

工程图学基础

□ 李雪梅 主编
□ 邝 明 高 悦 副主编



清华大学出版社

● 北京交通大学出版社

工程图学基础

李雪梅 主 编
邝 明 高 悦 副主编

清华大学出版社

北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书为适合电子类、通信类、管理类等专业工程制图课程的教学用书。书中将三维形体的各种投影表达方法、工程制图及计算机绘图有机地结合起来。本书采用了最新的国家制图标准进行编写, 计算机绘图部分介绍了 AutoCAD 2008 的使用方法。本书共包含十一章, 主要内容有: 制图基本知识、投影基本知识、平面立体、曲面及曲面立体、组合体、轴测投影、图样画法、透视投影、机械图、土木工程图、计算机辅助绘图等。

本书配套有《工程图学基础习题集》。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签, 无标签者不得销售。

版权所有, 侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

工程图学基础/李雪梅主编. —北京: 清华大学出版社; 北京交通大学出版社, 2009. 1

ISBN 978-7-81123-447-3

I. 工… II. 李… 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 182206 号

责任编辑: 韩 乐

出版发行: 清华大学出版社 邮编: 100084 电话: 010-62776969 <http://www.tup.com.cn>

北京交通大学出版社 邮编: 100044 电话: 010-51686414 <http://press.bjtu.edu.cn>

印刷者: 北京泽宇印刷有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印张: 12.75 字数: 318 千字

版 次: 2009 年 7 月第 1 版 2009 年 7 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-81123-447-3/TB·12

印 数: 1~4 000 册 定价: 22.00 元

本书如有质量问题, 请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评, 我们表示欢迎和感谢。

投诉电话: 010-51686043, 51686008; 传真: 010-62225406; E-mail: press@bjtu.edu.cn。

序

本书是为了适应高等教育改革的需要,立足于加强素质教育、培养创新能力等新的教育观念,结合多年的教学实践及近年来工程制图课程改革的经验编写而成,并配有相应的习题集,适合电子类、通信类、管理类等非机非土类专业的工程制图课程使用。

本教材在编写时,针对读者群的特点,弱化了画法几何的理论部分,着重于图形表达能力、空间想像力和创新能力的培养,并增加了工程图中的内容。

本书的主要特点是:

(1) 从立体入手,将直线、平面的投影特性融入立体的投影之中,将理论与实际的应用有机地结合起来,便于读者空间概念的建立及后续内容的学习。

(2) 编入轴测图润饰和透视投影的基本知识,既完整地介绍了两种投影法,又加强了图形表达能力的培养,使读者能够了解掌握多种投影图的表达方法。

(3) 考虑到读者的专业特点,减少机械图的内容和深度,编入土建工程图,以适应读者在学习、工作和生活中的需要。

(4) 在计算机绘图部分,考虑了软件的特点与学习的规律,并结合了实践经验进行编写,没有逐一介绍各个命令的使用方法,而是重点总结同类命令的使用规律,以便读者能在较短的篇幅内对计算机绘图软件有概括的了解,掌握其内在规律,达到快速入门的目的。

本教材深入浅出、图文并茂,采用了最新国家标准。

本书配套出版有《工程图学基础习题集》,以便于教学中使用。

本书由北京交通大学李雪梅任主编,邝明、高悦任副主编,参加编写的有李雪梅(绪论、第2章、第3章、第8章、第10章、第11章)、邝明(第4章、第6章、第9章)、高悦(第1章、第5章、第7章)。

欢迎读者对本书的缺点和错误予以批评指正。

编者

2009年3月

于北京交通大学

目 录

绪论	1
第1章 制图基本知识	2
1.1 制图的基本规定	2
1.1.1 图纸幅面和格式 (GB/T 14689—1993)	2
1.1.2 比例 (GB/T 14690—1993)	4
1.1.3 字体 (GB/T 14691—1993)	5
1.1.4 图线 (GB/T 17450—1998、GB/T 4457.4—2002)	6
1.1.5 尺寸标注 (GB/T 4458.4—2003、GB/T 16675.2—1996)	8
1.2 绘图工具和仪器	11
1.2.1 绘图工具	11
1.2.2 绘图仪器	13
1.3 几何作图	14
1.3.1 斜度和锥度	14
1.3.2 正多边形	15
1.3.3 圆弧连接	16
1.3.4 平面图形的绘制	17
1.3.5 徒手图的绘制	19
1.3.6 仪器绘图	21
第2章 投影基本知识	23
2.1 投影的形成及分类	23
2.1.1 投影法的基本概念	23
2.1.2 投影法的分类	23
2.1.3 正投影的投影特性	24
2.1.4 工程上常用的投影图	25
2.2 三面正投影图	27
2.2.1 投影体系的建立及投影图的形成	27
2.2.2 三面正投影图的投影规律	28
2.3 物体上几何元素的投影特性	29
2.3.1 平面的投影特性	29
2.3.2 直线的投影特性	33
2.3.3 点的投影规律	36
第3章 平面立体	37
3.1 平面基本立体的投影	37

