



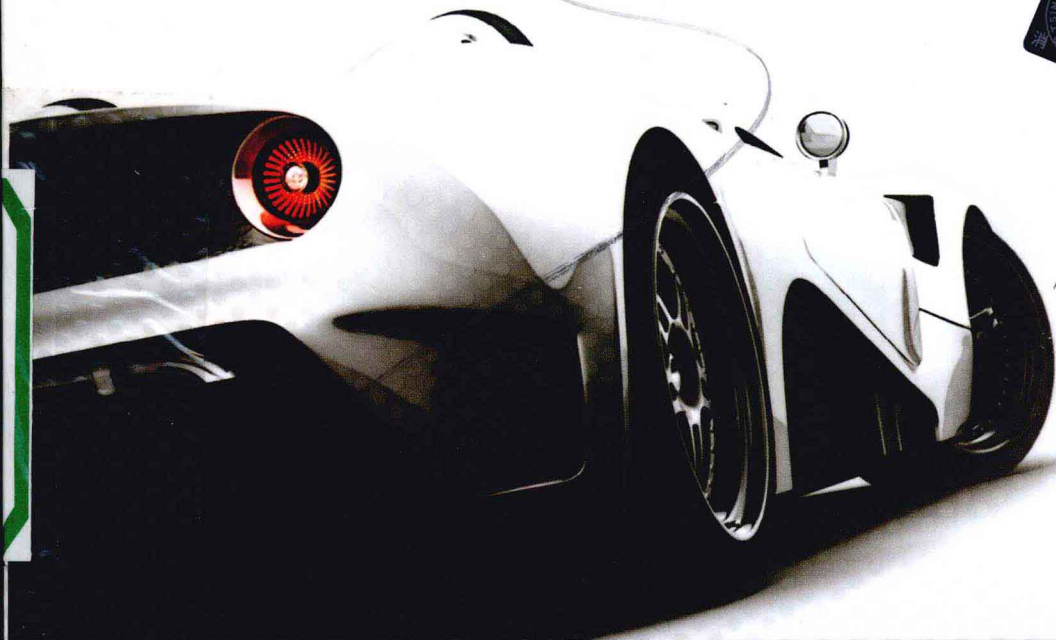
林枫英 编著

AutoCAD 2012

中文版

机械制图基础教程

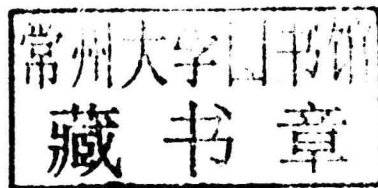
- 图例丰富，生动易懂
- 提供网站习题解答下载
- 提供网站问题咨询服务
- 提供范例的辅助视频教学文件
- 全国第一本结合图学和 AutoCAD 的制图教材
- 完整的手工画图和计算机画图对比，能提高学习兴趣



清华大学出版社

AutoCAD 2012 中文版机械 制图基础教程

林枫英 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是以高职高专机电类专业“十二五”规划教材的内容为主轴,同步结合CAD(计算机辅助制图)软件,并融入其他国际机械制图标准等主题的一本好书,而且随书附赠的光盘中包含所有范例源文件和相关的视频文件,使学子们可以在走出校门前就以最符合现实状况的正确学习方向、最有效率的学习方式来学好图学和机械制图。另外,本书也为用书教师提供了PowerPoint教学幻灯片文件、视频教学文件、图形文件以及习题解答等资源。

本书共分为两篇。第1篇为前5章,专门讲述图学和AutoCAD的基本操作,目的是创建绘图构思需要的几何概念,以及熟悉AutoCAD软件工具的操作。第2篇的后5章就进入专业领域,开始指导机械专业的制图标准和惯例,希望学子们能绘出符合专业要求的图样。

本书适合机械等相关行业的所有设计和制图人员,同时也是机械本科或相关科系的最佳学习教材。它能让学子们真正地面对这一套以3D理念来设计的大型CAD软件。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

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

AutoCAD 2012 中文版机械制图基础教程/林枫英编著. --北京:清华大学出版社,2012
ISBN 978-7-302-29364-4

I. ①A… II. ①林… III. ①机械制图—AutoCAD 软件—高等职业教育—教材 IV. ①TH126

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第158616号

责任编辑:张彦青 杨作梅

封面设计:杨玉兰

责任校对:周剑云

责任印制:何 芊

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

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印 刷 者:北京世知印务有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:26.5 字 数:644千字

(附DVD1张)

版 次:2012年8月第1版

印 次:2012年8月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:53.00元

前 言

随着我国工业进入国际化(与国际接轨)的现状,面对天真、内心如白纸般的学子们,身为老师的我们,实在应以现阶段的企业需要为主,对现有的教材做调整,以使学子们能够适应他们未来要进入的就业环境。

