

普通高等教育“十二五”规划教材

Modern
Engineering Drawing

现代工程制图



附赠光盘

陆载涵 刘桂红 张哲 © 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材

现代工程制图

主 编 陆载涵 刘桂红 张 哲
副主编 陈 全 罗 昕 许良元 刘 明
参 编 刘汉举 刘 薇 龚乃超 何 燕
张 竞 张向华 黄 丽
主 审 李武生



机械工业出版社

本书共十三章,内容包括:制图基本知识、投影基础、图解法、基本立体、组合体、轴测图、机件的表达方法、标准件与常用件、零件图、装配图、其他工程图简介、零部件测绘、计算机绘图。本书采用现代三维构型的思维模式拓宽教学内容,提出一种能提高学生空间思维和创新设计能力的立体构型要素表示法,并将其应用于基本立体、组合体、机件表达方法、零件图、装配图等教学内容中,以便分散和化解这些教学内容的难点,使学生易学、易懂。书中将图解法从投影基础中分出单列一章,便于不同的专业和不同的学时取舍。本套教材适用于40~120学时。

本书配有《现代工程制图习题集》和多媒体辅助教学光盘。光盘中有CAI课件、习题指导系统、实习园地、构型乐园、教案系统、试题库等模块。CAI课件中运用多媒体技术,用动态的三维动画表达基本立体、组合体、零件的构型,以及机器或部件的工作原理、拆装过程等。该系统既可用于学生自学,也可用于教师授课或课外辅导。习题指导系统中有习题模型、解题分析以及能力测试。实习园地中有交互式的部件拆装实习和零部件测绘实习。构型乐园中有交互式组合体构型和零件构型。教案系统中包含本书全部内容的PPT教案,可供教师编写教案和备课使用。

本书既可作大学本科和大大中专学生教材使用,也可作为工程技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

现代工程制图/陆载涵,刘桂红,张哲主编.—北京:机械工业出版社,2013.8

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-43044-5

I. ①现… II. ①陆…②刘…③张… 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(2013)第146033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:丁昕祯 责任编辑:丁昕祯 章承林 邓海平

版式设计:常天培 责任校对:张媛

封面设计:张静 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2013年9月第1版第1次印刷

184mm×260mm·15.75印张·387千字

标准书号:ISBN 978-7-111-43044-5

ISBN 978-7-89405-072-4(光盘)

定价:34.00元(含1CD)

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 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

本教材贯彻了教育部工程图学教学指导委员会 2010 年颁布的《工程图学课程教学基本要求》，在教材内容上严格控制分量和适当降低难度；注重理论联系实际，适当增加实践性内容和环节，做到学以致用。为了配合 1~2 周集中测绘的实训环节，设置了零部件测绘一章。根据现代创新设计对人才培养的要求，在平面图形的画法中引入了“平面构成”和“立体构成”的概念。在基本立体部分提出一种能提高空间思维和构型设计能力的立体构型要素表示法，并将其应用于基本立体、组合体、机件表达方法、零件图、装配图等教学内容中，以便分散和化解这些教学内容的难点，使学生易学、易懂。

与本书配套的教学光盘中，有 CAI 课件、习题指导系统、实习园地、构型乐园、教案系统、试题库等模块。CAI 授课系统中运用多媒体技术，用动态的三维动画表达基本立体和组合体构型设计过程，用动画形象生动地表现看三视图和零件图的抽象思维过程，以及机器或部件的工作原理、拆装过程等。该系统既可用于学生自学，也可用于教师授课或课外辅导。习题指导系统和智能测试系统中有习题的模型、解题分析，以及能力测试。实习园地中有零部件拆装实习与零部件测绘实习。构型设计系统中有交互式组合体构型和零件构型。PPT 教案系统中包含本书全部教学内容的 PPT 教案，教师可根据自己的教学安排，对 PPT 教案编辑、修改，方便快捷地变成自己的教案。试题库中有习题集和习题集以外的题目，可扩展学生的练习范围。

本教材的主要特点如下：

- 1) 采用了最新的国家标准。本教材采用国家最新颁布的《技术制图》、《机械制图》、《计算机绘图》等标准，根据课程内容的要求，穿插在教材中。
- 2) 将构型设计能力培养融入到传统的投影理论教学中，用立体构型要素表示法分散和化解教学难点，使其更适合现代工业设计对人才培养的要求。
- 3) 重视徒手绘图、仪器绘图和计算机绘图三种绘图技能的训练。
- 4) 将图解法另编一章，供多学时专业选用。在其他工程图样中编入了电气图、焊接图和展开图，以便不同专业取舍。

