

从技工到技师

考证一本通

高级技师

技师

高级工

中级工

钳工

全技师

培训教程

QIANGONG,
QUANJISHI
PEIXUN JIAOCHENG

- 面向钳工初、中、高、技师、高级技师国家职业技能鉴定全过程培训
- 覆盖初级工、中级工、高级工、技师、高级技师全部鉴定考点
- 学完本书，可能你不是高级技师，但你已具备了高级技师的视野和感觉



化学工业出版社

从技工到技师
考证一本通



钳工 全技师

培训教程

QIANGONG
QUANJISHI
PEIXUN JIAOCHENG

李书伟 主编

- 面向钳工初、中、高、技师、高级技师国家职业技能鉴定全过程培训
- 覆盖初级工、中级工、高级工、技师、高级技师全部鉴定考点
- 学完本书，可能你不是高级技师，但你已具备了高级技师的视野和感觉



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是根据 2009 年最新修订的国家职业标准《装配钳工》、《机修钳工》、《工具钳工》中的理论知识要求和技能要求，按照岗位培训需要编写的。内容包括：钳工专业基本知识、划线、钳工常用加工方法及刀具、孔与螺纹加工、装配工艺规程和装配维修技能训练、典型机床的装配与修理、数控机床的装配与修理、设备的检验与调试、培训与管理、试题库等。在每章的最后还有思考与练习，以便于企业培训、考核鉴定和读者自测自查。

本书重点突出、特色鲜明，内容取自于实践。主要用作企业培训部门、职业技能鉴定培训机构的教材，也可以作为工厂中钳工人员参考用书。更适合于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、技术（技师）学院、高级技校、继续教育学院和民办机械类专业用书。

图书在版编目（CIP）数据

钳工全技师培训教程/李书伟主编. —北京：化学工业出版社，2011.7

（从技工到技师考证一本通）

ISBN 978-7-122-11060-2

I. 钳… II. 李… III. 钳工-技术培训-教材 IV. TG9

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2011）第 068828 号

责任编辑：王 焯

文字编辑：张绪瑞

责任校对：王素芹

装帧设计：尹琳琳

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）

印 装：大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 23¼ 字数 748 千字 2011 年 8 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：58.00 元

版权所有 违者必究

前言

本书是根据劳动部门最新制定的国家职业标准中《机修钳工》、《工具钳工》、《装配钳工》的要求编写的。

职业资格证书等级考试的书籍很多，但大都是按初、中、高、技师（高级技师）几个等级分册编写的。这种编写方式适合不同等级的学习考试，但不适合全过程的培训，随着技术学院、高级技校、技师学院及各种培训机构的增加，高级工、技师（高级技师）全过程的培训也在快速增加，社会上迫切需要适合这种形式的书籍。我们这套书就是在这种形势下产生的。

何谓“全技师”？

全技师是指本书的知识体系涵盖钳工初级工、中级工、高级工、技师、高级技师各等级的全部知识点。一书在手，可以完成从初级工到高级技师的蜕变。

本书既是钳工职业培训教材编写方式的创新，更是钳工职业教育模式的拓展和延伸。除此之外，本书还有以下几方面特色。

1. 体现以职业能力为本位，以应用为核心，以“必需、够用”为限度，突出“零起点快速上岗”的特点，紧密联系生活、生产实际，与相应的职业资格标准相互衔接。

2. 注意用新观点、新思想来审视、阐述经典内容；适应经济社会发展和科技进步的需要，及时更新教学内容，反映新知识、新技术、新工艺、新方法。引用数据、图表、材料可靠。精选了大量的实例。

3. 渗透职业道德和职业意识教育；体现就业导向，有助于学生树立正确的择业观；培养学生爱岗敬业、团队精神和创业精神；树立安全意识和环保意识。知识体系设计合理，循序渐进，符合学生心理特征和认知、技能培养与学习规律；文字规范、简练，符合语法规则；语句通顺流畅，条理清楚，可读性强；标点符号、计量单位使用规范正确；图文并茂，配合得当；图表清晰、美观，图形绘制和标注规范，缩比恰当。

本书不仅可以作为工人培训、设备操作与维修人员用书，更适合于高等职业院校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、技术（技师）学院、高级技校、继续教育学院和民办高校的相关专业用书。

作为钳工考评教材，在实际应用时，当地可以根据实际情况全用或选用本书的部分内容。

本书由李书伟主编，王建、商景凤、肖安民副主编，参加编写的还有戚其舜、王燕妮、赵红、马新建、马九营、张军、杜文忠、陈剑云、张文艳等。全书由李书伟统稿。

本书在编写过程中得到了河南省人力资源和社会保障厅，河南省周口市技工学校（周口市职业教育中心），威海、郑州等地职业院校、技师学院、高级技工学校的大力支持，在此深表谢意！

