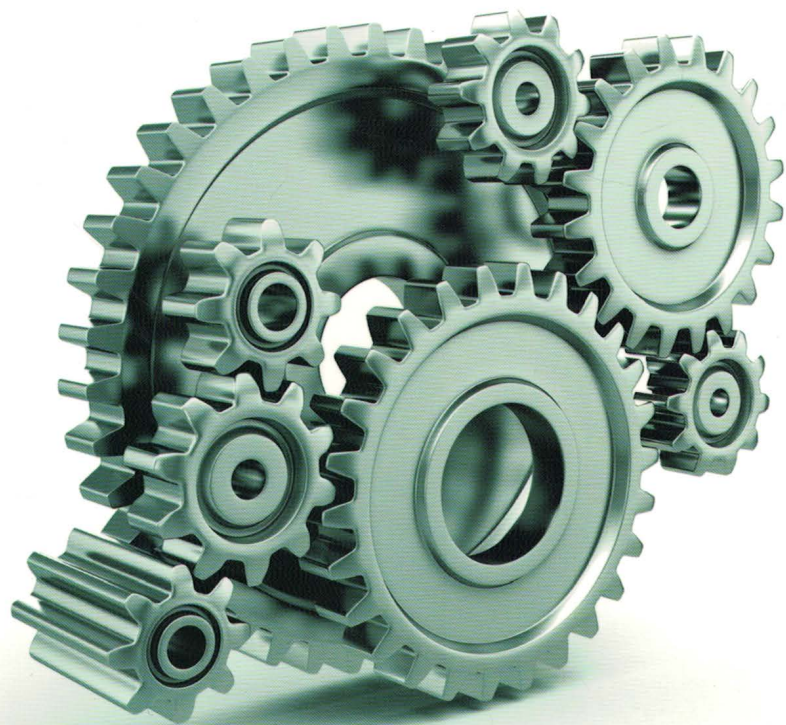


面向自动化设备应用
一线技术员的参考用书



机电知识与

JIDIAN ZHISHI YU JINENG YINGYONG JIANMING ZHINAN

技能应用简明指南

张宁菊 张勇 主编
曹建林 主审



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

机电知识与技能应用简明指南

主 编 张宁菊 张 勇
参 编 孙 坚 过建新 杨进民 张福杰
 武彩霞 胡冬梅 唐 霞 赵厚玉
 王小越 王旭峰 任晓国 陆小慧
 陈亚清 张建业 赵 强 山本雅纪
 胡恺恺 高 明 徐海兵 长谷川晃平
 堀田诚二
主 审 曹建林



机械工业出版社

本书针对目前生产企业中自动化设备的使用现状，特别是从业人员整体素质有待提高、层次差别大的情况，从实际应用的角度介绍了生产现场从事机电设备运行、安装、调试、维护等一线应用从业人员必备的基础知识和应用技能。主要内容包括通用机械基础知识、气动与液压技术基础知识、电工电子基础知识、机电维修基本技能、自动化控制技术基础五篇。

本书以国家职业标准为依据进行编写，在内容编排上采用篇、章、节体例结构，各篇相对独立，其内各章节相互衔接。作为一本即学即用的案头综合手册，为工业自动化企业一线从事设备应用与维护的技术人员提供了必须掌握的基本概念、基本理论、基本方法、基本技能及其在实际中的应用。

本书可用于组织教学培训，适用于企业的岗前培训和培训机构的职业培训，也适用于应用型本科和高职高专院校机械制造与自动化、机电一体化技术、机电设备维修与管理等机电类相关专业的机电综合实践和毕业实践。本书也可供欲从事相关领域工作的社会人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机电知识与技能应用简明指南/张宁菊, 张勇主编. —北京: 机械工业出版社, 2018. 5

ISBN 978-7-111-59827-5

I. ①机… II. ①张… ②张… III. ①机电工程-指南 IV. ①TH-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 088267 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: 王英杰 责任编辑: 王英杰 王丹 杨作良

责任校对: 张晓蓉 封面设计: 马精明

责任印制: 张博

三河市宏达印刷有限公司印刷

2018 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·23.25 印张·574 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-59827-5

