

# 番禺气田台风模式生产问题及解决措施

苗建<sup>1</sup> 刘政洪<sup>1</sup> 吴小辉<sup>1</sup> 王凯<sup>2</sup>

1. 中海石油(中国)有限公司深圳分公司, 广东 深圳 518067

2. 中海油研究总院, 北京 100027

**摘要:**台风模式生产是指台风期间海洋油气生产平台的操作人员撤离到下游陆上终端,通过远程监控模式在终端中央控制室调控海洋油气生产平台,实现无人状况下的继续生产。针对首次实现台风模式生产的南海东部海域番禺气田,在台风模式生产实施过程介绍的基础上,重点探讨了台风模式生产在历次实际应用中遇到的问题,提出相应的解决措施和优化手段,以提高台风模式生产的稳定性和可靠性,并取得了显著成效,可为海域内其他气田的台风模式生产提供技术支持和参考借鉴。

**关键词:**番禺气田;台风模式生产;生产问题;解决措施

DOI:10.3969/j.issn.1006-5539.2015.06.016

## 0 前言

番禺气田包括番禺 30-1 平台(以下简称平台)和珠海陆地终端处理厂,其平台是集油气处理、生产、计量和输送、钻修井、生活、动力为一体的综合平台。平台上生产的天然气和凝析油脱水合格后,混合进入 20"(1"=25.4 mm)、365 km 的海底管线输至珠海横琴岛天然气终端处理厂作进一步处理。

番禺气田主要产品为天然气,下游用户包括嘉明电厂等 5 个工业用户和中山、珠海的居民用户。平台供气直接关系到珠三角地区工业供电以及居民用户,因此台风期间保证平台天然气的连续供应至关重要。

据历史气象资料统计,每年西太平洋海域生成热带气旋约 40 个,达到热带风暴(台风)等级以上平均 28.8 个。番禺气田地处西太平洋南海海域,每年受到约 10 次台风影响,一般集中在 7~9 月<sup>[1]</sup>。夏季频发的台风、巨浪等极端气候都会给台风影响海域内的钻采石油平台带来考验。

因此,番禺气田在设计时引入了台风模式生产概念,是中国南海东部海域第一个实现台风模式生产的油气田。本文对番禺气田台风模式生产的实施问题、应对

措施、成果进行了探讨。

## 1 台风模式生产实施

### 1.1 台风模式生产实现过程

平台主要通过卫星通信系统与外部连接,VSAT 系统是卫星通信领域中一种广泛使用的通信系统<sup>[2]</sup>。平台的卫星通信系统分室内单元和室外单元两部分,室内单元包括 CU MODEM、基带 MODEM、TES、STARWIRE、MUX、天线系统切换器、天线同轴波导倒换器、天线控制器等;室外单元包括天线、馈源、ODU 等。

平台与珠海终端及陆地总部通过 VSAT 系统实现网络连接。平台中控系统 2 台服务器与报房服务器通信,中控 2 台 PKS 服务器再通过交换机与中控服务器进行数据交换。

台风期间,操作人员在珠海终端遥控生产,使用 Honeywell DSA 技术通过平台到珠海的专用卫星链路实现数据采集(通信速率 256 k);通过平台到蛇口的办公网络卫星通信把数据送往珠海终端(通信速率 1 M)。利用 VSAT 系统采集通信信号掌握平台实时生产数据,调整现场参数和工艺流程,同时遥控现场摄像头采集现场关

收稿日期:2015-03-09

作者简介:苗建(1983-),男,江苏连云港人,工程师,硕士,主要从事海上石油天然气开发工作。

键设备运行画面,实时监控平台设备运行状况。

1.2 台风模式生产的成果

从 2010 年投产至今,平台经历了近 20 次台风模式生产<sup>[3-13]</sup>,累计台风模式生产持续时间为 793.5 h,历年台风模式生产持续时间统计见表 1。

