

海上油田油井多相流测量面临的困难及对策

钟兴福 吴应湘 郑之初

中国科学院力学研究所,北京,100080

田树祥

大庆测试技术服务分公司,大庆,163412

摘要 针对海上油田大斜度油井的多相流测量问题,首先分析海上油田油井多相流测量面临的困难,阐述测试施工、资料解释所采取的对策以及测试仪器在大斜度井中的实验结果,最后介绍油井多参数测试仪器在渤海油田中的测量应用情况。

关键词 油井 斜井 多相流 测量

随着渤海大型油藏的连续发现和开发,海上油田的开发已成为目前石油开发的一个热点,已有17家外国公司参与了勘探与开发,并取得了可喜的成果。由于渤海油田生产测试刚刚起步,技术发展还不完善,测量项目以多参数组合仪为主。陆上油田现有的生产测试工艺、测量方法,资料解释等不能满足海上油田开发测井的需要,因此研究海上油田生产测试的施工工艺、测量仪器和资料解释方法,对海上油田油井生产测试具有重要意义。

1 困难及对策

油井多相流测量的目的是确定油井内流体各组分分相含率和分相流量。测量信息用于分析井下每个产层段的生产情况,对油井动态异常进行诊断,确定油井生产状态,研究各开发层系的动用状况和水淹状况,以便对所开发的区域进行系统监测,采取综合调整措施,同时检查各种措施效果,达到增加产量、提高采收率的目的。

我国大多数陆上油田采用分层合采,注水开发。油井采用140、178和194 mm(内径分别为125、161.7和174.6 mm)的套管完井,油井一般为垂直井,井内为油水两相流或油气水三相流,陆上油田井下原油黏度在0.2~10 mPa·s,密度在0.6~1.0 g·cm⁻³。油井多相流测量就是在上述情况下,在套管中通过各种测量手段,确定各相在每个产出层的分相含率和分相流量,给出油井产出剖面综合解释成果图。随着海上油田的开发,海上油田大斜度井的生产测试工作量越来越大,由于海上油田油井一般采用244 mm套管和140 mm筛管,油井斜度一般在20~90°变化,因而斜井内的流体运动状态的变化,给油井多相流测试提出了新的课题。油井倾

斜后,由于受井斜、流量、含率、轻质相和重质相密度差等因素的影响,轻质相(油、气)在管子的上部流动,重质相(水)在管子的下部流动,而且在一定的流速和含率条件下,井筒中出现重质相倒流、分层等现象^[1,2],从而对流动参数的准确测量产生很大影响。因此,分析研究海上大斜度油井多相流测量所面临的困难和解决的办法,对解决斜井中产出剖面的测量问题有重要意义。

1.1 面临的困难

在井身结构方面,海上油田一般为大斜度井,井斜从0°~90°,井内管柱结构复杂,油井一般为“Y”型电泵井(图1),井内有防砂管柱。生产井中地层中的流体通过套管、防砂砾石、筛管进入井内,井径变化大,表1给出了一口典型防砂管柱的工具系统。而我国大多数陆上油田油井为垂直井,管柱结构简单,测量工艺及测量技术比较成熟,所以用在垂直井中的测量仪器及其相应的解释方法,在用在斜井时要做相应的改变。

表1 渤海油田××井防砂工具系统 mm

工 具	深度	长度	外径	内径
SC-R封隔器	1 830.08	1.38	214	152
磨洗延伸管	1 831.46	1.66	194	173
套管短节	1 833.12	0.30	206	121
121 mm定位密封筒	1 833.42	0.62	194	121
168 mm上部延伸管	1 834.03	2.36	168	152
190-47砾石充填滑套	1 836.40	0.56	178	121
190-47砾石充填密封筒	1 836.96	0.62	178	121
168 mm下部延伸管	1 837.58	2.21	168	192
121 mm定位密封筒	1 839.79	0.93	188	121
盲管	1 840.72	22.63	140	125
筛管	1 863.35	17.32	157	125
121 mm密封筒	1 880.67	0.71	165	121

