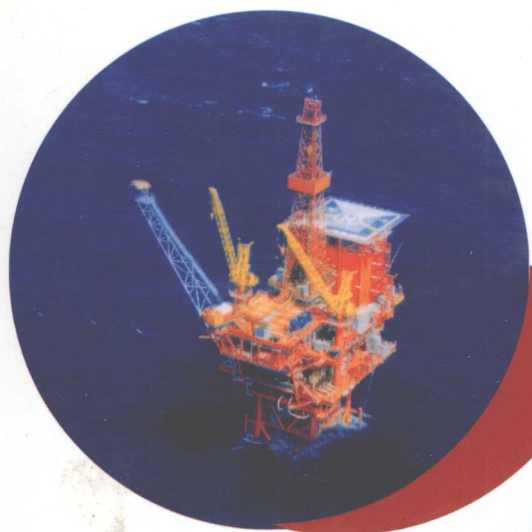


主编 梅廉夫 赵彦超

2002年全国成油体系与
油藏动力学大会论文选编



成油体系与 油藏动力学

中国地质大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

成油体系与油藏动力学——2002年全国成油体系与油藏动力学大会论文选编/梅廉夫,赵彦超主编. —武汉:中国地质大学出版社,2003.8

ISBN 7-5625-1776-2

I. 成…

II. ①梅…②赵…

III. 成油体系-油藏动力学

N. TB114

成油体系与油藏动力学
——2002年全国成油体系与油藏动力学大会论文选编

梅廉夫 赵彦超 主编

责任编辑:张晓红

技术编辑:阮一飞

责任校对:胡义珍

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路31号)

邮编:430074

电话:(027)87482760 传真:87481537

E-mail: cbo@cug.edu.cn

开本:787 mm×1092 mm 1/16

字数:340千字 印张:13.25

版次:2003年8月第1版

印次:2003年8月第1次印刷

印刷:中国地质大学出版社印刷厂

印数:1—350册

ISBN 7-5625-1776-2/TB·7

定价:35.00元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

成油体系与油藏动力学

——2002 年全国成油体系与油藏动力学大会论文选编

主 编：梅廉夫 赵彦超

委 员：陈开远 蔡忠贤 戴少武

戴彦爵 关振良 郝 芳

梅廉夫 徐思煌 姚光庆

叶加仁 赵克斌 赵彦超

序 言

自 20 世纪 90 年代由 L. B. Magoon & W. G. Dow 系统总结了 Petroleum System 的概念以后, 1994 年美国石油地质学家协会(AAPG)出版了《Petroleum System—From Source to Trap》的第 60 集会刊, 书中将 Petroleum System 定义为: “一个自然的体系, 其中包含有活跃的生油洼陷、所有与其有关的油气、以及形成油气聚集所必需的地质要素及作用”。其中“活跃生油岩”——指正在生成油气的大团、相互接触的有机物质。这种曾经活跃的生油岩, 也许现在已不再活跃或已消耗殆尽; “基本要素”——包括生油岩、储集岩、封盖岩及上覆岩层; “作用”——就是圈闭的形成和石油的生成—运移—聚集过程。该书还对 Petroleum System 的级别、命名、分类、鉴定特征、研究方法及其应用作了系统的总结。从而形成了一套较完整的理论, 并在全球范围内的石油地质界得到广泛的响应。

在上述研究的基础上, 结合中国含油气盆地多凸多凹、多期成藏的特殊性, 笔者于 1997 年主编了《成油体系分析与模拟》。书中除了引进上述 Petroleum System 的基本思路外, 结合中国油气勘探的特点, 详细总结了“油源分析”、“储盖条件分析”、“圈闭形成过程分析”及“油气生、运、聚分析”的研究思路与方法, 重点突出了动态分析的“成藏动力学模拟”技术, 列举了成油体系分析的研究实例。该书出版后经教育部有关专家评审, 又被推荐为研究生教学用书, 于 2001 年发行第二版。

继《Petroleum System—From Source to Trap》一书出版之后, 1997 年 AAPG 又出版了由 R. C. Surdam 主编的“Seals, Traps, And The Petroleum System”的第 67 集会刊。书中强调了成油体系中封闭条件的重要性。E. A. Beaumont & N. H. Foster 在 1999 年主编的“Exploration for Oil and Gas”中专为“Petroleum System”开设了一个章节, 将 Petroleum System 的研究列为油气勘探中的常规程序之一。2000 年 AAPG 在 Bali 召开的国际石油地质学家年会, 专门安排了 Petroleum System 的讨论会。当年 AAPG 出版了 M. R. Mello and B. J. Hatz 的“Petroleum Systems of South Atlantic Margins”的第 73 集会刊。同年美国墨西哥湾石油地质学家协会也出版了《Gulf of Mexico Basins: Tectonics, Development & Petroleum Systems》一书。2001 年在美国丹佛召开的 AAPG 年会上, 组织了多个专场讨论会, 其中分别包括: 压性构造区、张性构造区、加拿大及墨西哥地区、南大西洋地区以及环北极圈的 Petroleum System 的分会场。同年在俄罗斯圣彼得堡举行的 AAPG 国际会议中也组织了“Hydrocarbon Systems Analysis in the Circum-Arctic Area”会议专场。2001 年 AAPG 出版了《The Western Gulf of Mexico Basin: Tectonics, Development & Petroleum Systems》的第 75 集会刊。最近 2002 年 11 月 AAPG 公报以非传统成油体系为主题出版了“Unconventional Petroleum Systems”专集。由此可见 Petroleum System 已成为当前国际石油地质学家们所关注的热点课题之一。

20 世纪 90 年代以来, 我国石油地质界也纷纷发表了有关石油体系、含油气系统、成油体系等方面的文章或举行研讨会。1997 年由湖北省石油学会与中国地质大学石油系联合召开了第一届“成油体系与成藏动力学”学术研讨会, 事隔 5 年于 2002 年 10 月又举办了第二界研讨会。与会代表对以下几个方面充分地发表了见解:

(1) 对“成油体系与成藏动力学”新理论、新思路、新方法、新技术的形成与演化及其在油气勘探中的应用进行了探讨;

(2) 以新的观点对中国东部、西部、中上扬子区及渤海、南海海域的新区、新领域油气勘探方向及油气资源潜力进行了分析与评估;

(3) 详细交流了复杂断块型、碳酸盐岩缝洞型、泥岩裂缝型及浅层油气藏成藏机理及成藏模式;

(4) 探讨了流体压力的成因及其对成藏的控制作用、断裂输导系统、油气幕式运移的物理模拟以及成藏动力学定量研究的方法;

(5) 对生排烃、成藏动力学过程的模拟技术、油藏描述技术、高分辨率层序地层技术及储层建模等进行了探讨。

随着油气勘探实践经验的不断积累,人们对成油体系的研究不再是停留在名词、术语上的争议或简单地套用,而是根据不同地区、不同环境、不同层次、历史地分析该区不同成油体系的特点及其分布规律,以求进一步指导勘探实践、扩大油气远景。在研究思路上逐渐开阔,方法、技术上也不断地创新。归纳起来,目前对成油体系与成藏动力学研究,有以下几点认识:

(1) “含油气系统”强调了生、储、盖、运、圈、保等几个基本要素存在的重要性。“成油体系”是在含油气系统分析的基础上,更强调圈闭形成过程与油气运、聚过程及其时空配置关系。成油体系研究的目的:寻找油气勘探的新领域、新区块、新靶区;为滚动勘探开发提供新思路;提高勘探效率、降低成本。

(2) 成油体系分析在研究思路上比含油气系统分析更进一步:从静态描述到动态分析,从定性分析到定位模拟,从单项的研究到整体的时空配置关系的研究。一个含油气系统可能包含有一个或多个成油体系;一个成油体系可以由多个不同类型的油气藏组成。

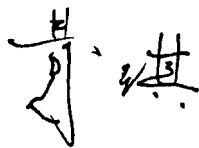
(3) 圈闭形成过程研究需要有历史的观点进行动态分析,不仅限于某一时期形成的地层、构造、岩性、不整合等常规的圈闭,还可能有一些非常规的储集体,如致密的泥岩、火成岩、膏盐、硅质岩的裂缝中储集,或许还存在一些古压力或古水动力变化而形成的圈闭。

(4) 成藏动力学是成油体系分析中的重要组成部分,也是研究油气运、聚过程及其时空配置关系的重要方法之一。一般来说不能简单地套用已有的模拟软件,而应在每一项参数的取舍上下工夫。油气成藏可以有多种成藏动力学过程,如:构造动力学过程、化学动力学过程、成岩动力学过程、多相流体动力学过程或多因素时空配置的成藏动力学过程。

(5) 成油体系研究的核心问题是:研究油气如何从源岩进入圈闭?研究一个地区的油源、油路、成藏过程及其保存条件,是否能形成具有工业价值的油气聚集;除了常规的研究之外,若以非传统的观点去看,也许还能发现许多其他的油气源:如深盆气的成油气体系、煤层气的成气体系、浅层生物气的成油气体系、深成气的成油气体系、无机或非有机烃成油气体系、天然气水合物的成气体系等等。

(6) 成油体系研究中的难点:① 成油体系的范围及其边界的厘定;② 成油体系临界时刻的确定;③ 多油源环境中的油源对比;④ 隐蔽、复杂储集条件的识别技术;⑤ 非均质输导层中的油气运、聚问题;⑥ 多期构造运动叠合地区的成油体系分析;⑦ 成藏动力学模型建立与参数的选择;⑧ 油气成藏、改造与再聚集的演变过程;⑨ 新油气源的确定与研究等等。

这次大会的论文现已编辑成册付梓出版,我相信该论文集的出版将对推动成油体系、成藏动力学及油藏动力学的研究具有重要的意义。



2003年6月

前言

由中国地质大学和湖北省石油学会主办,湖北省石油学会地质专业委员会和中国地质大学石油系承办的 2002 年全国成油体系与油藏动力学大会,于 2002 年 10 月 15 日至 17 日在武汉市中国地质大学举行。这次会议是继中国地质大学和湖北省石油学会于 1997 年 10 月在武汉市主办的第一届全国成油体系及成藏动力学大会 5 年后的第二届会议。

来自全国 25 个科研、教学和生产单位的 94 位代表参加了本次大会,他们来自中国石油天然气总公司及下属各个油田分公司、中国石化集团公司及下属各个油田分公司、中国海洋石油集团公司及下属各个油田分公司,以及国土资源部、中国科学院、吉林大学、石油大学、同济大学、江汉石油学院、武汉工学院等 24 个单位。大会共收到论文(摘要)108 篇,专著 4 部。59 位代表作了学术报告(其中大会报告 13 位)。大会还评选出论文一等奖 2 篇,二等奖 4 篇,三等奖 6 篇以及优秀论文 19 篇。

我们高兴地看到第一届全国成油体系及成藏动力学大会后的 5 年来,成油体系及成藏动力学研究更趋成熟并更贴近于勘探实践,而油藏系统及油藏动力学系统又成为了新的学科生长点。大会取得的三项主要成果将对石油地质及石油工程具有重要的推动作用。

1) 成油体系理论走向成熟并更贴近勘探实践

成油体系理论是引进和创新的结果。面对我国复杂变动和多期叠合型盆地,成油体系理论突破了传统从源岩到圈闭的简单思路,更进一步强调复杂的时间和空间状态下的研究对象及其差异。成油体系理论从研究思路到研究方法技术已进一步走向成熟并更贴近于勘探实践。

2) 成藏动力学已成为石油地质学的前沿研究领域和主流研究方向

成藏动力学是我们具有自主知识创新的学科方向,目前已成为石油地质学的前沿研究领域和主流研究方向。虽然其完整的定义和研究内容还存在争论,但通过化学(热)动力学、流体动力学和构造动力学等分机制和分层次的研究,并通过时间和空间整合一起的成藏动力学研究已得到广泛的认同。

