

高等院校应用型本科规划教材

工程制图与CAD

刘晶◎主编



华东理工大学出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

高等院校应用型本科规划教材

工程制图与 CAD

刘 晶 主编

 華東理工大學出版社
EAST CHINA UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY PRESS

· 上海 ·

图书在版编目(CIP)数据

工程制图与 CAD / 刘晶主编. —上海:华东理工大学出版社, 2022. 3

ISBN 978-7-5628-6797-5

I. ①工… II. ①刘… III. ①工程制图- AutoCAD 软件 IV. ①TB237

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2022)第 057875 号

内 容 提 要

本书由制图基础知识、投影基础、立体及交线、组合体、轴测图、图样的常用表达方法、常用机件的表示法、零件图、装配图、计算机二维绘图以及计算机三维建模组成,全书共 11 章,每章附有思考题。本书在传统工程制图内容基础上,削减了画法几何部分的内容。考虑到先进成图技术的迅速发展和工程实际需要,本书介绍了 AutoCAD 绘图软件和 Unigraphics NX 三维造型软件的应用。

本书可作为高等学校非机械类专业的课程教材,适合少学时教学使用,也可作为相关工程技术人员的参考书。

策划编辑/ 吴蒙蒙

责任编辑/ 陈 涵

责任校对/ 陈婉毓

装帧设计/ 徐 蓉

出版发行/ 华东理工大学出版社有限公司

地 址:上海市梅陇路 130 号,200237

电 话:021-64250306

网 址:www.ecustpress.cn

邮 箱:zongbianban@ecustpress.cn

印 刷/ 上海展强印刷有限公司

开 本/ 787mm×1092mm 1/16

印 张/ 13

字 数/ 308 千字

版 次/ 2022 年 3 月第 1 版

印 次/ 2022 年 3 月第 1 次

定 价/ 48.00 元

版权所有 侵权必究

前 言

在高等教育工科人才培养中,工程制图是一门重要的工科基础课程,同时与工程实际密切联系。它服务于机械制造、电子、轻工、食品及资源环境等多个行业。本课程的主要教学目的是培养具有良好的空间想象能力、图形表达能力和图形阅读能力的高素质应用型工程人才;主要教学任务是培养学生的综合素质,使其掌握科学思维方法,养成严谨的工作作风,具备工程意识和创新意识。本课程的学习可以为后续专业课程奠定基础。

本书根据教育部工程图学教学指导委员会制定的《普通高等院校工程图学课程教学基本要求》编写,适用于高等院校非机械类少学时课程。为了更好地处理传统工程图学内容与先进成图技术的关系、理论与实践并重的关系、形象思维能力与创新意识的关系,本书在编写过程中有如下特点:

(1) 精炼工程图学理论,弱化传统的画法几何内容,重点突出。

(2) 注重读图能力和绘图能力的培养。

(3) 注重应用技能的培养。计算机技术和先进成图技术快速发展,为了培养学生的计算机三维形体建模能力,提升学生的工程实践能力,强化培养学生的工程能力和创新能力,简要介绍了先进成图软件的应用,将课程的理论内容与三维建模设计的实践内容相结合。

(4) 采用最新的国家标准。

本书各章内容相对独立,教师在授课过程中,可以根据不同专业的课程需求和学时数对内容及顺序进行调整。

本书在编写过程中,参考了相关教材和标准,在此向相关作者一并感谢。

限于编者水平,书中难免有错误或疏漏,敬请广大读者批评指正并对改进本书提出宝贵意见!

编 者

2021年9月

目 录

第 1 章 制图基本知识	(1)
1.1 常用绘图工具	(1)
1.2 国家标准规定	(3)
1.3 几何制图	(11)
第 2 章 投影基础	(16)
2.1 投影的基本概念	(16)
2.2 正投影的投影特性	(16)
2.3 多面投影体系	(17)
2.4 基本几何元素的投影	(19)
第 3 章 立体及交线	(30)
3.1 平面立体	(30)
3.2 曲面立体	(31)
3.3 平面与立体相交	(33)
3.4 立体与立体相交	(41)
第 4 章 组合体	(49)
4.1 组合体的组合方式	(49)
4.2 组合体的绘图方法	(50)
4.3 组合体视图的尺寸标注	(52)
4.4 组合体读图	(54)
4.5 由两个视图补画第三视图	(59)
第 5 章 轴测图	(63)
5.1 轴测图的形成及投影特性	(63)
5.2 正等轴测图	(64)
5.3 斜二等轴测图	(67)
第 6 章 图样的常用表达方法	(70)
6.1 视 图	(70)

