

高等学校教材

# 画法几何及机械制图

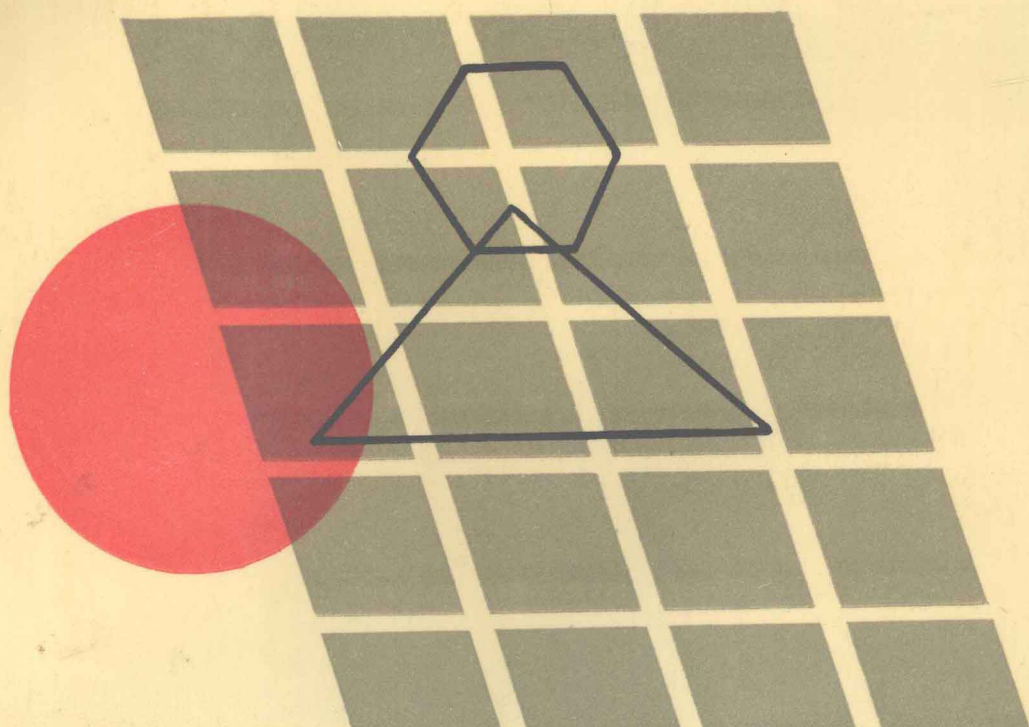
(非机械类专业)

大连海事大学制图教研室 编

第三版

常学谦 主编

人民交通出版社



高等学校教材

# 画法几何及机械制图

Huafa Jihe Ji Jixie Zhitu

(非机械类专业)

第三版

大连海事大学制图教研室 编

常学谦 主编

人民交通出版社

(京)新登字091号

## 内 容 提 要

本书是在1986年第二版的基础上,参照全国高校制图课程指导委员会1993年修订的《画法几何及工程制图课程 教学基本要求》(非机械类100~110学时类型)修订而成的。

本书除绪论外共有十四章。主要内容有:点、直线、平面的投影,直线与平面、平面与平面的相对位置,变换投影面法,立体的投影,画图的基本知识和技能,组合体的视图及注尺寸,轴测投影图,机件的表达方法,标准件、常用件,零件图,装配图,计算机绘图基础,其它图样,国外机械制图标准简介等。

本书为高等学校机电类专业本科画法几何及机械制图课程的教材,也可供同类专业的夜大、函授及专科学校使用。为配合教学需要,另有配套习题集同时出版。

高等学校教材

## 画法几何及机械制图

(非机械类专业)

第 三 版

大连海事大学制图教研室 编

常学谦 主编

插图设计:秦淑珍 正文设计:刘晓方 责任校对:刘素燕

人民交通出版社出版

本社发行

(100013 北京和平里东街10号)

华北矿业学校印刷厂印刷

开本: 787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张: 20.25 插页: 1 字数: 518.4千

1981年6月 第1版

1986年6月 第2版

1995年5月第3版 第1次印刷

印数: 0001—4000册 定价: 9.80元

ISBN 7-114-02003-1

TH·00014

## 第三版序

本书是在1986年第二版的基础上,结合近年来教学改革的实践经验,广泛征求曾使用本书院校的意见,并经交通部教育司批准,再次修订出版的。

在修订中,参照高等学校工科画法几何及工程制图课程教学指导委员会1993年修订的《高等工业学校画法几何及工程制图课程教学基本要求》(非机械类专业100~110学时类型),并考虑到近期教学发展的趋势,在内容安排上作了一些调整。主要的变动有:

1. 将教学内容按画法几何、制图基础、机械图、计算机绘图基础四大部分排序,删减了部分次要章节,使画法几何保持完整体系,内容相对集中,有利于教学安排。

2. 按照新修订的教学基本要求,充实加强了计算机绘图基础的内容。除了介绍计算机绘图系统及工作原理外,还介绍了简单图形的编程,上机操作以及典型绘图软件的应用,可满足10~15学时的教学需要。

3. 在零件图和装配图等章中,删减了部分较难的图例和超越教学基本要求的内容。

4. 本书的机械图部分,采用了1993年底以前修订或制订并颁布的、最新的有关国家标准,如技术制图、表面粗糙度、各类紧固件以及焊缝符号等。为适应改革开放的需要,对国外机械制图标准也作了简要介绍。

此外,为配合本教材使用,同时修订了《画法几何及机械制图习题集》,另册出版,以利教学。

根据机电管理类不同专业的特点和目前各校教学时数和设备条件的差异,对画法几何中直线与平面相对位置、变换投影面法,以及计算机绘图基础、其它图样等,均独立成章,可按教学需要进行取舍。

