



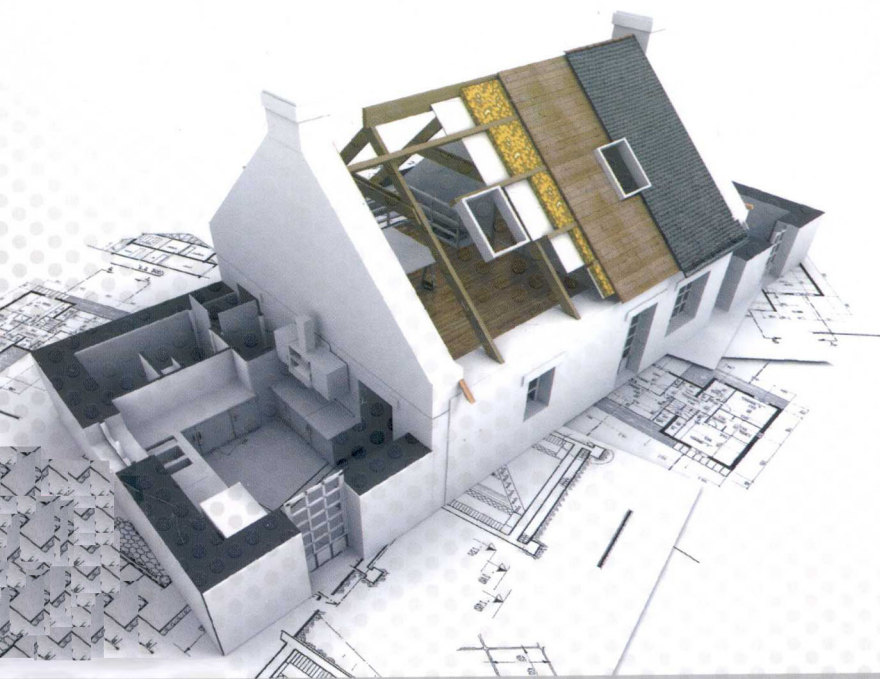
林枫英 编著

# AutoCAD 2012

中文版

## 建筑制图基础教程

- 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 中文版建筑制图基础教程**

林枫英 编著

清华大学出版社

北 京

## 内 容 简 介

这是一本兼顾理论与实务,内容完整的 AutoCAD 专业权威图书,随书附赠的光盘内容为本书所有源文件和相关的视频文件,使读者在学习与工作中更加得心应手。

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)软件等务实主题的教材,使学生在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建筑制图。本书为用书老师提供了 PowerPoint 教学幻灯片文件、视频教学文件、教学幻灯片文件和图形文件,以及习题解答等资源。

本书分为两篇。前 5 章是第 1 篇,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 篇为后 4 章,指导建筑专业的制图标准、制图惯例与识图。

本书适合建筑等相关行业的所有设计和制图人员,也是建筑本科或相关科系的最佳学习教材。

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 中文版建筑制图基础教程/林枫英编著. —北京:清华大学出版社, 2012  
ISBN 978-7-302-29442-9

I. ①A… II. ①林… III. ①建筑制图—计算机辅助设计—AutoCAD 软件—教材 IV. ①TU204  
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 161343 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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

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

印 刷 者:清华大学印刷厂

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:21.25 字 数:514 千字

附 DVD1 张

版 次:2012 年 9 月第 1 版

印 次:2012 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:43.00 元

# 前 言

随着我国工业进入国际化(与国际接轨)的状态,面对天真、内心如白纸般的学子们,身为教师的我们,有必要以现阶段的企业需要,对现有的教材作调整,以符合他们未来要进入的就业环境。

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)软件实现图学与建筑制图

我们选择 AutoCAD 这套时下入门必学的 CAD 软件作为实现图学与建筑制图的软件。但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,而是应该视为一体来对照学习。这样,才知道为什么 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绘出精准的图形,但是也必须正确运用手工绘图所用的几何概念(即图学)。

## 2. 融入 3D CAD 软件的概念

本书内容虽然以 2D 绘图的主题为主,但是随着 3D CAD 软件功能的增强,现代的建筑制图流程已经有了些许变化。因此,本书将在传统建筑制图的主题中,加入现代建筑工程图面生产流程的描述。

