

金属工艺实训指导

主 编 赵树忠

副主编 邱常明 孙红婵

主 审 李世杰



科学出版社

www.sciencep.com

内 容 简 介

金属工艺实训指导

主 编 赵树忠
副主编 邱常明 孙红婵
主 审 李世杰



科学出版社

北 京

内 容 简 介

全书共9章。第1章简要介绍与金属工艺有关的基本知识,第2~9章分别针对基本金属工艺中的铸造,锻造,焊接,车削加工,刨削、铣削、磨削加工,钳工加工,数控加工,特种加工进行了介绍。在第2~9章,每章分为基础、实训内容与操作两大部分,章后附有一定数量的思考题。全书的内容编排有利于学生根据实习工种进行有针对性的学习及实际操作。

本书可作为普通本科、高职高专、成人教育、广播电视大学等机械类、近机械类工科专业学生“金属工艺实习”、“专业技术训练”的实训指导书,也可作为企业管理人员、工程技术人员、技术工人的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

金属工艺实训指导/赵树忠主编. —北京:科学出版社,2010.8
ISBN 978-7-03-028817-2

I. ①金… II. ①赵… III. ①金属加工—工艺学—高等学校—教学参考资料 IV. ①TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 168323 号

责任编辑:毛莹/责任校对:张怡君

责任印制:张克忠/封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

装 订 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年8月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2010年8月第一次印刷 印张:11 3/4

印数:1—4 500 字数:230 000

定价:22.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

近年来,我国的工程实践教学取得了一系列重大进展,为进一步适应课程改革的新形势和实践教学要求,编者在认真总结多年教学改革经验的基础上,编写了本书。

在编写本书时,编者从高等学校金属工艺实训的实践出发,确定了编写的指导思想和教材特色。在编写过程中,对基础理论知识以必需、够用为度,突出培养学生的工程意识,强化学生的实训操作。本书内容丰富,文字简明通顺,插图清晰生动,易为读者接受和掌握。

本书尽可能地采用了法定计量单位及最新的国家标准。

本书由河北联合大学(原河北理工大学)赵树忠任主编,邱常明和孙红婵任副主编,全书由赵树忠统稿及定稿。参加编写的人员有:赵树忠(第1章)、孙红婵(第2~4章)、邱常明(第5、6章)、于子旺(第7章)、梁黎明(第8章)、张好强(第9章)。

本书由河北工业大学李世杰教授主审,他在审阅过程中提出了很多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

在本书编写过程中,还得到许多实训指导教师、工人的诚恳指导和帮助,在此一并表示感谢。

本书参考了大量的相关教材和资料,所有参考文献均已在书后列出,在此对文献作者表示由衷的谢意。

由于编者水平有限,加上时间仓促,书中难免有不妥或疏漏之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2010年5月

目 录

前言

第 1 章 基本知识	1
1.1 金属材料的基本知识	1
1.1.1 常用金属材料	1
1.1.2 金属材料的机械性能	4
1.2 金属切削加工的基本知识	5
1.2.1 金属切削加工及其种类	5
1.2.2 零件加工质量和生产率	6
1.2.3 机械加工的切削用量	7
1.2.4 常用量具	8
思考题	11
第 2 章 铸造	12
2.1 铸造基础	12
2.1.1 型砂的组成和性能	12
2.1.2 铸型的组成和造型工具	15
2.1.3 型砂的制备	15
2.1.4 造型方法	17
2.1.5 合金的浇注	24
2.1.6 铸件缺陷分析	26
2.2 实训内容与操作	27
思考题	29
第 3 章 锻造	30
3.1 锻造基础	30
3.1.1 锻造生产过程	30
3.1.2 自由锻造	35
3.2 实训内容与操作	43
思考题	47
第 4 章 焊接	48
4.1 焊接基础	48

