

不同类型油气藏高效开发 技术文集

中国石油学会石油工程学会 编



石油工业出版社

不同类型油气藏高效开发 技术文集

中国石油学会石油工程学会 编

石油工业出版社

内 容 提 要

本专集 31 篇论文是从 2000 年下半年召开的石油工程学会开发工作部征集的 90 篇学术论文中经相关专家评定优选出来的。该论文集涉及了不同类型油气藏高效开发技术研讨会上石油开发地质、石油工程、采油工艺等学科专业,反映了我国石油科技工作者近年来在石油科技诸多方面所取得的科研成果。

本书可作为石油科技工作者的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

不同类型油气藏高效开发技术文集/中国石油学会石油工程学会编.
北京:石油工业出版社,2001.4

ISBN 7-5021-3355-0

I.不…

II.中…

III.油气藏-油田开发-文集

IV.TE34-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 022979 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

河北省地勘局测绘院印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 13 印张 320 千字 印 1—1000

2001 年 4 月北京第 1 版 2001 年 4 月河北第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3355-0/TE·2514

定价:35.00 元

《不同类型油气藏高效开发技术文集》编委会

主 任 沈平平

副主任 闫存章 袁士义

委 员 岳登台 胡永乐 王元基 穆龙新 崔亚民

责任编辑：闫熙照
付 红
封面设计：赛维玉
责任校对：王 蕾

ISBN 7-5021-3355-0



9 787502 133559 >

ISBN 7-5021-3355-0/TE · 2514

定价：35.00 元



目 录

喇萨杏油田高含水后期进一步加密调整方法研究	张善严	何岁扬	黄伏生	(1)
高效开发喇嘛甸气顶油田的做法与认识	李彦兴	方 亮	姜喜庆	(12)
多层系砂岩油藏特高含水期保持高效开发途径分析	王 强	黄 芳		(19)
依靠科技进步, 努力降低成本, 实现沙漠油田高效开发	朱卫红	金 星		(26)
文中复杂断块油田老三块高含水后期剩余油挖潜技术	郭新军	熊良淦	耿兆华	孙全元 (34)
濮城油田沙一下油藏注水开发	赵良金	李中超	周 瑜	张东荣 王少军 (40)
任丘雾迷山组油藏高含水期改善开发效果的做法与认识	毛 琼	夏 彤	吕翠艳	孟宪军 (47)
双河油田改善水驱开发效果配套技术	吕连海	李联五	樊中海	孙建平 (53)
钟市油田高含水期高效开发调整的做法	汤春云	许发年		(60)
江苏“九五”期间新开发中低渗油田油藏稳产管理研究	刘 红	陈 坚	孔 红	刘家军 (69)
东海平湖油气田高效开发	李 欣	蔡 华	段胜楷	(76)
加强高压低渗油藏系统研究实现史深 100 断块高效开发	王丰文	焦红岩	全 宏	韩自修 (83)
超前注水在特低渗透储层开发中的应用	熊维亮	潘增耀	赵继勇	王永康 (88)
凝析气藏底水锥进机理研究	刘玉慧	袁士义	宋文杰	朱玉新 孙鹏霄 (92)
压敏介质油藏数值模拟器的开发			李凡华	朱玉新 (100)
并行算法在黑油油藏数学模型中的应用	袁士义	宋 杰	朱 焰	邓宝荣 (105)
大庆油田三元复合驱技术研究	廖广志	杨振宇	韩培慧	刘 奕 周 浩 (112)
交联聚合物系列提高采收率技术研究与应用			朱维耀	鞠 岩 (118)
胶态分散凝胶用于聚驱后进一步提高采收率研究	周万富	王贤君	李建阁	张丽梅 (123)
聚合物配注和采出液处理技术	李学军	杨殿民	孙东方	(130)
克拉玛依油田六东区克下组油藏注水后期转注蒸汽开发研究	钱根宝	杨生榛	邹正银	齐聪伟 李军民 (139)
稠油油藏开发中后期储层特征研究及应用——以高升莲花油藏为例	袁清秋	李树明	杨春梅	雷克辉 (146)
高凝油油藏注水开发及开采工艺新探索			于文英	王义刚 (151)
兴 212 块 MD 膜驱技术研究	刘其成	赵庆辉	范玉平	张 瑛 (155)

