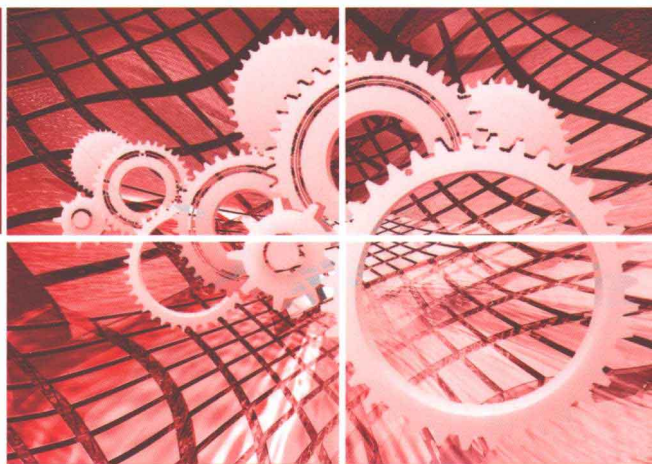


普通高等教育“十二五”工程训练系列规划教材



金工实习教程

主 编 高 琪
副主编 祖英利 陆 斌



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十二五”工程训练系列规划教材

金工实习教程

主 编 高 琪
副主编 祖英利 陆 斌
参 编 张 飞 万金贵 高 鸣
主 审 瞿志豪



机械工业出版社

《金工实习教程》和《金工实习核心能力训练项目集》是为高等工科院校“金工实习”课程编写的一套教材。《金工实习教程》为主教材。全书共分五篇,分别是机械加工常识、毛坯制造基本方法、机械加工基本方法、现代加工技术、工程素质。

本书是根据教育部金工课程教学指导委员会关于普通高等学校“机械制造实习教学基本要求”的有关内容编写而成的,并涵盖了“项目集”中涉及的基本知识。本着“实用、适用、先进”的编写原则,“通俗、精炼、可操作”的编写风格,特别注重以培养学生基本工程素质为基础。本书增加了机械产品质量、成本经济核算和环境保护等相关知识。同时为提高学生的识图能力,还增加了机械制图基本知识等内容。

本“教程”与“项目集”配合使用有利于高等院校机类、近机类以及工科各专业的金工实习教学和实习指导,也可供工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

金工实习教程/高琪主编. —北京:机械工业出版社, 2012. 2
普通高等教育“十二五”工程训练系列规划教材
ISBN 978-7-111-36816-8

I. ①金… II. ①高… III. ①金属加工-实习-高等学校-教材
IV. ①TG-45

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第261042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:丁昕楨 责任编辑:丁昕楨 邓海平

版式设计:霍永明 责任校对:张媛

封面设计:张静 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2012年2月第1版第1次印刷

184mm×260mm·19印张·470千字

标准书号:ISBN 978-7-111-36816-8

定价:35.00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

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

销售二部:(010) 88379649

教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

随着经济的快速发展,机械制造中越来越多地采用新技术、新工艺;同时工程实践的教学内容和基础设施建设也发生了重大改变。由常规冷加工的车削、铣削、刨削和磨削,热加工的铸造、焊接和锻压技术,逐步发展到传统制造技术和先进制造技术相结合,操作技能训练与创新实践教学相结合,技术技能培养与工业管理相结合等。在这种情况下,如果在工程实践教学中继续沿用以前的教材,势必落后于教学改革实际。为此,本教程在传统的金属加工基本知识、加工技术、操作技巧基础上,补充了许多新内容,拓宽了专业知识领域。

我们在多年的金工实习教学实践中发现,金工实习不仅是一门实践性很强的技术基础课,也是一门对学生人生观形成起着重要作用的德育课。对于当代大学生而言,除了德育教育之外,有必要引导他们学会在复杂的社会工程环境中如何处理工程事件,这就需要对工程素质的培养。为此,本书增写了“工程素质”一篇。

本书特点:

1) 内容丰富,包括金属材料、热处理、铸锻焊、传统机械加工方法、现代制造技术等。尤其注重加强了数控技术,增添了特种加工技术、快速成形等方面的内容,更有为学好本门课而增添的零件图的识读、常用量具的测量技术等相关内容。

2) 各章节增添了“业内小提示”,用以帮助理解相关知识、传授操作技巧、提示注意事项等。

3) 部分章节有相关的拓展知识介绍,注意开阔学生视野。

4) 由于本书涉及内容较广,编者采用将相关知识组织融合在一起介绍的方式,比如,零件图的识读一章,穿插地介绍了极限偏差与配合、几何公差、表面粗糙度等概念,解决了内容受篇幅限制的问题。

5) 重点突出,文字简练,叙述清楚,通俗易懂。

6) 本书配有 PPT 课件。

本教程由上海第二工业大学与上海市应用技术学院共同编写,参与编写的教师及分工为:高琪(第2,7,8,13章);祖英利(第1,3,4,14,15,17章),陆斌(第10,11,12章),万金贵(第9章),张飞(第5,6章),高鸣(第16章)。

本书由高琪担任主编,并负责全书统稿。本书在编写的过程中参考了大量有关文献,在此向作者和出版社表示衷心的感谢。全书由上海第二工业大学副校长瞿志豪教授担任主审,瞿教授在百忙之中阅读了全书,并提出了许多宝贵的意见和建议,在此深表感谢。

