

李伯虎 李 洁 主编

大庆油田

精细地质研究与应用技术

DaQing YouTian
JingXi DiZhi
YanJiu yu
YingYong JiShu

石油工业出版社

56.575
272

大庆油田精细地质研究 与应用技术

李伯虎 李 洁 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书收集了近几年大庆油田精细地质研究和在开发中应用的技术论文 73 篇, 主要包括: 储层精细描述及其在油田开发中的应用、油田构造和微型构造精细描述、大庆长垣各油田“上下左右”开发潜力研究、计算机在精细地质描述中的应用和现代沉积考察。

本书可供从事油气田开发的地质技术人员、管理人员、科研人员及有关高等院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

大庆油田精细地质研究与应用技术/李伯虎, 李洁主编.

北京: 石油工业出版社, 2004. 4

ISBN 7-5021-4599-0

I. 大…

II. ①李…②李…

III. 石油天然气地质-研究-大庆市-文集

IV. P618.130.2-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 019622 号

大庆油田精细地质研究与应用技术

李伯虎 李洁主编

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

总 机: (010)64262233 发行部: (010)64210392

经 销: 全国新华书店

排 版: 北京乘设伟业科技排版中心排版

印 刷: 石油工业出版社印刷厂印刷

2004 年 4 月第 1 版 2004 年 4 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 29

字数: 742 千字 印数: 1-1000 册

定价: 98.00 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

《大庆油田精细地质研究与 应用技术》编委会名单

主 任：苏树林

副主任：巢华庆 方凌云 王启民 隋 军 郭万奎
徐正顺

委 员：李 洁 李伯虎 赵翰卿 吕晓光 隋新光
闫亚茹 姜洪福 宋吉水 万新德 麻成斗
薛家锋 宋保全 王渝明 李士奎 李彦兴
黄伏生 周 群 房宝才 张玉广

前 言

大庆喇萨杏油田开采主要目的层含油井段 200~500m,单井钻遇油层达到 100 多个,多种沉积类型的储层交替出现,高、中、低和特低渗透储层相间分布,是典型的大型多层非均质砂岩油田。经过几十年的注水开发,油田已经进入高含水后期开采阶段,其中喇嘛甸油田已经进入特高含水开采期,由于储层非均质等因素造成剩余油高度零散分布,预测难度越来越大,影响了油田开发调整挖潜的针对性。

为了搞清该阶段各类储层和砂体的高度零散分布的剩余油,在油田公司的领导下,按照油田公司主要领导“要站在油田可持续发展和培养跨世纪人才的高度来看待和组织油田精细地质研究工作,要用新的理论和技术手段来开展和促进油田精细地质研究工作”的总体要求,集中了大庆长垣上采油厂和勘探开发研究院的开发地质技术人员,历经数年,利用现有全部开发井和每个层的静态、动态资料,开展了包括储层性质、砂体连续性、沉积微相、微型构造、断层等内容的油藏精细描述,研究了各种可供开发利用的新的储量潜力,探索了应用计算机进行油藏精细描述和建模的方法,并将这些新的研究成果广泛用于指导油田开发调整和优化各项挖潜措施的多个方面,其推广应用的规模之大是空前的,成效是十分显著的,使之成为现阶段改善油田开发效果的基本依据。这些精细的地质研究和油藏描述成果,丰富了以往精细地质研究的内涵,在理论研究和认识上都有了新的突破,使被专家称为具有“地质仿真”描述功能的精细地质研究向深层次发展。

同时,通过大规模、大范围、多方面的专题研究和技术攻关,在采油厂磨练出了一支包括储层、构造、测井解释、油气储量计算等方面门类齐全的精细地质研究技术骨干队伍,广大技术人员的技术、理论和解决油田实际问题的能力普遍上了一个大台阶,学术空气也变得更加浓厚,他们积极撰写科技论文和技术总结报告,踊跃参加各种学术和技术交流活动,为油田可持续发展献计献策。

为了更好地交流数年来的油藏精细描述的成果和经验,促进精细油藏描述工作的深入发展,特将这几年工作中的部分认识和体会编辑成本文集出版。由于论文作者大部分来自采油厂,从事地质研究和精细油藏描述的时间较短,文中难免有不妥之处,欢迎读者给予批评指正。

