

大庆油田萨北开发区

特高含水期油田开发调整

实践和认识文集

○ 白 玉 主 编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书精选了大庆油田萨北开发区“十五”期间在特高含水期水驱、聚合物驱开发调整中优秀论文共 170 篇,内容包括油田地质、油藏工程、油田管理、现场试验、采油工程、地面工程、计算机应用等。

本书适用于油藏工程、采油工程、地面工程技术人员及计算机人员阅读,也可供石油院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

大庆油田萨北开发区特高含水期油田开发调整实践和认识文集 / 白玉
主编. —北京:石油工业出版社, 2006.11

ISBN 7-5021-5720-4

I. 大…

II. 白…

III. 油田开发—大庆市—文集

IV. TE34-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 127505 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.cn

发行部: (010) 64210392

经 销: 全国新华书店

印 刷: 河北天普润印刷厂

2006 年 11 月第 1 版 2006 年 11 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 50.75

字数: 1285 千字 印数: 1—1000

书号: ISBN 7-5021-5720-4 / TE·4345

定价: 138.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

大庆油田萨北开发区
特高含水期油田开发调整实践和认识文集
编 委 会

主 编：白 玉

副主编：万新德 孙洪志 张英志

委 员：黄金凤 方 庆 魏金辉

于会宇 王明信 孙文德

王敬华 徐景钧 杨艳玲

何长虹 吴 逸 郎松梅

前 言

大庆油田萨北开发区“十五”期间立足长远发展，以“百年油田”战略为指导，固本强基，创新实践，努力做强开发本业。深化油藏地质和开采特征的认识与研究，坚持以控水增储为核心，坚持技术创新，精心组织特高含水期驱注采系统调整，积极推进提高采收率技术的先导性试验和工业化推广，加速配套工艺技术进步和地面系统优化、简化进程，进一步夯实油田高效开发的根基，开创了特高含水期油田开发新局面。注采系统调整技术、周期注水、分层周期注聚合物等特高含水期控水增储技术进一步完善；小井距三元复合驱、“两相结合”、二类油层弱碱体系三元复合驱等公司级重大先导试验见到了显著效果；低流压高效洗井、注水井边测边调、聚合物驱清防蜡配套技术、前置泵低压变频调参、低温常温集输等配套工艺技术进一步发展完善。

时逢第三采油厂成立 40 周年，借此机会系统总结我厂“十五”期间成功的开采技术实践，指导“十一五”油田开发技术向更深的层次推进，特组织编写《大庆油田萨北开发区特高含水期油田开发调整实践与认识文集》一书，向厂庆 40 周年献礼。该书集奋斗在萨北开发区各级和广大科技工作者的智慧和心血，希望该书的出版能对萨北开发区的发展及国内外同类型油田的开发调整具有重要的指导意义。此外，真诚希望与兄弟油田和科研院所加强技术交流和协作，共同为石油工业的发展贡献力量。

由于时间有限，不当之处，请各位专家和广大读者批评指正。

编 者

2006 年 7 月

目 录

油田地质

萨北开发区萨零组地质储量参数研究	刘柏松 沈丽平 樊陈华 (3)
多学科油藏研究在北二东区块剩余油挖潜中的应用	李莉娟 白军辉 (7)
萨北开发区特高含水期油层分类标准研究	代青楼 李莉娟 (11)
储层微型构造识别技术在油田开发上的实践与认识	高秀荣 李艳春 (16)
地质建模中储层属性模拟方法研究	袁 娜 (21)
相控地质建模中变差函数分析方法研究	燕 鹏 袁 娜 朱 焕 (25)
大庆萨尔图油田北三区西部二类油层地质特征及开发潜力分析	刘宏兵 (29)
密网薄差油层进行三次采油可行性研究	倪锡成 (34)
精细油藏描述在断层区开发调整中的应用	高良艳 刘 影 张晓飞 (38)
油水同层开采配套技术及开发规律研究	母长河 王庆杰 (42)
以沉积微相分析注采关系综合治理四类井	李 刚 李 奎 (46)

油藏工程 (水驱)