3.1.1	棱柱	37
3.1.2	棱锥	38
3.2	平面立体表面上的直线段和点	39
3.2.1	平面立体表面上的直线段	39
3.2.2	平面立体表面上的点	40
3.3	平面立体的截切	43
3.3.1	截交线的基本概念	43
3.3.2	单一平面截切平面立体	44
3.3.3	多个平面截切平面立体	47
第4章	曲面立体	51
4.1	曲面	51
4.1.1	曲面的形成及分类	51
4.1.2	常见曲面	51
4.2	回转体	56
4.2.1	圆柱	56
4.2.2	圆锥	57
4.2.3	圆球	58
4.3	回转体的截切	59
4.3.1	圆柱的截交线	59
4.3.2	圆锥的截交线	61
4.3.3	圆球的截交线	63
4.4	回转体相贯	64
4.4.1	相贯线的作图方法	64
4.4.2	相贯线的特殊情况	68
第5章	组合体	70
5.1	组合体的组成分析	70
5.1.1	组合体的组合方式	70
5.1.2	组合体中的表面连接关系	70
5.2	组合体三视图的绘制	72
5.2.1	形体分析法	72
5.2.2	组合体三视图的绘制步骤	72
5.3	组合体三视图的阅读	76
5.3.1	读图应注意的几个问题	76
5.3.2	组合体读图的方法和步骤	79
5.3.3	由两个视图补画第三视图	82
5.4	组合体的尺寸标注	84
5.4.1	组合体的尺寸类型	84
5.4.2	基本几何体的尺寸标注	85
5.4.3	截切体和相贯体的尺寸标注	86

5.4.4	组合体尺寸标注的一般步骤	86
5.4.5	组合体尺寸标注应注意的问题	86
5.5	组合体的构形设计	88
5.5.1	组合体构形设计的基本原则	88
5.5.2	组合体构形设计的基本形式	89
5.5.3	组合体构形设计的常见类型	91
第6章	轴测投影	93
6.1	概述	93
6.1.1	轴测投影图的形成	93
6.1.2	轴测投影图的投影特性	94
6.1.3	轴测投影图的分类	94
6.2	轴测投影图的绘制	94
6.2.1	正轴测图的绘制	94
6.2.2	斜轴测图的绘制	101
6.3	轴测图的润饰	103
6.3.1	润饰的基本原则——三面五调	104
6.3.2	黑白润饰的画法	105
6.4	徒手绘制草图的方法	107
6.4.1	目测的方法	107
6.4.2	徒手绘制正投影草图	107
6.4.3	徒手绘制轴测投影草图	108
第7章	图样画法	110
7.1	视图	110
7.1.1	基本视图	110
7.1.2	向视图	112
7.1.3	局部视图	112
7.1.4	斜视图	113
7.2	剖视图	113
7.2.1	剖视图的概念	114
7.2.2	剖视图的种类	116
7.2.3	剖切面的种类	117
7.3	断面图	119
7.3.1	移出断面图	119
7.3.2	重合断面图	120
7.4	局部放大图和简化画法	120
7.4.1	局部放大图	121
7.4.2	简化画法	121
7.5	第三角投影简介	122
第8章	透视投影	125

