

机械 工程图学

主编 邹玉堂 路慧彪 王淑英
主审 陆国栋



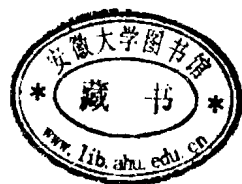
附光盘



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

机 械 工 程 图 学

主 编 邹玉堂 路慧彪 王淑英
主 审 陆国栋



机 械 工 业 出 版 社

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“普通高等学校工程图学课程教学基本要求”编写,将计算机绘图与传统机械制图内容有机地结合起来,辅以多媒体课件,以适应现代社会对工程图学教学改革的需要。

本书共 11 章,主要内容有:制图基本知识与技能,计算机绘图基础,投影基础,立体的投影,组合体,轴测图,机件的表达方法,标准件和常用件,零件图,装配图,计算机辅助设计基础等。

本书可作为高等学校机械类、近机类各专业画法几何及机械制图课程的教材,也可供职大、电大及函授等高等工业院校同类专业的师生学习和使用。

为配合教学,另有配套习题集及多媒体光盘同时出版。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械工程图学/邹玉堂等主编. —北京:机械工业出版社,2012.9
ISBN 978-7-111-39736-6

I. ①机… II. ①邹… 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 (2012) 第 217010 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:张宝珠 责任编辑:张宝珠

版式设计:霍永明 责任校对:刘志文

责任印制:乔宇

北京瑞德印刷有限公司印刷 (三河市胜利装订厂装订)

2013 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·19.75 印张·404 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-39736-6

ISBN 978-7-89433-752-8 (光盘)

定价:47.00 元 (含 1CD)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

随着计算机技术的普及与发展,工程制图也面临着教学内容、教学体系和教学手段的改革。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“普通高等学校工程图学课程教学基本要求”,结合本书作者近年来对机械制图课程教学改革的研究与实践,充分吸取了各兄弟院校对制图课程教学改革的成功经验编写而成。

计算机绘图技术正在逐步取代传统的手工制图技术,多媒体技术正在逐步改革传统的教学模式。为培养适应时代发展需要的高级技术人才,本书将计算机绘图、手工绘图和尺规绘图有机融合,适当删减了画法几何部分的内容,辅以多媒体课件,注重空间思维能力、创新设计能力、徒手绘图能力及计算机应用能力的培养。本书采用了最新颁布的国家标准,二维绘图选择了广泛使用的AutoCAD软件,三维绘图以介绍方法为主,淡化具体软件操作。

本书由邹玉堂、路慧彪、王淑英主编,浙江大学陆国栋教授主审。参加编写的有路慧彪(绪论、第1章、附录)、王淑英(第2、3、4、5、9章)、邹玉堂(第6、7章)、原彬(第8章)、孙昂(第10章)、刘德良(第11章)。孙昂、刘德良、原彬、曹淑华、连峰、于彦、于哲夫、孙昌国、邹玉堂、王淑英、路慧彪绘制了本书的插图。

为了配合教学,另有配套习题集及多媒体光盘同时出版。

多媒体光盘主要由于哲夫、刘德良负责研制,孙昂、刘德良、原彬、曹淑华、连峰、于彦、于哲夫、孙昌国参与了编绘工作。

本书在编写过程中,得到了大连海事大学的大力支持,苗华迅同志为教师上机绘图作了大量的辅助性工作,在此一并表示感谢。并向在编写过程中所参考的同类著作的作者表示衷心的感谢。

限于水平,缺点和错误之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
绪论	1
第 1 章 制图的基本知识与技能	5
1.1 基本制图标准简介	5
1.2 尺规绘图	17
1.3 徒手绘图	29
第 2 章 计算机绘图基础	32
2.1 AutoCAD 2012 简介	32
2.2 绘图命令及编辑命令	35
2.3 辅助绘图功能	39
2.4 图层	41
2.5 文字及尺寸标注	44
2.6 绘制平面图形	46
第 3 章 投影基础	49
3.1 投影法	49
3.2 点、直线和平面的投影	50
3.3 直线与平面、平面与平面的相对位置	68
3.4 变换投影面法	76
第 4 章 立体的投影	83
4.1 平面立体	83
4.2 曲面立体	89
4.3 两曲面立体相交	100
第 5 章 组合体	108
5.1 三视图的形成及投影规律	108
5.2 画组合体视图	109
5.3 组合体的尺寸标注	114
5.4 读组合体视图	118
5.5 用 AutoCAD 创建组合体的实体模型并生成三视图	123
第 6 章 轴测图	135
6.1 轴测图的基本知识	135
6.2 正等测轴测图	137

