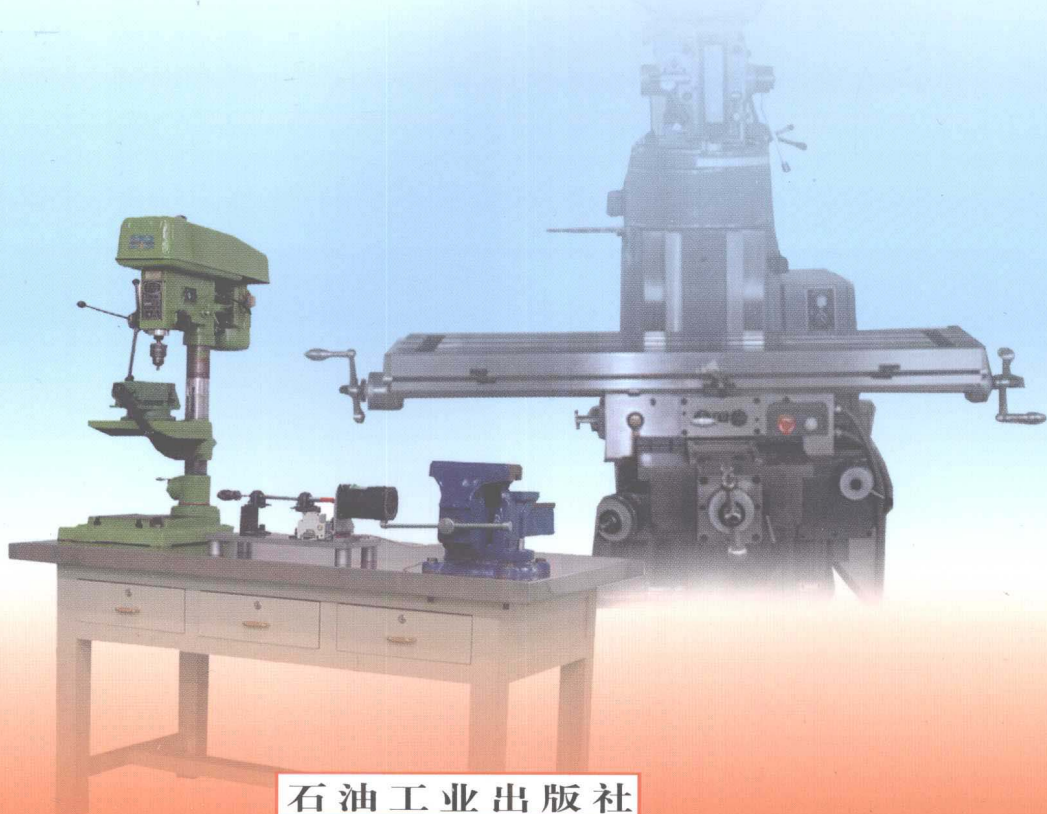


高职高专规划教材

# 金工实习

陈季涛 苑喜军 主编



石油工业出版社  
Petroleum Industry Press

高职高专规划教材

# 金工实习

陈季涛 苑喜军 主编

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书讲述了钳工、车工、铣工、管工、焊工、气焊与气割、铸造与锻造的基础操作。每一个基础操作课题都明确学习目标,实习所需的设备、材料和工量具,基本知识。为巩固实习的内容,每一个基础操作课题后都配有练习题。

本书可供高职高专院校石油、机械等工科专业使用,也可作为相关专业职工技能鉴定及培训的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

金工实习/陈季涛,苑喜军主编.

北京:石油工业出版社,2008.7

高职高专规划教材

ISBN 978 - 7 - 5021 - 6616 - 8

I. 金…

II. ①陈… ②苑…

III. 金属加工 - 实习 - 高等学校:技术学校 - 教材

IV. TG - 45

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 073883 号

---

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

编辑部:(010)64523546 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂

---

2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷

787 × 1092 毫米 开本:1/16 印张:18

字数:458 千字

---

定价:27.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

# 前 言

本书是根据2007年石油高职高专规划教材大纲审定会制定的《金工实习》大纲编写而成。本书包括钳工、车工、铣工、管工、焊工、气焊与气割、铸造、锻造基础操作八部分内容。考虑到各院校专业设置不同,培养方向各异,对金工技能要求掌握的程度也不尽相同的实际特点,为了给各专业留有较大的课题选择空间,本书在课题的设置上具有一定的广度和深度。根据各专业学生在进行金工实习前大多未接触过相应专业知识的情况,对所需的应知理论部分作了适当介绍。本书文字浅显,便于自学,突出了对操作方式方法的讲解,并附有大量操作示范性插图,指导作用明显,可作为高职高专院校工科各专业学生金工实习指导用书和学生参加技能鉴定的辅导教材。也可供成人高校和中等职业学校选用,还可供相关工种技术工人参考。

参加本书编写的有渤海石油职业学院陈季涛、李维峰、刘峰和崔宝玉;天津石油职业技术学院李玉书、徐书军、苑喜军、崔立辉;克拉玛依职业技术学院毕启玲;辽河石油职业技术学院梁国臣。其中,陈季涛编写第一部分课题一至课题八、第五部分课题一至课题五、第六部分;崔宝玉编写第一部分课题九;李玉书、徐书军、苑喜军、崔立辉编写第二部分;刘峰编写第三部分;陈季涛和毕启玲编写第四部分;梁国臣编写第五部分课题六至课题十;李维峰编写第七、第八部分。本书由陈季涛和苑喜军任主编。

