

⊕ 普通高等学校机械类专业“十三五”系列规划教材 ⊕

画法几何及机械制图

主编 燕 浩 苏晓珍
主审 黄曼平



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

普通高等学校机械类专业“十三五”系列规划教材

画法几何及机械制图

主 编 燕 浩 苏晓珍
副主编 张 晨 姚金玲
主 审 黄曼平



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

画法几何及机械制图/燕浩,苏晓珍主编. —武汉:武汉大学出版社,
2018.3

普通高等学校机械类专业“十三五”系列规划教材

ISBN 978-7-307-19820-3

I. 画… II. ①燕… ②苏… III. ①画法几何—高等学校—教材
②机械制图—高等学校—教材 IV. TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 276543 号

责任编辑:孙 丽 杜筱娜

责任校对:杨赛君

装帧设计:吴 极

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:whu_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:武汉市江城印务有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:18.75 字数:436 千字

版次:2018 年 3 月第 1 版 2018 年 3 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-19820-3 定价:47.00 元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

前 言

本书是根据教育部批准试行的高等工业学校“画法几何及机械制图”课程教学与基本要求(机械类与非机械类专业适用),并参考有关院校课程的教学大纲及有关方面的意见和建议编写的。

本书共分为两篇:画法几何和机械制图。画法几何部分主要介绍画法几何学的基本理论和图解空间几何问题的基本方法,尽可能做到重点突出、简明扼要,着重培养学生的空间思维能力和图解空间几何问题的能力。机械制图部分以机械图样和工程图样为主要内容,介绍各种机械图样和工程图样的制图标准、表达方式及绘制方法。机械图样和工程图样等均以一套图贯穿讲解,以便于学生读图,利于对机械图样内容的完整掌握,培养其绘制和阅读机械图样和工程图样的基本能力。

本书遵循由浅入深、循序渐进的原则,力求用简洁易懂的语言表述内容,选择典型图形加以示例,突出实用性和易读性。本书在第12章加入计算机绘图知识,以便学生初步了解计算机绘图软件及用计算机软件绘制图纸的基本技能,为以后进一步学习计算机软件绘图打下基础。

与本书配套的《画法几何及机械制图习题集》同时出版。

本书在编写过程中均以国家标准为依据,其中有《机械制图 轴测图》(GB/T 4458.3—2013)、《技术制图 标题栏》(GB/T 10609.1—2008)、《技术制图 图纸幅面和格式》(GB/T 14689—2003)等。这些标准的使用使得本书具有实用性,同时使学生通过本课程的学习,对国家标准有所了解,加强认真遵守、执行国家标准的意识,体现一名工程技术人员应有的技术素质。

本书由合肥工业大学机械工程学院燕浩和安徽建筑大学城市建设学院苏晓珍担任主编,安徽建筑大学城市建设学院张晨、姚金玲担任副主编,安徽建筑大学城市建设学院李云凤、王静、孙自强、解文辰担任参编。具体编写分工如下:王静(第1章、第2章),李云凤(第3章、第4章),孙自强(第5章),张晨(第6章、第7章),姚金玲(第8章、第9章),苏晓珍(第10章),燕浩(第11章),解文辰(第12章)。

安徽建筑大学城市建设学院黄曼平担任本书主审,对本书的内容和体系提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中错误和不足之处在所难免,恳请读者批评、指正。

编 者

2017年12月

目 录

0 绪论	1
------------	---

第1篇 画法几何

1 点、直线、平面的投影	5
1.1 投影法	5
1.2 点的投影	7
1.3 直线的投影	11
1.4 平面的投影	21
2 直线与平面、平面与平面的相对位置	27
2.1 平行问题	27
2.2 相交问题	29
2.3 垂直问题	32
3 投影变换	34
3.1 概述	34
3.2 换面法	35
3.3 旋转法	45
4 立体的投影	49
4.1 立体的三面投影及其表面取点	49
4.2 截切立体的投影	57
4.3 相贯立体的投影	64
5 轴测图	74
5.1 轴测图的基本知识	74
5.2 正等轴测图	76
5.3 斜轴测图	79
5.4 轴测投影的选择	80

