



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

清华大学985名优教材立项资助

机类、近机类

机械设计基础系列课程教材

# 机械制图 (第二版)

Engineering Graphics and  
Mechanical Drawing (Second Edition)

● 田 凌 冯 涓 主编  
● Tian Ling Feng Juan

清华大学出版社



“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材

机类、近机类

机械设计基础系列课程教材

# 机械制图 (第二版)

Engineering Graphics and  
Mechanical Drawing (Second Edition)

● 田 凌 冯 娟 主编  
● Tian Ling Feng Juan

清华大学出版社  
北 京

## 内 容 简 介

本书根据教育部高等学校工程图学教学指导委员会 2005 年制定的“高等学校工程图学课程教学基本要求”及最新发布的《机械制图》、《技术制图》等国家标准编写而成,是普通高等教育“十二五”国家级规划教材,是清华大学国家级精品课“机械制图”课程的使用教材。

全书共分 5 个单元,构成了机械制图完整的知识体系。

第 1 单元:机械制图的基本概念、作用,国家标准的相关规定,徒手绘图、仪器绘图、计算机绘图的基本方法;

第 2 单元:点、线、面等几何元素的投影规律及其相对位置关系,投影变换方法;

第 3 单元:体的构成以及用投影图表达空间形体的方法。从简单体入手,通过平面与体相交、体与体相交、叠加、切割等多种方式,构成复杂的形体,进一步讲解复杂形体的投影规律及三视图表达方法。同时,讲解轴测图和透视图的特点、用途及画法。

第 4 单元:在体的三视图表达的基础上,研究复杂形体的多种表达方法和手段,包括多视图、剖视图、断面图以及尺寸标注方法等。

第 5 单元:机械零部件的表达方法,包括:标准件及常用件的画法,零件图,装配图,公差与配合、表面结构等。

本书及配套习题集(田凌、许纪旻主编,清华大学出版社)可作为高等院校 64~128 学时的机械类、近机类各专业机械制图课程的教材,也可供机械工程领域的技术人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

机械制图:机类、近机类/田凌,冯涓主编.--2 版.--北京:清华大学出版社,2013

机械设计基础系列课程教材

ISBN 978-7-302-32971-8

I. ①机… II. ①田… ②冯… 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(2013)第 147805 号

责任编辑:庄红权

封面设计:傅瑞学

责任校对:赵丽敏

责任印制:王静怡

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:26 字 数:596 千字

版 次:2007 年 9 月第 1 版 2013 年 9 月第 2 版 印 次:2013 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:45.00 元

产品编号:053325-01

# 前言

本书是在田凌、冯涓、刘朝儒主编的《机械制图》(机类、近机类)第一版的基础上,根据教育部高等学校工程图学课程教学指导委员会 2005 年制定的“高等学校工程图学课程教学基本要求”及最新发布的《机械制图》、《技术制图》等国家标准修订而成。

本书是清华大学国家级精品课程“机械制图”的使用教材,编写中汲取了清华大学在机械制图教学中长期积累的丰富经验,特别注重体现精品课建设的经验和近十年来教学研究及改革的成果,立足于满足新的人才培养目标对图学教育的新要求。

本书第一版是普通高等教育“十一五”国家级规划教材,2007 年 9 月出版以来,多次重印,2008 年被评为北京市高等教育精品教材,2012 年获清华大学优秀教材特等奖(每 4 年评选一次),2012 年入选第一批普通高等教育“十二五”国家级规划教材,此次修订,受到清华大学“985”三期名优教材建设项目的资助。

本书有以下特点:

(1) 在教材的体系结构方面,以现代产品设计制造过程为应用背景,以形体构造能力与图形表达能力为主线,加强机械制图的核心内容,对基本理论、基础知识和基本技能给予充分的重视,为学生进一步学习机械设计后续课程和开展机械工程领域的研究及实践奠定良好基础。

(2) 在教材的组织结构上,根据知识点的内在关系,将内容划分为 5 个单元。各单元之间既相对独立,又彼此联系。每个单元都有明确的阶段目标,循序渐进,使学生最终掌握完整、深厚的机械制图基础知识和基本理论。学生在学习过程中有明确而清晰的思路和目标,前后知识紧密相联,避免学习过程中的盲目性。