4.1.1 焊接方法的分类	48
4.1.2 熔化焊(焊条电弧焊)	48
4.1.3 电弧焊焊接工艺简介	55
4.1.4 其他焊接方法	58
4.1.5 焊接缺陷	60
4.2 实训内容与操作	63
4.2.1 手弧焊的基本操作	63
4.2.2 钢板的对接平焊	66
思考题	66
第5章 车削加工	67
5.1 车削加工基础	67
5.1.1 车削加工概述	67
5.1.2 普通卧式车床的组成	67
5.1.3 车床主轴的转速及进给量的调整	70
5.1.4 车床的传动系统	71
5.1.5 车刀及工件的安装	72
5.1.6 车削加工基本工艺	76
5.1.7 镗削加工简介	88
5.2 实训内容与操作	89
5.2.1 螺栓杆的加工	89
5.2.2 螺栓的加工	90
5.2.3 锤头的加工	90
思考题	91
第6章 刨削、铣削、磨削加工	92
6.1 刨削、铣削、磨削加工基础	92
6.1.1 刨削加工基础	92
6.1.2 铣削加工基础	102
6.1.3 磨削加工基础	114
6.2 实训内容与操作	122
6.2.1 45°车刀刀杆的刨削加工	122
6.2.2 六角螺栓头部的铣削加工	123
思考题	124
第7章 钳工加工	125
7.1 钳工加工基础	125
7.1.1 划线	125

7.1.2 锯削	129
7.1.3 锉削	131
7.1.4 钻孔、扩孔和铰孔	134
7.1.5 攻螺纹和套螺纹	137
7.1.6 刮削	139
7.1.7 装配	140
7.2 实训内容与操作	141
7.2.1 六角螺栓头部的加工	141
7.2.2 锤头的加工	141
思考题	142
第8章 数控加工	143
8.1 数控加工基础	143
8.1.1 数控概述	143
8.1.2 数控编程	145
8.2 实训内容与操作	148
8.2.1 数控车床实训内容与操作	148
8.2.2 数控铣床实训内容与操作	154
思考题	160
第9章 特种加工	162
9.1 特种加工基础	162
9.1.1 特种加工分类	162
9.1.2 常用特种加工方法简介	163
9.2 实训内容与操作	170
9.2.1 电火花成形加工	170
9.2.2 电火花线切割加工	171
思考题	176
参考文献	177

第1章 基本知识

1.1 金属材料的基本知识

用于机械制造的各种材料统称为机械工程材料。现代社会中,材料、能源、信息及生物技术已成为一个国家经济建设的支柱产业,其中材料占有十分突出的地位。机械工程材料的具体分类如图 1-1 所示。

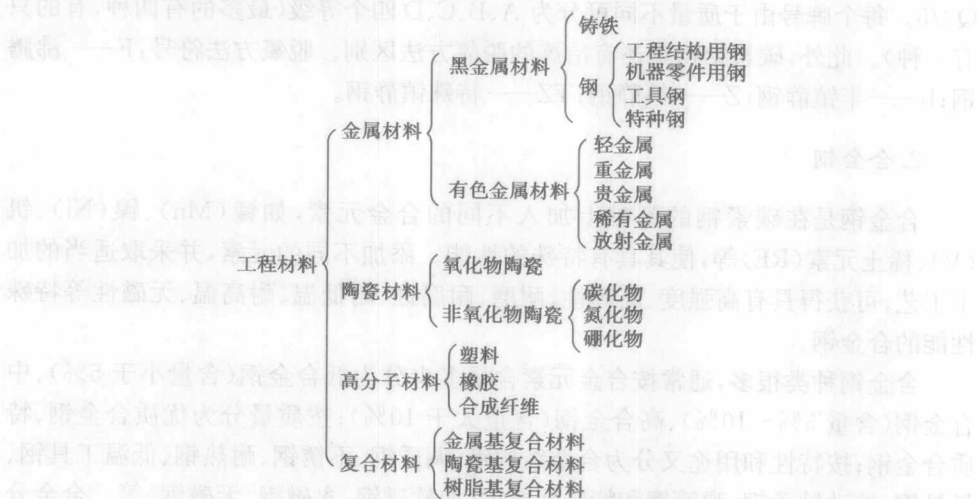


图 1-1 机械工程材料的分类

1.1.1 常用金属材料

金属材料是机械制造过程中使用最广泛的工程材料,主要包括钢、合金钢、铸铁、铝、铝合金等。

1. 钢

钢是碳质量分数为 0.02%~2.11%的铁合金的统称。

碳素钢是以铁和碳为主要组成元素的铁碳合金,常含硅(Si)、锰(Mn)、硫(S)、磷(P)等杂质。碳素钢的性能主要取决于含碳量。含碳量增加,钢的强度、硬度升高,但塑性、韧性和可焊性降低。与其他钢类相比,碳素钢使用最早,成本低,性能范围宽,用量最大。

