

普光气田 P302 - 2 井焚烧炉试气技术

李明志¹, 聂仕荣², 张文昌³, 曹言光³

(1. 中国石化中原油田普光分公司, 四川达州 63500; 2. 中国石化川气东送建设工程指挥部, 四川达州 63500; 3. 中国石化中原油田分公司, 河南濮阳 457001)

[摘要] 详细讨论高含硫测试技术及资料解释影响因素的基础上, 重点对高含硫气田放喷试气流程、产出气燃烧工艺、测试工艺、试井解释方法进行了深入的研究分析, 提出了高含硫气井试气流程采用 EE 级放喷与 HH 级测试并联组合流程, 焚烧炉燃烧方式以及修正等时测试技术。并在普光气田 P302 - 2 井的现场进行了成功应用, 获取了可靠的地层测试资料, 建立了修正后的产能方程, 进一步落实了普光气田的储量基础, 对高含硫气田开发具有重要的指导意义。

[关键词] 酸性气田; 修正等时试气; 焚烧炉; 试气流程

[中图分类号] X705 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009 - 1742(2010)10 - 0061 - 04

1 前言

普光气田高含 H_2S 和 CO_2 , 是目前在中国境内发现的规模最大、丰度最高的特大型整装海相气田, 如何进行安全测试, 准确评价气井产能, 是关系到气田能否科学开发的关键。而目前高含硫气井试气主要采用火炬燃烧方式, H_2S 燃烧不完全^[1]、 SO_2 的扩散半径较小, 易造成井场附近 H_2S 浓度较高、 SO_2 聚集, 对人体和环境的危害较大, 同时考虑地面流程抗腐蚀能力等方面影响, 导致开井测试时间只有 2 ~ 7 h, 试气时间短、泄气半径小, 试气资料只能反映井筒附近储层特征, 多解性较强, 对气井产能评价有一定影响, 给准确评估气藏产能带来很大的困难。基于以上情况, 必须对高含硫气田试气地面流程、燃烧方式及试气工艺技术进行研究, 形成适合于普光气田长井段气井、产能测试及试井解释的配套技术, 实现了高含硫气井系统测试安全高效。

2 试气方式及工作制度设计

常用的试气方式^[2]主要有回压试井、等时试井、修正等时试井。回压试井适用于渗透率较高、在短时间气井流压能达到稳定的气藏, 修正等时试井除稳定

生产段需要达到稳定外, 其余工作制度无需稳定, 适用于低渗透、特低渗透气藏, 可以大大缩短测试时间。为了获取长时间的测试资料, 避免造成环境污染, 结合高含硫气田特性, 试气方式采用修正等时产能测试。试气工作制度的设计^[3]: 井底积液排尽后, 先关井 48 h 进行静压测试, 然后进行修正等时试井, 工作制度 4 个, 等时距 36 h, 产量依次为 25×10^4 , 35×10^4 , 45×10^4 , 55×10^4 m^3/d , 稳定产量 40×10^4 m^3/d , 稳定生产时间 7 d, 关井压力恢复 7 天。气量采用气嘴调节, 修正等时试井设计曲线, 见图 1。

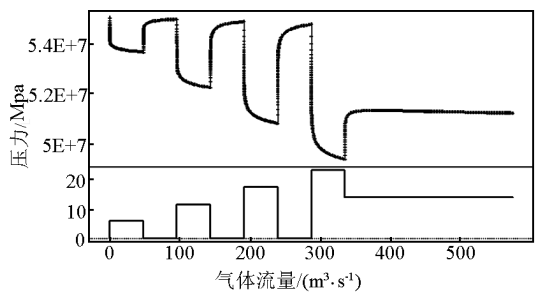


图 1 修正等时试井设计曲线

Fig. 1 Design curves of modified isochronal test

3 地面流程设计

综合考虑高含硫气田地层压力温度、流体性质、

[收稿日期] 2010 - 07 - 29

[作者简介] 李明志(1963 -), 男, 内蒙古赤峰市人, 教授级高级工程师, 博士, 研究方向为油气田开发工程; E-mail: limingzhi9008@163.com

