

普通高等教育规划教材

# 工程图学基础

● 刘淑英 主编 ● 张建军 高金莲 副主编

 机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



TB23  
105

普通高等教育规划教材

# 工程图学基础

主 编 刘淑英  
副主编 张建军 高金莲  
参 编 丁承君 张瑞红 段萍 刘宇红  
主 审 王金敏 张顺心



机械工业出版社

本书是根据教育部高等学校工程图学教学指导委员会2004年“普通高等院校工程图学课程教学基本要求”，参考国内外同类教材，在总结和吸取多年教学改革经验的基础上编写的。本书的主要特点是：采用了全新的国家标准，建立了独特的结构体系，适用性强。

本书的主要内容有：绪论，点、直线、平面的投影，立体的投影，制图的基本知识，组合体，轴测图，机件常用的表达方法，标准件和常用件，零件图，装配图，展开图与焊接图。刘淑英主编的《工程图学基础习题集》与本书配套使用。本套教材可供高等院校非机械类专业学生使用，也可供工程技术人员参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

工程图学基础/刘淑英主编. —北京：机械工业出版社，2005.8

普通高等教育规划教材

ISBN 7-111-17280-9

I. 工… I. 刘… II. 工程制图—高等学校—教材 IV. TB23

中国版本图书馆CIP数据核字 (2005) 第097249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：郑丹 版式设计：张世琴 责任校对：程俊巧

封面设计：饶薇 责任印制：洪汉军

北京京丰印刷厂印刷

2006年2月第1版·第2次印刷

787mm×1092mm 1/16·17印张·415千字

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

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

工程图学是高等工科院校学生必修的基础课程之一。培养学生空间思维能力、构形能力、创新能力以及工程图样的阅读和绘制能力是本课程的主要任务。根据教育部高等学校工程图学教学指导委员会2004年“普通高等院校工程图学课程教学基本要求”，改革传统的教学内容和课程体系，培养高素质人才是当前教学改革的重点，因此，在参考国内外同类教材的基础上编写了本书。本书的主要特点是：

1. 采用了较新的结构体系。调整了传统的画法几何的内容，建立了空间构形的概念，既节省教学学时，又可提高教学效果。

2. 正确、全面地采用2004年最新国家标准。

3. 重点突出，内容明确。本课程内容涉及面广、难度大，所以对于重点内容刻意强调，加强训练；而对于像零件图的技术要求这样的部分则适当降低了理论内容，仅仅明确了画法与标注。

4. 适用性强。本书与配套习题集共同使用，可供高等院校非机械类专业学生使用，也可以供工程技术人员参考。

本教材由刘淑英任主编，张建军、高金莲任副主编。

本书凝聚着教研室全体教师多年来教学改革的经验 and 体会，参加本书编写的有（按所撰写的章节排序）刘淑英（第一、第八、第十章）、张建军（第二章）、丁承君（第三章）、高金莲（第四、第六、第九章）、段萍（第五章）、张瑞红（第七章）、刘宇红（附录），参与绘图工作的还有宫金良等同志。

全书由天津大学王金敏教授、河北工业大学张顺心教授担任主审。

由于编者水平有限，书中难免有欠妥、不当之处，恳请读者批评指正。

编者

# 目 录

前言		
绪论	1	
第一章 点、直线、平面的投影	3	
第一节 投影法的基本知识	3	
第二节 点的投影	4	
第三节 直线的投影	12	
第四节 平面的投影	20	
第五节 直线与平面的相对位置和两平面的相对位置	27	
第六节 换面法	33	
第二章 立体的投影	42	
第一节 基本立体的投影	42	
第二节 平面与立体相交	49	
第三节 两曲面立体相交	60	
第三章 制图的基本知识	69	
第一节 制图的一般规定	69	
第二节 绘图工具简介	80	
第三节 几何作图	83	
第四节 平面图形的尺寸分析及绘图步骤	87	
第五节 徒手绘图的方法	89	
第六节 绘图的一般步骤	91	
第四章 组合体	93	
第一节 组合体的构形原理及三视图	93	
第二节 组合体视图的画法	98	
第三节 读组合体视图	102	
第四节 组合体的尺寸注法	107	
第五章 轴测图	112	
第一节 轴测图的基本知识	112	
第二节 正等轴测图	114	
第三节 斜二等轴测图	120	
第六章 机件常用的表达方法	122	
第一节 视图	122	
第二节 剖视图	125	
第三节 断面图	135	
第四节 其他常用表达方法	137	
第五节 表达方法的应用分析举例	143	
第六节 第三角画法简介	145	
第七章 标准件和常用件	147	
第一节 螺纹	147	
第二节 螺纹紧固件	154	
第三节 齿轮	159	
第四节 键和销	163	
第五节 滚动轴承	165	
第六节 弹簧	167	
第八章 零件图	171	
第一节 零件图的内容	171	
第二节 零件图的视图选择及尺寸标注	172	
第三节 零件结构工艺性简介	182	
第四节 零件图的技术要求	186	
第五节 读零件图	199	
第六节 零件测绘	201	
第九章 装配图	205	
第一节 装配图的作用及内容	205	
第二节 装配图的表达方法	207	
第三节 装配图上的尺寸标注和技术要求	209	
第四节 装配图上的零部件序号和明细栏	211	
第五节 装配体结构构形设计	212	
第六节 装配图的画法	215	
第七节 读装配图	218	
第八节 由装配图拆画零件图	220	
第十章 展开图与焊接图	224	
第一节 立体表面的展开图	224	
第二节 焊接图	229	
附录	235	
附录 A 螺纹	235	
一、普通螺纹直径、螺距和基本尺寸	235	
二、梯形螺纹直径、螺距和基本尺寸	237	

