



高等教育**工程管理与工程造价**“十三五”规划教材

BIM基础 及实践教程

鲍学英 主编 王起才 主审

BIM JICHU
JI
SHIJIAN
JIAOCHENG



化学工业出版社

高等教育工程管理与工程造价“十三五”规划教材

BIM 基础及实践教学

鲍学英 主编

王起才 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

全书共分为 5 章,内容主要包括 BIM 概述、BIM 软件的介绍、BIM 在项目各阶段的应用、BIM 软件操作实训,BIM 的研究与发展。本书的编写理论联系实际,内容系统全面,知识性、可读性强,主要培养学生在 BIM 理论与应用方面的职业能力。

本书可作为大专院校工程管理、工程造价等专业学生的教材,还可供监理单位、建设单位、勘察设计单位、施工单位的技术人员、管理人员学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

BIM 基础及实践教程/鲍学英主编. —北京:化学工业出版社,2016.8
高等教育工程管理与工程造价“十三五”规划教材
ISBN 978-7-122-27382-6

I. ①B… II. ①鲍… III. ①建筑设计-计算机辅助设计-应用软件-高等学校-教材 IV. ①TU201.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 140185 号

责任编辑:满悦芝
责任校对:李 爽

文字编辑:荣世芳
装帧设计:刘亚婷

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装:高教社(天津)印务有限公司
787mm×1092mm 1/16 印张 13³/₄ 字数 339 千字 2016 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:35.00 元

版权所有 违者必究

本书主要普及 BIM 建模的基本思想和基本方法，引导学生紧跟时代发展潮流，提高学生的信息化水平。全书共分为 5 章，2 个模块。第 1 个模块是第 1 章～第 3 章，主要阐述 BIM 基础。首先以 BIM 的认识为基础，系统地介绍了什么是 BIM、BIM 的发展历程和当前应用现状；其次，对 BIM 的各类软件进行了介绍，重点对 BIM 建模类软件、BIM 模拟类软件、BIM 分析类软件等常用软件类型和特点进行了阐述；最后，系统阐述了 BIM 在项目各个阶段的应用。第 2 个模块是本书的第 4 章、第 5 章，第 4 章主要是 BIM 软件的操作实训，简单介绍了国内常用的 Revit 软件、广联达软件、斯维尔软件在 BIM 上的应用操作；最后在第 5 章对 BIM 的研究与发展进行了展望。

本书的编写思想是理论联系实际，内容系统全面，知识性、可读性强，主要培养学生在 BIM 理论与应用方面的职业能力。通过对《BIM 基础及实践教程》的学习，学生能够掌握 BIM 的概念，可以使用常用的 BIM 建模软件进行简单 BIM 模型的创建，能够对简单的项目进行结构分析，为学生毕业后从事相关工作奠定基础。本书除作为大专院校工程管理、工程造价等专业学生的教材外，还可作为监理单位、建设单位、勘察设计单位、施工单位技术人员、管理人员的学习参考用书。

本书由兰州交通大学鲍学英教授主编，并负责全书的统稿，由兰州交通大学博士生导师王起才教授主审。各章编写分工如下：第 1 章、第 3 章、第 5 章由兰州交通大学鲍学英编写；第 2 章由兰州交通大学博文学院叶国仁编写；第 4 章由兰州交通大学杨林编写。

本教材由兰州交通大学优秀科研团队资金（201606）资助。本书在编写的过程中参考了大量的国内优秀教材，在此对有关作者一并表示感谢。由于本书涉及的内容广泛，加之作者水平有限，难免存在不足和错误之处，恳请各位专家和读者批评指正。

编者

2016 年 6 月

第 1 章 BIM 概述 1

1.1 什么是 BIM	1
1.1.1 BIM 的由来	1
1.1.2 BIM 的基本概念	3
1.1.3 BIM 的价值及特点	5
1.2 BIM 的发展历程	8
1.3 BIM 当前应用现状	11
1.3.1 BIM 在国际上的应用现状	11
1.3.2 BIM 在国内的应用现状	14

第 2 章 BIM 软件的介绍 15

2.1 BIM 软件的分类	15
2.1.1 BIM 建模类软件	16
2.1.2 BIM 模拟类软件	26
2.1.3 BIM 分析类软件	33
2.1.4 BIM 结构分析软件	42
2.2 国外 BIM 软件的介绍	46
2.3 国内软件的介绍	47
2.3.1 鲁班	47
2.3.2 探索者	49

第 3 章 BIM 在项目各阶段的应用 68

3.1 项目设计阶段的 BIM 应用	68
3.1.1 BIM 技术在建筑设计阶段的应用现状	68
3.1.2 BIM 技术在工程设计中的应用及发展前景	70
3.1.3 BIM 技术在建筑设计方案前期的探索应用	73
3.1.4 项目设计阶段的 BIM 应用——建筑性能分析	77
3.1.5 绿色建筑规范介绍及绿色建筑与传统建筑的差异	80
3.1.6 建筑性能指标分析数字化	82

