

多源距示踪流量组合测井仪设计及试验分析

郝志强¹, 伏荣超², 郭永红¹, 董文辉¹, 罗生强¹, 张天瑞¹

1. 中国石油集团测井有限公司塔里木分公司 新疆库尔勒 841000

2. 中国石油集团测井有限公司物资装备公司 陕西西安 710299

通讯作者: Email: haozhq@cnpc.com.cn

项目支持: 中油测井塔里木分公司科技项目“低流量多源距示踪流量计方法研究及现场试验”(F-D60524K7.01)

引用: 郝志强, 伏荣超, 郭永红, 等. 多源距示踪流量组合测井仪设计及试验分析[J]. 油气井测试, 2025, 34(1): 62-68.

Cite: HAO Zhiqiang, FU Rongchao, GUO Yonghong, et al. Design and test analysis of multi-source tracer flow combined logging tool [J]. Well Testing, 2025, 34(1): 62-68.

摘要 针对当前塔里木油田见水气井产出剖面测不准、出水层位识别难、出水量算不准的问题,开展多源距示踪流量组合测井仪设计研发。在现有示踪仪器基础上,通过优化传动机构和源腔密封,增加管壁内部穿孔导流喷射等,将喷射口调整到仪器顶部,缩短示踪喷射口到探头之间的距离。通过检测电路与探头一体化封装及双探头设计,组合原有伽马仪,实现了三伽马探头测量。经4井次下井试验,论证了多源距示踪流量组合测井仪的可行性,实现了见水气井出水点的准确识别和出水量的定量计算,能够为库车山前低产液井产出状况作出精准评价。

关键词 塔里木油田;多源距;示踪流量;生产测井;产出剖面;流量计;低产液气井

中图分类号: TE37 **文献标识码**: B **DOI**: 10.19680/j.cnki.1004-4388.2025.01.010

Design and test analysis of multi-source tracer flow combined logging tool

HAO Zhiqiang¹, FU Rongchao², GUO Yonghong¹, DONG Wenhui¹, LUO Shengqiang¹, ZHANG Tianrui¹

1. Tarim Branch, China National Logging Corporation, Korla, Xinjiang 841000, China

2. Material and Equipment Company, China National Logging Corporation, Xi'an, Shaanxi 710299, China

Abstract: In view of the current problems of inaccurate measurement of the production profile of water-cut gas wells in Tarim oilfield, difficulty in identifying the aqueous horizon and inaccurate calculation of water output, the design and development of multi-source tracer flow combined logging tools were carried out. On the basis of the existing tracer instrument, by optimizing the transmission mechanism and the source cavity seal, and adding the perforated diversion injection inside the pipe wall, the jet port is adjusted to the top of the instrument to shorten the distance between the tracer jet port and the probe. Through the integrated packaging of the detection circuit and probe and the design of dual probes, the original gamma meter is combined to realize the measurement of three gamma probes. Through the four wells of the downhole test, the feasibility of the multi-source spacing tracer flow combined logging tool was demonstrated, and the accurate identification of the water outlet point and the quantitative calculation of the water output of the water gas well were realized, which could make an accurate evaluation of the output of the low-yield liquid well in front of Kuqa mountain.

Keywords: Tarim oilfield; multi-source distance; tracer traffic; production logging; output profile; flowmeter; low-producing liquid gas wells

目前塔里木油田库车山前气藏水淹形势严峻,气藏治理需要准确识别出水点和准确计算出水量。前期应用的涡轮流量技术在多相混合流体中受到的影响因素较多^[1],包括流体的性质、涡轮叶片的大小、涡轮启动排量、流体流型流态等^[2],导致流量系数(C_v)很难确定,特别是产出小流量和见水气积液面以下测量不准确^[3];在管外找水找窜及低流量测井应用场景下,能谱水流测井同样存在小流量测

量不准的问题^[4],进而影响出水层的判断和产水量的计算;而应用常规示踪流量计测流量时^[5],由于流速较低、仪器探头间距过大,示踪剂严重扩散,不能通过静止测量法测得 GR 峰值,应用双伽马探头示踪流量计虽然能够进行追踪测量,但示踪剂的扩散同样会导致第二个探头无法测到 GR 峰值^[6]。针对以上问题,本文开展多源距示踪流量计方法研究,实施多井次的下井试验和完成解释成果分析。



