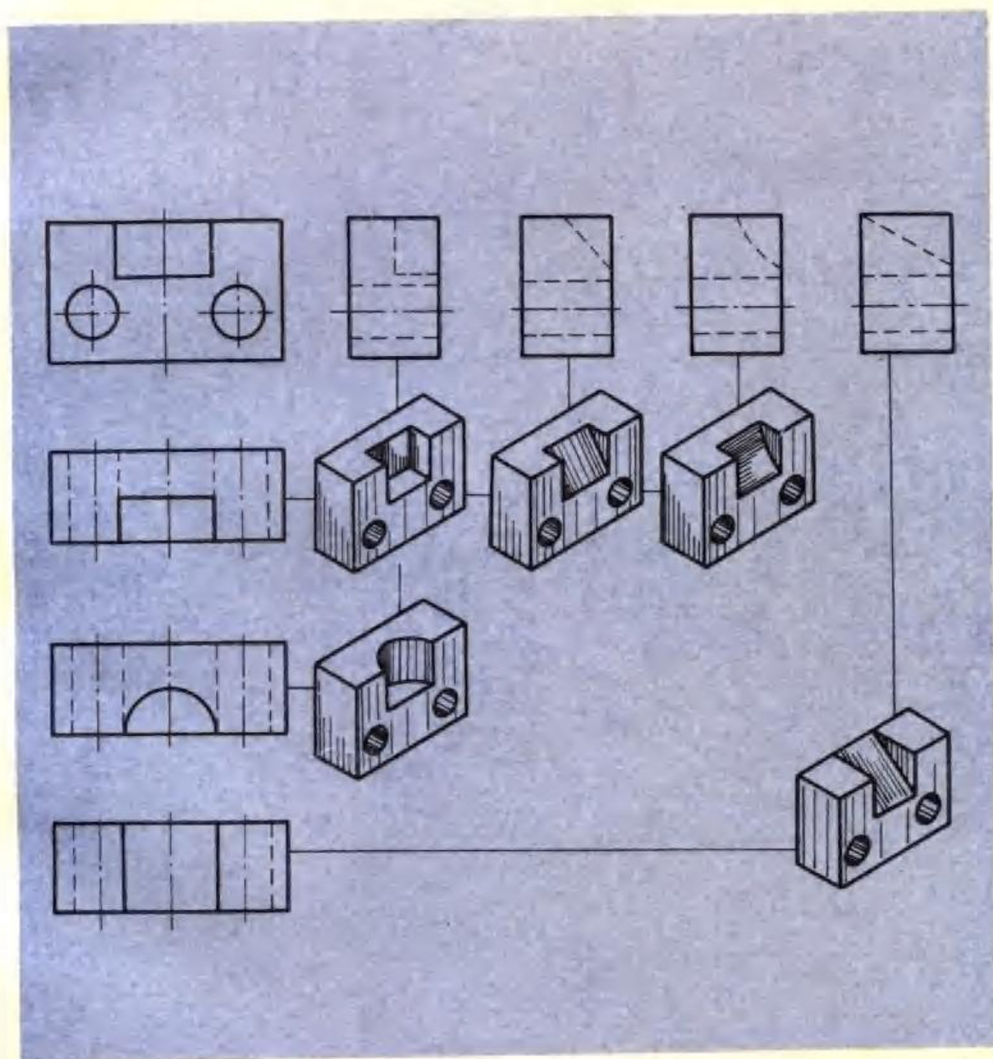


工程制图基础

周瑞屏 赵志海 主编



哈尔滨工业大学出版社

工 程 制 图 基 础

周瑞屏 赵志海 主编

ND33/17

哈尔滨工业大学出版社

内 容 提 要

本书共分十三章:前四章介绍投影法基本知识,从体出发讨论了几何元素投影及立体截交相贯和轴测图;第二部分讨论组合体画法及尺寸注法、机械制图有关的国家标准、绘图方法及机件的表达方法;机械图部分,介绍了标准件与常用件画法和标注、零件图、装配图的画法和阅读;最后简要介绍计算机绘图及其它图样,介绍了计算机绘图一般知识、投影变换及展开图、电气制图及管道图。书末附有常用的标准表,并另有一本习题集与之配套。

本书采用国家最新标准。可用作高等工科院校电类各专业工程制图课程的教材,亦可用作职大、夜大教材。

工 程 制 图 基 础

Gongcheng Zhitu Jichu

周瑞屏 赵志海 主编

*

哈尔滨工业大学出版社出版发行
地矿部黑龙江测绘印制中心印刷厂印刷

*

开本 787×1092 1/16 印张 16.875 字数 387 千字

1997 年 5 月第 2 版 1998 年 3 月第 3 次印刷

印数 15 001—20 000

ISBN 7-5603-1006-0/TB·2 定价:16.00 元

前 言

修 订 版

本书是1994年初版《工程制图基础》(王洪顺、谭家祥主编)的修订版。初版书是根据国家教育委员会1987年批发的《高等工业学校工程制图基础课程教学基本要求》的有关规定,参照1984年国家标准局发布的《机械制图》国家标准及近年来陆续发布的有关机械和电气制图等方面最新标准,在哈尔滨工业大学历次自编非机类型《工程制图基础》教材的基础上,总结多年教学经验重新编写而成。在编写本书同时,编有《工程制图基础习题集》与之配套使用。

