

大型国际 LNG 项目模块化建造管理

姜宁¹ 李林¹ 许涛¹ 郑春来²

1. CNPC International Russian Corporation, Moscow Russian 117393;

2. 中国石油工程建设有限公司西南分公司, 四川 成都 610041

摘要:目前,模块化建设模式在国内外工程项目中的应用越来越普及,模块化装置的工厂建造是模块化建设成败的关键。对俄罗斯亚马尔 LNG 项目模块建造的 HSE 管理、质量控制和进度控制要点进行了阐述,并简要介绍了相关管理方法,对提升模块建造管理水平起到一定借鉴作用。

关键词:模块化;工厂建造;HSE 管理;质量控制;进度控制

DOI:10.3969/j.issn.1006-5539.2018.06.020

Modularized Construction Management for Large International LNG Project

Jiang Ning¹, Li Lin¹, Xu Tao¹, Zheng Chunlai²

1. CNPC International Russian Corporation, Moscow, 117393, Russia;

2. China Petroleum Engineering & Construction Corp. Southwest Company, Chengdu, Sichuan, 610041, China

Abstract: With more and more modular construction applied in international and domestic projects, modular fabrication becomes the key issue. Based on the summary of Russian Yamal LNG project, main points of HSE management, quality control and schedule control of modular fabrication have been presented. Some management methods in this paper give guidance to improve the module construction management.

Keywords: Modularization; Construction; HSE management; Quality control; Schedule control

0 前言

模块化已成为当今十分流行的概念,大到大型工程项目建设,小到 IT 行业个人电脑乃至手机的制造,模块化的理念已越来越深入到人类的工作生活中。工程项目模块化建设的主要优势在于实现工厂内施工,可以有效规避施工环境及条件的影响,使工效最大化,更易于项目按计划如期实施;可以分散建造,通过选择多个模块建造场地同时施工,进而缩短项目建设期;更易于质量控制,减少因质量问题造成的返工;对于发达地区的项目,可以降低人工成本,节约投资;对于环保要求严格

的地区,能够降低环保投入^[1-5]。

俄罗斯亚马尔 LNG 项目作为目前北极地区最大的 LNG 上下游一体化项目,地处俄罗斯亚马尔南坦姆贝气田,天然气储量 $1.3 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 、凝析油储量 $6.0 \times 10^7 \text{ t}$ 。项目采用 APCI 的 C3 MR 工艺技术,分三期建设,包含 3 条 $5.5 \times 10^6 \text{ t/a}$ 的 LNG 生产线,建成后年总产能将达 $1.65 \times 10^7 \text{ t LNG}$ 及 $1.0 \times 10^6 \text{ t}$ 凝析油。因项目所在地自然条件恶劣、无社会依托,故在启动之初便选择采用模块化建设模式,由 142 个工艺模块组成,总重量超过 $3.5 \times 10^5 \text{ t}$,其中最重的模块达 6 959 t,尺寸为 $43.65 \text{ m} \times 62.4 \text{ m} \times 43.5 \text{ m}$ (长×宽×高)。

收稿日期:2018-03-03

基金项目:中国石油重点工程“俄罗斯亚马尔 LNG 项目”

作者简介:姜宁(1985-),男,宁夏吴忠人,工程师,工学硕士,主要从事天然气处理及 LNG 的设计及项目管理工作。

模块化建设模式,利用工厂的技术和资源优势,实现装置的工厂预制最大化,现场施工最小化,从而降低工程建设的风险^[6],而模块化装置工厂建造作为模块化建设的重中之重,其建造管理十分关键。

1 HSE 管理

HSE 管理^[7-9]非常重要,任何小的疏忽,都有可能造成大事故,对项目进展和公司声誉都会有重大影响。模块化建造项目的 HSE 管理是基于模块厂的管理体系,融合了总包商、业主的 HSE 管理理念或文化,以程序文件的形式,指导、控制项目的 HSE 管理。通过这种融合,可建立:项目 HSE 管理委员会(各方高管)、高管 HSE 承诺、有效持续的培训机制(管理人员和施工人员)、项目高层例行 HSE 巡视、制定奖惩机制(轻罚重奖)。HSE 管理委员会为项目 HSE 管理提供指导;高管 HSE 承诺、体现管理层对 HSE 管理工作的重视,有效激励中层及基层人员对 HSE 管理的重视和参与积极性;以退出机制为依托,建立有效持续培训机制,不合格人员退出项目,培训后重新上岗;轻罚重奖的奖惩机制可以减轻施工人员精神压力,提高重视安全、参与 HSE 管理的积极性。

