



高等学校土建类专业“十三五”规划教材

画法几何与建筑工程制图

(上册)

马大国 主编

丁月红 袁昌富 副主编

第2版

(附习题集)

HUAFA JIHE
YU JIANZHU GONGCHENG ZHITU



化学工业出版社



高等学校土建类专业“十三五”规划教材

画法几何与建筑工程制图

(上册)

马大国 主编

丁月红 袁昌富 副主编

第2版

(附习题集)



化学工业出版社

· 北京 ·

《画法几何与建筑工程制图（上册）》是高等学校土建类专业“十三五”规划教材，包括以下内容：绪论，投影的基本知识，点的投影，直线的投影，平面的投影，换面法，工程曲面，平面立体，曲面立体，两立体相贯，立体表面展开，轴测投影。本书配套有《画法几何习题集》，构成教与学一体教材。

本书可作为普通高等学校土木工程专业、交通土建专业、建筑工程管理专业本科教材，也可供其他类型学校如职工大学、函授大学、电视大学等相关专业选用。

图书在版编目（CIP）数据

画法几何与建筑工程制图. 上册/马大国主编. —2 版.
北京：化学工业出版社，2017.5
高等学校土建类专业“十三五”规划教材
ISBN 978-7-122-29402-9

I. ①画… II. ①马… III. ①画法几何-高等学校-
教材②建筑制图-高等学校-教材 IV. ①TU204.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2017）第 066680 号

责任编辑：陶艳玲
责任校对：吴 静

文字编辑：云 雷
装帧设计：关 飞

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011）
印 刷：北京永鑫印刷有限责任公司
装 订：三河市宇新装订厂
787mm×1092mm 1/16 印张 12 $\frac{3}{4}$ 字数 328 千字 2017 年 6 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686） 售后服务：010-64518899

网 址：<http://www.cip.com.cn>

凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定 价：36.00 元

版权所有 违者必究

前 言

本套书是高等学校土建类专业“十三五”规划教材。全书分为上、下两册，其中《画法几何与建筑工程制图（上册）》主要内容为画法几何；《画法几何与建筑工程制图（下册）》主要内容为建筑工程制图。

“卓越工程师教育培养计划”旨在培养造就一大批创新能力强、适应经济社会发展需要的各类型高质量工程技术人才，强化培养学生的工程能力和创新能力是它的主要特点。本书第2版以教育部高等学校工程图学教学指导委员会于2010年制定的“普通高等学校工程图学课程教学基本要求”和近年来颁布的制图标准为依据，以“卓越工程师教育培养计划”的要求编写而成，编写者均为普通高等学校工程图学教学的一线教师，主编所在学校也都是教育部“卓越工程师教育培养计划”指定高校。

本书第2版编写的指导思想是：以培养学生的空间想象能力、表达构思的能力，增进工程业务素质及创新意识为目标，与专业人才的培养模式相适应，紧扣“识图、绘图”这一主线。在编写过程中坚持学以致用原则，在内容的选择和组织上尽量做到主次分明、深浅恰当、图文并茂。突出工程形体的教与学，强调形体分析和投影分析的训练，注重创新能力的培养。

书中所采用的大量插图，特别是专业图，大多来自工程实际，其结构和复杂程度均以能满足教学要求为主。本书附配套习题册，用以巩固所学内容。

本书由东北林业大学马大国担任主编，山西工程技术学院丁月红、石河子大学袁昌富任副主编。其中山西工程技术学院丁月红编写第一、二、三、四、五章，东北林业大学马大国编写绪论、第六、七、八、九章，石河子大学袁昌富编写第十、十一章。此外东北林业大学马雷，研究生曲文、岳彩裙等负责了书中一些插图的绘制工作。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请广大同仁及读者不吝赐教，在此谨表谢意。

编 者

2017年1月

第1版前言

本套书是高等学校土建类专业规划教材。全书分上下两册，上册《画法几何》，下册《建筑工程制图》。

本套书着眼于新时期对应用型、创新型人才培养的需要，以加强对学生综合素质及创新能力的培养为出发点，结合编者多年来的教学改革成果编写而成。

本套书按国家建筑制图标准、规范进行编写，如图纸幅面和格式、比例、字体、投影法等。而对于不同专业的专业图，则有的有国家标准，有的选用部颁标准，例如，建筑施工图、结构施工图。

工程图样是设计文件的重要组成部分，也是指导施工和制造的主要依据。因此绘制工程图样时，一定要做到图形正确，表达清晰，图面整洁，能确切地表明建筑物或结构物的形状、大小和技术要求。如有错误，不但会给施工或制造带来困难，而且还会造成财产的损失。因此，在学习过程中一定要严肃认真，耐心细致，具有刻苦钻研、一丝不苟的学习态度和工作作风。

