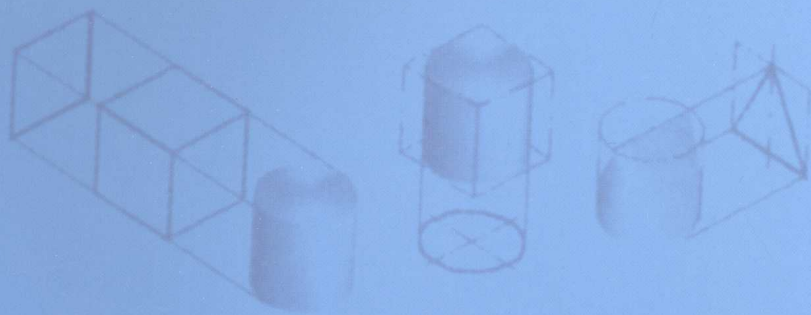




高职高专“十一五”规划教材

机械制图与CAD

□ 袁淑敏 王春娟 主编



中国石油大学出版社

高职高专“十一五”规划教材

机械制图与CAD

主 编 袁淑敏 王春娟
副主编 杨志伟 颜丽华 林 涛
主 审 贾永臣

中国石油大学出版社

根据 2000 年教育部高等教育司颁发的《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》，为加强高职高专教育的教材建设工作，结合职业教育的特点和职业教育改革的经验，并充分汲取近年来高职高专院校在探索培养高等技术应用型专门人才和教材建设方面的成功经验，力求解决高职高专教育教材问题，本着“以应用为主，必需、够用为度”的原则编写的。

本书的特点是：

1. 力求与机械制图相关国家标准规定同步。
2. 按照学生的认知规律、各专业课程的内在联系安排内容。
3. 按照培养应用型生产一线工程技术人员的目标，以职业岗位技能和能力培养为主，突出实用，结合生产实践的要求，精选教材内容。
4. 计算机绘图一章采用 AutoCAD2004 中文版。本章作业可由教师按需要指定学生用计算机绘图完成。

本书还配有《机械制图与 CAD 习题集》，便于学生课后练习。为适应多媒体教学需要，还配有电子课件。

本书由袁淑敏、王春娟任主编，杨志伟、颜丽华、林涛任副主编，参加本书编写的人员还有：高利伟、许英超、韩建芬、孟小虎、李俊华、聂士金，徐华绘制部分视图。

本书可作为高职高专机械类、机电类、电气、化工类等专业的通用教材，亦可以供其他工程技术人员、企业管理人员、高级技术工人参考。

限于我们的水平和能力，书中难免有错误和缺点，恳请使用本书的师生及其他读者批评指正。

编 者

2008 年 4 月

目 录



第 1 章 点、直线、平面的投影	(1)
1-1 投影法及三视图的形成	(1)
1-2 点的投影	(4)
1-3 直线的投影	(6)
1-4 平面的投影	(12)
1-5 平面内的点和直线	(15)
第 2 章 制图的基本知识和基本技能	(17)
2-1 图纸幅面及格式	(17)
2-2 比例	(19)
2-3 字体	(20)
2-4 图线	(21)
2-5 尺寸注法	(23)
2-6 制图工具、仪器及使用方法	(28)
2-7 常用几何图形画法	(32)
2-8 平面图形的尺寸分析及画法	(35)
第 3 章 轴测图	(39)
第 4 章 立体的投影	(50)
4-1 平面立体的投影	(50)
4-2 回转体的投影	(52)
4-3 平面与立体表面的交线——截交线	(56)
4-4 立体与立体表面的交线——相贯线	(65)
第 5 章 组合体	(72)
5-1 画组合体三视图的方法和步骤	(72)
5-2 组合体的尺寸标注	(78)
5-3 读组合体视图	(83)
第 6 章 机件常用的表达方法	(90)
6-1 视图	(90)
6-2 剖视图	(94)
6-3 断面图	(104)
6-4 其他表达方法	(107)

6-5	表达方法综合应用	(112)
第 7 章	标准件和常用件	(115)
7-1	螺纹及螺纹紧固件	(115)
7-2	键连接	(125)
7-3	齿轮	(128)
7-4	滚动轴承	(134)
7-5	弹簧	(138)
第 8 章	零件图	(141)
8-1	零件图的内容	(141)
8-2	零件的视图选择	(142)
8-3	零件图的尺寸标注	(143)
8-4	零件图的技术要求	(148)
8-5	零件上常见的工艺结构	(159)
8-6	典型零件的图例分析	(163)
8-7	零件测绘	(168)
8-8	读零件图	(171)
第 9 章	装配图	(174)
9-1	装配图的作用和内容	(174)
9-2	装配图的表达方法	(176)
9-3	装配图中的尺寸标注、技术要求与零部件编号及明细栏	(179)
9-4	装配体的工艺结构	(181)
9-5	部件测绘	(184)
9-6	读装配图和拆画零件图	(192)
第 10 章	展开图	(196)
10-1	求一般位置直线的实长	(196)
10-2	棱柱和圆柱管的展开	(197)
10-3	棱锥台和圆锥管的展开	(198)
10-4	绘制展开图应注意的问题	(200)
第 11 章	计算机绘图的基本知识	(202)
11-1	计算机绘图概述	(202)
11-2	图层	(203)
11-3	AutoCAD 基本绘图命令	(204)
11-4	常用图形编辑命令	(208)
11-5	用 CAD 标注尺寸	(216)
11-6	AutoCAD 绘制机械二维视图举例	(218)
11-7	计算机绘制基本体、组合体的三维图形	(220)
附 录	(227)
一、螺纹	(227)

