

# 3D EXPERIENCE平台的 市政交通工程BIM解决方案

主编 袁胜强



同济大学出版社  
TONGJI UNIVERSITY PRESS

## 内 容 提 要

本书着力于探索 BIM 技术在市政交通行业的解决方案,全书分为 3 篇,共 9 章。第 1 篇为 BIM 与市政交通,介绍了 BIM 的相关概念、BIM 相关技术、BIM 在市政交通工程中的应用及发展趋势,用于普及 BIM 的基础理论知识和技术发展现状。第 2 篇为基于 3D EXPERIENCE 的 BIM 技术,介绍了 3D EXPERIENCE 平台的体系架构、CATIA 基础功能和 CATIA 市政交通功能,旨在为读者展示 3D EXPERIENCE 平台的功能,为业内同行做平台选型提供技术支持。第 3 篇为 3D EXPERIENCE 平台下的 BIM 研发及应用,着重介绍了 CATIA 开发基础知识、CATIA 研发解决方案(包括 SMEDI-RDBIM、AFPA、桥梁正向设计系统、RADS、SMEDI-BDBIM 等),以及基于 3D EXPERIENCE 平台的 BIM 应用案例,旨在方便同行搭建研发及应用体系,提高全过程 BIM 应用技术能力。

本书可供 BIM 技术人员、市政交通设计及管理人員参考使用,也可作为高等院校师生的教学参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

3D EXPERIENCE 平台的市政交通工程 BIM 解决方案 /  
袁胜强主编. —上海:同济大学出版社,2020.8  
ISBN 978-7-5608-9330-3

I. ①3… II. ①袁… III. ①市政工程—交通工程—  
计算机辅助设计—应用软件 IV. ①U491-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2020)第 113621 号

---

---

## 3D EXPERIENCE 平台的市政交通工程 BIM 解决方案

袁胜强 主编

责任编辑 朱 勇 责任校对 徐春莲 封面设计 陈益平

---

出版发行 同济大学出版社 [www.tongjipress.com.cn](http://www.tongjipress.com.cn)  
(地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)  
经 销 全国各地新华书店  
印 刷 常熟市华顺印刷有限公司  
开 本 787 mm×1092 mm 1/16  
印 张 18.75  
字 数 468 000  
版 次 2020 年 8 月第 1 版 2020 年 8 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5608-9330-3

---

定 价 78.00 元

---

---

本书若有印装质量问题,请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

# 前言

目前,BIM 技术浪潮已经席卷全球工程建设领域,尤其是在欧美等西方发达国家的工程建设领域得到了较为广泛的应用。2010 年以来,BIM 技术逐渐引起我国各级政府的高度重视,市场需求也不断释放,特别是随着 BIM 技术在北京奥运工程、上海世博会工程、上海中心等一系列重点项目中的成功应用,BIM 技术在国内的发展已经进入新的阶段。在 2017 年 2 月国务院办公厅发布的《关于促进建筑业持续健康发展的意见》中,明确要求加快推进建筑信息模型(BIM)技术在规划、勘测、设计、施工和运营维护全过程的集成应用,实现工程建设项目全生命周期数据共享和信息化管理,为项目方案优化和科学决策提供依据,促进建筑业提质增效。在 2019 年 3 月国家发改委和住建部联合发布的《关于推进全过程工程咨询服务发展的指导意见》中指出:大力开发和利用建筑信息模型(BIM)、大数据、物联网等现代信息技术和资源,努力提高信息化管理与应用水平,为开展全过程工程咨询业务提供保障。

BIM 技术的发展离不开 BIM 软件的支持。目前,BIM 市场上主要的基础软件平台为 Autodesk 平台、Bentley 平台和 Dassault Systèmes 平台。这三家公司的软件平台的特点及应用范围各有千秋,在国内外都拥有众多的客户。其中,Autodesk 公司历史悠久,旗下软件众多,国内大量软件公司在其平台上进行了各类二次开发,但其众多软件的文件格式不统一,缺乏统一的产品数据管理功能,设计手段侧重二维而三维能力不足。Bentley 公司则深耕土木行业,旗下拥有一系列 AEC(Architecture, Engineering & Construction)软件,且文件格式统一,并可基于 ProjectWise 进行产品数据管理,但其软件平台较为封闭,开放性不足。Dassault Systèmes 公司在飞机、船舶及汽车制造等领域拥有众多客户,且有非常成熟的 PLM 实施经验,然而进入土木行业尤其是市政交通行业较晚,在该领域的专业性有待加强;其旗下 CATIA 软件是行业顶尖的设计软件,曲面造型和融合建模能力极强,并与仿真软件 DELMIA、产品数据管理软件 ENOVIA 一起整合到 3D EXPERIENCE 平台(简称 3DE 平台),真正做到了设计协同、数据协同、流程协同。

