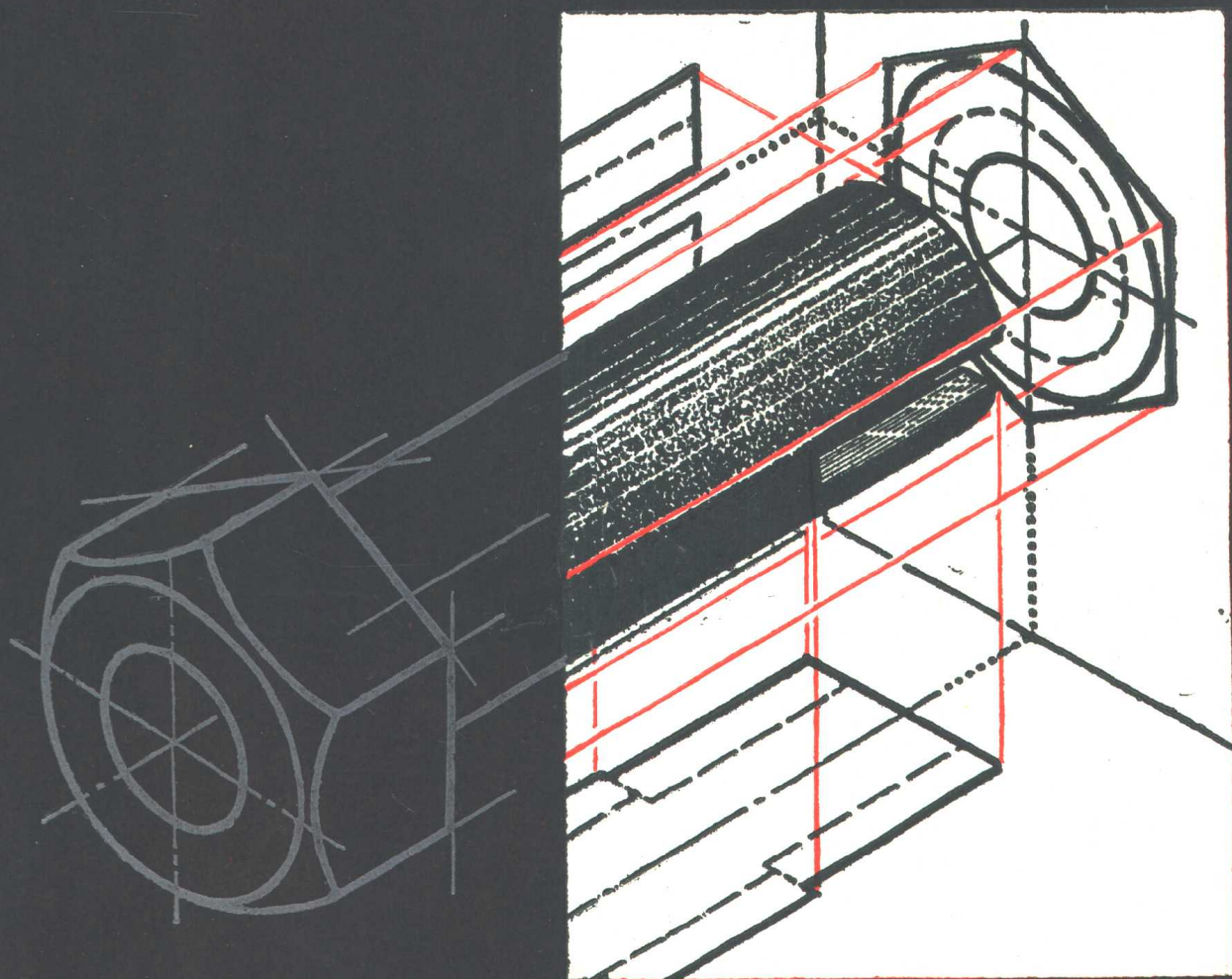


画法几何 及机械制图



山东工业大学制图教研室 编

0185.2
3.5

画法几何及机械制图

山东工业大学制图教研室编

山东科学技术出版社

画法几何及机械制图
山东工业大学制图教研室编

*

山东科学技术出版社出版

(济南市经二路)

山东省新华书店发行 山东新华印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 21.5印张 485千字

1989年8月第1版 1989年8月第1次印刷

印数 1—15,500

ISBN 7-5331-0438-2/TB·6

定价: 6.40元

编者的话

本书在选择内容及编写手法上注意了下述要求:

一、本书遵照国家教育委员会 1987 年批发的《高等工业学校画法几何及工程制图课程教学基本要求》(近机类专业适用,参考学时范围 80~110 学时)的有关规定,并本着在教学中精选内容、打好基础、加强实践、培养能力的精神,力求做到:系统阐述理论,侧重作图方法,联系生产实际,突出物体表达,加强画、读实践,培养分析能力。

二、按高等工业学校近机类专业学习本课程要求选编内容,除保证《基本要求》规定的具体内容外,还增加了加深加宽的章节,以适应不同的教学需要(扩展内容的章节标题均加“*”号)。

三、本书分“画法几何”及“机械制图”两大篇,在教学中两部分可互相穿插进行,也可分开授课。画法几何部分重点讲述用正投影法表达空间形体的基本原理和方法,但对图解法也选讲一部分,其中加强了“投影变换”这一图解方法的应用,以使较复杂的空间几何问题易于图解。机械制图部分侧重于形体的表达方法及尺寸标注,以此培养绘图和读图的基本能力。