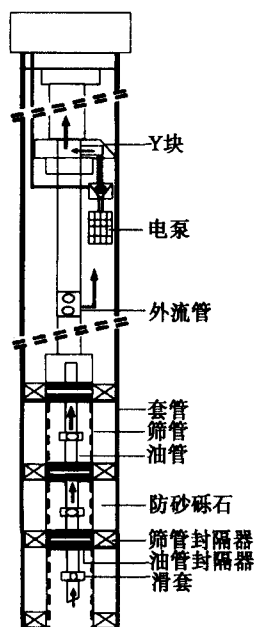


图1 海上油井管柱示意图

在测量工艺方面,针对海上油田井身结构和采油工艺,要在空间狭小平台上施工,对测量设备及工艺提出了新的要求。比如测试设备采用拖橇,拖橇的质量及大小受平台起重设备和空间的限制,所以体积和质量不能太大。为了解决这些问题,要探讨一种新的生产测试施工工艺,比如海上平台测试防喷管的安装及固定方式,井口控制设备的安装调试,仪器通过斜井造斜段时弯曲所需配备的活动接头的设计,测试堵塞器的起下工艺及其密封性能的检查等。

在施工安全及环保方面,海洋环境污染对污物的排放有严格的要求,要求在全密闭测量过程中防止污染环境,避免生产事故,要做到无污染,设备安全、危险品安全、井的安全、人的安全等。

1.2 采取的对策

在测量方式及工艺方面,针对海上油田大斜度油井中测量分相含率和分相流量问题,首先研究解决井口高压密封装置,便于井下仪器或工具在不渗、不漏的施工条件下作业;其次要研制适应在防砂筛管、稠油井中施工的集流式找水仪和多参数组合测量仪,采取集流点测和连续测量相结合的方式。海上油田井内采用特殊的防砂管柱,各个油组之间的筛管之间有分隔器,而在一个大油组中每个小层之间没有分隔器,因此,在各分隔器位置处可以点测各油组的流量及流体特性。因为来自地层的流体先从

套管上的孔眼流进筛管,然后从筛管流入井筒,所以在井筒内只能测量到从筛管流入流体的流量及特性,用连续测量的方法可以估算各小层的产状,但定量解释工作比较困难。通过对集流式找水仪和多参数组合测量仪在模拟实验装置中的实验研究,得出测试仪器在不同斜度下流量计和持水率计的响应。研究出大斜度防砂金属筛管内产出剖面的测井解释方法,以及稠油、井斜等因素对测井资料的影响和校正方法。

测量仪器的选择方面,要以多参数组合仪为主,一次测量尽可能多地获取流动参数信息。Halliburton公司的生产测井组合仪PLT可同时进行多参数测量。主要的测试探头包括全井眼流量计CFB、连续流量计CFS、放射性密度计FDR、持气率计GHT、伞式流量计DET、短组合仪(温度、压力、接箍、GR、持水率)等。一次测量可获得的参数有磁性定位、自然伽马、温度、压力、密度、井斜、流量、持水率。生产测井组合仪可以解决注、产出剖面中各射孔层段的分层分相流量及总流量的测试问题,还可以用于生产井中寻找气层、压裂选层及其效果评价、管漏失异常判断、预测油井生产状态以及综合试井等领域^[3,4]。由于该仪器测量精度高,获取参数多,在沿井身连续测量流体特性参数时,一般把PLT作为首选组合测井仪。

油井多参数测井仪如图2所示,是大庆测试技术服务分公司针对海上油田特殊需求设计的多相流测量仪,由伽马、接箍、温度、压力、密度、流量、持水率探头组成,前4个为连续测量短接,持水率和流量为定点测量短接。采用单芯电缆一次下井可以录取上述参数。该仪器的各个测量短接可组合使用,也可根据实际情况单独下井使用,其中持水率传感器分为2种,电容式和阻抗式持水率计,可根据实际需要相互更换,流量传感器采用集流型涡轮流量计。

