

绪 论

0.1 本课程的性质、要求和学习方法

1. 本课程的地位、性质和任务

《画法几何及机械制图》是一门研究绘制和阅读机械图样,解决空间几何问题的理论与方法的课程。

在现代化生产中,无论设计和制造机床、轻工机械、化工设备还是仪表工具都离不开机械图样,在使用、维修、安装和检验中也要以图样为依据。因此,图样就成为工业生产中一种重要的技术资料 and 进行技术交流不可缺少的工具,被喻为“工程界的语言”。由于机械图样与生产实践密切相关,所以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,是机械类和工程技术类专业的一门主干课程。

学习本课程的主要目的是培养学生的绘图、读图和空间想象能力。

本课程的主要任务是:

- (1) 掌握正投影法的基本理论及其应用;培养空间想象和空间分析能力。
- (2) 培养绘制和阅读机械图样的能力和空间几何问题的图解能力。
- (3) 培养计算机绘图应用软件的使用和计算机绘图能力。
- (4) 培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

此外,在教学过程中还必须有意识地培养学生自学、分析问题和解决问题的能力、创新和审美能力。

2. 本课程的基本要求

学完本课程后,应达到如下要求:

- (1) 熟练掌握用正投影法表达空间几何形体和图解几何问题的基本理论和方法。了解轴测投影的基本概念并掌握正等和斜二等轴测图的画法。
- (2) 能正确使用绘图工具和仪器,并初步掌握徒手画草图的技能。
- (3) 能正确绘制和阅读中等复杂程度的零件图和装配图。所绘图样应做到:投影正确,视图选择与配置恰当,尺寸完整清晰,字体工整,作图准确,图面整洁,符合《机械制图》国家标准的规定。



(4) 熟悉并掌握计算机绘图,能绘制平面图形、注尺寸及中等难度的零件图。

3. 本课程的学习方法

(1) “画法几何”部分的理论性、系统性比较强,在学习这部分内容时必须和初等几何(特别是立体几何)的知识密切联系起来,同时更要注意空间几何关系的分析和空间问题与平面图样间的对应关系。这样“从空间到平面,再由平面回到空间”的反复思维的过程才是最有效的学习方法。课后应及时复习,搞清每个基本概念和作图方法,然后完成一定数量的作业。画法几何的整个内容都不需要死记和背诵,它的理论主要通过解题实践才能深入理解和掌握,以达到灵活运用之目的。

(2) “机械制图”部分的内容是以画法几何理论为依据的,同时与生产实际密切联系。因此在学习时既要善于应用画法几何理论指导绘图和读图,又要紧密联系实际。绘图和读图能力的培养主要通过完成一系列的作业才能达到。要多画多想,注意画、读结合,图、物结合,以不断培养空间想象能力和空间构形能力。

图样是用来指导生产的技术文件,在绘图和读图中切忌粗心大意、草率从事,必须做到严肃认真、一丝不苟。必须严格遵守《机械制图》国家标准的规定。

不断改进学习方法,准确地使用有关资料和图表,提高独立工作能力和自学能力。

本课程只能为学生的绘图和读图打下一定的基础,在后继课程、生产实习、课程设计和毕业设计中还要继续培养和提高。

0.2 投影法及其分类

物体在光线照射下,在墙壁或地面上会出现物体的影子,这种现象被称为投影现象。画法几何学中应用的投影方法即是人们对投影现象进行科学的抽象而得到的。用这种方法确定空间几何形体在平面上的图像,称为投影法。

投影法分为两大类:中心投影法和平行投影法。

1. 中心投影法

图 0-1 所示是光源抽象为一点 S , S 称为投影中心; ABC 为三角形平面物体;平面 P 称为投影面; S 与物体上任一点之间的连线(如 SAa 、 SBb 、 SCc)称为投射(影)线。投射线与投影面的交点 a 、 b 、 c 为物体上 A 、 B 、 C 点的投影。所有的投射线都从一点 S 开始,称为中心投影法。

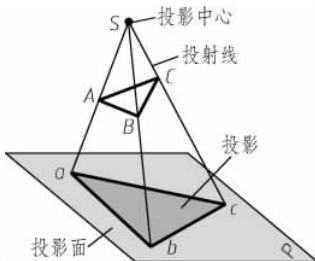


图 0-1 中心投影法



用投影法在投影面上所得到的物体的图形称为物体的投影。

由图 0-1 中可以看出,应用中心投影法,线段的投影(如 ab)与其实际长度(AB)不相等。所以用中心投影法画出的图形不能反映物体的真实形状和大小,为此机械图样的绘制不采用中心投影法。

