



中国机械 engineering 学科教程配套系列教材
教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会推荐教材

图学原理与工程制图教程

主编 孙毅 章巧芳 舒欣

中国机械 engineering 学科教程研究组

China Mechanical Engineering Curricula

中国机械 engineering 学科教程

清华大学出版社

清华大学出版社



中国机械工程学科教程配套系列教材
教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会推荐教材

图学原理与工程制图教程

主编 孙毅 章巧芳 舒欣

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书结合现代机械设计与计算机技术发展趋势,在保持“机械制图”课程知识体系完整的前提下,从有利于学生形象思维培养的角度出发,引入了图元构形的概念,在内容中将计算机建模方法与图学原理的形象思维相结合。本书机械制图部分采用了最新的国家标准。

除绪论、附录外,全书共分10章,主要内容有制图标准与技能,点、直线、平面的投影,立体投影,图元组合体构形,机件常用的表达方法,零件的连接,常用件,金属材料及加工工艺简介,零件图,装配图。与本书配套的《图学原理与机械制图习题集》同时出版。

本书可供高等院校机械工程(或近机类)各专业的师生使用,适合“卓越工程师”培养计划,也可供有关工程技术人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

图学原理与工程制图教程/孙毅,章巧芳,舒欣主编.--北京:清华大学出版社,2012.6

(中国机械工程学科教程配套系列教材 教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会推荐教材)

ISBN 978-7-302-28687-5

I. ①图… II. ①孙… ②章… ③舒… 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(2012)第 084412 号

责任编辑:庄红权

封面设计:常雪影

责任校对:刘玉霞

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京鑫丰华彩印有限公司

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:18.75 字 数:447 千字

版 次:2012 年 6 月第 1 版 印 次:2012 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:36.00 元

产品编号:038430-01

中国机械工程学科教程配套系列教材暨教育部高等学校
机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会推荐教材

编 委 会

顾 问
李培根院士

主 任 委 员
陈关龙 吴昌林

副主任委员
许明恒 于晓红 李郝林 李 旦 郭钟宁

编 委(按姓氏首字母排列)
韩建海 李理光 李尚平 潘柏松 芮执元
许映秋 袁军堂 张 慧 张有忱 左健民

秘 书
庄红权

我曾提出过高等工程教育边界再设计的想法,这个想法源于社会的反应。常听到工业界人士提出这样的话题:大学能否为他们进行人才的订单式培养。这种要求看似简单、直白,却反映了当前学校人才培养工作的一种尴尬:大学培养的人才还不是很适应企业的需求,或者说毕业生的知识结构还难以很快适应企业的工作。

当今世界,科技发展日新月异,业界需求千变万化。为了适应工业界和人才市场的这种需求,也即适应科技发展的需求,工程教学应该适时地进行某些调整或变化。一个专业的知识体系、一门课程的教学内容都需要不断变化,此乃客观规律。我所主张的边界再设计即是这种调整或变化的体现。边界再设计的内涵之一即是课程体系及课程内容边界的再设计。

技术的快速进步,使得企业的工作内容有了很大变化。如从 20 世纪 90 年代以来,信息技术相继成为很多企业进一步发展的瓶颈,因此不少企业纷纷把信息化作为一项具有战略意义的工作。但是业界人士很快发现,在毕业生中很难找到这样的专门人才。计算机专业的学生并不熟悉企业信息化的内容、流程等,管理专业的学生不熟悉信息技术,工程专业的学生可能既不熟悉管理,也不熟悉信息技术。我们不难发现,制造业信息化其实就处在某些专业的边缘地带。那么对那些专业而言,其课程体系的边界是否要变?某些课程内容的边界是否有可能变?目前不少课程的内容不仅未跟上科学研究的发展,也未跟上技术的实际应用。极端情况甚至存在有些地方个别课程还在讲授已多年弃之不用的技术。若课程内容滞后于新技术的实际应用好多年,则是高等工程教育的落后甚至是悲哀。