上海市政工程设计研究总院(集团)有限公司(简称“上海市政总院”)是国内规模最大的市政工程设计企业,从业人员 5 000 余人,2019 年营业收入达 102 亿元(其中设计收费超 40 亿元),从 2008 年开始进行 BIM 研发及应用工作,经过 10 余年的发展,在 BIM

技术应用、BIM 标准构建、BIM 人才培养、BIM 软件研发等方面处于国内同行领先地位，先后会同国内相关单位组织编写出版了《中国市政设计行业 BIM 指南》《市政道路桥梁工程 BIM 技术》《市政工程 BIM 技术应用与新技术》《市政工程 BIM 技术二次开发》等系列丛书。上海市政总院也参与了《建筑信息模型分类和编码标准》(GB/T 51269—2017)、《建筑信息模型设计交付标准》(GB/T 51301—2018)、《建筑工程设计信息模型制图标准》(JGJ/T 448—2018)等国家和行业 BIM 标准的制定，主持或参与编写了多部地方及协会团体的 BIM 标准。自 2010 年起，上海市政总院就与 Dassault Systèmes 公司展开战略合作，合作开发 3DE 平台上的 AEC 模块，并将该平台应用到许多大型设计项目中，相关 BIM 应用成果在国内大赛中屡获大奖。同时，上海市政总院积极探索 3DE 平台与市政交通行业设计经验和国家标准的融合，成功地研发了具有自主知识产权的 SMEDI-RDBIM、SMEDI-BDBIM 等专业化 BIM 系统，取得了突破性成果。

目前，中国市政交通行业 BIM 应用仍以单专业、单阶段应用为主，在 BIM 全过程应用方面仍处于探索阶段。有鉴于此，上海市政总院组织编写了本书，希望通过总结经验、抛砖引玉，为中国市政交通行业 BIM 技术发展贡献一份力量。

本书着力于探索 BIM 技术在市政交通行业的解决方案，全书分为 3 篇，共 9 章。第 1 篇为 BIM 与市政交通，介绍了 BIM 的相关概念、BIM 相关技术、BIM 在市政交通工程中的应用及发展趋势，用于普及 BIM 的基础理论知识和技术发展现状。第 2 篇为基于 3DE 的 BIM 技术，介绍了 3DE 平台的体系架构、CATIA 基础功能和 CATIA 市政交通功能，旨在为读者展示 3DE 平台的功能，为业内同行做平台选型提供技术支持。第 3 篇为 3DE 平台下的 BIM 研发及应用，着重介绍了 CATIA 开发基础知识、CATIA 研发解决方案(包括 SMEDI-RDBIM、AFPA、桥梁正向设计系统、RADS、SMEDI-BDBIM 等)，以及基于 3DE 平台的 BIM 应用案例，旨在方便同行搭建研发及应用体系，提高全过程 BIM 应用技术能力。

本书由上海市政总院组织人员进行编写，本书的编写得到达索析统(上海)信息技术有限公司、上海迪赛信息技术有限公司的大力支持。

欧阳君涛、杨京鹏、胡本昊、刘钊、黄俊炫、张守军、王利强、党刚、刘迪、许松等同志参与了本书的撰写，全书由袁胜强统稿。特此向全体编写人员及支持单位致谢！

本书参阅、引用了国内外大量文献，我们已将引用文献尽量标注，但难免存在疏漏，敬请谅解，在此向这些的文献作者表示衷心感谢！

本书适用于 BIM 技术人员，也可作为工程设计人员的应用参考资料。

鉴于编写人员的水平所限，不足之处，恳请广大读者批评指正。

袁胜强

2020 年 4 月于上海

# 目录

## 前言

### 第 1 篇 BIM 与市政交通

<b>第 1 章 概述</b> .....	2
1.1 BIM 概念 .....	2
1.2 BIM 在国内外的的发展 .....	8
1.3 BIM 标准 .....	21
1.4 BIM 软件 .....	27
<b>第 2 章 BIM 相关技术</b> .....	37
2.1 倾斜摄影技术 .....	37
2.2 三维激光扫描技术 .....	39
2.3 3D 打印技术 .....	41
2.4 VR 与 AR 技术 .....	43
2.5 物联网技术 .....	46
2.6 云计算 .....	48
2.7 GIS 技术 .....	51
2.8 智慧城市 .....	53
<b>第 3 章 BIM 技术在市政交通中的应用</b> .....	58
3.1 概述 .....	58
3.2 设计阶段的 BIM 应用 .....	58
3.3 施工阶段的 BIM 应用 .....	65
3.4 运维阶段的 BIM 应用 .....	70
<b>第 4 章 BIM 在市政交通工程领域的展望</b> .....	73
4.1 BIM 技术研究热点 .....	73
4.2 市政交通工程 BIM 基础数据标准的全面形成与执行 .....	76

