

对碳酸盐油层油井酸化效果的评价

开发碳酸盐油层常应用酸化来提高油井产能。例如，古比三夫地区的油田的所有井从碳酸盐油层中采出15%的石油。现将某些油田的酸化效果列于表1。

表1

油田	地层	采油指数 吨/日·大气压		渗透率 (毫达西)					酸化期 产量 增加 占油 量开 发的 初% 产初%	采石 油 酸 采 收 率 提 高%
		酸化前	酸化后	岩 心 分 析	酸化前		酸化后			
					按 数 计 算	按 恢 复 力 计 算	按 数 计 算	按 恢 复 力 计 算		
亚布洛列夫	K ₁ , K ₂	0.02	0.1	23	37	—	87	—	12.8	11.1
阿拉卡耶夫	A ₄	0.7	1.5	378	418	254	868	680	0.2	0.17
柯兹洛夫	A ₄	0.3	2.3	280	254	404	406	882	5.6	2.56
奥尔梁	A ₄	0.8	6.0	289	230	—	860	—	0.7	0.97
古列绍夫	A ₄	6.5	12.0	73	78	255	142	402	1.75	1.27
杰苗热夫	B ₁	0.2	2.0	35	56	47	107	157	4.5	3.62
索斯洛夫	B ₁	0.5	2.0	48	93	67	211	117	3.2	2.08
波克罗夫	D _{II} + B ₃	0.4	2.6	22	14	14	28	23	5.4	4.38
格拉日丹	D _{II} + B ₃	0.1	0.3	20	11	24	26	103	9.8	2.62

现有酸化工艺采用小型酸化，在一定压力之下地层注入少量酸（5~10方）。矿场资料说明，在短期内，第一和第二酸化能提高油井产量，以后的酸化特别是第四次和第五次酸化实际上没有效果。

在一定压力之下，酸在地层中选择高渗透段孔道、裂缝或在一定压力下所形成的张开裂缝渗滤。

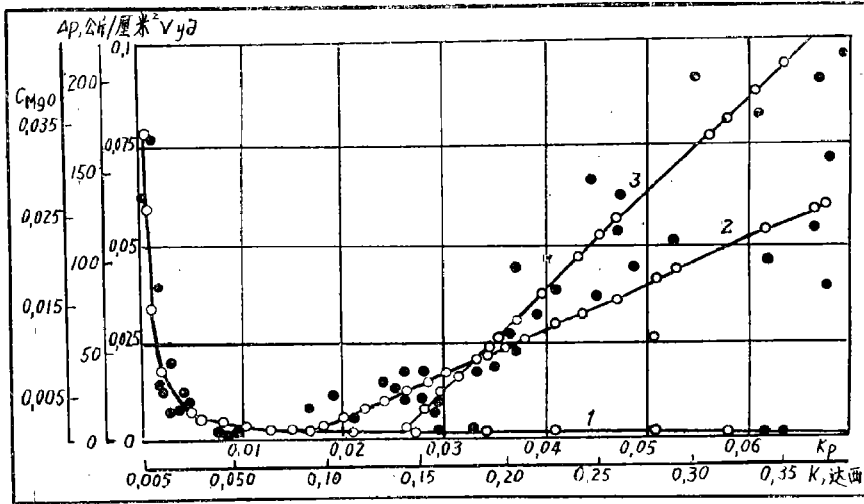
古比三夫地区油田的矿场研究说明，酸化结果使生产层工作厚度减小。如古列绍夫油田的巴什基尔组A₄层，根据2，3，4，11号注水井（在酸化后）的流量测试资料，工作厚度减小29~46%。同时，发现相邻生产井的产液中有注入酸。

应该指出，在开发初期酸化作用良好。开发速度得到提高，采油指数有所增加，在开发期内，石油增产量为0.2~12.8%（表1）。尽管效果明显，但大多数油层的采收率增加不大（0.17~4.38%），但亚布洛列夫油田是个例外，开采25年采收率提高了11%。

注水后，发现生产井过早水淹，石油产量增长速度降低。对水淹井采用强化采油，含水开采期很长，含水采收率平均为35%，而多内昔组油组（B₁层）为41~61%。

根据油井压力恢复曲线和水文勘探研究说明，油井过早水淹显然与开发过程油层渗透率大大提高有关。渗透率的提高往往是因油层酸化形成油层新孔道和裂缝的结果。

为了明确酸在碳酸盐岩石中的作用性质，古比三夫石油实验室曾进行了相应的研究。利用一些油田主要产层的150块岩样作加压试验，岩心长度取20—25厘米（7—10个岩样），证明在碳酸盐样品内，形成平行层面形态极其复杂的直通溶蚀孔道。孔道的直径和延伸距离取决于岩石的储集性能，它的溶蚀率，注酸量和注入压力（见图）。