建造厂针对具体项目制定 HSE 管理方案和相应开工准备安全措施,并对 HSE 管理方案的针对性、合理性、可操作性和完整性进行审查评估。开工前建造厂应针对模块建造危险源辨识和控制对施工人员进行培训,让施工人员了解模块建造过程中,各项工序可能存在的危害、风险等级及控制、补救措施,避免安全事故的发生。

相对而言,建造过程中安全风险较高的作业包括:交叉作业、射线探伤作业、吊装作业、脚手架作业、用电作业、动火作业、受限空间作业、试压作业等。在建造过程中,应重点检查建造厂针对上述作业的 HSE 管理,并留下检查记录。针对风险等级较高的工序,建议建造厂实行作业许可单和班前会制度,充分做好该工序的作业安全风险分析,以及相应的安全技术交底工作。

2 质量管理

模块化装置工厂建造是模块化建设的关键环节,也是项目质量管理的重中之重。为实现模块化装置的质量目标,建造阶段的质量控制需要向上游的设计和下游的运输延伸^[10]。

2.1 设计核查

三维设计技术的进步,推动了模块化技术的发展,使得装置模块化的全过程设计变为可能。为更好地保证模块化装置工厂建造的顺利实施,应重视建造厂对设计成果的核查作用。建造厂对设计成果的核查主要表现在以下两方面。

第一,制定建造方案阶段对三维设计模型的核查。该阶段可以发现原设计模型中的不足、不合理甚至错误。通过提出合理的设计改进建议,减少建造过程中的整改,实现设计与建造转化与融合。

第二,转化加工图阶段对设计料单进行核查。该阶段主要通过加工图转化获得实际用料量,再与设计采购工程量进行对比,实现设计料单的核查。核查重点包括建造厂加工消耗量水平、特殊材料工程量、长周期材料工程量等。

建造厂作为设计文件的接受方和使用方,有义务对设计文件的质量进行必要的核查,问题发现越早,越有利于建造过程的质量和进度控制。

2.2 采购物资入厂检验

采购物资到货的质量检验也是模块化装置工厂建造的质量管理重要环节。物资在建造厂的制造过程中和出厂验收时都会受到严格的质量检验,保证发货产品质量。产品经过运输到达建造厂后需要对到货物资进行入厂检验,检验内容主要包括:一是检验到货物资是否符合设计文件要求,从规格、型号、材质等多方面进行检查;二是检验到货物资的外观质量,包括感观质量、接口尺寸等;三是检查到货物资的随货资料,对重要的质量证明文件和试验报告进行查阅。

物资在建造厂通常进行分类仓储保管,而对物资入厂检验一般进行分区管理,可分为待检区、检验合格区和检验不合格区。根据检验结果,将到货物资放入指定区域,并纳入出入库管理。只有检验合格区的物资才可纳入建造过程领料计划中。

2.3 模块预制及组装管理

模块化装置工厂建造包括钢结构预制、管道预制、组装及仪电安装、绝热防腐等环节。这些环节的质量控制与监督均按照制定的质量检测计划(ITP)进行。管路系统的质量控制重点包括焊接工艺、无损检测、热处理、水压试验等;钢结构制造控制重点包括尺寸控制、变形控制、无损检测等。整装模块各片甲间的安装组对是质量控制的重点与难点;而拆分模块的底层单体模块组对定位控制是重点。预制管道的组装主要做到合理制定组装方案,实现管路系统的无应力组对焊接,管路通过系统压力试验保证建造质量。检验仪电安装和绝热防腐应符合安装设计要求,仪电安装后应进行必要的单点测试,保证安装质量。

2.4 成品保护管理

模块化装置建造过程和发货前的成品保护也是建造质量管理的重点。整装模块和拆分模块都避免不了各工序的交叉作业和上下层的同时作业。后道工序实施前和实施过程中都需要对前道工序的成品进行保护,

制定保护措施和监督手段,避免返工造成的质量缺陷和进度影响。模块化装置在建造厂完成最终的出厂验收 (FAT) 后,为保证运输安全,也需要采取必要的包装保护,如管道端部保护、结构临时支撑保护、氮气保护等。

3 进度管理

模块化装置工厂建造进度管理,首先应制定合理的建造进度计划,确定建造进度的关键路线和里程碑进度节点;其次制定适合项目进度监督的手段,定期对实际进度进行检测,如进度报表、进度曲线,并定期将实际进度与计划进度进行对比,掌握进度的偏离情况;再次就是对进度偏离进行分析,一是关键路线的进度是否出现滞后影响整体进度,二是非关键路线工作进度滞后是否改变关键路线,对整体进度产生影响,三是进度提前是否有利于项目质量及费用控制,四是关注进度偏离对里程碑进度计划的影响;最后针对分析结果,结合项目实际情况,制定合理的进度纠偏措施,包括人力资源、机具资源、工作时间调整等措施。