定价: 69.80 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

服务咨询热线: 010-88379833

读者购书热线: 010-88379649

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

教育服务网: www.cmpedu.com

金书网: www.golden-book.com

前言

制造业是国民经济的主体，是立国之本、兴国之器、强国之基。作为高端制造业的“基石”，工业自动化装备面临着传统产业改造提升、新兴产业发展需求的双重机遇。

企业发展依靠人才，人才培养需要培训，本书编写人员对多家现代企业进行深入走访，发现现有的自动化设备领域培训教材普遍内容先进性不足，体系不全面、系统综合性不足，与企业实际需要存在差距。同时，各企业自动化设备一线从业人员普遍存在基础知识不全面、基础理论不扎实的实际问题。企业往往需要投入大量的人力和时间进行基础教育，而限于被教育对象自身的工作时间安排和现有知识技术水平，很难开展统一有效的教学培训活动。

在调研分析的基础上，本书定位为起点不高但知识体系相对全面、以应用为主的机电基础知识与技能应用教材，以满足企业快速发展过程中，将基础知识教育从传统的以“教”为主向以“学”为主的转化需求。

无锡村田电子有限公司是日本村田集团在中国创立的最大的生产基地，是世界一流的以电子零部件生产为主的企业，多年来与多所学校合作开展现代学徒制的建设工作，为推进我国职业教育改革，创新“校企共同体”模式做出了贡献。无锡村田电子有限公司的设备先进，自主开发设计的自动化设备种类繁多。本书编写人员深入现场，先后六次会同企业一线的技术专家对企业技术型人才的需求进行剖析，梳理了工业自动化设备领域人才配置的三个基本层次，即应用、设计、研发，分别对应三类技术人员：机电设备现场应用工程师（设备运行、安装、调试、维护）；机电设备工程设计工程师（工程设计、系统集成）；机电设备系统研发工程师（产品开发与研制）。其中，机电设备现场应用工程师是目前需求量最大的，因此本书即定位于该层面，为机电设备现场应用人员提供知识服务。本书的编写特点如下：

（1）系统全面、注重基础 本书内容针对机电设备现场应用工程师所需的基础知识和技能，在内容编排上采用模块化的编写思路，各篇相对独立，其内各章节相互衔接，内容为企业相关技术人员所必须掌握的基本概念、基本理论、基本方法、基本技能及其在实际中的应用。

（2）强调实用、理论精简 本书的编写提纲经过企业专家多次会审，编写内容由专业教师与企业技术人员协作完成，确保了内容的实用性，真正体现产教深度融合。编写内容力求精简，简化理论推导过程，确保理论表述简明扼要、内容全面、通俗易懂。编写时还强调内容的普适性，使之可以应用于自动化设备的其他相关领域。

（3）知识全面、便于自学 学校的教学内容是一门门相对独立的课程，而企业实际工

作需要的是一个集成的综合知识体系。本书以类似于指南或手册的形式，将从事机电设备运行、安装、调试、维护等人员必备的知识和技能汇集于一体，方便随时翻阅查找。

本书面向企业、重在实用、体现创新，由校企共同开发与建设。使内容定位更精准，同时吸收了产业发展的新知识、新技术、新工艺、新方法，并将职业标准和岗位需求相对接。

本书由无锡科技职业学院、无锡村田电子有限公司联合编写。无锡职业技术学院张宁菊教授和无锡村田电子有限公司张勇部长共同担任主编，张宁菊教授负责统稿及校对。参与本书编写的还有（按姓氏笔画排序）：无锡科技职业学院孙坚（第一篇第二、三章）、过建新（第四篇第一章第一节、第四篇第三章）、杨进民（第五篇第四章）、张福杰（第三篇第二章、第五篇第二章）、武彩霞（第四篇第四章、第五篇第一、三章）、胡冬梅（第二篇）、唐霞（第三篇第一章、第四篇第一章第二、三节）、赵厚玉（第三篇第三、四章），无锡村田电子有限公司王小越、王旭峰、任晓国、陆小慧、陈亚清、张建业、赵强、山本雅纪、胡恺恺、高明、徐海兵、长谷川晃平、堀田诚二等结合实际工作参与了本书编写体系和内容的研讨与审定。

本书的编写还得到了无锡科技职业学院党委书记曹建林教授，无锡村田电子有限公司董事、副总经理钟伟跃等相关领导的大力支持，在此衷心致谢。

在本书编写过程中，作者参考了大量的国内外相关资料，在此向原作者表示衷心的感谢！由于编者水平和经验有限，书中不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第一篇 通用机械基础知识

第一章 机械制图	2	第二节 常用金属材料及钢的热处理	45
第一节 制图基础知识	2	第三节 常用表面处理	59
第二节 机件的表达方法	10	第四节 非金属材料	60
第三节 零件图	25	第三章 机械设计基础	63
第四节 装配图	37	第一节 常用机构	63
第五节 第三角画法	41	第二节 常用机械传动	67
第二章 材料与热处理、表面处理	44	第三节 常用机械零部件	73
第一节 选材与处理不当导致的故障实例	44		

