



北京高等教育精品教材

BEIJING GAODENG JIAOYU JINGPIN JIAOCAI

获中国工程图学学会优秀教材奖

# 机械

# 制图

(第3版)

JIXIE ZHITU

◎主编 张京英 张辉 焦永和

 北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

北京高等教育精品教材  
获中国工程图学学会优秀教材奖

# 机 械 制 图

(第 3 版)

主编 张京英 张 辉 焦永和

 **北京理工大学出版社**  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目 (CIP) 数据

机械制图 / 张京英, 张辉, 焦永和主编. —3 版. —北京: 北京理工大学出版社, 2013. 3

ISBN 978 - 7 - 5640 - 6936 - 0

I. ①机… II. ①张…②张…③焦… III. ①机械制图 - 高等学校 - 教材 IV. ①TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 247224 号

---

---

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 保定市中画美凯印刷有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 28.25

字 数 / 655 千字

版 次 / 2013 年 3 月第 3 版 2013 年 3 月第 1 次印刷

责任编辑 / 张慧峰

印 数 / 1 ~ 6000 册

责任校对 / 周瑞红

定 价 / 50.00 元

责任印制 / 吴皓云

---

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

## 再版前言

本教材自 2001 年 7 月出版以来,被不少院校选用,并获得好评。

2005 年作者曾对本教材进行了修订。

本次修订,作者听取了不少用户的意见与建议,在保留第二版特色的基础上,对教材的内容进行了更新与调整。

本书是以设计为主线的机械基础系列课程中的教材,体现了培养工程形体构型和图形设计与表达能力、创新意识和工程素质的教学目标。

本版教材主要有以下主要特点:

(1) 根据一些用户的建议,对部分内容做了顺序上的调整。考虑到很多院校在上课时先从投影理论讲起,将国标的有关规定部分放到了第五章。

(2) 本书重点结合平面图形、基本立体和组合体、零件图、装配图等章节介绍了有关构型设计的理论、原则、方法等内容,构型设计的训练贯穿全教材。

(3) 根据近几年的教学实践经验,将计算机三维造型的内容集中在了最后一章,便于在教学中灵活选用。二维绘图部分简单介绍了 AutoCAD 绘图软件的基本绘图功能;三维造型部分介绍了用 Inventor 构造三维形体的功能。

(4) 徒手绘图是进行现代工程技术设计,尤其是创意设计的一种必需的能力。本书第 5 章集中讲授了徒手绘制平面图的方法。

(5) 投影法是绘制几何形体、零部件图的理论基础,投影理论构成了全书的主体和核心,体现了机械制图与画法几何的内在联系。

(6) 全书采用了国家标准化管理委员会颁布的《技术制图》《机械制图》等有关最新国家标准,根据课程内容的需要,选择并分别编排在正文或附录中,以树立贯彻最新国家标准的意识。

(7) 在习题集中仍以尺规作图题为主,此外还有徒手图、构型设计、软件绘图、填空、选择、判断等题型,另有适当的作业指导。习题形式活泼多样,利于开拓思路,学生可以不同形式、从不同角度深入理解和掌握课程内容,培养灵敏的思维和适应能力。

与本书配套使用的有《机械制图习题集(第 3 版)》《机械制图教学辅导光盘(第 3 版)》。本套教材可供高等院校机械类专业的学生使用,也可作为其他专业的教学参考书。

本教材凝聚着教研室全体教师的经验。参加本次修订的是:焦永和(绪论、第 1 章、第 2 章、附录),李莉(第 3 章、第 4 章、第 13 章第 1 节),张彤(第 5 章、第 11 章第 5 节),杨薇(第 6 章第 1、2 节),佟献英(第 7 章),罗会甫(第 8 章、第 10 章、第 13 章第 2 节),张京英(第 9 章,第 6 章第 3、4 节),刘斌(第 11 章第 1 至第 4 节),张辉(第 12 章)。

