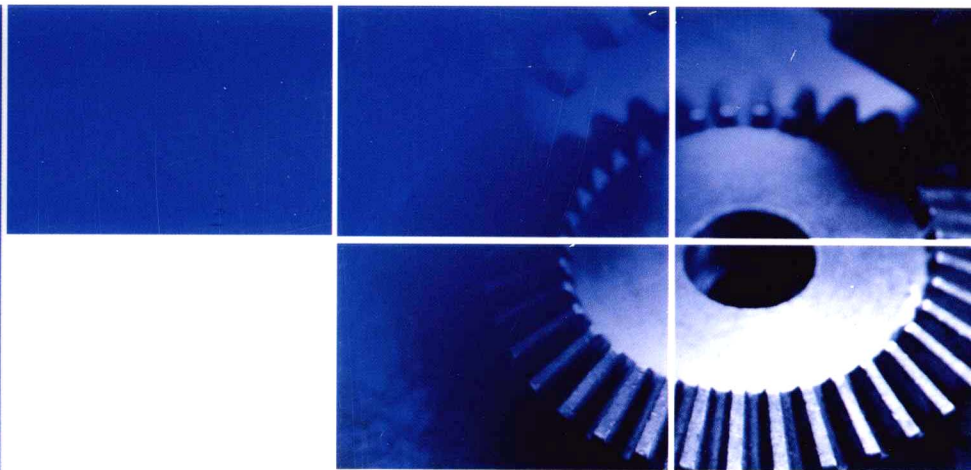


普通高等教育“十二五”规划教材



现代机械 工程图学

刘 炀 主 编
王 静 副 主 编
焦永和 主 审

普通高等教育“十二五”规划教材

现代机械工程学

主 编 刘 炆
副主编 王 静
参 编 孟冠军 石鸽娅 刘 虹 黄笑梅
主 审 焦永和

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“高等学校工程图学课程教学基本要求”，吸取近年来教育改革和计算机图形学发展的新成果，按照国家质量技术监督局发布的最新国家标准，在传统工程图学课程内容的基础上，从教学实际和基本要求出发，结合近年来我校和兄弟院校工程图学教学研究和改革的实践经验，重新组织教学内容，引入计算机二维绘图和三维几何建模，构建了基于三维建模流程的融合式的工程图学框架，形成了新的工程图学教学内容体系。

本书共 10 章，主要内容包括制图的基本知识和技能、计算机二维绘图与三维几何建模、基本立体的投影及建模、立体表面上几何元素的投影、组合体的视图与建模、轴测图、机件的常用表达方法、标准件和常用件、零件图、装配图及附录，并在有关章节中融入了基于 AutoCAD 2010 和 Inventor 2010 的先进成图技术和机件信息建模技术。

本书可作为高等学校机械类、近机类各专业的教材，也可供其他类型学校相关专业选用。

图书在版编目 (CIP) 数据

现代机械工程图学/刘炆主编；王静等编. —北京：
机械工业出版社，2011. 8
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978 - 7 - 111 - 34226 - 7

I. ①现… II. ①刘… ②王… III. ①机械制图 - 高等学校 - 教材 IV. ① TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 143655 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：刘小慧 责任编辑：刘小慧 舒 恬 邓海平
版式设计：霍永明 责任校对：张莉娟 程俊巧
封面设计：张 静 责任印制：杨 曦

北京京丰印刷厂印刷

2011 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm × 260mm · 24.5 印张 · 1 插页 · 462 千字

标准书号：ISBN 978 - 7 - 111 - 34226 - 7

定价：43.00 元

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

门户网：<http://www.cmpbook.com>

销售一部：(010)68326294

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售二部：(010)88379649

读者购书热线：(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

随着计算机技术的发展，CAD 及三维机械设计软件日趋成熟，应高素质创新型人才的培养要求，工程图学课程的教育思想和教学理念发生了深刻变革。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“高等学校工程图学课程教学基本要求”，吸取近年来教育改革和计算机图形学发展的新成果，按照国家质量监督检验检疫总局发布的最新国家标准，特编写了本书。

本书在传统工程图学课程内容的基础上，从教学实际和基本要求出发，结合近年来我校和兄弟院校的工程图学教学研究和改革实践经验，重新组织教学内容，引入计算机二维绘图和三维几何建模，构建基于三维建模流程的融合式的工程图学框架，形成了新的工程图学教学内容体系；将传统工程图学教学内容与计算机绘图基础（二维绘图与三维几何建模）内容有机结合起来，增加计算机绘图和三维建模、徒手绘图训练，加强空间思维能力、图学素质、创新能力和工程意识的培养。同时，我们也编写了《现代机械工程图学解题指导》与该书配套使用。

