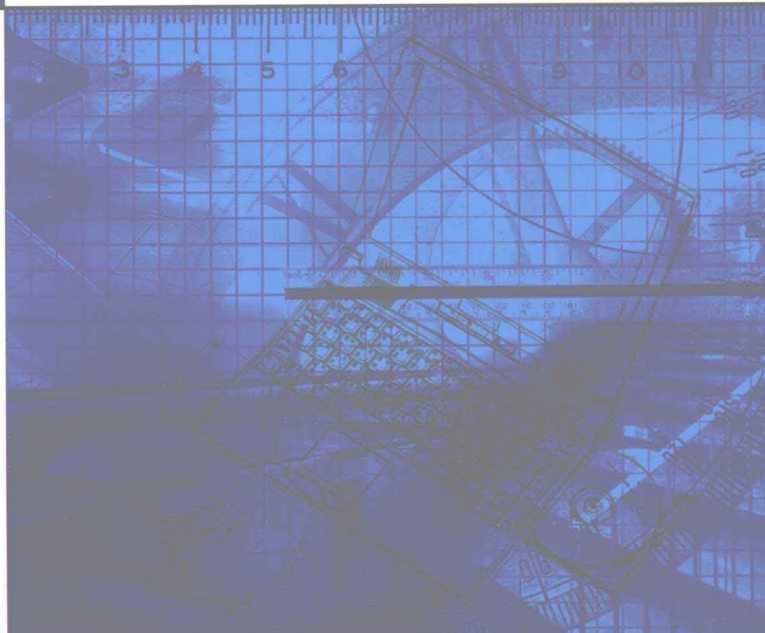
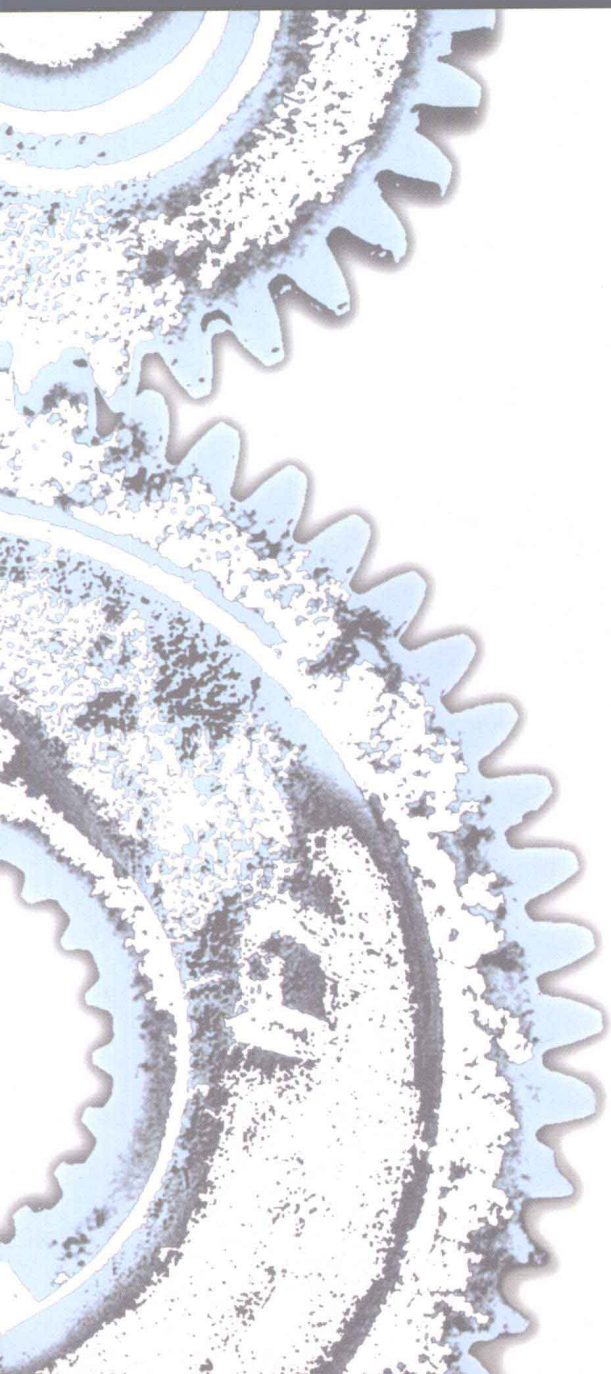


GONGCHENG
ZHITUJICHU

工程制图基础



程丁龙 主编

兵器工业出版社

工程制图基础

主 编 程丁龙
主 审 赵永东 尹令东

兵器工业出版社

内 容 简 介

本书是以总参军训部批准印发的《基础课教学基本要求》为基准,采用现行最新版国家标准和 CAD 系统,结合军队的特点而编写的。适合于工科院校 40~60 学时的非机类工程制图的教学使用。

本书共分 10 章,主要内容为绘图工具的使用及常见投影图、几何元素投影及其相对位置关系、立体及其表面交线、国家标准介绍、计算机绘图、组合体、机件表达方法、标准件及常用件、零件图与装配图等。

本书既可作为在校学员教材使用,又可作为工程技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

工程制图基础/程丁龙主编. —北京:兵器工业出版社,
2008. 7

ISBN 978 - 7 - 80248 - 070 - 4

I. 工… II. 程… III. 工程制图—高等学校—教材
IV. TB23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 115064 号

出版发行:兵器工业出版社

发行电话:010-68962596, 68962591

邮 编:100089

社 址:北京市海淀区车道沟 10 号

经 销:各地新华书店

印 刷:北京蓝海印刷有限公司

版 次:2008 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

印 数:1—2350

责任编辑:王 强

封面设计:李 晖

责任校对:郭 芳

责任印制:赵春云

开 本:787×1092 1/16

印 张:14.75

字 数:366 千字

定 价:26.00 元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

前 言

随着高等教育改革的逐步深入,工程制图课程也面临着教学内容、教学体系及教学手段的改革,从全军十几所高校调查中可以发现:制图课程的教学学时正在大幅度下降,大多数非机类工程制图的教学学时已缩减至40学时左右,在如此短的时间内完成既定的教学任务,对其教学内容、教学体系及教学手段的改革尤为必要。