本教材由陆载涵、刘桂红、张哲统稿并任主编，陈全、罗昕、许良元、刘明任副主编。第一章由湖北工业大学工程技术学院刘桂红编写；第二章由湖北工业大学工程技术学院刘汉举编写；第三章由湖北工业大学工程技术学院刘薇编写；第四章由石河子大学罗昕编写；第五章由中南民族大学工商学院龚乃超编写；第六章由上海师范大学天华学院何燕编写；第七章由安徽农业大学许良元编写；第八章由湖北工业大学工程技术学院刘明编写；第九章由湖北工业大学陆载涵编写；第十章由武汉理工大学华夏学院陈全编写；第十一章由湖北工业大学商贸学院张哲编写；第十二章由武汉大学张竞编写；第十三章由江苏技术师范学院张向华编写；附录由湖北工业大学工程技术学院黄丽编写。

本教材由华中科技大学李武生教授主审，提出了许多宝贵的意见和建议，并给予了
许多帮助和指导，对此我们表示衷心的感谢。

本教材编写中参考了国内同类教材，从中得到了很多信息和启发，在此我们表示诚
挚的谢意。

由于水平有限，虽然我们希望努力将本教材编写成为一本适应现代教学，同时满足
机电类各专业的教学需要，但书中内容与体系难免存在问题，我们恳切希望各位读者提
出宝贵意见和建议。

编 者

目 录

前言	
绪论	1
第一节 本课程的性质	1
第二节 本课程的任务	1
第三节 本课程的特点和学习方法	1
第四节 工程制图发展概述	2
第一章 制图基本知识	3
第一节 制图国家标准简介	3
第二节 几何作图	9
第三节 平面图形的分析及画法	12
第四节 绘图技能	13
第二章 投影基础	16
第一节 投影法概述	16
第二节 立体的三面视图	17
第三节 立体上的点、线、面	19
第三章 图解法	32
第一节 图解法基本作图	32
第二节 投影变换	40
第四章 基本立体	45
第一节 基本立体的构型和画法	45
第二节 平面截切基本立体	52
第三节 两曲面立体相交	56
第五章 组合体	61
第一节 组合体的构型及表面连接	61
第二节 画组合体视图	62
第三节 组合体的尺寸标注	66
第四节 看组合体视图	70
第六章 轴测图	76
第一节 轴测投影基本知识	76
第二节 正等轴测图	77
第三节 斜二轴测图	81
第四节 轴测剖视图	83
第七章 机件的表达方法	85
第一节 视图	85
第二节 剖视图	88
第三节 断面图	94
第四节 其他表达方法	96
第五节 第三角投影简介	98
第八章 标准件与常用件	100
第一节 螺纹	100
第二节 螺纹紧固件	103
第三节 键和销	109
第四节 滚动轴承	111
第五节 齿轮	113
第六节 弹簧	117
第九章 零件图	120
第一节 零件图的作用和内容	120
第二节 零件图的视图选择及尺寸标注	121
第三节 常见工艺结构及尺寸标注	128
第四节 零件图上的技术要求	130
第五节 看零件图的方法及步骤	141
第十章 装配图	144
第一节 装配图的作用和内容	144
第二节 装配图的表达方法	145
第三节 装配图的尺寸标注及技术要求	146
第四节 装配图序号及明细栏	147
第五节 常见装配工艺结构	148
第六节 画装配图的方法及步骤	149
第七节 读装配图和拆画零件图	152
第十一章 其他工程图简介	159
第一节 电气图	159
第二节 焊接图	162
第三节 展开图	165
第十二章 零部件测绘	169
第一节 零件测绘	169
第二节 部件测绘	172
第十三章 计算机绘图	180
第一节 AutoCAD 2010 基本知识	180
第二节 AutoCAD 的二维绘图命令	187
第三节 AutoCAD 的二维编辑命令	188
第四节 文字与图案填充	194
第五节 尺寸标注	196
第六节 AutoCAD 2010 的图块功能	200

第七节 正等轴测图的绘制	202	附录 C 键、销	219
第八节 三维实体造型	204	附录 D 常用滚动轴承	222
附录	209	附录 E 极限与配合	227
附录 A 常用螺纹	209	附录 F 常用材料及热处理	238
附录 B 螺纹紧固件	212	参考文献	244

绪 论

第一节 本课程的性质

“工程制图”是研究工程图样的课程。根据投影原理、标准或有关规定表示的工程对象，并有必要的技术说明的“图”，称为“图样”。在现代工业生产中，无论机械制造、仪器设备、建筑、航天、造船，都是根据图样进行制造和施工的，图样起到了比语言文字更直观、更形象的作用。设计者通过图样表达设计意图；制造者通过图样了解设计要求，组织制造和指导生产；使用者通过图样了解设备的结构和性能，进行操作、维修和保养。因此，图样是工程界表达、交流技术思想的语言，工程技术人员必须学会并掌握这种语言，具备识读和绘制工程图样的基本能力。

在科学研究中，图形可直观表达实验数据，反映科学规律，对于人们把握事物的内在联系，掌握问题的变化趋势，具有重要意义；图形因具有形象性、直观性和简洁性，成为人们认识规律、探索未知的重要工具。