由于编者水平和经验有限,书中难免出现这样或那样的缺点和错误,恳请同行和读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一篇 机械加工常识

第一章 机械制造基础知识	1	第三章 常用量具的测量技术	29
第一节 机械制造的一般过程	1	第一节 概述	29
第二节 金属切削加工的基础知识	3	第二节 常用量具	30
复习思考题	10	第三节 量具的使用与维护	46
第二章 金属材料与钢的热处理	11	复习思考题	47
第一节 金属材料的基本性能	11	第四章 零件图的识读	49
第二节 常用金属材料及其牌号	14	第一节 概述	49
第三节 钢铁材料的常用鉴别方法	19	第二节 基本知识	49
第四节 钢的热处理	21	第三节 基本技能	63
第五节 相关知识	24	复习思考题	66
复习思考题	27		

第二篇 毛坯制造基本方法

第五章 砂型铸造	68	第四节 质量控制与检验	100
第一节 概述	68	第五节 相关知识	102
第二节 基本知识	70	复习思考题	103
第三节 基本技能	76	第七章 焊接	105
第四节 质量控制与检验	81	第一节 概述	105
第五节 相关知识	84	第二节 焊条电弧焊	106
复习思考题	86	第三节 气焊	116
第六章 锻压	88	第四节 其他电弧焊方法	119
第一节 概述	88	第五节 质量控制与检验	120
第二节 锻造	89	复习思考题	123
第三节 板料冲压	97		

第三篇 机械加工基本方法

第八章 钳工	124	第七节 攻螺纹与套螺纹	147
第一节 概述	124	第八节 装配与拆卸	151
第二节 钳工常用设备	125	复习思考题	153
第三节 划线	127	第九章 车削	154
第四节 锯削	134	第一节 概述	154
第五节 锉削	137	第二节 基本知识	156
第六节 钻孔、扩孔及铰孔	142	第三节 基本技能	169

第四节 质量控制与检验	183	第二节 基本知识	203
复习思考题	185	第三节 刨削基本技能	209
第十章 铣削	186	复习思考题	211
第一节 概述	186	第十二章 磨削	212
第二节 基本知识	187	第一节 概述	212
第三节 基本技能	197	第二节 基本知识	213
复习思考题	202	第三节 基本技能	222
第十一章 刨削	203	复习思考题	226
第一节 概述	203		

第四篇 现代加工技术

第十三章 数控加工技术	227	第二节 特种加工方法	261
第一节 概述	227	复习思考题	270
第二节 数控编程基础知识	230	第十五章 快速成形技术	271
第三节 数控车床手工编程	237	第一节 快速成形技术的原理及特点	271
第四节 数控铣床手工编程	245	第二节 几种典型快速成形技术介绍	272
第五节 加工中心	253	第三节 快速成形的基本工艺流程	273
复习思考题	259	第四节 快速成形技术的应用	274
第十四章 特种加工	260	第五节 快速成形技术的发展	275
第一节 概述	260	复习思考题	275

第五篇 工程素质

第十六章 常见表面的机械加工与经济性分析	276	第一节 安全意识	287
第一节 机械加工经济精度相关知识	276	第二节 设备的维护与管理意识	288
第二节 常见表面加工工艺路线的拟定	277	第三节 在机械制造业中的环境保护意识	290
第三节 零件加工成本估算	284	第四节 社会能力培养	293
复习思考题	286	第五节 法律意识	296
第十七章 机械工程技术人员的工程意识	287	复习思考题	297
		参考文献	298

第一篇 机械加工常识

本篇主要介绍机械制造基础知识、金属材料与钢的热处理、常用量具的测量技术、零件图的识读等。涵盖了机械加工的基本知识，为后续章节的学习打下基础。

第一章 机械制造基础知识

第一节 机械制造的一般过程

任何机械产品，都是由若干部件组成，部件又可分为不同层次的子部件（也称分部件或组件）直至最基本的零件单元。如，汽车车身就是汽车的一个部件，其由底板、侧围、顶盖以及4门2盖（4个车门、发动机盖和后备箱盖）的分部件构成，而每个分部件又由若干个零件构成。只有制造出合乎要求的零件，才能装配出合格的机械产品。机械制造过程的主要工作，就是利用各种工艺和设备将原材料加工成合格的零部件。例如，一个车身（车架子）是由17个冲压零件和435个其他零部件，经过244道工序5853个焊点组装完成的（北京现代二工厂提供）。每个零件的生产过程都要经过层层严格的检验。图1-1所示为汽车车身生产现场场景。

