

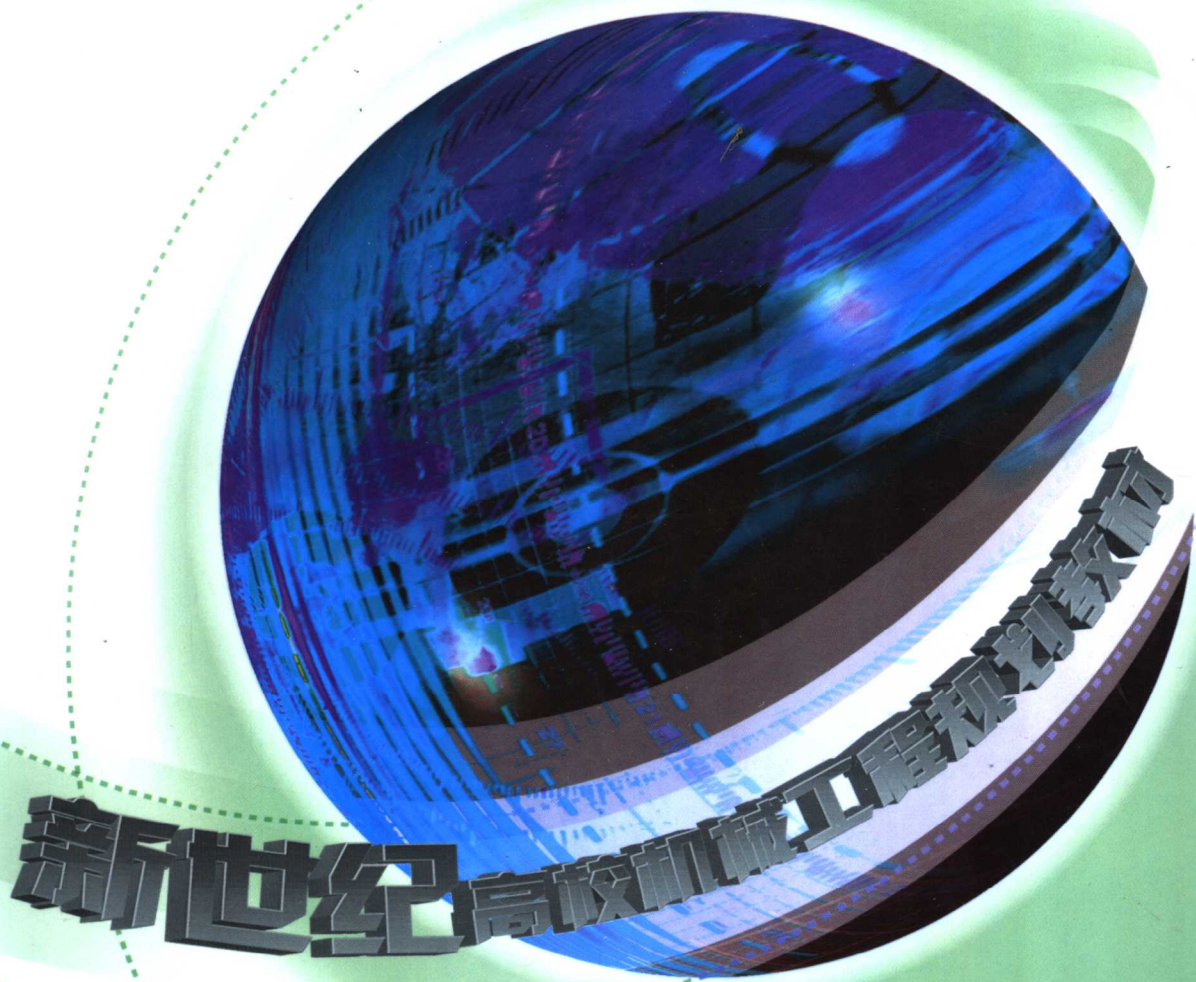
新世纪 GAOXIAO GUIHUA JIAOCAI 高校机械工程规划教材



# 画法几何与工程制图

(石油、化工院校适用)

石油大学 孙培先 主编



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



新世纪高校机械工程规划教材

# 画法几何与工程制图

(石油、化工院校适用)

主 编 孙培先  
副主编 王慧艺 牛文杰  
参 编 刘丽娟 姜 晖 袁宝民  
主 审 范波涛



机械工业出版社

本书是根据机械类专业“画法几何与工程制图课程教学基本要求”，吸收了教学内容和教学方法的改革成果，并结合石油、化工类专业的特点编写而成的。

本书由画法几何、绘图基础和工程图样三部分组成。基本内容包括：点线面的投影，投影变换，曲线与曲面，立体及其交线，轴测投影；组合体的视图，机件的表达方法；标准件与常用件，零件图与装配图，展开图与焊接图，管路布置图、化工设备图，计算机绘图与造型技术等内容。

该书突出学科特点和内容特点，注重了空间分析、形体分析、投影规律、表达特点、作图方法、注意问题等的归纳和总结，以便于自学。

本书适用于石油、化工高等院校的机械与近机类各专业的画法几何与工程制图教材。也适合于成人高等教育、函授大学等的有关专业使用。可供相应的工程技术人员参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

画法几何与工程制图 / 孙培先主编. — 北京: 机械工业出版社, 2004.8  
新世纪高校机械工程专业规划教材. 石油、化工院校适用  
ISBN 7-111-14351-4

I. 画… II. 孙… 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 (2004) 第 034066 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: 高文龙 版式设计: 霍永明 责任校对: 张晓蓉  
封面设计: 姚毅 责任印制: 施红  
煤炭工业出版社印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行  
2004 年 8 月第 1 版第 1 次印刷  
787mm × 1092mm<sup>1</sup>/<sub>16</sub> · 19.75 印张 · 485 千字  
定价: 27.00 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) 68993821、88379646  
封面无防伪标均为盗版