本书是一本综合传统图学、建筑制图与 CAD 软件的现代建筑制图教材。我们根据传统的建筑制图内容来编写,但却是融合现代建筑业界的需求,让学子们在未来就业时,在概念和基本能力上能达到建筑专业用人的标准。

本书的主题都是基础的,只要是高职高专以上程度者,不论是在学校、培训班或是自学都可以使用,主要适用于所有建筑相关科系。下表介绍本书章节,并给出用书教师的上课时数的建议。

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
1	几何图学和计算机辅助绘图	高职高专必教		
2	AutoCAD 2012 入门	高职高专必教		
3	手工画图比不上的 CAD 功能	高职高专必教		
4	用 AutoCAD 实现基本图学	高职高专必教		
5	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
建筑制图篇			60 小时	一学期
6	认识建筑制图标准	高职高专必教		每周 3 小时
7	建筑工程图概论	高职高专必教		
8	房屋施工图识图	高职高专必教		
9	建筑专业的尺寸标注	高职高专必教		

在上表中,本书分为两篇。前5章是第1篇,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篇为后4章,指导建筑专业的制图标准和惯例。

除此之外,本书为用书教师提供了教学光盘,此光盘将包含以下资源:

- 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,用书教师就可以到本工作室网站([www.dragon-2g.com](http://www.dragon-2g.com))上,在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](mailto:dragon.dragon2@msa.hinet.net))给本工作室,询问该文件的解压密码(需提供教师身份证明)。

亲爱的读者!这是个讲求服务质量与顾客至上的时代,也是我们一直勉励自持的重要信念。事实上,这个信念已经得到广大读者的认同。工作室全体成员在此除了感谢您之外,并将继续出好书来报答各位!不论是龙震工作室,还是二代龙震工作室,开发的计算机书籍共同的特性有以下几点:

- 个性化的服务,理论与专业的完美组合。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。

读者可以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](mailto: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。还要对广大支持我们的读者，致以十二万分的敬意和谢意，在本工作室图书出版的过程中，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！

二代龙震工作室

# 目 录

## 第 1 篇 几何图学篇

<b>第 1 章 几何图学和计算机辅助绘图</b> .....1	2.3.3 自动命令完成功能和最近输入功能..... 37
1.1 几何图学概论.....2	2.3.4 AutoCAD 的命令提示操作..... 37
1.2 CAD/CAM/CAE 概论.....5	2.3.5 AutoCAD 的选择方式..... 38
1.3 CAD 的专用设备.....9	2.4 图样的缩放和平移..... 41
1.3.1 数字化仪.....9	2.5 AutoCAD 2012 版的系统设置..... 42
1.3.2 大型绘图仪.....10	2.5.1 十字光标的长短设置..... 42
1.4 CAD 画图取代手工画图的项目.....11	2.5.2 调整绘图区的背景颜色..... 43
1.4.1 画图板与丁字尺的取代.....11	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..... 43
1.4.2 橡皮擦与擦线板(或称“消字板”)的取代.....12	2.5.4 变更圆与圆弧的显示分辨率... 45
1.4.3 基本几何图形的取代(圆规或各种圈圈板).....13	2.5.5 为图形文件加密码..... 45
1.4.4 三角板与量角器的取代.....13	2.6 使用图框样板文件..... 46
1.4.5 分规的取代.....15	2.6.1 调用图框样板文件..... 46
1.4.6 曲线板与可挠曲线规的取代.....15	2.6.2 LTSCALE 和 DIMSCALE 命令..... 47
1.4.7 比例尺的取代.....15	2.7 AutoCAD 的 2D 打印..... 49
1.4.8 字规的取代.....16	2.7.1 安装打印机或绘图仪..... 49
1.4.9 上墨调线粗细的取代.....17	2.7.2 创建打印样式表..... 49
习题.....19	2.7.3 正式打印出图..... 51
<b>第 2 章 AutoCAD 2012 入门</b> ..... 21	2.7.4 打印问题集..... 53
2.1 本书图例与视频文件说明.....22	2.8 初学者在 CAD 绘图中的误区..... 54
2.2 AutoCAD 概论.....22	习题..... 56
2.2.1 本书采用的 AutoCAD 版本.....22	<b>第 3 章 手工画图比不上的 CAD 功能</b> ..... 59
2.2.2 AutoCAD 2012 版的主操作窗口.....23	3.1 捕捉的概念..... 60
2.2.3 本书中用到的 AutoCAD 命令范围.....31	3.1.1 实际操作..... 60
2.3 AutoCAD 2012 版的基本操作.....32	3.1.2 捕捉模式的两种应用..... 62
2.3.1 键盘按键定义说明.....32	3.2 夹点的作用..... 63
2.3.2 鼠标按钮功能.....36	3.3 图层的概念..... 65



