

东方 1-1 气田开发工程方案优化

陈 胜 森

中海石油研究中心, 北京, 100027

摘 要 东方 1-1 气田开发工程针对不同的市场方案, 将气藏开发方案、钻完井工程和开发工程有机结合, 应用气田开发新技术和新方法以及新思路, 进行各种方案组合优选, 最后确定了适应多工况条件下的优选方案, 有效地降低开发工程投资达 4 000 万美元, 实现了双赢, 既使用户气价合理, 又使气田开发经济效益满足内部收益率要求。

关键词 气田开发工程 方案优化 市场方案 无人驻守井口平台

东方 1-1 气田位于我国南海北部莺歌海海域, 距海南省东方市约 110 km, 气田天然气的总储量达 996.8 亿 m^3 (其中纯烃 612 亿 m^3), 气藏由 4 个气组组成, 其中 1 个气组为高含 CO_2 区 (CO_2 含量高达 55%~71%), 气田开发动用天然气储量 909 亿 m^3 , 动用程度占整个气田的 91.2%, 纯烃储量的动用程度占 94.3%。该气田开发工程依据海南、广西和湛江 3 个市场的不同需求, 结合气田开发工程的产能及经济性, 从平台位置设置、平台功能的确定、平台设施优化、标准的选取应用、产能的保持及递增、增

压输送方案的确定等方面, 利用新技术、新思路 and 合理的技术方案, 最终确定了开发工程方案 (见图 1)。该方案确保了气田开发的经济效益, 且满足不同阶段市场用户的需要。

东方 1-1 气田产能规模为 24 亿 $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$, 其中期开发工程产气为 16 亿 $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$, 期达到 24 亿 $\text{m}^3 \cdot \text{a}^{-1}$ 。期工程包括建造 1 座 8 腿 8 桩中心平台 (CEP)、1 座无人驻守 4 腿 4 桩井口平台 (WHP E)、铺设平台间海管 (直径 305 mm, 长 3.6 km) 和外输海底管道 (直径 559 mm, 长 110 km) 以及建造 1 座

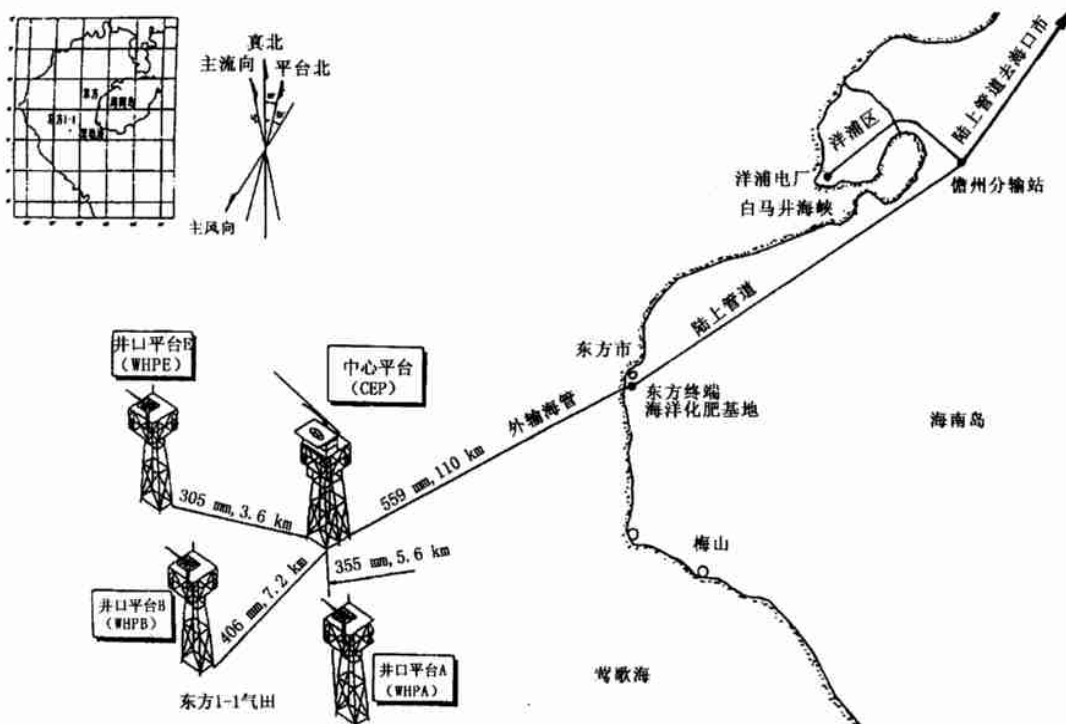


图 1 东方 1-1 气田调整方案总工程系统示意图

东方终端站和铺设外输陆上管道。

期市场用户主要包括海洋化肥厂(耗气 8 亿 $\text{m}^3 \text{a}^{-1}$)、洋浦电厂(耗气 7 亿 $\text{m}^3 \text{a}^{-1}$)和海口其他民用用户(耗气 1 亿 $\text{m}^3 \text{a}^{-1}$)。