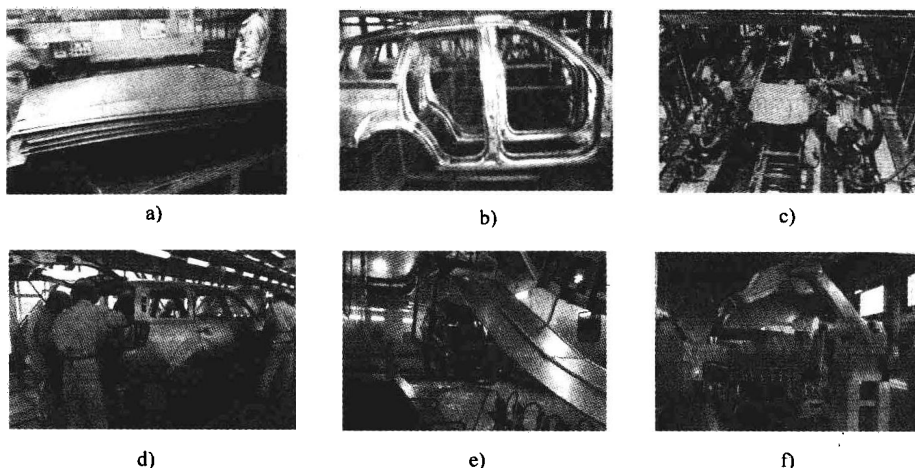


图 1-1 汽车车身生产现场

a) 钢板（原材料） b) 冲压 c) 机器人自动焊接车身 d) 严格检验测试
e) 电泳防锈 f) 喷漆

当然，机器产品的生产过程，不一定完全由一个企业（车间）完成，可以分散在多个

企业（车间）进行协作生产。

机械产品的生产过程是一个复杂的生产系统。首先要根据市场的需求作出生产什么产品的决策；接着要完成产品的设计工作；而后需综合运用工艺技术理论和知识来确定制造方法和工艺流程；最后才进入制造过程，实现产品的输出。

因此，机械制造的一般过程可简要归纳为生产技术准备、机械产品加工、辅助生产和生产服务四个过程。

一、生产技术的准备过程

· 生产技术准备是指产品在投入生产前所进行的各种准备工作。如产品设计、工艺设计和专用工夹具的设计与制造、生产计划的编制、生产资料的准备、生产管理内容的制定、劳动组织的组建以及新产品的试制和鉴定工作等。

二、机械产品的加工过程

机械产品的加工是指把原材料变为成品的全过程。一般情况下，原材料经过铸造、锻压、冲压、焊接等方法制成毛坯，然后由毛坯经机械加工制成零件（有的零件在毛坯制造和加工过程中穿插不同的热处理工艺），最后经装配调试、验收合格后，产品出厂，机械产品生产过程如图 1-2 所示。

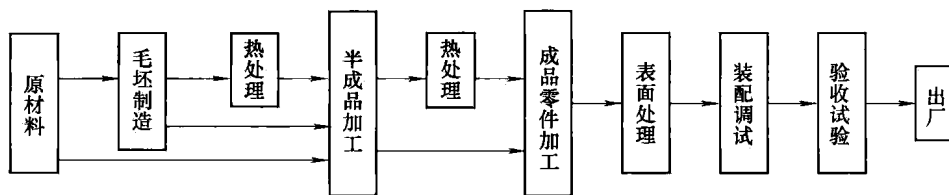


图 1-2 机械产品生产过程

机械制造以使用金属材料为主。金属材料主要分两类，一类为锭料及粉状材料，用于铸造、锻造及烧结等加工用；另一类为型材（如棒料、管料、板带料），供机械加工用。有些零件所用的材料为工程塑料、工程陶瓷、橡胶及复合材料等。

半成品零件加工和成品零件加工多采用切削加工（车、铣、刨、钻、镗、磨和钳工等）及焊接、冲压等工艺方法。除了这些加工方法外，还采用特种加工方法，如电火花加工、电解加工、激光加工、超声波加工、化学加工等。

热处理用于工艺过程中对材料的改性，如正火、退火、淬火与回火等热处理方法。而表面处理则用于装饰和保护零件，如发蓝、喷丸、抛光、电镀、阳极氧化、涂装等表面处理方法。

装配是将生产出的各种零件按要求连接在一起，组成机械产品的工艺过程。装配是机械制造过程中的最后一个生产阶段，其中还包括调整、试验、检验、涂装和包装等工作。因此装配工作对产品质量的影响很大。

验收试验是按产品的技术要求，对产品的有关性能进行试验，只有验收试验合格的产品才能出厂。验收试验和贯穿于整个机械制造工艺过程的检验工作，都是保证产品质量和工艺过程正确实施的主要措施。验收试验方法有用测量器具测量、目视检验、无损探伤、力学性能试验及金相检验等。

三、辅助生产过程

辅助生产是指为保证产品加工过程所必需的各种辅助生产活动。如包括各种动力及工艺工装的提供,设备备件的制造及设备维修等。辅助生产过程是整个生产过程不可分割的组成部分。

四、生产服务过程

生产服务包括原材料的供应、外购件和工具的供应、运输及搬运、检验、仓库保管等。实际上生产服务是为产品加工过程和辅助生产过程服务的。

第二节 金属切削加工的基础知识

金属切削加工是刀具对工件作用的过程,刀具从工件上切去一部分金属,使工件的形状、尺寸精度和表面质量符合技术要求的加工过程。实现这一过程必须具备以下三个条件:①工件与刀具之间必须有相对运动,即切削运动;②刀具材料必须承担切削性能;③刀具必须具有好的几何形态,即切削角度等。本节主要阐明与切削运动、刀具角度及刀具材料有关的基本概念和定义。

一、切削运动和切削用量

1. 切削运动

在金属切削加工中,为了切除多余的金属,刀具和工件间必须有相对运动——切削运动。切削运动由金属切削机床来实现。外圆车削和平面刨削是金属切削加工中常见的加工方法。现以它们为例来分析工件与刀具间的切削运动。外圆车削时的情况如图 1-3a 所示,工件旋转,车刀作连续纵向直线进给,形成工件的外圆柱表面。图 1-3b 为平面刨削,表示了牛头刨床上刨平面时的情况,刀具作直线往复运动,工件作间歇的直线运动。同样,在其他切削加工方法中,刀具和工件也必须完成一定的切削运动。通常,切削运动包括主运动和进给运动。