6.2	剖视图	(72)
6.3	断面图	(81)
6.4	局部放大图	(82)
6.5	简化画法	(82)
6.6	图样的表达方法应用	(85)
第7章	常用机件的表示法	(87)
7.1	螺 纹	(87)
7.2	螺纹紧固件	(92)
7.3	齿 轮	(96)
7.4	销	(99)
7.5	键	(99)
7.6	滚动轴承	(100)
7.7	弹 簧	(102)
第8章	零件图	(105)
8.1	零件图的内容	(105)
8.2	零件图的视图选择	(105)
8.3	几种典型零件的表达方案	(106)
8.4	零件图的尺寸标注	(111)
8.5	零件图的技术要求	(114)
8.6	零件上常见的工艺结构	(123)
8.7	零件图的阅读	(125)
第9章	装配图	(128)
9.1	装配图的内容	(128)
9.2	装配关系的表达方法	(128)
9.3	装配结构的合理性	(130)
9.4	装配图的尺寸标注	(132)
9.5	装配图的序号和明细栏	(132)
9.6	装配图的绘制	(134)
9.7	装配图的阅读	(143)
第10章	计算机二维绘图	(145)
10.1	软件简介	(145)
10.2	图 层	(149)

10.3	图形绘制	(149)
10.4	图形编辑	(151)
10.5	文字注写	(154)
10.6	尺寸标注	(155)
10.7	图案填充	(158)
10.8	块的属性、创建和插入	(159)
10.9	应用举例	(160)
第 11 章	计算机三维建模	(164)
11.1	软件环境	(164)
11.2	观察视图	(166)
11.3	常用工具	(167)
11.4	草 图	(169)
11.5	基本体建模	(170)
11.6	布尔运算工具	(175)
11.7	关联复制	(176)
11.8	曲面设计	(178)
11.9	组合体建模	(179)
11.10	装 配	(181)
11.11	工程图	(182)
附 录	(191)
参考文献	(201)

第 1 章 制图基本知识

工程制图是研究工程图样表达与技术交流的一门重要的工科基础课程。工程图样作为工程师间交流的语言,在机械、土木、水力等领域都有广泛的应用,对于解决工程问题及一些科学技术问题起着重要的作用。计算机技术的飞速发展促使工程制图的理论和技术发生了根本性的变化。现代的工程技术人员不仅要掌握工程制图的基本理论和知识,也要熟练掌握先进成图技术,以适应实际工作的需要。

本章主要介绍常用绘图工具,国家标准关于图纸幅面、标题栏、比例、字体、图线及尺寸注法等方面的规定,以及几何制图的方法和主要步骤等内容。

1.1 常用绘图工具

手工绘图时,常用的绘图工具有图板、丁字尺、三角板、圆规、分规、铅笔等。下面将对这些常用的绘图工具进行简单的介绍。绘图所需的其他工具,如铅笔刀、橡皮、插图片、胶带、砂纸等,在这里不做介绍。

1.1.1 图板

图板是用来铺放图纸和固定图纸的工具,如图 1-1 所示。图板应该平整光滑。图板的工作导边为其左侧边,要求平直。绘图时,需要将图纸用胶带固定在图板上。

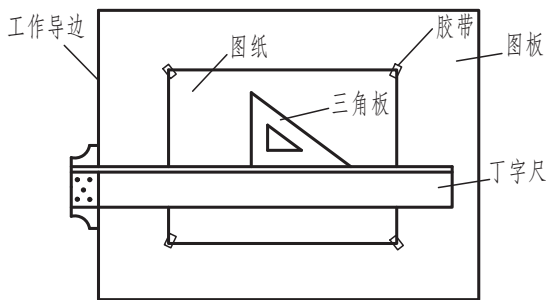


图 1-1 图板的应用

1.1.2 丁字尺

丁字尺由尺头和尺身组成,用来绘制水平线,也可和三角板配合绘制竖直线,如图 1-2 所示。绘图时,丁字尺的尺头卡在图板的工作导边,左手扶住丁字尺尺身,右手在丁字尺上缘自左向右绘制水平线。左手推动丁字尺尺头沿工作导边移动,可以绘制一系列水平线。绘制竖直线时,需要结合三角板,沿三角板的直角边绘制竖直线。沿丁字尺尺身移动三角板,可以绘制一系列竖直线。