3.1.7	BIM 建筑性能分析数据处理和计算方法	85
3.1.8	BIM 平台的设计成果交付	87
3.2	项目招投标阶段的 BIM 应用	91
3.2.1	BIM 技术在招投标领域应用的探索	91
3.2.2	BIM 技术在招投标中的应用	94
3.3	项目施工阶段的 BIM 应用	100
3.3.1	引言	100
3.3.2	国内外 BIM 在工程施工中的应用现状	101
3.3.3	工程施工 BIM 应用的整体实施方案	102
3.3.4	工程施工 BIM 应用情况	107
3.3.5	BIM 模型的建立与质量控制	110
3.3.6	构建 BIM 模型技术标准	111
3.3.7	BIM 应用的局限和相应建议	117
3.3.8	BIM 工程监理应用	120
3.3.9	BIM 工程监理应用架构	121
3.3.10	BIM 工程监理功能定位	123
3.3.11	基于 BIM 技术的质量监管	124
3.3.12	基于 BIM 技术的管理协同	125
3.3.13	基于 BIM 技术的工程算量	126
3.4	项目运维阶段的 BIM 应用	126
3.4.1	BIM 技术在建筑运维阶段的探索应用	126
3.4.2	项目运营阶段 BIM 应用基础	131
3.4.3	项目运维阶段 BIM 应用需求	134
3.4.4	基于 BIM 的项目优化运营	140
3.4.5	项目运营、BIM 与物联网	141

第 4 章 BIM 软件操作实训 143

4.1	利用 Revit 软件建模	143
4.1.1	绘制标高和轴网	143
4.1.2	绘制首层构件	147
4.1.3	绘制二层构件	152
4.1.4	绘制三层构件	157
4.1.5	幕墙设计	160
4.1.6	创建屋顶	162
4.1.7	创建楼梯	164
4.1.8	绘制洞口、坡道	166
4.1.9	绘制柱、扶手	169
4.1.10	绘制场地	174
4.2	利用 Navisworks 软件进行虚拟漫游	176

4.3 利用 Navisworks 软件进行碰撞检查	178
4.3.1 “Clash Detective”窗口	178
4.3.2 碰撞检查	181
4.3.3 碰撞结果	181
4.3.4 创建碰撞报告	183
4.4 利用 Navisworks 软件进行施工进度演示	184
4.4.1 “TimeLiner”窗口	184
4.4.2 创建任务	185
4.5 利用广联达 BIM 软件进行土建造价分析	188
4.5.1 模型导入	188
4.5.2 利用广联达计价软件进行土建造价分析	188
4.6 利用斯维尔 BIM 软件进行安装造价分析	191
4.6.1 工程量计算	191
4.6.2 造价分析	193

第 5 章 BIM 的研究与发展 198

5.1 BIM 研究的方向	198
5.2 BIM 当前的应用前沿	201
5.2.1 BIM 与城市规划	201
5.2.2 BIM 与造价管理	202
5.2.3 BIM 与运营管理	204
5.2.4 BIM 与可持续建筑	206
5.2.5 BIM 与建筑业工业化	207
5.3 BIM 团队的组建	207
5.3.1 BIM 团队的实践策略	207
5.3.2 我国的各种 BIM 团队	209

参考文献 211

第 1 章 BIM 概述

1.1 什么是 BIM

1.1.1 BIM 的由来

20 世纪 80 年代的个人电脑革命和 90 年代的互联网革命及其影响,使得信息化所包含的信息收集、传递与共享具备了实现的技术条件。信息技术近十几年来的飞速发展和广泛应用,其重要意义和对人类的深远影响举世公认。在工程建设领域,计算机应用和数字化技术已展示了其特有的潜力,成为工程技术在新世纪发展的命脉。工程设计是工程建设的龙头。在过去的 20 年中,CAD (Computer Aided Design) 技术的普及推广使建筑师、工程师们从手工绘图走向电子绘图。甩掉图板,将图纸转变成计算机中 2D 数据的创建,可以说是工程设计领域的第一次革命。CAD 技术的发展和应用使传统的设计方法和生产模式发生了深刻变化。这不仅把工程设计人员从传统的设计计算和手工绘图中解放出来,使他们可以把更多的时间和精力放在方案优化、改进和复核上,而且提高设计效率十几倍到几十倍,大大缩短了设计周期,提高了设计质量。但是二维图纸应用的局限性非常大,不能直观体现建筑物的各类信息,所以建筑设计中制作实体模型也是经常使用的建筑表现手段。为了在整个设计过程中贯通设计意图,建筑师有时需要同时用实体模型和图纸两种方式,以弥补单一方式的不足。过去这两种截然不同的沟通方式是分别实现的。应用计算机后,设计人员一直在探索如何使用软件在计算机上进行三维建模。最早实现的是用三维线框图去表现所设计的建筑物,但这种模型过于简化,仅仅是满足了几何形状和尺寸相似的要求。后来出现了一些用于建筑三维建模和渲染的软件,可以给建筑物表面赋予不同的颜色以代表不同的材质,再配上光学效果,可以生成具有照片效果的建筑效果图。但是这种建立在计算机环境中的建筑三维模型,仅仅是建筑物的一个表面模型,没有建筑物内部空间的划分,更没有包含附属在建筑物上的各种信息,造成很多设计信息缺失。建筑物的表面模型,只能用来推敲设计的体量、造型、立面和外部空间,并不能用于施工。对于一个可以应用于施工的设计来说,附属在建筑物上的信息是非常多的,以墙体为例,设计人员除了需要确定墙体的几何尺寸、所用的材料外,还需要确定墙体的重量、施工工艺、传热系数等很多信息。如果不确定这些信息,建筑概预算、建筑施工等很多后续的工作就无法进行。而原有的建筑物三维表面模型,是无法做到在模型上附加这么多信息的。随着建筑工程规模越来越大,附加在建筑工程项目上的信息量也越来越大。当代社会对信息的日益重视,使人们认识到与建筑工程项目的有关信息会对整个建筑工程周期乃至整个建筑物生命周期产生重要的影响。例如,建筑物用地的地质资料、所用的建筑材料以及材料的各种数据与项目的施工方式、生产成本及工期、使用后的维

