

欧利坨油田提高泵效综合技术研究与应用

王俊

辽河油田科技部

DOI: 10.12238/jpm.v4i8.6170

[摘要] 欧利坨油田构造上位于东部凹陷中段, 共分为 11 个四级断块。欧利坨油田油品性质为稀油, 地质储量采油速度 0.6%, 采出程度 11.7%, 采液速度 1.139%; 可采储量采油速度 2.93, 可采储量采出程度 57.59%, 剩余可采储量采油速度 6.62%, 随着开采时间的延续, 地层能量逐渐下降, 低产低效井逐年增加, 针对性开展对策研究及调整, 对提升老区老井产量具有重要意义。

[关键词] 泵效; 调参控套; 间开; 小泵深抽; 蓄能压裂; 解堵; 注水。

Research and application of comprehensive technology for improving pump efficiency in Oultuo Oilfield

Wang Jun

Ministry of Science and Technology of Liaohe Oilfield, Panjin, Liaoning, 124010

[Abstract] Oultuo oilfield is located in the middle of the eastern depression, which is divided into 11 four-level fault blocks. The oil product of Oultuo oil field is thin oil, the oil recovery speed of geological reserves is 0.6%, the recovery degree is 11.7%, and the liquid recovery speed is 1.139%; the recovery speed of recoverable reserves is 2.93, the recovery degree of recoverable reserves is 57.59%, and the oil recovery speed of the remaining recoverable reserves is 6.62%. With the continuation of the mining time, the formation energy gradually decreases, and the low yield and low efficiency well increases year by year. Targeted countermeasure research and adjustment is of great significance to improve the output of old Wells in the old area.

[Key words] pump efficiency; reference control set; open; small pump deep pumping; energy storage fracturing; plugging; water injection.

一、前言

欧利坨油田开井 116 口, 日产液 665 方, 单井平均日产液 5.7 方, 平均泵效 32.03%, 随着开采时间的延续, 地层能量逐渐下降, 低产低效井逐年增加, 面对稳产上产难度增大, 作业区需要重新审视自己的工作, 认真分析潜力点, 针对性开展对策研究及调整, 全力提升老区老井产量。

表 1 欧利坨油田各区块平均泵效统计表

区块	平均泵效	平均动液面 (米)	泵型 (毫米)	平均泵深 (米)
欧 26	46.20%	1547	Φ38	1990
欧 28	40.69%	1479	Φ38	1940
欧 31	29.38%	1864	Φ38	1990
欧 35	17.19%	1965	Φ38	2000
欧 37	31.15%	1596	Φ38	2090
欧 50	28.21%	1503	Φ38	1990

二、存在的主要问题

(一) 油层渗透率低影响液面

欧利坨油田渗透率平均为 40.8 毫达西, 属低渗储层, 渗流阻力大, 天然能量不充足, 油井自然产能普遍偏低, 液面恢复慢, 无法满足油井高效生产。

(二) 地层亏空大

欧利坨油田勘探开发工作始于 1967 年, 2000 年全面开发投产, 随着开采时间的延续, 地层能量逐渐下降, 地层压力下降明显, 由于储层低渗或储层污染等原因, 部分注水井存在欠注、注不进等问题, 大部分油井未见到效果, 均出现供液不足情况; 还有部分新井无对应注水井补充能量, 导致地层能量缺失。

(三) 地层污染油井减产

欧利坨油田油井原油胶质、沥青质含量较高, 地层水敏性较强, 且地层漏失严重, 随着开发的逐步深入, 地层压力逐渐降低, 因油井清防蜡和作业次数增多导致油井外来入水量增

加，油层原有的物性和岩石基本结构在一定程度上受到破坏，造成地层渗透率降低、油层物性变差、近井地带堵塞等，导致油井减产。

三、实施对策及效果

针对欧利坨油田存在的问题，以“由远及近，长短兼顾”为原则，以“合理采，采得出，注上水，注进水”为目标，以单井为切入点，以井组为单元，推广应用于区块的方法，采用综合治理技术，从注水到采油实现“注采调”一体化，实现欧利坨油田高效开发，打造低渗透油藏示范区区块。