第二篇 气动与液压技术基础知识

第一章 气动技术	96	第二章 液压传动技术	124
第一节 气动系统基础知识	97	第一节 液压传动基础知识	124
第二节 气动执行元件	102	第二节 液压元件	130
第三节 (低)真空技术及其应用	119	第三节 液压系统的应用	156
第四节 气动系统的使用与维护	123	第四节 液压系统的使用与维护	159

第三篇 电工电子基础知识

第一章 电工电子技术	162	第三章 工厂供电	190
第一节 直流电路	163	第一节 工厂供电基础	190
第二节 交流电路	165	第二节 主要电气设备	195
第三节 模拟电路	168	第四章 安全用电	198
第四节 数字电路	170	第一节 安全电压、安全电流	198
第二章 电动机与电器	180	第二节 触电急救	199
第一节 电动机	180	第三节 事故案例	201
第二节 低压电器	186		

第四篇 机电维修基本技能

第一章 维修用具	206	第一节 测量工具的使用	206
-----------------------	-----	-------------	-----

第二节	仪器仪表的使用	221	第三节	锯削	250
第三节	其他工具的使用	224	第四节	锉削	251
第二章	一般维修技能和知识	230	第五节	孔加工	256
第一节	清洁	230	第六节	攻螺纹、套螺纹	265
第二节	润滑剂与润滑方法	232	第七节	装配	272
第三节	螺纹紧固和拧紧力矩	236	第四章	电气线路维修	279
第四节	磨削与振动	240	第一节	电气读图	279
第三章	钳工技能	242	第二节	接线端子制作与排线	284
第一节	钳工概述	243	第三节	三相异步电动机的接线和检测	287
第二节	划线与划线工具	246			

第五篇 自动化控制技术基础

第一章	自动控制原理与系统	290	第三节	SFC 的基本概念	326
第一节	自动控制的基本知识	290	第四章	变频器与伺服驱动技术	331
第二节	PID 控制的基本概念	292	第一节	变频器	331
第二章	传感与检测技术	295	第二节	步进控制技术	340
第一节	自动检测的基本知识	295	第三节	伺服控制技术	347
第二节	常用传感器	298	附录		354
第三章	PLC (可编程序控制器) 控制技术	314	附录 A	国家标准公差与配合	354
第一节	PLC 简介及安装接线	314	附录 B	常用液压与气动元件图形符号	356
第二节	PLC 的简单编程	319	附录 C	常用电气产品符号	361
			参考文献		366

