

高等学校工程管理专业规划教材

Programmed Textbook of Construction Management
Specialty for Colleges and Universities

BIM 概论

徐勇戈 高志坚 孔凡楼 编著
栗继祖 主审

非
外
借

中国建筑工业出版社

高等学校工程管理专业规划教材

BIM 概 论

徐勇戈 高志坚 孔凡楼 编著
栗继祖 主审

中国建材工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

BIM 概论/徐勇戈, 高志坚, 孔凡楼编著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2017. 12

高等学校工程管理专业规划教材

ISBN 978-7-112-21589-8

I. ①B… II. ①徐… ②高… ③孔… 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 295503 号

本书全面系统地介绍了 BIM 相关的概念、理论、发展历程、应用过程、标准和软件以及 BIM 在建设项目各阶段的应用等内容, 并附有相关案例, 使读者通过本书的学习能够系统而全面地掌握 BIM 的基本理论与方法。

本书内容新颖、系统性强, 可以作为高等院校建筑、土木、工程管理等专业的教材, 也可供建筑行业的管理技术人员学习使用。

为更好地支持相应课程的教学, 我们向采用本书作为教材的教师提供教学课件, 有需要者可与出版社联系, 邮箱: cabpcm@163.com。

* * *

责任编辑: 张晶 牟琳琳

责任校对: 李欣慰

高等学校工程管理专业规划教材

BIM 概论

徐勇戈 高志坚 孔凡楼 编著

栗继祖 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

北京红光制版公司制版

北京君升印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 16 字数: 395 千字

2018 年 1 月第一版 2018 年 1 月第一次印刷

定价: 35.00 元 (赠课件)

ISBN 978-7-112-21589-8

(31232)

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)

前 言

BIM 技术是一种应用于工程设计、施工、运营及管理的数据化工具，通过建筑信息模型整合项目相关的各种信息，在项目策划、建造、运行和维护的全生命周期过程中进行共享和传递，使工程技术人员对各种建筑信息作出正确的理解和高效的应对，为设计、施工、监理、项目管理团队及包括建筑运营单位在内的各方建设主体提供协同工作，在提高生产效率、管理精细化、节约成本和缩短工期等方面发挥重要作用。

本书作为一本面向建设工程生产实践应用的具有导论性质的书，应具有知识性、理论性、综合性和前沿性的特点，在向读者介绍 BIM 的实践应用时，除了需要对读者在 BIM 的知识方面进行总体引导及必要的知识介绍以外，还需要对 BIM 在工程建设领域的应用前景及发展趋势等作相关介绍。考虑到上述定位，本书既介绍 BIM 的相关概念、发展历程、应用过程、标准和软件，也介绍相关的理论、方法和综合应用案例。

本书共分为 8 章，其中第 1、2、3、4 章由西安建筑科技大学徐勇戈编写，第 5、6 章由西安建筑科技大学高志坚编写，第 7、8 章由西安建筑科技大学孔凡楼编写，全书由徐勇戈统稿，由太原理工大学栗继祖教授主审。

由于编者水平有限，书中不当之处甚至错漏之处在所难免，衷心希望各位读者给予批评指正。

编 者

2017 年 10 月

目 录

1 BIM 概述	1
1.1 BIM 的概念	1
1.2 BIM 模型与 BIM 技术	6
1.3 BIM 在建筑业中的应用	11
1.4 BIM 在项目全生命周期中的应用框架	17
1.5 BIM 在项目全生命周期的应用	24
2 与 BIM 相关的标准	30
2.1 BIM 标准概述	30
2.2 与 BIM 标准相关的基础标准	30
2.3 分类编码标准	36
2.4 数据模型 IFC 标准	42
2.5 过程标准	45
3 BIM 应用的相关软硬件及技术	52
3.1 BIM 应用的相关硬件及技术	52
3.2 BIM 应用的相关软件简介	56
4 BIM 实施的规划与控制	68
4.1 BIM 实施的规划与控制概述	68
4.2 企业级 BIM 实施规划	69
4.3 项目及 BIM 实施规划	74
4.4 BIM 实施过程中的协调与控制	87
5 项目前期策划阶段的 BIM 技术	93
5.1 概述	93
5.2 环境调查与分析中的 BIM 应用	96
5.3 项目决策策划中的 BIM 应用	101
5.4 项目实施策划中的 BIM 应用	107
5.5 项目前期策划阶段 BIM 应用案例	110
6 项目设计阶段的 BIM 技术	116
6.1 概述	116
6.2 BIM 在设计阶段的介入点	117
6.3 基于 BIM 的协同设计	118
6.4 基于 BIM 的性能分析	125
6.5 基于 BIM 的建筑结构设计	128
6.6 基于 BIM 的给水排水设计	140

6.7	基于 BIM 的工程算量	147
6.8	基于 BIM 的管线综合	155
6.9	项目设计阶段 BIM 应用案例	158
7	项目施工阶段中的 BIM 技术	165
7.1	项目施工阶段 BIM 应用概述	165
7.2	基于 BIM 的深化设计	167
7.3	基于 BIM 的数字化加工	172
7.4	基于 BIM 的虚拟施工	177
7.5	基于 BIM 的进度管理	181
7.6	基于 BIM 的质量管理	186
7.7	基于 BIM 的安全管理	191
7.8	基于 BIM 的成本管理	196
7.9	基于 BIM 的物料管理	201
7.10	基于 BIM 的绿色施工管理	204
7.11	基于 BIM 的工程变更管理	209
7.12	基于 BIM 的协同工作	211
7.13	基于 BIM 的竣工交付	214
7.14	项目施工阶段 BIM 应用案例	216
8	项目运维阶段中的 BIM 技术	226
8.1	概述	226
8.2	项目运维阶段的 BIM 技术应用	233
8.3	项目运维阶段 BIM 应用案例	241
	参考文献	248