# 新世纪高校机械工程规划教材 编审委员会

**顾问:** 艾 兴 (院士)

**领导小组:** 张 慧 师忠秀 梁景凯 高文龙  
赵永瑞 赵玉刚

**委 员:** 张 慧 张进生 宋世军 沈敏德  
赵永瑞 程居山 赵玉刚 齐明侠  
高振东 王守城 姜培刚 梅 宁  
昃向博 梁景凯 方世杰 高文龙  
邓海平 尚书旗 姜军生 刘镇昌

# 前 言

随着科学技术的迅猛发展,要求高等教育必须培养出高素质的创新型人才。面对教育改革与发展的形势和任务,组织编写了《画法几何与工程制图》教材。本书是按照教育部教学指导委员会制定的关于“画法几何与工程制图课程教学基本要求”,在继承传统制图精华的基础上,结合近年来《画法几何与工程制图》课程教学改革的实践而编写的。

本书内容经过悉心的组织与精选,符合加强基础、注重实践、培养能力的精神。编写中力求作到:拓宽投影理论基础,增强形体分析手段,突出图物转换规律,结合专业图形特点,加强计算机绘图实践。

该书仍以点、线、面、体的投影理论为基础,培养空间想象和分析能力。重点叙述了空间与平面间的绘图和读图的基本原理和方法,及不同结构形体的各种表达方法与技巧。教材中除机械工程零、部件图样的绘制与阅读的内容以外,还编写了具有石油、化工专业特色的焊接构件图、管路布置图、化工设备图、计算机绘图与造型等内容,以满足不同专业的教学需求。教材采用了最新颁布的《技术制图与机械制图》国家标准中的有关规定。

该书在完成图与物的相互转换过程中,突出了空间分析、形体分析、投影规律、表达特点、作图方法、注意问题等的归纳和总结。这样在学习中可使分析问题有思路,解题作图有方法,易找规律和特点,便于记忆和掌握。为便于自学,在文字叙述上力求简洁通俗,在形式上尽量采取图文并茂,由投影图与直观图对照的表现手法,以加深对内容的理解,有助于空间构思与表达能力的提高。

本书适用于石油、化工高等院校的画法几何与工程制图课程 80~110 学时的教学要求,教学中可根据专业要求和学时数的不同酌量取舍。该书也适用于函授大学、高等职业教育、成人高等教育的相应专业使用,也可供工程技术人员参考。

为了满足教学需要,我们研制了与该书内容相一致的电子讲稿,使教学更生动形象;另外编写了一本《画法几何与工程制图习题集》与本书配套使用。

本书由石油大学孙培先主编,王慧艺、牛文杰任副主编。参加编写工作的有孙培先、王慧艺、牛文杰、刘丽娟、姜晖、袁宝民等。

本书由山东工程图学会理事长、山东大学教授范波涛主审。经石油大学刘衍聪教授审阅。得到工程与计算机图学老师们的关心和支持,在此表示真诚的感谢。

因编写水平有限,书中存在的错误与不当之处,热情欢迎读者给予批评指正。

(山东 淄博石油大学 孙培先 257061 13021560295)

编者

2004 年 2 月

# 目 录

前言		
绪论	1	
<b>第一篇 画法几何</b>	<b>3</b>	
<b>第一章 点和直线的投影</b>	<b>3</b>	
第一节 投影基本知识	3	
第二节 点的投影	5	
第三节 直线的投影	9	
第四节 两直线的相对位置	14	
<b>第二章 平面的投影</b>	<b>19</b>	
第一节 平面的投影	19	
第二节 平面上的点和线	22	
第三节 线面的相对位置	25	
第四节 综合问题分析	30	
<b>第三章 投影变换</b>	<b>33</b>	
第一节 概述	33	
第二节 换面法	34	
第三节 换面法的应用	38	
第四节 旋转法及其应用	41	
<b>第四章 工程曲线与曲面</b>	<b>47</b>	
第一节 曲线概述	47	
第二节 圆柱螺旋线	48	
第三节 工程曲面	50	
第四节 螺旋面及应用	52	
<b>第五章 立体及其交线</b>	<b>56</b>	
第一节 平面立体的投影	56	
第二节 曲面立体的投影	60	
第三节 平面与曲面体相交	63	
第四节 两回转体表面相交	69	
第五节 多形体相交	76	
<b>第六章 轴测投影</b>	<b>78</b>	
第一节 轴测投影的基本知识	78	
第二节 正等轴测图的画法	79	
第三节 斜二等轴测图的画法	84	
第四节 轴测图中的交线与剖切	86	
<b>第二篇 绘图基础</b>	<b>89</b>	
<b>第七章 绘图的基本知识</b>	<b>89</b>	
第一节 绘图的一般规定	89	
第二节 几何作图	97	
第三节 平面图形的线段分析	101	
第四节 画草图的基本手法	103	
<b>第八章 组合体的视图</b>	<b>106</b>	
第一节 组合体的构成	106	
第二节 组合体的三视图	109	
第三节 三视图的画法	110	
第四节 读组合体的视图	117	
第五节 组合体的尺寸标注	126	
<b>第九章 机件的表达方法</b>	<b>132</b>	
第一节 视图	132	
第二节 剖视图	136	
第三节 断面图	144	
第四节 规定与简化画法	146	
第五节 综合表达分析	148	
<b>第十章 计算机绘图与造型</b>	<b>153</b>	
第一节 计算机绘图与造型基础	153	
第二节 AutoCAD 绘图与编辑	156	
第三节 AutoCAD 绘图辅助功能	163	
第四节 尺寸与技术要求的注写	164	
第五节 Solidworks 实体造型	166	
第六节 Solidworks 工程图	174	
<b>第三篇 工程图样</b>	<b>178</b>	
<b>第十一章 标准件与常用件</b>	<b>178</b>	
第一节 螺纹的画法及标注	178	
第二节 螺纹紧固件	183	
第三节 键与销联接	188	
第四节 齿轮、蜗杆与蜗轮	190	
第五节 轴承与弹簧	195	
<b>第十二章 零件图</b>	<b>199</b>	
第一节 零件图的内容	199	
第二节 零件的结构分析	200	

