



主编 廖希亮 邵淑玲 副主编 吴凤芳 刘素萍

机械制图

jùxié
zhìtú

山东科学技术出版社
www.lkj.com.cn

机 械 制 图

主 编 廖希亮 邵淑玲
副主编 吴凤芳 刘素萍

江苏工业学院图书馆
藏书章

山 东 科 学 技 术 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

机械制图/廖希亮 邵淑玲主编. —济南:山东科学技术出版社, 2002(2007.7 重印)

ISBN 978-7-5331-3272-9

I. 机... II. ①廖...②邵... III. 机械制图
IV. TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 063453 号

内容提要

本书是根据国家教育部 1987 年批发的高等工业学校《画法几何及机械制图课程教学基本要求》，在为培养 21 世纪新型人才而进行的课程体系教学改革的基础上编写的。其主要内容有：点、直线、平面的投影，投影变换，几何元素间的相对位置，曲线与曲面，立体三视图，平面与立体相交，立体与立体相交，立体表面交线，制图基本知识，组合体三视图，轴测投影图，物体的表达方法，标准件与常用件，零件图，装配图，计算机绘图，附录。为配合本书学习，编写了与本书配套使用的《机械制图习题集》，并由山东科学技术出版社同时出版。

前 言

图形技术是 21 世纪各项高新技术的公共技术平台之一,是培养大学生的形象思维和表达能力的公共能力平台。工程图学课程作为工科类技术基础课的课程平台,肩负着培养人的空间思维能力、创造性形体构形能力、工程文化素质以及形象思维和创新意识的重要使命。根据国家教育部 1994 年关于《面向 21 世纪教育内容和课程体系改革计划》,21 世纪的高等教育应遵循宽口径、厚基础的人才培养模式的要求。工程图学课程的教学内容课程体系必须进行改革,以适应时代发展的要求。本书对画法几何及机械制图的课程内容进行了合理的整改,在系统地介绍了画法几何及机械制图的基本概念、基础知识、基本方法的同时,突出重点,简化难点,有些内容(用 * 号注明)可进行简介、选学或不学,加强理论联系实际。

本教材具有以下显著特点:

1. 全书图例丰富,力求以图说文,注重投影图与直观图同时运用,易学易懂。
2. 内容体系层次清晰,从形体的基本要素(点、线、面)出发,到基本形体,再到形体组合构型分析、形体表达及综合应用,有利于读者的空间思维、形体构型能力的逐步建立。
3. 计算机绘图一章,以工程图样为例,简明扼要地叙述了 AutoCAD 的绘图过程,使读者能较快地掌握计算机绘图知识。
4. 贯彻了 2001 年 12 月以前颁布的《技术制图》与《机械制图》国家标准。

本书由山东大学廖希亮、邵淑玲任主编,吴凤芳、刘素萍任副主编。参加编写的有廖希亮(第一、三、六、九、十、十一、十四、十五、十九章,附录)、邵淑玲(第二、五、十七、十八章)、吴凤芳(第四、八、十二章)、刘素萍(第七、十三、十六章)、张敏(第十三章第六节)、周咏辉(第十八章第五节)、刘日良(第十二章第三节)、薛强(附录三)。

本书由山东大学李绍珍教授主审。

本书作为高等工业学校机械类、近机类各专业画法几何及机械制图课程(80~120 学时)教材,也可作为职业大学、函授大学、电视大学的相应专业的教材及有关工程技术人员参考书。

