

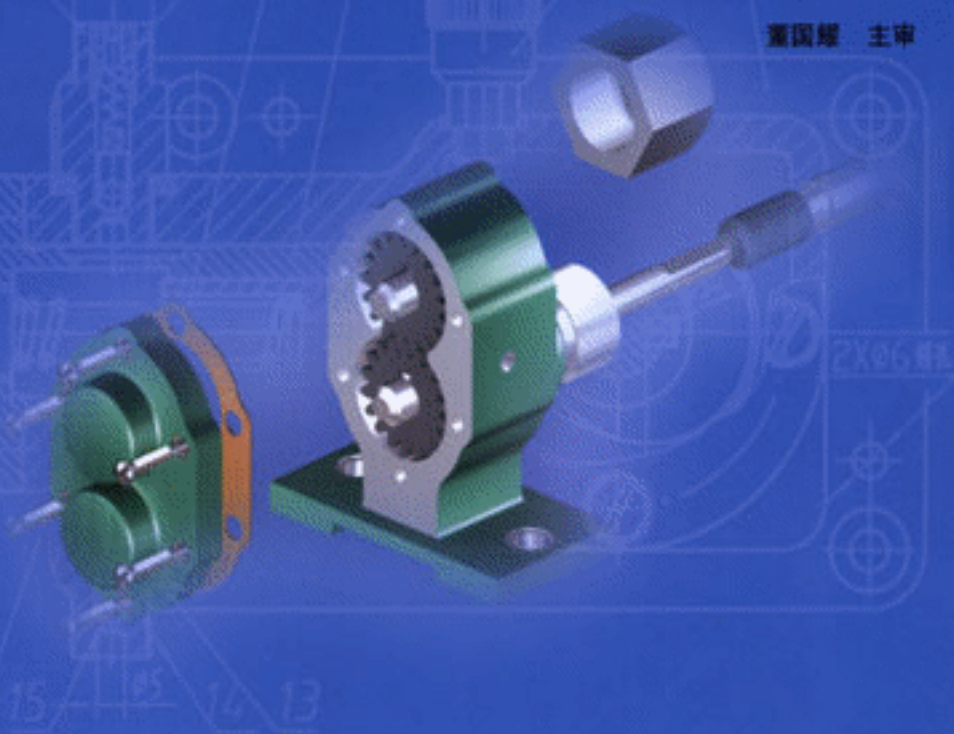
工程图学系列教材

# 工程制图

■ 非机类 近机类 ■

左宗义 冯开平 主编

董国耀 主审



华南理工大学出版社

工程图学系列教材

# 工程制图

非机类·近机类

主编：左宗义 冯开平  
编委：莫春柳 谭夏梅 唐西隆  
        凌 玲 周小坚 罗康贤  
主审：董国耀

华南理工大学出版社

·广州·

## 内 容 提 要

本书是编者在多年致力于工程图学的教学改革的基础上编写的面向 21 世纪的现代《工程制图》教材。内容包括：制图的基本知识、投影的基本知识、组合体、轴测图、机械图样的表达、标准件和常用件、零件图和装配图的绘制和阅读、展开图、房屋建筑图的有关知识，AutoCAD 计算机绘图运用介绍。配有分别为教师和学生学习和练习使用的多媒体光盘，用声音、图形、二维和三维动画、文本等媒体细致地模拟了所有作图过程以及教学、练习解答的全部内容。它对具有丰富形体想像、构思、创造和设计能力的人才的培养具有重要的作用，并对科学、严格、认真、细致、求实的作风的建立具有实际的效果。

本书的全部内容，采用了迄今（2002 年 6 月）为止的新国家标准。

本教材可单独使用或配合多媒体光盘使用，适用于大专院校非机和近机类制图课程 40~70 学时的课堂教学。也可作为电大、函授、成教、高职或自学的教材。多媒体光盘适用于课堂教学或在计算机上复习或自学。学生版光盘配于书中，也可单独分别购买。教师版光盘的订购，请与广东工业大学联系。

