

高等学校工程图学系列教材



工程图学基础

GONGCHENG TUXUE JI CHU

主编 ◎ 杨文通

编著 ◎ 李富平 韩子亮 张爱平 李杨



北京工业大学出版社

高等学校工程图学系列教材

工 程 图 学 基 础

主 编：杨文通

编 著：李富平 韩子亮 张爱平 李 杨

主 审：董国耀

北京工业大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程图学基础/杨文通主编. —北京: 北京工业大学出版社, 2008. 8

ISBN 978-7-5639-1891-1

I. 工… II. 杨… III. 工程制图—高等学校—教材
IV. TB23

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 042852 号

内 容 提 要

本书为高等工科院校本科制图教材, 是根据教育部“高等院校工程图学课程教学基本要求”, 并按照《机械制图》最新国家标准编写而成的。

本书主要内容有: 制图的基本知识; 点、直线、平面的投影; 投影变换; 立体的投影; 组合体; 三维实体构形设计; 轴测图; 机件的表达方法; 标准件与常用件简介; 零件图与装配图简介; AutoCAD 绘图。

另有杨文通主编的《工程图学基础习题集》与本书配套使用。

本书可作为高等院校各理工类专业的 32~72 学时图学教材, 也可作为高职高专院校相关专业教材, 还可供有关工程技术人员和自学者参考。

高等学校工程图学系列教材

工程图学基础

主 编: 杨文通
编 著: 李富平 韩子亮 张爱平 李 杨
主 审: 董国耀
责任编辑: 邓 静

出 版 者: 北京工业大学出版社 (北京市朝阳区平乐园 100 号 北京工业大学校内 邮编: 100022)
发 行 者: 北京工业大学出版社 (电话: 010—67392308)
经 销: 全国新华书店
印 刷: 徐水宏远印刷有限公司

开 本: 787 mm × 1 092 mm 1/16
印 张: 19.25
字 数: 476 千字
版 次: 2008 年 8 月第 1 版
印 次: 2008 年 8 月第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978—7—5639—1891—1
定 价: 31.00 元

前 言

为适应教学改革的要求,探讨一种适应现代化需求的新的教学模式,北京工业大学工程图学教研室编写了高等学校工程图学系列教材,该系列教材包括《工程图学基础》、《工程图学实践与 CAD (机械类)》、《工程图学实践与 CAD (建筑工程类)》。该系列教材充分体现了近年来工程图学教学改革的新思路和新成果,完整体现了工程图学基础和实践知识,同时将计算机制图等新知识和新技术融合于其中,不仅培养学生对理论知识的掌握,还利用计算机三维构型等技术强化学生的空间思维能力和创新能力。

本书是该系列教材之一,主要讲解画法几何和制图基础,简要介绍机械制图和计算机绘图,本书是面向所有工科学生的图学基础教材。本书零件图中涉及到的技术要求内容放在《工程图学实践与 CAD (机械类)》书中详细讲解。

本书在编写过程中,为培养学生的读图、识图能力,增强其空间立体感,将重点放在投影基础的理论教学上,用三维建模加强学生的形体设计能力,使教材内容具有科学性、系统性和实用性。

本书具有以下特点:

1. 以培养学生的读图、识图能力为出发点,注重阐述基本理论和基本概念,采用较多的立体图,利于培养学生的空间立体感,也便于自学。
2. 采用 SolidEdge 三维设计软件对实体进行三维建模,增加形体设计,利于培养学生的创新能力和工程素质。
3. 采用近年来国家发布的最新国家标准。
4. 使用面广,适用于高等院校各理工类专业的 32~72 学时图学教学,也可作为相应专业的大专、电大、职大函授等图学教材。

本书正文共 11 章,参编者有李富平(绪论、第 2 章第 4 节、第 3、4、6、7、11 章、第 8 章第 5、6 节)、韩子亮(第 2 章第 1~3 节、第 8 章第 1~4 节、第 9 章、第 10 章)、张爱平(第 5 章)、李杨(第 1 章),全书由杨文通主编。在编写过程中,得到安国平、王建华、皇甫平、周子英、董克强、赵桂兰、李明和、朱金贵等老师的大力协助和热情支持,在此表示感谢。