表 1 2010~2014 年期间台风模式生产持续时间统计

| 台风名称                               | 台风模式生产时间         | 持续时间/h |
|------------------------------------|------------------|--------|
| 2010 年 3 号台风“灿都” <sup>[3]</sup>    | 2010.07.20~07.21 | 26     |
| 2010 年 10 号台风“狮子山” <sup>[4]</sup>  | 2010.08.29~08.31 | 48     |
| 2010 年 13 号台风“鲇鱼” <sup>[5]</sup>   | 2010.10.18~10.23 | 120    |
| 2011 年 8 号台风“洛坦”                   | 2011.07.27~07.30 | 72     |
| 2011 年 17 号台风“纳沙”                  | 2011.09.27~09.28 | 26     |
| 2011 年 18 号台风“尼格”                  | 2011.10.02~10.03 | 16     |
| 2012 年 05 号台风“泰利” <sup>[6]</sup>   | 2012.6.18~06.20  | 46     |
| 2012 年 06 号台风“杜苏芮” <sup>[7]</sup>  | 2012.06.28~06.30 | 56.5   |
| 2012 年 08 号台风“韦森特” <sup>[8]</sup>  | 2012.07.21~07.24 | 96     |
| 2012 年 13 号台风“启德”                  | 2012.08.15~08.16 | 33     |
| 2012 年 14 号台风“天秤” <sup>[9]</sup>   | 2012.08.23~08.26 | 96     |
| 2013 年 09 号台风“天兔” <sup>[10]</sup>  | 2013.09.21~09.23 | 44     |
| 2013 年 11 号台风“罗莎”                  | 2013.11.01~11.02 | 30     |
| 2014 年 09 号台风“威马逊” <sup>[11]</sup> | 2014.07.16~07.18 | 51.5   |
| 2014 年 15 号台风“海鸥”                  | 2014.09.15~09.16 | 32.5   |
| 合计                                 |                  | 793.5  |

1.3 台风模式生产设备测试

台风模式生产实施前,平台需进行多项针对性测试,确保所有远程控制通信正常,动静设备处于安全状态,预防溢油、爆炸等风险。

测试内容包括:平台与终端操作站画面、阀位状态、流程显示数值的核对;平台与终端操作站之间卫星通信系统可靠程度检验;平台与终端操作站上的操作权限区分及确认;在终端操作站实现对平台生产设备、关断阀

门、调节阀门的监控动作;在珠海陆地终端对平台进行可视监控(CCTV)的可靠性调试;平台在台风模式生产下各级紧急生产关断的触发原因和触发结果;在珠海终端实施平台单井关断的动作。

2 台风模式生产问题及解决措施

平台投产后经历台风模式生产近 20 次,每次台风模式生产都会出现新问题、遇到新挑战,通过总结分析,解决了大量问题,使台风模式生产更安全。

2.1 平台和终端操作画面不一致

平台和珠海终端操作站画面多处不一致,工艺流程中的大部分流量计显示值有差异。平台与珠海终端操作站画面不一致会导致参数误调整、阀门误操作、泵误启停,造成工艺不稳定、平台不安全。

将平台中控操作站文档拷贝至珠海终端操作站,对珠海终端操作站进行覆盖,解决了平台和珠海终端操作站中控监控操作画面不一致的问题。在不影响测试的基础上对珠海终端操作站画面和组态进行逐步修改,有误差的流量计数值都修改为正常数值。

2.2 设备液位高高触发生产紧急关断

为保证生产安全平稳,平台关键设备均设置液位高高触发生产紧急关断逻辑信号。台风期间,风大浪高引起平台剧烈摇晃,容器液位波动较大触发相关关断信号。

液位波动引起液位高高触发生产关断的解决措施:台风撤离前将罐体液位降到足够低,保证罐体内足够的预留空间;检查相关液位开关确保其正常;对罐体设置高液位预报警,提醒操作人员尽快处理罐内液体。

2.3 高压火炬分液泵运行不稳定

高压火炬分液泵是台风模式生产的关键设备,但泵长时间运转时出现柱塞发热、冒烟、剧烈振动等现象,使设备处于不安全状态;且泵不能及时处理高压火炬分液罐的液位,导致高压火炬分液罐液位高高触发生产关断,终止台风模式生产。

