

国家自然科学基金项目 (41272170) 资助

松辽盆地

梨树断陷油气生成

张 敏 李洪波 陈小慧 赵红静 著

SONGLIAO PENDI
LISHU DUANXIAN YOUQI SHENGCHENG

石油工业出版社

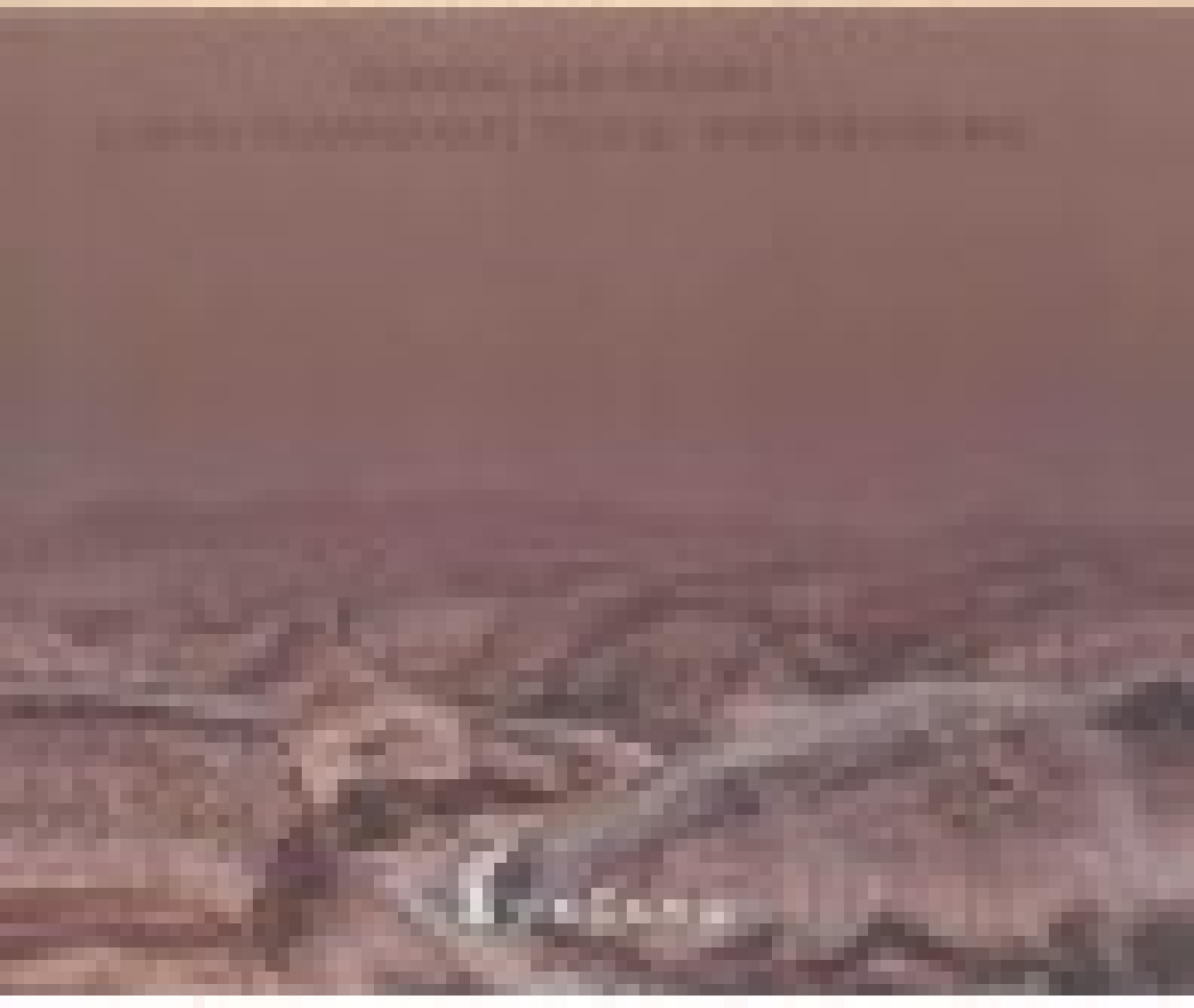
松辽盆地

梨树断陷油气生成

傅 强 李树强 孙永强 孙永强 孙永强

中国地质大学(北京) 地质研究所

北京市 100083



国家自然科学基金项目(41272170)资助

松辽盆地梨树断陷油气生成

张 敏 李洪波 陈小慧 赵红静 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书以梨树断陷烃源岩、原油与天然气为研究对象,从宏观与微观、定性与定量、地质与地球化学等相结合的研究思路出发,对断陷内烃源岩发育与展布、烃源岩特征与评价、油气组成与成因类型及其油气源精细对比进行了系统的综合研究;在此基础上,结合油藏烃类的非均质性、储层流体包裹体特征以及盆地模拟成果,指出了油气运移方向与途径,确定了油气聚集期次,建立了梨树断陷油气运聚模式。

本书可供地球化学、石油地质学等专业的科研人员及有关院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

松辽盆地梨树断陷油气生成/张敏等著.

