

推进中国住宅工业化进程的关键技术

李恒¹ 郭红领¹ 黄建¹ 江展宏¹ 李妍²

(1 香港理工大学建筑收房地产学第 2 深圳市房地产研究中心)

【摘要】中国城市化进程的加快需要住宅工业化作为其坚强后盾,然而目前中国住宅工业化还没有找到一个较好地发展途径。因此,如何成功推进中国住宅工业化进程,成为建筑领域关注的热点。作者基于在建筑领域多年的工作经验,欲将制造业的发展模型引入到住宅建设行业。通过分析住宅工业化的三个成功关键因素,提出推进住宅工业化的关键技术,即预制件技术和虚拟施工技术,以期望为中国住宅工业化的发展提供参考。

【关键词】住宅工业化;预制件;虚拟施工

【中图分类号】F270;F740.2 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1674-7461(2009)02-0015-08

随着我国城市化进程的加快,对住宅的需求量大大增加,这已成为我国国民经济新的增长点。然而,由于住宅建设方式落后,导致了住宅质量下降,即不能保证“质”与“量”的平衡,同时造成资源的巨大浪费。原建设部副部长刘志峰在第五届中国国际住宅产业博览会上指出,中国要发展节能省地住宅,引导住宅建设走新型工业化道路。我国住宅建造和使用过程中的资源浪费等突出问题,主要是落后的住宅建设方式造成的。不改变传统的住宅生产方式,就谈不上发展节能省地型住宅。因此,大力推进住宅产业化,以工业化方式生产住宅,提高建设效率,保证质量,降低成本,确保住宅建设的可持续发展,是十分必要的。但是,如何实现住宅工业化的发展,确保住宅工业化的成功推进?

本文基于作者在建设领域多年的工作经验及对建筑技术和相关信息技术的研究,并借鉴制造业的成功发展经验,分析住宅工业化成功的关键因素,进而提出推进住宅工业化进程的关键技术,并结合实际案例对这些关键技术进行分析,以期望为我国住宅工业化的发展提供参考。

1 住宅工业化成功的关键因素

工业化要求生产要标准化、生产过程要集成

化、工程要高度组织化、生产要高度机械化。欲实现住宅的工业化生产,必须注意三个关键因素:一是实现构件生产的生产线化;二是要有一个知识管理和再利用的平台;三是注意预测风险和潜在问题。

1.1 生产线化

住宅工业化首先要按住宅部件组织专业化生产,实现生产高度的机械化、自动化及规模化,从而提高劳动生产率,减少原材料的浪费,降低住宅生产成本,实现规模效益;其次要实现大量部件的生产加工工厂化、施工现场装配化,从而最大限度地缩短建设周期;第三要保证住宅产品生产更加个性化。在美国住宅部件的标准化、系列化、专业化、商品化、社会化程度很高,几乎达到100%。现在美国有34家专门生产单元式建筑的公司,而在中国相对来说少之又少。所有这些要求,就必须采用工业化生产线才可以完成,可以说生产线化是住宅工业化成功的基础。

1.2 知识管理和再利用的平台

住宅工业化是住宅从设计、建设开始,到入住及维修全过程,实行工业化生产,以工厂化方式生产各种住宅构配件、成品、半成品,然后进行现场机械化装配。住宅部件已经成为市场上的商品化部件。无论在设计、建造阶段,还是在使用、维修阶段,都需要大量的住宅部件产品资料,以供设计人员、建造商、住户及维修人员来挑选和使用。同时,

【作者简介】李恒,男,香港理工大学,博士生导师,主任教授。主要研究方向:施工及虚拟现实技术。

E-mail:bshengli@inet.polyu.edu.hk

整个生产过程的信息管理也是十分必要的,它是实现生产过程集成化管理的基础。这就需要一个有效的知识管理和再利用的平台,对这些住宅部件、产品信息及生产信息进行有效地管理

