



高等学校土木工程专业“十三五”规划教材
高校土木工程专业规划教材

BIM技术与应用

张立茂 吴贤国 主编

非外借

中国建筑工业出版社

高等学校土木工程专业“十三五”规划教材
高校土木工程专业规划教材

BIM 技术与应用

张立茂 吴贤国 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

BIM 技术与应用/张立茂, 吴贤国主编. —北京:
中国建筑工业出版社, 2017. 8
高校土木工程专业规划教材
ISBN 978-7-112-20920-0

I. ①B… II. ①张… ②吴… 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 152321 号

本书对项目不同阶段、不同维度如何使用 BIM 技术进行了全面系统的介绍, 紧紧围绕实际工程需要, 构建 BIM 课程知识体系和课程体系, 融实践教学和理论教学为一体。

本书主要内容包括: 绪论、BIM 的维度、基于 BIM 的深化设计与性能分析、基于 BIM 的虚拟建造、基于 BIM 的施工进度管理、基于 BIM 的工程造价管理、基于 BIM 的施工安全管理、基于 BIM 的工程信息管理、项目运营阶段的 BIM 应用、BIM 工具与应用环境。

本书可作为高等院校建筑、土木工程、工程管理等专业师生进行专业学习的教材和参考用书, 也可供建设单位、设计单位、监理单位、施工单位的工程技术人员工作和学习使用。

为了更好地支持教学, 本书作者制作了教学课件, 有需要的读者可以发送邮件至: jiangongkejian@163.com 免费索取。

* * *

责任编辑: 聂伟 吉万旺 王跃
责任校对: 焦乐 刘梦然

高等学校土木工程专业“十三五”规划教材
高校土木工程专业规划教材

BIM 技术与应用

张立茂 吴贤国 主编

*

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
北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 20 $\frac{1}{4}$ 字数: 493 千字
2017 年 8 月第一版 2017 年 8 月第一次印刷

定价: 39.00 元 (赠课件)

ISBN 978-7-112-20920-0

(30572)

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)

本书编写委员会

陈跃庆 杜 婷 覃亚伟 陈虹宇 陈晓阳 曹化锦
宋协清 孙 权 汪成庆 周玉峰 黄 欣 刘文黎
黄艳华 林净怡 沈梅芳 李新磊 何 云 冉连月
王彦玉 李博文 滕佳颖 李 霞 侯敬峰 方召欣
张先锋 陈悦华 周贻权 黄艳南 陈 伟 蔡黔芬
罗时明 华建民 侯敬峰 李建雄 江学良 陈向阳
张 勇 谭献良 刘 霁 王志珑 张凯南 秦文威
张文静

前 言

本书以 BIM 概念和应用为主线，紧紧围绕工程建设项目设计、施工及运营多阶段全生命周期进行叙述。结合实际工程的需要，融合了 BIM 建模师证书对知识、技能和素质的要求，融实践教学和理论教学为一体，培养学生在 BIM 理论与应用方面的职业能力和职业素养。

本书由 BIM 领域的高校科研团队、施工企业以及软件研发机构的一线工程师共同编写，依托丰富的工程实例，兼备理论性与实践性，促进 BIM 技术在工程设计与施工阶段的理论研究和应用实践，推动建设工程信息化建设。全书共十章，系统地涵盖了 BIM 的维度、基于 BIM 的深化设计与性能分析、基于 BIM 的虚拟建造、基于 BIM 的施工进度管理、基于 BIM 的工程造价管理、基于 BIM 的施工安全管理、基于 BIM 的工程信息管理、项目运营阶段的 BIM 应用等多个方面的知识与实践案例，最后介绍了 BIM 工具与应用环境。

该书内容新颖、系统、图文并茂、形象生动、案例翔实、通俗易懂，是国内深入贴近工程实际的 BIM 施工应用类图书。

本书在编写过程中得到了许多单位和个人的支持和帮助，在此表示诚挚的谢意，特别感谢清华斯维尔公司、武汉华胜监理公司提供的支持。本书在编写过程中参阅了许多文献，谨向有关作者表示感谢。

由于时间和水平所限，书中难免有不足之处，恳请读者批评指正。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 工程信息化与数字建造	1
第二节 现代项目管理模式革新	4
第三节 BIM 技术发展与应用	9
复习思考题	16
第二章 BIM 的维度	17
第一节 概述	17
第二节 BIM 与工程实施主体	18
第三节 BIM 与工程建造过程	33
第四节 BIM 标准体系	45
复习思考题	56
第三章 基于 BIM 的深化设计与性能分析	57
第一节 概述	57
第二节 基于 BIM 的建筑参数化设计	57
第三节 基于 BIM 的建筑集成化设计	64
第四节 基于 BIM 的建筑性能分析	79
第五节 基于 BIM 的设计优化与实现	93
第六节 BIM 设计成果交付	103
第七节 典型案例：BIM 能耗分析	110
复习思考题	114
第四章 基于 BIM 的虚拟建造	115
第一节 概述	115
第二节 基于 BIM 的施工模拟	115
第三节 基于 BIM 的构件虚拟拼装	120
第四节 基于 BIM 的施工现场临时设施规划	128
第五节 典型案例：BIM 在某吊装工程的应用	137
复习思考题	143
第五章 基于 BIM 的施工进度管理	144
第一节 概述	144
第二节 基于 BIM 的施工进度管理体系	149
第三节 基于 BIM 的施工进度管理流程	154
第四节 基于 BIM 的项目进度分析与控制	163
第五节 典型案例：BIM 在某项目进度计划中的运用	173

