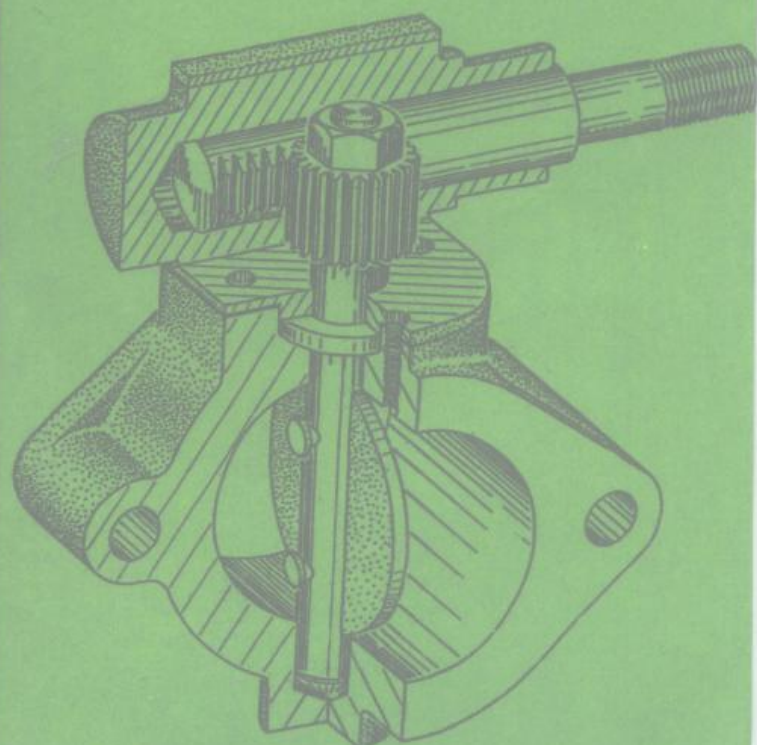
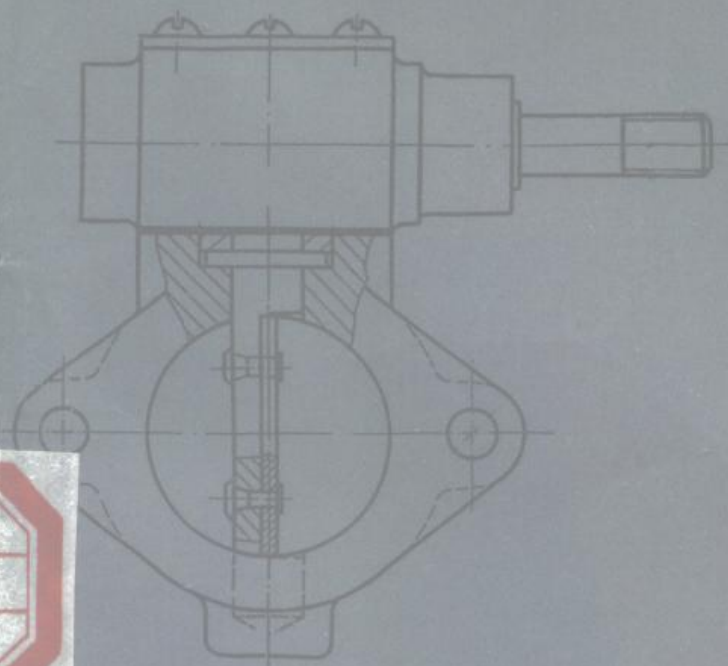


高等学校教材

机械制图

清华大学工程图学及计算机辅助设计教研室 编
石光源 周积义 彭福荫 主编
高等教育出版社

第三版



TH126

S50

(3)

445836

高等学校教材

机械制图

第三版

清华大学工程图学及计算机辅助设计教研室编

石光源 周积义 彭福荫 主编

高等教育出版社

本书是在1980年第二版的基础上，根据国家教育委员会于1987年批准印发的高等工业学校《画法几何及机械制图课程教学基本要求》（机械类专业适用，参考学时范围：120~150学时）修订而成。主要内容有：制图的基本知识，点、直线和平面的投影，几何元素间的相对位置，投影变换，体的投影，立体与平面及直线相交，立体与立体相交，组合体的画图与看图方法，轴测图和透视图，曲线和曲面，表面展开，表示机件的各种方法，零件图的绘制，尺寸的标注方法，表面粗糙度与公差配合，连接件和常用件的画法，典型零件图例及读图方法，装配图的绘制，计算机绘图，附录等。

本书可作为高等工业学校机械类、近机类各专业画法几何及机械制图课程的教材，也可供职工业余及函授等高等工业院校上述专业师生及有关工程技术人员参考。

(京)112

D282 113

图书在版编目(CIP)数据

机械制图/石光源等主编;清华大学工程图学及计算机
辅助设计教研室编. —3版. —北京:高等教育出版社,19
90.5(1998重印)
ISBN 7-04-002832-8

I. 机… II. ①石… ②清… III. 机械制图-高等学校-
教材 IV. TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 24298 号

*

高等教育出版社出版
新华书店总店北京科技发行所发行
北京印刷一厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 32.25 字数 730 000
1975年5月第1版 1990年5月第3版 1998年4月第9次印刷
印数 56 269—64 278
定价 23.70 元

第三版序

本修订版根据国家教育委员会于1987年批准印发的高等工业学校《画法几何及机械制图课程教学基本要求》(机械类专业适用,参考学时范围120~150学时),并考虑到最近的教学发展,在1980年第二版的基础上修订而成,并将原来的上、下册合并为一册出版。

