

普光高含硫气田采气管柱的优选

张庆生^{1,2} 吴晓东¹ 魏风玲² 史晓贞² 宋建虎³

1.中国石油大学(北京)石油天然气工程学院 2.中国石化中原油田采油工程技术研究院 3.中国石化中原油田采油二厂

张庆生等.普光高含硫气田采气管柱的优选.天然气工业,2009,29(3):91-93.

摘 要 普光气田由于高含硫化氢和二氧化碳,对采气工艺提出了更高要求。从气田投产方式、材质的选择、井口装置、管柱结构以及防腐措施等方面对该气田的采气工艺技术进行了全面的研究,提出了高含硫气田的投产作业方式,即:酸压(酸化压裂)生产一体化方式,酸化生产一体化方式和射孔后直接投产方式。通过室内实验评价,气井生产管柱优选了 G3 或同等级的高镍基合金钢材料,井下工具选择 718 高镍基合金钢材料;气井井口装置优选抗硫材质,并配置井下安全阀和井口安全阀;气井采用生产封隔器永久完井管柱。该技术思路对国内酸性气田的开发具有重要借鉴意义。

关键词 普光气田 采气 油管 硫化氢 井口装置 优选

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2009.03.027

1 气田投产方式

普光气田由于流体中富含 H₂S,如不采取合适的防腐措施,将会影响气井生产寿命,引发气体泄漏,造成管柱断裂等,其安全生产隐患大^[1]。目前,国内尚没有成功的同类气藏开发经验^[2]。

在气田开发中,常用的投产方式有简单投产方式和联作投产方式^[3]。普光气田试采资料表明,酸压改造(酸化压裂)可以有效解除地层污染,恢复或提高气井产能,所以大部分井在投产前进行酸压储层改造;施工压井会对地层造成严重污染,酸压后压井甚至能引发井漏,所以投产方式应尽量避免压井施工,特别是酸压后压井;因此,考虑普光气田为高压、高含硫气田,为有效控制井喷造成的有毒气体泄漏,提高生产的安全性,投产方式应尽量采取起下作业次数少的联作方式。研究认为,对于产能需要酸压恢复的气井,采用酸压生产一体化投产方式;对于采用筛管完井的水平井,应采用酸压生产一体化投产方式;对于高产井可考虑射孔后直接投产方式。

2 生产管柱的选择

通过对各种投产方式研究结果,普光气田的生产管柱均采用为酸压生产一体化完井管柱。因此管柱设计除考虑满足长期安全生产的需要,还应充分

考虑酸压施工对井下管柱的影响^[1,4]。①普光气田为高压高含硫气藏,为预防井喷失控、保证气井在紧急状况下安全可靠关闭,管柱应配套抗 H₂S、CO₂ 腐蚀的井下安全阀,并在上下应用流动短节,以防止由于安全阀通径变化引发的冲蚀问题。②为保护套管免遭 H₂S、CO₂ 的腐蚀和承受较高的压力,管柱应配套密封性、抗腐蚀性能好、耐高压、高温的永久性封隔器。封隔器下部设计使用坐落短节,作为坐封封隔器、管柱试压、不压井作业,压力监测等备用。③为便于封隔器坐封后顶替环空或油管中的钻、完井液,反排酸液,或在紧急情况下进行循环压井,管柱应在封隔器上部配套滑套。④管柱最下部提供了剪切球座,底部为引鞋设计,使得过油管绳缆作业顺利,剪切后的球及球座落入井底。⑤伸缩节用以补偿油管因温度和压力变化引起的管柱伸长或收缩,可使封隔器处于最低的拉力或推力范围。该工具的特点决定此处是引起管柱漏失的薄弱点,使用应尽可能谨慎。经过管柱受力计算,证明在酸压、生产、封隔器座封等状况下,管柱均在安全受力范围内,所以管柱不配套伸缩节。⑥其他井下工具如井下压力、温度测试系统、井下加药设备等,可根据生产需要优化、配套。

设计后的管柱结构示意图见图 1,油管用合金钢防腐管,井下工具能满足抗硫化氢腐蚀需要,耐温

作者简介:张庆生,1971 年生,高级工程师,博士研究生;现从事油气藏开采工艺技术研究工作。地址:(457001)河南省濮阳市中原路 109 号。电话:(0393)4890571。E-mail:zqswww@sohu.com