3) 油藏系统及油藏动力学系统的研究成为了新的学科生长点

大会明确了油藏系统并阐明了油藏动力学系统,为从系统论和动力学的角度研究油藏及油藏综合优化管理提出了新的学科方向。大会探讨了构成油藏动力学系统的 5 个要素:油藏形态、油藏储层、油藏输导网络、油藏流体和油藏能量,并讨论了油藏动力学系统分类原则和命名方法。

大会以后,应大会组织委员会的安排和大会代表的要求,文集编辑委员会在

参会论文的基础上,遴选了具代表性的 30 篇论文编辑成册付梓出版。文集的出版记录了大会的学术成果并将推动大会学术成果的知识传播,文集的出版还是对大会成功召开的永久纪念。

文集的编辑过程中,编辑委员会的各位委员对论文进行了认真的审阅。在此过程中中国地质大学费琪教授给予了热情的关心和指导,并为文集撰写了序言,特致以诚挚的谢意。

由于编者水平的限制,以及编辑时间的紧迫,未能与参会的全体代表进行充分的沟通,部分论文的个别修改也未能与作者进行充分的交流,因此文集在论文选取、内容安排以及在论文的修改上存在的不足,在完整反映本次大会的学术内容和水平上存在的不足都是难免的,敬请大会代表、论文作者及读者给予批评和指正。

编 者

2003 年 6 月

目 录

银-额盆地查干凹陷含油气系统	叶加仁 杨香华 (1)
运用成藏动力学系统理论寻找隐蔽油气藏的思路和实践——以沾化凹陷	
孤北地区为例	陈永进 田世澄 杨晓敏 崔军汉 王玉环 (9)
舞阳盐湖盆地成藏动力学系统研究	李兰斌 孙家振 赵全明 陈文礼 (17)
六盘山盆地复合含油气系统与勘探方向	舒志国 刘 劼 (25)
松辽盆地南部双坨子复式油气藏形成与分布	
.....	魏志平 曹 跃 邵明礼 邵贵增 苗鸿伟 (36)
辽河油田西部凹陷未(低)熟油成藏研究	朱芳冰 (42)
松辽盆地南部中浅层成藏机制研究	赵占银 苗洪波 毛超林 石中斌 (47)
塔河油田石炭系层序地层分析及低位岩性圈闭预测	
.....	王家豪 王 华 赵忠新 潘明年 于 哲 (52)
构造运动控制了含油气盆地油气的生成和运聚	李华明 黄卫东 (59)
东海西湖凹陷断裂演化与油气成藏	张明利 王 震 (71)
轮南裂缝油气藏的影响因素分析与成藏模式	朱庆杰 苏幼坡 谷延彬 (80)
中扬子区中、古生界天然气勘探的基本问题及方向	
.....	梅廉夫 王正元 严金泉 杨振武 (86)
盆地一区带—圈闭分级定量评价系统(BBTAS)	
.....	周江羽 江 平 曾 涛 袁东风 黄耀琴 (92)
综合物探技术在北部湾盆地涠西南凹陷 W61 构造储层预测中的应用	
.....	肖 军 马丽娟 (99)
试论油藏动力学系统	姚光庆 (106)
精细油藏描述技术与发展	赵彦超 (112)
全油藏三维数值模拟研究剩余油分布	关振良 杨庆军 张 健 (120)
剩余油研究的主要技术方法	周 红 周伟东 (126)
油田开发中后期油藏精细描述与高分辨率层序地层学 ...	谢丛姣 欧阳明华 姜红霞 (130)
储层建模与数值模拟一体化研究	康志江 刘道信 邱立伟 (134)
张天渠油田储层建模研究	邱立伟 康志江 谭世君 (140)
川西白马庙地区侏罗系蓬莱镇组气藏描述	廖 曦 (146)
海坨子油田萨尔图油层油藏描述及应用	
.....	王国庆 付晓燕 臧世伟 唐晓旭 张子锋 安明哲 张广浩 (152)

同沉积期古地貌图在储层砂体预测中的作用——以琼东南盆地为例	
..... 赵忠新 王 华 陆永潮 肖 军 甘华军 韩晋阳	(156)
油气经济可采储量的现金流通评价法	黄耀琴 张树林 (164)
水动力学理论在提高油田开发效率中的应用	王立军 (169)
孤东油田改善注水开发效果的途径探讨	周伟东 周 红 高维衣 孙晓燕 (175)
潜江凹陷新沟嘴组砂体预测技术——以总口地区为例	胡 涛 (182)
基于贝叶斯模型的水家嘴剖面 Mg^{2+} 含量预测	朱庆杰 姜耀俭 岳文珍 (186)
用水驱曲线法计算中原油田文 13 北块剩余油	张启科 关振良 郭晓春 (191)
附录：2002 年全国成油体系与油藏动力学大会论文摘要	(196)

银-额盆地查干凹陷含油气系统^{*}

叶加仁 杨香华

(中国地质大学石油系 武汉 430074)

【摘要】 为系统深化银-额盆地查干凹陷的油气地质认识,推进油气勘探与开发进程,应用含油气系统理论和定量模拟技术,对组成查干凹陷油气系统的基本地质要素与成藏作用过程进行了综合分析。研究表明,查干凹陷具有良好的含油气系统形成的地质要素,具备形成油气藏形成的基本油气地质条件;发育三个类型不一的含油气系统,含油气系统历经较为复杂的成藏作用过程,各作用间时空配置关系良好,具较为广阔的油气勘探前景。