本书在编写过程中,得到了山东大学有关领导的大力支持、教研室各位老师的支持和帮助,在此表示衷心感谢。

限于编者的水平,书中难免有不足之处,恳请读者及同仁批评指正。

编者
2002 年 6 月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 本课程的研究对象、任务	(1)
第二节 投影的基本知识	(1)
第二章 点的投影	(6)
第一节 点的三面投影	(6)
第二节 两点的相对位置	(9)
第三章 直线的投影	(11)
第一节 直线的三面投影	(11)
第二节 直线在三面投影体系中的投影	(12)
第三节 求线段的实长及其对投影面的倾角	(15)
第四节 两直线的相对位置	(18)
第五节 相互垂直两直线的投影	(21)
第六节 综合题例分析	(23)
第四章 平面的投影	(26)
第一节 平面投影的表示法	(26)
第二节 平面的投影特性	(26)
第三节 平面上的点和线	(29)
第四节 包含已知点和直线作平面	(32)
第五章 投影变换	(36)
第一节 变更投影面法	(36)
* 第二节 旋转法	(47)
第六章 直线与平面、平面与平面的相互关系	(53)
第一节 相交关系	(53)
第二节 平行关系	(60)
第三节 垂直关系	(64)
第四节 综合例题分析	(68)
* 第七章 曲线与曲面	(74)
第一节 曲线的形成及分类	(74)
第二节 曲线的投影性质及其投影画法	(75)
第三节 圆及圆柱螺旋线的投影	(76)
第四节 曲面的形成、分类及表示法	(79)

第五节	常见曲面的形成及其投影画法	(82)
第八章	立体的视图	(89)
第一节	三视图的基本原理	(89)
第二节	立体的三视图	(92)
第九章	立体表面的交线	(103)
第一节	平面与立体的表面交线	(103)
第二节	立体与立体相交	(119)
第十章	制图基本知识	(132)
第一节	制图国家标准	(132)
第二节	制图工具及使用	(142)
第三节	几何作图	(146)
第四节	平面图形的尺寸和线段分析	(150)
第五节	绘图的基本方法与步骤	(152)
第十一章	组合体的视图	(154)
第一节	组合体的组成分析	(154)
第二节	组合体三视图的画法	(156)
第三节	组合体的尺寸标注	(161)
第四节	看组合体三视图	(168)
第十二章	轴测投影图	(176)
第一节	概述	(176)
第二节	正等轴测投影图(简称正等测图)	(177)
* 第三节	斜二等轴测投影图(简称斜二测图)	(184)
第十三章	机件的表达方法	(188)
第一节	机件外形的表达——视图	(188)
第二节	机件内形的表达——剖视图	(194)
第三节	断面形状的表达——断面图	(211)
第四节	局部放大图、其他规定画法与简化画法	(215)
第五节	表达方法综合应用	(219)
* 第六节	第三角投影简介	(221)
第十四章	标准件与常用件	(224)
第一节	螺纹及螺纹紧固件	(224)
* 第二节	键、销和滚动轴承	(238)
第三节	齿轮	(243)
* 第四节	弹簧	(252)
第十五章	零件图	(256)
第一节	零件图概述	(256)
第二节	零件的视图选择	(259)

第三节	零件上的常见结构	(266)
第四节	零件图的尺寸标注	(269)
第五节	看零件图	(275)
第六节	测绘零件	(277)
第十六章	机械图样上技术要求的标注	(283)
第一节	表面粗糙度	(283)
第二节	极限与配合的基本概念及标注	(289)
* 第三节	形状和位置公差基本知识	(297)
第十七章	装配图	(307)
第一节	装配图的基本概念	(307)
第二节	装配图的表达方法	(307)
第三节	画装配图的方法与步骤	(313)
第四节	装配图的尺寸注法	(316)
第五节	装配图中的零(部)件序号、明细栏和标题栏	(317)
第六节	常见装配结构简介	(319)
第七节	看装配图	(322)
第八节	由装配图拆画零件图	(326)
* 第十八章	立体表面的展开	(330)
第一节	平面立体表面的展开	(331)
第二节	圆柱面和圆锥面的展开	(332)
第三节	球面的近似展开	(334)
第四节	环面的近似展开	(336)
第五节	变形接头的展开	(338)
附录一	螺纹及螺纹紧固件	(340)
附录二	键、销	(353)
附录三	常用的机械加工一般规范和零件结构要素	(359)
附录四	滚动轴承	(363)
附录五	轴和孔的基本偏差〔摘自 GB/T1800.3—1998(部分)〕	(366)
参考文献		(368)

第一章 绪 论

第一节 本课程的研究对象、任务

一、本课程的研究对象

图形的出现是人类文明史上的重要里程碑。千百年来,图形是人们认识自然、表达和交流思想的重要工具。其中在工程技术上,把物体按一定的投影方法和有关标准画出,并用数字、文字和符号标注出物体的大小、材料和有关制造的技术要求、技术说明的图形称为工程图样(图 1-1)。