北三区东部注采系统调整的实践与认识	曾雪梅 (53)
储层无效循环场识别技术研究	刘 刚 (59)
萨北开发区北二区东部水驱微生物吞吐实践与认识	王宏志 (64)
大地电磁储层预测与流体识别技术应用	李 奎 韩景华 (68)
硼 (钆) — 中子寿命测井在高含水后期油田开发中的应用	舒志华 (72)
三次加密钻井降压规律及动态特征	吴 逸 (77)
改善二次加密层系油层动用状况研究	常军海 (81)
萨北过渡带细分注水层段的探讨	杨晓春 (86)
萨北开发区优化补孔措施的做法	姜雪岩 (90)
多学科研究在水驱完善注采关系中的应用	冷延明 (96)
北二区东部水驱典型区块综合治理实践及认识	唐艳芹 王春波 (101)
北三区东部三次加密调整方法研究	陈喜波 (105)
地层压力在油井压裂措施中的应用	商志英 (112)
改善三次加密井开发效果技术研究	胡秀杰 (116)
分层段测压技术在开发调整中的应用	孙国东 (120)
萨尔图二次加密井注入含聚污水的分析	王敬华 (125)
降低油井压裂井中增油低效井比例的探讨	李红梅 (129)
特高含水期完善单砂体注采关系方法研究	曾慧英 曾雪梅 刘 影 (134)
油层沉积特征与规律在油田开发综合调整中的应用	李艳萍 (138)
萨北开发区东部过渡带水驱产量递减规律及预测方法的探讨	寇永双 (142)

水驱特高含水期深度调剖技术的应用及认识	万雪峰	(147)
电位法井间监测技术在北三区东块中的应用	张南南	(152)
限流法完井效果评价与潜力分析	孙晓雷 王 鑫	(157)
萨北开发区低效井治理途径探讨	李忆园 周秀飞	(163)
脉冲试井在油田开发中的应用	包玉英 周立霞	(169)
萨北开发区破裂压力梯度的研究	马景民	(175)
北三区西部含水上升规律认识及综合治理	王艳婷 李 艳	(180)
萨北过渡带四条带合理压力界限的探讨	王 艳	(184)
萨北开发区萨Ⅰ组套损原因分析及治理意见	王文立	(189)
北二西井网加密后储层变化及控制状况原因分析	潘道英 施尚春	(195)
井壁取心资料在评价剩余油分布中的应用	于 欢 戴成岩	(200)
萨北开发区北三区东部三次加密井投产初期开发效果的认识	梁晓燕	(204)
水井静压与注水井指示曲线在油田动态分析中的综合应用	胡庆革	(208)
水驱深度调剖的实践与认识	刘作仁 高淑明	(212)
北三区东部注采系统调整后油井受效状况浅析	李 革	(217)
特高含水期北三区东部油藏压力场变化及治理对策研究实践	姜 红	(222)
含聚合物污水回注对水驱开发影响探讨	姜红芹	(226)
过套管电阻率测井(CHFR)解释成果在动态分析中的应用	时广霞	(230)
北部过渡带低压治理及三四条带井网适应性探讨	常树琴 母建光	(236)
特高含水期水驱高含水井关井界限研究及综合治理	刘清华	(242)
压力不均衡区块提高固井质量探讨	张洪艳	(246)
油田特高含水期均衡地层压力的有效途径研究	李 艳 吴照辉	(251)
萨北过渡带油水同层潜力认识及研究	李晓艳 徐 洋	(255)
北三区临近过渡带区域综合挖潜方法探讨	袁柏静 王建新	(260)
表皮系数特殊变化原因探讨	于 磊 王秀英	(264)
萨北油田东部过渡带同位素异常井段成因及治理方法研究	韩哲盛	(269)
压力对套管损坏影响的探讨	袁志宏	(273)
深度调剖技术在北部过渡带窄小砂体的应用效果分析	王占永	(277)
东部过渡带浅调剖效果分析	颜景胜 李 秋	(282)
完善单砂体注采关系挖掘剩余油潜力	荆 杰 谢小辉	(287)
萨北开发区水驱三次加密井配水原则探讨	王海涛	(291)
注水井分层调配不合格层原因分析及治理方法探讨	王维安 闫 庆	(295)
流量—伽马组合测井解释方法在油田开发中的应用	金东海	(300)
三次加密调整治理实践	张丽莹	(305)
特高含水期“控水挖潜”精细油藏管理模式探讨	肖 勇 张雁雁	(310)

油藏工程(聚合物驱油)

二类油层聚合物驱层系组合及井网部署研究	韩 洁	(319)
聚合物驱低效井划分界限及治理对策研究	任 华	(325)
北三区东部西块凝集体系调驱改善聚合物驱开发效果的实践	公衍富 宁海涛	(329)