超稠油乳化降粘剂及注入方式优选研究	赵庆辉	刘其成	郑南方	李成琴	(160)
气—汽段塞驱改善中质稠油油藏开采效果	王德有	陈德民	何传兴	耿会英	(165)
采油工艺技术在吉林低渗透油田有效开发中的作用	陈喜田	李亚洲	黎政权	聂淑兰	(171)
玉门油田复杂岩性油藏增产改造技术研究与实践	胥 耘			刘永山	(177)
水处理用新型高效浮选柱的研制与开发	朱友益	张 强		牛亚斌	(184)
人工振动（弹性波）增产工艺技术在低渗透油田的应用				韩 军	(190)
对油气水三相分离规律及理论的新认识	李冬林			孙 睿	(195)

喇萨杏油田高含水后期进一步 加密调整方法研究

张善严 何岁扬 黄伏生

(大庆油田有限责任公司勘探开发研究院)

摘 要 本文以矿场试验结果为基础,通过对二次加密后宏观剩余油的分析,对三次加密的必要性和可行性进行了分析,给出了喇萨杏油田进一步加密的极限井网密度,通过对剩余油成因类型和特点的分析,搞清了三次加密调整对象的分布特点,据此研究了剩余油定量描述方法,给出了三次加密调整的步骤和方法,为大庆油田的三次加密调整提供技术储备,对非均质多层砂岩油田的加密调整具有借鉴意义。

一、前 言

喇萨杏油田属于非均质多层砂岩油田,通过近 40 年的开发实践,建立了“分阶段、多次布井、接替稳产”的开发模式,30 多年的开发实践证明该开发模式对多油层非均质砂岩油藏的开发是成功的。遵循这一开发模式,喇萨杏油田经历了基础井网阶段、一次井网加密调整阶段和二次井网加密调整阶段、二次加密后由于井网与开采对象的适应性问题、渗透率级差问题、层间干扰等问题,致使部分表内薄差层和表外储层仍然未动用,要高水平的开发,油田必将面临井网的三次加密,尽可能的使所有油层得到动用,不断增加可采储量,提高油田采收率。

为了探索油田进一步加密的可行性,从 1994 年开始,相继在中区西部、北二东、喇嘛甸北块和南六区中块开展了密井网试验和三次加密试验,并开展了合理井网密度研究、剩余油成因类型和特点研究、剩余油定量描述方法研究、三次加密对象分布特点研究和三次加密井开采特点研究,初步形成三次加密方法。

二、喇萨杏油田进一步加密调整的必要性

三次加密调整对象是薄差油层(有效厚度小于 0.5m)和表外储层,这类储层的动用状况及储量潜力是三次加密调整的基础。通过对 1994 年以来的 13 口检查井资料并结合测试资料的分析,对薄差油层和表外储层的水淹状况有了比较清晰的认识,在二次加密井网条件下,物性较差的表内薄差油层和表外储层动用状况仍然较差。

1. 表内薄差油层和表外储层水淹状况

在 13 口检查井中,表内薄差油层水淹层数比例为 66.1%,水淹层砂岩厚度比例为 67.2%,水淹层有效厚度比例为 67.5%,这类油层总体已经水淹了三分之二,其中有效厚度 0.2m 的表内储层水淹最差(表 1)。

表 1 表内薄差油层水淹状况

有效厚度 分级	层数 (层)	砂岩厚度 m	有效厚度 m	水淹层数		水淹层砂岩厚度		水淹层有效厚度	
				(层)	%	m	%	m	%
0.2m	105	57.2	21.0	62	59.0	33.4	58.4	12.4	59.0
0.3m	96	49.6	28.8	67	69.8	35.6	71.8	20.1	69.8
0.4m	70	46.3	28.0	50	71.4	33.9	73.2	20.0	71.4
合计	271	153.1	77.8	179	66.1	102.9	67.2	52.5	67.5

在 13 口检查井中, 独立型表外储层取心层数 851 个, 水淹层数占 21.7%, 水淹层厚度占 32.1%, 总的来看已经水淹三分之一左右。随着表外储层单层厚度变薄, 水淹状况变差。根据水淹状况, 可将砂岩厚度划分为 0.1~0.4m、0.5~0.9m 和 ≥ 1.0 m 三个区间, 其水淹厚度比例分别大致在 10%、30% 和 50% (表 2)。

表 2 独立型表外储层水淹状况

砂岩厚度 区 间	层数 (层)	厚度 m	水淹层数		水淹层厚度	
			(层)	%	m	%
0.1~0.4m	531	118.7	67	12.6	16.3	13.7
0.5~0.9m	227	149.0	73	32.2	47.7	32.0
≥ 1.0 m	93	130.0	45	48.4	63.6	48.9
合 计	851	397.7	185	21.7	127.6	32.1