二、螺纹紧固件	(231)
三、键与销	(244)
四、滚动轴承	(249)
五、常用标准数据和标准结构	(251)
六、常用金属材料、热处理和表面处理	(254)
七、轴和孔的极限偏差	(257)
参考文献	(269)

第 1 章 点、直线、平面的投影

1-1 投影法及三视图的形成

一、概述

投影法是指投射射线通过物体,向选定的面投射,并在该面上得到图形的方法。

如图 1-1 所示,设定平面 P 为投影面,不属于投影面的定点 S 为投射中心。过空间点 A 由投射中心可引直线 SA , SA 称为**投射射线**。投射射线 SA 与投影面 P 的交点 a 称作空间点 A 在投影面 P 上的**投影**。同理,点 b 是空间点 B 在投影面 P 上的投影。

二、投影法分类

常用的投影法有中心投影法和平行投影法两大类。

1. 中心投影法

投射射线均从投射中心出发的投影法,称为**中心投影法**,所得到的投影称为**中心投影**,如图 1-1、图 1-2 所示。

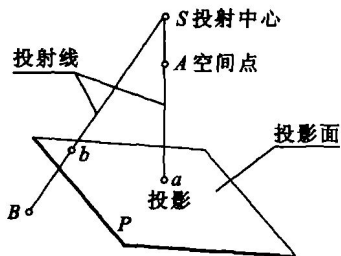


图 1-1 投影法

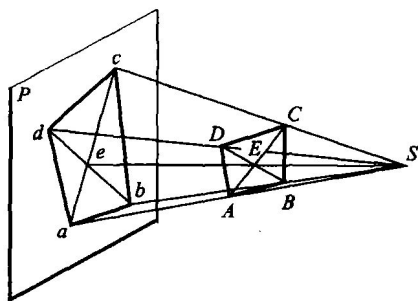


图 1-2 中心投影法

2. 平行投影法

投射射线相互平行的投影法,称为**平行投影法**,所得到的投影称为**平行投影**。根据投射射线与投影面的相对位置,平行投影法又分为**斜投影法**和**正投影法**。

(1) **斜投影法**——投射射线倾斜于投影面。由斜投影法得到的投影称为**斜投影**,如图 1-3 所示。

(2) **正投影法**——投射射线垂直于投影面。由正投影法得到的投影称为**正投影**,如图 1-4 所示。

绘制工程图样主要用正投影,今后如不作特别说明,“投影”即指“正投影”。

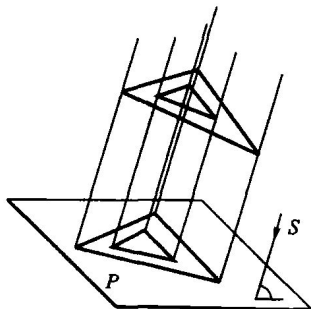


图 1-3 斜投影

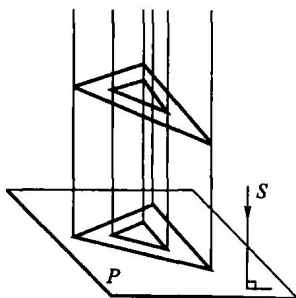


图 1-4 正投影

三、三视图的形成

一般工程图样大都是采用正投影法绘制的正投影图。用正投影法所绘制出物体的图形称为视图。

1. 三投影面体系

如图 1-5 所示,三投影面体系由三个相互垂直的投影面组成。其中 V 面称为正立投影面,简称正面; H 面称为水平投影面,简称水平面; W 面称为侧立投影面,简称侧面。在三投影面体系中,两投影面的交线称为投影轴, V 面与 H 面的交线为 OX 轴, H 面与 W 面的交线为 OY 轴, V 面与 W 面的交线为 OZ 轴。三条投影轴的交点为原点,记为 O 。三个投影面把空间分成八个部分,称为八个分角。分角 I, II, III, IV, ..., VIII 的划分顺序如图 1-5 所示。

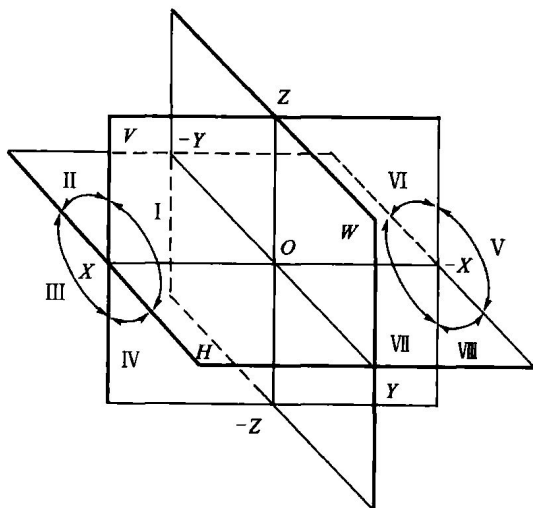


图 1-5 三投影面体系

2. 三视图的形成

如图 1-6(a)所示,将物体放在三投影面体系内,分别向三个投影面投射。为了使所得到的三个投影处于同一平面上,保持 V 面不动,将 H 面绕 OX 轴向下旋转 90° , W 面绕 OZ 轴向右旋转 90° ,与 V 面处于同一平面上,如图 1-6(b)和(c)所示,这样,便得到物体的三个视图。 V 面上的视图称为主视图, H 面上的视图称为俯视图, W 面上的视图称为左视图。

