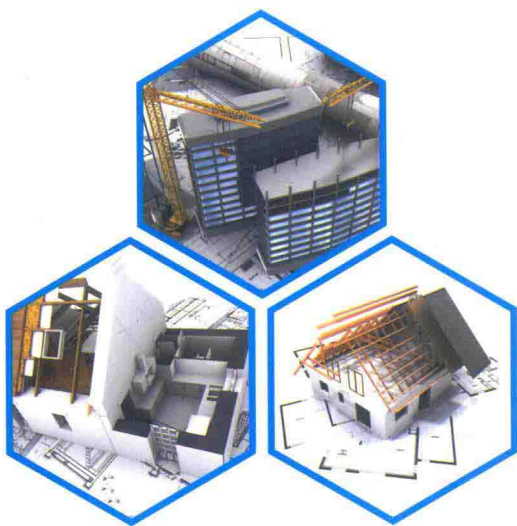


21世纪BIM教育系列丛书

北京谷雨时代BIM教育研究院 组编

BIM 导论

姜 曦 王君峰◎主 编
程 帅 陈 晓◎副主编



书中附有数字
扩展资源，
欢迎扫描下载

清华大学出版社

21世纪BIM教育系列丛书

BIM

导论

姜 曦 王君峰◎主 编
程 帅 陈 晓◎副主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

在信息化技术快速发展的今天,工程类信息化人才需求日益增加,BIM 相关人才培养就显得尤为重要。作为 BIM 的基础课程,本书重点介绍 BIM 技术的基本知识及 BIM 技术在工程领域的应用案例,重点讲述 BIM 在建筑全生命周期管理中的各项应用点,能够全面、系统地了解 BIM 技术在各领域中的应用现状与发展方向。本书以 BIM 技术为主线,紧密联系工程实际,全方位地介绍了 BIM 在土木行业各领域、工程项目各阶段的应用,引入了大量实际案例,反映了 BIM 在现阶段的新成果、新应用和新发展。

全书共 10 章,内容可分为三部分,第一部分(前 3 章)系统地阐述了 BIM 的基本理论,包括 BIM 概述、BIM 标准、BIM 系统;第二部分(第 4~7 章)主要结合实例讲述了 BIM 在工程项目不同阶段的应用,包括规划阶段、设计阶段、施工阶段和运维阶段;第三部分(最后 3 章)主要介绍了 BIM 与其他相关领域的结合,包括二次开发、建筑工业化和拓展应用。

本书可作为土木类相关专业建筑信息化技术概论、BIM 概论的课程教材,还可供相关专业工程技术人员参考使用。

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

BIM 导论/姜曦,王君峰主编. —北京:清华大学出版社,2017

(21 世纪 BIM 教育系列丛书)

ISBN 978-7-302-47399-2

I. ①B… II. ①姜… ②王… III. ①建筑设计—计算机辅助设计—应用软件 IV. ①TU201.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 101900 号

责任编辑:秦 娜

封面设计:陈国熙

责任校对:刘玉霞

责任印制:王静怡

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 装 者:三河市金元印装有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:18

字 数:435 千字

版 次:2017 年 6 月第 1 版

印 次:2017 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~5000

定 价:49.80 元

产品编号:074193-01

“21 世纪 BIM 教育系列丛书”编委会

主编：

程 伟 王君峰 娄琮味 程 帅

本书编委会

主编：

姜 曦 王君峰

副主编：

程 帅 陈 晓

参编：

姜 曦 王君峰 程 帅 陈 晓 金 莉

王 娟 杨 云 罗诗佳 涂木兰

前言

BIM 进入我国土木工程领域以来已经经过了多年的发展,从 2011 年的《2011—2015 年建筑业信息化发展纲要》到 2016 年的《住房城乡建设事业“十三五”规划纲要》,从 BIM 的试点应用到全面普及,从 BIM 国家标准到地方标准的相继出台,不难发现,BIM 已经进入了一个飞速发展的阶段,给整个土木工程领域带来了不可避免的变革。然而,在 BIM 技术成为建筑业大势所趋的今天,我们也发现 BIM 人才的缺乏是制约其发展的重要因素之一。因此,为了适应行业对 BIM 人才的需求,提高 BIM 应用的能力与管理能力,我们组织编写了此书,作为 BIM 系列教材之一,通过大量的工程实例深入浅出地向读者介绍 BIM 的基本理论、BIM 在工程项目不同阶段的应用、BIM 与其他相关技术的结合。