第2篇 机械制图

6 制图基本知识	83
6.1 国家标准中的基本规定	83

6.2	手工绘图工具和仪器的使用方法	94
6.3	几何作图	98
6.4	绘图技能	104
7	组合体	107
7.1	概述	107
7.2	组合体三视图的画法	109
7.3	组合体的尺寸注法	113
7.4	组合体三面投影图的读图方法	121
8	机件的常用表达方法	126
8.1	视图	126
8.2	剖视图	130
8.3	断面图	141
8.4	其他表达方法	143
8.5	表达方法综合举例	148
8.6	第三角投影简介	150
9	标准件与常用件	153
9.1	概述	153
9.2	螺纹	153
9.3	螺纹紧固件	160
9.4	键	166
9.5	销	168
9.6	滚动轴承	169
9.7	弹簧	172
9.8	齿轮	173
10	零件图	177
10.1	零件图的内容	177
10.2	零件的工艺结构及其尺寸标注方法	179
10.3	零件图的视图选择	182
10.4	零件图的尺寸标注	190
10.5	零件图的技术要求	200
10.6	画零件图的方法和步骤	212
10.7	读零件图	214
11	装配图	216
11.1	概述	216
11.2	装配图的表达方法	218
11.3	装配图中的尺寸和技术要求	220
11.4	装配图中的零、部件序号和明细栏	221

11.5 装配结构简介	223
11.6 部件测绘和装配图画法	225
11.7 读装配图和拆画零件图	230
12 计算机绘图基础	236
12.1 概述	236
12.2 AutoCAD 2010 基础知识	237
12.3 AutoCAD 2010 二维图形绘制	244
12.4 尺寸标注与块操作	266
12.5 CAD 绘图举例	281
参考文献	291

0 绪 论

1. 本课程的研究对象

画法几何及机械制图是用投影法来研究图示和图解空间几何问题,以及绘制与阅读机械图样的原理、方法的一门学科。

画法几何及机械制图课程由画法几何、机械制图和计算机绘图等部分组成。画法几何主要研究在平面上表示空间几何形体的图示和图解方法;机械制图部分,以机械图样和工程图样为主要内容,介绍各种机械图样和工程图样的制图标准、表达方式及绘制方法;计算机绘图旨在介绍计算机绘图的方法和相应的绘图软件的使用。

2. 本课程的学习方法

本课程是一门系统性强、实践性强的课程,学习时应注意以下几点:

- (1) 严格遵守国家制图标准的有关规定,按正确的方法和步骤作图,培养耐心细致、严肃认真的工作作风。
- (2) 注重对基础知识的学习和掌握,由浅入深、由简到繁、循序渐进、稳扎稳打。课后及时通过一系列的绘图和读图实践作业实现知识向能力的转化。
- (3) 养成空间思维的良好习惯,努力培养空间思维能力和空间想象能力。
- (4) 绘图与读图相结合,逐步实现从空间形体到投影图和从投影图到空间形体的顺利转化,从而提高绘图和读图能力。

3. 本课程的目的和任务

本课程是工科院校学生必修的一门重要的基础课。学习本课程的目的是使学生熟练地掌握绘制和阅读工程图的基本原理和方法,培养学生的投影分析能力和空间想象能力。其主要任务是:

- (1) 掌握平行投影法,特别是正投影法的基本理论 and 应用。
- (2) 培养空间想象和空间分析的能力。
- (3) 培养学生解决简单空间几何问题的能力。
- (4) 培养学生绘制和阅读机械图样的能力。
- (5) 对计算机绘图有初步的认识。
- (6) 培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

此外,在整个教学过程中还必须有意识地培养学生的动手能力、自学能力以及分析问题和解决问题的能力。

第 1 篇

画法几何



图 1-1-1 立方体

1.1.1 投影法的分类

常用的投影法有两种,中心投影法和正投影法。

1. 中心投影法

使物体上的各点(投影线自投影中心出发)的投影线,称为中心投影法。如图 1-1 所示。在中心投影法中,投影△ $a'b'c'$ 的大小随物体与投影面之间相对位置的变化而变化,所以中心投影法的度量性较差,一般不宜用于机械制图,常用于建筑物的直观图。

当投影面无穷远处,则各投影线都相互平行,投影线相互平行,称为平行投影法。

平行投影法又分为斜二测投影法和正投影法,如图 1-2 所示。

正投影法:当投影线垂直于投影面时,称为正投影法。如图 1-3 所示。正投影法具有投影面无穷远处,则各投影线都相互平行,投影线相互平行,称为平行投影法。

1 点、直线、平面的投影

1.1 投影法

1.1.1 投影法的基本概念

在日常生活中,物体在光源的照射下,会在墙壁或者地面上出现影子,投影的方法就是从这一自然现象抽象出来的。如图 1-1 所示,物体为 $\triangle ABC$,把光源 S 称为投影中心,光线称为投射线(SA 、 SB 、 SC),光线的射向称为投射方向,落影的平面 H (如地面、墙面等)称为投影面,影子的轮廓 $\triangle abc$ 称为 $\triangle ABC$ 的投影。这种用投影表示物体形状和大小的方法称为投影法。