6.3	斜二测轴测图	142
6.4	轴测图的剖切画法	144
6.5	徒手绘制轴测图草图	145
6.6	用 AutoCAD 绘轴测图	146
第7章	机件的表达方法	149
7.1	视图	149
7.2	剖视图	152
7.3	断面图	161
7.4	其他表达方法	163
7.5	综合应用举例	167
7.6	计算机零件模型生成工程图	169
第8章	标准件与常用件	173
8.1	螺纹和螺纹紧固件	173
8.2	键	184
8.3	销	186
8.4	滚动轴承	187
8.5	齿轮	190
8.6	弹簧	194
8.7	焊接件	196
8.8	用 AutoCAD 插入块的方法绘制螺纹紧固件	200
第9章	零件图	204
9.1	零件图的内容	205
9.2	零件图的视图表达	205
9.3	零件图的尺寸标注	211
9.4	零件上常见的工艺结构	216
9.5	零件图上的技术要求	220
9.6	看零件图	237
9.7	零件的测绘	241
第10章	装配图	247
10.1	装配图的内容	247
10.2	装配图的图样画法	250
10.3	装配图的尺寸标注	253
10.4	序号、指引线、明细栏和标题栏	253
10.5	装配图工艺性和技术要求	255
10.6	装配图的绘制	258
10.7	看装配图及由装配图拆画零件图	266

10.8 装配体的计算机构型和分解图	271
第 11 章 计算机辅助设计基础	274
11.1 CAD 技术的发展	275
11.2 CAD 技术的应用	276
附录	287
参考文献	308

绪 论

1. 认识工程图

语言、文字和图是人类表达交流思想和传承文明的三种最重要的方式。由于图具有直观性、形象性、简洁性和确定性，在描述形状、结构、位置、大小等信息时远优于其他表达方式，因而广泛应用于科学研究、工程设计和信息表达等诸多方面。工程界常说“一图胜万言”，这种说法已被广泛认可。例如我国汉代张衡的地动仪以及诸葛亮的木牛、流马，其制作方法均有确切文字记载，但未见图样传世，现在已经很难确切知道其具体结构和形态。相比而言，达·芬奇设计的发条传动装置、差动螺旋、自行车、照相机、起重机、坦克车、潜水服及潜水艇、滑翔机、旋转浮桥等器械或装置，则均可通过图样读懂。正如宋代郑樵在《通志》中所说“图谱之学不传，则实学尽化为虚学矣”、“凡器用之属，非图无以制器”。

图是图形 (Graphics)、图样 (Drawing)、图像 (Image)、图画 (Picture) 的统称。以投影原理为基础，按照特定的制图标准或规定绘制的，用以准确表示工程对象的形状、大小和结构，并有必要技术说明的图，即为工程图样。现代化生产中，一切机器、仪器、设备和工程建筑都是按照工程图样进行生产和建设的。在工程技术领域，工程图样作为构思、设计与制造过程中工程与产品信息的定义、表达和传递的主要媒介，是工程技术部门的一项重要技术文件。它在机械、土木、建筑、水利、园林等领域的技术工作与管理工作中发挥着重要作用，是工程界表达、交流的“技术语言”。工程图学是研究工程技术领域有关图的理论及其应用的科学。

工程图要能够表达客观存在，能够交流设计思想，就需要有统一的表达方法和制图标准。工程图学是随着人类科技和文明的发展而逐渐产生并发展的，经历了从简单到复杂、从混乱到规范的完善过程。工程图学的发展过程及特点概括如下。