本套书在编写中力求把基本内容与工程实践和教学实践结合起来。书中所采用的大量插图，特别是专业图，大多来自工程实际，其结构和复杂程度均以满足教学要求为主。本书配套习题单独成册，用以巩固所学内容。

参加本套书上册《画法几何》编写的有东北林业大学尼姝丽（第八章）、鸡西大学李慧宇（绪论、第一、六、十章），佳木斯大学夏春艳（第二章）、华东交通大学林新峰（第三、五章）、河北大学王桂香（第四章）、黑龙江工程大学张旭宏（第七章）、黑龙江工程大学牛海珍（第九章）；参加下册《建筑工程制图》编写的有黑龙江科技大学张俊杰（第一、四、五章）、山东科技大学赵景伟（第六、七章）、东北林业大学马大国（第八、九、十章）、哈尔滨商业大学金焕（第二、三、十一章）等。

本套书可作为普通高等教育土木工程专业、交通土建专业、建筑工程管理专业本科的教材或参考书，也可供其他类型学校如职业技术学院、成人教育学院、电视大学等相关专业选用。

由于编者水平有限，本书难免存在不妥之处，恳请广大同仁及读者不吝赐教，在此谨表谢意。

编者

2011年3月

目 录

绪论	1
第一章 投影的基本知识	3
第一节 投影的概念	3
第二节 正投影的特性	5
本章要点	9
复习思考题	9
第二章 点的投影	10
第一节 一般点的三面投影	10
第二节 点的直角坐标及两点的相对位置	12
第三节 特殊点的三面投影	16
本章要点	16
复习思考题	17
第三章 直线的投影	18
第一节 各种位置直线的投影及特性	18
第二节 一般位置线段的实长与对投影面的倾角	22
第三节 直线上的点	25
第四节 两直线的相对位置	28
本章要点	33
复习思考题	34
第四章 平面的投影	35
第一节 各种位置平面的投影	36
第二节 平面上的点和线	41
第三节 直线与平面的相对位置	45
第四节 平面和平面的相对位置	51
本章要点	56
复习思考题	57
第五章 换面法	58
第一节 换面法概述	58
第二节 换面法解决的基本作图问题	61
第三节 换面法的应用	65
本章要点	67
复习思考题	67
第六章 工程曲面	68
第一节 工程曲面概述	68

第二节 直纹曲面	69
第三节 平螺旋面	73
第四节 螺旋楼梯的画法	74
本章要点	76
复习思考题	76
第七章 平面立体	77
第一节 基本平面立体的投影	77
第二节 平面截平面立体	82
第三节 同坡屋面的画法	84
本章要点	87
复习思考题	87
第八章 曲面立体	88
第一节 基本曲面立体的投影	88
第二节 平面截曲面立体	94
本章要点	100
复习思考题	100
第九章 两立体相贯	101
第一节 两平面立体相贯	101
第二节 平面立体与曲面立体相贯	104
第三节 两曲面立体相贯	109
第四节 两曲面立体相贯的特殊情况	114
本章要点	116
复习思考题	116
第十章 立体表面展开	117
第一节 概述	117
第二节 平面立体的表面展开	117
第三节 曲面立体的表面展开	119
本章要点	125
复习思考题	125
第十一章 轴测投影	126
第一节 轴测投影的基本知识	127
第二节 正等轴测投影	128
第三节 斜轴测投影	131
第四节 轴测投影的剖切画法	133
第五节 轴测投影的选择	134
本章要点	135
复习思考题	136
参考文献	137

绪 论

一、课程的性质和教学目的

在现代工程建设中,无论是建设住宅还是修建道路桥梁,都离不开工程图样,工程图样在工程界被称之为“工程技术的语言”,设计师们通过工程图纸来表达自己的设计意图、交流设计思想、沟通设计方案等。作为一名工程技术人员,必须要具备绘制和阅读工程图样的能力。为使工程图样在工程技术界成为一种共通的语言,在绘制图样时就必须遵循统一的规则。这些规则,一是投影理论,二是国家标准。

本课程是土木工程专业、给排水工程专业和建筑管理类各专业的一门必修专业技术基础课。主要研究用投影法来表达空间形体和图解空间几何问题的基本理论和方法,为后续专业基础课和专业课中的工程图样表示方法打下基础。

本课程的教学目的是:

