



高等学校教材

机械制造 工程实践

张连凯 编



化学工业出版社
教材出版中心

高等学校教材

机械制造工程实践

张连凯 编



化学工业出版社
教材出版中心

· 北京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工程实践/张连凯编. —北京:化学工业出版社,2004.7
高等学校教材
ISBN 7-5025-5629-X

I. 机… II. 张… III. 机械制造工艺-高等学校-教材 IV. TH16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 048780 号

高等学校教材

机械制造工程实践

张连凯 编

责任编辑:程树珍

责任校对:顾淑云 宋 玮

封面设计:潘 峰

*

化学工业出版社
教材出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话:(010) 64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

北京市彩桥印刷厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 7½ 字数 176 千字

2004 年 6 月第 1 版 2004 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5629-X/G · 1464

定 价:12.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责退换

前 言

制造业是中国经济的脊梁，而机械制造又是制造业的基础。作为工科院校的学生，无论从事何种专业，都要涉及机械制造领域的知识，石油要钻机，化工要反应釜，生物工程要有发酵罐，建筑要有钢结构框架，航海要船体，运输要车身，农业要联合收割机，航天要飞行器，气象要卫星，地质要钻机，采矿要梭车，冶金要高炉，电子要芯片，控制要传感器，计算机要存储器，方方面面都与机械制造有关。

现代科学是实验的科学，苹果落到头上的事已十分罕见，前人未做过的实验，要靠自己设计，甚至亲手加工装配，并在实验中不断发现问题，不断改进，才能获得更多的发现，赢得宝贵的时间，如果具备了相应的机械制造知识，那就如虎添翼，事半功倍。

在人类历史上，机械制造水平成为衡量人类文明的标志，如青铜与铁器，蒸汽机与电动机，汽轮机与核电站。在科学技术高速发展的今天，任何科学技术革命，也都离不开材料和装备方面新的突破。没有大型加速器，就发现不了中微子和夸克，没有纳米加工技术，就没有计算机器件的高度集成和高速发展，没有数控加工中心，就没有航天飞机和核动力潜艇。而材料制备和装备方面的突破，本身就是以机械制造业为基础的技术革命。

从学术专业角度划分，有机械制造工艺学的学科分类，这的确是一门艺术，与数、理、化的逻辑推理不同，其更着重实践和操作，更着重于技能和经验的积累。计算机专业学了五年就可以成为中级程序员，但往往 20 年却很难培养出一个机械制造工艺师。

但这不是可望而不可及的，所谓功夫不负有心人，从身边的机械钟表和自行车上每个零件，到公交车辆和提升电梯，甚至是三峡大坝的泄洪钢门，机械制造产品无所不在，成型方法又千差万别，机械工程知识是日积月累而来，加上坚忍不拔的品格、几分天赋和机遇，就会造就出像沈鸿先生那样的新一代机械工程师。

工科院校重视学生动手能力的培养，但真正能让学生动手操作上十几天的课程就是机械制造工程实践，在这里能接触到现代制造业的各个基本环节，亲身体验各种加工操作，了解从毛坯到零件，从零件到机器的制造过程，形成制造难易程度和制造精度的概念，领会制造成本和产品利润间的关系，从单纯课堂教学以外的角度来了解现代制造业的构成。

当然机械制造工程训练的目的并非是要让每个学生都成为熟练工人，首先是要培养大家的劳动观念，产品制造过程就是劳动价值的创造过程，是汗水和智慧的结晶；其次要培养大家的团队协作精神，在今天实践过程中是各工种的协作，将来毕业后就要投入到现代化社会劳动协作中去，而这个协作是以责任和纪律来保证的；作为一门课程，同学们应该掌握最基本的操作知识和技能，这不仅需要一定的思维能力和健康的体魄，还与形体训练课一样要具备相应的肢体协调能力和节奏感，否则就很难获得优异的成绩。

对于工科院校非机械类专业的学生，在校期间没有机会接受系统的机械制造工程训练，但又必须掌握一定的现代制造工程技术知识，而目前所用的大多是机械专业类工程实践教材的缩略版本，并不适应“非机”类专业的教学。

本书是专门针对工科院校“非机”类专业机械工程实践教学环节编写的教材，集作者从事机械制造专业技术和教学 30 余年之经验与体会，完全从机械行业以外的初学者角度出发，

使用通俗易懂而简练的语言，阐明机械制造工程所涵盖的最基本内容，密切结合实践操作过程，充分利用有限的实践教学环节，力求能使所学者掌握更多的技能和更系统的相关知识。

为了配合实践教学环节，作者专门为本书开发了一套计算机考试系统，用来检查同学们对实践过程中一些机械制造基础知识的掌握程度，系统采用从试题库随机抽题方式来组成试卷，答卷结束后立即自动评定成绩，既可以用于同学们自己对所学知识的测试，也极大地方便了实践教学环节考核的进行。

