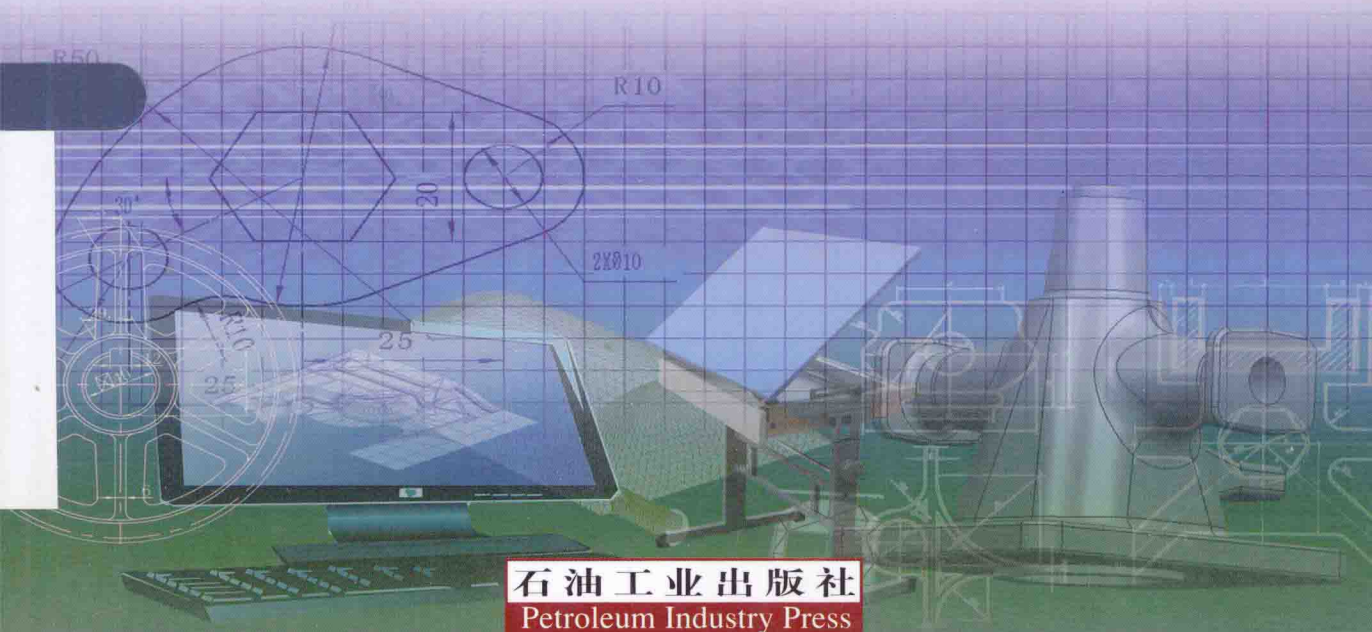


高等学校教材

工程制图

马霞 陈洁 主编



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

高等学校教材

工程制图

马霞 陈洁 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

《工程制图》以培养学生徒手绘图、尺规绘图和计算机绘图三种能力为重点,将制图的基本内容和最新国家标准有机地融为一体,主要包括制图基本知识与技能、基本体的投影、轴测图、组合体、机件常用表达方法、标准件和常用件、零件图、装配图、计算机绘图等九章。

本书可作为高等院校工科各专业工程制图基础课程的教材,也可供其他相关专业使用及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程制图/马霞,陈洁主编.

北京:石油工业出版社,2013.9

(高等学校教材)

ISBN 978-7-5021-9681-3

I. 工…

II. ①马… ②陈…

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 (2013) 第 162411 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: <http://pip.cnpc.com.cn>

编辑部:(010) 64256770 发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2013 年 9 月第 1 版 2013 年 9 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:14.75

字数:370 千字

定价:29.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《工程制图》编委会

主 编：马 霞 陈 洁

副主编：吴桂华 蔡 萍

主 审：赵 武

编 者：陈华江 陈 洁 马 霞 蔡 萍

吴桂华 陈家能 李 杰

前 言

《工程制图》是根据教育部高等学校工程图学教学指导委员会 2012 年制定的“普通高等院校工程图学课程教学基本要求”以及 21 世纪对工程技术人员基本素质的要求,结合编者多年来的“工程制图”课程教学改革成果和经验编写而成。本教材适合 64 学时左右近机类、非机类各专业选用。