井下管柱和井口通畅等情况,为了满足该井放喷及长时间试气的需要,地面测试采用 EE + HH 级组合流程。HH 级流程为主试气流程,EE 级流程主要作为放喷、压井、替喷使用,组合流程具备单路、多路同时放喷功能,可实现压井、替喷等同一流程作业。流程示意图见图 2。

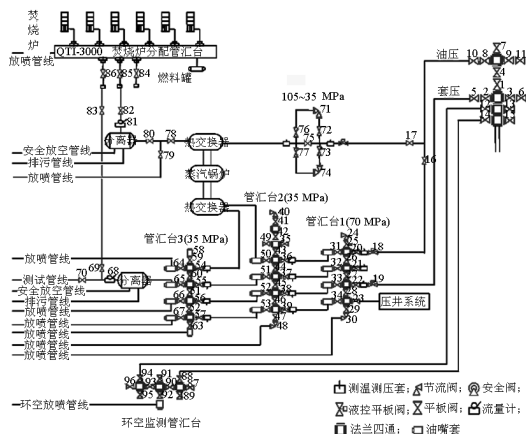


图 2 试气地面流程示意图

Fig. 2 Flow chart of test gas ground

HH 级主试气流程采用 105 - 35 MPa 二级降压节流流程,地层流体经节流后进分离器,液体至放喷池,气体利用焚烧炉燃烧。EE 级放喷流程采用四进四出、70 - 35 - 35 MPa 三级降压节流流程,先以小直径油嘴进行控制放喷,之后逐渐增大油嘴直径,液体进放喷池,少量气体利用火把燃烧。当地面观察有大量气体出现,并且压力稳定后停止放喷。

当 HH 级流程在试气过程中出现冰堵、油嘴刺坏或其他意外情况时,可倒换至 EE 级流程做短时间试气,待 HH 级流程恢复正常后,再倒回 HH 流程试气,尽量保持设计时间试气连续、无间断。EE 级放喷流程和 HH 级试气流程主通径均为 3 - 1/16"。

4 高温焚烧炉应用研究

为深入研究和认识高含硫气田的产能,在国内技术调研的基础上,借鉴加拿大油气田测试经验,试气采用焚烧炉燃烧方式^[4]。设计 6 台焚烧炉并联运行,单台焚烧炉最大处理量为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。以减少高含硫气井测试过程中对环境和人员的危害。其中 HH 级流程和 EE 级流程的试气管线通过管汇台分配进入焚烧炉,管汇设有 3 个试气管线入口、1 个燃料气入口以及 10 个去焚烧炉的出口。焚烧炉与试气流程之间的连接:试气管线采用不同长度的短节、弯管(铸件或锻件)大于 120°;燃料气采用软管连接,见图 3。

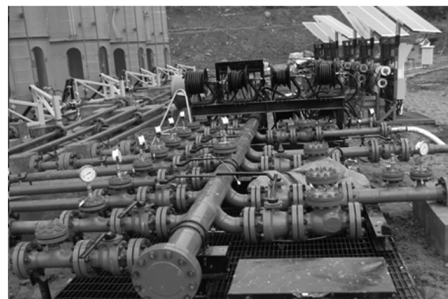
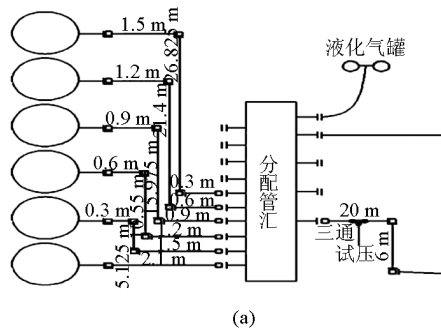