由于编者实践教学经验不足,水平所限,书中错误之处在所难免,恳请读者批评。

编 者

2008年5月

# 目 录

<b>第一部分 钳工基础操作</b> .....	(1)
课题一 入门知识 .....	(1)
课题二 平面划线 .....	(4)
课题三 金属锉削 .....	(14)
分课题一 锉削姿势练习 .....	(14)
分课题二 平面锉削 .....	(19)
分课题三 锉削长方体 .....	(25)
分课题四 锉削六棱柱 .....	(28)
课题四 金属锯割 .....	(32)
课题五 钻孔 .....	(37)
课题六 攻丝与套丝 .....	(45)
课题七 作錾口榔头 .....	(54)
课题八 金属錾削 .....	(57)
分课题一 錾削姿势练习 .....	(57)
分课题二 錾子的刃磨与热处理 .....	(60)
分课题三 錾削狭平面 .....	(62)
课题九 减速器拆装 .....	(66)
分课题一 减速器的拆卸 .....	(66)
分课题二 减速器装配 .....	(70)
<b>第二部分 车工基础操作</b> .....	(73)
课题一 车床基础知识 .....	(73)
课题二 车刀刃磨练习 .....	(79)
课题三 手动走刀车削外圆和端面 .....	(85)
课题四 自动走刀车削外圆和端面 .....	(91)
课题五 车削阶台工件 .....	(94)
课题六 钻中心孔、刃磨 45°、90°外圆车刀的断屑槽 .....	(98)
课题七 切断和车外沟槽 .....	(101)
课题八 钻孔和镗无阶台通孔 .....	(106)
课题九 复合作业 .....	(110)

课题十	车削圆锥体 .....	(113)
课题十一	特形面车削和表面修饰 .....	(116)
课题十二	低速车削三角形外螺纹 .....	(120)
课题十三	复合作业 .....	(126)
<b>第三部分</b>	<b>铣工基础操作 .....</b>	<b>(128)</b>
课题一	铣削入门知识 .....	(128)
课题二	铣刀基础及铣床基本操作 .....	(134)
课题三	铣削平面操作 .....	(140)
课题四	铣键槽 .....	(147)
<b>第四部分</b>	<b>管工基础操作 .....</b>	<b>(151)</b>
课题一	入门知识 .....	(151)
课题二	管子的调直与切割 .....	(160)
课题三	管子煨弯 .....	(165)
课题四	管子套扣 .....	(170)
课题五	管道的组对 .....	(173)
课题六	管线连接 .....	(177)
<b>第五部分</b>	<b>焊工基础操作 .....</b>	<b>(181)</b>
课题一	入门知识 .....	(181)
课题二	电焊机的使用 .....	(184)
课题三	引弧 .....	(190)
课题四	平敷焊 .....	(197)
课题五	常用金属材料的平对接焊 .....	(205)
课题六	平角焊 .....	(216)
课题七	常用金属材料的立对接焊 .....	(220)
课题八	常用金属材料的仰焊 .....	(225)
课题九	管对接水平转动焊 .....	(228)
课题十	水平固定管子焊接 .....	(231)
<b>第六部分</b>	<b>气焊与气割基础操作 .....</b>	<b>(236)</b>
课题一	气焊入门知识 .....	(236)
课题二	平敷焊 .....	(242)
课题三	平对接焊 .....	(244)
课题四	平角焊 .....	(247)
课题五	气割入门知识 .....	(249)
课题六	薄钢板与厚钢板气割 .....	(253)

<b>第七部分</b>	<b>铸造基础操作</b>	(255)
课题一	铸造基本知识	(255)
课题二	造型工具与造型辅助工具的使用	(259)
课题三	砂箱造型基本操作	(263)
<b>第八部分</b>	<b>锻造基础操作</b>	(271)
课题一	锻造基本知识	(271)
课题二	锻造基本操作	(275)

# 第一部分 钳工基础操作

## 课题一 入门知识

### 一、学习目标

- 了解钳工在工业生产中的工作内容及应用;
- 了解钳工实习场地的常用设备;
- 熟悉实习场地的规章制度以及文明安全生产的要求。

### 二、所需设备

本课题所需设备,见表 1-1。

表 1-1 所需设备

名称	规格和型号	单位	数量	备注
台虎钳	125mm	台	1	每人 1 台
台 钻	Z512	台	2	公 用
手电钻	JIZ-6	台	2	公 用
砂轮机	M32250	台	2	公 用

### 三、基本知识

#### 1. 钳工的工作内容

钳工是手持工具对金属进行切削加工的工种。钳工的工作范围很广泛,如各种机械设备的制造,首先是从毛坯经过各种切削加工和热处理等步骤使之成为零件,然后就要通过钳工把这些零件按技术要求进行组装以及调试,最后才能成为一台完整的机器;又如各种机械设备在使用过程中出现损坏,产生故障或长期工作后精度不够影响使用等,也要通过钳工进行维护和修理;再如有些零件在加工之前要通过钳工来划线;有些零件采用机械加工不太适应或不便加工,常由钳工手工来完成。