1.3 预测风险和问题

住宅工业化要实现构件的工厂化生产及施工现场的装配。对于从工厂化生产出的部件中挑选的部件,在设计尺寸上能不能满足一个特定住宅项目的需要,直接关系到一个项目能否顺利施工的关键;另外,在大量构件的装配过程中,可能会存在构件之间、构件与设备之间、设备之间的碰撞,以及与之相关的施工安全和环境问题。这些都是住宅工业化生产过程中的潜在风险,一旦出现,就会直接影响工期和成本。同时,我们还要注意到生产过程的合理性问题,不同的住宅设计,施工过程也不尽相同,尤其是对于个性化要求较高的住宅,施工过程可能差异更大,故测试施工方案的可行性也尤为重要。因此,在推进住宅工业化过程中,要重视项目潜在风险及问题的预测。

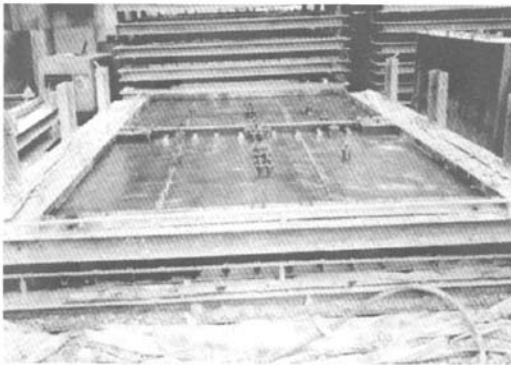


图 1a 预制楼面板的钢模



图 1c 浇注混凝土并振动



图 1b 在钢模内绑扎钢筋



图 1d 楼面板表面修正

然而,如何实现住宅部件或住宅单元生产线化?采用什么样信息管理平台来管理和再利用相关信息?如何预测住宅项目在工业化生产过程中存在的风险和问题?这需要相应的关键技术来保证实施,即预制件技术和虚拟施工技术。下面将基于本文提出的关键技术,对此实施过程进行详细分析。

2 预制件生成间接地引入生产线

住宅的预制构件是实现住宅工业化生产的基础构件,是半成品,如梁、板、柱、板墙、屋面板、桩、楼梯或住宅单元等。住宅工业化生产线不可能象制造业那样,整个产品在工厂内完成,一般认为 80% 以上的构件采用预制构件,即达到住宅工业化生产水平。

预制件生成可以间接地引入生产线。在某种程度上,预制构件可以象制造业一样,采用生产线化的方式进行大规模生产,然后运送到现场进行装配。图 1a 至图 1k 是钢筋混凝土楼面板在工厂的预制过程(图片来源于 CIVCAL 实验室)。由此可以看出,住宅预制构件间接地引入了生产线,实现了生产线化。