课程体系的边界在哪里?某一门课程内容的边界又在哪里?这些实际上是业界或人才市场对高等工程教育提出的我们必须面对的问题。因此可以说,真正驱动工程教育边界再设计的是业界或人才市场,当然更重要的是大学如何主动响应业界的驱动。

当然,教育理想和社会需求是有矛盾的,对通才和专才的需求是有矛盾的。高等学校既不能丧失教育理想、丧失自己应有的价值观,又不能无视社会需求。明智的学校或教师都应该而且能够通过合适的边界再设计找到自己的平衡点。

我认为,长期以来,我们的高等教育其实是“以教师为中心”的。几乎所有的教育活动都是由教师设计或制定的。然而,更好的教育应该是“以学生

为中心”的,即充分挖掘、启发学生的潜能。尽管教材的编写完全是由教师完成的,但是真正好的教材需要教师在编写时常怀“以学生为中心”的教育理念。如此,方得以产生真正的“精品教材”。

教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会、中国机械工程学会与清华大学出版社合作编写、出版了《中国机械工程学科教程》,规划机械专业乃至相关课程的内容。但是“教程”绝不应该成为教师们编写教材的束缚。从适应科技和教育发展的需求而言,这项工作应该不是一时的,而是长期的;不是静止的,而是动态的。《中国机械工程学科教程》只是提供一个平台。我很高兴地看到,已经有多位教授努力地进行了探索,推出了新的、有创新思维的教材。希望有志于此的人们更多地利用这个平台,持续、有效地展开专业的、课程的边界再设计,使我们的教学内容总能跟上技术的发展,使我们培养的人才更能为社会所认可,为业界所欢迎。

是以为序。



2009年7月

前 言

FOREWORD

机械图样广泛应用于工业、农业、国防、科技等重要工程技术领域。《图学原理与工程制图教程》以机械产品设计中的图样表达能力为重点内容,具有理论和实践相结合、逻辑分析与空间想象相结合、手工绘制与计算机建模技术相结合等特点。学生在学习过程中需要通过作业训练与建模实践有效结合,才能掌握好课程的基本理论、基本技能,并提高空间想象能力。

本教材是浙江省精品课程《工程图学》多年建设的结晶,汲取了国内外的机械制图教学的优秀教学研究成果,结合多年实践经验及产品形体建模设计的图学能力需求编写而成。从培养工程图样的绘制能力和设计能力出发,作者将空间想象能力培养与严谨的工作作风作为课程的主要培养目标。为此,在教材的编写上,力求有效地利用计算机形体建模技术,并将之引入到实际的机械图的投影教学过程中,积极推进学生在自主学习过程中能有效地检验自己空间构思实体结果的正确性。通过引入图元到组合体的读图与建模构形过程,将现代设计方法融合到图学的教学与实践过程中,并得到学习与增强。为了紧跟图学发展趋势,本书机械图部分采用了最新国家标准进行编写。

除绪论外,本书分10章,包括:制图标准与技能,点、直线、平面的投影,立体的投影,图元组合体构形,机件常用的表达方法,零件的连接,常用件,金属材料及加工工艺简介,零件图,装配图。另外本书还有6个附录,供学生学习时使用。

本课程可供高等院校机械工程各专业的师生使用,也可供“卓越工程师”培养和有关工程技术人员参考。

本书由孙毅、章巧芳、舒欣、沈彦南、李俊源、陈智君、单继宏、鲍雨梅、叶永伟、姜献峰、熊纓、毛亚郎、王明环编写,由孙毅、章巧芳、舒欣担任主编。由于编者学术水平限制,加之时间紧迫,书中难免存在错误和缺点,敬请指正(邮箱: gctx@zjut. edu. cn)。