4.3	市政交通工程 BIM 软件的研发逐渐完善 .....	78
4.4	BIM 技术与市政交通工程工业化 .....	80
4.5	BIM 技术助力现有道路桥梁改造升级 .....	81
4.6	BIM 技术向集成化方向发展 .....	82
4.7	BIM+GIS 技术与智慧交通及智慧城市的融合 .....	84

## 第 2 篇 3D EXPERIENCE 平台的 BIM 技术

<b>第 5 章</b>	<b>3D EXPERIENCE 平台 .....</b>	<b>88</b>
5.1	平台介绍 .....	88
5.2	CATIA 基础 .....	91

<b>第 6 章</b>	<b>CATIA 基础功能 .....</b>	<b>105</b>
6.1	草图绘制 .....	105
6.2	三维实体创建 .....	112
6.3	曲面设计 .....	118
6.4	装配设计 .....	123
6.5	知识工程 .....	125

<b>第 7 章</b>	<b>CATIA 市政交通功能 .....</b>	<b>143</b>
7.1	概述 .....	143
7.2	地形设计 .....	143
7.3	线路设计 .....	147
7.4	钢筋设计 .....	152
7.5	基于部件的设计 .....	158

## 第 3 篇 3D EXPERIENCE 平台下的 BIM 研发及应用

<b>第 8 章</b>	<b>CATIA 开发技术 .....</b>	<b>170</b>
8.1	开发工具介绍 .....	170
8.2	CAA 二次开发 .....	172

<b>第 9 章</b>	<b>基于 CATIA 的研发解决方案 .....</b>	<b>186</b>
9.1	解决方案 .....	186
9.2	SMEDI-RDBIM 软件 .....	190
9.3	桥梁工程 BIM 正向设计系统 .....	223
9.4	AFPA 软件 .....	230
9.5	其他软件 .....	230

<b>第 10 章 BIM 应用案例</b> .....	244
10.1 宁波梅山春晓大桥工程 BIM 应用 .....	244
10.2 嘉兴市快速路环线一期工程 BIM 应用 .....	254
10.3 嘉兴市三元路新建工程总承包项目 BIM 综合应用 .....	263
<b>参考文献</b> .....	289

第 1 篇 DIYIPIAN ▶

**BIM 与市政交通**

# 第 1 章 概述

## 1.1 BIM 概念

### 1.1.1 BIM 的产生

BIM 概念基础可以追溯到 1962 年由计算机学者 Douglas C. Englebart 提出的基于对象的设计、参数化操作和关系数据库。1975 年,“BIM 之父”美国乔治亚理工大学的 Charles M. Eastman 教授创建了 BIM 理念,至今,建筑信息模型的概念伴随着信息技术在建筑业的深入运用而产生和发展。BIM 技术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,1975 年,“BIM 之父”Charles M. Eastman 教授在其研究的课题“Building Description System”中提出“a computer-based description of a building”,旨在用计算机系统对建筑物开展智能模拟,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。1982 年,GRAPHISOFT 公司提出了虚拟建筑模型 Virtual Building Model(简称 VBM),并在两年后推出了 ARCHICAD 软件。紧接着,一些芬兰学者提出了基于计算机的智能模型系统,并提出“Product Information Model”系统。1986 年,美国学者 Robert Aish 提出了和现在 BIM 概念非常接近的“Building Modeling”的概念。不久之后,BIM 的概念被学者提出来,但由于当时的计算机硬件与软件的水平都非常有限,BIM 并没有在实践中得到应用。直到 2002 年,Autodesk 公司副总裁 Phil Bernstein 向美国建筑师协会(American Institute of Architects, 简称 AIA)提出了建筑信息化模型的设计理念,“Building Information Modeling”一词正式诞生,并推出了 Autodesk 的 BIM 软件产品。此后,全球另外两个大软件开发商 Bentley 及 GRAPHISOFT 也相继推出了自己的 BIM 产品。自此,BIM 从一种理论思想变成了用来解决实际问题的数据化的工具和方法。

### 1.2.2 BIM 的定义

BIM(Building Information Modeling)是“建筑信息建模”的简称。不同的国家、不同的学者对 BIM 的定义有着不同的解析。

美国国家 BIM 标准(The National Building Information Modeling Standards Committee, 简称 NBIMS)对 BIM 的定义: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出各参与方职责。BIM 是基于公共标准化协同作业的共享数字化模型。

美国联邦政府总务管理局(General Services Administration, 简称 GSA)对 BIM 的定义:建筑信息模型是开发和一个使用多方面的计算机软件数据模型,该模型不止用来存储新建或改扩建项目的设计文档,还可以用来对项目的建设和运营进行模拟。由此产生的建筑信息模型是一个数据丰富、对象化、智能化和参数化的设施数字表现,来自不同用户的适当的需要,可以提取和分析,以产生反馈并对设施的设计进行改进。

我国的国家标准《建筑信息模型应用统一标准》(GB/T 51212—2016)对 BIM 的定义:在建设工程及设施全生命周期内,对其物理和功能特性进行数字化表达,并依此设计、施工、运营的过程和结果的总称。