因大连海运学院已更名为大连海事大学,故本书编者名义也作了相应改变。

本书由常学谦主编。参加修订工作的有叶世亮、刘炳阳、张世林、杨志沂、陈锡娟、顾启江、常学谦、韩建宏。

曾在本书前两版担任主编之一的高德生老师和参加描图的李运兄等同志,他们对前两版所作的贡献,也为这次修订提供了便利条件,在此表示感谢。

本修订版由国家教委高等学校工程专科工程制图课程教材编审组成员、大连大学工学院机械系陈万钟教授担任主审。审阅人提出了不少宝贵意见,对此表示衷心的感谢。

限于我们的水平,缺点和错误在所难免,恳请广大读者给予批评指正。

编者

1994年4月

# 目 录

|                      |         |
|----------------------|---------|
| 绪论                   | ( 1 )   |
| 第一章 点、直线、平面的投影       | ( 5 )   |
| § 1-1 点的投影           | ( 5 )   |
| § 1-2 直线的投影          | ( 9 )   |
| § 1-3 平面的投影          | ( 15 )  |
| 第二章 直线与平面、平面与平面的相对位置 | ( 24 )  |
| § 2-1 直线与平面平行、两平面平行  | ( 24 )  |
| § 2-2 直线与平面相交、两平面相交  | ( 26 )  |
| § 2-3 直线与平面垂直、两平面垂直  | ( 30 )  |
| § 2-4 综合性问题解法举例      | ( 33 )  |
| 第三章 变换投影面法           | ( 37 )  |
| § 3-1 基本概念           | ( 37 )  |
| § 3-2 直线与平面的换面法      | ( 40 )  |
| § 3-3 应用换面法解题举例      | ( 43 )  |
| 第四章 立体的投影            | ( 46 )  |
| § 4-1 平面立体           | ( 46 )  |
| § 4-2 曲面立体           | ( 51 )  |
| § 4-3 两曲面立体相交        | ( 62 )  |
| 第五章 制图的基本知识和技能       | ( 69 )  |
| § 5-1 基本制图标准简介       | ( 69 )  |
| § 5-2 绘图工具及其使用方法     | ( 74 )  |
| § 5-3 几何作图           | ( 77 )  |
| § 5-4 平面图形的尺寸分析      | ( 84 )  |
| 第六章 组合体的视图和注尺寸       | ( 89 )  |
| § 6-1 组合体的视图         | ( 89 )  |
| § 6-2 组合体的尺寸标注       | ( 98 )  |
| 第七章 轴测投影图            | ( 102 ) |
| § 7-1 轴测图的基本概念       | ( 102 ) |
| § 7-2 正等轴测投影图        | ( 103 ) |
| § 7-3 斜二轴测投影图        | ( 109 ) |
| § 7-4 轴测图中的剖切画法      | ( 111 ) |
| 第八章 机件的表达方法          | ( 113 ) |
| § 8-1 表达机件外形的方法——视图  | ( 113 ) |
| § 8-2 表达机件内形的方法——剖视图 | ( 115 ) |

|        |                   |       |
|--------|-------------------|-------|
| § 8-3  | 表达机件断面形状的方法——剖面图  | (123) |
| § 8-4  | 其它表达方法            | (125) |
| § 8-5  | 第三角画法             | (129) |
| 第九章    | 标准件、常用件           | (132) |
| § 9-1  | 螺纹和螺纹紧固件          | (132) |
| § 9-2  | 键、销               | (141) |
| § 9-3  | 齿轮                | (144) |
| § 9-4  | 滚动轴承              | (148) |
| § 9-5  | 弹簧                | (150) |
| 第十章    | 零件图               | (153) |
| § 10-1 | 零件图的内容            | (153) |
| § 10-2 | 零件的视图表达           | (154) |
| § 10-3 | 零件图的尺寸标注          | (158) |
| § 10-4 | 零件上常见的工艺结构        | (162) |
| § 10-5 | 零件图的技术要求          | (166) |
| § 10-6 | 零件测绘              | (182) |
| § 10-7 | 看零件图              | (187) |
| 第十一章   | 装配图               | (195) |
| § 11-1 | 装配图的内容            | (195) |
| § 11-2 | 机器或部件的视图表达        | (195) |
| § 11-3 | 装配图中的尺寸           | (199) |
| § 11-4 | 装配图中零、部件序号及其编排方法  | (200) |
| § 11-5 | 装配图的技术要求及注写       | (201) |
| § 11-6 | 装配图中的标题栏和明细栏      | (201) |
| § 11-7 | 零件结构的装配工艺性        | (201) |
| § 11-8 | 画装配图的方法和步骤        | (205) |
| § 11-9 | 看装配图              | (212) |
| 第十二章   | 计算机绘图基础           | (224) |
| § 12-1 | 概述                | (224) |
| § 12-2 | 自动绘图机及其工作原理       | (226) |
| § 12-3 | 微机图形显示器的工作原理及上机操作 | (231) |
| § 12-4 | 绘图程序设计初步          | (239) |
| § 12-5 | 机械图样绘图程序的编制       | (248) |
| § 12-6 | 用AUTO CAD绘制平面图形   | (255) |
| 第十三章   | 其它图样              | (264) |
| § 13-1 | 展开图               | (264) |
| § 13-2 | 焊接图               | (273) |
| 第十四章   | 国外机械制图标准简介        | (281) |
| § 14-1 | 标准代号与基本规定         | (281) |
| § 14-2 | 图样画法              | (283) |

|                      |         |
|----------------------|---------|
| § 14-3 螺纹的画法与标注..... | ( 285 ) |
| § 14-4 齿轮的画法.....    | ( 289 ) |
| § 14-5 表面粗糙度的标注..... | ( 290 ) |
| § 14-6 零件图图例.....    | ( 292 ) |
| 附录.....              | ( 295 ) |
| 一、螺纹.....            | ( 295 ) |
| 二、常用螺纹紧固件.....       | ( 298 ) |
| 三、键.....             | ( 303 ) |
| 四、销.....             | ( 304 ) |
| 五、常用标准结构.....        | ( 306 ) |
| 六、公差与配合.....         | ( 307 ) |
| 七、常用金属材料及其热处理.....   | ( 315 ) |

# 绪 论

## 一、本课程的研究对象和主要任务

在现代化工业生产中,一切机器、仪器、设备等都是按照图样进行生产的。图和文字、数字一样,是人类借以构思、分析、表达、交流的基本工具之一,在工程技术中应用非常广泛,是工业生产中不可缺少的技术资料。人们把它看作是工程界的“技术语言”。

