

应用型本科 机械类专业“十三五”规划教材

机械制图与CAD

主 编 戴丽娟 杨金花
副主编 徐 伟 钱双庆

- 内容新颖：新知识、新技术、新工艺
- 特色鲜明：突出“应用、实践、创新”
- 定位准确：面向工程技术型人才培养
- 质量上乘：应用型本科专家全力打造



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

应用型本科 机械类专业“十三五”规划教材

机械制图与 CAD

主 编 戴丽娟 杨金花

副主编 徐 伟 钱双庆

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书依据教育部高等教育司 2005 年制定的《普通高等学校工程图学课程教学基本要求》以及近年来新发布的制图国家标准,并总结编者近年来教学改革的经验编写而成,简明扼要地叙述了二维工程图绘制的理论和方法,并引入了计算机辅助设计软件 AutoCAD 和 SolidWorks。

本书的主要内容包括:制图的基本知识,点、直线、平面的投影,基本体和截交线,组合体和相贯线,尺寸标注,轴测图,机件形状的常用表达方法,标准件和常用件,零件图,装配图,AutoCAD 绘图基础,SolidWorks 绘图基础等。

本书及配套习题集可作为应用型本科院校机械类、近机械类和非机械类各专业机械制图与 CAD 课程(课内学时在 64 学时以下)的教材。

图书在版编目(CIP)数据

机械制图与 CAD/戴丽娟,杨金花主编. —西安:西安电子科技大学出版社,2016.9

应用型本科机械类专业“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5606-4194-2

I. ① 机… II. ① 戴… ② 杨… III. ① 机械制图—AutoCAD 软件—高等学校—教材
IV. ① TH126

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 184974 号

策 划 高 樱

责任编辑 马武装

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2016 年 9 月第 1 版 2016 年 9 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 17.875

字 数 420 千字

印 数 1~3000 册

定 价 52.00 元(含习题集)

ISBN 978-7-5606-4194-2/TH

XDUP 4486001-1

如有印装问题可调换

西安电子科技大学出版社

应用型本科机械类专业系列教材

编审专家委员会名单

主任：张 杰（南京工程学院 机械工程学院 院长/教授）

副主任：杨龙兴（江苏理工学院 机械工程学院 院长/教授）

张晓东（皖西学院 机电学院 院长/教授）

陈 南（三江学院 机械学院 院长/教授）

花国然（南通大学 机械工程学院 副院长/教授）

杨 莉（常熟理工学院 机械工程学院 副院长/教授）

成 员：（按姓氏拼音排列）

陈劲松（淮海工学院 机械学院 副院长/副教授）

郭兰中（常熟理工学院 机械工程学院 院长/教授）

高 荣（淮阴工学院 机械工程学院 副院长/教授）

胡爱萍（常州大学 机械工程学院 副院长/教授）

刘春节（常州工学院 机电工程学院 副院长/副教授）

刘 平（上海第二工业大学 机电工程学院 教授）

茅 健（上海工程技术大学 机械工程学院 副院长/副教授）

王荣林（南理工泰州科技学院 机械工程学院 副院长/副教授）

王书林（南京工程学院 汽车与轨道交通学院 副院长/副教授）

王树臣（徐州工程学院 机电工程学院 副院长/教授）

吴 雁（上海应用技术学院 机械工程学院 副院长/副教授）

吴懋亮（上海电力学院 能源与机械工程学院 副院长/副教授）

许泽银（合肥学院 机械工程系 主任/副教授）

许德章（安徽工程大学 机械与汽车工程学院 院长/教授）

周扩建（金陵科技学院 机电工程学院 副院长/副教授）

周 海（盐城工学院 机械工程学院 院长/教授）

朱龙英（盐城工学院 汽车工程学院 院长/教授）

朱协彬（安徽工程大学 机械与汽车工程学院 副院长/教授）

唐友亮（宿迁学院 机电工程系 副主任/副教授）

前 言

本书是依据教育部高等教育司 2005 年制定的《普通高等学校工程图学课程教学基本要求》以及我国大多数应用型本科院校机械类、近机械类和非机械类各专业机械制图与 CAD 课程的教学改革趋势,并参照当前机械制图最新国家标准编写而成的。

在编写过程中,我们努力按照“保证基础,精选内容,利于教学,加强应用”的要求组织本书的章节编排、文字叙述和插图等内容,力求做到如下几点:

(1) 保证制图的基本理论和基本知识。为了使学习者能够正确绘制和阅读机械图样,本书对投影理论基础、组合体的画图和读图、常用的机件表达方法、制图国家标准等内容都进行了详细的阐述。

(2) 遵循“少而精”的原则选择内容。以培养学生基本绘图和读图的能力为依据,确定各章内容的深度和广度。书中通过各种结构形式的组合体和机件对绘图和读图的基本方法作了较深入的介绍,对点、线、面的投影,轴测图,机件简化画法 etc 知识只作简单、必要的介绍,对换面法未作介绍。