1 BIM 概述

1.1 BIM 的概念

进入 21 世纪后, 一个被称之为“BIM”的新事物出现在全世界建筑业中。“BIM”是源自于“Building Information Modeling”的缩写, 中文译为“建筑信息模型”。许多接纳 BIM、应用 BIM 的建设项目, 都不同程度地出现了建设质量和劳动生产率提高、返工和浪费现象减少、建设成本得到节省而建设企业的经济效益得到改善等令人振奋的景象。

2007 年, 美国斯坦福大学 (Stanford University) 设施集成工程中心 (Center for Integrated Facility Engineering, CIFE) 就建设项目使用 BIM 以后有何优势的问题对 32 个使用 BIM 的项目进行了调查研究, 得出如下调研结果:

- (1) 消除多达 40% 的预算外更改;
- (2) 造价估算精确度在 3% 范围内;
- (3) 最多可减少 80% 耗费在造价估算上的时间;
- (4) 通过冲突检测可节省多达 10% 的合同价格;
- (5) 项目工期缩短 7%。

增加经济效益的重要原因就是在应用了 BIM 后, 工程中减少了各种错误, 缩短了项目工期。

据美国 Autodesk 公司的统计, 利用 BIM 技术可改善项目产出和团队合作 79%, 3D 可视化更便于沟通, 提高企业竞争力 66%, 减少 50%~70% 的信息请求, 缩短 5%~10% 的施工周期, 减少 20%~25% 的各专业协调时间。

在国家电网上海容灾中心的建设过程中, 由于采用了 BIM 技术, 在施工前通过 BIM 模型发现并消除的碰撞错误 2014 个, 避免因设备、管线拆改造成的预计损失约 363 万元, 同时避免了工程管理费用增加约 105 万元。

在我国北京的世界金融中心项目中, 负责建设该项目的香港恒基公司通过应用 BIM 发现了 7753 个错误, 及时改正后挽回超过 1000 万元的损失及 3 个月的返工期。

在建筑工程项目中应用 BIM 以后增加经济效益、缩短工期的例子还有很多。建筑业在应用 BIM 以后确实大大改变了其浪费严重、工期拖沓、效率低下的落后面貌。

1.1.1 BIM 概念的演化与发展

2002 年, 时任美国 Autodesk 公司副总裁的菲利普·伯恩斯坦 (Philip G. Bernstein) 首次在上世界上提出 Building Information Modeling 这个新的建筑信息技术名词术语, 于是它的缩写 BIM 也作为一个新术语应运而生。

其实, 在术语 BIM 诞生前, 计算机的 3D 绘图技术已经日臻完善, 建筑信息建模的研究也取得了不少的成果, 当时已经可以在计算机上应用参数化技术实现 3D 建模及将建筑构件的相关信息附加在 3D 模型的构件对象上。这样就产生了一种想法, 在建筑工程中可

以先在计算机上建立起一个虚拟的建筑物，这个虚拟建筑物上的每一个构件的几何属性、物理属性等各种属性和在实际地点要建的真实建筑物具有一一对应的关系，这个虚拟的建筑物其实就是计算机上附加了建筑物相关信息的建筑 3D 模型，是一个信息化的建筑模型（图 1-1）。这样，在建筑工程项目的整个设计和施工过程中都可以利用这个信息化的建筑模型进行工程分析和科学管理，将设计和施工的各种错误消灭在模型阶段然后才进行真实建筑物的建造，从而使发生的错误降低到最少，保证工期和工程质量。以上这种想法的本质就是应用 BIM 来实现建筑工程项目的高效、优质、低耗，这个信息化的建筑模型就是后面要介绍的 BIM 模型。

