

一九七九年全国油田开发技术座谈会报告集

采 油 工 艺

石油工业出版社

TE 35
2
3

一九七九年全國油田開發技術座談會報告集

采 油 工 艺



工業出版社

713953

目 录

提高压裂酸化工艺水平, 为油气田高产稳产做出更大贡献

.....北京石油勘探开发研究院 朱兆明 (1)	
任丘油田酸化处理效果研究.....华北石油会战指挥部 (29)	
选择性压裂技术.....大庆油田采油工艺研究所 (42)	
注水井选择性酸化技术.....大庆油田采油工艺研究所 (50)	
水玻璃加氯化钙堵水技术.....大庆油田采油工艺研究所 (52)	
活性稠油堵水.....新疆石油管理局油田研究所 (59)	
搞好测试找水堵水, 确保油田高产稳产.....大庆油田生产办公室 (63)	
可调零梯度井温仪.....吉林油田井下采油工艺研究所 (71)	
SW-140 型热及金属井下温度计.....江汉石油管理局采油处 (76)	
井温测井在抽油井中找水及压裂选层等方面的应用.....大港油田井下地球物理站 (79)	
抽油机井用测液面方法进行不关井及短关井测压.....长庆油田勘探开发研究院开发室 (86)	
抽油机井不起泵测压工艺.....江汉石油管理局油田处 (95)	
裸眼深井77-1型电缆涡轮流量计.....华北石油会战指挥部油田指挥部采油地质工艺研究所 (103)	
双道微井径仪试验、应用小结.....吉林油田井下地球物理队 (110)	
庆752-2型水力压缩式封隔器.....大庆油田采油工艺研究所 (115)	
庆755-2型水力压缩式封隔器.....大庆油田采油工艺研究所 (121)	
江756-2型水力压缩式封隔器.....江汉石油管理局 (128)	
671型裸眼封隔器在灰岩油田的应用.....华北任丘油田研究所 (132)	
大港油田防砂技术.....华北石油会战指挥部大港油田 (138)	
孤岛油田防砂技术.....胜利油田孤岛指挥部科研大队 (149)	
LCJ 5/38 型链条抽油机.....胜利油田钻采工艺研究所 (157)	
L型无游梁长冲程抽油机.....吉林油田井下采油工艺研究所 (163)	
增大抽油杆冲程的旋转驴头抽油机.....吉林油田井下采油工艺研究所 (168)	
大港油田原油常温输送.....大港油田 (173)	
克一独输油管道是怎样实现常温输送的.....新疆石油管理局输油管理处 (177)	



提高压裂酸化工艺水平

为油气田高产稳产做出更大贡献

北京石油勘探开发研究院 朱兆明

自从1955年在玉门油田开始油井压裂试验,1958年在四川开始气井酸化处理以来,压裂酸化工艺在我国已有二十几年历史,对我国石油工业持续跃进起了积极作用。原石油化工部和石油部曾于1973年、1975年、1978年,连续三次召开全国性的压裂酸化会议,总结交流经验,促进了工作发展,到1978年止,累计进行压裂酸化45,527井次,增产原油1,134万吨,增产天然气80亿米³,1978年全年共进行压裂酸化5,927井次增产原油247万吨(见表1)。

1978年全国各油田酸化压裂工作虽然取得了很大成果,但是发展情况很不平衡,压裂效果差距很大,有的油田压裂设备利用率很低,低渗透油气田的压裂酸化工艺技术还没有过关,另外,有关酸化压裂的基础研究工作开展的不够,压裂酸化工艺水平总的讲是比较低的,为适应石油工业发展的需要,有待提高。

一、关于中深井、中低渗透性砂岩油层的压裂问题

(一)概况

中深井、中低渗透油层解堵性压裂已发展成一套比较完善的工艺,收到显著开发成效,具有国际先进水平。对于井深在2000米以内的中渗透和中低渗透(低渗透偏高、几十个毫达西以上)油层进行解堵性作业,作业规模比较小(单层加砂量不超过10米³),处理范围局限于近井地带,作业目的是要消除油层堵塞,相应的改造近井地带的渗透性,提高处理展段的吸水 and 出油能力。这套工艺以大庆为代表,经过2900多井次、5600多层段的大量实践,工艺上已经成熟,效果十分显著,对于大庆油田保持高产稳产发挥了作用。

