

BIM 技术在大型 LNG 储罐建设中的应用前景

段品佳 张超 屈长龙 扬帆

中海石油气电集团有限责任公司技术研发中心

段品佳等. BIM 技术在大型 LNG 储罐建设中的应用前景. 天然气工业, 2015, 35(1): 126-130.

摘 要 大型 LNG 储罐的建设具有涉及专业繁多并交叉作业、工艺技术要求高、建设周期长和运营维护复杂等特点。因此, 科学的管理方法和先进的工程建设理念对提高储罐建设的质量和效率、节约成本等方面具有重要的作用和意义。BIM (Building Information Modeling) 技术采用 4D 建模方法对建设工程的全部相关信息进行系统化管理, 并通过统一控制和无缝交流的共享方式实现工程建设目标。结合大型 LNG 储罐建设的自身特点, 引入 BIM 技术, 通过建立虚拟模型和模拟工况, 可对整个工程建设和运营过程进行优化控制, 最终达到提高质量和节约成本等目的。鉴于中国目前已掌握了大型 LNG 储罐建设的传统管理方法和建造技术, 引入 BIM 技术的条件基本具备。在未来 LNG 产业的发展中, 该技术将在大型 LNG 储罐的全过程管理中发挥重要的作用。同时还建议, 受技术垄断的限制, 我国应加强“标准统一、技术同步、知识产权”等方面的攻关研究。

关键词 BIM 技术 LNG 储罐 生命周期 4D 模型 管理模式 虚拟模型 信息共享

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2015.01.018

Application prospect of BIM in the construction of large-scale LNG storage tanks

Duan Pinjia, Zhang Chao, Qu Changlong, Yang Fan

(Technical R & D Center of CNOOC Gas & Power Group, Beijing 100028, China)

NATUR. GAS IND. VOLUME 35, ISSUE 1, pp.126-130, 1/25/2015. (ISSN 1000-0976; In Chinese)

Abstract: Large-scale LNG storage tank construction is so complicated that it involves multi-disciplines, cross-operation, high technical requirements, long construction periods, and quite sophisticated follow-up operation and maintenance. Scientific management and advanced engineering construction concept will be of great significance to improve the quality and efficiency of LNG storage tank construction, save the cost, and so on. The BIM (Building Information Modeling) technology adopts the 4D-modeling methodology to systematically manage all the involved information in a construction engineering project and to achieve the construction goal by uniform control and seamless communication with the information sharing. In combination with the characteristics of a large-scale LNG storage tank construction project, the BIM was introduced to build a virtual model simulating the actual working conditions, which will optimize and control the whole construction and operation process, thereby to improve the quality and reduce the cost. Under the present situation, China is equipped with introducing the BIM technology into the large-scale LNG storage tank construction projects. In the future LNG sector, the BIM will play an important role in the management of large-scale LNG storage tank construction and operation projects. Meanwhile, it was also pointed out that in order to overcome technological monopoly restrictions, China should try to make great breakthroughs in the aspects of standard criteria, synchronous technologies, and protected intellectual properties, and so on.

Keywords: BIM technology; LNG storage tank; Life cycle; 4-D modeling; Management mode; Virtual model; Information sharing

作者简介: 段品佳, 1985 年生, 工程师, 博士; 主要从事液化天然气相关技术的研究工作。地址: (100028) 北京市朝阳区太阳宫南街 6 号院中海油大厦 C 座 901 室。电话: (010) 84524192, 13466575408。E-mail: dpj_0_1999@163.com

目前国际上通常采用的 LNG 储存方法是在沿海地区建设陆上接收站。

作为 LNG 接收站的核心存储容器,大型 LNG 储罐的建设投入占到整个接收站的三分之一左右。受存储物质的物理特性(储存温度小于 $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$)影响,储罐建设中的方案决策、结构设计、施工建造和运营维护等过程都极为复杂^[1-2]。因此,采用科学先进的管理模式和技术对大型 LNG 储罐的整个生命周期至关重要。BIM(建筑信息模型 Building Information Modeling, 简写 BIM)技术是目前在建筑领域开发出来的继 CAD 之后又一具有划时代意义的先进管理模式^[3-6]。在大型 LNG 储罐建造的过程中采用 BIM 技术,可以对 LNG 领域的发展起到巨大的改进和提升作用。

