

高等学校教材

工程制图

合肥工业大学工程图学教研室 编



机械工业出版社

高 等 学 校 教 材

工 程 制 图

合肥工业大学工程图学教研室 编



机 械 工 业 出 版 社

本书是根据《高等工业学校画法几何及机械制图课程教学基本要求》（非机类各专业适用，参考学时范围：80~100 学时）的精神，同时，吸收了多本、同类教材的精华编写而成的。全书共 12 章及附录，包括：制图的基本知识和技能；点、直线、平面的投影；立体的投影；组合体、轴测图、机件的表达方法；零件图，标准件和常用件、装配图，计算机绘图，展开图，焊接图和附录等。

图书在版编目（CIP）数据

工程制图/李学京，潘陆桃主编. —北京：机械工业出版社，1999.7
ISBN 7-111-07414-9

I.工… II.①李… ②潘… III.工程制图 IV.TB23

中国版本图书馆 CIP 数据核字（1999）第 32779 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

责任编辑：武 江

封面设计：姚 毅 责任印制：何全君

三河市宏达印刷厂印刷 • 新华书店北京发行所发行

1999 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm1/16 • 19.75 印张 • 474 千字

0 001—5 000 册

定价：28.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话（010）68993821、68326677-2527

前 言

本书是根据《高等工业学校画法几何及机械制图课程教学基本要求》(非机类各专业适用,参考学时范围:80~110学时)的精神,吸收了多本同类教材的精华,总结了我室多年的教学经验,为方便“工程制图”课程的教学而编写的;与本书配套的教材有《工程制图习题集》,均由我室编写,由机械工业出版社出版。

编写过程中,力求做到以下几点:

1. 明确编写目的。本书是将“画法几何”和“制图”合并编写,以减少不必要的重复;通过认真分析学生认识问题及学习的规律,按点、线、面、体、零件、装配体的顺序,由浅入深地编写;结合实际研究“物—图”之间的相互转化问题;宗旨是拓宽学生的空间想象能力,培养独立分析问题和解决问题的能力,学会画图及读图的技能,为后续课程打好基础。

2. 合理安排内容。在内容取舍及章节划分时,既考虑到内容的系统性,又兼顾了方便教学;全书共12章及附录,包括:制图的基本知识和技能,点、直线、平面的投影,立体的投影,组合体,轴测图,机件的表达方法,零件图,标准件和常用件,装配图,计算机绘图,展开图,焊接图和附录等。在内容分析、图例选用及例题的讲解等方面,遵从的原则是博采众长,尽量采取一步一图的分析方式,从引导学生空间思维开始,紧扣原理,由浅入深,由详到略,循序渐进;制图部分始终贯彻形体分析、线面分析和结构分析的方法;考虑到本课程的理论性及实践性均较强,特别是最后要落实到零件图及装配图上,所以,这部分所选的图例大多取材于生产实际,并配以轴测图,以便于理解及分析。

3. 贯彻新标准,采用新技术。例如:锥度标注采用了1995年的国家标准;计算机绘图一章中采用了C语言编程等。

本书由李学京、潘陆桃主编。参加编写的有(按章节顺序):李学京(绪论、第9章、第10章、第11章、第12章),戴中宁(第1章、附录),潘陆桃(第2章、第5章、第8章)、黄皖苏(第3章、第4章),杨晓东(第6章、第7章)。