2. 薄差油层及表外储层剩余潜力分析

对薄差油层及表外储层潜力分析, 主要根据检查井资料并结合测试资料及试验区统计结果, 其潜力厚度和储量代表各区块平均的潜力状况。

表 3 薄差油层和表外储层平均单井剩余厚度

区 块	表内薄差油层		表外储层 m	合 计	
	砂岩, m	有效, m		砂岩, m	有效, m
喇嘛甸	2.2	1.9	10.3	12.5	1.9
萨 北	4.5	3.1	15.2	19.7	3.1
萨 中	4.3	3.3	19.2	23.5	3.3
萨 南	6.2	3.1	21.9	28.1	3.1
杏 北	3.7	2.1	15.6	19.3	2.1
杏 南	2.6	1.0	11.4	14.0	1.0
喇萨杏	3.9	2.4	15.6	19.5	2.4

表内薄差油层平均单井未动用砂岩厚度 3.9m, 有效厚度 2.4m; 表外储层平均单井未动用砂岩厚度 15.6m。两类厚度合计, 平均单井未动用砂岩厚度 19.5m, 有效厚度 2.4m (表 3)。

考虑隔层影响, 进一步对薄差油层和表外储层可调潜力进行了分析。在隔层 ≥ 2 m 的条件下, 平均单井可调砂岩厚度 12.3m, 有效厚度 1.2m, 其中表外厚度 10.4m (表 4)。

表 4 隔层厚度 $\geq 2\text{m}$ 条件下薄差油层和表外储层潜力厚度

区 块	表内薄差油层		表外储层 m	合 计	
	砂岩, m	有效, m		砂岩, m	有效, m
喇嘛甸	1.0	0.9	7.1	8.1	0.9
萨 北	2.3	1.5	11.1	13.4	1.5
萨 中	1.9	1.6	13.9	15.8	1.6
萨 南	3.2	1.5	13.0	16.2	1.5
杏 北	1.8	1.0	10.0	11.8	1.0
杏 南	1.2	0.5	7.5	8.7	0.5
合 计	1.9	1.2	10.4	12.3	1.2

根据可调厚度估计结果,对三次加密可调储量进行了估算,平均储量丰度为 $49 \times 10^4 \text{t}/\text{km}^2$ 。以萨中和萨南地区相对较高,在 $60 \times 10^4 \text{t}/\text{km}^2$ 以上;萨北和杏北地区其次,在 $50 \times 10^4 \text{t}/\text{km}^2$ 左右;喇嘛甸和杏南地区相对较小,在 $30 \times 10^4 \text{t}/\text{km}^2$ 左右(表 5)。可以看出,三次加密调整是有物质基础的,油田有进一步加密调整的必要。

表 5 各开发区薄差油层及表外储层剩余可调储量潜力估算

地 区	喇嘛甸	萨北	萨中	萨南	杏北	杏南	合计
储量丰度, $10^4 \text{t}/\text{km}^2$	35	51	67	60	48	28	49

三、三次加密调整的可行性及性质

1. 三次加密井具有一定的产能

从试验结果来看(表 6),三次加密井初产能可达 5t 左右,最低的南六区中块也近 4t,虽然初含水都较高,在 60% 以上,如果进行选择性的布井、搞好射孔选层和后期综合治理,三次加密是有可能的。

表 6 密井网试验区初期产能

区 块		射孔厚度		初期产能	
		砂岩, m	有效, m	日产油, t	含水, %
中区 西部	厚层井	5.9	4.9	10.8	69.3
	薄油层	16.0	2.8	5.0	79.6
南六区中块		12.0	1.2	3.9	72.0
北二区 东部	南块	19.2	3.5	4.9	63.6
	北块	21.6	6.2	4.4	64.8
喇嘛甸北块		11.1	3.5	6.9	73.5

2. 三次加密增加可采储量效果

与二次加密相比,有效厚度为 0.2~0.5m 的油层动用厚度提高 20 个百分点左右,表外储层的动用厚度则增加了 15 个百分点左右,完善了注采系统,这表明三次加密可改善表内薄油层和表外层的动用程度,中区西部试验区平均单井增加可采储量 $0.75 \times 10^4 \text{t}$,北二东试验区平均单井增加可采储量 $0.53 \times 10^4 \text{t}$,喇嘛甸北块试验区平均单井增加可采储量 $0.34 \times 10^4 \text{t}$,三次加密起到了增加可采储量的目的。