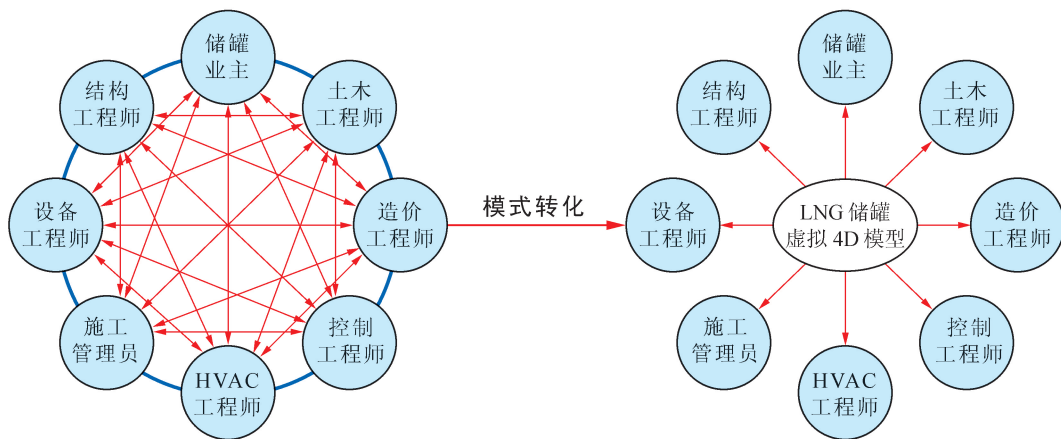


图 1 BIM 技术最终目标图

BIM 技术的核心在于其独有的数据管理平台,利用多种专业分析软件联合建立三维数字化信息模型(亦称虚拟工程体),涵盖工程建筑体的全部信息,即在工程体建设之前,根据其实体的全部实施环节实现一个虚拟的目标。模型包含了工程体的方案设计、建筑设计、结构设计、施工过程、材料信息、工艺技术、设备设施和运营维护等工程体生命周期内的全部详细数据信息。通过数据间的相互关联和调用,使这些数据信息形成一个有机整体,从而实现几个方面的重要工作:①根据工程要求进行建设方案优选;②对未知的所有可能的建设风险进行预判;③通过信息共享和相互交叉调用,使工程体建设过程中各个专业之间实现实时的更正和校验,避免了因合作沟通不善所引起的差错或误解;④控制工程进度,在可控范围内准确把握,让各个施工队伍在施工过程中密切配合;⑤在工程体运行、维护过程中能够实现整体的把握和控制。

通过使用 BIM 技术,可以使工程体所涉及的各个

1 BIM 技术核心及应用现状

1.1 技术核心

BIM 技术是在 1995 年底由国际互协作组织 IAI (Industry Alliance for Interoperability) 利用自主编制的 IFC(Industry Foundation Classes)建筑信息共享标准而开发的利用开放的行业标准对工程主体进行数字化形式表述模型^[7-8]。在开创了土木工程领域工作全新技术理念的基础上,其目标是在土木建筑全生命周期范围内,改变以往的工程专业协作模式、改善信息交流方式,进而提高效率和质量、降低生产成本^[9-10]。该技术的最终目标是将工程建设中的各相关方通过一对多的协作模式转化为一对一的高效工作模式(图 1)。

环节和相关专业实现真正意义上的无缝连接。

1.2 技术应用现状

BIM 技术在国内外的建设工程项目中已经取得了不俗的成果。在部分欧美国家,使用 BIM 技术的在建工程数量甚至超过了采用传统方法建设的数量。该技术在成熟的工程体系和框架下可以实现“规划—设计—施工—运营”整个生命周期的应用,其优势特点能够解决传统工作中的诸多复杂问题。

而 BIM 技术在我国工程建设领域的应用还处于起步阶段。从 2003 年我国引入该技术至今,仅在北京、上海和香港等地的一些标志性建筑工程的设计阶段有了一定的应用,但其在设计消耗和成本控制上,都已经显现出了良好的效果和优势。