在实际生产中要完成钳工的本职工作,首先要掌握好钳工的基本操作技能。它包括划线、錾切、锉削、锯割、钻孔、攻丝、套丝等。

对于从事钻井、井下作业、采油等技术工人来说,在工作中经常会遇到一些钳工工作,如钻杆的螺纹碰坏了需要用锉刀来修整;正在使用的螺钉断了而又找不到合适的螺钉时需要手工加工新的,一些简单的零件在修配或制造过程中需要划线、钻孔等,因此必须掌握钳工的基本操作技能。

#### 2. 学习要求

从将来实际工作需要出发,高职院校工科类非钳工专业的学生一般也要进行钳工实习,通



过学习要求学生了解钳工常用设备的使用及保养方法;正确使用工量具;初步掌握锯、锉、钻孔、攻丝、套丝等基本操作技能。

### 3. 钳工常用设备

#### 1) 台虎钳

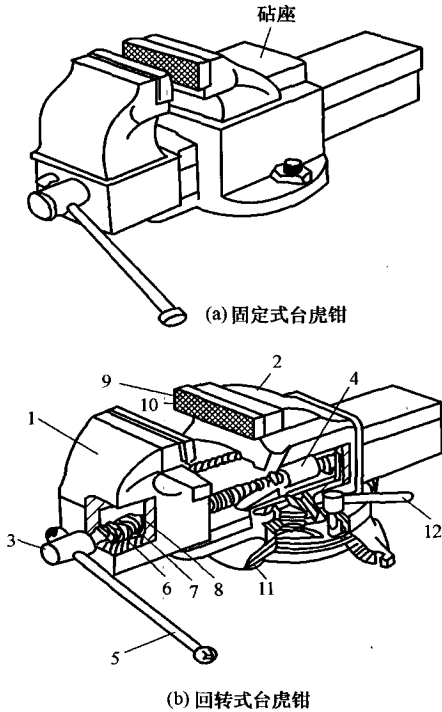


图 1-1 台虎钳

- 1—活动钳身;2—固定钳身;3—丝杆;4—螺母;  
5,12—手柄;6—弹簧;7—挡圈;8—销;  
9—钢质钳口;10—螺钉;11—转座

台虎钳外形和构造,如图 1-1 所示。

台虎钳有固定式和回转式两种。其规格以钳口的宽度表示,有 100mm (4in), 125mm (5in), 150mm (6in) 等规格,主要用来夹持工件。以图 1-1(b) 所示回转式台虎钳为例,其构造和工作原理如下:

活动钳身 1 通过其上的导轨与固定钳身 2 的导轨作滑动配合。丝杆 3 装在活动钳身上,并与螺母 4 配合。当摇动手柄 5 使丝杆旋转就可以带动活动钳身相对于固定钳身作进退移动,从而夹紧或松开工件。弹簧 6 靠挡圈 7 和销 8 固定在丝杆上,其作用是当放松丝杆时,可使活动钳身能及时地退出。在固定钳身和活动钳身上,各装有钢质钳口 9,并用螺钉 10 固定。固定钳身装在转座 11 上,并能绕转座轴心线转动,当转到要求的方向时,扳动手柄 12 使夹紧螺钉旋紧,便可把固定钳身固定紧。

#### 2) 钳台

钳台外形,如图 1-2 所示。

钳台是钳工操作的工作台,用来安装台虎钳,放置工具、工件等。它的高度一般为 800~900mm,装上台虎钳后以钳口高度恰好齐人手肘为宜,长度和宽度随工作需要而定。

#### 3) 砂轮机

砂轮机外形,如图 1-3 所示。砂轮机由电动机、砂轮和机体组成,主要用来刃磨钻头、铤子等刀具和工具。

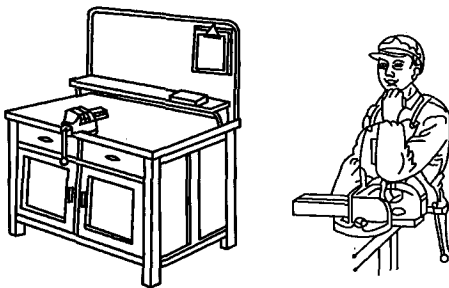


图 1-2 钳台及台虎钳合适高度

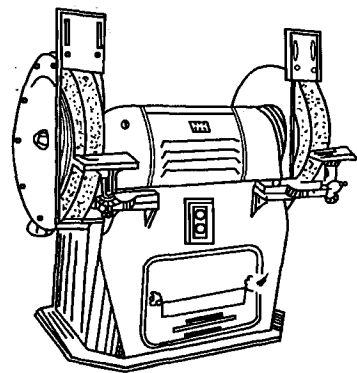


图 1-3 砂轮机

#### 4) 台钻

台钻外形,如图 1-4 所示。台钻是用来对工件进行钻孔的设备。它是一种小型钻床,常用来加工小型零件上直径小于 12mm 的小孔。

#### 4. 文明安全生产的要求

(1) 钳台要放在便于工作和光线适宜的地方;台钻和砂轮机一般应安装在场地的边沿,以保证安全。

(2) 使用的台钻、电钻、砂轮机要经常检查,发现损坏应及时报告实习老师,在未修复前不得使用。

(3) 使用电动工具时要戴好绝缘防护用品。使用砂轮时要戴好眼镜保护眼睛。在钳台上篆刻时要装好防护网。清除铁屑要用刷子,不要直接用手或用嘴吹。

(4) 毛坯和加工零件应放置在规定位置,排列整齐平稳,要保证安全,便于取放,避免已加工表面可能的碰伤。

(5) 工量具的摆放要做到以下几点:

① 在钳台上工作时,为了取用方便,右手用的工量具放在台虎钳右边;左手用的工量具放在台虎钳左边;各自排列整齐。

② 量具应放在量具盒内,不能与工件或工具混放在一起。

③ 工量具在工具箱或工具盒内要摆放整齐。

#### 5. 课堂实习规则

(1) 学生上课前必须按工种要求穿戴好劳保用品,由班长负责组织提前 5min 进入实习课堂,准备上课。

(2) 教师讲课时学生要专心听讲,不得说话或做其他事情,提问要举手,经老师允许后方可起立发问,进出实习车间应得到教师许可。

(3) 教师操作示范时,学生要认真观察,不得乱挤和大声喧哗。

(4) 学生要按分配的位置进行练习,不得串岗,更不允许私开他人设备。

(5) 严格遵守安全操作规程,防止人身设备事故发生。

(6) 学生要自觉遵守实习课堂纪律,做到八不准:

① 不准闲逛打闹;

② 不准擅离岗位;

③ 不准干私活;

④ 不准私带工具出车间;

⑤ 不准拿别人的工量具及工件;

⑥ 不准私自拆修电器;

⑦ 不准看与实习内容无关的书籍;

⑧ 不准顶撞老师。

(7) 爱护公共财产,珍惜一滴油、一度电、一把刀。

(8) 保持场地整洁,做到规格化。

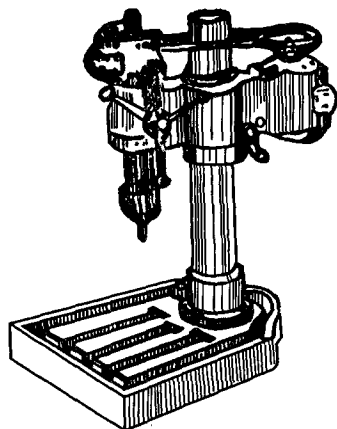


图 1-4 台钻

## 课题二 平面划线

### 一、学习目标

- 了解划线的作用及有关知识；
- 能够正确使用常用的划线工具；
- 掌握基本线条的划法。

### 二、所需设备、材料和工量具

本课题所需设备、材料和工量具,见表1-2。

表1-2 所需设备、材料和工量具

名称	规格和型号	单位	数量	备注
划线平台	400mm×700mm	块	4	公用
高度游标卡尺	0~300mm	把	4	公用
划针盘	自制	个	4	公用
划针	自制	个	1	每人1个
样冲	自制	个	1	每人1个
手锤	0.25kg	把	1	每人1把
划规	150mm	把	1	每人1把
钢板尺	150mm	把	1	每人1把
直角尺	100mm×63mm	把	1	每人1把
Q235钢板	100mm×93mm×20mm	块	1	每人1块

### 三、基本知识

#### 1. 划线的概念

根据图纸或实物尺寸,准确地在工件表面上划出加工界线称为划线。划线是钳工的一项基本操作。如果所划的线都在一个平面上,便能明确表示出加工界线的就称为平面划线。如果需要在工件几个不同方向的表面上同时划线,才能明确表示出加工界线的则称为立体划线。

#### 2. 划线的作用

- (1)确定工件上各加工面的加工位置和加工余量。
- (2)检查毛坯外形各部分尺寸是否符合要求。
- (3)在坯料上出现某些缺陷的情况下,利用划线时的借料方法来达到可能的补救。
- (4)在板料上按划线下料,可做到正确排料,使材料得到合理使用。

由此可见,划线是一项重要的工作,线若划错,工件加工出来就要报废。因此,划线时要反复核对尺寸,正确使用测量工具和划线工具,以防出错。

#### 3. 划线前的准备工作

(1)工件的清理。对于毛坯或半成品件表面的油污、铁锈、飞边、氧化铁等要清理干净,否则涂料涂不牢固,划出的线条不清晰。

(2) 为了获得清晰的线条,工件划线部位要涂色。铸件和锻件毛坯上涂石灰水;小的毛坯可以涂粉笔,钢件上一般涂酒精色溶液(在酒精中加漆片和紫蓝色颜料配成),涂色时要注意涂得薄而均匀。

#### 4. 划线工具及使用

##### 1) 钢板尺

钢板尺是一种简单的量具。上面有尺寸刻线。它的长度有 150mm、300mm、500mm、1000mm 多种。主要用来量取尺寸,测量工件,也可作直尺划线,如图 1-5 所示。