期工程随 期市场的落实先后投产了 2 座无人驻守井口平台(WHP A 和 WHP B)和 2 条内部海底管道。由于 期市场用户没有最终确定,除了海上工程预留生产处理能力外,陆上工程亦充分考虑了工程的开发成本与用户的承受能力,并确保气田的开发效益。

1 开发工程方案优化

东方 1-1 气田既有低 CO_2 区也有高 CO_2 区,如何最大限度动用纯烃储量,满足可能的市场需要并使气价达到用户可承受的能力,同时又要确保开发工程的经济效益,是该工程方案的重点课题。方案比选过程中研究了低 CO_2 区和高 CO_2 区同时开发方案和单独开发低 CO_2 区方案,但后者存在气层

压力下降后窜气的开发风险。依据气藏模型和气田特点以及对水平井开发及布井的研究,综合分析比较了增加 1 座井口平台与合理确定井数、钻井深度以及工程方案的经济性,最后确定采用水平井开发,高、低 CO_2 区同时开发,1 座中心平台和 3 座井口平台接替投产开发方案。该方案比原设计少了 1 座井口平台,基本动用了东方 1-1 气田全部储量。

2 增压方案

该气田气藏压力低,采用衰竭式开采方式,预测生产过程中在第 10 年需增压外输。天然气增压涉及到井口压力的充分利用,外输压力与外输海管管径的合理关系,单独设增压平台还是中心平台预留位置等诸多方面的问题。该项目在充分对比各种因素的前提下,通过采取压缩机配置新方法和系统优化中心平台设施布置新思路,在中心平台上预留增压设施位置,成功地减少了增压平台。

2.1 压缩机配置(见图 2)

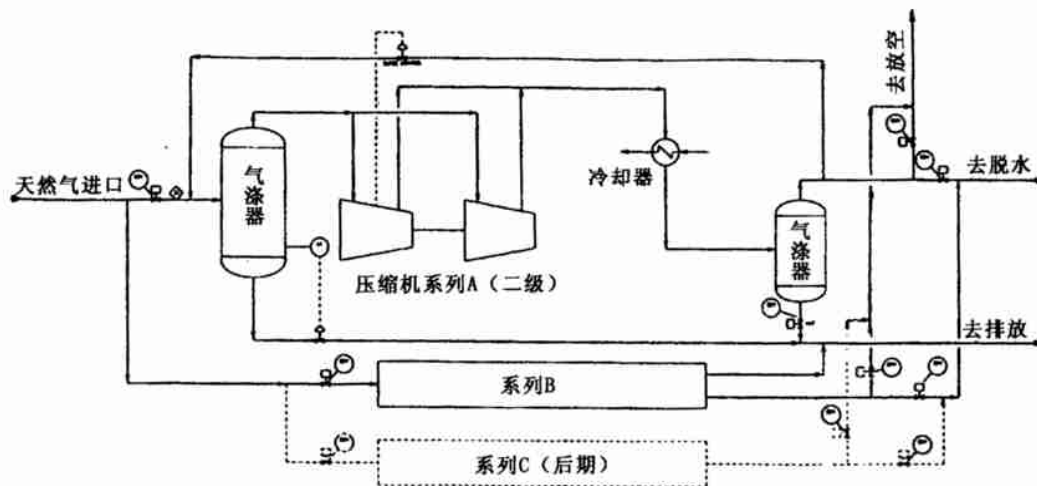


图 2 天然气增压系统工艺流程示意图

通过综合分析计算,投产后第 10 年需配置 2 台压缩机(1 台备用)。每台压缩机二级并联运行,每组处理量为总设计量的 50%。在投产后第 16 年增加 1 台压缩机,每台压缩机由二级并联切换为串联(2 台使用,1 台备用)。此方法既减少了机组配置,又减少了占地面积,为减少增压平台创造了先决条件。

