

21 世纪高等职业教育通用教材

现代工程制图

主 编 卢健涛

执行主编 龚炜昌

上海交通大学出版社

21 世纪高等职业教育通用教材

编 审 委 员 会

主 任 名 单

(以姓氏笔画为序)

编审委员会顾问

叶春生 詹平华

编审委员会名誉主任

李 进 李宗尧

编审委员会主任

闵光太 潘立本

编审委员会常务副主任

东鲁红

编审委员会副主任

孔宪思	王俊堂	王继东	白玉江
冯拾松	匡亦珍	朱懿心	李 光
李坚利	吴惠荣	陈 礼	赵祥大
饶文涛	洪申我	秦士嘉	黄 斌
董 刚	薛志信		

序

发展高等职业教育,是实施科教兴国战略、贯彻《高等教育法》与《职业教育法》、实现《中国教育改革与发展纲要》及其《实施意见》所确定的目标和任务的重要环节;也是建立健全职业教育体系、调整高等教育结构的重要举措。

近年来,年轻的高等职业教育以自己鲜明的特色,独树一帜,打破了高等教育界传统大学一统天下的局面,在适应现代社会人才的多样化需求、实施高等教育大众化等方面,做出了重大贡献。从而在世界范围内日益受到重视,得到迅速发展。

我国改革开放不久,从1980年开始,在一些经济发展较快的中心城市就先后开办了一批职业大学。1985年,中共中央、国务院在关于教育体制改革的决定中提出,要建立从初级到高级的职业教育体系,并与普通教育相沟通。1996年《中华人民共和国职业教育法》的颁布,从法律上规定了高等职业教育的地位和作用。目前,我国高等职业教育的发展与改革正面临着很好的形势和机遇:职业大学、高等专科学校和成人高校正在积极发展专科层次的高等职业教育;部分民办高校也在试办高等职业教育;一些本科院校也建立了高等职业技术学院,为发展本科层次的高等职业教育进行探索。国家学位委员会1997年会议决定,设立工程硕士、医疗专业硕士、教育专业硕士等学位,并指出,上述学位与工程学硕士、医学科学硕士、教育学硕士等学位是不同类型的同一层次。这就为培养更高层次的一线岗位人才开了先河。

高等职业教育本身具有鲜明的职业特征,这就要求我们在改革课程体系的基础上,认真研究和改革课程教学内容及教学方法,努力加强教材建设。但迄今为止,符合职业特点和需求的教材却还不多。由泰州职业技术学院、上海第二工业大学、金陵职业大学、扬州职业大学、彭城职业大学、沙洲职业工学院、上海交通高等职业技术学校、上海交通大学技术学院、上海汽车工业总公司职工大学、立信会计高等专科学校、江阴职工大学、江南学院、常州技术师范学院、苏州职业大学、锡山职业教育中心、上海商业职业技术学院、潍坊学院、上海工程技术大学等百余所院校长期从事高等职业教育、有丰富教学经验的资深教师共同编写的《21世纪高等职业教育通用教材》,将由上海交通大学出版社等陆续向读者朋友推出,这是一件值得庆贺的大好事,在此,我们表示衷心的祝贺。并向参加编写的全体教师表示敬意。

高职教育的教材面广量大,花色品种甚多,是一项浩繁而艰巨的工程,除了高职院校和出版社的继续努力外,还要靠国家教育部和省(市)教委加强领导,并设立高等职业教育教材基金,以资助教材编写工作,促进高职教育的发展和改革。高职教育以培养一线人才岗位与岗位群能力为中心,理论教学与实践训练并重,二者密切结合。我们在这方面的改革实践还不充分。在肯定现已编写的高职教材所取得的成绩的同时,有关学校和教师要结合各校的实际情况和实训计划,加以灵活运用,并随着教学改革的深入,进行必要的充实、修改,使之日臻完善。

阳春三月,莺歌燕舞,百花齐放,愿我国高等职业教育及其教材建设如春天里的花园,群芳争妍,为我国的经济建设和社会发展作出应有的贡献!

