

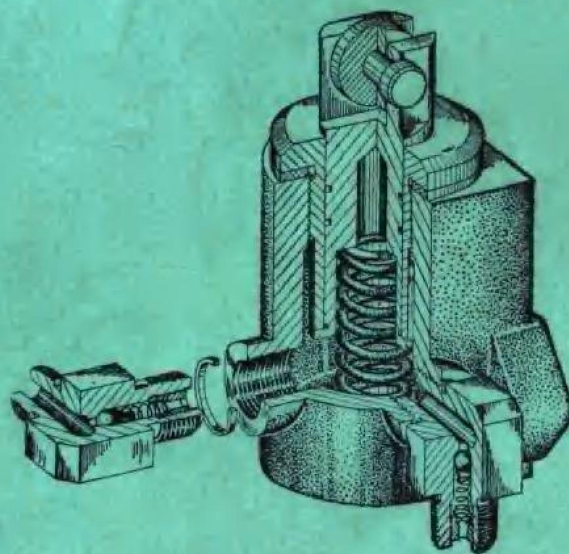
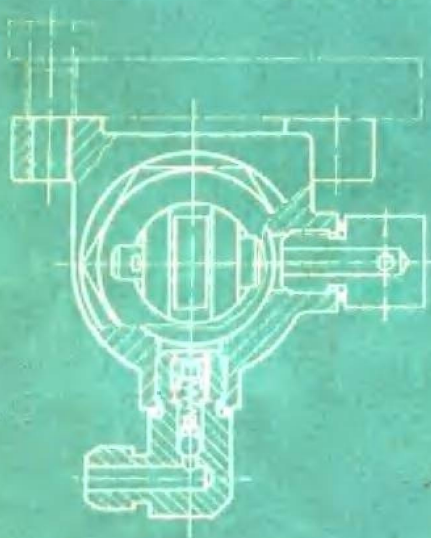
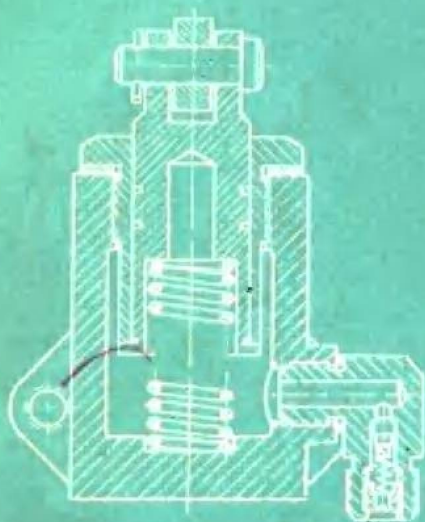
高等学校教材

机械制图

(1981年修订本)

上册

清华大学工程制图教研室编
石光源 周积义 彭福荫 主编



人民教育出版社

内 容 提 要

本书是在1974年第一版的基础上,根据1980年5月审订的高等工业学校机械类《画法几何及工程制图教学大纲》(草案)作了较大修订而成的。本书分上下两册出版。上册内容有: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,体的投影,组合体的画图与看图方法,立体与平面、直线相交,立体与立体相交,轴测图,表示机件的各种方法等。下册内容有:零件图的测绘,尺寸的标注方法,表面光洁度与公差配合,标准件和常用件画法,典型零件图及看图方法,装配图的绘制,投影变换,曲线和曲面,表面展开,计算图,计算机绘图等。

本书可作为高等工业学校机械制造类、电机制造类专业的画法几何及机械制图课程的教材,也可供业余及函授高等工业院校机械类专业师生以及有关工程技术人员参考。

高等学校教材

机 械 制 图

(1981年修订本)

上 册

清华大学工程制图教研室编

石光源 周积义 彭福荫 主编

*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民教育出版社印刷厂印装

*

开本 787×1092 1/16 印张 11 字数 250,000

1975年5月第1版

1980年10月第2版 1981年3月第1次印刷

印数 00,001—100,000

书号 15012·0287 定价 1.20 元

第二版序

本书是在1974年第一版的基础上,根据1980年5月审定的高等工业学校机械类(150学时)及电机类(120学时)《画法几何及工程制图》教学大纲(草案)作了较大修订而成的。

