

高等学校教材

工程制图

■ 非机械类各专业用

■ 王秉钧 主编



哈尔滨工程大学出版社

工程制图

主 编：王秉钧

副主编：杨欣欣 包云惠

张学敬 李忠林

王树林

主 审：潘德郁 梁焕武

哈尔滨工程大学出版社

(黑)新登字第9号

内 容 提 要

本书是根据国家教育委员会1987年审定的《工程制图基础课程教学基本要求》编写的。全书共分十章,其内容包括“正投影法原理、制图基本知识与技能、轴测投影、机件的表达方法、标准件与常用件、零件图、装配图、计算机绘图及立体表面展开图等。书末附有常用标准表,并有与本书配套使用的《工程制图习题集》。

本书采用最新国家标准,叙述简明扼要,深入浅出,通俗易懂,可作为高等工科院校电子、计算机、自动控制、化工、企业管理等应用理科各专业制图课的教材;也可作为电大、夜大、职大等相关专业的教材,并可供有关工程技术人员参考。

工 程 制 图

主 编:王秉钧

责任编辑:金 英

哈尔滨工程大学出版社出版发行

哈尔滨工程大学印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 19.5 字数 433.6 千字

1994年6月 第1版 1994年6月 第1次印刷

印数:1—5500册 定价:9.00元

ISBN 7-81007-450-4/TB·3

前 言

本教材系根据国家教育委员会 1987 年制定的《工程制图基础课程教学基本要求》编写的。本书除绪论外,共分十章及书后附录,另编有《工程制图习题集》与本教材配套使用。

本书适用于高等工科院校本科电子、计算机、自动控制、化工、企业管理等各应用理科专业。教学时数为 50~70 学时,各校可根据专业需要,适当增减教学时数及取舍某些内容。

本书由哈尔滨工程大学、黑龙江商学院、佳木斯工学院、大庆石油学院、黑龙江交通专科学校联合编写。

参加本书编写工作的有:王秉钧(主编);杨欣欣、包云惠、张学敬、李忠林、王树林(副主编);以及于慈远、刘双林、朱世范、李广君、李洪志、张宝琴、饶意中、高连吉、颜声远、薛开、戴富美等同志(以姓氏笔划为序)。王冰迪同志负责书中立体图的润饰和封面设计工作。

参加本书审稿工作的有:潘德郁同志主审,梁焕武同志副主审。

在本书编写过程中,得到各有关协作单位的积极支持和帮助,在此一并表示衷心感谢!

对本书存在的问题,我们热诚希望广大读者提出宝贵意见与建议,以便今后改进。

编 者

1994 年 3 月

目 录

绪论	(1)
第一章 点、直线和平面的投影	
第一节 投影法的基本概念	(2)
第二节 三面投影的形成及其投影规律	(6)
第三节 点的投影	(7)
第四节 直线的投影	(11)
第五节 平面的投影	(19)
第六节 直线与平面及两平面间的相对位置	(25)
第二章 立体	
第一节 平面立体	(31)
第二节 曲面立体	(32)
第三节 平面与立体相交	(37)
第四节 立体与立体相交	(43)
第五节 组合体的视图	(53)
第六节 组合体的尺寸标注	(60)
第七节 组合体视图的读图	(67)
第三章 轴测投影图	
第一节 基本概念	(77)
第二节 正等轴测图的画法	(79)
第三节 斜二测轴测图的画法	(87)
第四节 轴测图的选择	(92)
第五节 轴测草图的画法	(93)
第四章 制图基本知识和技能	
第一节 机械制图国家标准的一般规定	(97)
第二节 绘图工具和仪器的使用	(112)
第三节 几何作图	(116)
第四节 平面图形的画法及尺寸标注	(123)
第五节 绘图方法和步骤	(126)
第五章 机件的表达方法	
第一节 视图	(128)
第二节 剖视图	(132)
第三节 剖面图	(140)
第四节 局部放大图和简化画法	(143)
第五节 第三角投影法简介	(150)

第六章 标准件与常用件

第一节 螺纹和螺纹连接	(153)
第二节 螺纹连接件	(159)
第三节 键联结与销连接	(165)
第四节 滚动轴承	(168)
第五节 齿轮	(172)
第六节 弹簧	(175)

第七章 零件图

第一节 零件图的作用和内容	(179)
第二节 零件图的视图选择	(179)
第三节 零件图尺寸的合理标注	(189)
第四节 零件图上的技术要求	(197)
第五节 零件的材料	(215)
第六节 零件结构的工艺性	(217)
第七节 零件图的读图	(221)

第八章 装配图

第一节 装配图的作用与内容	(224)
第二节 装配图的常用表达方法	(226)
第三节 装配图的尺寸标注	(231)
第四节 装配图的零件序号、明细栏和技术要求	(231)
第五节 装配工艺对零件结构的要求	(234)
第六节 画装配图的方法和步骤	(235)
第七节 读装配图及画零件图	(239)
第八节 零、部件测绘	(244)