2. 平行投影法

当中心投影法的投影中心移到距投影面无限远时,则各投射线互相平行,这就称为平行投影法,如图 0-2 所示;平行投影法又分为两种类型。

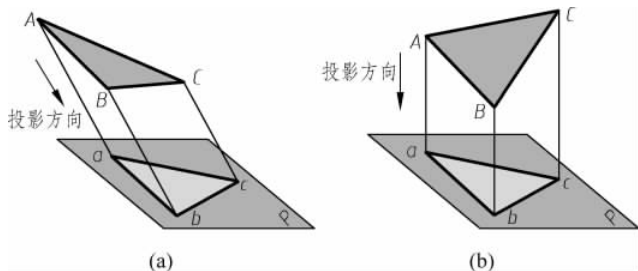


图 0-2 平行投影法
(a) 斜投影法; (b) 正投影法

(1) 当互相平行的投射线与投影面倾斜时,称为斜投影法,见图 0-2(a)。

(2) 当互相平行的投射线与投影面垂直时,称为正投影法,见图 0-2(b)。

机械图样的绘制,主要用正投影法,但有一些图样也要用到斜投影法或中心投影法。为此读者应在本课程开始时就要弄清楚这几种投影方法的异同,并特别重视正投影法的投影特性和逐渐掌握正投影法的绘图规律,正确、熟练地表达形体。

3. 工程中常用的几种投影图

工程中常用的投影图有 4 种:轴测投影图、透视投影图、正投影图和标高投影图。轴测投影图和正投影图在以后各章中广泛应用和介绍。现仅对标高投影图和透视投影图作简单介绍。

1) 标高投影图

标高投影是正投影画法的一种,采用水平面作为投影面,主要用于地形图的绘制。因为大地幅员广阔,起伏多变,而高度方向与幅员相比显得很小,其他绘图方法都难适应地形图的绘制。为此采用地面等高线的水平正投影,并用数字标明各等高线的高度,就得到标高投影图。

图 0-3 是用标高投影法绘制的地形图。另外标高投影法还用于不规则曲面的表达,如船舶、飞机、汽车曲面等的绘制。如图 0-4 所示。

2) 透视投影图

透视投影图采用中心投影法,在投影面上得到形体

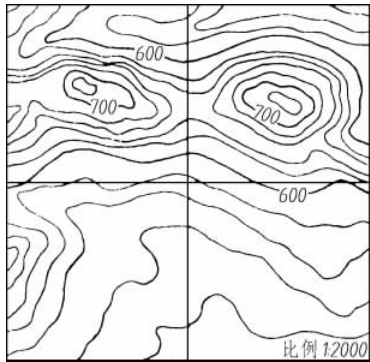


图 0-3 标高投影法画的地形图

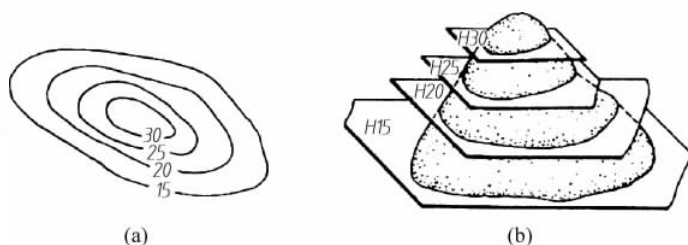


图 0-4 标高投影法画的不规则曲面

的投影。它的成像原理与照相原理相似,图形接近于人的视觉映象,所以透视图形象逼真,立体感强。

图 0-5 是几何体的透视投影图。由于采用中心投影法,所以物体上原是互相平行的边,在透视投影图上就不平行了。透视图画法比较复杂,又不能从图形上度量物体的尺寸,所以一般不用于绘制机械图样,而用于某些建筑图绘制和工艺美术设计等方面。

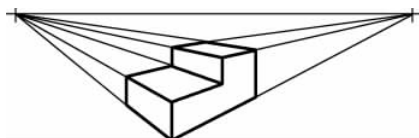


图 0-5 几何体的透视投影图



点、直线的投影

一般物体,都可以看作是由基本形体(柱、锥、球、环等)构成的,而基本形体是由表面、棱线和顶点所限定。画物体的图形,实际上就是画限定物体的点、线、面的投影。为此,要正确地画出物体的正投影,须先研究点、线、面正投影的画法及其基本特性。