1. 学习投影法(主要是正投影法)的基本理论及其应用;
2. 培养对三维形体及其相对位置关系的空间分析能力和形象思维能力;
3. 培养空间几何问题的图示、图解能力。

二、课程的内容与任务

本课程的主要内容包括投影的基本知识:点、直线、平面的投影;换面法;工程曲面;平面立体、曲面立体;两立体相贯;立体表面展开等。

本课程的主要任务是:

1. 研究用投影法表示空间形体的图示法。
2. 研究解决空间几何问题的图解法。
3. 培养空间想象力。画法几何除了它的图示法和图解法服务于工程技术以外,也是人们认识物质空间形式的一种工具。它利用物体在平面上的图形来研究物体的形状,大小和位置等几何性质。因此,画法几何还有一个显著的作用,就是促进人们空间概念和空间想象力的发展。
4. 培养贯彻、执行土建制图国家标准的意识。
5. 培养耐心细致的工作作风和严肃认真的工作态度。

三、本课程的学习方法

本课程既有基础理论又有实践,并且密切结合生产实际。所以,只有通过大量的绘图和读图实践,才能学好本课程。在学习过程中,应注意以下几点:

1. 正确使用绘图仪器和工具,采用正确的步骤和方法作图;自觉养成严格遵守制图相

关的国家标准的良好习惯，学会查阅有关标准资料的方法；

2. 通过由物画图、由图想物，即由三维到二维、由二维到三维，分析和想象空间形体与其投影之间的联系，培养空间形象思维能力和几何形体的构型能力；
3. 要提高自学能力，尤其是培养空间几何问题的图解能力；
4. 认真、及时完成作业。

第一章

投影的基本知识

第一节 投影的概念

一、投影的形成和投影法

在日常生活中，物体在灯光或日光的照射下，在地面或墙面上留有阴影，称其为影子，如图 1-1 所示。通过影子能看出物体的外形轮廓形状，但由于仅是一个黑影，它不能表达清楚物体的各面、各面交线及各线交点，不能表达清楚物体的完整形象。

为了改善这种情况，人们不再把影子画成全黑，而是假定光线能够穿透物体，并使构成物体的点、线、面每一要素在平面上都有所体现，并用清晰的图线表示，形成一个由图线组成的图形，这样绘制出的图形称为物体在平面上的投影。

根据产生影子的这种自然现象，对其加以抽象，假设物体是透明的，如图 1-2 所示。光源 S （投影中心）的光线（投射线）透过物体将物体上的各顶点和各条棱线投射到某一平面 H （投影面）上，这些点和棱线的影子所构成的图形就称为投影。这种获得投影的方法称为投影法。