(二)压裂酸化工艺是油气田开采必不可少的战略性措施

压裂酸化工艺可以分层(分层段)有选择地改造油层、提高注水效果,挖掘油层分层的生产潜力,因而可以保持油田高产稳产,提高最终采收率,是对付不均质油田的战略性措施。

为了争取油田能够高产稳产,我国多数油田采用了注水开发的方式。目前全国87%产量来自注水开发油田。对于注水开发油田要求产量达到方案设计的最高年产量后,尽可能长时间的保持高产稳产,使我们有可能在高产期间采出较多储量。目前我国已开发油田,有的高产稳产的状况好,有的比较差,其原因除去油层压力能否保持在较高水平之外,对待油层不均质问题的采油工艺技术的完备程度是一个关键。

油层不均质问题历来是油田高产稳产的一个主要问题,无论多油层油藏,或块状厚层油藏,纵向上的渗透性都存在显著差异。如表2所示的是大庆油田的纵向不均质情况。

此外,还有些含油砂层有效渗透率在30毫达西以下。

这一差异使注水井内吸水剖面和生产井内的出油剖面上也存在着十分明显的差异。有的层段吸收了注入水量的大部,有的则吸收很少,甚至根本没有吸水。在生产井内也存在同样

1978年全国各油田压裂酸化情况表

表1

数 量 油 田	内 寄	压裂酸化 总数 (台)	压裂酸化 车组数 (组)	1978年完成 油水井压裂酸化 井次	每个车组 平均完成 压裂酸化 井次	压裂 车组 (组)	1978年完成 压裂 (井次)	1978年完成 压裂 (井次)	油水井 压裂总 井次	平均单组 压裂 油水井 (井次)	1978年增产 油量 (万吨)	1978年增产 油量 (万吨)	1978年增产 油量 (万吨)	压裂后第一个月内 平均单井日增产 (吨/日)
全		518	50	6990	139	32	4598	428	5024	157	246	535	3538	17.5
大庆		57	5	821	162	4	424	90	514	129	450.2	3538	17.5	17.5
华北		76	6	357	60	4	147	2	149	37	3.85	37	3.85	3.85
胜利		30	2	975	487	1	228	160	388	388	30	954	10.5	10.5
辽河		35	3	372	124	2	110	70	180	90	3.2	291	8.5	8.5
吉林		28	3	738	252	3	673	4	677	225	7.37	109	1.3	1.3
新疆		38	4	1342	335	4	1256	49	1305	328	55.5	442	2.08	2.08
江汉		43	3	154	51	1	32	6	38	38	0.71	220	7.8	7.8
玉门		20	3	524	174	3	487	14	501	167	2.2	45	1.7	1.7
青海		12	2	183	91	2	155	11	166	83	0.5			
河南		15	1	36	36	1		20	20	20				
四川		89	10	323	32	2	24	24	24	12				
江苏		12	1	53	53	1	8	8	8	8				
大庆		59	6	910	151	6	883	2	885	147	0.38			
长		4	1	164	164	1	164		164	164				
延														

表2

大庆油田油层渗透率分级表

油 层 分 类	有 效 渗 透 率 (毫达西)	渗 透 率 比 值
高 渗 透 层	500~1200	1
中 低 渗 透 层	300~500	1/2
低 渗 透 层	100~300	1/4
特 低 渗 透 层	30~100	1/12

情况,有的层段承担了油井产量的大部,有的则出油很少,甚至根本没有工作(图1所示为大庆油田东3-8井吸水剖面图,图2为玉门973井吸水剖面图)。这种差异加上油层在横向上的不均质性,反映在油层内部就是水线推进和油层水淹厚度的显著差异。在开发过程中高渗透的高产层,很自然的容易成为高压高含水层,干扰其它油层正常生产,就是说当油井含水已经比较高的时候,实际上出水的层段只是少部分高渗透层段,储量的动用程度还很低,存在调整挖潜的物质基础,需要从工艺技术上改变这种开发状况。大庆油田在开发十五年后,油田综合含水已达30.7%。但是,经过大量的找水测试、检查并取芯以及其它地下调查工作,发现只有1/3的储量动用的好,1/3较差,还有1/3基本没有动用,所以大庆人提出高产上×千,稳产再十年的目标,体现了科学,体现了现代工艺技术,也体现了雄心壮志。图3所示为大庆油田南2-5检-32井密闭取芯检查油层水淹情况图;图4为大庆油田中检4-24井密闭取芯检查油层水淹情况图。

