

# 塔河油田十二区避开充填洞酸压实践及认识

丁磊, 海涛, 张世亮, 马焘, 姚俊波

(中国石化西北油田分公司采油二厂, 新疆轮台 841604)

**摘要:** 实钻、取心和测井的情况表明, 塔河油田十二区油井充填的比例较高, 达到了 25.1%, 且充填井普遍表现出生产低产低效的特征。针对这种现象, 从取心资料出发, 通过数据统计找出不同充填物的测井响应特征, 结合油井的生产特征, 得出不同充填物充填下充填洞的产能特征。根据 Loucks 提出的洞穴理想层序, 对因充填造成生产低效的油井, 避开充填洞, 对上部的洞顶破碎带或下部的洞底垮塌带进行上返酸压、下返酸压改造, 取得了较好的增油效果。

**关键词:** 缝洞型碳酸盐岩油藏; 充填洞; 避开; 酸压; 塔河油田

中图分类号: TE35

文献标识码: A

## Practice of acid fracture avoiding filling caves in district no.12 in the Tahe Oil Field

Ding Lei, Hai Tao, Zhang Shiliang, Ma Tao, Yao Junbo

(No.2 Oil Production Plant, SINOPEC Northwest Company, Luntai, Xinjiang 841604, China)

**Abstract:** Drilling, logging and core sample data showed that about 25.1% of wells in district no.12 in the Tahe Oil Field were filled, resulting in low production efficiency. The correspondence between logging data and different filling materials was discussed. The production of filling caves with different filling materials was studied in view of well yielding. Based on the ideal cave sequence proposing by Loucks, acid fracture avoiding filling caves was practiced in the upper broken area or the lower collapsed area to improve oil production.

**Key words:** fractured-vuggy carbonate reservoir; filling cave; avoid; acid fracture; Tahe Oil Field

### 1 十二区充填概况

塔河油田十二区探明储量面积 568 km<sup>2</sup>, 探明储量 4.004×10<sup>8</sup> t, 自 2000 年 7 月投入开发以来, 累计产液 1 327×10<sup>4</sup> t, 累计产油 1 176×10<sup>4</sup> t, 采出程度 5.59%。目前共有采油井 357 口, 日产油水平 6 173 t, 是目前采油二厂上产的主阵地。区块从构造看整体呈东南高西北低的特征, 经历了加里东期和海西期 2 次主要岩溶期<sup>[1]</sup>。根据区块的构造和岩溶特征, 可分为东部的岩溶残丘区 (S94CH 条带)、中部的断隆带 (TH12330 条带) 和西部的隆洼相间区 (AD4、AD19 条带)。

从实钻、取心和测井的情况看, 整个区块钻遇溶洞的比例比较高, 达到 46.2%, 但充填的比例也较高, 达到了 25.1%, 特别是东部, 高达 33% (表 1)。

对比充填井和非充填井, 发现在测井响应特征和生产特征上均表现出明显差异。测井响应特征方面, 奥陶系灰岩测井响应特征为低 GR (小于 15 API)、高电阻 (1 000 Ω·m 左右)、井径较规则、三孔隙度曲

线变化较小; 而对于充填洞发育井在测井响应上表现为高 GR (大于 45 API)、低电阻 (小于 10 Ω·m)、井径部分扩径和三孔隙度变化较大。在生产特征方面, 数据统计发现充填井明显比非充填井生产效果差 (表 2), 且充填井中生产差异也较大, 90% 以上的井表现为低产低效, 即自喷期较短, 累产高, 仅小于 10% 的充填井生产效果好。

充填成因可分为河道充填 (暗河沉积物) 和断裂充填 (裂缝), 两者在充填规模和测井响应特征上有明显区别。

表 1 塔河油田十二区充填井分布情况统计

Table 1 Distribution of filling wells in district no.12 in the Tahe Oil Field

区域	区带	溶洞钻遇率/%	平均洞高/m	充填比例/%	T <sub>7</sub> 面下 0~80 m 溶洞比例/%
东部	S94CH	55.6	7.8	33	83
中部	TH12330	43	5.2	21.6	70.3
西部	AD4	34.9	7.7	11.4	79.5
西部	AD19	50	11.1	25	75
平均		46.2	7.5	25.1	79.1

