

模块化建造在委内瑞拉快速上产项目中的应用

郑永新¹ 王卓岩¹

摘要: 模块化建造作为现代工程标准化建造的前沿模式, 其优势日益凸显并在海外油气田地地面工程项目领域被广泛使用。以委内瑞拉工程建设特点以及MPE3油田脱盐脱水厂快速上产模块化项目为背景, 从提高质量、加快进度、成本控制、安装精度等方面详细阐述了模块化建造项目的优点和难点, 同时阐明了模块设计、采购、预制、安装以及物流运输等影响模块化, 项目成功的关键因素, 进一步验证了模块化建造是一种高效、经济、简便的工程建设模式, 适合中国工程公司在海内外特殊环境的油气项目中推广采用。

关键词: 模块化; 设计; 采购; 安装; 建造

Doi:10.3969/j.issn.1006-6896.2016.2.022

Application of Modularization Construction of Venezuelan Project

Zheng Yongxin, Wang Zhuoyan

Abstract: At present, the modularization fabrication and construction, the frontier of standardized construction methods, has becomes more and more important method and been widely applied on many oil and gas field projects of overseas. The paper focuses on the background of the engineering characteristic of Venezuelan project and the early production modular project in the desalting and dehydration plant of MPE3 oilfield, and detailed describes the advantages and difficulties shown on the improving quality, accelerating progress, cost control and installation precision control etc. The paper also illustrates the key factors of successful modularization project for example module design, procurement, construction and installation as well as logistics and transportation. Finally, the paper validates that the modular construction is a kind of efficient, economical and convenient engineering construction method and is of great significant in the execution of international oil and gas projects for Chinese engineering companies.

Key words: modularization; module; advantage; design; procurement; installation; construction

随着国际工程建设项目竞争日趋激烈, 几乎所有大型工程公司都寻求获取全球优质资源, 不断降低工程成本并缩短工期以提高核心竞争力。模块化建造作为一种成本低、效率高、质量优的项目建造模式, 在解决投资不足、工期紧张、结构复杂、施工现场位置偏远、环境恶劣、劳工少、成本高、效率低等特点的海上及陆上项目具有无可比拟的优势, 越来越得到业主和EPC承包商的青睐。中国寰球工程公司自1998年开始在孟加拉硅胶脱水EPC项目中尝试采用橇装化建造以来, 先后在南极中山科学考察站油库、加拿大麦肯河油砂项目等多个海外项目中, 采用模块化设计建造模式, 并积累了大

量的经验。笔者近期负责竣工开车的委内瑞拉MPE3油田脱盐脱水厂 4×10^4 bbl/d快速上产EPC项目是这些海外模块化项目之一, 它也是陆上油气田地地面工程整体模块化建造项目的代表。

1 项目背景

委内瑞拉国土面积约91万平方公里, 人口约3 219万, 全国70%的外汇收入来源于石油产业。委内瑞拉油气项目建设一般具有以下特点: 业主资金不足, 决策机制繁琐, 审批程序漫长; 委内瑞拉国家石油公司(PDVSA)项目建设规定多、体系全、标准高, 建设项目以传统模式为主; 当地法律

¹中国寰球工程公司油气工程公司

法规多，劳工保护严重，工会势力强大导致外国工人难进入，当地工人难获得，劳工效率极低，罢工堵路时有发生；当地政治和经济环境恶化导致通货膨胀严重，材料异常短缺，安全风险形势严峻；每年6个月的漫长雨季等因素均严重制约项目实施进度，项目执行风险因素多，执行周期超长。

委内瑞拉MPE3油田扩建项目是委内瑞拉国家石油公司与中国石油天然气集团公司（CNPC）在拉美地区大型超重油合作项目，项目扩建目标为从2013年日产 10.5×10^4 bbl到2019年达到日产 33×10^4 bbl超重油及混合油的能力。2013年初，由于上游原油钻井开采速度较快，已建成的脱盐脱水厂超负荷生产严重，需要快速新建一系列设施，处理上游来油，确保装置安全达标生产。

针对委内瑞拉工程项目执行特点以及业主快速上产的急迫需求，传统的地面工程设计思路和建设模式已难以适应新形势的需求，寰球公司以“自主工艺技术、标准模块化设计、最大工厂化预制、现场橇装化安装”为核心，打破常规，积极研究和创新，创造性地将超重油油田地面建设模块化建造技术成功应用于委内瑞拉 4×10^4 bbl/d脱盐脱水快速上产项目，在短时间内实现了竣工投产，从而实现了提高工程效率、缩短项目工期、提升工程质量、降低安全风险、控制项目成本的项目目标，为业主创造了良好的社会效益和经济效益。

