

画法几何与土木工程制图

主编 潘炳玉 李文霞

画法几何与土木工程制图

主 编 潘炳玉 李文霞

副主编 袁 敏 胡晓娜

参 编 栗 丽 贾静恩 秦春丽

内 容 提 要

本书根据高等院校课程改革的和人才培养目标的要求编写而成。全书共五章,包括第一章绪论,主要介绍课程的地位、内容、任务、学习方法以及投影的形成、分类、特性和工程中常用的投影图等;第二章画法几何,主要介绍点、线、面、立体的投影及投影变换、轴测投影、标高投影等;第三章制图基础,主要介绍绘图工具的使用方法、2010制图规范、组合体和工程形体的表达等;第四章土木工程专业图,主要介绍房屋建筑施工图、结构施工图、给排水施工图和道路、桥梁、涵洞、隧道工程图等;第五章土木工程计算机制图,主要介绍计算机绘图的基本原理和方法。

本书结构合理、知识全面,可作为高等院校土木工程类工程技术、工程管理、工程造价、工程监理等相关专业的教材,也可作为从事建设工程各类技术或管理人员的学习用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

画法几何与土木工程制图 / 潘炳玉, 李文霞主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2016.7
ISBN 978-7-5682-2829-9

I. ①画… II. ①潘… ②李… III. ①画法几何—高等学校—教材②土木工程—建筑制图—高等学校—教材 IV. ①TU204.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第191487号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 16

字 数 / 379千字

版 次 / 2016年8月第1版 2016年8月第1次印刷

定 价 / 54.00元

责任编辑 / 陆世立

文案编辑 / 陆世立

责任校对 / 周端红

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前言

随着土木工程领域科学技术的不断发展和高等工程教育教学改革的不断深化,有必要将土木工程领域科学技术发展的成果,特别是新材料、新技术、新工艺、新设备以及国家颁布的新规范、新标准等与本书知识体系保持一致,有必要将读者的认知与本书知识结构保持一致。

本书结合国内外土木工程领域科学技术的发展成果和实践,结合教学过程、实践经验以及读者的认知规律,在力求系统、完整、实用、规范的基础上,做到由易至难,由浅渐深,突出重点,结构合理、知识全面。

本书由潘炳玉、李文霞担任主编,袁敏、胡晓娜担任副主编,在编写组的大力支持下完成。具体编写分工如下:河南工程学院潘炳玉编写第1章、第3章;河南工程学院袁敏编写第5章;黄河科技学院栗丽编写第2章的第2.5至2.8节;黄河科技学院胡晓娜编写第2章第2.1至2.4节;郑州工业应用技术学院李文霞编写第4章第4.1、4.2节;郑州工业应用技术学院贾静恩编写第4章第4.3节;郑州工业应用技术学院秦春丽编写第4章第4节。

本书在编写过程中,参考了许多专家、学者的相关书籍和资料,谨此表示诚挚的谢意!

由于水平有限,本书难免有不妥乃至错误之处,敬请各位读者、同行不吝赐教。

编者

目 录

1 绪论 1

- 1.1 课程的地位、内容、任务和学习方法 1
- 1.2 投影的基本知识 2

2 画法几何 7

- 2.1 点的投影 7
- 2.2 线的投影 10
- 2.3 面的投影 16
- 2.4 投影变换 26
- 2.5 平面立体投影 30
- 2.6 曲面与曲面立体投影 37
- 2.7 轴测投影 49
- 2.8 标高投影 59

3 制图基础 74

- 3.1 制图基本知识和基本技能 74
- 3.2 组合体投影图的画法、尺寸标注 90
- 3.3 工程形体的表达方式 93

4 土木工程专业图 104

- 4.1 房屋建筑施工图 104
- 4.2 房屋结构施工图 144
- 4.3 建筑给水排水施工图 157
- 4.4 道路、桥梁、涵洞、隧道工程图 174

5 土木工程计算机制图 193

- 5.1 计算机绘图概述 193
- 5.2 AutoCAD绘图软件的基本功能和二维绘图 196
- 5.3 AutoCAD三维图简介 233
- 5.4 AutoCAD绘制土木工程专业图示例 246