北京:石油工业出版社,2014.4

ISBN 978-7-5021-9968-5

I. 松…

II. 张…

III. 松辽盆地-断陷盆地-岩性油气藏-石油生成-研究

IV. P618.130.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 018583 号

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.com.cn

编辑部:(010)64523543 发行部:(010)64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2014 年 4 月第 1 版 2014 年 4 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:10.5

字数:268 千字

前 言

梨树断陷位于松辽盆地的南部,是一个富油气断陷。经过 40 多年的勘探,截至 2010 年底,已发现各种类型油气田 13 个,展示出良好的油气勘探前景。梨树断陷与中国东部断陷盆地一样存在典型的“下断上拗”的结构特征,目前该断陷在拗陷层的勘探程度较高,勘探的对象主要以岩性油气藏与地层油气藏为主。但是随着勘探程度的不断深入,勘探对象已由浅层的拗陷层转移到深层的断陷层。由于断陷层勘探程度与研究水平相对较低,尤其在油气成因及运聚规律研究方面表现为“四多、四低”现象。即油气资源量多、勘探程度与资源探明率低;烃源岩层系多、有效烃源岩与主力烃源岩研究程度低;油气类型多、油气成因与分布规律研究程度低;油藏类型多、油气运聚规律研究程度低。因此,开展梨树断陷油气生成机理与成藏地球化学规律的深入研究,既是梨树断陷油气勘探的生产需求,其研究成果也将丰富陆相断陷盆地油气生成理论,并对我国东部断陷盆地深层油气的勘探起到指导与借鉴作用。

在撰写本书的过程中,笔者从宏观与微观、定性与定量、地质与地球化学等相结合的研究思路出发,对研究成果进行了系统地丰富完善与总结提升,分别在烃源岩特征与评价、油气组成与成因类型以及油气运移成藏规律等方面取得了一系列新认识与新成果。

(1)对梨树断陷不同地区不同层位烃源岩进行了系统评价,总结出烃源岩的空间展布特征,明确了梨树断陷存在沙河子组、营城组和登娄库组三套泥质烃源岩。其中沙河子组和营城组烃源岩为优质烃源岩,登娄库组烃源岩次之。沙河子组和营城组烃源岩不仅厚度大且有机质丰度高、有机质类型以Ⅱ₂—Ⅲ型干酪根为主,有机质热演化达到成熟—高成熟阶段,其优质烃源岩主要发育在桑树台洼陷带。此外,不同地区不同层位烃源岩可溶有机质生物标志化合物组合特征亦存在明显的差异。

(2)根据生物标志化合物组合特征,梨树断陷原油划分为两种成因三种类型:第一类成因的原油主要储层是登娄库组及以上地层,属正常密度的成熟原油,并具有典型半咸水湖相原油生物标志物组合特征,即长链三环萜烷含量低且不发育、C₃₀重排藿烷含量不高且具有相当丰富的伽马蜡烷、C₂₇—C₂₉规则甾烷中 C₂₉甾烷含量略占优势;第二类成因的原油主要储层是沙河子组及以下地层,属高成熟的轻质油与凝析油,原油生物标志物组合特征为长链三环萜烷含量高且极其发育、C₂₉Ts 和 C₃₀重排藿烷含量丰富、C₂₇—C₂₉规则甾烷中 C₂₉甾烷含量占绝对优势;第三类原油没有成因上的意义,是第一类成因原油与第二类成因原油的混合产物。

(3)梨树断陷天然气为有机成因的混合气,可分为两种类型:一是高一过成熟的煤成气与油型气的混合,主要见于孤家子气田、后五家户气田和新立气田,后五家户的天然气成熟度相对略低;二是不同成熟度的油型气的混合,主要见于北部斜坡、中央构造带的八屋油气田、四五家子油气田、后五家户油气田以及东南斜坡带金山地区和李家屯地区。

(4)精细油气对比结果表明,储集在登娄库组及以上地层的成熟原油主要来源于营城组中一下部烃源岩,而聚集在沙河子组及以下地层的高成熟原油来源于沙河子组中一上部烃源

岩,混源油则是上述两套烃源岩的混合产物。区域分布上,来源于营城组中一下部烃源岩的成熟原油主要分布于泉头组和登娄库组等较浅层系,平面上主要分布于秦家屯和四五家子;来源于沙河子组中一上部烃源岩的高成熟原油主要分布于营城组和沙河子组等较深层系,平面上主要分布于八屋北部地区、皮家、李家屯和七棵树部分地区。油型气主要源于断陷中心的营城组和沙河子组烃源岩,而煤成气主要来源于断陷中心的沙河子组煤系烃源岩。

(5)梨树断陷油气藏的形成具有三期成藏期,分别是登娄库期、泉头期和泉头末期—嫩江期,不同地区不同层位成藏期存在明显差异。秦家屯地区登娄库组油气藏主要形成于泉头末期,营城组油气藏主要在泉头中期成藏,沙河子组油气藏主要在泉头早期成藏;八屋地区营城组油藏主要成藏期为泉头期,沙河子组油气藏成藏于登娄库末期和泉头期;北部斜坡营城组油气成藏期主要为泉头期;双龙地区登娄库组油气藏主要在泉头末期—嫩江期成藏;后五家户地区登娄库组油气藏主要成藏期为泉头期,而营城组油藏主要在登娄库期聚集成藏。

(6)梨树断陷原油含氮化合物绝对浓度、相对比值以及成熟度变化特征,进一步确定了原油横向上主体沿西南—东北方向向周缘斜坡区侧向运移,纵向上沿断层向上垂向运移的特征。并且建立了梨树断陷油气运聚模式,指出油气下一步勘探的有利地区。

全书共分六章,其中第一章由张敏执笔,第二章、第三章由李洪波执笔,第四章由赵红静和陈小慧执笔,第五章、第六章由陈小慧执笔。全书由张敏、李洪波最终定稿与统稿。

在本书的编写以及项目的研究工作中,得到了中国石油化工股份有限公司科技部、中国石油化工股份有限公司东北油气分公司领导与专家的支持与帮助,本书的出版还得到长江大学油气资源与勘探技术教育部重点实验室的资助,在此笔者向所有曾给予关心、帮助与支持的领导与专家表示衷心的感谢。