1 多源距示踪流量组合测井仪设计

多源距示踪流量组合测井仪由遥传伽马磁定位仪、双探头伽马仪和短源距示踪流量仪构成。仪器外径 38 mm、长度 3 181.5 mm(耐温 175 ℃、耐压 100 MPa),短源距为 353 mm,中源距为 703 mm,长源距为 1 800 mm。

1.1 遥传伽马磁定位仪设计

遥传伽马磁定位仪中多路传输仪是测井地面系统与测井仪器之间的通讯系统,伽马仪主要测量地层的放射性强度,用于产出剖面、吸水剖面测井校深,磁定位仪主要测量油套管接箍,确定测井仪器的人井深度。

1.1.1 多路传输功能设计

多路传输系统由一个双微处理器系统组成,负责收发井下仪器的通用地址和数据,两个微处理器相互通信。每个微处理器根据内部程序解调接收的数据,通过归偏码发送寻址信息。微处理器之间采用并行口传输数据,通过程序控制,将仪器的数据转换成双路交替脉冲信号,经过运算放大电路处理,生成正负脉冲信号,形成归偏的曼彻斯特码,通过电缆送至地面系统完成传输。

1.1.2 数字磁定位功能设计

磁定位仪由磁钢、线圈和放大器构成。当仪器移动至套管内的接箍时,磁钢产生的磁场会受到套管的影响,导致磁场强度发生变化,这种变化会引起线圈中感应产生电压,放大器将此电压放大后输出,送给压频变换器,将磁定位信号的模拟量转换成数字量,传输至计数,再经编码后送至电缆,地面系统测出该频率变化量即可得到磁定位曲线。

1.1.3 自然伽马探测功能设计

自然伽马仪的传感器由晶体和光电倍增管组成。光电倍增管包括光阴极、阳极、第一打拿极、第二打拿极和附加电阻。当入射光照射晶体时,晶体中的原子被激发,释放出光电子并产生闪烁光。光电倍增管的光阴极将闪烁光转换为电子被第一打拿极加速,同时激发二次电子,这些电子又被加速到第二打拿极并被倍增。随着打拿极数量的增加,倍增系数显著提升。光电倍增管在持续的 1 600 V 高压激励下,输出负脉冲信号,经放大器进行电荷放大,再通过电压比较器,产生幅度 5 V 的负脉冲信号,送至通信板。

1.2 双探头伽马仪设计

双探头伽马仪配合同位素示踪仪主要用于井

下流量的定点测量,示踪仪释放出的同位素随井液流动,当井液流经具有一定距离的伽马探头时,分别产生两个伽马测量峰值,利用两个峰值的时间差即可计算井液流速,进而计算产液流量。双探头伽马中任一探头也皆可用作自然伽马校深使用。

1.2.1 双探头伽马仪原理

由同一个高压模块给两个探头提供电压,其中将光电倍增管与晶体光电耦合为一体,作为一个单独的探头,与电路一体化封装在 30 mm 屏蔽套管中,内部填充减震材料,两屏蔽套管间通过伽马骨架相连。

1.2.2 双探头伽马仪电路设计

双探头伽马仪主要由电源板、调压板和信号板等构成如图 1 所示,电源板为仪器内部其它电路提供电源。电源电路主要由达林顿管作电源调整管,V2、V3 作为电源调整的基准电压(12 V),由 U1A、R4、R5 组成反馈电路,使+24 V 输出稳定,由 U1B 和 V6 跟随输出+12 V。由稳压管 V7 产生+5 V 电源给后续数字器件提供电源,调压板内分别使用不同分压电阻,产生两路高压分别供给两个光电倍增管,两路高压值根据坪区试验确定。信号板中光电倍增管输出的负脉冲信号经高压电容 C1 隔直后,由 N1A 进行电荷放大,其输出信号随后经过 V2、R6、R7 和 N1B 组成的门槛电路,使 XS 端产生幅度约 5 V 的负脉冲信号。通过调节 R8 和 R9 的分压比,可使 XS 端信号的输出幅度大于 5 V。该仪器输出的本底脉冲数量范围为几十到几百个(具体数值根据地区而定)。

1.3 短源距示踪流量仪设计

1.3.1 短源距示踪流量仪原理

短源距示踪仪主要由直流马达、滚珠丝杠、活塞推杆等部分组成。马达带动丝杠推动活塞上下运动,吸入或排出液体,测井前,将自然伽马仪接在示踪仪上方,在示踪仪中装入同位素液体^[7]。测井时,仪器在目的层位上方静止,让示踪仪先释放同位素液体,然后停止工作,自然伽马仪开始工作,测得上测和下测两条自然伽马曲线,从曲线上的数据很容易计算出井内流体的速度^[8]。