这次修订中,除保留1980年版的一些特点之外,主要的变动有:

1. 鉴于目前的学时情况和不少院校的实际安排,将投影变换、曲线曲面、表面展开等章移前,使画法几何自成体系,相对集中,便于教学。
2. 根据教学的发展,加强和充实了曲线曲面、计算机绘图等章的内容。
3. 根据计算机绘图的需要,将原来的轴测图一章改为轴测图和透视图,除加强了轴测图的内容外,还增加了透视图的基本知识。
4. 在标准件和常用件一章中,全部采用了近几年发布的最新国家标准,并在附录中增加了常用标准件标准,供学习时查阅。
5. 在零件图和装配图等章中,对较难的图例作了适当处理,如增加较简单的讲课文图例及把原来较难的图例作为自学提高的内容等。
6. 取消了计算图一章。

为了适应各种专业的不同要求以及扩大学生的知识面,引入了一些加深加宽的内容(用*号注明)。这部分内容在教学中可根据实际情况选学或不学。

和本书配套的《机械制图习题集》亦进行了修订,由高等教育出版社同时出版。这套教材可作为高等工业学校机械类、近机类各专业画法几何及机械制图课程(120~150学时)的教材,亦可作为其他专业学生和厂矿企业及设计单位的工程技术人员参考书。

考虑到我室已改名为工程图学及计算机辅助设计教研室,故本书的编者名义也作了相应的修改。

本版修订工作由石光源编写绪论、第一、十三、十四、十五、十七、十八等章,周积义编写第五、六、七、八、十二、十六(其中的焊接符号部分由严宗美编写)等章,彭福荫编写第二、三、四、九、十、十一等章,许隆文编写第十九章,附录部分则由石光源、周积义、彭福荫共同编写。单慧玲同志担任了部分描图工作。

本修订版由国家教委高等学校工科画法几何及工程制图课程教学指导委员会委托南昌航空工业学院刘荣光教授审阅。审阅人提出了不少宝贵意见,对此表示衷心的感谢。本修订版在1987年10月召开的课程教学指导委员会苏州会议上审查通过,作为高等学校教材出版。

本书在编写过程中参考了国内外一些同类著作，特向有关作者和译者表示衷心的感谢。参考书目列于书末。

由于编者水平所限，书中缺点甚至错误在所难免，敬请读者批评指正。

编者

1988年7月

目 录

绪论	1	§ 5.3 轴线倾斜的曲面体画法	121
§ 1 本课程的任务和主要内容	1	复习检查问题	122
§ 2 投影方法的基本概念	2	第六章 平面及直线与立体相交	124
§ 3 机械工程中常用的两种图示方法	4	§ 6.1 平面与平面体相交	124
第一章 制图的基本知识	6	*§ 6.2 直线与平面体相交	125
§ 1.1 制图工具及其使用	6	§ 6.3 平面与曲面体相交	126
§ 1.2 国家标准《机械制图》的基本 规定	10	§ 6.4 直线与曲面体相交	134
§ 1.3 几何图形的画法	22	复习检查问题	136
§ 1.4 几何曲线的画法	29	第七章 立体与立体相交	138
§ 1.5 绘图的一般步骤	33	*§ 7.1 平面体与平面体相交	138
§ 1.6 徒手画的一般方法	34	§ 7.2 平面体与曲面体相交	141
第二章 点、直线和平面的投影	39	§ 7.3 曲面体与曲面体相交	142
§ 2.1 点的投影	39	§ 7.4 二次曲面的交线性质	150
§ 2.2 直线的投影	45	§ 7.5 多形体相交	152
§ 2.3 平面的投影	52	复习检查问题	154
复习检查问题	59	第八章 组合体的画图与看图方法	155
第三章 几何元素间的相对位置	66	§ 8.1 组合体的组成分析	155
§ 3.1 几何元素间的平行问题	66	§ 8.2 组合体的画图方法	157
§ 3.2 几何元素间的相交问题	67	§ 8.3 组合体的看图方法	162
§ 3.3 两直线所成角度的投影	71	复习检查问题	168
§ 3.4 几何元素间的垂直问题	72	第九章 轴测图和透视图	170
§ 3.5 平面上的最大斜度线	76	§ 9.1 概述	170
§ 3.6 综合问题解题方法分析	77	§ 9.2 正轴测投影的性质	172
小结	80	§ 9.3 正等轴测图的画法	174
复习检查问题	80	§ 9.4 正二等轴测图的画法	185
第四章 投影变换	86	§ 9.5 斜轴测图的画法	187
§ 4.1 投影变换的目的	86	§ 9.6 轴测图上交线的画法	190
§ 4.2 换面法	87	§ 9.7 轴测剖视图的画法	190
§ 4.3 旋转法	97	§ 9.8 轴测草图的画法	192
§ 4.4 换面法与旋转法的综合运用	108	§ 9.9 轴测装配图	193
小结	111	*§ 9.10 轴测图种类的选择	194
复习检查问题	112	复习检查问题	197
第五章 体的投影	114	*§ 9.11 透视图	197
§ 5.1 平面体的画法	114	第十章 曲线和曲面	208
§ 5.2 曲面体的形成和画法	117	§ 10.1 曲线的基本概念	208
		§ 10.2 曲线的投影特性	211