图 1e 调到蒸汽箱



图 1f 在蒸汽箱内养护



图 1g 自然养护



图 1h 钢模与楼面板分离

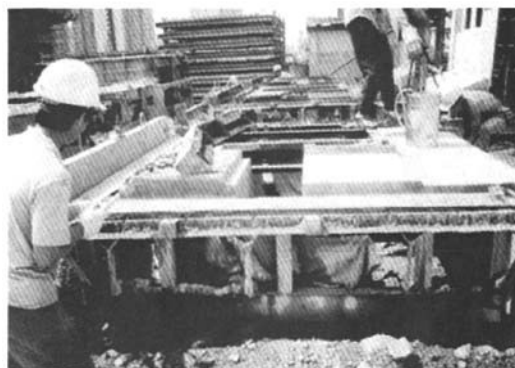


图 1j 钢模清洗并涂油



图 1i 钢模水平复位

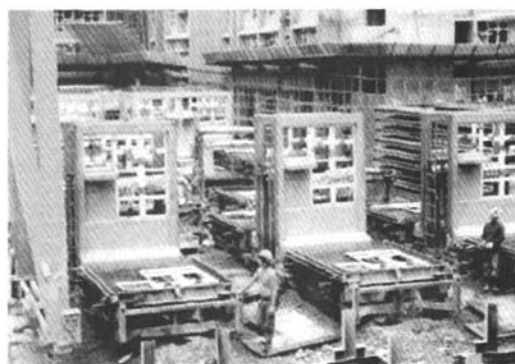


图 1k 预制楼面板存放待用

3 虚拟施工技术能够提供知识管理及再利用的平台

针对住宅工业化所需要的知识管理及再利用，

虚拟施工技术(VP)可以较好地提供这一管理平台。一方面,针对住宅设计信息,虚拟施工技术可以提供设计平台和存储平台,即各构件的3D模型,如梁(见图2a)、墙面板(见图2b)、结构单元(见图2c),

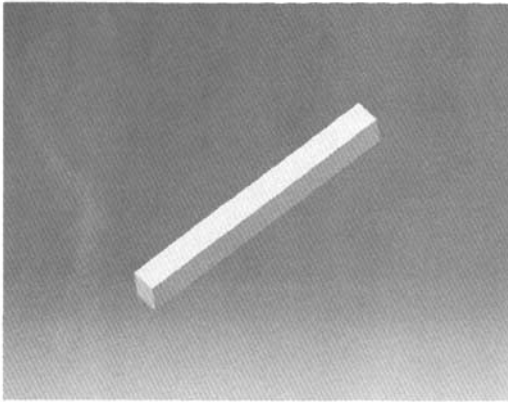


图 2a 梁的 3D 模型

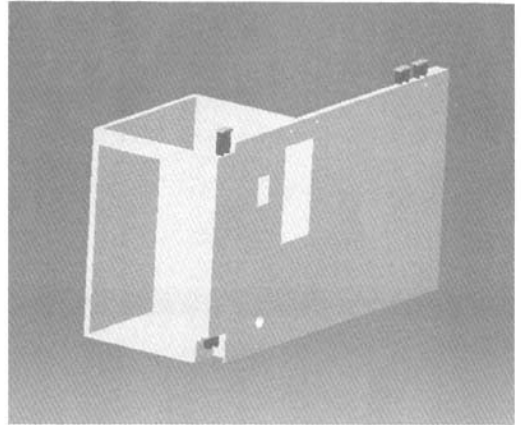


图 2c 结构单元的 3D 模型

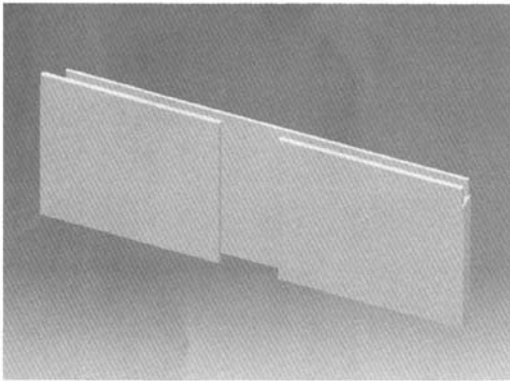


图 2b 墙面板的 3D 模型

注:采用 CATIA V5 设计分析构件 3D 模型,下同

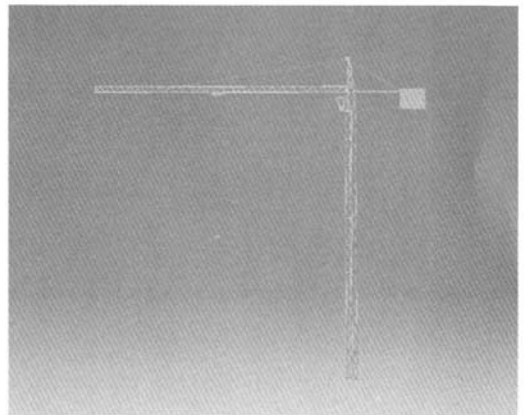


图 2d 塔吊的 3D 模型

或施工设备的 3D 模型,如塔吊(见图 2d)。另一方面,对于施工过程信息,虚拟施工技术同样可以提供过程模拟信息。图 3 是香港葵涌住宅项目的施工过程模拟。无论是设计人员、施工人员,还是维修人员,都可以根据需要,重新利用这些信息,并进行再存储。因此,通过虚拟施工技术可以有效地建立、存储、管理和再利用住宅相关构件或设备的信息,为住宅工业化生产提供信息支持。

