

文章编号:1000-582X(2006)09-0152-04

# 利用五维建筑模型构建创新工程项目管理模式\*

任宏,赵冬

(重庆大学建设管理与房地产学院,重庆 400045)

**摘要:**针对在设计、工程和建造(Architecture, engineering and construction, AEC)领域,计算机技术应用越来越广泛的现状,以计算机虚拟技术的发展为背景,结合建筑工程管理实践,提出了集成“三维模型+时间+成本”的五维模型的项目管理模式,阐述了该管理模式的技术背景和发展趋势,其在项目建设中的应用,以及对范围、进度、成本、资源和信息管理等方面的作用.并以国内具体工程实践为例,介绍了建模和管理的过程,证明这是一种能够提高效率、减少浪费的管理模式.

**关键词:**五维;建模;工程管理;虚拟施工

**中图分类号:**TU72

**文献标识码:**A

当代的建设项目是一项占用大量时间、费用和技术综合工程,要求项目管理者在规定的时间和限定的成本范围内对工程进行全面、全过程的计划与控制.然而,中国现行的工程管理实践仍主要依赖平面图纸、手工核算等传统方式和技术进行设计、施工和管理,不仅效率低,而且容易造成人力、物力和财力的浪费.逐渐成熟的计算机技术,在静态三维建模、施工计划编制、成本核算以及电子文档管理等工程领域的应用都发挥了较好的作用,不过,以上种种零散的应用还不够系统化,不能满足建筑施工的实际需求.如何更有效地利用计算机资源来高效、全面地管理工程项目是计算机和建筑学科中的一个研究热点.在虚拟技术的支持下,利用“三维模型+时间+成本”相结合的五维(5D)模型来实现对项目进行动态、实时、综合的管理将是今后项目管理的发展方向之一.

## 1 实现5D建筑项目管理的技术背景

### 1.1 计算机虚拟技术及其在工程中的应用

虚拟技术产生于20世纪80年代,是伴随计算机科学的发展而逐渐兴起的一项新技术.1989年,美国人Jaron Lanier综合了当时涌现出的各种借助计算机以及感应装置来创建三维可视化环境的技术,提出了虚拟现实(Virtual Reality)的概念<sup>[1]</sup>.虚拟现实汇集了计算机图形学、计算机仿真技术、显示技术、传感技术、多媒体技术,以及人工智能技术等的优势,在多维空间

上建立了一个直接、真实的可视化虚拟环境,因其拥有良好的交互性和浸染性,迅速成为科学界和工程界研究和讨论的热点.

虚拟技术在建筑工程中的应用是从建立3D模型开始的.当时的设计人员为了与专业技术人员、业主取得良好的交流,利用计算机将图片、图纸、素描等平面资料转换为全景画面,进而建立了更具立体感的三维模型,取得了较好的效果<sup>[2]</sup>.尽管这种建模方法逐步拓展到了后期评价和维护阶段,但这仅仅是虚拟技术的初级应用,是一种独立于设计的建模活动,它只能将真实的建筑从形态上进行大致模拟,不但精度不高,而且时间周期长,不易变更,对工程管理的帮助更是微乎其微.

### 1.2 从“三维”模型向“五维”模型的发展

20世纪90年代,计算机辅助设计技术(CAD)的发展给建筑设计行业注入了全新的活力.建筑师逐渐从传统纸笔绘图转向了计算机辅助制图,建筑图纸的标准化和准确化都得到了明显的提高.在3D建模技术和CAD技术的基础上,三维辅助设计技术(3D-CAD)开始诞生并逐渐应用到建筑工程设计和实践中.这种基于工程设计图纸的3D模型,虚拟效果的精度和真实度都得到了极大的提高,并能够根据图纸的调整自动做出相应变化,不仅有利于设计师的创作,还节约了人力、物力和时间.在建筑施工中,由于2D和3D的模型都难以描述建筑物随时间的变化以及各工

\* 收稿日期:2006-04-21

作者简介:任宏(1955-),男,重庆人,重庆大学教授,博士生导师,主要从事工程管理建筑经济、房地产开发的研究.

