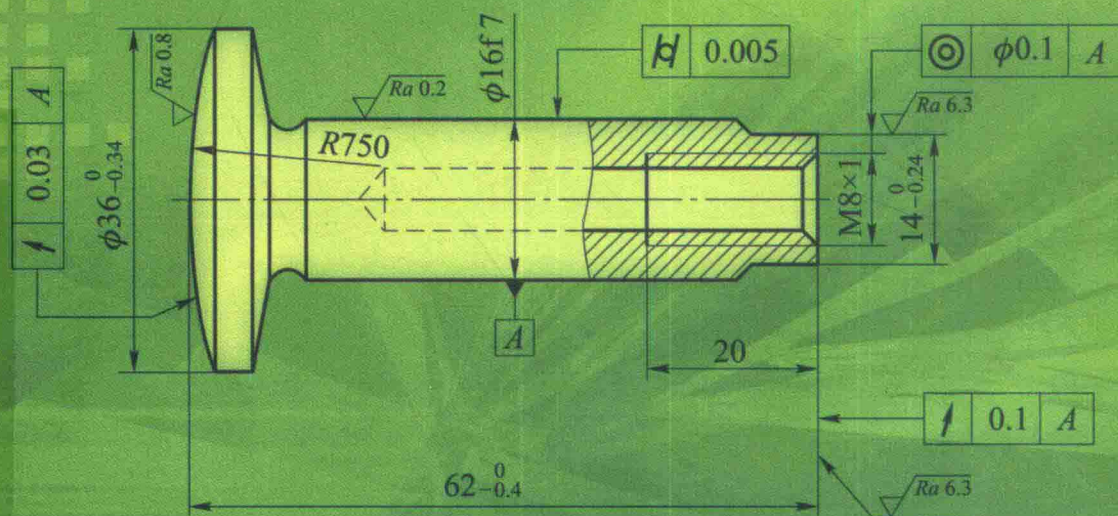




全国高等职业教育“十二五”特色精品规划教材

金工实习教程

◎主编 司忠志 孟玲琴 胡蓬辉
◎主审 李长胜



全国高等职业教育“十二五”特色精品规划教材

金工实习教程

主 编 司忠志 孟玲琴 胡蓬辉

副主编 路玮琳 王鹏飞 张 震

主 审 李长胜



内 容 简 介

本书是根据教育部颁布的“金工工艺实习教学基本要求”，结合编者多年的实践教学经验编写而成。主要内容包括机械制造中的一般加工方法和现代制造技术，以工艺为主线，具体分为金工实习基础知识、铸造加工实习、锻压加工实习、焊接加工实习、车削加工实习、铣削加工实习、刨削加工实习、磨削加工实习、钳工实习、热处理实习、数控加工简介，共11章。

本书可作为高职高专机械类相关专业的实习教材，还可供相关工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目（CIP）数据

金工实习教程/司忠志，孟玲琴，胡蓬辉主编. —北京：北京理工大学出版社，2015.8
ISBN 978-7-5682-0971-7

I. ①金… II. ①司… ②孟… ③胡… III. ①金属加工-实习-教材 IV. ①TG-45

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 173566 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市华骏印务包装有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 17.75

字 数 / 414 千字

版 次 / 2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷

定 价 / 41.00 元

责任编辑 / 封 雪

文案编辑 / 封 雪

责任校对 / 孟祥敬

责任印制 / 马振武

图书出现印装质量问题，请拨打售后服务热线，本社负责调换

前 言

“金工实习”是机械类专业学生必修的一门技术基础课。该课程以实践教学为主，使学生通过实践操作初步掌握毛坯的制造方法，了解常见零件的加工工艺，熟悉所用设备的构造、原理和使用方法等，为后续专业课程的学习提供工程实践基础。

本教材在编写时以基础理论知识够用为原则，侧重技能训练和实际操作能力的培养，同时在传统工艺的基础上，加入了一些现代加工工艺，更好地反映了近些年先进的材料成型工艺及数控机械加工工艺的技术应用。

全书分为金工实习基础知识、铸造加工实习、锻压加工实习、焊接加工实习、车削加工实习、铣削加工实习、刨削加工实习、磨削加工实习、钳工实习、热处理实习、数控加工简介共 11 章内容。具体教学学时可按 6~8 周安排，教学过程中，各校可根据实际情况进行调整。

本书由河南机电高等专科学校司忠志、孟玲琴、胡蓬辉担任主编，由新乡职业技术学院路玮琳、河南机电高等专科学校王鹏飞、东营科技职业学院张震担任副主编。参加本书编写工作的还有王志伟、于国华、王英姿、董逢荣、梁萍。

