

# 基于BIM技术对施工现场管理的 运筹模式研究

巩利军<sup>1,2</sup>, 吴厚增<sup>1</sup>

(1.甘肃省长城建设集团总公司, 甘肃 兰州 730030;

2.兰州理工大学 西部土木工程防灾减灾教育部工程研究中心, 甘肃 兰州 730050)

**【摘要】** 通过BIM技术在甘肃长城建国大酒店项目现场进度和质量方面施工模拟及运筹优化研究,协同解决了建筑、结构和机电安装工程三大专业的冲突;在现场成本管理方面,运筹优化得出了线性拟合函数,通过运筹模式在施工现场管理中应用,实现了精益建造,经济效益和社会效益显著。

**【关键词】** BIM技术;施工现场管理;线性拟合;运筹模式

**【中图分类号】** TU71

**【文献标志码】** A

**【文章编号】** 1671-3702(2016)12-0035-06

## Research on the Operation Mode of Construction Site Management Based on BIM Technology

GONG Lijun<sup>1,2</sup>, WU Houzeng<sup>1</sup>

(1. Gansu Great Wall Construction Group Co., Lanzhou Gansu 730030, China; 2. Key Laboratory of Disaster Prevention and Mitigation in Civil Engineering of Gansu Province, Lanzhou University of Technology, Lanzhou Gansu 730050, China)

**Abstract:** The architecture, structure and mechanical and electrical installation engineering, the three major professional conflicts had been resolved with the site construction progress and the quality simulated and the optimization of operation studied by the BIM technology for the project, the Great Wall Jianguo Hotel in Gansu. The linear fitting function was obtained by the optimization of operation in the case of cost management. The Lean Construction, the benefit of economic and social had been improved significantly through the application of the operation mode in the construction site management.

**Keywords:** Building Information Modeling technology; construction site management; linear fitting; operation mode

## 0 引言

BIM技术已在建筑、桥梁和地质等领域广泛应用,正在改变以往的规划、勘察、设计、施工、运营维护等方式,为产业链贯通、工业化建造和繁荣建筑创建提供技术保障;支持对工程环境、能耗、经济、质量、安全等方面的分析、检查和模拟,为项目全过程的方案优化和科学决策提供依据;支持各专业协同工作、项目的虚拟

建造和精细化管理,为建筑业的提质增效、节能环保创造条件。运筹优化作为求得一个合理运用人力、物力和财力的最佳方案,发挥和提高系统的效能及效益,在军事、交通、物流和工程领域应用,为决策者提供科学决策的依据,最终达到最优目标。

Langroodi B P<sup>[1]</sup>通过工程项目在设计和施工阶段,多专业在BIM平台的协同,分析了其对管理现状的改变,提出了几种基于BIM平台对改变管理现状可能的方向;Aboushady A M<sup>[2]</sup>综述了在发达国家和发展中国家,BIM技术在施工项目的不同应用情况;Xu S<sup>[3]</sup>等

课题项目:甘肃省建设科技攻关项目(项目编号kjxm2014-68)

作者简介:巩利军,男,在读硕士研究生,研究方向为BIM技术在施工现场管理的运筹模式研究。

运用 IFC 标准分析了 BIM 的成本估算;尹亚辉<sup>[4]</sup>对 BIM 技术在项目全生命周期的应用进行了研究;杨鹏飞<sup>[5]</sup>总结出了钢筋混凝土框架结构协同化设计实施流程,将基于盈建科与 ABD 进行二次开发,完成二者数据链接的接口;雷雨<sup>[6]</sup>针对项目各参与方在全生命期中供应链信息交换问题,构建了基于 BIM 技术的建设项目供应链信息管理模型;万义国等<sup>[7]</sup>应用优化建模软件 LINGO 进行了运筹学的应用。鲜见基于 BIM 技术对施工现场管理的运筹模式研究。

