

新世纪

GAOXIAO GUIHUA JIAOCAO

高校机械工程规划教材



工程制图

主 编 孙培先
副主编 王慧艺 刘丽娟



新世纪高校机械工程规划教材

43



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



新世纪高校机械工程规划教材

工 程 制 图

主 编 孙培先

副主编 王慧艺 刘丽娟

主 审 许光明



机 械 工 业 出 版 社

本书是根据适用于非机械类专业“画法几何及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。

本书由制图基础和工程绘图两部分组成。基本内容包括:点线面的投影、投影变换、立体的投影、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、装配图、焊接构件图、管路布置图、化工设备图、计算机绘图技术、附录等。

本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,便于自学和掌握。

本书适用于石油、化工高等院校的近机类、非机类各专业作为工程制图教材。也适合于成人高等教育、函授大学等的有关专业使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

工程制图/孙培先主编. —北京:机械工业出版社,

2003. 2

新世纪高校机械工程规划教材

ISBN 7-111-11440-X

I. 工… I. 孙… III. 工程制图—高等学校—教材 IV. TB23

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 109061 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划人: 王世刚 责任编辑: 冯 铤 版式设计: 霍永明
高文龙

责任校对: 姚培新 封面设计: 姚 毅 责任印制: 闫 焱
北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2003 年 2 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mm B5·8.375 印张·322 千字

0 001—4 000 册

定价: 18.00 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 高振东 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 齐明传
高振东 王守城 姜培刚 梅 宁
昃向博 梁景凯 方世杰 高文龙
王世刚 尚书旗 姜军生 刘镇昌

前 言

本书是遵照适用于非机械类专业“画法几何及工程制图课程教学基本要求”的有关规定，结合石油、化工类专业的特点和要求而编写的。

编写过程中，我们根据几年来“工程制图”课程教学的改革与发展，在教学中加强基础、注重实践、培养能力的精神，对本书内容作了进一步的精选，力求做到：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。

本教材仍以点、线、面、体的投影理论为基础，培养空间想象和分析能力。重点叙述了由空间到平面，又由平面到空间的绘图和读图的基本原理和方法。针对石油、化工类专业的特点和要求，除机械工程图样的绘制与阅读的内容以外，教材中还新编写了具有石油化工特色的焊接构件图、管路布置图、化工设备图、计算机绘图等内容，以满足不同专业类型对工程制图教学的需求。

教材吸取了新的教学研究成果，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，用投影图与直观图对照的表现手法，以加深对内容的理解，同时也有助于空间想象力的提高。

本教材在所编《工程制图》教学实践的基础上，对其整体内容作了大量的调整和补充，特别是对第一章、第三章、第五章、第七章、第十一章和附录等内容，经过了精心修改。全书采用了最新颁布的《技术制图与机械制图》国家标准中的有关规定。