§ 10.3 圆柱螺旋线	212	§ 14.4 尺寸的合理标注	300
*§ 10.4 型线	214	§ 14.5 零件上常见结构的尺寸标注	304
§ 10.5 曲面的基本概念	215	第十五章 表面粗糙度与公差配合	
§ 10.6 回转面	216	307
§ 10.7 直纹曲面	218	§ 15.1 表面粗糙度	307
§ 10.8 圆纹曲面	222	§ 15.2 公差与配合	316
§ 10.9 螺旋面	223	§ 15.3 表面形状和位置公差	326
*§ 10.10 复杂曲面	225	*§ 15.4 技术要求的制订	330
*§ 10.11 曲面的切平面	229	第十六章 连接件和常用件的画法	
*§ 10.12 轴线倾斜的回转面的轮廓	231	340
复习检查问题	232	§ 16.1 螺纹及螺纹紧固件	340
*第十一章 表面展开	233	§ 16.2 键、花键和销	355
§ 11.1 平面体的表面展开	234	§ 16.3 齿轮	359
§ 11.2 可展曲面的展开	235	§ 16.4 弹簧	371
§ 11.3 不可展曲面的近似展开	242	§ 16.5 滚动轴承	375
*§ 11.4 管道的设计与展开	245	*§ 16.6 焊接	378
*§ 11.5 变形接头的设计与展开	248	第十七章 典型零件图例及读图方法	
§ 11.6 在绘制板金件的展开图时应注意的问题	251	386
复习检查问题	252	§ 17.1 几种典型零件的画法	386
第十二章 表示机件的各种方法	253	§ 17.2 零件图的读图方法	397
.....	253	第十八章 装配图的绘制	401
§ 12.1 表示机件外形的方法——视图	253	§ 18.1 装配图的用途和主要内容	401
§ 12.2 表示机件内形的方法——剖视	255	§ 18.2 装配图的基本规定、特殊画法和简化画法	403
§ 12.3 表示断面形状的方法——剖面	265	§ 18.3 装配图的视图选择	406
§ 12.4 简化画法与规定画法	267	§ 18.4 装配图的尺寸标注、明细表和零件编号	410
§ 12.5 第三角投影法简介	272	§ 18.5 画装配图的方法和步骤	413
复习检查问题	274	§ 18.6 装配关系的正确表达与装配结构的合理性	416
第十三章 零件图的绘制	275	§ 18.7 怎样读装配图	419
§ 13.1 零件图的内容与绘制步骤	275	第十九章 计算机绘图	428
§ 13.2 零件的视图选择	277	§ 19.1 计算机绘图的应用介绍	428
§ 13.3 零件结构的工艺性	287	§ 19.2 计算机图形系统与图形输入、输出设备	431
§ 13.4 零件上圆角过渡的画法	290	§ 19.3 图形输出设备的作图原理	435
第十四章 尺寸的标注方法	293	§ 19.4 二维图形变换	436
§ 14.1 组合体的尺寸标注	293	§ 19.5 绘图软件与绘图程序设计	449
§ 14.2 尺寸的清晰布置	296	附录	467
§ 14.3 尺寸基准	298	一、螺纹	467
		二、常用的螺纹件	470

三、键与销.....	480	七、常用的机械加工一般规范和零	
四、滚动轴承.....	484	件结构要素.....	492
五、常用的金属材料与非金属材料.....	487	八、公差与配合.....	494
六、常用的热处理和表面处理名词		九、表面粗糙度.....	505
解释.....	491	参考文献.....	506

绪 论

§ 1 本课程的任务和主要内容

图样和文字、数字一样，也是人类借以表达、构思、分析和交流思想的基本工具之一，在工程技术上的应用尤为广泛。无论是制造机器或建造房屋，都必须先画出图样，然后根据图纸加工，才能得到预想的结果。因此，人们常说：“工程图样是工程界的共同语言”。

同时，工程图也是解决科学技术问题的一种重要手段。它也经常被用来表达和分析自然现象、科学规律以及解决定位、度量、计算等问题。

随着电子计算机的发展，制图技术也逐步走向自动化，这种情况将为图示和图解的广泛应用提供更方便的条件。

本课程是一门研究用投影法绘制工程图样和解决空间几何问题的理论和方法的技术基础课。它的主要目的是培养学生能够自觉地运用各种作图手段来构思、分析和表达工程问题的才能。这种才能是每个工程技术人员所必须具备的。

本课程的任务是：

1. 学习投影法（主要是正投影法）的基本理论，为绘制和应用各种工程图打下良好的理论基础。
2. 培养绘制和阅读机械零件图和部件图的基本能力。
3. 培养解决空间几何问题的图解能力，以及将科学技术问题抽象为几何问题的初步能力。
4. 培养和发展空间构思能力、分析能力和表达能力。
5. 对计算机绘图有初步了解。
6. 培养耐心细致的工作作风，和严肃认真的工作态度。

本课程的主要内容可分五部分：

1. 图示法：研究在平面上表示空间几何元素和形体的各种图示方法。
2. 制图基础：介绍正确的制图方法和国家标准中有关制图的基本规定。
3. 机械制图：研究一般机器设备的零件图和部件图的绘制与阅读方法。
4. 图解法：研究在平面上解决空间几何问题的各种图解方法。
5. 计算机绘图：初步了解计算机绘图的方法。

很好地掌握上述主要内容，是将来顺利完成力学、机械原理、机械设计、计算机图学、计算机辅助设计及其他有关专业课程的学习的保证。也为今后工作中创造性地完成设计、制造任务和计算机辅助设计的开展奠定基础。

§ 2 投影方法的基本概念

用灯光或日光照射物体，在地上或墙上产生影子，这种现象叫做投影。经过人们的科学抽象，找出了影子和物体之间的几何关系，逐步形成了投影方法。投影方法是在平面上表示空间形体的基本方法。由于光源不同，可以分为两种不同的投影方法。