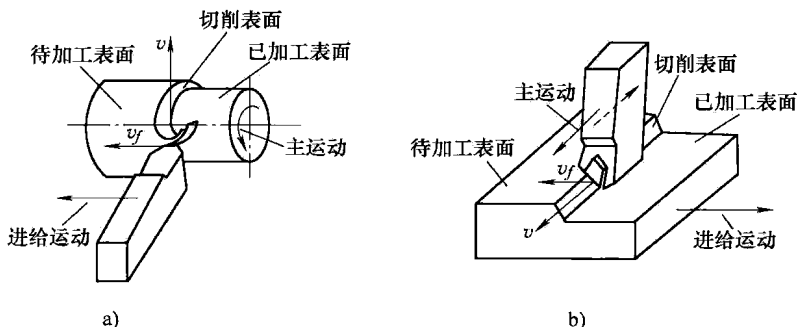


图 1-3 切削运动与加工表面

a) 外圆车削 b) 平面刨削

(1) 主运动 主运动是工件与刀具的相对运动,是切削的最基本的运动。这个运动的速度最高,消耗功率最大。如外圆车削时,工件的旋转运动和平面刨削时刀具的直线往复运动都是主运动。其他切削加工方法中的主运动也同样是由工件或刀具来完成的,其形式可以是旋转运动,也可以是直线运动,通常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够不断切除工件上多余的金属,以形成工件新

的表面所需的运动。例如，外圆车削时车刀的纵向连续直线进给运动，平面刨削时工件的间歇直线进给运动等都属于进给运动。进给运动可能不止一个，其运动形式可以是直线运动、旋转运动或两者的组合。无论哪种形式的进给运动，它所消耗的功率都比主运动小。

总之，切削加工方法都必须有一个主运动及一个或几个进给运动。主运动和进给运动可以由工件或刀具分别完成，也可以由刀具单独完成，图 1-4 所示为几种切削加工运动示意图。

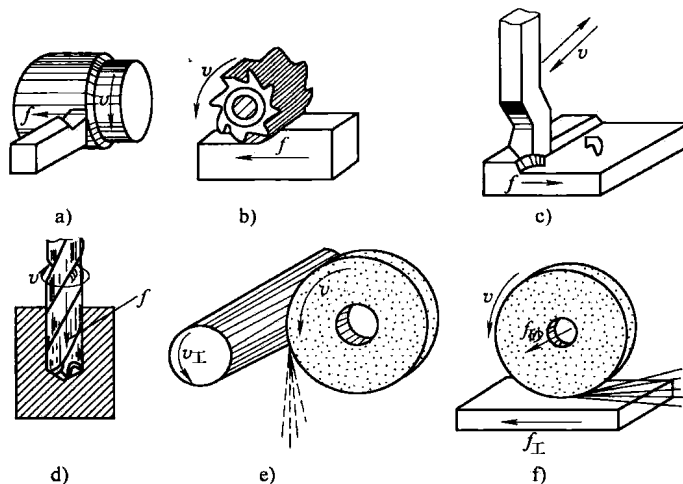


图 1-4 几种切削加工运动

a) 车削 b) 铣削 c) 刨削 d) 钻削 e) 外圆磨削 f) 平面磨削

2. 工件加工表面

在切削过程中，通常工件上有三个不断变化的表面：待加工表面、已加工表面和切削表面，如图 1-3 所示。

(1) 待加工表面 待加工表面指工件上即将被切去的表面，随着切削的继续，待加工表面逐渐减小直至被全部切去。

(2) 已加工表面 已加工表面指刀具切削后在工件上形成的新表面，它随着切削的继续而逐渐扩大。

(3) 切削表面 切削表面指切削刃正切削的表面，在切削过程中不断变化，但总是处在待加工表面与已加工表面之间。

上述定义也适用于其他类型的切削加工。

3. 切削用量

切削用量是切削速度、进给量和背吃刀量三者的总称。它们分别定义如下：

(1) 切削速度 v 切削速度指切削加工时，切削刃上选定点相对于工件的主运动速度。切削刃上各点的切削速度可能是不同的。

当主运动为旋转运动时，刀具或工件最大直径处的切削速度可 (m/s 或 m/min) 由下式确定

$$v = \frac{\pi dn}{1000}$$

式中， d 为完成主运动的刀具或工件的最大直径 (mm)； n 为主运动的转速 (r/s 或 r/min)。

当主运动为往复运动时, 其平均速度 v (m/s 或 m/min) 为

$$v = \frac{2Ln_r}{1000}$$

式中, L 为往复运动行程长度 (mm); n_r 为主运动每秒或每分钟往复次数 (Str/s 或 Str/min);

(2) 进给速度 v_f 与进给量 f 进给速度 v_f (mm/s) 是切削刃上选定点相对于工件进给运动的速度。当进给运动为直线运动时, 其进给速度在切削刃上是各点相同的。进给量 f 是主运动每转一周或一个行程时, 工件和刀具在进给运动方向上的相对位移量。例如, 外圆车削时的进给量 f (mm/r) 是指工件每转一转时车刀相对于工件在进给运动方向上的位移量; 又如在牛头刨床上刨削平面时, 进给量 f 指的是刨刀每往复一次, 工件在进给运动方向上相对于刨刀的位移量。