在社会生产中,无论是制造机器或建造房屋,都须先画出其工程设计图样,然后根据图样所反映的要求进行加工制造或施工、检验、调试、使用、维修等活动。在解决科学技术问题时,图样经常被用来表达和分析自然现象、科学规律以及解决空间几何元素的定位、度量问题。同时,图样也是工程技术人员进行国内外技术交流的重要文件。因此,图样是工业生产和科技部门中不可缺少的技术文件,被喻为“工程界的语言”。本课程就是一门研究用投影法绘制机械工程图样和解决空间几何问题的理论和方法的技术基础课。

二、本课程的任务

- (1) 学习正投影法的基本理论及其应用。
- (2) 培养绘制和阅读机械图样的基本能力。
- (3) 培养解决空间几何问题的图解能力。
- (4) 培养空间想象能力和空间分析能力。
- (5) 培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

第二节 投影的基本知识

一、投影法

众所周知,物体在太阳光或灯光的照射下,会在地面或墙壁上出现物体的影子(图 1-2)。这个影子虽然不能显示出物体的确切形状,但能反映出物体某个方面的边界轮廓。

投影法就是在上述自然现象启示下,经过科学抽象总结出来的。假想用一束光线(投射线)将物体各表面及其边界轮廓向选定的平面(投影面)进行投射,在投影面上得到图形的方法,称为投影法。所得图形称为物体的投影。投射线、物体、投影面构成投影的三要素(图 1-3)。