2 油井多参数测量仪在大斜度井中的应用实验

为了解决好海上油田大斜度油井中测试资料的定量解释问题,我们对油井多参数测试仪器进行了实验研究,在可倾斜的模拟井中对集流型涡轮流量计、电容式持水率计和阻抗式持水率计进行了标定。在管子离开垂直方向的角度(井斜角)分别为 10° 、 30° 、 50° ,含水率分别为在10%、20%...90%的情况下,配比总流量从 $5 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 变化到 $200 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ 时测量了持水率和流量计的响应。实验结果表明,持水

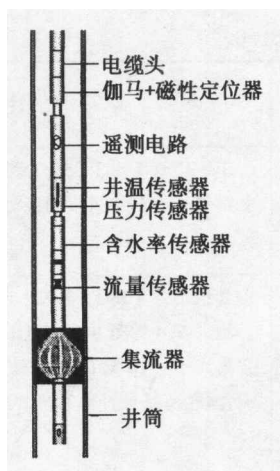


图 2 油井多参数测量仪

率计响应受井斜影响。小流量时影响较大,井斜角增加,影响增大,但集流型流量计响应不受井斜影响。图 3 给出了 C08 仪器在含水率 50%、井斜角为 10°、30°、50°时流量计的响应情况。从图中可以看出,不同流动工况下仪器响应都呈线性变化,仪器在井斜角为 50°、含水率为 50%的情况下的结果,与井斜角为 10°情况下测得的结果基本一致,即流量响应与井斜角度的变化无关,即集流型涡轮流量计的响应不受井斜影响。

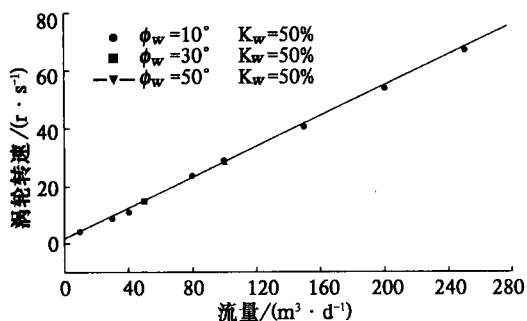


图 3 不同斜度下涡轮流量计的响应

3 应用实例

3.1 用集流式测试仪器点测流量,测准大段油组的生产情况

E2-3 井是一口自喷井,生产层位为 I、II、III、IV 油组,于 1999 年 11 月 13 日投产。初期自喷合产,油嘴 8.1 mm,油压 2.4 MPa,日产油 175.6 m³,日产气 2.54 万 m³,气油比 144 m³/m³,含水 1.5%。目前以 9.5 mm 油嘴自喷生产,油压 5.7 MPa,日

油 186 m³,日产气 3.2 万 m³,气油比 172 m³/m³,含水 0.1%。表 2 给出了该井的射孔井段和射孔厚度。该井在 2001 年 8 月 9 日进行了 PLT 测井,当日油嘴 9.5 mm,油压 5.80 MPa,井口计量日产油 182.4 m³,日产气 3.87 万 m³,日产水 0.18 m³,气油比 212 m³/m³,含水 0.1%,生产稳定。

表 2 E2-3 井射孔井段

层位	射孔井段(斜深)/m		厚度(斜深)/m
	顶	底	
I	1 867.2	1 880.6	13.4
	1 900.2	1 902.8	2.6
II	1 905.3	1 928.4	23.1
	1 957.2	1 962.4	5.2
III	1 972.6	1 973.7	1.1
	1 980.0	1 983.8	3.8
IV	2 036.6	2 039.1	2.5
	2 044.6	2 046.0	1.4

该井共进行了 2 次测量,第 1 次用集流型流量计点测,第二次用 PLT 产出剖面组合仪测量。自然伽玛和磁定位曲线用于深度校正,套管接箍可以进行管柱定位。每次测量所录取的套管接箍曲线与井内管柱有很好的对应性,所有测量曲线都以管柱深度为基准进行校正,保证各测量曲线的深度一致。用集流型流量计共测 20 个测点,每点测 2 次。首先在 1 854、1 882.2、1 931.5 和 1 987.5 m 各点处(封隔器)定点测量 I、II、III、IV 油组的产量,然后按测井监督要求对每个油层组顶底处,以及对超过 5 m 的油层内选点进行点测。定点测试结果显示,II 油组和 IV 油组为主产层,2 044.6~2 046 m 层不产。集流型涡轮流量计点测结果如表 3。