由于时间仓促，编者水平有限，书中缺陷在所难免，衷心希望广大读者给予批评指正。

目 录

第一章 钳工专业基本知识	1
第一节 钳工安全生产知识	1
一、安全文明生产一般要求	1
二、常用设备安全要求	1
第二节 钳工一般知识	2
一、钳工主要任务	2
二、钳工常用设备	2
三、钳工常用量具	3
第二章 划线	14
第一节 划线常用工具及其使用方法	14
一、划线平板	14
二、划针	14
三、划线盘	15
四、划规	15
五、样冲	16
六、钢直尺	16
七、游标高度尺	16
八、90°角尺	16
九、支承夹持工件的工具	17
十、划线涂料	17
第二节 划线方法	17
一、划线基准	17
二、找正和借料	18
三、分度头划线	18
四、常用的基本划线方法	20
五、几种特殊曲线的划线方法	22
六、平面划线操作实例	23
第三节 复杂、大型和畸形工件的划线	24
一、复杂工件的划线	24
二、大型工件的划线	25
三、畸形工件的划线	26

第三章 钳工常用的加工方法及刀具	29
第一节 整削	29
一、整削工具	29
二、整削技能训练	30
第二节 锯削	33
一、锯削工具	34
二、锯削技能训练	34
第三节 锉削	38
一、锉刀	38
二、锉削技能训练	40
第四节 刮削与研磨	44
一、刮削	44
二、研磨	60
第五节 矫正与弯形	69
一、矫正	69
二、弯形	71
第六节 铆接、粘胶与锡焊	73
一、铆接	73
二、粘胶	77
三、锡焊	79
第四章 孔与螺纹加工	82
第一节 钻床、钻头和钻孔方法	82
一、钻床	82
二、钻头	87
三、钻削技能训练	92
第二节 扩孔与铰孔	98
一、扩孔	98
二、铰孔	98
三、铰孔	100
第三节 群钻和钻削特殊孔	105
一、群钻	105
二、特殊孔的钻削	112
第四节 精密孔的钻铰	113
一、精密单孔的钻铰	113
二、精密孔系的钻铰	114
第五节 螺纹加工	117
一、攻螺纹与丝锥	117
二、套螺纹与板牙	120
三、螺纹加工技能训练	122
第六节 综合技能训练	125
一、镶配燕尾	125
二、整体式镶配件	128

三、制作拼块	131
四、暗配件	134
第五章 装配工艺规程和装配维修技能训练	138
第一节 装配工艺规程的概念	138
一、装配和装配工艺规程的概念	138
二、装配工艺过程	138
第二节 装配前的准备工作	138
一、装配前零件的清理和清洗	138
二、零件的密封性试验	139
三、旋转体的静平衡	139
四、旋转体的动平衡	140
五、平衡精度	142
第三节 钳工装配工艺分析	143
一、尺寸链的概念	143
二、装配方法	145
三、装配尺寸链的解法	146
第四节 固定连接的装配与修理	147
一、螺纹连接的装配与修理	147
二、键连接的装配与修理	150
三、销连接的装配与修理	151
四、过盈连接的装配	152
第五节 传动机构的装配与修理	154
一、带传动机构的装配与修理	154
二、链传动机构的装配与修理	156
三、齿轮传动机构的装配与修理	157
四、蜗轮蜗杆传动机构的装配与修理	161
五、螺旋传动机构的装配与修理	163
第六节 轴承与轴组的装配与修理	165
一、滑动轴承的类型及结构形式	165
二、滑动轴承的装配	166
三、滚动轴承的装配	169
四、轴组的装配	172
五、机械装置的润滑与密封	173
第七节 液压传动系统的装配与修理	176
一、管接头的装配	176
二、液压泵的安装	177
三、液压缸的装配	177
四、液压控制元件的安装	178
五、液压系统的整体连接安装	178
六、液压系统的调试	178
第六章 典型机床的装配与修理	180
第一节 卧式车床的装配与修理	180

一、CA6140 型卧式车床传动系统	180
二、CA6140 型卧式车床结构主要部件装配调整	183
三、卧式车床的总装配	188
四、卧式车床的修理	193
第二节 万能外圆磨床的装配与修理	198
一、M1432A 型万能外圆磨床的结构和技术规格	198
二、M1432A 型万能外圆磨床的液压传动系统	200
三、M1432A 型万能外圆磨床主要部件装配调整	202
四、M1432A 型万能外圆磨床的总装配	204
五、M1432A 型万能外圆磨床一般故障的分析和排除	209
第七章 数控机床的装配与修理	214
第一节 数控技术概述	214
一、基本概念	214
二、数控加工与传统加工的比较	214
三、数控机床的产生	215
四、数控机床的组成	215
五、数控机床的分类	219
六、数控机床的机械结构组成	223
第二节 主传动系统的装调与维修	224
一、对主传动系统的要求	224
二、主轴变速方式	224
三、数控机床的主轴准停装置	225
四、CK7815 型数控车床主轴部件的装配与调整	228
五、NT-J320A 型数控铣床主轴部件的装配与调整	230
六、THK6380 加工中心主轴部件的装配与调整	231
七、主传动链的检修	234
第三节 进给传动系统的装调与维修	236
一、数控机床对进给传动系统的要求	236
二、伺服电动机和丝杠的连接	237
三、消除间隙的齿轮传动结构	241
四、滚珠丝杠副的装配与调整	244
五、塑料导轨的装配	247
六、滚动导轨的装配与调整	251
七、十字滑板装配的精度检测与调整	255
八、进给传动装置的故障诊断	255
九、维修实例	256
第四节 自动换刀装置	257
一、刀架换刀装置	257
二、刀库	260
三、机械手	264
四、换刀过程	269
五、常见故障诊断与排除	272
六、故障排除实例	273

