



专用于国家职业技能鉴定

国家职业资格培训教程

工具钳工

(初级技能 中级技能 高级技能)

劳动和社会保障部组织编写
中国就业培训技术指导中心

GONGJU QIANGONG

 中国劳动社会保障出版社

专用于国家职业技能鉴定

国家职业资格培训教程

工 具 钳 工

(初级技能 中级技能 高级技能)

劳 动 和 社 会 保 障 部 组 织 编 写
中国就业培训技术指导中心

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

工具钳工：初级技能 中级技能 高级技能/劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心组织编写. —北京：中国劳动社会保障出版社，2004

国家职业资格培训教程

ISBN 7-5045-4348-9

I. 工… II. 劳… III. 钳工—技术培训—教材 IV. TG9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 015284 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码：100029)

出版人：张梦欣

*

北京市艺辉印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.25 印张 329 千字

2004 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月第 2 次印刷

印数：2000 册

定价：23.00 元

读者服务部电话：010-64929211

发行部电话：010-64911190

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010-64911344

前 言

为推动工具钳工职业培训和职业技能鉴定工作的开展，在工具钳工从业人员中推行国家职业资格证书制度，劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心在完成《国家职业标准——工具钳工》（以下简称《标准》）制定工作的基础上，组织参加《标准》编写和审定的专家及其他有关专家，编写了《国家职业资格培训教程——工具钳工》（以下简称《教程》）。

《教程》紧贴《标准》，内容上，力求体现“以职业活动为导向，以职业技能为核心”的指导思想，突出职业培训特色；结构上，针对工具钳工职业活动的领域，按照模块化的方式，分初级、中级、高级、技师、高级技师5个级别进行编写。《教程》的基础知识部分内容涵盖《标准》的“基本要求”；技能部分的章对应于《标准》的“职业功能”，节对应于《标准》的“工作内容”，节中阐述的内容对应于《标准》的“技能要求”和“相关知识”。

《国家职业资格培训教程——工具钳工（初级技能 中级技能 高级技能）》适用于对初级、中级、高级工具钳工的培训，是职业技能鉴定的指定辅导用书。

本书由杨棣、江谷明、唐毓明、陈国兴、张鹰海、宋新华、陶瑜芳、庾丽娜编写，杨棣副主编，程迎潮主编；韩纯武、唐善洲、袁学柄、唐梦明审稿，韩纯武主审。

由于时间仓促，不足之处在所难免，欢迎读者提出宝贵意见和建议。

劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心

目 录

第一部分 初级工具钳工工作技能

第一章 作业前准备	(1)
第一节 作业环境准备和安全检查	(1)
第二节 技术准备	(5)
第三节 物质准备	(28)
第二章 作业项目实施	(42)
第一节 零件的划线、加工、精整、测量	(42)
第二节 工艺装备的组装	(61)
第三章 作业后验证	(69)
第一节 工艺装备验证(鉴定)的要求	(69)
第二节 工艺装备验证(鉴定)的步骤	(70)

第二部分 中级工具钳工工作技能

第四章 作业前准备	(72)
第一节 作业环境准备和安全检查	(72)
第二节 技术准备	(78)
第三节 物质准备	(86)
第五章 作业项目实施	(96)
第一节 零件的划线、加工、精整、测量	(96)
第二节 工艺装备的组装	(105)
第三节 工艺装备的检验	(112)
第六章 作业后验证	(116)
第一节 工艺装备的验证	(116)
第二节 一般工艺装备的故障分析及排除	(120)

第三部分 高级工具钳工工作技能

第七章 作业前准备	(127)
第一节 作业环境准备和安全检查.....	(127)
第二节 技术准备.....	(133)
第三节 物质准备.....	(148)
第八章 作业项目实施	(157)
第一节 零件的划线、加工、精整、测量.....	(157)
第二节 工艺装备的组装.....	(166)
第九章 作业后验证	(181)
第一节 工艺装备的验证.....	(181)
第二节 特殊作业.....	(183)
第三节 模具失效的形式及提高制造质量的措施.....	(199)

第一部分 初级工具钳工工作技能

第一章 作业前准备

第一节 作业环境准备和安全检查

一、安全操作规程

安全操作规程是长期生产实践中的经验和教训的总结，是加强劳动保护、提高安全系统管理、搞好安全生产的重要措施，是每个工具钳工在生产活动中必须遵循的安全准则。安全操作规程对保护职工的安全、健康，促进生产的发展起着指导作用。