衷心感谢北京理工大学董国耀教授审阅本书。

与本书配套使用的有杨文通主编的《工程图学基础习题集》。

由于水平有限,恳切希望各方读者对本书的不足之处给予批评和指正。

编著者

2008 年 5 月

目 录

绪论	1
0.1 本课程的研究对象和主要任务	1
0.1.1 本课程的性质和主要内容	1
0.1.2 本课程的主要任务	1
0.1.3 本课程的学习方法	1
0.2 投影的基本概念	2
0.2.1 投影方法	2
0.2.2 工程中常用的投影	3
第1章 制图的基本知识	5
1.1 国家标准有关制图的基本规定	5
1.1.1 图纸的幅面及格式 (GB/T 14689—1993)	5
1.1.2 比例 (GB/T 14690—1993)	8
1.1.3 字体 (GB/T 14691—1993)	9
1.1.4 图线 (GB/T 17450—1998、GB/T 4457.4—2002)	10
1.2 尺寸标注 (GB/T 4458.4—2003)	11
1.2.1 基本规则	11
1.2.2 尺寸的组成	12
1.2.3 尺寸标注示例	13
1.3 绘图工具及其使用	17
1.3.1 图板、丁字尺和三角板	17
1.3.2 分规、比例尺	18
1.3.3 圆规	18
1.3.4 曲线板	19
1.3.5 铅笔	19
1.3.6 其他绘图工具	20
1.4 几何作图	20
1.4.1 正多边形的画法	21
1.4.2 斜度和锥度	22
1.4.3 椭圆画法	23
1.4.4 圆弧连接	24
1.5 平面图形的尺寸分析和作图	26
1.5.1 平面图形的尺寸分析	27
1.5.2 平面图形的画图步骤	27
1.6 徒手画草图的方法	28
1.6.1 图线的画法	29
1.6.2 绘制草图的步骤	29

第2章 点、直线、平面的投影	31
2.1 点的投影	31
2.1.1 点在一个投影面的投影	31
2.1.2 点在两投影面体系中的投影	31
2.1.3 点在三投影面体系中的投影	33
2.1.4 点的投影与坐标	35
2.2 直线的投影	37
2.2.1 直线对一个投影面的投影特性	37
2.2.2 直线在三投影面体系中的投影特性	38
2.2.3 求一般位置线段的实长及其与投影面的夹角	39
2.2.4 直线上点的投影	40
2.2.5 两直线的相对位置	42
2.3 平面的投影	45
2.3.1 平面的表示法	45
2.3.2 平面对一个投影面的投影特性	46
2.3.3 平面在三投影面体系中的投影特性	46
2.3.4 平面上的直线和点	48
2.4 直线与平面及两平面的相对位置	52
2.4.1 平行	52
2.4.2 相交	55
2.4.3 垂直	60
2.4.4 综合举例	64
第3章 投影变换	67
3.1 概述	67
3.1.1 投影变换的目的	67
3.1.2 换面法的概述	68
3.2 点的投影变换	69
3.2.1 点的一次变换	69
3.2.2 点的二次变换	70
3.3 投影变换的四个基本作图方法	71
3.4 换面法应用	74
第4章 立体的投影	80
4.1 平面立体及其表面上点和线的投影	80
4.1.1 棱柱	80
4.1.2 棱锥	83
4.2 平面与平面立体相交	86
4.2.1 平面截平面立体	87
4.2.2 平面立体的切割	89

