

普通高等教育规划教材

# 画法几何与工程制图

孔宪庶 主编

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育规划教材

# 画法几何与工程制图

主 编 孔宪庶  
副主编 赵凤芹 孟庆尧  
邢 蕾 程 静



机械工业出版社

本书是依照教育部“画法几何及工程制图教学基本要求”,参照国内外的一些同类教材,特别是总结了编者近几年来教学改革实践经验编写的。

本书主要内容有画法几何、制图基础、工程图、计算机绘图等,把标准件、常用件与零件图、装配图融为一体。

本书由《画法几何及工程制图习题集》配套,可作为高等学校工程类专业教材,也可作为其他专业和有关工程技术人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

画法几何与工程制图/孔宪庶主编. —北京:  
机械工业出版社,2006.1  
普通高等教育规划教材  
ISBN 7-111-19705-4

I. 画... II. 孔... III. ①画法几何—高等学校—  
教材 ②工程制图—高等学校—教材 IV. TB23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 089500 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)  
责任编辑:张祖凤  
封面设计:鞠 杨  
责任印制:王书来  
保定市画美凯印刷有限公司  
2006 年 9 月第 1 版第 1 次印刷  
184mm×260mm·17.625 印张·434 千字  
定价:24.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换  
本社购书热线电话(010)68326294  
编辑热线:(010)88379711  
封面无防伪标均为盗版

# 前 言

本书是依照教育部“画法几何及工程制图教学基本要求”，参照国内外的一些同类教材，遵照教育部提出的教育要面向21世纪，加强素质教育的基本精神，特别是总结了编者近几年来教学改革实践的经验编写的。本书具有如下特点：

1) 画法几何作为本课程的理论基础，集中编写，便于教学。

2) 加强徒手草图能力的培养。徒手草图是工程设计尤其是创意设计的有利工具。用徒手草图部分取代尺规作图有利于徒手图能力的培养，有利于提高学习效率。

3) 标准件与常用件的内容融合在零件图、装配图的章节中。零件与零件结构部分在零件图中讲授，连接与装配关系部分在装配图中讲授。

4) 包括计算机绘图的内容。本书选用 AutoCAD 软件，简要介绍其基础知识和绘图方法，独立成章。建议读者自备一本学习 AutoCAD 软件的参考书。

5) 采用最新国家标准。全书按照课程内容的需要，采用了最新标准，以培养学生贯彻新国标的意识和查阅国标的能力。

参加本书编写工作的学校有大连交通大学、沈阳化工学院、沈阳农业大学、佳木斯大学。编写人员有孔宪庶、赵凤芹、孟庆尧、邢蕾、徐岩、陈丽君、程静、廖青梅、张静、唐立波、陈富新、刘萍、刘翠红。孙淑敏参加了本书的绘图及版式编排工作。全书由孔宪庶任主编，赵凤芹、孟庆尧、邢蕾、程静任副主编。大连理工大学崔长德老师阅读了全部书稿，并提出了许多宝贵意见，在此表示感谢。

本书在编写过程中，参考了国内外的一些同类著作，特此致谢。

由于编者水平有限，书中不当之处，敬请读者批评指正。

编 者

2006年4月

# 目 录

## 前言

<b>第一章 绪论</b> .....	(1)
第一节 课程的任务和内容 .....	(1)
第二节 投影法的基本概念 .....	(2)
第三节 工程中常用的图示方法 .....	(3)
第四节 计算机绘图概述 .....	(5)
思考题 .....	(6)
<b>第二章 点、线、面的投影</b> .....	(7)
第一节 点的投影 .....	(7)
第二节 直线的投影 .....	(11)
第三节 平面的投影 .....	(21)
第四节 直线、平面间的相对位置 .....	(28)
思考题 .....	(36)
<b>第三章 立体的投影及其表面交线</b> .....	(37)
第一节 三视图的形成与投影规律 .....	(37)
第二节 平面立体的投影及其表面上的点、线 .....	(38)
第三节 曲线、曲面 .....	(41)
第四节 常见回转体的投影 .....	(45)
第五节 平面与立体的交线(截交线) .....	(50)
第六节 两立体表面的交线 .....	(60)
思考题 .....	(69)
<b>第四章 轴测图</b> .....	(71)
第一节 轴测图的基本知识 .....	(71)
第二节 正等轴测图 .....	(74)
第三节 斜二轴测图 .....	(79)
思考题 .....	(81)
<b>第五章 组合体</b> .....	(82)
第一节 平面图形的构形分析与尺寸标注 .....	(82)
第二节 徒手绘图的方法与步骤 .....	(85)
第三节 组合体的构形分析 .....	(86)
第四节 组合体三视图的画法 .....	(89)
第五节 组合体读图 .....	(91)
第六节 组合体的尺寸标注 .....	(94)
第七节 组合体轴测图的画法 .....	(99)

