

大庆油田 勘探开发研究论文集

大庆石油管理局勘探开发研究院

石油工业出版社

大庆油田勘探开发研究论文集

大庆石油管理局勘探开发研究院

石油工业出版社

内 容 提 要

为纪念大庆油田开发建设 35 周年和年产原油 5000 万吨以上稳产 20 周年,特出版《大庆油田勘探开发研究论文集》。本论文集汇集了石油地质、油藏工程、三次采油、计算机技术和分析测试技术等五个方面的 54 篇文章,着重论述了有代表性的部分科技成果,反映和体现了我院有关学科和专业的新观点、新理论以及大庆油田成功的勘探、开发、计算机应用等方面的经验和水平,具有我院科研的自己特色,同时,对其他油田亦有一定的指导意义。

本论文集的文章源于现场生产和研究的实践,实用性强,是石油科技人员、工程技术人员和有关石油院校师生等的一本较好的学习参考资料。

图书在版编目 (CIP) 数据

大庆油田勘探开发研究论文集 / 大庆石油管理局勘探开发研究院编
北京:石油工业出版社,1995.9
ISBN 7-5021-1521-8

I.大…

II.大…

III.油气勘探-油田开发-油田,大庆-研究-文集

IV.P618.130.6-53

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里 2 区 1 号楼)

石油工业出版社印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

787×1092 毫米 16 开 33.5 印张 1 插页 844 千字 印 1-2000

1995 年 9 月北京第 1 版 1995 年 9 月北京第 1 次印刷

精装定价: 35.00 元

平装定价: 30.00 元

献给 大庆油田开发建设 35 周年
大庆油田稳产 20 周年

大庆油田勘探开发研究论文集

技术顾问: 王志武

主 编: 刘丁曾 任积文 瞿国忠

副 主 编: 袁庆峰 王启民 肖德铭 黄福堂

编 委: 杨继良 吴永刚 李成斌 蔡希源 叶得泉

郭占谦 张景存 李永康 李伯虎 程学儒

田宝成 杨玉哲 任玉林 卿 路 宋立东

赵世发 卡贵新

出版编辑: 田宝成 林玉君 孙桂荣

序 言

大庆油田 1960 年投入开发建设至今已走过了 35 年的发展里程，自 1976 年产原油 5000 万吨以上至 1995 年已实现了持续 20 年的高产稳产，累计生产原油 13.49 亿吨，为国民经济发展建设作出了巨大的贡献。油田总体开发水平已达到世界同类油田先进行列。这是全局干部、职工在黑龙江省、中国石油天然气总公司（原石油工业部）领导下，认真贯彻执行党中央、国务院一系列方针、政策，坚持和发扬“爱国、创业、求实、奉献”的大庆精神，以经济建设为中心，积极进取，团结奋斗创建的光辉业绩。也是坚持依靠科技进步和科学实验，努力攻关，不断创新取得的卓越成就。

大庆勘探开发研究院作为油田地质开发技术决策的参谋部和科研生产单位，随着油田的发展建设而不断发展壮大，目前已初步形成学科齐全、技术配套、装备先进、技术力量比较雄厚的油气勘探开发综合性的研究机构。30 多年来，紧密围绕油田开发建设生产实际，积极开展科技攻关和科学实验，先后编制了 16 个油气田开发方案及规划设计，共取得了各类科研成果 2225 项，有 858 项成果获得市、局级以上的奖励，其中获国家级奖 23 项，省、部（总公司）级奖 92 项。有力地指导和保证了油田科学、合理、有效地开发和不同时期勘探开发任务目标的完成，有效地发挥了科学技术是第一生产力的作用。同时，油田勘探开发生产深入发展也极大地推进了科技的进步提高，特别是在“七五”、“八五”期间，油田进入高含水期开采，稳产难度日益增大的 1986~1995 年第二个十年开发稳产过程中，研究院广大科技人员，心系油田，知难而进，锐意创新，努力攻关，发展了一套以低渗透薄互层油气藏为主要勘探对象，三个评价为主的现代勘探技术；开创并发展了一套以油田精细地质为基础，稳油控水结构调整为主的油田高含水期综合挖潜调整技术；发展了一套以非均质主力油层为主要对象、聚合物驱油为主的并已走向工业应用的提高采收率配套技