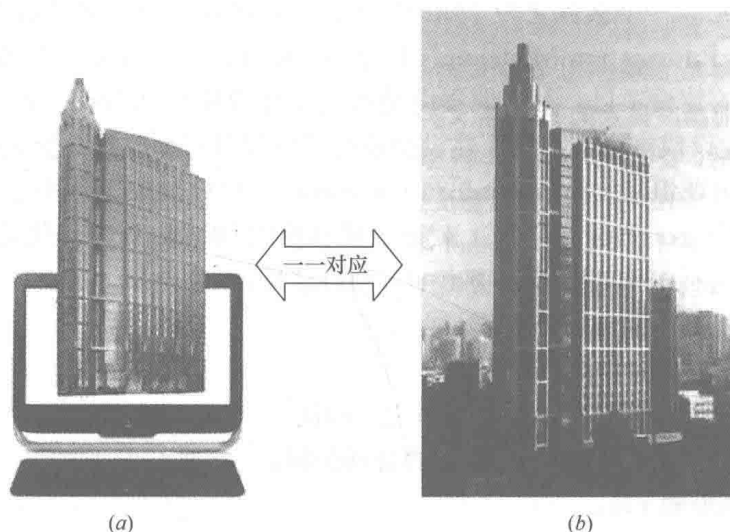


图 1-1 虚拟建筑物与真实建筑物

(a) 虚拟建筑物（三维 BIM 模型）；(b) 真实建筑物

以上的做法其实可以延续到建筑物的运维阶段，覆盖建筑物的全生命周期。

在术语 BIM 问世后最初的一段时间里，人们对 BIM 的认识还比较肤浅。随着 BIM 应用范围的不断扩大，研究的不断深入，人们对 BIM 的认识也就不断深化。

2004 年，Autodesk 公司印发了一本官方教材《Building Information Modeling with Autodesk Revit》，该教材导言的第一句话就说：“BIM 是一个从根本上改变了计算机在建筑设计中的作用的过程。”而 BIM 的提出者、Autodesk 公司副总裁伯恩斯坦在 2005 年为《信息化建筑设计》一书撰写的序言是这样介绍 BIM 的，“BIM 是对建筑设计和施工的创新。它的特点是为设计和施工中建设项目建立和使用互相协调的、内部一致的及可运算的信息”。对照关于 BIM 的这两段介绍，都只是涉及 BIM 的特点而没有涉及其本质。从现在的眼光看，当时对 BIM 的认识还比较初步。

随后人们逐渐认识到 BIM 并不是单指 Building Information Modeling，还有 Building Information Model 的含义。2005 年出版的《信息化建筑设计》这本书对 BIM 是这样阐述的：“建筑信息模型，是以 3D 技术为基础，集成了建筑工程项目各种相关的工程数据模型，是对该工程项目相关信息详尽的数字化表达。建筑信息模型同时又是一种应用于设计、建造、管理的数字化方法，这种方法支持建筑工程的集成管理环境，可以使建筑工程在整个进程中显著提高效率和大量减少风险。”这里分别从 Building Information Model 和

Building Information Modeling 两个方面对 BIM 进行阐述，阐述的范围比前面所提及的 BIM 含义扩展了。

随后，美国国家建筑科学研究院（National Institute of Building Sciences, NIBS）的设施信息委员会（Facilities Information Council, FIC）在制订美国 BIM 标准（National Building Information Modeling Standard, NBIMS）的过程中曾不定期在网上给出 BIM 的工作定义（Working Definition）向公众征求意见，在 2006 年 2 月给出的工作定义是：“一个建筑信息模型，或 BIM，应用前沿的数字技术创建对设施所有的物理和功能特性及其相关项目/生命周期信息的可运算的表达，并在设施的拥有和管理运行人员对设施在整个生命周期的使用和维护中，作为一个信息的储存库。”这个工作定义显然是从 Building Information Model 的角度阐述 BIM。

2007 年 4 月，我国的建筑工业行业标准《建筑对象数字化定义（Building Information Model Platform）》JG/T 198—2007 颁布。该标准把建筑信息模型（Building Information Model）定义为：“建筑信息完整协调的数据组织，便于计算机应用程序进行访问、修改或添加。这些信息包括按照开放工业标准表达的建筑设施的物理和功能特点以及其相关的项目或生命周期信息。”

这两个定义虽然表达的文字不尽相同，其内容也有不一致的地方，但是两者都明确 Building Information Model 包括建筑设施的物理特性和功能特性的信息，并覆盖建筑全生命周期。

美国总承包商协会（Associated General Contractors, AGC）通过其编制的《BIM 指南》（The Contractors' Guide to BIM, Edition 1）发布了 AGC 关于建筑信息模型的定义：“Building Information Model 是一个数据丰富的、面向对象的、智能化和参数化的关于设施的数字化表示，该视图和数据适合不同用户的需要，从中可以提取和分析所产生的信息，这些信息可用于作出决策和改善设施交付的过程。AGC 的这个定义，强调了应用 BIM 是要把信息用于作出决策支持和改善设施交付的过程。”

2007 年底，NBIMS-US V1（美国国家 BIM 标准第一版）正式颁布，该标准对 Building Information Model (BIM) 和 Building Information Modeling (BIM) 都给出了定义。

其中对前者的定义为：“Building Information Model 是设施的物理和功能特性的一种数字化表达。因此，它从设施的生命周期开始就作为其形成可靠的决策基础信息的共享知识资源。”该定义比起前述的几个定义更加简洁，强调了 Building Information Model 是一种数字化表达，是支持决策的共享知识资源。

而对后者的定义为：“Building Information Modeling 是一个建立设施电子模型的行为，其目标为可视化、工程分析、冲突分析、规范标准检查、工程造价、竣工的产品、预算编制和许多其他用途。”该定义明确了 Building Information Modeling 是一个建立电子模型的行为，其目标具有多样性。

NBIMS-US V1 对 Building Information Model 和 Building Information Modeling 给出的定义，简明、准确，得到建筑业界的认同。请注意在这两个定义中，都用到 Facility（设施）这个词，这意味着 BIM 的适用范围已超越了单纯的 Building（建筑物）了，还可以包含像桥梁、码头、运动场这样的设施。

在 NBIMS-US V1 颁布之后，陆陆续续有不少国家也颁布了有关 BIM 的规范或技术

标准,例如,英国颁布的 AEC (UK) BIM Standard ((联合王国) 建筑业 BIM 标准)、新加坡颁布的 Singapore BIM Guide (新加坡 BIM 指南) 等,这些文件中都有给出 BIM 的定义,尽管其定义的文字有所不同,但其含义都没有超出 NBIMS 所定义的范围。