本书的主要特点有：

1. 融合式地引入计算机二维绘图和三维几何建模的内容

本书以工程图学教学体系的完整性为前提，以工程图学教育既定的能力培养为目标，以图学思维教学与训练为主导，以计算机二维绘图和三维建模思想为辅助手段，并基于美国 Autodesk 公司开发的经典二维绘图软件 AutoCAD 2010 和三维机械设计软件 Inventor 2010，融合式地引入了先进成图技术和机件信息建模技术，并贯穿于各章。

2. 采用最新的制图标准

各章节均采用最新修订的国家标准《技术制图》、《机械制图》以及有关的技术标准。

3. 强调以体为纲的教学理念

为将三维几何建模思想融入到传统工程图学教学内容中，重新组织了部分章节内容，如将画法几何中的点、直线、平面的相关内容放在基本体的投影后面介绍：将截交线和相贯线内容融合到组合体章节中；换面法不再单独成章，而是在相关章节中分散介绍。

4. 遵循直观性教学原则

各章节中的图样和例题大部分采用视图与三维立体图对照的方法，以便于读者能更快地掌握所学内容。

本书由刘炆任主编并定稿，王静任副主编。参加各章节编写的有（按章节顺序）：刘炆（绪论，第 1 章，第 4 章，第 6 章的 6.1~6.6 节），孟冠军（第 2 章的 2.1 节，第 5 章的 5.1~5.5 节），王静（第 2 章的 2.2 节，第 3 章，第 5 章的 5.6、5.7 节，第 6 章的 6.7 节，第 7 章的 7.6 节，第 8 章的 8.8 节，第 9 章的 9.7 节，第 10 章的 10.7 节），石鸽娅（第 7 章的 7.1~7.5 节，第 8 章的 8.1~8.7 节，附录），黄笑梅（第 9 章的 9.1

~9.6 节), 刘虹 (第 10 章的 10.1 ~10.6 节和 10.8、10.9 节)。

本书由教育部高等学校工程图学教学指导委员会副主任、国家级教学名师焦永和教授主审, 审阅人对书稿提出了很多宝贵意见, 对此表示衷心感谢!

本书在编写及出版过程中, 合肥工业大学工程图学系、合肥工业大学教材发行中心和机械工业出版社给予了大力支持, 在此谨致谢忱!

本书同时得到美国欧特克公司陈文君女士的大力支持, 在此表示感谢!

限于编者水平, 书中难免会出现错误和不妥之处, 敬请广大读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
绪论	1
第1章 制图的基本知识和技能	2
1.1 工程制图的一般规定	2
1.2 绘图工具及几何作图	9
1.3 平面图形的尺寸分析及画图步骤	14
第2章 计算机二维绘图与 三维几何建模	17
2.1 AutoCAD 二维绘图	17
2.2 Inventor 三维建模	35
第3章 基本立体的投影及建模	78
3.1 投影法及三视图	78
3.2 平面立体的投影	85
3.3 曲面立体的投影	88
3.4 Inventor 中基本立体的建模	94
第4章 立体表面上几何元素 的投影	97
4.1 立体表面上点的投影	97
4.2 立体表面上直线的投影	101
4.3 立体表面上平面的投影	115
4.4 立体表面上几何元素的 相对位置	123
4.5 立体表面上曲线曲面的投影	127
第5章 组合体的视图与建模	132
5.1 组合体的组合形式	132
5.2 组合体三视图的画法	149
5.3 读组合体视图的方法与步骤	155
5.4 组合体的尺寸标注	164
5.5 在 AutoCAD 中画组合体三视图 及尺寸标注	172
5.6 组合体的构形设计	173
5.7 Inventor 在组合体中的应用	176
第6章 轴测图	183
6.1 轴测图的基本知识	183
6.2 正等轴测图的画法	184
6.3 斜二轴测图的画法	190
6.4 轴测剖视图的画法	191
6.5 轴测草图的画法	194
6.6 轴测图的尺寸标注	194
6.7 Inventor 中正等轴测图的创建	196
第7章 机件的常用表达方法	198
7.1 视图	198
7.2 剖视图	202
7.3 断面图	214
7.4 其他表达方法	216
7.5 等三角投影简介	220
7.6 Inventor 在表达方法中的应用	221
第8章 标准件和常用件	235
8.1 螺纹	235
8.2 螺纹紧固件	241
8.3 键	247
8.4 销	251
8.5 滚动轴承	252
8.6 齿轮	255
8.7 弹簧	261
8.8 Inventor 在标准件和常用件 中的应用	264
第9章 零件图	271
9.1 零件图的作用和内容	271
9.2 零件表达方案的选择 及尺寸标注	273
9.3 零件上常见的工艺结构	284
9.4 零件图上的技术要求	289
9.5 零件测绘	303
9.6 读零件图	308
9.7 Inventor 中零件的建模及其 工程图的创建	310
第10章 装配图	320
10.1 装配图的作用和内容	320
10.2 装配图的表达方法	321
10.3 装配图的尺寸标注	323
10.4 装配图的技术要求	324
10.5 装配图中的零、部件编号 及明细栏	324
10.6 常见装配结构	326