编 者

2012年2月

目 录

CONTENTS

绪论	1
第 1 章 制图标准与技能	2
1.1 制图国家标准一般规定	2
1.2 绘图工具及其使用	11
1.3 常见几何作图方法	14
1.4 计算机绘图的基本操作	18
1.5 平面图形的分析与画法	25
第 2 章 点、直线、平面的投影	33
2.1 投影法的基本知识	33
2.2 点的投影	34
2.3 直线的投影	37
2.4 平面的投影	45
2.5 直线与平面以及两平面间的相对位置	51
2.6 图学的美学	55
第 3 章 立体的投影	58
3.1 平面立体	58
3.2 曲面立体	61
3.3 平面与立体相交	66
3.4 两回转体表面相交	77
第 4 章 图元组合体构形	85
4.1 三视图	85
4.2 形体的组合方式(形体分析法)	86
4.3 组合体的尺寸标注	90
4.4 图元识析与组合体读图	95
4.5 组合体三维建模的基本方法	107

第 5 章 机件常用的表达方法	131
5.1 工程图样的视图	131
5.2 剖视图	134
5.3 剖视图的尺寸标注	143
5.4 断面图	144
5.5 局部放大图、简化画法及其他规定画法	146
5.6 第三角投影法简介	150
5.7 表达方法综合举例	151
第 6 章 零件的连接	156
6.1 典型连接方式——螺纹	156
6.2 键连接	169
6.3 销连接	172
第 7 章 常用件	174
7.1 常用件的功能结构概述	174
7.2 圆柱齿轮的画法	175
7.3 直齿锥齿轮的画法	179
7.4 蜗杆、蜗轮的画法	181
7.5 滚动轴承	185
7.6 弹簧	188
第 8 章 金属材料及加工工艺简介(选学)	192
8.1 金属材料及热处理	192
8.2 零件的加工方法与工艺结构	198
第 9 章 零件图	204
9.1 零件及零件图	204
9.2 零件的表达分析	206
9.3 零件的尺寸标注	213
9.4 零件上的技术要求	217
9.5 画零件图及读零件图	230
第 10 章 装配图	235
10.1 装配及装配图	235
10.2 装配图的表达	235
10.3 画图、读图及拆图	242
10.4 装配工艺性简介	254

附录 A 常用螺纹及螺纹紧固件	256
附录 B 常用键与销	265
附录 C 常用滚动轴承	270
附录 D 弹簧	273
附录 E 常用材料及热处理	274
附录 F 极限与配合	278
参考文献	285

绪 论

1. 研究对象和目的

本课程以工程图样为研究对象,内容包括:图学原理、机械制图、计算机辅助绘图与形体建模。图学原理以图元和正投影法为基础,学习空间几何体的平面图样表达方法,掌握在平面图样中解决空间几何问题的能力。同时在贯彻工程制图国家标准的基础上培养学生绘制、阅读工程图样的能力。

本课程的目的包括:

- (1) 掌握正投影法的图学基本理论和工程制图的相关国家标准;
- (2) 培养使用正投影法用二维平面图形表达三维空间形体的能力;
- (3) 培养对空间形体的形象思维能力和创造性构形设计能力;
- (4) 培养仪器绘制、徒手绘制和阅读零件图和装配图的能力;
- (5) 培养使用绘图软件绘制工程图形及进行三维造型设计的能力。

2. 性质和任务

工程图样是采用一定的投影方法,准确地表达物体形状、大小及技术要求的平面图样,它是表达设计思想、制造要求及经验交流的技术文件,常被称为工程界的语言。从事工程专业技术人员必须具备绘制和阅读工程图样的能力。

本课程理论严谨,实践性强,与工程实践有密切联系,对培养学生掌握科学思维方法,增强工程和创新意识有重要作用,是普通高等院校工科各专业重要的技术基础课程。

3. 学习方法

本课程在学习时应注意以下问题:

- (1) 必须掌握正投影的图学原理和基本的作图方法,并能灵活运用作图方法进行解题。
- (2) 考虑问题首先从 3D 空间到 2D 平面,然后再由 2D 图样想象 3D 空间形体(实物→图样→实物)。
- (3) 了解机械制图相关国家标准。如图幅、比例、图线、视图、图样画法、尺寸注法等方面的基本规定,学会查阅有关标准和资料的方法,养成自觉地严格遵守制图国家标准有关规定的良好习惯。
- (4) 掌握利用计算机绘制工程图样的基本方法和步骤,能用三维 CAD 软件进行三维建模和创建简单部件的三维模型。

