

# 基于4D-BIM的施工资源动态管理与成本实时监控

张建平<sup>1</sup>, 范喆<sup>1</sup>, 王阳利<sup>2</sup>, 黄志刚<sup>2</sup>

(1. 清华大学土木工程系, 北京 100084; 2. 上海竹园工程管理有限公司, 上海 200122)

[摘要] 针对建筑工程施工资源和成本管理的复杂性以及工程建造成本超过预算现象, 通过建立4D施工资源信息模型和系统开发, 实现了施工阶段对人力、材料和机械等资源的动态管理和工程成本的实时监控, 为提高施工项目管理水平和成本控制能力探索了新途径和方法。

[关键词] BIM; 4D资源动态管理; 成本实时监控; 建筑施工

[中图分类号] TU717

[文献标识码] A

[文章编号] 1002-8498(2011)04-0037-04

## Resource Dynamic Management and Cost Real-time Monitoring in Building Construction Based on 4D-BIM

Zhang Jianping<sup>1</sup>, Fan Zhe<sup>1</sup>, Wang Yangli<sup>2</sup>, Huang Zhigang<sup>2</sup>

(1. Department of Civil Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2. Shanghai Zhuyuan Construction Management Co., Ltd., Shanghai 200122, China)

**Abstract:** Because of the complexity of construction resource and cost management, construction costs are often over budget. To solve this problem, authors built a 4D construction resource information model and developed a system with the functionalities of dynamic resource management to manage the human resources, raw materials and construction machines dynamically and to real-time monitor the engineering cost. This research suggests a new approach to improve the level of construction management and cost control.

**Key words:** BIM; 4D resource dynamic management; cost real-time monitoring; building construction

据统计, 建筑业有多达 2/3 的建设工程项目在竣工决算时超过预算<sup>[1]</sup>, 做好施工阶段成本控制和资源管理已成为工程项目管理的重要任务。项目施工过程中, 必须根据工程预算对施工成本进行控制。长期以来, 由于施工过程的高度动态变化, 施工资源及成本管理主要依靠人为控制, 现有资源及成本管理只能辅助管理者进行必要的计算和统计, 无法对施工资源和成本进行实时监控和精细管理。

本文为国家“十一五”科技支撑项目专题“基于4D技术的建筑施工仿真与动态管理软件研究”主要内容。旨在综合应用4D-CAD和BIM (building information model) 技术, 建立4D资源管理信息模型, 实现施工过程中人力、材料、机械等资源的动态管理和工程成本的实时监控, 减少工程超预算现象, 提高企业施工阶段的资源管理和成本控制能力。

### 1 4D施工资源信息模型建立

4D-CAD技术是在3D模型的基础上, 附加时间因素, 将模型的形成过程以动态的3D方式表现出来, 并能对整个形象变化过程进行优化和控制<sup>[2]</sup>。BIM是一种创新的建筑设计、施工和管理方法, 以三维数字技术为基础, 集成了建筑工程项目等各种相关信息的工程数据模型, 是数字技术在建筑工程中的直接应用<sup>[3]</sup>。本研究综合应用4D-CAD和BIM技术, 对基于IFC的4D施工管理扩展模型4DSMM++ (4D site management model++)<sup>[4]</sup>中的4D资源信息进行扩展和集成, 建立4D施工资源信息模型, 实现了施工资源动态管理和成本实时监控。

4D施工资源信息模型是将建筑3D模型与施工进度相链接, 并与施工资源及成本信息集成一体。具体由3个子信息模型组成: 基本信息模型、4D信息模型以及预算模型。图1描述了4D施工资源信息模型的基本组成以及子模型间的相互关系。其中, 基本信息模型可提供项目、建筑构件的浏览与管理功能; 4D信息模型可支持工程项目施工过程动态

[收稿日期] 2010-11-20

[基金项目] 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAJ01B07-03)

[作者简介] 张建平, 清华大学土木工程系教授, 博士生导师, 北京市海淀区清华大学土木工程系 100084, 电话: (010)62782706, E-mail: zhangjp@tsinghua.edu.cn

