

四川碳酸盐岩气层 钻井完井损害的矿场检测及酸化效果评价

陈立平* 刘发洪

(四川石油管理局井下作业处)

张 志

(四川石油管理局钻采工艺研究所)

内容提要 本文采用不稳定试井方法,对川东中石炭统为主的裂缝-孔隙型气藏及川中雷一¹(T_2r_1)孔隙型气藏钻井、完井损害的矿场检测作了定量评价,预测了解除气层损害后的天然生产能力。在对酸化效果评价的基础上,提出了今后酸化工艺类型及规模的建议。

主题词 四川 碳酸盐岩气藏 地质特征 气层损害指标 钻井完井损害 矿场检测评价 解堵产量预测 酸化效果评价

气藏地质特征

川东地区石炭统(C_2)气藏及嘉五¹~嘉四³($T_1c_1^5 \sim T_1c_1^3$)气藏为低孔隙度、低渗透率储集层,储渗类型为裂缝-孔隙型,储集层的几何形态在宏观上呈层状分布,但在纵向上及横向上表现出严重的非均质性,气藏类型主要为层状单边水、断层-背斜气藏,地质模式属裂缝-孔隙型层状背斜(或断层-背斜)气藏。

川中地区中三叠统雷一¹(T_2r_1)气藏为低孔隙度、低渗透率储集层,物性变化较大,气藏类型为边水背斜型,地质模式为孔隙型层状背斜气藏。

不稳定试井软件的研制与完善 及气层损害的评价指标和标准

1. 不稳定试井软件的特点

井下作业处与成都地质学院石油系共同开发了“GDT”试井软件¹,钻采工艺研究所引进并完善了“WTC”试井软件²。

开发和完善的试井软件,适用于均质及双重介质地层模型,采用了10种诊断方法(如“MDH”曲线诊断法、Horner曲线诊断法、双对数曲线诊断法、Y函数曲线诊断法、麦金利曲线诊断法……等)。选用了常规和现代共5种压力恢复曲线的定量求参方法,即:①“MDH”法;②Horner法;③Gringarten图版匹

* 参加研究的还有江林森、窦子春、邓红霞等

** 冯文光、刘发洪等,检测碳酸盐岩气层伤害试井软件的研制及其应用 四川石油管理局井下作业处、成都地质学院石油系 1988年12月

*** 张志 窦子春 应用不稳定试井技术检测碳酸盐岩气层伤害的研究(研究试验报告) 四川石油管理局钻采工艺研究所 1990年7月

配法;④导数曲线匹配法;⑤Mckinley 图版匹配法。可求取表皮系数 S 、流动效率 FE 、附加压降损失 Δp_s^2 、伤害比 DR' ($DR' = K_s/K_f$) 及平均损害半径 $\bar{r}_s$ 等 15 种参数,并能预测气层解除损害后的天然产能。经两年多的现场实践,用井口压力计算的井底压力与实测井底压力基本一致,气层损害范围及解堵产量预测与现场实际资料基本吻合,试井解释结果与国外解释结果十分接近。

2. 气层损害的矿场评价标准

(1) 评价气层损害的指标及标准 根据压力恢复曲线解释结果,采用 S 、 FE 、 DR' 、 Δp_s^2 及 $\bar{r}_s$ 等 5 项指标来评价气层的损害情况(表 1)。

表 1 评价气层伤害指标及标准

介质类型	评价指标	代表符号	评 价 标 准		
			伤害	未伤害	激化
均质介质	1 表皮系数	S	>0	$=0$	<0
	2 流动效率	FE	<1	$=1$	>1
	3 伤害比	DR'	<1	$=1$	>1
	4 附加压力损失	Δp_s^2	>0	$=0$	<0
	5 伤害平均半径	$\bar{r}_s$	$>r_w$	$=r_w$	$<r_w$
双重介质	表皮系数	S	>-3	$=-3$	<-3
	流动效率	FE	<2	$=2$	>2