4 虚拟施工技术能够预测设计和施工过程中潜在的风险和问题

虚拟施工技术在为住宅工业化提供知识管理及再利用平台的同时,也可用来预测在设计和施工过程中潜在的风险和问题,以及分析装配过程的合理性并进行施工优化。

4.1 碰撞检查

(1) 设计过程

设计过程中构件碰撞的检查主要是采用虚拟施工技术检测构件尺寸的合理性,即各构件之间是否存在冲突或不一致,从而保证设计方案的可施工性。以香港 OIE 项目为例,图 4a 表示 OIE 项目的整体结构。基于虚拟施工技术对构件设计可能存在的冲突进行自动检测,检测结果如图 4b 所示。

(2) 施工过程

而施工过程中的碰撞检查主要是采用虚拟施工技术检测住宅构部件在吊装过程中与其他构件或设备之间,或者设备与设备之间可能存在的碰撞及问题。仍以香港 OIE 项目为例,采用虚拟施工技术检测潜在的碰撞问题(见图 5a 和图 5b)。

由此可知,采用虚拟施工技术可以有效地检查设计和施工过程中潜在的冲突、碰撞和问题,从而

提供相关修改建议。

4.2 方案评估

采用虚拟施工技术既可以通过模拟施工过程确定施工方案的可行性,又可以对几个不同的施工方案进行比选,尤其是比较复杂的施工方案。以香港何东楼项目为例,图 6a 是评估车辆进入施工现场

的规划方案,观测是否可能发生碰撞;而图 6b 至图 6d 是对三个施工方案的评估,即龙门架方案、移动吊车方案和架桥机方案。通过方案评估与比较,最终确定采用架桥机方案进行施工。可以说,虚拟施工技术为施工方案评估提供了较好的虚拟平台或环境。