8.1	概述	125
8.1.1	透视投影的形成	125
8.1.2	透视投影的画法	126
8.1.3	灭点及直线的全长透视	127
8.1.4	视高对透视效果的影响	128
8.2	两点透视和一点透视	129
8.2.1	概念	129
8.2.2	两点透视的画法	129
8.2.3	一点透视的画法	131
8.3	三点透视	132
第9章	机械图	134
9.1	螺纹及螺纹紧固件	134
9.1.1	螺纹	134
9.1.2	常用螺纹紧固件	137
9.2	零件图	139
9.2.1	零件图的内容	139
9.2.2	零件的视图表达	139
9.2.3	几种典型零件的视图表达	141
9.3	装配图	144
9.3.1	装配图的内容	144
9.3.2	装配图的规定画法和特殊画法	146
第10章	土木工程图	148
10.1	房屋建筑施工图	148
10.1.1	总平面图	148
10.1.2	建筑平面图	149
10.1.3	建筑立面图	152
10.1.4	建筑剖面图	154
10.2	桥梁工程图	156
10.2.1	桥墩图	156
10.2.2	桥台图	159
第11章	计算机辅助绘图	162
11.1	计算机绘图简介	162
11.1.1	计算机辅助绘图与工程制图的关系	162
11.1.2	计算机辅助绘图与计算机辅助设计、计算机辅助制造及计算机集成制造的关系	162
11.1.3	计算机辅助绘图软件简介	162
11.2	AutoCAD 2008 的界面与基本操作	163
11.2.1	界面简介	163
11.2.2	绘图界面的设置	165
11.2.3	命令的输入	166

11.2.4	数据的输入	167
11.2.5	文件操作命令	168
11.2.6	退出 AutoCAD 系统	169
11.3	绘图和对象特性	169
11.3.1	基本二维绘图命令	170
11.3.2	文本的设置及输入	173
11.3.3	对象特性	175
11.4	视图显示控制和绘图工具按钮	178
11.4.1	视图显示控制	178
11.4.2	绘图工具按钮	179
11.5	修改	181
11.5.1	对象选择方法	181
11.5.2	修改命令	182
11.6	AutoCAD 中的尺寸标注	188
11.6.1	标注样式的设置	188
11.6.2	尺寸标注	191
参考文献		193

绪 论

一、本课程的研究对象及设置目的

工程制图是研究绘制工程图样的一门科学。工程图样被喻为“工程界的语言”。

各种工程的设计、生产过程中，都是通过工程图样来表达设计意图，并根据工程图样指导生产和进行技术交流的。

图形是表达物体形象的便利工具，也是表达形象思维结果的重要手段，而形象思维能力是创造性思维能力的重要基础，本课程的学习过程就是空间想象力和形象思维能力的培养过程。

理工课程较多地运用逻辑思维，而缺少形象思维的训练，而本课程既是理工科的一门技术基础课，又是普通高校的一门培养学生综合思维能力的课程。

二、本课程的主要学习任务

- (1) 学习投影法的基本理论及其应用，重点在正投影法的学习。
- (2) 培养空间想象能力及图示、图解的基本能力。
- (3) 培养绘制和阅读正投影图的能力。
- (4) 了解不同专业的工程图样的表达方法及主要图示内容。
- (5) 培养运用计算机绘制图形的基本能力。

三、本课程的学习方法

本课程包括制图基础、投影法、工程图和计算机绘图四部分内容。制图基础主要是学习制图的基本规定、平面图形的绘制方法及相关的国家标准。投影法主要学习正投影图、轴测投影图及透视投影图的绘制原理和方法。工程图主要是学习机械图和土建图的表达和阅读方法。计算机绘图主要是学习计算机软件的应用。各部分之间既有各自的特点，又有紧密的联系。在学习时应注意以下问题。

- (1) 明确空间关系，养成空间思维的习惯。

本课程解决的核心问题是三维实体和二维图形之间的相互转换，因此，在学习投影规律时，应从空间关系入手，理解空间过程，养成空间思维的习惯，而不能死背条文。开始可以借助模型或立体图加强对物体的感性认识，但要逐步减少对模型的依赖，直到靠自己的空间想象完成三维实体和二维图形之间的相互转换。

- (2) 多做练习，积极实践。

本课程是一门实践性很强的课程，无论习题中的投影练习，还是手工绘图或计算机绘图，都必须经过反复练习，才能做到快速、准确地完成要求绘制的图形。

- (3) 养成认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

图面上一丝一毫的差错，都会给生产实践带来严重的后果，因此，要养成良好的习惯，从一条线、一个尺寸到图形的表达，都要严格按照制图标准中的规定绘制，绝不能随心所欲，自己想怎么画就怎么画。事实上，无论从事何种工作，都需要认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