编 者

目 录

大庆油田精细地质研究与应用回顾.....	李伯虎 李 洁(1)
----------------------	------------

第一部分 储层精细描述及其在油田开发中的应用

储层层次分析和模式预测描述法——密井网储层精细描述技术

.....	赵翰卿 付志国 吕晓光(9)
储层地质模型概念与类型	赵翰卿(20)
松辽大型河流—三角洲体系储层精细地质模型	赵翰卿 付志国 吕晓光(24)
利用取心井资料确定杏南开发区葡 I 组储层测井微相模式方法	韩永华 郝兰英 朱 焱 李树臣 刘洪岩(33)
萨中开发区萨葡高油层细分沉积相研究 ...	张秀云 龙 涛 吴纯梅 蔡 云 于志明(40)
萨中开发区高台子油层沉积特征再认识 ...	张秀云 吴艳菊 隋凤芝 邱长波 蔡 云(46)
高含水后期河流相储层内部挖潜地质条件研究	吴艳菊 姜洪福 李 洁 龙 涛 任淑芹(51)
对萨中开发区葡 I 组不同河流系统边界划分及开发效果的再认识	龙 涛 吴艳菊 刘国涛 宁卫平(57)
大庆油田萨中开发区储层流动单元研究与应用实例	江淮友 张 震 李丽萍 肖玉国 于志明(62)
沉积单元夹层发育与二次完井开发效果	叶佳根 龙 涛 钱 彧(67)
应用精细地质研究成果认识三次加密开采特点	文淑敏 马春梅 裴占松 盛晓云 陈晓华(71)
萨中开发区中区不同开发阶段储层水淹状况研究	王金影 隋凤芝 周彩云 杨景荣 李艳玲(76)
对萨南二、三区萨葡油层沉积特征的分析	赵永刚 程丽辉 徐亚静(81)
萨南东部过渡带精细地质描述和剩余油分布研究	辛红兵 杨秀英 原子华(85)
应用精细地质研究成果指导萨南开发区低效井综合治理	齐景宏 王 勇 张 颖(91)
萨北开发区北二区东西部主力油层沉积特征差异研究	王文军 卢 洁 樊陈华 张 敏(96)
萨北开发区储层流动单元划分方法	王文军 纪 宏 刘红兵(102)
北三区东部精细地质研究在分层测压中的应用	焦艳丽 袁 娜 戚金花 辛跃梅(109)
杏北纯油区厚油层精细地质研究与认识	李 音 彭 勃 龙黔胜 李 葳(116)
杏北开发区主力油层流动单元描述技术研究	陈炳峰 宋绍明 席国兴 李 葳(121)
杏北开发区非主力油层精细地质描述方法	薛家锋 祖小京 席国兴 亓校湘(128)
杏北开发区前缘相储层精细地质研究	席国兴 亓校湘 沈忠山 范孝银(134)
杏北开发区非主力油层剩余油潜力及挖潜对策研究	

.....	李作光	姜贵璞	李连平	于凤林(140)
杏北开发区异常高压层普查方法及防治对策研究		席国兴	梁卫东	马 磊
对杏南开发区萨葡油层沉积演变规律的认识		王淑琴	周丽梅	郭洪彬
对杏南开发区复合砂体单一河道识别方法及应用效果分析		何宇航	赵 霞	赵 红
单砂体内部薄夹层建筑结构及对驱油效果的影响		郝兰英	马世忠	李士奎
河间砂体精细解剖方法研究与应用.....	曹洪文	赵 红	何宇航	崔 君
杏南开发区表外储层沉积特征及动用能力研究		郭亚杰	曹洪文	曲广利
精细地质研究成果在喇嘛甸油田水驱开发中的应用与实践		黄修平	姚再学	甘晓飞
河流相储层非均质特点及特高含水期剩余油分布规律研究		赵 伟	裴秀玲	李素梅(191)
喇嘛甸油田聚合物驱上返油层地质特征及开发潜力分析		赵云飞	胡广斌	王莉明
葡萄花油田北部密井网精细地质描述及水驱调整挖潜研究		刘洪涛	王长生	王淑红(200)
长垣南部水下窄小砂体油田剩余油挖潜方法探讨.....	姜福聪	宋英春	陆延平(209)	
应用精细地质综合评价方法挖潜太平屯油田南部潜力.....	王长生	吴丽娜	王金荣(216)	
喇萨杏油田萨零组油层浊流沉积砂体成因探讨及描述.....	付志国	赵翰卿	王广运(222)	
喇萨杏油田萨零组储层研究.....	张 帆	王大伟	付志国(226)	

第二部分 油田构造和微型构造精细描述

大庆长垣各油层构造断层精细描述研究

.....	迟 博	司 丽	刘柏松	尚 梅	陈国强
.....	殷文珍	王端阳	周建庆	姜福聪	徐文发(231)
杏北开发区构造精细描述及认识.....	司 丽	宋保全	王玉祥	金 利(240)	
杏南开发区二次加密调整及外扩布井后构造特征再认识.....	李洪滨	李新峰	吕晓光	陈淑华(255)	
储层微型构造描述方法.....	吴艳菊	闫亚茹	刘颖萍	李 洁	蒋正义(263)
储层沉积相与微型构造成因联系研究.....	孙俊明	张立秋(269)			
聚合物驱油区块储层微型构造应用研究.....	刘柏松	高秀荣	王丽艳(277)		
对储层微型构造的几点认识.....					