3.1 设计文件交付

设计文件包括采购技术文件和施工图,设计文件如期交付是模块建造进度的有力保证。一方面,模块设计方应按进度如期完成相关设计文件;另一方面,建造厂作为文件的接受方,也应关注设计文件交付进度,动态更新模块建造设计文件交付进度表。对影响建造进度的设计文件交付提前预警,及时通过总承包方协调,获得批准的设计文件。对于已经延期交付的设计文件,提出建议措施和后续纠偏方案,如调整施工顺序、改变施工方法,必要时采取各工序交叉作业等措施,提高建造与设计的适应性以确保建造进度。

3.2 采购物资交付

采购物资交付是模块建造进度控制重要环节,在项目整体进度编制过程中,需要核实、分析物资采购周期能否满足建造进度的需要,或者说根据物资合理的采购周期判断整体进度是否合理。采购物资进度管理可按类别进行分析,包括对模块建造方案或工序有重要影响的大型设备,如塔器、重型设备,其交付时间往往对模块建造的里程碑时间有影响,交付进度需重点管理;供货周期较长的自控设备、动设备和特殊材质设备,是整个管路系统及仪电系统安装的关键,往往在进度计划的关键线路上;对系统组成有重要影响的大宗物资,如阀门、特殊管件等,对工艺模块管路系统的组装有重要影响;对于供货周期短、市场常见的通用材料,则稍微关注即可。

3.3 模块建造进度

模块建造进度需要关注钢结构预制进度、钢结构组

装进度、管道预制进度、管路系统组装进度、仪电安装进度,对于拆分模块还需要关注拆分包装工作周期。钢结构预制及组装进度中应重点关注防火涂料所需时间和整装模块各片甲组装进度,通常防火涂料受天气影响干燥时间较长。管道预制及管路系统组装进度应重点关注大口径厚壁管的预制进度、焊缝热处理、系统组装以及压力试验工作,其中压力试验由于 HSE 管理要求不能交叉作业,在管路系统较多时,持续时间较长。仪电安装通常与管路系统组装交叉进行,单点测试需要一定的时间。而对于拆分模块,由于仪电系统相对精密,在拆分过程中的成品保护时间相对较多。

4 结论

本文通过对俄罗斯亚马尔 LNG 项目模块建造的 HSE 管理、质量控制和进度控制三个方面,对大型 LNG 项目模块化装置工厂建造管理要点进行了阐述,主要结论如下:

1) 模块化装置建设特点决定了工厂建造过程存在交叉作业、射线探伤作业、吊装作业、脚手架作业、用电作业、动火作业、受限空间作业、试压作业等诸多高风险作业工作,识别风险,制定预案,进行必要的安全技术交底,开展作业许可单和班前会制度都是 HSE 管理的要点。

2) 模块化装置工厂建造的质量管理应围绕设计文件核查、采购物资入厂检验、模块预制及组装和成品保护管理四个方面开展,以项目编制的《质量计划》和 ITP 文件为依据,按工序逐项检验监督,确保建造的整体质量。

3) 模块化装置工厂建造的进度管理除关注钢结构预制与组装、管道预制与系统组装、仪电安装外,还应重点关注设计文件交付和采购物资交付进度。通常进度计划中关键路线物资的交付进度是造成模块建造进度滞后的重要因素,在进度的动态管理中应重点控制。

参考文献:

- [1] Habibullah A. Modular VS Stick Built LNG Plant [C] // Paper was Presented at the GPA Conference, 2009, Sydney, Australia. Overland Park: GPA, 2009.
- [2] Smith C, Bowtell G. The First Modularization of an LNG Plant [C] // Paper was Presented at the 15th International Conference & Exhibition on Liquefied Natural Gas, April 24 - 27, 2007, Barcelona, Spain. Barcelona: IGU, GTI, IIR, 2007.
- [3] Azhar S, Lukas Y M, Ahmad I. et al. Stick-Built Construction: Identification of Critical Decision-Making Factors [C] // Paper

(下转第 132 页)