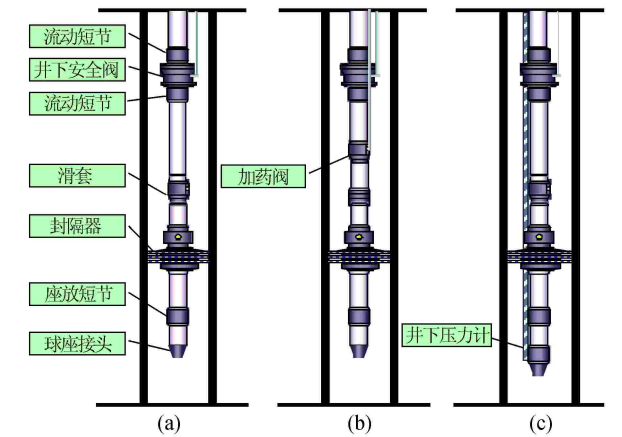


图1 酸压生产一体化一次性完井生产管柱结构图

150℃,耐压70MPa,油管丝扣为金属气密封VAM TOP。图1-a是不带加药阀和井下压力计的生产管柱,一般在斜井和产量较高的井中使用;图1-b是采用毛细管组成的能加注溶硫剂的生产管柱,在产量较低易产生硫沉积的气井中使用;图1-c是可实时监测井底温度和压力的生产管柱,在井下又安装了压力、温度传感器,一般只在直井中采用。

3 井口装置与安全控制系统

普光气田井口各部件必须满足API 6A 19th和NACE MR-0175标准的抗H₂S、抗CO₂要求,且具备远程控制功能。由于地层破裂压力高,考虑到酸压生产一体化投产,采气井口装置压力等级选用70、105MPa。普光气田采气树采用双翼双阀十字井口,材料级别为HH级,内衬625镍基合金,在主通径上安装1个安全阀,生产翼和油管头一侧翼装仪表法兰,生产翼上安装笼套式节流阀。采用井口和井下两级安全阀控制系统,可对异常压力、着火、气体泄露、下游事故信号实现井口紧急关断。地面安全控制系统(ESD)能够分别实现对同一个平台的单井关断和所有气井的同时关断,并根据关断逻辑设

置关断地面安全阀(SSV)或(和)井下安全阀(SC-SSV)。ESD与SCADA系统相连,采气树温度压力、油管头侧温度压力、输送管线压力、地面安全阀SSV的阀位、易熔塞压力等信号可远传至站控系统SCS。ESD根据站控系统SCS指令关断井上安全阀SSV和井下安全阀SCSSV。控制系统关断后,开启安全阀必须是现场手动复位。安全阀的开启顺序为先开井下安全阀,后开地面安全阀。

3.1 普光管材选择依据

高含硫气井生产管柱的选材,除了满足强度要求条件下,还应根据H₂S、CO₂的分压和地层温度来选择。根据管材选用流程及分析图(图2),结合普光气田主体流体性质和生产条件,管材需要采用含铬20%以上、镍40%以上、钼3%以上的高镍基合金钢材料,硬度(HRC)小于40。

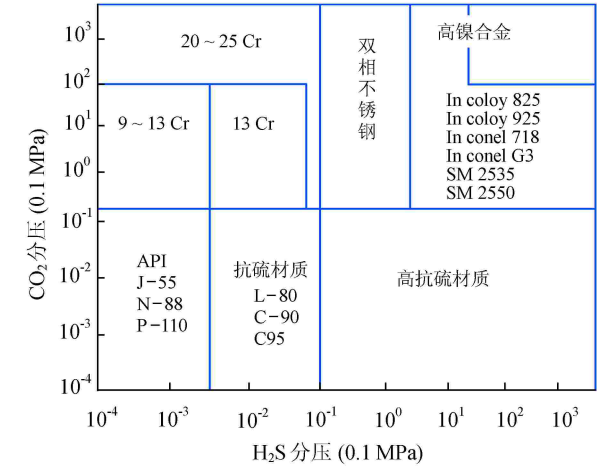


图2 管材选用分析图

3.2 管材腐蚀实验评价

通过室内腐蚀实验,对高抗硫钢和高镍基合金钢耐腐蚀性能进行评价,实验结果见表1、2。

表1 高抗硫钢各种腐蚀实验结果表

实验类型	高抗硫钢静态腐蚀实验			高抗硫钢 40 ℃耐硫化物应力腐蚀破裂性能实验		高抗硫钢 120 ℃全浸腐蚀速率实验			
实验项目	实验温度 (℃)	平均腐蚀速率 (mm/a)		临界应力 (10 ³ psi)		腐蚀速率 (mm/a)			
		加速	不加速	国外高抗硫管材	国内高抗硫管材	气 相		液 相	
						国外高抗硫管材	国内高抗硫管材	国外高抗硫管材	国内高抗硫管材
实验结果	40	1.20	0.67	103	97	0.255 7	0.319 8	0.153 2	0.173 6
	80	5.99	0.50						
	120	2.17	0.22						

注:加速实验介质为3% NaCl+0.5% HAc+饱和H₂S和CO₂,不加速实验介质为3% NaCl+饱和H₂S和CO₂,1 psi=6.894 76 MPa。

