

模块化技术在我国陆上油气田地面工程中的应用

汤晓勇¹ 陈朝明¹ 董 君¹ 朱梓骁² 李安山¹ 石 凯³

1. 中国石油工程建设有限公司西南分公司, 四川 成都 610041;
2. 中国石油工程建设有限公司北京设计分公司, 北京 100085;
3. 四川长宁天然气开发有限责任公司, 四川 宜宾 644005

摘 要:近年来,我国积极探索和发展装配式建筑,自 2007 年在陆上油气田地面工程建设领域推进标准化设计以来,模块化建设模式得到了大量应用与推广。因此,模块化设计与建造是装配式建筑在油气田地面工程建设领域中的成功实践,是对传统工程建设方式的重大变革。在分析模块化建设优势基础上,提出了模块化设计的十大关键技术,说明了模块化设计发挥的核心和灵魂作用,并总结了当前陆上油气田地面工程及页岩气开发中模块化建设取得的显著成果,提出了模块化建设下一步的发展方向。

关键词:模块化;装配式建筑;油气田地面工程;建设模式;关键技术;工艺装置;大型化

DOI:10.3969/j.issn.1006-5539.2018.04.001

Application of Modularization Technology in Ground Engineering of Oil and Gasfields in China

Tang Xiaoyong¹, Chen Chaoming¹, Dong Jun¹, Zhu Zixiao², Li Anshan¹, Shi kai³

1. China Petroleum Engineering & Construction Corp. Southwest Company, Chengdu, Sichuan, 610041, China;
2. China Petroleum Engineering & Construction Corp. Beijing Company, Beijing, 100085, China
3. Sichuan Changning Natural Gas Development Co., Ltd, Yibin, Sichuan, 644005, China

Abstract: In recent years, prefabricated buildings have been explored and practiced in China. Since 2007, the standardized design has been developed in the field of onshore oil and gas surface engineering; and the modular construction mode has been applied popularly. Therefore, the modular design and construction is a successful practice of prefabricated buildings in the field of oil and gas surface engineering, and it is a prominent revolution comparing to the traditional construction mode. Here based on the analysis of the advantages of modular construction mode, ten key technologies for modular design have been summarized, explaining the core functions on modular design. Combining the successful achievements of modular construction on the current onshore oil, gas and shale gas surface engineering development, the direction for future development of modular construction has been put forward.

收稿日期:2018-05-21

基金项目:国家科技重大专项“页岩气地面工艺技术及高效设备研发国专课题”(2016 ZX 05037-005)

作者简介:汤晓勇(1970-),男,四川成都人,高级工程师,硕士,主要从事油气储运研究及油气田地面工程建设技术管理工作。

Keywords: Modularization; Prefabricated building; Oil & gasfield surface engineering; Construction mode; Key technologies; Process device; Large scale

0 前言

近年来,我国积极探索和发展装配式建筑。2016年,国务院办公厅下发了国办发[2016]71号《关于大力发展装配式建筑的指导意见》,要求力争用10年左右时间,使我国装配式建筑占新建建筑面积比例达到30%。所谓“装配式建筑”就是用预制部品部件在工地装配而成的建筑。我国当前建筑的建造方式大多仍以现场浇筑为主,因此,发展装配式建筑是建造方式的重大变革。

在我国油气田地面建设领域,自2007年中国石油天然气集团公司推行标准化设计以来,随着“橇装化建站、模块化建厂”理念的提出和不断实施,油气田地面工程的建设模式发生了根本性变化。中国石油油气田地面建设工程领域开创的模块化建设模式,是根据工程的工艺特点和功能要求,将整个工程分割成若干个模块进行设计、制造,将各模块进行预制组装及单机调试后,通过海运或陆路运输将模块运至项目现场,再进行模块复装、联合调试及投产运行。

因此,中国石油油气田地面工程建设领域创新性的模块化建设模式是与国家大力推进的装配式建筑模式高度契合的,是装配式建筑理念在油气田地面工程建设中的成功探索与实践。由于模块化建设模式具有常规建设模式不可比拟的优势,近年来,在中国石油的国内外油气田地面建设工程中得到了大力推广和应用,涌现出诸如中国石油工程建设有限公司西南分公司、中国石油天然气股份公司西南油气田分公司等一批模块化建设先锋企业。在模块化建设模式中,模块化设计是灵魂。因此,本文拟在分析模块化建设所具优势的基础上,重点提出模块化设计的十大关键技术,以进一步提高我国油气田地面工程模块化建设水平。