一、中心投影法

如图 1 中所示，将一梯子靠在墙上(平面 P)，在灯泡 S 的照射下，在墙上得到它的影子。我们把光源抽象为一点 S ，叫做投影中心。 S 点与物体上任一点之间的连线(例如 SA)，叫做投影线。平面 P 叫做投影面。 SA 的延长线与 P 面的交点 a ，叫做 A 点在 P 面上的投影。因为所有的投影线都是从一个中心 S 发出的，所以叫做中心投影法。在日常生活中，常见的照相、电影和人眼看东西得到的映象，都属于中心投影。

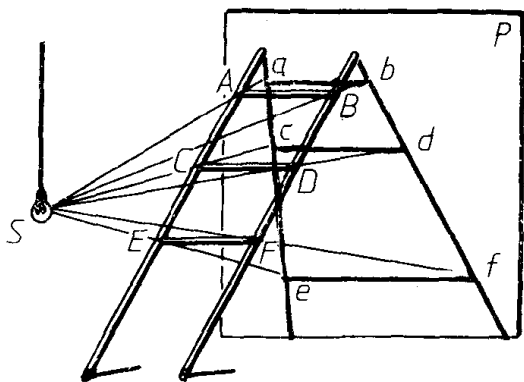


图 1 中心投影法

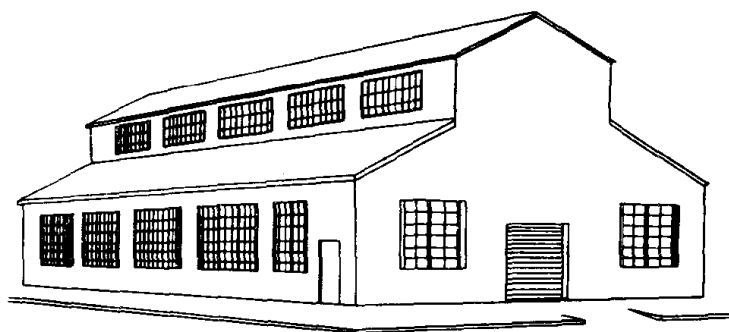


图 2 透视图

如果将图 1 中的原物和它的投影作一比较，可以发现：在中心投影中，位于同一直线上的两相等线段(例如 BD 与 DF) 在投影面上的投影会变成不等($bd \neq df$)；相互平行的直线(例如 AE 和 BF)，在投影面上的投影可能会变成不平行(ae 不平行于 bf)。所以，在一般情况下，采用中心投影法画出的图象，不能反映物体表面的真实形状和大小。图 2 所示是用中心投影法画出的厂房建筑透视图，虽然它的立体感较好，但是在机械工程中很少采用。

二、平行投影法

如果将光源移到无限远处，(例如用日光照射)，这时所有的投影线都互相平行，这种投影方法，叫做平行投影法，如图 3 所示。

将图 3 中的原物与它的投影作一比较，可以发现平行投影有下列特性：

1. 位于同一直线上的两相等线段(例如 BD 和 DF)，其投影仍相等($bd = df$)。
2. 两平行的直线(例如 AE 和 BF)，其投影仍相互平行($ae \parallel bf$)。
3. 与投影面平行的线段(例如 AB)，在该投影面上的投影等于实长($ab = AB$)。
4. 与投影面平行的平面，在该投影面上的投影反映实形。

由于平行投影法具有上述优点，所以在工程上应用很广泛。

根据投射方向与投影面所成角度的不同，平行投影可分两种。当投影方向 L 垂直于投影面 P 时，称为直角投影(图4a)；当 L 不垂直于 P 面时，称为斜角投影(图4b)。

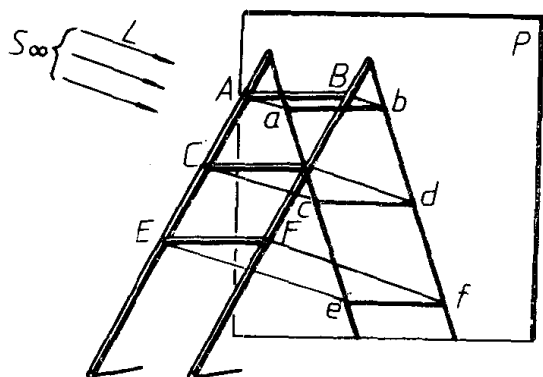
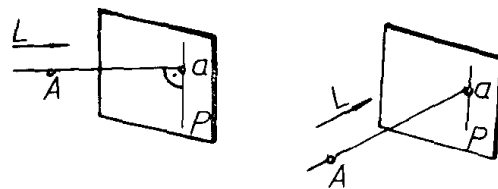


图 3 平行投影法



(a) 直角投影 (b) 斜角投影

图 4 平行投影的种类

三、点的投影性质

从图 4 中可以看出：当空间一点 A 的位置及投影方向已定时，则它在投影面上的投影就可确定。但是，相反的，根据点的一个投影，不能确定该点的空间位置，如图 5 所示。因为这时与 A 点位于同一投影线上的任一点，例如 A_1 、 A_2 ……等，它们的投影都是 a 。