第八节 组合体构形设计 .....	(100)
思考题 .....	(104)
<b>第六章 零件的表达方法 .....</b>	<b>(105)</b>
第一节 视图 .....	(105)
第二节 剖视图 .....	(109)
第三节 断面图 .....	(116)
第四节 简化画法和其他表达方法 .....	(118)
第五节 表达方法综合举例 .....	(124)
第六节 组合体轴测剖视的画法 .....	(125)
思考题 .....	(126)
<b>第七章 零件图 .....</b>	<b>(128)</b>
第一节 零件图内容 .....	(128)
第二节 零件的工艺与功能结构 .....	(129)
第三节 零件图的视图选择 .....	(141)
第四节 零件图的尺寸标注 .....	(144)
第五节 典型零件的图例分析 .....	(150)
第六节 零件图上的技术要求 .....	(155)
第七节 齿轮 .....	(168)
第八节 弹簧 .....	(172)
第九节 读零件图 .....	(174)
思考题 .....	(178)
<b>第八章 装配图 .....</b>	<b>(179)</b>
第一节 装配图的内容 .....	(179)
第二节 机器或部件的表达方法 .....	(179)
第三节 装配结构 .....	(182)
第四节 标准件与常用件的连接与装配图画法 .....	(184)
第五节 装配图中的尺寸标注 .....	(193)
第六节 装配图零、部件序号和明细栏 .....	(193)
第七节 装配图的画法 .....	(194)
第八节 读装配图和拆画零件图 .....	(196)
思考题 .....	(200)
<b>第九章 投影变换 .....</b>	<b>(202)</b>
第一节 换面法的基本概念 .....	(202)
第二节 点的投影变换 .....	(202)
第三节 四个基本问题 .....	(204)
思考题 .....	(208)
<b>第十章 AutoCAD 简介及基本操作 .....</b>	<b>(209)</b>
第一节 AutoCAD 2004 简介 .....	(209)
第二节 绘图环境设置 .....	(212)

第三节	常用绘图命令与编辑命令	(215)
第四节	尺寸标注	(220)
第五节	图形绘制	(222)
思考题		(232)
<b>附录</b>		(233)
附录 A	国家标准的基本规定	(233)
附录 B	绘图工具和仪器的使用方法	(242)
附录 C	几何作图	(243)
附录 D	极限与配合	(248)
附录 E	螺纹及螺纹紧固件	(255)
附录 F	键与销	(265)
附录 G	滚动轴承	(268)
附录 H	常用材料及热处理	(271)
<b>参考文献</b>		(274)

# 第一章 绪 论

## 第一节 课程的任务和内容

### 一、课程的性质

图样是按照一定投影规律和规定绘制的,是人类用以表达和交流思想的基本工具之一,在工程技术上应用十分广泛。无论是制造机器还是建造房屋,都必须先画出图样,再根据图样进行加工,制造出合格的产品。工程图样成为工业生产中一种重要的技术资料,是工程界的语言。本课程是研究用投影法绘制工程图样及图解空间几何问题的理论和方法的一门技术基础课。计算机技术的发展,为制图技术走向自动化提供了先进的技术手段和广阔的发展空间。工程技术人员应当熟练掌握这一技术,具备绘制和阅读图样的能力。

### 二、课程的主要任务

- 1) 学习投影法的基本理论及其应用。
- 2) 培养绘制(包括徒手图、计算机绘图和仪器图)与阅读图样的能力。
- 3) 培养和发展空间想像能力和空间几何分析能力。
- 4) 培养严谨的工作作风和认真负责的工作态度。

### 三、课程的主要内容

- (1) 画法几何 研究用正投影法图示和图解空间几何问题的基本理论和方法。
- (2) 制图基础 学习制图的基本知识和基本规定,培养绘图的基本技能、表达能力和读图能力。
- (3) 机械制图 研究一般机器设备的零件图和装配图的绘制和阅读方法。
- (4) 计算机绘图 利用某种软件,学习计算机绘图的方法。

### 四、课程的学习方法

- 1) 认真学习投影理论,注意理论联系实际,由浅入深,经常分析、想像空间形体和投影图之间的对应关系,逐步提高空间想像力和分析力,掌握正投影的作图法。
- 2) 注意积累几何体、零件、部件等素材,熟练掌握其投影规律,提高空间想像力。
- 3) 掌握基本的构型方法,由简到繁,由虚拟到现实,不断训练,提高构型和分析能力。
- 4) 遵守国家标准,培养良好的工作作风。
- 5) 学习计算机绘图方法与投影理论的结合,锻炼和培养自学能力和创新能力。