术；发展了一套适合大庆外围“四低”油气藏开发，以砂体预测，油气水判别为基础的“两早、三高、一适时”的有效开发技术，并通过加快开发形成了外围油田年产原油 300 万吨规模能力；油田计算机应用技术和分析测试技术也得到了长足的发展。在石油地质、油田开发、三次采油等理论认识和实践上都取得了较大的发展和进步，为大庆油田油气勘探和稳产目标的实现作出了突出的贡献。

为了纪念大庆油田开发建设 35 周年和年产原油 5000 万吨以上稳产 20 周年，研究院编辑出版了《大庆油田勘探开发研究论文集》，由于篇幅的限制，着重选编了近十年来的部分成果论文。论文集分石油地质、油藏工程、三次采油、计算技术和分析测试技术等五个方面的 54 篇文章，希望这本论文集能对石油科技人员有所借鉴和帮助。

大庆油田开发稳产 20 年的目标虽已胜利实现，尽管难度越来越大，大庆还要发展，油田还要继续稳产，许多技术难题需要我们去攻关，研究院广大科技人员责无旁贷，任重道远，让我们继续努力，向新的更高的目标进军，攀登石油勘探开发科技新高峰，为油田继续稳产做出新贡献。

马武

目 录

石油地质

松辽盆地大油田的形成特征及分布规律·····	高瑞祺	徐 宏	迟元林 (3)
大庆探区油气勘探前景展望·····			杨继良 (20)
天然气盖层综合评价技术及应用·····	萧德铭	叶勇军	(32)
三肇地区扶、杨油层油藏描述方法及应用·····	吴永刚	陈树民	韦学锐 (48)
薄油层储层物性参数预测技术研究·····	马尚贤	于 晶	(60)
松辽盆地圈闭描述评价·····	蔡希源	侯启军	(67)
海拉尔盆地地层划分与对比·····	叶得泉	赵传本	万传彪 (84)
盆地早期评价的综合地球物理研究方法·····	程学儒	张晓东	李成立 李桂荣 (96)
松辽盆地北部天然气有机地球化学特征及勘探前景·····	李永康	孔庆云	冯子辉 (112)
松辽盆地北部地层水的类型分类与分布特征·····			黄福堂 (122)
松辽盆地层序地层特征及含油气性·····	任延广	徐 宏	(132)
近地表地球化学方法在油气勘探中的应用·····	孙 丽	门广田	任志高 (147)
松辽盆地反转构造特征及其与油气聚集的关系·····	殷进垠	迟元林	(156)
含钙泥质砂岩测井解释研究·····	于翠群	文 政	(169)
松辽盆地北部扶、杨油层储层敏感性评价·····	周厚清	薛文涛	张立新 朱玉玲 (176)
三肇地区石油资源定量评价·····	李世荣	王晓达	刘金侠 陈述文 (189)

油藏工程

喇、萨、杏油田高含水后期稳油控水的理论与实践·····	王志武	袁庆峰	杨玉哲 (197)
砂岩储层评价和层系细分·····	刘丁曾	罗昌燕	田宝成 (205)
密闭取心油层水洗状况研究·····	瞿国忠	魏国章	张宝胜 (212)
喇、萨、杏油田二次加密调整技术研究·····	王启民	赵永胜	郑兴范 程宝庆 (220)
榆树林油田油层发育特点与低效井分布规律研究·····	李伯虎	曹瑞成	陈舒薇 (230)
朝阳沟油田合理注采比研究·····			卿 路 (235)
喇、萨、杏油田注采系统调整研究·····	周学民	隋新光	刘端奇 王者芹 (249)
油藏动态和不稳定试井联合模拟方法·····	李保树	袁庆峰	车学林 徐罗滨 (256)
河流相储层精细地质模型研究·····	赵翰卿	傅志国	(272)
喇、萨、杏油田表外储层工业开采试验研究 ·····	宋 永	程宝庆	刘春林 赵本颐 (282)
垂向非均质油层周期注水力学机理研究·····	计秉玉	袁庆峰	(293)
河道砂岩储层地震参数识别及应用·····	牛彦良	姜 岩	吴明华 杨际平 (300)
对油气田产量衰减曲线的理论探讨·····			王俊魁 (307)
砂岩油藏隔层物性标准及厚度界限·····	王启民	刘春林	宋 永 胡月波 (317)
大庆砂岩油层水淹后岩石物性参数变化实验研究 ·····	张洪兴	刘青年	李凤琴 鲁应平 (325)