第八章 设备的检验与调试	274
第一节 几何精度检查	274
一、机床几何精度检查中常用工具和仪器的使用	274
二、精密测量设备	278
三、机床几何精度检查方法	282
四、卧式车床几何精度检查及超差处置	284
第二节 设备运行(动态)检查	292
一、设备空运转试验规程	292
二、设备负荷试验规程	294
三、设备工作试验规程	295
四、卧式车床工件精度	298
五、精密、大型、复杂设备工作精度检验的超差处理	300
第三节 特殊检验	304
一、设备振动的诊断	304
二、噪声测量	306
三、金属零件的无损检测	311
第九章 培训与管理	316
第一节 培训	316
一、操作指导	316
二、理论培训	317
第二节 生产管理	317
一、车间生产任务分配方法	317
二、生产作业控制	318
三、生产班组的技术管理	319
四、“5S”管理	319
第三节 质量管理与控制	321
一、质量管理	321
二、9000系列标准	324
三、质量的波动性	325
四、质量控制	326
理论试题	328
技能试题	354
技能试题(初级)	354
技能试题(中级)	355
技能试题(高级)	357
理论试题答案	359
附录 钳工技师(高级技师)论文写作与答辩要点	362
参考文献	364

第一节 钳工安全生产知识

本节为初级工内容

在现代化工业生产中，安全问题是一个头等重要的问题。从思想上重视安全生产，制定并遵守安全生产制度，在生产中严格遵守安全操作规程，对于避免和杜绝事故的发生具有十分重要的意义。

一、安全文明生产一般要求

- 1) 工作前按要求穿戴好防护用品。
- 2) 不准擅自使用不熟悉的机床、工具和量具。
- 3) 右手取用的工具放在右边，左手取用的工具放在左边，严禁乱堆乱放。
- 4) 清除切屑要用刷子，不要直接用手清除或用嘴吹。
- 5) 毛坯、半成品应按规定摆放整齐，并随时清除油污、异物等。
- 6) 使用电动工具时，要有绝缘防护和安全接地措施。
- 7) 设备修理前，在制定修理方案的同时应制定相应的安全措施。
- 8) 多人作业时，要统一指挥、密切配合、动作协调、注意安全。
- 9) 卸下来的零部件应尽量放在一起，并按规定存放，不要乱放。
- 10) 起吊和搬动重物时，应遵守起重工安全操作规程。
- 11) 高空作业必须戴安全帽，系安全带。不准上下投递工具和零件。心脏病、高血压患者禁止高空作业。

二、常用设备安全要求

1. 钳工工作台安全要求

- 1) 操作者在钳工工作台的一面工作，对面不允许有人。钳工工作台周围除操作者站的一面，其余三面必须设置密度适当的安全网。钳工台必须安装牢固，不允许被用作铁砧。
- 2) 钳工台上使用的照明电压不得超过 36V。
- 3) 钳工台上的杂物要及时清理，工具、量具和刃具分开摆放，以免混放损坏。
- 4) 摆放工具时，不能让工具伸出钳工台边缘，以免其被碰落而砸伤人脚。

2. 台虎钳使用的安全要求

- 1) 夹紧工件时要松紧适当，只能用手扳紧手柄，不得借助其他工具加力。
- 2) 强力作业时，应尽量使受力方向朝向固定钳身。
- 3) 不许在活动钳身和光滑平面上敲击作业。
- 4) 对丝杠、螺母等活动表面应经常清洗、润滑，以防生锈。
- 5) 钳工台装上台虎钳后，钳口高度应以恰好与人的手肘齐为宜。

3. 砂轮机使用的安全要求

- 1) 砂轮机启动后应运转平稳,若跳动明显应及时停机修理。
- 2) 砂轮机的旋转要正确,磨屑只能向下飞离砂轮。
- 3) 砂轮机托架和砂轮机之间距离应保持在 3mm 以内,以防工件扎入造成事故。
- 4) 操作者应站在砂轮机侧面,磨削时不能用力过大。

第二节 钳工一般知识

一、钳工主要任务

一、二为初级工内容

钳工是使用钳工工具或设备,按技术要求进行工件的划线与加工、机器的装配与调试、设备的安装与维修及工具的制造与修理等工作的工种,应用在以机械加工方法不方便或难以解决的场合。其特点是以手工操作为主、灵活性强、工作范围广、技术要求高,操作者的技能水平直接影响产品的质量。钳工的主要任务如下。