## 第二节 投影法的基本概念

### 一、投影法概述

#### 1. 投影法

投影法是取之于自然现象并加以几何抽象的一种几何作图方法。如图 1-1a 所示,将三角板  $\triangle ABC$  放在灯  $S$  和桌面  $P$  之间,即可看见它的影子  $\triangle abc$ 。从抽象的几何角度来看,如图 1-1b 所示,灯  $S$  可看作是点  $S$ ,称为投射中心;桌面  $P$  称为投影面  $P$ ;三角板称为空间形体(或几何元素);光线称为投射射线。按上述方法求作投影的过程称为投影法。

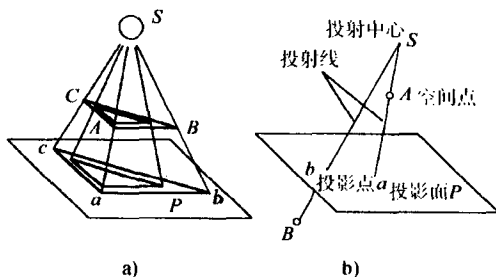


图 1-1 中心投影法

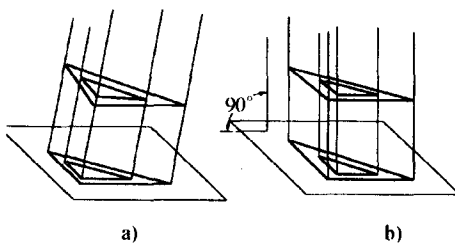


图 1-2 平行投影法

#### 2. 投影法分类

(1) 中心投影法 如图 1-1b 所示,当投射中心  $S$  (光源) 距离投影面  $P$  有限远时,所有的投射射线都汇交于投射中心  $S$ ,这种投影方法称为中心投影法,由此作出的投影称为中心投影。从图中可以看出,投射中心、空间元素和投影面三个要素中,任一要素的位置变动,都会引起投影的大小变化。

中心投影法是绘图的理论基础,工程中常用于绘制建筑物的透视图。

(2) 平行投影法 当投射中心  $S$  距离投影面  $P$  无限远时,所有投射射线将彼此平行,如图 1-2a、b 所示,这种投影方法称为平行投影法,由此作出的投影称为平行投影。

根据投影方向与投影面的相对位置的不同,平行投影分为斜投影和正投影两种。

斜投影——投影方向与投影面倾斜时得到的图形,如图 1-2a 所示。投影方向不惟一。

正投影——投影方向与投影面垂直时得到的图形,如图 1-2b 所示。投影方向惟一。

#### 3. 平行投影的特性

1) 属于线段上的点,其投影在线段的投影上,如图 1-3a 所示。投影在线段的投影上的点,空间点未必在该线段上,如图 1-3b 所示。

2) 点分线段之比,投影后保持不变,如图 1-3a 所示。

3) 平行两直线的投影仍平行,如图 1-3c 所示。投影平行的两直线,空间未必平行,如图 1-3d 所示。

4) 与投影面平行的线段,在该投影面上的投影等于实长。

平行投影法由于有上述特点,特别是正投影法还具有投影方向惟一性,因此在工程上得到广泛应用。机械图样就是采用正投影法绘制的。以后不加说明的投影方法均指正投影法。

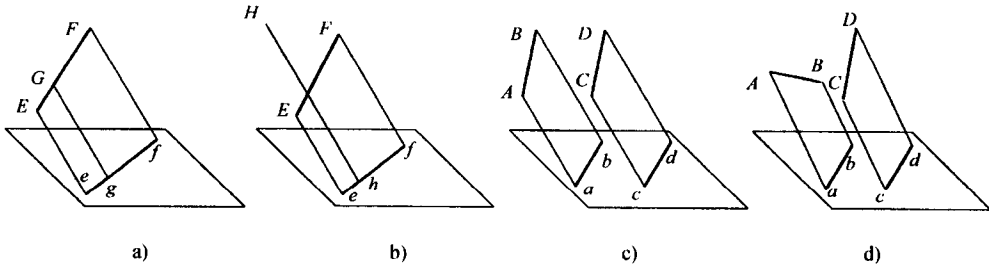


图 1-3 平行投影的特性

## 二、点的投影性质

从图 1-4 中可以看出:当空间点  $B$  的位置及投影方向确定后,它在投影面上的投影  $b$  就惟一确定。但是,根据点的一个投影,不能确定该点的空间位置。如图 1-4 所示,空间点  $A_1$ 、 $A_2$  的投影都是  $a$ 。