10.7	Inventor 在装配图中的应用	330	附录	351
10.8	装配体测绘和装配图画法	336	参考文献	382
10.9	读装配图和拆画零件工作图	344		

绪 论

工程图学是研究绘制工程图样的理论、方法和技术的一门技术基础课。本课程以图样为研究对象，研究图样上对产品的功能要求、工艺加工要求、检验要求及其他有关要求的表达方法。设计者通过图样来表达设计对象，制造者通过图样来了解设计要求和制造设计对象，还通过图样来进行技术交流，所以图样被称为是工程技术界的语言。

计算机图形学、计算机辅助设计技术的发展和普及，使设计和制造的理论与技术，工程信息的产生、加工、存储和传递方式，以及人们的思维方式都发生巨大的变革。传统的人工设计转变为计算机辅助设计，尺规绘图转变为计算机生成二维图样和三维模型，使工程图学课程的教育思想和教学理念发生深刻变革。

本课程主要学习投影法理论，培养绘制和阅读机械图样的能力、空间思维能力。空间思维能力是工程技术人员进行创新思维和创新设计的基础。

本课程是一门既有系统理论，又有较强实践性的技术基础课，学习的关键在于能力培养，具体有以下几项内容：

- 1) 培养依据正投影法的基本原理，用二维平面图样表达三维空间形体的能力。
- 2) 培养对空间形体的形象思维能力和逻辑思维能力。
- 3) 培养创造性构形设计能力。
- 4) 培养用 CAD 软件进行三维造型设计及绘制机械图样的能力。
- 5) 培养仪器绘图、徒手绘图和阅读机械图样的能力。
- 6) 培养工程意识和贯彻、执行国家标准的意识。

本课程的学习方法：

1) 在学习图示理论时，要掌握物体上几何元素的投影规律和作图方法，以便更好地掌握由三维形体到二维图形的转换。

2) 实践性强是本课程的一个重要特点，因此学习中应重视实践环节的训练，要多画、多看、多记，要积累简单几何形体的投影资料，掌握复杂形体的各种表达方法，为构形设计打下基础。

3) 由二维图形到三维形体的转化是本课程的学习难点，要掌握正确的分析方法。

4) 要逐步培养实事求是的科学态度和严肃认真、一丝不苟的工作作风，要遵守国家标准的一切规定。

5) 随着计算机技术的飞速发展，在学习仪器绘图技能的同时，还要加强徒手绘图和计算机绘图能力的培养。

第 1 章 制图的基本知识和技能

1.1 工程制图的一般规定

工程图样是现代工业生产中最基本的技术文件，是进行技术交流的语言。为了便于生产和交流，对工程图样的画法、尺寸注法等内容必须作出统一的规定，这些统一的规定就是国家标准《技术制图》及《机械制图》。国家标准简称“国标”，用代号“GB”表示。本节将简要介绍《技术制图》和《机械制图》标准中有关图纸幅面和格式、比例、字体、图线和尺寸注法等有关内容。

1.1.1 图纸幅面及格式 (GB/T 14689—2008)

1. 图纸幅面

图纸幅面是指由图纸宽度与长度组成的幅面。绘制图样时，应优先采用表 1-1 中规定的幅面尺寸。基本幅面代号有 A0、A1、A2、A3、A4 五种。

表 1-1 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		

2. 图框格式

图纸四周应用粗实线画出图框。需要装订的图样，其图框的周边尺寸分别用 a 和 c 表示，如图 1-1a、b 所示；不需要装订的图样，其周边尺寸用 e 表示，如图 1-1c 所示。

