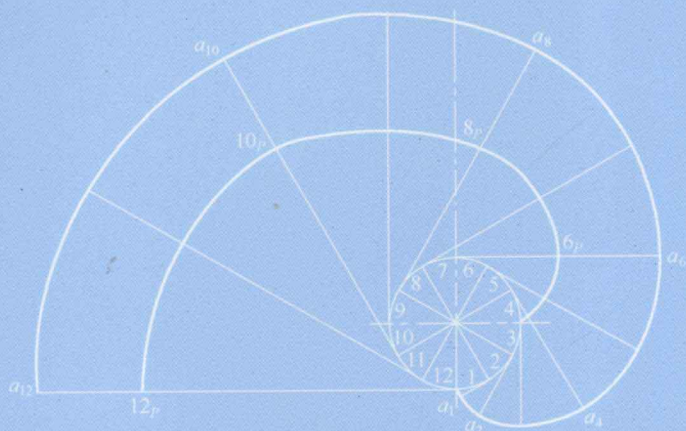
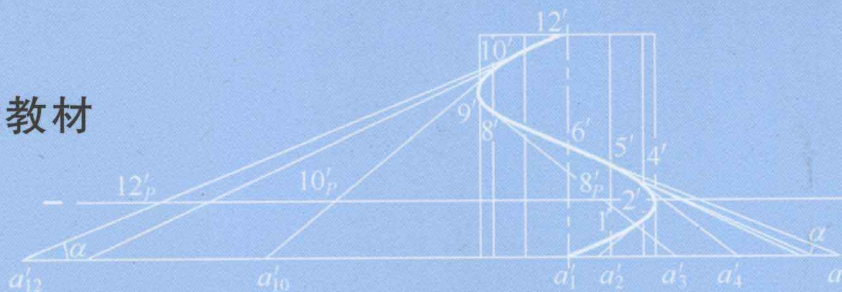


□ □ 高等学校教材



工程图学基础

GONGCHENG TUXUE JICHU

赵军 © 主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高等学校教材

工程图学基础

赵 军 主 编
邱泽阳 副主编
武晓丽 主 审

中国铁道出版社

2011年·北京

内 容 简 介

本教材根据教育部“卓越工程师教育培养计划”对工程技术人才培养的要求,结合多年来工程图学教学改革和建设的成果及经验编写而成,内容包括制图基本知识、投影基本知识、几何元素的投影、立体的投影、组合体的投影及尺寸标注等。

本教材注重工程图学基本理论的系统性和完整性,在内容上较好地贯彻了简洁实用的原则,注重培养学生几何抽象和运用理论解决实际问题的能力。

本书可作为高等学校机械类各专业工程图学教材,也可供自学者和其他专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程图学基础/赵军主编. —北京:中国铁道出版社,2011.7

ISBN 978-7-113-13283-5

I. ①工… II. ①赵… III. ①工程制图 IV. ①TB23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 140376 号

书 名:工程图学基础

作 者:赵 军 主编

责任编辑:阚济存 电话:010-51873133 电子信箱:td51873133@163.com 教材网址:www.tdjiaocai.com

封面设计:崔 欣

责任校对:孙 玫

责任印制:陆 宁

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:北京昌平百善印刷厂

版 次:2011年8月第1版 2011年8月第1次印刷

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16 印张:11.5 字数:287 千

印 数:1~3 000 册

书 号:ISBN 978-7-113-13283-5

定 价:26.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部调换。

电 话:市电(010)51873170,路电(021)73170(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)63549504,路电(021)73187

前 言

教育部提出了“卓越工程师教育培养计划”，要求培养创新能力强、适应经济社会发展需要的高质量工程技术人才。“工程图学”课程作为工科类各专业的专业基础课之一，其教学内容的改革应注重培养学生的工程意识和素养。为此我们在总结了多年来“工程图学”课程的教学经验及改革成果的基础上，编写了“工程图学”系列教材，包括《工程图学基础》、《工程图学基础习题集》、《机械制图》及《机械制图习题集》。

在编写教材过程中，我们贯彻精选教学内容，注重实践与能力培养的原则。内容方面在保持工程图学理论性和系统性的同时，尽可能做到简明、实用。通过教材例题、配套习题以及综合性构形设计作业等，开阔学生思路、拓宽基础，培养几何抽象能力和学生运用理论解决实际工程问题的能力。