(3) 在教材的写作上,既注重对基本概念和基本原理做深入准确的论述,又注重体现本课程分析问题和解决问题的独特方法。所选择的例题由浅入深,具有典型性,并设计了适量的综合性、应用性题目,以满足研究型教学的要求。

(4) 由田凌、许纪旻主编的《机械制图习题集》(第二版)与本书配套使用,编排顺序与本书相同。作者还配套制作了电子版课件、习题答案和 3D 模型库,供教师和学生参考。其他教学参考资料和教学资源,可以登录清华大学精品课程网站中的“机械制图课程”查阅。

(5) 本书及配套习题集可作为高等院校 64~128 学时的机械类、近机类各专业机械

## II 前言

制图课程的教材,用“\*”号标示的内容建议为选学内容。

本书由清华大学机械制图课程负责人和骨干教师编写。参加第一版编写工作的有田凌(各单元提要和第1章、4~6章)、冯涓(第3章、第7~11章)、刘朝儒(第2章、第13~15章和附录)、许纪旻(第12章)和杨小庆(第16章)。参加第二版修订工作的有田凌(各单元提要和第1~2章、4~6章、第12~15章和附录)、冯涓(第3章、第7~11章)和杨小庆(第16章),武园浩和王占松参加了部分绘图和编辑工作,全书由田凌负责统稿和定稿。

本书继承了清华大学机械制图课程长期积累的教学成果和资源。在此,向多年来在课程建设中做出贡献的教师致以诚挚谢意。

在本书编写过程中,得到了清华大学教务处的积极推动和大力支持,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书中错误在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2013年8月于清华园

# 目录



## 第1单元 机械制图的基本知识和基本技能

<b>1</b>	<b>绪论</b> .....	<b>3</b>
1.1	机械制图的应用背景 .....	3
1.2	本课程的性质、任务和主要内容 .....	4
1.3	投影方法的基本概念 .....	5
<b>2</b>	<b>机械制图的基本知识</b> .....	<b>7</b>
2.1	机械制图国家标准基本规定 .....	7
2.2	手工绘图基本技能 .....	16
2.3	尺规基本几何作图 .....	25
<b>3</b>	<b>计算机绘图及建模基础</b> .....	<b>36</b>
3.1	概述 .....	36
3.2	利用 AutoCAD 绘制二维工程图 .....	37
3.3	利用 SolidWorks 构建三维模型 .....	60

## 第2单元 几何元素的投影

<b>4</b>	<b>点、直线和平面的投影</b> .....	<b>81</b>
4.1	点的投影 .....	81
4.2	直线的投影 .....	86
4.3	平面的投影 .....	94
<b>5</b>	<b>几何元素间的相对位置关系</b> .....	<b>103</b>
5.1	平行问题 .....	103
5.2	相交问题 .....	105

5.3	垂直问题 .....	110
5.4	平面上的最大斜度线 .....	114
5.5	综合问题解题方法分析 .....	115
<b>6</b>	<b>投影变换 .....</b>	<b>117</b>
6.1	概述 .....	117
6.2	换面法 .....	117
*6.3	旋转法 .....	125
<b>第3单元 体的构成及投影</b>		
<b>7</b>	<b>基本体的投影 .....</b>	<b>135</b>
7.1	三维形体的构成方式 .....	135
7.2	体的三面投影——三视图 .....	137
7.3	基本平面体的三视图表达 .....	138
7.4	基本回转体的三视图表达 .....	142
<b>8</b>	<b>平面及直线与立体相交 .....</b>	<b>150</b>
8.1	平面与平面体相交 .....	150
8.2	平面与回转体相交 .....	155
8.3	直线与立体相交 .....	165
<b>9</b>	<b>立体与立体相交 .....</b>	<b>167</b>
9.1	平面体与回转体相交 .....	167
9.2	回转体与回转体相交 .....	169
9.3	多形体相交 .....	180
<b>10</b>	<b>组合体的三视图表达 .....</b>	<b>182</b>
10.1	组合体的组合方式和表面关系 .....	182
10.2	组合体的绘图方法 .....	186
10.3	组合体的读图方法 .....	190
<b>11</b>	<b>轴测图和透视图 .....</b>	<b>198</b>
11.1	轴测图基础 .....	198
11.2	正等轴测图 .....	199
11.3	斜二等轴测图 .....	207
*11.4	透视图 .....	208