第一篇

通用机械基础知识

第一章 机械制图

第二章 材料与热处理、表面处理

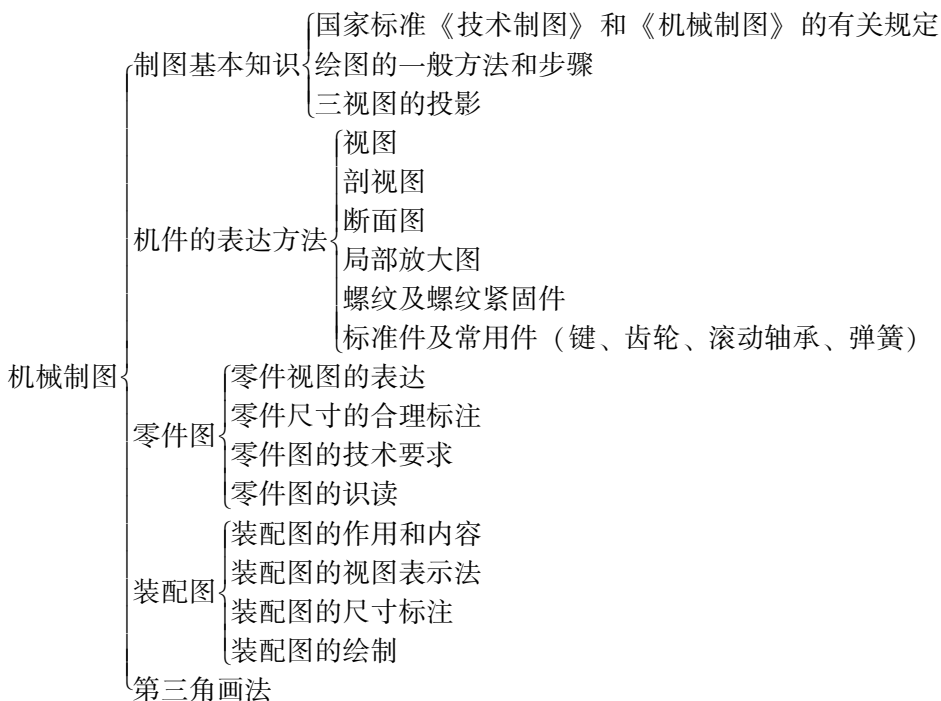
第三章 机械设计基础

机械制图

【知识目标】

了解机械制图的基本知识，掌握机件的各种表达方法，能读懂中等复杂的零件图和装配图。

【知识结构】



第一节 制图基础知识

一、国家标准《技术制图》和《机械制图》的有关规定

1. 图纸幅面和格式 (GB/T 14689—2008)

标准编号的意义：

GB/T 14689—2008

标准获批准的年号。2008 表示本标准是 2008 年批准的。

标准获批准的顺序号。

标准代号及属性。GB 为“国标”两字汉语拼音字头；

T 为“推荐”中“推”字的汉语拼音字头。

(1) 图纸幅面尺寸 图纸幅面指图纸宽度与长度组成的图面。图纸基本幅面有 A0、A1、A2、A3、A4 五种，幅面尺寸见表 1-1-1。

表 1-1-1 图纸基本幅面尺寸

(单位: mm)

幅面代号	A0	A1	A2	A3	A4
$B(\text{短边}) \times L(\text{长边})$	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297
e (无装订边的留边宽度)	20		10		
c (有装订边的留边宽度)	10			5	
a (装订边宽度)	25				

(2) 图框格式

1) 留有装订边图纸的图框格式如图 1-1-1 所示，相关尺寸按表 1-1-1 的规定选用。一般 A4 幅面采用竖装，A3 幅面采用横装。

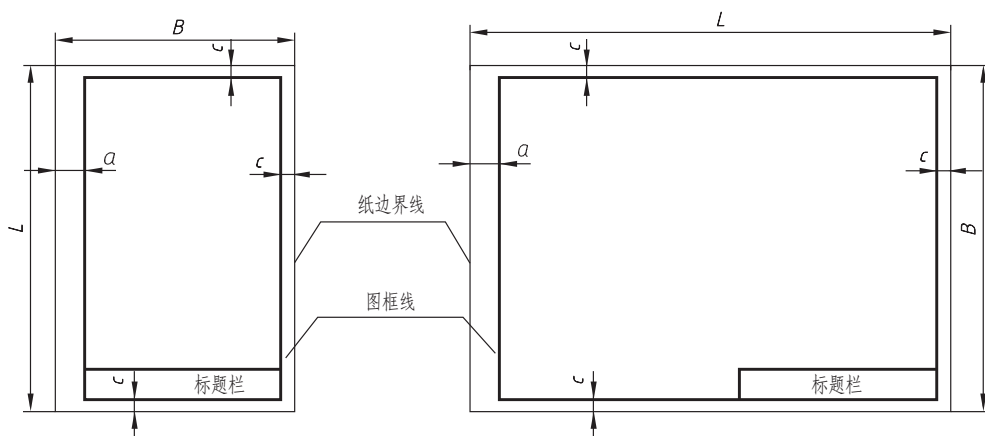


图 1-1-1 留有装订边的图框格式

2) 不留装订边图纸的图框格式如图 1-1-2 所示，相关尺寸按表 1-1-1 的规定选用。

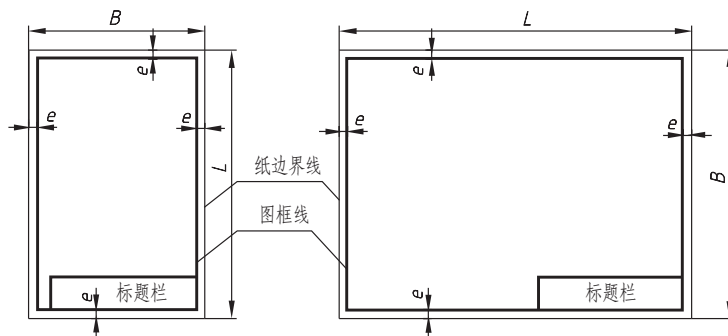


图 1-1-2 不留装订边的图框格式

(3) 标题栏的方位及格式 每张图纸都必须画出标题栏。标题栏的位置通常位于图纸的右下角,如图 1-1-1、图 1-1-2 所示。标题栏中的文字方向为看图方向。

标题栏的格式已由国标 GB/T 10609.1—2008 规定,如图 1-1-3 所示。除签名以外,标题栏中的字体均应符合 GB/T 14691—1993《技术制图 字体》的规定。