序间复杂的内在联系,于是1996年美国斯坦福大学CIFE(Center for Integrated Facility Engineering)在3D模型的基础上附加时间因素,提出了4D-CAD概念,并开发了相应的4D-Annotator系统<sup>[3-4]</sup>。3D模型与施工进度计划相互连接,动态、生动地展现建设的全过程,又被称作虚拟施工技术。

成本的计划和控制是建筑项目管理中的一个重点,利用4D技术和对象技术(Object Technology)的结合,便能实现对成本费用实时模拟和核算,即通过构建5D模型来实现。整个5D模型集3D立体模型、施工组织方案、成本及造价等3部分于一体。VR技术及相关软件,如ArchiCAD<sup>®</sup>等能够实现对建筑图纸的立体建模。通过3D模型中各个部件的分解以及与项目管理软件中网络计划的对接,可以实现3D模型与进度计划的互动,使3D模型能够按照计划安排和实际进度进行显示。对象技术赋予了模型中墙、板、柱、梁、屋顶、门窗、地面等不同真实构件多种信息,每个样式的具体构件都含有其尺寸、材质、风格、密度、价格以工法等属性参数,通过构件对象与3D模型的对接,便能准确的计算出所需的工程量和造价。整个5D模型是目标建筑在时间、空间和资金上的集成,同时也反映出了建筑在各维度上的相互作用。

## 2 5D建模技术在工程项目管理中的应用

建筑项目是复杂、耗时的任务<sup>[5]</sup>。项目从计划到最终完成经过了多个阶段,较长的周期使得其管理的难度加大,对管理者的要求也更高。而在5D建模技术及软件的支持下,可视化的动态模拟效果为项目参与各方提供了全面快速的工程信息,同时也为实现工程全生命周期管理提供了工具。

### 2.1 各个阶段工程管理效率的提升

1)项目决策阶段。三维模型将人们脑海中的构思转变成了较为直观的项目图形,形象地描述了拟建项目区位、外形、构造、色彩、采光、通风、景观等特征,为项目的决策人提供了更全面和真实的决策依据。

2)项目设计阶段。设计阶段的成果决定了整个项目80%的结构、功能和费用,是项目全生命周期管理的重点环节。传统的设计流程是建筑设计师、结构工程师、环境工程师、造价工程师等人员按照先后顺序,在前一工作完成的基础上进行后续设计,而现在他们却可以同步对5D模型进行协同设计,不仅极大地节约了时间,有利于突破思维局限,还便于发现设计中的漏洞和失误,并使其在设计阶段就得到及时的修正。

3)项目施工阶段。在招投标期间,5D模型基础上的造价估算和施工模拟为科学招标和评标提供了有力

依据。在施工期间,工程的变更能够及时地反映到5D模型中,并清晰地显示出对进度、成本的影响以及施工图纸的变化,减少因变更而产生的合同纠纷和工期延误;同时,5D模型为参与各方提供了一个平等、客观、互动的平台:施工员能多角度地明确自己的任务,监理人员能直观感受工程状态,管理者能更宏观地把握现场的布置和机具、人员的统筹。

4)项目使用及维护阶段。运用了交互式场景技术的5D模型为业主提供了身临其境的感受,让管理人员了解了建设过程并熟悉了建筑内隐蔽部分的构造,为日后的维护和检修工作提供了便利。

### 2.2 工程管理实施手段的优化

1)范围及进度管理。合理地对项目进行结构分解和功能定义是范围管理的核心,也是整个项目管理的起点。由于5D模型本身就是一个由各个构件组成的整体,所以范围系统其实在设计阶段就已经建立。5D模型将网络计划中的信息直接体现到三维虚拟空间之中,管理者能够直接监控施工作业区域、计划完成情况以及人机状态,从而采取及时的控制措施。

2)造价及资源管理。工程造价的繁琐之处在于工程量的计算复杂,使得造价时间长且不易变更<sup>[6]</sup>。对象技术和数据库技术使得工程量及成本信息能够快速且准确的获得;同时,通过对构件价格或价格范围的限定,能动态地进行成本分析和预测。计划调整后,系统所链接的项目管理软件能自动对人员、设备等资源进行优化配置,并将场地布置等信息反映在虚拟环境中。

3)沟通及信息管理。5D模型系统是一个蕴含了大量数据的系统工程,一方面,参与各方均能通过这个平台进行信息交流,甚至分布式协同作业,另一方面,模型能将信息以施工图、进度计划、工程量清单、成本核算分析报告等多种形式输出,减少了信息在传递过程中的遗漏和失真。

## 3 工程应用实例

在国外,一些大型设计和建筑企业一直致力于虚拟设计和建造的研究,并有较广泛的应用。比如,世界500强企业日本鹿岛建设集团坚持在工程破土动工前利用5D模型来对拟建工程进行模拟,并从中发现设计的失误和施工的重点。鹿岛建设欧洲公司在英国牛津的Accordia住宅项目,在模拟中单单一个设计漏洞的发现就为工程节约了25万英镑。

在国内,5D建模,甚至3D设计的应用都不广泛,大多建筑项目仍然沿袭传统的平面图纸式二维模式进行操作。最近,北京某在建写字楼项目尝试使用Virtual

Construction<sup>7</sup>, P3 等软件进行 5D 模型工程管理. 整个 5D 建模任务由建筑工程师、结构工程师、造价工程师和计算机程序工程师等 4 人, 在 10 d 内完成(见表 1).

