

建筑工程

虚拟施工技术与实践

周 勇 姜绍杰 郭红领 著

中国建筑工程出版社



工程虚拟施工 技术与实践

周 勇 姜绍杰 郭红领 著



中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程虚拟施工技术与实践/周勇, 姜绍杰, 郭红领著.

北京: 中国建筑工业出版社, 2013. 5

ISBN 978-7-112-15342-8

I. ①建… II. ①周…②姜…③郭… III. ①数字技术-应用-建筑工程-工程施工 IV. ①TU7-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 072256 号

虚拟施工技术和建筑信息模型(BIM)被认为是建筑业发展的方向, 将持续改变建筑业的传统思维与工作方式, 从而提高建筑业的生产效率。虚拟施工技术是 BIM 的延伸, 即将 BIM 与模拟技术集成应用于施工阶段, 为施工管理与决策提供支持。

本书既对虚拟施工技术理论进行了深入、系统地剖析, 还结合现有软件平台进行了虚拟施工技术主要功能定制、开发与应用, 并总结了香港将军澳体育场和香港屯门警察宿舍两个项目的应用与实施经验, 提供了这两个项目在三维模型建立、设计检测分析、施工模拟分析、知识管理等方面的具体应用数据。

本书既适用于 BIM 及虚拟施工技术相关的科研人员与建筑业从业人员, 也适用于相关软件技术研发人员、咨询行业人员及大中专院校学生。

* * *

责任编辑: 赵晓菲

责任设计: 张 虹

责任校对: 张 颖 王雪竹

建筑工程虚拟施工技术与实践

周 勇 姜绍杰 郭红领 著

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京天成排版公司制版

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 13¼ 字数: 258 千字

2013 年 6 月第一版 2013 年 6 月第一次印刷

定价: 35.00 元

ISBN 978-7-112-15342-8

(23359)

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)

序

建筑工程虚拟施工，顾名思义，就是利用现代信息技术虚拟再现建筑工程施工环境和过程，为项目各方提供安全、高效和低成本的决策和管理支持。本书的内容不仅体现了中国文化对虚和实的深刻理解，也是作者们从事虚拟施工理论研究和实践的良好总结。虚拟施工是建筑信息模型(BIM)技术的扩张；它一半是虚，一半是实。只有充分理解了中国文化中虚和实的关系，才能真正体会和掌握这项新技术。虚和实的关系，既对立，又共存。在虚拟施工技术实施中，电脑模拟的过程是虚，用模拟结果指导施工实践却是实。所以，虚拟施工包含了“化实为虚，变虚为实”两个过程。具体而言，3D、4D、5D乃至 n D建筑虚拟技术为设计和施工管理者提供了一种直观形象的虚拟环境和信息载体，这使得许多从前在设计和施工中经常出现的问题可以在这个虚拟环境里进行推演，将可能的解决方案进行比较和优化。而这个过程以前是没有的，必然会导致设计、施工成本少量增加，所以它是在做加法。反之，用模拟结果指导施工实践的过程是实的。如果建设与施工单位能深入理解、共同参与、密切配合，执行由虚拟施工推演得出的解决方案，将会显著降低工程成本，缩短工期，减少质量、安全事故和材料浪费，降低能耗，这会为施工项目带来可观经济效益，因此它又是在做减法。正是这种“虚实相生”的思想，使得虚拟施工技术在建筑工程项目中发挥着越来越重要的作用。

学习和实施虚拟施工技术的过程，也是重温和领悟中国文化中虚实关系的过程。这本书以“虚拟施工”为命题，剖析了“虚实相生”的深奥哲理，为建筑工程项目管理提供了新的方向，势必对建筑业的发展与变革产生深远的影响。我强力推荐。



香港理工大学建筑信息学讲座教授

2013年3月20日

前 言

近年来,大型复杂建筑工程项目不断涌现,其设计与施工复杂化程度较高,传统的设计与施工管理方式已远远满足不了这一需求,从而导致建筑业生产力水平低下。当前,建筑信息模型(BIM)和虚拟施工技术被认为是建筑业发展的方向,将持续改变建筑业的传统思维与工作方式,从而提高建筑业的生产效率。虚拟施工技术是BIM的延伸,即将BIM与模拟技术集成应用于施工阶段,为施工管理与决策提供支持。然而,在这方面的研究成果及参考资料还不足够,特别是在中国相关研究与应用还处于初期阶段。在模拟技术方面,主要关注进度模拟,较少考虑对施工资源的模拟;在推广应用方面,行业还缺少成功的案例与经验。这直接影响了BIM及虚拟施工技术应用广度与深度。为此,“建筑工程虚拟施工技术模拟机理研究与应用”被纳入国家“十一五”科技支撑计划重点项目“建筑业信息化关键技术研究与应用”中,列作单独子课题,开展了富有成效的研究。