1.1 点的投影

1. 点在两投影面体系中的投影

1) 两投影面体系

为了根据点的投影确定点在空间的位置,设想有互相垂直的投影面 V 和 H (图 1-1), V 面称为正投影面, H 面称为水平投影面。两投影面的交线为投影轴 OX 。可以设想整个空间被 V 面和 H 面划分成 4 部分,并被称为 4 个分角。

国家标准《机械制图》规定,机件的图形按正投影法绘制,并采用第一分角画法,故本书主要讨论第一分角投影画法。

2) 点的两面投影图

设在第一分角中有一点 A ,如图 1-2(a)所示。经过点 A 分别向 V 面和 H 面作垂线,得交点 a' 和 a ,则 a' 称为点 A 的正面投影, a 称为点 A 的水平投影。

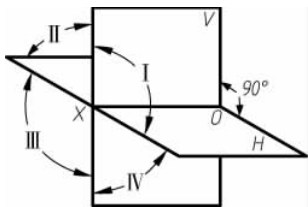


图 1-1 空间分为 4 个分角

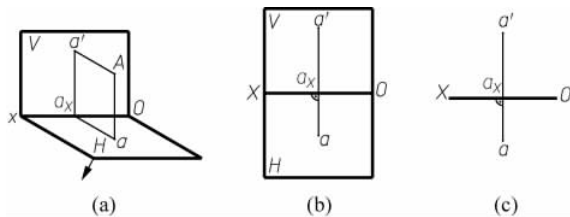


图 1-2 点的两面投影

规定空间点用大写字母 A 、 B 、 C 等表示;水平投影用小写字母 a 、 b 、 c 等表示;正面投影用带撇的小写字母 a' 、 b' 、 c' 等表示。

为了把空间两投影面的投影画在同一平面上,规定 V 面不动,将 H 面以 OX 为轴向下旋转 90° ,与 V 面重合,即得点 A 的正投影图,见图 1-2(b)。为了作图简便、图形清晰,实际



作图不画出投影面的边框线,如图 1-2(c)所示。

(1) 两投影面体系中的投影规律

由图 1-2(a)可以看出, $Aa \perp H$ 面, $Aa' \perp V$ 面,所以 Aa 和 Aa' 所决定的平面不仅垂直于 V 面和 H 面,而且也垂直于它们的交线 OX 轴。因此,该平面与 H 面的交线 aa_x 和与 V 面的交线 $a'a_x$ 都分别垂直于 OX 轴。又因为 $a'a_x$ 和 aa_x 相交于 a_x 点,所以在投影图上, a 、 a_x 、 a' 三点在同一条直线上,即 $aa' \perp OX$ 轴。

因为 Aaa_xa' 是矩形,所以 $aa_x = Aa'$, $a'a_x = Aa$ 。为此可以得出两投影面体系中的投影规律为:

- ① 点的正面投影和水平投影的连线垂直于 OX 轴,即 $aa' \perp OX$ 轴。
- ② 点的正面投影到 OX 轴的距离,反映该点到 H 面的距离,点的水平投影到 OX 轴的距离反映该点到 V 面的距离。即 $a'a_x = Aa$, $aa_x = Aa'$ 。

(2) 点在投影面内的投影特点

图 1-3 是点在投影面内和投影轴上的情况(仍属于第一分角),其投影特点是:

- ① 点在投影面内,则点的一个投影与空间点重合,另一个投影在投影轴上。图 1-3(b)中,点 B 在 V 面内,则其正面投影 b' 在 V 面内,水平投影 b 与 OX 轴重合。
- ② 点在投影轴上,则点的两个投影均与空间点重合,即位于投影轴上。

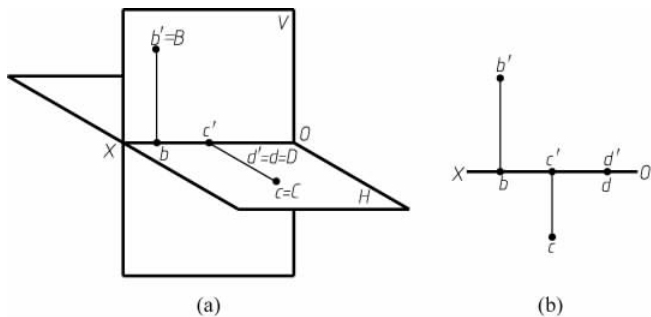


图 1-3 点在投影面或投影轴上的投影

2. 点在三投影面体系中的投影

1) 三投影面体系

三投影面体系是在上述 V/H 两投影面体系的基础上再加一个与 H 面和 V 面互相垂直的投影面——侧投影面 W (简称侧面)而构成的。如图 1-4(a)所示。三个投影面彼此相交,它们的交线分别称为投影轴 OX 、 OY 和 OZ ,三投影轴垂直相交于 O 点, O 称为原点。