应用分层压裂酸化工艺可以提高分层段的吸水能力,改善吸水剖面,提高注水效果。也可以压开生产井内的中低渗透层和主力油层平面上变差部位,以及厚层内未见水层段,改善出油剖面。图5为大庆油田新7-8井压裂前后吸水剖面变化;图6为大庆油田北I-1-50井压裂前后出油剖面变化图。

从大庆油田压裂前后分层测试结果可以看出,中渗透和低渗透油层压裂以后的采油强度超过了高渗透层的采油强度,所以水力压裂酸化工艺在油井、注水井相对应的使用,可以减缓层间差异,挖掘油层的分层(分层段)生产潜力,有效地改变油田的开发状况(表3)。

(三)压裂酸化工艺的应用

成功的应用这一套工艺,应当注意:

1. 注水井和油井必须分层、分段地进行压裂,压裂对象以中低渗透层为主(图7,逐级释放压裂管柱图)。
2. 油井、注水井相应地进行压裂酸化,并优先考虑注水井。
3. 以压裂为主,结合配产配注、堵水作业进行综合措施,打总体仗,对井组、区块进行综合调整。
4. 在油井、注水井压裂以前,必须进行分层测试,搞清楚分层(分段)的吸水量、产液量、产油量,选准压裂层段。
5. 这套工艺和暂堵剂配合使用,可以在厚层内避开见水层段进行“细分层”压裂,也可以在分层之间隔层过薄时进行选择性的压裂,补充封隔器之不足处。
6. 这套工艺和不压井装置配套使用可以保护油层免遭损害,大大掘高了压裂效果。