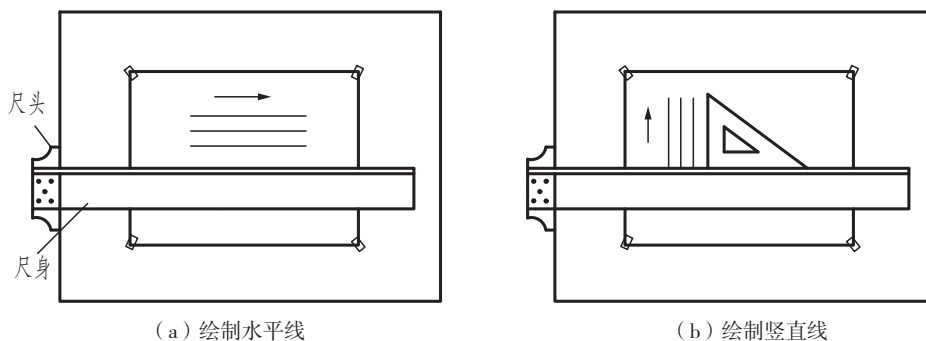


图 1-2 丁字尺的应用

1.1.3 三角板

绘图时需要一副三角板,其中包括一个具有 30° 和 60° 角的直角三角板、一个等腰直角三角板。可以通过丁字尺和三角板的配合,绘制出夹角是 15° 倍数的斜线,如图 1-3 所示;也可以通过沿丁字尺移动三角板,绘制平行的直线;还可以利用两个三角板垂直,绘制垂线。

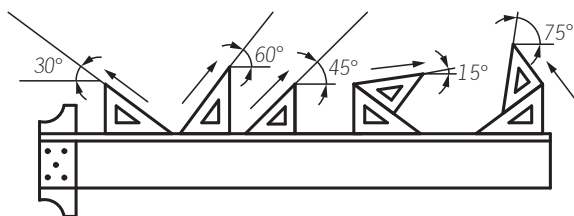


图 1-3 三角板的应用

1.1.4 圆规和分规

绘图时,常常需要用圆规绘制圆及圆弧。使用时,圆规钢针那一端朝下,如图 1-4 所示,铅笔插脚那一端顺时针旋转。绘制较大的圆时,应该使用加长杆,并且让两个脚都与图纸垂直。圆规的铅芯分为锥形和矩形,锥形铅芯用于打草稿,矩形铅芯用于描深。在画粗实线圆时,用 2B 或 B 铅芯,并磨成矩形;在画细实线圆时,用 H 或 HB 铅芯,并磨成锥形。

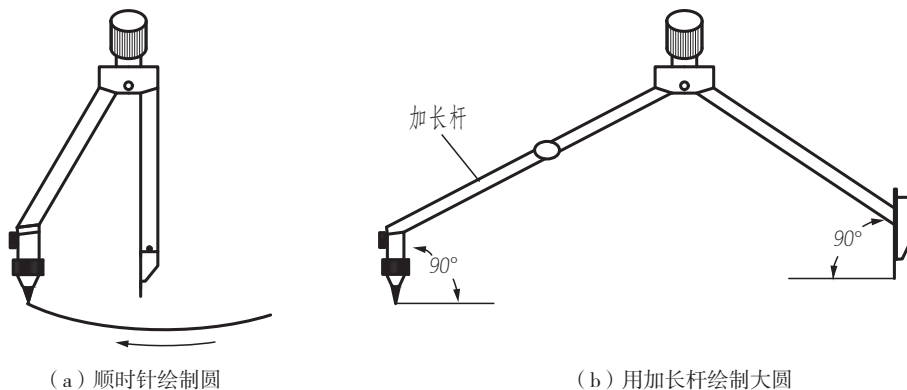


图 1-4 圆规的应用

分规可以用来量取和等分线段,如图 1-5 所示。分规两个脚并拢时,针尖应该对齐。

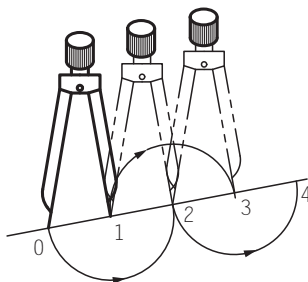
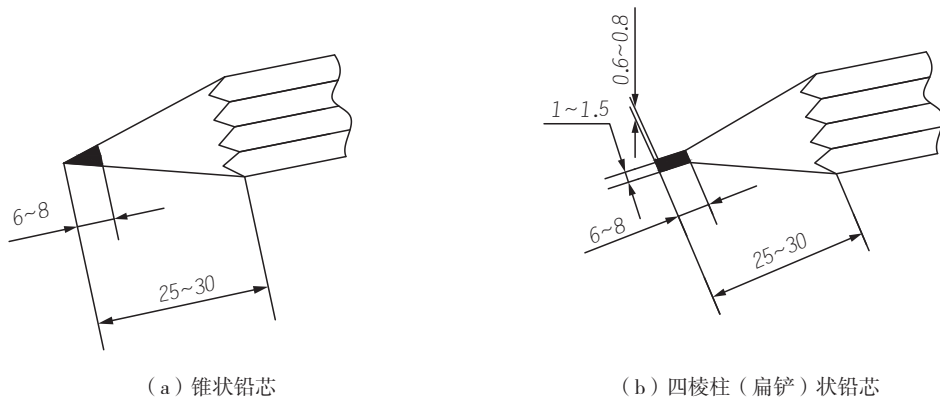