第三部分 大庆长垣各油田“上下左右”开发潜力研究

大庆油田萨零组油气分布规律与地质储量计算.....	李洪滨	付志国	王大伟(287)
萨中开发区萨零组储层厚度电性标准研制及油气地质储量计算			

.....	王向荣	刘国涛	隋凤芝	赵忠波	王远洛(293)
萨中开发区萨零组储层综合评价.....	龙涛	吴艳菊	王月英	马驰	李晓英(300)
萨南开发区萨零组油层地质特征.....			赵永刚	周广利	张金玉(305)
萨北开发区萨零组开发潜力研究.....			常军海	沈丽平	王林辉(310)
对杏北开发区“上下左右”潜力的初步认识.....	刘雷	王玉祥	刘敏		费洪涛(315)
喇嘛甸油田萨零组天然气潜力研究.....	韩景江	魏月芝	裴秀玲	王莉明	纪学雁(323)
喇萨杏油田过渡带石油地质储量参数研究.....		吕晶	窦凤华		孙国红(327)
萨中过渡带地质储量参数研究及储量计算.....			隋凤芝		杨韵燕(336)
萨北过渡带外扩布井试验研究.....		刘柏松	朱淑华		郭松梅(340)
杏南过渡带继续外扩可行性分析.....					王端阳(346)
长垣南部葡萄花油层应用勘探开发一体化方法进行周边资源评价研究					
.....		宋彪	许洪东		姜福聪(353)
大庆长垣扶余油层油气富集规律与开发潜力初步研究					
.....	刘淑芹	周永炳	陈有福		俞静(361)
喇嘛甸油田气顶天然气储量复算研究					
.....	王莉明	魏月芝	于晓红	范丽	沈中梅
不同砂体储量计算方法及储量潜力应用研究					邹建平(369)
.....	宁丽凯	隋凤芝	曾祥智	吴纯梅	郑晓丽(374)
大庆长垣新测井系列厚度解释电性标准研究.....		吕晶	窦凤华		孙国红(378)

第四部分 计算机在精细地质描述中的应用

密井网条件下陆相砂岩储层自动对比方法研究.....	杨会东	黄伏生	黄兴艳(387)		
运用计算机模式识别判定沉积微相.....	王艳婷	刘军海	代青楼(395)		
测井曲线沉积微相自动识别与精细地质制图一体化技术	杨会东	李洪滨	唐金荣	王晓燕	付昌琼(401)
AutoCAD 技术在精细地质研究中的应用	张善平	王连东	王远洛	刘婷婷	韩冬玲(407)
计算机绘制沉积相带图软件研制.....	潘志	祖小京	席国兴	王晓东(412)	
利用 StratModel 软件建立沉积微相三维地质模型研究	殷丽萍	于开春	胡水良	卢华	侯敏(416)
SGM 软件系统的开发及在三维地质建模中的应用	隋新光	吴艳菊	吴天虎	龙涛	肖兰花(421)
构造地质建模及应用.....	殷文珍	尹仲宏(425)			
Earthvision 软件的二次开发.....	韩宏学	龙黔胜	司丽	金利(432)	

第五部分 现代沉积考察

青海湖现代沉积考察研讨报告.....	马利民	李洁(439)			
秦皇岛地区河流—三角洲现代沉积考察.....	李洁	祖小京	康红庆	李音(444)	
岱海湖现代沉积考察与认识.....	张秀云	于志明	王月英	王洪卫	刘冰(451)

大庆油田精细地质研究与应用回顾

李伯虎 李 洁

(大庆油田有限责任公司)

摘 要:大庆长垣各油田精细地质研究攻关与推广工作,历经 4 年取得了丰硕的成果,储层与构造的精细描述方法在采油一厂至七厂地质人员中基本普及推广,成为目前进行开发调整的重要手段,查清了油田油水过渡带局部外扩的潜力及萨零组油层的油气开发储量潜力,同时全面提升了油田地质研究工作中应用计算机的能力和水平。本文对大庆油田进行精细地质研究与应用技术进行了回顾和总结。