表 2 塔河油田十二区充填井生产情况统计

Table 2 Production data of filling wells in district no.12 in the Tahe Oil Field

类型	自喷期/d	单位压降采液/ 10 <sup>4</sup> t	单位压降采油/ 10 <sup>4</sup> t	平均累产液/ 10 <sup>4</sup> t	平均累产油/ 10 <sup>4</sup> t
充填井平均	89	0.058 0	0.049	1.3	1.1
12 区井平均	219	0.325 7	0.3041	3.1	2.74

(1)河道充填。在分支河道、暗河拐弯处和暗河入水口,由于水动力条件改变或减弱,沙泥易堆积沉积形成充填。在测井响应特征上河道充填表现为大段整体充填,充填洞内部物性较纯。

(2)断裂充填。水流沿着断裂溶蚀形成宽窄不一的裂缝,对于断裂发育程度一般、断裂面较窄的裂缝,流动性差,易堆积形成局部充填,在测井响应特征上表现为齿状特征。

## 2 充填洞储层有效性判断

### 2.1 不同充填物的测井响应特征

对钻遇充填洞井进行常规测井、取心、成像测井的井进行分析,充填洞的充填物有 3 大类:泥岩充填、砂岩充填和角砾岩充填<sup>[2]</sup>。

(1)泥岩充填主要为灰绿色泥岩,较细腻,含粉砂,部分可见水平层理,孔洞缝不发育,有的泥岩含灰质,成岩性差,极易水化成粉末状,遇酸起泡中等,有的泥岩含角砾,角砾成不规则棱角状,破碎较严重(图 1a)。

(2)砂岩充填以细粒石英砂岩为主,含泥质,成岩较好,部分可见层理,有的含大小不一的角砾,取心存在破碎现象(图 1b)。

(3)角砾岩充填以角砾为主,角砾大小不一,形状不规则,分选差,填隙物主要为灰质细粒石英砂岩

及少量泥岩,取心破碎较严重(图 1c)。

不同充填物的测井响应特征也不一样<sup>[3-4]</sup>,通过对测井曲线上 CAL、GR、KTH、Rs、Rd、DEN、CNL、AC、PE 参数进行统计,用交会图分析法进行分析,优选对物性分选性较好的参数,从而得到不同充填物的测井响应特征(表 3)。

### 2.2 不同充填洞的产能特征

对充填洞井的累产情况进行统计(全井段酸压井,结合生产测井资料,充填洞产出的参与统计,充填洞不产出的不参与统计,集中酸压充填洞的认为是充填洞产出)发现,角砾岩充填洞的产能最好,砂岩充填洞的产能次之,泥岩充填洞的产能最差(表 4)。

表 3 塔河油田不同充填物的测井响应特征

Table 3 Logging response characteristics of different filling materials in the Tahe Oil Field

测井参数	泥岩充填	砂岩充填	角砾岩充填	灰岩充填
GR/API	60~110	30~110	10~60	0~15
CNL/%	18~42	5~38	2~25	0
AC/( $\mu\text{s} \cdot \text{ft}^{-1}$ )	85~135	48~112	46~82	50
PE	1.8~3.5	1.8~2.9	3.8~4.5	4.8~5.2
CAL	基本无变化	一定程度扩径	扩径较严重	

表 4 塔河油田不同充填洞的产能特征

Table 4 Production characteristics of different filling materials in the Tahe Oil Field

充填类型	总井数	累产(Q)/t				
		未建产	$Q \leq 1\ 000$	$1\ 000 < Q \leq 3\ 000$	$3\ 000 < Q \leq 5\ 000$	$Q > 5\ 000$
泥岩	7	3	4			
砂岩	6	1	1	2	0	2
角砾岩	5		1	1	1	2
总计	18	4	6	3	1	4