护都密切相关。对这些信息利用得好、处理得好,就能够节省工程开支,缩短工期,也可以惠及使用后的维护工作。因此,十分需要在建筑工程中广泛应用信息技术,快速处理与建筑工程有关的各种信息,合理安排工期,控制好生产成本,尽量消灭建筑项目中由于规划和设计不当甚至是错误所造成的工程损失以及工期延误。鉴于此,就必须在整个建筑工程周期乃至整个建筑物生命周期中,实现对信息的全面管理。

根据美国建筑科学研究院(National Institute of Building Sciences, NIBS)在2007年颁布的美国国家BIM标准第一版第一部分(National Building Information Modeling Standard Version 1 Part 1, NBIMS)援引美国建筑行业研究院(Construction Industry Institute, CII)的研究报告,工程建设行业的非增值工作(即无效工作和浪费)高达57%,作为比较的制造业的这个数字只有26%,两者相差31%。如果工程建设行业随着技术升级和流程优化能够达到目前制造业的水平,按照美国2008年12800亿美元的建筑业规模计算,每年可以节约将近4000亿美元。以美国BIM技术为核心的信息化技术定义的目标,是到2020年为建筑业每年节约2000亿美元。我国近年来固定资产投资规模维持在10万亿元人民币左右,其中60%依靠基本建设完成,生产效率与发达国家比较也还存在不小差距,如果按照美国建筑科学研究院的资料来进行测算,通过技术和管理水平提升,可以节约的建设投资将是十分惊人的。导致工程建设行业效率不高的原因是多方面的,但是如果研究已经取得生产效率大幅提高的零售、汽车、电子产品和航空等领域,我们发现行业整体水平的提高和产业的升级只能来自于先进生产流程和技术的应用。

建筑信息模型(BIM)也是一次真正的信息革命。BIM正是这样一种技术、方法、机制和机会,通过集成项目信息的收集、管理、交换、更新、存储过程和项目业务流程,为建设项目生命周期中的不同阶段、不同参与方提供及时、准确、足够的信息,支持不同项目阶段之间、不同项目参与方之间以及不同应用软件之间的信息交流和共享,以实现项目设计、施工、运营、维护效率和质量的提高,以及工程建设行业持续不断的行业生产力水平提升。

BIM在工程建设行业的信息化技术中并不是孤立地存在,大家耳熟能详的就有CAD、可视化、CAE、GIS等。要弄清楚什么是BIM,首先必须弄清楚BIM的定位,那么,BIM在建筑业究竟处于一个什么样的位置呢?

我国建筑业信息化的历史基本可以归纳为每十年重点解决一类问题。

①“六五”~“七五”(1981~1990年):解决以结构计算为主要内容的工程计算问题(CAE)。

②“八五”~“九五”(1991~2000年):解决计算机辅助绘图问题(CAD)。

③“十五”~“十一五”(2001~2010年):解决计算机辅助管理问题,包括电子政务(e-government)和企业管理信息化等。

“十一五”结束以后的建筑业信息化情况,可以简单地用图1.1来表示。

用一句话来概括,就是:纵向打通了,横向没有打通。也就是接下来建筑业信息化的重点应该是打通横向。而打通横向的基础来自于建筑业所有工作的聚焦点,就是建设项目本身,不用说所有技术信息化的工作都是围绕项目信息展开的,管理信息化的所有工作同样也是围绕项目信息展开的,是为了项目的建设和运营服务的。就目前的技术和行业发展趋势分析,BIM作为建设项目信息的载体,作为我国建筑业信息化下一个十年横向打通的核心技术和方法之一已经没有太大争议。现代化、工业化、信息化是我国建筑业发展的三个方向,建筑业信息化可以划分为技术信息化和管理信息化两大部分,技术信息化的核心内容是

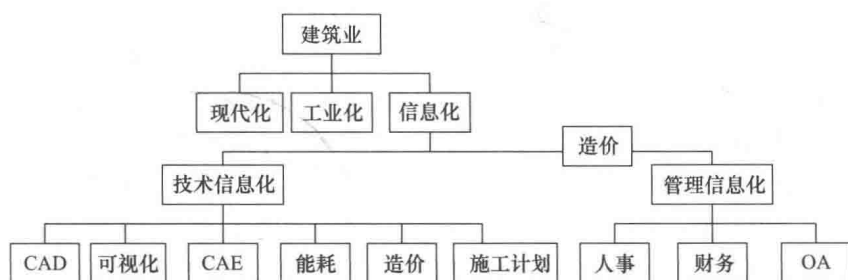


图 1.1 “十一五”完成以后的建筑业信息化情况

建设项目生命周期管理 (Building Lifecycle Management, BLM), 企业管理信息化的核心内容则是企业资源计划 (Enterprise Resource Planning, ERP)。不管是技术信息化还是管理信息化, 建筑业的工作主体是建设项目本身, 因此, 没有项目信息的有效集成, 管理信息化的效益也很难实现。BIM 通过其承载的工程项目信息把其他技术信息化方法 (如 AD/CAE 等) 集成了起来, 从而成为了技术信息化的核心、技术信息化横向打通的桥梁, 以及技术信息化和管理信息化横向打通的桥梁。可以预计我国建筑业信息化未来十年要解决的重点问题为 BIM。