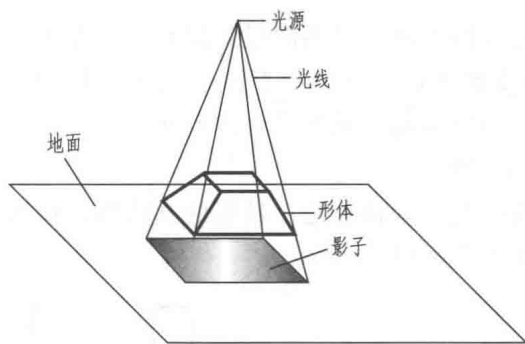


图 1-1 影子的形成

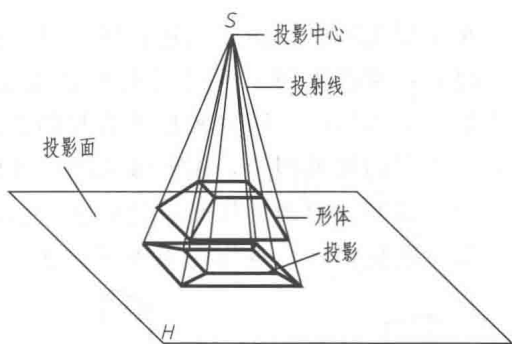


图 1-2 投影的形成

不难发现产生投影必须具备以下三个要素：物体（几何元素）、投影面、投射线。

二、投影法的分类

投影法可分为中心投影法和平行投影法两类。

1. 中心投影法

如图 1-3 所示，投影中心 S 在有限距离内发出辐射状的投射线，用这些投射线作出的形

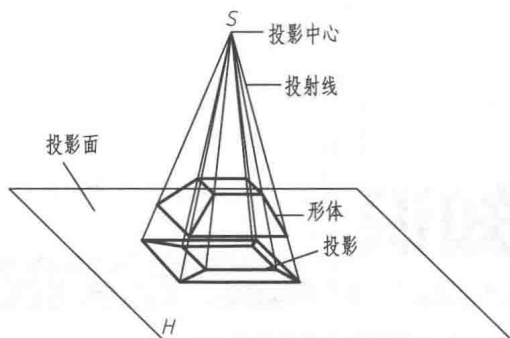


图 1-3 中心投影法

体的投影，称为中心投影。这种作出中心投影的方法，称为中心投影法。

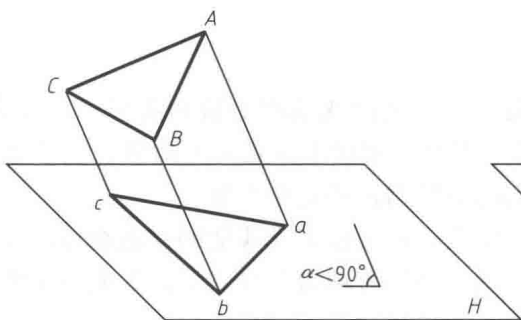
2. 平行投影法

投影中心 S 在无限远处，投射射线按一定的方向投射下来，所有的投射射线均可看作相互平行，用这些相互平行的投射射线作出形体的投影，称为平行投影。这种作出平行投影的方法，称为平行投影法。根据投射射线与投影面的倾角不同，平行投影法又分为斜投影法和正投影法两类。

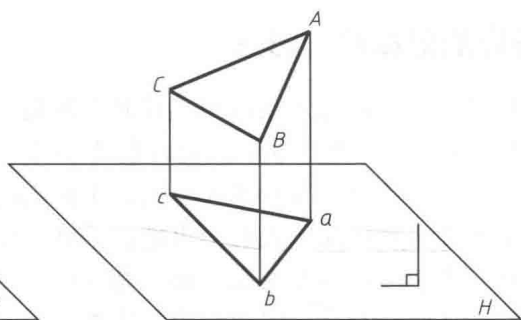
① 斜投影法：投射射线倾斜于投影面的平行

投影法称为斜投影法，如图 1-4 (a) 所示。

② 正投影法：投射射线垂直于投影面的平行投影法称为正投影法，如图 1-4 (b) 所示。



(a) 斜投影法



(b) 正投影法

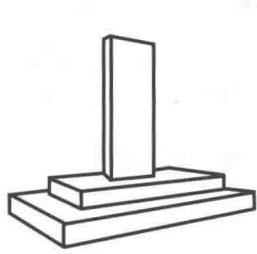
图 1-4 平行投影法

三、工程上常用的几种投影图

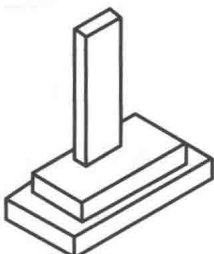
在工程实际中，由于表达目的和被表达对象的特性不同，常用的投影图有以下几种。

(1) 透视投影图 用中心投影法绘制的单面投影图称为透视投影图，简称透视图。其特点是：立体感强，图形较接近人眼的直观感强，形象逼真，但度量性差且作图繁琐。一般作为工程图的辅助图样，用作效果图，如图 1-5 (a) 所示。

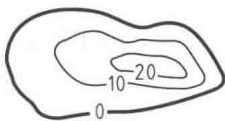
(2) 轴测投影图 用平行投影法绘制的单面投影图。其特点是：较强的立体感，作图手法复杂，度量性差，也作为工程图的辅助图样，如图 1-5 (b) 所示。



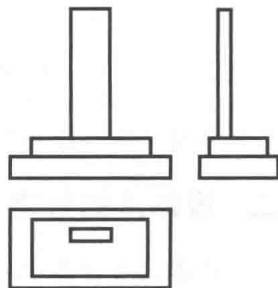
(a) 透视投影图



(b) 轴测投影图



(c) 标高投影图



(d) 多面正投影图

图 1-5 工程上常用的几种投影图

(3) 标高投影图 一种带有高程数字标记的水平正投影图, 是一种单面投影图, 常用来表达地面的形状, 用在地形图中, 如图 1-5 (c) 所示。

(4) 正投影图 通常采用多面投影图。在空间建立一个投影体系, 用正投影的方法把物体在各个投影面上的投影绘制出来, 这样的投影图称为多面正投影图, 如图 1-5 (d) 所示。其特点是: 直观性差, 没有立体感, 但是作图方法简便, 能很好地反映空间形体的形状、大小, 而且度量性好, 是工程图中最主要的图示方法。