本书分为 10 章,其中第 1~3 章主要介绍了 BIM 的基本理论,包括 BIM 概述、BIM 标准和 BIM 系统(软件和硬件);第 4~7 章主要介绍了 BIM 在土木工程不同领域、不同阶段的应用,包括在建筑工程、基础设施、道路桥梁等不同领域的规划阶段、设计阶段、施工阶段和运维阶段的应用;第 8 章主要介绍了 BIM 的二次开发;第 9 章主要介绍了 BIM 在建筑工业化中的应用;第 10 章主要介绍了 BIM 与其他相关技术的结合。本书在每章最后附上课件等扩展资源,供广大读者学习使用。

本书是“21 世纪 BIM 教育系列丛书”的首本教材,该丛书由北京谷雨时代 BIM 教育研究院组织高校共同编写完成。北京谷雨时代 BIM 教育研究院拥有专业 BIM 教育服务网站——中国 BIM 知网,并为本套丛书专门开设了微信公众号,以便为读者答疑解惑。

本书由成都师范学院姜曦和北京谷雨时代教育科技有限公司王君峰担任主编,北京谷雨时代教育科技有限公司程帅和成都师范学院陈晓担任副主编。其中第 1 章由王君峰、金莉编写,第 2、10 章由程帅、陈晓编写,第 3、5 章由姜曦编写,第 4 章由王娟编写,第 6 章由程帅、杨云编写,第 7、8 章由程帅、罗诗佳编写,第 9 章由程帅、涂木兰编写。全书由姜曦和王君峰统稿。感谢成都师范学院金莉、王娟、杨云、罗诗佳、涂木兰等各位老师的辛勤付出及各位同仁的大力支持。

本书可作为土木类专业建筑信息化相关课程的教材,也可供相关专业的工程技术人员参考使用。

由于编者水平有限,不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

2017 年 4 月



第 1 章 BIM 概述	1
1.1 BIM 的概念	1
1.1.1 BIM 的发展历史	1
1.1.2 BIM 软件的发展	3
1.1.3 BIM 在中国的发展	6
1.2 BIM 在工程中的应用概述	9
1.2.1 BIM 的应用点	9
1.2.2 BIM 在其他工程领域的应用	14
1.3 狭义与广义 BIM	15
1.3.1 狭义 BIM	15
1.3.2 广义 BIM	15
1.4 BIM 的六大特征	17
1.4.1 模型操作的可视化	18
1.4.2 模型信息的完备性	18
1.4.3 模型信息的关联性	19
1.4.4 模型信息的一致性	19
1.4.5 模型信息的动态性	20
1.4.6 模型信息的可扩展性	21
1.5 不属于 BIM 模型的因素	22
1.6 本章小结	23
习题	23
第 2 章 BIM 标准概述	24
2.1 国内 BIM 政策法规	24
2.1.1 住建部及各省市 BIM 政策法规	24
2.1.2 中国香港和台湾 BIM 政策发展	29
2.2 国外 BIM 政策法规	30
2.3 国际 BIM 技术标准	34
2.3.1 行业数据标准	35

2.3.2	BIM 构件模型建模深度标准	36
2.3.3	国家操作指南	37
2.4	国内 BIM 技术标准	39
2.4.1	国家标准	39
2.4.2	地方标准	41
2.4.3	行业标准	41
2.5	本章小结	43
	习题	43
第 3 章	BIM 系统概述	44
3.1	BIM 软件	44
3.1.1	建模软件	45
3.1.2	管理软件	51
3.1.3	效率软件(插件)	54
3.1.4	可视化工具	56
3.1.5	分析工具	58
3.2	BIM 硬件	63
3.2.1	硬件概述	63
3.2.2	参考配置	64
3.2.3	相关硬件	65
3.3	本章小结	67
	习题	68
第 4 章	BIM 在项目前期规划阶段的应用	69
4.1	项目前期规划概述	69
4.2	BIM 在不同类型项目中的应用	71
4.2.1	工业与房屋建筑	71
4.2.2	轨道交通	76
4.2.3	道路桥梁	79
4.2.4	水利水电	85
4.3	BIM 的应用及价值	88
4.3.1	BIM 的应用	88
4.3.2	BIM 的价值	89
4.4	本章小结	89
	习题	90
第 5 章	BIM 在设计阶段的应用	91
5.1	设计阶段概述	91
5.2	BIM 在不同类型项目中的应用	92

