

住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材  
高等学校土木工程专业创新型人才培养规划教材

# BIM 技术及应用

刘荣桂 主 编  
周 佶 周建亮 副主编  
吕志涛 主 审

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

BIM 技术及应用/刘荣桂主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2017. 7

住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材. 高等学校土木工程专业创新型人才培养规划教材  
ISBN 978-7-112-20786-2

I. ①B… II. ①刘… 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 (2017) 第 113104 号

本书以 BIM 技术为工程背景, 介绍了 BIM 技术的主要性质及其在工程中的应用。全书内容主要包括: BIM 技术的发展及应用现状、BIM 技术的特点及相关软硬件; 此外, 还介绍了 BIM 模型建立的基本流程及方法, 同时对 BIM 技术在规划、设计、施工、运维中的应用进行了详细描述, 且对 BIM 技术的发展前景进行了展望。这些成果为 BIM 技术在土木工程中的应用提供了很好的技术支持, 也为相关 BIM 标准的修订与完善做出了宝贵贡献。

本书既可供高校土木工程、工程管理等专业的本科生、研究生学习, 也可供从事 BIM 技术研究与应用的人员、工程设计人员和管理人员参考。

本书作者制作了相应的教学课件, 请有需要的老师发送邮件至 [jiangongkejian@163.com](mailto:jiangongkejian@163.com) 免费索取。

责任编辑: 吉万旺 王 跃 仕 帅

责任设计: 韩蒙恩

责任校对: 李欣慰 关 健

住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材  
高等学校土木工程专业创新型人才培养规划教材

## BIM 技术及应用

刘荣桂 主 编

周 佶 周建亮 副主编

吕志涛 主 审

\*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 18 字数: 449 千字

2017 年 8 月第一版 2017 年 8 月第一次印刷

定价: 35.00 元 (赠课件)

ISBN 978-7-112-20786-2

(30437)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

高等学校土木工程专业创新型人才培养规划教材  
编委会成员推荐名单  
(按姓氏笔画排序)

顾 问：王 超 王景全 吕志涛 刘德源 孙 伟  
吴中如 顾金才 钱七虎 唐明述 缪昌文

主任委员：刘伟庆 沈元勤

副主任委员：吕恒林 吴 刚 金丰年 高玉峰 高延伟

委 员：王 跃 王文顺 王德荣 毛小勇 叶继红  
吉万旺 刘 雁 杨 平 肖 岩 吴 瑾  
沈 扬 张 华 陆春华 陈志龙 周继凯  
胡夏闽 夏军武 童小东

# 出版说明

近年来，我国高等教育教学改革不断深入，高校招生人数逐年增加，相应对教材质量和数量的需求也在不断提高和扩大。随着我国建设行业的大发展、大繁荣，高等学校土木工程专业教育也得到迅猛发展。江苏省作为我国土木工程大省、教育大省，无论是开设土木工程专业的高校数量还是人才培养质量，均走在了全国前列。江苏省各高校土木工程专业教育蓬勃发展，涌现出了许多具有鲜明特色的创新型人才培养模式，为培养适应社会需求的合格土木工程专业人才发挥了引领作用。

中国土木工程学会教育工作委员会江苏分会（以下简称江苏分会）是经中国土木工程学会教育工作委员会批准成立的，其宗旨是为了加强江苏省具有土木工程专业的高等院校之间的交流与合作，提高土木工程专业人才培养质量，促进江苏省建设事业的发展。中国建筑工业出版社是住房和城乡建设部直属出版单位，是专门从事住房城乡建设领域的科技专著、教材、技术规范、职业资格考试用书等的专业科技出版社。作为本套教材出版的组织单位，在教材编审委员会人员组成、教材主参编确定、编写大纲审定、编写要求拟定、计划交稿时间以及教材编写的特色和出版后的营销宣传等方面都做了精心组织和专门协调，目的是出精品，体现特色，为全国土木工程专业师生提供一个全新的选择。

经过反复研讨，《高等学校土木工程专业创新型人才培养规划教材》定位为高年级本科生选修课程或研究生通用课程教材。本套教材主要体现创新，充分考虑诸如装配式建筑、新型建筑材料、绿色节能建筑、新型施工工艺、新施工方法、安全管理、BIM 技术等，选择 18 种专业课组织编写相应教材。本套教材主要特点为：在考虑学生前面已学知识的基础上，不对必修课要求掌握的内容过多重复；介绍创新知识时不要求过多、过深、过全；结合案例介绍现代技术；体现建筑行业发展的新要求、新方向和新趋势。为满足多媒体教学需要，我们要求所有教材在出版时均配有多媒体教学课件。

本套《高等学校土木工程专业创新型人才培养规划教材》是中国建筑工业出版社成套出版体现区域特色教材的首次尝试，对行业人才培养具有非常重要的意义。今年正值我国“十三五”规划的开局之年，本套教材有幸入选《住房和城乡建设部土建类专业“十三五”规划教材》。我们也期待能够利用本套教材策划出版的成功经验，在其他专业、在其他地区组织出版体现区域特色的土建类教材。

希望各学校积极选用本套教材，也欢迎广大读者在使用本套教材过程中提出宝贵意见和建议，以便我们在重印再版时得以改进和完善。

中国土木工程学会教育工作委员会江苏分会

中国建筑工业出版社

2016 年 12 月

# 序 言

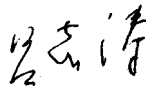
当前，国家提出创新建筑业发展方式、促进建筑业转型升级的要求，我国建筑业正面临着前所未有的机遇与挑战。而建筑信息模型（BIM）技术在这一轮建筑业的变革中发挥着极为重要的作用——中国建筑业需要利用 BIM 技术实现在设计、施工、运维等各阶段、各专业、各环节的无缝集成，完成从粗放作业向精细作业的升级，实现从独立工作向协同工作的转变。在此背景下，推广和应用 BIM 技术是降低建造成本、提高建筑质量和运行效率、延长建筑物生命周期的最佳途径，也是我国建筑业实现信息化、工业化的必由之路。目前，上海、深圳等不少地方已经将此技术作为工程设计、施工和运维的必选技术。

虽然目前市面上介绍 BIM 的书籍很多，但这些书籍大多数是由软件界、工程界的人士编写，内容编排、阅读习惯等方面不太符合土木工程专业本科生、研究生教学的需要。同时，虽然不少国内高校已经尝试开设了 BIM 相关课程，但缺乏合适的教材，教学目标也不够明确，教学内容较为松散，且普遍存在重理论轻实践等问题。因此，由中国建筑工业出版社组织，江苏大学刘荣桂教授牵头编写了这本面向创新型人才培养的 BIM 教材。

该教材立足于 BIM 技术的统一化、协同化和集成化的科学定位，首先介绍了 BIM 技术的基本概念、内涵及特点；其次利用实际工程阐述了 BIM 技术的基础和相关信息模型的建立方法；在此基础上详细分析了 BIM 技术在建筑工程的规划、设计、施工、运维等工程全生命周期中的应用需求及方法，尤其是目前大力提倡的协同设计、绿色建筑评价、全寿命周期管理等，同时对 BIM 技术的未来发展趋势进行了预测。作者在进行理论分析的同时密切联系实际，并通过大量的案例帮助读者细致、全面地了解 BIM 技术的应用流程及关键应用点，内容全面、新颖，可读性强。

该教材的主编刘荣桂教授具有近 30 年的土木工程专业人才的培养经历，编写团队成员以承担 BIM 相关课程教学任务的高校教师为主，同时吸纳了一些专业从事 BIM 相关软件开发和 BIM 技术研究的人员，使得本教材既能满足本科生、研究生的教学需要，也能符合工程的应用需求。

中国工程院院士、东南大学土木工程学院教授



2016. 10. 30

# 前 言

建筑信息模型（Building Information Modeling，简称为 BIM）是以建筑工程项目的各项相关信息数据作为模型的基础，进行建筑模型的建立，并通过数字信息仿真模拟建筑物所具有的真实信息。利用 BIM 技术可以提升项目生产效率、提高建筑质量、缩短工程工期、降低建造成本。

BIM 技术目前在国内外得到了大量学术界、工程界人士的重视，如南京青奥中心、上海中心等重要建筑的设计、施工、管理均采用了 BIM 技术，获得了一定的经济效益。为进一步推广 BIM 技术在土木工程中的应用，作者应《高等学校土木工程专业创新型人才培养规划教材》编委会的邀请，联合江苏省的几所高校撰写了本教材。全书共 8 章，内容分别为：

绪论：介绍了国内外绿色运动的含义、绿色建筑及绿色运动的发展历史，分析了数字建造的内涵及特点。

第 1 章：介绍了 BIM 的基本概念和特点以及其主要应用范围；分析了 BIM 团队的设立方法；介绍了目前 BIM 技术的相关软件及硬件配置。

第 2 章：分析了 BIM 技术在城市规划中的应用方向，给出了利用 BIM 技术进行日照采光分析、空气流动分析、可视度分析、噪声分析的方法。

第 3 章：介绍了 BIM 技术的应用软件，重点介绍了目前广泛使用的 Revit 软件以及利用其建模的流程，并以某学生宿舍楼为例，详细讲解了 BIM 模型的建立方法。