2 大型 LNG 储罐的建设特点

2.1 工艺复杂

与常规建筑工程相比,大型 LNG 储罐的建造有

特殊的工艺要求和设计标准。在大型 LNG 储罐建设过程中,需要勘察、土建、结构、设备、工艺和安全等相关专业相互配合。作为 LNG 接收站的核心存储设施,LNG 储罐要与接收站中的卸料系统、外输系统和气化系统等联合运行。因此必须严格把握设计和施工过程,才能保证接收站顺利调试运行。

2.2 设计要求高

目前,国际上的大型 LNG 储罐设计通常采用较成熟的 API 标准、EN 欧洲标准,或日韩标准等。对于具有较高危险性的 LNG 产品存储,在储罐设计时需要根据 LNG 特性做特殊的考虑和处理,在施工过程必须严格控制容许偏差和材料使用。例如 LNG 全容储罐,其结构密封性要求较高,需采用内、外罐两层罐壁储存结构;内罐需采用国际上广泛使用的耐低温钢材(9%Ni 钢);外罐采用双层配筋的钢筋混凝土防护结构;中间夹层中充填导热系数较低的保温材料。

2.3 生命周期长

LNG 储罐的设计使用年限均在 50 年以上,生命周期长。因此,在 LNG 储罐的设计过程中一般要考虑地震灾害的影响,并做出相应的结构加强,提高抗震能力。此外,在储罐操作运行的过程中会高频率地进行低温 LNG 循环卸料和外输,在此过程中储罐的管

线系统将涉及复杂的人工和自动化操控;同时储罐将经历高、低温循环和应力应变循环变化等工况。此过程对储罐整个生命周期的管理、操作控制和安全维护等有显著的影响。

3 BIM 技术的应用前景

结合 BIM 技术特点,以及大型 LNG 储罐工艺要求可以看出,BIM 技术在大型 LNG 储罐建造中的应用可以极大地提高储罐的建设和管理效率,减少因工作失误导致的返工和安全事故等问题。

3.1 4D 虚拟设计

利用 BIM 技术可以在大型 LNG 储罐的实体建造之前进行虚拟工程设计。建立 4D 模型首先需要对罐体的 3D 建筑特征和结构设计进行完整的搭建;同时对应罐体所有组成结构单元的详细材料属性、设计信息、采购信息和施工方法等全部数据。在整个 LNG 储罐工程的过程中,其资源配置和工程进度都是动态变化的。严格按照施工工序进行 4D 过程模拟,可以对施工全过程有详细的把握和控制,从而对施工过程中可能发生的各种状况进行预判和提前计划准备,极大地缩短工期、降低成本和提高质量。其管理模式如表 1 所示。

表 1 BIM 技术在 LNG 储罐生命周期中的应用表

BIM 技术在 LNG 储罐生命周期中的应用						
规划		设计		施工		运营
LNG 全容储罐 BIM 建模						
地质勘查						
预可研分析						
	方案论证					
		可视化设计				
		协同设计				
		性能化分析				
		工程量统计				
			管线综合			
				施工进度模型		
				施工组织模拟		
				数字化建造		
				物料跟踪		
				施工现场配合		
				施工模型交付维护计划		
						资产管理
						空间管理
						系统分析
						安全/灾害/应急模拟

3.2 数据信息自动化

在大型 LNG 储罐的生命周期内,拥有大量的设计数据和信息文件,在目前传统的管理模式下,大量的报告、设计文件及相关说明等资料都是通过 2D 的 CAD 设计和手工计算相结合的方法来完成。由于资料数量庞大、专业交叉错综复杂,使得文档管理工作相当繁重。BIM 技术则能够对所有数据信息进行 4D 模式统一管理,不但可以使全部数据完整地保存在一个数据库内,还可以根据各个资料文件的相互关系统一协调保存,既节省人力资源又方便应用。与此同时,数据信息对工程各相关方共享资料,这样可以促进各方合作、加强相互监督(图 2)。