工程图学教育的目的是开发学生的空间逻辑思维和形象思维的悟性和潜能,培养图形的表达能力、空间思维能力、自学能力、审美能力和创新能力。学生通过“工程制图”课程的空间思维训练、图形表达能力训练和绘图技能训练而形成的能力和素质,能跨越行业界限,应用到他们所从事机械、冶金或石油等行业中。

本教材有以下编写特点:

1. 坚持“适用为主”的编写原则,精简传统画法几何内容,点、线、面以适用为主,强化应用能力的培养。

2. 把投影理论和基本体融为一章,这样有助于培养学生空间感的建立及读图的能力。

3. CAD 编写系统性较强,采用的是国内自主开发的绘图软件 CAXA。该软件的特点是简单易上手,符合本教材以“适用为主”的特点。针对学时不多的专业该软件非常适用。第一部分介绍软件的一些基本操作,引导学生入门;第二部分以表格方式归纳该软件常用命令的功能及操作,简单明了;第三部分精选绘图范例,将使用频率高的命令结合具体的范例来讲解,让学生掌握零件图和装配图的绘图方法和技巧。

4. 采用 2012 年颁布的国家标准:《技术制图》、《机械制图》。

5. 采用双色印刷,使文本和图例能相互对应,以图代言,以例代理,易于阅读和理解,有助于培养学生自主学习能力。

本教材由马霞、陈洁任主编,吴桂华、蔡萍任副主编。参加编写工作的有:陈华江(绪论、第一章)、陈洁(第二章、第三章)、马霞(第四章)、蔡萍(第

五章)、吴桂华(第六章、附录一、附录二)、陈家能(第七章、第八章、附录三)、李杰(第九章)。裴革汀、刘晓培、高月华参加了附录的检查和部分图样的修改工作。

四川大学赵武教授审阅了本教材,并提出了许多宝贵的意见和建议,给予了许多帮助和指导,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有缺陷和不当之处,敬请专家、同仁和广大读者批评指正。

编 者

2013 年 6 月

目 录

绪论	1
第一章 制图基本知识与技能	2
第一节 国家标准的有关规定	2
第二节 绘图工具及其使用方法	11
第三节 几何作图	12
第四节 平面图形的分析与画法	16
第二章 基本体的投影	21
第一节 投影法及三视图的形成	21
第二节 点、直线、平面的投影	25
第三节 平面立体的投影	38
第四节 回转体的投影	42
第三章 轴测图	49
第一节 轴测图的基本知识	49
第二节 正等轴测图	50
第三节 斜二轴测图	54
第四章 组合体	57
第一节 平面与立体的相交	57
第二节 两回转体表面的相交	66
第三节 组合体的形体分析	69
第四节 组合体视图的画法	71
第五节 组合体的读图	77
第六节 组合体的尺寸标注	83
第五章 机件常用表达方法	91
第一节 视图	91
第二节 剖视图	96
第三节 断面图	107
第四节 机件其他表达方法	110
第六章 标准件和常用件	117
第一节 螺纹	117

第二节	螺纹紧固件·····	122
第三节	键及其连接·····	127
第四节	销及其连接·····	128
第五节	滚动轴承·····	129
第六节	弹簧·····	131
第七节	齿轮·····	133
第七章	零件图 ·····	137
第一节	零件图的作用和内容·····	137
第二节	零件图的视图选择及尺寸注法·····	138
第三节	表面结构表示法·····	144
第四节	极限与配合、几何公差·····	148
第五节	零件上常见的工艺结构·····	155
第六节	看零件图·····	158
第八章	装配图 ·····	161
第一节	装配图的作用和内容·····	161
第二节	装配图的特殊表达方法·····	162
第三节	装配图的尺寸标注和技术要求·····	164
第四节	装配图的零件序号和明细栏·····	165
第五节	机器上常见的装配结构·····	166
第六节	装配图的画图及读图·····	167
第九章	计算机绘图 ·····	174
第一节	CAXA 2013 的基本操作 ·····	174
第二节	绘图的常用命令·····	180
第三节	标注·····	192
第四节	图库·····	198
第五节	绘制工程图·····	200
附录	·····	205
参考文献	·····	225

绪 论

一、本课程的研究对象

在工程技术中,按一定的投影方法和技术规定,将物体的结构形状、尺寸和技术要求正确地表达在图纸上,称为工程图样。在现代工业生产和科学技术中,无论是制造各种机械设备、电气设备、仪器仪表,还是建筑房屋和进行水利工程施工等,都离不开工程图样。因此,图样被称为工程技术界的“语言”,每个工程技术人员都必须掌握这种“语言”。