第 4 章：介绍了 BIM 技术的参数化设计方法以及协同设计的含义，分析了基于 BIM 技术的工程量和成本估算、碰撞检测、绿色建筑评价等。

第 5 章：分析了 BIM 技术在施工阶段的应用，重点介绍了基于 BIM 技术的建筑施工现场布置、施工进度管理、施工质量管理、成本管理以及竣工时的成果交付。

第 6 章：介绍了建筑全生命周期及运维的概念，分析了 BIM 技术在运维中的应用方法。

第 7 章：介绍了 BIM 技术的发展趋势，重点分析了 BIM 技术与物联网、云计算、增强现实、三维激光扫描、3D 打印的集成应用。

参加本书编写的人员具体分工为（未标注工作单位的人员均为江苏大学教师）：刘荣桂编写绪论；延永东、陈好编写第 1 章；栾蓉（扬州大学）编写第 2、4 章；周佶（南京工业大学）编写第 3 章；王建亮（中国矿业大学）编写第 5 章；陈光编写第 6 章；韩豫编写第 7 章。刘荣桂对全书进行了最后统稿，东南大学吕志涛院士对本书进行了主审。江苏大学研究生张泾杰、马国鑫、南京工业大学研究生陈焱、周婧祎等人为本书内容的完成做出了很大的贡献，在此一并表示感谢。

感谢东南大学、扬州大学、中国矿业大学等兄弟单位的技术帮助；感谢南京建工集团有限公司、江苏金土木建设集团有限公司等企业为本书提供的工程实例；在此要特别感谢

东南大学的吕志涛院士对本书出版的指导与支持。

BIM 技术在土木工程中的应用点很多，部分应用现在还未得到有效的解决。希望本书能起到抛砖引玉的作用，推动 BIM 技术在土木工程中的应用研究。

同时由于作者水平有限，书中难免存在不足之处，恳请读者批评指正。

编者

2016.10.18

# 目 录

绪论	1	模拟	21
本章要点及学习目标	1	2.3.1 日照和采光	21
本章小结	8	2.3.2 微环境的空气流动	21
思考与练习题	8	2.3.3 城市规划可视度分析	23
第1章 BIM 技术简介	9	2.3.4 规划微环境的噪声分析	23
本章要点及学习目标	9	本章小结	24
1.1 BIM 的认识	9	思考与练习题	24
1.1.1 BIM 的概念	9	第3章 BIM 应用技术基础	25
1.1.2 BIM 的基本特征	10	本章要点及学习目标	25
1.2 BIM 的实现	10	3.1 BIM 应用软件简介	25
1.3 BIM 的应用	11	3.2 基本功能及操作	25
1.3.1 BIM 在设计方面的应用	11	3.2.1 BIM 工作流程与项目组织	25
1.3.2 BIM 在投标环节的应用	11	3.2.2 Revit 软件操作界面	26
1.3.3 BIM 在项目现场管理的应用	12	3.2.3 Revit 软件基本术语与操作	
1.3.4 BIM 在技术交底中的应用	12	方法	30
1.3.5 BIM 在设备安装过程的应用	12	3.2.4 实体创建方法	37
1.3.6 BIM 在验收环节的应用	12	3.2.5 实体编辑方法	78
1.3.7 BIM 在装饰设计中的应用	13	3.2.6 标记、标注与注释	83
1.3.8 BIM 在运维阶段的应用	13	3.2.7 成果输出	83
1.4 BIM 技术团队	13	3.3 实例——某学生宿舍楼	89
1.5 BIM 技术相关软件	14	3.3.1 轴网标高	99
1.6 BIM 应用硬件资源配置	15	3.3.2 基础布置	104
本章小结	18	3.3.3 梁柱布置	108
思考与练习题	18	3.3.4 墙体布置	118
第2章 BIM 技术在城市规划建设中的应用	19	3.3.5 门窗布置	121
本章要点及学习目标	19	3.3.6 楼板布置	124
2.1 我国城市规划现状	19	3.3.7 楼梯、坡道、扶手布置	130
2.2 BIM 在城市规划中的应用		3.3.8 屋面布置	141
方向	20	3.3.9 钢筋布置	142
2.3 BIM 城市规划微环境生态		3.3.10 设备布置	147
		3.3.11 场地布置	154
		3.3.12 模型应用	156
		本章小结	159
		思考与练习题	159

<b>第 4 章 BIM 技术在设计阶段的应用</b> ...	160	5.2.1 施工进度管理概述	213
本章要点及学习目标	160	5.2.2 BIM 进度管理实施途径和实施 框架	214
4.1 参数化设计	160	5.2.3 BIM 进度管理实施流程及 方法	215
4.1.1 概述	160	5.2.4 基于 BIM 的施工进度管理 案例	218
4.1.2 参数化设计案例	162	<b>5.3 基于 BIM 技术的施工质量   安全管理</b>	223
4.1.3 参数化设计的应用	163	5.3.1 施工质量安全管理的概述	223
4.2 协同设计	164	5.3.2 施工质量安全管理的 BIM 模型 构成	224
4.2.1 概述	164	5.3.3 质量安全管理的典型 BIM 应用	226
4.2.2 协同设计的应用	164	5.3.4 基于 BIM 的质量安全管理 流程	227
4.3 工程量和成本估算	166	5.3.5 基于 BIM 的施工现场质量安全 隐患的快速处置	229
4.3.1 概述	166	<b>5.4 基于 BIM 的成本管理</b>	231
4.3.2 工程量和成本估算的应用	168	5.4.1 施工成本管理概述	231
4.4 碰撞检测	172	5.4.2 基于 BIM 的投标阶段成本 管理	232
4.4.1 概述	172	5.4.3 基于 BIM 的施工准备阶段成本 管理	237
4.4.2 碰撞检测的应用	172	5.4.4 基于 BIM 的施工阶段成本 管理	238
4.4.3 Autodesk Navisworks 中的碰撞 检测	177	5.4.5 基于 BIM 的竣工阶段成本 管理	242
4.5 建筑性能模拟	180	5.4.6 基于 BIM 的成本管理案例	244
4.5.1 概述	180	<b>5.5 竣工、移交的 BIM 成果   交付</b>	250
4.5.2 建筑热环境与能耗分析	180	5.5.1 竣工、移交的成果交付概述	250
4.5.3 建筑光环境分析	181	5.5.2 竣工验收阶段 BIM 模型内容	251
4.5.4 建筑声环境分析	182	5.5.3 集成交付总体流程	251
4.5.5 建筑日照分析	183	5.5.4 BIM 模型交付要求	253
4.5.6 建筑风环境分析	183	5.5.5 BIM 成果交付内容	254
4.5.7 建筑性能模拟的应用	186	<b>本章小结</b>	255
4.6 绿色建筑评价	199	<b>思考与练习题</b>	255
4.6.1 概述	199	<b>第 6 章 BIM 技术在运营维护阶段的   应用</b>	256
4.6.2 《绿色建筑评价标准》与 BIM	199	本章要点及学习目标	256
本章小结	200	6.1 建筑全生命周期的基本概念	256
思考与练习题	201		
<b>第 5 章 BIM 技术在施工阶段的应用</b> ...	202		
本章要点及学习目标	202		
5.1 基于 BIM 技术的建筑施工 场地布置	202		
5.1.1 场地布置概述	202		
5.1.2 BIM 三维场地布置应用	204		
5.1.3 基于 BIM 的场地布置案例	207		
5.2 基于 BIM 技术的施工进度 管理	213		

6.2 运维的基本概念 .....	258	应用 .....	271
6.3 BIM 技术在运维中的应用 .....	260	7.4.1 增强现实技术特点及优势 .....	271
本章小结 .....	263	7.4.2 BIM 与增强现实技术集成应用 方向 .....	271
思考与练习题 .....	264	7.5 BIM 与三维激光扫描的集成 应用 .....	272
<b>第 7 章 BIM 的应用展望</b> .....	265	7.5.1 三维激光扫描技术特点及 优势 .....	272
本章要点及学习目标 .....	265	7.5.2 三维激光扫描技术的应用 .....	273
7.1 BIM 的发展趋势总述 .....	265	7.5.3 BIM 与三维激光扫描的集成 应用方向 .....	273
7.1.1 统一化 .....	265	7.6 BIM 与 3D 打印的集成应用 ...	273
7.1.2 协同化 .....	266	7.6.1 3D 打印技术及特点 .....	273
7.1.3 集成化 .....	267	7.6.2 3D 打印技术应用现状 .....	274
7.2 BIM 与物联网的集成应用 .....	268	7.6.3 BIM+3D 打印技术优势及发展 障碍 .....	274
7.2.1 物联网技术特点和优势 .....	268	7.6.4 BIM+3D 打印技术发展趋势 ...	275
7.2.2 BIM 与物联网的集成应用 方案 .....	268	本章小结 .....	275
7.3 BIM 与云计算的集成应用 .....	269	思考与练习题 .....	275
7.3.1 云计算优势及发展障碍 .....	269	<b>参考文献</b> .....	277
7.3.2 基于云计算的 BIM 系统架构 ...	270		
7.3.3 BIM 与云计算集成应用的发展 趋势 .....	271		
7.4 BIM 与增强现实的集成			

