

PETROLEUM INDUSTRY PRESS

3

钱玉怀 主编

李俊英 鲍新建 霍建 副主编

中国石油学会
第三届青年学术年会
论文集

石油工业出版社

内 容 提 要

本书收录了由中国石油学会主办的第三届青年学术年会优秀论文 39 篇, 内容涉及石油地质、物探、测井、钻井、采油、炼油化工、环境保护、油气集输、石油机械、海洋工程及经营管理等领域, 代表了当代青年石油科技工作者在石油行业各学科的科研水平。

本书适用于石油行业的科技工作者。

图书在版编目 (CIP) 数据

中国石油学会第三届青年学术年会论文集/钱玉怀主编
北京: 石油工业出版社, 2001.7
ISBN 7-5021-3372-0

I. 中…

II. 钱…

III. 石油工业-学术会议-中国-文集

IV. TE-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 24893 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)
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 开本 19 印张 474 千字 印 1—1000
2001 年 7 月北京第 1 版 2001 年 7 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5021-3372-0/TE·2528
定价: 38.00 元

中国石油学会第三届青年学术年会学术委员会

主 任 高德利

副主任 赵文智 汪志明 朱建华 董秀成

委 员 (以姓氏笔划为序)

刁 顺 马 安 方朝亮 王同良 龙 军

朱建华 朱筱敏 刘玉章 刘 岩 刘福顺

李 宁 迟尚忠 华 炜 汪志明 宋 岩

杨继刚 张水昌 张国华 张 琰 张 宏

张劲军 赵文智 罗东坤 郭文莉 郭 群

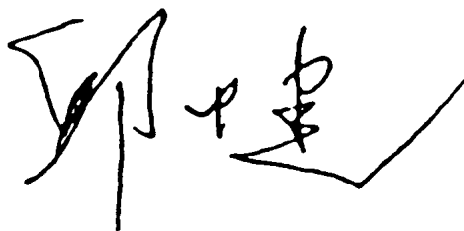
胡 杰 姚逢昌 高德利 陶 果 徐春明

董秀成 蒋泰然 程林松 韩 冬 谢朝钢

序 言

为培养和造就一支强大的优秀科技人才队伍，为激励广大石油、石化战线的青年科技工作者面向未来，肩负起历史重任，中国石油学会在 21 世纪即将到来之际，召开全国第三届青年学术年会。年会的主题是：科技增强国力，青年开创未来——携手走向辉煌的 21 世纪。其宗旨是动员和团结广大石油、石化青年科技工作者为中国的石油工业，为建设有中国特色的社会主义伟大事业贡献聪明才智。同时也为青年科技人才的成才脱颖而出创造条件，为青年专家学者提供学术交流的机会和舞台。由于主题鲜明，得到石油、石化企业广大青年科技工作者的热烈响应，在很短的时间内先后收到石油、石化企业、院校、科研等单位四十五岁以下的青年科技工作者论文五百多篇，经过学术委员会评审，参加本届年会交流的论文有近二百篇。这些论文充分反映了我国广大石油、石化青年科技工作者在科研生产第一线，把科技知识与生产实践相结合，创造出的崭新成果，论文涉及石油地质、物探、测井、钻井、采油、炼油化工、环境保护、油气集输、石油机械、海洋工程以及经济管理等与石油、石化、海洋石油等相关联的各基础领域。论文内容有具体的工作实践，有多年的科研总结，还有高新的研究成果，选题新颖，代表性强，覆盖面广，具有较高的学术水平。表明广大年轻作者具有扎实的理论基础、丰富的工作经验和较高的综合素质。学术委员会对大会交流的论文进行了评审，将优秀论文收入本论文集并公开出版发行，是一件很有意义的事。

当前，中国的石油工业正面临和进行着重大的变革，企业重组改制工作不断深入，特别是发生在世界范围内的经济结构调整，以信息产业为代表的现代科学技术突飞猛进，跨国公司的影响日益增大以及全球经济一体化，中国进入 WTO 等都对我们提出了十分严峻的挑战。因此，能否迅速地利用科技进步，倚重于科技进步和知识创新将是我们参与竞争、争取生存与发展和在新世纪保持中国石油工业持续发展的重要环节。中国的石油工业是我国国民经济的重要支柱。只有掌握先进的科学技术，拥有高素质的人才，我们的综合实力才会增强，才能在越来越激烈的市场竞争中立于不败之地。因此，工作在石油、石化战线上的广大青年科技工作者必须清醒地看到，我们同时面临着严峻的挑战和竞争的机遇。中国石油学会号召全体青年科技工作者积极参与当前我国石油工业在科学技术和发展中的重大和关键技术问题，刻苦攻关，注重科学技术同提高劳动生产率和经济效益的紧密结合，注重科技成果向现实生产力转化，在科学发展的道路上，努力钻研，坚韧不拔，不断开辟科学研究的新境界，攀登世界石油科技高峰。希望广大石油青年科技工作者，团结一致，积极创新，抓住机遇，迎接挑战，面向未来，肩负起新世纪赋予你们的历史重任。

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Yu Jian' (俞建), with a stylized, expressive stroke.