(3) 从利于教学出发,对书中重要的内容和结论用粗体字排印,在第一次出现的术语下排印实心小圆点。另外,还建立了与本书配套的习题集、习题答案和电子教案等组成的立体化教学系列,以便学生在课后对相关教学内容及时进行复习、理解、应用和巩固。

(4) 强化计算机绘图部分的内容,以利于学生将来在工作中的应用。由于现代设计部门已用计算机绘图替代了手工制图,故本书对计算机二维绘图和三维建模进行了较为详细的讲述,分别介绍了 AutoCAD 2014 和 SolidWorks 2013 软件的基本操作和实例应用。

本书由戴丽娟和杨金花主编,参加编写的还有徐伟和钱双庆等,其中,第 1、6、7、9、11 章和附录由戴丽娟编写,第 4、10、12 章由杨金花编写,第 2、5、8 章由徐伟编写,第 3 章由钱双庆编写,全书由戴丽娟定稿。

本书可供应用型本科院校机械类、近机械类、非机械类专业使用,还可供社会自学者学习机械制图时参考。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,诚恳希望使用本书的师生和其他有关同志批评指正。

编 者

2016 年 4 月

目 录

绪论	1	3.2 平面立体的三视图	30
第 1 章 制图的基本知识	2	3.2.1 棱柱	30
1.1 国家标准的基本规定	2	3.2.2 棱锥	32
1.1.1 图纸幅面和格式、标题栏	2	3.2.3 平面立体的截交线	34
1.1.2 比例	3	3.3 回转体的三视图	36
1.1.3 字体	4	3.3.1 圆柱	37
1.1.4 图线	5	3.3.2 圆锥	38
1.2 尺规绘图工具、仪器及作图方法	6	3.3.3 圆球	41
1.2.1 绘图工具和仪器及使用方法	6	3.3.4 圆环	41
1.2.2 尺规绘图的步骤	8	3.3.5 回转体的截交线	41
1.2.3 几何作图	8	第 4 章 组合体和相贯线	48
1.2.4 平面图形的线段分析与作图步骤	11	4.1 组合体的形体分析和组合形式	48
1.3 徒手绘图	12	4.1.1 组合体的形体分析	48
第 2 章 点、直线、平面的投影	14	4.1.2 组合体的组合形式	48
2.1 投影法	14	4.1.3 组合体的表面连接关系	49
2.1.1 投影法的基本知识	14	4.2 相贯线	51
2.1.2 正投影的基本特性	15	4.2.1 相贯线的概念及性质	51
2.2 点的投影	15	4.2.2 利用积聚性求相贯线	51
2.2.1 点的三面投影及投影规律	15	4.2.3 利用辅助平面求相贯线	53
2.2.2 点的空间位置和直角坐标	16	4.2.4 两回转体相贯线的特殊情况	55
2.2.3 点的相对位置	18	4.2.5 相贯线的近似画法及过渡线画法	56
2.3 直线的投影	19	4.3 组合体三视图的画法	56
2.3.1 直线及直线上点的投影	19	4.3.1 形体分析	57
2.3.2 直线对投影面的各种相对位置	20	4.3.2 选择主视图	57
2.3.3 两直线的相对位置	22	4.3.3 选比例, 定图幅, 布图	57
2.4 平面的投影	24	4.3.4 画三视图	58
2.4.1 平面的表示法	24	4.4 组合体三视图的识读	59
2.4.2 平面对投影面的各种相对位置	25	4.4.1 读图的基本要领	59
2.4.3 平面上的点和直线	27	4.4.2 形体分析法	61
第 3 章 基本体和截交线	29	4.4.3 线面分析法	64
3.1 三视图的形成及其投影规律	29	第 5 章 尺寸标注	66
3.1.1 三视图的形成	29	5.1 尺寸标注的方法	66
3.1.2 三视图的投影规律	30	5.1.1 基本规则	66