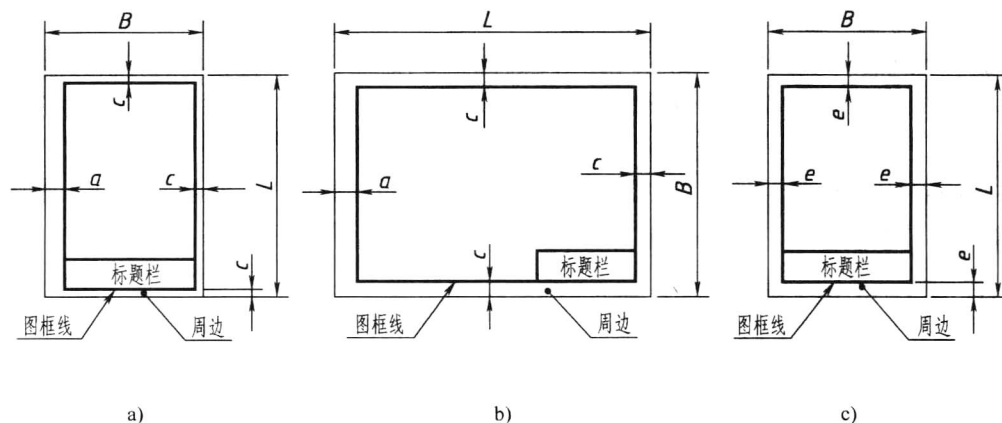
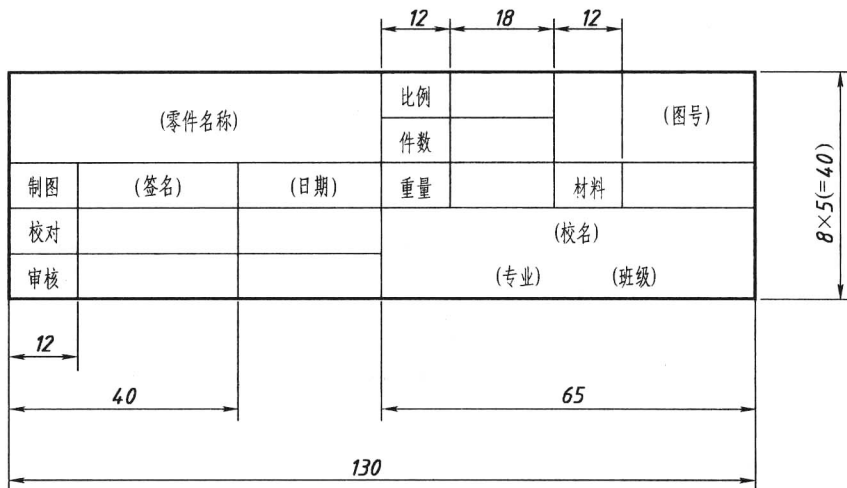


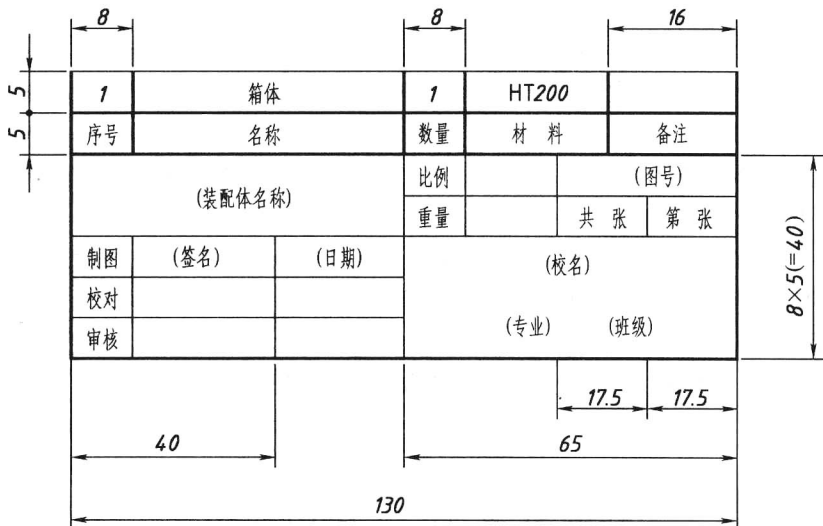
图 1-1 图框格式

3. 标题栏 (GB/T 10609.1—2008)