投影法是研究空间几何关系及绘图的基本方法。

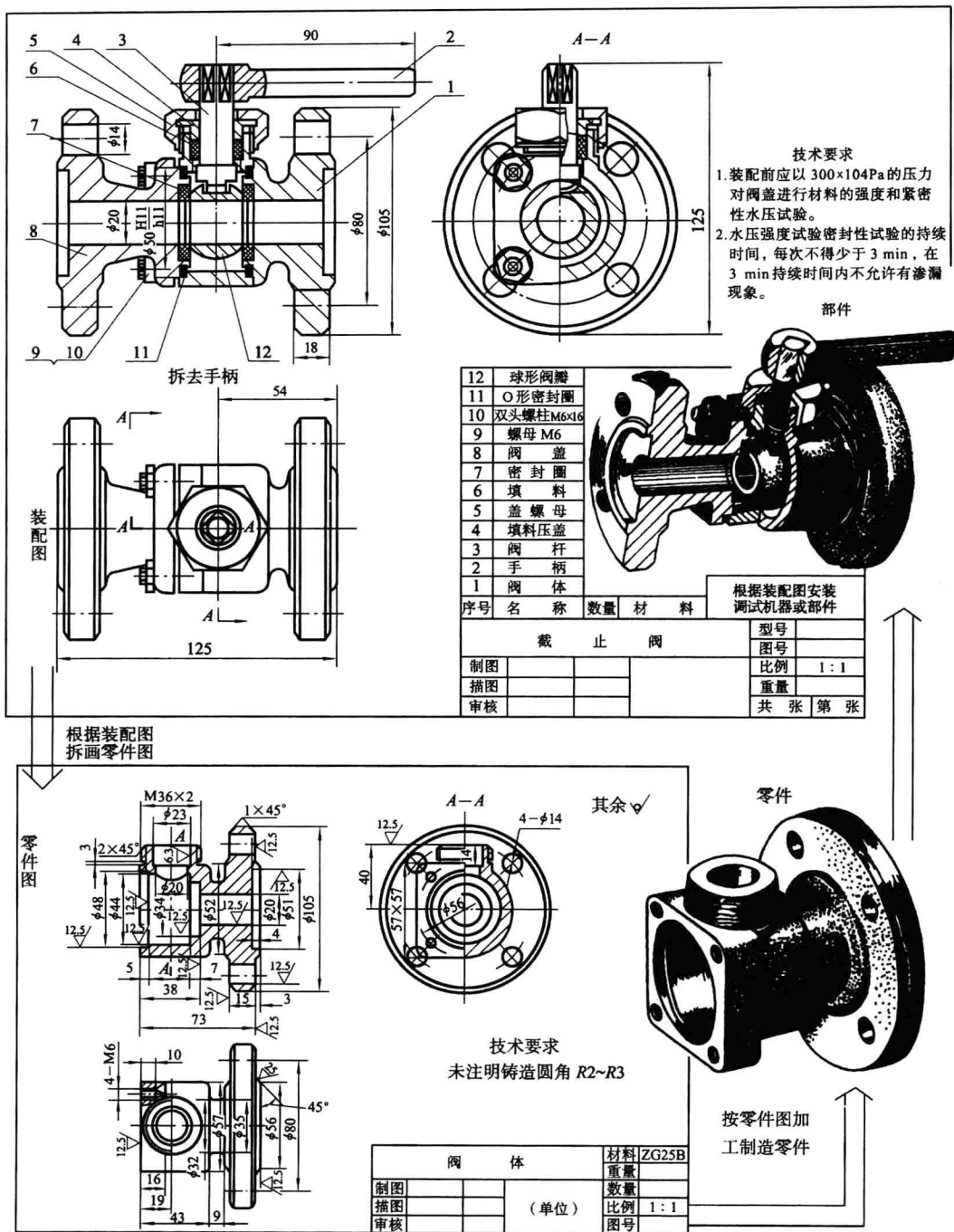


图 1-1 工程图样

二、投影法分类

工程上常用的投影法分两类: 中心投影法和平行投影法。各类投影法的投影原理及应用见表 1-1。

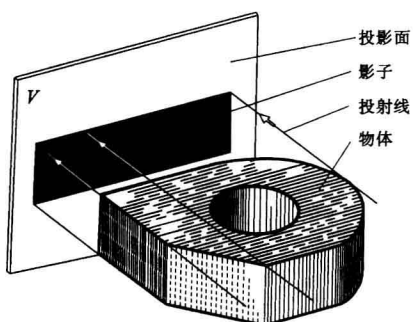


图 1-2 影子的产生

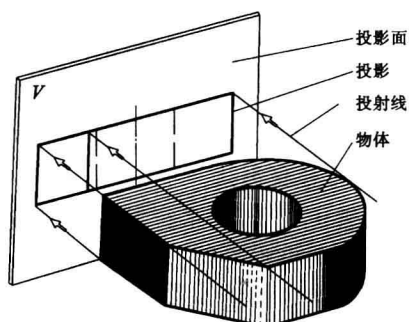


图 1-3 投影的产生

表 1-1

投影法分类

	投影原理图	应用图例
中心投影法	投射中心 投射线相交于一点 投影面 投影 投射线 物体	透视图 直观性好 度量性差 作图复杂
斜投影法	投射线倾斜于投影面 投影面 投影 投射线与投影面斜交 物体	斜轴测图 直观性稍差 度量性好 作图较繁
平行投影法(投射线相互平行)	投影面 投射线与投影面垂直 投影 物体 X Y Z X₁ Y₁ Z₁	正轴测图 直观性较好 度量性稍差 作图较繁
	正面 侧面 水平面	三面投影图 直观性差 度量性好 作图简便

1. 中心投影法

如表 1-1 所示,中心投影法是投射线相交于一点的投影法(投射中心位于有限远处)。用中心投影法得到的物体的投影与物体相对投影面所处的远近有关,投影不能反映物体的真实形状和大小,但图形富有立体感。

2. 平行投影法

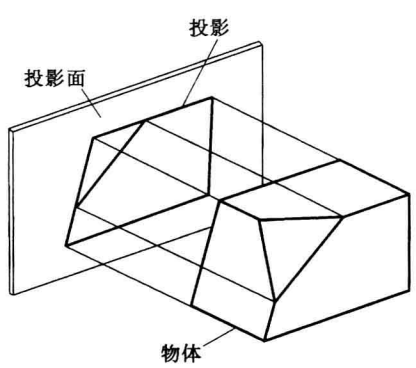
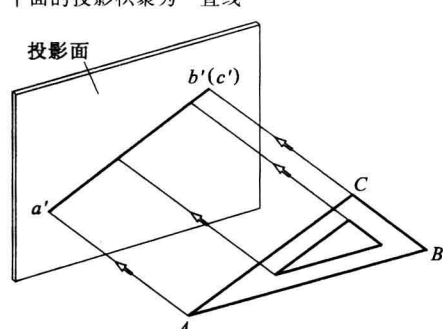
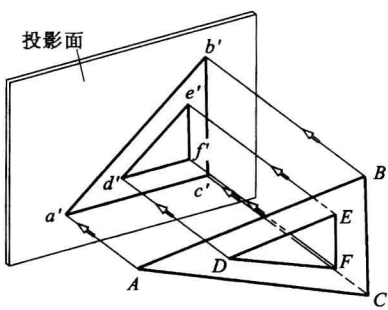
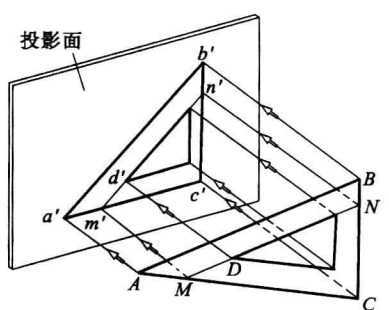
如表 1-1 所示,平行投影法是投射线相互平行的投影法(投射中心位于无限远处)。按投射线与投影面是否垂直,平行投影又分为正投影法和斜投影法。投射线垂直于投影面时称为正投影法,投射线倾斜于投影面时称为斜投影法。在正投影法中,如果平面与投影面平行,则其投影能反映平面的真实形状和大小,且与该平面到投影面的距离无关,故工程图样的表达通常用正投影法。斜投影法只在轴测图的斜二等轴测图中使用。