1. 工具钳工安全操作规程

安全操作是确保企业职工人身安全，减少国家经济损失，有利于生产顺利进行的行为准则。为此，工具钳工在生产过程中应做到以下几点：

- (1) 认真检查工具是否完好，锉刀、刮刀、锤子要有牢固的手柄，样冲、錾子等工具的打击面不准淬火、不准有裂纹，严禁使用高速钢錾子，并检查工作位置是否妥当。
- (2) 工作前应检查零件堆放是否稳固、整齐、安全、可靠。
- (3) 不能用手拉或嘴吹来清除铁屑，必须用刷子或专用工具清理。
- (4) 对大型、畸形的工件支撑或装夹，应注意零件放置基面和支撑点的位置，严禁手臂伸到工件下面。
- (5) 使用电动工具前，检查电源插头必须完好，要有可靠的接地、接零措施；要戴好绝缘手套。调换钻头、砂轮时必须切断电源。若有故障，应停止使用。
- (6) 禁止在被吊起的工件下面进行任何操作。
- (7) 手持照明灯的电压不得超过 36 V。
- (8) 使用油类清洗剂清洗零件时禁止烟火，严禁使用汽油清洗零件。
- (9) 搬运工件要防止碰伤、拉毛已加工表面，尽可能利用工位器具，并注意人身安全。
- (10) 要把易滚、易翻的工件钳牢、塞紧；钳台桌上的零件或工具不要伸出桌面，以免零件或工具伤人；特别是尖锐锋利的工件要注意摆放位置。
- (11) 工作结束应检查工件及零件是否安全，严防工具遗落在设备或产品中，以免发生事故。

2. 钻床安全操作规程

(1) 钻孔时, 要用压板压紧或用台钳夹牢, 禁止用手拿着工件钻孔。

(2) 钻床开动后, 禁止隔着转动的钻头去拿工具和工件, 不得用手触摸钻头和揩擦转动部分, 不得测量工件尺寸。

(3) 加工高大工件时, 需要放好脚踏板, 并认真检查脚踏板是否腐烂, 要注意防滑摔倒。

(4) 沉重工件放在钻床上时, 要放置平稳, 防止坠落。

(5) 钻头上严禁缠绕长铁屑, 应经常停车用刷子或钩子清除。

(6) 使用摇臂钻时, 横臂回转范围内不准有障碍物。工作前横臂必须卡紧。

(7) 横臂上不准有浮放物体, 防止落下伤人。

(8) 变更主轴转速或自动进给时, 必须在停车后进行调整。

(9) 精铰深孔时, 拔取圆器和销棒不可用力过猛, 以免手撞在刀具上。

(10) 机床开动后, 严禁戴手套操作。

3. 砂轮机安全操作规程

砂轮机可供工具钳工用来磨削各种刀具和工具, 如铰子、钻头、刮刀等。它由砂轮、电动机、砂轮机座、托架和防护罩等组成, 如图 1—1 所示。

(1) 启动砂轮机前要认真查看砂轮机与防护罩之间有无杂物, 检查安全托板装置是否固定可靠, 检查砂轮表面有无裂缝。

(2) 砂轮机的防护罩、玻璃护挡板和吸尘器接地(零)应完备、完好。罩与砂轮机之间的间隔应匹配得当。

(3) 启动电源, 要空转 2~3 min, 砂轮运转正常没有其他故障方可使用。

(4) 对砂轮机性能不熟悉的人, 不准使用砂轮机。

(5) 砂轮机维修不良发生故障, 或者砂轮轴晃动, 没有托刀架, 安装不符合要求时, 不准开动。

(6) 托架与砂轮机工作面的距离不能大于 3 mm。

(7) 对于细小的、过大的和不好拿的工件, 不准在砂轮上磨削。严禁在砂轮机上磨削软金属和非金属物。

(8) 砂轮不准沾油、沾水, 要经常保持干燥, 以防潮湿后失去平衡。

(9) 在同一块砂轮上, 禁止两人同时使用, 更不能在砂轮的侧面磨削。操作时, 人不要站在砂轮机正面, 应稍侧一些。磨削工件或刀具时, 不能用力过猛, 不准撞击砂轮, 以防砂轮崩裂发生事故。