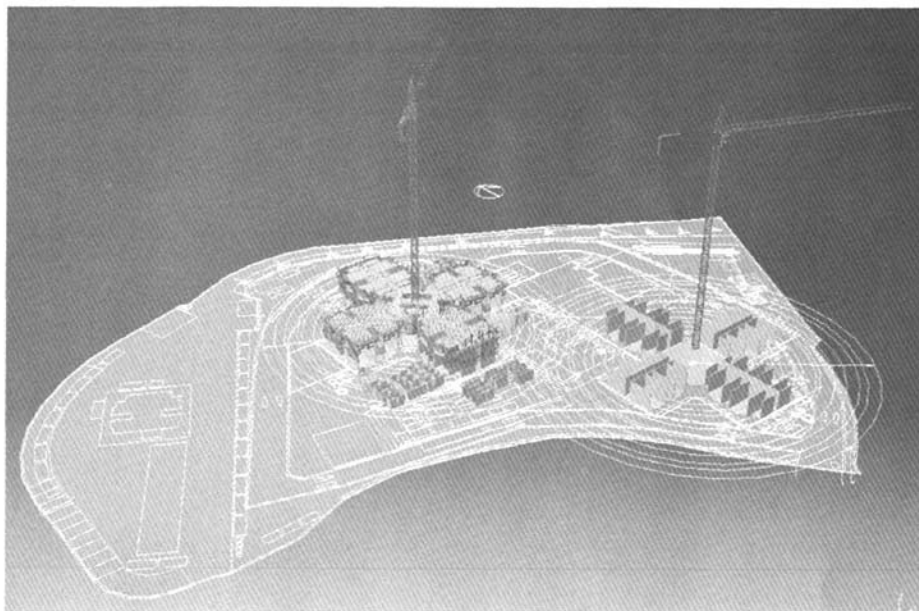


图3 香港葵涌住宅项目施工过程模拟
注:采用 DELMIA V5 模拟分析施工过程,下同

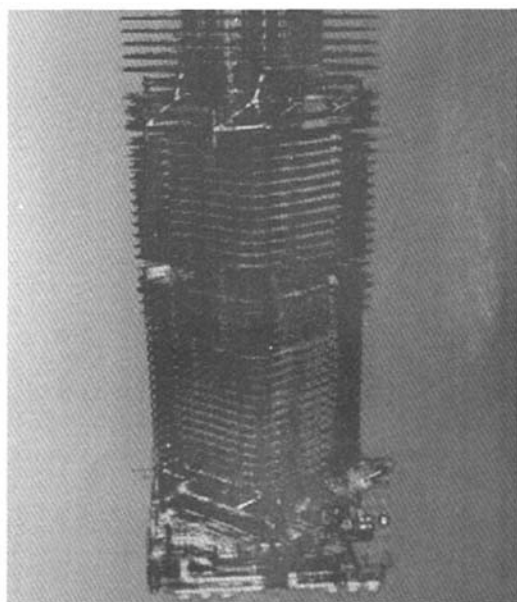


图4a 香港 OIE 项目结构框架

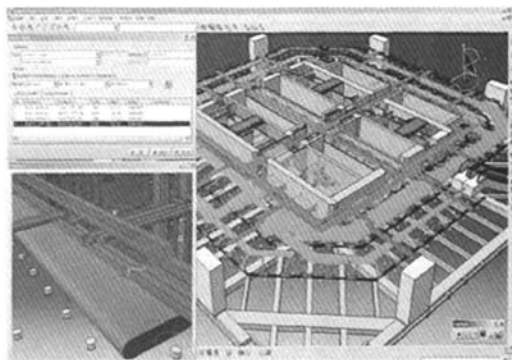


图4b OIE 项目构件设计检测结果

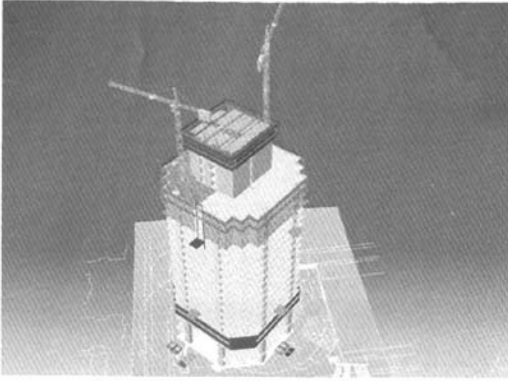


图 5a OIE 项目施工过程碰撞检测

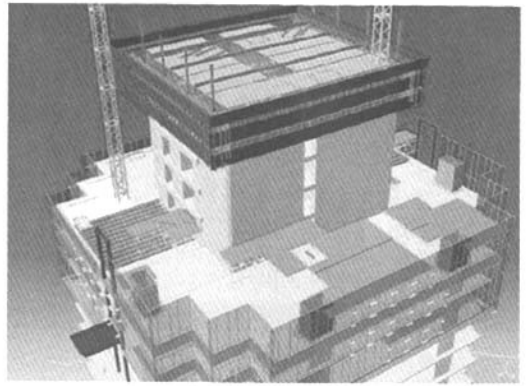


图 5b OIE 项目施工过程碰撞检测

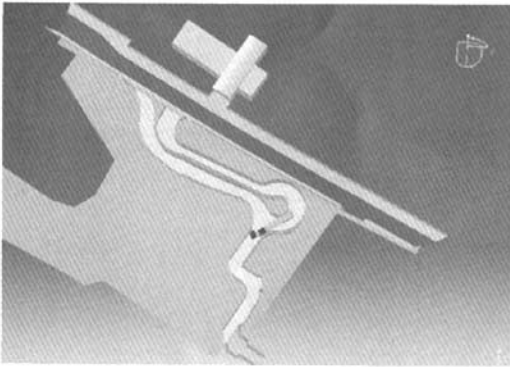


图 6a 香港何东楼项目车辆进入施工现场的规划方案评估

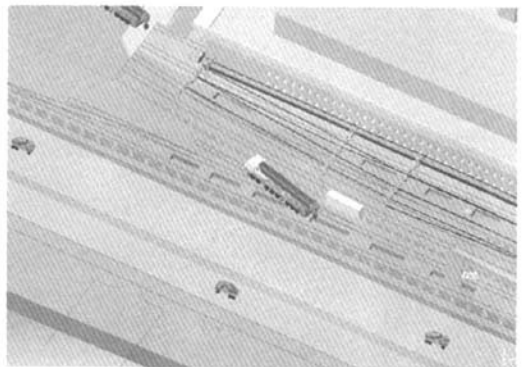