图 1-5 分规的应用

1.1.5 铅笔

画细实线和写字时,铅笔的铅芯应磨成锥状;而画粗实线时,铅笔的铅芯应磨成四棱柱(扁铲)状,如图 1-6 所示。铅笔规格一般用 B 和 H 表示,绘图时需要准备几种不同规格的铅笔,通常用 2B 或 B 铅笔加粗图线,HB 或 H 铅笔画箭头和书写文字,H 或 2H 铅笔绘制底稿或画细实线。



(a) 锥状铅芯

(b) 四棱柱(扁铲)状铅芯

图 1-6 铅芯的形状

1.2 国家标准规定

工程图样是设计和制造机器、设备等的重要技术文件,是工程界共同的技术语言。为了便于生产和技术交流,国家标准对图样内容、画法、尺寸标注等都做出了有关规定。绘制工程图样时,要严格遵守这些规定。国家标准用代号“GB”(GB 是“国标”两字的拼音首字母缩写)或“GB/T”来表示:“GB”表示强制性标准,“GB/T”表示推荐性标准。

1.2.1 图纸幅面(GB/T 14689—2008)

绘制工程图样时,图纸幅面(简称“图幅”)应该优先采用国家标准所规定的基本幅面(表 1-1),必要时也可选用加长幅面。从表 1-1 可以看出,图纸的基本幅面包括 A0、A1、A2、A3、A4 五种。从图幅尺寸可以看出,两张 A4 图幅与一张 A3 图幅大小一样,两张 A3 图幅与一张 A2 图幅大小一样,两张 A2 图幅与一张 A1 图幅大小一样,两张 A1 图幅与一张 A0

图幅大小一样。

表 1-1 图纸的基本幅面及图框尺寸

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
a	25				
c	10			5	
e	20		10		

图纸的图框用粗实线绘制,其尺寸参见表 1-1。图纸分为不留装订边和留有装订边两种格式,分别如图 1-7 和图 1-8 所示。一般优选不留装订边的格式。同一产品的图样只能采用一种格式。