三、正投影法的主要特性

为正确地绘制空间几何要素的投影,必须掌握正投影法的一些主要性质,如表 1-2 所示。

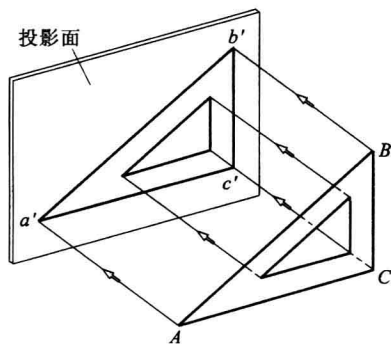
表 1-2

正投影法的主要特性

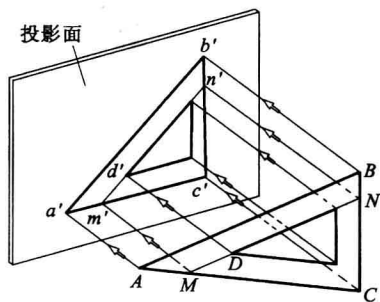
 投影 投影面 物体	2. 积聚性 当直线、平面垂直于投影面时,则直线投影积聚成一点(如 BC 的投影积聚成一点 $b'(c')$),平面的投影积聚为一直线 
1. 同素性 直线、平面倾斜于投影面时,直线的投影仍是直线,平面多边形的投影是边数相同的类似形 	3. 平行性 空间平行的两直线其投影仍平行(如 $AB \parallel MN$, 则 $a'b' \parallel m'n'$) 

(续表)

4. 实形性 直线、平面平行于投影面时,其投影反映它们的真实大小(实形),如 $\triangle ABC \cong \triangle a'b'c'$



5. 从属性、定比性 从属于直线上的点其投影仍在直线的投影上,且点分割线段之比,其投影仍保持相同之比(如 $MD:DN = m'd':d'n'$)



复习检查题

1. 本课程的研究对象及对工科专业的作用是什么?
2. 试述各种投影法的投影条件。
3. 中心投影法与平行投影法有什么区别? 平行投影可以分为几种?
4. 试述正投影法的主要特性。

第二章 点的投影

点是几何形体最基本的构成要素,点的投影是一切空间形体投影的基础。点的空间位置可由其三面投影来确定。

第一节 点的三面投影

一、三面投影体系的建立

为了根据点的投影来确定点在空间的位置,我们引入互相垂直相交的三个投影面,组成了一个三面投影体系,分别用字母 V 、 H 、 W 表示(图 2-1)。通常我们把 V 面称为正投影面(简称正面),把 H 面称为水平投影面(简称水平面),把 W 面称为侧投影面(简称侧面)。三个投影面互相垂直并相交。它们的交线称为投影轴,正面与水平面的交线 OX 称为 X 轴,侧面与水平面的交线 OY 称为 Y 轴,侧面与正面的交线 OZ 称为 Z 轴。三个投影轴垂直相交于一点 O ,称为原点。

