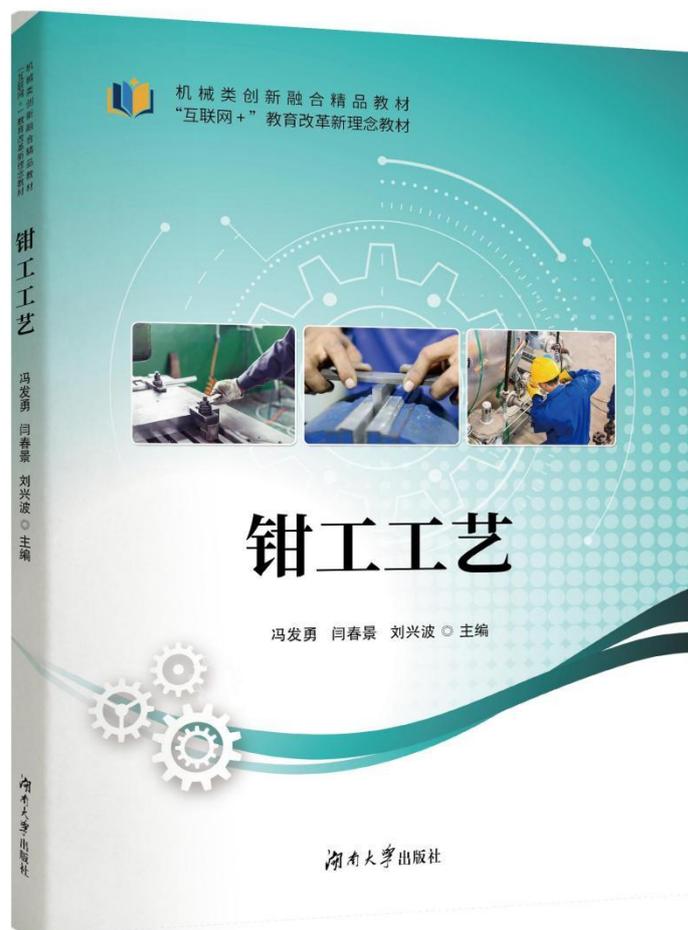


钳工工艺



类目：机械类

书名：钳工工艺

主编：冯发勇 闫春景 刘兴波

出版社：湖南大学出版社

开本：大 16 开

书号：978-7-5667-3857-8

使用层次：通用

出版时间：2025 年 1 月

定价：48.00 元

印刷方式：双色

是否有资源：有



机械类创新融合精品教材
“互联网+”教育改革新理念教材

机械类创新融合精品教材
“互联网+”教育改革新理念教材

钳工工艺

冯发勇 闫春景 刘兴波 主编



钳工工艺

冯发勇 闫春景 刘兴波 主编

钳工工艺

责任编辑: 陈燕
封面设计: 旗语书装



湖南大学出版社

湖南大学出版社

钳工工艺

冯发勇 闫春景 刘兴波 主编

湖南大学出版社

·长沙·

图书在版编目(CIP)数据

钳工工艺/冯发勇,闫春景,刘兴波主编. --长沙:
湖南大学出版社, 2025. 1. --ISBN 978-7-5667-3857-8

I. TG9

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2024HK8501 号

钳工工艺

QIANGONG GONGYI

主 编: 冯发勇 闫春景 刘兴波

责任编辑: 陈 燕

印 装: 涿州汇美亿浓印刷有限公司

开 本: 889 mm×1194 mm 1/16

印 张: 11 字 数: 282 千字

版 次: 2025 年 1 月第 1 版

印 次: 2025 年 1 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5667-3857-8

定 价: 48.00 元

出 版 人: 李文邦

出版发行: 湖南大学出版社

社 址: 湖南·长沙·岳麓山

邮 编: 410082

电 话: 0731-88822559(营销部) 88821174(编辑部) 88821006(出版部)

传 真: 0731-88822264(总编室)

网 址: <http://press.hnu.edu.cn>

电子邮箱: xiaoshulianwenhua@163.com

版权所有, 盗版必究
图书凡有印装差错, 请与营销部联系

前 言

在当今快速发展的制造业中，钳工以其独特的技艺和精准的操作而闻名，它不仅是机械加工中不可或缺的一环，还是连接设计与制造、理论与实践的桥梁。随着科技发展推动制造业的不断升级，钳工技艺的传承与创新显得尤为重要。为了满足广大机械类专业学生对钳工技能学习的需求，我们精心编撰了这本《钳工工艺》教材。

我们在编撰本教材时重点考虑了以下几个方面：

(1) 内容精选。本教材精选学生所必须掌握的基础知识，循序渐进，难度适中，能帮助学生逐步从新手转变为能手。因此，教材内容的选择以“必需、够用”为度。

(2) 基础宽泛。机械类专业学生的知识面要宽，覆盖面要广。目前教学改革提倡“教学做”一体化，既要充分体现当前社会生产和服务的需求，又要充分考虑生产技术的发展趋势。职业教育要为学生的发展提供坚实的基础。因此《钳工工艺》的教材就不可避免地涉及相近或相关专业的知识和技能，给学生留下与各种知识相衔接的“串行接口”和“并行接口”，切实提高学生的综合操作能力。

(3) 以应用能力培养为主。钳工工艺是一门实操性很强的课程。教材的编撰突出理论基础和操作基础相结合的特点，通过实践性教学环节，提高学生利用专业知识分析问题、解决问题的能力。尽可能让学生把所学的理论知识运用到实践操作和专业学习中，丰富和发展固有的知识，能顺利地获得高层次的知识、经验和技能。

全书内容深入浅出，通俗易懂，知识学习与实践操作紧密结合，有利于学生工作能力的培养。

本教材运用先进的教学理念，将内容分为钳工常识，划线，錾削，锯割，锉削，研磨，钻孔，扩孔，铰孔和铰孔，攻丝和套丝，矫正，弯曲和铆接，综合技能训练十一个项目。这十一个项目既可以根据各学校的条件有选择地学习，也可以有计划地系统学习。

由于编者水平有限，书中难免会有不足之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

2024年4月

目 录

项目一 钳工常识 1

- 任务一 钳工的常用设备 2
- 任务二 工作环境及文明生产规则 5
- 实训 现场见习和砂轮机操作实习训练 6

项目二 划线 7

- 任务一 划线的用途和种类 8
- 任务二 划线工具及其使用方法 8
- 任务三 划线的基本步骤和要求 14
- 任务四 平面划线 17
- 任务五 立体划线 19
- 实训一 划线的基本操作——几何作图训练 23
- 实训二 样板划线训练 24
- 实训三 凸轮划线训练 26
- 实训四 台虎钳螺母划线训练 26

项目三 锉削 29

- 任务一 锉削工具 30
- 任务二 锉子的刃磨与热处理 32
- 任务三 锉削方法 33
- 任务四 安全技术和产生废品原因分析 37
- 实训一 锉子的刃磨训练 39
- 实训二 锉子的热处理训练 39
- 实训三 锉削锤击训练 40
- 实训四 锉削训练 41

实训五	整削窄平面训练	42
实训六	整削大平面训练	43
实训七	整削直槽训练	44
实训八	整切薄板训练	46

项目四 锯割

任务一	手锯	48
任务二	锯割基本知识	49
任务三	几种锯割方法	51
任务四	锯条损坏及产生锯割废品的原因分析	53
实训一	钢棒料锯割训练	55
实训二	管子锯割训练	56
实训三	薄板锯割训练	57
实训四	深缝锯割训练	58

项目五 锉削

任务一	锉刀	62
任务二	锉削方法	67
任务三	锉削举例分析	71
任务四	锉削废品产生原因分析及预防方法	73
实训一	锉削平面(锉平和锉光)训练	74
实训二	锉削四方体训练	75
实训三	锉削六角体训练	77
实训四	锉削曲面体训练	79

项目六 研磨

任务一	研磨概述	82
任务二	平面研磨	85
任务三	圆柱面的研磨	87
任务四	圆锥面、中心孔的研磨	89
实训一	常用研磨剂的配制训练	92
实训二	研磨平面训练	93
实训三	研磨外圆柱面训练	94
实训四	研磨内圆锥面训练	95

项目七 钻孔 97

任务一 常见钻床	98
任务二 麻花钻的刃磨和装夹	99
任务三 钻孔方法	102
任务四 钻孔注意事项	103
任务五 钻孔位置精度要求	104
任务六 在斜面和曲面上钻孔	105
任务七 钻不完整孔	106
任务八 配钻孔	107
任务九 在薄板上钻孔	108
任务十 在坚硬的金属材料上钻孔	109
任务十一 钻模	110
实训一 钻床操作和维护保养训练	113
实训二 刃磨麻花钻训练	113
实训三 在平面上钻孔训练	113
实训四 在斜面和曲面上钻孔训练	114
实训五 钻不完整孔训练	115
实训六 配钻孔训练	115
实训七 在薄板上钻孔训练	116

项目八 扩孔、铰孔和铰孔 117

任务一 常用的扩孔方法和注意事项	118
任务二 常用的铰孔方法和注意事项	118
任务三 常用的铰孔方法	120
实训一 用麻花钻扩孔训练	124
实训二 用扩孔钻扩孔训练	124
实训三 用镗刀扩孔训练	124
实训四 铰圆柱形沉孔训练	125
实训五 铰锥形沉孔训练	125

项目九 攻丝和套丝 127

任务一 攻丝和套丝的工具及其使用方法	128
任务二 保证攻丝和套丝时丝正的措施	131
任务三 常见问题分析	133
实训一 手工攻丝训练	135
实训二 机械攻丝训练	135

实训三	普通螺纹套丝训练	136
实训四	管螺纹套丝训练	136

项目十 矫正、弯曲和铆接 137

任务一	矫正	138
任务二	弯曲	141
任务三	铆接	144
实训一	棒料的矫直训练	152
实训二	油管的弯形训练	153
实训三	用半圆头铆钉铆接工件训练	154

项目十一 综合技能训练 155

实训一	制作划规训练	156
实训二	制作锯弓训练	158
实训三	制作铰手训练	160
实训四	制作台虎钳训练	162
实训五	自行设计并制造一副钻模或钳工工具训练	167

参考文献 168

项目一 钳工常识

本项目主要介绍了钳工的基本常识与核心实践技能，涵盖了钳工的常用设备、工作环境及文明生产规则的全面解析。通过精心设计的任务安排、课后习题练习以及实训现场的见习，特别是砂轮机操作的实习训练，旨在帮助学生系统掌握钳工的基本操作，为后续的专业技能提升打下坚实基础。

任务一

钳工的常用设备

钳工在工作场地内常用的设备有钳台、台虎钳、砂轮机、立式和台式钻床等。

一、钳台

钳台也称钳桌，有多种形式。图 1-1 所示是其中两种，钳台用来安装台虎钳，放置工具和工件的。钳台的高度一般为 800~900mm 或以台面上安装台虎钳后与人直立时的手肘齐高为宜，如图 1-2 所示，钳台上一般有几个抽屉存放工具，其长度和宽度则随工作需要而定。（注：本书中的尺寸单位为 mm，凡数字后未标单位的，均指 mm。）