(1) 工程图学源于几何学，经历了漫长的发展历程

成书于春秋时期的《周礼考工记》中已记载了规矩、绳墨、悬垂等绘图工具的运用情况，《史记·秦本纪》有“秦每破诸侯，写仿其宫室，作之咸阳北阪上，南临渭，自雍门以东，至泾渭，殿屋复道周阁相属”的记载，表明了古人很早就使用工程图。古代的图样，由于保存上的困难，流传至今的极少。随着几何学的发展，古代图样的表达方法逐渐丰富，并对制图标准有了研究。如北宋李诫（字仲明）所著的《营造法式》中的图样，就使用了相当于现代各种投影法绘成的宫殿建筑的平面图、立面图、剖面图、详图及构件图；被李约瑟称为“中国科学制图学之父”的三国时期的裴秀在《禹贡地域图》序中提出“制图六体”（分率、准

望、道里、高下、方邪、迂直)来规范地图绘制。但总的说来,在古代我国工程图学发展缓慢,还没有形成统一的理论体系和制图标准。

(2) 工程应用的发展进步促进工程图学的发展和完善

以蒸汽机为代表的第一次工业革命期间,由于设计、制造业快速发展,工程图作为产品信息的载体被大量使用。法国科学家蒙日在1795年系统地提出了以投影几何为主线的画法几何,把工程图的表达与绘制高度规范化、唯一化,从而使得画法几何成为工程图的语法,工程图成为工程界的语言;在以电力广泛使用为标志的第二次工业革命期间,随着现代化大工业生产模式的逐渐形成和发展,促使互换性和公差配合等制造标准的发展和成熟应用;以电子计算机的发明为起点的第三次工业革命,促使计算机图形学(Computer Graphics, CG)的形成,极大地推动了工程图学的发展,引起了工程图样从表达的形式和内容到绘制的工具和方法上的深刻变革。

(3) 数字化、标准化、网络化、国际化是现代工程图学的发展趋势

由于计算机图形学和计算机辅助设计(Computer Aided Design, CAD)及其相关技术的不断发展,实现了基于统一、完整的数字化产品数据模型和安全的产品信息库的产品生命周期管理(Product Life - Cycle Management, PLM),促使现代工程图学向数字化、标准化、网络化的方向发展;由于产品和企业国际化进程的加快,工程图学国际化发展趋势明显。

工程图学与不同的行业领域结合,形成了具有不同专业领域特点的学科,如机械制图、建筑工程制图、土木工程制图、电气工程制图、船舶工程制图等,其中机械制图是用图样确切表示机械的结构形状、尺寸大小、工作原理和技术要求的学科。

传统的机械图样主要有零件图和装配图,此外还有布置图、示意图和轴测图等。计算机图形学、计算机辅助设计技术发展和普及后,机械图样的绘制方法和表达形式也有了新的变化,与数字化相关的图样逐渐普及,可以实现无纸化生产。图0-1是正滑动轴承部件的部分工程图。

2. 图与空间思维能力

通过了解人类大脑的生理机能从而指导科学用脑一直是科学家们不懈研究的课题。人类大脑分为左半球和右半球,分别主导人类相关的活动与能力。一般来说,大脑左半球控制肢体右侧的活动,具有语言、概念、数字、分析、逻辑推理等功能;右半球控制肢体左侧的活动,具有音乐、绘画、空间几何、想象、综合等功能。

按照多元智能理论(霍华德·加德纳,1983年提出),人类的智能可以分成以下几个范畴:语言(Verbal/Linguistic)、逻辑(Logical/Mathematical)、空间(Visual/Spatial)、肢体运动(Bodily/Kinesthetic)、音乐(Musical/Rhythmic)、人际(Inter-personal/Social)、内省(Intra-personal/Introspective)、自然探索(Naturalist)、生