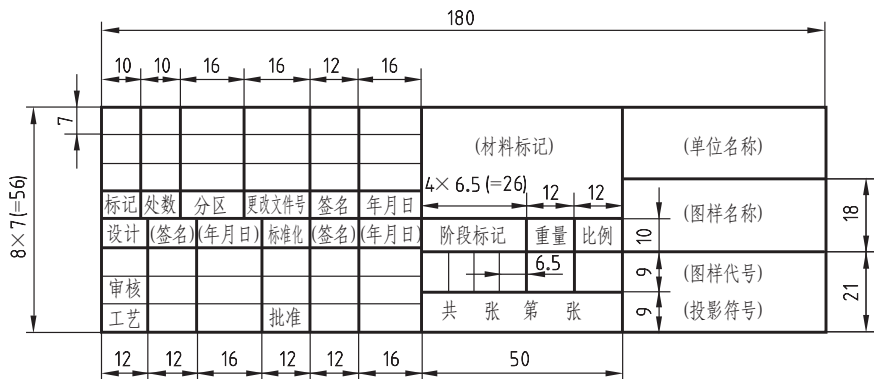


图 1-1-3 标题栏的格式

2. 比例 (GB/T 14690—1993)

比例是图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比,尽可能采用 1:1 比例,标准比例系列见表 1-1-2。

表 1-1-2 标准比例系列

种类	比 例				
	优先选取		允许选取		
原值比例	1 : 1				
放大比例	5 : 1 5×10 ⁿ : 1	2 : 1 2×10 ⁿ : 1	4 : 1 4×10 ⁿ : 1	2.5 : 1 2.5×10 ⁿ : 1	
缩小比例	1 : 2 1 : 2×10 ⁿ	1 : 5 1 : 5×10 ⁿ	1 : 10 1 : 1×10 ⁿ	1 : 1.5 1 : 1.5×10 ⁿ	1 : 2.5 1 : 2.5×10 ⁿ
				1 : 3 1 : 3×10 ⁿ	1 : 4 1 : 4×10 ⁿ
					1 : 6 1 : 6×10 ⁿ

注: n 为正整数。

3. 字体 (GB/T 14691—1993)





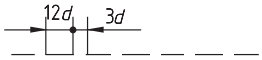
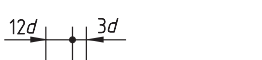
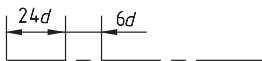
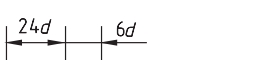
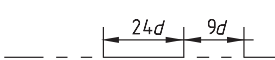
字体的号数,即字体的高度,用 h 表示。字体高度的公称尺寸系列为 1.8mm, 2.5mm, 3.5mm, 5mm, 7mm, 10mm, 14mm, 20mm 八种;如需要书写更大的字,其字体高度应按 $\sqrt{2}$ 的比率递增。汉字的高度不应小于 3.5mm。

机械工程 CAD 制图规则 (GB/T 14665—2012) 规定:数字、汉字一般以正体输出,字母除变量外,一般也以正体输出。

4. 图线 (GB/T 4457.4—2002)

在机械图样中采用粗、细两种线宽,其比例关系为 2:1。图线宽度 (d) 的推荐系列为 0.13mm, 0.18mm, 0.25mm, 0.35mm, 0.5mm, 0.7mm, 1.0mm, 1.4mm, 2.0mm。粗线的宽度 d 应按图的大小和复杂程度,在 0.25~2mm 之间选择,细线的宽度为 $d/2$,图线类型及应用见表 1-1-3,图线应用实例如图 1-1-4 所示。

表 1-1-3 图线类型及应用

图线名称	线 型	图线宽度/mm	应用 举例
粗实线		$d=0.13\sim 2.0$	可见轮廓线
细实线		$d/2$	尺寸线, 尺寸界线, 剖面线, 指引线
波浪线		$d/2$	断裂处的边界线, 视图和剖视图的分界线
双折线		$d/2$	断裂处的边界线, 视图和剖视图的分界线
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
粗点画线		d	限定范围表示线
细双点画线		$d/2$	相邻辅助零件轮廓线, 可动零件的极限位置轮廓线