针对高压火炬分液泵运行不稳定问题,改造泵液力端,增加辅助润滑冷却系统和海水外置冷却系统,减少柱塞与滑套、盘根间的剧烈摩擦,降低柱塞温升,克服柱塞发热冒烟难题,消除生产安全隐患。

2.4 卫星通信中断触发 ESD-1 弃平台关断

台风模式生产期间,平台与珠海终端的通信一旦中断将无法远程操控生产,若 30 min 后仍未恢复,平台将触发一级关断,必须等待生产人员上平台方可恢复生产。

1)减少平台和珠海终端之间不必要的数据信息传输,而主要传输用于关断逻辑的数据,保证通信连接最优化。

2)珠海终端向平台传送数据包时,平台接收数据包

不稳定造成通信断续。经过调试珠海终端服务器,平台中控服务器进行主机切换,通信连接不稳定问题有所好转,同时通信中断时在珠海终端激活脚本恢复通信。

3)平台卫星通信整改为相互冗余的两条卫星链路,一条带宽是 1 M(平台—蛇口—终端),一条带宽是 256 k(平台—终端)。在恶劣天气下,如果 1M 链路中断,数据传输则通过 256 k 链路完成,反之亦然。经测试两条卫星链路已成功冗余,达到互备目的。

## 2.5 火气探头故障触发 ESD-2 级火气关断

平台的火气系统是保障安全生产的重要手段之一,任何 2 个火探或者 2 个气探同时报警,平台将会触发 ESD-2 级火气关断。台风模式生产中,一旦火气探头误动作将造成平台关断,必须等待生产人员上平台方可恢复生产。

针对此情况,做好火气探头的校验工作,定期检查火气探头,及时标定、更换有问题的探头,保证台风模式生产期间不会因为火气探头误报警引起生产关断。

## 2.6 透平发电机掉电

Solar 透平发电机是平台的核心设备,为整个平台提供动力。台风期间,当 Solar 透平发电机橇内外差压下降到 0.15 inch 水柱(38.6 Pa)时,Solar 透平发电机控制台报警,Solar 透平发电机停车并关断;同时大部分正常母排供电设备将关停,引起生产关断。2010~2012 年,曾出现过几次 Solar 透平发电机橇内外差压低造成 Solar 透平发电机停车且生产关断。通过分析发现台风期间强风正对排风口吹,造成排风口压力增大,使 Solar 透平发电机橇内外不能建立定量差压,对此,采取了以下措施:

1)在排风机出口加装导流罩。原先的排风口为水平方向,加装导流罩后,排风口向下,能有效削弱台风对排风口的影响,提高排风机工作效率,增大橇内外差压。

2)台风模式生产下启动 2 台风机。Solar 透平发电机正常情况下运转 1 台风机,橇内外差压为 220 Pa,启动 2 台风机后,Solar 透平发电机橇内外差压明显增大,达 250 Pa。

## 2.7 三甘醇循环泵无法远程控制

三甘醇循环泵是三甘醇再生系统的关键设备,只能现场启停。台风模式生产期间,一旦三甘醇循环泵发生故障并停止运行,因无法远程启动泵,天然气脱水单元无法工作,导致外输天然气露点不合格。

根据实际情况,更换三甘醇泵现场操作柱使其具有自动/手动切换功能,中控 PKS 系统增加组态实现远程控制泵的启停;更换新型变频自动调节三甘醇循环泵,实现泵的远程控制。

## 2.8 三甘醇储量无法满足日常消耗

正常生产时,三甘醇在天然气脱水再生过程中有一定量的损耗,而台风模式生产时间过长会导致三甘醇消

耗量过大,不能满足正常循环的需要,导致外输天然气露点不合格。

根据实际情况增加三甘醇储罐,与三甘醇再生系统的缓冲罐相连;在储罐出口管线上安装 SDV 阀,SDV 阀由三甘醇再生系统的缓冲罐液位变送器控制,在缓冲罐液位降低到报警值时,SDV 阀可以自动或手动打开并补充三甘醇,保证台风模式生产期间三甘醇的正常循环需要。