4.3 曲面立体及其表面上点和线的投影	90
4.3.1 圆柱	90
4.3.2 圆锥	93
4.3.3 圆球	96
4.3.4 圆环	98
4.4 平面与曲面立体表面相交	100
4.4.1 平面与圆柱相交	101
4.4.2 平面与圆锥相交	105
4.4.3 平面与球相交	110
4.4.4 平面与其他回转体相交	113
4.5 平面立体与平面立体相交	116
4.6 平面立体与曲面立体相交	121
4.7 曲面立体与曲面立体相交	122
第5章 组合体	139
5.1 三视图的形成及投影规律	139
5.1.1 三视图的形成	139
5.1.2 三视图的投影规律	139
5.2 形体分析法和线面分析法	140
5.2.1 形体分析法	140
5.2.2 线面分析法	145
5.3 组合体的画图	147
5.3.1 绘制形体分明组合体的三视图	147
5.3.2 绘制完全由切割形成的组合体三视图	149
5.4 组合体的读图	150
5.4.1 读图应注意的问题	150
5.4.2 读图方法	150
5.5 组合体的尺寸标注	157
5.5.1 尺寸标注的基本要求	157
5.5.2 一些常见形体的尺寸标注	157
5.5.3 组合体的尺寸注法	159
5.5.4 尺寸的清晰布置	160
第6章 三维实体构形设计	162
6.1 组合体的构形设计	162
6.1.1 组合体构形设计的基本要求	162
6.1.2 构形设计的基本方法	163
6.2 SolidEdge 的三维造型	164
6.2.1 基本体的切割	165
6.2.2 基本体的叠加	172

6.2.3 复杂立体的造型	174
第7章 轴测图	185
7.1 轴测图的基本知识	185
7.1.1 轴测图的形成	185
7.1.2 轴测图的基本参数	185
7.1.3 轴测图的特性	185
7.1.4 轴测图的分类	187
7.1.5 轴测图的基本作图方法	187
7.2 正等轴测图的画法	188
7.2.1 正等轴测图的形成、轴间角和轴向伸缩系数	188
7.2.2 平面立体的正等轴测图	189
7.2.3 曲面立体的正等轴测图	192
7.2.4 综合举例	195
7.3 斜二轴测图的画法	198
7.3.1 斜二轴测图的形成、轴间角和轴向伸缩系数	198
7.3.2 平行于各坐标面的圆的斜二测	199
7.3.3 斜二轴测图的画法	199
第8章 机件的表达方法	202
8.1 视图	202
8.1.1 基本视图	202
8.1.2 向视图	203
8.1.3 局部视图	203
8.1.4 斜视图	203
8.2 剖视图	205
8.2.1 剖视图的概念	205
8.2.2 剖视图的画法和标注	205
8.2.3 剖视图的分类	206
8.2.4 剖切面的种类及剖切方法	208
8.3 断面图	211
8.3.1 断面图的概念	211
8.3.2 断面图的种类及画法	211
8.4 其他常用的机件表达方法	212
8.4.1 局部放大图	212
8.4.2 简化画法	213
8.5 综合举例	215
8.6 第三角投影简介	218
8.6.1 第三角画法视图的形成及配置	218
8.6.2 第三角画法的标志	219

第 9 章 标准件与常用件简介	221
9.1 标准件	221
9.1.1 螺纹的基本知识	221
9.1.2 螺纹紧固件	227
9.2 齿轮	230
9.2.1 齿轮的作用及分类	230
9.2.2 直齿圆柱齿轮各部分名称及计算	230
9.2.3 直齿圆柱齿轮的规定画法	231
第 10 章 零件图与装配图简介	233
10.1 零件图简介.....	233
10.1.1 零件图的作用和内容.....	233
10.1.2 零件图的视图选择.....	233
10.1.3 零件上常见的工艺结构.....	235
10.1.4 零件图的尺寸标注.....	237
10.1.5 零件测绘的方法步骤.....	238
10.2 装配图简介.....	239
10.2.1 装配图的作用和内容.....	241
10.2.2 装配图的表达方法.....	241
10.2.3 装配图的画图步骤.....	242
10.2.4 装配图的尺寸标注、零件编号、明细栏及技术要求.....	246
10.2.5 读装配图和拆画零件图.....	248
第 11 章 AutoCAD 绘图	250
11.1 基本操作.....	250
11.2 设计基础.....	256
11.3 样板图的绘制.....	260
11.4 简单二维图形的绘制.....	273
11.5 剖视图的绘制.....	278
附录	288
一、螺纹.....	288
二、螺栓.....	291
三、螺柱.....	292
四、螺钉.....	294
五、螺母.....	296
六、垫圈.....	297
参考文献	298