## 第4单元 形体的表达方法

<b>12</b>	<b>机件的表达方法</b> .....	<b>215</b>
12.1	视图 .....	215
12.2	剖视图 .....	218
12.3	断面图 .....	228
12.4	简化画法与规定画法 .....	230
12.5	轴测剖视图 .....	234
12.6	机件表达实例 .....	238
12.7	第三角画法 .....	242
<b>13</b>	<b>尺寸标注基础</b> .....	<b>244</b>
13.1	尺寸标注的基本规定 .....	244
13.2	组合体的尺寸标注 .....	251
13.3	尺寸的清晰布置 .....	259
13.4	圆弧连接图形的尺寸标注 .....	260
13.5	轴测图的尺寸注法 .....	263

## 第5单元 机械零部件的表达方法

<b>14</b>	<b>标准件与常用件</b> .....	<b>267</b>
14.1	螺纹及螺纹紧固件 .....	267
14.2	键、花键和销 .....	284
14.3	齿轮 .....	288
14.4	弹簧 .....	292
14.5	滚动轴承 .....	295
<b>15</b>	<b>零件图</b> .....	<b>300</b>
15.1	概述 .....	300
15.2	视图选择 .....	308
15.3	尺寸标注 .....	319
15.4	技术要求 .....	327
15.5	读零件图 .....	343
<b>16</b>	<b>装配图</b> .....	<b>346</b>
16.1	概述 .....	346
16.2	基本规定 .....	348
16.3	视图选择 .....	353





# 第 1 单元

## 机械制图的基本知识和基本技能

本单元主要介绍机械制图的基本概念、作用，国家标准的相关规定，徒手绘图、仪器绘图、计算机绘图的基本方法等入门知识。





# 绪 论

## 1.1 机械制图的应用背景

在机械工程领域,机械图是表达设计对象最重要的载体之一,是交流设计思想的有效手段,在产品设计与表达中具有语音、文字、实物模型等其他载体不可替代的作用,是名副其实的“工程师的语言”。

机械产品的典型设计过程如图 1-1 所示。首先对产品的需求及设计要求进行详细、科学的分析;面向需求,进行概念设计,确定应采取的原理方案,建立起产品的概念模型;在概念模型的基础上,进行产品的结构设计,确定为实现以上原理方案所需要的机械结构,建立初步的装配信息模型,生成装配结构草图;根据装配结构草图进行零件的详细设计,并对原装配结构进行必要的修改,最后建立零件信息模型,生成零件图。在结构设计和详细设计阶段,常常需要进行必要的工程分析(如受力分析,运动学、动力学分析),根据分析结果,对初始设计进行修改和优化。在上述工作基础上,形成最终的零件图、装配图,同时建立起零件、部件及产品的完整信息描述,将这些设计结果传送到工艺设计环节,进行零件加工工艺和部件、产品装配工艺设计,然后进入机械制造环节,形成最终产品。

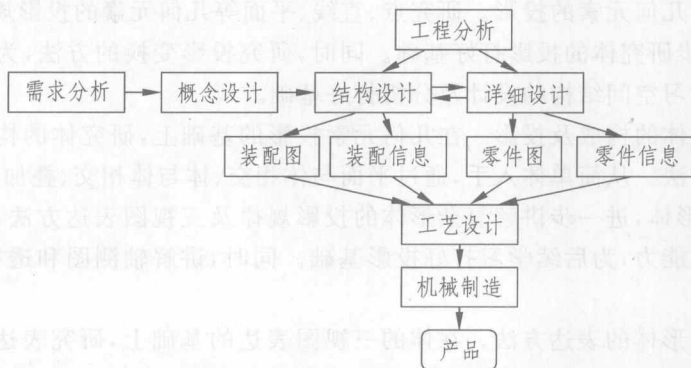


图 1-1 机械产品的典型设计过程

在上述产品设计过程中,机械图(零件图、装配图)不仅起着表达设计结果、承载设计信息的作用,而且起着引领设计过程的作用。例如,一张装配图从最初的草图开始,不断

细化、修改、完善,最终成为正式装配图的过程,对应着一个产品从初始结构设计开始,不断细化、修改、完善,最终完成整个产品设计的过程。因此,绘制产品的机械图不只是一个简单的画图过程,在一定程度上也体现了一个产品的设计过程。