5.2.1	工业与房屋建筑	92
5.2.2	轨道交通	99
5.2.3	道路桥梁	101
5.2.4	水利水电	106
5.3	BIM 的应用及价值	110
5.3.1	BIM 的应用	110
5.3.2	BIM 的价值	111
5.4	本章小结	114
	习题	114
第 6 章	BIM 在施工阶段的应用	115
6.1	施工阶段概述	115
6.2	BIM 在不同类型项目中的应用	116
6.2.1	工业与房屋建筑	116
6.2.2	轨道交通	131
6.2.3	道路桥梁	140
6.2.4	水利水电	148
6.3	BIM 的应用及价值	152
6.3.1	BIM 的应用	152
6.3.2	BIM 的价值	153
6.4	本章小结	154
	习题	154
第 7 章	BIM 在运维阶段的应用	155
7.1	运维阶段概述	155
7.1.1	运维管理存在的问题	156
7.1.2	BIM 在运维管理中的应用优势	157
7.1.3	BIM 运维管理范畴	158
7.2	BIM 运维现状	160
7.3	BIM 在不同类型项目中的运维应用	172
7.3.1	房建项目	172
7.3.2	地铁项目	179
7.3.3	机场项目	183
7.4	BIM 的应用与价值	186
7.4.1	BIM 的应用	186
7.4.2	BIM 的价值	187
7.5	本章小结	188
	习题	188

第 8 章 BIM 与二次开发	189
8.1 二次开发概述	189
8.1.1 Revit 二次开发技术	190
8.1.2 Revit API 概述	191
8.1.3 Revit 开发流程	195
8.2 BIM 开发案例介绍	196
8.2.1 插件开发案例介绍	196
8.2.2 平台开发案例	211
8.2.3 小案例开发思路	216
8.3 本章小结	218
习题	219
第 9 章 BIM 与建筑工业化	220
9.1 建筑工业化概述	220
9.1.1 建筑工业化的概念	220
9.1.2 建筑工业化的特点	221
9.1.3 建筑工业化的发展	226
9.1.4 建筑工业化之产业化住宅	229
9.1.5 建筑工业化与传统建筑建造方式的区别	231
9.2 BIM 在建筑工业化中的应用	234
9.2.1 建筑工业化与 BIM 技术	234
9.2.2 BIM 在建筑工业化设计中的应用	235
9.2.3 BIM 在建筑工业化建造过程中的应用	240
9.3 建筑工业化 BIM 案例介绍	242
9.3.1 上海某小区住宅项目	242
9.3.2 合肥某小区项目	243
9.3.3 MEGA HOUSE 介绍	245
9.4 本章小结	246
习题	246
第 10 章 “BIM+”拓展应用概述	247
10.1 BIM+VR 拓展应用	247
10.1.1 BIM+VR 的价值	248
10.1.2 BIM+VR 存在的问题	251
10.1.3 BIM+VR 发展趋势	252
10.2 BIM+GIS 拓展应用	252
10.2.1 BIM+GIS 的价值	252
10.2.2 BIM+GIS 存在的问题	254
10.2.3 BIM+GIS 发展趋势	255

10.3	BIM+3D 打印拓展应用	255
10.3.1	BIM+3D 打印的价值	256
10.3.2	BIM+3D 打印存在的问题	258
10.3.3	BIM+3D 打印发展趋势	259
10.4	BIM+RFID 拓展应用	259
10.4.1	BIM+RFID 的价值	259
10.4.2	BIM+RFID 存在的问题	261
10.4.3	BIM+RFID 发展趋势	262
10.5	BIM+3D 激光扫描拓展应用	262
10.5.1	BIM+3D 激光扫描的价值	263
10.5.2	BIM+3D 激光扫描存在的问题	266
10.5.3	BIM+3D 激光扫描发展趋势	266
10.6	BIM+云技术拓展应用	266
10.6.1	BIM+云技术的价值	267
10.6.2	BIM+云技术存在的问题	269
10.6.3	BIM+云技术发展趋势	269
10.7	本章小结	270
	习题	270