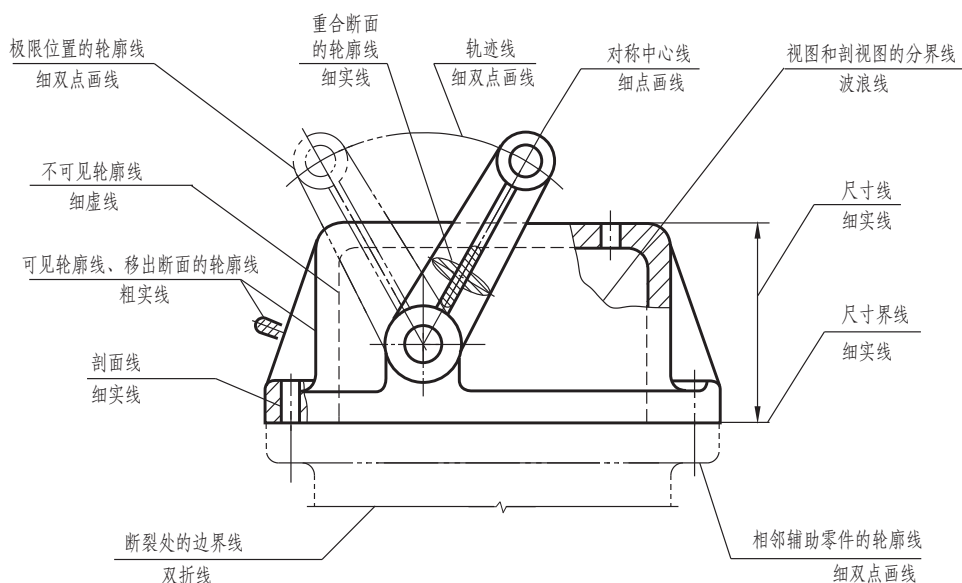


图 1-1-4 图线应用实例

5. 尺寸注法 (GB/T 4458.4—2003)

一个完整的尺寸, 应由尺寸界线、尺寸线 (包括尺寸终端)、尺寸数字 (包括必要的符号和字母) 三要素组成, 其注法见表 1-1-4。

表 1-1-4 尺寸注法

尺寸要素	图 例	说 明											
尺寸界线		<p>尺寸界线用细实线绘制, 并由图形的轮廓线、轴线或对称中心线处引出, 也可用这些线代替。尺寸界线应超出尺寸线 2~5mm。尺寸界线一般应与尺寸线垂直, 必要时才允许倾斜</p>											
尺寸线		<p>尺寸线用细实线绘制, 用来表示所注尺寸的方向 尺寸线的终端有两种形式: a 箭头 (图 a); 斜线 (图 b) 当尺寸线与尺寸界线相互垂直时, 同一张图样中只能采用一种尺寸线终端形式, 不得混用 圆的直径和圆弧半径的尺寸线终端应画成箭头 在机械图样中一般采用箭头作为尺寸线的终端</p>											
尺寸数字		<p>尺寸数字用来表示零件的真实大小, 与图形的大小无关 线性尺寸数字一般应注在尺寸线的上方, 也可注在尺寸线的中断处, 但同一张图样上注法应尽量一致 线性尺寸数字的方向通常如图 a 所示; 向左倾斜 30° 范围内的尺寸数字的注写如图 b 所示; 尺寸数字不可被任何图线所通过, 否则应将图线断开, 如图 c 所示 其他相关符号见表 A</p>											
表 A													
名称	直径	半径	球直径	球半径	厚度	正方形	45° 倒角	深度	沉孔或铤平	埋头孔	斜度	锥度	均布
符号或缩写词	ϕ	R	$S\phi$	SR	t	\square	C	∇	\square	\sphericalangle	\angle	\triangleleft	EQS

(续)

尺寸要素	图 例	说 明
角度		<p>尺寸界线应径向引出,尺寸线应画成圆弧,其圆心是该角的顶点 角度数字一律注写成水平方向,一般注写在尺寸线的中断处。必要时,可注写在尺寸线上方或外边,也可引出标注,如图 a、b 所示</p>
直径尺寸		<p>标注直径尺寸时,应在尺寸数字前加注符号“ϕ”,如图所示</p>
半径尺寸		<p>标注圆弧半径尺寸时,应在尺寸数字前加注符号“R”,如图所示</p>
球面直径和半径		<p>球面直径和半径尺寸如图所示</p>
狭小部位尺寸		<p>当采用箭头时,在没有足够位置的情况下允许用圆点(或细斜线)代替箭头,如图所示</p>