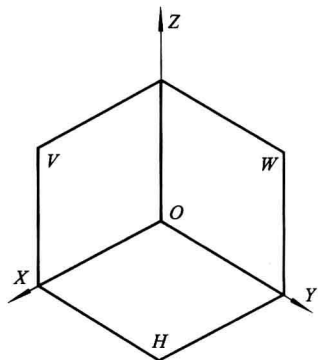


图 2-1 三面投影体系

二、点在三面投影体系中的投影

点在三个投影面上的正投影,就是通过这个点分别向三个投影面所作垂线的垂足。如图 2-2(a)所示,由 A 点分别向 V 、 H 、 W 三个投影面作垂直投射射线 Aa' 、 Aa 和 Aa'' ,就得到了 A 点在 V 、 H 、 W 三个投影面上的投影 a' 、 a 、 a'' 。它们分别称为点的正面(V 面)投影、水平(H 面)投影和侧面(W 面)投影。空间点常用大写字母标记。空间点 A 到 W 、 V 、 H 三个投影面的距离,分别为坐标值 X_A 、 Y_A 、 Z_A [图 2-2(b)],故 A 点的空间位置常以其坐标形式 $A(X, Y, Z)$ 来标记。给出 A 点三个坐标值的具体数值,就可以确切地知道 A 点的空间位置及到 W 、 V 、 H 面的实际距离。例如:已知 $X_A = 10$, $Y_A = 12$, $Z_A = 16$ [图 2-2(c)],则 A 点的位置可标记为 $A(10, 12, 16)$,即表明 A 点的空间位置是:离 W 面为 10 毫米,离 V 面和 H 面分别为 12 毫米和 16 毫米(注:坐标值不标明单位时,其单位均为毫米)。

从图 2-2 中看出,空间点的每一个投影都能反映出该点的两个坐标值,如 A 点的水平投影 a 至 Y 轴的距离,反映出 A 点的 X 坐标值, a 至 X 轴的距离反映其 A 点的 Y 坐标值。同理,正面投影 a' 反映出 A 点的 X 、 Z 坐标值,而侧面投影 a'' 反映出 A 点的 Y 、 Z 坐标值。由于点的任意两个投影已能反映出该点的三个坐标值,故由点的任意两个投影就完全能确定出该点的空间位置。

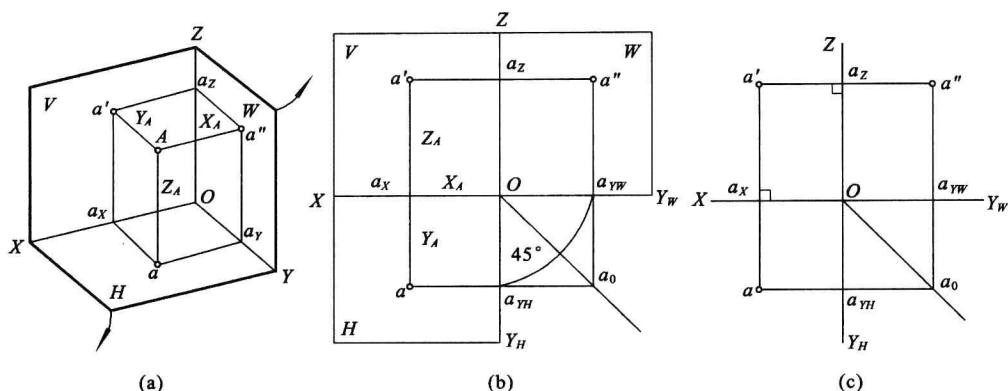


图 2-2 点在三面投影体系中的投影

在图 2-2(a)中,由 A 点向三个投影面所作的投射射线及投影坐标连线构成了一个长方体,从这里可知:

$$Aa'' = a'a_z = aa_y = a_xO = X_A$$

$$Aa = a'a_x = a''a_y = a_zO = Z_A$$

$$Aa' = aa_x = a''a_z = a_yO = Y_A$$

以上就是点的三面投影与坐标的关系。

三、点的三面投影图

1. 三面投影图的形成

A 点的三面投影 a' 、 a 、 a'' 分别在三个互相垂直的投影面上,为了在同一个画面上得到 A 点的三面投影,必须把这三个投影面展成一个平面,其展平方法如图 2-2(a)所示,规定 V 面不动,将 H 面绕 OX 轴向下旋转至与 V 面重合,将 W 面绕 OZ 轴向右旋转也和 V 面重合,这样就得到了点的三面投影图,如图 2-2(b)所示。在此投影图中, OY 轴一分为二,随 H 面旋转时以 OY_H 表示,随 W 面旋转时以 OY_W 表示。