第三节	零件的视图与尺寸	202	第四节	曲面的近似展开	260
第四节	技术要求	210	<b>第十六章</b>	<b>管路布置图</b>	264
第五节	读零件图	219	第一节	概述	264
第六节	零件的测绘	223	第二节	管路图示符号	265
<b>第十三章</b>	<b>装配图</b>	227	第三节	管路布置图	267
第一节	装配图的内容	227	第四节	读管路布置图	271
第二节	装配体的表达方法	228	<b>第十七章</b>	<b>化工设备图</b>	274
第三节	装配图的尺寸与编号	230	第一节	概述	274
第四节	装配结构的工艺性	231	第二节	化工设备的视图	274
第五节	绘制装配图	234	第三节	化工设备的尺寸	279
第六节	读装配图	238	第四节	设备图的表格与技术要求	280
<b>第十四章</b>	<b>焊接构件图</b>	245	第五节	化工设备图的绘制和阅读	282
第一节	焊缝的型式及画法	245	<b>附录</b>		286
第二节	焊缝的代号	247	附录 A	螺纹	286
第三节	焊缝的标注	249	附录 B	常用的标准件	290
第四节	焊接结构图例	251	附录 C	极限与配合	299
<b>第十五章</b>	<b>钣金展开图</b>	253	附录 D	金属材料与热处理	302
第一节	概述	253	附录 E	零件结构要素与加工规范	306
第二节	平面立体的表面展开	253	<b>参考文献</b>		307
第三节	曲面形体的表面展开	256			

# 绪 论

## 一、本学科的研究对象

在现代科学技术飞速发展的时代，人们常在分析、研究事物的客观规律，以及构思、设计和图解空间几何问题的过程中，广泛地应用投影的基本理论与方法。在工程技术活动中，通常按照一定的方法、规律和技术规定，在图纸上正确地表示出机器、建筑、设备、零件、仪表及物体的结构、形状、大小、材料、规格和性能等内容，这种图纸资料就称之为工程图样，它是工程技术人员用来设计、表达和交流技术思想的工具。因此，图样成为当今信息社会的重要载体，工程图样常被称为工程界的技术语言。

在机械工程上常用的图样有零件图、装配图、展开图和焊接图。在石油化工工程中，常用的图样有管路安装图、工艺流程图和化工设备图。在房屋建筑工程中，常有建筑施工图、结构施工图和设备施工图等。在进行机器设备的设计和改进时，要通过图样来表达设计思想和要求；在制造机器过程中的加工、检验、装配等各个环节，都要以图样作为依据；在使用机器时，也要通过图样来帮助了解机器的结构和性能。因此，工程图样是设计、制造、使用机器过程中的一种重要的工程技术文件。

随着计算机图形学的普及和发展，图形处理和绘制手段则发生了大的变革，工程界已逐步利用计算机来绘制工程图样，从而大大的提高了绘图的质量与速度。了解计算机绘图的基本知识，掌握计算机绘图的基本技能，也是工程制图的一个重要组成部分。

本课程主要是研究投影的基本理论与方法，完成由‘物到图’和由‘图到物’的转换过程，即研究空间与平面间物体的相互转换规律。画法几何与工程制图的理论与方法，是根据投影规律和技术规定来绘制和阅读工程图样的一门科学，是解决工程技术问题的一种重要工具，每一个工程技术人员都必须学习和掌握这门科学技术。

## 二、学习本课程的目的

画法几何与工程制图是高等工科院校中一门既有系统理论，又有较强实践的重要技术基础课程。本课程的主要内容包括：画法几何、制图基础和工程技术图样三大部分。

画法几何部分主要学习正投影法的形成和规律、表达空间线面关系和几何体形状的原理和方法，培养空间想象和分析能力。制图基础部分重点掌握各视图间的对应规律和机件的表达方法，提高空间构形创新能力和绘图技术。工程技术图样部分熟悉机械零部件的表达特点和内容，了解不同专业图样的绘制方法和规定；掌握阅读机械工程装配图和零件图的基本技能，以及阅读其他专业图样的方法和步骤。

通过这门技术基础课程的学习，目的是掌握现代科学技术知识和手段，培养既有绘制和阅读工程图样的能力，又具有较强空间形象思维能力的创新型人才。

学习本课程的主要目的和任务是：

- 1) 研究正投影的基本理论与方法。



- 2) 学习工程制图技术的规定和知识。
- 3) 掌握绘制和阅读工程图样的基本技能。
- 4) 培养空间分析和解决工程问题的综合能力。

随着学习和实践经验的积累，逐步达到学习目的。为后继课程的学习和研究解决工程技术问题打下坚实的基础，以适应现代化建设的需要。

### 三、本课程的学习方法

由于工程制图是研究空间三维形体与平面图形之间的对应关系，这也是工程制图学与其他学科间的最大区别。因此，在本课程的学习中，必须要有适合该课程特点的学习方法作指导，以顺利完成该课程的学习任务。

1) 要学习好这门课程，必须要抓住其空间思维与形象思维的学科特点。利用投影原理反复进行空间与平面间相互转换过程的想象和理解。分析空间形体与平面图形间的对应关系和规律，通过空间的分析和形象思维活动，达到空间与平面间的对立和统一。