认识油藏地质规律是开发好油田的基础,在油田进入高含水开发后期,储层中剩余油的分布更趋于零散复杂,需要更精细而科学的方法描述和认识油藏,为此大庆油田有限责任公司领导于 1999 年及时组织了精细地质研究攻关和推广工作,计划用 3~5 年时间完成采油一厂至七厂包括储层精细描述、构造精细描述和油田“上下左右”潜力研究,形成配套的计算机自动对比与地质制图软件,培养一批专业技术骨干队伍。油田开发部、研究院和采油厂地质人员历经 4 年不懈努力,经历了典型引路的普及阶段、技术成熟和成果应用初见成效阶段,以及深入研究和改善区块整体开发效果的全面推广应用阶段后,已经全面完成了既定攻关目标,编制了种类齐全、工程浩大的油田地质基础图件,健全了大庆油田地质信息数据库,完善和发展了精细地质研究技术,丰富了大庆油田精细地质研究的内涵,深化了对大庆长垣河流—三角洲沉积储层的认识,有效地改善了油田开发效果,拓宽了油田挖潜增储的途径。

一、油田地质研究的新发展

精细地质描述方法是相对于传统的油田地质描述方法而言的,在形式上表现为把研究对象比以前更细化了,而本质上是强调从成因上认识储层特征,从储层纵向和平面上确定出最基本的成因单元,以便为最大限度的恢复储层沉积原型、认识沉积规律创造条件。精细地质描述方法是对油田地质研究的新发展。

1. 沉积单元(单砂层)与小层

大庆油田开发初期是将储层细分到小层级,定义为“上、下以泥岩分隔的具有含油条件的砂质、粉砂质岩层”,强调在研究区内各小层之间至少在占 50% 的井上是能被泥岩隔开的。但是在泛滥平原至分流平原相沉积环境下,由于河流频繁的冲刷下切作用,往往形成了一些由多期河流沉积单元叠合而成的厚砂层,各沉积单元砂层之间的泥岩仅有几公分,甚至没有泥岩而仅存在一个沉积界面,从测井曲线形态上辨认难度大,往往也被划入同一小层。早在 20 世纪 70 年代就着手解决这一问题,对部分小层进行了细分沉积单元的研究。现在推广的层次分析法和精细对比,已经能够从叠合砂体中识别出各个单一沉积单元砂层(简称单砂层)。将储层细分至每个单一沉积单元,是在油田或小区域内精细研究其沉积规律的重要条件。大庆油田

萨葡高油层细分沉积单元的工作已经全面完成,数量上沉积单元明显多于小层数。

2. 单砂层沉积微相图与小层平面图

小层平面图是大庆油田开发初期描述储层的重要图幅,原小层平面图是立足湖相较均质储层,多采用三角网法勾绘等值线,对于河道砂岩发育的河流—三角洲相沉积适应性差,为此前人探索用砂体沉积趋势来预测“自然水路”获得成效。

单砂层沉积微相图(或称单砂层沉积相带图)是对储层进行精细描述后的重要成果图之一,从该图上可以引伸出这样的认识:在同一沉积微相内储层的岩性和物性是连续的渐变的,而不同沉积微相之间储层的连续性变差或者不连续的,岩性和物性是突变的,从成因上明显的反映了储层的非均质变化。具体的作图方法是对每一单元(或单砂层)采用模式绘图法,即以各种沉积模式和沉积学知识为指导,对井间储层的空间分布和物性进行合理的推理和预测性描述,以便最大限度的再现每一沉积单元原始的沉积微相和砂体形态,使砂体的几何形态、延伸方向、各砂体间的分布组合面貌自然协调,更符合沉积的规律性,完全克服了机械勾绘等值图的弊病。

目前已编制完成了萨、葡、高油层所有单砂层的沉积相带图,它应用了二次加密、部分地区为三次加密后所有井的资料,该图与原小层平面图相比,具有地质信息量大、更加客观真实的优势,为油田提供了一套有效生产应用图幅,从而及时满足了油田高含水阶段精细动态分析和精细挖潜的需要,起到了原小层平面图无法达到的作用。

