



The Application and
Practice of BIM Technology in
the Field of Building Structure Design

BIM技术在建筑结构设计领域的 应用与实践

齐宝欣 李宜人 蒋希晋 编著



東北大學出版社
Northeastern University Press

BIM 技术在建筑结构设计领域的应用与实践

齐宝欣 李宜人 蒋希晋 编著



C00597750

东北大学出版社

· 沈 阳 ·

© 齐宝欣 李宜人 蒋希晋 2018

图书在版编目 (CIP) 数据

BIM 技术在建筑结构设计领域的应用与实践 / 齐宝欣, 李宜人, 蒋希晋编著. —沈阳: 东北大学出版社, 2018.8

ISBN 978-7-5517-1993-3

I. ① B… II. ①齐… ②李… ③蒋… III. ①建筑结
构—计算机辅助设计—应用软件 IV. ① TU311.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 195343 号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路三号巷 11 号

邮编: 110819

电话: 024-83687331 (市场部) 83680267 (社务部)

传真: 024-83680180 (市场部) 83687332 (社务部)

网址: <http://www.neupress.com>

E-mail: neuph@neupress.com

印 刷 者: 沈阳航空发动机研究所印刷厂

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm × 260mm

印 张: 18.75

字 数: 433 千字

出版时间: 2018 年 8 月第 1 版

印刷时间: 2018 年 8 月第 1 次印刷

责任编辑: 潘佳宁

责任校对: 叶 子

封面设计: 潘正一

ISBN 978-7-5517-1993-3

定 价: 78.00 元

自序

乔治亚理工大学的 Chunk Eastman 教授在 20 世纪 70 年代提出建筑信息化模型（building information modeling，BIM）的构想，核心思想是构建一个精确的数字虚拟建筑信息模型，该模型包含建筑全生命周期所有的数据信息。随着计算机技术的迅速发展，BIM 技术从理论构想得以转换成真实的信息化模块平台，构建出基于 BIM 技术的可视化三维建筑模型，减少了项目参与方中各专业设计人员信息交流的障碍，实现了多专业同平台的资源共享，提高了各专业之间的合作效率。

当今，BIM 技术在建筑行业得到大力推广和应用。能够将工程项目在全生命周期中各个不同阶段的工程信息、过程和资源集成在一个模型中，方便被工程建设各参与方使用。BIM 技术在国内还处于初级阶段，近 5 年内，部分重大百年工程和超限工程开始采用 BIM 技术进行设计、施工和管理三位一体的交互设计。随着装配式建筑结构的大范围推广应用，具有三维实体数字化模型视图效果的 BIM 技术，能够直观地看到装配式建筑结构构件连接处的构造形式。在建筑行业内，BIM 技术未来将在建筑设计、结构设计、施工规范和项目管理等领域得到广泛应用。

本书主要介绍 BIM 技术在建筑和结构设计中的应用，并结合实际算例，详细介绍了 BIM 建模的流程。本书可作为 BIM 入门学习的教学参考书，也可以作为土木工程专业本科生、硕士研究生，建筑工程设计、施工、科研单位的专业技术人员及高等院校相关专业教师熟悉和掌握 BIM 软件在建筑与结构领域应用的参考资料。

本书由齐宝欣、李宜人和蒋希晋共同编著。齐宝欣负责阐述 BIM 技术的发展历程、Revit 程序建筑与结构设计流程，统筹 BIM 软件在建筑和结构领域建模方法，有针对性地选择具有代表性的楼梯、墙体、建筑模型和结构模型等，针对各种模型分步详细讲解其建模的全过程；李宜人的主要工作是基于 BIM 技术的建筑与结构建模方法，并介绍算例建模流程；蒋希晋主要做 BIM 建模的补充分析。

本书在撰写过程中，参阅和引用了一些文献资料，谨向它们的作者表示感谢；感谢一直以来支持、鼓励和鞭策我成长的师长和学界同人；感谢天堂中的奶奶对我从小到大无微不至的抚养和悉心教导。