编写一本40~60学时的工程制图教材是军队各院校的迫切需要。本书是以总参军训部批准印发的《基础课教学基本要求》为基准,结合军队特点编写而成的。全书以培养学员的徒手绘图、尺规绘图和计算机绘图实践能力为重点,注重三者的有机融合,调整各部分内容权重,强化读图和图示能力的培养。

针对军队专业技术人员重在使用和维修的特点,本书的内容重点放到读图上,强化空间思维,注重构形训练。

由于本书适合少学时使用,考虑到有些院校在工程制图教学中不安排计算机绘图方面的内容,因此计算机绘图内容单独安排在一章内,便于取舍。

为配合有关章节内容,附录中摘引了部分国家标准及中英词汇对照,以培养学生遵守国家标准的思想,并学会运用工具书,掌握查阅标准手册及相关资料的能力。

与本书配套的有《工程制图基础习题集》。

本书由解放军防化指挥工程学院程丁龙、郑阿漫、张国柱、刘继锋和解放军装备指挥技术学院陈梅编写,程丁龙任主编。中国地质大学附属中学的张桂霞老师编写了附录中的中英词汇对照,并对本书的录入和校对作了大量的工作。解放军装甲兵工程学院赵永东副教授、解放军装备指挥技术学院尹令东副教授任主审,对本书的体系及内容建设提出了宝贵的意见和建议,在此深表谢意。

本书的编写出版工作,得到了学院训练部、教务处、教保处、基础部及教研室领导的关心和支持,在此也一并表示谢意。

由于编者水平有限,书中缺点和错误在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2008年1月

目 录

第1章 制图基础知识	1
1.1 图学概述	1
1.2 绘图工具和仪器的使用方法	1
1.3 几何作图	4
1.4 投影法	8
1.5 工程中常用的投影图	11
1.6 学习本课程应达到的基本要求和对方法的建议	17
第2章 基本几何元素的投影及其相对位置	18
2.1 点的投影	18
2.2 直线	25
2.3 平面	33
2.4 直线与平面及两平面的相对位置	40
第3章 立体及其表面交线	46
3.1 基本立体的投影	46
3.2 平面与立体表面的交线	57
3.3 两回转体的相贯线	66
第4章 《技术制图》国家标准介绍	72
4.1 部分《技术制图》国家标准介绍	72
4.2 平面图形的画法及尺寸标注	83
第5章 计算机绘图简介	86
5.1 AutoCAD 简介	86
5.2 图形显示与控制	91
5.3 图层、颜色和线型	93
5.4 绘图命令	96
5.5 编辑命令	100
5.6 绘制平面图形	108
第6章 组合体	110
6.1 组合体的组成方式及三视图	110
6.2 画组合体视图的方法与步骤	112
6.3 读组合体视图	115
第7章 机件的常用表达方法	124
7.1 视图	124
7.2 剖视图	127
7.3 断面图	136
7.4 其他表达方法	139

7.5 第Ⅲ角画法简介·····	143
第8章 机件的尺寸注法 ·····	145
8.1 标注尺寸的意义和要求·····	145
8.2 基本形体的尺寸注法·····	145
8.3 组合体的尺寸注法·····	147
第9章 标准件和常用件 ·····	152
9.1 螺纹及螺纹连接件·····	152
9.2 齿轮·····	163
9.3 键联结·····	166
9.4 销连接·····	168
9.5 滚动轴承·····	169
9.6 弹簧·····	172
第10章 零件图和装配图简介 ·····	175
10.1 零件图·····	175
10.2 装配图·····	191
附录·····	201
附录A 螺纹和螺纹结构·····	201
附录B 标准件·····	204
附录C 极限与配合·····	217
附录D 中英词汇对照·····	224
参考文献 ·····	229

第1章 制图基础知识

1.1 图学概述

图学 (GRAPHICS) 这个词源自于希腊字 (grapho), 其延伸意义为“绘图”或“图样”。图样是阐发和交流技术思想的主要工具。工程图样除了可提供对物体准确而完整的描绘, 还给出制造所需的全部技术资料, 如尺寸、公差等, 是设计者、制造者、使用者三者之间交流的桥梁, 是工程界的共同语言, 每一位工程技术人员都必须掌握这种语言。

工程图学研究绘制和阅读工程图样的原理和方法, 培养学生的形象思维能力, 是一门既有系统理论又有较强实践性的技术基础课程。本课程涵盖了用图样来解决问题的全部领域, 包括画法几何、投影制图、工程图及计算机绘图基础等部分。画法几何研究几何元素及其之间的空间关系, 是工程制图的理论基础。对画法几何透彻的理解是用图示、图解方法解决工程问题所必需的。投影制图部分训练用仪器和徒手绘图的操作能力, 培养绘制和阅读投影图的基本能力, 学习标注尺寸的基本方法, 这一部分是本课程的重点。工程图部分培养绘制和阅读常见机器或部件的零件图和装配图的基本能力, 并以培养读图能力为重点。计算机绘图基础部分应使学生初步了解计算机绘图的基本知识, 学习简单图形的计算机绘制方法。

本课程的主要任务:

学习正投影法的基本原理及其应用;

培养图解简单空间几何问题的能力;

培养绘图和阅读工程图样的基本能力;

培养和发展学生的空间分析能力和空间想象能力以及图解几何能力;

培养计算机绘图的初步能力。

此外, 在教学过程中, 还必须有意地培养自学能力、分析问题和解决问题的能力, 以及认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

1.2 绘图工具和仪器的使用方法

正确使用绘图工具和仪器, 是保证绘图质量和加快绘图速度的一个重要方面, 因此, 必须养成正确使用、维护绘图工具和仪器的良好习惯。常用尺规和组合绘图工具如图 1-1 所示, 现将常用的绘图工具及其使用方法简介如下。

