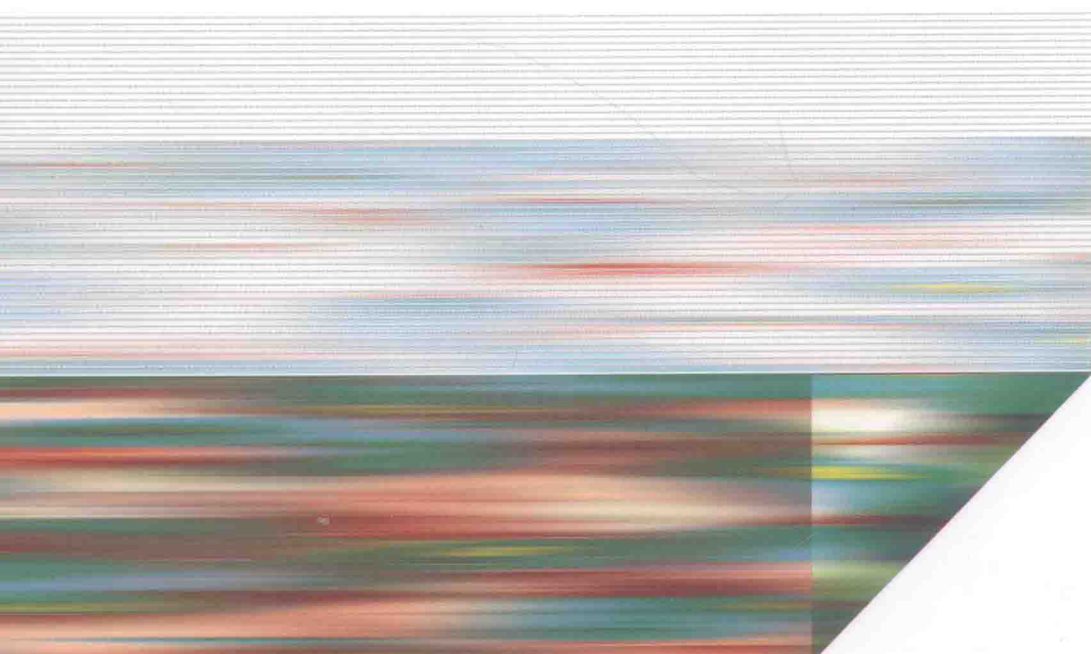




南京大学材料科学与工程系列丛书

机械程图学 基础教程

顾正彬◎编著



科学出版社

南京大学材料科学与工程系列丛书

机械程图学基础教程

顾正彬 编著

（此处为模糊的副标题或前言内容）

（此处为模糊的正文内容）

（此处为模糊的正文内容）

（此处为模糊的正文内容）

（此处为模糊的正文内容）

（此处为模糊的正文内容）

（此处为模糊的正文内容）

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书介绍了机械制图相关知识。全书主要包括7章内容:第1章主要介绍了机械制图相关的国家标准;第2章介绍了 AutoCAD 的使用,以便于课程学习过程利用 AutoCAD 进行绘图;第3章介绍了画法几何相关内容,它们是工程制图的基础;第4章介绍机械制图中的一些相关画法;第5章是零件图与装配图;第6章为 AutoCAD 三维造型方法介绍;第7章简单介绍了目前应用广泛的 CAD 软件,如 SolidWorks 和 CATIA 等,并介绍了 3D 打印相关知识。有些章节后面所附习题,均可作为 AutoCAD 的练习之用。

本书是为理科学生编写的“机械制图”教材,所以力求简单。也可作为高等院校或职业学校非机械类专业“机械制图”课程的教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机械工程图学基础教程/顾正彬编著. —北京:科学出版社,2015.1
(南京大学材料科学与工程系列丛书)

ISBN 978-7-03-042555-3

I. ①机… II. ①顾… 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(2014)第 268487 号

责任编辑:张 析 / 责任校对:韩 杨

责任印制:赵德静 / 封面设计:王 浩

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

三河市骏杰印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015年1月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2015年1月第一次印刷 印张:18 1/4

字数:355 000

定价:68.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

大学毕业已接近 20 年。当年,学习“画法几何与机械制图”这门课的时候,是用铅笔、丁字尺、三角板和圆规等在图板上来制图,记忆深刻,而现在“制图”已用不着这些工具了。