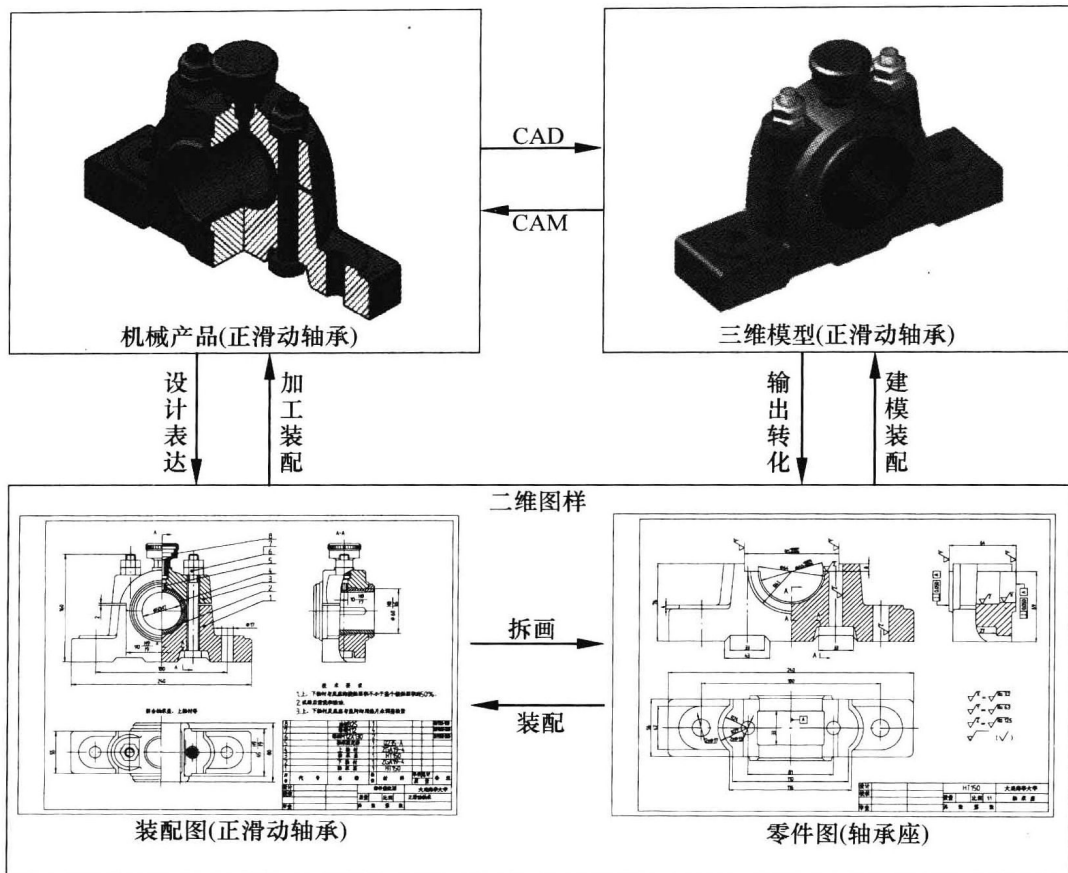


图 0-1 正滑动轴承部分工程图

存智慧 (Existential Intelligence) 等, 通过科学的、有针对性的培养, 可以促进学生思维能力的提升。

工程制图课程以图样为对象, 不仅需要严谨的逻辑分析能力, 更与空间思维密切相关, 因而是大多数工科学生在大学期间唯一一门同时使左右脑都得到锻炼、综合能力得到提高的课程, 这一点希望在学习过程中注意。

3. 课程的性质和任务

本课程理论严谨, 实践性强, 与工程实践有密切联系, 对培养学生掌握科学思维方法, 增强工程和创新意识有重要作用, 是普通高等院校本科专业重要的技术基础课程。本课程的学习任务如下。

- 1) 培养使用投影的方法用二维平面图形表达三维空间形状的能力。
- 2) 培养对空间形体的形象思维能力。
- 3) 培养创造性构型设计能力。
- 4) 培养使用绘图软件绘制工程图样及进行三维造型设计的能力。

- 5) 培养仪器绘制、徒手绘画和阅读专业图样的能力。
- 6) 培养工程意识, 贯彻、执行国家标准的意识。

4. 课程的学习方法

- 1) 认真听课, 按时完成作业, 弄懂基本原理和基本方法。
- 2) 注意画图和看图相结合, 物体与图样相结合。多看、多画、多想, 注意培养空间想象能力和空间构思能力。
- 3) 严格遵守有关制图方面的国家标准规定。
- 4) 计算机绘图是一种先进的绘图手段。学习时, 应跟随教师的讲解, 同步操作, 尽快熟悉绘图软件的使用方法, 通过反复上机操作实践, 掌握快速、准确绘图的能力和技巧。
- 5) 正确使用制图工具和仪器, 按照正确的工作方法和步骤画图, 保证图样内容正确。
- 6) 工业生产中对接图的要求是非常严格的, 一条线或一个字的差错往往会造成重大的损失, 所以, 作为一个未来的工程技术人员, 应注意通过每一次作业来培养自己的严肃认真的工作态度和耐心细致的工作作风。