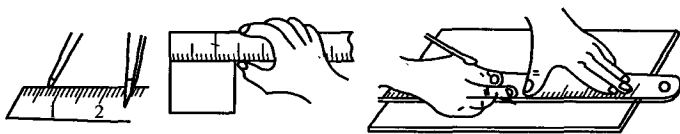


图 1-5 钢板尺的使用

##### 2) 划线平台

划线平台由铸铁制成(图 1-6),工作表面经过精刨或刮削加工,是划线的基准平面,使用时要使台面保持清洁,不要损坏工作面,用后涂机油防锈。

##### 3) 划针

划针用弹簧钢丝或高速钢制成,直径一般为 3~5mm,尖端磨成  $15^\circ \sim 20^\circ$  夹角(图 1-7),主要用来在工件上划线,相当于在纸上划线时用的铅笔。使用时针尖要紧靠导向工具边缘,上部向外倾斜  $15^\circ \sim 20^\circ$ ,向划线方向倾斜约  $45^\circ \sim 75^\circ$ ,如图 1-8 所示。

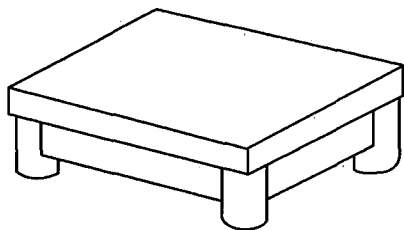


图 1-6 划线平台

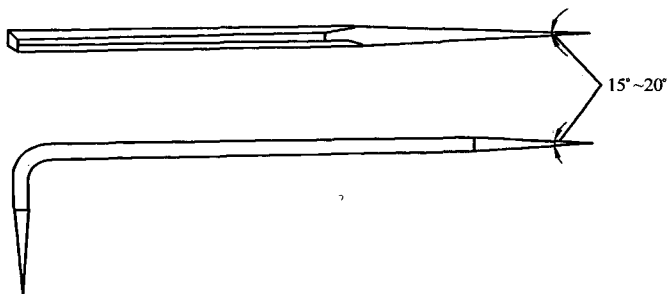


图 1-7 划针

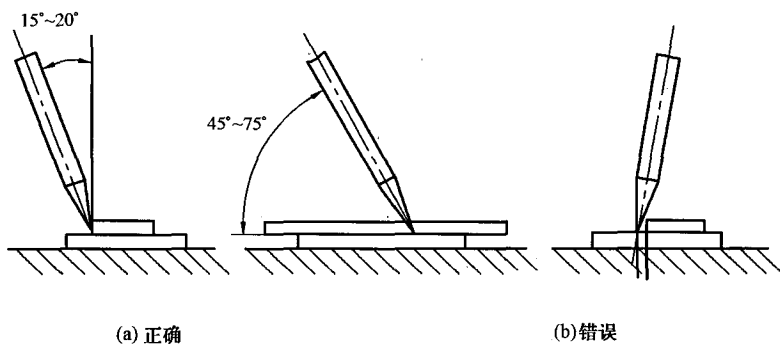


图 1-8 划针的用法

#### 4) 划针盘

图 1-9 是常用的划针盘。它的直针尖用来划与基准面平行的直线。另一端弯头是找正工件用的。

划针伸出的长度要尽量短些,这样划线时划针不会抖动影响划线精度。

划针盘不用时,划针尖要朝下放,或在针尖上套一塑料软管。

#### 5) 划规

图 1-10 是常用的划规及用法。它的主要用途是划圆、在钢板尺上量取尺寸、等分线段等。要做到划线准确,使用划规注意要点是:

- (1) 划规两脚尖要保持尖锐,脚尖要能靠紧,以利划小圆。
- (2) 两脚开合松紧适当。
- (3) 用划规划圆时,作为旋转中心的一脚要加以较大压力,以免滑位。
- (4) 划规在钢板尺上量尺寸时必须量准,为了减少误差要反复量几次。

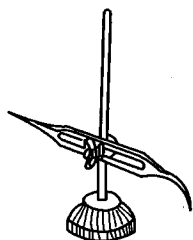


图 1-9 划针盘

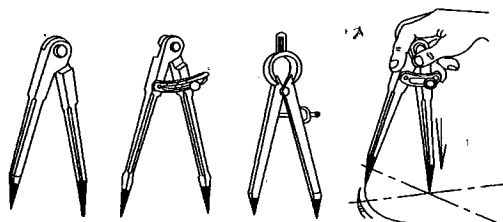


图 1-10 划规及用法

#### 6) 样冲(中心冲)

样冲一般用工具钢制成,用来在工件所划的加工线条上冲眼,加强加工界限标记。在圆的中心也要打样冲眼,便于钻孔时钻头对准。

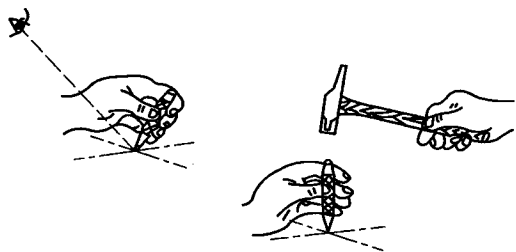


图 1-11 冲眼方法

冲眼方法:先将中心冲外倾使其尖端对准划线中心点,然后再将中心冲立直、冲眼,如图 1-11 所示。

冲眼要求:位置要准确,中心不可偏离线条,如图 1-12 所示。在曲线上冲眼距离要小些,在直线上冲眼距离要大些。线条交叉转折处必须冲眼。中心冲眼的深浅要适当。在薄板或光滑表面上冲眼要浅些,在粗糙表面上则冲眼要深些。