本书适于高等工业院校非机械类专业的教学要求，教学中可根据专业要求和学时数的不同酌量取舍。本书也适合成人高等教育、函授大学的各专业使用。

本书由石油大学孙培先任主编，王慧艺、刘丽娟任副主编，由许光明教授担任主审。先后参加本书编写工作的还有刘衍聪、赵军友、康玉晶等。

在《工程制图》教材的编写过程中，得到了工程与计算机图学教研室老师们的关心和支持，在此表示真诚的感谢。

由于编写水平有限，书中难免存在错误之处，热情欢迎读者给予批评指正。

编 者

2002年10月

目 录

前言

绪论 1

第一篇 绘图基础

第一章 投影基础 3

第一节 投影基本知识 3

第二节 点与直线的投影 5

第三节 平面的投影 14

第四节 线、面的相对位置 19

第五节 投影变换 30

第二章 基本体的投影 38

第一节 平面立体 38

第二节 曲面立体 41

第三节 两回转体表面相交 51

第四节 立体的轴测投影 55

第三章 组合体的视图 63

第一节 组合体的构成 63

第二节 组合体的三视图 66

第三节 三视图的画法 67

第四节 读组合体的视图 73

第五节 组合体的尺寸 83

第四章 机件的表达方法 87

第一节 视图 87

第二节 剖视图 91

第三节 断面图 99

第四节 规定与简化画法 101

第五节 综合表达分析 104

第二篇 工程绘图

第五章 标准件与常用件 108

第一节 螺纹的画法及标注 108

第二节 螺纹紧固件 114

第三节	直齿圆柱齿轮	120
第四节	键与销	123
第五节	轴承与弹簧	125
第六章	零件图	129
第一节	零件图的内容	129
第二节	零件的视图与尺寸	129
第三节	技术要求	138
第四节	绘图步骤及工艺结构	148
第五节	读零件图	150
第七章	装配图	156
第一节	装配图的内容	156
第二节	装配体的表达方法	157
第三节	装配图的尺寸与编号	159
第四节	绘制装配图	160
第五节	读装配图	166
第八章	焊接构件图	171
第一节	焊缝的形式及画法	171
第二节	焊缝的代号	173
第三节	焊缝的标注	175
第四节	焊接结构图例	178
第九章	管路图	179
第一节	概述	179
第二节	管路图示符号	180
第三节	管路布置图	183
第四节	读管路布置图	187
第十章	化工设备图	190
第一节	概述	190
第二节	化工设备的视图表达	190
第三节	化工设备的尺寸标注	195
第四节	设备图中的表格与技术要求	197
第五节	化工设备图的绘制与阅读	199
第十一章	计算机绘图	203
第一节	计算机绘图简介	203
第二节	AutoCAD 介绍	204
第三节	绘制平面图形	207
第四节	编辑平面图形	210
第五节	作图辅助功能	213
第六节	标注尺寸	215

第七节 注写技术要求	218
附录	221
附录一 绘图的一般规定	221
附录二 几何作图	231
附录三 螺纹	235
附录四 常用的标准件	239
附录五 公差与配合	248
附录六 金属材料与热处理	252
附录七 零件结构要素与加工规范	256
参考文献	258

绪 论

一、本学科的研究对象

在现代工程技术中,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。工程图样常被称为工程界的共同技术语言,它是工程技术人员用来设计、表达和交流技术思想的工具。

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。此外,人们还常在分析、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,广泛地应用其他各种图样。

在进行机器设备的设计和改进行,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,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。工程制图就是要完成由‘物到图’和由‘图到物’的转换过程。

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。

工程制图主要是研究投影的基本理论与方法,以及研究空间与平面间物体的相互转换规律。它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

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:工程制图基础和工程技术图样两大部分。

制图基础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。工程技术图样部分重点掌握各视图间的对应规律和机件的表达方法,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。

通过工程制图这门课程学习,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。

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,这样才能顺利地完成本课程的学习任务。

1) 要学习好工程制图这门课,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、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,在工程制图的学习过程中,必须进行多画、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和实际运用理论知识,又能较快地提高工程制图的学习效率。

4) 在学习时必须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。

第一篇 绘图基础

第一章 投影基础

第一节 投影基本知识

工程中所使用的图样都是采用投影的方法绘制出来的。不同的投影方法有不同的特性，从而决定了不同投影方法的应用领域。

一、中心投影法

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。

如图 1-1 所示，建立一个以 S 为投影中心，由 S 发出的光线为投射线，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 。由于投射线是从一中心点发出的，所以投影 abc 称为中心投影。这种得到投影 abc 的方法称为中心投影法。

由此可见，中心投影法所具有的投影特点是：

- 投影的大小随着物体与投影面距离的变化而变化。

由于中心投影法一般不能反映物体的实际大小，作图又比较复杂，所以，中心投影法仅用在摄影、建筑透视中的辅助图样。

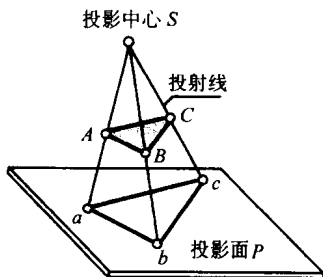


图 1-1 中心投影法

二、平行投影法

若将投影中心移至无限远时，投射线则互相平行，这样在投影面 P 上得到空间三角板 ABC 的投影 abc 的方法称为平行投影法，如图 1-2 所示。

可见，平行投影法所具有的投影特点是：

- 在投影体系中平行移动空间物体时，其投影的形状和大小都不改变。

平行投影法按投影方向与投影面是否垂直，可分为正投影法（图 1-2a）和斜

投影法(图 1-2b)两种。如图 1-2a 所示,用一束互相平行且与投影面垂直的投射射线,将物体向投影面进行投影的方法称为正投影法,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。