正投影图是工程图的主要表示方法, 下面的投影理论学习中主要以学习正投影为主。

第二节 正投影的特性

一、正投影特性

由于最常用的投影法是平行投影法中的正投影法, 因此, 了解正投影的基本性质, 对分析和绘制物体的正投影图至关重要。而点、直线、平面是构成形体的最基本的几何元素, 所以在学习投影法时, 应该首先了解点、直线和平面的正投影的特性。点、线、平面在正投影中具有以下基本特性。

1. 同素性 (类似性)

一般情况下, 点的正面投影仍然是点, 直线的正面投影仍然是直线, 平面的正面投影仍然是原空间几何形状的平面, 这种性质称为正投影的同素性 (类似性)。如图 1-6 (a) 所示, 自点 A 向投影面 H (H 表示该投影面为水平面) 引一条铅垂线 (投射射线), 所得垂足 a 即为点 A 在 H 面上的投影, 很明显点的投影仍然是点; 在图 1-6 (b) 中, 过直线 BC 向投影面 H 作垂面, 所得交线 bc 即为直线 BC 在 H 面上的投影, bc 仍然为直线, 但 bc 的长度小于直线的原长; 在图 1-6 (c) 中, 过平面 $KLMN$ 向投影面 H 作垂直体, 所得交面 $klmn$ 即为平面 $KLMN$ 在 H 面上的投影, 显然 $klmn$ 仍然为四边形平面, 但 $klmn$ 图形的面积小于空间平面的面积。

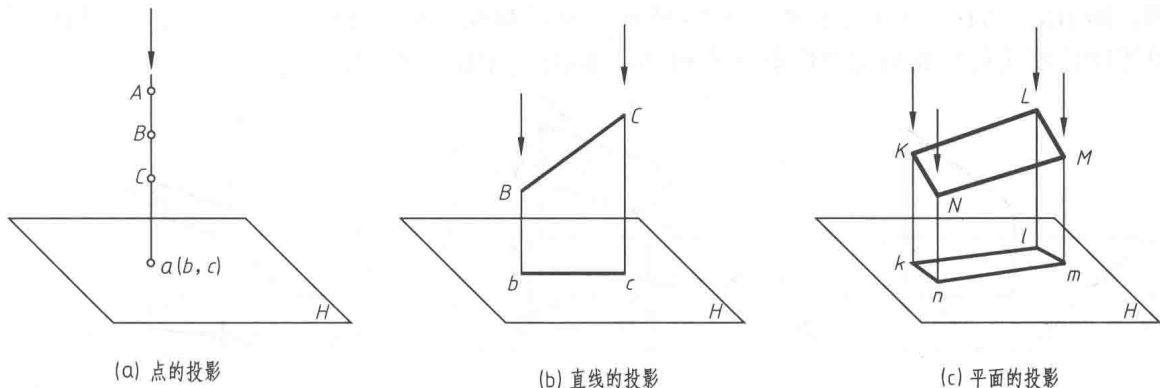


图 1-6 正投影的同素性 (类似性)

2. 全等性 (显实性)

当线段平行于投影面时, 线段的投影长度反映线段的实长; 当平面平行于投影面时, 平面的投影反映平面的实形。这种性质称为正投影的全等性。如图 1-7 所示, 线段 AB 平行于 H 面, 则 AB 的正投影 $ab = AB$; 平面 $EFGH$ 平行于 H 面, 则平面 $EFGH$ 的正投影 $efgh \cong EFGH$ 。

3. 积聚性

当直线垂直于投影面时,直线的正投影积聚为一个点;当平面垂直于投影面时,平面的正投影积聚为一条直线。这种性质称为正投影的积聚性。如图 1-8 所示,直线 AB 垂直于 H 面,则 AB 的正投影 $a(b)$ 积聚为一点;平面 $EFGH$ 垂直于 H 面,则平面 $EFGH$ 的正投影 $e(h)f(g)$ 积聚为一条直线。