(2) 气层损害程度的判别 根据气层的流动效率及产能损失百分数 Q_{ss} 可将气层的损害程度划分为 5 个级别(表 2)。

表 2 判别气层伤害程度标准

判 别 标 准 伤害程度	判 别 指 标 流动效率 FE	产能损失 $Q_{ss}(\%)$ $Q_{ss} = (1 - FE) \times 100\%$	伤害程度分级
严重伤害	<0.2	>80	IV
较严重伤害	$0.2 \sim 0.5$	$50 \sim 80$	III
中等伤害	$0.5 \sim 0.8$	$20 \sim 50$	II
轻度伤害	$0.8 \sim 1.0$	$0 \sim 20$	I
无伤害	1.0	0	

钻井、完井作业对气层损害的矿场检测及气层损害的解除

1. 钻井作业对气层损害的矿场检测

川东及川中地区的钻井损害表现为:

(1) 川东中石炭统气藏 储层发育,物性好,位于背斜顶部及轴部的井,裂缝发育,测试产量可达 $100 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 以上,表皮系数 >20 ,平均产能损失 86.7%,属严重损害;物性较好,裂缝较发育的中等产量井(指测试产量 $20 \times 10^4 \sim 100 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$),表皮系数一般 $10 \sim 20$,产能损失平均 69.5%,属较严重损害;物性条件较差,裂缝欠发育的井,表皮系数 <10 ,产能损失 60%,属较严重损害。

(2) 川东二叠系新统气藏 裂缝发育、产量较高的井,表皮系数 7.67,产能损失 61.4%,属较严重损害。

(3) 川东嘉一气藏 物性较好,裂缝较发育的井,表皮系数 9.6,产能损失 71%,属较严重损害。

(4) 川中雷一¹ 气藏 物性中等、裂缝较发育的井,中途测试产量 $4.39 \times 10^4 \sim 5.97$

$\times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 表皮系数 9.92~10.21, 产能损失平均 71.45%, 属较严重损害。

2. 固井及射孔作业对气层损害的矿场检测

川东地区石炭统气藏的高产井(池 30 井)固井及射孔后地层渗透率下降, 表皮系数增加, 产量降低, 产能损失在钻井损害的基础上增加 4.6%。中产井(池 7 井)也有类似现象, 产能损失在钻井损害基础上增加 26.2%。对于孔隙型低渗透的川中雷一¹ 气藏, 固井及常规射孔后一般难获工业气流, 罗 2 井及磨 10 井产能损失近 100%, 在钻井损害的基础上平均增加 28.55%。

3. 修井(或压井、封井)作业对气层损害的矿场检测

四川气田的探井、评价井完井获气后, 需要进行压井(或封井), 待地面建设完成后才投入生产, 压井作业对气层造成一定损害。

川东罐 2 井中石炭统气藏, 封井三年半, 开井生产时, 表皮系数由 9.33 增至 24.57, 产能损失增加了 10%。川南沈 12 井嘉二² 气藏, 为物性好、裂缝发育的高产井, 压井仅 6d, 产能损失增加 3%。罐 4 井及卧 83 井阳新统气藏, 压井后产量比完井投产时降低了 50%~90%, 表明对裂缝性气藏, 泥浆压井对气层的损害也是严重的。

4. 增产措施不当对气层的损害

川中磨 13 井雷一¹ 气藏是酸液配方不当引起损害的例子。该井射开雷一¹ 气藏、用 18.5 m^3 的常规酸酸化后, 测试产量为 $0.75 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 第二次用 37.9 m^3 常规酸酸化后, 测试产量降为 $0.4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 其原因是酸液配方不当, 因雷一¹ 储层为粒屑溶孔云岩, 含 2%~5% 的石膏, 使用的酸液配方, 不能抑制石膏的溶解, 在排酸过程中, 石膏产生二次沉淀而造成了损害。