1.2.1 图板、丁字尺和三角板

图板是画图时铺放图纸的垫板, 要求表面平坦光洁; 又因它的左边用做导向边, 所以必须平直。

丁字尺是画水平线的长尺。画图时, 应使尺头始终紧靠图板左侧的导向边。画水平线必须自左向右画, 如图 1-2a 所示; 丁字尺与三角板配合可画铅垂线, 如图 1-2b 所示; 丁字

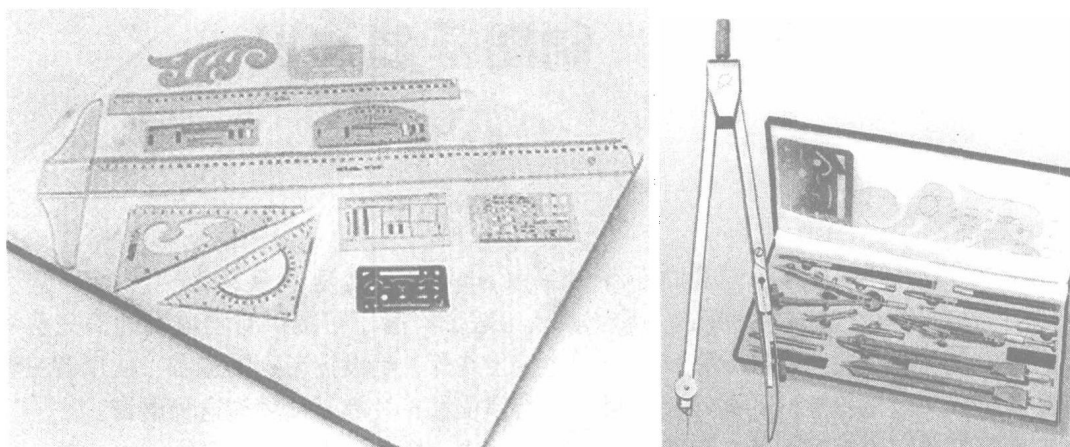


图 1-1 常用尺规和组合绘图工具

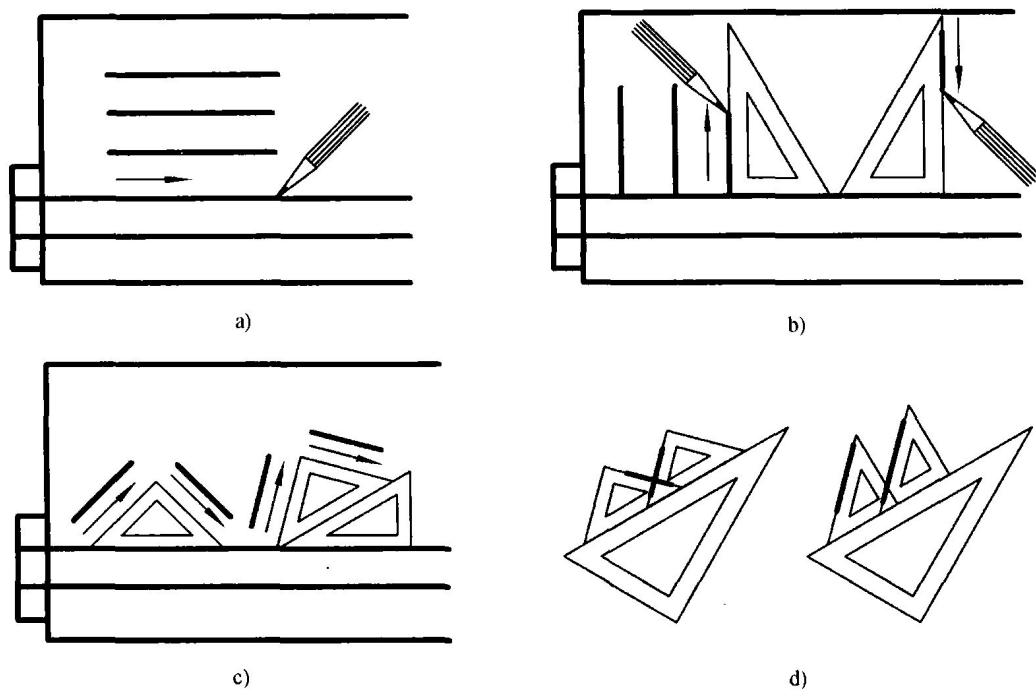


图 1-2 图板、丁字尺和三角板

尺与三角板配合可画与水平线夹角为 15° 整数倍的斜线，如图 1-2c 所示；两三角板配合还可以画相互平行或垂直的线，如图 1-2d 所示。

1.2.2 分规与比例尺

分规是用于等分和量取线段的仪器。分规两脚的针尖在并拢后，应能对齐。图 1-3a 所

示为用分规等分线段。

比例尺是刻有不同比例的量尺，因其形状为三棱柱，又称三棱尺。该尺的三个棱面共有六种不同的刻度，表示六种比例的尺寸。比例尺的使用方法有两种，一是用分规在比例尺上截取长度，如图 1-3b 所示；二是直接把比例尺放在已画出的直线上量取长度，如图 1-3c 所示。