河南机电高等专科学校李长胜教授对本书进行了审阅，并提出了许多宝贵的修改意见和建议，对本书编写给予了很大的帮助，在此致以诚挚谢意。另外，本书编写参考了许多相关教材及著作，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，缺点和错误在所难免，敬请有关专家和广大读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 金工实习基础知识	1
第一节 机械的制造过程概述	1
第二节 机械制造过程中常用的量具	2
第三节 加工精度与表面质量	11
第二章 铸造加工实习	14
第一节 铸造加工概述	14
第二节 砂箱造型实习	16
第三节 金属的熔炼与浇注实习	32
第四节 特种铸造简介	37
第三章 锻压加工实习	43
第一节 锻压加工概述	43
第二节 自由锻造加工实习	44
第三节 板料冲压加工实习	58
第四章 焊接加工实习	66
第一节 焊接加工概述	66
第二节 焊条电弧焊加工实习	67
第三节 气焊加工实习	78
第四节 气割操作实习	82
第五章 车削加工实习	86
第一节 车削加工概述	86
第二节 车床的基本操作实习	88
第三节 车削加工实习	106
第六章 铣削加工实习	132
第一节 铣削加工概述	132
第二节 铣床的基本操作实习	133
第三节 铣削加工实习	147
第七章 刨削加工实习	159
第一节 刨削加工概述	159

第二节 刨床的基本操作实习	161
第三节 刨削加工实习	168
第八章 磨削加工实习	174
第一节 磨削加工概述	174
第二节 磨床的基本操作实习	176
第三节 磨削加工实习	186
第九章 钳工实习	193
第一节 钳工概述	193
第二节 钳工实习	194
第十章 热处理实习	251
第一节 热处理概述	251
第二节 钢的普通热处理实习	252
第三节 钢的表面热处理实习	259
第十一章 数控加工简介	264
第一节 数控机床概述	264
第二节 数控编程技术	270
第三节 数控加工	273
参考文献	275

第一章 金工实习基础知识

金工实习课程是一门实践性很强的技术基础课，是机械类专业学生熟悉机械加工生产过程、培养实践动手能力的实践性教学环节。通过金工实习可使学生了解机械制造的一般过程，熟悉各种设备和工具的安全操作使用方法，掌握金属加工的主要工艺方法和工艺过程。

第一节 机械的制造过程概述

日常生产和生活中的任何机械设备，如汽车或机床，都是由相应的零件装配组成的。只有制造出合乎要求的零件，才能装配出合格的机器设备。零件可以直接用型材经切削加工制成，如某些尺寸不大的轴、销或套类零件。一般情况下，零件需要将原材料经铸造、锻造、冲压、焊接等方法制成毛坯，然后由毛坯经切削加工制成。有的零件还需在毛坯制造和加工过程中穿插不同的热处理工艺。因此，一般的机械生产过程可简要归纳为毛坯制造—切削加工—装配和调试 3 个流程。

一、毛坯制造

常用的毛坯制造方法有以下几种。

(1) 铸造。熔炼金属，制造铸型，并将熔融金属浇入铸型，凝固后获得一定形状和性能的铸件的成型方法。

(2) 锻造。在加压设备及工（模）具的作用下，使坯料产生塑性变形，以获得一定几何尺寸、形状和质量的锻件的加工方法。

(3) 冲压。在压力机上利用冲模对板料施加压力，使其产生分离或变形，从而获得一定形状、尺寸的产品（冲压件）的方法。冲压产品具有足够的精度和表面质量，只需进行很少的（甚至无须）切削加工即可直接使用。

(4) 焊接。通过加热、加压或两者共用并辅之以使用或不使用填充材料，使焊件达到原子结合的加工方法。

毛坯的外形与零件近似，其需要加工部分的外部尺寸大于零件的相应尺寸，而孔腔尺寸则小于零件的相应尺寸。毛坯尺寸与零件尺寸之差即为毛坯的加工余量。

采用先进的铸造、锻造方法亦可直接生产零件。

二、切削加工

要使零件达到精确的尺寸和光洁的表面，应将毛坯上的加工余量经切削加工切削掉。常用的方法有车、铣、刨、磨、钻和镗等。一般来说，毛坯要经过若干道切削加工工序才能成为成品零件。由于工艺的需要，这些工序又可分为粗加工、半精加工与精加工。

在毛坯制造及切削加工过程中，为便于切削和保证零件的力学性能，还需在某些工序之

前（或之后）对工件进行热处理。所谓热处理，是指将金属材料（工件）采用适当的方式进行加热、保温和冷却，以获得所需要的组织结构与性能的一种工艺方法。热处理之后工件可能有少量变形或表面氧化，所以精加工（如磨削）常安排在最终热处理之后进行。

三、装配与调试

加工完毕并检验合格的各零件，按机械产品的技术要求，用钳工或钳工与机械相结合的方法按一定顺序组合、连接、固定起来，成为整台机器，这一过程称为装配。装配是机械制造的最后一道工序，也是保证机器达到各项技术要求的关键。

装配好的机器，还要经过试运转，以观察其在工作条件下的效能和整机质量。只有在检验、试车合格之后，才能装箱出厂。

思考题与练习题

1. 在日常用品中哪些为铸件，哪些为锻件，哪些为冲压件或焊接件，试各举例说明。
2. 试述一种熟悉零件的生产过程。

第二节 机械制造过程中常用的量具

在机械产品的制造过程中，为了保证零件的加工质量，制造符合设计要求的产品，需经常对其进行检验与测量，测量时所用的工具称为量具。

为了保证零件的加工质量，加工前的毛坯要进行检查，加工过程中和加工完毕后也都要进行检验。检验用量具的种类很多，常用的量具有金属直尺、卡钳、游标卡尺、千分尺、百分表、量规、角尺、塞尺和水平仪等。根据工件的不同形状、尺寸、生产批量和技术要求，可选用不同类型的量具。