由集流型流量计测量定点测量结果发现,筛管内存在绕流现象,部分井段绕流现象严重。比如 IV 油组顶盲管(2 030 m)内流量点测计数率为 63.8 cm·s⁻¹,而在 IV 油组顶筛管(2 035 m)内流量点测计数率仅为 7.0 cm·s⁻¹,只有 10% 的流体进入流量计测量区,而 90% 流体从筛管外绕流。这说明在筛管内测量的流量不具有代表性,测量结果受筛管内径、砾石充填效果、井内流体特性等诸多因素的影响较大,因此在筛管内进行分层测量或分层解释工作比较困难。

表3 集流型涡轮流量计点测结果(2001-08-09)

序号	油组	测点深度 m	涡轮记数率/(r·s ⁻¹)		对应井下工具	备注
			第1次	第2次		
1	I	1 854.0	174.0	171.0	I 油组上部盲管	① I 组筛管 1 863.35~1 880.67
2		1 873.0	86.4	85.4	I 油组层间,对应筛管	② 筛管处点测结果表明绕流影响
3		1 882.2	138.6	137.5	I、II 油组封隔器	
4	II	1 885.5	137.6	135.2	II 油组顶部盲管	① II 组筛管 1 895~1 929.6
5		1 896.0	90.5	92.7	II 油组层顶,筛管 1 900.2~1 902.8	② 测点 3、4 均测 II 油组以下产层产状
6		1 904.0	81.8	80.2	II 1 底、II 2 顶,筛管油组封隔器	③ 测点 5~10 对应在筛管,均受绕流影响,涡轮流量计计数不反映实际产量
7		1 910.0	78.2	78.6	II 2 油组层间,筛管	
8		1 915.0	67.8	69.7	II 2 油组层间,筛管	
9		1 920.0	69.3	70.4	II 2 油组层间,筛管	
10		1 924.0	66.0	62.5	II 2 油组层间,筛管	
11		1 931.5	66.9	67.5	II、III 油组封隔器	
12	III	1 955.0	66.7	67.0	III 油组顶部盲管	① III 组筛管 1 950.8~1 985.5
13		1 964.0	53.5	56.4	III 1 油组底,筛管	② 测点 11、12 均反映 III 油组以下产层产状
14		1 970.0	51.8	51.4	III 2 油组顶,筛管	③ 筛管段内的测点均受绕流影响
15		1 976.0	54.5	55.0	III 2 底、III 3 顶,筛管	
16		1 987.5	62.0	63.1	III 与 IV 油组封隔器	
17	IV	2 030.0	63.8	62.9	IV 油组筛管顶部盲管	① IV 组筛管 2 032~2 046
18		2 035.0	7.0	6.0	IV 1 油组顶部筛管	② 测点 16、17 均反映 IV 油组产状
19		2 042.0	0	0	IV 1 底、IV 2 顶部筛管	③ 测点 18 对应在筛管,绕流严重,计数率仅为 7
20		2 046.8	0	0	IV 油组底部筛管	

3.2 用多参数组合仪器连续测量,探讨在筛管内各油组小层的生产情况

用 PLT 组合仪对 E2-3 井进行测量时,在测量井段内录取至少 10 条合格的流量曲线。PLT 产出剖面组合仪测量结果显示,井内流体以油、气为主,2 039 m 以下为井底积水,2 027 m 以上为油气雾状流。基于这种流态,测量了 12 条连续流量曲线,上、下各 6 条,其中下测录取到的流量曲线较好,上测曲线每条流量曲线都有回零现象,如图 4 所示,主要由井内流体速度过高造成。根据温度、压力、流量、密度、持气率等曲线综合分析, I、II、III 油组有气产出, III 油组为主产油层, IV 油组 2 036.6~2 039.1 层为主产气层。详细结果见表 4。综合 PLT 组合仪测量结果和集流型涡轮流量计点测结果,该井 IV 油组为主产气层, III 油组为主产油层。