本课程理论严谨，实践性强，与工程实践有密切的联系，对培养学生掌握科学思维方法，增强工程创新意识，培养工程素质有重要作用，是普通高等院校工科专业重要的技术基础课。

本课程的主要内容包括投影理论、构型设计、制图基础、专业图和计算机绘图五部分。其中，投影理论以正投影原理为主要内容，介绍各种投影规律和作图方法；构型设计介绍各种简单体和复杂体的构型方法；制图基础介绍有关图样画法的制图国家标准；专业图介绍机械图、电气图、焊接图等有关规定和画法；计算机绘图介绍二维绘图和三维实体造型。

第二节 本课程的任务

本课程培养学生具备绘制和阅读工程图样的能力，以及空间构型、空间想像和思维能力，其主要任务如下：

- 1) 学习投影法的基本理论及其应用。
- 2) 培养空间想像能力和用二维平面图形表达三维空间物体的能力。
- 3) 培养创新意识和创造性构型设计能力。
- 4) 掌握使用仪器和徒手画图的基本技能。
- 5) 培养使用绘图软件进行二维绘图及三维造型的能力。
- 6) 培养绘制和阅读专业工程图样的基本能力。
- 7) 培养工程意识、标准化意识和严谨认真的工作态度。

第三节 本课程的特点和学习方法

工程制图是一门实践性很强的技术基础课。学习中除了认真听课，用心理解课堂内容并

及时复习、巩固外,认真独立地完成作业是很重要的学习环节。本课程作业量比较大,完成每个作业都必须认真理解,认真地用三角板、圆规、铅笔来完成;对于计算机绘图,更是要实践,要有足够的上机操作时间。在做作业过程中肯定会遇到困难,应独立思考,独立完成作业。实在解决不了时可求助于老师、同学或利用附在本书中的多媒体课件,但绝不能抄袭。

本课程又是一门培养“遵纪守法”的课,要逐步培养自己遵守国家制图标准来绘制图样的习惯,小到一条线、一个尺寸,大到图样的表达,都要严格按照制图标准中所规定的“法”来绘制,绝对不能随心所欲,自己想怎样画就怎样画。只有按制图国家标准来绘图,图样才有可能成为工程界技术交流的语言。

本课程也是一门培养严谨、细致学风的课程。工程图样是施工的依据,往往由于图样上一条线的疏忽或一个数字的差错,结果造成严重的返工、浪费,甚至导致重大工程事故。所以,从初学制图开始,就应严格要求自己,培养自己认真负责的工作态度和严谨细致的良好学风,一丝不苟,力求所绘制的图样投影正确无误,尺寸齐全合理,表达完善清晰,符合国家标准的有关规定。

第四节 工程制图发展概述

有史以来,人类就试图用图形来表达和交流思想,从远古的洞穴中的石刻可以看出在没有语言、文字前,图形就是一种有效的交流思想的工具。考古发现,早在公元前 2600 年就出现了可以成为工程图样的图,那是一幅刻在泥板上的神庙地图。直到公元 1500 年文艺复兴时期,才出现将平面图和其他多面图画在同一幅画面上的设计图。1795 年,法国著名科学家加斯帕·蒙日将各种表达方法归纳和提高,发表了《画法几何》著作,蒙日所说明的画法是互相垂直的两个平面作为投影面的正投影法。此方法对世界各国科学技术的发展产生巨大影响,并在科技界,尤其在工程界得到广泛的应用和发展。

早在 2000 多年前我国就有了正投影法表达的工程图样,1977 年冬在河北省平山县出土的公元前 323—309 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,这也是世界上最早的工程图样之一。

新中国成立后,工程制图学科得到飞速发展,学术活动频繁,画法几何、射影几何、透视投影等理论的研究得到进一步深入,并广泛与生产、科研相结合。与此同时,国家相关职能部门批准颁布了一系列制图标准,如技术制图标准、机械制图标准、建筑制图标准等。

20 世纪 70 年代,计算机图形学、计算机辅助设计(CAD)、计算机绘图在我国得到迅猛发展,除了国外一批先进的图形、图像软件如 AutoCAD、CADkey、Pro/E 等得到广泛使用外,我国自主开发的一批国产绘图软件,也在设计、教学、科研生产中得到广泛使用。随着我国现代化建设的迫切需要,计算机技术将进一步与工程制图结合,计算机绘图和智能 CAD 将进一步得到深入发展。

第一章 制图基本知识

第一节 制图国家标准简介

图样是“工程界的语言”，为了保证设计质量和产品质量，必须对图样画法、技术参数、生产方式、检测手段等作出明确统一的规定，这些规定称为标准。标准是保证质量、促进经济发展的重要因素。为了发展世界经济，国际标准化组织（ISO）制订了各种国际标准。各个国家根据自己的国情，参考国际标准，制订了本国的国家标准。我国的国家标准简称“国标”，其代号为 GB 或 GB/T。GB 表示强制性国家标准，GB/T 表示推荐性国家标准。工程技术人员在绘制工程图样时必须遵守和贯彻国家标准。