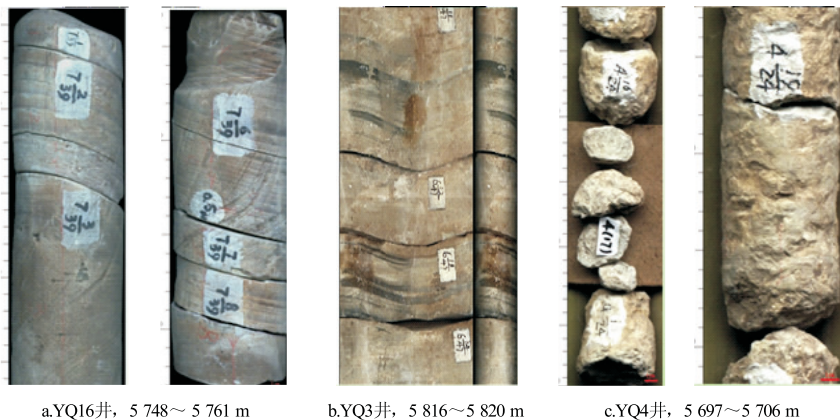


图 1 塔河油田 YQ16 井、YQ3 井和 YQ4 井取心照片

Fig.1 Coresamples from wells YQ16, YQ3 and YQ4 in the Tahe Oil Field

泥岩充填洞的 7 口井中有 3 口测试为干层未建产,建产的 4 口井平均单井累产油仅 257 t。砂岩充填的 6 口井中,产能差异较大,累产大于 5 000 t 的 2 口井平均单井累产达到  $2 \times 10^4$  t;角砾岩充填的井产能普遍较好,仅 1 口井累产在 1 000 t 以下,累产大于 5 000 t 的 2 口井平均单井累产达到了  $4 \times 10^4$  t。

综上所述,泥岩充填洞的产能最差,为无效储层,角砾岩充填洞、砂岩充填洞为有效储层<sup>[5]</sup>,但砂岩充填洞的产能特征差异大,初步分析认为可能与砂岩充填洞中填隙物的成分和所占比例有关。

### 2.3 Loucks 洞穴理想层序

根据 Loucks 提出的洞穴理想层序(图 2),断裂发育的岩溶管道体系是富含溶塌角砾、垮塌角砾、泥质、砂泥质等丰富充填物的全充填、半充填型复合洞穴,其未胶结的角砾空隙及洞穴残留空间是主要的储集空间<sup>[6]</sup>。顶部管道主要由裂隙和镶嵌角砾岩组成,孔隙度可达 2%~20%,是主要含油层;中部横向连续的溶洞充填带,以硅质碎屑、杂基支撑



图 3 塔河油田野外露头洞穴

Fig.3 Actual caves outdoor in the Tahe Oil Field

混杂角砾岩、泥岩为主,多见平行、水平层理,孔隙度 1%~30%;溶洞底部坍塌相,以碎屑支撑混杂角砾岩为主,部分泥质充填严重,孔隙度 1%~5%,在充填不严重时,也是有利含油气层(图 3)<sup>[7]</sup>。

### 3 充填井治理

根据 Loucks 的洞穴理想层序,结合不同充填洞的产能特征,对充填洞产出而低产低效的井,避开充填洞,对上部的洞顶破碎带或洞底的垮塌带进行酸压改造,来改善油井的生产效果。按照这种思路,自 2013 年底到 2014 年底,累计实施避开充填洞进行上返酸压或下返酸压改造 5 井次,均有效,累计增油 18 278 t,平均单井增油 3 655.6 t,效果十分显著(表 5)。说明避开泥质充填洞进行酸压是可行的,是区别于六、七区利用致密层进行下返酸压的另一种模式,为十二区具有相同地质背景的低效井进行措施挖潜、新井完井方案提供了新思路。

### 4 结论

(1)塔河油田十二区钻遇溶洞的比例比较高,达

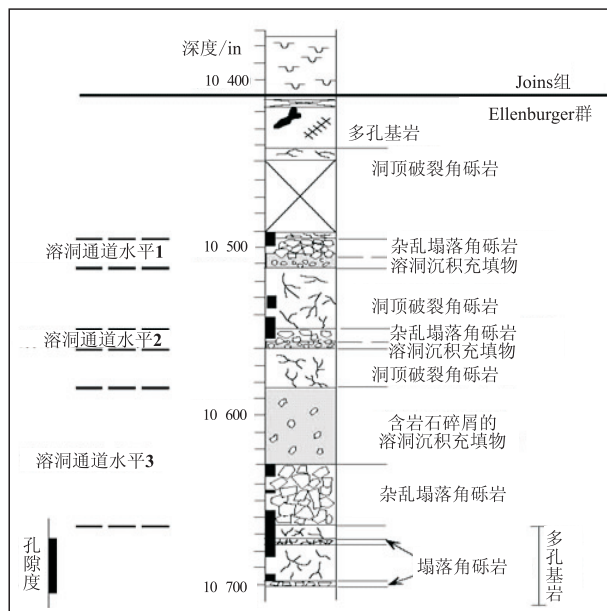


图 2 Loucks 提出的洞穴理想层序

Fig.2 Ideal cave sequence proposing by Loucks

表 5 塔河油田采油二厂避开充填洞酸压效果统计

Table 5 Effect of acid fracture avoiding filling caves in No.2 Oil Production Plant of the Tahe Oil Field