第 1 章 制图的基本知识与技能

【本章主要内容】

- ◆ 基本制图标准简介
- ◆ 尺规绘图
- ◆ 徒手绘图

工程图样是产品设计、制造、安装、检验等过程的主要依据，也是技术交流的重要工具。为便于生产、管理和交流，必须对图样的各个方面做出统一的规定，如图样的画法、尺寸注法、图线、文字的书写要求等。《技术制图》和《机械制图》的国家标准是工程界重要的技术基础标准，也是绘制和阅读机械图样必须遵守的准则和依据。本章介绍机械制图的基本知识，并着重介绍《机械制图》和《技术制图》国家标准中相关的基本规定。

1.1 基本制图标准简介

1.1.1 国家标准的编号及名称

本章将涉及多部国家标准。现以 GB/T 14689—2008 为例说明标准的编号及名称。

GB/T 14689—2008	技术制图	图纸幅面和格式
标准编号	标准名称	

- 1) 标准代号“GB”表示“国家标准”，是“国标”的拼音缩写。
- 2) “T”表示该标准的属性为“推荐性标准”，无“T”时为“强制性标准”。
- 3) “14689”为该标准的顺序号。
- 4) “2008”为该标准批准年号，为四位数字。
- 5) 标准名称中“技术制图”为“引导要素”，表示标准所属的领域。
- 6) 标准名称中“图纸幅面和格式”为“主体要素”，表示标准的主要对象。

1.1.2 图纸的幅面和格式（GB/T 14689—2008）

1. 图纸的幅面及图框格式

绘制图样时，应优先采用表 1-1 中规定的基本幅面。必要时，也允许按照规定

加长幅面（由基本幅面的短边成整数倍增加后得出）。图纸的幅面尺寸如图 1-1 所示。其中粗实线所示为第一选择（基本幅面），细实线和细虚线所示分别为第二选择和第三选择（加长幅面）。

表 1-1 图纸的基本幅面和尺寸

(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
e	20		10		
c	10		5		
a	25				

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，如图 1-2 所示，尺寸按表 1-1 的规定。为了图样复制或缩微摄影时方便定位，应该用粗实线从图纸边界的各边中点开始至伸入图框内约 5mm 画出对中符号。

2. 标题栏

每张图纸上都必须画出标题栏。标题栏的位置应位于图纸的右下角。标题栏的格式和尺寸按 GB/T 10609.1 《技术制图 标题栏》的规定绘制，图 1-3a 是标准推荐的标题栏格式。学校制图作业所使用的标题栏可以简化，建议采用图 1-3b 所示格式。