1 模块化建设的优势

模块化设计及建造技术是目前世界最先进的工程建设技术之一,它在工程设计、安全管理、生产效率、工程质量、资源整合、物资采购、节省投资等方面均较传统施工方式更具优势^[1-6]。

1.1 工程设计方面

模块化设计过程中,大量应用了标准化设计成果,是标准化设计的落脚点和延伸。另外,在模块化建设模式下,模块的设计不仅要满足工艺流程及操作的要求,还需要对模块预制、组装、拆分、包装、装卸、运输及现场复装等工作提前策划和设计,为项目顺利实施提供有力

的技术保障^[1-5]。

1.2 安全管理方面

在模块化模式下,钢结构和管道的预制工作大多在地面进行,极大程度地减少了工人的高空作业量和作业时间,也减少了大量现场交叉作业,从而降低了高空作业风险,简化了现场的安全管理工作^[1-3]。另外,通过对国内外多家模块建造厂调研,发现其百万人工时事故率均为零,有些甚至能达到千万人工时无事故发生。因此,与传统建设模式相比,模块化建造具有更高的安全保障优势。

1.3 生产效率方面

模块化建设是一种工厂预制最大化、现场施工最小化的建设模式。在项目实施中,将大量的工程建造放在制造厂进行,通过工厂化的批量作业,大大提高了焊接的速度和效率,缩短了工程建设周期。

模块建造过程中,设备、管道、钢结构的焊接、预制以及模块的预组装均在室内进行,避免了天气对工程建设的影响;同时,由于室内施工便利性,大大提高了工人的工作效率^[1-5]。

通过对国内外多家油建、化建公司及模块建造厂的调研结果显示,油建、化建公司的管道焊工在现场日平均焊接工作量为25~30达因;而模块建造厂的管道焊工在工厂日平均焊接工作量可达40达因以上,焊接速率与现场作业相比有了很大的提高。对模块化和传统建设模式的进度对比,见图1。

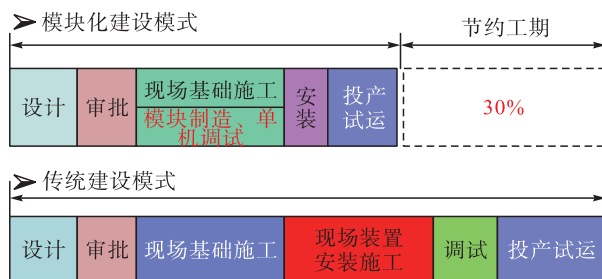


图1 模块化和传统建设模式进度对比

多个模块化项目开展的数据统计显示,同等规模下,模块化项目比传统建设模式项目缩短建设周期约30%。

1.4 焊接质量方面

在模块化建设模式下,由于大量工作在工厂内实施,便于设备、管道、钢结构的大批量机械化和自动化作业,如机械化下料、组对、预制焊接、无损检测等,使得设备、管道、钢结构的焊缝美观,一次合格率高(最高可达

100 %,最低可达到 97 %);焊缝的整体质量与传统现场作业模式相比有了很大提高,提升了工程的整体质量^[1-5,7-8]。

1.5 资源整合方面

模块化建设模式下,在项目实施不同阶段,可充分利用各种社会资源为项目的顺利实施提供保障。首先,工程公司在设计方面拥有成熟的技术,丰富的模块化设计和制造管理经验,是可靠的技术保障,为项目的顺利实施打好基础;其次,国内多家制造厂商在近十年来参与了大量的国内外海洋工程及陆上油气田地面工程、化工类工程模块化建造,掌握了模块制造、组装的关键技术,积累了丰富的经验,也建立了完善的生产管理体系,完全有能力承担陆上油气田地面工程模块化建设工作。通过整合这两方面的社会资源,可为工程的顺利实施提供强有力的保障^[1-6]。