3.3 用生产测井技术检查油井配产情况

E1-6 是一口“Y”型电泵井,生产层位为 I、II、III 油组,该井于 2001 年 8 月 16 日和 21 日进行

了集流式流量计测量,19 日进行了 PLT 测井,油嘴 9.5 mm,油压 1.20 MPa。2001 年 8 月 16 日井口计量日产油 64.6 m³,日产气 1.044 万 m³,日产水 43.4 m³;8 月 20 日井口计量日产油 61.8 m³,日产气 0.990 万 m³,日产水 41.2 m³;2001 年 8 月 21 日井口计量日产油 62.4 m³,日产气 1.034 万 m³,日产水 41.6 m³,生产稳定。

表4 E2-3 井各油组生产情况

		(2001-08-20) m ³ ·d ⁻¹		
油组	气	油	水	
合层产量	37 982	189.9	0	
I (1 867.2~1 880.6)	5 852	29.6	0	
II (1 900.2~1 928.4)	4 864	28.1	0	
III (1 957.2~1 983.8)	2 356	132.2	0	
IV (2 036.6~2 046.0)	24 928	0	0	

对该井共进行了 3 次测量,都是在油管内测量的。第 1 次用集流式流量计点测(II、III 油组滑套均

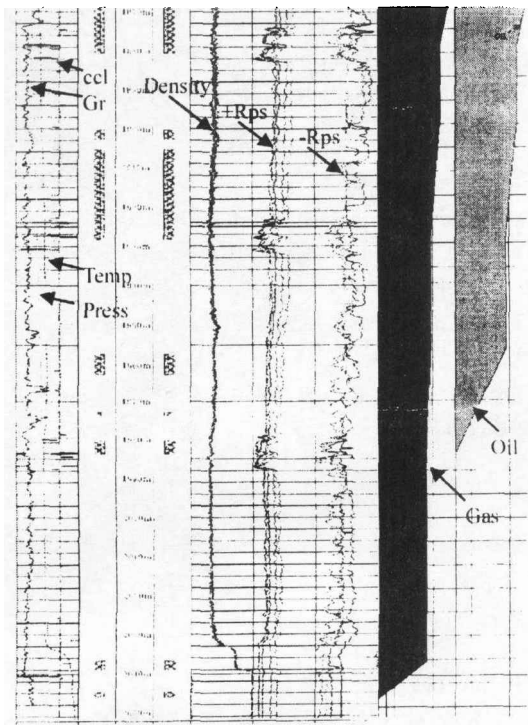


图 4 E2-3 井综合解释成果图

未打开),第 2 次用 PLT 产出剖面组合仪测量,第 3 次用集流式流量计点测。第 2 次和第 3 次测量是在 II、III 油组滑套均打开、油井正常生产 24 h 以后测量的。

第 1 次测量是在 8 月 16 日,油井正常生产情况下用集流式流量计测量在油管内点测,在 I 油组滑套处第 1 次流量计点测显示 $24.9 \text{ r}\cdot\text{s}^{-1}$,第 2 次重复点测显示 $24.3 \text{ r}\cdot\text{s}^{-1}$,I 油组为主产层,总流量为 $101.69 \text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ 。在 II 油组和 III 油组各滑套处 2 次流量计点测显示 0,II 油组和 III 油组不产。8 月 17 日经现场监督落实,II 油组和 III 油组滑套均未打开,两油组处于封堵状态。点测结果见表 5。

表 5 E1-6 井集流型涡轮流量计点测结果 (2001-08-16 和 21)

	08-16 测涡轮读值/($\text{r}\cdot\text{s}^{-1}$)		08-21 测涡轮读值/($\text{r}\cdot\text{s}^{-1}$)		
	第 1 次测量	第 2 次测量	第 1 次测量	第 2 次测量	
I	2 112.5	24.9	24.3	24.4	24.7
II	2 130.7	0	0	13.2	13.1
III	2 155.7	0	0	5.7	5.8