用群论方法求不稳定渗流的自模拟解..... 刘青年 (338)

三次采油

大庆油田中区西部聚合物驱油矿场试验..... 郝悦兴 张景存 叶中桂 (347)

石油磺酸盐三元体系配方的实验研究..... 高树棠 李华斌 杨振宇 陈星宏 (362)

大庆油田水气交替注入提高采收率矿场试验..... 冯宝峻 杜兴家 (371)

油田注采过程中聚合物降解的研究..... 庞宗威 李建路 刘洪兵 李 颖 (379)

大庆油田萨南东部过渡带注 CO_2 驱油矿场试验
..... 张景存 谢尚贤 韩培慧 陈嘉宝 (389)

化学沉淀法测定部分水解聚丙烯酰胺的分子量分布

..... 郭志东 高树棠 陈 国 彭晓青 (396)

计算技术

近地表参数正反演方法研究..... 吴永刚 刘振宽 裴江云 (407)

大型计算中心异种机联网技术..... 李成斌 李景瑞 马嘉琳 (413)

石油地质储量子系统的建立与应用..... 赵世发 徐 媛 王元庆 杨聚福 (418)

DQRINET 计算机网络 卞贵新 吴福堂 李子安 (426)

石油地质图形库及其管理系统的建立..... 马庆有 燕汉业 王洪礼 (439)

开发信息管理及综合查询系统..... 陈付平 罗广华 宋 琳 (445)

油田开发小层自动对比方法..... 李 伟 陈可为 赵继富 刘卫忠 (451)

地震资料随机反演方法应用..... 刘 勇 惠勇军 (458)

计算机系统性能测量的实践..... 张铁刚 李成斌 (465)

分析测试技术

KXD-I 型孔隙度测定仪研制 黄福堂 程先梅 吴西湖 (471)

KS-1 型克氏渗透率测定仪研制 宫文超 曹维政 程信芳 (479)

地质实验室分析数据传输及评价系统..... 要 丹 孔庆云 黄福堂 (485)

用凝胶渗透色谱法测定聚丙烯酰胺的含量..... 高树棠 宋长余 郭志东 刘红颖 (494)

储层真彩色图像处理技术研究..... 薛中州 叶得泉 赵传本 段 玉 (498)

核磁共振技术在石油地球化学中的应用..... 李振广 (504)

保压岩心油、气、水饱和度分析及脱气校正方法研究

..... 赵保忠 张宏志 聂锐利 曲 斌 (514)

石 油 地 质

松辽盆地大油田的形成特征及分布规律

高瑞祺 徐 宏 迟元林

摘要 在松辽盆地有效烃源岩范围内,区域成藏因素的相互匹配,控制了大油田的分布。在东部、中部和西部3个聚油系统中形成了不同类型的大油田序列,而在每个序列中,大油田的类型又受局部的生、储、盖组合方式的控制。

松辽盆地属于克拉通内转化型的非海相沉积盆地,面积为 $26 \times 10^4 \text{ km}^2$,具有丰富的油气资源。自60年代发现大庆油田后,随着陆相石油地质理论的不断发展和深化,又寻找出了7个储量上亿吨的不同类型大油田,为大庆油田的稳产奠定了坚实的基础。并由此总结出了非海相沉积盆地内大油田的形成特征及分布规律。

一、在有效烃源岩范围内最佳的区域成藏因素 组合控制了大油田的分布

纵观松辽盆地的构造发育史、沉积演化史及区域成藏因素分析发现;盆地内有效烃源岩范围控制了8个大油田的分布,而且在该范围内区域成藏因素对大油田的形成具有最佳的组合条件。