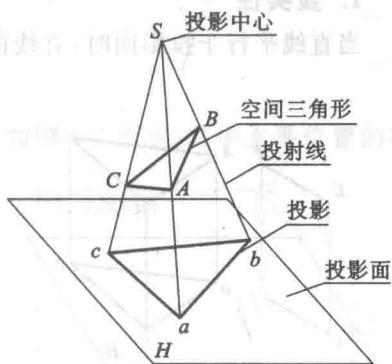


图 1-1 中心投影法

1.1.2 投影法的分类

常用的投影法有两类:中心投影法和平行投影法。

1. 中心投影法

投射线汇交于一点(投影线自投影中心出发)的投影法,称为中心投影法。用中心投影法得到的投影称为中心投影,如图 1-1 所示。在中心投影法中,投影 $\triangle abc$ 的大小随投射中心、物体和投影面之间相对位置的改变而改变,所以中心投影图的度量性较差,一般不反映物体的真实形状,不适宜绘制机械详图,常用于建筑物的直观图。

2. 平行投影法

若将投影中心 S 移到离投影面无穷远处,则各投影线都相互平行,投影线相互平行的投影方法称为平行投影法。

根据投影线与投影面是否垂直,平行投影法又可以分为以下两种:

- (1) 斜投影法——投影线与投影面相倾斜的平行投影法,如图 1-2(a)所示。
- (2) 正投影法——投影线与投影面相垂直的平行投影法,如图 1-2(b)所示。

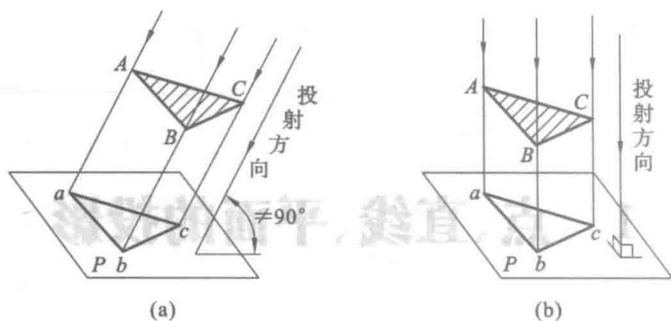


图 1-2 平行投影法

(a) 斜投影法; (b) 正投影法

用正投影法绘制的图形称为正投影图。正投影图的直观性虽不如中心投影图,但它的度量性较好,当空间物体上某个面平行于投影面时,正投影图能反映该面的真实形状和大小,且作图简便。故在以后章节中,如无特别说明,投影均为正投影。

1.1.3 正投影的性质

1. 显实性

当直线平行于投影面时,直线的投影反映直线的实长。当平面平行于投影面时,平面的投影反映平面的真实形状,如图 1-3 所示。

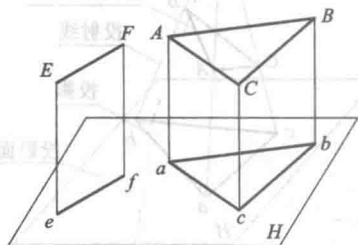


图 1-3 投影反映实长或实形

2. 积聚性

当直线与投影面垂直时,直线在该投影面上的投影积聚为一点。当平面与投影面垂直时,其在该投影面上的投影积聚为一条直线,如图 1-4 所示。

3. 类似性

一般情况下,点的投影仍为点,直线的投影仍是直线,平面图形的投影仍为原图形的类似形,如图 1-5 所示。

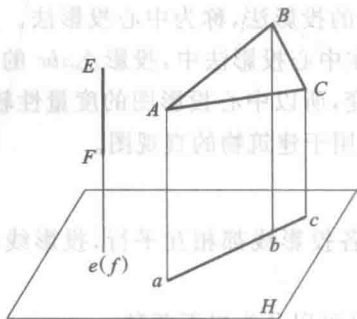


图 1-4 投影积聚为点或直线

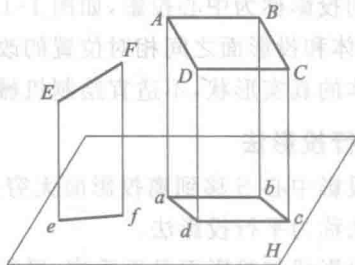


图 1-5 投影的类似性

1.2 点的投影

任何直线、平面以及立体都是点的集合,所以点是最基本的元素,故首先研究点的投影的基本规律。在正投影中,点的一面投影不能确定点的空间位置,如图 1-6 所示。为了确定几何元素的空间位置,需建立正投影的三面投影体系。