责任编辑：谭忠心

封面设计：赛维钰

责任校对：王 颜

ISBN 7-5021-3372-0



9 787502 133726 >

ISBN 7-5021-3372-0/TE · 2528

定价：38.00 元



目 录

油气地质与勘探

延吉盆地的含油气系统	王世辉	王立民	张晓东	(3)
赛汉塔拉凹陷腾二段油藏的勘探实践与体会	赵志刚	贾继荣	王淑英	(14)
黄骅坳陷中区深层砂岩的储集性	张占峰	郑浚茂		(23)
北堡地区石油地质特征及勘探潜力分析	马 乾	鄂俊杰	李文华	(32)
川西地区侏罗系气藏类型与勘探	蔡开平	杨跃明		(40)
北部湾盆地福山凹陷油气分布与聚集规律	朱恩永	石彦民	陈达贤	马庆林 (45)
斜深井钻探技术			路继臣	(57)
注水泥动态过程的数值模拟	王保记	李晓平		(68)
电阻率频散条件下复电阻率测井数值模拟研究与应用	高 杰	刘迪军	汪功礼	(75)

油 气 工 程 ()

河流相储层精细描述技术及在高成熟度开发油田中的应用	李 音	席国庆	张连军	陈炳峰	李 藏	(85)
单水平井蒸汽辅助重力驱油技术现场试验	李啸南	王世虎	逯国成	王景瑞	姜泽菊	(95)
水平裂缝—蒸汽辅助重力泄油 (FSAGD) 渗流机理研究	关文龙	田 利				(101)
老油区单井经济极限产量计算模型	李 平	阴 玥	李 琴			(107)
高压油气井测试油管在井下关井时的变形分析	高宝奎	高德利				(111)
地层压力随钻预测技术研究	杨 进	高德利				(116)
大斜度定向井有杆泵采油工艺技术研究与应用 ...	李洪山	吴广海	张晓辉	秦俊红		(120)
优化方案设计保持压裂效果研究	李作光	薛家锋	罗 庆	梁卫东	龙黔胜	(127)
用失效评定图技术对含裂纹管道的安全性评定	王毅辉	刘海峰				(139)
元素硫对凝析油气藏油套管的腐蚀研究	刘 敏	王浦潭				(145)
管流中管壁剪切应力对蜡沉积的影响	穆 昕	黄启玉	张劲军			(150)
预测控制在长输管线上的应用研究	夏哲舫	宫 敬				(155)
管输过程中中洛线加剂原油流动性参数的预测	张维智	周淑慧	张劲军			(161)

石油化学工程

满足未来汽油标准的汽油加氢技术开发	李明丰	夏国富	聂红	石亚华	李大东	(167)		
NaAlO ₂ -CO ₂ 法制备拟薄水铝石和 γ -Al ₂ O ₃ 加氢催化剂载体规律的研究	杨清河	李大东	庄福成	石亚华	刘滨	聂红	张和平	(175)
再生催化剂快速汽提研究	鲁维民	江燮卿	钟孝湘	李松年				(183)

临氢降凝技术及组合工艺在石油加工中的应用 孟祥兰 刘丽芝 彭 焱 (188)

降低催化汽油烯烃含量的 GOR - C 催化剂及其工业应用
..... 杨轶男 张久顺 马建国 (195)

重油择形催化生产轻烯烃和芳烃技术的研究与开发 谢朝钢 (205)

催化油浆的分离、组成结构及利用研究
..... 许志明 张 立 刘澄蕃 凌立成 王仁安 (212)

加速结构调整 努力增产液化气 林跃峰 (219)

延迟焦化十一集总动力学动态机理模型的开发 宋 跃 孟凡东 彭 飞 (225)

活性碳纤维用于汽油脱硫醇的研究 徐志达 曾汉民 冯仰桥 陈 冰 (235)

HF 法直链烷基苯质量影响因素浅析 陈洁静 葛东松 (241)

自润滑密封注剂的研究与应用 胡忆洧 (247)

Reveal the Effect of Thermalcracking and Hydrocracking from Molecular Chemistry of
Narrow Fractions of Athabasca Bitumen Pitch and its Derived Residua
..... S. Zhao L. S. Kotlyar J. R. Woods B. D. Sparks K. H. Chung (256)

石油经济管理

四川天然气过剩原因与市场策略探讨 杨 莉 余晓钟 (269)

推动中国石油 R&D 及技术创新的思考 孙仁金 (274)

中美钻井技术经济指标的发展规律与对比研究 王同良 (280)

钻井行业如何实施低成本发展战略 程安林 (292)

油气地质与勘探

延吉盆地的含油气系统

王世辉 王立民 张晓东

(中国石油大庆油田有限责任公司勘探开发研究院)