2) 利用投影的基本理论与方法，进行由物到图、又由图到物的对应练习。通过表达绘图和阅读图形的反复实践，以掌握绘图与读图的基本技能和空间想象能力的提高。因此，在学习过程中必须坚持进行多画、多读和多想象的综合训练。

3) 在学习本课程的过程中，必须抓住课程的内容特点。对学习的每部分内容要善于归纳其投影规律、表达特点和作图方法，以加深对所学内容的理解。这样既便于熟练掌握理论知识和实际运用，又能较快地提高工程制图的学习效率。

4) 在学习中必须要培养耐心细致的工作作风，树立严肃认真的工作态度，坚持理论联系实际的学风，养成刻苦自学的良好习惯。并注意熟悉制图国家标准和有关技术规定，逐步提高绘制和阅读工程图样的能力，提高构思与创新能力。

# 第一篇 画法几何

## 第一章 点和直线的投影

### 第一节 投影基本知识

在现代工程建设中所使用的图样都是采用投影的方法绘制出来的。如我们处在阳光或路灯下时，地面上就出现了人们的影子，这就是投影的一种自然现象。通过长期的实践和总结，逐渐形成了科学的投影方法——中心投影法、平行投影法。不同的投影方法有其不同的特性，从而决定了不同投影方法的应用领域。

#### 一、中心投影法

如图 1-1 所示，建立一个以  $S$  为投影中心，由  $S$  发出的光线为投影线，以  $P$  为投影面的投影体系，这样在投影面  $P$  上就得到了三角板  $ABC$  的投影  $abc$ 。由于投影线是从一中心点发出的，所以这种得到投影  $abc$  的方法称中心投影法。由图中可见，随着三角板  $ABC$  与  $P$  面距离的改变，其投影  $\triangle abc$  的大小也随之在改变。

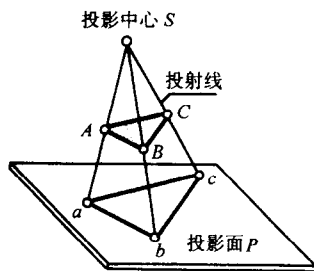


图 1-1 中心投影法

因此，中心投影法所具有的投影特点：

- 投影的大小随着物体与投影面距离的变化而变化。

由于中心投影不能反映物体的实际大小，作图也比较复杂，所以，中心投影常作工程中的辅助图样，一般仅在摄影、效果图、透视图中使用。

#### 二、平行投影法

若将投影中心  $S$  移至无限远时，投影线则互相平行，这样在投影面  $P$  上所得到的空间三角板  $ABC$  的投影  $abc$  的方法称为平行投影法，如图 1-2 所示。可见，当三角板  $ABC$  与  $P$  面距离改变时，其投影  $abc$  的大小不变。

因此，平行投影法所具有的投影特点：

- 物体在投影体系中平行移动时，其投影的形状和大小都不变。

平行投影法按投影方向与投影面的相对位置，又可分为图 1-2 中展示的：图 a 正投影法和图 b 斜投影法两种。

如图 1-2a 所示，用一束互相平行且与投影面垂直的投影线，将物体向投影面进行投影

的方法称正投影法。所得到的投影称为正投影。通常的工程图样都是采用正投影法绘制出来的。

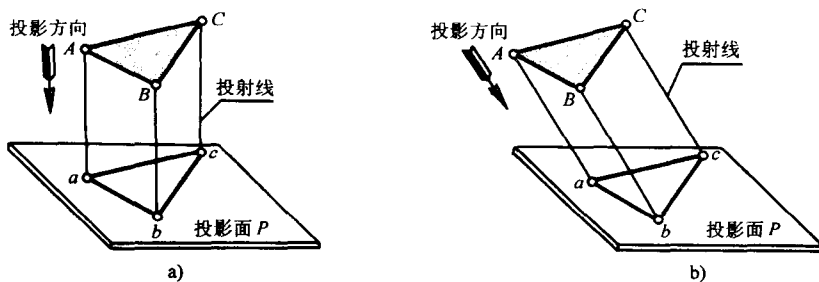


图 1-2 平行投影法

### 三、建立多面投影体系

在图 1-3a 中可见，处在同一条投影线上的空间点  $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ ，在  $V$  面上的正投影均为  $a'$ ，所以，仅有点的一个投影不能唯一确定空间点的位置。在图 b 中两个形状不同的物体，其正投影却是完全相同的，这也说明仅有一个投影不能确切地表达物体的形状，因为这一个投影只反映了物体前面一个方向的情况。所以，要把物体的形状表达清楚，常需要两个以上的投影。

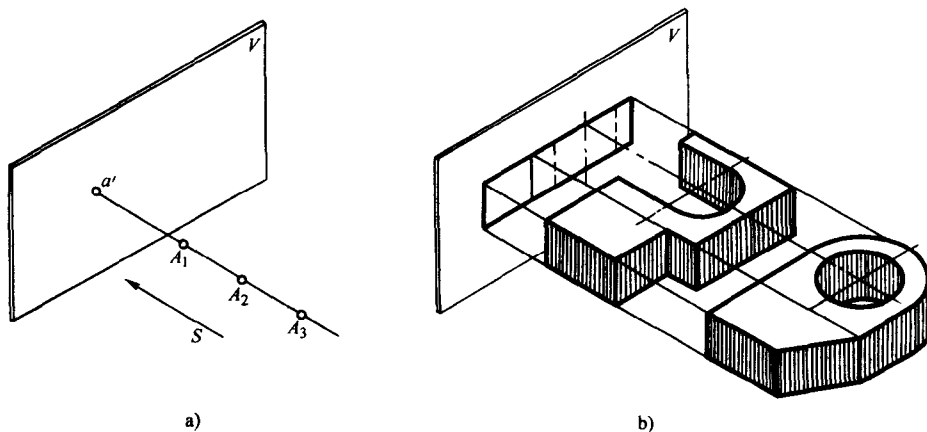


图 1-3 单面投影

为确切地表达点的位置和物体的形状，必须建立由多个投影面构成的投影体系。如图 1-4a 所示，将处在前方的投影面称为正投影面，记作  $V$  面；将与正投影面垂直且在其下方的称为水平投影面，记作  $H$  面；由投影面  $V$ 、 $H$  就建立起一个互相垂直的两面投影体系。并将正投影面  $V$  与水平投影面  $H$  的相交线称为投影轴，记作  $x$  轴。

