

机械加工工艺

朱绍华 黄燕滨 李清旭 翁熙祥 编

JIXIEJIAGONGGONGYI

机械工业出版社



机械加工工艺

朱绍华 黄燕滨 李清旭 翁熙祥 编



机械工业出版社

(京) 新登字 054 号

内 容 简 介

“机械加工工艺”课程是高等院校机械类专业的一门重要的必修课程。本书作者均是从事该类课程授课多年的学术带头人及骨干教师,他们结合近年来丰富的教学经验,将机械加工工艺、夹具设计、金属切削原理及刀具、金属切削机床四部分内容编写成“四合一”新教材。

该书系统地介绍了金属切削加工基本知识、金属切削机床及其加工方法、零件机械加工工艺规程制定、典型表面加工方法综合分析,特种加工以及机械制造技术的进展等内容。

该书既适用于大专院校机械类专业和近机类学生的教学,也是工矿企业的工程技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CTP) 数据

机械加工工艺/朱绍华等编著.

-北京:机械工业出版社,1996.9

ISBN 7-111-05341-9

I. 机… II. 朱… III. 金属加工-工艺-高等学校-教材
IV. TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 16800 号

出版人:马九荣(北京市百万庄南街1号 邮政编码100037)
责任编辑:于淑香 封面设计:王洪流

北京怀柔桥中印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1996年11月第1版·1996年11月第1次印刷
787mm×1092mm1/16·20印张·500千字
印数:0001—3000册 定价:21.00元

序

“机械加工工艺”课程是高等学校机械类专业的一门重要必修课程。对于机械制造专业的学生来讲，在其专业课中，要学习机械加工工艺、夹具设计、金属切削原理与刀具及金属切削机床四种内容的课程，且安排学时较多；其他机械专业的学生也要在金属工艺学实习的基础上，学习这四部分内容，以获得有关零件机械加工工艺的基础知识。根据教改的精神及精简课程学时的安排，并考虑这四部分内容联系的紧密性，近年来很多院校将这四部分内容综合为一门课程（简称为“四合一”工艺）。我们按这种方法授课已有数年之久，取得了良好效果并积累了一定的经验。但这“四合一”课程的内容联接不应是分块的、机械的，而应是循序渐进的、有机的。为了解决学生学习“四合一”课程的教材的需要，我院用较长时间构思该教材的体系和内容。

拟编写的含上述四部分内容的教材取名为《机械加工工艺》。朱绍华教授、翁熙祥教授等四名主要编者均是从事该类课程授课多年的学术带头人或主力教师，具有较深的学术造诣和丰富的教学经验，在本学科范围内（如金属切削、数控及微电子技术、特种加工、表面技术等）获得多项研究成果。相信，由他们编写该教材在质量上是有保证的，能适应教学改革的需求。

该教材适用于大专院校机械类和近机类专业学生的教学。

中国工程院院士

徐滨士 教授

1996.4.9

前 言

本书是根据高等学校《机械制造工艺学》和《金属工艺学》教学大纲及教学要求编写的，可供高等学校机械工程类专业使用，也可供有关工程技术人员参考。

本书共分九章，依次为：金属切削的基本原理、机械加工方法、典型表面加工方法分析、机械加工工艺规程、机床夹具设计、典型零件的机械加工、装配精度及其保证的方法、特种加工和机械制造技术的进展。

本书力求体现以下各点：考虑多品种小批量生产特点，将加工工艺与所用切削机床、切削刀具和夹具有机结合起来；注意吸收新技术、反映机械制造技术新进展；采用国家最新标准；考虑了在金工实习之后安排本课程所引起的内容上的增减；为便于教学，各章后附有习题。

本书由朱绍华教授任主编，翁熙祥教授在内容安排和结构设计上做了大量工作。

本书由中国工程院院士徐滨士教授主审。

本书的编写分工为翁熙祥：第一章、第七章；李清旭：第二章、第三章；黄燕滨：第四章、第六章、第九章第三节；朱绍华：第五章、第八章、第九章第一、二节。

由于水平所限，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

1996年4月

绪 论

各行各业的机械产品，尽管种类繁多，功能各异，都是由材料、尺寸和结构不同的零件装配而成。要想装配出合格的产品，必须先制作出合格的零件。零件制造通常要经过毛坯制造和机械加工两个阶段。毛坯一般都是由铸造、锻造、焊接和压力加工等热加工工艺制造获得的，如铸件、锻件、组焊件、棒料、板料、型材等各种不同毛坯，其中铸造、锻造可获得成形毛坯。虽然成形毛坯具有零件的雏形，但要达到最终形状和技术要求一般还要通过机械加工。