一、常用量具的使用

1. 金属直尺

金属直尺是直接测量长度的最简单的量具，其长度有 150 mm、300 mm、500 mm、1 000 mm 等几种。金属直尺一般测量精度为 0.5 mm。图 1-1 所示为测量精度为 1 mm、长度为 150 mm 的金属直尺。图 1-2 所示为金属直尺的使用方法。

2. 卡钳

卡钳是一种间接量具，测量时必须与金属直尺配合使用才能量得具体数据，一般在精度要求不高的情况下使用。卡钳分内、外卡钳两种，如图 1-3 所示。卡钳的使用需靠经验，测量时过松、过紧或歪测，均会造成较大的测量误差。卡钳的正确使用方法如图 1-4 所示，卡钳尺寸的确定如图 1-5 所示。在现代生产中，除较大尺寸外，卡钳已很少使用。

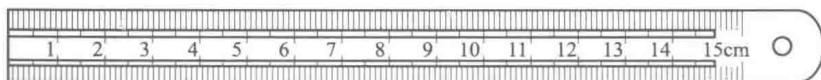


图 1-1 150 mm 金属直尺



图 1-2 金属直尺的使用方法

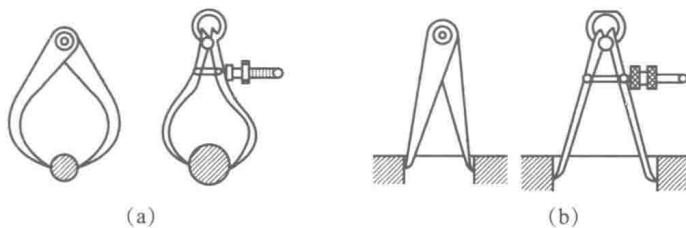


图 1-3 卡钳

(a) 外卡钳; (b) 内卡钳

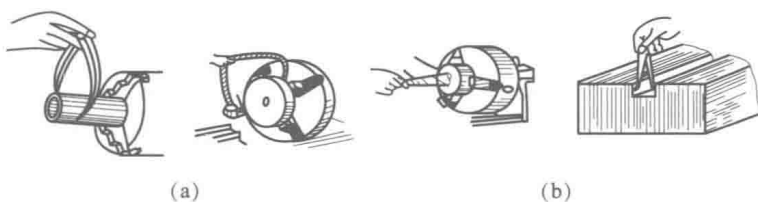


图 1-4 卡钳的使用方法

(a) 测外径; (b) 测内径或槽宽

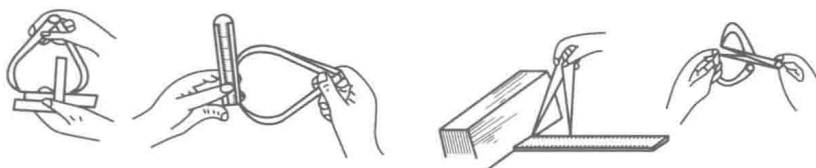


图 1-5 卡钳尺寸的确定

3. 游标卡尺

游标卡尺是生产中应用最为普遍的一种量具,可分为游标卡尺、深度游标卡尺和高度游标卡尺。游标卡尺结构简单、使用方便、测量精度相对较高,可以直接测出零件的内径、外径、长度、宽度和深度等尺寸。

如图 1-6 所示,游标卡尺主要由主尺和副尺(游标)组成,尺身与固定卡脚制成一体,副尺与活动卡脚制成一体并能在尺身上滑动。主尺刻线格距为 1 mm,其刻线全长为卡尺的规格,常见的有 125 mm、200 mm、300 mm、500 mm 等几种。游标卡尺的测量精度有 0.1 mm、0.05 mm、0.02 mm 三种。在读数时,由主尺读出整数,借助副尺读出小数。其具体刻线原理与读数方法见表 1-1。