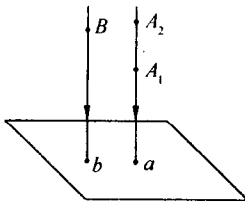


图 1-4 一个投影不能确定点的空间位置

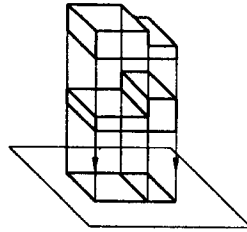


图 1-5 一个投影不能确定物体的形状和空间位置

这种关系对于某一图形也是成立的,如图 1-5 所示。我们不可能依据它来确定原来物体的形状,必须增加一些补充条件。下面研究工程中应用得最普遍的几种图示方法。

## 第三节 工程中常用的图示方法

### 一、正投影法

在工程上为了保证空间形体与其投影的一一对应关系,采用了多面正投影法。习惯上仍简称正投影法。多面正投影法采用相互垂直的两个或两个以上投影面,在每个投影面上分别用正投影法获得几何体的投影。多面正投影图基本能确定几何体的空间位置和形状。图 1-6 是某一几何体的正投影。

采用正投影法时,常将几何体的主要平面与投影面平行。这样画出的投影图能反映这些平面的实形。

可以看出,正投影图度量性好,画图简便,因此在工程上得到广泛应用。

### 二、轴测投影法

如图 1-7 所示,用平行投影法将立体连同确定其空间位置的直角坐标系一起向单一的投

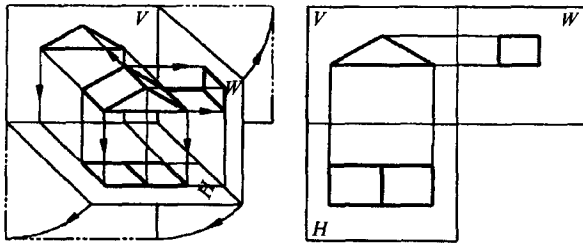


图 1-6 几何体的正投影

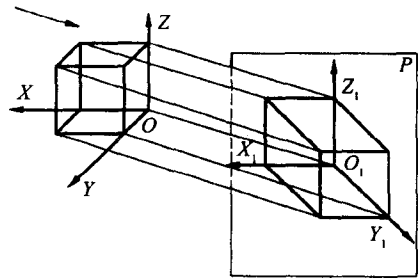


图 1-7 轴测图的形成

影面进行投影,即得到轴测投影图,简称轴测图。

轴测图是物体在平行投影下形成的一种单面投影图。它能同时反映出物体长、宽、高三个方向的尺寸,具有较强的立体感。缺点是物体的表面形状有所改变,度量性较差。为了帮助看图,工程上常采用轴测图作为辅助图样。

### 三、标高投影法

标高投影法是用正投影法获得空间几何元素的投影之后,再用数值标出空间几何元素对投影面的距离,以在投影图上确定空间几何元素的几何关系。

图 1-8 是曲面的标高投影,图中标有一系列数值的曲线称为等高线。

标高投影法常用来表示不规则曲面,如船舶、飞机、汽车曲面及地形等。

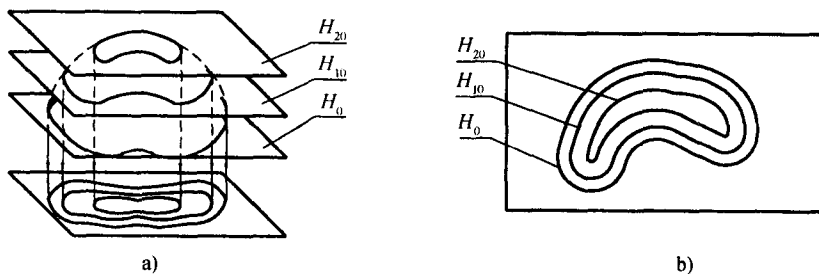


图 1-8 曲面的标高投影

a) 标高投影 b) 标高投影图

### 四、透视投影法

透视投影法使用的是中心投影法。透视投影图接近于人的视觉映象,所以透视投影图具有逼真感,直观性强。按照特定规则画出的透视投影图完全可以确定空间几何元素的几何关系。

图 1-9 是某一几何体的二点透视图。

透视投影图广泛用于工艺美术及宣传广告图样。虽然它的直观性强,但由于作图复杂且度量性差,工程上多用于土建工程及大型设备的辅助图样。计算机绘图的广泛应用将使透视投影图应用在更多领域。

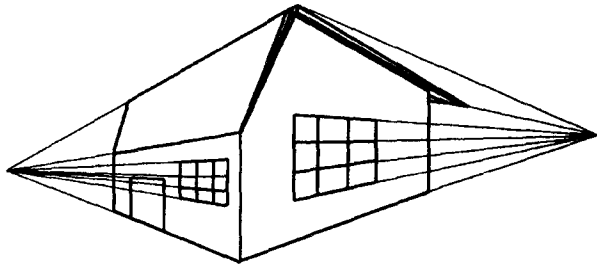


图 1-9 几何体的二点透视图

## 第四节 计算机绘图概述

### 一、计算机绘图原理

计算机绘图是近年来发展起来的一项新技术。由于电子技术的飞速发展和人们对现代化工作方式的要求,人们已经认识到计算机对各个学科领域所起的促进作用。计算机绘图也由开始的简单模仿手工绘图,进展到在计算机内建立产品的几何模型和物理模型,在屏幕上实时显示真实感图形,并通过数据传输直接进行生产的阶段。