3. 三次加密调整的性质与特点

1) 三次加密调整对象的特点

三次加密调整对象中,表外储层占 70% 以上的储量比例。表外储层动用的程度将直接影响三次加密的调整效果。总体上具有颗粒细、泥质含量高的特点(表 7)。

表 7 取心井粒度分析数据

分类		中砂含量, %	细砂含量, %	粉砂含量, %	泥质含量, %	粒度中值, mm
表内层 (有效 0.5~1.0m)		0.32	49.45	40.76	8.68	0.102
表内薄差油层		0.16	48.39	41.31	9.21	0.100
表外 储层	水淹层	0.02	21.37	61.68	17.33	0.064
	未水淹层	0.01	15.24	63.15	21.58	0.052
	合计	0.01	16.89	62.62	20.44	0.055

表外储层含油饱和度低。储层以油浸、油斑和油迹三种含油产状为主,其产状厚度占总厚度的 92.3% (表 8)。岩心中含油很不均匀,含油砂岩与泥岩呈搅混状或不连续条带状分布,多属“非实体”连通。

表 8 不同产状表外储层水淹状况

产 状	厚度, m	厚度比例, %	水淹厚度, m	水淹厚度比例, %
饱含油	5.18	1.6	2.37	45.8
含 油	19.20	6.1	5.99	31.2
油 浸	89.95	28.5	22.52	25.0
油斑(迹)	201.45	63.8	7.60	3.8

表外储层渗透率低。统计表明:表外储层渗透率 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 及以下的厚度占 40.2% (表 9)。

2) 剩余油分布特点

剩余油分布从纵向上看,分布在萨、葡、高各个油层组内,据统计可调厚度分布在 300~400m 的井段上,100~160 个小层内,平均 100m 井段才有 3~4m 的可调砂岩厚度,不足 1m 的有效厚度,可见剩余油在纵向上十分分散。

剩余油分布从平面上看,分布面积比较小。从图 1 可以看出,剩余油分布面积低于 4 口

井控制的块数则高达 60.4%，1－2 口井的比例为 37.2%，说明剩余油在平面上分布非常零散。

表 9 不同渗透率表外储层水淹状况

渗透率 10 ⁻³ μm ²	表外储层			水淹表外储层		
	层数(层)	厚度, m	比例, %	层数(层)	厚度, m	比例, %
1~5	244	87.6	40.2	7	3.6	8.7
6~10	112	59.0		11	9.1	
11~15	78	50.6	20.4	16	13.7	27.4
16~20	44	23.9		9	6.7	
21~30	47	32.7	18.0	20	18.5	56.1
31~40	38	21.1		20	12.7	
41~50	25	11.8		10	5.6	
51~75	39	28.1	11.4	27	20.2	67.5
76~100	26	13.4		14	7.8	
>100	69	36.4	10.0	51	29.7	81.6
总 计	722	364.6		185	127.6	35.0

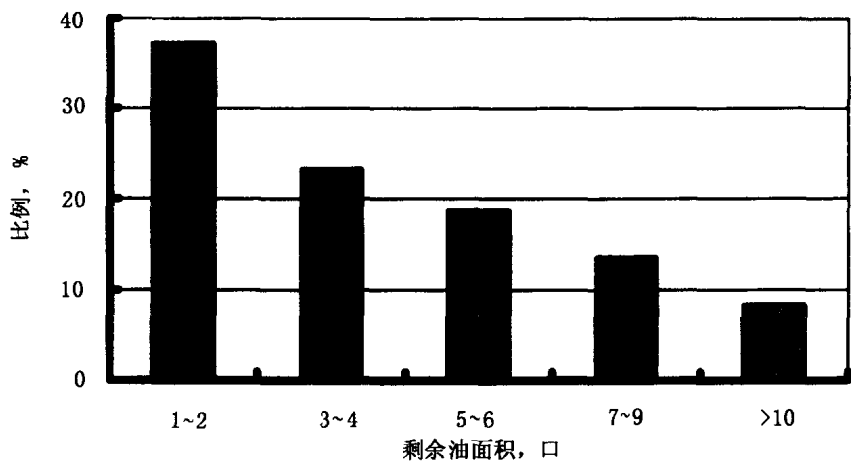


图 1 密井网试验区剩余油分布状况图

3) 三次加密的井网特点

由于三次加密是在二次加密的基础上进行，与一次加密和二次加密不同，开采对象与二次加密井开采对象相近，有相当比例的厚度与二次加密井在空间上相互连通，三次加密不可能构成独立的井网，因此三次加密只起到完善注采关系来挖掘剩余油的作用，其注采关系必须与二次加密井综合考虑，三次加密调整井网具有不独立性的特点。

二次加密后剩余油分布极不均衡，从北二区东部密井网试验区的剩余厚度分布图看出(图 2)，可调厚度变化很大，分布很不均衡。因此，三次加密应根据剩余油分布采用不均匀加密。试验结果表明三次加密的均匀布井会出现 30% 左右的低效井，这些低效井主要分布在原井网注采完善的区域，原井网注水井排附近以及二次加密井主流线上。如北二东试验区

