

BIM 技术应用系列规划教材

公路BIM及设计案例

BIM for Highway and Design Cases

张 驰 王建伟 沈照庆 徐 晟 主编
高立鑫 主审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

BIM 技术应用系列规划教材

公路 BIM 与设计案例

张 驰 王建伟 沈照庆 徐 晟 主编
高立鑫 主审



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书为 BIM 技术应用系列规划教材之一。全书共六章,第一章主要介绍交通领域引入 BIM 的背景和目的、BIM 的基本理论知识;第二章主要介绍 BIM 应用的相关理论;第三章主要介绍 BIM 技术的软件平台,包括常见的 BIM 平台、MicroStation 简介和 PowerCivil 的基本介绍等;第四章主要介绍基于 BIM 的道路设计流程、PowerCivil 其他功能以及 LumenRT;第五章主要介绍基于 PowerCivil 的项目实例;第六章主要介绍 BIM 的发展趋势。

本书为公路 BIM 领域的入门教材,也可作为设计师、高校相关专业师生、BIM 设计爱好者参考书。

图书在版编目(CIP)数据

公路 BIM 与设计案例 / 张驰等主编. — 北京:人民
交通出版社股份有限公司, 2018.6

ISBN 978-7-114-14674-9

I. ①公… II. ①张… III. ①交通工程—计算机辅助
设计—应用软件—案例 IV. ①U491-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 089832 号

BIM 技术应用系列规划教材

书 名:公路 BIM 与设计案例

著 者:张 驰 王建伟 沈照庆 徐 晟

责任编辑:李 瑞 卢 珊

责任校对:刘 芹

责任印制:张 凯

出版发行:人民交通出版社股份有限公司

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京市密东印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:15

字 数:356 千

版 次:2018 年 7 月 第 1 版

印 次:2018 年 7 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-14674-9

定 价:40.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

前言

FOREWORD

21 世纪初,建筑信息化模型(Building Information Modeling,简称 BIM),先在美国得到推广和应用,随后进一步推广到欧洲、韩国、日本、中国等国家和地区。BIM 理念的引入和 BIM 技术的应用,颠覆了传统的设计理念和管理模式,对于项目的各参与方都是一次划时代的机遇和挑战。无论是现阶段的 BIM 技术软件,还是正在探索的协同管理模式,在项目全寿命周期的各个阶段都将带来一系列突破性的变革,就如同智能手机的出现一样,将重新定义整个行业,基于 BIM 所引领的技术变革、管理变革,也势必会创造出新的商业机会、商业模式和新的工作岗位。

BIM 技术在交通领域的引入和发展较建筑业晚,我国目前仍处于起步阶段,但是在国家政策不断推动和行业内部需求不断增强的大环境下,BIM 技术在交通领域的应用已经势不可挡。

本书结合交通基础设施领域工程项目的特点,详细地介绍 BIM 的相关理论、政策以及发展趋势,结合实际应用案例讲解 BIM 在交通领域各阶段的应用,并以 Bentley 平台下的 PowerCivil 软件为例系统地对建模设计流程进行介绍,并基于项目实例详细地讲解相关应用及操作。本书内容以理论结合实际为特点,以理论深化读者对 BIM 的正确认识,明确 BIM 工作的中要点,充分发挥 BIM 优势,并且以项目实例为模板讲解工作流程和操作,引导读者快速入门,掌握 PowerCivil 的操作方法,希望读者能够通过在实际项目应用中体会 BIM 理念。

本书共六章,第一章、第三章由王建伟、张驰编写,第二章由徐晟编写,第四

章、第五章由张驰、王博编写,第六章由沈照庆编写。全书由张驰、王建伟负责统稿。

本书在编写过程中,参考了有关标准、规范、教材和论著,在此谨向有关编者表示衷心的感谢。由于作者水平有限,书中难免有不妥之处,请读者批评指正,意见和建议可与人民交通出版社联系或寄至长安大学(西安,710064)。

作 者

2018年7月

目录

CONTENTS

第一章 BIM 概述	1
第一节 概述	1
第二节 BIM 起源与发展	2
第三节 BIM 概念	13
第四节 BIM 技术及其特点	16
第五节 信息时代交通建设领域面临的挑战	21
第六节 BIM 与交通建设	23
第二章 BIM 应用	33
第一节 BIM 在设施全寿命周期中的应用框架	33
第二节 BIM 技术在设施全寿命周期的应用	40
第三节 不同项目参与方的 BIM 应用	55
第四节 BIM 技术在项目目标管理中的应用	57
第五节 BIM 应用的层次	70
第六节 BIM 应用的评估	72
第七节 BIM 应用的风险	77
第三章 BIM 技术的软件平台	80
第一节 目前常见 BIM 平台	80
第二节 MicroStation 简介	82
第三节 PowerCivil 简介	83
第四节 PowerCivil 兼容性与 DGN 文件	95