值得注意的是, NBIMS-US V1 的前言关于 BIM 有一段精彩的论述:“BIM 代表新的概念和实践,它通过创新的信息技术和业务结构,将大大消除在建筑行业的各种形式的浪费和低效率。无论是用来指一个产品—— Building Information Model (描述一个建筑物的结构化的数据集),还是一个活动—— Building Information Modeling (创建建筑信息模型的行为),或者是一个系统 Building Information Management (提高质量和效率的工作及通信的业务结构), BIM 都是一个减少行业废料、为行业产品增值、减少环境破坏、提高居住者使用性能的关键因素。” NBIMS-US V1 在其第 2 章中又重申了上述的观点。

NBIMS-US V1 关于 BIM 的上述论述引发了国际学术界的思考,国际上关于 BIM 最权威的机构是 BSI,其网站上有一篇文章题为《用开放的 BIM 不断发展 BIM》(The BIM Evolution Continues with OPEN BIM),该文也发表了类似的观点,这篇文章对“什么是 BIM”是这样论述的:

BIM 是一个缩写,代表三个独立但相互联系的功能:

Building Information Modelling: 是一个在建筑物生命周期内设计、建造和运营中产生和利用建筑数据的业务过程。BIM 让所有利益相关者有机会通过技术平台之间的互用性同时获得同样的信息。

Building Information Model: 是设施的物理和功能特性的数字化表达。因此,它作为设施信息共享的知识资源,在其生命周期中从开始起就为决策提供了可靠的依据。

Building Information Management: 是对在整个资产生命周期中,利用数字原型中的信息实现信息共享的业务流程的组织与控制。其优点包括集中的、可视化的通信,多个选择的早期探索,可持续发展的、高效的设计,学科整合,现场控制,竣工文档等——使资产的生命周期过程与模型从概念到最终退出都得到有效地发展。

从以上可以看出, BIM 的含义比起它问世时已大大拓展,它既是 Building Information Modeling,同时也是 Building Information Model 和 Building Information Management。

结合前面有关 BIM 的各种定义,连同 NBIMS-US V1 和 BSI 这两段的论述,可以认为, BIM 的含义应当包括三个方面:

(1) BIM 是设施所有信息的数字化表达,是一个可以作为设施虚拟替代物的信息化电子模型,是共享信息的资源,即 Building Information Model。在本书下文中,将把 Building Information Model 称为 BIM 模型。

(2) BIM 是在开放标准和互用性基础之上建立、完善和利用设施的信息化电子模型的行为过程,设施有关的各方可以根据各自职责对模型插入、提取、更新和修改信息,以支持设施的各种需要,即 Building Information Modeling,称为 BIM 建模。

(3) BIM 是一个透明的、可重复的、可核查的、可持续的协同工作环境,在这个环境中,各参与方在设施全生命周期中都可以及时联络,共享项目信息,并通过分析信息,作出决策和改善设施的交付过程,使项目得到有效的管理。也就是 Building Information Management,称为建筑信息管理。

在以上的三点中，第一点是其后两点的基础，因为第一点提供了共享信息的资源，有了资源才有发展到第二点和第三点的基础；而第三点则是实现第二点的保证，如果没有一个实现有效工作和管理的环境，各参与方的通信联络及各自负责对模型的维护、更新工作将得不到保证。而这三点中最为主要的部分就是第二点，它是一个不断应用信息完善模型、在设施全生命周期中不断应用信息的行为过程，最能体现 BIM 的核心价值。但是不管是哪一点，在 BIM 中最核心的要素就是“信息”，正是这些信息把三个部分有机地串联在一起，成为一个 BIM 的整体。如果没有了信息，也就不会有 BIM。

1.1.2 BIM 的内涵

有一种讲法，在项目某一个工序阶段应用 BIM，这时的 BIM 是狭义的 BIM；如果把 BIM 应用于建设项目全生命周期，那就称为广义的 BIM。

如果回溯到 2002 年时任 Autodesk 公司副总裁菲利普·伯恩斯坦初次提出 BIM 时的本意，当时认为 BIM 就是 Building Information Modeling，当时他也只是认为 BIM 主要应用在建筑设计上，可以看出，此时对 BIM 的认识还比较初步。当时不单是认识上比较初步，在应用上也比较粗浅，主要是在建设项目中某一个阶段甚至某一个工序上孤立地应用，例如用于建筑设计、碰撞检测等。因此从这个意义上来说，当时对 BIM 的认识还比较局限，是狭义的 BIM。

而到了今天，BIM 的含义已经大大扩展，如同前面所介绍的那样 BIM 包含了三大方面的内容，其中一个方面就是建筑项目管理。的确，把 BIM 扩展到整个项目生命周期的运行管理，包括设计管理、施工管理、运营维护管理，使 BIM 的价值得到巨大提升。BIM 不仅仅在跨越全生命周期这个纵向上得到充分应用，而且在应用范围的横向上也得到广泛应用，也许从这个范围上来理解 BIM 的广义性会更为合适。

BIM 还在不断发展之中，BIM 的应用范围也许更为宽泛一些，广义 BIM 所覆盖的内容也许更多一些。

现在 BIM 的应用已经超越了建设对象是单纯建筑物的局限，越来越多地应用在桥梁工程、水利工程、城市规划、市政工程、风景园林建设等多个方面，这也使我们看到 BIM 的应用范围越来越广泛。

图 1-2 是 NBIMS-US V1 中的信息等级关系图 (NBIMS Hierarchical Relationships)，图中给出了 BIM 的适用范围，包含三种类型的设施或建造项目 (Facility/Built)：

- (1) Building，即建筑物，如一般办公楼房、住宅建筑等；
- (2) Structure，即构筑物，如水闸、水坝、厂房等；
- (3) Linear Structure，即线性形态的基础设施，如道路、桥梁、铁道、隧道、管道等。