在修订过程中,我们力求体现下列原则:

1. 加强基本理论。点、直线、平面及其相对位置的投影和曲线的投影性质是研究图示法和图解法的基础,在内容上应该加强。

2. 加强理论与实际的联系。在内容上力求反映生产实际对本学科所提出的要求;在叙述上力求做到投影分析与空间分析和结构分析相结合;在例题上引入理论在工程实际问题上的应用。同时,还在体系上作了一些调整。例如把具有斜面的平面体和组合体放在点、线、面的后面,使它们的联系更加紧密;把投影变换及曲线曲面放在零件图和装配图之后,以便于联系工程实际等。

3. 努力贯彻少而精的原则。在内容的选择上,力求简明,并有较好的代表性。基本内容力求讲深讲透,便于自学。

4. 适当地增加一些新内容。为了适应各种专业的不同要求以及扩大学生的眼界,在书中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。例如第十二章中公差配合的选择,第十四章典型零件图例及读图方法,第十七章中复杂曲面的设计与绘制方法,第十八章中变形接头的设计方法,第十九章计算图等。

此外,从教学方法的角度还考虑了下列几点:

1. 尽量满足教学上的不同安排。在使用教材时,教师可根据自己的教学经验,把某些章节提前或移后。例如:如欲集中讲解画法几何部分,则可以把投影变换、曲线曲面和展开提到前面讲。如欲提高用仪器作图的质量,则可以把几何作图放在零件图前面进行。主张从点的投影开始的,则绪论中的三视图介绍可以不讲。还有,轴测图可以集中讲也可以拆散讲,等等。

2. 零件图的内容较多,为了便于讲述,我们把它分为零件图的绘制、尺寸标注、表面光洁度与公差配合及典型零件图例及读图方法等四章。在教学中也可相应地分为几个阶段,每个阶段重点解决一个主要问题,最后再综合起来进行练习。

3. 为了使学生更好地巩固本书所学的内容,我们在一些理论章节的后面都附了复习检查题。同时还另编一本“机械制图习题集”供大家选用。

本书承蒙北京航空学院及西北工业大学制图教研室的老师们在百忙中进行审阅并提出宝贵意见,在此表示感谢。

本书由石光源、周积义、彭福荫主编。参加这次修订工作的有清华大学工程制图教研室石光源、周积义、彭福荫、周柳贞、孟宪铎、许隆文等同志,并邀请了梁德本、高政一、魏宗仁、陆瑞新等同

志共同讨论。参加绘图及描图工作的有施寅、杨小庆、戴祖莲等同志。考虑到清华大学工程制图教研室已于1977年恢复,本书的编者名义改为工程制图教研室,以代替第一版“精密仪器系《机械制图》编写组”。

由于编者水平所限,疏漏错误之处在所难免、请使用本教材的师生和其他读者批评指正。

清华大学工程制图教研室

1980.8.

目 录

绪论	1
§ 1 本课程的任务和主要内容	1
§ 2 投影方法的基本概念	2
§ 3 机械工程中常用的两种图示方法	4
§ 4 三面视图的形成与规律	5
第一章 制图的基本知识	8
§ 1.1 制图工具及其使用	8
§ 1.2 国家标准《机械制图》的基本规定	12
§ 1.3 几何图形的画法	21
§ 1.4 几何曲线的画法	29
§ 1.5 绘图的一般步骤	32
§ 1.6 徒手画的一般方法	33
第二章 点、直线和平面的投影	37
§ 2.1 点的投影	37
§ 2.2 直线的投影	41
§ 2.3 平面的投影	48
第三章 几何元素间的相对位置	59
§ 3.1 几何元素间的平行问题	59
§ 3.2 几何元素间的相交问题	61
§ 3.3 两直线所成角度的投影	64
§ 3.4 几何元素间的垂直问题	66
§ 3.5 平面上的最大斜度线	70
第四章 体的投影	75
§ 4.1 平面体的画法	75
§ 4.2 具有斜面的平面体的画法	76
§ 4.3 曲面体的形成和画法	77
§ 4.4 轴线倾斜的曲面体画法	81
第五章 组合体的画图与看图方法	84
§ 5.1 组合体的组成分析	84
§ 5.2 组合体的画图方法	86
§ 5.3 组合体的看图方法	90
第六章 立体与平面及直线相交	98
§ 6.1 平面与平面体相交	98
* § 6.2 直线与平面体相交	99
§ 6.3 平面与曲面体相交	100
§ 6.4 直线与曲面体相交	106