---

三、55°非密封管螺纹基本尺寸 .....	239	附录C 极限与配合 .....	250
附录B 常用标准件 .....	240	一、标准公差数值 .....	250
一、螺钉 .....	240	二、优先、常用配合 .....	255
二、螺栓 .....	243	三、优先配合中的极限偏差 .....	257
三、螺柱 .....	244	附录D 通孔、螺孔、销孔、沉孔	
四、螺母 .....	245	的尺寸及注法 .....	260
五、垫圈 .....	246	附录E 标注尺寸用符号和缩写词 .....	262
六、键与键槽 .....	248	<b>参考文献</b> .....	263
七、销 .....	249		

# 绪 论

在工程设计中,工程图形作为构思、设计与制造中的主要媒介,在机械、土木、建筑、水利、园林等领域的技术工作与管理工作中有着广泛的应用;在科学研究中,图形对于直观表达实验数据、反映科学规律、掌握问题的变化趋势,具有重要的意义。根据投影原理、标准或有关规定,表示工程对象,并有必要的技术说明的图形,称为图样。图样是工程界用来准确地表达物体形状、大小和有关技术要求的技术文件。近代一切机器、仪器、工程建筑等产品和设备的设计、制造与施工、使用与维护等都是通过图样来实现的。设计者通过图样表达设计意图和要求,制造者通过图样了解设计要求、组织生产加工,使用者根据图样了解产品的构造和性能、正确的使用方法和维护方法。因此,图样与文字、数字一样是表达设计意图、记录创新构思灵感、交流技术思想的重要工具之一,被喻为工程界的技术语言。工程技术人员必须熟练地掌握这种语言。

## 一、研究对象

本课程是高等工科院校的一门重要技术基础课。主要研究对象是应用投影法在平面上图示空间形体、图解空间几何问题以及绘制和阅读工程图样。本课程包括画法几何和机械制图两部分。

## 二、任务

学习本课程的主要目的是培养学生绘制和阅读机械图样的能力,培养科学思维、空间想像和构形设计的初步能力和创新意识,具备这种能力对学好后续课程和进行创造性设计是非常必要的,也是21世纪科技创新人才必备的基本素质之一。

本课程的主要任务是:

- 1) 学习投影理论,培养学生绘制和阅读机械图样的基本能力,为创造性形体设计打下坚实的理论基础。
- 2) 培养学生空间构思能力和创造性的三维形体设计能力,为机械基础系列课程的学习奠定基础。
- 3) 培养学生掌握机械制图国家标准的有关知识,并能熟练地查阅设计制图中的常用标准。
- 4) 培养学生的自学能力、独立分析问题和解决问题的能力,以及认真负责的工作态度和耐心细致、一丝不苟的工作作风。

## 三、学习方法

本课程是一门既有系统理论又有较强实践性的技术基础课。要学好本课程的主要内容必须认真学习投影理论和构形理论,在理解基本概念的基础上,由浅入深地通过一系列的绘图和读图实践不断地分析和想像空间形体与图样上图形的对应关系,逐步提高空间想像能力和分析能力,掌握正投影的基本作图方法和构形规律。因此,在学习本课程时,应该做到:

- 1) 认真听课,及时复习,弄懂基本原理和基本方法,通过完成一定量的作业,掌握线面分析、形体分析和构形分析等分析问题的方法。

- 2) 注意画图与读图相结合，物体与图样相结合，构形与表达相结合，培养空间想像力和构思能力。
- 3) 严格遵守《机械制图》国家标准的规定，并学会查阅有关标准和资料手册。
- 4) 不断改进学习方法，有意识地培养自学能力和创新能力。
- 5) 准备一套合乎要求的绘图工具和仪器，按照正确的方法和步骤作图。



# 第一章 点、直线、平面的投影

## 第一节 投影法的基本知识

在光线的照射下，物体在给定的平面上产生影像，这就是投影法的原型。投射射线通过物体，向选定的面投射，并在该面上得到图形的方法，称为投影法。根据投影法所得到的图形称为投影。工程上常用的投影法有中心投影法和平行投影法。

### 1. 中心投影法

如图 1-1a 所示，在空间设平面  $P$  为投影面，以不在投影面上的点  $S$  为投射中心，则平面  $P$  和点  $S$  即构成中心投影法的投射条件。投射条件确定后，在空间任取点  $A$  连接  $SA$ ，若直线  $SA$  与平面  $P$  相交于点  $a$ ，则点  $a$  就称为空间点  $A$  在以  $S$  为投射中心，在投影面  $P$  上的投影。同样，点  $b$  为空间点  $B$  在投影面  $P$  上的投影。 $SA$ 、 $SB$  称为投射射线。投射射线汇交于一点的投影法称为中心投影法。

