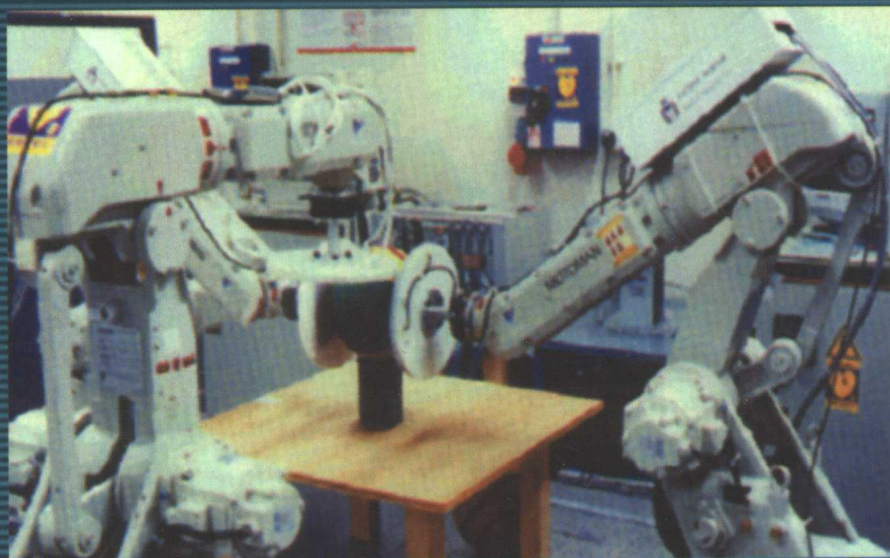


机械工程

制
造
工
程
训
练
系
列
教
材

机械工程训练

● 主 编 朱世范
副主编 崔 海 刘 军
主 审 任正义



哈尔滨工程大学出版社



制造工程训练系列教材

机械工程训练

主 编 朱世范

副主编 崔 海 刘 军

主 审 任正义

哈尔滨工程大学出版社

862834

内容简介

本教材是根据教育部颁布的“工程材料及机械制造基础课程教学要求”和“金工实习教学要求”,为适应机械工程训练体系的教学改革和实践要求而编写的,以提高学生的工程实践能力,实现宽口径专业培养目标。

本教材主要内容包括机械制造工程基本知识,以及锻造、锻压、焊接、钳工、切削加工、现代制造技术等知识。

本书可作为高等工科院校机类或近机类专业的机械工程训练教材,也可供不同层次教学人员和有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程训练/朱世范主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2003

ISBN 7-81073-477-6

I.机… II.朱… III.金属加工—高等学校—教材 IV.TG

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 047378 号

机械工程训练

朱世范 主编

责任编辑 陈晓军

责任校对 陈晓军

哈尔滨工程大学出版社出版发行

哈尔滨市南通大街 145 号 哈工程大学 11 号楼

发行部电话:(0451)82519328 邮编:150001

新华书店经销

黑龙江省教育厅印刷厂印刷

开本:787×960 1/16

印张:22.25 字数:470 千字

2003 年 7 月第 1 版 2003 年 7 月第 1 次印刷

印数:4 000 册

ISBN 7-81073-477-6/TH·22 定价:28.90 元

制造工程训练系列教材编委会

(按姓氏笔画排序)

总主编	任正义			
总主审	李庆芬			
编委	于润海	王冬	王伟光	王启明
	王松武	印大秋	付江志	艾瑞财
	刘军	任文超	任正义	祁家驊
	朱世范	何淑菊	李庆芬	佟永祥
	赵树林	陈晓军	常铁军	崔海



前 言

机械制造业是国民经济中的一个极为重要的支柱产业,在促进国家工业化、信息化和现代化进程中,起着举足轻重的作用。目前,机械制造技术正飞速地发展。从生产规模上来看,由传统的大批量生产转向单件小批量生产和大规模定制;在具体的制造技术上,有计算机集成制造系统(CIMS)、柔性制造系统(FMS)、计算机辅助工艺规划(CAPP)、快速原型制造(RP)。这些制造技术都是在传统的制造技术基础上,与现代制造理念及计算机技术、控制技术相结合的产物,是传统制造技术的补充和发展。如果不了解制造工艺知识,就不能得到正确的工艺信息,也就不可能实现计算机辅助工艺规划,如果不了解各种制造工艺的方法和特点,就不可能进行制造系统的集成。因此本课程的学习是十分重要的。