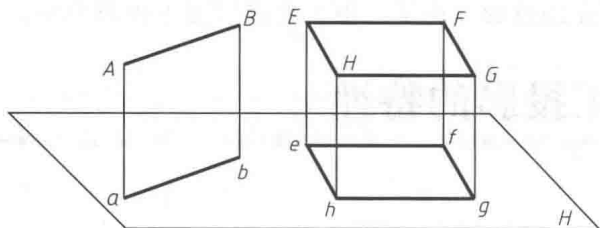


图 1-7 正投影的全等性

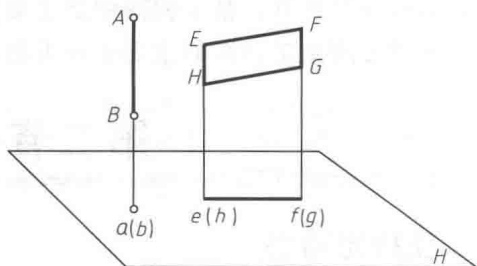


图 1-8 正投影的积聚性

4. 从属性

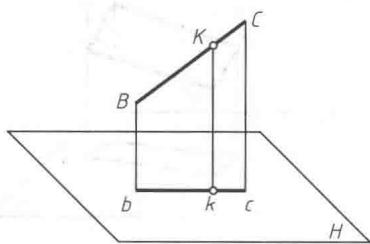
点在直线上,点的投影一定在该直线的投影上。点、直线在平面上,点和直线的投影一定在该平面的投影上,这种性质称为正投影的从属性。如图 1-9 (a) 所示,点 K 在直线 BC 上,点 K 的投影 k 在直线 BC 的投影 bc 上;在图 1-9 (b) 中,点 D 和直线 EF 在平面 $KLMN$ 上,则点 D 的投影 d 和直线 EF 的投影 ef 在平面 $KLMN$ 的投影 $klmn$ 上。

5. 平行性

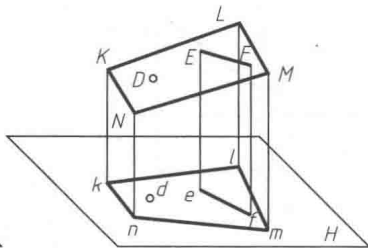
两直线平行,它们的正投影也平行,这种性质称为正投影的平行性。如图 1-10 所示,空间直线 $AB \parallel CD$,则直线 AB 与直线 CD 的投影 ab 、 cd 相互平行,即 $ab \parallel cd$ 。

6. 定比性

线段上的点将该线段分成的比例,等于点的投影分线段的投影所成的比例;平行两直线的空间线段长度之比等于它们投影的长度之比。这种性质称为正投影的定比性。如图 1-9 (a) 所示,点 K 将线段 BC 分成的比例,等于点 K 的投影 k 将线段 BC 的投影 bc 分成的比例,即 $BK : KC = bk : kc$;如图 1-10 所示,空间直线 $AB \parallel CD$,则 $ab \parallel cd$,且两直线空间线段长度比值与相对应投影的比值相等,即 $AB : CD = ab : cd$ 。



(a)



(b)

图 1-9 正投影的从属性

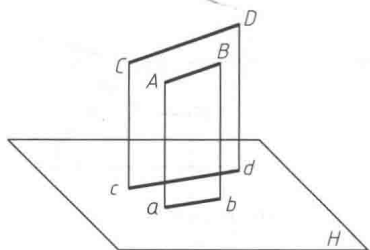


图 1-10 正投影的平行性

二、物体的三面投影图

由于空间物体是具有长、宽、高的三维形体,显然用一个正投影是无法准确表达其空间形状的。如图 1-11 中有三个形状不同的形体,但是它们在同一个投影面上的正投影却是相

同的。通常为了确定形体的形状，需要画出形体的三面投影图准确表达。

1. 投影面体系的建立

如图 1-12 (a) 所示，采用三个相互垂直的平面作为投影面，建立一个三面投影体系。其中，水平放置的平面称为水平投影面，简称水平面，用字母 H 表示；正对观察者与水平面垂直相交呈正立位置的平面称为正立投影面，简称正面，用字母 V 表示；位于观察者右侧与水平面、正面均垂直相交的平面称为侧立投影面，简称侧面，用字母 W 表示。三个投影面两两相交的交线 OX 、 OY 、 OZ 称为投影轴，三个投影轴也相互垂直，三轴的交点 O 称为原点。