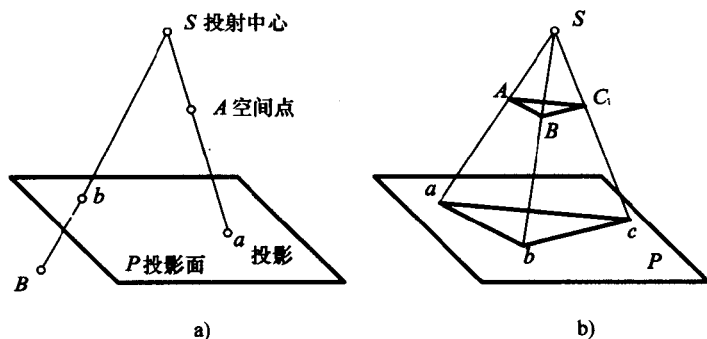


图 1-1 中心投影

图 1-1b 中  $\triangle abc$  为  $\triangle ABC$  的中心投影。

中心投影的特点是投射中心  $S$  选定在空间的有限范围内，且所有的投射射线均通过投射中心  $S$ 。中心投影法所得到的投影会随投射中心  $S$  与空间物体之间距离的远近而变化，或者会随空间物体与投影面的距离而变化，因此，中心投影法得到的投影不能反映物体原来的真实大小。

### 2. 平行投影法

将图 1-1a 中的投射中心  $S$  移至无穷远，则所有投射射线将彼此平行，如图 1-2 所示，这种投射射线互相平行的投影方法称为平行投影法。

平行投影法按其投射射线（投射方向  $S$ ）与投影面夹角的不同又分为两种。

(1) 斜投影法 投射线与投影面相倾斜的平行投影法, 如图1-2所示。

(2) 正投影法 投射线与投影面相垂直的平行投影法, 如图1-3所示。

从图1-3可以看出, 当三角形平行于所给定的投影面时, 其投影的大小与三角形到投影面的距离无关, 也就是说正投影法能反映物体的真实形状和大小, 具有度量性好, 作图简便的特点, 所以正投影法是绘制机械图样的主要方法, 也是本课程中学习的主要内容。

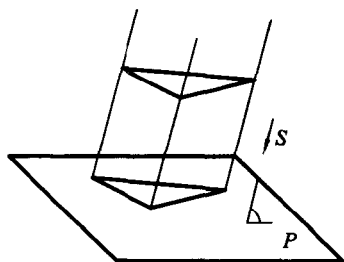


图1-2 斜投影法

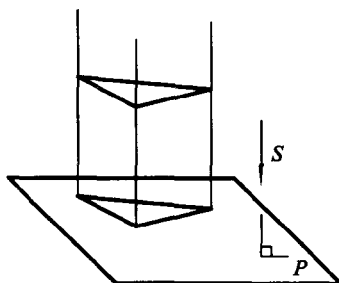


图1-3 正投影法

## 第二节 点的投影

点是最基本的几何元素, 直线、平面乃至一切几何元素都可视为点的集合。因此, 首先从点开始说明正投影图的建立和基本原理。

在一定的投射条件下, 空间的一个点有其惟一确定的投影。但点的一个投影不能确定该点的空间位置。如图1-1a所示, 投射射线 $SA$ 、 $SB$ 与投影面 $P$ 相交, 各只有一个交点, 因此空间的一个点的投影具有惟一性。反之, 如图1-4, 点的一个投影 $d$ 给定, 在给定的投射条件下, 在投射线上可有无数个点 $D_1$ 、 $D_2$ 、 $\dots$ 与点 $d$ 对应, 因此, 点的空间位置不具有惟一性, 即点的一个投影不能确定该点的空间位置。

多面正投影图则根据点的投影, 能够惟一地确定点的空间位置。

### 一、两投影面体系中点的投影

两投影面体系由相互垂直的水平投影面 $H$ 和正立投影面 $V$ 所组成。它们的交线 $OX$ 称为投影轴, 简称为 $X$ 轴。两投影面体系将空间分为四个区域, 称为四个角, 如图1-5所示, 分别称为第一、二、三、四角。本书中, 不加特别说明时均指第一角。

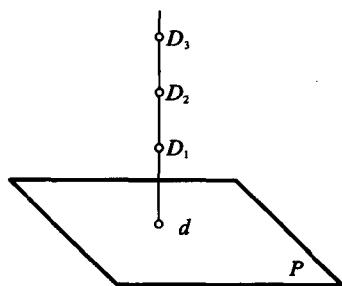


图1-4 点的空间位置不确定

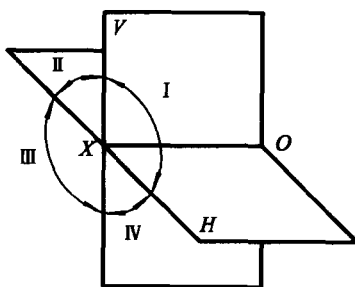


图1-5 四个角

## 1. 点在两投影面体系中的投影

如图 1-6 所示, 在两面体系中有一点  $A$ , 过点  $A$  分别作垂直于投影面  $V$  和投影面  $H$  的投射射线  $Aa'$  和  $Aa$ , 得到点  $A$  的正面投影  $a'$  和水平投影  $a$  (本书规定, 空间点用大写拉丁字母表示, 水平投影用相应的小写字母表示, 正面投影用相应的小写字母加一撇表示)。此时, 若移去点  $A$ , 则由点的两个投影  $a'$  和  $a$  完全可以确定该点在空间的位置。即过  $a'$  作直线垂直于投影面  $V$ , 过  $a$  作直线垂直于投影面  $H$ , 则两条直线的惟一交点即为空间点  $A$ 。

为了使两面投影  $a'$  和  $a$  画在同一平面 (图纸) 上, 让  $V$  面不动, 令  $H$  面绕  $X$  轴按图 1-6a 所示箭头方向旋转  $90^\circ$ , 使它与  $V$  面重合为一个平面。此时  $a'$  和  $a$  将同处一平面, 这样就得到如图 1-6b 所示的点  $A$  的两面投影图。投影面的大小与投影无关。为了作图简便, 在投影图上不必画出投影面的边界线, 也不必标注它们的名称, 如图 1-6c 所示。投影图上用细实线画出的  $a'a$  的连线称为投影连线, 投影连线与  $X$  轴的交点标记为  $a_x$ 。