12口低效井有9口分布于剩余厚度不发育的区域，假设当初不布这些井，低效井比例可降低到11.1%，三次加密井网有明显的均匀性。

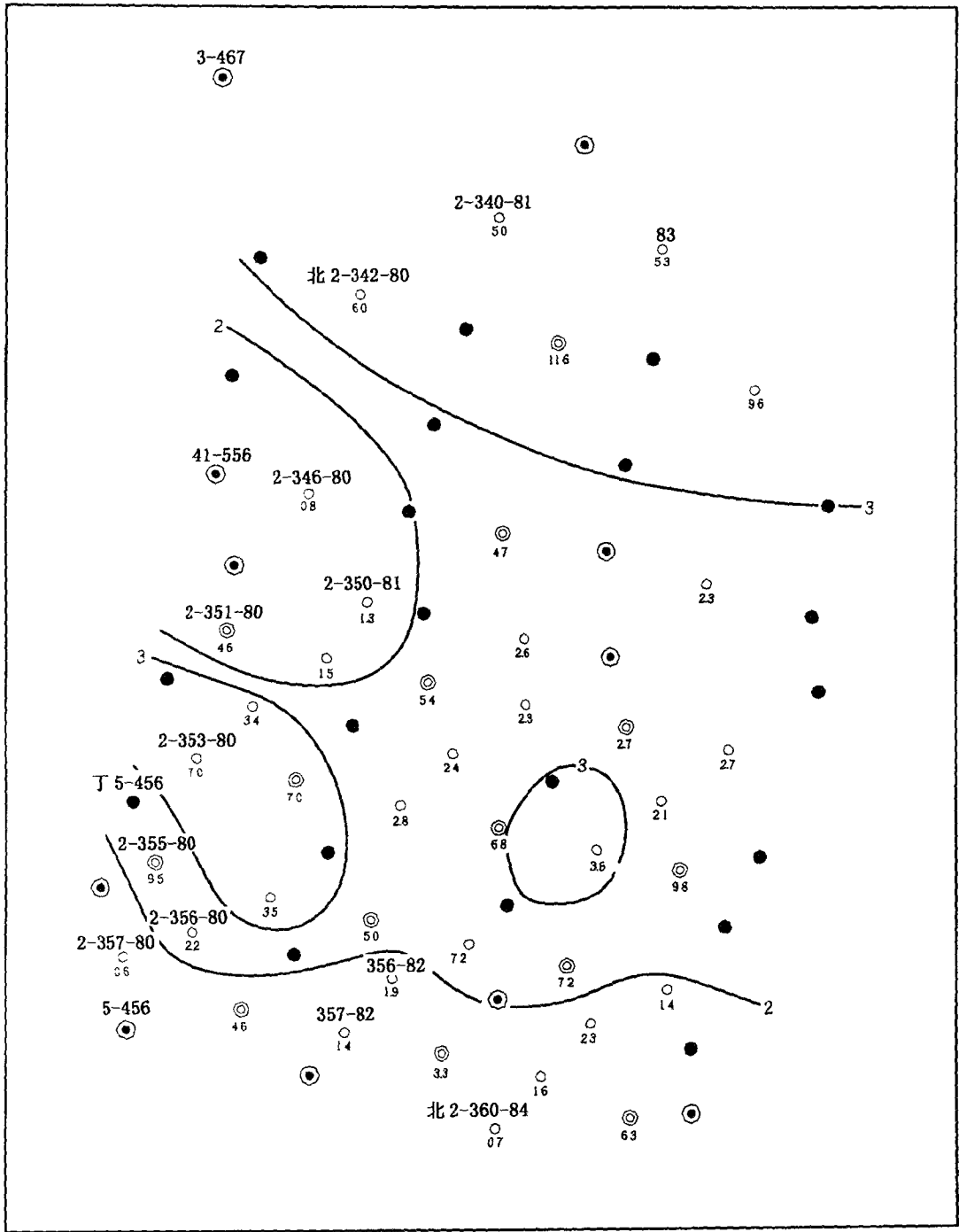


图 2 北二东密井网剩余可调厚度分布图

四、三次加密调整方法

1. 表外储层特性及动用条件

1) 缩小注采井距

统计检查井资料表明，注采井距大于 250m，表外储层水淹厚度比例明显变小（表 10）。因此，在经济允许的条件下，应尽量缩小三次加密的注采井距，最大不宜超过 250m。