北京科技大学的窦忠强教授认真审阅了本书，提出了许多宝贵的意见，在此表示诚挚的谢意。

由于水平所限，书中不当之处，恳请读者批评指正。

编者

2012年6月于北京理工大学

# 目 录

绪论 .....	(1)
第1章 正投影基础 .....	(2)
§ 1.1 投影法 .....	(2)
1.1.1 中心投影法 .....	(2)
1.1.2 平行投影法 .....	(2)
§ 1.2 平行投影的基本性质 .....	(3)
§ 1.3 工程上常用的几种投影图 .....	(5)
1.3.1 正投影图 .....	(6)
1.3.2 轴测投影图 .....	(6)
1.3.3 标高投影图 .....	(6)
1.3.4 透视投影图 .....	(7)
§ 1.4 物体的正投影图 .....	(7)
1.4.1 物体的正投影图 .....	(7)
1.4.2 物体三个投影间的关系 .....	(8)
第2章 点、直线和平面的投影 .....	(10)
§ 2.1 点的投影 .....	(10)
2.1.1 点的三个投影 .....	(10)
2.1.2 两点的相对位置和重影点 .....	(12)
2.1.3 各种位置点的投影 .....	(13)
§ 2.2 直线的投影 .....	(15)
2.2.1 各种位置直线 .....	(15)
2.2.2 求线段的实长和倾角 .....	(19)
2.2.3 直线上的点 .....	(20)
2.2.4 两直线的相对位置 .....	(23)
2.2.5 直角的投影 .....	(25)
§ 2.3 平面的投影 .....	(27)
2.3.1 平面的表示法 .....	(27)
2.3.2 各种位置平面 .....	(29)
2.3.3 平面上的点和直线 .....	(33)
2.3.4 平面上的特殊位置直线 .....	(35)
第3章 直线、平面的相对位置 .....	(38)
§ 3.1 平行关系 .....	(38)

3.1.1	直线与平面平行	(38)
3.1.2	平面与平面平行	(39)
§ 3.2	相交关系	(41)
3.2.1	利用积聚性求交点、交线	(41)
3.2.2	用辅助面求交点、交线	(43)
§ 3.3	垂直关系	(47)
3.3.1	直线与平面垂直	(47)
3.3.2	平面与平面垂直	(50)
3.3.3	两一般位置直线垂直	(51)
§ 3.4	点、线、面综合题及其解法	(52)
3.4.1	解题的一般步骤	(52)
3.4.2	解题方法	(52)
<b>第4章</b>	<b>投影变换</b>	<b>(58)</b>
§ 4.1	概述	(58)
§ 4.2	变换投影面法	(59)
4.2.1	换面法的基本概念	(59)
4.2.2	点的投影变换	(60)
4.2.3	直线的换面	(62)
4.2.4	平面的换面	(64)
4.2.5	换面法的应用	(66)
§ 4.3	旋转法	(71)
4.3.1	点的旋转	(71)
4.3.2	直线的旋转	(72)
4.3.3	平面的旋转	(74)
4.3.4	旋转法的应用	(77)
<b>第5章</b>	<b>制图的基本知识</b>	<b>(79)</b>
§ 5.1	国家标准有关制图的规定	(79)
5.1.1	图纸幅面和图框格式 (GB/T 14689—2008)	(79)
5.1.2	标题栏和明细栏	(80)
5.1.3	比例 (GB/T 14690—1993)	(83)
5.1.4	字体 (GB/T 14691—1993)	(84)
5.1.5	图线 (GB/T 17450—1998, GB/T 4457.4—2002)	(85)
5.1.6	剖面符号 (GB/T 4457.5—1984, GB/T 17453—1998)	(87)
5.1.7	尺寸注法 (GB/T 4458.4—2003)	(88)
§ 5.2	几何作图	(93)
5.2.1	正多边形作图	(93)
5.2.2	斜度和锥度	(94)
5.2.3	圆弧连接	(95)
5.2.4	椭圆	(97)