从上可以看出，现在 BIM 的覆盖范围大大超出了一般专业规范所覆盖的范围，也说明了 BIM 得到了越来越多其他专业的认同，BIM 的应用领域越来越宽广。

值得注意的是，BIM 的应用已经开始和地理信息系统 (Geographic Information System, GIS) 结合起来，两者的结合已经成为了 BIM 应用研究的新课题。本来，BIM 要定义的信息是建筑内部的信息，随着应用的发展，也需要一些建筑外部空间的信息以支持进行多种类型的应用分析，例如结构设计需要地质资料信息，节能设计需要气象资料信息，而这些在地球表层 (包括大气层) 空间中与地理分布有关的数据都可以借助 GIS 得到。

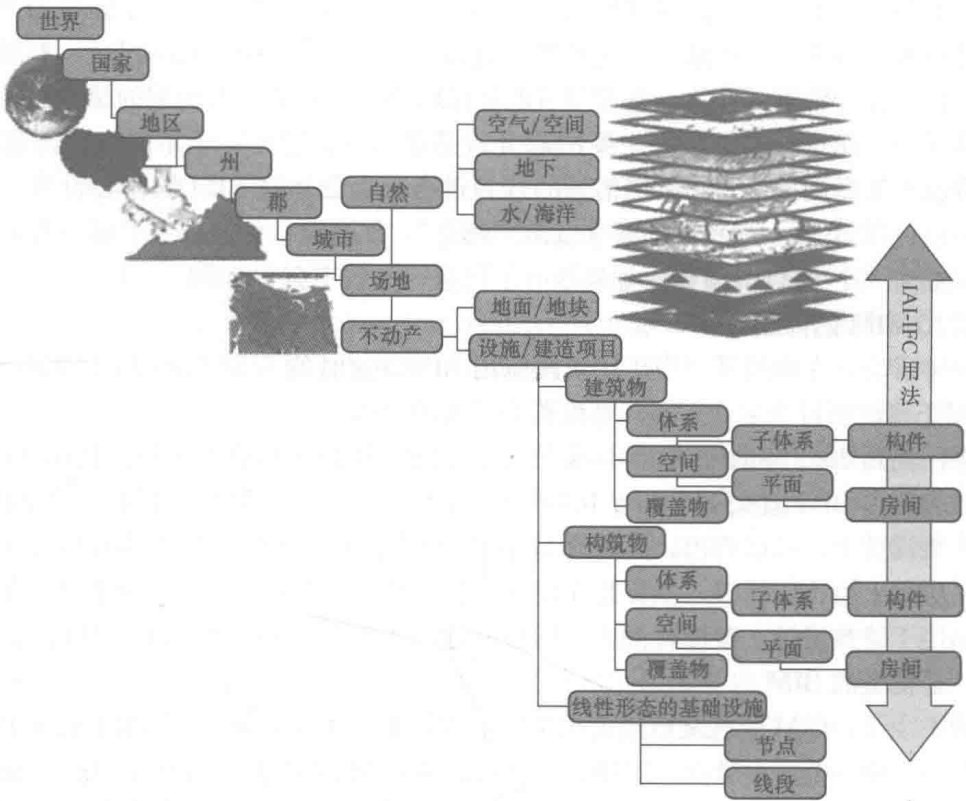


图 1-2 NBIMS 的信息等级关系图

反过来，通过 BIM 和 GIS 的集成，BIM 可以给 GIS 环境带来更多的信息，从而扩展了 GIS 的应用，提升了 GIS 的应用水平。因此 BIM 和 GIS 的结合是一种发展趋势（图 1-3）。

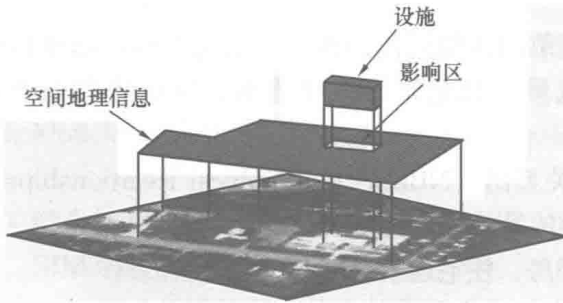


图 1-3 BIM 与 GIS 的关系

将为智慧城市的发展开辟广阔的前景。

随着智能建筑、智慧城市的发展，由于牵涉设备、构件在设施内的定位，物联网（the Internet of Things, IOT）与 BIM 的结合越来越密切，除了在设施的施工阶段可以应用物联网来管理预制构件外，物联网更大量的应用是在设施的安装与运营阶段。因此，BIM 与物联网的结合将是 BIM 应用发展的又一个方向。可以想象，BIM 与 GIS 及物联网的结合，

1.2 BIM 模型与 BIM 技术

1.2.1 BIM 模型的架构

前面已经提及，BIM 模型（Building Information Model）是设施所有信息的数字化表达，是一个可以作为设施虚拟替代物的信息化电子模型，是共享信息的资源，也是 Build-

ing Information Modeling 和 Building Information Management 的基础。下面就具体分析一下 BIM 模型的架构。

人们常常以为 BIM 模型是个单一模型。在 BIM 问世之初, 当时确实曾经认为 BIM 模型是个单一模型。随着 BIM 应用的不断深入发展, 人们对 BIM 的认识也在不断加深, 对 BIM 模型的架构有了新的认识。