第五节	工作空间与种子文件	98
第六节	视图控制	102
第七节	统一的命令使用模式	106
第八节	文件参考与协同工作	107
第四章	基于 BIM 的道路设计流程	111
第一节	设计流程	111
第二节	数字地模创建	112
第三节	平纵设计	119
第四节	创建横断面模板	128
第五节	创建走廊带	136
第六节	PowerCivil 的其他功能	145
第七节	LumenRT	158
第五章	公路 BIM 的项目实例	176
第一节	设计项目有关资料	176
第二节	创建地形模型	179
第三节	设计准备	183
第四节	路线平面设计	187
第五节	路线纵断面设计	193
第六节	创建横断面模板	196
第七节	创建走廊带	202
第八节	交通安全设施	206
第九节	地模修剪	215
第六章	BIM 发展趋势	218
第一节	概述	218
第二节	GIS 系统	220
第三节	VR 与 AR 技术	221
第四节	道路养护	226
第五节	灾害防治	229
第六节	安全性评价	231
参考文献	233

第一章

BIM 概述

第一节 概 述

BIM 理念自 1975 年查尔斯·伊斯曼 (Chuck Eastman) 教授提出以来,经历了萌芽阶段和产生阶段,在 20 世纪末进入了发展阶段,至今已经在欧美等国家建筑、水利、交通等行业得到了相当程度的应用。引入 BIM 理念和相关技术对于改善行业产业链,提高行业效益具有极其重要的意义。

BIM 是建筑信息模型 (Building Information Modeling) 的简称,或者也可以理解为建筑信息管理 (Building Information Management)。BIM 的基础是建筑工程项目的各项相关信息数据,通过这些基础信息数据建立三维建筑模型,通过数字信息仿真模拟建筑物所具有的真实信息。所建立的三维模型具有信息完备性、信息关联性、信息一致性、可视化、协调性、模拟性、优化性等特点。BIM 能够使建设单位、设计单位、施工单位、监理单位等项目参与方在同一平台上共享同一建筑信息模型,能够帮助项目在建造的过程中实现三维实景可视化和精细化。

21 世纪初,BIM 率先在美国得到推广和应用,随后进一步推广到欧洲各国以及韩国、日本、中国等国家。近年来,我国的各个行业逐步掀起了学习和应用 BIM 的热潮。目前,我国在 BIM 领域的研究才刚刚起步,主要的应用也多集中在建筑工程领域,这也是由建筑行业自身的特点所决定的。建筑行业中基本都是工点式的单体建筑,内外部建筑结构规则工整,所占区域

面积小,工程实施过程中涉及的专业并不多,数据量也较小。但交通行业与建筑行业有明显差距,不同于建筑行业中单点式建筑,交通设施多呈带状分布,而且受到地形的限制较多,与地形之间的联系非常紧密;此外,一般情况下,由于房屋建筑中的机电管道较多,房屋建筑 BIM 的局部复杂程度更高,数据密度更大,而对于道路桥梁等交通设施来说,由于其所跨区域较大,地质地形较复杂,涉及专业较多,导致交通领域 BIM 的数据总量远大于建筑业 BIM 数据总量。图 1-1 和图 1-2 分别为建筑 BIM 模型和桥梁 BIM 模型图。

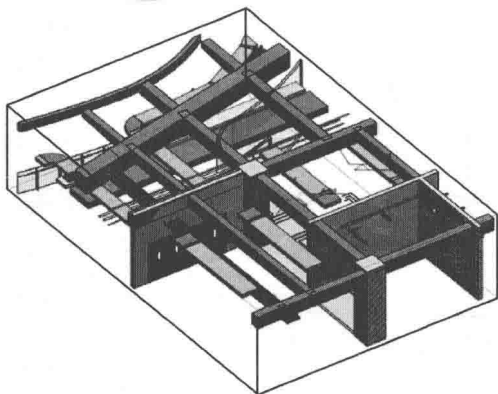


图 1-1 建筑 BIM 模型

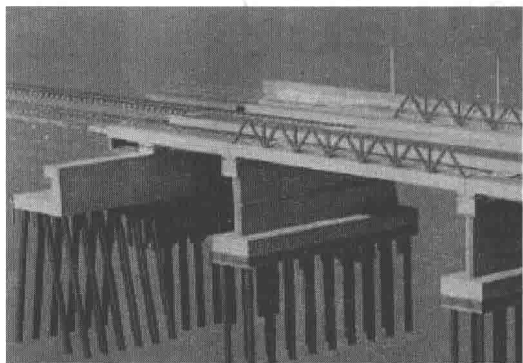


图 1-2 桥梁 BIM 模型

总体上,就其应用而言,BIM 在建筑行业应用的成熟度要远高于其在交通行业的应用。交通行业中应用 BIM 技术面临的困难较大,但行业人士认为 BIM 技术应用将是未来发展的必然趋势。而且近些年来,交通行业中 BIM 的应用也越来越广泛和深入,尤其是在轨道交通方面,已经有一些较为成功的案例。虽然 BIM 在交通领域的应用起步比较晚,但是其发展速度非常快。相关主管部门也在大力支持与推动 BIM 技术在铁路工程建设中的应用。特别是在 2013 年,在相关主管部门的支持下正式启动了铁路建设信息化关键技术的研究,诸多勘察设计单位以及工程建设单位都相应成立了自己的 BIM 研发团队。成立这些研发团队的主要目的是对 BIM 技术进行应用研究,与此同时开展制定相关标准的工作。