参考文献 250

1 绪 论



学习要点

- (1) 课程地位、任务、内容和学习方法。
- (2) 投影形成、分类、特征。
- (3) 工程中常见的投影图。

1.1

课程的地位、内容、任务和学习方法

1.1.1 课程地位

本课程是土木工程类专业的一门专业基础课。它主要研究几何形状和空间位置，以及绘制、阅读土木工程图样的理论和方法。

根据投影原理、国家标准或有关规定，表示工程对象并有必要技术说明的图，称为工程图样。工程图样是工程技术人员表达设计意图、思想交流的重要工具，也是技术人员指导工程施工的重要依据。在现代工程建设中，无论建造房屋，还是修建道路、桥梁、水利大坝、机场电站等，都离不开工程图样。工程图样被工程界喻称为“技术语言”。作为土木工程方面的技术人员，必须具备绘制和阅读工程图样的基本技能。

1.1.2 课程任务

- (1) 掌握投影的基本理论，贯彻国家制图标准和相关规定。
- (2) 培养用投影法以二维平面图表达三维空间形状的能力。
- (3) 培养空间形体的形象思维和创造性构形设计能力。
- (4) 培养用仪器绘制、徒手绘画和阅读工程图样能力。
- (5) 使用绘图软件绘制工程图样及三维造型设计能力。

1.1.3 课程内容与要求

本课程包括画法几何、制图基础、土木工程专业图和计算机绘图四个部分。

(1)画法几何,是土木工程制图的理论基础。学习画法几何,应掌握点、线、面、立体的投影方法和理论。

(2)制图基础,主要介绍绘图仪器、工具和制图的方法,国家标准和有关规定。学习制图基础应掌握画图、读图、尺寸标注、构型设计等,并掌握二维和三维形状构思、设计、创新以及工程形体表达等。

(3)土木工程专业图,是土木工程类专业的基本知识。学习土木工程专业图,应掌握房屋、给排水、道路、桥涵、隧道等工程图样表达的内容和图示特点,遵守专业制图标准和规定,掌握绘制和阅读专业样图的方法,能够绘制和阅读中等复杂程度的专业图样。

(4)计算机绘图,是适应现代化工程建设制图、绘图的新技术。学习计算机绘图,应了解制图技术的新发展,熟悉计算机技术的基本原理,熟练运用绘图软件绘制基本组合体、简单工程形体的三视图和轴测图,能进行简单工程设计。

1.1.4 学习方法

(1)学习画法几何部分时,要充分理解基本概念,掌握基本理论,遇到问题时应先想象空间形状,再利用基本作图原理和方法,逐步作图求解。作图时,要求图线粗细分明,步骤清晰。

(2)学习制图基础部分时,要自觉培养正确使用绘图工具的习惯,严格遵守国家新颁布的建筑制图标准和技术制图标准,会查阅国家有关的制图标准,培养自学能力和图形表达能力。

(3)学习土木工程专业制图部分时,要掌握工程图的图示方法和图示要求,严格按照建筑制图标准来制图,平时应多注意观察实际工程,以加深对建筑形体、部件等的印象。

(4)学习计算机绘图部分时,在学习基本理论和掌握基本命令的前提下,尽可能多地上机操作,以便熟能生巧、运用自如,提高计算机绘图的速度,最终达到能用计算机绘制本专业符合国家制图标准的工程图样的学习目的。

1.2

投影的基本知识

1.2.1 投影的形成

当光线照射物体时会在墙上或地上产生影子,而且随着光线照射角度或距离的改变,影子的位置和大小也会改变。从这种自然现象中,人们经过长期的探索总结出了物体的投影规律。

由于物体的影子仅仅是物体边缘的轮廓，不能反映出物体的确切形状。因此，假设光线能够透过物体，将物体上所有轮廓线都反映在落影平面上，这样能够反映出物体的原有空间形状的影子，称为物体的投影图或投影。

如图 1-1 所示，在投影理论中，光源 S 可称为投射中心，光线可称为投射线，落影平面可称为投影面，物体可抽象称为形体（只考虑物体在空间的形状、大小、位置而不考虑其他），空间的点、线、面可称为几何元素，把这种形成投影的方法称为投影法。产生投影必须具备：投影线、投影面和形体（几何元素），三者缺一不可，即投影的三要素。