为适应 21 世纪的人才培养要求,根据目前机类和近机类专业学生的特点,将过去的金工实习拓宽为现在的制造工程训练;把过去“一段式”教学体系扩展为“认识训练、工程训练和综合创新训练”的三个平台。本书就是针对工程训练而编写的,其目的是学习工艺知识,增强实践能力,提高综合素质。

本书首先介绍了机械工程的基本知识,强调现代产品的概念和现代产品质量的内涵。以净尺寸成形、去除成形和堆积成形三种成形方法为主线,介绍了净尺寸成形中的铸造、锻压、冲压、注塑等成形技术;介绍了去除成形中的车削、铣削、磨削、钻削、特种加工和现代制造技术;介绍了堆积成形中的焊接和表面技术。

本书由哈尔滨工程大学朱世范、崔海和刘军同志编写,朱世范编写第 1,6,7,8 章,并担任全书统稿工作;崔海编写第 9,10,11,12 章;刘军编写第 2,3,4,5 章。全书由哈尔滨工程大学任正义副教授担任主审。

由于编者水平有限,时间仓促,难免有不妥之处,请师生和读者批评指正。

编 者

2003 年 7 月

目 录

1	机械制造基本知识概述	1
1.1	机械产品质量.....	1
1.2	质量检验和计量器具.....	4
1.3	产品的加工工艺.....	10
1.4	夹具、定位和基准.....	13
2	机械工程材料和钢的热处理	17
2.1	机械工程材料的分类及应用.....	17
2.2	金属材料的性能.....	18
2.3	钢的热处理.....	24
2.4	常用金属材料简介及钢铁材料的现场鉴别方法.....	26
2.5	热处理设备的节能.....	34
3	铸造	36
3.1	铸造方法.....	36
3.2	熔炼、浇铸与清理.....	60
3.3	铸件的质量检验与缺陷分析.....	66
3.4	铸造过程的安全及环境保护.....	71
4	锻压	73
4.1	锻压方法.....	73
4.2	锻压模具.....	93
4.3	锻压生产中的节能与环境保护.....	98
5	焊接	101
5.1	常用焊接方法.....	101
5.2	其他焊接方法与焊接新工艺简介.....	113
5.3	焊接质量检验与缺陷分析.....	119
6	钳工工艺	124
6.1	钳工的基本工艺方法.....	124
6.2	装配工艺.....	157
7	车削加工	164
7.1	切削加工概述.....	164



7.2	卧式车床	166
7.3	切削要点	170
7.4	车削的基本操作	182
7.5	车削安全操作和车削质量分析	193
8	刨削、铣削和磨削加工	197
8.1	刨削加工	197
8.2	铣削加工	205
8.3	磨削加工	221
9	现代制造技术	236
9.1	数控机床	236
9.2	机器人	258
9.3	柔性制造系统	260
9.4	机电一体化总体设计	265
10	特种加工	269
10.1	电火花及线切割加工	269
10.2	电解加工和电解磨削	274
10.3	激光加工	276
11	表面处理技术	278
11.1	表面形变强化	278
11.2	表面覆层强化	282
11.3	表面处理工艺的环境保护	297
12	塑料成形	302
12.1	塑料常用成形方法	303
12.2	塑料的注射与压延成形设备	322
12.3	塑料成形的其他方法和后加工	329
12.4	橡胶制品成形	334
	参考文献	346
	后记	347

1 机械制造基本知识概述

1.1 机械产品质量

1.1.1 产品质量概述

1. 产品的概念

产品是企业赖以生存的基础,是企业和消费者直接沟通和交流的最主要的媒介。现代产品越来越复杂,常常是机械、电子和控制集成为一体的产品;而且,随着技术和产品的同质化,以及市场全球化和竞争的加剧,传统的产品和产品质量的概念在不断发展,内涵也在不断延伸。

现代产品是一个产品整体的概念。它是指能满足消费者需求的,有形物质产品和与此相关的服务的组合,它能为用户和消费者带来有形利益和无形利益。它可分为三个层次结构。

1)核心层——产品实质。消费者追求的实际效用或利益,是产品整体的实质内容和产品赖以存在的根本原因。主要变量和指标是:功能和效用,可靠性、耐用性、经济性。因此,设计者在设计产品时要研究产品的主要功能,即产品的实质内容,这是消费者购买该产品的基础。