每张图纸上都必须画出标题栏。标题栏的格式和尺寸在 GB/T 10609.1—2008 中作出了规定。图纸上用来说明图样内容的标题栏,其位置应按图 1-1 所示方式放置,标题栏的方向应与看图的方向一致。学校制图作业所用的标题栏建议采用图 1-2a 和图 1-2b 所示的格式。



a) 零件图标题栏



b) 装配图标题栏和明细表

图 1-2 零件图和装配图标题栏及明细表

1.1.2 比例 (GB/T 14690—1993)

图样中的比例,是指图中图形与实物相应要素的线性尺寸之比。

绘制图样时,一般应采用表 1-2 中规定的比例。

表 1-2 常用的比例

原值比例	1:1
缩小比例	(1:1.5) 1:2 (1:2.5) (1:3) (1:4) 1:5 (1:6) 1:1×10 ⁿ (1:1.5×10 ⁿ) 1:2×10 ⁿ (1:2.5×10 ⁿ) (1:3×10 ⁿ) (1:4×10 ⁿ) 1:5×10 ⁿ (1:6×10 ⁿ)
放大比例	2:1(2.5:1)(4:1)5:1 1×10 ⁿ :1 2×10 ⁿ :1 (2.5×10 ⁿ :1) (4×10 ⁿ :1) 5×10 ⁿ :1

注: 1. n 为正整数。

2. 不带括号的比例优先选用,必要时,允许选用表中带括号的比。

图样上各个视图应采用相同的比例,并在标题栏的比例栏中填写。若该图中某个视图需要采用不同的比例时,必须另行标注。

应尽量选用 1:1 的比例画图,以便能从图样上得到实物大小的真实概念。当机件不宜用 1:1 的比例画图时,可选用缩小或放大的比例绘制,但不论缩小或放大,在标注尺寸时必须按照机件的实际尺寸标注。

1.1.3 字体 (GB/T 14691—1993)

图样中除了表示机件形状的图形外,还必须用文字和数字来表示机件的大小、技术要求和其他内容。国家标准对文字和数字的书写方式也作了规定。

1. 一般规定

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: mm) 系列为: 20, 14, 10, 7, 5, 3.5, 2.5, 1.8。

汉字的高度应不小于 3.5mm,其宽度一般为 $h/\sqrt{2}$ 。汉字规定用长仿宋体书写,并采用国家正式公布的简化汉字。

数字和字母分 A、B 型, A 型字体笔画宽度为 $h/14$, B 型字体笔画宽度为 $h/10$ 。数字和字母可写成斜体或直体,常用斜体。斜体字的字头向右倾斜,与水平基准线成 75°。

2. 字体示例

汉字示例如图 1-3 所示,大、小写字母及数字示例如图 1-4 所示。

横平竖直 注意起落 结构均匀 填满方格

工程制图 姓名 班级 比例 材料 数量 图名 技术要求

图 1-3 长仿宋体示例

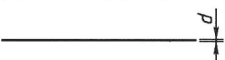


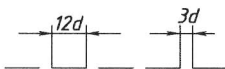
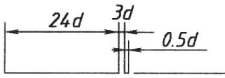
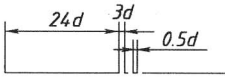



图 1-4 大、小写字母及数字示例

1.1.4 图线 (GB/T 4457.4—2002)

在机械制图中常用的各种图线的名称、类型、线宽及主要用途见表 1-3 和图 1-5。

表 1-3 图线的类型、宽度和主要用途

图线名称	图线型式	图线宽度	一般应用
实线	粗实线 	d	可见轮廓线,可见棱边线,相贯线,螺纹牙顶线,齿顶圆(线)等
	细实线 	$d/2$	尺寸线,尺寸界线,剖面线,指引线,过渡线,重合断面的轮廓线
波浪线		$d/2$	断裂处的边界线,视图和剖视的分界线
细虚线		$d/2$	不可见轮廓线,不可见棱边线
细点画线		$d/2$	轴线,对称中心线,分度圆(线),剖切线等
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、轨迹线,中断线等
双折线		$d/2$	断裂处的边界线