1.6 采购、运输及仓储管理方面

模块化建设模式下,物资的采购形式有多种,EPC总包方、模块建造分包商和项目现场建造承包商三方可根据项目的实际情况和责任主体,将大量的采购工作按照不同建设阶段和不同实施主体进行分解,分别实施采购、运输及仓储管理,这样既能综合利用各阶段实施主体人力资源,又简化了物资的采购、运输及仓储管理工作,为工程的成功实施提供了保障^[1-4,7-10]。

在石油天然气工程项目实施过程中,物资采购工作量大,持续时间长,任务繁重。但在模块化建设模式下,可根据项目实施的不同阶段和不同责任主体,将物资采购、运输及管理工作分解到相应的责任主体单位,可简化物资采购、运输及仓储等工作。

2 模块化设计的关键技术

近年来,通过对标准化、模块化技术的研究及工程实践,表明模块化建设模式下,模块化设计具有灵魂与核心作用。模块化设计需总览整个工程建设的全过程,模块化设计不但体现传统模式下厂站的工艺过程、安全生产、日常操作和检修、事故逃生外,还体现了模块在如何构建、连接、拆分、吊装、包装、运输以及现场组装安装等方面的特殊性^[11-13]。具体来讲,模块化设计主要包括以下十大关键技术。

2.1 模块化的三维设计技术

1) 油气田地面工程模块是设备、管道、电仪、钢结构等组成的高度集成实体,模块内集成度高、物资布置集中、空间狭小,需要各专业开展三维协同设计,才能保证准确设计、精准预制及施工。

2) 三维模型的实景模拟,可有效地指导碰撞检查、人体工学、检维修、安全逃生等方面的设计,为开展预

制、拆分、包装、运输、装卸和现场吊装、组装的方案设计与分析提供了便利^[2,10]。

3) 三维设计可从源头上规范物资编码,依托材料管理系统,有效地串联设计、采购、预制、施工全过程的材料控制与管理。

4) 三维设计为工厂建造提供了数字化管理的基础,发挥了设计与建造的整体效能,为运营单位建立工厂全生命周期数字化管理平台提供了基础条件。

如中国石油集团四川省遂宁市磨溪区块龙王庙组气藏 $60 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 开发地面工程(以下简称磨溪 $60 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 项目),以及威远/长宁页岩气示范区块等众多项目均采用模块化技术和全专业三维协同设计,设计变更减少 80 % 以上,设计质量大幅提高,项目建设周期缩短约 35 %。成功将三维模型向后续工序无缝传送,为工厂化预制、机械化施工、模块化安装、数字化管理奠定了坚实基础,实现了设计、施工、材料、无损检测等多环节的高效协同运行。

2.2 模块化装置的专利整合技术

1) 模块化装置除了模块本身布置和构造的先进性之外,最根本的还在于工艺技术的先进性。以模块化为中心,采用先进工艺,优化简化流程,选用高效小型化的工艺设备,提高设备处理效率,为模块化的实施提供基础条件^[1-2,14]。

2) 合理运用标准化设计成果,科学整合专利专有技术,是确保模块化装置先进性的保障。

以磨溪 $60 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 项目尾气处理装置单元为例,受 SO_2 大气排放环保指标的限制,原尾气处理技术已不能满足标准要求。该装置结合了模块化技术和“综合制氢硫黄回收及尾气处理系统及工艺技术”专利,其处理 SO_2 排放浓度仅为 $177 \text{ mg}/\text{m}^3$,远低于即将颁布的国家标准 $500 \text{ mg}/\text{m}^3$ 的要求,硫黄回收率达到 99.9 %,超过美国联邦环保局(EPA)、德国等发达国家标准要求的 99.8 %,处于国际先进水平。磨溪 $60 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 项目尾气处理模块化装置运行效果,见图 2。