# 绪 论

## 本章要点及学习目标

本章要点：

(1) 绿色运动、绿色建筑、数字建造等概念及其相互关系。

(2) BIM 技术与绿色建筑、数字建造之间的相互关系。

学习目标：

(1) 了解绿色运动、绿色建筑、数字建造等概念及其相互关系、发展趋势。

(2) 了解 BIM 技术及其对绿色建筑、数字建造的作用。

### 1. 关于“绿色运动”的概念

#### (1) 绿色运动

绿色运动，从狭义上讲，也称绿色建筑运动。它是围绕绿色建筑而形成的相关思想、理念及其活动的总称。绿色建筑的内容主要包含绿色设计与绿色建造（含数字建造）两个方面，其特点就是体现“环保、低碳、节能、智慧”。

在土木工程界，尤其是房地产开发领域，可持续发展和绿色建筑的概念是当今最热门的话题之一。然而，给“绿色建筑”一个精确的定义并不容易。

欧洲联邦环境行政办公室将绿色建筑定义为：“在给定的建筑生命周期内，首先，通过人类有效的工作，增加建筑和建筑工地的使用能源，提高水及其他建筑材料的使用效率；其次，通过更好的选址、设计、施工、操作、维护和搬迁方案，减少建筑对人类健康和环境的影响。”

美国国家环境保护局将绿色建筑定义为：“从选址到设计、施工、操作、维护、改造和拆除，贯穿整个建筑的生命周期内，使建筑结构在其建造和使用过程中，达到对环境负责和高效利用资源的目的。”

实质上当绿色建筑得到正确地应用时，这意味着能够改善建筑设计和施工实践，以便让建筑可以使用时间更长，运行成本更少，提高工人生产率并使居民具有更好的工作环境。更重要的是，这也是为了保护我们的自然资源，改善建筑环境，使人类适应地球的生态系统，可以更健康、更富裕的生活。

从早期相关概念的形成到如今席卷全球大部分地区，关于绿色运动的一般看法已经明显改变并被越来越多的人所接受。此外，可持续发展原则在国家发展战略中承担越来越重要的角色。在建筑工程领域，许多承包商、相关的建设者，正在寻求绿色认证（包括绿色建筑与建筑节能）。然而，由于传统观念的束缚，抵制“绿色运动”的潮流依然存在，或多或少地形成了一些谬论，给人们带来误导（如：绿色或可持续建筑的成本比传统建筑更

多；绿色建筑只是另一个时尚，因此不是特别重要；绿色建筑往往是“没有吸引力”的或“丑陋的”，缺乏传统建筑的审美质量；绿色建筑没有提供今天的许多住户需求的舒适水平；绿色建筑产品往往很难找到；绿色建筑的工作性能不及传统建筑；建造高层的绿色建筑是不可能的；将现有的传统建筑转变为绿色建筑是很困难的或者说不可能的；环保是一个全有或者全无的命题等）。但我们可以相信，随着“绿色建筑”的实践成果不断出现，相关的谬论必将一一被击穿，绿色运动必定在全球形成习惯或潮流。

## （2）绿色建筑和绿色运动的历史

对现代绿色运动深入透彻的理解，能够帮助人们尽量追溯它的起源。然而，当运动已经开始的时候要准确决定它的起源几乎是不可能的。在工业革命和电力制热和制冷到来的很久以前，古代原始人类只能使用基本的工具和自然材料来建造建筑物，在极端的温度下保护自己。虽然古代人类对废物治理没有概念，但是建造者融入了被动的的设计，例如简单利用太阳和气候进行加热、制冷和照亮他们的建筑。在古巴比伦和古埃及，用土坯作为原始建筑的材料，在宫殿和房屋里建造风井。这些都是古代人类克服他们所面对的气候的挑战，追求舒适生存环境的举措，也是绿色建筑最初形成的简单例子。

最近我们研究发现，马克·威尔逊等学者相信绿色建筑的概念首先出现在美国。18世纪90年代的旧金山湾地区是为人们所知的第一湾，传统的革命性设计理念有绿色运动基础。环境意识积极运动的领导实践者，伯纳德·梅柏客和朱莉·摩根，发展了设计哲学，包含了如今建筑业的绿色运动等大多数概念。

一些历史学家将绿色运动的起源和雷切尔·卡森的书等联系在一起，倡导尊重自然，提醒保护原始森林的必要性。许多人相信在19世纪70年代的能源危机时，绿色运动就有它的基础，创造性的节约能源的方法，例如小建筑形式和主、被动的太阳能利用的设计，都源自于绿色运动。

1973年石油输出国组织的石油危机爆发，能源的消耗变为集聚关注的焦点。石油危机提醒我们，未来的繁荣和安全可能掌握在少数石油生产国的手中，这是非常危险的。这个催化事件有效地强调了增多能源种类、鼓励企业和政府重视开发太阳能、风能、水和地热能利用的重要性。石油能源危机第一次使得全世界汽车加油站的汽油价格飙升。这对开明前卫的绿色运动思维构架师、环境学家和生态学家有着巨大的影响，他们开始怀疑传统建筑技术的智慧，促使他们寻求新的方法解决可持续发展问题。

初期的绿色运动，部分是根据维克多·欧尔焦伊、拉尔夫·劳伦、蕾切尔·卡森的思想形成的。他们正式告知了一个环境设计的新时代的出现，也吸引了公众的注意力和想象力，使得我们重新审视交通和建筑依赖于化石燃料的弊端。事实上，后来许多国外立法的形成也来源于此，包括清洁空气法、国家环境政策法、水污染防治法、DDT禁令、濒危物种法等。

美国建筑师协会通过形成一个能源工作组，通过研究高效能源设计来应对1973年的能源危机。1977年，卡特总统政府建立了美国能源部。后来，能源工作研究组发展形成美国建筑师协会能源委员会。能源委员会起草了一些法案，包括“高效能源建筑国家”法案，成为美国建筑师协会游说国会的有效工具。19世纪70年代后期当美国建筑师协会倡导建筑能源研究的时候，其他活跃的委员会成员包括美国建筑师协会会员唐纳德·沃森、格雷格·福兰特和丹·威廉姆斯等也在为绿色建筑（包括绿色设计、绿色建造）摇旗呐

喊。根据他们的建议，美国建筑师协会能源委员会由两个机构构成：第一机构主要研究被动系统（例如反射屋面材料和环境友好的建筑物的选择等）来达到节约能源的目标；第二机构主要研究应用新技术的方法，例如三重玻璃窗的应用等。美国建筑师协会环境委员会在 1989 年拓宽了范围，接下来的数年里，美国建筑师协会和美国建筑师能源科技顾问委员会，设法从美国环境保护组织获得基金，用于全寿命周期分析的建筑产品的开发。

随着能源价格的下降，绿色建筑和相关能源问题的关注势头也相对削弱，虽然接着几年能源问题得到平息，但是凭借一些核心绿色建筑能源节约提倡者和绿色理念建筑师的努力，一些著名的建筑物还是在 19 世纪 70 年代建成。他们利用了绿色设计的概念，如采用玻璃屋顶，自然采光的中庭和装有镜子的窗户等。在加利福尼亚的格雷戈里·贝特森大楼，首次装有光伏能源敏感元件、地板下的冷却系统和区域气候控制设备等。

19 世纪 80 年代，我们见证了大量的石油浪费现象（例如，1989 年的埃克森·瓦尔迪兹石油泄漏事故等）后，大量的与节约能源相关的法案相继形成并开始见效；我们也见证了 19 世纪 80 年代至 19 世纪 90 年代早期美国的可持续性发展倡导者们在全球的保护工作，例如罗伯特·贝莱克（美国建筑师协会能源委员会产生的先驱）、威廉·麦唐纳（密歇根州胭脂河工厂的福特汽车公司）、西姆·万德尔·莱恩（位于萨克拉门托的格雷戈里·贝特森大厦建成）以及桑德拉·门德勒（华盛顿州的世界资源研究所总部办公室建成）等。其他国家的支持者包括德国的托马斯·赫尔佐克（奥地利的利兹设计中心建成），英国建筑师诺曼·福斯特（德国法兰克福市德国商业银行总部建成）和理查德·罗杰斯（法国巴黎蓬皮杜艺术中心建成），以及马来西亚航空公司建筑师杨经文（马来西亚吉隆坡的梅西加尼亚大厦建成）等。在 1987 年，联合国世界环境和发展委员会会议上，挪威首相布伦特兰夫人建议将“可持续发展”这个术语定义为：“不会对后代满足他们自己的需求的能力产生影响，就能满足我们当前的需求。”

在 1991 年，乔治·布什总统推出了一项国家能源政策，美国建筑师协会主席詹姆斯·劳勒组建了一个咨询小组讨论相关问题的解决政策。根据这个政策，号召所有的相关单位（包括美国建筑规划局成员等）以实际行动来参与环境保护改革，包括采取立即停止使用消耗臭氧层的制冷剂等措施。