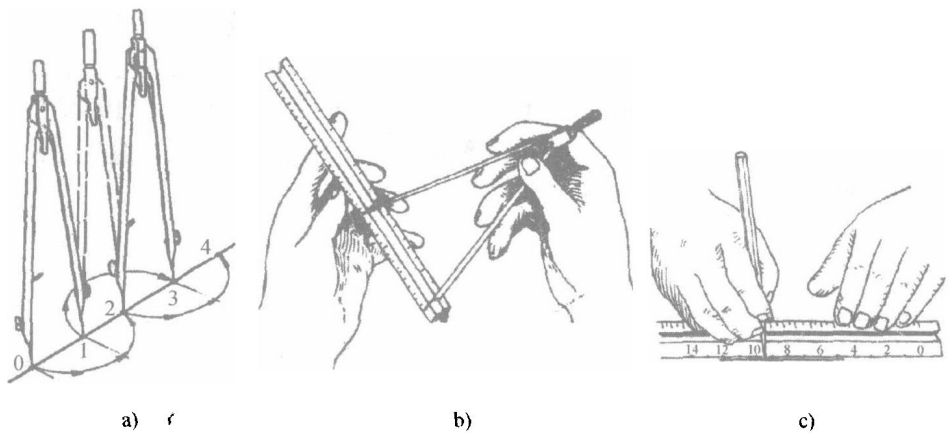


图 1-3 分规和比例尺

1.2.3 圆规

圆规是画圆和圆弧的仪器，圆规及其附件参见图 1-4a、b。在使用圆规前，应先调整针脚，使针尖略长于铅芯，如图 1-4c 所示。图 1-4d 表示画不同直径的圆弧时，针尖、插脚与纸面的相对位置。图 1-4e 表示用延伸杆画大圆弧时的情况。在使用圆规画图时，应使

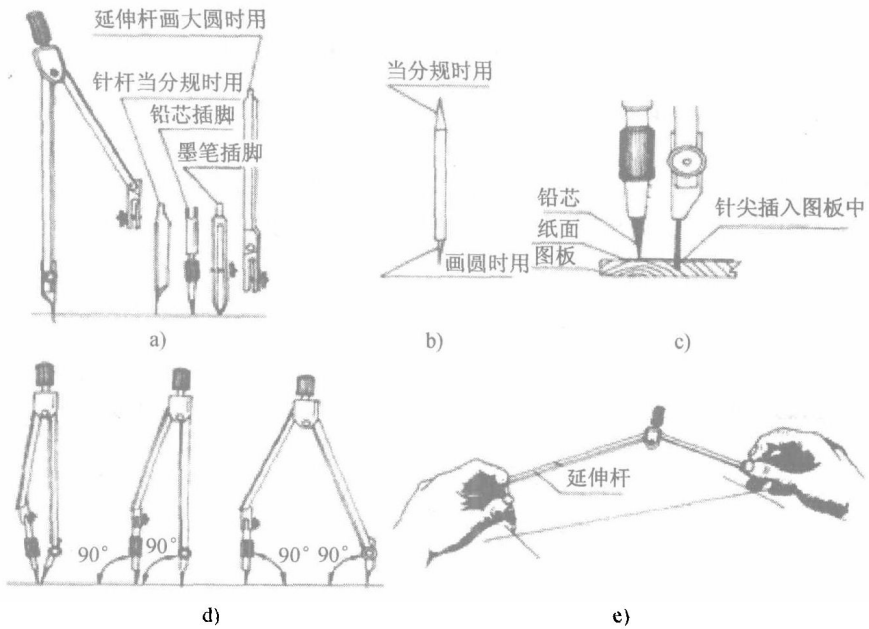


图 1-4 圆规的使用

圆规向前进方向稍微倾斜，画较大圆时，应使圆规两脚都与纸面垂直。

1.2.4 擦图片与铅笔

擦图片（如图 1-5）上有许多各种形状的小孔，将小孔对准所需擦去的线条，用橡皮进行擦拭，可不污损图面。

绘图铅笔的铅芯分别用 B 和 H 表示其软、硬程度。B 前的数字越大表示铅芯越软，H 前的数字越大表示铅芯越硬，HB 表示铅芯软硬适中。绘图时根据不同使用要求，应备有以下几种硬度不同的铅笔：B 或 2B 用于画粗实线。H 或 2H 用于画细线。加深圆弧时用的铅芯，一般要比画粗实线的铅芯软一些。画粗实线时，铅芯磨成楔形，其余线型的铅芯磨成圆锥形，如图 1-6 所示。

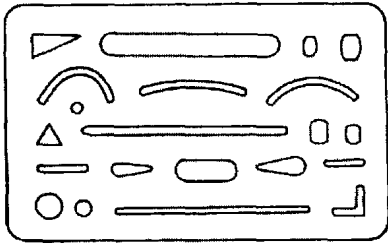


图 1-5 擦图片

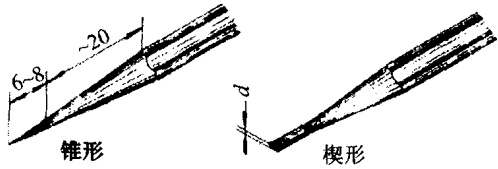


图 1-6 铅笔的削法

1.3 几何作图

虽然机件的轮廓形状具有多样化，但它们基本上都是由直线、圆弧和其他一些曲线组成的几何图形，在绘制工程图样时需要运用一些基本的作图方法和技巧。

1.3.1 等分线段和角度

通常采用分规、圆规、三角板等工具等分已知线段和角度，其作图方法如图 1-7 所示。图 1-7a 为将已知线段等分，图 1-7b 为将已知线段 n 等分，图 1-7c 为等分已知角。