如果把图样看作“技术语言”,画法几何就是这种语言的“文法”。它是运用投影的方法来研究空间几何问题的图示法和图解法。它不仅为工程图样中用图形表达物体提供了基本理论和方法,而且对培养分析和解决空间几何问题的思考方法有着重要的作用。

因此,画法几何及机械制图是一门研究用投影法绘制机械图样和解决空间几何问题的理论和方法的课程。

近年来由于生产上对计算机辅助设计与制造日益增长的需要,对计算机成图技术的掌握提出了迫切要求。本课程正成为掌握这类新技术的一个重要基础。

画法几何及机械制图是高等工科院校的一门必修技术基础课。它的主要任务是:

1. 学习正投影法的基本原理及其应用,为绘制和阅读机械图样打下良好的理论基础;
2. 培养图解简单空间几何问题的能力;
3. 培养和发展空间思维能力;
4. 培养绘制和阅读机械零件图和装配图的能力;
5. 培养计算机绘图的初步能力。

应该指出,通过本课程的学习,只是打下必要的基础,今后还应随着后继课程的学习,以及生产实践的锻炼,不断地巩固和提高,才能逐步适应实际工作的要求。

## 二、本课程的学习方法

本课程是一门既有系统理论,又有较多实践环节的课程,学习时应注意以下几点。

1. 画法几何是本课程的基础理论部分,它包括点、直线、平面的投影;直线与平面、平面与平面的相对位置;变换投影面法;立体的投影等章。它是以初等几何(主要是立体几何)定理为依据,运用投影法在平面上研究空间几何要素及其相互关系。讲课是这一部分教学的中心环节,听课时不应只满足于听懂,还应注意老师是如何提出问题、分析问题和解决问题的。必须掌握基本概念,注意从空间到平面,再由平面到空间的反复过程,逐步培养和发展空间思维能力。

2. 要切实掌握基本理论,必须通过作图实践。在每次讲课后,都必须及时完成一定数量的作业,以巩固所学知识。在解决每一空间几何问题时,都要根据已知图形,分析其空间情况和解题要求,在空间探索解题的方法和步骤,然后根据投影规律,按步骤在平面上作

图。

3. 机械制图的知识是通过听课和用较多时间完成一系列作业来掌握的。其特点是知识面涉及较广, 实践性很强。听课时必须注意作图的原理、方法和步骤, 明确每次绘图作业的目的要求。在老师指导下, 认真地进行作业, 注意培养独立工作能力。在绘制作业时, 要注意联系和运用画法几何的知识, 严格遵守机械制图国家标准, 正确地使用工具、仪器, 逐步掌握绘图的基本技能。

4. 生产中对图样的要求是非常严格的, 一条线或一个字的差错往往会造成重大的经济损失。作为一个未来的工程技术人员, 从学习的开始就应该注意, 通过完成每一次作业, 培养严肃认真的工作态度和耐心细致的工作作风。

### 三、投影法的基本知识

工程图样是根据投影原理画出来的, 这些理论都是建立在初等几何学和投影法基础之上的。前者是已经学过的, 因而画法几何的基础就是投影法。

什么是投影法呢? 日常生活中, 在灯光或阳光下照射物体, 在墙壁上或地面上就会产生影子, 这是常见的自然现象。如图 1 所示。设空间有一平面  $P$ , 平面外有一定点  $S$ , 若把空间的一个点  $A$  投射到  $P$  平面上, 可连接  $SA$  并延长之, 使它与  $P$  面交于点  $a$ , 于是  $a$  即为空间点  $A$  在  $P$  平面上的投影。 $P$  面称为投影面,  $S$  称为投影中心,  $SAa$  称为投射射线。这种把空间几何要素投射到平面上的方法叫投影法。

投影法一般分为两大类, 即中心投影法和平行投影法。

#### 1. 中心投影法

所有投射射线都通过一个投影中心, 如图 2, 犹如灯光照射物体形成影子。

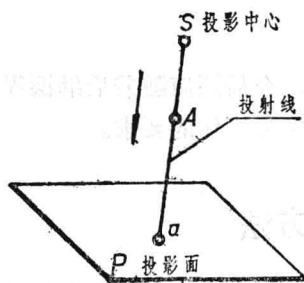


图1 投影法

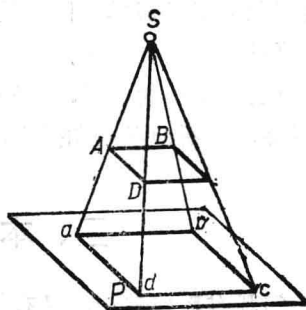


图2 中心投影法

#### 2. 平行投影法

所有投射射线互相平行, 如图 3, 犹如阳光照射物体形成影子。平行投影法又可分为两种:

(1) 斜投影法: 投射射线互相平行, 投射方向倾斜于投影面, 如图 3(a)。

(2) 正投影法: 投射射线互相平行, 投射方向垂直于投影面, 如图 3(b)。

画法几何就是用这种假设的投影法, 确定空间几何要素在平面上的图象。

如图 1 所示, 由于每一条投射射线只能和投影面交于一点, 因此在任何投影法中, 空间一点在一定投影条件下, 在一个投影面上只有唯一的投影。但反之, 仅知点的一个投影不能

唯一地确定该点的空间位置。如图4，当投影方向确定时，点在 $P$ 面上的投影 $a$ 可以对应投射线上的 $A_1$ 、 $A_2$ 、 $A_3$ ……，即空间点 $A$ 的位置是不能唯一确定的。