第 1 章 制图基本知识

工程图样被誉为工程界的语言，为了正确、快速地绘制和阅读工程图样，必须掌握工程图样相关标准和规范中的基本知识。《技术制图》国家标准是工程界重要的技术基础标准，是绘制和阅读工程图样的准则和依据。不同的专业根据各自的专业特点，制定有各自的专业制图标准，如机械图中同时使用《机械制图》国家标准，房屋建筑图中同时使用《房屋建筑制图》国家标准。本章主要介绍国家标准中《技术制图》的一般规定，尺规制图时常用的绘图工具和仪器及其使用方法，常见的几何作图、平面图形的绘制方法和步骤等。

1.1 制图的基本规定

为便于生产、管理和技术交流，工程图样的规格、内容、画法和尺寸标注等，必须遵循国家《技术制图》标准的规定。国家标准也简称“国标”，其代号为“GB”（“GB/T”为推荐性国标），“GB”或“GB/T”字母后的两组数字，分别表示标准顺序号和标准批准发布的年份，例如：“GB/T 14689—1993 技术制图 图纸幅面和格式”，即表示制图标准：图纸幅面和格式部分，标准顺序号为 14689，批准发布的年份为 1993 年。本节主要介绍《技术制图》对图纸幅面及格式、比例、字体、图线和尺寸标注等基本规定，其他规定将在相关章节中介绍。

1.1.1 图纸幅面和格式 (GB/T 14689—1993)

1. 图纸幅面尺寸

图纸的幅面是指图纸本身的大小。绘制技术图样时，应优先采用表 1-1 所规定的 5 种基本幅面。必要时，也允许按规定加长幅面，但加长量必须符合国家标准 (GB/T 14689—1993) 中的规定。

表 1-1 基本幅面类别和尺寸

代号 尺寸(mm)	A0	A1	A2	A3	A4
	$B \times L$	841 × 1189	594 × 841	420 × 594	297 × 420
e	20		10		
c	10			5	
a	25				

2. 图框格式

图框是图纸上绘图范围的边线。绘制技术图样时，应用粗实线画出图框。图纸格式分为留装订边和不留装订边两种，但同一产品的图样只能采用一种格式。留装订边的图纸，其图框格式如图 1-1 所示。不留装订边的图纸，其图框格式如图 1-2 所示。 a 、 c 、 e 的尺寸按表

1-1 的规定选取。每种格式又分为 X 型(横放)和 Y 型(竖放)两种, X 型图纸标题栏的长边与图纸的长边平行, 如图 1-1(a) 所示; Y 型图纸标题栏的长边与图纸的长边垂直, 如图 1-1(b) 所示。