参考文献	271
------------	-----

2015 年 6 月中华人民共和国住房和城乡建设部印发了《关于推进建筑信息模型应用的指导意见的通知》，通知中提到：“到 2020 年末，建筑行业甲级勘察、设计单位以及特级、一级房屋建筑工程施工企业应掌握并实现 BIM 与企业管理系统和其他信息技术的一体化集成应用。”BIM 技术已经成为支撑我国工程行业发展的重要技术。BIM 是“Building Information Modeling”的缩写，中文译为“建筑信息模型”。BIM 的出现是迄今为止工程建设行业正在发生的最重要的一次产业革命，它作为一个新事物广泛出现在全世界建筑行业中，在许多接纳及应用 BIM 的建设项目中，都不同程度地出现了工程质量和劳动生产效率提高、工程返工和资源浪费现象减少、建设成本降低、工程进度加快并且建设企业的综合经济效益得到改善等革命性的变革。

那么，这么强大的“BIM”到底是什么呢？

1.1 BIM 的概念

BIM 是以三维数字技术为基础，集成了各种相关信息的工程数据模型，可以为设计、施工和运营提供相协调且内部保持一致的项目全生命周期信息化过程管理。麦格劳·希尔建筑信息公司对建筑信息模型的定义为：创建并利用数字模型对项目进行设计、建造及运营管理的过程，即利用计算机三维软件工具，创建建筑工程项目的完整数字模型，并在该模型中包含详细工程信息，能够将这些模型和信息应用于建筑工程的设计过程、施工管理、物业和运营管理等全建筑生命周期管理(Building Lifecycle Management, BLM)过程中。这是目前较全面的、完善的关于 BIM 的定义。其实 BIM 的出现和发展离不开我们熟悉的 CAD 技术，BIM 是 CAD 技术的一部分，是二维到三维形式发展的必然过程。

1.1.1 BIM 的发展历史

在计算机和 CAD 技术普及之前，工程设计行业在设计时均采用图板、丁字尺的方式手工完成各专业图纸的绘图工作，这项工作被形象地称为“趴图板”。如图 1-1 所示为手工绘图时代的趴图板工作场景。手工绘图时代绘图工作量大、图纸修改和变更困难、图纸可重复利用率低。随着个人计算机的普及以及 CAD 软件的普及，手工绘图的工作方式已逐渐被 CAD 绘图方式所取代。



图 1-1 传统设计方式“趴图板”

“甩图板”是我国工程建设行业 20 世纪 90 年代最重要的一次信息化过程。通过“甩图板”实现了工程建设行业由绘图板、丁字尺、针管笔等手工绘图方式提升为现代化的、高效率的、高精度的 CAD 制图方式。以 AutoCAD 为代表的 CAD 类工具的普及应用,以及以 PKPM、Ansys 等为代表的 CAE(Computer Added Engineering, 计算机辅助分析)工具的普及,极大地提高了工程行业制图、修改、管理效率,提升了工程建设行业的发展水平。图 1-2 为在 AutoCAD 软件中完成的建筑设计的一部分。