3.3.1	图层的规划.....	65	4.3.5	已知三边长画三角形.....	108
3.3.2	图层的设置操作.....	65	4.3.6	从圆外一点画圆的切线.....	109
3.3.3	ByLayer 和 ByBlock 名词的 解说.....	67	4.3.7	画两圆的内公切线.....	109
3.4	块的概念.....	67	4.3.8	过线外一点画切于直线的 圆弧.....	110
3.4.1	BLOCK(创建块命令).....	68	4.3.9	画两已知圆间的内切弧.....	110
3.4.2	WBLOCK(创建全局块命令)....	69	4.3.10	画一已知圆和一线间的 内切弧.....	111
3.4.3	INSERT(插入块命令).....	69	4.4	修圆角和倒角.....	112
3.4.4	实作范例.....	70	4.4.1	画两线间的切弧.....	112
3.4.5	动态块.....	75	4.4.2	画两线间的倒角.....	113
3.5	AutoCAD 的输入文字功能.....	78	4.5	定数等分和定距等分.....	114
3.5.1	原理.....	78	4.5.1	任意等分一角(线段).....	115
3.5.2	STYLE 命令(AutoCAD 的 字规命令).....	78	4.5.2	任意等分一圆弧或曲线.....	115
3.5.3	AutoCAD 的输入文字命令.....	79	4.6	画多边形.....	115
3.5.4	FIELD(插入字段命令).....	83	4.6.1	内切圆的几何画法.....	116
3.6	AutoCAD 的表格功能.....	84	4.6.2	外接圆的几何画法.....	117
3.6.1	TABLE 命令.....	85	4.6.3	边线的几何画法.....	117
3.6.2	输入 Excel 表格.....	85	4.6.4	已知一边长画正三角形.....	118
3.6.3	以表格来加载图形文件的 应用.....	86	4.6.5	求多边形的圆心.....	119
3.6.4	运行表格数据的计算.....	86	4.7	画椭圆.....	119
3.6.5	将表格转成 Excel 电子 表格格式.....	88	4.7.1	中心点法画椭圆.....	120
3.6.6	其他的表格编辑技巧.....	89	4.7.2	画内切于菱形的椭圆.....	121
习题.....		92	4.8	画双曲线.....	121
4.8.1	PEDIT 命令的应用.....	121	4.8.1	已知双曲线的两焦点和 顶点来画双曲线.....	124
4.8.2	已知双曲线的两焦点和 顶点来画双曲线.....	124	4.8.2	过一已知点来画等轴 双曲线.....	124
4.8.3	过一已知点来画等轴 双曲线.....	124	4.9	画抛物线.....	125
4.9	画抛物线.....	125	4.9.1	已知抛物线的焦点和准线画 抛物线.....	125
4.9.1	已知抛物线的焦点和准线画 抛物线.....	125	4.9.2	已知抛物线的深度和宽度画 抛物线.....	125
4.9.2	已知抛物线的深度和宽度画 抛物线.....	125	4.10	画阿基米德螺线.....	126
4.10	画阿基米德螺线.....	126	4.11	画摆线.....	126
4.11	画摆线.....	126	4.11.1	画正摆线.....	126
4.11.1	画正摆线.....	126	4.11.2	画内摆线.....	127
4.11.2	画内摆线.....	127	4.11.3	画外摆线.....	127
4.11.3	画外摆线.....	127			