2)中间层——产品形式。产品的形态和外在质量。主要变量和指标是:外观、款式、花色、规格、体积、质量,以及包装、商标、品牌等。对设计者来说,在把握住产品核心层的同时,要重视产品的形式。因为别具一格的产品形式常常倍受消费者欢迎。像外观造型美观,包装精美,都是设计者常常采用的设计手段。

3)表面层——产品服务。用户咨询等伴随产品实体的服务。主要变量和指标是:产品介绍,用户咨询,送货,安装,维护与维修,保费处理,售前、售后的服务保证。在产品实质、产品形式基本相同的情况下,设计者要对产品服务给与充分的重视,使其设计的产品在同类竞争产品中取得一份优势。

既然我们把产品整体分为三个层次,那么产品能否满足消费者需求,就不仅仅取决于三个层次中某一层次的具体状况,而取决于它们的组合效果,即要重视各个层次之间的配合。设计者可以根据不同的产品类别,以及每一层次结构中各要素对产品整体效果的影响程度,来进行产品改良和新产品开发。

2. 产品质量

一般地说,人们对产品质量的理解,可以归纳为以下几个方面。



1)产品的性能

它是指产品具有的特性和功能。不同的使用目的和不同的使用条件,要求产品具有不同的性能。飞机要在空中飞行,舰船要在水中航行,车床要能车削零件,它们都各自具有其截然不同的基本性能。

2)产品的可靠性

产品的可靠性是指在规定的时间内和规定的条件下,完成规定任务的可能性。产品不能在规定的条件和期限内履行一种或几种所要求的功能的事件叫故障。发生故障后根据维修的难易程度分为可修复和不可修复故障,对不可修复的故障则叫做失效。

3)产品的安全性

产品的安全性是指产品在使用过程中保证安全操作的能力。产品对使用人员是否会造成伤害事故,是否影响人体健康,是人们十分关心的。传统产品与人体健康、生命安全的关系较小,而现代产品对人体健康、生命安全极为重要。

4)产品的经济性

产品从设计开始到报废为止的整个生命周期所需费用的多少,称为产品的经济性。这些费用包括产品的研发成本、生产成本、流通成本、使用成本和环境成本,还包括维护费用、维持费用、培训费用等,影响产品的经济性的因素是多方面的,要全面分析。

5)产品的绿色度

要对产品在整个生命周期内的环境影响和行为进行分析和评价,选择生态材料,进行清洁生产,采用面向装配或拆卸的设计与制造技术,提高产品的绿色性能和绿色度。

产品的质量可用上述五个方面来综合评价。其中,产品的性能是人们为达到某种使用目的而对产品提出的最基本要求。某种产品与另一种产品的根本区别,主要是各自的性能不同。产品的性能可在生产厂内进行检验、判断和确定。然而,某个产品的可靠性、安全性、经济性和绿色性能却要经过相当长的时间之后才能具体确定,在生产厂内只能进行试验、统计和推断。必须指出,产品质量的各种特性之间,有的是有矛盾的,因此不应片面地、孤立地过分强调某一方面的质量要求,而应该根据市场调研和目标市场的具体情况,全面地、有重点地综合考虑。

1.1.2 零件加工质量

零件的加工质量直接影响产品和工作性能。随着科学技术的发展,零件的技术要求不断提高,因此要求零件具有更高的加工质量。机器零件的机械加工质量包括加工精度和表面质量两大方面。其中加工精度又可分为尺寸精度、形状精度和位置精度;表面质量又可分为表面粗糙度、理化性能和力学性能。

1.加工精度

1)尺寸精度

尺寸精度用尺寸公差等级表示,国家标准规定为 20 级,即 IT01, IT0, IT1 ~ IT18。IT 表示标



准公差,数字表示公差等级,IT01 等级最高,IT18 等级最低。对同一基本尺寸,公差等级越高,则公差值越小。例如,基本尺寸 A 为 35 mm 时,IT6 的公差值为 0.016 mm,IT8 的公差值为 0.039 mm。对于不同的基本尺寸,若公差等级相同,则尺寸精度相同。例如,当基本尺寸 B 为 15 mm 时,IT6 的公差值为 0.011 mm;基本尺寸 C 为 150 mm 时,IT6 的公差值为 0.025 mm,虽然 $0.025 \text{ mm} > 0.011 \text{ mm}$,但 B 和 C 的尺寸精度相同。