本文以甘肃长城建国大酒店项目为案例,应用 BIM 技术结合运筹学,在现场进度、质量等方面对其进行了施工模拟及运筹优化,协同解决了建筑、结构和机电安装工程三大专业的冲突,在现场成本管理方面运筹优化得出了线性拟合函数,通过在施工现场管理中应用,经济效益和社会效益显著。甘肃长城建国大酒店位于甘肃省兰州市城关区定西路 332 号,为一类高层综合楼,钢筋混凝土框架剪力墙结构,基坑深度 -12m,建筑物总高度 98.95m,地下 2 层,地上 25 层,裙楼 5 层,工程造价约 6 亿元,占地面积 6 393.29 m<sup>2</sup>,总建筑面积 63 695.27m<sup>2</sup>,其中地上部分建筑面积 55 025.07 m<sup>2</sup>,地下部分建筑面积 8 670.20 m<sup>2</sup>,建筑物长 61.70m,建筑物宽为 54.90m,标准层建筑面积 1 955.48 m<sup>2</sup>。

## 1 基于BIM技术对工程现场进度动态控制运筹优化

### 1.1 虚拟施工及动态漫游

进度计划管理是项目管理的主线,通过 BIM 技术中进度管理模块的应用,有效实现以计划为主线的项目管理<sup>[8-9]</sup>。通过漫游提前感知了本工程的建筑功能,将设计变更提前虚拟施工,避免了返工浪费,根据时标网络计划进度,对结构工程进行了施工模拟(见图 1),实现流水作业。

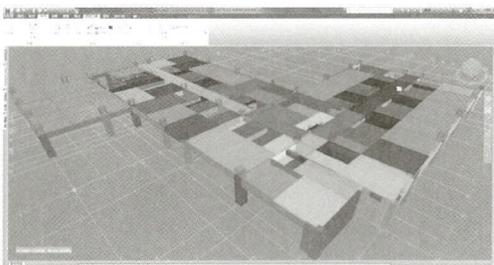


图 1 施工模拟

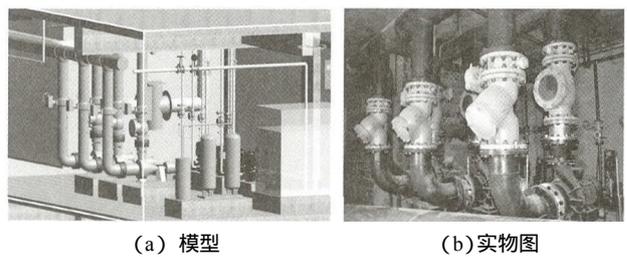
### 1.2 现场进度管理模式运筹优化

在进度计划编制并调整完毕后,通过模型中给任务项添加楼层、专业、工作面、施工单位等相关信息,实现模型和进度计划的关联;以模型为载体,进行模型和清单的关联,实现清单和进度计划的间接关联。工程项目进度受人、机、料、法和环的影响较大,工程开工伊始,利用进度模拟和现场实况对项目进行了进度计划运筹优化安排,合理安排施工中交叉作业多的工序,有效控制了工程进度,同时,节约了人工和材料成本<sup>[10-14]</sup>。

## 2 基于BIM技术对工程现场质量管理运筹优化改进

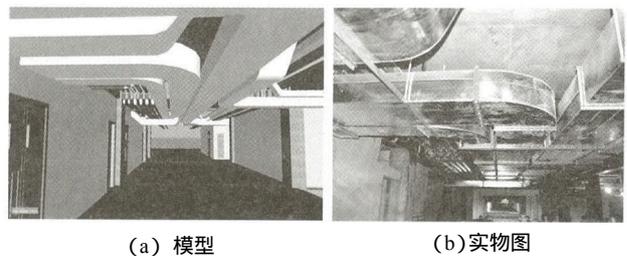
### 2.1 在机电安装工程中三维管线综合运筹优化

管线综合运筹优化是基于 BIM 模型,完成各种专业管线与建筑、结构的协调,以避免空间冲突,尽可能减少碰撞。可视化管理将模型中的管理对象用形象、醒目的方式来体现,以实现可视化管理的标准化,使用者可以方便、简洁地进行管理及操作。施工过程中,运用甘肃长城建国大酒店项目模型进行可视化交底,并将其转化为 BIM 施工图,有效地控制了各构件的间距及其相互距离。如在锅炉房和风管安装时,根据模型确定好基座位置和尺寸,再安装各构件(见图 2、图 3)。