(一) 有效烃源岩范围内生油强度大、油源充足

由于松辽盆地的继承性发育,尤其在沉降期遭受海侵的静水缺氧的深湖相环境沉积了较大厚度的烃源岩。其中,以青一段和嫩一二段烃源岩分布范围最大。经研究,仅青一段达到成熟的有效烃源岩厚度约为70~100m,分布面积达 $3.4 \times 10^4 \text{ km}^2$,形成了盆地的中央生油拗陷区。其生油岩特征是有有机质丰度高(大于0.1%),有机碳含量大于2.0%,总烃含量大于0.1%。而且都进入了成熟—高成熟阶段,干酪根类型属于I型和II_A型,镜煤反射率都在0.5以上。氯仿沥青“A”也大于0.2%。由于上述优越的生烃条件,使生油拗陷内生烃强度一般大于 $2 \times 10^6 \text{ t/km}^2$,最高可达 $10 \times 10^6 \text{ t/km}^2$ (图1)。并且,目前已发现的8个大油田都位于该区内。盆地模拟结果表明,松辽盆地总生油量为 $1299.6 \times 10^8 \text{ t}$ 。其中,生油拗陷内的三肇凹陷和齐家—古龙凹陷的生烃量就占总量的62%,构成了两个重要的生油区,并为生油拗陷内大油田的形成提供了充足的油源。

