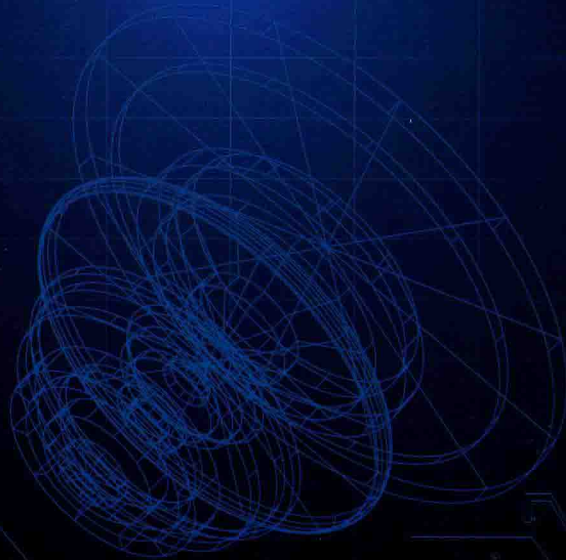


| 高等教育“十三五”部委级规划教材

工程制图

(3版)

金怡 周申华 于海燕 编著



東華大學出版社

“五”部委级规划教材

工程制图

(3版)

金 怡 周申华 于海燕 编著

东华大学出版社·上海

图书在版编目(CIP)数据

工程制图/金怡,周申华,于海燕编著. —3版. —上海: 东华大学出版社, 2019.2
ISBN 978-7-5669-1525-2

I. ①工… II. ①金…②周…③于… III. ①工程制图—高等学校—教材
IV. ①TB23

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 296987 号

责任编辑: 竺海娟

封面设计: 魏依东

工程制图(3版)

金 怡 周申华 于海燕 编著

出 版: 东华大学出版社(上海市延安西路 1882 号 邮政编码:200051)

本 社 网 址: <http://dhupress.dhu.edu.cn>

天 猫 旗 舰 店: <http://dhdx.tmall.com>

营 销 中 心: 021-62193056 62373056 62379558

印 刷: 常熟大宏印刷有限公司

开 本: 787 mm × 1092 mm 1/16

印 张: 11.5

字 数: 300 千字

版 次: 2019 年 2 月第 3 版

印 次: 2019 年 2 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5669-1525-2

定 价: 34.00 元

前 言

图与语言、文字一样都是人类表达、交流思想的工具。在工程技术中，为了正确地表示出机器、设备及建筑物的形状、大小、规格和材料等内容，通常将物体按照一定的投影方法和技术规定表达在图纸上，这种图样称为工程图样。图样在描述产品形状、大小方面比语言、文字更方便、准确，因此被称为“工程师的语言”。

工程图学的理论基础是画法几何学。画法几何主要应用投影法，采用多个投影(常用的三投影面体系)，在图纸上表达、求解空间几何问题。在机械工程上，常用的图样是零件图和装配图。图样是设计、制造、使用机器过程中的一种重要技术资料。

在计算机出现以前，图的产生主要依赖于手工绘制。随着计算机科学与技术快速发展，图的绘制方式发生了巨大的变化。计算机绘图、造型、建模等的相关理论与方法丰富了图学学科的内容。工程图的表达与图形生成技术不断推出，并在工程上得到了应用。虽然工程图学的内涵及工程制图的技术不断发展，但是投影法及几何构造原理是传统与现代工程图学的共性理论与技术基础。

本教材按照“普通高等学校工程图学课程教学基本要求”编写，除了介绍投影法、基本图元、基本体、组合体等的构造与投影外，还以机械图样为主，介绍了工程图表达的标准、规范、方法等。本教材主要是面向少学时、非机械类各专业的工程制图课程教学使用。计算机绘图部分供有兴趣的读者参考学习。