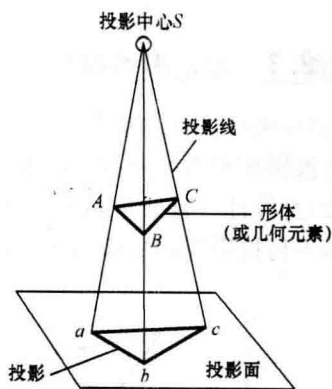


图 1-1 投影的形成

1.2.2 投影的分类

根据投射中心与投影面位置的不同，投影可分为中心投影和平行投影两大类。

(1) 投影线由投射中心一点 S 发出，在投影面上得到形体投影的方法称为中心投影法。按中心投影法得到的投影，称为中心投影，如图 1-2 所示。

(2) 投射中心 S 在无限远处，投射线相互平行，并按照一定的方向投射，在投影面上得到形体投影的方法称为平行投影法。按平行投影法得到的投影，称为平行投影。

平行投影法又可以分为正投影法和斜投影法。当投射线垂直于投影面所作的平行投影称为平行正投影，如图 1-3 所示，工程图样中广泛应用的就是平行正投影；当投射线倾斜于投影面所作的平行投影称为平行斜投影，如图 1-4 所示。

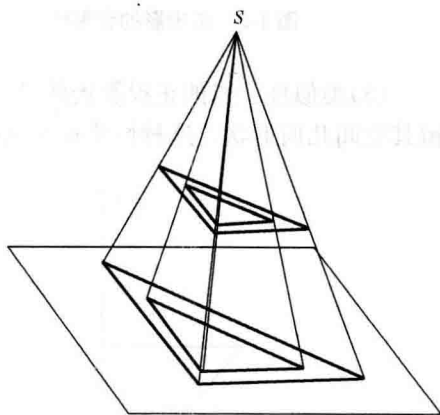


图 1-2 中心投影

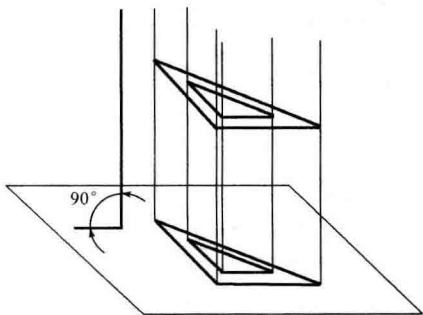


图 1-3 平行正投影

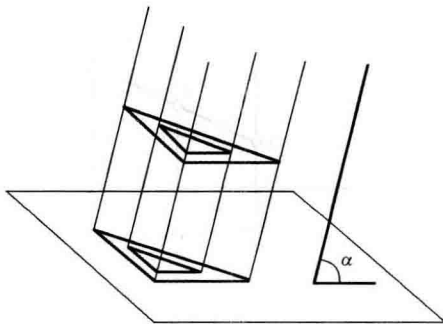


图 1-4 平行斜投影

1.2.3 正投影的特性

(1)积聚性。直线垂直于投影面时，其水平投影积聚为一个点；平面垂直于投影面时，其平行投影积聚为一条直线，如图 1-5 所示。

(2)全等性。直线平行于投影面时，其平行投影反映直线的实长；平面平行于投影面时，其平行投影反映平面的实际形状，如图 1-6 所示。

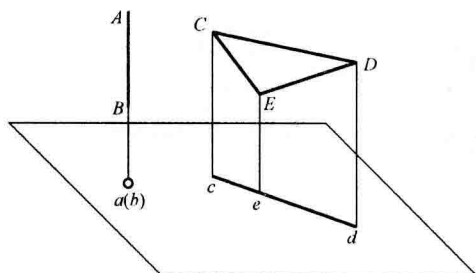


图 1-5 正投影的积聚性

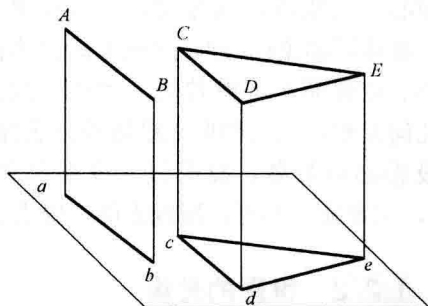


图 1-6 正投影的全等性

(3)类似性。点的正投影仍然是点，直线的正投影一般仍是直线，平面的正投影仍然保留其空间几何形状，这种性质称为正投影的类似性，如图 1-7 所示。

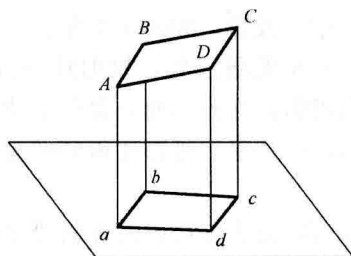