#### 7) 直角尺

直角尺常用来划平行线或垂直线(图 1-13)。也可用来找正工件平面在划线平台上的垂直位置。直角尺在使用时要注意防摔碰和生锈。

#### 8) 高度游标卡尺

高度游标卡尺附有划针脚,能直接表示出高度尺寸,可作为精密划线工具(图 1-14)。注意不要用它划毛坯件,并要精心保养,不用时擦好油放在专用盒内。

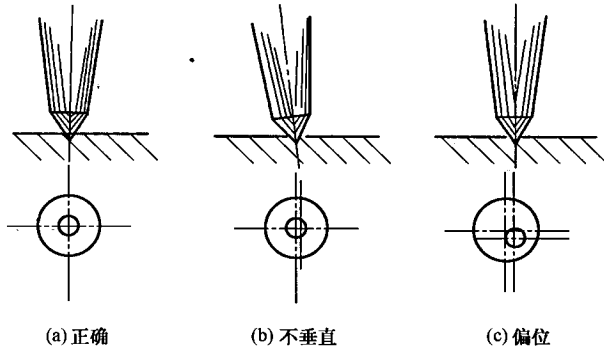


图 1-12 中心冲眼

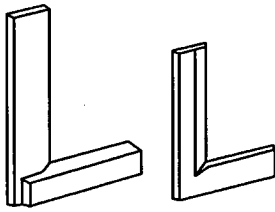


图 1-13 直角尺

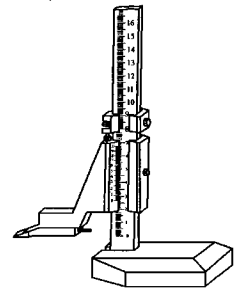


图 1-14 高度游标卡尺

9) V 形铁

V 形铁主要用来支承圆形工件,以使用高度游标卡尺划出中心与找出中心等。V 形槽的夹角有  $90^\circ$  和  $120^\circ$  两种,如图 1-15 所示。

10) 方箱

划线方箱用铸铁制成。它是一个空心的立方体或长方体(图 1-16),相邻平面互相垂直。方箱用来夹持划线的工件,依靠夹紧装置把工件固定在方箱上,这样通过翻转方箱即可把工件上互相垂直的线条在一次安装中全部划出来。

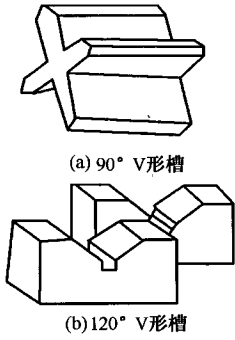


图 1-15 V 形铁

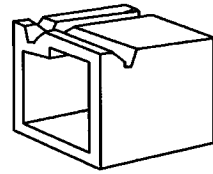


图 1-16 方箱

5. 基本线条的划法

1) 平行线的划法

(1) 用作图法划平行线。

以已知平行线之间的距离  $R$  为半径,用划规划两圆弧,然后作两圆弧公切线即可,如图

1-17(a)所示。

(2)用角尺推平行线。

划线时角尺要紧靠工件基准边并沿基准边移动,用钢板尺度量两平行线之间距离后,用划针沿角尺边划出,如图1-17(b)所示。

(3)用平台划针盘划平行线。

若工件可以垂直安放在划线平台上,可用划针盘在高度游标卡尺上度量尺寸后,沿平台移动划出,如图1-17(c)所示。

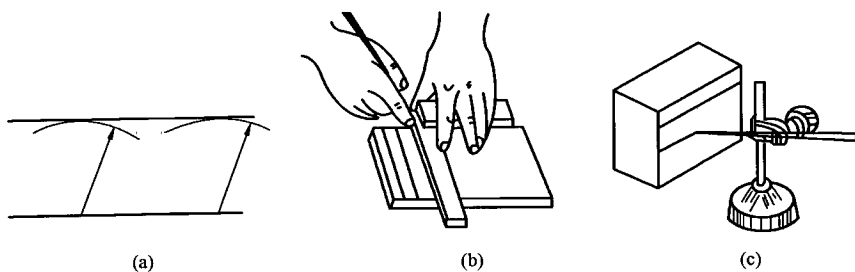


图1-17 平行线划法

2)垂直线划法

(1)用作图法划垂直线。

① 在直线 $AB$ 上的 $C$ 点作一条线与 $AB$ 垂直。作图方法为,以 $C$ 点为圆心,以任意半径 $r$ 划半圆与 $AB$ 线相交于 $D$ 、 $E$ 两点,分别以 $D$ 、 $E$ 两点为圆心以任意半径 $R$ 作圆弧得交点 $F$ ,连接 $F$ 、 $C$ ,此直线就是 $AB$ 线的垂线。如图1-18(a)所示。 $r$ 、 $R$ 越大,作图越准确。

② 在直线 $AB$ 一端作垂直线。作图方法为:以 $A$ 点为圆心,适当长 $R$ 为半径画弧,交 $AB$ 于 $C$ 点,以 $C$ 点为圆心, $R$ 为半径画弧交前弧于 $D$ 点,连接 $C$ 、 $D$ 并延长,以 $D$ 为圆心, $R$ 为半径圆弧交 $CD$ 延长线于正点,连接 $E$ 、 $A$ 则得 $EA$ 垂直于 $AB$ ,如图1-18(b)所示。