二、本课程的内容

“工程制图”课程是一门专业技术基础课程,它包括制图的国家标准、投影基础、制图基础、机械制图和计算机绘图等五个部分。

制图的国家标准种类比较多,每个工程技术人员在绘制工程图样时都必须严格执行国家标准。本课程对常用的国家标准进行简单介绍,使学生掌握查阅和运用国家标准的方法。

投影基础部分主要是使学生掌握投影的基本方法和理论,这部分是学习工程制图的理论基础。

制图基础部分介绍基本体及组合体的投影,介绍表达物体外部形状和内部结构的基本方法,使学生掌握机械图形的各种画法,从而正确表达物体的形状和结构。

机械制图部分主要介绍标准件、常用件的画法,介绍零件图和装配图的画法,使学生掌握表面结构、尺寸公差和几何公差等技术要求。

计算机绘图部分主要介绍计算机绘图的基本知识,使学生掌握计算机绘图的基本方法。

三、本课程的学习目的

(1) 培养空间想象力,提高对空间物体的观察、分析和表达能力,掌握用正投影法表达空间物体的基本理论和方法。

(2) 掌握使用仪器绘图和计算机绘图的基本方法,正确地绘制并看懂各种工程图样。

(3) 培养耐心细致的工作作风和认真负责的工作态度。

四、本课程的注意事项

(1) 培养学生的画图能力和看图能力,是学习本课程的主要任务。画图是将空间物体表达在平面上,而看图是将平面图形返回到空间形状中去。在培养学生的空间想象能力方面,看图的难度比画图的难度大。因此,在学习本课程的过程中,要注意培养自己的空间想象能力。

(2) 技能性学习在本课程的学习中占有一定的比重。在学习过程中,要掌握正确使用绘图仪器和工具的方法以及计算机绘图的方法,不断提高绘图技能。

(3) 本课程是实践性很强的一门课程,要真正掌握本课程所涉及的知识,只有通过完成一系列的作业和练习来实现。因此,运用好“三多”——多思考、多画图、多看图,才能提高自己的画图、读图的能力。

第一章 制图基本知识与技能

第一节 国家标准的有关规定

图样是现代工业生产中最基本的技术文件，是工程界的共同语言。为了正确地绘制和阅读工程图样，便于指导生产和对外进行技术交流，工程技术人员必须熟悉和掌握有关标准和规定。国家标准《技术制图》和《机械制图》是工程界重要的技术基础标准，是绘制和阅读工程图样的依据。

我国国家标准简称国标，其代号是“GB”，例如 GB/T 14689—2008，其中 GB/T 是表示推荐性国标，14689 是标准编号，2008 是发布年号。如果不写年代，表示最新颁布实施的国家标准。国家标准对图样的画法、尺寸标注等内容作了统一的规定。每个工程技术人员都必须掌握并严格遵守。

本节主要介绍图幅、比例、字体、图线、尺寸标注等基本规定。

一、图纸幅面及格式 (GB/T 14689—2008)

1. 图纸幅面尺寸

绘制技术图样时，优先采用表 1-1 中的基本幅面规格尺寸。必要时，可以加长幅面。加长幅面是按基本幅面的短边成整数倍增加。

表 1-1 图纸幅面尺寸和图框尺寸 (单位: mm)

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
尺寸 (B×L)	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297
<i>e</i>	20		10		
<i>c</i>	10			5	
<i>a</i>	25				

各型号基本幅面尺寸关系如图 1-1 所示，图中粗实线所示为基本幅面，虚线所示为加长幅面。画图时图幅线用细实线绘制。沿着某一号幅面的长边对裁，即为下一号幅面的大小。例如，沿 A1 幅面的长边对裁，即为 A2 的幅面，以此类推。

2. 图框格式

在图纸上必须用粗实线绘制图框线。需要装订的图样，如图 1-2 所示，边框有 *a*（装订边）和 *c* 两种尺寸；不需要装订的图样，如图 1-3 所示，边框只有一种 *e* 尺寸。*a*、*c*、*e* 的尺寸如表 1-1 所示。装订时，一般采用 A4 幅面竖装或 A3 幅面横装。