地址：广州，广东工业大学工程与计算机图学教研室

邮编：510090

电话：020-37627091，37628139，13802510627

联系人：左宗义，冯开平

E-mail：zuo@gdut.edu.cn

## 图书在版编目（CIP）数据

工程制图/左宗义，冯开平主编. —广州：华南理工大学出版社，2002. 8  
（工程图学系列教材）

ISBN 7-5623-1822-0

2 . 画... II ①左...②冯... t . 工程制图 o . TB23

总 发 行：华南理工大学出版社（广州五山华南理工大学 17 号楼，邮编 510640）

发行部电话：020-87113487 87111048（传真）

E-mail：scut202@scut.edu.cn http：//www2.scut.edu.cn/press

责任编辑：王魁葵

印 刷 者：中山市新华印刷厂有限公司

开 本：787×1092 1/16 印张：18.5 字数：450 千

版 次：2002 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

印 数：1-5000 册

定 价：27.00 元

版权所有 盗版必究

# 前 言

作者多年来致力于工程图学的教学改革，力图寻求一种适应现代化需求的面向 21 世纪的教学模式。本书正是为配合这种需求而编写的。

本书为非机类、近机类使用的《工程制图》教材，定位于培养学生工程素质，反映整个工程的进步和技术的演变，体现现代高科技对工程设计绘图的重大影响，将现代的方法与内容逐渐溶入传统，编制出一本老师和学生都易于接受和理解的现代教材。配有分别为教师和学生学习和练习使用的多媒体光盘，多媒体光盘与教材的章节划分配合，用声音、图形、二维和三维动画、文本等媒体细致地模拟了所有作图过程以及教学、练习解答的全部内容，使教和学都变得容易。取材符合教育部《高等学校画法几何与工程制图课程教学基本要求》。包括：画法几何，投影制图的基本原理，轴测图，机械图样的表达，标准件和常用件，零件图和装配图的绘制和阅读有关的知识，融入了计算机绘图理论和运用，增加了形体设计单元和计算机三维造型设计绘图，加强零部件测绘和手工草图的绘制。它将对具有丰富形体想像、构思、创造和设计能力的人才的培养具有重要的作用，并对科学、严格、认真、细致、求实的作风的建立具有实际的效果。章节的划分符合教学单元的设置，精心设计的习题集保证了恰当的练习和足够的训练。分别为教师和学生设计的习题光盘减轻了教师批改作业负担又保证了学生的练习效果。

本书的全部内容，采用了迄今（2002 年 6 月）为止的新国家标准。

本教材可单独使用或配合多媒体光盘使用，适用于大专院校非机和近机类制图课程 40~70 学时的课堂教学。也可作为电大、函授、成教或自学的教材。多媒体光盘适用于课堂教学或在计算机上复习或自学。

本书由左宗义编写，第 2 章 1~3 节、第 7 章 1~3 节、第 10 章第 1 节；冯开平编写第 3 章、第 7 章第 4~6 节、第 10 章第 2 节；莫春柳编写第 2 章第 4 节和第 6 章；唐西隆编写第 7 章第 7 节和第 8 章；谭夏梅编写第 5 章；凌玲编写第 1 章；罗康贤编写第 9 章；周小坚编写第 4 章。此外李冰，温俊文，陶冶，王穗，李富平，唐超兰，曾宇锋等参加了教材和习题集的编写和光盘制作工作。

衷心感谢董国耀教授作为全书的主审，为本书提供了许多宝贵的建议。感谢广东工业大学工程与计算机图学教研室全体教师给予宝贵意见和建议，感谢其他关心和帮助本书出版的人员。

本书难免存在缺点和错漏，欢迎读者指正。

编者

2002 年 6 月 10 日

# 绪 论

## 一、工程绘图的历史和现状

有史以来,人类就试图用图形来表达和交流思想,从远古的洞穴岩石上的石刻可以看出在没有语言文字以前,图形就是一种有效的交流工具。

考古发现,早在公元前 4500 年即距今 6500 年就出现了可以称为工程图样的图,那是刻在古尔迪亚泥板上的一张神庙的地图。直到 15 世纪文艺复兴时期,才出现将平面图和其他多面图画在同一画面上的设计图。17 世纪之后,法国测量师古斯塔夫·蒙日才将各种表达方法总结归纳写成《画法几何》一书。“画法几何”在工业革命中起到重大作用。它使工程设计有了统一的表达方法,这样就便于技术交流和批量生产。我国在 1800 年前就有了正投影法表达的图样。1950 年在河北省平山县出土的公元前 305 年—公元前 271 年的战国中山王墓,发现在青铜板上用金银线条和文字制成的建筑平面图,这也是世界上罕见的最早的工程图样。

