筒式或经济型	柔性加工单元	数显	高速
代号	G	M	Z	B	K	H	F	Q	C	J	R	X	S
读音	高	密	自	半	控	换	仿	轻	重	筒	柔	显	速

重大改进顺序号用于表示机床性能和结构上的重大改进，用字母表示与原型的区别。机床其他特性代号用于反映各类机床的特性，用字母或阿拉伯数字表示，如数控机床控制系统的不同、同一型号机床的变型等。

企业代号包括机床生产厂家或机床研究所代号，置于辅助部分尾部，用“-”分开，若辅助部分只有企业代号，则不加“-”。

1.4 金属切削原理

金属切削过程是指通过切削运动，利用刀具将工件上多余的金属层切除而形成切屑，从而获得需要的加工表面的过程。在切削过程中，由于刀具和工件之间存在切除和反切除的关系，产生了一系列的加工现象，通过研究这些现象，了解切削加工过程的物理本质及其变化规律，掌握金属切削变形过程的规律，对提高切削加工生产率，保证加工质量，降低加工成本有着很重要的意义。

1.4.1 工件表面的成形方法

1. 工件表面的构成

机械零件多种多样，形状各异。但是，加工表面大都是由若干常见的表面组合而成的，这些表面包括平面、圆柱面、圆锥面和各种成形表面等，如图 1.2 所示。

2. 工件表面的成形方法

常见的工件表面都可以通过一条母线沿另一条导线运动形成，如图 1.3 所示。

加工零件的过程实质就是形成零件上各表面的过程，也就是依据刀具切削刃的形状以及工件与刀具之间的相对运动，共同形成所需要的母线和导线的过程。由于加工方法、刀具结构及切削刃的形状不同，形成母线和导线的方法以及所需运动也不同，工件成形方法常用的有轨迹法、成形法、范成法、相切法等。

(1) 轨迹法。轨迹法是指刀具切削刃与工件表面之间近似的为点接触，通过刀具与工件之间的相对运动，由刀尖运动轨迹形成工件表面的加工方法。如图 1.4 (a) 所示，用刨刀加工零件，直线 A 为导线，曲线 B 为母线。刨刀沿 A 方向作直线运动，通过母线沿导线的运动，形成被加工表面。