目前,经过各大设计院所及相关单位的努力,BIM 的应用在交通行业已经取得了较为显著的成果,其中具有代表性的成果主要有以下几点:借助于航空遥感影像数据以及带状的地形数据大范围设计工程三维真实场景技术;借助于 GIS、VR、网络、数据库等一些技术手段的数字化三维协同设计系统的研究与开发;基于航空摄影与遥感技术、虚拟现实技术的道路路线设计适量图形系统。以上这些研究都将推进 BIM 在交通领域中的应用进程。

第二节 BIM 起源与发展

一、BIM 的起源

20 世纪末全球经济进入了飞速发展阶段,建筑业也因此得到了快速发展,同时工程项目难度不断提高,建筑物的功能愈加复杂,应用的新材料、新工艺越来越多,工程项目规模越来越大,再加上环保、安全、智能化等的要求,从而使工程项目的技术含量和复杂程度越来越高,由

此引发的是附加在工程项目上的信息量也越来越大。如何管理好这些信息,进一步提升设计质量,节省工程开支,缩短工期,已经成为建筑业发展变革亟待解决的问题。人们逐步意识到,与工程项目有关的信息会对整个工程项目管理乃至整个建筑物生命周期产生重要的影响,各种原始资料、设计图纸、施工数据与项目的生产成本及工期、使用后的维护都密切相关。对于所有与整个工程相关的信息,如果利用得好、处理得好,就能提升设计质量,节省工程开支,缩短工期,也可以惠及使用后的维护工作。因此,十分需要在建筑工程全生命周期中广泛应用信息技术,快速处理与建设工程有关的各种信息,减少工程项目中的各种差错以及由于各种原因所造成的工程损失以及工期延误。总而言之,就是必须在整个建筑全生命周期中,实现对信息的全面管理。

2004年,美国商务部和劳动统计局发布的一项研究报告表明,在1963—2003年这40年间,美国非农业行业的劳动生产率增长了一倍多,而唯独美国建筑行业的劳动生产率却越来越低。1963—2003年,信息技术从起步到经过迅速的发展而逐渐成熟,非农业行业利用信息技术的发展成果促进了本行业的进步,而建筑业却没有与时俱进,依然采用传统的技术来建设越来越大和越来越复杂的项目,因而效率变得越来越低。

国际数据公司(International Data Corporation, IDC)在2002年的一项研究佐证了以上的分析。研究表明,当时全球制造业和建筑业的规模相差无几,大约为3万亿美元(1美元 \approx 6.34人民币),但是这两个行业各自在信息技术方面的花费确有显著差别,制造业每年花费在信息技术方面的金额大约为81亿美元,而建筑业的投入约为14亿美元,仅为制造业的17%。

在缺乏信息技术的条件下,建筑行业中还有不少人墨守传统的建筑方式和惯例,他们以纸质媒介为基础进行管理,用传统的档案管理方式来管理设计文件、施工文件和其他工程文件。人工作业方式缓慢而烦琐,还不时会出现一些纰漏、差错,给工程带来损失。尽管设计过程是使用计算机进行的,但是由于设计成果是以图纸的形式而不是以电子文件的方式提供,因此更多的设计后续工作例如预算、招投标、项目管理等都是以图纸上的信息为依据,重新输入,然后进行下一步的工作。

在整个建筑行业面临亟须改善产业链中各环节下的信息管理方式,以及普及同时期信息技术时,BIM理念正好为建筑等行业打开了新的思路。BIM理念出现是在1973年全球石油危机之后,美国各行业需要考虑提高行业效益的问题,而提高行业效益的根本在于提高行业的劳动生产率,对于建筑业来说,其存在的一大问题就是信息管理和应用问题。1975年,“BIM之父”——佐治亚理工大学的查理斯·伊斯曼教授创建了BIM理念,他在研究课题“Building Description System”中提出“a computer-based description of-a building”为利用计算机对建筑物进行表达,其中提出“从同一个有关元素的描述中,获得剖面、平面、轴测图或透视图……任何布局的改变只需要操作一次,就会使所有将来的绘图得到更新。所有从相同元素布局得来的绘图都会自动保持一致……任何算量分析都可以直接与这个表述系统对接……估价和材料用量可以容易地被生成……为视觉分析和数量分析提供一个完整、统一的数据库……在市政厅或建筑师的办公室就可以做到自动的建筑规范核查。大项目的施工方也许会发现,在进度计划和材料订购上这个表述系统具有的优越性。”即借助计算机语言对一个建筑物进行表达,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,他还提出了尚未解决的研究领域,为下一代的建筑模型研究奠定基础,书中还介绍了大量的实例。

二十多年后出现的BIM技术证实了伊斯曼上述观点的正确性,他提出了建筑行业发展的在

未来的三四十年来所需面对的问题,他提出的 BDS(是什么?)采用数据库技术,其实就是 BIM 技术的雏形。1999 年,伊斯曼教授出版了一本专著——《建筑产品模型:支撑设计和施工的计算机环境》,这本书是 20 世纪 70 年代开展建筑信息模型研究的第一本专著,在这本书中他回顾了二十多年来在各种期刊、会议论文集和网络上的研究工作,并介绍了 STEP 和 IFC 标准,论述了建筑模型概念支撑技术和标准,提出新的、用于建筑设计、土木工程和建筑施工的数字化表达方法和概念。