就在这样的目标下,本书将以高职高专机电类专业“十二五”规划教材的内容为主轴,并融入以下两类务实主题。

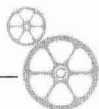
(1) 同步结合 CAD(计算机辅助制图)软件,来实现图学与机械制图。我们选择 AutoCAD 这套时下入门必学的 CAD 软件,来作为实现图学与机械制图的软件。但并不是等理论讲完再学它,而是边讲边应用。因为 CAD 软件也是根据图学和制图惯例来设计的,以现代的观点来说,它们不是需要分两个阶段来学习的个体,而是应该视为一体对照来教学的。这样,大家才会知道为什么 CAD 软件可以成功地取代三角板、量角器、丁字尺等制图用具,同时了解即便 CAD 软件所提供的绘图功能可以快速地绘出精准的图形,但也必须正确运用手工绘图所用的几何概念(即图学)。

(2) 为让学子们具备国际化概念,本书将以国内教材大纲为主轴,并结合台湾地区和美国的同类教材内容进行介绍。在机械制图方面,GB 标准一向是国人熟悉的标准,但是现在面对国际图面的企业越来越多,企业需要的是一位既可以对内也可以对外识图的人才;因此,本书会在内容上,融合偏日系的台湾地区和美国的同级教材,以此培养学子们的国际观,使他们在遇到日本或欧美国际图面时,也能轻松识图。

本书是一本综合传统图学、机械制图与 CAD 软件的现代机械制图教材。我们根据传统的机械制图内容来编写,但是内容却融合了现代企业的需求,让学子们在未来就业时,在概念和基本能力上能跟上企业用人的需要。所以,本书在教学内容和表现手法上都称得上是创举。

本书的主题都是基础的,只要是高职高专以上程度者,不论是学校、培训班或是自学都可以使用,但主要适用于所有机械相关科系。下表用来介绍本书章节,并建议用书教师的上课时数。

章	内 容	建 议	建议授课时数	
			培 训 班	学 校
几何图学篇			60 小时	一学期 每周 3 小时
第 1 章	几何图学和计算机辅助绘图	高职高专必教		
第 2 章	AutoCAD 2012 入门	高职高专必教		
第 3 章	手工画图比不上的 CAD 功能	高职高专必教		
第 4 章	用 AutoCAD 实现基本图学	高职高专必教		
第 5 章	基本几何视图	高职高专必教		



续表

章	内 容	建 议	建议授课时数	
			培 训 班	学 校
机械制图篇			60 小时	一学期 每周 3 小时
第 6 章	认识机械制图标准	高职高专必教		
第 7 章	机械工程图概论	高职高专必教		
第 8 章	常用标准零件与查表 (螺纹紧固件、键、销、弹簧、齿轮、轴 承等)	高职高专必教		
第 9 章	机械专业的尺寸标注	高职高专必教		
第 10 章	实物测绘和徒手画	高职高专必教		

在上表中，本书将分为两篇。第 1 篇包含前 5 章，专门讲述图学和 AutoCAD 的基本操作，目的是创建绘图构思所需要的几何概念，以及熟悉 AutoCAD 软件工具的操作。第 2 篇的后 5 章就进入专业领域，开始指导机械专业的制图标准和惯例，以希望学子们能绘出符合专业要求的图样。

除此之外，本书将为用书老师提供教师光盘，光盘中包含以下资源。

- 本书习题解答。
- 本书教学幻灯片。
- 本书的补充教材。

注意：只要采用本书作为上课的教材，用书老师就可以到本工作室网站(www.dragon-2g.com)，本书的专属网页中下载教师光盘文件。然后，再 E-mail(dragon.dragon2@msa.hinet.net)给本工作室，询问该文件的解压密码(须提供教师身份证明)。

各位亲爱的读友！这是个讲求服务质量与顾客至上的时代，也是我们一直勉力自持的重要信念。事实上，这个信念已经得到广大读者的认同，以及实际的支持、鼓励和回应。工作室全体人员在此表示感谢，并将继续推出好书来报答各位！不论是龙震工作室，还是二代龙震工作室，我们开发的计算机书籍共同的特点在于：

- 个性化的服务，理论与专业的完美结合。书中摒弃一般图书只注重理论功能介绍，而忽视读者本身专业需要的缺点，既介绍了软件功能的使用技巧，又结合了读者专业的特点，同时也注重现实的需求。
- 以图例形式来完成对操作过程的解说，避免使用冗长文字来破坏思考，是龙震工作室所著书籍的一贯特色。
- 以全步骤式图例配合重点视频。全步骤式的图例和视频教学互相搭配，让学习更有效率。
- 网站技术支持。凡是购买二代龙震工作室图书的读者，都可以通过“龙震在线”来获得最快捷的支持和服务。同时，网站的内容和服务方式也会不断改进。

您可以像往常一样，通过以下工作室专属网站或电子邮件信箱来提出咨询。

龙震在线: <http://www.dragon-2g.com>

E-mail: dragon.dragon2@msa.hinet.net

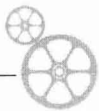
本书在出版过程中,得到了清华大学出版社的大力协助,在此深表感谢。我们还要对广大支持我们的读者,致以崇高的敬意和谢意,您的支持使我们所著书籍得以持续,也让我们提供的长期免费服务得以坚持!再次感谢各位!