模拟和施工管理;预算信息模型可根据建筑构件的类型自动关联预算信息,提供建筑构件所需资源用量和成本计算与查询。

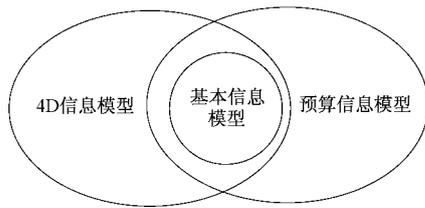


图 1 4D 施工资源信息模型的组成

Fig. 1 The composition of 4D construction resource information model

### 1.1 基本信息模型

基本信息模型是 BIM 的基础,包括所有 BIM 子模型共同的基础信息,这些信息可用于项目整个生命周期,也是 4D 施工资源信息模型的核心。基本信息模型以建筑物三维几何信息为基本属性,包括以构件实体为基本单元的建筑对象的几何尺寸、空间位置和构件实体间空间关系,以及工程项目类型、名称、用途、建设单位等项目的基本工程信息。

### 1.2 4D 信息模型

4D 信息模型是在基本信息模型的基础上增加工程进度信息以及相关的资源、过程和管理信息等所形成的 4D 时空模型。4D 信息模型主要针对施工管理阶段应用,可以支持施工过程的可视化模拟以及施工进度的动态管理和优化。

### 1.3 预算信息模型

预算信息模型是在基本信息模型的基础上增加工程预算信息,形成具有资源和成本信息的子信息模型。预算信息模型包括建筑构件的清单项目类型、工程量清单,人力、材料、机械定额和费率等信息。通过此模型,系统能识别并自动提取建筑构件的清单类型和工程量(如体积、质量、面积、长度等)等信息,自动计算建筑构件的资源用量及成本。

工程预算存在定额计价和清单计价两种模式。自《建设工程工程量清单计价规范》GB50500—2003(目前已作废)<sup>[5]</sup>发布以来,建设工程招标投标过程中清单计价方法成为主流。在清单计价模式下,预算项目往往基于建筑构件进行资源的组织和计价,与建筑构件存在良好对应关系,满足 BIM 信息模型以三维数字技术为基础的特征<sup>[6]</sup>。因此,本文研究采用了清单计价模式,并且支持企业定额,以满足工程项目资源及成本管理多方面需要。

### 1.4 4D 施工资源信息模型

4D 施工资源信息模型是基本信息模型、4D 信息模型与预算信息模型的集成与扩展,包括了建筑

构件信息、进度信息、WBS 划分信息、预算信息等。模型构建是通过引入 IFC(industry foundation class)标准,对模型实体对象进行定义和描述,并建立相应的数据交换与共享机制。4D 施工资源信息模型的逻辑结构如图 2 所示,描述了其中建筑构件、WBS 节点、施工进度、预算信息之间的关联关系。基于 4D 施工资源信息模型可以自动计算任意 WBS 节点或 3D 施工段及构件的工程量以及相对施工进度的人力、材料、机械消耗量和预算成本,进行工程量完成情况、资源计划和实际消耗等多方面的统计分析,实现施工资源的 4D 动态管理和成本实时监控。

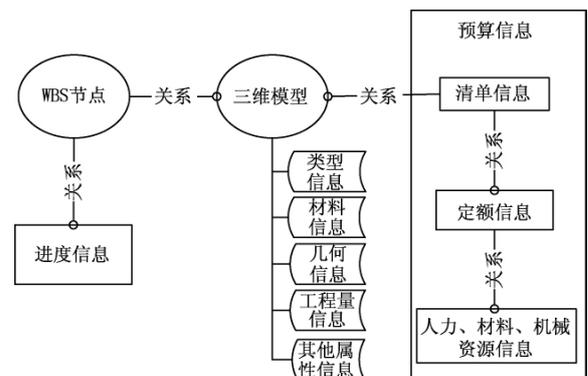


图 2 4D 施工资源信息模型的逻辑结构

Fig. 2 Logical structure of 4D construction resource information model

## 2 施工资源动态管理和成本实时监控的实现

基于 4D 施工资源信息模型,本文研究开发了 4D 施工资源管理系统,该系统是清华大学开发的“基于 BIM 的工程项目 4D 施工动态管理系统”(4D-GCPSU 2009)的子系统<sup>[7]</sup>。系统开发平台为 Microsoft Visual Studio 2008,开发语言为 C#,代码框架为组合界面程序块(composite UI application block,CAB),数据库为 Microsoft SQL Server 2005。在开发过程中,采用了 composite(组合)、factory(工厂)、proxy(代理)等多种开发设计模式。