由于我们水平所限，书中错误之处在所难免，恳请读者和同行批评指正。

齐宝欣

2018 年 5 月 20 日

撰写于浑河之南

目 录

第1部分 总 述

第 1 章 BIM 技术发展历程	3
1.1 引 言	3
1.2 BIM 技术的内涵和特点	4
1.3 国内外 BIM 技术应用现状与进展	6
1.4 BIM 设计在土木工程领域的应用前景	10
1.5 BIM 结构设计中的具体应用	11
1.6 本章小结	13

第 2 部分 基于 BIM 技术的建筑设计领域的应用

第 2 章 基于 Revit 环境的建筑结构设计流程	19
2.1 引 言	19
2.2 Revit 运行环境概述	19
2.3 Revit 术语介绍	21
2.4 Revit 环境下的建筑设计	22
2.5 Revit 环境下的结构设计	23
2.6 Revit 的设计流程	23
第 3 章 基于 Revit 软件的标高和轴网绘制方法	25
3.1 算 例	25

3.2 创建标高和轴网	26
第 4 章 弧形标高轴网绘制	35
4.1 算 例	35
4.2 创建标高和网轴	36
第 5 章 三维立体楼梯图绘制	44
5.1 算 例	44
5.2 楼梯绘制流程	45
第 6 章 三维立体弧形楼梯图绘制方法	52
6.1 算 例	52
6.2 弧形楼梯设计流程	53
第 7 章 屋顶绘制方法	62
7.1 算例 1	62
7.2 坡屋顶绘制流程 1	63
7.3 算例 2	66
7.4 坡屋顶绘制流程 2	68
第 8 章 建筑结构外墙绘制方法	75
8.1 算 例	75
8.2 外墙绘制流程	75
第 9 章 中央电视台大楼建筑设计图绘制	85
9.1 算例 1	85
9.2 中央电视台大楼绘制流程	86
9.3 算例 2	94
9.4 建筑图绘制流程	95

第 10 章 多层建筑结构设计图绘制	100
10.1 算例 1	100
10.2 老年公寓建筑图绘制流程	103
10.3 算例 2	120
10.4 办公楼设计绘制流程	125
10.5 算例 3	146
10.6 多层民宅绘制流程	151
 第 3 部分 基于 BIM 技术的结构设计领域的应用	
第 11 章 马镫型钢筋绘制	171
11.1 算 例	171
11.2 马镫型钢筋绘制流程	172
第 12 章 单层厂房牛腿柱结构设计图绘制	179
12.1 算 例	179
12.2 牛腿柱结构设计绘制流程	180
第 13 章 钢 - 混凝土结构柱节点设计图绘制	193
13.1 算 例	193
13.2 钢 - 混凝土结构节点绘制流程	194
第 14 章 二层钢筋混凝土别墅结构设计	211
14.1 算 例	211
14.2 混凝土结构别墅结构设计流程	215
第 15 章 二层钢筋混凝土住宅结构设计图绘制	237
15.1 算 例	237

15.2 钢筋混凝土住宅楼结构图绘制流程	242
----------------------------	-----

第 16 章 土木工程结构实验室结构设计图绘制	267
--------------------------------------	------------

16.1 算 例	267
----------------	-----

16.2 土木工程结构实验室绘图流程	272
--------------------------	-----

第 1 部分

总 述

第1章 BIM 技术发展历程

1.1 引言

随着建筑工业化的快速发展,大型及超大型建筑结构工程越来越多,建筑结构设计要求越来越精细化。BIM (building information modeling) 技术作为三维实体建模的大型工程技术软件,直观地表达出对建筑结构的整体性和局部结构之间的关系。BIM 技术同样可以基于建筑结构的动态变化开展设计工作,通过可视化技术实现,从而提高建筑结构设计方案的合理性。

基于 BIM 技术进行建筑结构设计,需要依据大量的信息数据构建模型,利用 BIM 模型可以收集各类施工信息和整理工作,BIM 模型能够优化调整建筑结构设计,便于建设单位选取最为科学合理的施工方案。

对于 BIM 技术的研究和应用,首先要明确建筑信息模型的概念。美国国家建筑科学研究院(NIBS)对建筑信息模型的定义是出于可视化、工程分析、冲突分析、规范标准检查、成本分析、竣工验收、预算及多种目的而建立一个设施电子化模型的行动。美国建筑师协会指出,建筑信息模型是一种数据库相联系基于模型的项目信息技术。McGraw Hill 教授给出的定义是为了项目的设计、建造和运营需要而创建和使用数值化模型的过程。Graphisoft 给出的定义是一个包含了图形文件(图纸)及非图形文件(合同、进度计划 and 数据)的单一知识库。Tekla 给出的定义是一个建筑物结构在细节方面进行建模和沟通的过程,以有利于建设项目的整个生命周期。