摘要 含油气系统作为对含油气盆地进行油气勘探研究的一个阶段是必不可少的。它是由成熟烃源岩、与其相关的油气以及这些油气从聚集到保存需要的所有基本要素和成藏作用共同组成的。其中的基本要素包括：烃源岩、储集层、盖层和上覆岩层。延吉盆地包括有两套含油气系统，分别为东部含油气系统和西部含油气系统。系统内烃源岩分别为白垩系的铜佛寺组和大砬子组。作为储集层的砂岩分别夹持于铜佛寺组和大砬子组泥岩之中。盆地模拟结果铜佛寺组和大砬子组生烃总量为 $21.7 \times 10^8 \text{t}$ ，排烃量为 $7.2 \times 10^8 \text{t}$ 。

关键词 含油气系统 烃源岩 储集层

1 区域构造特点

延吉盆地位于吉林省延边自治州境内，区域构造位置属于吉黑褶皱系延边优地槽西南端，盆地面积 1670km^2 。是在华里西晚期花岗岩和古生界变质岩基础上形成的中生代裂坳叠置型残留盆地。盆地的大部分构造形成于白垩纪—晚第三纪，是滨太平洋大陆边缘活动阶段的产物。由于在燕山亚旋回构造期太平洋板块相对欧亚板块的挤压，在左旋应力场作用下，与大兴安岭以及松辽盆地晚侏罗—早白垩世的火山岩断陷一致构成延吉盆地的断陷雏形。早白垩世后期由于中国大陆边缘活动带由挤压为主的阶段转化为以引张为主的阶段，延吉盆地开始下沉并接受了包括部分晚侏罗世、整个白垩纪和早第三纪的沉积地层，最大厚度可达 3000 余米。自下而上发育的地层有屯田营组、长财组、头道组、铜佛寺组、大砬子组、龙井组、珲春组、四方台组。后期的构造运动使盆地各部分不同程度的抬升并遭受剥蚀，盆地东南部和西北部剥蚀厚度最大可达 800m。盆地演化经历了四个阶段。

1.1 盆地演化阶段

1.1.1 初始裂陷阶段（上侏罗统屯田营组—长财组）

受燕山运动的影响，在赤峰—开原断裂和鸭绿江—东宁断裂的作用下，该盆地开始裂陷并沉积了具断陷特点的上侏罗统屯田营组火山碎屑岩和长财组含煤地层。

1.1.2 裂陷阶段（白垩系头道组—铜佛寺组）

受东西向拉张作用的影响，断裂区域性差异升降强烈。在朝阳川凹陷大规模下降并形成了深湖—半深湖相沉积。东部地区在总体下降的背景下规模小一些，以滨浅湖相沉积为主，由此形成了东、西两个独立的沉积沉降中心。

1.1.3 坳陷阶段（大砬子组）

大砬子组沉积时期是延吉盆地湖盆发育的鼎盛时期，盆地整体下沉的结果使得东西湖盆面积扩大，特别是到大三段沉积时期东西两个湖体连在一起，此时全盆地包括中央隆起部分也为水下沉积。因此表现出大砬子组在全区均有分布且泥岩范围远大于铜佛寺组。由于沉降

中心的向东偏移,东部坳陷湖盆规模较大,为深湖—半深湖相沉积。西部为滨浅湖—河流相沉积。

1.1.4 盆地萎缩及褶皱阶段(龙井组)

大砬子组沉积末期,盆地开始抬升接受龙井组氧化—还原条件下的杂色、紫红色泥岩、砂砾岩沉积。到龙井组后期,与全球气候相一致转为干燥炎热阶段。此期盆地发生不均匀整体抬升,盆地北部由于断裂活动强烈抬升幅度高遭受剥蚀程度也较大。根据延 D5 井钻探资料推测,西北部地区剥蚀量在 500~800m 左右。个别地区龙井组剥蚀殆尽,而在东部清茶馆地区尚有第三系沉积。在上述演化阶段作用下造就了延吉盆地特有的构造和沉积格局。

1.2 断裂及局部构造发育

1.2.1 基底具有两坳一隆一斜坡的构造格局

从 T₅ 反射层构造图可以看出,盆地基底系几个近南北向的正负向构造从西往东排列构成:西部边缘斜坡区、朝阳川坳陷、中央隆起、清茶馆—德新坳陷。两个坳陷面积分别为 340km² 和 560km²。

1.2.2 断裂发育纵横交错

延吉盆地断裂发育,根据断裂规模和断穿层位可将断层划分成四类:其一为壳断裂,主要发育在延吉盆地南部,是赤峰—开原断裂的东延;其二为形成较早的基底控边断裂,主要发育在盆地的东侧和太平隆起西侧,为盆地的控凹断裂;其三为盆地盖层内的拉张断裂;其四为晚期形成的破坏型断裂。前三期的断裂在时空上的排列和组合,形成了延吉盆地内两隆两坳的构造格局。第四期的断裂使得早期的断裂进一步复杂化。

1.2.3 局部构造发育

到目前为止,延吉盆地共发现局部构造 129 个,面积为 301km²。局部构造分布具有明显的分带性,展布方向与区域构造和断层的走向基本一致,反映了局部构造受二级构造单元及断层控制。经对盆地内 129 个构造圈闭的地质综合评价,评价出 I、II 类有利圈闭 68 个,层圈闭面积为 230km²,为下一步钻探提供了有利地区。