17 世纪以来《画法几何》一直作为工程制图基础,绘图工具也有了改进。但直到近 100 年来,随着计算机的硬软件技术和外部设备的研制成功和不断发展,才导致了制图技术的重大变化,以致对画法几何的前景产生重大影响。计算机绘图(即 CAD)和计算机辅助设计绘图(CAD/CAPP/CAM)或 CAD/CAE/CAM 简称 CAD 技术大大地改变了设计的方式。早期的 CAD 是用计算机绘图代替手工绘制的二维(平面)图形,用绘图机输出图纸。应用软件 AutoCAD 就是最普遍的例子。但近十年来三维设计迅猛发展,试图从设计开始就从真三维入手,直接产生三维实体,然后赋予各种属性(如材料、力学特性等),再赋予加工信息,直接到数控的车间加工,这样大大改变了用画法几何绘制的二维图形的使用。这些软件有 Pro/E、SolidWorks、UG 等,AutoCAD 也经多次升级具有了丰富的真三维功能,但它还仅仅是绘图的基础工具软件,要经再次开发才能成为专业设计软件。

目前,国内较出名的自主产权的 CAD 软件有北京北航海尔软件有限公司的“清华 PTC 电子图板”,它拥有丰富的机械图库,包括大量的机械、电子标准图形、符号等并具有三维实体造型功能。华中科技大学的“开目 CAD”也具有类似的功能。广东工业大学与莫斯科工业大学联合开发的全柔性化 CAD 软件“PTC 三维 CAD”是一个非常特别的 CAD 软件,它具有由二维图形自动生成真三维图形的功能和方便的二次开发功能,所有图素,包括图线、标注、汉字等都全参数化,即便是装配图都可通过改变设定参数或拖动鼠标去修改图形并保持原有的几何约束。PTC 三维 CAD 还能方便地产生三维实体渲染图和动画,还可运用于仿真和场景浏览、建筑制图和建筑效果图等。目前,所有国内自主产权的软件都具有符合中国国家标准的大量图库,因此,就机械制图来讲比国外的软件使用起来更方便,出图也更快,但这些软件多数仅仅是绘图工具,并不是设计软件。

在发达国家,三维设计软件已经进入广泛应用阶段。另一种更先进的设计制造技术——虚拟设计(即 CAD/CAE/CAM)虚拟制造(即 CAD/CAE/CAM)也正在迅速发展。这种技术借

助于计算机网络和图形技术、多媒体技术、各种传感技术和其他与设计制造有关的技术,超越时间、空间的界限,将各种有关的信息迅速整理、传送,在虚拟的多维环境中实现交互设计制造,大大减少了各种不必要的浪费,降低设计和制造成本,缩短设计周期,提高了设计制造的速度和质量。

另一种不仅用于设计,也应用于各种感觉表现的技术——计算机虚拟真实(虚拟现实)技术借助于多媒体技术和各种仿真传感技术将各种实体、场景活生生地表现出来,并让用户的各种感官感受到刺激,进行自由交互,在虚拟真实的场景中漫游或操作,可达到以假乱真的程度。这种技术目前还处于探索和发展初期,但它的应用前景难以估量,集合计算机网络技术,它将根本改变人类的思维、生活和生产方式。

目前(2006年)我国发展比较快的地区,在工程设计制图中用计算机绘图代替手工绘图已比较普遍,不少设计单位已经全部实现计算机出图。但三维设计还刚刚开始,自主知识产权的软件也比较少,虚拟设计制造也刚刚开始研究。工程技术学生应该有志于赶超世界先进水平,立志攀高峰,领导潮流,为把我国建设成现代化强国做出贡献。

## 二、本课程的性质和内容

基于我国的现状和发展的需要,考虑与国际高科技接轨,定位了工程制图的性质和任务,它将体现传统和高新技术的结合。由于本课程是一门技术基础课,因此在完成学科专业基础知识的教学的同时,灌输工程素质和综合素质的培养,塑造一代具有丰富空间想像能力和具创新、创造能力的现代人才。

能够准确表达物体的形状、尺寸及技术要求的图样称为图样。工程图样是工业生产中的一种重要技术资料,是进行技术交流的不可缺少的工具,是工程界共同的技术语言,每个工程技术人员都必须能够阅读和绘制工程图样。

工程制图是研究绘制和阅读工程图样的原理和方法的一门学科,它是一门具有系统理论又有较强实践性的技术基础课,它包括画法几何、制图基础、机械制图和计算机制图等四个部分。