§ 5.3 平面图形尺寸分析及画法 .....	(98)
5.3.1 平面图形尺寸标注的要求 .....	(98)
5.3.2 平面图形尺寸分析 .....	(98)
5.3.3 平面图形的线段分析 .....	(99)
5.3.4 平面图形的尺寸标注 .....	(100)
5.3.5 几个注意的问题 .....	(101)
5.3.6 平面图形尺寸标注示例 .....	(103)
§ 5.4 平面图形构型设计 .....	(103)
5.4.1 平面图形构型设计的一些原则 .....	(104)
5.4.2 平面图形构型设计方法及作图 .....	(106)
<b>第6章 立体的投影与相交 .....</b>	<b>(109)</b>
§ 6.1 立体的投影 .....	(109)
6.1.1 平面立体的投影 .....	(110)
6.1.2 曲面立体的投影 .....	(112)
§ 6.2 平面与立体相交 .....	(121)
6.2.1 平面与平面立体相交 .....	(122)
6.2.2 平面与回转体相交 .....	(125)
§ 6.3 直线与立体相交 .....	(139)
6.3.1 利用积聚性求贯穿点 .....	(139)
6.3.2 利用辅助平面法求贯穿点 .....	(140)
6.3.3 用换面法求贯穿点 .....	(144)
§ 6.4 立体与立体相交 .....	(144)
6.4.1 利用积聚性求相贯线 .....	(145)
6.4.2 用辅助平面法求相贯线 .....	(149)
6.4.3 相贯线的特殊情况 .....	(155)
6.4.4 利用辅助球面法求相贯线 .....	(157)
6.4.5 相贯线的变化趋势 .....	(158)
6.4.6 多体相交 .....	(159)
<b>第7章 组合体的视图 .....</b>	<b>(164)</b>
§ 7.1 基本立体的视图 .....	(164)
7.1.1 基本立体 .....	(164)
7.1.2 基本立体视图 .....	(164)
7.1.3 基本立体的视图选择和视图数量 .....	(165)
§ 7.2 组合体的构成和分析方法 .....	(166)
7.2.1 组合体的形成方式 .....	(166)
7.2.2 组合体局部表面之间的关系 .....	(167)
7.2.3 组合体的形体分析法 .....	(168)
§ 7.3 组合体视图的画法 .....	(169)
7.3.1 组合体的形体分析与视图选择 .....	(169)



7.3.2	组合体画图方法和步骤	(170)
§ 7.4	组合体的尺寸标注	(171)
7.4.1	组合体标注尺寸的要求	(171)
7.4.2	常见几何体的尺寸注法	(171)
7.4.3	尺寸的分类和尺寸基准	(172)
7.4.4	标注尺寸应注意的问题	(174)
7.4.5	组合体尺寸标注的方法和步骤	(176)
§ 7.5	组合体读图	(177)
7.5.1	读图的基本要领	(178)
7.5.2	组合体读图方法	(179)
7.5.3	组合体读图的一些要点	(188)
<b>第8章</b>	<b>轴测图</b>	<b>(190)</b>
§ 8.1	轴测投影的基本概念	(190)
8.1.1	轴测投影的形成	(190)
8.1.2	轴间角与轴向伸缩系数	(190)
8.1.3	轴测投影的基本性质	(191)
8.1.4	轴测投影的种类	(191)
8.1.5	基本作图方法	(191)
§ 8.2	正等轴测投影的轴向伸缩系数和轴间角	(192)
8.2.1	轴向伸缩系数	(192)
8.2.2	轴间角	(193)
8.2.3	平行坐标面的圆在正等轴测投影中的投影	(193)
8.2.4	正等轴测图的画法	(196)
§ 8.3	斜轴测投影	(200)
8.3.1	轴间角和轴向伸缩系数	(200)
8.3.2	斜二等轴测投影中平行于坐标面的圆的投影	(200)
8.3.3	斜二轴测图的画法	(201)
§ 8.4	轴测图画法举例与尺寸标注	(203)
8.4.1	组合体轴测图画法举例	(203)
8.4.2	轴测图尺寸注法	(205)
<b>第9章</b>	<b>图样画法</b>	<b>(208)</b>
§ 9.1	视图	(208)
9.1.1	基本视图	(208)
9.1.2	向视图	(209)
9.1.3	局部视图	(210)
9.1.4	斜视图	(210)
§ 9.2	剖视图	(212)
9.2.1	剖视的基本概念和剖视图的画法	(212)
9.2.2	剖视图的种类和应用	(215)