建筑信息模型主要分三种类型。① 实体论。建筑信息模型是一个模型或知识库,在其中包含了涉及整个建设工程全生命周期的信息。② 技术论。建筑信息模型是一种实现建设工程信息管理的技术或方法。③ 过程论。建筑信息模型是一种信息管理的过程。

建筑信息模型的特征包括:① 模型中包含的信息涉及整个项目的全生命周期;② 为项目协同建设提供支持;③ 涉及的信息可以计算,信息完全数字化;④ 由参数定义的、互动的建筑物构件构成,且构件中包含了丰富的信息;⑤ 建筑信息模型中信息的表现可以通过图形化及非图形化的方式表现。

建筑信息模型的概念框架包括:① 一个综合多种不同维度的综合体,单纯从某一

个方面入手不能收到事半功倍的效果；②模型是建筑信息模型的基础、核心和对象，但在实际工程中，模型的应用必须辅以相关的合同、管理手段，才能真正发挥作用，并且能够有效地规避风险；③技术是建筑信息模型的基础，只有在坚实的技术支持下，才能使建筑信息模型发挥作用。

1.2 BIM 技术的内涵和特点

1.2.1 BIM 技术的内涵

BIM 的理念是 19 世纪 70 年代，美国乔治亚理工大学的伊斯特曼（Chuck Eastman）教授率先提出来的。旨在将信息化技术与建筑设计、施工和管理相结合，将传统的二维建筑结构图纸、资料 and 人员管理信息信息化，并整合信息，协同工作，使得项目设计、施工和管理等时间过程信息化^[1]。McGraw Hill 指出，BIM 技术是采用三维数字模型对项目设计、施工和运营进行管理的过程。美国的 BIM 国家标准中，描述 BIM 技术是一种三维数字化信息资源，该技术通过集成建筑项目各个阶段的工程信息，建立一个完整的建筑项目信息共享平台，BIM 技术运用是对工程项目各个环节进行编辑和信息提取，在整个项目设计、施工和管理期间都能实现系统的数字化表达^[2]。

BIM 软件提供的协同平台将不同的项目阶段搭建在同一个系统平台上，使得不同专业的人员向 BIM 中心模型提交自己的设计成果，同时也可以看到设计人员的成果，可以同设计人员开展协同交流工作，提高项目设计效率。目前国内对 BIM 技术等定义基于美国国家 BIM 标准 (NBIMS) 中对 BIM 的定义，主要包括以下三部分^[3]：

(1) BIM 技术是建设项目物理和功能特性的数字化表达；

(2) BIM 技术是知识资源共享的信息平台，是一个分享有关设施的信息，为该设施从概念到拆除的全生命周期中的所有决策提供依据的过程；

(3) 在项目的各个阶段，相关设计人员通过在 BIM 模型中心添加、提取、更新和修改模型信息，实现各阶段相关方的协同合作。

国际设施信息理事会 (facilities information council) 对 BIM 技术的定义是一个建立在开放工业标准下的对建筑相关全生命周期信息的互操作性的形式表现，为提高正确的决策提供支持，实现 BIM 技术对项目管理的价值。并且指出，建筑项目信息模型将所有相关方面集成在一个数据平台内，可以采用相关 BIM 应用软件调用、修改和增加信息模型数据。

美国退伍军人事务部对 BIM 技术的定义是信息模型使用、流程和建模手段的合集，有模型实现特定的、可重复使用的、准确的信息。建模手段影响模型生成的信息质量，使用和共享模型的时间和流程影响着 BIM 用于项目成果和决策支持的效果和效率^[4]。

新加坡城市建设局颁布的“新加坡 BIM 指南”中对 BIM 技术的定义是建筑信息模

型包括模型使用、 workflow 和模型方法,用于从“模型”中获取具体的、可重复的和稳定的信息结果(见模型的定义)。模型方法影响模型生成的信息质量。在获取需要的项目结果和决策支持中,什么时候与为什么使用和共享模型会影响 BIM 使用的效率和有效性^[5]。