为了使图样复制和缩微摄影时定位方便，应在图纸各边长的中点处分别画出对中符号，对中符号是从周边画入图框内约 5mm 的一段粗实线，如图 1-4 所示。

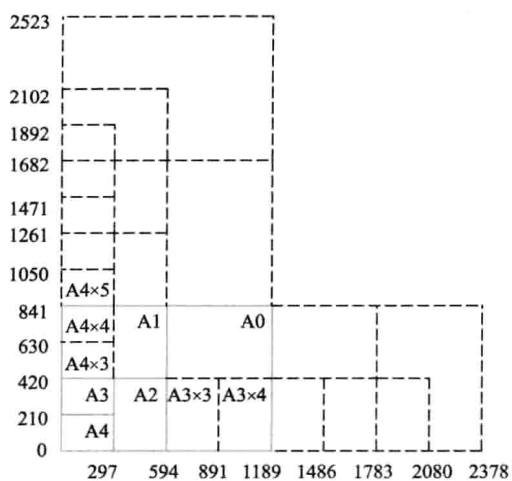


图 1-1 图纸的基本幅面和加长幅面

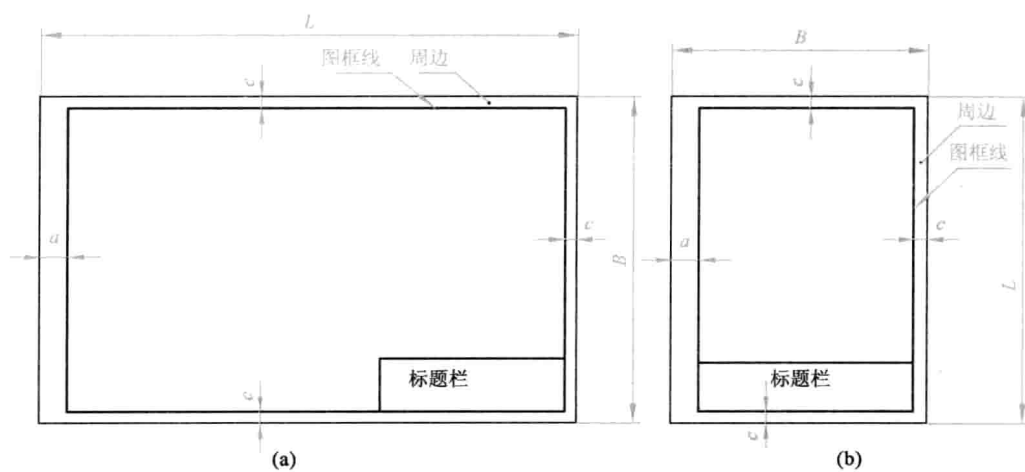


图 1-2 有装订边图纸的图框格式

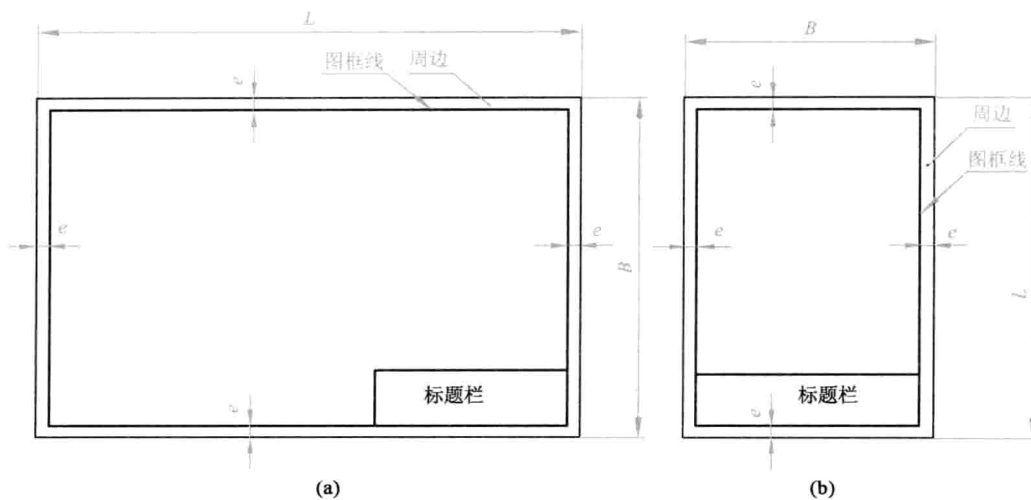


图 1-3 无装订边图纸的图框格式

图 1-4 对中符号和方向符号

每张图样必须绘制标题栏，标题栏应位于图框线的右下角，如图 1-2 或图 1-3 所示，此时，标题栏中文字的方向应为看图方向。

标题栏的格式由国家标准 GB/T 10609.1—2008 作了统一规定,如图 1-5 所示。在学校制图作业中,建议采用图 1-6 所示的格式。标题栏的外框线用粗实线、里面表格线用细实线绘制。

