



高等教育土建类专业规划教材
卓越工程师系列

画法几何

HUA FA JI HE

主 编 蔡 樱

副主编 钱 燕 姚 纪

主 审 何培斌



重庆大学出版社
<http://www.cqup.com.cn>



高等教育土建类专业规划教材
卓越工程师系列

画法几何

HUA FA JI HE

主 编 蔡 樱
副主编 钱 燕 姚 纪
参 编 李晶晶
主 审 何培斌

重庆大学出版社

内容提要

本书共分9章,主要内容有:绪论、点、直线、平面的投影,直线、平面间相对位置综合分析,投影变换,平面立体的投影,曲线与曲面的投影,曲面体的投影,轴测投影,立体表面展开,标高投影。

本书采用循序渐进、由浅入深的方法,突出科学性、时代性、工程实践性,在内容的选择和组织上主次分明、图文并茂、言简意赅,特别注重用工程实例表达三面投影制图的特征,通过对建筑实体的了解掌握空间表达,加强理论性和实践性的结合。

本书可作为高等院校土木工程、建筑学、城市规划、给排水工程、水利工程、测绘工程、建筑设备工程、环境工程、建筑工程管理等专业的教材,也可作为继续教育、高职高专等学校相关专业的教材,还可供土建工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

画法几何/蔡樱主编. —重庆:重庆大学出版社,
2015.10

高等教育土建类专业规划教材·卓越工程师系列
ISBN 978-7-5624-9465-2

I. ①画… II. ①蔡… III. ①画法几何—高等学校—
教材 IV. ①O185.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 226175 号

画法几何

主 编 蔡 樱

副主编 钱 燕 姚 纪

参 编 李晶晶

主 审 何培斌

策划编辑:林青山

责任编辑:桂晓澜 肖乾泉 版式设计:林青山

责任校对:关德强 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆书源排校有限公司

*

开本:787×1092 1/16 印张:14.25 字数:320 千

2015 年 10 月第 1 版 2015 年 10 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5624-9465-2 定价:28.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

本书根据教育部对高等院校土建类专业新的培养目标及国家教委批准印发的高校工学本科画法几何及建筑制图教学基本要求(土建类、水利类专业适用)编写而成,同时也是大类课改项目“建筑制图系列课程改革”的重要教程之一,是土木建筑类专业必修的专业基础课。本书遵循国家现行有关技术制图标准,对应的课程《画法几何》是大专院校中一门培养空间想象能力及空间思维分析能力的技术基础课,也是奠定后续课程《工程制图与计算机制图》基础不可或缺的基础理论课程。

本书共9章,主要内容有:绪论,点、直线、平面的投影,直线、平面间相对位置综合分析,投影变换,平面立体的投影,曲线与曲面的投影,曲面体的投影,轴测投影,立体表面的展开,标高投影。本书把本科学生必须掌握的画法几何原理进行了相对集中的整合,如讲点、直线、平面的投影及其综合问题分析集中在了前面2章,将课指委在教学基本要求中作为选修的部分加“*”表示,既有利于教师与学生进行有针对性的学习,同时也保证了对画法几何有较大兴趣的同学的深度学习与探究。

本书由重庆大学建筑制图及CAD教研室老师编写,蔡樱任主编,钱燕、姚纪任副主编。其中绪论、第3章、第7章由钱燕编写;第1,5,6章由蔡樱编写;第2,4章由姚纪编写;第8,9章由李晶晶编写。何培斌教授对本书进行了审阅,对此我们表示衷心的感谢。

本书涉及的专业主要偏向土建类,面向建筑学、城市规划、园林景观、土木工程、给排水工程、测绘工程、建筑设备工程、环境工程、建筑工程管理、国土及房地产管理、建筑材料、建筑装饰工程、环境科学、水利工程、道路与桥梁工程、市政工程等,也可供其他类型的学校,如职工

大学、函授大学、电视大学、高职高专等学校的相关专业选用,同时又可以作为相关土建工程技术人员学习投影理论,训练空间分析能力与空间想象能力用。

编 者

2015 年 7 月

目 录

0 绪论	1
0.1 画法几何概念、学习任务及学习方法	1
0.2 投影概念及投影法的分类	3
0.3 点、直线、平面正投影的基本性质	7
0.4 立体的三面投影图	9
复习思考题	13
1 点、直线、平面的投影	14
1.1 点的投影	14
1.2 直线的投影	21
1.3 平面的投影	35
复习思考题	46
2 直线、平面间相对位置综合分析	47
2.1 直线与平面、平面与平面平行	47
2.2 直线与平面、平面与平面相交	53
*2.3 直线和平面垂直、平面与平面垂直	62
2.4 关于空间几何元素的综合问题	68
复习思考题	76