一个工程项目的建设、运营涉及业主、用户、规划、政府主管部门、建筑师、工程师、项目管理、产品供货商、测量师、消防、卫生、环保、金融、保险、租售、运营、维护等几十类、成百上千家参与方和利益相关方。一个工程项目的典型生命周期包括规划和设计策划、设计、施工、项目交付和试运行、运营维护、拆除等阶段, 时间跨度为几十年到一百年甚至更长。把这些不同项目参与方和项目阶段联系起来的是基于建筑业法律法规和合同体系建立起来的业务流程, 支持完成业务流程或业务活动的是各类专业应用软件, 而连接不同业务流程之间和一个业务流程内不同任务或活动之间的纽带则是信息。目前工程建设行业的做法是各个参与方在项目不同阶段用自己的应用软件去完成相应的任务, 输入应用软件需要的信息, 把合同规定的工作成果交付给接收方, 如果关系好, 也可以把该软件的输出信息交给接收方做参考, 下游 (信息接收方) 将重复上面描述的这个做法。由于当前合同规定的交付成果以纸质成果为主, 在这个过程中项目信息被不断地重复输入、处理、输出成合同规定的纸质成果, 下一个参与方再接着输入他的软件需要的信息。据美国建筑科学研究院的研究报告统计, 每个数据在项目生命周期中被平均输入七次。

事实上, 在一个建设项目的生命周期内, 我们不仅不缺信息, 甚至也不缺数字形式的信息, 请问在项目的众多的参与方当中, 今天哪一家不是在用计算机处理他们的信息? 我们真正缺少的是对信息的结构化组织管理 (机器可以自动处理) 和信息交换 (不用重复输入)。由于技术、经济和法律的诸多原因, 这些信息在被不同的参与方以数字形式输入处理以后又被降级成纸质文件交付给下一个参与方, 或者即使上游参与方愿意将数字化成果交付给下游参与方, 也因为不同的软件之间信息不能互用而束手无策。因此, 这就是行业赋予 BIM 的使命: 解决项目不同阶段、不同参与方、不同应用软件之间的信息结构化组织管理和信息交换共享, 使得合适的人在合适的时候得到合适的信息, 这个信息要求准确、及时、够用。

1.1.2 BIM 的基本概念

BIM, 也就是 Building Information Modeling, 即建筑信息化模型。这个概念自 2002 年

由 Autodesk 公司提出以后,逐步受到关注和应用,目前在全球范围内已经获得了工程建设行业的普遍认可,被称作建筑业变革的革命性力量。被称为“BIM 教父”的 Jerry Laiserin 以及 McGraw Hill 等为 BIM 下了多个定义或解释,但一直没有统一、公认的定义。相比较而言,美国第一版国家 BIM 标准(National Building Information Modeling Standard, NBIMS)第一部分中对 BIM 的定义比较完整:“BIM 是一个设施(建设项目)物理和功能特性的数字表达。BIM 是一个共享的知识资源,是一个分享有关这个设施的信息,为该设施从概念到拆除的全生命周期中的所有决策提供可靠依据的过程。在项目不同阶段,不同利益相关方通过在 BIM 中插入、提取、更新和修改信息,以支持和反映其各自职责的协同作业。”

美国国家 BIM 标准由此提出 BIM 和 BIM 交互的需求都应该基于:

- ① 一个共享的数字表达。
- ② 包含的信息具有协调性、一致性和可计算性,是可以由计算机自动处理的结构化信息。
- ③ 基于开放标准的信息互用。
- ④ 能以合同语言定义信息互用的需求。

在实际应用的层面,从不同的角度,对 BIM 会有不同的解读:

- ① 应用到一个项目中,BIM 代表着信息的管理,信息被项目所有参与方提供和共享,确保正确的人在正确的时间得到正确的信息。
- ② 对于项目参与方,BIM 代表着两种项目交付的协同过程,定义各个团队如何工作,多少团队需要一块工作,如何共同去设计、建造和运营项目。
- ③ 对于设计方,BIM 代表着集成化设计,鼓励创新,优化技术方案,提供更多的反馈,提高团队水平。

美国 buildingSMART 联盟主席 Dana K. Smith 先生在其 BIM 专著中提出了一种对 BIM 的通俗解释,他将“数据(data)-信息(information)-知识(knowledge)-智慧(wisdom)”放在一个链条上,认为 BIM 本质上就是这样一个机制:把数据转化成信息,从而获得知识,让我们智慧地行动。理解这个链条是理解 BIM 价值以及有效使用建筑信息的基础。

从内涵层面来讲,BIM 模型以计算机三维数字技术为基础结构框架,用数字化形式完整表达建设项目的实体和功能,能够系统准确地集成工程项目所有的信息和数据。BIM 模型是对工程项目完整的、全过程的描述,贯通了工程项目生命期内各个时期的数据、过程和资源,可方便为工程项目的各参与方普遍应用。BIM 技术能够支持工程项目生命期中实时动态的信息创建、修改、管理和共享,因为其具有统一的工程数据源,可实现工程项目中分布式、异构数据彼此间的协调和共享。事实上,要深入理解 BIM,就需要站在不同的环境下,从不同的维度去理解,对 BIM 的理解通常有三个维度,见图 1.2。