四、为了普及制图知识,便于读者自学,本书在文字叙述上力求简明、通俗,在形式上尽量采用文图并举,投影图与直观图对照的表现手法,以使读者加深对内容的理解,有助于空间想象力的提高。同时本书也注意了插图及版面设计的艺术性,以提高读者对工业美学的兴趣和审美能力。

五、本书的内容,是按照 1984 年国家标准局发布的《机械制图》标准及近年来陆续发布的基础标准及机械零件的新标准编写的,以促使读者更好地学习并贯彻国家新标准。

本书适用于高等工科院校化工、电机、动力、纺织、采矿类各专业和其他教学要求相近的近机械类专业,也适用于职业大学、业余大学、电视大学相应专业。

为了配合学习本书,同时新编了与本书配套使用的《画法几何及机械制图习题集》,该习题集亦由山东科学技术出版社出版。

本书第一篇“画法几何”由张玉明主编,第二篇“机械制图”由曹光午主编,参加编写的有张玉明(绪论及第一、二、三、四章)、孙淑德(第五、八、九章)、王秀珍(第六、七、十四章)、郑家骧(第十、十六、十九章)、曹光午(第十一、十二、十三章)、王香云(第十五、十七章及附图录)、张洪安(第十八章)。

本书在编写过程中,承蒙郑大锡教授的具体指导,由他审稿并进行版面设计。此外还得到了山东工业大学制图教研室其他同志的支持和帮助,在此表示衷心感谢。

由于我们水平所限,书中难免存在缺点和错误,欢迎读者批评指正。

编者

一九八八年七月

目 录

绪 论

第一篇 画法几何

第一章 点的投影	(5)
§ 1-1 点的三面投影	(5)
§ 1-2 两点的相对位置	(9)
第二章 直线的投影	(11)
§ 2-1 直线的投影	(11)
§ 2-2 各种位置直线的投影	(13)
§ 2-3 由线段两投影求线段实长及其对投影面的倾角*	(15)
§ 2-4 两直线相对位置	(17)
§ 2-5 相互垂直两直线的投影*	(20)
§ 2-6 综合题例分析	(22)
§ 2-7 直线的迹点*	(23)
第三章 平面的投影	(25)
§ 3-1 平面表示法	(25)
§ 3-2 各种位置平面的投影	(26)
§ 3-3 平面上的点和直线	(29)
§ 3-4 包含已知点或直线作平面	(31)
§ 3-5 综合题例分析	(32)
§ 3-6 迹线平面	(33)
第四章 投影变换	(35)
§ 4-1 投影变换的目的与方法	(35)
§ 4-2 辅助投影面法	(36)
§ 4-3 综合题例分析	(42)
§ 4-4 旋转法*	(44)
第五章 直线、平面的相互关系	(49)
§ 5-1 相交关系	(49)
§ 5-2 平行关系	(54)
§ 5-3 垂直关系*	(57)
§ 5-4 综合题例分析*	(60)
第六章 曲线及曲面*	(63)
§ 6-1 曲线的形成及分类	(63)
§ 6-2 曲线的投影性质及其投影画法	(64)
§ 6-3 圆及圆柱螺旋线的投影	(65)
§ 6-4 曲面的形成、分类及表示法	(67)

§ 6-5 常见曲面的形成及其投影画法	(70)
第七章 立体的投影	(75)
§ 7-1 立体的分类及其投影	(75)
§ 7-2 基本几何体及其表面上点的投影	(77)
§ 7-3 斜放圆柱及圆锥的投影*	(80)
第八章 立体表面交线	(83)
§ 8-1 立体上平面与曲面的交线	(83)
§ 8-2 立体上曲面与曲面的交线	(89)
第九章 立体表面的展开	(99)
§ 9-1 概述	(99)
§ 9-2 平面立体表面的展开	(100)
§ 9-3 圆柱面和圆锥面的展开	(101)
§ 9-4 球面的近似展开	(103)
§ 9-5 环面的近似展开	(104)
§ 9-6 变形接头的展开	(105)
§ 9-7 直螺旋面的近似展开	(107)

第二篇 机械制图

第十章 制图基本知识	(109)
§ 10-1 制图标准的基本规定	(109)
§ 10-2 制图工具及使用	(119)
§ 10-3 几何作图	(125)
§ 10-4 平面图形的尺寸与线段分析	(129)
§ 10-5 非圆平面曲线	(130)
§ 10-6 绘图的基本方法与步骤	(132)
第十一章 物体的三视图	(135)
§ 11-1 三视图的基本原理	(135)
§ 11-2 切割体的三视图	(138)
§ 11-3 组合体的三视图	(145)
§ 11-4 组合体的尺寸注法	(149)
§ 11-5 看三视图	(154)
第十二章 剖视图和剖面图	(157)
§ 12-1 剖视图	(157)
§ 12-2 剖视图的种类和剖切方法	(159)
§ 12-3 剖视图中的规定画法	(166)
§ 12-4 剖面图	(167)
§ 12-5 剖视图和剖面图的标注	(169)
§ 12-6 剖视图和剖面图的选择	(170)
第十三章 基本视图及其他各种视图	(171)