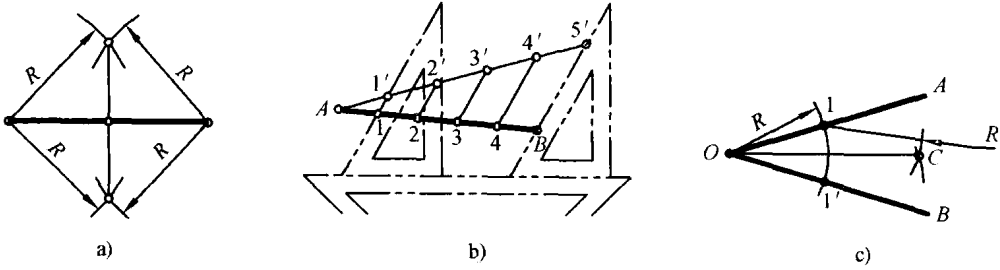


图 1-7 等分线段和角度

1.3.2 等分圆周与作正多边形

正多边形的作图方法常常利用其外接圆，并将圆周等分进行。下面介绍正 n 边形的作图方法。

正 n 边形（图中 $n=7$ ）的作图过程见图 1-8，其作图步骤如下：

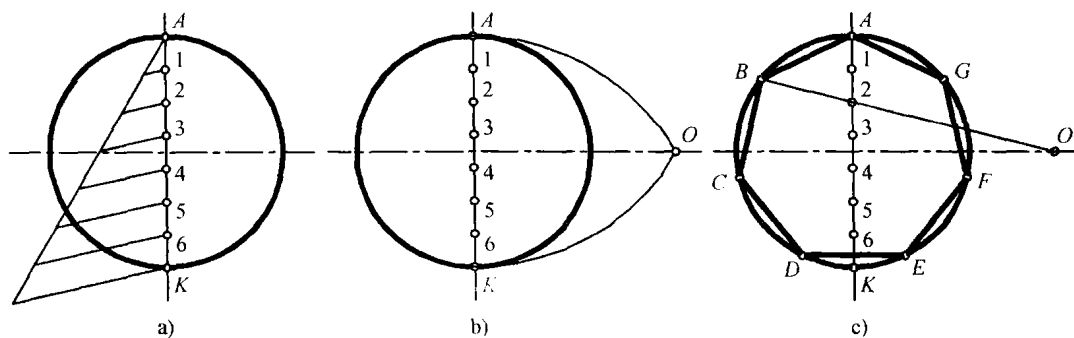


图 1-8 等分圆周、作正多边形

(1) 将外接圆的垂直直径 AK 等分为 n 等份，并标出顺序号 1, 2, 3, 4, 5, 6；

(2) 以 A 或 K 为圆心， AK 为半径作圆，与外接圆的水平中心线交于 O ；

(3) 由 O 作直线与 AK 上每相隔一分点如偶数点 (2, 4, 6) 相连，并延长交对面圆弧于 B, C, D, E, G, F 各点同理得到，等分圆周为 7 等份，顺序连接各顶点，即得正七边形 $ABCDEFG$ 。

1.3.3 斜度与锥度的作图

斜度是指直线或平面相对另一直线或平面的倾斜程度。在图样上都是将比例化成 $1:n$ 的形式加以标注，并在其前面加上斜度符号“ $\angle$ ”，且方向应与斜度方向一致。斜度的画法及标注如图 1-9 所示。图 1-9a 为斜度符号，图 1-9b 中 AB 对 AC 的斜度 $= \tan \alpha = H/L = 1:n$ ，图 1-9c 为图形中的画法及标注方法。

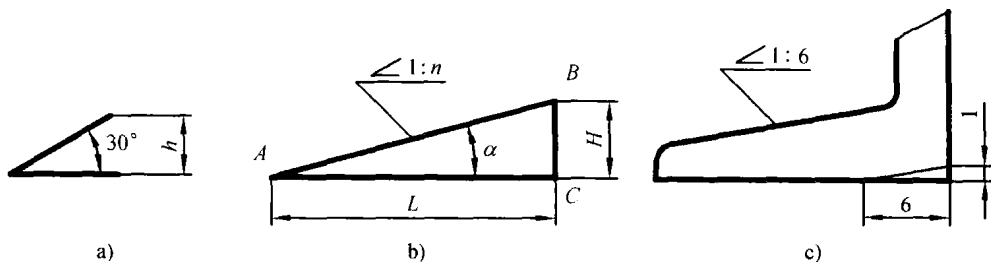


图 1-9 斜度的画法及标注

锥度是指正圆锥的底圆直径与高度之比。如果是锥台，则是底圆直径和顶圆直径的差与高度之比。通常，锥度也写成 $1:n$ 的形式而加以标注，并在 $1:n$ 前面写明锥度符号。锥度

符号的画法及标注如图 1-10 所示，符号斜线的方向应与锥度方向一致。

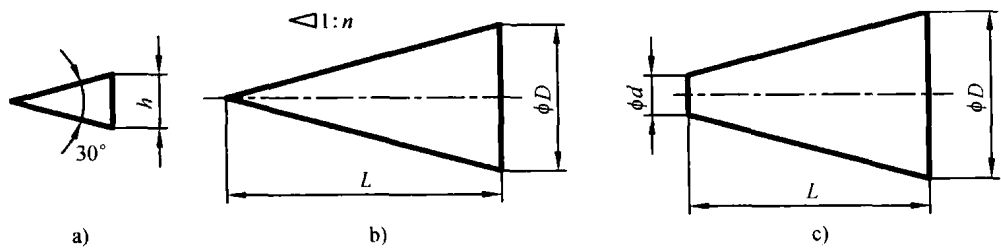


图 1-10 锥度符号及标注

1.3.4 圆弧连接的作图

圆弧连接在机械零件的外形轮廓中常常见到。这里所说的圆弧连接一般是指用已知半径的圆弧将两个几何元素（直线、圆、圆弧）光滑连接起来，即几何中图形间的相切问题，其中的连接点就是切点。将不同几何元素连接起来的圆弧称为连接圆弧。

圆弧连接作图的要点是根据已知条件，准确地定出连接圆弧的圆心与切点。

1.3.4.1 直线间的圆弧连接

半径为 R 的圆弧与已知直线 I 相切，圆心的轨迹是距离直线 I 为 R 的两条平行线 II 和 III。当圆心为 O 时，由 O 向直线 I 所作垂线的垂足 K 即为切点，如图 1-11a 所示。