2) 形状精度和位置精度

零件的形状精度是指零件上某一点、线、面在加工后的实际形状与理想形状相符合的程度。国家标准规定六个项目的形状公差,即直线度、平面度、圆度、圆柱度、线轮廓度和面轮廓度。

位置精度是指零件上的点、线、面的实际位置与理想位置的符合程度。国家标准规定八个项目的位置精度,即平行度、垂直度、倾斜度、位置度、同轴度、对称度、圆跳动和全跳动。

2. 表面质量

表面质量是指零件加工后表面层的状况,具体内容包括表面粗糙度及表面层的理化性能和力学性能。这里只介绍表面粗糙度。

表面粗糙度是指在工件已加工表面上、在指定长度(取样长度和评定长度)内所具有的微小峰谷不平度。这种微观几何形状的尺寸特征一般是由于在切削加工中的振动、刀痕,以及刀具与工件之间的摩擦而引起的。表面粗糙度与零件的耐磨性、耐疲劳性、耐腐蚀性以及配合性质均有密切的关系。国家标准规定了表面粗糙度的评定参数及其数值,从 $0.0125 \mu\text{m}$ 到 $1000 \mu\text{m}$ 。表面粗糙度常用轮廓算术平均偏差 R_a 、微观不平度十点高度 R_z 及轮廓最大高度 R_y 表示。

3. 经济精度

在机械加工过程中,影响加工精度的工艺因素很多,同一种加工方法,随着加工条件的改变,所能达到的加工精度也会不同。如果采用过分降低切削用量的方法来提高加工精度,就会降低生产率,而使产品成本提高;如盲目地用增加切削用量来提高加工效率,就会降低加工精度。这两者都是不可取的。所以对某一种加工方法,存在一个比较经济的精度范围,以此表示该加工方法所能获得的精度,简称经济精度。表 1-1 给出了常见加工方法的经济精度范围和表面粗糙度。

表 1-1 典型加工方法的经济精度和表面粗糙度

加工类型	加工方法	被加工表面	加工经济精度	表面粗糙度
				$R_a/\mu\text{m}$
车削加工	粗车	外圆柱面/端面/圆柱孔	IT12 ~ IT11	25 ~ 12.5
	半精车	IT 外圆柱面/端面/圆柱孔	IT10 ~ IT9	6.3 ~ 3.2
	精车	IT 外圆柱面/端面/圆柱孔	IT8 ~ IT7	1.6 ~ 0.8



(续)

加工类型	加工方法	被加工表面	加工经济精度	表面粗糙度
				$R_a/\mu\text{m}$
铣削加工 刨削加工	精铣和粗刨	平面	IT13 ~ IT11	25 ~ 12.5
	半精铣和半精刨	IT 平面	IT10 ~ IT9	6.3 ~ 3.2
	精铣和精刨	平面	IT8 ~ IT7	1.6 ~ 0.8
磨削加工	粗磨	外圆柱面/端面	IT8 ~ IT7	0.8 ~ 0.4
		圆柱孔		1.6 ~ 0.8
		平面		1.6 ~ 0.4
	精磨	外圆柱面/端面	IT6 ~ IT5	0.4 ~ 0.2
		圆柱孔	IT7 ~ IT6	
		平面	IT6 ~ IT5	
研磨		外圆柱面/端面	IT5 ~ IT3	0.1 ~ 0.008
		圆柱孔	IT6 ~ IT4	
		平面	IT5 ~ IT3	

1.2 质量检验和计量器具

1.2.1 检验方式

现代工业生产是个极其复杂的过程,在这个过程中,工件质量、装配质量的优劣决定着产品质量的高低。同时,由于种种主客观因素经常变化的影响,必然引起产品质量的波动。例如,在机械制造过程中,随着时间的推移,加工者注意力集中的程度,视力、体力的疲劳状况,机床的振动,刀具的磨损,电源电压的波动,环境温度、湿度的改变等等,这些因素的经常变化,必然造成产品质量的波动。因此,必须对质量进行检验。检验是一种测定、比较和判断的工序,按照技术规定的方法测定零件和产品。