Autodesk 公司对 BIM 的定义:是一种建筑设计和文档化的方法,其主要特征是在建设项目的的设计、建设阶段创建和使用协调的、内部一致性的、可计算的信息。

Bentley 公司对 BIM 的定义:一个在分布化的数据库管理系统中建立的包含整个建设项目生命周期的图形化和非图形化方面信息的模型的过程。

GRAPHISOFT 公司对 BIM 的定义:是一个包含了图形文件(图纸)及非图形文件(合同、进度计划和其他数据)的单一知识库。

Tekla 公司对 BIM 的定义:是一个在建筑物结构在细节方面进行建模和沟通的过程,以有利于建设项目整个生命周期。

以上关于建筑信息模型定义的来源涵盖了研究机构、政府部门及商业软件机构。通过以上对建筑信息模型定义的分析可以发现,由于不同的定义主体所处的地位不同,其对建筑信息模型的认识存在着一定的差异,主要可以划分为三个类型:①实体论,即认为建筑信息模型是一个模型或知识库,其中包含了涉及整个建设工程生命周期的信息;②技术论,即建筑信息模型是一种实现建设工程信息管理的技术或者方法;③过程论,即建筑信息模型是一个信息管理的过程。不过,一般而言,不论基于哪种观点,建筑信息模型都表现出了以下几个方面的特征:①模型中包含的信息涉及整个项目生命周期;②为项目协同建设提供支持;③其中涉及的信息是可计算的,强调信息的完全数字化;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实现。

综上所述,本书对 BIM 的定义如下:是建筑工程项目的物理和功能特性的数字化模型,在项目的规划、设计、建造、运营管理等全生命周期过程中进行数字模型信息的获取、编辑、传递和应用,是项目各参与方协同工作的基础,为项目及各参与方创造价值。

### 1.1.3 BIM 的内涵

从 BIM 概念的定义分析可以看出, BIM 的基础、核心和对象是数字化模型, 而数字化模型的本质是存储了项目集成化信息的可视化数据库, 因此, 依托数据库及其管理平台, BIM 为工程项目带来了全生命周期的技术应用创新、管理变革, 给各参与方创造了价值。BIM 应该是且必然是一个综合多种维度、不同因素的综合体(图 1-1), 其主要的内涵包括以下几个方面。

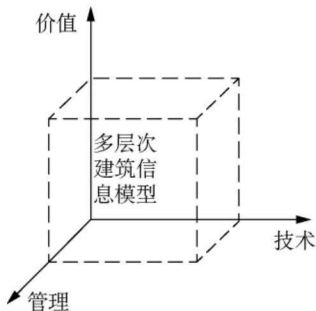


图 1-1 BIM 内涵的维度

(1) 技术是实现和应用建筑信息模型的基础。要有效地建立和运用建筑信息模型, 相关的技术条件必须要达到一定的水平。追溯建筑信息模型的发展历程, 不难发现: 虽然相关的理念提出已有 40 余年的时间, 但建筑信息模型真正得到普及和应用是进入 21 世纪以后的事情, 产生这种现象的一个最重要的原因便是早期相关的软硬件等技术条件无法满足现实的需要。因此, 只有具备了坚实的技术基础, 才能使建筑信息模型真正发挥其效能, 而在技术条件不具备的情况下奢谈建筑信息模型的应用只能是构建一座“空中楼阁”。

与建筑信息模型相关的技术可以分为以下几个方面: ① BIM 信息标准; ② BIM 建模技术; ③ BIM 分析方法及应用技术; ④与 BIM 技术相关的其他信息技术(如 GIS、AR、VR、互联网、云计算等); ⑤符合 BIM 需要的高效、快捷、低成本的软硬件平台应用开发技术。

(2) 管理是 BIM 价值充分体现的重要保障。BIM 应用绝对不只是一个单纯的技术过程, 建设工程项目具有多阶段、多参与方的特点, 使得在 BIM 应用中往往需要多方参与其间, 需要协调管理各方, 同时, BIM 的技术创新因素, 会产生新的管理方法和模式, 如在项目全生命周期中采用更加严密和高效的项目组织管理方式。BIM 应用中的管理主要有以下几个方面: ①基于 BIM 技术的组织构架、工作内容、工作流程、信息流及资金流的管理; ②信息安全管理; ③争议及利益协调机制; ④基于 BIM 协同创新管理模式。

(3) 创造价值是 BIM 应用的目的。BIM 应用的最终目的是为各参与方创造价值, 可区分为技术价值、经济价值和社会价值。

技术价值包括: ①实现工程建设全生命周期的信息共享, 所有参与方能够协同工作, 提高建造产品质量和生产效率, 实现工程项目的精细化管理; ②支持工程建设环境、技术、经济、能耗、安全等多方面的性能分析和技术方案模拟展示, 它可以实现虚拟的设计、建造、运营管理以及全生命周期、全方位的预测和控制。