(10) 操作者须戴防护眼镜才能进行工作。听到异常声音要立即切断电源。

(11) 砂轮机用毕后, 应立即切断电源。

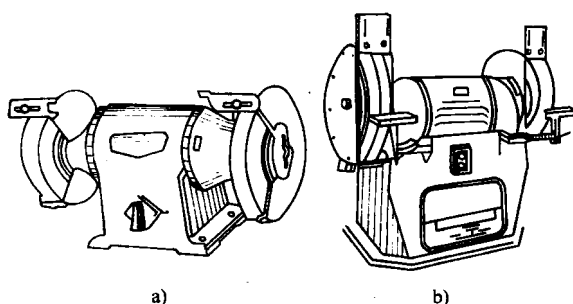


图 1—1 砂轮机

二、工具钳工常用工具的安全使用

1. 台虎钳和钳台桌的安全使用 (见图 1—2、图 1—3)

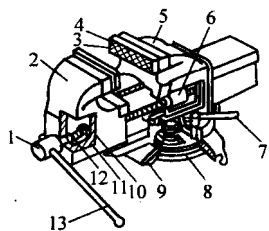


图 1—2 回转式台虎钳

- 1—丝杠 2—活动钳身 3—螺钉 4—钳口
5—固定钳身 6—螺母 7、13—手柄 8—夹紧盘
9—转座 10—销 11—挡圈 12—弹簧

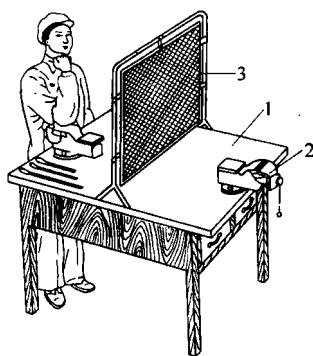


图 1—3 钳台桌

- 1—钳台桌 2—台虎钳 3—防护网

台虎钳是用来夹持工件进行手工操作的通用夹具，钳台桌用来安装台虎钳，放置工具、量具和工件等。台虎钳和钳台桌在使用时应注意以下几点：

(1) 台虎钳在钳台桌上安装时，必须使固定钳身的钳口工作面处于钳台桌边缘之外，以便在夹持长工件时，不使工件的下端受到钳台桌的阻碍。

(2) 台虎钳必须牢固地固定在钳台桌上，工作时，两个夹紧螺钉必须扳紧，保证钳身没有松动现象，以免造成台虎钳损坏或影响加工质量。

(3) 夹紧工件时，要依靠手的力量来扳动手柄，不能用锤子敲击手柄或用套管、加长管来扳手柄，以免丝杠、螺母或钳身因受力过大而损坏。

(4) 在进行强力作业时，应尽量使力量朝向固定钳身，否则丝杠和螺母会受到较大的力，导致螺纹损坏。

(5) 不要在活动钳身的光滑平面上进行敲击作业，以免降低它与固定钳身的配合性能。

(6) 台虎钳用毕后，应清除钳身上的铁屑，丝杠、螺母和其他活动表面应擦干净，加润滑油，防止生锈。

(7) 毛坯工件、精密零件和工具、量具应按规定整齐地摆放好，不能混放在钳台桌上，以免碰伤量具或工件，影响加工精度。

(8) 暂时不用的工具和量具，应整齐地放在钳台桌的抽屉内或柜内的工具箱中。不要随意放在钳台桌上或使其伸到桌外，防止造成事故。

2. 方箱的安全使用

方箱是用铸铁铸造并经过精密加工的六面空心方体，上面有 V 形槽和夹紧装置，如图 1—4 所示。

(1) 方箱应平稳地放在划线平台上，离划线平台边缘要有一定距离，以免跌下伤人，损坏方箱。

(2) 工件划线时，只允许依靠手的力量扳紧紧固手柄，保证划线工件没有松动现象，不能用锤子敲击紧固手柄，以免横梁、支柱因受力过大而损坏。

(3) 夹持工件划线时，要注意工件的重心位置，以免造成不平衡，影响划线正确性。

(4) 方箱适用于较小或适中直径的光滑圆柱体工件的划线。

(5) 划线工具严禁放在方箱空心位置里, 以免损坏划线工具。

(6) 禁止用方箱作为敲击工具, 以免损坏方箱表面和 V 形槽。

(7) 保持方箱及夹具装置的清洁, 以延长使用寿命。

3. 分度头的安全使用

(1) 分度头 (见图 1—5) 在使用和搬运过程中, 严禁敲打、冲击。应保持分度头的清洁。

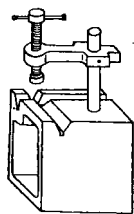


图 1—4 方箱

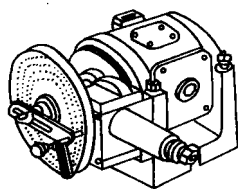