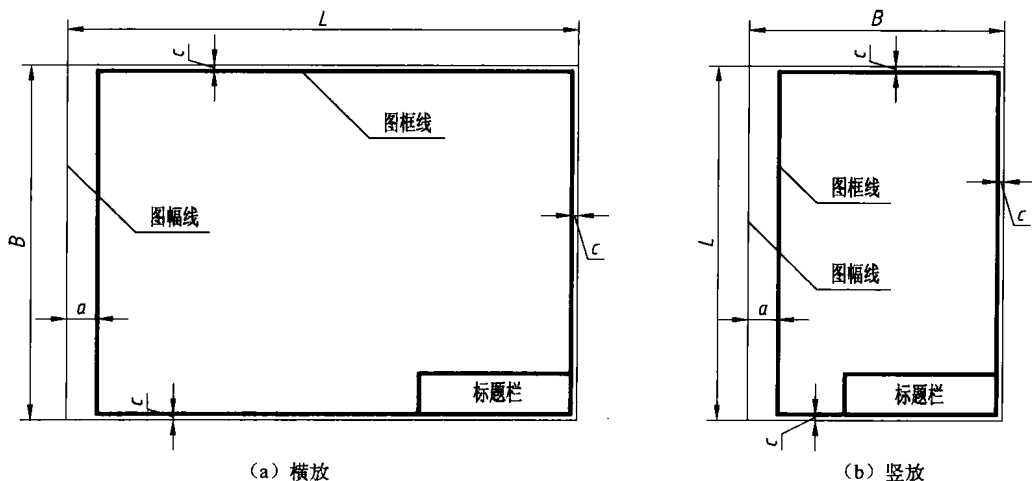


图 1-1 留装订边的图框格式

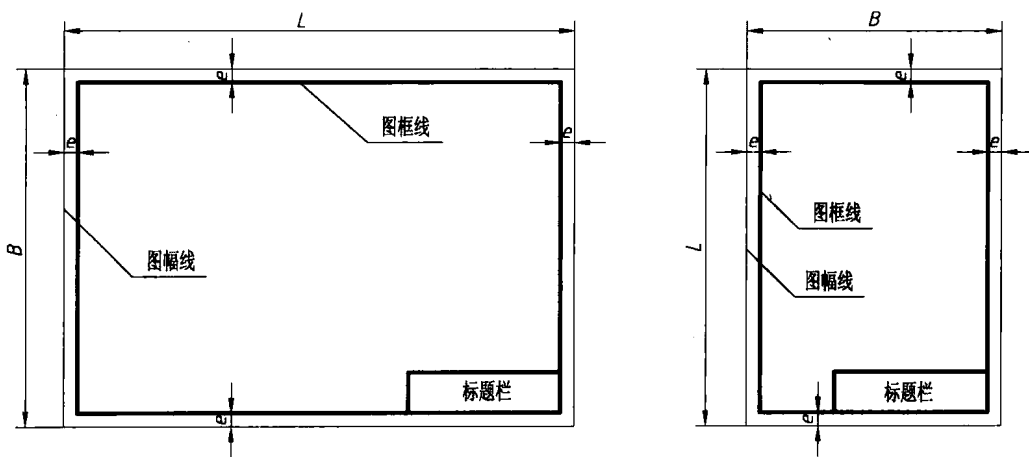


图 1-2 不留装订边的图框格式

3. 标题栏

标题栏的位置应该位于图纸的右下角, 用于填写设计单位、工程名称、图名、图纸编号、比例、设计者和审核者等内容, 如图 1-1、1-2 所示。对于预先印制的图纸可按图 1-3 所示位置使用, 并应加注方向符号以明确表示看图方向。方向符号是用细实线绘制的高为 6 的等边三角形。

在本教材中采用图 1-4 作为学生制图作业使用的标题栏, 其格式、尺寸及内容如图所示。其中图名为 10 号字, 其他可采用 7 号或 5 号字。

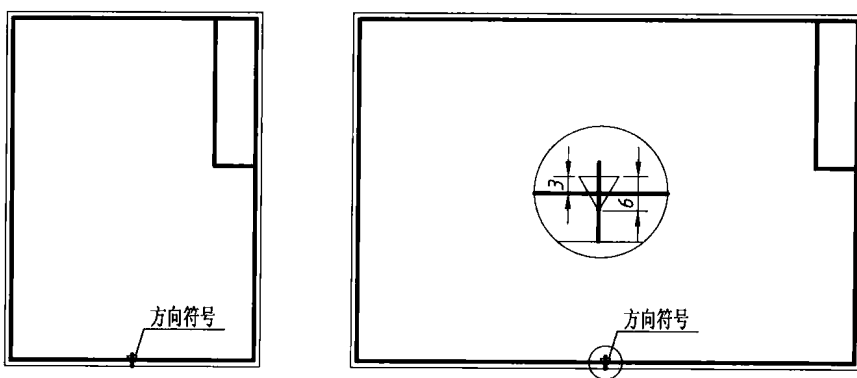


图 1-3 标题栏的配置

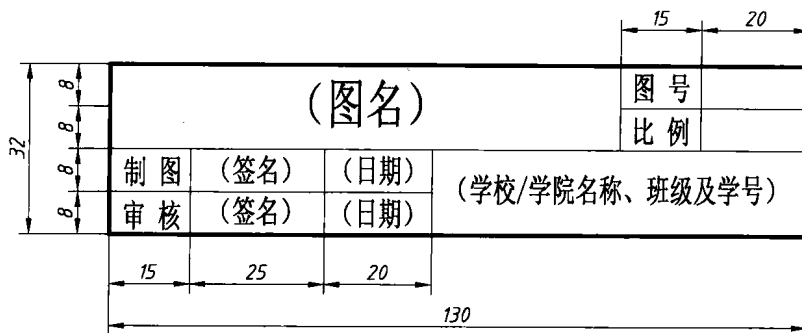


图 1-4 学生用标题栏推荐格式

1.1.2 比例(GB/T 14690—1993)

图样的比例是指图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。比例分为三种：比值为1的比例，即1:1，称为原值比例；比值大于1的比例，如2:1，称为放大比例；比值小于1的比例，如1:2，称为缩小比例。