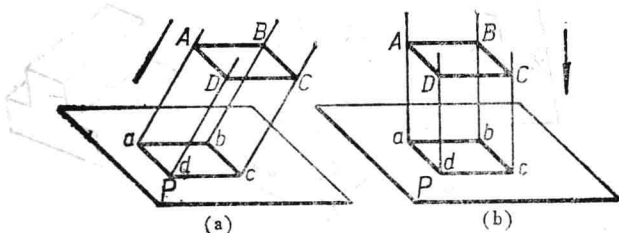


图3 平行投影法

(a) 斜投影法；(b) 正投影法

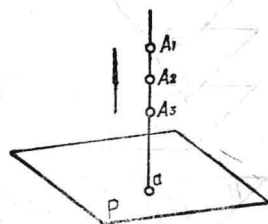


图4 空间点 $A$ 的位置不能唯一确定

## 四、工程上常用的几种图示方法

工程图样根据表达对象和使用目的不同，或要求有较强的直观性，或要求有良好的度量性。为满足这些要求，常用的有以下四种图示方法。

### 1. 透视投影

透视投影是用中心投影法画出的单面投影图，如图5，它与照像成影的原理相似。这种图样符合人们的视觉，富有真实感，直观性很强。但它作图比较复杂，并难以真实反映空间的几何关系，度量性差。在工程上多用于房屋土建工程的辅助图样。

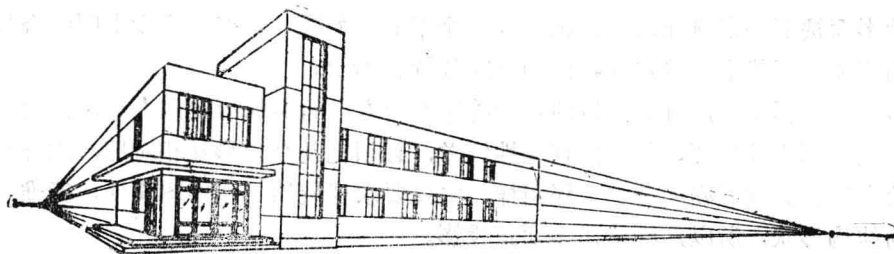


图5 透视投影

### 2. 标高投影

标高投影是用正投影法画出的有数字标记的单面投影图。假想用一系列与投影面平行的平面截切物体，将所得各截交线标以数字，以表示距投影面的距离，这样，在投影图上就确定了物体的基本构形。图6是一座山的标高投影作图原理，图中每一条曲线都是水平面切割山头所得交线的投影，该交线称为等高线。

标高投影画法比较简便，度量性也较强，但实感性较差。在工程中主要用于表示不规则曲面，如地形及船体、飞机、汽车的外形曲面等。

### 3. 轴测投影

轴测投影是用平行投影法（正投影或斜投影）画出来的单面投影图。它把物体连同其所在的直角坐标系一起投射到投影面上，由于在一个投影面上能够反映物体的长、宽、高三个方向的形状，因而富有立体感，如图7。其作图方法比画透视投影图要简单，但度量性仍然较差。科技图书中常用它来描述物体的形象，在机械制图中常作为一种辅助图样。

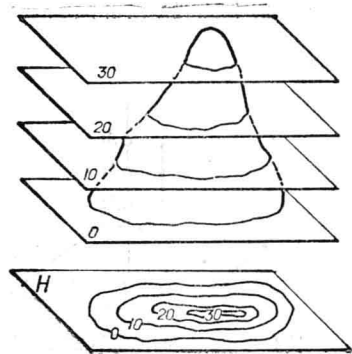


图6 标高投影

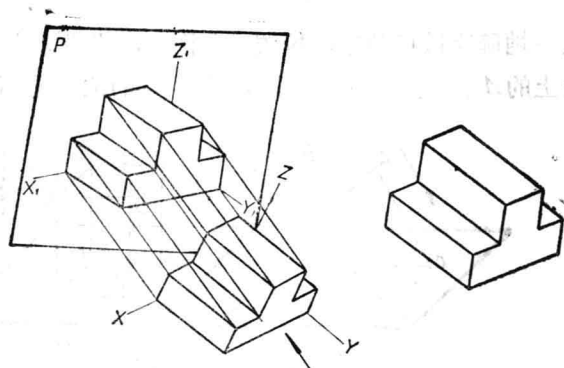
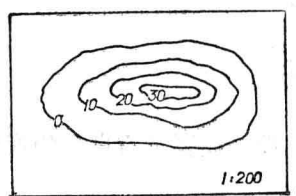


图7 轴测投影

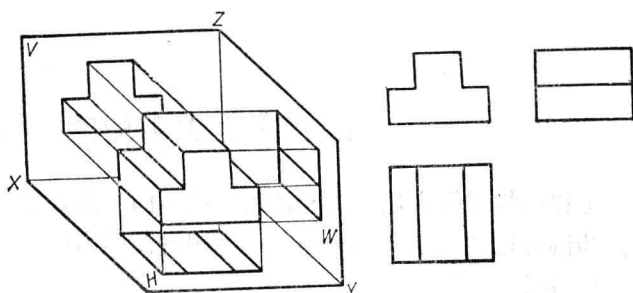


图8 多面正投影

#### 4. 多面正投影

多面正投影是用正投影法把空间物体分别投影到两个或两个以上互相垂直的投影面上，然后将投影面按照一定规律展开，摊平为一个平面，如图 8。把几个投影图综合起来，根据正投影的原理，便能唯一确定该物体的空间位置和形状。

在多面正投影图中，可以清晰地表示物体不同方向的实际形状和大小。因此，它的度量性好，并且作图比较简便。但它的直观性较差，必须把几个图形互相对照，综合起来才能了解物体的全貌。机械工程和其它工程图样，主要要求度量性好，作图简便，能唯一确定所表示物体的结构形状，所以广泛采用多面正投影。

掌握多面正投影需要有一个学习过程，本书后面所涉及的投影法问题，非特别指明，一般都是指正投影法。

# 第一章 点、直线、平面的投影

点、直线、平面都是组成物体表面的基本几何要素，本章从这些几何要素的正投影入手，研究它们的正投影规律和作图方法。

## § 1-1 点的投影

### 一、点在两投影面体系中的投影

#### 1. 两投影面体系的建立

在投影法的基本知识中已经指出：空间一点在一定的投影条件下，在一个投影面上只有唯一的投影。但仅知点的一个投影，不能唯一地确定该点的空间位置。为解决这个问题，现采用两投影面体系。

两投影面体系是由空间两个互相垂直相交的平面组成，其中一个平面水平放置，称水平投影面 $H$ ，另一个平面称正立投影面 $V$ ，两投影面的交线 $OX$ 称为投影轴，如图1-1所示。