叶春生

前 言

工程制图是高等工科院校或职业技术学院传统的技术基础课。进入 21 世纪,如何发挥本课程的特色,各校对工程制图课程的本质和特征进行了深入的探讨,进一步深刻认识了空间思维能力和绘图技能培养的关系,进一步明确了新时期计算机绘图工具引入工程制图课程体系、理论和实践互动教学的意义。本教材是各参编学校教师在总结多年教学改革实践经验的基础上编写的,采用近年来(含 2003 年)国家颁布的技术制图和机械制图新标准,将工程制图传统内容与计算机绘图有机地融合、强化测绘训练,是本教材的主要特色,能够满足新时期人才培养的需要。

本教材有以下主要特点:

(1) 精选传统工程制图的教学内容,突出空间思维、构形能力的培养。加强了立体和组合体等章节的内在联系,增加了组合体构成等内容。

(2) 将计算机绘图的内容(本教材为 AutoCAD 2000 软件的应用和操作)作为绘图的基本技能之一,贯穿于整个教学过程中,实现了技能培养和理论教学的统一。

(3) 本教材将徒手画草图、仪器绘图和计算机绘图三种技能培养结合起来,通过各种测绘实践训练的贯彻、计算机绘图手段应用的配合,以提高学生的动手能力为目标。

(4) 本教材在第 11 章中介绍房屋建筑图和电气工程图的内容,以扩大学生对各种工程图样的了解,增加学生的知识面。

(5) 本教材的配套习题集,精选了不同类型的练习并注重在难度上的循序渐进,便于教师根据不同教学实际使用,学生也可以依能力从不同难度深入理解和掌握本教材的内容。

参加本教材编写的有:山东潍坊职工大学杜洪香(第 1 章),南京金陵科技学院李晓辉(第 2 章),上海海运学院龚炜昌(第 3 章、第 6 章),金华铁路司机学校朱春耕(第 4 章),上海第二工业大学袁和法(第 5 章),厦门鹭江大学李文望(第 7 章、第 11 章第 11.1 节),江苏泰州职业技术学院韩柏(第 8 章),江苏镇江高等专科学校戴月红(第 9 章),福州大学卢健涛(第 10 章、第 11 章第 11.2 节)。本教材由卢健涛任主编,龚炜昌任执行主编,袁和法、韩柏任副主编。

本教材参考了一些国内同类教材或参考书(见附录参考文献),在此特向有关作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中会有某些缺点和不当之处,敬请各位读者及同仁批评指正。

编者

2004 年 5 月

目 录

绪论	1
0.1 工程制图课程的研究对象	1
0.2 工程制图课程的主要任务	1
0.3 工程制图课程的学习方法	1
1 制图的基本知识与基本技能	2
1.1 《技术制图》与《机械制图》国家标准的基本规定	2
1.2 手工绘图的基本方法	9
1.3 几何作图	12
1.4 平面图形的分析与作图步骤	14
1.5 计算机绘图的基本方法	17
2 正投影法基础	36
2.1 投影法的基本知识	36
2.2 点的投影	37
2.3 直线的投影	42
2.4 平面的投影	50
2.5 直线与平面、平面与平面的相对位置	57
2.6 换面法及综合练习	61
3 曲线与曲面	68
3.1 常用曲线的投影特性及画法	68
3.2 圆柱螺旋面	70
4 立体	71
4.1 立体的三视图	71
4.2 平面与立体表面相交	77
4.3 两立体表面相交	84
4.4 立体三视图的尺寸标注	89
4.5 用计算机绘制基本立体三视图	90
5 组合体	91
5.1 组合体的构造方式及分析方法	91

5.2	组合体三视图的画法	93
5.3	组合体的尺寸标注	96
5.4	用计算机绘制组合体视图及尺寸标注	101
5.5	读组合体视图的方法	107
6	轴测投影图	117
6.1	轴测投影的基本知识	117
6.2	正等轴测图	119
6.3	斜二等轴测图	122
6.4	用计算机绘制轴测图	123
7	机件常用的表达方法	129
7.1	视图	129
7.2	剖视图	132
7.3	断面图	141
7.4	其他画法	143
7.5	机件表达方法综合举例	146
7.6	计算机绘制机件的剖视图	147
8	标准件和常用件	151
8.1	螺纹	151
8.2	螺纹紧固件及其联结的画法	158
8.3	键、销及其联结	163
8.4	齿轮	167
8.5	滚动轴承	171
8.6	弹簧	173
9	零件图	175
9.1	零件图的作用和内容	175
9.2	零件上常见的工艺结构	176
9.3	零件图的视图选择	179
9.4	零件图的尺寸标注	182
9.5	零件的技术要求	187
9.6	零件的测绘	197
9.7	用计算机绘制零件工作图	202
9.8	看零件图	204
10	装配图	207
10.1	装配图的作用和内容	207

10.2	装配图的视图表达方法	207
10.3	常见的装配结构	210
10.4	装配图的尺寸标注和技术要求	212
10.5	装配图的零件序号、明细表和标题栏	213
10.6	装配图的画法	215
10.7	部件测绘	220
10.8	看装配图和拆画零件图	226
11	其他工程图样简介	233
11.1	房屋建筑图	233
11.2	电气工程图	240
	附录	251
	参考文献	271