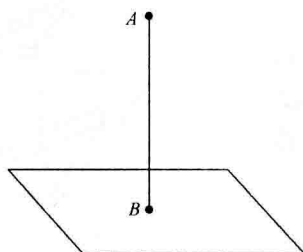


图 1-7 正投影的类似性

(4)从属性。若点在一条直线上，或点和直线在一平面上，则该点或直线的平行投影必在直线或平面的平行投影上，如图 1-8 所示。

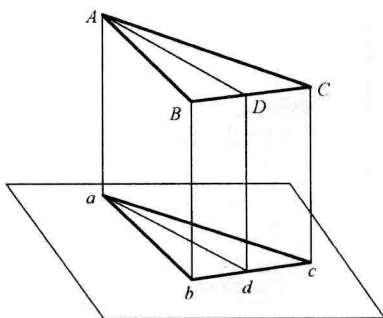
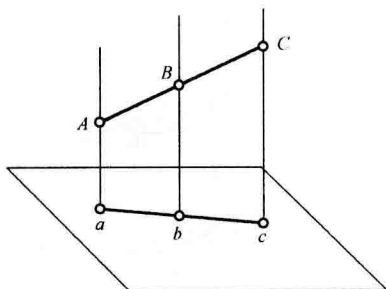


图 1-8 正投影的从属性

(5)等比性。直线上两线段的长度比等于它们平行投影的长度比,即 $AC:CB=ac:cb$; 两平行直线段的长度比也等于它们平行投影的长度比,即 $DE:FG=de:fg$,如图 1-9 所示。

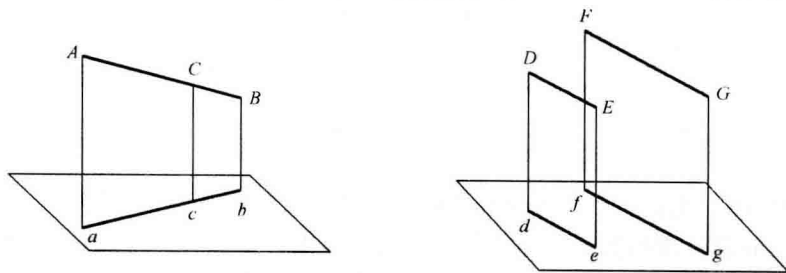


图 1-9 正投影的等比性

1.2.4 工程中常用的投影图

土木工程中常用的投影图有多面正投影图、轴测投影图、透视投影图和标高投影图。

(1)多面正投影图。根据正投影法所得到的图形称为正投影图或正投影。多面正投影图,即设立几个相互垂直的投影面,使工程形体的几个主要面分别平行于投影面,以便能在正投影图中反映出形体的真实形状。如图 1-10 所示,房屋模型的正投影图是由这个房屋模型分别向正立的、水平的和侧立的三个相互垂直的投影面所作的正投影组成。多面正投影图直观性不强,缺乏立体感,但能正确反映物体的实形、便于度量和绘制简易等优点,因而是工程图中的主要图示形式。

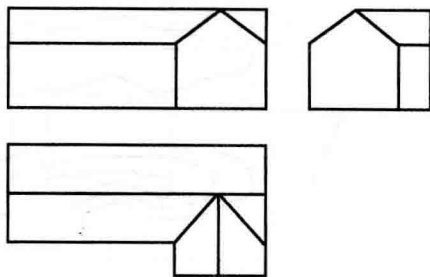


图 1-10 多面正投影图

(2)轴测投影图。在一个投影面上,能反映出工程形体三个相互垂直方向尺度的平行投影,称为轴测投影图或轴测图。如图 1-11 所示,形体上互相平行且长度相等的线段,在轴测图上仍互相平行、长度相等,图中被遮的不可见投影通常省略不画。轴测图有很强的立体感和直观性,故常作为工程上的辅助图样,但缺点是不能反映出工程形体所有可见面的实形,且度量不够方便,绘制比较复杂。