在本书编写过程中充分注意科学性、系统性和实用性。内容安排,突出画图和读图的能力、空间想象与空间分析能力的培养。从体出发,按点、线、面、体、组合体到机械零件组织教材,注重理论联系实际,坚持“少而精”,重点加强投影基础理论、组合体的读、画和机件的表达。加强对机械图样中各项内容的读、画训练,严格贯彻机械制图国家标准。经过三年多的教学实践,考虑到当前教学改革的需要,本次修订主要作了如下变动:(1)将原书第六章“机械制图的基本知识和技能”提到“组合体”之前,变为第五章,这样更便于教学。而且其中“机械制图的一般规定”有关内容,按国家技术监督局发布的最新标准编写。(2)原书“计算机绘图简介”一章内容较陈旧,本次重新编写,以介绍和应用AutoCAD为主要内容。(3)在文字叙述和插图安排上也作了部分修改,删去一小部分次要内容。希望修订后尽力做到重点突出,语言简练,概念确切,结构紧凑,图文并茂,便于教学。

本书适用于高等工科院校本、专科电类等少学时专业,亦可用作夜大、职大等有关专业的教材。

参加本书修订工作的有:周瑞屏(绪论、第一、二、三章)、刘玉光(第四、五章)、赵志海(第六、十章、部分附录)、金铃(第七、十一章)、王树盛(第八、十二章、部分附录)、马秀兰(第九、十三章)。由周瑞屏、赵志海任主编,孟宪荣、王殿臣负责主审,郭炳义审订了“计算机绘图简介”一章,谭家祥审阅了部分书稿。

由于编审者水平所限,书中仍难免有不妥之处,敬请读者和同仁批评指正。

编 者

1997.1

目 录

绪 论	(1)
第一章 点、直线和平面的投影	(2)
第一节 投影法的基本知识	(2)
第二节 机械工程上常用的两种投影图	(4)
第三节 点的投影	(5)
第四节 直线的投影	(9)
第五节 平面的投影	(16)
第六节 直线、平面的相对位置	(24)
第二章 立体	(28)
第一节 平面立体的投影	(28)
第二节 平面与平面立体相交	(30)
第三节 回转体的投影及其表面的点	(31)
第三章 平面与曲面立体相交、两曲面立体相交	(39)
第一节 平面与曲面立体相交	(39)
第二节 曲面立体相交	(47)
第四章 轴测图	(55)
第一节 基本知识	(55)
第二节 正等轴测图的画法	(56)
第三节 斜二测图的画法	(64)
第五章 机械制图的基本知识和技能	(67)
第一节 机械制图的一般规定	(67)
第二节 制图工具及用法	(77)
第三节 几何作图	(82)
第四节 平面图形分析和画图步骤	(89)
第五节 徒手画图的技巧	(92)
第六章 组合体	(94)
第一节 组合体的基本知识	(94)
第二节 组合体投影图的画法	(97)
第三节 组合体的尺寸注法	(100)
第四节 组合体投影图的读法	(106)
第七章 机件的表达方法	(112)
第一节 视图	(112)
第二节 剖视图	(115)

第三节	剖面·····	(124)
第四节	局部放大和简化画法·····	(127)
第五节	表达方法应用举例·····	(131)
第六节	第三角投影简介·····	(132)
第八章	标准件及常用件·····	(134)
第一节	螺纹及其规定画法与标注·····	(134)
第二节	螺纹紧固件及其画法与标记·····	(140)
第三节	键、销和滚动轴承·····	(146)
第四节	齿轮·····	(149)
第五节	弹簧·····	(154)
第九章	零件图·····	(158)
第一节	概述·····	(158)
第二节	零件的表达方法·····	(160)
第三节	零件图上的尺寸标注·····	(164)
第四节	零件图中的技术要求·····	(168)
第五节	零件测绘·····	(181)
第六节	读零件图·····	(188)
第十章	装配图·····	(193)
第一节	装配图的作用和内容·····	(193)
第二节	部件的表达方法·····	(195)
第三节	装配图中的尺寸标注及技术要求·····	(199)
第四节	装配图中的零件序号、明细栏和标题栏·····	(200)
第五节	装配工艺结构·····	(201)
第六节	部件测绘和装配图画法·····	(203)
第七节	读装配图和拆画零件图·····	(207)
第十一章	计算机绘图简介·····	(211)
第一节	AutoCAD 运行环境和运行·····	(211)
第二节	AutoCAD 的常用操作命令·····	(213)
第三节	应用 AutoCAD 绘图举例·····	(218)
第十二章	投影变换及立体表面展开·····	(225)
第一节	投影变换·····	(225)
第二节	立体表面的展开·····	(229)
第十三章	电气制图简介及管道图·····	(234)
第一节	电气制图简介·····	(234)
第二节	管路布置图·····	(239)
附 录		
附表 1	普通螺纹的基本尺寸·····	(244)
附表 2	非螺纹密封的圆柱管螺纹的基本尺寸·····	(245)

附表 3	梯形螺纹的基本尺寸	(246)
附表 4	A 级和 B 级六角头螺栓	(247)
附表 5	螺柱	(248)
附表 6	开槽圆柱头及开槽沉头螺钉	(249)
附表 7	紧定螺钉	(250)
附表 8	A 级和 B 级六角螺母	(251)
附表 9	A 级平垫圈	(252)
附表 10	弹簧垫圈和轻型弹簧垫圈	(253)
附表 11	平键和键槽剖面尺寸	(254)
附表 12	圆锥销	(255)
附表 13	圆柱销	(256)
附表 14	开口销	(257)
附表 15	基本尺寸至 500 毫米优先常用配合孔的极限偏差	(258)
附表 16	基本尺寸至 500 毫米优先常用配合轴的极限偏差	(260)
附表 17	深沟球轴承	(262)