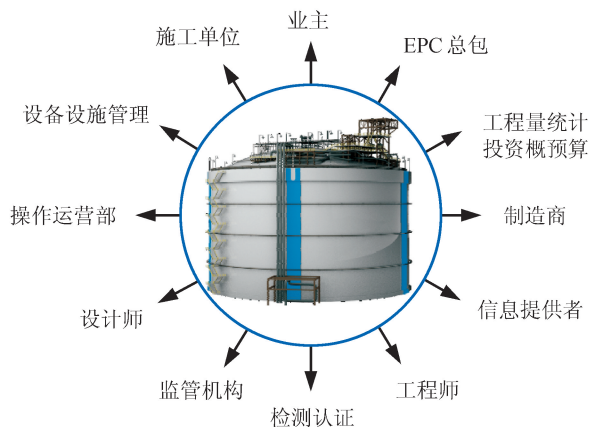


图 2 BIM 技术中的信息共享模型图

3.3 自动变更管理

在利用 BIM 技术对大型 LNG 储罐的全部数据信息进行存储管理的过程中,工程中各个交叉衔接作业的信息资料也是相互关联和调用的。因此,在工程的 4D 虚拟设计过程中,任意一个文件资料发生变更或调整,其他相关联的数据信息也会自动发生改变,不会出现人工处理数据资料时,因遗忘和疏忽而发生错误的现象。这也会明显地缩短工程评估和预算的时间,并提高准确性。并且通过关联更新可使整个工程的数据信息始终保持最新状态。

3.4 高级分析能力

当大型 LNG 储罐的虚拟工程体设计并建模完成以后,利用 BIM 技术并结合相关工程分析方法,可进一步开展对工程体的高级分析,如对 LNG 储罐的保冷性能、节能环保性能和安全运营周期等进行分析。所以,可以借此对大型 LNG 储罐的长期运营经济效益和社会效益做出较为准确和全面的评价。

4 BIM 技术应用的限制

BIM 技术开创了工程项目管理的新模式,但在当下的社会环境、法制健全程度及人们的习惯性思维方式束缚下,BIM 技术的深入发展乃至推广应用还有较多的限制^[11-12]。

4.1 技术垄断

LNG 储罐的建设工程工艺非常繁琐,尤其是结构复杂的全容储罐更为突出。目前在国际上,相关核心技术主要掌握在几个从事 LNG 业务较早的企业手中,如 CBI、TGE、IHI 等;在国内,已有几家能源公司的技术部门掌握了 LNG 储罐建造的核心技术。但各个公司之间都相对独立,很难实现信息共享,这就使得该项技术在工程建设中很难让其他公司很好地掌握,因此就不能通过有效而又密切的配合来完成 LNG 储罐的建设,并在此基础上对该项技术不断地完善和创新。

4.2 知识产权保护

BIM 技术的目标就是工程的各个参建方能够实现信息完全共享并相互配合搭建一个完整的 4D 全模型。但受到知识产权保护等一系列条件的制约,在当前环境下,很难将 LNG 储罐建设时,使用 BIM 技术牵涉到的利益问题全部妥善解决。

4.3 标准化

BIM 技术实现的重要基础,就是整个工程体的 4D 全模型必须在统一的标准体系下进行设计。目前建模方法中较为领先的是“分布式”BIM 模型,该方法实现目标可能需要的模型包括:设计模型、施工模型、进度模型、成本模型、制造模型、操作模型等。要求所有的模型必须遵从统一的建模标准,才能实现全部数据的统一控制和管理。这在目前的 LNG 储罐建设领域内还是一个难题,仍需要行业内从业者共同努力建立一个通用、可靠的规范。

在 LNG 储罐建设中的 BIM 技术标准化主要包括两个方面的内容:①模型的标准化,如材料标准、设计标准和施工标准等;②模型数据管理的标准化,涉及数据结构和数据的管理、相互调用等。

5 建议与结论

BIM 技术的优势在于能够通过现代的信息管理技术,采用虚拟的方法来解决以往工程中某些无法预见的工程问题,以及某些人为因素所引起的繁琐工作和操作疏漏。通过对 BIM 技术在大型 LNG 储罐生命周期的应用分析可见,如果能够在未来的 LNG 领域中充分利用 BIM 技术的优势,将极大地改善大型

LNG 储罐建设的效率、质量和成本控制,并对后期的运营维护有明显的帮助。同理,通过统筹规划和科学管理,BIM 技术可以进一步推广到整个 LNG 接收站的模块化建设之中,则将极大地促进 LNG 产业技术的发展和进步。