*3 投影变换	77
3.1 概述	77
3.2 换面法	79
3.3 绕垂直轴旋转法	92
复习思考题	99
4 平面立体的投影	100
4.1 棱柱、棱锥、棱台的投影	100
4.2 平面立体的表面取点	105
4.3 平面与平面立体相交	108
4.4 直线与平面立体相交	112
4.5 两平面立体相交	115
4.6 同坡屋面	120
复习思考题	126
*5 曲线与曲面的投影	127
5.1 曲线的投影	127
5.2 曲面的投影	131
复习思考题	140
6 曲面立体的投影	141
6.1 曲面立体的投影	141
6.2 平面与曲面立体相交	147
6.3 直线与曲面立体相交	154
6.4 平面立体与曲面立体相交	159
*6.5 曲面立体与曲面立体相交	163
复习思考题	170
7 轴测投影	171
7.1 概述	171
7.2 正等测	174
7.3 斜轴测	185
7.4 剖截轴测图	189
7.5 轴测图的选择	190
复习思考题	193
*8 立体表面的展开	194
8.1 平面立体的表面展开	195

8.2 曲面立体的表面展开	198
复习思考题	206
*9 标高投影	207
9.1 点和直线的标高投影	207
9.2 平面的标高投影	210
9.3 曲面的标高投影	214
9.4 地形面的标高投影	216
复习思考题	219
参考文献	220



绪 论

0.1 画法几何概述、学习任务和学习方法

► 0.1.1 画法几何的发展概述

1795 年,法国几何学家加斯帕·蒙日(Gaspard Monge,1746—1818)发表《画法几何学》,这是第一部有关画法几何的系统而完整的著作。蒙日所说的画法几何是以相互垂直的两个平面作为投影面的正投影法,即现在应用的两面投影体系。这种投影法使物体在平面上展示的图形清楚、正确且便于度量,这一著作的发表,对当时欧美的工业、科学技术的发展产生了极大的影响,在此之后的一百多年里,画法几何得到了广泛的发展和应用。

20 世纪 20 年代,画法几何由我国著名的教育学家蔡元培和物理学家萨本栋先生引进。在我国近代工业和社会主义现代化的建设中,尤其是工程领域,画法几何都起着重要的作用。近 20 多年来,随着计算机绘图技术的研制与发展,计算机绘图及图形显示技术在工程中的应用越来越广泛。为适应计算机图形应用发展的需要,把解析几何的数解法与画法几何的图解法进行有机的结合,使空间几何问题的解决完全可以用计算机实现,从而对本课程进行计算机辅助教学,这又对画法几何的应用及教学产生更加深远的影响。

► 0.1.2 画法几何的学习任务和方法

(1) 画法几何的学习任务

无论是建造房屋或是制造机器设备,都需要先将设计意图画成工程图样,然后按照图样

进行施工或加工。因此,工程图样是工程建设中的重要技术文件,是工程技术人员进行技术交流必不可少的工具,是工程界共同的技术语言。然而,任何建筑物或机器设备都是由各种不同形状的空间形体构成的,如何在平面上(例如在图纸上)准确地表达出具有长、宽、高3个尺度的空间形体,是绘制工程图样需要解决的根本问题。

但是,绘制工程图样的图纸是平面的,而工程对象所表达的空间形体都是三维的。为了使三维的空间形体能在二维平面上得到正确的反映,就必须规定和应用一些图示方法,这些方法就是画法几何所要研究的内容。画法几何是研究在平面上表示空间形体的理论和方法的一门学科,它的主要任务是:

- ①研究空间几何要素(点、线、面)和几何形体在二维平面上的表示方法,即图示法。
- ②阐述在二维平面上利用图形来解答空间几何问题的方法,即图解法。

画法几何研究的是空间形体与它在平面上的图形之间的关系,故在学习图示法和图解法的过程中,可以逐步培养我们的空间想象力和空间分析能力。不断提高这种空间思维能力,不仅有助于我们学好建筑制图及其他后续课程,而且对今后从事工程设计、施工和进行科学研究是大有裨益的。