二、BIM 的发展

BIM 的发展与信息时代的发展密不可分,正是由于 20 世纪 70 年代开始的计算机技术的不断普及,人们对信息价值的认识不断提高,信息对整个社会的影响逐步提高到一种绝对重要的地位,信息量、信息传播的速度、信息处理的速度以及应用信息的程度等都以几何级的方式在增长,同时微型计算机和图形工作站的采用,廉价而功能强大的微处理器和储存芯片的出现,使分布式计算机网络和分布式数据库得到了充分的发展,为 BIM 的诞生和发展提供了硬件基础。

1. 学术界有关建筑信息建模的研究不断走向深入

在查尔斯·伊斯曼提出 BIM 概念之后,随着研究的不断深入,来自美国的学者罗伯特·艾什对于三维建模、施工模拟等技术做出了进一步的阐述。1999 年,建筑信息模型这个概念由美国教授托尔曼正式提出。2008 年,由查尔斯·伊斯曼等人编写的《BIM 手册》论述了 BIM 的概念以及 BIM 技术应用于项目中的技术指南,同时有学者提出数字化城市的构建不仅依靠 BIM 技术,还需要与 GIS 技术结合。以美国为代表的西方发达国家在 BIM 的研究应用中处于世界领先地位,根据统计资料显示,到 2012 年,美国 BIM 应用比例已经达到了 72%,在商业设计方面更是达到了 80%。

BIM 技术在美国公路等交通领域的应用主要集中在三维模型设计优化和方案展示、施工机械控制等方面,并逐渐在项目的维护和资产管理中应用,在提高项目安全性、控制成本、提高效率方面展现了良好的效果。截至 2016 年,美国有 4 个州已经明确要求在设计阶段应用三维模型,有 30 个州正在对三维模型的效益进行评估或试验。在施工阶段,很多施工企业已经或正在开始试用带有自动导引(Automatic Machine Guidance, AMG)系统的设备,以求提高控制精度、节约人力成本,部分项目业主也开始利用 BIM 技术进行施工质量管理。有 2 个州已将 BIM 技术应用于运维阶段,有 32 个州正在开展评估或试验。运维阶段主要利用 BIM 技术进行数据智能采集、建立公路数据目录和公路资产管理,以及对已建项目三维数据模型的维护。

在我国,BIM 的概念是由 Autodesk 公司在 2002 年引进的,但最早的说法是建筑业的生命周期管理 BLM(Building Lifecycle Management)。BIM 技术目前我国仍处于发展阶段,应用以设计公司为主,处于这个阶段的主要原因首先是技术层面因素,BIM 技术本身尚未完全成熟,周边技术例如 BIM 的后期显示、虚拟现实等应用于工地的技术并不成熟;其次是管理层面,我国与发达国家的管理方式存在很大差距,发达国家建筑项目管理较为精细,而我国管理还不够规范化。

从 2013 年开始,BIM 在我国进入了一个快速发展的阶段,北京市开始实施《民用建筑信息模型设计标准》,上海市发布了《关于本市推进建筑信息模型技术应用的指导意见》,其他一些省(自治区,市)也陆续发布了 BIM 指南及设计标准等。2015 年 6 月 16 日,住房和城乡建设部

(以下简称住建部)发布了一个推进 BIM 的指导意见,其中有两项规定:到 2020 年末,对企业,甲级的勘察设计院和特级、一级的房屋建筑施工企业必须具备 BIM 的集成应用能力;对项目,90% 的政府投资项目要使用 BIM。该指导意见对于 BIM 的发展具有相当大的扶持力度和推动作用,等同于在我国将 BIM 从一个推荐性的技术变成一个强制性的标准。

2. 相关国际标准

1) 国际标准化组织相关基础类标准

国际标准化组织迄今为止已公布了如下一系列与 BIM 有关的标准:

(1) ISO 10303-11:2004 Industrial automation systems and integration-product data representation and exchange-Part 11:description methods:The EXPRESS language reference manual(工业自动化系统与集成 产品数据的表达与交换 第 11 部分:描述方法:EXPRESS 语言参考手册)。

(2) ISO 16739:2013 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries(用于建筑与设施管理业数据共享的工业基础类,IFC)。现在这个标准已成为用于 BIM 数据交换和建筑业或设施管理业从业人员所使用的应用软件之间实现共享的一个开放的国际标准。

(3) ISO/TS 12911:2012 Framework for building information modelling(BIM) guidance(建筑信息模型指导框架)。这是一个技术规范,该规范建立了一个为调试 BIM 模型提供的技术框架。

(4) ISO 29481-1:2010 Building information modelling-Information delivery manual-Part1: methodology and format(建筑信息模型 信息传递手册 第 1 部分:方法与格式)。

(5) ISO 29481-2:2012 Building information models-Information delivery manual-Part2:Interaction framework(建筑信息模型 信息传递手册第 2 部分:交互框架)。这两个国际标准有信息传递手册(Information Delivery Manual, IDM)的相关规定,分别规定了 BIM 应用中信息交换的方法与格式以及交互框架。