复习思考题.....	179
第六章 基于 BIM 的工程造价管理	180
第一节 概述.....	180
第二节 造价精细管理与 BIM5D	186
第三节 基于 BIM 的全过程工程造价管理	192
第四节 基于 BIM 的工程造价过程控制	198
第五节 企业级 BIM 解决方案	201
第六节 典型案例: BIM 技术在全过程精细化成本管理中的运用	209
复习思考题.....	216
第七章 基于 BIM 的施工安全管理	217
第一节 概述.....	217
第二节 基于 BIM 的施工安全管理关键技术	220
第三节 典型案例: 基于 BIM 和 Eworks 技术的建筑施工安全管理	239
复习思考题.....	252
第八章 基于 BIM 的工程信息管理	253
第一节 概述.....	253
第二节 基于 BIM 的工程信息管理体系与架构	253
第三节 基于 IFC 的 BIM 结构及其信息描述与扩展机制	259
第四节 基于 BIM 的三维几何建模及模型共享	266
第五节 面向 BIM 模型的信息提取与集成	271
第六节 面向 BIM 模型的数据存储与访问	276
复习思考题.....	282
第九章 项目运营阶段的 BIM 应用	283
第一节 BIM 技术在设施管理中的应用	283
第二节 BIM 技术在既有建筑改造中的应用	297
复习思考题.....	306
第十章 BIM 工具与应用环境	307
第一节 BIM 团队	307
第二节 BIM 硬件	308
第三节 BIM 软件	311
复习思考题.....	316
参考文献	317

第一章 绪 论

学习要点:

1. 了解工程信息化发展的背景及原因,了解数字建造技术的概念。
2. 了解现代管理模式的演变与革新。
3. 了解 BIM 技术概念、起源与发展,了解 BIM 技术的相关标准。

第一节 工程信息化与数字建造

一、工程信息化

1. 建设工程信息化及存在的问题

作为国民经济支柱产业的建设领域,目前正面临着大规模的基本建设。信息对于人类的影响是深刻的,建筑行业的发展趋势必将受到信息化社会的影响。为适应行业规模的迅速发展和激烈的国际竞争,信息手段的应用将成为未来建筑形式演进的动力之一。建设行业必须实现信息化,才能持续提高我国建设企业的综合竞争力。

建设工程信息化是将信息技术应用于建设工程全生命期,实现信息采集与存储的自动化、信息交换的网络化、信息利用的科学化和信息管理的系统化。这是一场综合应用高新技术对传统建设行业进行改造的重大变革。在过去的几十年中,我国建设领域的计算机应用取得了长足进展。在工程设计中,计算机辅助设计(CAD, Computer Aided Design)技术的应用比较普及,已经部分或全部取代了手工设计。大型勘察设计单位 CAD 出图率达到了 100%,全国平均水平约为 87%,大大提高了设计效率,缩短了设计周期,提高了设计质量。在工程施工中,出现了投标报价、概算预算、合同管理、网络计划、材料管理、人事工资以及财务会计等软件系统,不同程度地提高了工作效率。另外,在建筑物的日常维护、设备管理等行业和部门,计算机技术也得到了一定的发展和应用,如管线和道路设施的维护管理方面,出现了一些专业化的应用软件。

目前,建设工程项目越来越多地应用信息技术进行辅助管理,但大多数还是受限于一些局部过程。虽然信息技术已经用于改进单项任务的生产效率,尤其是在建造环境的设计方面,但是,它几乎还没有用于解决贯穿于整个建筑过程的集成与沟通这个更为基本的问题。目前的专业应用软件只是涉及工程项目生命期的某个阶段或某个专业的领域应用,例如设计阶段的建筑 CAD 软件,施工管理阶段的概预算软件等。迄今为止,国内还没有一个开发商能够提供覆盖工程建设全过程的应用系统。同时,由于缺少统一、规范的信息标准,不同开发商开发的应用系统之间不可能实现信息集成和共享。在工程项目实施的各个阶段所使用的计算机系统都是相互孤立,自成体系,信息往往需要重复录入,致使数据冗余,造成资源浪费,无法信息共享,形成“信息孤岛”现象。所以,行业中各主体(如设计方、施工方、维护管理方)之间的信息交流还是基于纸介质。这种方式形成各专业及其管理系统间的信息断层,不仅使信息难以直接再利用,而且其链状的传递难免会造成信息