画法几何部分研究用投影法图示空间物体和图解空间几何问题的基本理论和方法。

制图基础部分介绍制图的基础知识和基本规定,培养制图的操作技能,用投影图表达物体的内外形状、大小的绘图能力以及根据投影图想像空间物体内外形状的读图能力。

机械制图部分培养绘制和阅读机械图样的基本能力和查阅有关的国家标准的能力。

计算机绘图简单介绍了二维绘图和三维造型的基本方法。

通过这四部分的学习,为工程绘图打下了坚实的基础,经过进一步的专业基础和专业知识的学习和实践,可造就具有现代意识的工程技术人才。

## 三、本书的学习方法

本书配有教学多媒体光盘,光盘用一步一步的图解、三维模型、文本、动画、同步的声音讲解等生动细致地介绍了全部的教学内容。还有符合国标的图表、标准等供查阅。

在教学的内容方面,本书是为少学时的非机、近机类专业设置的,因而压缩了画法几何的图解几何问题的内容,加强了组合体造型设计、计算机三维造型设计等内容,计算机绘制平面图形只作简介。

#### 四、本课程的目标

学习完本课程后,学生应达到下列要求:

- (员)掌握并应用正投影法的基本原理;
- (圆)能阅读和绘制工程图样;
- (猿)培养空间想像、构思和造型能力;
- (源)初步具有计算机绘制工程图样的能力;
- (缘)建立认真、细致、严谨和科学的作风。

# 第 1 章 制图基本知识

机械图样是机械设计和制造过程中的重要技术资料,是“工程界技术交流的语言”。国家标准统一规定了有关生产和设计部门共同遵守的制图基本法规。国家标准(简称“国标”)的代号是“GB”。本节仅介绍现行国家标准《技术制图》和《机械制图》中的部分内容。

## 1.1 国家标准的基本规定

### 一、图纸幅面和格式 (GB/T 14689—2008)

#### (一) 图纸幅面尺寸

绘制图样时应优先采用表 1-1 中规定的基本幅面。必要时可由基本幅面沿短边成整数倍加长,加长幅面尺寸可参阅图 1-2 或国标的有关规定。

表 1-1 图纸基本幅面尺寸及图框尺寸

幅面代号		A0	A1	A2	A3	A4
幅面尺寸/mm		841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297
周边尺寸	装订线	25		10		
	槽	3				5
	裁	3				

#### (二) 格式

##### 1.1.1 图框

图样上都必须带有用粗实线绘制的图框,其格式分为不留装订边(图 1-3(a))和留装订边(图 1-3(b))两种。图框的尺寸按表 1-1 直接确定。

##### 1.1.2 标题栏

每张图样都必须配置标题栏,其位置在正常情况下按图 1-4 所示的方式配置,看标题栏的方向与绘图和读图的方向一致。标题栏的内容、格式与尺寸等都应符合国标的要求。详细的格式和说明可参考有关标准。在此推荐制图作业用的简化标题栏,其格式如图 1-5 所示。

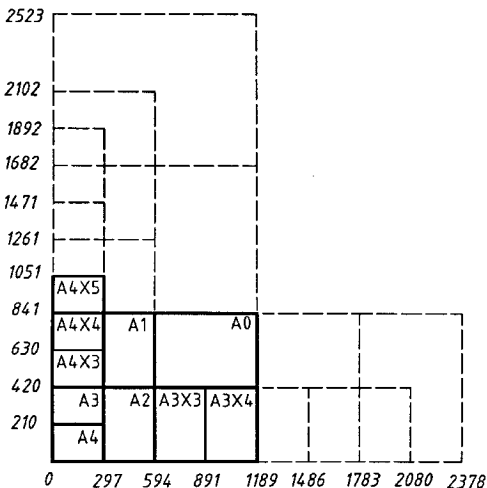
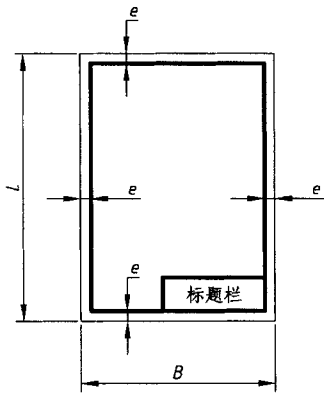
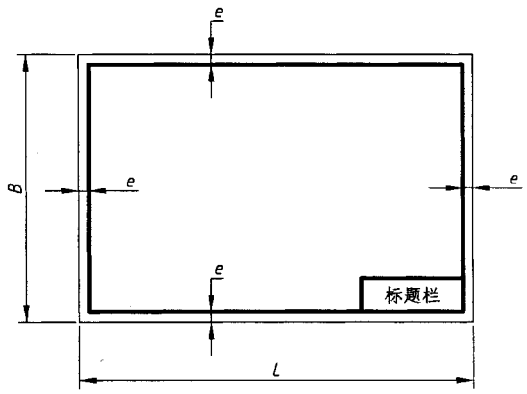


