

开鲁盆地陆家堡坳陷石油地质概况

郑福长 张先慎 刘建英 周绍强

(辽河油田科学技术研究院)

该坳陷面积约2500 km², 沉积岩厚度约5000 m, 侏罗系沙海组和九佛堂组为较好至好生油岩, 有机质丰度高, 为腐泥腐殖型和腐殖腐泥型, 生油门限深度为1400 m, 圈闭形成时间与成油时间搭配得当, 已有五口井见油气显示, 勘探前景良好。

一、地质背景

陆家堡坳陷是开鲁盆地两大坳陷之一。地跨内蒙古自治区哲里木盟和昭乌达盟, 面积约2500 km² (图1)。

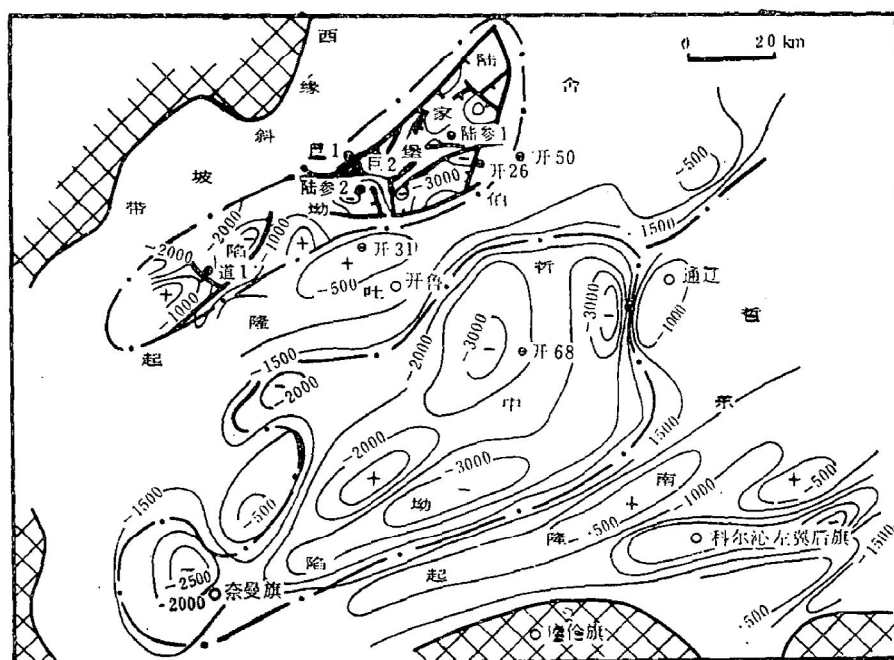


图1 开鲁盆地构造图

(基岩埋深单位: m)

1980年以前,投入陆家堡坳陷的工作量极少。从1983年起,辽河石油勘探局陆续完成多次覆盖地震剖面近8000 km, 参数井两口, 正钻参数井一口。加上煤炭等部门施工的浅孔, 坳陷内共打井八口。已有五口井见到了良好油气显示, 其中陆参1、2两口井已试出了少量原油。

本文1988年3月24日收到。

(一) 地层

坳陷基底由石炭二叠系浅变质岩构成。舍伯吐隆起上的开31孔已钻遇其中的变质砂岩。其上目前钻井揭露的沉积层主要为侏罗系上统和白垩系, 另有少量新生界。三叠系属区域性缺失。侏罗系中、下统在邻近地区有出露, 坳陷内是否存在, 有待今后工作证实。地层简况见表1。