全书由王永智教授主审。在本书编写过程中,合肥工业大学工程图学教研室的同志们提出了许多宝贵的意见和建议,在此一并致谢。

由于编者水平所限,书中难免有缺点和错误,恳请读者批评指正。

编 者

1999年4月

目 录

前言

绪论	1
第1章 制图的基本知识和技能	3
1.1 国家标准《技术制图与机械制图》的基本规定	3
1.1.1 图纸幅面及格式	3
1.1.2 比例	5
1.1.3 字体	6
1.1.4 图线 (GB4457.4—84)	7
1.1.5 尺寸注法 (GB4458.4—84)	10
1.2 绘图工具、仪器的使用方法	15
1.2.1 图板、丁字尺和三角板	15
1.2.2 比例尺	16
1.2.3 绘图铅笔	17
1.2.4 绘图仪器	18
1.2.5 曲线板	20
1.2.6 绘图机	21
1.3 几何作图	21
1.3.1 圆内接正多边形	22
1.3.2 斜度和锥度	23
1.3.3 圆弧连接	25
1.3.4 平面曲线	28
1.4 平面图形的线段分析及画图步骤	29
1.4.1 平面图形尺寸分析	30
1.4.2 平面图形中线段 (圆弧) 的分析	31
1.4.3 绘图的方法和步骤	32
第2章 点、直线、平面的投影	34
2.1 投影法的基本知识	34
2.1.1 中心投影法	34
2.1.2 平行投影法	34
2.2 点的投影	35
2.2.1 点的两面投影	35
2.2.2 点的三面投影	36
2.2.3 点的投影与其直角坐标的关系	37
2.2.4 两点的相对位置及重影点	38
2.3 直线的投影	40
2.3.1 直线及直线上点的投影	40

2.3.2 直线的实长及其对投影面的夹角.....	40
2.3.3 特殊位置直线	42
2.3.4 两直线的相对位置	44
2.3.5 直角的投影	46
2.4 平面的投影	47
2.4.1 平面的表示法	47
2.4.2 各种位置的平面	48
2.4.4 平面上的直线和点	51
2.5 直线和平面及两平面之间的相对位置.....	53
2.5.1 平行	53
2.5.2 相交	54
2.6 换面法	57
2.6.1 基本概念	57
2.6.2 点的换面	58
2.6.3 基本作图	60
2.6.4 换面法应用举例	62
第3章 立体的投影	65
3.1 平面立体	65
3.1.1 棱柱的投影	65
3.1.2 棱锥的投影	66
3.1.3 平面立体表面上的点和线	67
3.2 回转体	69
3.2.1 回转体的投影	69
3.2.2 回转体表面上点和线的投影	72
3.3 平面与立体表面的交线	76
3.3.1 平面与平面立体相交	76
3.3.2 平面与回转体相交	78
3.3.3 平面和组合回转体相交	84
3.4 两回转体表面的交线	86
3.4.1 表面取点法	87
3.4.2 辅助平面法	91
3.4.3 相贯线的特殊情况	94
第4章 组合体	96
4.1 物体的三视图	96
4.1.1 三视图的形成	96
4.1.2 三视图的投影规律	96
4.2 组合体的组成形式及分析方法	97
4.2.1 组合体的组合形式	97

4.2.2 形体各邻接表面间的相互位置	98
4.2.3 形体分析法	99
4.3 组合体三视图的画法	100
4.3.1 三视图的选择	101
4.3.2 画图步骤	101
4.3.3 相贯线、过渡线的简化画法	103
4.4 组合体的尺寸标注	105
4.4.1 基本形体的尺寸标注	105
4.4.2 组合体的尺寸标注	108
4.4.3 尺寸的清晰布置	109
4.5 读组合体视图的方法和步骤	110
4.5.1 读图的要点	110
4.5.2 读图的方法和步骤	112
4.5.3 读组合体三视图举例	115
4.6 第三角投影简介	119
4.6.1 第三角投影法基本概念	119
4.6.2 基于第三角投影法而形成的三视图	120
4.6.3 第一、三角投影法的标志	120
第5章 轴测图	122
5.1 轴测图的基本知识	122
5.1.1 轴测图的形成	122
5.1.2 轴测轴、轴间角、轴向伸缩系数	122
5.1.3 轴测图的投影特性	123
5.1.4 轴测图的分类	123
5.2 正等测的画法	123
5.2.1 轴间角和轴向伸缩系数	123
5.2.2 平面立体的画法	124
5.2.3 回转体的画法	125
5.2.4 组合体的画法	128
5.3 斜二测的画法	129
5.3.1 轴间角和轴向伸缩系数	129
5.3.2 坐标面内或平行于坐标面的圆的斜二测	129
5.3.3 斜二测的画法	130
第6章 机件的表达方法	133
6.1 视图	133
6.1.1 基本视图	133
6.1.2 斜视图	134
6.1.3 局部视图	135