(3)透视投影图。透视投影图是用中心投影法,将空间形体投射到单一投影面上得到的图形。如图 1-12 所示,透视图与人的视觉习惯相符,能体现近大远小的效果,所以形象逼真,具有丰富的立体感,但作图比较复杂,度量性差,常用于绘制建筑效果图。

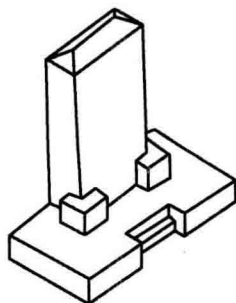


图 1-11 轴测投影图

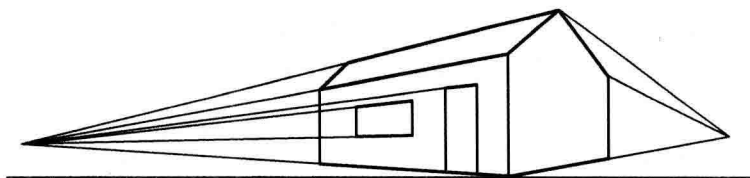


图 1-12 透视投影图

(4)标高投影图。用正投影法将局部地面的等高线投射在水平投影面上，并标注出各等高线的高程，从而表达该局部地形的图称为标高投影图。如图 1-13 所示，标高投影图是表示不规则曲面的一种有效的图示方式，它应用于表示起伏不平的地面形状时，称为地形图。利用地形图及地面上建造的土工形体的标高投影，可表达出该土工形体的位置、形状和大小，坡面间的交线以及坡面与地面的交线，从而为施工中计算土方量、确定施工界限提供了依据。

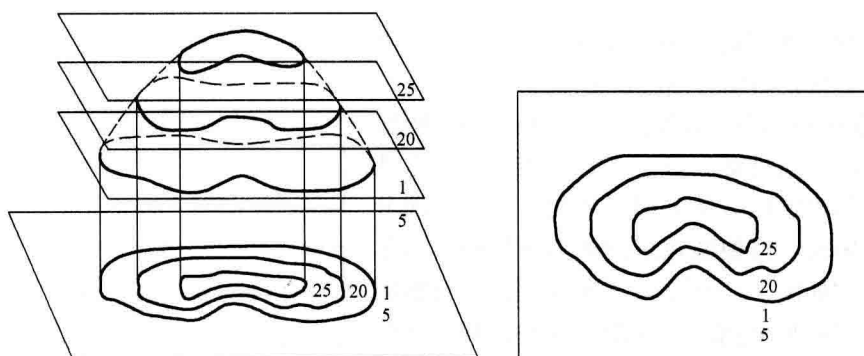


图 1-13 标高投影图

2 画法几何



学习要点

- (1) 点、线、面的多面正投影。
- (2) 投影变换。
- (3) 立体的多面正投影。
- (4) 直线、平面与立体相交，以及两立体相交。
- (5) 轴测投影。
- (6) 标高投影。

2.1

点的投影

房屋形体是由若干点、线、面组成的，而点是形体的最基本元素，因此，点的投影规律是线、面、体投影的基础。

2.1.1 点的单面投影

过空间点 A 向投影面 H 作垂线，垂足标记为 a ，如图 2-1(a) 所示， a 即为空间点 A 在 H 面上的正投影。但仅由投影 a ，却无法确定空间点 A 的位置，如图 2-1(b) 所示。由此可知，点的单面投影不能确定点的空间位置。