图 1—5 分度头

(2) 分度头各滑动和转动部分要定期注入润滑油。

(3) 分度头的主轴紧固手柄, 在分度时应松开, 分度后应紧固, 防止主轴松动。

(4) 由于分度头内部蜗轮副转动有一定间隙, 为保证分度精度, 若手柄摇过了头, 应退回原来位置后再转到需要的位置。

(5) 分度板是分度计数的依据, 应尽可能选用孔数较多的孔圈作为分度倍数, 以提高分度精确度。

(6) 分度叉能使分度准确而迅速, 它是分度板上的附件, 不能随意拆卸, 以免影响分度头的使用。

4. 常用手持电动工具的安全操作规程

(1) 手电钻

手电钻 (见图 1—6) 是一种手提式电动工具。在大型零部件装配时, 由于受工件形状及加工部位的限制而不能用钻床钻孔时, 则使用手电钻。使用手电钻要注意以下几点:

1) 手电钻必须有良好的接地, 开关无失灵、缺损、破裂现象, 插头无破损, 规格与工具相匹配。

2) 使用手电钻应对隔离变压器或漏电保护器采取接地 (接零) 措施。

3) 手电钻应定期测定绝缘电阻。

4) 应经常检查手电钻电源线, 防止损坏漏电, 如有破损应及时修复。

5) 操作时, 左手扶住手电钻, 控制钻孔位置, 右手握住开关手柄相互配合, 并与钻孔轴心线一致, 钻孔时右手加轴向力, 在钻削过程中扶正握紧, 不要让手电钻晃动或歪斜。

6) 手电钻使用前, 需空转 1 min, 检查运转是否正常。刚进给时不宜用力过猛, 待钻尖全部进入工件后, 再加大压力。当即将钻穿时, 应相应减轻压力, 以防发生事故。

7) 搬拿手电钻应握其手柄, 不能用拖拉软线的方法搬拿手电钻, 以防软线损伤造成事故。

(2) 电动曲线锯

电动曲线锯是用来锯削各种不同厚度的薄板料。它具有体积小、质量轻、携带方便、操作灵活等特点。适用于各种复杂形状的大型样板的落料加工, 如图 1—7 所示。

在使用电动曲线锯时需根据不同的材料选用不同粗细的锯条。使用前应先空转 2~3 min, 检查运转是否正常。在使用过程中发现异常声响或温升过高时, 应立即停机检查。

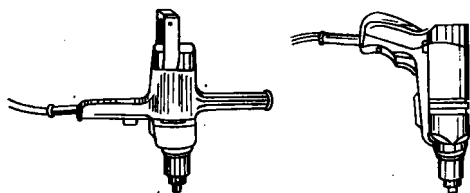


图 1—6 手电钻

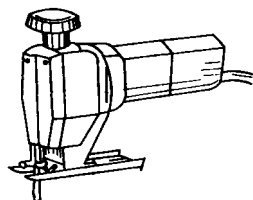


图 1—7 电动曲线锯

锯削时向前推力不宜过猛，转角半径不宜过小，若卡住时，则应立即切断电源，退出后再接通电源进行锯削。

使用任何电动工具前必须注意防止工具漏电，特别是使用非双重结构绝缘的电动工具时，必须戴橡胶手套，穿绝缘胶鞋或站在绝缘板上。

三、常用劳动保护用品的作用和正确使用

1. 防护镜、防护手套、防护面罩、防尘口罩

(1) 防护镜

防护镜分平光防护镜和遮光防护镜两种。平光防护镜的作用是防止高速切削的物体飞溅眼部。机械加工、喷砂等须戴平光防护镜。遮光防护镜的作用是防止紫外线对眼睛的损害。

(2) 防护手套

机械行业中常用的防护手套有三种。

- 1) 纱手套 搬运毛坯及已加工的工件、清理铁屑等须戴纱手套。
- 2) 帆布手套 隔离热源、冷作、送料、清砂、清送炉料等工作须戴帆布手套。
- 3) 绝缘手套 使用非安全电压的电钻等电动工具，须戴绝缘手套。