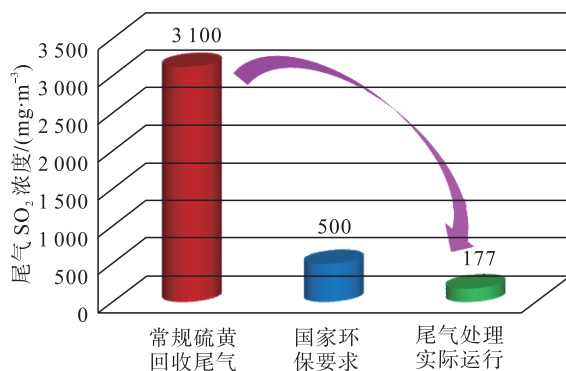


图 2 磨溪 $60 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 项目尾气处理模块化装置运行效果

2.3 模块总体布局技术

1) 在模块化前期策划和方案设计中,应结合主工艺流程顺序做好模块布局和划分^[1-2,15]。

2) 在模块设计过程中,需根据操作特性相近和便利性综合考虑模块化装置的构成。

3) 在模块设计过程中,还需根据各单元装置工艺特点做好模块化的设备布置。磨溪 $60 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 项目单列装置模块化设备布置,见图3。

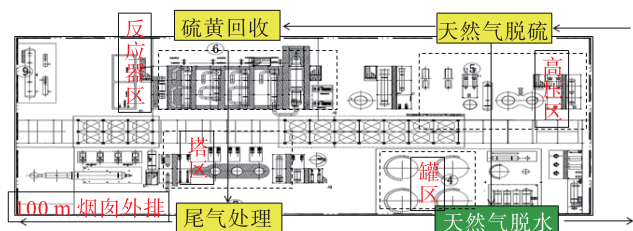


图3 磨溪 $60 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 项目单列装置模块化设备布置

由图3可看出,磨溪 $60 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 项目按功能分区的原则,在保证流程顺畅前提下,同类设备宜集中布置。由于运输条件限制,各类塔、大型立式设备、空冷器、压缩机和尾气焚烧炉等不宜进行模块化设计。另外,保证了磨溪 $60 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 项目单列装置占地总长(159 m)和磨溪 $40 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 工程一致,模块化装置采用多层模块空间布局方式,为项目节约了大量的占地。

4) 模块中电仪设备、电缆桥架等设施,应与工艺设备及管道统筹考虑,整体布局。如模块与外界的电仪信号连接宜采用接线箱,数据传输宜采用现场总线方式,以减少电缆数量。

2.4 模块安全稳定性评估及设计技术

1) 在进行模块化方案策划和设计过程中,需要按照HAZOP分析结果、安全及防火规范、管道布置规范等要求,做好模块化装置的安全布局设计^[1-2,9,16-18]。

2) 多层结构的模块化装置由于装置集成度高、设备及管道布置密集,模块设计在满足生产和操作空间的基础上,应保障安全通道的设置空间和安全撤离路线的畅通^[17-18]。

3) 在结构整体稳定性分析方面,不仅要满足构筑物强度、刚度、抗震等要求,还需保证模块结构在经长途运输及多次吊装后的强度、刚度依然能满足安全规范要求。

4) 在管路系统的整体稳定性分析方面,设计过程中除了需要进行应力、抗振、降噪设计以外,还应对运输过程的临时加固及防松脱进行设计。

5) 在模块运输安全稳定性方面,需对模块进行吊装分析、包装设计、运输方案设计,包括不同路况允许的最大行驶速度,以保证模块吊装及运输的安全性^[1-2,11-13,15]。