联合国环境和发展大会（也被称作地球峰会），1992 年在巴西里约热内卢召开，这是一次很成功的会议。它吸引了 17000 位参会者和来自 172 个国家政府的代表团以及 2400 位非政府组织的代表。这次会议通过了《21 世纪议程》，为实现全球的可持续发展提供了蓝图。会议达成了《里约宣言》、《森林原则声明》、《国际气候变化框架公约》、《联合国生物多样性公约》等共识。里约热内卢峰会之后，美国建筑师协会选择“可持续发展”作为 1993 年在芝加哥举行的国际建筑师联合会和美国建筑师协会世界大会的主题，估计全世界范围内有 10000 名建筑师和设计专家参加了会议。今天，这个大会已经被看作是绿色建筑运动历史上的一个里程碑。

受到比尔·克林顿在 1992 年 11 月当选总统的鼓励，大量的可持续发展的支持者开始传播“绿化”白宫本身的宏大思想。在 1993 年 4 月 21 日，比尔·克林顿总统宣布了他雄心勃勃的计划，“绿化白宫”，使总统官邸成为效率和减少废物的模范。为实施这个计划，总统环境质量委员会召集了一个专家小组，其中成员包括美国能源部的联邦能源管理项目（FEMP），环境保护局、总务管理局、国家公园服务公司、白宫办公室管理和波托马克电

力公司等。

白宫“绿化”倡议在前六年创造超过 140 万美元的节省费用。主要是改进了照明、采暖、空调、喷水装置，减少了用水量。由环境保护局主持的环境审计、美国能源部能源审计（DOE）以及相关专家把关，其中有设计专家、工程师、政府官员和环保人士组成的设计团队。目的是使用可用的技术来制定可持续的能源保护策略，在三年内，减少了估计有 845t 的年度碳排放量，估计每年节约 30 万美元的能源和水储蓄。

比尔·布朗宁友邦阁下说，“由绿化白宫开创的过程已经成为绿色建筑运动的一个组成部分。”当时的总统克林顿发表了一系列行政命令。首先是在 1998 年 9 月，指示联邦政府改善可回收利用的环保产品，包括建筑产品；其次是在 1999 年 6 月，鼓励国民机构提高能源管理，减少排放的技术行政命令。2000 年 4 月克林顿发布第三个行政命令要求联邦机构将环境责任融入他们的日常决策并进入他们的长期计划。总统的环境质量委员会聚集的团队产生了许多保护历史悠久的结构以及维持和改善建筑舒适性和效率的重要建议。

乔治·布什总统跟随父亲的脚步，在八年任期内，进一步绿化白宫，安装三个太阳能系统，包括一个卡巴纳水池、为水池和淋浴加热水的设备、补充大厦电力供应的光伏板。白宫绿化的方法适应了以下几个主要的议题：

1) 围护结构：意识到大量的能量通过建筑构件散失，如屋顶和窗户，努力分析这些并找到解决方案，提高它们的效率。

2) 照明：尽可能使用节能灯泡，并最大化使用自然光线。采取措施确保空房间的灯是关闭的。

3) 加热、通风和空调（HVAC）：暖通空调措施是用来减少加热和冷却建筑物所需的能量同时提高居住的舒适性。正确的通风是帮助实现这一目标所必需的。

4) 插头负载：安装节能办公设备，更换更节能的冰箱和冷却器。

5) 避免浪费：开始全面回收铝、玻璃、纸张、家具、荧光灯、油漆溶剂、电池、激光打印机墨盒和有机庭院废弃物。

6) 车辆：启动车辆使用更加清洁的替代燃料项目；白宫加入测试电动汽车的运行程序；鼓励员工使用公共交通，减少汽车的使用。

7) 景观：白宫更新了理念，包括减少不必要的水和杀虫剂的使用，以及复杂场地增加有机肥料使用等方法。

白宫的绿化运动被证明是成功的，它激发了其他联邦部门潜在的绿色化需求。例如，在五角大楼、军区、美国能源部总部，以及三个国家公园（大峡谷，黄石公园和阿拉斯加德纳里峰公园）等地方开展绿色化运动。1996 年，象牙海岸和美国能源部签署了一份理解性的研究和开发合作合约，目标是在 21 世纪为可持续发展建筑的建造和发展形成一系列铺垫性政策。

在美国和全世界范围内绿色运动得到了从市长、州长到元首等“绿色政客”的进一步帮助。明显的例子就是在 2006 年 5 月奥斯卡获奖纪录片《难以忽视的真相》中，美国前副总统戈尔将全球变暖和气候变化变成公众关注的热点，提高了许多问题的公众关注，包括我们的生活质量受到威胁，我们的水含有有毒化学物质，我们的自然资源将被耗尽等。另一个环保的政治家是美国前加州州长阿诺德·施瓦辛格，当他在 2006 年签署成为法律历史里程碑的《全球变暖解决方案法》时，使得加州成为全球应对气候变化的领导者，该

法案使得加州温室气体排放量到 2050 年比 1990 年降低 80%。其他环保政客包括拉尔夫纳达尔（前美国总统候选人和美国绿党领袖）、左翼伦敦市长肯·利文斯通、德国总理安格拉·默克尔、新西兰总理海伦·克拉克、前欧盟环境部长玛戈特斯特隆（1999~2004）、谢振华（中国国家委员会前副主任等）。

来自 ICF 国际（ICFI）的绿色和平组织气候变化顾问的一份新报告称，包括美国前总统奥巴马的 8000 亿美元经济刺激方案在内的“绿色新政”环保措施，经计算每年最低可以减少温室气体排放约 6100 万 t，相当于近乎减少了路上 1300 万辆汽车一年的排放量。著名的绿色运动倡导者林赛迈克德福说：“由于绿色政策的增多，企业高管从每个领域都在顺应绿色运动潮流，这些首先出自于不断增长的市场需求。环保已经成为商业世界的一个销售优势，相关公司都开始渴望抓住机会并获得成功。”

### （3）绿色建筑的发展

一些学者认为，绿色建筑运动主要是应对能源危机的出现。因此，通过努力使建筑更有效率，能源种类增加与改进（包括水、各种建筑材料的使用方式等）。应该注意，“绿色建筑”和“可持续建筑”在我们的词汇表中是相对较新的术语；它们本质上代表了通过大楼的选址、设计、建设和运行的方式等方法来提高大楼的居民幸福感，以通过保护自然资源包括保护空气和水的质量的方式为后代保护环境。因此，绿色建筑的核心是改善传统设计、施工过程和标准，以便我们今天建造的建筑物能够持续使用更长时间、更高效、费用少，从而有助于人的健康生活和工作环境。

绿色建筑概念的由来从根本上改变了我们设计和建造房屋的方法。很明显，绿色建筑现象，在过去的二十年里，显著地影响了美国 and 全球建筑市场。各种环境研究一致表明，美国的建筑消耗了国家大约三分之一的一次性能源和将近三分之二的电力；研究还表明，在所有新的和翻新的美国建筑中，大约有 30% 发现存在建筑材料中的超过可接受范围的有害物排放、病原体和有害物质的发散，从而导致室内环境质量低劣。有关绿色建筑运动的持续努力进行正在解决这些环境影响，包括实现建设项目的可持续发展的目标。

一个成功的可持续设计的主要特征之一是应用多学科和综合“总”团队的方法，包含各种项目成员和利益相关者的决策过程，特别是在设计的早期阶段。这种方法有助于确保项目对建筑的使用者和所有者能更加高效地节能、健康地生活，并减少对环境的负面影响。

目前有很多关键问题，使我们正面对大量的挑战。例如全球变暖，水资源短缺，室内环境质量和生态系统的破坏严重问题。在像美国和中国这样的工业化国家，传统的建筑对环境持续造成的不利影响已经被明确证实。例如，据估计，美国的建筑施工，可产生 38% 的二氧化碳排放和 71% 的电能消耗。同样的，2008 年环境信息管理向估计建筑的运行费用几乎占了所有能源消耗的 40%，如果将制造建筑材料和建造建筑所需能源包括在内的话，所有能源消耗数量估计将要增长 48%。

进一步估算，建筑物每年大约消耗 13.6% 的国家可饮用水，根据环境保护局估计，拆除、新建和修复建筑的废物每年产生 13600 万 t 的垃圾，而且新建和修复建筑每年需 30 亿 t 或大约 40% 的全球建筑原材料。碳排放增加使全球变暖的影响就是研究绿色建筑具有巨大意义的典型例子，现已不断受到国际社会的关注。主要目标就是到 2030 年所有新建的建筑要实现零排放，现有的建筑每平方米将减少消耗能源到以前所需的一半。

联合国 2007 年 3 月发布的报告中清楚地重申了建筑在全球变暖中的角色。根据一些保守估计,世界范围内建筑行业能减少 18 亿 t 的碳排放,更高效的能源政策能够减少超过 20 亿 t 或者接近在《京都协议书》中可减少量 3 倍的碳排放。众所周知,面对 2030 年的挑战,我们对于建筑能源的方法和知识需要巨大的改变。如今的工业建设正面对着来自全球经济危机,增长的物质需求,自然灾害的增多和绿色资源消耗等其他方面不断增长的壓力。这些趋势已经使得工业产业通过了一系列努力来不断重新评估和调整其定位,努力建造节约能源和水资源更高效的建筑,提高建筑寿命,保证总体人口的健康和幸福,最小化对环境的负面影响。