经济价值包括: ①降低各阶段的生产成本; ②提高各阶段建筑产品的附加值。

社会价值包括: ①促进工程建设行业生产方式的转型升级; ②推动工程建设行业的工业化发展; ③成为智慧城市的重要组成部分。

### 1.1.4 BIM 的特征

BIM 具有五大特征:可视化、协调性、模拟性、优化性及可出图性(图 1-2),下面分别进行论述。

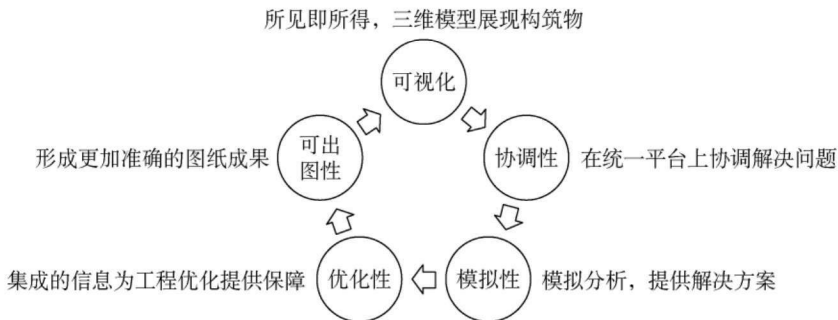


图 1-2 BIM 的五大特征

#### 1. 可视化

可视化即“所见所得”的形式,对于土木行业的作用非常大。例如,传统的施工图纸,只是对各个构件的信息采用线条绘制表达,但是其真正的三维构造形式则需要工程参与人员理解想象。对于一般简单的项目,尚容易理解,但是对于形式各异、造型复杂、功能综合的项目,仅靠人脑去想象困难重重。另外,尽管利用效果图可以展示构筑物,但是效果图一般是分包给专业的效果图制作团队,由其识读线条式信息进行制作,并不是通过构件信息自动生成,缺少构件之间互动和反馈。

对于 BIM 来说,可视化是其中的一个固有特性,BIM 的工作过程和结果就是构筑物的实际形状(三维几何信息),加上构件的物理信息(非几何属性)和规则信息。BIM 实现了建筑构件的可视化,让线条式的构件形成三维的立体实物图形进行展示。BIM 的可视化是一种能够同构件之间形成互动性和反馈性的可视化。在 BIM 信息模型中,由于整个建设过程可视化,所以,可视化的结果不仅可以用来进行效果图展示及报表生成,更重要的是在项目设计、建造、运营过程中的沟通、讨论、决策都在可视化的状态下进行。

#### 2. 协调性

不管是业主单位还是设计及施工单位,无不在进行协调及相互配合的工作。项目在实施过程中一旦遇到了问题,就要将各有关人员组织起来开协调会,找出问题发生的原因及解决办法,然后做出变更,制定相应的补救措施来解决问题。

BIM 的协调性能力即可事先处理此类问题。也就是说,利用 BIM,可在构筑物建造前期对各专业的碰撞问题进行协调,生成协调数据。当然,BIM 的协调作用也并不是只能解决各专业间的碰撞问题,还可以解决诸如净空要求之协调、防火分区与其他设计布置之协调、地下排水布置与其他设计布置之协调等问题。

### 3. 模拟性

模拟性并不是只能模拟设计对象模型,还可以模拟难以在现实世界中进行操作的事物。在设计阶段,BIM 可以进行一系列模拟实验,如节能模拟、紧急疏散模拟、日照模拟、热能传导模拟等。在招投标和施工阶段可以进行 4D 模拟(三维模型+时间信息),也就是根据施工的组织设计模拟实际施工,从而确定合理的施工方案来指导施工。同时还可以进行 5D 模拟(三维模型+时间、费用信息),从而实现成本控制。后期运维阶段可以模拟紧急情况下的应急处理方式,例如地震人员逃生模拟及消防人员疏散模拟等。

### 4. 优化性

整个设计、施工、运营的过程就是一个不断优化的过程。工程设计优化受三个条件的制约:信息、复杂程度和时间。没有准确的信息,就做不出合理的优化结果。BIM 模型提供了构筑物的实际存在的信息,包括几何信息、物理信息、规则信息,还提供了构筑物建造过程信息。目前,基于 BIM 的优化可以做下面一些工作。

(1) 项目设计方案优化:把项目设计和投资回报分析结合起来,设计变化对投资回报的影响可以实时计算出来,以此进行设计方案多参数综合选型,提升设计方案优化能力。

(2) 特殊节点的设计和施工方案的优化:特殊节点占整个工程项目比例不大,但通常也是施工难度比较大和施工问题比较多的地方,对其设计、施工方案进行优化,可以带来显著的工期和造价改进。