的延误、缺损甚至是丢失。这些问题不仅使当前建设领域计算机应用的整体水平和总体效果受到很大限制，也影响了整个建设领域信息化水平的提高。

工程建设项目是一个复杂、综合的经营活动，参与方涉及众多专业和部门，工程建设项目的全生命期包括了建筑物从勘测、设计、施工，到使用、管理、维护等阶段，时间跨度长达几年、几十年甚至上百年。实现建设项目生命期各阶段的信息共享和充分利用，在项目建设过程中优化设计，合理制定计划，精确掌握施工进度，有效使用施工资源以及科学进行场地布置，以缩短工期、降低成本和提高质量，已成为业主、设计方和施工承包商的共识。

2. BIM 是建设工程信息化发展趋势

面向建设项目生命期进行信息管理，需要解决两个层面的问题。第一个层面是必须从根本上解决项目规划、设计、施工以及维护管理等各阶段应用系统之间的信息断层，实现全过程的工程信息管理。但是，现有应用系统的研究和开发都是基于几何数据模型，主要通过 DXF、DWG、IGES 等图形信息交换标准进行数据交流。这种几何信息集成即使得以实现，所能传递和共享的也只是工程的几何数据，相关的勘探、结构、材料以及施工等工程信息仍然无法直接交流。要真正实现建设项目各阶段应用系统的信息集成，关键在于探索新的信息模型理论和建模方法，在几何模型基础上建立面向建设项目全生命期的工程数据模型，并基于国际标准实现工程信息的交换、共享和管理。第二个层面是探索如何深层次利用这些信息，对建设项目生命期各阶段的工程性能进行预测，进而对各阶段的质量、安全、费用以及生命周期总成本进行分析和控制。建设项目生命周期管理能够统筹解决这两个层面的问题，已成为当前国外发达国家建设领域信息化技术的研究热点。

在信息时代，深层次挖掘信息的潜力和价值，是目前信息技术发展的总趋势。我国建设领域原有的信息基础已经不能满足这种需求，普遍存在的信息断层问题，极大限制了信息化总体效果和发展水平。建设生命期管理以及建筑信息模型（BIM，Building Information Modeling）的提出，为实现整个建筑行业（横向），从规划、设计到施工、管理、维护等（纵向）整个建筑生命周期中的信息共享和交流，解决项目建设各阶段的信息断层和使用维护阶段的信息流失问题，以及提高建筑业生产效率提供了一个重要的途径。

BIM 技术，是信息技术应用于建筑业的必然产物。多年来，国际学术界一直在对计算机辅助建筑设计中的信息建模进行积极地探索，并获得了共识。在建筑设计中，基于 BIM 技术的应用系统所创建的虚拟建筑模型，涵盖了大量建筑材料、建筑构造、工艺等信息，包含了建造一栋建筑所需要的所有组成部分。这个虚拟建筑模型是一个包含了建筑所有信息的综合数据库，不仅可以用于建筑设计，还可以用于结构设计、设备管理、工程量统计、成本计算、物业管理等，可以在整个建筑业中发挥作用，管理建筑生命周期的全部信息。

二、数字建造技术

数字时代的到来为人类的建造行为提出了新的方向，从技术到美学都带来了新的改变。这一点可以在建造技术发展上看到一条比较清晰的脉络：手工业时代，人们直接操作工具，以人力作用于工作面；工业化时代，人们可以采用动力驱动的工具完成建造，提高了工作效率与建造的准确性，从而也可以进行更好的量产；在数字化时代，人们并不直接操控建造设备，而是通过计算机控制设备，从而实现更高精确度和更复杂的建造。

在美学上，数字艺术大为流行。众多艺术家通过数字编程的方式创造生成式艺术作品(图 1-1、图 1-2)。各种各样丰富的视觉艺术及各种影响感官的艺术作品，为人们带来了全新的体验。面对时代的改变、技术的进步和美学的的发展，数字建造顺势盛行，为整个建设领域带来了巨大的改变。



图 1-1 国家会展中心



图 1-2 凤凰国际传媒中心

数字建造 (Digital Fabrication) 是一种通过计算机控制机器进行制造的过程。数字建造方式通常包括增材建造和减材建造两种，比如最常见的 3D 打印是增材建造，而数控加工与激光切割是减材建造。它们的共同点就是这些机器可以通过程序控制，完成与数字设计一致的建造。严格意义上讲，数字建造的概念只包含建造的过程。但是在实际使用中，会发现其概念包含的意义更广泛，数字建造与数字设计及数字建模密不可分。

数字建造技术的核心理念在于创建一个建筑信息模型 (BIM)。它可以记录下工程实施过程几乎所有的数据。一个工程存在海量数据，可以由成千上万个构件 (梁、柱、墙、板、基础等) 组成。每个构件可包括数百个数据，比如几何参数、材质、质检信息，以及施工工艺等信息。如门相关的参数有：长、宽、厚、材质、规格、型号、颜色、生产单位、安装人员、安装日期等。这些数据一旦与建筑信息模型构件相关联，可以被实时调用、统计分析、管理与共享，就将产生巨大价值。目前，有许多 3D 建模商用软件 (如 3ds MAX)，能够比较容易和快捷地创建空间信息模型，但是，在工程领域因操作复杂、无法适用复杂工程而无法普及应用。近年，随着计算机软硬件技术的发展，BIM 技术有了突破性进展。Autodesk 的 Revit、Graphisoft 公司的 ArchiCAD，以及 Bentley 公司的 Microstation TriForma 等都是 BIM 建模与应用的典型代表。一个成熟的 BIM 建模工具需要有以下技术。