绪 论

0.1 本课程的研究对象和主要任务

0.1.1 本课程的性质和主要内容

有史以来，图形如同文字一样是人们用来表达和交流思想的工具。在工程界，工程图样就是能够准确表达物体的形状、大小及技术要求的图形，它是工业生产中的一种重要的技术资料。在设计阶段，人们必须先画出准确表达机械设备、建筑形状的工程图样，然后根据工程图样进行加工或施工，才能得到预期的结果。同时，工程图样也是人们检验产品是否合格的重要依据。可以说，图样是工程界的技术语言，每个工程技术人员都必须能够绘制和阅读工程图样。

本课程是研究绘制和阅读工程图样原理和方法的一门学科。它是一门既有系统理论又有较强实践性的技术基础课。本课程主要包括画法几何、制图基础、机械制图和计算机绘图几个部分。画法几何部分研究用正投影法表达空间物体和图解空间几何问题的基本理论和方法；制图基础部分介绍制图的基本知识，培养绘制和阅读投影图的基本能力；机械制图部分培养绘制和阅读零件图和装配图的基本能力；计算机绘图部分介绍简单图形的二维绘制和三维实体的建模。

0.1.2 本课程的主要任务

- (1) 学习投影法的基本理论及应用。
- (2) 培养空间几何问题的图示、图解能力。
- (3) 培养绘制和阅读机械图样的能力。
- (4) 培养空间想象能力和空间分析能力。
- (5) 培养三维实体造型和计算机绘图能力。
- (6) 培养耐心细致的工作作风和严肃认真的工作态度。

0.1.3 本课程的学习方法

本课程即有系统的理论，又有较强实践性，学习时应理论联系实际，在理解基本概念的基础上，由浅入深地通过一系列绘图和读图实践，不断地由物画图、由图想物，分析和想象空间形体与图纸上图形之间的对应关系，从而培养空间想象能力，达到熟练绘制轴测草图的目的。

图样在生产建设中起很重要的作用，任何绘图和读图的差错都会给生产带来重大损失。

因此，在制图过程中，要严格遵守《机械制图》国家标准规定，要做到：投影正确、图线分明、尺寸齐全、字体工整、图面整洁，培养认真负责和严谨细致的工作作风。

本课程只能为学生的绘图和读图能力打下基础，在后续的课程、生产实习、课程设计和毕业设计中，还要继续培养并提高绘图和读图能力。计算机绘图能力只有通过不断的上机实践才能逐步提高。

0.2 投影的基本概念

0.2.1 投影方法

在光源的照射下空间物体在选定的面上会产生影子。如图 0-1 所示，选定的平面 P 为投影面，光源可称为投射中心 S ，投射中心 S 与空间 $\triangle ABC$ 上任一点 A 的连线称为投射线，该投射线 SA 与平面 P 的交点 a 称为点 A 在平面 P 上的投影，同样可作出点 B 、 C 在平面 P 上的投影 b 、 c 。这种根据空间几何元素确定投影的方法称为投影法。

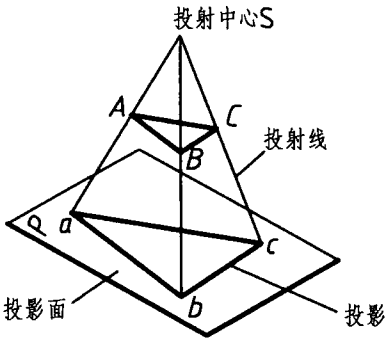


图 0-1 中心投影法

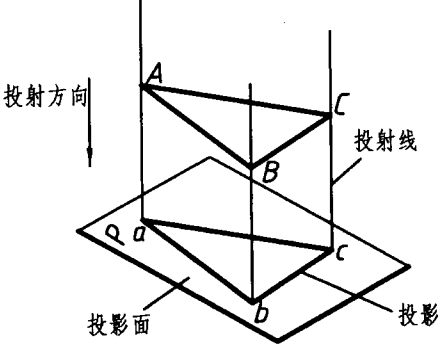
1. 中心投影法

所有投射线交汇于一点的投影方法称中心投影法，如图 0-1 所示。中心投射法所得的投影随空间物体靠近或远离投射中心而变化，一般情况下投影不反映空间的实形。

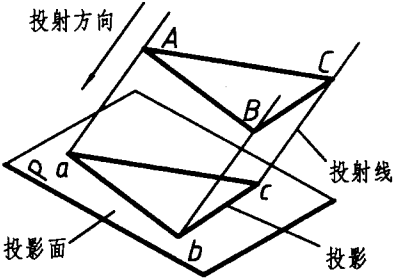
2. 平行投影法

所有投射线互相平行的投影方法称平行投影法，如图 0-2 所示。平行投影法所得的投影不随空间物体靠近或远离投影面而变化。

投射方向垂直于投影面得到的投影称为正投影，如图 0-2 (a) 所示，投射方向倾斜于投影面得到的投影称为斜投影，如图 0-2 (b) 所示。工程上一般采用正投影，本书中所称的投影都是正投影。