【关键词】 查干凹陷 含油气系统 地质要素 成藏作用 评价

查干凹陷位于银根-额济纳旗盆地(简称“银-额盆地”)的东部,地处内蒙古自治区西部乌拉特后旗,面积约 2 000 km²。根据基底起伏、目的层构造形态、发育历史及主干断裂的分布特征等,查干凹陷自西北向东南可划分为虎勒-额很次凹(西部次凹)、毛敦侵入带(毛敦次凸中央隆起带)与罕塔庙次凹(东部次凹)三个二级构造单元,各二级构造又由若干个更次一级的构造单元组成。总体上,查干凹陷是一个呈西北断、东南超的单断箕状结构的中新生代断陷盆地,凹陷内部钻井揭露基底为一套二叠系浅变质的碎屑岩系(林卫东,2002),上覆沉积盖层主要由中、新生界地层组成,自下而上依次为白垩系、第三系和第四系,其中白垩系为盆地的沉积主体,自下而上可划分为巴音戈壁组(K_{1b})、苏红图组(K_{1s})、银根组(K_{1y})和乌兰苏海组(K_{2w}),K_{1b}和K_{1s}为凹陷油气勘探的主要目的层。凹陷油气勘探程度较低,目前在凹陷内采集 30~60 次覆盖二维地震测线 50 条(陶国强,2002),钻井 4 口(查参 1 井、巴 1 井、毛 1 井、毛 2 井),并在 K_{1b}、K_{1s} 一段和二段见到了良好的油气显示,其中查参 1 井和毛 1 井在 K_{1s} 两个层系中还获低产油流(Magoon,1992),显示了良好的油气勘探前景。

由于区内钻井较少,缺乏系统的油气地质资料,基础研究较薄弱,对油气生、排、运、聚、散规律及其时空配置关系的认识尚待进一步深化。本文应用含油气系统的理论与方法,对查干凹陷油气系统组成的基本地质要素与成藏作用过程进行综合分析,以深化油气地质认识,推进查干凹陷的油气勘探与开发进程。

1. 油气系统基本要素

含油气系统的基本地质要素为烃源岩、储集岩、盖层及上覆岩层(Magoon,2002),其中烃源岩为油气系统提供必不可少的流体来源,储集层为油气系统提供重要的赋存空间,盖层控制

^{*} 国家自然科学基金(40172051)与高等学校骨干教师资助计划(GG-170-10491-1460)资助成果

了含油气系统的有效边界,而上覆岩层则影响着油气系统的一些重要物理过程(Magoon and Dow,1994)。

1.1 烃源岩

根据钻井揭露结果,查干凹陷主要发育有 K_1b_2 、 K_1b_1 和 K_1s_1 三套烃源岩系,岩性主要为暗色泥岩和白云质泥岩(表1),均为较好—好的烃源岩(表2),其中以 K_1b_2 为主力烃源岩系。根据地震勘探解释成果并结合其他资料,查干凹陷烃源岩分布主要受控于白垩纪沉积时期控制断陷沉降的同生断层,多呈箕状分布于白垩系断陷中,烃源岩厚度变化较大,多为 0~2 400m 之间;在沉积相带上,查干凹陷烃源岩主要分布在较深湖相带中,滨浅湖和扇三角洲前缘等相带内也有少量分布。

表1 查干凹陷钻井揭露源岩厚度统计表

层 位	井 号	源岩厚度(m)	岩 性	沉积相
K_1s_1	查参1井	88	灰色、深灰色泥岩	滨浅湖
	毛1井	6	深灰色泥岩	滨浅湖
K_1b_2	查参1井	536	深灰色白云质泥岩、页岩	浅—半深湖
	巴1井	114	深灰色泥岩	浅湖、水下扇
K_1b_1	查参1井	84.5	灰—深灰色泥岩	滨浅湖

表2 查干凹陷查参1井有机质丰度统计表

层 位	岩 性	源岩厚度(m)	TOC (%)	“A” (%)	HC ($\times 10^{-6}$)	生烃潜量 (mg/g)
K_1s_1	深灰色泥岩	48	1.40(5)	0.0191(3)	78(3)	0.59(3)
	灰、深灰色泥岩	40	0.85(19)	0.0545(19)	558(12)	1.27(19)
K_1b_2	深灰色白云质泥岩	381	0.55(21)	0.0835(8)	655(8)	1.04(21)
	黑灰色页岩	155	0.93(13)	0.0601(5)	484(5)	1.09(12)
K_1b_1	深灰色泥岩	268.5	0.61(7)	0.0185(4)	182(3)	0.37(7)

注:括号内数值为样品数

干酪根元素及烃源岩热解等分析表明,查干凹陷有机质母质类型基本上属过渡类型,其中 K_1s_1 以 II_2 型为主, K_1b_2 以 II_1 型为主, K_1b_1 以 III 型为主。另外,查干凹陷烃源岩抽提物饱和烃中类异戊二稀烃姥植比(Pr/Ph)一般在 1.0 左右,甾烷分布中 C_{27} 甾烷占 15%~40%, C_{28} 甾烷占 10%~30%, C_{29} 甾烷占 40%~70%,表明有机质沉积于还原环境条件下,虽以陆源有机质为主,但也有相当数量的水生有机质混合其中,构成了混合型有机质。

1.2 储集层

查干凹陷下白垩统储层有碎屑岩和火山岩两种类型,其中以碎屑岩为主要储层。

碎屑岩储层总体表现为成分与结构成熟度低、高岩屑与高填隙物含量、多填隙组分与多胶

结类型的特征,岩性以长石岩屑砂岩、岩屑长石砂岩、岩屑砂岩及长石砂岩为主,具有近物源、快堆积、岩性多变的沉积特点(王新民,李天顺,2000)。在层位上,自 K_1b 至第三系均发育有厚度不等的粉砂岩、砂岩和砂砾岩等碎屑岩储集层,其中 K_1b 砂质岩储层主要分布在水下扇、滨浅湖和扇三角洲相中,是本区砂质岩储集层发育的主力层段之一; K_1s 砂质岩储层主要发育于滨浅湖和河流相中; K_1y 砂质岩储层主要为河流相的含砾砂岩和细砂岩。

查干凹陷在地质历史时期火山活动强烈,火山岩发育,火山岩呈似层状分布于 K_1s_1 、 K_1s_2 中,岩石中气孔杏仁较发育,特别是在每一岩流层的顶底部,风化蚀变程度较低,但次生蚀变及构造破坏较明显,从而可使部分火山岩层具有一定的油气储集能力,形成缝洞型火山岩储层。