表1 陆家堡坳陷地层简表

地 层 系 统					地 层 简 述
界	系	统	组	代号	
新生界				K ₂	灰、灰绿色粉砂和杂色粘土, 底部为20—40m杂色砾石层。所含介形、软体、轮藻、孢粉化石为晚第三纪—第四纪属种。厚70—240m。
				K _{2m}	上部为浅黄色粘土质砾岩, 下部为深灰、绿灰色泥岩夹粉、细砂岩, 近底部砂岩增多。含 <i>Talicypridea amoena</i> , <i>Mongolocypis gigantea</i> , <i>Valvata</i> sp. 等动物化石。孢粉中被子植物高度发展, 出现了 <i>Aquilapollenites</i> , <i>Wodehouseia</i> 等特征分子。厚20—175m。
中生界	白垩系	上统	明水组	K _{2m}	上部为浅黄色粘土质砾岩, 下部为深灰、绿灰色泥岩夹粉、细砂岩, 近底部砂岩增多。含 <i>Talicypridea amoena</i> , <i>Mongolocypis gigantea</i> , <i>Valvata</i> sp. 等动物化石。孢粉中被子植物高度发展, 出现了 <i>Aquilapollenites</i> , <i>Wodehouseia</i> 等特征分子。厚20—175m。
			四方台组	K _{2s}	棕红色粉砂质泥岩与泥质粉砂岩夹绿灰色粉、细砂岩。砂岩普遍含钙质团块, 底部含砾。仅见 <i>Schizaeoisporites</i> , <i>Osmundacidites</i> , <i>Deltoidospora</i> , <i>Tricolpopollenites</i> 等孢粉化石。厚60—163m。
		下统	嫩江组	K _{1n}	下部为灰色薄皮鲕状砂岩夹鲕状、生物碎屑、泥质灰岩薄层, 上部为深灰色泥岩。含 <i>Lycoperocypris valida</i> , <i>Cypridea orbiculata</i> , <i>C. gungulinsensis</i> , <i>Candona glaber</i> , <i>Limnocypridea dilinensis</i> , <i>Glyptostreus racus</i> , <i>Euestherites</i> sp. 等动物化石。孢粉为 <i>Schizaeoisporites</i> — <i>Beaupreaidites</i> — <i>Callistopollenites</i> 组合。厚35—75m。
			姚家组	K _{1y}	上部为棕红色含砂泥岩, 中、下部为浅灰色砂、砾岩与含砂泥岩互层。含 <i>Cypridea exornata</i> , <i>C. favosa</i> , <i>Lycoperocypris obinflatus</i> , <i>L. retractilis</i> 等介形化石。孢粉化石极少, 被子植物花粉有 <i>Beaupreaidites centenoformis</i> , <i>Callistopollenites</i> sp. 等重要分子。厚20—80m。
			青山口组	K _{1qn}	上部由浅灰色砾岩、砂岩、灰—灰绿色泥岩韵律层构成, 中、下部为绿灰、深灰色泥岩夹少量砂、砾岩。含 <i>Cypridea concinnaformis</i> , <i>C. aff nata</i> , <i>Ziziphocypris costata</i> 等介形化石。孢粉有 <i>Nevesisporites radiatus</i> , <i>Gabonisporites</i> , <i>Tricolpopollenites</i> , <i>Tricolporopollenites</i> 等。厚54—236m。
侏罗系	上统	上统	阜新组	J _{3f}	深灰色泥岩夹浅灰色砂、砾岩及少量炭质泥、页岩, 中上部砂岩居多。介形虫及螺化石有 <i>Cypridea aff pseudomarina</i> , <i>C. aff tenuis</i> , <i>C. globra</i> , <i>Probaicalia gerassimori</i> 等。孢粉中裸子植物花粉以 <i>Pinuspollenites</i> , <i>Inaperturopollenites</i> 为主, 被子植物见 <i>Clavatipollenites</i> , <i>Tricolpopollenites</i> , 蕨类孢子中 <i>Cicatricosisporites</i> , <i>Appendicisporites</i> 非常丰富。厚600m左右。
			沙海组	J _{3sh}	深灰色泥岩为主, 夹少量浅灰色薄层砂岩。上部偶夹页岩, 下部见少量油页岩和泥灰岩。含 <i>Limnocypridea ginghemensis</i> , <i>Rhytaphorus cf. fuxinensis</i> , <i>Pseudestherites</i> sp. 等动物化石。孢粉组合中裸子植物花粉占绝对优势, 蕨类孢子中 <i>Appendicisporites</i> , <i>Laevigatosporites</i> , <i>Liaoxisporis firmus</i> 等初现, 无被子植物。厚260—500m。
			九佛堂组	J _{3jf}	深灰色凝灰质泥岩及油页岩, 夹凝灰质砂岩、泥灰岩少量。砂、泥岩普遍含钙。含 <i>Lycoperocypris</i> sp., <i>Ephemeropsis trisetalis</i> , <i>Ferganoconcha</i> sp., <i>Sphaerium jeholensis</i> , <i>Cypridea vitimensis</i> 等动物化石。孢粉中裸子植物花粉占90%, 松科为主, 蕨类孢子 <i>Cicatricosisporites</i> 常见, 但数量、类型均少, <i>Pilosporites</i> , <i>Concavissimisporites</i> 个别见及。厚200—500m。
		下统	义县组	J _{3y}	主要为灰绿色凝灰岩, 夹有安山质角砾、集块岩。陆西凹陷有气孔状、杏仁状安山岩、玄武岩及同质角砾、集块岩发育。西部周边这套地层厚3000余米。
				P ₂	石炭系为结晶灰岩、板岩, 二叠系为变质砂岩、火山岩; 二者均有斜长角闪岩侵入。
古生界				P ₂	石炭系为结晶灰岩、板岩, 二叠系为变质砂岩、火山岩; 二者均有斜长角闪岩侵入。