需要按比例绘制图样时，优先从表1-2规定的系列中选取适当的比例。

表 1-2 常用比例

种 类	比 例			
原值比例	1:1			
放大比例	$5 \times 10^n:1$	$2 \times 10^n:1$	$1 \times 10^n:1$	
缩小比例	$1:2 \times 10^n$	$1:5 \times 10^n$	$1:1 \times 10^n$	

注：n 为正整数

必要时，也允许选取表1-3中的比例。

表 1-3 可用比例

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

注: n 为正整数

1.1.3 字体(GB/T 14691—1993)

图样中的字体应按照“国标”规定书写。书写字体必须做到:字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。字体的号数用字体的高度表示,字号分为8种,其字体高度(单位毫米)分别为:1.8、2.5、3.5、5、7、10、14、20。如需书写更大的字,其字体高度应按 $\sqrt{2}$ 的比值递增。

图样中的汉字应写成长仿宋体字,并应采用国家正式颁布的简化字。汉字的高度不应小于3.5 mm。其字宽与字高的关系应符合表1-4的规定。

表 1-4 长仿宋体规格

字高(mm)	20	14	10	7	5	3.5
字宽(mm)	14	10	7	5	3.5	2.5

汉字书写的要领是横平竖直、起落分明、笔锋满格,上下左右笔锋要尽可能靠近字格,但如日、口等框形字,要比字格略小,笔划布局要均匀紧凑。图1-5所示为长仿宋体字的字样。

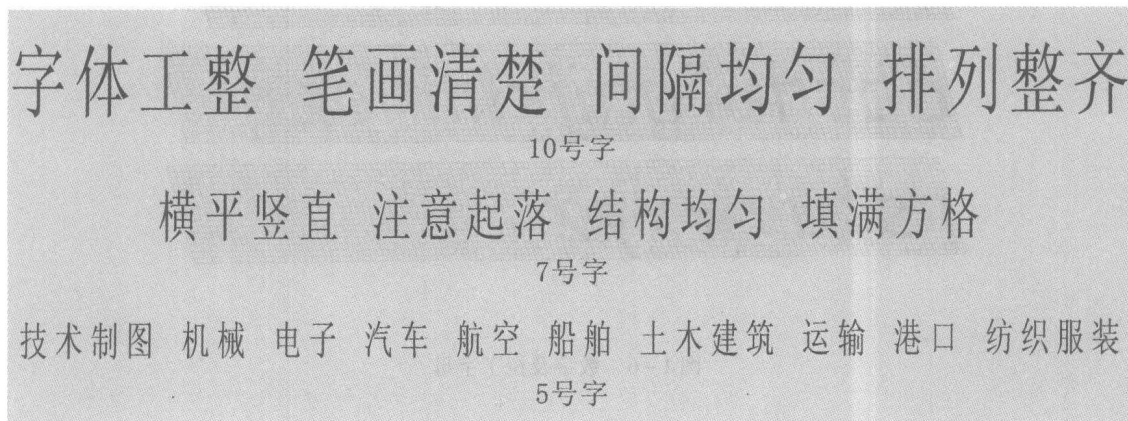
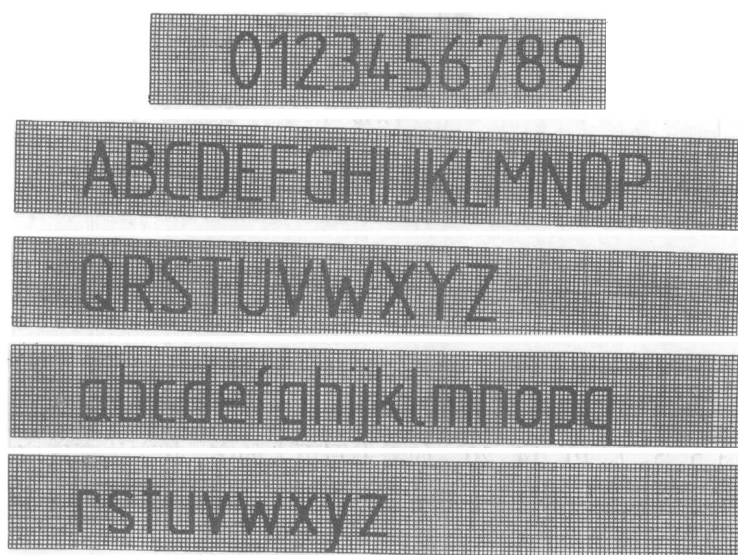
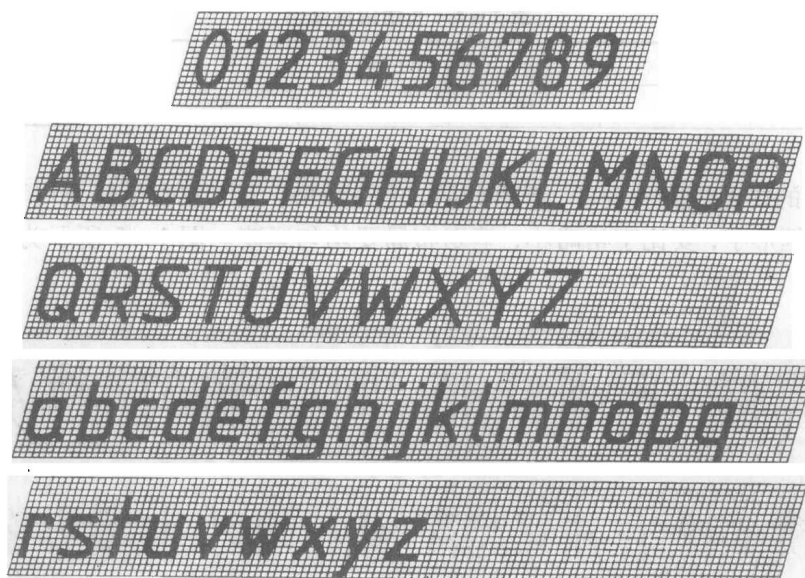