本书要感谢培养过作者的淮南化工机械学校、安徽理工大学和中国矿业大学北京研究生院，感谢作者所工作过的原化工部第三化工建设公司、原煤炭部三十九工程处和淮南矿业集团，感谢北京化工大学机械工程训练中心的王永涛高工和贾淑芬主任，感谢同教研室的康敬欣博士、李方俊和张东胜两位博士后，是大家的培养和鼓励才促使了本书的成稿和出版。

编者

2004年2月于北京

目 录

第 1 章 机械制造基础知识	1
1.1 工程材料性能	1
1.2 钢铁与热处理	2
1.3 常用钢材牌号	3
1.4 机械制造与加工精度	4
1.5 切削加工基础知识	5
1.6 常用量具	7
1.7 工件装夹	8
1.8 小结	9
第 2 章 铸造	10
2.1 铸造基本概念	10
2.2 砂型铸造	10
2.3 常见造型方法	11
2.4 手工造型过程	12
2.5 常用铸造材料	12
2.6 铸造缺陷	13
2.7 机械造型	13
2.8 特种铸造	14
2.9 小结	14
习题	15
第 3 章 锻压	17
3.1 锻压基本常识	17
3.2 锻造加工	17
3.3 自由锻造	18
3.4 模型锻造	20
3.5 锻造小结	22
3.6 冲压	22
3.7 冲压小结	23
3.8 轧制	23
习题	24
第 4 章 焊接	25
4.1 焊接加工	25
4.2 手工电弧焊	25
4.3 手工电弧焊操作	28
4.4 气焊与气割	29

4.5	其他焊接方法	30
4.6	小结	30
	习题	32
第5章	车工	34
5.1	车削基本概念	34
5.2	车床结构	34
5.3	车削刀具	37
5.4	车床夹具和附件	40
5.5	车工基本操作	43
5.6	车工工艺	48
5.7	小结	51
	习题	52
第6章	铣工	56
6.1	铣削基本概念	56
6.2	铣床结构	56
6.3	铣床刀具	58
6.4	铣床夹具和附件	59
6.5	铣削工艺	60
6.6	小结	63
	习题	64
第7章	刨工	66
7.1	刨削基本概念	66
7.2	刨床结构	66
7.3	刨刀	68
7.4	刨削工艺	69
7.5	其他往复直线运动加工	71
7.6	小结	72
	习题	73
第8章	磨工	75
8.1	磨削基本概念	75
8.2	磨床结构	75
8.3	砂轮	77
8.4	磨削工艺	78
8.5	小结	80
	习题	81
第9章	钳工	83
9.1	钳工简介	83
9.2	画线	83
9.3	锯削	84
9.4	锉削	86

9.5	其他钳工切削方法·····	87
9.6	钻孔·····	88
9.7	攻丝与套扣·····	90
9.8	其他孔加工方法·····	92
9.9	装配·····	92
9.10	小结·····	95
	习题·····	96
第 10 章	数控加工·····	98
10.1	数控机床简介·····	98
10.2	数控电火花线切割机床·····	99
10.3	数控电火花成型机床·····	100
10.4	数控卧式车床·····	101
10.5	数控立式铣床·····	103
10.6	数控立式铣削加工中心·····	105
10.7	其他类型数控机床·····	106
10.8	数控机床的应用与发展·····	108
	习题·····	109

第 1 章 机械制造基础知识

机械制造工程实践要亲手进行各种加工方法的操作,但是往往受到场地和设备限制,无法按照同样顺序依次进入各个岗位,而是先分组到不同工种,然后再互相轮转,直到完成全部实践过程。

进入各岗位进行操作前,首先必须了解一些基础知识和各操作岗位上具有共性的常识。所以建议在开始实践前或初期,抓紧时间先自学本章机械制造基础知识,具备扎实的基础,就会在实践操作中会起到事半功倍的效果。

1.1 工程材料性能

在机械制造行业里,采用工程材料制成机械零件,这些机械零件在使用中要承受外力。如果外力作用使零件破坏或不能正常使用,称为失效。机械零件设计过程是要根据工程材料的性能,保证零件在使用期间内不会发生失效。

(1) 工程材料性能指标 衡量工程材料性能的指标主要有强度、硬度和冲击韧性,其中:

屈服强度极限 (σ_s) 材料所能承受外力作用而不发生塑性变形的最大能力;

断裂强度极限 (σ_b) 抵抗外力作用而不发生断裂的最大能力;

硬度 (HRC 或 HV) 抵抗异物侵入的能力;

冲击韧性 (a_k) 抵抗外力冲击作用的能力。

这些性能指标都是根据相关标准,在专用的实验设备上对工程材料的试样进行试验,以这些实验结果来表征该材料性能的量化指标。

(2) 强度实验与强度极限 外力作用于工程材料表面,并在工程材料内部传递,就会形成内应力,而当内应力达到一定值时,材料会发生破坏。但外力作用分为两类,即拉力和压力,一般都将工程材料制成如图 1-1 的试样,试样直径为 D ,两端较粗的为夹持部位。