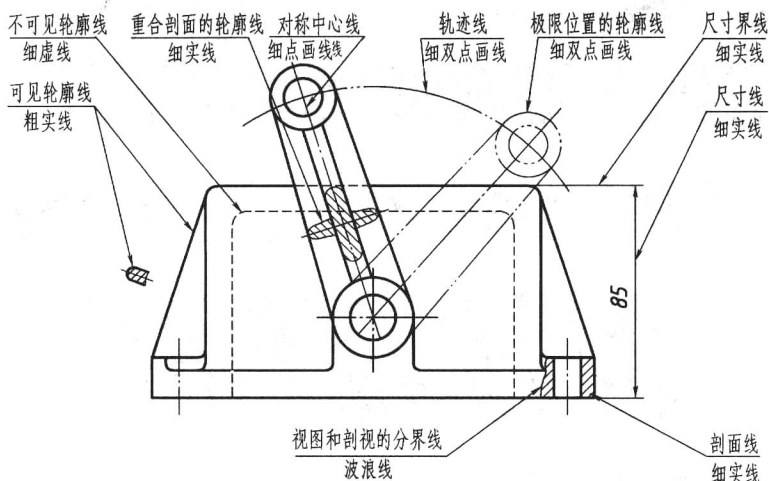


图 1-5 图线应用示例

图线宽度分为粗、细两种。根据图样的大小和复杂程度，粗线宽度 d 在 $0.25 \sim 2$ 之间选用，细线宽度为 $d/2$ ，图线宽度（单位：mm）的推荐系列为：0.25，0.35，0.5，0.7，1，1.4，2。

在同一张图纸上，同一型式图线的宽度应基本一致。虚线、点画线或双点画线各自线段长度和间隔距离应大致相同。

图样中虚线和点画线的画法还应注意以下几点（图 1-6）：

- 1) 虚线处于粗实线延长线上时，粗实线应画到分界点，虚线应留有空隙。
- 2) 虚线、点画线、双点画线和其他图线相交或自身相交时，都应在在线段处相交，而不应在空隙处或以“点”相交。
- 3) 点画线的点是一段很短的线段，其长度 $\leq 0.5d$ 。点画线首末两端应是长画，而不是“点”，并应超出图形 $2 \sim 5\text{mm}$ 。

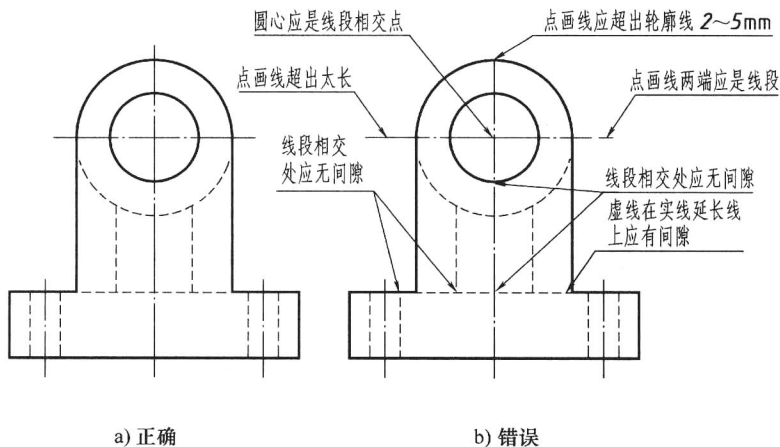


图 1-6 图线画法示例

1.1.5 尺寸注法 (GB/T 4458.4—2003)

1. 基本规定

1) 机件的真实大小均以图样上所注的尺寸数值为依据, 与图形大小及绘图准确性无关。

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, 不用标注计量单位的名称或代号。若采用其他单位时, 则必须注明相应的名称或代号。

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

图样中的尺寸应由尺寸数字、尺寸界线、尺寸线及表示尺寸线终端的箭头或斜线组成, 如图1-7所示。

(1) 尺寸数字 尺寸数字表示尺寸大小。线性尺寸数字的注写方向如表1-4所示。

(2) 尺寸界线 尺寸界线表示尺寸范围, 用细实线绘制。尺寸界线应由图形的轮廓线、轴线或中心线处引出, 也可用轮廓线、轴线或中心线作为尺寸界线。尺寸界线一般应与尺寸线垂直, 并超出尺寸线末端约2~3mm。

(3) 尺寸线 尺寸线表示尺寸度量的方向, 用细实线绘制, 其终端应画箭头(或斜线)。箭头和斜线的形式如图1-7所示。尺寸线不能用其他图线代替。标注线性尺寸时, 尺寸线应与所标注的线段平行。当有几条互相平行的尺寸线时, 大尺寸应注在小尺寸的外侧, 以免尺寸线与尺寸界线相交。