### 5. 可出图性

BIM 模型不仅能绘制常规的建筑设计图纸及构件加工图纸,还能通过对建筑物进行可视化展示、协调、模拟、优化,并出具各专业图纸及深化图纸,使工程表达更加详细。目前,基于 BIM 模型编制全套施工图纸、构件加工图纸,图面处理难度较大,对模型的精细度要求高。但是在模型与二维图纸动态关联、自动生成二维图纸以及图纸更新管理方面,BIM 模型具备显著优势。

## 1.1.5 BIM 模型建立及应用

按照不同的分类体系,BIM 模型可以划分为多种不同的类型。如按照模型中所集成的信息的特征,可以分为 3D 模型、4D 模型、5D 模型乃至  $n$ D 模型等;按照专业和项目建设阶段划分,可以划分为设计模型(又可以细分为建筑模型、结构模型、MEP 模型、综合模型、各种分析模型等)、施工模型(又可以细分为总包模型、专业分包模型等)、制造模型、设施运营管理模型等;按照模型中的信息集中化程度,可以划分为集中式模型和分布式模型;等等。对于不同类型的 BIM 模型,其中所包含信息的集成化程度、内容等各个方面存在着较大的差异,在 BIM 应用过程中,必须要针对不同的需求,选择具有针对性的模型。

在运用 BIM 模型的建设项目中,项目各参与方首先需要的是建立模型,并以各种不

同的方式和程度将项目信息集成于其中；其次，要将部分或全部的项目工作与模型联系起来，以模型作为项目工作开展的辅助手段，并尽可能地将模型与其他的信息系统和信息手段相交互，以最大限度地实现信息共享；最后，要将各个阶段的工作成果在模型中体现出来，结合模型信息进行包括性能分析在内的各项 BIM 应用，使 BIM 最终成为项目团队的工作平台、交互工具和沟通渠道，成为项目各项工作的工作基础和工作对象，同时也成为整个 BIM 全生命周期管理的工作核心。

### 1.1.6 BIM 的应用场景

自 BIM 产生以来，随着 BIM 有关的研究深入及越来越多的 BIM 软件的问世推广，BIM 的应用不断深入。总体来说，BIM 应用可以划分为三个阶段：初级阶段、中级阶段和高级阶段(图 1-3)。国内应用目前主要处于初级阶段和中级阶段，高级阶段的应用还很少；在欧美等 BIM 应用领先的国家，初级阶段应用已基本普及，中级阶段应用开展得很广泛，高级阶段应用也在不断地涌现。

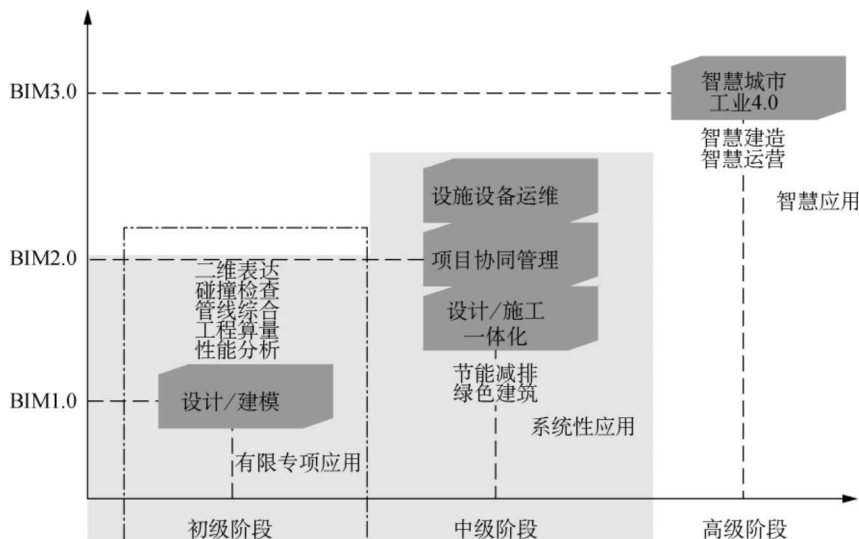


图 1-3 BIM 应用阶段

综合国内外的 BIM 应用发展情况来看，BIM 在设计阶段、施工阶段及运维阶段都得到了应用，尤其是在设计阶段的应用相对而言更为广泛，下面分别进行论述。

#### 1. 设计阶段的 BIM 应用

在项目设计阶段，BIM 应用主要集中在：场地分析、设计方案展示和优化、各项性能分析（交通仿真、有限元分析、日照分析等）、设计成果审核、工程量统计、碰撞检查、关键施工工艺模拟等。