基于运用 BIM 的维度不同,我们可以将 BIM 的概念细分到每一个阶段、每一个个体或者某一个过程。按项目的阶段划分,BIM 可以理解为建筑信息在时间上的传承、集成和运用,从项目规划阶段开始,经历设计、施工阶段不断地将各个阶段的项目信息加载到项目的三维模型这个载体上来,到最终的运营阶段实现了项目信息的集成;按项目不同参与方来划分,BIM 应该是建筑信息在项目的不同主体之间的传承、集成和运用,借助 BIM 的手段,咨询方完成项目的可研,设计方基于 BIM 理念完成项目的设计同时虚拟建造,最终将项目信息依次传递给施工方、监理方、业主,从而让 BIM 的项目不同参与方之间发挥经济效益;按照 BIM 的应用层次来划分,BIM 是项目信息在平台之间的传承、集成和运用,要在一个实际工程项目中运用 BIM 理论,往往需要借助几十个甚至上百个平台,比如借助能耗分析



图 1.2 BIM 的三个维度

平台来完成项目的可研,借助可视化平台来指导施工,借助三维算量平台来实现工程量的统计和造价分析等。因此,BIM 的模型是一切 BIM 应用实施的前提和基础,也是承载一切项目信息的载体,具有以下几个主要的特征。

(1) 模型信息的完备性 即包含了工程项目的信息,BIM 模型完整描述了工程项目的设计信息(设计对象名称、类型、构成材料、性能等级等)、施工信息(施工方案与执行情况、工序安排与技术要求、进度、造价、质量、施工安全防护以及施工所用的人工、材料、机械台班等)、维护信息(工程安全性能、材料耐久性能、管理维修等),并对工程对象之间的逻辑关系进行 nD 几何和空间拓扑关系的描述等。

(2) 模型信息的关联性 BIM 模型中各对象是相互自动关联的,如果某个对象或数据发生了改变,与之关联的所有对象和数据都会自动做出相应的改变,比如设计中将墙位置移动后,墙关联的柱子、梁、门窗等同时、自动进行移动。

(3) 模型信息的一致性 一是同一项目的 BIM 模型的数据标准是一致的;二是 BIM 模型建立后的信息会由系统自动演化完善,能在项目实施的不同阶段保持一致,技术人员只需在模型里简单地进行修改、扩展和完善而无需重新创建,同时模型也能够对错误的、不一致的信息录入进行提示,避免人为造成信息不一致。

1.1.3 BIM 的价值及特点

当前,BIM 技术已被国际工程界公认为建筑业发展的革命性技术,其全面推广应用,将对建筑行业的科技进步产生无可估量的影响,大幅提高建设领域的集成化程度和参建各方的工作效率。同时,也为建筑行业的发展带来巨大的效益,使工程项目规划、设计、施工乃至项目全

生命周期的质量和效益显著提高。与传统的方法进行比较时，BIM 的不同有以下几点。

(1) 参数化建筑模型 在这种数字模型中，整个建筑模型和整套设计文件保存在一个集成的数据库中，所有内容都是参数化和相互关联的。参数建模对于 BIM 至关重要，因为这种技术产生“协调的、内部一致并且可运算的”建筑信息，这是 BIM 的核心特征。如果使用 CAD 解决方案，信息的平面表达（图示或渲染图）虽然看起来和制定的参数化建筑模型工具的输出形式差不多，但实质却大不相同。

相比较而言，参数建筑建模工具可以轻松协调所有图形和非图形数据——全部视图、图纸、表格等，因为它们都是数据库下的视图。以窗户为例，当窗户置于墙体中距门 1m 远，模型保存了这种数据关系。如果门或者墙移动了，窗会自动在它出现的所有视图和图纸中做相应的移动，所有相关尺寸也会做出更正。参数建模固有的双向联系性和即时性及全面传递变动的特性，带来了高质、协调一致、可靠的模型，使得以数据为基础的设计、分析和文档编制过程更加便利。

(2) 统一相互割裂的建筑过程 建筑行业呈现筒状结构，有着固定的组织边界，通常建筑工程由设计、制作、施工和运营几个独立的团队完成，这种方式限制了各组成部分的互动。过去，在建筑过程中使用的数字成果是分散零碎的，重点放在了那些分散的、彼此脱节的任务上，比如生成图纸、效果图、估算成本或建筑管理记录。BIM 解决方案能够跨越这种脱节的状况，取代这些以任务为基础的应用软件，通过统一的数字模型技术将建筑各阶层联系起来。它所采用的参数化设计方法是具有开创性的计算机辅助设计新方法。因此，从以 CAD 为基础的技术转换到 BIM，对有些人来说可能会比较困难，但它对整个行业发展的意义是深远的。

(3) 交互性操作 目前，有众多的设计工具和应用软件可以帮助设计师们处理设计数据，但还没有形成一个完整的可以指导行业的数据协议标准。只有在这些应用软件之间共享具有价值的设计信息，并使涉及工程的各个单位间都能使用可运算的建筑数据，才能成功地推进 BIM。例如，建筑师希望利用建筑信息模型来测试建筑的能源效率，并以此为参照修改设计，就必须让能源分析软件访问建筑信息模型。在此情形下，XML 标准被证明是实现交互操作性的合适工具。XML 通过描述数据内容，定义文本含义的标准，完成了运算文件的转变，方便了计算机应用程序间交换数据内容，也就是说，实现了网络上的交互操作性。