东华大学高志民副教授对本书进行了细心审阅，并提出了宝贵建议，在此表示诚挚的谢意！同时感谢所有为本书出版提供帮助的人们！

限于时间仓促和编者水平等，教材中难免存在不足之处，欢迎读者批评指正。

编者

2018年12月

目 录

第 1 章	工程制图基本知识	1
§ 1.1	工程制图相关技术标准	1
§ 1.2	投影概述	9
第 2 章	点、直线、平面的投影	14
§ 2.1	点的投影	14
§ 2.2	直线的投影	18
§ 2.3	平面的投影	24
第 3 章	基本立体的投影	29
§ 3.1	基本平面立体的投影	29
§ 3.2	基本回转体的投影	32
§ 3.3	立体表面的交线	36
第 4 章	组合体的视图表达	50
§ 4.1	组合体的基本分析方法	50
§ 4.2	组合体的绘图方法	53
§ 4.3	组合体的尺寸标注方法	56
§ 4.4	组合体视图的读图方法	60
第 5 章	图样画法	65
§ 5.1	视图	65
§ 5.2	剖视图	69
§ 5.3	断面图	81
§ 5.4	局部放大图及简化画法简介	83

第 6 章	图样的特殊表示法	86
§ 6.1	螺纹	86
§ 6.2	螺纹紧固件	92
§ 6.3	键和销	99
§ 6.4	齿轮	101
第 7 章	零件图	106
§ 7.1	零件图的内容	106
§ 7.2	零件图的视图表达	107
§ 7.3	零件图的尺寸标注	111
§ 7.4	零件图上的技术要求	115
§ 7.5	零件工艺结构简介	127
第 8 章	装配图	130
§ 8.1	装配图的内容	130
§ 8.2	装配图的表达方法	132
§ 8.3	装配图的尺寸和技术要求	135
§ 8.4	装配图的零部件序号和零件明细栏	136
§ 8.5	装配工艺结构简介	138
第 9 章	计算机绘图简介	139
§ 9.1	CAD 绘图软件应用现状	139
§ 9.2	CAD 建模原理概述	141
§ 9.3	CAD 建模举例——三元子泵	147
附录 A	轴和孔的极限偏差数值	156
附录 B	常用螺纹及螺纹紧固件	163
附录 C	常用键与销	172
参考文献	175

第1章 工程制图基本知识

§ 1.1 工程制图相关技术标准

技术图样被公认为工程界中的一种语言，是设计和制造产品的重要技术资料。为了便于进行生产和技术交流，我国的国家标准对技术图样中的各项内容均作了统一的规定，如格式、画法、尺寸标注等。国家标准（简称国标）的代号为“GB”（GB是“国标”两字拼音首字母的缩写）或“GB/T”，前者表示“强制性标准”，后者表示“推荐性标准”。上述两种标准，只要是相应的国家标准化行政管理部门批准发布的标准都是正式标准，必须严格执行。绘制机械图样必须遵循的国家标准主要有《技术制图》和《机械制图》等。

1.1.1 图纸幅面和格式(GB/T 14689—2008)

图纸幅面是指图纸的宽度和长度组成的图面。绘制技术图样时，应该优先采用表1-1所规定的图纸幅面及幅面尺寸。

表 1-1 图纸幅面

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
$B \times L$	841 × 1189	594 × 841	420 × 594	297 × 420	210 × 297
e	20		10		
c	10			5	
a	25				