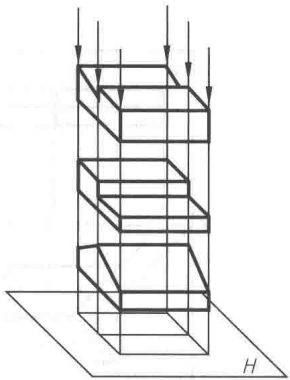


图 1-11 物体的单面投影

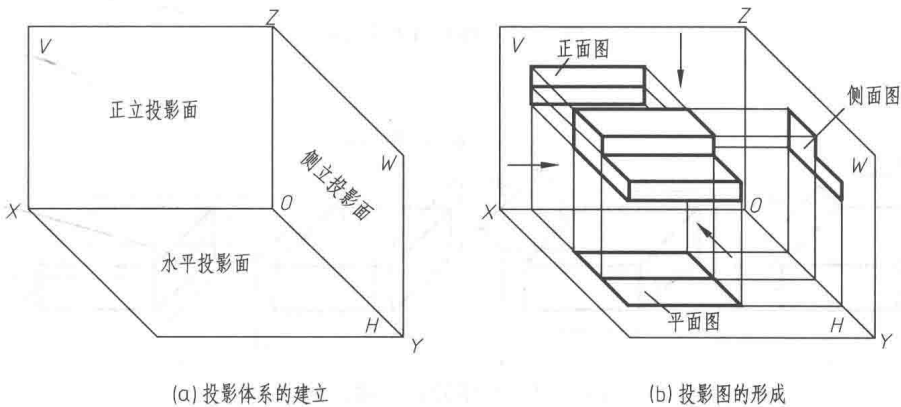


图 1-12 物体的三面投影

2. 投影图的形成

将形体置于 H 面之上， V 面之前， W 面之左的空间，如图 1-12 (b) 所示，按照箭头所指的投影方向分别向三个投影面作正投影。

由上往下在 H 面上得到的投影称为水平投影图（简称平面图）。

由前往后在 V 面上得到的投影称为正面投影图（简称正面图）。

由左往右在 W 面上得到的投影称为侧面投影图（简称侧面图）。

3. 投影图的展开

为了把空间三个投影面上的投影画在同一个平面上，把三个相互垂直的投影面展开形成一个平面：保持 V 面不动，将 H 面沿 OX 轴向下旋转 90° ， W 面沿 OZ 轴向右旋转 90° ，让它们与 V 面处于同一平面上，如图 1-13 所示。由于投影面的边框与表示物体的形状无关，所以不必画出。

三、正投影的投影对应规律

空间形体具有长、宽、高三个方向的尺度。如一个四方体，当它的正面确定之后，其左、右两个侧面之间的垂直距离称为长度；前、后两个侧面之间的距离称为宽度；上、下两个平面之间的垂直距离称为高度，如图 1-14 所示。

由此可知，三面正投影图具有下述投影规律（各投影图之间在量度方向上的相互对应关系）：平面、正面长对正（等长）；

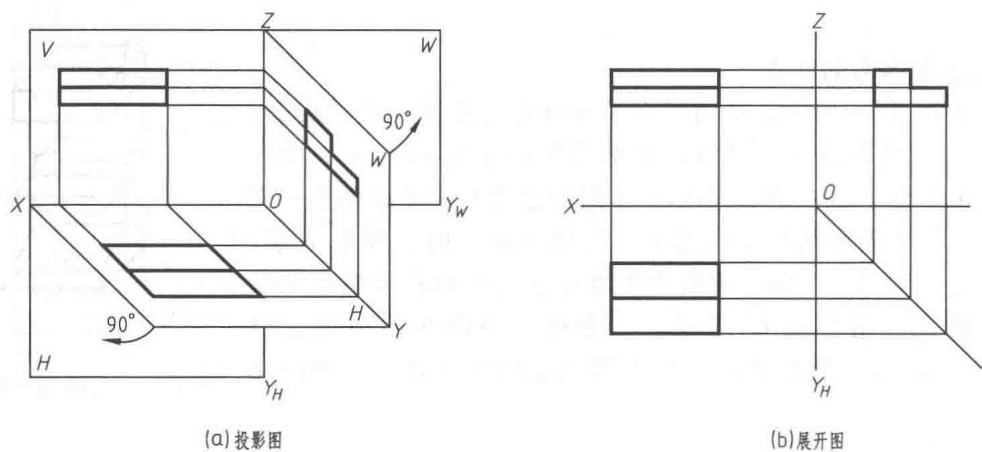


图 1-13 投影面的展开

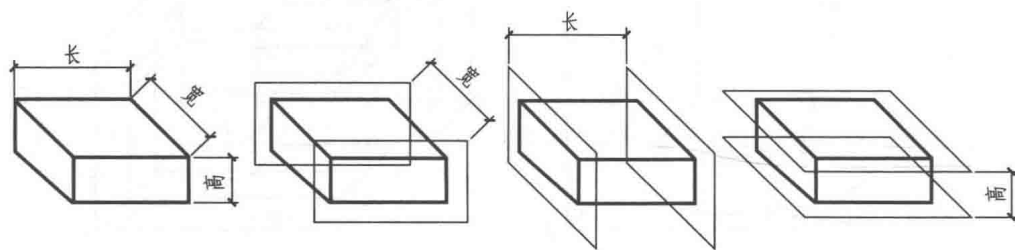


图 1-14 形体的长、宽、高

正面、侧面高平齐（等高）；

平面、侧面宽相等（等宽）。

从图 1-15 可以看出，三面投影图之间具有下述规律：投影面展开之后，正平面 V 、水平面 H 的两个投影左右对齐，这种关系称为“长对正”；正平面 V 、侧平面 W 的两个投影上下对齐，这种关系称为“高平齐”；水平面 H 、侧平面 W 的投影都反映形体的宽度，这种关系称为“宽相等”。这三个重要的关系称为正投影的投影对应规律。