将测定的结果同规定的质量标准相比较,符合质量标准的产品,判为合格品;不符合质量标准的产品,判为不合格产品。

检验的对象可以是原材料、元件、标准件、半成品,也可以是单个成品以及一批产品。检验项目可以是单项检验,例如对某一尺寸的检验;也可以是综合检验,例如,对螺纹的综合检验、对齿轮的综合检验等等。

检验方式可分为以下几类,见表 1-2。



表 1-2 检验方式的分类

分类标志	检验方式	简要说明
实施检验的人员	自检 互检 专检	加工人员自己检验 加工人员互相间的检验 专职检验人员进行的检验
生产的不同阶段	入厂检验 工序检验 成品检验	对入厂的原材料、元件、标准件、配套件进行检验 其目的是保证半成品加工符合工艺要求 对成品性能、安全性、配套性、可靠性等进行检验
检验的数量	全数检验 抽样检验	对交验的产品 100% 地进行检验, 确定每件产品是否合格 按规定抽取部分产品后, 确定交验的产品批量是否合格
破坏性	破坏性检验 非破坏性检验	检验过程中受检产品将会破损 受检验产品不因检验而破坏
实施检验的主体	人工检验 自动检验	检验工作全部由人工完成 测定、对比和判断全部由自动检验设备来完成
检验的项目特性	几何量 物理量 化学量 力学量	例如宏观几何量和微观几何量 例如密度、导电性 例如含碳量 例如疲劳强度

1.2.2 长度计量器具

在机械制造中用来测量或检验工件尺寸的器具有计量工具和计量仪器, 简称为量具和量仪。量具是只能直接表示长度单位或界限的简单计量工具, 如钢尺、游标卡尺、千分尺、量块、塞规等。量仪是利用机械、光学、气动、电动等原理将长度放大或细分的测量工具, 如百分尺、千分表等。

1. 游标卡尺

游标卡尺结构简单, 使用方便, 是一种常用量具。它可直接测量工件的内径、外径、长度和深度, 测量精度有 0.02 mm, 0.05 mm 和 0.10 mm 三种。游标卡尺及读数原理如图 1-1 所示。

以精度为 0.02 mm 的卡尺为例。尺身的刻度线间距为 1 mm, 游标在 49 mm 的长度上等分 50 个刻度, 其刻线间距为 $49/50 = 0.98$ mm, 故尺身与游标刻线间距为 $1 - 0.98 = 0.02$ mm。读数时, 先读整数后再读小数, 并将结果计算得到尺寸值。

2. 千分尺

千分尺是中等测量精度的量具, 精度为 0.01 mm。千分尺可分为外径千分尺、内径千分尺和深度千分尺, 其中外径千分尺应用最为广泛。外径千分尺如图 1-2 所示, 其测量范围有 0 ~ 25 mm, 25 ~ 50 mm, 50 ~ 75 mm, 75 ~ 100 mm, 100 ~ 125 mm 等。

千分尺是以固定套筒和活动套筒组成的读数机构来测量工件尺寸的, 图 1-3 是千分尺的读数方法。例如, 0 ~ 25 mm 的外径千分尺, 活动套筒上有 50 条刻度线, 活动套筒转动一周, 带