萨北开发区低效循环条带的识别与治理	付青春	高淑明	宋晓东 (334)
聚合物驱后厚油层顶部剩余油挖潜技术研究	高尔双	张雁雁 (338)	
注聚合物末期的动态反映特征及调整方法	于立新	王 秋	周秀飞 (344)
萨北开发区北三区西部聚合物驱深度调剖试验数值模拟效果认识	郎松枝	葛 郎 (349)	
北三西东块注聚合物末期高浓度注聚合物挖潜实践	赵起越	肖 勇 (354)	
东部过渡带单砂层注采关系分析及综合调整挖潜	哈俊达	李丽娟 (359)	
密井网条件下的储层变化特征及方法探讨	苏学军 (364)		
北二东西块注聚合物中期调剖效果分析	陈淑华 (368)		
注聚合物后期剩余油分布及综合挖潜技术研究	刘军海 (372)		
萨北开发区北三区东部西块见效初期综合挖潜研究	姚 庆 (379)		
北二西东块聚合物驱提高采收率经验及认识	付 勇	卢 洁 (384)	
北二西聚合物驱后开发特征变化规律	康树军 (389)		
聚合物驱结构调整方法认识	张有英 (394)		
改善二类油层聚合物驱注采井低效的方法	施 芹	李 奎	牛伟涛 (399)
北二区西部聚合物驱后期综合治理及挖潜方向探讨	苍君英 (402)		

油田地质管理

新型水量自动调节装置测试技术实践	赵长庆	林 涛 (409)
基层采油队单井效益评价模型的建立与应用	姜 智 (413)	
产出剖面连续测井资料的分析与应用	赵宝库	宋玉凤
非集流流量计在现场中的应用	刘国华	于莉萍 (423)
特高含水期测试技术在低效井治理中的应用	宋春英 (428)	
注产剖面测井影响因素及应用方法探讨	刘英智 (434)	
油田量油、化验数据资料准确性判断神经网络聚类方法的应用	杨晶荣 (437)	
应用模糊综合评判法对注水井偏调进行评估	路英秋 (441)	

现场试验

北部过渡带活性水驱油试验效果分析	孟国平 (447)
聚合物驱用量优化技术研究	车鑫晖 (452)
二类油层弱碱体系三元复合驱效果及认识	黄 梅 (458)
两三结合试注井方案优选研究	黄志双 (462)
二氧化氯试验在萨北东部过渡带注水井上的应用	赵政涛
改善北三区西部三元试验区开发效果的途径	成志伟
复合离子水解聚丙烯酰胺耐盐堵剂的制备与性能评价	秦艳臣 (466)
SH-1 表面活性复合剂驱油研究	刘晓光 (470)
萨北北部过渡带微生物驱试验效果	刘 超 (475)
	姜 波
	王 鑫 (478)
	陈立军 (485)

采油工程

注水井管柱蠕动变形检验与治理技术研究	张居华	刘清伟	李立东 (491)
多层段细分注水工艺及配套技术的研究与应用	李立东	王炳晖	吴玉杰 (497)