结合国家“十一五”科技支撑计划项目的研究成果,本书对我国建筑工程虚拟施工模拟原理及应用研究成果进行了总结与拓展,以期望为我国建筑业大力推广虚拟施工技术提供参考,从而加快虚拟施工技术在我国的建筑工程项目中的应用进程,进一步提高虚拟施工技术的应用效益,有效地控制建筑项目的质量、工期、成本、环境和安全问题。

本书提出了虚拟施工技术的概念框架,进而系统阐述了其模拟机理,包括三维建模机理、施工资源模拟机理和施工过程模拟机理,并将施工资源模拟、进度规划模拟与施工过程模拟进行了有效集成。同时,还提出了基于遗传算法的工期—成本优化模型,用于成本优化分析;介绍了基于DELMIA平台进行的相关模拟功能定制、开发与测试情况。另外,本书给出了两个应用案例,以展示虚拟施工技术的适用性和有效性,并总结了虚拟施工技术应用的成功经验。通过相关测试和实际应用表明,本书提出的模拟机理模型及其功能,可应用于实际建筑工程项目以辅助施工过程及资源的分析、优化与管理,达到了预期目标。

本书总结了作者多年来在虚拟施工技术研究与实践方面的经验,兼

顾了理论与实践。因此,本书既适用于 BIM 及虚拟施工技术相关领域的研究人员(包括大中院校、科研院所研究生和本科生),又适用于建筑业相关从业人员(包括政府、开发商、承建商等)、相关软件技术研发人员、咨询行业从业人员等。对于研究与开发人员,本书意在提供虚拟施工技术研究思路;对于行业从业人员,本书意在提供虚拟施工技术应用思路、方法与经验。

在本书即将完成之际,衷心感谢国家“十一五”科技支撑计划本课题组成员对本研究的重要贡献,特别是香港理工大学李恒教授、黄霆博士、陈镜源博士、陈景进博士和钟锦雄先生,中国建筑国际集团有限公司刘群英先生、何军博士、刘亚平先生和黄江先生,是他们的大力支持才使得本课题顺利完成。同时,感谢中国建筑国际集团有限公司之将军澳体育场项目组和屯门警察宿舍项目组人员,是他们的大力支持使得虚拟施工技术应用得以成功实施,为本书提供了精彩的案例。

我们真诚希望本书的出版能为业界就虚拟施工技术研究、推广与应用提供更多的参考,以加快虚拟施工技术在我国的推广步伐。

本书为研究成果与实践经验的总结,作为一家之言,难免存在值得商榷之处,欢迎广大读者提出宝贵意见。

著者

2013 年 3 月 7 日

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 虚拟施工技术的产生	1
1.2 国内外相关研究与应用现状	4
1.2.1 BIM	4
1.2.2 4D/ n D	6
1.2.3 虚拟施工	7
1.3 术语界定	8
1.4 内容简介	9
第 2 章 虚拟施工技术基本理论	11
2.1 虚拟施工技术的需求	11
2.1.1 建筑产品及施工特点	11
2.1.2 施工组织与管理方法	13
2.1.3 建筑设计多样化和复杂化趋势	14
2.2 虚拟施工的理念	14
2.3 虚拟施工技术概念模型	15
2.3.1 虚拟施工关键因素	15
2.3.2 虚拟施工技术概念模型	16
2.4 虚拟施工技术操作流程	17
2.5 设计与开发理念	18
2.5.1 自下而上的理念	18
2.5.2 自上而下的理念	19
2.6 虚拟施工支撑技术	20
2.6.1 数字化技术	20
2.6.2 三维可视化技术	21
2.6.3 计算机模拟技术	22
第 3 章 三维建模机理	24
3.1 三维建模范畴	24
3.1.1 建筑产品	24