(a) 正投影



(b) 斜投影

图 0-2 平行投影法

空间中的几何元素用大写字母表示, 如 ABC ; 其投影用同名小写字母表示, 如 abc 。

0.2.2 工程中常用的投影

1. 正投影

正投影是用正投影法得到的物体的多面投影, 如图 0-3 所示。当物体表面平行于投影面时, 投影能呈现这些平面的实形。正投影图有很好的度量性, 而且作图也较简便, 在机械制造行业和其他工程部门中, 被广泛采用。

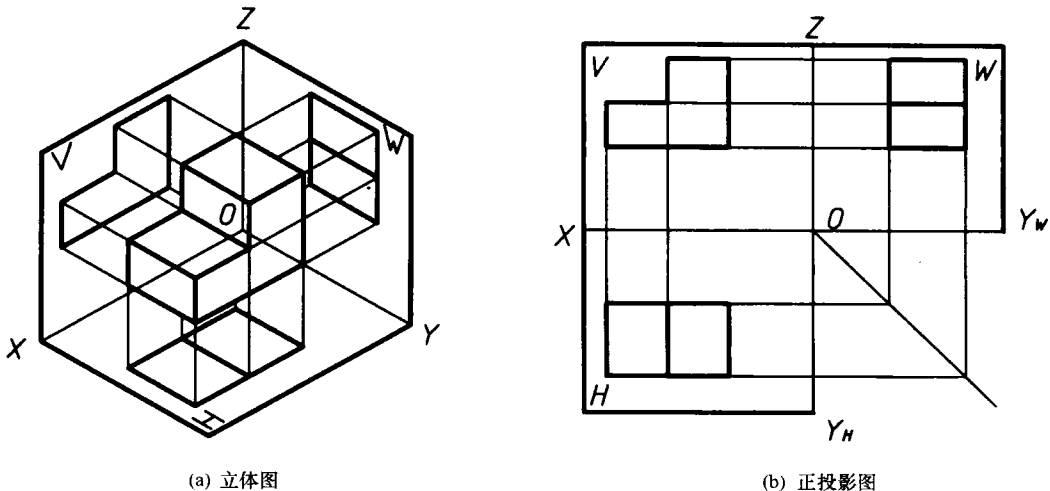


图 0-3 正投影

2. 轴测投影

轴测投影是采用平行投影法, 将空间物体连同确定其空间位置的直角坐标轴一起投射到单一的投影面而形成的图形, 如图 0-4 所示。由于坐标轴对投影面成一定的角度, 轴测投影同时反映空间物体长、宽、高三个方向上的尺度, 增强了立体感。

3. 标高投影

标高投影是采用正投影法获得空间几何元素的投影之后, 再用数字标出空间几何元素对投影面的距离, 在投影图上确定空间几何元素的几何关系, 如图 0-5 所示。在地形测量、水利、土木、地质和采矿等工程中常用标高投影。

4. 透视投影

透视图是利用中心投影法得到的图形。透视投影与照相成影的原理相似, 图形接近视觉映象, 富有立体感和真实感。常用的透视图有一点透视 (平行透视)、两点透视 (成角透视)、三点透视 (斜透视)。图 0-6 所示为组合体的两点