通常将含碳量小于 0.25%的钢称为低碳钢,含碳量为 0.25%~0.60%的钢称为中碳钢,含碳量大于 0.60%的钢称为高碳钢。

按钢中有害杂质质量将钢分为普通碳素钢和优质碳素钢。普通碳素钢的有害杂质磷、硫含量均小于 0.05%，包括甲类钢(A 类钢，保证力学性能)、乙类钢(B 类钢，保证化学成分)和特类钢(C 类钢，保证力学性能和化学成分)，如 Q235A、Q235B、Q235C、SS400 等。优质碳素钢的有害杂质磷、硫含量均小于 0.04%。高级优质碳素钢的有害杂质磷、硫含量均小于 0.03%，如 45、S50C、S45C、P20 等。

工业上还常按用途将碳素钢分为碳素结构钢和碳素工具钢。碳素结构钢主要用于制造各种结构件和机器零件，一般属低碳钢和中碳钢。碳素工具钢用于制造刀具、量具、模具等，一般属高碳钢。

碳素结构钢按照它们的屈服强度分为 5 个牌号：Q195、Q215、Q235、Q255、Q275。每个牌号由于质量不同可分为 A、B、C、D 四个等级(最多的有四种，有的只有一种)。此外，碳素结构钢还有冶炼的脱氧方法区别。脱氧方法符号：F——沸腾钢；b——半镇静钢；Z——镇静钢；TZ——特殊镇静钢。

2. 合金钢

合金钢是在碳素钢的基础上加入不同的合金元素，如锰(Mn)、镍(Ni)、钒(V)、稀土元素(RE)等，使其具有特殊的性能。添加不同的元素，并采取适当的加工工艺，可获得具有高强度、高韧性、耐磨、耐腐蚀、耐低温、耐高温、无磁性等特殊性能的合金钢。

合金钢种类很多，通常按合金元素含量多少分为低合金钢(含量小于 5%)、中合金钢(含量 5%~10%)、高合金钢(含量大于 10%)；按质量分为优质合金钢、特质合金钢；按特性和用途又分为合金结构钢、调质钢、不锈钢、耐热钢、低温工具钢、量具钢、滚动轴承钢、弹簧钢和特殊性能钢(如软磁钢、永磁钢、无磁钢)等。合金分类互有交叉，举例如下。

调质钢：中碳型合金钢，合金元素含量较低；强度较高；用于高温螺栓、螺母材料等。

弹簧钢：含碳量比调质钢高；强度较高，抗疲劳强度较高；用于弹簧材料。

滚动轴承钢：高碳型合金钢，合金含量较高；具有高而均匀的硬度和耐磨性；用于滚动轴承材料。

低温工具钢、量具钢：高碳型合金钢，合金元素含量较低；具有高的硬度和耐磨性，机加工性能好，稳定性好；用于量具材料。

特殊性能钢、不锈钢：低碳高合金钢；抗腐蚀性好；用于抗腐蚀材料，部分可做耐热材料。

耐热钢：低碳高合金钢；耐热性能好；用于耐热材料，部分可做抗腐蚀材料。

低温钢：低碳合金钢，根据耐低温程度合金元素含量有高低；抗低温性好；用于低温材料(专用钢为镍钢)。

3. 铸铁

铸铁是含碳量大于 2.11% 的铁碳合金,与钢相比其碳、硅含量较高(大致成分为 2.5%~4.0% 的碳、1.0%~3.0% 的硅)。铸铁的抗拉强度、塑性和韧性不如钢,其力学性能比钢差,一般不可锻造。但铸铁具有优良的铸造性、减振性、耐磨性和切削加工性等特点,加之成本低廉、生产设备和工艺简单,在机械制造中应用较广。根据铸铁中碳的存在形态不同,分为灰口铸铁和白口铸铁。其中,灰口铸铁中碳以石墨的形式存在,应用广泛。灰口铸铁又分为灰铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁等(表 1-1)。