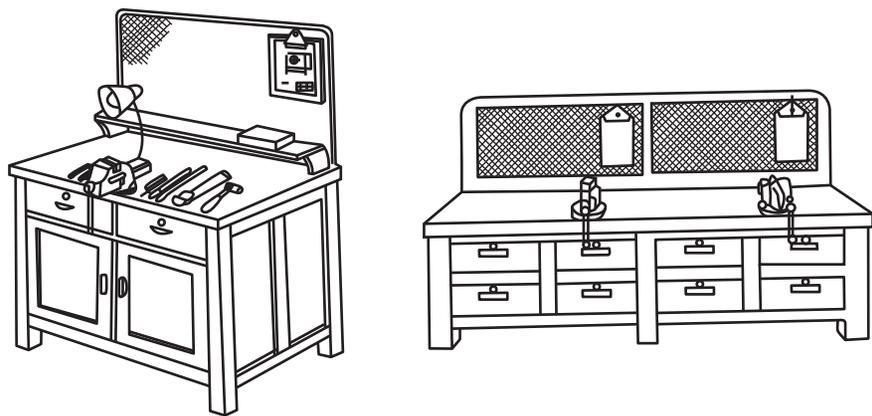


图 1-1 钳台



扫一扫

台虎钳

二、台虎钳

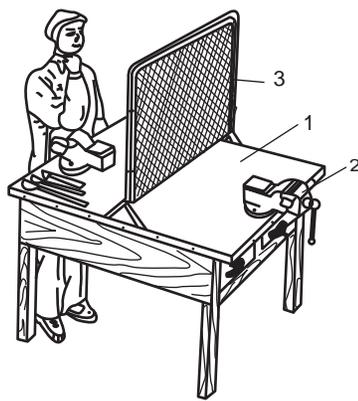
台虎钳是用来夹持工件的通用夹具，其规格以钳口的宽度表示，常用的有 100mm（约 4 英寸）、125mm（约 5 英寸）、150mm（约 6 英寸）等。

1. 台虎钳的结构和工作原理

台虎钳有固定式和回转式两种（图 1-3 所示）。两种台虎钳的主要结构和工作原理基本相同。固定式台虎钳钳口的大小可通过转动手柄调节。回转式台虎钳除钳口可以调节外，钳身还可以回转，能满足不同方位的加工需要，使用方便，应用较广。

下面主要对回转式台虎钳的结构和工作原理进行介绍。

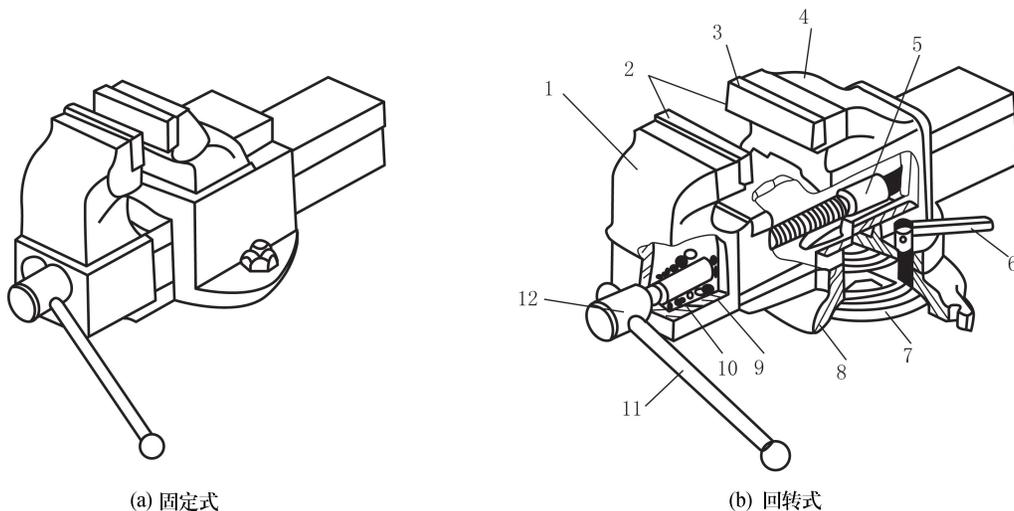
回转式台虎钳的主体部分由固定钳身 4 和活动钳身 1 组成，用铸铁制造。活动钳身通过其导轨与固定钳身的导轨孔作滑动配合。丝杆 12 装在活动钳身上，可以旋转，但不能作轴向运动，它与安装在固定钳身内的螺母 5 配合，摇动手柄 11 使丝杆旋转，可带动活动钳身相对于固定钳身作进退移动，起夹紧或放松工件的作用。弹簧 10 靠挡圈 9 和销固定在丝杆



1-钳台 2-台虎钳 3-防护网

图 1-2 钳台及安装

上, 钳口经过热处理淬硬, 具有较好的耐磨性; 其工作面上制有交叉网纹, 夹紧后不易产生滑动; 当夹持工件进行精加工时, 为避免夹伤工件表面, 可用护口片 (用紫铜片或铝片制成) 盖在钢钳口上, 再夹紧工件。固定钳身装在转盘座 8 上, 能绕转盘座轴心线转动, 当转到所需位置时, 扳动手柄 6 使夹紧螺钉旋转, 便可在夹紧盘 7 的作用下把固定钳身紧固。转盘座上有三个通孔, 通过螺栓连接与钳台固定。



1-活动钳身 2-钳口 3-护口片 4-固定钳身 5-螺母 6、11-手柄;
7-夹紧盘 8-转盘座 9-挡圈 10-弹簧 12-丝杆

图 1-3 台式钳

2. 台虎钳的安装

台虎钳安装在钳台上时, 必须使固定钳身的钳口工作面位于钳台边缘之外, 以保证在夹持长条形工件时不受钳台边缘的阻碍。工作时, 台虎钳要牢固地固定在钳台上, 固定钳身的夹紧螺钉必须扳紧, 保证钳身不摆动, 以免损坏台虎钳和影响加工质量。

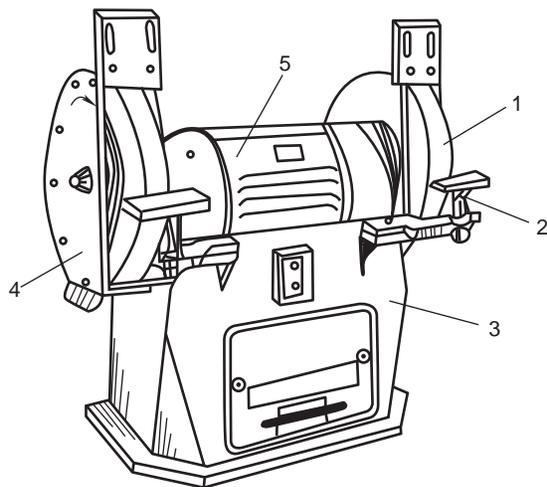
3. 台虎钳的正确使用和维护

- (1) 夹紧工件时只允许用手的力量扳紧丝杆手柄, 不能用手锤敲击手柄或套上管子加长手柄施力, 以免丝杆、螺母或钳身因受到过大的力而损坏。
- (2) 进行强力作业时, 应确保施力方向朝向固定钳身, 否则丝杆和螺母会因受到较大的力而损坏。
- (3) 不要在活动钳身的光滑平面上进行敲击, 以免降低活动钳身与固定钳身间的配合。
- (4) 丝杆、螺母和其他活动表面, 应经常加润滑油, 并注意保持清洁, 以延长使用寿命。

三、砂轮机

砂轮机主要用来磨削钳工用的各种刀具或工具, 如锉子、钻头、刮刀、样冲、划针等。砂轮机 (图 1-4 所示) 主要由砂轮 1、电动机 5、砂轮机座 3、托架 2 和防护罩 4 组成。

砂轮质地硬而脆, 工作时转速高 (线速度为 35m/s), 如使用不当会发生砂轮碎裂造成人身事故。因此, 安装砂轮时一定要将砂轮夹紧, 使之平衡; 装好后必须先试运转 3~4min, 转动平稳, 无振动现象时, 方可使用。



1-砂轮 2-托架 3-砂轮机座 4-防护罩 5-电动机

图 1-4 砂轮机

砂轮机的使用要严格遵守以下的安全操作规程：

- (1) 砂轮机的旋转方向应正确（按砂轮防护罩上箭头所示），使磨屑向下方飞离砂轮。
- (2) 砂轮启动后应观察运转情况，待砂轮运行平稳后再进行磨削。
- (3) 磨削时操作者应站在砂轮的侧面或斜侧位置，不要站在砂轮的正对面，这样可防止砂粒飞入眼内或万一砂轮碎裂飞出伤人。磨削时要戴防护眼镜。
- (4) 磨削时不要对砂轮施加过大的压力，不允许几个操作者同时在一个砂轮上磨削几个磨削件，以免磨削件打滑伤人，或因发生剧烈撞击引起砂轮碎裂。
- (5) 当砂轮外圆跳动严重时，应及时用砂轮修整器（如金刚石笔）修整。
- (6) 砂轮机的托架与砂轮之间的距离一般应保持在 3mm 以内，否则磨削件易被轧入，甚至造成砂轮破裂飞出的事故。

四、钻床

钻床是用来对工件进行孔加工的设备。钳工常用的钻床有台式钻床、立式钻床及摇臂钻床。其结构、使用方法和保养见本书后面章节。

(1) 台式钻床。是一种小型钻床，最大钻孔直径有 $\phi 13$ 、 $\phi 16$ 、 $\phi 20$ 三种规格。这种钻床有较大的灵活性，能适应各种情况的钻孔需要。

(2) 立式钻床。用来钻中小型孔，其钻孔直径有 $\phi 25$ 、 $\phi 35$ 、 $\phi 40$ 、 $\phi 50$ 等几种规格。它的结构较完善，功率较大，又可实现机动进给，因此可获得较高的生产效率和加工精度。另外，它的主轴转速和机动进给量都有较大的变动范围，可以适应各种材料的钻孔、扩孔、铰孔及攻螺纹等加工。

(3) 摇臂钻床。用于大工件及多孔工件的钻孔。其主轴箱可沿摇臂横向调整位置，摇臂能回转 360° 。因此，摇臂钻床的工作范围很大。除了用于钻孔，还能扩孔、铰平面、铰孔、铰孔、镗孔、套切大圆孔和攻螺纹等。

任务二

工作环境及文明生产规则

一、工作环境

钳工的工作环境好坏将直接影响钳工的操作质量和效率。为了提高劳动生产率和产品质量，保证安全、文明生产，应合理安排好钳工的工作场地。

(1) 主要设备的布局要合理、适当。钳台要放在光线适宜、工作方便的地方；面对面使用的钳台在中间要装防护网；钻床、砂轮机一般应放在工作场地的边沿，尤其是砂轮机，一定要安装在安全地带，以免出现砂轮碎裂飞出伤人的情况。

(2) 毛坯和工件要摆放整齐，尽量放在搁架上，以便于工作。

(3) 合理、整齐存放工、量具，取用方便。常用的工、量具要放在工作位置附近，用毕要及时维护与收藏。精密工、量具要轻拿轻放，使用前要检验它的精确度，并作定期校正检修。

(4) 工作场地应保持整洁。工作完毕，所用过的设备和工具都要按要求进行清理或维护，并放回原来的位置。工作场地要清扫干净，铁屑、铁块、垃圾等要及时送往指定地点。

二、安全文明生产规则

(1) 工作时必须穿戴好防护用品。加工切屑粉末飞散的工件时，必须戴好防护镜，工位前面应安装防护装置。

(2) 手锤头与手柄结合必须牢固可靠，禁止用手锤直接敲击淬火的高硬度物体。锉刀、刮刀等工具必须有牢固的手柄。

(3) 使用砂轮机时，要遵守砂轮机安全操作规程。非操作者不准站在砂轮的正对面。用后要切断电源。

(4) 使用钻床时，严禁戴手套操作。使用手电钻等电动工具要注意，当电压大于36V时，工具必须有地接地或接零装置，操作时必须戴好绝缘防护用品。

(5) 清除切屑要用刷子，不能直接用手或棉纱清除，也不准用嘴吹。

(6) 两人或以上进行操作时，需指定一人作指挥，负责安全，互相协同，行动一致，不准开玩笑。

(7) 工作场地应保持整齐、清洁，工具、工件合理摆放。

习 题

1. 怎样正确使用台虎钳？
2. 使用砂轮机时应注意哪些事项？
3. 如何合理安排钳工工作环境？
4. 如何做到安全文明生产？

实训

现场见习和砂轮机操作实习训练

一、现场见习

- (1) 见习钳工的工作环境。
- (2) 见习钳工常用的设备和工、夹、量、刃具。
- (3) 见习钳工的工作内容。
- (4) 了解钳工安全文明生产规则。

二、砂轮机操作

- (1) 选择砂轮。
- (2) 检查砂轮质量。
- (3) 拆、装砂轮。
- (4) 检查砂轮的运转。
- (5) 修整砂轮。
- (6) 在砂轮机上磨削平面和圆弧面。