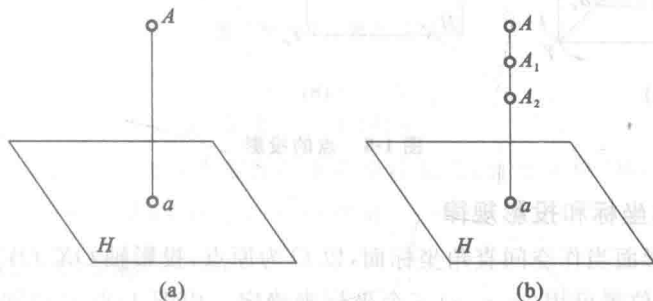


图 1-6 点的一面投影

(a) 点的正投影; (b) 同一投射线上点的投影

1.2.1 三投影面体系的建立

相互垂直相交的三个投影面,形成三投影面体系,如图 1-7 所示,其中水平位置的投影面称为水平投影面(水平面),用字母 H 表示;正对观察者的投影面称为正立投影面,用字母 V 表示,也可称为 V 面;右面侧立的投影面,称为侧立投影面,也称为 W 面。各投影面间的交线称为投影轴,其中 H 面与 V 面的交线称为 X 轴; H 面与 W 面的交线称为 Y 轴; V 面和 W 面的交线称为 Z 轴;三个投影轴的交点 O 称为原点。

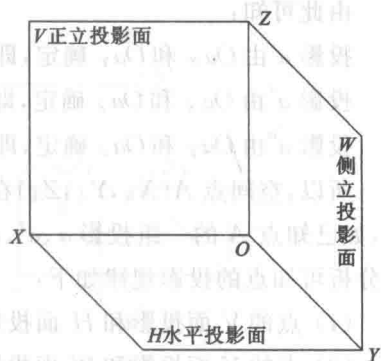


图 1-7 三投影面体系

1.2.2 点在三投影面体系中的投影

1. 点的投影

如图 1-8(a) 所示,由空间点 A 分别引垂直于三个投影面 H 、 V 、 W 的投射射线,与各投影面相交,得到点 A 的三个投影,即水平投影 a 、正面投影 a' 、侧面投影 a'' 。

空间点用大写字母表示,其水平投影用小写字母表示,正面投影用相应小写字母加上一撇表示,侧面投影用相应小写字母加上两撇表示。

点的三面投影图是将空间点向三个投影面做正投影后, V 面不动,分别将 H 面绕 OX 投影轴向下旋转 90° , W 面绕 OZ 轴向右旋转 90° ,使得三个投影面展开在同一个平面

上。展开时, H 面和 W 面沿 OY 轴分开而形成 OY_H 和 OY_W , 如图 1-8(b) 所示。

在投影时, 投影面大小不受限制, 故通常不必画出投影面的边框, 如图 1-8(c) 所示。

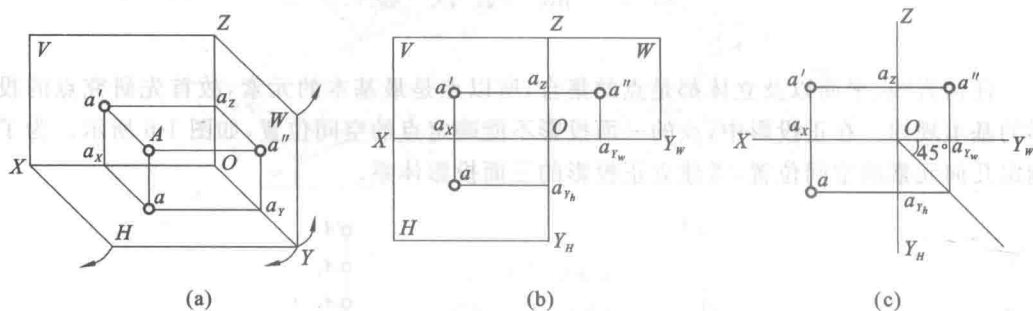


图 1-8 点的投影

2. 点的直角坐标和投影规律

若把三个投影面当作空间直角坐标面, 以 O 为原点, 投影轴 OX 、 OY 、 OZ 当作直角坐标轴, 则点的空间位置可用 (x, y, z) 三个坐标来确定。由图 1-8(a) 可知, 空间点 A 的直角坐标 X_A 、 Y_A 、 Z_A 即为点 A 分别到三个坐标面的距离, 且与点 A 的投影 a 、 a' 、 a'' 存在以下关系:

$$Aa'' = aa_Y = a'a_Z = Oa_X = X_A$$

$$Aa' = aa_X = a''a_Z = Oa_Y = Y_A$$

$$Aa = a'a_X = a''a_Y = Oa_Z = Z_A$$

由此可知:

投影 a 由 Oa_X 和 Oa_Y 确定, 即点 A 由 X_A 、 Y_A 两坐标确定;

投影 a' 由 Oa_X 和 Oa_Z 确定, 即点 A 由 X_A 、 Z_A 两坐标确定;

投影 a'' 由 Oa_Y 和 Oa_Z 确定, 即点 A 由 Y_A 、 Z_A 两坐标确定。

所以, 空间点 $A(X_A, Y_A, Z_A)$ 在三面投影体系中有唯一确定的一组投影 a 、 a' 、 a'' 。反之, 如已知点 A 的一组投影 a 、 a' 、 a'' , 则可确定该点的坐标, 即确定其空间位置。根据以上分析可知点的投影规律如下:

(1) 点的 V 面投影和 H 面投影的连线垂直于 OX 轴, 即 $aa' \perp OX$ 轴;

(2) 点的 V 面投影和 W 面投影的连线垂直于 OZ 轴, 即 $a'a'' \perp OZ$ 轴;

(3) 点的 H 面投影到 OX 轴的距离与点的 W 面投影到 OZ 轴的距离相等, 都反映空间 y 坐标, 即 $aa_X = a''a_Z = y_A$;

(4) 两个投影之间都具有一定的联系, 因此已知一个点的任意两个投影即可求出第三个投影。

【例 1-1】 如图 1-9(a) 所示, 已知点的正面投影 a' 和侧面投影 a'' , 求作其水平投影 a 。

【解】 由点 A 的三个投影 $a(x_A, y_A)$ 、 $a'(x_A, z_A)$ 、 $a''(y_A, z_A)$ 可知, 三个投影中的任意两个都包含有确定该点空间位置所必需的 x 、 y 、 z 三个坐标, 因此根据其投影规律可由点的两个投影求出第三个投影, 如图 1-9(b) 所示。

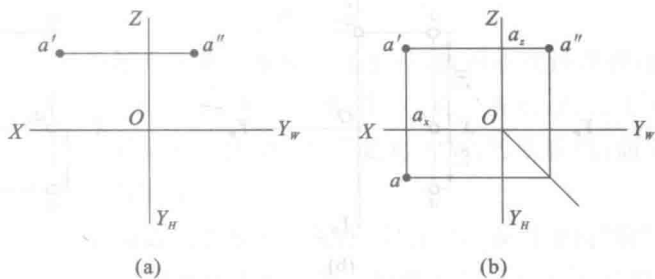


图 1-9 求作第三面投影

作图步骤如下:

(1) 作 $\angle Y_H O Y_W$ 的角平分线, 如图 1-9(b) 所示;

(2) 过 a' 作 OY_W 轴的垂线, 并延长与角平分线相交, 自交点作 OY_H 的垂线, 与过 a' 所作 OX 轴的垂线相交即可得 a , 如图 1-9(b) 所示。