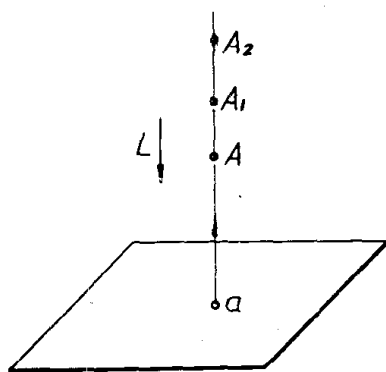


图 5 一个投影不能确定点的空间位置

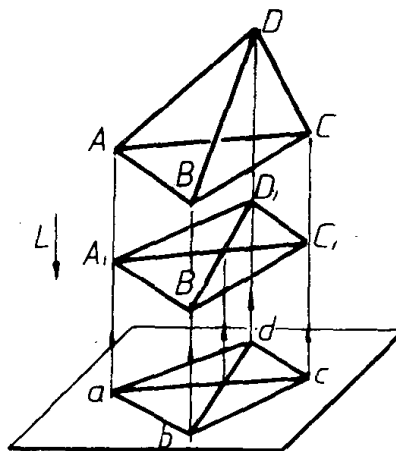


图 6 一个投影不能确定物体的空间形状

这种关系对于任意许多点，或对于某一图形也是成立的。例如在图 6 中，如果只知道某一形体的一个投影 $abcd$ ，是不可能确定该形体的。该形体可能是一个有对角线的四边形平面 $A_1B_1C_1D_1$ ，也可能是一个以 D 为顶点、 $\triangle ABC$ 为底面的三棱锥状的铁丝架等等。

因此，这种图形是不完全的，我们不可能根据它来确定原来物体的形状。要想能根据图形判断出物体上各点的空间位置，还需要再加一些补充条件。这些条件可以用各种方法给出，下面我们只研究在机械工程中应用得最普遍的两种方法。

§ 3 机械工程中常用的两种图示方法

一、轴测投影法

如图 7 所示, 如果将一立方体铁丝架固定在三根相互垂直的轴 OX 、 OY 、 OZ (称为坐标轴) 上, 并自 O 点起以相同的单位长度在每根轴上刻上等分。然后用一束平行光线将铁丝架以及固定在它上面的坐标轴一起投影到某一投影面 P 上。在这个投影面上, 同时把物体的三个不同方向的形状表示出来, 用这种方法得到的图形, 称为轴测投影图。

轴测投影是一种单面投影, 但在坐标轴的投影 O_1x_1 、 O_1y_1 、 O_1z_1 上, 可以得到与原轴成比例的等分刻度, 利用这些刻度就可以在图上量出原物的各个轴向尺寸。坐标轴就是我们增加的补充条件。

轴测投影的优点是立体感较好。其缺点是度量性比较差, 大多数平面都不反映实形。

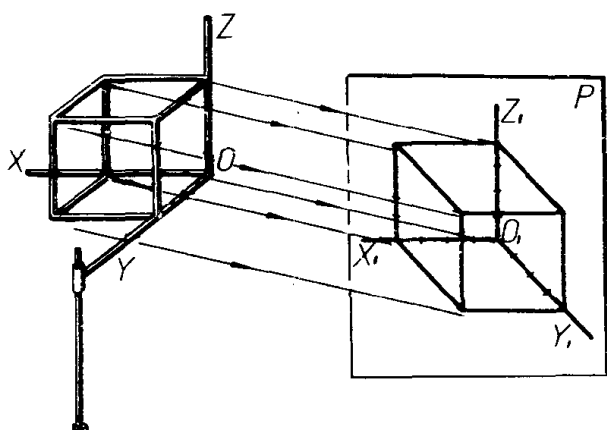


图 7 轴测投影法

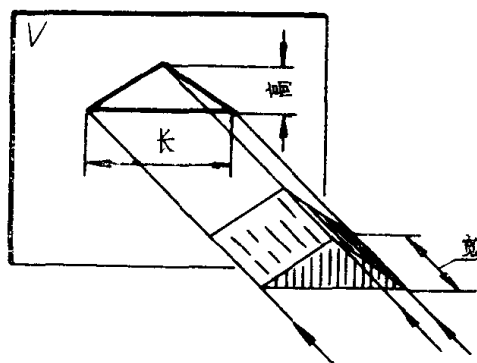


图 8

二、正投影法

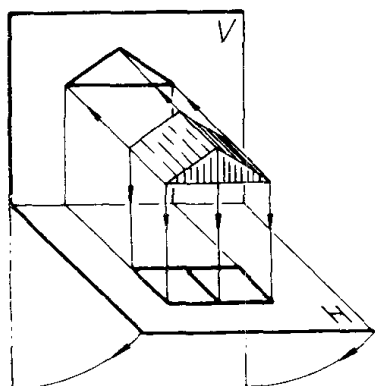
这种方法所给的补充条件是增加投影面。它是由法国几何学家蒙若(G. Monge) 于 1795 年首先提出并加以科学论证的, 所以也叫蒙若法。

如图 8 所示, 假如把一个三棱柱放得和某一正立投影面 V 成这样的位置: 使它的棱线垂直 V 面, 则在垂直投影的情形下, 得到的投影是一个三角形。这个投影反映了物体的长度和高度, 而它的宽度如何, 原物的形状如何, 都是不能确定的。

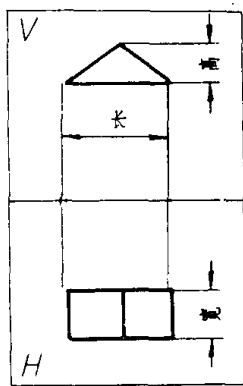
如果再增加一个水平投影面 H , 使它和正立投影面 V 成垂直位置(图 9a); 并将三棱柱垂直地投射到 H 面上, 得到一个新的投影。那末把这两个投影联系起来考虑, 就不仅可以确定物体的空间形状, 而且物体的所有三个尺度的大小也都可以确定。