作为习惯使用铅笔绘图的人,刚开始用计算机制图是不太适应的。万事开头难,一旦坚持下来,就会被 CAD 制图的效率深深地震撼到——同样一张图,以前需要一周的时间才能完成,而现在可能只需要几小时,甚至更短时间,或许只需要几分钟——仅仅复制-粘贴,进行简单修改就完成了,效率是手工绘图不能相比的。现在,有机会来出一本关于“机械制图”方面的书,书的内容当然应该以 CAD 为中心。

全书共有 7 章,内容的编排如下。

第 1 章主要介绍了机械制图相关的国家标准;课堂之上,需要介绍一下尺规绘图的工具和方法,这些内容放在课本之中,我认为就没有必要、过于陈旧了,因此书中不再出现这部分内容。

第 2 章介绍了 AutoCAD 的使用,以便于课程学习过程中利用 AutoCAD 进行绘图;因为不再进行手工绘图,这门课的所有作业练习都是用 AutoCAD 完成的,这是因为 AutoCAD 是平面制图的主流,学会使用 AutoCAD 制图后,学习其他 CAD 软件就相对容易了。随着 AutoCAD 的发展,它在三维造型及由三维模型转变为视图方面的功能也在增强,但与 Pro/E、SolidWorks 和 CATIA 等软件还是有着相当大的差距,尽管本书的第 6 章专门介绍了 AutoCAD 三维造型方法,但在三维建模方面,我认为还是学习和使用 Pro/E、SolidWorks 软件比较好。所以,本书中的第 7 章对目前常用的三维建模与设计软件进行了简单介绍。

第 3 章介绍了画法几何的相关内容,画法几何是工程制图的基础,是非常重要的内容,对于空间想象力的培养和训练特别重要,因此是本书的重点,占有相当多的篇幅。这些内容在其他的教材中,通常是分为多章来安排的,但将其放在一起,我认为也是可以的。

第 4 章和第 5 章介绍机械行业中一些部件的相关画法。书中,有一些 AutoCAD 制图的实例,可以作为作业训练,不需要什么技巧,只要求认真完成,兼作学习软件的基本应用操作。

第 6 章为 AutoCAD 三维造型方法的介绍,选择了几个例子,重点在于培养 CAD 制图的兴趣。

第7章简单介绍了目前其他应用广泛的CAD软件,如SolidWorks和CATIA等;最后介绍了如何利用建立的三维模型进行3D打印,及其他相关知识。3D打印将有广阔的应用前景。

本书是编者在南京大学为理科生讲授“机械制图”课程用的,学时安排较少,所以尽量简单,包括AutoCAD也不涉及太复杂的操作。相信同学学习软件使用的能力是十分强的,他们需要知道的是,为什么要这样画?这也是修完这门课后,需要具备的基本工程素养。

书中绝大部分的图是编者亲自用AutoCAD绘制加工的,重要的词汇和短语,给出了英文。部分题材参考网络,恕不一一致谢。

本书的编写虽然力求简单,但因水平和专业所限,仍感觉不够简练,一些图绘制得不够漂亮,这些不当之处恳请谅解,并欢迎批评指正。

顾正彬

2014年6月23日

目 录

前言

第 1 章 工程制图的基本知识	1
1.1 工程制图与画法几何简介	1
1.1.1 工程制图	1
1.1.2 画法几何	2
1.2 本课程的任务和学习方法	2
1.2.1 本课程的任务	2
1.2.2 学习方法	3
1.3 机械制图国家标准中的基本规定	4
1.3.1 图纸幅面和格式	4
1.3.2 标题栏	5
1.3.3 比例	6
1.3.4 字体	8
1.3.5 图线	10
1.3.6 尺寸标注	12
第 2 章 AutoCAD 入门	18
2.1 AutoCAD 简介	18
2.1.1 用户界面	18
2.1.2 命令输入方式	19
2.1.3 坐标输入方式	21
2.1.4 绘图环境的建立	21
2.2 AutoCAD 基本操作	28
2.2.1 常用绘图命令	28
2.2.2 常用图形编辑命令	32
2.2.3 辅助绘图工具	35
2.2.4 常用类型的尺寸标注	38
2.2.5 工程图中的文字注写	49
2.3 二维平面图形绘制实例	53
2.3.1 建立 A4 绘图模板	53
2.3.2 AutoCAD 绘图练习	55