如图 1-4b 所示，在正投影面  $V$  和水平投影面  $H$  的右边加一个侧投影面，记作  $W$  面，使投影面  $W$  与  $V$ 、 $H$  分别垂直。这样由投影面  $V$ 、 $H$ 、 $W$  就建立起一个互相垂直的三面投影体系。且投影面  $H$  与  $W$  交有投影轴  $y$ ，投影面  $V$  与  $W$  交有投影轴  $z$ 。

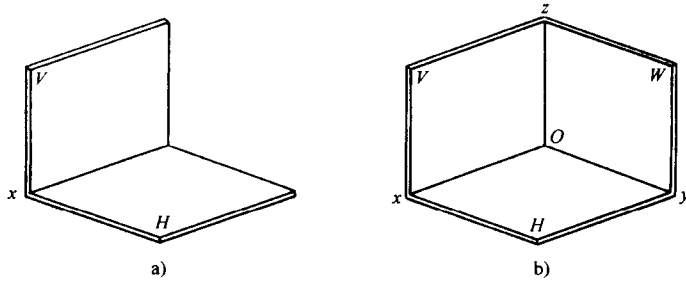


图 1-4 多面投影体系

#### 四、直线和平面的投影特点

在正投影法中，直线和平面有以下三个重要特点：

- 1) 物体上凡是与投影面平行的直线和平面，其投影反映实长或实形  
如图 1-5a 中直线  $AB \parallel H$  面，其投影  $ab$  反映直线  $AB$  的实长；平面  $\triangle CDE \parallel H$  面，其投影  $cde$  反映平面  $\triangle CDE$  的实形。
- 2) 物体上凡是与投影面相垂直的直线和平面，其投影都具有积聚性  
如图 1-5b 中所示，空间直线  $AB \perp H$  面，其投影成一点  $a(b)$ ；平面  $\triangle CDE \perp H$  面，其在  $H$  面上的投影  $cde$  积聚成一直线。
- 3) 物体上凡是与投影面倾斜的直线和平面，其投影成缩小的类似形  
如图 1-5c 中的直线  $AB$  和平面  $\triangle CDE$  都与  $H$  面倾斜，其直线  $AB$  的投影变短为  $ab$ ，平面  $\triangle CDE$  的投影缩小为类似形  $\triangle cde$ 。

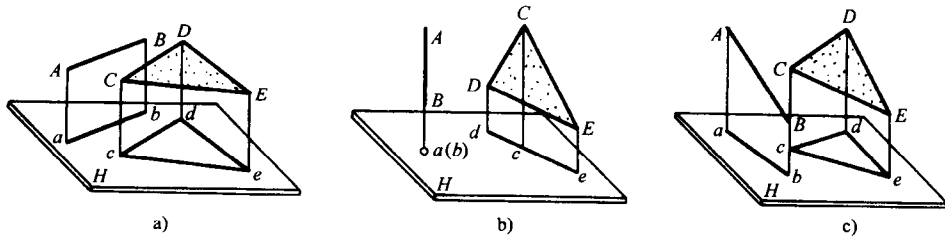


图 1-5 线面的投影特性

## 第二节 点的投影

立体都是由表面的轮廓形状所确定的，图 1-3b 中所示立体在  $V$  面上的投影图，就是绘制出该立体表面轮廓上所有线、面的投影。下面主要介绍空间几何的基本元素——点的投影。

### 一、点的两面投影

如图 1-6a 所示，将处在两面投影体系中的空间点  $A$  分别向  $V$ 、 $H$  投影面进行的正投影。现将点  $A$  在  $V$  投影面上的正投影称为正面投影—— $a'$ ，而在  $H$  投影面上的正投影称为水平投影—— $a$ 。

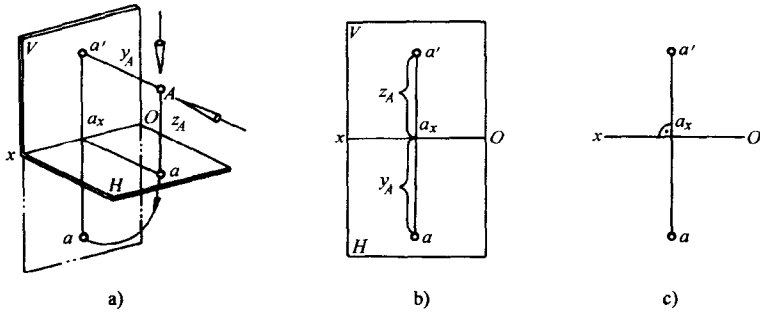


图 1-6 点的两面投影

点的正投影实际上就是：通过空间点的投影面垂直线与投影面的交点。

若将两投影画在同一平面内，使  $V$  面保持不动，将  $H$  面绕  $x$  轴向下展开使与  $V$  面重合。

图 1-6b 和 c 所示，即为将两投影  $a'$ 、 $a$  展开画在同一平面内的投影图。

由图 1-6 可见，因为  $Aa' \perp V$ 、又  $Aa \perp H$ ，所以  $a'a \perp xO$ ，并交  $x$  轴于  $a_x$  点，必有  $a' \perp a_x$ 、 $aa_x$ 。展开后  $a'a_x$  与  $aa_x$  重合，且两投影连线  $a'a$  垂直于  $x$  轴。