§ 13-1	六个基本视图及其应用	(171)
§ 13-2	局部视图、斜视图及旋转视图	(173)
§ 13-3	其他各种规定画法	(176)
§ 13-4	第三角投影法简介*	(180)
第十四章	轴测投影图	(183)
§ 14-1	概述	(183)
§ 14-2	正等轴测投影图(简称正等测图)	(184)
§ 14-3	斜二等轴测投影图(简称斜二测图)	(190)
§ 14-4	截交线及相贯线轴测图的画法	(192)
§ 14-5	轴测图中的剖视画法	(193)
§ 14-6	轴测图上的尺寸注法	(194)
第十五章	零件图	(195)
§ 15-1	零件图的作用与内容	(195)
§ 15-2	零件图的视图选择	(197)
§ 15-3	零件图的尺寸注法	(202)
§ 15-4	零件上常见的工艺结构	(207)
§ 15-5	零件测绘	(209)
§ 15-6	零件图的看法	(214)
第十六章	机械图样上技术要求的标注	(217)
§ 16-1	表面粗糙度	(218)
§ 16-2	公差与配合的基本概念及标注方法	(221)
§ 16-3	形状和位置公差的标注*	(229)
第十七章	标准件与常用件	(235)
§ 17-1	螺纹及螺纹紧固件	(235)
§ 17-2	键、销、滚动轴承的画法	(244)
§ 17-3	齿轮	(249)
§ 17-4	弹簧	(258)
第十八章	装配图	(261)
§ 18-1	装配图的作用和内容	(261)
§ 18-2	装配图的表达方法	(263)
§ 18-3	装配图的尺寸注法	(267)
§ 18-4	装配图中的零(部)件序号、明细表和标题栏	(269)
§ 18-5	画装配图的方法与步骤	(270)
§ 18-6	常见装配结构简介	(275)
§ 18-7	看装配图的方法与步骤	(278)
§ 18-8	由装配图拆画零件图	(285)
第十九章	计算机绘图	(287)
§ 19-1	概述	(287)

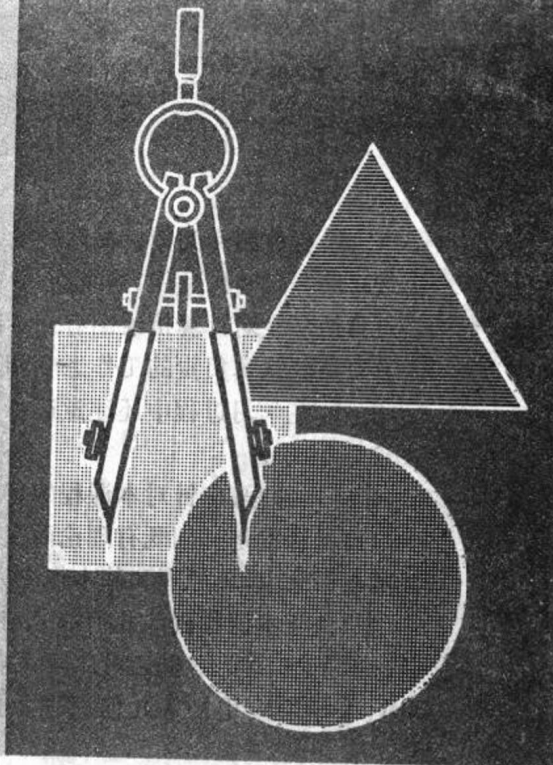
§ 19-2	绘图机的作图原理	(289)
§ 19-3	绘图程序的设计方法	(291)
§ 19-4	物体三视图程序设计	(294)

附 录

附录一	键、销	(299)
附录二	螺纹及螺纹紧固件	(305)
附录三	倒圆、倒角和退刀槽	(320)
附录四	滚动轴承	(321)
附录五	轴和孔的极限偏差	(323)
附录六	金属材料及热处理术语	(330)

绪 论

《画法几何及机械制图》是一门研究绘制机械工程图样和图解空间几何问题的课程,它是高等工科院校教学计划中一门必修的基础技术课。



一、本课程的研究对象

在工程技术中,按一定的投影方法和有关标准的规定,把物体的形状用图形画在图纸上,并用数字、文字和符号标注出物体的大小、材料和有关制造的技术要求、技术说明等,该图样称为工程图样(图 0-1)。在工程设计中要用图样来表达和交流技术思想,而在生产中图样是加工制作、检验、调试、使用、维修等方面的主要依据。因此,它是工程技术部门的一项重要技术文件,常被誉为“工程界的语言”。机械制图即是研究绘制机械工程图样的方法和规定的科学,而画法几何则为绘制图形提供理论基础。本课程包括画法几何、制图基础、机械图(零件图和装配图)和计算机绘图四部分。