第3章 平面绘图基础	57
3.1 投影法简介	57
3.1.1 投影法	57
3.1.2 三投影面体系和三视图	58
3.1.3 基本视图与第三角投影简介	61
3.2 点、直线和平面的投影	64
3.2.1 点的投影	65
3.2.2 直线的投影	68
3.2.3 平面的投影	76
3.2.4 几何元素间的相对位置	81
3.3 立体及表面上的点与直线	86
3.3.1 平面立体	87
3.3.2 曲面立体	91
3.4 截交线与相贯线	95
3.4.1 截交线	95
3.4.2 相贯线	105
3.5 组合体	111
3.5.1 组合体及其组合方式	111
3.5.2 形体之间的表面连接关系	111
3.5.3 组合体视图的画法	113
3.6 组合体视图的尺寸标注	116
3.6.1 基本体的尺寸标注	117
3.6.2 组合体的尺寸标注	118
3.7 组合体视图的阅读	124
3.7.1 简单叠加体的读图方法	125
3.7.2 用形体分析法读图	128
3.7.3 用线面分析法读图	130
3.8 轴测图	133
3.8.1 轴测图的基本知识	133
3.8.2 正等轴测图	136
3.8.3 斜二等轴测图	142
3.9 练习	144
第4章 机械工程图样绘制	147
4.1 机件的基本表达	147
4.1.1 视图	147

4.1.2	剖视图	150
4.1.3	剖切面的种类	158
4.1.4	断面图	162
4.2	标准件和常用件	168
4.2.1	螺纹与螺纹连接	168
4.2.2	键与销	179
4.2.3	齿轮	182
4.2.4	滚动轴承	186
4.2.5	弹簧	188
4.3	AutoCAD 绘制机件实例练习	191
第5章	零件图和装配图	193
5.1	零件与装配概述	193
5.2	零件图	194
5.2.1	一组视图	195
5.2.2	零件尺寸	199
5.2.3	技术要求	204
5.2.4	标题栏	215
5.2.5	轴的零件图	216
5.2.6	零件的工艺结构	217
5.3	装配图	220
5.3.1	装配图的基本内容	220
5.3.2	装配图视图的选择	221
5.3.3	装配图的特殊表达方法	221
5.3.4	装配图的尺寸标注	223
5.3.5	装配图上的序号和明细表	224
5.3.6	读装配图的方法和步骤	225
第6章	AutoCAD 三维造型基础	228
6.1	概述	228
6.2	三维几何造型基础	229
6.2.1	世界坐标系	229
6.2.2	观察三维模型的基本方法	229
6.2.3	消隐	231
6.3	实体模型的创建	232
6.3.1	基本实体模型的创建	232
6.3.2	通过拉伸创建实体	236

6.3.3 通过旋转创建实体	238
6.4 三维实体的编辑	239
6.4.1 基本编辑	239
6.4.2 倒角和倒圆角	244
6.4.3 布尔运算	246
6.5 AutoCAD 三维建模实例	248
6.5.1 创建组合体实例	248
6.5.2 建立用户坐标系创建复杂实体模型	254
6.6 AutoCAD 三维建模练习	258
第7章 其他 CAD 软件简介与 3D 打印	261
7.1 SolidWorks	261
7.1.1 简介	261
7.1.2 设计方法	261
7.1.3 工作环境	262
7.1.4 实例操作	264
7.2 CATIA	267
7.2.1 简介	267
7.2.2 创建零件模型的一般过程	268
7.3 Pro/ENGINEER 简介	272
7.4 UG NX 简介	273
7.5 3D 打印简介	274
7.6 3D 打印过程	276
7.6.1 三维设计	277
7.6.2 切片处理	277
7.6.3 打印过程	280
7.7 结语	281
参考文献	282

第1章 工程制图的基本知识

本章介绍了与工程制图相关的一些基本知识,包括《机械制图》国家标准中的一些基本规定,掌握这些规定,才能画出专业规范的图样,以及读懂图样,更好地利用图样进行交流。

1.1 工程制图与画法几何简介

1.1.1 工程制图

工程制图(engineering drawing)是一门研究工程图样的绘制、表达和阅读的应用学科,它以画法几何(descriptive geometry)的投影(projection)理论为基础,以直尺、圆规、图板为工具,以黑板、木模、挂图为媒介,已有 200 多年的历史。“机械工程制图”是体现机械与类机械工科特点的入门课程,也是工科学生必须学习的专业基础课程之一。在培养学生具有创造性思维基础的空间想象力和构思能力,以及促进工业化进程等方面发挥了重要作用。