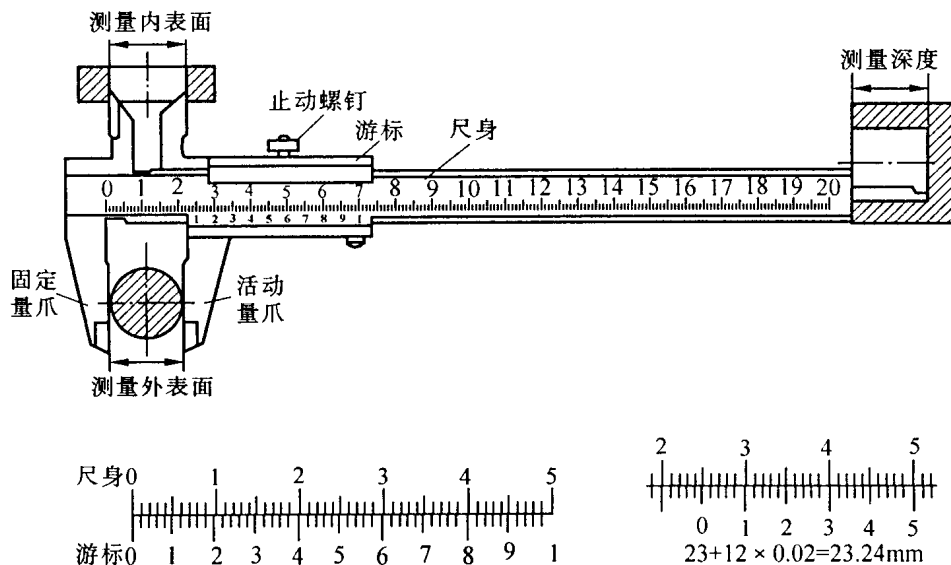


图 1-1 游标卡尺及读数方法

动测量螺杆移动0.5 mm(螺杆螺距),这样活动套筒转一格时,螺杆轴间移动距离为 $0.5/50 = 0.01\text{ mm}$ 。

3. 百分表和千分表

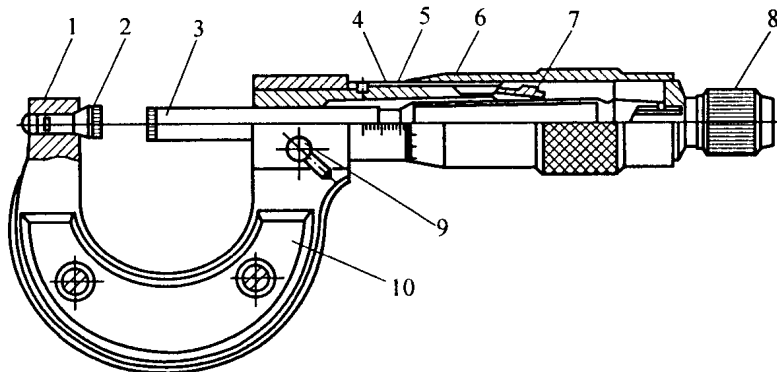


图 1-2

1—尺架;2—测砧;3—测微螺杆;4—螺纹轴套;5—固定套筒;6—活动套筒;
7—调节螺母;8—测力装置;9—锁紧装置;10—隔热装置



百分表和千分表是一种指示性量仪,其原理都是利用齿轮传动或杠杆将活动测量杆的直线微小位移或摆动经过放大后,变为指针的角位移或回转运动,最后,在刻度盘可读出测杆的位移量。百分表和千分表只能读出相对数值,常用来测量工件的形状和位置误差。

常用的千分表精度一般为 0.002 mm 和 0.001 mm ;常用的百分表精度一般为 0.01 mm 。百分表如 1-4 所示,百分表的应用见图 1-5 所示。

4. 测微仪

测微仪又称比较仪,刻度值一般为 $0.001 \sim 0.002\text{ mm}$,其量程比千分表小,精度比千分表高。测微仪通常装在专用的支架上(如图 1-6 所示),以量块作标准件,用相对比较法来测量精密工件的尺寸。它也可用于形状和位置误差的测量。