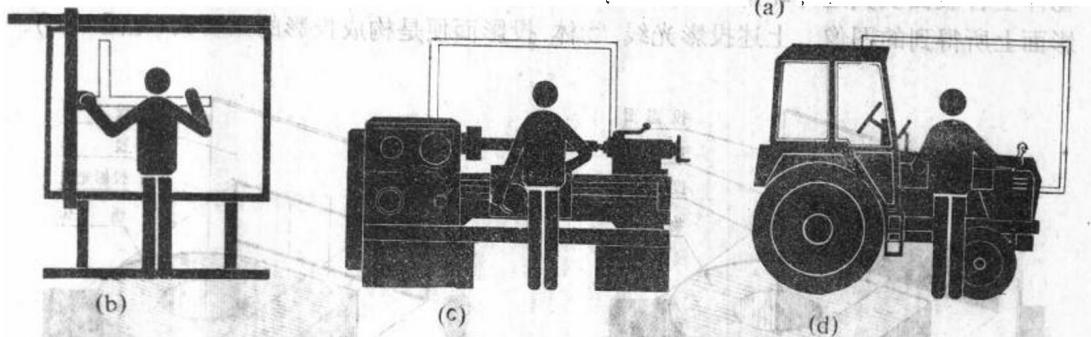
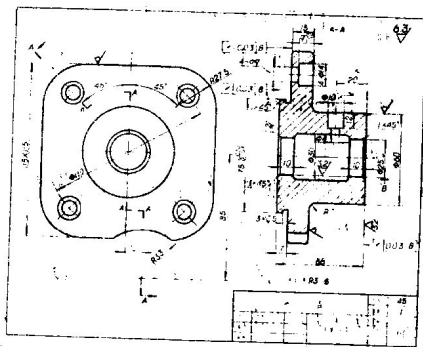


图 0-1 图样在工程中的应用

二、本课程的任务及学习方法

1. 本课程的主要任务

(1) 学习正投影法的基本原理及其应用;

- (2) 培养绘制和阅读机械图样的基本能力;
- (3) 培养空间想象能力和空间分析能力以及对简单的空间几何问题的图解能力;
- (4) 使学生对计算机绘图有初步的了解;
- (5) 培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

此外,在学习过程中还注意逐步加强对自学能力、创造能力和审美能力的培养。

2. 学习方法

学好本课程,应针对本课程的特点,注意以下几点:

(1) 本课程是一门既有理论而实践性又强的技术基础课,在学习时必须掌握好基本内容、基本概念、投影原理和基本作图方法。

(2) 由于本课程画法几何部分与初等几何学(尤其是立体几何)有密切联系,因此在学习投影理论时,要注意空间几何元素及其相对位置的投影表达方法以及投影变化规律。同时,要学会应用初等几何原理及投影作图方法去分析图解空间几何问题的方法和步骤。

(3) 本课程的主要目的是培养较强的空间想象能力和熟练的绘图和看图技能。为此,要运用投影原理和方法,深入地研究空间几何元素及其平面图形之间的对应关系。通过空间到平面、平面到空间的不断思索以及绘图和看图的反复实践,逐步获得上述能力。

(4) 在学习机械制图时,除学会运用投影理论及方法正确地表达物体的形状外,还必须熟悉国家发布的有关标准,特别要熟记机械制图国家标准中一些常用的规定,并在绘图中严格遵守。此外,通过参观和实习了解一些机械制造知识,对学习这门课程很有必要。

三、投影基本知识

1. 投影的产生

众所周知,阳光照射物体就会在墙壁上(或地面上)出现该物体的影子(图 0-2)。这个影子虽然不能显示出物体的确切形状,但却能反映出物体某个方向的周界轮廓。

在上述自然现象的启示下,人们通过绘画和生产绘图的实践,科学而系统地总结出用投影来表示物体形状的方法(图 0-3)。所谓投影,就是假想用一束光线(称为投射光线)将物体上各表面及其边界轮廓线向一个承受光线的平面(称为投影面)进行投射,从而在投影面上所得到的图像。上述投影光线、物体、投影面便是构成投影的三要素(见图 0-3)。