工程图样作为设计与制造、工程与产品信息的定义、表达和交流的主要媒介,是生产中必不可少的技术文件,是在世界范围通用的“工程技术的语言”。正确规范地绘制和阅读工程图是一名工程技术人员必备的基本素质,识读机械图样时,不仅需要把绘制在平面上的图形还原成立体的实物,还需要能够通过图样,真正地读懂和理解设计者的意图。

任何一种产品,小到简单的零件,如螺母、螺栓,大到整架飞机、一艘航母,在制造之前,都需要经过一定的设计,甚至需要经过许多人长期的合作才可以完成,设计的过程是令人激动并充满挑战的,工程设计人员首先需要手绘产品的概念设计草图,以方便快速地表达和交流设计想法,然后进行产品的详细设计,选用不同的材料、工艺和加工技术等。

随着计算机及相关技术的发展,如今的时代俨然已是一个 3D 时代,3D 产品已成流行之势,如游戏、动画、电影等,都离不开 3D 技术。近几年 3D 打印技术,也正在悄悄地改变着人们的生活。将来,使用的各种器具,都可能与 3D 技术有关,至少它们可能是利用 3D 技术进行设计的——机械设计软件行业里出现了众多优秀的 3D 设计软件,如 CATIA、Pro/ENGINEER、UG NX 和 SolidWorks 等。尽管如此,目前我国几乎整个机械设计制造业都在遵循国家标准,还在使用 2D 工程图

来进行交流,3D潮流显然还没有替代传统的2D观念。虽然使用3D设计软件设计的零件模型的形状和结构很容易为人们所读懂,但是3D图纸也具有其本身的不足之处,无法替代2D工程图的地位。

所以,不仅应该保持对2D工程图的重视,也要看到3D是未来的潮流,可以大大提高工作效率和节省生产成本,要成为一个优秀的机械工程师和机械设计师,不仅要具备强硬的机械制图基础,也需要具备先进的3D设计观念。

1.1.2 画法几何

画法几何是研究在平面上利用图形表示形体和解决空间几何问题的理论和方法的学科。画法几何是机械制图的投影理论基础,它应用投影的方法研究多面正投影图、轴测图、透视图和标高投影图的绘制原理,其中多面正投影图是主要研究内容。画法几何的内容还包含投影变换、截交线、相贯线和展开图等。

1103年,在中国宋代李诫所著的《营造法式》一书中的建筑图基本上符合几何规则,但在当时尚未形成画法的理论。

西方文艺复兴时期,利用多面视图把三维的现实世界绘制到二维平面上已成为一种表达方法。而到了18世纪,由于工业革命的兴起,引出了新的设计和表达形式,要求在设计和施工之间,能有一个精确并被普遍接受的表达工具。法国数学家Monge于1795年出版了《画法几何学》一书,提出用多面正投影图表达空间形体,标志图形技术由经验上升为科学,至今仍为工程制图的理论基础。以后各国学者又在投影变换、轴测图以及其他方面不断提出新的理论和方法,使这门学科日趋完善。

1.2 本课程的任务和学习方法

学习工程制图的目的,主要是培养学生具有较高的工程文化素养,较强的绘制和阅读工程图样的能力、丰富的空间想象能力、树立创新意识和鉴赏“美”的能力,掌握一定的构形设计原则、方法和思路。

1.2.1 本课程的任务

本课程的学习任务主要有以下几方面:

- (1) 学习投影法的基本理论 and 应用;
- (2) 学习物体构形分析的基本概念和方法;
- (3) 学习空间物体图样表达的基本概念和方法;
- (4) 学习阅读和绘制工程图并能正确理解工程图的基本方法;
- (5) 学习从三维物体到二维图样以及从二维图样到三维物体的形象思维

方法;

(6) 计算机绘图能力的培养。

通过本课程的学习,主要培养如下几方面的能力:

(1) 培养学生空间思维的能力;

(2) 培养学生把空间思维变成图形和立体的想象能力;

(3) 培养创造性构形设计能力;

(4) 培养学生仪器绘图、徒手绘图及计算机绘图的能力;