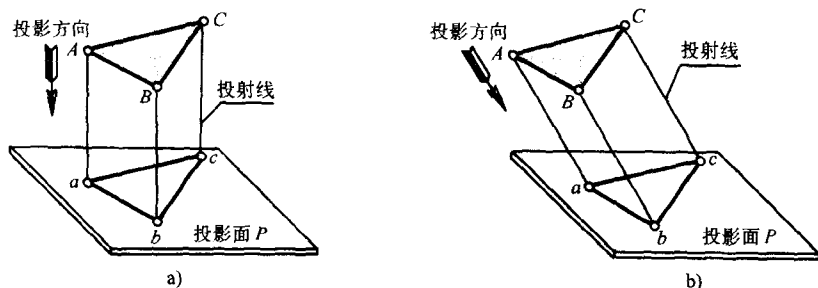


图 1-2 平行投影法

三、建立多面投影体系

由图 1-3 可见,两个形状不同的物体,其正投影却是完全相同的,这说明仅有一个投影尚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。要把物体的形状表达清楚,常需要两个以上的投影。因此,必须建立多个投影面的投影体系。

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投影面称为水平投影面,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。

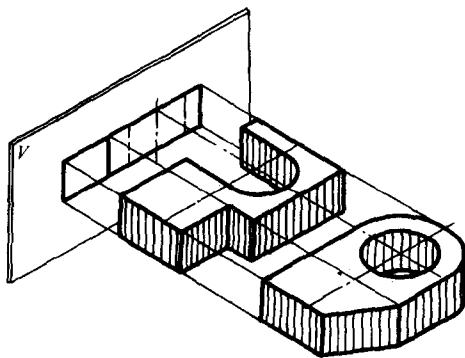


图 1-3 单面投影

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 。

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 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 $\triangle cde$ 。

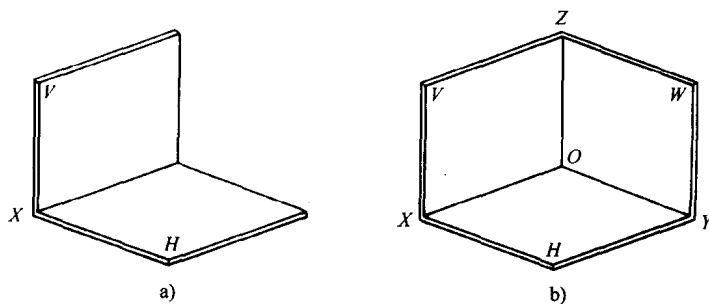


图 1-4 多面投影体系

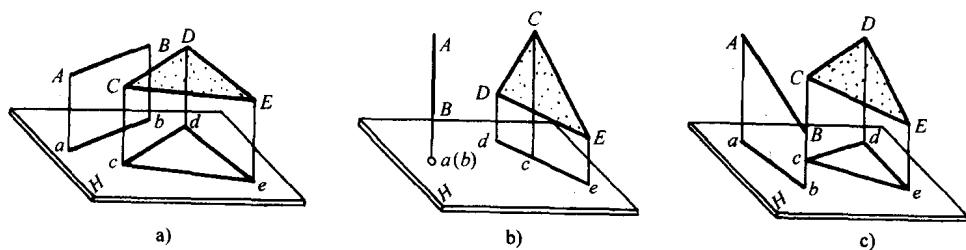


图 1-5 线面的投影特性

第二节 点与直线的投影

物体都是由表面的形状所确定的, 因此, 绘制物体的投影图, 就是作出其外表所有轮廓线的投影。图 1-3 所示的立体在 V 面上的投影图, 就是绘制出该立体表面上的所有线、面的投影。本节主要介绍空间几何元素的投影问题。