(二) 生油拗陷区内的区域成藏因素有利于大油田的形成

在盆地生油拗陷区不仅油源充足,而且其区域成藏因素也有得天独厚的条件。

1. 生油拗陷区发育有大型的构造圈闭

从构造条件看,在生油拗陷中央发育有大型背斜带(大庆长垣),周边有继承性发育的背斜构造(朝阳沟构造,扶余背斜),以及鼻状构造(龙西鼻状构造、新站—大安鼻状构

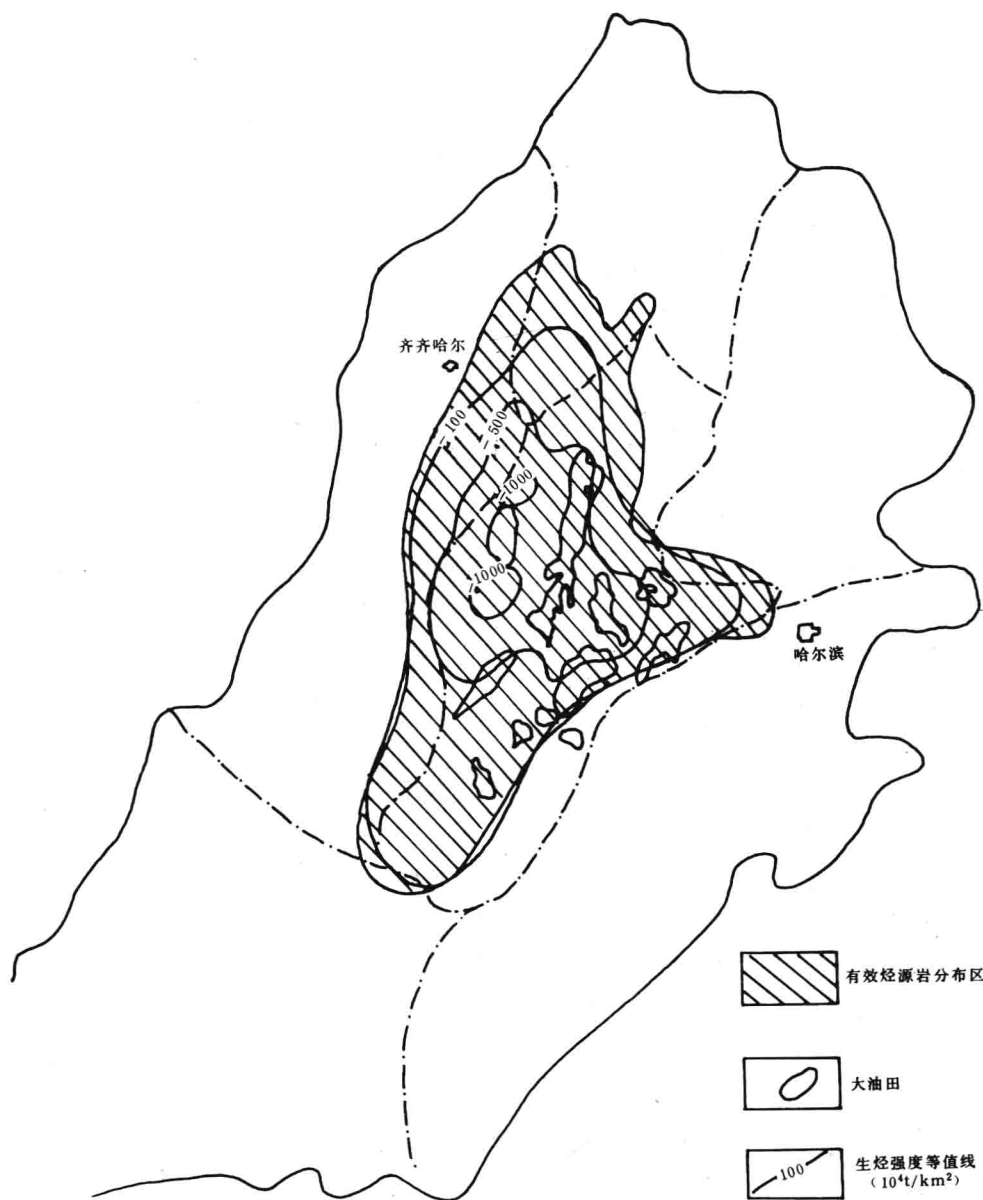


图1 松辽盆地有效烃源岩分布与大油田关系

造), 鼻状构造群 (裕民—肇源—头台—新立鼻状构造群), 这些构造圈闭一般早于或同步于油气的大量生成期。因此, 它们是有利于油气聚集的构造圈闭。

2. 生油坳陷内有不同体系域的有利沉积相带, 储集层发育

层序地层系研究表明: 在生油坳陷区内的长垣北部及齐家—古龙凹陷的周边发育有水进体系域 (姚二、三段) 和高水位体系域 (青二、三段) 的三角洲砂岩复合体, 并呈半环带状展布 (图 2、3)。由于三角洲发育时间长, 受河流和湖水的双重作用, 储源物性好, 并与生

油岩呈犬牙接触，有利于油气的运聚。而在凹陷内又发育有低水位的河流—三角洲砂岩体（图 4、5）。其特点是单层砂岩厚度薄，规模小，呈断续状分布，纵向上错叠，平面上呈连片展布的特征，构成了凹陷区内有利于油气聚集的储集层。