下面简要介绍国家标准《技术制图》的部分内容。

一、图纸幅面及格式（GB/T 14689—2008）

1. 图纸幅面

绘制图样时，应优先采用表 1-1 和图 1-1 所示的基本幅面尺寸，必要时也允许采用加长幅面，但应按基本幅面的短边整数倍增加。

表 1-1 基本幅面尺寸

(单位: mm)

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

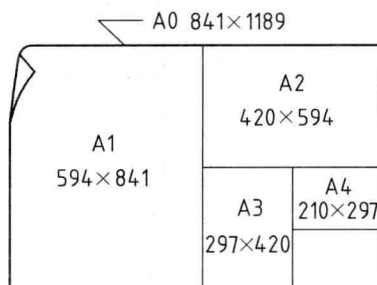


图 1-1 基本幅面的尺寸关系

2. 图框格式

工程图样必须用粗实线画出图框，其格式分为留装订边和不留有装订边两种，但同一产品的图样只能采用一种格式（图 1-2）。

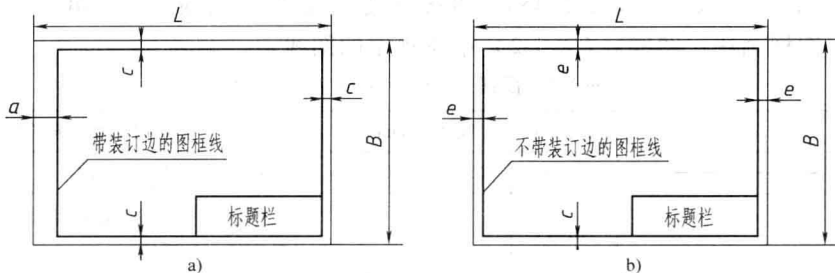


图 1-2 图纸幅面的图框格式

a) 留装订边 b) 不留装订边

3. 标题栏

每张技术图样中均应画出标题栏。标题栏的位置一般位于图纸的右下角。国家标准(GB/T 10609.1—2008)对标题栏的格式已给出了图例(图 1-3)。为简便起见,学生制图作业建议采用图 1-4 所示的标题栏格式。

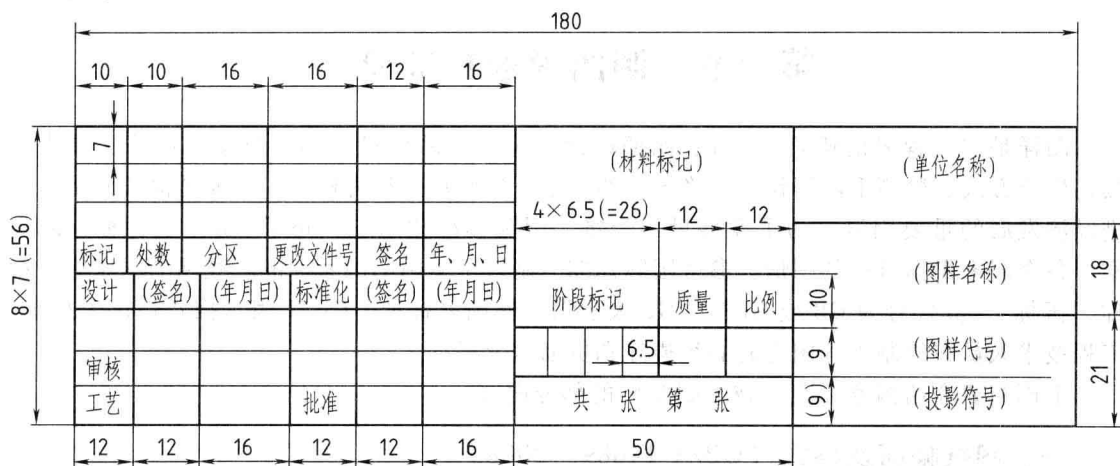


图 1-3 国家标准列出的标题栏举例

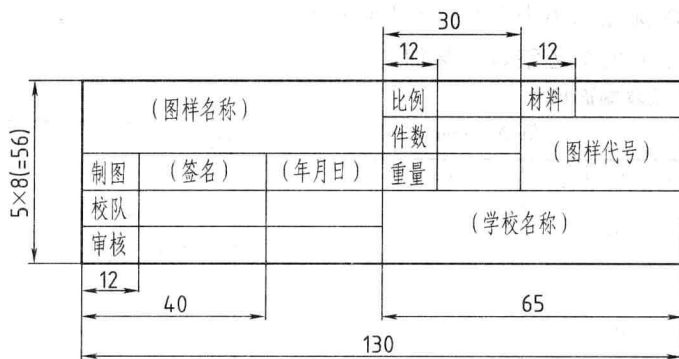


图 1-4 学生制图用的简化标题栏

二、图线 (GB/T 17450—1998、GB/T 4457.4—2002)

绘制图样时,应采用 GB/T 17450—1998《技术制图 图线》和 GB/T 4457.4—2002《机械制图 图样画法 图线》(表 1-2)中所规定的图线。