射孔优化调整生产剖面技术与认识	刘利波	韩秋	王荣久	(504)
注水井存储式自动测调技术的研靠与改进			魏金辉	(508)
螺杆泵技术的发展与完善	刘玉龙	廉宏	杨国庆	(512)
热力采油技术在萨北过渡带的应用	吴韞鹏	曹明君	刘玉龙	(516)
井眼轨道对螺杆泵杆柱扶正器安放位置的影响分析	金力扬	李淑红	张 明	(520)
三元复合驱防垢抽油泵研制与应用	岳 明	刘 野	汪明峰	武力强 (524)
聚合物驱清防蜡配套技术的发展与实践	李淑红	张居华	王建平	(529)
同井注采技术在聚合物驱的应用	曹明君	岳 明		(534)
机采井免压油层洗井技术	唐 伟		耿朝晖	(539)
常规游梁式抽油机下偏杠铃节能技术改造及应用 ...	殷良	侯宪文	樊国玉	杨国庆 (543)
直井中抽油杆柱的偏磨诊断及偏磨高度计算	刘清伟	许昱娟	李立东	任 华 (550)
验封封堵工艺研究与应用	任广庆	刘清伟	王 群	(557)
机采井综合数据智能化管理及应用	管 略	岳继红	韩 秋	(562)
萨北油田复合射孔技术应用效果分析	王荣久	韩 秋	游庆田	(565)
萨北开发区水泥封堵工艺的发展与认识	王 群	陈海波	任广庆	(569)
微电脑采油控制器增油节能效果分析			韩兆霞	(574)
萨北开发区合理流压界限的研究与应用			蔡晓辉	(578)
抽油机井多功能悬绳器在萨北油田上的应用效果及前景分析			汪明峰	(582)
防砂螺杆泵在萨北油田的应用与效果分析	王晓华	邓庆江	张 明	周 敏 (587)
密封加固工艺技术适用性分析			宋玉庆	(593)
恒量注水工艺可行性探讨			吴玉杰	(596)
套管堵漏封隔器的研制		付军梅	刘印宣	(600)
重复压裂的油井选井选层及工艺优选			白 鑫	(603)
机采井缩小参数合理经济界限分析			许昱娟	(606)
萨北开发区几种压裂新技术的综合评价			邓海成	(610)
论提高机采井系统效率与能耗分析	郎忠仁	吴云鹏	王 峰	季占平 (616)
水驱见聚合物抽油机井热洗周期的确定方法研究			孙 浩	(619)
对萨北过渡带三低井治理的几点认识			廉 宏	(624)
几种光杆密封器的应用情况及改进			高建业	(628)
聚合物驱注采井压裂防砂技术研究	汤玖宇	宋成珍	单明涛	(632)
萨北开发区油管失效因素分析及防治	张金钟		付军梅	(636)
自控系统在油田应用的适应性分析			吴晓雯	(641)
自控技术在污水处理站中的应用探讨			刘矿金	(645)
水表检定装置液压夹表器的改进、研制及应用			崔胜海	(649)
双固定阀门泵在大庆油田萨北开发区北部过渡带的应用 ...	崔红梅	张 龙	付桂芳	(653)
应用示功图计产终端和动液面监测仪确定合理沉没度和间抽方式	肖泽涛	孟庆涛	全亚丽	(657)
泡沫复合驱注入工艺技术适应性研究			张 磊	(663)
萨北油田纯油区西部聚合物驱螺杆泵适应性分析			王 颖	(667)

地面工程

埋地金属管道检测技术应用研究	徐文杰	王明信	张子敬 (675)
橇装分散装置在中小型矿场试验的应用			姜海峰 (680)
不加热集输处理工艺技术参数优化研究	杜久恒		于景峰 (685)
离心式注水泵节能技术原理及应用	胡懿雯		彭亚军 (689)
谈不发火(防爆的)面层施工工艺	远立江		郭志发 (693)
屋面防水技术在生产生活中的应用及注意事项	刘创业	远立江	郭志发 (698)
特高含水期油气集输系统工艺流程简化途径			李政军 (702)
国产高压变频器在注水站中的应用			付林笙 (707)
低压变频调参技术应用	赵力成		冯 铁 (711)
CTM 遥测系统在阴极保护中的应用	徐文杰		张春志 (716)
聚合物配制站自控系统升级改造	苏庆菊		付林笙 (720)
高压交联聚乙烯电力电缆绝缘老化及其诊断技术			张利君 (724)
6kV 配电线路后加速保护回路的改进	宋国龙	孙博峰	谷树坤 (727)
地面配制系统聚合物粘度损失研究	钱宏伟		王海燕 (730)

计算机应用

SOAP 技术及现场应用	郑为建		葛 郎 (737)
多学科油藏研究数据需求分析及前端软件开发模式探讨	左维军		唐万全 (742)
吸水动用状况的自动汇总			纪 宏 (746)
油田开发辅助应用分析系统设计软件复用模型研究			唐万全 (749)
油田监测信息流管理系统建立及应用研究	苗坤彦		殷美艳 (753)
油田开发数据在大型表中查询的优化研究			刘莉娜 (758)
生产报表在网上发布中的制作及应用			初 宇 (761)
油田办公系统中工作流模型的设计分析	郭 莉		姜 影 (769)
WSUS 在企业网安全管理中的应用	徐清德		王 鑫 (773)
浅析计算机图形学在油田测试管理中的应用	董桂苓		张桂平 (778)
信息技术在项目施工管理中的应用	王洪滨	李 威	于剑飞 (782)
基于地理信息技术的绘制应用方法研究			李 娜 (785)
矿级生产物资实现网上审批设计研究			王 艳 (790)
多媒体技术在油田岗位培训中的实践与应用	毛宏雁		丛立明 (795)
浅析网络安全技术	葛 岩		史 颀 (799)