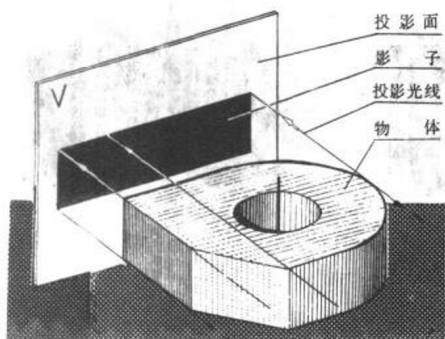


图 0—2 影子的产生

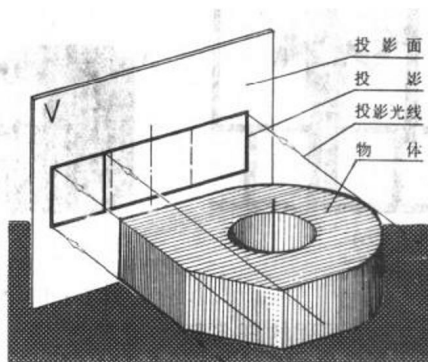


图 0—3 投影的产生

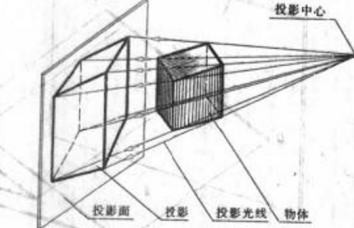
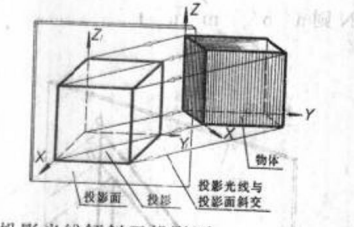
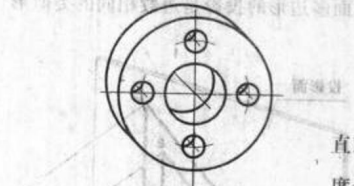
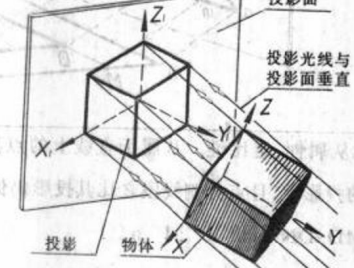
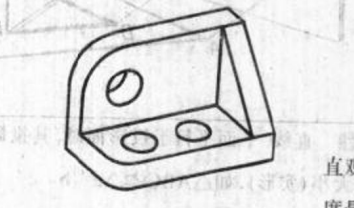
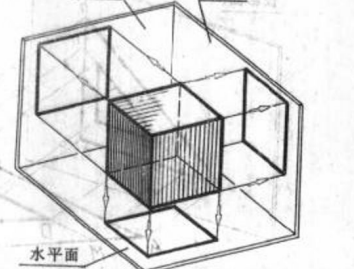
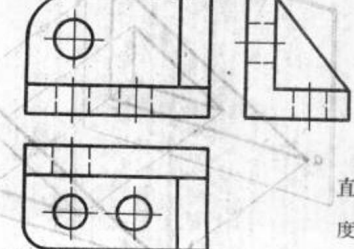
这里应该说明一点,投影是根据投影方法画在纸面上的图像,要把物体所有轮廓线都画出来。

2. 投影法分类(表 0-1)

上述对物体进行投影而在投影面上产生图像的方法称为投影法,它是研究空间几何关系及绘图的基本方法。常用的投影法见表 0-1。

表 0-1

投影法分类

	投影原理图	应用图例
中心投影法	 投影光线相交于一点	 透视图 直观性好 度量性差 作图复杂
斜投影法	 投影光线倾斜于投影面	 斜轴测图 直观性稍差 度量性好 作图较繁
平行投影法 (投影光线相互平行)	 投影光线与投影面垂直	 正轴测图 直观性较好 度量性稍差 作图较繁
正投影法 (投影光线垂直于投影面)	 正面 侧面 水平面	 三面投影图 直观性差 度量性好 作图简便

3. 正投影的主要特性

由前可知,各种投影法具有各自的特点和应用场合,在机械图样中,为了满足实形性和度量性的要求以及画图的方便,一般都采用正投影法来绘制。现将正投影法的几个主要特性,列表说明(表 0-2):

表 0-2

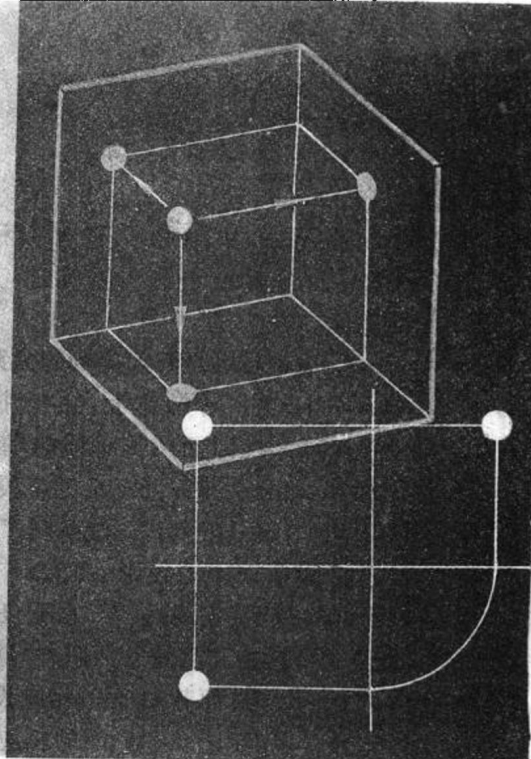
正投影的主要特性

	3. 积聚性 当直线、平面垂直投影面时,则直线投影积聚成一点(如 BC 的投影积聚成一点 b' (c')),平面的投影积聚为一直线
1. 同素性 直线、平面倾斜于投影面时,直线的投影仍是直线,平面多边形的投影是边数相同的类似形	4. 平行性 空间平行的两直线其投影仍平行(如 $AB \parallel MN$ 则 $a'b' \parallel m'n'$)
2. 实形性 直线、平面平行于投影面时,其投影反映它们的真实大小(实形),如 $\triangle ABC \cong \triangle a'b'c'$	5. 从属性、定比性 从属于直线上的点其投影仍在直线的投影上,且点分割线段之比其投影仍保持相同之比(如 $MD:DN = m'd':d'n'$)

第一篇 画法几何

第一章 点的投影

点是几何形体最基本的构成要素,点的投影是一切空间形体投影的基础。点的空间位置可由其三面投影确定。



§ 1-1 点的三面投影



一、点的空间位置的确定

要决定一个点的空间位置,必须先确立一个坐标系。在画法几何学的正投影法则中,用互相垂直的三个投影平面构成坐标系,故三个投影平面又是坐标面,它们被称为正面、水平面和侧面,并分别用字母 V 、 H 、 W 表示(图 1-1)。

由于三个坐标面两两垂直相交,就得到了三根互相垂直的坐标轴(也叫投影轴),如图 1-1 中 OX 、 OY 、 OZ (简称为 X 轴、 Y 轴和 Z 轴)。三轴的交点称为原点,用“ O ”表示。