第七章 立体与立体相交	110
* § 7.1 平面体与平面体相交.....	110
§ 7.2 平面体与曲面体相交.....	113
§ 7.3 曲面体与曲面体相交.....	114
§ 7.4 曲面交线的特殊情况.....	122
§ 7.5 零件上交线的分析.....	122
第八章 轴测图	126
§ 8.1 概述.....	126
§ 8.2 正等轴测图的画法.....	127
§ 8.3 正二轴测图的画法.....	139
§ 8.4 斜轴测图的画法.....	141
§ 8.5 轴测图上交线的画法.....	143
§ 8.6 轴测剖视图的画法.....	144
§ 8.7 轴测草图的画法.....	145
第九章 表示机件的各种方法	148
§ 9.1 表示机件外形的方法——视图.....	148
§ 9.2 表示机件内形的方法——剖视.....	150
§ 9.3 表示断面形状的方法——剖面.....	159
§ 9.4 其它表达方法.....	161
§ 9.5 第三角投影简介.....	166

目 录

第十章 零件图的绘制	169
§ 10.1 零件图的内容与绘制步骤	169
§ 10.2 零件的视图选择	171
§ 10.3 零件结构的工艺性	180
§ 10.4 零件上圆角过渡的画法	183
第十一章 尺寸的标注方法	186
§ 11.1 组合体的尺寸标注	186
§ 11.2 尺寸的清晰布置	188
§ 11.3 尺寸基准	190
§ 11.4 尺寸的合理标注	193
§ 11.5 零件上常见结构的尺寸标注	196
第十二章 表面光洁度与公差配合	200
§ 12.1 表面光洁度	200
§ 12.2 公差与配合	203
§ 12.3 表面形状和位置公差	216
*§ 12.4 技术要求的制订	220
第十三章 连接件和常用件的画法	229
§ 13.1 螺纹及其表示方法	229
§ 13.2 键和花键	242
§ 13.3 齿轮	244
§ 13.4 弹簧	256
§ 13.5 滚动轴承	260
§ 13.6 焊接	262
第十四章 典型零件图例及读图方法	270
§ 14.1 几种典型零件的画法	270
§ 14.2 零件图的读图方法	281
第十五章 装配图的绘制	286
§ 15.1 装配图的用途和主要内容	286
§ 15.2 装配图的基本规定、特殊画法和简化画法	288
§ 15.3 装配图的视图选择	291
§ 15.4 装配图的尺寸标注、明细表和零件编号	295
§ 15.5 画装配图的方法和步骤	298
§ 15.6 装配关系的正确表达与装配结构的合理性	301
§ 15.7 怎样读装配图	305

第十六章 投影变换	311
§ 16.1 投影变换的目的	311
§ 16.2 换面法	312
§ 16.3 旋转法	322
§ 16.4 换面法与旋转法的综合运用	332
第十七章 曲线和曲面	343
§ 17.1 曲线的基本概念	343
§ 17.2 曲线的投影特性	346
§ 17.3 圆柱螺旋线	348
§ 17.4 曲面的基本概念	349
§ 17.5 回转面	350
§ 17.6 直纹曲面	352
§ 17.7 圆纹曲面	356
§ 17.8 螺旋面	357
*§ 17.9 复杂曲面	359
*§ 17.10 曲面的切平面	364
*§ 17.11 轴线倾斜的回转面的轮廓	366
*第十八章 表面展开	369
§ 18.1 平面体的表面展开	369
§ 18.2 可展曲面的展开	371
§ 18.3 不可展曲面的近似展开	375
*§ 18.4 管道的设计与展开	379
*§ 18.5 变形接头的设计与展开	382
§ 18.6 在绘制钣金件的展开图时应注意的问题	384
*第十九章 计算图	386
§ 19.1 概述	386
§ 19.2 有三个平行图尺的共线计算图	388
§ 19.3 有两个平行图尺和一斜图尺的共线计算图	394
§ 19.4 有两个平行图尺和一曲线图尺的共线计算图	398
§ 19.5 多变量的组合式共线计算图	402
第二十章 计算机自动绘图简介	410
§ 20.1 计算机制图的应用简介	410
§ 20.2 自动绘图系统与自动绘图机	414
§ 20.3 自动绘图机的作图原理	417
§ 20.4 绘图程序简介	418
附录	425
一、轴与孔的极限偏差	425
二、旧的《公差与配合》标准简介	442