可是要在平面上得出空间物体的图形, 还必须设法把两个相互垂直的投影面变成一个平面。为此将 H 面向下旋转, 使它和 V 面重合, 这样就得到如图 9b 所示的平面图。这种图叫做正投影图。

图 10 所示为一圆柱正投影图的形成过程。

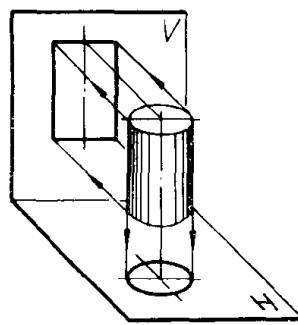


(a)

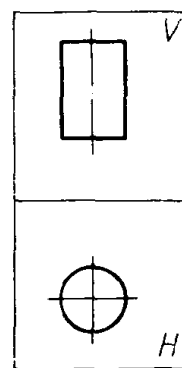


(b)

图 9 正投影法 (一)



(a)



(b)

图 10 正投影法 (二)

可以看出：正投影图有很多优点，它不仅容易度量，而且作图简便。因为这时原物体上与投影面平行的那些元素，其投影的形状和大小保持不变。这就使得图样的绘制以及应用这些图样去解决各种问题都大为简化。

但是，它的缺点是立体感差。当我们根据这种图样来研究物体时，必须把两个投影综合起来想象才能得出它的完整概念，而这种想象能力，要经过一定的学习和培养才能够掌握。

因此，正投影图是机械工程中应用最广泛的一种图示法，是我们学习的重点。

复习检查问题

1. 本课程的任务是什么？它对工科专业有什么作用？
2. 在平面上表示空间物体的基本方法是什么？
3. 中心投影法与平行投影法有什么区别？平行投影可以分为哪几种？
4. 试述平行投影的基本特性。
5. 只有点的一个投影，而不附加其他条件时，该点的空间位置能否确定？
6. 试述机械工程中常用的两种图示法的区别及其优缺点。

第一章 制图的基本知识

§ 1.1 制图工具及其使用

制图工具准备齐全和使用得法，对提高制图的速度和质量起着决定性的作用。因此，初学制图的人应当特别注意制图工具的正确使用方法，并不断总结经验以提高绘图的技术水平。常用的绘图工具有以下几种：

1. 铅笔

要使用“绘图铅笔”。根据不同的使用要求，准备以下几种硬度不同的铅笔：

B 或 HB ——画粗实线用。

HB 或 H ——画虚线和写字用。

2H ——画细线用。

3H ——画底稿用。

其中用于画粗实线的铅笔应磨成矩形，其余的磨成圆锥形，如图1-1所示。

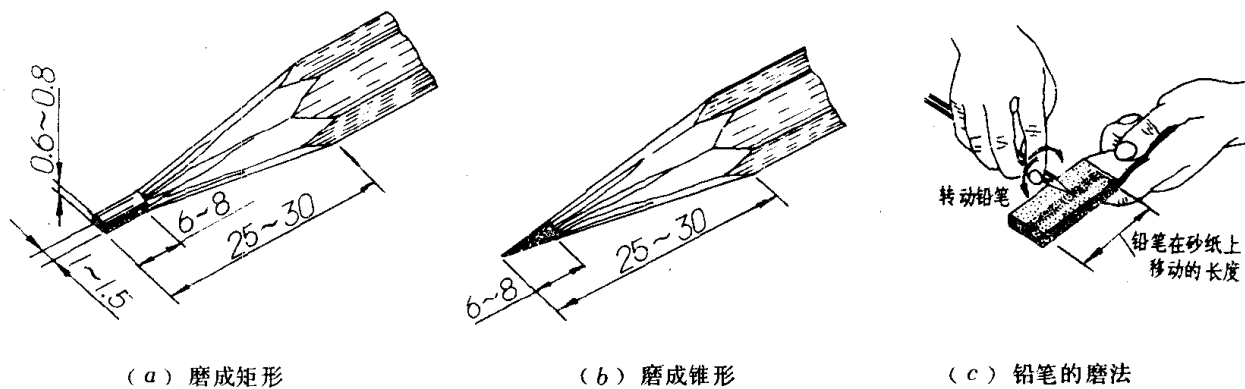


图 1-1 铅笔的削法

画线时，铅笔在前后方向应与纸面垂直，而且向画线前进方向倾斜约 30° （图1-2）。当画粗实线时，因用力较大，倾斜角度可小一些。画线时用力要均匀，匀速前进。

2. 丁字尺

丁字尺用来画水平线，并与三角板配合使用，可画垂直线及 15° 倍角的斜线。使用时，丁字尺头部要紧靠图板左边，然后用丁字尺的上边画线（图1-2）。画线的尺边要很好地保护，不能用来裁纸，并避免磕碰，以免损坏。