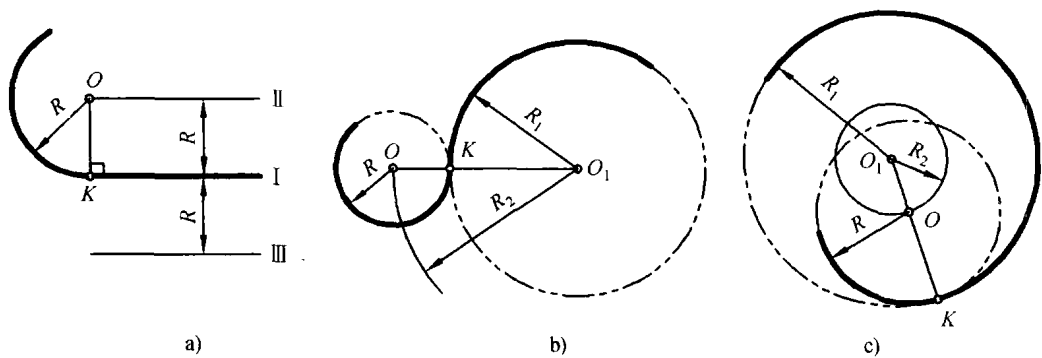


图 1-11 圆弧连接

1.3.4.2 两圆弧间的圆弧连接

半径为 R 的圆弧与已知圆弧（圆心为 O_1 ，半径为 R_1 ）相切，圆心的轨迹是已知圆弧的同心圆。此同心圆的半径 R_2 根据相切的情况（外切或内切）而定：当两圆弧外切时， $R_2 = R_1 + R$ ，如图 1-11b 所示；当两圆弧内切时， $R_2 = R_1 - R$ ，如图 1-11c 所示。连心线 OO_1 与已知圆弧的交点 K 即为切点。

1.3.5 椭圆的画法

绘图时，除了直线和圆弧外，也会遇到一些非圆曲线。其中常见的有椭圆、渐开线、阿

基米德螺线、摆线等。这里仅介绍已知椭圆的长短轴时的一种近似画法。

1.3.5.1 同心圆法

图 1-12a 给出椭圆的长短轴作椭圆的方法是：以长短轴交点为圆心，长半轴和短半轴为半径分别作圆；过圆心作若干射线与两圆相交，由各交点分别作与长、短轴平行的直线，即可相应得到椭圆上的各点。光滑连接各点即为所求椭圆。

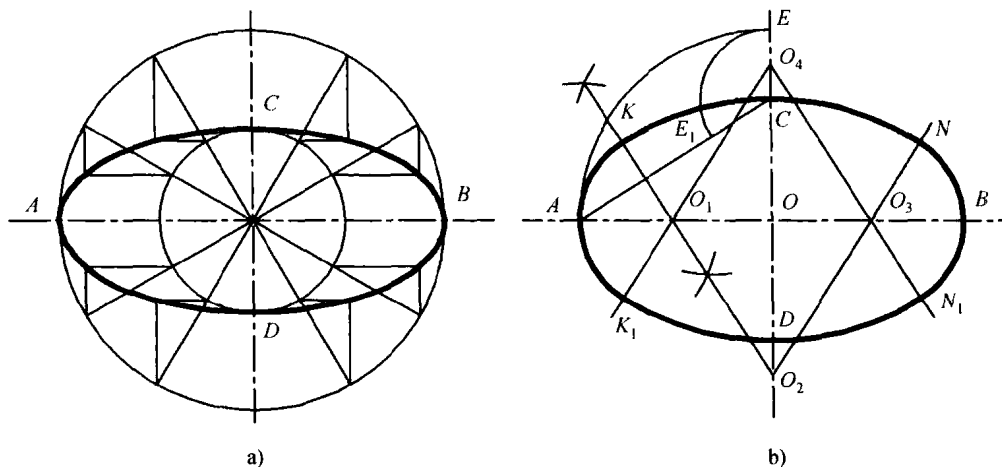


图 1-12 椭圆的画法

1.3.5.2 四心圆弧法

图 1-12b 是利用长短轴作椭圆的近似方法：连长短轴的端点 A 、 C ，取 $CE_1 = CE = OA - OC$ ；作 AE_1 的中垂线与两轴分别交于 O_1 、 O_2 ；分别取 O_1 、 O_2 对轴线的对称点 O_3 、 O_4 ；分别以点 O_1 、 O_2 、 O_3 、 O_4 为圆心， O_1A 、 O_2C 、 O_3B 、 O_4D 为半径作圆弧，这四段圆弧就近似地代替了椭圆，圆弧间的连接点为 K 、 N 、 N_1 、 K_1 。

1.3.6 徒手绘图

徒手绘图是不使用绘图工具和仪器，按目测机件的形状、大小，徒手绘制机件图形的一种方法，用这种方法绘制的图形称为徒手图或草图。

在设计、测绘、修理等工作中，一般都要先画草图，再根据草图用仪器或计算机绘制机件的零件图或装配图。

1.3.6.1 画草图的要求

草图虽不求几何精度，但也不得潦草。必须做到：图形正确，图线清晰，线型分明，比例适当，图面整洁。

1.3.6.2 草图的画法

徒手绘图一般使用 HB 铅笔，准备粗细各一支，用于画粗线和细线。画草图可用带方格的坐标纸，也可在白纸下垫坐标纸，以便控制绘图比例。

任何图形都是由直线、圆、圆弧、曲线组成，因此，徒手绘图要掌握基本线条的画法。

1. 直线的画法

直线要画得直且均匀。执笔时，笔杆可垂直纸面，并略向运动方向倾斜。画线时，可小

手指微触纸面，眼看终点以控制方向。画水平线时自左向右运笔；画铅垂线时自上向下运笔；画斜线时要特别注意眼看终点；画长斜线时，也可将图纸旋转到画水平线的位置。

2. 圆和圆角的画法

徒手画小圆时，可定圆心并画中心线，再根据半径用目测定出中心线上的四个端点，过四个端点徒手画圆弧，如图 1-13a 所示；画较大圆时，可多定几个端点，如图 1-13b 所示。