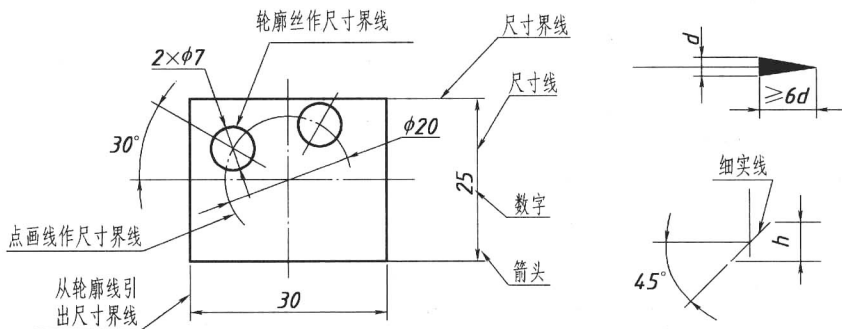


图1-7 尺寸的组成及终端的两种形式

3. 尺寸标注示例

表1-4为常见尺寸标注示例。

表1-4 尺寸标注示例

标注内容	标注示例	说明
线性尺寸的数字方向		尺寸数字应按左图所示方向注写, 并尽可能避免在图示30°范围内标注尺寸。当无法避免时, 应按图所示的形式标注

(续)

标注内容	标注示例	说 明
角度		<p>尺寸界线应沿径向引出,尺寸线画成圆弧,圆心是角的顶点。尺寸数字应一律水平书写,一般注写在尺寸线的中断处</p>
圆		<p>圆或大于半圆的圆弧,应标注直径,在数字前加注符号“ϕ”</p>
圆弧		<p>等于或小于半圆的圆弧,应标注半径,在数字前加注符号“R”,如左图 当半径过大或在图纸范围内无法标出其圆心位置时,可按中图标注;若不需标出圆心位置时,则按右图标注</p>
球面		<p>标注球面的半径或直径时,应在“ϕ”或“R”前加注“S”,如左侧两图所示。在不致引起误解时,可省略,如右图中的球面</p>
小尺寸		<p>如上排图所示,在没有足够位置时,箭头可画在外面,或用小圆点代替两个箭头;尺寸数字也可写在外面或引出标注。圆和圆弧的小尺寸,可按下排图标注</p>
简化注法		<p>标注剖面为正方形结构的尺寸时,可在正方形边长数字前加注符号“\square”,或用 $B \times B$ (B 为边长) 注出</p>

(续)

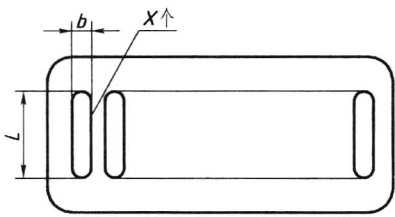
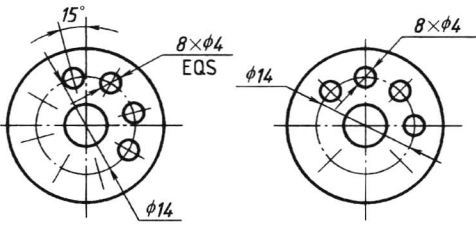
标注内容	标注示例	说明
简化注法		在同一图形中,对于相同尺寸的孔、槽等成组要素,可在一个要素上注出其尺寸和数量
		均匀分布的成组要素(如孔等)的尺寸,按左图所示的方法标注;当成组要素的定位和分布情况在图形中已明确时,可不标注其角度,并省略“EQS”,如图所示