5. 钻井、完井作业对气层损害的程度和范围

(1) 损害程度分析 钻井、完井作业对储层发育、物性好及裂缝发育的高产井, 造成严重损害。对储层较发育、物性较好及裂缝较发育的中、低产井, 造成较严重损害。对于孔隙型低渗透气藏, 钻井、完井造成严重损害, 常规射孔后, 一般难获工业气流。

(2) 损害范围分析 川中雷一¹ 孔隙型低渗透气藏, 钻井、完井损害的平均半径一般 $< 0.2 \text{ m}$ (介于 0.12~0.3m 之间)。

川东中石炭统裂缝-孔隙型气藏, 由于其基质的物性条件较川中雷一¹ 差, 基质的平均损害半径应 $< 0.2 \text{ m}$ (可以认为 0.15m), 但其微裂缝的损害半径可能为基岩的数倍, 甚至 10 倍以上, 我们估计, 川东中石炭统气藏的损害范围在 0.5~2m 之间。

6. 气层损害的解除

(1) 酸化是解除气层损害最有效措施 钻井完井作业对四川碳酸盐岩气层的损害是严重和比较严重的。但若各个环节都注意对气层的保护, 造成的损害便可通过酸化措施来解除。

实践证明: 川东地区中石炭统气藏, 采用 40 m^3 的常规酸酸化(每米有效储层 2~ 2.5 m^3), 可基本解除损害; 采用胶凝酸酸化措施, 除可完全解除损害外, 还有一定改造作用。川中雷一¹ 气藏采用 20 m^3 的常规酸酸化, 可基本解除损害; 采用 SD5-3 抗石膏酸压裂酸化, 除完全解除损害外, 对储层有一定改造作用。

(2) 气井生产可解除部分损害 采气过程中, 由于生产压差较大, 对浸入气层的液体及固体颗粒是一种很大的外排驱动力, 随着气流的产出, 气层损害有一定程度降低。川东中石炭统气藏 6 口井统计表明, 采气过程中, 可使产能损失恢复 25%。

(3) 负压深穿透射孔对气层损害的影响 川中地区雷一¹ 气藏引进负压深穿透射孔技术获得成功, 每口井射孔后都获工业气流,

经 5 口井统计表明,可恢复产能损失 54.95%。

该项射孔技术同川中小型常规酸化相比,后者用来解除损害效果更好。

保护气层钻井、完井配套 技术矿场试验检测

1. 试验简况

1989 年 6 月~1990 年 10 月,先后在川东地区成 28 井、云和 1 井、天东 2 井、池 30 井及七里 17 井的中石炭统气藏,进行了保护气层钻井完井技术的矿场配套试验。试验内容有:近平衡钻井技术、保护气层钻井完井液、保护气藏的固井水泥及外加剂、保护气层的完井技术、碳酸盐岩气层压裂酸化工艺技术和应用不稳定试井检测碳酸盐岩气层损害检测技术等。通过 5 口井 14 条件压力恢复试井资料的处理分析,对各作业阶段对气层造成的损害及解除损害的办法有了较深刻的认识,用大量科学数据证明该配套技术是成功的。

2. 配套试验井地质特征

五口井位于背斜顶部或轴部,储层较发育,I、II、III类储层累计厚度 $>10\text{m}$,裂缝及溶洞较发育,被损害后的地层渗透率一般 $>1 \times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。

3. 配套试验井对气层损害的矿场检测

(1)钻井作业的损害 云和 1 井、池 30 井及七里 17 井检测结果表明,气层被损害后,表皮系数为 28.36~24.05,产能损失 88.4%~78.8%,平均损害半径 0.10~0.16m,为严重—较严重损害。

(2)射孔及固井作业的损害 池 30 井及七里 17 井检测结果表明,由于完井作业,使气层受到进一步损害,地层渗透率下降,表皮系数增高;损害半径增大,产能损失在钻井损害的基础上增加 4.6%。