二代龙震工作室

目 录

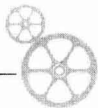
第 1 篇 几何图学篇

第 1 章 几何图学和计算机辅助绘图1	
1.1 几何图学概论.....2	
1.2 CAD/CAM/CAE 概论.....5	
1.3 CAD 的专用设备.....8	
1.3.1 数字化仪.....8	
1.3.2 大型绘图仪.....9	
1.4 CAD 绘图取代手工绘图的项目.....10	
1.4.1 绘图板与丁字尺的取代.....10	
1.4.2 橡皮擦与擦线板的取代.....11	
1.4.3 基本几何图形的取代.....12	
1.4.4 三角板与量角器的取代.....12	
1.4.5 分规的取代.....14	
1.4.6 曲线板与可挠曲线规的取代.....15	
1.4.7 比例尺的取代.....15	
1.4.8 字规的取代.....16	
1.4.9 上墨调线粗细的取代.....17	
习题.....19	
第 2 章 AutoCAD 2012 入门21	
2.1 本书图例与视频文件说明.....22	
2.2 AutoCAD 概论.....22	
2.2.1 本书采用的 AutoCAD 版本.....22	
2.2.2 AutoCAD 2012 版的主操作窗口.....23	
2.2.3 本书中用到的 AutoCAD 命令范围.....31	
2.3 AutoCAD 2012 版的基本操作.....32	
2.3.1 键盘按键定义说明.....32	
2.3.2 鼠标按钮功能.....36	
2.3.3 自动命令完成功能和最近输入功能.....37	
2.3.4 AutoCAD 的命令提示操作..... 38	
2.3.5 AutoCAD 的选择方式..... 39	
2.4 图面的缩放和平移..... 42	
2.5 AutoCAD 2012 版的系统设置..... 43	
2.5.1 十字光标的长短设置..... 43	
2.5.2 调整绘图区的背景颜色..... 44	
2.5.3 设置图形文件自动备份的时间、修改备份的图形文件名和密码..... 44	
2.5.4 变更圆与圆弧的显示分辨率..... 46	
2.5.5 图形文件添加密码..... 47	
2.6 使用图框样板文件..... 47	
2.6.1 调用图框样板文件..... 47	
2.6.2 LTSCALE 和 DIMSCALE 命令..... 49	
2.7 AutoCAD 的 2D 打印..... 50	
2.7.1 安装打印机或绘图仪..... 50	
2.7.2 创建打印样式表..... 51	
2.7.3 正式打印..... 53	
2.7.4 打印问题集..... 55	
2.8 初学者在 CAD 绘图中的误区..... 56	
习题..... 58	
第 3 章 手工画图比不上的 CAD 功能 61	
3.1 捕捉的概念..... 62	
3.1.1 实际操作..... 62	
3.1.2 捕捉模式的两种应用..... 64	
3.2 夹点的作用..... 65	
3.3 图层的概念..... 67	
3.3.1 图层的规划..... 67	



3.3.2	图层的设置操作.....	67	4.3.3	两等分一角.....	111
3.3.3	ByLayer 和 ByBlock 名词的 解说.....	69	4.3.4	画三角形的内切圆.....	112
3.4	块的概念.....	69	4.3.5	已知三边长画三角形.....	112
3.4.1	BLOCK(创建块命令).....	70	4.3.6	从圆外一点画圆的切线.....	113
3.4.2	WBLOCK(创建全局块)命令.....	71	4.3.7	画两圆的内公切线.....	113
3.4.3	INSERT(插入块)命令.....	72	4.3.8	过线外一点画切于直线的 圆弧.....	114
3.4.4	实作范例.....	73	4.3.9	画两已知圆间的内切弧.....	114
3.4.5	范例分析.....	76	4.3.10	画一已知圆和一线间的 内切弧.....	115
3.4.6	查询规范的制作.....	77	4.4	修圆角和倒角.....	116
3.4.7	动态块.....	77	4.4.1	画两线间的切弧.....	116
3.5	AutoCAD 的写字功能.....	80	4.4.2	画两线间的倒角.....	117
3.5.1	原理.....	80	4.5	定数等分和定距等分.....	118
3.5.2	STYLE 命令(AutoCAD 的 字规命令).....	80	4.5.1	任意等分一角(线段).....	119
3.5.3	AutoCAD 的写字命令.....	81	4.5.2	任意等分一圆弧或曲线.....	119
3.5.4	FIELD(插入字段命令).....	85	4.6	画多边形.....	120
3.6	AutoCAD 的表格功能.....	87	4.6.1	内切圆的几何画法.....	120
3.6.1	TABLE 命令.....	87	4.6.2	外接圆的几何画法.....	121
3.6.2	输入 Excel 表格.....	88	4.6.3	边线的几何画法.....	122
3.6.3	以表格来加载图形文件的 应用.....	89	4.6.4	已知一边长画正三角形.....	123
3.6.4	运行表格数据的计算.....	89	4.6.5	求多边形的圆心.....	124
3.6.5	将表格转成 Excel 电子 表格.....	91	4.7	画椭圆.....	124
3.6.6	其他的表格编辑技巧.....	92	4.7.1	中心点法画椭圆.....	125
习题.....		96	4.7.2	画内切于菱形的椭圆.....	126
第 4 章 用 AutoCAD 实现基本图学.....		99	4.8	画双曲线.....	126
4.1	AutoCAD 的画图和编辑命令.....	100	4.8.1	PEDIT 命令的应用.....	126
4.2	画图最基本的动作——画线.....	100	4.8.2	已知双曲线的两焦点和顶点 画双曲线.....	129
4.2.1	LINE 和 PLINE 命令的 差别.....	103	4.8.3	过一已知点画等轴双曲线.....	129
4.2.2	画已知直线的平行线(配合 捕捉或 OFFSET 命令).....	104	4.9	画抛物线.....	130
4.3	画点和圆(弧).....	106	4.9.1	已知抛物线的焦点和准线 画抛物线.....	130
4.3.1	两等分一线段或圆弧.....	108	4.9.2	已知抛物线的深度和宽度 画抛物线.....	130
4.3.2	ERASE、BREAK、TRIM 和 EXTEND 命令.....	109	4.10	画阿基米德螺线.....	131
			4.11	画摆线.....	131
			4.11.1	画正摆线.....	132
			4.11.2	画内摆线.....	132