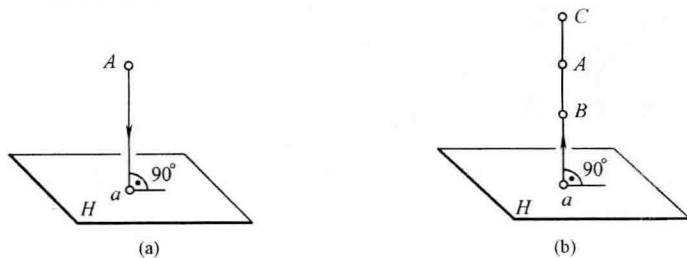


图 2-1 点的单面投影

2.1.2 点的两面投影

如图 2-2 所示, 水平面 H 面和正立投影面 V 面, 互相垂直相交, 交线为 OX 轴, 形成两面投影体系。过空间点 A 分别向 H 面、 V 面作垂线, 垂足分别为 a 、 a' , a 为 A 在 H 面上的正投影, a' 为 A 点在 V 面上的正投影。将 V 面保持不动, H 面绕 OX 轴向下旋转 90° , 使 H 面和 V 面处于同一个面, 即形成展开后两面投影, 如图 2-3 所示。

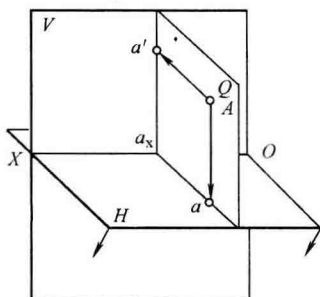


图 2-2 两面投影体系

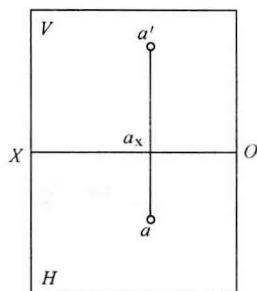


图 2-3 展开后的两面投影

在图 2-3 中, 过 a' 作 OX 轴的垂线, 垂足为 a_x , 连接 aa_x , 因为 Aa' 连线垂直于 V 面, 所以 $Aa' \perp OX$, 又因为 $a'a_x \perp OX$, 所以 $OX \perp$ 面 $Aa'a_x$, 则 $OX \perp aa_x$ 。即, OX 既垂直于 aa_x 又垂直于 $a'a_x$ 。在展开后的两面投影中, OX 仍然既垂直于 aa_x 又垂直于 $a'a_x$ 。由此得出点在两面投影中的投影规律:

(1) 点的水平投影 a 和点的正面投影 a' 的连线垂直于投影轴 OX , 即 $aa' \perp OX$ 。

(2) 点的水平投影到 OX 轴的距离等于空间点 A 到 V 面的距离, 点 A 的正面投影到 OX 轴的距离等于空间点到 H 面的距离, 即 $aa_x = Aa'$, $Aa = a'a_x$ 。

2.1.3 点的三面投影

如图 2-4(a)所示, 水平面 H 、正立投影面 V 和侧立投影面 W 互相垂直, 形成三面投影体系, H 、 V 面交线为 OX 轴, H 、 W 面交线为 OY 轴, V 、 W 面交线为 OZ 轴, 三轴线的交点为原点 O 。在三面投影体系中, 作点的三面投影 a 、 a' 、 a'' 。过 a'' 作 $a''a_z$ 垂直于 OZ 轴垂足为 a_z , 并连接 $a'a_z$ 。保持 V 面不动, 将三面投影体系展开, 展开后的三面投影如图 2-4(b)所示。在点的两面投影规律的基础上得出点的三面投影规律:

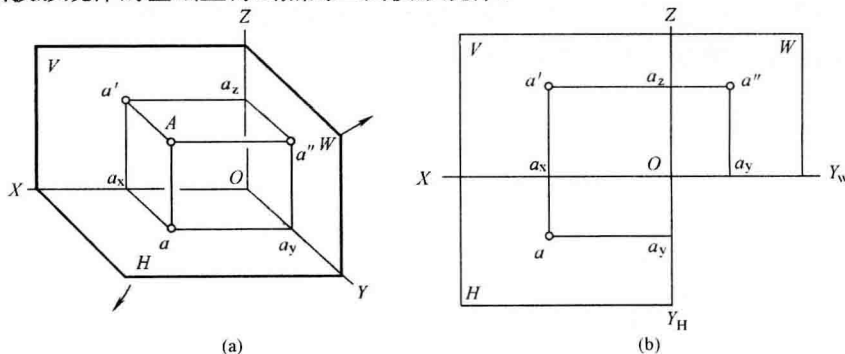


图 2-4 点的三面体系与三面投影

(a) 三面投影体系; (b) 三面投影

- (1)点的水平投影和正面投影的连线垂直于 OX 轴, 即 $aa' \perp OX$ 。
- (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)空间点到投影面的距离, 可由点的投影到相应投影轴的距离来确定。即 $Aa = aa_x = a''a_z$; $Aa' = aa_x = a''a_z$; $Aa'' = a'a_z = aa_y$ 。