在画视图时,投影面上的边框及投影轴不必画出,三个视图的相对位置不能变动,即俯视图在主视图的下边,左视图在主视图的右边,三个视图的配置如图 1-6(d)所示,三个视图的名称均不必标注。

3. 三视图之间的度量对应关系

物体有长、宽、高三个方向的尺寸。物体左右间的距离为长度;前后间的距离为宽度;上下的距离为高度,如图 1-7 所示。主视图和俯视图都反映物体的长,主视图和左视图都反映物体的高,俯视图和左视图都反映物体的宽。三视图之间的度量对应关系可归纳为:主视图、俯视图长对正,主视图、左视图高平齐,俯视图、左视图宽相等,即“长对正,高平齐,宽相等”。这种“三等”关系是三视图的重要特性,也是画图和看图的主要依据。

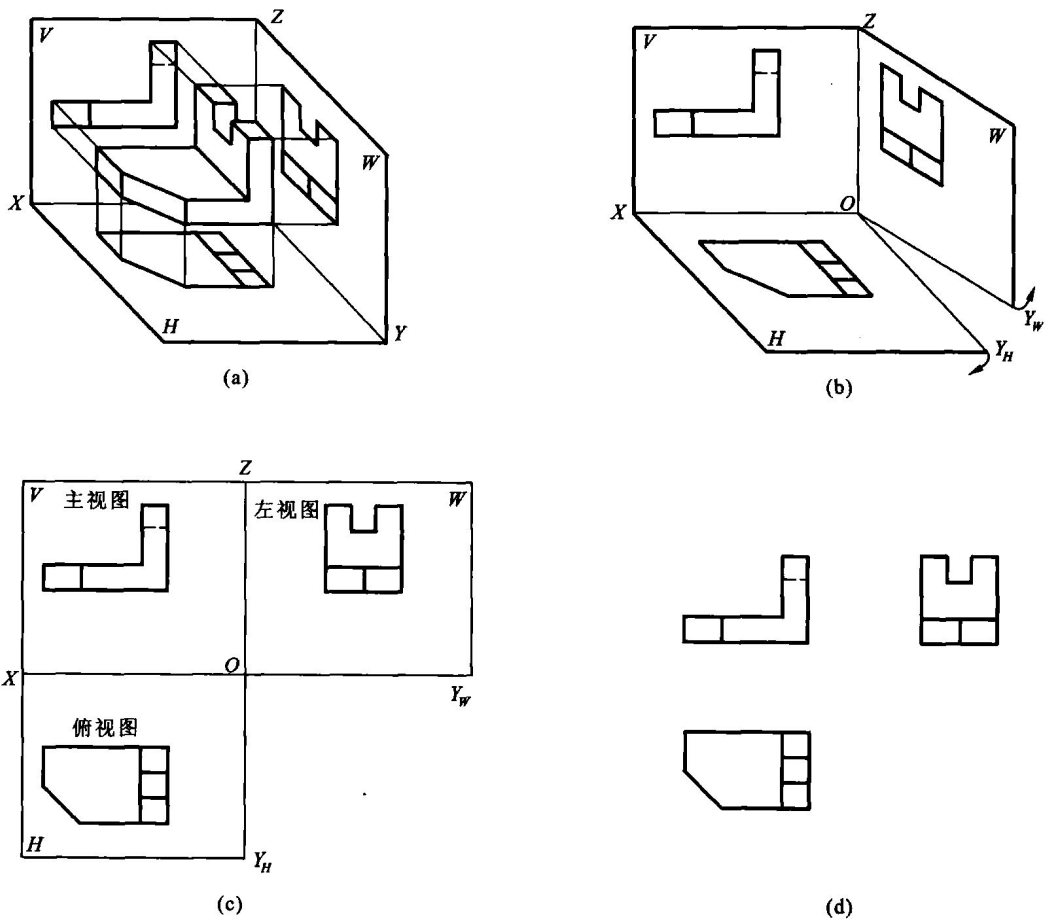


图 1-6 三视图的形成

4. 三视图与物体方位的对应关系

物体有上、下、左、右、前、后六个方位,如图 1-7 所示。主视图能反映物体的左右和上下关系,左视图能反映物体的上下和前后关系,俯视图能反映物体的左右和前后关系。

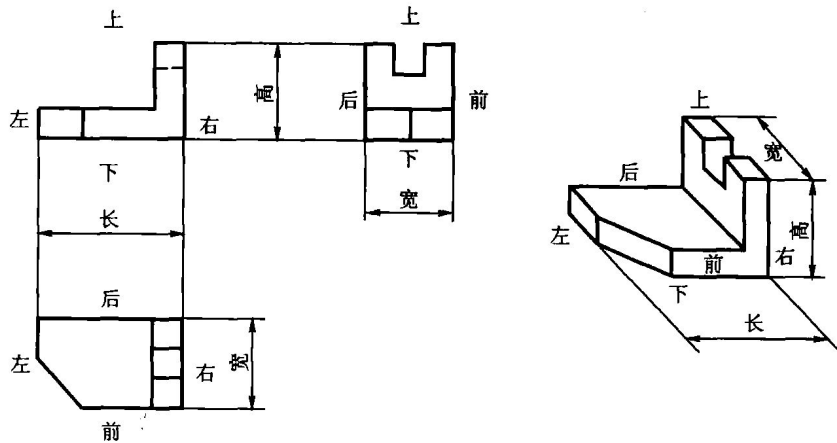


图 1-7 三视图间的度量对应关系和方位关系

1-2 点的投影

一、点的单面投影

如图 1-8 所示,空间点 A 在平面 P 上的投影是唯一的,反之,若已知点 A 的投影 a ,则不能唯一确定 A 的空间位置。

二、点的两面投影

如图 1-9 所示,空间点 A 分别向 V 面和 H 面投影,即得点的两面投影。其中, V 面上的投影称为正面投影,记为 a' , H 面上的投影称为水平投影,记为 a ,如图 1-9(a)所示, V 面不动,将 H 面绕 OX 轴向下旋转 90° ,与 V 面处于同一个平面,如图 1-9(b)所示,因为投影为正投影,则 $aa' \perp OX$ 轴,将 V, H 面的边框去掉,可得到点 A 的投影图,如图 1-9(c)所示。

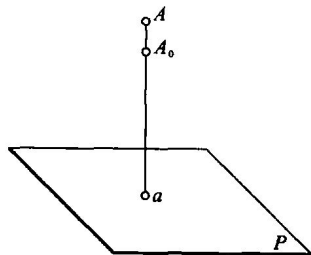
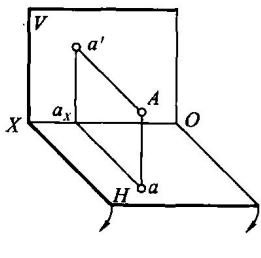
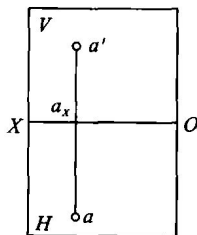


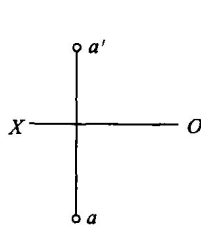
图 1-8 由点的一个投影不能确定点的空间位置



(a) 立体图



(b) 投影面展开后