第 2 次测量是在 8 月 20 日,由中海技服油藏公司作业队对该井实施作业。打开 II、III 油组滑套,油

井正常生产 24 h 后用 PLT 产出剖面组合仪测量的,该井连续流量测量合并曲线如图 5 所示。测量分析结果如表 6 所示。I 油组仍为主产层,而且出水,产油 $32.8 \text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$,产气 $4\ 367 \text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$,产水 $27.2 \text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$,II、III 油组均有产出。

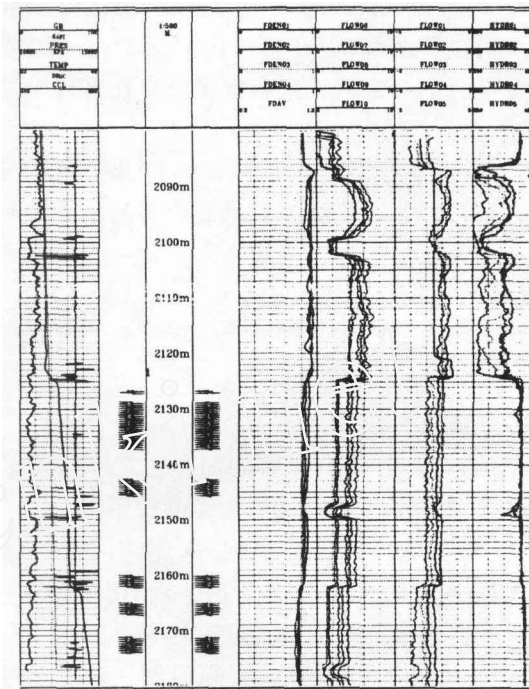


图 5 E1-6 井 PLT 测井合并曲线图

表 6 E1-6 井各油组生产情况 (2001-08-20) $\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$

油组	气	油	水
合层产量	11 000	60.0	40.0
I (2 126.7~2 145.9)	4 367	32.8	27.2
II (2 160.0~2 174.2)	5 599	21.6	12.8
III (2 192.3~2 224.7)	1 034	5.6	0

第 3 次测量是在 8 月 21 日,打开 II、III 油组滑套,油井正常生产 24 h 后,用集流式流量计测量在油管内点测,在 I 油组滑套处第 1 次流量计点测显示 $24.4 \text{ r}\cdot\text{s}^{-1}$,第 2 次重复点测显示 $24.7 \text{ r}\cdot\text{s}^{-1}$,I 油组仍为主产层,总流量为 $99.79 \text{ r}\cdot\text{s}^{-1}$ 。在 II 和 III 油组各滑套处流量计点测显示分别为 13.2、5.7 $\text{r}\cdot\text{s}^{-1}$,说明 II、III 油组有产出,这与第 2 次的 PLT 测量结果相一致。

4 结 论

通过对海上油田测量资料的分析可以看出,

PLT测井和集流式流量计测量结果能反映出井筒内流体的流动特性。自然伽马和磁定位曲线可用于深度校正,温度、压力、密度等参数的各种曲线特征可以综合确定井内流量、含水及流动状况,可以判断主要产层位置。经过实际应用,得出以下几点结论:

1) 用集流式测试仪器点测流量,能定量测准大段油组的生产情况,但在筛管内对大段内小层或厚层内各部分的产液状况进行定量解释还有待于进一步的研究。

2) 用多参数组合仪器连续测量,结合温度、压力、密度等参数,可以探讨在筛管内各油组小层的生产情况。

3) 用生产测井技术检查油井配产情况。

4) 采取集流点测和连续测量相结合的测量方法,可以解决海上油田井多相流的测量问题。

参考文献

- [1] Schlumberger. Production Logging Interpretation, 1973
- [2] Hill A D. Production Logging Tool Behavior in Two - Phase Inclined Flow, JPT, Oct. 1982
- [3] 乔贺堂主编. 生产测井原理及资料解释. 北京:石油工业出版社, 1982
- [4] 李海青, 乔贺堂主编. 多相流检测技术进展. 北京:石油工业出版社, 1996

(收稿日期: 2002-01-04; 编辑: 吴宝琪)

(上接第34页)