(3) 防护面罩

防护面罩的作用是避免弧光刺眼，电焊前应检查防护面罩是否漏光。

(4) 防尘口罩

防尘口罩一般用白纱布做成，可防止灰尘进入鼻腔、口腔而引起矽肺病。

2. 工作服、劳动保护鞋

“安全生产，人人有责”，生产工人必须穿好工作服和劳动保护鞋。从事焊接、冷作、锻压、热处理、冶炼、铸造、电镀、抛光等工作的生产工人需穿好帆布工作服和工作鞋。

第二节 技术准备

一、工艺装备概述及分类

工艺装备是指零件在加工过程中所用的刀具、夹具、量具和各种辅具，它们是用来装夹、切削、检验零件的，用以保证零件顺利加工。

1. 常用工具分类

(1) 按加工方法分类。

1) 车刀 车刀是金属切削加工中应用最多的一种刀具。根据车削加工方式的不同,有直头外圆车刀、45°弯头外圆车刀、90°弯头外圆车刀、车孔车刀、车槽刀等。

车刀在结构上可分为整体车刀、焊接车刀和机械夹固式车刀。图 1—8 所示为机夹不重磨可转位车刀,当刀片每个边上的切削刃用钝后,换上新刀片即可,使用时不必重磨。

2) 铣刀 铣刀是机械加工中使用广泛的一种多刃刀具。铣刀按其用途可分为加工平面用的圆柱铣刀(见图 1—9),端铣刀(见图 1—10),加工沟槽用的立铣刀、T 形铣刀、圆盘铣刀(见图 1—11a、b、c),加工成形面用的成形铣刀(见图 1—11d),以及加工复杂表面的球形铣刀(见图 1—11e)等。其中端铣刀和三面刃圆盘铣刀常采用硬质合金镶齿刀片,其余多为高速钢整体刀具。