## 3 结论

番禺 30-1 平台是中国南海东部海域第一个实现台风模式生产的平台。通过台风模式生产的远程测试和多次台风模式生产实践,发现并解决了台风模式生产中的大部分问题,使台风模式生产更具有可行性和可靠性。在多次台风模式生产实践中,平台也形成了一套行之有效的防台、撤台和台风模式生产程序,确保在台风期间不间断向下游用户提供天然气;同时积累了丰富的台风模式生产经验,为周边的其他后续气田实施台风模式生产提供了经验。

### 参考文献:

- [1] 吴红卫. 东海平湖油气田防台风撤离实例分析[J]. 中国海上油气(工程), 2001, 13(3): 49-53.  
Wu Hongwei. Case Analysis of Anti Typhoon Evacuation of Pinghu Oil and Gas Field in the East China Sea[J]. China Offshore Oil and Gas(Engineering), 2001, 13(3): 49-53.
- [2] 张恒春, 崔荣春. VSAT 技术及其应用[J]. 通信技术与发展, 1997, (5): 40-45.  
Zhang Hengchun, Cui Rongchun. VAST Technology and Its Applications[J]. Communications Technology and Development, 1997, (5): 40-45.
- [3] 张娟, 冯伟忠, 李广敏, 等. 1003 号台风“灿都”风暴潮特征分析与模拟[J]. 海洋通报, 2011, 30(4): 367-370.  
Zhang Juan, Feng Weizhong, Li Guangmin, et al. Analysis and Numerical Simulation of the Storm Surge Caused by the Typhoon “Chanthu”[J]. Marine Science Bulletin, 2011, 30(4): 367-370.
- [4] 程正泉, 张东. “狮子山”奇异路径及业务预报着眼点的初步分析[J]. 广东气象, 2011, 33(4): 1-6.  
Cheng Zhengquan, Zhang Dong. A Preliminary Analysis of the Singular Path of Typhoon “The Lion Mountain” and Its Operational Forecast[J]. Guangdong Meteorology, 2011, 33(4): 1-6.
- [5] 段朝霞, 苏百兴. 1013 号超强台风“鲇鱼”北折路径分析[J]. 海洋预报, 2011, 28(5): 21-24.  
Duan Zhaoxia, Su Baixing. The Characteristic Analysis of the North-turning Track of Super Typhoon “Megi” (1013)[J].