目 录

第一章 基本地质特征	(1)
第一节 构造演化	(2)
第二节 沉积与地层特征	(6)
第二章 烃源岩特征与评价	(10)
第一节 烃源岩展布	(10)
第二节 有机质丰度、类型与成熟度	(12)
第三节 可溶有机质组成	(43)
第四节 烃源岩综合评价	(56)
第三章 原油成因与分类	(59)
第一节 原油物性特征	(59)
第二节 原油轻烃组成	(60)
第三节 原油饱和烃地球化学特征	(62)
第四节 芳香烃特征	(73)
第五节 原油成因分类	(75)
第四章 天然气特征与类型	(85)
第一节 天然气化学组成	(85)
第二节 天然气碳同位素组成	(89)
第三节 天然气轻烃组成	(94)
第四节 天然气成因类型	(99)
第五章 油气源对比与分布	(118)
第一节 油源对比	(118)
第二节 气源对比	(122)
第三节 油气分布特征	(129)
第六章 油气运移与聚集特征	(131)
第一节 油气成藏期次	(131)
第二节 油气运移方向	(150)
参考文献	(157)

第一章 基本地质特征

梨树断陷是松辽盆地的一个次级构造单元,构造上位于松辽盆地东南隆起区(图 1-1),西以桑树台断裂为界,北接杨大城子凸起,南临断陷深凹区,东临太平庄一双龙构造带,是一个断拗叠置型盆地,面积 2346km²。行政区隶属于吉林省公主岭市与梨树县境内,地理位置上位于吉林省公主岭市秦家屯镇和八屋镇之间。

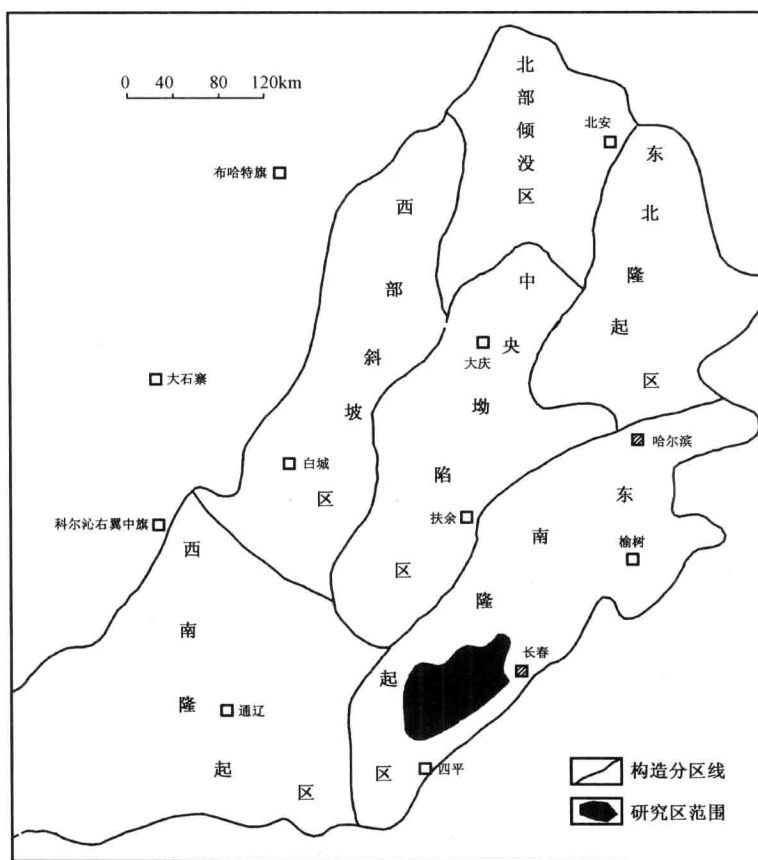


图 1-1 梨树断陷地理位置图

梨树断陷位于松辽盆地南部断陷群的南端(图 1-2),为晚侏罗世以来发育形成的以西部弧形断裂为边界的箕状断陷盆地,是松辽盆地断陷持续时间最长、地层发育最齐全、沉积最厚、埋深最大、有机质演化程度最高的断陷盆地之一,断拗层叠置,最大厚度逾万米。梨树断陷已发现下白垩统沙河子组(四五家子油气层)、营城组(五家子油气层)、登娄库组(小城子油气层)、泉头组(农安油气层、杨大城子油气层)等五个含油气层系。