3. 各种位置点的投影

点的位置不同, 其坐标值和投影特点不同。

(1) 空间点——点的三个坐标都不为零, 如图 1-8 中的 A 点。

(2) 投影面上的点——点的某一个坐标必为零, 其一个投影与投影面重合, 另外两个投影分别在投影轴上, 如图 1-10 中的 B 、 C 点。

(3) 投影轴上的点——点的两个坐标必为零, 其两个投影与所在投影轴重合, 另一个投影与原点重合, 如图 1-10 中的 D 点。

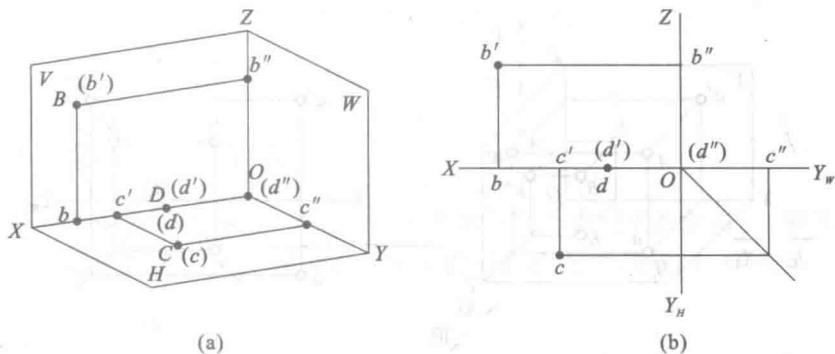


图 1-10 特殊点的投影

【例 1-2】 已知点 $A(15, 12, 20)$, 求作点 A 的三面投影。

【解】 作图步骤如下:

(1) 在 OX 轴上量取 $Oa_x = 15$, 如图 1-11(a) 所示;

(2) 过 a_x 作 OX 轴的垂线并量取 $a'a_x = 20$, $aa_x = 12$, 如图 1-11(b) 所示;

(3) 过 a 作 OX 轴的平行线与 $\angle Y_W O Y_H$ 的角平分线相交, 过交点作 OY_W 轴的垂线与过 a' 所作 OX 轴的平行线相交, 交点 a'' 即为所求, 如图 1-11(c) 所示。

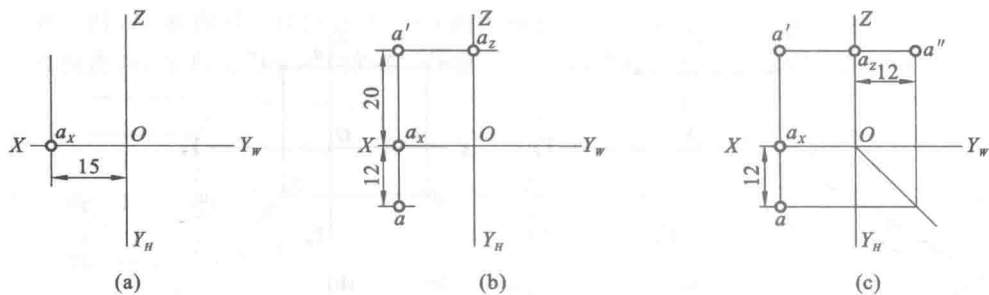


图 1-11 已知点的坐标求作投影图

1.2.3 两点的相对位置及重影点

1. 两点的相对位置

两点的相对位置指的是两点间的前后、左右和上下位置关系。

空间两点的相对位置,可在它们的三面投影中反映出来。正面投影反映两点的左右、上下关系,水平投影反映前后、左右关系,侧面投影反映出前后、上下关系,如图 1-12(a)所示。

比较两点的各个同投影面之间的坐标关系,可以判断空间两点的相对位置,在投影图中是由它们的各个同面投影的坐标差来确定的,如图 1-12(b)所示。

- (1) 两点中 x 值越大越靠左;
- (2) 两点中 y 值越大越靠前;
- (3) 两点中 z 值越大越靠上。

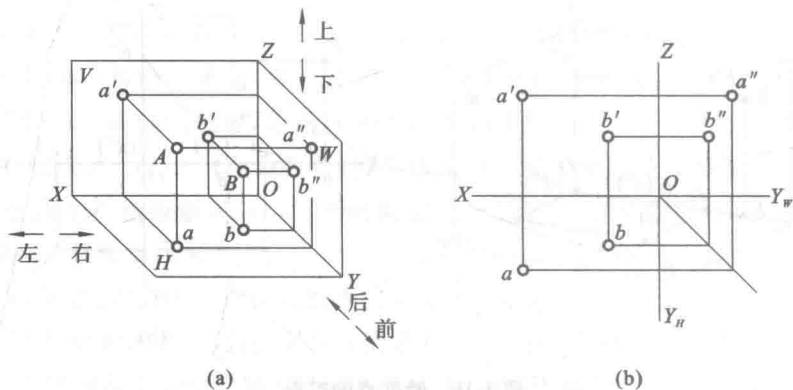


图 1-12 两点的相对位置

【例 1-3】 已知点 B 的三面投影,另一点 A 在 B 之前 5 mm,之上 9 mm,之右 8 mm,求点 A 的三面投影,如图 1-13 所示。

【解】 作图步骤如下:

- (1) 在 b' 上方 9 mm、右方 8 mm 处确定 a' 。
- (2) 作 $aa' \perp OX$,且在 b 前方 5 mm 处确定 a 。
- (3) 根据投影关系求解 a'' 。