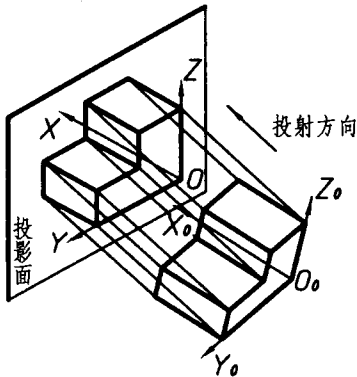


图 0-4 轴测投影

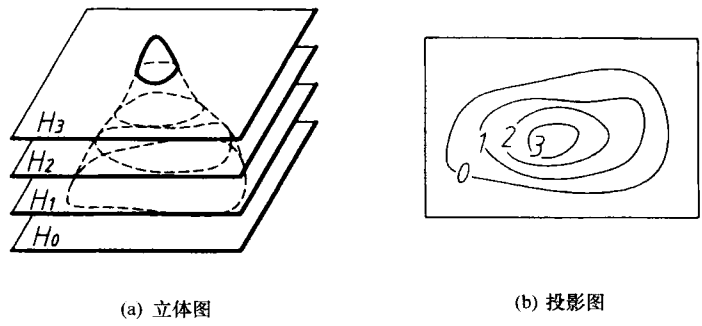


图 0-5 标高投影

透视。

由于透视图的画法即烦琐又费时，且度量性较差，但是视觉效果好，因此，透视图常用于建筑工程中的效果图，广泛用于工艺美术和宣传广告。

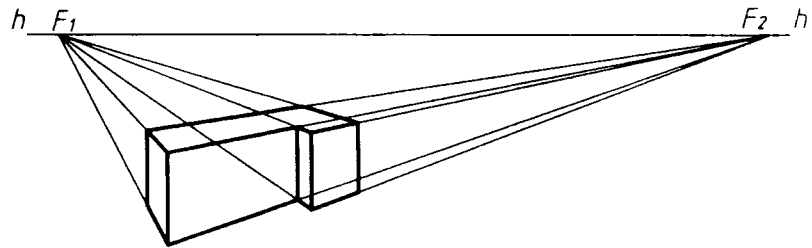


图 0-6 组合体的两点透视

第 1 章 制图的基本知识

本章摘要介绍《技术制图》和《机械制图》国家标准中有关图纸幅面、格式、比例、字体、图线及尺寸标注；绘图工具及其使用；几何作图方法；平面图形的尺寸分析和绘图步骤及徒手画草图的方法等内容。

1.1 国家标准有关制图的基本规定

图样是现代工业生产中最基本的技术文件。

中华人民共和国国家质量监督局从 1959 年发布《机械制图》国家标准以来，进行了多次修订，从事设计和生产部门的工程技术人员必须熟悉和掌握有关标准和规定。

1.1.1 图纸的幅面及格式 (GB/T 14689—1993)

1. 图纸的幅面尺寸

绘制工程图样时，优先采用表 1-1 中规定的图纸基本幅面尺寸。必要时可以由基本幅面短边成整数倍加长幅面。如幅面代号为 A0×2 时，尺寸 $B \times L = 1\,189 \times 1\,682$ ；A3×3 时，尺寸 $B \times L = 420 \times 891$ 等，如图 1-1 所示。

表 1-1 图纸幅面及边框尺寸

mm

幅面代号		A0	A1	A2	A3	A4
$B\times L$		841×1 189	594×841	420×594	297×420	210×297
边 框	c	10			5	
	a	25				
	e	20		10		

2. 图纸格式及标题栏和明细栏

(1) 图纸既可横放也可竖放，格式如图 1-2 所示。当图样需装订时，图样格式和标题栏的方位按图 1-2 (a)、(b) 所示的方位配置，不需装订时按图 1-3 (a)、(b) 所示的方位配置。但同一产品图样只能采用一种格式。