1.2.2 BIM 技术的特点

BIM 技术是基于建筑项目全生命周期过程中信息数据的集中平台,包括建筑规划、方案设计、结构设计、招标、施工、销售、运营、改造和拆除。其过程中所涉及的项目参与方主要包括业主、建筑设计、结构设计、施工、监理、造价、材料设备和预制构件加工等^[6-8]。

BIM 技术具有以下几个特点。

(1) 可视化。BIM 技术可以将建筑模型实现三维实体建模。使得设计和施工人员能够直观地看到建筑模型的相关信息。可视化可以高效增强各个专业之间的沟通和决策效率。

(2) 协调性。BIM 技术可以高效地解决建筑项目初期各专业之间存在的碰撞问题,还可以对各专业间的设计进行优化调节,例如:人防分区设计与管道设计布置之间的协调,房间净空高度与电梯井设计布置之间的协调,地下水布置与设计布置的协调。

(3) 模拟性。BIM 技术可以在设计阶段对建筑项目进行建筑性能模拟。例如:节能模拟、火灾人员紧急疏散模拟、日照模拟等。BIM 技术可以在三维基础上增加时间进行 4D 模拟指导招投标和施工,同时还可以基于三维模型的造价控制进行 5D 模拟实现成本控制。

(4) 优化性。建筑设计要根据施工期间的实际需要开展模型的具体设计,以实现优化。BIM 技术优化主要受信息、复杂程度和时间的影响。BIM 技术自身具有实时模拟性能的功能、能够为设计人员提供一个完整的优化平台,帮助设计人员对建筑项目进行优化和完善。另外,建筑设计具有多样性和复杂性的特点,BIM 技术能够实现各个环节设计任务中的方案优化决策,保证建筑设计高效率和高质量。

(5) 可出图性。BIM 技术不仅能提供设计院常见的平面、立面和剖面 CAD 建筑设计图纸,还可以通过对建筑物进行优化设计和模拟等,自动生成建筑物的整体规划图、整体设计的碰撞报告和有针对性的解决方案等图纸。

1.2.3 BIM 技术与传统 CAD 技术对比

传统的 CAD 软件系统存在的不足包括:① 各专业协作设计缺少一个统一的技术平台;② 二维设计禁锢了设计师的空间想象力和创造力;③ 设计修改工作量巨大;④ 图纸审查和细节检查复杂抽象;⑤ 项目各参与方缺少信息交流平台,存在信息断层。这

些不足严重阻碍了建筑设计及项目管理水平的整体提升。

BIM 技术相对二维 CAD 的革新包括：① BIM 技术是数字化数据库的设计模式，即以数据库的方式代替传统的图纸模式；② BIM 技术提供项目参与方三维建筑模型的信息共享平台；③ BIM 技术可以实现建筑项目全生命周期的信息数据库；④ BIM 技术能够提供建筑项目全生命周期内各阶段的信息模型。

BIM 技术相对于应用于建筑行业的三维建模和渲染软件，例如 3DstudioVIT、3DAutoCAD 等，能够提供建筑构件的特性属性，并能分析各个方面的建筑性能，并实现和各个建设行业的协同设计与管理。