平面图形中标注的尺寸，必须能唯一地确定图形的大小。尺寸标注应遵守国家标准的相关规定，并做到不遗漏，不重复。其基本步骤如下：

(1) 确定尺寸基准 标注尺寸的起点称为尺寸基准。平面图形中，一般选用图形的对称中心线、较大圆的中心线或较长的直线作为尺寸基准。

(2) 注出定形尺寸 定形尺寸为确定平面图形中各线段或线框形状大小的尺寸，图 1-1-5 中的 $\phi 20$ 、 $4 \times \phi 12$ 、 $R10$ 、100、60 均为定形尺寸。

(3) 注出定位尺寸 定位尺寸为确定平面图形中各线段、线框的相对位置和圆的中心位置的尺寸，图 1-1-5 中的 50、30 为定位尺寸。

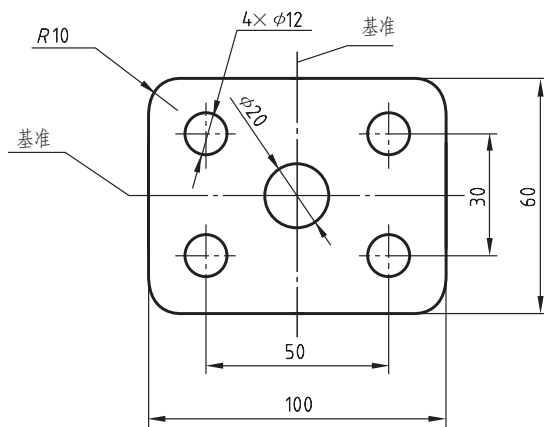


图 1-1-5 平面图形的尺寸标注

表 1-1-5 为常见平面图形的尺寸标注示例，供分析参考。

表 1-1-5 常见平面图形的尺寸标注

二、绘图的一般方法和步骤

- 1) 根据图形大小和比例，选择图纸幅面。
- 2) 按照国家标准要求画出图框和标题栏。
- 3) 布置图形位置，画出图形基准线。
- 4) 绘制图形，先画主要轮廓，再画细节。
- 5) 标注尺寸。
- 6) 全面检查图样，确认无误。

三、三视图的投影

1. 正投影的特点

《机械制图》国家标准规定，机械图样一般按正投影法绘制。正投影中，直线和平面的投影有以下三个特点：

- 1) 当直线或平面与投影面平行时，则直线或平面在该投影面上的投影反映实长或实形。如图 1-1-6a 所示，即实形性。
- 2) 当直线或平面与投影面垂直时，则直线或平面在该投影面上的投影呈一点或一条直线。如图 1-1-6b 所示，即积聚性。
- 3) 当直线或平面相对于投影面倾斜时，则直线或平面在该投影面上的投影均不反映实长或实形。如图 1-1-6c 所示，即类似性。

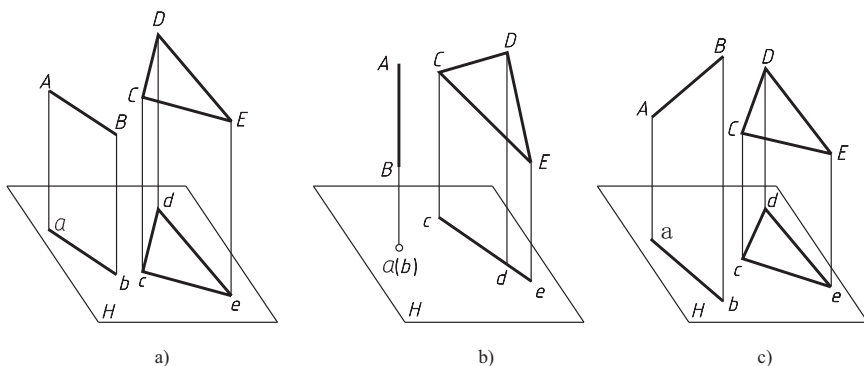


图 1-1-6 正投影法的投影特点

2. 三投影面体系

如图 1-1-7 所示，互相垂直的三个投影面组成三投影面体系，它们分别是：正面投影面（简称正面或 V 面）；水平投影面（简称水平面或 H 面）；侧面投影面（简称侧面或 W 面）。

三投影面之间的交线称为投影轴，分别用 OX 、 OY 、 OZ 表示。

3. 三视图的形成

将物体向三个投影面做正投射，得到的正投影图称为视图。 V 面上的视图称为主视图， H 面上的视图称为俯视图， W 面上的视图称为左视图，如图 1-1-8a 所示。