(四)推广和发展大庆油田一整套分层压裂酸化工艺(酸化主要用于注水井中),搞好老油

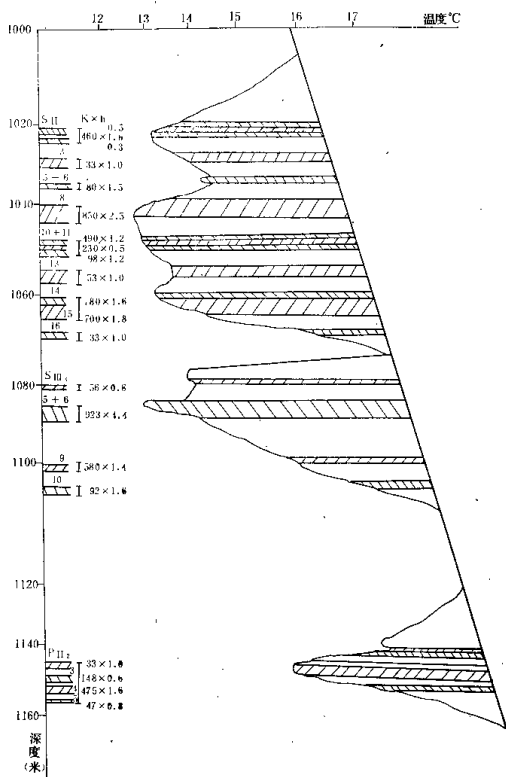


图1 大庆东3-8井吸水剖面图

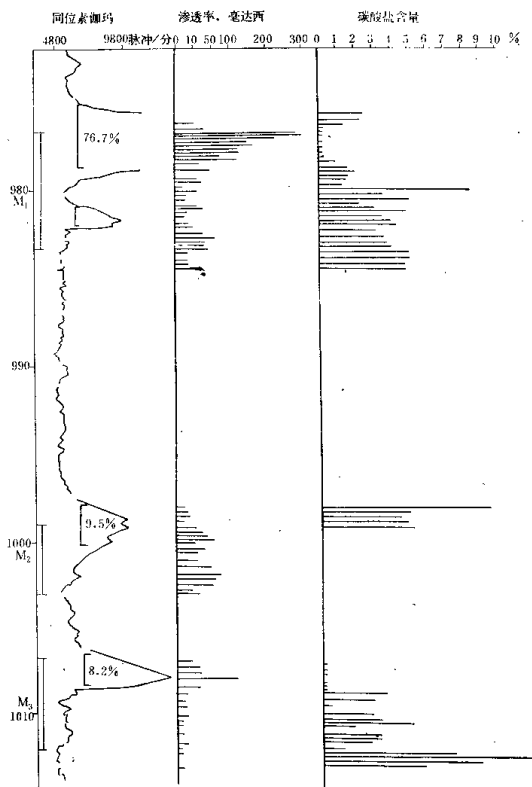


图2 玉门973井吸水剖面图

序号	层位名称	有效厚度, 米	孔隙度, %	集油效率, %	水淹厚度, 米	空气渗透率 毫达西
1	S II ₂₋₁	2.1	28.9	61.7		754
2	S II ₂₋₂₊₃	0.4	27.5	39.5		681
3	S II ₄₋₂	0.4	29.1			238
4	S II ₅₋₁	1.0	30.1			541
5	S II ₂₋₂	0.3	28.0			262
6	S II ₈₋₁	0.3	23.5			510
7	S II ₆₋₂	0.8	30.2			961
8	S II ₁₁	0.5	33.1			2310
9	S II ₁₀	2.5	30.9	43.8		2821
10	S II ₁₁₋₂	0.6	29.6	35.6		2703
11	S II ₁₃	1.2	25.6			
12	P I ₂₋₁	3.5	25.7	33.0		1206
13	P I ₂₋₂	1.3	27.0			461
14	P I ₂₋₂	0.5	28.0			576
15	P I ₁₋₂	1.6	27.1	36.0		621

图3 南2-5 检-32 井 密闭取芯情况图

层段	有效厚度 米	空气渗透率 毫达西	驱油效率, %			
			25	50	75	100
1	2.2	723	3.8			
2	1.9	2862	0.8			
3	2.7	4770	0			
4	1.4	8915	50.1			
全层	8.2	4156	22.2			

图4 中检 4-24 井密闭取芯情况图

层段	压裂前层段吸水百分比, %						压裂后层段吸水百分比, %					
	10	20	30	40	50	60	10	20	30	40	50	60
砂层及以下	53.3%						40.0%					
砂层2-4							18.0%					
砂层10-10	46.7%						41.9%					

图5 注水井新7-8井压裂前后吸水剖面变化图

表3

大庆油田各层压前后采油强度对比表

项 目		低渗透薄层 <10~30 毫达西	低渗透层 300~30 毫达西	中渗透层 300~500毫达西	高渗透层 大于500 毫达西
统计井数 (口)		4	45	18	12
统计层数 (层)		4	65	24	14
射开厚度 (米)		17.3	244.1	150.0	126.3
单 层 产 量 (吨/口)	压 前	1.3	4.2	9.5	17.6
	压 后	4.8	11.6	24.9	38.7
	增 加 值	3.5	7.4	15.4	21.1
按 算 射 采 开 油 厚 度 强 度 折 度 (吨/日·米)	压 前	0.29	1.11	1.51	1.96
	压 后	1.11	3.09	3.98	4.22
	增 值	0.82	1.98	2.47	2.26
压前压 后采油 强度比 倍 数		3.7	2.76	2.62	2.2

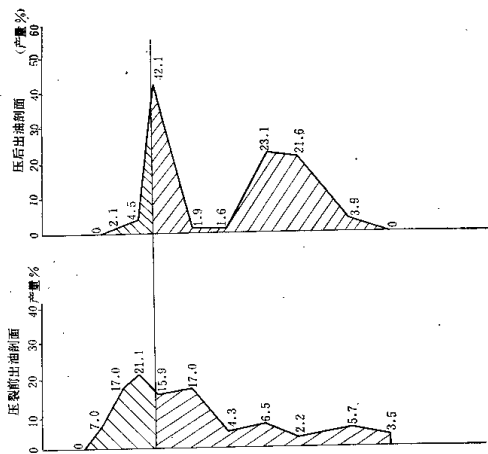
田调整挖潜。

大庆油田这套经验对于中深井多油层油田的高产稳产具有普遍的现实意义，对于深井多油层的油田也有重要的指导意义，全国油田不少开发区或井组推广此项经验后，收到显著效果，但各油田的压裂效果差距很大。1978年全国压裂增产246万吨，大庆占150.2万吨，新疆25.5万吨，胜利30万吨，辽河和大港各只有3万多吨；平均单井日增产油量大庆是17.5吨，胜利10.5吨，辽河8.5吨，大港4吨，新疆只有2吨多。