(3)压井作业的损害 三口井的检测资

料表明,较短时间的泥浆压井,都将对气层造成不同程度的损害,云和 1 井压井 2 天,产能损失增加 1%,池 30 井压井 6 天,产能损害增加 9.53%,七里 17 井压井 3 天产量明显下降。

4. 解堵产量预测与气层损害的解除。

(1)解堵产量预测 有 4 口井在酸化施工前进行了地质论证,根据试井解释结果作了解堵产量预测。成 28 井预测天然产能为 $20.54 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$,七里 17 井为 $38.82 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$,云和 1 井及池 30 井的产能分别为 $97.29 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 及 $147 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$,并指出,由于后两口井有高导缝切割井筒,当裂缝损害解除,天然产能将超过预测值。4 口井经过胶凝酸压裂酸化后,测试产量与预测值基本吻合。

(2)气层损害的解除 ①常规酸酸化。天东 2 井用 40m^3 常规酸酸化后,气层损害基本解除,酸化后增产气量 $67.96 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$;②胶凝酸酸化。前述 4 口井采用胶凝酸压裂酸化后,不仅完全解除了气层损害,还对气层有明显的改造作用,获得了较高的增产。4 口井施工后,地层渗透率增高,表皮系数由 18.62~51.91 降为 $-0.32 \sim -1.469$,单井增产气量 $18.59 \times 10^4 \sim 103.58 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。

压裂酸化地质选井选层 及酸化效果评价

1. 压裂酸化地质选井选层及验证

两年多来,我们对酸化施工的 20 井层进行了前期论证,包括地质情况分析、试井资料求参及解堵产量预测,为工艺设计提供了地质依据,经酸化措施验证,取得了满意的效果。

以卧 94 井为例,该井是中石炭统气藏的开发生产井,经小型酸化后投产,1988 年 9 月 27 日进行压力恢复试井作业,试井前产气量为 $6.3 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ 。经试井资料解释,该井

还有中等损害,预测气层损害解除后的产气量为 $7.8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。1989年3月21日进行前置液压裂酸化后,产气量为 $8.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。据此分析,该井解堵增产 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,占 88.2%,改造增产 $0.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,占 11.8%。

2. 酸化措施的效果评价

(1) 川东地区中石炭统气藏 储层发育、物性好及裂缝发育的高产井,钻井、完井作业对气层造成严重损害,射孔后有一定产能,一般为 $5 \times 10^4 \sim 20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,采用 40 m^3 酸的常规酸化后,气层损害大部分解除,增产 4 倍

以上,单井增产 $85.28 \times 10^4 \sim 112.94 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ (表 3);储层较发育、物性较好及裂缝较发育的中产井,钻井、完井作业对气层造成较严重损害,采用 $20 \sim 40 \text{ m}^3$ 常规酸及降阻酸酸化,可解除损害,使气井增产 1~4 倍,单井增产量为 $8.6 \times 10^4 \sim 24.81 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$;对于储层较发育、物性较好及裂缝欠发育的低产井,钻井、完井作业使气层造成较严重损害,采用 $20 \sim 30 \text{ m}^3$ 的常规酸及降阻酸酸化可解除损害,使气井增产 1 倍,单井增产量为 $5.15 \times 10^4 \sim 9.32 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