图 3 焚烧炉测试分配流程设计

Fig. 3 Distribution chart design incinerator test

5 普光气田 P302 - 2 井现场应用实例

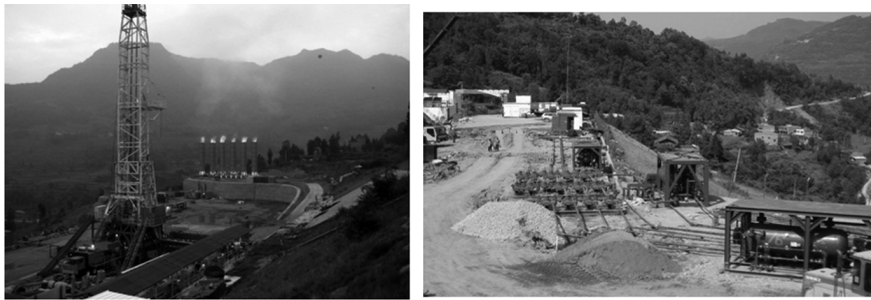
5.1 现场应用情况

普光气田 P302 - 2 井酸压施工完成后于 2009 年 8 月开始进行了放喷试气作业。试气工作根据设计采用修正等时,四个工作制度。采用焚烧炉试气的地面流程为:井口→节流阀组→热交换器→分离器→焚烧炉。EE 级三级放喷与 HH 级二级试气组合流程可以满足诱喷、放喷、试气、压井等工艺要求,累计放喷试气 270 h,经受住了长时间的酸液腐蚀及气体冲蚀,取得了完整的测试数据,且各项施工数据和技术指标均达到设计要求。试气过程中,6 台焚烧炉并联使用,焚烧炉最大燃烧量 $86.42 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,最高燃烧温度 1 350 °C,燃烧效率高达 99.99 %。现场应用运行主要参数见表 1,普光气田 P302 - 2 井求产数据见表 2,现场试气情况见图 4。

表 1 焚烧炉运行主要参数表

Table 1 Main parameters of incinerator operating table

工作制度	运行时间/h	日产量/ ($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	进气压 力/psi	出口温 度/°C
1	36	25	24	440
2	36	38	35	740
3	36	53	59	1 150
4	36	83	40	870
5	96	48	46	980



(a) (b)

图4 普光气田 P302-2 现场试气情况

Fig.4 Gas field test situation of Puguang P302-2

环境监测工作分为试气前背景调查、试气期间实时监测及试气后污染调查三个阶段,共获得数据 1 521 184 个。监测表明:SO₂ 最高浓度为 2.8 ppm (1 ppm = 10⁻⁶),远低于国家二级空气质量标准 (5 ppm 浓度),不会造成大范围、高浓度的大气污染。

5.2 测试资料解释方法

1) 试气资料处理。综合考虑压力折算的影响

因素,结合气样和水样分析数据,采用节点分析软件对该井测试井口压力进行了井底压力折算。从计算结果可以看出,最终关井恢复井口压力折算的井底压力与普光 2,6 井同等深度地层测试压力基本吻合,井口压力与折算井底压力趋势及相邻工作制度稳定压力差基本一致,认为计算结果可信,折算后井底压力见表 2。

表 2 普光气田 P302-2 井求产数据表

Table 2 Well deliverability datasheet of Puguang P302-2

工作制度	测试时间 /h	油嘴 /mm	稳定产量 (10 ⁴ m ³ · d ⁻¹)	产液量 /m ³	井口压力 /MPa	折算井底压力 /MPa	井口温度 /°C
一开	36	6.35	25.43	1.8	38.80	54.48	40.46
一关	36		0		38.73	55.90	35.65
二开	36	7.937	37.99	6.6	38.59	54.09	49.19
二关	36		0		38.85	56.08	35.65
三开	36	9.525	53.29	10.07	38.12	53.53	56.98
三关	36		0		38.92	56.15	35.65
四开	36	12.7	86.42	3.41	36.10	51.56	67.99
稳定生产	96	8.73	46.79	11.07	38.48	53.88	58.86
关井恢复	108		0		38.86	56.08	35.65