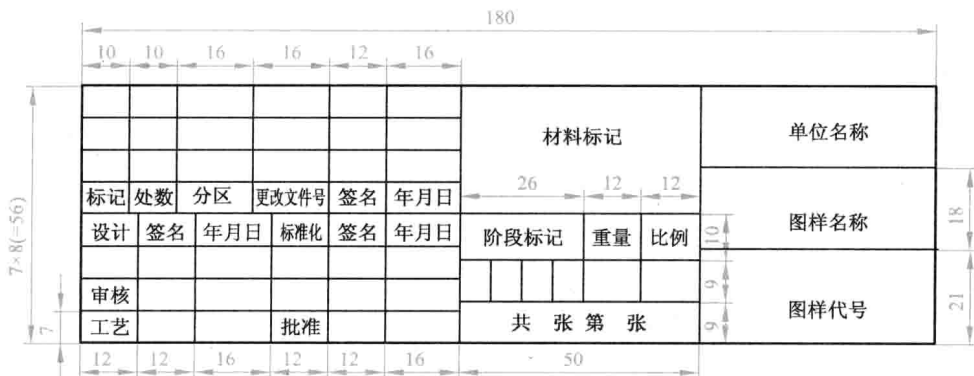


图 1-5 国家标准中的标题栏格式

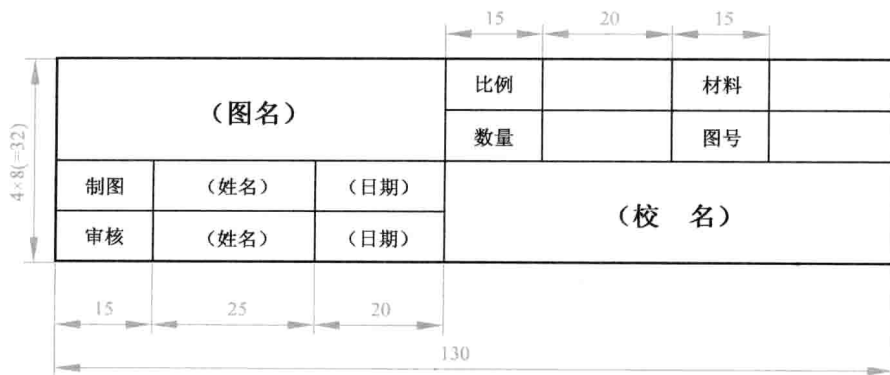


图 1-6 学生学习时用标题栏格式

二、比例 (GB/T 14690—1993)

图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比称为比例。常用制图比例如表 1-2 所示。

表 1-2 制图比例

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

注：n 为正整数。

绘制机械图样时，尽量采用 1 : 1 的比例画图，这样图样便可以反应实物的真实大小。

无论采用放大或缩小比例，图样中所标注的尺寸必须是机件的真实尺寸，与图样的准确程度和比例大小无关。图 1-7 表示同一机件采用不同比例所绘制的图形。

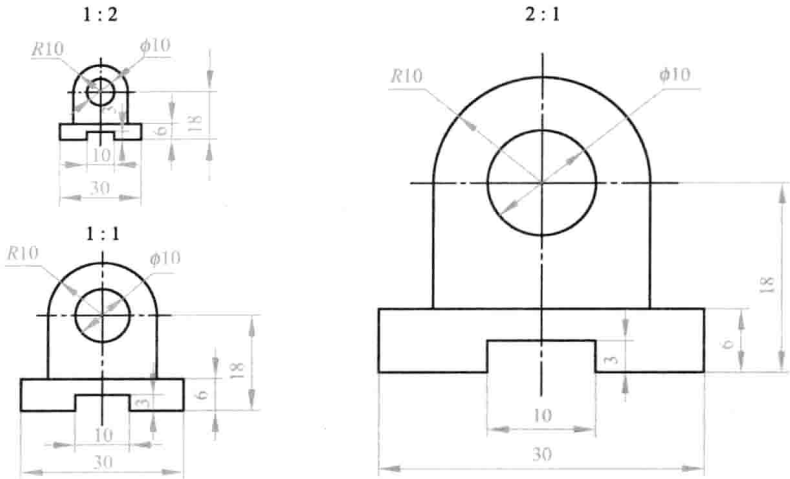


图 1-7 同一机件采用不同比例所绘制的图形

三、字体 (GB/T 14691—1993)