#### 2. 施工阶段的 BIM 应用

在项目施工阶段，BIM 应用主要集中在：施工技术方案的模拟和优化、管线迁改、碰撞

检查、施工交通组织、进度控制、投资控制、设备及材料管理、工地设计变更管理、施工现场管理、质量安全、数字制造及安装等。

### 3. 运维阶段的 BIM 应用

在项目运维阶段, BIM 应用主要集中在: 日常运营管理、资产管理、空间管理、设施设备维护管理、应急管理、使用者服务等。

## 1.2 BIM 在国内外的的发展

目前 BIM 在国内外的的发展主要集中体现在四个方面: BIM 标准、BIM 软件、BIM 应用及 BIM 相关技术。“没有规矩, 不成方圆”, BIM 标准是 BIM 工作的基础, 也是 BIM 数据共享、协同工作的前提。BIM 软件是进行 BIM 工作必要的工具, 也是提高 BIM 工作效率的必要手段。BIM 应用是我们追求的目标, BIM 的应用可以提高工作质量和工作效率, 降低生产成本, 为我们带来巨大的价值, 推动社会的进步。BIM 相关技术包括云计算、大数据、AR 和 VR 技术、GIS 技术、3D 打印技术、激光扫描技术、无人机航拍技术等, BIM 技术与 BIM 相关技术的发展, 是相互促进、共同发展的, 把 BIM 应用引向深入。

本节介绍 BIM 应用在国内外的的总体发展情况。BIM 标准、BIM 软件及 BIM 相关技术的发展将在后续章节中论述。

### 1.2.1 美国

美国是 BIM 概念的诞生地, 是最早启动建筑行业信息化研究的国家, 也是推动全球 BIM 技术与应用的主要国家之一。早在 1974 年, 美国人 Charles M. Eastman(被认为是全球 BIM 领域权威之一) 基于卡内基梅隆大学的一项研究成果, 首次提出了建筑描述系统这个概念, 也就是后来人们所称之为的 BIM 技术。

然而, 到了 2005 年, BIM 应用在美国较大型的设计企业中使用率依然较低, 有的企业甚至从未接触过 BIM 应用。真正应用与普及 BIM 是在 2007 年之后的事情, 美国的设计行业在最近的十多年里对 BIM 的应用增长很快, 其间多年来培养的人才在企业之间流动, 成为各企业的 BIM 专门人才。还有很多人去专门从事 BIM 培训与咨询, 为大量新出现的 BIM 应用企业培训人才和提供支持。目前, 美国大多数建筑项目开始广泛应用 BIM, 而且存在各种 BIM 协会, 也出台了各种 BIM 标准, BIM 的应用点也种类繁多。发展至今, 美国依旧推动着 BIM 的顶层设计。

#### 1. 主要 BIM 组织

目前主要推动美国 BIM 发展的公共部门机构有美国联邦政府总务管理局(GSA)、陆军工兵部队(the U.S. Army Corps of Engineers, 简称 USACE)等; 另外还有美国建筑

科学研究院(National Institute of Building Sciences,简称 NIBS)旗下的 buildingSMART 以及美国建筑师协会(AIA)(图 1-4)。



图 1-4 美国 BIM 技术的主要推动组织

GSA 负责美国所有的联邦设施的建造和运营。早在 2003 年,为了提高建筑领域的生产效率、提升建筑业信息化水平,GSA 下属的公共建筑服务部门(Public Building Service)的首席设计师办公室(Office of the Chief Architect,简称 OCA)推出了“3D—4D—BIM 计划”。“3D—4D—BIM 计划”的目标是为所有对 3D—4D—BIM 技术感兴趣的项目团队提供“一站式”服务,虽然每个项目功能、特点各异,OCA 将帮助每个项目团队提供独特的战略建议与技术支持。GSA 认识到 3D 的几何表达只是 BIM 的一部分,而且不是所有的 3D 模型都能称之为 BIM 模型。但 3D 模型在设计概念的沟通方面已经比 2D 绘图要先进很多。因此,即使项目中不能实施 BIM,至少可以采用 3D 建模技术。4D 在 3D 的基础上增加了时间维度,这对于施工工序与进度十分有用。GSA 对于下属的建设项目有着更务实的流程,它承认并不是委托的所有公司都是 BIM 专家,但至少使用比 2D 绘图技术更先进的 3D、4D 技术,已经是很大的进步了。从 2007 年起,GSA 要求所有大型项目(招标级别)都需要应用 BIM,最低要求是空间规划验证和最终概念展示都需要提交 BIM 模型。所有 GSA 的项目都被鼓励采用 3D—4D—BIM 技术,并且根据采用这些技术的项目承包商的应用程序不同,给予不同程度的资金支持。GSA 在项目生命周期中应用 BIM 技术,包括:空间规划验证、4D 模拟、激光扫描、能耗和可持续发展模拟、安全验证等。GSA 陆续发布各领域的系列 BIM 指南,包括《总览》《空间验证》《三维激光扫描》《4D 应用》《能源效能》《流转与安全验证》《建筑要素》和《设施管理》,共 8 本,其中《流转与安全验证》仅适用于美国法院的设计项目。这些指南具体描述 BIM 在不同应用中的做法与政策,并且以在“3D—4D—BIM 计划”过程中产生的实际案例作为介绍对象,将所吸取的经验转换为 BIM 指引,供用户参考。另外,GSA 在工程建设行业技术会议如 AIA-TAP 等都十分活跃,GSA 项目也常被提名为年度 AIA BIM 大奖获奖项目。因此,GSA 对 BIM 的强大宣贯直接影响并提升了美国整个工程建设行业对 BIM 的应用。