(2) 每张图样必须有标题栏，装配图还必须有明细栏。机械类标题栏及明细栏格式已在

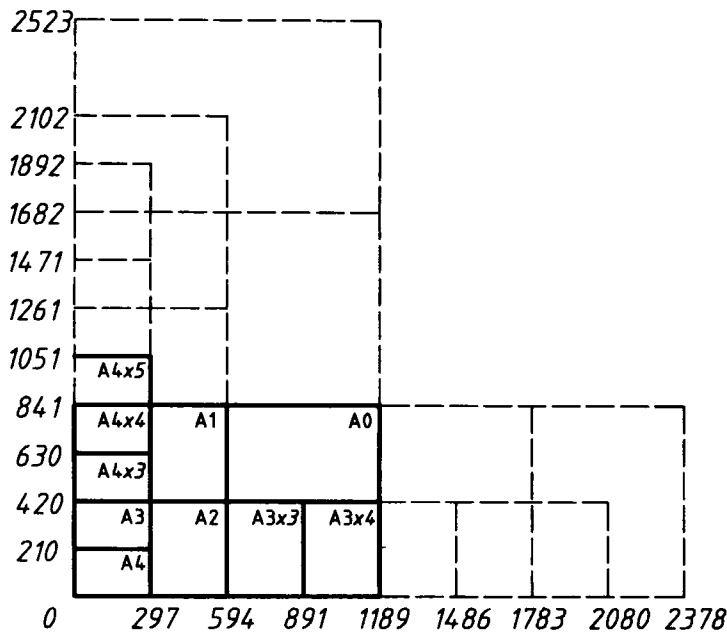


图 1-1 图纸幅面及加长幅面

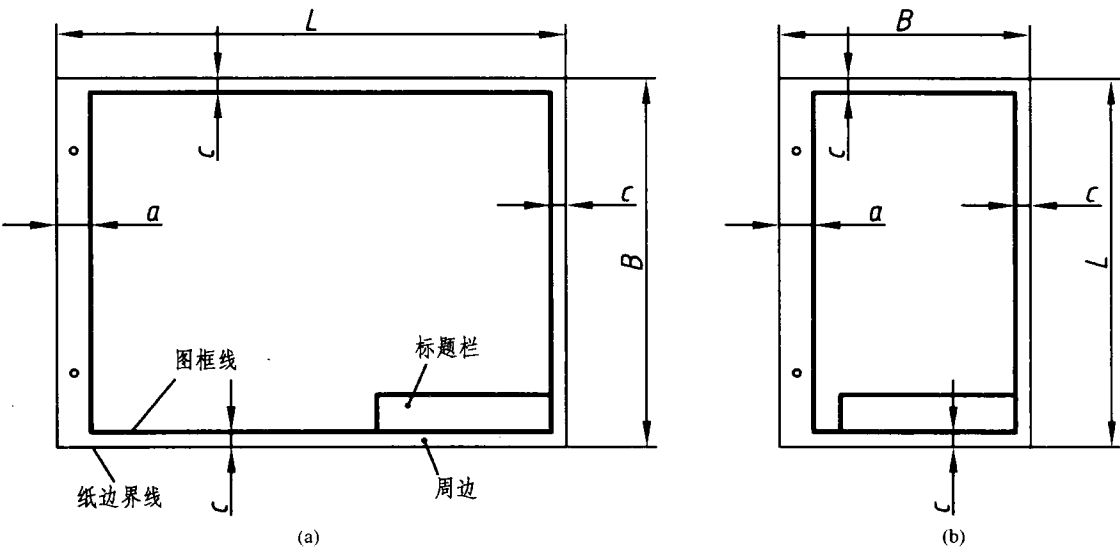


图 1-2 留装订边的图框格式

国家标准 (GB/T 10609.1—1989、GB/T 10609.2—1989) 中作了规定, 如图 1-4 (a) 所示。学生在学习中也可采用简化标题栏, 如图 1-4 (b) 所示。标题栏中文字方向为看图方向。