如果只是从认知层面上的理解, 确实可以认为 BIM 模型是一个模型。但到了实际的操作层面, 由于项目所处的阶段不同、专业分工不同、实现目标不同等多种原因, 项目的不同参与方还必须拥有各自的模型, 例如场地模型、建筑模型、结构模型、设备模型、施工模型、竣工模型等。这些模型是从属于项目总体模型的子模型, 但规模比项目的总体模型要小, 在实际的操作中, 这样有利于不同目标的实现。

那么, 众多的子模型又是如何构成呢? 如上所说, 这些子模型是从属于项目总体模型的, 它们是因为各自所处的阶段不同、专业分工不同而形成了不同的子模型, 例如机电子模型、给水排水子模型等。但不管哪个子模型都是在同一个基础模型上面生成的, 这个基础模型包括了这座建筑物最基本的架构: 场地的地理坐标范围、柱、梁、楼板、墙体、楼层、建筑空间, 而专业的子模型就是在基础模型的上面添加各自的专业构件形成的, 这里专业子模型与基础模型的关系就相当一个引用与被引用的关系, 基础模型的所有信息被各个子模型共享。

有人会认为, 建筑子模型与基础模型是一回事, 但实际上是有区别的。柱、梁、楼板、墙体、楼层、建筑空间好像也是属于建筑子模型, 这些元素是作为基础模型的元素被建筑子模型引用的, 也成为了建筑子模型的一部分。建筑子模型还有它专有的组成元素, 如门、窗、扶手、顶棚、遮阳板等。同样, 基础模型的柱、梁、楼板、墙体、楼层、建筑空间等也被给水排水子模型引用了, 它们成为了给水排水子模型的一部分。但是给水排水子模型还有它专有的组成元素, 如管道、管道连接件、管道支架、水泵等。

所以, BIM 模型的架构其实有四个层次, 最顶层是子模型层, 接着是专业构件层, 再往下是基础模型层, 最底层则是数据信息层 (图 1-4)。

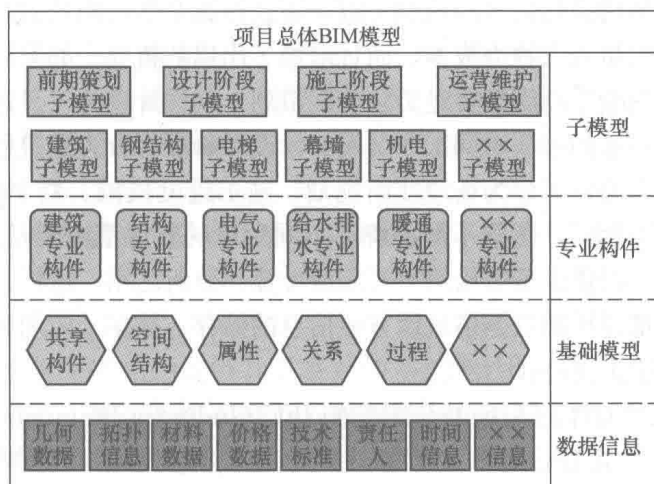


图 1-4 BIM 模型架构图

BIM 模型中各层应包括的元素如下：

(1) 子模型层包括按照项目全生命周期中的不同阶段创建阶段的子模型，也包括按照专业分工建立专业的子模型；

(2) 专业构件层应包含每个专业特有的构件元素及其属性信息，如结构专业的基础构件、给水排水专业的管道构件等；

(3) 基础模型层应包括基础模型的共享构件、空间结构划分（如场地、楼层）、相关属性、相关过程（如任务过程、事件过程）、关联关系（如构件连接的关联关系、信息的关联关系）等元素，这里所表达的是项目的基本信息、各子模型的共性信息及各子模型之间的关联关系；

(4) 数据信息层应包括描述几何、材料、价格、时间、责任人、物理、技术标准等信息所需的基本数据。

这四层全部总体合成为项目的 BIM 模型。

以上从认知层面、操作层面分析了 BIM 模型的架构，其实还可以从逻辑的层面来分析 BIM 模型的结构。

如果从逻辑的层面上来划分，BIM 的模型架构其实还是一个包含有数据模型和行为模型的复合结构。其行为模型支持创建建筑信息模型的行为，支持设施的集成管理环境，支持各种模拟和仿真的行为。正因为如此，BIM 能够支持日照模拟、自然通风模拟、紧急疏散模拟、施工计划模拟等各种模拟，使得 BIM 能够具有良好的模拟性能。

1.2.2 BIM 技术

1. BIM 技术的概念

BIM 技术是一项应用于设施全生命周期的 3D 数字化技术，它以一个贯穿其生命周期通用的数据格式，创建、收集该设施所有相关的信息并建立起信息协调的信息化模型作为项目决策的基础和共享信息的资源。

这里的关键词为“一个贯穿其生命周期通用的数据格式”，为什么这是关键？

因为应用 BIM 想解决的问题之一就是在设施全生命周期中，希望所有与设施有关的信息只需要一次输入，然后通过信息的流动可以应用到设施全生命周期的各个阶段。信息的多次重复输入不但耗费大量人力物力成本，而且增加了出错的机会。如果只需要一次输入，又面临如下问题：设施的全生命周期要经历从前期策划，到设计、施工、运营等多个阶段，每个阶段又能分为不同专业的多项不同工作（例如，设计阶段可分为建筑创作、结构设计、节能设计等多项；施工阶段也可分为场地使用规划、施工进度模拟、数字化建造等多项）。每项工作用到的软件都不相同，这些不同品牌、不同用途的软件都需要从 BIM 模型中提取源信息进行计算、分析，提供决策数据给下一阶段计算、分析之用，这样，就需要一种在设施全生命周期各种软件都通用的数据格式以方便信息的储存、共享、应用和流动。