表 1-1 铸铁牌号、应用及说明

名称	牌号	应 用	说 明
灰 铸 铁	HT150	用于承受中等负荷的零件,如机座、支架、轴承座、阀体等	“HT”表示灰铸铁,后面的三个数字表示直径 30mm 试棒的最低抗拉强度值(MPa) 和最低延伸率(%)
	HT200 HT250	用于承受较大负载的零件,如汽缸、齿轮、机座、飞轮、床身、汽缸体、汽缸套、活塞、齿轮箱等	
	可 锻 铸 铁	KTH300—06 KTH330—08	
KTZ450—06		用于负荷较高和耐磨损的零件,如曲轴、连杆、齿轮、凸轮轴等	
球 墨 铸 铁		QT400—18 QT450—10	用于承受冲击、震动的零件,如汽车、拖拉机底盘零件、中低压阀门、管道
	QT500—7 QT800—2	用于负荷大、受力复杂的零件,如曲轴、齿轮、凸轮轴、连杆、轧钢机轧辊	

4. 铝和铝合金

铝元素在地壳中的含量仅次于氧和硅,居第三位,是地壳中含量最丰富的金属元素。在金属品种中,铝仅次于钢铁为第二大类金属。至 19 世纪末,铝才崭露头角。航空、建筑、汽车三大重要工业的快速发展,对材料提出轻质、高强度、性价比高等要求,铝及其合金的独特性质满足了材料发展的需求,大大促进了金属铝的生产和应用,使铝逐渐成为工程中最具有竞争力的金属之一。

铝合金是以铝为基的合金的总称。主要合金元素有铜、硅、镁、锌、锰,次要合金元素有镍、铁、钛、铬、锂等。铝合金密度低,但强度比较高,接近或超过优质钢。铝合金的塑性好,可加工成各种型材。此外,铝合金还具有优良的导电性、导热性

和抗蚀性等,因此在工业上被广泛使用,使用量仅次于钢。铝合金按加工方法可以分为铸造铝合金和形变铝合金。

铸造铝合金在铸态下使用,按化学成分可分为铝硅合金、铝铜合金、铝镁合金、铝锌合金和铝稀土合金,其中铝硅合金又分为简单铝硅合金(不能热处理强化,力学性能较低,铸造性能好)和特殊铝硅合金(可热处理强化,力学性能较高,铸造性能良好)。

形变铝合金能承受压力加工,力学性能高于铸态铝合金,可加工成各种形态、规格的铝合金型材,主要用于制造航空器材、日常生活用品、建筑用门窗等。形变铝合金分为不可热处理强化型铝合金和可热处理强化型铝合金两种。不可热处理强化型铝合金不能通过热处理来提高机械性能,只能通过冷加工变形来实现强化,它主要包括高纯铝、工业高纯铝、工业纯铝及防锈铝等。可热处理强化型铝合金可以通过淬火和时效等热处理手段来提高机械性能,它可分为硬铝、锻铝、超硬铝和特殊铝合金等。

1.1.2 金属材料的机械性能

金属材料的种类繁多,性能各异,为了正确合理地选用它们,尽量发挥材料的潜能,人们给出一系列指标,来衡量它们的性能。材料性能包括使用性能(机械性能、物理性能、化学性能等)和加工性能(工艺性能),其中加工性能包括铸造性能、锻造性能、焊接性能、切削加工性能和热处理工艺性能,后面将做进一步的详细介绍。

机械性能也称为力学性能,指材料抵抗外力的能力。常用的机械性能指标有强度、塑性、硬度、韧性等。

1. 强度

金属材料在静载荷的作用下,抵抗变形和断裂的能力称为强度。抵抗能力越大,则材料的强度越高。其中包括以下几种。

弹性极限:材料不产生永久变形的最大应力。

屈服强度:材料发生塑性变形的最小应力。

抗拉强度:材料在断裂前所承受的最大拉力。

2. 塑性及其衡量指标

材料在外力的作用下,发生不能恢复原状的变形叫做塑性变形。材料在断裂前发生塑性变形的能力称为塑性。它的衡量指标是伸长率(δ)和断面收缩率(ψ), δ 和 ψ 越大,则材料的塑性越好。

3. 硬度

硬度是指金属材料表面抵抗硬物压入的能力,即材料对局部塑性变形的抵抗能力。根据使用条件的不同,所用的硬度指标有多种,如布氏硬度(HB)、洛氏硬度(HRC)、维氏硬度(HV)和肖氏硬度(HS)等,其中前两种最常用。