一、点的投影

1. 点的两面投影

图 1-6a 表示将处在 V 、 H 两面投影体系中的空间点 A , 分别向两投影面进行的正投影。点的正投影实际上就是过空间点的投射线与投影面的交点。现将点 A

在 V 、 H 投影面上的正投影分别称为正面投影—— a' 及水平投影—— a 。

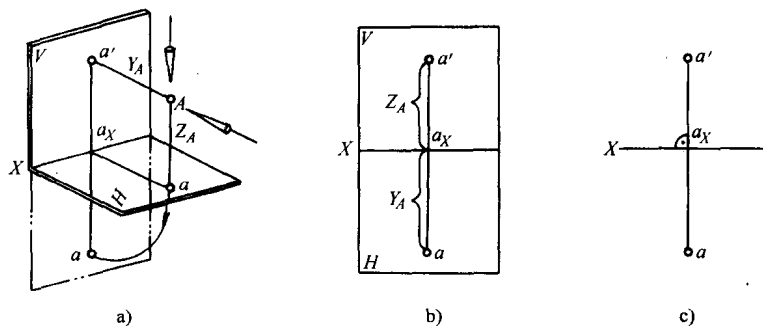


图 1-6 点的两面投影

若使 V 面保持不动，将 H 面绕 X 轴向下展开使其与 V 面成同一平面，如图 1-6b、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 $Aa'a \perp X$ ，并交 X 轴于 a_X 点，必有 $a'a_X \perp aa_X$ 。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。

2. 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 1-7b、c 即为展开后 a 、 a' 、 a'' 的三面投影图。

从对图 1-7 的分析可见，在三面投影体系中点的投影规律有：

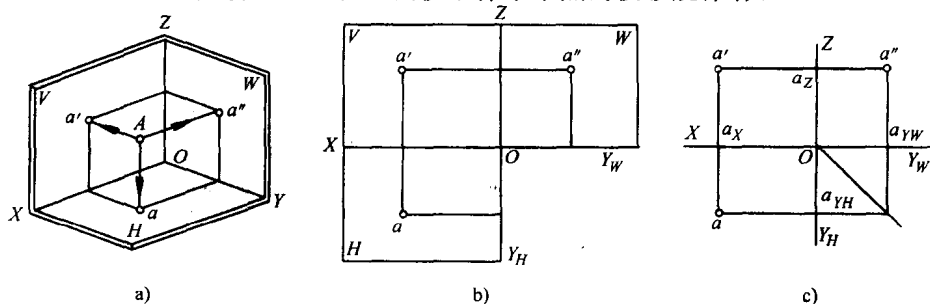


图 1-7 点的三面投影

1) 点的其中任意两面投影的连线垂直于相应的投影轴。即

$$a'a \perp X \quad aa'' \perp Y \quad a'a'' \perp Z$$

2) 点到该投影面之距等于另一个投影到相应轴的距离。即

$$Aa'' = a'a_Z = aa_Y = X, Aa' = aa_X = a''a_Z = Y, Aa = a'a_X = a''a_Y = Z$$

根据点的三面投影规律, 由点的两面投影可以作出第三面投影。

【例 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° 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'' 。

3. 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 2】 已知点 $A(20, 15, 10)$ 与点 $B(10, 10, 5)$ 的坐标值, 试作出点 A 和点 B 的三面投影 a 、 a' 、 a'' 及 b 、 b' 、 b'' 。

作图: 1) 先画出 X 、 Y 、 Z 三根互垂直的投影轴, 并在投影轴上标出单位, 如图 1-9 所示。

2) 由点 A 的坐标值 20 作 V 、 H 投影连线垂直于 X 轴, 由 15 作 Y_H 和 Y_W 轴的垂直连线, 由 10 作 V 、 W 投影连线垂直于 Z 轴, 由两投影连线即可相应交出点 A 的投影 a 、 a' 、 a'' 。

3) 同理, 由点 B 的坐标值可作出其三面投影 b 、 b' 、 b'' 。

在图 1-10a 的两面投影体系中, 当点 $B(X, Y, Z)$ 的坐标值 $Y=0$ 时, 说明点 B 在 V 投影面上。其 V 面投影 b' 为点 B 本身, H 面投影 b 在 X 轴上。