2.5 模块划分设计技术

1) 应结合工艺流程和操作的要求,对模块化装置进行合理的划分,避免设备和管道划分不当;既要做到模块的划分满足工艺流程的要求,还要满足操作及检维修的要求。

2) 应根据运输路径和限制条件,进行合理的模块划分,避免盲目做大模块,导致模块尺寸超限而无法运输;也要避免刻意将模块小型化,导致钢材浪费,成本增高。

3) 应结合设备和管道布置情况,做到与设备相连的管道尽量和设备划分在同一模块内,便于正常的生产操作,也方便模块的安装和运输。

4) 在模块的划分设计过程中,还需要根据现场机具吊装能力进行设计,避免由于模块超大、超重,导致模块无法正常吊装和安装^[1-2]。

2.6 钢结构及基础优化设计技术

1) 模块化设计过程中,应尽可能将设备和管道的基础集成在模块钢结构内,减少设备及管道基础。

2) 模块化设计应与结构基础设计结合起来,减少混凝土基础的种类,简化混凝土基础施工的工作量,提高土建施工速度^[1-2]。

3) 模块化设计过程中,在保证模块化装置安全稳定性的前提下,应对钢结构进行优化设计,节省钢材用量。

2.7 模块操作及检维修设计技术

模块虽然集成了大量的设备、管道、仪表及阀门,但集成并非将模块做得过于密集,而影响设备、阀门及仪表的生产操作及检维修。

1) 对于需要经常操作及检维修的设备及设施,需考虑其操作和检维修的便利性,宜将设备及设施布置在模块边缘。

2) 对于操作特性相近的设备及设施,为了减少操作面,便于日常操作,宜在模块化设计中将这些设备及设施进行集中布置。

3) 对于需要抽芯的设备,如管壳式换热器、重沸器、滤芯式过滤器等,模块化设计过程应留有足够的抽芯空间,并设置拆卸和吊装设施,方便设备的检维修。

4) 对于集中布置的设备,应根据设备的操作特性,设置可集中操作的联合平台^[1-2]。

2.8 模块包装及防护设计技术

模块包装及防护对模块的运输及保护起到关键的作用,所以模块化设计过程中应同步开展相应的包装及防护设计。

1) 设计过程中,应根据项目所在地情况和模块类型,确定具体的包装方式和方法。如短途运输可以使用裸装的形式;对于位于中亚、西亚地区的项目,宜采用火车或汽车的运输方式,包装方式可以为热缩膜、铁皮包

装或木箱包装等。

2) 模块化设计过程中,应对运输中的物资进行保护和防护设计。如远洋运输,应对仪表管阀件、设备等进行充氮保护,外包装还应进行防盐雾腐蚀的防潮锡箔纸包裹等。

3) 对于易损坏的高精度仪表,运输过程中还应进行防震包装,以免振动损坏。

4) 模块在陆路长途运输过程中,由于晃动和震动会导致设备地脚螺栓及管道紧固件松脱,而设备及管道的脱落对产品质量造成影响。应针对长途陆路运输的设备,开展运输稳定性设计以及地脚螺栓及管道紧固件的防松脱设计^[1-2]。

2.9 运输及装卸设计技术

模块的运输及装卸方式对模块设计有重要的影响,正确的设计是确保模块顺利运输及装卸的必要保障。

1) 项目设计之初,应对模块运输路径、方式、方法进行考查和调研,通过比选经济性后,确定最终运输方式和方法,如采用汽车或火车运输,或是陆路和水路相结合的运输方式等。

2) 需要对选定的运输路径和运输方式,进行运输限制条件调研。运输限制条件应包含模块运输路径允许的最大尺寸及重量要求。

3) 在确定运输路径、运输方式及相应的运输限制条件后,才能开展模块的整体布局以及模块划分与拆分方式和方法的设计。

4) 模块化设计过程中,需要对模块的装卸方式和方法进行比选,确定安全经济的物资装卸方式和方法,避免模块吊装方式和方法重复调整,导致模块无法顺利交货^[1-2]。

2.10 模块拆分与复装设计技术

模块的顺利拆分及复装是项目顺利实施的关键因素,应将模块拆分及复装工作内容编制成手册,手册内容如下:

1) 模块拆分及复装手册应包含装置整体情况,对需要拆分及复装的内容、工作量进行详细说明,确保不缺料、不漏料。

2) 对于模块拆分,需要确定拆分点的方式和方法,如应明确模块内管道与模块外、模块与模块间的管道连接点、连接方式。

3) 对于复装部分,制造厂应对模块的装箱总单情况与复装顺序等进行详细的标识及说明,以确保现场复装的顺利进行。

4) 在电仪的复装手册中,还应写明模块仪表的安装要求,以免不规范工作方式、方法影响模块的顺利复装。

5) 对于一些重量较大、重心有偏移及形状不规整的

模块,应在装箱清单中明确吊装的要求与吊装的专用工具等^[1-2]。

模块化装置拆分见图4,模块吊装用平衡梁见图5。

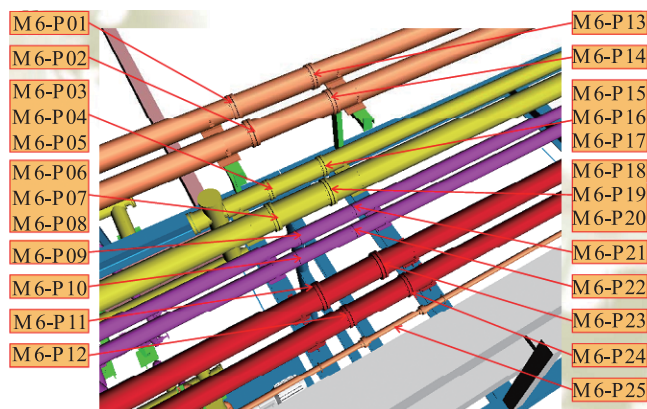


图4 模块化装置拆分示意

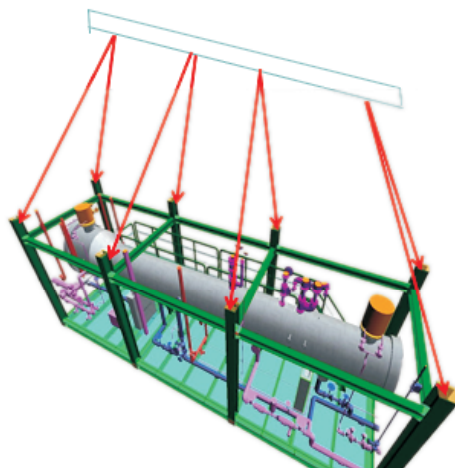


图5 模块吊装用平衡梁

3 模块化建设典型应用成果

3.1 气田地面建设工程标准化

1) 通过多年对标准化设计、一体化集成装置的研发和攻关,包括单井站、集气站等站场类设施的一体化橇装,形成了一系列的一体化集成系列产品。如在非常规能源页岩气的开采方面,由于气藏产能衰减很快,单井站、脱水站数量多、分布广,如仍采用传统建设模式来实施,将会出现大量物资利用率低,建设周期滞后和建设成本高等现象。通过对页岩气的地面工程建设开展标准化及模块化设计研究,形成了以“集输一体化集成装置、中心站模块化装置”为主的模块化建设模式,并充分利用模块可拆装、易运移的独特优势,以“在合适的时间配置合适的资产”为理念,将先期投产平台的高压模块搬迁至新区重复使用,大幅度降低页岩气滚动开发全开采周期及成本,目前已在威远/长宁页岩气及昭通等片区广泛应用,取得了非常好的效果^[4,19-20]。

2) 通过多年对模块化设计各项技术的攻关,实现了

常规气田、酸性气田天然气处理厂、天然气液化工厂、轻烃回收工厂和页岩气脱水站等主体装置的模块化。各主体工艺装置区的模块化产品已形成多个完整系列,天然气大型厂站地面工程模块化装置系列产品见图6。

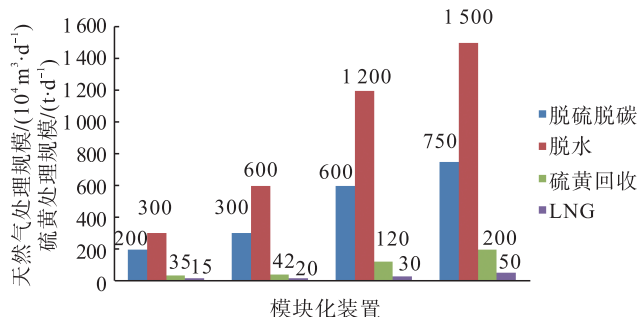


图6 天然气大型厂站地面工程模块化装置系列产品

3)通过对辅助单元装置的研究、技术攻关和开发,目前模块化装置还覆盖了大型厂站公用工程及辅助装置^[1-2]。

3.2 模块化建设效果显著

经过多年模块化建设模式的研究和实践,在万州硫黄回收装置、磨溪龙王庙天然气净化厂、坦桑尼亚 Mnazi Bay 和 Songo Songo 气田开发项目、巴基斯坦 UEP NAIMAT PHASE 5A & 5B 项目、山西大同 /襄垣 $50 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 液化天然气工厂、威远 /长宁页岩气区块等多个国内外项目的地面工程建设中取得了非常好的效果,具体应用与效果统计参见表1。