压裂增产效果低，原因主要在于：

1. 注水工作跟不上油田需要，油层压力水平低，大庆油田开发18年，油层压力保持原始压力水平，因此压裂后，能够增产并保持稳产。油层压裂增产需要两个最基本条件，一是地层有压力，二是地层内有油。油层压力不能保持在较高水平是目前不少油田的根本性差距，如辽河兴隆台沙河街油层总压降达120~130大气压，大港、港中的沙河街油层总压降85~150大气压，这样的油田很容易产生“压裂”就是“压死”的后果。

2. 选层上存在盲目性。应当承认，目前全国已开发油田，总的讲油层的动用程度不高，水淹局限于一部分高中渗透性层段，调整挖潜的物质基础是充分的，但是从哪些层段压裂挖潜必须选择。大庆油田每年要搞二千多井次的找水测试，在此基础上选出压裂层段，这是压裂增产的基本功，也是各油田的一项重要差距。目前抽油井的分层找水测试技术还没有完全过关，测试一次比较费事，因此测试工作少，选层上盲目性大，不容易达到有的放矢，挖掘分层潜力的目的。



小 号 号	测点深度 (米)	射 开 厚 (米)	有效 渗透率 (毫达西)	日产油, 吨/日	
				压前	压后
砂 II4	851.2-852.0	0.8	100	0	0
5+6	855.8-857.8	2.0	220	2.6	0
7+8	860.2-862.0	2.0	120	6.3	1.6
8-10	866.9-871.0	4.1	1000	7.8	3.5
砂 II10	873.8-875.4	1.6	110	5.9	32.4
	875.4-875.6	0.2		6.3	6.3
	875.6-881.5	5.9	1200		
	881.5-883.6	2.1	1200		
	883.6-883.7	0.1	900	1.6	1.2
	883.7-884.1	0.4			
砂 III1	884.1-884.7	0.6	340	2.4	17.9
	884.7-884.8	0.1	340		
	884.8-885.3	0.5		0.8	15.9
	885.3-888.3	3.0	1050		
	888.3-889.6	1.3	1050		
	889.6-890.0	0.4		2.0	3.0
(压裂层)	890.0-890.3	0.3	400		
	890.3-890.8	0.5	400	1.3	0
	891.2-890.8	25.9	23.4	37.0	77.0

图 6 北 1-1-50 井压裂前后出油剖面变化情况图

3. 压裂作业时不注重工作质量。大庆多年来配套应用不压井作业装置，避免油层损害，对保证压裂效果起了良好作用。目前有的队伍作风粗糙，压井液、压裂液不能保证质量，工具、管柱下井不能保证清洁，甚至一再返工，多次压井，严重损害油层，造成得不偿失的后果。应当指出，目前多数油井虽已转入抽油，但每次压裂作业都还要压井，一次分层压裂作业要五六次反复压井，更换管柱，这样的工艺程序和地层总压降大，队伍作风粗糙结合起来，压裂作业很难达到预期的效果。

4. 压后油井管理是影响压裂效果的另一个问题。油井压裂后生产能力提高，表现在采油指数成倍增加，应当在适当的生产压差下（或液面）提高产量，相应地增加注水量，适应新的平衡。不能认为油嘴和泵的工作制度不变，才能对比压裂前后效果，这样实际是限制了压裂效果的发挥。从油田管理的角度讲，压裂作业是为了增产增注，完成井次，砂加进去还不算完成任务。需要改变有些油田压裂前关心进度，压裂后不抓紧投产的现象。