4.11.3 画外摆线.....	133	习题	163
4.12 画渐开线.....	133	第 5 章 基本几何视图	171
4.12.1 画多边形的渐开线.....	133	5.1 点、线、面间的关系	172
4.12.2 画圆的渐开线.....	134	5.1.1 投影的原理和分类.....	172
4.13 画螺旋线.....	134	5.1.2 象限空间的认识.....	172
4.13.1 画圆柱螺旋线.....	134	5.1.3 点的正交.....	173
4.13.2 画圆锥螺旋线.....	135	5.1.4 直线的正交.....	174
4.14 其他的绘图和编辑命令.....	135	5.1.5 直线的正垂视图与端视图.....	174
4.14.1 绘矩形工具(RECTANG 命令).....	135	5.1.6 两条直线的相交、平行 与垂直.....	177
4.14.2 绘样条曲线工具(SPLINE 命令).....	137	5.1.7 平面的正交.....	179
4.14.3 图案填充工具(BHATCH 命令).....	138	5.1.8 平面上的直线和点.....	180
4.14.4 复制和移动工具(COPY 与 MOVE 命令).....	139	5.1.9 平面上的边视图 与正垂视图.....	181
4.14.5 旋转和缩放工具(ROTATE 与 SCALE 命令).....	140	5.1.10 两直线间的夹角.....	183
4.14.6 阵列工具(ARRAYRECT 与 ARRAYPOLAR 命令).....	141	5.2 基本的投影视图	184
4.14.7 镜像工具(MIRROR 命令).....	143	5.2.1 基本视图的形成.....	185
4.14.8 拉伸和拉长工具(STRETCH 和 LENGTHEN 命令).....	144	5.2.2 第一角法和第三角法 投影法.....	185
4.14.9 合并工具(JOIN 命令).....	147	5.2.3 和投影有关的图线.....	187
4.15 AutoCAD 的几何约束工具	148	5.3 等轴测视图	188
4.16 AutoCAD 的尺寸约束工具	154	5.3.1 立体图的种类.....	189
4.17 AutoCAD 的测量工具	157	5.3.2 等轴测图的定义.....	190
4.17.1 LIST(图素资料列出) 命令.....	157	5.3.3 两等轴测图.....	191
4.17.2 ID(显示点坐标) 命令.....	158	5.3.4 不等轴测图.....	191
4.17.3 MEASUREGEOM 命令里的 距离测量命令.....	158	5.4 斜视图	192
4.17.4 MEASUREGEOM 命令里的 半径和角度测量.....	159	5.4.1 斜投影和斜视图的定义.....	193
4.17.5 AREA(面积计算) 命令	159	5.4.2 等斜图.....	193
4.18 现代机械制图的真实情况.....	160	5.4.3 选择物体正面的原则.....	195
4.18.1 AutoCAD 的制图法	160	5.4.4 半斜图.....	196
4.18.2 现实的机械制图流程.....	161	5.5 透视图	197
4.18.3 AutoCAD 现在的角色	161	5.5.1 透视投影和透视图.....	197
		5.5.2 透视投影名词定义.....	197
		5.5.3 透视投影的基本概念.....	198
		5.5.4 透视投影视点位置的选择.....	200
		5.6 剖视图	201
		5.6.1 剖面的功用和定义.....	201
		5.6.2 剖切面和剖面的区别.....	202



5.6.3	剖面线的画法	203
5.6.4	剖视图的种类	204
5.6.5	剖切面的种类	205
5.7	断面图	208
5.8	局部放大图	210
5.9	3D CAD 软件里的视图转换	211
5.9.1	机械 CAD 软件的分级	211