统计分析钻井取心实测储层物性数据,查干凹陷碎屑岩储层物性普遍较差,除少部分层段的储层可达低孔低渗或低孔中渗、中孔中渗外,大多数储层为特低孔、特低渗储层。纵向上,储层物性从上而下自 K_1y 、 K_1s_2 、 K_1s_1 至 K_1b 随着埋深的增加而逐渐变差;横向上,则表现为在碳酸盐胶结物发育的区块及火山岩层段之下的碎屑岩其储层物性变好。在火山岩储层中,玄武岩或安山岩的气孔被方解石或绿泥石等半充填而残留下的孔隙或者充填物自身形成的晶间微孔及岩石冷却过程中由于体积收缩或者受到后期构造作用改造而产生的各种裂缝与洞穴对油气的储集较为有利,这已为钻井油气显示所证实。

1.3 盖层

查干凹陷存在泥质岩和火山岩两类盖层,对凹陷油气运聚最具意义的是毛管压差封盖机制和欠压实超压封盖机制两种,烃类浓度异常封盖也起一定的作用。

查干凹陷发育 K_1b_2 、 K_1s_1 、 K_1s_2 和 K_1y 四套泥质岩盖层,且各套盖层均具有较好的封盖能力。其中, K_1b_2 泥质岩盖层由大套的滨浅湖一半深湖相泥岩、白云质泥岩和页岩组成,是下伏 K_1b_1 的良好盖层; K_1s_2 泥质岩盖层中下部为滨浅湖相暗色泥岩,上部为河漫滩相紫红—褐色泥岩,是凹陷最主要的盖层,目前研究区内已发现的油气显示及低产油气藏均处于该盖层之下; K_1y 为砂、泥岩各半的河流冲积平原沉积,以砂泥岩互层的小规模储盖组合配置体覆盖全凹陷,其与上覆 K_2w 河漫滩相红色泥岩构成凹陷区域性盖层。另外, K_1s_1 湖相泥岩在凹陷内地区性发育,构成本区的局部盖层。

查干凹陷火山岩盖层位于 K_1s_1 和 K_1s_2 之中,主要为玄武岩、安山岩和凝灰岩,且有近三分之二的为致密火山岩,如查参一井钻遇的火山岩因受成岩作用的强烈影响致使其孔洞几乎全部被方解石充填,可作为良好的盖层。

1.4 上覆岩层

由于本区烃源岩主要为 K_1b_2 ,因此,上覆岩层包括 K_1s_1 、 K_1s_2 和 K_1y 、 K_2w 及新生界。从本区 K_1b_2 的埋藏深度上看,所有构造上 K_1b_2 的埋深都大于 1 300m,且多大于 2 000m,也即 K_1b 烃源岩的上部覆盖有 2 000m 厚的地层,超过了烃源岩达到成熟所需的埋藏深度,这对烃源岩的成熟与油气保存起了较好的作用。

2. 油气系统成藏作用

油气系统的地质作用包括圈闭的形成及烃类的生成、运移和聚集过程,这些成藏作用有序的发生,最终形成油气聚集。

2.1 圈闭形成

圈闭是油气藏赋存的场所。没有圈闭,就不可能形成油气藏。圈闭自身的条件、空间位置及形成等决定着圈闭聚集油气成藏的有效性。

根据现有资料,查干凹陷构造圈闭比较发育,以断块、断鼻为主。从成因上,可分为与断裂有关的构造圈闭、与沉积有关的圈闭及构造-岩性复合圈闭三大类,其中与断裂有关的构造圈闭又可分为断块圈闭、断鼻圈闭和断背斜圈闭等类型。查干凹陷圈闭的形成与控制断层的形成及沉积等因素密切相关。其中断块、断鼻和地层圈闭形成于苏红图末期,岩性圈闭和复合型圈闭的形成伴随沉积过程,短背斜圈闭则形成于喜马拉雅 I 幕。圈闭形成时期或早于油气运移期,或与油气运移同期,使油气藏的形成在时间上具备良好的配套条件,均属有效构造。

2.2 生烃史

应用盆地模拟技术,本次研究定量模拟恢复了查干凹陷主要烃源岩的生烃历史。模拟结果表明(图 1),查干凹陷的三套烃源岩—— K_1b_1 、 K_1b_2 及 K_1s_1 均具有一定的生烃能力,但不同层位、不同部位的烃源岩其生烃能力又存在着较为明显的差异。① 层位上, K_1b_2 生烃密度最高,最大可达 8.0kg/m^3 以上,为本区主要生烃岩系;② 横向上,靠近凹陷深部位源岩的生烃密度大于远离凹陷深部位源岩的生烃密度;③ 平面上,西部次凹源岩的生烃能力优于东部次凹;④ 时间上,源岩的主要成烃期为早白垩世末—晚白垩世,其中 K_1b_1 为苏红图组二段沉积期—乌兰苏海沉积中期($105\sim 80\text{Ma}$), K_1b_2 为银根沉积期—乌兰苏海沉积期($100\sim 65\text{Ma}$), K_1s_1 为乌兰苏海沉积期($90\sim 60\text{Ma}$)。