(1) 3D 建模技术

BIM 建模技术必须针对建筑工程来开发，要达到非常高的易用性，否则无法推广。目前，工程技术人员普遍电脑使用水平还不高，且工程本身又十分复杂，易用性达不到高程度就会成为专家级工具，无法普遍推广到项目上。现在市场上的工程 3D 建模工具 (如 3ds MAX) 就是如此，建一个工程的成本要数万乃至数十万元，普通工程技术人员难以掌握，无法普及应用。

(2) 3D 实体计算技术

工程管理需要的数据为实物量，工程构件纵横交错，必须计算出实物量才有意义，包括体积、面积、长度等。因此，BIM 的数据首先应是可运算的系统，能像人脑一样知晓

各构件之间空间关系。过去的 CAD 图纸仅是图形表达无法计算。其次,要用大规模布尔算法。由于工程规模越来越大,布尔算法对 CPU、内存资源需求十分惊人。因此,研发高效率算法、增量计算技术十分重要,否则 3D 实体计算技术无法大面积推广应用。

(3) 3D 数据基于 Web 传输技术

BIM 建立在工程现场服务器 (Server) 中,为扩展应用价值,实行协同作业,分享 BIM 数据必须实行远程 (Web) 调用。3D 图形数据量巨大,如何达到较好的用户体验,成为一项重要课题。其中,3D 数据压缩与 Web 传输技术成为至关重要的技术之一。

(4) 图形识别技术

虽然现行工程设计软件已形成了事实上的工业标准,AutoCAD 占据了绝对市场份额。但由于工程专业众多,设计工具软件种类仍然很多,如建筑设计以天正为主,结构设计以 PKPM 为主,而其他专业设计软件也各不相同。形成的数据格式不统一,是制约数字建造技术发展的重要瓶颈之一,为数据共享带来巨大困难。作为建造阶段的 BIM 建立工具,必须具备较强的图形识别技术,对各种设计软件输出电子文档,能够实现最大程度的数据利用。

以上几个方面一直是 BIM 软件技术的高难度领域,是数字建造技术的瓶颈。近年来有了突破性进展,进入了实用性阶段,其中 Autodesk 的 Revit 为最杰出的市场代表,产品较为成熟,成功案例较多。随着工程 3D 建模和 3D 计算技术的日臻成熟,数字建造技术将逐步走向实用,由单项走向全面集成和全过程应用。

第二节 现代项目管理模式革新

一、BIM 应用模式

无论国外还是国内,BIM 的应用主要集中在项目设计阶段,用于项目的展示、沟通与协作,或者结合 4D (3D+时间) 技术进行施工阶段的进度模拟。BIM 在施工阶段和维护管理阶段的功能没有得到充分地发挥,究其原因,主要是在建筑业界对 BIM 缺乏了解及缺少相应标准的情况下,还没有形成有效的 BIM 应用模式,导致 BIM 的应用仅限于满足应用方自身的利益。目前,面向建设项目中的应用方,其 BIM 应用模式可归纳为 3 类:即设计方驱动模式、承建商驱动模式和建设单位驱动模式。

(1) 设计方驱动模式

设计方驱动模式是 BIM 在建设工程项目中应用最早的方式,应用也较为广泛,其以设计方为主导,而不受建设单位和承建商的影响。在激烈竞争的市场中,各设计单位为了更好地表达自己的设计方案,通常采用 3D 技术进行建筑设计与展示,特别是大型复杂的建设项目,以期赢得设计投标。

图 1-3 清晰地显示了某体育场馆的 3D 设计方案和效果,用于设计投标。基于此出发点,设计方驱动的 BIM 应用模式,通常只应用于项目设计的早期。在设计方案得到建设单位认可后,除非应建设单位的要求,否则设计方不会对建立的 3D 模型进行细化,也不会用于设计的相关分析,如结构分析等;并且,该 BIM 模型在施工阶段和维护阶段的应用更微乎其微。尽管设计方驱动的 BIM 应用模式在一定程度上加速了 BIM 的发展,但是,其并没有将 BIM 的主要功能应用于建设项目整个过程中,只是在项目的初期阶段利