(5) 培养阅读工程图样的基本能力。

通过本课程的学习,培养学生树立如下两方面意识:图形标准化意识和创新意识。

(1) 图形标准化意识。通过本课程的学习,让学生了解机械制图国家标准,只有遵守这些标准,才能正确阅读图纸,保证自己绘制的图纸能够被别人轻松读懂,而不会产生误会。

(2) 创新意识。在工科课程中,形象思维能力是最重要的能力之一,极具创造性的人通常都拥有很强的形象思维能力。本书主要学习以空间角度来观察和思考物体,是培养形象思维能力的最佳教材。

1.2.2 学习方法

本课程是一门与生产实际密切相关的课程,实践性很强,学习时应注意以下几点。

(1) 扎实掌握正投影原理和方法,注意空间形体与它们投影图之间的联系。

(2) 注意培养从空间(物体)到平面(图样),再从平面到空间的想象能力和几何形体的构思能力。

(3) 养成自觉遵守工程制图国家标准的良好习惯,不断提高查阅标准的能力。

(4) 掌握形体分析方法和线面分析方法,通过一系列的绘图实践,多看、多想、多画,提高独立分析能力、解决看图和绘图问题的能力。

(5) 自觉完成作业,逐步提高绘图的速度、精度和技能。认真完成计算机绘图作业,不断提高用绘图软件绘制工程图样的能力。

(6) 图样在生产上起着指导作用,绘图和读图的任何差错都将给生产带来不同程度的损失。因此,在课程学习以及完成作业时,要培养耐心细致的工作作风并树立严肃认真的工作态度。

(7) 要注意提高自学能力,注重实践环节。在看课本或课件时,要边看边动手画插图。投影理论一环扣一环,前面学习不透彻、不牢固,后面必然越学越困难,因此,必须步步为营,稳扎稳打,由浅入深,循序渐进,多思考,培养想象能力。

1.3 机械制图国家标准中的基本规定

工程技术图样是信息的载体,传递着设计的意图,集合着加工制造的指令,是工程界交流的技术“语言”,而这一功能是以技术标准的制定和实施为基础来实现的。

由国家标准化主管机构批准、颁布的国内统一标准称为国家标准,简称国标,其代号为“GB”,字母后面的两组数字分别表示标准顺序号和标准批准的年份,现以图 1.1 为例说明标准编号和名称的构成。

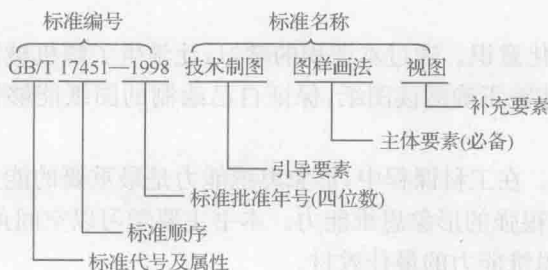


图 1.1 GB/T 17451—1998

与“GB”用斜线相隔的“T”表示“推荐性标准”,无“T”表示“强制性标准”。

在机械设计制图中,使用较多的标准代号除了“GB”外,还有以下行业标准代号:JB——机械行业,SH——石化行业,HG——化工行业,SJ——电子行业,QB——轻工业行业,YB——黑色冶金行业,QC——汽车行业,YS——有色冶金行业。

引导要素表示标准所属的领域,若主体要素表示的对象已明确,则无需引导要素。主体要素是必备要素,表示标准的主要对象。补充要素表示主体要素的特定方面,若该标准已包含主体要素的所有方面,则不需要再命名补充要素。

1.3.1 图纸幅面和格式

如果图幅(format)的大小不一,保管和使用都将非常不方便。为此,绘制、打印图样时,应优先采用表 1.1 中规定的图纸基本幅面尺寸,尺寸最大的是 A0 图纸,图纸面积正好是 1m^2 。沿某一号幅的长边对折,即为下一号幅面的大小,即 A0 的一半大小就是 A1,A1 的一半就是 A2,如图 1.2 所示。这样,A1→A2→A3 每一种依次对折,图纸的幅宽和长度之比始终保持 $1:\sqrt{2}$ 。

图纸的尺寸除了 A 类,还有 B 类。B 类主要用于书和招贴类,制图中一般不

使用。

表 1.1 图纸尺寸规格 (单位: mm)