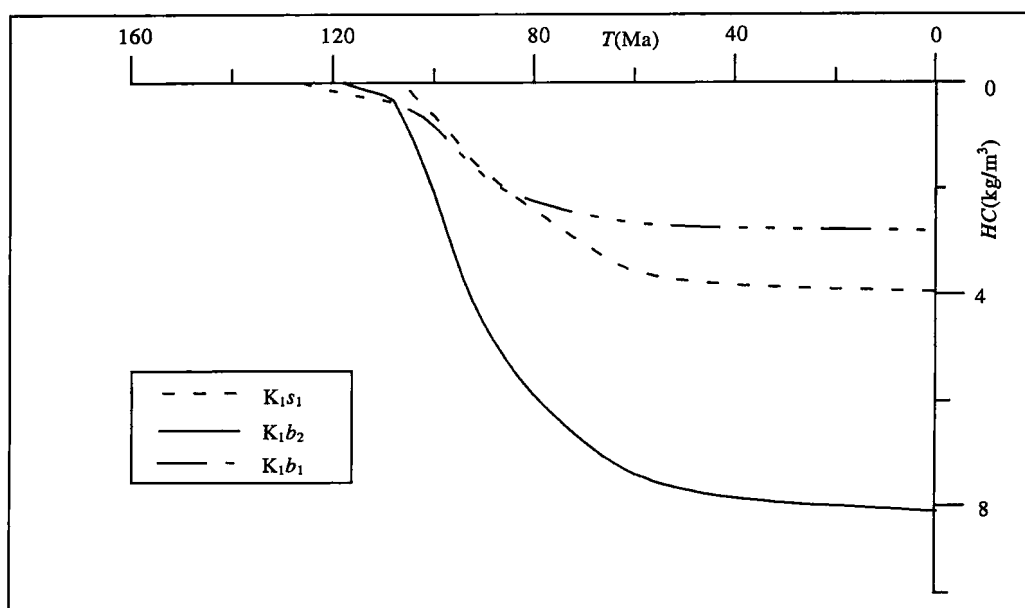


图 1 查干凹陷查参 1 井烃源岩生烃历史

2.3 排烃史

综合分析排烃史模拟结果可知(图 2):① 层位上, K_1b_2 源岩排烃密度最高,为主要排烃层位;② 单位时间排烃曲线表现为“多峰型”,烃类排出具阶段性、多期次幕式特点;③ 主要排烃期为乌兰苏海沉积期一早第三纪中期,其中 K_1b_1 为乌兰苏海沉积期(90~65Ma), K_1b_2 为乌兰苏海沉积期一早第三纪中期(95~40Ma), K_1s_1 为乌兰苏海沉积晚期一早第三纪中期(70~40Ma)。

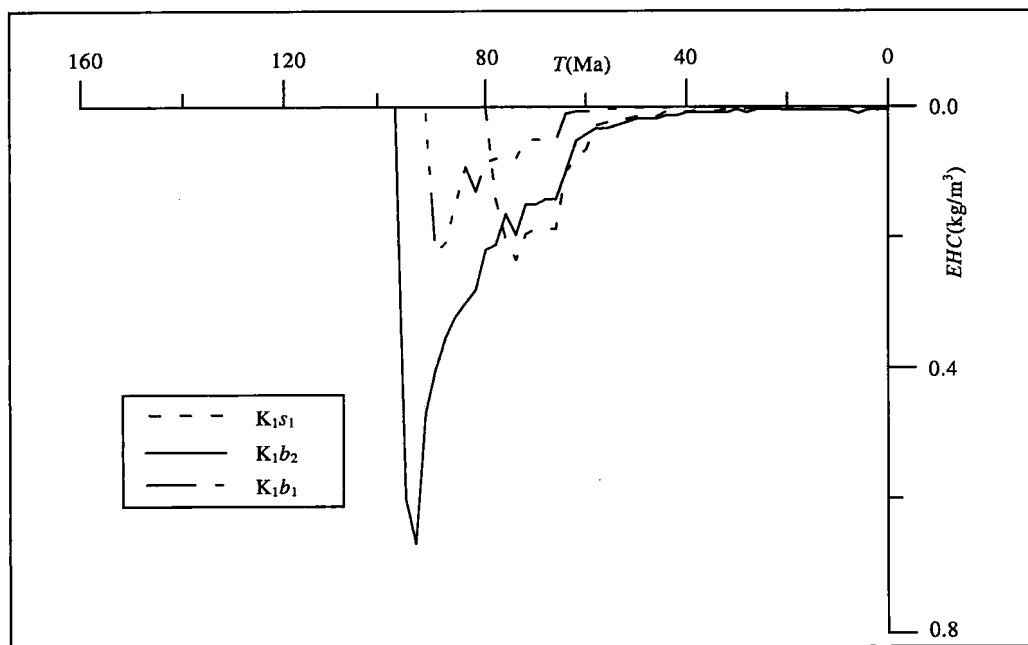


图 2 查干凹陷查参 1 井烃源岩单位时间排烃量史

2.4 油气运聚期次

本次研究从查参 1 井和巴 1 井取样,测定了部分样品的流体包裹体均一温度,并利用激光拉曼分子微探针测定了部分单个包裹体的成分。研究区储层内的有机包裹体主要产于石英加大边内、颗粒裂纹内和次生裂隙内。综合分析测试所得的包裹体均一温度数据(表 3),可将其划分为三组:第一组的温度范围为 96~118℃,第二组为 138~159℃,第三组大于 180℃。其中第一组包裹体较小,一般为 3~5μm;第二组和第三组的包裹体较大,一般为 5~8μm,个别可达十几微米。这表明本区存在着三期热流体活动,其中第一期相当于烃源岩埋深 2 000~2 450m,第二期相当于烃源岩埋深 2 900~3 300m,第三期相当于烃源岩埋深大于 3 750m。根据激光拉曼分子微探针测定的包裹体气相成分,96~118℃ 一组为 H_2O+CO_2 液相包裹体;另两组多数为 H_2O+CO_2 液相包裹体,少数为含有烃类的多相包裹体($H_2O+CO_2+CH_4$)。这与前述的其他成熟度参数具有较好的相关性,第一组包裹体是烃源岩处于成熟阶段并排出液态烃的标志,第二组和第三组包裹体是烃源岩处于高熟和过熟阶段并排除液态烃与气态烃的标志。