3. 单砂体及其流动单元

单砂体:是由一次沉积事件形成的单一砂体。在河流—三角洲相沉积环境下,除了孤立的单砂体,还广泛存在着由若干个单砂体集合而成的复合砂体,为了识别和充分开采每一单砂体中的剩余油,就应该区分出复合砂体中的各个单砂体来。但是单砂体的规模一般比较小,只有在油田开发的密井网条件下,采用精细解剖的方法才有可能从复合砂体中识别出单砂体,这一方法的推广对重新认识单砂体间复杂的连通关系有着重大的作用。

储层流动单元:是在对砂体成因和地质遮挡状况研究的基础上,在单一砂体或暂不可细分的复合砂体内,根据渗流能力大小进一步细分出不同的流动单元,在同一流动单元内其岩性和渗流能力是基本一致的。表述储层渗流能力的参数很多,其中影响最大的是渗透率值,由于大庆油田开发已有四十余年,开发井网是在不同时期完钻的,其测井仪器精度和渗透率解释方法不同,储层在常期水驱下孔隙结构和渗透率也发生了不同程度的变化,导致同一成因砂体在不同井网中测井解释渗透率值相差悬殊,为此先要根据统一的技术规程,对不同井网测井解释渗透率值进行校正,然后进行储层流动单元的划分。

4. 单砂层微型构造与新的油层组顶面构造图

近年来在储层微型构造研究上取得了重大进展。微型构造是在油田大构造背景上由于构造的微小起伏及断层附近地层的相对运动而造成的,可分为正向、负向和斜面三种微型构造。在同一沉积单元的厚砂体中由于受重力作用影响产生油水分离现象,使剩余油总是趋向于占据高部位的正向构造里,因此编制单元顶面的微型构造图,就可以用于分析每个沉积单元内厚砂体剩余油的分布趋势,采油三厂还用“上、下驱油系数”的指标来半定量描述这一特征。在大型河道底部普遍存在冲刷下切现象,对这样的沉积单元还要做单元底面微型构造图,用于分析河道下切程度和古主流线位置。

此外,为了对全油田构造形态和断层重新认识,编制了新的油层组顶面构造图,由原先仅分萨尔图、葡萄花和高台子三个油层,细分为萨零组、萨一~萨三组、葡一~葡二组、高一~高

四组等 10 个油层组的顶面构造图,勾图的等高线距由原先的 25m 细到 5~10m,使新构造图更加准确,从而全面取代了油田上沿用多年的老构造图,为构建三维地质模型、落实新的含油边界、外扩布井和油田动态分析提供了新的地质依据。

5. 用相约束建立三维地质模型

三维地质模型的真实程度直接影响着数模及开发动态的预测精度,其中的关键因素之一是如何进行井间油层参数的合理插值,传统的做法是根据邻井资料采用各种数理统计方法进行插值,但是这种做法不能如实反映出河流—三角洲沉积储层非线性的复杂变化,导致这些插值与客观实际存在较大的误差。而采用沉积微相约束的方法进行井间插值时,由于储层非均质差异已通过沉积微相的变化基本上反映出来了,所以用沉积微相界线限定油层参数的分布趋势,就能较客观地表述出储层内在的变化规律,所以用沉积微相约束来建立的三维地质模型比较真实可信,将会减少数模历史拟合过程中修改参数的工作量,促进开发动态预测精度的提高。

二、应用精细地质研究成果提高油田开发调整效果

大批量的精细地质研究成果和图件,已采取多种形式下发到采油厂生产管理岗位和采油矿、队,大大推动了开发动态的精细分析,拓宽了挖潜的途径,在水驱和聚合物驱的开发调整、完善注采系统、新井射孔和老井补孔、压裂调剖等方面得到了广泛的应用,获得了十分突出的效果。

1. 细分单层沉积微相和单砂体后,又找到了一些很隐藏的剩余油潜力

由于细分出单层沉积微相,尤其是划分出单一砂体后,将一些错层相互叠置、似连通而实际不连通的砂体区分开了,使得单砂体的数量比细分前增多了,但是单砂体规模普遍变小了,从而导致由单砂体变差部位和注采系统不完善部位形成的零散剩余油却是增多了,将原先一些很隐藏的剩余油潜力找了出来。因此在对储层精细描述基础上要重新普查单砂体的注采关系,找出还隐藏的剩余油,采取加密新井、油井转注等措施来进一步改善开发效果。对于低渗透层段的剩余油在采取压裂措施时,要研究沉积微相的配置关系,避免对与河道砂体中下部相连接低渗透层段的压裂,防止形成短路水窜,而尽量选择与河道上部(变差带)相连接低渗透层段的压裂,以获得增油效果。