溶蚀孔道形成条件与碳酸盐岩石性质的关系

- 1 —— 压降 Δp 与渗透率 K 的关系； 2 —— 孔道视体积 $V_{y\Pi}$ 与溶蚀率的关系；
3 —— 溶蚀率与岩石中氧化镁含量（ C_{MgO} ）的关系。

在现有酸化工艺条件下，产层中流体渗滤孔隙空间容积减小，且主要沿着酸造成的直通孔道渗滤。正如研究结果所表明，在已开发的碳酸盐油层上，驱油波及系数可以降低21—75%。因此，按现有工艺进行酸化地层非均质性加大，因而最终采收率降低。由于在地层中造成直通孔道，这就导致油井过早水淹，采收率增长幅度比予期增长值大为降低。

但是，不能否认酸处理井底附近地区的有效性。碳酸盐油层的特点就是非均质性很高。在钻井时，在打开高渗透段以及具张开裂缝的井段，发生滤液和泥浆渗漏，而在低渗透段形成牢固的毛细管束缚水屏障。油井在长期生产中，只有高渗透段产生流动。这个现象曾在索斯洛夫油田用重油盐水泥浆打开多内昔组B₁层时（通过332井的钻探和试井）看到。油井生产一年之后，在15天内往地层注入大约1500方淡水。在注水过程中，通过地球物理测井表明，很深部位形成水的渗透带。为了采出注入水和恢复到初期产油量，油井需要生产将近两年。

开采碳酸盐油层的76井的实际资料证实，产能与泥浆性能有关系。应用清水时油井产能降低最大。油井在开采1—2年之后井只有经过酸化，产量才能恢复。

看来酸化的主要目的是净化油井井底附近地区，使打开程度趋于完善。这可以通过改变酸化工艺，特别是井底多次酸浸达到。这在古比3夫地区某些油田获得良好结果。例如，亚布洛列夫油田803井经酸化，石油产量从12—15吨/日增加到26—30吨/日。间歇生产井33井日产0.5吨，井底疏通后，日产量稳定在5吨以上。

采用每次用酸15~20方、总用酸100吨的重复酸浸方法可疏通井底，清除地层污染，并提高了油井完善系数（见表2）。

表 2

油 田	井号	地 层	射孔密度 孔/米	采油指数		水力传导系数		根据采油 指数计算 渗透率 毫达西	油完 井善 水系 力数
				吨/日·大气压	达西·厘米/厘油	达西·厘米/厘油	达西·厘米/厘油		
亚布洛列夫	803	K ₁ , K ₂ , K ₃	31	0.35	11.25		38	0.48	
				0.8	27.21		91	0.52	
"	303	K ₁	17	0.06	25.4		64	0.40	
				0.2	84.0		210	0.51	
"	11	K ₁ , K ₂	8	0.25	18.0		22	0.22	
				1.8	132.0		158	0.40	
"	85	K ₁ , K ₂	裸眼井底	0.12	1.9		6	0.98	
				0.8	12.6		38	1.0	
雅库什基	33	A ₄	13	0.01	0.43		3	0.36	
				0.1	4.3		29	0.37	
"	287	A ₄	32	0.002	0.69		3	0.36	
				0.1	2.72		12	0.45	
"	278	A ₃ + A ₄	42	0.003	0.073		9	0.63	
				0.35	8.49		104	0.65	

注：分数中分子指酸浸前参数，分母为酸浸后参数。

正如表2资料所指出，由于在井内按新工艺进行酸化的结果，大大提高了水力传导系数和产层渗透率（按旧工艺酸浸油井无效）。

此外，因为在井底存在孔道，油井犹如矿井（竖井）一样，井底孔道将有助于在开发结束阶段出现重力。

不仅在生产井中，而且在新探井中已经获得良好结果。譬如，在斯科尔科夫油田2号探井试油时，用酸浸处理井底，结果产量大幅度增加并缩短试井时间。

因此，改变酸化工艺是查明碳酸盐油层中增加后备石油产量的重要措施，而且也是提高地下石油采收率的主要措施。

王正鉴译自苏“石油业”1977年第7期第28—31页

罗悌夫技校