图形是直接用来研究空间形体几何形状和分析并解决空间几何问题的一种特殊工具,所以对绘制在平面上的图形也有以下要求:

- ①图形应具有可逆性,即根据图形能准确恢复出所表示形体的形状和大小。
- ②图形应尽量直观,以便能根据图形比较容易地显示所绘制形体的形状和大小。
- ③图形的绘制应该简便、准确。

(2) 画法几何的学习方法

画法几何是一门系统理论和实践性都较强的基础技术学科,必须注重理论结合实践。具体的学习方式如下:

①画法几何应按照点、线、面、体的顺序,由浅入深、由简至繁、由易到难,循序渐进地进行学习,其前后联系十分紧密。学习时必须真正理解前面的基本内容,要基本掌握作图方法和步骤后,才能进行下一个知识点(章节)的学习。

②画法几何以研究图示法和图解法为核心,所涉及的习题都是对空间想象能力和空间分析能力的训练,都要进行空间形体与平面图形之间的对应想象。所以,学习时必须注意空间几何关系的分析和空间几何元素与平面图形的对应,对每一投影特性、投影规律或原理都必须理解和掌握它们的空间意义和空间关系,以便在解题中灵活运用。

③复习知识点时,不能只看书本内容,必须进行尺规作业练习。可以借助橡皮泥、铁丝、铅笔、三角板、硬纸片等制作一些简单模型,帮助自己的空间想象。书本中列举的例题,也要通过自己作图一遍甚至多遍后,才能记忆和掌握。

④解题的关键是,必须先分析清楚已知条件,利用已经学过的知识进行空间分析,分析达到最后解决问题需要的步骤,有些问题的解题步骤是不变的,可在初学时将这些步骤记录下来。利用基本作图方法所确定的步骤进行作图解题。

⑤作图时力求规范、准确,要养成正确的尺规操作习惯,完成作图后还应进行一次全面检

查,检查作图过程中有无错误以及作图是否精准。最后还应清洁图面,正确、准确、清晰、干净地表达作业内容。

总之,要认真学好投影的基本理论和基本概念,熟练掌握一些最基本的作图方法。还要通过大量的练习,不断训练自己的空间分析能力,搞清楚空间几何元素或空间形体与平面图形之间的对应关系。只有经常通过从形体画投影图,再从投影图想象形体的反复实践,才能巩固所学理论,提高空间思维能力。

0.2 投影概念及投影法的分类

人们在日常生活中所见到的物体都有一定的长度、宽度和高度(或厚度),要在一个只有长、宽尺度的平面上(如一张纸上)表达出物体的形状和大小,可以采用投射的方法。

例如,要在平面 P 上画出一长方形物体的图形,可在该物体的前面设一光源 S 。在光线的照射下,物体将在平面 P 上落下一个多边形的影;当光线的照射角度或距离改变时,影子的位置及形状将随之改变,但是这个影子只反映出物体的轮廓,却表达不出物体的形状,这个图形称为物体的影,如图 0.1(a) 所示,假设光线能够透过物体,而将长方体的各个顶点和各条棱边都在平面 P 上落下影,则这些点和线的影将组成一个能反映物体形状的图形,这个图形就称为物体的投影,如图 0.1(b) 所示。光源 S 称为投射中心,连接投射中心与物体上的点的直线称为投射线,落影平面 P 称为投影面。投射线通过物体,向选定的面投射,并在该面上得到图形的方法叫投影法。

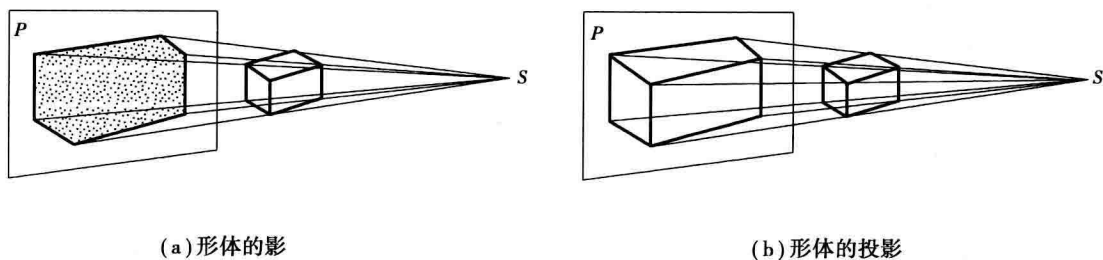


图 0.1 影与投影

根据投射中心与投影面的相对位置不同,投影法可分为两大类:中心投影、平行投影。

► 0.2.1 中心投影

当投射中心 S 与投影面 P 的距离为有限远时,所有投射线均从投射中心发射,用这种投射线作出的形体投影称为中心投影,作出中心投影的方法称为中心投影法,如图 0.2 所示。中心投影具有如下两个基本性质:

- ①直线的投影,在一般情况下仍为直线(若空间直线通过投影中心,其投影积聚为一点);
- ②属于直线的点,则该点的投影必属于该直线的投影(所属性)。

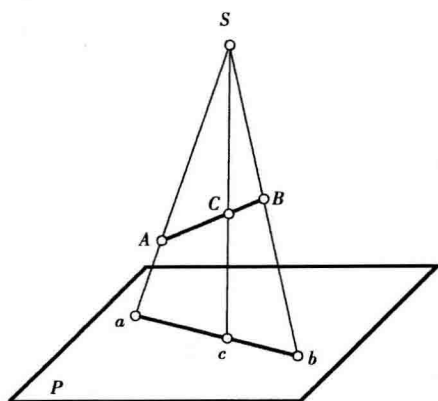


图 0.2 中心投影

► 0.2.2 平行投影

当投射中心 S 与投影面 P 相距无限远时, 可视为投射射线相互平行, 用平行投射射线作出的形体投影称为平行投影, 作出平行投影的方法称为平行投影法, 如图 0.3 所示。

平行于投射射线的方向叫做投射方向。根据投射方向的不同, 平行投影又分为斜投影和正投影两种, 斜投射的投射方向倾斜于投影面, 即投射角小于 90° , 如图 0.3 (a) 所示; 正投射的投射方向垂直于投影面, 即投射角等于 90° , 如图 0.3 (b) 所示。

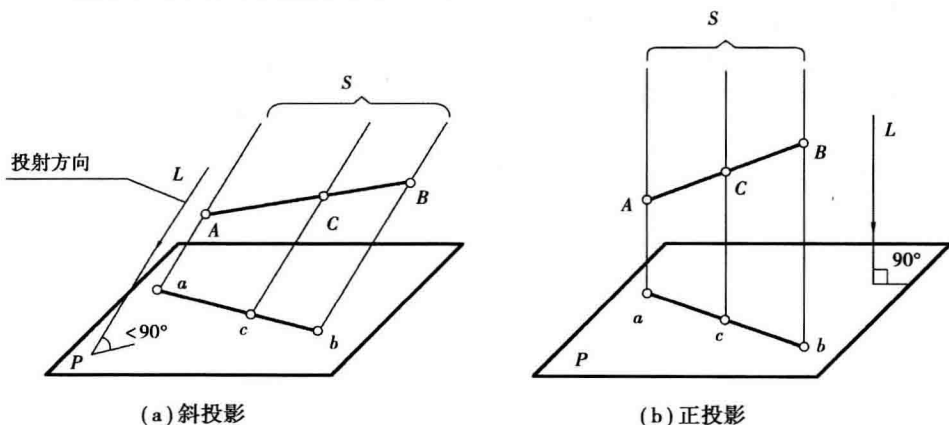


图 0.3 平行投影

平行投影是中心投影的特殊情况, 所以它除具有前述中心投影的特性外, 还具有如下特性:

① 点分直线段成某一比例, 则该点的投影也分该线段的投影成相同比例 (定比性)。如图 0.3 所示, 点 C 分线段 AB 的比例等于投影点 c 分投影线段 ab 的比例;

② 互相平行的直线, 其投影仍然互相平行 (平行性)。如图 0.4 所示, 线段 $AB \parallel CD$, 其投影 $ab \parallel cd$ 的关系仍然存在;

③ 平行二直线段的实长比等于此二直线段的投影长度比 (平行定比性)。如图 0.4 所示, $AB:CD = ab:cd$ 。

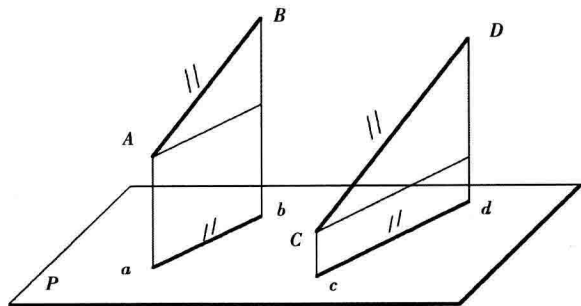


图 0.4 平行性和平行定比性

► 0.2.3 投影法在工程中的应用

(1) 中心投影法的应用——透视投影图

可用中心投影法在一个投影面上绘出形体的透视图(图 0.5)。这种图和用眼睛看到的形象一样,十分逼真,但各部分的真实形状和大小都不能在图中直接量度,其作图过程又很烦杂,在建筑设计中常用来研究房屋的造型和空间处理,如图 0.6 所示。