油田地质

萨北开发区萨零组地质储量参数研究

刘柏松 沈丽平 樊陈华

(大庆油田有限责任公司第三采油厂)

摘要: 萨北开发区萨零组油层目前尚未开发,为继续深化大庆油田“上下左右”潜力研究,搞清其油层沉积特征。近年来在油公司的统一部署下开展了萨零组潜力研究,重点对其合理的含油气边界和面积进行了确定,并建立了萨零组各项储量参数测井解释模型。通过对萨零组油藏地质储量参数的研究,进一步搞清了油层的原油物性特征,提高了油藏研究精度,为萨零组油层的地质储量评估以及开发潜力落实奠定基础。

关键词: 萨零组 储量参数 孔隙度 渗透率 饱和度 综合挖潜

萨北油田开发以来,萨零组油层一直被作为次要油层对待,没有进行深入系统的研究,录取的资料也不像正常勘探开发的油田那样系统,储量参数研究难度较大。为了保证油田“十一五”各项开发规划的实施,挖掘油田自身潜力,经过近两年的努力攻关,对萨北油田萨零组油层油气分布、储层连通性及各项储量参数进行了系统研究;搞清了油气分布规律,落实了各项储量参数,计算了天然气、石油地质储量,并测算了可采储量,为萨零组油层的有效开发奠定了坚实的物质基础。

1 萨零组油层地质特征

萨零组油层为大庆长垣中部含油组合的一部分,油层沉积后经历了松辽盆地的中、后期构造沉降与抬升运动。通过 4537 口井编制了萨零组构造顶面图,显示萨零组仍位于萨尔图构造背斜北翼,构造高点为与采油一厂交界处,构造倾角东翼陡,一般 $2^{\circ}\sim 3^{\circ}$,北翼缓,一般 $1^{\circ}\sim 2^{\circ}$,构造顶部较为平缓。萨零组油层属于区域地层嫩一段,地层厚度为 35m 左右。依据沉积的旋回性、标准层、电性特征,应用湖相沉积油层对比方法,将萨零组油层划分为两个砂岩组、8 个小层,萨零 3 与萨零 4 之间厚度为 8m 左右的泥岩隔层,将其分为萨零上和萨零下两个砂岩组。

2 萨零组油层四性关系

2.1 岩性特征

萨零组油层的岩性是以广阔的前缘席状砂的粉砂岩和泥质粉砂岩为主,通过粒度分析统计,平均粒度为 4.74ϕ ,粒度中值为 0.061mm ,为细粉砂岩级。泥质含量高,为 11.17%。分选差,标准偏差为 1.99,偏态 0.46,峰态 1.21,圆度为次圆状,成熟度中等,颗粒间的接触关系主要为点接触,次为线一点接触。

2.2 物性特征

萨零组油层有效孔隙度平均在 $23.4\%\sim 24.2\%$,渗透率突出的特点是样品间差异较大,

最小值为 $0.05 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 最大值可达 $692 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 平均最小为 $7.8 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 最大为 $29.8 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。萨零组的物性好于表外储层, 但比萨一组表内储层要差。

2.3 含油特征

储层渗透性能变差必然导致油层含油程度降低, 岩心观察和取心井统计, 未见到饱含油, 富含油、油浸、油斑、油迹所占比例分别为 7.2%、38.0%、30.2% 和 24.6%, 油浸和油斑所占的比例略高, 但少量厚油层含油产状要好于表外储层。

2.4 电性特征

分析萨零组储层岩心、试油、测井资料表明: 萨零组储层的岩性、物性、含油性和电性有一致的变化规律, 即岩性越粗、物性越好、含油越饱满、电性显示越好。岩性粗、物性好、含油好的储层, 储油能力和产油能力高, 反之储油能力和产油能力低。

3 萨零组油层储量参数研究与确定

3.1 含油气面积的确定

含油气面积确定的原则: 萨零组顶面构造图在喇嘛甸、萨尔图油田最外圈的闭合构造线为 -960m, 依据实际钻井、有效厚度等值图等资料, 综合研究确定含油面积。萨北开发区有效厚度在萨一组内含油边界均有分布, 确定萨零组含油面积为 118.8 km^2 。