本课程的学习只为读者绘制与阅读工程图样,培养空间构思能力,工程化能力的提高还有待后续专业知识的学习,通过生产实习、课程设计和毕业设计等环节的不断学习,积累相关知识与实践经验。

第 1 章

制图标准与技能

机械图样是机械产品设计、加工、装配和检验的主要依据,是进行技术交流的一种语言工具。为完整、清晰、准确地绘制机械图样,必须有耐心细致和认真负责的工作态度,掌握正确的作图方法,遵守国家标准《机械制图》与《技术制图》中的各项规定。本章着重讲解国家标准中有关机械制图部分的规定,同时对绘图工具使用、绘图方法与步骤、基本几何作图、徒手绘图及计算机绘图基本技能等作基本的介绍。

1.1 制图国家标准一般规定

机械图样的绘制,必须遵守国家标准《机械制图》与《技术制图》中的有关规定。

1.1.1 图纸幅面和格式

1. 图纸幅面

图样的绘制应优先采用表 1.1 所规定的基本幅面。必要时,允许以基本幅面的短边的整数倍加长幅面。

表 1.1 图纸幅面及图框格式尺寸(GB/T 14689—1993) 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

在图纸上必须用粗实线画出图框,格式分为不留装订边(图 1.1)和留有装订边(图 1.2)两种,但同一产品的图样只能采用其中一种格式。

3. 标题栏及明细栏

每张图纸上都必须有标题栏,标题栏中文字的方向是主要的看图方向。标题栏应位于图纸右下角,如图 1.1 和图 1.2 所示,标题栏的底边与下图框线重合,标题栏的右边与右图框