图 1-5 汉字

字母和数字的书写分为A型和B型。A型字体的笔画宽度(d)为字高(h)的十四分之一, B型字体的笔画宽度(d)为字高(h)的十分之一。两种字体均可写成直体和斜体,斜体字字头向右倾斜与水平基准线成 75° 。图1-6所示为阿拉伯数字和字母的部分示例,其中图1-6(a)为A型直体字体,图1-6(b)为B型斜体字体。



(a)



(b)

图 1-6 数字及拉丁字母

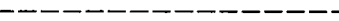
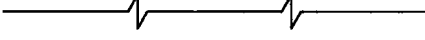
1.1.4 图线 (GB/T 17450—1998、GB/T 4457.4—2002)

图线的形状可以是直线或曲线,连续线或不连续线。图线的线型有实线、虚线、点画线、折断线、波浪线等,图线又有粗、细之分。各类图线的线型、线宽及用途如表 1-5 所示。

机械制图中规定图线宽度分为粗线和细线,其宽度比率为 2:1,而土木工程图样图线宽度分为粗、中、细三种,粗线、中粗线和细线的宽度比率为 4:2:1。所有线型的线宽应根据图样的复杂程度和比例的大小从以下宽度系列中选择:即 0.13 mm, 0.18 mm, 0.25 mm,

0.35 mm, 0.5 mm, 0.7 mm, 1 mm, 1.4 mm, 2 mm。在同一图样中, 同类图线的宽度应一致。

表 1-5 图线

图线名称	图线线型	一般用途
粗实线		可见轮廓线
细实线		尺寸线、尺寸界限、剖面线、指引线、图例线等
粗虚线		见有关专业制图标准
细虚线		不可见轮廓线
粗单点画线		见有关专业制图标准
细单点画线		对称中心线、轴线等
粗双点画线		见有关专业制图标准
细双点画线		假想轮廓线、成型前原始轮廓线
双折线		断裂处的边界线
波浪线		断裂处的边界线

图线的画法和要求如下。

① 绘制图线时, 应用力一致, 速度均匀, 线条应达到光滑、圆润、浓淡一致的要求。

② 虚线、单点画线和双点画线的线段长度和间隔应保持一致。绘制手工图时, 虚线每段线段长 4~6 mm, 间隔约为 1 mm。单点画线和双点画线每段线段长度为 15~20 mm, 间隔和短画分别约为 3 mm 和 5 mm, 如图 1-7 所示。

③ 单点画线和双点画线的起止端不应是点。在较小的图形中, 若绘制单点画线和双点画线有困难, 可用细实线代替。当单点画线用作轴线、对称线、中心线时, 应超出图形的轮廓线 2~3 mm, 如图 1-8 所示。