(3) 背吃刀量 a_p 背吃刀量 a_p (过去称为切削深度) 指主切削刃与工件切削表面接触长度在主运动方向和进给运动方向所组成平面的法线方向上的测量值。对于外圆车削, 背吃刀量 a_p (mm) 等于工件已加工表面与待加工表面间的垂直距离, 即

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

式中, d_w 为工件待加工表面的直径 (mm); d_m 为工件已加工表面的直径 (mm)。

对于平面刨削, 背吃刀量也是工件待加工表面与已加工表面的垂直距离。

切削速度 v 、进给量 f 和背吃刀量 a_p 称为切削用量三要素。

二、刀具材料的种类、性能与用途

刀具材料是指刀具切削部分的材料。在金属切削过程中, 刀具参与切削部分是在高温条件下工作的, 同时受较大的切削力、冲击、振动和摩擦作用。为了获得理想的切削效果, 刀具必须具有高硬度、良好的耐磨性、足够的强度及韧性、高的耐热性及良好的工艺性。表 1-1 为常用刀具材料的主要性能和用途。

表 1-1 常用刀具材料的主要性能和用途

种类及 常用牌号	硬度 HRC	红硬温度 /℃	抗弯强度 /MPa	使用性能	用途
碳素工具钢 (T8A、T10A、 T12A)	60 ~ 64	200	2500 ~ 2800	切削温度超过 275℃ 就会 变软烧毁, 目前已很少使用, 只在低速刀具上选用	少数手动刀具, 如锉 刀、手用锯条
合金工具钢 (9SiCr、 CrWMn)	60 ~ 65	250 ~ 300	2500 ~ 2800	热处理变形小, 多用于制 作细长刀具和淬火后不刃磨 的复杂刀具	低速刀具, 如锉刀、 丝锥、板牙等
高速钢 (W18Cr4V、 W95Cr4V2)	62 ~ 67 (淬火后)	550 ~ 600 (热硬性较差)	2500 ~ 4500 (抗弯强度较 高, 抗冲击 性能好)	它是含有钨、钼、钒元素 的合金钢, 是目前制造刀具 的常用材料, 刃磨方便, 坚 韧性较好, 能承受较大的冲 击力	形状复杂的机用刀 具, 如钻头、铰刀、铣 刀、精加工车刀以及成 形刀具等

(续)

种类及 常用牌号	硬度 HRC	红硬温度 /℃	抗弯强度 /MPa	使用性能	用途
硬质合金 (YG3、YG3X、 YT5、YT14 YW1、YW2)	74~82 (硬度高,仅 次于金刚石)	800~1000 (耐高温,热 硬性较好,耐 磨,耐蚀。适 用于高速切 削,切削速 度是高速钢 的5~8倍)	900~2500 (抗弯强度 较低,较脆, 抗冲击性能 比高速钢差)	硬质合金是由一种或多种 难溶金属的碳化物(碳化 钨、碳化钛等)用粉末冶金 方法制造的合金材料。常压 制烧结后作镶片使用,不能 热加工成形,无需热处理	车刀刀头、铣刀、钻 头、滚刀、刨刀等刀具 上也可作为镶片或整体 使用

三、切削刀具主要几何角度及选择

要使刀具顺利地进行切削加工,除刀具材料要具备应有的材料性能外,还要有合格的几何形状。如果刀具的几何角度不合适,即使刀具材料再好,也不能充分发挥它的性能。另外,通过改善刀具的几何角度,可以弥补材料的不足。

金属切削刀具的种类很多,结构各异,但参加切削的部分在几何特征上都具有共性的内容,图1-5所示为刀具的刃和切削部分表面。外圆车刀的切削部分可以看作是各类刀具切削部分的基础形态。其他各类刀具,包括复杂刀具,都是在这个基础形态上根据各自的工作要求演变而来的。下面以外圆车刀为例说明切削刀具的主要几何角度及选用原则。

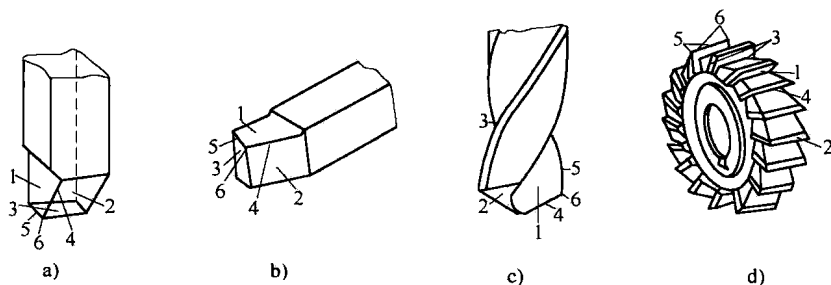


图 1-5 刀具的刃和切削部分表面

a) 刨刀 b) 外圆车刀 c) 钻头 d) 铣刀

1—前刀面 2—主后刀面 3—副后刀面 4—主切削刃 5—副切削刃 6—刀尖

1. 切削刀具的几何角度

(1) 切削部分的组成 切削部分的组成如图1-5所示,由前刀面、主后刀面、副后刀面、主切削刃、副切削刃和刀尖组成。

1) 前刀面 刀具上切屑流过的表面;

2) 主后刀面 刀具上与工件上的加工表面,即过渡表面,相对的表面;