- [J]. 建筑经济, 2006, 7(4): 48 - 50.
- Meng Xianhai, Li Yukui. Partnering—A New Model of International Engineering Project Management [J]. Construction Economy, 2006, 7(4): 48 - 50.
- [13] Wong P S P, Chenug S O. Trust in Construction Partnering: Views from Parties of the Partnering Dance [J]. International Journal of Project Management, 2004, 22(6): 437 - 446.
- [14] 万礼峰. 工程项目管理伙伴关系模式及信任问题研究[D]. 天津: 天津理工大学, 2007.
- Wan Lifeng. Research on Project Partnership Trust Theory and Trust [D]. Tianjin: Tianjin University of Technology, 2007.
- [15] 丁光. 解析 Partnering 模式的工作流程组织[J]. 基建优化, 2005, 26(4): 14 - 16.
- Ding Guang. Analysis of Workflow Organization of Partnering Mode [J]. Optimization of Capital Construction, 2005, 26(4): 14 - 16.
- [16] 龚啸. 基于 Partnering 模式的工程项目管理研究及应用[D]. 长沙: 湖南大学, 2009.
- Gong Xiao. Research and Applied of Construction Project Management with Partnering Mode [D]. Changsha: Hunan University, 2009.
- [17] 杨亚频, 王孟钧. 伙伴关系模式下项目组织界面管理研究[J]. 工程管理学报, 2010, 24(5): 540 - 544.
- Yang Yapin, Wang Mengjun. Study on the Project Organization Interface Management in Partnering Mode [J]. Journal of Engineering Management, 2010, 24(5): 540 - 544.
- [18] 毛友全. 工程项目伙伴关系管理模式研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2004.
- Mao Youquan. Research of Engineering Project Partnering Management Model [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2004.
- [19] 王争朋. 伙伴关系项目管理模式及其承包商选择和争端处理方式研究[D]. 天津: 天津大学, 2006.
- Wang Zhengpeng. Review of Partnering Model and Study on Selection of Contractors and Solution of Disputes [D]. Tianjin: Tianjin University, 2006.
- [20] 江昱洁. 石油工程项目双重管理模式研究[D]. 成都: 西南石油大学, 2014.
- Jiang Yujie. The Study of Petroleum Engineering Project Dual Management Mode [D]. Chengdu: Southwest Petroleum University, 2014.



(上接第 127 页)

- was Presented at the 48th ASC Annual International Conference, April 11 - 14, 2012, Birmingham, UK. Fort Collins: ASC, 2012.
- [4] 张国中, 高指林, 孙瑜, 等. 模块化建造技术在海洋平台建造中的应用[J]. 天津科技, 2014, 41(3): 39 - 41.
- Zhang Guozhong, Gao Zhilin, Sun Yu, et al. Application of Modular Construction Technology in Offshore Oil Platform Fabrication [J]. Tianjin Science & Technology, 2014, 41(3): 39 - 41.
- [5] 程文, 张建华. 中国模块化技术发展及产业结构升级[J]. 中国科技论坛, 2011, (3): 28 - 34.
- Cheng Wen, Zhang Jianhua. Chinese Modular Technology Development and Industrial Upgrade [J]. Forum on Science and Technology in China, 2011, (3): 28 - 34.
- [6] 陈朝明, 陈伟才, 李安山, 等. 大型气田地面工程模块化建设模式的优点剖析[J]. 天然气与石油, 2016, 34(1): 8 - 13.
- Chen Chaoming, Chen Weicai, Li Anshan, et al. Analysis on Advantages of Large Gas Field Surface Engineering Modular Construction Mode [J]. Natural Gas and Oil, 2016, 34(1): 8 - 13.
- [7] Mohamad A, Hickethier G, Hovestadt V, et al. Use of Modularization in Design as a Strategy to Reduce Component Variety in One-off Projects [C] // Paper was Presented at the 21st Annual Conference of the International Group for Lean Construction, 29 July - 2 August, 2013, Fortaleza, Brazil. Fortaleza: IGLC, 2013.
- [8] Sanchez R, Mahoney T J. Modularity, Flexibility, and Knowledge Management in Product and Organization Design [J]. Strategic Management Journal, 1996, 17 (Suppl 2): 63 - 67.
- [9] Aoki M, Ando H. Modularization: The Essence of the New Industrial Structure [M]. Shanghai: Shanghai Far East Press, 2003: 78 - 115.
- [10] 刘中民, 赵国华, 王杨, 等. 浅谈海洋工程中的模块化建造及质量管理控制[J]. 中国高新技术企业杂志, 2016, (5): 176 - 177.
- Liu Zhongmin, Zhao Guohua, Wang Yang, et al. Brief Talk About Modularized Fabrication and Control of Quality Management in Offshore Project [J]. China High-Tech Enterprises, 2016, (5): 176 - 177.