项目二

划线

本项目主要介绍了划线技术的应用。从划线的用途与种类，到划线工具及其使用方法，再到基础的划线步骤与要求，内容翔实。无论是平面划线还是立体划线，都经过精心编排。本项目还设计了多个实训环节，如几何作图、样板划线、凸轮划线及台虎钳螺母划线训练等，旨在通过实践操作，进一步巩固理论知识，提升解决实际问题的能力。

任务一

划线的用途和种类

一、划线的用途

- (1) 通过划线可以确定工件加工表面的加工位置和加工余量。
- (2) 能及时发现不合格的毛坯，以免使用了不合格毛坯。
- (3) 当毛坯误差不大时，通过借料划线得到补救，使之在加工后仍能符合要求，从而提高毛坯的合格率。
- (4) 在机床上装夹复杂工件时，可以按划线找正定位。

二、划线的种类

划线分平面划线和立体划线两种。只需在工件的一个平面划线即可明确表示加工界线的划线称为平面划线，如图 2-1 所示。在板料、条料上划线，在法兰盘端面上划钻孔位置线等，都属于平面划线。

需要在工件几个互成角度（通常是互相垂直）的表面上都划线，才能明确表示加工界线的划线，称为立体划线，如图 2-2 所示。在轴承座的正面、水平面、侧面上划出加工界线，或在箱体、支架、阀体等类工件上划各表面的加工界线都属于立体划线。

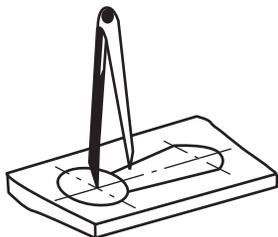


图 2-1 平面划线

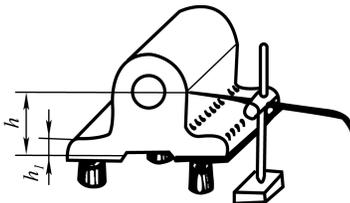


图 2-2 立体划线

划线是加工的依据，要符合图样要求，保证尺寸准确，线条清晰，粗细均匀。由于划出的线条有一定的宽度，加上划线工具及测量尺寸难免有误差，所以划线不可能很精确，其精度一般为 0.25~0.5mm，因此，加工时不能只依靠划线确定加工的最后尺寸，应按加工图纸的技术要求，通过测量来保证加工尺寸的准确。

任务二

划线工具及其使用方法



常用的划线工具

熟悉并能正确使用划线工具，是做好划线工作的前提，是使工件达到精度和提高效率的保证。

一、划线平台

如图 2-3 所示的划线平台，它由铸铁制成，其工作表面经过精刨或刮削等精加工，是划线的基准

面。划线平台一般放置在木架上，用来安放工件和划线工具。

划线平台的正确使用及保养方法如下：

(1) 划线平台的安装。应使划线平台工作表面保持水平位置；平台表面应保持清洁，以免切屑、灰砂等物在工件或划线工具的拖动下划伤平台表面。

(2) 防止平台表面撞伤。工具和工件在平台上要轻拿轻放，更不可在平台上敲击。

(3) 要均匀使用平台工作面，以免局部磨损。

(4) 平台使用后要擦拭干净，并涂上机油，以防生锈。

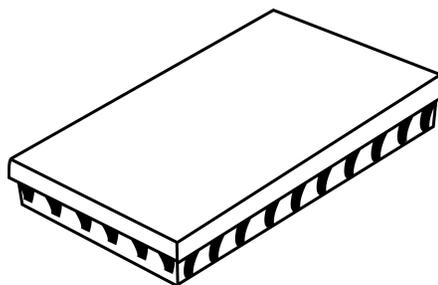


图 2-3 划线平台

二、划针

划针是用来在工件上划出线条的工具，如图 2-4 (a) 所示，它用弹簧钢丝或高速钢制成。划针的直径为 3~5mm，长约 150~300mm，端部磨成 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 的尖角并淬硬。有的划针在端部焊有硬质合金，使针尖长期保持锋利。

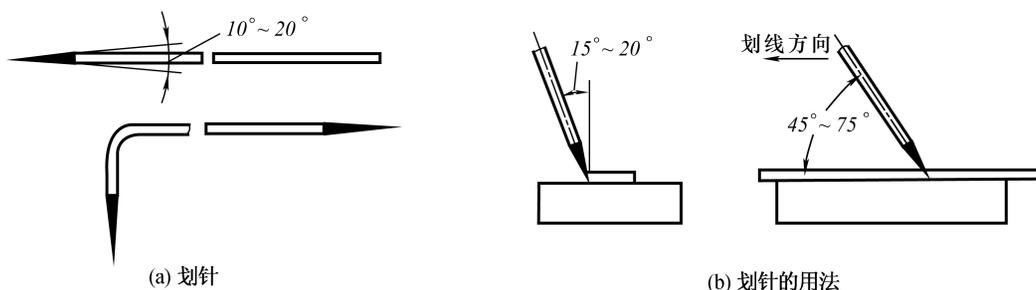


图 2-4 划针及划针的用法

划针常需和直尺、角尺或样板等导向工具配合使用。使用方法和注意事项如下：

(1) 划线时一手压紧导向工具，另一手将划针的针尖靠紧导向工具的边缘，避免导向工具滑动而影响划线的准确性。

(2) 划针的握法与用铅笔画线相似，划线时将划针向外倾斜 $15^{\circ}\sim 20^{\circ}$ ，向划线方向倾斜 $45^{\circ}\sim 75^{\circ}$ ，如图 2-4 (b) 所示。

(3) 用划针划线要尽量做到一次划成，用力均衡，保持线条粗细均匀、清晰。

三、划规

划规是用中碳钢或工具钢制成，两脚尖端经淬硬并磨锋利。有的划规在两脚尖端部焊上一段硬质合金，则耐磨性更好。划规一般用来划圆（或圆弧）、等分线段以及量取尺寸等。

常用的划规有普通划规、扇形划规、弹簧划规及长划规，如图 2-5 所示。其中普通划规结构简单，制造方便，应用广泛。这种划规要求两脚铆合处的松紧要恰当，太松尺寸容易变动，太紧则调节尺寸费劲；扇形划规因有锁紧装置，两脚间的尺寸较稳定，结构也简单，常用于毛坯表面的划线；弹簧划规易于调整尺寸，但用来划线的一脚易滑动，因此只限于半成品表面上的划线；长划规通过调节两个划脚位置可划大尺寸圆（或圆弧）。

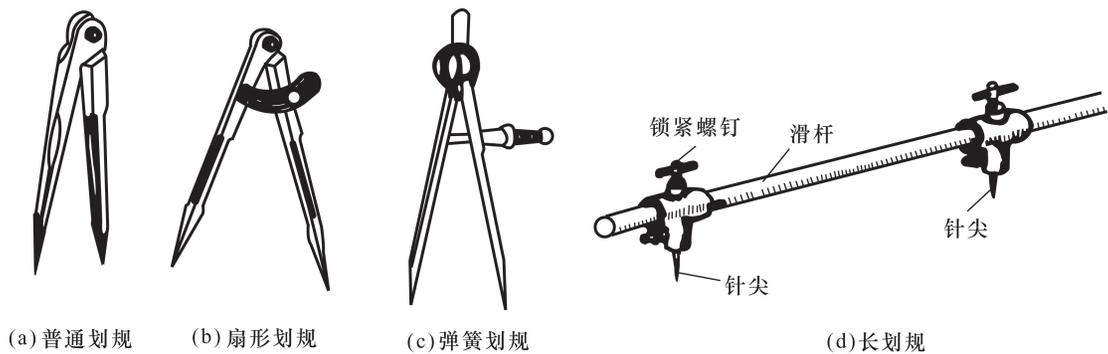


图 2-5 划规

划规的脚尖要经常保持锋利，以保证划出的线条清晰。使用划规划圆时要注意以下事项：

(1) 除长划规外，其他划规在使用前应使两划脚长短一样，两脚尖能合并，以便划出小尺寸圆弧。

(2) 划圆弧时，应将力的重心放在作为圆心的一脚，另一脚则以较轻的压力在工作表面上划出圆弧，这样可使中心不滑移。

(3) 划规两脚尖应在所划圆周的同一平面上。如果中心高于圆周平面，则尺寸应做些调整。如图 2-6 所示，若所划圆半径为 r ，划规两脚尖高度差为 h ，则划规两脚尖的距离 $R = \sqrt{r^2 + h^2}$ 。当 h 较大时，划规定心脚尖不能准确定位在样冲眼中心，致使划出的圆仍不够准确，此时应仔细核对尺寸，直到划准为止。

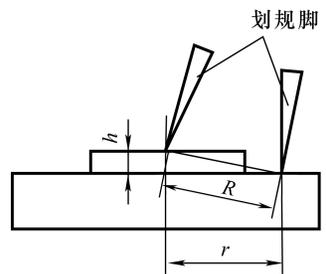


图 2-6 用划规在中心与圆周有高度差的表面上划圆

四、划针盘

划针盘是划线或找正工件位置的工具，如图 2-7 所示。划针盘由底座、立柱、划针和夹紧螺母组成。划针的直头端用来划线，弯头端常用来找正工件的位置，通过夹紧螺母可以调整划针的高度。

划线时，划针应处于水平位置，划针伸出部分应尽量短些，这样刚性较好，不易抖动。划针的夹紧要稳定，避免在划线时尺寸有变动。划针与工件的划线表面之间沿着划线方向倾斜 60° 左右，这样可减少划线阻力和防止针尖扎入工件表面。在划线过程中拖动底座时，应使底座始终紧贴平台移动，不要发生摇晃和跳动现象。划针盘使用完毕，应使其处于直立状态，并使直头端向下，以保证安全和减少所占空间。

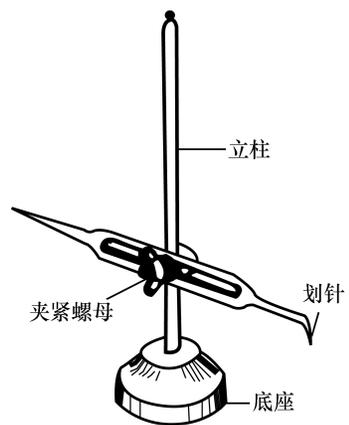


图 2-7 划针盘

五、钢直尺

钢直尺是简单的量具和划直线的导向工具。尺面上有尺寸刻线，刻线距一般是 1mm，最小刻线距是 0.5mm。它的长度规格有 150、300、1 000 等，其用法如图 2-8 所示。

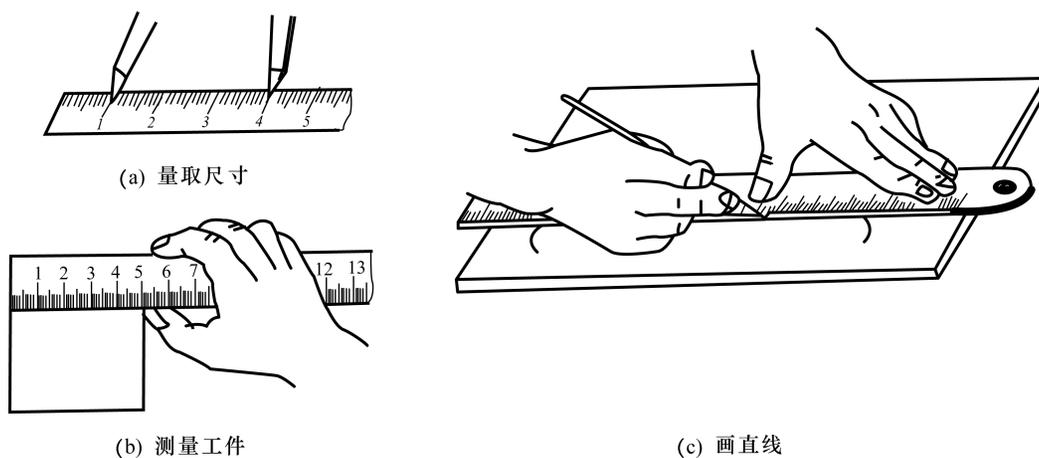


图 2-8 钢直尺的使用

六、高度游标尺

高度游标尺（如图 2-9 所示）是精密量具及划线工具，可用于测量工件的高度，又可用量爪直接划线。其读数精度一般为 0.02mm，划线精度可达 0.1mm。高度游标尺一般用于半成品的划线，若在毛坯面上进行划线，量爪易磨损而影响划线精确度。