3) 副后刀面 刀具上与工件上的已加工表面相对的表面;

4) 主切削刃 刀具上前刀面与主后刀面的交线,它负担主要切削工作;

5) 副切削刃 刀具上前刀面与副后刀面的交线,它负担少量的切削工作;

6) 刀尖 主切削刃与副切削刃的交点称为刀尖。刀尖实际是一小段曲线或直线,其目的是提高刀尖强度和改善散热条件。

(2) 确定刀具几何角度的辅助平面 为了确定和测量刀具的几何角度, 需要选取三个辅助平面作为基准, 这三个辅助平面是切削平面、基面和正交平面, 如图 1-6 所示。

1) 基面 P_r 。基面是过主切削刃某一选定点并平行于刀杆底面的平面。

2) 切削平面 P_s 。切削平面是通过切削刃上选定点且与切削刃相切, 并垂直于基面的平面, 车刀的切削平面一般是铅垂面。

3) 正交平面 P_o 。正交平面通过切削刃上选定点并同时垂直于基面又垂直于切削平面的平面。

(3) 切削刀具的主要几何角度及选择原则 切削刀具主要几何角度的定义, 如图 1-7 所示。车外圆时车刀的几何角度标注, 如图 1-8 所示。

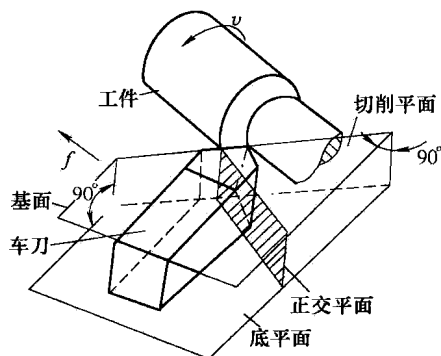


图 1-6 测量车刀角度的辅助平面

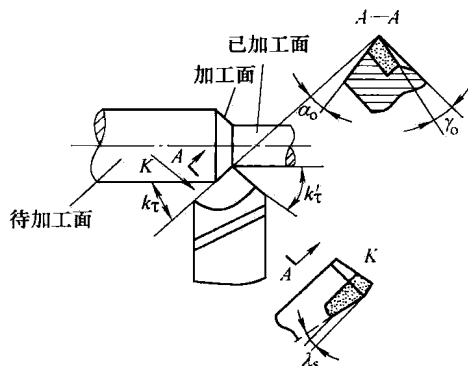


图 1-7 切削刀具主要几何角度的定义

γ_0 —前角 α_0 —后角 κ_r —主偏角

κ'_r —副偏角 λ_s —刃倾角

1) 前角 γ_0 。在正交平面内测量的前刀面与基面间的夹角为前角, 如图 1-7 所示, 或定义为刀具上切屑流过的表面与水平面的夹角, 如图 1-8 所示。

2) 后角 α_0 。在正交平面内测量的主后刀面与切削平面间的夹角为后角, 如图 1-7 所示, 或定义为刀具上与切削表面相应的刀面和切削运动方向的夹角, 如图 1-8 所示。

3) 主偏角 κ_r 。在基面内测量的主切削刃在基面上的投影与进给运动方向的夹角为主偏角, 如图 1-7、图 1-8 所示。

4) 副偏角 κ'_r 。在基面内测量的副切削刃在基面上的投影与进给运动反方向的夹角为副偏角, 如图 1-7、图 1-8 所示。

5) 刃倾角 λ_s 。在切削平面内测量的主切削刃与基面间的夹角为刃倾角, 如图 1-7、图 1-8 所示。

2. 切削刀具主要几何角度的作用及选择原则

切削刀具主要几何角度的作用及选择原则见表 1-2, 刃倾角对排屑方向的影响如图 1-9 所示。

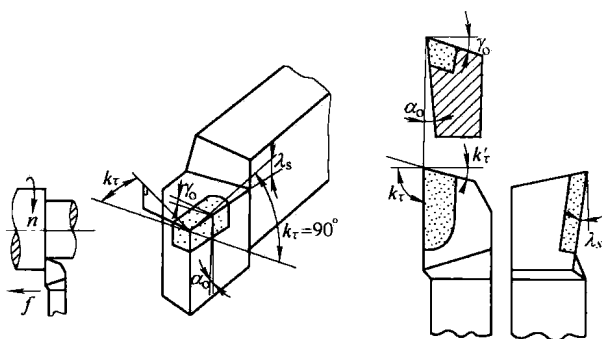


图 1-8 车外圆时车刀角度的标注

表 1-2 切削刀具主要几何角度的作用及选择原则

角度名称	作用	选择原则
前角 γ_0	增大前角, 可减小切屑与前刀具的摩擦, 使切削刃锋利, 切削轻快, 切削变形减小。但前角过大会减弱刀头及切削刃口的强度, 刀具寿命缩短	加工塑性材料时, 选择大前角; 加工脆性材料时, 选择小前角; 高速钢刀具前角较大; 硬质合金刀具前角稍小
后角 α_0	它是刀具切削加工时需要的角度, 可避免或减小刀具后刀面与工件切削表面和已加工表面间的摩擦。当前角确定后, 后角越大, 刃口越锋利、但后角过大会减弱刀头及切削刃口的强度	高速钢刀具后角为 $6^\circ \sim 12^\circ$; 硬质合金刀具后角为 $2^\circ \sim 12^\circ$; 粗车时取较小值, 精车时取较大值
主偏角 κ_r	主偏角可以改变切削厚度与切削宽度, 改变吃刀抗力与走刀抗力的比例, 影响刀具的散热情况	一般选取较小的主偏角; 车细长轴时, 为了减少振动, 采用大的主偏角
副偏角 κ'_r	副偏角可以减小副切削刃与已加工表面的摩擦, 影响已加工表面的粗糙度和刀具散热情况	副偏角一般选取 $10^\circ \sim 15^\circ$
刃倾角 λ_s	刃倾角可以控制切屑流出的方向, 影响刀头强度, 如图 1-9 所示	车切削时刃倾角一般为 $-5^\circ \sim +5^\circ$