绪 论

一、本课程研究的对象和性质

在现代工业生产中,任何机床、化工设备、电子产品以及各种仪器仪表等制造,都要先进行设计,画出其图样,然后根据图样进行加工和装配。按着一定的投影理论和国标有关规定,表达出机器及其零部件的形状和结构、大小、材料及加工、检验、装配等技术要求的图样,称为**工程图样**。它是工业生产中的重要技术文件,同时又是工程界表达和交流技术思想和信息的重要媒介和工具。所以,工程图样被喻为“**工程界的语言**”。本课程就是研究如何根据投影理论和有关规定,绘制和阅读工程图样的一门课程。

本课程是高等工科院校的一门必修的技术基础课,它在空间思维和想象乃至形象思维的锻炼方面具有特殊的地位和作用。随着计算机图学的发展,又出现了“科学计算可视化”的研究领域,图样的作用将越加扩大,“一图胜千言”,将在科技发展中具有更现实意义。

二、课程的教学目的和要求

本课程的教学目的是培养学生掌握绘制和阅读工程图样的基本理论和基本方法。为此要求:

1. 掌握正投影的基本理论及其应用。
2. 掌握绘制和阅读工程图样的基本方法和技能。
3. 培养空间想象和空间思维能力。
4. 对计算机绘图有初步了解。
5. 培养严谨细致的工作作风和认真负责的工作态度。

三、课程的学习方法

1. 要牢固掌握投影的基本理论、基本概念和基本作图方法。由于本课程具有很强的实践性,因此应在学习理论的基础上注意联系实际。要认真按时完成习题和作业,通过多看、多画、多想,反复实践,不断总结,很好消化理论,不断提高绘图和读图的能力。

2. 努力培养空间想象能力和空间分析能力,不断加强形象思维的训练。解题时应将投影分析和空间想象很好地结合起来,建立比较清晰的空间形象,避免盲目作图。形体分析和线面分析是建立形象思维的很好训练,要反复练习。

3. 要掌握零部件的各种表达方法,学会正确运用视图、剖视、剖面及其它规定画法,掌握尺寸标注的方法,学会查阅有关资料和手册。提高自学能力和独立工作能力。

4. 工程图样不允许存在错误。绘制的图样,要做到“投影正确、表达合理、尺寸齐全、字体工整、图面整洁”。为此要概念清楚,按照正确的作图方法和步骤,正确使用绘图用具,养成严肃认真、耐心细致、一丝不苟的良好习惯和作风。

第一章 点、直线和平面的投影

第一节 投影法的基本知识

一、投影法概念

在日常生活中,物体在阳光或灯光的照射下,在墙上或地面上出现该物体的影子。人们根据这种自然现象,在生产实践中创造出一种绘制图样的方法——**投影法**。

如图 1-1 中, S 为**投影中心**, A 为**空间一点**, P 为**投影面**, SA 连线为**投射射线**,它与投影面 P 交点 a 即为空间 A 点在投影面 P 上的**投影**。在投影面和投影中心确定的条件下,空间点 A 在投影面上的投影是唯一确定的。但是,点的一个投影,不能确定点在空间的位置,如图中点 A_1 和 A_2 的投影均为 a 。

二、投影法的种类

1. 中心投影法

投影中心 S 位于投影面 P 有限远的地方,投射射线由 S 点发出,这种投影法称为**中心投影法**,如图 1-2(a)所示。这种投影法用来画建筑物的透视图,机械工程图样中很少采用。

2. 平行投影法

假想把投影中心 S 移到距投影面 P 无穷远处,则投射射线可视为互相平行,这种投影法称为**平行投影法**,如图 1-2(b)所示。

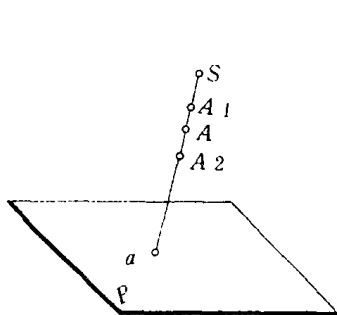


图 1-1 投影法的基本概念

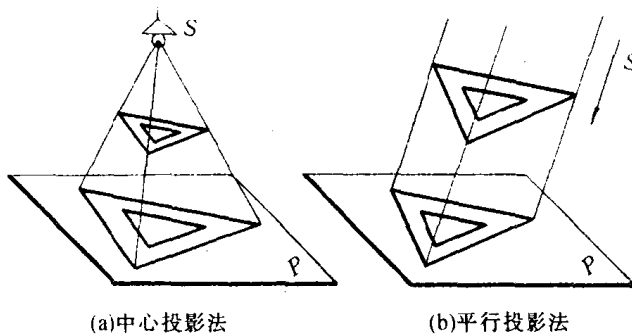


图 1-2 两种投影法

平行投影法按投射射线与投影面垂直与否,又分为两种:

1)斜投影法(又称斜角投影法)。投射射线与投影面 P 倾斜,如图 1-3(a)所示。

2) 正投影法(又称直角投影法)。投射线与投影面 P 垂直,如图 1-3(b)所示。

在机械工程中主要应用正投影法,因为这种投影法能正确地表达物体的真实形状和大小,并且作图方便,所以主要学习这种投影法。

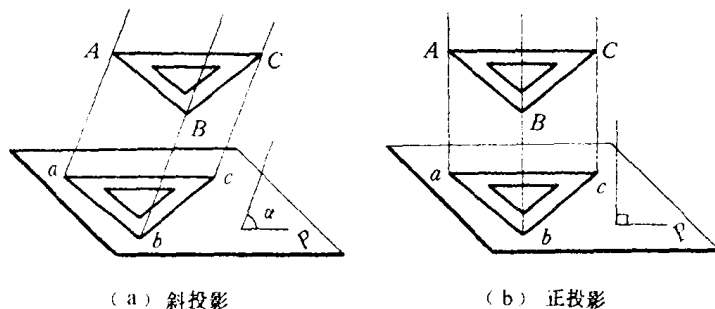


图 1-3 平行投影法种类

三、正投影法的基本性质

1. 类似性

直线或平面与投影面倾斜时,直线的投影为小于实长的直线,平面的投影为小于实形的边数相同的图形,这种性质称为类似性,如图 1-4 所示。

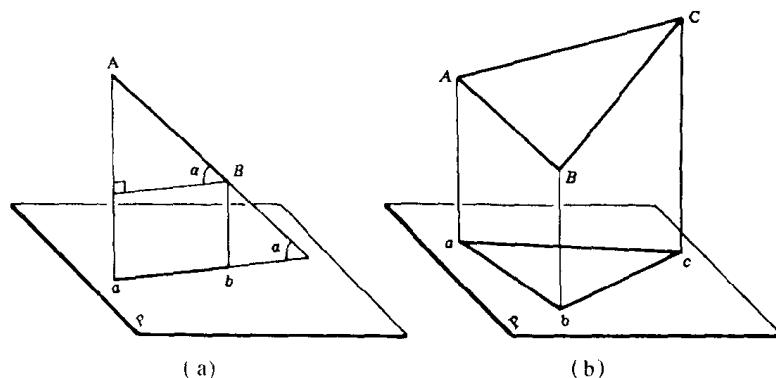


图 1-4 投影的类似性

2. 不变性

直线或平面与投影面平行时,其投影反映实长或实形,如图 1-5(a)、(b)所示。空间互相平行的直线,其投影也互相平行,如图 1-5(c)所示。这种性质称为投影不变性。

3. 积聚性

直线或平面与投影面垂直时,直线的投影积聚为一点,平面的投影积聚为一直线。这种性质称为投影的积聚性,如图 1-6 所示。

4. 从属性和定比性

属于直线的点,其投影也属于此直线的投影,且该点分线段长度之比等于其投影长度之比。如图 1-7, $AK:KB = ak:kb$, 这种性质称为从属性和定比性。

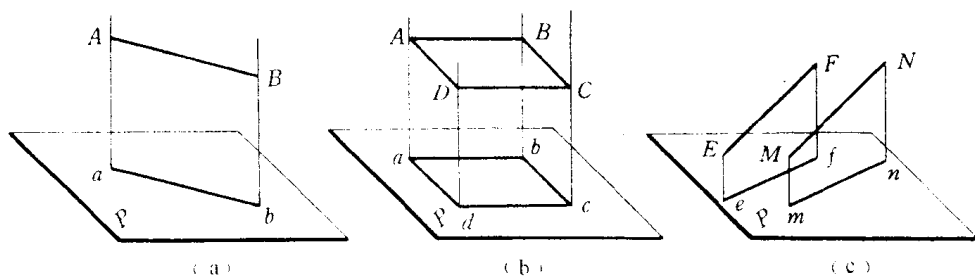


图 1-5 投影的不变性

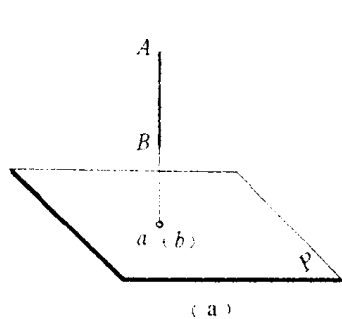


图 1-6 投影的积聚性

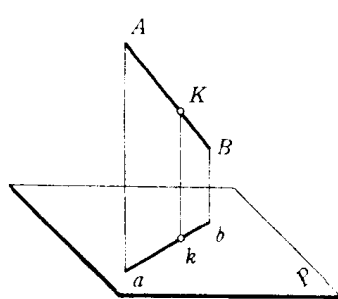
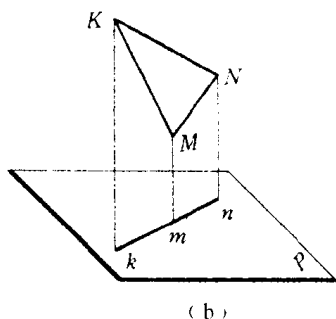


图 1-7 投影的从属性、定比性

第二节 机械工程上常用的两种投影图

一、多面正投影图

由于正投影法具有前述的一些性质,所以画物体的正投影图是较为简便的。但仅作出物体在一个投影面的正投影,是不能唯一确定其空间形状的,如图 1-8 所示。因此,在机械工程中通常采用多面正投影图,图 1-9(a)表示物体三面投影的形成,图 1-9(b)则为物