2 沉积特征与沉积相分析

2.1 沉积特征

延吉盆地沉积地层主要为侏罗系和白垩系的头道组、铜佛寺组、大砬子组、龙井组等,其中铜佛寺组、大砬子组是延吉盆地的主要勘探目的层,地层厚度占沉积层总厚度的 80% 以上。本文主要对铜佛寺组、大砬子组石油地质特征进行论述。

根据野外踏勘和钻探结果:铜佛寺、大砬子组是一套水进体系的砂泥交互沉积,表现在沉积相带窄、相类型丰富,近物源、多物源,盆地东西差别大的特点。铜佛寺组沉积时期是延吉盆地首次大规模水进期,由于受古地形的控制,以中央隆起为界东西两侧发育了不同规模的湖相沉积(图 1)。西部地区湖盆较发育,主要部位在延 D5 井—延参 1 井附近,为深湖—半深湖相沉积,最大厚度在 200~400m。铜佛寺组沉积末期沉积中心向东偏移。中央隆起东部主要为砂泥岩交互沉积,是一套滨湖相和三角洲分流河道沉积,泥岩单层厚度多为 10~20m。整体上铜佛寺组反映的是一套由水进到水退复合旋回的特点。

大砬子组沉积时期是继铜佛寺组沉积之后又一次大规模的水进期,以中央隆起为界东西两侧沉积有明显差异(图 2)。西部朝阳川地区整体上升,接受滨浅湖和扇三角洲相为主的砂岩—粉砂岩沉积。东部清茶馆和德新地区整体下降接受深—半深湖相泥岩等细粒沉积,总

体上表现为沉积中心逐渐东移的特点，并相应形成了与之相匹配的沉积序列。主要沉积相带在铜佛寺组和大砬子组表现了较好的继承性，西部为扇三角洲沉积，东部为湖相及边缘水下扇沉积。