(4) 人员配置 人员配置的传统方式，是以完成整套施工图的庞大任务决定项目团队的人员结构组成。团队成员的角色经常与其绘图的类型相符，如平面图、立面图、剖面图、详图等，或是与建筑构件相符，如核心筒、外墙或大厅。如前所述，BIM 解决方案大大减少了文档编制的工作量，因此传统的项目结构不再适用，取而代之的是 BIM 团队将围绕诸如项目管理、内容创立、建筑设计和文本编制等活动组织并开展工作。此外，BIM 代表了新的建筑设计方法，而不仅仅是应用新的技术，因此，BIM 团队必须从传统的设计组织中脱离出来，以此反映 BIM 带来的基本组织流程变化。实际上，许多公司用这个标准来精选最优秀的设计师和建筑师（而不是最好的 CAD 绘图员）组成 BIM 的协作团队。企业还会发现，过去用在图纸文档和 CAD 工具上的开支减少了，项目团队的规模和预算也相应减小很多，小规模团队在项目执行期间灵活性更强。一旦 BIM 解决方案开始运作，公司用很少的时间和人员就能完成施工文档和协调工作。较早使用 BIM 解决方案的公司已经把节约的时间和人员用在前期设计开发上面，因此可以提前进行更好的决策，并以更高的效益推进项目的完成。

BIM 对于建设项目生命周期内的管理水平提升和生产效率提高具有不可比拟的优势。利用 BIM 技术可以提高设计质量,有力地保证执行过程中造价的快速确定、控制设计变更,减少返工,降低成本,并能大幅降低设计、招标与合同执行的风险。具体来讲,BIM 具有的核心价值主要通过以下几方面的特点体现。

(1) 可视化 BIM 技术的可视化特点,就是在项目设计阶段无论从整体造型还是构件细部都可实现“所见所得”的效果,其在建筑业真正运用后的效益是具有突破性的。建成后的工程实体是立体结构的,但目前的施工图纸是二维平面图,是用线条绘制表达建筑物各个构件,项目建成之前的立体构造需要建设者自行根据平面图去想象,这种想象对一般简单的建筑物是可行的,但对于现代越来越多的形式各异、造型复杂的建筑物,光靠人脑来想象就容易出错。BIM 的可视化能力,让项目各参与方对项目的理解以及过程中的沟通更加快速准确,减少误解,因为 BIM 技术将以往用线条表达的工程平面图转变成三维的立体图形逼真地展示在项目参与方面前。

BIM 模型的可视化不单是工程实体静态的立体展示,而且可以多维形象展示工程建设全过程,在 BIM 模型里,项目的设计、施工、竣工以及投入使用乃至生命周期结束的过程中,各参与方都可在模型可视化的状态下开展项目的沟通、讨论、决策等工作。

(2) 参数化 BIM 最重要的特征是构件及模型的参数化。BIM 技术是直接利用参数化信息进行智能设计和建模,例如进行承重柱设计时,设计人员在 BIM 软件中根据相关标准和本项目情况输入相关荷载参数,就可完成智能化的三维立体设计,软件会自动将柱的荷载参数和与之连接的梁、板等的荷载参数进行关联,当有关荷载发生更改时,BIM 软件将自行完成柱、梁、板结构参数的匹配和位置调整。相比较而言,传统的 CAD 图形,其构件参数是相对孤立的,难以自动进行参数匹配和调整。

对于 BIM 模型的参数化,从宏观角度上看,各个专业对象的参数化具有不同的自身特征,如土建、机电安装、精装修等,而且各个细分行业的参数化也自有特点,如民用综合楼工程、市政道路桥梁工程、轨道工程、矿山工程等,在每个专业、行业里,BIM 参数化的程度决定着智能化的程度。从微观角度看,用户应用 BIM 技术设计时,根据标准规范来录入或修改参数值和参数关系来创建 BIM 模型,同时软件根据参数范围标准对设计对象和构件自动进行约束,防止设计错误。

(3) 数字化 利用 BIM 技术可以将工程项目信息化,从而实现了项目管理过程中海量数据的有效存储、快速准确计算和分析。例如,通过 BIM 快速精确地进行工程量计算、对量等。基于 BIM 高效的计算、准确的数据和科学的分析能力,可以使依靠经验、依靠个人能力的管理现状得到很大改观,逐步实现项目精细化和企业集约化的管控。

(4) 协同化 在项目进行过程中,由于协调不畅往往会造成沟通不畅、工期延迟和成本上升等问题。因此,沟通协同能力显得十分重要。不管是业主、设计单位、造价咨询单位还是施工单位,在项目进行过程中,随时都在做着协调及相互合作的工作,BIM 技术的“协同化”可以为项目各参与方提供一个更好的沟通协调平台,对于项目实施过程中的问题,各方不必组织相关人员召开现场协调会,而是通过网络在 BIM 平台及其数据库商讨问题原因,确定解决办法,然后向相关人员发出变更和补救措施的指令,协同解决问题。

首先,BIM 技术改变了传统低价值、点对点的协同模式,形成一对多基于 BIM 的新协同模式,实时、准确、跨地域完整信息的工程协同,大幅提升了项目协同效率,降低错误率。其次,在工程设计时,由于各专业图纸是由相对独立的专业设计师设计的,经常会造成

由于相互协同不畅而发生专业之间的碰撞问题,如管线布置的位置被结构梁阻挡。为了避免造成施工障碍,碰撞问题必须在施工前解决,这就需要各专业设计师之间在设计时进行良好的协同工作。BIM 技术可以在项目设计过程和施工前期对给排水、暖通、消防等专业设备与柱、梁等结构构件进行碰撞检测,发现和提示碰撞位置,生成综合协同数据,提供给相关专业设计师进行协同修改。