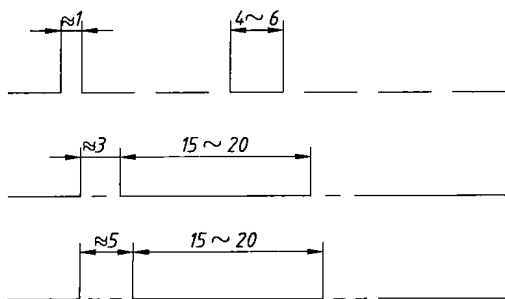


图 1-7 图线画法

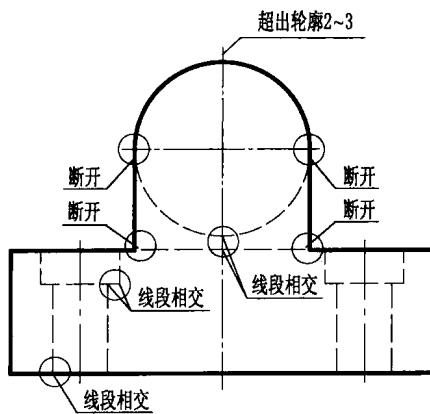


图 1-8 图线交接的画法

④ 当虚线、点画线等不连续线之间相交或与实线相交时, 必须是线段相交, 不能是间隔或点相交。但当虚线为实线的延长线时, 应留有间隔。如图 1-8 所示。

⑤ 图线不得与文字、数字或符号重叠、相交。若不可避免时, 应首先保持文字等的清

晰,图线在文字处断开,如图1-9所示。

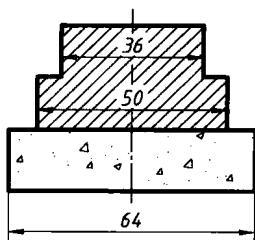


图1-9 图线经过文字时须断开

1.1.5 尺寸标注(GB/T 4458.4—2003、GB/T 16675.2—1996)

图形只能表达物体的形状,物体的真实大小还需要由标注的尺寸数值确定。一个完整的尺寸标注,由尺寸界线,尺寸线,尺寸起止符号和尺寸数字及尺寸单位组成。如图1-10所示。

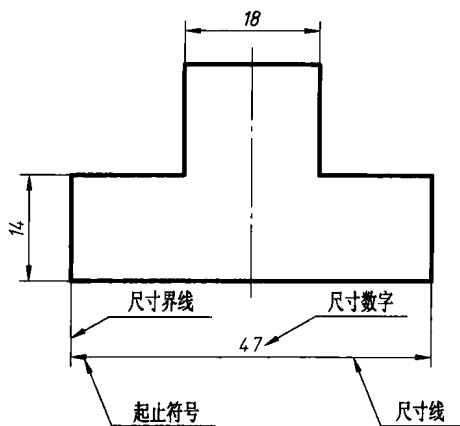


图1-10 尺寸的组成

1. 尺寸标注的基本规定

(1) 图样上所注的尺寸数值表示物体的真实大小,与绘图比例及绘图的准确度无关。

(2) 图样(包括技术要求和其他说明)中的尺寸,一般以毫米为单位,并且不需标注“毫米”或“mm”字样。如采用其他尺寸单位,则应注明其计量单位的代号或名称。

(3) 物体的每一尺寸,一般只标注一次,并应标注在反映该结构最清晰的图形上。

(4) 图样中所注的尺寸,为该图样所示物体的

最后完工尺寸,否则应另加说明。

2. 尺寸要素

一个完整的尺寸,包含下列4个尺寸要素。

1) 尺寸界线

尺寸界线用细实线绘制,一般应与被标注的图线垂直。尺寸界线由图形的轮廓线,轴线或对称中心线处引出,另一端宜超出尺寸线2~3 mm。

图1-11为一些特殊的尺寸界线的标注方法。

2) 尺寸线

尺寸线用细实线绘制,用以标注尺寸。线性尺寸线应与被标注的图线平行,两端不宜超出尺寸界线。

3) 尺寸起止符号

尺寸起止符号绘制在尺寸线与尺寸界线相交的两端,一般用箭头表示,如图1-10所示。建筑制图中用中粗短斜线,其倾斜方向应与尺寸界线成顺时针45°角,长度宜为2~3 mm,如图1-12(b)所示。在轴测图中,尺寸起止符号为小圆点,如图1-12(c)所示。箭头的尺寸及画法如图1-12(a)所示,图中的 d 表示粗实线的宽度。