9.2.3 剖切面的种类 .....	(219)
§ 9.3 断面图 .....	(222)
9.3.1 断面图的概念 .....	(222)
9.3.2 断面图种类 .....	(222)
9.3.3 断面图的标注 .....	(224)
§ 9.4 其他规定画法和简化画法 .....	(225)
9.4.1 局部放大图 .....	(225)
9.4.2 规定画法和简化画法 .....	(225)
<b>第10章 标准件、常用件 .....</b>	<b>(232)</b>
§ 10.1 螺纹 .....	(232)
10.1.1 螺纹的基本知识 .....	(232)
10.1.2 螺纹要素 .....	(232)
10.1.3 螺纹种类 .....	(234)
10.1.4 螺纹的规定画法 .....	(235)
10.1.5 螺纹标注 .....	(236)
10.1.6 螺纹的局部结构 .....	(241)
§ 10.2 螺纹紧固件及其连接的画法 .....	(242)
10.2.1 螺纹紧固件 .....	(242)
10.2.2 螺纹紧固件连接的画法 .....	(244)
§ 10.3 键及其连接 .....	(250)
10.3.1 键的作用 .....	(250)
10.3.2 键的型式、标记及连接画法 .....	(250)
§ 10.4 销及其连接 .....	(252)
10.4.1 销的作用 .....	(252)
10.4.2 销的型式、标记和连接画法 .....	(252)
§ 10.5 齿轮 .....	(253)
10.5.1 圆柱齿轮 .....	(254)
10.5.2 圆锥齿轮 .....	(260)
10.5.3 蜗轮蜗杆 .....	(261)
§ 10.6 弹簧 .....	(267)
10.6.1 圆柱螺旋压缩弹簧各部分名称 .....	(267)
10.6.2 弹簧的规定画法 (GB/T 4459.4—2003) .....	(268)
10.6.3 螺旋弹簧的画图步骤 .....	(269)
§ 10.7 滚动轴承 .....	(271)
10.7.1 滚动轴承的结构、分类和代号 .....	(271)
10.7.2 滚动轴承的画法 (GB/T 4459.7—1998) .....	(272)
<b>第11章 零件图 .....</b>	<b>(274)</b>
§ 11.1 零件图的内容和绘制过程 .....	(274)
11.1.1 零件图的内容 .....	(274)

11.1.2	绘制零件图的过程	(275)
§ 11.2	零件构型设计	(276)
11.2.1	零件构型设计的内容	(276)
11.2.2	零件构型的原则	(276)
11.2.3	零件构型举例	(281)
11.2.4	过渡线的画法	(282)
§ 11.3	零件表达方案的选择	(283)
11.3.1	一般选择原则	(283)
11.3.2	主视图的选择	(283)
11.3.3	视图数量	(285)
11.3.4	选择表达方案应考虑的几个问题	(285)
11.3.5	零件表达方案举例	(286)
§ 11.4	零件图的尺寸标注	(289)
11.4.1	装配尺寸链、主要尺寸、尺寸基准	(289)
11.4.2	合理标注尺寸的一些原则	(292)
11.4.3	零件上常见典型结构的尺寸注法	(295)
11.4.4	零件尺寸标注举例	(298)
§ 11.5	零件图的技术要求	(299)
11.5.1	表面结构及其注法 (GB/T 131—2006)	(300)
11.5.2	极限与配合	(306)
11.5.3	几何公差	(316)
11.5.4	其他技术要求	(322)
<b>第 12 章</b>	<b>装配图</b>	<b>(324)</b>
§ 12.1	装配图的内容	(324)
§ 12.2	部件或机器的表达	(324)
12.2.1	装配图图样画法	(324)
12.2.2	装配图的视图选择	(330)
§ 12.3	装配体结构构型设计	(332)
12.3.1	功能要求与整体构型	(332)
12.3.2	按装配结构构型	(333)
12.3.3	构型要均衡与稳定	(335)
§ 12.4	装配图的尺寸和技术要求	(337)
12.4.1	尺寸标注	(337)
12.4.2	技术要求的注写	(337)
§ 12.5	装配图中零件、部件序号	(337)
12.5.1	零件、部件序号	(337)
12.5.2	明细栏	(338)
§ 12.6	部件测绘和装配图的画法	(338)
12.6.1	部件测绘	(338)