本教材的特点如下：

1. 合理编排了教学内容。以够用为原则，突出实用性，注重系统性，对传统的画法几何及机械制图内容进行了优化组合。内容由浅入深、由易到难、由简及繁，符合知识学习的认知规律。

2. 突出了利用计算机绘图的教学和练习。使学生了解计算机绘图的有关知识，熟练掌握计算机绘图的技能——利用 Auto CAD 绘制二维机械工程图样，和一般机械零件的三维建模。处理好尺规绘图、徒手绘图训练与计算机绘图的关系，既要加强计算机绘图的教学与训练，同时也不能忽视传统手工绘图的要求与规范。

3. 注重能力的培养。工程图学是一门实践性很强的课程，在实践环节中，除了传统的对照模型，进行尺规绘图外，还加强了机械零件的测绘和计算机绘图，通过对实物测绘和计算机三维建模，使学生进一步贴近生产实际，培养学生的空间思维能力、动手能力、几何构形能力和形体分析能力。

4. 加强了学生对图形标注尺寸能力的培养。针对以往学生标注尺寸能力较弱的问题，将标注尺寸从基本体到组合体、零部件一线贯穿，突破以往重图形轻尺寸的不足。

5. 教材贯彻国家发布的《技术制图》与《机械制图》等最新标准，按照课程内容的需要，将有关标准编排在附录中，以供学生学习时参考使用。

6. 有配套的习题集，为培养学生的手工绘图、计算机绘图、三维造型能力提供了保证。

本书由兰州交通大学赵军主编，武晓丽主审。参加本书编写的人员有：赵军

(绪论、第二章、第三章、第四章)、刘荣珍(第一章、第五章)、李艳敏(第六章),张慧参与了本书的部分绘图工作。武晓丽认真地审阅了全部书稿,提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。

与本教材配套出版的《工程图学基础习题集》可供选用。我们还研制了与本书配套的课件,需选用的学校可与出版社联系订购。

在本书的编写过程中,参考了部分同类的教材,在此谨向作者致谢。由于时间仓促,编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,敬请广大读者批评指正。

编 者
2011年6月

目 录

绪 论	1
第一章 制图基本知识与技能	3
第一节 国标的规定	3
第二节 绘图方法	11
第三节 几何作图	17
第四节 平面图形的尺寸分析及画图步骤	22
第五节 平面图形的构型	25
复习思考题	28
第二章 投影法及几何元素的投影	29
第一节 投影法概述	29
第二节 点的投影	32
第三节 直线的投影	38
第四节 平面的投影	48
第五节 几何元素间的相对位置	55
第六节 投影变换	63
复习思考题	78
第三章 曲线和曲面	79
第一节 曲线	79
第二节 曲面	85
第三节 直纹曲面	86
第四节 曲纹曲面	93
复习思考题	93
第四章 立体及其交线的投影	95
第一节 平面立体的投影及其表面上的点和线	95
第二节 平面与平面立体相交	98
第三节 回转体的投影及其表面上的点和线	100
第四节 平面与回转体相交	106
第五节 直线与立体相交	114
第六节 两立体相交	118
第七节 简单形体的尺寸标注	131

复习思考题	134
第五章 组 合 体	135
第一节 形体分析法与线面分析法	135
第二节 画组合体的三视图	140
第三节 组合体的尺寸标注	144
第四节 读组合体的三视图	150
第五节 组合体的构型设计	161
复习思考题	164
第六章 轴 测 图	165
第一节 轴测投影的基本知识	165
第二节 正等测轴测图	166
第三节 斜二测轴测图	172
第四节 轴测图中的交线画法	175
复习思考题	176
参考文献	177

绪 论

图样与文字一样都是人类用以表达、记忆和传递信息的基本工具。在科学技术发展过程中,图样发挥了语言和文字所不能替代的作用。以图解法和图示法为基础的工程制图是科技思维的主要表达形式之一,也是指导工程技术活动的一种重要技术文件。现代工业中,不论设计、制造、安装和调试都离不开工程图样;在仪器、设备的使用过程中,也时常需要阅读工程图样来了解它们的结构和性能;因此,人们把工程图样喻为工程界的技术语言。与自然语言一样,技术语言也是人类生产实践发展的产物,必将随着人类社会的进步和科学技术的发展而不断进步和发展。