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能力。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. 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. 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份:

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. 图算法: 研究利用图表进行工程计算的方法。

很好地掌握上述主要内容,是将来顺利地完成工程设计和制造任务的一个重要保证。不仅如此,在今后的学习和工作中,只要遇到需要解决空间问题的地方:例如力学中的空间力系的计算,机械原理中的空间机构的设计,光学仪器中的光路设计,金属切削刀具的设计和计算等,都可以利用图解的方法。在遇到需要经常应用复杂的计算公式时,为了使工作简化,也可以将它们转化为图表的形式来进行计算。

§ 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。

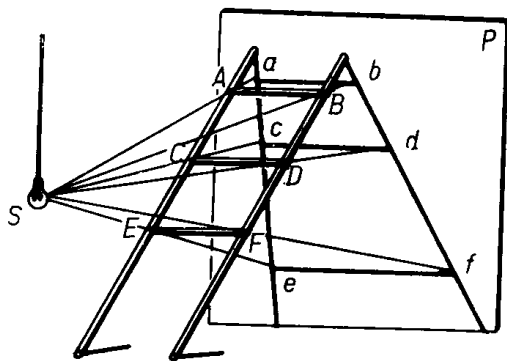


图 1 中心投影法

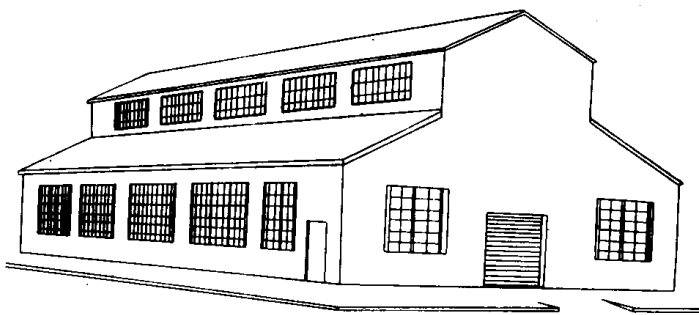


图 2 透视图

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

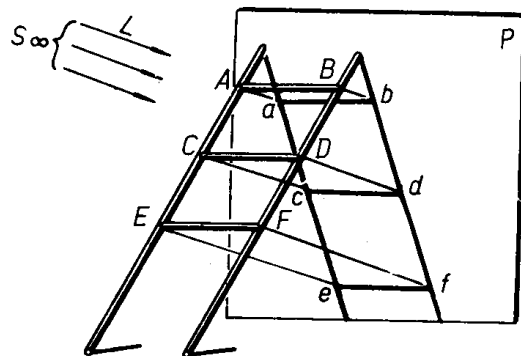


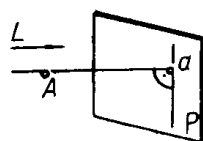
图 3 平行投影法

DF), 其投影仍相等 ($bd = df$)。

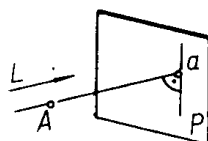
2. 两平行的直线(例如 AE 和 BF), 其投影仍相互平行 ($ae \parallel ef$)。
3. 与投影面平行的线段(例如 AB), 在该投影面上的投影等于实长 ($ab = AB$)。
4. 与投影面平行的平面, 在该投影面上的投影反映实形。