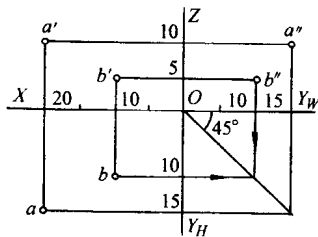


图 1-9 由点的坐标作投影

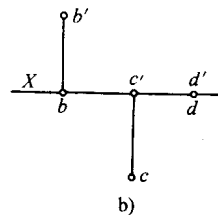
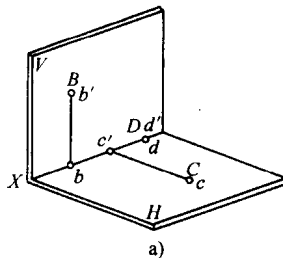


图 1-10 投影面上的点

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,说明点 D 在 X 投影轴上。图 1-10b 所示为展开后点的两面投影图。

因此,投影面与投影轴上点的投影特点为:

- 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。

4. 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 所示点 A 与点 B 的位置可知,点 B 在点 A 的左方、后方和下方,这说明点 B 的 X 坐标比点 A 大,而 Y 、 Z 坐标比点 A 小。因此,由两点的坐标差也可确定点 B 的投影。

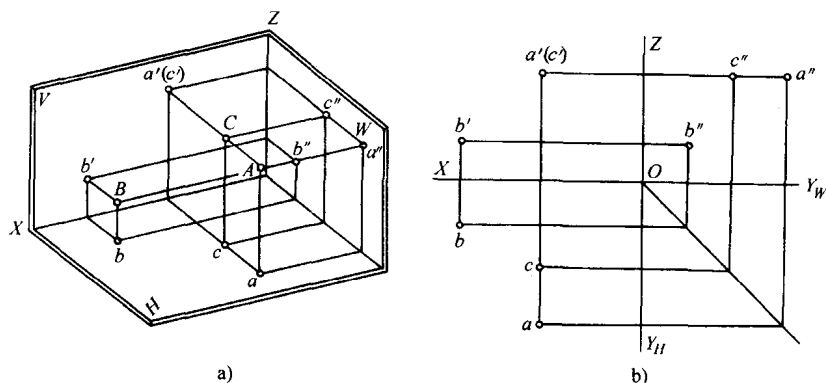


图 1-11 两点的相对位置

从图 1-11a 所示点 A 与点 C 的位置可知,点 C 在点 A 的正后方,说明点 C 的 Y 坐标比点 A 小,而 X 、 Z 坐标与点 A 相同,即两点的 X 、 Z 坐标差等于零。因此,点 A 与点 C 的正面投影 a' 和 c' 相重合,称为重影点。因点 C 在点 A 的正后面,其正面投影 c' 不可见,用加括号 (c') 表示。

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 所示为两点的相对位置和重影点的投影图。

二、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。

1. 直线的投影特性

直线相对于投影面的位置可分为三种：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) 投影面的平行线 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 面的直线称为正平线，平行于 H 面的直线称为水平线，平行于 W 面的直线称为侧平线。

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。

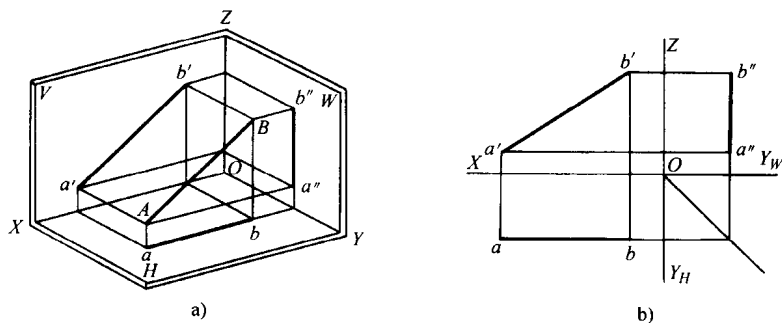


图 1-12 正平线的投影

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，因此 $ab \parallel OX$ ， $a''b'' \parallel OZ$ 。

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 α 、 γ 。显然，直线 AB 对 V 投影面的倾角 $\beta = 0$ 。

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) 投影面的垂直线 若直线在三面投影体系中仅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。