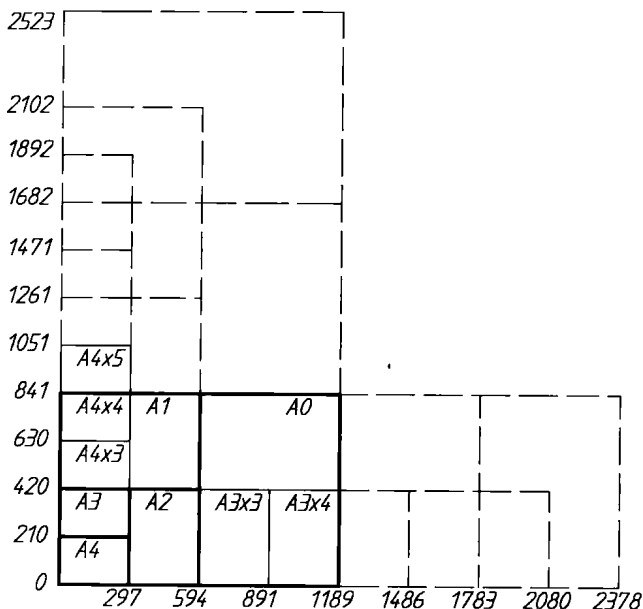


图 1-1 图纸的幅面尺寸

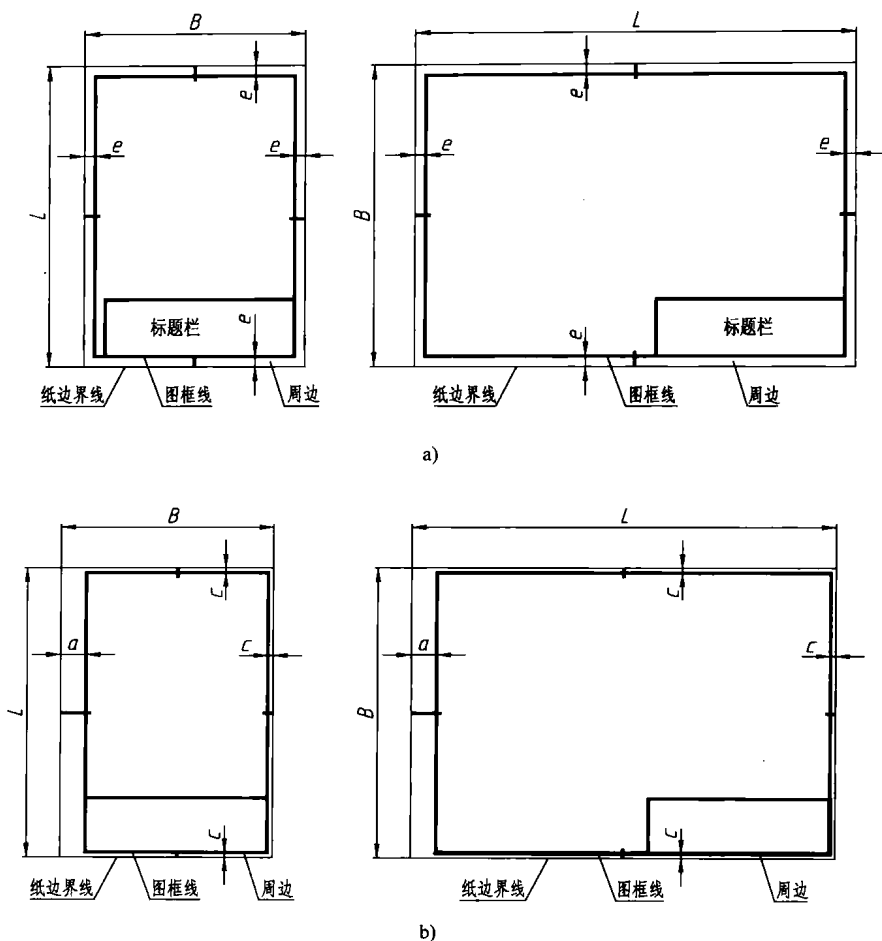


图 1-2 图框格式

a) 不留装订边 b) 留装订边

投影符号一般放置在标题栏中名称及代号区的下方，如图 1-4 所示，分别为第一角画法和第三角画法的投影识别符号。

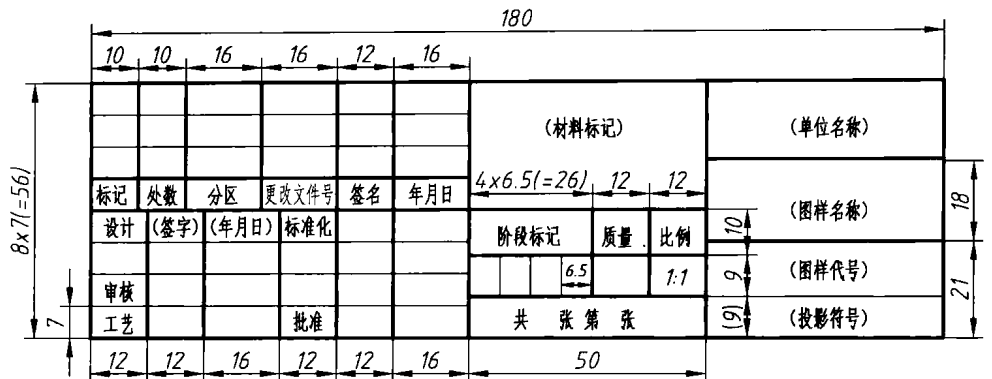
一般情况下，看图的方向与看标题栏的方向应一致。对于按规定使用预先印制的图纸并旋转后绘图时，为明确绘图与看图一致，图纸的方向应在图纸的下边对中符号处画出一个方向符号。如图 1-5 所示。方向符号是用细实线绘制的等边三角形，其大小和所处的位置如图 1-6 所示。