12.6.2	装配图的画法	(346)
§ 12.7	读装配图和拆画零件图	(350)
12.7.1	读装配图	(350)
12.7.2	拆画零件图	(352)
<b>第 13 章</b>	<b>计算机绘图及三维造型基础</b>	<b>(355)</b>
§ 13.1	AutoCAD 软件应用简介	(355)
13.1.1	AutoCAD 基本概念及操作	(355)
13.1.2	AutoCAD 基本操作	(356)
13.1.3	AutoCAD 基本命令	(363)
13.1.4	尺寸标注	(367)
13.1.5	块	(368)
§ 13.2	三维造型基础	(371)
13.2.1	三维造型的基本思路	(371)
13.2.2	Inventor 设计中的几个概念	(371)
13.2.3	Inventor 基本界面与操作	(372)
13.2.4	Inventor 零件设计流程	(373)
13.2.5	Inventor 造型设计实例	(375)
<b>附录</b>		<b>(383)</b>
§ 1	尺规绘图工具	(383)
§ 2	第三角画法	(386)
§ 3	标准锥度 (GB/T 157—1989)	(387)
§ 4	螺纹	(388)
4.1	普通螺纹基本尺寸 (GB/T 196—2003)	(388)
4.2	梯形螺纹的基本尺寸 (GB/T 5796.2—1986、GB/T 5796.3—1986)	(390)
4.3	55°非螺纹密封的管螺纹 (GB/T 7307—2001)	(391)
4.4	用螺纹密封的管螺纹 (GB/T 7306—2000)	(392)
§ 5	倒圆、倒角、退刀槽、螺栓通孔	(393)
5.1	普通螺纹收尾、肩距、退刀槽、倒角 (GB/T 3—1997)	(393)
5.2	零件倒圆与倒角 (GB/T 6403.4—1986)	(395)
5.3	相配的倒角和倒圆	(395)
5.4	螺栓和螺钉通孔 (GB/T 5277—1985)	(396)
§ 6	螺纹紧固件	(396)
6.1	螺栓	(396)
6.2	螺钉	(399)
6.3	双头螺柱	(402)
6.4	螺母	(404)
6.5	垫圈	(407)
§ 7	键、销	(412)
7.1	键	(412)

7.2 销 .....	(414)
§8 滚动轴承和钢球 .....	(416)
8.1 轴承类型代号 .....	(416)
8.2 深沟球轴承 (GB/T 276—1994) .....	(417)
8.3 圆锥滚子轴承 (GB/T 297—1994) .....	(418)
8.4 推力球轴承 (GB/T 301—1995) .....	(420)
8.5 滚动轴承 钢球 (GB/T 308—1989) .....	(421)
§9 常用标准件补充图例 .....	(422)
§10 表面粗糙度参数 (GB/T 1031—1995) .....	(423)
10.1 轮廓算术平均偏差 $R_a$ 的数值 .....	(423)
10.2 $R_z$ 轮廓最大高度的数值 .....	(423)
§11 极限与配合和形位公差 .....	(424)
11.1 轴的极限偏差 (GB/T 1800.4—1999 摘录) .....	(424)
11.2 孔的极限偏差 (GB/T 1800.4—1999) .....	(428)
11.3 形状和位置公差的标注 (GB/T 1182—1996 摘编) .....	(431)
§12 常用材料 .....	(433)
12.1 黑色金属材料 .....	(433)
12.2 有色金属材料 .....	(435)
12.3 非金属材料 .....	(436)
§13 常用热处理和表面处理 .....	(437)