表 3

川东及川中地区酸化效果评价表

地区	井类	井数	井号	酸类型 酸浓度 % 川酸量 m^3	试井		解 释		测试产量 ($10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)	增产产量 ($10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)	产能损失 Q_m (%)	产能恢复 (%)
					介质类型	K_{r} ($10^{-3} \mu\text{m}^2$)	S	FR				
川东地区	高产井	4	池 20、22、 大东 1、 峰 6	酸化前	均质、有高导 缝切割井筒	0.598~ 2.517	20.06~ 61.82	0.049~ 0.194	5.25~ 26.53		80.6~95.1 平均 90.18	
				常规酸酸化后 (17.1% ~20%) $\times 40 \text{ m}^3$	均质、有高导 缝切割井筒	3.078~ 6.65	0.56~ 1.63	0.733~ 0.889	102.09~ 121.18	85.28~ 112.94 平均 95.90	11.1~26.7 平均 16.98	73.20
	中产井	7	成 9、13、 18、20、 成 27、 张 5、池 31	酸化前	均质	0.225~ 2.28	一般 7.67~ 18.34	0.127~ 0.541	1.39~ 24.2		45.9~87.3 平均 68.52	
				常规酸 20%、 17.6~39.4 m^3 及 降阻酸酸化后	均质及双 重介质	0.98~ 6.08	0~ -3.03	>1.0	17.2~ 43.4	8.6~24.81 平均 18.43	0	68.52
	低产井	6	成 4、21、 32、卧 77、 59、张 14	酸化前	均质	0.059~ 1.05	2.4~ 8.21	0~ 0.678	一般 ~6.58		100~48.0 平均 55.93	
				常规酸 18~30 m^3 及 降阻酸酸化后	均质为主	0.129~ 4.05	-0.61~ -3.62	>1.0	5.15~ 15.90	5.15~9.32 平均 7.02	0	55.93
川中	孔眼型	8	磨 18、 21、12、 17、19、 20、55、 108	常规酸化后 20% $\times 20 \text{ m}^3$	均质	0.200~ 1.436	一般 -1.25 ~-2.54	一般 >1.0	1.64~ 6.21	1.5~ 6.0	5	95
				酸化前	均质、双重	0.252~ 1.69	一般 1.29 ~15.19	一般 0.311 ~0.806	1.34~ 2.42		19.4~68.9 平均 45.05	
		6	孔 85、 53、60、 27、63、 70 ¹⁾	常规酸 20 m^3 及抗石 膏酸、降阻酸酸化后	均质、双重	0.214~ 1.897	-2.46~ -3.92			0.3	0	45.05

1) 为负压及负压深穿透射孔井。

(2) 川中雷一¹ 气藏 钻井、完井作业对气层造成严重—较严重损害,常规射孔后一般难获工业气流,用 20 m^3 常规酸酸化,大部分井层解除了损害,测试产量为 1.64×10^4

$\sim 6.21 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,已酸化井,采用抗石膏酸压裂酸化,仍能获得 $0.3 \times 10^4 \sim 0.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 的增产效果;采用负压及负压深穿透射孔的井,射孔后获气 $1.34 \times 10^4 \sim 2.42$

$\times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 仍有中等程度的损害, 采用 20 m^3 常规酸、降阻酸及抗石膏酸酸化可全部解除损害。

3. 酸化工艺类型及规模的建议

(1) 污染损害井层 储层发育、物性好、裂缝发育或较发育的高、中产井层, 由于钻井、完井作业对气层造成严重至较严重损害, 酸化的目的是解除污染损害, 恢复气井的天然产能。川东中石炭统气藏及嘉五¹~嘉四³气藏, 宜采用 40 m^3 的常规酸酸化(每米储层 $2 \sim 2.5 \text{ m}^3$ 酸), 一般可获得 2 至 10 倍的增产量。川中雷一¹气藏宜采用 $20 \sim 40 \text{ m}^3$ 的抗石膏酸酸化, 即可解除损害, 恢复气井的天然产

能(表 4); 储层较发育、物性条件较好、裂缝较发育的中、低产井(包括开发生产井)污染损害中等, 酸化的目的同前。对新井或老井新层, 宜采用 $30 \sim 40 \text{ m}^3$ 的常规酸酸化, 即可解除损害, 获得 1 倍以上增产。对于老井(开发生产井)宜采用 $50 \sim 80 \text{ m}^3$ 的降阻酸及泡沫酸酸化, 解除损害获得增产; 试采过程中, 气层损害未完全解除的开发井, 酸化的目的首先是解除气层损害, 其次是近井地带改造。对于气层压力高于静水柱压力井层, 解除损害可使用 $50 \sim 80 \text{ m}^3$ 的降阻酸酸化, 当进行近井地带改造时可采用胶凝酸或前置液压裂酸化。对于低压开发井, 宜采用泡沫酸酸化。