一、本课程的研究对象和教学目的

本课程是研究绘制和阅读工程图样的基本理论和方法的一门学科。工程设计中以投影理论为基础、按照国家颁布的制图标准而绘制的、包含物体形状尺寸材料加工等信息的图形文件,称为工程图样。工程图样是机械设备的设计、制造和使用过程中离不开的重要技术文件。

本课程是一门既有系统理论,又有很强实践性的重要的技术基础课。主要研究内容包括制图基础知识、正投影原理、组合体的表达、机件的表达、工程图样的绘制、阅读和计算机绘图等几个方面。

本课程的主要教学目的是:

- (1)培养工程意识和严谨的工作作风。
- (2)为图示空间物体提供理论基础和方法。
- (3)培养和发展空间分析能力和创新思维能力。
- (4)为图解空间几何问题提供理论和方法。
- (5)培养图形表达能力。
- (6)培养计算机绘图和三维造型的能力。

二、本课程的学习方法

本课程既有系统理论又有很强的实践性,它的实践意义十分重要。学习本课程要坚持理论联系实际学风。认真学习投影理论和线面分析、形体分析、构形分析等基本方法,注意物体与图样的结合,画图与看图的结合,构形与表达的结合,视图与尺寸的结合,形与数的结合。在研究、讨论问题时,一般先在三维空间分析,然后再转到二维平面作图。要注意空间几何关系,找出空间几何原形与平面图样间的对应关系。只有从空间到平面,再由平面到空间这样反复的思维和实践过程,才是本课程最有效的学习方法。

学习本课程必须要完成一定数量的作业和习题。做作业和习题时,一般都要经过三个程序:首先弄清题目中的给定条件;其次利用这些已知条件进行空间及投影情况分析,探索解题的思路,最后提出详细的解决问题步骤。由于解题的思维方法不同,作图步骤也不一样,因此要善于总结、归类,对不同的问题能选择比较简捷的方案。对全部作业和习题,必须用绘图工

具来完成,要求养成作图准确和图面整洁的习惯。

对于计算机绘图部分,要有足够的上机时间保证,熟练掌握一种成熟绘图软件的操作方法。注意将计算机绘图、徒手绘图和尺规绘图等各种技能与投影理论密切结合,才能准确、快速地绘制工程图样。

由于工程图样在生产和施工中起着非常重要的作用,绘图和读图时出现的任何差错都可能导致巨大的经济损失或安全事故,因此在学习过程中严格要求自己,树立严肃认真的学习态度,在做作业和习题时,就应该特别注重培养一丝不苟、严谨细致的作风。

本课程的学习还将为多门后续课程及生产实习、课程设计和毕业设计打下基础,绘图和读图的技能也将在上述环节中得到进一步的巩固和提高。

第一章 制图基本知识与技能

工程图样是现代工业生产的主要技术文件之一,是交流技术思想的重要工具,是“工程界的语言”,所以必须对图样的画法、尺寸标注等做出统一规定。机械图样是工程图样的一种,它是设计、生产制造、使用、维修机器或设备的主要技术资料,针对机械图样,国家标准《机械制图》统一规定了生产和设计部门应共同遵守的规则。因此要正确、完整、清晰、快速地绘制机械图样,不但要有耐心细致和认真负责的工作态度,而且必须遵守国家标准《机械制图》的各项规定,并掌握先进的、合理的绘图方法和步骤。随着科学技术进步,为满足国民经济不断发展的需要,我国还制定了对各类技术图样和有关技术文件都适用的国家标准《技术制图》。所以每一个工程技术人员都必须树立标准化的概念,严格遵守,认真执行国家标准。

第一节 国标的基本规定

GB/T 14689—2008、GB/T 14691—1993、GB/T 4457.4—2002、GB/T 17450—1998、GB/T 4458.4—2003 和 GB/T 16675.2—1996 等是国家标准《技术制图》和《机械制图》关于图纸幅面和格式、比例、字体、图线、尺寸注法等的规定。

一、图纸幅面(GB/T 14689—2008)和标题栏(GB/T 10609.1—2008)

1. 图纸幅面及格式

绘制工程图样时,应优先采用表 1-1 中规定的基本幅面尺寸。

表 1-1 图纸幅面

单位: mm

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
$B \times L$	841 × 1 189	594 × 841	420 × 594	297 × 420	210 × 297
e	20		10		
a	25				
c	10			5	