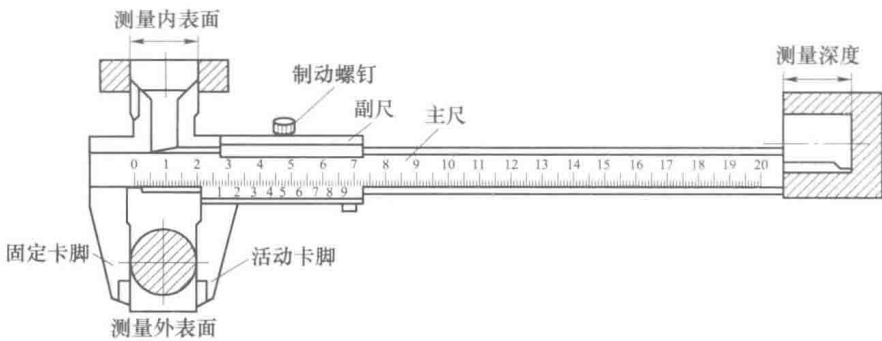
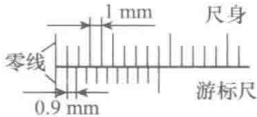
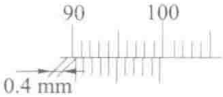
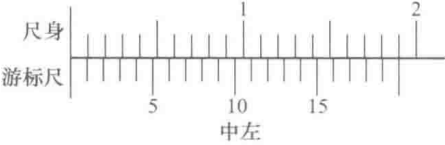
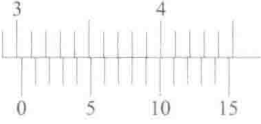
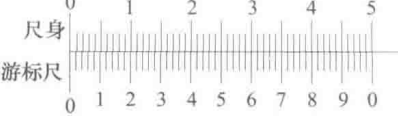
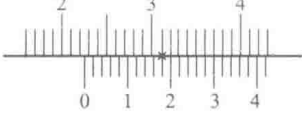


图 1-6 分度值 0.02 mm 游标卡尺

表 1-1 游标卡尺的刻线原理与读数方法

精度值/mm	刻线原理	读数方法及示例
0.1	主尺 1 格 = 1 mm 副尺 1 格 = 0.9 mm，共 10 格等于主尺 9 格 主、副尺每格之差 = 1 mm - 0.9 mm = 0.1 mm 	读数 = 副尺 0 位指示的主尺整数 + 副尺与主尺重合线数 × 精度值 示例：  读数 = 90 mm + 4 × 0.1 mm = 90.4 mm
0.05	主尺 1 格 = 1 mm 副尺 1 格 = 0.95 mm，共 20 格等于主尺 19 格 主、副尺每格之差 = 1 mm - 0.95 mm = 0.05 mm 	读数 = 副尺 0 位指示的主尺整数 + 副尺与主尺重合线数 × 精度值 示例：  读数 = 30 mm + 7 × 0.05 mm = 30.35 mm
0.02	主尺 1 格 = 1 mm 副尺 1 格 = 0.98 mm，共 50 格等于主尺 49 格 主、副尺每格之差 = 1 mm - 0.98 mm = 0.02 mm 	读数 = 副尺 0 位指示的主尺整数 + 副尺与主尺重合线数 × 精度值 示例：  读数 = 22 mm + 9 × 0.02 mm = 22.18 mm

在实际测量中，还有专门用来测量深度尺寸的深度游标卡尺（见图 1-7），以及用来测量工件的高度尺寸或进行精密划线的高度游标卡尺（见图 1-8）。深度游标卡尺和高度游标卡尺的读数方法与游标卡尺相似。

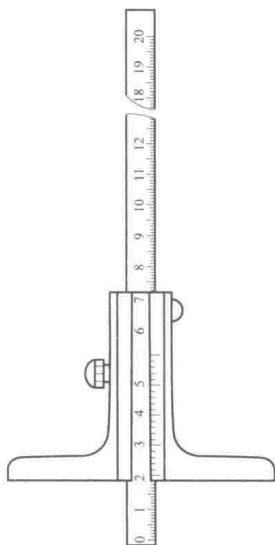


图 1-7 深度游标卡尺

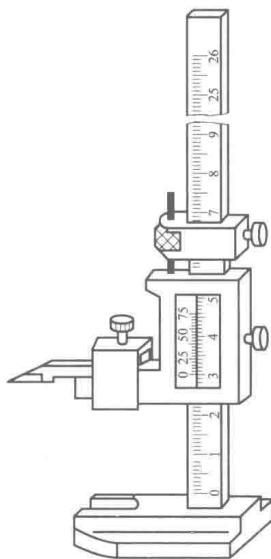


图 1-8 高度游标卡尺

4. 千分尺

千分尺是精密量具，其测量精度为 0.01 mm，其精度要比游标卡尺高，并且比较灵敏，因此用于测量加工精度要求较高的工件。按用途可分外径、内径、深度、螺纹中径和齿轮公法线长等千分尺，其中以外径千分尺用得最为普遍。

外径千分尺测量范围有 0 ~ 25 mm、25 ~ 50 mm、50 ~ 75 mm、…、275 ~ 300 mm 等。测量大于 300 mm 的分段尺寸为 100 mm，测量大于 1 000 mm 的分段尺寸为 500 mm。目前国产的最大千分尺为 3 000 mm。

图 1-9 所示为 0 ~ 25 mm 的外径千分尺。尺架左端有砧座，测微螺杆与活动套筒是连在一起的，转动活动套筒时，螺杆即沿其轴向移动。螺杆的螺距为 0.5 mm，固定套筒上轴向中线上下相错 0.5 mm 各有一排刻线，每格为 1 mm。活动套筒锥面边缘沿圆周有 50 等份的刻度线，当螺杆端面与砧座接触时，活动套筒上零线与固定套筒中线对准，同时活动套筒边缘也应与固定套筒零线重合。