表 10 表外储层水淹状况与注采井距关系

注采井距, m	水淹层比例, %	水淹层厚度比例, %
<150	58.1	63.5
150~200	51.6	50.0
200~250	50.0	48.7
>250	34.2	36.0

2) 压裂完井能够提高表外储层产能

统计表明，压裂完井比 YD-89 弹射孔完井表外储层采液强度提高 3 倍以上。更重要的是，通过压裂改造，使一些特低渗透的表外储层得以动用（表 11）。

表 11 试验区不同完井方式生产情况

试验区	分类	射开厚度		初期		
		砂岩, m	有效, m	日产油, t	含水, %	流压, MPa
喇嘛甸	YD-89	10.5	3.6	4.1	87.5	1.7
	压裂	12.4	2.1	13.6	63.2	2.2
北二区东	YD-89	20.2	4.2	3.5	74.3	2.15
	压裂	19.0	3.8	9.0	46.3	4.80
中区西部	YD-89	19.2	3.4	4.2	77.4	3.20
	压裂	12.5	1.9	7.8	79.2	7.32
南六区	YD-89	12.0	1.4	2.8	48.8	1.41
	压裂	12.6	1.1	9.0	69.4	5.1

密井网试验区统计结果表明，压裂完井初期产油量是 YD-89 弹完井的 2~3 倍，另外，表外储层动用厚度比例比 YD-89 弹完井高 30~40 个百分点。

3) 严格确定射孔层位，减少层间干扰

表外储层与表内储层相比，岩性、物性变差，在合采条件下，因受表内储层干扰影响其动用。如萨北地区单采表外储层的 5 口井，表外储层动用占 75%；而表内外储层合采的 4 口井，仅动用 30.1%，差别较大，因此，对三次加密调整井的射孔层位要严格控制，以表外储层为主，兼顾油层性质相近的表内薄差油层。

4) 增加表外储层注水井点，加大增注措施力度

对二次加密注水井吸水状况统计表明：表外储层吸水厚度比例在 40%~55%，吸水状况较差（表 12）。由于受到层间干扰等因素的影响，靠目前井网注水（如补孔）来提高表外

储层动用程度，效果不大。例如南六区三次加密试验区补孔的 10 口注水井，补孔层吸水比例仅 33%。因此，三次加密调整应尽量形成完善的注采井网，增加注水井点，并要加大对注水井的措施改造力度，加强注水。

表 12 二次加密注水井表外储层吸水状况

地 区	喇嘛甸	萨北	萨中	萨南	杏北	杏南
统计厚度, m	844.8	1007.5	499.8	748.3	77.2	935.0
吸水厚度, m	384.0	506.6	217.1	375.8	33.7	373.9
比 例, %	54.5	50.3	43.4	50.2	43.7	40.0

2. 三次加密的井网密度上限为 60 口/km² 左右

先导性试验中井网密度与最终采收率关系表明，当井网密度达到 50~60 口/km² 之后，随着井网加密水驱采收率增长幅度逐渐趋近于零（图 3）。经济评价结果表明，喇萨杏油田三次加密的井网密度上限为 60 口/km² 左右。二次加密开发实践表明，对于薄差油层特别是表外储层来说，井距越大，动用难度越大。但通过密井网试验认识到井距太小（100m 左右）井间干扰加剧，而且经济效益变差。根据三次加密剩余可调厚度估计结果，经济有效的开采的注采井距应在 200 m 左右。

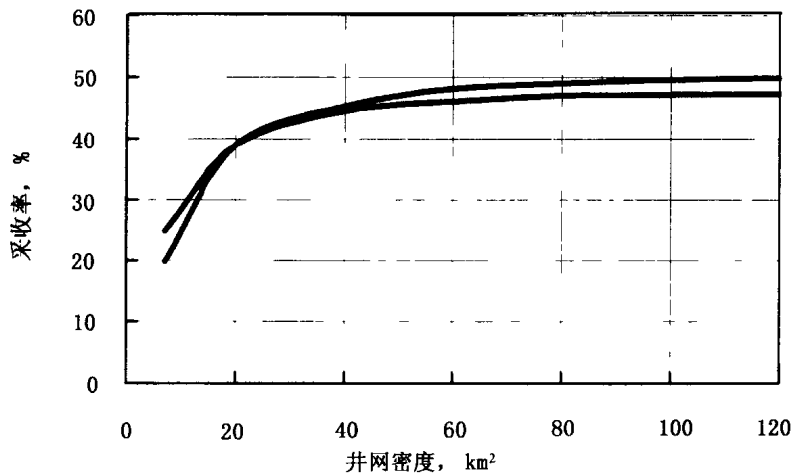


图 3 井网密度与采收率关系曲线

3. 三次加密调整布井界限和原则

1) 三次加密调整布井界限

分析认为三次加密调整的规模应以经济效益为原则，尽可能地扩大布井范围，尽可能多的部署井网。优先在经济有效的区域内钻井，并从降低投资和成本入手，通过降低投资和成本可降低三次加密的产量、增储界限，扩大可布井的范围，用较多的井位形成规模效益。研究认为如三次加密单井投资可从 160×10^4 元/井降低到 125×10^4 元/井左右，三次加密单井控制经济可采储量降到 5000t 左右，平均单井日产量下限降到 3.0t。