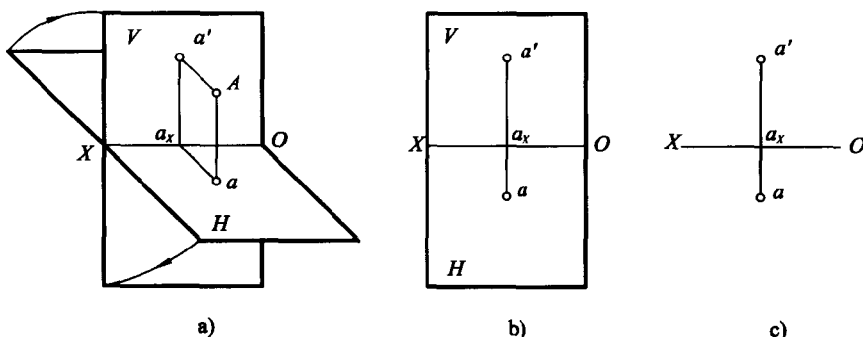


图 1-6 点在两投影面体系中的投影

## 2. 点在两投影面体系中的投影规律

(1) 同一点的水平投影和正面投影的连线垂直于投影轴 ( $a'a \perp OX$ )。

如图 1-6a 所示, 过点  $A$  的投射射线  $Aa$  和  $Aa'$  确定了一个平面  $Aaa_xa'$ , 由于该平面同时垂直于  $H$  面和  $V$  面, 因而必垂直于  $H$  面和  $V$  面的交线  $X$  轴。所以平面  $Aaa_xa'$  与  $H$  面的交线  $aa_x$  和与  $V$  面的交线  $a'a_x$  必分别垂直于  $OX$ , 即  $aa_x \perp OX$  和  $a'a_x \perp OX$ 。当水平投影  $a$  随着  $H$  面旋转而与  $V$  面重合时,  $aa_x \perp OX$  的关系不变, 投影图上的  $a$ 、 $a_x$ 、 $a'$  三点在同一直线上, 因此,  $a'a \perp OX$ 。

(2) 点的水平投影到  $X$  轴的距离反映该点到  $V$  面的距离 ( $aa_x = Aa'$ ), 正面投影到  $X$  轴的距离反映该点到  $H$  面的距离 ( $a'a_x = Aa$ )。

由图 1-6 可知, 平面  $Aaa_xa'$  为一矩形, 根据矩形的几何性质可得  $aa_x = Aa'$ ,  $a'a_x = Aa$ 。

上述投影特性具有普遍性, 对于各角中各种位置点的两面投影都是适用的。只是由于点的空间位置不同, 其投影又会有各自的特点。

## 3. 各种位置点的投影

(1) 处于角中的点 如图 1-7a 中的点  $A$  即为此种点, 它处于  $H$  面之上,  $V$  面之前, 其投影图见图 1-7b。投影性质如前所述。

(2) 处于投影面上的点 如图 1-8 中点  $M$  和点  $N$  即为分别处于  $H$  面和  $V$  面上的点, 它们的投影特点是:

- 1) 点的一个投影与空间点本身重合。
- 2) 点的另一个投影在  $X$  轴上。

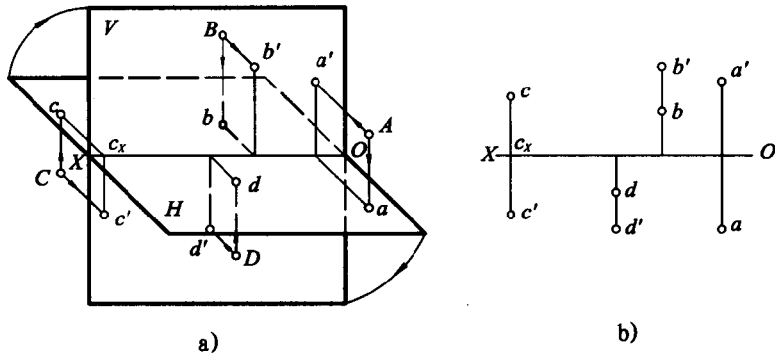


图1-7 点在各角中

(3) 处于投影轴上的点 图1-8中点 $G$ 为处于投影轴上的点,其投影特点是两个投影均在 $X$ 轴上,且与空间点本身重合。

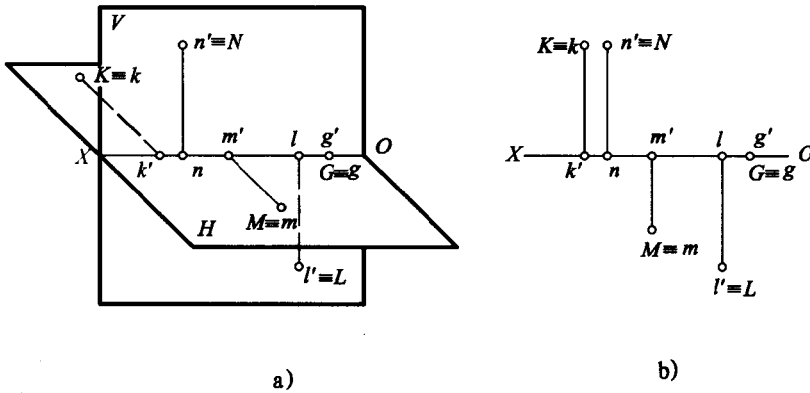


图1-8 点在投影面及投影轴上

#### 4. 其他角中各种位置点的投影

(1) 处于各角中的点 如图1-7a中的点 $B$ 、 $C$ 、 $D$ 即为分别处于第二、三、四角中的点。它们的投影图如图1-7b所示。

在画投影图时,因规定 $V$ 面不动, $H$ 面的前半向下旋转,而后一半向上旋转与 $V$ 面重合,故得出如下投影特点:

- 1) 若点的正面投影在 $X$ 轴的上方,则表示该点处于 $H$ 面的上方;反之,若点的正面投影在 $X$ 轴的下方,则表示该点处于 $H$ 面的下方。
- 2) 若点的水平投影在 $X$ 轴的下方,则表示该点处于 $V$ 面的前方;反之,若点的水平投影在 $X$ 的上方,则表示该点处于 $V$ 面的后方。

从图1-7b可以看出:处于第一、三角中的点两面投影分别处于 $X$ 轴的两侧;处于第二、四角中的点两面投影处于 $X$ 轴的同侧。显然,前者画出的图形清晰。因此,在绘制工程图样时,

我国和欧洲一些国家采用第一角投影法，而美国、日本等国家采用第三角投影法。

(2) 处于投影面上的点 图1-8除了处于 $H$ 面、 $V$ 面上的点 $M$ 、 $N$ 外，还有点 $K$ 和 $L$ ，其投影特点与前述相同。

掌握了各种位置点在投影图中的投影特性和特点，才能正确地根据给定的空间点画出它的投影图和根据点的投影图想像出该点的空间位置。

### 二、三面投影体系第一角中点的投影

如前所述，一点的空间位置由它的两个投影能惟一确定，但进一步研究复杂的几何问题和形体时，两面投影往往不能满足需要，为此，在原两面投影体系的基础上，再加上一个同时与 $H$ 面和 $V$ 面垂直的侧立投影面 $W$ ，这样就形成三投影面体系，图1-9a为三投影面体系第一角。

在三投影面体系中， $H$ 面与 $V$ 面的交线仍称为 $X$ 轴； $H$ 面与 $W$ 面的交线称为 $Y$ 轴； $V$ 面与 $W$ 面的交线称为 $Z$ 轴。由于三个投影面互相垂直相交，所以三个投影轴也互相垂直且相交于一点 $O$ ，该点称为原点。

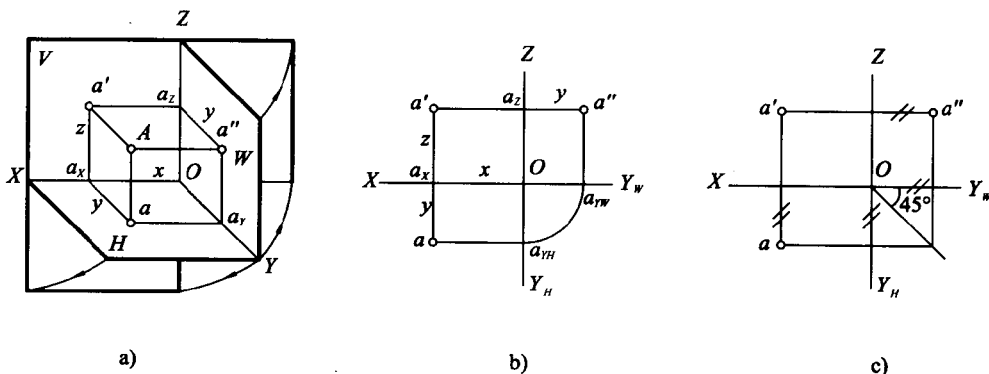


图1-9 三投影面体系  
a) 三投影面体系 b) 投影图 c) 45°辅助线

#### 1. 点在三投影面体系中的投影

将点 $A$ 置于三投影面体系中，并分别得到三个投影 $a'$ 、 $a$ 和 $a''$ （点在侧立投影面 $W$ 上的投影称为侧面投影，用相应的小写拉丁字母加两撇表示），如图1-9a所示，然后再将各投影面重合为同一平面（图纸）而形成投影图。重合时，规定 $V$ 面不动，令 $H$ 面绕 $X$ 轴向下旋转至与 $V$ 面重合； $W$ 面绕 $Z$ 轴向右后方旋转至与 $V$ 面重合，如图中箭头所示，即得到如图1-9b所示的三面投影图（不画投影面的边界）。其中 $Y$ 轴一分为二，在 $H$ 面上记为 $Y_H$ ，在 $W$ 面上记为 $Y_W$ 。同理，点 $a_Y$ 在 $Y_H$ 上记为 $a_{YH}$ ，在 $Y_W$ 上记为 $a_{YW}$ ，图中用以 $O$ 为圆心的圆弧表示 $a_{YH}$ 与 $a_{YW}$ 的对应关系，即 $Oa_{YH} = Oa_{YW}$ 。图1-9c是另一种表示方法，它是利用过原点 $O$ 的45°斜线（细实线）作为辅助线，以显示 $a_{YH}$ 与 $a_{YW}$ 的对应关系。

点在三投影面体系中的投影特性是：

1) 点的水平投影与正面投影的连线垂直于 $X$ 轴；侧面投影与正面投影的连线垂直于 $Z$ 轴，即 $aa' \perp OX$ 、 $a'a'' \perp OZ$ 。 $aa' \perp OX$ 已在两投影面体系中证明。因侧面与正面也构成一个两投影面体系，同理可证明 $a'a'' \perp OZ$ 。