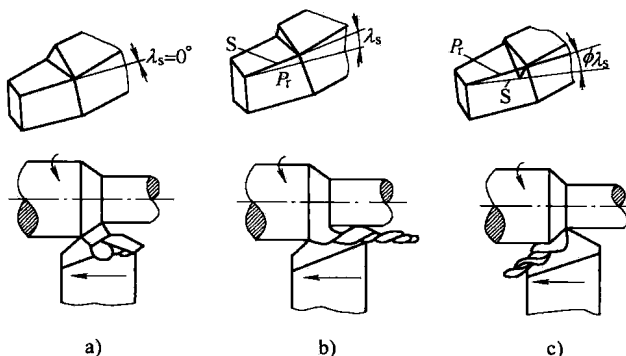


图 1-9 刃倾角对排屑方向的影响

- a) 主切削刃呈水平, 切屑向垂直于切削刃的方向流出 ($\lambda_s = 0^\circ$) b) 刀尖为主切削刃上最低点, 切屑流向已加工表面 ($\lambda_s < 0^\circ$) c) 刀尖为主切削刃上最高点, 切屑流向待加工表面 ($\lambda_s > 0^\circ$)

λ_s —刃倾角 S —主切削刃 P_r —基面

四、切削热与切削液

1. 切削热及切削温度

(1) 切削热的产生和传导 在切削加工过程中, 由于被切削金属层的变形、分离及刀具和被切削材料间的摩擦而产生的热量称为切削热。

切削热主要通过切屑、刀具、工件、切削液和周围空气传导出。如果切削加工时不加

切削液，则大部分切削热就会由切屑传出。

(2) 切削热对切削过程的影响 切削热会影响切削过程。切削热使刀具温度升高。切削热当超过刀具材料所能承受的温度时，刀具材料硬度降低，迅速丧失切削性能，磨损加快，寿命缩短。切削热传入工件后，工件温度升高并产生热变形，影响加工精度和表面质量。所以，必须对刀具和工件的温度加以控制。

(3) 切削温度及其控制措施 表现在工件、刀具、介质和切屑上的切削热为切削温度。一般来说，切屑传出来的热量最多，其次为工件、刀具和介质。切削温度的高低，取决于产生热量的多少和热传导的快慢，其具体受工件材料的性质（塑性、强度和硬度等）、切削用量、刀具角度和切削液等因素的影响，影响切削温度的因素见表 1-3。

为了控制切削温度，可采用以下措施：合理选择刀具材料和刀具几何角度，提高刀具的刃磨质量；合理选择切削用量；适当选择和使用切削液。

表 1-3 影响切削温度的因素

影响因素		对切削温度的影响
工件材料		材料的硬度、强度越高，热导率就越小，则切削温度就越高
切削用量		切削速度、进给量及切削深度三个参数中的任一个增大，都会使切削温度升高。其中切削速度对切削温度的影响最大，进给量次之，背吃刀量的影响最小
刀具几何角度	前角	在一定范围内，前角增大，切削温度略有下降；但当前角增大到某一数值后，由于刀具的散热条件变差，切削温度反而会随着前角的增大而上升
	主偏角	减小主偏角虽然会使切削力有所增大，但切削热也会增多，但由于切削刃的工作长度及切削刃尖角均增大，改善了散热条件，切削温度会降低
切削液		切削液的冷却性能越好，则切削温度下降得越多

2. 切削液

(1) 切削液的作用 切削液的作用见表 1-4。

表 1-4 切削液的作用

作用	说 明
冷却	能降低工件和刀具的温度，从而可提高刀具的耐用度和加工质量。在刀具材料耐热性较差、工件热胀系数较大的情况下，切削液的冷却作用显得更为重要。粗加工时切削温度较高，更需要冷却，应选择以冷却为主的切削液
润滑	切削时工件与切屑及刀具之间的压力较大，相互间的摩擦很严重，使用切削液可减少这种摩擦，起到润滑的作用。精加工时主要是提高加工精度和表面加工质量，应选用以润滑性能为主的切削液
清洗排屑	可将切削过程中产生的细小切屑冲走，以免挤在刀具与工件间划伤已加工表面
防锈	使用切削液可使机床、刀具、工件不会产生锈蚀，起到防锈的作用