表3 查干凹陷包裹体均一温度测定结果

样号	井号	深度(m)	层位	流体包裹体均一温度(°C)			激光拉曼探针检测出的气相成分
4	查参1	2 645.42	K _{1s1}		135		
12	查参1	2 795.00	K _{1s1}	104			
14	查参1	2 797.90	K _{1s1}	108	140		CH ₄ 、N ₂
17	查参1	2 822.10	K _{1s1}	103	138	182	
20	查参1	2 825.60	K _{1s1}		137	180	
21	查参1	2 828.74	K _{1s1}	96	138	194	
22	查参1	2 832.04	K _{1s1}	103	150		CO ₂
24	查参1	2 835.00	K _{1s1}	105			
27	查参1	2 846.75	K _{1s1}	118			
41	巴1	1 645.90	K _{1s1}		149	225	CO ₂
47	巴1	1 646.90	K _{1s1}	102			CH ₄
48	巴1	2 420.60	K _{1b2}		140		CO ₂
55	巴1	1 507.35	K _{1s2}	103	148		
56	巴1	1 182.20	K _{1s2}	116	159		CH ₄

3. 油气系统划分及评价

在证实了含油气系统存在的前提下,油气系统研究首先应解决的问题便是系统的划分。然而,由于不同盆地具体情况的不同以及研究者侧重点的不同,含油气系统的划分在不同盆地之间因而难以有统一的划分依据,即使同一盆地的含油气系统划分有时也会因人而异。本次研究采用 Magoon 于 1992 年提出的以有效烃源岩、主要储集岩名称和表示系统可靠性的符号来命名的方案。

如前所述,查干凹陷主要发育有三套源岩,即 K_{1b1}、K_{1b2} 和 K_{1s1}。因此,研究区相应地也存在分别以 K_{1b1}、K_{1b2} 和 K_{1s1} 为源岩的含油气系统,其中 K_{1b2} 含油气系统是本区最主要的含油气系统。这些系统的地质要素和油气生成、运移及聚集过程均存在一定的差别,研究这些含油气系统对本区勘探目标的选择可提供有益的参考。

3.1 巴音戈壁组二段(K_{1b2})含油气系统

巴音戈壁组二段含油气系统的源岩为 K_{1b2} 的白云质泥岩和暗色泥岩(图 3),烃源岩成熟度高,80%地区的 R_o 值为 0.8%~1.3%,在凹陷沉降中心部位的 R_o 达到了 1.3%以上;储集岩为 K_{1b2} 砂岩、K_{1s1} 砂岩与火山岩及 K_{1y} 砂岩,并以 K_{1s1} 砂岩为主;生储盖组合型式有自生自储和下生上储两种,并以下生上储型为最重要。该系统定名为 K_{1b2}—K_{1s1}(!)。该系统是查干凹陷最为重要的含油气系统,目前凹陷内所发现的油气显示和油气流几乎均属于该系统,也是凹陷油气勘探的主要目标。埋藏史分析表明(图 4),K_{1b2}—K_{1s1}(!)系统的 K_{1b2} 源岩成熟期始

于早白垩世晚期(K_{1y} 沉积期),在晚白垩世进入生排烃高峰期。 K_{1b_2} 源岩的排烃效率较高,生成的油气绝大部分在成熟阶段业已排出。由于查干凹陷的 K_{1b_2} 源岩绝大部分已达到成熟、 K_{1s_2} 盖层区域展布稳定及各钻井油气显示活跃,因此, K_{1b_2} — K_{1s_1} (!)系统的地理分布范围宽广,几乎遍及了整个查干凹陷,但以西部次凹为最重要;地层分布范围自 K_{1b_2} 至 K_{2w} 顶面, K_{1s_2} 连续分布的厚层泥岩为该系统的区域性盖层, K_{1s_1} 泥岩可作为本系统的局部盖层。从油气运移方式上看, K_{1b_2} — K_{1s_1} (!)系统的运移方式以垂向运移为主,短距离侧向运移为次;就油气的富集程度而言,该系统为高阻抗、正常充注类型,但在东部地区可能变为低阻抗。

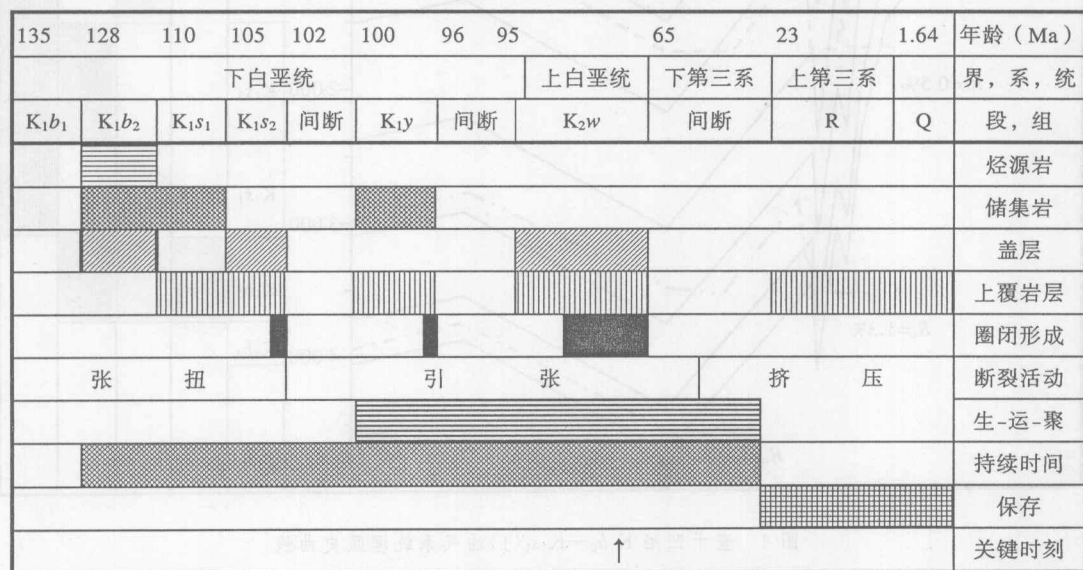


图3 查干凹陷 K_{1b_2} — K_{1s_1} (!)油气系统事件图

3.2 巴音戈壁组一段(K_{1b_1})含油气系统

巴音戈壁组一段含油气系统的源岩为 K_{1b_1} 的暗色泥质岩,烃源岩成熟度高,大部分地区的源岩已达高成熟—过成熟阶段;储集岩为 K_{1b_1} 砂岩和前白垩系古潜山,并可能以前白垩系古潜山为主;生储盖组合型式有自生自储和新生古储两种,并以新生古储型为最重要。由于目前钻探尚未揭示来自于该系统的油气显示及油气流,暂将该系统命名为 K_{1b_1} —古潜山(.)。生排烃史模拟表明, K_{1b_1} 源岩成熟期始于 K_{1s_2} 沉积期,在乌兰苏海沉积期进入生排烃高峰期。从油气运移方式上看, K_{1b_1} —古潜山(.)系统的运移方式以垂向运移为主,短距离侧向运移为次;就油气的富集程度而言,该系统为高阻抗、欠充注类型。