## 2. 关于数字建造的概念

### (1) 数字建造的特点

信息技术的发展已经在不断地改变传统建筑产业的生产方式,尤其在工程设计与工程建造两个方面。目前,信息技术在建筑设计、结构检算、工程施工、设施维护等领域的应用不断深化,提高了建设效率,改善了管理绩效,并形成“环保、低碳、节能、智慧”特征的绿色建筑的综合效果,其趋势是向专业化、集成化和网络化方向发展,由项目级向企业级进军。

#### 1) 专业化

工程项目建设过程涉及从合同管理、成本管理到质量管理的方方面面。在粗放型生产时代,数字管理的水平很低,软件的功能专业化程度较低,与工程管理的结合度也很低。进入数字建造时代,各种软件的专业化、互动化、共享化程度很高。最终的效果是综合效益好,大数据所形成的各个专业的综合信息,可以为工程管理的决策提供数据支撑。

#### 2) 集成化

今后,工程管理进入全寿命管理时代。管理过程涉及业主、设计、监理、施工、政府等各个单位,具有时间长、介入单位多的特点。数字建造可以提供从项目立项、施工到运营、维修、拆除等全过程的一体化信息平台。实现数据集成、数据共享,彻底消除过去信息“碎片化”带来的各种弊端。

#### 3) 网络化

“互联网+”技术,也就是网络技术可以有效地压缩时空,大量地节省人力物力。工程项目建设进入网络化时代后,可以综合应用项目管理信息系统与专业技术软件的结合,实现全过程的信息化管理。我们可以通过建立统一的模型数据标准,实现各种信息之间的共享、转换与协同。各种工程管理资料可以自动生成并存储,在场与不在场的人员都可以同样掌握工程的进展与管理的信息;技术资源可以最大化利用,有效克服由“信息孤岛”带来的各种弊端。

### (2) 数字建造的内涵

所谓数字建造,就是以数字化技术为基础,带动组织形式、建造过程的变革,并最终带来工程建设过程与产品的变革。数字建造会引起工程建造方法与管理模式的改变。从外延上讲,数字建造是以数字信息为代表的新技术、新方法驱动下工程建设的模式转移,它包括组织形式、管理模式、建造过程等全方位的变迁。数字建造将极大地提高建造的效率和,使“环保、低碳、节能、智慧”成为可能。

本教材介绍的 BIM 技术,即建筑信息模型 (Building Information Modeling) 就是数

字建造技术体系中的一个重要组成部分。Building 代表行业属性,即 BIM 的服务对象是建设行业;Information 是核心,就是要创建建设产品的数字化设计、建造的各种相关信息,包括几何信息、物理信息、功能信息、价格信息等;Modeling 是 BIM 技术的表现形式,即 BIM 技术中的所有信息都是以数字的形式创建与存储的,具有多维(三、四、五)、数字化、直面对象等特征。

基于 BIM 的数字建造技术具有如下特征:

#### 1) 两个过程

在 BIM 技术支持下,建筑工程设计与建造活动包括两个过程,即物理建造过程和产品数字化形成过程。

① 物理建造过程。其核心就是用数字技术构筑一个新的存在物,主要是体现为把工程图纸上的数字产品在特定的场地空间变成实物的一个过程,其主要任务有:地基与基础施工、主体结构施工、暖通与装饰工程施工等。同时在这个过程中,将各种材料、设备供应链所提供的“物质”成为特定功用的建筑产品与空间。

② 产品数字化形成过程。它是随着建设项目的不断推进,从初步设计、扩初设计、施工图设计、深化设计到建筑施工,再到运营、维护、拆除,在建设项目全生命周期的不同阶段都有相对应的数字信息不断地被增加进来,形成一个完整的建筑数字产品。它承载着建筑产品的设计信息、建造信息、运用维修信息、管理绩效信息等。基于 BIM 的数据技术,有效地连接了全生命周期的各个阶段,使工程数字化与工程物质化变成同等重要的一个平行过程。

#### 2) 两个工地

与建筑工程建造活动的数字化和物质化相对应,同时存在着数字工地与实体工地两个战场。数字工地,基于先进的计算、仿真、可视化、信息管理等技术,实现整个建造过程的可计算、可控制、可预测。同时注意,数字工地与实体工地密不可分。实体工地反映建设的真实情况,通过实体工地的实时监控,可将因环境改变而发生的各种变化的建造信息传输给“数字工地”的信息平台。最终实现两个工地的“虚”与“实”的相互驱动、相互反馈、相互管控,从而实现物质流、资金流、信息流的精益组织,使各种效益最大化。

#### 3) 两个关系

在数字建造模式下,可以充分显示“先试”与“后造”、“后台支持”与“前台操作”两种关系。

目前,图纸设计由于专业分工越来越细,各专业图纸之间相互“碰撞”是常见的问题。如果将这些图纸直接用于施工过程,势必造成因碰撞而产生的误工与浪费。在数字建造模式下,可以先试后造。就是通过计算机平台的虚拟建造过程,去发现各工种实际施工中可能发生的碰撞与冲突,从而可以优化施工顺序。通过 BIM 技术支撑的虚拟建造过程,还可以深化施工过程中的原有设计,大大提高实际建造的效率,达到节能、低碳、环保、智慧的综合效益。

数字建造还可以显示前台与后台的交互关系。数字建造的前台操作,离不开后台知识与智慧支撑;后台的软件、计算等也离不开前台的人力与物力的努力。同时,实际建造过程中发生的实时偏差等,也要通过前台操作,反映给后台去处理。后台的处理结果再通过前台向施工现场发出纠偏的指令等。

#### 4) 两个产品

基于 BIM 的数字建造技术，实施后可以提供两个产品。一个是物化的产品，同时还交付一个数字产品。这个数字产品包含了显现与隐形两个部分的全部信息，这在物化产品运营、维修直至报废的整个过程中都起着至关重要的作用。美国国家标准技术研究院将 BIM 定义为：在 3D 数字技术的基础上，集成建设工程项目全寿命周期的各个阶段不同信息的数据模型，是对工程建设项目实体与功能特性的数字化表达。

基于 BIM 技术的数字建造，其核心在于数字化的集成管理。在传统的建造模式下，由于缺乏统一的信息编码与有效的集成载体，工程项目建造过程中各类信息的交换与交流显得杂乱无章，管理粗放。BIM 数字技术，通过工程项目设计、建造过程中信息的收集、管理、交换、更新、存储流程，实现数字建造模式下“数字流”与“物质流”的高水平的交互、协同与重组，推动整个工程建造过程走向精业化，最终实现精业管理。

### 本章小结

本章主要介绍了绿色运动和绿色建筑的概念及其发展历史，描述了绿色建筑对我国乃至全世界经济发展的意义，在此基础上介绍了数字建造的概念及其与绿色建筑的关系，进一步阐述了数字建造在当今社会的发展特点。这些基础知识与 BIM 技术有着密切的关系。

### 思考与练习题

- 0-1 绿色运动和绿色建筑的含义是什么？
- 0-2 试描述绿色建筑的发展进程。
- 0-3 数字建造的含义及特点是什么？

# 第 1 章 BIM 技术简介

## 本章要点及学习目标

本章要点：

- (1) BIM 的概念及基本特征。
- (2) BIM 技术的实现方法。
- (3) BIM 技术在实际工程建设各阶段的应用。
- (4) BIM 技术相关的软件作用及部分典型软件对硬件的要求。

学习目标：

- (1) 掌握 BIM 的概念及基本特征。
- (2) 了解 BIM 技术在实际工程建设各阶段的应用。
- (3) 掌握 BIM 技术相关的软件作用及部分典型软件对硬件的要求。

## 1.1 BIM 的认识

### 1.1.1 BIM 的概念

BIM (Building Information Modeling)，即建筑信息模型，是信息技术在建筑工程项目管理的应用，简单地说就是该模型利用三维数字技术为基础，集成了建筑工程项目各种相关信息的工程数据模型，并以此对建筑项目进行设计、建造和运营管理。BIM 能有效地促进建筑项目周期各个阶段的知识共享，开展更密切的合作，将设计、施工和运营过程融为一体，建筑企业之间多年存在的隔阂正在被逐渐打破，这改善了易建性、预算的控制和整个建筑寿命周期的管理，并提高了所有参与人员的生产效率。

自 2002 年以来，国际建筑业兴起了以围绕 BIM 为核心的建筑信息化的研究。BIM 是对建筑物理和功能特性的数字式表达，从建筑物诞生开始，就为建筑物整个生命周期提供可信赖的信息共享的知识资源。它基于 IFC 标准，是建筑生命周期各种信息的集成，基本前提是为土木建筑建造过程中的不同参与者（比如建筑师、结构师、建造师等）之间提供相互协作，方便对数据信息进行更新或修改等处理。因此，BIM 是基于开放标准 (IFC)，用于相互协作的共享数字式信息描述模型。该技术已经在世界范围的工程领域得到广泛应用，并不断发展，被中国政府列为“十二五”计划重点攻关项目。BIM 的技术核心是一个由计算机三维模型所形成的数据库，这些数据库信息在建筑全过程中动态变化调整，并可以及时准确地调用系统数据库中包含的相关数据，加快决策进度、提高决策质量，从而提高项目质量，降低项目成本，增加项目利润。