在测井过程中,探头间因受到流体的黏性和紊动影响,会引起流动阻力和能量损失。这种损失会导致流体的速度降低,从而影响测量精度,需要考虑缩短示踪仪器的释放口到探头之间的距离^[9]。通过优化传动机构、源腔密封设计,增加管壁内部穿孔导流喷射设计等^[10],将喷射口调整到仪器顶部,缩短示踪喷射口到探头之间的距离^[11-12]。

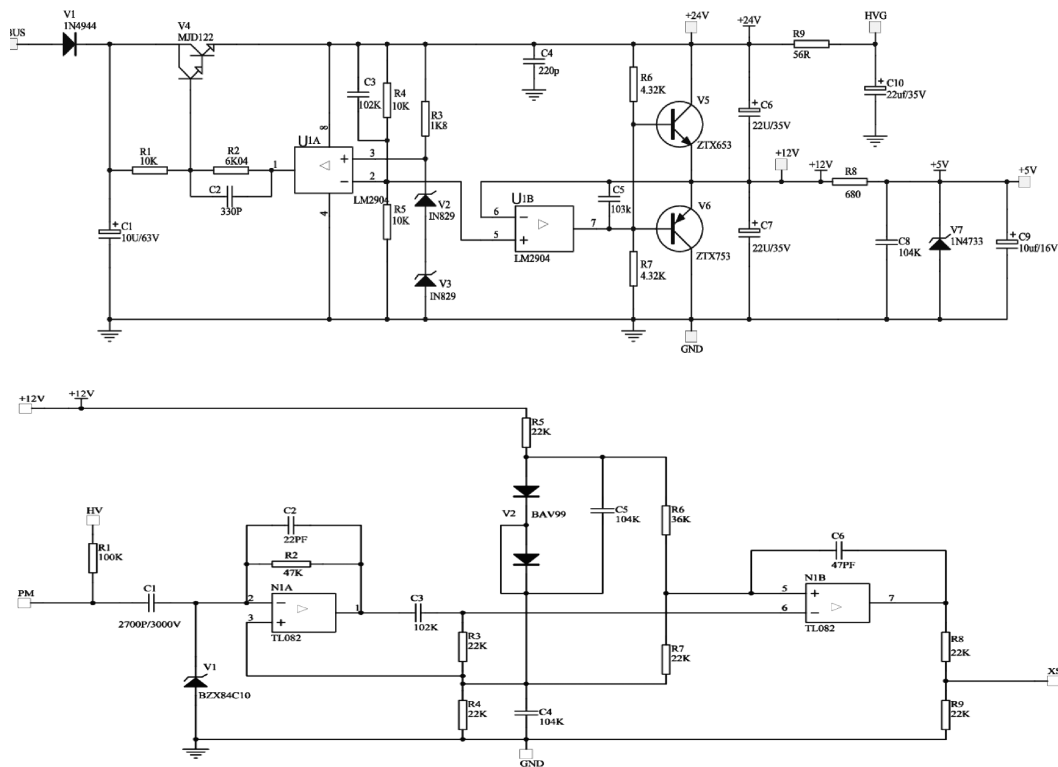


图 1 双探头伽马仪电路图

Fig.1 Circuit diagram of a two-probe gamma meter

1. 3. 2 短源距示踪仪电路设计

当 BUS 和 GND 间加电压-30 V 时,MOS 管 V6、V7 导通,-30 V 电压直接通过两 MOS 管加至电机电极两端 M1 和 M2,电机转动带动丝杆运动从而推动活塞喷射同位素^[13];当电压加至-36 V 以上-56 V 以下时,V3 稳压管稳压导通,使 V4 导通,关断 V6、V7,此时 V10、V11 也处于关断状态,电机两端无电压输出,电路处于

关断状态;当电压加至-60 V 以上时,V13 稳压导通,V10、V11 处于导通状态,加至电机电极的电压极性发生转换,电压加至 65 V 时,电机两端电压降至 30 V 左右,电机反转使同位素吸入活塞筒内^[14]。若使用 50 V 的进口电机,则需改变 V3、V13 两个稳压管。建议 V3 使用 56 V 稳压管、V13 使用 75 V 稳压管,-50 V 时示踪喷射工作,-85 V 完成示踪同位素吸入。如图 2 所示。