2 模块化建造

模块化建造就是将一个大型复杂的工厂、装置或设施分解或压缩成多个可在制造厂车间进行建造并能够从制造厂顺利运输到现场的模块，然后将这些模块在制造厂进行预先组装连接，模块在制造厂预组装完成并陆续发运的同时，同步开始土建基础及地下设施的施工，基础施工完毕，模块同期运到现场，就近卸货并直接安装。

2.1 优点

(1) 有利于缩短安装周期。由于组装在模块内的所有设备、钢结构、管道、电气、仪表元器件在制造厂已经完成了预制、组装、压力试验、清洗、吹扫、涂漆、保温等一系列工序，现场施工工序被减少到最少，现场安装时间将会被大幅压缩，受恶劣天气影响降至最低，这些特点能最大限度地缩短项目工期，提高施工资源利用率，从而最终为项目创造效益。

(2) 有利于提高工程质量。模块化意味着预制及预组装均在制造厂车间完成，相对施工现场而

言，模块制造厂的机具更专业，更容易保证建造质量；3D协同设计、模块化设计有利于提高项目建设的管理水平，进而促进了工程整体质量的提高。

(3) 有利于减少安全和安保风险。模块与土建施工同时开展，现场作业面少，交叉作业少，现场技术人员需求数量少，机具在现场停留时间短，减少了现场作业人员数量和作业时间，极大地降低了施工安全风险和施工的安保风险。

(4) 有利于重复利用。由于模块是拼接完成，布置紧凑，属于可拆卸、可移动设施，现场拆装搬运方便，业主可以根据需要，对模块进行移动，特别适合油气田滚动开发。

2.2 难点

模块化给项目执行带来众多方便的同时，也带来一些执行难点，给项目的管理和控制带来更高的风险。

(1) 施工误差控制要高。模块的预制精度和土建基础施工精度要求非常严格，模块间连接尺寸及基础地脚螺栓的施工误差一般需要控制在2 mm之内，这对制造厂按图施工制造能力、土建基础施工分包商的施工质量控制能力以及总包商的质量控制能力要求非常高，一旦出现误差，模块将难以安装并造成浪费。

(2) 物流运输难度大、费用高。模块化施工要求将所有设备和散材集中装配到一个框架结构上整体运输，运输量和难度均相应升高。

(3) 项目计划控制更难。由于模块化施工与土建施工平行开展，对模块的设计、材料采购、预制加工检验等环节的控制将提前，加大了项目计划控制的协调管理难度。

(4) 项目管理沟通难度更大。选择模块化，必将带来两个或多个现场同时施工的局面，增加了管理界面，加大了管理难度，对设计、采购、施工、模块制造厂、施工现场、物流运输的综合协调管理增加。

(5) 项目成本控制难。成本控制是EPC项目成功的关键，由于采用模块化，在获得工期缩短的同时，项目物流成本、钢材用量、模块制造的赶工成本将会有成几何倍数的增加。成本能否真正降低取决于设计、采购、模块建造、施工安装和管理的整体能力。

3 关键因素

委内瑞拉快速上产模块化项目采用中国寰球工程公司自主开发设计的超重原油处理技术、安全节

节能环保型工艺流程, 选用国内外先进的重油加热炉、电脱盐脱水器及双螺杆供油泵, 全部采用欧美及PDVSA设计标准、整体模块化建造。2013年12月开工建设, 2015年3月成功开车并获得业主签发临时接收证书(PAC), 创造了当地油田地区有史以来施工安装进度最快记录, 良好的设备及模块建造品质荣获2015年PDVSA优质工程以及施工及开车安全零事故、零泄漏、零排放的安全优秀奖励, 也获得包括业主、PMC以及当地工会和施工分包商的一致赞誉。该项目成功的关键要素如下:

(1) 全厂采用整体模块化设计建造。该项目着眼项目的整体, 将工厂控制室(C-HOUSE)、变配电站(E-HOUSE)、设备、管道、电气、仪表等全部组成模块在中国模块制造工厂进行制造及整体预组装, 充分考虑各个模块的预制、建造、运输、安装及相对独立性。将所有小型的阀门井、污水池、管架及桥架基础等混凝土设施在现场外由当地施工分包商预制后运到现场直埋。以上措施可以最大化地减少现场施工安装工作量。