3. 对中符号

为了使图样复制和缩微摄影时定位方便, 在图纸各边长的中点处分别画出对中符号, 且用粗实线绘制, 长度从纸边界开始伸入至图框内 5 mm, 如图 1-5 所示。

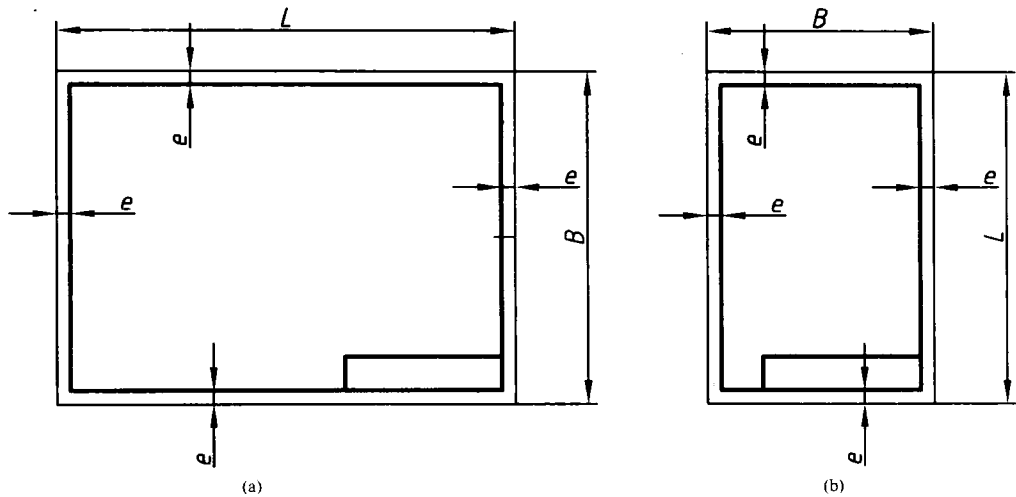


图 1-3 不留装订边的图框格式

180																	
8		40				44		8		38		10		12		(20)	
7																	
14		序号		代 号		名 称		数量		材 料		单件重量		总计重量		备注	

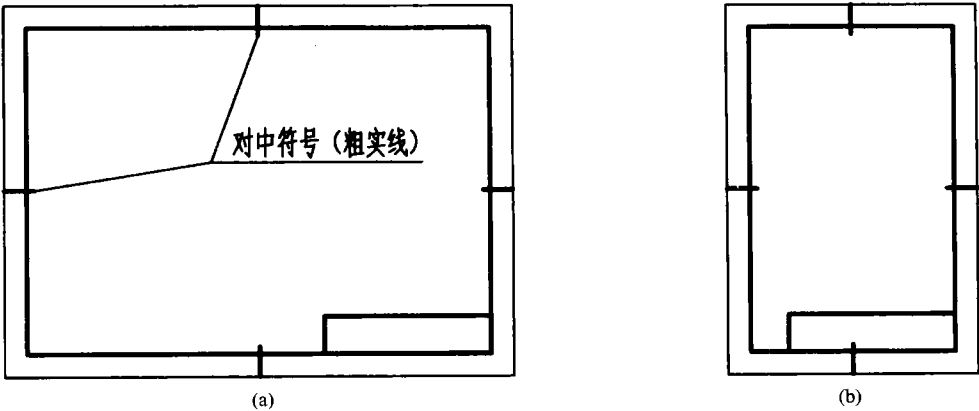


图 1-5 图幅对中符号

1.1.2 比例 (GB/T 14690—1993)

比例是指图形中的要素与实物相应要素的线性尺寸之比，比例符号用“：”表示。例如，图形尺寸和实物尺寸一样大，比例为1：1；图形尺寸是实物尺寸的一半，比例为1：2；图形尺寸是实物尺寸的两倍，比例为2：1。绘制图样一般按表 1-2 中的常用比例选取。

绘制机件的各个视图采用的比例相同，并在标题栏的比例一栏中填写；当某个视图需采用不同的比例时，则必须另行标注，例 $\frac{A}{2:1}$ 、 $\frac{B}{5:1}$ 。绘制图样时，应尽量按零件实际大小绘制，以方便看图。如果零件过大或过小时，可根据表 1-2 或表 1-3 中的比例选取缩小或放大绘制。优先选择表 1-2 中比例，若必要时，也可以选择表 1-3 中比例（表中 n 为正整数）。

不论图形放大或缩小，所示的尺寸数字为实物的真实大小，如图 1-6 所示。

表 1-2 常用比例系列

种 类	比 例				
等比例	1：1				
放大比例	5：1	2：1	$(5 \times 10^n)：1$	$(2 \times 10^n)：1$	$(1 \times 10^n)：1$
缩小比例	1：2	1：5	1： (2×10^n)	1： (5×10^n)	1： (1×10^n)

表 1-3 补充比例系列

种 类	比 例				
放大比例	4：1	2.5：1	$(4 \times 10^n)：1$	$(2.5 \times 10^n)：1$	
缩小比例	1：1.5	1：2.5	1：3	1：4	1：6
	1： (1.5×10^n)	1： (2.5×10^n)	1： (3×10^n)	1： (4×10^n)	1： (6×10^n)