本书主要研究 $V$ 面之前和 $H$ 面以上这个空间中的几何要素的投影，该空间称第一分角。

设空间有一点 $A$ ，由 $A$ 分别向水平投影面 $H$ 和正立投影面 $V$ 做投射射线（即垂线），就会得到 $A$ 点的水平投影 $a$ 和正面投影 $a'$ 。（本书标记规定：空间点用大写字母，例如 $A$ 、 $B$ 、 $C$ ……等；水平投影用对应的小写字母，如 $a$ 、 $b$ 、 $c$ ……等；正面投影用对应小写字母加一撇，如 $a'$ 、 $b'$ 、 $c'$ ……等。）这样，空间一点在两投影面体系中，得到了两个投影。现在若把空间点 $A$ 移去，根据 $a$ 、 $a'$ 完全可以唯一确定点 $A$ 的空间位置。

为了把图1-1所示的空间互相垂直的 $V$ 、 $H$ 面及点 $A$ 的两面投影 $a$ 、 $a'$ 画在一个平面上，人们规定 $V$ 面固定不动，将 $H$ 面绕 $OX$ 轴向下旋转 $90^\circ$ ，使它与 $V$ 面重合为一个平面。这样就得到点 $A$ 的两面正投影图，如图1-2(a)。由于可以把投影面看做没有边界的平面，故在正投影图上不画出投影面的边线，而只画出 $OX$ 轴即可，如图1-2(b)。

#### 2. 点在两投影面体系中的投影规律

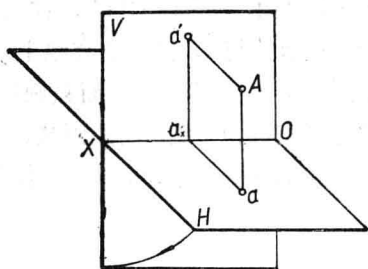


图1-1 两投影面体系

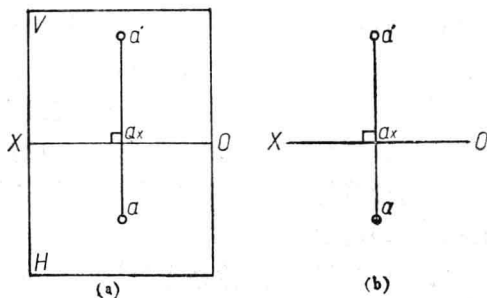


图1-2 点 $A$ 的两面投影图

一点的正面投影和水平投影的连线垂直于 $OX$ 轴。

在图1-1中,由点 $A$ 向 $H$ 和 $V$ 面所作的投射射线 $Aa$ 和 $Aa'$ 为相交二直线,它们所决定的平面 $Aa'a_xa$ 同时垂直于 $H$ 和 $V$ 面,根据初等几何若三个平面互相垂直,其三条交线必互相垂直,即 $aa_x \perp a'a_x$ ;  $aa_x \perp OX$ ;  $a'a_x \perp OX$ 。当 $a$ 随 $H$ 面旋转而与 $V$ 面重合为一个平面时,  $aa_x \perp OX$ 的关系不变。因此在投影图上 $aa' \perp OX$ ,如图1-2。

一点的正面投影到 $OX$ 轴的距离,等于空间该点到 $H$ 面的距离;其水平投影到 $OX$ 轴的距离,等于空间该点到 $V$ 面的距离。

由图1-1可以看出,  $Aa'a_xa$ 在空间是一个矩形,对边必相等,因此 $a'a_x = Aa$ ;  $aa_x = Aa'$ 。

现在,如果已知一个点在两投影面体系中的两个投影,根据投影图,假想正立投影面 $V$ 不动,将水平投影面 $H$ 向上翻转 $90^\circ$ ,在头脑中建立起如图1-1那样的空间形象,则该点在空间的位置就被唯一确定。

例1 已知点 $A$ 、 $B$ 和 $C$ 的两面投影图,试判别三点的空间位置,见图1-3(a)。

解 根据点在两投影面体系中的投影规律,图中 $aa' \perp OX$ 轴,则空间点 $A$ 的位置被唯一确定。 $A$ 点的水平投影 $a$ 位于 $OX$ 轴上,表明空间点 $A$ 到 $V$ 面的距离为零,因此 $A$ 点在 $V$ 面上。同理可知,空间 $B$ 点在 $H$ 面上。 $C$ 和 $C'$ 都在 $OX$ 轴上,表明空间 $C$ 点到 $H$ 、 $V$ 面的距离均为零, $C$ 点是 $OX$ 轴上的点。其空间情况如图1-3(b)所示。

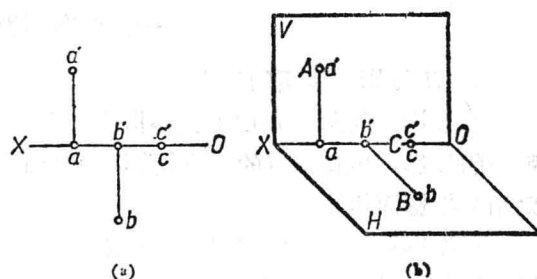


图1-3 判别点 $A$ 、 $B$ 和 $C$ 的空间位置

## 二、点在三投影面体系中的投影

### 1. 三投影面体系的建立

由前述内容可知,根据一个点的两面投影,就可以确定该点的空间位置。为了今后研究立体的投影,还需要建立三投影面体系。

三投影面体系是在前述 $H$ — $V$ 两投影面体系的基础上,再加入一个与 $H$ 和 $V$ 面都垂直的侧立投影面 $W$ ,如图1-4(a)。三个投影面互相垂直相交,产生三个投影轴: $H$ 面与 $V$ 面相交为 $X$ 轴; $H$ 面与 $W$ 面相交为 $Y$ 轴; $V$ 面与 $W$ 面相交为 $Z$ 轴。三个投影轴垂直相交于一点 $O$ ,称为原点。设空间有一点 $A$ ,由 $A$ 分别向 $H$ 、 $V$ 、 $W$ 面做投射射线,则得到点 $A$ 的三个投影 $a$ 、 $a'$ 、 $a''$ 。其中 $a''$ 为空间点 $A$ 在侧立投影面的投影专用标记。