用了 BIM 的 3D 展示功能。

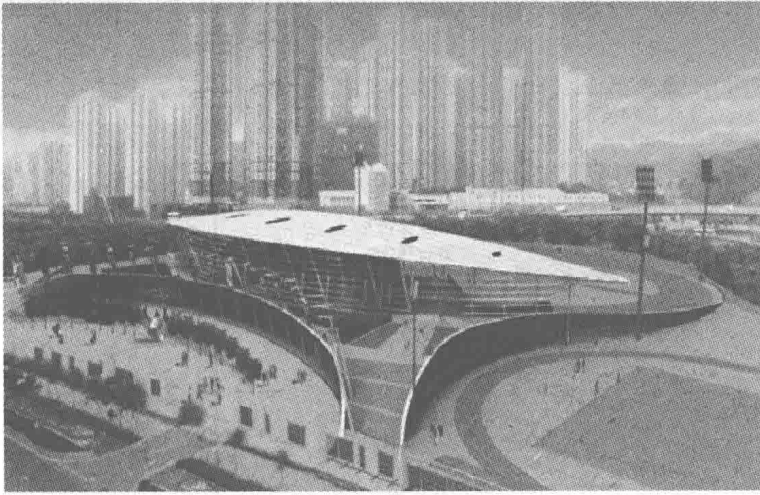


图 1-3 某体育场馆的 3D 设计方案

(2) 承建商驱动模式

承建商驱动模式是随着近年来 BIM 技术不断成熟及应用而产生的一种应用模式，其应用方通常为大型承建商。承建商采用 BIM 技术有两个目的：辅助投标和辅助施工管理。在竞争的压力下，承建商为了赢得建设项目投标，采用 BIM 及其模拟技术来展示施工方案的可行性及优势，从而提高自身的竞争力。图 1-4 展示了某办公楼项目的可视化施工方案，包括施工工序、资源调配、进度安排等信息，用于项目投标。由此，建设单位可以清楚地了解整个施工过程或方法。另外，在大型复杂建筑工程施工过程中，施工工序通常也比较复杂。为了保证施工的顺利进行、减少返工，承建商采用 BIM 技术进行施工方案的模拟与分析，在真实施工开始之前确定合理的施工方案，同时便于与分包商协作与沟通。

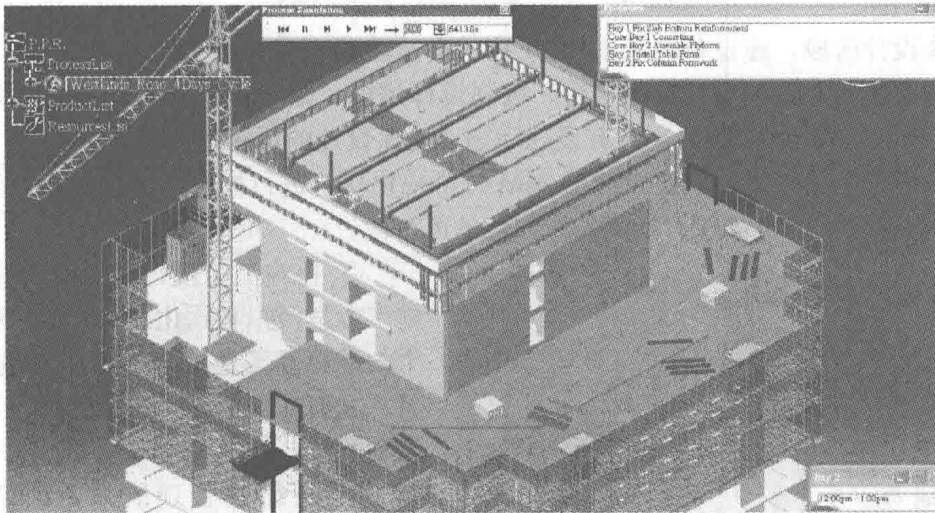


图 1-4 某办公楼项目的可视化投标施工方案

图 1-5 展示了承建商采用 BIM 技术的操作流程。承建商基于建设单位的施工招标信息，采用 BIM 技术和模拟技术将初步制定的施工方案可视化，并制定投标方案、参与投

标。中标后，承建商通常会与分包商协作将施工方案细化，并采用 BIM 技术和模拟技术进行方案模拟优化分析，经过多次模拟后提出可行的施工方案，用于指导实际施工。

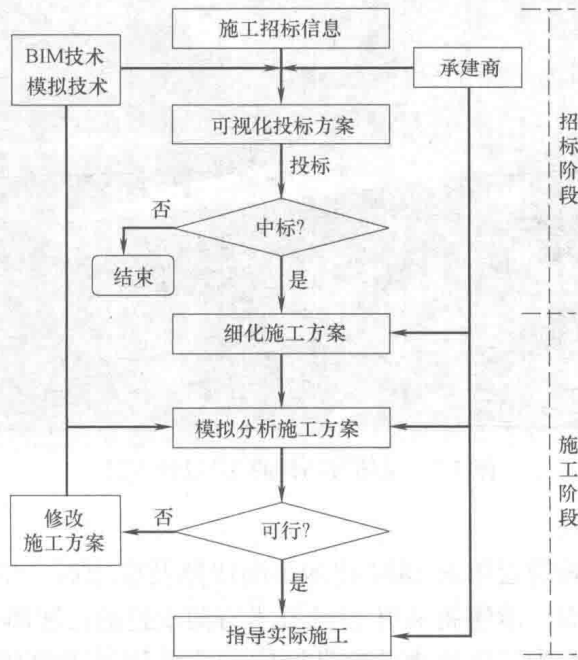


图 1-5 承建商驱动的 BIM 应用模式流程图

(3) 建设单位驱动模式

建设单位采用 BIM 技术的初期，主要集中于建设项目的设计，用于项目沟通、展示与推广。随着对 BIM 技术认识的深入，BIM 的应用已开始扩展至项目招投标、施工、物业管理等阶段。