将试样的夹持部位固定在拉力实验机上,逐步增大实验拉力。随着拉力增大试样也在伸长,在达到一定实验拉力 F_s 以前,松开试样能恢复原有长度,这个阶段称为弹性变形阶段,材料性能满足物理学上的虎克定律。超过拉力 F_s 以后,松开试样就不能恢复原有长度,就进入塑性变形阶段。当达到拉力 F_b 时,即使不增大拉力,试样也在伸长,并出现局部变细,称为颈缩,直至试样断裂。

也有的材料试样不发生明显塑性变形就出现断裂,这类材料被称为脆性材料。而那些有比较明显塑性变形阶段的材料称为塑性材料,材料的塑性可以用原有试样直径 D 和断裂后

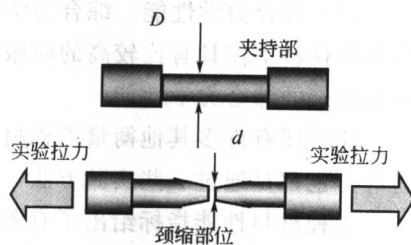


图 1-1 拉伸试样和颈缩

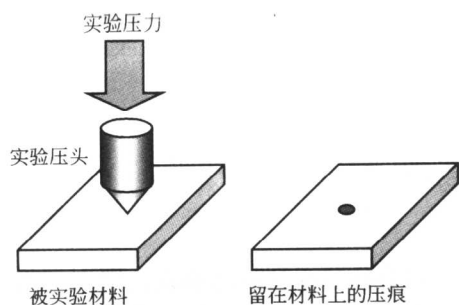


图 1-2 硬度实验和压痕

断面直径 d 之比来表征, 称为**断面收缩率** ψ ; 也可以用断裂后试样伸长和试样原长之比来表征, 称为**延伸率** δ 。

通常认为在发生塑性变形时零件就已经失效了, 所以将材料实验的 F_s 为屈服极限拉力, 而作用在单位面积的屈服极限拉力称为屈服应力 σ_s , 也称为该材料的屈服强度极限, 单位是 Pa, 或 kPa 与 MPa。

(3) 硬度实验与硬度 硬度实验如图 1-2 所示, 在硬度实验机上, 采用不同材质和形状的实验压头, 在标准实验压力作用下, 压入材料表面, 然后测量

留在材料表面压痕的面积或深度, 来表征材料的硬度。

常用的材料硬度实验设备有洛氏硬度计和维氏硬度计, 其中洛氏硬度单位是 HRC, 而维氏硬度单位是 HV, 数值越大, 则表示被实验材料的硬度越高。

(4) 冲击实验与冲击韧性 冲击实验先将材料制成如图 1-3 所示的标准试样, 然后固定在冲击实验机上。实验机摆锤利用 h_1 高度势能冲击试样, 试样会从缺口处断开。冲断试样后摆锤仍会继续摆动, 并达到具有一定的高度势能 h_2 。冲击实验中摆锤所消耗的冲击功与试样缺口断面面积的比值为该材料的冲击韧性 a_k , 单位是 J/cm^2 。

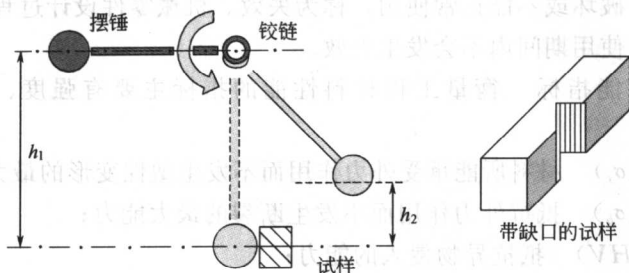


图 1-3 冲击实验与试样

(5) 综合力学性能 综合力学性能是综合考虑屈服强度、硬度和冲击韧性等性能指标。当某种材料不仅具有比较高的屈服强度, 还有一定的硬度和相当高的冲击韧性, 就被认为具有比较好的综合力学性能。

此外还有许多其他衡量工程材料特性的指标, 如疲劳断裂强度、抗腐蚀性能、抗高温能力等, 也都是通过一些实验方法, 从不同角度来表征材料的特性。

工程材料性能指标给出了有关这些材料特性的量化概念, 机械设计手册中已给出各种材料的屈服强度极限 σ_b 、塑性断面收缩率 ψ 和延伸率 δ 、硬度 HRC 或 HV、冲击韧性 a_k 数值, 可供相关设计工作参考。

1.2 钢铁与热处理

目前正处在一个材料革命的时代, 据称每年世界上约有 6000 种新型材料诞生。但是目前在机械制造行业所使用的主要还是金属材料, 其中钢约占 75%, 其他为铜、铝等有色金属。