计算机绘图的基本原理就是将空间物体的几何特性用一定的数学模型来描述,然后通过计算机绘图系统将其显示在屏幕上或绘制在图纸上。计算机绘图产生的图形规则、光滑,便于存储和修改,在国民经济各个领域有广泛的应用。

### 二、计算机绘图系统

计算机绘图系统主要由硬件和软件组成。在系统中,除计算机外,各种图形输入输出设备是必不可少的。

图形输入设备将用户的图形数据、各种指令转换成电信号传送给计算机。常用的输入设备有键盘、鼠标器、扫描仪、图形输入板、数字化仪、光笔等。

图形输出设备则是将计算机处理好的各种图形信息转换成可见的图形,以屏幕显示或打印、绘制等形式呈现给用户。常用的输出设备有图形显示器、绘图仪、打印机等。

### 三、计算机绘图软件

计算机绘图系统,除了要有必需的硬件外,还要有相应的软件支持。

计算机绘图软件的发展可划分为两个阶段。

第一阶段主要是静态绘图软件的研制与开发。这类软件可以分为 3 个部分:

- (1) 基本软件 包括画直线、写字符等,是直接和绘图机等硬件有关的软件。
- (2) 功能软件 具有某种特定功能的绘图软件,如画正多边形、画圆弧及画矩形等。
- (3) 应用软件 是在(1)、(2)类软件的基础上开发的,专用性强,种类多,一般不能通用。

第二阶段以交互式图形软件为主。交互式图形软件发展迅速,如 AutoCAD、UG、Pro/E 等

都广为流行。

#### 四、计算机绘图标准

图形是一种范围很宽而又很复杂的数据,对它的描述和处理也是非常复杂的。由于图形软件较难独立于输入/输出设备、语言和应用领域,因此,研究成本高、可移植性差。

国际上于 20 世纪 70 年代开始图形标准化工作,以解决图形软件的可移植性问题,使涉及图形的应用程序可在不同的系统环境之间进行移植,便于图形数据传送,缩短研制周期。

1985 年国际标准化组织正式通过了计算机图形软件包的二维国际标准草案 ISO7942,并制订了相应的三维标准。

我国于 1998 年颁布了《CAD 通用技术规范》、《机械工程 CAD 制图规则》等国家标准。

#### 思考题

1. 工程中常用哪两种图示方法?
2. 正投影法有何特性?
3. 正投影图的主要优、缺点是什么?
4. 为什么要学习计算机绘图?
5. 叙述计算机绘图的原理。

## 第二章 点、线、面的投影

### 第一节 点的投影

#### 一、点在两投影面体系中的投影

根据点的一个投影,不能确定点的空间位置。因此,常将几何形体放置在相互垂直的两个或多个投影面之间,向这些投影面投影,形成多面正投影图。

##### (一) 两投影面体系的建立

如图 2-1 所示,设立相互垂直的两个投影面,正立投影面简称正面或  $V$  面,水平投影面简称水平面或  $H$  面,两个投影面的交线称投影轴,两投影面  $V/H$  的交线称  $OX$  轴。

两投影面  $V/H$  组成两投影面体系,并将空间划分成如图 2-1 所示的 4 个分角。

这里着重讲述在  $V$  面之前、 $H$  面之上的第一分角中的几何形体的投影。

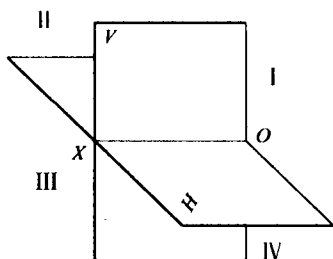


图 2-1 4 个分角的划分

##### (二) 点的两面投影

如图 2-2a 所示,由第一分角中的空间点  $A$  作垂直于  $V$  面、 $H$  面的投射射线  $Aa'$ 、 $Aa$ , 分别与  $V$  面、 $H$  面相交得点  $A$  的正面( $V$  面)投影  $a'$  和水平( $H$  面)投影  $a$ 。

由于两投射射线  $Aa'$ 、 $Aa$  所组成的平面分别与  $V$  面、 $H$  面垂直,所以这三个相互垂直的平面必定交于  $OX$  轴上的一点  $a_x$ ,且三条交线相互垂直,即  $OX \perp a'a_x \perp aa_x$ 。同时可见,矩形  $Aa'a_xa$  各对边长度相等,即  $Aa = a'a_x$ ,  $Aa' = aa_x$ 。