# 绪 论

## 一、本课程的性质

图形是人类社会生活与生产过程中进行信息交流的重要媒体。采用一定的投影方法并按有关规定绘制的图形称为图样。

在生产和科学研究中，设计者用图样表达设计的产品，制造者从图样了解产品的设计要求并制造产品，图样还被用来进行技术交流，以及产品的检验与维修。因此，图样是设计的成果、制造与检验维修的依据、交流的工具。生产实践与科学研究都离不开图样，它是工程界的技术语言。工程技术人员应当熟练地掌握这一技术语言。

机械制图是研究机械工程图样的阅读与绘制的一门技术基础课程。

## 二、本课程的任务

本课程的任务是：

1. 学习投影法的基本理论及其应用。
2. 培养对三维形体的空间思维能力与构型设计能力。
3. 培养将工程技术问题抽象为几何问题并进行图解的初步能力。
4. 培养阅读与绘制机械工程图样的基本能力。
5. 培养利用计算机绘制图样以及用计算机构造三维形体的初步能力。

此外，在教学过程中，注重培养分析问题和解决问题的能力以及创造性思维能力；培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风，这对于工程技术人员来说都是十分重要的。

## 三、本课程的内容

本课程的主要内容包括以下几个方面：

1. 用投影的方法在二维平面上表达三维空间几何元素和形体，以及图解空间几何问题的基本理论和方法。
2. 绘制和阅读机械工程图样的理论、方法和国家标准的有关规定。
3. 计算机绘图及三维造型的基础知识和基本操作方法。
4. 使用仪器绘图、徒手绘图的基本方法与技能。
5. 一般机械零件和部件的结构知识、技术要求和构型设计方法。

# 第 1 章 正投影基础

## §1.1 投 影 法

物体在光源的照射下会出现影子。投影法理论就是从这一自然现象抽象出来，并随着科学技术的发展而发展起来的。常用的投影法有两大类：中心投影法和平行投影法。

### 1.1.1 中心投影法

如图 1-1 所示，点  $S$  称为投射中心，自投射中心  $S$  引出的射线称为投射射线（如  $SA$ ， $SB$ ， $SC$ ）；平面  $H$  称为投影面。投射射线  $SA$ 、 $SB$ 、 $SC$  与平面  $H$  的交点  $a$ 、 $b$ 、 $c$  就是空间点  $A$ 、 $B$ 、 $C$  在投影面  $H$  上的中心投影。而  $\triangle abc$  即为  $\triangle ABC$  在  $H$  面上的中心投影。我们规定用大写字母表示空间的点，用小写字母表示相应空间点的投影。

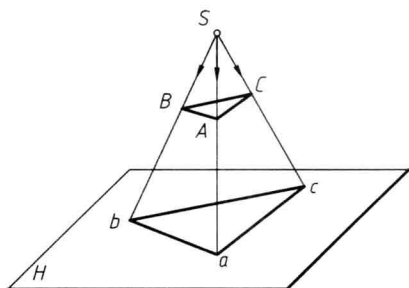


图 1-1 中心投影法

由于与某平面不相平行的空间直线与该平面有唯一的交点，所以在投射中心  $S$  确定的情况下，空间的一个点在投影面  $H$  上只存在唯一的一个投影。

### 1.1.2 平行投影法

如果把中心投影法中的投影中心移至无穷远处，则各投射射线就成为相互平行的，这种投影法就称为平行投影法。在平行投影中，用  $S$  表示投射方向，只要自空间各点分别引与  $S$  平行的投射射线（ $S$  与投影面  $H$  不平行），就可以在投影面  $H$  上得到空间各点的投影，如图 1-2 所示。