2.2 中心平台设施布置

除了增压设施优化,工艺系统其他方面优化,减少设施和占地面积外,又在中心平台设施布置上提

出新的设计思路,使减少增压平台成为可能。

三甘醇脱水塔布置。高达 8.5 m(不包括顶部配管)的三甘醇脱水塔布置在顶层甲板上,比以往设计占地面积(4 m × 6 m)减少 50%。

增压换热设备。增压换热设备采用立体撬块方式布置,减少了占地面积。

井口采气树布置。经综合分析,最后确定井口采气树布置在底层甲板上。这种布置有利于钻完井工期安排,安装导管架后即可进行钻完井作业,不但缩短了工期,而且为下层甲板增加了 10 m × 15 m

设备布置面积。

3 工艺流程及设施系统优化

3.1 天然气冷却

该项目 4 座平台为接替投产方案,而三甘醇脱水需要相对稳定的天然气进塔温度,通过优化冷却系统并选择适应性强的脱水技术,把原设计的 4 台冷却器优化为 2 台,天然气进塔温度满足要求。

3.2 三甘醇脱水 and 再生系统 (见图 3)

三甘醇脱水常规设计为板式塔(泡罩塔盘)。近年来,由于填料工业新技术的发展,越来越多的海上气田采用填料塔作为三甘醇接触塔,填料为规整填料(structured packing)。在相同条件下,该类型填料塔的直径为泡罩塔直径的 70%,高度可降低 10%。从表 1 中 2 种塔在相同处理量下的简单比较可知,填料塔在海上平台的应用有着广泛前景。

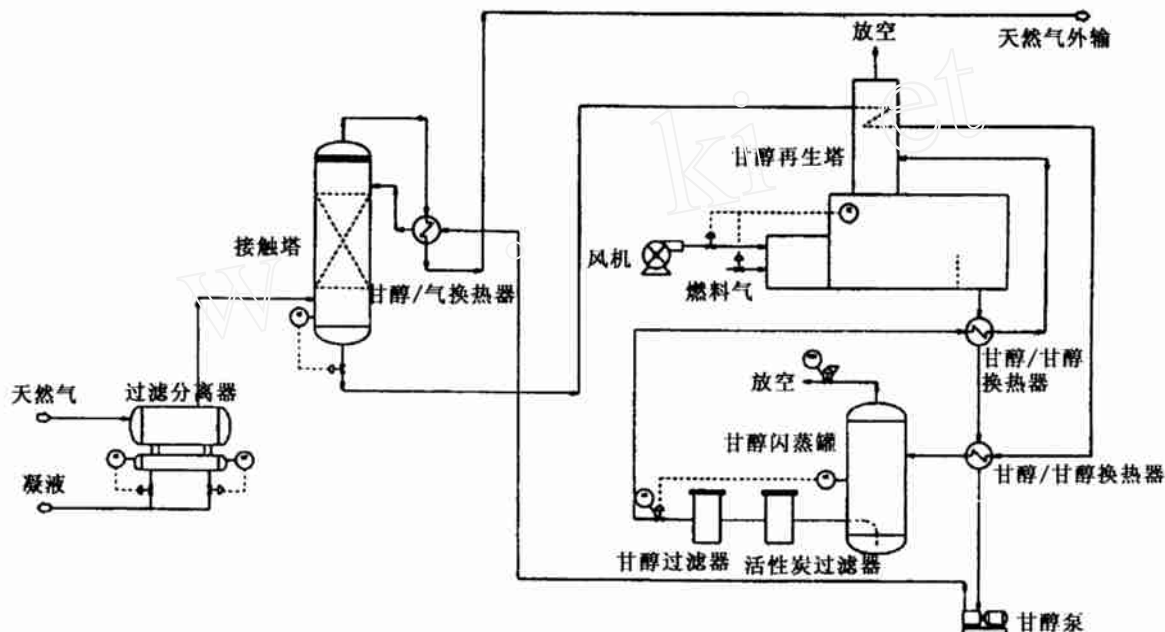


图 3 三甘醇脱水/再生工艺流程示意图

表 1 填料塔与泡罩塔比较

塔类型	直径/mm	质量/kg	内件费/美元	容器费/美元	整塔费/美元	进气温度与流量变化适应性
填料塔	1 524	20 140	22 000	144 000	166 000	好
泡罩塔	2 200	30 200	15 000	216 000	231 000	一般