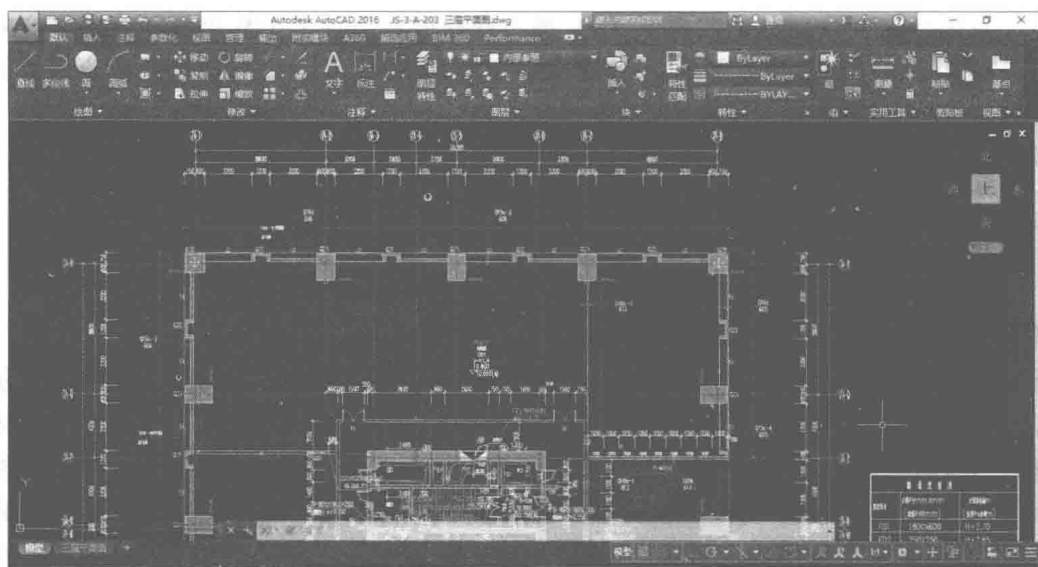


图 1-2 CAD 软件制图

现代建设工程项目的规模、形态和功能越来越复杂。高度复杂化的建设工程项目,再次向以 AutoCAD 为主体的以工程图纸为核心的设计和工程管理模式提出了挑战。随着计算机软硬件水平的发展,以工程数字模型为核心的全新的设计和管理模式,逐步走入人们的视野,于是以 BIM 为核心的软件和方法开始逐渐走进工程领域。

1975 年,佐治亚理工大学教授 Chuck Eastman 在 AIA(美国建筑师协会)发表的论文中提出了一种名为 Building Description System(BDS, 建筑描述系统)的工作模式,该模式中包含了参数化设计、由三维模型生成二维图纸、可视化交互式数据分析、施工组织计划与材料计划等功能。各国学者围绕 BDS 概念进行研究,后来在美国将该系统称为 Building

Product Models (BPM, 建筑产品模型), 并在欧洲被称为 Product Information Models (PIM, 产品信息模型)。经过多年的研究与发展, 学术界整合 BPM 与 PIM 的研究成果, 提出 Building Information Model (建筑信息模型) 的概念。1986 年由现属于 Autodesk (欧特克) 研究院的 Robert Aish 最终将其定义为 Building Modeling (建筑模型), 并沿用至今。

2002 年, 时任 Autodesk 公司副总裁的菲利普·伯恩斯坦 (Philip G. Bernstein) 首次将 BIM 概念商业化, 随 Autodesk Revit 产品一并推广。图 1-3 为在 Autodesk Revit 软件中进行建筑设计的场景。可见与 CAD 技术相比, 基于 BIM 技术的软件已将设计提升至所见即所得的模式。

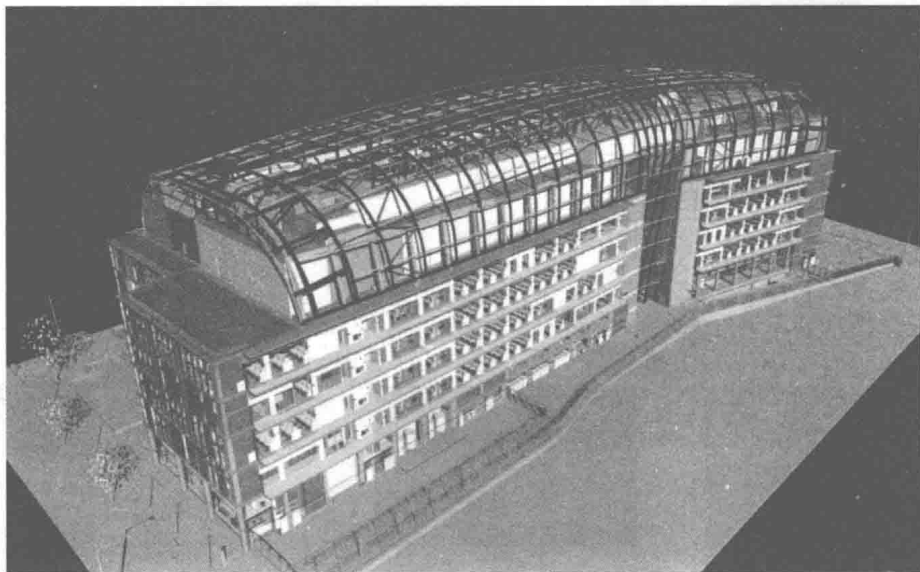


图 1-3 Autodesk Revit 软件进行建筑设计

利用 Revit 软件进行设计, 可由三维建筑模型自动产生所需要的平面图纸、立面图纸等所有设计信息, 且所有的信息均通过 Revit 自动进行关联, 大大增强了设计修改和变更的效率。因此人们认为 BIM 技术是继建筑 CAD 之后下一代的建筑设计技术。