表1 气田大型厂站模块化建设应用及效果统计

项目名称	模块数量 / 个	预制率 / (%)	减少占地量 / (%)	缩短周期 / (%)
威远 /长宁页岩气区块项目	80	75	20	30
万州硫黄回收装置	40	85	20	30
磨溪龙王庙天然气净化厂	542	85	41	42
坦桑尼亚 Mnazi Bay 和 Songo Songo 气田开发项目	81	83	15	25
巴基斯坦 UEP NAIMAT PHASE 5A & 5B 项目	56	80	25	35
山西大同 /襄垣 $50 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 液化天然气工厂	48	80	20	30
哈萨克斯坦奇姆肯特 PKOP 硫黄回收项目	25	85	30	40

在中国石油天然气集团公司下一步的油气田地面工程建设项目中(如威远 /长宁页岩气区块 $100 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 页岩气地面工程、长庆油田庆四联合站工程、塔里木油田公司天然气乙烷回收工程、长庆 $200 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 天然

气轻烃回收工程、大庆萨南天然气深冷工程等),模块化建设模式将进一步推进。

4 结论与建议

1)油气田地面工程建设领域的模块化建设模式与国家大力推进的装配式建筑是高度契合的,均是对传统建设模式的重大变革。

2)模块化建设在工程设计、安全质量、资源整合、降低投资等方面均较传统建设模式具有很大优势。

3)模块化设计在模块化建设模式中要发挥核心与灵魂作用,需具备十大关键技术,总览模块化建设的全过程。

4)模块化建设模式已在我国陆上油气田地面工程建设领域不断取得成功实践,将进一步在页岩气大规模开发中得到推广应用。

5)建议进一步健全完善模块化设计、建造、运输、施工全过程及造价、产业化等方面的标准体系。

6)建议针对位于江河湖海岸际且具备超大型物流运输条件的陆上油气处理装置,开展整装式大型模块的研究与应用实践,以充分发挥模块化技术的整体建设优势。

参考文献:

- [1] 陈朝明,马艳琳,李巧,等.安岳气田 $60 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 地面工程建设模块化技术[J].天然气工业,2016,36(9):115-122.
Chen Chaoming, Ma Yanlin, Li Qiao, et al. Modularization for Surface Engineering Construction of $60 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ in the Anyue Gasfield, Sichuan Basin [J]. Natural Gas Industry, 2016, 36 (9): 115-122.
- [2] 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.
- [3] 张春燕,朱明高,刘承昭.浅谈气田集输橇装模块化、标准化设计的优越性[J].天然气与石油,2009,27(6):10-11.
Zhang Chunyan, Zhu Minggao, Liu Chengzhao. Discussions on Superiority of Modularization and Standardization Design of Skid-mounted Oil & Gas Gathering and Transportation Equipment [J]. Natural Gas and Oil, 2009, 27 (6): 10-11.
- [4] 刘俊,黄国荣,谢远飞,等.一体化集气装置在苏里格气田的应用[J].天然气与石油,2014,32(5):14-17.
Liu Jun, Huang Guorong, Xie Yuanfei, et al. Application of Integrated Gas Gathering Plant in Sulige Gas Field [J].