表内将沙海组置九佛堂组之上, 是近十年来的研究结果^[1,2], 坳陷内的实际层位关系也是这样。

(二) 构造

陆家堡坳陷是在晚古生代褶皱基底上发育起来的中、新生代断坳型坳陷。总体走向为北东向。近

年来的资料表明¹⁾，坳陷南东侧与舍伯吐隆起以西绍根、塔拉干、希伯花断裂为界，北西侧以清河断裂为界。由于舍伯吐隆起向北突出，坳陷被分为陆东、陆西两个凹陷。陆东凹陷面积较大，约1340km²，构造较复杂；陆西凹陷面积较小，约760 km²，构造较简单。舍伯吐隆起北突部分面积约400km²。坳陷内的主要构造面貌已基本查清（图2）。沉降幅度最大可达5000m以上，以断陷期沉积为主，厚约4000m；坳陷期及以后沉积总厚近1000m。

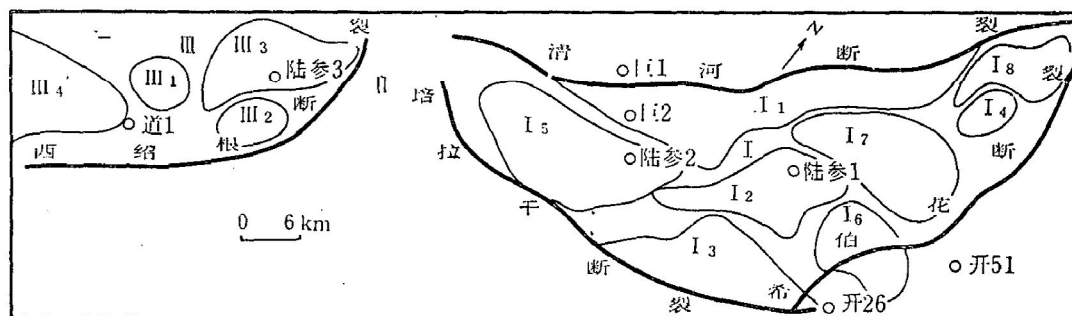


图2 陆家堡坳陷构造分区图

I—陆东凹陷：I₁—清河鼻状构造带，I₂—中央断裂构造带，I₃—建新鼻状构造，I₄—乌拉格台构造，I₅—交力格洼陷，I₆—三十方地洼陷，I₇—库伦塔拉洼陷，I₈—兴恩敖包洼陷；II—舍伯吐隆起：II₁—马家堡构造，II₂—包日温都构造，II₃—五十家子庙洼陷，II₄—小泡子鼻状构造

晚侏罗世为断陷发育时期。边缘断裂相向而倾，造成坳陷的地堑式面貌（图3）。陆东凹陷内部断裂发育，以北东、近东西向为主，其次为北西向，多属同生断层。由于主要断裂长期继承性活动，致使九佛堂组与沙海组沉降中心与沉积中心基本吻合，对有机质的堆积和保存有利，这在邻近的同类盆地中是少有的。晚侏罗世末，断裂活动加剧，最终形成了两个凹陷内的次级构造，为油气聚集提供了圈闭条件。同时，使侏罗系上统抬升、倾斜，地震剖面可见顶部削切，与白垩系之间构成明显角度不整合。

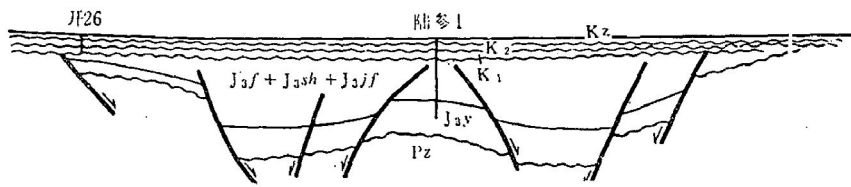


图3 陆东凹陷166.4测线构造剖面图

早白垩世为陆家堡坳陷的拗陷期，沉积的下白垩统不受舍伯吐隆起分隔，与哲中坳陷连片。以姚家组、嫩江组分布最为广泛，形成类似松辽盆地的“被覆式”沉积，同时内部断裂不发育，对其下伏地层的油气形成和保存非常有利。