表 1-2 图线 (GB/T 4457.4—2002)

名称	线型	代号 No.	线宽 d/mm		主要用途及线素长度
粗实线		01.2	0.7	0.5	可见棱边线, 可见轮廓线
细实线		01.1	0.35	0.25	尺寸线, 尺寸界线, 剖面线, 引出线, 重合断面的轮廓线, 过渡线
波浪线		01.1			断裂处的边界线, 视图与剖视图的分界线
双折线		01.1			断裂处的边界线, 视图与剖视图的分界线

(续)

名称	线型	代号 No.	线宽 d/mm		主要用途及线素长度	
细虚线	-----	02.1	0.35	0.25	不可见棱边线, 不可见轮廓线	画长 $12d$, 短间隔长 $3d$
粗虚线	-----	02.2	0.7	0.5	允许表面处理的表示线	
细点画线	— · — · — ·	04.1	0.35	0.25	轴线, 对称中心线, 分度圆(线), 孔系分布的中心线, 剖切线	长画长 $24d$, 短间隔长 $3d$, 点长 $\leq 0.5d$
细双点画线	— · · — · · — · ·	05.1			相邻辅助零件的轮廓线, 可动零件的极限位置轮廓线, 中断线	
粗点画线	— · — · — ·	04.2	0.7	0.5	限定范围表示线	$0.5d$

1. 图线型式

国家标准 GB/T 17450—1998 中规定了 15 种基本线型及若干种基本线型的变形, 需要时可查国家标准。绘制机械图样时, 常用的线型有表 1-2 所示的 9 种, 其应用示例如图 1-5 所示。

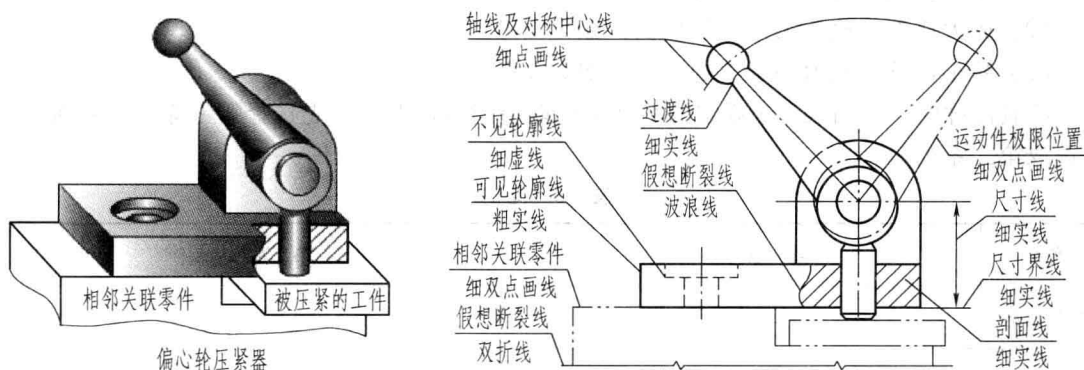


图 1-5 图线的应用示例

2. 图线的宽度

机械图样中, 图线宽度 d 分粗细两种, 其比例为 2:1, 按图样的大小和复杂程度, 在下列数系中选择: 0.13mm, 0.18mm, 0.25mm, 0.35mm, 0.5mm, 0.7mm, 1mm, 1.4mm, 2mm。

3. 图线画法

不论铅笔线还是墨线都要做到: 清晰整齐、均匀一致、粗细分明、交接正确。虚线、点画线、双点画线与同种线型或其他线型相交时, 均应相交于“画线”处, 如图 1-6a 所示。

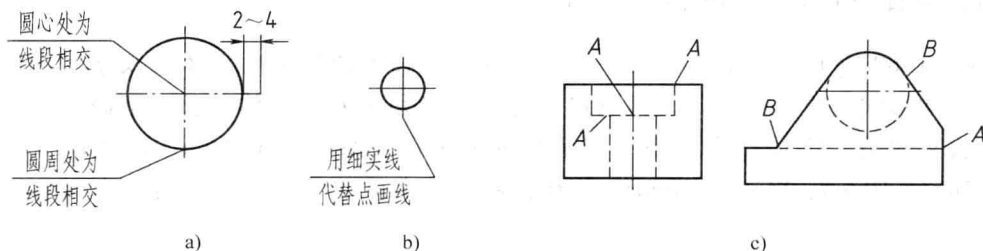


图 1-6 图线的画法

两条平行线之间的最小间隙不得小于 0.7mm。在较小图形上绘制细点画线或双点画线有困难时可用细实线代替,如图 1-6b 所示。当虚线处在粗实线的延长线上时,应先留空隙,再画虚线的短画线,如图 1-6c 中 B 处所画图线。两线相交则不留空隙,如图 1-6c 中的 A 处。

