

柯柯亚致密砂岩气藏储层伤害因素分析

呼惠娜,左万江,齐涛,李静,韩家新

(中国石油 吐哈油田公司 工程技术研究院,新疆 哈密 839009)

摘要:通过对柯柯亚气藏潜在伤害因素分析及岩心敏感性伤害试验评价,认识到储层存在不同程度的水敏、盐敏及酸敏、水锁、固体颗粒堵塞、反凝析等伤害,为制定开发过程中储层措施提供有力的技术依据。
关键词:致密气藏;储层伤害;分析评价

柯柯亚气藏构造位于台北凹陷北部山前带中段柯柯亚构造带,整体处在中段近凹低断阶带,油气成藏条件优越。该气藏主要含气层系为下侏罗统三工河和八道湾组,构造条件复杂,埋藏深度大,储层物性差。柯柯亚气藏为凝析气藏,储层平均孔隙度为4.95%、渗透率为 $0.35 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属特低渗或致密储层。储层中裂缝发育,通过压裂有利于提高气井产量。该气藏由录井显示与试采试气得出气藏油气显示相对较好,但投产效果并不好。分析认为,在同等条件下,致密砂岩储层伤害程度远远高于物性好的气藏,严重影响气井产量。柯19、柯20井完井后储层受到严重污染,气井产量较低,均低于 $1 \times 10^4 \text{ m}^3$,酸化措施后污染系数由正变为负,即气井由污染井变为完善井,同时气井产量也得到明显恢复和提高,柯24井酸化后产气量高达 $20 \times 10^4 \text{ m}^3$ (表1)。

表1 储层污染系数及酸化解堵前后产状统计

井号	层位	措施前				酸化后			
		气 ($10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)	油 (t/d)	水 (m^3/d)	表皮 系数	气 ($10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)	油 (t/d)	水 (m^3/d)	表皮 系数
柯19	J _{1b}	0.52	0	0	53	1.21	1.08	0	/
		0.45	0	0	34.8	3.02	10.41	2.55	-0.14
	J _{2x}	0.52	1.31	10.35	73	1.27	1.08	13.98	/
		0	0	1.49	123	0.32	1.83	10.65	/
柯20	J _{1b}	0.96	2.26	5.26	-0.4	1.98	5.70	4.2	-2.52
	T _{2K}	少量气	0	0	1.1	1.03	0.91	0	/
柯21	J _{1b}	少量气	0	0	/	2.10	5.04	0	/
		少量气	0	0	/	1.00	0.88	0	/
柯24	J _{1b}	0	0	0	/	20.88	7.46	3.54	/

储层受到伤害,主要是因为是在钻井、完井、井下作业及油气田开采全过程中,由于入井流体进入储层

以及储层压力、温度等变化而引起的流体性质变化后造成污染,导致储层渗透率下降而降低油气井产能。凝析气藏储层伤害的类型主要有:①储层矿物与外来流体接触后造成的微粒运移、矿物水化膨胀等引起水敏、速敏及酸敏伤害等;②作业流体进入造成水锁、水堵及外来固相颗粒对孔隙喉道的堵塞伤害等;③地层压力下降,引起凝析液析出造成的反凝析污染伤害等。该气藏储层胶结含量平均为6%,由于储层为致密储层,喉道细小,岩石亲水,且存在裂缝,同等条件下比物性好的储层更容易受到伤害,理论分析与室内试验评价得出储层存在中等偏强到极强水敏、弱到强酸敏等敏感性伤害、液相水锁及微粒运移等造成的伤害。

1 速敏伤害

速敏伤害是指油气层中的微粒矿物在高速流体流动作用下发生运移堵塞喉道引起的伤害,该气藏中含有粘土以及粒径小于 $37 \mu\text{m}$ 的各种非粘土(石英、长石、方解石等)微粒矿物(表2),在高速流体流动作用下易发生运移堵塞喉道引起速敏伤害,经室内试验评价得出该气藏储层临界流速为 $0.25 \sim 1 \text{ mL}/\text{min}$,为弱到中等偏弱速敏储层(表3)。

表2 储层胶结物及岩石碎屑组分统计

胶结物组分及含量(%)					
总量	泥质	方解石	菱铁矿		
6	2.9	1.86	1.24		
储层岩石碎屑岩组分					
石英(%)	长石(%)	岩屑(%)			
		岩浆岩	变质岩	沉积岩	岩屑总量
31.54	19.75	43.91	4.81	0	48.73