2) 点的水平投影到  $X$  轴的距离和侧面投影到  $Z$  轴的距离相等, 且都反映该点到  $V$  面的距离, 即  $aa_x = a''a_z = Aa'$ 。

掌握了点的上述投影特性, 就能完成点在三投影面体系中的作图。

**例 1-1** 如图 1-10a 所示, 已知点  $B$  的两个投影  $b'$  和  $b$ , 求作侧面投影  $b''$ 。

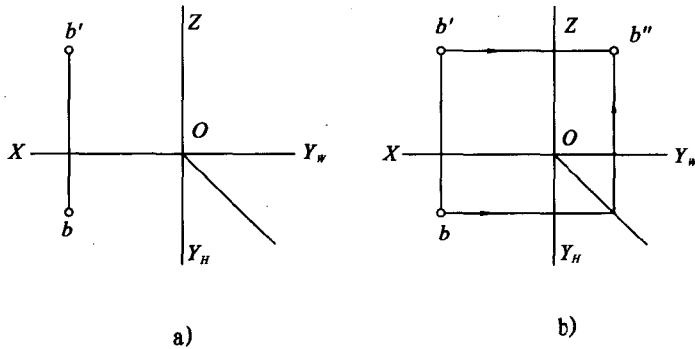


图 1-10 求点的第三投影

**解** 由于  $b'$  和  $b''$  的连线垂直于  $Z$  轴, 故  $b''$  一定在过  $b'$  且垂直于  $Z$  轴的直线上。又点的水平投影到  $X$  轴的距离和侧面投影到  $Z$  轴的距离相等, 因此可过  $b$  作  $Y_H$  的垂线与  $45^\circ$  辅助线相交, 然后过其交点作  $Y_W$  的垂线与上述过  $b'$  的水平线交于一点  $b''$ 。该点  $b''$  即为所求。作图过程及结果见图 1-10b。

**例 1-2** 如图 1-11a 所示, 已知点  $C$  的两个投影  $c'$  和  $c''$ , 求点的水平投影  $c$ 。

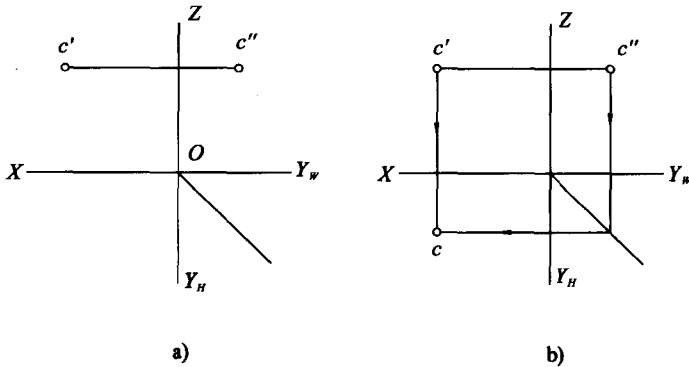


图 1-11 求点的第三投影

**解** 此题分析方法同上例, 具体作图步骤如下 (见图 1-11b):

1) 过  $c'$  作  $X$  轴的垂线。

2) 过  $c''$  作  $Y_W$  轴的垂线且与  $45^\circ$  辅助线相交, 再过其交点作  $Y_H$  轴的垂线, 与过  $c'$  所作  $X$  轴的垂线相交, 则交点  $c$  即为所求。

2. 点的投影与坐标

若将三投影面体系当作空间直角坐标系,以其原点 $O$ 为坐标系的原点,投影轴为坐标轴,投影面为坐标面,并规定采用右手坐标系,即 $X$ 轴由 $O$ 向左为正向; $Y$ 轴由 $O$ 向前为正向, $Z$ 轴由 $O$ 向上为正向。则空间一点 $A$ 至三投影面的距离就可用坐标 $(x, y, z)$ 表示。 $Oa_x$ 定义为点 $A$ 的 $x$ 坐标,它是过点 $A$ 所作的坐标面 $O-YZ$ 的平行面截得的 $OX$ 轴的长度。 $Oa_{yH}=Oa_{yW}$ 定义为点的 $y$ 坐标,它是过点 $A$ 所作的坐标面 $O-XZ$ 的平行面截得的 $OY$ 轴的长度。 $Oa_z$ 定义为点 $A$ 的 $z$ 坐标,它是过点 $A$ 所作的坐标面 $O-XY$ 的平行面截得的 $OZ$ 轴的长度。显然,给定空间点 $A$ ,有惟一的一组数 $(x, y, z)$ 与之对应;反之,给出一组数 $(x, y, z)$ 则有惟一的空间点与之对应。这样,就可根据空间点的坐标 $(x, y, z)$ 在投影图上作出该点的三个投影,也可根据点的投影图量得它的坐标。

图1-9a中点 $A$ 的坐标、点到投影面之距和点的投影到投影轴之距三者的对应关系如下:

$$\begin{aligned}x_A &= Oa_x = Aa'' \text{ (点 } A \text{ 到 } W \text{ 面之距)} = aa_{yH} = a'a_z \\y_A &= Oa_{yH} = Oa_{yW} = Aa' \text{ (点 } A \text{ 到 } V \text{ 面之距)} = aa_x = a''a_z \\z_A &= Oa_z = Aa \text{ (点 } A \text{ 到 } H \text{ 面之距)} = a'a_x = a''a_{yW}\end{aligned}$$