图 1-2 图纸基本幅面及加长幅面尺寸

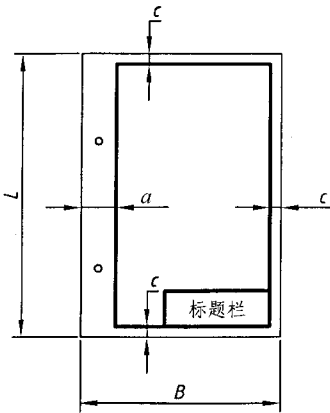


(a)

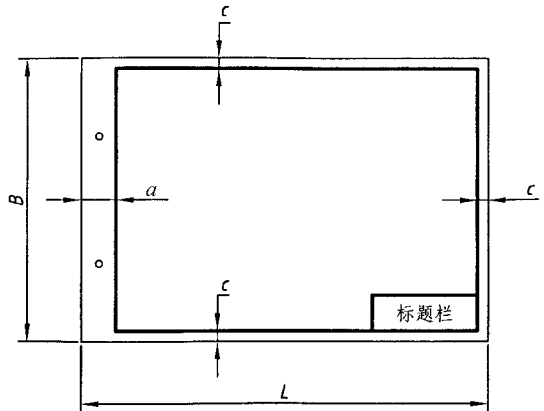


(b)

图员-圆 不留装订边的图框格式

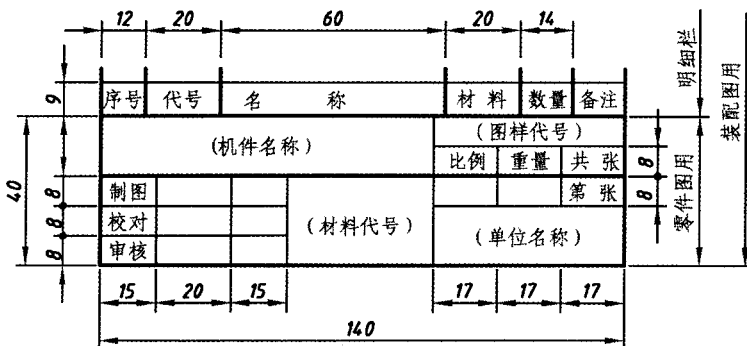


(a)



(b)

图员-猿 留有装订边的图框格式



图员-源 制图作业的标题栏格式及尺寸

## 二、比例 (即月職员源园一员覽裝)

比例是指图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。绘制图样时,应由表 员-圆 中选用适当的绘图比例。图样上的尺寸应按物体的实际大小标注。

表 员-圆 绘图比例

种 类	比 例		
原值比例	员原		
放大比例	缘原	圆原	员伊员原
	缘伊员原	圆伊员原	
缩小比例	员圆	员缘	员圆园
	员圆伊员	员缘伊员	员圆伊员

注 :灶为正整数。

## 三、字体 (即月職员源园一员覽裝)

在图样中书写的汉字、数字和字母必须做到“字体端正、笔画清楚、排列整齐、间隔均匀”。

字体的号数,即字体的高度(用 澡表示),其公称尺寸系列为 圆园,员原,员园,苑缘,猿猿,圆缘,员愿,员皂。

# 字体端正 笔画清楚 排列整齐 间隔均匀

图 员-缘 长仿宋体汉字示例

汉字应采用长仿宋体,字体高度不应小于 猿缘皂,字体宽度一般为 圆园。汉字示例见图 员-缘所示。数字和字母有 粤型和 月型两类,同时又有斜体和直体之分,粤型字体的笔画较细,为字高 澡的 员原,月型字体的笔画较粗,为字高 澡的 员圆。在同一图样上,只允许选用一种型式的字体。粤型拉丁字母字体如图 员-远所示。粤型阿拉伯数字和罗马数字的字体如图 员-苑所示。字体综合应用时,用作指数、分数、极限偏差、注脚等的数字及字母,一般应采用小一号的字体,如图 员-愿所示。