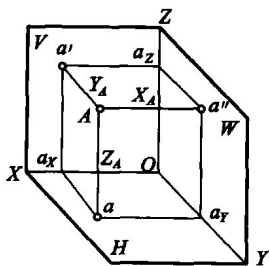


(c) 投影图

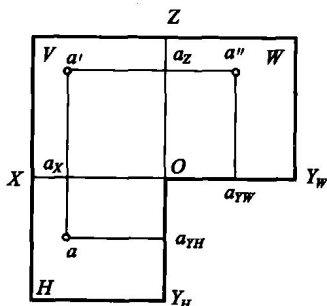
图 1-9

三、点的三面投影

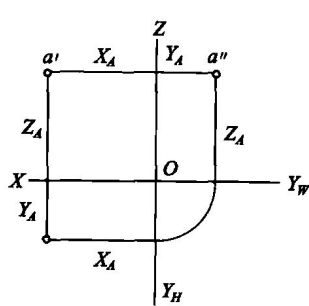
如图 1-10(a)所示,第一分角内有一点 A ,将其分别向 V, H, W 面投射,即得点的三面投影。其中, W 面上的投影称为侧面投影,记为 a'' 。为使投影处在同一平面上,需将投影面展开。移去空间点 A ,保持 V 面不动,将 H 面绕 OX 轴向下旋转 90° , W 面绕 OZ 轴向右旋转 90° , H, W 面与 V 面处于同一平面,即得到点 A 的三面投影图,如图 1-10(b)所示,图中 OY 轴随 H, W 面分为两处,分别以 OY_H, OY_W 表示。投影图中不必画出投影面的边界,如图 1-10(c)所示。



(a)



(b)



(c)

图 1-10 第一分角内点的投影图

四、点的三面投影规律

如图 1-10(a)所示, 投射射线 Aa 和 Aa' 构成的平面 Aaa_xa' 垂直于 H 面和 V 面, 则必垂直于 OX 轴, 因而 $aa_x \perp OX, a'a_x \perp OX$ 。当 a 随 H 面绕 OX 轴旋转与 V 面平齐后, a, a_x, a' 三点共线, 且 $a'a \perp OX$, 如图 1-10(c)所示。同理可知, 点 A 的正面投影与侧面投影的连线垂直于 OZ 轴, 即 $a'a'' \perp OZ$ 。

空间点 A 的水平投影到 OX 轴的距离和侧面投影到 OZ 轴的距离均反映该点的 Y 坐标, 故 $aa_x = a''a_z = Y_A$ 。

综上所述, 点的三面投影规律为:

(1) 点的投影的连线垂直于投影轴。

(2) 点的投影到投影轴的距离, 等于空间点到对应投影面的距离。根据投影规律只要知道点的两个面的投影, 就可以求作第三投影。

五、点的三面投影与直角坐标的关系

如图 1-5 所示, 若将三投影面体系当做空间直角坐标系, 则投影面 V, H, W 相当于坐标面, 投影轴 OX, OY, OZ 相当于坐标轴 X, Y, Z , 而原点 O 相当于坐标原点 O 。原点把每一个轴分成两部分, 并规定: OX 轴从 O 向左为正, 向右为负; OY 轴向前为正, 向后为负; OZ 轴向上为正, 向下为负。因此, 第一分角内的点, 其坐标值均为正。