第九章 计算机绘图

第一节 概述	(247)
第二节 计算机绘图系统	(247)
第三节 图形显示语句	(249)
第四节 绘图程序举例	(257)
第五节 结束语	(258)

第十章 立体表面的展开

第一节 概述	(260)
第二节 平面立体表面的展开	(261)
第三节 可展曲面的表面展开	(263)
第四节 不可展曲面的近似展开	(268)

附录	(272)
----	-------

绪 论

一、本学科的研究对象

工程图样被喻为“工程界的语言”。它是表达和交流技术思想的重要工具,是工程技术部门的一项重要技术文件。在工程技术中为了正确地表示出机器、设备及建筑物的形状、大小、规格和材料等内容,通常将物体按一定的投影方法和技术规定表达在图纸上,这称之为工程图样。在机械工程上常用的图样是装配图和零件图。在设计、制造、检验、装配及使用维修机器设备时都要依据工程图样。因此说,工程设计图样是工程技术部门及生产部门的主要技术文件。

研究空间几何元素(点、线、面)和物体在平面上图示的原理和方法称为图示法。研究在平面上图解空间几何问题的原理和方法称为图解法。

本学科就是一门研究图示法和图解法以及根据国家标准和工程实践知识来绘制和阅读工程图样的科学。

二、本课程的学习目的和任务

本课程是高等工科院校中一门既有理论,又有实践的重要技术基础课。其目的是培养学生的绘图、读图和空间想象能力。

本课程的主要学习任务是:

- (1)学习正投影法的基本原理;
- (2)培养绘制和阅读工程图样的基本能力;
- (3)培养空间想象和空间分析的初步能力;
- (4)学习计算机绘图的初步知识;
- (5)培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

三、本课程的学习方法

(1)在学习本课程的基础理论部分时,要把基本概念理解透彻,掌握基本作图方法,做到融会贯通,这样才能灵活运用它解题。

(2)为了培养空间形体的图示表达能力,必须注意空间几何形体与平面投影的严格几何对应关系,并在学习实践中对这种对应关系要从正反两个方面反复思维与想象,才能逐步提高图示形体的空间想象能力。

(3)绘图和读图能力的培养主要是通过一系列实践环节来完成。必须重视实践环节,在实践中逐步掌握和提高绘图和读图的方法与能力并熟悉国家标准的有关规定

(4)要注意培养自学能力。在自学中要循序渐进和抓住重点,把基本概念、基本理论和基本知识掌握好,融会贯通到解题实践中去,才能收到良好效果。

(5)鉴于工程图样在工程技术中的重要作用,工程技术人员就不能画错和看错图样,否则会造成重大损失。因此,在学习中要养成认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

第一章 点、直线和平面的投影

第一节 投影法的基本概念

一、投影的概念

物体在光线照射下,就会在地面或墙壁上产生影子。人们根据这种自然现象加以抽象研究,总结其中规律,提出投影的方法。如图 1-1,设光源 S 为投影中心,平面 P 为投影面,在光源 S 和平面 P 之间有一空间点 A ,连接 S 与 A 并延长与 P 面相交于 a 点,形成 SAa 投影线, a 即为空间 A 在投影面 P 上的投影。 $\overrightarrow{Sa}$ 称为投影方向。由于一条直线只能与平面相交于一点,因此当投影方向和投影面确定以后,点在该投影面上的投影是唯一的。但是,已知点的一个投影并不能确定空间点的位置,如已知投影 a 点,在 $\overrightarrow{Sa}$ 投影线上的各个点 $A, A_1, A_2, \dots$ 等的投影都重影为 a 。

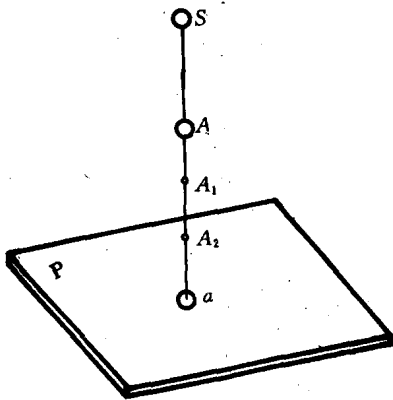


图 1-1

这种使几何形体在平面上产生图象的方法称为投影法。

二、投影法的分类

投影法分为中心投影法和平行投影法两类。

1. 中心投影法

如图 1-2 所示,通过投影中心 S 作出了 $\triangle ABC$ 在投影面 P 上的投影:投影线 SA, SB, SC 分别与投影面 P 交出点 A, B, C 的投影 a, b, c ;直线 ab, bc, ca 分别是直线 AB, BC, CA 的投影;而 $\triangle abc$ 就是 $\triangle ABC$ 的投影。