1.3 国内外 BIM 技术应用现状与进展

1.3.1 BIM 技术国外研究现状

19 世纪 70 年代，乔治亚理工大学的伊斯特曼教授提出了建筑描述系统（building description system）^[9]，随后又指出 BIM 技术建立在精确的数字虚拟模型中，视为建筑信息模型，该模型中包括建筑全生命周期所包含的数据信息^[10]。20 世纪末，新加坡政府启动了建筑信息化项目（construction and real estate NET work, CORENET），将建筑业的各项业务建立起联系，形成建筑业务体系。2000 年，新加坡政府开发了基于 IFC 各市地具有建筑图纸自动审图功能的 e-plan Check，并于 2005 年对应用 BIM 技术的项目进行跟踪服务^[11]。21 世纪初期，BIM 技术得到建筑行业的广泛推广应用，尤其是 Autodesk 收购瑞士的 Revit 公司，并以此软件为基础，提出建筑信息模型（building information modeling）的理念并推广 Revit 软件的应用^[12]，并首次将 building information modeling 中的首字母连接起来形成“BIM”。2003 年美国总务管理局（general service administration, GSA）提出 3D-4D-BIM 计划，在 GSA 的项目中挑选 3D-4D-BIM 实验项目，用以探索和验证 BIM 模式的全生命周期解决方案，并且可以获得政府的资金补贴^[13-16]。2006 年美国国家标准与技术研究院基于国际 IFC 标准制定了美国国家 BIM 标准 NBIMS V1（national building information model standard）首先给出 BIM 标准的定义和描述^[17]，美国联邦机构美军陆军工程兵团（USACE, the U.S. army corps of engineers）公布了美国未来 15 年 BIM 技术实际工程实施计划，制定了 BIM 战略目标，美国 80% 以上的实际建筑工程中采用 BIM 技术^[18]。伊斯特曼还主编了 BIM 手册（BIM Handbook），该书对 BIM 进行了系统的论述，为建筑行业从业人员提供了一套完整科学的 BIM 技术使用指导手册。2010 年，加拿大 BIM 学会发表了题为《BIM 工具及标准的环境审视》的调查报告，系统分析了建筑全生命周期内的设计、施工和运营各个阶段对应的 BIM 技术应用^[19]。2010 年欧洲地区已经有 50% 以上的工程建筑项目采用 BIM 技术进行建筑设计建模和工程项目管理^[20]。从应用范围和地区分布分析，英国、加拿大和

欧洲大陆地区对 BIM 技术的应用深度和推广走在了世界前列^[21]。2010 年,日本政府投资的公共建筑工程项目和道路工程项目中已经大量推广应用 BIM 技术。同一时期韩国 BIM 技术应用在 1~2 个大型工程的施工过程中,韩国国土海洋部制定了《建筑领域 BIM 应用指南》^[22],2011 年在 3~4 个示范项目中应用 BIM 施工管理技术。2011 年,伊斯特曼出版了第二版的 BIM 手册,针对建筑行业工程实际问题及最新的研究成果进行了说明和补充。2012 年公布了美国国家 BIM 标准第二版 NBIMS-USTM V2,整个标准更加全面、严谨,形成了较为完整的标准体系。美国工程建设行业超过 70% 的工程采用 BIM 技术,基本实现了 BIM 技术的普及应用。同年,英国建筑业 BIM 标准委员会(AEC UK committee)发布英国建筑业 BIM 协议第二版(AEC UK BIM Protocol V2),规定 BIM 具体实施方法,并分别发布了针对 Autodesk Revit、Bentley AECO sim Building Designer、GRAPHISOFT ArchiCAD 等 BIM 软件的具体版本。2012 年,芬兰的 Building SMART 颁布了通用 BIM 需求(common BIM requirements)。2013 年,挪威公共建筑机构 Statsbygg 颁布了 Statsbygg BIM 手册 1.21 版(statsbygg BIM manual 1.21)。新加坡政府在 2015 年将 BIM 技术推广应用到超过 80% 的建筑工程企业中。2016 年,英国建筑企业实现 3D-BIM 技术的全面协同;同年,在韩国实现全部公共建筑和道路工程实现 BIM 技术应用。

1.3.2 BIM 技术国内研究现状

我国对 BIM 技术的研究相对较晚,如表 1.1 所示。2003 年,我国建筑行业引进 BIM 技术,主要应用于设计公司、各类 BIM 咨询公司、培训机构。2007 年,中国勘察设计协会首次在全国勘察设计行业信息化发展技术交流论坛中讨论 BIM 技术在建筑行业的推广应用。2008 年,中国建筑学会主办建筑信息模型研讨会,提出将 BIM 技术推广应用到工程建设中。

表 1.1

中国建筑行业信息化发展回顾

国家五年计划时间表	信息化进程
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)
八五~九五 (1991—2000 年)	解决计算机辅助绘图问题(CAD)
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-governance)、电子商务(E-business)、企业信息化(ERP)等
十二五~十三五 (2011—2020 年)	BIM 技术

BIM 技术被列为“十一五”国家支撑计划重点项目,主要研发 BIM 数据库、BIM 信息共享平台建设、BIM 信息管理和数字化等。在“十二五”国家支撑计划重点项目中,