表 1 建立 5D 模型时间分配表 d

工作	时间
工作前准备及交底	1
构建 3D 模型	4
链接工程造价及概预算	2
链接施工计划及模拟施工	1
设计漏洞检查及处理	1
材质及环境设置	1
总计	10

建模过程中以下述 3 项工作为重点:

1) 建立 3D 模型. 如果原设计人员使用 3D - CAD 软件进行设计的话, 这个步骤就已经在图纸设计时期就完成了. 但是, 本项目的施工图是由 AutoCAD 绘制的 DWG 格式文件, 因此需要利用 Virtual Construction<sup>TM</sup> 软件对原文件进行相应设置后将其转换为 3D 施

工图.

2) 标准构件设置. 在 3D 设计模型的基础上对建筑内每个构件进行独立设置, 使之成为能指导实际工程建造的 3D 施工模型. 比如, 要定义设计图纸中某个具体的柱子的混凝土强度、规格、钢筋绑扎方式、配筋、模板、外墙装饰材料、施工工艺等具体信息, 并按部件种类附上单价和费用消耗系数, 使模型丰满化、逼真化.

3) 链接施工计划. 将工程量以日为单位进行结构分解(Work Breakdown Structure, WBS), 并将网络计划、资源配置联系到模型中每个部件和工作任务.

如图 1 所示, 集成了结构、费用和工序后的 5D 模型, 能在时间序列上按预定的计划进行工程状态、场地状态和费用支出的模拟与信息输出, 整个施工情况一目了然, 任何变更引起的变化能快速映射到工程的相应部分, 任意视角和类型的图纸也能随时导出, 仅此便预计可以节约 2% ~ 3% 的工程造价, 同时也为日后的现场管理提供了便利.