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 4 a); 当 L 不垂直于 P 面时, 称为斜角投影(图 4 b)。



(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 。

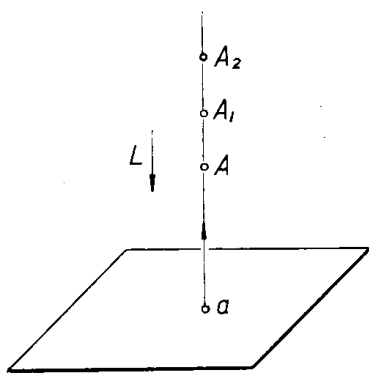


图 5 一个投影不能确定点的空间位置

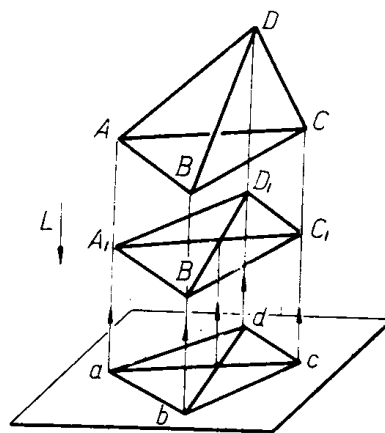


图 6 一个投影不能确定物体的空间形状

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。它可能是一个有对角线的四边形平面，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, 如果将一立方形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。

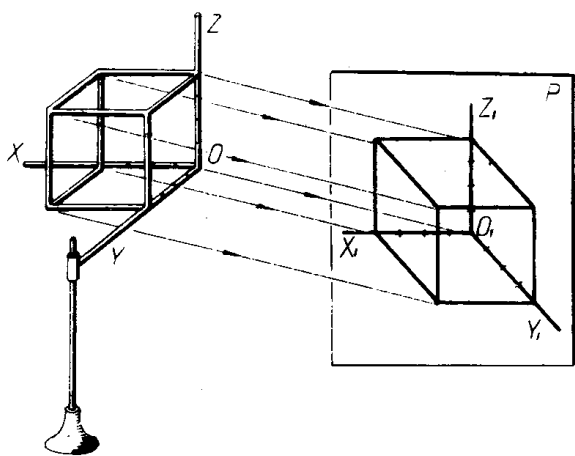


图 7 轴测投影法

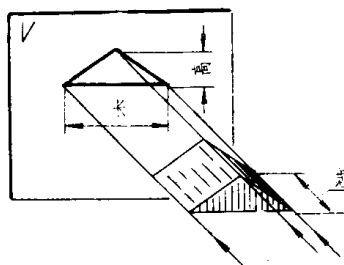


图 8

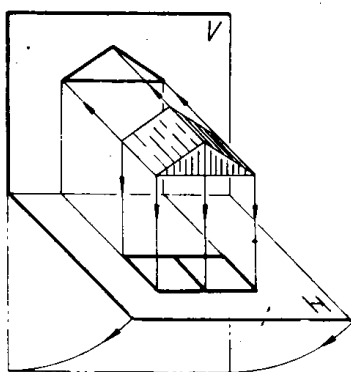
二、正投影法

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。

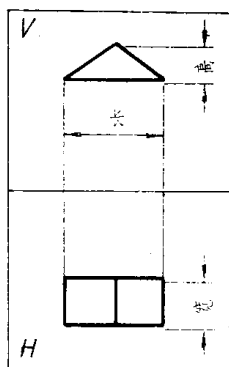
如图 8 所示, 假如把一个三棱柱放得和某一正立投影面 V 成这样的位置: 使它的棱线垂直 V 面, 则在垂直投影的情形下, 得到的投影是一个三角形。这个投影反映了物体的长度和高度, 而它的宽度如何, 原物的形状如何, 都是不能确定的。

如果再增加一个水平投影面 H , 使它与正立投影面 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。那末把这两个投影连系起来考虑, 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。

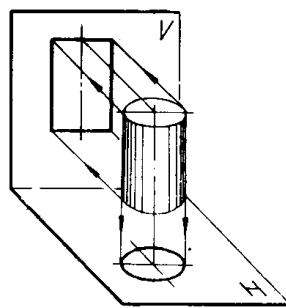


(a)