绪 论

0.1 工程制图课程的研究对象

在工程技术界用规定的方法表达机器设备及建筑物的形状、大小、技术要求等的图形称为工程图样。工程图样是工程技术部门的重要技术文件。在现代工业中,设计、制造各种机械、电机、电器、仪表以及在采矿、冶金、化工、环保、通信等各方面的设备,都必须绘制工程图样。在安装、使用、维护这些机器设备和仪表时,也常常需要通过阅读这些工程图样来了解它们的结构和性能。因此,工程制图被誉为工程技术界的共同语言,是从事各种工程技术工作的基础,每个工程技术人员都必须学会绘制和阅读工程图样。

本课程是一门讲述绘制和阅读各种工程图样原理和方法的技术基础课,课程的目的是培养学生运用徒手草图、仪器绘图和计算机绘图等方法来进行创造性的形体实际和表达以及领会工程设计思想的能力。本课程包括画法几何、制图基础、机械图等部分。画法几何部分学习用正投影法表达空间几何形体和图解简单的空间几何问题的基本原理方法;制图基础部分重点学习用徒手草图、仪器绘图以及计算机绘图的操作技能,培养绘制和阅读投影图的基本能力,学习标注尺寸的基本方法;机械图部分学习绘制和阅读完整的零件工作图和部件装配图的基本方法。

0.2 工程制图课程的主要任务

- (1) 学习正投影法的基本原理及其应用。
- (2) 培养空间思维能力和空间分析能力。
- (3) 掌握和运用技术制图和机械制图国家标准。
- (4) 培养用徒手草图、仪器绘图和计算机绘图等方法绘制和阅读工程图样的能力。
- (5) 培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。

0.3 工程制图课程的学习方法

本课程是一门实践性较强的基础课程,只有通过一系列绘图和读图的实践,正确运用正投影的规律,通过不断地由物画图、由图想物、认真分析和想像空间三维形体与二维图形之间的对应关系,才能掌握图样表达的基本规律,同时提高自己的空间思维和空间分析能力。

由于工程图样是工程技术行业中的重要技术文件,不允许绘图和读图的差错。因此,从学习本课程开始,就应当培养认真负责的工作态度和严谨细致的工作作风。在做习题时,应在掌握有关概念的基础上,严格按照正确的方法和步骤作图,养成正确使用绘图工具和仪器的习惯,遵守技术制图和机械制图等国家标准的有关规定。徒手画草图、仪器绘图和计算机绘图是三种相辅相成的绘图方式。在学习过程中,各种绘图方法的练习均有一定的作用,不可偏废一种,都必须下苦功练习。只有认真和勤奋的学习态度,才能掌握本课程的基本内容、基本思想和基本方法,同时也为后续课程的学习打下良好的基础。

1 制图的基本知识与基本技能

本章主要介绍国家标准《技术制图》与《机械制图》的一些基本规定、绘图工具的使用方法、几何作图、平面图形分析及尺寸标注等内容。

1.1 《技术制图》与《机械制图》国家标准的基本规定

图样作为“工程界的语言”和设计制造机器中的技术资料,有必要作出统一的规定,以利于交流和管理。国家标准《技术制图》与《机械制图》统一规定了制图规则。

本节摘要介绍“图纸幅面”、“比例”、“字体”、“图线”和“尺寸注法”等国标内容。

1.1.1 图纸幅面和格式(GB/T 14689—1993)

绘制图样时,优先采用表 1.1 中规定的图纸基本幅面。

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
a	25				
c	10			5	
e	20		10		

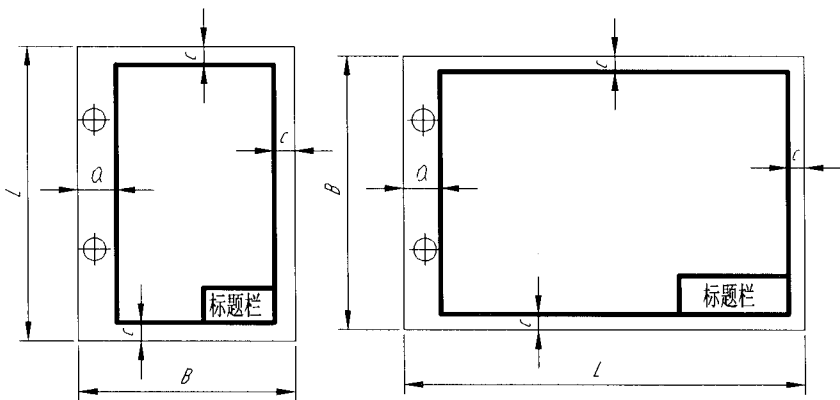


图 1.1 图框的格式

图纸可以横放或竖放。均应用粗实线画出图框线和标题栏的外框线。需装订的图样,其

图框格式如图 1.1 所示。一般采用 A4 幅面竖装或 A3 幅面横装。图样不需装订时,只需将图 1.1 中的尺寸 a 和 c 都改成表 1.1 中的尺寸 e 即可。