3.1.2	施工设备	25
3.1.3	临时设备设施	26
3.1.4	人力资源	26
3.2	三维建模基础	27
3.2.1	参数化建模技术	27
3.2.2	自上而下设计方法	28
3.3	三维建模机理	29
3.3.1	构件建模	29
3.3.2	产品建模	33
3.4	三维建模案例	35
3.4.1	典型建筑构件模型	35
3.4.2	典型施工资源模型	36
第4章	施工设备模拟机理	38
4.1	施工资源模拟范畴	38
4.2	施工设备模拟基本要素	38
4.2.1	设备三维模型	39
4.2.2	设备空间定位	39
4.2.3	设备模拟机制	39
4.3	施工设备构件模拟配置	39
4.3.1	约束设置	39
4.3.2	属性参数配置	44
4.4	施工设备空间操作机制	45
4.4.1	空间坐标变换概述	45
4.4.2	设备空间操作机制	48
4.5	塔吊案例分析	49
第5章	施工过程模拟机理	51
5.1	施工过程模拟范畴	51
5.1.1	工程施工概述	51
5.1.2	施工模拟范畴	52
5.2	施工过程模拟机制	52
5.2.1	工作分解结构	52
5.2.2	基于 WBS 的过程模拟机制	54
5.3	基础模拟活动	55
5.4	基础活动操作	57

5.5 时间线	58
第6章 建筑工程工期—成本优化技术	60
6.1 工期—成本优化问题	60
6.2 工期—成本优化模型	61
6.2.1 基本假设	61
6.2.2 优化模型	61
6.3 工期—成本优化算法	62
6.3.1 优化算法选择	62
6.3.2 适应度函数	63
6.3.3 染色体编码和解码	63
6.3.4 种群规模	63
6.3.5 选择、交叉及变异算子	64
6.3.6 迭代终止原则	64
6.4 工期—成本优化过程	65
6.5 优化技术初步测试	65
第7章 虚拟施工技术功能定制、开发与测试	68
7.1 虚拟施工技术架构定制	68
7.2 过程模块定制与开发	69
7.2.1 基础活动定制与开发	69
7.2.2 活动操作功能定制与开发	70
7.3 施工设备资源库	72
7.4 虚拟施工技术功能测试	73
7.4.1 建筑三维建模	74
7.4.2 模拟功能测试	74
第8章 虚拟施工技术实践方法	77
8.1 适用范围	77
8.1.1 适用项目	77
8.1.2 适用阶段	77
8.2 实施过程	78
8.2.1 确定实施目标	78
8.2.2 确定实施范围	79
8.2.3 制定进度计划	80
8.2.4 建立实施团队	81
8.2.5 实施流程控制	82

8.3 主要功能与成效	83
8.3.1 优化建筑项目设计	83
8.3.2 优化施工过程	84
8.3.3 优化施工管理活动	85
8.3.4 应用成效	85
8.4 实施障碍与建议	86
8.4.1 实施障碍	86
8.4.2 实施建议	87
第9章 案例一：香港将军澳体育场	89
9.1 项目简介	89
9.2 三维模型建立	90
9.3 设计检测分析	95
9.3.1 建筑设计与结构设计冲突检测	95
9.3.2 结构设计与 BS 设计冲突检测	100
9.3.3 建筑设计与 BS 设计冲突检测	123
9.3.4 观众台坐席视线模拟测试	123
9.3.5 观众台侧灯柱设计检测	130
9.3.6 天桥拆除临时支撑设计检测	130
9.3.7 其他三维建模分析	131
9.4 施工模拟分析	138
9.4.1 天桥拆除过程模拟	138
9.4.2 V 形柱安装过程模拟	145
9.4.3 屋顶结构安装过程模拟	153
9.5 基于虚拟施工技术的知识管理	162
9.5.1 设计知识管理	162
9.5.2 施工知识管理	164
9.6 应用效果	164
第10章 案例二：香港屯门警察宿舍	166
10.1 项目简介	166
10.2 三维模型建立	166
10.3 设计检测分析	168
10.4 施工模拟分析	169
10.4.1 打桩模拟分析	169
10.4.2 挖土方模拟分析	170