3. 三角板

三角板分 45° 和 $30^\circ-60^\circ$ 两块，可配合丁字尺画垂直线及 15° 倍角的斜线；或用两块三角

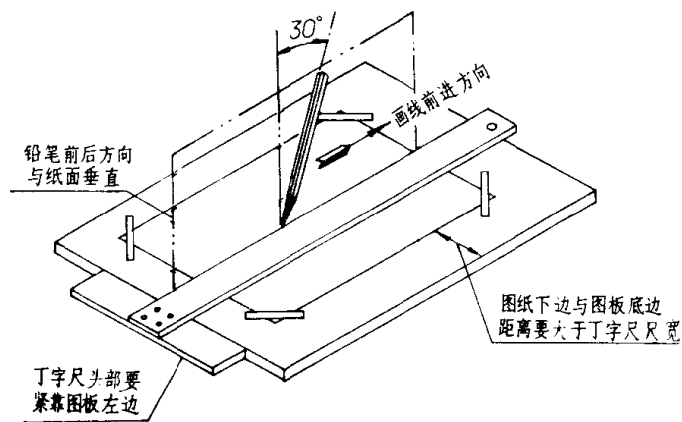


图 1-2 用铅笔画线的方法

板配合画任意角度的平行线 (图1-3)。用三角板画垂直线时, 姿势如图1-4所示。

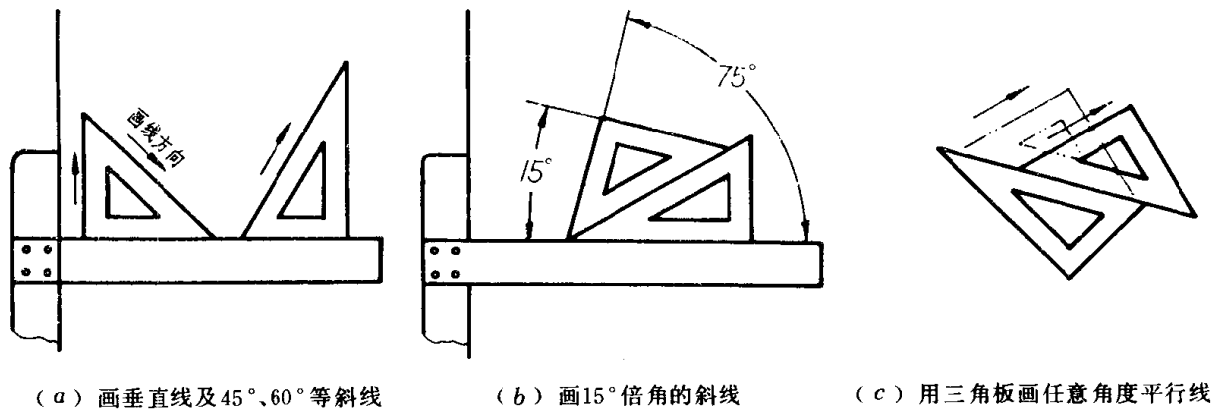


图 1-3 三角板的使用

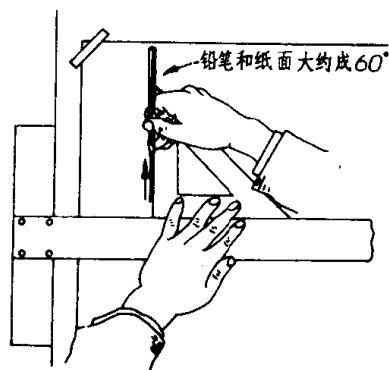


图 1-4 画垂直线的姿势

4. 比例尺

比例尺有三棱式和板式两种 (图1-5a和b), 尺面上有各种不同比例的刻度, 画图时用它来量度尺寸 (图1-5c)。

比例尺上都标明了刻度的比例, 但要注意每一种刻度, 常可读出几种不同的比例。如比例尺上标明 1:2 (有的比例尺标为 1:200 或 1:2000) 的刻度, 当它的每一小格 (真实长度为

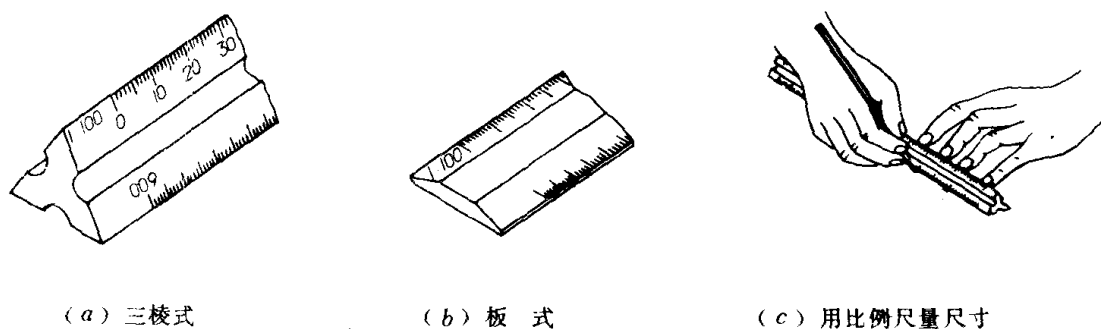


图 1-5 比例尺

1 mm) 代表 2 mm 时, 是 1:2 的比例。但若每一小格代表 20 mm 时, 它就是 1:20 的比例了。同理, 若每一小格代表 0.2 mm, 则它的比例就成为 5:1 (图 1-6)。

有了比例尺, 在画不同比例的图形时, 从尺上可直接得出某一尺寸应画的大小, 省去计算的麻烦。

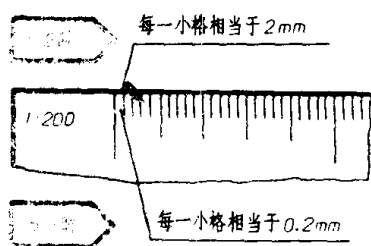
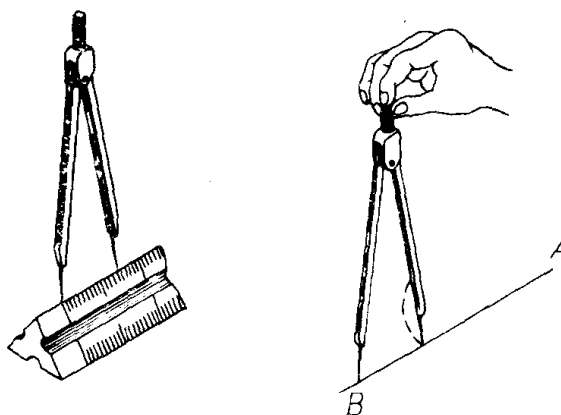