(1) 钢铁的成分 钢是以铁和碳元素为主要成分的合金。碳元素可以被固态铁所溶解，形成碳在铁中的固溶体，金属物理学将其称为铁素体；而碳与铁元素以化合物形式存在时，又被称为渗碳体。铁素体硬度低，塑性很好，而渗碳体则脆而硬。

随着含碳量增加，钢中渗碳体增多，硬度和强度也增大。当钢中含碳量的质量分数接近2%时，渗碳体成分太多，容易脆裂而没有应用价值，所以工业用钢中碳的质量分数一般小于2%。其中含碳的质量分数高于0.6%的为高碳钢，含碳的质量分数在0.4%~0.6%的为中碳钢，其中含碳的质量分数低于0.4%的为低碳钢，

铸铁碳含量的质量分数在2%~4%之间，但是通过石墨化处理，使碳元素主要以石墨形式分布在与钢类似的铸铁基体之中。这些石墨割裂了铸铁的基体，使得铸铁的抗拉强度和塑性明显降低，但却具有很好的抗压强度和润滑性能。

(2) 钢的组织 金属都经过冶炼过程，从液态结晶成固态。在液态结晶时同时生成很多晶粒，这些晶粒一直成长到互相之间构成边界为止。铁碳合金晶粒的大小、晶粒内部结构、铁素体和渗碳体的形状与分布状态等被称为组织。

当化学成分相同的钢材具有不同组织时，其力学性能会有很大差异。如图1-4所示，一般认为组织致密而均匀，材料的综合力学性能也就比较良好。

(3) 钢的热处理 将钢加热到一定温度以上，保温一段时间，再以不同速度冷却，从而达到改变钢内部组织和力学性能的目的。如把保温后的钢件在水中冷却即快速冷却，称为淬火。淬火能明显提高工件的硬度，但是由于冷却速度太快，会使工件内应力增大，此应力称为淬火应力；如随着加热炉慢慢冷却或埋在石灰中冷却，可以细化晶粒或消除淬火状态，被称为退火；如果在空气中冷却，所获得的组织比退火要细，硬度也要高，被称为正火。

将淬火后的工件加热称为回火，当然这个加热温度要低于淬火温度，否则就成了退火。低温回火主要用于消除淬火应力，常用于工具处理；中温回火可以明显改善工件的冲击韧性，常用于弹性元件处理，如弹簧等；高温回火可以获得比较好的综合力学性能，所以也称为调质处理，常用于一些重要的轴类零件。各种热处理过程中的温度-时间曲线如图1-5所示。

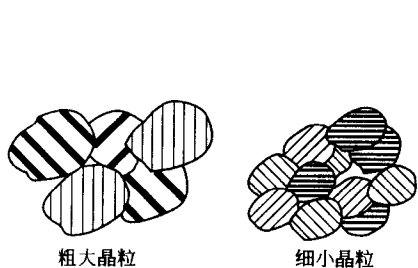


图 1-4 钢的组织示意图

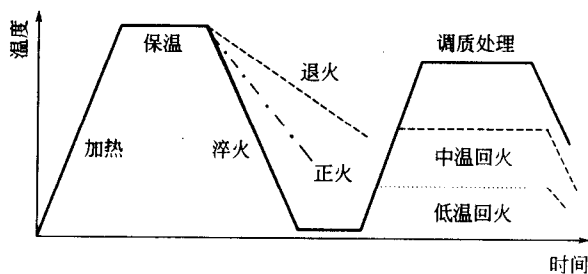


图 1-5 钢热处理的温度-时间曲线

(4) 表面热处理 可以只加热工件表面然后淬火，使之表面具有较高的硬度，称为表面淬火。对于低碳钢，可以将碳元素渗入其表面，然后再淬火，就能获得表面硬度很高但芯部综合力学性能较好的零件，这被称为渗碳。

1.3 常用钢材牌号

钢材的牌号就是它们的名称，包含其使用性能方面的一些意义。钢材的牌号种类繁多，

这里选取一些在机械制造实践过程中所能遇到的牌号，并说明它们的含义、用途和常用热处理方法。

(1) 普通碳素结构钢 以汉语拼音字母屈服极限强度第一个字母 Q 打头，后面数字为屈服强度数值，如 Q350 表示该种钢材可以保证屈服极限不低于 350MPa。这类钢材一般热轧成型材使用，如板材、管材、圆钢、角钢等，热轧后在空气中冷却，处于正火状态。

(2) 优质碳素结构钢 这种钢材中对硫、磷等杂质成分含量控制比较严格，以碳含量的万分数做牌号。其中低碳钢 20 是典型的渗碳钢，而中碳钢 45 是典型的调质钢。

(3) 优质碳素工具钢 以英文字母工具 “tool” 第一个字母打头，后面数值为碳含量的千分数。如 T8、T10、T12 等，用于制造普通切削工具像钳工锉刀等，淬火后低温回火。