**例 1-3** 如图1-12所示,已知点 $D$ 的坐标为 $(20, 10, 15)$ (本书中凡未作标注的长度单位均为 $\text{mm}$ ),求作其三面投影图。

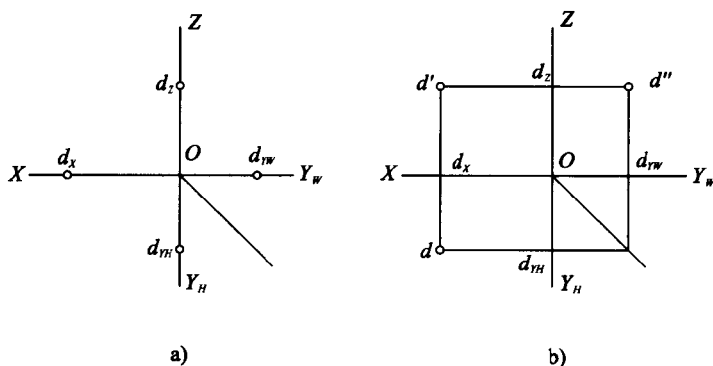


图 1-12 按坐标求作投影图

**解** 可按如下步骤作出点 $D$ 的三面投影图:

- 1) 画出投影轴及 $45^\circ$ 辅助线。
- 2) 按点的 $x, y, z$ 坐标值分别在投影轴 $X, Y_H, Y_W, Z$ 上量取并标出 $d_x, d_{yH}, d_{yW}, d_z$ 。
- 3) 过 $d_x$ 作 $X$ 轴的垂线,过 $d_z$ 作 $Z$ 轴的垂线,过 $d_{yH}$ 作 $Y_H$ 的垂线,过 $d_{yW}$ 作 $Y_W$ 的垂线,即可分别得出 $d', d$ 和 $d''$ 。作图时也可利用投影特性,根据求出的点的两个投影求作第三投影。

### 3. 点与投影面的各种相对位置

在三投影面体系第一角中,点的位置可有以下四种情况:

(1) 点处于第一角中 图1-9所示的点 $A$ 即属于此种位置。

(2) 点处于某一投影面上 点在投影面上,则点在该投影面上的投影与点本身重合,它的另外两个投影必在相应的投影轴上。如图1-13中点 $N$ 处于 $V$ 面上,它的正面投影 $n'$ 与点 $N$ 本

身重合；水平投影  $n$  在  $X$  轴上，侧面投影  $n''$  在  $Z$  轴上。图 1-14 中，点  $S$  处于  $W$  面上，则其侧面投影  $s''$  和点  $S$  本身重合，水平投影  $s$  和正面投影  $s'$  分别在  $Y_H$  轴和  $Z$  轴上。

(3) 点处于某一投影轴上 点在投影轴上时，点的两个坐标为零，这时它的两个投影（在形成该投影轴的两个投影面上的投影）与点本身重合，另一个投影与原点  $O$  重合。如点  $E$  在  $X$  轴上，它的正面投影  $e'$  和水平投影  $e$  重合于  $X$  轴上点  $E$  处，而侧面投影  $e''$  与原点重合。请读者自己动手画出它的投影图。

(4) 点处于原点 点处于原点，点的三个坐标均为零，它的三个投影均重合于原点  $O$ 。

### 三、两点的相对位置

在投影体系中，空间两点的相对位置是由该两点对各投影面的距离差，即各坐标差决定的。因此，比较它们相应的坐标即可确定其相对位置。图 1-15 给出了空间两点  $A(x_A, y_A, z_A)$  和  $B(x_B, y_B, z_B)$ 。在  $X$  方向，由于  $x_A - x_B > 0$ ，所以点  $A$  在点  $B$  的左方，其距离等于  $|x_A - x_B|$ ；在  $Y$  方向，由于  $y_A - y_B < 0$ ，所以点  $A$  在点  $B$  的后方，其距离等于  $|y_A - y_B|$ ；在  $Z$  方向，由于  $z_A - z_B < 0$ ，所以点  $A$  在点  $B$  的下方，其距离等于  $|z_A - z_B|$ 。因此，若以点  $B$  为基准来说明两点的相对位置，则可以说点  $A$  处于点  $B$  的左后下方。反之，可以说点  $B$  处于点  $A$  的右前上方。