零件的毛坯材料、结构和技术要求等不同，其制造的过程也不同。由铸件、锻件、棒料等制造零件的过程，是以从毛坯上切去多余的材料为主，一般称为切削加工过程；由板料、条料及型材等制造零件的过程，若以材料的塑性变形为主，则一般称为冷冲压过程；此外还有一些适用于难加工材料的加工、特殊表面的成形及改变零件表面性能等特种加工工艺过程。在这些制造过程中金属切削加工是获得零件形状和精度要求的主要手段。

机械制造工艺学研究的对象主要是机械生产过程中零件的制造工艺问题。它做为—门在生产实践中发展起来的学科，在我国已有很长的历史。我国是世界上应用铜、铁最早的国家，早在 4000 多年以前的青铜器时代就已出现了金属切削加工的萌芽，汉朝就有了金属机件，明朝就出现了很多切削加工设备。明朝宋应星所著《天工开物》一书记载了冶铁、铸钟、锻铁和淬火等各种金属加工方法，是世界上有关金属加工工艺最早的科学著作之一。我国古代在金属加工工艺方面的科学技术曾远远超过同时代的欧洲，我国古代劳动人民在这方面的成就是对人类文明和进步的一种巨大贡献。

新中国成立后，我国的机械制造业得到了迅速的发展，拥有 300 多万台金属切削机床，已生产出一批具有世界先进水平的机械产品。机械产品的出口已占我国出口额的很大比重。为了缩小我国机械制造工艺与国外先进工业国家的差距，我国已把发展先进制造技术做为振兴机械工业的重大战略举措之一。

机械制造业是国民经济的基础工业，其发展水平是一个国家科学技术发展水平的重要标志。机械制造水平是与科学技术的进步密切相联的。20 世纪初机器的制造精度仅达到 $10\mu\text{m}$ ，到 60 年代已提高到 $0.01\mu\text{m}$ ，而目前已要求达到 $0.001\mu\text{m}$ ，即加工单位将以原子或分子计。近 30 年来，机械制造业发生的变化最为显著，主要表现在：产品更新周期缩短；由大批大量生产变为多品种小批量生产；机械产品由卖方市场转为买方市场；各种新材料、新工艺不断出现，电子束、离子束及激光束加工等一系列特种加工方法的发展，使制造业出现了新面貌；尤其是计算机技术的发展，使得数控机床逐步普及，具有更大制造柔性的加工中心、柔性制造系统等相继推出，计算机辅助设计和计算机辅助制造系统以及计算机集成制造系统也在深入开发之中。

“机械制造、工艺为本”，这是通过多年实践总结出的一条重要规律。抓住机械制造工艺这一根本不放，才能使我国的机械产品在国内外激烈的市场竞争之中立于不败之地。制造工艺的水平在很大程度上决定着产品的水平，工艺水平包括工艺技术水平、装备水平、检测水

平、操作水平和工艺管理水平。其中装备（包括检测装备）处于核心地位，因为工艺技术最终体现在装备上，对操作水平的要求随装备水平的高低而变化。工艺管理作为企业管理的组成部分，则是通过制定各种工艺文件和采用新工艺、新技术等手段，组织、协调、控制生产过程，以求获得最高的经济效益。我国推行全面质量管理、设备综合管理等现代企业管理方法的经验表明，它是发展生产力的最直接因素。

零件制造的基本要求有两个方面，一是使用上的质量要求，即零件的形状、尺寸精度、表面质量及物理、力学性能等要求；另一方面是生产中的生产率和经济性要求。把二者结合起来，就是要优质、高产、低消耗（节能、节材）。机械制造工艺学正是要研究在机械制造中优质、高产、低消耗地生产机械零件和装备的原理和方法的。