5.9.2	3D CAD 软件中的几何视图 切换	211
5.9.3	3D CAD 软件中的工程视图 切换	213
5.9.4	小结	215
	习题	217

第 2 篇 机械制图篇

第 6 章 认识机械制图标准

6.1	概述	232
6.2	国家制图标准	232
6.3	现代机械制图的基本概念	239
6.4	专业软件资源的使用	240
	习题	242

第 7 章 机械工程图概论

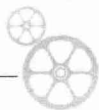
7.1	工程图的定义	244
7.2	绘制机械工程图的程序	244
7.3	机械工程图的种类	244
7.3.1	零件图	244
7.3.2	表格图	247
7.3.3	外形图	248
7.3.4	装配图	249
7.3.5	标准零件和零件表	252
7.4	工程图变更、补充时的处理	253
7.5	工程图的蓝晒	254
7.6	工程图的存储	254
	习题	257

第 8 章 常用标准零部件与查表

8.1	概述	260
8.1.1	准备事项	260
8.1.2	查表的方式	260
8.1.3	GB/T 和 GB 标准的区别	260
8.2	螺纹	261
8.2.1	螺纹原理	261
8.2.2	有关螺纹的名词	261

8.2.3	螺纹类型	263
8.2.4	普通螺纹标记	265
8.2.5	管螺纹标记	265
8.3	螺纹紧固件	267
8.3.1	螺栓紧固件的标记	267
8.3.2	螺纹紧固件连接	267
8.4	螺柱和螺钉	269
8.5	垫圈	270
8.6	挡圈	272
8.7	键和键槽	272
8.8	销	277
8.9	铆钉	280
8.10	弹簧	283
8.10.1	弹簧的作用	283
8.10.2	弹簧的种类	284
8.10.3	和弹簧有关的名词	285
8.10.4	弹簧的绘图	286
8.11	齿轮	292
8.11.1	齿轮的种类	292
8.11.2	齿轮的术语	293
8.11.3	直齿轮的模数	295
8.11.4	标准直齿轮各基本尺寸的 计算公式	295
8.11.5	单个圆柱齿轮的画法	296
8.11.6	圆柱齿轮啮合的画法	297
8.11.7	齿条的画法	297
8.11.8	锥齿轮的画法	298
8.11.9	蜗轮和蜗杆	300
8.12	轴承	302

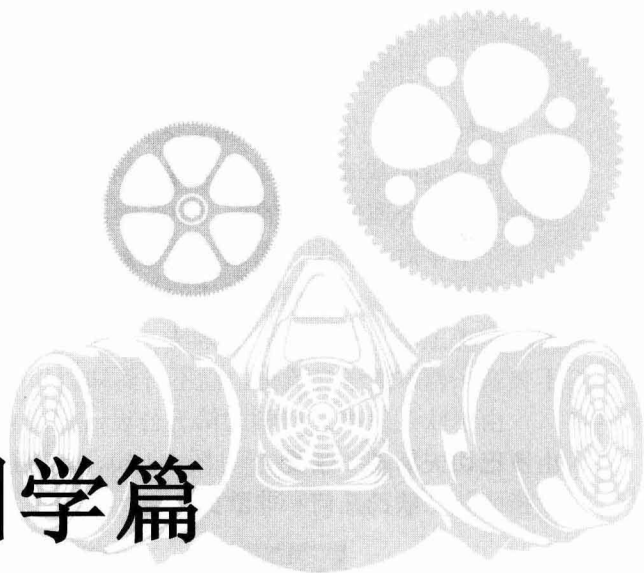
8.12.1 滑动轴承.....	302	9.6.5 尺寸重复的标注原则.....	346
8.12.2 滚动轴承.....	304	9.6.6 尺寸多余的标注原则.....	346
8.12.3 线性轴承.....	306	9.7 尺寸标注的顺序.....	347
8.13 凸轮.....	307	9.8 尺寸标注时的注意事项.....	347
8.13.1 有关凸轮的名词.....	308	9.9 其他尺寸标注命令.....	348
8.13.2 凸轮的运动曲线图.....	309	9.9.1 QDIM(快速尺寸标注)命令... 348	
8.13.3 凸轮从动件的位移线图.....	310	9.9.2 DIMORDINATE(坐标尺寸 标注命令).....	350
习题.....	313	9.9.3 DIMEDIT(尺寸标注编辑) 命令.....	350
第9章 机械专业的尺寸标注	317	9.9.4 DIMTEDIT(尺寸文字编辑) 命令.....	351
9.1 概述.....	318	9.9.5 DIMREASSOCIATE(创建图体 标注关联性)命令.....	352
9.2 尺寸标注定义.....	318	9.9.6 -DIMSTYLE - Apply(更新尺寸 标注).....	352
9.2.1 尺寸线和尺寸界线.....	318	9.10 形位公差.....	352
9.2.2 箭头.....	320	9.10.1 形状公差.....	353
9.2.3 数值.....	321	9.10.2 方向公差.....	353
9.2.4 引线 and 注释.....	323	9.10.3 位置公差.....	353
9.3 尺寸标注样式设置(DIMSTYLE 命令).....	325	9.10.4 跳动公差.....	354
9.4 尺寸标注的画图惯例和标准.....	330	9.10.5 注意事项.....	355
9.5 尺寸标注法.....	330	9.10.6 TOLERANCE(形位公差标注) 命令.....	356
9.5.1 长度标注.....	330	9.11 表面粗糙度.....	362
9.5.2 角度标注.....	332	9.11.1 名词定义.....	362
9.5.3 半径和直径标注.....	332	9.11.2 表面粗糙度评定参数 (GB/T 3505—2000).....	363
9.5.4 球面.....	335	9.11.3 取样长度和评定长度.....	364
9.5.5 弧长.....	336	9.11.4 表面粗糙度符号.....	365
9.5.6 曲线.....	337	9.11.5 表面粗糙度的标注位置.....	368
9.5.7 方形.....	338	9.11.6 表面粗糙度的标注方向.....	370
9.5.8 倒角.....	339	9.11.7 表面粗糙度标注的省略.....	370
9.5.9 锥度.....	339	9.11.8 分段不同加工的表面 粗糙度标注.....	371
9.5.10 斜度.....	340	9.11.9 表面处理表面粗糙度的 标注.....	372
9.5.11 板厚.....	340	9.11.10 使用代表字的表面粗糙度 标注.....	372
9.5.12 坑座.....	340		
9.5.13 详图标注.....	341		
9.5.14 其他标注.....	341		
9.6 尺寸放置原则.....	343		
9.6.1 尺寸排列的标注原则.....	343		
9.6.2 尺寸基准的标注原则.....	344		
9.6.3 相同形态的标注原则.....	345		
9.6.4 对称形态的标注原则.....	346		