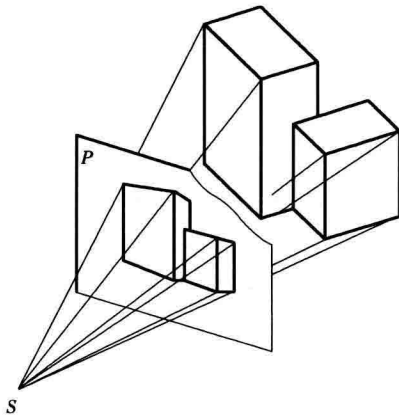


图 0.5 中心投影法的应用——透视投影



图 0.6 中心投影在工程中的应用

(2) 平行投影法的应用——轴测投影图

可采用斜投影绘制也可采用正投影绘制,轴测投影是在一个投影面上绘出形体的立体图,图 0.7 所示为应用正投影法绘制的正轴测投影图,图 0.8 所示为应用斜投影法绘制的斜轴测投影图。

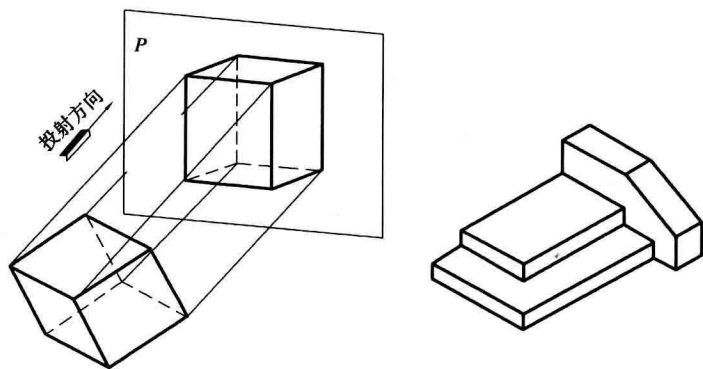


图 0.7 正轴测投影图

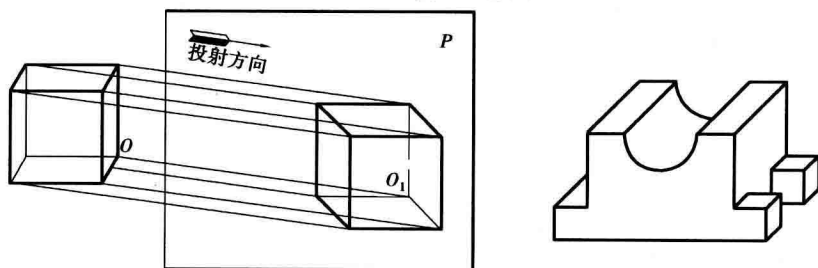


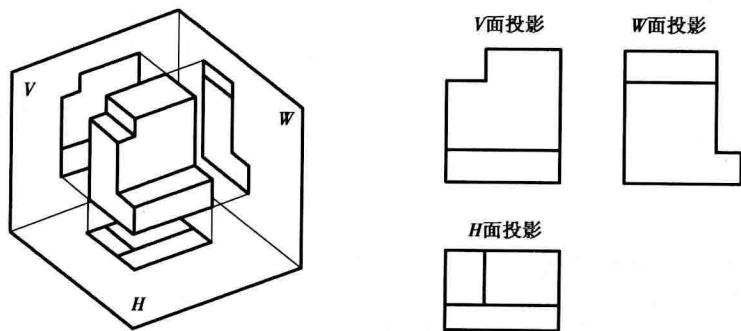
图 0.8 斜轴测投影图

这种图富有立体感,但不如透视图自然、逼真,作图过程较透视图简便。

透视图和轴测图都是单面投影图,与人们看到实际形体时所得到的印象比较一致,容易看懂,但对形体的表达不全面,其作图过程又较麻烦,因此在工程中只用作辅助图样。

(3) 正投影法的应用——多面正投影图

在两个或两个以上相互垂直的、并分别平行于形体主要表面的投影面上,绘出形体的正



(a) 把物体向3个投影面作正投影

(b) 投影面展开后得到的正投影图

图 0.9 三面正投影图

投影图,再把得到的正投影图按一定规则展开,绘制在同一个平面上,如图 0.9 所示。这种图能真实地表示形体的形状和大小,而且作图简便,所以这种投影图是工程中最主要的图样。但这种图样缺乏立体感,需要经过一定的训练才能看懂。