表 2 合金钢材料各种腐蚀实验结果表

材 料	应力开裂实验				单质硫环境 下腐蚀实验
	屈服强度 (MPa)	洛氏硬度	时间 (d)	应力开裂	腐蚀速率 (mm/a)
SM2535	868	32	42	无	0.035
INCONEL 718	827	30	42	无	0.031
INCOLOY 825	952	30	42	无	0.028
INCOLOY 925	786	38	42	无	0.028
INCOLOYG3	920	33	120	无	0.014
C-276	1 342	43.5	15	无	0.005

由表 1 数据可看出,高抗硫钢在不加速和加速实验条件下,平均腐蚀速率为 0.22~5.99 mm/a,是部颁标准的 2.9~78.8 倍,腐蚀十分严重。从室内腐蚀速率的角度来看,在井下温度 80 ℃时,流体对套管腐蚀最严重,而且高抗硫钢管不能满足普光气田生产需要。另外,表 1 显示国外高抗硫管材耐硫化物应力腐蚀破裂性能比国内高抗硫管材稳定,临界应力值高,在 120 ℃时的全浸腐蚀速率小于国内高抗硫钢。但从实验结果看,两种高抗硫管材的耐硫化物应力腐蚀破裂临界应力值均低于 110×10^3 psi 屈服强度的性能指标。全浸腐蚀试验以后,气、液相试件表面均有腐蚀斑迹,说明实验过程中试样已经产生了腐蚀。并且两种高抗硫钢的腐蚀速率均大大超过了部颁标准,腐蚀十分严重。综合考虑全浸腐蚀速率实验及应力腐蚀实验结果,两种高抗硫钢管均不能满足普光气田生产需要。

从表 2 可看出,在 15% NaCl+H₂S(1.38 MPa)+CO₂(0.69 MPa)+S(1 g/L)、温度 232 ℃的实验条件下,SM2535、718、825、925 在 42 d 内均未发生应力开裂;C276 在 15 d 内未发生应力开裂,G3 在 120 d 内未发生应力开裂。SM2535、825、925、718、G3、C276 在 15% NaCl+H₂S(1.38 MPa)+CO₂(0.69 MPa)+S(1 g/L)、温度 232 ℃的实验条件下,腐蚀速率很小,均低于部颁标准。其中 G3 和 C276 的耐腐蚀性能更好。

3.3 普光气田管材选择

根据管材选择依据和高镍基合金钢材料的室内腐蚀实验评价结果,综合考虑普光气田生产管柱选择 G3 或同等级的高镍基合金钢材料,根据 NACE 标准,所选管材的 HRC 需小于 40。井下工具应选择 718 高镍基合金钢材料。

4 普光气田腐蚀防护措施

4.1 添加缓蚀剂

为了防止环空腐蚀,环空流体中加注缓蚀剂,使其在管壁上形成一层保护膜。缓蚀剂对应用环境的选择要求很高,针对性很强。随着温度、压力、流速等的改变,应选用不同的缓蚀剂。缓蚀剂的选择,除了考虑系统中介质的组分、运行参数及可能发生的腐蚀类型,还要了解缓蚀剂的缓蚀性能与处理介质及其他添加剂的兼容性等。

4.2 采用井下封隔器

普光气田采用井下封隔器来防护油管外壁和套管内壁环形空间的腐蚀,封隔器将油管与套管环空密封,阻止来自气层的含 H₂S 酸性天然气及地层水进入。

4.3 采用高抗 H₂S、CO₂ 腐蚀材质

普光气田开发推荐采用高镍基合金钢防腐方案,材质为 G3。由于封隔器下入位置在产层以上 50~100 m 处,为了使封隔器可靠坐封,高镍基合金钢材质套管应至少在产层 200 m 处。

5 结论与建议

- 1)对普光高含硫碳酸盐岩气藏采用酸压生产一体化投产方式。
- 2)普光气田气井采用生产封隔器永久完井管柱,管柱结构在满足工艺要求的前提下应尽量简化。油管选用 G3 材质,井下工具选用 Inc718 材质,油管丝扣为 VAM TOP 扣。
- 3)普光气田气井 HH 级采气井口装置,并配置井下安全阀和(或)井口安全阀,以便在紧急情况下实现安全关井。
- 4)在完井作业中,采用封隔器完井,避免含硫天然气接触上部套管内壁和油管外壁,在环空保护液中加入缓蚀剂等综合措施减少腐蚀,延长气井寿命。

参 考 文 献

[1] 陈中一.四川含硫气井完井工艺技术探讨[J].天然气工业,1996,16(4):43-45.
[2] 杨继盛.采气工艺基础[M].北京:石油工业出版社,1992:44-52.
[3] 王宁.川东北高含硫气井完井修井工艺技术探讨[J].钻采工艺,2003,26(增刊):75-79.
[4] 尹丛彬,熊继有,石孝志,等.罗家寨高含硫气田水平井酸化技术现状及发展方向分析[J].天然气工业,2005,25(10):55-57.