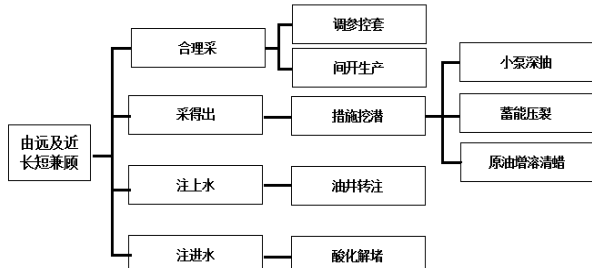


图2 实施对策流程图

(一) 调参控套稳泵效

一方面，针对沉没度大于200米、液面恢复较好的油井，动态跟踪油井液面下降情况，通过上调冲次从而提高油井产量；另一方面，沉没度低于200、冲次较高的油井，通过下调冲次、精准控套，稳定油井泵效。

欧31-13-26于2019年5月5日新井投产，该井初期日产液18.8方，泵效57.49%，投产一段时间后该井有供液不足现象，日产液下降至11.16方，油9.4吨，泵效下降至35.56%，初期通过下调冲次至3次，并将套压控制在1.8-2.3Mpa，泵效有所回升，2个月后该井产量又开始下降，将控套值下调至1.6Mpa，取得较好效果，后续又出现产量下降情况，通过调参至2次，摸索控套值在0.8Mpa时，产量上升明显，日产液5.7方，泵效回升至34.9%；通过动态调参，合理、有效控套，该井日均增油3.9吨，日收气100立方米，累计增油351吨，增气1.37万立方米。

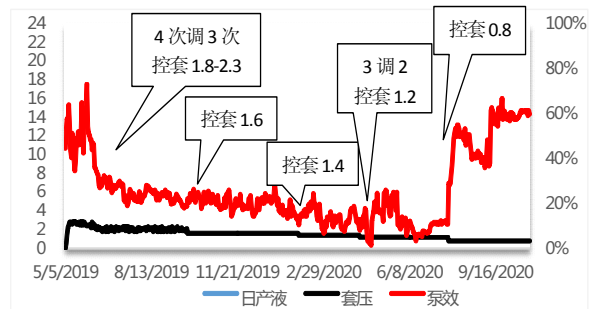


图3 欧31-13-26产量及泵效变化情况

欧利坨油田以油水井动态分析为依托，以井组为单元，分区块治理，对欧7K、欧37-58-30等不同区块的13口油井实施动态调参、精准控套，日增油39.1吨，累计增油5982吨，增气7.25万立方米，平均泵效提升了15.73%。

表2 调参控套情况统计表

井号	调参控套前			泵效 (%)	调参控套后			泵效 (%)	对比	
	冲次	日产液 (方)	日产油 (吨)		冲次	日产液 (方)	日产油 (吨)		增油 (吨)	泵效 (%)
欧31-26-32	2	2.8	0.7	28.57	3	5.5	1.3	37.41	0.6	8.84
欧31-27-28	2	2.3	1.1	23.47	2.5	5.3	2.4	43.44	1.3	19.97
欧31-35-36	2	2.9	1.2	17.79	3	7.5	3.1	43.1	1.9	25.31
欧37-58-30	3	3.2	3.1	13.06	2.5	5.1	5	25	4.8	11.94
欧7K	2	2.9	2.4	17.79	3	7.2	7.1	41.38	4.7	23.59
欧31-25-33	4	10	1.3	34	5	11	1.4	45	0.1	11
欧37-60-K27	2	1	0.9	55.4	3	7.3	7.2	62.1	6.3	6.7
欧31-24-32	4	3	0.4	15.3	5	3.1	0.7	34.7	0.3	19.4
欧31-26-K34	3.5	3.6	1.1	17.8	4	4.6	1.6	39.7	0.5	21.9
欧31-29-33	3.5	6.2	0.2	36.2	1.5	3.5	0.2	71.4	0	35.2
欧37-59-29	4	19	18.8	58.2	4.5	23.8	23.6	64.8	4.8	6.6
欧33	2	2	1.6	40.8	3	2.9	2.3	44.3	0.7	3.5
欧31-28-29	4	17.1	4.8	52.1	4.5	23	17.9	62.6	13.1	10.5

(二) 间开生产增泵效

针对泵效低于32%、日产液低于3.5方，冲程、冲次无法下调且功图显示明显供液不足的油井，我们以“减少单井产量影响，增加有效开井时长”为原则，采取“双拐点”法摸索间开规律，即开井时计量液降“拐点”，关井后跟踪静液面恢复“拐点”，通过反复摸索最终确定最佳开井周期和时长。