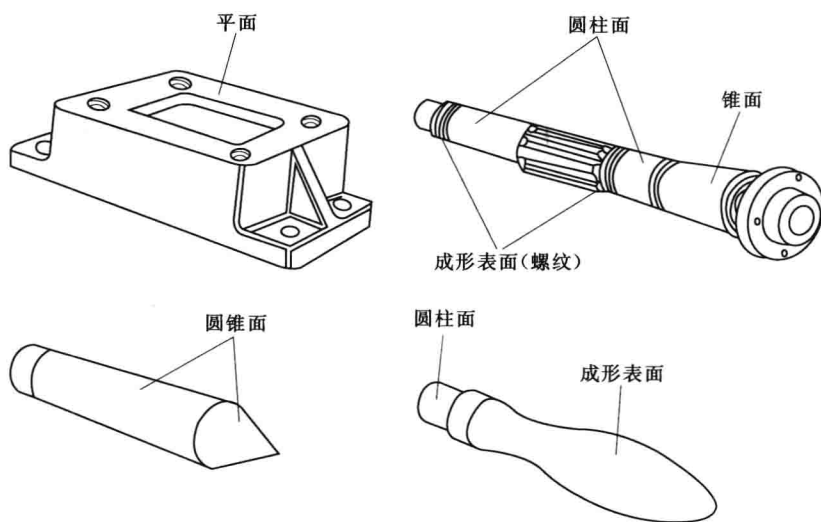


图 1.2 工件表面的构成

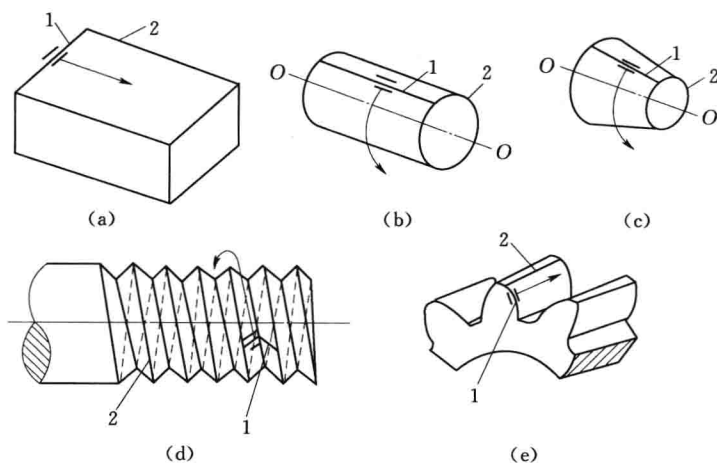


图 1.3 工件表面的成形运动

1—母线；2—导线

(2) 成形法。成形法是指刀具切削刃与工件表面之间为线接触，切削刃的形状与形成工件表面的母线完全相同，无需任何运动来形成母线的加工方法。如图 1.4 (b) 所示，刀具只需沿 A 方向做直线运动就能形成被加工表面。

(3) 范成法。范成法是指刀具的切削刃与工件表面之间为线接触，刀具与工件之间做展成运动（或称啮合运动）对各种齿形表面进行加工的方法，齿形表面的母线是切削刃各瞬时位置的包络线。如图 1.4 (c)、(d) 所示插齿刀沿箭头 A 方向的直线运动形成了直线型母线，而工件的旋转运动 B 和直线运动 C 使插齿刀能不断地对工件进行切削，其直线型切削刃的一系列瞬间位置的包络线便是所需加工的齿形表面。B 和 C 组合是所需的渐开线型导线，这两个运动必须保持严格的运动关系，彼此不能独立，它们的复合运动称为



范成运动。

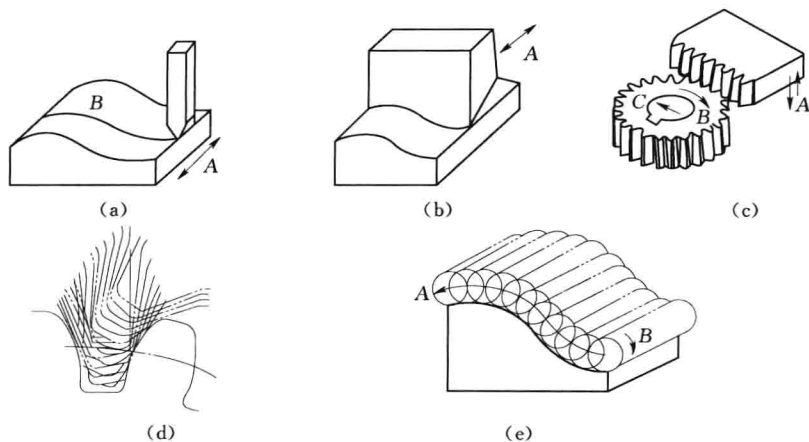


图 1.4 工件表面的成形方法

(a) 轨迹法；(b) 成形法；(c)、(d) 范成法；(e) 相切法

(4) 相切法。相切法是利用刀具边旋转边沿轨迹运动对工件进行加工的方法。如图 1.4 (e) 所示，刀具做旋转运动 B ，刀具圆柱面与被加工表面相切的直线就是母线，刀具沿 A 做曲线运动形成导线，两个运动的叠加，形成加工表面。

1.4.2 切削运动

切削过程中刀具和工件之间的相对运动，称为切削运动。根据切削运动在切削加工过程中所起的作用不同，可分为主运动、进给运动及合成运动。

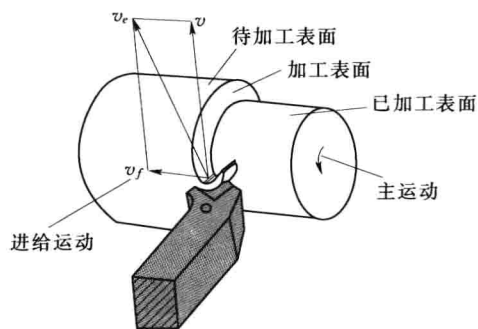


图 1.5 切削运动与加工面

1. 主运动

主运动是最基本的运动，是使工件与刀具产生相对运动从而进行切削的运动，其速度最高，所消耗的功率最大，约占功率总消耗的 90%。在切削运动中，主运动只有一个，可以是旋转运动，也可以是直线运动；可以由工件完成，也可以由刀具完成。例如，车床工件的旋转运动、牛头刨床刨刀的直线往复运动，铣床铣刀的旋转、钻床钻头的旋转和磨床砂轮的旋转等都是切削加工时的主运动。如图 1.5 所示。