晚白垩世至新生代，坳陷整体抬升，湖水退出，进入萎缩消亡阶段。

二、生、储、盖条件

（一）生油层

陆家堡坳陷有九佛堂、沙海、阜新、青山口、嫩江等五组以暗色泥岩为主的地层。陆东凹陷陆参

1) 杨志超，1985，开鲁盆地陆家堡凹陷地震勘探成果报告。

1井生油岩有机质热演化研究表明,九佛堂组、沙海组及阜新组底部已进入生油门限深度,有效生油岩厚约700 m,它们的简要情况如下:

1.有机质丰度 阜新、沙海、九佛堂三组有机质丰度指标(表2)随埋深增大而明显增高。阜新组为差生油岩,沙海组达到了较好—好生油岩标准,九佛堂组为好生油岩。与邻区同层位生油岩相比,沙海、九佛堂两组都优于海拉尔盆地的大磨拐河组^[3],和二连盆地较好生油凹陷(额南)的白彦花群不相上下^[4]。

表2 陆家堡坳陷有机质丰度与二连、海拉尔盆地比较表

盆地	凹陷	层位	有机碳 (%)	沥青“A” (%)	总烃 (ppm)	总烃/有机碳 (%)
开鲁	陆东	阜新组	2.30	0.021	101	0.47
		沙海组	2.98	0.103	620	2.18
		九佛堂组	3.15	0.45	2874	8.59
二连	赛汉塔拉 额南	白彦花群	0.81—0.877	0.0764—0.1132	417—1236	4.16—8.59
			1.51—2.78	0.1238—0.3893	736—2392	4.33—8.66
海拉尔	乌尔逊	伊敏组	1.427	0.0092—0.0319	173	0.90
		大磨拐河组	2.146	0.069—0.1003	379	1.5

2.有机质类型 经干酪根元素分析、镜下鉴定和热解色谱分析等多项资料确定(表3),阜新组、沙海组干酪根为腐泥腐殖型,但后者要好些;九佛堂组为腐殖腐泥型。镜下观察,阜新组干酪根主要

九佛堂组	1.13 (11)	0.06 (11)	83.5 (11)	7.7 (11)	389 (17)	腐殖腐泥型
------	--------------	--------------	--------------	-------------	-------------	-------

注:括号内数字为样品数。

3.生油门限与有机质热演化 通过陆参1井大量样品分析,已取得陆东凹陷库伦塔拉洼陷的有机质热演化资料。根据烃转化率(总烃/有机碳)、镜质体反射率($R_o\%$)、奇偶优势(OEP值)、轻烃中的气体湿度(C_2-C_4/C_1-C_4)和异丁烷/正丁烷(iC_4/nC_4)比值,确定生油门限深度为1400 m。1400 m以上有机质未成熟。1400—1780 m为低成熟阶段。1780—2200 m为成熟阶段。各阶段各项指标列于表4。

由此可见,陆东凹陷阜新组底部和沙海组大部为低成熟生油岩。沙海组下部和九佛堂组为成熟生油岩,且具有较高的烃转化率,是凹陷内的主要生油层段。据推算,成油期从青山口组沉积中期开始。

陆家堡坳陷已有五口井见油气显示,陆东凹陷三口,陆西凹陷两口。显示层位目前也仅限于阜

表4 陆参1井有机质热演化阶段数据表

热演化阶段	井深 (m)	总烃/有机碳 (%)	R_o (%)	OEP值	$\frac{C_2-C_4}{C_1-C_4}$ (%)	$\frac{iC_4}{nC_4}$
未成熟	<1400	<1.0	<0.6	>1.5	<11	>1.79
低成熟	1400—1780	1.0—2.0	0.6—0.74	1.5—1.19	11—35	1.79—0.41
成熟	1780—2200	2.0—10.0	0.74—1.019	1.19—1.05	35—77	0.41—0.28

新、沙海、九佛堂三组。说明它们在坳陷内已有成烃和运移过程。陆参1井试出的少量原油，比重0.887，凝固点35℃，初馏点208℃，含蜡量12.5%，含硫量0.129%，粘度39.52Pa·s，属低硫、高蜡、低粘度的轻质油。