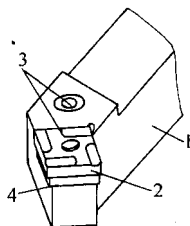


图 1—8 机夹不重磨可转位车刀

1—刀杆 2—刀片 3—紧固件 4—刀垫

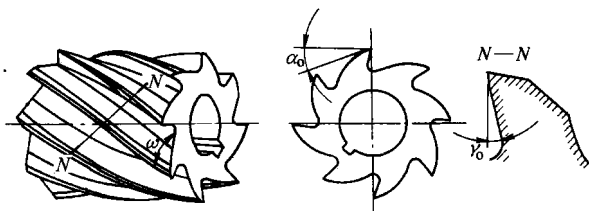


图 1—9 圆柱铣刀

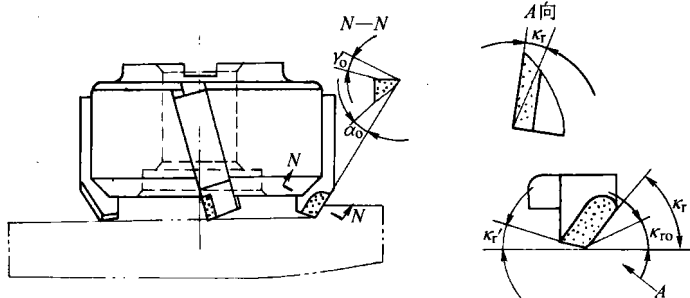


图 1—10 镶齿端铣刀

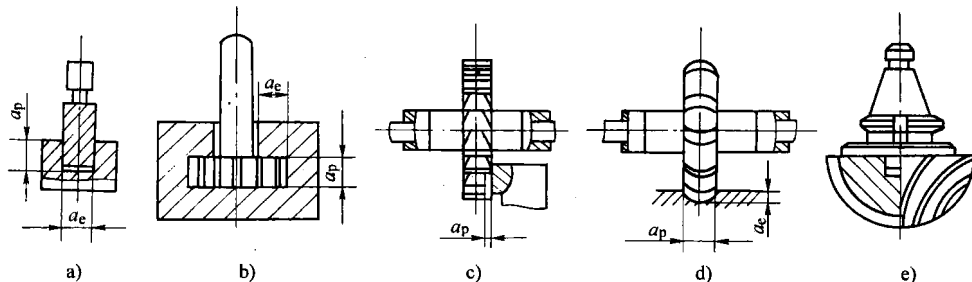


图 1—11 多种铣刀

a) 立铣刀 b) T 形铣刀 c) 圆盘铣刀 d) 成形铣刀 e) 球形铣刀

3) 钻头 用于孔加工的刀具一般可分为两大类:一类是从实体材料上加工出孔的刀具,常用的有麻花钻(见图 1—12)、中心钻和深孔钻等;另一类是对工件上已有孔进行再加工的刀具,常用的有扩孔钻(见图 1—13)、铰刀(见图 1—14)及镗刀等。

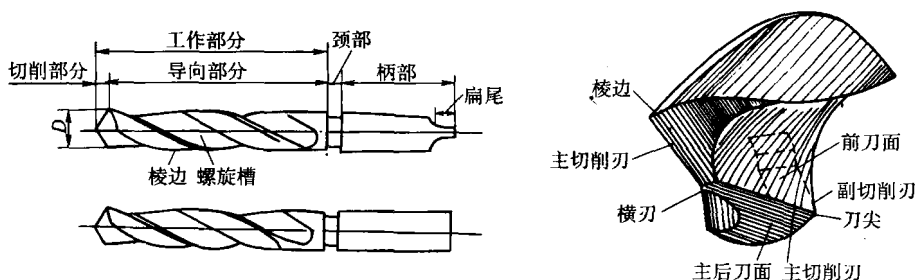


图 1—12 麻花钻及麻花钻的组成

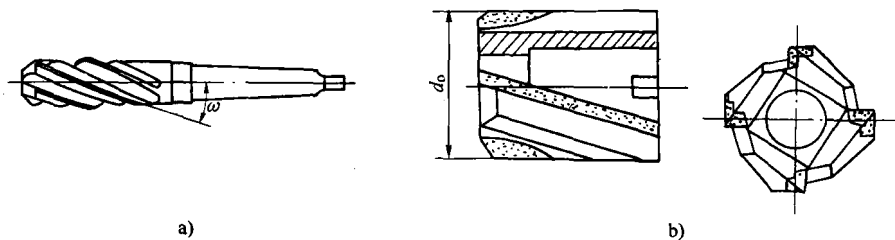


图 1—13 扩孔钻

a) 高速钢整体式 b) 硬质合金镶齿式

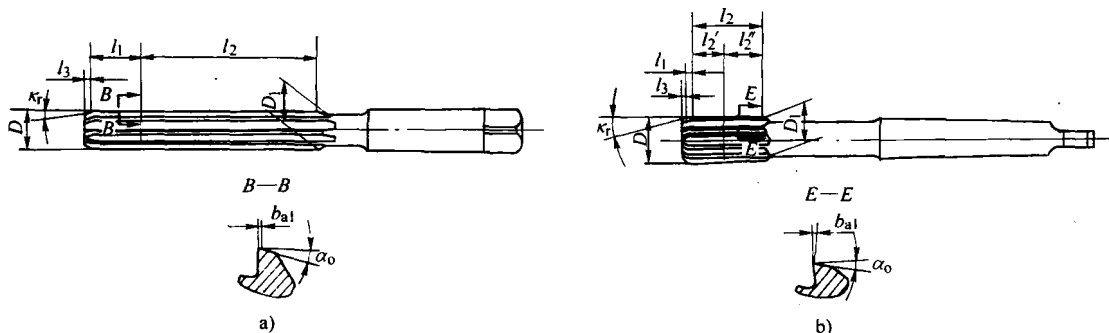


图 1—14 铰刀

a) 手工铰刀 b) 机用铰刀

(2) 按切削刃分类。

1) 单刃刀具 图 1—15 所示为单刃车孔刀具，镗刀是用来在镗床上加工箱体类零件上的孔的刀具。镗刀的结构与直头外圆车刀类似，但其尺寸小，使用时将其装夹在镗刀杆上。