图 6c 何东楼项目施工方案二——移动吊车

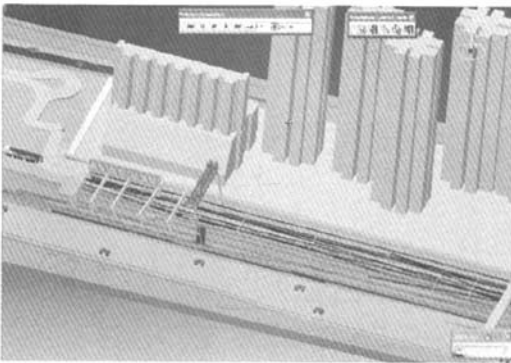


图 6b 何东楼项目施工方案——龙门架

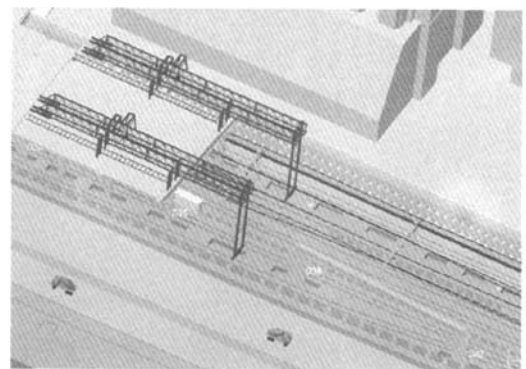


图 6d 何东楼项目施工方案三——架桥机

4.3 成本和工期优化

对于建筑商来说,在保证质量的同时,成本和工期是其关注的焦点,通常情况下,成本与工期息息相关。采用虚拟施工技术可以有效地优化工期,降低成本。一方面,采用虚拟施工技术可以模拟施工工期,并通过调整施工程序可以缩短工期,从而降低成本,尤其是对于施工过程比较复杂的项目或

个性化较强的住宅项目,更为明显。以香港葵涌项目为例,通过虚拟施工技术有效地将施工周期从6天调整为4天(见图7a和图7b),从而缩短了工期和降低了成本。另一方面,虚拟施工技术在前面的知识管理和再利用、碰撞检测及方案评估过程中,都可以有效地降低成本。据一些采用虚拟施工技术的项目的反馈,成本和工期优化情况如表1所示。