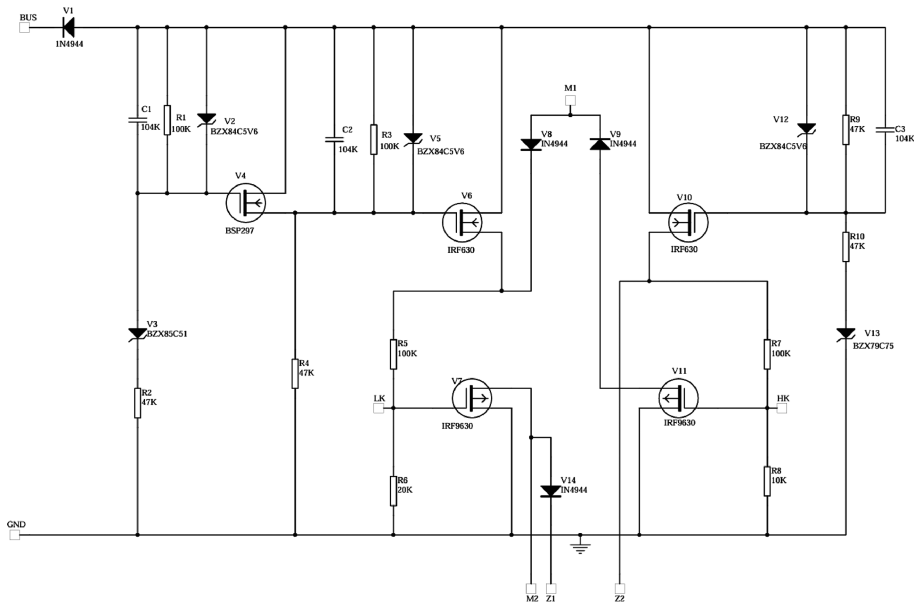


图 2 短源距示踪流量仪电路设计图

Fig.2 Circuit design diagram of short source distance tracer flowmeter

2 下井试验及成果分析

在轮南 XX、恰探 XX 和大北 XX 井进行了 4 井次的下井试验,并对试验数据进行了分析。

2.1 轮南 XX 井下井试验

轮南 XX 井为轮南断裂下盘轮西构造,完钻层位是奥陶系,完钻井深 6 280.70 m,人工井底 5 702.50 m,该井内部充注的液体为水,主要承担测井仪器试验和测井电缆校深的用途,在本井进行了 2 次下井试验,同时完成了试验数据分析。

2.1.1 第一次下井试验

本次试验分析研究示踪剂为全水情况下同位

素的扩散情况,在 580~1 009 m 井段共进行 15 个测点的示踪剂扩散试验数据见表 1。测量段井筒内流体密度 0.97~0.98 g/cm³,密度差最大 0.01 g/cm³,入井的测井仪器工作正常,试验成功录取了 15 个点的资料。其中 13 个测点完整示踪峰被 GR1 探头监测到,8 个伽马峰值被 GR2 探头监测到。同位素由释放器扩散至 GR1 探头,历时 56.2~171.6 s,监测到示踪剂团存在相对仪器向上的位移。分析数据标明短源距探头能充分探测示踪峰值^[15],示踪剂向上浮动且扩散速度过快,入井试验点测前静止等待时间不足,仪器扰动井筒内流体,干扰了示踪剂的扩散^[16]。

表 1 示踪流量测点
Table 1 Tracing flow measurement points

序号	深度/ m	喷射时 间/s	密度/ (g·cm ⁻³)	压力/ MPa	温度/ ℃	释放时 间/s	GR1 峰值 时间/s	GR1 时 差/s	GR2 峰值 时间/s	GR2 时 差/s	备注
1	1 009	2~4	-	-	-	69.2	-	-	-	-	
2	1 005		-	-	-	22.1	-	-	-	-	
3	1 000		0.97	9.96	35.19	63.8	164.6	100.8	283.9	220.1	
4	900	2	0.97	8.96	32.73	33.8	116.5	82.7	241.1	207.3	
5	850		0.97	8.46	31.54	41.3	97.5	56.2	210.5	169.2	
6	820		0.98	8.16	30.84	37.5	155.4	117.9	217.3	179.8	
7	800		0.97	7.96	30.15	47.5	162.0	114.5	-	-	GR2 无明显峰
8	780		0.97	7.76	29.92	37.9	209.6	171.6	305.8	267.8	
9	740		0.98	7.36	28.97	30.4	154.0	123.6	316.7	286.3	GR2 无明显峰
10	720		0.98	7.16	28.51	18.3	81.7	63.3	189.6	171.3	GR2 无明显峰
11	680		0.98	6.76	27.55	24.6	175.5	150.9	-	-	GR2 无明显峰
12	660		0.98	6.56	27.09	28.3	176.0	147.7	348.2	319.9	GR2 无明显峰
13	620		0.98	6.15	26.21	28.3	176.1	147.8	-	-	监测时间短
14	600	4	0.98	5.95	25.74	26.3	94.9	68.7	-	-	监测时间短
15	580		0.98	5.75	25.27	23.3	241.9	218.6	-	-	