10.4.3 非标准层施工过程模拟分析	185
10.4.4 标准层施工过程模拟分析	185
10.5 应用效果	197
参考文献	198
后记	200

第 1 章 绪 论

近年来,建筑业的发展面临前所未有的机遇和挑战。将高新技术应用于建筑业,是迎接机遇和挑战、推进建筑业高速健康发展的重要支撑手段。虚拟施工技术(Virtual Construction, 即 VC)则是高新技术与施工过程有效结合方式之一,将为建筑业的发展提供新的动力。本章将介绍虚拟施工技术的产生背景、国内外发展现状,同时对相关术语进行界定。

1.1 虚拟施工技术的产生

随着建筑工程项目设计与施工复杂化程度的日益加剧,特别是大型工程项目的不断涌现,传统的设计与施工管理方式已满足不了这一要求,因而设计及施工问题也大幅度增加,如设计冲突、施工安全等问题,这直接影响到建筑业的生产效率。近 40 年来,无论国内还是国外,建筑业的生产力水平都不断下降。例如,美国的生产力水平近年来持续大幅度下降(图 1.1),日本的建筑业生产力水平也在下降(表 1.1)。而恰恰相反,制造业的生产力水平却在逐年上升。这不得不让我们重新思考建筑业的发展方向。反观制造业之所以取得如此辉煌的成就,归根于新的管理思想[如即时生产 Just-In-Time (JIT), 供应链管理 Supply Chain Management (SCM), 精益生产 Lean Production (LP), 全面质量管理 Total Quality Management (TQM)等]和高新信息技术(如模拟技术、可视化技术、自动控制技术等)的引入,二者相辅相成地改善了制造业的生产管理思想和方式。在这方面,建筑业则远远落后于制造业,尽管也采用了一些信息技术,如管理信息系统、CAD(Computer Aided Design)等,但没有从根本上改变建筑业的管理思想。因此,学习制造业的成功经验,将高新信息技术及新的管理理念引入建筑业是建筑业的发展方向,也是迎接建筑业面临的发展机遇与挑战的重要手段。

在上述背景下,虚拟施工技术应运而生,被业界认为是施工过程管理手段发展的必然趋势。虚拟施工技术融合了数字化技术、可视化技术及模拟技术,提供了一个基于计算机的虚拟平台或环境,基于此平台可

对施工过程进行模拟、分析与优化,从而有效地优化资源(包括人、材、机等)配置、减少返工、降低成本、缩短工期及减少风险。

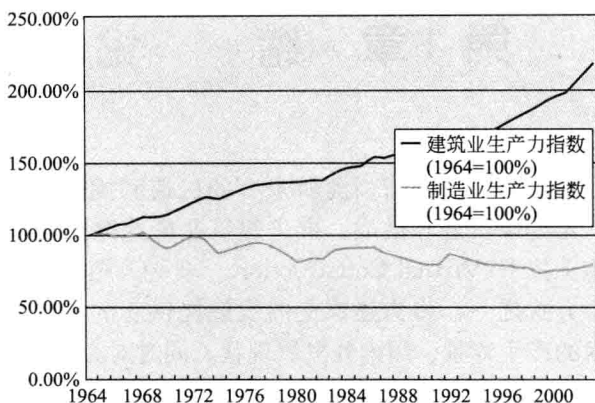


图 1.1 美国建筑业与制造业生产力指数(1964~2003)¹

日本建筑业与制造业劳动生产力比较(日元/人/时)²

表 1.1

年份	制造业	建筑业
1990	3531	3714
2004	5131	2731

虚拟施工技术的产生与发展大致可分为以下三个阶段:

第一阶段(1980~1995年): 三维(three-dimensional, 即 3D)可视化技术、建筑信息模型(Building Information Modeling, 即 BIM)的产生及在建筑业中的尝试应用。

在 20 世纪 80 年代,随着计算机技术、图形技术与信息技术的发展,三维可视化技术得以实施。三维技术通过基于计算机的虚拟空间,可以形象地描述与表达物体的空间形态与位置,从而改变了传统的二维(two-dimensional, 即 2D)的表达方式,方便了人们的意思表达与沟通。由三维技术演化出的三维动画,目前已广泛应用于生产、生活中,如教育、娱乐、医学、军事、生产制造等。三维技术在建筑业中也得到了相应的应用,如建筑设计效果图制作等。三维技术也是虚拟施工技术产生与实施的基础,即依赖于建筑三维模型。