显然，在确定的投射方向下，空间的一个点在投影面  $H$  上的平行投影也是唯一确定的。如图 1-3 所示，根据投射方向  $S$  相对于投影面  $H$  的倾角不同，平行投影法又可以分为

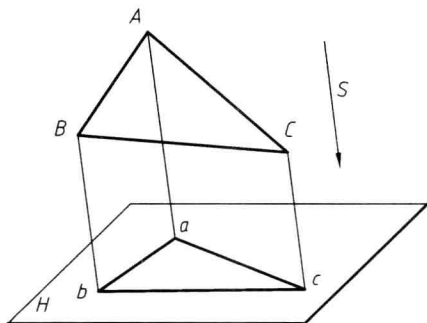


图 1-2 平行投影法

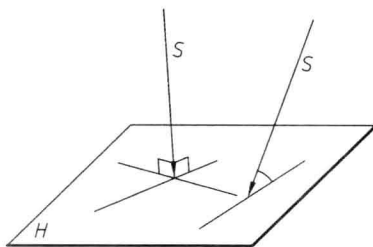


图 1-3 正投影与斜投影

以下两种情况：

- (1) 正投影法——投射方向  $S$  垂直于投影面  $H$ ，也称直角投影法；
- (2) 斜投影法——投射方向  $S$  倾斜于投影面  $H$ 。

## §1.2 平行投影的基本性质

平行投影具有如下的基本性质：

### 1) 同素性

在一般情况下，点的投影是点，直线的投影是直线，平行投影所具有的这一性质称为同素性。

如图 1-4 所示，过直线  $AB$  上各点的投射射线构成了一个投射平面  $ABba$ ，该投射平面与投影面  $H$  的交线  $ab$  即为直线  $AB$  的投影。

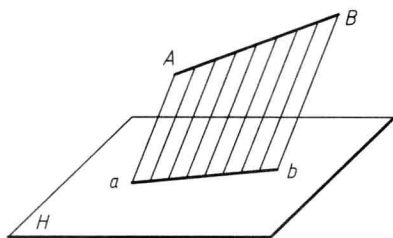


图 1-4 同素性

### 2) 从属性不变

若点在直线上，则该点的投影一定在该直线的投影上，即点和直线的从属性是平行投影的不变性。如图 1-5 所示， $C \in AB$ ，则  $c \in ab$ 。

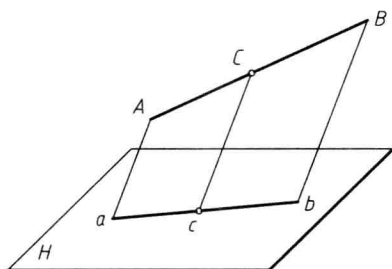


图 1-5 从属性不变

### 3) 平行性不变

平行两直线的投影一般仍相互平行。如图 1-6 所示， $AB \parallel CD$ ，则有两投射平面  $ABba \parallel CDdc$ ，所以  $ab \parallel cd$ 。

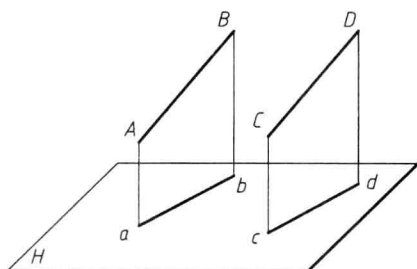


图 1-6 平行性不变

容易证明，平行两线段  $AB$  和  $CD$  的长度比是平行投影的不变量，即若有  $AB \parallel CD$ ，则有：

$$AB/CD = ab/cd$$

### 4) 简单比不变

一条直线上任意三个点的简单比是平行投影的不变量。

如图 1-7 所示，点  $A$ 、 $B$ 、 $C$  为一条直线上的三个点，其中点  $A$ 、 $B$  为基础点，点  $C$  为分点。则这三个点的简单比定义为：

$$(ABC) = AC/BC$$

由初等几何的平行线截割定理容易证明：

$$AC/BC = ac/bc$$



或

$$(ABC) = (abc)$$

即一直线上三个点的简单比等于其投影相应的三个点的简单比。

### 5) 相仿性

平面图形的投影可由其投影轮廓线得到。一般情况下,平面图形的投影都要发生变形,但投影形状与原图形间在边数、轮廓线间的平行性等方面均不变,这种性质称为相仿性。如图 1-8 所示,  $\triangle abc \neq \triangle ABC$ , 八边形  $abcdefgh \neq ABCDEFGH$ 。但三角形的投影仍为三角形,八边形的投影仍为八边形,且凹形的投影仍为凹形。