下步推广和发展大庆经验的几点意见：

1. 整顿队伍作风，严格保证压裂作业质量，制定各道工序的质量标准和质量验收制度，要求各道工序质量合格，各油田都要超额完成今年压裂酸化任务（表4），显著提高压裂增产效果。

2. 在注水为基础的前提下，一定要把油井找水测试工作开展起来。抽油开发区全面进行测试有困难，可以考虑选择测试标准井，分区定点搞清楚分层（分层段）产液量、含水百分数、产油量。新疆克拉玛依油田应立即学习推广大庆的找水测试经验，胜利、大港、辽河的抽油井应提出找水测试计划，并贯彻执行。注水井的吸水剖面测试应普遍进行。

3. 组织关键技术攻关，领导负责，下决心组织力量，争取尽早突破。大港油田应组织抽油井不压井作业攻关，胜利油田组织抽油井找水测试攻关。大庆油田应完善现有不压井装

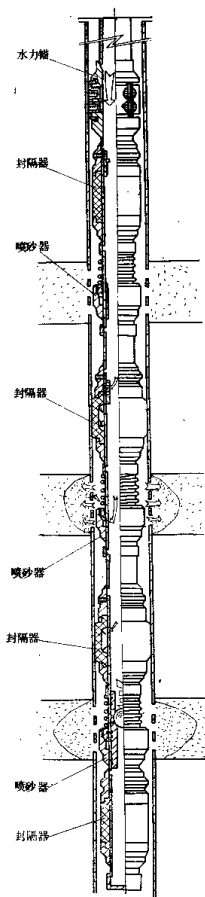


图7 逐级释放分层压裂管柱示意图

置,进一步做到安全可靠,轻便好用。大庆应当从现在起选择少数油井注水井试验研究低渗透油层低渗透层偏低的油层、砂层的有效压裂工艺,为下一步接替稳产作技术准备。

表4 1979年全国各油田压裂酸化增产任务表

油 田	要求完成井次	计划增产油量 (万吨)	平均单井压裂日增 产量(1979年内)	备 注
全 国	9270	252		其它油田的压裂酸化增产 指标自定
大 庆	1300	130	18	
吉 林	700	9		
辽 河	650	15	8	
胜 利	1000	40	10	
华 北	800	30	7	
江 汉	200	4		
新 疆	1800	30	3	
长 庆	1000	4	5	
玉 门	510	5		
青 海	210	0.7		
河 南		1.0		

二、关于高中渗透性碳酸盐地层的酸化处理

(一)概况

对于高中渗透性的碳酸岩油(气)藏做化处理可以夺取高产。

渗透性较好的石灰岩、白云岩油(气)藏地层的原生裂缝溶洞发育,在钻井和完井过程中容易形成油层堵塞。这种堵塞可能由于泥浆液柱压力下的泥浆滤失作用,在油层表面形成滤饼,也可能由于大量的泥浆漏失,当油(气)层原始压力比较低时,上述情况更容易发生。比如任丘油田13口井就漏失泥浆3900米³,这样就使得泥浆中的固相颗粒、钻碎的岩屑及其它机械杂质进入油层,造成堵塞,严重影响油(气)井生产能力。此外有的油(气)井虽然近井地带以外存在高渗透裂缝系统,但在近井地带的缝、洞发育较差也影响油(气)井自然产能。属于以上情况的油气井经过酸化处理,就可以抱个“金娃娃”,抓到“气老虎”。

(二)酸化处理工艺

高中渗透性碳酸盐地层酸化处理已初步有了一套有做工艺。

高中渗透性碳酸盐地层酸化作业范围局限于近井地带,作业性质基本属于解堵性措施,这一套工艺近年来已在四川、华北、胜利等地区普遍应用,获得了高产油(气)井,找到了古潜山高产油田。四川地区每年新增井口产能的三分之一到四分之一依靠此项工艺。这套工艺主要包括:

1.应用压力恢复曲线结合钻井、测井资料综合分析,判明低产原因,确定酸化方案。四川、华北都进行了研究,取得成效。图8、9、10、11为四川气井典型压力恢复曲线图。

(1)厂字型曲线:近井地带存在高渗透裂缝系统,井底附近堵塞。

(2)块型上翘曲线:近井地带为低渗透区。

(3)S型曲线:表皮、裂缝、基岩三种阻力同时存在。

(4)凹字型:曲线一直缓慢上升,有较大范围的低渗透区。

(5)接近平行型:裂缝系统连通好,无需措施。

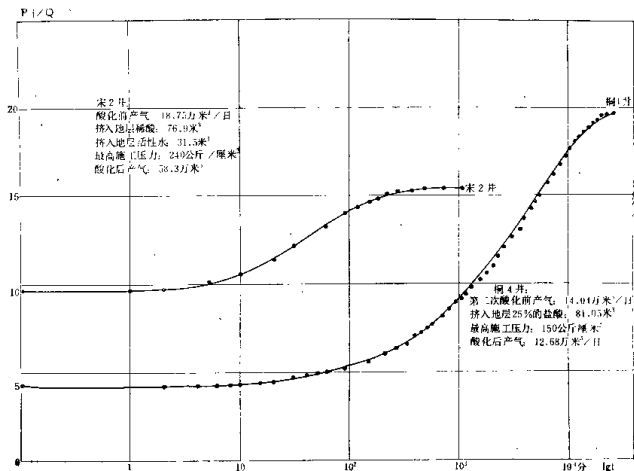


图8 厂字型曲线

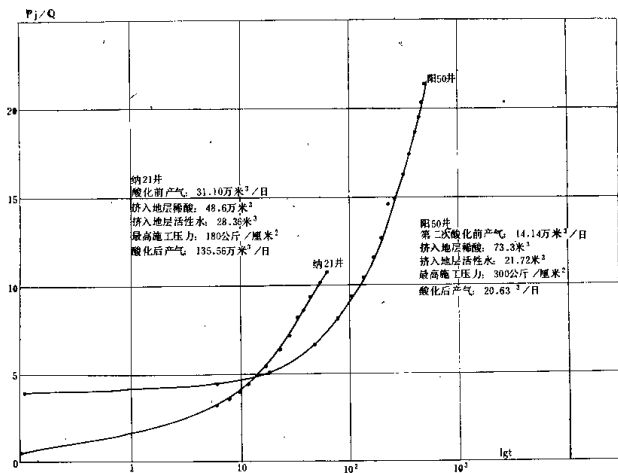


图9 块型上翘曲线

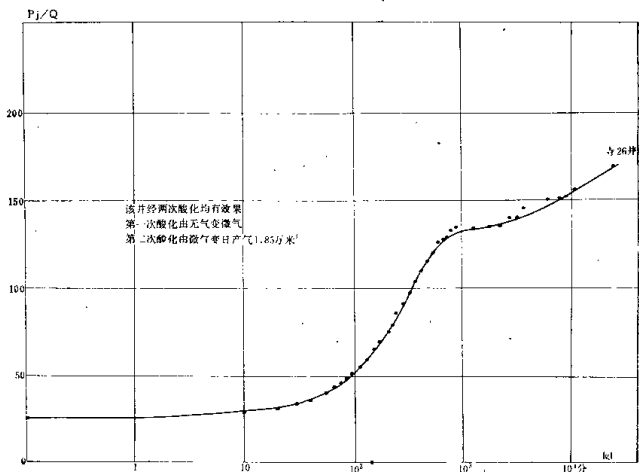


图10 “S”型曲线

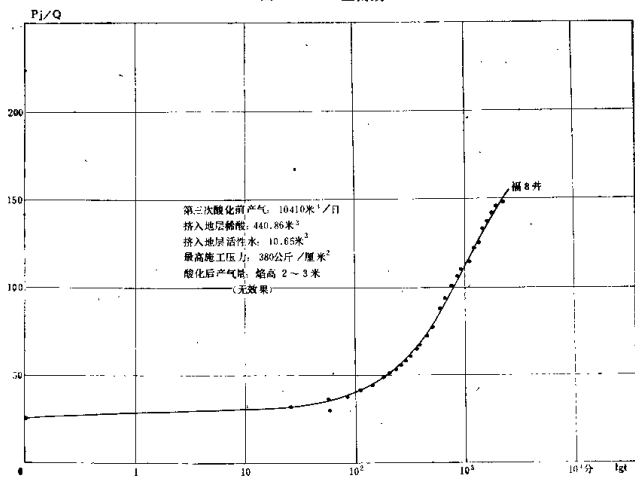


图11 凹型曲线

2.根据油(气)井需要,进行清洗性的酸浸作业;常规的酸化作业(15% HCl, 50米³);用高浓度(25~28%)大酸量的压裂酸化作业,扩大处理范围。由于活性酸的穿透距离有一定局限性,因此仅靠酸化作用还不能解决大面积的灰岩、白云岩低渗透问题。