1. 基本要求

图样中书写的字体必须做到：字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。

字体的号数，即字体的高度 h (单位为 mm)，其公称尺寸系列分别为 1.8, 2.5, 3.5, 5, 7, 10, 14, 20。

字母和数字分 A 型和 B 型，A 型字体的笔画宽度为字高的 1/14；B 型字体的笔画宽度为字高的 1/10。在同一图样上，只允许选用一种形式字体。

汉字应写成长仿宋体，汉字的高度不应小于 3.5mm，其字宽约为字高的 $h/\sqrt{2}$ ，并采用国家正式公布推行的简化字。

长仿宋体的书写要领：横平竖直，结构均匀，填满方格。

长仿宋体字的基本笔画为：点、横、竖、撇、捺、挑、钩、折等。书写时，要注意运笔方法和顺序，每一笔画要一笔写成，不宜勾描；在起笔、落笔和转折处稍加用力，并停顿一

下，以形成三角形的笔锋。

2. 字体示例

1) 汉字示例

长仿宋体汉字示例，如图 1-8 所示。

10号字

字体工整 笔画清楚 间隔均匀 排列整齐

7号字

横平竖直注意起落结构均匀填满方格

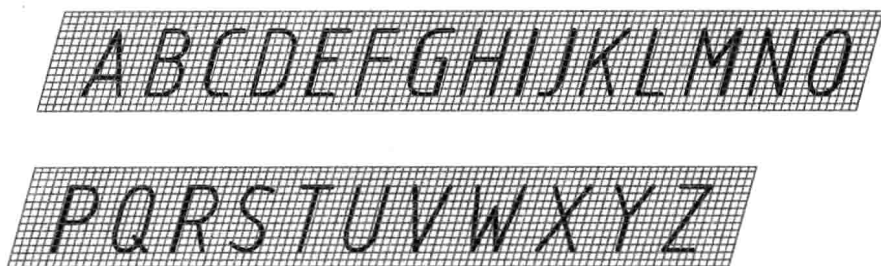
5号字

技术制图机械电子汽车航空船舶土木建筑矿山井坑港口纺织服装

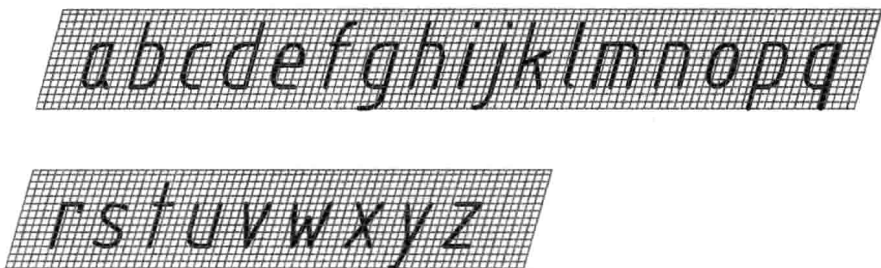
图 1-8 长仿宋体汉字示例

2) 字母和数字示例

字母和数字可写成直体或斜体。斜体字字头向右倾斜，与水平线约成 75° 角。字体综合应用时，用作指数、分数、极限偏差、注脚等的数字及字母，一般应采用小一号的字体，字母和数字的写法如图 1-9 和图 1-10 所示。