如图 1-10 所示, 点 A 的三面投影与其坐标间的关系如下:

(1) 空间点的任一投影, 均反映了该点的某两个坐标值, 即 $a(X_A, Y_A), a'(X_A, Z_A), a''(Y_A, Z_A)$ 。

(2) 空间点的每一个坐标值, 反映了该点到某投影面的距离, 即

$X_A = aa_y = a'a_z = A$ 到 W 面的距离;

$Y_A = aa_x = a''a_z = A$ 到 V 面的距离;

$Z_A = a'a_x = a''a_y = A$ 到 H 面的距离。

由上可知, 点 A 的任意两个投影反映了点的三个坐标值。有了点 A 的一组坐标 (X_A, Y_A, Z_A) , 就能唯一确定该点的三面投影 (a, a', a'') 。

六、两点间的相对位置

两点间的相对位置是指空间两点之间上下、左右、前后的位置关系。

根据两点的坐标, 可判断空间两点间的相对位置。两点中, X 坐标值大的在左; Y 坐标值大的在前; Z 坐标值大的在上。在图 1-11(a)中, $X_A > X_B$, 则点 A 在点 B 之左; $Y_A > Y_B$, 则点 A 在点 B 之前; $Z_A > Z_B$, 则点 A 在点 B 之上。即点 A 在点 B 之左、前、上方, 如图 1-11(b)所示。

由以上分析可知: 已知两点的三面投影判断它们的相对位置时, 可根据正面(或侧面)投影判断上、下关系; 根据正面(或水平面)投影判断左、右关系; 根据水平面(或侧面)投影判断前、后关系。

七、重影点及其可见性

空间两点的同面投影重合为一点叫做重影点。在图 1-12(a)中, 空间两点 A, B 的水平投

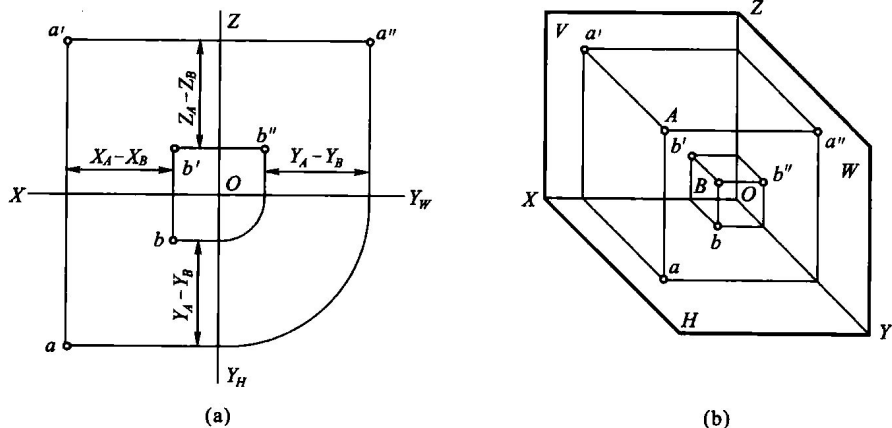


图 1-11 两点间的相对位置

影重合为一点 $a(b)$, 则点 A, B 称为 H 面的重影点。同理, 点 C, D 称为对 V 面的重影点, 其正面投影重合为一点 $c'(d')$ 。

当空间两点在某投影面上的投影重合时, 其中必有一点的投影遮挡着另一点的投影, 这就出现了重影点的可见性问题。在图 1-12(b) 中, 点 A, B 为 H 面的重影点, 由于 $Z_A > Z_B$, 点 A 在点 B 的上方, 故 a 可见, b 不可见(点的不可见投影加括号表示)。同理, 点 C, D 为 V 面的重影点, 由于 $Y_C > Y_D$, 点 C 在点 D 的前方, 故 c' 可见, d' 不可见。

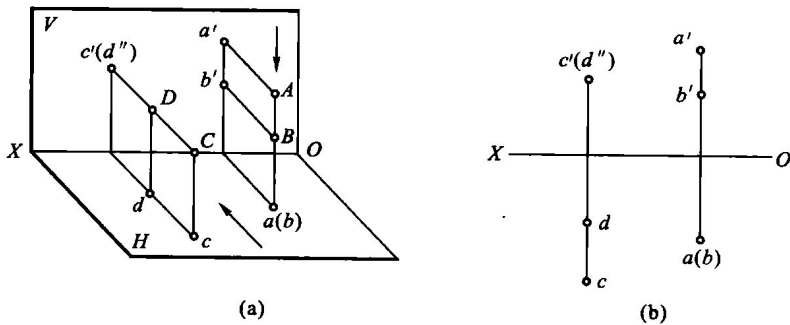


图 1-12 重影点和可见性

显然, 重影点是那些两个坐标值相等, 第三个坐标值不等的空间点。因此, 判断重影点的可见性, 是根据它们不等的那个坐标值来确定的, 即坐标值大的可见, 坐标值小的不可见。

1-3 直线的投影

一、直线的投影

直线的投影可由属于该直线的两点的投影来确定。一般用直线段的投影表示直线的投影, 即作出直线段上两端点的投影, 则两点的同面投影连线为直线段的投影, 如图 1-13 所示。

二、各种位置直线的投影

直线对投影面的相对位置有下面三种类型:

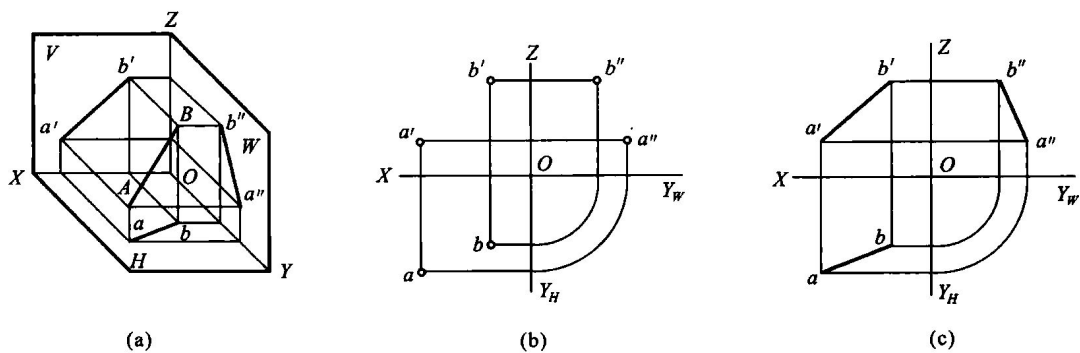


图 1-13 直线的投影

- (1) 投影面的平行线——平行于一个投影面,而与另外两个投影面倾斜的直线。
- (2) 投影面的垂直线——垂直于一个投影面,与另外两个投影面都平行的直线。
- (3) 一般位置直线——对三投影面都倾斜的直线。

前两种为特殊位置直线。直线对 H, V, W 三投影面的倾角,分别用 α, β, γ 表示,如图 1-14 (a)所示。

下面分别讨论它们的投影特性。

1. 投影面平行线

投影面平行线有三种:水平线、正平线、侧平线。投影特性如表 1-1 所示。

表 1-1 投影面平行线

名称	水平线($\parallel H$ 面,对 V, W 面倾斜)	正平线($\parallel V$ 面,对 H, W 面倾斜)	侧平线($\parallel W$ 面,对 H, V 面倾斜)
直观图			
投影图			
投影特性	1. $ab=AB, \beta, \gamma$ 等于 AB 对 V, W 面的倾角 2. $a'b' \parallel OX, a''b'' \parallel OY_W$	1. $c'd'=CD, \alpha, \gamma$ 等于 CD 对 H, W 面的倾角 2. $cd \parallel OX, c''d'' \parallel OZ$	1. $e''f''=EF, \alpha, \beta$ 等于 EF 对 H, V 面的倾角 2. $ef \parallel OY_H, e'f' \parallel OZ$

由表 1-1 可概括出投影面平行线的投影特性为:

(1) 在所平行的投影面上的投影,反映实长,它与投影轴的夹角,分别反映直线对另两投影面的真实倾角。

(2) 在另两投影面上的投影,分别平行于相应的投影轴,且长度缩短。

2. 投影面垂直线

投影面垂直线也有三种:铅垂线、正垂线、侧垂线。投影特性如表 1-2 所示。

表 1-2 投影面垂直线的投影特性

名称	铅垂线($\perp H$ 面, $\parallel V$ 和 W 面)	正垂线($\perp V$ 面, $\parallel H$ 和 W 面)	侧垂线($\perp W$ 面, $\parallel H$ 和 V 面)
直观图			
投影图			
投影特性	1. 水平投影 $a(b)$ 积聚为一点 2. $a'b' = a''b'' = AB$ $a'b' \perp OX$ $a''b'' \perp OY_w$	1. 正面投影 $c'(d')$ 积聚为一点 2. $cd = c''d'' = CD$ $cd \perp OX, c''d'' \perp OZ$	1. 侧面投影 $e''(f'')$ 积聚为一点 2. $ef = e'f' = EF$ $ef \perp OY_H, e'f' \perp OZ$

由表 1-2 可概括出投影面垂直线的投影特性为:

- (1) 在所垂直的投影面上的投影,积聚为一点。
- (2) 另两个投影面上的投影,垂直于相应的投影轴,且反映实长。

3. 一般位置直线

由于一般位置直线(见图 1-14)同时倾斜于三个投影面,故有如下投影特点:

- (1) 直线的三面投影都倾斜于投影轴,它们与投影轴的夹角,均不反映直线对投影面的倾角。
- (2) 直线的三面投影的长度都短于实长,其投影长度与直线对各投影面的倾角有关,即 $ab = AB \cos \alpha, a'b' = AB \cos \beta, a''b'' = AB \cos \gamma$ 。