1.1.3 比例 (GB/T 14690—1993)

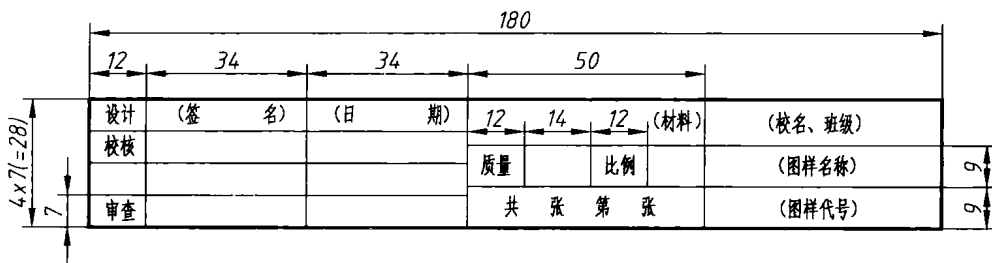
比例是指图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。

比例一般应标注在标题栏中的比例栏内。必要时可在视图名称的下方或右侧标

注比例。



a)



b)

图 1-3 标题栏格式

a) 国家标准推荐格式 b) 教学中建议格式

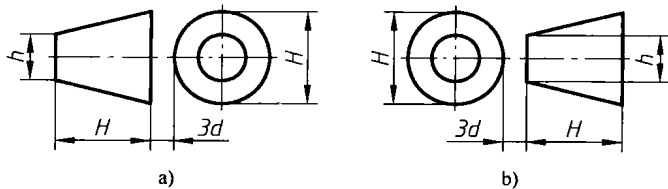


图 1-4 投影识别符号及画法

$H=2h$, h 为图样中尺寸字的高度; d 为图样中粗实线的宽度

a) 第一角 b) 第三角

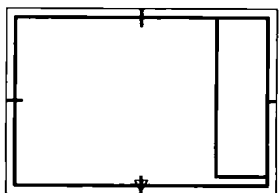


图 1-5 按方向符号指示方向看图

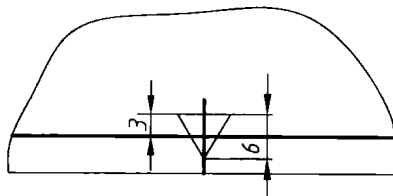


图 1-6 方向符号的大小和位置

需要按比例绘制图样时,应由表 1-2 规定的系列中选取适当的比例。其中括号中为非优先系列,只有在必要时方可采用。

表 1-2 图样的比例

种 类	比 例				
原值比例	1:1				
放大比例	5:1	2:1		(4:1)	(2.5:1)
	$5 \times 10^n:1$	$2 \times 10^n:1$	$1 \times 10^n:1$	$(4 \times 10^n:1)$	$(2.5 \times 10^n:1)$
缩小比例	1:2	1:5	1:10	(1:1.5)	(1:1.5 $\times 10^n$)
	$1:2 \times 10^n$	$1:5 \times 10^n$	$1:1 \times 10^n$	(1:2.5)	(1:2.5 $\times 10^n$)
				(1:3)	(1:3 $\times 10^n$)
				(1:4)	(1:4 $\times 10^n$)
				(1:6)	(1:6 $\times 10^n$)

为了能从图样上得到机件大小的真实概念,应尽量采用 1:1 的比例画图。当不宜采用原值比例时,可根据情况采用适当的缩小或放大比例。在标注尺寸时,应标注实际大小,与所选的比例无关,如图 1-7 所示。

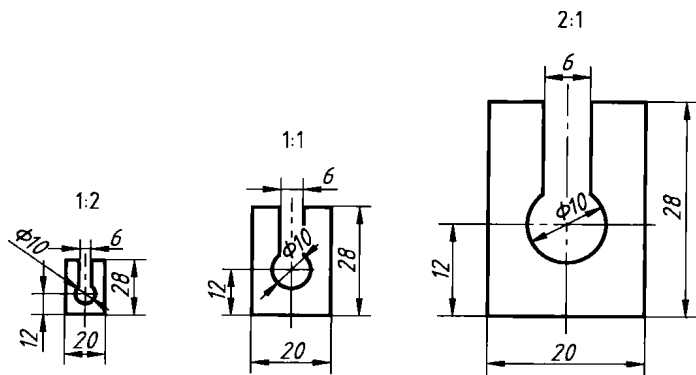


图 1-7 用不同比例画出的图形

1.1.4 字体 (GB/T 14691—1993)