为了得到点 $A$ 的三面投影图,规定 $V$ 面不动, $H$ 面绕 $X$ 轴向下旋转 $90^\circ$ 与 $V$ 面重合成为一个平面; $W$ 面绕 $Z$ 轴向右旋转 $90^\circ$ 与 $V$ 面也重合成为一个平面,如图1-4(b)。在投影面旋转时, $Y$ 轴被“一分为二”,其中随 $H$ 面向下旋转时,以 $OY_1$ 表示并与 $OZ$ 在一条直线上;随 $W$ 面向右旋转时,以 $OY_2$ 表示并与 $OX$ 在一条直线上。投影面的边界一般不画,而只画出投影轴即可。由于水平投影 $a$ 到 $OX$ ,侧面投影 $a''$ 到 $OZ$ 的距离都等于空间点 $A$ 到 $V$ 面的距离,为确切表示两者之间的相等关系,一般自 $O$ 点作一条与水平成 $45^\circ$ 的辅助线,作为 $a$ 与 $a''$ 投影连线的转折点,如图1-4(c)所示。

### 2. 点在三投影面体系中的投影规律

我们可以把三投影面体系看成由 $V$ — $H$ 和 $V$ — $W$ 两个两面体系所组成。根据点在两投影面体系中的投影规律,可知点在三面体系中的投影规律是:

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

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

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

上述结论详见图1-4。

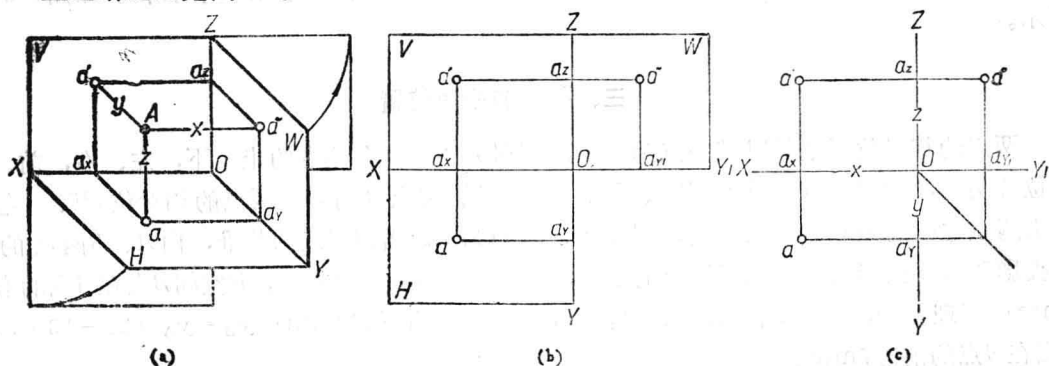


图1-4 点在三投影面体系中的投影

### 3. 点的投影的直角坐标表示法

如果把三投影面体系看做笛卡尔直角坐标系, 则 $H$ 、 $V$ 、 $W$ 面为坐标面,  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 轴为坐标轴,  $O$ 点为坐标原点。由图1-4(a)可以看出, 点 $A$ 到三个投影面的距离可以用直角坐标表示:

点 $A$ 到 $W$ 面的距离 = 点 $A$ 的 $x$ 坐标值;

点 $A$ 到 $V$ 面的距离 = 点 $A$ 的 $y$ 坐标值;

点 $A$ 到 $H$ 面的距离 = 点 $A$ 的 $z$ 坐标值。

点 $A$ 的空间坐标和三面投影图的对应关系可从图1-4综合如下:

$$x = A \rightarrow W = a \rightarrow a_y = a' \rightarrow a_x;$$

$$y = A \rightarrow V = a \rightarrow a_x = a'' \rightarrow a_z;$$

$$z = A \rightarrow H = a' \rightarrow a_x = a'' \rightarrow a_{y1}。$$

由此可知,  $a$ 由 $A$ 点的 $x$ 、 $y$ 两坐标决定;  $a'$ 由 $A$ 点的 $x$ 、 $z$ 两坐标决定;  $a''$ 由 $A$ 点的 $y$ 、 $z$ 两坐标决定。

所以, 空间的一个点在三投影面体系中必有三个投影并有它所对应的 $x$ 、 $y$ 、 $z$ 坐标值。反之, 如果已知空间一个点的三个投影, 即可唯一地确定该点的坐标值, 同时也唯一地确定该点的空间位置。

**例2** 已知空间点 $A$ 的坐标(18、13、15)、点 $B$ 的坐标(18、20、6), 试作 $A$ 、 $B$ 两点的三面投影图。

**解** 根据点的直角坐标和投影规律作图, 如图1-5(a)所示。画出坐标轴后, 先作 $A$ 点的三面投影图。由原点 $O$ 向左沿 $OX$ 轴量取 $Oa_x =$

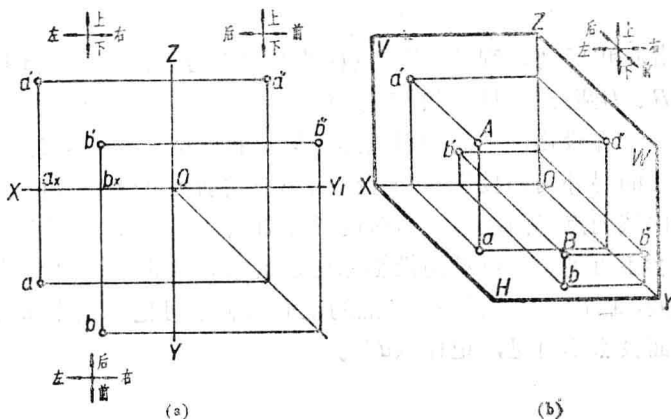


图1-5 根据坐标作点的三面投影图

18; 过 $a_x$ 作投影连线 $\perp OX$ , 在投影连线上, 自 $a_x$ 向下量取13, 得水平投影 $a$ 。再自 $a_x$ 向上量取15, 得正面投影 $a'$ 。根据 $a$ 和 $a'$ 分别作垂直于 $OY$ 和 $OZ$ 的投影连线, 利用 $45^\circ$ 辅助线, 作出侧面投影 $a''$ 。