5. 光滑极限量规

为提高测量效率,使用方便,在

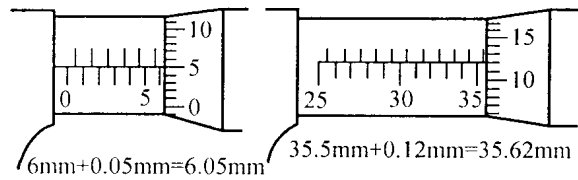


图 1-3 千分尺的读数方法

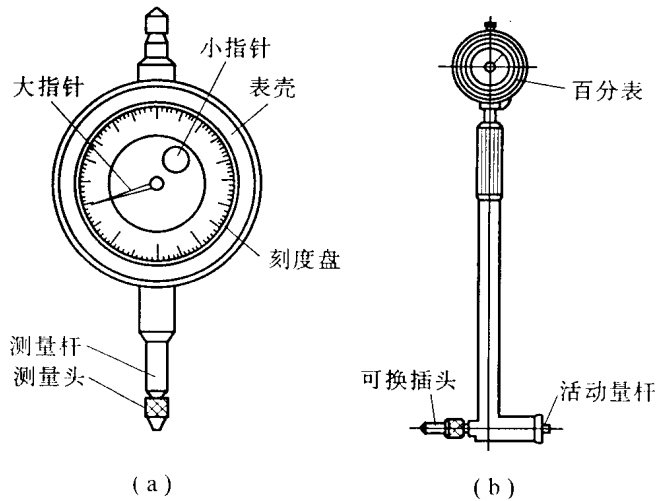


图 1-4 百分表

(a)百分表;(b)内径百分表

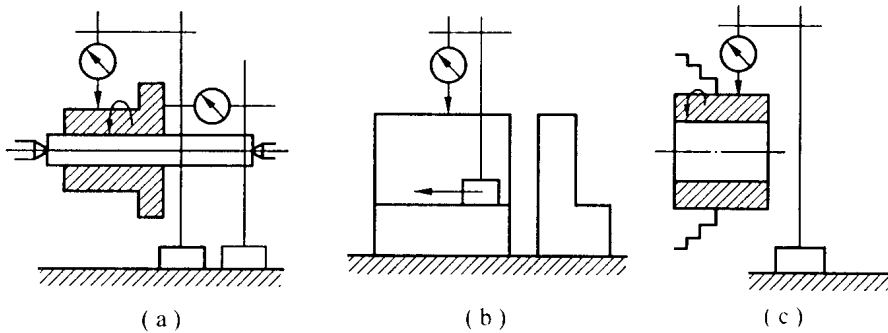


图 1-5 百分表应用示例

(a)测量端面 and 径向跳动;(b)测量平行度;(c)工件安装找正



批量生产中常常使用极限量规。极限量规分卡规和塞规两类(如图 1-7),卡规是用来测量轴径或其他外表面;塞规是用来测量孔径或其他内径。

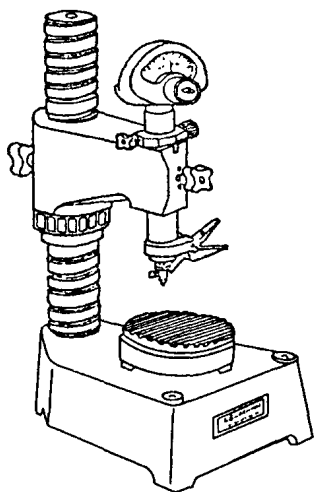
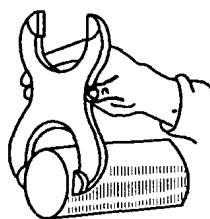
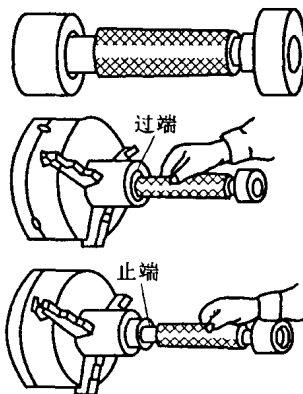


图 1-6 测微仪和测量支架



(a)



(b)

图 1-7 光滑极限量规

(a)卡规;(b)塞规

卡规有两个测量面。尺寸大的一端在测量时应通过轴径,称过端,按最大极限尺寸制作;尺寸小的一端在测量时应不通过轴径,称止端,按最小极限尺寸制作。

塞规有两个测量面。尺寸小的一端在测量时应通过轴径,按最小极限尺寸制作,称过端;尺寸大的一端在测量时应不通过轴径,按最大极限尺寸制作,称止端。如图 1-8 所示。

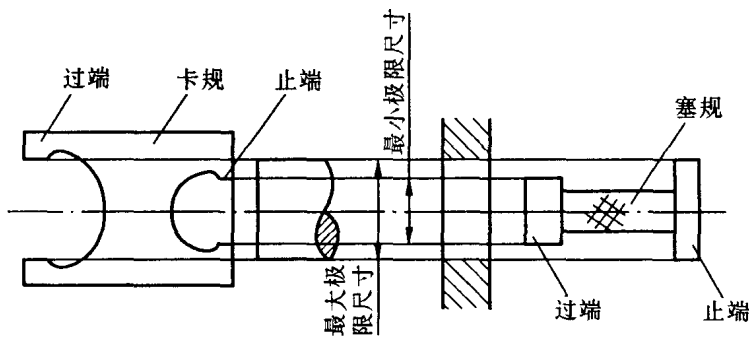


图 1-8 光滑极限量规的尺寸



6. 塞尺(见图 1-9)

7. 量块

量块是用来检验和校正量具、量仪的,也可用于测量高精度尺寸。量块一般制成六面体,为了组合各种尺寸,量块一般按标准组合成套,装在特制的包装盒内。如图1-10所示,它有两个测量面和四个非测量面,其尺寸应符合规定。