各种硬度间的粗略换算关系为: $HB \approx HV \approx 10HRC$, $HB \approx 6HS$ 。

4. 冲击韧性

在工程上,冲击载荷是一类重要的动载形式,材料受冲击而不被破坏的能力,称之为冲击韧性。冲击韧性的大小除取决于材料本身性能外,还受环境温度、试样大小、缺口形状等因素影响,一般不作为零件设计的依据。

5. 疲劳强度

疲劳强度是机械零件失效的主要原因之一,对于轴、齿轮、轴承、叶片、弹簧等承受交变载荷的零件要选择疲劳强度较好的材料。许多机械零件工作时承受交变载荷的作用,即使交变应力低于屈服强度,但经一定循环次数后,材料仍会断裂。但当应力低于某一值时,材料可经无限次循环而不断裂,这一应力值称为疲劳强度或疲劳极限。

6. 断裂韧性

工程中使用的材料,常存有一定的缺陷,如材料中存在一些微小的裂纹,其尖端造成应力集中。当应力加大时,应力强度因子也随之加大,当其加大到一定值时,材料发生断裂。断裂韧性为安全设计提供了一个重要的机械性能指标。

1.2 金属切削加工的基本知识

1.2.1 金属切削加工及其种类

金属切削加工指在常温状态下用刀具从金属材料(坯料)上切除多余的金属层,从而获得具有所需要的尺寸精度、形状与位置精度及表面粗糙度的机器零件的加工方法。切削加工分为钳工加工(简称钳工)和机械加工(简称机工)两大类。

钳工加工一般是在钳台上以手工工具为主对工件进行各种加工,工作的主要内容包括划线、錾削、锯削、锉削、刮削、研磨、钻孔、铰孔、攻螺纹、套螺纹、机械装配和设备维修等。在某些场合下,钳工加工是非常经济、方便的。

机械加工是利用机械力对工件进行切削加工,一般是工人通过操作机床设备进行加工,其方法主要有车削、钻削、镗削、铣削、刨削、拉削、磨削等,如图 1-2 所示。零件上的大多数几何精度要求要通过切削加工的方法来保证。

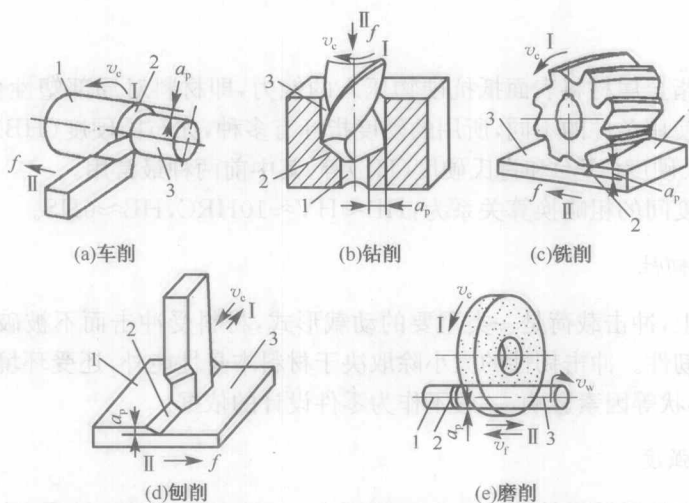


图 1-2 机械加工方法示例

1-待加工表面;2-过渡表面;3-已加工表面

1.2.2 零件加工质量和生产率

零件加工质量包括零件加工后的几何精度和表面质量。生产率指单位时间内生产零件的数量。

几何精度指零件加工后的尺寸、形状、相互位置等几何参数的实际状态偏离预期理想状态的程度。几何精度主要包括尺寸精度、形状精度和相互位置精度。尺寸精度指零件上尺寸要素的实际尺寸偏离理想尺寸的程度。尺寸精度的高低用尺寸公差表示,公差值越小,尺寸精度要求越高。按国家标准规定,标准公差分 20 个等级,从高到低依次为 IT01, IT0, IT1, IT2, ..., IT18。其中, IT5~IT12 级为机械加工中常用的公差等级。此外,尺寸的实际偏差还应符合上、下极限偏差的要求。形状精度指零件的实际表面形状与理想表面形状偏离的程度,主要包括直线度、平面度、圆度、圆柱度等。相互位置精度指零件上的某些几何要素(面、线、点)之间的实际相互位置与它们的理想相互位置偏离的程度,如平行度、垂直度、同轴度、位置度、跳动等。形状与位置精度分别用形状公差、位置公差(简称形位公差)表示,公差值越小,形位精度要求越高。在设计零件的几何精度时,应根据零件的功用和具体的生产条件合理选择公差,在保证使用要求的前提下,尽可能选用较低的精度等级(较大的公差值)。