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

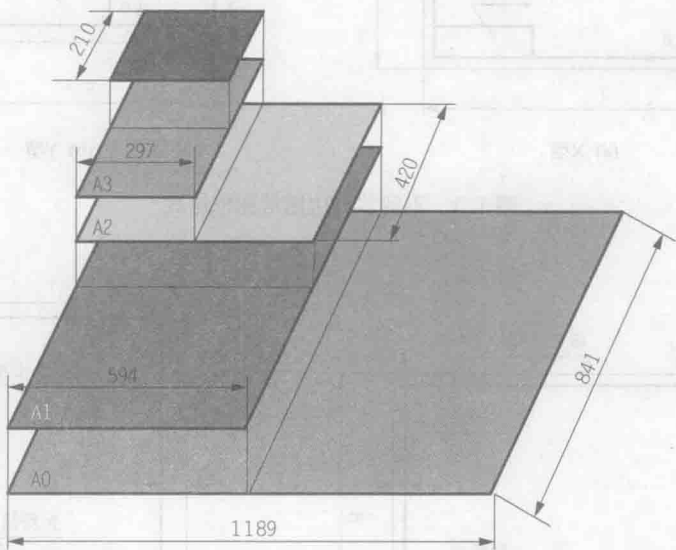


图 1.2 图纸裁剪尺寸示意图

在图样四周必须用粗实线画出图框线,图框格式(frame format)分为不留装订边和留有装订边两种,分别如图 1.3 和 1.4 所示,图中 a 、 c 、 e 的尺寸大小要求如表 1.1 所示。教学中推荐使用不留装订边的图框格式,同一产品的图样只能采用一种格式。

1.3.2 标题栏

每一张图样上都必须画出标题栏(title block),标题栏应位于图纸的右下角或下方,如图 1.3 和图 1.4 所示,此时看图的方向应与标题栏中的文字方向一致。标题栏反映了一张图样的综合信息,如图名、图号、比例、设计人、审核人、单位等多方面的信息,是图样的一个重要组成部分。GB/T 10609.1—1989 对标题栏的内容、格式与尺寸作了规定,如图 1.5 所示。