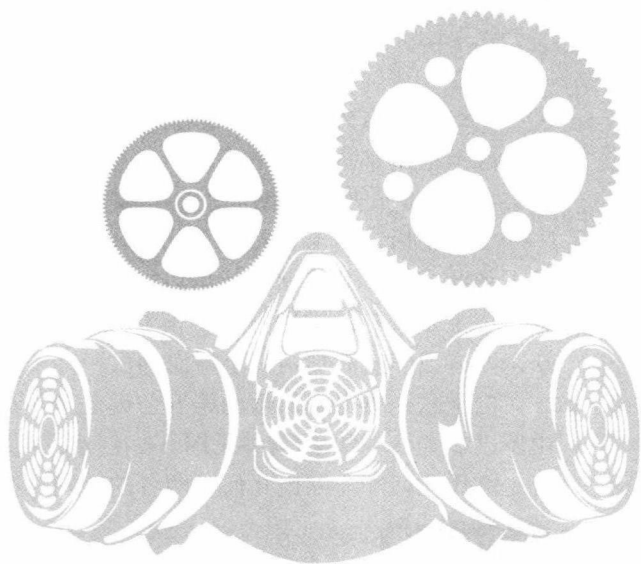
4.12 画渐开线.....	128	4.18.3 专业绘图员所需要的 自动化软件.....	156
4.12.1 画多边形的渐开线.....	128	4.18.4 AutoCAD 的角色.....	157
4.12.2 画圆的渐开线.....	128	4.18.5 现实的建筑制图应用.....	157
4.13 画螺旋线.....	129	习题.....	159
4.13.1 画圆柱螺旋线.....	129	<b>第 5 章 基本几何视图.....</b>	<b>165</b>
4.13.2 画圆锥螺旋线.....	129	5.1 点、线、面间的关系.....	166
4.14 其他的绘图和编辑命令.....	130	5.1.1 投影的原理和分类.....	166
4.14.1 绘矩形工具 (RECTANG 命令).....	130	5.1.2 象限空间的认识.....	166
4.14.2 绘样条曲线工具 (SPLINE 命令).....	131	5.1.3 点的正交.....	167
4.14.3 图案填充工具 (BHATCH 命令).....	132	5.1.4 直线的正交.....	167
4.14.4 复制和移动工具 (COPY 与 MOVE 命令).....	133	5.1.5 直线的正垂视图与端视图.....	168
4.14.5 旋转和缩放工具(ROTATE 与 SCALE 命令).....	134	5.1.6 两条直线的相交、 平行与垂直.....	171
4.14.6 阵列工具(ARRAYRECT 与 ARRAYPOLAR 命令).....	135	5.1.7 平面的正交.....	172
4.14.7 镜像工具(MIRROR 命令).....	137	5.1.8 平面上的直线和点.....	173
4.14.8 拉伸和拉长工具(STRETCH 和 LENGTHEN 命令).....	138	5.1.9 平面上的边视图与 正垂视图.....	174
4.14.9 合并工具(JOIN 命令).....	140	5.1.10 两直线间的夹角.....	177
4.15 AutoCAD 的几何约束工具.....	142	5.2 基本的投影视图.....	177
4.16 AutoCAD 的尺寸约束工具.....	147	5.2.1 基本视图的形成.....	178
4.17 AutoCAD 的测量工具.....	150	5.2.2 第一角法和第三角法.....	178
4.17.1 LIST(图素资料列出) 命令.....	151	5.2.3 和投影有关的图线.....	180
4.17.2 ID(显示点坐标) 命令.....	151	5.3 等轴测视图.....	181
4.17.3 MEASUREGEOM 命令里的 距离量测.....	152	5.3.1 立体图的种类.....	182
4.17.4 MEASUREGEOM 命令里的 半径和角度测量.....	152	5.3.2 等轴测图的定义.....	183
4.17.5 AREA(面积计算)命令.....	152	5.3.3 两等轴测图.....	184
4.18 广义的建筑自动化.....	153	5.3.4 不等轴测图.....	184
4.18.1 建筑师或设计师所需要的 自动化软件.....	153	5.4 透视图.....	185
4.18.2 效果图制作公司所需要的 自动化软件.....	156	5.4.1 透视投影和透视图.....	185
		5.4.2 透视投影有关名词定义.....	186
		5.4.3 透视投影的基本概念.....	187
		5.4.4 透视投影视点位置的选择.....	188
		5.4.5 3D CAD 软件中的透视图.....	190
		5.5 剖视图.....	190
		5.5.1 剖面和剖面的区别.....	191
		5.5.2 剖面的种类.....	192
		5.5.3 建筑剖面的惯用画法.....	196