① 在设计阶段，建设单位采用 BIM 技术进行建设项目设计的展示和分析：一方面，将 BIM 模型作为与设计方沟通的平台，控制设计进度；另一方面，进行设计错误的检测（图 1-6）。在施工开始之前解决所有设计问题，确保设计的可建造性，减少返工。

② 在招标阶段，建设单位借助于 BIM 的可视化功能进行投标方案的评审。这样可以大大提高投标方案的可读性，确保投标方案的可行性。

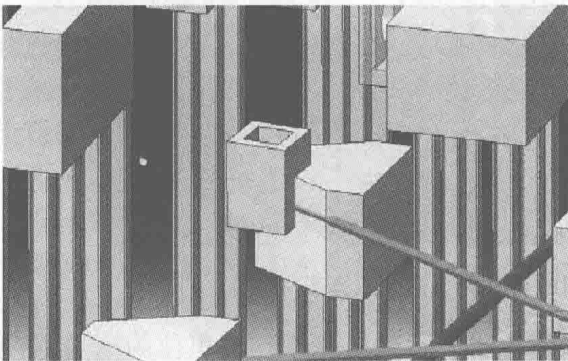


图 1-6 建设项目柱基础与地下管线之间碰撞检测

③ 在施工阶段，采用 BIM 技术进行施工方案模拟和优化。一方面，提供了一个与承建商沟通的平台，控制施工进度；另一方面，确保施工的顺利进行，保证工期和质量。

④ 在物业管理阶段，前期建立的 BIM 模型集成了项目所有的信息，如材料型号、供应商等。这些信息可用于辅助建设项目维护与应用。

图 1-7 展示了建设单位采用 BIM 技

术的操作流程。建设单位基于设计方提供二维设计图纸，采用 BIM 技术建立 3D 建筑模型，并进行设计检测分析，直至解决发现的所有设计问题。然后，发布招标信息，要求承建商提供可视化的投标方案，并基于此进行评标和定标。中标的承建商将细化施工方案，并基于 BIM 技术和模拟技术展示和测试施工方案的可行性，以得到建设单位的认可，进而指导施工。施工结束后，建设单位将基于项目竣工图和其他相关信息，采用 BIM 技术更新已建立的 3D 模型，形成最终的 BIM 模型，以辅助物业管理。

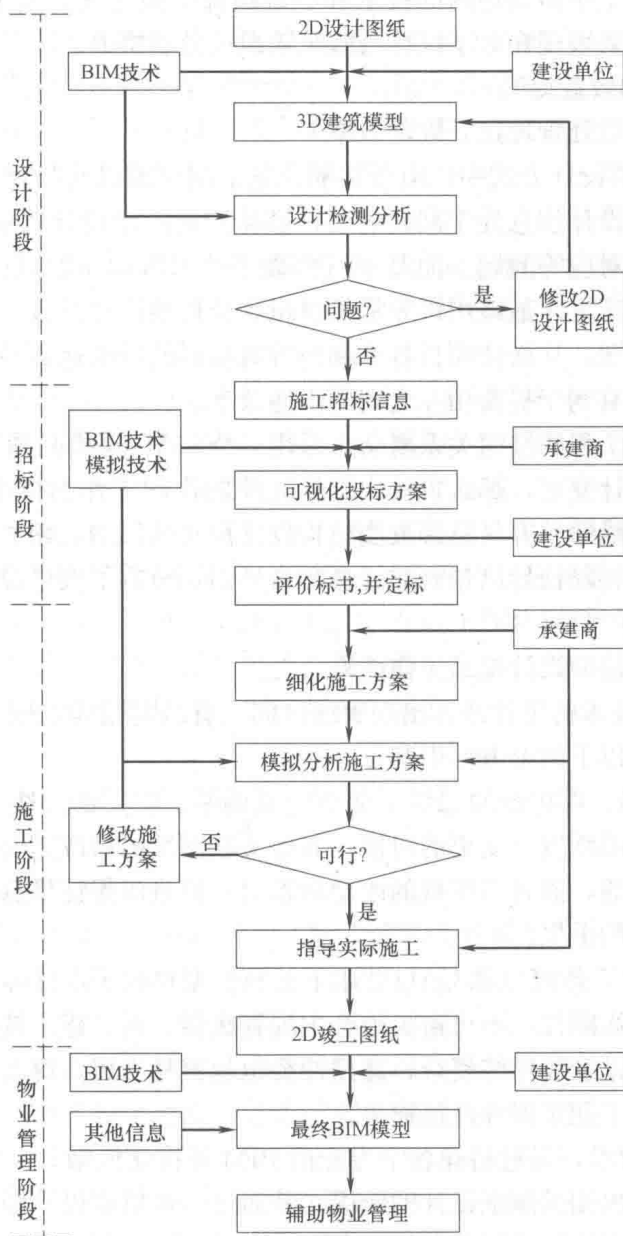


图 1-7 建设单位驱动的 BIM 应用模式流程图

二、基于 BIM 的新型项目管理模式革新

结合以上内容来看，BIM 的应用主要集中在项目设计阶段，在我国更是如此。从效

用角度来说，建设单位驱动的应用模式最为有效，这是因为该模式在某种程度上发挥了 BIM 的主要功能，即基本实现 BIM 在项目全生命周期中的应用。同时，由于建设单位在整个项目实施过程中有绝对的控制权，并可要求项目各方采用 BIM 技术来辅助项目整个过程的管理。因此，该模式具有更大的推广空间。