图幅确定后,还需在图纸上用粗实线画出图框以确定绘图区域,图框格式分为不留装订边和留有装订边两种,如图 1-1 所示,但同一产品的图样只能采用一种格式。

必要时允许加长图纸幅面,但加长幅面的尺寸是由表 1-1 中所列基本幅面的短边成整数倍增加后得出的。加长图纸幅面相应的图框尺寸,按所选用的基本幅面大一号的图框尺寸确定。加长幅面尺寸和图框尺寸可查阅 GB/T 14689—2008。

2. 标题栏

每张图纸都必须画出标题栏。GB/T 10609.1—2008 对标题栏的内容、格式和尺寸等作了规定。标题栏的位置应位于图框的右下角,如图 1-1(a)、(b)、(c)、(d)所示。学校的制图作业建议采用图 1-2 所示的格式,标题栏的外框画粗实线,分栏线画细实线。

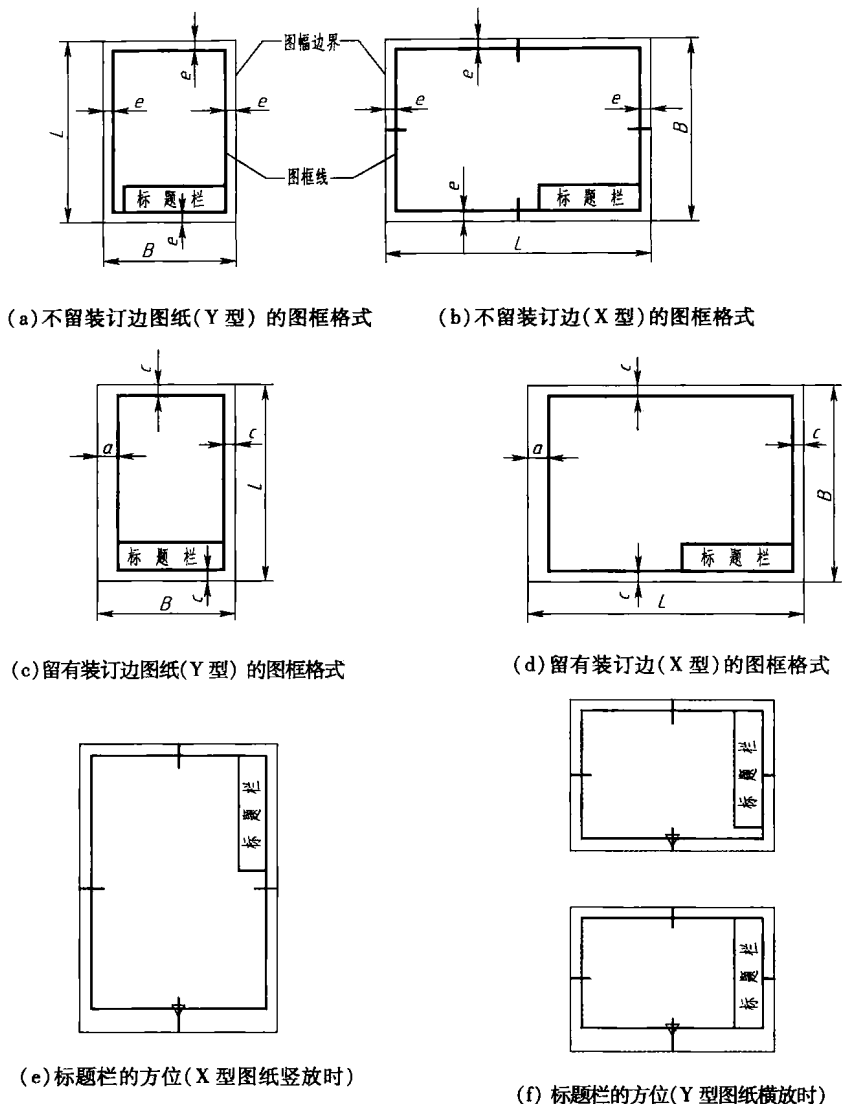


图 1-1 图纸幅面和图框格式

标题栏的长边置于水平方向并与图纸的长边平行时,则构成 X 型图纸,如图 1-1(b)、(d)所示。若标题栏的长边与图纸的长边垂直时,则构成 Y 型图纸,如图 1-1(a)、(c)所示。在此情况下,看图的方向与看标题栏的方向一致。