6.1.4 旋转视图	136
6.2 剖视图	136
6.2.1 剖视图的概念、画法及标注	136
6.2.2 剖视图的种类	138
6.2.3 剖切面的各种情况	141
6.3 剖面图	144
6.3.1 基本概念	144
6.3.2 剖面的种类	145
6.4 局部放大图和简化画法	147
6.4.1 局部放大图	147
6.4.2 简化画法	148
6.5 综合应用举例	152
第7章 零件图	154
7.1 零件图的作用和内容	154
7.2 零件的视图选择与尺寸标注	155
7.2.1 视图选择原则	155
7.2.2 尺寸标注原则	155
7.2.3 典型零件的视图选择及尺寸标注	156
7.3 零件常见工艺结构	160
7.3.1 铸造结构	160
7.3.2 机械加工结构	162
7.4 零件图上的技术要求	165
7.4.1 表面粗糙度	165
7.4.2 公差与配合	171
7.4.3 形状和位置公差简介	178
7.5 零件测绘	180
7.5.1 零件测绘的方法和步骤	181
7.5.2 零件尺寸的测量方法	183
7.5.3 零件测绘中的注意事项	184
7.6 读零件图	185
第8章 标准件和常用件	187
8.1 螺纹及螺纹紧固件	187
8.1.1 螺纹	187
8.1.2 螺纹紧固件	191
8.2 键、销和滚动轴承	200
8.2.1 键	200
8.2.2 销	202
8.2.3 滚动轴承	203

8.3 齿轮和弹簧	205
8.3.1 齿轮	205
8.3.2 弹簧	209
第9章 装配图	212
9.1 装配图的作用及内容	214
9.1.1 装配图的作用	214
9.1.2 装配图的内容	214
9.2 装配图的表达方法	214
9.2.1 视图、剖视图、剖面图等装配图中的应用	215
9.2.2 规定画法	215
9.2.3 特殊画法	216
9.3 常见的装配结构和装置	217
9.4 装配图中的尺寸标注	219
9.4.1 特征尺寸	219
9.4.2 装配尺寸	219
9.4.3 外形尺寸	219
9.4.4 安装尺寸	219
9.4.5 其它重要尺寸	220
9.5 装配图中的技术要求	220
9.5.1 装配要求	220
9.5.2 检验要求	220
9.5.3 使用要求	220
9.6 装配图的标题栏、零件编号及明细表	220
9.6.1 标题栏	220
9.6.2 零件编号和明细表	221
9.7 装配体测绘和装配图画法	222
9.7.1 装配体测绘	222
9.7.2 画装配图	225
9.8 读装配图及由装配图拆画零件图	228
9.8.1 读装配图	228
9.8.2 由装配图拆画零件图	231
第10章 计算机绘图	234
10.1 计算机绘图的产生、应用及发展	234
10.2 计算机绘图系统	235
10.2.1 主机	235
10.2.2 图形输入设备	236
10.2.3 图形输出设备	236
10.2.4 计算机软件	237

10.3 基本图形元素的生成	237
10.3.1 点	238
10.3.2 直线	238
10.3.3 圆及圆弧	239
10.4 图形几何变换	239
10.4.1 二维几何变换	240
10.4.2 三维几何变换	242
10.4.3 投影变换	245
10.5 绘图程序设计	248
10.6 Auto CAD 简介	249
10.6.1 进入 Auto CAD	249
10.6.2 命令的输入方式	249
10.6.3 数据的输入方式	250
10.6.4 绘图环境及条件的设置	251
10.6.5 常用命令	251
10.6.6 退出 Auto CAD	258
第 11 章 展开图	259
11.1 平面立体的表面展开	260
11.2 可展曲面的展开	260
11.3 不可展曲面的近似展开	263
第 12 章 焊接图	265
12.1 概述	265
12.2 缝符号及其应用举例	265
12.2.1 基本符号	266
12.2.2 辅助符号	268
12.2.3 补充符号	270
12.2.4 焊缝尺寸符号	271
12.2.5 指引线	272
12.3 焊接图例	273
附 录	274