9.11.11 表面粗糙度标注时应该避免的情况.....	372	10.1.1 实物测绘的意义.....	386
9.11.12 常用机件的表面粗糙度标注.....	373	10.1.2 草图的概念.....	386
9.11.13 代用的表面粗糙度.....	373	10.1.3 实物测绘的顺序.....	387
9.12 机械专业 CAD 软件里的尺寸标注专业功能.....	374	10.1.4 认识测量工具.....	387
9.12.1 一般尺寸标注.....	374	10.1.5 测量的操作方法.....	391
9.12.2 公差标注.....	375	10.2 徒手绘制.....	398
9.12.3 表面粗糙度符号.....	376	10.2.1 徒手绘制和计算机绘图间的关系.....	399
习题.....	378	10.2.2 徒手绘制的基本技巧.....	400
		10.2.3 描形法/印形法/取形法.....	402
		习题.....	405
第 10 章 实物测绘和徒手画	385	附录 A 如何使用本书范例光盘和服务	409
10.1 实物测绘.....	386		

第 1 篇

几何图学篇



第 1 章

几何图学和计算机辅助绘图

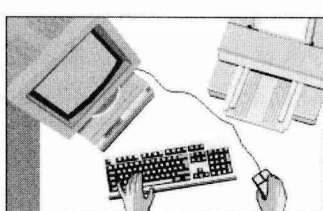
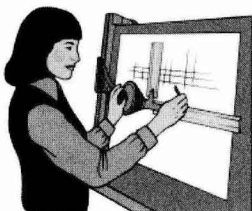
本章学习目标是：

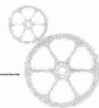
- 了解几何图学的几何概念在机械制图中的影响。
- 了解 CAD(计算机辅助绘图)软件在“制图革命”中所扮演的角色。
- 了解几何图学和 CAD 工具命令间的关系。

学完本章后，大家会惊异地发现：原来 CAD 的基本功能都是按图学的理论设计的。这会让学子们对原本枯燥无味的图学产生兴趣，从而在学习绘图的初级阶段，就具备完整且正确的几何概念。

具备基础的几何概念会影响到未来的立体建模能力，影响不可谓不大！然而，CAD 不只是取代手工绘图而已，它还有很多手工做不到的功能，以及计算机本身的优势。因此，在 20 世纪 80 年代个人计算机的功能突飞猛进之后，就很顺利地被工程界所接受，从而引发了“制图界的宁静革命”！

因此，将图学和 CAD 分开讲是不合适的，只有将它们放在一起讲，才能够将概念集成地融进学子们的脑海中，并印象深刻！





1.1 几何图学概论

几何学有悠久的历史。最古老的**欧氏**(欧几里得参见图 1-1(a))几何基于一组公设和定义,人们在公设的基础上运用基本的逻辑推理构建出一系列的命题。可以说,欧几里得的《几何原本》是公理化系统的第一个范例,对西方数学思想的发展影响深远。

一千年后,笛卡儿在《**方法论**》的附录《**几何**》中,将坐标引入几何,带来了革命性进步。从此之后,几何问题就能以代数的形式来表达。实际上,几何问题的代数化在中国数学史上是一种很重要的方法。笛卡儿的发明创造,是否有东方数学的影响在里面,由于欠缺东西方数学交流史,尚不得而知。

由于欧几里得几何学的第五公设,定义并不清楚,引发了历代数学家的争论。最终,由**罗巴切夫斯基**和**黎曼**(参见图 1-1(b)、(c))创建了两**种非欧几何**。从此,说起“几何”,一般指的就是**欧氏几何**和**非欧氏几何**,两者的差别只在于**第五公设**(Fifth Postulate)的定义。