(a) 模型 (b) 实物图

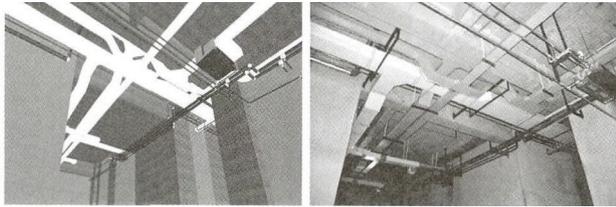
图 2 锅炉房模型及实物图



(a) 模型 (b) 实物图

图 3 负一楼风管模型及实物图

竖向净空优化的主要目的是基于各专业 BIM 模型,优化机电管线排布方案(见图 4),对建筑物最终的竖向设计空间进行检测分析,并给出最优的净空高度。



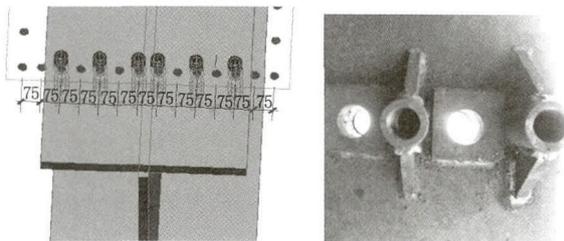
(a) 模型 (b) 实物图

图4 管线综合模型及实物图

通过应用BIM技术运筹优化满足了机电安装使用功能,管线布局合理,排列有序,间距均匀,层次分明,横平竖直,实现了一次成优。

### 2.2 型钢混组合结构梁柱节点优化设计

为了满足甘肃长城建国大酒店门厅大空间效果(高10.2m,进深13.6m,开间23.8m),设计采用型钢混凝土转换结构,四个截面尺寸为1.4m×1.4m型钢混凝土柱及两道截面尺寸为1.2m×2.5m型钢混凝土梁。其中柱内劲骨为0.8m×0.9m×0.055m箱型钢柱,延米质量约1350kg;梁内劲骨为0.8m×1.8m×0.05m工字型钢梁,延米质量约1110kg,大梁施工线荷载约8.1t/m。由于梁柱分属不同的计算模块,连接节点出现无法满足构造要求的现象(柱插筋严重削弱H型钢梁上翼缘板)。构件工厂加工前,对梁上柱纵向钢筋穿孔进行了优化设计,减少了开孔数量,部分孔通过在上翼缘板上下焊接直螺纹套筒加强锚固的方法进行了处理,既满足了梁上柱纵筋锚固要求,又保证了H型钢梁上翼缘板的截面强度(见图5)。

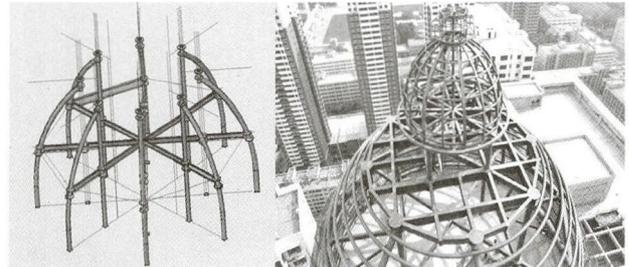


(a) 模型 (b) 实物图

图5 H型钢梁模型及实物图(单位:mm)