收稿日期:2010-04-14
作者简介:呼惠娜(1979-),女,河南扶沟县人,工程师,油气开采专业。联系电话:0902-2763263

表 3 气藏储层速敏伤害评价实验结果

临界流速(mL/min)	速敏指数(%)	评价结果
0.25 ~ 1	8.77 ~ 52.54	弱 - 中等偏弱

通过室内试验评价得出:该气藏储层速敏伤害指数是 3% ~ 68%,为弱到中等偏弱速敏。

2 水敏性伤害

若进入油气层的外来流体与油气层中的水敏性矿物(如蒙皂石)不配伍时,将会引起这类矿物水化膨胀、分散或脱落,导致油气层渗透率下降,这就是油气层水敏性损害。该气藏储层中泥质胶结含量低到中等(含量为 5% ~ 9%),其主要成分为伊利石(80.7%)、绿泥石和伊 / 蒙混层(10.3%),其中伊利石和伊 / 蒙混层在遇到不配伍的工作液极有可能产生水化膨胀或分散、脱落引起水敏伤害。通过室内实验评价(表 4)得出:储层水敏指数为 31% ~ 93%,属中等偏强到极强水敏,这与粘土矿物含量不高,储层物性差,在开发过程中极易受到伤害结论是一致的,且不同井区对应不同的临界矿化度,分布于 10 000 ~ 40 000 mg/L 之间。

表 4 气藏储层水敏、盐敏伤害评价实验结果

水敏指数(%)	评价结果	临界矿化度(mg/L)
68.48 ~ 93.45	中等偏强 - 极强	10 000 ~ 40 000

3 酸敏伤害

油气层酸化处理后,释放大量微粒,矿物溶解释放出的离子还可能再次产生沉淀,堵塞油气层孔道,导致储层渗透率降低就是酸敏伤害。该气藏储层孔隙胶结物中含有碳酸盐矿物方解石及少量菱铁矿,与酸液作用将产生化学沉淀或酸蚀后释放出微粒,同时泥质胶结中含有不等量的绿泥石(随深度的增加,绿泥石含量逐渐升高,平均为 9.5%,具体见表 5),与酸作用形成 Fe(OH)₃、SiO₂ 和氟化钙沉淀物,造成储层渗透率下降,引起酸敏伤害,且随深度增加酸敏伤害存在逐步增强的趋势。通过室内试验评价结果看出(表 6):储层盐酸酸敏指数为 0 ~ 32.59%,属弱到强酸敏;土酸酸敏指数为 7.14% ~ 42.95%,属中等偏弱到强酸敏,与理论分析基本是一致的。

4 碱敏伤害

该气藏储层岩石矿物中含有长石(长石主要包括钾长石和斜长石,含量分布于为 9.4% ~ 29.9%之间,平均 19.75%)、石英(平均含量为 43.91%)及各类粘土矿

表 5 气藏粘土矿物 X 射线衍射分析报告

井段 (m)	粘土矿物相对含量(%)			
	I	C	L	L/S
3 275.12 ~ 3 275.22	/	1	90	9
3 276.86 ~ 3 495.35	2	1	91.25	7.89
3 350.00 ~ 3 538.51	1	18.12	78.77	11.86
3 395.07 ~ 3 615.03	1	19.75	76.83	9.67
3 712.50 ~ 3 717.60	10.2	25.1	55.9	13.8
3 832.00 ~ 3 848.00	37.5	21.5	56.7	13.8

表 6 气藏储层酸敏伤害评价实验结果

层段(m)	酸液类型	酸敏指数(%)	评价结果	酸液类型	酸敏指数(%)	评价结果
3 100 ~ 3 105		0	弱		56.66	极强
3 115 ~ 3 117		32.59	强		42.95	强
3 395 ~ 3 397		0	弱		7.14	中等偏弱
3 396 ~ 3 401	盐酸	0	弱	土酸	19.99	中等偏强
3 435 ~ 3 537		9.7	中等偏弱		/	/
3 710 ~ 3 715		28.33	中等偏强		37.33	强
3 878 ~ 3 881		80	极强		73	极强

物,在与高 pH 的外来液体作用时易产生分散、脱落或新的硅酸盐和硅凝胶体,导致油气层渗透率下降,引起碱敏伤害。通过实验评价得出该气藏储层在不同 pH 值时的伤害率是 2.6% ~ 8.09%,为弱碱敏(图 1)。