$B$ 点的三面投影图按所给的坐标值用同样方法作图。 $A$ 、 $B$ 两点的空间情况, 如图1-5(b)所示。

### 三、两点的相对位置

两点的相对位置是指以某一点为基准, 判别另外一点在该点的上、下, 左、右, 前、后的位置关系, 如图1-5(a)(b)中箭头所示。当在投影图上判别空间两点的相对位置时, 它可以由两点之间的坐标差值来决定。现以图1-5(a)为例。若以 $A$ 点为基准, 由 $A$ 、 $B$ 两点的正面投影和水平投影连线截取 $X$ 轴的坐标差, 即 $x_A - x_B = 18 - 10 = 8$ , 则空间 $B$ 点在 $A$ 点的右方8mm; 同理可知,  $z_A - z_B = 15 - 6 = 9$ , 则 $B$ 点在 $A$ 点的下方9mm;  $y_B - y_A = 20 - 13 = 7$ , 则 $B$ 点在 $A$ 点的前方7mm。

### 四、重影点

当空间两点处于同一条投射线上时, 则两点在该投影面的投影必然重合, 这两点就称为对该投影面的重影点。在图1-6中, 空间 $A$ 、 $B$ 两点在同一条对 $H$ 面的投射线上, 所以水平投

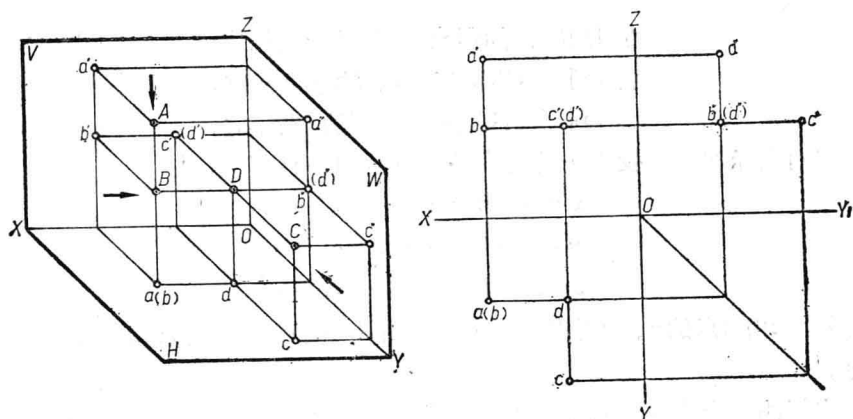


图1-6 重影点

影 $a$ 和 $b$ 重合, 则 $A$ 、 $B$ 两点称为对 $H$ 面的重影点。同理可知,  $C$ 、 $D$ 两点是对 $V$ 面的重影点,  $B$ 、 $D$ 两点是对 $W$ 面的重影点。

在投影图上需判别重影点投影的可见性。两个点的某一面投影重合为一点时, 可由该两点的另外两面投影的坐标值大小来判别可见性。例如 $A$ 、 $B$ 两点的水平投影 $a$ 和 $b$ 重合为一点, 由该两点正面投影或侧面投影可知 $z_A > z_B$ , 表明空间 $A$ 点在 $B$ 点的正上方, 自然 $B$ 点的水平投影不可见。不可见的投影标记是给原标记的字母加上圆括号, 即以 $(b)$ 表示。同理可判别, 空间 $C$ 点在 $D$ 点正前方,  $D$ 点的正面投影不可见, 记作 $(d')$ 。空间 $B$ 点在 $D$ 点的正左方,  $D$ 点的侧面投影不可见, 记作 $(d'')$ 。

## § 1-2 直线的投影

### 一、基本特性

#### 1. 直线的投影一般仍为直线，特殊情况下积聚为一点

图1-7(a)中，空间直线 $AB$ 向 $H$ 面进行投影时，可看做是由直线上一系列的点向 $H$ 面作投射射线，这些投射射线形成一个垂直于 $H$ 面的平面。由于两平面的交线必然是直线，所以直线 $AB$ 在 $H$ 面的投影 $ab$ 仍为直线。同理，直线 $AB$ 在 $V$ 面的投影 $a'b'$ ，在 $W$ 面的投影 $a''b''$ 也仍为直线。只有当直线平行于投射方向时，其投影才积聚为一点。

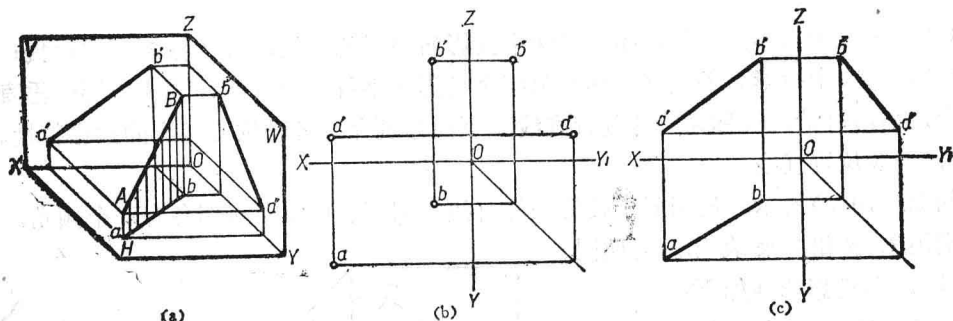


图1-7 直线的投影

又因为空间两点可以确定一直线，所以要作一直线的投影，只要作出该直线上的两个端点 $A$ 、 $B$ 的投影（图1-7b），然后连接 $A$ 、 $B$ 点的各同面投影，就得到直线 $AB$ 的三面投影图（图1-7c）。

#### 2. 属于直线上的点具有从属性和定比性

**从属性** 属于直线上的点，该点的各面投影必在直线的同面投影上。反之，如果一个点的各面投影均在一条直线的同面投影上，则点必属于该直线。如图1-8，点 $C$ 属于直线 $AB$ ，则 $c$ 在 $ab$ 上； $c'$ 在 $a'b'$ 上； $c''$ 在 $a''b''$ 上。