2) 点的三面投影图及其投影规律

图 1-4(a)是空间点 A 在三投影面体系中分别向 V 、 H 、 W 面作垂直线 Aa' 、 Aa 、 Aa'' ,垂足分别为 a' 、 a 、 a'' ,即为点 A 在三个投影面上的投影。

为了使三个投影面摊平在一个平面上,规定 V 面不动,使 H 面绕 OX 轴向下旋转 90° 与 V 面重合, W 面绕 OZ 轴向右旋转 90° 与 V 面重合,这样就得到点 A 的三面投影图。实际作图时,表示投影面大小的边框不画,故点 A 的三面投影图如图 1-4(b)所示。

要注意的是投影图按上述方法展开在一个平面上时, Y 轴将分别用 Y_H 和 Y_W 在两个位置表示。

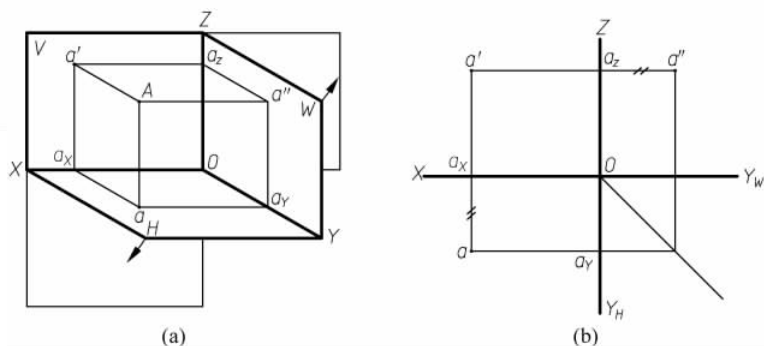


图 1-4 点的三面投影

由图 1-4 可以得到点在三投影面体系中的投影规律：

- (1) 点的正面投影与水平投影的连线垂直 OX 轴, 即 $a'a \perp OX$;
- (2) 点的正面投影与侧面投影的连线垂直 OZ 轴, 即 $a'a'' \perp OZ$;
- (3) 点的水平投影到 OX 轴的距离等于侧面投影到 OZ 轴的距离, 即 $aa_x = a''a_z$ 。

3) 根据点的两个投影求第三个投影

在三投影面体系中, 若已知点的两个投影, 则该点在空间的位置就唯一被确定了。因此, 给出点的两个投影, 就可以画出点的第三个投影。

【例 1-1】 已知点的正面投影 a' 和水平投影 a , 求其侧面投影 a'' , 见图 1-5(a)。

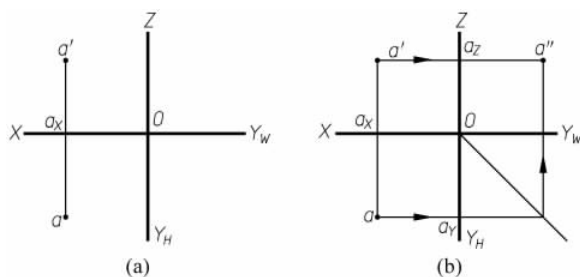


图 1-5 根据点的两个投影求第三投影

解 作图步骤见图 1-5(b)具体如下：

- (1) 过原点 O 作直角 $Y_H OY_W$ 的分角线；
- (2) 过 a 作水平线平行 OX 轴与分角线相交, 再过交点作垂直线；
- (3) 过 a' 点作水平线平行 OX 轴与上述垂直线相交于 a'' , a'' 即为所求。

3. 点的坐标与投影

点的空间位置也可以用数字表示, 方法是设置坐标系, 把点放在坐标系里。简而言之, 是把原来的三个投影面 (V 、 H 、 W 面) 作为坐标面, 三条投影轴 (OX 、 OY 、 OZ) 作为坐标轴, 交点 O 为坐标原点, 见图 1-6。并在三条坐标轴上表明长度单位。