(6) ISO 12006-3:2007 Building construction-Organization of information about construction works-Part3:framework for object-oriented information(建筑施工 施工工作的信息组织 第 3 部分:面向对象的信息框架)。

国际字典框架(International Framework for Dictionaries, IFD)也是支撑 BIM 的主要技术之一。而建立 IFD 库的概念就是源于这个国际标准。

2) 工业基础类(Industry Foundation Classes, IFC) 国际标准

IFC 标准是开放的建筑产品数据表达与交换的国际标准,其中,IFC 是工业基础类的(Industry Foundation Classes)缩写。IFC 标准由国际组织国际互用联盟(International Alliance for Interoperability, IAI)制定并维护,该组织目前已改名为国际智能建筑组织(building SMART International, bSI)。IFC 标准可应用在勘察、设计、施工到运营的工程项目全生命周期中,迄今为止在每个项目阶段中都有支持 IFC 标准的应用软件。所有宣布支持 IFC 标准并已经通过 bSI 组织认证程序的商业软件名单已经公布在该组织的官方网站上。IAI 自 1997 年 1 月发布 IFC 1.0 版以来,又分别在 1998 年 7 月发布 IFC 1.5.1 版,在 2000 年 7 月发布 IFC 2.2 版,在 2006 年 2 月发布 IFC 2.3 版。2013 年 3 月, bSI 组织发布了最新的 IFC 4.0 版。

与前 4 个主要版本的 IFC 标准相比,IFC 4.0 版在参数化设计方面强化了对 NURBS(Non-Uniform Rational B-Splines)曲线和曲面等复杂几何图形的支持,增加了 IFC 扩展流程模型、IFC 扩展资源模型和约束模型。另外, MVD(Model View Definition, 模型视图定义)方法已经被正

式确定为 IFC 标准的一部分,并使用 MVXML 格式(基于 XML 的 MVD 描述格式)实现了在计算机可读与在文档中人工可读的双重可读性。同时,bSI 组织还为其提供了 IFC-DOC 工具,用于自动生成相关文档。IFC 标准采用面向对象方法进行描述,其中类被称作实体,其他概念的含义与面向对象设计方法中相同。IFC 标准的体系架构如图 1-3 所示。IFC 标准的体系架构由 4 个层次构成,从下到上分别是资源层(Resource Layer)、核心层(Core Layer)、共享层(Interoperability Layer)和领域层(Domain Layer)。每层都包含一系列信息描述模块(图中的几何形状),每个信息描述模块包含对实体、类型及属性集等的定义。在定义中应遵循如下规则:每个层次只能引用同层和下层的信息资源,而不能引用上层资源;当上层资源发生变动时,下层资源不受影响。IFC 4.0 版包含 766 个实体、391 个类型(59 个选择类型,206 个枚举类型,126 个定义类型),以及 408 个预定义属性集(相对于预定义属性集,IFC 标准允许用户自己定义属性集)。

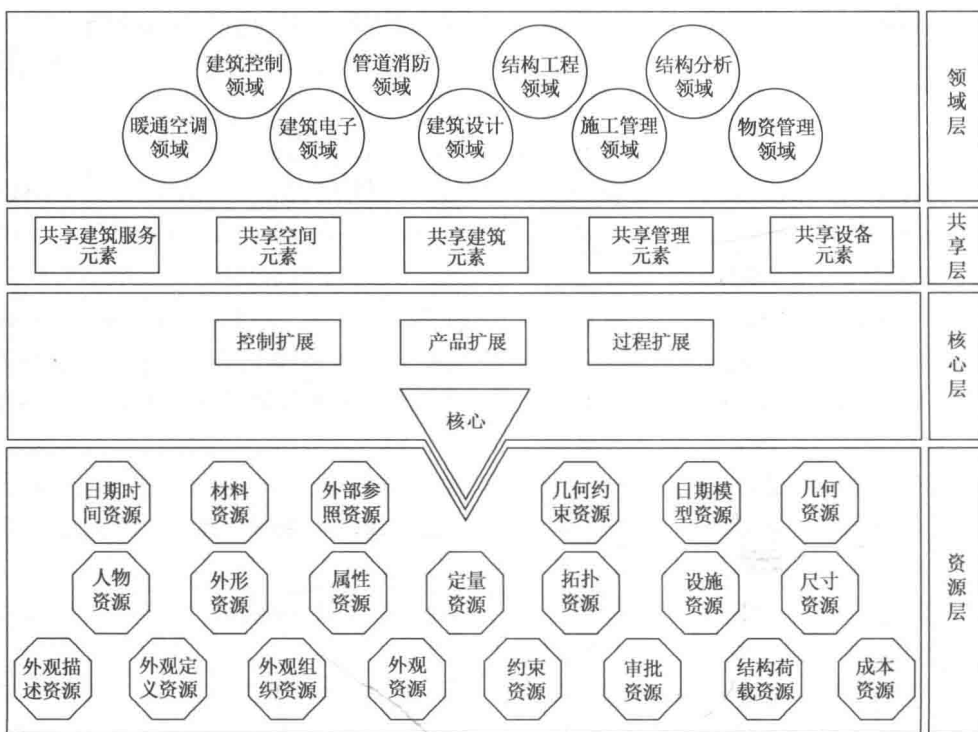


图 1-3 IFC 标准的体系架构

(1)资源层。IFC 标准体系架构中的最低层,可以被其他 3 层引用。主要描述 IFC 标准需要使用的基本信息,不针对具体专业。这些信息是无整体结构的分散信息,主要包括材料资源信息、几何约束资源信息和成本资源信息等。