表 4 川东及川中酸化工艺类型及规模建议表

井类	伤害程度	伤害指标	地质特征	井别	施工目的	工艺类型建议	酸 量		适用地区及层位
							酸液量 (m^3)	每米用酸量 (m^3/m)	
污 染 伤 害 井	严重	$S > 20$ $Q_m > 80$	储层发育、物性好、裂缝发育的高产井、中产井	新井新层 老井新层	解堵	常规酸化	40	$2 \sim 2.5$	川东 C_2, P_1^3 $T_{1c}^{5-1} \sim T_{1c}^{4-3}, T_2$
						抗石膏酸酸化	$20 \sim 40$	2	川中 T_{1c}^{1-1}
	较严重	$S = 10 \sim 20$ $Q_m = 50 \sim 80$	储层较发育、物性较好裂缝发育的中产井	新井新层 老井新层	解堵	常规酸化	40	$2 \sim 2.5$	川东 C_2, P_1^3 $T_{1c}^{5-1} \sim T_{1c}^{4-3}, T_2$
						抗石膏酸酸化	$20 \sim 40$	2	川中 T_{1c}^{1-1}
	中等	$S = 5 \sim 15$ $Q_m = 20 \sim 50$	储层较发育、物性裂缝较好的中、低产井	新井、 老井新层	解堵	常规酸化	$30 \sim 40$	2	川东 C_2 $T_{1c}^{5-1} \sim T_{1c}^{4-3}$
				老井	解堵	降阻酸、泡沫酸酸化	$50 \sim 80$	$2 \sim 3$	川东
	轻度	$S < 10$ $Q_m < 20$	经过试采、伤害未完全解除	老井, 压力较高	解堵、近井地带改造	降阻酸酸化、泡沫酸 胶化酸、前置液酸化	$50 \sim 80$ >100	$2 \sim 3$ $3 \sim 5$	川东 C_2 $T_{1c}^{5-1} \sim T_{1c}^{4-3}$
				老井, 压力低	解堵	泡沫酸酸化	$50 \sim 100$	$3 \sim 5$	川东 C_2 $T_{1c}^{5-1} \sim T_{1c}^{4-3}$
无 伤 害 井	无	$S > -3$ $K_a/K_t < 5$	均质及 双重介质井层	老井	近井地带改造	胶化酸 前置液	>100 >100	$3 \sim 5$ >5	川东 C_2 $T_{1c}^{5-1} \sim T_{1c}^{4-3}$
	无	$S > -3$ $K_a/K_t > 5$	垂直裂缝发育井层	老井	攻关试验	前置液 (常规酸、胶化酸)	>100	>5	川东 C_2 $T_{1c}^{5-1} \sim T_{1c}^{4-3}$
	/	/	川东 C_2 气藏翼部低渗井	新井、及老井新层	深部改造	前置液 (常规酸、胶化酸)	>100	>5	川东 C_2 $T_{1c}^{5-1} \sim T_{1c}^{4-3}$
低 渗 井	/	/	川中 T_{1c}^{1-1} 气藏低渗井	新井	深部改造	前置液 (抗石膏酸、胶化酸)	>100	>5	川中 T_{1c}^{1-1}

(2) 无损害井层 经过解堵酸化后, 气层损害已解除的均质及双重介质井层, 当表皮系数 > -3 , 且井筒区渗透率与地层渗透率比

值 < 5 时, 其酸化目的是近井地带改造, 宜采用较大酸量的胶凝酸或前置液压裂酸化; 经过解堵酸化后, 气层井筒区渗透率大于地层

异常高压气藏新模型 及其在储量计算中的应用

胡 述 清

(四川石油管理局川西南矿区)