《机械加工工艺》是机械工程类专业学生和工程技术人员必修的一门以工艺为主的综合性专业课程。做为这门重要课程的教材，本书编入了机械制造工艺学的主要内容，其中包括：金属切削的基本原理、金属切削机床及其加工工艺、典型表面的加工方法、机械加工工艺过程的基本知识、机床夹具设计、零件结构工艺性及典型零件加工综合分析、尺寸链和装配知识、特种加工及成组技术等制造工艺的进展等。

学习本课程时应具有先修课程给出的一般机械加工基础知识，并应具有一定的机床操作经验和工厂的生产知识。

本课程的教学目的是使学生基本掌握常用加工工艺的基础知识，为学习相关课程及从事生产技术工作打下必要的基础。学完本课程应达到以下基本要求：

- 1) 初步掌握金属切削的基本原理，初步掌握基本加工方法的实质、工艺特点和应用范围；熟悉影响零件加工质量因素。
- 2) 熟悉零件的结构工艺性和典型表面的加工方法。
- 3) 熟悉制定工艺规程的基本原则和方法；具有选择一般零件加工方法、切削刀具和设计简单机床夹具的初步能力；了解获得装配精度的主要方法。
- 4) 了解有关特种加工工艺及制造工艺的新进展，启发学生革新工艺，进行创造性的工艺工作。

本课程的实践性强，知识面广。实施中应与生产实习、实验紧密结合，并应运用电化教学、现场教学和外厂参观等方法，以此丰富和扩展学习内容，在理论与实际的结合中，培养学生分析和解决实际工艺问题的能力。

目 录

序

前言

绪论

第一章 金属切削的基本原理	(1)
第一节 金属切削的基本概念	(1)
一、金属切削过程及其实质	(1)
二、切削运动与切削用量	(2)
三、刀具切削部分几何参数	(4)
第二节 金属切削过程的基本规律	(6)
一、切削力	(6)
二、切削热与切削温度	(13)
三、刀具磨损与刀具耐用度	(15)
第三节 提高金属切削效率的主要途径	(20)
一、刀具材料的选用	(20)
二、刀具合理几何参数的选择	(28)
三、切削用量的选择	(35)
四、切削液的使用	(42)
五、可转位车刀的运用	(45)
第四节 难加工材料的切削加工性	(55)
一、切削加工性的基本概念	(55)
二、难加工材料的切削加工性	(56)
习 题	(60)
第二章 机械加工方法	(62)
第一节 金属切削机床的分类及型号的编制方法	(62)
一、金属切削机床的分类	(62)
二、金属切削机床型号的编制方法	(62)
第二节 车削	(66)
一、CA6140 卧式车床	(66)
二、车削加工	(79)
三、其他车床及其加工	(87)
第三节 钻削与镗削	(90)
一、钻削加工	(90)
二、镗削加工	(97)
第四节 刨削、插削与拉削	(101)
一、刨削加工	(101)
二、插削加工	(103)
三、拉削加工	(104)

第五节 铣削	(105)
一、铣床与铣刀	(105)
二、铣削方式	(108)
三、铣削加工	(110)
四、铣削的工艺特点	(111)
第六节 磨削	(112)
一、磨床与砂轮	(112)
二、磨削加工	(119)
三、磨削的工艺特点	(122)
四、磨削的新发展	(123)
第七节 光整加工	(124)
一、研磨	(124)
二、珩磨	(125)
三、超级光磨	(126)
四、抛光	(126)
五、超精密加工	(127)
习 题	(128)
第三章 典型表面加工方法分析	(131)
第一节 平面加工	(131)
一、平面的种类	(131)
二、平面的技术要求	(131)
三、平面加工方案的分析	(132)
第二节 孔加工	(132)
一、孔的技术要求	(133)
二、孔加工方案的分析	(133)
第三节 外圆柱面加工	(134)
一、外圆柱面的种类	(134)
二、外圆表面的技术要求	(134)
三、外圆柱面加工方案的分析	(135)
第四节 螺纹加工	(135)
一、螺纹的种类	(135)
二、螺纹的技术要求	(135)
三、螺纹的加工方法	(136)
第五节 齿轮齿形的加工	(139)
一、齿轮的技术要求	(139)
二、圆柱齿轮齿形的加工	(139)
习 题	(146)
第四章 机械加工工艺规程	(147)
第一节 机械加工工艺过程的基本概念	(147)
一、生产过程与工艺过程	(147)