2. 进给运动

进给运动是把被切削层不断地投入切削，以加工出整个表面的运动。进给运动可由一个或多个运动组成，一般速度较低，可以是连续的也可以是间断的，消耗的功率较少，约占功率总消耗的 10%。如图 1.5 所示，外圆车刀的直线运动，还有刨削平面时工作台的间歇直线运动、铣削平面时工件的直线运动、钻孔时钻头的轴向直线运动、磨削外圆时工



件的旋转运动和往复直线运动都是进给运动。但是，并不是所有的切削加工都需要进给运动，如拉床的拉削加工只有一个主运动而没有进给运动，切削层的切削完全是靠拉刀径向尺寸的变化来实现的。

3. 合成运动

当主运动与进给运动同时进行时，刀具切削刃上某一点相对工件的运动称为合成运动。如图 1.5 所示，合成速度向量等于主运动速度与进给运动速度的向量和，用 v_c 表示。

1.4.3 工件表面

在切削过程中，随着切削运动的进行，在工件上必然会形成三种不断变化的表面，即已加工表面、待加工表面和加工表面。如图 1.5 所示。

1. 已加工表面

工件上被刀具切削金属层后形成的新表面称为已加工表面。在切削过程中，已加工表面随着切削的进行逐渐扩大。

2. 待加工表面

工件上即将被切除金属层的表面称为待加工表面。在切削过程中，待加工表面将逐渐减小，直至全部切除。

3. 加工表面

工件上切削刃正在切削的金属层表面称为加工表面。在切削过程中，加工表面是不断改变的，且总是处于待加工表面和已加工表面之间。

1.4.4 切屑的形成与积屑瘤

1. 切屑的形成

在金属切削过程中，由于工件材料和切削条件不同而产生不同的切屑，加工塑性材料时，主要形成带状切屑、节状切屑或粒状切屑，加工脆性材料时，一般形成崩碎状切屑，如图 1.6 所示。

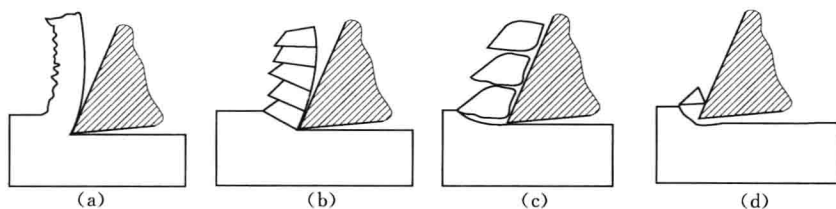


图 1.6 切屑类型

(a) 带状切屑；(b) 节状切屑；(c) 粒状切屑；(d) 崩碎状切屑

(1) 带状切屑。带状切屑是指切屑呈连续且较长的带状，底面光滑，背面呈微小锯齿状。这种切屑较常见，其特点是切削力波动小，切削过程较平稳，加工表面质量较好。在采用较大前角的刀具以较高的切削速度加工塑性金属材料时，容易产生带状切屑。

(2) 节状切屑。节状切屑是指切屑背面产生较深的裂纹或呈较大锯齿形。其特点是切削力波动较大，切削过程不平稳，加工表面质量较粗糙。当小前角的刀具以较低的切削速



度加工塑性材料时,容易产生节状切屑。

(3) 粒状切屑。粒状切屑是指切屑裂纹贯穿整个切屑表面,切屑成梯形粒状,这种切屑较少见,其特点是切削力波动大,切削过程不平稳,加工表面质量粗糙。当小前角刀具以很低的切削速度加工塑性金属材料时,容易产生粒状切屑。

(4) 崩碎状切屑。崩碎状切屑是指切屑呈不规则的碎块状。切削脆性金属材料时容易产生这种切屑,其特点是切削过程不太平稳,易损坏刀具,加工表面较粗糙。可以通过减小进给量、减小刀具主偏角、适当提高切削速度,使崩碎切屑转为带状或片状切屑,使切削过程中的不良现象得到改善。

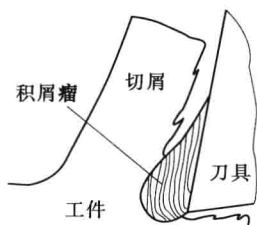


图 1.7 积屑瘤

2. 积屑瘤

加工塑性材料时,经常在刀具前刀面的主切削刃附近出现了一个硬度很高的凸块,使工件已加工表面变得比较粗糙,这一凸块称为积屑瘤,如图 1.7 所示。

(1) 积屑瘤的生长过程。在一定的切削速度范围内切削塑性金属材料时,切屑与刀具前面有剧烈的摩擦,使切屑底层流动缓慢,这一缓慢流动层称为滞流层。滞流层的速度接近于零,于是滞流层因高温与前刀面发生黏结,滞流层不断地黏结堆积,最后形成积屑瘤。