由上述分析可知,虚拟施工技术可以有效地预测设计和施工过程中存在风险和可能出现的问题,

同时可以评估施工方案的可行性,并进行方案的比较、选择和优化,为住宅工业化生产提供保障。

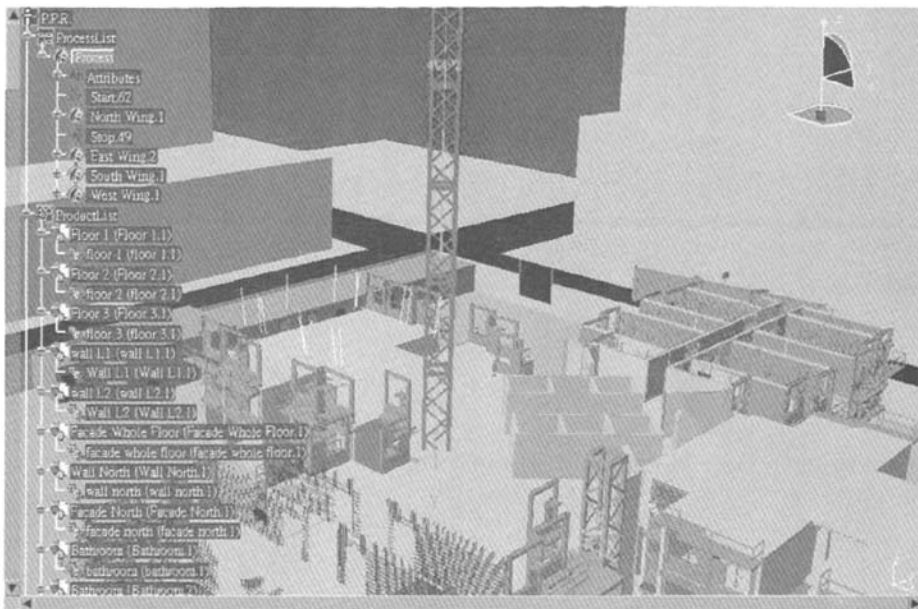


图 7a 香港葵涌项目原计划的 6 天施工周期

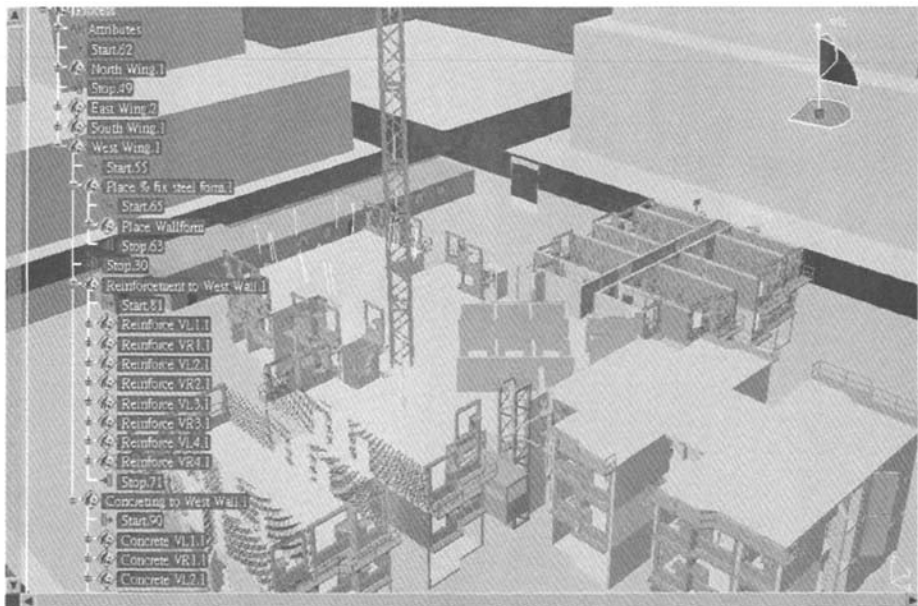


图 7b 香港葵涌项目模拟改进后的 4 天施工周期

5 结论

三个关键因素是制造业成功的精华,实现了制造业的工业化生产。中国制造业之所以以每年

10% 以上的增长率增长,三个关键成功因素起到了主导作用。住宅产业同制造业一样,只有充分利用这三个关键因素,才有可能实现住宅工业化,从而提高住宅开发的效益,即提高效率、降低成本。