5.1.2 尺寸的组成	66	7.3 断面图	96
5.1.3 尺寸标注的基本方法	67	7.3.1 断面图的概念	96
5.1.4 尺寸标注的简化表示法	70	7.3.2 断面图的分类	97
5.1.5 尺寸标注示例	72	7.4 局部放大图、简化画法和 其他规定画法	98
5.2 基本体和截切体的尺寸标注	72	7.4.1 局部放大图	98
5.2.1 基本体的尺寸注法	72	7.4.2 简化画法和其他规定画法	99
5.2.2 截切体的尺寸注法	73	7.5 表达方法的综合应用	102
5.3 组合体的尺寸标注	73	7.6 第三角画法简介	103
5.3.1 组合体尺寸标注的基本要求	73		
5.3.2 组合体的尺寸分析	73		
5.3.3 组合体尺寸标注的注意事项	75		
5.3.4 组合体尺寸标注的步骤	76		
第 6 章 轴测图	79	第 8 章 标准件和常用件	105
6.1 轴测投影的基本知识	79	8.1 螺纹	105
6.1.1 轴测图的形成和投影特性	79	8.1.1 螺纹的形成、要素和结构	105
6.1.2 轴间角和轴向伸缩系数	79	8.1.2 螺纹的规定画法	107
6.1.3 轴测图的分类	80	8.1.3 常用螺纹的分类和标记	109
6.2 正等测	80	8.2 常用螺纹紧固件	111
6.2.1 正等测的形成、轴间角和 伸缩系数	80	8.2.1 常用螺纹紧固件的种类和标记	111
6.2.2 平面立体正等测的画法	81	8.2.2 常用螺纹紧固件的画法	113
6.2.3 回转体正等测的画法	82	8.2.3 螺栓连接	113
6.2.4 组合体正等测的画法	84	8.2.4 双头螺柱连接	114
6.3 斜二测	84	8.2.5 螺钉连接	115
6.3.1 斜二测的形成、轴间角和 轴向伸缩系数	84	8.3 齿轮	116
6.3.2 斜二测的画法	85	8.3.1 常见齿轮传动形式	116
		8.3.2 直齿圆柱齿轮的几何要素和 尺寸计算	116
		8.3.3 圆柱齿轮的规定画法	118
		8.4 键和销	119
		8.4.1 键联接	119
		8.4.2 销连接	121
		8.5 弹簧	122
		8.5.1 常用的弹簧	122
		8.5.2 圆柱螺旋压缩弹簧的参数及其 尺寸计算	122
		8.5.3 圆柱螺旋压缩弹簧的规定画法	123
		8.6 滚动轴承	124
		8.6.1 滚动轴承的结构和种类	124
		8.6.2 滚动轴承的代号	125
		8.6.3 滚动轴承的画法	125
第 7 章 机件形状的常用表达方法	87		
7.1 视图	87		
7.1.1 基本视图	87		
7.1.2 向视图	88		
7.1.3 局部视图	88		
7.1.4 斜视图	89		
7.2 剖视图	90		
7.2.1 剖视图的概念和基本画法	90		
7.2.2 剖视图的分类	92		
7.2.3 剖切面的分类和剖切方法	94		

第 9 章 零件图	127	10.4 装配结构的合理性简介	157
9.1 零件图概述	127	10.4.1 接触面要求	157
9.2 零件图的视图选择	128	10.4.2 滚动轴承的轴向固定结构	158
9.2.1 主视图的选择	128	10.4.3 螺纹连接防松结构	158
9.2.2 其他视图的选择	128	10.4.4 螺栓连接结构	158
9.2.3 视图表达方案选择实例	129	10.5 由零件图画装配图	159
9.3 零件图中的尺寸注法	130	10.5.1 了解部件的装配关系和 工作原理	159
9.3.1 零件图中尺寸标注的基本要求	130	10.5.2 装配图的视图选择	161
9.3.2 尺寸基准的选择	130	10.5.3 画装配图	161
9.3.3 尺寸标注应注意的一些问题	131	10.6 由装配图拆画零件图	163
9.4 表面结构的表示法	133	10.6.1 拆画要求	163
9.4.1 基本概念及术语	133	10.6.2 拆画步骤	163
9.4.2 表面粗糙度代号	135		
9.4.3 表面粗糙度要求在图样中的注法	136	第 11 章 AutoCAD 绘图基础	165
9.5 极限与配合	139	11.1 AutoCAD 的基本知识.....	165
9.5.1 基本概念	139	11.1.1 AutoCAD 的启动与退出	165
9.5.2 极限与配合的查表与标注	143	11.1.2 中文版 AutoCAD 2014 的 工作界面	166
9.6 几何公差	144	11.1.3 图形文件管理.....	167
9.6.1 几何特征和符号	144	11.1.4 命令的输入.....	168
9.6.2 附加符号及其标注	145	11.1.5 AutoCAD 的坐标系	169
9.6.3 几何公差标注示例	146	11.1.6 数据输入.....	169
9.7 零件的工艺结构	147	11.1.7 作图环境和图形显示.....	170
9.7.1 铸造零件的工艺结构	147	11.2 AutoCAD 的基本操作.....	171
9.7.2 零件加工面的工艺结构	147	11.2.1 图层的设置与管理.....	171
9.8 读零件图	148	11.2.2 绘图命令.....	174
9.8.1 读零件图的方法和步骤	148	11.2.3 精确绘图.....	184
9.8.2 读零件图举例	149	11.2.4 编辑命令.....	188
9.8.3 检验读懂零件图的手段	150	11.2.5 尺寸标注.....	202
第 10 章 装配图	152	11.2.6 对象特性修改.....	209
10.1 装配图的内容与视图表达方法	152	11.2.7 图块.....	211
10.1.1 装配图的内容	152	11.3 AutoCAD 二维绘图实例.....	213
10.1.2 装配图视图表达方法	153	11.3.1 制作样板图.....	213
10.2 装配图的尺寸标注和技术要求	154	11.3.2 绘制零件图.....	214
10.2.1 装配图的尺寸标注	154	11.3.3 绘制装配图.....	218
10.2.2 装配图中的技术要求	155	11.4 AutoCAD 三维图绘制.....	220
10.3 装配图的零件序号和明细栏	155	11.4.1 基本功能介绍.....	220
10.3.1 零(部)件序号	155	11.4.2 简单三维图的绘制.....	221
10.3.2 明细栏	156		