除接触塔外,对三甘醇再生工艺也进行了量化优化设计。三甘醇闪蒸罐停留时间为 15 min;重沸器温度设计为 196 ℃,如果操作条件变化需浓度较高的贫甘醇,可提高再生温度(204 ℃);在三甘醇再生塔重沸器上预留气提装置,当需要增大处理量或其他条件变化需要高浓度三甘醇(99.1%以上)时,接上干燥气提气即可;在甘醇再生装置中设置过滤器,以除去甘醇中的杂质,减少操作过程中甘醇起泡和结焦/结垢等影响效率因素;对富甘醇与贫甘醇换热进行优化,使富甘醇进入甘醇闪蒸罐的温度控制在 85 ℃,避免温度过高造成甘醇蒸发损失,或温

度过低造成甘醇携带的轻烃无法除去,引起活性炭过滤器和重沸器负荷增大,造成操作费增高。

3.3 CO₂ 脱除问题

东方 1-1 气田开发方案是一个高 CO₂ 区(位于 CEP 中心平台,6 口生产井)与 3 个低 CO₂ 区(位于 WHP E、WHP A 和 WHP B 平台)共同开发方案,中心平台位置的确定基于有利于减少 CO₂ 对平台设施的腐蚀影响和易于按用户要求操作控制天然气中 CO₂ 含量(正常生产 CO₂ 含量控制在 19%~21%范围内)的原则进行。

针对天然气的主要用户对 CO₂ 含量的需求不

同,并考虑到 CO₂ 的腐蚀问题,在方案研究过程中,比较了海上脱 CO₂ 方案、陆上脱 CO₂ 方案和不脱 CO₂ 方案,最终选择不脱 CO₂ 方案。该方案投资最省,20 % 的 CO₂ 含量控制也为不同用户所接受。

4 无人驻守简易井口平台

相对油田开发,气田开发更适宜选择无人驻守简易井口平台,这主要缘于气井修井工作量小、流程简单、易于操作,动力需求量极小,因此确定采用无人驻守简易井口平台方案。

4.1 动力供给方式

衰竭式开发气田的井口平台生产所需动力极小,主要动力用户包括雾笛导航系统、通信系统、控制系统及一些小动力设备等。正常生产情况下,这些动力负荷小于 1 kW。其供给方式有 3 种。

1) 太阳能电池板。价格便宜,安装与操作简单,基本不需要维护保养,可靠性强,对配套系统要求低,但受日照时间长短、天气好坏的影响较大。

2) 热电偶发电机。具有安装与操作简单、可靠性强、不受天气变化和日照时间长短的影响等优点,但需要有一个稳定的天然气源,且价格较高,投产初

期很难取得符合要求的气源。

3) 中心平台动力电缆供电。操作简单、可靠性强、不受天气变化等因素的影响,但海底电缆造价高(仅 CEP 至 WHP E 平台 3.6 km 电缆就需要 110 万美元,还未包括前后 2 座平台变配电系统设备),中心平台主电站容量加大。

综上所述,东方 1-1 气田井口平台应选择太阳能电池板供电系统,但由于一期工程 2 座平台(CEP 和 WHP E)高 CO₂ 区和低 CO₂ 区同时开采,为保证供气质量,最终选择了海底复合电缆供电及控制方案,同时也否定了微波通信方案。二期工程的 2 座井口平台的供电方式及控制方案,在中心平台(CEP)预留了电量及接口,没有否定其他 2 种供电方案和微波通信方式经济方案的可能性。

4.2 平台结构型式

基于气田无人驻守井口平台上部设施少、重量轻等特点,气田开发工程设计(ODP 和基本设计)阶段对 3 种结构型式即 3 腿平台——3 腿 3 裙桩导管架刚性平台,4 腿平台——4 腿 4 裙桩导管架刚性平台,TARPON 平台——单立柱斜拉索柔性平台,进行了深入的比较研究,比较结果见表 2。

表 2 平台结构型式比较表

平台类型	优 点	缺 点
3 腿平台	固定平台,刚度比 TARPON 大,位移较小; 海洋石油总公司自己制造、安装; 结构比 4 腿平台轻约 1 000 kN,桩轻约 2 100 kN	打桩难度最大,入土 110 m; 桩重较 TARPON 重 6 700 kN; 结构较 TARPON 重 1 300 kN; 需 2 艘小浮吊进行安装作业; 制造、安装调整较 4 腿平台难
4 腿平台	常规固定平台,刚度比 TARPON 平台大,位移较小; 海洋石油总公司自己制造、安装; 制造安装都属常规作业; 打桩难度比 3 腿平台小,入土 95 m; 冗余度比 3 腿平台高	桩重较 TARPON 平台重 7 800 kN; 结构较 TARPON 平台重 2 300 kN; 需 2 艘小浮吊(10 MN 以下)或一艘浮吊(15 MN 以下)进行安装作业
TARPON 平台	造价比 3 腿、4 腿平台低; 1 艘小浮吊(10 MN 以下)即可进行安装作业; 沉箱及裙桩的入土深度较浅(在坚实沙层以上); 建造周期短,4 周即可完成预制; 结构比 3 腿、4 腿平台轻	不能全部自己制造、安装,部分构件由 TARPON 公司提供,工程由 TARPON 公司总包; 平台位移较大,设计条件下,最大位移近 2 m; 该平台为无冗余度结构; 安装 1 年后需对拉索张紧 1 次; 隔水套管间距较小,隔水套管打入作业较难