然而,住宅工业化成功的三个关键因素的实施需要相应的技术支持。本文提出的两个关键技术,即预制件技术和虚拟施工技术,可以有效地支持三个关键因素的成功实施。住宅工业化具有较大的发展潜力,经过实践的磨砺就会产生强大的生命力。目前,我国大量推广住宅工业化的条件还未完全成熟,作者期望上述提出的三个成功关键因素及相应的两个关键技术,能够为中国住宅工业化发展提供一个有效的途径,以加速中国住宅工业化进程,早日让工业化住宅走进百姓的生活。

表 1 成本和工期优化信息反馈统计表

项目	成本节约	工期缩短
香港葵涌项目	不详	约 17%
HKCC	不详	不详
香港何东楼	约 12%	约 5%
Venetian Macau Hotel	约 5%	不详

参考文献

- [1] 香港理工大学建筑及房地产学系 Dept. of Building & Real Estate, The Hong Kong Polytechnic University
- [2] 深圳市房地产研究中心 Research Center of Shenzhen Real Estate

Critical Techniques of Impelling Housing Industrialization in China

Li Heng¹, Guo Hongling¹, Huang Ting¹, Kong Chinwang¹, Li Yan²

(1 Dept. of Building & Real Estate, The Hongkong Polytechnic University, China

2 Research Center of Shenzhen Real Estate, China)

Abstract: With the rapid development of urbanization in China, housing industrialization is needed to strongly support the urbanization. However, at present, there is still no an applicable approach to guide the development of the housing industrialization of China. Thus it has become a focus how to successfully advance the process of housing industrialization in the construction industry. On the basis of the many-years experience in the construction field, author wants to introduce the developmental mode of the manufacture industry into the housing industry. This paper presents the three key factors of success in housing industrialization and further provides the critical techniques of impelling housing industrialization, i. e. precast technique and construction virtual prototyping technology. It is cordially expected that this research can provide a reference for the development of housing industrialization in China.

Key Words: Housing industrialization; Prefabricate; Construction virtual prototyping

设计通网全新升级改版

设计通网站 www.shejitong.com 近期全新升级改版为基于 2.0 平台的设计主题社区,全面覆盖建筑工程、制造业、多媒体娱乐等三大设计行业,互动功能新颖有趣,交流信息专业而丰富,为全国以及海外各行业的设计师和设计院校在校学生提供全方位服务的专业网站。内容升级包括:工业设计、建筑与环境、设计联盟、大师作品、技术解答、设计软件大全、设计贴吧、专业培训认证、出人头地等;提供以资讯、作品欣赏、理论与资料、设计工具、特色游戏、设计专题为频道结构的内容模式,突出功能特色。不仅为广大设计师提供丰富的设计工具和设计资讯,同时还增加了很多新颖有趣的互动功能。

设计通网站还始终致力于中国设计产业的持续发展,以推进中国教育领域的设计人才培养。目

前设计通正携手国内多家行业协会、国内外软件厂商以及上百家的高校、培训机构建立和发展“设计通认证培训体系”,打造专业设计软件产品的职业教育培训网络,提供国际一流水准的教育服务。2009 年 6 月设计通与中国房地产业协会商业地产专业委员会携手开展建筑信息模型(BIM)人才培养认证工作,7 月设计通联合天正、鸿业、博超、天河、利驰、理正、鲁班、探索者、3D3S、清华斯维尔、威远图易、中科辅龙等十余家国内知名 CAD 软件厂商推出工程建设和机械制造设计专业整体培训认证体系,10 月设计通又与 CAXA 公司强强合作,开创了国产工业软件学习、考证、应用、就业、再学习的人才培养模式之先河,为我国工业软件培训认证体系及国产工业软件产业链的良性发展翻开了新的一页。
(设计通 李刚)