大写斜体

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

O P Q R S T U V W X Y Z

小写斜体

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

o p q r s t u v w x y z

图 员-远 粤型拉丁字母字体示例

斜体阿拉伯数字



斜体罗马数字

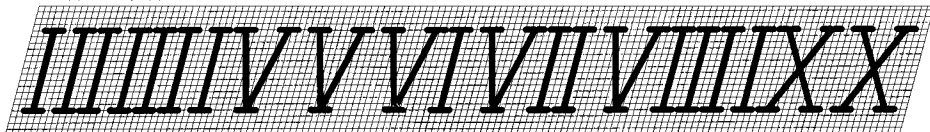


图 员 苑 粤型阿拉伯数字和罗马数字字体示例

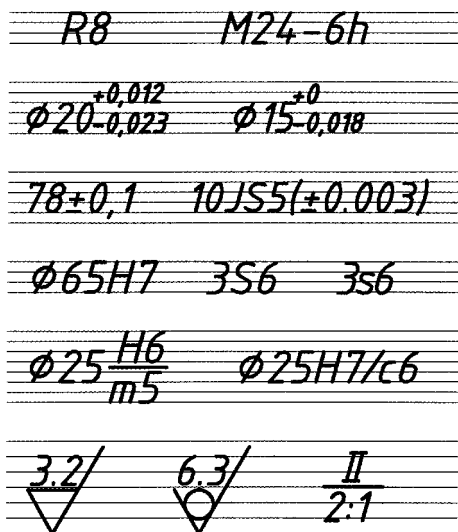


图 员 愿 字体综合运用示例

#### 四、图线 (员月蠹员源园一员蠹愿)

##### (一)图线型式及应用

绘制图样时,应采用表 员 猿中规定的图线。图线分为粗、细两种,粗线的宽度应按图样的大小和复杂程度在 园蠹- 园蠹皂之间选取,细线的宽度为粗线的 员蠹。所有线型的图线宽度值的推荐系列为: 园蠹、园蠹皂、园蠹、园蠹、园蠹、园蠹、园蠹、园蠹、园蠹、园蠹皂。为了保证图样的清晰度、易读性和便于缩微复制,应尽量避免采用宽度小于 园蠹皂的图线。图 员 员为常用图线的应用举例。

##### (二)图线画法

图线画法示例如图 员 员所示,绘图时通常应遵守以下各点:

(员)手工绘图时,同一图样中同类图线的宽度应一致。虚线、点画线、双点画线等各线素的长度宜符合图 员 愿或国标的有关规定。

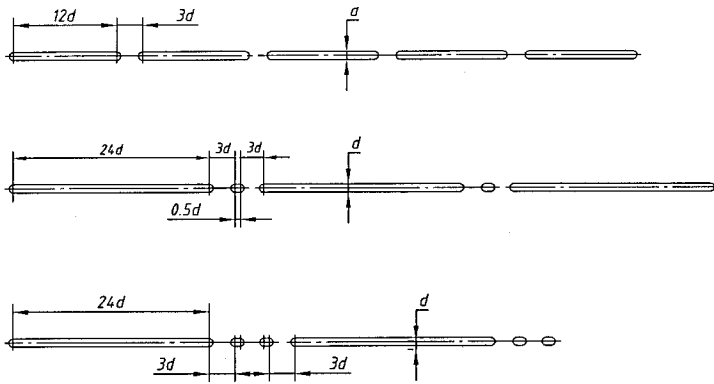


图 1-9 图线的格式

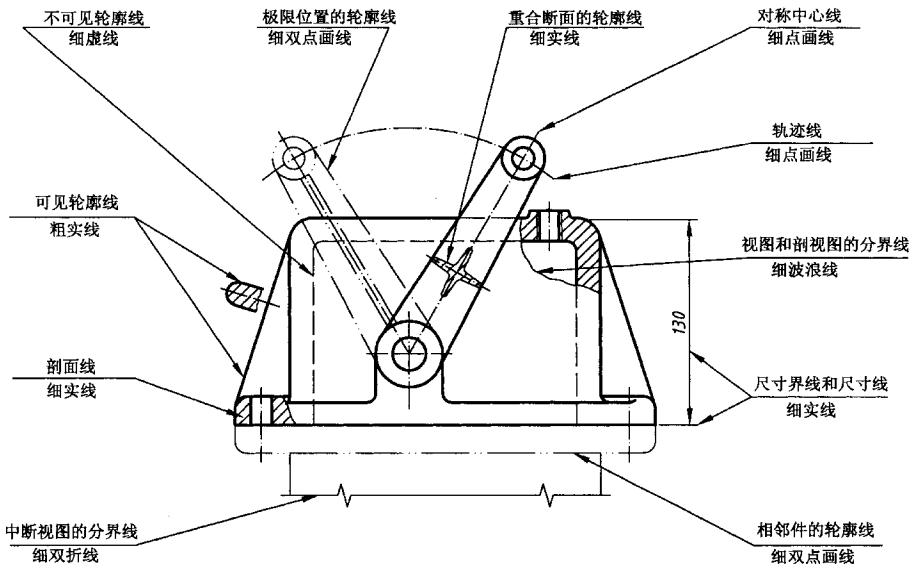
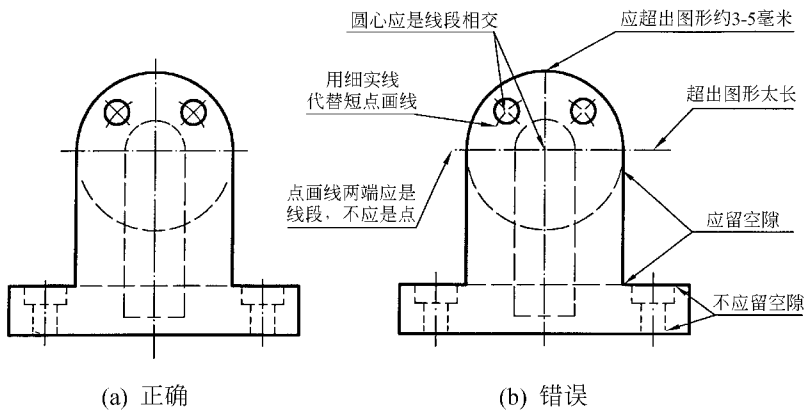