(2) 切削液的种类及其应用 应根据工件材料、刀具材料、加工方法、加工要求、机床类别等情况综合考虑合理选用切削液，如表 1-5 所示。

表 1-5 切削液的种类及其应用

切削液类别		成 分	应 用	
水溶性	水溶液	以软水为主加入防锈剂、防霉剂。有的还加有油性添加剂及表面活性剂	常用于粗加工及普通磨削加工	
	乳化液	乳化液是水和乳化油混合搅拌形成的乳白色液体。乳化油是由矿物油、脂肪酸、皂及表面活性剂乳化剂配制而成的一种油膏。混合后的乳化剂再加稳定剂，以防油、水分离。含乳化油较少的称为低浓度乳化液，含乳化液较多的称为高浓度乳化液	体积分数	适用加工方法
			3% ~ 5%	粗车、普通磨削
			10% ~ 20%	切割、拉削
			5%	粗铣
			10% ~ 15%	铰孔
			15% ~ 25%	齿轮加工
	合成切削液	由水、表面活性剂和化学添加剂组成，具有良好的冷却、润滑、清洗和防锈作用	适用于磨削、铣削、钻削、攻螺纹	
油性	切削油	切削油中含有矿物油、植物油和复合油。矿物油中又有机油，轻柴油和煤油	主要用于易切削钢、铝合金、铸铁的精加工及铰孔	
	极压切削油	极压切削油是在矿物质中添加氯、硫、磷等极压添加剂配制而成，具有很好的润滑效果。可分为硫化极压切削油、氯化极压切削油、复合极压切削油等	硫化极压切削油多用于钢材的钻、铣、铰、拉削及齿轮加工；氯化极压切削油多用于难加工钢材的车、铰、钻、拉削及齿轮加工	
固体润滑剂	二硫化钼	主要由二硫化钼 (MoS_2) 组成。形成的润滑膜具有很小的摩擦因数和极高的熔点 (1185°C)	可以抑制积屑瘤的产生，减小切削力，能显著延长刀具寿命，减小工件的表面粗糙度	

复习思考题

1. 试述机械产品的生产过程。
2. 什么是切削热？它对切削过程有何影响？怎样控制切削温度的升高？
3. 说明前角的大小对切削过程的影响。
4. 说明后角的大小对切削过程的影响。
5. 从刀具耐用度的角度分析，如何合理选择刀具的前、后角？
6. 说明刃倾角的作用。
7. 分析主、副偏角的大小对切削过程的影响。
8. 常用刀具材料的种类有哪些？它们有什么特性？
9. 简述高速钢和硬质合金刀具的主要用途。
10. 切削热是怎样传导的？影响切削热传导的因素有哪些？
11. 切削液的作用有哪些？
12. 粗、精加工时，为何选用不同的切削液？

第二章 金属材料与钢的热处理

第一节 金属材料的基本性能

一、概述

金属材料是各种金属及其合金的统称，分为黑色和有色金属两大类。黑色金属即是铁及其合金，如钢和铸铁。除黑色金属以外的金属及其合金都是有色金属，如黄铜、铝、锌等。

从日常生活、机械制造到航空航天都离不开金属材料。在不同场合、不同条件下所用的金属材料各不相同，因为不同金属材料具有不同的性能。例如，日常生活所用的铝锅是用铝或铝合金制成，因为铝具有重量轻、耐蚀，热传导快的属性；机床床身使用铸铁是由于铸铁易成型，具有润滑、减振的属性。不同的金属材料具有不同的属性。同一类材料的元素含量不同、牌号不同其属性也有差异。把金属材料在不同条件下所表现出来的属性称为金属材料的性能。研究材料性能的目的是扬其所长、避其所短、满足需要。金属的力学性能如图 2-1 所示。

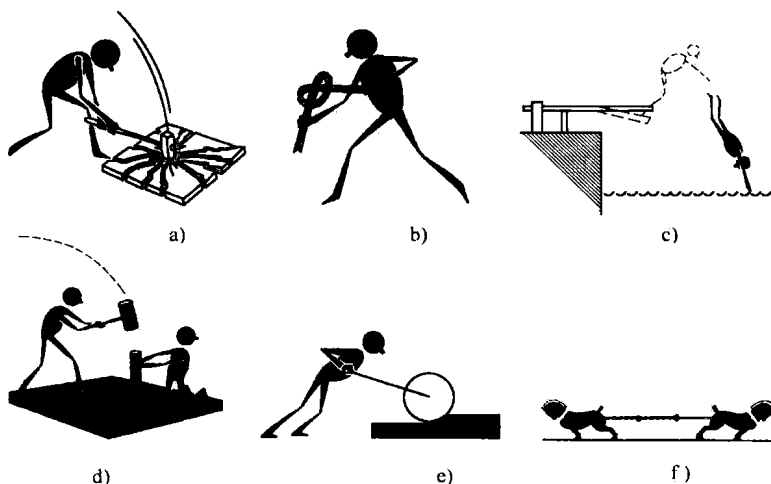


图 2-1 金属的力学性能

- a) 脆性金属易碎但不易弯曲 b) 韧性金属易变形 c) 载荷撤消后，弹性金属恢复原状
d) 硬质金属不易穿透 e) 延性好的金属易成形 f) 抗拉强度是金属抵抗拉伸的能力

二、金属材料的力学性能

金属材料的力学性能是指金属材料在外力作用下表现出来的性能，如强度、塑性、硬度和冲击韧度等。在机械制造业中，金属材料的力学性能是选择工程材料的主要依据。

(一) 强度和塑性

强度是在静载荷作用下，金属材料抵抗塑性变形和断裂的能力。根据载荷作用形式的不同，强度可分为抗拉强度、抗弯强度、抗剪强度和抗扭强度等，实际工程中使用最多的是抗拉强度。