上述投影线都是从投影中心出发的投影法,称为中心投影法;所得的投影称为中心投影。

2. 平行投影法

若投影中心 S 移到无穷远处,则所有的投影线就互相平行,投影线的方向称为投影方向。

这种投影线都互相平行的投影法,称为平行投影法;所得的投影称为平行投影。

平行投影法又分为正投影法和斜投影法:图 1-3(a)是投影方向垂直于投影

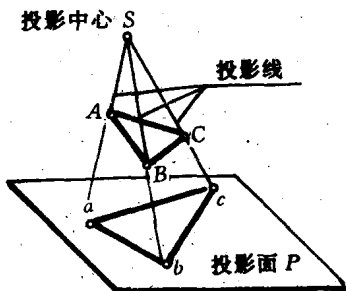


图 1-2 中心投影法

面的正投影法,所得的投影称为正投影;图 1-3(b)是投影方向倾斜于投影面的斜投影法,所得的投影称为斜投影。

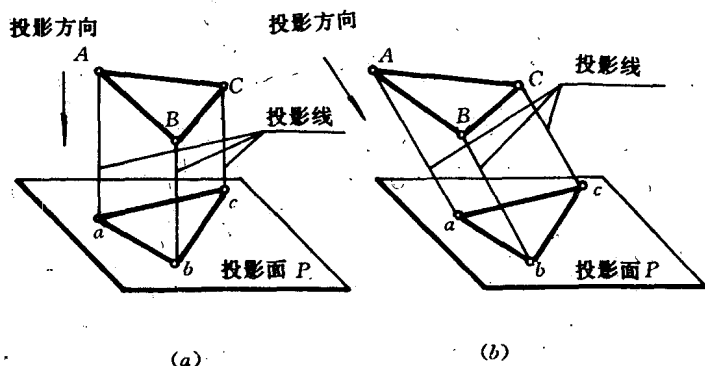


图 1-3 平行投影法

由于应用正投影法在投影面上能准确地表达空间物体的形状和大小,而且作图也比较方便,因此在工程制图中得到广泛的应用。本书主要叙述正投影方法。

三、正投影的基本特性

在研究应用正投影法表示物体的形状时,必须首先了解构成物体的表面——直线、平面的投影基本特性。

1. 投影的真实性

如图 1-4 所示,当物体上的直线 AD 和平面 $EFKH$ 平行于投影面时,则其投影反映线段的真实长度和平面图形的真实形状。这种性质,常称为投影的真实性。

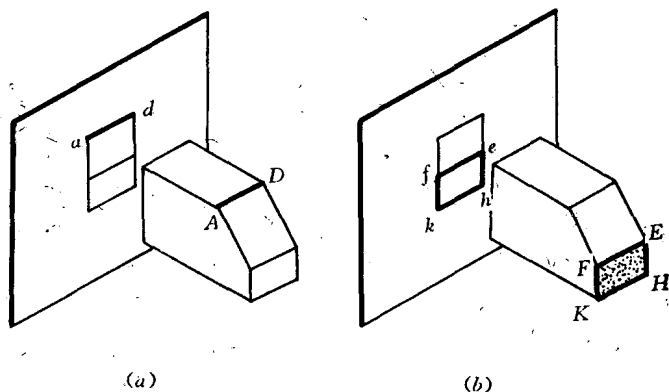


图 1-4 平行于投影面的线段、平面图形的投影

2. 投影的积聚性

如图 1-5 所示,当物体上的直线 GK 和平面 $ABCD$ 垂直于投影面时,则这段直线的投影变为一个点,而平面图形的投影变为一段直线。这种性质,常称为投影的积聚性。

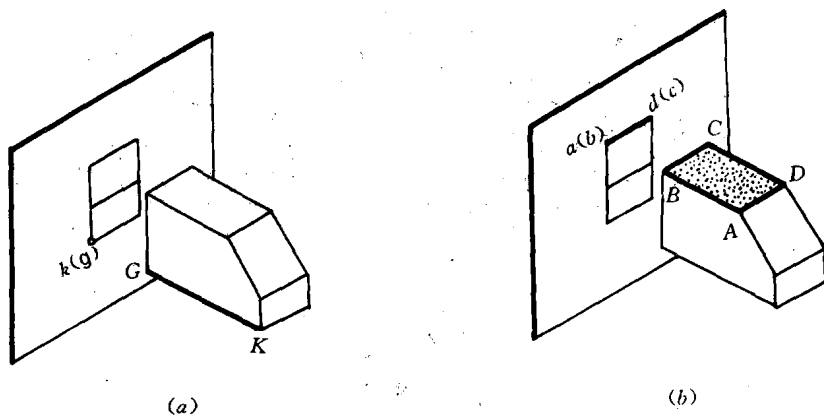


图 1-5 垂直于投影面的线段,平面图形的投影

3. 投影的类似性

如图 1-6 所示,当物体上的直线 AF 和平面 $ADEF$ 倾斜于投影面时,则其投影必然发生变化,这时该线段的投影长度变短,平面图形的投影仍属同类图形,但面积比原来变小。这种性质,常称为投影的类似性。