2.1.2 第二次下井试验

本次仪器试验,示踪剂载体配比水:纤维素为 1:1,测量段井筒内流体密度 0.97~1.03 g/cm³,密度差最大 0.06 g/cm³。下井的测井仪器工作正常,试验成功录取了 16 个点的资料数据见表 2。从本次试验结果看,GR1 探头监测到了完整的 7 个测点示踪峰,GR1 探头未监测 9 个测点完整示踪峰。GR2 探头监测到了 1 个测点完整示踪峰,GR2 探头未监测到 15 个测点完整示踪峰。同位素由释放器扩散至 GR1 探头,历时 112.9~195.0 s;扩散至 GR2 探头,历时 219.2 s。通过调整示踪剂配比方案后,同位素由释放器扩散至短源距 GR1 探头的时间范围为 112.9~195.0 s,已经超过检测到 10 m³/d 流量理论运行时间 65.3 s,已满足测井要求^[17]。

2.1.3 两次试验对比分析

对比分析轮南 XX 井的 2 次下井试验数据,第

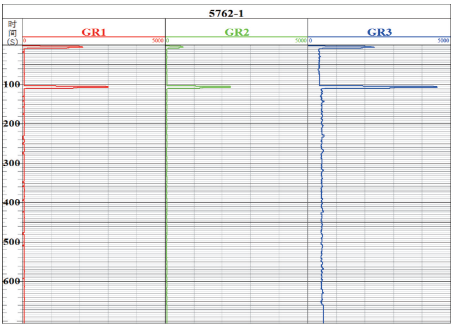
一次试验,示踪剂载体为纯水,试验数据表明同位素由释放器扩散至 GR1 探头^[18],历时为 56.2~171.6 s。第二次试验,示踪剂载体中加入了纤维素,比例为水:纤维素=1:1,试验数据表明同位素由释放器扩散至 GR1 探头,历时为 112.9~195.0 s,新调配示踪剂在井筒内总体扩散速度明显减慢^[19]。优化示踪剂调配方案后^[20],近探头探测到示踪流量谱峰时间均达到了检测到 10 m³/d 流量理论运行时间(65.3 s)。

2.2 恰探 XX 井现场试验

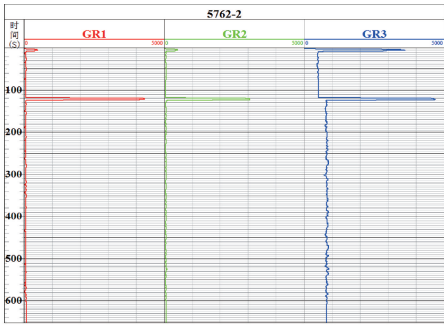
恰探 XX 井为塔里木盆地西南坳陷西天山冲断带乌恰构造带乌恰石炭 1 号构造,完钻井深 6 909.00 m,人工井底 6 015.39 m。试验目的为对该井 5 702~5 760 m 井段录取相应测量段的产气剖面 and 双源距示踪流量测井资料如图 3 所示,对各层位产出情况进行分析。