二、机械加工工艺过程的组成	(148)
三、生产类型及其工艺特征	(149)
第二节 工件的安装与基准	(150)
一、工件的安装	(150)
二、基准及其分类	(151)
三、定位基准的选择	(152)
第三节 零件的结构工艺性	(154)
第四节 工序尺寸及其公差的确 定	(160)
一、工艺尺寸链	(160)
二、工艺尺寸链计算的基本公式	(162)
三、工序尺寸及其公差的确 定	(163)
第五节 机械加工工艺规程的制 定	(165)
一、工艺规程的作用	(165)
二、工艺规程的原始资料	(165)
三、工艺规程的制定步骤与方 法	(165)
习 题	(172)
第五章 机床夹具设计	(176)
第一节 概述	(176)
一、机床夹具的定义	(176)
二、机床夹具的用途	(176)
三、机床夹具的组成	(176)
四、机床夹具的分类	(177)
第二节 工件的定位原理及在夹 具中的加工误差	(178)
一、定位原理	(178)
二、工件在夹具中加工时的 误差	(181)
第三节 定位方法及定位元 件	(184)
一、工件以平面定位时的定 位方法和定位元件	(184)
二、工件以内圆柱面定位时 的定位方法和定位元件	(186)
三、工件以外圆柱面定位时 的定位方法和定位元件	(188)
四、工件以组合基准定位时 的定位方法和定位元件	(190)
五、定位元件设计小结	(192)
第四节 工件的夹紧	(193)
一、夹紧力三要素的确定	(193)
二、基本夹紧装置	(194)
三、联动夹紧装置	(199)
四、定心夹紧装置	(200)
五、夹紧的动力装置	(204)
第五节 机床夹具实例	(205)
一、车床及圆磨床夹具	(205)
二、铣床夹具	(207)
三、钻床夹具	(208)

第六节 机床夹具设计的方法和步骤	(212)
一、专用夹具设计的基本要求	(212)
二、机床夹具设计的一般步骤	(212)
三、夹具公差和技术要求的制定	(213)
四、夹具设计过程举例	(214)
五、现代机床夹具的发展趋势	(216)
习 题	(217)
第六章 典型零件的机械加工	(221)
第一节 轴类零件的加工	(221)
一、机械加工工艺特点	(221)
二、传动轴加工工艺	(222)
第二节 套类零件的加工	(228)
一、机械加工工艺特点	(229)
二、衬套加工工艺过程	(230)
第三节 箱体类零件的加工	(231)
一、机械加工工艺特点	(232)
二、主轴箱加工工艺过程	(233)
习 题	(236)
第七章 装配精度及其保证的方法	(238)
第一节 机器的装配精度	(238)
一、装配的尺寸精度	(238)
二、装配的相对位置精度	(238)
三、运动精度	(239)
第二节 装配尺寸链	(239)
一、装配尺寸链的建立	(239)
二、装配尺寸链的计算方法	(240)
第三节 保证装配精度的方法	(242)
一、互换法	(242)
二、分组装配法(选择装配法)	(247)
三、修配法	(248)
四、调整法	(248)
第四节 零部件结构的装配工艺性	(249)
一、机器结构应能分解成若干独立的装配单元	(249)
二、装配的可能性与方便性	(249)
三、装配基准零件应有保证装配质量的基准面	(250)
四、尽量减少装配时的钳工修配和机械加工	(250)
五、便于维修时拆卸	(251)
习 题	(251)
第八章 特种加工	(252)
第一节 电火花加工	(252)