欧31-17-30常开时日产液2.7方，油1.5吨，泵效仅为

12.21%。为提升该井泵效，对该井采取间开措施，通过跟踪动、静液面恢复情况及量油情况制定间开制度，该井泵深2000米，停井6小时后液面恢复趋于平缓，在1850米左右，开井18小时后液面下降至1950米左右，跟踪量油发现开井18小时后液量也明显下降，因此制定该井的间开制度为每天18小时，间开时日产液5.1方，油4.3吨，与常开时相比，泵效提高至39.2%。

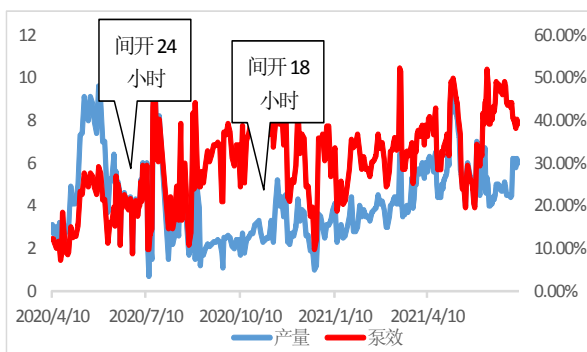


图4 欧 31-17-30 产量及泵效变化情况

依据类似井相同处理原则，以井组为单元，对单井通过连续量油、跟踪静液面变化情况，精准制定了 51 口间开井的间开时间，并与峰谷平电价相结合，日均节电 1670 千瓦时，共节约电费 19.56 万元；平均泵效由 17.58% 提升至 31.25%。

表3 间开油井情况统计表

序号	井号	制度		序号	井号	制度		序号	井号	制度	
		天	小时			天	小时			天	小时
1	欧 33	关 1 开 1	12	18	欧 31-21-28	每月 5 次	放油帽	35	欧 42-17-19	每月 5 次	放油帽
2	欧 31-31-35	每月 5 次	放油帽	19	欧 31-22-32	每月 5 次	放油帽	36	欧 31-13-27	每月 5 次	放油帽
3	欧 31-30-34	每月 5 次	放油帽	20	欧 31-25-33	每月 5 次	放油帽	37	欧 31-15-28	每天	12
4	欧 31-34-35	每月 5 次	放油帽	21	欧 31-26-K34	每月 5 次	放油帽	38	欧 31-19-24	每天	8
5	欧 31-28-32	每月 5 次	放油帽	22	欧 31-24-32	每月 5 次	放油帽	39	欧 31-20-28	每天	18
6	欧 31-28-30	每月 5 次	放油帽	23	欧 37-60-K27	关 1 开 1	12	40	欧 31-34-28	每天	18
7	欧 31-29-33	每月 5 次	放油帽	24	欧 37-64-28	关 5 开 1	4	41	欧 31-35-30	每天	18
8	欧 31-26-32	关 1 开 1	12	25	欧 37-64-31	关 1 开 1	8	42	欧 28-30-20	关 1 开 1	12
9	欧 31-H2	关 2 开 1	8	26	欧 37-67-26	关 1 开 1	12	43	欧 28-27-20	关 2 开 1	6
10	欧 31-17-30	每天	18	27	欧 42-16-18	关 1 开 1	12	44	欧 37-73-29	每月 5 次	放油帽
11	欧 31-27-28	每天	8	28	欧 37-62-30	关 2 开 1	8	45	欧 28-31-21	每月 5 次	放油帽
12	欧 31-23-31	每天	12	29	欧 37-58-28	每月 5 次	放油帽	46	欧 37-69-30	每月 5 次	放油帽
13	欧 31-24-34	每天	12	30	欧 37-55-29	每月 5 次	放油帽	47	欧 28-26-22	每月 5 次	放油帽
14	欧 35-42-27	关 2 开 1	12	31	欧 35-46-27	关 1 开 1	18	48	欧 607K	关 3 开 1	23
15	欧 35-42-28	关 1 开 1	12	32	欧 35-46-26	每月 5 次	放油帽	49	欧 48-20-K24	每月 5 次	放油帽
16	欧 35-44-28	关 5 开 1	12	33	欧 35-52-K25	关 2 开 1	6	50	欧 48-28-22	每月 5 次	放油帽
17	欧 35-44-30	关 1 开 1	23	34	欧 606	关 2 开 1	23	51	欧 52	每月 5 次	放油帽