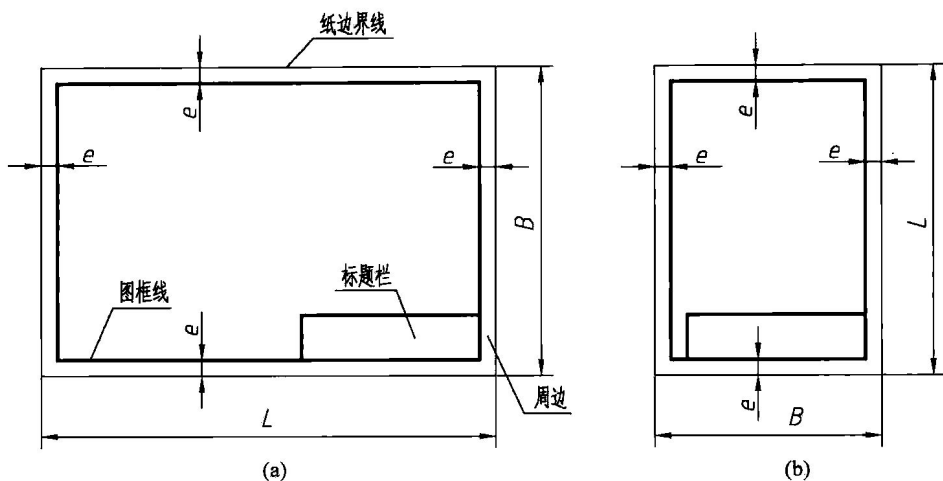


图 1.1 无装订边的图纸格式

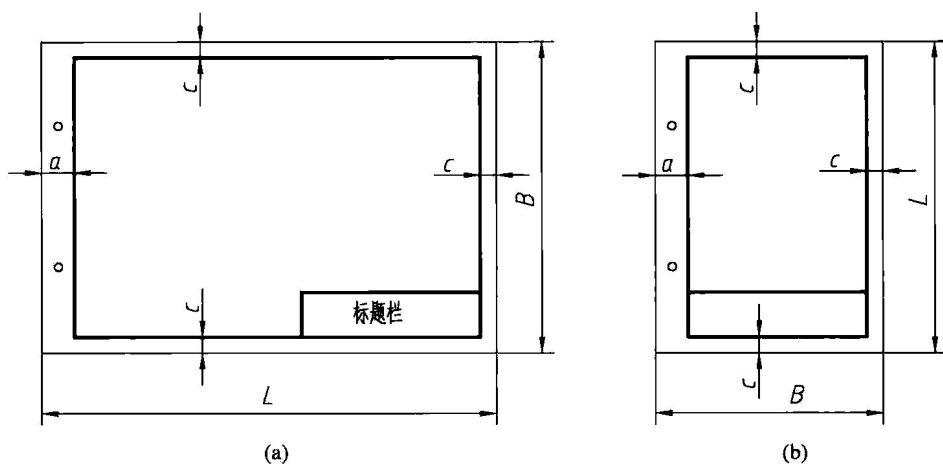


图 1.2 有装订边的图纸格式

线重合。标题栏的基本要求、内容、尺寸和格式在 GB/T 10609.1—1989《技术制图 标题栏》中有详细规定。明细栏是装配图中要求的,其基本要求、内容和格式在 GB/T 10609.2—1989《技术制图 明细栏》中有具体的规定。标题栏及明细栏样式如图 1.3 所示。

在学校的制图作业中,标题栏可以采用图 1.4 所示的简化形式。标题栏内校名、图样名称、图样代号、材料用 7 号字书写,其余都用 5 号字书写。

1.1.2 比例

比例指的是图中图形与实际机件相应要素的线性尺寸之比。绘制机件时无论所采用的比例是多少,在标注尺寸时,仍应按机件的实际尺寸标注,与绘图的比例无关(图 1.5)。

绘图时,应从表 1.2 规定的系列中选取适当的比例,优先选用表中不带括号的比例。绘制同一机件的各个视图时,应尽可能采用相同的比例,并在标题栏的比例栏中填写。当某个视图必须采用不同比例时,可在该视图的上方另行标注。

8		40				44				8		38				10		12		20	
10	序 号	代 号				名 称				数 量	材 料				7	单 件	总 计	备 注			
														重 量							
7×8		10	10	16	16	12	16	(材料标记)				(单位名称)									
	标 记	处 数	分 区	更 改 文 件 号	签 名	年 月 日	4×6.5		12	12	(图样名称)										
	设 计	(签名)	(年月日)	标 准 化	(签名)	(年月日)	阶 段 标 记		重 量	比 例											
	制 图	制 图							重 量	比 例	(图样代号)										
	审 核																				
工 艺			批 准			共 张		第 张													
	12	12	16	12	12	16	50														
180																					

图 1.3 标准标题栏及明细栏

	15	35	19	15					
4×7.5(=30)	设计			(日期)	(材料)		(校 名)		
	校核						(图样名称)		9
	审核				比例			(图样代号)	9
	班级		学号		共 张 第 张				
		12		180				60	

图 1.4 简化标题栏

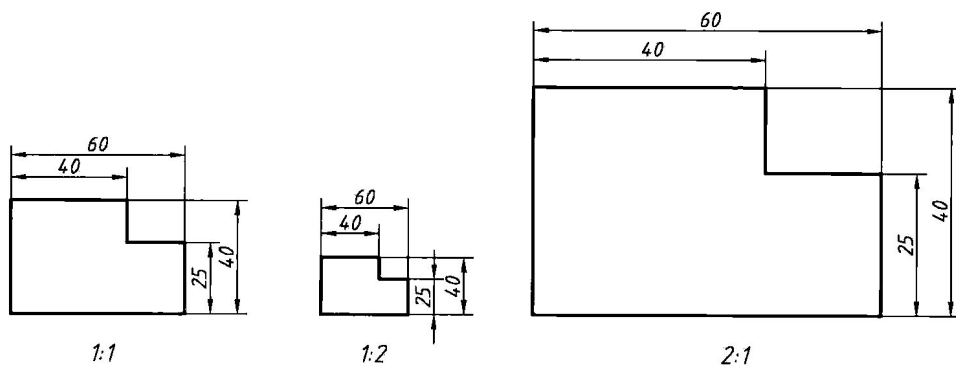


图 1.5 用不同比例绘制的图

表 1.2 图样的比例(GB/T 14690—1993)