图 1-10 图线的应用示例



(a) 正确

(b) 错误

图 1-11 图线画法示例

( 圆两条平行线之间的最小间隙不得小于 0.5mm )

( 圆点画线、虚线相交时都应以画相交 ,而不应该是点或间隔。


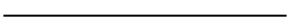

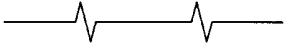

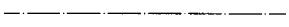

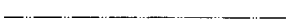
( 圆绘制圆中心线时 ,圆心应是画的交点 ,且点画线的首末两端应是画 ,而不应该是点。

( 圆在较小的图形上绘制点画线、双点画线有困难时 ,可用细实线代替。

( 圆虚线直线在实线的延长线上相接时 ,虚线应留出间隔。

( 圆虚线圆弧与实线相切时 ,虚线圆弧应留出间隔。

表 员-猿 图线的规格及应用

图线名称	图线型式	一般应用
粗实线		可见棱边 ;可见轮廓线
细实线		尺寸线与尺寸界线 ;指引线和基准线 ;剖面线 ;重合断面的轮廓线 ;螺纹的牙底线
细波浪线		部分或中断视图、断面图和剖视图的徒手绘制的界线
细双折线		断裂处的边界线 视图与剖视图的分界线
细虚线		不可见棱边 ;不可见轮廓线
细点画线		中心线 ;对称线 ;齿轮的节圆 ;定位圆 ;剖切平面线
粗点画线		限定范围的表示 ,例如热处理 ;剖视图中的铸件分型线
细双点画线		相邻件的轮廓线 ;移动件的限位线 ;剖切平面之前的零件结构状况 ;往复运动的轮廓

## 五、尺寸注法 ( 圆GB 4458.1-2012 )

国标“ 尺寸注法 ” ( 圆GB 4458.1-2012 ) 中规定了标注尺寸的规则、符号和方法。这些规定在绘制图样时必须严格遵守。

### 员-猿 基本规则和注法

表 员-猿 列出了标注尺寸的基本规则和注法示例。

### 员-猿 标注尺寸的符号

标注尺寸时 ,应尽可能使用符号和缩写词。常用的符号和缩写词见表 员-猿 缘 其标注示例参见表 员-猿 源和表 员-猿 远

### 员-猿 简化注法 ( 圆GB 4458.1-2012 )

表 员-猿 远中列出了国标规定的一些常见的简化注法和其他标注形式。

表 员 源 标注尺寸的基本规则

项目	说 明	图 例
基 本 规 则	<p>(员完整的尺寸 由下列内容组成 :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①尺寸线(细实线)</li> <li>②尺寸界线(细实线)</li> <li>③尺寸数字</li> <li>④尺寸线终端(箭头或斜线)</li> </ol>	
基 本 规 则	<p>(圆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</p>	
基 本 规 则	<p>(猿图样中(包括技术要求和其他说明)的尺寸单位是毫米时不需注明,采用其他单位时必须注明相应计量单位的代号或名称。在同一图样中,机件的每一尺寸一般只标注一次</p>	
尺 寸 数 字	<p>(员线性尺寸的数字应按图 葬所示的方向填写,并尽量避免在图示 猿范围内标注尺寸。当无法避免时可按图 遭标注</p>	
尺 寸 数 字	<p>(圆尺寸数字一般注在尺寸线的上方或中断处(图 葬)。对于非水平方向的尺寸,其数字可水平地注写在尺寸线中断处(图 遭)</p>	
尺 寸 数 字	<p>(猿尺寸数字不可被任何图线所通过。当不可避免时,必须把该图线断开</p>	