由图 1-6 可以看出点的投影与坐标的关系：

点 A 到 W 面的距离 $= Oa_x = X$ 坐标；



点 A 到 V 面的距离 $= Oa_Y = Y$ 坐标;

点 A 到 H 面的距离 $= Oa_Z = Z$ 坐标。

因此,若已知点的坐标 (X, Y, Z) ,它在空间的位置就被确定了。

图 1-7 是已知点 A 的坐标 $(6, 4, 5)$,求作其三面投影。在画出的投影轴上沿 OX 向左截取 $x=6$ 单位得 a_X ; 由 a_X 作 OX 的垂线向下取 $a_X a_Y = 4$ 单位,得点的水平投影 a ; 由 a_X 在垂线上向上取 $a_X a' = 5$ 单位,得点的正面投影 a' 。再由 a, a' 求出点的侧面投影 a'' 。

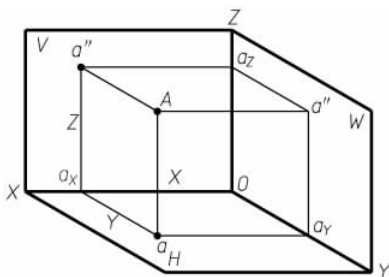


图 1-6 点的坐标

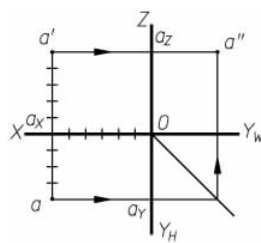


图 1-7 根据点的坐标画投影图

4. 重影点

当空间两点位于某个投影面的同一垂直线上时,则两点在该投影面上的投影重合为一点。这两点被称为该投影面的重影点。

如图 1-8 所示,点 A 与点 B 的连线垂直于 H 面,故它们的水平投影 a 和 b 重合。所以点 A 和点 B 是 H 面的重影点。

两点重影,就存在可见性问题。在图 1-8 中, A, B 两点相比较,点 A 的 Z 坐标大于点 B 的 Z 坐标,即点 A 高于点 B ,所以从上向下(向 H 面)投射时,点 A 挡住点 B 。因此投影 a 可见, b 不可见。规定不可见点的投影加括号,如图 1-8(b)所示。

同理,点 C 与点 D 为对 V 面的重影点。因为点 C 的 Y 坐标大于点 D 的 Y 坐标,所以 c' 看得见, d' 看不见,以 (d') 表示。

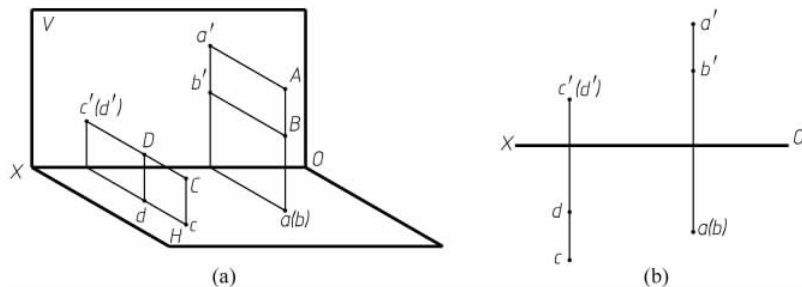


图 1-8 重影点的投影

5. 点的相对位置

由前面第三节点的坐标与投影可知:

(1) a 反映空间点的 X, Y 坐标;



(2) a' 反映空间点的 X, Z 坐标;

(3) a'' 反映空间点的 Y, Z 坐标。

如已知两点的投影, 便可根据点的投影对应关系和坐标, 判别它们在空间的相对位置, 例如图 1-9 中, 已知 a, a', a'' 和 b, b', b'' , 则由于 b 在 a 的右边, 即 $X_B < X_A$, 表示点 B 在点 A 的右方; b 在 a 的前边即 $Y_B > Y_A$, 表示点 B 在点 A 的前面; b' 在 a' 的上边, 即 $Z_B > Z_A$, 表示点 B 在点 A 的上方, 总起来说就是点 B 在点 A 的右、前、上方。