第 12 章 SolidWorks 绘图基础.....	225	12.3.2 实体建模	235
12.1 SolidWorks 简介	225	12.3.3 实例	236
12.1.1 主要特点	225	12.3.4 装配体设计	240
12.1.2 设计方法	225	12.4 工程图	244
12.1.3 三维设计的 3 个基本概念	226	12.4.1 “工程图”项目的设定	244
12.2 SolidWorks 的基本操作	227	12.4.2 “工程图”工具栏	245
12.2.1 SolidWorks 2013 的文件操作.....	227	12.4.3 新建工程图文件	245
12.2.2 界面简介	228	12.4.4 从零件或装配体文件	
12.2.3 设计过程	229	生成工程图	246
12.2.4 设计方法	231	12.4.5 保存工程图文件	248
12.2.5 SolidWorks 术语.....	232		
12.2.6 操作环境设置	233	附录	249
12.3 SolidWorks 操作实例	234	参考文献	276
12.3.1 草图绘制	234		

绪 论

1. 本课程的性质和任务

机械制图与 CAD 课程是一门研究绘制和阅读机械图样的理论和方法的基础技术课。在现代工业中,设计、制造、安装各种机械、电器、仪表以及采矿、化工等各方面的设备,都离不开机械图样。在使用这些仪器、设备和仪表时,也常常要通过阅读机械图样来了解它们的结构和性能。因此,机械图样是每个工程技术人员都必须掌握的“工程界的语言”。

本课程的主要内容包括:与机械制图有关的国家标准的一些规定、绘制机械图样的三种方法、正投影法的原理和应用、基本体、简单组合体、机件形状的常用表达方法、零件图和装配图等。学习本课程的主要目的是培养学生阅读和绘制机械图样的基本能力,为他们在后续课程、课程设计和毕业设计中应用、发展和提高绘图与读图的能力打下基础。

本课程的主要任务是培养学生达到下列目标:

- (1) 掌握正投影法的基本理论。
- (2) 培养空间想象和空间分析的初步能力。
- (3) 掌握绘图仪器和工具的正确使用方法,掌握仪器绘图和徒手作图的技能。
- (4) 掌握图样表达的基本要求和有关制图国家标准的规定。
- (5) 培养绘制、阅读简单零件图和装配图的能力。
- (6) 掌握使用绘图软件绘制机械图样和进行三维造型的技能。
- (7) 培养认真细致的工作作风和贯彻、执行国家标准的意识。

此外,在学习过程中学生还应有意识地培养自我学习能力,培养分析问题和解决问题的能力,培养创新能力,从而全方面地提高自我素质。

2. 本课程的学习方法

本课程是一门实践性较强的课程,学生在学习中应注意以下几点:

- (1) 扎实掌握基本理论,弄清空间几何元素(点、线、面)和体的投影。
- (2) 坚持理论联系实际,在学习投影原理、形体分析法等基本知识的基础上,通过一系列绘、读图实践,由物画图,由图想物,逐步提高对空间形体的想象思维能力。
- (3) 按正确的方法和顺序绘图,养成正确使用绘图仪器和工具的习惯。
- (4) 熟悉制图的基本规定和基本知识,严格遵守有关国家标准的规定,会查阅、使用有关的手册和国家标准。
- (5) 坚持独立完成习题和作业,才能更好地培养阅读和绘制机械图样的能力。
- (6) 通过上机练习绘图软件的基本操作,才能熟练绘制机械图样和进行三维造型。
- (7) 作业应表达完整、投影正确、图线分明、字体工整、图面整洁。
- (8) 绘、读图时应始终保持认真负责的态度和严谨细致的作风。

第 1 章 制图的基本知识

1.1 国家标准的基本规定

图样是“工程界的语言”，为了能够正确地交流技术思想，顺利地组织工程产品的生产，国家制定并实施了《技术制图》和《机械制图》国家标准，从图纸幅面、格式、比例、字体、图线、尺寸注法，到图样中每项内容的表示方法和方式都做了明确的规定。

1.1.1 图纸幅面和格式、标题栏

1. 图纸幅面和格式^①

绘制图样时，应优先采用表 1-1 中所规定的基本幅面。在图纸上必须用粗实线画出图框，其格式分为不留装订边(见图 1-1)和留有装订边(见图 1-2)两种，但同一产品的图样只能采用一种格式。

