



北京高等教育精品教材
普通高等教育“十三五”规划教材

机械制图

(第4版)

Mechanical Drawing(4th Edition)

张京英 张 辉 焦永和 © 主编



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

北京高等教育精品教材
普通高等教育“十三五”规划教材

机 械 制 图

(第4版)

主编 张京英 张 辉 焦永和

常州大学图书馆
藏书章

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

图书在版编目 (CIP) 数据

机械制图 / 张京英, 张辉, 焦永和主编. —4 版. —北京: 北京理工大学出版社, 2017. 7
ISBN 978-7-5682-4231-8

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 (2017) 第 129596 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 27

字 数 / 635 千字

版 次 / 2017 年 7 月第 4 版 2017 年 7 月第 1 次印刷

定 价 / 49.00 元

责任编辑 / 孟雯雯

文案编辑 / 多海鹏

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强



前言

本教材是北京高等教育精品教材,自2001年7月出版以来,被不少院校选用,并获得好评。

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设计与表达能力、创新意识和工程素质的教学目标。

作者曾在2005年、2012年两次对本教材进行过修订。

本次修订,作者根据用户的反馈,在保留前面三版特色的基础上,对内容作了进一步的更新与调整。

本版教材有以下主要特点:

- (1) 对部分内容做了顺序调整,将国标的基本规定部分放到了第4章。
- (2) 在有关章节介绍了构型设计的理论与方法,构型设计的训练贯穿全书。
- (3) 将计算机二维绘图与三维造型的内容放在最后一章,便于在教学中灵活选用。
- (4) 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。
- (5) 加强了徒手绘图的内容。
- (6) 全书采用了国家标准化管理委员会颁布的《技术制图》和《机械制图》等有关最新国家标准,以培养贯彻使用最新国家标准的意识。
- (7) 习题的类型多样,除了传统的尺规作图题外,还有徒手绘图、计算机绘图;并且采用了填空题、选择题、判断题等多种习题形式。

与本书配套使用的有《机械制图习题集(第4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。

参加本次修订的有:焦永和(绪论、第1章、第2章、第9章、附录),李莉(第3章、第12章第1节),张彤(第4章、第10章第5节),杨薇(第5章第1、2节),张京英(第5章第3节、第7章、第8章),佟献英(第6章),刘斌(第10章第1至第4节),张辉(第11章),罗会甫(第12章第2节)。

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。

限于水平,书中不当之处恳请读者批评指正。

编者

2017年4月



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

§ 2.4 直线、平面的相对位置	37
2.4.1 平行关系	37
2.4.2 相交关系	40
第3章 投影变换	44
§ 3.1 概述	44
§ 3.2 变换投影面法	45
3.2.1 换面法的基本概念	45
3.2.2 点的投影变换	46
3.2.3 直线的换面	48
3.2.4 平面的换面	50
§ 3.3 综合应用	52
第4章 制图的基本知识	58
§ 4.1 国家标准有关制图的规定	58
4.1.1 图纸幅面和图框格式 (GB/T 14689—2008)	58
4.1.2 标题栏和明细栏	59
4.1.3 比例 (GB/T 14690—1993)	62
4.1.4 字体 (GB/T 14691—1993)	63
4.1.5 图线 (GB/T 17450—1998, GB/T 4457.4—2002)	64
4.1.6 剖面符号 (GB/T 4457.5—1984, GB/T 17453—1998)	66
4.1.7 尺寸注法 (GB/T 4458.4—2003)	67
§ 4.2 几何作图	72
4.2.1 正多边形作图	72
4.2.2 斜度和锥度	73
4.2.3 圆弧连接	74
4.2.4 椭圆	76
§ 4.3 平面图形尺寸分析及画法	77
4.3.1 平面图形尺寸标注的要求	77
4.3.2 平面图形尺寸分析	77
4.3.3 平面图形的线段分析	78
4.3.4 平面图形的尺寸标注	79
4.3.5 几个注意的问题	80
4.3.6 平面图形尺寸标注示例	82
§ 4.4 平面图形构型设计	82
4.4.1 平面图形构型设计的一些原则	83
4.4.2 平面图形构型设计方法及作图	85
§ 4.5 徒手图	87
4.5.1 徒手图的概念	87
4.5.2 徒手图的绘制	88