图框格式分为图1-1所示不留装订边和图1-2所示预留装订边两种格式。图框线用粗实线绘制，图纸边界线用细实线绘制。

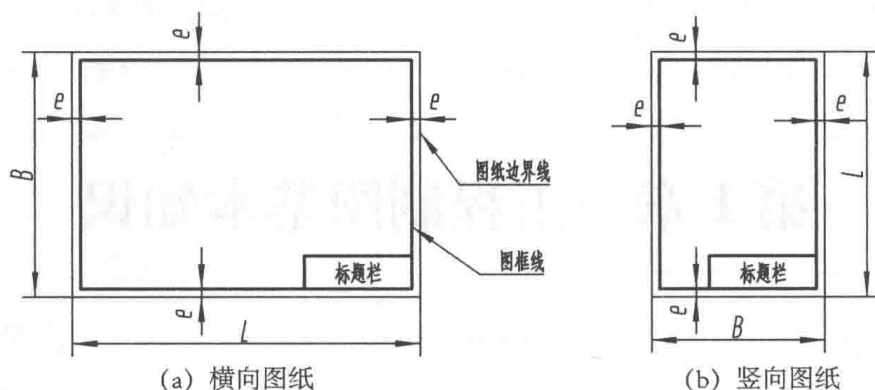


图 1-1 不留装订边的图纸

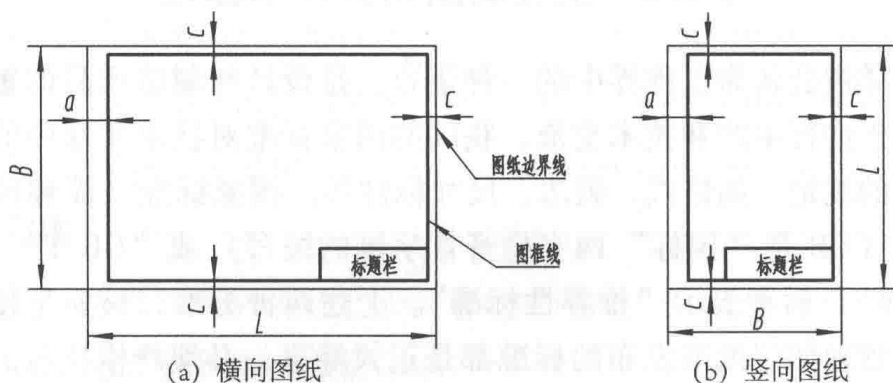


图 1-2 留装订边的图纸

为了使图样复制和缩微摄影时定位方便，可在图纸各边长的中点处画出对中符号。对中符号用粗实线绘制，长度从图纸边界开始至伸入图框内约 5 mm，如图 1-3a 所示。标题栏的文字方向为看图的方向，为了利用预先印制的图纸，允许将横向图纸竖放或竖向图纸横放作图，但要求在对中符号处画上方向符号，按方向符号指示的方向画图 and 看图。方向符号是用细实线绘制的等边三角形，如图 1-3b 所示。

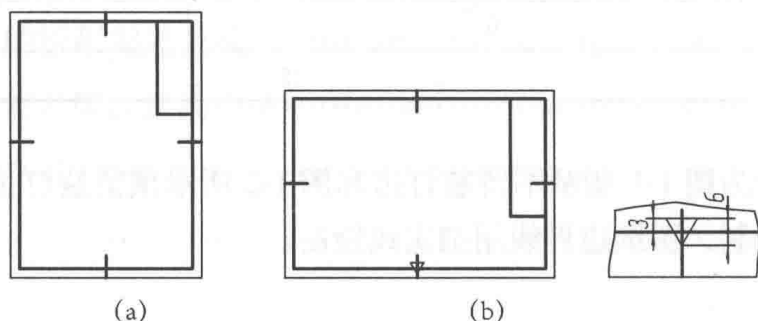


图 1-3 对中符号和方向符号

1.1.2 标题栏(GB/T 10609.1—2008)

每张图纸都应有标题栏,标题栏应位于图纸右下方。国家标准规定的生产上用的标题栏格式如图1-4a所示,一般均印在图纸上,不必自己绘制。标题栏的右边部分为名称及代号区,左下方为签名区,左上方为更改区,中间部分为其他区,包括材料标记、比例等内容。学生作业练习时可以自画简化的标题栏,如图1-4b所示。