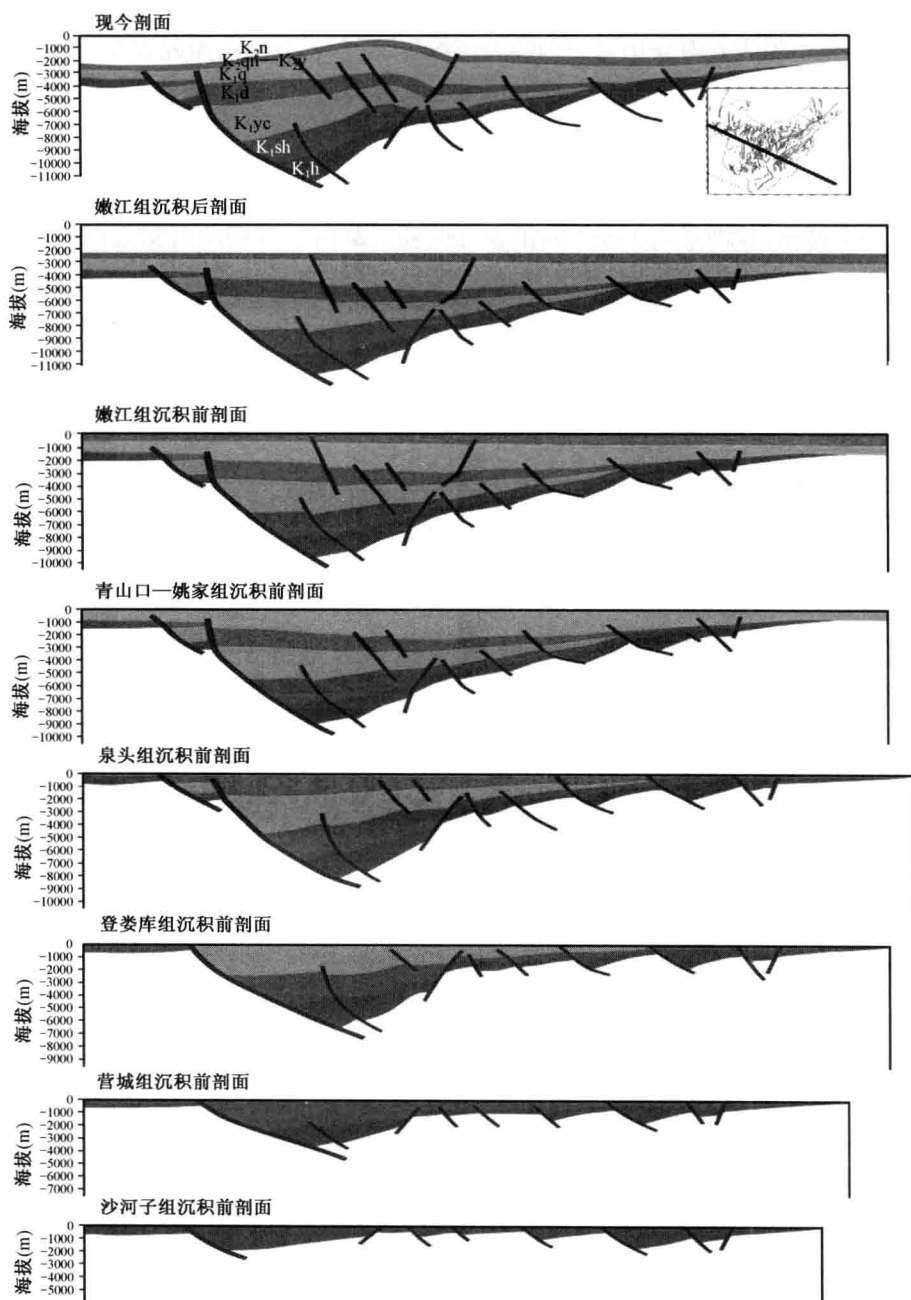


图 1-3 梨树断陷构造演化图

一、初始裂陷期(火石岭期)

初始裂陷期为火石岭组沉积期,该期为初始断裂形成时期,也是梨树断陷盖层中火山岩主要发育时期,沉积环境主要为火山岩台地的滨—浅湖相。此时早期断裂开始活动,受 NW—SE 向拉张应力作用,形成一系列 NNE、NE 向断层,发育了多米诺式的 NE 走向早期小型断陷盆地群。但火石岭组并没有受控陷断裂控制,在古地形低凹处沉积厚度较厚,而在古地形较高处则

沉积较薄。这个时期的断裂只是伴随着基底断裂活动,沿断裂形成了以裂隙式喷发为主的火山岩沉积,喷出火山岩主要有安山岩、玄武岩、流纹岩、凝灰岩及火山角砾岩等。初始裂陷期构造运动不稳定,加之火石岭末期发生一次区域性较大的挤压抬升作用,在 T_4^2 界面表现为火石岭组的剥蚀现象。

二、强烈断陷期(沙河子—营城期)

沙河子—营城期,盆地进入了强烈断陷发育时期。沙河子时期断裂受近东西向的张应力作用,以桑树台断裂为边界,断陷不断扩展,是以构造沉降为主的时期;地层持续伸展沉降,是断陷盆地生长最快的时期。初始裂陷期形成的断裂有的继续活动,有的趋于消亡,其中在西丁家以北、桑树台、秦家屯、八屋—四五家子和双龙地区由于 NE 向断层继续活动,形成了一系列次级沉降中心。

营城期在张应力作用下继续活动,该时期继承了沙河子期沉积特征继续发生沉积作用,但沉积范围变大,有些隆起的部位也下降接受沉积,断陷间隆起区变窄,为箕状断陷的定型期,形成整体上以单一主控断层控制的西断东超的断陷结构,但营城组并不严格受控陷断裂控制,而且地层厚度有从西向东变薄的趋势。双龙地区由于远离桑树台断层的控制,仍然继承了火石岭组沉积时期的格局,洼陷呈北东向展布。因此该时期是裂陷活动开始减弱的时期,营城末期构造运动在区域性的左旋走滑背景下,局部抬升接受剥蚀,断裂活动明显减弱。

三、断拗转化期(登娄库期)

登娄库组沉积期地层沉降开始摆脱断裂的控制,断陷期的断裂活动进一步减弱,从全区来看开始形成统一的沉降中心,地层厚度全区变化不大,岩性主要为泥岩、砂岩和砂砾岩互层,水体变浅,代表了河流、三角洲相的沉积环境。到登娄库末期构造运动为全区性的左旋走滑运动,受这次构造运动的影响,梨树断陷形成了后五家户、小五家子、双龙、艾家窝堡、老公林子等圈闭构造,这次构造运动对梨树断陷的影响较大,地震剖面上表现为清晰的超覆和削蚀现象。结束了梨树断陷的断槽沉积,进入广盆式的拗陷期沉积。登娄库末期在左旋挤压应力作用下出现走滑,形成了三个 NE 向的挤压走滑带:小宽走滑带、皮家走滑带和秦家屯走滑带。此时期为断拗转化期,登娄库末期构造运动结束了断陷期沉积,地层开始进入拗陷期。

四、拗陷期(泉头—嫩江期)

地层进入拗陷期之后,以沉积为主,泉头期开始,梨树断陷进入广盆式沉积,这个时期断裂基本上停止了活动,地震反射特征明显以超覆和平行接触为主。沉积从泉头期持续到嫩江期,嫩江末期以后地层缺失。到明水末期,随着构造运动地层结束了拗陷期沉积。