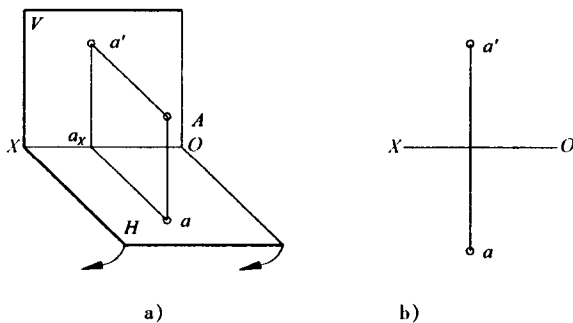


图 2-2 点在  $V/H$  两面体系中的投影

为使点的两面投影画在一张平面图纸上,保持  $V$  面不动,将  $H$  面绕  $OX$  轴向下旋转  $90^\circ$ ,使与  $V$  面共面。展开后点  $A$  的两面投影如图 2-2b 所示。

因为在同一平面上,过  $OX$  轴上的点  $a_x$  只能作  $OX$  轴的一条垂线,所以点  $a'$ 、 $a_x$ 、 $a$  共线,即  $a'a \perp OX$ 。在投影图上,点的两个投影的连线(如  $a'$ 、 $a$  的连线)称投影连线。在实际画投影图时,不必画出投影面的边框和点  $a_x$ ,如图 2-2b 所示。

由此,可概括出点的两面投影特性:

- 1) 点的水平投影和正面投影的投影连线垂直于  $OX$  轴,即  $a'a \perp OX$ 。
- 2) 点的水平投影到  $OX$  轴的距离,反映空间点到  $V$  面的距离,即  $aa_x = Aa'$ 。点的正面投影

到  $OX$  轴的距离,反映空间点到  $H$  面的距离,即  $a'a_x = Aa$ 。

根据点的两面投影,可以惟一地确定该点的空间位置。可以想像:若保持图 2-2b 中的  $V$  面不动,将  $OX$  轴以下的  $H$  面绕  $OX$  轴向前旋转  $90^\circ$ ,恢复到水平位置,再分别由  $a'$ 、 $a$  作垂直相应投影面的投射射线,则两投射线的交点,即空间点  $A$  的位置。

### (三) 特殊位置点的两面投影

图 2-3 是  $V$  面上的点  $B$ 、 $H$  面上的点  $C$  和  $OX$  轴上的点  $D$  的立体图和投影图。这些处于投影面上或投影轴上的特殊位置点的投影仍符合前述的点的两面投影特性。如  $V$  面上的点  $B$ ,其  $V$  面投影  $b'$  与点  $B$  重合,由于点  $B$  到  $V$  面的距离等于零,故其  $H$  面投影  $b$  到  $OX$  轴的距离等于零, $b$  与  $OX$  轴重合,且  $b'b \perp OX$ 。

又如在  $OX$  轴上的点  $D$ ,其到  $V$  面、 $H$  面的距离都等于零,故点  $D$  的  $V$  面、 $H$  面投影  $d'$ 、 $d$  都在  $OX$  轴上,且  $d'$ 、 $d$  与点  $D$  重合。

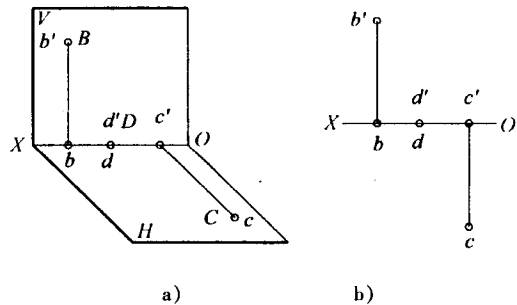


图 2-3 特殊位置点的两面投影

## 二、点在三投影面体系中的投影

### (一) 点的三面投影

如图 2-4 所示,在  $V$ 、 $H$  两投影面体系上再加上一个与  $V$ 、 $H$  面都垂直的侧立投影面(简称侧面或  $W$  面),这 3 个相互垂直的  $V$  面、 $H$  面、 $W$  面组成一个三投影面体系。 $H$  面、 $W$  面的交线称为  $OY$  投影轴,简称  $Y$  轴; $V$  面、 $W$  面的交线称为  $OZ$  投影轴,简称  $Z$  轴;3 根相互垂直的投影轴的交点  $O$  称为原点。

为使点的三面投影能画在一张平面图纸上,仍保持  $V$  面不动,  $H$  面、 $W$  面分别按图示箭头方向旋转,使与  $V$  面共面,即得点的三面投影图,如图 2-4b 所示。其中  $Y$  轴随  $H$  面旋转时,以  $Y_H$  表示;随  $W$  面旋转时以  $Y_W$  表示。