- Natural Gas and Oil, 2014, 32 (5): 14 - 17.
- [5] 闫光灿, 刘建民. 气田节能降耗技术[J]. 天然气与石油, 2001, 19(2): 58 - 64.
- Yan Guangcan, Liu Jianmin. Technologies on Gas Field Energy Conservation and Reducing Consumption [J]. Natural Gas and Oil, 2001, 19 (2): 58 - 64.
- [6] 柳立, 王健, 刘晓天. 浅谈工程项目管理中的现场管理[J]. 天然气与石油, 2002, 20(3): 66 - 68.
- Liu Li, Wang Jian, Liu Xiaotian. Discussions on On-site Management in Project Management [J]. Natural Gas and Oil, 2002, 20 (3): 66 - 68.
- [7] 中国石油和化工勘察设计协会. 现场设备、工业管道焊接工程施工及验收规范: GB 50236 - 2011 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2011.
- China Petroleum & Chemical Engineering Survey and Design Association. Code for Construction and Acceptance of Field Equipment, Industrial Pipe Welding Engineering: GB 50236 - 2011 [S]. Beijing: China Planning Press, 2011.
- [8] 严丹, 林亲森. 实用管道安装工程手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1997.
- Yan Dan, Lin Qinsen. Practical Engineering Manual for Pipeline Installation [M]. Beijing: China Machine Press, 1997.
- [9] 中华人民共和国公安部. 建筑设计防火规范: GB 50016 - 2014 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.
- The Ministry of Public Security of the People's Republic of China. Code for Fire Protection Design of Buildings: GB 50016 - 2014 [S]. Beijing: China Planning Press, 2014.
- [10] 张德姜, 王怀义, 刘绍叶. 石油化工装置工艺管道安装设计手册[M]. 5版. 北京: 中国石化出版社, 2015.
- Zhang Dejiang, Wang Huaiyi, Liu Shaoye. Processing Pipeline Installation and Design Manual for Petrochemical Unit [M]. 5th ed. Beijing: China Petrochemical Press, 2015.
- [11] 余庆军, 潘思明, 常亚楠. 浅谈工程建设模块化施工[J]. 中国高新技术企业, 2010, (18): 129 - 131.
- Yu Qingjun, Pan Siming, Chang Yanan. Discussions on Modularization for Engineering Construction [J]. China High-Tech Enterprises, 2010, (18): 129 - 131.
- [12] 樊继贤, 万启森. 模块化施工——石油化工工程建设的新模式[J]. 石油工程建设, 2013, 35(5): 33 - 35.
- Fan Jixian, Wan Qisen. Modular Construction, a Trend in Petro-chemical Construction Project [J]. Petroleum & Chemical Construction, 2013, 35 (5): 33 - 35.
- [13] 岳敏. 石油化工建设项目模块化施工技术[J]. 石油工程建设, 2015, 41(2): 55 - 59.
- Yue Min. Modular Construction Technology in Petrochemical Industry [J]. Petroleum Engineering Construction, 2015, 41 (2): 55 - 59.
- [14] 国家能源局. 气田地面工程设计节能技术规范: SY/T 6331 - 2013 [S]. 北京: 石油工业出版社出版, 2014.
- National Energy Administration. Technical Specification for Design of Energy Conservation for Gas Field Surface Engineering: SY/T 6331 - 2013 [S]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2014.
- [15] 中国石油天然气集团公司. 油气田地面建设工程监理规范: Q/SY 1602 - 2013 [S]. 北京: 石油工业出版社出版, 2013.
- China National Petroleum Corporation. Code for Supervision of Oil & Gas Field Surface Construction Engineering: Q/SY 1602 - 2013 [S]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2013.
- [16] 中国石油天然气集团公司, 中华人民共和国公安部. 石油天然气工程设计防火规范: GB 50183 - 2004 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2005.
- China National Petroleum Corporation, the Ministry of Public Security of the People's Republic of China. Code for Fire Protection Design of Petroleum and Natural Gas Engineering: GB 50183 - 2004 [S]. Beijing: China Planning Press, 2005.
- [17] 中华人民共和国工业和信息化部. 石油化工金属管道布置设计规范: SH 3012 - 2011 [S]. 北京: 中国石化出版社, 2011.
- Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China. Specification for Design of Metallic Piping Layout in Petrochemical Engineering: SH 3012 - 2011 [S]. Beijing: China Petrochemical Press, 2011.
- [18] 中国石油化工集团公司. 石油化工金属管道工程质量验收规范: GB 50517 - 2010 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2010.
- Sinopec Group. Code for Construction Quality Acceptance of Metallic Piping in Petrochemical Engineering: GB 50517 - 2010 [S]. Beijing: China Planning Press, 2010.
- [19] 李海润, 刘百春, 徐嘉爽, 等. 橇装化装置在海外气田集输工程中的应用[J]. 天然气与石油, 2013, 31(2): 14 - 17.
- Li Hairun, Liu Baichun, Xu Jiashuang, et al. Application of Skid-mounted Units in Certain Overseas Gas Field Surface Gathering and Transportation System [J]. Natural Gas and Oil, 2013, 31 (2): 14 - 17.
- [20] 向波. 西气东输二线管道设计的主要特点[J]. 天然气与石油, 2008, 26(3): 1 - 5.
- Xiang Bo. Design Characteristics of "West-to-East" Gas Pipeline II [J]. Natural Gas and Oil, 2008, 26 (3): 1 - 5.