(2) 模块紧凑布置及合理分块。项目设计团队按照“便于预制、便于运输、便于安装、便于操作”模块划分标准, 按照工艺流程顺序, 对工艺和配套设施进行模块分类, 将脱盐脱水装置按管廊模块区、进料泵模块区、换热器模块区、加热炉模块区、脱盐脱水模块区、空冷模块区、变配电站及控制室模块区等进行功能单元划分, 实现设备、钢结构、配管、仪表、电气等所有专业整体模块化。项目布置紧凑, 操作合理, 利于模块建造、运输和安装。

(3) 3D-PDS协同设计保证精度和质量。三维设计具有信息形象具体, 方便模块评审, 自动生成图纸, 保证图纸质量, 自动抽取材料报表, 支持快速采购, 辅助安全及可施工性分析等很多无可比拟的优势, 是确保模块化设计和建造精度并减少返工的关键。项目对静动设备、地上和地下管道、土建基础以及钢结构、电气、仪表、消防等所有设计专业采用PDS软件建模, 各专业协同设计, 使设计人员和模块施工人员准确了解工艺管道空间走向、工艺流程、模块的空间布置, 方便设计人员进行系统性检查和不同专业之间的碰撞检查, 避免发生相互碰撞现象, 加快图纸审批速度, 提高设计质量, 精确材料采购数量, 减少施工返工。

(4) 先进的模块化设计理念。在该项目中, 所有静动设备、管道、电气和仪表(含操作柱、配电盘、桥架、穿线管、照明)、钢结构、保温、涂

漆、梯子平台等全部在模块制造厂进行预制和组装, 并完成压力试验、清洗吹扫等工作, 设计进度周期压缩得非常紧凑。模块化设计也颠覆了传统EPC的设计流程, 模块化设计的初期包括开展模块研究、模块评估以及模块可施工性分析, 通过细致的评估和分析, 确定整个项目的模块化思路并且编制模块设计规定。确定模块设计规定后, 各专业按照规定, 平行同步开展设计工作, 确保各专业施工图纸及采购询价文件按时完成, 及时配合开展材料采购及模块厂制造工作。在模块的设计中, 还充分考虑运输过程中的海洋摇晃力计算, 两地温差膨胀量计算、控制室小屋的抗爆炸力、耐火时间等复杂计算, 避免模块运输到现场后由于结构变形难以组装。

(5) 模块化项目下的全球化采购。模块化项目的特点要求采购周期短, 如何在短时间内编制完成设备、散材的采购询价文件, 选择优秀厂商并下订单是加快采购的关键。本项目属于超重油地面工程项目, 全部采用欧美标准设计制造, 加热炉、脱盐脱水器、供油泵、空冷器等一大批设备和材料标准要求高, 技术参数复杂, 项目采购难度大。项目组在全球范围内遴选优秀供应商, 协调开展采买、催交、检验、物流运输、材料管理等工作, 有效地节约了成本, 缩短了供货周期, 确保加工、制造、组装等工作按期顺利进行。

(6) 工厂最大化检验和试验。模块检验验收流程如图1所示。在现场施工中, 试验工作耗时耗力, 对缺少加压设备和试验用水的快速上产现场显得更加困难。该项目将水压试验、气压试验、部分仪表回路测试、控制阀单试等试验和检验工作安排在模块厂完成, 最大化地减少现场试验和调试的时间, 确保施工顺利达到机械竣工状态。

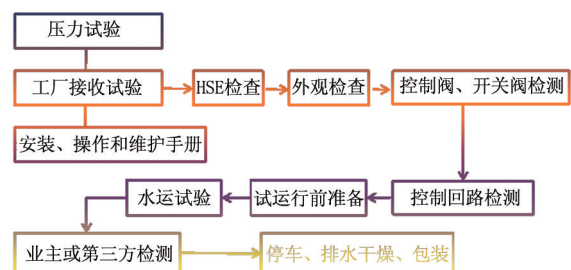


图1 模块的检验验收流程

(7) 模块化项目的物流运输。作为模块化建造的重要环节, 物流运输在模块化建造中发挥着至关重要的作用。从确定详细的运输路线, 确定合适的重量、长、宽、高的运输限制, 到做好海路和陆路运输过程中的临时支撑, 设定吊装中心等工作均决定着模块能否安全顺利运送到现场。为保证模块按计划顺利运输, 编制运输计划、设(下转第72页)