1. 零件加工

钳工可以完成一些采用机械方法不适宜或不能解决的加工任务,如零件加工过程中的划线、精密加工(如刮削、研磨、锉样板和制作模具),以及检验和修配等。

2. 工具的制造和修理

制造和修理各种工具、夹具、量具、模具及各种专用设备。

3. 机器的装配

把零件按装配技术要求进行装配,并经过调整、检验和试车等,使之成为合格的机械设备。

4. 设备的维修

当机械设备在使用过程中发生故障、出现损坏或长期使用后精度降低,影响使用时,可由钳工进行维护和修理。

二、钳工常用设备

钳工的工作场地就是钳工组(或工段)固定的工作地点。在工作场地常用的设备主要有钳台、台虎钳、砂轮机、台式钻床、立式钻床和摇臂钻床等。

1. 钳台

钳台是钳工专用的工作台,是用来安装台虎钳、放置工具和工件的。钳台多种多样,有

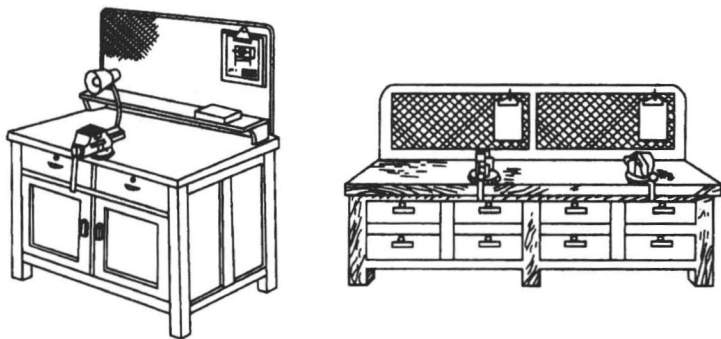


图 1-1 钳工工作台

木制的、钢结构的或在木制的台面上覆盖铁皮。其高度约为 800~900mm 为宜,其长度可随工作需要而定,如图 1-1 所示。

2. 台虎钳

台虎钳是用来夹持工件的。其规格用钳口的宽度来表示,常用的有 100mm、125mm 和 150mm 等。

台虎钳有固定式 [见图 1-2 (a)] 和回转式 [见图 1-2 (b)] 两种。两者的主要结构基本相同,由于回转式台虎钳整个钳身可以回转,能够满足工件各种不同方位的加工需要,使用方便,应用广泛。

3. 砂轮机

砂轮机主要用来刃磨钳工用的各种刀具或磨制其他工具。它由砂轮、电动机、砂轮机座、托架和防护罩等组成,如图 1-3 所示。

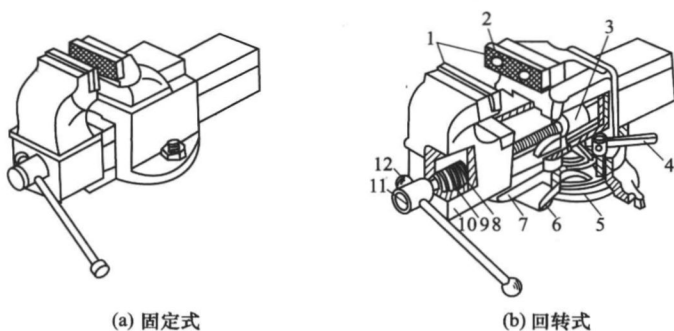


图 1-2 台虎钳

1—钳口; 2—螺钉; 3—螺母; 4,12—手柄; 5—夹紧盘; 6—转盘座;
7—固定钳身; 8—挡圈; 9—弹簧; 10—活动钳身; 11—丝杠

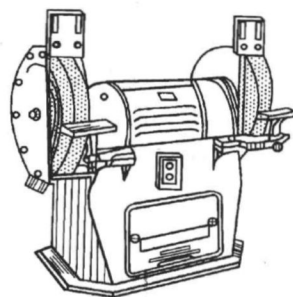


图 1-3 砂轮机

由于砂轮的质地较脆,转速较高,如使用不当,容易发生砂轮碎裂而造成人身事故,因此使用砂轮机时,要严格遵守安全操作规程。

三、钳工常用量具

1. 游标卡尺 1~7为初级工内容

游标卡尺是一种中等精度的量具,它能直接测量零件的外径、内径、长度、宽度、深度和中心距等。钳工常用的游标卡尺测量范围有 0~125mm、0~200mm、0~300mm 等几种。

(1) 游标卡尺的结构

游标卡尺可分为三用游标卡尺和双面量爪游标卡尺两种,其主要由尺身、游标、内量爪、外量爪、深度尺、锁紧螺钉等组成,如图 1-4 所示。

(2) 游标卡尺的刻线原理与读数方法

常用游标卡尺的测量精度按游标每格的读数值有 0.02mm (1/50) 和 0.05mm (1/20) 两种。

1) 刻线原理

① 0.02mm 游标卡尺的刻线原理:尺身每小格为 1mm,当两测量爪合并时,游标上的 50 格刚好与尺身上的 49mm 对正。尺身与游标每格之差为: $1 - 49/50 = 0.02$ (mm),此差值即为 1/50mm 游标卡尺的测量精度。