BIM 技术可以看做是三维技术在建筑项目中应用的延伸,其不仅考

¹ 来源于美国劳动统计局商务部。

² 来源于日本承建商联盟出版的《2006 年建筑业手册》。

虑了建筑的空间尺寸,还涉及了建筑相关的其他因素,如材料、构造等信息,并可进行建筑性能分析。另外,BIM技术专门服务于建筑业,因此在建筑业的推广速度较快。

第二阶段(1995~2005年):四维(four-dimensional,即4D)技术、虚拟施工技术产生并在建筑业中逐步应用,也是三维可视化技术、BIM技术应用的深化。

四维是指在三维模型的基础上增加时间维度,即3D+时间。4D技术实现了随着时间推移三维模型状态的动态显示。4D技术可以看做是虚拟施工技术的基本表现形式,即将建筑三维模型与工程进度计划联结在一起,从而实现建筑工程项目进度的模拟分析。尽管4D技术动态显示了施工的进度安排,但仍难于满足施工规划与管理的需求。在这种情况下,虚拟施工技术得到了进一步完善,即不仅考虑进度安排,而且涉及了施工资源、空间布置等因素,逐步向真实施工靠近,为施工过程的有效模拟提供了有效的支撑平台。

第三阶段(2005年至今):虚拟施工技术和BIM应用趋于深化、广化。

近年来,随着计算机技术、信息技术、网络技术的快速发展,BIM技术和虚拟施工技术在功能上不断得到完善,特别是基于网络技术及云计算技术的应用研究与开发得到较高的重视,应用推广速度也在逐步加大。目前,虚拟施工技术和BIM技术不仅在发达国家得到了广泛应用,在我国也得到空前的重视。

虚拟施工技术在发达国家研究与应用较早,而我国在这方面的研究及应用仍处于起步阶段,尤其在我国内地成功应用案例仍不多见。然而,近年来我国建筑业发展十分迅速,建筑业年总产值快速增长,且大规模的、复杂的建筑项目越来越多,新技术、新材料、新工艺也不断出现。同时,国家科技部将“建筑业信息化关键技术研究与应用”纳入“十一五”国家科技支撑计划重点项目。这些都为我国虚拟施工技术的发展带来了机遇。目前,在我国一些大型、地标性建筑中,虚拟施工技术已得到尝试应用。虚拟施工技术已初步显示出其强有力的作用,如辅助控制工期、施工过程等。

本书结合“十一五”国家科技支撑计划重点项目“建筑业信息化关键技术研究与应用”的研究成果,对我国建筑工程虚拟施工模拟原理的描述与分析,以及对成功案例的剖析,期望为我国建筑业(包括政府、开发商、承建商、咨询方等)大力推广虚拟施工技术提供参考,从而加快虚拟施工技术在我国建筑工程项目中的应用进程,进一步提高虚拟施工技术的应用效益,有效地控制建筑项目的质量、工期、成本、环境和安全问题。

1.2 国内外相关研究与应用现状

虚拟施工技术相关的研究与应用主要涉及建筑信息模型(BIM)、四维(4D)/ n 维(n -dimensional, 即 nD)及虚拟施工(VC)等方面, 本书也主要分析这三方面的国内外研究与应用现状。

1.2.1 BIM

BIM的思想产生于20世纪70年代^[1], 据文献记载1974年卡耐基麦隆大学的Chuck Eastman(现任佐治亚理工学院的教授)提出的“Building Description System”(建筑描述系统)^[2], 其理念类似于现有的BIM。而“Building Information Modeling”一词则是由G. A. van Nederveen和F. Tolman于1992年首次提出, 后来Phil Bernstein(现任职于Autodesk公司)首次将其用作为“BIM”^[3]。之后著名建筑业界评论家Jerry Laiserin对BIM进行了卓有成效的宣传与推广。但直至目前, BIM还没有一个统一的定义。下面列举了一些具有代表性的定义:

1. 美国国家BIM标准(National Building Information Modeling Standard, NBIMS)委员会

BIM是一个设施物理特性和功能特性的数字化表达。它作为该设施相关信息共享的知识资源, 为该设施从概念设计至拆除的全寿命周期过程中所有决策提供可靠的依据。

2. 佐治亚理工学院BIM课题组

BIM是生产和管理建筑生命周期内数据的过程。这个过程将生成一个建筑信息模型(Building Information Model)。

3. Autodesk

BIM是一个建筑设计、施工和管理的方法。它支撑了项目设计范围、进度计划和成本等信息的即时或持续的适用性, 同时这些信息的质量、可靠度和集成度较高, 且便于全面协调。尽管BIM本身不是一个技术, 但它需要不同技术的不同程度的支持。