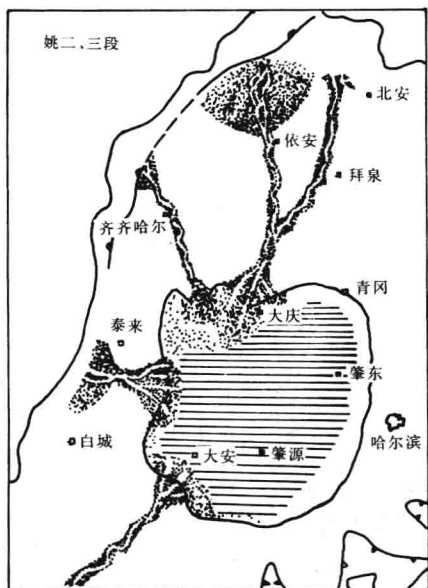


图 2 松辽盆地水进体系域岩相分区图

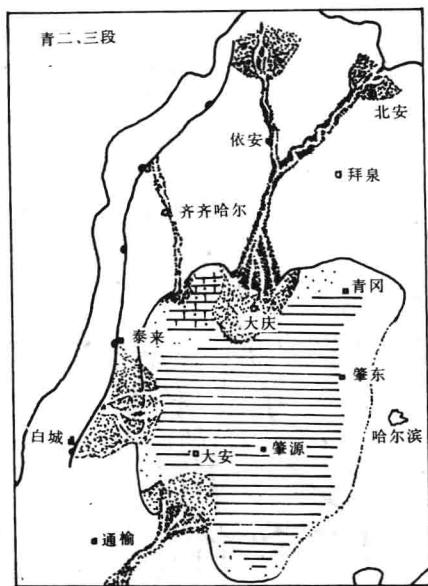


图 3 松辽盆地高水位体系域岩相分区图

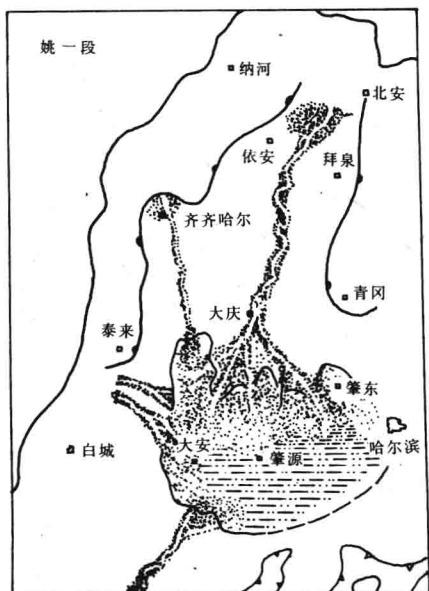


图 4 松辽盆地低水位体系域岩相分区图

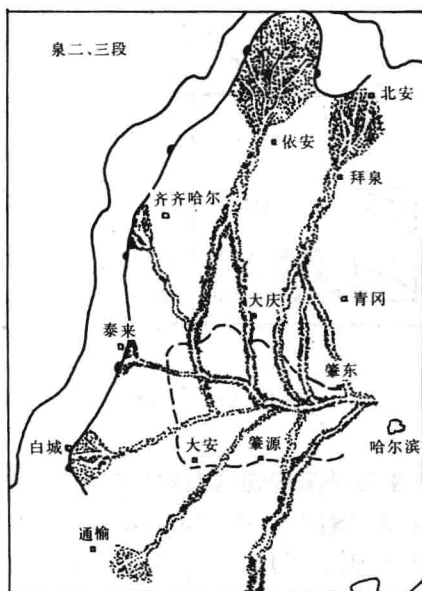


图 5 松辽盆地低水位体系域岩相分区图

由此可见，在生油拗陷内，无论是在凹陷区，还是在隆起区，还是在斜坡区，都广泛分布着储集岩，从而构成了丰富的储油空间。

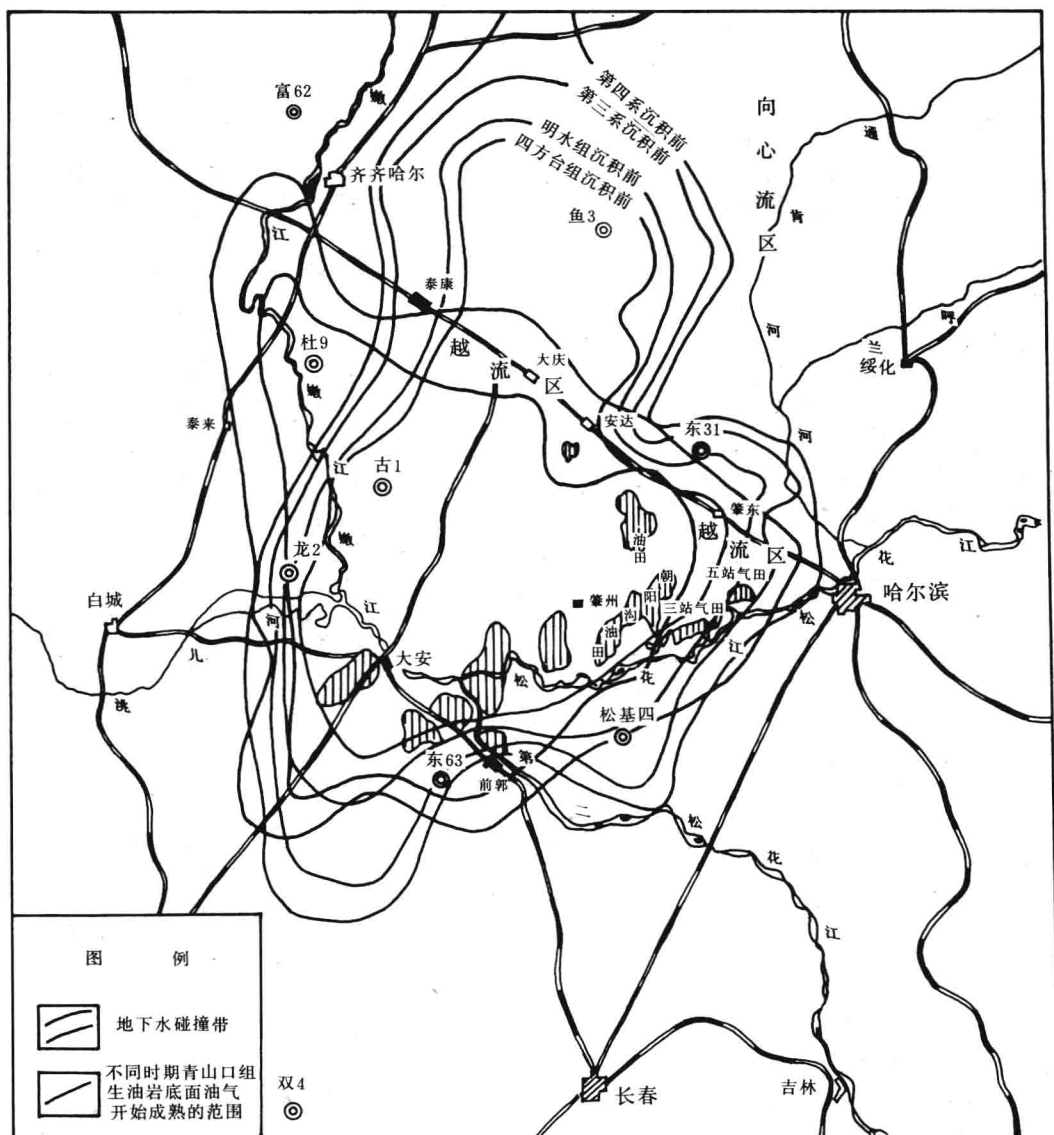


图6 松辽盆地扶、杨油层地下水碰撞带与青山口组生油岩成熟带关系图

3.生油坳陷内的区域性盖层是油气聚集的重要保存条件

生油拗陷区内青一段和嫩一、二段既是良好的生油岩，又是有利的区域性盖层，它们层厚、塑性强、均质性好，并具有薄膜和压力两种封闭机理，属Ⅰ类盖层。由于它们的区域封闭作用，在纵向上形成了三套含油组合，即上部含油组合（黑帝庙油层），中部含油组合（萨、葡、高油层）和下部含油组合（扶、杨油层）。其中，由于上部含油组合顶部缺少区域性盖层，很难形成大油田。而位于区域性盖层之下的中、下部含油组合由于具有良好的封闭作用，使油气在运聚过程中得以保存，有利于大油田的形成。就目前来看，在中、下部含油组合中发现的油气储量占盆地总地质储量的 99.3%。因此，生油拗陷内区域性盖层的存在

是形成大油田又一不可缺少的重要因素。

(三) 区域水动力场特征为生油拗陷区大油田的形成提供了有利的条件