**定比性** 属于直线上的点，该点分割线段之比，等于该点的投影分割线段的同面投影之比。如图1-8， $AC:CB = ac:cb = a'c':c'b' = a''c'':c''b''$ 。

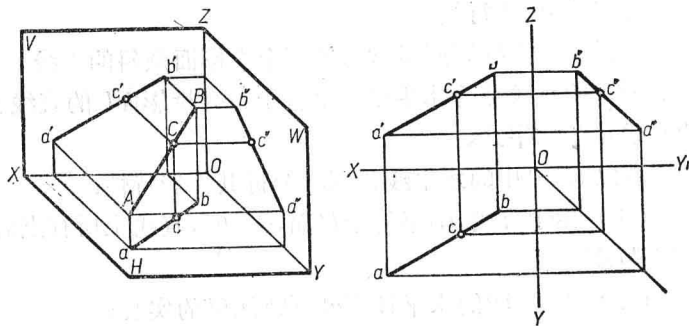


图1-8 属于直线上的点

上述结论，均可用初等几何定理证明。

**例1** 已知线段 $AB$ 及属于该直线上的点 $C$ 的正面投影 $c'$ ，求水平投影 $c$ ，见图1-9(a)。

**解** 点 $C$ 属于直线 $AB$ ，则点 $C$ 的投影必在直线 $AB$ 的同面投影上。点 $C$ 把线段 $AB$ 分割为两段，根据定比性 $AC:CB = ac:cb = a'c':c'b'$ 。其作图方法可有两种：

**方法一：**作出 $AB$ 线段的侧面投影 $a''b''$ ，从 $c'$ 作 $OZ$ 轴的垂线与 $a''b''$ 交于 $c''$ ，再从 $c''$ 确定 $c$ ，见图1-9(b)。

方法二：过 $AB$ 线段端点 $A$ 的水平投影 $a$ 任引一倾斜于 $ab$ 的直线 $ab_1$ ，取其长度等于 $a'b'$ ，在 $ab_1$ 上量取 $ac_1$ 等于 $a'c'$ ，连接 $bb_1$ ，过 $c_1$ 作 $c_1c \parallel b_1b$ ，则 $c_1c$ 与 $ab$ 的交点 $c$ 即为所求，如图1-9(c)。

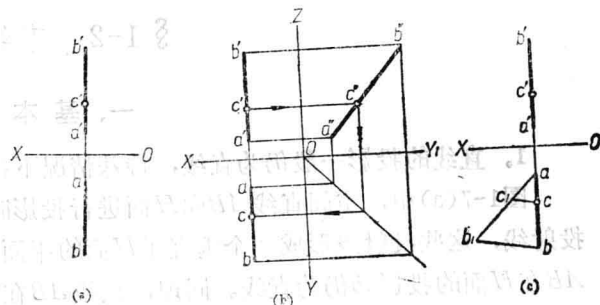


图1-9  $C$ 点属于线段 $AB$ 的作图

## 二、直线对投影面的相对位置

在三投影面体系中，空间直线对投影面的相对位置，有下列三种情况：

(1) 对三个投影面都倾斜的直线，称为一般位置直线；

(2) 与一个投影面平行，而对另两个投影面倾斜的直线，称为投影面平行线；

(3) 与一个投影面垂直（必然对另两个投影面平行）的直线，称为投影面垂直线；上述后两种情况统称为特殊位置直线。下面分别介绍各种位置直线的投影特性。

### 1. 一般位置直线

如图1-10(a)所示，凡倾斜于投影面的直线，对 $H$ 、 $V$ 和 $W$ 面都各有一个倾角，统一规定分别用 $\alpha$ 、 $\beta$ 和 $\gamma$ 来表示。对照图1-10(b)，其投影特性如下：

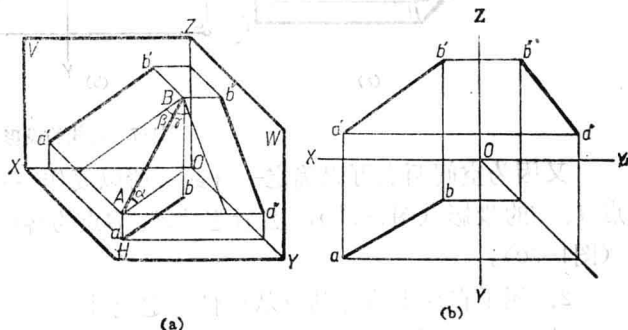


图1-10 一般位置直线

(1) 直线的三个投影其长度都缩短了。即： $ab = AB \cos \alpha$ ； $a'b' = AB \cos \beta$ ； $a''b'' = AB \cos \gamma$ 。

(2) 直线的三个投影都倾斜于各投影轴，但与各投影轴的夹角并不反映空间直线对投影面的真实倾角 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 。

### 2. 投影面平行线

平行于一个投影面而对另外两个投影面倾斜的直线，统称为投影面平行线。平行于水平投影面 $H$ 的直线称为水平线；平行于正立投影面 $V$ 的直线称为正平线；平行于侧立投影面 $W$ 的直线称为侧平线。

现以表1-1中的水平线为例，分析其投影特性：

(1) 由于直线 $AB$ 平行于 $H$ 面， $\alpha = 0^\circ$ ，直线上所有点的 $Z$ 坐标值都相等，所以 $a'b' \parallel OX$ ， $a''b'' \parallel OY_1$ ；

(2) 直线 $AB$ 的水平投影 $ab$ 反映线段的实长；

(3) 直线 $AB$ 的水平投影 $ab$ 与 $OX$ 的夹角反映直线对 $V$ 面的倾角 $\beta$ ，与 $OY$ 的夹角反映直线对 $W$ 面的倾角 $\gamma$ 。

正平线和侧平线的投影特性，可同理类推。详见表1-1。

### 3. 投影面垂直线

垂直于投影面的直线统称为投影面垂直线。垂直于 $H$ 面的直线称为铅垂线；垂直于 $V$ 面的直线称为正垂线；垂直于 $W$ 面的直线称为侧垂线。直线垂直于一个投影面，必平行于另两个投影面，因而它们都兼有投影面平行线的特性。

现仅以表1-2中的铅垂线为例，分析其投影特性：