可见空间点  $A$  到  $V$  面的距离  $Aa' = aa_x$ ，点  $A$  到  $H$  面的距离  $Aa = a'a_x$ 。

从而得到点的两面投影规律：

- 1) 空间点的两面投影连线必定垂直于其间的投影轴；即：影连线  $\perp$  投影轴。
- 2) 点到该投影面的距离等于另一个投影到轴的距离；即：点面距 = 影轴距。

## 二、点的三面投影

图 1-7a 表示空间点  $A$  在  $V$ 、 $H$ 、 $W$  三面投影体系中的正投影。得到正面投影  $a'$ ，水平投影  $a$ ，将  $A$  在  $W$  面上的投影称为侧面投影—— $a''$ 。

现使投影面  $V$  不动，将  $H$  面绕  $x$  轴向下而  $W$  面绕  $z$  轴向右旋转展开，使  $H$ 、 $W$  与  $V$  面重合成一平面。图 b 和 c 即为展开后  $a$ 、 $a'$ 、 $a''$  的三面投影图。

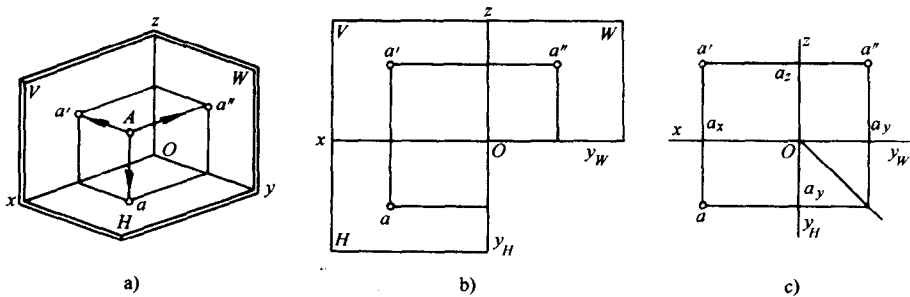


图 1-7 点的三面投影

由分析可见，在三面投影体系中点的投影规律：

- 1) 点的其中任意两面投影的连线垂直于相应的投影轴。即

$$a'a \perp x \quad a'' \perp y \quad a'a'' \perp z$$

- 2) 点到该投影面之距等于另一个投影到相应轴的距离。即

$$Aa'' = a'a_x = aa_y = x, \quad Aa' = aa_x = a''a_z = y, \quad Aa = a'a_z = a''a_y = z$$

根据点的三面投影规律，由点的两面投影可以作出第三投影。

【例题 1】如图 1-8 所示，已知  $A$  点的两个投影  $a'$  和  $a$ ，求作  $a''$ 。

作图：①在图 1-8 中，先过  $a'$  作连线垂直于  $z$  轴，另过  $O$  画  $45^\circ$  斜线；

②再过  $a$  作连线垂直于  $y_H$  轴，遇斜线作连线垂直于  $y_W$  轴，连线交点则为  $a''$ 。

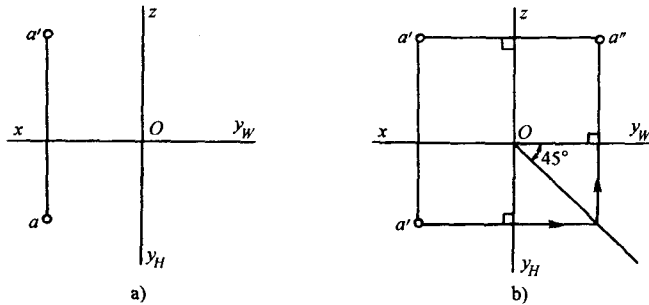


图 1-8 由两投影求第三投影

### 三、点的坐标与投影

在三面投影体系中，由于点的一个投影可反映出该点的两个坐标，而两个投影则可反映出该点的三个坐标。因此，由空间点的三个坐标值  $(x, y, z)$  可作出其三面投影。

【例题 2】已知点  $A(20, 15, 10)$  与  $B(10, 10, 5)$  的坐标值，试作出点  $A$  和  $B$  的三面投影  $a, a', a''$  及  $b, b', b''$ 。

作图：①先画出  $x, y, z$  三根相互垂直的投影轴，并在投影轴上标出单位，如图 1-9 所示。

②由点的坐标值  $x=20$  作  $V, H$  投影连线垂直于  $x$  轴，由  $y=15$  作  $y_H$  和  $y_W$  轴的垂直连线，由  $z=10$  作  $V, W$  投影连线垂直于  $z$  轴，由所作出的两投影连线即可相应交出点  $A$  的投影  $a, a', a''$ 。

③同理，由  $B$  点的坐标值  $(10, 10, 5)$ ，可作出  $B$  点的三面投影  $b, b', b''$ 。

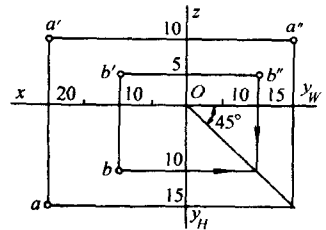


图 1-9 由点的坐标作投影图

在图 1-10a 中，展示了投影面和投影轴上点的两面投影情况。当空间点  $B(x, y, z)$  的坐标值  $y=0$  时，说明  $B$  点在  $V$  投影面上。该点  $B$  的  $V$  面投影  $b'$  为其本身， $H$  面投影  $b$  必在  $x$  轴上。

同理可知，若点  $C(x, y, z)$  的坐标值  $z=0$  时，点一定在  $H$  投影面上；若  $x=0$  时，则点一定在  $W$  投影面上。若点的三个坐标中，其中有两个坐标值等于零，如点  $D$  的坐标  $y=0, z=0$  时，说明该点  $D$  在  $x$  投影轴上。