内容提要 本文在考虑了地层束缚水压缩率作为压力的函数而变化的基础上,为异常高压气藏建立了一个更为严谨的数学模型,求解并得到了新的压降方程和储量计算方法。实例计算表明,此方法与现有方法相比,可使储量计算精度提高10%左右。

主题词 异常高压气藏 数学模型 压降方程 储量计算

一般将原始压力梯度为 $0.97 \times 10^{-2} \sim 1.13 \times 10^{-2} \text{MPa/m}$ 的气藏称为正常压力气

藏,这类气藏天然气的采出主要靠自身的弹性膨胀作用。原始压力梯度 $> 1.13 \times 10^{-2}$

渗透率5倍时,一般有垂直裂缝切割井筒,对这类井层需开展压裂酸化新工艺试验。

(3)低渗井层 川东地区中石炭统气藏翼部的低渗井,射孔及常规酸化后产量较低,需进行深部地层改造才能投产,宜采用 100m^3 以上的前置液压裂酸化;川中雷一¹气藏为低渗透、低产气藏,需进行深部地层改造,才能提高产能,宜采用前置液(抗石膏酸及胶凝酸)压裂酸化。

结 语

(1)钻井作业对气层的损害随超平衡压差的增大、泥浆浸泡时间的增长及储层物性条件的变好而增加。固井及射孔作业的损害受射孔条件及气层物性条件的制约,即随着物性条件变差、损害越严重,损失产能越大。

(2)不同气藏损害的矿场检测结果

川东地区中石炭统气藏:裂缝发育物性好的高产井,钻井作业使产能损失86.7%,

固井及射孔作业,在钻井损害的基础上,又增加产能损失5%~10%;裂缝较发育,物性较好的中、低产井,钻井作业使产能损失70%~60%,固井及射孔作业在钻井损害的基础上又增加产能损失10%~15%。故压井作业对气层有明显损害。

川中地区雷一¹气藏:该类孔隙型低渗透气藏,钻井作业使产能损失71.45%,固井及常规射孔作业在钻井损害的基础上,又增加产能损失10%~20%。

(3)现有的保护气层的钻井完井技术,虽然对气层造成严重—较严重损害,但损害范围不大,采用常规酸化可基本解除损害,采用胶凝酸压裂酸化解除损害外,对气层有明显改造作用。

(4)解除损害后天然产能的预测成功,为酸化工艺类型的选择及规模的确定提供了科学的依据。

(本文收到日期 1991年5月30日)

width versus permeability, classification of reservoir rock.

Wang Shiqian and Zhang Fulin: Geochemical Characteristics of the Terrigenous Organic Matter in Lower Tertiary in Chaluhe Depression of Yilan-Yitong Graben, NGI 11(5), 1991: 13~20

Adopting various geochemical analysis techniques including extract data, saturated hydrocarbon chromatography, kerogen microscopic observation, vitrinite reflectance, elemental analysis, infrared spectroscopy and stable carbon isotope assay, as well as Rock-Eval pyrolysis chromatography and pyrolysis-gas chromatography analyses, etc., the authors discuss the geochemical characteristics of the terrigenous organic matter in the dark mudstones of Lower Tertiary in Chaluhe Depression and tentatively inquire into the probability of generating oil and gas from it. The result shows that the Lower Tertiary exinite-rich dark mudstones below 2700—2800m are the good source rocks in Chaluhe Depression. It is prospective to explore high-wax oil, light oil, condensate and natural gas in this region.

Subject Headings: Songliao Basin, Yilan-Yitong Graben, Chaluhe Depression, Lower Tertiary, terrigenous organic matter, petroleum, natural gas, geochemical characteristic.