五、构造反转期(明水末期)

该期构造运动从晚白垩世燕山运动四幕时期开始,到燕山运动五幕时期(明水末期),梨树断陷沿中央构造带整体抬升,由于本区嫩江组以上地层没有沉积记录,结合大的区域背景来看,应该是明水末期构造运动改造的结果。

明水末期构造反转运动,造成孤家子、秦家屯以东地区嫩江组以上地层被整体剥蚀,与整个松辽盆地一样,在区域挤压应力场的作用下,拗陷期的厚层沉积体挤压抬升,形成以大型宽缓背斜为主的挤压构造,断层并不十分发育。梨树断陷表现为沉积盖层的挤压变形,沉积厚度较大的区域形成隆起,背斜规模大,横跨深层多个构造单元。嫩江组只在桑树台深凹区附近有钻井揭露。该期构造运动是从整个松辽盆地大的区域背景来推断的,应该是一期强烈的压扭

运动,对东南隆起区早期形成的油气藏起着破坏和重新改造的作用。

根据断陷构造演化特征,本书将梨树断陷划分为四个构造区,桑树台洼陷带位于最西侧,自南向北三个构造区分别为东南斜坡带、中央构造带和北部斜坡带(图 1-4)。

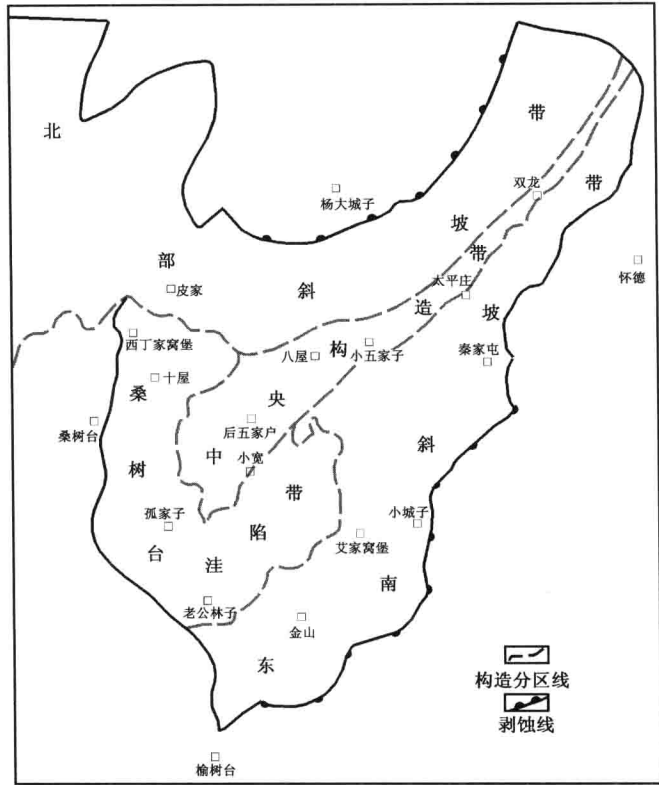


图 1-4 梨树断陷构造分区图

桑树台洼陷带受桑树台控盆大断裂的控制,在桑树台断裂东侧呈 SN 向展布,被皮家断裂分为北部的苏家屯洼陷和南部的桑树台次洼两个主体部分。该区带西缘发育大型斜坡扇体和深洼水下扇储集体,冲积扇体发育,以粗碎屑沉积为主。由于目的层埋藏较深,热演化程度高,烃源岩大部分处于高演化和过演化阶段,目前尚无钻井钻至营城组和沙河子组。该区带是大型水下扇勘探和上升盘潜山勘探的重要靶区。

中央构造带位于梨树断陷腹地,呈 NNE 向展布,沿小宽—八屋—太平庄一带纵贯梨树断陷,西南倾没于深凹之中。该构造带西南紧临沙河子组—营城组烃源岩沉降中心,沙河子组和营城组烃源岩较发育。构造带上发育有多期次的 NE 和 SN 向两组断层,同时深层发育有辫状河三角洲、湖底扇砂体,断层和砂体是油气纵横向运移的良好通道。该构造带主要发育背斜、断背斜、断块、断鼻等各种类型构造圈闭,此外发育岩性、地层和潜山等圈闭,具有较好的圈闭条件。

北部斜坡带位于梨树断陷北缘,紧邻杨大城子南侧,呈弧形 EW 向展布。区带南临生烃中心,为油气长期运聚指向区,是油气有利的勘探区块。营城组、沙河子组为深湖—半深湖—浅湖相沉积,泥岩发育,加之地层逐层超覆尖灭,具有形成构造—地层—岩性复合圈闭的优越地质条件,后期改造轻微,保存条件良好。

东南斜坡带沿金山—小城子—秦家屯—七棵树一带及东南部展布。在基底古斜坡背景上,断陷层逐层超覆尖灭,坡度较缓。南部为泛滥平原相沉积,北部营城组、沙河子组为浅湖—半深湖相沉积,发育两个大型早期褶皱构造,即秦家屯构造和艾家窝堡构造带。其中秦家屯构造为一大型鼻状构造,油气成藏条件十分有利,具有形成中型油气藏的地质背景和条件。

目前,中央构造带已发现四五家子、十屋和太平庄三个油田,孤家子、后五家户、八屋三个气田;东南斜坡带发现秦家屯油田和七棵树油田,以及小城子气田;北部斜坡带发现皮家气田(图 1-5)。