(4) 低合金结构钢 虽然这类钢材内仅加入少量其他合金元素，但钢材强度和性能有明显提高，以碳含量的万分数做牌号，后面加注合金元素符号。如 16Mn 为添加锰元素的常用结构钢，热轧后正火状态使用；20Cr 为添加铬元素的渗碳钢，40Cr 为添加铬元素的调质钢，用于制造重要轴类零件；而 65Mn 为添加锰元素的专用弹簧钢，淬火后中温回火处理。

(5) 合金钢 这类钢材内加入一种或多种其他合金元素，通常用于一些特殊场合，不标出含碳量，只标注合金元素含量的质量百分数。如 W18Cr4V（读作“钨 18 铬 4 钒”），是典型的合金工具钢，也称锋钢，淬火后低温回火处理；GCr15（读作“滚铬 15”），是典型的滚动轴承钢，淬火后低温回火处理；0Cr18Ni9Ti（读作“零铬 18 镍 9 钛”），是限制碳含量在万分之一以下的不锈钢，一般热轧后正火使用；ZGMn13（读作“铸钢锰 13”），是专用的装甲和履带用钢，铸造后退火使用。

1.4 机械制造与加工精度

传统机械制造加工对象主要是金属，所以就称其为《金属工艺学》，但今天机械制造的对象和加工范围已有极大地拓宽，而机械制造工程能比较全面地涵盖这门课程的内容。

(1) 机械制造方法 机械制造方法多种多样，《金属工艺学》中将铸、锻、焊等需要加热的加工方法称为热加工，而切削加工称为冷加工，并由于铸、锻、焊的加工精度比较低，所以又称为毛坯加工，而切削加工精度比较高，就称为精加工，俗称金加工。

随着科学和工程技术的发展，精密锻造和铸造产品无须切削加工就能直接使用，而电腐蚀、等离子、激光、微刻蚀等新型加工方法已经达到分子级别的尺寸精度，制造的数字化和计算机化也使切削加工本身发生巨大变化，故不应再用冷与热、毛坯和精加工来区分制造方法。

(2) 机械制造过程 原材料经过加工成为毛坯，再由毛坯加工成为零件，最后装配成能实现一定功能的机械产品，按加工顺序经历机械制造的各个过程，其中每个过程被称为工序，而工序内的具体加工步骤又可以进一步细分成各个工步。

(3) 公差和精度 机械零件在使用中既要承受一定载荷，并要具有一定形状，才能满足使用功能，在机械设计过程中，必须在力学性能和形状方面对零件做出要求。加工出的零件与设计理想形状不可能完全一致，两者间的差距被称为误差，所以设计不仅给出对零件力学性能的最低要求，也对几何形状上的误差进行限制，只有达到力学性能最低要求并且几何形状在误差范围之内的零件才是合格的产品。

而设计所允许的误差被称为公差，而机械加工过程中误差越小，则精度就越高。对于机械零件而言，精度主要有尺寸精度、形状精度、位置精度和表面质量。

(4) 尺寸精度与配合 国标规定尺寸精度分为 20 个精度等级，如图 1-6 所示。图中 $\phi 25\text{mm}$ 为轴和孔的基本尺寸，其后为公差范围，这个范围被称为公差带，公差带越窄，其精度等级就越高。当轴和孔装配在一起时就形成配合关系，配合关系用英文字母表示，大写代表孔，小写代表轴，其后阿拉伯数字代表精度等级，当分别表示在孔或轴上时，就形成量化的公差带。

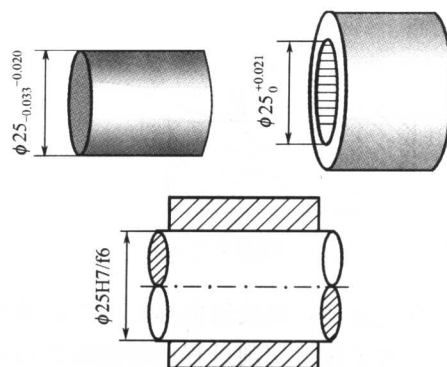


图 1-6 尺寸精度与配合

(5) 形状精度 对零件的形状进行控制，图 1-7 中是对轴的圆度进行控制，当该截面轮廓处于半径差为 0.01mm 的一对同心圆内时，就认为是合格的。

(6) 位置精度 对零件各部分的空间位置进行控制，图 1-8 中对于矩形工件，要求平面相对基准面 A 的平行度为 0.02mm ，而轴上圆柱面相对轴颈 A-B 所组成回转中心的圆跳动应在 0.03mm 以内。