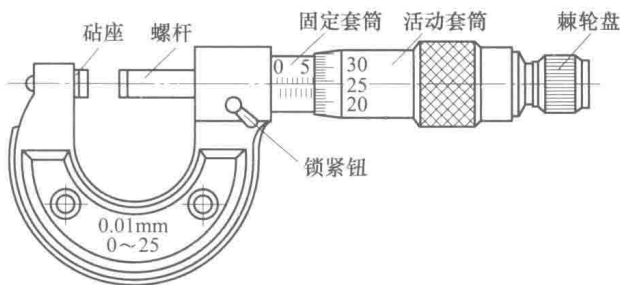


图 1-9 0 ~ 25 mm 的外径千分尺

测量时，先从固定套筒上读出毫米数，若 0.5 mm 刻线也露出活动套筒边缘，加 0.5 mm，然后从活动套筒上读出小于 0.5 mm 的小数，二者加在一起即测量数值。图 1-10 所示例子，读数为 $8.5 \text{ mm} + 0.01 \text{ mm} \times 27 = 8.77 \text{ mm}$ 。

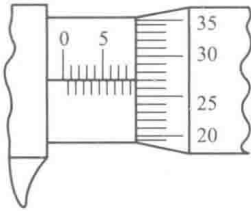


图 1-10 千分尺读数示例

在使用千分尺时应注意以下事项。

(1) 千分尺应保持清洁。使用前应先校准尺寸，检查活动套筒上零线是否与固定套筒上基准线对齐。如果没有对齐，必须进行调整。

(2) 测量时，最好双手操作千分尺，如图 1-11 所示，用左手握住弓架，用右手旋转活动套筒，当螺杆即将接触工件时，改为旋转棘轮盘，直到棘轮发出“咔咔”声为止。

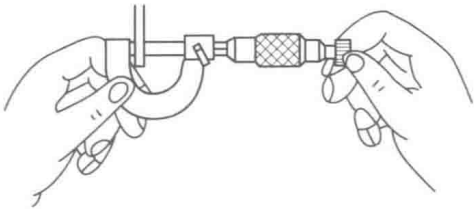


图 1-11 千分尺的使用

(3) 从千分尺上读取尺寸，可在工件未取下时进行，读完后，松开千分尺，再取下工件；也可将千分尺用锁紧钮锁紧，把工件取下后读数。

(4) 千分尺只适用于测量精度较高的工件，不能测量毛坯面，更不能在工件转动时测量。

5. 百分表

百分表是一种测量精度较高的比较量具，其测量精度为 0.01 mm。百分表只能测出相对数值而不能测出绝对数值，主要用于检测工件的形状误差、位置误差，也常用于工件与刀具安装时的精确找正。

常用百分表外形如图 1-12 所示。表盘圆周均布 100 格刻线，转数指示盘圆周均布 10 格刻线，当测量杆向上移动时，就带动长指针和短指针同时转动。其测量杆移动量与指针转动的关系是，测量杆向上移动 1 mm，即长指针转一周，短指针转一格。因此，长指针每转一格表示测量杆移动 0.01 mm，短指针每转一格表示测量杆移动 1 mm。

使用百分表时，常将它装在专用表架或磁力表座上。用百分表检查工件径向圆跳动的情况如图 1-13 所示。检查时，双顶尖与工件之间不准有间隙，测量杆应垂直被测量面，用手转动工件，同时观察指针的偏摆值。

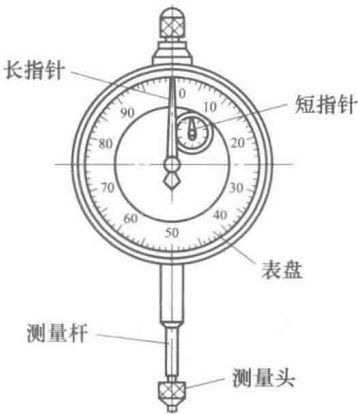


图 1-12 百分表

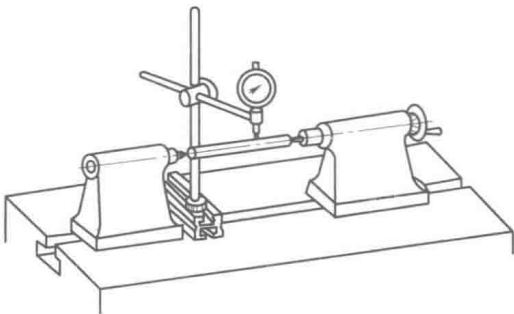


图 1-13 用百分表测量工件径向圆跳动

6. 量规

在批量生产中,为了提高检验效率,降低生产成本,常采用一些结构简单、检测方便、造价较低的量规。常用的量规有卡规和塞规。如图1-14所示,卡规测量外表面尺寸(如轴径、宽度、厚度等),塞规测量内表面尺寸(如孔径、槽宽等)。测量时,过端通过,止端不通过为合格。卡规的过端控制的是最大极限尺寸,而止端控制的是最小极限尺寸。塞规过端控制的是最小极限尺寸,止端控制的则是最大极限尺寸。图1-15所示为卡规与塞规的过端与止端作用的示意图。