第5章 立体的投影与相交	91
§ 5.1 立体的投影	91
5.1.1 平面立体的投影	92
5.1.2 曲面立体的投影	94
§ 5.2 平面与立体相交	103
5.2.1 平面与平面立体相交	104
5.2.2 平面与回转体相交	107
§ 5.3 立体与立体相交	121
5.3.1 利用积聚性求相贯线	122
5.3.2 用辅助平面法求相贯线	125
5.3.3 相贯线的特殊情况	131
5.3.4 利用辅助球面法求相贯线	133
5.3.5 相贯线的变化趋势	135
5.3.6 多体相交	136
第6章 组合体的视图	140
§ 6.1 基本立体的视图	140
6.1.1 基本立体	140
6.1.2 基本立体视图	140
6.1.3 基本立体的视图选择和视图数量	141
§ 6.2 组合体的构成和分析方法	142
6.2.1 组合体的形成方式	142
6.2.2 组合体局部表面之间的关系	143
6.2.3 组合体的形体分析法	144
§ 6.3 组合体视图的画法	145
6.3.1 组合体的形体分析与视图选择	145
6.3.2 组合体画图方法和步骤	146
§ 6.4 组合体的尺寸标注	147
6.4.1 组合体标注尺寸的要求	147
6.4.2 常见几何体的尺寸注法	147
6.4.3 尺寸的分类和尺寸基准	148
6.4.4 标注尺寸应注意的问题	150
6.4.5 组合体尺寸标注的方法和步骤	152
§ 6.5 组合体读图	153
6.5.1 读图的基本要领	154
6.5.2 组合体读图方法	155
6.5.3 组合体读图的一些要点	164
第7章 轴测图	165
§ 7.1 轴测投影的基本概念	165
7.1.1 轴测投影的形成	165

7.1.2	轴间角与轴向伸缩系数	165
7.1.3	轴测投影的基本性质	166
7.1.4	轴测投影的种类	166
7.1.5	基本作图方法	166
§ 7.2	正等轴测投影的轴向伸缩系数和轴间角	167
7.2.1	轴向伸缩系数	167
7.2.2	轴间角	168
7.2.3	平行坐标面的圆在正等轴测投影中的投影	168
7.2.4	正等轴测图的画法	171
§ 7.3	斜轴测投影	175
7.3.1	轴间角和轴向伸缩系数	175
7.3.2	斜二等轴测投影中平行于坐标面的圆的投影	175
7.3.3	斜二轴测图的画法	176
§ 7.4	轴测图画法举例与尺寸标注	178
7.4.1	组合体轴测图画法举例	178
7.4.2	轴测图尺寸注法	180
第8章	图样画法	183
§ 8.1	视图	183
8.1.1	基本视图	183
8.1.2	向视图	184
8.1.3	局部视图	185
8.1.4	斜视图	186
§ 8.2	剖视图	187
8.2.1	剖视的基本概念和剖视图的画法	187
8.2.2	剖视图的种类和应用	190
8.2.3	剖切面的种类	194
§ 8.3	断面图	197
8.3.1	断面图的概念	197
8.3.2	断面图的种类	197
8.3.3	断面图的标注	199
§ 8.4	其他规定画法和简化画法	200
8.4.1	局部放大图	200
8.4.2	规定画法和简化画法	200
第9章	标准件、常用件	207
§ 9.1	螺纹	207
9.1.1	螺纹的基本知识	207
9.1.2	螺纹要素	207
9.1.3	螺纹种类	209
9.1.4	螺纹的规定画法	210

9.1.5 螺纹标注	211
9.1.6 螺纹的局部结构	216
§ 9.2 螺纹紧固件及其连接的画法	217
9.2.1 螺纹紧固件	217
9.2.2 螺纹紧固件连接的画法	219
§ 9.3 键及其连接	225
9.3.1 键的作用	225
9.3.2 键的型式、标记及连接画法	225
§ 9.4 销及其连接	227
9.4.1 销的作用	227
9.4.2 销的型式、标记和连接画法	227
§ 9.5 齿轮	229
9.5.1 圆柱齿轮	230
9.5.2 圆锥齿轮	235
9.5.3 蜗轮蜗杆	236
§ 9.6 弹簧	242
9.6.1 圆柱螺旋压缩弹簧各部分名称	242
9.6.2 弹簧的规定画法 (GB/T 4459.4—2003)	243
9.6.3 螺旋弹簧的画图步骤	244
§ 9.7 滚动轴承	246
9.7.1 滚动轴承的结构、分类和代号	246
9.7.2 滚动轴承的画法 (GB/T 4459.7—1998)	247
第 10 章 零件图	249
§ 10.1 零件图的内容和绘制过程	249
10.1.1 零件图的内容	249
10.1.2 绘制零件图的过程	250
§ 10.2 零件构型设计	251
10.2.1 零件构型设计的内容	251
10.2.2 零件构型的原则	251
10.2.3 零件构型举例	256
10.2.4 过渡线的画法	257
§ 10.3 零件表达方案的选择	258
10.3.1 一般选择原则	258
10.3.2 主视图的选择	258
10.3.3 视图数量	260
10.3.4 选择表达方案应考虑的几个问题	260
10.3.5 零件表达方案举例	261
§ 10.4 零件图的尺寸标注	264
10.4.1 装配尺寸链、主要尺寸、尺寸基准	264