(4) 正投影法的应用——标高投影图

这是绘制地形图的一种图样,以规定的高度水平剖切山丘或者洼地,如图 0.10 所示的每 10 m 一剖切,将剖切得到的山迹线正投影到水平投影面上,并在相同的位置标注对应的数字,形成的每一条不规则曲线上各处的高度均相同,称为等高线,这种投影就称为标高投影,标高投影是由正投影法得到的单面投影。

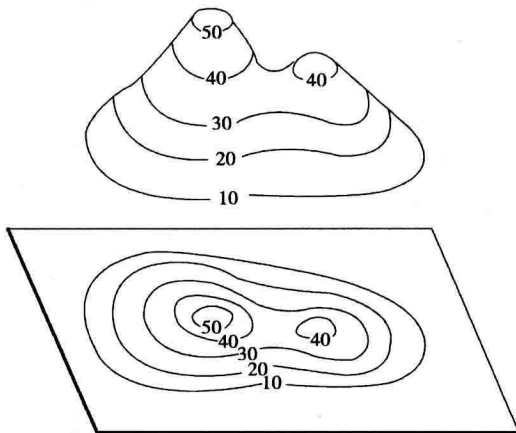


图 0.10 标高投影

0.3 点、直线、平面正投影的基本性质

任何形体都是由点、线、面所组成,要认识和掌握形体正投影规律,就得先了解点、线、面正投影的基本性质。点、直线、平面的正投影除了具有平行投影的特性外,还具有 4 种投影特性:类似性、全等性、积聚性、重合性。

► 0.3.1 类似性

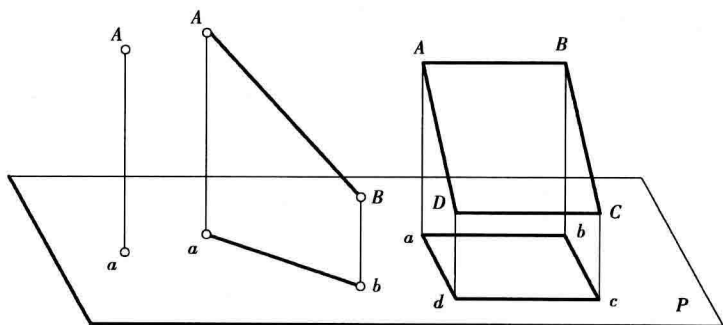


图 0.11 正投影的类似性

如图 0.11 所示,点的正投影仍是点。直线的正投影在一般情况下仍是直线;当直线倾斜于投影面,其投影短于实长。平面的正投影在一般情况下仍是平面;当平面倾斜于投影面,其投影小于实形,其投影图形和空间平面图形类似。

► 0.3.2 全等性

如图 0.12 所示,直线平行于投影面,其投影反映实长;平面平行于投影面,其投影反映实形。这一性质称为全等性。

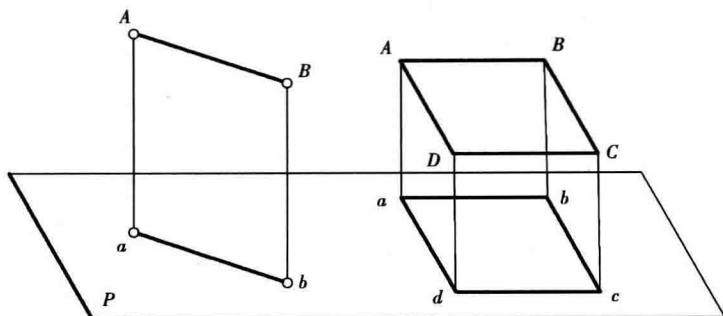


图 0.12 正投影的全等性

► 0.3.3 积聚性

如图 0.13 所示,直线垂直于投影面,其投影积聚为一点;属于直线的任一点的投影也积聚在这一点上。平面垂直于投影面,其投影积聚为一直线;属于平面的任一点、任一直线或任一图形的投影也都积聚在这一直线上。投影的这种性质称为积聚性。