(a) 大写斜体字母



(b) 小写斜体字母

图 1-9 字母的写法

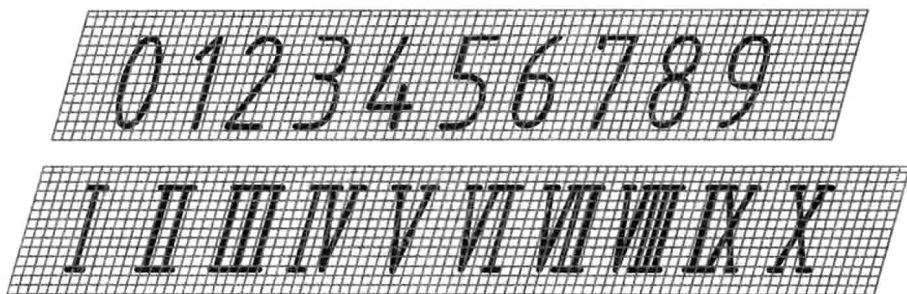


图 1-10 斜体阿拉伯数字和罗马数字的写法

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

1. 图线的型式及其应用

国家标准 GB/T 17450—1998 规定了 15 种线型的名称、型式、结构、标记及画法规则等，常用的 8 种图线见表 1-3。

表 1-3 图线的型式和用途

线型名称	线 型	线宽	主要用途
粗实线	————	d	表示可见轮廓线
细实线	————	$0.5d$	表示尺寸线、尺寸界线、引出线、剖面线、重合断面的轮廓线、过渡线等
虚线	- - - - -	$0.5d$	表示不可见轮廓线
细点画线	- · - · - ·	$0.5d$	表示轴线、对称线、分度圆、分度线、圆中心线等
双点画线	- · - · - ·	$0.5d$	表示假想轮廓、极限位置的轮廓线
波浪线	~~~~~	$0.5d$	表示断裂处的边界、局部剖视的分界线
粗点画线	- · - · - ·	d	表示有特殊要求的表面 (限定范围) 表示线
双折线	——— / \ / \ / \	$0.5d$	表示断裂处的边界

图线分粗细两种。粗线宽度应按图形大小和复杂程度，在 $d=0.5\sim 2\text{mm}$ 范围内选择，推荐采用 $d=0.5\sim 0.7\text{mm}$ 。细线的宽度为 $d/2$ 。

所有线型的图线宽度 d 的推荐系列为：0.13mm、0.18mm、0.25mm、0.35mm、0.5mm、0.7mm、1mm、1.4mm、2mm。为了保证图样的清晰度、易读性和便于缩微复制，应尽量避免采用小于 0.18mm 的图线。图 1-11 所示为常用图线的应用举例。

2. 图线画法

(1) 在同一图样中，同类图线的宽度应基本一致。虚线、点画线及双点画线的线段长度和间隔应各大致相等。并要特别注意图线在接头 (相接、相交、相切) 处的正确画法。

(2) 两平行线 (包括剖面线) 之间的距离不小于粗实线的两倍宽度，其最小距离不得小于 0.7mm。

(3) 画圆的中心线时，点画线的两端应超出轮廓线 2~5mm；首末两端应是线段而不是短画；圆心应是线段的交点，较小圆的中心线可用细实线代替。

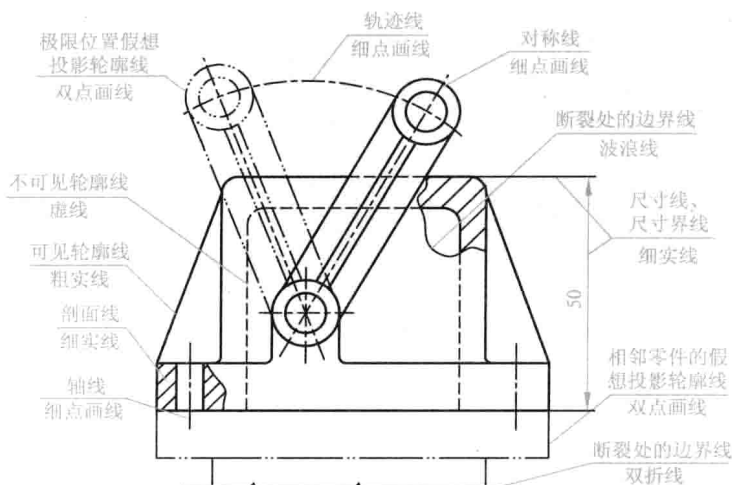


图 1-11 图线及其应用

(4) 虚线或点画线与其他图线相交时，应在线段处相交，而不是在间隙处相交。

(5) 虚线在实线的延长线上时，虚线与实线之间应留出间隙。

(6) 当有两种或更多的图线重合时，通常按图线所表达对象的重要程度优先选择绘制顺序为可见轮廓线、不可见轮廓线、尺寸线、各种用途的细实线、轴线、对称中心线和假想线。正确绘制图线的方法如图 1-12 所示。

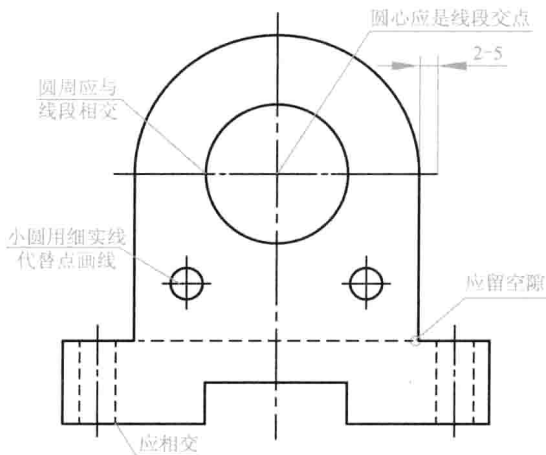


图 1-12 正确绘制图线示例

五、尺寸标注 (GB/T 16675.2—2012、GB/T 4458.4—2003)