4D-GCPSU 2009 系统的功能结构以及施工资源管理的相关功能模块如图 3 所示,图 4 详细描述了 4D 施工资源管理子系统的功能结构。

### 2.1 工程量动态查询

系统根据计划进度和实际进度信息,可以动态计算任意 WBS 节点任意时间段内每日计划工程量、计划工程量累计、每日实际工程量、实际工程量累计,帮助施工管理者实时掌握工程量的计划完工和实际完工情况。在分期结算过程中,每期实际工程量累计数据是结算的重要参考,系统动态计算实际工程量可以为施工阶段工程款结算提供数据支持。

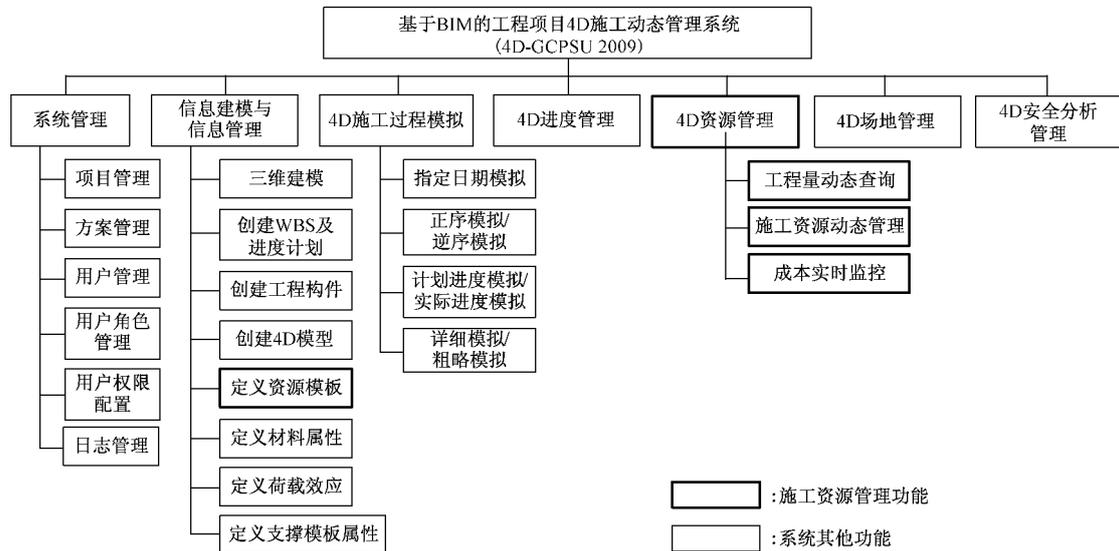


图 3 4D-GCPSU 2009 系统功能结构

Fig. 3 The function structure of 4D-GCPSU 2009

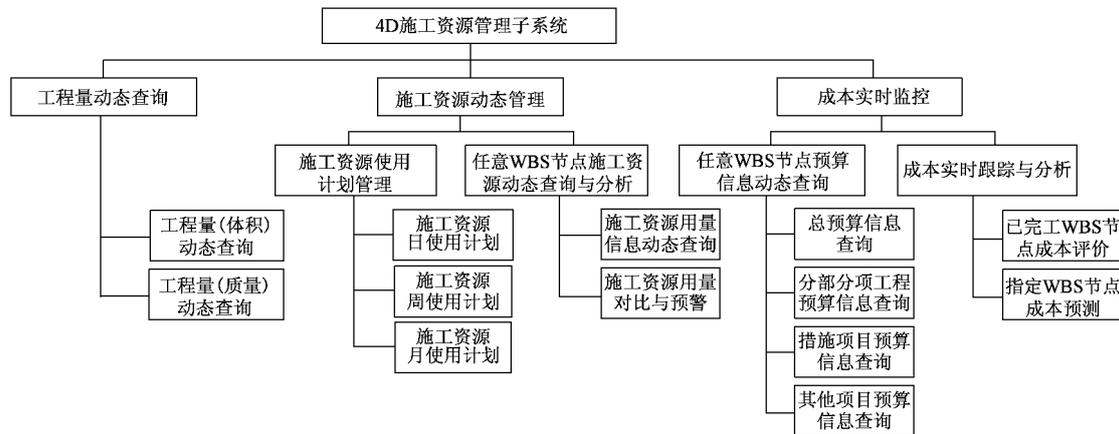


图 4 4D 施工资源管理子系统的功能结构

Fig. 4 The function structure of 4D construction resource management sub-system

### 2.2 施工资源动态管理

施工资源动态管理可分为资源使用计划管理和资源用量动态查询与分析两大功能：①施工资源使用计划管理 系统可以自动计算任意 WBS 节点的日、周、月各项施工资源计划用量，以合理安排施工人员的调配、工程材料的采购、大型机械的进场等工作。该功能的特点之一是可以根据施工过程中其他信息的改变，如进度计划调整、WBS 任务划分调整、设计变更等动态调整资源使用计划。②施工资源动态查询与分析 系统可以动态计算任意 WBS 节点任意时间段内的人力、材料、机械资源对于计划进度的预算用量、对于实际进度的预算用量以及实际消耗量，并对 3 项用量进行对比和分析。当某项施工资源出现实际消耗量大于实际进度预算用量时，则说明该资源存在超预算使用现象，应当引起重视。