2. 深化对各类河道砂体的认识,改善聚合物驱开发效果

聚合物驱是大庆油田目前主要的三次采油方式,开采对象主要是具有中高渗透性的各类河道砂体,它不仅渗透率高、厚度较大,储层非均质性也很严重;砂体间的接触关系和连通状况、废弃河道中上部的泥质淤积充填、层内的沉积构造和各种沉积界面、泥质夹层等都对流体的渗流产生了不同程度的遮挡作用,尤其像聚合物等比较粘稠的溶液影响更明显,因此要在深入研究基础上查清其具体的影响因素,采取相应的措施,如对非本层系井补孔或改变注聚合物浓度等措施,以改善聚合物驱开发效果。

3. 应用储层精细描述成果,“动静结合综合分析”是判别储层水淹状况、优化射孔方案的有效途径

进行二、三次加密调整的主要对象是薄差油层和表外储层,目前对这些储层水淹状况的认识还缺乏很有效的方法。但是对储层进行精细描述后使我们认识到,大庆油田不同沉积微相的储层,在水驱条件下,一般水淹的先后次序和水淹程度都是有一定的规律可循的,因此以单

层沉积相带图为依据,结合测井曲线特征、井网形式和开发动态资料的综合分析,是判断水淹状况和优化射孔方案的简便有效途径。

4. 查清异常高压层分布、控制套损蔓延

在特定的地质条件和开采方式下,油田经过长期水驱,会形成异常高压层,例如在单砂体厚度大渗透率高的部位注水、在厚度变薄渗透率变低的部位采油,或者有注水井无采油井,或者遇到断层遮挡等条件下,都容易因注水憋压形成高压异常层而导致套损。采油四厂等单位在查清原因后,采取以单层沉积相带图为依据,通过分析单砂体注采关系搞清了研究区块内高压异常层的分布状况,采取油井补孔泄压或注水井限注停注等减压措施,使单砂体内的注采压力趋于平衡,有效控制了套损的蔓延。

三、大庆油田“上下左右”开发潜力研究

为了从总体上搞清大庆油田可开发的资源潜力,除了不断挖掘萨、葡、高油层的开发潜力,还对油田边部外扩的开发潜力、目前已开发油藏以上萨零组和黑帝庙油层的开发潜力、已开发油藏以下扶余油层的开发潜力开展了研究,简称油田“上下左右”开发潜力研究,这些专题研究已经陆续完成,取得了一批重要成果和新的认识,现简要介绍如下:

1. 喇萨杏油田过渡带开发潜力研究

喇萨杏油田萨二组~葡二组各油层组的油水边界线是在 1978 年以前确定的,这次收集和补充了近二十多年来静、动态新资料,对影响储量计算的各项参数重新进行了研究。

(1)认为喇萨杏油田的油水界面仍然为受构造控制的由北东向南西平缓抬升的倾斜面,其海拔为 $-1056 \sim 1000\text{m}$ 。

(2)仅在局部地区将原先确定的油水界面深度向下移 $5 \sim 10\text{m}$,加上个别构造翼部地层倾角变缓,使原定的含油面积向外扩 18.78km^2 。

(3)萨一组油层由于储层厚度较小,油田边部井少控制程度差,在油田开发初期未划出萨一组的油水过渡带边界,经这次研究补划后,新圈出萨一组过渡带(即五条带)含油面积 25.26km^2 。

(4)由于油田过渡带比纯油区油柱高度低,使得在相同渗透率条件下,过渡带含油饱和度比纯油区平均降低 2% 。

(5)对油层的厚度和有效孔隙度等参数也做了研究和确定,在此基础上重新计算了油田过渡带的地质储量,新储量比原先的储量相比增加 11.8% 。

油田过渡带重新研究后由于含油面积和储量都有所扩大,增加了新的开发井和产油能力。

2. 萨零组油层

萨零组位于萨一组油层上部,二者之间被厚度近 20m 左右的黑色泥岩隔开,萨零组的地层厚度变化较小,从喇嘛甸至杏树岗由 30m 变为 25m ,分为上、下二个砂岩组 8 个小层。

(1)萨零组的构造形态和油、气、水分布系统与下伏萨葡高油层基本一致,根据取心资料和试油(气)资料证实,喇嘛甸油田油气界面萨零组与萨尔图油层一样,仍为海拔 -770m ,萨尔图油田油气界面的海拔为 -610m 。