【例 2-1】 已知 A 、 B 两点的两面投影, 如图 2-5(a)所示, 求其第三投影。

分析: 过 a' 向 OZ 轴作垂线, a'' 一定就在这条垂线上, 过 a 画水平线与 45° 平分线相交, 并向上引铅垂线, 两线交于 a'' 。过 b' 向 OX 轴作垂线, 过 b'' 向下画垂线与 45° 平分线相交向左引水平线, 两线相交于 b 。

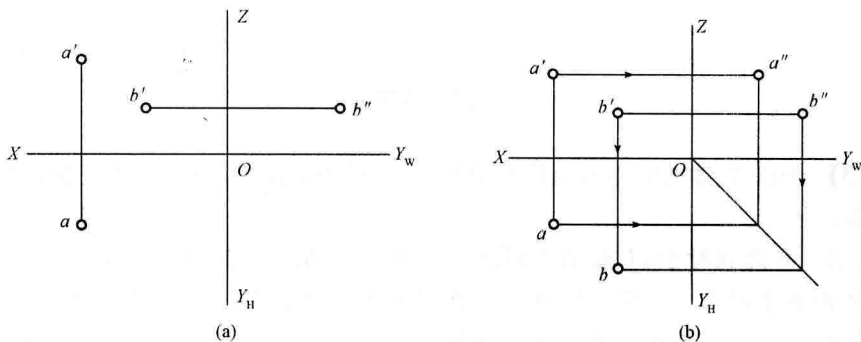


图 2-5 点的三面投影

(a)原图; (b)投影结果

2.1.4 两点的相对位置

(1)两点的相对位置。两点的相对位置是指两点间的左右、前后、上下的位置关系。在三面投影中, H 面反映形体的左右、前后关系; V 面反映形体的上下、左右关系; W 面反映形体的上下、前后关系。 OX 轴指向左方, OY 轴指向前方, OZ 轴指向上方。很明显 X 坐标越大, 越靠左; Y 坐标越大, 越靠前; Z 坐标越大, 越靠上。

【例 2-2】 如图 2-6 所示, 判断 A 、 B 两点的相对位置。

分析: 空间点 A 的 X 坐标值大, 故 A 在左; A 的 Y 坐标值大, 故 A 在前; A 的 Z 坐标值小, 故 A 在下。

(2)重影点。如果空间的两个点在某一投影面上的投影重合为一点, 这两个点就叫作该投影面上的重影点。如图 2-7 所示, 点 E 和点 C 是 H 面上的重影点, 点 C 和点 D 是 V 面上的重影点。空间点 E 和 C 的 H 投影重合在一起, 由于 E 在上, C 在下, 向 H 面投影时, 投影线先遇到点 E , 后遇到点 C , 所以 E 点可见, 它的投影仍标注为 a , C 点不可见, 其投影标注为 (c) 。