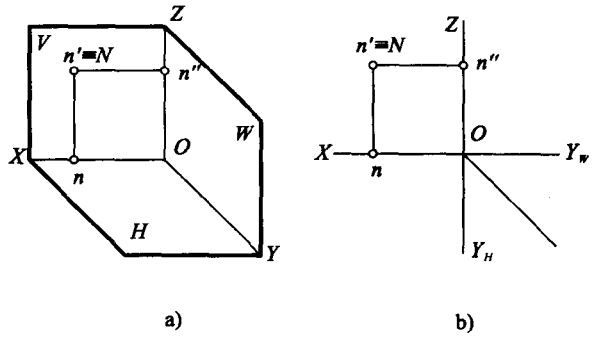


图 1-13 点在投影面  $V$  上

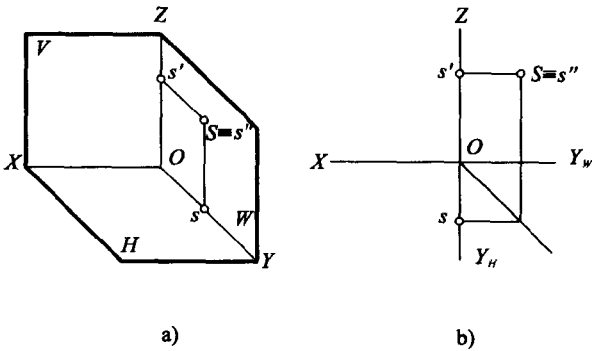


图 1-14 点在投影面  $W$  上

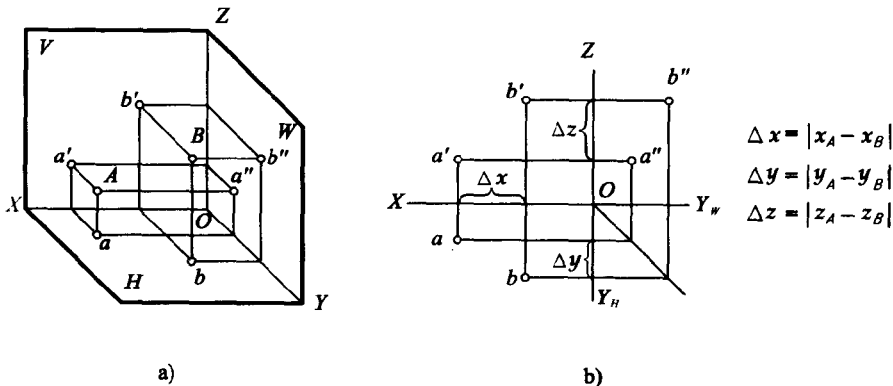


图 1-15 两点的相对位置



当两点处于某一投影面的同一投射线上时，则它们在该投影面上的投影重合，此两点称为对该投影面的重影点。

如图1-16所示，点A与点B在同一垂直于H面的投射线上，故它们的水平投影a与b重合，它们称为对H面的重影点。

对于重影点应判断它们的可见性。重影的两点中，对于观察者来说，距投影面远的一点是可见点，另一点则为不可见。如图1-16中对H面的重影点A和B，点A较点B高（离H面远），故点A可见，点B不可见。在投影图中规定：重影点在重合的两投影之中，不可见的投影加圆括号表示，用以区别两点的可见性。

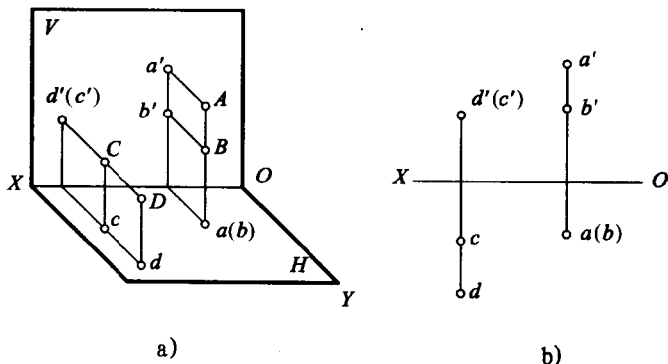


图1-16 重影点

同理，点C与点D为对V面的重影点，对观察者来说，点C被点D遮挡，故点C不可见，其正面投影c'加圆括号表示。

**例1-4** 如图1-17a所示，已知点A的三面投影 $a'$ 、 $a$ 、 $a''$ ，又知点B在点A的右方10mm，后方5mm和下方8mm，求作点B的投影。

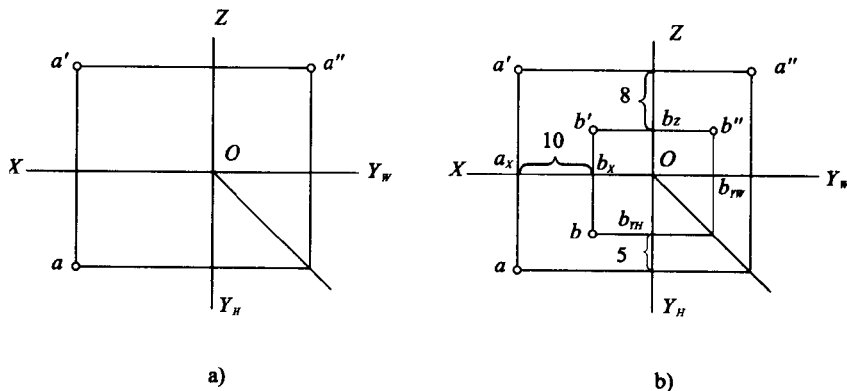


图1-17 按两点相对位置作投影图

**解** 根据点B在A的右方10mm，则可由 $a_x$ 沿X轴向右量取10mm，并作直线垂直于X轴。根据点B在点A的下方8mm，则可由 $a_z$ 沿Z轴向下量取8mm，再作与Z轴垂直的直线。上述所作两直线的交点即为 $b'$ 。同理，沿 $Y_H$ 轴由 $a_{Y_H}$ 向后量取5mm，并作 $Y_H$ 轴的垂线，与所作第一条X轴的垂线交点即为b，最后由 $b'$ 和b求出 $b''$ ，即完成点B的三面投影。

**例1-5** 如图1-18a所示，已知两点A和B的投影图，判断该两点在空间的相对位置。

**解** 由两点的正面投影和水平投影可见其x坐标不同， $x_A > x_B$ ，故点A在点B的左方。而两点的z坐标差等于零，即等高；两点的y坐标差也等于零，即等远，因此它们处于同一条垂直于侧面的直线上，即点A在点B的正左方，侧面投影必重合，两点为对W面的一对重影点。