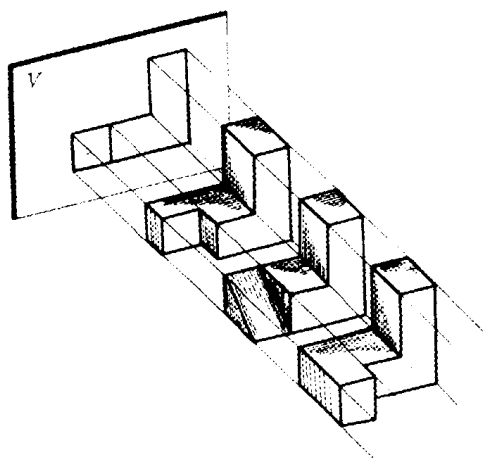


图 1-8 一个投影不能确定物体形状

体的三面投影图。由于这种图能完整、确切地表示出物体的形状、大小,而且作图也比较简便,所以得到广泛应用。今后将主要研究这种投影图。

二、轴测投影图

多面正投影图虽有上述一些优点,但亦有缺乏立体感之不足,只有具备一定读图能力的人才能看懂。为了帮助人们看图,工程上常采用轴测投影图,简称轴测图。

轴测图是利用平行投影法所获得的单面投影图,其形成过程见图 1-10(a)所示,图 1-

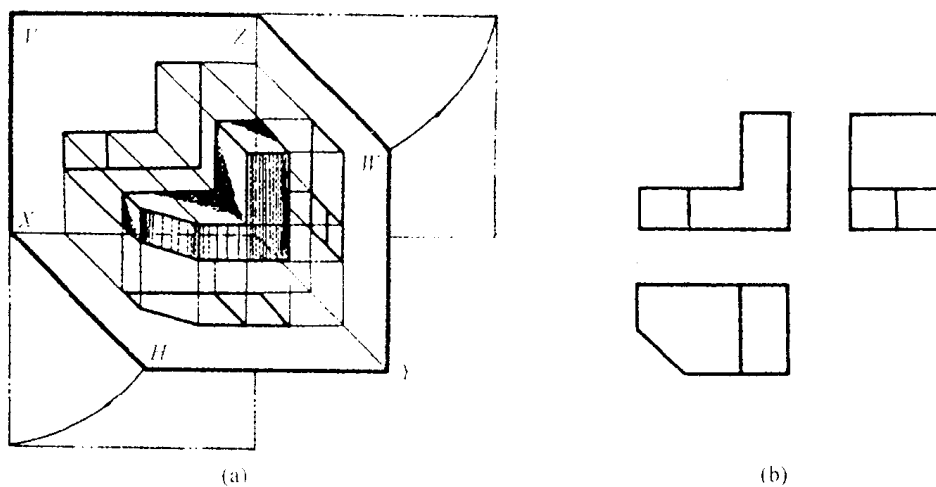


图 1-9 多面正投影图

10(b)则为轴测投影图。这种图虽然立体感较强,但作图复杂,度量性较差,所以仅作为一种辅助图样在一定范围内采用。轴测图的作图原理和方法将在第四章进行简要介绍。

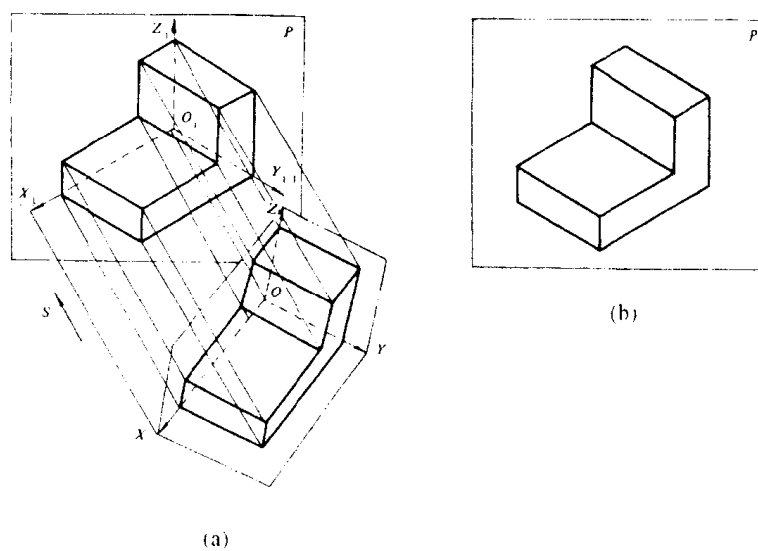


图 1-10 轴测投影图

第三节 点的投影

物体是由点、线和面组成,为了深刻理解物体的投影规律,迅速、正确地画出视图,需要深入研究组成物体的最基本的几何元素——点的投影规律。

一、点在三投影面体系中的投影及其投影规律

图 1-11 为一梯形斜块立体图和它的三投影图。现取其上一个顶点 A 来研究。

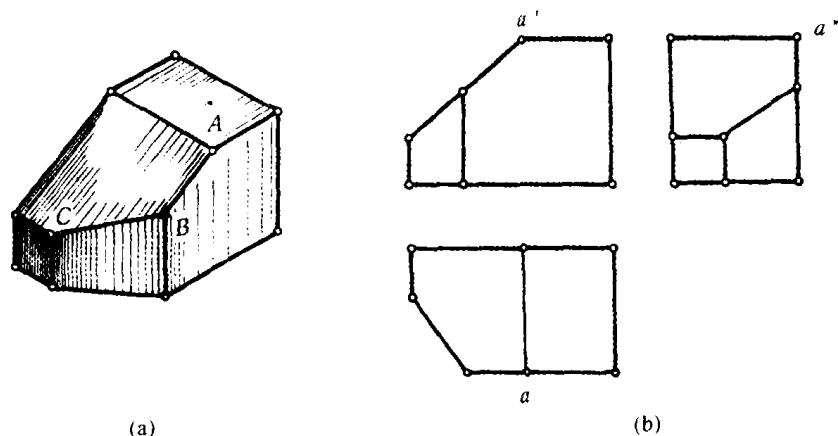


图 1-11 梯形块的立体图及投影图

图 1-12(a)为取出的点 A 在三投影面体系中向三个投影面作正投影的情形。点的三面投影就是从点 A 分别向三个投影面所作垂线的垂足。

规定空间的点用大写字母 A 表示,它的水平投影用相应的小写字母 a 表示,正面投影用 a' 表示,侧面投影用 a'' 表示。投射射线 Aa 、 Aa' 和 Aa'' 分别为 A 点到水平面、正面和侧面的距离。 Aa 、 Aa' 和 Aa'' 中的每两条线决定一个平面,共构成三个与相应的投影面和投影轴垂直相交的平面,从而构成一个长方体。其中:

$Aa'' = aa_Y = a'_a_Z = a_XO$ 等于点 A 到 W 面的距离。

$Aa' = aa_X = a''a_Z = a_YO$ 等于点 A 到 V 面的距离。

$Aa = a'_a_X = a''a_Y = a_ZO$ 等于点 A 到 H 面的距离。

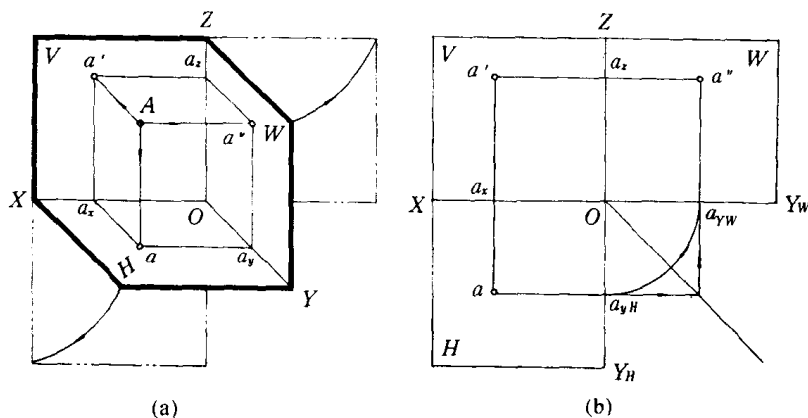


图 1-12 点在三投影面体系中的投影

V 面不动,按箭头所指方向将 H 面和 W 面展开,即得到点 A 的三面投影图,如图 1-12(b)所示, Y 轴一分为二,分别用 Y_H 和 Y_W 表示。去掉投影面的边框,即得常用的点的三面投影图,如图 1-13 所示。

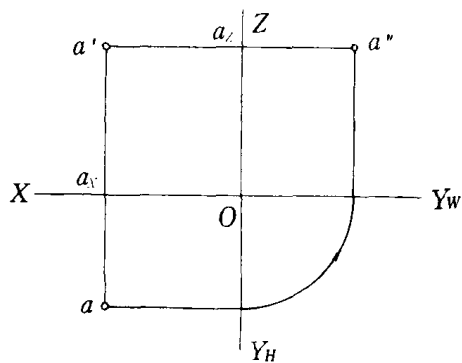


图 1-13 点的三面投影

综上所述,点在三投影面体系中的投影规律如下:

1. 点的正面投影和水平投影的连线垂直于 OX 轴,即 $a'a \perp OX$ 。
2. 点的正面投影和侧面投影的连线垂直于 OZ 轴,即 $a'a'' \perp OZ$ 。
3. 点的水平投影到 X 轴的距离等于其侧面投影到 Z 轴的距离,即 $aa_X = a''a_Z$ 。

这是今后画点的投影图必须遵循的重要规律。

二、点的投影和直角坐标的关系

若把图1-12(a)的三投影面体系看作空间直角坐标系,则各投影面和投影轴即为相应的坐标面和坐标轴,点 O 为坐标原点。由此,可把点的投影和点的空间坐标数值联系起来。此时点 A 的三个坐标值 X_A 、 Y_A 、 Z_A 便是空间点 A 分别到三个投影面 W 、 V 和 H 面的距离。点的任一投影都是由两个坐标值确定,如点 A 水平投影 a 由 X_A 和 Y_A 确定; a' 由 X_A 和 Z_A 确定; a'' 由 Y_A 和 Z_A 确定。点的任何两个投影,都包含点的三个坐标,因此,可以由点的任意两个投影补画出点的第三个投影。

[例] 已知 $A(14, 18, 22)$ 、 $B(30, 18, 0)$ 、 $C(24, 0, 16)$ 、 $D(0, 30, 0)$ 四点,试在三投影面体系中作出直观图,并画出投影图。

作图 作直观图,如图 1-14(a)所示,在 OX 轴上截取 $Oa_X = 14$,在 OY 轴上截取 $Oa_Y = 18$, OZ 轴上截取 $Oa_Z = 22$,过 a_X 作 OZ 的平行线与过 a_Z 作 OX 的平行线交于 a' ;过 a_X 作 OY 的平行线与过 a_Y 作 OX 的平行线交于 a ;过 a_Y 作 OZ 的平行线与过 a_Z 作 OY 的平行线交于 a'' ,由此得出点 A 的三个投影。再过 a 、 a' 和 a'' 作相应坐标轴的平行