国家标准规定了适用于技术图样及有关技术文件的汉字、字母和数字的结构形式及基本尺寸。

图样中书写的文字必须做到:字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。

字的高度代表字的号数,其公称尺寸系列如下:1.8mm、2.5mm、3.5mm、5mm、7mm、10mm、14mm、20mm。如需要书写更大的字,则字的高度应按 $\sqrt{2}$ 的比率递增。

1. 汉字

在图样中的汉字（包括：说明、标题栏、明细栏等中的汉字）应写成长仿宋体字，并应采用中华人民共和国国务院正式公布推行的《汉字简化方案》中规定的简化字。汉字的高度 h 不应小于 3.5mm ，其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ ($\approx 0.707h$)。CAD 制图中应使用长仿宋矢量字体。汉字示例如图 1-8 所示，其中 3.5 号字采用矢量字体。

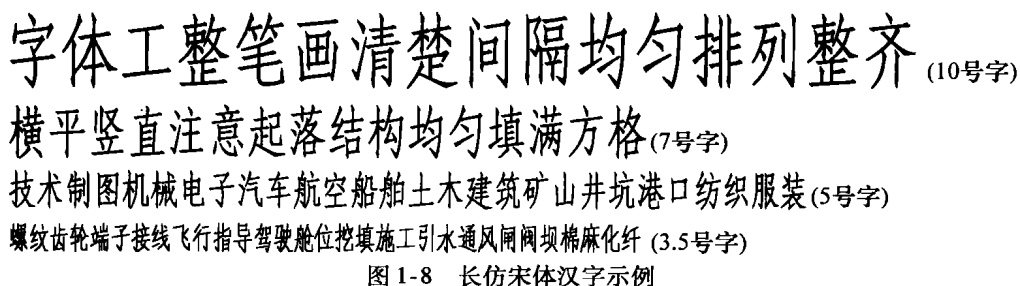


图 1-8 长仿宋体汉字示例

2. 字母及数字

字母和数字分 A 型和 B 型，在同一图样上只允许选用一种型式的字体。两种字体的笔画宽度分别为字高的 $1/14$ 和 $1/10$ 。因为一般图样上的数字和字母的字高为 3.5，所以图样上字母与数字的笔画宽度正好与细实线的宽度相近。

阿拉伯数字和拉丁字母分直体和斜体两种，其中斜体字的字头向右倾斜与水平线约成 75° 角。

字母和数字的示例如图 1-9 所示。

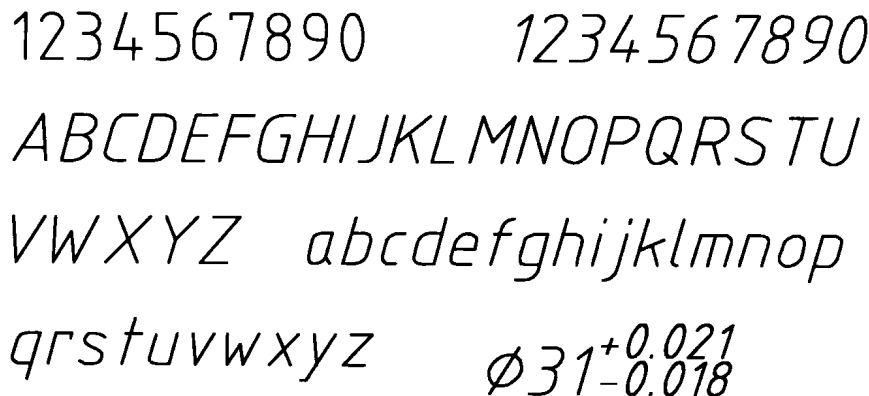


图 1-9 字母及数字示例

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

1. 线型

国家标准 GB/T 17450—1998 规定了 15 种基本线型。可根据需要将基本线型画成不同的粗细，并令其变形、组合而派生出更多的图线型式。GB/T 4457.4—2002