- Marine Forecasts, 2011, 28 (5): 21 - 24.
- [6] 陈剑桥, 曾银东, 李雪丁. 1205 号台风“泰利”影响下台湾海峡风浪特征分析[J]. 海洋预报, 2015, 32 (2): 31 - 36.
- Cheng Jianqiao, Zeng Yindong, Li Xueding. Analysis of the “Talim” (No. 1205) Typhoon Wave at the Taiwan Strait [J]. Marine Forecasts, 2015, 32 (2): 31 - 36.
- [7] 邓文剑, 吴乃庚, 林良根. 强热带风暴“杜苏芮”偏心结构特征及其成因分析[J]. 广东气象, 2013, 35 (4): 1 - 6.
- Deng Wenjian, Wu Naigeng, Lin Lianggen. Characteristics of the Eccentric Structure of Severe Tropical Storm Doksuri and Analysis of the Causation [J]. Guangdong Meteorology, 2013, 35 (4): 1 - 6.
- [8] 郑浩阳, 涂建文, 詹 棠, 等. “韦森特”台风的路径和强度分析[J]. 广东气象, 2014, 36 (1): 12 - 19.
- Zheng Haoyang, Tu Jianwen, Zhan Tang, et al. Analysis of the Track and Intensity of Typhoon Vicente [J]. Guangdong Meteorology, 2014, 36 (1): 12 - 19.
- [9] 蓝秋萍, 饶灶鑫, 程 思. 1214 号台风“天秤”异常路径成因分析[J]. 水利科技, 2014, (4): 13 - 17.
- Lan Qiuping, Rao Zaoxin, Cheng Si, et al. Analysis of the Cause of Abnormal Path of NO. 1214 Typhoon “Tembin” [J]. Hydraulic Science and Technology, 2014, (4): 13 - 17.
- [10] 于玲玲, 麦健华, 程正泉. 1319 号超强台风“天兔”强度变化的诊断分析[J]. 广东气象, 2014, 36 (1): 7 - 11.
- Yu Lingling, Mai Jianhua, Cheng Zhengquan. Diagnostic Analysis Intensity of Super TY “Usagi” [J]. Guangdong Meteorology, 2014, 36 (1): 7 - 11.
- [11] 缪旭明, 高拴柱, 张 静. 超强台风“威马逊”成因及应对[J]. 中国应急管理, 2014, (9): 47 - 49.
- Miu Xuming, Gao Shuanzhu, Zhang Jing. Super Typhoon “Wimason” Causes and Response [J]. China Emergency Management, 2014, (9): 47 - 49.
- [12] 夏雪峰. 番禺 30 - 1 气田台风天气不停产四年增产过亿方[N]. 中国海洋石油报, 2014 - 03 - 14 (2).
- Xia Xuefeng. More Than 100 Million Cubic Meters of Natural Gas Were Produced During Typhoon Season in the Past Four Years in Panyu 30 - 1 Gas Field [N]. China Offshore Oil Press, 2014 - 03 - 14 (2).
- [13] 夏雪峰. 番禺 30 - 1 气田远程操控台风季增产千万方[N]. 中国海洋石油报, 2014 - 09 - 22 (2).
- Xia Xuefeng. 10 Million-cubic Meter Natural Gas Was Produced by Typhoon Production Model of Panyu 30 - 1 Gas Field During the Typhoon Season [N]. China Offshore Oil Press, 2014 - 09 - 22 (2).



(上接第 57 页)

- Xu Hanyuan, Xiong Yu. Measurement Method of Minimum Miscibility Pressure by Slim Tube Test[J]. Neijiang Science & Technology, 2012, (6): 92-93.
- [6] 毛振强,陈凤莲. CO<sub>2</sub> 混相驱最小混相压力确定方法研究[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2005, 32(1): 61-64.
- Mao Zhenqiang, Chen Fenglian. Determine Methods of Minimum Miscibility Phase Pressure of CO<sub>2</sub> Miscible Flooding[J]. Journal of Chengdu University of Technology (Natural Science Edition), 2005, 32(1): 61-64.
- [7] Li Jungang. A New Approach for Calculation of Minimum Miscibility Pressure Based on a Multiple-Mixing-Cell Model[J]. IEEE, 2010, 10: 406-409.
- [8] Alomair O, Malallah A, Elsharkawy A, et al. An Accurate Prediction of CO<sub>2</sub> Minimum Miscibility Pressure (MMP) Using Alternating Conditional Expectation Algorithm (ACE) [C]//Paper 149086 Presented at the SPE/DGS Saudi Arabia 2011, Al-Khobar, Saudi Arabia. New York: SPE, 2011.
- [9] Hossein K, Mohammad N, Ali H. A New Correlation for Calculating Carbon Dioxide Minimum Miscibility Pressure Based on Multi-gene Genetic Programming[J]. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 2014, 21: 625-630.
- [10] Yuan H, Johns R T, Egwenu A M, et al. Improved MMP Correlation for CO<sub>2</sub> Floods Using Analytical Theory [C]//Paper 89359 Presented at the SPE Symposium on Improved Oil Recovery, 17-21 April 2005, Tulsa, Oklahoma. New York: SPE, 2005.
- [11] 油气田开发专业标准化委员会. 最低混相压力细管实验测定法: SY/T 6573-2003 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2003.
- Professional Committee for Standardization of Oil and Gas Field Development. Measurement Method for Minimum Miscibility Pressure by Slim Tube Test: SY/T 6573-2003 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2003.