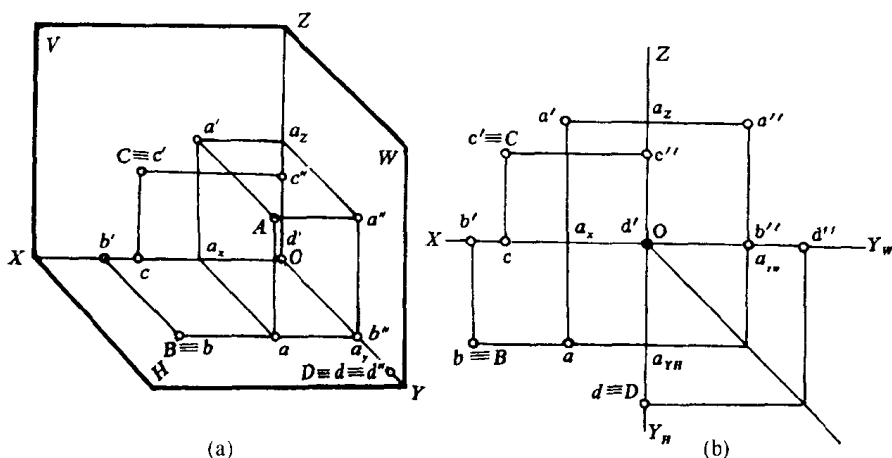


图 1-14 由点的坐标作直观图和投影图

线,三线的交点即为空间点 A。

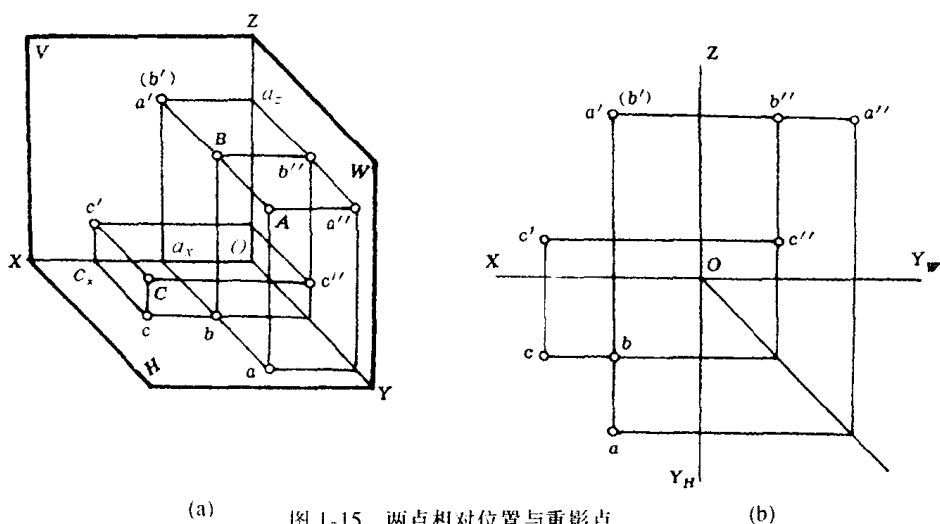
点 B、C、D 的直观图可用同样方法画出。点 B 的 Z 坐标为 0,说明点 B 属于 H 面,其水平投影 b 与 B 重合,而 b' 在 OX 轴上, b'' 在 OY 轴上。类似地点 C 的 Y 坐标为 0,所以点 C 属于 V 面, c' 与 C 重合,而 c 在 OX 轴上, c'' 在 OZ 轴上。至于点 D,由于其 X 坐标和 Z 坐标均为 0,所以点 D 在 OY 轴上, d 和 d'' 均与 D 点重合, d' 与坐标原点 O 重合。

作各点的正投影图,如图 1-14(b),作出投影轴,作点 A 的投影。在 OX 轴上量取 $Oa_X = X_A = 14$;过 a_X 作直线垂直 OX 轴,由 a_X 向上量取 $a_X a' = Z_A = 22$,得出点 A 的正面投影 a' ;由 a_X 向下量取 $a_X a = Y_A = 18$,得出点 A 的水平投影 a ;根据点的投影规律,由 a 和 a' 即可作出点 A 的侧面投影 a'' 。

同样的方法,可作出点 B、C、D 的正投影图。其中点 D 在 OY 轴上(因为 $X_D = Z_D = 0$),其水平投影 d 和 D 重合于 OY 轴,而侧面投影 d'' 应在 OY_W 轴上。

三、两点的相对位置及重影点

立体上两点间相对位置,是指在三投影面体系中,一个点处于另一点的上、下、左、右、前、后的问题。两点相对位置可用坐标的大小来判断,Z 坐标大者在上,反之在下;Y 坐标大者在前,反之在后;X 坐标大者在左,反之在右。在图 1-15 中,A、C 两点的相对位



置: $Z_A > Z_C$,因此点 A 在点 C 之上, $Y_A > Y_C$,点 A 在点 C 之前, $X_A < X_C$,点 A 在点 C 之右,结果点 A 在点 C 的右前上方。

当空间两点的某两个坐标相同,即位于同一条投射线上时,它们在该投射线垂直的投影面上的投影重合于一点,此空间两点称为对该投影面的重影点。

如图 1-15 中,A、B 两点位于垂直于 V 面的同一条投射线上($X_A = X_B, Z_A = Z_B$),正面投影 a' 和 b' 重合于一点。由水平投影(或侧面投影)可知 $Y_A > Y_B$,即点 A 在点 B 的前方。对 V 面来说,点 A 可见,点 B 被点 A 遮挡,是不可见的,在 b' 上加上圆括号以示区别。