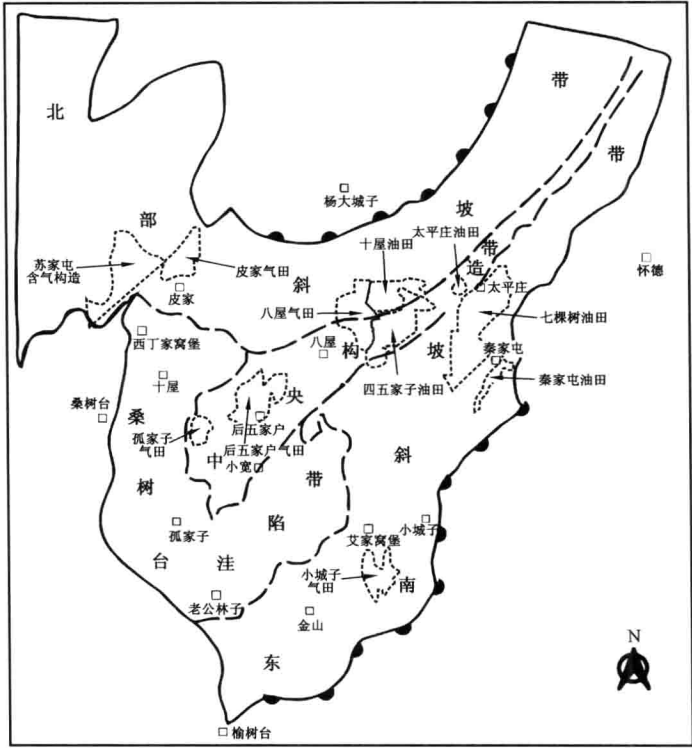


图 1-5 梨树断陷油气田分布图

第二节 沉积与地层特征

梨树断陷沉积相在纵向上表现为多种类型沉积相交互叠置,火石岭组、沙河子组、营城组和登娄库组自下而上主要为冲积扇→扇三角洲→浅湖→扇三角洲→半深湖→扇三角洲→辫状河三角洲→辫状河流→辫状河三角洲沉积(图 1-6)。

火石岭组为断陷的初始裂陷期沉积,在控盆断裂——桑树台断裂前发育有水下扇,深入桑树台断裂东部的半深湖中,湖盆向 NNE 方向变浅。沉积受 NE 向断裂的控制作用明显,断裂不仅控制了各个次凹的展布,且在断裂附近发育部分半深湖相,如秦家屯断裂、小宽断裂、大榆树断裂和桑北断裂等,在秦家屯、七棵树、东河镇等次凹的斜坡部位,发育有扇三角洲。在火石岭期还间歇发生火山喷发,有火山岩沉积,主要分布在杨大城子附近以及皮家附近。火石岭组厚一般为 200~1500m,不整合于盆地基底之上,下部火山岩极为发育,上部具含煤建造。岩性组合为:灰紫色火山岩、火山碎屑岩及深灰色砂、泥岩夹煤。

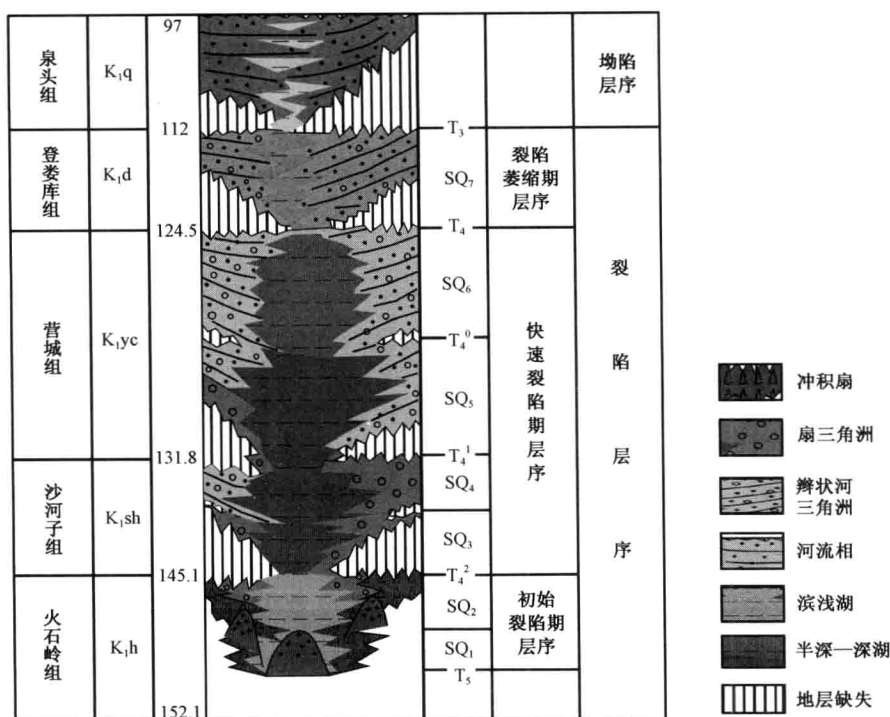


图 1-6 梨树地区纵向沉积演化序列模式

沙河子组是断陷发育至鼎盛时期的沉积,盆地快速沉降,地层厚度较大。这一时期主要表现为深湖—半深湖、滨浅湖、扇三角洲及水下扇的沉积组合特征。沙河子组底部主要发育近物源沉积,是一套灰色、褐灰色砂岩、砂砾岩,以粗碎屑占优势的冲积组合,具含煤建造;中部是浅水湖盆及其周缘扇三角洲沉积,沉积了一套含煤的灰色泥岩、粉砂岩及砂砾岩为主的岩石组合;上部以深水及较深水湖及其周缘扇三角洲沉积为主,沉积了一套深灰、灰黑色泥岩和砂砾岩,代表了盆地最大水进期。