系统会自动分析各项施工资源是否存在超过预算用量的现象，如果存在，则发出预警信号，以便施工管理者及时查找原因，做出改进。

### 2.3 成本实时监控

成本实时监控可分为 WBS 节点预算成本动态计算和成本实时跟踪与分析两大功能：①任意 WBS 节点预算成本动态查询 系统可以自动计算任意 WBS 节点的直接成本、管理费、利润、规费、税金以及总造价等预算信息。该功能的特点之一是可以根据 WBS 任务划分调整、设计变更等，动态调整预算成本。一方面施工企业可以据此准确把握各 WBS 节点的预算成本，另一方面总承包企业可以据此更好的控制分包工作的成本。②成本实时跟踪与分析 系统可以实时跟踪项目的施工情况，自动计算和监控总体工程或者任意 WBS 节点的计划进度预算

成本、实际进度预算成本、实际消耗成本、进度偏差和成本偏差。根据跟踪信息可以对已完成分部分项工程进行成本评价,当成本偏差为负值时表示执行效果不佳,实际消耗成本超过预算成本即超支,当成本偏差为正值时表示实际消耗成本低于预算值即节支,若成本偏差等于零时,表示成本按预算进行。系统还运用挣值分析方法,根据成本的实时消耗情况,自动对未完工工程进行成本预测,为施工管理者进行成本动态管理提供支持。

### 3 实际应用

4D-GCPSU 2009 在上海某工程项目中进行了实际应用,该工程为 3 层钢结构办公楼,建筑面积 3 800m<sup>2</sup>。系统主界面及工程的 4D 施工模拟如图 5 所示。

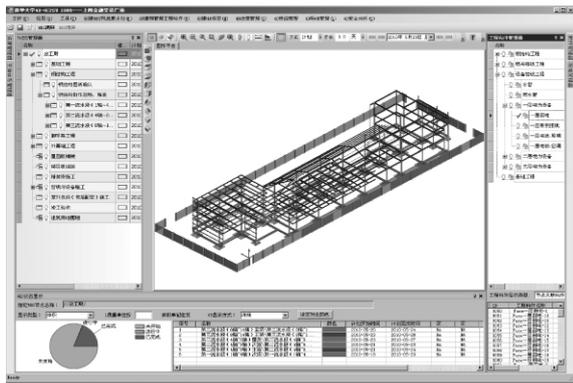


图 5 4D-GCPSU 2009 系统主界面及工程的 4D 施工过程模拟

Fig. 5 The user interface of 4D-GCPSU 2009 and 4D construction process simulation