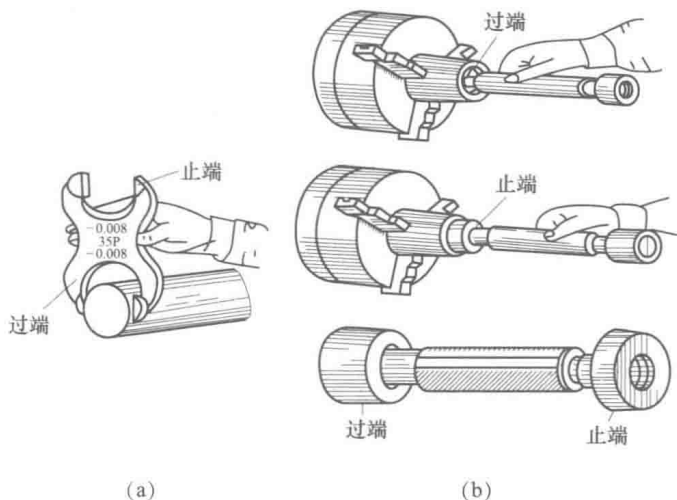


图1-14 卡规与塞规的使用方法

(a) 卡规; (b) 塞规

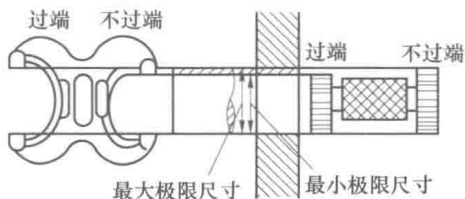


图1-15 卡规与塞规的过端与止端作用

7. 角尺

测量角度的量具很多,常用的有直角尺和万能角度尺。

(1) 直角尺。直角尺两尺边内侧和外侧均为准确的 90° ,测量零件时角尺宽边与基准面贴合,以窄边靠向被测平面,以塞尺检查缝隙大小来确定垂直度误差,如图1-16所示。

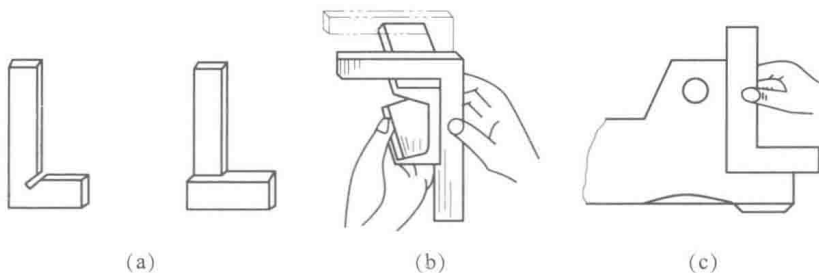


图1-16 直角尺

(a) 整体式; (b) 组合式; (c) 应用实体

(2) 万能角度尺。万能角度尺由主尺、基尺、游标、角尺、直尺、卡块、制动器组成,如图1-17所示。捏手可通过小齿轮转动扇形齿轮,使基尺改变角度,带动主尺沿游标转动,角尺和直尺可以配合使用,也可以单独使用。用万能角度尺测量工件角度的方法如图1-18所示。它可以测量 $0^\circ \sim 320^\circ$ 的任何角度。主尺上每相邻两条线间夹角为 1° ,游标尺上也有刻度线,是取主尺的 29° 等分为30格刻线,所以游标尺上每相邻两条刻线间夹角为

29°/30，主尺与游标尺的两刻线间夹角差为 $1^\circ - (29^\circ/30) = 1^\circ/30 = 2'$ ，也就是说，万能角度尺的测量精度值为 2'。