营城组总体沉积特征继承了沙河子组的沉积特征。营城组主要发育深湖—半深湖、滨浅湖、水下扇以及扇三角洲的沉积组合特征,扇三角洲主要分布在北部杨大城子斜坡和东南部秦东一小城子斜坡,这一时期的扇三角洲范围更加宽广,但由于受东南部水体面积扩大,和小宽等断裂活动性加强以及同沉积断裂坡折带的控制作用,砂体厚度及扇体范围有所变化,东南部扇三角洲砂体较沙河子组不发育,而北部与东部砂体更为发育且连片分布。同时桑树台断裂附近主要发育深湖—半深湖以及水下扇沉积。岩性主要为浅湖、较深湖为主的灰色、深灰色泥岩、粉砂岩沉积和来自盆地边缘的扇三角洲砂岩与砂砾岩。

登娄库组沉积期是盆地从断陷沉积到凹陷沉积的过渡转换阶段,这个时期的水体范围进一步扩大,水深更浅。断裂对沉积的控制作用减弱,主要沉积由深湖—半深湖转变成以河流作用占主导地位的冲积平原及浅水湖泊为主。岩性主要为以紫、褐黑色泥岩夹粉、中砂岩、粗砂岩与浅灰黑色、黑色泥岩互层为主,有一部分深色泥岩及不同粒级的杂色砂岩、砂砾岩沉积,具有一定生气性。盆地边缘发育水下扇和三角洲沉积。桑树台断裂附近半深湖范围减小,有水下扇以及三角洲发育;北部斜坡带与东南斜坡带的三角洲前缘扇体连片,砂体范围更加宽广;南部据地震相推测发育三角洲扇体。

总体上来看,梨树断陷在形成初期,西侧发育最大的控盆断裂——桑树台断裂,基底被一

组同生断裂切割,形成几个小型的断陷。随着湖平面的上升,梨树断陷逐渐进入以桑树台断层为主的单断箕状的断陷期。“西断东超、北超”的构造格局控制着统一水体的广盆沉积。在各个断陷靠近断裂一侧,基底强烈下沉,盆地边缘的物源区遭受剥蚀后,经过水流的搬运,沿陡坡快速堆积,形成了水下扇、扇三角洲等粗碎屑沉积物,向断陷中心迅速过渡为半深湖—深湖沉积,并伴有深水浊流沉积。总体表现为,由深湖—半深湖、滨浅湖、扇三角洲、三角洲以及水下扇为主的沉积组合特征。盆地总体上经历了从半深湖盆到深湖,再到半深湖盆,最后为浅湖的充填演化过程。

梨树断陷断陷层位齐全,地层由西向东部斜坡区逐层超覆,向北部斜坡急剧收敛减薄,至杨大城子凸起部位从上到下逐层被剥蚀。晚期在断陷中央发育反转背斜构造,其顶部剥蚀厚度较大,导致坳陷构造层残余厚度向四周增厚。断陷沉降幅度大,断陷构造层最大厚度达8000 多米,发育下白垩统火石岭组、沙河子组、营城组和登娄库组等(表 1-2)。

表 1-2 梨树断陷地层简表

地 层 系 统				地震波组	绝对年龄 (Ma)	厚度 (m)	岩 性 简 述	
系	统	组	段					
第 四 系						0~130	黄土、灰黄色、暗灰色黏土、杂色砂砾层	
白 垩 系	上 统	明水组		T ₁	1.6	0~500	上部灰、灰黑色泥岩、粉砂岩、砂岩，下部黑色泥岩、灰色粉砂岩、砂岩、砾岩	
					75	0~420	砾质砂岩、砂岩、泥质粉砂岩、泥岩	
		四方台组			83			灰、灰绿、棕红色泥岩、灰色粉砂质泥岩
							深灰色泥岩为主，顶部夹粉砂质泥岩，底为油页岩	
							以灰、灰绿色泥岩为主，夹泥质粉砂、粉砂岩	
		嫩江组	三段		100 ~ 1500		灰绿、棕红色粉砂质泥岩，泥质粉砂岩夹粉砂岩	
			二段				上部灰绿、紫红色泥岩、砂岩，下部深灰、灰黑色泥岩夹粉砂岩及劣质油页岩	
			一段					
	姚家组		T ₁ ¹	90.4				
	青山口组		T ₂	97				
	下 统	泉头组	四段	T ₂ ²	500 ~ 1800		紫红、灰绿色泥岩与灰白、灰绿色砂岩	
			三段				灰、紫褐、灰褐色泥岩与灰、灰白色粉、细砂岩	
			二段				棕褐、紫褐色泥岩与粉、细砂岩不等厚互层	
			一段				紫褐色泥岩与粉、细砂岩、中砂岩、含砾中砂岩互层	
		登娄库组		T ₃	112	100 ~ 1500	上部以紫、褐黑色泥岩与粉砂岩、中砂岩、粗砂岩与浅灰黑色、黑色泥岩互层	
		营城组	二段	T ₄	124.5	200 ~ 500	浅灰、灰黑色泥岩、粉砂岩与浅灰、灰绿色粉细砂岩	
			一段			200 ~ 650	深灰、灰黑色泥岩与浅灰、灰绿色粉细砂岩互层，夹玄武岩、凝灰岩及煤	
		沙河子组		T ₄ ¹	131.8	600 ~ 1400	上部为深灰、灰黑色泥岩及砂砾，中部为灰色泥岩、粉砂岩及砂砾岩，下部为灰、褐灰色砂岩及砂砾岩	
火石岭组			T ₄ ²	145.1	200 ~ 1500	灰紫色火山岩、火山碎屑岩及深灰色砂、泥岩夹煤		
				T ₅	152.1		基底	

拗陷构造层较薄,一般在 2000m 左右,发育下白垩统泉头组、上白垩统青山口组、姚家组、嫩江组,以及第四系,缺失上白垩统四方台组、明水组和古近一新近系。

火石岭组分布于断陷盆地的底部,厚度一般为 200 ~ 1500m,地层由一套中性、中基性及部分酸性火山岩、火山碎屑岩和深灰、灰黑色泥岩与浅灰色砂岩、砂砾岩互层夹煤构成,代表了冲积—沼泽沉积和火山喷发沉积的共生组合。