5.6 断面视图.....	199	5.7.2 3D CAD 软件中的 工程视图转换.....	203
5.7 3D CAD 软件中的视图转换.....	202	习题.....	206
5.7.1 建筑 CAD 软件的分级.....	202		
<b>第 2 篇 建筑制图篇</b>			
<b>第 6 章 认识建筑制图标准.....</b>	<b>221</b>	8.4.6 建筑详图识图.....	268
6.1 概述.....	222	8.5 结构施工图的识图.....	271
6.2 国家制图标准.....	222	8.6 设备施工图的识图.....	284
6.3 现代建筑制图的基本概念.....	228	8.6.1 给排水工程图.....	284
6.4 专业软件资源的使用.....	230	8.6.2 采暖施工图.....	289
习题.....	231	8.6.3 通风排气施工图.....	292
<b>第 7 章 建筑工程图概论.....</b>	<b>233</b>	8.6.4 电气工程图.....	296
7.1 建筑工程图的定义.....	234	习题.....	302
7.2 建筑工程图的分类.....	234	<b>第 9 章 建筑专业的尺寸标注.....</b>	<b>305</b>
7.3 建筑工程图的分类.....	235	9.1 建筑尺寸标注定义.....	306
7.4 建筑施工图图样自动化的意义.....	239	9.2 尺寸标注的画图惯例和标准.....	306
7.5 以 AutoCAD 为平台的建筑 CADD 软件.....	240	9.2.1 箭头.....	307
7.6 使用建筑专业 CADD 软件的 正确概念.....	240	9.2.2 尺寸线和尺寸延伸线.....	309
7.7 工程图的蓝晒.....	241	9.2.3 引线和注解.....	311
7.8 工程图的存储.....	241	9.3 尺寸标注法.....	315
习题.....	244	9.3.1 长度标注(DIMLINEAR、 DIMALIGNED 命令).....	315
<b>第 8 章 房屋施工图识图.....</b>	<b>245</b>	9.3.2 连续和基线标注 (DIMCONTINUE、 DIMBASELINE 命令).....	316
8.1 概述.....	246	9.3.3 角度标注 (DIMANGULAR 命令).....	318
8.2 房屋施工图的种类.....	246	9.3.4 半径和直径标注(DIMRADIUS、 DIMDIAMETER 命令).....	318
8.3 房屋建筑施工图基本标准.....	246	9.3.5 DIMORDINATE(坐标尺寸 标注)命令.....	320
8.4 建筑施工图的识图.....	253	9.3.6 局部放大标注法.....	321
8.4.1 施工图首页.....	253	9.4 建筑尺寸标注时的注意事项.....	321
8.4.2 总平面图识图.....	257	习题.....	323
8.4.3 平面图识图.....	258	<b>附录 A 如何使用本书范例光盘和服务... 325</b>	
8.4.4 立面图识图.....	264		
8.4.5 剖面图识图.....	266		

# 第 1 篇

## 几何图学篇



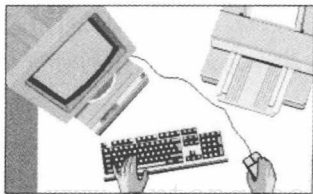
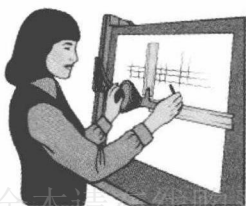
# 第 1 章

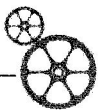
## 几何图学和计算机辅助绘图

学完本章后,大家将惊异地发现:原来 CAD 的基本功能都是按图学的理论来设计的。这会让学子们对原本枯燥无味的图学产生兴趣,从而在学画图的初始阶段,就具备了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”!

在这样的情况下,将图学和 CAD 分开讲是不合适的,而将它们放在一起讲,才能够很快地将概念集成放入学子们的脑海中,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)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,《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,带来革命性进步。从此之后,几何问题就可以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著名的解题方法。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,因此引起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)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。

### 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  $180^\circ$ , 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。它可以导出下述命题(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)是在任何数学学科中都适用,不需要证明的基本原理。公设(Postulate)则是在几何学中,不需要证明的基本原理,也就是现代几何学中的公理。

(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得对不对？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，他走了另一条路子。他提出了一个和欧式平行公理相矛盾的命题，用它来代替第五公设，然后与欧式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。