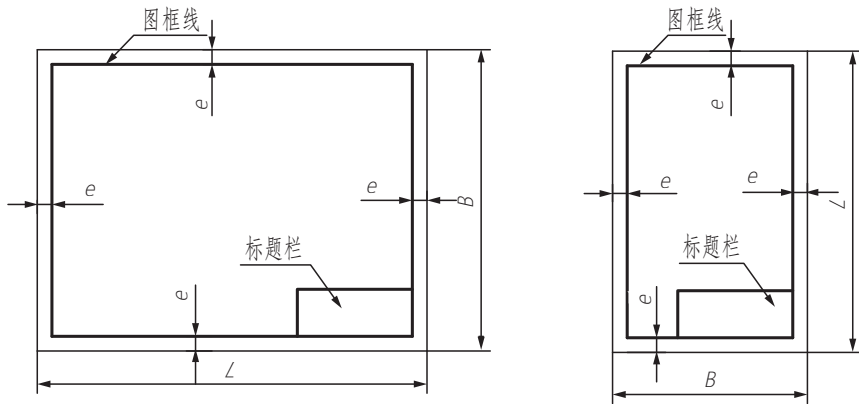


图 1-7 不留装订边图纸的图框格式

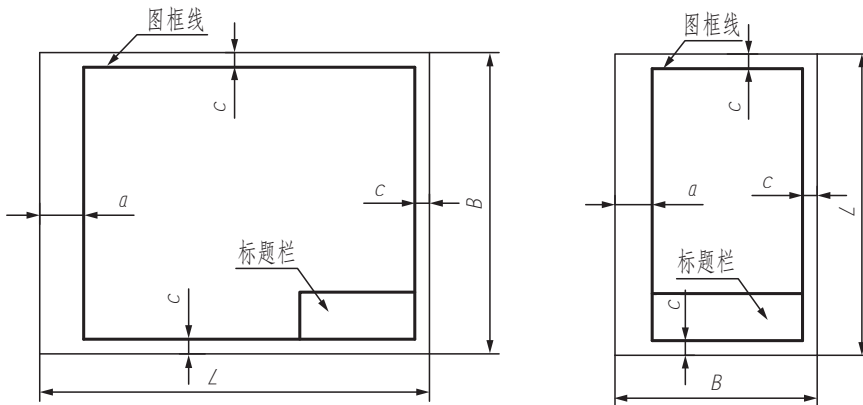
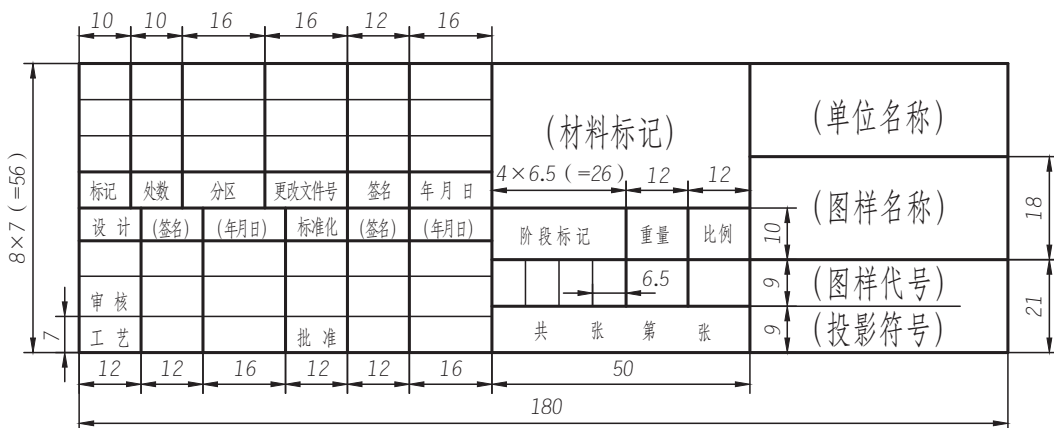


图 1-8 留有装订边图纸的图框格式

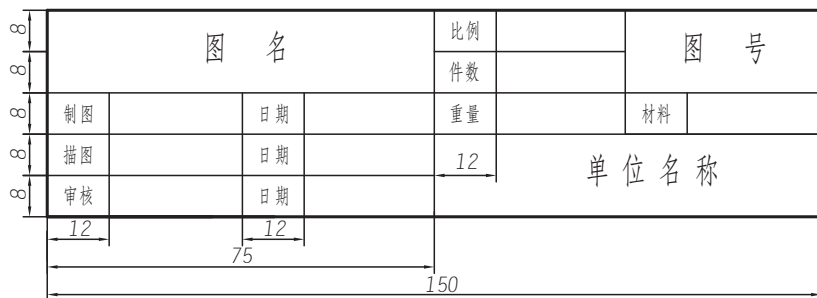
1.2.2 标题栏(GB/T 10609.1—2008)

每张图纸都必须包含标题栏。国家标准对标题栏的格式和尺寸做了规定,如图 1-9(a)所示,标题栏一般位于图纸右下方,看图方向与标题栏方向一致,参见图 1-7 和图 1-8。标题栏一般由更改区、签字区、其他区、名称及代号区组成,也可按实际需要增加或减少。标题

栏的左上方为更改区,左下方为签字区,中间部分为其他区,右边部分为名称及代号区。



(a) 标题栏格式和尺寸



(b) 简化标题栏格式和尺寸

图 1-9 标题栏

(1) 更改区

更改区一般由更改标记、处数、分区、更改文件号、签名和 年 月 日等组成。在填写标题栏时,更改区中的内容应按由下而上的顺序填写,也可根据实际情况顺延,或放在图样中的其他地方,但应有表头。更改区各项的填写要求如下:

- 标记:应按照有关规定或要求填写更改标记。
- 处数:填写同一标记所表示的更改数量。
- 分区:在必要时,按照有关规定填写。
- 更改文件号:填写更改所依据的文件号。
- 签名和 年 月 日:填写更改人的姓名和更改的时间。

(2) 签字区

签字区一般由设计、审核、工艺、标准化、批准、签名和 年 月 日等组成。

(3) 其他区

其他区一般由材料标记、阶段标记、重量、比例、共 张 第 张和投影符号等组成,各项的填写要求如下:

- 材料标记:对于需要该项目的图样,一般应按照相应标准或规定填写所使用的材料。
- 阶段标记:按有关规定由左向右填写图样的各生产阶段。

重量:填写所绘制图样相应产品的计算重量,以千克(公斤)为计量单位时,允许不写出其计量单位。

比例:填写绘制图样时所采用的比例。

共 张 第 张:填写同一图样代号中图样的总张数及该张所在的张次。

投影符号:填写第一角画法和第三角画法的投影识别符号。在采用第一角画法时,可以省略标注。

(4) 名称及代号区

名称及代号区一般由单位名称、图样名称和图样代号组成,各项的填写要求如下:

单位名称:填写绘制图样单位的名称或单位代号。必要时,也可不填写。

图样名称:填写所绘制对象的名称。

图样代号:按有关标准或规定填写图样的代号。

为了节省幅面,本书后续章节中均采用简化标题栏,如图 1-9(b)所示。

在绘制标题栏时,需要注意:外框线应采用粗实线,标题栏底边和右边应与图框线重合,标题栏内部线条应采用细实线。

1.2.3 比例(GB/T 14690—1993)

工程图样中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比称为比例。比例包括原值比例、放大比例和缩小比例。比值为 1 的比例称为原值比例,比值大于 1 的比例称为放大比例,比值小于 1 的比例称为缩小比例。无论采用哪种比例绘图,在标注尺寸时,均应按照机件的实际尺寸标注。同一张图,比例应该一致,并且需要将比例标注在标题栏中“比例”这一栏内。如果工程图样中某一个图采用的比例与其他图的比例不同,则该图的比例需要单独标出。

国家标准规定的比例系列参见表 1-2,表中 n 为正整数。绘图时,应该首选优先选用比例。

表 1-2 比例系列

比例种类	优先选用比例	允许选用比例
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 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

1.2.4 字体(GB/T 14691—1993)

图样中书写文字、字母或数字时,必须按照国家标准规定书写,应遵守以下几点:

(1) 字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。

(2) 字体的号数,即字体的高度(h),分为 1.8 mm, 2.5 mm, 3.5 mm, 5 mm, 7 mm, 10 mm, 14 mm, 20 mm 八种。

(3) 汉字应写成长仿宋体,并且应采用国家正式公布推行的简化字。字体的高度不应小于 3.5 mm,其宽度一般为 $h/\sqrt{2}$ 。

(4) 数字和字母可以写成斜体或正体两种。图样上一般采用斜体。斜体字的字头向右倾斜,与水平基准线成 75° 。在同一张图上,用作指数、极限偏差等数据的数字及字母,一般采用小一号的字体。

图1-10为汉字、数字和字母的字体示例。




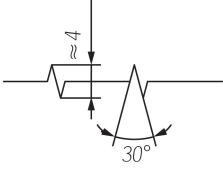
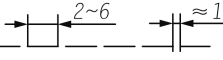

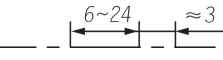

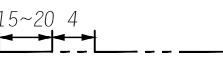
字体工整 笔画清楚 间隔均匀 排列整齐
 123456789
 ABCDEFG
 abcdefg

图1-10 汉字、数字和字母字体示例

1.2.5 图线(GB/T 4457.4—2002,GB/T 17450—1998)

国家标准规定了图线的基本线型,参见表1-3。图线分为粗线和细线两种类型,图线宽度 d 的推荐系列为0.25 mm,0.35 mm,0.5 mm,0.7 mm,1 mm,1.4 mm,2 mm,当粗线宽度为 d 时,细线宽度为 $d/2$,即粗线和细线的宽度比为2:1。图1-11为图线的应用举例,在该零件的视图中,可见轮廓线用粗实线表示,尺寸线、尺寸界线和剖面线均用细实线表示,中心线用细点画线表示,不可见轮廓线用细虚线表示,相邻辅助零件的轮廓线用细双点画线表示,视图与剖视图的分界线用波浪线表示,断裂处的边界线用双折线表示。

表1-3 图线基本线型

图线名称	图线形式	宽度	图线应用
粗实线		d	可见轮廓线,相贯线,螺纹牙顶线,螺纹长度终止线,齿顶圆(线),剖切符号用线等
细实线		$d/2$	过渡线,尺寸线及尺寸界线,剖面线,重合断面的轮廓线,短中心线,螺纹的牙底线及齿轮的齿根线,指引线等
波浪线		$d/2$	断裂处边界线,视图与剖视图的分界线
双折线		$d/2$	断裂处边界线,视图与剖视图的分界线
细虚线		$d/2$	不可见轮廓线
粗虚线		d	允许表面处理的表示线
细点画线		$d/2$	轴线,对称中心线,分度圆(线),孔系分布的中心线,剖切线
粗点画线		d	限定范围表示线
细双点画线		$d/2$	相邻辅助零件的轮廓线,可动零件的极限位置的轮廓线,成形前轮廓线,剖切面的结构轮廓线,轨迹线,中断线等