10.4.2	合理标注尺寸的一些原则	267
10.4.3	零件上常见典型结构的尺寸注法	270
10.4.4	零件尺寸标注举例	273
§ 10.5	零件图的技术要求	274
10.5.1	表面结构及其注法 (GB/T 131—2006)	275
10.5.2	极限与配合	281
10.5.3	几何公差	291
10.5.4	其他技术要求	297
第 11 章	装配图	299
§ 11.1	装配图的内容	299
§ 11.2	部件或机器的表达	299
11.2.1	装配图图样画法	299
11.2.2	装配图的视图选择	305
§ 11.3	装配体结构构型设计	307
11.3.1	功能要求与整体构型	307
11.3.2	按装配结构构型	308
11.3.3	构型要均衡与稳定	310
§ 11.4	装配图的尺寸和技术要求	312
11.4.1	尺寸标注	312
11.4.2	技术要求的注写	312
§ 11.5	装配图中零件、部件序号	312
11.5.1	零件、部件序号	312
11.5.2	明细栏	313
§ 11.6	部件测绘和装配图的画法	313
11.6.1	部件测绘	313
11.6.2	装配图的画法	321
§ 11.7	读装配图和拆画零件图	325
11.7.1	读装配图	325
11.7.2	拆画零件图	327
第 12 章	计算机绘图及三维造型基础	330
§ 12.1	AutoCAD 软件应用简介	330
12.1.1	AutoCAD 基本概念及操作	330
12.1.2	AutoCAD 基本操作	331
12.1.3	AutoCAD 基本命令	337
12.1.4	尺寸标注	341
12.1.5	块	342
§ 12.2	三维造型基础	344
12.2.1	三维造型的基本思路	345
12.2.2	INVENTOR 设计中的几个概念	345

12.2.3	INVENTOR 基本界面与操作	346
12.2.4	INVENTOR 零件设计流程	346
12.2.5	INVENTOR 造型设计实例	349
附录		361
§ 1	尺规绘图工具	361
§ 2	第三角画法	364
§ 3	标准锥度 (GB/T 157—1989)	365
§ 4	螺纹	366
4.1	普通螺纹基本尺寸 (GB/T 196—2003)	366
4.2	梯形螺纹的基本尺寸 (GB/T 5796.2—2005、GB/T 5796.3—2005)	368
4.3	55°非密封管螺纹 (GB/T 7307—2001)	369
4.4	55°密封管螺纹 (GB/T 7306—2000)	370
§ 5	倒圆、倒角、退刀槽、螺栓通孔	371
5.1	螺纹收尾、肩距、退刀槽、倒角 (GB/T 3—1997)	371
5.2	零件倒圆与倒角 (GB/T 6403.4—2008)	373
5.3	相配的倒角和倒圆 (参考)	373
5.4	螺栓和螺栓通孔 (GB/T 5277—1985)	374
§ 6	螺纹紧固件	374
6.1	螺栓	374
6.2	螺钉	377
6.3	双头螺柱	380
6.4	螺母	382
6.5	垫圈	385
§ 7	键、销	390
7.1	键	390
7.2	销	392
§ 8	滚动轴承和钢球	394
8.1	轴承类型代号	394
8.2	深沟球轴承 (GB/T 276—2013)	395
8.3	圆锥滚子轴承 (GB/T 297—1994)	396
8.4	推力球轴承 (GB/T 301—1995)	398
8.5	滚动轴承 钢球 (GB/T 308.1—2013)	399
§ 9	常用标准件补充图例	400
§ 10	表面粗糙度参数	401
10.1	轮廓算术平均偏差 R_a 的数值	401
10.2	轮廓最大高度 R_z 的数值	401
§ 11	极限与配合	402
11.1	轴的极限偏差 (GB/T 1800.2—2009 摘录)	402
11.2	孔的极限偏差 (GB/T 1800.2—2009)	406