实际工程中 4D 施工资源动态管理子系统应用于施工全过程。通过建立该工程的计价清单,并与 WBS 节点关联,实现了预算及成本信息与工程 4D 模型的链接。项目管理者可针对计划进度和实际进度查询任意 WBS 节点在指定时间段内的工程量以及相应的人力、材料、机械预算用量和实际用量,并可进行相关计划进度人力、材料、机械预算用量、实际进度预算用量和实际消耗量 3 项数据的对比分析。图 6a 分别用图表方式显示了工程第 1 流水段在 2010 年 5 月 17—24 日的计划每日工程量、计划累计工程量、实际每日工程量、实际累计工程量。图 6b 显示了该流水段在同样时间段内相应工程量所需的各种材料的计划进度预算用量、实际进度预算用量和实际消耗量,当实际消耗量超过预算用量时,系统自动进行“超预算”预警提示。从图中可以看出,该流水段的各项材料用量都存在不同程度的超预算现象。

通过选择不同的选项卡,可查询分部分项工程

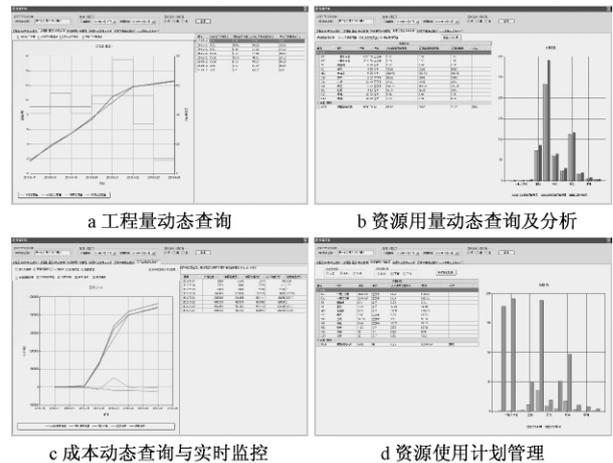


图 6 施工资源及成本动态查询及分析

Fig. 6 Dynamic inquiry and analysis of construction resource and cost

费、措施项目费、其他项目费等具体明细,并可进行成本实时跟踪和分析。图 6c 显示该流水段在同样时间段内的计划进度预算成本、实际进度预算成本和实际消耗成本,及其进度偏差和成本偏差分析。图 6d 显示了工程第 1 流水段指定日期的材料使用周计划,包括每项材料的名称、单价、计划用量、费用等信息。

### 4 结语

实际应用表明,综合应用 4D-CAD 和 BIM 技术,通过建立 4D 施工资源信息模型,实现建筑工程施工资源的动态管理和成本实时监控,可以以相对施工进度对工程量及资源、成本进行动态查询和统计分析,有助于全面把握工程的实施和进展,及时发现和解决施工资源与成本控制出现的矛盾和冲突,可减少工程超预算,保障资源供给。提高施工项目管理水平和成本控制能力。

#### 参考文献:

- [1] Eastman C, Teicholz P, Sacks R, et al. BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors [M]. New York: John Wiley & Sons Inc. 2008.
- [2] Wang H J, Zhang J P, Chau K W, et al. 4D dynamic management for construction planning and resource utilization [J]. Automation in Construction 2004, 13(5): 575-589.
- [3] 祝元志. 数字技术再掀建筑产业革命?——BIM 在建筑行业的应用、前景与挑战 [J]. 建筑 2010(3): 8, 14-26.
- [4] 张建平, 曹铭, 张洋. 基于 IFC 标准和工程信息模型的建筑施工 4D 管理系统 [J]. 工程力学 2005, 22(S1): 221-227.
- [5] GB50500—2008 建设工程工程量清单计价规范 [S]. 北京: 中国计划出版社 2008.
- [6] 杨娟, 张星. 建设项目信息集成模型与支撑技术标准 [J]. 施工技术, 2009, 38(10): 109-112.
- [7] 胡振中. 基于 BIM 和 4D 技术的建筑施工冲突与安全分析管理 [D]. 北京: 清华大学 2009.