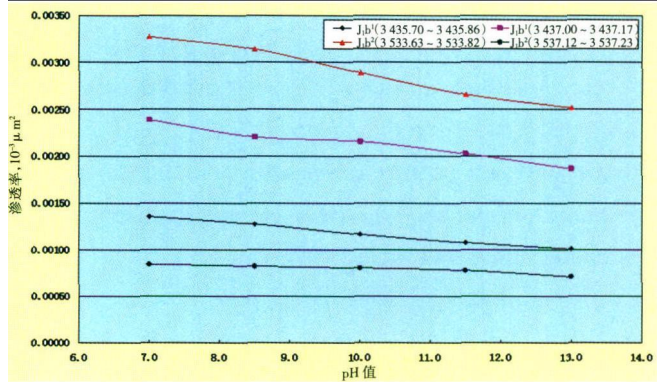


图 1 碱敏感性伤害评价试验结果示意

5 其它伤害因素

柯柯亚气藏储层部分储层微裂缝发育,喉道多为微细喉道,中值半径分布在 0.003 ~ 0.199 μm 之间,平均为 0.03 μm,排驱压力比较高,分布在 0.245 ~ 3 MPa,平均为 1.087 MPa,且气藏地露压差比较小。因此,在毛管力自吸作用和较小生产压差条件下,当有反凝析液生成或外界水基作业液侵入时,地层会表现出气、液两相的渗流状态,从而产生附加的两相阻力,造成储集层渗透率急剧降低,产生水锁伤害,降低气井产能;且各种作业过程中外来流体极易进入储层深部,流体中固相颗粒或运移微粒与孔径不匹配时,会

缩小喉道半径甚至堵死孔喉造成储层伤害。

6 结论及建议

(1)储层岩石中胶结物含量中等,以泥质胶结为主,主要包括伊利石、绿泥石和伊/蒙混层;其次为碳酸盐胶结(包括方解石和少量菱铁矿)。它们的存在决定了在外来流体不配伍和施工措施不当时引起相关敏感性伤害的发生。

(2)柯柯亚气藏储层敏感性伤害以水敏伤害为主,且区块深部存在潜在的酸敏伤害,同时还存在固体颗粒堵塞及水锁等伤害。

(3)在开发过程中应采取储层保护措施。应防止水锁伤害和自吸水、固相颗粒侵入、液相侵入和各种敏感性伤害等,对于储层段发育各种成因裂缝的井要防止高密度钻井液条件下的压裂式井漏,同时要求采用低压差生产保持地层压力,减少反凝析的影响。

参考文献:

- [1] 李天太,张明,等.克依构造带气藏储层特征及伤害因素分析.钻采工艺,28(6).
- [2] 赵峰.涠洲低渗透储层谁还机理与保护措施研究.西南石油学院硕士学位论文,2005,4.
- [3] 李天太,刘小静,等.依南构造气藏储层地质特征及伤害因素实验研究.钻采工艺,2006,1.
- [4] 张振华,韩洪升,等.保护高压低渗致密油气藏的钻井完井液体体系的配制与应用.大庆石油学院石油学报,2000,24(1).
- [5] 李鹭光.四川盆地低渗透气藏开发技术研究.西南石油学院博士学位论文,2004,6.
- [6] 唐海,吕浙江,等.致密低渗气藏水锁影响因素研究.西南石油大学学报(自然科学版),2009,31(4).
- [7] 雷茹,任晓娟,等.低渗透砂岩气藏水锁伤害方式对比实验研究.岩性油气藏,2008,20(3).

Analysis of Factors Damaged to Tight-gas-sandstone Reservoir in Kekeya

Hu Huina, Zuo Wanjiang, Qi Tao, Li Jing, Han Jiaxin

(Research Institute of Engineering and Technology, Tuha Oilfield Company, PetroChina, Shanshan 838202, Xinjiang)

Abstract: Based on the analysis of potential damage factors and experiment evaluation of core sensitivity damage, various of damage such as water sensitivity, salinity sensitivity, acid sensitivity, water blocking, particle plugging and retrograde condensate in gas reservoir of Kekeya are understood, which provide technology foundations for devising measures during the reservoir development.

Key words: tight-gas-reservoir; reservoir damage factor; analysis and evaluation