2) 三次加密调整布井原则

通过试验和研究确定三次加密调整布井的主要原则为：（1）三次加密应根据剩余油分布采用不均匀布井；（2）三次加密经济合理井距在 200 m 左右；（3）为改善表外储层的动用状

况应设计适当比例的注水井；(4) 为保证三次加密效果应严格射孔选层，应尽可能单独开采表外储层；(5) 为提高表外储层的生产能力，原则上采用压裂完井投产投注。

4. 三次加密调整方案设计方法

三次加密调整的井位部署总体上要在精细地质描述的基础上，以剩余油描述结果为依据进行不均匀布井（图 4）。

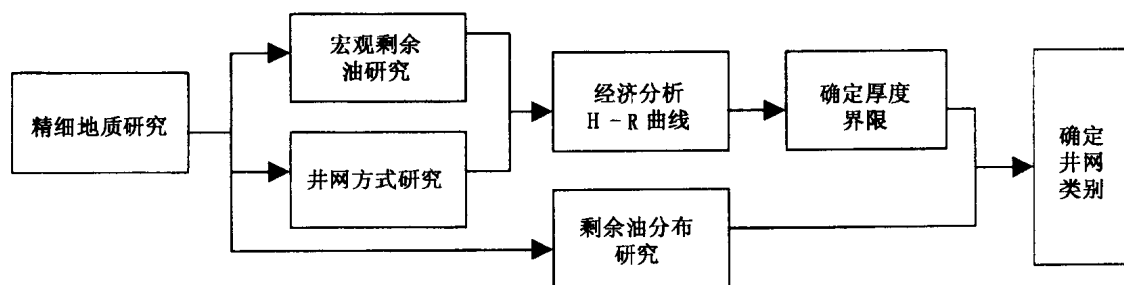


图 4 三次加密调整流程图

1) 以精细地质描述技术为基础

由于储层沉积格局的复杂性和成岩变化的多样性导致陆源碎屑沉积砂岩油田储层空间分布的复杂性是人所共知的。对大庆油田来说，储层平面上河道砂、薄层砂、表外层、泥岩区呈错综复杂的分布，储层不同部位厚度、渗透率等物性参数差别也很大。油田进入高含水期后，地下油水分布更加复杂，寻找剩余油相对富集部位成为高含水期调整挖潜工作的主要目标，在现有的井网条件下，砂体的各种非均质性、断层切割和构造起伏等是影响油水分布的主要因素。而过去一般性的地质研究工作已不能满足需要，因此必须深入地进行精细地质研究。

高含水期精细地质研究的重点仍是影响油水分布的油层非均质性及构造因素，其关键是确定井间砂体的边界位置及各砂体之间的连通关系，预测砂体内部的建筑结构及物性参数变化。大庆油田精细地质研究的主要内容包括：垂向上将油层细分成单层、平面上细分出沉积微相、详细解剖出单砂体的内部建筑结构、研究微幅度构造、识别出小断距断层。

2) 以剩余油描述为手段

近年来，在油田常规测井水淹层解释方法、生产剖面测试方法、密闭取心检查井分析方法、动静结合分析方法基础上，发展了功能模拟预测、油层储量动用状况定量描述、单油层剩余油模糊综合评判、神经网络模式识别方法，基本形成了一套能够适应高含水后期剩余油综合描述的系列方法。同时还发展了百万节点数值模拟预测剩余油技术，在杏 1~3 区乙块三次加密试验方案编制过程中，模拟区面积达 7km^2 ，模拟井数 285 口，模拟层 71 个，计算网格数超过 124×10^4 个，首次突破模拟节点 100×10^4 大关。百万节点数值模拟技术的引进和应用，使油田大规模描述区块单层剩余油分布成为现实。目前完成的杏 1~3 区乙块三次加密试验区单层剩余油计算结果，对神经网络剩余油描述方法是个补充，二者符合程度也较高，目前这些计算结果已应用于三次加密调整井射孔选层编制射孔方案中。