(2)用直角尺划垂直线。

当要求划与某一平面垂直的加工线时,可用直角尺根据该平面划出,如图1-18(c)所示。

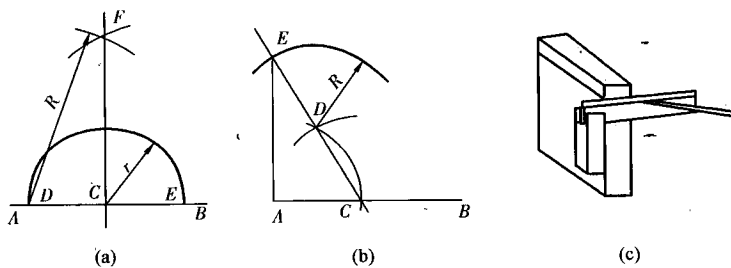


图1-18 垂直线的划法

3)角度线的划法

(1)二等分已知角。

等分已知 $\angle abc$ 的具体做法为:以角的顶点 $b$ 为圆心,适当长度为半径划圆弧交两边于 $d$ 、 $e$ 两点;然后分别以 $d$ 、 $e$ 为圆心,用略大于 $dc$ 距离之半作半径各划一圆弧相交于 $f$ 点,连接 $b$ 、 $f$ 则得该角的二等分线,如图1-19(a)所示。

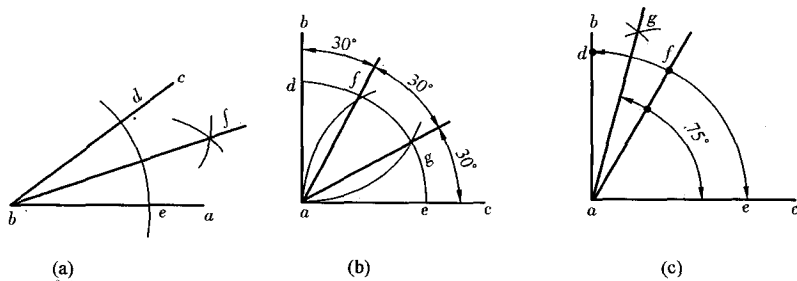


图 1-19 角度线的划法

(2) 三等分直角。

如果要三等分已知  $\angle bac$ , 具体做法是: 以  $a$  点为圆心, 适当长度为半径划圆弧相交  $ab$ 、 $ac$  于  $d$ 、 $e$  两点, 分别以  $d$  和  $e$  两点为圆心, 仍用原半径作半径各作圆弧相交前圆弧  $de$  于  $f$  和  $g$  点, 用直线连接  $af$ 、 $ag$  则  $\angle daf$ 、 $\angle fag$ 、 $\angle gae$  均相等, 等于  $30^\circ$  角, 如图 1-19(b) 所示。如果把  $30^\circ$  角再等分就得  $15^\circ$  角, 于是利用这种方法可以作出在划线时常遇到的  $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $75^\circ$ 、 $120^\circ$  等角。例如, 在  $\angle bac$  中作出  $75^\circ$  的角, 可以用上面的方法定出  $f$  点, 得出  $\angle fac$  为  $60^\circ$ , 再把  $\angle baf$  等分, 得  $\angle gaf$  为  $15^\circ$ , 所以  $\angle gae$  就等于  $75^\circ$ , 如图 1-19(c) 所示。

4) 正多边形的划法

(1) 在已知圆内划正方形。

先在圆内划互相垂直的中心线, 与圆周相交在  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  四点, 后连接  $ab$ 、 $bc$ 、 $cd$ 、 $da$  即得, 如图 1-20(a) 所示。

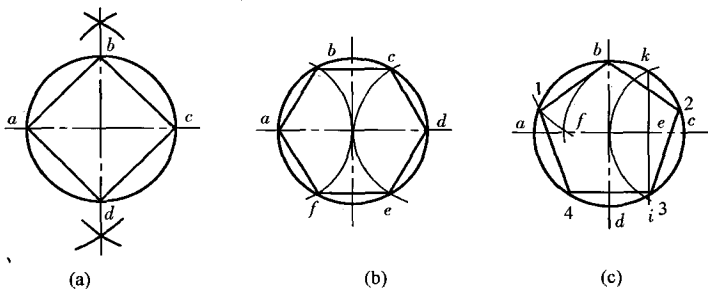


图 1-20 正多边形划法

(2) 在已知圆内划正六边形。

先在圆内划出与要求边平行的中心线, 交圆周于  $a$ 、 $d$  两点; 然后以  $a$ 、 $d$  两点为圆心, 圆的半径为半径划圆弧, 分别交圆周于  $c$ 、 $b$ 、 $f$ 、 $e$  四点, 再连接  $ab$ 、 $bc$ 、 $cd$ 、 $de$ 、 $ef$ 、 $fa$  即得, 如图 1-20(b) 所示。