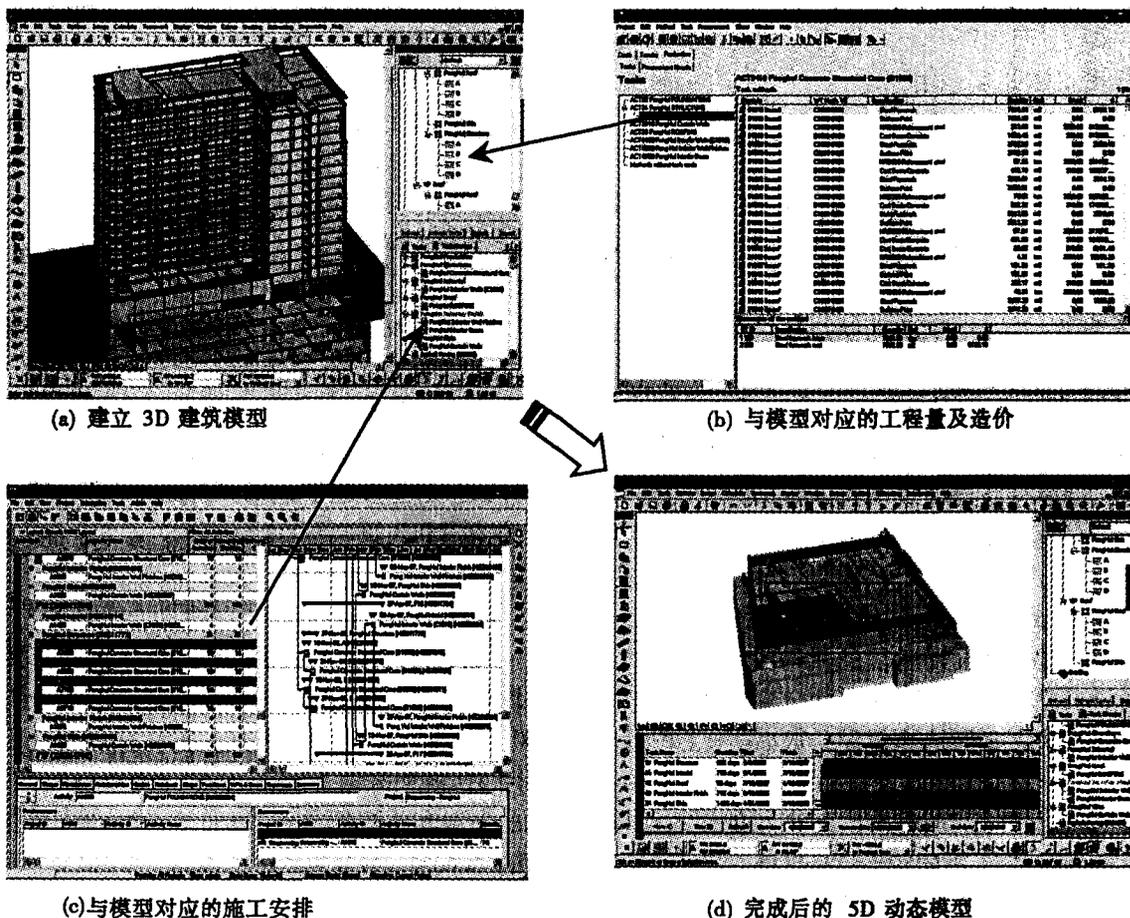


图 1 计算机辅助 5D 建模过程及界面

## 4 结语

美国商务部2003年的一份报告显示,建筑领域的人均生产效率比1964年还有所下降.相关分析家认为这是和建筑领域盛行的“设计-招标-建造”(DBB)模式分不开的. DBB模式人为将设计和建造分割开,责任和信息也随之分化,这种多环节、多参与的分离导致了时间、资源的浪费和矛盾纠纷的产生,从而降低了工作效率,而这个问题在我国现行的工程项目运作中也是普遍存在.

因此,工程项目全过程集成化管理应是建筑项目管理的一种发展趋势.基于5D模型的项目管理方式,运用了先进的计算机科技,较好地整合了设计、施工、使用等阶段,提高了工程中范围、进度、成本、沟通以及信息管理的效率,体现了协同设计和协同施工的思想,为解决工程领域集成化管理问题探索了新的理论、途径和方法,对提高中国工程管理水平 and 建设节约型社会也具有重要意义.

## 参考文献:

- [1] MACHOVER C, TICE STEVE E. Virtual Reality[J]. IEEE Computer Graphics and Application, 1994, (1): 15-16.
- [2] BOUCLAGHEM DINO, SHANG HUIPING, WHYTE JENNIFER, et al. Visualisation in Architecture, Engineering and Construction (AEC) [J]. Automation in Construction, 2005, (14): 287-295.
- [3] CHAU K W, ANSON M, ZHANG J P. 4D Dynamic Construction Management and Visualization Software: 1 Development[J]. Automation in Construction, 2005(14): 512-524.
- [4] 丁卫平, 陈建国. 4D技术在工程项目管理中的应用和发展趋势[J]. 基建优化, 2004, 25(4): 1-4, 12.
- [5] CLOUGH RICHARD H, SEARS GLENN A, SEARS S KEOKI. 建筑项目管理[M]. 北京:机械工业出版社, 2004.
- [6] 任宏, 竹隰生, 刘贵文等. 建设工程成本计划与控制[M]. 北京:高等教育出版社, 2004.

## Innovation of Construction Projects Management Based on the Five-dimension Modeling

REN Hong, ZHAO Dong

(College of Construction Management & Real Estate, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

**Abstract:** Nowadays, the computer technology is applied more and more widely in the architecture, engineering and construction industries (AEC). This paper introduces a methodology of construction project management based on the five-dimension modeling which integrates three-dimension building models, resources and schedules by the development of virtual construction technology. The application of this method also influences several aspects of project management such as range, time, cost, resource, communication and information management. Finally, the process of 5D modeling and the management practice are presented through a real life case in Beijing which proves to be a more efficient, productive and economy project.

**Key words:** five dimensions; modeling; construction management; virtual construction

(编辑 姚飞)

(上接第151页)

## Designing the Best Incentive Contract Mechanism On Construction Project

CHEN Si-yuan, ZHANG Wei

(Faculty of Construction Management and Real Estate, Chongqing University 400030, China)

**Abstract:** This article is established in the Max-profit for both tender and bidder, to their "Win-Win". The most concerned factors - cost, time, quality are taken as the incentive factors at the same time, and are combined in a mathematics model. By using the CPIF contract, the authors establish Stackelberg decision to incentive the both, and then optimize their both profits. Then, they introduce how to use genetic algorithms to compute the model. Finally, the model is illustrated coith an example.

**Key words:** project management; incentive contract; Stackelberg decision; genetic algorithms

(编辑 陈移峰)