新技术的运用,对我们今后的固井工艺和技术的发展和进步起到了很好的促进和带动作用。

5) 大位移水平井的固井质量,由于仍然下入常规电缆测井工具检测,在套管内下入时,在最大井斜72°时,就再也下不下去了,因此,如果在今后大位移水平井大力推广应用的话,必须研制一种新型的井下可爬移电缆测井工具,以解决大位移水平井套管内检测固井质量问题。

6) 就目前大位移水平井固井泥浆配方而言,我们初步掌握了垂深在2000m以内、井温在50℃左右的中低温系列的大位移水平井的水泥浆添加剂配方。今后应加强研究力量,扩大温度适应范围,以适应更大领域和更大空间大位移水平井作业的需要。

7) 随着海上油田开发的需求和发展,随着大位移井、水平井技术的进一步拓展,和多底井、分支井技术的不断的应用,在新的技术领域里还有着广泛的发展空间,因此,我们应该积极地开展新技术领域里的固井技术开发应用研究,并针对渤海油田开发的需求,研制我们自己的创新技术,为“十五”期间的技术发展打下坚实的基础。

参考文献

- [1] 姜伟. 大位移钻井技术在渤海歧口17-2油田开发中的应用. 石油钻采工艺, 2000(6)
- [2] 姜伟. 大位移钻井技术在渤海秦皇岛32-6油田开发中的应用. 石油钻采工艺, 2001(5)

(收稿日期: 2002-08-06; 编辑: 吴宝琪)

计算各备选项目的关联度： $\gamma_1 = 0.601$ ； $\gamma_2 = 0.794$ ； $\gamma_3 = 0.631$ 。

其中关联度最大的为 $\gamma_2 = 0.794$ ，因此项目 B 最优，风险最小，为首选项目。

4 结束语

本文结合国际工程承包的实际情况，提出了国际工程承包项目风险评价指标体系，运用灰色关联分析技术与定性指标的模糊隶属度理论相结合的方法定量评估项目风险。案例研究结果表明，此方法具有较好的应用价值。应用此方法的关键在于权重

的确定，权重直接影响着评估的最终结果。

参考文献

- [1] 张世英, 张文泉, 王京芹, 等. 技术经济预测与决策. 天津: 天津大学出版社, 1997
- [2] 刘思峰, 郭天榜, 党耀国, 等. 灰色系统理论及其应用. 北京: 科学出版社, 2000
- [3] 王瑞骏, 张三敖. 小水电工程方案选择的多层次灰色关联分析. 西北水资源与水工程, 1999(3)
- [4] 庞永师, 王学通. 灰色关联分析在评标决策中的应用. 西安建筑科技大学学报, 1999(3)

(收稿日期: 2002-06-26; 编辑: 徐平)

作者简介

肖启梁: 高级工程师, 1943 年出生, 1967 年毕业于哈尔滨军事工程学院船舶制造专业, 现在中海石油研究中心工作

杨思明: 高级工程师, 1967 年出生, 1988 年毕业于华东石油学院石油加工专业, 1993 年研究生毕业于石油大学(北京)获工学硕士学位, 现在中海石油研究中心工作

肖亚飞: 1997 年毕业于太原重型机械学院, 现在海洋石油工程股份有限公司工作

杨晓刚: 高级工程师, 1964 年出生, 1988 年毕业于天津大学海船系, 1992 年获天津大学海工专业硕士学位, 现在海洋石油工程股份有限公司工作

何炎平: 讲师, 现在上海交通大学船舶与海洋工程学院攻读博士学位

付显华: 高级工程师, 1945 年出生, 1968 年毕业于西南交通大学桥隧系, 工学硕士, 国家一级注册结构工程师

姜伟: 高级工程师, 1955 年出生, 1982 年毕业于西南石油学院钻井工程专业, 现为中海石油研究中心副主任

钟兴福: 高级工程师, 1967 年出生, 2001 年毕业于浙江大学工业自动化专业, 现在中国科学院力学研究所工作

陈海: 工程师, 1973 年出生, 1994 年毕业于江汉石油学院机械系, 1997 年毕业于石油大学(北京)机电系, 获硕士学位, 现在中海石油研究中心开发设计院工作