欧几里得

罗巴切夫斯基

黎曼

图 1-1 欧几里得、罗巴切夫斯基与黎曼

但是，在他极为细致深入的推理过程中，得出了一系列在直觉上匪夷所思，但在逻辑上毫无矛盾的命题。最后，罗巴切夫斯基得出如下两个重要的结论。

(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。这个理论像欧式几何一样是完善的、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。

几何学的现代化则归功于克莱因和希尔伯特等人(参见图 1-2)。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”。

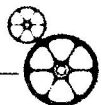


克莱因



希尔伯特

图 1-2 克莱因和希尔伯特



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。

“几何”(Geometric)这个词最早来自希腊语 γεωμετρία，由 γέα(土地)和 μετρεῖν(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》时，由徐光启所创(见图 1-3)。当时并未给出根据，后世一般认为“几何”可能是拉丁语化的希腊语 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

图 1-3 利玛窦和徐光启

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以下几个。

(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 3D 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(Engineer Graphics)。它是一门以图形为研究对象，用图形来表达专业设计思维的一门学科，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)。它是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学科(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,就可以设计出与 CAD/CAM/CAE 相关的软件(1.2 节中说明)。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)名词出现时,设计计算机最初的目的 是用来对付科学家们最头痛的庞大数学运算和资料存储。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。

在那个年代中,可以使用 CAD 的人简直是屈指可数的。可是,您也不用羡慕这群天之骄子,怎么说呢?因为当时计算机才刚开始发展,体积大而运作速度慢,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。因为就算计算机运作的速度较慢,也远比人工作业来得快且正确。因而,在 1970—1985 年期间,正是 CAD 开始发展的重要时期。

而对 CAD 的发展来说,1950 年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。像 AutoCAD 就是用 C 语言来写的。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。

20 世纪 60 年代初,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,使计算机通过在光笔上的感应物来感应出在屏幕上的位置,并取其坐标值以将之存于内存中。

您看!以前的多困难,这个阴极射线管就是我们通称的计算机显示屏幕啦!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。

吓人吧!那时候的计算机庞大而且简陋,其功能比一台 IBM 286 计算机还要差很多!不过,无论如何,这个计划标志着 CAD 的起步。事实上,此计划还包含类似像 AutoCAD 这样的 CAD 软件,只是其在功能上的应用非常简单罢了。

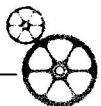


图 1-4 全世界的第一支光笔

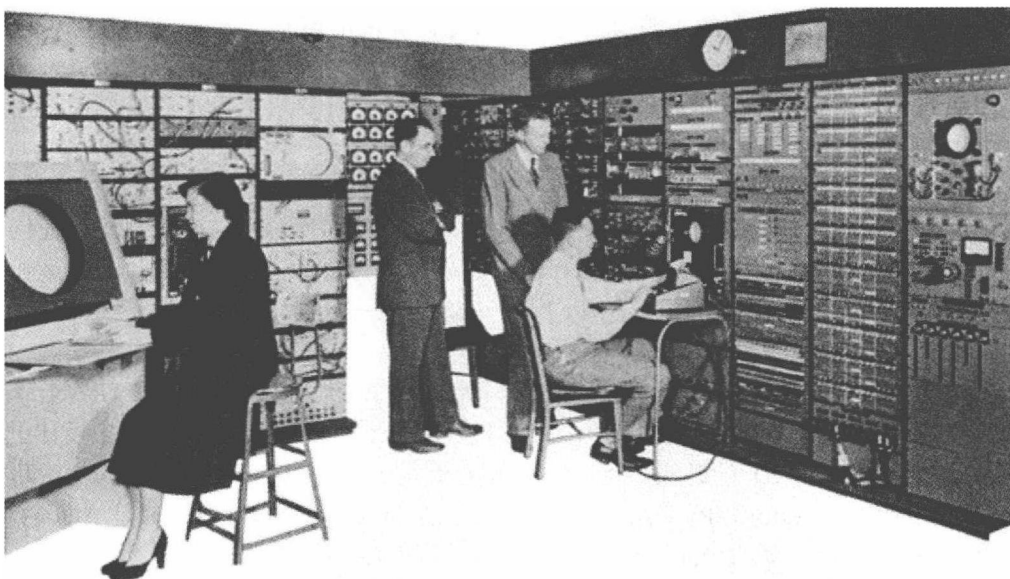


图 1-5 运行 CAD 系统的“旋风 1 号”计算机

1962 年,麻省理工学院(MIT)林肯实验室的 I.E.萨瑟兰德(I.E.Sutherland)发表了一篇题为“Sketchpad: 一个人—机通信的图形系统”的博士论文,首次使用了“计算机图形学”(Computer Graphics)这个术语。