划线前，先校验“0”位。划线时，把工件和高度游标尺一起放在划线平台上，用高度游标尺对好所需尺寸，拧紧高度游标尺的紧固螺钉，然后沿着平台水平面匀速移动高度游标尺就能划出所需的线。

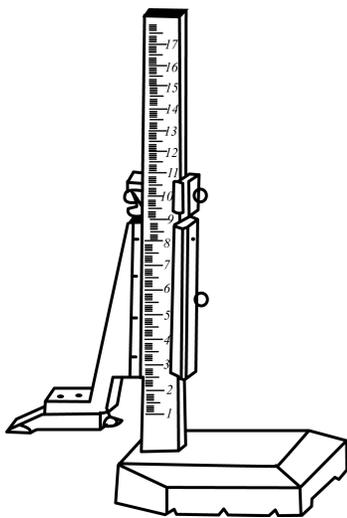


图 2-9 高度游标尺

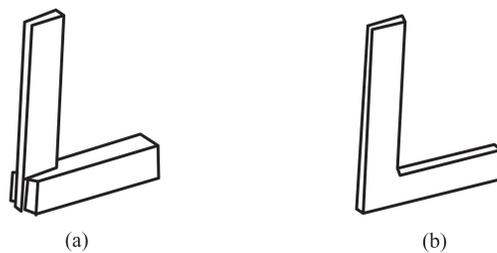


图 2-10 90°角尺

七、90°角尺

90°角尺（如图 2-10 所示）是钳工常用的测量工具，划线时可作为划垂直线或平行线的导向工具，也可以用来找正工件在划线平台上的垂直位置，还可用于检查两垂直面的垂直度或单个平面的平面度。

90°角尺一般用中碳钢制成，热处理后有一定硬度。经过精加工使基准面具有较高的形状、位置

精度及较低值的表面粗糙度（本书中的表面粗糙度单位为 μm ，凡数字后未标单位的，均指 μm ），并使两条直边之间有较准确的 90° 夹角。

八、样冲

样冲用于在已划好的线条上冲眼，如图 2-11 (a) 所示。工件划线后，在搬运、装夹或加工过程中，线条会被磨损，为了保持划线标记，通常要在已划好的线上冲眼。在使用划规划圆弧时，也同样要在圆心上冲眼，作为划规定心脚的立脚点。样冲用工具钢制成，经热处理淬硬，也可以用废旧丝锥或铰刀改制而成。样冲的尖角一般磨成 $45^\circ\sim 60^\circ$ ，用于划线做标记时取 45° ，尖端磨锋利些；用于钻孔定中心时取 60° ，尖端磨钝些。

使用样冲的方法如图 2-11 (b) 所示：

- (1) 冲眼时，要使样冲对准线条的正中，不能偏离原来所划的线条，如图 2-11 (c) 所示。
- (2) 样冲眼的间距一般在直线段上可以大些，在曲线段上可以小些，在线段的交叉或转折处必须有冲眼。
- (3) 冲眼时，敲打力均匀、适当，就能形成深浅适当的样冲眼。薄壁零件上的样冲眼要浅些，应轻敲，以防变形。光滑表面上的样冲眼要浅些甚至不冲眼，而粗糙表面要冲得深些。钻孔中心的冲眼要深些。

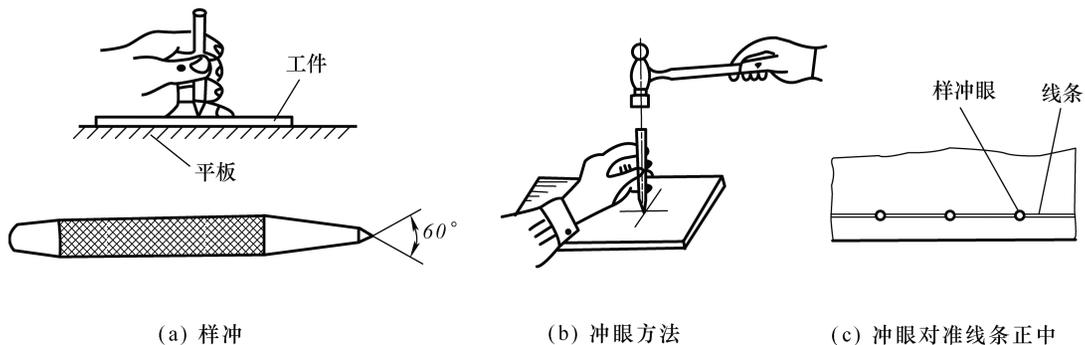


图 2-11 样冲及其应用

九、各种支持工件的工具

1. 垫铁

垫铁有平垫铁和斜垫铁两种。平垫铁如图 2-12 (a) 所示，每副有两到三块，它的高度和宽度规格不同，主要用来垫平、升高和支持工件。斜垫铁如图 2-12 (b) 所示，用来支持和垫高毛坯工件，能对工件的高度做少量调节。

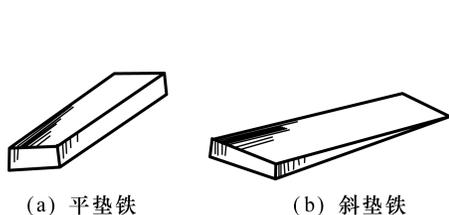


图 2-12 垫铁

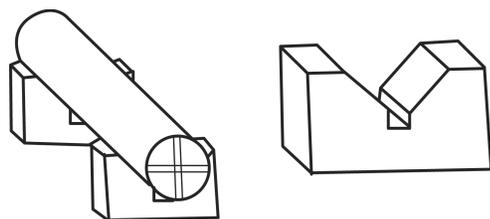


图 2-13 V 形铁

2. V形铁

V形铁（如图 2-13 所示）主要用来安放圆形工件，以便于用划线工具划出工件中心线或找出工件的中心等。V形铁是用铸铁或碳钢制成，一般加工成 90° 或 120° 角，有较好的对中性。

圆柱形工件放在 V 形槽内，它的轴线与划线平台平行。在安放较长的圆柱形工件时，需要用两个等高的 V 形铁，以保证划线的准确性。

3. 角铁

角铁（如图 2-14 所示）是用来支持划线工件的，一般常与压板或 C 形夹头配合使用。角铁用铸铁制成，经过精加工，相邻两个平面之间的垂直精度很高，平面上有腰形孔以便装夹。

划线时，用角尺对工件的垂直度进行找正后，即可使所划线条与找正的直线或平面保持垂直。

4. 方箱

方箱（如图 2-15 所示）是用来支持划线工件的，用夹紧装置把工件夹牢在方箱上。方箱是用铸铁制成的空心立方体或长方体，方箱的相邻平面互相垂直，相对平面互相平行，上部有 V 形槽和夹紧装置。

方箱上的 V 形槽用来安放圆形工件，用夹紧装置固定，划线时翻转方箱，可把工件上互相垂直的线在一次安装中全部划出。

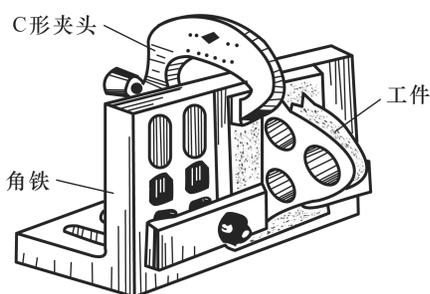


图 2-14 角铁及其应用

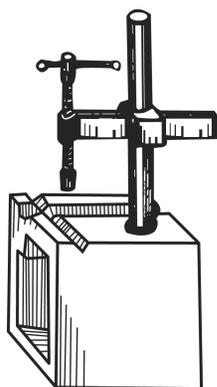
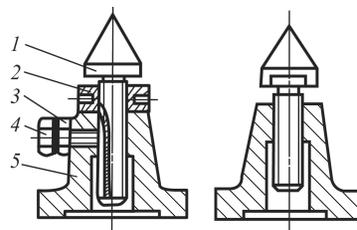


图 2-15 方箱



1-螺杆 2-螺母 3-锁紧螺母
4-螺钉 5-底座

图 2-16 千斤顶

5. 千斤顶

千斤顶（如图 2-16 所示）是用来支持毛坯或形状不规则的工件以便进行立体划线的工具。它可调整工件的高度，以便安装不同形状的工件。

常用的螺旋千斤顶，旋转螺母能调节螺杆的高度，锁紧螺母能固定螺杆的位置。千斤顶的顶端一般做成带球顶的锥形，若要支撑柱形工件或较重工件，可将顶部制成 V 形。

使用千斤顶支持工件时，为使支撑稳定可靠，需注意以下几点：

- (1) 使用前，千斤顶底部要擦净，工件要放置平稳，工件的支撑点要选择在工作不容易滑动的部位。
- (2) 一般工件用三个千斤顶支撑，三个千斤顶的支撑点要尽量远离工件的重心。一般在工件较重的部位放两个千斤顶，较轻的部位放一个千斤顶。调节螺杆时，要防止千斤顶移动，以防工件滑落。
- (3) 为防止工件滑落，可以采取一些必要的安全措施，如在工件上方吊住或在工件下面加垫铁等。

任务三

划线的基本步骤和要求

在划线前先要看清图样，做好划线的准备工作，掌握基本线条的划法，确定正确的划线基准，才能按步骤准确、快捷地完成划线过程。

一、划线前的准备

1. 工件的清理

划线之前，先清理毛坯件上的氧化皮、飞边、残留的泥沙、污物等，以及已加工工件上的毛刺、铁屑等，否则将影响划线的准确度和线条的清晰度，甚至损伤划线工具。

2. 工件的涂色

为了使划出的线条清晰，一般都要在工件的划线部位涂上一层与工件表面颜色不同的涂料，使划出的线条更清晰。常用的涂料有以下两种：

(1) 石灰水。石灰水适用于铸件、锻件毛坯表面的划线前的涂抹。在石灰水中再加入一些牛皮胶，增加附着力，效果更好。

(2) 蓝油。蓝油适用于已加工表面的划线前的涂抹。用 2%~4% 的龙胆紫、3%~5% 的虫胶漆和 91%~95% 的酒精配制而成。

无论使用哪一种涂料，都要尽可能涂得薄而均匀，这样才能保证划线清晰。

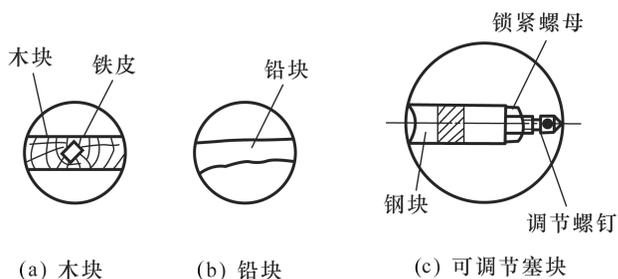


图 2-17 在孔中装中心塞块

3. 在工件孔中装中心塞块

在有孔的工件上划圆时，为找圆心，一般先在孔中安装一个塞块，然后在塞块上确定圆心，如图 2-17 所示。

对于直径不大的孔，通常塞入铅块，直径较大的孔可用木塞块或可调节塞块塞入。塞块敲入孔后，注意要紧实，防止松动，以免划线位置发生变动。

二、基本线条的划法

1. 平行线的划法

(1) 用钢直尺或钢直尺与划规配合划平行线。划已知直线的平行线时，用钢直尺或划规在直线的同侧不同位置按同一距离或半径划出一短线或圆弧，将划出的短线用直尺连接起来或作弧线的公切线，即得已知直线的平行线，如图 2-18 所示。