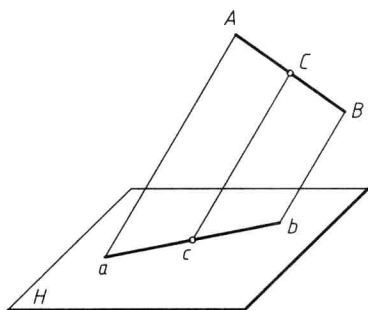


图 1-7 简单比不变

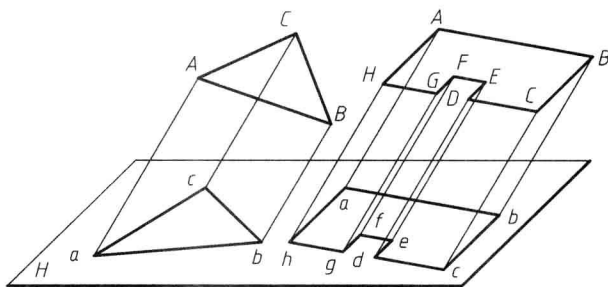


图 1-8 相仿性

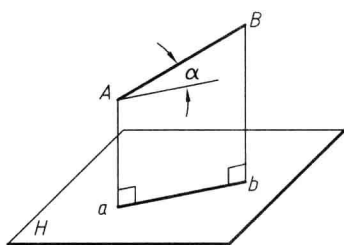


图 1-9 伸缩系数

此外,在一般情况下,线段投影之后其长度会发生变化。投影长与线段原长之比称为伸缩系数,如图 1-9 所示,用  $k$  表示伸缩系数,则有:

$$k = ab/AB$$

在斜投影的情况下,可能有  $k > 1$ 、 $k = 1$  或  $k < 1$ ,即线段的长度在投影之后可能增大、不变或缩短。

在正投影的情况下,一般有  $k < 1$ 。如图 1-9 所示,设线段  $AB$  对投影面  $H$  的倾角为  $\alpha$ ,则有  $ab = AB \cos \alpha$ ,所以  $k = ab/AB = \cos \alpha < 1$  ( $\alpha \neq 0^\circ$ ,  $\alpha \neq 90^\circ$ ),即线段的投影长度一般要缩短。

以上讨论了在一般情况下平行投影所具有的性质。在特殊情况下,平行投影还具有以下两条性质:

### 1) 积聚性

当直线平行于投射方向  $S$  时,直线的投影成为点;当平面图形平行于投射方向  $S$  时,其投影为直线。这种投影性质称为积聚性,如图 1-10 所示。

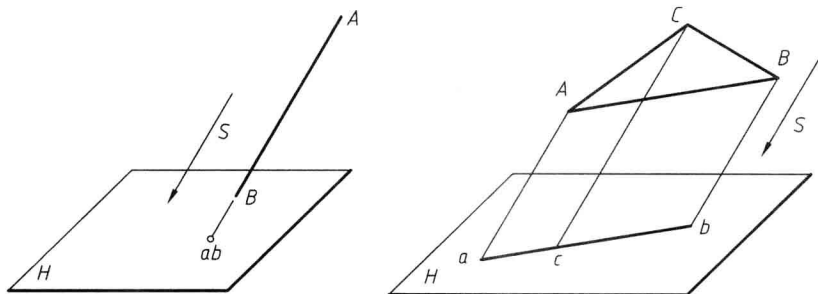


图 1-10 积聚性