在 CAD 时代, 设计师需要分别绘制出不同的视图, 当其中一个元素改变时, 其他与之相关的元素都要逐个修改。比如当我们需要改变其中一扇门的类型时, CAD 需要逐个修改平面、立面、剖面等相关图纸。而 BIM 中的不同视图是从同一个模型中得到的, 改变其中一扇门的类型时只需要在 BIM 模型中修改相应的构件就行了, BIM 实现的就是高度统一与自动化每个单项的调整, 不再需要设计师逐个修改, 只需修改唯一的模型。用图形来表示 CAD 与 BIM 的关系, 如图 1-4 所示, CAD 做 CAD 的事情, BIM 做 BIM 的事情, 中间过渡部分就是 BIM 建立在 CAD 平台上的专业软件应用。图 1-5 表示理想的 BIM 环境, 这个时候 CAD 能做的事情应该是 BIM 能做的事情的一个子集。

1.1.2 BIM 软件的发展

BIM 发展历史的背后是计算机图形学的发展历史, 随着计算机软件、硬件水平的发展而不断进步, 直到今天。BIM 软件技术的发展如图 1-6 所示。

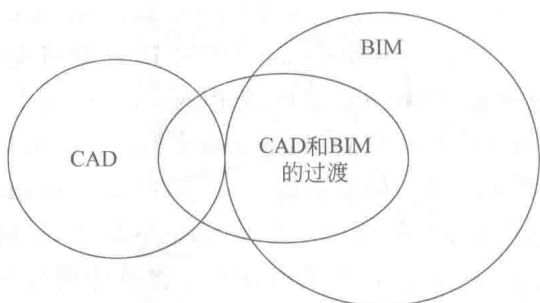


图 1-4 CAD 与 BIM 的关系

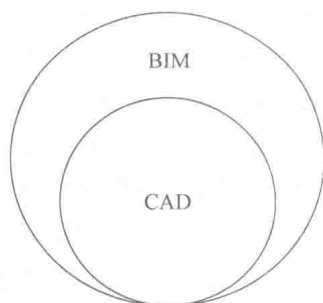
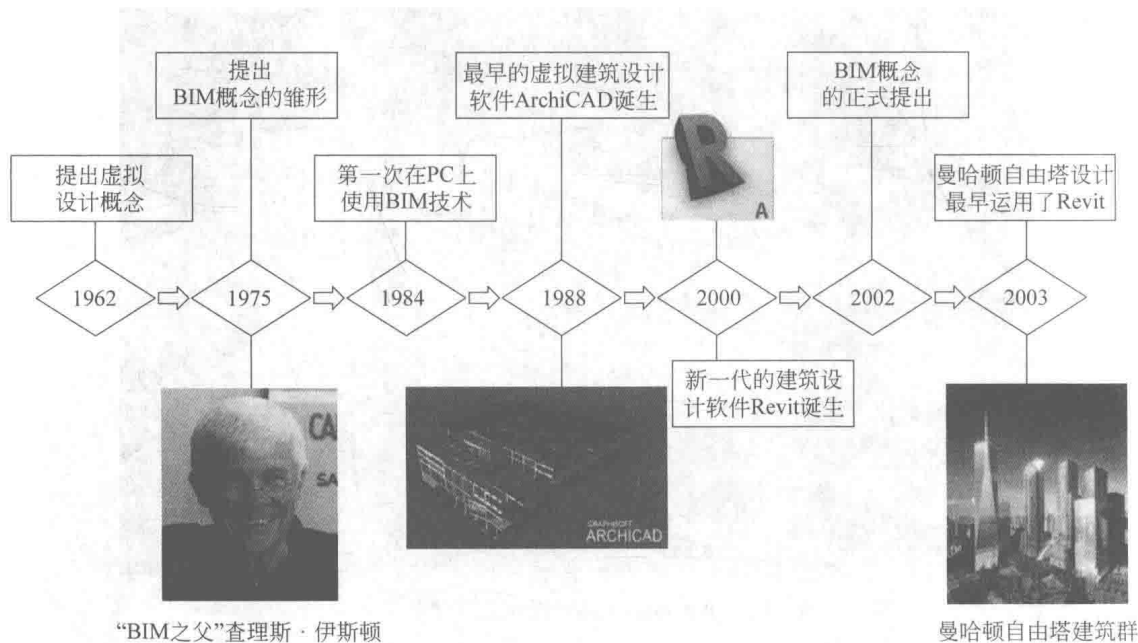