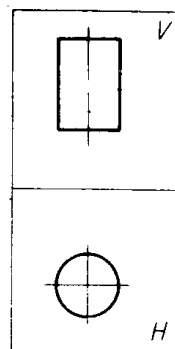


(b)

图 9 正投影法(一)



(a)



(b)

图 10 正投影法(二)

图 10 所示为一圆柱正投影图的形成过程。

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，只要经过一定的学习和培养是能够掌握的。

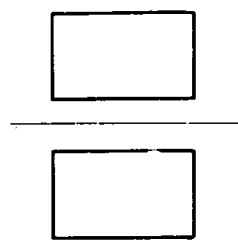
因此，正投影图是机械工程中应用最广泛的一种图示法，是我们学习的重点。

§ 4 三面视图的形成与规律

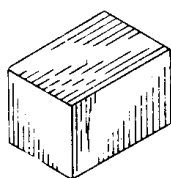
一、三面视图的形成

在用正投影法表示物体时，有时只有两个投影还不能确定物体形状，必须再增加一个投影。

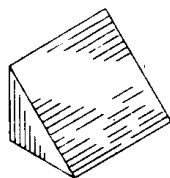
以图 11a 为例，如果只给出两个投影而没有文字标注，就不能唯一地肯定它是代表什么。可



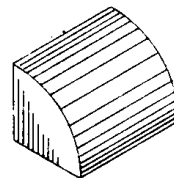
(a)



(b)



(c)



(d)

图 11

能是一个四棱柱(图 11b)，也可能是一个三棱柱(图 11c)，或是其它形状(图 11d)。在这种情况下，必须再增加一个侧立投影面W，如图 12 所示。

平面W同时垂直于V面和H面。按照箭头A、B、C的方向，分别将物体垂直地投射到三个投影面上，得到三个投影。在国家标准中规定：物体的正面投影称为主视图，物体的水平投影称为

俯视图, 物体的左侧面投影称为左视图。

图 12a 是立体图, 在生产中需要的是能反映实形的平面图。为此, 我们把物体取走, 并按图 12b 中箭头所指的方向, 将 H 面向下旋转, 将 W 面向右旋转, 使它们展开到与 V 面在同一平面上。这样就得到如图 12c 所示的三面视图。在实际画图时, 投影面的边框不必画出, 如图 12d 所示。