(三) 措施挖潜升泵效

一方面随着开发的逐步深入，地层压力逐渐降低，油井作业次数增多，油层原有的物性和岩石基本结构在一定程度上受到破坏，造成地层渗透率降低、油层物性变差、油井减产或停产。另一方面部分井组无注水井补充地层能量，油井长期处于供液不足状态；这类油井采取间开后，效果不太明显，需要采取其他措施才能够达到增油效果，提升油井泵效。

1. 小泵深抽

欧利坨油田根据油井日常生产情况，对沉没度较低的油井，通过分析油井地层的供液能力，对油井供液能力无法再提高的油井采取小泵深抽，扩大生产压差，提升油井供液能力。

欧 37-63-K26 周边无对应注水井补充能量，长期处于供液不足状态，日产液 3.5 方，日产油 2.8 吨，泵效仅为 21.5%，为提升该井泵效，初期对该井采取了间开，但效果并不明显，7 月 21 日因该井间出严重，出液较少并存在一定偏磨导致空心

杆磨漏，由于该井间开后液面恢复仍较差，经过分析论证后，对该井从设计上优化，采取小泵深抽，泵径由 38 毫米改为 32 毫米，泵深由 2000 米下降至 2400 米，作业开井后，该井日产液 8.8 方，油 7.4 吨，泵效提升至 61.4%，效果明显。

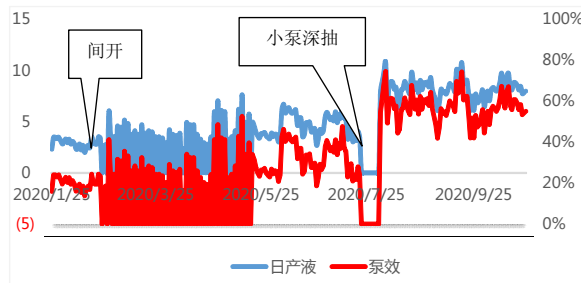


图5 欧 37-63-K26 产量及泵效变化情况

对于间开后液面恢复仍较差的油井，欧利坨油田从设计上优化，采取小泵深抽共 7 井次，日增油 10.6 吨，累计增油约 1990 吨，平均泵效由 17.5% 提升至 50.9%。

表4 小泵深抽油井情况统计表

井号	作业前后	泵径	泵深	日产油	日产水	泵效	对比		年增油 t
		mm	m	t	m ³	%	泵效%	增油 t	
欧 37-64-31	2020/1/19	38	2000	0.4	1.7	21.4	56.2	0.7	255
	2020/1/23	32	2200	1.1	6.5	77.6			
欧 31-36-35	2020/5/17	38	2000	2.2	0.2	9.8	13.9	0.6	219
	2020/5/20	32	2200	2.8	2.8	23.7			
欧 31-30-32	2020/5/1	38	1700	3.4	0.2	36.7	19.4	0.9	329
	2020/5/7	32	2100	4.3	3.5	56.1			
欧 37-66-30	2020/6/16	38	1800	0.7	1.1	7.3	20.9	0.6	219
	2020/6/19	32	2400	1.3	3.9	28.2			
欧 37-63-K26	2020/7/23	38	2000	2.8	1.4	25.7	25.2	2.6	949
	2020/8/2	32	2400	5.4	0.1	61.4			
欧 31-31-33	2020/8/21	38	2100	3	0	12.2	50	3.8	1387
	2020/9/3	32	2250	6.8	4	62.2			
欧 31-26-K34	2020/9/18	38	2000	0.2	0.3	9.2	31	1.4	511
	2020/9/22	32	2350	1.6	7.7	40.2			

2. 蓄能压裂

低渗油田中，通过常规压裂工艺挖潜剩余油，因无能量补充，产量迅速下降，稳产困难，经济效益差，因此在欧利坨油田开展蓄能压裂工艺，原理是将“注水”和“压裂”充分结合，在地层中注入清水，在补充地层能量的基础上，改变地层压力场，利用注入水置换出储层孔隙中的原油，提高低渗区块的开发效果。

欧 31-34-30 井是欧 31 块高部位一口边部井，初期日产油 20 吨，但产量迅速递减，快速降至日产液不足 2 方；渗透率仅为 1.6 毫达西，目前生产同层段油井仅 2 口，且无水井对应，依靠自然能量生产，累产液仅为 1386 方，剩余油富集。为深部挖潜剩余油，对该井进行蓄能压裂；通过对邻井开采情况进行分析，同层位 3 口井累采液 2.8 万方，注入量 2.6 万方，地层亏空 0.6 万方，确定该井亏空量后，计划注入清水 1 万方，待地层压力系数恢复至 1.05 时，停注焖井，油水充分置换后实施压裂措施。蓄能压裂后该井自喷生产 34 天，日产液 24.8 方，日产油 12.1 吨，目前稳定生产，日产液 8.4 方，油 5.2 吨，累计增油 2865 吨。