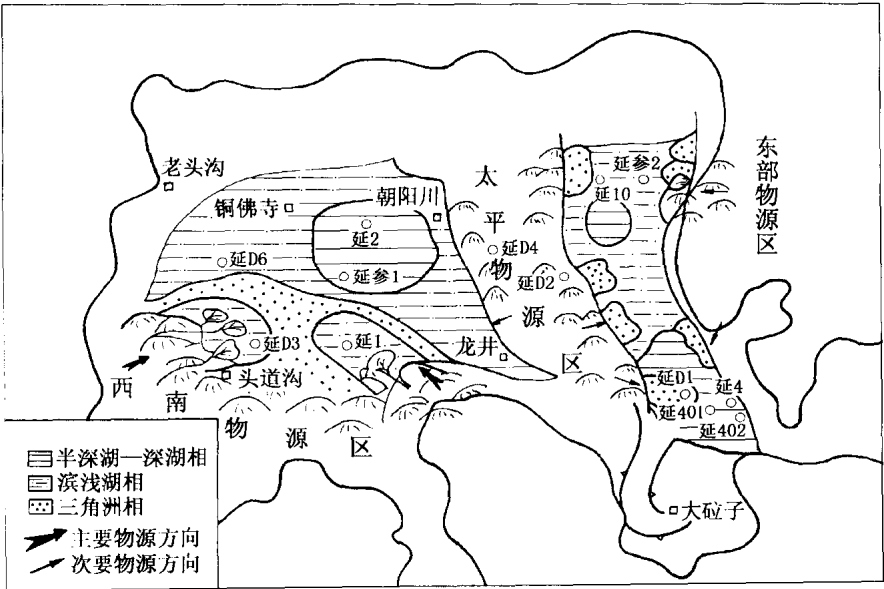


图 1 延吉盆地铜佛寺组沉积相图

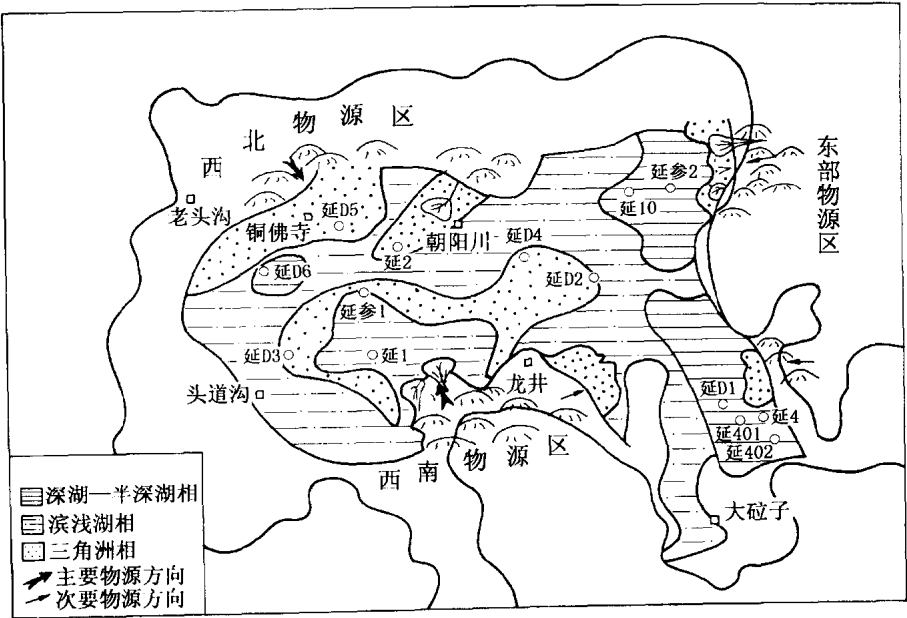


图 2 延吉盆地大砬子组沉积相图

2.2 沉积相类型

延吉盆地是一个中生代残留盆地，沉积相带展布及沉积类型受盆地演化过程的控制。通过对其中 8 口井岩心的详细观察及与其相关的岩性、层理结构、构造、古生物、岩电旋回以及分析化验资料详细分析，确立了延吉盆地以湖泊相和扇三角洲相等为主的四种相、六种亚

相的沉积序列。

四种相为洪积相、河流相、扇三角洲相和湖泊相。其中洪积相和河流相主要发育在成盆早、晚两个时期，即头道组和龙井组紫红色调的地层中，其相带单一易识别。扇三角洲、湖泊相主要发育在成盆中期（裂陷期和凹陷期）沉积的铜佛寺和大砬子组中，是该盆地发育的两种主要沉积相类型，也是与该盆地油气藏形成关系最密切的两种沉积相类型。这两种沉积相又可以进一步划分为六种亚相和六种微相。

2.3 沉积相带展布特征

根据各种相类型特征，结合骨架砂体变化趋势、重矿物组合特征，编制了铜佛寺和大砬子组沉积相图，从图中可以看出该盆地的相序缺乏完整性，但仍可看出铜佛寺和大砬子组沉积时期主要受西北、南部和太平隆起及东部四大物源的控制。

2.3.1 铜佛寺组沉积时期

该期主要发育两个被太平隆起分割的小湖盆并形成与之相应的沉积序列。西部湖区主体在朝阳川—铜佛寺一线，地层厚度和暗色泥岩厚度均较大，延参1井沉积厚度近1000m，为该区的沉积沉降中心。该期主要有两个沉积体系，分别为西南部沉积体系和东南部沉积体系。从砂岩百分含量图上可以看出这两个高值区砂岩含量高达50%~70%，向湖区递减为40%~50%。从延D6、延D5和延参1井重矿物分析结果显示稳定矿物含量较高。

该期沉积相以扇三角洲和滨浅湖相为主，由于西南物源水系发育，携带能力强，所以该体系沉积的扇三角洲规模较大，并相应的形成了三角洲平原亚相和扇三角洲前缘亚相，沉积相模式为三角洲平原—三角洲前缘—滨浅湖。以延1井和延参1为例，单井厚度可达1000余米，将其划分为两个微相（辫状河道与河道间）。以厚层杂色砂砾岩与灰黑色泥岩、粉砂质泥岩不等厚互层为辫状河道，该期东部湖盆为一南北向狭长形，两侧分别是太平隆起物源体系和东部物源体系，它们由多个小水系构成扇形堆积在盆缘。该期主要沉积环境为湖泊沉积，在德新一带有一深湖区，其他广大地区为滨浅湖沉积。我们将滨浅湖进一步划分为远沙坝、浅湖泥与席状砂三个微相。远沙坝是以灰色粉细砂岩为主夹薄层泥质岩，单层有一定厚度，分选较好，多见平行、波状变形层理。

2.3.2 大砬子组一、二段沉积时期

在大砬子组沉积初—中期，地貌格局仍为一隆两坳。由于东西构造运动差异，太平隆起抬升，使其隆起明显向西倾，致使湖盆沉积中心也向西移动，湖盆范围缩小，湖相沉积层比铜佛寺组时期减薄。此时西南物源开始减弱，但仍继承铜佛寺组沉积时物源的两支水系，规模明显变小，南部扇三角洲平原仍继续发育，在延1、延参1井一线沉积了较厚沉积层直接进入湖区，延参1井厚约300m。而湖盆西部，西北侧发育了广泛的扇三角洲前缘沉积，延D5、延D6、延D3井都处在这个相带上，延D3厚200m，延D5厚300m，且砂岩单层厚度大，厚度在7m左右。水下扇作为延吉盆地的一种沉积相类型比较多见，也是含油的有利相带，如延2井1340~1347m等。以暗色泥岩、泥质岩夹不等粒砂砾岩为特征，其砂砾岩有一定的韵律性，可见粒序变化，多发育在湖盆边缘。

东部湖盆基本继承铜佛寺组沉积时期的面貌，为一南北向狭长形态。半深湖在现今延吉市附近及德新一带，面积不大，湖相沉积层厚约300m，在延D4、延D2井周围可见砂岩高值区，说明沉积时水体较深，环境更稳定。