措施内容	序号	井号	充填洞类型	措施前			目前			累增油/t		
				累产液/t	累产油/t	日产液/t	日产油/t	含水/%	日产液/t		日产油/t	含水/%
上返酸压	1	TH10143X	砂岩	265	3	9.4	0.1	98.9	9.7	9.7	0	1 788
	2	TH121107	角砾	2 432	1 519				15.2	10.1	33.2	1 980
	3	TH121101	泥岩	69	32	4.7	1.7	63.1	26.9	26.9		8 947
下返酸压	4	TH12198	泥岩	224	127				23.1	23.1		5 563
	5	TH121106	砂岩	1 844	997				注水后关井中			2 29

住了上气层油气通道。实施堵水作业后(封堵下气层,单采上气层),2014年9月30日成功投产,措施初期稳定日产油30t,日产气 $13 \times 10^4 \text{ m}^3$ ,含水1.1%(图5),成功动用了顶部剩余油。

## 6 结论

(1)饱和度测井资料受多种因素影响,地层漏失压井液后进行测井,容易造成测井结果偏差大。

(2)饱和度测井资料验证了雅克拉凝析气藏下气层整体上是连通的,2号隔层只起到局部封隔作用。

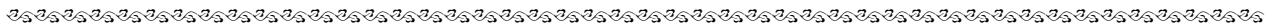
(3)雅克拉凝析气藏地质小层主体可划分5~6个小层;利用饱和度测井资料辅助细化小层,可划为10个小层。

(4)利用饱和度测井资料指导剩余油挖潜,雅克拉气田多口井获得高效措施。

### 参考文献:

[1] 冉启佑. 剩余油研究现状与发展趋势[J]. 油气地质与采收率, 2003, 10(5): 49-51.  
 [2] 赵培华. 油田开发水淹层测井技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 2013.

(编辑 黄娟)



(上接第45页)

到46.2%,但充填的比例也较高,达到了25.1%,充填井与非充填井在生产特征上均存在明显的差异。

(2)充填洞的充填物有3大类,即泥岩、砂岩和角砾岩,不同的充填物对应的测井曲线响应特征和产能特征有所不同。泥岩充填洞的产能最差,为无效储层,角砾岩充填洞、砂岩充填洞为有效储层,但砂岩充填洞的产能特征差异大。

(3)根据 Loucks 提出的洞穴理想层序,结合不同充填洞的产能特征,对充填洞产出而低产低效的井,避开充填洞,对上部洞顶破碎带或洞底垮塌带进行上返酸压或下返酸压改造是可行的,增油效果显著,为十二区具有相同地质背景的低效井进行措施挖潜、新井完井方案提供了新思路。

### 参考文献:

[1] 肖玉茹,王敦则,沈杉平. 新疆塔里木盆地塔河油田奥陶系古

洞穴型碳酸盐岩储层特征及其受控因素[J]. 现代地质, 2003, 17(1): 92-98.

[2] 唐文榜,刘来祥,樊佳芳,等. 溶洞充填物判识的频率差异分析技术[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(1): 41-43.  
 [3] 赵军,肖承文,虞兵,等. 轮古地区碳酸盐岩洞穴型储层充填程度的测井评价[J]. 石油学报, 2011, 32(4): 65-609.  
 [4] 张庆玉,梁彬,曹建文,等. 测井技术在奥陶系洞穴型岩溶储层识别中的应用[J]. 海洋地质前沿, 2011, 27(5): 67-70.  
 [5] 王伟佳,赵军,顾宏伟,等. 洞穴型储层的有效性评价方法研究[J]. 国外测井技术, 2011(2): 13-15.  
 [6] Loucks R G, Mescher P K, Menechan G A. Three-dimensional architecture of a coalesced, collapsed-paleocave system in the Lower Ordovician Ellenburger Group, central Texas [J]. AAPG Bulletin, 2004, 88(5): 545-564.  
 [7] 徐薇,贾振远,蔡忠贤. 碳酸盐岩古风化壳储层溶洞特征研究:以塔河油田奥陶系油藏为例[J]. 石油天然气学报, 2005, 27(1): 156-158.

(编辑 黄娟)