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: n 为正整数。

1.1.3 字体(GB/T 14691—1993)

图样中的字体包括有汉字、数字与字母。应做到: 字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。字体的号数, 即字体高度 h , 其公称尺寸系列为: 1.8mm、2.5mm、3.5mm、5mm、7mm、10mm、14mm、20mm。其中汉字的高度 h 不应小于 3.5mm。

汉字应写成长仿宋体字, 并采用国家正式公布推行的简化字, 其字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ (约 0.7 h)。汉字示例见图 1.6。

字体工整 笔画清楚 间隔均匀 排列整齐

横平竖直 结构均匀 注意起落 填满方格

技术制图机械电子汽车航空船舶

土木建筑矿山井坑港口纺织服装

图 1.6 长仿宋体汉字示例

字母和数字分为 A 型和 B 型。A 型字体的笔画宽度为字高的 1/14, B 型字体笔画宽度为字高的 1/10。在同一图样上只允许选用一种型式的字体。字母和数字可写成斜体或直体, 但全图要保持统一。斜体字字头向右倾斜, 与水平基准线成 75°。图 1.7 所示为 B 型斜体字母、数字和字体在图纸上的应用示例。

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

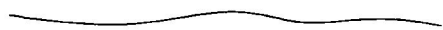
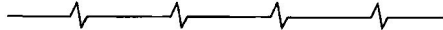
图 1.7 B 型斜体字母、数字及字体示例

1.1.4 图线

在机械制图中常用的线型有实线、虚线、点画线、双点画线、波浪线、双折线等(表 1.3)。

在图样中不同线型表示不同语义,要注意使用场合选择使用。

表 1.3 基本线型及应用(GB/T 4457.4—2002)

图线名称	图线型式	线宽	图线应用
粗实线		d	可见轮廓线 相贯线、螺纹牙顶线及终止线等
虚线		$d/2$	不可见轮廓线 不可见过渡线
细实线			尺寸线及尺寸界线 剖面线 重合剖面的轮廓线及过渡线 螺纹的牙底线及齿轮的齿根线 指引线和基准线 局部放大部位的范围线
波浪线			断裂处的边界线 视图和剖视的分界线
双折线			
细点画线			轴线 对称中心线 分度圆(线)
双点画线		d	相邻辅助零件的轮廓线 运动机件在极限位置轮廓线 轨迹线
粗点画线			有特殊要求的线或表面的表示线

图线的线宽 d 应根据图形的大小和复杂程度,在下列系列中选择: 0.18mm、0.25mm、0.35mm、0.5mm、0.7mm、1mm、1.4mm、2mm。

在机械图样上,图线一般只有两种宽度,分别为粗线和细线,其宽度之比为 2:1。在通常情况下,粗线的宽度采用 0.5、0.7mm,细线的宽度采用 0.25、0.35mm。

图 1.8 为图线的应用举例。零件的可见轮廓线用粗实线表达;不可见轮廓线用虚线表达;尺寸线、尺寸界线及剖面线等用细实线表达;断裂处的边界线及视图和剖视的分界线用波浪线表达;对称中心线及轴线用细点画线表达;相邻辅助零件的轮廓线及极限位置轮廓线用双点画线表达。

在图线的绘制及应用中,应注意以下问题(图 1.9):

(1) 同一图样中,同类图线的宽度应一致,虚线、点画线及双点画线的线段长度和间隔应各自大致相等,其长度可根据图形的大小决定。

(2) 绘制圆的对称中心线时,圆心应为线段的交点。点画线的首末两端应是线段而不是点,且应超出图形外 2~5mm。在较小的图形上绘制点画线或双点画线有困难时,可用细实线代替。