项目	说 明	图 例
尺 寸 线	<p>(员) 尺寸线必须用细实线单独绘制, 不能用其他图线代替。轮廓线、中心线或其延长线均不可作尺寸线使用</p> <p>(圆) 标注线性尺寸时, 尺寸线必须与所标注的线段平行</p>	<p>(a) 正确 (b) 错误</p>
	<p>(猿) 尺寸线终端有箭头(图 葬)和斜线(图 遭)两种形式。同一图样中只能采用一种形式。当采用箭头时, 在位置不够的情况下, 允许用圆点或斜线代替箭头(见狭小部位标注图例)</p>	<p>(a) (b)</p>
尺 寸 界 线	<p>(员) 尺寸界线用细实线绘制, 也可以利用轮廓线(图 葬)或中心线(图 遭)作尺寸界线</p> <p>(圆) 尺寸界线一般应与尺寸线垂直。当尺寸界线过于贴近轮廓线时, 允许倾斜画出(图 葬)</p>	<p>(a) (b)</p>
	<p>(猿) 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(图 遭)</p>	<p>(a) (b)</p>
直 径 与 半 径	<p>(员) 标注直径尺寸时, 应在尺寸数字前加注符号“<math>\phi</math>”, 标注半径尺寸时, 加注符号“<math>R</math>”</p> <p>(圆) 半径尺寸必须注在投影的圆弧处, 且尺寸线应通过圆心</p>	<p>(a) 正确 (b) 错误</p>
直 径 与 半 径	<p>(猿) 当圆弧的半径过大, 圆心不在图纸内时, 可按图 葬)的形式标注。若圆心位置不需注明, 可按图 遭)形式标注</p>	<p>(a) (b)</p>

项目	说 明	图 例
直径与半径	<p>(源标注球面的直径或半径时,应在“<math>\phi</math>”或“<math>R</math>”前面再加注“杂”(图 藝及 遭。对于螺钉、铆钉的头部,轴(包括螺杆)的端部以及手柄的端部等,允许省略“杂”(图 糟)</p>	
狭小部位	<p>(员在没有足够位置画箭头或写数字时,可有一个布置在外面 (圆位置更小时,箭头和数字可以都布置在外面</p>	
角 度	<p>(员角度的数字一律水平书写 (圆角度的数字一般注写在尺寸线的中断处,必要时允许写在外面,或引出标注 (狭角度的尺寸界线应沿径向引出</p>	
弧长及弦长	<p>(员标注弧长时,应在尺寸数字上方加符号“<math>\frown</math>” (圆弧长及弦长的尺寸界线应平行于该弦的垂直平分线(图 藝。当弧度较大时,尺寸界线可沿径向引出(图 遭)</p>	
对称图形	<p>当图形具有对称中心线时,分布在对称中心线两边的相同结构要素,仅标注其中一组要素的尺寸</p>	
	<p>当对称零件的图形画出一半或多于一半时,尺寸线应略超过对称中心线(图 藝)或断裂线(图 遭),此时仅在尺寸线的一端画出箭头</p>	
正方形结构	<p>标注断面为正方形结构的尺寸时,可在正方形边长尺寸数字前加注符号“<math>\square</math>”(图 藝)或用“<math>\text{月伊月}</math>”(图 遭,月为正方形的边长)注出</p>	

项目	说 明	图 例
斜度和锥度	斜度和锥度的标注方法以及符号的画法如图 葬遭所示。符号的线宽为 澡, 符号的方向应与斜度或锥度的方向一致	
板状零件厚度	标注板状零件的厚度时,可在尺寸数字前加注符号“ 贼 ”	

表 员 缘 标注尺寸的符号

名称	直径	半径	球直径 球半径	厚度	正方形	源 缘 倒角	深度	沉孔或 锪平	埋头孔	均布	弧度
符号或 缩写词	$\phi$	砸	杂 砸		□		↓	┌	∨	耘 杂	⌒

表 员 远 常见简化注法示例

类 型	简 化 注 法
成组要素(孔)的注法	
倒角注法	