表 1-1 图纸基本幅面和图框尺寸 mm

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				

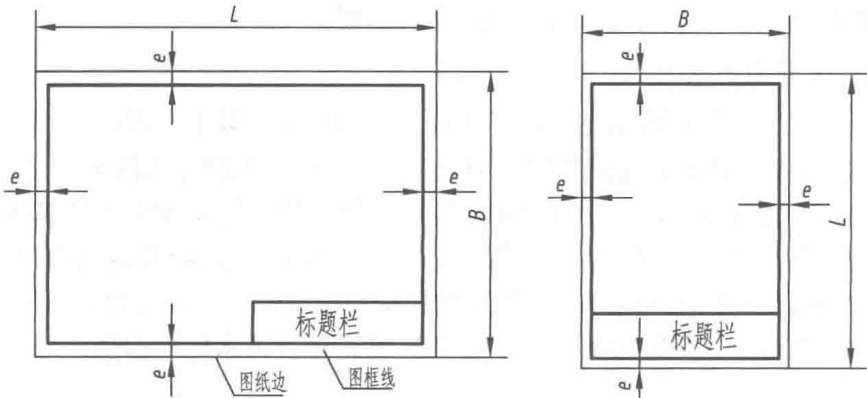


图 1-1 不留装订边的图框格式

① 摘自 GB/T 14689—2008《技术制图 图纸幅面和格式》。GB/T 14689—2008 为国家标准的编号，GB/T 表示推荐性国家标准，14689 为该标准的顺序号，2008 表示该标准的批准年号。如果在 GB 后没有/T，则表示强制性国家标准。

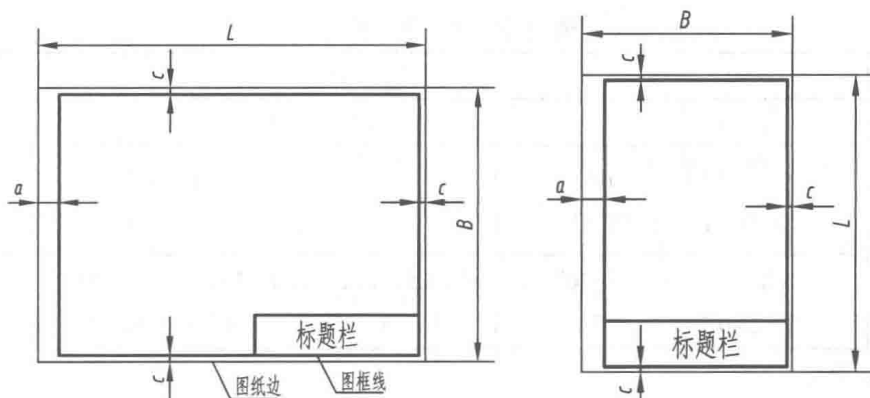


图 1-2 留有装订边的图框格式

GB/T 14689—2008 还规定：必要时允许选用加长幅面；在图框上、图纸周边的四个角上，还可按需要画出附加符号，如对中符号、方向符号、剪切符号等；对整个图幅进行分区；对于用作缩微摄影的原件，可在图纸的下边设置米制参考分度。这些内容本书不再一一详细介绍，需要时请查阅该标准。

2. 标题栏

每张图纸上都必须画出标题栏。标题栏的位置应位于图纸的右下角(见图 1-1、图 1-2)。标题栏的基本内容、格式与尺寸、文字方向等已作统一规定，可查阅国家标准 GB/T 10609.1—2008。

学生的制图作业建议采用留有装订边的图纸格式，标题栏建议采用图 1-3 所示的格式。

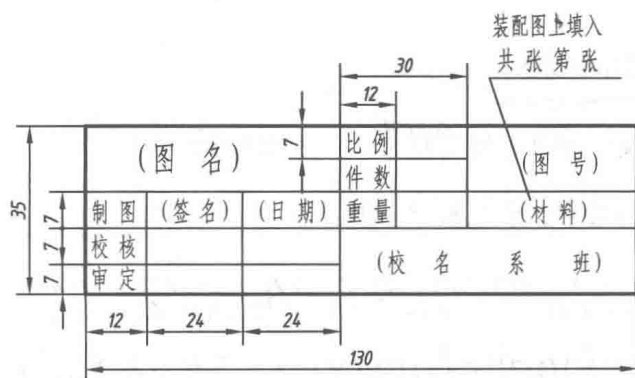


图 1-3 制图作业的标题栏

1.1.2 比例^①

比例是指图中图形与其实物相应要素的线性尺寸之比。需要按比例绘制图样时，应从表 1-2 规定的系列中选取不带括号的适当比例，必要时也允许选取表中带括号的比例。

绘制同一机件的各个图形应尽可能采用相同的比例，并填写在标题栏的“比例”栏内，如“1:1”、“1:2”等。当某个图形需采用不同的比例时，则必须按规定另行标注，可标注在该图形的名称下方或右侧。