2.3.3 大砬子组三段沉积时期

大砬子组三段时期盆地沉降速度快，补偿不足，湖区迅速扩大，水体全面覆盖，大面积

湖相地层覆盖在扇三角洲沉积之上。太平隆起为水下隆起带,结束了东西湖盆各成系统的面貌,形成了统一的湖盆。西部半深湖区仅在延 D6 井附近发育。

总之,该阶段为延吉盆地湖盆发育的鼎盛时期,也是东部区域盖层的主要形成期。

2.3.4 龙井组沉积时期

这一时期盆地下沉微弱,伴生边缘抬起,加之全球气候干燥,植被稀疏,湖盆周边高隆地带遭受强烈物理风化。湖盆水进覆盖面积开始收缩,使得盆地内大部分被河流冲积物所覆盖。此期盆地东西差异明显变小,沉积地层较均匀分布,一般沉积了 200~500m(局部地区略厚)以正韵律为主的砂泥岩组合,砂质岩较粗,泥岩多为红绿色,生物化石稀少,盆地具有褶皱回返的晚期特色。

3 含油气系统

研究含油气系统关键的是为该系统一系列的油气藏找到相应的有效烃源岩。在上述论述中已知延吉盆地在发育过程中有裂陷和坳陷沉积阶段,在铜佛寺和大砬子组沉积时期湖盆发育。这就注定了延吉盆地含油可能具有多套的含油气系统。

3.1 泥岩分布

龙井组末期的构造运动使得盆地东南部德新凹陷和西北部朝阳川凹陷及东部坳陷区内,发育的层位集中在铜佛寺组和大砬子组。其中铜佛寺组暗色泥岩累计厚度在 200~300m 之间,泥地比在 60%~76% 之间。朝阳川—铜佛寺地区累积厚度在 200m 以上,最大单层厚度可达 145m,向南至延 1 井区减薄至 50m 左右,单层厚度减薄至 3.5m,向西至延 D6 井区,单层最厚减薄至 27m。东部清茶馆凹陷累积厚度在 300m 以上,泥地比为 66%,单层最大厚度在 70m 左右。德新凹陷目前只有延 4 井钻达铜佛寺组,暗色泥岩厚 117m,占地层厚度的 80%,据此推测该凹陷暗色泥岩厚度在 400m 以上。所以东部坳陷区铜佛寺组泥岩主要集中在清茶馆和德新凹陷区中。

大砬子组暗色泥岩也集中在上述几个地区,但东部相对发育。朝阳川凹陷中部累计厚度达 500m,东部凹陷的延参 2 井处,累计厚度达 1100m,东南部的德新凹陷暗色泥岩厚度也很发育,累厚达 400m 以上。从单层最大厚度上看,太平隆起和朝阳川凹陷一般在 10m 左右,最厚的为 19.6m(延 D5 井),东部坳陷单层厚度相对较大,延 D1 井为 86m,延 4 井为 71.5m,延参 2 井为 35m。泥地比也比较高,延参 1 井为 69.2%,延 D1 井为 54.5%。

由上述分析可见东西部坳陷主体都为暗色泥岩,且集中在铜佛寺和大砬子组中。本文主要采用了常规有机地球化学分析法和盆地模拟方法,对所取得的大量岩心进行了分析和模拟计算,认为凹陷主体部分的铜佛寺和大砬子组暗色泥岩基本达到了生烃阶段。

3.2 有机地球化学指标

3.2.1 大三段

该段是东部坳陷最主要的生油气层。有机碳含量为 0.372%~5.17%,平均为 2.279%(26 块样品),氯仿沥青“A”含量为 0.0104%~0.4073%,平均为 0.107%(25 块样品), $S_1 + S_2$ 为 0.03~13.68mg 烃/g 岩石,平均为 6.45mg/g,属较好—好生油岩。母质类型为 II_A—II_B 型,少量 III 型,镜质组反射率为 0.5%~0.76%。以上数据表明其具有良好的生油能力。另据延 4 井模拟资料,目前尚未进入大量生烃(液态烃)期($R_o > 1.0\%$),本区生油岩虽已成熟,但距总液态烃产率高峰(R_o 为 1.25%、产率为 575.91mg/gCorg)还相差甚远。

西部朝阳川凹陷该段地层有机质丰度低,有机碳含量为 0.388%~2.557%,平均为 0.97% (10 块样品)。氯仿沥青“A”平均为 0.0166%, $S_1 + S_2$ 值为 0.01~6.41mg 烃/g 岩石,属非一差生油岩。有机质类型为Ⅲ型,个别为Ⅱ_B型。综合评价其不具生油能力或生油能力较差。

3.2.2 大一、二段

朝阳川凹陷 3 口井统计结果,该段有机碳为 0.259%~3.681%,平均为 2.010% (30 块样品),氯仿沥青“A”平均为 0.1005%。其中延 D5 井泥岩有机质丰度最高,有机碳平均为 1.785%,氯仿沥青“A”平均为 0.1865%,但未进入生油门限。根据延参 1 井 R_o 值演变规律,推测深凹处该段进入生油门限,因此认为该区凹陷主体部位有较好的生油能力。

德新凹陷该段地层中暗色泥岩有机质丰度较高,有机碳平均为 2.817%。氯仿沥青“A”平均为 0.1236%,总烃为 0.0682%, $S_1 + S_2$ 为 12.69mg 烃/g 岩石,属好生油岩。母质类型为Ⅱ_A—Ⅱ_B型,且已进入了生油门限,综合评价其具有良好的生油能力。