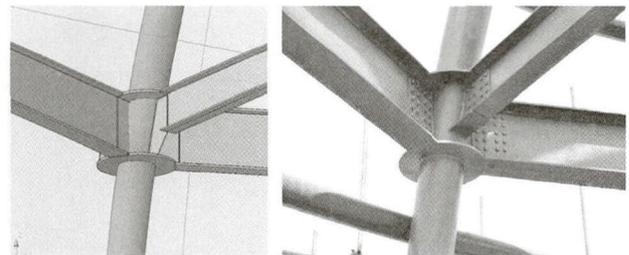
### 2.3 穹顶钢结构节点优化设计

穹顶钢结构顶标高133.8m,半径10.8m。工厂加工构件之前,运用BIM技术对整体骨架和节点进行了优化设计,合理分段,实现了准确加工,现场快速拼装(见图6、图7)。



(a) 模型 (b) 实物图

图6 穹顶钢结构模型及实物图



(a) 模型 (b) 实物图

图7 节点模型及实物图

## 3 BIM技术对工程现场成本管理运筹优化

### 3.1 BIM技术对工程现场成本管理统计

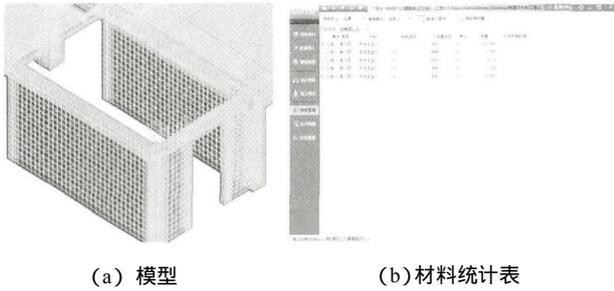
甘肃长城建国大酒店项目工程施工阶段,利用Autodesk revit 2014软件将建筑、结构和机电安装等信息通过构建BIM模型完整地集中于一体(见图8),第18层钢筋量运用Autodesk revit 2014、Autodesk navisworks和广联达软件进行了算量结果对比(见表1)。本次研究的理论数据采用广联达算量软件统计的数据。

### 3.2 线性拟合对现场成本管理进行运筹优化

工程施工现场成本管理受人员、机器、原料、方法、

表1 第18层运用不同软件算量比较

项目名称	钢筋/kg			模板/m <sup>2</sup>			混凝土/m <sup>3</sup>		
	广联达	Revit 2104	Navis works	广联达	Revit 2104	Navis works	广联达	Revit 2104	Navis works
18层墙	5964.81	按钢筋类型 计算	较繁琐	543.7	563.8	573.5	69.05	68.50	78.43
18层柱	33316.28		较繁琐	745.92	785.62	790.56	134.09	130.59	145.34
18层梁	64177.75		较繁琐	1405.46	1605.40	1776.16	219.12	177.87	245.24
18层板	16262.94		较繁琐	1444.16	1808.02	1694.65	161.11	206.25	191.47
合计	119721.78		117079.48		4139.24	4762.84	4834.87	583.37	583.21



(a) 模型 (b) 材料统计表  
图8 钢筋工程模型及材料统计表

环境等因素影响,不同变量之间影响因素也较多,线性拟合主要通过寻找数据集中、数据增长的大致方向,排除某些误差数值,来对未知数据的值做出预测。

### 3.2.1 钢筋工程运筹优化分析

甘肃长城建国大酒店项目筏板至第22层钢筋用量及完成量统计(见表2)。

对结构工程钢筋完成量、绑扎钢筋用量和楼层进行三维条形统计及线性拟合(见图9~图12)。

对第6层~第22层数据进行线性拟合,得线性拟合函数为: $Y_1=78\ 977.845\ 07+217.746\ 97X_1$ ,  $R\text{-square}=0.890\ 16$ ,  $F=138.772\ 93$ ,  $P=2.688\ 13\times 10^{-9}$ 。其中 $X_1$ 表示钢筋用量, $Y_1$ 表钢筋完成量, $R\text{-square}$ 表决定系数, $F$ 表示统量, $P$ 表示概率。