② 0.05mm 游标卡尺的刻线原理:尺身每小格为 1mm,当两测量爪合并时,游标上的 20

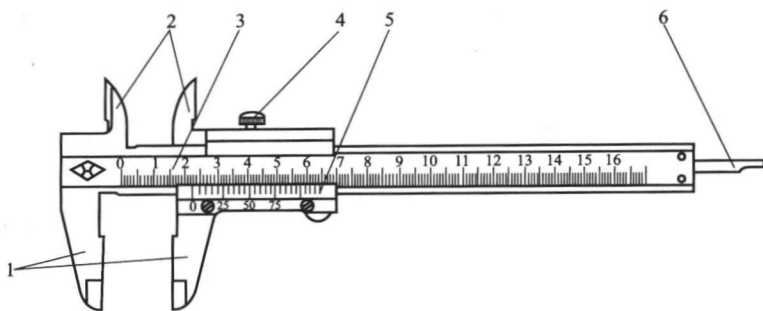


图 1-4 三用游标卡尺

1—外量爪；2—内量爪；3—尺身；4—锁紧螺钉；5—游标；6—深度尺

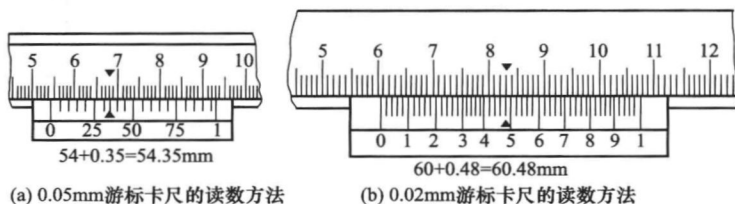
格刚好与尺身上的 19mm 对正。尺身与游标每格之差： $1 - 19/20 = 0.05$ (mm)，此差值即为 1/20mm 游标卡尺的测量精度。

2) 读数方法 用游标卡尺测量工件时，读数分三步骤。

第一步，读出尺身上的整数尺寸，即尺身左侧，尺身上的毫米整数值。

第二步，读出游标上的小数尺寸，即找出游标上哪一条刻线与尺身上刻线对齐，该游标刻线的次序数乘以该游标卡尺的读数值，即得到毫米内的小数值。

第三步，把尺身上和游标上的两个数值相加，如图 1-5 所示。



(a) 0.05mm 游标卡尺的读数方法

(b) 0.02mm 游标卡尺的读数方法

图 1-5 游标卡尺的读数方法

(3) 注意事项

1) 应按工件的尺寸及精度要求选用合适的游标卡尺。不能用游标卡尺测量铸锻件的毛坯尺寸，也不能用游标卡尺去测量精度要求过高的工件。

2) 使用前要检查游标卡尺量爪和测量刃口是否平直无损；两量爪贴合时无漏光现象，尺身和游标的零线是否对齐。

3) 测量外尺寸时，量爪应张开到略大于被测尺寸，以固定量爪贴住工件，用轻微压力把活动量爪推向工件，卡尺测量面的连线应垂直于被测量表面，不能偏斜，如图 1-6 所示。