绪 论

一、图样的应用及图学的发展

利用投影原理表示研究对象的图形及相关的说明等,称为图样。

图样的最大优点是直观性强,故在远古时代即被应用,例如,原始人画影图形以便记忆或传递信息,产生了图学的萌芽,可见,图形比文字起源要早得多。进入文明时代后,其应用领域进一步拓展,形成了图学学科;近代及现代,人类进一步完善了图学学科体系,图样的应用也更广泛,地位更重要;特别是工程技术领域使用的工程图样,例如:机械图样、建筑图样、地质图样、电路图样等,已成为人们表达和交流技术思想的重要工具,是工程技术部门重要的技术文件,被喻为“工程界的语言”。

但是,多年来图样主要由人们手工绘制,已远远满足不了现代高速发展的科技及生产的需要。1946年电子计算机诞生,它的应用领域很快渗透到图学学科,产生了计算机绘图,并逐渐系统深入为计算机图形学(Computer Graphics)。计算机图形学的问世,为图学学科的发展揭开了一个崭新的篇章。

值得骄傲的是,中国以悠久文明著称,其中图学史料也极其丰富,例如人面鱼形图、浑天仪图、水碾图等,都被公认为是世界文化宝库中的精品,古代的中华图学是走在世界前列的;但近代的中国,由于受封建制度的束缚,工农业生产技术发展缓慢,使图学的水平也落后于西方了。新中国成立后,我国的图学理论及制图技术得到了突飞猛进的发展;特别在制定制图标准方面成绩尤为突出,早在1956就制定了部颁标准《机械制图》,1959年颁布了第一个国家标准《机械制图》,其后又多次修定,90年代又制定出国家标准《技术制图与机械制图》,完全形成了我国自己的制图标准体系。

二、本课程研究的对象及任务

工程制图课程是专门培养学生绘制和阅读工程图样的原理和方法的技术基础课;主要包括画法几何和制图两大部分内容。

本课程的主要任务是:

1. 学习正投影理论及其应用。
2. 学会用正投影原理并遵照国家标准《技术制图与机械制图》的规定,绘制和阅读工程图样的技能。
3. 培养学生的空间想象能力、空间分析能力和对空间形体的表达能力。
4. 培养自学能力、分析和解决问题的能力、创造能力和审美能力等。
5. 基本掌握计算机绘图的技能。
6. 培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

三、本课程的学习方法

1. 联系先期课程的知识,例如:“初等几何”知识等。
2. 认真听课及复习,切实领会空间想象、画图及读图的基本原理和方法。

3. 特别要认真做作业，只有通过作业实践，才能牢牢掌握图学的基本原理，熟悉形体分析、线面分析和结构分析等方法的应用，锻炼动手能力。

4. 瞄准新方向，钻研新技术；特别对于计算机绘图的内容，尽量在本课程学习了其初步的知识后，再通过自学或选修相关课程而加深之。

5. 不断改进学习方法，提高学习效率，锻炼自学能力和独立工作能力。

第1章 制图的基本知识和技能

本章重点介绍：国家标准《技术制图与机械制图》中的图纸幅面及格式、比例、字体、图线、尺寸注法；绘图工具及仪器的使用；几何图形及平面曲线的作图；平面图形的尺寸分析；绘图方法等。

1.1 国家标准《技术制图与机械制图》的基本规定

机械图样是现代机械设计和制造过程中重要的技术资料，是用来指导生产和进行技术交流的语言。统一图样的画法，是适应国内生产技术和国际间经济贸易往来，以及科学技术交流的需要，故国家标准《技术制图与机械制图》中，对图样的内容、格式、表达方式等都作了统一的规定，这是一项很重要的技术标准。人人都必须树立标准化的概念。严格遵守，认真执行国家标准。

国家标准简称国标，代号为“GB”，本节仅摘录了中国标准出版社 1996 年出版、国家技术监督局发布的国家标准《技术制图与机械制图》中的部分内容，其余内容将在以后各章节中分别叙述。

1.1.1 图纸幅面及格式

本节内容摘自《技术制图图纸幅面和格式》（GB/T14689—93）

1. 图纸幅面尺寸

绘制图样时，应优先采用表 1-1 中规定的基本幅面，必要时也可以采用加长幅面，但加长后的幅面尺寸必须是由基本幅面的短边成整数倍增加后得出。

表 1-1 图纸幅面

(mm)