2) 试气资料解释^[2]。根据井底折算压力和试气产量,利用二项式、指数式方法对普光气田 P302-2 井产能进行了计算,结果见图 5 和图 6。

根据以上计算,得出普光气田 P302-2 井无阻流量为 768.17 × 10⁴ m³/d,二项式产能方程为

$$P_R^2 - P_{wf}^2 = 1.133 386 \times q + 3.83 \times 10^{-3} \times q^2$$

根据以上计算,得出普光气田 P302-2 井无阻流量为 705.068 7 × 10⁴ m³/d,指数式产能方程为

$$Q = 0.271 337 \times (P_R^2 - P_{wf}^2)^{0.976 310 8}$$

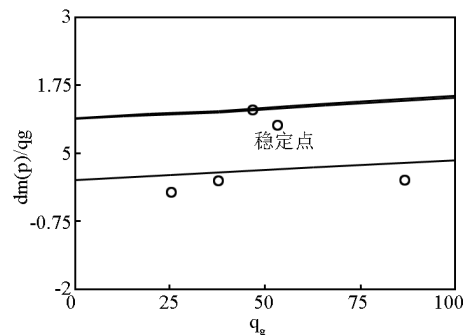


图 5 二项式分析图

Fig.5 Figure binomial analysis

6 结语

1) 普光气田 P302-2 井试气测试资料分析结果表明,在高含硫条件下产能测试采用修正等时试

井方法合理,录取资料准确,可以应用于产能分析。

2) 普光气田 P302-2 井采用焚烧炉对高含硫

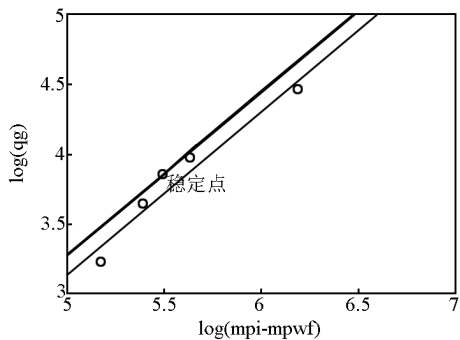


图 6 指数式分析图

Fig. 6 Exponential analysis diagram

气井试气作业为国内首次现场应用,达到了长时间试气目的,为进一步落实气藏的产能提供了科学依据。

3) 经过 240 h 长时间的焚烧炉试气,最终准确求取了普光气田 P302-2 井的无阻流量,有效地指导了后续开发井的合理开发。

4) 6 台焚烧炉在普光气田 P302-2 井长时间、满负荷的试气现场应用表明,焚烧炉燃烧工艺成熟,安全可靠。环境监测表明,测试期间空气和水源质量各项监测指标满足环保要求,未造成环境污染。

参考文献

- [1] 梅向阳, 普红平. 铝厂含硫化氢废气的处理工程[J]. 四川化工, 2006, 9(3): 41-43
- [2] 庄惠农. 气藏动态描述和试井[M]. 北京: 石油工业出版社, 2004
- [3] 李士伦. 气田开发方案设计[M]. 北京: 石油工业出版社, 2006
- [4] 刘能强. 实用现代试井解释方法[M]. 北京: 石油工业出版社, 2002

Gas testing technology for Puguang P302-2 well

Li Mingzhi¹, Nie Shirong², Zhang Wenchang³,
Cao Yanguang³

(1. Sinopec Zhongyuan Oilfield Puguang Company, Dazhou, Sichuan 635000, China;

The Headquarters of Sichuan-to-East Gas Transmission Project, SINOPEC, Dazhou, Sichuan 635000, China;

3. Sinopec Zhongyuan Oilfield Company, Puyang, Henan 457001, China)

[Abstract] On the basis of discussing the testing technology for high sulphur gas well and influential factors of data interpretation in detail, we deeply researched and analyzed the blowout path, gas combustion technology, testing flowline and well test interpretation method, and then created a new test process with EE and HH corrosion resistant degree, combustion mode for gas incinerator and modified isochronal test technology. All these technologies have been used successfully in Puguang P302-2, gained reliable test data, and built the modified deliverability equation with these test data. And storability in Puguang Gas Field has been further confirmed by the equation. It is also significant for developing new high sulphur gas field.

[Key words] acid gas field; modified isochronal test technology; incinerator; gas test flowline