基于 BIM 的新型项目管理模式，能够通过集成的数据模型，最大限度地整合资源，提供更好的交互协同能力，可以显著提高工程建设质量、降低建设成本、缩短工期、促进安全，从而达到项目全生命周期内的技术和经济指标的最优化。基于 BIM 的新型项目管理模式革新的价值主要表现在对于设计与施工阶段的效益提升。

1. 对设计阶段的效益提升

(1) 通过可视化设计管理提升管理效率

传统二维 CAD 的设计方式中，由于其平、立、剖面图以及门窗表、详图等之间是相对独立的，这就导致设计信息处于割裂状态，容易造成图纸设计错误，门窗表统计错误，平、立、剖面图无法对应等问题。而基于三维数字技术所构建的可视化 BIM 模型，能够为业主、设计方、施工方、最终用户等提供模拟和分析的协作平台。各参与方可以直接地了解设计方的设计意图，从而使项目各个参与方对项目的理解达成一致，消除由理解不同引起的误差和问题，有利于提高相互之间的沟通效率。

此外，如果建筑工程的空间关系复杂，采用二维 CAD 建模画图需要花费大量的时间和精力。一旦发生设计变更，那么再一次重复先前的作图工作的概率较大。搭建 BIM 模型，通过参数化建模能够很容易达到改变结构设计尺寸的目的，相关的结构构件也会得到实时更新；并且，能够轻松导出想要的任意标高平面，节省了大量设计绘图及变更调整的时间。

(2) 通过多专业协同设计提高工作效率

采用二维 CAD 技术的设计经常出现管线之间、管线与结构之间相互冲突和碰撞等问题。这些问题主要由以下两个方面引起：

① 信息沟通不畅。在传统的二维平面下生成的平、立、剖面图之间关系是相对独立的，当其中任何一张图纸发生变更的时候，其他关联图纸的修改需要通过电话、邮件、图纸标示等方式进行沟通，而且当图纸的改动频繁时，就难以保证信息反馈能够准确并及时到达相关图纸负责人的手里。

② 人脑的局限性。传统二维 CAD 技术下建筑模型存在于设计师的脑海中，对于复杂的建筑，由于人脑的局限性，不可避免地会出现管线错、漏、碰、缺等问题。规模越大的项目，设备管线越多，管线错综复杂，碰撞冲突也越容易出现，返工的可能性越大。一旦出现返工，就会造成工期延误和经济损失。

如果运用 BIM 技术，通过搭建各个专业的 BIM 可视化模型，一方面有利于对原有二维图纸进行审查，找出相关图纸设计的错误，从而进一步提高设计图纸的质量，并优化设计；另一方面，设计师能够在虚拟的三维环境下方便地发现各个专业构件之间的空间关系，了解施工存在碰撞冲突，并针对这些碰撞点进行设计调整与优化。这样不仅能及时排除项目施工作业中可能遇到的碰撞冲突，显著减少由此导致的设计变更，也能更大程度提高管线综合设计能力和效率。

2. 对施工阶段的效益提升

(1) 通过可视化语言提升施工组织效率

通过 BIM 技术可以对项目的一些重要的施工环节或采用新施工工艺的关键部位、施工现场平面布置等进行模拟和分析,从而提高计划的可行性;也可以通过 BIM 技术结合施工组织进行预演,提高复杂建筑体系的可建造性。同时,借助 BIM 信息化 3D 技术,可对施工组织进行模拟,项目管理方能够非常直观地了解整个施工安装环节的时间节点和安装工序,把握安装过程中的难点和要点,从而提高施工效率和施工方案的安全性。

(2) 通过 4D 模拟优化可缩短施工进度

建筑施工是一个高度动态的过程,随着建筑工程规模不断扩大,复杂程度不断提高,工程施工项目的进度管理变得极为复杂。目前,工程施工管理中经常采用表示进度计划的甘特图,由于其专业性强,可视化程度低,无法清晰描述施工进度以及各自复杂关系,难以准确表达工程施工的动态变化过程。如果将 BIM 技术与施工进度计划相连接,将空间信息与时间信息整合在一个可视化 4D (3D+时间) 模型中,可以直观、准确地反映整个建筑的施工过程。通过 BIM 模拟,可合理制定施工计划,精确掌握施工进度,优化使用施工资源以及科学地进行场地布置,从而缩短工期、降低成本和提高质量。

(3) 利用 BIM 建模进行构件精细化制造和施工

利用传统二维 CAD 设计工具进行机电、钢结构、幕墙等深化设计时,其精度和详细程度很难满足现场施工的要求,尤其是在构件加工图中,出错率更高。而且,在加工制造环节,这种出错事件不易察觉,直到现场安装的时候才发现,这样就只能返回工厂重新加工,然后再次运输到现场进行安装。这种情况会严重影响施工的进度,造成工期延误和成本损失。基于 BIM 模型辅助进行深化设计,提供了精确的信息参数及统一的可视化环境,可有效促进设计团队对细节位置进行沟通;同时,在施工深化设计过程中,能够发现已有施工图纸上不易发现的设计盲点,找出关键位置与相应施工环节,为现场施工制定解决方案,实现工程现场大量构件的精细化工厂预制和现场安装。