一个点的空间位置,取决于它到三个坐标面间的距离,也取决于点的三个坐标值。例如点到 W 面的距离,就可沿 X 轴方向量取该点的 X 坐标值而得到。同样,一个点离开 V 面和 H 面的距离,分别是这个点的 Y 坐标值和 Z 坐标值。如图 1-2 中的空间点 A 到 W 、 V 、 H 三个坐标面的距离,分别为坐标值 X_A 、 Y_A 、 Z_A ,故 A 的空间位置常以其坐标形式 $A(X, Y, Z)$ 来标记。当给出 A 点三坐标值的具体数值,就可以确切地知道 A 点与 W 、 V 和 H 面的实际距离。例如已知 $X_A=20$ 、 $Y_A=15$ 、 $Z_A=15$, (图 1-3),则 A 点的位置可标记为 $A(20, 15, 15)$,即表明 A 点的空间位

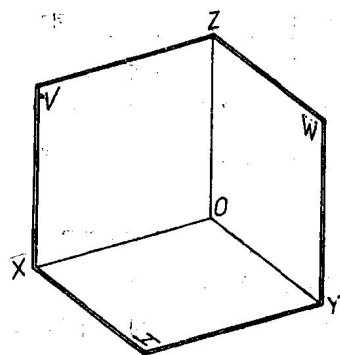


图 1-1 投影面和投影轴

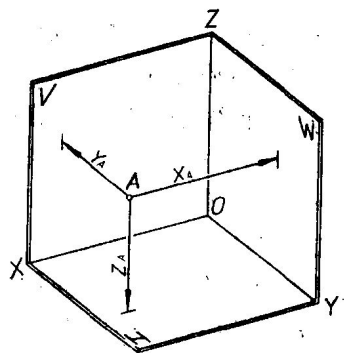


图 1-2 点到三个投影面的距离

置是:离 W 面为 20 毫米,离 V 面和 H 面均为 15 毫米(注:坐标值不注明单位时,其单位均为毫米)。

二、点的投影及其与坐标的关系

空间点在一个投影面上的正投影,就是通过这个点向该投影面所作垂线的垂足。如图 1-4 中,由 A 点分别向 V、H、W 三个投影面作垂直投射射线 Aa' 、 Aa 和 Aa'' ,就得到了 A 点在 V、H、W 三个投影面上的投影 a' 、 a 、 a'' 。它们分别称之为点的正面(V 面)投影、水平(H 面)投影和侧面(W 面)投影。空间点常用大写字母标记,例如 A、B、C……等,而其 H 面的相应投影用小写字母 a、b、c……等标记;V、W 面的相应投影分别用小写字母在右上角加“'”和“''”标记,即 a' 、 b' 、 c' ……和 a'' 、 b'' 、 c'' ……等。上述三投影面、空间点及其三面投影即构成点的三面投影体系。

从图 1-4 中看出,空间点的每一个投影都能反映出该点的两个坐标值,如 A 点的水平投影 a 至 Y 轴的距离,反映出 A 点的 X 坐标值,a 至 X 轴的距离反映其 Y 坐标值。同理,正面投影 a' 反映出 A 点的 X、Z 坐标值。而侧面投影 a'' 反映出 A 点的 Y、Z 坐标值。由于点的任意两个投影已能反映出该点的三个坐标值,故由点的任意两个投影就完全能确定出该点的空间位置。

三、点的三面投影图及三面投影关系

1. 三面投影图的形成

图 1-4 表示 A 点的三个投影 a 、 a' 、 a'' 分别在三个互相垂直的投影面上,为了在同一个平面上得到 A 点的三面投影,必须把这三个投影面展成一个平面,其展平方法是规定 V 面不动,将 H 面绕 OX 轴向下旋转并与 V 面重合,如图 1-5a,然后再将 W 面绕 OZ 轴向右旋转也和 V 面重合,这样就得到了点的三面投影图(图 1-5b)。在此投影图中,OY 轴随 H 面旋转时以 OY_H 表示,随 W 面旋转时以 OY_W 表示。

在投影图中确定点的空间位置时,点的投影只与投影轴有关而与投影面的大小无关,因此,投影面的边框可以省略不画,只保留投影轴,如图

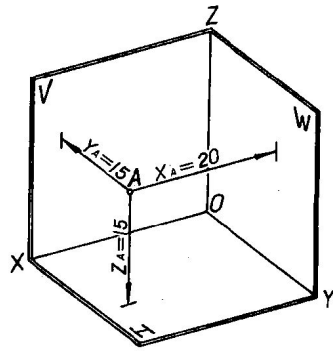


图 1—3 点的坐标值

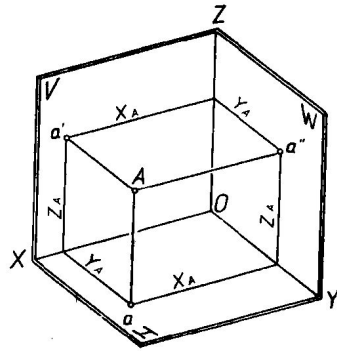
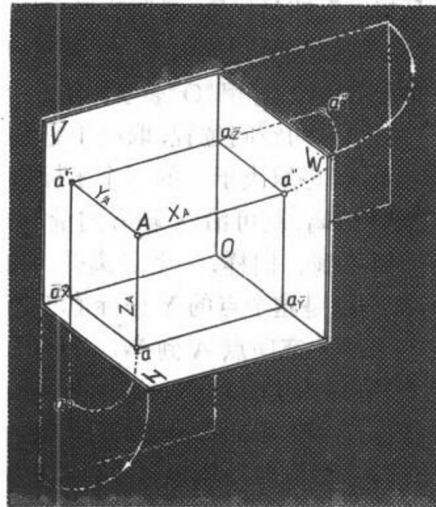
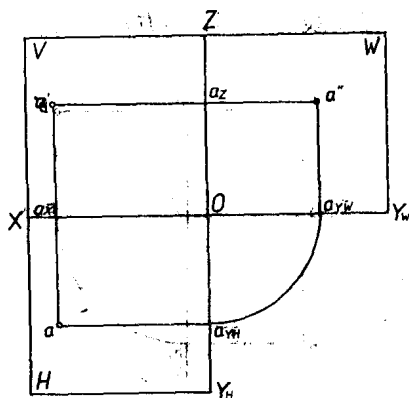