图 1-5 理想的 BIM 环境



“BIM之父”查理斯·伊斯顿

曼哈顿自由塔建筑群

图 1-6 BIM 软件发展

1962 年,道格拉斯·恩格尔巴特(Douglas C. Englebart,鼠标发明人)在《扩张人类智慧》一书中写道,“建筑师在电脑上输入一系列规范和数据,如 6 英寸的平面楼板,12 英寸的混凝土墙等,这些场景就出现在电脑屏幕上了,并且经过对数据的检查、调整,形成了更详细的、内部关联的结构”。道格拉斯提出了基于对象的设计、参数化操作和关系数据库,这个设想在几年后变成了现实。

1975 年,BIM 之父——佐治亚理工大学的查理斯·伊斯顿(Charles Eastman)教授在其研究的课题——数据库技术建立建筑描述系统“Building Description System(BDS)”中提出“a computer based description of a building”(基于建筑描述的计算机程序),以便于实现建筑工程的可视化和量化分析,提高工程建设效率,自此产生了 BIM 理念,并提出了一系列基于计算机图形学的建筑三维实体建模的方法。同时,这些方法融合了材料、参数共享等基本 BIM 系统的功能,为 BIM 技术的发展奠定了基础。

1982 年,物理学家 Gábor Bojár 在匈牙利布达佩斯创立了 GraphiSoft 公司,专注于 3D 建筑设计软件的研发。随后基于苹果 Lisa 操作系统发布了第一款 ArchiCAD 软件,使得 ArchiCAD 成为第一个运行在 PC 上 BIM 软件。图 1-7 为运行在至苹果 Lisa 电脑上的

ArchiCAD。不过很可惜,那个年代还没有多少人知道“BIM”这个词儿。到目前为止,ArchiCAD 已经发布了超过 20 个更新的版本。

随着计算图形学的进一步发展,1985 年美国参数技术公司 (Parametric Technology Corporation, PTC) 成立,并于 1988 年发布了第一版 Pro/E 三维参数化软件,成为市场上第一个参数化、基于关联特征的实体建模软件。Pro/E 完全基于参数化算法控制三维模型,极大地促进了计算机参数化图形的发展与应用。直到今天,Pro/E 仍然是制造行业中非常重要的三维参数化设计软件。

1997 年,参与研发 Pro/E 的 Irwin Jungreis 和 Leonid Raiz 从 PTC 辞职,前往剑桥创立了自己的软件公司 Charles River Software,希望基于三维参数化技术开发一款功能超过 ArchiCAD 的建筑软件,去处理更为复杂的项目。直到 2000 年,新一代

建筑设计软件 Revit 诞生了! Revit 采用了参数化数据建模技术,用于实现建筑各构件数据的关联显示,并能够与建筑师进行智能互动。事实上,到这时人们更多关注的仍然是三维设计软件,而 BIM 这个词虽然已经距离“BIM 之父”提出这个词过了 20 多年,仍然没有太多人知道 BIM 是什么。

2002 年,美国欧特克公司收购了 Charles River Software,将 Revit 软件作为 Autodesk 产品线的一部分进行推广。与此同时,Autodesk 为了区别 Revit 与 AutoCAD,开始大力推广 BIM 的概念,将 Revit 视作为“全新的”BIM 软件,而 AutoCAD 则为传统的 CAD 软件。BIM 变革的大潮在全球范围席卷开来。至此,BIM 这个术语正式随着 Revit 软件的推广被无数工程行业的人知晓。图 1-8 所示为 Autodesk Revit 的工作界面。

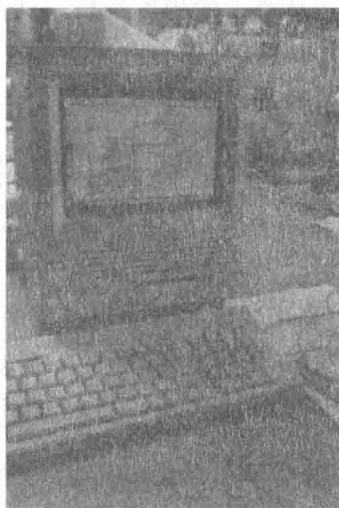


图 1-7 在苹果 Lisa 电脑上运行 ArchiCAD



图 1-8 Autodesk Revit 工作界面

随着 Revit 软件技术的发展,除可以利用 Revit 完成三维建筑设计模型外,还可利用可视化编程环境下的构件参数,为构件添加时间属性,使模型具有可随时间演进模拟施工过程的“四维”模型,施工企业也能够 BIM 模型上完成施工建造过程的模拟,至此 BIM 技术彻底改变了世界。图 1-9 所示的曼哈顿自由塔便是早期运用 Revit 完成设计的一个 BIM 项目。