(3) 在已知圆内划正五边形。

先在圆内划出互相垂直的中心线与圆周相交在  $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  四点, 然后以  $c$  为圆心, 以已知圆半径  $R$  为半径划弧交圆周于  $k$ 、 $1$  两点, 连接  $k$ 、 $1$  与直径  $ac$  相交于  $e$  点, 再以  $e$  为圆心,  $be$  为半径划弧与直径  $ac$  相交于  $f$  点,  $bf$  即为所求五边形的边长。最后以  $b$  点为起点依次在圆周上划等分点  $1$ 、 $2$ 、 $3$ 、 $4$ , 则  $b$ 、 $1$ 、 $2$ 、 $3$ 、 $4$  就是圆周上的五个等分点, 连接各等分点即得正五边形, 如图 1-20(c) 所示。



### 5) 圆的三、六、十二等分

已知一圆半径为  $R$ , 具体做法如下:

(1) 过圆心作直径 1-7 与 4-10 互相垂直, 如图 1-21(a) 所示。

(2) 以 7 点为圆心, 以半径  $R$  画弧交圆周于 5、9 两点, 则点 1、5、9 分圆周为三等分点, 如图 1-21(b) 所示。

(3) 以 1 点为圆心, 以  $R$  为半径画弧交圆周于 3、11 两点, 则点 1、3、5、7、9、11 分圆周为六等分点, 如图 1-21(c) 所示。

(4) 以 4、10 两点为圆心, 以  $R$  为半径画圆弧交圆周于 2、6、8、12 点, 则点 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12 为圆周十二等分点, 如图 1-21(d) 所示。

### 6) 圆任意等分的近似做法

以九等分为例, 具体做法如下:

(1) 分已知圆直径为九等分, 如图 1-22(a) 所示。

(2) 以 1、10 两点为圆心, 以已知圆直径为半径分别画弧交于  $P$  点, 如图 1-22(b) 所示。

(3) 连接  $P$ 、3 并延长交圆周于 2, 则 1-2 即为圆九等分之一等分的弦长。以该弦长在圆周上依次截取, 即可将圆周九等分, 如图 1-22(c)、图 1-22(d) 所示。

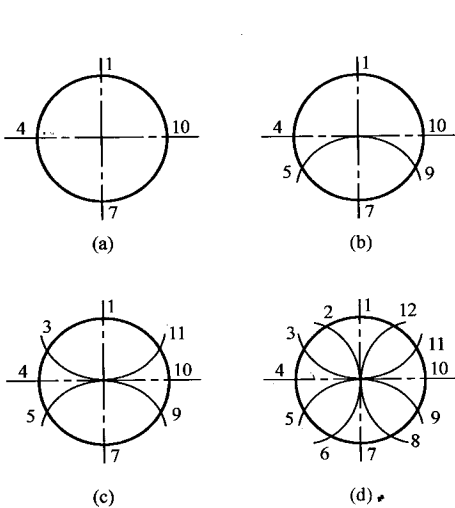


图 1-21 圆的三、六、十二等分

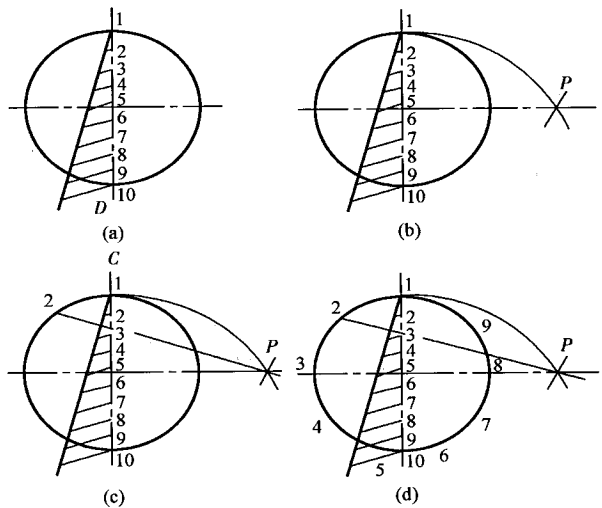


图 1-22 圆任意等分

若分圆周为  $n$  等分时, 要相应地将圆的直径分为  $n$  份, 但仍是连接  $P$ 、3 (直径上的第二等分点) 并延长: 交于圆周, 而得到圆周  $n$  等分的第一个等分点。

### 7) 圆弧同直线连接

(1) 划一已知半径为  $R$  的圆弧与两相交直线相切。作图方法如下: 先划出两相交直线  $ab$ 、 $bc$ , 再划一平行线同  $ab$  平行, 它们之间的距离等于  $R$ , 再以同样的距离作  $bc$  平行线, 两线相交于  $O$  点,  $O$  点就是圆弧的圆心。过  $O$  点分别作  $ab$ 、 $bc$  垂线分别交  $ab$ 、 $bc$  于  $f$ 、 $g$  两点, 这两点即为连接切点。以  $O$  为圆心、 $R$  为半径从  $f$  点划圆弧到  $g$  点即成, 如图 1-23(a)、图 1-23(b) 所示。

(2) 若两直线成直角, 先以  $b$  为圆心、 $R$  为半径划圆弧交两直线  $bc$ 、 $ba$  于  $d$ 、 $e$  两点; 再以  $d$ 、 $e$  为圆心, 仍用  $R$  为半径划两段圆弧相交得点  $O$ , 以  $O$  为圆心,  $R$  为半径, 从  $e$  点划圆弧到  $d$  点即成, 如图 1-23(c) 所示。