4. 香港理工大学和清华大学BIM课题组

BIM是一个以数字化技术和可视化技术为基础, 集成和管理建筑项目生命周期内相关信息的方法。同时, 它服务于建筑项目生命周期内各个阶段、各个参与方。

采用BIM技术可以建立BIM模型, 其集成了建筑、结构、机电设备等三维信息模型, 同时集成了其他与建筑项目有关的信息, 如材料、成

本等,如图 1.2 所示。目前,BIM 建模技术发展相对较快,其解决方案主要有 Autodesk 公司的 Revit Series, Bentley 公司的 Architecture, Graphisoft 公司的 ArchiCAD, Gehry Technologies 公司的 Digital Project, 以及国内的 PKPM 等 BIM 软件。



图 1.2 某建筑项目的 BIM 模型

BIM 技术在欧美及中国香港等发达地区应用较早,并建立了相应 BIM 执行标准,如美国国家 BIM 标准(National BIM Standard)、英国建筑业 BIM 标准(AEC (UK) BIM Standard)和中国香港的 BIM 标准手册(BIM Standards Manual)等。BIM 成功案例较多,如美国的纽约美国体育馆(Yankees Stadium)、英国的 Pinnacle Tower、芬兰的上海世博会国家馆、香港的将军澳体育场、香港的 OIE 办公楼等。特别是在香港,特区政府对 BIM 的推行力度较大,将应用 BIM 的要求加入大型工程合同内,香港房屋署每年都在加大 BIM 在香港公屋建设中的应用广度和深度。近年来,BIM 在我国内地也得到快速发展,目前我国也在制定 BIM 执行标准。相关应用案例,如上海世博会中国国家馆、上海世博会文化中心、深圳世界大学生运动会主场馆等。

BIM 技术有效地实现了建筑设计的三维表达,并集成了建筑相关信息。一方面,有助于设计人员直观分析工程项目设计的性能和问题,如设计冲突、能耗分析等;另一方面,可以帮助项目各方理解建筑设计情况,便于业主、设计方、施工方、管理方等多方沟通与协作等。BIM 模型是一个静态的信息模型,为虚拟施工技术的实施提供了前提保障,即提供了可视化信息模型,用于实现施工资源及施工过程的模拟分析。

1.2.2 4D/nD

4D(3D+时间)技术是将时间引入三维模型,即将三维模型与工程进度计划联结在一起,从而实现建筑工程项目进度模拟分析,如图 1.3 所示。4D 技术起初由美国斯坦福大学 CIFE(Center for Integrated Facility Engineering)于 1996 年提出,同时推出了 4DCAD(Martin Fischer^[4]为其主要代表)。该系统将建筑物结构构件的三维模型与已有进度计划的各种工作相对应,建立各构件之间的继承关系及相关性,最后动态地模拟这些构件的变化过程。1998 年,CIFE 发布了新的应用系统 4D-Annotator。该系统实现了技术与决策支持系统的有机结合,并借助 4D 显示功能,使管理者能够直观地发现施工场地中潜在的问题,从而大大提高了对施工状况的感知能力。比较有代表性的 4D 技术研究还有英国 Strachclyde 大学 PROVISOYS 模型和 South Bank 大学的建筑后期维护 4D 模型。1997 年,英国 Strachclyde 大学的 Adjei-Kumi 和 Retik^[5]提出了 PROVISOYS 控制模型,其生成的模型更为接近于施工项目的实际情况。同年,英国 South Bank 大学的 Rad 和 Khosrowshahi^[6]建立了一个建筑物后期维护 4D 模型,通过建立建筑物三维模型随时间变化的光照模型和材质模型,产生 4D 的模拟图像,为建筑物维护期的研究提供了新的途径和方法。我国的专家和学者在这方面也进行了相关研究,如清华大学的张建平教授将 4D 技术用于建筑项目施工管理^[7,8]。当前,有关 4D 技术的商业软件也较多,如 Autodesk 公司的 Navisworks、Visual Engineering 公司的 Visual Project Scheduler、Common Point 公司的 Common Point Project 4D、Intergraph 公司的 SmartPlant Review、VirtualSTEP 公司的 4DProject Navigator 等。



图 1.3 某建筑工程的 4D 进度模拟