图 1-8 为尺寸标注正误示例。

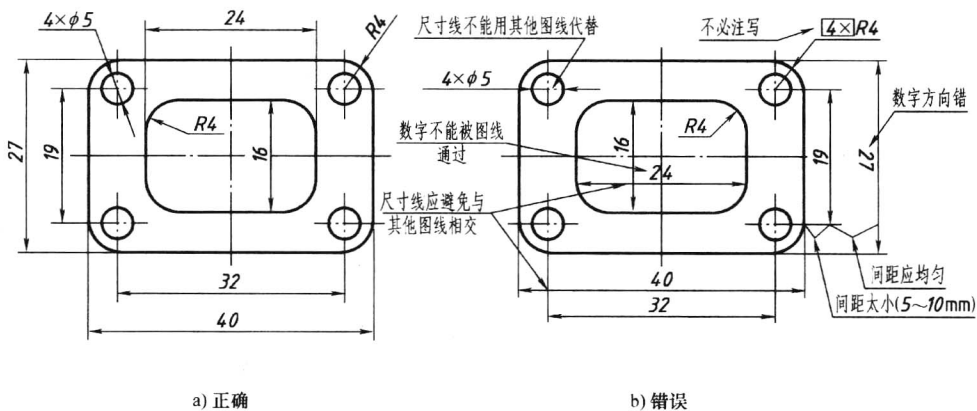


图 1-8 尺寸标注正误对照

1.2 绘图工具及几何作图

1.2.1 手工绘图常用工具简介

常用的绘图工具和仪器有图板、丁字尺、铅笔、绘图仪器、绘图模板、比例尺等。正确而熟练地使用绘图工具和仪器,不但能保证图样的质量,而且能提高绘图速度。下面介绍最常用的绘图工具和仪器的使用方法。

1. 图板

图板是用来铺放图纸的,它的表面必须平坦、光滑,左右两导边必须平直。绘图时用胶带纸把图纸固定在图板上。

2. 丁字尺

丁字尺是画水平线的长尺。丁字尺由尺头和尺身组成，两者之间连接必须牢固。尺头内侧和尺身的工作边应平直，并且两者必须相互垂直。使用时，左手扶住尺头，使尺头内侧紧靠图板的左导边，尺身处于水平位置，然后，执笔沿尺身工作边画水平线。画线时，笔尖紧靠工作边，笔杆略向右倾斜，自左向右匀速画线。将丁字尺沿图板左导边上下移动，可以画出一系列相互平行的水平线，如图 1-9a 所示。

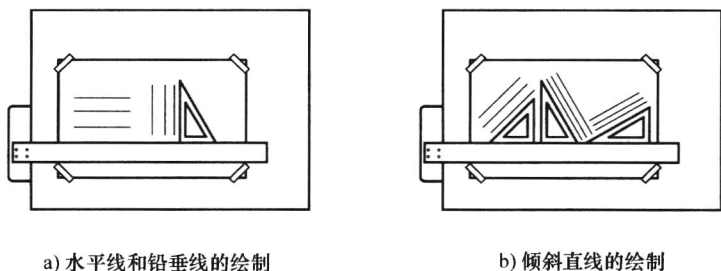


图 1-9 图板、丁字尺、三角板的配合使用

3. 三角板

三角板有两块，一块是 45° 的等腰直角三角板，另一块是由 60°、30° 角组成的直角三角板。它们与丁字尺配合使用，可以画铅垂线和 15° 倍角的倾斜直线，如图 1-9b 所示。

4. 圆规

圆规是画圆和圆弧的工具。在使用圆规前，先调整针脚，使针尖略长于铅芯，如图 1-10a；画较大圆时，应使圆规两脚均与纸面垂直，如图 1-10b 所示。

5. 分规

分规是用来量取线段和等分线段的工具。分规两脚的针尖在并拢后，应能对齐，如图 1-10c 所示。

6. 绘图铅笔

铅笔主要用于绘图和写字。常采用 2B、B、HB、H、2H 等绘图铅笔，字母 B 和 H 表示铅芯的软硬。“H”或“2H”表示硬铅芯，画底稿时使用；“HB”表示铅芯软硬适中，用以写字、描深细实线、虚线、点画线等；“B”或“2B”表示软铅芯，用以描深粗线。

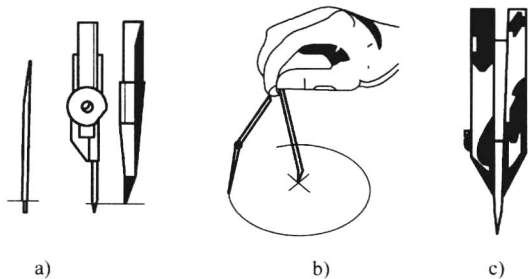


图 1-10 圆规和分规

1.2.2 几何作图

在绘制工程图样时，常会遇到一些平面多边形、圆弧连接等的作图，本节主要介绍常用的几何作图方法。

1. 正六边形

图 1-11a、b 分别表明用圆规和三角板作圆内接正六边形的方法。

图 1-11c 表明已知正六边形对边距作正六边形的方法。