由于青一段和嫩一、二段区域性盖层的作用,在盆地内形成了相应的中部组合的水动力场和下部组合的水动力场,这两个水动力场对油气的聚集和保存起到了重要的作用。

1. 中部组合高压区所围限的低压带为大油田的形成提供了低等位能空间

中部含油组合的水动力场在演化过程中,形成的低等位能空间是特大型油田形成的有利场所。从水动力场分布图上看这种低位能空间就是围压带中的低压带,该带的主要特点是四面或三面被相对较高的压力带所围限,当油气沿压力下降方向运移到该区时,则形成油气聚集成藏。大庆长垣就位于低压带上,东侧的三肇凹陷,西侧的齐家—古龙凹陷,南部的长岭凹陷形成高压带,并各自向长垣和凹陷边部降低,构成了大庆长垣三面被高压区包围的低压区,形成了大型的等低位能空间,在这种压力由高到低的变化下,凹陷中生成的油气沿压力降低的方向运移至低压区聚集、保存,形成大庆油田。

2. 环形碰撞变迁带是下部组合大油田形成的水动力圈闭带

下部含油组合在岩性变化快、砂体规模小等特殊地质条件控制下,水动力场表现为环形分布的特征,盆地边部的向心流和盆地中心泥岩压实出水的离心流相对运动而发生碰撞时形成了环形碰撞变迁带,这条带基本绕中央拗陷区分布,形成了阻止油气向外运移的水动力圈闭带(图6)。

地层水性质在一定程度上反映了油气保存条件,在矿化度相对较高的地区,反映地层水浓缩程度较高,有利于油气保存。从松辽盆地具体情况看,地层水总矿化度大于 4000mg/l 的地区油气显示比较普遍,而大油田分布区地层水总矿化度一般大于 6000mg/l 。

由此可见,松辽盆地大油田形成的基本条件是烃源岩控制,其包括三方面的内容:一是有效烃源岩构成了大范围的生油拗陷,二是生油拗陷内区域成藏因素有最佳的组合,三是盆地内的水动力场有利于油气的运聚和保存。