刘立名: 高级工程师, 1949 年出生, 2001 年北京经济管理学院研究生毕业, 现为中海石油研究中心副主任, 天津大学在读博士生

刘睿: 讲师, 1969 年出生, 天津大学建筑工程学院在读博士生

殷虹: 高级工程师, 1961 年出生, 1984 年毕业于河北机电学院电机专业, 1996 年获天津大学工业自动化硕士学位, 现在中海石油研究中心工作

郭士生: 高级工程师, 1966 年出生, 1988 年毕业于石油大学(华东)油气田开发与开采专业, 现任中国海洋石油总公司平湖油气田钻完井项目组经理

侯金林: 高级工程师, 1957 年出生, 1982 年毕业于大连工学院海工专业, 现在中海石油研究中心工作

Seepage Velocity Field FEM Simulation and Analysis for Suction Assisted Penetrated Caissons

..... *He Yanping, Tan Jiahua (22)*

Abstract: The paper uses FEM to simulate the seepage velocity field for the suction assisted penetrate caissons. The simulation results support the conclusion that the biggest seepage velocity takes place near the shirts of caissons, the permeability velocity is uniform in caissons, and seepage velocity declines as the penetrating of caissons. Those consist with relative experiences.

Key Words: suction foundation, seepage, finite element method

Two Kinds of Special Variable Dimension Fractal and Their Applications in the Offshore Oilfields

..... *Fu Yuhua (25)*

Abstract: Two kinds of special variable dimension fractal are discussed in this paper, i. e. , fractal in fractal and high order function in fractal. The existing fractal mode (one order fractal) reads: $N = C/r^D$, in case $D = C'/r^{D'}$, then the fractal in fractals or two order fractal is given. With the same method, the higher order fractals can be defined. Similarly the high order function (function in function) can be defined. For example, the existing sine function (one order sine) reads: $N = \sin(kr + b)$, in case $k = \sin(k'r + b'')$, then the sine in sine or two order sine is given. With the same method, the higher order sine functions can be defined. In the fractal model, as the value of D equals the high order function, then the high order function in fractal is presented. The examples given in this paper presents the applications of fractal in fractal and high order function in fractal.

Key Words: fractal, variable dimension fractal, fractal in fractal, function in function (high order function), high order function in fractal

• DRILLING AND PRODUCTION •

Study and Application of the Key Cementing Technology of the Extended Reach Well in Bohai Gulf

..... *Jiang Wei (28)*

Abstract: The 6 extended reach wells were completed in the QK 17 - 2 oilfield in the Bohai area. The construction is the backing for the State's 863 - 820 - 09 Research Project, the drilling technology for the subsea extended reach well. In the project, the deepest depth of the drilling and completing is as long as 4 690 m, with the longest horizontal shift of 3 697 m, the largest vertical rate of 2 to 1 and largest azimuth torsion of 68°. Through the cementing operation of extended reach well in the Bohai area, we summarized the ten techniques, which are the wellhead cleaning, adjusting mud property, centralizing pipe, adjusting casing curve, upside down setting casing, optimizing mud prescription, optimizing preflush and injection volume, increasing mud displacement rate, injection and displacement casing buoyage, and modeled software for cementing design and simulation. During the operation, it demonstrated that the ten techniques played an important part in the cementing work. The good results gave the successful experience for the further cementing operation of the extended reach well.

Key Words: Bohai bay, extended reach well, setting casing, cementing well, ten key techniques

The Problems Faced with Multiflow Measurement in the Offshore Oilfield

..... *Zhong Xingfu, Wu Yingxiang, Tian Shuxiang (35)*

Abstract: The paper analyses the problems faced with mutiflow measurement in the high angle well in the offshore oilfield. Through the performance dealt with the problems and by the measurement result in the high angle well, it presented the application and the result of the measurement equipment.

Key Words: oilfield, high angle well, multiflow, measurement

• PETROLEUM MACHINE •

Application of Closed Cycle Vapor Turbogenerator on Offshore Oilfield Platforms *Chen Hai (41)*