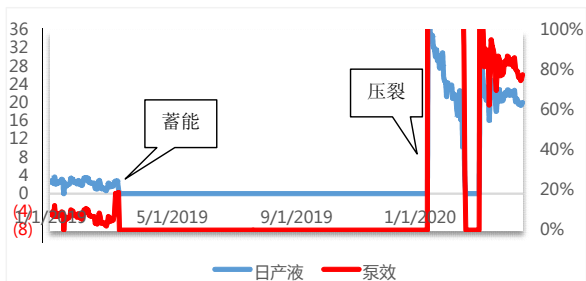


图6 欧 31-34-30 产量及泵效变化情况

3. 原油增溶清蜡解堵

原油增溶清蜡解堵技术适合具有一定产能，原油胶质、沥青

质含量较高，近井地带易造成的堵塞的油井；欧利坨油田油井堵塞主要是有机堵塞，原油增溶剂是由含氟表面活性剂、增溶剂、润湿反转剂、有机分散剂等组分组成的稳定乳液复合体系，能对油层中重质成份缓慢溶融，提高储层流动及渗透性；分散剂对岩石表面的蜡质具有较好的分散作用，防止蜡沉积起到良好的作用，同时组份中的润湿反转剂可吸附于岩石表面，改变地层的润湿性从而降低油流阻力，达到油井增产稳产的作用。

欧 31-26-30 井开采欧 31 上层系，2005 年 5 月投产，初期日产液 15 方，注水受效，生产过程中多次作业检泵后产量下降明显，日产液仅为 1.9 方，通过对邻井开采情况进行分析，该井存在一定潜力，怀疑是多次作业洗井导致近井地带堵塞，故采取原油增溶清蜡解堵技术，解堵后该井日产液 7.7 方，日产油 4.5 吨，泵效由 11.7% 上升至 47.2%，日增油 3.5 吨，累计增油 1967 吨。

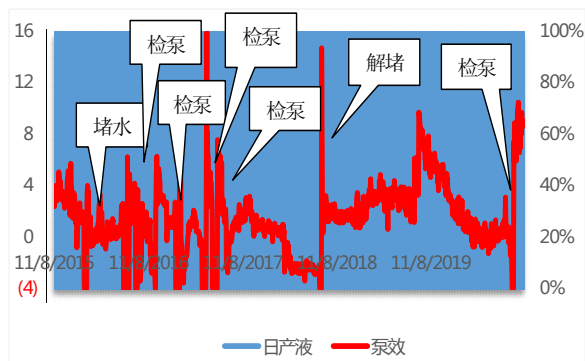


图7 欧 31-26-30 产量及泵效变化情况

后期又对同区块的欧 31-25-33、不同区块情况相同的欧 37-71-28 等 3 口油井采取该解堵技术均取得了较好的效果，日增油 4.7 吨，累计增油 3920 吨。

表5 解堵油井情况统计表

井号	解堵前		泵效 (%)	解堵后		泵效 (%)	对比	
	日产液 (方)	日产油 (吨)		日产液 (方)	日产油 (吨)		增油 (吨)	泵效 (%)
欧 31-25-33	2.2	0.5	19.46	10.5	2.8	35.71	+2.3	+16.25
欧 31-23-29	2.5	1.2	21.55	6.2	2.4	35.63	+1.2	+14.08
欧 37-71-28	2.1	0.9	21.42	5.1	2.1	34.69	+1.2	+13.27

(四) 注水补能提液面

欧利坨油田在局厂两级注水综合治理过程中,通过油井转注不断完善注采井网,应用多氢酸酸化解堵技术解决注水压力高、注不进水的的问题,从而实现“注上水,注进水”的目标。

1. 油井转注注上水

欧 35 块自 2016 年以来,陆续投产新井 7 口,区块无注水井补充能量,依靠天然能量开发,产量递减速度较快,为深度挖潜欧 35 块油井产能,充分分析地层联通情况后,在局厂两级注水综合治理中对欧 35 块实施点对点注水开发,将欧 35 块周边两口长停井欧 35、欧 35-48-27 实施转注,日注水 60 方,截止目前累计注 1.8 万方,该区块油井平均动液面由 1965 米上升至 1880 米,油井平均日产油由 0.8 吨上升至 1.5 吨,累计增油 385 吨,后期又完善了欧 31 块下层系、欧 37 块注采井网,共实施油井转注 20 余口,欧 37 块平均动液面由 1596 米上升