第三节 BIM 技术发展与应用

一、BIM 概念的起源及定义

BIM (Building Information Modeling) 是“建筑信息模型”的简称,最初发源于 20 世纪 70 年代的美国,由美国佐治亚理工大学建筑与计算机学院的查克伊士曼 (Chuck Eastman) 提出。其将 BIM 定义为“建筑信息模型是将一个建筑建设项目在整个生命周期内的所有几何特性、功能要求与构件的性能信息综合到一个单一的模型中。同时,这个单一模型的信息中还包括了施工进度、建造过程的过程控制信息”。从查克伊士曼博士提出 BIM 理念至今,BIM 技术的研究经历了三大阶段:萌芽阶段、产生阶段和发展阶段。BIM 理念的启蒙,受到了 1973 年全球石油危机的影响,美国全行业需要考虑提高行业效益的问题,查克伊士曼教授在其研究的课题“建筑描述系统”中提出“A Computer-based Description of a Building”,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。

2002 年,Autodesk 公司正式提出 BIM 的概念,此后 BIM 这一新名词被广泛接受,但对于 BIM 的定义与解释有诸多版本。麦格劳·希尔公司 (McGraw-Hill Construction

Company) 认为“BIM 是利用数字模型对项目进行设计、施工和运营的过程”。

相比较,美国国家建筑科学协会(National Institute of Building Sciences, NIBS)下属的设施信息委员会(Facilities Information Council, FIC)对 BIM 的定义较为完整和准确,他们认为“BIM 是在开放的工业标准下,对设施的物理和功能特性以及相关的项目全生命周期信息的可计算、可运算的形式表现,从而为决策提供支持,以便更好地实现项目的价值”。并在其补充说明中强调,建筑工程信息模型将所有的相关方面集成在一个连贯有序的数据组织中,相关的应用软件在被许可的情况下可以获得、修改或者增加数据。

美国国家 BIM 标准(The National Building Information Modeling Standards Committee, NBIMS)将 BIM 定义为“BIM 是建设项目的兼具物理特性与功能特性的数字化模型,且是从建设项目的最初概念设计开始的整个生命周期里做出任何决策的可靠共享信息资源。实现 BIM 的前提是在建设项目生命周期的各个阶段不同的项目参与方通过在 BIM 建模过程中插入、提取、更新及修改信息以支持和反映各参与方的职责。BIM 是基于公共标准化协同作业的共享数字化模型”。

在对 BIM 的理解和定义上,各个研究机构以及建筑软件开发商都给了自己独到的答案,但归纳起来,有以下共同特点:

(1) 在对建设工程信息的理解与界定上,不仅包含三维模型几何信息,而且涵盖了构件或设施的物理属性、功能属性以及生命周期的所有信息,同时也涉及建设工程项目全生命各个阶段各个专业的信息。

(2) 都支持建设工程模型的可计算与可运算形式,强调对项目信息完全数字化要求。无论对 BIM 的定义如何,毋庸置疑的是, BIM 带给建筑业的是一次根本性的变革。它将建筑从业人员从复杂抽象的图形、表格和文字中解放出来,以形象的三维模型作为建设项目的信息载体,方便了建设项目各阶段、各专业以及相关人员之间的充分沟通和交流,减少了建设项目因为信息过载或信息流失而带来的损失,提高了从业者的工作效率,以及整个建筑业的效率。

二、BIM 技术相关标准

基于 BIM 技术的协同设计,逐渐地被证明是国际上三维建筑工程项目设计领域内最为先进的协同设计方式。要真正地实现基于 BIM 技术的协同设计,使建筑业实现数字化信息的共享,保证不同公司开发的软件产品能进行交流和共享信息,提高生产效率,这就需要遵循一些标准,实现建筑工程中设计、建造、施工、管理等信息的共享,从而实现信息的协调合作和建筑业真正的信息化。目前,国际上统一的 BIM 标准规范有以下几种:

(1) IFC 标准

为了解决信息交流和共享问题,首先要建立一些标准。这些标准可以实现不同专业之间共同语言的沟通,信息交流和共享才能顺利完成。不同开发商开发的一些软件,只要都遵守相同的数据传输标准,通过相同标准的数据接口实现信息的输入和输出,就可以直接和其他软件进行数据交换,实现信息的共享。正是由于这种思想的出现,国际协会工作联盟 IAI (International Alliance for Interoperability) 为建筑业制定了建筑国际化工业标准 IFC (Industry Foundation Classes)。此标准已被接受为国际 ISO 标准,是面向对象的三维建筑模型数据标准,支持建筑物整个生命周期数据的交换和共享。IFC 标准在横向支持各个应用系统间数据的交换,纵向解决建筑工程项目全生命周期的数据管理。