图 1—4 点的投影与坐标的关系

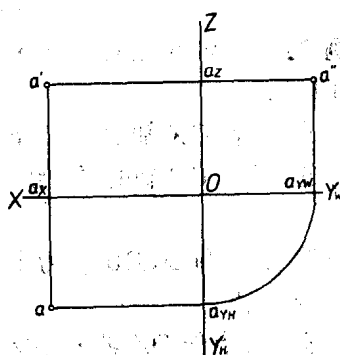


(a) 投影面的展开

图 1—5 点的三面投影图的形成



(b)



(c) 点的三面投影图

1-5c 所示。

图 1-5

2. 点的三面投影关系

在图 1-5a 中, 由 A 点向三个投影面所作的投射光线及投影坐标线等构成了一个长方体, 从这里可知:

$$Aa'' = a'a_z = aa_y = a_x O = X_A, \quad Aa = a'a_x = a''a_y = a_z O = Z_A,$$

$$Aa' = aa_x = a''a_z = a_y O = Y_A$$

又因矩形 Aaa_xa' 垂直于 OX , 所以 $a'a_x$ 和 aa_x 均与 OX 轴垂直; 同理, aa_y 和 $a''a_y$ 均与 OY 轴垂直; $a'a_z$ 和 $a''a_z$ 均与 OZ 轴垂直。当投影面展平后, A 点的三面投影 a 、 a' 、 a'' 之间就有着如下三个关系:

(1) a' 和 a 的投影连线垂直于 OX 轴 ($a'a$ 用细实线画出), 即 $aa' \perp OX$ 。

(2) a'' 和 a' 的投影连线垂直于 OZ 轴, 即 $a'a'' \perp OZ$ 。

(3) a 到 OX 轴的距离等于 a'' 到 OZ 轴的距离, 即 $aa_x = a''a_z$ 。

上述点的三面投影之间的三个关系, 常称之为点的投影规律, 画点的三面投影图时必须遵循。

3. 点的三面投影图画法

根据点的投影规律, 可由点的三个坐标值画出点的三面投影图, 也可根据点的任意两个投影, 画出第三个投影。下面举例说明:

【例 1】画 $A(15, 20, 15)$ 的三面投影图 (图 1-6)。

(1) 作互相垂直的 OX 、 OZ 和 OY 轴。

(2) 在 OX 轴上, 从 O 点起向左量取 X_A 值, 即 $Oa_x = 15$, 得 a_x 点。

(3) 过 a_x 点作 OX 轴的垂线 (称投影连线), 并在此垂线上向下取 Y_A 值, 即 $a_xa = 20$, 得 a ; 向上取 Z_A 值, 即 $a_xa' = 15$, 得 a' 。

(4) 由 a' 作线垂直于 OZ 轴, 在此线上量取 $a'a_z = aa_x = Y_A$, 从而得 a'' 。

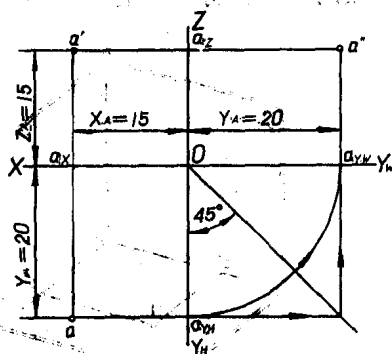


图 1-6 由点的坐标画三面投影图

$a'' a_z = a a_x$ 这一关系,可用圆弧或过原点作 45° 辅助线(图 1-6)的方法求得。

【例 2】 已知 B 点的投影 b' 和 b'' , 求作投影 b (图 1-7)。

(1) 过 b' 作 OX 轴垂线 $b'b$ 。

(2) 过 b'' 作 OZ 轴的平行线与 OY_w 轴相交于 b_{Y_w} 点。

(3) 以 O 为圆心, Ob_{Y_w} 为半径作圆弧与 OY_H 轴相交于 b_{Y_H} 点。

(4) 过 b_{Y_H} 点作 OX 轴平行线与 bb' 相交即得 b 。

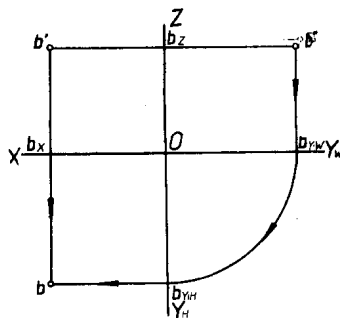


图 1—7 由点的两投影求作第三投影

由上述两例可知,根据点的任意两个投影就能确定该点的空间位置。因此,对于点、线、面等几何要素,常用正面投影和水平投影或正面投影和侧面投影来表示,以简化作图。这种投影图称为两面体系投影图(图 1-8a、b),此