因此，投影面及投影轴上点的投影特点：

- 1) 投影面上点的该面投影为其本身，另两个投影必定在相应的投影轴上。
- 2) 投影轴上点的两面投影为其本身，另一个投影必在该投影轴的原点上。

在图 1-10b 中，展示了点在其他分角中的两面投影情况。投影面  $V(V_1)$ 、 $H(H_1)$  将空间分成 I、II、III、IV 四个分角，点  $B, C, D$  分别在 II、III、IV 分角中，其在  $V(V_1)$  面上的正投影为  $b', c', d'$ ，在  $H(H_1)$  面上的正投影为  $b, c, d$ 。将前半  $H$  面向下，而

后半  $H_1$  面向上绕  $x$  轴旋转使与  $V (V_1)$  面重合, 便得到点在不同分角中的两面投影图。

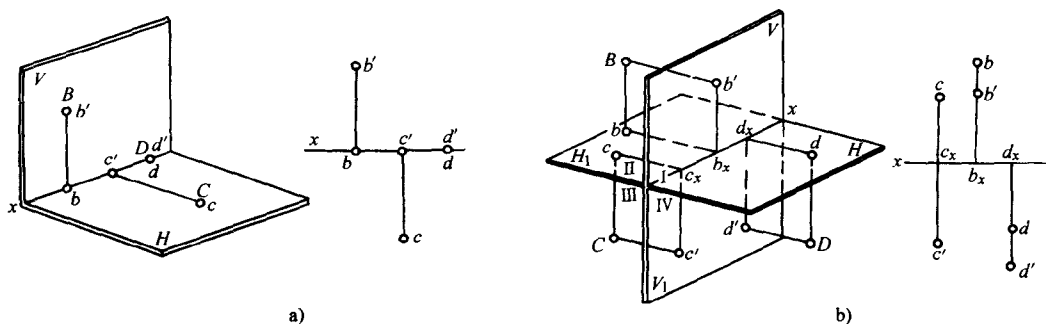


图 1-10 在投影面上及其他分角中点的投影

可见, 不同分角中点的投影特点:

- 1) 第 II 分角中点的正面投影和点的水平投影同时在  $x$  轴的上方。
- 2) 第 III 分角中点的正面投影在  $x$  轴下方而水平投影在  $x$  轴上方。
- 3) 第 IV 分角中点的正面投影和点的水平投影同时在  $x$  轴的下方。

#### 四、两点的相对位置

两点在空间的相对位置, 可由两点的坐标关系来确定。两点的左、右相对位置由  $x$  坐标确定, 前、后相对位置由  $y$  坐标确定, 上、下相对位置由  $z$  坐标确定; 两点中坐标值大的即在左方、在前方、在上方, 而坐标值小的即在右方、在后方、在下方。

从图 1-11a 中点  $A$  与  $B$  的位置可知, 点  $B$  在  $A$  点的左方、后方和下方, 这说明  $B$  点的  $x$  坐标比  $A$  点大, 而  $y$ 、 $z$  坐标比  $A$  点小。因此, 由两点的坐标差也可确定  $B$  点的投影。

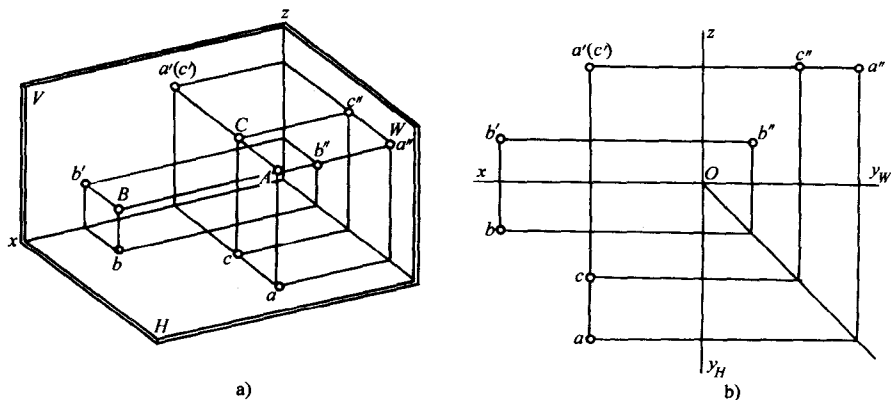


图 1-11 两点的相对位置

从图 1-11a 中点  $A$  与  $C$  的位置可知, 点  $C$  在  $A$  点的正后方, 说明  $C$  点的  $y$  坐标比  $A$  点小, 而  $x$ 、 $z$  坐标与  $A$  点相同, 既两点的  $x$ 、 $z$  坐标差等于零。因此, 点  $A$  与  $C$  点的正面投影  $a'$  和  $c'$  相重合, 称为重影点。因空间点  $C$  在  $A$  点的正后方, 其正面投影 ( $c'$ ) 加括弧表示不可见。

重影点可见性的判断, 要由两点对该投影面垂直坐标的大小来确定, 对该投影面坐标大的其投影可见, 而坐标小的则不可见。图 1-11b 为两点的相对位置和重影点的投影图。

### 第三节 直线的投影

空间直线的投影可认为：过直线上各点的投影线所构成的投射面与投影面的交线。因此，直线的投影一般仍为直线，可由直线上两端点同面投影的连线来确定。

#### 一、直线的投影特性

直线相对于投影面的位置可分为三种：即投影面的平行线、投影面的垂直线和投影面的倾斜线。前两种称为特殊位置直线，后一种称为一般位置直线，各自具有不同的投影特性。

##### 1. 投影面平行线

若直线在三面投影体系中仅平行于一个投影面时，则该直线为投影面的平行线。其中：平行于  $V$  面的直线称正平线，平行于  $H$  面的直线称水平线，平行于  $W$  面的直线称侧平线。