3.3 苏红图组一段(K_{1s_1})含油气系统

苏红图组一段含油气系统的源岩为 K_{1s_1} 的暗色泥质岩,烃源岩成熟度较高,90%左右地区的 R_o 值大于 0.5%,凹陷西部烃源岩的 R_o 值在 0.8%~1.3%之间;储集岩为 K_{1s_1} 和 K_{1s_2} 砂岩与火山岩,并以 K_{1s_1} 砂岩为主;生储盖组合型式有自生自储和下生上储两种类型,并以自生自储型为最重要。将该系统暂命名为 K_{1s_1} — K_{1s_1} (.)。苏红图组一段源岩成熟期始于乌兰苏海沉积期,在乌兰苏海沉积晚期进入生排烃高峰期。从油气运移方式上看, K_{1s_1} — K_{1s_1} (.)系统

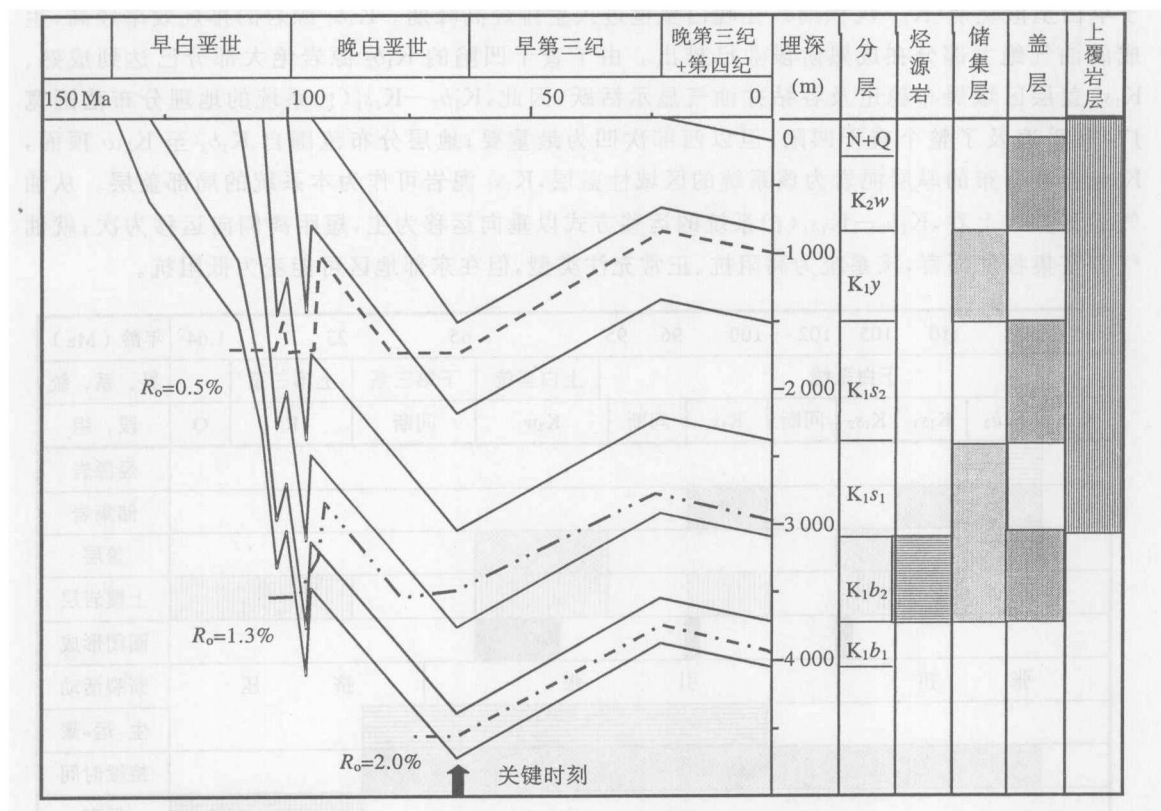


图4 查干凹陷 K_{1b_2} — $K_{1s_1}(!)$ 油气系统埋藏史曲线

的运移方式以短距离的侧向运移为主,垂向运移为次;就油气的富集程度而言,该系统为高阻抗、欠充注类型,在东部地区可能变为低阻抗。

总之,查干凹陷具有良好的含油气系统形成的地质要素,具备形成油气藏形成的基本油气地质条件;含油气系统历经较为复杂的成藏作用过程,各作用间时空配置关系良好;发育多个类型不一的含油气系统,具较为广阔的油气勘探前景。

参考文献

- 林卫东,查干凹陷原油地球化学特征与油源对比.石油与天然气地质,2000,21(3):249~251
 陶国强,内蒙古银额盆地查干凹陷烃源岩生烃和排烃史研究.现代地质,2002,16(1):65~70
 王新民,李天顺,查干改造型凹陷下白垩统储层及油气分布特征.石油与天然气地质,2000,21(1):65~70
 Magoon L B, Identified petroleum systems within the United States - 1992, in L B Magoon, ed. The Petroleum System-Status of Research and Methods. 1992 USGS Bulletin, 1992, 2007:2~11
 Magoon L B and Dow W G., The petroleum system. AAPG Memoir 60, 1994, 3~24