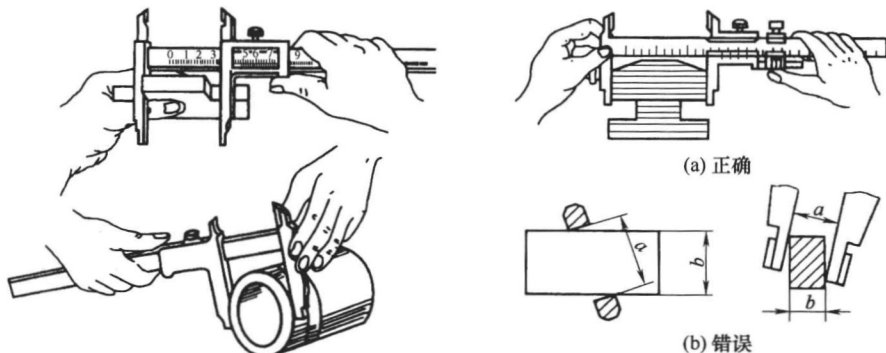


图 1-6 测量外尺寸的方法

4) 测量内尺寸时,量爪应张开到略小于被测尺寸。测量时两爪应在孔的直径上,不得倾斜,如图 1-7 所示。

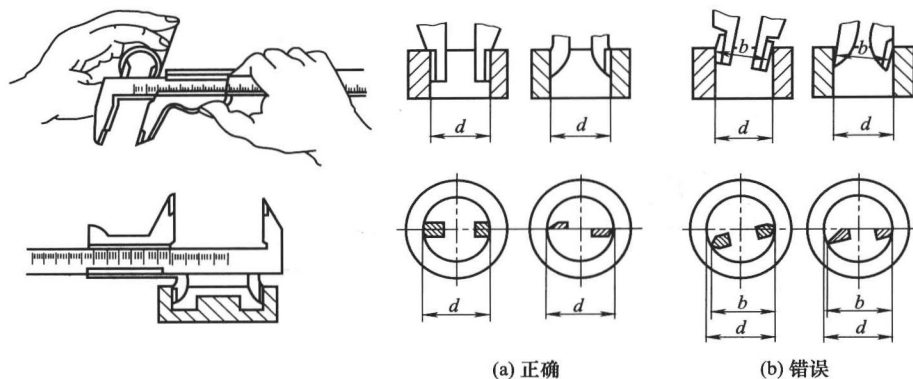


图 1-7 测量内尺寸的方法

5) 测量孔深或孔高时,应使深度尺的测量面紧贴孔底,游标卡尺的端面与被测件的表面接触,且深尺要垂直,不可前后左右倾斜,如图 1-8 所示。

6) 读数时,游标卡尺置于水平位置,视线垂直于刻线表面,避免视线歪斜造成读数误差。

(4) 其他游标卡尺

1) 深度游标卡尺 如图 1-9 (a) 所示,用来测量台阶的高度、孔深和槽深。

2) 高度游标卡尺 如图 1-9 (b) 所示,用来测量零件的高度和划线。

3) 齿厚游标卡尺 如图 1-9 (c) 所示,用来测量齿轮(或蜗杆)的弦齿厚或弦齿高。

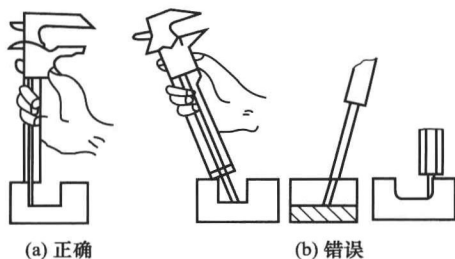


图 1-8 测量深度的方法

2. 千分尺

千分尺是一种精密量具。其测量精度比游标卡尺高,应用广泛。

千分尺按用途和结构可分为外径千分尺、内径千分尺和深度千分尺。当测量范围在 500mm 之内时,每 25mm 分为一种规格,如 0~25mm, 25~50mm 等;测量范围在 500~1000mm,则每 100mm 分为一种规格,如 500~600mm, 600~700mm 等。

(1) 千分尺的结构

图 1-10 所示为外径千分尺的结构形状,它由尺架、固定测砧、测微螺杆、固定套管、微分筒、测力装置和锁紧装置等组成。

(2) 千分尺的刻线原理与读数方法

固定套管上每相邻两刻线轴向每格长为 0.5mm。测微螺杆螺距为 0.5mm。当微分筒转一圈时,测微螺杆就移动 1 个螺距 0.5mm。微分筒圆锥面上共等分 50 格,微分筒每转 1 格,测微螺杆就移动 $0.5 \div 50 = 0.01\text{mm}$,所以千分尺的测量精度为 0.01mm。