## 1.2 本课程的性质、任务和主要内容

从机械制图在产品设计过程中的地位和作用不难看出,机械制图课程是一门工程技术基础课,教学目标是使学生掌握机械工程设计表达的基础知识、基本理论、基本方法、基本技能和典型手段,以投影理论为基础,培养学生的空间想象能力和形象思维能力,培养构形与表达能力,积累工程科学的基本科学素质,并为学习机械设计后续课程和开展机械工程研究及实践奠定基础。

本课程以现代产品设计制造过程为应用背景,以形体构造能力和图形表达能力为主线,包括正投影的基本理论、常用的二维视图表达方法、用于创意与构思的轴测草图、计算机绘图基础等,构成机械制图的完整知识体系。使学生具备对空间几何问题进行图示和图解的能力,具备将工程技术问题抽象为几何问题的能力,具备绘制和阅读机械图样的能力,初步掌握徒手绘图、仪器绘图和计算机绘图的能力。

本书在结构上,将教学内容划分为5个单元,前后呼应,有机结合。每个单元都有明确的阶段目标,通过循序渐进地学习每个单元的内容,学生可以掌握完整、深厚的机械制图基础知识和基本理论,使学习过程中有明确的思路和目标,前后知识紧密相连,从而避免学习的盲目性。教师也可以以单元目标为线索,开展研究型和实践性教学。围绕单元目标设置研究型题目和动手实践的专题,使学生能够及时运用所学的知识研究问题和解决问题,增强实践能力,进而增强学习的主动性和自觉性。

本课程的主要内容如下:

第1单元 机械制图的基本知识和基本技能。主要介绍机械制图的基本概念、作用,国家标准的相关规定,徒手绘图、仪器绘图、计算机绘图的基本方法等入门知识。

第2单元 几何元素的投影。研究点、直线、平面等几何元素的投影规律及其相对位置关系,为进一步研究体的投影打好基础。同时,研究投影变换的方法,为进一步提高图解能力和今后学习空间结构的设计及分析打好基础。

第3单元 体的构成及投影。在几何元素投影的基础上,研究体的构成及用投影表达空间形体的方法。从简单体入手,通过平面与体相交、体与体相交、叠加、切割等多种方式,构成复杂的形体,进一步讲解复杂形体的投影规律及三视图表达方法,培养空间想象能力和形象思维能力,为后续学习打好投影基础。同时,讲解轴测图和透视图的特点、用途及画法。

第4单元 形体的表达方法。在体的三视图表达的基础上,研究表达复杂形体的多种方法,包括多视图、剖视图、断面图、尺寸标注方法等,着重培养运用所学的投影理论及多种表达方法表达复杂形体的能力。所选例题的复杂程度有所提高,超出组合体的概念,更加接近工程实际,为进一步学习零件图和装配图打下基础。

第5单元 机械零部件的表达方法。以机械零部件的表达方法为主线,将公差与配

合、表面粗糙度以及相关的国家标准和规范联系起来,形成机械设计表达的完整知识体系,着重强调解决实际问题的能力。在与本书配套出版的习题集中给出了一些研究型和实践性的题目。

## 1.3 投影方法的基本概念

### 1. 投影的形成和分类

物体在太阳光或灯光照射下,会在地面或墙面上产生影子,形成投影现象。对影子和物体之间的几何关系进行科学研究和抽象,形成的在投影平面上表示空间物体的方法,称为投影方法。

在研究物体的投影时,把影子投落的平面称为投影面,把光线或视线称为投射射线。投射射线、被投影的物体和投影面,是形成投影必备的3个条件,也称投影三要素,见图1-2。画出物体投影的方法,称为投影法。

根据投射射线是交于一点还是相互平行,投影法分为中心投影法和平行投影法。

#### 1) 中心投影法

在图1-2所示的投影中,所有的投射射线都从一点发出,该点称为投影中心,这种投影法称为中心投影法,用中心投影法画出的投影图称为中心投影图。

#### 2) 平行投影法

在图1-3所示的投影中,所有的投射射线都互相平行,这种投影法称为平行投影法,用平行投影法画出的投影图称为平行投影图,投射射线的方向称为投射方向。平行投影法在工程上应用十分广泛。