表 2 示踪流量测点
Table 2 Tracing flow measurement points

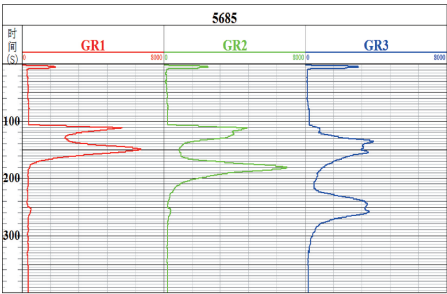
序号	深度/ m	喷射时 间/s	密度/ ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	温度/ $^{\circ}\text{C}$	释放时 间/s	GR1 峰值 时间/s	GR1 时 差/s	GR2 峰值 间/s	GR2 时 差/s	备注
1	1 505	3	0.97	47.36	88.3	—	—	—	—	GR1、GR2 无明显峰
2	1 500		0.97	47.23	69.6	—	—	—	—	GR1、GR2 无明显峰
3	1 495		0.98	47.09	57.1	—	—	—	—	GR1、GR2 无明显峰
4	1 205		0.97	39.86	75.0	—	—	—	—	GR1、GR2 无明显峰
5	1 200		0.98	39.72	58.3	250.0	191.7	—	—	GR2 无明显峰
6	1 195		0.97	39.59	58.7	—	—	—	—	GR1、GR2 无明显峰
7	905		1.01	32.48	58.3	—	—	—	—	GR1、GR2 无明显峰
8	900		1.01	32.36	57.6	—	—	—	—	GR1、GR2 无明显峰
9	895		1.01	32.22	57.5	252.5	195.0	—	—	GR2 无明显峰
10	750		1.03	28.95	67.5	—	—	—	—	GR1、GR2 无明显峰
11	605		1.01	25.47	58.3	177.5	119.2	277.5	219.2	
12	600		1.02	25.34	59.1	185.0	125.9	—	—	GR2 无明显峰
13	595		1.02	25.22	57.9	170.8	112.9	—	—	GR2 无明显峰
14	450		1.03	21.95	61.7	—	—	—	—	GR1、GR2 无明显峰
15	305		1.02	18.58	66.6	200.0	133.4	—	—	GR2 无明显峰
16	300		1.02	18.48	60.1	190.0	129.9	—	—	GR2 无明显峰



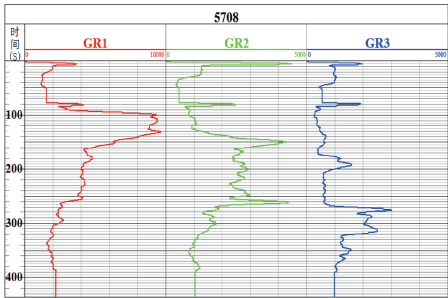
(a) 5762米1号测点测井曲线图



(b) 5762米2号测点测井曲线图



(c) 5685米测点测井曲线图



(d) 5708米测点测井曲线图

图 3 恰探 XX 井示踪流量测井曲线图
Fig. 3 Logging curve of tracer flow rate of well Qiatan XX

本次试验在 5 685~5 762 m 井段共进行 14 个测点试验,射孔层段以下共 2 个测点,液面以上产气层段共 12 个测点。5 762 m 位于射孔层段以下共 2 个测点,GR1、GR2、GR3 探头均未监测到示踪流量谱峰,与该井段为静液柱段的井况相符。5 685~5 754 m,共 12 个测点,位于液面之上的气水两相流动段,存在显著向上流动流体,示踪剂谱峰能监测到,但形态差、规律不明显,分析原因是受气水两相

剧烈流型转化和气体携带能力等因素的影响,说明多源距示踪流量计不适用于气水两相流量段(气水两相井底部液柱段适用)。

2.3 大北 XX 井现场试验

大北 XX 井为塔里木盆地库车坳陷克拉苏构造带克深区带大北段大北 11 号构造,完钻井深 5 977.00 m。试验目的为定性分析大北 XX 井生产层段 5788~5 823 m 各小层流体的产出情况。本次

试验在 5524~5 795 m 井段共采集 5 个测点的示踪剂扩散试验数据见表 3,依据本次试验 5 521 m 测点短源距示踪流量数据见图 4,计算得出井下产水量为 65.30 m³/d,长源距示踪流量数据计算得出井下

产水量为 78.07 m³/d。两种计算结果与依据七参数测井中涡轮流量曲线计算的产水量 65.70 m³/d 基本一致,证明本次试验选用的双源距示踪伽马仪稳定性好,测量精度可靠。

表 3 示踪流量测点
Table 3 Tracer flow measurement points

序号	深度/ m	喷射时 间/s	释放时 间/s	GR1 峰值 时间/s	GR1 时 差/s	GR2 峰值 时间/s	GR2 时差/s	备注
1	5 521		41.88	54.63	12.75	64.75	22.87	
2	5 740		45.75	—	—	—	—	GR1、GR2 无明显峰
3	5 770	3	47.00	—	—	—	—	GR1、GR2 无明显峰
4	5 775		31.75	—	—	—	—	GR1、GR2 无明显峰
5	5 795		61.00	161.25	100.25	—	—	GR2 无明显峰