11.3 形状和位置公差标注 (GB/T 1182—2008 摘编)	409
§ 12 常用材料	411
12.1 黑色金属材料	411
12.2 有色金属材料	413
12.3 非金属材料	414
§ 13 常用热处理和表面处理	415

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。

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中抽象出来，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。

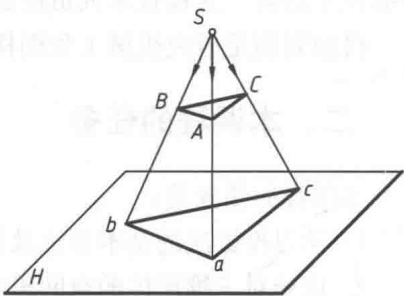


图 1-1 中心投影法

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

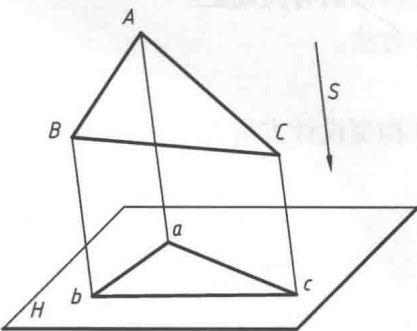


图 1-2 平行投影法

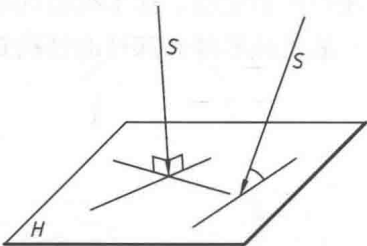


图 1-3 正投影与斜投影

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

平行投影具有以下基本性质:

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。

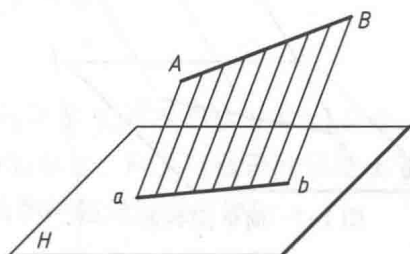


图 1-4 同素性

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 $c \in ab$ 。

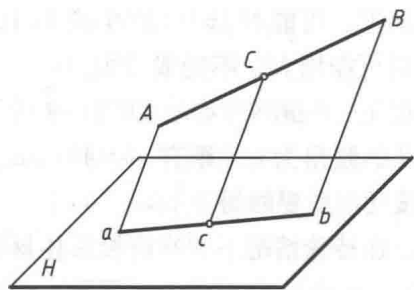


图 1-5 从属性不变

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 $ab \parallel cd$ 。

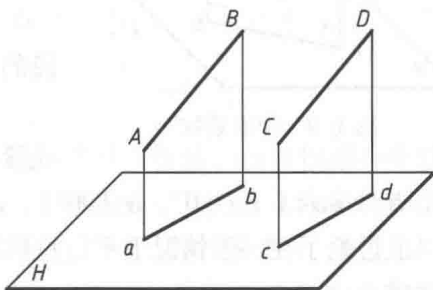


图 1-6 平行性不变

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。

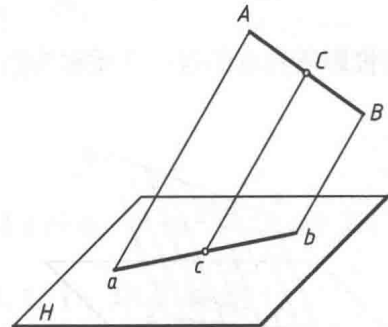


图 1-7 简单比不变

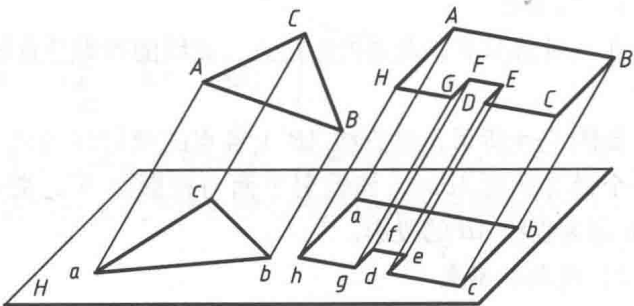


图 1-8 相仿性

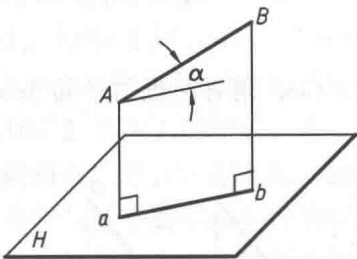


图 1-9 伸缩系数

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，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 α ，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。