USACE 隶属于美国联邦政府和美国军队,为美国军队提供项目管理和施工管理服务,是世界最大的公共工程、设计和建筑管理机构。USACE 的第一个 BIM 项目是由西雅图分区设计和管理的无家眷军人宿舍(enlist unaccompanied personnel housing)项目,利用 Bentley 的 BIM 软件进行碰撞检查以及工程算量。随后,2004 年 11 月,USACE 路易维尔分区在北卡罗来纳州的一个陆军预备役训练中心项目也实施了 BIM。2005 年 3 月,USACE 成立了项目交付小组(Project Delivery Team,简称 PDT),研究 BIM 的价值并为 BIM 应用策略提供建议。2006 年 10 月,USACE 发布了为期 15 年的 BIM 发展路线规划(Building Information Modeling: A Road Map for Implementation to

Support MILCON Transformation and Civil Works Projects within the U.S. Army Corps of Engineers), 为 USACE 采用和实施 BIM 技术制定战略规划, 以提升规划、设计和施工质量和效率。该规划中, USACE 承诺未来所有军事建筑项目都将使用 BIM 技术。在发展路线规划的附录中, USACE 还发布了 BIM 实施计划, 从 BIM 团队建设、BIM 关键成员的角色与培训、标准与数据等方面为 BIM 的实施提供指导。2010 年, USACE 又发布了适用于军事建筑项目分别基于 Autodesk 平台和 Bentley 平台的 BIM 实施计划, 并在 2011 年进行了更新, 目前完成了适用于民事建筑项目的 BIM 实施计划。

NIBS 是 NBIMS 的研究和发布机构, 大量的 BIM 及其关联概念、技术、方法、流程、资料都跟这个机构有关。buildingSMART 联盟是 NIBS 在信息资源和技术领域的一个专业委员会, 成立于 2007 年, 同时也是 buildingSMART 国际 (buildingSMART International, 简称 bSI) 的北美分会。bSI 的前身是国际数据互用联盟 (International Alliance of Interoperability, 简称 IAI), 开发和维护了 IFC (Industry Foundation Classes) 标准以及 openBIM 标准。NIBS 已针对不同专业发布了对应的 BIM 手册, 而 buildingSMART 联盟下属的美国国家 BIM 标准项目委员会 (NBIMS-US) 于 2007 年发布了第一版 NBIMS, 主要包括关于信息交换和开发过程等方面的内容, 明确了 BIM 过程和工具的各方定义、相互之间数据交换要求的明细和编码, 使不同部门可以开发充分协商一致的 BIM 标准, 更好地实现协同。2012 年的第二版标准的编写过程采用开放投稿 (各专业 BIM 标准)、民主投票决定标准的内容 (Open Consensus Process), 因此, 也被称为是第一部基于共识的 BIM 标准。2015 年的第三版标准中包含核心标准 (Core Standards)、技术文献 (Technical Publications) 与部署资源 (Deployment Resources) 三个部分, 涵盖了 BIM 项目生命周期中的不同阶段 (规划、设计、施工与营运) 所需的标准与技术开发、部署/实施方案、项目管理等。该标准中提出了一套衡量应用 BIM 程度的模型和工具, 即能力成熟度模型 (Capability Maturity Model, 简称 CMM)。

## 2. BIM 技术应用

美国主要在设计领域对 BIM 技术有长足的发展和广泛深入的使用, 并已经成为工程设计领域的行业标准流程。Dodge Data & Analysis 的调查数据显示, 93% 的 HVAC 承包商已经开始采用 BIM 技术进行建筑建模, 91% 的水电暖通设备承包商以及 88% 的结构制造商已经运用 BIM 技术进行建筑建模和协作。数据显示, 88% 的建筑师和设计师认为, BIM 使设计有更好的洞察力; 82% 的 BIM 用户表示他们获得了一个积极的投资回报, 且 25% 的 BIM 用户表示 BIM 可以提升劳动生产率, 84% 的 BIM 深度从业者认为 BIM 应用减少了不必要的返工, 超过 60% 的从业者表示 BIM 使其更早参与材料供应链, 降低了总体成本和物料浪费, 并降低了风险。由于 BIM 技术在美国大范围的应用, 2015—2017 年期间, 5% 的总建筑成本被节约, 完工速度总体提升了 5%, 与此同时, 工人的劳动生产率提高了 25%。

遗憾的是, BIM 技术在美国建设领域无法得到更进一步的应用, 其根本原因在于, 美国并没有一个统一的 BIM 标准, 各个州和大学颁布了不同的交付标准, 错综复杂的