3.2 油气层有效厚度的确定

3.2.1 萨北开发区萨零组物性图版研制

对于原油性质变化不大、取心资料较多、单层试油资料较多的油田, 可直接建立空气渗透率(或有效孔隙度)与单位厚度采油指数关系图版, 但取心井北 2-350-检 45 单层萨零 5 试油为干层, 资料较少, 无法应用“试油法”确定有效厚度物性下限。采用经验统计法, 利用 3 口取心井岩心分析孔隙度与渗透率资料为基础, 做出全部取心井储集层内分析样品的渗透率和孔隙度频率直方图和累计频率曲线, 根据经验值确定出渗透率的下限值为 $4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。再利用含油产状法确定出渗透率下限为 $2 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 和有效孔隙度 19.4% 作为有效厚度物性下限值。

取心资料研究表明含油产状为油斑以上储层可以出油, 因此可以采用数理统计方法, 考虑萨零组将来与其他油层的薄差层共同开发, 确定出空气渗透率 $2.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 和有效孔隙度 20.0% 作为有效厚度物性下限值。

3.2.2 萨零组电性标准研究

萨北开发区萨零组老测井系列电性标准, 由于无取心资料以及单层试油气资料, 不具备研制物性标准的条件。因此, 借用萨一组的取心资料, 以含油产状为基础研制其电性标准。DLS 测井系列有取心井 4 口, 萨零组生产井试油资料 11 口井, 由于萨零组油层以发育薄油层为多, 厚油层少, 故采用取心井统计比例扣除低阻夹层。萨零组油层储层厚度取舍层标准深侧向比值 2.00, 微球比值 1.19, 高阻层标准声波时差比值, 微梯度比值 1.09。

萨零组电性标准确定后, 共计解释 4537 口井, 按井点平均分区确定萨零组有效厚度, 北二区有效厚度 2.8m, 北三区有效厚度 1.8m, 北四区有效厚度 2.7m, 北部过渡带有效厚度 4.1m, 东部过渡带有效厚度 3.9m。并建立了有效厚度数据库, 分小层编制砂体图。

3.3 有效孔隙度模型研究

3.3.1 测井解释有效孔隙度模型

通过对萨零组储层测井系列取心井 29 层资料研究分析, 考虑到测井曲线的分辨率以及岩样是否有代表性等因素, 选用解释厚度 $\geq 0.3\text{m}$, 取样密度 ≥ 3 块/ m 的储层做统计回归, 测井解释有效孔隙度模型如下:

孔隙度公式: $\phi = 49.512 + 0.0756\text{HAC} - 23.403\text{DEN}$ 相关系数: 0.89

经对单层测井计算与岩心分析的有效孔隙度值对比, 平均绝对误差 0.90%, 平均相对误差 4.0%, 精度可以满足油田开发的需要。从图中看出测井解释与岩心分析有效孔隙度具有一致的规律性。

3.3.2 有效孔隙度的确定

有效孔隙度是在地面常压下测定的,应考虑压实作用的影响,校正为地层条件下的有效孔隙度。在大庆长垣石油地质储量复算时,编制了地面与地下有效孔隙度关系图版,偏差校正后的地面有效孔隙度与地下有效孔隙度差值均为 0.6%,取心井资料与生产井测井解释有效孔隙度结合,常规样与密集样的测定数据对比得到偏差比例为 1.07,考虑进行偏差校正为 22.1%、压实校正后综合取值有效孔隙度为 21.5%。

3.4 原始含油饱和度的研究与确定

3.4.1 测井解释含油饱和度模型

确定储层原始含油饱和度有直接和间接两种方法，利用密闭取心资料确定储层原始含油饱和度，目前在萨零组开发区已有 2 口密闭取心检查井在萨零组取样，共取样品 32 块，全部采用“蒸馏法”做了实验分析，为利用密闭取心资料确定储层原始含油饱和度物性图版打下基础。优选泥粉油斑及以上产状分区编制的萨零组油层空气渗透率与原始含水饱和度关系图版，图版规律性较好；应用测井资料计算储层原始含油饱和度，测井资料计算储层原始含油饱和度是建立在阿尔奇公式的变化基础上，取心资料、测井资料建立测井解释储层原始含油饱和度方程式为：

饱和度模型 $\log S_w = 3.852 - 1.38 \log \phi - 0.278 \log R_t$ 相关系数: 0.87

3.4.2 含油饱和度的确定

蒸馏法测定的含水饱和度仪器分析误差偏小 1.5%，偏差校正后的含油饱和度减去 1.5%，即为进行仪器分析误差校正后的含油饱和度。应用取心井资料，测井解释生产井含油饱和度，用岩心分析与测井解释含水饱和度的平均值，进行偏差比例 0.94 校正为 44.7%、仪器分析误差校正后 43.2%，综合取值含油饱和度 43.0%。