计划大力推广绿色建筑、推动建筑产业化,推动 BIM 技术在建筑工程中的应用。2011 年,住建部颁发《2011—2015 年建筑信息化发展纲要》,有效推动我国 BIM 基础技术研究和社会媒体对 BIM 技术的认识度。2012 年,中国 BIM 发展联盟成立,主要目的是发展中国 BIM 技术、建立符合中国建筑业标准的 BIM 配套软件,在国内建筑设计和工程施工中推广应用 BIM 技术。2014 年,随着国家 BIM 技术标准的提出,各省相继出台了各自的 BIM 技术标准,并开始 BIM 技术全生命周期的应用探索。2015 年,我国香港特别行政区的工程建设项目开始将 BIM 技术应用作为建筑设计标准。2016—2017 年,国内各地区采用 BIM 技术的建筑工程试点增多,施工企业也开始采用 BIM 技术作为招标的特色。

图 1.1 所示为中国知网近 10 年 BIM 主题论文发表情况,图 1.2~图 1.4 分别统计了国内学术界近 10 年对 BIM 技术的关注程度和媒体对 BIM 关注度。2013—2017 年, BIM 技术论文发表及媒体关注度急剧上升,尤其在 2015 年中国工程建设标准化协会建筑信息模型专业委员会完成《绿色建筑设计评价 P-BIM 软件技术与信息交换标准》(征求意见稿)以后,规范了绿色建筑设计评价阶段 P-BIM 模型建立、信息数据库的建设和交换及软件工具的编制,提高 P-BIM 技术推广应用的效率。

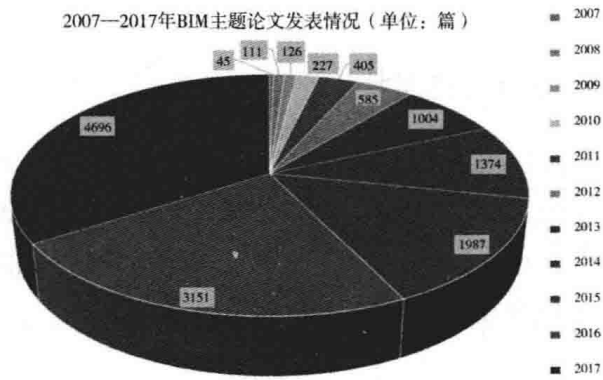


图 1.1 近 10 年 BIM 主题论文发表情况

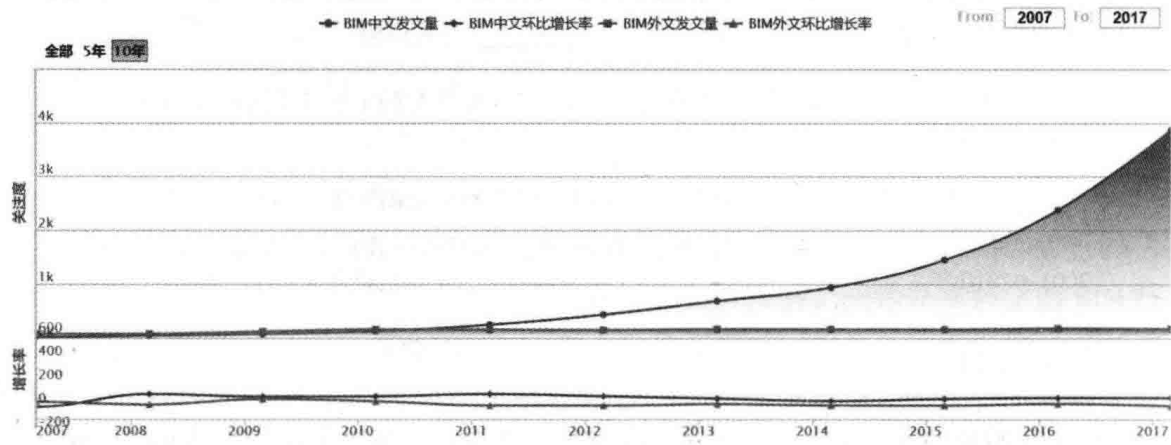


图 1.2 近 10 年 BIM 学术关注度