(2)萨零组油气层由砂、泥岩薄互层组成,总体属于三角洲前缘相沉积,在三角洲的前端存在重力流沉积。砂岩渗透率低,为低渗透和特低渗透油层,其中少量的水道沉积的砂岩物性较好。油田北部由于相对靠近沉积物源,单井砂岩平均厚度达 3.5m 左右,向南减薄,至杏树岗

油田北部砂岩趋于尖灭。

(3)油田开发初期由于资料少,萨零组被列为可疑油气层,目前根据新的试油和试采资料,认为萨零组是具有一定的生产能力和商业开采低值的油气层,需要通过现场开发试验,以寻求经济有效开发萨零组的合理途径。

(4)经初步估算,喇萨杏油田萨零组油层原始石油地质储量为 $6591 \times 10^4 \text{t}$,气顶的天然气地质储量为 $35 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

3. 扶余油层

大庆长垣中南部在扶余油层勘探发现有较好的含油显示,含油层位为扶余油层的扶一组和扶二组上部,这些储层自北而南分别为三角洲分流平原和三角洲前缘相的沉积,由于断层—岩性的遮挡在局部富集成为油藏。

扶余油层属特低渗透油层,在杏树岗地区渗透率为 $3.2 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,而在葡萄花油田南部仅有 $(1 \sim 2) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,所以只有采取人工压裂的措施后,油井才能产出工业油流,产油能力较低,采油强度仅有 $0.117 \sim 0.278 \text{t}/(\text{d} \cdot \text{m})$ 。

经过初步的评价,优选出杏树岗油田的杏 69 区块和葡南的葡 42—葡 31 等区块有开发前景,其中杏 69 区块平均油层有效厚度 8.1m,预测初期稳定产量为 $2.3 \sim 3.1 \text{t}/\text{d}$ 。葡南的葡 42—葡 31 区块平均油厚度 14m,预测初期稳定产量为 $1.7 \sim 3.8 \text{t}/(\text{d} \cdot \text{m})$ 。由于这些地区勘探开发一体化的评价工作还没有结束,目前还无法给出可以开发动用的储量值及产能规模的预测。

4. 黑帝庙油层

黑帝庙油层位于嫩江组第三段和第四段的中下部,在大庆长垣目前仅在葡萄花油田该层位发现了工业油气流井,该油层为三角洲前缘相沉积,由砂、泥岩互层组成,砂岩厚度薄、厚不等,为中—高渗透率油层。油层埋藏深度为 250~450m,由于油层埋藏浅,地层水和生物降解的共同作用,形成了黑帝庙油层中的稠油。

经过采用蒸汽吞吐矿场测试和试采,证实了葡浅 12 和葡浅 16 区块具有一定的生产能力,其中葡浅 12 能维持正常生产,该区块的简要情况是:

热采目的层黑 I₂ 层砂岩厚度:5~12m

油层温度:18~22℃

油层孔隙度:28%~34%

油层渗透率: $(1000 \sim 3500) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$

含油饱和度:30%~80%

估算石油地质储量: $328 \times 10^4 \text{t}$

葡浅 12 井蒸汽吞吐试验产油量:4.58t/d

四、规范油田精细地质研究的技术标准

鉴于油田精细地质描述是项新的方法,开展的许多专项研究工作缺少现成的规章可依,为了使这项技术性强、参与人员又广的研究顺利开展,及时制定了相关的技术规范和标准,使得在采油一厂至七厂进行每项研究工作时,在内容和格式上统一要求,相互之间可以进行对比和借鉴,从而使全油田的精细地质研究形成了一个有机的整体,这些技术规范和标准分别是:

(1)单砂层沉积相带图编图技术规范;

- (2)大庆长垣精细构造图编制规范;
- (3)单砂层沉积相带与微型构造叠合图编制技术规范;
- (4)按单砂层分沉积微相计算石油地质储量的标准;
- (5)大庆长垣新测井系列储层厚度解释电性标准。

五、地质研究队伍的迅速成长及计算机应用水平的提高,促进了精细地质研究的深化和广泛的应用

为开展精细地质研究推广,首先要培养相应的专业技术人才,为此举办了多期技术培训班,介绍现代沉积理论、精细地质的内容及研究方法;还请多位国内储层研究的资深专家教授演讲,多次组织技术人员参加野外现代沉积和岩石露头的考察,以提高其理论和感性认识;举办了多期的学术研讨会,以提高人员探讨和分析问题的能力;再加上三四年来参加精细地质研究与推广应用的大量实践,在采油一厂至七厂造就了包括储层沉积、构造、测井解释和油气储量计算等方面的技术骨干人才 100 余名,为精细地质的不断发展奠定了基础。同时为了更广泛的普及精细地质知识,扩大在油田开发中的应用,各采油厂还举办了有采油矿和采油队工作人员参加的技术培训班 114 期,先后有 6575 人次参加。