(2) 用 90°角尺或用钢直尺与 90°角尺配合划平行线。推移 90°角尺划平行线时，角尺要紧靠工件的基准面（边），沿着钢尺度量的方向移动角尺，即可划出平行线如图 2-19 所示。用 90°角尺与直尺配合划平行线时，为防止钢直尺松动，常用夹头夹住钢直尺。当钢直尺与工件表面能较好地贴合时，也可不用夹头。

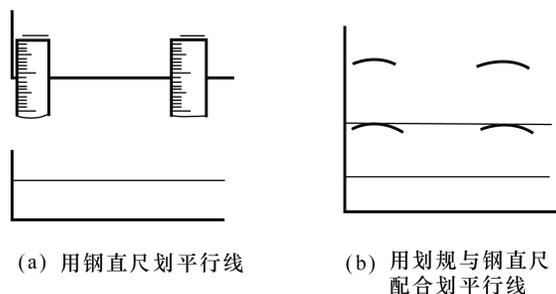


图 2-18 划平行线

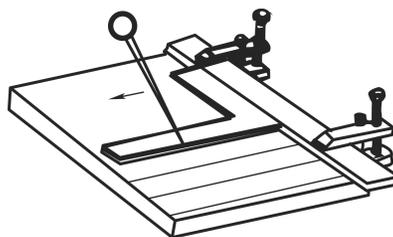


图 2-19 用钢直尺与 90°角尺配合划平行线

(3) 用划针盘或高度游标尺划平行线 (如图 2-20、图 2-21 所示)。若工件可垂直放在划线平台上 (对于较薄的工件要紧靠方箱或角铁的侧面), 可用划针盘或高度游标尺度量尺寸后, 沿平台移动, 划出平行线。

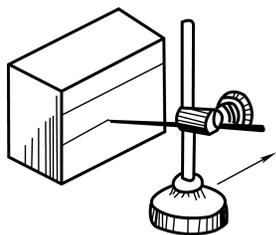


图 2-20 用划针盘划平行线

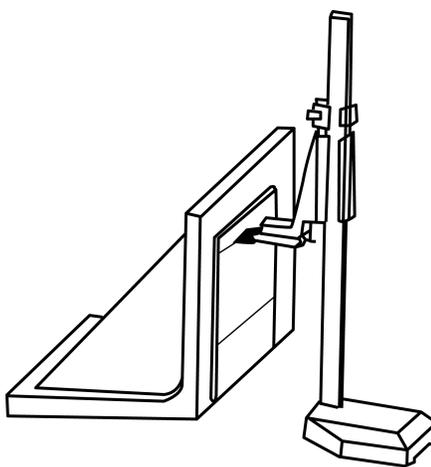


图 2-21 用高度游标尺划平行线

2. 垂直线的划法

(1) 用几何作图法划垂直线。

(2) 用 90°角尺划垂直线。如图 2-22 所示, 用 90°角尺的一边紧靠已加工平面或已知直线边, 沿 90°角尺的另一条边即可划出与已加工平面或已知直线边的垂直线。

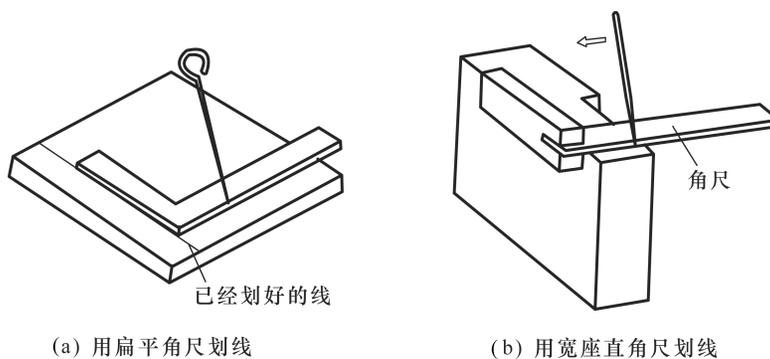


图 2-22 用 90°角尺划垂直线

(3) 用划针盘或高度游标尺在平板上划垂直线。先将工件上的已知直线调整到与划线平台工作面垂直的位置,再用划针盘或高度游标尺在平台上滑动,划出已知直线的垂直线。

3. 圆弧线划法

划圆弧前要先找出圆弧中心,然后在中心上打样冲眼,再用划规按一定半径划出圆弧。求圆心的方法有以下三种:

(1) 用单脚规求圆心。先将单脚规两脚尖的距离调到大于或等于圆的半径(如图 2-23 所示),然后分别以工件边缘上的四点为圆心,在工件圆心附近划一小段圆弧,在四段弧的包围圈内目测确定圆心位置。

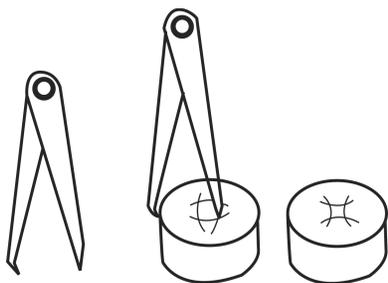


图 2-23 用单脚规求圆心

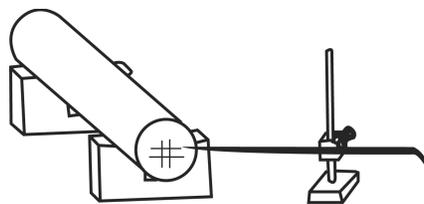


图 2-24 用划线盘求圆心

(2) 用划针盘求圆心。将工件放在 V 形铁上(如图 2-24 所示),将划针尖调到略高或略低于工件圆心的高度。左手按住工件,右手移动划针盘,使划针在工件端面上划出一短线,依次转动工件,每旋转 1/4 周就划一短线,最后在“#”形线内目测定出圆心位置。

(3) 用高度游标尺求圆心。把轴类工件放在两块等高的 V 形铁上(如图 2-25 所示),把游标尺的量爪调整到轴类工件顶端测量出高度值,然后减去轴的半径,划出一条直线,再将轴类工件任意转动角度两次,划出两条直线,三条直线的中间位置或交点就是所求圆心。

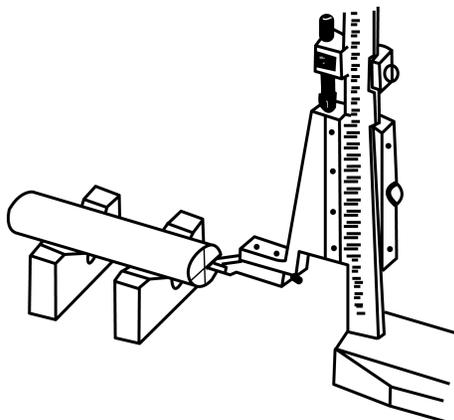


图 2-25 用高度游标尺与 V 形铁配合求圆心

掌握了以上线条的基本划法后,结合几何作图知识,可以使用划线工具划出各种平面图形,如划圆弧的内接、外切正多边形以及圆弧连接等。

三、划线基准的确定

划线基准指在划线时确定工件各几何要素间的尺寸大小和位置关系所依据的点、线、面。在设计图样时确定的基准为设计基准。划线基准的确定要综合考虑工件的整个加工过程及各工序所使用的检测手段,应尽可能使划线基准与设计基准一致,以减少由于基准不一致所产生的积累误差。

划线基准一般有以下三种类型:

(1) 以两个相互垂直的平面或直线为基准。如图 2-26 (a) 所示,该零件有相互垂直的两个方向的尺寸,每个方向的尺寸都是依据外平面为基准来确定的,此时就可以把这两个平面分别作为两个方向的基准。

(2) 以一个平面或直线和一个对称平面或中心线为基准。如图 2-26 (b) 所示,该零件的高度方

向的尺寸是以底面为依据确定的，底面就是高度方向的划线基准。而宽度方向的尺寸以中心线对称，所以中心线是宽度方向的划线基准。

(3) 以两个互相垂直的中心平面或直线为基准。如图 2-26 (c) 所示，该零件两个方向的尺寸均与其中心线有对称性，并且其他尺寸也从中心线为起始标注的，此时，就可以确定这两条中心线为这两个方向的划线基准。

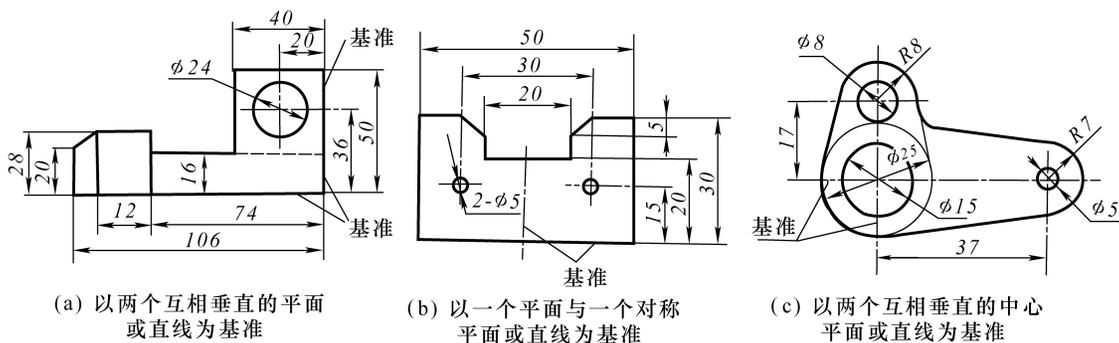


图 2-26 平面基准的确定

四、划线的基本步骤

(1) 看清图样，详细了解工件上需要划线的部位；明确工件及其划线部分在机械上的作用和要求；了解有关的加工工艺及各工序的检测手段。

(2) 初步检查毛坯的误差情况，检查工件的形状和尺寸是否符合图样的要求，清理工件并涂色。

(3) 根据工件的形状及尺寸标注情况，确定合适的划线基准。平面划线时，一般要划出两条互相垂直的直线作划线基准，而立体划线一般要划出三条互相垂直的直线作划线基准。当工件上有已加工面时，应该以已加工面为划线基准。若毛坯上没有已加工面，首次划线应选择最主要的（或大的）不加工面为划线粗基准，但该基准只能使用一次，在下一工序划线时必须用已加工面作划线基准。

(4) 正确安放工件和选用工具。根据工件的形状及尺寸大小情况以及划线部位等，将工件放置于利于划线的位置。选好所用工具并摆放整齐。

(5) 划线。一个工件有很多线条要划出，究竟从哪一根线开始，常要遵守从基准开始的原则，要使划线基准与设计基准重合，否则会使划线误差增大，尺寸换算麻烦，有时甚至使划线难以进行下去。