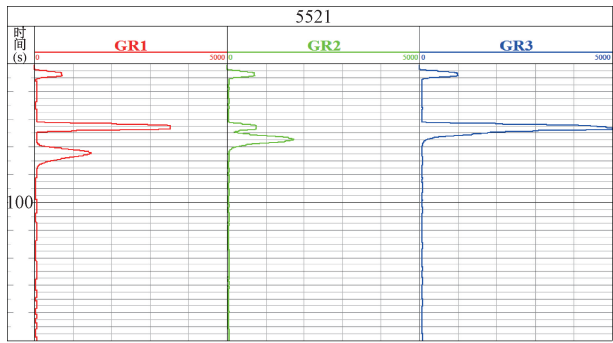


图 4 大北 XX 井示踪流量测井曲线图
Fig. 4 Tracer flow logging curve of well Dabe XX

3 结论

(1)通过开展多源距示踪流量计方法研究,现多源距示踪流量组合测井仪由三探头组合设计,短、中、长源距分别达到了 353 mm、703 mm、1 800 mm,能充分满足低产液或产量变化范围大的井况需求,同时运用静止等待法和追踪法相结合的测量方法,可有效消除流体扰动和测井速度对测井结果的影响。

(2)轮南 XX 井两次试验井的采集数据可知,示踪剂存在向上浮动现象,但是载体加入纤维素后,扩散速度明显变慢(示踪到时变长),短源距探头能充分探测到示踪峰值,示踪剂历时在 100 s 以上或者无示踪剂谱峰,基本表明没有上水流,也说明仪器能够实现约 10 m³/d 流量的识别。

(3)大北 XX 井和恰探 XX 井实井测井数据显示多源距示踪流量组合测井仪的三探头组合设计具有明显的技术优势。组合仪稳定性好,测量精度可靠,能够提高见水气井积液段出水量的测量精度。同时证明多源距示踪流量计不适用于气水两相流量段(气水两相井底部液柱段适用),能够实现

见水气井出水点的准确识别和出水量的定量计算,可以为塔里木油田库车山前气藏研究和治理提供可靠技术支持。

致谢:中国石油集团测井有限公司塔里木分公司“低流量多源距示踪流量计方法研究及现场试验”科研项目技术人员提供了大量数据支持,在此表示感谢。

参考文献

[1] 郭海敏,戴家才,陈贵科. 生产测井原理与资料解释[M]. 北京:石油工业出版社,2007:549-595.

[2] 郭海敏. 生产测井导论[M]. 北京:石油工业出版社,2003:219-242.

[3] 胡金海,刘兴斌,周家强,等. 电导相关流量测井仪的现场应用[J]. 测井技术,2004,28(2):61-64.

HU Jinhai, LIU Xingbin, ZHOU Jiaqiang, et al. Field application of conductivity correlation flow logging tool[J]. Well Logging Technology,2004,28(2):61-64.

[4] 王中涛,秦民君,李文忠,等. 示踪相关流量吸水剖面测井技术[J]. 工程地球物理学报,2013,10(1):41-45.

WANG Zhongtao, QIN Minjun, LI Wenzhong, et al. Tracer correlation flow profile logging technique[J]. Chinese Journal of Engineering Geophysics,2013,10(1):41-45.

[5] 陈平,陈一凡,宋宝伟,等. 相关流量测井方法在大庆和吉林油田的应用[J]. 石油仪器,2007,21(3):41-44.

CHEN Ping, CHEN Yifan, SONG Baowei, et al. Application of correlation flow logging method in Daqing and Jilin oilfields[J]. Petroleum Tubular Goods & Instruments,2007,21(3):41-44.

[6] 王进宝,李立文,周祚军,等. 相关流量测试技术在分注井验封上的运用[J]. 油气井测试,2016,25(5):63-64.

WANG Jinbao, LI Liwen, ZHOU Zuojun, et al. Relevant flow test technology applied in seal test to separated injection well[J]. Well Testing,2016,25(5):63-64.