表面质量指已加工零件的表面粗糙度、表面加工硬化程度及深度、表面残余应力的性质及大小、表面缺陷等。在机械加工过程中主要涉及表面粗糙度。

在机械加工过程中,由于振动、刀痕、刀具与工件之间的摩擦等原因而在已加工表面上形成的具有微小间距和微小峰谷的微观几何形状,称为表面粗糙度。零件间的配合性质、耐磨性、疲劳强度、耐腐蚀性等均与表面粗糙度有着密切关系。新国标规定的表面粗糙度评定参数包括轮廓的算术平均偏差 R_a 、轮廓的最大高度 R_z 、轮廓单元的平均宽度 R_{sm} 、轮廓支承长度率 $R_{mr}(c)$,其中最常用的是轮廓的算术平均偏差 R_a ,技术图样上给出的 R_a 允许值的单位为 μm 。

零件加工质量与生产率是一对矛盾因素,生产中应在保证零件加工质量的前提下尽可能地提高生产率。

1.2.3 机械加工的切削用量

切削用量是切削过程中影响工件加工质量和生产率的重要因素,应合理选择切削用量以保证工件的加工质量、充分发挥机床功率的潜力、保证刀具耐用度、提高生产率。

1. 机械加工的切削运动

机械加工时,工件和刀具必须具有一定的相对运动,以获得所需要的表面形状,这种相对运动称为切削运动。机械加工的切削运动由机床提供。切削运动分为主运动和进给运动两类。主运动是形成机床切削速度或消耗主要动力的工作运动。进给运动是使工件的多余材料不断被切除的工作运动。切削加工中主运动只有一个,进给运动可以有一个或几个。

2. 机械加工的切削用量三要素

在切削过程中,工件上通常存在着三个不断变化的表面(图 1-3)——已加工表面(工件上已被切除材料而形成的新表面)、待加工表面(将被切除材料的表面)、过渡表面(或称加工表面,是工件上正被刀具切削着的表面)。

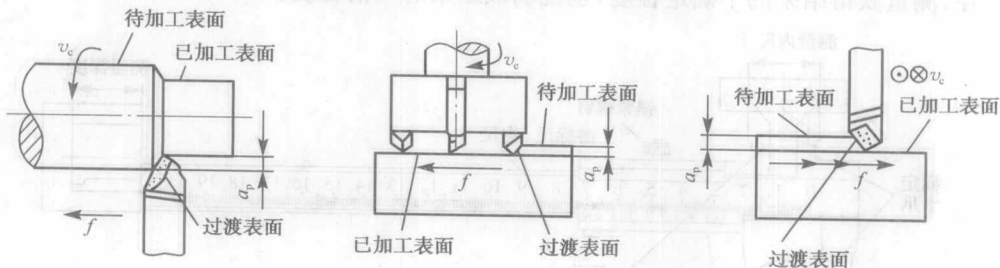


图 1-3 切削过程中的三个表面及切削用量

切削用量包括切削速度 v_c 、进给量 f 、背吃刀量(切削深度) a_p 三个要素,称为切削用量三要素。

(1) 切削速度 v_c 。指单位时间内工件和刀具沿主运动方向的相对位移,即选定点的主运动速度(m/s 或 m/min)。一般按工件最大切削直径处的线速度计算。

(2) 进给量 f 。指单位时间内刀具在进给运动方向上相对工件的位移量。进给量的单位当车削时为 mm/r, 刨削时为 mm/str(往复), 其他切削加工也可以用进给速度的单位来表示, 如 mm/s、mm/min、m/min、mm/z(每齿进给量)。