积屑瘤在生长的过程中,一直受到工件与切屑的挤压和摩擦、切削力的冲击和振动、切削温度升高等因素的作用和影响,使积屑瘤达到一定高度后破碎、脱落并嵌附在工件表面上,影响表面粗糙度。

(2) 积屑瘤对切削过程的影响。

1) 积屑瘤是由受了剧烈塑性变形而强化的被切材料堆积而成,其硬度是工件材料硬度的 2~3 倍,可代替刀具切削刃进行切削,保护刀具。

2) 积屑瘤使刀具实际工作前角增大,减小切削变形和切削力。

3) 积屑瘤包围着刀具切削刃和前刀面,减小刀具磨损,提高了刀具寿命。但是积屑瘤的生长是一个不稳定的过程,积屑瘤随时会发生破碎、脱落,脱落的碎片会粘走刀面上的金属材料,或者严重擦伤刀面,使刀具寿命下降。

4) 积屑瘤前端伸出切削刃外,导致切削厚度增大,不利于工件加工尺寸的控制。

5) 由于积屑瘤的外形不规则,使被切削工件表面不平整,又由于积屑瘤不断地破碎、脱落,脱落的碎片使工件表面粗糙,产生缺陷。

精加工时,为了保证工件的加工质量,应抑制积屑瘤的生成。但是,积屑瘤对切削加工存在有利的一面,粗加工时可以允许它存在,以使切削更轻快,刀具更耐用。

(3) 控制积屑瘤的措施。

1) 通过对工件材料进行正火或调质处理,适当提高其硬度和强度,降低塑性,可减小刀具与切屑之间的摩擦,减少黏结,抑制积屑瘤的生长。

2) 增大刀具前角,切屑从前刀面流出顺畅,可减小切削变形和切削温度,从而抑制积屑瘤的生长。实践证明,前角超过 40° 时,一般不会产生积屑瘤。

3) 由于积屑瘤是在中等切削速度情况下产生的,所以通过控制切削速度,在低速



($v_c < 5\text{m/min}$) 或高速 ($v_c > 70\text{m/min}$) 情况下切削可避免出现积屑瘤。

4) 合理使用切削液, 使含有活性物质的切削液渗入加工表面和刀具之间, 既可减少切削摩擦, 又可降低切削温度, 从而使积屑瘤的生长得到控制。

1.4.5 切削力和切削功率

1. 切削力的来源

切削加工时, 刀具切入工件, 使被加工材料发生变形并成为切屑所需要的力称为切削力。如图 1.8 所示, 切削力产生于被加工材料发生的变形抗力和切屑、工件已加工表面分别与刀具表面发生的摩擦力等。

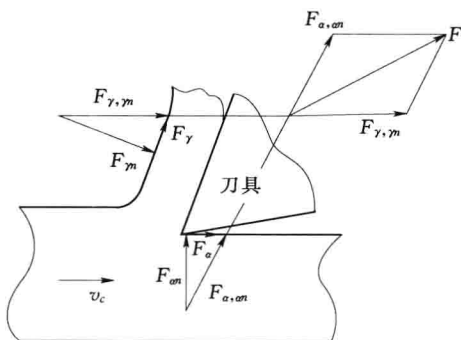


图 1.8 切削力的来源

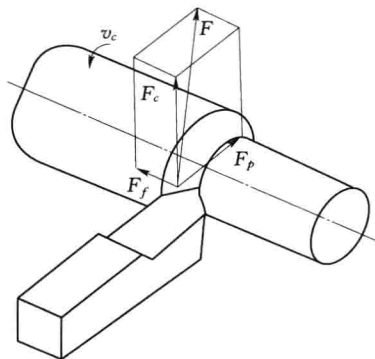


图 1.9 切削分力

2. 切削力的分解

切削力是一个大小和方向都不易测量的空间力, 为了便于分析和计算, 通常将总切削力 F 分解为三个互相垂直的分力, 即主切削力 F_c 、背向力 F_p 、进给力 F_f , 如图 1.9 所示。