此外制图标准对构成不连续性线条的各线素如点、长度不同的画和间隔的长度也有规定(见表 1-2)。手工绘图时可按图 1-7 所示的长度绘制。

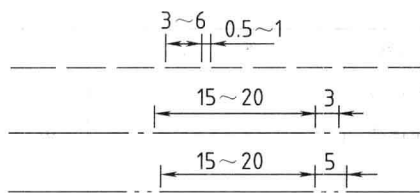


图 1-7 手工绘图的线素长度

三、比例 (GB/T 14690—1993)

比例是指图中的图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。比例用符号“:”表示,如 1:1、1:500、2:1 等,比例按其比值大小分为:

- (1) 原值比例 比值为 1 的比例,即 1:1。
- (2) 放大比例 比值大于 1 的比例,如 2:1 等。
- (3) 缩小比例 比值小于 1 的比例,如 1:2 等。

绘制图样时,应由表 1-3 规定的系列中选取适当的比例。优先选择第一系列,必要时允许选取第二系列。

表 1-3 比例

种类	第一系列	第二系列
原值比例	1:1	—
放大比例	2:1 5:1 $1 \times 10^n:1$ $2 \times 10^n:1$ $5 \times 10^n:1$	2.5:1 4:1 $2.5 \times 10^n:1$ $4 \times 10^n:1$
缩小比例	1:2 1:5 1:10 $1:2 \times 10^n$ $1:5 \times 10^n$ $1:1 \times 10^n$	1:1.5 1:2.5 1:3 1:4 1:5 $1:1.5 \times 10^n$ $1:2.5 \times 10^n$ $1:3 \times 10^n$ $1:4 \times 10^n$ $1:6 \times 10^n$

注: n 为正整数。

四、字体 (GB/T 14691—1993)

GB/T 14691—1993《技术制图—字体》规定了技术图样中的字体(汉字、字母和数字)的结构形式及公称尺寸。国标规定书写字体必须做到:字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。字体高度(用 h 表示)的公称尺寸系列为 1.8mm、2.5mm、3.5mm、5mm、7mm、10mm、14mm、20mm。字体高度代表字体的号数,例如高度为 5mm,称为 5 号字。

汉字应写成长仿宋体,并采用国务院正式公布推行的《汉字简化方案》中规定的简化字。汉字的高度 h 不应小于 3.5mm,字宽一般为 $h/\sqrt{2}$ 。长仿宋体字的特点是笔画坚挺、粗

细均匀、起落带锋、整齐秀丽。下面为长仿宋体字的字例。

10号字：字体工整笔划清楚间隔均匀排列整齐

7号字：字体工整笔划清楚间隔均匀排列整齐

5号字：技术制图机械电子汽车航空船舶土木建筑矿山港口纺织服装

字母、数字可以写成斜体或直体。斜体字字头向右倾斜，与水平基准线成 75° ，与汉字写在一起时，宜写成直体。书写的数字和字母不应小于2.5号。字母和数字的书写字例如下：



五、尺寸标注（GB/T 16675.2—1996、GB/T 4458.4—2003）

图样中的图形只能表达机件的形状，而机件的大小则必须通过标注尺寸来表示。标注尺寸是制图中一项极为重要的工作，必须认真细致、一丝不苟，以免给生产带来不必要的困难和损失；标注尺寸时必须按国家标准的规定标注。

1. 标注尺寸的基本规则

1) 图样中的尺寸以 mm 为单位时，不需注明计量单位代号或名称，否则必须注明相应计量单位的代号或名称。

2) 图样上所注的尺寸数值是形体的真实大小，与绘图比例及准确度无关。

3) 每一尺寸在图样上一般只标注一次。

2. 尺寸的组成

如图 1-8 所示，一个完整的尺寸应由尺寸界线、尺寸线（含尺寸线的终端）及数字和符号等组成。

(1) 尺寸界线 尺寸界线用细实线绘制，并应自图形的轮廓线、轴线或对称中心线引出。轮廓线、轴线、对称中心线也可作尺寸界线。

(2) 尺寸线 尺寸线用细实线单独绘制，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。尺寸线的终端有箭头和斜线两种形式。

1) 箭头的形式和画法如图 1-9a 所示，箭头的尖端与尺寸界线接触。在同一张图样上，箭头大小要一致。机械图样中一般采用箭头作为尺寸线的终端。

2) 斜线用细实线绘制，其方向和画法如图 1-9b 所示。当尺寸线的终端采用斜线时，尺寸线与尺寸界线必须互相垂直。

(3) 尺寸数字和符号 线性尺寸的数字一般应注写在尺寸线的上方，也允许注在尺寸线

的中断处；数字的书写方向如图 1-10a 所示，尽可能避免在图示 30° 范围内标注尺寸，当无法避免时，可按图 1-10b 所示的形式标注；任何图线不得穿过尺寸数字，不可避免时，应将图线断开，如图 1-10c、d 所示；若尺寸界线较密，数字可引出标注，并用圆点代替箭头，如图 1-10e 所示。