千分尺的读数方法可分为三步。

第一步,读出微分筒边缘在固定套管上显示的尺寸。

第二步,微分筒上哪一格与固定套管上基准线对齐。

第三步,把两个数相加即得到实测尺寸,见图 1-11 所示。

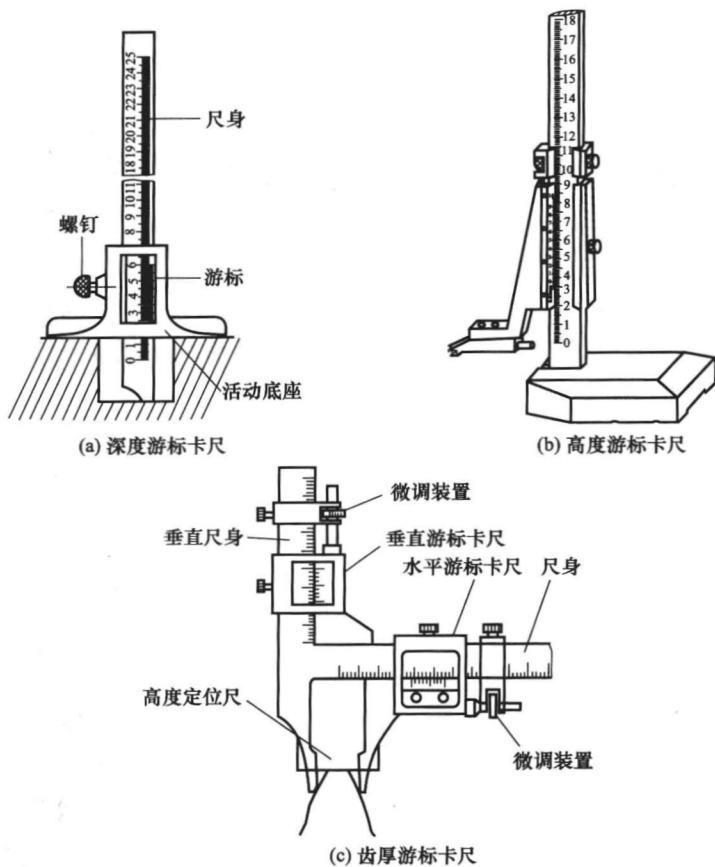


图 1-9 其他游标卡尺

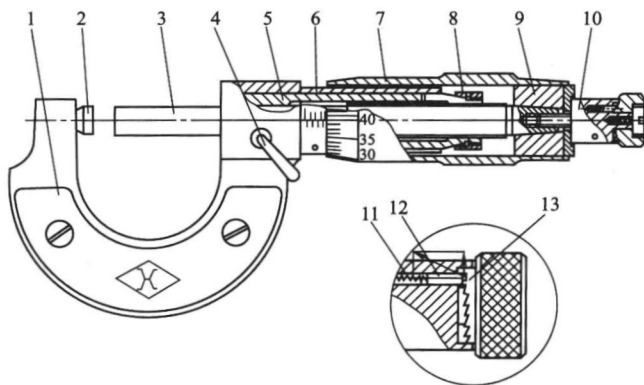


图 1-10 外径千分尺的结构

1—尺架；2—砧座；3—测微螺杆；4—锁紧手柄；5—螺纹套；6—固定套管；7—微分筒；8—螺母；9—接头；10—测力装置；11—弹簧；12—棘轮爪；13—棘轮

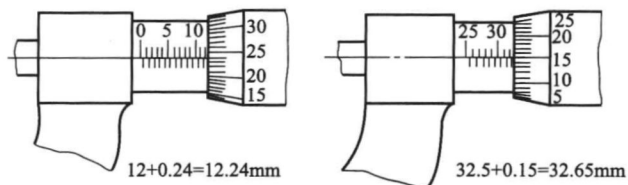


图 1-11 千分尺的读数方法

(3) 注意事项

- 1) 根据不同公差等级的工件, 正确合理地选用千分尺。
- 2) 千分尺的测量面应保持干净, 使用前应校对零位。
- 3) 测量时, 先转动微分筒, 当测量面接近工件时, 改用棘轮, 直到棘轮发出“咔、咔”声为止。
- 4) 测量时, 千分尺要放正, 并注意温度影响。
- 5) 不能用千分尺测量毛坯或转动的工件。
- 6) 为防止尺寸变动, 可转动锁紧装置, 锁紧测微螺杆。

(4) 其他千分尺

- 1) 内径千分尺 如图 1-12 (a) 所示, 用来测量内径及槽宽等尺寸。其刻线方向与千分尺的刻线相反。
- 2) 深度千分尺 如图 1-12 (b) 所示, 用来测量孔深、槽深等。
- 3) 螺纹千分尺 如图 1-12 (c) 所示, 用来测量螺纹中径尺寸。

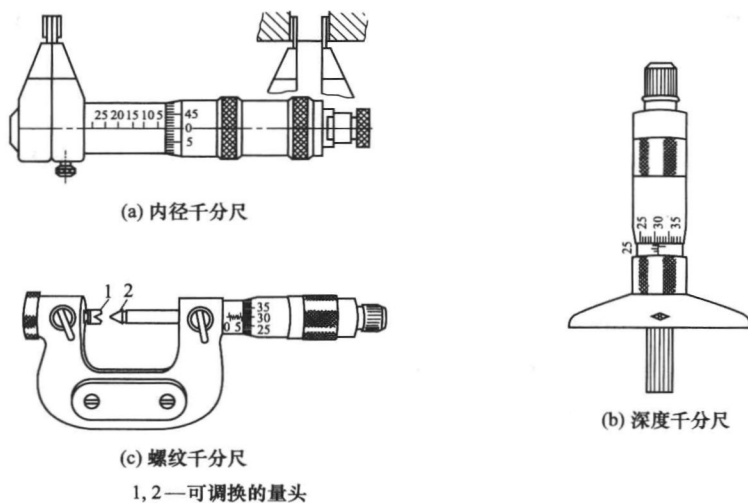


图 1-12 其他千分尺

3. 万能角度尺

万能角度尺是用来测量工件内、外角度的量具。其测量精度有 $2'$ 和 $5'$ 两种, 测量范围为 $0^\circ \sim 320^\circ$ 。

(1) 万能角度尺的结构

万能角度尺的结构如图 1-13 所示, 它由尺身、扇形板、基尺、游标、直角尺、直尺和卡块等部分组成。

(2) 万能角度尺的刻线原理

精度为 $2'$ 的万能角度尺的刻线原理是: 尺身刻线每格是 1° , 游标刻线是将尺身上 29° 所占的弧长等分 30 格, 每格所对应的角度为 $(29/30)^\circ$, 因此游标 1 格与尺身 1 格之差: $1^\circ - (29/30)^\circ = (1/30)^\circ = 2'$, 即万能角度尺的测量精度为 $2'$ 。