(6) 详细检查划线的正确性以及是否有漏划。

(7) 在线条上冲眼做标记。样冲眼的深浅要均匀、适当，排列要整齐，排列距离视线条的长短而定。

至此，完成整个划线过程。

任务四 平面划线

只需在工件的一个平面上划线，便能明确表示出加工界线的划线，称为平面划线。图 2-27 所示是一件划线样板，要求在板料上将全部线条划出。

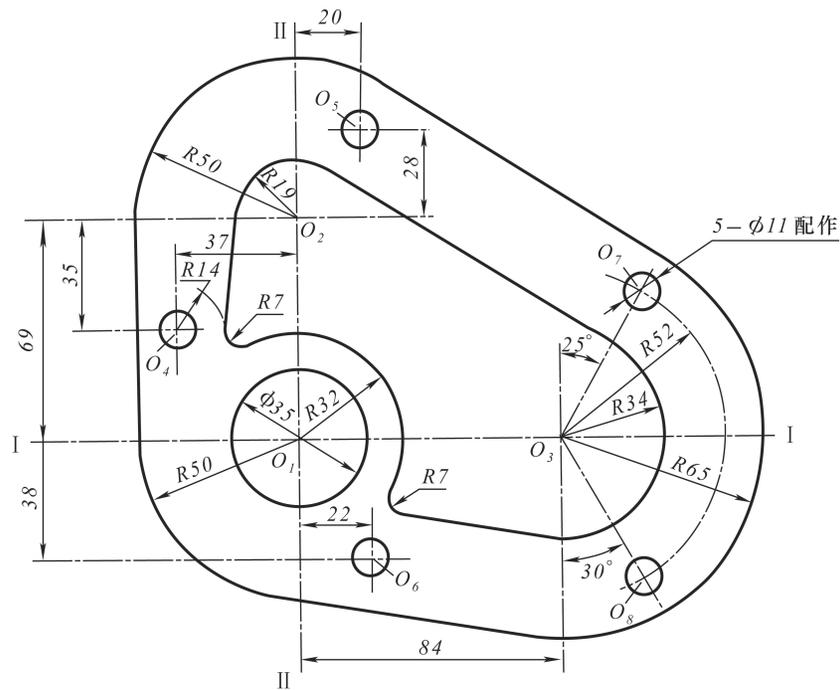


图 2-27 划线样板

首先分析图样，确定以 $\phi 35$ 孔的两条互相垂直的中心线作为长和宽方向的划线基准。然后把板料清理、矫平、涂色后开始划线。

具体划线步骤如下：

- (1) 确定 $\phi 35$ 的圆孔中心 O_1 和 $R65$ 的圆心 O_3 位置。
- (2) 连接 O_1O_3 得基准线I—I。过点 O_1 划与I—I垂直的直线得另一基准线II—II。
- (3) 划尺寸69的水平线，得圆心 O_2 。
- (4) 以 O_1 为圆心， $R32$ 和 $R50$ 为半径划弧。以 O_2 为圆心，以 $R19$ 和 $R50$ 为半径划弧。以 O_3 为圆心，以 $R34$ 、 $R52$ 和 $R65$ 为半径划弧。
- (5) 作外形圆弧的公切线，并作与外形圆弧公切线平行的内形圆弧切线。
- (6) 划出尺寸为35、38和28的水平线。
- (7) 划出尺寸为37、20和22的竖直线，得圆心 O_4 、 O_5 和 O_6 。
- (8) 以 O_4 为圆心， $R14$ 为半径划圆弧，再作 $R14$ 圆弧与 $R19$ 圆弧的公切线。
- (9) 按照连接圆弧的画法，求出两处 $R7$ 弧的圆心，并划出两处 $R7$ 圆弧，分别与 $R32$ 圆弧及其切线相切。
- (10) 通过圆心 O_3 点分别划出 25° 和 30° 角度线，再作 $R52$ 圆弧，该圆弧与角度线相交得圆心 O_7 和 O_8 。
- (11) 划出 $\phi 35$ 和5个 $\phi 11$ 圆孔的圆周线。

至此，全部线条划完。按图样检查有无漏线、错线。在划线过程中，找出圆心后一定要打上样冲眼，以便使用划规划圆或圆弧。在确定所划线条正确后，应在线条交点及图形线条上按一定间隔打样冲眼，以保证加工界限清楚可靠。

任务五 立体划线

在工件互成不同角度（通常是互相垂直，且是长、宽、高三个方向互相垂直）的表面上划线，才能明确表示出加工界线的划线方法，称为立体划线。

立体划线类似于平面划线，但要比平面划线复杂。在立体划线时，要求对划线零件的加工工艺有充分的了解，了解零件加工部位及其尺寸之间的技术要求，能及时发现和纠正工件局部存在的缺陷，以便采取措施，减少生产中的损失。

一个工件的立体划线，往往因工序间的需要而重复多次。第一次划线，称为首次划线，以后进行的各次划线，称为二次划线、三次划线。

一、找正和借料

一般情况下，立体划线都是在铸、锻毛坯件上进行，由于毛坯生产过程中的各种原因，毛坯件常有形状歪斜、偏心、壁厚不均匀等缺陷，当误差不大时，可以通过划线找正和借料的方法来弥补。

1. 找正

找正就是用划针盘、90°角尺等划线工具，通过调节支撑工具，使工件的有关表面处于合适的位置，将此表面作为划线的依据。如图 2-28 所示的轴承座，由于底板的厚度不均，不能作为高度方向的划线基准，底板上表面 A 为不加工面，可以 A 面为基准，划出底面的加工线，从而使底板的上下两面基本保持平行。

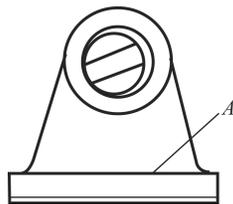


图 2-28 毛坯划线时的找正

找正的要求和方法如下：

(1) 当毛坯上有不加工表面时，应按不加工表面找正后再划线，使待加工表面与不加工表面各处尺寸均匀。

(2) 当工件上若有几个不加工表面时，应选较大的或重要的不加工表面作为找正的依据，使误差集中到次要的或不显眼的部位。

(3) 若没有不加工表面时，可以将待加工的孔毛坯和凸台外形作为找正依据。

2. 借料

当工件毛坯存在尺寸和形状误差或缺陷，某些待加工面的加工余量不足，用找正的方法不能补救时，可通过试划和调整，重新分配各个待加工表面的加工余量，使各个待加工面都能顺利被加工，这种补救性的划线方法称为借料。

对于需借料的工件，要先认真测量好它的各部位尺寸和偏移量，判断能否借料。若能借料，再确定借料的方向和大小，然后从基准开始逐一划线。借料划线可能一次成功，也可能经过多次试划才能成功，在这一过程中要充分利用毛坯本身的有利因素。

如图 2-29 所示，零件的毛坯孔 $\phi 40$ 向右、向下各偏移了 6。因孔的偏心太大，如果以此设计基准

($R60$ 的中心) 为划线基准, 则待加工孔的加工余量只剩下 1.5; 如果以毛坯孔 $\phi 40$ 为基准划线, 则底面无法加工。这时可以通过借料划线将待加工孔中心降低 2, 使孔的加工余量增加为 3, 而底面的加工余量可达 4。这样既保证了零件的对称性, 又可使各加工面得到合适的加工余量, 零件可以按图加工。

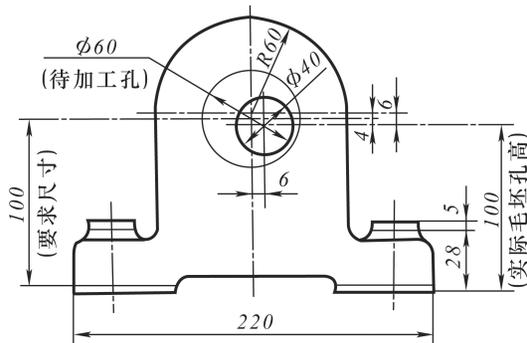


图 2-29 铸件孔的借料

二、立体划线

1. 分析图样

以图 2-30 的轴承座为例, 通过看图样, 可知此轴承座需要加工的部位有下底面、轴承座内孔、两个螺栓孔及其上平面和两个大端面。这些加工部位的线条都需划出, 需要划线的尺寸共有三个方向, 所以工件要经过三次安放才能完成划线工作。

2. 确定划线基准

根据图样分析, 轴承座内孔加工后与外廓有外观质量要求, 底平面与孔中心线距离有尺寸要求, 因此划线的基准应选定为轴承座内孔的中心平面 I—I 和 II—II, 以及两个螺栓孔的中心平面 III—III (如图 2-31、图 2-32、图 2-33 所示)。

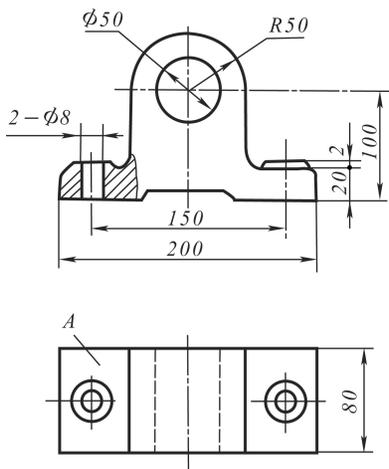


图 2-30 轴承座

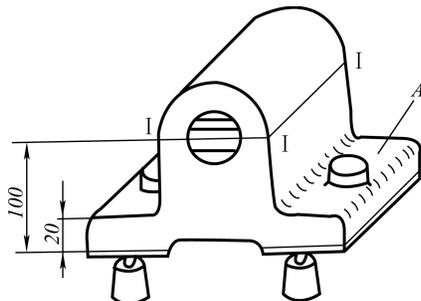


图 2-31 首次划线

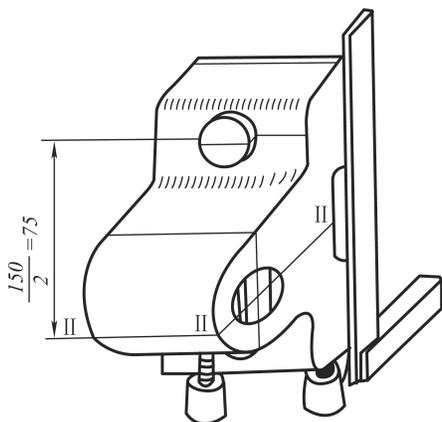


图 2-32 第二次划线

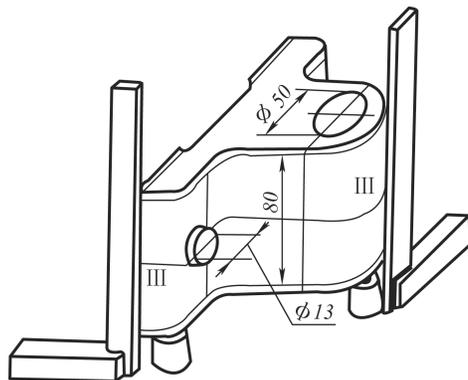


图 2-33 第三次划线

3. 工件的安放

用三个千斤顶支撑轴承座的底面，调整千斤顶的高度，初步使轴承座孔的两端中心在同一高度。因为平面 A 是不加工面，要使底板的厚度（20）均匀，所以尽量使平面 A 处于水平位置，使用划针盘来找正 A 平面。当孔的两端中心要保持同一高度，与 A 面保持水平位置发生矛盾时，就要兼顾这两个方面进行安放。由于轴承内孔壁厚和底板厚度都比较重要，所以安放时要考虑将毛坯的误差适当分配在这两个部位。必要时通过借料对原轴承座内孔的中心重新调整，直至安放适当。

4. 划线

(1) 第一次划线。划线时，先用划针试划底面加工线，如果底座板厚度均匀且符合尺寸需要，即可继续划线。如果发现四周加工余量不够，则要用借料方法把中心适当调整。确定不需要再变动时，就可划出基准线 I—I 和底面加工线（如图 2-31 所示）。划这两条线时，工件四周也要划到，以备在其他方向划线时或在机床上加工时找正位置用。至于两个螺栓孔的上平面加工线可以不划，只要有一定的加工余量就可以了。

(2) 第二次划线。第二次应划基准线 II—II 和两螺栓孔的中心线（如图 2-32 所示），这两个方向的位置已由已划基准线 I—I 和已划的底面加工线确定。用千斤顶将工件按图示位置支撑，通过千斤顶的调整和划针盘的找正，使轴承座内孔两端的中心处于同一高度，同时用 90° 角尺将已划出的底面加工线找正到垂直位置。这样，工件第二次安放正确。接着就可划出基准线 II—II 和两螺栓孔的中心线。

(3) 第三次划线。最后划出两个大端面的加工线（如图 2-33 所示）。将工件翻转到图示位置，用千斤顶支撑工件。调整千斤顶及用角尺找正，分别使底面加工线和 II—II 中心线处于垂直位置。这样，工件的第三次安放位置就确定了。接着以两螺钉孔中心为依据，试划两大端面的加工线。如两面的加工余量偏差太大或其中一面的加工余量不足时，可适当调整螺钉孔的中心并允许适当借料。至此可划出 III—III 基准线及两个大端面的加工线。