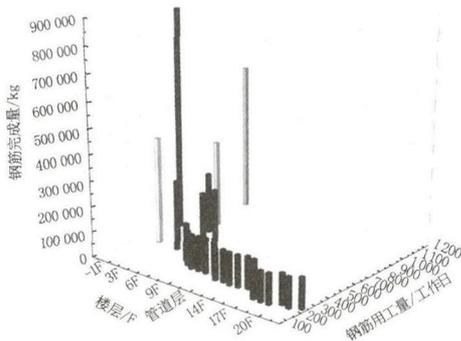


图9 楼层、钢筋用量和完成量

表2 筏板至第22层钢筋用量及绑扎量统计

序号	层数/F	钢筋用量/工作日	钢筋完成量/kg
1	筏板	640.8	885 584.800
2	-2F	770.6	593 659.325
3	-1F	750.4	421 821.065
4	1F	781.6	346 234.068
5	2F	666.8	247 000.412
6	3F	589.6	279 036.928
7	4F	596.8	204 548.085
8	5F	477.9	226 781.106
9	6F	312.7	148 413.982
10	7F	275.2	136 281.416
11	8F	323.7	136 090.334
12	9F	254.0	136 395.821
13	10F	255.0	136 939.882
14	11F	268.0	141 339.611
15	管道层	223.6	122 095.262
16	12F	229.3	127 598.159
17	13F	220.1	129 403.170
18	14F	227.7	126 666.621
19	15F	244.4	126 666.545
20	16F	156.6	126 014.228
21	17F	175.8	119 928.066
22	18F	172.8	119 721.778
23	19F	175.4	119 721.418
24	20F	212.4	119 754.851
25	21F	201.0	117 995.410
26	22F	236.4	119 983.913

注: 每工作日按8h计。

### 3.2.2 模板工程运筹优化分析

建筑工程模板支设实行承包制,该目标标准层模板分区域支设面积及人数统计(见表3、图13)。

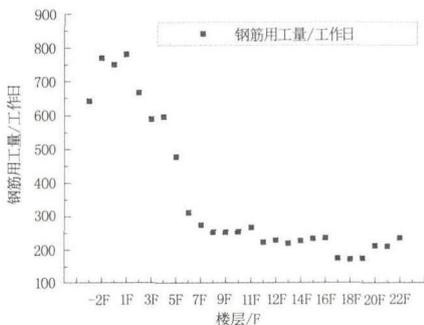


图10 楼层和钢筋用量

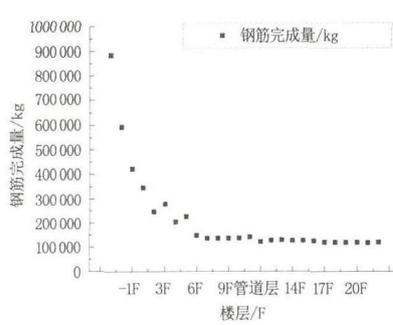


图11 楼层和钢筋完成量

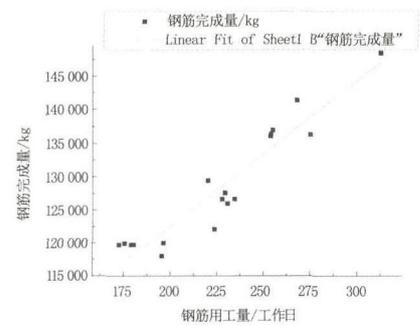


图12 钢筋用量与完成量

表3 标准层分区域模板支设面积及人数

区域参数	区域I	区域II	区域III	区域IV	区域V	区域VI	区域VII	区域VIII	区域IX
模板面积/m <sup>2</sup>	318	500	105	355	295	610	780	580	530
支模人数/人	4	4	2	4	4	6	9	5	6