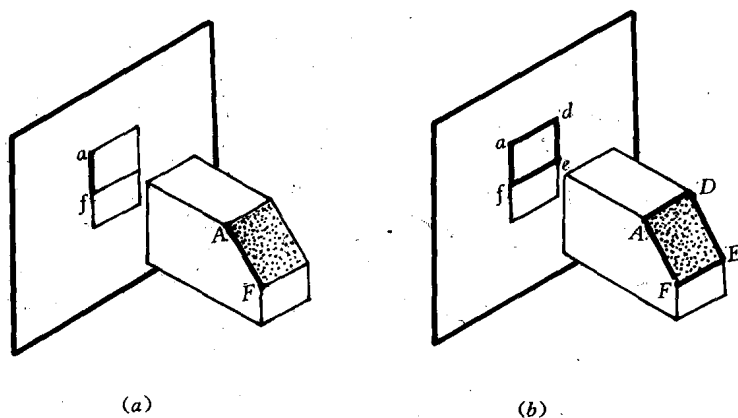


图 1-6 倾斜于投影面的线段,平面图形的投影

通过以上分析,可以清楚地看到,当用正投影法绘制物体的图形时,为了能反映物体的真实形状和大小,以及作图简便,应尽量使物体的平面和直线对投影面处于平行或垂直的位置。

四、物体的一个投影不能确定物体的形状

1. 一个投影不能确定直线的空间位置

空间一条直线 AB , 在投影面 H 上的投影只有 ab 。但直线的投影 ab 是否也对应唯一的一条空间直线 AB 呢? 不是的。凡是位于包括 AB 直线且垂直于投影面的平面内的直线, 其投影都是直线 ab 。如图 1-7 中 $A_1B_1, A_2B_2, \dots$ 等。这就是说, 直线的一个投影不能确定直线的空间位置。

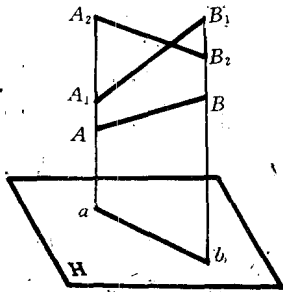


图 1-7 一个投影不能确定直线的空间位置

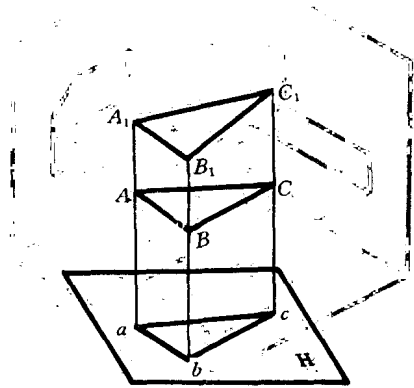


图 1-8 一个投影不能确定平面的空间位置

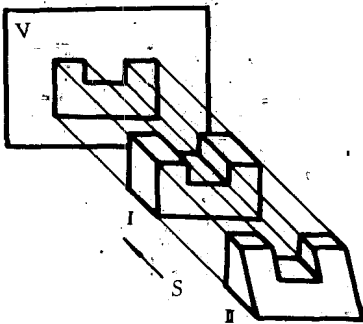


图 1-9 一个投影不能确定空间形体的形状

2. 一个投影不能确定平面的空间位置

空间的一个平面的一个投影也不能确定平面的空间位置。如图 1-8 所示, $\triangle ABC$ 与 $\triangle A_1B_1C_1$ 的顶点 AA_1, BB_1, CC_1 都位于投影面的垂直线上, 其投影都分别是 a, b, c 。所以不能根据 $\triangle abc$ 来确定空间平面的位置和形状。

3. 物体的一个投影不能确定物体的空间位置和形状

如图 1-9 所示, 两个不同形状的立体在 V 面的投影完全相同。可见, 根据一个投影不能确定物体的形状和大小。

第二节 三面投影的形成及其投影规律

一、三面投影的形成

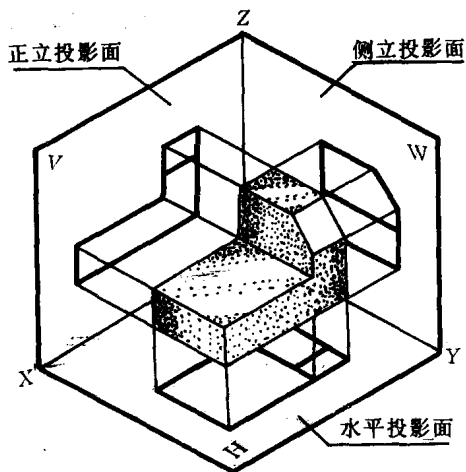


图 1-10 三面体系

根据上节所述,物体的一个投影不能确定其空间形状。因此,为了准确地表达物体的形状,通常是把物体放在三个相互垂直的投影面体系内(简称三面体系)来研究绘制物体的投影图。如图 1-10 所示,这三个投影面分别称为水平投影面,用字母 H 表示;正立投影面,用字母 V 表示;侧立投影面,用字母 W 表示。两投影面的交线称为投影轴,分别以 OX 、 OY 、 OZ 表示。三个投影轴的交点,称为原点 O 。