至 1532 米,区块平均日产油由 68.2 吨上升至 72.4 吨,累计增油 1512 吨。

2. 酸化解堵注进水

欧利坨油田为解决欧 31 块注水井注水压力高、注不进难题,积极与工艺所沟通论证,优先采取多氢酸酸化解堵技术;根据欧利坨油田堵塞因素,经过室内实验及现场试验摸索,针对欧 31 块油藏地质特征,确定出具体的酸化解堵方案,共对 8 口水井进行酸化解堵,区块动液面由 1864 米上升至目前的 1500 米—1750 米,油井供液不足井数由 40 口降至 33 口,见效井平均单井日产液由注水前的 6.8 方,最高时上升到 10.5 方,目前 8.6 方;见效井平均单井日产量由注水前的 2.5 吨最高上升到 5.3 吨,目前稳定在 3.8 吨左右,日增油 10.4 吨,累计增油 4796 吨。

表6 多氢酸酸化解堵前后对比表

井号	酸化前			酸化后初期		酸化后后期	
	泵压	套/油压	配注/日注	套/油压	配注/日注	套/油压	配注/日注
	MPa	MPa	m ³ /d	MPa	m ³ /d	MPa	m ³ /d
欧 31-23-33	注不进关		40/0	6.0/6.0	40/41	7.5/7.5	40/41
欧 31-26-32	20	15.4/16.9	30	17.1/17.4	30/36	18.2/18.5	30/32
欧 31-27-33	注不进关		30/0	16/16	30/35	16.5/17.0	40/37
欧 31-28-30	20	18.3/18.8	34	11.8/12.1	30/32	16.8/17.3	30/40
欧 31-35-33	19	16.0/16.8	40/33	10/10	40/35	8.0/8.3	40/40
欧 31-30-32	注不进关		30/0	5.5/6.0	30/30	10.2/10.6	30/34
欧 31-29-31	25	22.6/23.1	30/25	1.5/2.0	30/31	6.1/6.5	40/39
欧 31-31-33	注不进关		30/0	10.5/11.0	30/35	16.0/16.5	40/36

四、经济效益

欧利坨油田通过开展提升泵效综合治理技术研究与应用,与 2019 年同期相比,平均泵效由 32.03% 上升至 47%;吨液举升耗电由 44.3 千瓦时/吨下降为 24.6 千瓦时/吨;检泵周期由 639 天上升至 729 天。截至目前累计节约电费 19.56 万元,增油 23768 吨,增气 8.62 万立方米,折合原油 69 吨;原油价格为 0.3095 万元,操作成本 0.1883 万元。所以,总经济效益为:

$$\text{总经济效益} = 19.56 + (1 - 30\%) \times 1.0 \times 23768 \times (0.3095 - 0.1883) = 2036.04 \text{ 万元}$$

五、结论及下步工作方向

(1) 深耕管理、细作对标,实现“管理上产量”。针对不同区块、不同问题,采取针对性措施,有的放矢的进行生产精细化管理,外输油量由 303 吨上升至 380 吨,将提质增效落在实际行动中,充分发挥了基层人员的智慧。

(2) 深耕技术、细作对策,实现“科技提产量”。通过与地质结合,在欧 31 块实施蓄能压裂,并且获得稳定工业油流,形成了渗吸置换、蓄能补压的压裂新思路。

(3) 定期开展油水井分析,结合宏观动态控制图分区块治理,提升区块油井产能。

(4) 一方面与地质、工艺结合,继续完善注采井网,并继续优选措施降低注水压力,提高注水能力;另一方面自行调剂现有增注设备提高单井注水压力,达到配注要求。

[参考文献]

- [1]李书应等.小泵深抽技术在低渗油藏中的应用研究.特种油气藏,2006.6.
- [2]王艳玲.低渗透油藏注水采油技术研究,科学管理.2019.7.
- [3]李茂等.抽油机井合理冲次的优选.断块油气田,2018.3.
- [4]余建胜.制定油井合理生产制度实现节能降耗.内蒙古石油化工,2011.7
- [5]赵成琛.低渗透油田污水蓄能压裂工艺技术研究.化学工程与装备,2017.8