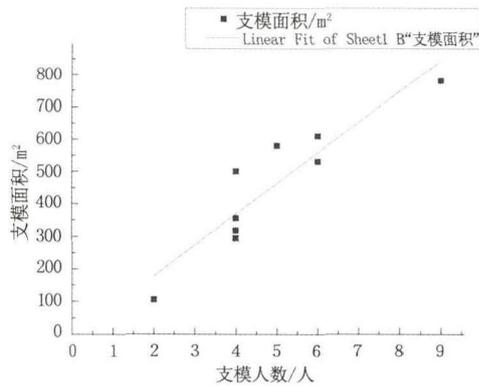


图13 支模人数与支模面积

标准层支模人数和支模面积拟合曲线方程为: $Y_2 = -11.1151 + 94.84173X_2$ ,  $R\text{-square} = 0.84262$ ,  $F = 37.47696$ ,  $P = 4.80637 \times 10^{-4}$ 。其中 $X_2$ 表支模人数, $Y_2$ 表示模板完成量, $R\text{-square}$ 表示决定系数。

### 3.2.3 混凝土工程运筹优化分析

混凝土工程浇筑实行承包制,该项目2层~22层混凝土用量及混凝土浇筑量统计及线性拟合(见表4、图14)。

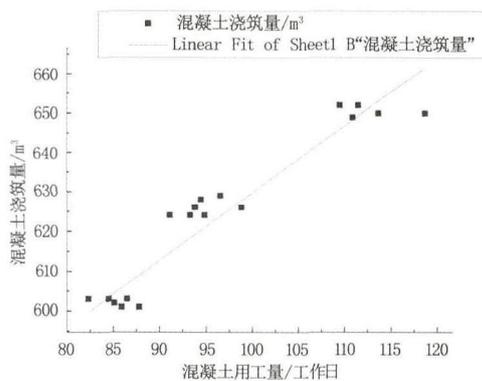


图14 混凝土用工与浇筑量

经过分析,得出混凝土工程浇筑拟合曲线方程为: $Y_3 = 459.73498 + 1.70007X_3$ ,  $R\text{-square} = 0.91106$ ,  $F = 205.88014$ ,  $P = 1.19882 \times 10^{-11}$ 。其中 $X_3$ 表示混凝土用量, $Y_3$ 表示混凝土浇筑量, $R\text{-square}$ 表示决定系数。

利用线性拟合,初步形成建设项目三大主要分项工程的数学模型,找出了在工程现场管理中人、财、物的组

表4 第2~22层混凝土用量及浇筑量

序号	层数/F	混凝土用量/工作日	混凝土浇筑量/m <sup>3</sup>
1	2F	280.7	1108
2	3F	156.9	1080
3	4F	142.6	786
4	5F	132.4	954
5	6F	101.5	652
6	7F	109.5	652
7	8F	113.7	650
8	9F	128.7	650
9	10F	110.9	625
10	11F	98.8	626
11	12F	83.8	626
12	13F	83.3	624
13	14F	84.4	626
14	15F	86.5	627
15	16F	79.8	624
16	17F	91.1	624
17	18F	82.3	603
18	19F	66.5	603
19	20F	85.1	602
20	21F	65.9	601
21	22F	97.8	601

注:混凝土用量包括混凝土浇筑、清理及养护等工作量。

织管理、筹划调度近似最佳的解答,发挥了较大效益,取得了显著成效。

## 4 结 语

通过基于BIM技术对甘肃长城建国大酒店项目运筹模式的研究,为工程在进度、质量和成本方面提供了运筹优化模式的管理方法,解决了建筑、结构和机电安装工程中的冲突,得出了线性拟合函数,实现了人力、物和财的最佳组合方案,取得了显著效果,为BIM技术在施工现场管理中实现统筹优化模式研究,实现精益建造提供了参考。④

(下转第44页)