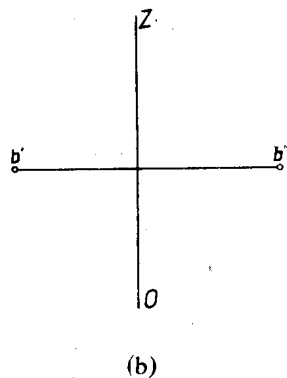
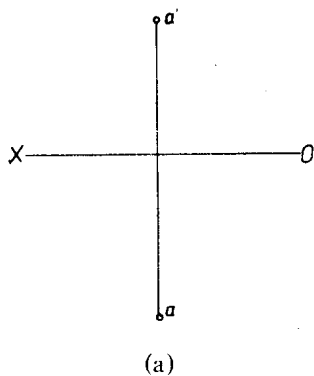


图 1—8 点的两面投影图

时,虽然省去了一个投影面,但原三个投影面的交点 O (即原点)仍需要画出。如果当图示和图解过程中需要第三个投影时,则应根据已知两个投影按三面投影关系画出它的第三个投影。

4. 位于投影面上及投影轴上的点的投影

点的三个坐标值中有一个为零时,则该点必在投影面上。如图 1-9 中 C 点的 Z 坐

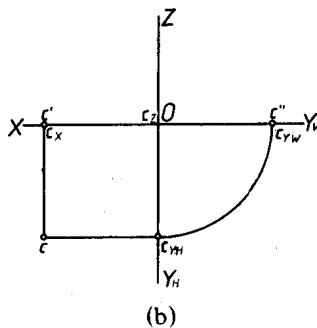
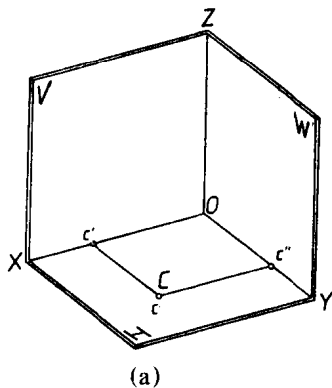


图 1—9 位于投影面上的点的投影

标值为零,它位于H面上。从图中可看出,点在投影面上的投影特点是:(1)点在所在投影面上的投影与其本身相重合,如C与c相重合;(2)其余两个投影分别落在相应的投影轴上,如 c' 在OX轴上, c'' 在OY轴上。

当点的三个坐标值中有两个为零时,该点必在其坐标值不为零的那个投影轴上。如图1-10中D点的Z、Y坐标值为零,该点位于X轴上。从图中可看出点D在投影轴上的投影特点是:(1)两个投影与点的本身重合于投影轴上,如 d, d', D 重合于X轴上;(2)另一投影与原点O相重合,如 d'' 重合于O点。

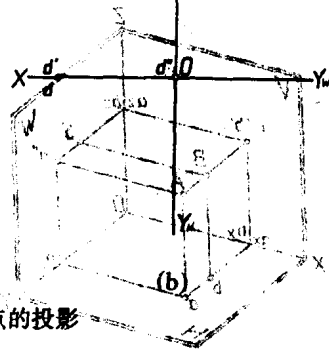
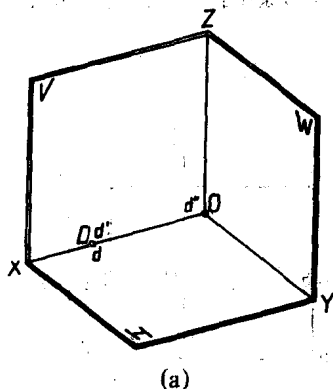


图1-10 位于投影轴上的点的投影

§ 1-2 两点的相对位置

空间两点的相对位置,可以由这两个点相对于H、V、W三个投影面的距离来确定,有上下、前后、左右之分。我们规定:Z坐标值大者为上,小者为下;Y坐标值大者为前,小者为后;X坐标值大者为左,小者为右。例如,图1-11中,A、B两点的坐标值分别为A(20, 15, 15), B(8, 10, 20),故 $X_A > X_B$,A点在B点的左方; $Y_A > Y_B$,A点在B点的前方; $Z_A < Z_B$,A点在B点的下方。由此可知,A点位于B点的左前下方,或B点在A点的右后上方。

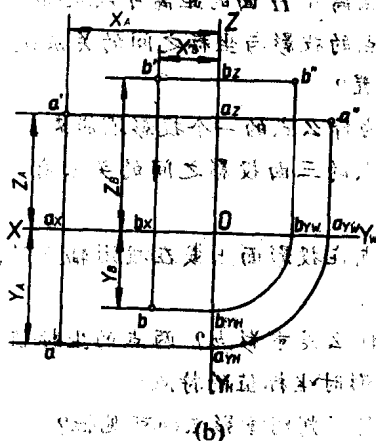
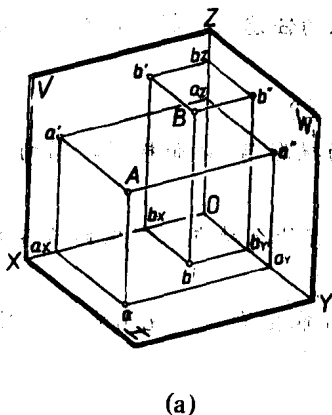


图1-11 两点相对位置的确定