图 1-12 展示了正平线  $AB$  的立体图和三面投影图，从中可以分析出其投影特性。

因为直线  $AB$  平行于  $V$  面，即线上各点的  $y$  坐标相等，因此  $a'b' \parallel AB$ ， $a'b' = AB$ 。又因直线上各点到  $V$  面的距离等于另一投影到轴的距离，所以  $ab \parallel Ox$ ， $a''b'' \parallel Oz$ 。

由以上分析的结果可知： $a'b'$  与  $Ox$ 、 $Oz$  轴间的夹角，即为直线  $AB$  对  $H$ 、 $W$  投影面的真实倾角  $\alpha$ 、 $\gamma$ 。显然，直线  $AB$  对  $V$  投影面的倾角  $\beta = 0$ 。

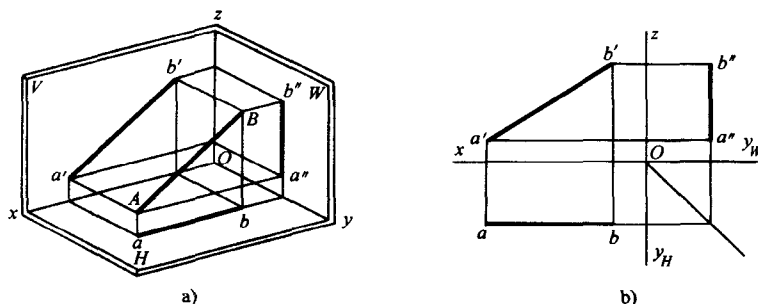


图 1-12 正平线的投影

同理，可以分析出水平线和侧平线所具有的投影性质。

所以，投影面的平行线具有下列投影特性：

- 1) 在所平行的投影面上的投影反映直线的真实长度。
- 2) 另外两个投影与相应的投影轴平行，且长度变短。
- 3) 反映实长的投影，呈现对另两投影面的真实倾角。

表 1-1 中列出了投影面平行线的立体图、投影图及投影特性。

##### 2. 投影面垂直线

若直线在三面投影体系中垂直于一个投影面时，则该直线为投影面的垂直线。其中：垂直于  $H$  面的直线称铅垂线，垂直于  $V$  面的直线称正垂线，垂直于  $W$  面的直线称侧垂线。

图 1-13 展示了铅垂线  $AB$  的立体图和三面投影图，从中可分析出其投影特性。因为直线  $AB$  垂直于  $H$  面，其线上各点的  $x$ 、 $y$  坐标相等，因此  $AB$  的水平投影积聚成一点  $a(b)$ 。又因  $AB \perp H$ ，必然  $V \parallel AB \parallel W$ ，因此  $a'b' \perp Ox$ ， $a''b'' \perp Oy_w$ ， $a'b' = AB = a''b''$ 。另外可知，铅垂线  $AB$  对投影面的倾角  $\alpha = 90^\circ$ ， $\beta = \gamma = 0$ 。



表 1-1 投影面平行线的投影特性

名称	水平线 ( $AB // H$ )	正平线 ( $AB // V$ )	侧平线 ( $AB // W$ )
轴侧图			
投影图			
投影特性	<ol style="list-style-type: none"> <li><math>ab = AB</math></li> <li><math>ab</math> 与 <math>x</math>、<math>y_H</math> 轴夹 <math>\beta</math>、<math>\gamma</math> 角</li> <li><math>a'b' // x</math> 轴, <math>a''b'' // y_W</math> 轴</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li><math>c'd' = CD</math></li> <li><math>c'd'</math> 与 <math>x</math>、<math>z</math> 轴夹 <math>\alpha</math>、<math>\gamma</math> 角</li> <li><math>cd // x</math> 轴, <math>c''d'' // z</math> 轴</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li><math>e'f' = EF</math></li> <li><math>e'f'</math> 与 <math>y_W</math>、<math>z</math> 轴夹 <math>\alpha</math>、<math>\beta</math> 角</li> <li><math>ef // y_H</math> 轴, <math>e'f' // z</math> 轴</li> </ol>

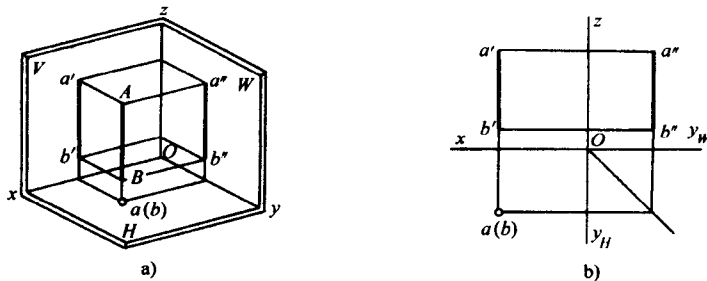


图 1-13 铅垂线的投影

同理，可以分析出正垂线和侧垂线所具有的投影性质。

所以，投影面的垂直线具有下列投影特性：

- 1) 在所垂直的投影面上的投影具有积聚性，投影成一点。
- 2) 另外两投影与相应的轴垂直，且反映直线的真实长度。

表 1-2 中列出了投影面垂直线的立体图、投影图及投影特性。

### 3. 一般位置的直线

既不平行也不垂直投影面的直线称一般位置直线。图 1-14a 为一般位置直线  $AB$  在三面投影体系中的正投影，先要分别作出直线两端点  $A$ 、 $B$  的投影  $(a, a', a'')$ 、 $(b, b', b'')$ ，然后将其同面投影连接起来即可。

图 1-14b 中所示为展开的一般位置直线  $AB$  的三面投影图，可见三面投影  $ab$ 、 $a'b'$ 、 $a''b''$  与投影轴都倾斜，投影既不反映实长也不反映与投影面的真实倾角。