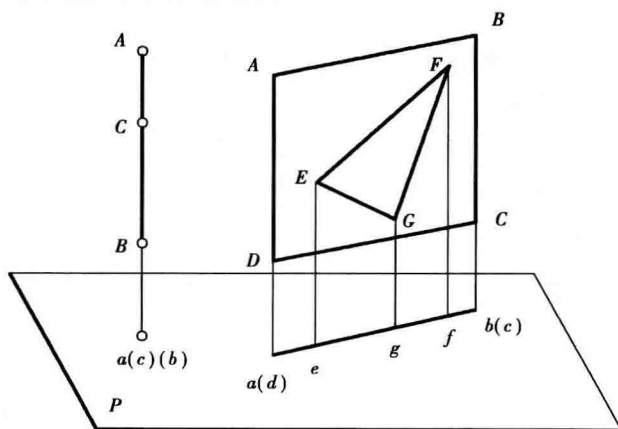


图 0.13 正投影的积聚性

► 0.3.4 重合性

如图 0.14 所示,两个或两个以上的点、线、面等几何元素具有相同的投影时称它们的投影重合。这种性质称为正投影重合性。

积聚性和类似性是两个很重要的性质,前者能帮助我们确定属于平面的点的投影及想象

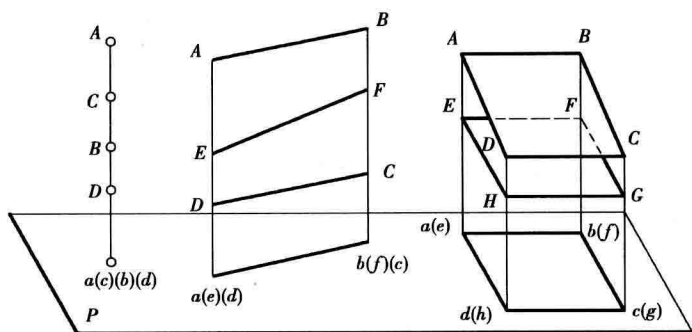


图 0.14 正投影影响的重合性

出平面的空间位置;后者能帮助我们预见平面的投影形状,避免作图时发生差错。

以上讨论说明,空间几何元素(如点、线、面)在投影面上,总是可以作出已知形体唯一确定的投影,并且知道形体的哪些几何性质在投影图上保持不变,而哪些是改变的。但是反过来由投影重定点、线、面的原形和空间位置,在单面投影的前提下,答案则不是唯一的,如图 0.15 所示。所以在正投影条件下,需要采用多面正投影的方法来解决投影的可逆性。

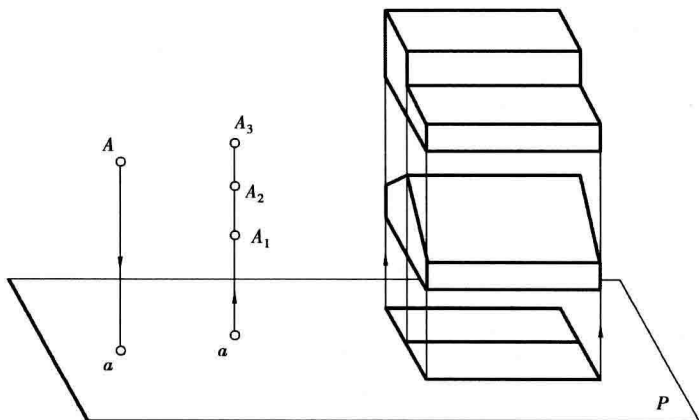


图 0.15 单面正投影没有可逆性

为叙述简单起见,以后除特别指明外,正投影简称投影,直线段或平面图形简称直线或平面。

通常在画法几何中有如下约定:

空间点用大写字母 $A, B, C \cdots$ (或 $\text{I}, \text{II}, \text{III} \cdots$) 标志,其在水平投影面上的投影用小写字母 $a, b, c \cdots$ (或 $1, 2, 3 \cdots$) 标志。

空间平面用大写字母 $P, Q, R \cdots$ 标志,其在水平投影面上的投影用小写字母 $p, q, r \cdots$ 标志。

0.4 立体的三面投影图

物体的三面投影图广泛应用于工程实践中。它是利用平行投影中的正投影法绘制出来的。