什么样的数据格式能够当此大任？

这种数据格式就是在本书后面要介绍到的 IFC (Industry Foundation Classes, 工业基础类) 标准的格式，目前 IFC 标准的数据格式已经成为全球不同品牌、不同专业的建筑工程软件之间创建数据交换的标准数据格式。

世界著名的 BIM 软件开发商如 Autodesk、Bentley、Graphisoft、Gehry Technologies、Tekla 等为了保证其软件所配置的 IFC 格式的正确性，并能够与其他品牌的软件通

过 IFC 格式正确地交换数据，它们都把其开发的软件送到 BSI 进行 IFC 认证。一般认为，软件通过了 BSI 的 IFC 认证标志着该软件产品真正采用了 BIM 技术。

2. BIM 技术的特点

从 BIM 的概念、BIM 技术的概念出发，得出了 BIM 技术的四个特点：

(1) 操作的可视化

可视化是 BIM 技术最显而易见的特点。BIM 技术的一切操作都是在可视化的环境下完成的，在可视化环境下进行建筑设计、碰撞检测、施工模拟、避灾路线分析等一系列的操作。

而传统的 CAD 技术，只能提交 2D 的图纸。为了使不懂得看建筑专业图纸的业主和用户看得明白，就需要委托效果图公司出一些 3D 的效果图，达到较为容易理解的可视化方式。如果一两张效果图难以表达得清楚，就需要委托模型公司做一些实体的建筑模型。虽然效果图和实体的建筑模型提供了可视化的视觉效果，这种可视化手段仅仅是限于展示设计的效果，却不能进行节能模拟、不能进行碰撞检测、不能进行施工仿真，总之一句话，不能帮助项目团队进行工程分析以提高整个工程的质量，那么这种只能用于展示的可视化手段对整个工程究竟有多大的意义呢？究其原因，是这些传统方法缺乏信息的支持。

现在建筑物的规模越来越大，空间划分越来越复杂，人们对建筑物功能的要求也越来越高。面对这些问题，如果没有可视化手段，光是靠设计师的脑袋来记忆、分析是不可能的，许多问题在项目团队中也不一定能够清晰地交流，就更不要说深入地分析以寻求合理的解决方案了。BIM 技术的出现为实现可视化操作开辟了广阔的前景，其附带的构件信息（几何信息、关联信息、技术信息等）为可视化操作提供了有力的支持，不但使一些比较抽象的信息（如应力、温度、热舒适性）可以用可视化方式表达出来，还可以将设施建设过程及各种相互关系动态地表现出来。可视化操作为项目团队进行的一系列分析提供了方便，有利于提高生产效率、降低生产成本和提高工程质量。

(2) 信息的完备性

BIM 是设施的物理和功能特性的数字化表达，包含设施的所有信息，从 BIM 的这个定义就体现了信息的完备性。BIM 模型包含了设施的全面信息，除了对设施进行 3D 几何信息和拓扑关系的描述，还包括完整的工程信息的描述。如：对象名称、结构类型、建筑材料、工程性能等设计信息；施工工序、进度、成本、质量及人力、机械、材料资源等施工信息；工程安全性能、材料耐久性能等维护信息；对象之间的工程逻辑关系等。

信息的完备性还体现在 Building Information Modeling 这一创建建筑信息模型行为的过程，在这个过程中，设施的前期策划、设计、施工、运营维护各个阶段都连接了起来，把各阶段产生的信息都存储进 BIM 模型中，使得 BIM 模型的信息来自单一的工程数据源，包含设施的所有信息。BIM 模型内的所有信息均以数字化形式保存在数据库中，以便更新和共享。

信息的完备性使得 BIM 模型能够具有良好的基础条件，支持可视化操作、优化分析、模拟仿真等功能，为在可视化条件下进行各种优化分析（体量分析、空间分析、采光分析、能耗分析、成本分析等）和模拟仿真（碰撞检测、虚拟施工、紧急疏散模拟等）提供了方便的条件。

(3) 信息的协调性

协调性体现在两个方面：一是在数据之间创建实时的、一致性的关联，对数据库中数

据的任何更改，都马上可以在其他关联的地方反映出来；二是在各构件实体之间实现关联显示、智能互动。

这个技术特点很重要。对设计师来说，设计建立起的信息化建筑模型就是设计的成果，至于各种平、立、剖 2D 图纸及门窗表等图表都可以根据模型随时生成。这些源于同一数字化模型的所有图纸、图表均相互关联，避免了用 2D 绘图软件画图时会出现的不一致现象。而且在任何视图（平面图、立面图、剖视图）上对模型的任何修改，都视同为对数据库的修改，会马上在其他视图或图表上关联的地方反映出来，而且这种关联变化是实时的。这样就保持了 BIM 模型的完整性和健壮性，在实际生产中就大大提高了项目的工作效率，消除了不同视图之间的不一致现象，保证项目的工程质量。

这种关联变化还表现在各构件实体之间可以实现关联显示、智能互动。例如，模型中的屋顶是和墙相连的，如果要把屋顶升高，墙的高度就会随即跟着变高。又如，门窗都是开在墙上的，如果把模型中的墙平移，墙上的门窗也会同时平移；如果把模型中的墙删除，墙上的门窗马上也被删除，而不会出现墙被删除了而窗还悬在半空的不协调现象。这种关联显示、智能互动表明了 BIM 技术能够支持对模型的信息进行计算和分析，并生成相应的图形及文档。信息的协调性使得 BIM 模型中各个构件之间具有良好的协调性。