为了利用预先印制的图纸,允许将 X 型图纸的短边置于水平位置使用,如图 1-1(e)所示,或将 Y 型图纸的长边置于水平位置使用,如图 1-1(f)所示。

3. 附加符号

(1) 对中符号

为了使图样复制或缩微摄影时定位方便,应在图纸各边长的中点处绘制对中符号。对中符号是从周边画入图框内 5 mm 的一段粗实线,如图 1-1(e)、(f)所示。当对中符号在标题栏范围内时,则深入标题栏的部分省略不画。

(2) 方向符号

按图 1-1(e)、(f)所示使用预先印制的图纸时,为了明确绘图与看图时图纸的方向,应在

图纸的下边对中符号处画出一个方向符号,如图 1-1(e)、(f)所示。方向符号是用细实线绘制的等边三角形。

二、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。绘制图样时,应优先选取表 1-2 规定的“优先采用的比例”,必要时也可在“允许选用的比例”中选取。

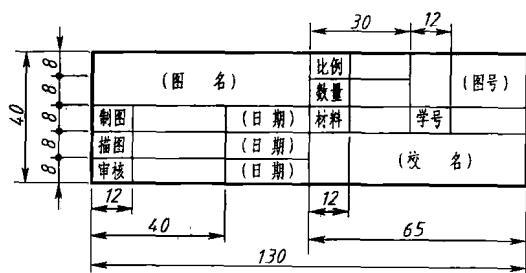


图 1-2 学生用标题栏

表 1-2 绘图比例

种类	优先采用的比例	允许选用的比例
原值比例	1:1	
放大比例	5:1 2:1 5 × 10 ⁿ :1 2 × 10 ⁿ :1 1 × 10 ⁿ :1	4:1 2.5:1 4 × 10 ⁿ :1 2.5 × 10 ⁿ :1
缩小比例	1:2 1:5 1:10 ⁿ 1:2 × 10 ⁿ 1:5 × 10 ⁿ 1:1 × 10 ⁿ	1:1.5 1:2.5 1:3 1:4 1:6 1:1.5 × 10 ⁿ 1:2.5 × 10 ⁿ 1:3 × 10 ⁿ 1:4 × 10 ⁿ 1:6 × 10 ⁿ

比例一般应填写在标题栏中比例一栏内。必要时,在视图名称的下方或右侧标注。如图样中的某个视图采用的比例与标题栏中的比例不同时,必须在视图名称的下方(或右侧)标注其比例。

三、字体(GB/T 14691—1993)

在图样中书写字体必须做到:字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。

字体高度(用 h 表示)的公称尺寸系列为 1.8、2.5、3.5、5、7、10、14、20 mm。如需书写更大的字,其字体高度应按 $\sqrt{2}$ 的比率递增。字体的号数用字的高度表示。

1. 汉字

汉字应写长仿宋体,并采用国家正式公布的简化字。汉字的高度 h 不应小于 3.5 mm。字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。

长仿宋体的书写要领是:横平竖直、注意起落、结构均匀、填满方格。图 1-3 为用长仿宋体书写的汉字示例。

7号字

横平竖直注意起落结构均匀填满方格

10号字

字体工整笔画清楚间隔均匀排列整齐

图 1-3 长仿宋体书写的汉字示例

2. 字母和数字

字母和数字分 A 型 B 型。A 型字体的笔画宽度(d)为字高(h)的 1/14; B 型字体的笔画宽度(d)为字高(h)的 1/10。字母和数字可写成斜体或直体(机械工程图样中常采用斜体)。斜体字字头向右倾斜,与水平基准线成 75°。在同一图样上字型应统一。图 1-4 为字母和数