一、电火花加工的原理和特点	(252)
二、电火花加工中的一些基本规律	(253)
三、脉冲电源与电极的送进等控制	(257)
四、各种电火花加工方法及应用	(258)
第二节 电解加工	(261)
一、电解加工的原理和特点	(261)
二、电解液	(262)
三、电解加工中的基本规律	(263)
四、工具电极的设计制作	(265)
五、电解加工的应用	(265)
第三节 激光加工	(267)
一、激光加工的基本原理和特点	(267)
二、激光加工的基本设备	(269)
三、影响激光加工的主要因素	(270)
四、激光加工的应用	(271)
第四节 电子束和离子束加工	(273)
一、电子束加工	(273)
二、离子束加工	(274)
第五节 用作特种加工的表面技术	(276)
一、表面工程概述	(276)
二、表面技术的分类	(276)
三、几种表面技术简介	(278)
习 题	(283)
第九章 机械制造技术的进展	(284)
第一节 成组技术	(284)
一、成组技术的基本概念	(284)
二、零件的分类编码	(285)
三、零件组的划分	(286)
四、制定成组工艺路线	(292)
五、成组生产的组织形式	(293)
第二节 数控加工技术	(294)
一、微机数控系统的组成和分类	(294)
二、数控加工的程序编制	(295)
三、数控加工的进展	(299)
第三节 计算机集成制造系统	(301)
一、计算机集成制造的定义	(302)
二、计算机集成制造系统的组成	(303)
三、实现计算机集成制造系统的方法	(305)
习 题	(307)
主要参考文献	(308)

第一章 金属切削的基本原理

本章着重介绍金属切削过程中切削力、切削热、刀具磨损与刀具耐用度的基本变化规律，以及刀具材料、刀具几何参数、切削用量的合理选用等内容。它们是认识与选用切削加工方法、分析加工过程及编制工艺规程不可缺少的基本知识。正确地运用这些知识对于保证加工质量、提高生产效率及降低成本有着重要的意义。

第一节 金属切削的基本概念

一、金属切削过程及其实质

金属的切削过程，就其实质而言，是被切金属层在刀具切削刃和前刀面的作用下，受到挤压而产生剪切滑移变形的过程。它包括切屑及已加工表面的形成过程。

(一) 切屑的形成过程

切屑的形成过程如图 1-1 所示。当被切金属层中金属某点 P 向切削刃逼近到达 1 点位置时，其剪应力若达到材料的屈服强度 τ ，则点 1 在向前移动的同时，也沿 OA 滑移，其合成运动将使点 1 流动到点 2。2' ~ 2 就是它的滑移量。

随着滑移的产生，剪应变逐渐增加，当然剪应力亦不断增大。当 P 点移动到某点位置（如图中点 4 位置）后，则不再产生滑移，其流动方向与前刀面平行。

从 OA 到 OM 称之为第一变形区(I)， OA 叫始剪切滑移面， OM 叫终剪切滑移面。图中的第一变形区较宽，代表切削速度很低的情况，在一般切削速度范围内，第一变形区的宽度仅约为 0.02 ~ 0.2mm，所以也可用一个剪切面来表示。剪切面与切削速度方向的夹角称之为剪切角 ϕ 。

根据上述的变形过程，我们可以把它粗略地模拟为图 1-2 的示意图。

经过以上切屑形成过程的主要阶段，剪切滑移变形的被切金属层还要沿前刀面方向排除，最终变成切屑。它在沿前刀面排除时，须克服刀具前刀面对它的挤压而产生的摩擦力。在摩擦过程中，它的底层进一步产生变形，也就是第二变形区(II)，如图 1-1 所示，表现为该处晶粒纤维化的方向和前刀面平行。这种作用，离前刀面愈远，影响愈小。所以切削层厚度较大时，第二变形区所占的比例就相对地小。当然第二变形区和