(3) 当虚线与虚线或虚线与粗实线相交时,应该是线段相交。当虚线是粗实线的延长线时,在连接处应断开。

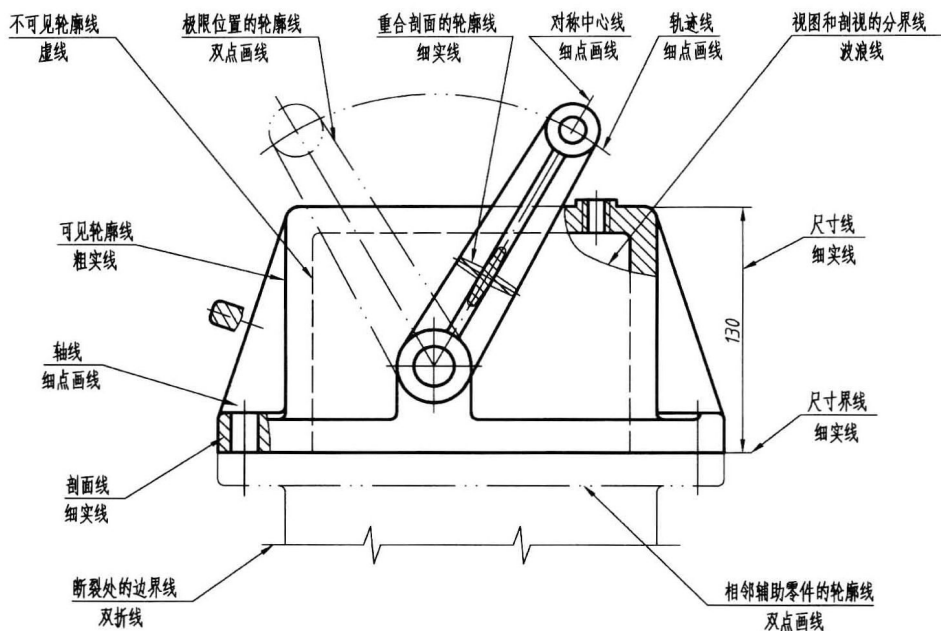


图 1.8 图线及其应用

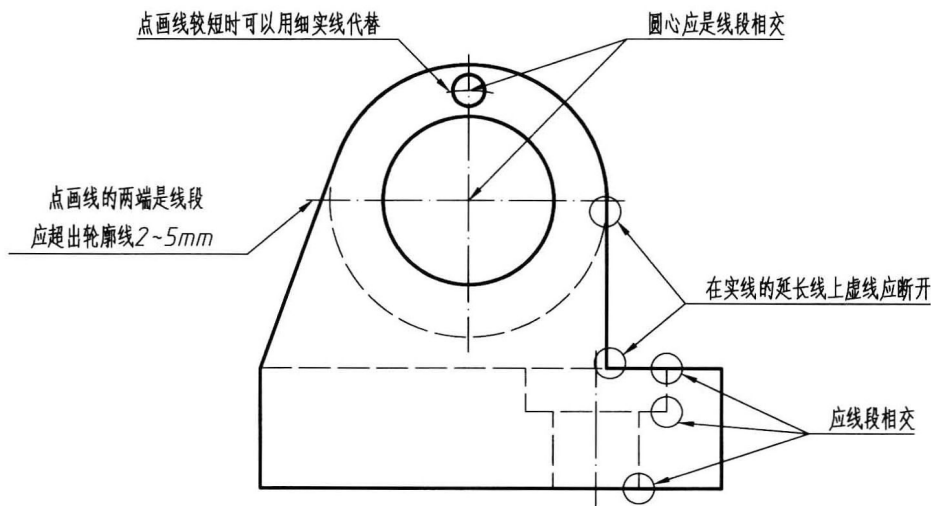


图 1.9 点画线与虚线的画法

1.1.5 尺寸注法

图样中所标注的尺寸,应为机件的实际尺寸,并为该图样所示工件的最后完工尺寸。图样中(包括技术要求和说明)的尺寸,默认单位为 mm(毫米)时,如采用其他单位时,则必须注明,如($^{\circ}$)、(度)、cm(厘米)、m(米)等。机件的每一个尺寸,一般只标注一次,并应标注在反映该结构最清晰的图形上。