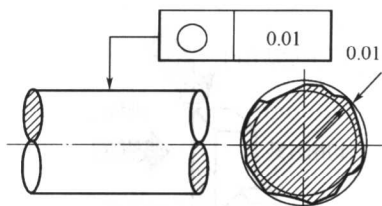


图 1-7 圆度控制

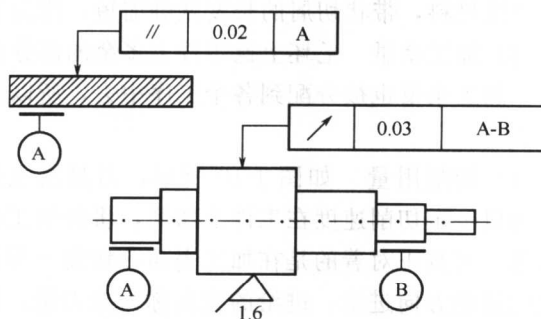


图 1-8 位置精度的平行度与圆跳动

(7) 表面质量 用粗糙度表示，图 1-8 中轴圆柱面上三角形符号的意义是，用去除材料方法获得的表面微观峰谷统计值 R_a 不大于 $1.6\mu\text{m}$ 。

(8) 精度与制造成本的关系 机械制造各种方法所能获得的最高精度各不相同，如果零件设计精度要求过高，就需要采用昂贵的加工设备和更多的加工时间，势必导致制造成本的增加。机械设计希望在满足使用要求的前提下，尽可能放宽零件的加工精度，而机械制造商也希望尽可能地降低制造成本，这样产品才具有更大的市场竞争能力。

以上相关知识都是机械制图中的内容，机械制造工程实践将告诉大家为何要这样对零件精度进行标注，如何才能达到零件上所标注精度的要求。不同加工方法都有所能达到的最高精度和表面质量，这是机械制造课程的重要内容，也是机械制造工程实践理论必需掌握的知识，希望读者在实际操作中逐步体会并能形成这些基本概念。

1.5 切削加工基础知识

机械制造过程中广泛地采用切削加工方法，使零件达到使用精度要求，所以切削加工基

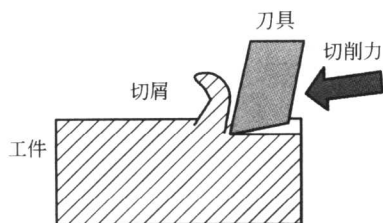


图 1-9 切削力与切屑

基础知识是进行各种切削操作前所必须了解的。

(1) 切削运动 机械工程材料大多具有很高的强度，如图 1-9 所示，利用切削刀具对这些材料进行切削，要经历挤压、弹性变形、塑性变形，最终使材料从工件上分离形成切屑，这与日常用菜刀切菜和铅笔刀削铅笔有很大不同，需要作用相当大的切削力，并且使刀具与工件之间形成相对运动，这种运动被称为切削运动。

在切削过程中消耗功率最大的运动称为主切削运动，简称主运动，现代切削加工的主运动都是由机床动力来提供。

为了保持切削过程能够连续进行，需要将工件未切削部分不断投入进行切削加工，这种运动称为进给切削运动，简称进给运动，进给运动由人工实现称为手动进给，当由机床动力来实现时，被称为自动进给。

由机床主运动和进给运动复合作用，就可以加工出工件上的各种几何面，达到机械切削加工的目的。

(2) 切屑 从工件上切削下来的材料就形成切屑。因材料本身性能，刀具锋利程度和切削条件不同，形成各种类型的切屑。切削脆性材料时，被切下的材料呈崩碎状，称为崩碎切屑；切削塑性材料时，刀具比较锋利，切屑连绵不断，称为带状切屑；如果用不够锋利的刀具切削塑性材料，带状切屑的长度就会缩短，称为节状切屑。

(3) 加工余量 毛坯上比零件上多余的部分被称为加工余量。在多工序协同加工作业过程中，加工余量也被分配到各个工序中去，所以仅在最后一道加工工序才能看到零件真正的外形。

(4) 切削用量 如图 1-10 所示，刀具沿主运动方向以一定切削速度在工件上切削，将待加工表面切除。刀具正对着的是在加工表面，切完一刀后沿进给运动方向进给，进给的宽度称为走刀量。通过逐步走刀，就加工出所需要的已加工面，待加工面与已加工面间的距离称为切深。

不同种类机床使用不同的切削刀具，其主运动和进给运动也各不相同，并且在具体加工过程中选择相应的切削速度、切深和走刀量，也称为切削用量的选择。

切削用量是机械切削加工的重要参数，其直接影响到加工效率和加工质量，它们的代号和单位分别是：切削速度 v ，单位 m/min （米/分钟）；切深 a_p ，单位 mm （毫米）；走刀量 f ，单位 mm/r （毫米/转）或 mm/min （毫米/分钟）。

(5) 刀具材料 切削刀具常用材料有高速钢（也称锋钢）和硬质合金。在切削金属过程中，刀具不仅要承受很大的切削力，还要经受剧烈摩擦所产生的切削热。高速钢在一定切削温度下仍然可以保持硬度，通常将高速钢锻造成刀具，经过刃磨后使用。硬质合金是一种烧结成型材料，所能承受的切削温度比高速钢更高，但是硬质合金硬而脆，抗冲击载荷能力较差，所以一般将硬质合金刀片镶装或焊接在用普通结构钢作的刀体上使用。