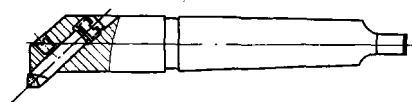


图 1—15 单刃车孔刀具

2) 多刃刀具 拉刀是由许多切削刃从前向后顺序排列而成，后一刀齿比前一刀齿高，相邻两齿的尺寸差称为齿升量，相邻两齿间的空间为容屑槽，图 1—16 所示为圆孔拉刀。拉刀切削时只有一个沿长度方向向前的主运动，各个刀齿依次从工件表面切除金属。拉刀的结构复杂，制造成本高。

3) 成形刀具 齿轮刀具按加工原理分为成形法齿轮刀具和展成法齿轮刀具。这两种刀具加工精度较高，需在专门机床上进行加工。

(3) 按刀具材料分类可分为高速钢刀具、硬质合金刀具、陶瓷刀具。

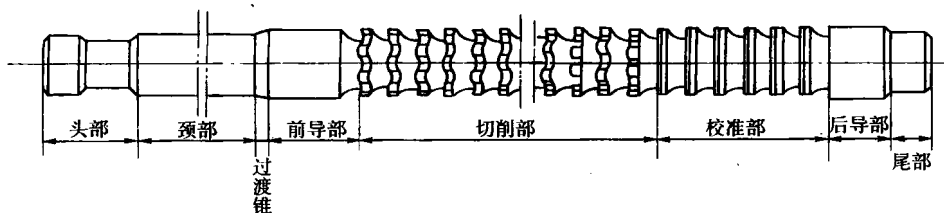


图 1—16 圆孔拉刀

(4) 按结构分类可分为整体刀具、镶片刀具、复合刀具。

(5) 按标准划分可分为标准刀具和非标准刀具。

2. 常用量具、量仪的分类

量具、量仪是用来检测工件尺寸和形状是否符合图样技术要求的测量工具。

(1) 按量具结构分类

1) 固定刻线量具 钢直尺、钢卷尺。

2) 游标量具 游标量具是利用游标读数原理测量长度的通用量具。常用的有：游标卡尺（见表 1—1）、游标深度尺（见表 1—2）、游标高度尺（见表 1—3）、游标万能角度尺（见表 1—4）、带表卡尺（见表 1—5）。

表 1—1

游标卡尺的种类及测量范围

mm

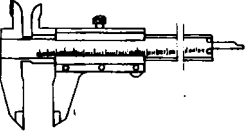
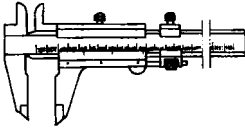
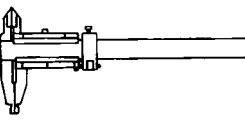
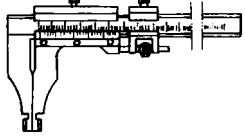
序号	型式	测量范围	游标读数值
1		0~125 0~150	0.02、0.05、0.10
2		0~200 0~300	0.02、0.05、0.10
3		0~200 0~300	0.02、0.05、0.10
4		0~500 0~1 000	0.02、0.05、0.10

表 1—2

游标深度尺

mm

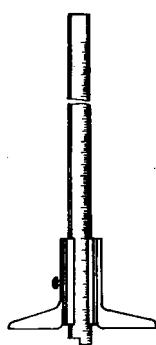
	测量范围	游标读数值	
	0~200	0.02	0.05
	0~300		
	0~500		
	测量长度	游标深度示值误差	
	0~150	± 0.02	± 0.05
	>150~200	± 0.03	± 0.05
	>200~300	± 0.04	± 0.08
	>300~500	± 0.05	± 0.08

表 1—3

游标高度尺

mm

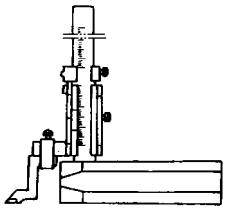
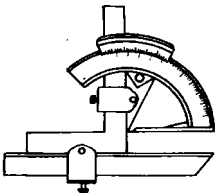
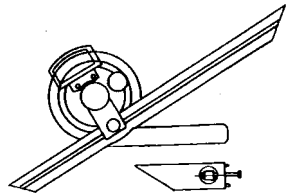
	测量范围	游标读数值
	0~200	0.02、0.05
	0~300	
	0~500	
	0~1 000	