图 1-6 比例尺的刻度



(a) 用分规截取长度 (b) 用分规等分线段
图 1-7 分规的用法

5. 分规

分规是用来截取尺寸和等分线段的, 用法见图 1-7 所示。

6. 圆规

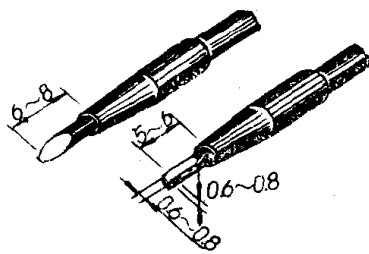
圆规用来画圆。在画粗实线圆时, 铅笔芯应用 2B 或 B (比画粗直线的铅笔芯软一号) 并磨成矩形; 画细线圆时, 用 2H 的铅笔芯并磨成铲形 (图 1-8)。它的针脚上的针, 当画底稿时用普通针尖; 而在描深时应换用带支承面的小针尖, 如图 1-9b 所示, 以避免针尖插入图板过深, 针尖均应调得比铅芯稍长一些 (图 1-9)。

当画大直径的圆或描深时, 圆规的针脚和铅笔脚均应保持与纸面垂直 (图 1-10)。

当画大圆时, 可用加长杆来扩大所画圆的半径, 其用法如图 1-11 所示。

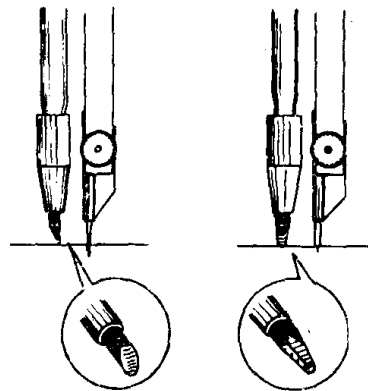
画圆时, 应当匀速前进, 并注意用力均匀。圆规所在的平面应稍向前进方向倾斜, 如图 1-12。

7. 曲线板



(a) 铲形 (b) 矩形

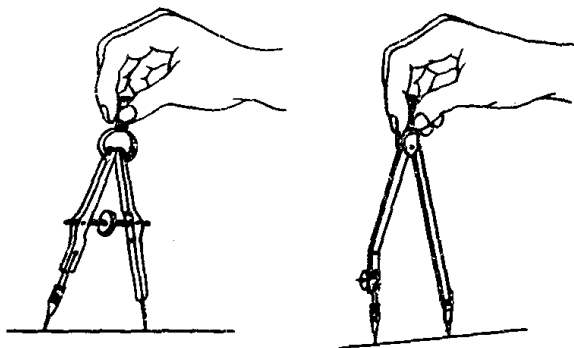
图 1-8 圆规的铅芯削法



(a) 普通尖: 打草稿用 (b) 支承尖: 描深用

图 1-9 圆规的针脚

曲线板用来绘制非圆曲线。使用时,先求出曲线上若干点,点愈密则准确度愈高,用铅笔徒手将各点按顺序轻轻地连成一条光滑曲线,再从曲线一端开始找出曲线板上与曲线相吻合的线段,最好不少于四个点,然后用铅笔沿曲线板轮廓画出1~3点之间的曲线,留下3~4



(a) 画小圆 (b) 画大圆

图 1-10 圆规的用法

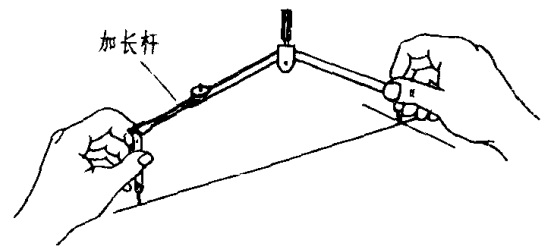


图 1-11 加长杆的用法

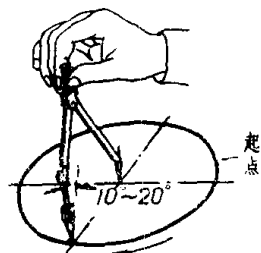
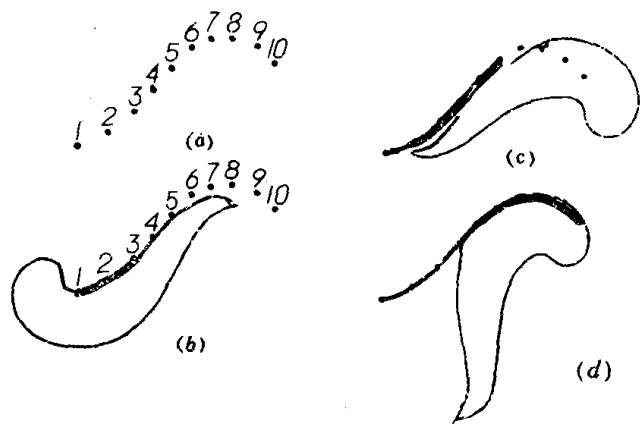


图 1-12 用圆规画圆的方法



(i) 找四点, 连三点 (ii) 再找四点, 连三点

图 1-13 曲线板的用法