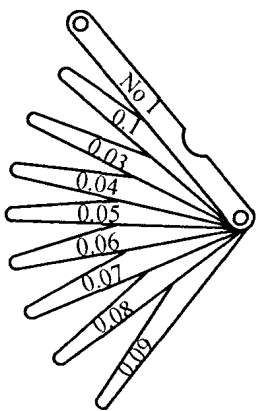


图 1-9 塞尺

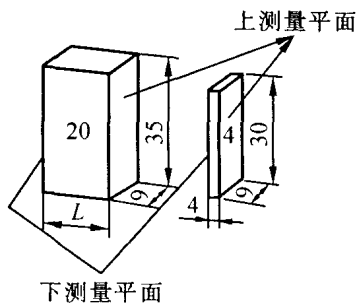


图 1-10 量块

8. 万能角度尺

在机械加工中,工件的角度测量需用角度量具,如 90°量尺、正弦规和万能角度尺等,其中常用的是万能角度尺,它可直接测量工件的内外角度。

万能角度尺的结构如图 1-11 所示。其读数原理与游标卡尺相同,它由主尺和游标尺组成读数机构。在主尺正面,沿径向均匀地布有刻线,两相邻刻线之间夹角为 1°,这是主尺的刻度值。在扇形游标尺上也均匀地刻有 30 根径向刻线,其角度等于主尺上 29 根刻度线的角度,故游标上两相邻刻线间的夹角为 $29^\circ/30$ 。主尺与游标尺每一刻线间隔的角度差为 $1^\circ - (29^\circ/30) = 1^\circ/30 = 2'$,即万能角度尺的读数值。

9. 使用量具时的注意事项

- (1) 量具使用前,必须清洁干净。
- (2) 一般不宜直接测量运动着的工件。
- (3) 工件被测表面一般也要清洁干净。
- (4) 测量时,用力要适当,不能过大。
- (5) 量具用完后必须擦净、涂油,并放入专用量具盒内。

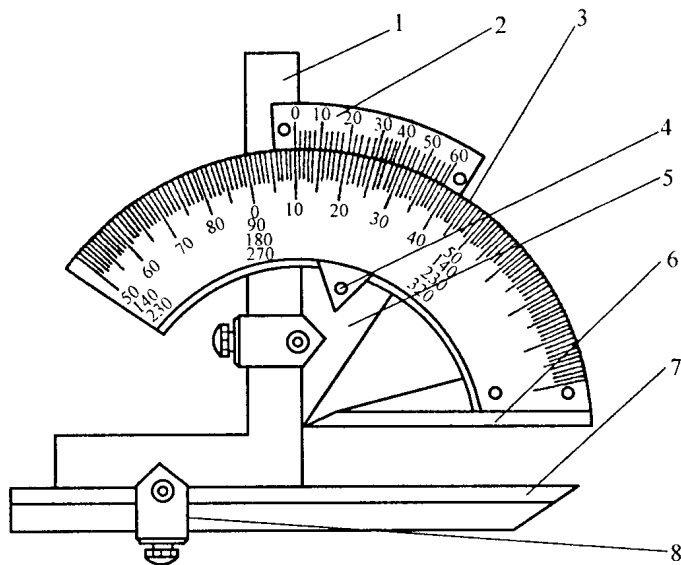


图 1-11 万能角度尺

1—90°角尺;2—游标尺;3—主尺;4—制动头;5—扇形板;6—基尺;7—直尺;8—卡块

1.3 产品的加工工艺

1.3.1 生产类型

生产类型是指企业(或车间、工段、班组等)生产专业化程度的分类。一般分为大量生产、成批生产和单件生产三大类。

1. 单件生产

单件生产是指产品品种多,而每一品种的结构、尺寸不同,且产品数量很少,各个工作地点的加工对象经常改变,且很少重复的生产类型。例如重型机械、专用设备制造和新产品试制等都属于单件生产。

2. 大量生产

大量生产是指产品数量很大,大多数工作地点长期地按一定节拍进行某一零件的某一工序的加工。例如汽车、拖拉机、自行车等的生产。

3. 成批生产

成批生产是指一年中分批轮流地制造几种不同的产品,每种产品均有一定的数量,工作地点的加工对象周期性地重复。例如机床、电机等的生产。