3.5 地面原油密度、体积系数和原始气油比的确定 (表 1)

根据试油资料确定萨北开发区平均地面原油密度。由于萨零组没有高压物性资料, 鉴于萨零组和萨一组同属嫩一段地层, 均是白垩系主要烃源岩在齐家-古龙凹陷的油源, 故体积系数采用萨一组数值。

表 1 萨零组与萨尔图油层原始气油比

地面原油密度 (t/m ³)	体积系数	层位	原始饱和压力 (MPa)			原始气油比 (m ³ /t)		
			范围	平均	井层	范围	平均	井层
0.871	1.121	萨零组	8.93	8.93	1	22.85	22.85	1
		萨尔图	6.30~11.00	9.21	103	34.9~51.8	47.1	103

4 萨零组油层石油天然气地质储量计算

萨北开发区萨零组无天然气顶,因此不进行天然气地质储量计算,石油地质储量计算结果为 $2642.21 \times 10^4 \text{t}$,较2001年估算的地质储量 $2173.51 \times 10^4 \text{t}$ 增加 $468.7 \times 10^4 \text{t}$ 。从储量计算结果和有效厚度等值图分布来看,萨北开发区的北部过渡带是萨零组油层最发育地区,含油面积为 38.0km^2 ,地质储量为 $1119.15 \times 10^4 \text{m}^3$,是萨零组今后开发的有利地区,在萨北属于中浅层无气顶油藏,综合评价为低产、特低丰度油层。

5 结 论

(1) 通过对萨零组油层储量参数的系统研究,建立了有效厚度的物性下限和电性标准,并首次建立萨零组测井计算有效孔隙度和含水饱和度模型。

(2) 提出偏差系数校正方法,应用到有效孔隙度、原始含油饱和度的计算中,使有效孔隙度、原始含油饱和度的取值更准确。

(3) 通过编制温度与深度、压力与深度关系图版,搞清了萨零组油层中部深度的温度和压力值,萨零组高压物性资料少,原始气油比参数待落实。

参 考 文 献

- [1] 吕晶.喇萨杏油田过渡带石油地质储量参数研究.大庆油田精细地质研究与应用技术.北京:石油工业出版社.2004
- [2] 吕晶.大庆长垣新测井系列厚度解释电性标准研究.大庆油田精细地质研究与应用技术.北京:石油工业出版社.2004

第一作者简介:刘柏松,男,1972年6月6日出生。现在大庆油田有限责任公司第三采油厂地质大队工作,现任室副主任,工程师。从事油田地质描述工作。

多学科油藏研究在北二东区块 剩余油挖潜中的应用

李莉娟 白军辉

(大庆油田有限责任公司第三采油厂)

摘要: 萨北开发区北二东区块注水开发 40 多年, 已进入特高含水期开采阶段。本文从油藏描述、沉积相、开发动态、数值模拟等角度对北二区东部的开发现状、存在的问题及其潜力进行了分析, 把精细地质研究成果应用到数值模拟中, 进行了精细建模、精细模拟、精细研究剩余油分布特征, 对北二东区块的综合治理调整方案进行了优化选择并取得了良好的开发效果。

关键词: 综合含水 相控建模 剩余油分布 挖潜措施

北二东区块位于大庆长垣萨尔图油田北部纯油区内, 萨尔图油田背斜构造北部, 开采面积约 12.05km^2 , 地质储量为 $7424.0 \times 10^4\text{t}$, 开采油层是萨尔图、葡萄花、高台子 3 套油层。注水开发 40 多年, 目前已进入特高含水期开采阶段, 综合含水 91.66%, 含水每上升一个百分点, 液油比的增长很快, 产量递减幅度加大。

目前存在的主要问题: 一是层系间综合含水接近, 结构调整困难。二是剩余油分布零散, 水驱措施潜力小; 有效厚度大于 0.5m 油层已全部水洗, 剩余油潜力主要分布在厚油层顶部和薄差储层内。纵向上, 分布在从萨一到高三段的 100 多个小层内。三是水驱已措施井比例高, 进一步措施挖潜潜力小。该区在开发调整过程中进行了多项现场开发试验, 继续采取措施余地已很小。