(a) 欧几里得



(b) 罗巴切夫斯基



(c) 黎曼

图 1-1 欧几里德、罗巴切夫斯基与黎曼

信息补充站 几何学的五大公设

- **第一公设**(First Postulate): 由任意一点到另外任意一点,可以画出直线。
- **第二公设**(Second Postulate): 直线可以无限延长。
- **第三公设**(Third Postulate): 以任意点为中心,以任意距离为半径可画出一圆。
- **第四公设**(Forth Postulate): 凡直角都彼此相等。
- **第五公设**(Fifth Postulate): 同平面内一条直线和另外两条直线相交,若在直线同侧的两个内角之和小于 180° ,那么这两条直线经无限延长后,在一侧一定相交。因此,第五公设又称为“**平行公设**”。它可以导出命题(Proposition): 通过一个不在直线上的点,而且仅有一条不与该直线相交的直线。

长期以来,数学家们发现第五公设和前四个公设比较起来,显得文字叙述冗长,而且不是那么显而易见。有些数学家还注意到欧几里得在《几何原本》一书中,直到第二十九个命题中才用到,而且以后再也没有使用过。也就是说,在《几何原本》中可以不依靠第五公设而推出前二十八个命题。

因此,一些数学家提出,第五公设能不能不作为**公设**(Postulate),而作为**定理**(Theorem)?能不能依靠前四个公设来证明第五公设?这就是几何发展史上最著名的,争论了长达两千

多年的关于“平行线理论”的讨论(数学断言顺序是公理→公设→命题→定理。所以,公设是命题、定理的逻辑源头;命题、定理部分则是公设逻辑推论的必然结果。不同的公设有不同的逻辑推论结果,也就会得到不同的理论系统)。

注:

(1) **公理**(Axioms)是在任何数学学科里都适用,不需要证明的基本原理。**公设**(Postulate)则是在几何学里,不需要证明的基本原理,也就是现代几何学里的公理。

(2) 可以判断是正确的或错误的句子叫做“**命题**”(Proposition)。正确的命题称为真命题,错误的命题则称为假命题。有些命题可以从公理或其他真命题出发,用逻辑推理的方法判断它们是正确的,并且可以进一步作为判断其他命题真假的依据,这样的真命题就叫做“**定理**”(Theorem)。例如,运用公理“两角及其夹边分别对应相等的两个三角形全等”,可以得到定理:“两角及其一角的对边分别对应相等的两个三角形全等。”

由于证明第五公设的问题始终得不到解决,人们逐渐怀疑证明的路子走的对不对?第五公设到底能不能证明?

到了19世纪20年代,俄国喀山大学教授罗巴切夫斯基在证明第五公设的过程中,走了另一条路子。他提出了一个和欧氏平行公理相矛盾的命题,用它来代替第五公设,然后与欧氏几何的前四个公设结合成一个公理系统,展开一系列的推理。他认为如果这个系统为基础的推理中出现矛盾,就等于证明了第五公设。我们知道,这其实就是数学中的反证法。

但是,在他极为细致深入的推理过程中,得出了一个又一个在直觉上匪夷所思,但在逻辑上毫无矛盾的命题。最后,罗巴切夫斯基得出两个重要的结论:

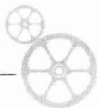
(1) 第五公设不能被证明。

(2) 在新的公理体系中展开的一连串推理,得到了一系列在逻辑上无矛盾的新的定理,并形成了新的理论。这个理论像欧氏几何一样是完善的、严密的几何学。

这种几何学被称为罗巴切夫斯基几何,简称“**罗氏几何**”。这是第一个被提出的**非欧几何学**。

几何学的现代化归功于**克莱因**和**希尔伯特**(参见图1-2)等人。克莱因在普吕克的影响下,应用群论的观点将几何变换视为特定不变量约束下的变换群,而希尔伯特为几何奠定了真正的科学公理化基础。**几何学公理化**的影响是极其深远的,它对整个数学的严密化具有极其重要的先导作用。它对数理逻辑学家的启发也是相当深刻的。简单地说,“**几何就是使用图形来表达一个通过精密数学计算后的结果**”。

几何最早的有记录的开端可以追溯到古埃及数学、古印度数学和古巴比伦数学,其年代大约始于公元前3000年。早期的几何学是关于长度、角度、面积和体积的经验原理,被广泛用于测绘、建筑、天文和各种工艺的实际制作中。在它们之中,有令人惊讶的复杂的原理,以至于现代的数学家很难不用微积分来推导它们。例如,埃及和巴比伦人都在毕达哥拉斯之前1500年,就知道毕达哥拉斯定理(勾股定理);埃及人有正确的方形棱锥台(截头金字塔形)体积公式;而巴比伦早已拥有三角函数表。中国文明和其对应时期的文明发达程度应该是相当的,因此它可能也有同样发达的数学,但是没有那个时代的历史遗迹可以让我们确认这一点。可能是因为中国很早就使用无法永久保存的纸,而不是用陶土或者石刻