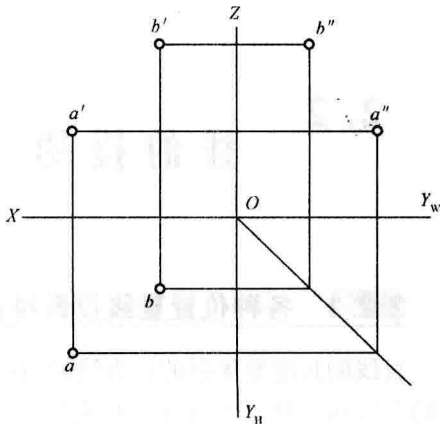


图 2-6 两点的相对位置

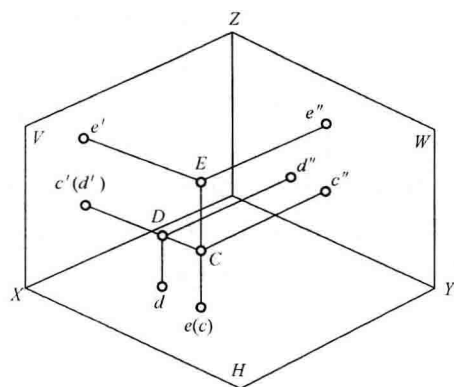


图 2-7 重影点

【例 2-3】 凹形形体的立体图及投影图如图 2-8(b)所示，试在投影图上标记形体上的重影点的投影。

分析：A、B 是相对于 H 面的重影点，A 在上 B 在下，故 A 可见，B 不可见。C、D 是相对于 V 面的重影点，C 在前 D 在后，故 C 可见，D 不可见。D、E 是相对于 W 面的重影点，E 在左 D 在右，故 E 可见，D 不可见。

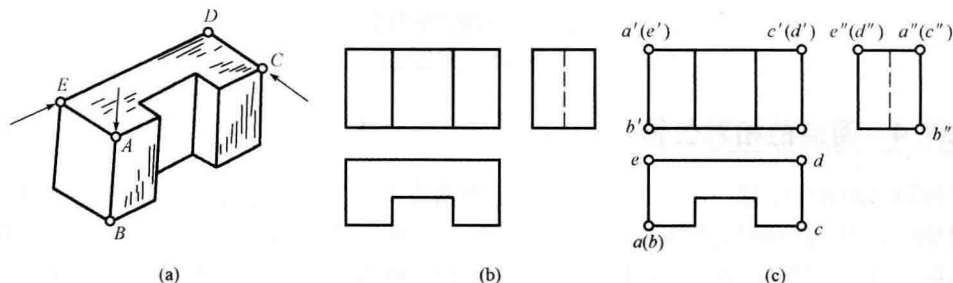


图 2-8 凹形形体的立体图及投影图

2.2

线的投影

2.2.1 各种位置直线投影特性

直线的长度是无限的，直线的空间位置可由线上的任意两点的位置确定，因此在作直线的投影时，只需求出直线上两点的投影，然后将其同面投影连接，即为直线的投影。

在三面投影体系中，直线与投影面的相对位置关系有三种：平行、垂直和倾斜。如图 2-9 所示，AB 平行于 H 面，AC 垂直于 W 面，SB 与三个投影面既不平行又不垂直。

(1) 投影面平行线。投影面平行线—平行于一个投影面，但倾斜于其余两个投影面。见表 2-1，AB 平行于 H 面，倾斜于 V 、 W 面，AC 为水平线；CD 平行于 V 面，倾斜于 H 、

W 面, FC 为正平线; EF 平行于 W 面, 倾斜于 H 、 V 面, AF 为侧平线。

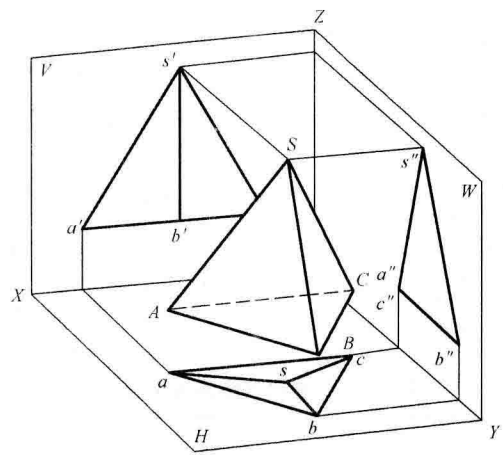


图 2-9 直线与投影面的相对位置

投影面平行线的投影特性见表 2-1。

表 2-1 投影面平行线的投影特性

名称	正平线	水平线	侧平线
直观图			
投影图			
投影特征	(1) $ab \parallel OX$ $a''b'' \parallel OZ$ (2) $a'b' = AB$ (3) $a'b'$ 反映 α 、 γ 倾角	(1) $c'd' \parallel OX$ $c''d'' \parallel OY_W$ (2) $cd = CD$ (3) cd 反映 β 、 γ 倾角	(1) $e'f' \parallel OZ$ $ef \parallel OY_H$ (2) $e''f'' = EF$ (3) $e''f''$ 反映 α 、 β 倾角

由表 2-1 可以得出投影面平行面的投影特性：