(2)核心层。IFC 标准体系架构的第 2 层,可以被共享层与领域层引用。主要提供数据模型的基础结构与基本概念。将资源层信息组织成一个整体,用来反映建筑物的实际结构。该层包括核心、控制扩展、产品扩展和过程扩展 4 个部分。

(3)共享层。IFC 标准体系架构的第 3 层,主要为领域层服务,使领域层中的数据模型可以通过该层进行信息交换。它用以表示不同领域的共性信息,便于领域之间的信息共享。共享层主要由共享空间元素、共享建筑元素、共享管理元素、共享设备元素和共享建筑服务元素

5 部分组成。

(4) 领域层。IFC 标准体系架构的最高层,其中的每个数据模型分别对应于不同领域,独立应用。能深入到各个应用领域的内部,形成专题信息,比如暖通领域和工程管理领域。另外,还可根据实际需要进行扩展。

目前,在公路交通行业应用较多的 BIM 相关信息标准主要有:

(1) 开放式桥梁信息模型(OpenBrIM 2.0)。由美国联邦公路局和红方程公司联合开发的一种开放式桥梁信息模型标准。

(2) LandXML。一种描述地形、公路路线、管道系统和其他土地测量相关信息和开发的数据模型标准。

(3) 美国国家桥梁数据库(NBI)。主要包含桥梁的记录,如描述桥梁所有者权限、位置、路线功能分类、桥梁历史、设计标准、桥梁结构、桥梁跨径信息和一组预定义桥梁组件(包含桥面板、上部结构、下部结构、通道及涵洞等)。

(4) Bentley OpenBridgeModel。Bentley 系统软件公司 2015 年公布的一种桥梁信息建模标准,是 Bentley 公司 i-model 计划的一部分。

3. 制造业产品信息建模对交通 BIM 的启示

20 世纪 70 年代,制造业在 CAD 的应用中也开始了产品信息建模(Product Information Modeling, PIM)研究。产品信息建模的研究对象是制造系统中产品的整个生命周期,目的是为实现产品设计制造的自动化提供充分和完备的信息。研究人员很快注意到,除几何模型外,工程上其他信息如精度、装配关系、属性等,也应该扩充到产品信息模型中去,因此要扩展产品信息建模的能力。

制造业对产品信息模型的研究,也经历了由简到繁、由几何模型到集成化产品信息模型这样的发展阶段,其先后提出的产品信息模型有以下几种:面向几何的产品信息模型、面向特征的产品信息模型、基于知识的产品信息模型、集成的产品信息模型。特别是 STEP 的发布,对集成的产品信息模型的研究起了积极的推动作用,使 PIM 技术研究得到飞速的发展。

20 世纪 90 年代,美国波音公司研究应用 PDM 技术,完成了波音 777 飞机的无纸化设计与制造管理,美国福特汽车公司应用 C3P(CAD/CAE/CAM/PDM)技术成功研发了具有世界先进水平的产品开发系统。而 PDM 的核心技术就是 PIM 技术。PDM 系统能够管理产品全生命周期内的全部信息,就是依靠建立统一的、集成的产品信息模型来实现的。

如上所述,制造业的研究工作对建筑业产生了深远的影响。查理斯·伊斯曼教授在回忆他开始进行实体参数化建模研究时谈到,当时他的研究就是参考了通用汽车和波音公司 3D 实体建模的研究成果。他领衔编写的《BIM 手册》一书中也专门提到波音 777 飞机是如何实现参数化建模的。这充分反映了制造业信息建模研究对建筑业的影响。

目前在 BIM 领域里大放异彩的 Revit 系列软件,其核心始创团队与机械设计软件 ProEngineer 的核心始创团队是同一批技术人员。ProEngineer 是采用参数化设计的产品信息建模软件,在全球机械制造业中占据主流地位。从这里可以看到 PIM 技术对 BIM 技术的直接影响。

4. 软件开发商的不断努力实践

20 世纪 80 年代出现了一批不错的建筑软件。英国 ARC 公司研制的 BDS 和 GDS 系统,通过应用数据库把建筑师、结构工程师和其他专业工程师的工作集成在一起,大大提高了不同工

种间的协调水平。日本的清水建设公司和大林组公司也分别研制出了 STEP 和 TADD 系统,这两个系统实现了不同专业的数据共享,基本能够支持建筑设计的每一个阶段。英国 GMW 公司开发的 RUCAPS(Really Universal Computer Aided Production System)软件系统采用 3D 构件来构建建筑模型,系统中有一个可以储存模型中所有构件的关系数据库,还包含多用户系统,可满足多人同时同一模型上工作。以上软件的许多概念与现在 BIM 软件的概念是相同的。