(5) 可模拟 BIM 技术的可模拟性,不仅可以将建筑物的完整模型形象清晰地模拟展示出来,还可以模拟建筑物实施的整个过程。BIM 技术可以方便实施建筑物的节能模拟、紧急逃生模拟、施工模拟等,在工程造价方面,基于 BIM 技术的 5D (3D+时间+造价) 模拟,可以根据确定的施工方案和进度,模拟各时间段的工程量及价款,做好各阶段的资金安排,控制好工程成本。

(6) 可优化 建设项目的设计、施工、运营过程是一个不断优化的过程,BIM 技术尽管不是项目优化的必备技术,但是 BIM 技术模型具有丰富的参数,可以促进建设项目更好地进行优化。项目优化工作主要受三个因素制约,即信息准确度、项目复杂程度和项目实施时间。BIM 模型完整提供了项目的实际存在的准确信息,如几何属性、物理属性以及实施过程中的变更信息,高度准确的信息有利于技术人员作出科学合理的优化方案,减少优化工程的时间;现在建设项目越来越复杂的造型和工程体量,又由于时间和技术人员自身能力的限制,优化工作越来越难,也难以取得理想的优化结果,而 BIM 技术及其配套的各类优化工具为复杂大型项目的优化工作提供了越来越便利的条件。

在项目全生命周期中,BIM 模型不是“静止”的,而是“动态”生成的。从概念上理解 BIM 的模型应该是统一的,不断迭代和集成项目生命周期各阶段的信息,并能被参建各方使用。单从应用模式来看,BIM 模型是动态生成的,每个阶段都会产生各阶段的模型,承载着各个阶段的信息,产生不同版本的模型,并被参建各方使用。各阶段的模型通过统一的标准和平台实现数据的交换与共享。由于各个阶段的工作内容不同,就会产生和使用不同阶段的模型。设计模型是开始,招投标阶段会以设计模型为基础,在上面进行修改和增加,形成算量模型。同样,施工阶段可以以设计模型和算量模型为基础,进行修改和增加,形成施工模型,最终形成运营维护阶段的模型。

1.2 BIM 的发展历程

BIM 在过去 20 年里,是设计和建筑领域无处不在的术语,但它从何而来?这是一个丰富而复杂的故事,源于来自美国、西欧和前苏联的人们为了改变二维 CAD 工作流,争相开发最完美的建筑软件。

说起 BIM,它的起源甚至可以追溯到 1962 年,当时鼠标的发明者、研究人工智能的美国专家 Douglas C. Englebart 在论文《增强人工智能》(Augmenting Human Intellect)一文中,提出了建筑师可以在计算机中创建建筑三维模型的设想,并提出了基于对象的设计、实体参数建模、关系型数据库等概念,可以说是现代 BIM 技术的雏形。

随后,1975 年,在 DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) 的资助下,现仍在美国佐治亚理工大学建筑系担任教授的 Chuck Eastman 在 PDP-10 电脑上研发了第一个可记录建筑参数数据的软件 BDS (Building Description System)。这个软件在个人电脑的

普及之前问世,是一个实验性的软件,当时很少有建筑师使用,但提出了很多在建筑设计中参数建模需要解决的基本问题。

Eastman 认为 BDS 能通过提高绘图和分析效率减少多余 50% 的设计成本。他的项目由美国国防部高级研究计划局资助,在 PC 出现前就于 PDP-10 计算机上撰写完成。很少有建筑师能够在 BDS 系统上工作,是否任何项目都能通过这个软件来实现也尚不明确。BDS 是一个实验,能在接下来的五十年中处理建筑设计中一些最基础的问题。在 1977 年,Eastman 在卡耐基梅隆大学创建了下一个项目 GLID (Graphical Language for Interactive Design),展示了现代 BIM 平台最主要的特征。

20 世纪 80 年代初期,英国开发了几个应用于建设项目的系统,成果颇丰。其中包括 GDS、Cedar、RUCAPS、Sonata 和 Reflex。RUCAPS 于 1986 年由 GMW Computers 开发,是使用了建筑建造进程中时间定相概念的第一个程序,协助完成了 Heathrow 机场 3 号航站楼的设计 (Laiserin, BIM 的历史)。1988 年斯坦福大学综合设施工程中心的成立标志着 BIM 发展的另一个里程碑。这是在博士生和工业部门的合作下进一步发展的有时间属性的“四维”建筑模型的源泉,标志着 BIM 技术发展中的两种趋势将分离,并在未来二十年中继续壮大。一方面,服务于建筑业,能提升建造效率的针对多学科的专业工具将得到发展;另一方面,BIM 模型将能用于测试和模拟建筑性能表现。

之后,在 1993 年,劳伦斯伯克利国家实验室开发了 Building Design Advisor,是基于模型给予反馈并提出解决方案的著名模拟工具。这个软件使用建筑及其周围环境的对象模型来执行模拟,是第一个使用综合图形分析和模拟来展示建筑将如何在特定条件下(朝向、几何特征、材料特征、构件系统)表现的项目。程序中,还有一个基础优化助手,能基于储存于“解决方案”中的标准做出决策。

当 BIM 在美国发展迅速的同时,前苏联有两个编程天才,他们所做的工作为当今 BIM 市场打下了坚实基础。Leonid Raiz 和 Gábor Bojár 分别是 Revit 和 ArchiCAD 的联合创始人和创始人。1984 年,物理学家 Gábor Bojár 在匈牙利布达佩斯创立了 ArchiCAD 私营公司。之后,苹果 Lisa 操作系统发布了利用类似于 Building Description System 技术的 Radar CH 软件。这最终促使 ArchiCAD 成为第一个能在 PC 上使用的 BIM 软件。但由于商业环境的不友好和 PC 的限制,ArchiCAD 最初的发展极为缓慢,很久之后才开始被运用在大项目上。