^① 摘自 GB/T 14690—1993《技术制图 比例》。

表 1-2 比 例 系 列

种类	比 例	
原值比例	1 : 1	
放大比例	2 : 1 5 : 1 1×10 ⁿ : 1 2×10 ⁿ : 1 5×10 ⁿ : 1	(2.5 : 1) (4 : 1) (2.5×10 ⁿ : 1) (4×10 ⁿ : 1)
缩小比例	1 : 2 1 : 5 1 : 1×10 ⁿ 1 : 2×10 ⁿ 1 : 5×10 ⁿ	(1 : 1.5)(1 : 2.5)(1 : 3)(1 : 4)(1 : 6) (1 : 2.5×10 ⁿ) (1 : 3×10 ⁿ)(1 : 4×10 ⁿ)(1 : 1.5×10 ⁿ)(1 : 6×10 ⁿ)

注：n 为正整数。

1.1.3 字体^①

1. 图样及技术文件中字体的基本要求

- (1) 书写字体必须做到：字体工整、笔画清楚、间隔均匀、排列整齐。
- (2) 字体高度 *h*，即字体的号数，其公称尺寸系列为：1.8、2.5、3.5、5、7、10、14、20 mm。一般 A0 和 A1 图纸用 5 号及以上字体，A2、A3 和 A4 图纸用 3.5 号及以上字体。
- (3) 汉字应写成长仿宋体，并采用国家正式公布推行的简化字，高度不应小于 3.5 mm。
- (4) 数字和字母可写成斜体或直体，常用斜体。斜体字字头向右倾斜，与水平线成 75°。数字和字母表示计量单位符号、单位词头、化学符号和数学符号时应采用直体。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。
- (5) 汉字、拉丁字母、数字等组合书写时，其排列格式和间距都应符合标准规定。

2. 字体示例

- (1) 汉字 5 号和 3.5 号字体示例：

横平竖直 注意起落 结构均匀 填满方格

- (2) 拉丁字母、阿拉伯数字、罗马数字示例：

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ 0123456789
abcdefghijklmnopqrstuvwxyz I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII

- (3) 综合应用示例：

10³ S⁻¹ B₁ T_r $\phi 18^{+0.006}_{-0.012}$ 5°^{-1°}_{-2°} $\frac{I}{2:1}$
R9 5% M16-6h $\phi 37\frac{H8}{f7}$ 400 r/min

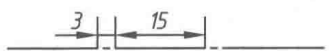
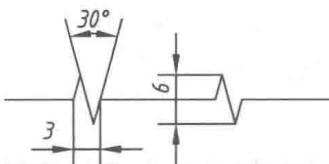
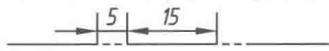
① 摘自 GB/T 14691—1993《技术制图 字体》。

1.1.4 图线^①

机械图样中采用粗、细两种线宽，宽度比为 2：1，设粗线的线宽为 d ， d 应根据图样的类型、图的大小和复杂程度在 0.25、0.35、0.5、0.7、1、1.4 和 2 mm 中确定，优先采用 0.5 或 0.7。在本课程作业中，粗线宽度一般以 0.7 mm 为宜。

表 1-3 所示是机械图样中常用的 9 种图线的名称、线型、线宽和主要用途。

表 1-3 各种图线的名称、线型、线宽和主要用途

图线名称	线 型	线宽	主 要 用 途
粗实线		d	可见棱边线、可见轮廓线、可见相贯线等
细实线		$0.5d$	过渡线、尺寸线、尺寸界线、指引线和基准线、剖面线、重合断面的轮廓线等
细虚线		$0.5d$	不可见棱边线、不可见轮廓线等
细点画线		$0.5d$	轴线、对称中心线等
波浪线		$0.5d$	断裂处的边界线，视图与剖视图的分界线
双折线		$0.5d$	断裂处的边界线
细双点画线		$0.5d$	相邻辅助零件轮廓线、可动零件的极限位置的轮廓线、假想的轮廓线、中断线等
粗虚线		d	允许表面处理的表示线
粗点画线		d	限定范围表示线

注：虚线中的“短画”和“短间隔”，点画线和双点画线中的“长画”、“点”和“短间隔”的长度，国标中有明确的规定，表中所注的相应尺寸(单位为 mm)仅作为手工画图时的参考。为了图样清晰和绘图方便起见，可按习惯用很短的短画代替点。

图 1-4 用正误对比的方法说明了图线画法的注意点：

- (1) 在同一图样中，同类图线的宽度应基本一致。同一条虚线、点画线和双点画线的短画、长画的长度和间隔应各自大致相等。
- (2) 画圆的对称中心线(细点画线)时，圆心应为长画的交点。点画线和双点画线的首末两端应是长画而不是点。