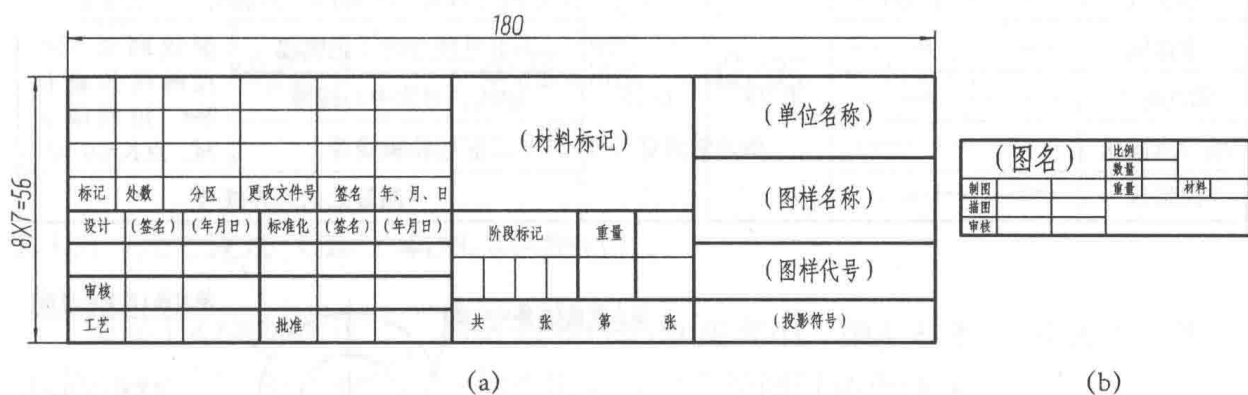


图1-4 标题栏格式

1.1.3 比例(GB/T 14690—1993)

绘图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,应选择表1-2所规定的比例,优先选择不带括号的比列。同一机件的各个视图应采用同样的比例绘图,并在标题栏中填写比例值。如有视图采用与其他视图不同比例时,必须在视图上方注明比例。标注尺寸时应按机件的实际尺寸标注,和绘图时采用的比例无关。

表1-2 比例

原值比例	1:1
缩小比例	(1:1.5), 1:2, (1:1.25), (1:3), (1:4), 1:5, 1:1×10 ⁿ , (1:1.5×10 ⁿ), 1:2×10 ⁿ , (1:3×10 ⁿ), (1:4×10 ⁿ), 1:5×10 ⁿ
放大比例	2:1, (2.5:1), (4:1), 5:1, 1×10 ⁿ :1, 2×10 ⁿ :1, (4×10 ⁿ :1)

1.1.4 图线(GB/T 4457.4—2002)

机械制图的国家标准对绘制机械图样所使用的线型作了规定,见表1-3。粗

细两种线宽的比率为 2:1, 粗线的宽度若为 d , 则细线的宽度应为 $d/2$ 。线宽 d 的尺寸系列为 0.13、0.18、0.25、0.35、0.50、0.70、1.00、1.40、2.00 mm, 其中粗实线优先选用 0.50 和 0.70 mm 的线宽。不连续的独立部分称为线素, 如点、长度不同的画和间隔。图 1-5 为图样的线型及其应用。

表 1-3 线型

名称	线型	宽度 d /mm		一般应用及线素长度	
		0.70	0.50	可见轮廓线、螺纹牙顶线等	
粗实线		0.35	0.25	尺寸线及尺寸界线、剖面线、引出线等	
细实线				不可见棱边线、轮廓线	虚线画长 $12d$, 点画线长画长 $24d$, 短间隔长 $3d$, 点长 $\leq 0.5d$
细虚线					
细点画线					
细双点画线				假想轮廓线等	
波浪线		断裂处的边界线等			