1997 年,美国工程师 Irwin Jungreis 和 Leonid Raiz Charles River 创建了软件公司 Charles River,公司后来改名为 Revit。这两个工程师均来自于 PTC (Parametric Technology Company),一家机械三维设计软件公司。他们的设想是把机械领域的参数化建模方法和成功经验带到建筑行业,并制造出比 ArchiCAD 功能更强大的建筑参数化建模软件。在获得了 Atlas Venture 和 North Bridge Venture 风险投资之后,公司开始在 Windows 平台上用 C++ 开发 Revit。

Revit 通过创立利用可视化编程环境产生参数组,允许为组件添加时间属性,建立建筑四维模型的平台,彻底改变了 BIM 的世界。Revit 使承包商能在 BIM 模型的基础上生成施工时间表,模拟建筑进程。曼哈顿的自由塔项目是最早运用 Revit 的项目之一。项目中使用了一系列分离却相互联系,具备提供实时成本评估和材料属性明细表的 BIM 模型。

2002 年,Autodesk 收购了 Revit 软件,填补了其缺少三维设计软件的空白,将 Revit 从建筑扩展到更多领域,并将 BIM 技术广泛宣传和推广。Revit 软件是 BIM 技术的重大革命,是目前 BIM 软件市场占有率最高的平台。

由于建筑师和工程师使用各种各样不同的程序，因此协同设计有些困难。不一样的文件格式在各平台中运行时，精度会有一定程度的损失。为了解决这个问题，IFC 文件格式在 1995 年诞生了。BIM 模型在这个统一的标准下，实现了在不同软件中的运行，Navisworks 等专为协调不同文件格式而设计的软件也逐渐出现。Navisworks 允许数据收集、施工模拟和冲突检测，美国的大多数承包商现在都在使用 Navisworks。

随着整体观念和技术的发展，BIM 已诞生了 40 年，然而，建筑行业才刚刚开始意识到建筑信息模型的潜在好处。我们正处于建筑数字化的时代，本地建材和结构组件的交易市场也在逐步完善，这也是可持续设计的要求。人机交互，扩增实境，云计算，衍生式设计，虚拟设计和建造的持续快速发展都深深影响着 BIM。

为了更好地实现 BIM 技术的应用，我国各省市也陆续发布 BIM 的各项指导意见和实施办法，如表 1.1 所列。

表 1.1 我国各省市 BIM 指导意见

发布单位	时间	发布 信息	政 策 要 点
住建部	2011 年 5 月 20 日	《2011～2015 年建筑业信息化发展纲要》	“十二五”期间，基本实现建筑企业信息系统的普及应用，加快建筑信息模型(BIM)、基于网络的协同工作等新技术在工程中的应用，推动信息化标准建设，促进具有自主知识产权软件的产业化，形成一批信息技术应用达到国际先进水平的建筑企业
	2013 年 8 月 29 日	《关于征求关于推荐 BIM 技术在建筑领域应用的指导意见(征求意见稿)意见的函》	2016 年以前政府投资的 2 万平方米以上大型公共建筑以及省报绿色建筑项目的设计、施工采用 BIM 技术；截至 2020 年，完善 BIM 技术应用标准、实施指南，形成 BIM 技术应用标准和政策体系；在有关奖项，如全国优秀工程勘察设计奖、鲁班奖(国际优质工程奖)及各行业、各地区勘察设计奖和工程质量最高的评审中，设计应用 BIM 技术的条件
	2014 年 7 月 1 日	《关于推进建筑业发展和改革的若干意见》	推进建筑信息模型(BIM)等信息技术在工程设计、施工和运行维护全过程的应用，提高综合效益，推广建筑工程隔震技术，探索开展白图代替蓝图、数字化审图等工作
辽宁省住房和城乡建设厅	2014 年 4 月 10 日	《2014 年度辽宁省工程建设地方标准编制/修订计划》	提出将于 2014 年 12 月发布《民用建筑信息模型(BIM)设计通用标准》
北京质量技术监督局；北京市规划委员会	2014 年 5 月	《民用建筑信息模型设计标准》	提出 BIM 的资源要求、模型深度要求、交付要求是在 BIM 的实施过程中规范民用建筑 BIM 设计的基本内容。该标准于 2014 年 9 月 1 日正式实施
山东省人民政府办公厅	2014 年 7 月 30 日	《山东省人民政府办公厅关于进一步提升建筑质量的意见》	明确提出推广建筑信息模型(BIM)技术
广东省住房和城乡建设厅	2014 年 9 月 16 日	《关于开展建筑信息模型 BIM 技术推广应用工作的通知》	目标：到 2014 年年底，启动 10 项以上 BIM 技术推广项目建设；到 2015 年年底，基本建立我省 BIM 技术推广应用的标准体系及技术共享平台；到 2016 年年底，政府投资的 2 万平方米以上的大型公共建筑，以及申报绿色建筑项目的设计、施工应当采用 BIM 技术，省优良样板工程、省新技术示范工程、省优秀勘察设计项目在设计、施工、运营管理等环节普遍应用 BIM 技术；到 2020 年年底，全省建筑面积 2 万平方米及以上的工程普遍应用 BIM 技术