图形只能表示物体的形状和结构，而物体的大小是由标注的尺寸来决定。尺寸的标注应做到正确、完整和清晰，要严格遵守国家标准有关尺寸标注的规定。

1. 基本规则

(1) 机件的真实大小应以图样上所标注的尺寸数值为依据，与图形的大小及绘图的准确度无关。

(2) 图样中的尺寸以毫米 (mm) 为单位时，不需标注计量单位的代号或名称，如采用

其他单位,则必须注明相应的计量单位的代号或名称。

(3) 图样中所标注的尺寸,为该图样所示机件的最后完工尺寸,否则应另加说明。

(4) 机件的每一尺寸,在图样上只标注一次,并标注在反映该结构最清晰的图形上。

2. 尺寸的组成要素

一个完整的尺寸标注,是由尺寸界线、尺寸线、尺寸线终端(箭头或斜线)和尺寸数字组成,如图1-13所示。

1) 尺寸界线

尺寸界线表示所注尺寸的范围,一般用细实线绘出,也可用轴线、中心线和轮廓线作为尺寸界线。尺寸界线一般应与尺寸线垂直,必要时才允许倾斜,如图1-14所示。

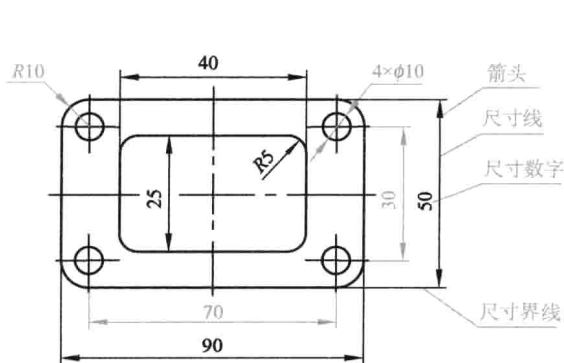


图1-13 尺寸组成及其标注示例

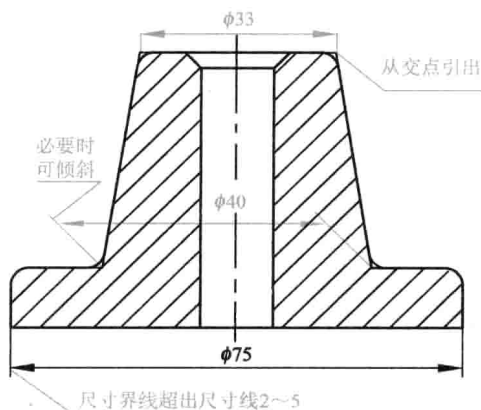


图1-14 倾斜引出的尺寸界线

2) 尺寸线

尺寸线表示度量尺寸的方向,必须用细实线单独绘出,不得由其他任何图线代替,也不得画在其他图线的延长线上。

线性尺寸的尺寸线应与所标注的线段平行。相互平行的尺寸线,大尺寸在外,小尺寸在内,以避免尺寸界线与尺寸线相交,且平行尺寸线间的间距尽量保持一致,一般约为5~10mm。尺寸界线超出尺寸线2~5mm,如图1-14所示。

3) 尺寸线终端

尺寸线终端有两种形式:箭头和斜线,如图1-15所示。

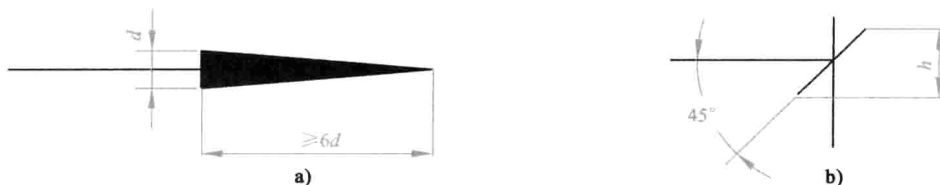


图1-15 箭头和斜线

d 为粗实线宽度, h 为尺寸数字字高

机械图形中一般采用箭头作为尺寸线的终端。箭头的尖端与尺寸界线接触、箭头大小要