(二) 储集层

坳陷内储集层主要为砂岩类，由于几口参数井多靠近洼陷中心部位，故砂质岩层甚少。陆参1井九佛堂和沙海两组砂岩类仅占地层厚度的10%和5.4%，且物性条件很差。阜新组储集层相对发育，累计厚109m，占地层厚的18%，其孔隙度平均21.9%，渗透率最大为 $23 \times 10^{-3} \mu m^2$ ，平均为 $2.77 \times 10^{-3} \mu m^2$ ，物性条件也差。推测向凹陷边部砂体会相对发育，物性条件会相对变好。

(三) 盖层

坳陷内泥岩相当发育，无论是主要生油层段，还是阜新组上部和青山口组，单层厚度逾三、五十米者甚多，均为良好盖层。

结 语

陆家堡坳陷以断陷期侏罗系上统沉积为主，厚约4000m。生油岩有机质丰度高、类型好，大都处于液态窗范围内，有较厚的生油相带。生油岩质量好于海拉尔盆地，与二连盆地的额南凹陷不相上下。圈闭形成时间与成油时间搭配得当，盖层和保存条件齐备，具备了良好的石油地质条件。特别是目前钻遇上侏罗统的几口井均见油气显示，并试出了少量原油，是非常可喜的苗头，应当加快勘探步伐。

本文在成文过程中，承蒙葛泰生总地质师的指导，在此表示感谢。

参 考 文 献

- [1] 王五力等，1979，辽宁西部的晚中生代地层，第二届全国地层会议文献。
- [2] 王公肃、郑福长，1984，辽宁地质学报，第2期。
- [3] 龙永文等，1986，石油与天然气地质，第1期。
- [4] 华北石油管理局，1985，二连盆地勘探成果和规划，石油工业出版社。

A SURVEY OF PETROLEUM GEOLOGY ON LUJIABAO DEPRESSION OF KAILU BASIN

Zheng Fuchang Zhang Xianshen
Liu Jianying Zhou Shaoqiang
(Research Institute of Liaohe Oilfield)

Abstract

The Lujiabao Depression, situated in the east part of the inner Mongolia with an area of 2500 km², is one of the two biggest depressions in the Kailu Basin. The basement consists of hypergone metamorphic rocks of the Carboniferous-Permian Systems and the sediments with the total thickness of 5000m in the basin are mainly made of Upper Jurassic, Cretaceous and few Cenozoic. Its evolution can be divided into two stages. Fault-subsidence occurred in the Late Jurassic and depression in the Early Cretaceous. The Fuxin, Shapai and Jiufotang Formations of the Upper Jurassic are considered as three source beds. The former is a poor one belongs to sapropel type, the latter two are better or fine ones with abundant organic matter, of which the first two are sapropelic and the last belongs to humosapropelic type. In accordance with the ratio of hydrocarbon transformation, and of vitrinite-reflectance and OEP value, oil-generating threshold is determined to be 1400 m in depth, lower-maturation stage is in 1400-1780m, and maturation stage in 1780-2200 m. It is suggested that the Jiufotang and Shapai Formations have reached the oil threshold, and the valuable thickness of source rocks is about 700m. Sandstones and contemporaneous faults and secondary structures related to faults are well developed in the depression. The formation time of traps coordinated with that of oil-gas generation, thus oil show has been discovered in 5 wells there.

全国油气资源评价学术研讨会在扬州市召开

由中国石油学会石油地质专业委员会、北京石油学会、江苏省石油学会联合举办的“全国油气资源评价学术研讨会”于1988年12月24日至28日在扬州市召开,参加会议的有地矿部、能源部、中国科学院及大专院校的53名代表。会上共交流了学术论文38篇,概括有下列进展:①盆地模拟逐渐向三维立体化方向发展;②人工智能专家系统日臻完善;③统计法中对参数的选取和计算方法得到改进及发展;④实验模拟及生烃热动力学研究成果的采用,进一步完善了生烃量的计算;⑤对高成熟—过成熟地区的资源评价作了一些探索;⑥数学地质、微型计算机的应用和软件开发,有所进展。反映了我国当前油气资源评价的现状、进展及水平。

会议还根据各代表的意见提出四条建议:①由中国石油学会向三委专报,将油气资源评价列入“八五”期间国家重点课题;②在中国石油学会地质专业委员会中设立一个油气资源评价小组,协调组织油气资源评价工作;③中国石油学会定期(每隔2—3年)召开全国性的油气资源评价会议;④中国石油学会尽快将这次会议论文组织出版。

(费富安)