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		

注： a 、 c 、 e 为留边宽度，参见图 1-1。

2. 图框格式

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装订边两种，但同一产品的图样只能采用一种格式。留有装订边的图样，其格式如图 1-1a 所示，周边尺寸按表 1-1 中的规定。一般采用 A3 幅面横装。不留装订边的图样，其图框格式如图 1-1b，周边尺寸见表 1-1。

3. 标题栏

由更改区、签字区、其它区、名称及代号区组成的栏目称为标题栏，它在图中的位置应按图 1-1 所示的方式配置，必要时，也可按图 1-2 所示的方式配置。标题栏中的文字方向为看图的方向。

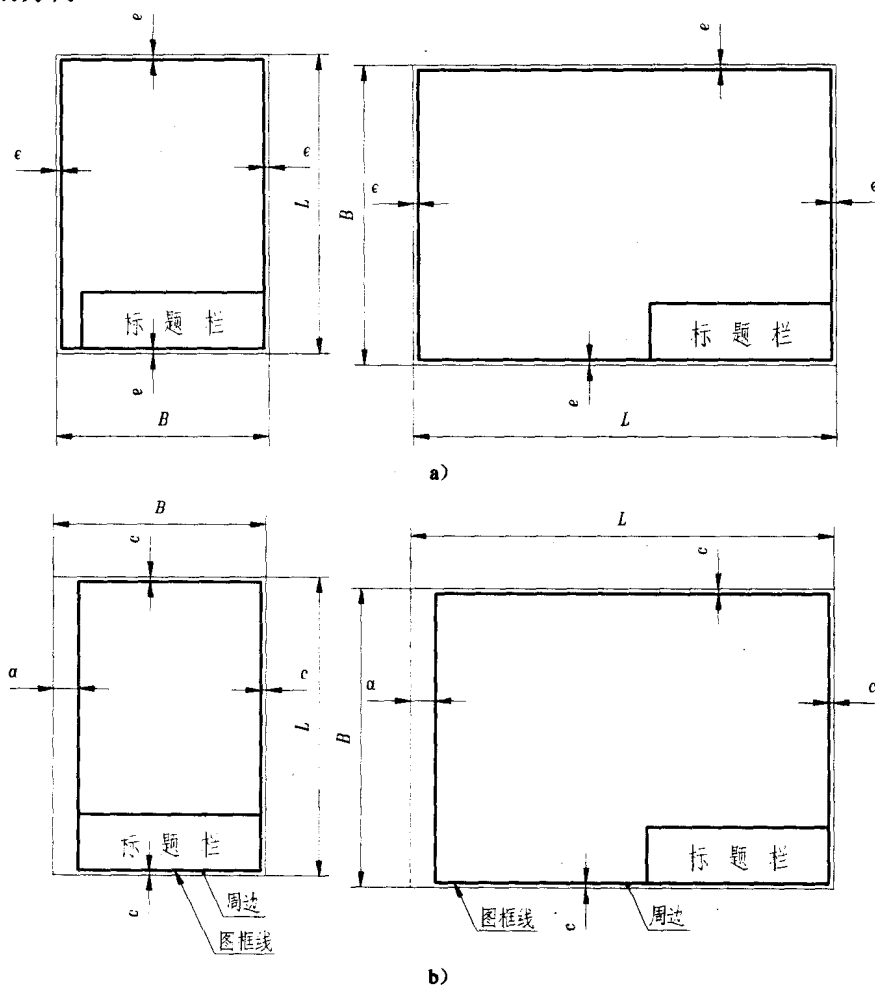


图 1-1 图框格式及标题栏方位

a) 不留装订边的图框格式 b) 留有装订边的图框格式

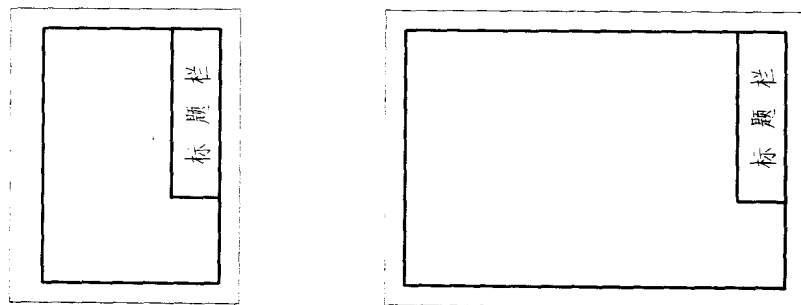


图 1-2 标题栏另一配置方式

国家标准 (GB10609.1—89) 对标题栏的格式已作出统一规定, 学校制图作业建议采用图 1-3 的格式。

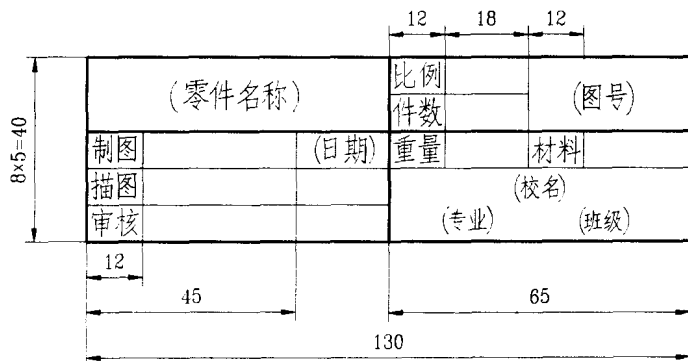


图 1-3 标题栏格式

(学校建议用的标题栏格式)

标题栏的外框线是粗实线, 内部的分格线是细实线, 其右边和底边与图框线重合。

1.1.2 比例

图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比称为比例, 国标 (GB/T14690—93) 规定绘制图样时一般应采用表 1-2a 规定的比例。必要时, 也允许选用表 1-2b 中的比例。

表 1-2a 比例 (n 为正整数)

种 类	比 例		
原值比例	1 : 1		
缩小的比例	1 : 2	1 : 5	1 : 10
	$1 : 2 \times 10^n$	$1 : 5 \times 10^n$	$1 : 10 \times 10^n$
放大的比例	5 : 1	2 : 1	
	$5 \times 10^n : 1$	$2 \times 10^n : 1$	$1 \times 10^n : 1$

表 1-2b 比例 (n 为整数)

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
	$1 : 1.5 \times 10^n$	$1 : 2.5 \times 10^n$	$1 : 3 \times 10^n$	$1 : 4 \times 10^n$	$1 : 6 \times 10^n$

为了能从图样上得到实物大小真实的概念, 应尽量采用 1 : 1 画图。当机件不宜采用 1 : 1 绘制图样时, 也可采用缩小或放大的比例画出。但不论放大或缩小, 在标注尺寸时都必须标注机件的实际尺寸。图 1-4 表示同一机件采用不同比例画出的图形。