BIM 技术成熟的同时也推动了工程软件的发展，尤其是工程造价相关软件的发展更加突飞猛进。传统的工程造价软件是静态的、二维的，处理的只是预算和结算部分的工作，对于工程造价过程管控几乎不起作用。BIM 技术的引入使工程造价软件有了新的突破，可视化的 4D 图形造价软件实现了工程基础数据动态的自我调整，并且及时、准确地提供相关数据。

### 1.1.2 BIM 的基本特征

BIM 采用参数化来描述建筑单元，以墙、窗、梁、柱等建筑构件为基本对象，而不是 CAD 中的点、线、面等几何元素，并将建筑单元的各种真实属性通过参数的形式进行模拟，进行相关数据信息描述。在建筑信息模型中，建筑单元可以模拟除几何形状外的一些非几何属性，如材料信息、造价信息、设备信息等。

BIM 采用关联性来描述建筑单元，建筑师或结构工程师修改某个单元构件的属性，建筑模型不仅将进行信息的自动更新，而且这种更新是相互关联的。关联性不仅提高了设计的工作效率，而且解决了图纸之间信息的错、漏、缺等问题。BIM 贯穿工程项目的设计、建造、运营和管理等生命周期阶段，是一种螺旋式的智能化的设计过程。

BIM 具有以下特点：

- (1) BIM 不限于在设计中的应用，它可应用在建筑工程项目的全生命周期中。
- (2) 用 BIM 进行设计属于数字化设计。
- (3) BIM 的数据库是动态变化的，在应用过程中不断地更新、丰富和充实。
- (4) BIM 提供了一个项目参与各方协同工作的平台。

BIM 技术的核心是通过建立虚拟的建筑工程三维模型，利用数字化技术，为这个模型提供完整的、与实际情况一致的建筑工程信息库。该信息库不仅包含描述建筑物构件的几何信息、专业属性及状态信息，还包含了非构件对象（例如空间、运动行为）的状态信息。

通过工程信息模型可以使得交付速度加快（节省时间）、协调性加强（减少错误）、成本降低（节省资金）、生产效率提高、工作质量上升、收益和商业机会增多、沟通时间减少等。

在建设工程生命周期三个主要阶段（即设计、施工和管理）的每个阶段中，建设工程信息模型均允许访问以下完整的关键信息：

- (1) 设计阶段——设计、进度以及预算信息；
- (2) 施工阶段——质量、进度以及成本信息；
- (3) 管理阶段——性能、使用情况以及财务信息。

## 1.2 BIM 的实现

由于 BIM 是一个信息中心，其信息量巨大，不同组织的信息需求不同，希望达到的目标也不同。所以，在应用 BIM 前，应先明确目标。

一个完整的 BIM 应用系统由专门组织中的人员、计算机硬件、计算机软件三部分组成。“组织中的人员”，是要表达一个思想——BIM 应用需要依靠团队来完成，单纯依靠

一个人完成，难度非常大。原因也非常简单——从投标开始至交付竣工，同时涉及的专业有建筑学、结构、装饰、强电、弱电、消防、采暖、通风与空调等，这不是靠个人之力可以完成的。所以，BIM应用应该有一个团队，团队人员间应有明确的分工，这是BIM应用成功的组织保证。

由于设计工作是一个反复修改的过程，通过BIM可将结构分析和计算从模型的建立、计算的实施到结果的输出中所涉及的大量数据转换成图形或图像，直观地显示在计算机屏幕上，让设计者能方便地分析计算结果的正确性与合理性。

在大型、复杂结构体系的设计过程中运用可视化技术，建立包括单元拓扑结构、节点信息、刚度数据、材料特性、边界支撑条件、荷载分布等信息丰富的有限元结构分析模型，可以增强计算软件的前后处理功能。比如，在超高层建筑结构的结构分析可视化计算中，某一局部分析过程修改后的动态演示，或者是施工阶段随时间变化的结构装配动态演示等。通过可视化技术还可以加快设计变更决策，快速检测工程设计中存在的错误和纰漏，降低建筑工程设计成本。

## 1.3 BIM 的应用

### 1.3.1 BIM 在设计方面的应用

在设计阶段采用BIM技术，可以对建筑设计进行分析与优化，确保设计的可施工性。首先，要建立建筑项目相关的3D设计模型，包括建筑、结构及建筑设备等；其次，基于建立的3D设计模型，可进行设计检测、协同修改。设计检测需要根据设定的相关参数，确定检测范围，从而检测设计冲突问题以及可施工性问题。对发现的问题及时进行分析和沟通，从而及时、有效地解决问题，得出合理的施工图。通过建立的三维设计模型，实现工程的三维设计，不仅能够根据3D模型自动生成各种图形和文档，而且始终与模型逻辑相关。当模型发生变化时，与之关联的图形和文档将自动更新。设计过程中所创建的对象存在着内在的逻辑关联关系，当某个对象发生变化时，与之关联的对象随之变化。

通过建立模型，实现不同专业设计之间的信息共享。各专业CAD系统可从信息模型中获取所需的设计参数和相关信息，不需要重复录入数据。避免数据冗余、歧义和错误，实现各专业的修改对象会随之更新。通过建立模型，实现虚拟设计和智能设计，实现设计碰撞检测、能耗分析、成本预测等。通过对结构上的分析，利用软件工具建立3D模型，完成结构图，并对结构进行分析得出合理的结构施工图；通过对能耗进行分析，可以对建筑物的能效进行分析和计算，从而对节能、经济、绿色进行更优化的设计。

### 1.3.2 BIM 在投标环节的应用

投标是建筑施工单位承揽工程必经的一环。对许多施工单位而言，如何展示自己的技术实力与水平是非常重要的。

投标的时间一般非常紧，许多企业根本没有时间仔细审查图纸，更不用说核对工程量清单。BIM技术在这方面作用也非常大。只要BIM团队把建筑物模型建立起来，施工企业就会洞悉其中的一切，这种精细程度可以达到一根箍筋、一个接线盒，甚至是一个螺丝

钉。建筑施工的重点、难点将会一目了然。

BIM在投标中的应用主要是为了更好地表达和体现投标方案的意图。采用BIM技术可以更好地表达投标书中的进度计划、现场平面布置、质量控制要点及安全文明施工。BIM中的动画,也可以更加形象地表达进度、质量、安全文明等方案内容。

如果投标中有哪些技术细节不清,也可以应用BIM技术进行多维模拟。根据模拟情况修改技术方案,提出技术措施,甚至对业主提出合理化的建议。

### 1.3.3 BIM在项目现场管理的应用

通过BIM技术,可以精确模拟不同施工阶段的现场情况,为施工现场管理作指导。BIM技术可以精确反映现场变化,查找资源,更加方便解决冲突。通过BIM技术,甚至可以在建造中跟踪每个工人的信息,为施工质量、安全、进度提供保证。

### 1.3.4 BIM在技术交底中的应用

传统的技术交底是平面的,文字陈述多,不直观。采用了BIM技术之后,技术交底可以做成多媒体形式,内容中可以体现在许多传统技术交底时无法做到的项目。比如形象地给出完整的带语音的钢筋绑扎过程,可以模拟钢结构安装时每个节点的螺栓安装顺序和每道焊缝的焊接顺序及要求。这种交底形象直观,若工人在作业面上遇到问题,通过3G或4G网络,拿出手机即可观看视频,解决问题。有条件的企业,可以在作业面上配备三维激光扫描仪,实现远程作业指导。

### 1.3.5 BIM在设备安装过程的应用

施工过程中相关各方有时需要付出几十万、几百万,甚至上千万的代价来弥补由设备管线碰撞等引起的拆装、返工和浪费等问题。BIM技术的应用能够安全避免这种无谓的浪费。传统的二维图纸设计中,在结构、水暖电等各专业设计图纸汇总后,由总图工程师人工发现和解决不协调问题,这将耗费建筑结构和安装工程师大量的时间和精力,影响工程的进度和质量。由于采用二维设计图来进行会审,人为的失误在所难免,使施工出现返工现象,不仅造成建设投资的极大浪费,并且还会影响施工进度。应用BIM技术进行三维管线的碰撞检查,不但能够彻底消除硬碰撞、软碰撞,优化工程设计,减少在建筑施工阶段可能存在的错误损失和返工的可能性,而且优化净空,优化管线排布方案。最后施工人员可以利用碰撞优化后的三维管线方案,进行施工交底、施工模拟,提高施工质量,同时也提高了与业主沟通的能力。

虚拟施工对全过程来讲,施工模拟的价值在于随时随地都可以非常直观快速地知道计划是什么样的,实际进展是怎么样的。无论是施工方、监理方、甚至非工程行业出身的业主领导都可以对工程项目的各种问题和情况进行了如指掌。这样通过BIM技术结合施工方案、施工模拟和现场视频监控,大大减少建筑质量问题和安全问题,减少返工和整改的情况。