为了使三个视图能够在一个平面上表达，须将投影面展平，将 H 面绕 OX 轴向下旋转 90° ，将 W 面绕 OZ 轴向右旋转 90° ，如图 1-1-8b 所示，展平后的视图如图 1-1-8c 所示。

4. 三视图间的关系

(1) 投影关系

长对正——主、俯视图中相应投影（整体及局部）的长度相等，并且对正，如图 1-1-9 所示。

高平齐——主、左视图中相应投影（整体及局部）的高度相等，并且平齐，如图 1-1-9

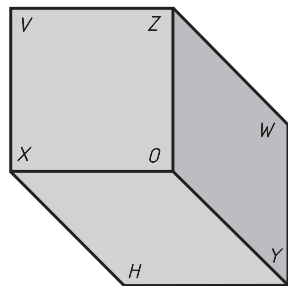


图 1-1-7 三投影面体系

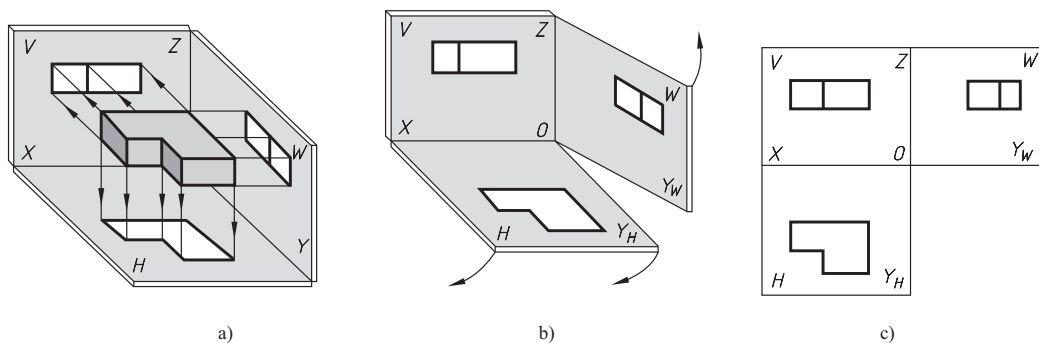


图 1-1-8 三视图的形成

所示。

宽相等——俯、左视图中相应投影（整体及局部）的宽度相等，如图 1-1-9 所示。

(2) 三视图与物体间的方位关系

主视图——反映了物体上下方向的高度尺寸和左右方向的长度尺寸。

俯视图——反映了物体左右方向的长度尺寸和前后方向的宽度尺寸。

左视图——反映了物体上下方向的高度尺寸和前后方向的宽度尺寸。

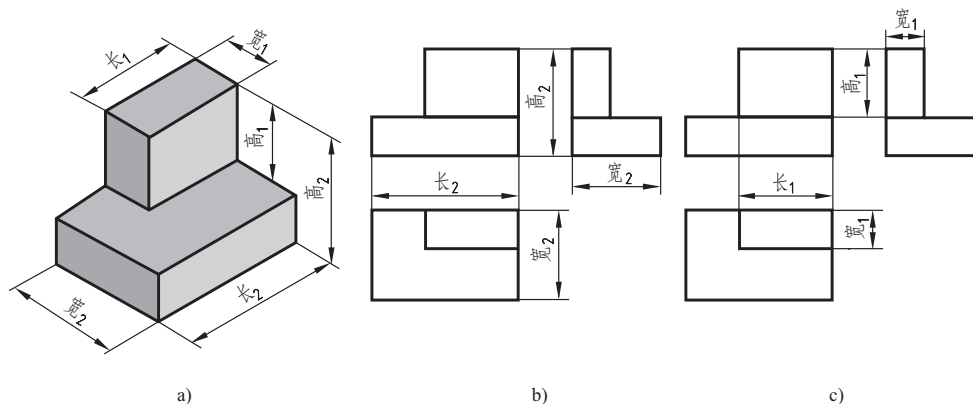


图 1-1-9 三视图的间关系

第二节 机件的表达方法

一、视图 (GB/T 17451—1998)

用正投影法将机件向投影面投射所得的图形称为视图。视图一般只用粗实线画出机件的可见部分，必要时才用细虚线画出其不可见部分。因此，视图主要用来表达机件的外部结构形状。

1. 基本视图

基本视图是指机件向基本投影面投射所得的视图。

根据相关国家标准，在用六个面作为基本投影面的六面体投影体系（图 1-1-10a），用正