(3) 背吃刀量(切削深度) a_p 。指切削时沿垂直于进给速度方向测量的切削层最大厚度(mm)。

3. 切削用量的合理选择

现代机床都具有足够的刚度和功率, 切削用量主要受刀具耐用度的影响。由于切削用量三要素中影响刀具耐用度最大的是切削速度, 其次是进给量, 最小的是背吃刀量, 因此在选择切削用量时, 应首先选择最大的背吃刀量, 其次选用较大的进给量, 最后选择合理的切削速度。

1.2.4 常用量具

为了测量工件尺寸, 要使用各种量具。精度不高或未加工表面的尺寸可用钢直尺、内外卡钳等测量, 精度较高的尺寸则应用游标卡尺、千分尺、百分表、千分表、量规等量具测量。

1. 游标卡尺

游标卡尺(图 1-4)是一种原理结构简单、在生产现场广泛使用的量具, 可以测量工件的外径、内径、长度、宽度、深度等尺寸。游标卡尺由主尺和游标尺组成。主尺与固定卡爪制成一体, 游标尺和活动卡爪制成一体, 并能在主尺上滑动。利用游标尺可以提高游标卡尺的读数精度。常用游标卡尺的分度值有 0.01mm、0.02mm 和 0.05mm 三种, 其测量不确定度可查阅有关资料。测量不确定度指由于误差存在, 测量获得结果的不确定程度, 也说明该结果的可信程度。

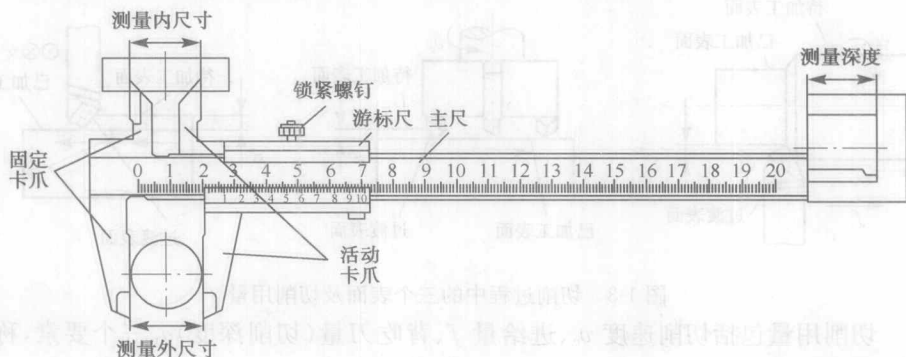


图 1-4 游标卡尺

2. 千分尺

千分尺是一种螺旋测量量具,有测量外尺寸的外径千分尺和测量内尺寸的内径千分尺两种,其分度值一般为 0.01mm 。图 1-5 所示是测量范围为 $0\sim 25\text{mm}$ 的外径千分尺。弓架左端装有固定测砧,右端的固定套筒沿轴线刻有间距为 0.5mm 的刻线,即主尺。活动套筒沿圆周刻有 50 格的刻度,即副尺。当活动套筒转动一周,测微螺旋机构的螺杆沿轴向移动 0.5mm ,带动着活动测砧也沿轴向移动 0.5mm 。因此,活动套筒每转过 1 格,螺杆及活动测砧沿轴向移动的距离为 0.01mm (图 1-6)。