[7] 马希金,邵莲. 相关流量计量技术综述[J]. 流体传动与



- 控制,2008,(1):32-34.
- MA Xijin, SHAO Lian. A review of flow measurement techniques[J]. Fluid Transmission and Control, 2008, (1):32-34.
- [8] 伍轶鸣,秦民君,潘昭才,等. 相关流量追踪法测井技术在塔里木盆地的应用[J]. 石油天然气学报,2014,36(11):101-105.
- WU Yiming, QIN Minjun, PAN Zhaocai, et al. Application of well logging of relevant flow-rate tracking method in Tarim basin [J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2014,36(11):101-105.
- [9] 张耀文,王金钟,夏慧玲,等. 注入剖面放射性相关测量方法研究[J]. 测井技术,2004,28(增刊1):57-60.
- ZHNG Yaowen, WANG Jinzhong, XIA Huiling, et al. A radioactive tracing method with correlation algorithm for injection profile logging [J]. Well Logging Technology, 2004, 28(Suppl. 1): 57-60.
- [10] 遆永周,王晓慧,吕晓华,等. 相关流量测井用液体示踪剂的优选研究[J]. 河南科学,2017,35(4):573-576.
- TI Yongzhou WANG Xiaohui, LYU Xiaohua, et al. Optimization of liquid tracer for the related flow logging [J]. Henan Science,2017,35(4):573-576.
- [11] 韩春苓,宁卫东,诸葛月英,等. 注入剖面双示踪测井技术研究及在华北油田应用[J]. 测井技术,2016,40(4):498-502.
- HAN Chunling, NING Weidong, ZHUGE Yueying, et al. Study and application of injection profile double-tracer well logging technology in Huabei oilfield [J]. Well Logging Technology, 2016,40(4):498-502.
- [12] 王连波. 氧活化、示踪相关测井在低压井找漏找窜中的应用[J]. 石油管材与仪器,2020,6(1):89-93.
- WANG Lianbo, Application of oxygen activation and trace correlation logging on detecting leakage and channeling point in low pressure wells[J]. Petroleum Tubular Goods & Instruments, 2020,6(1):89-93.
- [13] 王志辉. 注水井精准流量及流体成像测井技术及应用[J]. 化学工程与装备,2021(12):74-75.
- WANG Zhihui. Precision flow and fluid imaging logging technology and application of water injection wells [J]. Chemical Engineering and Equipment, 2021 (12): 74-75.
- [14] 李锐. 示踪相关组合测井在葡萄花油层的应用[J]. 化工设计通讯,2017,43(9):34.
- LI Rui. Application of tracer-related combined logging in putaohua reservoir [J]. Chemical Engineering & Equipment,2017,43(9):34.
- [15] 付剑,山永兰. 注入剖面测井存在的问题及解决途径[J]. 大庆石油地质与开发,2004,23(1):70-71.
- FU Jian, SHAN Yonglan. Problems and solutions of injection profile logging[J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2004, 23(1): 70-71.
- [16] 郑华,李军,刘兴斌,等. 大庆油田注入剖面测井技术研究进展[J]. 同位素,2009,22(1):48-53.
- ZHENG Hua, LI Jun, LIU Xingbin, et al. Progress of injection profiling technology in Daqing oilfield [J]. Journal of Isotopes, 2009,22 (1): 48-53.
- [17] 李宁,吴新伟,万磊,等. 同位素吸水剖面测井资料采集影响因素分析[J]. 油气井测试,2019,28(3):49-54.
- LI Ning, WU Xinwei, WAN Lei, et al. Analysis of influencing factors on logging data acquisition of isotope water injection profile [J]. Well Testing, 2019,28 (3): 49-54.
- [18] 翟翔宇. 喇嘛甸油田同位素测井工艺优化探讨[J]. 石油管材与仪器,2019,5(3):94-97.
- ZHAI Xiangyu. Discussion on optimization of isotope logging technology in Lamadian oilfield [J]. Petroleum Tubular Goods & Instruments, 2019, 5(3): 94-97.
- [19] 武江鸿. 同位素测井资料异常吸水原因的简要分析[J]. 当代化工研究,2018(1):71-72.
- WU Jianghong. Brief analysis of abnormal water absorption reason in isotope logging data [J]. Modern Chemical Research, 2018(1): 71-72.
- [20] 雷颖,郝建华,杨喆,等. 同位素吸水剖面微球粒径优选[J]. 中国石油和化工标准与质量,2014,34(12):83.
- LEI Ying, HAO Jianhua, YANG Zhe, et al. Optimization of microsphere particle size in isotope injection profile [J]. China Petroleum and Chemical Standard and Quality, 2014, 34(12):83.

编辑 吴志力

第一作者简介:郝志强,男,1986年出生,工程师,硕士,2012年毕业于东北石油大学测试计量技术及仪器专业,现主要从事石油测井研究和管理工作。电话:0996-2257785, Email: haozhiq@cnpc.com.cn。通信地址:新疆库尔勒开发区纪元路32号,邮政编码:841000。