3.2.3 铜三段

朝阳川凹陷该段地层具有较强的生油能力。暗色泥岩有机质丰度较高,有机碳值为 0.199%~2.746%,平均为 2.351 (18 块样品),氯仿沥青“A”含量为 0.0049%~0.213%,平均为 0.0644% (18 块样品), $S_1 + S_2$ 值平均为 8.87mg 烃/g 岩石 (11 块样品),属好生油岩。母质类型为Ⅱ_A—Ⅱ_B型,少量Ⅲ型。镜质组反射率为 0.7%,综合评价其具备了良好生油能力。延参 1、延 2、延 D5 井油气显示层位均集中在此段。

清茶馆凹陷该段地层中暗色泥岩有机质丰度属较好级别。有机碳含量为 2.238%~2.903%,平均为 2.487%,氯仿沥青“A”含量为 0.0428%~0.0470%, $S_1 + S_2$ 为 1.02~2.37mg 烃/g 岩石,镜质组反射率值为 1.03%~1.05%,评价其具有一定的生油能力。

德新凹陷该段有机丰度较高,有机碳平均为 3.247% (4 块样品),氯仿沥青“A”平均为 0.1511% (2 块样品), $S_1 + S_2$ 平均为 17.38mg 烃/g 岩石 (2 块样品),属好生油岩。镜质组反射率值大于 0.66%,具有较好生油能力。延 4 井在该段地层中见到含油显示。

3.2.4 铜二段

朝阳川凹陷的两个主要生油层之一是铜二段,该段地球化学指标分析结果表明,有机碳平均为 2.594%,氯仿沥青“A”平均为 0.1809% (9 块样品), $S_1 + S_2$ 平均为 4.19mg 烃/g 岩石,属好生油岩。延参 1 井 1712~1846m 井段所产的油与该段亲缘关系很好,推测该段为其生油母岩。

东部清茶馆凹陷该段有机碳为 1.921% (1 块样品), R_o 值大于 1.10%,无其他分析资料。另据钻井揭示该段泥岩单层厚度最大达 70m,泥地比为 62.7%,据此两数据推测该段具有一定生油能力。

3.2.5 铜一段

目前全区仅有个别井钻至该层,分析资料集中在朝阳川地区,有机碳 6 块样品平均值为 1.295%,氯仿沥青“A”两块样品平均为 0.0084%,可见生油能力较差,其他地区尚待进一步工作。

3.3 热压生烃模拟实验研究

为了进一步了解该盆地泥岩的生烃能力,根据有机成油学说中关于油气来源于有机质(主要是干酪根)降解理论,对延 4 井和延参 2 井中两块暗色泥岩进行了热模拟实验。本次采用密闭器加水热解法对延 4 井 455m 和延参 2 井 1654m 两块泥岩进行了模拟实验,实验结

果表明, 延参 2 井暗色泥岩各产率高峰均滞后于延 4 井, 且各产率均低于延 4 井。

3.3.1 延 4 井烃源岩演化成烃规律 (图 3)

总液态烃在 R_o 为 0.92% 时开始迅速增大, 产率高峰在 R_o 为 1.25% 处, 产率为 575.91mg/gCorg。气态烃产率从成熟阶段到高成熟阶段逐渐增大, 当 R_o 为 0.74% 时, 气态烃产率为 4.42mg/gCorg, 当 R_o 为 0.88% 时, 气态烃产率开始迅速增大, 直到 R_o 为 1.75% 时, 产率为 55.13mg/gCorg。热解油产率曲线变化富有规律, 当 R_o 为 0.74% 时, 产率为 38.03mg/gCorg, 而后逐渐增大, 当 R_o 为 1.40% 时, 热解油产率达到最大值 286.22mg/gCorg, 而后逐渐减小。

3.3.2 延参 2 井烃源岩演化成烃规律 (图 4)

该井暗色泥岩总液态烃产率在 R_o 为 1.15% 时开始迅速增大, 产率高峰在 R_o 为 1.15% 处, 产率为 347.72mg/gCorg。气态烃产率在 R_o 为 0.82% 时为 5.05mg/gCorg, 直到 R_o 为 1.51% 时, 产率为 23.33mg/gCorg。热解油产率曲线变化富有规律, 当 R_o 小于 1.2% 时, 变化不大, 一般产率为 36~62mg/gCorg。而后逐渐增大, 当 R_o 为 1.51% 时, 热解油产率达到最大值 299.42mg/gCorg, 而后逐渐减小。