近几年来油田地质的工作方式发生了质的飞跃,从原先以手工操作为主变为现在初步的计算机化,而且随着自主开发的一批地质应用程序的完善与推广,大大提高了工作的效率和质量。这些地质应用程序包括:测井曲线矢量化油层描述软件、高含水期储层参数自动解释系统、砂岩储层细分对比及断层自动解释系统、储层沉积相绘图软件、单砂层沉积相带与微型构造叠合绘图软件、油田开发地质描述绘图软件系统等。由于计算机的广泛应用,使得我们能够近 3 年的时间里,根据精细描述的技术要求,将大庆油田开发 43 年来所有井的资料重新进行分析研究,编制了新的种类齐全的地质图幅集,为油田开发调整和挖潜改造提供了新的地质依据。仅以单层沉积相带图的编绘为例,应用 38579 口井的测井资料,重新划分每口井的单砂层(喇嘛甸、萨尔图油田的单砂层多达 118~181 层),确定每口井每一单层的沉积类型,然后用模式预测描述法,编制单砂层沉积相带图,全油田共编制分区块的单砂层沉积相带图 7542 幅,然后再拼接出各大开发区的单砂层沉积相带图。

第一部分 储层精细描述 及其在油田开发中的应用

储层层次分析和模式预测描述法

——密井网储层精细描述技术

赵翰卿 付志国 吕晓光

(大庆油田有限责任公司勘探开发研究院)

摘 要:概括地论述了大庆油田应用现代沉积和露头研究中的层次分析思想和自创的模式预测描述法,成功地研制出依据油田密井网测井资料 and 大型河流—三角洲特有的沉积规律与模式,由大到小、由粗到细分层次逐级解剖砂体几何形态和内部建筑结构,精细地建立储层地质模型,系统描述储层宏观非均质体系的研究方法。该方法将整套储层划分为岩相段、单一旋回层(或单砂层)、沉积微相(或相对均质单元)、单砂体、建筑结构单元、层内非均质等 6 个描述层次,并对砂体井间连续性、几何形态与边界位置、厚度与渗透率的平面非均质性采用模式化预测性描述,较好地解决了储层复杂非均质体系描述和井间砂体预测的难题,为高含水后期的油田开发调整和三次采油工作提供了可靠的技术支持。

松辽湖盆北部大型河流—三角洲沉积储层严重的宏观非均质性,始终是影响大庆油田老区萨尔图、葡萄花、高台子油层开发效果的首要因素。油田进入高含水后期开采阶段以后,储层中宏观剩余油分布状况极其分散、复杂,而且难以认识,难以寻找,必须依靠各种方法的综合分析才能奏效。影响储层中剩余油分布的首要因素依然是储层的宏观非均质性,它决定了井网对储层的控制程度、注采关系的完善程度,以及油田的层间、平面和层内三大基本矛盾。大庆油田老区储层宏观非均质性主要受原始沉积作用的控制。本文从沉积学原理出发,重点介绍在密井网条件下,对储层宏观非均质特征进行精细描述的新方法,为剩余油分析提供可靠的地质依据,也为油田高含水后期三次加密调整、三次采油以及各种挖潜措施取得良好效果奠定基础。

一、储层精细描述的总体思路

当代沉积学的进展,为我们开展储层精细地质模型研究提供了重要的依据和启示。如 1985 年 Andrew D. Miall 提出了用沉积界面和结构要素分析法研究露头中河流相砂体的成因类型、内部建筑结构和非均质等级^[1,2]。1990 年 8 月第十三届国际沉积学大会又明确了研究砂体几何学、内部建筑结构、不渗透薄夹层的分布及渗透率的空间变化是储层非均质的主要内容,并且认为研究沉积界面体系(界面层次或界面等级)是搞清砂体内部建筑结构的关键,各种不渗透夹层往往都与不同级次的沉积界面相关联。1992 年 10 月 Douglas W. Jordan 和 Wayne A. Pryor 详细发表了美国密苏里州东南部密西西比河现代曲流带非均质等级划分及渗透率分布的研究成果^[3]。此外,石油地质工作者还将储层划分为不同规模、不同级别的非均质类型,大到油田规模的储层宏观非均质,小到孔隙结构的储层微观非均质。学者们均从不同角度提出了分层次研究储层非均质的新思路 and 储层描述的重点内容^[4]。