① 摘自 GB/T 17450—1998《技术制图 图线》、GB/T 4457.4—2002《机械制图 图样画法 图线》。

- (3) 在较小的图形上绘制细点画线、细双点画线有困难时, 可用细实线代替。
- (4) 轴线、对称线、中心线和作为中断线的细双点画线, 应超出轮廓线 2~5 mm。
- (5) 点画线、虚线和其他图线相交时, 应交在长画、短画处, 不应交在间隔或点处。
- (6) 当虚线在粗实线的延长线上时, 在虚线和粗实线的分界点处, 虚线应留出间隙。当虚线圆弧和虚线直线相切时, 虚线圆弧的短画应画到切点, 而虚线直线需留出间隙。
- (7) 当有两个以上不同类型的图线重合时, 应遵循以下的优先顺序: 粗实线、虚线、细点画线、双点画线、细实线。

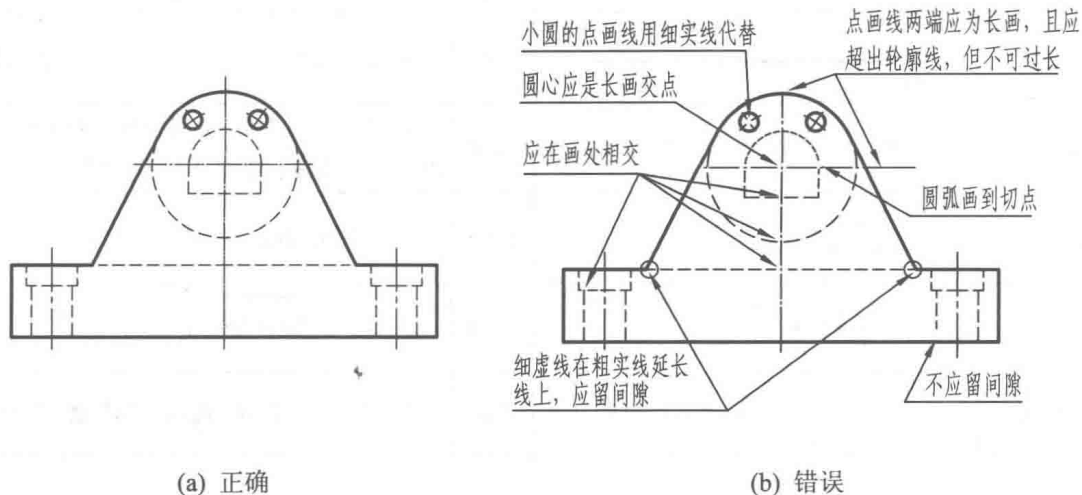


图 1-4 图线画法的注意点

1.2 尺规绘图工具、仪器及作图方法

绘制机械图样可用仪器绘图、徒手绘图和计算机绘图三种方法。仪器绘图, 也称为尺规绘图, 需要依靠制图工具(丁字尺、三角板等)和绘图仪器(圆规、分规等)作图。本节只介绍尺规绘图工具、仪器的操作方法和绘图步骤, 徒手绘图及其画法将在 1.3 节介绍, 计算机绘图方法将在第 11、12 章讲述。

1.2.1 绘图工具和仪器及使用方法

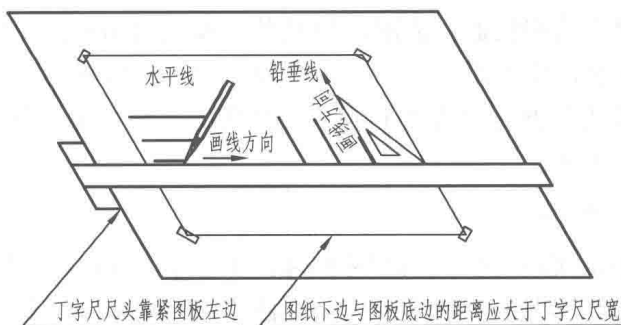
常用的绘图工具有铅笔、图板、丁字尺、三角尺、比例尺等, 常用的仪器有圆规、分规等, 其他还有胶带纸、削笔刀、砂纸、橡皮等。

1. 铅笔

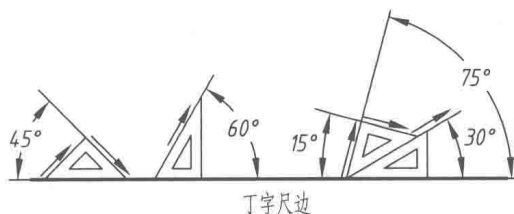
一般将 2H 或 H 铅笔的铅芯削成很尖的锥形, 用来画图样中的底稿线和描深的细线; 将 B 或 HB 铅笔的铅芯削成较钝的锥形或厚度等于粗线线宽的楔形或长方形, 用来画粗线。写字用 HB 铅笔, 铅芯要磨得稍钝。沿尺边画线时, 铅芯要靠着尺边, 位于垂直于图纸的平面内, 不要向外或向内倾斜。底稿线应细、淡, 描深时应适当用力, 使细线细而明显, 粗线则粗而浓。