字的结构形式。

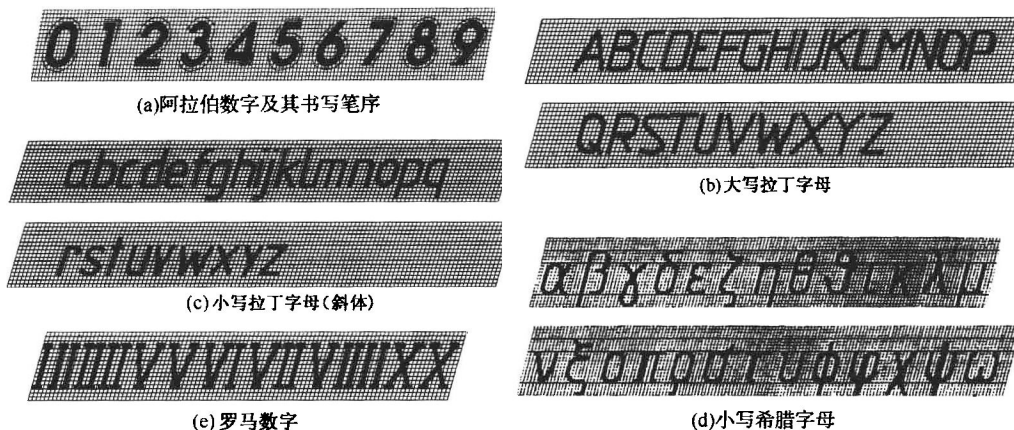


图 1-4 字母和数字的结构形式

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

1. 图线的类型及应用

绘制机械图样时,一般使用表 1-3 所示的 9 种图线类型,按 GB/T 4457.4—2002 的规定,采用粗、细两种线宽,两种线宽的比为 2:1。粗线宽度(d)应根据图样的类型、大小、比例和缩微复制的要求在 0.25、0.35、0.5、0.7、1、1.4 和 2 mm 中选用,并优先采用 0.5 mm 和 0.7 mm 的线宽。在同一图样中,同类图线的线宽应一致。

表 1-3 图线类型及应用

图线名称	图线类型	线宽	线素	一般应用
细实线		$d/2$	无	尺寸线及尺寸界线、剖面线、重合剖面的轮廓线、螺纹的牙底线及齿轮的齿根线、引出线、辅助线等
波浪线		$d/2$	无	断裂处的边界线、视图和剖视图的分界线
双折线		$d/2$	无	断裂处的边界线
粗实线		d	无	可见轮廓线
细虚线		$d/2$	画	不可见轮廓线
粗虚线		d	短间隔	有特殊要求表面的表示线
细点画线		$d/2$	长画	轴线、对称中心线、轨迹线
粗点画线		d	短间隔	表示限定范围的表示线
细双点画线		$d/2$	点	假想投影轮廓线、中断线

长画 = $24d$ 画 = $12d$ 短间隔 = $3d$ 点 $\leq 0.5d$

不连续线的独立部分称为线素,如点、长度不同的画和间隔。9种图线类型所包含的线素及各种线素的长度见表1-3。手工绘图时,线素的长度应符合GB/T 17450—1998的规定或与表1-3所推荐的长度相近。图1-5为机械图样中图线的应用举例。

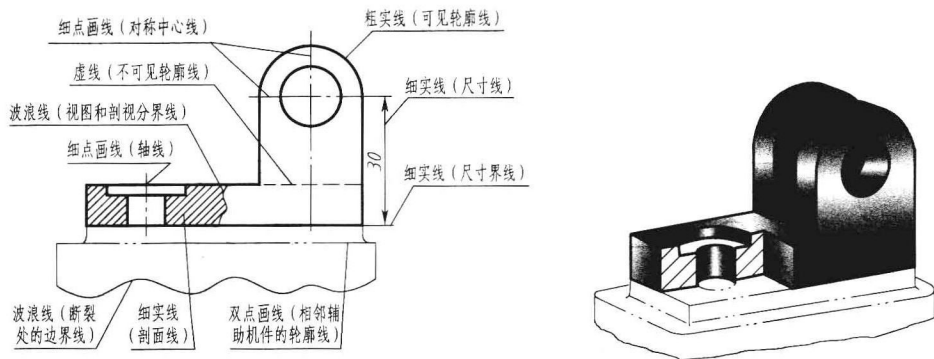


图1-5 图线及其应用

2. 图线画法

- (1)不连续的线型如:细虚线、细点画线等应恰当地相交于画或长画处(图1-6)。
- (2)绘制圆的中心线或图形的对称线时,细点画线首末两端应是长画,并超出圆或图形外约2~5 mm。在较小的图形上绘制点画线或双点画线有困难时,可用细实线代替(图1-6)。
- (3)当细虚线是粗实线的延长线时,在连接处应留出空隙(图1-6)。