测量工件尺寸的读数=主尺读数(应为 0.5mm 的整数倍)
+活动套筒读数 $\times 0.01\text{mm}$

内径千分尺的工作原理与外径千分尺基本相同。千分尺的测量不确定度可查阅有关资料。

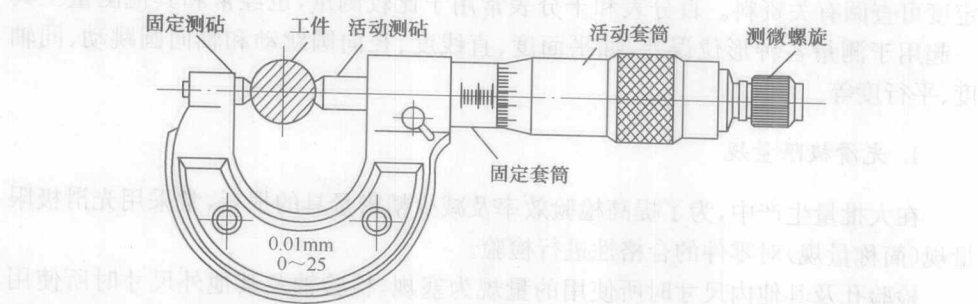


图 1-5 外径千分尺

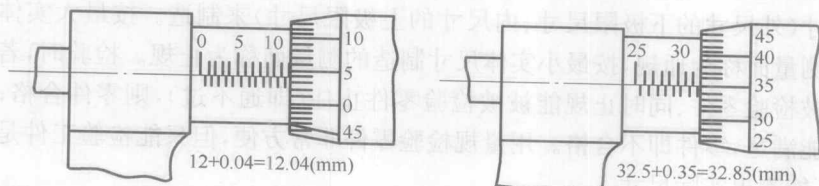


图 1-6 千分尺的主尺、副尺刻线及读数方法

3. 百分表、千分表

百分表与千分表的结构原理相似,但分度值及测量不确定度不同。如图 1-7 所示,百分表与千分表的工作原理是先通过齿轮—齿条传动机构将测量杆的直线位移转变为角位移,然后再通过齿轮传动机构及指针进行机械放大,最终将测杆的位移在刻度盘上指示出来。

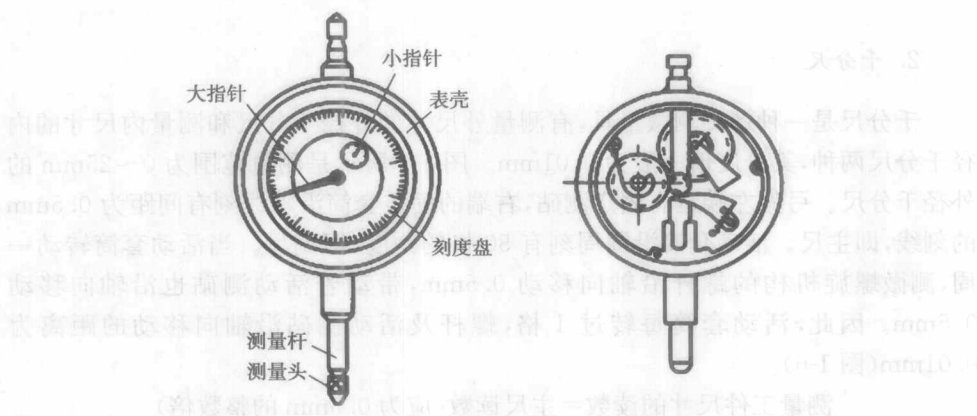


图 1-7 百分表

百分表的分度值为 0.01mm , 千分表的分度值为 0.001mm 。它们的测量不确定度可查阅有关资料。百分表和千分表常用于比较测量, 也经常和其他测量工具一起用于测量各种形位误差, 如平面度、直线度、径向圆跳动和轴向圆跳动、同轴度、平行度等。

4. 光滑极限量规

在大批量生产中, 为了提高检验效率及减少精密量具的损耗, 常采用光滑极限量规(简称量规)对零件的合格性进行检验。

检验孔及其他内尺寸时所使用的量规为塞规, 检验轴及其他外尺寸时所使用的量规为卡规或环规, 如图 1-8 所示。量规一般需要有两个测量面, 其尺寸分别按被检验零件的最大实体尺寸(外尺寸的上极限尺寸、内尺寸的下极限尺寸)和最小实体尺寸(外尺寸的下极限尺寸、内尺寸的上极限尺寸)来制造。按最大实体尺寸制造的测量面称为通规, 按最小实体尺寸制造的测量面称为止规。检验时, 若通规能通过被检验零件、同时止规能被被检验零件止住(即通不过), 则零件合格; 任一条件不能满足, 零件即不合格。用量规检验零件非常方便, 但只能检验工件是否合格, 而不能测出实际尺寸。

在机械加工过程中, 量具的选用对测量结果有很大影响。所选量具的测量不确定度应与零件的尺寸公差相适应(一般为零件尺寸公差的 $1/3 \sim 1/10$, 公差较大时取 $1/10$, 公差较小时取 $1/3$), 以保证测量结果的可信赖程度, 减小误收及误废发生的概率。此外, 所选量具的测量范围也要与零件尺寸的大小相适应。测量大尺寸零件选用测量范围大的量具, 测量小尺寸零件选用测量范围小的量具。

在使用量具的过程中, 要养成精心维护和正确保养的良好习惯。