2. 图板、丁字尺和三角板

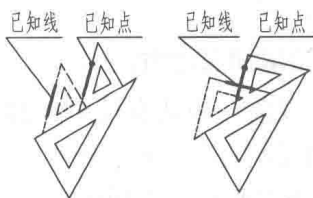
如图 1-5(a)所示, 将图纸用胶带纸固定在画板上, 画图时, 丁字尺头部要靠紧图板左边, 按需在图板和图纸上做上下移动。用丁字尺、三角板画与水平线成 30° 、 45° 、 60° 、 15° 和 75° 斜线的方法见图 1-5(b)。用三角板配合过已知点作已知线的平行线和垂直线的方法见图 1-5(c)。



(a) 在图板上固定图纸和画水平线、铅垂线的方法



(b) 丁字尺与三角板配合画 15° 整数倍的斜线



(c) 两块三角板配合作已知线的平行线或垂直线

图 1-5 图板、丁字尺、三角板的用法

3. 圆规、分规和比例尺

圆规的一脚为针尖, 一脚为铅芯。如图 1-6 所示, 使用圆规前, 应先调整针脚, 使针尖略长于铅芯。铅芯可磨成铲形, 描深时, 铅芯应比描相同线型的直线的铅芯软一号。画圆时, 针脚应垂直纸面, 按顺时针方向旋转并将圆规向前进方向倾斜。画直径较大的圆, 应使圆规两脚都垂直纸面。

分规的两个脚都是针尖脚, 两脚的针尖在并拢后应能对齐。分规常用于以试分法等分线段、圆周和圆弧。

比例尺是刻有不同比例的直尺, 常见的形式如图 1-7 所示。在这种比例尺上刻有六种不同的比例, 但市场上供应的这种比例尺所刻的六种比例也不完全相同。

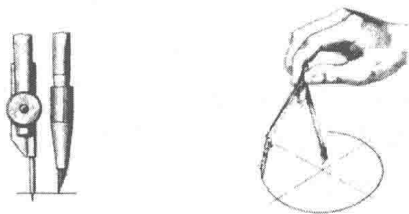


图 1-6 圆规及其用法

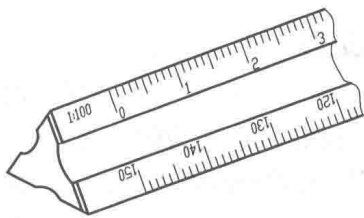


图 1-7 比例尺

1.2.2 尺规绘图步骤

要提高图样质量和绘图速度,除了正确使用绘图工具和仪器外,还必须掌握正确的绘图步骤。

1. 绘图前的准备工作

准备好所用的绘图工具和仪器,磨削好铅笔及圆规上的铅芯;将图纸按对角线方向用胶带纸顺次固定在图板上,使图纸平整。当图纸较小时,应将图纸布置在图板的左下方,但要使图板的底边与图纸下边的距离大于丁字尺的宽度;使光线从图板的左前方射入,并将需要的工具放在方便之处。

2. 画底稿的方法和顺序

先画图框、标题栏,后画图形。画图形时,先画轴线或对称中心线,再画主要轮廓,然后画细部;如图形是剖视图或断面图,则最后画剖面符号或剖面线(关于剖视图、断面图和剖面符号或剖面线,将在第7章中介绍),剖面符号或剖面线在底稿中只需画出一部分,其余可待加深时再全面画出。图形完成后,画其他符号、尺寸线、尺寸界线等。

3. 铅笔加深的方法

在加深前,应认真校对底稿,修正错误和缺点,并擦净多余线条和污垢。在加深时,应该做到线型正确,粗细分明,连接光滑,图面整洁。铅笔加深的一般步骤如下(仅供参考):

- (1) 加深所有细点画线。
- (2) 加深所有粗实线圆和圆弧。
- (3) 从上向下依次加深所有水平的粗实线。
- (4) 从左向右依次加深所有铅垂的粗实线。
- (5) 从图的左上方开始,依次加深所有倾斜的粗实线。
- (6) 按加深粗实线的步骤依次加深所有细虚线圆及圆弧,水平的、铅垂的和倾斜的细虚线,细实线、波浪线等。
- (7) 画符号和箭头,注尺寸,书写注解和标题栏等。
- (8) 检查全图,如有错误和缺点,即行改正,并作必要的修饰。

1.2.3 几何作图

在绘制机械图样时,常遇到正多边形、椭圆、斜度和锥度、圆弧连接等几何作图问题,下面介绍一些常见的作图方法。

1. 正多边形

如图1-8所示,正三、四、五、六边形可以根据它们外接圆的直径用丁字尺、三角板和圆规作出。以正六边形为例,由于正六边形外接圆的直径 $2R$ 就是其对角线长度,且正六边形的边长等于这个外接圆的半径,因此以边长在外接圆上截取各顶点,即可画出正六边形,如图1-8(d)所示。正三、四、五边形的作图过程请读者自行观察和思考。