2007 年美国工程软件公司 Bentley(奔特力, Microstation 软件的开发商,一直在与 Autodesk 竞争)研发了一款名为 GC(Generative Components,生长构件)的软件。它利用编程的方式,在 Microstation 平台上自由生成任意规律变化的三维几何图形。如图 1-10 所示,这种利用数学参数化编程驱动生成几何图形的方式灵活性更高,很容易根据建筑师的要求生成更加灵活且极为复杂美观的图形。今天我们所看到的 Rhino(犀牛)平台上的 Grasshopper 以及 Revit 平台上的 Dynamo,均是采用这种理念的高级参数化软件。

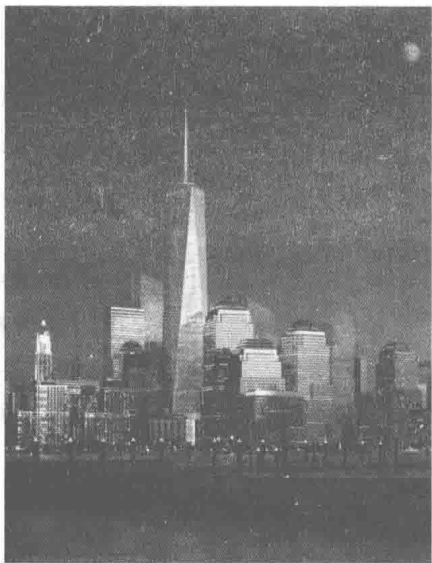


图 1-9 曼哈顿自由塔

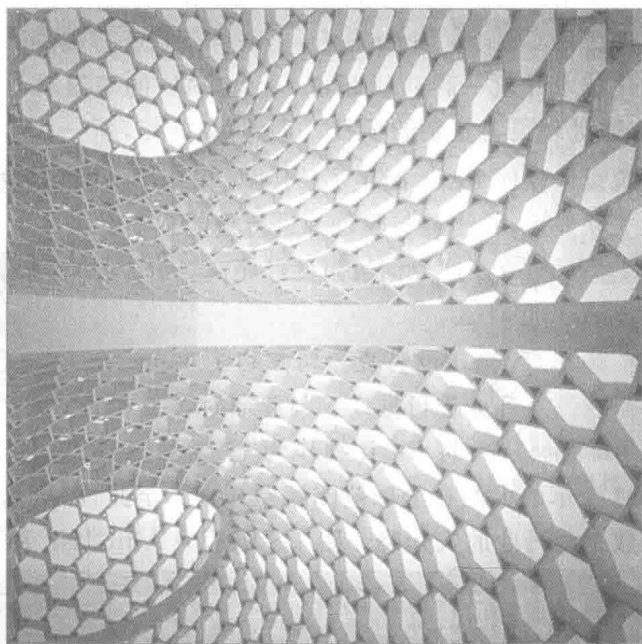


图 1-10 规律变化的三维几何图形

可以看到,上述不同时期 BIM 发展的重要时刻,均随着计算机三维图形学技术的发展历史不断发展进化。也正是计算机技术的发展,促进了 BIM 技术的发展和普及。

以三维 BIM 软件发展历史看 BIM 的发展,虽然这些软件产生于不同的年代,但并不是说后期出现的软件功能就比前期出现的软件功能更强大。不同功能的软件适用于不同的环境及对象。除 PTC 的 Pro/E 主要应用在机械制造与模具设计领域外,本节所述的所有 BIM 软件系统均在工程行业各自的领域中发挥着无可比拟的作用,例如 Bentley 系列的 BIM 工具主要应用在水利水电行业,但 Autodesk Revit 已成为 BIM 软件行业的独角兽。

1.1.3 BIM 在中国的发展

自 2004 年 Autodesk Revit 进入中国市场以来,BIM 概念亦开始进入中国。经过十余年的发展,中国的 BIM 应用也逐步深入,推广的速度越来越快。