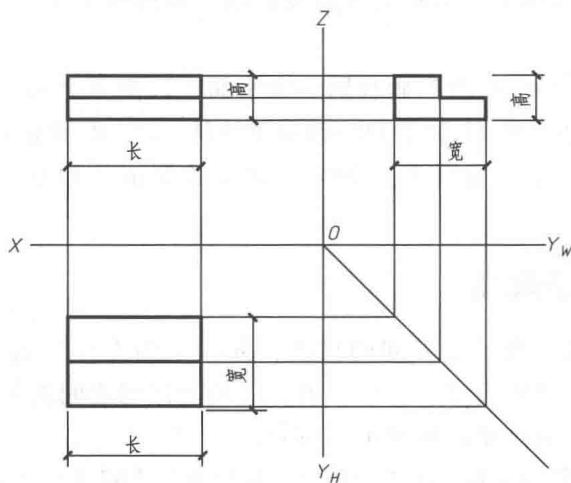


图 1-15 形体长、宽、高的关系

本章要点

1. 了解投影的概念、分类；工程上常用的几种投影图。
2. 掌握正投影的特性。
3. 掌握三面正投影图的形成及其投影对应规律。

复习思考题

1. 各种投影图在实际中的应用有哪些？
2. 正投影的特性有哪些？

第二章

点的投影

空间中任何几何形体（无论是平面形体还是曲面形体）都可以看成是由点、线（直线或曲线）、面（平面或曲面）组成。因此，点、线、面是构成空间几何形体的基本元素。本章将它们从形体中抽象出来加以研究，通过学习初步建立起一定的空间概念，更深刻地认识形体的投影本质，掌握投影规律，为后续的学习打下良好的基础。

第一节 一般点的三面投影

一、三面投影体系的建立

由三个相互垂直的投影面构成的投影面体系称为三投影面体系。三个投影面分别称为正立投影面 V 、水平投影面 H ，侧立投影面 W 。正立投影面简称正面或 V 面，水平投影面简称水平面或 H 面，侧立投影面简称侧面或 W 面。三个投影面两两垂直相交，其交线称为投影轴。其中， OX 轴——正面与水平面的交线，代表长度方向； OY 轴——水平面与侧面的交线，代表宽度方向； OZ 轴——正面与侧面的交线，代表高度方向。三个投影面将空间分为八个部分，每个部分为一分角，其顺序如图 2-1 (a) 所示。以下点在三面投影体系中的投影均指在第一分角中的投影，因此，将三投影面体系画为如图 2-1 (b) 所示。三个投影轴的交点 O 称为原点。

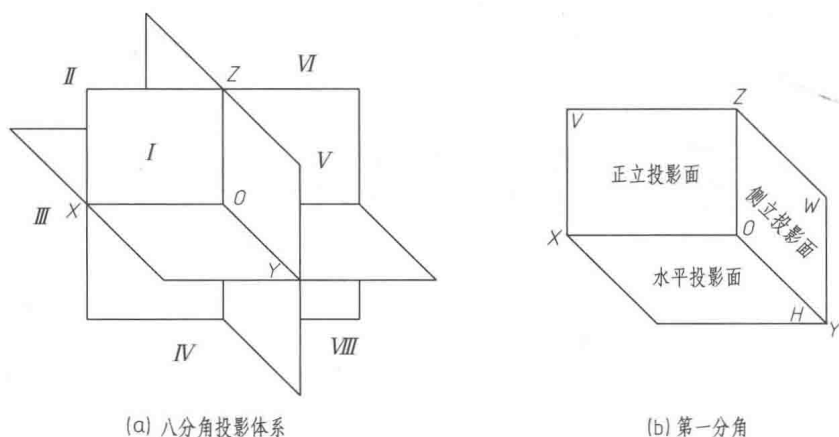


图 2-1 三投影面体系

二、点在三面投影体系中的投影

将空间点 A 置于三投影面体系中，过空间点 A 分别作投射射线垂直于投影面 H 、 V 、 W ，