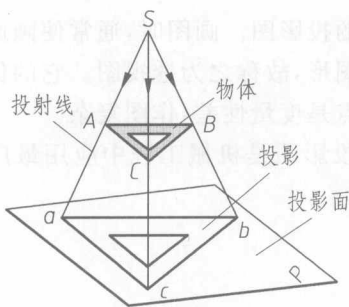


图 1-2 中心投影法

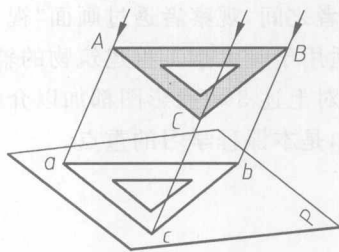


图 1-3 平行投影法

根据投射射线与投影面的倾角不同,平行投影法又分为斜投影法和正投影法。

(1) 斜投影法。当投射射线与投影面倾斜时,称为斜投影法,如图1-4(a)所示。用斜投影法画出的投影图称为斜投影图。

(2) 正投影法。当投射射线与投影面垂直时,称为正投影法,如图1-4(b)所示。用正投影法画出的投影图称为正投影图。

### 2. 工程上常用的几种投影图

在机械工程领域中,常用的投影图有正投影图、轴测投影图和透视投影图。

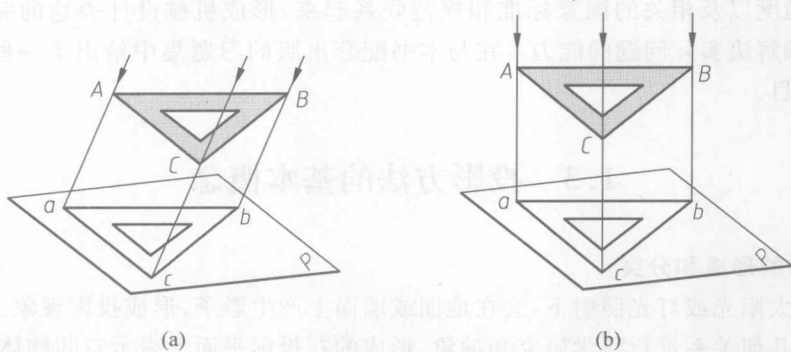


图 1-4 斜投影法和正投影法

(a) 斜投影法; (b) 正投影法

### 1) 正投影图

用正投影法把物体向一个或多个互相垂直的投影面进行投射,所得的图样称为多面正投影图,简称为正投影图。得到物体的投影图后,各个投影面需按一定的规则展平到同一平面上。正投影图的优点是能准确地反映物体的形状,作图方便,度量性好,所以在工程上得到了广泛应用。其缺点是立体感差,掌握工程制图知识且具备较好空间想象能力的人才能看得懂。

### 2) 轴测投影图

轴测投影图简称轴测图。这种投影图是按平行投影法绘制的。它的优点是立体感强,易于看懂。缺点是度量性不够理想,作图较麻烦。工程中常用轴测图作为辅助图样。

### 3) 透视投影图

透视投影图简称透视图,是按中心投影法绘制的投影图。画图时,通常使画面位于物体和观察者之间,观察者透过画面“视”物体而画出图形,故称之为透视图。它的优点是形象逼真,适用于画大型工程建筑物的辅助图样。缺点是度量性差,作图复杂。

本书对上述 3 种投影图都加以介绍。其中,正投影图是机械工程中应用最广泛的一种投影图,是本课程学习的重点。

# 2

## 机械制图的基本知识

机械图样是用来表达设计思想和进行信息交流的,规范性要求很高。为此,对于图纸、图线、字体、作图比例以及尺寸标注等,均以国家标准方式作出了严格规定,每个制图者都必须坚决遵守。本章对此择要介绍。