总之,某投影面上出现重影点,判别哪点可见,应根据它们相应的第三个坐标的大小来确定。坐标大的点是重影点中的可见点。

第四节 直线的投影

一、直线的投影

在一般情况下,直线的投影仍是直线(本书中所述直线,一般指线段,必要时可延长)。两点唯一确定一条直线,只要作出属于直线上任意两点的投影,然后将两点的同面投影连接起来,便得到直线的三个投影。如图 1-16(a) 示出三棱锥 $S-ABC$ 上一条棱线 SA 的投影直观图,图 1-16(b) 为 SA 的三面投影图。

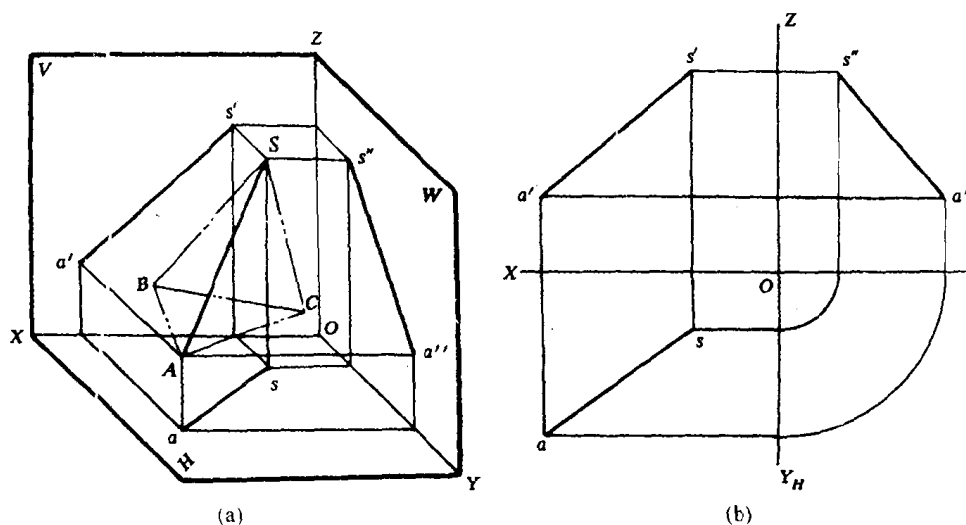


图 1-16 直线的投影

二、各种位置直线及其投影特性

直线与投影面的相对位置有三种情况:投影面平行线;投影面垂直线;一般位置直线。前两种直线又称为特殊位置直线。

1. 投影面平行线

仅与一个投影面平行,而与另外二投影面倾斜的直线称为投影面的平行线。

平行线又分三种:正平线(平行于正面);水平线(平行于水平面);侧平线(平行于侧面)。

图 1-17 为正平线 AB 的投影。 AB 为立体上一条正平线,即 $AB \parallel V$ 面,倾斜于 H 面和 W 面。所以它的正面投影反映实长,即 $a'b' = AB$, $a'b'$ 与 OX 轴夹角 α 及 $a'b'$ 与 OZ 轴夹角 γ ,反映直线 AB 与 H 面和 W 面倾角的真实大小。因为 $AB \parallel V$ 面, AB 直线上各点 Y 坐标相等,即到 V 面等距,所以其水平投影 $ab \parallel OX$ 轴,侧面投影 $a''b'' \parallel OZ$ 轴。此二投影均短于实长。水平线和侧平线也有此类似性质,见表 1-1。

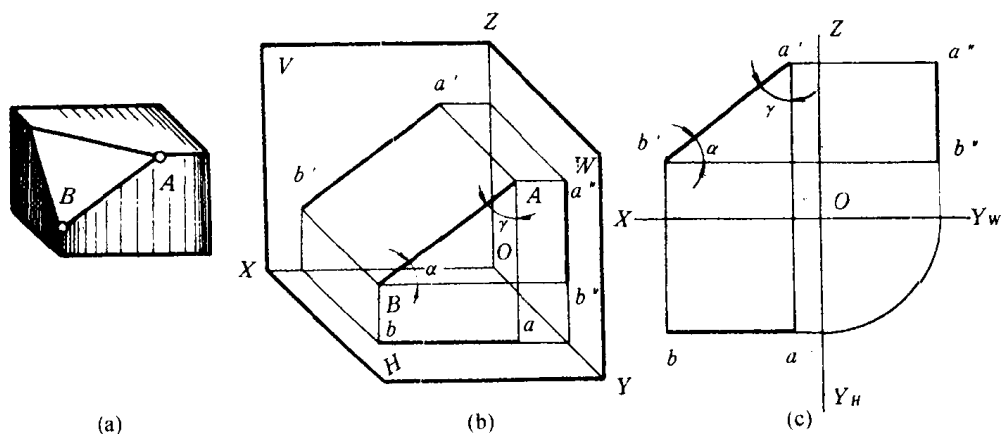


图 1-17 正平线的投影

表 1-1 投影面平行线的投影特性

名 称	正平线($\parallel V$)	水平线($\parallel H$)	侧平线($\parallel W$)
实 例			
直观图			
投影图			
投影特性	1. $a'b' = AB$ 2. $ab \parallel OX$ $a''b'' \parallel OZ$ 3. 反映 α, γ 实角	1. $ac = AC$ 2. $a'c' \parallel OX$ $a''c'' \parallel OY_W$ 3. 反映 β, γ 实角	1. $c''b'' = CB$ 2. $cb \parallel OY_H$ $c'b' \parallel OZ$ 3. 反映 α, β 实角

由此可归纳出投影面平行线的投影特性:

(1) 直线在所平行的投影面上的投影, 反映线段的实长, 它与两投影轴的夹角反映空间直线与另两个投影面的真实倾角。