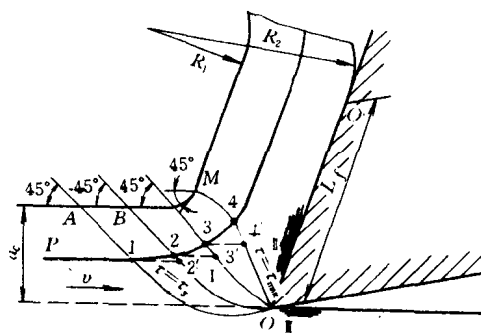


图 1-1 金属切削的滑移变形过程

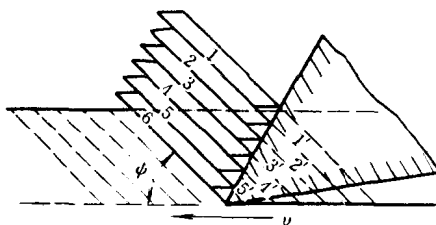


图 1-2 金属切削过程示意图

第一变形区是互相联系的,如若前刀面上的摩擦力大,切屑流出不易,挤压变形加剧,将会使第一变形区的剪切滑移变形也因此而增大。

综上所述,切屑的形成过程是被切金属层经受刀具的挤压,产生剪切滑移变形的过程。被切金属层通过剪切滑移后变为切屑。

由于工件材料不同,切削条件不同,因而切削过程中的变形程度就不同,所得到的切屑形状也不同。它们可分为以下四种类型:即带状切屑、节状切屑、粒状切屑(单元切削)和崩碎切屑,见图 1-3。前三种切屑是切削塑性金属时得到的,形成带状切屑时切削过程最平稳,切削力的波动最小,加工表面质量较高。崩碎切屑是切削脆性金属(如铸铁等)时,由于材料的塑性很小,抗拉强度较低,局部金属未经明显的塑性变形就脆断,因而形成不规则的碎块状切屑。

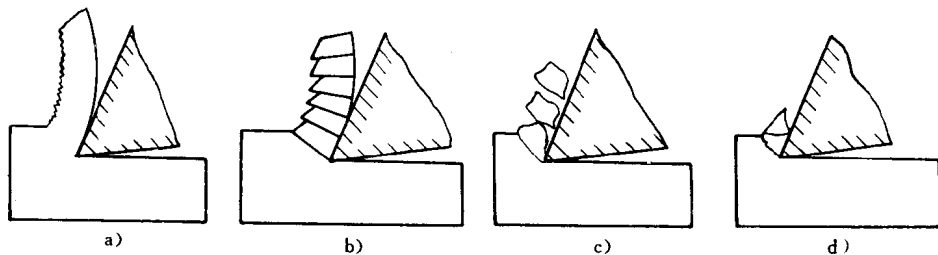


图 1-3 切屑类型

a) 带状切屑 b) 节状切屑 c) 粒状切屑 d) 崩碎切屑

(二) 已加工表面的形成过程

刀具在切削金属时,因切削刃并非一条直线,而是近似于半径 r_n 的圆柱表面(高速钢刀具 $r_n = 12 \sim 15 \mu\text{m}$, 硬质合金刀具 $r_n = 18 \sim 26 \mu\text{m}$)。故被切金属层内 O 点以下的金属 ΔA 并未与母体分离,而是留下来被刃口圆弧挤压成 ΔH (见图 1-4);另外,由于刀具磨损,后刀面 BE 段后角为零的棱面与已加工表面摩擦,以及弹性恢复使已加工表面与后刀面的接触面加大,增加了挤压和摩擦,因而使已加工表面产生了很大的塑性变形,这就是第三变形区(Ⅲ)。

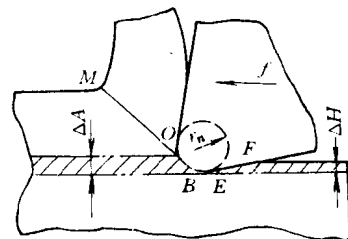


图 1-4 已加工表面的变形

已加工表面的塑性变形,使其产生加工硬化(硬化层的硬度为工件材料硬度的 $1.2 \sim 2.0$ 倍,深度约为 $0.02 \sim 0.3\text{mm}$)和表面残余应力,这是已加工表面的一个重要的特性。

金属的切削过程中的剪切滑移变形,对于切削力、切削热与切削温度、刀具磨损与刀具耐用度以及加工表面质量有着重要的影响。为改善切削加工过程,应根据具体情况采取相应的措施,来减少这种变形。

二、切削运动与切削用量

(一) 切削运动

在工件上要切削加工出零件所需的表面,工件与刀具之间必须形成一定的相对运动。它们各自所做的运动称切削运动。例如,车削外圆(见图 1-5),工件需作旋转运动,车刀需作纵向直线进给运动。

切削运动,按其所起的作用,通常可分为以下两种:

1. 主运动

主运动是切削时的最基本的运动,这个运动的速度最高,消耗功率最大。例如,车削外圆时的工件旋转运动就是主运动。其他切削加工方法的主运动可以是旋转运动或直线运动,但每种切削加工方法的主运动只有一个。

2. 进给运动

进给运动是使主运动能继续进行切削,以便形成工件表面的运动。这个运动所消耗的功率比主运动小。例如,车削外圆时的刀具纵向直线运动是进给运动。其他切削加工方法的进给运动可以是直线运动、旋转运动或两者的结合。进给运动可能不只是一个。