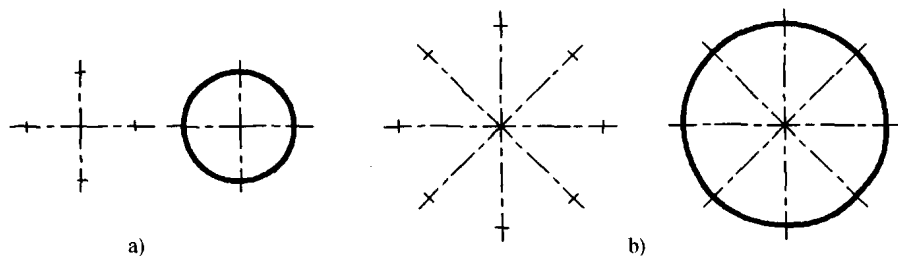


图 1-13 徒手圆的画法

画圆角时，先用目测在角平分线上选取圆心位置，使其与角的两边的距离等于圆弧的半径，过圆心向两边引垂线定出圆弧的起止点，并在角平分线上也定出一端点，然后徒手画圆弧，如图 1-14 所示。

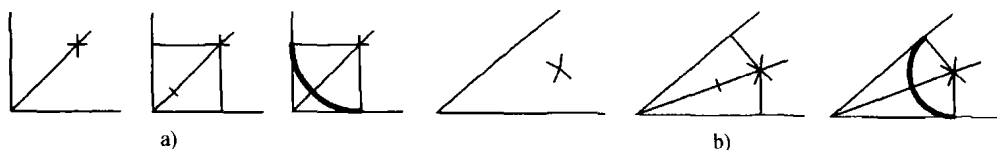


图 1-14 圆角的画法

1.4 投影法

工程图样中的图形，都是应用一定的投影法来绘制的。

1.4.1 投影法的基本概念

空间物体在灯光或日光的照射下，在地面或墙壁上就会出现物体的影子。投影法与这种

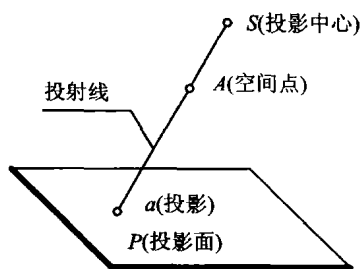


图 1-15 投影法

自然现象相类似。设空间有定点 S （相当于光源）和不通过该点的定平面 P （相当于地面），以及另一点 A （相当于物体），过定点 S 和空间点 A 连一直线（相当于光线）并延长与平面 P 交于点 a ，交点 a 称为空间点 A 在 P 平面上的投影（即影子）。在投影法中，定点 S 称为投影中心；定平面 P 称为投影面；直线 SAa 称为投影线。投影线通过空间点（物体）向选定的面投射，并在该面上得到投影（图形）的方法称为投影法（如图 1-15）。

1.4.2 投影法分类

投影法可分为两大类：中心投影法和平行投影法。

1.4.2.1 中心投影法

通过空间 $\triangle ABC$ 各顶点的投射射线汇交于投影中心 S ，这种投影方法称为中心投影法（如图1-16）。用中心投影法得到物体投影的大小与物体的位置和投影中心有关，当 $\triangle ABC$ 平行移动而靠近或远离投影面时，它的投影 $\triangle abc$ 就会变小或变大，且一般不能反映空间物体表面的真实形状和大小。

中心投影法主要用于绘制建筑物或产品的富有立体感的透视图，这在机械工程中很少采用。

1.4.2.2 平行投影法

通过空间 $\triangle ABC$ 各顶点的投射射线互相平行，这种投影方法称为平行投影法。在平行投影法中，与投射射线平行且朝向投影面的方向称为投影方向（亦称投射方向）。当空间物体沿投影方向平行移动时，它的投影形状与大小都不会改变。

根据投射射线与投影面所成角度的不同，平行投影可分为两种：当投射射线对投影面倾斜时，称为斜投影法（如图1-17a）。当投射射线对投影面垂直时，称为正投影法（如图1-17b）。