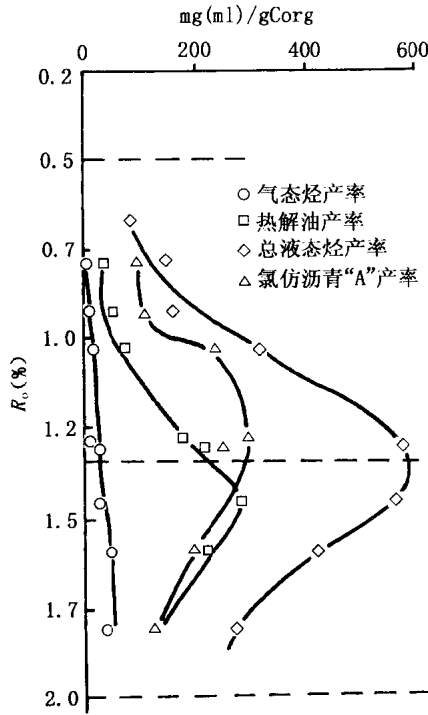


图 3 延 4 井暗色泥岩演化成烃模式图

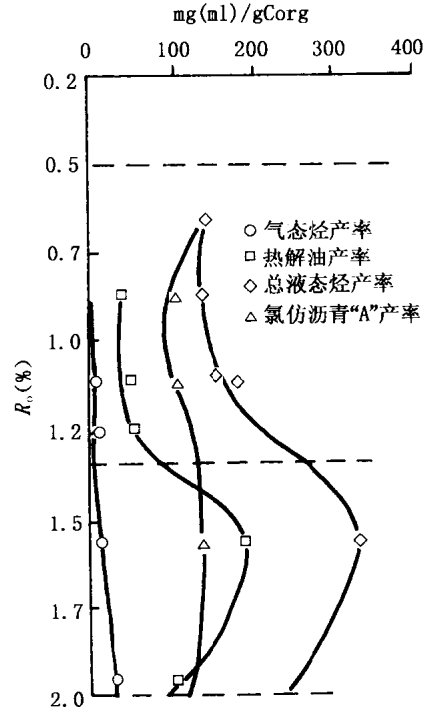


图 4 延参 2 井暗色泥岩演化成烃模式图

以上数据可以看出, 延参 2 井泥岩热解油产率高峰和总液态烃产率高峰均滞后于延 4 井泥岩, 说明前者进入生油高峰较晚。从热解油产率和总液态烃产率以及气态烃产率上看, 延 4 井泥岩都比延参 2 井泥岩大的多, 表明延 4 井所处的德新凹陷暗色泥岩生烃能力比延参 2 井所处的清茶馆凹陷泥岩生烃能力大的多。开始大量生烃期至少在 R_o 为 0.92%~1.51% 以后。另具各井 R_o - H 关系资料, 该盆地西部拗陷铜佛寺组和东部拗陷大砂子组一、二段进入了大量生烃期, 这与盆地模拟中生烃史模拟结果的结论是一致的。

3.3.3 盆地模拟结果

根据延吉盆地勘探情况,首次在延吉盆地采用一维盆地模拟方法,分析了生油史和排烃史,模拟结果见表1和表2。

表1 延吉盆地生油量数据表 (10⁸t)

时 代	大砬子组	铜佛寺组	总生烃量
现今	1.49	11.27	13.76
龙一段末期	1.31	5.00	6.31
大砬子组末期		1.50	1.50
总生油量	3.80	17.77	21.57

表2 延吉盆地排油量数据表 (10⁸t)

时 代	大砬子组	铜佛寺组	总生烃量
现今	0.84	3.80	4.64
龙一段末期	0.44	1.80	2.24
大砬子组末期		0.48	0.48
总生油量	1.28	6.08	7.36

3.4 储集层

勘探成果表明,延吉盆地铜佛寺组和大砬子组是一套陆相沉积序列,储集层以中孔低渗的砂岩孔隙型储层为主,并局部发育有裂缝型储层。目前所钻探井显示较好的井段均为砂岩储层,油层深度一般在500~1000m之间。孔隙度一般在3%~24%,渗透率一般在(0.01~6469)×10³μm²。在砂岩中从特低级别到特高级别都有分布,总体上属于中孔低渗储集类型,这是小型断陷盆地所特有的物性规律。近物源、多物源快速沉积,砂岩分选差、成岩后生作用强,与松辽盆地同深度地层比孔渗要低的多。目前获工业油流井的地层孔隙度一般在9%~14%,渗透率在(0.5~10)×10³μm²。

3.5 可靠程度

指某给定油气藏的油气来源于一特定有效的烃源岩的可靠程度。根据碳同位素、生物标志化合物及正烷烃分布等数据,该区三个油气藏分别来自于本区的铜佛寺组和大砬子组的可信度极高。

3.5.1 朝阳川坳陷

延参1井正烷烃曲线对比结果表明,井深1712m和1814m两处原油与1772m和1901m暗色泥岩正烷烃曲线峰形对比性较好,与1658m和1444m泥岩正烷烃曲线峰形对比性较差,说明前面两者有亲缘关系。

根据延2井正构烷烃和异戊二烯类对比结果,延2井1345m处的油砂与其下部的1394m(铜佛寺组)处的泥岩曲线峰形基本一致,而与其上部的1003m(大砬子组)泥岩吻合性不好。说明1345m处的油砂是自生自储形成的。

3.5.2 清茶馆凹陷

延参2井在1791.8m、1804.24m、2541.0m处分别见到含油砂岩,利用正烷烃和族组成资料对比结果,1791.8m和1804.24m处的含油砂岩与大砬子组1452.5m和1755.35m泥