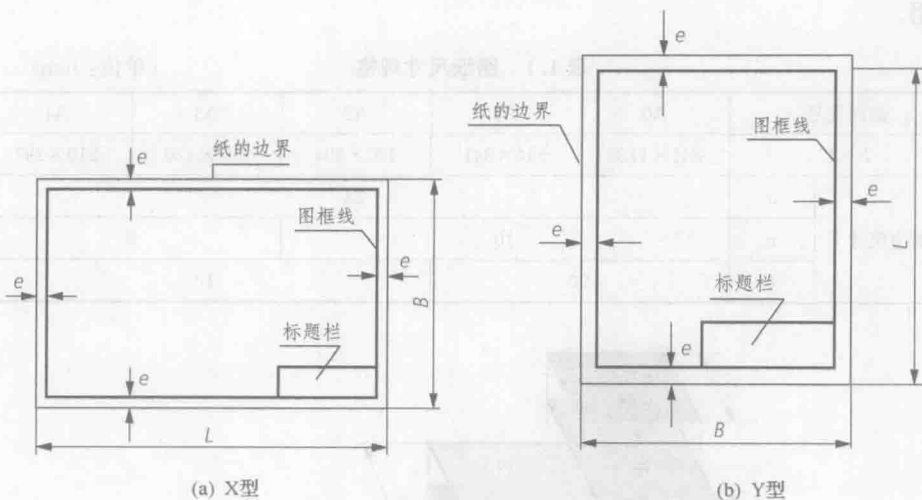


图 1.3 不留装订边图纸图框格式

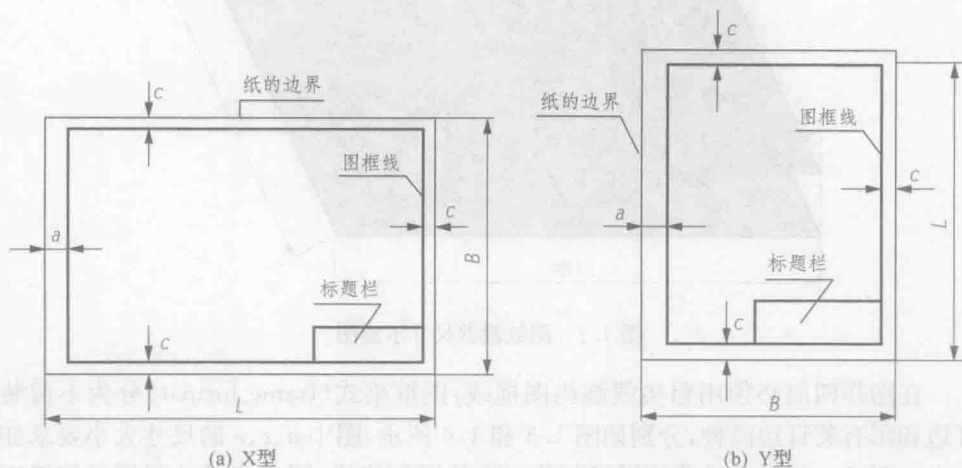


图 1.4 留装订边图纸图框格式

学校制图作业中零件图的标题栏推荐采用如图 1.6 所示的格式和尺寸,外框为粗实线,里边为细实线,其右边线和底边线应与图框线重合。

装配图的标题栏及明细栏推荐采用如图 1.7 所示的格式和尺寸。

1.3.3 比例

比例(scales)是图样中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比,分为三种类型:原值比例、放大比例与缩小比例。比值为 1 的比例,即 1:1,称为原值比例;比



图 1.5 标题栏的格式

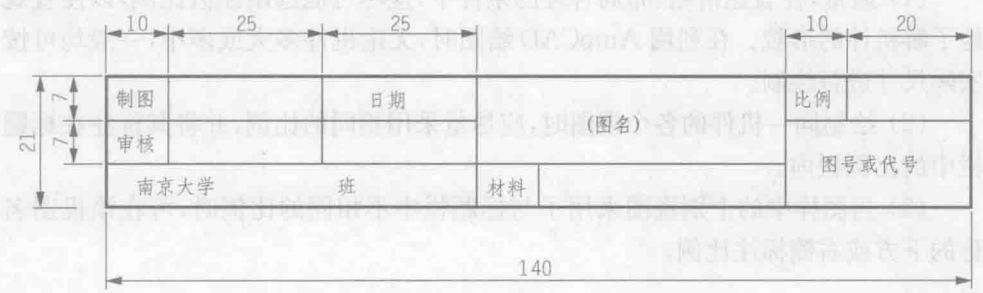


图 1.6 教学用简化标题栏



图 1.7 装配图常用标题栏和明细栏

值大于 1 的比例,如 2:1 等,称为放大比例;比值小于 1 的比例,如 1:2 等,称为缩小比例。但是,不管用哪种比例绘制图形,图中的尺寸均应按照实物的实际大小进行标注。

国家标准(GB/T 14690—1993)规定了上述各种比例的比例系列。表 1.2 中是常用的部分比例系列。绘制图样时,一般可从中选择采用。

表 1.2 常用的绘图比例

种类	比例
原值比例	1:1
放大比例	2:1, 2.5:1, 4:1, 5:1, 10:1
缩小比例	1:1.5, 1:2, 1:2.5, 1:3, 1:4, 1:5

在国家标准中,对比例还有以下规定:

(1) 通常,在表达清晰、布局合理的条件下,应尽可能选用原值比例,以便直观地了解机件的形貌。在利用 AutoCAD 绘图时,无论机件多大或多小,一般均可按实际尺寸进行绘制。

(2) 绘制同一机件的各个视图时,应尽量采用相同的比例,并将其标注在标题栏中的比例栏内。

(3) 当图样中的个别视图采用了与标题栏中不相同的比例时,可在该视图名称的下方或右侧标注比例。

1.3.4 字体

在工程图纸上,图形必须画得正确、标准,同时文字也必须写得清楚规范。国家标准(GB/T 14691—1993)规定了图样上汉字、字母、数字的书写规范:图纸上需要书写的文字、数字或符号等,均应笔画清楚、字体工整、间隔均匀、排列整齐。具体规定如下。

1) 字高(用 h 表示)

字体的高度代表了字体的号数。字体高度(h)的公称尺寸(单位为 mm)系列有八种(表 1.3)。

表 1.3 8 种字体高度(h)

(单位: mm)

1.8	2.5	3.5	5	7	10	14	20
-----	-----	-----	---	---	----	----	----

若需要书写更大的字时,其字体高度按照 $\sqrt{2}$ 的比例递增。

2) 汉字

图样中的汉字应写成长仿宋体,并采用国家正式公布推行的简化字。汉字的高度 h 不应小于 3.5mm,其字宽一般为字高的 $1/\sqrt{2}$ 。A 型字体用于机器书写,笔