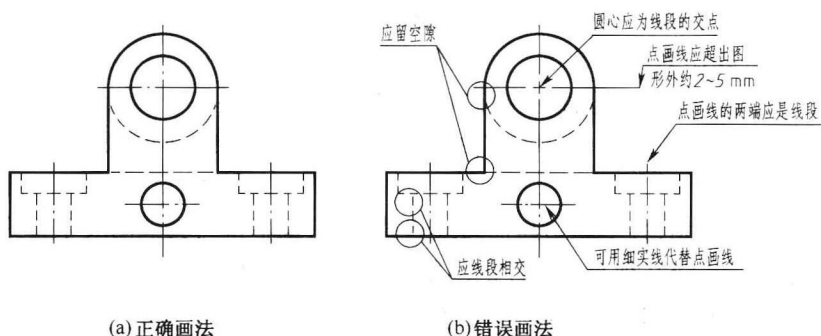


图1-6 图线画法

- (4)两条平行线之间的最小间隙不得小于0.7 mm。

五、尺寸注法(GB/T 4458.4—2003 和 GB/T 16675.2—1996)

在工程图样中,视图只能表达零件各部分的形状,而其大小则必须通过尺寸标注来表达,因此尺寸与视图都是工程图样的重要内容,GB/T 4458.4—2003《机械制图 尺寸注法》和GB/T 16675.2—1996《技术制图 简化表示法 第2部分》对尺寸标注作了一系列规定。

1. 基本规则

(1)机件的真实大小应以图样上所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(包括技术要求和其他说明)的尺寸,以毫米为单位时,不需标注计量单位的代

号或名称,如采用其他单位时,则必须注明相应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,一般只标注一次,并应标注在反映该结构最清晰的图形上。

2. 尺寸组成

一个完整的尺寸应包括尺寸界线、尺寸线、尺寸数字和表示尺寸线终端的箭头或斜线,如图 1-7 所示。

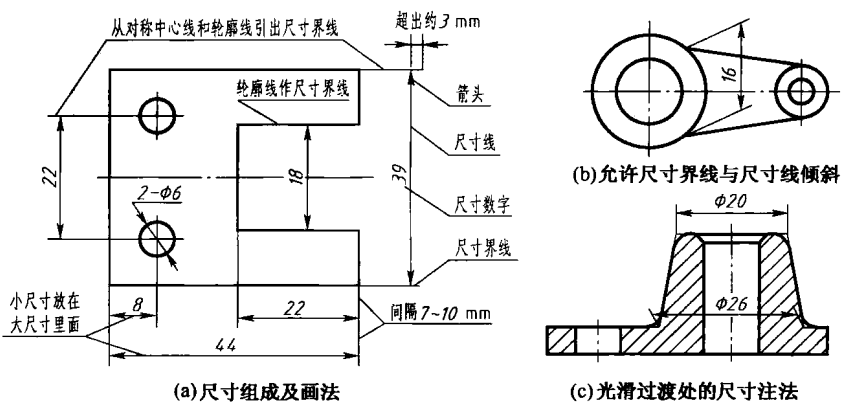


图 1-7 尺寸的组成

(1) 尺寸界线

尺寸界线用细实线绘制,并应由图形的轮廓线、轴线或对称中心线处引出,也可利用轮廓线、轴线或对称中心线作为尺寸界线。尺寸界线应超出尺寸线约 3 mm 左右,如图 1-7(a) 所示。尺寸界线一般应与尺寸线垂直,必要时也允许倾斜,如图 1-7(b) 所示。在光滑过渡处标注时,必须用细实线将轮廓线延长,从它们的交点处引出尺寸界线,如图 1-7(c) 所示。

(2) 尺寸线

尺寸线用细实线绘制,且不能用其他图线代替,一般也不得与其他图线重合或画在其延长线上。线性尺寸的尺寸线必须与所标注的线段平行,且尺寸线与图形轮廓线以及两平行尺寸线之间的距离应大致相等,一般以不小于 7 mm 为宜。相互平行的尺寸,应使较小的尺寸靠近图形,较大的尺寸依次向外分布,以免尺寸线与尺寸界线相交,如图 1-7(a) 所示。在圆或圆弧上标注直径或半径尺寸时,尺寸线或其延长线一般应通过圆心。