(6) 刀具角度 刀具工作部分称为刀头，是由几个基本工作面构成的，图 1-11 所示为

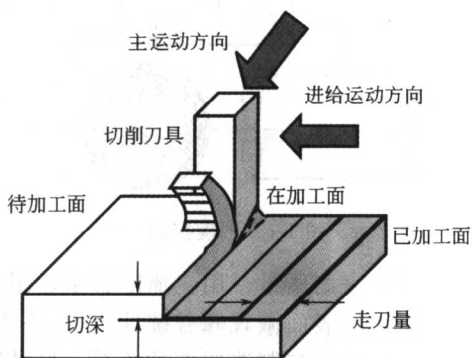


图 1-10 切削加工示意图

普通车刀。刀具所处所在的平面为基面，切屑所流过的面为前刀面，对着在加工表面的面为主后面，对着已加工过表面的面为副后面。

前刀面与主后面的交线为主切削刃，前刀面与副后面的交线为副切削刃，主、副切削刃的交点称为刀尖。

在刀具主切削刃上做一个法向剖面，其局部视图如图 1-12 所示，这时主切削刃变为一点，基面、前刀面和主后面都变成线。将基面平移到这点，其与前刀面之间的夹角为前角 γ ，垂直于基面平面与主后面之间的夹角为后角 α ，前刀面与后刀面之间的夹角为刀尖角 δ 。

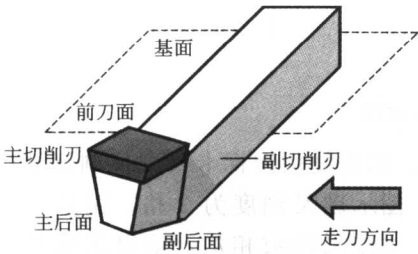
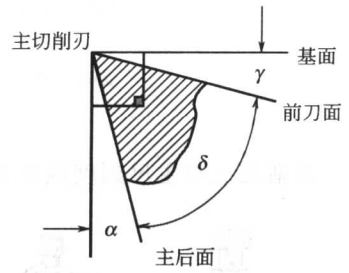


图 1-11 普通车刀的面和刃



前角 γ 增大，则刀具锋利，切削省力。后角 α 增大，则刀具与工件摩擦减少，也能减小切削力。但是前角 γ 和后角 α 都增大，则刀尖角 δ 变得很小，刀具虽然锋利，但是很脆弱，易折断。由于前角过于锋利，容易扎入工件内的砂眼，所以在加工铸件时，多采用零度前角，甚至负前角刀具。后角增大会使与工件接触面积减小，刀具耐磨度降低，所以只要保证不出现负后角的条件下，尽可能减小后角。

不同切削加工将使用不同的刀具，它们都有前角和后角，在进入具体实践操作过程中，要掌握各种切削加工方法的主运动和进给运动方式，所使用刀具结构、角度和切屑形成特点，以及切削用量的选取与加工效率和表面质量之间的关系。

1.6 常用量具

机械加工过程中经常要对工件进行测量，以获得准确的加工制造信息，常用的量具有钢板尺、游标卡尺、百分表和千分表等。

(1) 钢板尺 常用钢板尺以长度区分，有 150mm、300mm、600mm、1000mm 等。如图 1-13 所示，钢板尺由不锈钢材料制成，尺身两侧刻有刻度供测量之用，测量时靠肉眼直接读出测量数值，可以读到毫米级的测量精度。钢板尺尾部有小孔便于悬挂，有的钢板尺背面还刻有公英制长度对照表，以供需要时查取。

(2) 游标卡尺 实践操作中常用的量具是游标卡尺，图 1-14 所示为三用游标卡尺示意

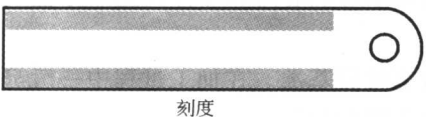


图 1-13 钢板尺

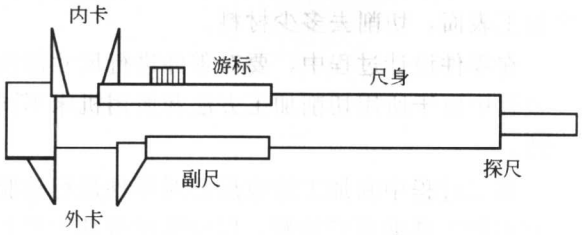


图 1-14 三用游标卡尺示意图

图，主要由尺身和游标两部分组成，游标可以带着自身内、外卡爪和探尺沿尺身滑动，与尺身上内、外卡爪以及尾端配合，可以进行对内孔、外圆以及深度的测量。

测量时推动游标用卡爪卡住工件，并用夹紧螺钉将游标固定，取下卡尺进行读数。如图 1-15 所示，当游标上副尺刻度左端“0”标记对准尺身上主尺的刻度值为毫米单位读数，图示主尺读数为 22mm。