针对以上存在的问题, 我们选择了北二东区块开展多学科油藏研究。通过多学科结合多种技术综合研究, 使油藏描述更加准确, 更好地实现剩余油精细挖潜, 探索出了特高含水后期开发的有效途径。

1 多学科油藏研究

以多学科油藏研究作为平台, 深入研究特高含水期剩余油分布及成因, 探索特高含水期精细油藏管理模式。

1.1 相控建模

北二东模型属性值在沉积相约束下进行网格化, 建立了 55 万节点的属性模型。相控建模算法的核心是在沉积相内进行同相属性参数的插值。将带有旋回性、沉积模式的原始河流沉积环境, 加载到三维非均质模型, 通过这种技术手段建立的模型更加精确地、真实地反映了储层的沉积特征。

1.2 建立动态模型

模型中输入了模拟区油水井从 1965 年开始的生产数据和措施信息, 动态数据处理采用自己开发的 Eclipse 数据接口软件, 生成了井史、射孔及井轨迹等文件, 输入 Schedule 模块

建立动态模型, 模拟井全部采用定产方式, 边井按 0.5 系数劈分, 角井按 0.25 系数劈分。

模拟模型按渗透率级差分为 10 个区, 相渗曲线分别采用大庆油田勘探开发研究院公布的 10 条标准相渗曲线, 在建模过程中对缺乏薄差油层孔渗饱资料的储层, 主要根据密闭取心井岩心分析资料进行补充, 模型中这类储层原则给定渗透率 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 并根据厚度大小作适当调整。

单井的各项措施是参考历年的措施资料及油、水井吸水产液剖面资料, 使大部分油井的拟合含水率、产液状况与区块拟合含水、产液状况与历史状况基本相符, 模拟区块的各项计算指标与实际生产状况基本相符。

1.3 历史拟合

本次模拟应用 Eclipse 软件, 重点拟合地质储量和含水率, 储量按沉积单元拟合。精细地质研究成果的应用提高了地质模型精度, 保障了数值模拟的根基。拟合过程中使用了自动拟合校正地下参数的方法。在拟合产量时, 引入与产量密切相关的参数传导率和 PVT, 对其进行了赋值, 给定一个有物理意义的区间, 在这个范围内分 10 个更小范围的区间, 对每个网格的参数进行敏感性分析, 从而求出每个区参数的均方差值, 根据均方差值可以分析出参数的合理性, 即使不合理, 也可以根据方差值的正负确定参数的修改方向。减弱修改参数的难度, 提高了拟合的精度。

2 剩余油量化分析

根据对该模拟区块历史拟合到目前各类储层油水饱和度分布状况的分析, 将区块各单层剩余油分布按成因概括为以下 4 种类型。

(1) 第一种: 不稳定表外薄层型。

主要分布在不稳定发育的外前缘沉积的砂体中, 这类剩余油占总剩余油的 27.8%, 典型代表层为 SⅠ1。平面上主要分布在北 2-丁 1 井排边部, 北 2-丁 1 与北 2-5 井排之间的北 2-61 井排周围。

(2) 第二种: 滞留区或二线受效型。

主要分布在不同微相砂体连接部位, 如河道砂和主体薄层砂边部与高弯曲部位等。这类剩余油占总剩余油的 23.1%, 典型代表层为 SⅡ2+3, 平面上剩余油主要分布在北 2-60-450、北 1-丁 1-52、北 1-丁 1-455 等井的边部, 北 2-丁 5-42、北 2-丁 4-52、萨 6 至北 2-丁 4-60 井的西南区域。

(3) 第三种: 层间干扰型。

这类剩余油主要存在于枝一坨过渡状三角洲前缘砂体中, 平面上剩余油主要分布在北 2-60-450、北 2-60-551、北 2-61-453 等井的边部, 北 2-丁 5-450、北 2-50-S552 至北 2-4-456 井附近的西南区域, 这类剩余油占总剩余油的 17.4%。

(4) 第四种: 注采不完善型。

经过多年控水措施调整与为聚合物驱和其他试验封堵, 局部地区注采对应关系较差, 另外零星分布的砂体井网控制程度低形成剩余油。这类剩余油占总剩余油的 31.7%。

通过上述多学科研究方法分析研究表明, 平面上每个单砂体也均有分布, 但平面上控制面积小, 纵向上与高水淹油层交错分布, 总体上剩余油分布零散表现的较为突出。