这种协调性为建设工程带来了极大的方便，例如，在设计阶段，不同专业的设计人员可以通过应用 BIM 技术发现彼此不协调甚至引起冲突的地方，及早修正设计，避免造成返工与浪费。在施工阶段，可以通过应用 BIM 技术合理地安排施工计划，保证整个施工阶段衔接紧密、合理，使施工能够高效地进行。

（4）信息的互用性（Interoperability）

应用 BIM 可以实现信息的互用性，充分保证了信息经过传输与交换以后，信息前后的一致性。

具体来说，实现互用性就是 BIM 模型中所有数据只需要一次性采集或输入，就可以在整个设施的全生命周期中实现信息的共享、交换与流动，使 BIM 模型能够自动演化，避免了信息不一致的错误。在建设项目不同阶段免除对数据的重复输入，可以大大降低成本、节省时间、减少错误、提高效率。

这一点也表明 BIM 技术提供了良好的信息共享环境。BIM 技术的应用不应当因为项目参与方所使用不同专业的软件或者不同品牌的软件而产生信息交流的障碍，更不应当在信息的交流过程中发生损耗，导致部分信息的丢失，而应保证信息自始至终的一致性。

实现互用性最主要的一点就是 BIM 支持 IFC 标准。另外，为方便模型通过网络进行传输，BIM 技术也支持 XML（Extensible Markup Language，可扩展标记语言）。

正是 BIM 技术这四个特点大大改变了传统建筑业的生产模式，利用 BIM 模型，使建筑项目的信息在其全生命周期中实现无障碍共享，无损耗传递，为建筑项目全生命周期中的所有决策及生产活动提供可靠的信息基础。BIM 技术较好地解决了建筑全生命周期中多工种、多阶段的信息共享问题，使整个工程的成本大大降低、质量和效率显著提高，为传统建筑在信息时代的发展展现了光明的前景。

目前，BIM 在工程软件界中是一个非常热门的概念，许多软件开发商都声称自己开发的软件采用了 BIM 技术。由于很多人对什么是 BIM，什么是 BIM 技术存在模糊的认识，使不少软件的用户也相信开发商的话，认为他们已经在使用 BIM 技术了。

到底这些软件是不是使用了 BIM 技术呢?

对 BIM 技术进行过非常深入研究的伊斯曼教授等在《BIM 手册》中列举了以下 4 种建模技术不属于 BIM 技术:

(1) 只包含 3D 数据而没有(或很少)对象属性的模型

这些模型确实可用于图形可视化,但在对象级别并不具备智能。它们的可视化做得较好,但对数据集成和设计分析只有很少的支持甚至没有支持。例如,非常流行的 Sketch-Up,它在快速设计造型上显得很优秀,但对任何其他类型的分析、应用非常有限,这是因为在它的建模过程中没有知识的注入,成为一个欠缺信息完备性的模型,因而不算是 BIM 技术建立的模型。它的模型只能算是可视化的 3D 模型而不是包含丰富的属性信息的信息化模型。

(2) 不支持行为的模型

这些模型定义了对象,但因为它们没有使用参数化的智能设计,所以不能调节其位置或比例。这带来的后果是需要大量的人力进行调整,并且可导致其创建出不一致或不准确的模型视图。

前面介绍过,BIM 的模型架构是一个包含有数据模型和行为模型的复合结构。其行为模型支持集成管理环境、支持各种模拟和仿真的行为。在支持这些行为时,需要进行数据共享与交换。不支持行为的模型,其模型信息不具有互用性,无法进行数据共享与交换,不属于用 BIM 技术建立的模型。因此,这种建模技术难以支持各种模拟行为。

(3) 由多个定义建筑物的 2D 的 CAD 参考文件组成的模型

由于该模型的组成基础是 2D 图形,这是不可能确保所得到的 3D 模型是一个切实可行的、协调一致的、可计算的模型,因此也不可能该模型所包含的对象能够实现关联显示、智能互动。

(4) 在一个视图上更改尺寸而不会自动反映在其他视图上的模型

这说明了该视图与模型欠缺关联,这反映出模型里面的信息协调性差,这样就会使模型中的错误非常难以发现。一个信息协调性差的模型,就不能算是 BIM 技术建立的模型。

目前确有一些号称应用 BIM 技术的软件使用了上述不属于 BIM 技术的建模技术,这些软件能支持某个阶段计算和分析的需要,但由于其本身的缺陷,可能会导致某些信息的丢失从而影响到信息的共享、交换和流动,难以支持在设施全生命周期中的应用。

1.3 BIM 在建筑业中的应用

1.3.1 BIM 在建筑业中的地位

1. BIM 技术已成为建筑业的主流技术

下面将从 BIM 技术应用的广度和深度两方面的分析来说明 BIM 技术已成为建筑业的主流技术。

BIM 技术目前已经在建筑工程项目的多个方面得到广泛的应用(图 1-5)。其实图 1-5 并未完全反映 BIM 技术在建筑工程实践中的应用范围,美国宾夕法尼亚州立大学的计算机集成化施工研究组(The Computer Integrated Construction Research Program of the Pennsylvania State University)发表的《BIM 项目实施计划指南(第二版)》(BIM Pro-