三、点与直线

点与直线的从属关系有点从属于直线和不属于直线两种情况。

1. 点从属于直线

- (1) 点从属于直线,则点的各面投影必从属于直线的同面投影。如图 1-15 所示,点 C 从

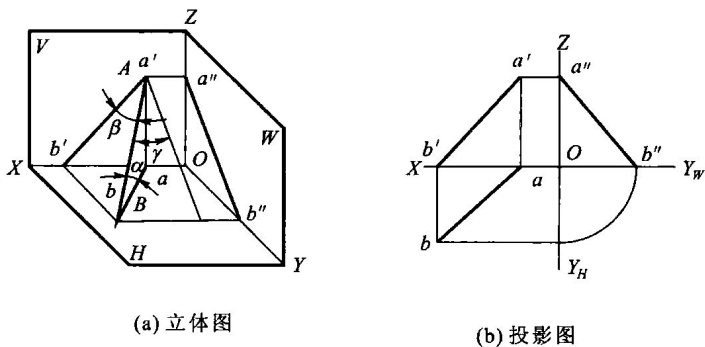


图 1-14 一般位置直线的投影

属于直线 AB , 其水平投影 c 从属于 ab , 正面投影 c' 从属于 $a'b'$, 侧面投影 c'' 从属于 $a''b''$ 。

反之, 在投影图中, 如点的各个投影从属于直线的同面投影, 则该点必定从属于此直线。

(2) 从属于直线的点分割线段之比投影后保持不变。如图 1-15 所示, 点 C 将线段 AB 分为 AC, CB 两段, 则 $AC : CB = ac : cb = a'c' : c'b' = a''c'' : c''b''$ 。

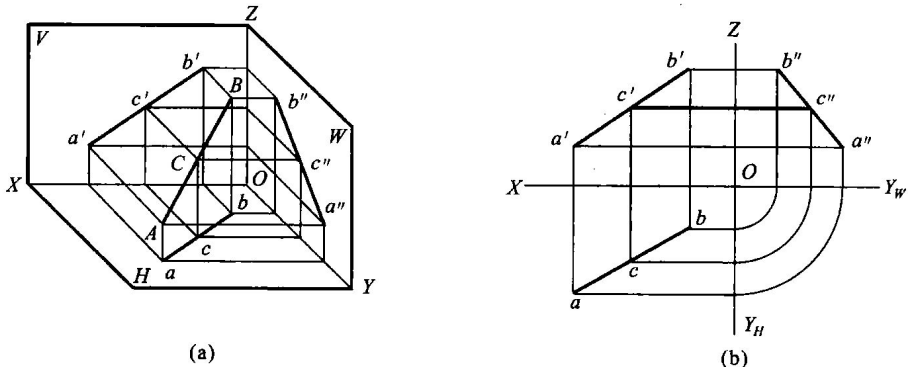


图 1-15 属于直线的点

2. 点不从属于直线

若点不从属于直线, 点的投影则不具备上述性质。

如图 1-16 所示, 虽 k 从属于 ab , 但 k' 不从属于 $a'b'$, 故点 K 不从属于直线 AB 。

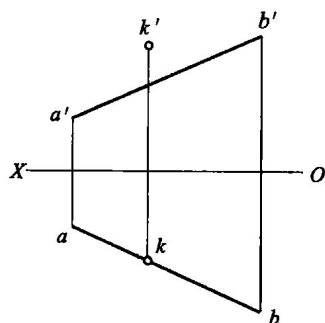


图 1-16 点不属于直线

四、两直线的相对位置

空间两直线的相对位置有三种情况: 平行、相交和交叉。平行和相交的两直线位于同一平面内, 称为共面直线; 而交叉的两直线不在同一平面内, 称为异面直线。它们的投影特性叙述如下:

1. 平行两直线

空间两直线相互平行, 它们的各组同面投影必定相互平行。如图 1-17 所示, 如果空间直线 AB, CD 相互平行, 过 AB, CD 所作投影面的投射面必定相互平行, 此平行两平面与投影面的交线必定相互平行, 即 $ab \parallel cd, a'b' \parallel c'd', a''b'' \parallel c''d''$ 。反之, 若两直线的各同面投影相互平行, 则两直线在空间一定相互平行。

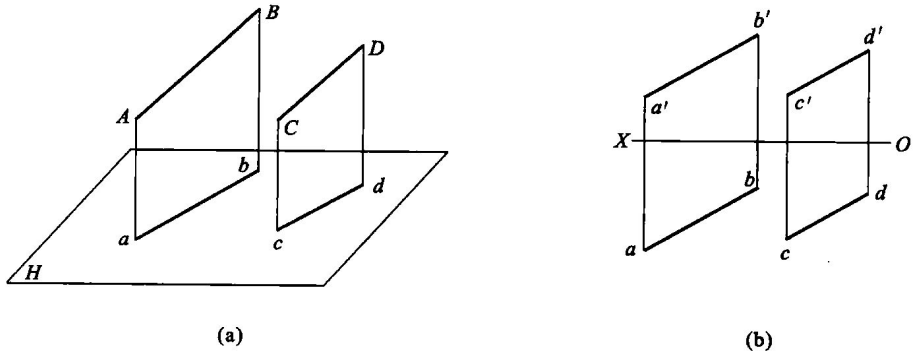


图 1-17 平行两直线的投影特性

2. 相交两直线

空间两直线相交, 它们的各同面投影必定相交, 并且交点符合点的投影规律。如图 1-18 所示, 空间直线 AB, CD 相交于 K 点, 则交点是两直线的共有点, 水平投影 k 既在 ab 上, 又在 cd 上。同样, 正面投影 k' 既在 $a'b'$ 上, 又在 $c'd'$ 上, 侧面投影 k'' 既在 $a''b''$ 上, 又在 $c''d''$ 。点 K 是一个空间点, 它的三面投影必符合点的投影规律。