### 1.3.6 BIM在验收环节的应用

在工程质量验收中,经常会遇到一些需要验收的工程的形状、尺寸信息。这些信息包括轴线、洞口尺寸、预埋件偏差等。传统的验收手段一般都是查阅图纸,然后实测工程实

体,这种检测劳动强度很高,且只能抽测。其代表性对工程质量、安全意义不是很强。

如果采用 BIM 技术建立工程的信息模型,辅之以三维激光扫描仪对整个工程实体扫描,将扫描的数据与 BIM 模型进行对比,偏差结果将非常容易地显示出来。这样,任何部位的细小偏差都会清晰呈现,既降低了劳动强度,又提高了验收效率。同时能及时、全面地发现重大偏差,特别是一些高层、超高层的偏差,因此与 BIM 模型进行对比非常重要。

### 1.3.7 BIM 在装饰设计中的应用

借助三维激光扫描仪,在装饰设计前,即可对拟装饰的部位进行扫描,以扫描而得的点云数据,并以此建立拟装饰部位的 BIM 模型,这种 BIM 模型是完全真实的,任何实际情况都会一览无遗。因此,装饰设计就可以在完全真实的条件下进行,一改以前设计与实际经常出现不一致的现象,可以提高装饰设计的速度,保证设计质量。

### 1.3.8 BIM 在运维阶段的应用

我们知道,BIM 是为了解决建筑全生命周期各阶段数据传递之间的问题,而产生的解决方案。将建筑项目中所有关于设施设备的信息,利用统一的数据格式存储起来,包括建筑项目的空间信息、材料、数量等。利用此数据标准,在建筑项目的设计阶段,即使用 BIM 进行设计,建设中如有变更设计也应及时反映在此档案中,维护阶段则能得到最完整、最详细的建筑项目信息。

在传统建筑设施维护管理系统中,多半还是以文字的形式列表展现各类信息,但是文字报表有局限性,尤其是无法展现设备之间的空间关系。当 BIM 导入运维之后,除了可以利用 BIM 模型对项目整体做了解之外,模型中各个设施的空间关系,建筑物内设备的尺寸、型号、口径等具体数据,也都可以从模型中完美展现出来,这些都可以作为运维的依据,并且合理、有效地应用在建筑设施维护与管理上。

## 1.4 BIM 技术团队

由于一项完整的建筑工程涉及的专业较多,因此若没有良好的专业组合,很难系统地进行 BIM 应用。因此要将 BIM 技术很好地应用于实际工程,首先需要建立一个高效的 BIM 团队。BIM 团队中应配备土建、电气、通风、空调、给水排水、强电、弱电、消防等各个专业的工程师以及相应的管理、协调人员。这些人员既可以专职进行 BIM 技术的研究及应用,也可以兼职从事本专业的 BIM 技术。根据工作目的,BIM 团队可分为企业级和项目级两种。

企业级 BIM 团队主要适用于施工企业,其目的主要在于完善公司 BIM 技术标准、挖掘 BIM 新的运用点、核算 BIM 使用成本、检验 BIM 运用价值、为了全面推广 BIM 技术运用储备人才。具体部门可根据企业业务及定位进行设立,如此可以充分利用 BIM 技术提升企业价值。对于建筑企业来说,BIM 技术团队是一个新生的职能部门,与传统模式下的预算成本部、工程部、材料部及各个项目部的工作对接要明确,才能充分发挥 BIM 数据全员共享的优势。

为了真正将 BIM 技术落到实处,针对每个工程项目还需专门成立一个项目级 BIM 团队。团队中应有 BIM 经理、BIM 总工程师和 BIM 建模师等。BIM 经理负责日常 BIM 工作的管理、安排 BIM 培训、配置和更新 BIM 相关的数据集、安排图纸会审; BIM 总工程师负责管理 BIM 模型、从模型中提取数据、统计工程量、生成明细表、保证数据质量; BIM 建模师负责根据本专业的的设计图纸建立本专业的 BIM 模型,在三维环境里执行设计变更的修改,检查本专业的碰撞。BIM 经理在此团队中起关键作用,他既需要对项目有很透彻的了解,同时也应熟悉 BIM 技术,对各个专业也要有大概的了解,又能统一指挥、协调各个专业之间的关系。

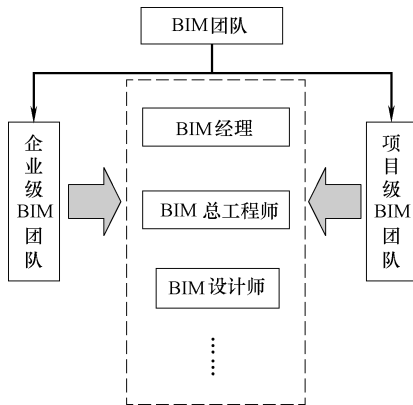


图 1-1 BIM 团队构成

这两种 BIM 团队的基本结构如图 1-1 所示,利用 BIM 团队开展 BIM 工作的流程如图 1-2 所示。可分为 BIM 创建、BIM 应用、BIM 共享三个步骤。BIM 创建主要由各专业 BIM 工程师完成,BIM 应用主要由项目经理及各技术员操作,BIM 共享则由整个企业或行业来实施。

用主要由项目经理及各技术员操作, BIM 共享则由整个企业或行业来实施。

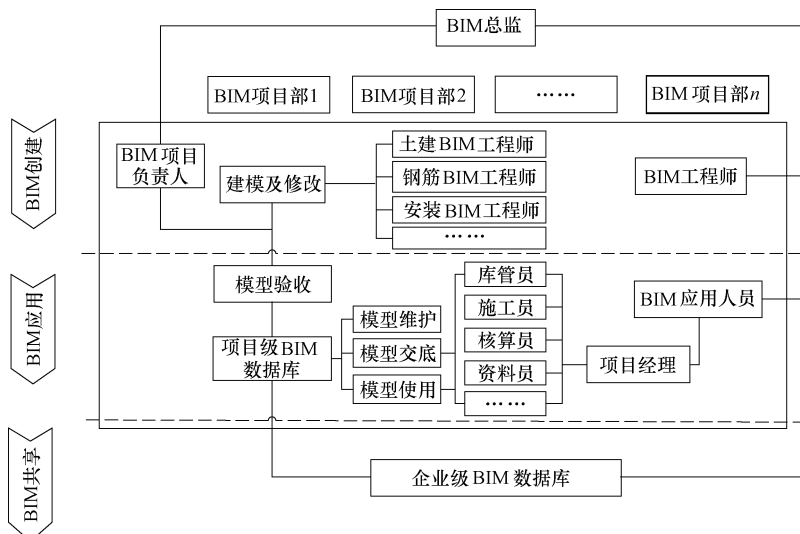


图 1-2 BIM 团队运营流程

## 1.5 BIM 技术相关软件

尽管 BIM 技术不是指具体某个软件,但在使用时判断其是否为 BIM 相关专业软件的一个重要标准就是是否使用了以 BIM 技术为理念。欧美建筑业已经普遍使用 Autodesk Revit 系列、Benetly 系列、ArchiCAD 等专业软件,这些都属于 BIM 技术的核心建模软件。我国这类软件的开发还处于初级阶段。我国目前与 BIM 相关的软件主要有中国建筑科学研究院开发的 PKPM 系列、上海鲁班和北京广联达等一些大型公司开发的分析管理

软件。目前国内外与 BIM 有关的主要软件如表 1-1 所示（截止到 2015 年）。

国内外 BIM 相关软件的开发使用情况

表 1-1

序号	BIM 软件类型	国外主要软件产品	国内主要软件产品
1	BIM 核心建模软件	Revit Architecture/Structure/MEP, Benetly Architecture/ Structure/Mechanical, ArchiCAD, Digital Project	天正、鲁班、鸿业、博超
2	BIM 方案设计软件	Onurna Affinity	无
3	与 BIM 接口的几何造型软件	Rhino, Skechup, FormZ	无
4	可持续分析软件	Ecotech, IES, Green Building Studio	PKPM
5	机电分析软件	Trane Trace, Design Master, IES Virtual Environment	鸿业、博超
6	结构分析软件	ETABS, STAAD, ROBOT	PKPM
7	可视化软件	3d Max, Lightscape	无
8	模型检查软件	Sloibri	无
9	深度设计软件	Tekla Structure	探索者
10	模型综合检查碰撞	Navisworks, Projectwise, Navigator, Solibri	无
11	造价管理软件	Innovaya, Sloibri	鲁班、广联达、斯维尔
12	运营管理软件	Archibus, Navisworks	无
13	发布和审核软件	Adobe PDF, Adobe 3d PDF, Autodesk Design Review	无

## 1.6 BIM 应用硬件资源配置

BIM 应用的范围以及采用的软件决定 BIM 的硬件配置。目前 BIM 的硬件配置主要包括 BIM 计算机和 BIM 辅助硬件的配置。由于 BIM 技术以建筑三维信息模型为基础，其中包含大量的数据信息且对显示效果有一定的要求，因此 BIM 技术所需的硬件配置一般较高。其中不同软件所需的配置也不一样。