目前,国内 LNG 产业的自主化进程已经取得了长足的发展,但要 will BIM 技术引入到 LNG 储罐的建设中并全面实现工程化应用,还需在如下几个方面进行攻关:

1)标准统一:基于 LNG 储罐建造核心技术,建立统一的工程建设标准,实现行业内各个相关专业在同一平台上的技术对接。

2)技术同步:BIM 技术的特点要求任何一个工程体的实施,都不再是一两个应用软件所能够独立完成的工作,而是需要多种专业软件协调应用,最终将计算分析成果在同一个标准下集成到 BIM 信息数据库中,实现一体化应用。

3)知识产权:在各个相关专业协同工作的过程中,必将涉及各个参与部门的专利技术,与此同时还会有大量的创新成果不断涌现,因此需要建立健全的知识产权保护体系,最终才能实现技术公开应用、效益最大化。

参 考 文 献

- [1] 王冰,陈学东,王国平.大型低温 LNG 储罐设计与建造技术的新进展[J].天然气工业,2010,30(5):108-112.
Wang Bing, Chen Xuedong, Wang Guoping. New progress of design and construction technology for large-scale LNG storage tank[J]. Natural Gas Industry, 2010, 30(5): 108-112.
- [2] 殷劲松,马小红,陈叔平.大型 LNG 储罐关键技术[J].煤气与热力,2011,31(7):55-59.
Yin Jinsong, Ma Xiaohong, Chen Shuping. Key technologies of large LNG storage tanks[J]. Gas & Heat, 2011, 31(7): 55-59.
- [3] 时国华,王松岭,荆有印.LNG 气化站储罐最优配置模型[J].天然气工业,2008,28(5):100-102.
Shi Guohua, Wang Songling, Jing Youyin. Optimal configuration mathematical model of storage tanks in LNG vaporizing station[J]. Natural Gas Industry, 2008, 28(5): 100-102.
- [4] 刘爽.建筑信息模型(BIM)技术的应用[J].建筑学报,2008(2):100-101.
Liu Shuang. Application of BIM technology[J]. Architectural Journal, 2008(2): 100-101.
- [5] 周春波.BIM 技术在建筑施工中的应用研究[J].青岛理工大学学报,2013,34(1):51-54.
Zhou Chunbo. Research on the application of BIM technology in the construction[J]. Journal of Qingdao Technological University, 2013, 34(1): 51-54.
- [6] 刘刚,李鑫,王兴龙,黄业茂.建筑施工企业 BIM 应用浅析与建议[J].施工技术,2012,41(3):39-40.
Liu Gang, Li Xin, Wang Xinglong, Huang Yemao. Application of BIM and suggestions in construction company[J]. Construction Technology, 2012, 41(3): 39-40.
- [7] Laiserin J. Comparing pommies and naranjas[J/OL](2002-12-16)[2014-12-02]. The Laiserin Letter, December 16, Issue 16, <http://www.laiserin.com/features/issue15/feature01.php>.
- [8] Guo HL, Li Heng, Skitmore M. Life-cycle management of construction projects based on virtual prototyping technology[J]. Journal of Management in Engineering, 2009, 26(1): 41-47.
- [9] 张孟田.基于 BIM 的建设项目设计概预算的应用[J].中国勘察设计,2012(5):95-97.
Zhang Mengtian. The application of construction project budget based on BIM[J]. China Investigation & Design, 2012(5): 95-97.
- [10] 丰亮,陆惠民.基于 BIM 的工程项目管理信息系统设计构想[J].建筑管理现代化,2009,23(4):362-366.
Feng Liang, Lu Huimin. Blueprint of construction project management information system based on BIM[J]. Construction Management Modernization, 2009, 23(4): 362-366.
- [11] 潘佳怡,赵源煜.中国建筑业 BIM 发展的阻碍因素分析[J].工程管理学报,2012,26(1):6-11.
Pan Jiayi, Zhao Yuanyu. Research on barriers of BIM application in China's building industry[J]. Journal of Engineering Management, 2012, 26(1): 6-11.
- [12] Jardim-Goncalves R, Grilo A. Building information modeling and interoperability[J]. Automation in Construction, 2010, 19(4):387.

(修改回稿日期 2014-12-01 编辑 陈 嵩)