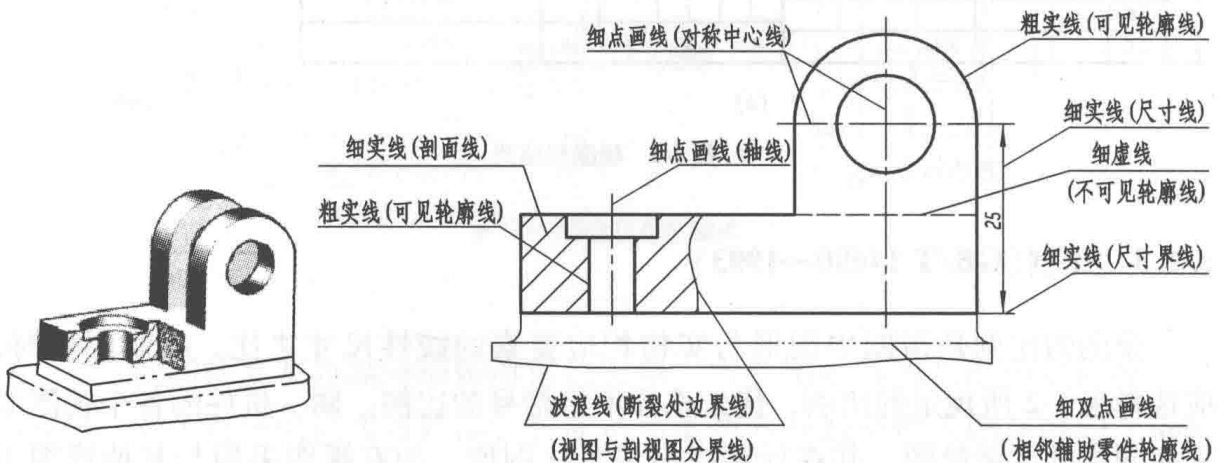


图 1-5 图样的线型及其应用

1.1.5 字体(GB/T 14691—1993)

技术图样中的字体必须做到：字体工整，笔画清楚，间隔均匀，排列整齐。字体号数（即字体高度 h ）的公称尺寸系列为 1.8、2.5、3.5、5.0、7.0、10.0、14.0、20.0 mm。汉字应写成长仿宋体，汉字高度 h 不应小于 3.5 mm, 其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。字母和数字分 A 型和 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 $1/10$ 。可书写成直体或斜体(字头向右倾斜,与水平成 75°)。同一张图纸上只允许用同一型号字体。

汉字示例如图 1-6 所示。

横平竖直注意起落结构均匀填满方格

图 1-6 汉字示例

字母及数字示例如图 1-7 所示。

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
 abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
 12345678910 I II III IV V VI VII VIII IX X
 R3 2×45° M24-6H Φ60H7 Φ30g6
 Φ20^{+0.021}₀ Φ25^{-0.007}_{-0.020} Q235 HT200

图 1-7 字母及数字示例

1.1.6 尺寸注法(GB/T 4458.4—2003)

图样上必须标注尺寸，以表达零件的真实大小。国家标准《机械制图尺寸注法》规定了一系列标注尺寸的规则和方法，绘图时必须遵守。

1.1.6.1 尺寸标注基本规则

(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，不需标注单位符号（或名称）；如采用其他单位，则应注明相应的单位符号。

(3) 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。

(4) 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。

1.1.6.2 尺寸要素

组成尺寸的要素有尺寸界线、尺寸线及其终端、尺寸数字。

(1) 尺寸界线：尺寸界线用细实线绘制，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，如图 1-8 所示。尺寸界线应超出尺寸线终端 2~3 mm。尺寸界线一般应与尺寸线垂直，必要时可倾斜。