(4) 按图 2-30 所示尺寸，划出轴承座内孔和两个螺栓孔的圆周线。

(5) 检查。将已划好的全部线条，对照图纸校核检查正确无误、无遗漏线条后，在所划线条上打样冲眼，至此轴承座的划线工作全部完成。

习 题

1. 什么叫划线？划线有何作用？
2. 划线分哪两种？它们之间有什么区别？
3. 平面划线基准一般有哪几类？平面划线和立体划线时分别要选几个划线基准？
4. 有一圆环毛坯，其外径为 $\phi 69$ ，内孔为 $\phi 25$ ，由于锻造缺陷使得内、外圆心偏移了 5mm 。图样要求内、外圆都加工，内孔为 $\phi 32$ ，外圆为 $\phi 62$ ，用 $1:1$ 画图表示加工界线和借料方向，并计算借料大小。

实训一

划线的基本操作——几何作图训练

在板料上分别用划线工具划出如图 X2-1 所示尺寸的图形。

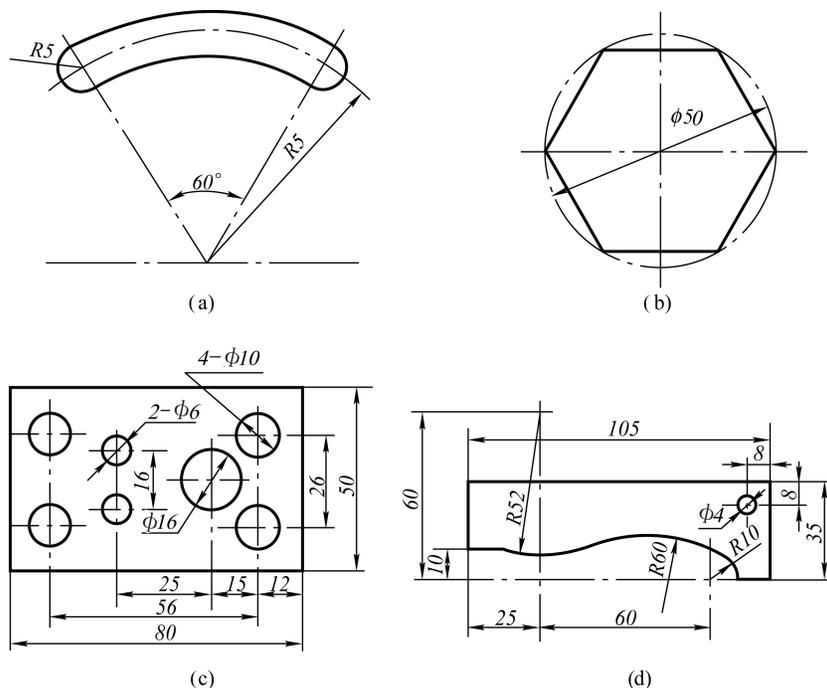


图 X2-1 几何作图

一、训练要求

- (1) 了解划线的作用。
- (2) 能正确使用划线工具。
- (3) 能掌握线条的划线方法。
- (4) 能掌握打样冲眼、定圆心的方法。
- (5) 划线尺寸误差为 $\pm 0.25\text{mm}$ 。

二、使用的量具和辅助工具

钢尺、划针、划规、样冲、手锤等。

三、操作过程

- (1) 检查毛坯（钢板）外形尺寸是否合格，经检查无误后，正确安放工件。
- (2) 按照图样采用的划线基准及最大轮廓尺寸，在工件上安排好划线基准。
- (3) 在工件待划线表面上均匀地刷上蓝油，待蓝油晾干后，再进行划线。

- (4) 根据已选好的划线基准，用几何作图法依次划线。
 (5) 划线完毕，按要求的尺寸对所划图形校对无误后，在按要求线条上打样冲眼。

四、安全及注意事项

- (1) 划线前要对工件去除毛刺，防止刺伤手指，清理污垢。
 (2) 用划规划圆时，用力要适当，作为旋转中心的一脚应施加较大的压力。
 (3) 使用样冲冲眼时，应先将样冲向外倾，样冲尖端应对准所划线的正中，然后再将样冲直立冲眼。冲眼的距离和深浅应按要求确定。
 (4) 划线工具要合理放置，左手用的工具和右手用的工具分别放在工件的左、右边，做到轻拿轻放，排放整齐。
 (5) 严格按几何作图法划线，每划完一根线或整个图形，都必须认真检查校对，避免差错。

五、质量检查内容及评分标准

序号	质量检查内容	配分	评分标准	自检	复验	得分
1	涂色薄而均匀	4	根据所有涂色总体评定			
2	图形正确，分布合理	12	错一处扣 2 分			
3	尺寸公差 ± 0.25	30	错一处扣 2 分			
4	线条清晰无重复	15	线条重复或模糊扣 1 分			
5	冲眼准确，分布合理	15	冲偏一处扣 1 分， 一处分布不合理扣 1 分			
6	圆弧与直线，圆弧与圆弧	10	一条线连接不好扣 1 分			
7	使用工具正确，操作姿势正确	10	发现一次不正确扣 1 分			
8	安全文明生产	4	违章一次扣 2 分			
日期：	学生姓名：	学号：	教师签名：	总分：		

实训二 样板划线训练

如图 X2-2 为一样板，要求在板料上划线。

一、训练要求

- (1) 掌握平面划线的方法。
 (2) 正确、熟练使用划线工具。

二、使用的量具和辅助工具

钢尺、量角器、划针、划规、样冲、手锤等。

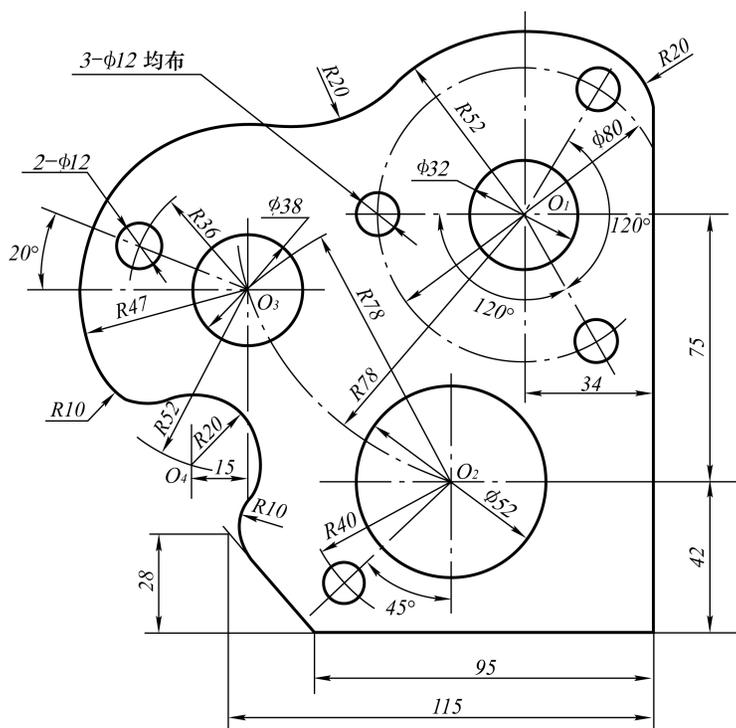


图 X2-2 样板划线

三、操作过程

- (1) 分析图样，首先确定以底边和右侧边为划线基准。把板料清理、矫平、涂色后开始划线。
- (2) 沿板料边缘划两条互相垂直的基准线。
- (3) 划尺寸为 42、75 的两条水平线。
- (4) 划尺寸为 34 的垂直线，找到 O_1 点。
- (5) 以 O_1 为圆心， $R78$ 为半径作弧，交尺寸 42 的水平线得 O_2 点，并过 O_2 作垂线。
- (6) 分别以 O_1 、 O_2 为圆心， $R78$ 为半径作弧，得交点 O_3 ，通过 O_3 作水平线和垂直线。
- (7) 以 O_1 和 O_3 为圆心，分别以 $R52$ 和 $R47$ 、 $R52$ 为半径作弧。
- (8) 划距离 O_3 垂直中心线为 15 的垂直线与以 O_3 为圆心的 $R52$ 圆弧交于 O_4 点。以 O_4 为圆心， $R20$ 为半径作弧。
- (9) 按尺寸 115、95、28 划出左下方斜线。
- (10) 作外轮廓连接弧，连接 3 个 $R20$ 和 2 个 $R10$ ，完成外轮廓的划线。
- (11) 划出 $\phi 32$ 、 $\phi 80$ 、 $\phi 52$ 、 $\phi 38$ 的圆周线。
- (12) 通过 O_2 点作 45° 线，与以 O_2 为圆心， $R40$ 为半径作圆弧，交点为 $\phi 12$ 小圆的圆心。
- (13) 通过 O_3 点作 20° 线，与以 O_3 为圆心， $R36$ 为半径所作圆弧，交点为另一 $\phi 12$ 小圆的圆心。
- (14) 按图样位置把 $\phi 80$ 圆周分成三等分，得到分布于 $\phi 80$ 圆周上的 3 个 $\phi 12$ 小圆的圆心。
- (15) 划出 5 个 $\phi 12$ 圆周线。

至此，全部线条划完。按图样检查有无漏线、错线。划出圆心后就打样冲眼，以便于划圆弧。检查无误后，再按规定打线条上的样冲眼。

实训三

凸轮划线训练

盘形凸轮轮廓曲线划线训练如图 X2-3 所示。

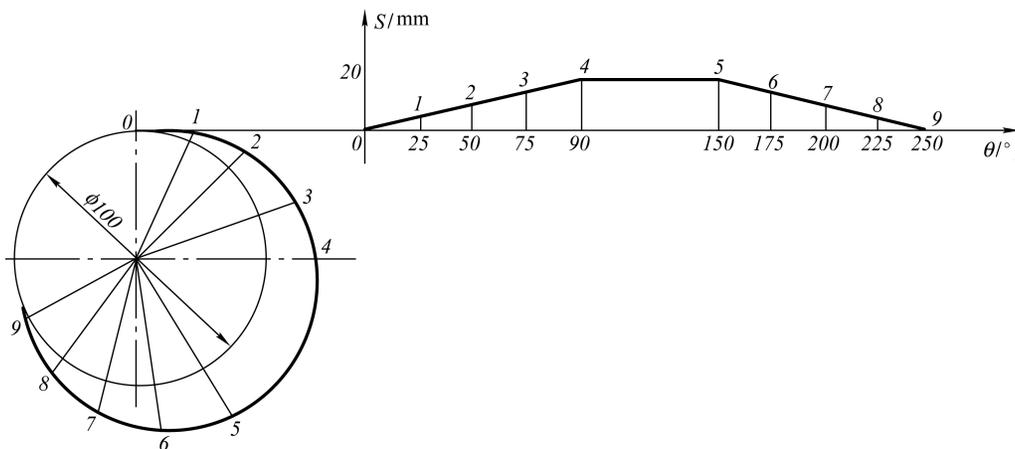


图 X2-3 凸轮轮廓曲线划线

一、训练要求

- (1) 熟练掌握平面划线的方法。
- (2) 正确、熟练使用量角器等划线工具。
- (3) 掌握平面曲线的划线方法。

二、使用的工具、量具

划针、划规、钢尺、量角器、角尺、样冲、手锤等。

三、操作过程

- (1) 检查毛坯材料（板料）的外形尺寸是否合格，清理划线表面。
- (2) 安排好划线基准。
- (3) 合理选择涂料，在工件表面均匀刷上涂料。
- (4) 按图样划线。
- (5) 划线完毕，在线条上打样冲眼。