随着对信息建模研究的不断深入,软件开发商也逐渐建立起名称各异的、信息化的建筑模型。最早应用 BIM 技术的是匈牙利的 Graphisoft 公司,他们在 1987 年提出虚拟建筑(Virtual Building, VB)的概念,并把这一概念应用在 ArchiCAD 3.0 的开发中。Graphisoft 公司声称:虚拟建筑就是设计项目的一体化 3D 计算机模型,包含所有的建筑信息,并且可视、可编辑、可定义。运用虚拟建筑不但可以实现对建筑信息的控制,而且可以从同一个文件中生成施工图、渲染图、工程量清单,甚至虚拟实境的场景。虚拟建筑概念可运用在建筑工程的各个阶段,设计、出图、与客户的交流和建筑师之间的合作。自此,ArchiCAD 就成为运行在个人计算机上最先进的建筑设计软件。

VB 的概念其实就是 BIM 的概念,只不过当时还没有 BIM 这个术语。随后,美国 Bentley 公司提出了一体化项目模型(Integrated Project Models, IPM)的概念,并在 2001 年发布的 MicroStation V8 中,应用了这个新概念。

美国 Revit 技术公司(Revit Technology Corporation)在 1997 年成立后,研发出建筑设计软件 Revit。该软件采用了参数化数据建模技术,实现了数据的关联显示、智能互动,代表着新一代建筑设计软件的发展方向。美国 Autodesk 公司在 2002 年收购了 Revit 技术公司,后者的软件 Revit 也就成了 Autodesk 旗下的产品。在推广 Revit 的过程中,Autodesk 公司首次提出建筑信息模型(Building Information Modeling, BIM)的概念。至此,BIM 这个技术术语正式得到推广。

三、BIM 在国外的概况

1. 美国

美国是最早推广 BIM 应用的国家,它的一些政府机构在 BIM 的应用方面也走得比较早。美国总务管理局(General Services Administration, GSA),在 2003 年就提出了国家 3D-4D-BIM 计划,鼓励所有的项目团队都执行 3D-4D-BIM 计划。GSA 要求从 2007 年起所有招标的大型项目都必须应用 BIM。美国陆军工程兵团(United States Army Corps of Engineers, USACE)在 2006 年制定并发布了一份 15 年(2006—2020 年)的 BIM 路线图,为 USACE 应用 BIM 技术制定战略规划。在该路线图中,USACE 还承诺未来所有军事建筑项目都将使用 BIM 技术。美国海岸卫队(US Coast Guard)从 2007 年起就应用 BIM 技术,现在其所有建筑人员都必须应用 BIM 技术。2009 年,美国威斯康星州政府成为美国第一个制定政策推广 BIM 的州政府,要求州内造价超过 500 万美元的新建大型公共建筑项目必须使用 BIM 技术。而得克萨斯州设施委员会(Texas Facilities Commission)也宣布对州政府投资的项目提出了应用 BIM 技术的要求。2010 年,俄亥俄州政府颁布了州政府的 BIM 协议,规定造价在 400 万美元以上或机电造价占项目总造价 40% 以上的项目必须使用 BIM 技术,该协议对 BIM 项目还给予付款上的优惠,并对相关程序、最终成果等作了规定。

美国是颁布 BIM 标准最早的国家,早在 2007 年就颁布了 NBIMS 的第一版,在 2012 年又发布了第二版。NBIMS 的制定,大大推动了美国建筑业 BIM 的应用,通过应用统一的标准,为项目的利益相关方带来了最大的效益。2007 年 8 月,NIST 发布了《通用建筑信息交接指南》(General Buildings Information Handover Guide,GBIHG),该指南已经作为一个重要的 BIM 资源在建筑设计和施工中应用。

2. 新加坡

新加坡也是世界上应用 BIM 技术最早的国家之一。20 世纪末,新加坡政府与世界著名软件公司合作,启动 CORENET(Construction and Real Estate NETwork)项目,用电子政务方式推动建筑业采用信息技术。CORENET 中的电子建筑设计方案审批系统 ePlanCheck 是世界上第一个用于这方面的商业产品,它的主要功能包括接受采用 3D 立体结构、以 IFC 文件格式传递设计方案、根据系统的知识库和数据库中存储的图形代码及规则自动评估方案并生成审批结果,其建筑设计模块可审查设计方案是否符合有关材料、房间尺寸、防火和残障人通行等规范要求;建筑设备模块可审查设计方案是否符合采暖、通风、给排水和防火系统的规范要求,保证建筑规范和条例解释的一致性、无歧义性和权威性。新加坡政府不断应用 BIM 的新技术来对 CORENET 进行优化和改造。新加坡国家发展部下属的建设局(Building and Construction Authority,BCA)于 2011 年颁布了 2011—2015 年 BIM 的路线图(Building Information Modelling Roadmap),其目标是到 2015 年,新加坡整个建筑行业广泛使用 BIM 技术,路线图对实施的策略和相关的措施都做了详细的规划。在 2012 年 BCA 又颁布了《新加坡 BIM 指南》(Singapore BIM Guide),以政府文件形式对 BIM 应用进行指导和规范,新加坡政府要求政府部门必须带头在所有新建项目中应用 BIM。BCA 的目标是,从 2013 年起工程项目提交建筑 BIM 模型,从 2014 年起要提交结构与机电的 BIM 模型,到 2015 年实现所有建筑面积大于 5000m² 的项目都要提交 BIM 模型。2015 年 8 月发布了《BIM 特定条款》2.0 版,同时也发布了一套指导说明,以突出介绍《BIM 特定条款》1.0 和 2.0 之间的变化及区别。在 BIM 技术的传承和教育方面,BCA 鼓励大学开始 BIM 相关课程,同时也投入了大量资源对建筑从业者进行 BIM 技术的再教育培训,并对行业内 BIM 学者设立了专业学位证书等奖项。此外,新加坡还积极举行 BIM 的相关比赛。2017 年 BCA 主办的 BIM 设计大赛就吸引了不同国家和地区 24 个组织、18 个机构参与角逐。可以说,新加坡 BIM 技术的高速发展,离不开新加坡政府部门的大力推动,以及企业、高校的大力配合,这和我国目前 BIM 技术的发展情况类似。