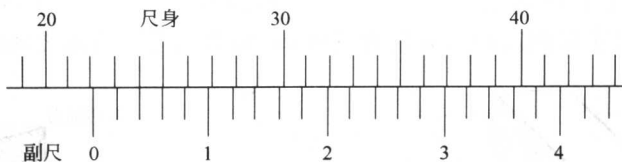
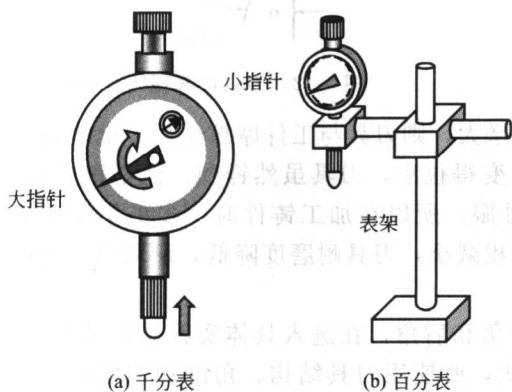


图 1-15 主、副尺读数示意图

而副尺上与主尺刻度线正对齐的为副尺单位刻度。如果使用游标卡尺副尺刻度单位为 0.02mm，图示副尺刻度为 2 格，副尺读数为 0.04mm。主副尺读数相加，就得出测量结果为 22.04mm。



(a) 千分表

(b) 百分表

图 1-16 百分表和千分表

游标卡尺属于比较精密的量具，不能用于测量那些粗糙表面，防止卡爪磨损而影响测量精度。测量时卡住工件即可，不要用力过大，否则会损坏游标卡尺。

(3) 百分表和千分表 如图 1-16 所示，表内装有一套齿轮传动机构，当表头上有微小位移时，通过杠杆带动齿轮并推动表针旋转。表盘上有刻度值，每大指针转一圈，小指针转一格，小指针指示毫米读数。测量时装在表架上

使用，测量精度为百分之一毫米的称为百分表，测量精度为千分之一毫米的称为千分表。

1.7 工件装夹

加工零件之前要将工件装夹在机床上才能进行加工，装夹有两重含义，装是定位，夹是夹紧。

(1) 定位 定位是让被加工工件与切削刀具之间有明确的相对位置。这个位置准确与否是由测量来检验的，测量可以直接测量工件被加工部位与刀具之间的空间距离，也可以采取一个公共参考点来进行，这个公共参考点就是加工基准。加工基准确定以后，才能决定切削哪个加工表面，切削去多少材料。

在零件设计过程中，要对零件进行尺寸标注，工程图形学中有尺寸标注基准。但是在加工过程中由于所用切削加工方法和所用机床不同，加工基准不可能总是和零件图上尺寸基准一致。

加工过程中和加工结束后要对零件进行检验，检验时有检测基准。在加工过程中一般都是利用加工基准进行检测，以便随时调整刀具与被加工工件之间的位置。

(2) 夹紧 夹紧保证在切削过程被加工工件不会偏离定位位置。加工过程中工件主要是受

到切削力作用，夹紧就是要能抵抗这个切削力的作用，保证加工过程的稳定进行。

(3) 夹具 装夹工件的工具称为夹具。夹具的种类繁多，有的夹具可供多种机床直接使用，如常在刨床和铣床上使用的机用平口虎钳等称为**通用夹具**。有的夹具是专供某种机床使用的，如车床上的卡盘，成为**机床附件**。有的夹具甚至是专门用于某个零件的加工，称为**专用夹具**，如钻孔的钻模，成为一种制造工艺装备，简称**工装**。

(4) 定位精度 定位精度是衡量夹具的重要技术指标，使用定位精度高的夹具可以简化操作，提高加工精度和质量。当使用定位精度低的夹具而要达到加工精度时，只有依靠人工在机床上**找正**。人工找正的精度取决于测量仪表精度和操作技术水平，需要消耗大量工时，效率很低，仅用于单件小批量的生产。

在各工种的操作中会遇到很多夹具，不同机床和加工方法使用不同的夹具，这些夹具的结构、适用范围和使用方法也是机械制造过程实践中的重要概念。

1.8 小 结

机械制造基础知识这一章内里涉及了很多新的内容，如材料力学、金属物理学、机械制造工艺学、公差配合与技术测量、金属切削机床与刀具等。对于机械制造专业的学生，都是今后的必修课程。

作为非机械制造专业的学生，可能在本科阶段只有这个机会来涉及相关知识领域。其实这些知识都是大学物理和力学课程的延伸和应用，通过机械制造实践教学各个操作环节的训练，既要掌握基本技能的操作，也要学习如何利用基础理论来分析和解决实际工程问题，明确今后专业课程的学习方法和目的，扩充汲取知识的渠道和途径，这才是机械制造实践教学环节的目的。