将空间点  $A$  分别向  $V$  面、 $H$  面、 $W$  面作投影得  $a'$ 、 $a$ 、 $a''$ , $a''$  称作点  $A$  的侧面投影。

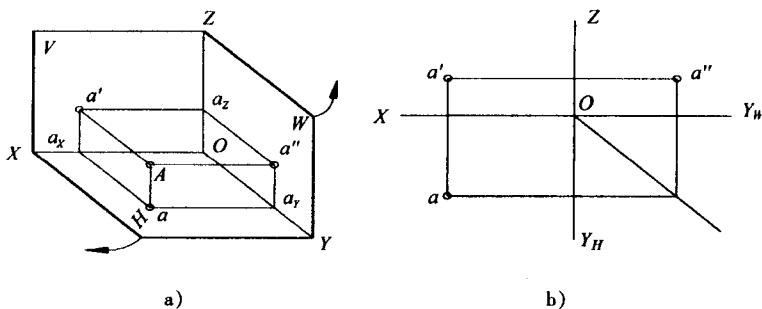


图 2-4 点在三投影面体系中的投影

如果把三投影面体系看作是空间直角坐标体系,则 3 个投影面相当于 3 个坐标平面,3 根投影轴相当于 3 根坐标轴, $O$  即为坐标原点。由图 2-4a 可知,点  $A$  的 3 个直角坐标  $X_A$ 、 $Y_A$ 、 $Z_A$  即为点  $A$  到三个投影面的距离。点  $A$  的坐标与其投影有如下关系:

X 坐标  $X_A(Oa_x) = a'a_z = aa_y =$  点 A 与 W 面的距离  $Aa''$ ;

Y 坐标  $Y_A(Oa_y) = aa_x = a''a_z =$  点 A 与 V 面的距离  $Aa'$ ;

Z 坐标  $Z_A(Oa_z) = a'a_x = a''a_y =$  点 A 与 H 面的距离  $Aa$ 。

由投影图可见:点 A 的水平投影  $a$  由  $X_A, Y_A$  两坐标确定;正面投影  $a'$  由  $X_A, Z_A$  两坐标确定;侧面投影  $a''$  由  $Y_A, Z_A$  两坐标确定。

因此,根据点的三面投影可确定点的空间坐标值,反之,根据点的坐标值也可以画出点的三面投影图。

根据以上分析以及两投影面体系中点的投影特性,可得到点的三面投影特性:

1) 点的正面投影与水平投影连线垂直于  $OX$  轴,这两个投影都能反映空间点的 X 坐标,也就是点到 W 面的距离,即

$$a'a \perp OX \quad a'a_z = aa_{yH} = X_A = Aa''$$

2) 点的正面投影与侧面投影的投影连线垂直于  $OZ$  轴,这两个投影都能反映空间点的 Z 坐标,也就是点到 H 面的距离,即

$$a'a'' \perp OZ \quad a'a_x = a''a_{yW} = Z_A = Aa$$

3) 点的水平投影到  $OX$  轴的距离等于侧面投影到  $OZ$  轴的距离,这两个投影都能反映点的 Y 坐标,也就是点到 V 面的距离,即

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

应当注意,投影面展开后, H 面、W 面已分离,因此  $a, a''$  的投影连线不再保持  $aa'' \perp OY$  轴的关系,但保持  $aa_{yH} = aa_{yW}$  的关系。

点的两面投影即可以确定点的空间位置。根据点的两面投影或点的直角坐标,便可作出点的第三面投影。实际作图时,应特别注意 H 面、W 面两投影 Y 坐标的对应关系。为作图方便,如图 2-4 所示,可添加过点 O 的  $45^\circ$  辅助线。

## (二) 特殊位置点的三面投影

图 2-5 所示是 V 面上的点 B、H 面上的点 C、W 面上的点 D、OX 轴上的点 E 的立体图和投影图。从图中可以看到这些处于特殊位置的点的三面投影仍符合点的三面投影特性。例如: H 面上的点 C,其 Z 坐标为零,因此 H 面投影  $c$  与该点重合, V 面投影  $c'$  在  $OX$  轴上,且  $c'c \perp OX$ , W 面投影  $c''$  在  $OY$  轴上。需要注意,  $c'c'' \perp OZ$ ,在投影图中,  $c''$  必须画在 W 面的  $OY_W$  轴上,并与  $c$  保持相等的 Y 坐标。