(2) 尺寸线及其终端：尺寸线用细实线绘制，其终端有两种形式：箭头和斜线，其画法见图 1-9。机械图样上一般用箭头作为尺寸线的终端。

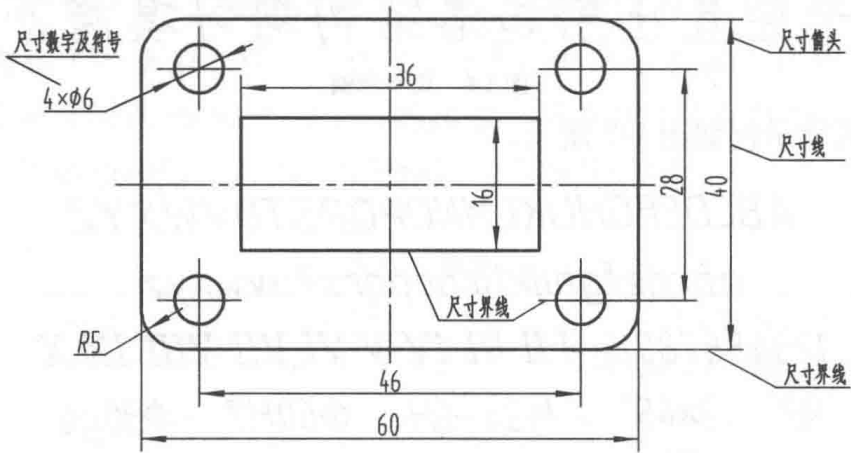


图 1-8 尺寸要素

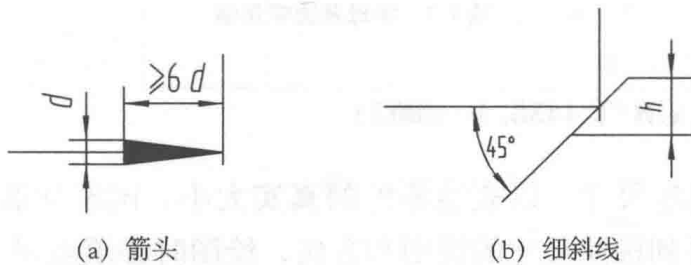


图 1-9 尺寸线的终端

尺寸线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。标注线性尺寸时，尺寸线应与所标注的线段平行，尺寸线之间也应相互平行且间距 ≥ 5 mm。

(3) 尺寸数字：线性尺寸的尺寸数字注写方向见图 1-10，应尽量避免在图示 30° 内标注尺寸，当无法避免时可采用右边的几种形式标注尺寸数字。尺寸数字不可以被任何图线通过，无法避免时，图线要断开。同一张图纸上的尺寸数字字型应一致。

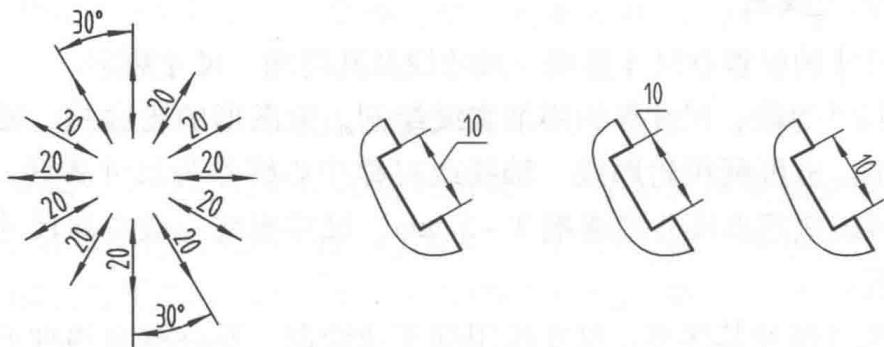


图 1-10 尺寸数字的注写方向

国家标准还规定了在尺寸数字周围的符号,以表示某种含义,如标注直径时在尺寸数字前加“ ϕ ”。标注尺寸的常见符号及缩写词见表1-4。

表1-4 标注尺寸的符号及缩写词

序号	含义	符号或缩写词	序号	含义	符号或缩写词
1	直径	ϕ	8	正方形	\square
2	半径	R	9	深度	\downarrow
3	球直径	S ϕ	10	沉孔或锪平	\square
4	球半径	SR	11	埋头孔	∇
5	厚度	t	12	弧长	\frown
6	均布	EQS	13	斜度	\angle
7	45°倒角	C	14	锥度	\triangleleft

1.1.6.3 尺寸注法示例

常用的尺寸注法见表1-5所列。

表1-5 常用的尺寸注法

标注内容	标注示例	说明
圆和圆弧		<p>圆的直径符号是“ϕ”,当尺寸线的一端无法画出箭头时,尺寸线要超过圆心一段;圆弧的半径符号是“R”,当半径较大,尺寸线不便于通过圆心时,可采用折线形式。</p> <p>一般情况下整圆及大于半圆的圆弧标注直径,等于或小于半圆的圆弧标注半径</p>

(续表)