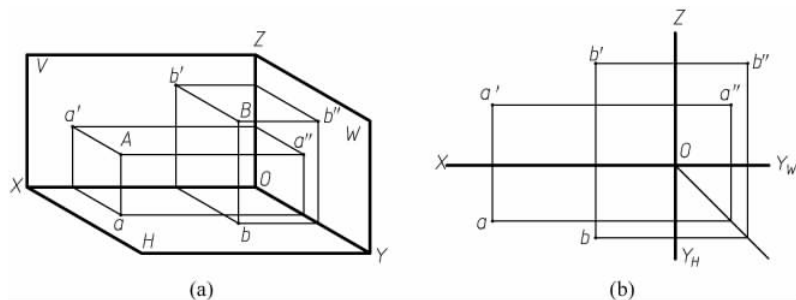


图 1-9 点的相对位置

由于点的正面投影及水平投影同时反映点的 X 坐标, 水平投影及侧面投影同时反映点的 Y 坐标, 正面投影及侧面投影同时反映点的 Z 坐标, 故可利用两点的正面投影 (a', b') 或水平投影 (a, b) 来比较左右位置, 利用水平投影 (a, b) 及侧面投影 (a'', b'') 比较前后位置, 同理利用正面投影 (a, b) 及侧面投影 (a'', b'') 比较上下位置关系。

1.2 直线的投影

1. 直线的投影

根据几何定理, 两点可以确定一条直线, 所以空间一直线的投影可由直线上两点的同面投影来确定 (通常取直线段的两个端点)。如图 1-10 所示, 直线 AB 与三个投影面都不垂直, 分别作出 AB 两端点的投影 (a, a', a'')、(b, b', b''), 然后将其同面投影连接起来即得直线的三面投影 ($ab, a'b', a''b''$)。可见, 不垂直投影面的直线的投影仍为直线。

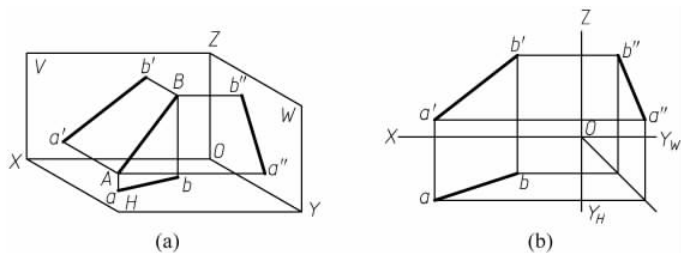


图 1-10 直线的投影

2. 直线对投影面的相对位置及其投影特性

在三投影面体系中根据直线对投影面的相对位置, 可把直线分为三类。



1) 投影面平行线

平行于一个投影面而与另外两个投影面倾斜的直线,称为投影面平行线,可分为以下 3 种。

(1) 水平线: $\parallel H$ 面,对 V 、 W 面倾斜的直线。

(2) 正平线: $\parallel V$ 面,对 H 、 W 面倾斜的直线。

(3) 侧平线: $\parallel W$ 面,对 H 、 V 面倾斜的直线。

直线与它的水平投影、正面投影、侧面投影的夹角,分别称为该直线对投影面 H 、 V 、 W 的倾角 α 、 β 、 γ 。

正平线、水平线和侧平线的投影特性见表 1-1。

表 1-1 平行线的投影特性

名称	正平线($AB \parallel V$ 面)	水平线($AB \parallel H$ 面)	侧平线($AB \parallel W$ 面)
轴测图			
投影图			
投影特性	(1) $a'b' = AB$; (2) $a'b'$ 与投影轴夹角反映 α 、 γ ; (3) $ab \parallel OX, a''b'' \parallel OZ$	(1) $ab = AB$; (2) ab 与投影轴夹角反映 β 、 γ ; (3) $a'b' \parallel OX, a''b'' \parallel OY_W$	(1) $a''b'' = AB$; (2) $a''b''$ 与投影轴夹角反映 α 、 β ; (3) $ab \parallel OY_H, a'b' \parallel OZ$

2) 投影面垂直线

垂直于一个投影面的直线,称为投影面垂直线,也可分为 3 种,其投影特性见表 1-2。

(1) 正垂线: $\perp V$ 面;

(2) 铅垂线: $\perp H$ 面;

(3) 侧垂线: $\perp W$ 面。

投影面平行线和投影面垂直线称为特殊位置直线。

3) 投影面倾斜线

与三个投影面都倾斜的直线,称为投影面倾斜线。

如图 1-11 所示,由于投影面倾斜线 AB 与三个投影面都不平行,所以其三面投影都不反映直线的实长。其投影长、实长和倾角之间的关系为 $ab = AB \cos \alpha$; $a'b' = AB \cos \beta$; $a''b'' =$