表 1—4

游标万能角度尺



I 型游标万能角度尺



II 型游标万能角度尺

型式	游标读数值	测量范围	直尺测量面	附加直尺测量面	其他测量面
			公称长度·(mm)		
I	2′、5′	0~320°	≥150	—	≥50
II	5′	0~360°	200、300	不规范	≥50

游标万能角度尺的示值误差

游标读数值	示值误差	游标读数值	示值误差
2′	± 2′	5′	± 5′

表 1—5

带 表 卡 尺

mm

I 型带表卡尺			II 型带表卡尺		
测量范围	指示表分度值	指示表示值范围	测量长度	指示表分度值	
				0.01、0.02	0.05
0~150	0.01	1		示值误差	
0~200	0.02	1	0~150	±0.02	±0.05
		2	150~200	±0.03	±0.05
0~300	0.05	5	200~300	±0.04	±0.08
			测量深度为 20 mm 时	±0.02	±0.05

3) 测微量具 测微量具是利用精密螺旋副原理测量长度的通用量具。工具钳工常用的测微量具有：外径千分尺（见表 1—6）、内径千分尺（见表 1—7）、杠杆千分尺（见表 1—8）、内测千分尺（见表 1—9）、深度千分尺（见表 1—10）、壁厚千分尺（见表 1—11）、V 形测砧千分尺（见表 1—12）。

表 1—6

外 径 千 分 尺

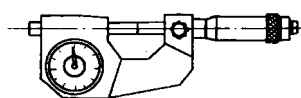
测量范围 (mm)	示值误差 (μm)	测量范围 (mm)	示值误差 (μm)
0~25、25~50	4	400~425、425~450	13
50~75、75~100	5	450~475、475~500	13
100~125、125~150	6	500~600	15
150~175、175~200	7	600~700	16
200~225、225~250	8	700~800	18
250~275、275~300	9	800~900	20
300~325、325~350	11	900~1 000	22
350~375、375~400	11		

表 1—7

内 径 千 分 尺

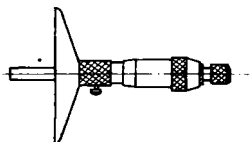
测量范围 (mm)	示值误差 (μm)	测量范围 (mm)	示值误差 (μm)
50~125	± 6	325~500	± 12
125~200	± 8	500~800	± 16
200~325	± 10	800~1 250	± 22

表 1—8 杠杆千分尺 mm



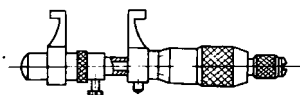
测量范围	分度值	示值范围
0~25、25~50	0.001	±0.03
50~75、75~100	0.002	±0.06

表 1—10 深度千分尺 mm



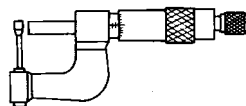
测量深度	示值误差
0~25	0.004
25~100	0.005
100~150	0.005

表 1—9 内测千分尺



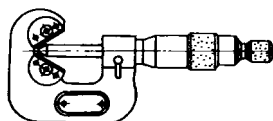
测量范围(mm)	示值误差(μm)	测量范围(mm)	示值误差(μm)
5~30	7	75~100	10
25~50	8	100~125	11
50~75	9	125~150	12

表 1—11 壁厚千分尺



测量深度 (mm)	示值误差 (μm)
0~25	4
0~50	未列入 GB 6312—1986
0~75	未列入 GB 6312—1986

表 1—12 V 形测砧千分尺 mm



测量范围	1~15	1~20	5~20	20~35	35~50	50~65	65~80
分度值	0.01						

4) 表类量具 表类量具种类很多,常用的有百分表,主要用于机械零件形状和位置偏差的绝对测量和比较测量(见表 1—13);杠杆百分表,用于测量百分表难以接近的表面,如凹槽、小孔等,可通过换向器改变测力方向(见表 1—14);内径百分表,主要用于测量孔的直径和平面间的距离(见表 1—15);胀簧式内径百分表(见表 1—16);千分表(见表 1—17);杠杆千分表(见表 1—18)。

5) 光学量具 光学测齿卡尺。

(2) 按测量对象分类

1) 测长度量具 千分尺、游标卡尺、百分表。

2) 测角度量具 水平仪、万能角度尺。

3) 测表面粗糙度量具 表面粗糙度比较样板。

4) 测螺纹量具 螺纹量规、螺纹千分尺。

5) 测齿量具 公法线千分尺、齿厚游标卡尺。

(3) 按量具用途分类