物体在水平投影面上的投影称为水平投影,在正立投影面上的投影称为正面投影,在侧立投影面上的投影称为侧面投影。

为了把三个投影面上的投影图画在同一个平面上,如图 1-11(a)所示,规定正立投影面不动,水平投影面绕 X 轴向下旋转 90° ,侧立投影面绕 Z 轴向右旋转 90° ,这时,三个投影面就处于同一平面内,这样便得到物体的三面投影图,如图 1-11(b)所示。

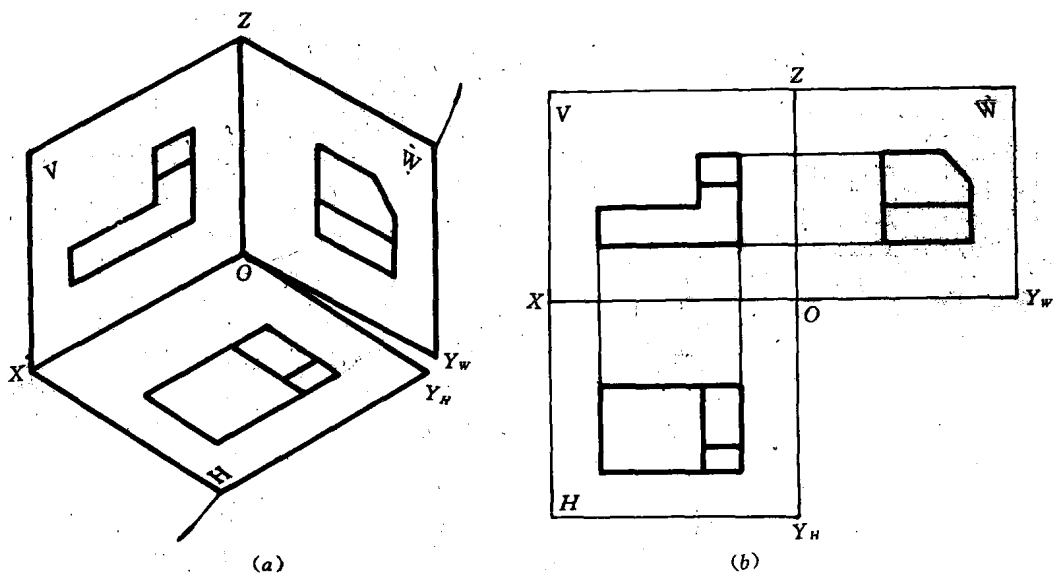


图 1-11 三面投影的展开

由于投影面的大小是任意确定的,因而在实际工作中,不必画出投影面的边框线。

在作正投影图时,假想观察者观察物体,其视线互相平行,且垂直于投影面,这时所得到的

各个投影称为视图,正面投影称为主视图,水平投影称为俯视图,侧面投影称为左视图。由于视图主要在用来表达物体的形状,而没有必要表达物体与投影面间的距离,因此不必画出投影轴。各个视图之间的距离,可根据需要和图纸幅面适当确定。如图 1-12 所示。

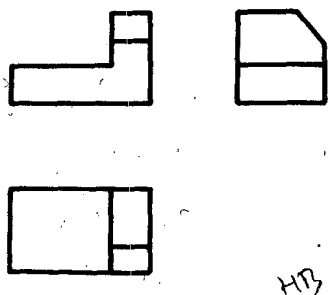


图 1-12 三面投影图

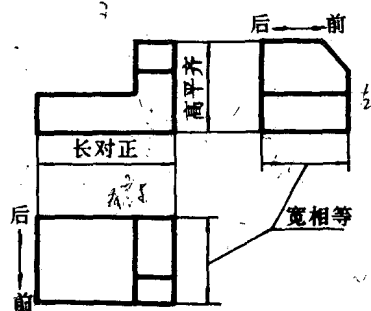


图 1-13 三面投影图的投影关系

二、三面投影图的位置关系和投影规律

虽然在画三视图时取消了投影轴,但三视图间仍保持一定的位置关系和投影规律。如图 1-13 所示,三视图的位置关系为:俯视图在主视图的下方;左视图在主视图的右方。按照这种位置配置视图时,国家标准规定一律不标注视图的名称。

对照图 1-10 和图 1-13 还可以看出:

主视图反映了物体上下、左右的位置关系,即反映了物体的高度和长度;

俯视图反映了物体左右、前后的位置关系,即反映了物体的长度和宽度;

左视图反映了物体上下、前后的位置关系,即反映了物体的高度和宽度。

由此可得出三视图之间的投影规律为:

主、俯视图长对正;

主、左视图高平齐;

俯、左视图宽相等。

“长对正、高平齐、宽相等”是画图和识图必须遵循的最基本的投影规律。不仅整个物体的投影要符合这条规律,物体局部结构的投影亦必须符合这条规律。在应用这个投影规律作图时,要注意物体上、下、左、右、前、后六个部位与视图的关系。如在俯视图和左视图上,远离主视图的那一边,都是表示物体的前面,因此在俯、左视图上量取宽度时,不但要注意量取的起点,还是注意量取的方向。