企业级 BIM 的硬件环境主要包括：客户端（个人计算机）、服务器、网络及存储设备等。BIM 应用硬件和网络在企业 BIM 应用初期的资金投入相对集中，对后期的整体应用效果影响较大。

鉴于 IT 技术的快速发展，硬件资源的生命周期越来越短。在 BIM 硬件环境建设中，既要考虑 BIM 对硬件资源的要求，也要将企业未来发展与现实需求结合考虑，既不能盲目求高求大，也不能过于保守，以避免企业资金投入过大带来的浪费或因资金投入不够带来的内部资源应用不平衡等问题。

企业应当根据整体信息化发展规划，以及 BIM 应用对硬件资源的要求进行整体考虑。在确定所选用的 BIM 软件系统以后，重新检查现有的硬件资源配置及其组织架构，整体规划并建立适应 BIM 应用需要的硬件资源，实现对企业硬件资源的合理配置。特别应优

化投资，在适用性和经济性之间找到合理的平衡点，为企业的长期信息化发展奠定良好的硬件资源基础。

### 1. 基本配置

当前，采用个人计算机终端运算、服务器集中存储的硬件基础架构较为成熟，其总体思路是：在个人计算机终端中直接运行 BIM 软件，完成 BIM 的建模、分析及计算等工作；通过网络，将 BIM 模型集中存储在企业数据服务器中，实现基于 BIM 模型的数据共享与协同工作。

该架构方式技术相对成熟、可控性较强，在企业现有的硬件资源组织及管理方式基础上部署，实现方式相对简单，可迅速进入 BIM 实施过程，是目前施工企业 BIM 应用过程中的主流硬件基础架构。但该架构对硬件资源的分配相对固定，不能充分利用企业硬件资源，存在资源浪费的问题。

此种基础架构中，对个人计算机、数据服务器及配套设施的要求如下：

#### (1) 个人计算机要求

BIM 应用对于计算机运行性能要求较高，主要包括：数据运算能力、图形显示能力、信息处理数量等几个方面。企业可针对选定的 BIM 软件，结合工程人员的工作分工，配备不同的硬件资源，以达到 IT 基础架构投资的合理性性价比。

通过软件厂商提供的硬件配置要求，一般只是针对单一计算机的运行要求而定，并未考虑企业 IT 基础架构的整体规划。因此，计算机升级应适当，不必追求高性能配置。建议施工企业采用阶梯式硬件配置，分为不同级别，即基本配置、标准配置、专业配置。

此外，对于少量临时性的大规模运算需求，如复杂模拟分析、超大模型集中渲染等，企业可考虑通过分布式计算的方式，调用其他暂时闲置的计算机资源共同完成，以减少对高性能计算机的采购数量。

#### (2) 集中数据服务器及配套设施的部署

集中数据服务器用于实现企业 BIM 资源的集中存储与共享。集中数据服务器及配套设施一般由数据服务器、存储设备等主设备，以及安全保障、无故障运行、灾备等辅助设备组成。企业在选择集中数据服务器及配套设施时，应根据需求进行综合规划，包括：数据存储容量要求、并发用户数量要求、实际业务中人员的使用频率、数据吞吐能力、系统安全性、运行稳定性等。在明确规划以后，可据此（或借助系统集成商的服务能力）提出具体设备类型、参数指标及实施方案。

### 2. 典型方案

如图 1-3 及图 1-4 所示分别为项目网络硬件配置和公司网络硬件配置的典型方案。

### 3. 其他硬件方案

#### (1) 基于虚拟化技术的 IT 基础架构

虚拟化技术已有 20 年的应用历史，相对于个人计算机终端运算的资源分配固定、浪费严重的问题，采用虚拟化技术可以实现存储与计算等资源的集中管理、按需分配、分时复用，使资源得到更高效、充分的利用。其总体思想是通过在各种硬件上部署虚拟化产品，使应用程序能够在虚拟的计算机元件基础上运行，脱离对硬件的直接依赖，从而实现硬件资源的重新分配与整合，以便更好、更高效地利用这些资源，最终达到简化管理、优化资源的目标。虚拟化已经从单纯的虚拟服务器成长为虚拟桌面、网络、

存储等多种虚拟技术。

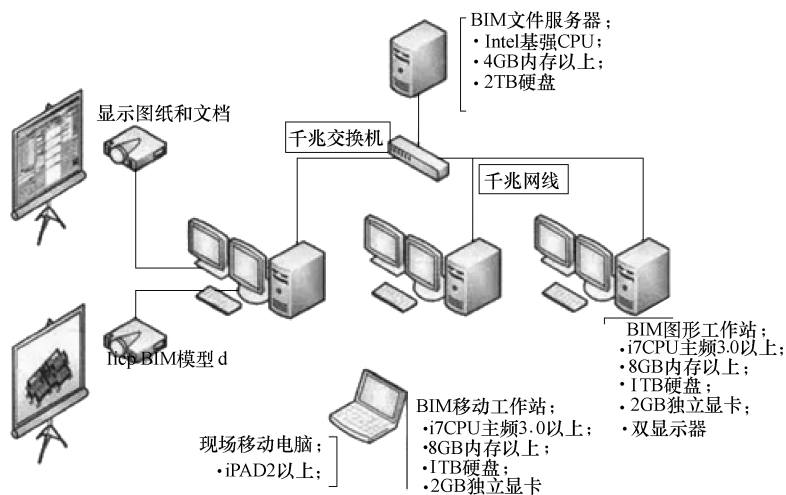


图 1-3 项目网络配置建议

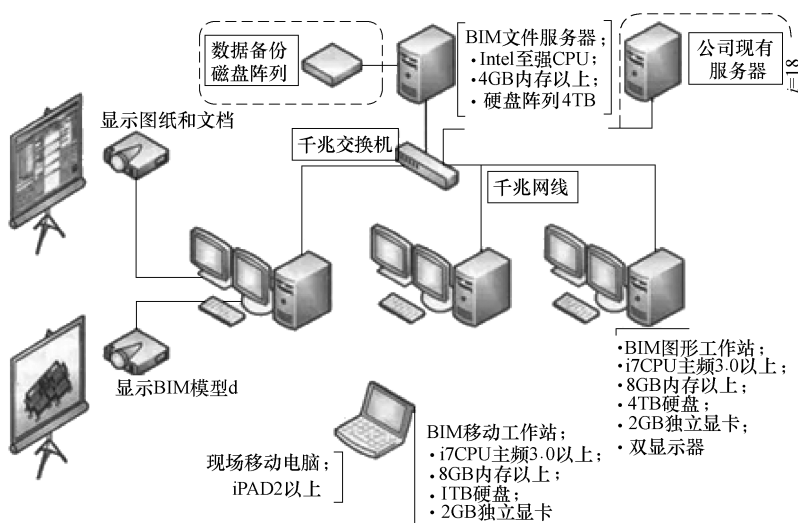


图 1-4 公司网络配置建议

目前，国内外很多企业已经不同程度地采用了虚拟化技术来搭建企业的 IT 基础架构，它是企业 IT 基础架构建设的选择之一。对于这种架构，实现方式主要包含对企业硬件资源的整合以及虚拟化软件系统的部署应用两部分内容。目前较成熟的虚拟化系统，在管理能力、容错能力、系统稳定性、可扩展性等方面一般均能达到 BIM 的应用要求，但在图形显示、系统性能等方面还有待进一步提高。

#### (2) 基于企业私有云技术的 IT 基础架构

云技术是一个整体的 IT 解决方案，也是企业未来 IT 基础架构的发展方向。其总体思想是：应用程序可通过网络从云端按需获取所要的计算资源及服务。对大型企业而言，这种方式能够充分整合原有的计算资源，降低企业新的硬件资源投入、节约资金、减少浪费。

随着云计算应用的快速普及，必将实现对 BIM 应用的良好支持，成为企业在 BIM 实施中可以优化选择的 IT 基础架构。但企业私有云技术的 IT 基础架构，在搭建过程中仍要选择和购买云硬件设备及云软件系统，同时也需要专业的云技术服务才能完成，企业需要相当数量的资金投入，这本身并没有充分发挥云计算技术核心价值。随着公有云、混合云等模式的技术完善和服务环境的改变，企业未来基于云的 IT 基础架构将会有更多的选择。

## 本章小结

BIM (Building Information Modeling)，即建筑信息模型，是信息技术在建筑工程项目管理的应用。它具有可视化、协调性、模拟性、优化性和可出图性五大特点。一个完整的 BIM 应用系统由专门组织中的人员、计算机硬件、计算机软件等三部分组成。BIM 技术适用性广，可用于规划设计、投标、现场管理、技术交底、设备安装、竣工验收、装饰、运维等环节中，且针对不同的应用点有不同的应用软件。

## 思考与练习题

- 1-1 BIM 技术的含义及特点是什么？
- 1-2 BIM 技术在建筑工程领域有哪些应用点？
- 1-3 BIM 技术的相关软件有哪些？请说出各个软件适用的范围。