在投影图中确定点的空间位置时,点的投影位置只与坐标轴有关而与投影面的大小无关,因此,投影面的边框可以省略不画,只保留坐标轴,如图 2-2(c) 所示。

又因矩形 $Aaa'a'$ 垂直于 OX ,所以 $a'a_x$ 和 aa_x 均与 OX 轴垂直。同理, aa_y 和 $a''a_y$ 均与 OY 轴垂直, $a'a_z$ 和 $a''a_z$ 均与 OZ 轴垂直。当投影面展平后, A 点的三面投影 a' 、 a 、 a'' 之间就有着如下三个关系:

(1) 点的正面投影和水平投影的连线垂直于 X 轴,即 $a'a \perp OX$;

(2) 点的正面投影和侧面投影的连线垂直于 Z 轴,即 $a'a'' \perp OZ$;

(3) 点的水平投影到 X 轴的距离等于点的侧面投影到 Z 轴的距离,即 $aa_x = a''a_z$ 。

上述点的三面投影之间的三个关系,常称为点的投影规律,画点的三面投影图时必须遵循此规律。

2. 点的三面投影图画法

根据点的投影规律,可由点的三个坐标值画出点的三面投影图,也可根据点的任意两

个投影,画出第三个投影。下面举例说明。

【例1】 已知 A 点的坐标 $(20, 15, 10)$, B 点的坐标 $(30, 10, 0)$, C 点的坐标 $(15, 0, 0)$, 作出各点的三面投影图。

作图方法如图 2-3 所示:

(1) 作互相垂直的 OX 、 OZ 和 OY 轴;

(2) A 点的投影: 在 OX 轴上, 从 O 点起向左量取 X_A 值, 即 $Oa_x = 20$, 得 a_x 点;

(3) 过 a_x 点作 OX 轴的垂线(称投影连线), 并在此垂线上向下取 Y_A 值, 即 $a_x a = 15$, 得 a ; 向上取 Z_A 值, 即 $a_x a' = 10$, 得 a' ;

(4) 由 a' 作垂线垂直于 OZ 轴, 在此线上量取 $a''a_z = aa_x = Y_A$, 从而得 a'' 。

$a''a_z = aa_x$ 这一关系, 可用圆弧或过原点作 45° 辅助线的方法求得[图 2-2(b)]。

B 点的投影: 从 O 点在 X 、 Y 轴上分别量取 $X_B = 30$, $Y_B = 10$, 然后由 b_x 、 b_{YH} 作所在轴的垂线, 相交得 b 点。由于 $Z_B = 0$, 所以 b' 在 X 轴上, b'' 在 Y_W 轴上。

C 点的投影: 从 O 点在 X 轴上量取 $X_C = 15$, 由于 $Y_C = 0$, $Z_C = 0$, 所以 c 、 c' 重合在 X 轴上, c'' 与原点 O 重合。

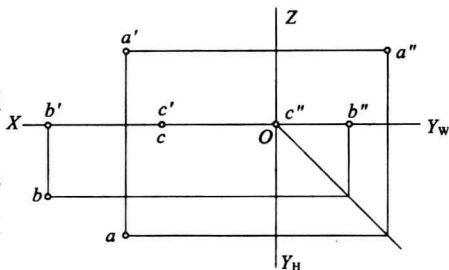


图 2-3 根据点的坐标作投影图

【例2】 已知 C 点的两面投影 c' 和 c'' , 求作第三投影 c (图 2-4)。

作法:

(1) 从原点 O 作 Y_W 、 Y_H 的 45° 分角线。

(2) 过 c' 作 OX 轴垂线 $c'c$ 。

(3) 过 c'' 作 Y_W 轴的垂线与 45° 分角线相交。

(4) 过交点作 Y_H 轴的垂线与 cc' 方向的连线相交即得 c 。

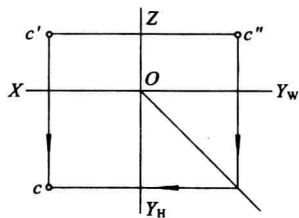


图 2-4 已知点的两投影求第三投影

由上述两例作图可知, 点的任意两个投影就能确定该点的空间位置。因此, 常用正面投影和水平投影[图 2-5(a)、(b)、(c)]或正面投影和侧面投影来表示一些几何要素, 以简化作图, 这种投影图称为两面投影体系的投影图。