虽然 TARPON 平台费用低于另外 2 种型式,但综合考虑,二期工程 WHP E 平台采用了 4 腿方案。

东方 1-1 气田开发工程方案从 ODP 到基本设计阶段,通过优化减少了 1 座井口平台和 1 座增压平台,简化了中心平台上部设施和无人驻守简易井

口平台,降低了气田开发工程投资,满足了市场的需要,气价在用户的承受能力范围内,气田开发的经济效益得到有效保证。

(收稿日期:2003-05-22;编辑:许 敏)

Sponsor CNOOC Research Center
Publisher CHINA OFFSHORE OIL & GAS (Engineering) Editorial Department
Address Guobin Building, 21, Jiuxianqiao Rd, Beijing, China
Post Code 100016 ISSN 1001 - 7682, CODEN ZHY GEQ

CONTENTS

DESIGN AND CONSTRUCTION ·

Optimized Schedule for Engineering Development in the DF 1 - 1 Gas Field *Chen Shengsen* (1)

Abstract : According to market plans , development schedules as well as drilling and development engineering , the new techniques , methods and ideas were applied in developing the DF 1 - 1 gas field. Comparing with the multiple plans , the optimized schedule was made. The schedule would be fit for different working conditions , so that about 40 million US Dollars was cut down for the developing engineering. The good results not only made the gas price equitable for consumers , but also made economic benefits for the gas development.

Key Words: gas field development engineering , optimized schedules , market plan , wellhead platform

Flow Process Method Applied in the Fabrication of BZ 25 - 1 B/D/ E Jackets in Bohai Sea

..... *Rao Shicai* (5)

Abstract : Flow process is very effective method in organizing production from the experience of industry production management , and it has been used to direct the construction of civil engineering. The article describes the successful application of flow process method in the fabrication process of BZ 25 - 1 B/D/ E jackets and shows that flow process method is also suitable for the fabrication of offshore oil engineering. It will bring a more effective result in shortening project schedule , reducing project cost and improving the use of machine.

Key Words: offshore oil engineering , construction organization , flow process method , effective result

Key Problems About the Interfaces in FPSO Project *Dou Hongbo* (8)

Abstract : There are many interfaces needed to pay attention during construction of FPSO , it is very important to make these interfaces being connected safely , properly and effectively. From the project management point of view , the paper discusses about 4 typical and critical structural interfaces , such as SPM & vessel , process modules & vessel , deck cranes & vessel , and power module & vessel , therefore the QHD 32 - 6 FPSO projects will be used as an example. The discussion would be helpful and valuable for management of other projects in the future.

Key Words: FPSO , construction , interface , connected construction

RESEARCH ·

The Hydrodynamic Coefficients Research on Large Derrick Barge Ships

..... *Wang Xueliang , Dong Yanqiu , Zhang Yanfang* (12)

Abstract : With the development of the ocean engineering , derrick barge ships become larger and larger. The derrick barge ships 'B/ T is greater than the general ships 'B/ T. Based on the derrick barge ship 's character of ultra-shallow draft , this paper calculates the hydrodynamic coefficient for every degree of freedom on the condition of the general ocean environment. All of these studying are very important to analyze the hydrodynamic coefficient of the derrick barge ship for estimating its movement and security.

Key Words: ultra-shallow draft derrick barge , added mass coefficient , damping coefficient

Calculation of Vibration Response Excited by Ice Based on the Self-Excited for Jacket Platform

..... *Ma Wangkou , Tang Yougang , Song Zhengrong* (16)

Abstract : The self-excited ice force is determined , based on the relation curve between anti-compress strength and loading velocity as well as the relative motion between ice motion and structural vibration considering the self-excited property of ice. The vibration responses self-excited by ice of height 40 m-jacket platform are calculated. The analysis method for vibration response self-excited by