1.1.2 标题栏

标题栏的位置应按图 1.1 所示的方式配置。标题栏中的文字方向为看图的方向。标题栏的格式和尺寸在 GB/T 10609.1—1989 中作了规定,可参照使用。制图作业时标题栏建议采用图 1.2 的格式。

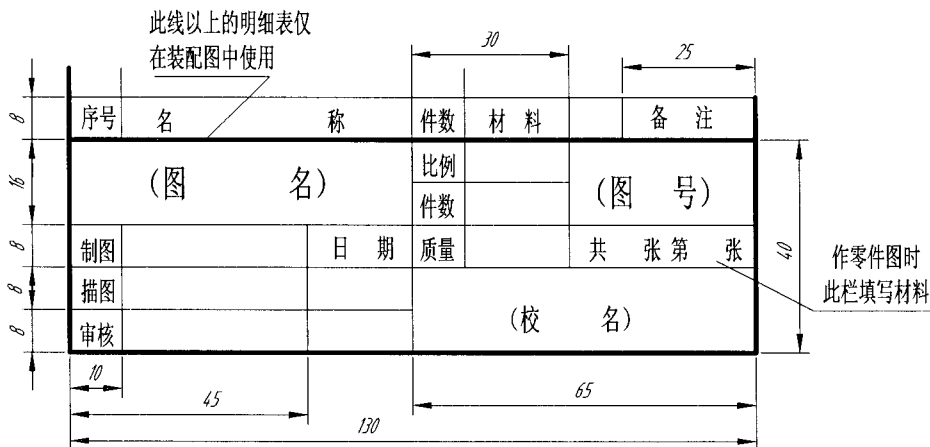


图 1.2 标题栏的格式和尺寸

1.1.3 比例 (GB/T 14690—1993)

比例是指图样中的图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。

比例符号应以“:”表示,其表示方法如 1:1、1:500、20:1 等。绘图一般采用表 1.2 的 A 中规定比例,必要时也允许选取表 1.2 的 B 中比例。

表 1.2 绘图的比例

	A	B
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 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

注: n 为正整数。

为了使图形更好地反映机件的真实大小,绘图时应尽量采用 1:1 的比例。当机件不宜采

用 1 : 1 的比例时,也可用放大或缩小的比例画出。但是,标注的尺寸必须是机件的实际尺寸,如图 1.3 所示。比例一般应注在标题栏中的比例栏内。绘制同一机件的各个视图应采用相同比例,当某个视图需要采用不同比例时,必须另行标注。

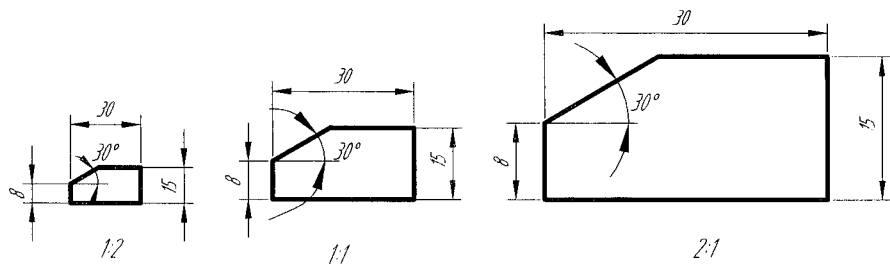


图 1.3 用不同比例绘制同一机件的图形

1.1.4 字体(GB/T 14691—1993)

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。各种字体的大小要选择适当。字体高度(用 h 表示)的公称尺寸系列为:1.8 mm、2.5 mm、3.5 mm、5mm、7 mm、10 mm、14 mm、20 mm,如需要书写更大的字,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。

汉字应采用长仿宋字体,并应采用国家正式公布的简化字,其字高 h 不应小于 3.5 mm,字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。

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

字母和数字可写成斜体或直体。斜体字的字头向右倾斜,与水平线成 75° 。字体书写实例如图 1.4 所示。

汉字:

字体工整 笔画清楚 间隔均匀 排列整齐

横平竖直注意起落结构均匀填满方格

飞机汽车技术制图工程概貌服装鞋帽建筑机械

飞机汽车技术制图工程概貌服装鞋帽建筑机械

拉丁字母示例:

A B C D E F G H I J K L M N O P

a b c d e f g h i j k l m n o p

阿拉伯数字示例：

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

罗马数字示例：

I II III IV V VI VII VIII IX X

图 1.4 字体书写实例

1.1.5 图线 (GB/T 17450—1998)

图线的起点和终点间以任意方式连接的一种几何图形,形状可以是直线或曲线,连续线或不连续线。机械图样中,常用的图线如表 1.3 所示。所有线型的图线宽度(d)的推荐系列为: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。

画图时应注意:

(1) 机械图样中规定的图线宽度比率为:粗实线:中粗实线:细实线=4:2:1,通常采用两种线宽,其比例关系为2:1,粗实线的宽度通常在0.5~1 mm之间选取,其他图线均为细线。

(2) 同一图样中同类图线的宽度应一致,虚线、点画线及双点画线的画的长度和间隔应各自大致相等。

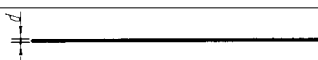
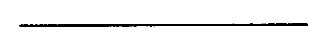

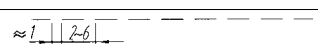
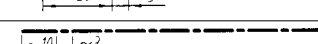
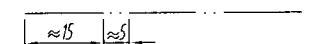

(3) 点画线(或长画短画线)和双点画线的首末两端应是长画而不是点,且应超出轮廓线2~5mm。当它们相交时,应是画相交,不留空隙。

(4) 虚线处于粗实线的延长线上时,在虚线与实线的分界处应留出空隙。

(5) 在较小图形上绘制点画线、双点画线有困难时,可用细实线代替点画线或双点画线。

图 1.5 为图线的应用举例。

表 1.3 图线

图线名称	图线型式	图线宽度	应用举例
粗实线		d	可见轮廓线,可见过渡线
细实线		$d/4$	尺寸线及尺寸界限、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、分界线及弯折线、辅助线等
波浪线		$d/4$	断裂处的边界线、视图和剖视的分界线
双折线		$d/4$	断裂处的边界线
虚线		$d/4$	不可见轮廓线,不可见过渡线
细点画线		$d/4$	轴线、对称中心线、轨迹线、节圆及节线
粗点画线		d	有特殊要求的线或表面的表示线
双点画线		$d/4$	相邻辅助零件的轮廓线、极限位置的轮廓线、坯料的轮廓线、中断线等