实训四

台虎钳螺母划线训练

台虎钳螺母划线训练如图 X2-4 所示。

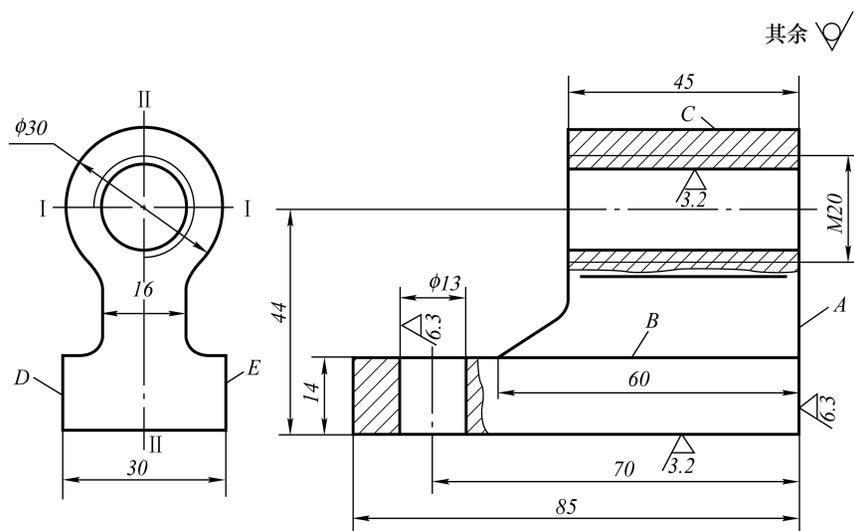


图 X2-4 台虎钳螺母划线

一、训练要求

- (1) 掌握立体划线的方法。
- (2) 掌握千斤顶等划线工具的使用方法。

二、使用的工具、量具

划针、划规、钢尺、量角器、角尺、样冲、手锤等。

三、操作过程

分析图样。该螺母需要加工的部分有：底面、螺孔、底板上螺钉孔。

划线过程：

- (1) 确定划线基准：内螺孔互相垂直的中心平面 I—I，II-II 以及右端面 A。
- (2) 找正 B 面，使底面和 A 面都有加工余量，且基本与母线 C 平行。
- (3) 划底面加工线，工件四周都要划到，如加工余量不够，可用找正和借料方法解决，接着划基准线 I—I。
- (4) 将工件转方向划基准线 II-II，划过底面。尽量保证 M20 孔壁均匀和 D、E 两面对称。
- (5) 划出 A 面的加工轮廓线，以其为基准划螺钉孔位置，通过孔 $\phi 13$ 定位尺寸 70 位置线，与基准线 II-II 相交得 $\phi 13$ 孔圆心。
- (6) 划 M20 螺孔圆周线及 $\phi 13$ 孔圆周线。
- (7) 检查无误后，在线条上打上样冲眼，至此划线完成。

项目三

铣削

本项目主要介绍了铣削工艺的知识与实践技能。从铣削工具的基础认知到铣子的刃磨与热处理技术，再到具体的铣削方法，内容循序渐进，系统而详尽。书中不仅涵盖了安全技术与产生废品的原因分析，还通过一系列实训项目，如窄平面与大平面的铣削、直槽与薄板的铣切等，让学生在实战中加深理解。

任务一

錾削工具



錾削工具

錾削是利用手锤锤击錾子，对工件进行切削加工的一种基本方法。錾削工作效率比较低，劳动强度大，但由于使用的工具简单，操作方便，在机械加工不便的情况下尤为适用，例如去除毛坯的飞边、毛刺、浇冒口，修整板料割口，切割薄板料，在构件上开槽等。錾削是钳工的基本技能之一。

錾削工具主要有錾子和手锤。

一、錾子

錾子一般由碳素工具钢（如 T7A、T8A）锻造而成，经热处理后有足够的硬度和韧性，也可用合金钢（如滚动轴承钢 GCr15、高速钢 W18Cr4V 等）锻造，只是价格较高。

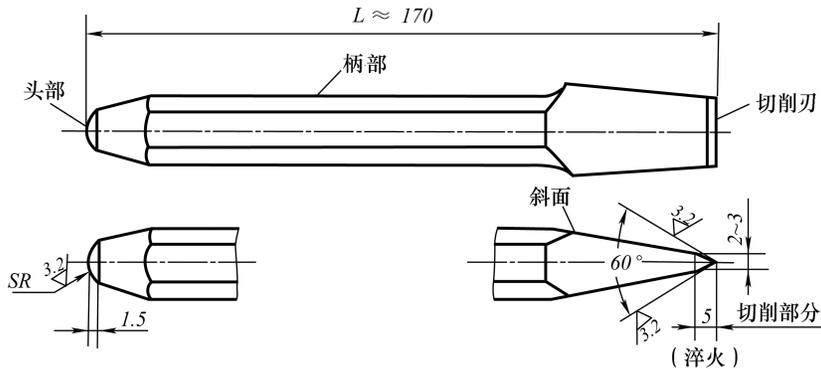


图 3-1 錾子的构造

錾子由切削部分、斜面、柄部和头部四部分组成（如图 3-1 所示）。柄部断面为八棱形。头部做成圆锥台形，顶端略带球面，使锤击作用力的方向能朝着刃口的錾切方向，并使顶部受锤击后不翻边。錾子切削部分主要由两面一刀（前面、后面和切削刃）构成。錾削时的角度如图 3-2 所示。

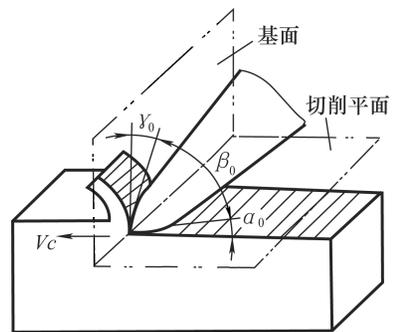


图 3-2 錾削时的角度

1. 錾子切削部分

前面：切削时錾子和切屑接触的表面。

后面：切削时錾子切削部分与已切削表面的背面。

切削刃：錾子前面和后面的交线。

2. 錾子切削角度

在介绍錾子切削时的切削角度之前先介绍切削平面和基面两个概念。

基面：通过切削刃上任一点并垂直于切削速度方向的平面。

切削平面：通过切削刃并与切削表面相切的平面。它和基面是互相垂直的。

如图 3-2 所示，切削时切削部分有三个角度：楔角、前角和后角。

(1) 楔角 β_0 。錾子切削部分前面与后面的夹角。

(2) 前角 γ_0 。錾子切屑部分前面与基面所夹的锐角。

(3) 后角 α_0 。錾子切屑部分后面与切削平面所夹的锐角。

显然 $\beta_0 + \alpha_0 + \gamma_0 = 90^\circ$ ，而前角 γ_0 和后角 α_0 的大小与錾子切削时的倾斜程度有关。

楔角 β_0 的大小决定了切削部分的强度及切削阻力的大小。楔角大，刃部强度高，但切削阻力也大。所以，在满足刃部强度的前提下，刃部应磨出较小的楔角。錾削硬材料时，楔角可大一些；而錾削软材料时，楔角应小一些。根据经验和计算结果，刃部使用不同材料，推荐选择的楔角大小不同，如表 3-1 所示。

表 3-1 推荐选择的楔角大小

材 料	楔角
碳素工具钢、铸铁等硬质材料	$60^\circ \sim 70^\circ$
一般碳素结构钢、合金结构钢等中硬度材料	$50^\circ \sim 60^\circ$
低碳钢、铜、铝等软质材料	$30^\circ \sim 50^\circ$

后角 α_0 的大小决定了切削深度和切削的难易程度。为后角较大时，切削深度大，切削较困难；当后角较小时，切入较浅，切削较容易，但效率低；当后角太小时，錾子难以切入且易打滑。通常取 $\alpha_0 = 5^\circ \sim 8^\circ$ 为好。

前角 γ_0 的大小决定切屑变形的程度和切削的难易程度。在楔角 β_0 和后角 α_0 选定后，前角 γ_0 也就确定了。

3. 錾子的种类和用途

錾子分为三种类型：扁錾（阔錾）、窄錾（尖錾）和油槽錾。

(1) 扁錾。如图 3-3 (a) 所示，其切削刃较长，切削部分扁平。扁錾用于平面錾削、去毛刺飞边、切断板料等，应用最为广泛。

(2) 窄錾。如图 3-3 (b) 所示，其切削刃较短，刃的两侧面自切削刃起向柄部逐步变窄，以保证在錾槽时不被工件卡住。窄錾用于錾削槽形、切割板料成曲边形等。

(3) 油槽錾。如图 3-3 (c) 所示，油槽錾由窄錾演变而成。其切削刃制成圆弧形且很短，斜面制成弯曲形状，便于錾削油槽。

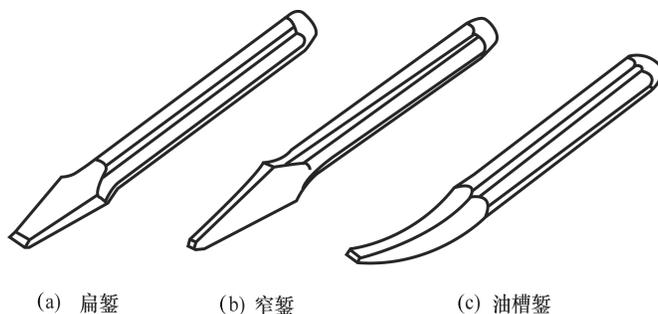


图 3-3 常用錾子

二、手锤

手锤由锤头、木柄和楔子等组成（如图 3-4 所示）。锤头有硬、软之分。硬锤头主要用于錾削，

一般由碳素工具钢锻造而成，两端锤击面经淬硬后磨光。软锤头多用于装配和矫正，通常由铜、铝、硬木或橡胶制成，有时也可在硬锤头上焊接铜、铝之类的材料作为锤击面。手柄由胡桃木、檀木、茶树木等硬木制成。

常见锤头形状如图 3-4 所示，使用较多的是两端为球面的一种。其规格有 0.25kg、0.5kg、1kg 等。锤头的安装孔做成椭圆形，孔的两端孔口略大而中间略窄，木柄装入后再用金属楔块敲入木柄端部，使木柄膨胀，锤头不易脱落，如图 3-5 所示。

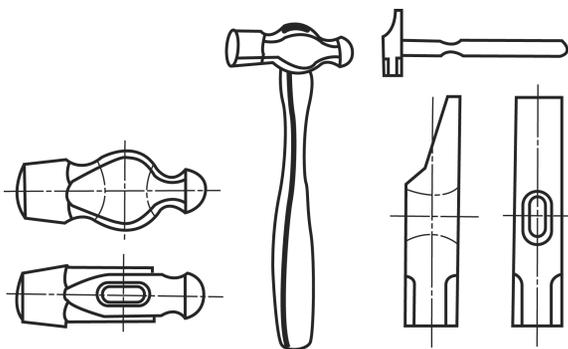


图 3-4 手锤

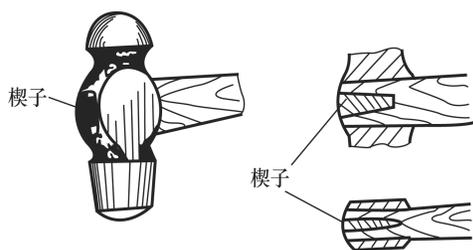


图 3-5 锤柄端部打入楔子

手柄的截面形状为椭圆形，便于定向握持。常用的 1kg 手锤柄长约 350mm，手柄过长会使得操作不便，过短则又会影响用力。用手握锤头，在手臂的前臂长度和手锤长度相等时，手柄长度比较合适。

任务二

镊子的刃磨与热处理

一、镊子的刃磨

镊子刃磨在砂轮上进行，镊子刃磨后，其楔角应与其中心线对称（油槽镊除外），如图 3-6 所示，刃磨要点如下：

(1) 刃磨时，将镊子的切削刃水平置于砂轮轮缘上，并略高于砂轮水平中心线位置，手持镊子在砂轮轮宽方向上左右匀速平行移动。动作要平稳。

(2) 手握镊子要掌握好方向和位置，以确保刃磨角度的准确。刃磨前面和后面应交替进行，以保证两个面平直和对称。

(3) 刃磨压力要均匀，用力不可过大，以免切削部分因过热而导致退火。刃磨过程中，要经常将镊子浸入冷水中冷却。

(4) 注意安全。人身体站立位置应偏离砂轮旋转平面的一边。砂轮旋转方向应正确，保证磨屑向地面飞溅。

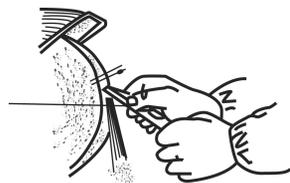


图 3-6 镊子的刃磨

二、镊子的热处理

足够的硬度能保证镊子切削刃锋利，而足够的韧性则保证镊子有一定的使用寿命。对碳素工具