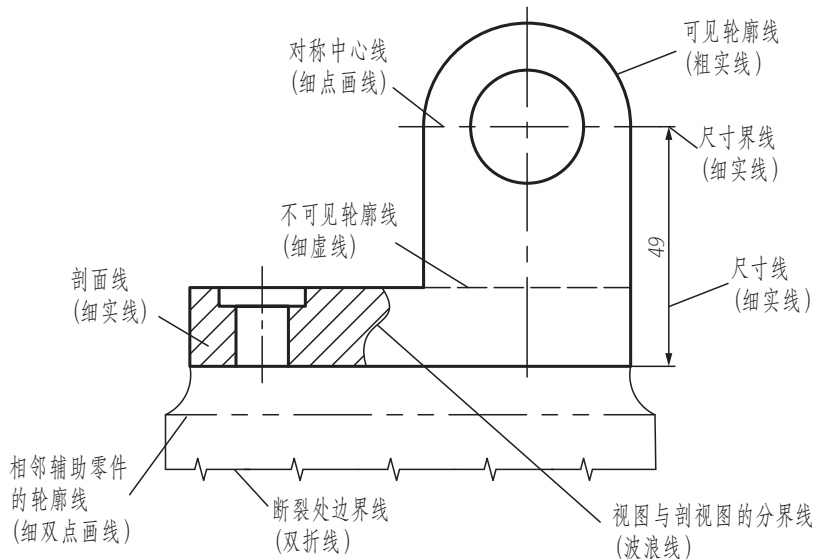


图 1-11 图线的应用举例

在绘图时,同类图线的宽度应保持一致。虚线、点画线和双点画线的线段长度和间隔应大致相等。绘制点画线时,应超出图外 2~5 mm,而且首末两端为长画。绘制圆的中心线时,圆心应为点画线的交点。在较小的图形上绘制点画线时,可以用细实线代替。虚线和虚线相交时,应该是线段相交。当虚线是粗实线的延长线时,在连接处应留有间隙。当图中的线段重合时,其优先顺序为粗实线、虚线、点画线。

1.2.6 尺寸注法(GB/T 4458.4—2003)

工程图样中,必须正确标注尺寸,以表达机件的真实大小。国家标准对尺寸的标注制定了一系列规则,标注尺寸时必须遵守。

尺寸注法的基本规则如下:

(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) 图样中的尺寸以毫米为单位时,不需要标注单位符号,如果采用其他单位,则应注明相应的单位符号;

(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) 机件的每个尺寸,一般只标注一次,并应标注在反映该结构最清晰的图形上。

一个完整的尺寸包括尺寸界线、尺寸线和尺寸数字,如图 1-12 所示。

尺寸界线一般引自图形的轮廓线、轴线或对称中心线,用细实线绘制。标注角度的尺寸界线应沿径向引出;标注弦长的尺寸界线应平行于该弦的垂直平分线;标注弧长的尺寸界线应平行于该弧所对圆心角的角平分线,但当弧度较大时,可沿径向引出。

尺寸线用细实线绘制,其终端有两种形式:一种是箭头,适用于各种类型的图样(如机械图样等);另一种是 45°斜线(细实线),一般用于土建图。同一张图样中只能采用一种尺寸线终端的形式。其中箭头形式如图 1-13 所示,尺寸 d 为粗实线的宽度,箭头应尽量画在尺寸界线的内侧。

尺寸线与尺寸界线一般应垂直,且尺寸界线超过尺寸线 2~5 mm。线性尺寸的尺寸线与所标注的线段平行,尺寸线不能用其他图线代替,一般不得与其他图线重合,也不得画在其延长线上。

尺寸数字表示所标注机件尺寸的实际大小,不可被任何图线所通过,否则应将该图线断开。线性尺寸注法参见图 1-14。水平尺寸线的尺寸数字一般写在尺寸线的上方,也允许写在尺寸线的中断处。铅垂尺寸线的数字一般写在尺寸线的左方,也允许写在尺寸线的中断处。同一方向标注多个尺寸时,大尺寸标注在外侧,小尺寸标注在内侧,以免尺寸线与尺寸界线相交。标注弧长时,应在数字左方加注弧长符号“ $\overset{\frown}$ ”。标注参考尺寸时,应将尺寸数字加上圆括号。