绘制同一机件的各个视图时, 应采用同一比例, 并在标题栏比例一栏中填写。例如 1 : 1 或 1 : 2 等。当某个视图需要采用不同的比例时, 必须另行标注。

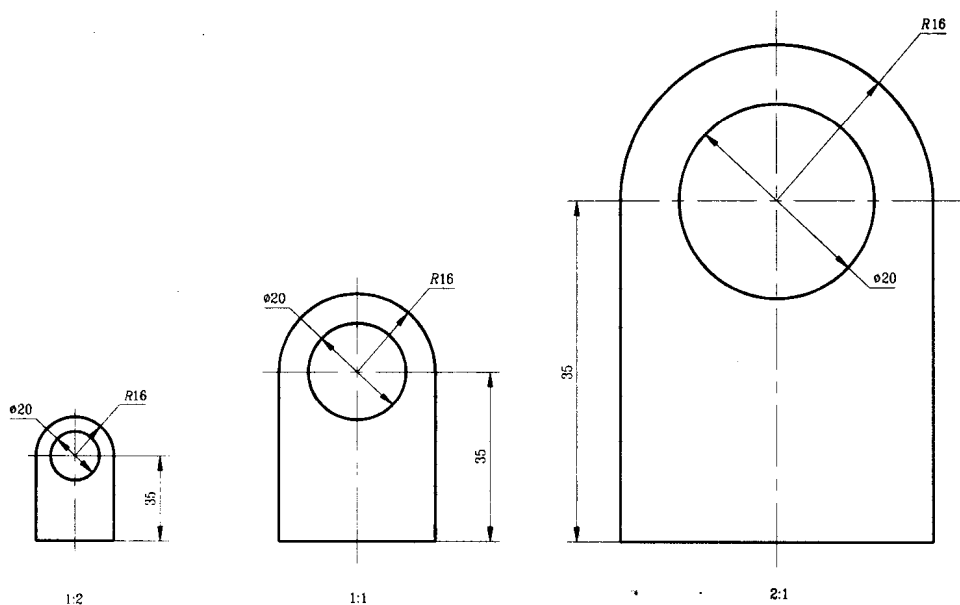


图 1-4 用不同比例画出的同一机件的图形

1.1.3 字体

字体是指图中汉字、字母、数字的结构形式及基本尺寸，GB/T14691—93 中有具体规定。

在图样上除了表示机件形状的图形外，还必须要用文字和数字来表示机件的大小、技术要求和其它内容。

图样和技术文件中书写的汉字、数字、字母都必须做到：字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐，以保证图样的正确和清晰。

字体的高度（用 h 表示）的公称尺寸系列为：1.8、2.5、3.5、5、7、10、14、20mm，如需要书写更大些的字，其字体高度应按 $\sqrt{2}$ 的比率递增。字体高度代表字体的号数。

汉字应写成长仿宋体字，并应采用国家正式公布推行的简化字。汉字的高度不应小于 3.5mm，其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。

字母和数字分 A 型和 B 型。A 型字体的笔画宽度（ d ）为 $h/14$ ，B 型字体的笔画宽度（ d ）为 $h/10$ 。

在同一图样上，只允许选用一种型式的字体。

字母和数字可写成斜体和正体。斜体字字头向右倾斜，与水平基准成 75° 。

1. 长仿宋体汉字示例

(10 号) 字体工整 笔划清楚 间隔均匀 排列整齐

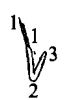
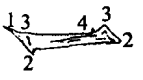
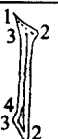
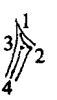
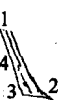
(7 号) 横平竖直 注意起落 结构均匀 填满方格

(5 号) 技术制图机械电子汽车航空船舶

书写长仿宋体字的要领：横平竖直、注意起落、结构匀称、填满方格。

汉字是由基本笔划组成，书写时每一笔划要一笔写成，不宜勾描。基本笔划见表 1-3。

表 1-3 汉字的基本笔划

名称	点	横	竖(直)	撇	捺	挑	竖钩
笔形							
运笔方法							
例字	汉 热	丁 左	卜 川	人 九	分 义	地	小 口

汉字通常由几部分组成，为了使所写汉字结构均匀，书写时应恰当地分配各部分比例。如表 1-4 所示。

表 1-4 汉字结构分析和示例

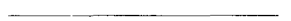
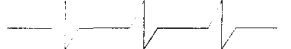
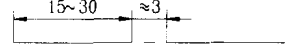
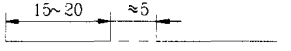
结构部位	上下相等	上大下小	上小下大	上中下三段	左右相等	左窄右宽	左宽右窄	左中右三段
细线比例								
字例	美	壁	希	莫	朋	腴	彬	州

2. 数字示例 (见图 1-5)

1.1.4 图线 (GB4457.4—84)

本节内容摘自 GB4457.4—84，绘制图样时，应采用表 1-5 中规定的图线。

表 1-5 图线的型式、宽度和主要用途

图线名称	图线型式	图线宽度	主要用途
粗实线		b	可见轮廓线
细实线		约 $b/3$	尺寸线，尺寸界线，剖面线，引出线
波浪线		约 $b/3$	断裂处的边界线，视图和剖视的分界线
双折线		约 $b/3$	断裂处的边界线
虚线		约 $b/3$	不可见轮廓线
细点划线		约 $b/3$	轴线，对称中心线
粗点划线		b	有特殊要求的表面的表示线
双点划线		约 $b/3$	假想投影轮廓线，中断线