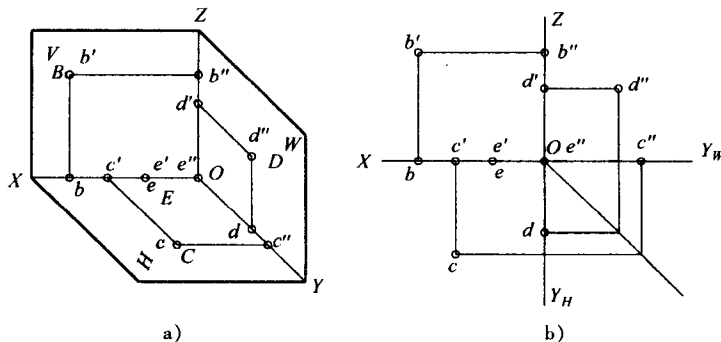


图 2-5 特殊位置点的三面投影



又如:  $OX$  轴上的点  $E$ , 其  $Y, Z$  坐标为零, 因此,  $V$  面、 $H$  面投影  $e', e$  与该点重合在  $OX$  轴上,  $W$  面投影  $e''$  与  $O$  点重合。对于  $OY$  轴和  $OZ$  轴上的点, 读者可自行分析, 画出其三面投影图。

### (三) 两点的相对位置和无轴投影图

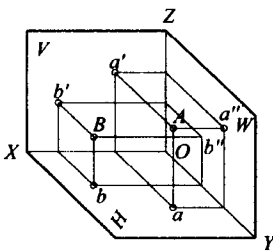
空间点的位置可以用点的绝对坐标来确定, 也可以用相对坐标来确定。

如图 2-6 所示, 若分析点  $B$  相对点  $A$  的位置, 在  $X$  方向的相对坐标为  $(X_B - X_A)$ , 即两点对  $W$  面的距离差, 点  $B$  在点  $A$  的左方。  $X$  坐标方向, 通常称为左右方向,  $X$  坐标增大方向为左方。  $Y$  方向的坐标差为  $(Y_B - Y_A)$ , 即两点相对  $V$  面的距离差, 点  $B$  在点  $A$  的后方。  $Y$  坐标方向, 通常称为前后方向,  $Y$  坐标增大方向为前方。  $Z$  方向的坐标差为  $(Z_B - Z_A)$ , 即两点相对  $H$  面的距离差, 点  $B$  在点  $A$  的下方。  $Z$  坐标方向, 通常称为上下方向,  $Z$  坐标增大方向为上方。

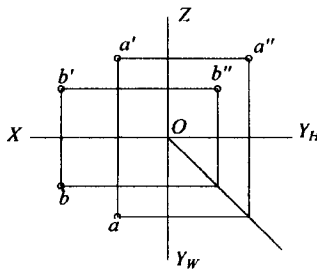
显然, 根据空间两点的投影沿左右、前后、上下三个方向所反映的坐标差, 能够确定两点的相对位置; 反之, 若已知两点相对位置以及其中一个点的投影, 也能够作出另一个点的投影。

由于投影图主要用来表达几何形体的形状, 而没有必要表达几何形体与各投影面之间的距离, 因此在绘制投影图时, 特别是在绘制几何形体的投影图时, 往往不画出投影轴, 为使投影图形清晰, 也可不画出各投影之间的投影连线。

如图 2-7 所示为  $A, B$  两点的无轴投影图。绘图时通常根据图面的大小, 先画出某一点的三面投影, 然后根据两点的相对位置关系, 画出另一点的各个投影。



a)



b)

图 2-6 两点的相对位置

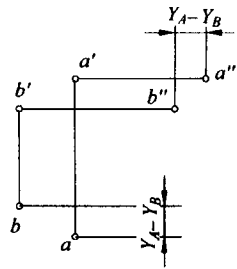


图 2-7 无轴投影图

### (四) 重影点

当空间两点的某两个坐标值相同时, 在同时反映这两个坐标的投影面上, 这两点的投影重合, 这两点称为该投影面的重影点。如图 2-8 所示,  $A, B$  两点, 由于  $X_A = X_B, Z_A = Z_B$ , 因此它们的正面投影重合,  $A, B$  两点称为正面投影的重影点。由于  $Y_A > Y_B$ , 所以从前向后垂直  $V$  面看时, 点  $A$  可见, 点  $B$  不可见。通常规定把不可见的点的投影加括号表示, 如  $(b')$ 。从图 2-8b 可见,  $A, C$  两点, 由于  $X_A = X_C, Y_A = Y_C$ , 它们的水平投影重合,  $A, C$  两点称为水平投影的重影点。由于  $Z_C > Z_A$ , 所以从上向下垂直  $H$  面看时, 点  $C$  可见, 点  $A$  不可见。又如  $B, D$  两点, 由于  $Y_B = Y_D, Z_B = Z_D$ , 它们的侧面投影重合,  $B, D$  两点称为侧面投影的重影点。由于  $X_D > X_B$ , 所以从左向右垂直  $W$  面看时, 点  $D$  可见, 点  $B$  不可见。由此可见, 对  $V$  面、 $H$  面、 $W$  面的重影点, 它们的可见性应分别是前遮后、上遮下、左遮右。