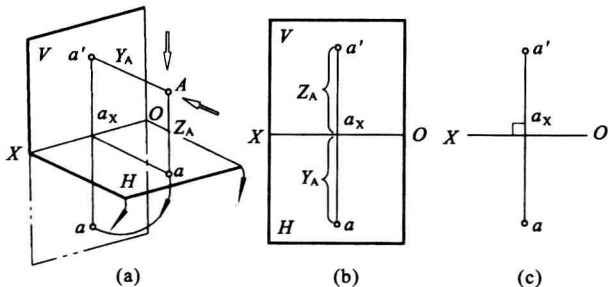


图 2-5 点的两面投影图

3. 位于投影面上及投影轴上的点的投影图

点的三个坐标值中有一个为零时,该点必在投影面上。如图 2-3 中 B 点的 Z 坐标值为零,它位于 H 面上。从图中看出,点在投影面上的投影特点是:点在某一投影面上的投影与其本身相重合,如 B 与 b 相重合;其余两个投影分别在相应的投影轴上,如 b' 在 OX 轴上, b'' 在 OY 轴上。

当点的三个坐标值中有两个为零时,该点必在其坐标值不为零的那个投影轴上。如图 2-3 中 C 点的 Z 、 Y 坐标值为零,该点位于 X 轴上。从图中看出,点在投影轴上的投影特点是:两个投影与点本身重合于投影轴上,如 c 、 c' 、 C 重合于 X 轴上;另一投影与原点 O 相重合,如 c'' 重合于 O 点。

当点的三个坐标值均为零时,该点必与原点重合。

第 2 节 两点的相对位置

一、两点的相对位置

空间两点的相对位置,有上下、前后、左右之分,可以由这两个点相对于 H 、 V 、 W 三个投影面的距离来确定。规定: Z 坐标值大者为上,小者为下; Y 坐标值大者为前,小者为后; X 坐标值大者为左,小者为右。例如,图 2-6 中, A 、 B 两点的坐标值分别为 $A(20, 15, 15)$, $B(8, 10, 20)$, 故 $X_A > X_B$, A 点在 B 的左方; $Y_A > Y_B$, A 点在 B 点的前方; $Z_A < Z_B$, A 点在 B 点的下方。由此可知, A 点位于 B 点的左前下方,或 B 点在 A 点的右后上方。

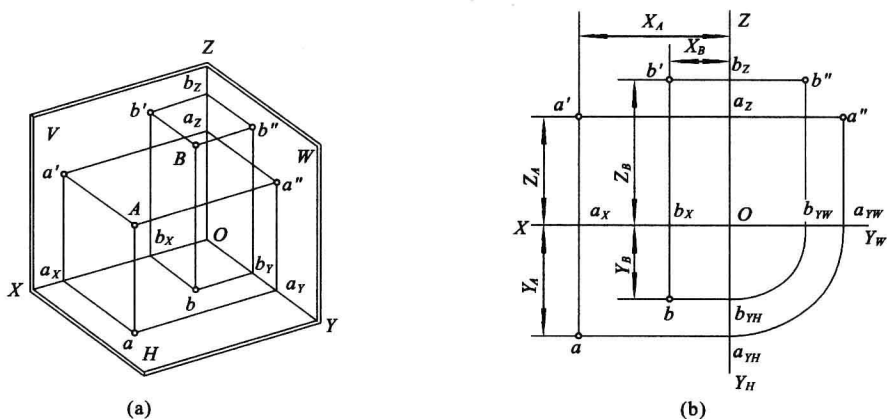


图 2-6 两点相对位置的确定

二、重影点的投影

若两点的某两个空间坐标值分别相等,则这两点必处于同一条投射线上。因此,这两点在与投射线垂直的投影面上的投影重影于一点。如图 2-7(a)中, C 、 D 两点的 X 和 Z 坐标值分别相等,则它们的 V 面投影 c' 和 d' 重影于一点。此时, C 、 D 两点称为对 V 面的重影点。