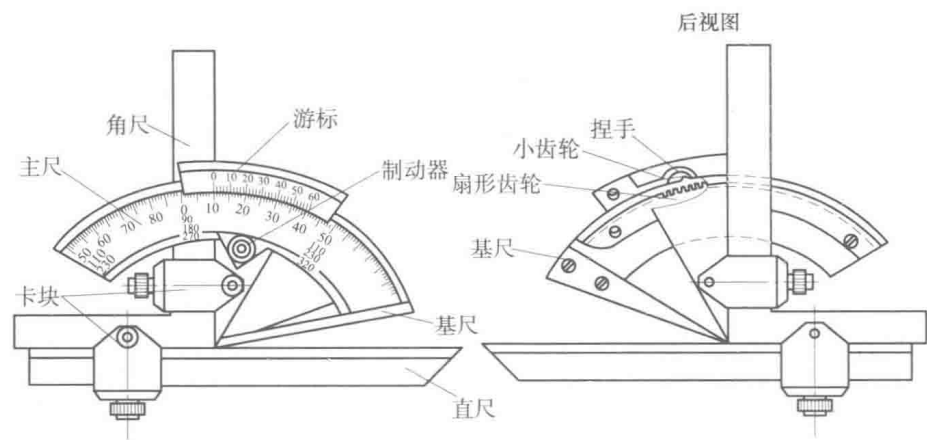


图 1-17 万能角度尺

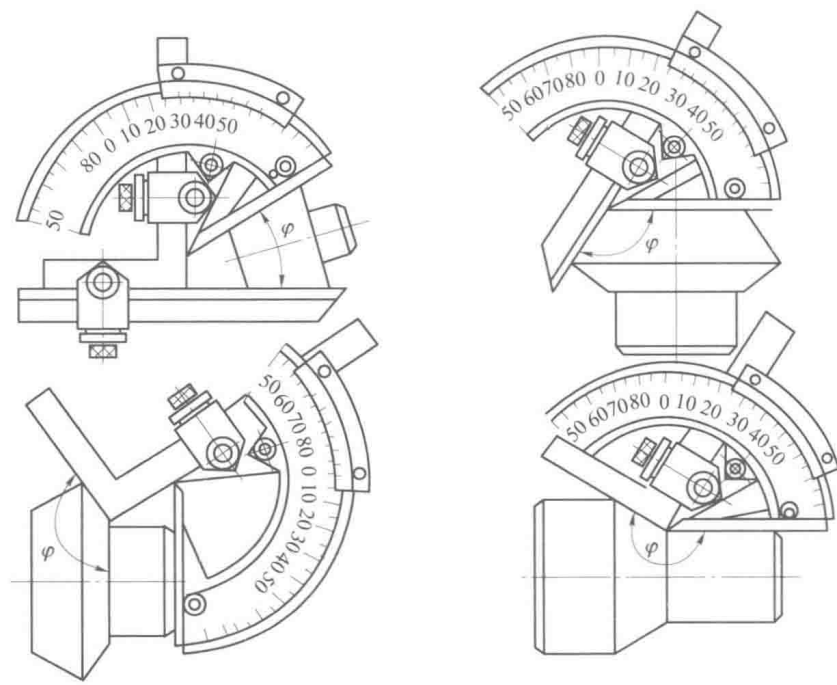


图 1-18 万能角度尺的使用

8. 塞尺

塞尺俗称厚薄尺，是测量间隙的薄片量尺。它由一组厚度不等的薄钢片组成，每片钢片上印有厚度标记。使用时根据被测间隙的大小，选择厚度接近的钢片（可用几片组合）插入被测间隙，如图 1-19 所示。

塞尺一般用不锈钢制造，最薄的为 0.01 mm，最厚的为 3 mm。自 0.02 ~ 0.1 mm，各钢片厚度级差为 0.01 mm；自 0.1 ~ 1 mm，各钢片的厚度级差为 0.05 mm；自 1 mm 以上，钢片的厚度级差为 1 mm。

在使用塞尺测量时,首先要用干净的布将塞尺测量表面擦拭干净,不能在塞尺沾有油污或金属屑的情况下进行测量,否则将影响测量结果的准确性。其次将塞尺插入被测间隙中,来回拉动塞尺,感到稍有阻力,说明该间隙值接近塞尺上所标出的数值;如果拉动时阻力过大或过小,则说明该间隙值小于或大于塞尺上所标出的数值。在进行间隙的调整时,先选择符合间隙规定的塞尺插入被测间隙中,然后一边调整,一边拉动塞尺,直到感觉稍有阻力时拧紧锁紧螺母,此时塞尺上标出的数值即为被测间隙值。

在使用塞尺时要注意:不允许在测量过程中剧烈弯折塞尺,或用较大的力硬将塞尺插入被检测间隙,否则将损坏塞尺的测量表面或工件表面的精度;使用完后,应将塞尺擦拭干净,并涂上一薄层工业凡士林,然后将塞尺折回夹框内,以防因锈蚀、弯曲、变形而损坏;存放时,不能将塞尺放在重物下,以免损坏。

9. 水平仪

水平仪是一种以水准为读数和测量依据,检验平面对水平、平面对垂直位置偏差的测量仪器。经常使用的有普通水平仪和光学合像水平仪两种。普通水平仪有框式水平仪和条式水平仪两种。框式水平仪如图 1-20 所示,它主要由框架、主水准、调整水准(副水准)组成。

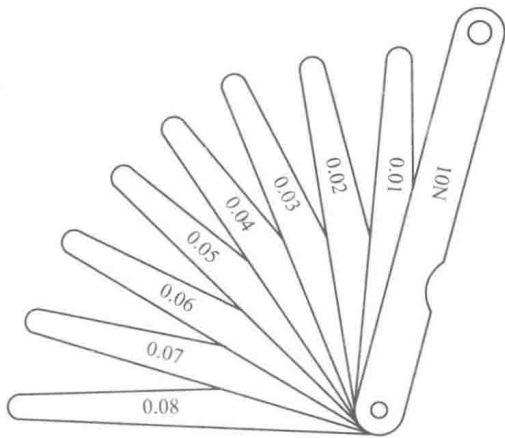


图 1-19 塞尺

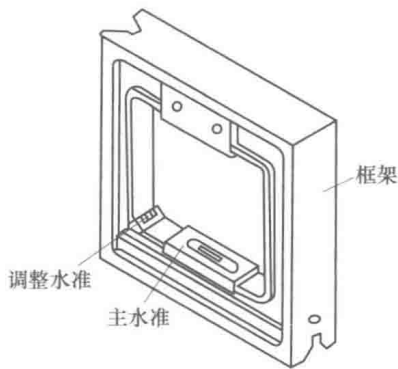


图 1-20 框式水平仪

在使用水平仪检查很长的表面如机床导轨或工作台时,常将水平仪放在垫铁或过桥上。过桥有两支点,支点距离为 200 ~ 500 mm,在被测表面上移动过桥,每移动一次,都将后支点放在上次的前支点处(即首尾相连),新的前支点升高或降低,都会引起水泡相应地移动,由水平仪读出移动的数值(格数)。根据移动的距离,通过计算即可知道被测表面的直线度误差。