3.针对不同工艺要求已经具备不同的酸液品种:盐酸、土酸、二元酸(HCl+乙酸),乳化酸、稠化酸。

缓蚀剂的研究也有可喜成果。华中工学院研究出7701、7801缓蚀剂,室内试验达到国外先进水平。有待生产上试用鉴定(表5、6、7)。

4.在气举凡尔排液的基础上,引进液氮排液工艺,效果良好,在注酸同时注入液氮2.1米³,30小时可排完残酸,开井生产。

5.为现场酸化作业服务的储、运、配酸装备完善配套。

(三)提高对于高中渗透性碳酸盐油(气)地层的酸化压裂工艺

1.研究深度酸化机理,研制高效缓速剂,提高深度酸化工艺水平,扩大处理范围。对于影响活性酸穿透距离的一些主要因素如温度、浓度、排量、滤失速度、裂缝条件等,应通过实验掌握相互关系,为科学的酸化设计提供依据。

2.继续进行缓蚀剂试验研究,赶超国外先进水平。今年应就7701、7801的现场试验情况提出鉴定性意见,试验研制耐酸性暂堵剂,为选择性酸化提供条件。

表5 夏天武汉市室温浓盐酸液试片浸泡腐蚀实验结果

序号	酸液配方	钢材	接触时间(小时)	腐蚀速度(克/米 ² ·小时)	点蚀情况	备注
1	28% HCl + 2% HAC + (1% 7701 + 0.5% 丙快醇 + 0.1% 乌洛托品)	3号	360	6.97×10^{-4}	无点蚀,试片非常光亮,有一层紧密保护膜	
			360	1.19×10^{-3}		
			720	1.32×10^{-2} ①		
2	28% HCl + 2% HAC + (1% 7461 - 102 + 0.5% 丙快醇 + 0.1% 乌洛托品)	3号	360	1.749×10^{-1}	无点蚀,试片光亮	
			360	3.67×10^{-2}		
			720	3.27×10^{-1} ①		
3	28% HCl + 2% HAC + 1.5% A170	3号	360	1.72×10^{-1}	无点蚀,试片上有一层油层很光亮	
			360	1.62×10^{-2}		
			360	1.83×10^{-1} ①		
			360	1.96×10^{-1} ①		
4	28% HCl + 2% HAC + (1% 高分子 + 0.5% 匀102 + 0.7% 二甲基酰胺 + 0.6% 乌洛托品)	3号	360	3.16×10^{-2}	无点蚀,试片光亮	
			360	1.586×10^{-3}		
			360	3.06×10^{-2} ①		
			360	3.07×10^{-2} ①		
5	28% HCl + 2% HAC + (1% 高分子 + 0.5% 匀120 + 0.5% 丙快醇 + 0.7% 二甲基酰胺 + 0.6% 乌洛托品)	3号	360	1.210×10^{-1}	无点蚀,试片光亮	
			360	1.08×10^{-1} ①		
			720	1.17×10^{-2}		
6	28% HCl + 2% HAC + (1% 高分子 + 0.5% 匀102 + 0.15% 丙快醇 + 0.7% 二甲基酰胺 + 0.6% 乌洛托品)	3号	360	1.07×10^{-1}	二块试片表面有一层紧密保护膜,膜的重量分别是1毫克及1.2毫克	酸液经过57天存放后用碱滴定残酸浓度仍保持27%盐酸浓度
			1368 (57天)	1.114×10^{-1}		
				1.108×10^{-1}		

注:①的数据,是指钢片浸泡酸液半个月后,取出试片称样,完毕后不经砂纸打样后重新放入酸液中浸泡的后半个月腐蚀速度。