(3) 万能角度尺的读数方法

先读出游标尺零线刻度前面的整数, 再看游标尺第几条刻线和尺身刻线对齐, 读出角度“'”的数值, 最后两者相加就是测量角度的数值。

万能角度尺测量不同范围角度的方法如图 1-14 所示。

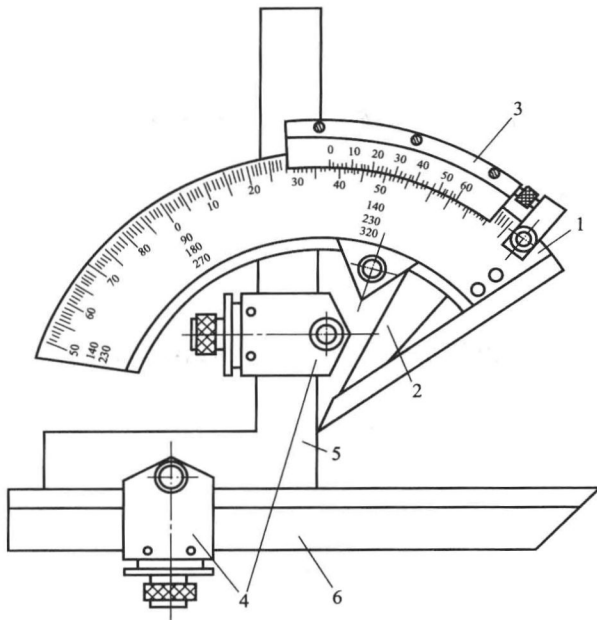


图 1-13 万能角度尺

1—尺身；2—基尺；3—游标；
4—卡块；5—直角尺；6—直尺

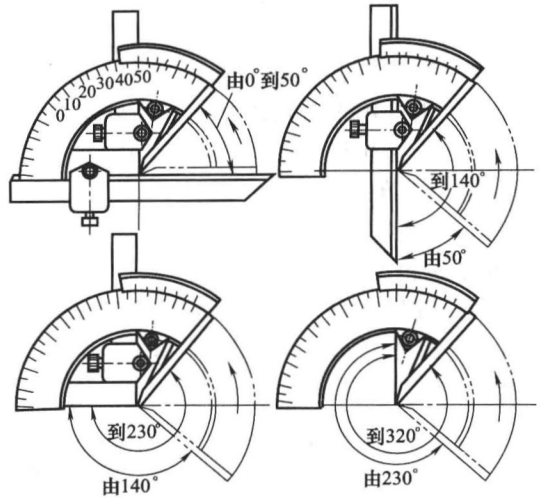


图 1-14 万能角度尺

测量方法示意

(4) 注意事项

- 1) 根据测量工件的不同角度正确选用直尺和直角尺。
- 2) 使用前要检查尺身和游标的零线是否对齐，基尺和直尺是否漏光。
- 3) 测量时，工件应与角度尺的两个测量面在全长上接触良好，避免误差。

4. 百分表

百分表是一种指示量仪，主要用来测量工件的尺寸、形状和位置误差，也可用于检验机床的几何精度或调整工件的装夹位置偏差。

(1) 百分表的结构

百分表的结构如图 1-15 所示，主要有触头、量杆、大小齿轮、指针、表盘和表圈等组成。

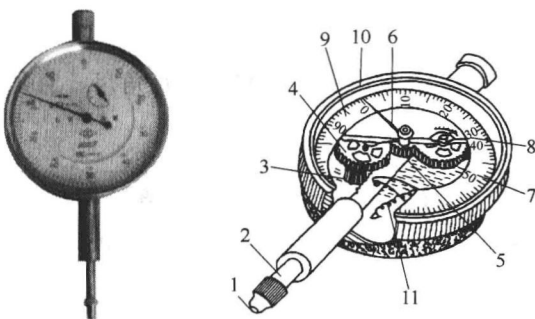


图 1-15 百分表的结构

1—触头；2—量杆；3,5—小齿轮；4,7—大齿轮；
6—长指针；8—短指针；9—表盘；10—表圈；11—拉簧

(2) 百分表的刻线原理及读数方法

百分表的齿杆的齿距是 0.625mm。当齿杆上升 16 齿时，上升的距离为 $0.625\text{mm} \times 16 = 10\text{mm}$ ，此时和齿杆啮合的 16 齿的小齿轮正好转动 1 周，而和该小齿轮同轴的大齿轮（100 个齿）也必然转 1 周。中间小齿轮（10 个齿）在大齿轮带动下将转 10 周，与中间小齿轮同轴的长针也转 10 周。由此可知，当齿杆上升 1mm 时，长针转 1 周。表盘上共等分 100 格，所以长针每转 1 格，齿杆移动 0.01mm。故百分表的测量精度为 0.01mm。