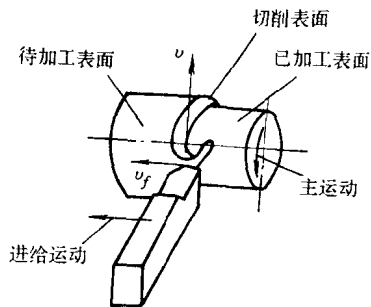


图 1-5 车削外圆切削运动

(二) 工件上的加工表面(见图 1-5)

- 1) 待加工表面 —— 工件上即将被切去的表面。
- 2) 已加工表面 —— 刀具切削后形成的新表面。
- 3) 切削表面 —— 刀刃正在切削着的表面。它总是处在待加工表面与已加工表面之间。

(三) 切削用量

切削用量是切削速度、进给量和切削深度三个切削要素的总称。它们对于加工质量、生产率以及加工成本有很大的影响,如何选择合理的切削用量,是一个需要研究与解决的重要问题。

1. 切削速度 v

切削速度是刀刃与工件接触点主运动的线速度,单位为 m/min 或 m/s 。

当主运动为旋转运动时,切削速度可由下式决定

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

式中 v —— 切削速度(m/s 或 m/min);

d —— 完成主运动的刀具或工件的最大直径(mm);

n —— 主运动的转速(r/s 或 r/min)。

2. 进给量 f

进给量是工件或刀具在进给运动方向上的单位量。例如,车削时单位为 mm/r ,即工件一转刀具沿进给方向的位移量,也称走刀量。

3. 切削深度 a_p

切削深度是待加工表面与已加工表面间的垂直距离,单位为 mm 。

车削外圆的切削深度

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

式中 a_p —— 切削深度(mm);

d_w —— 工件待加工表面的直径(mm);

d_m —— 工件已加工表面的直径(mm)。

(四) 切削层参数

刀刃在一次走刀中从工件待加工表面切下的金属层,称为切削层。

切削层的参数就是指切削层的截面尺寸,通常该截面在垂直于主运动方向的平面内(即不考虑进给运动影响)。图 1-6 是车外圆时的切削层及其截面尺寸。车刀由位置 I 移动到 II,工件 I、II 位置间的一层金属被切下。切削层的截面(图中剖面线部分)垂直于主运动方向,即通过零件中心线。切削层的参数有:

1. 切削厚度 a_c

切削厚度是垂直于切削表面度量的切削层尺寸。车外圆主刀刃为直线时,切削层的切削厚度为(见图 1-6)

$$a_c = f \cdot \sin \kappa_r$$

由此可见, f 或 κ_r 增大,则 a_c 变厚。

2. 切削宽度 a_w

切削宽度是沿着切削表面度量的切削层尺寸,如图 1-6 所示,切削宽度为

$$a_w = \frac{a_p}{\sin \kappa_r}$$

由此可见,当 a_p 减少或 κ_r 增大时, a_w 变短。

由上可得切削层的截面面积,称为切削面积 A_c 。车削时

$$A_c = a_c \times a_w = f \cdot \sin \kappa_r \times \frac{a_p}{\sin \kappa_r} = f \cdot a_p$$

(五) 金属切除率 Z_w

金属切除率是指单位时间切下工件材料的体积。它是衡量切削效率高低的—种指标。 Z_w 由下式计算

$$Z_w = 1000v \cdot f \cdot a_p$$

由上可知,金属切除率等于切削用量三要素的乘积。

三、刀具切削部分几何参数

刀具切削部分的几何参数对刀具的切削性能有很大的影响,它是切削加工中需要研究的又一—重要问题,在这里首先把它们的基本定义介绍如下。

切削加工的刀具,虽然种类很多。但它们的切削部分在几何特征上却具有共性,外圆车刀的切削部分,可以看作是其他各种刀具切削部分的基本形态。下面的基本定义,是以外圆车刀切削部分给出的。

(一) 刀具切削部分的表面与刀刃

图 1-7 是车刀的切削部分。

- 1) 前刀面(A_r)——切屑沿其流出的表面。
- 2) 后刀面(A_o)——与加工表面相对的表面。
- 3) 副后刀面(A_o')——与已加工表面相对的表面。