(1) 主切削力 F_c 。总切削力 F 在主运动方向上的分力称为主切削力, 用 F_c 表示。主切削力消耗机床的功率最多, 是计算机床功率、刀具强度、设计机床夹具、选择切削用量不可缺少的参数。

(2) 背向力 F_p 。总切削力 F 在垂直于进给运动方向上的分力称为背向力, 用 F_p 表示。背向力不消耗机床功率, 是校验工件刚性和机床刚性不可缺少的参数。

(3) 进给力 F_f 。总切削力 F 在进给运动方向上的分力称为进给力, 用 F_f 表示。进给力是计算机床进给功率、设计机床进给机构、校验机床进给强度不可缺少的参数。

总切削力 F 与三个互相垂直的分力 F_c 、 F_p 、 F_f 的关系为

$$F = \sqrt{F_c^2 + F_p^2 + F_f^2}$$

一般情况下, 就车削加工而言, F_c 最大, F_p 次之, F_f 最小, 切削条件不同, F_p 和 F_f 对 F_c 的比值在一定范围内变动, 有

$$F_p = (0.15 \sim 0.7) F_c$$

$$F_f = (0.1 \sim 0.6) F_c$$



3. 影响切削力的因素

(1) 工件材料的影响。工件材料的硬度、强度越高,则切应力越大,切削力越大。在强度、硬度相近的情况下,工件材料的塑性、冲击韧性越大,则加工硬化越厉害,切削变形越大,切削力越大。

(2) 切削用量的影响。

1) 背吃刀量。背吃刀量 a_p 增大,切削力 F_c 也增大。 a_p 增大一倍, F_c 也增大一倍。其原因是 a_p 增大一倍时,切削厚度不变,切削宽度增大一倍,切削刃上的切削载荷随之增大一倍。

2) 进给量。进给量增大,切削力 F_c 也增大。进给量增大一倍时, F_c 仅增大 75% 左右。其原因是进给量增大一倍时,切削宽度不变,切削厚度增大一倍,切削变形减小。

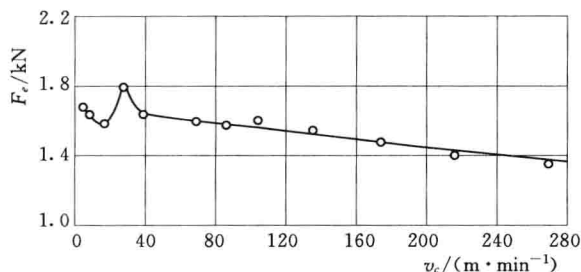


图 1.10 切削速度对切削力的影响

3) 切削速度。在中速范围内切削中低碳钢材料时,由于存在积屑瘤,所以,伴随着积屑瘤生长、破碎、脱落的过程,切削速度对切削力 F_c 的影响也呈波浪形;加工塑性金属材料时,在低速和高速下,切削力一般随着切

削速度的增大而减小;加工铸铁等脆性材料时,因塑性变形小,切削速度对切削力无明显影响,如图 1.10 所示。

切削用量三要素对切削力的影响程度是不相同的,按大到小排列的顺序如下:背吃刀量、进给量和切削速度。所以,在同样切削面积的前提下,采用大进给、小切深比采用小进给、大切深更为合理。

(3) 切削液的影响。切削液具有冷却、润滑、清洁、防锈的作用。选用润滑性能好的切削液,可以减小刀具前刀面与切屑、刀具后刀面与工件之间的摩擦,从而降低切削力。常用的切削液有矿物油、植物油、极压切削油等。

4. 切削功率的计算

为了保证切削加工时机床正常工作和生产安全,应当对切削中功率的消耗加以计算。

切削功率为三个切削分力功率损耗的总和,即 $P_m = F_c v_c + F_p v_p + F_f v_f$ 。但是,主切削力 F_c 是三个分力中最大的一个分力,消耗功率最多,约占总切削功率的 90%,背向力 F_p 在纵向走刀时不消耗功率,同时,由于 F_f 比 F_c 小得多,进给速度 v_f 比主运动速度 v_c 也小得多,故 F_p 、 F_f 对功率的影响忽略不计。切削功率按下式近似计算

$$P_m = \frac{F_c v_c \times 10^{-4}}{6} (\text{kW})$$

1.4.6 切削热和切削温度

切削热传入刀具和工件,使温度升高后,将造成不良后果。如刀具受热膨胀造成切削时实际吃刀量增加,使加工尺寸变化;工件受热膨胀,尺寸发生变化,切削后不能达到要