沙河子组沉积期是断陷发育的鼎盛时期,盆地的底部主要发育冲积扇和辫状河等近物源沉积,是一套灰色、褐灰色砂岩、砂砾岩,以粗碎屑占优势的冲积组合,具含煤建造;中部是浅水湖盆及其周缘扇三角洲、三角洲沉积组合,沉积了一套含煤的灰色泥岩、粉砂岩及砂砾岩为主的岩石组合;上部以深水和较深水湖及其周缘三角洲、扇三角洲、水下扇组合,沉积了一套深灰、灰黑色泥岩及砂砾岩,代表了盆地最大水进期。沙河子组厚度较大,一般可超过 1000m,在断陷的深凹部位,沉积厚度最大可达 2500m。

营城组沉积期的水体范围比沙河子期要大,主要发育滨浅湖沉积,盆地边缘分布有湖沼、扇三角洲、水下扇沉积,岩性主要为浅湖、较深湖为主的灰色、深灰色泥岩、粉砂岩沉积和来自盆地边缘的三角洲、扇三角洲砂岩、砂砾岩。该地层在梨树断陷的厚度较大,最大厚度可达 2000m。

登娄库组沉积期是盆地从断陷沉积到拗陷沉积的过渡转换阶段,为填平式沉积,这个时期的水体范围进一步扩大,水深更浅,主要以河流作用占主导地位的冲积平原及浅水湖泊相为主,盆地边缘发育扇三角洲、水下扇或冲积扇,岩性主要为以紫、褐黑色泥岩夹粉砂岩、中砂岩、粗砂岩与浅灰黑色、黑色泥岩互层为主,有一部分深色泥岩及不同粒级的杂色砂岩、砂砾岩沉积,具有一定生油气性。地层厚度为 100 ~ 2000m。

登娄库组沉积之后,梨树断陷由断陷沉积逐渐超覆在断陷盆地或凸起之上,开始向大型拗陷沉积转变。

第二章 烃源岩特征与评价

多年的勘探实践证实,梨树断陷为松辽盆地南部重要的油气产区,断陷层白垩系烃源岩广泛发育,复杂的地质条件和沉积特征形成了梨树断陷断陷层烃源岩具有多种沉积环境、多套烃源岩层系、多种生油母质等特点^①。本章将从沉积学、有机岩石学以及测井地质学和生物标志化合物的角度讨论梨树断陷烃源岩的空间展布特征,研究不同地区断陷层烃源岩的有机质丰度、类型以及成熟度和热演化,并展示烃源岩可溶有机质地球化学特征,总结梨树断陷层烃源岩的地球化学特征,并对研究区各层位烃源岩进行综合评价。

第一节 烃源岩展布

烃源岩空间展布与沉积时期水体发育有关,如果沉积时期水体发育规模大,烃源岩大规模发育,就可构成强大的物质基础,可能成为优质烃源岩。梨树断陷以强烈的断陷作用为主,呈不对称箕状型,桑树台断裂一侧沉积厚度大,深水沉积发育,沉积了巨厚的烃源岩层,而缓坡带水体浅则沉积厚度小,烃源岩一般不发育。

根据梨树断陷钻井资料分别统计了沙河子组、营城组和登娄库组的暗色泥岩厚度(表2-1)。在沙河子组沉积期,随着桑树台断裂伸展强度增加,沉降幅度增大,盆地整体范围较火石岭组沉积期有所增大,该时期是梨树断陷发育的鼎盛期,湖盆范围变大,水体变深,半深湖—深湖相沉积范围广,为盆地断陷层最大水进期,暗色泥岩沉积较厚,延东、南、北三个方向扩展为滨浅湖相沉积。研究区内不少钻井钻遇该层,沙河子组统计厚度范围为24~524m,平均厚度为212m,其中暗色泥岩厚度范围为4~517m,平均厚度为167m,占地层厚度的17.5%~95.5%,平均比例为60.32%(表2-1),但根据梨树断陷的沉降和沉积史可知,断陷中心桑树台洼陷区沙河子组厚度达1800m以上,该区暗色泥岩厚度最大可达900m,自西向东向北,暗色泥岩厚度逐渐减薄,即由桑树台洼陷900m降至后五家户地区300~500m和四五家子地区100~300m,而在断陷东北部的双龙次凹,最大暗色泥岩厚度可达200m以上(图2-1)。

表2-1 梨树断陷暗色泥岩厚度统计表

层位	地层厚度(m)	暗色泥岩厚度(m)	暗地比(%)
K ₁ sh	24~524/212	4~517/167	17.5~95.5/60.32
K ₁ yc	44~1662/494.7	50~731/295.3	9.4~94.8/55.64
K ₁ d	71~1037.5/355	0~502/157	0~99.3/41.62

注:71~1037.5/355表示最小值~最大值/平均值。

营城组沉积期,伴随着桑树台控盆断裂不断沉降,沉积范围继续扩大,该时期梨树断陷半深湖—深湖相广泛发育,向东南和北部持续发育滨浅湖相沉积。地层厚度介于44~1662m之间,暗色泥岩累计厚度范围达50~731m,占地层厚度的9.4%~94.8%(表2-1)。孤家子和后五家户之间的区域暗色泥岩较厚,孤家子一带最厚,达731m。自西向东部缓坡区,由孤家子—后五家户—四五家子—太平庄地区,暗色泥岩厚度逐渐减小,断陷边缘暗色泥岩厚度较薄,小于100m,双龙次凹暗色泥岩厚度最大处可达200m以上(图2-2)。

① 卜翠萍. 2007. 松辽盆地南部十屋断陷油气成藏规律研究. 北京:中国地质大学. 博士学位论文