为了使绘图质量高、速度快,绘图者必须有坚实的基本功。因此,本章还对工具使用、绘图方法与步骤、基本几何作图和徒手绘图技能等作基本介绍。

### 2.1 机械制图国家标准基本规定

#### 2.1.1 图纸幅面和格式

图纸幅面和格式由国家标准《技术制图 图纸幅面和格式》(GB/T 14689—2008)规定。

##### 1. 图纸幅面

图纸幅面指的是图纸宽度与长度组成的图面。绘制技术图样时应优先采用表 2-1 所规定的基本幅面  $B \times L$ (单位为 mm)。

表 2-1 图纸幅面及图框格式尺寸

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
$B \times L$	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297
$a$	25				
$c$	10			5	
$e$	20		10		

必要时,也允许选用由基本幅面的短边成整数倍增加后所得的加长幅面。在图 2-1 中,粗实线所示为基本幅面(第一选择);细实线和虚线所示为加长幅面(第二选择和第三选择)。

绘图时,图纸可以竖用(短边水平)或横用(长边水平)。

##### 2. 图框格式

图纸上限定绘图区域的线框称为图框。在图纸上必须用粗实线画出图框,其格式分为不留装订边和留有装订边两种,但同一机械产品的图样只能采用一种格式。不留装订



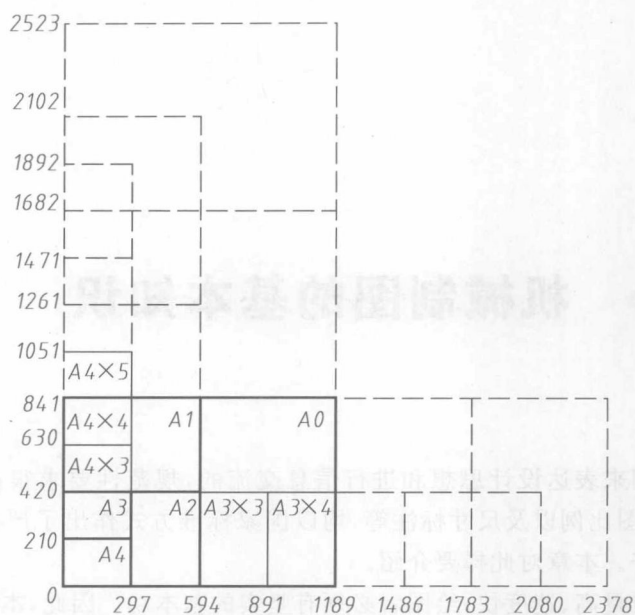


图 2-1 图纸幅面

边的图纸,其图框格式如图 2-2(a)和(b)所示;留有装订边的图纸,其图框格式如图 2-3(a)和(b)所示,尺寸按表 2-1 规定。本书推荐优先使用不留装订边格式。

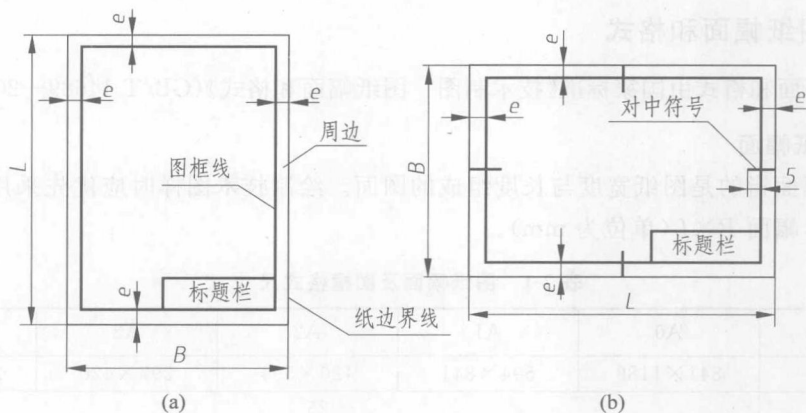


图 2-2 无装订边的图纸格式

为了使图样复制和缩微摄影时定位方便,应在图纸各边(不是图框的边!)的中点处分别画出对中符号,对中符号用粗实线绘制,线宽不小于 0.5mm,长度从纸边界线开始伸入图框内约 5mm,如图 2-2(b)所示。对中符号的位置误差应不大于 0.5mm。

### 3. 标题栏的方位

每张图纸上都必须画出标题栏。标题栏是由图示零件或装配体名称及代号区、签字区、更改区和其他区组成的栏目。标题栏可提供图样自身、图样所表达的产品及图样管理的若干信息,是图样不可缺少的内容。