尺寸线终端可以有两种形式:箭头和斜线,它们的画法如图 1-8 所示。斜线形式只能用于尺寸线与尺寸界线垂直的情况。当尺寸线与尺寸界线相互垂直时,同一张图样上,尺寸线终端只能采用一种形式,且应大小一致。

(3) 尺寸数字及其符号

尺寸数字按国标规定的字体书写,同一张图样中,尺寸数字的高度(即字号)要一致。尺寸数字一般应注写在尺寸线上方或尺寸线的中断处,但同一图样中只允许采用一种形式。尺寸数字不允许被任何图线通过,否则必须将该图线断开[图 1-7(c)]。若图线断开后影响图形表达时,则需调整尺寸标注的位置。

标注尺寸时,应尽量使用符号和缩写词。常用的符号和缩写词见表 1-4,常用尺寸注法见表 1-5。

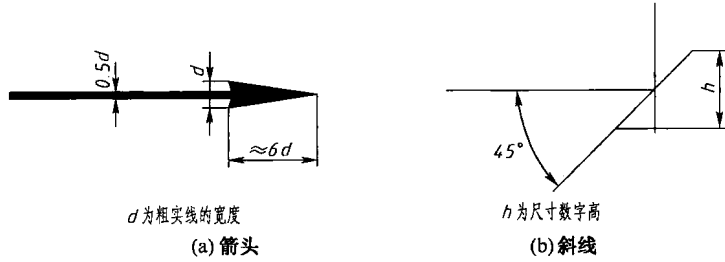


图 1-8 尺寸线终端的两种形式的放大图

表 1-4 常用符号和缩写词

符号和缩写词	含 义	符号和缩写词	含 义
ϕ	直径	∇	埋头孔
R	半径	□	沉孔或锪平
$S\phi$ (SR)	球直径(球半径)	⤵	深度
EQS	均布	□	正方形
C	45°	∠	斜度
t	厚度	◁	锥度

3. 各类尺寸标注示例(GB/T 4458.4—2003 和 GB/T 16675.2—1996)

表 1-5 各类尺寸的标注示例

线性尺寸注法	
说明	<p>1. 线性尺寸的数字应按图(a)所示方向书写,并尽可能避免在阴影所示的30°范围内标注尺寸,当无法避免时,也可水平注写在尺寸线中断处或用旁注法注出,如图(b)。</p> <p>2. 对于非水平的线性尺寸的尺寸,其数字的方向一般采用图(c)所示的注法;也可采用图(d)所示的注法</p>
圆及圆弧尺寸注法	
说明	<p>1. 圆的直径和圆弧半径尺寸线的终端应画成箭头,并按上图(a)、图(b)、图(c)所示的方法标注;</p> <p>2. 当圆弧的半径过大或在图纸范围内无法标注其圆心位置时,可采用折线形式按图(d)标注,若圆心位置不需注明,则可按上图(e)标注,尺寸线延长线应通过圆心</p>

<p>小尺寸注法</p>	
<p>说明</p>	<p>在尺寸界线之间没有足够的位置画箭头及写数字时,可把箭头或尺寸数字放在尺寸界线的外面,如图(a);几个小尺寸连续标注时,中间的箭头可用圆点或斜线代替[图(b)];圆和圆弧的小尺寸可按图(c)、(d)标注</p>
<p>角度、弦长、弧长注法</p>	
<p>说明</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 角度尺寸的数字一律水平书写,并注在尺寸线的中断处,必要时可写在尺寸线的上方或外边,也可引出旁注,尺寸线画成以该角的顶点为圆心的圆弧,尺寸界线应沿径向引出[图(a)、(b)]; 2. 弦长的标注按线性尺寸标注[图(c)]; 3. 弧长的尺寸线为同心弧,尺寸界线垂直其弦,如图(d)所示。弧度较大时,尺寸界线可沿径向引出,如图(e)所示
<p>对称图形的尺寸注法</p>	
<p>说明</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 当图形对称时为方便测量及加工时减少误差,一般情况下须标注其对称要素之间的有关尺寸如图(a)中的53,22等; 2. 当图形对称时,分布在对称中心线两边的相同结构,可仅标注其中一边的尺寸,如图(a)中的R3; 3. 当对称图形只画一半或略大于一半时,尺寸线应略超过对称中心线或断裂边界线,此时仅在尺寸线的一端画出箭头,如图(c)、(d)所示