第三节 点的投影

任何立体,都可以看作是点、线、面的集合。点是基本几何要素,研究点的投影性质和投影规律,是掌握其他几何要素投影的基础。

一、点在两投影面体系中的投影

1. 点的两面投影

如图 1-14(a)所示为空间两个互相垂直的投影面,正立投影面 V 和水平投影面 H 。在此两投影面体系中有一点 A ,由点 A 分别向 H 面和 V 面作垂线,得垂足 a 和 a' ,则 a 和 a' 分别称为空间点 A 的水平投影和正面投影(空间点用大写字母表示,水平投影用相应的小写字母表

示,正面投影用相应的小写字母加“'”表示)。此时移去点 A ,由其两个投影便能确定 A 点的空间位置。

将图 1-14(a)展开,得其两面投影图,如图 1-14(b),再将各投影面的边框去掉,得图 1-14(c)。

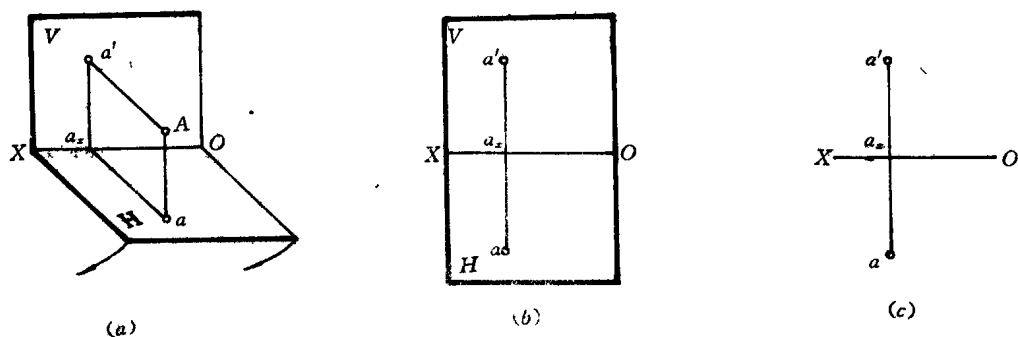


图 1-14 点在两面体系中的投影

2. 两面投影图中点的投影规律

(1) 点的水平投影和正面投影的连线垂直于 OX 轴,即 $aa' \perp OX$ 。

如图 1-14(a),过 A 点的两投影线 Aa 和 Aa' 所决定的平面 Aaa_xa' 同时垂直于 H 面和 V 面,也必垂直于它们的交线 OX 轴,因而平面 Aaa_xa' 与 H 面的交线 aa_x 和与 V 面的交线 $a'a_x$ 必垂直于 OX 轴,即 $aa_x \perp OX$ 和 $a'a_x \perp OX$ 。当 a 随 H 面旋转至与 V 面重合时, $aa_x \perp OX$ 的关系不变,因此在投影轴上 a, a_x, a' 三点共线,且 $aa' \perp OX$ 。

(2) 点的水平投影到 OX 轴的距离等于该点到 V 面的距离,即 $aa_x = Aa'$; 点的正面投影到 OX 轴的距离等于该点到 H 面的距离,即 $a'a_x = Aa$ 。

在图 1-14(a)中,因四边形 Aaa_xa' 为一矩形,所以 $aa_x = Aa'$, $a'a_x = Aa$ 。

3. 特殊位置上的点

如空间点在投影面上。因点到该投影面的距离为零,故它在该投影面上的投影与本身重合,而在另一个投影面上的投影则在投影轴上。如图 1-15 所示, A 点在 V 面内,所以 a' 与 A 重合, a 在 OX 轴上; B 点在 H 面内,则 b 与 B 重合, b' 在 OX 轴上。

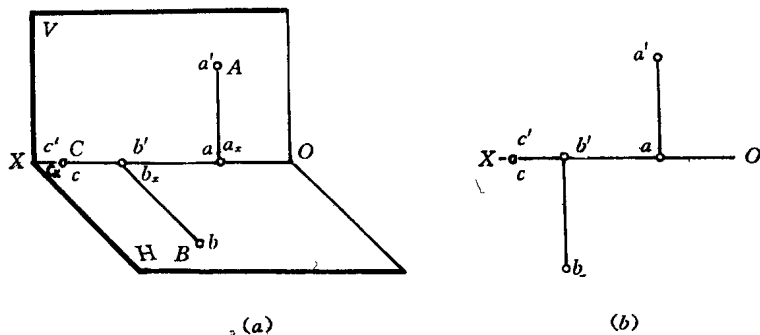


图 1-15 特殊位置上的点的投影

当点在投影轴上时,它的两个投影均与点重合在投影轴上。

如点 C 在 OX 轴上,则正面投影 c' ,水平投影 c 均与点 C 重合在 OX 轴上。

二、点在三投影面体系中的投影

1. 点的三面投影

图 1-16(a)是 A 点在三投影面体系中分别向三个投影面所作的投影,它的水平投影为 a ,正面投影为 a' ,侧面投影为 a'' 。参照点在两面体系中的投影分析可知:

$Aaa_z a'$ 为矩形,并且垂直于 OX 轴,

$Aaa_y a''$ 为矩形,并且垂直于 OY 轴,

$Aa' a_z a''$ 为矩形,并且垂直于 OZ 轴。

因此, $aa_y = Aa'' = a' a_z = a_z o$

$$aa_z = Aa' = a'' a_y = a_y o$$

$$a' a_z = Aa = a'' a_y = a_z o$$

2. 点的三面投影规律

当按规定方法展开 H 、 W 面使与 V 面重合时,可得如下的投影规律。

(1) 点的水平投影和正面投影的连线垂直 OX 轴,即 $aa' \perp OX$;

(2) 点的正面投影和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 轴的距离等于点的侧面投影到 OZ 轴的距离,即 $aa_x = a'' a_z$ 。在图 1-16(c)中,用圆弧、直角 $\angle Y_H O Y_W$ 的角平分线表明了这样的对应关系。

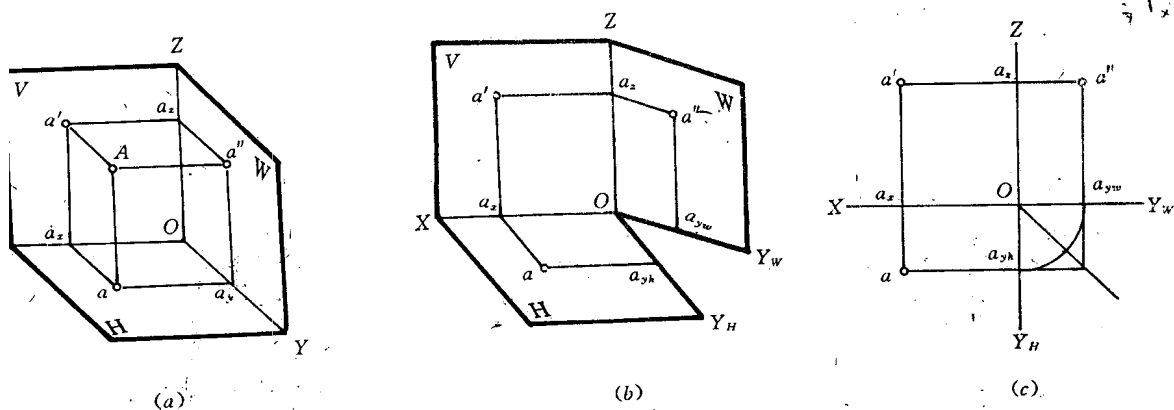


图 1-16 点的三面投影

三、点的三面投影与直角坐标的关系

若将三投影面体系看作直角坐标体系,则 H 、 V 、 W 面即为坐标面, X 、 Y 、 Z 轴即为坐标轴, O 点即为坐标原点。由于图 1-16(a)中的长方体 $Aaa_z a'$ 、 $a_z a'' a_y O$ 的每组平行边分别相等,便可得出点 $A(x_A, y_A, z_A)$ 的坐标与该点的投影有下述关系:

$$Aa'' = aa_y = a' a_z = Oa_x = x_A$$

$$Aa' = aa_z = a'' a_y = Oa_y = y_A$$

$$Aa = a' a_x = a'' a_z = Oa_z = z_A$$

A 点的水平投影 a 由 x_A 与 y_A 两坐标确定;正面投影 a' 由 x_A 与 z_A 两坐标确定;侧面投影 a'' 由 y_A 与 z_A 两坐标确定。

点的任何两个投影均可反映点的三个坐标,即可确定该点的空间位置。如果已知点的三个

坐标或点的两个投影,就可根据点的投影规律,画出它的三面投影图来。图 1-17 是表示已知点 $(12, 12, 10)$ 的坐标,求作其投影图的过程。

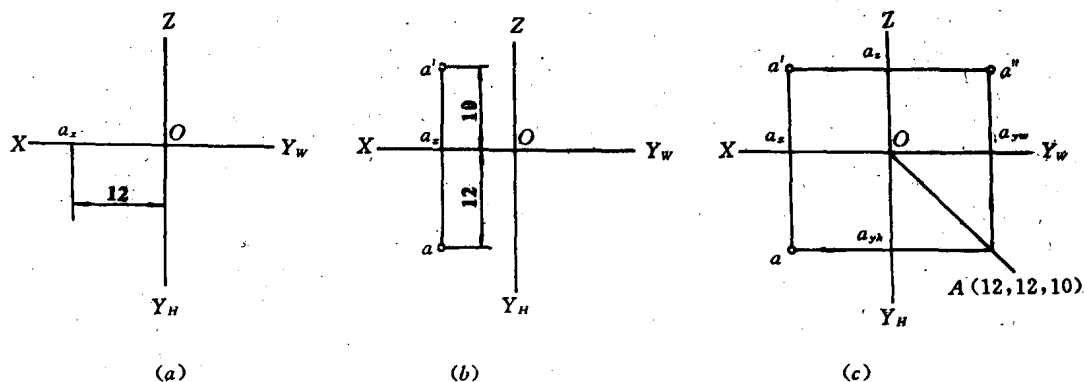


图 1-17 由点的坐标作其三面投影图

作图步骤如下:

(1) 画出投影轴并标出各轴的标记后,在 OX 轴上自 O 向左量 12mm 得 a_x ,如图 1-17(a)所示。

(2) 过 a_x 作 OX 轴的垂线,并自 a_x 向下量取 12mm 得 a ,向上量取 10mm 得 a' ,如图 1-17(b)所示。

(3) 由 a 和 a' 并利用 45° 辅助线作出 a'' ,即完成 A 点的三面投影图,如图 1-17(c)所示。

四、两点的相对位置和重影点

1. 两点的相对位置

所谓空间两点的相对位置,是指在三投影面体系中,一个点处于另一个点的左、右方,前、后方,以及上、下方的位置问题,是两点分别对各投影面的坐标差而言。对 H 面有上下之分,可根据其 z 坐标值的大小来判断, z 值大者为上,反之为下;对 V 面有前后之分,根据 y 坐标值的大小来判断, y 值大者为前,反之为后;对 W 面有左右之分,根据 x 坐标值大小来判断, x 值

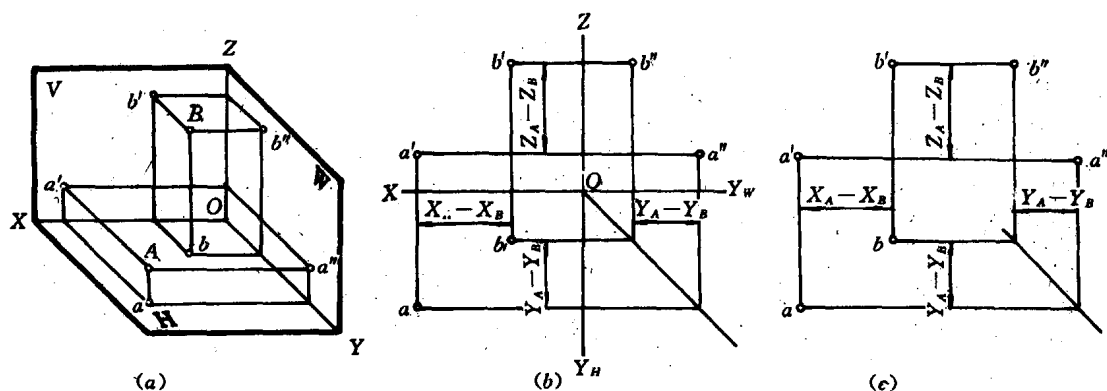


图 1-18 两点的相对位置

大者为左,反之为右。图 1-18(b)表示 A 、 B 两点的相对位置投影图。可知

$x_A > x_B$, 点 A 在点 B 之左;

$y_A > y_B$, 点 A 在点 B 之前;

$z_A < z_B$, 点 A 在点 B 之下。

由此可判定 A 点在 B 点的左、前、下方,其空间情况如图 1-18(a)所示。

2. 重影点

若空间两点位于某一投影面的同一条投影线上(即它们有两个坐标差为零),则它们在该投影面上的投影重合为一点。这两点称为该投影面上的重影点。

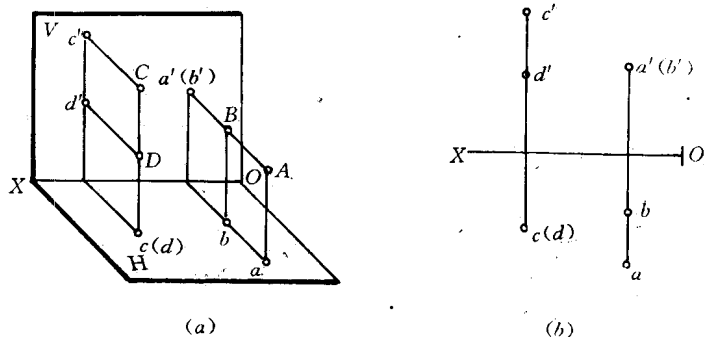


图 1-19 重影点及其可见性判别

如图 1-19 所示, A 、 B 两点位于对 V 面的同一条投影线上,它们是对 V 面的重影点, a' 和 b' 重合。因 $y_A > y_B$, 由前向后看时, A 点可见, B 点不可见。 C 、 D 两点为对 H 面的重影点, c 和 d 重合。因 $z_C > z_D$, 由上向下看时, C 点可见, D 点不可见。在投影图上对不可见点的投影另加括弧表示,如图中的 (b') 和 (d) 。利用重影点可以判别可见性问题。

第四节 直线的投影

一、直线的投影

空间任一直线可由该线上的任意两点所确定。因此,要作直线的投影图,只需作出直线上任意两点的投影,并连接该两点在同一投影面上的投影(简称同面投影)即可。例如,已知空间直线上的两点 $A(20, 12, 5)$ 和 $B(5, 4, 15)$, 其投影图如图 1-20 所示。