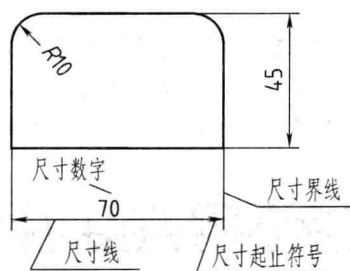


图 1-8 尺寸的组成

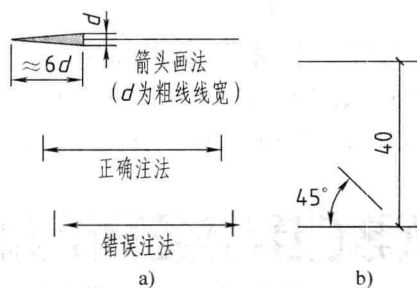


图 1-9 尺寸线终端形式

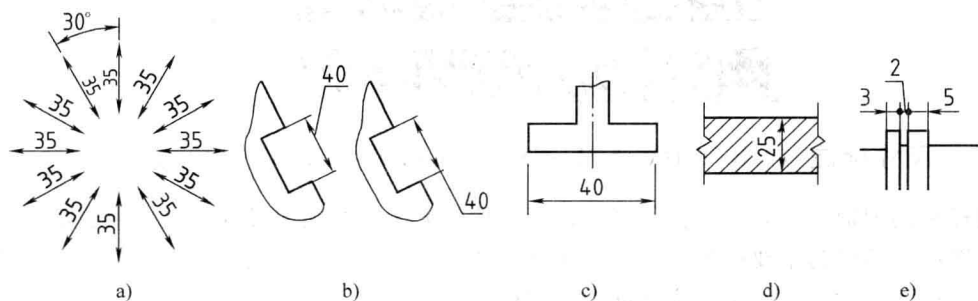


图 1-10 尺寸数字的注写

国家标准中还规定了一组表示特定含义的符号，作为对数字标注的补充说明。如标注直径时，应在尺寸数字前加注“ ϕ ”；标注半径时，应在尺寸数字前加注符号“ R ”。表 1-4 给出了一些常用的符号，标注尺寸时，应尽可能使用符号和缩写词。

表 1-4 标注尺寸的符号 (GB/T 4458.4—2003)

名称	直径	半径	球直径	球半径	厚度	正方形	45° 倒角
符号或缩写词	ϕ	R	$S\phi$	SR	t	\square	C
名称	深度	沉孔或锪平	埋头孔	均布	弧长	斜度	锥度
符号或缩写词	\Downarrow	\perp	∇	EQS	\frown	\angle	\triangleleft

图 1-11 所示为直径、半径、弧长、弦长、角度的注法。其中直径、半径的尺寸数字前应分别加符号“ ϕ ”“ R ”。通常对小于或等于半圆的圆弧标注半径，大于半圆的圆弧则标注直径。尺寸线应按图例绘制。大圆弧无法标出圆心位置时，可按图例标注。角度尺寸的尺寸线画成圆弧，圆心是角的顶点。角度尺寸数字一律水平书写，一般应注在尺寸线的中断处，

必要时也可用引出线标注。

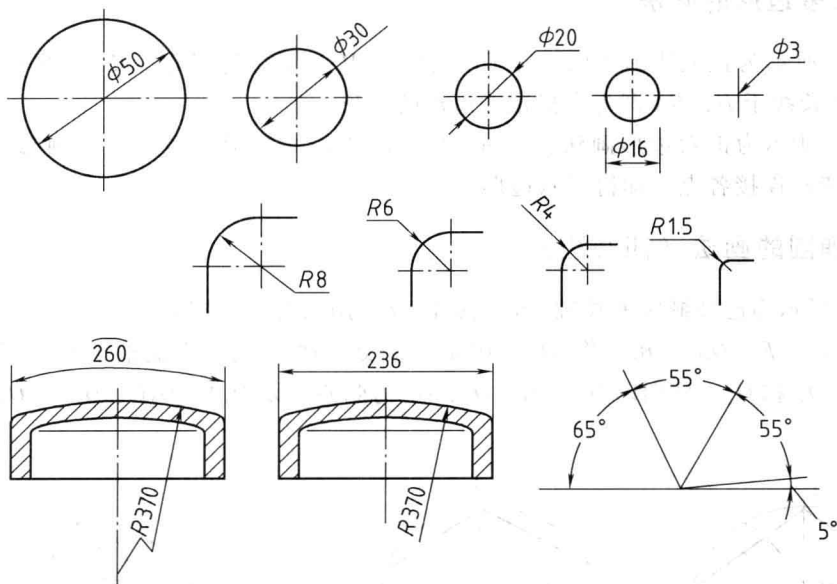


图 1-11 直径、半径、弧长、弦长、角度的注法

第二节 几何作图

任何创新设计和新产品开发，都要由设计人员构思出新颖、实用、经济、美观的产品结构，这种构思过程称为构型设计。构型设计包含平面构成和立体构成，构思和绘制平面图形称为平面构成，由平面图形运动生成基本立体或将多个基本立体进行不同的组合称为立体构成。如图 1-12a 所示，构思一个正六边形和不规则六边形，将其拉伸（给定厚度），便构成一个螺母的毛坯和一个小车的车身模型。图 1-12b 所示为构思一个直线与圆弧的组合线图，将其绕指定的轴线（图形的右边线）旋转，便构成一个火箭主体的模型。