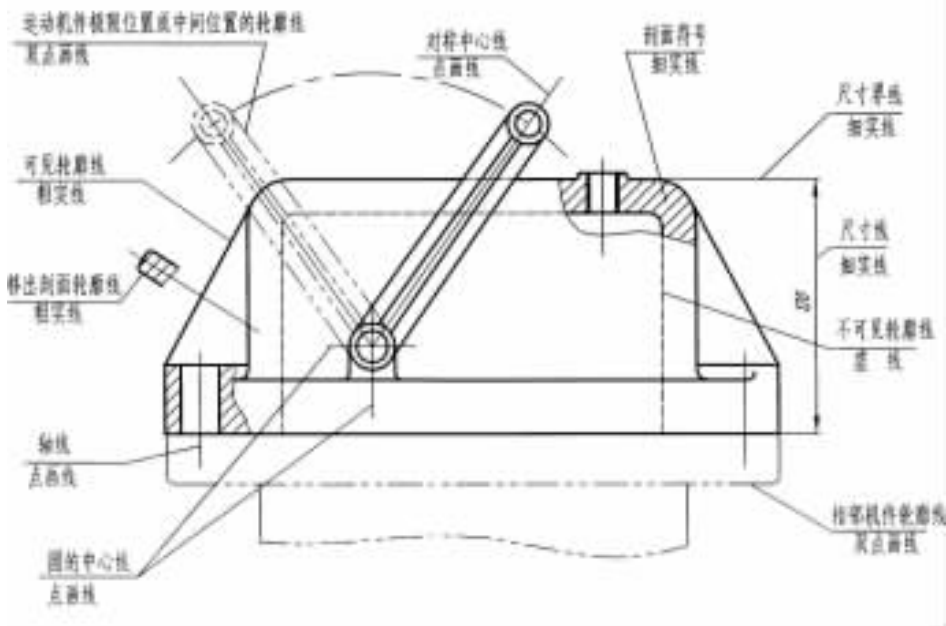


图 1.5 图线应用举例

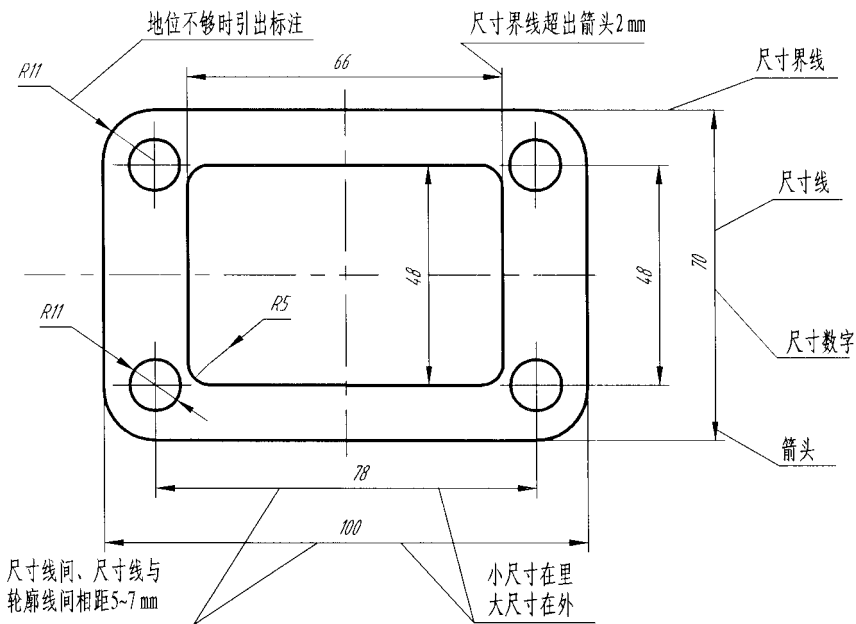


图 1.6 尺寸的组成及标注法示例

1.1.6 尺寸标注 (GB/T 16675.2—1996、GB/T 4458.4—1984)

(1) 基本规则:

① 机件的真实大小应以图样上所注尺寸的数值为依据,与图形的大小和绘图的准确程度无关。

② 机械图样中的尺寸规定均以毫米(mm)为单位,且不需标注其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,一般在同一张图样上只标注一次,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,一般应由尺寸界线、尺寸线及其终端、尺寸数字三部分组成。其间的关系如图 1.6 所示。

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。尺寸界线一般应与尺寸线垂直,并超出尺寸线 2 mm 左右。

② 尺寸线及其终端:尺寸线必须用细实线画出,不得用其他图线代替。标注线性尺寸时,尺寸线必须与所标注的线段平行。尺寸线终端有六种形式,常用的有以下三种形式:

● 箭头:箭头的形式和大小如图 1.7(a)所示。适用于各种类型的图样。在机械制图中主要采用这种形式。

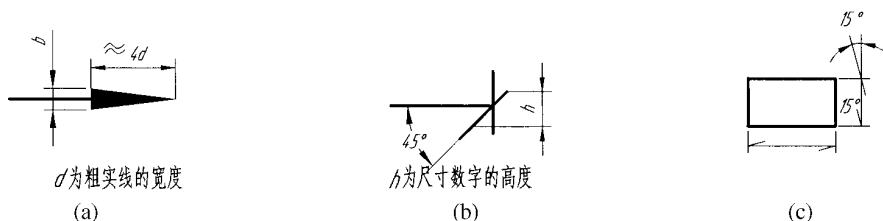


图 1.7 尺寸线的终端形式

● 斜线:斜线用细实线绘制,其方向和画法如图 1.7(b)所示。采用这种形式时,尺寸线与尺寸界线必须相互垂直。

● 单边箭头:方向和画法如图 1.7(c)所示。

注意:同一张图样中只能采用一种尺寸线终端形式。

③ 尺寸数字:线性尺寸的数字一般应注写在尺寸线的上方,也允许注写在尺寸线的中断处,当位置不够时也可引出标注,如图 1.8 所示。

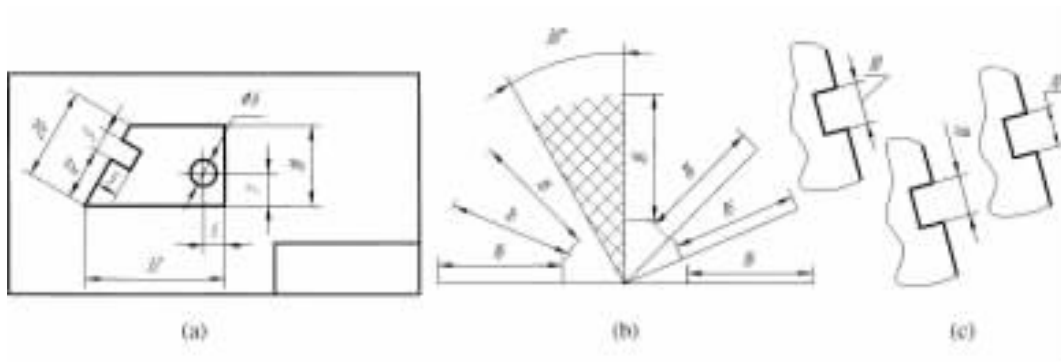
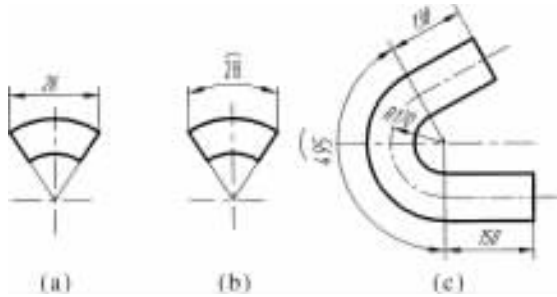
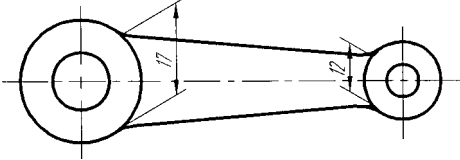
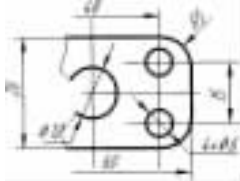


图 1.8 注写尺寸数字的方向及规定

尺寸标注的基本规定如表 1.4 所示。

表 1.4 标注尺寸的基本规定

项目	说明	图例
直径和半径	<p>1. 标注直径尺寸时,应在尺寸数字前加注符号“ϕ”,标注半径尺寸时,加注符号“R”。半径尺寸必须注在投影是圆弧处,且尺寸线应通过圆心</p>	
	<p>2. 圆弧的半径过大,圆心不在图纸内时,可按图(a)的形式标注。若圆心位置不需表明,尺寸线可以中断,如图(b)所示</p>	
	<p>3. 标注球面的直径和半径时,应在“ϕ”或“R”前面加注符号“S”(图(a)和图(b))。对于螺钉、铆钉的头部,轴及手柄的端部,允许省略符号“S”(图(c))</p>	
狭小部位	<p>1. 当没有足够的位置画箭头或书写数字时,可一个布置在外面</p>	
	<p>2. 位置更小时,箭头和数字可以都布置在外面</p>	
角度	<p>1. 角度的尺寸数字一律写成水平方向</p>	
	<p>2. 角度的尺寸数字应写在尺寸线的中断处,必要时允许写在外面或引出标注</p>	
	<p>3. 角度的尺寸数字必须沿径向引出,尺寸线应画成圆弧,圆心是该角的顶点</p>	

项目	说明	图例
弧长及弦长	<p>1. 标注弦长及弧长的尺寸界限应平行于该弦的垂直平分线(见图(a)、图(b))。当弧度较大时,尺寸界限可以沿径向引出(见图(c))</p> <p>2. 标注弧长时,应在尺寸数字上方加符号“\frown”(见图(b)、图(c))</p>	
光滑过渡处	<p>在光滑过渡处标注尺寸时,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</p>	
对称图形	<p>当对称机件的图形只画出一半或略大于一半时,尺寸线应略超过对称中心线或者断裂处的边界线,此时仅在尺寸线的一端画出箭头</p>	