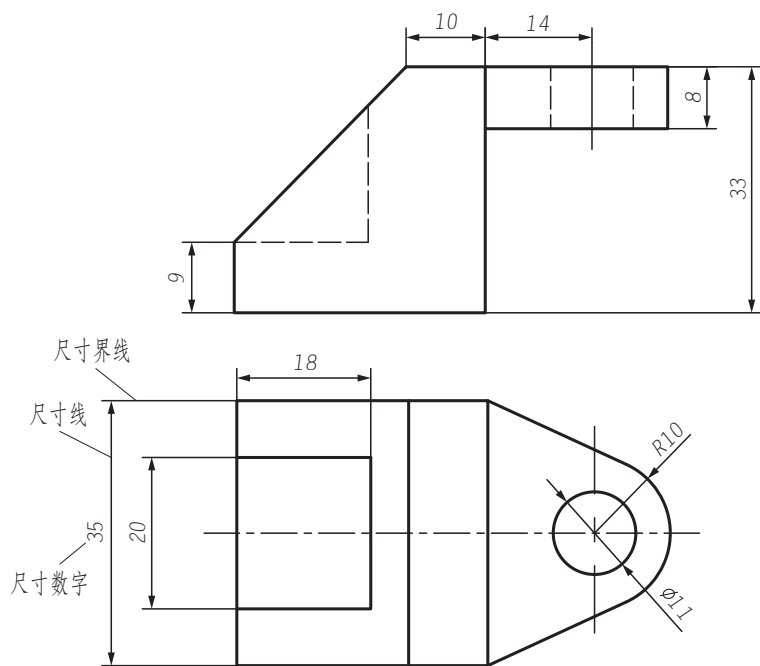


图 1-12 图样尺寸注法

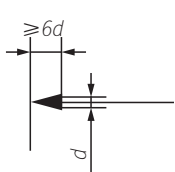


图 1-13 尺寸线终端(箭头)

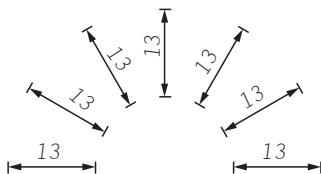


图 1-14 线性尺寸注法

标注尺寸的符号及缩写词应符合国家标准规定。符号的线宽为 $h/10$ (h 为字体高度)。一般来说,直径用“ \varnothing ”表示,半径用“ R ”表示,球直径用“ $S\varnothing$ ”表示,球半径用“ SR ”表示,厚度用“ t ”表示,均布用“EQS”表示,45°倒角用“ C ”表示,正方形用“ \square ”表示,深度用“ ∇ ”表示,沉孔或铳平用“ \sqcup ”表示,埋头孔用“ \sphericalangle ”表示,弧长用“ $\overset{\frown}$ ”表示,斜度用“ \sphericalangle ”表示,锥度用“ \triangleleft ”表示,展开长用“ $\bigcirc\rightarrow$ ”表示。

圆和圆弧标注、球面标注、角度标注和小尺寸标注的注法,参见表 1-4。

表 1-4 各类尺寸的注法

标注尺寸类别	标注示例	尺寸标注说明
圆和圆弧标注		标注圆和圆弧尺寸时,尺寸线应通过圆心。标注圆或大半个圆的直径,应该在尺寸数字前加注符号“Ø”;标注圆弧的半径,应该在尺寸数字前加注符号“R”
球面标注		标注球面直径或半径时,需要在符号“Ø”或“R”前加注符号“S”。在不致引起误解时,可以省略符号“S”
角度标注		标注角度时,尺寸线应画成圆弧,其圆心是该角的顶点,尺寸界线应沿径向引出。角度的数字一律采用水平方向,一般注写在尺寸线的中断处,必要时可以注写在尺寸线的上方或外侧,也可以引出标注
小尺寸标注		标注小尺寸没有足够的空间时,箭头可以画在外面或用小圆点代替,尺寸数字也可以写在外侧或引出标注

斜度是指一条直线对另一条直线的倾斜程度或一个平面对另一个平面的倾斜程度。斜度的大小用该两直线或两平面的夹角的正切来表示,即斜度 = $\tan \alpha = H/L$,参见图 1-15。标注时,需要注意斜度符号的方向应与斜度的实际倾斜方向一致。

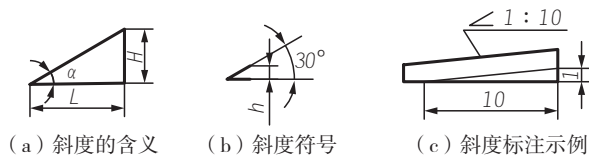


图 1-15 斜度的含义、符号和标注示例

锥度是指正圆锥的底圆直径与圆锥高度之比,或正圆锥台的最大圆锥直径与最小圆锥直径之差与圆锥台高度之比。一般以 1:n 的形式进行标注,参见图 1-16。标注时,需要注意锥度符号的方向应与锥度的实际倾斜方向一致。