Qin Jianzhong, Guo Shuzhi and Wang Dongliang: Geochemical Characteristics of Suqiao Coal-Formed Gas Field and Their Contrast, NGI 11(5), 1991: 21~25

In this paper, through contrasting the gas (oil) sources it is found that the natural gas and condensate in Suqiao Gas Field can be well comparable with the adsorbed gases, freon and chloroform extracts from the coal rocks of Carboniferous-Permian. Thereby, it is confirmed that the natural gas and condensate in this area are from the median-evolution coal series of Carboniferous-Permian.

Subject Headings: North China Basin, Suqiao, natural gas, geochemical characteristic.

Zhao Liangxiao: Application of Log Information to the Study of Carbonate Reservoirs in Sichuan Basin. NGI 11(5), 1991: 26~30

The content of this paper dittoes the one of last issue.

Chen Liping, Liu Fulong and Zhang Zhi: Detecting the Damage by Drilling and Completing Operation at Work-Site and Evaluating the Results of Acidizing for the Carbonate Gas Reservoirs in Sichuan. NGI 11(5), 1991: 31~36

In this paper, the quantitative evaluation of on-the-spot detections of the damage by drilling and completing operation for the fracture-pore type gas reservoirs in eastern Sichuan which mainly belong to Middle carboniferous Series and the Lei 1-a pore type gas reservoirs in central Sichuan are done by using transient testing method, the gas productivity after the damage having been removed is forecasted and some proposals for the type and scale of acidizing technology from now on are made on the basis of evaluating acidizing results.

Subject Headings: Sichuan, carbonate gas reservoir, geological features, damage index of gas-bear-

ing formation, damage by drilling and completing operation, evaluation of detecting at work-site, forecast of production after damage removal, evaluation of acidizing result.

Hu Shuqing: **A New Model of Gas Reservoir with Abnormally High Formation Pressure and Its Application to Reserve Calculation**, NGI 11(5), 1991: 37~41

Based on considering the variety of the compressibility of formation connate water as a function of pressure, a more precise mathematical model is set up for the gas reservoir with abnormally high formation pressure and through solving, a new pressure drop equation and a new reserve calculation method are obtained. It is indicated through calculating an example that this method compared with the available method, the precision of reserve calculation can be raised about 10%.

Subject Headings: gas reservoir with abnormally high formation pressure, mathematical model, pressure drop equation, reserve calculation.

DRILLING/PRODUCTION TECHNOLOGY AND EQUIPMENT

Li Jian, Xiang Xingquan and Luo Pingya: **Amphoteric Composite Ion Polymer Mud Additive and the Indoor Study and Field Application of Mud System**, NGI 11(5), 1991: 42~49

The action mechanism of the viscosity-reducing agent and filtration-reducing agent of amphoteric composite ion type is different from present polymer viscosity-reducing agent. It can strengthen the inhibitive property of mud and optimize rheological parameters while the rheological property of mud is regulated. It was proved by field applications and obvious effect was obtained.

Subject Headings: amphoteric composite ion, polymer, mud system, rheological property.

Liu Changsheng: **Horizontal Drilling Is the Important Strategy for Developing Petroleum Industry in Foreign Countries**, NGI 11(5), 1991: 50~52

Horizontal drilling which is considered now as the strategy for strengthening production in petroleum industry in the world is getting more and more spectacular in international drilling circles. In this article, the rapidly developing horizontal drilling technique, geological demonstration and economic evaluation etc. are briefly introduced.

Subject Headings: horizontal well, drilling technique, geological demonstration, economic evaluation.

Jiang Wei: **Extremely Difficult Cluster Drilling in SZ 36—1 Oil Field in Liaodong Bay**, NGI 11(5), 1991: 53~57

The Situation about cluster drilling on A II platform at the experimental area in SZ 36—1 oil field in Liaodong Bay is presented in this article. The well has a shallow deviating point, a large horizontal departure, a big deviation angle and a long open hole, the formation is loose and unconsolidated,