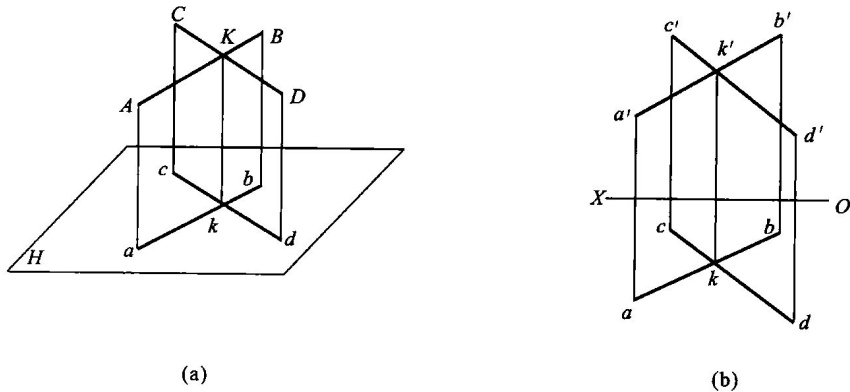


图 1-18 相交两直线的投影特性

3. 交叉两直线

在空间既不平行又不相交的两直线称为交叉两直线, 如图 1-19 所示, 其投影不具有平行两直线和相交两直线的投影特性。

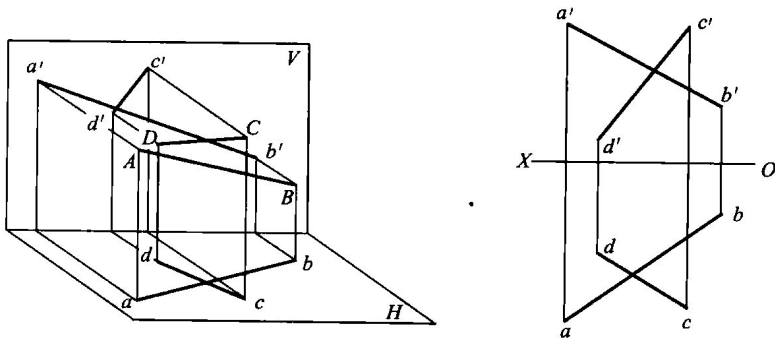


图 1-19 交叉两直线的投影特性

交叉两直线的同面投影可能有某一面平行,但不可能各面都平行。交叉两直线的投影可能有交点,但各投影交点的连线不垂直于相应的投影轴,其投影的交点并不是两直线真正的交点,而是两直线上相应点的投影的重影点。对重影点应区分其可见性,即根据重影点对同一投影面的坐标值大小来判断,坐标值大者为可见点,小者为不可见点。

【例 1-1】 已知直线 AB 和 C 点的投影,如图 1-20(a)所示,过 C 点作水平线 CD 并与 ab 相交。

解 根据水平线的投影特性,先作 CD 的正面投影求出交点 d' ,再由 d' 作出 d ,如图 1-20(b)所示。

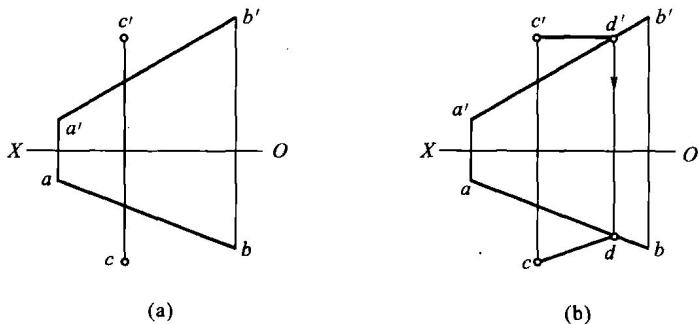


图 1-20 作相交直线

【例 1-2】 已知两直线 AB, CD 的投影点及 M 的水平投影 m ,如图 1-21(a)所示,作一直线 $MN \parallel CD$ 并与直线 AB 相交于 N 点。

解 根据平行两直线和相交两直线的投影特性,要使 $MN \parallel CD$,则 MN 的各面投影必须平行于 CD 的各面投影,并且与 AB 的交点满足点的投影规律。

作图步骤如下:

- (1) 过 m 作 $mn \parallel cd$,并与 ab 交于 n 。
- (2) 由 n 求出 n' 。
- (3) 过 n' 作 $n'm' \parallel c'd'$,求得 m' ,如图 1-21(b)所示。

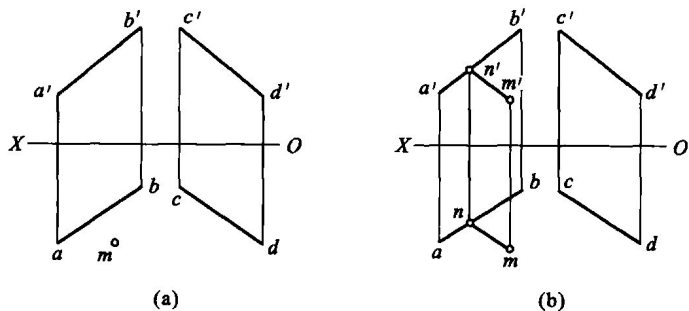


图 1-21 作 MN 平行于 CD 并与 AB 相交

五、一边平行于投影面的直角的投影

空间两直线成直角(相交或交叉),若两边都与某一投影面倾斜,则在该投影面上的投影不是直角;若一边平行于某一投影面,则在该投影面上的投影仍是直角,如图 1-22 所示。

如图 1-22 所示,设 $AB \perp BC, BC \parallel H$ 面,则 $\angle abc = 90^\circ$ 。