标注内容	标注示例	说明
角度		<p>角度的尺寸界线应沿径向引出，尺寸线画成圆弧，其圆心是该角的顶点。角度的尺寸数字一律水平书写</p>
弦长和弧长		<p>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。弧长尺寸数值前加符号\frown</p>
小尺寸		<p>标注小尺寸时，如果没有足够的位置画箭头或注写数字，允许用圆点或斜线代替箭头，尺寸数字可写在尺寸界线外面或引出标注</p>
球面		<p>标注球面的直径或半径时，应在直径或半径符号前加球面符号“S”。对于轴、手柄等的端部，在不致引起误解的情况下可省略符号“S”</p>
斜度和锥度		<p>斜度图形符号与斜面方向一致；锥度图形符号与圆锥的倾斜方向一致</p>
正方形和厚度		<p>正方形尺寸“□12”也可以写成“12×12”。标注板状零件厚度时，在数字前加“t”，无需再画视图表示厚度</p>

(续表)

标注内容	标注示例	说明
对称结构		<p>对称机件的图形只画出一半或大于一半时，尺寸线应略超过对称中心线或断裂处的边界，只在尺寸线一端画出箭头</p>
光滑过渡		<p>光滑过渡处标注尺寸时，为避免图线的不清晰，尺寸界线与尺寸线倾斜，此时用细实线将轮廓线延长，从它们的交点处引出尺寸界线</p>
均布孔		<p>均匀分布的孔标注时，在其直径前加上个数，并写上均布的缩写词“EQS”。如果有孔的中心位于分布圆的对称中心线上，则可省略缩写词</p>

§ 1.2 投影概述

1.2.1 投影法的概念

物体在光线照射下，在地面或墙面上投下影子，人们根据这种自然现象加以抽象研究，得到了投影的方法。如图 1-11 所示，假设光源为投射源，光线为

投射射线，平面 H 为投影面，这种投射射线通过物体，向选定的面投射，并在该面上得到图形的方法称为投影法。投影法是工程制图的理论基础。

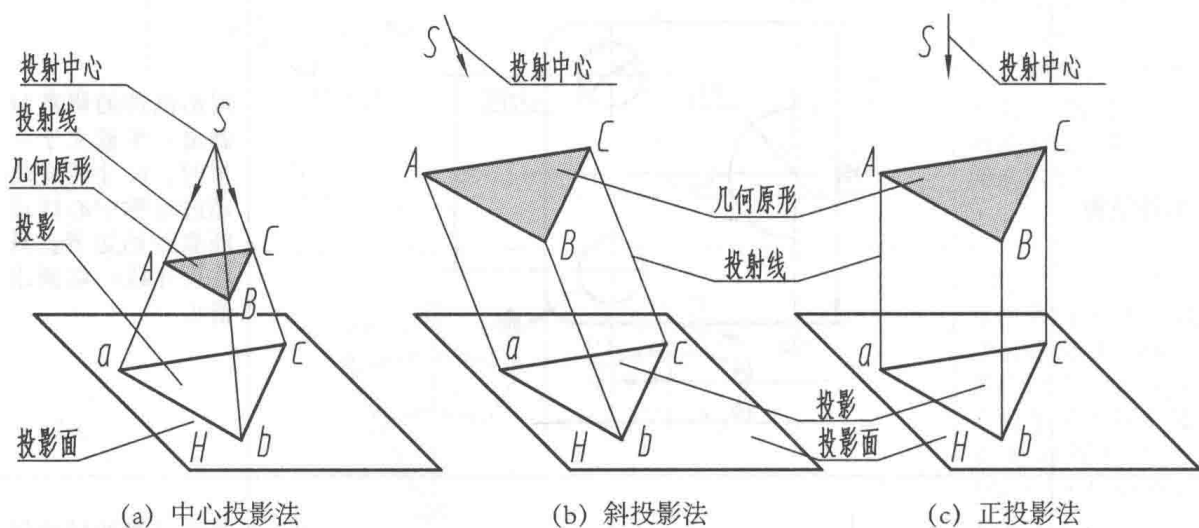


图 1-11 投影法及分类

1.2.2 投影法的分类

根据投射射线的类型（汇交或平行），投影法分为中心投影法和平行投影法两类。

(1) 中心投影法

所有投射射线汇交于投射中心 S ，这种投影法称为中心投影法，如图 1-11a 所示。

(2) 平行投影法

所有投射射线相互平行，这种投影法称为平行投影法。其中，投射射线与投影面倾斜的称为斜投影法，如图 1-11b 所示；投射射线与投影面垂直的称为正投影法，如图 1-11c 所示。