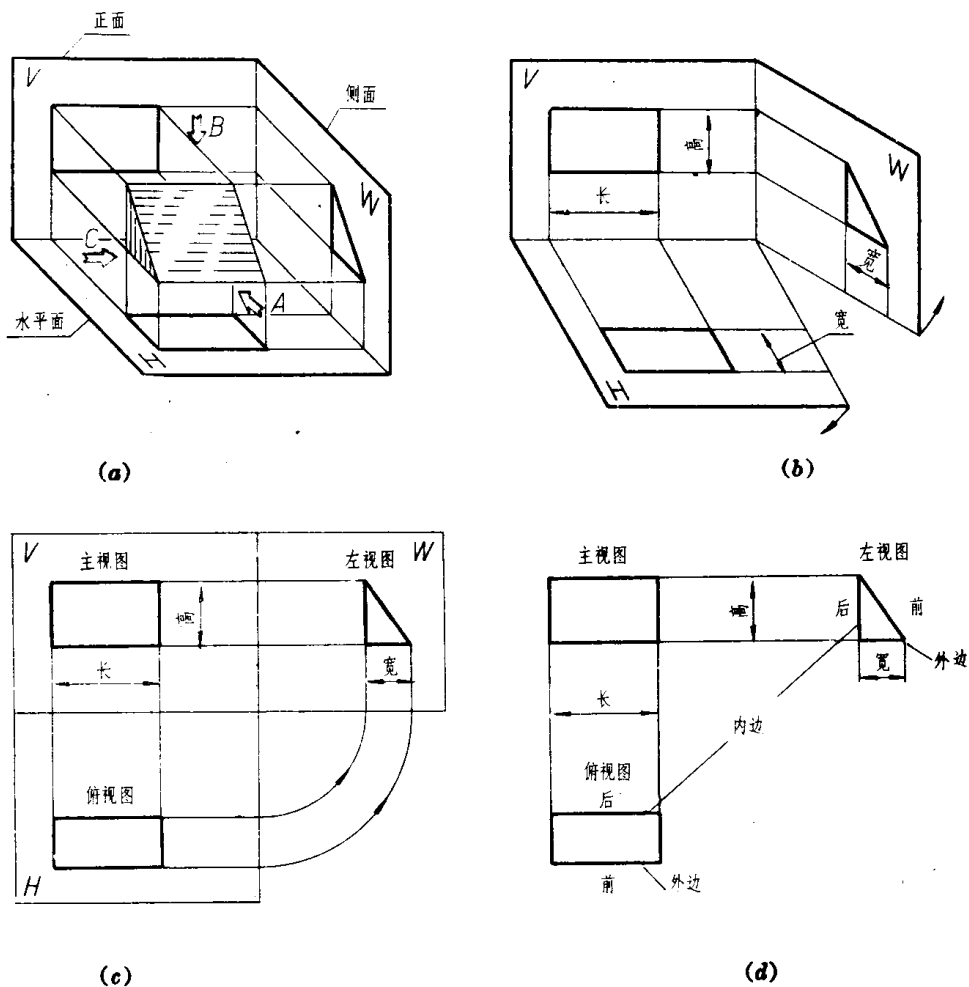


图 12 三面视图的形成

二、三面视图的投影规律

从图 12 可以看出, 主视图能反映物体的长和高, 俯视图能反映长和宽, 左视图能反映高和宽。因为三个视图都是反映同一个物体, 所以它们之间有如下的“三等”关系, 即:

主视图与俯视图等长; 主视图与左视图等高; 俯视图与左视图等宽。

根据这个关系, 可以写出一个便于记忆的口诀:

主视、俯视图长对正, 主视、左视图高平齐;
俯视图、左视图宽相等, 三个视图有联系。

简单地说就是: 长对正, 高平齐, 宽相等。

另外, 在画图与看图时, 要特别注意俯视图与左视图的前、后对应关系。如果以主视图为中心来看其他视图, 把各视图靠着主视图的一边叫内边; 则俯视图的内边与左视图的内边都表示物体的后面, 而它们的外边都表示物体的前面。初学时, 往往容易把这种关系弄错。

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, 而不附加其它条件时, 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。
7. 试述三面视图的投影规律。

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:

一、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。

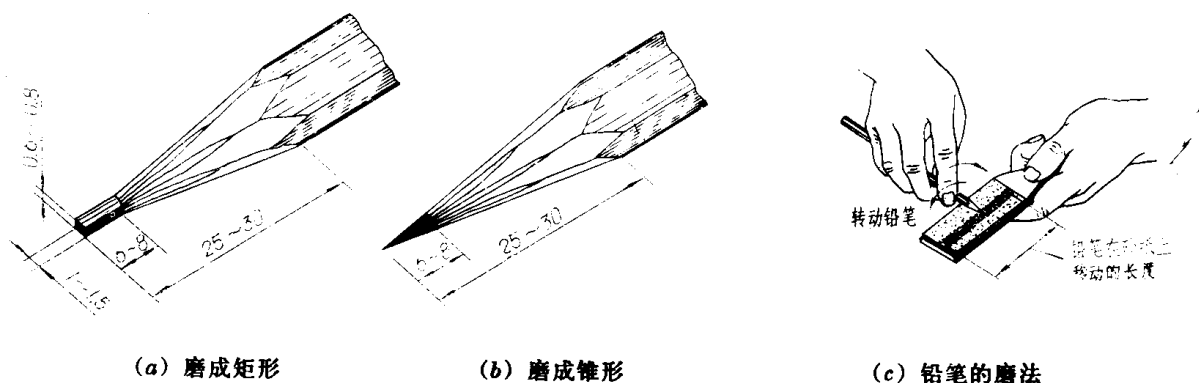


图 1-1 铅笔的削法

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

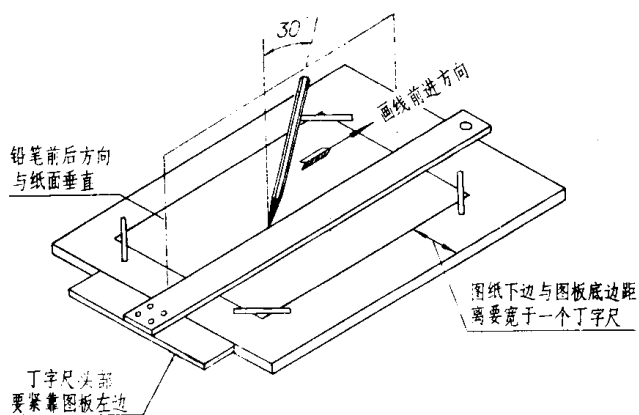


图 1-2 用铅笔画线的方法

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。

二、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。

三、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。

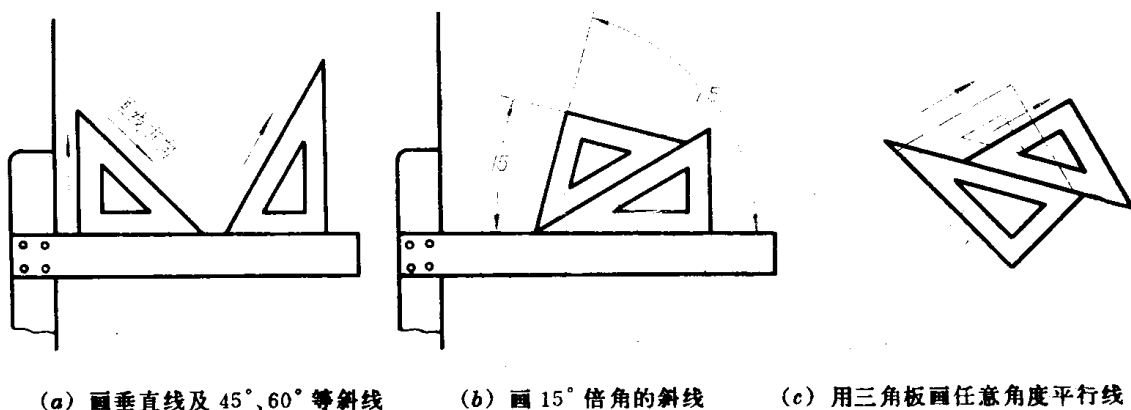


图1-3 三角板的使用

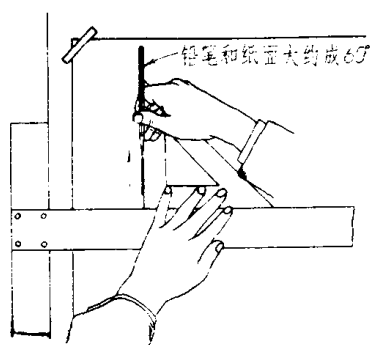


图1-4 画垂直线的姿势

四、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)(注:三角板上的刻度误差较大,画图时不宜使用)。

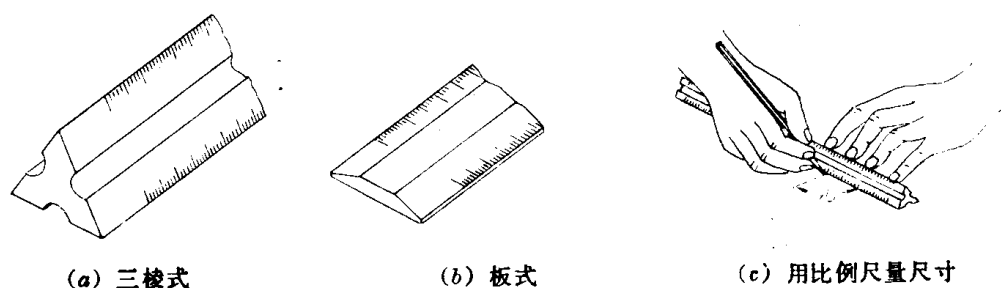


图1-5 比例尺

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1mm)代表