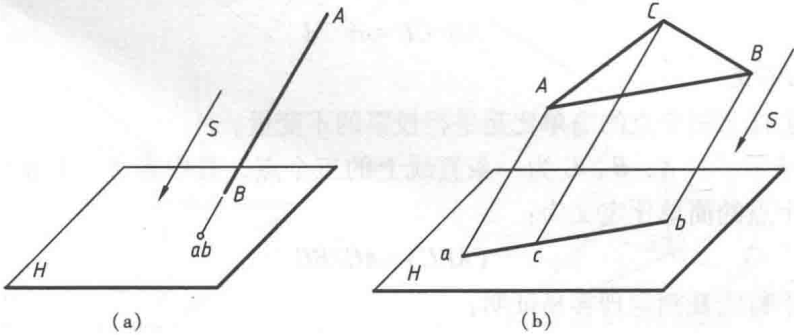


图 1-10 积聚性

2) 全等性

当线段平行于投影面 H 时, 其投影长度反映线段的实长; 当平面图形平行于投影面 H 时, 其投影与原平面图形全等。这种性质称为全等性, 如图 1-11 所示。

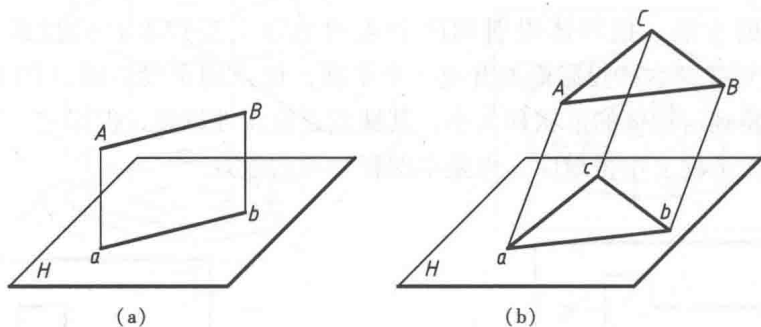


图 1-11 全等性

在上述平行投影的基本性质中, 要特别注意那些平行投影下的不变性 (如同素性、点和直线的从属性、两直线的平行性等), 以及不变量 (如简单比、两平行线段的长度比等)。这些不变性和不变量, 对图示、图解空间几何的各种问题都将起到重要的作用。

§ 1.3 工程上常用的几种投影图

图作为一种工具, 对于解决工程及一些科学技术问题起着重要的作用, 因此对图就有着严格的要求, 一般来说这些要求是:

- (1) 根据图形应当能完全确定空间形体的真实形状和大小;
- (2) 图形应当便于阅读;
- (3) 绘制图形的方法和过程应当简便。

由前述的中心投影法和平行投影法可以看出, 不论用哪种投影法, 仅仅根据一个投影是确定不了空间形体的形状和位置的。如图 1-12 所示, 只凭点的一个投影 a 并不能确定该点的空间位置, 因为在同一条投射线上的任何点 (如 A_1, A_2, A_3) 都投影为 a 。如图 1-13 所示, 两个不同形状的物体在 H 面上的投影形状是相同的。因此, 为了使投影图达到上面所提出的要求, 就必须附加某些条件。根据投影法和附加条件的不同, 工程上采用以下四种投影图: 正投影图、轴测投影图、标高投影图和透视投影图。

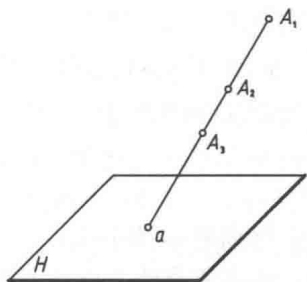


图 1-12 单面投影的不确定性

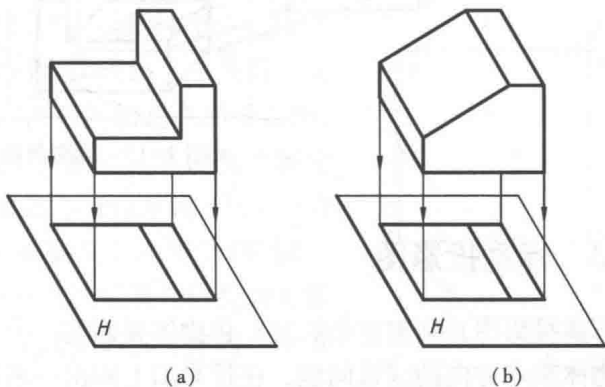


图 1-13 两不同立体的投影相同