二、使用量具时需要注意的事项

在量具的选择和使用时,应当注意以下事项:

- (1) 量具使用前、使用后必须擦净,并校正“0”位。
- (2) 量具的测量误差范围应与工件的测量精度相适应,量程要适当,不应选择测量精度和范围过大或过小的量具。

- (3) 不准使用精密量具测量毛坯和温度较高的工件。
- (4) 不准测量运动着的工件。
- (5) 不准对量具施加过大的力。
- (6) 不准乱扔、乱放量具，更不准将量具当工具使用。
- (7) 不准长时间用手拿精密量具。
- (8) 不准用脏油清洗量具或润滑量具。
- (9) 用完量具要擦净、涂油装入量具盒内，并存放在干燥、无腐蚀的地方。

三、典型工件的测量

在各种实习过程中，要结合加工的典型零件进行测量。图 1-21 所示为转轴，测量方法与要领见表 1-2。

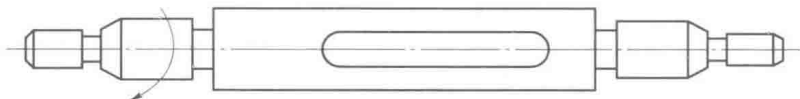


图 1-21 转轴

表 1-2 测量转轴的方法与要领

序号	测量内容	简图	量具	测量要领
1	测长度		金属直尺、游标卡尺	1. 尺身与工件轴线平行； 2. 读数时眼睛不可斜视
2	测直径		游标卡尺、千分尺	1. 尺身垂直于工件轴线； 2. 两端用千分尺测量，其余用游标卡尺
3	测键槽		千分尺、游标卡尺或量块	1. 测槽深用千分尺； 2. 测槽宽用游标卡尺或量块
4	测同轴度		百分表	1. 转轴夹在偏摆检查仪上； 2. 测量杆垂直于转轴轴线

思考题与练习题

- 1. 试述游标卡尺、千分尺、塞尺和水平仪的用途。
- 2. 试述百分表的读数方法，并进行测量练习。
- 3. 怎样正确使用和保养量具？

4. 进行游标卡尺、千分尺等量具测量工件内径或外径的练习。

第三节 加工精度与表面质量

工件的加工质量包括加工精度和表面质量。加工精度越高，加工误差就越小。工件的加工精度包括尺寸精度和几何精度。表面质量是指工件经过切削加工后的表面粗糙度、表面层的残留应力、表面的冷加工硬化等，其中表面粗糙度对使用性能影响最大。加工精度和表面粗糙度是影响工件加工质量的主要指标。

一、加工精度

加工精度是指加工工件的几何参数与理想参数的符合程度。加工精度用加工公差来控制，包括尺寸公差和形位公差。

1. 尺寸公差

尺寸公差是切削加工中工件尺寸允许的变动量，在公称尺寸相同的情况下，尺寸公差越小，尺寸精度就越高。为了满足不同的精度要求，国家标准（GB/T 1800.1—2009、GB/T 1800.2—2009）规定，尺寸的标准公差分为 20 级，分别用 IT01、IT0、IT1、IT2、…、IT18 表示。IT 表示公差等级，其中，IT01 公差等级最高。公差等级越高，公差数值越小。公差数值越小，加工成本就越高。

公差的数值既与公差等级有关，也与公称尺寸有关。公称尺寸大则公差相应也大。

2. 几何公差

几何公差包括零件的形状公差和位置公差。形状公差是指零件的实际形状相对于理想形状的准确程度，国家标准规定有直线度、平面度、圆柱度等。位置公差是指零件的实际位置相对于理想位置的准确程度，国家标准规定有位置度、同心度、同轴度等。

表 1-3 为 GB/T 1182—2008 规定的几何公差几何特征及符号。几何公差的标注如图 1-22 和图 1-23 所示。

一般零件通常只规定尺寸公差。对要求较高的零件，除了规定尺寸公差以外，还规定其所需要的几何公差。

表 1-3 几何公差的几何特征及符号

公差	几何特征	符号	有或无基准要求	公差	几何特征	符号	有或无基准要求
形状	直线度	—	无	方向	平行度	//	有
	平面度	▭	无		垂直度	⊥	有
	圆度	○	无		倾斜度	∠	有
	圆柱度	⊘	无	位置	位置度	⊕	有或无
	线轮廓度	⌒	有或无		同轴(同心)度	⊙	有
	面轮廓度	⌓	有或无		对称度	≡	有
				跳动	圆跳动	↗	有
					全跳动	↗	有