3. 韩国

韩国的多个政府机构对 BIM 应用推广表现积极。韩国国土交通部、海洋部分别在建筑领域和土木领域制定 BIM 应用指南,其中的《建筑领域 BIM 应用指南》已于 2010 年颁布。该指南是业主、建筑师、设计师等应用 BIM 技术时(必要条件、方法等)的详细说明的文件。土木领域的 BIM 应用指南也已立项,正在制订中。

韩国公共采购服务中心下属的建设事业局制定了 BIM 实施指南和路线图。具体的规划是在 2010 年选择 1~2 个属下的大型公共设施工程项目示范使用 BIM 技术;2011 年选择 3~4 个大型项目示范使用 BIM 技术;2012—2015 年 500 亿韩元以上建筑项目全部采用 4D(3D+成本管理)BIM 技术;2016 年全部公共设施项目使用 BIM 技术。据了解,目前韩国主流的建筑公司都已经采用 BIM 技术,如现代建设、三星建设、GS 建设、大宇建设、空间综合建筑事务所等

机构。

4. 澳大利亚

澳大利亚早在2001年就开始应用BIM技术,澳大利亚政府的合作研究中心(Cooperative search Centre, CRC)在2009年公布了《国家数字化建模指南》(National Guidelines for Digital Modelling),还同时公布了一批数字化建模的案例研究以加强读者对指南的理解。该指南致力于推广BIM技术在建筑各阶段的运用,从项目规划、概念设计、施工图设计、招投标、施工管理到设施运行管理,都给出了BIM技术的应用指引。

5. 英国

英国在2009年颁布了第一个BIM标准《英国建筑业BIM标准》(AEC(UK)BIM Standard),这是一个通用型的标准。在2010年和2011年又陆续颁布了AEC(UK)BIM Standard for Autodesk Revit和AEC(UK)BIM Standard for Bentley Product,后面这两个面向软件平台的BIM标准是通用型标准的有机组成部分,和通用型标准是完全兼容的,但其内容与软件平台紧密结合,因此更适合不同软件的用户。面向ArchiCAD, Vectorworks等其他软件平台的BIM标准也将陆续颁布,这些标准规定了如何命名模型、如何命名对象、单个组件如何建模、如何进行数据交换等,方便英国建筑企业从CAD向BIM的过渡。

英国正在改革政府建筑项目的建造过程,希望借着BIM技术达到更高的效率和降低使用成本。2011年5月,英国内阁办公室发布了《政府建设战略》(Government Construction Strategy),文件要求最迟在2016年实现全面协同的3D-BIM。并将全部项目和资产的信息、文件以及电子数据放入BIM模型中。英国除了制定BIM标准外,还将应用BIM技术把项目的设计、施工和运营融合在一起,期待在未来达到更佳的资产性能表现。

目前,英国有关BIM的法律、商务、保险条款的制定基本完成,英国政府正在部署英国CO-Bie标准的应用,要求该标准应用到所有的资产报告中。

四、BIM在国内的发展概况

1. 国家层面政策

针对BIM技术的应用和发展,我国住房和城乡建设部早在2011年就开始BIM技术在建筑产业领域的发展研究,并先后发布多条相关政策推广BIM技术,随后交通运输部、国务院等也相继发布了一些关于BIM的政策。

2014年住房和城乡建设部发布《建筑工程设计信息模型分类和编码标准》《建筑工程设计信息模型交付标准》《建筑工程信息模型应用统一标准》征求意见稿。

2015年5月交通运输部发布《对我国桥梁技术发展战略的思考》,研发基于BIM技术的桥梁设计、管养系统。

2015年6月住房和城乡建设部发布《关于推进建筑信息模型应用的指导意见》,明确提出推进BIM应用的发展目标,即“到2020年末,建筑行业甲级勘察、设计单位以及特级、一级房屋建筑工程施工企业应掌握并实现BIM与企业管理系统和其他信息技术的一体化集成应用。到2020年末,以下新立项项目勘察设计、施工、运营维护中,集成应用BIM技术的项目比例达到90%;以国有资金投资为主的大中型建筑;申报绿色建筑的公共建筑和绿色生态示范小区。”

2016年8月住房和城乡建设部发布《2016—2020年建筑业信息化发展纲要》。