当计算机图形学的概念被提出且发表后,在美国,像通用汽车公司、波音航空公司这类的大公司,就开始自行开发出自用的计算机图形学系统。因为在当时,只有这样的公司才付得起发展所需的昂贵计算机设备费用和人力。

到了 20 世纪 70 年代,由于小型计算机费用已经下降,计算机图形学系统才开始于美国的工业界得以广泛的使用。在那时,比较有名的计算机图形学软硬件系统是迪吉多公司(Digital)一套名为 Turnkey 的系统,如图 1-6 所示。



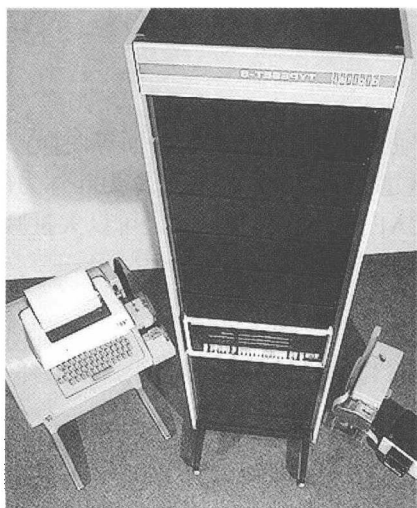


图 1-6 Digital 的 Turnkey 计算机系统

当时第二次世界大战刚结束，在美国，他们的领土并非战场，所以在大战后，除了享有战胜的喜悦外，一切建设也有能力积极地进行，CAD 的系统也就在战后高科技军事技术的转移下，导入了建设所需的铁路、造船、航空等机械重工业。有名的 CADAM，就是 IBM 公司在此时期所开发出来应用于大型主机计算机系统上的 CAD/CAM 整合软件。也因为她的出现得很早，系统又完整，所以就冠之以“CAD/CAM 之母”的美名。在 21 世纪的今天，CADAM 早已经顺利地由原本需要在大型主机系统上执行的环境，转移到个人计算机上执行了。IBM 还为她取了一个美丽的名字——Catia CADAM。

事实上，此时的 CAD 一词的意义应该是 Computer Aided Design，也就是“计算机辅助设计”！因为使用 CAD 的人多半是设计师，而应用软件的发展方向也都是着重在某专业的辅助设计上，所以自然被称为“计算机辅助设计”。可是我们现在所说的 CAD 一般却是指“计算机辅助绘图”(Computer Aided Drafting)。

这是因为现在的 CAD 使用者层面已扩大，已不局限于设计师使用。因此，自 1985 年以后，普遍就将 CAD 的名词通称为“计算机辅助绘图”，而另用“计算机辅助设计绘图”(Computer Aided Design & Drafting, CADD)名词来强调计算机辅助设计画图的功能。换句话说，由于时代科技和应用方式的演进，有些名词的意义也会因在各自领域范畴下越分越细而产生变化。所以，CAD 和 CADD 的名词也与 CAD 软件的类别划分有关联。

“计算机辅助分析”(Computer Aided Engineering, CAE)就是指专门用来协助工程设计分析的软件。在机械专业方面，但凡机构分析、结构分析、热力分析、流体分析、模流分析等都属于 CAE 范畴的软件。这些软件提供经验库，让设计师在制造前，就能发现可能有问题的设计，从而及早作设计上的改善。当前知名的大型软件，如 SolidWorks、UG、Pro/ENGINEER 和 Catia 等，都属于具备 CAD/CAM/CAE 等范畴的大型软件。

但是在建筑的 CAE 发展上，却顺利得多。原因是：建筑需要的结构分析和设计理论多半拥有固定的公式或惯例，所以非常适合设计成软件来用。例如，代表各种结构理论(政府认可)的土木结构计算和分析软件，配筋计算绘图软件等。

对建筑专业来说，计算机化的程度对该专业的效率和生存是非常重要的。其应用领域