平面构成的基础是几何作图，下面介绍机械设计中常用的几何作图方法。

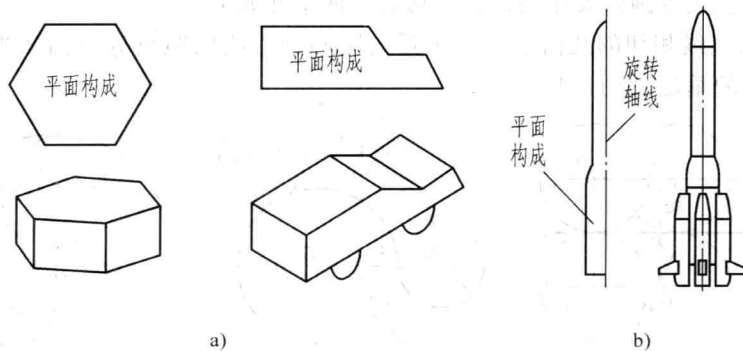


图 1-12 构型设计举例

a) 由多边形拉伸生成螺母毛坯和车身模型 b) 由组合线图旋转生成火箭模型

一、正多边形的画法

图 1-13a 所示为正五边形画法：作 ON 的中点 M ；以 M 为圆心、 MA 为半径作圆弧，交 ON 的反向延长线于 H ； HA 即为内接正五边形的边长。

图 1-13b 所示为正六边形画法：以 A 、 B 为圆心，外接圆半径为半径画弧，截圆于 B 、 F 、 C 、 E ，依次连接各点，即得正六边形。

二、椭圆的画法（四心法）

图 1-14 所示为已知椭圆的长轴 AB 和短轴 CD ，用四心法作椭圆。

连 AC ，取 $CF = OA - OC$ ，作 AF 的中垂线，交长轴于 O_1 ，交短轴于 O_2 ，并找出 O_1 和 O_2 的对称点 O_3 和 O_4 ；分别以 O_1 、 O_2 、 O_3 、 O_4 为圆心，以 O_1A 、 O_2C 、 O_3B 、 O_4D 为半径画圆即可。

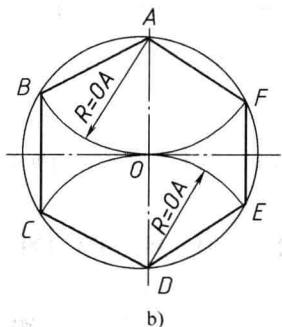
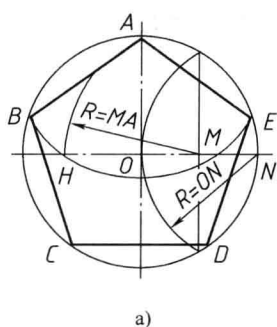


图 1-13 正多边形的画法
a) 正五边形 b) 正六边形

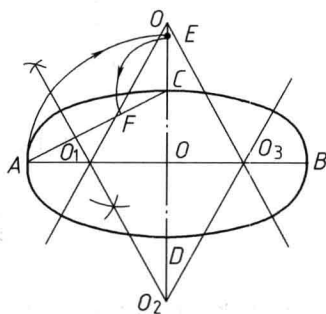


图 1-14 四心法作椭圆

三、圆弧连接

某些机械零件平面构型是用直线与圆弧，或圆弧与圆弧光滑连接而成的。光滑连接的条件是用于连接的直线或圆弧要相切，其相切的几何条件如下：

(1) 圆弧与直线相切的几何条件 圆弧的圆心到直线的距离等于圆弧半径，切点是圆心向直线作垂线的垂足（图 1-15a）。

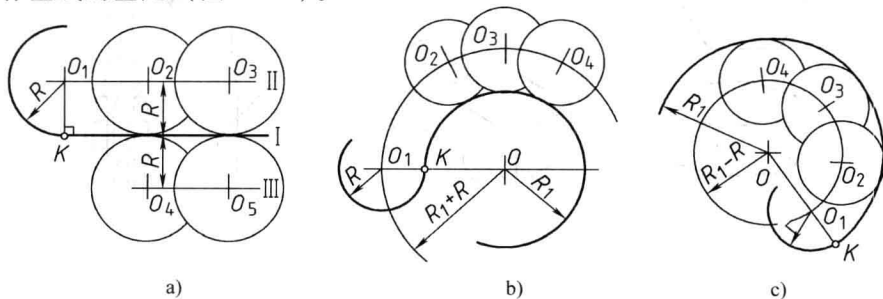


图 1-15 圆弧连接的作图原理

a) 圆弧与直线相切 b) 两圆弧外切 c) 两圆弧内切