首先选择加密有利区：依据储量标定结果，利用动态测试资料，结合水驱控制程度，对各个区块按剩余储量大小排队，选择有利的调整挖潜区块。

然后选择有利加密井点：应用油层储量动用状况定量描述方法和单油层剩余油模糊综合

评判方法确定区块内井网间不同部位的剩余油厚度和储量，根据技术经济界限的要求，选择有利位置部署加密调整井。

最后选择射孔层位：根据单油层剩余油模糊综合评判、神经网络模式识别结合测井解释、测试等方法，不仅要搞清井点的纵向剩余油分布，而且要搞清剩余油的平面分布，使射孔层位的确定准确可靠。

3) 三次加密布井方法在试验区的应用

1999 年首次在两个三次加密工业试验区应用该项技术进行不均匀布井，取得较好效果。以杏 1~3 区三次加密试验方案设计为例，在单层剩余油描述的基础上，得到试验区可调厚度分布（图 5），按采油四厂目前钻井和基建投资及经营成本，计算出可调厚度与收益率的关系曲线（ $H-R$ ）（图 6），以此可将试验区划分为三种布井区域：

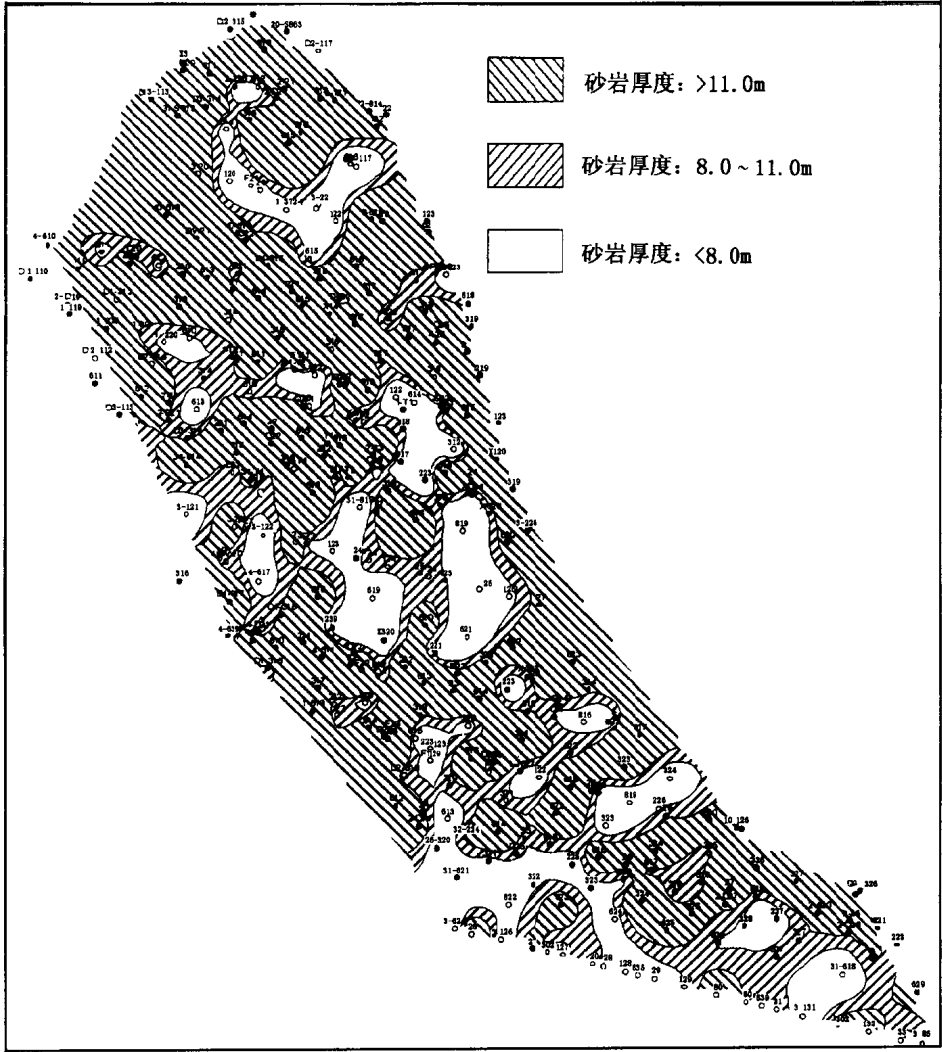


图 5 杏 1~3 区乙块三次加密试验区剩余可调厚度分布图

(1) 有效布井区：在现有技术条件下，要保证经济效益上可行，即内部收益率大于 12%，新钻井单井控制可采储量应在 5000t 以上，以此确定可调砂岩厚度 11m 以上区域为有效布井区。