二、在有效烃源岩范围内不同的区域成藏因素 组合构成了三大采油系统

由于松辽盆地沉积、构造演化的旋回性及区域成藏因素的分区分带性,可将有效烃源岩范围内的油气聚集区划分出3个聚油系统(“聚油系统”是指油气生成和聚集的物理—化学动态系统)。它包括了形成油气藏所必需的一切地质要素及形成这些要素的地质作用,并要求这些要素在时间上要相互匹配(Magoon, 1989, 1992)。其概念和内涵不同于早期提出的“含油气系统”(Dow 1972, Perrodon 和 Masse 1984)“烃类机器”(Meissner 1984)和“独立含油气系统”(Ulmishck 1986)。其中,地质要素包括烃源岩、储集岩、盖层及上覆岩层,而地质作用则包括圈闭的形成及烃类的生成、排出、运移和聚集。这些基本要素和作用必须处于适当的时间和空间位置,使烃源岩中所含的有机质能够转化成油气。因此,一个聚油系统就是指这些要素和作用都存在的地区,并成为—个独立的聚油单元,与传统的“含油气系统”相比较,其可以是两个含油气系统的叠加。为此,根据松辽盆地区域上的生储盖组合方式、烃类的排出、二次运移及聚集方式的差异可划分出中部、西部和东部三大聚油系统(图7)。不同的聚油系统其区域地质要素和地质作用存在明显的差异(表1)。

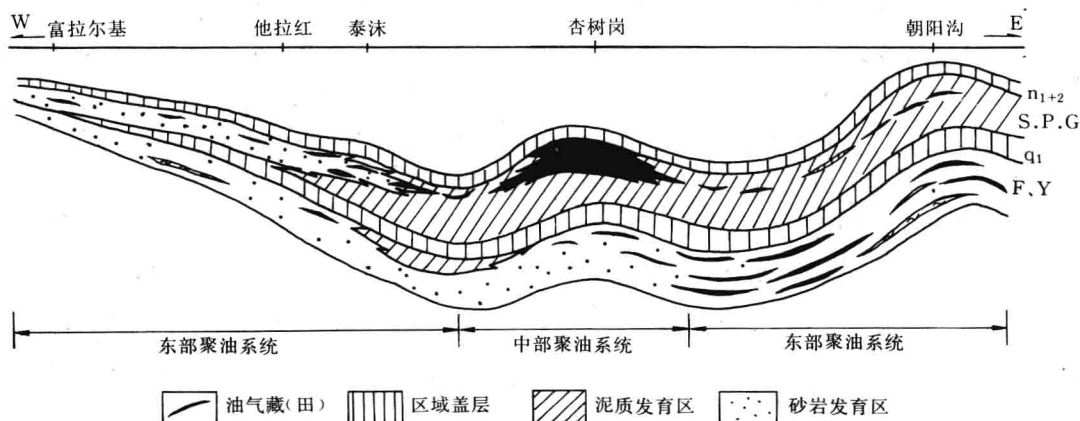


图 7 松辽盆地聚油系统分区图

表 1 三大聚油系统的特征

聚油系统	地质要素	主要生烃岩	储集层	排烃方式	运移方式	聚集方式	生储盖组合	大油田类型
东部聚油系统		青一段	泉三、四段 姚一段	向下为主	垂向向下为主,侧向为辅	大面积岩性圈闭及复合圈闭	上生下储	岩性型复合型背斜型
中部聚油系统		青一段	青二、三段 姚家组	侧向	双向短距离侧向运移	大型背斜带(长垣)	两侧生中间储	背斜型
西部聚油系统		青一段 青二、三段 嫩一、二段 姚二、三段	青二、三段 姚家组 泉三、四段	侧向和垂向	侧向和垂向运移为主	多种类型的圈闭群	下生上储、上生下储、自生自储	复合型

(一) 东部聚油系统

东部聚油系统为上生下储为主，自生自储为辅，以垂向运移为主，侧向运移为辅的聚油系统。

东部聚油系统包括三肇凹陷和长岭凹陷的一部分及朝阳沟阶地，扶新隆起带，长春岭背斜带和华字井阶地，面积约 18000km²，从区域成藏条件看，该聚油系统是一个独立的聚油单元。

(1) 生油层主要为三肇凹陷和长岭凹陷的青一段黑色泥岩，其厚度一般大于 70m，埋