1.2.3 投影法在工程上的应用

(1) 透视图

用中心投影法绘制的图形称为透视图。透视图与照相原理相似，具有真实、立体感强的优点，图形较接近于人眼的观感实际，多用于绘制效果图，如建筑物的外观等，如图 1-12 所示。透视图的不足之处是作图复杂且度量性差。

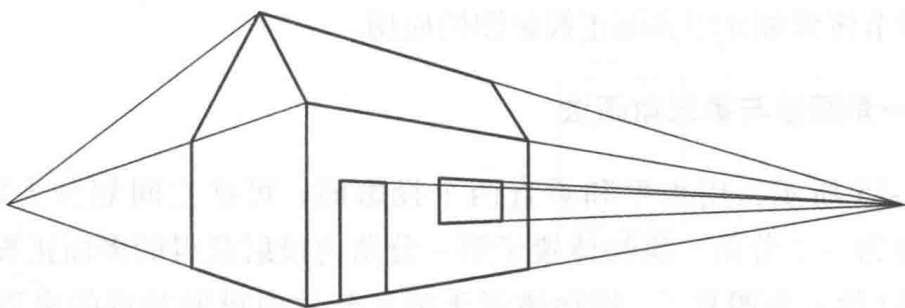


图 1-12 透视图

(2) 轴测图

用斜投影法绘制的投影图称为轴测图。轴测图是将物体连同其参考直角坐标系，沿不平行于任一坐标平面的方向，用平行投影法将其投射在单一投影面上得到的投影图。轴测图可以将物体的长、宽、高在一个投影面上反映出来，立体感强，多用于工程制图中的辅助图样，如图 1-13 所示。轴测图的不足之处是作图繁琐，不能很好地反映物体的真实形状。

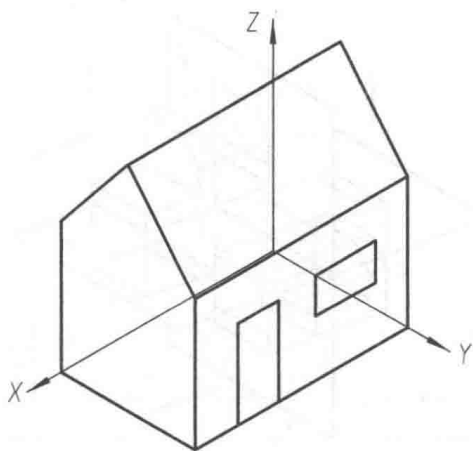


图 1-13 轴测图

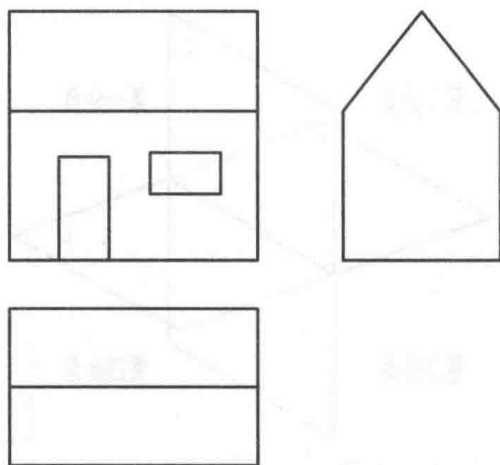


图 1-14 多面正投影图

(3) 多面正投影图

用正投影法绘制的图形称为正投影图。在绘图时，若将物体按自然位置放平、摆正，使其主要平面平行于投影面，就可以在投影面上得到这些平面的实形，方便手工作图。由于正投影图作图方便，易于准确表达物体的真实形状和大小，因此广泛应用于工程领域，如机械制图、建筑制图等。正投影图的不足之处是直观性较差。

一般情况下，要完整清晰地表达一个物体的形状及大小，仅画一个方向的正投影图是不够的。因此需要用两个或两个以上互相垂直的投影面，将物体向投影面投射，画出它们的多面正投影图，图 1-14 所示是多面正投影图中的三视