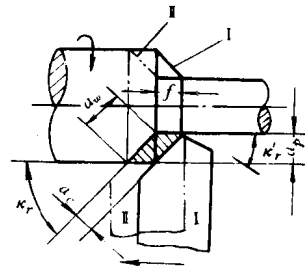


图 1-6 切削层及其参数

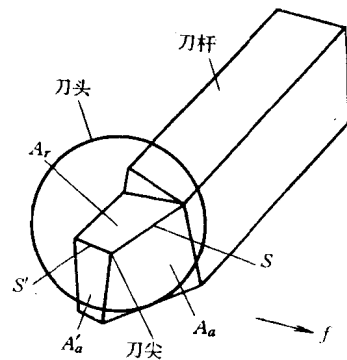


图 1-7 车刀的切削部分

4) 主切削刃(S)——担任主要切削工作的切削刃。它是前刀面与后刀面相交而得到的边锋。

5) 副切削刃(S')——担任少量切削工作的切削刃。它是前刀面与副后刀面相交而得到的边锋。

6) 刀尖——主、副切削刃相交的一小段切削刃,通常为一小段圆弧,其半径称为刀尖半径 r_ϵ 。

(二) 刀具几何角度

刀具几何角度从总的来说是表示刀具的前、后刀面,主、副切削刃相对工件的空间位置。为了确定它们的空间位置,必须首先确定参考平面(即坐标平面)。

1. 参考平面(坐标平面)

标注刀具角度的参考平面(坐标平面)系统有3种,其中主剖面参考系统应用得最广泛。它由以下三个平面组成,见图1-8。

(1) 基面 P_r 通过主切削刃一点,而又垂直于主运动方向(切削速度方向)的平面,称之为该点的基面。

(2) 切削平面 P_c 通过主切削刃一点,相切于主切削刃而又垂直于基面的平面,称之为该点的切削平面。

(3) 主剖面 P_s 通过主切削刃一点,而又垂直于主切削刃在基面上投影的剖面,称之为该点的主剖面。

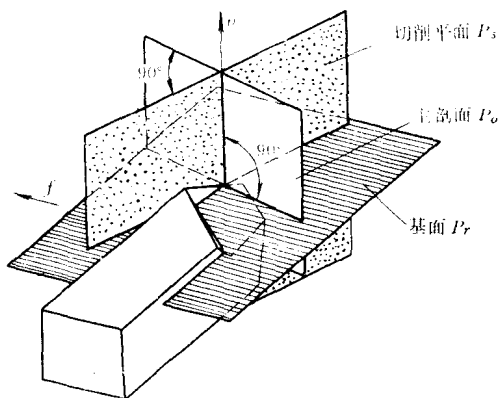


图1-8 主剖面参考平面

由以上定义可知:基面、切削平面和主剖面是三个互相垂直的坐标平面。

2. 刀具几何角度定义

图1-9是主剖面系标注的刀具角度,其中主要的有五个,它们的定义分别如下:

(1) 前角 γ_o 前刀面与基面的夹角(在主剖面中测量)。当前刀面高于基面时(图1-9所示位置),前角为负值;反之为正值。

(2) 后角 α_o 后刀面与切削平面的夹角(在主剖面中测量)。

(3) 主偏角 κ_r 主切削刃与进给方向在基面上投影的夹角。

(4) 副偏角 κ_r' 副切削刃与进给方向在基面上投影的夹角。

(5) 刃倾角 λ 主切削刃与基面的夹角(在切削平面中测量),当主切削刃高于基面时(图1-9所示位置),刃倾角为负值;反之为正值。

由图1-9我们还可知: γ_o 、 λ 两角确定了前刀面的方位; κ_r 、 α_o 两角确定了后刀面的方位; κ_r 、

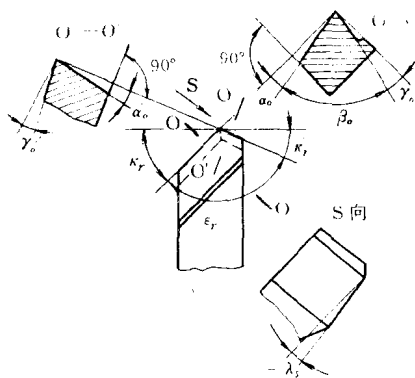


图1-9 主剖面系的刀具角度