机械工程图样是采用平行投影法且主要是其中的正投影法绘制的。

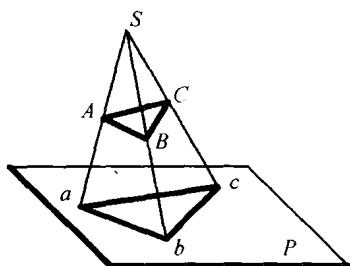


图 1-16 中心投影法

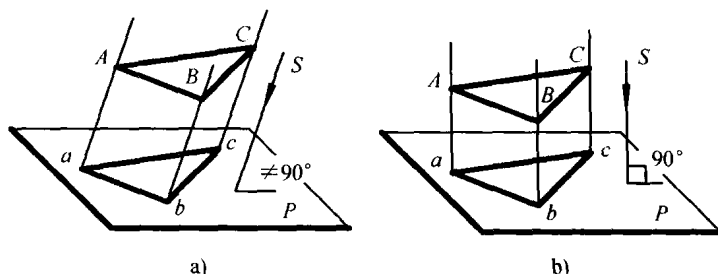


图 1-17 平行投影法

1.4.3 平行投影的基本特性

1. 同素性

一般情况下，基本几何元素直线的投影仍是直线；平面图形的投影仍是平面图形（原图形的类似形，如平面多边形的投影仍为同边数的多边形）。如图1-18所示。

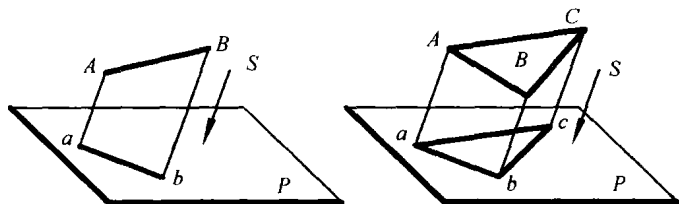


图 1-18 同素性

2. 从属性

若点在直线上, 则点的投影仍在该直线的投影上。如图 1-19 所示。

3. 平行性

若两直线平行, 则其投影仍互相平行。如图 1-20 所示。

4. 定比性

直线上点截线段长度之比或两平行线段长度之比, 分别等于其投影长度之比。如图 1-19 和图 1-20 所示。

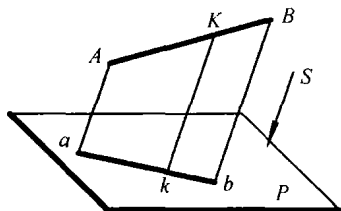


图 1-19 从属性和定比性

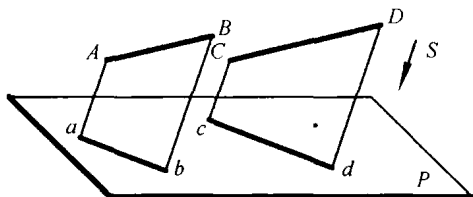


图 1-20 平行性与定比性

5. 相仿性

平面图形的投影可由其轮廓线得到, 一般情况下, 其投影都要发生变形, 由同素性知, 平面图形在边数、凹凸、直曲等方面均不变。如图 1-21 所示。

6. 真形性

当直线或平面平行于投影面时, 其投影反映原线段的实长或原平面图形的真形。如图 1-22 所示, 真形性是相仿性的特殊情况。

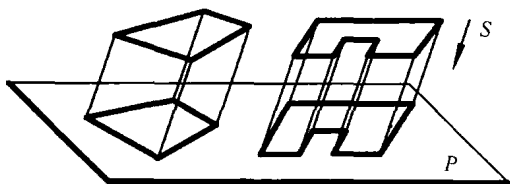


图 1-21 相仿性

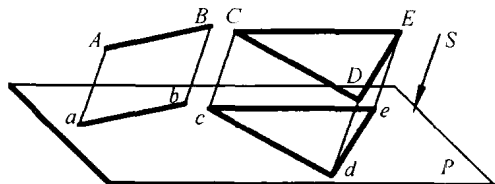


图 1-22 真形性

7. 积聚性

当直线或平面平行于投影方向时, 直线的投影积聚成点, 平面的投影积聚成直线。如图 1-23 所示, 积聚性是同素性和相仿性的特殊情况。

由上述特性可知, 平行投影与其空间物体或原图形有着一定的对应关系, 便于作图, 所以平行投影法特别是正投影法在工程上被广泛应用。

在上述平行投影的基本性质中, 要特别注意平行投影下的不变性 (如同素性, 点和直线的从属性, 两直线的平行性等), 以及不变量 (定比性等)。这些不变性和不变量, 对图示、图解空间几何的各种问题都将起到重要的作用。

此外, 各种投影法还有另一个共同性质, 即: 在给定的投影条件 (中心投影或平行投影) 下, 空间处于一定位置的点 A , 在设定的投影面 P 上的投影 a 是唯一确定的。但反过来, 根据点 A 的一个投影 a , 却不能确定点 A 的空间位置。同样, 根据物体的一个投影, 也

不能确定该物体的形状。如图 1-24 所示, P 面上的投影可能是表示物体 I、物体 II 或其他物体。因此, 要使投影图能确切而唯一地反映空间物体的形状, 还需采用一定的方法, 补充某些条件, 从而形成工程上使用的各种投影图。

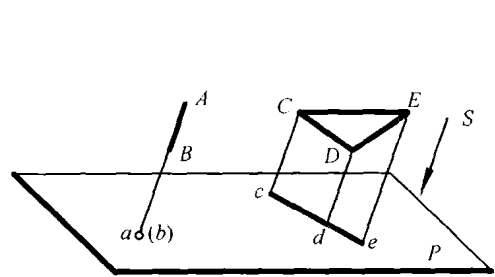


图 1-23 积聚性

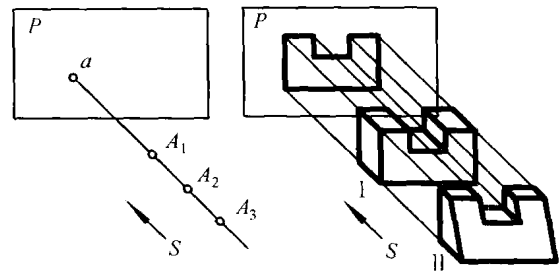


图 1-24 单面投影的不确定性

1.5 工程中常用的投影图

1.5.1 透视投影

透视投影又称为透视图, 是根据中心投影法绘制的, 它符合人眼的视觉效果, 看起来比较自然, 尤其是表示庞大的物体时更为优越。但是由于透视图不能很明显地将真实形状和度量关系表示出来, 同时由于作图很复杂, 所以目前主要在建筑工程上作辅助性的图(效果图)使用, 如图 1-25 所示。随着计算机绘图的发展, 透视图在工程上的应用将会增加。

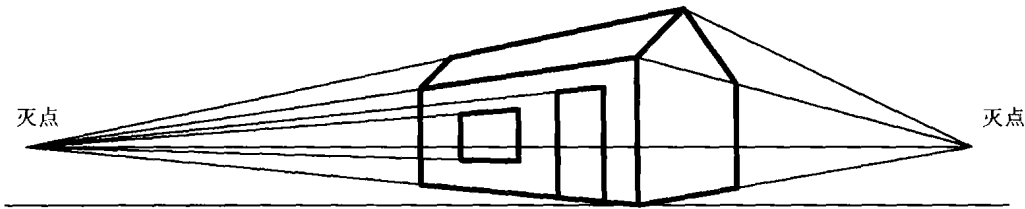


图 1-25 透视投影

1.5.2 标高投影

标高投影是利用正投影法, 将物体投影在一个水平投影面上得到的(如图 1-26)。为了解决物体高度方向的度量问题, 在投影图上画出一系列的等高线, 并在等高线上标出高度尺寸(标高)。这种图主要用于地图以及土建工程图中表示地形或土木结构。

1.5.3 轴测投影

1.5.3.1 轴测投影的概念

轴测投影是在单一投影面上用平行投影法作出的, 物体要放置得使其三个主要面都在投