证各项原始记录准确真实可靠。

6)接受建设、监理单位及质检单位监督检查,验收合格后方可进行下道工序的施工。

#### 4 应用效果

该施工技术在广州琶洲 B2 区 AH041007 地块商业及办公楼工程、广州林和村改造项目 B 区 B5、B6、B7 栋住宅楼工程等多个工程中推广应用,产生了良好的经济效益和社会效益。例如在广州琶洲 B2 区 AH041007 地块商业及办公楼工程中,节约了工期 10 d,避免罚款共计 5 万元;与传统的钢筋马凳设置相比,减少了约  $4.0 \times 10^3$  kg 钢材,共计 1.28 万元;此外,节约人工费约 1.8 万元。

#### 5 结 语

抗浮锚杆后弯锚工艺克服了传统的先弯锚杆施工对后续工序作业面的影响,便于锚杆的抗拔力检测,确

保了找平、防水层等工程质量,且操作简单,装置轻便快捷,可大幅度加快施工进度。同时,根据底板面筋的设计标高,结合设计规定的锚固长度要求,通过采用抗浮锚杆的后弯锚施工工艺,能准确控制弯锚点的高度位置,使得抗浮锚杆的上部弯折段可作为底板面筋的辅助支撑构架,减少马凳筋的用量,降低施工成本,经济效益明显,其推广应用前景广阔。④

#### 参考文献

- [1]王家林.抗浮锚杆的布置方式及防水板的设计探讨[J].建筑结构,2012,42(S2):517-519.
- [2]毛立贤,张林林,张强,等.大型地下工程抗拔锚杆结构与施工[J].施工技术,2014,44(21):67-69.
- [3]夏志材,李文睿,杜君子,等.中风化地质抗浮锚杆成孔后弯曲施工技术[J].施工技术,2014,44(S2):101-103.
- [4]赵庆强.复杂地质条件下地下室基础抗浮锚杆后置施工技术应用分析[J].广东土木与建筑,2015,43(2):23-26.

(上接第 39 页)

#### 参考文献

- [1]Langroodi B P, Staub-French S. Change Management with Building Information Models: A Case Study[C]// Construction Research Congress. 2012.
- [2]Aboushady A M, Elbarkouky M M G. Overview of building information modeling applications in construction projects[J]. American Society of Civil Engineers, 2015, 67(3):445-456.
- [3]Xu S, Liu K, Tang L C M. Cost Estimation in Building Information Model[C]// The International Conference on Construction and Real Estate Management. 2013.
- [4]尹亚辉. BIM 技术在项目全生命周期的应用研究[D]. 北京:北京建筑大学, 2015.
- [5]杨鹏飞. 钢筋混凝土框架结构 BIM 协同设计研究[D]. 北京:北方工业大学, 2015.
- [6]雷雨. 基于 BIM 的建筑企业供应链信息管理研究[D]. 北京:北京建筑大学, 2015.
- [7]万义国,游小青. 优化建模软件 LINGO 在运筹学中的应用[J]. 山西建筑, 2007, 33(15):367-368.
- [8]刘畅,白玉星,张宏涛. 某建筑结构施工 BIM 应用研究与现状探讨[J]. 土木工程信息技术, 2015, 7(4):112-115.
- [9]沈维龙. BIM 协同设计在建筑工程中的应用[J]. 建筑热能通风空调, 2015, 34(5):77-79.
- [10]董艺. 运筹学在工程管理实践中的应用案例[J]. 建筑经济, 2012, (12):97-98.
- [11]吴厚增. 基于 BIM 技术在施工阶段对农民工精益管理的研究[J]. 工程质量, 2014, 32(9):4-7.
- [12]张春影,高平,汪茵,等. 施工图设计阶段 BIM 模型的工程算量问题研究[J]. 建筑经济, 2015, 36(8):52-56.
- [13]王廷魁,张睿奕. 基于 BIM 的建筑设备可视化管理研究[J]. 工程管理学报, 2014, 30(3):32-36.
- [14]柏万林,刘玮,陶君. BIM 技术在某项目机电安装工业化中的应用[J]. 施工技术, 2015, 44(22):120-124.