来记录他们的成就。



克莱因



希尔伯特

图 1-2 克莱因和希尔伯特

“几何”(Geometric)这个词最早来自希腊语“**γεωμετρία**”，由“**γέα**”(土地)和“**μετρεiv**”(测量)两个词合成而来，指土地的测量，即“测地术”。后来拉丁语化为“**Geometria**”。中文中的“几何”一词，最早则是在明代利玛窦和徐光启合译《几何原本》(参见图 1-3)时，由徐光启所创。当时并未给出根据，后人一般认为“几何”可能是拉丁化的希腊语“**Geo**”的音译，另一方面由于《几何原本》中也有利用几何方式来阐述数论的内容，所以也有可能是 **Magnitude**(大小、数值)的意思，所以一般认为几何是 **Geometria** 的音、意并译。



利玛窦



徐光启



合译的《几何原本》

图 1-3 利玛窦和徐光启及其合译的《几何原本》

20 世纪中叶以来，传统图学理论的研究已将画法几何与各种传统几何学(如平面几何、立体几何、非欧几何、罗氏几何、黎曼几何、解析几何、射影几何、仿射几何、代数几何、微分几何、计算几何和拓扑学等)互相渗透和融合，形成了各种画法几何学，如解析画法几何、画法微分几何、运动画法几何、多维画法几何、非欧画法几何等传统图学理论。

而和我们学习主题有关的是：

- (1) **平面几何**(2D Geometric)。就是指欧几里得几何，也就是本书第 3 章的内容。
- (2) **立体几何**(3D Geometric)。数学上，立体几何就是三维的欧几里得几何，一般作为平面几何的后续课程(详见本工作室已出版的 **SolidWorks** 或 **Pro/ENGINEER** 方面的系列书)。
- (3) **工程图学**(Engineering Graphics)。一门以图形为研究对象，用图形来表达专业设计

思维的学科,也就是本书第 2 篇的内容。在工程技术界中由于“形”信息的重要性,工程技术人员均将工程图学作为其基本素质及基本技能之一来看待。如果看不懂“图”,那么在企业中就等于人没有了空气和水。

(4) **计算机图形学**(Computer Graphics, CG)。利用计算机处理图形信息的一门学科,包括图形信息的表示、输入/输出显示、图形的几何变换、图形间的运算,以及人机交互绘图等方面的技术。计算机图形学既是一门科学,包括一些数学基础和理论;又是一门技术,包括一些技巧和方法。掌握此学科的理论和技术,就可以设计出 CAD/CAM/CAE 这类的软件(下一节说明)。AutoCAD 就是体现计算机图形学的典型软件。但是对我们来说,我们并非设计者,而是应用者。

1.2 CAD/CAM/CAE 概论

20 世纪 60 年代,当所谓的“计算机”(Computer)名词问世时,设计计算机最初的目的是要用来对付科学家们最头痛的庞大数字运算和资料储存。换句话说,其实在那个时代,计算机是给专业的科学家使用的,普通人是难以窥知计算机全貌的。

因此,可想而知:CAD 一定也是在那个时代最需要被用在计算机上的,因为科学家或专业工程师们非常需要将运算后的结果转化成图形或直接在计算机上设计或绘制工程图。所以,CAD 的概念最早就是由大计算机上转移下来的。

在那个年代里,可以使用 CAD 的人简直数得出来。可是,您也不要羡慕这群天之骄子,因为当时计算机才刚开始发展,体积大而且运行速度慢,所以他们也用得很辛苦。即便如此,运用计算机的可行性已在当时被肯定了。因为就算计算机运行的速度较慢,也远比人工作业来得快且正确。因而,在 1970—1985 年这段时间正是 CAD 开始发展的重要时期。

而对 CAD 的发展来说,20 世纪 50 年代中期所开始的程序化设计(就是如 FORTRAN 这类,现在通称的高级计算机程序语言)的诞生,使得软件设计师得以利用程序语言来设计更好用的软件,应该也是 CAD 的源头。AutoCAD 就是用 C 语言编写的,而我们也可以在 AutoCAD 中使用像 AutoLISP、Visual LISP、Visual Basic Application(VBA)或是 AutoC(ARX)等语言来补充 AutoCAD 的功能。这些都是拜高级语言的发展和进化所赐。

1958 年美国 Calcomp 公司发明了滚筒式绘图仪,而 GerBer 公司则研制出第一台平板式绘图仪。

1960 年初,美国的麻省理工学院史凯屈佩特教授,以 1955 年林肯实验室的 SAGE 系统所开发出的全世界第一支光笔(见图 1-4)为基础,提出了所谓“计算机图形”的研究计划。这个计划就是将一阴极射线管接至一台名为“旋风 1 号”(Whirlwind I)的计算机上,再利用一手持的光笔来输入资料,使计算机透过在光笔上的感应物来感应出其在屏幕上的当前位置,并取其坐标值以将之存于内存中。

您看!以前有多困难,这个阴极射线管就是我们所说的计算机显示屏幕。那支光笔现在可能是更先进的鼠标、数字化仪或触笔。那计算机呢?如图 1-5 所示。