1.2 手工绘图的基本方法

手工绘图包含仪器绘图和徒手绘图两种,学习仪器绘图主要是掌握各种绘图工具和仪器的使用方法。学习徒手绘图主要是掌握徒手绘制各种线条的基本方法。

1.2.1 仪器绘图

要保证绘图质量和加快绘图速度,就必须养成正确使用绘图工具的良好习惯。下面介绍几种常用的绘图工具及其使用方法。

(1) 图板、丁字尺、三角板的用法。如图 1.9、图 1.10 所示。

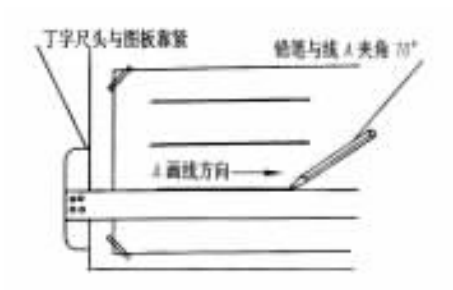


图 1.9 画水平线

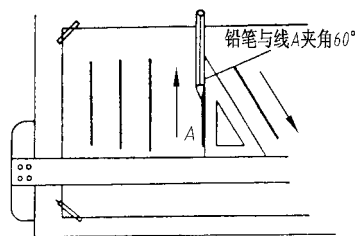


图 1.10 画垂直线和斜线

(2) 分规、比例尺的用法。如图 1.11、图 1.12 所示。

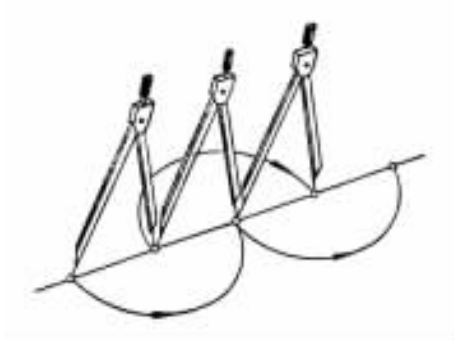


图 1.11 分规的用法

用分规连续截取等长线段



图 1.12 比例尺的用法

比例尺除用来直接在图上量取尺寸外，
还可用分规从比例尺上量取尺寸

(3) 圆规的用法。如图 1.13、图 1.14 所示。

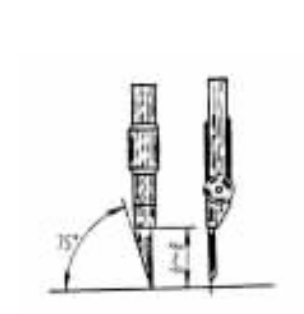


图 1.13 铅芯脚和针脚高低的调整

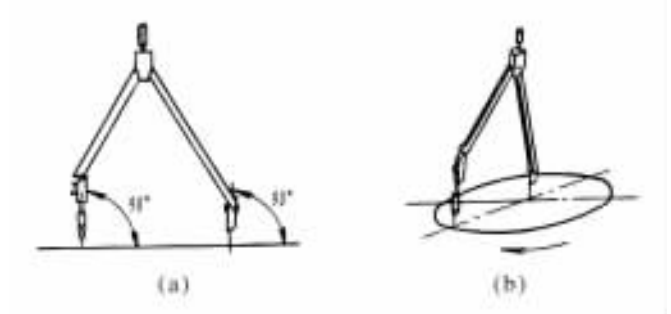


图 1.14 用圆规画圆的方法

- (a) 画圆时，针脚和铅芯脚都应垂直纸面；
- (b) 画圆时，圆规应顺时针方向旋转并稍向前倾斜

(4) 曲线板和铅笔的用法。如图 1.15、图 1.16 所示。

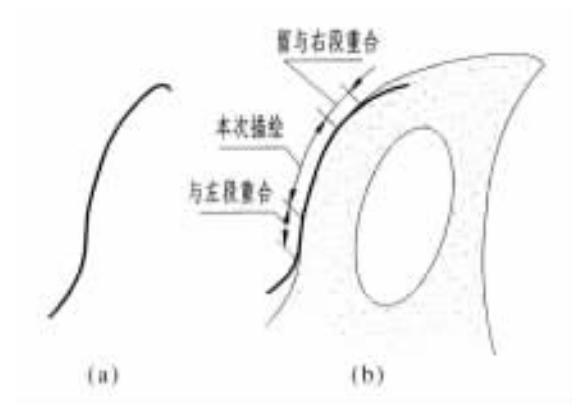


图 1.15 曲线板的用法

- (a) 用细线通过各点徒手画线；(b) 分段描绘，在两段间要有一小段重复，以保证所连曲线光滑过渡

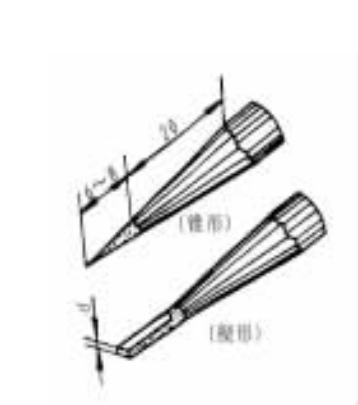


图 1.16 铅笔的用法

铅笔的铅芯削成锥形用来画底稿和写字，
削成楔形用来加深粗线