

松辽盆地及外围上古生界油气资源战略选区研究丛书

松辽盆地及外围 重磁连片处理解释

周锡明 何委徽 刘益中 李爱勇 等 著



科学出版社

松辽盆地及外围上古生界油气资源战略选区研究丛书

松辽盆地及外围重磁连片 处理解释

周锡明 何委徽 刘益中 李爱勇 等 著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书系统收集整理了松辽盆地及外围地区的钻井资料、测井资料、地震资料和全区 1/20 万重力、航磁等资料,通过对比、确定处理解释思路和多种方案,对收集到的重力和航磁资料,按统一技术要求进行了数据处理和拼图工作,对编好图的重力、航磁数据进行全平面数据处理和综合地质解释,控制面积约 155 万 km^2 ,测网 $2.0\text{km}\times 2.0\text{km}$,近 40 万个物理点。完成了松辽盆地内外的重磁联片处理解释工作;系统划分了研究区内主要构造单元,明确了骨架断裂的分布特征;预测了研究区中生代盆地基底深度和岩性特征;预测了研究区上古生界分布及主要盆地上古生界顶、底面深度和厚度。

本书是对整个中国东北部地区(含内蒙古自治区东段)重力、航磁资料到目前为止最为全面的一次拼图工作,并且编绘了重磁力异常、延拓、小波变换异常等基础图件,为东北地区空白区的油气资源勘探和构造研究提供了基础性资料,可供东北地区油气勘探和构造研究相关地质工作者、教学科研人员及高校学生使用。

图书在版编目(CIP)数据

松辽盆地及外围重磁连片处理解释 / 周锡明等著. —北京:科学出版社, 2016. 11

(松辽盆地及外围上古生界油气资源战略选区研究丛书)

ISBN 978-7-03-050727-3

I. ①松… II. ①周… III. ①松辽盆地—重磁数据—研究 IV. ①P31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 279398 号

责任编辑:张井飞 韩 鹏 / 责任校对:张小霞

责任印制:肖 兴 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 11 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2016 年 11 月第一次印刷 印张:14

字数:332 000

定价:168.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

本书主要作者

周锡明 何委徽 刘益中 李爱勇

乔德武 贺君玲 赵理芳 詹少全

王佩业 袁杰 包怡 杨伟

王尹 余云春 丁梅花 郝红蕾

前 言

“全国油气资源战略选区调查与评价国家专项”设立了“松辽盆地及外围上古生界油气资源战略选区”项目，项目的课题之一是开展“松辽盆地及外围重磁连片处理解释”，由江苏省有色金属华东地质勘查局八一四队负责实施，其目标是调查研究松辽盆地外围上古生界分布和岩性特征，了解区内主要盆地上古生界顶、底面和厚度特征，分析上古生界油气地质条件，开展战略选区调查评价。

东北地区上古生界含有丰富的海相古生物化石、海陆交互相及陆相化石，是一套以海相沉积物为主，逐步过渡为海陆交互相至陆相的沉积。据目前掌握的资料分析，上古生界在松辽盆地下部有较大面积分布，厚度约 8000m。东北地区绝大部分上古生界未遭受区域变质作用，在泥质岩及碳酸盐岩中未发现新生界变质矿物，虽然部分晚古生代地层遭受过动力-热接触变质作用，但影响范围不大。晚古生代地层除分布大量碳酸盐岩外，还发育四套暗色岩系：一是早泥盆世泥鳅河组；二是早石炭世红水泉组和鹿圈屯组；三是中二叠世哲斯组；四是晚二叠世林西组。因此，东北地区晚古生界具有良好的油气资源前景。

松辽盆地内外的上古生界展布、岩相古地理、盆地形成机制等问题都有待深入研究。本书旨在通过开展已有重磁资料的重新整理和拼接，对东北地区的构造格架、古生界分布情况进行探索和预测，为东北地区古生界油气战略选区提供坚实的基础性资料。

课题从 2010 年 4 月开始至 2012 年 12 月结束，完成了松辽盆地内外的重磁连片处理解释工作。主要是对松辽盆地及外围地区有关资料进行补充收集，包括工区钻井的测井资料、地震资料和全区 1/20 万重力、航磁等资料，在整理和综合分析各类资料的基础上，对比、确定处理解释思路和多种方案，对收集到的重力和航磁资料，按统一技术要求进行数据处理和拼图工作，对编好图的重力、航磁数据进行全平面数据处理和综合地质解释，控制面积约 155 万 km^2 ，测网 2.0km $\times$ 2.0km，近 40 万个物理点。

本书取得的主要成果如下：

- (1) 系统完成了研究区物性参数资料的收集及采测，完成了松辽盆地内和松辽盆地外围东、西部共约 155 万 km^2 重磁连片处理和解释；
- (2) 划分了研究区主要构造单元，明确了骨架断裂的分布特征；
- (3) 预测了研究区中生代盆地基底深度和岩性特征；
- (4) 预测了研究区上古生界分布及主要盆地上古生界顶、底面深度和厚度。

在此要特别感谢梁如洗、杨生和朱春生等专家的辛勤付出，如果没有他们在东北地区数十年的工作积累，在短期内完成如此大范围的拼图和解释工作是不可想象的。本书得到了国土资源部油气资源战略研究中心领导和专家的支持及指导。中国石油吉林油田公司、吉林大学、中国石油大庆油田公司、中国石化东北石油局等单位的领导和专家也给予了有力的支持。在此一并表示衷心的感谢！

由于编著者水平有限，书中难免存在疏漏和不妥之处，敬请读者和业内同仁指正。

作 者

2016 年 5 月

目 录

前言

第一章 研究区概况	1
第一节 研究区范围	1
第二节 自然地理概况	1
第三节 研究区地质概况	2
一、区域地质特征	2
二、区域地层	3
三、上古生界地层	4
四、前中生代构造及演化	4
五、火成岩发育特征	6
六、松辽盆地地层特征	6
第四节 工作区研究现状	6
一、地层层序	6
二、岩相古地理	6
三、基本石油地质特征	7
四、存在问题	7
第二章 资料来源情况分析	9
第一节 布格重力异常资料	9
一、区内涉及黑龙江省布格重力异常数据	9
二、区内涉及吉林省布格重力异常数据	11
三、区内涉及辽宁省北部地区布格重力异常数据	11
四、区内涉及内蒙古自治区布格重力异常数据	11
五、区内涉及河北省北部地区布格重力异常数据	12
第二节 航磁资料	13
一、涉及黑龙江省的航磁资料	13
二、吉林省航磁资料	16
三、辽宁省高精度航磁资料	17
四、内蒙古自治区高精度航磁资料	18
五、河北省航磁资料	18
六、其他航磁资料	19
第三章 数据处理方法	20
第一节 数据拼接	20

一、布格重力异常拼图	20
二、航磁异常图的拼接	20
三、拼接图件质量分析	20
第二节 磁数据处理方法	21
一、重磁异常数据处理内容、目的和方法	21
二、数据处理原理和方法简介	22
三、数据处理的步骤	25
第三节 大地电磁测深处理方法	26
一、大地电磁测深法简介	26
二、二维介质中的大地电磁场	26
三、二维反演算法	28
第四节 CEMP 资料处理解释流程	28
一、数据预处理方法	30
二、定性分析	32
三、资料反演	35
第四章 区域物性特征研究	38
第一节 佳蒙地层大区	39
一、兴安地层二级区	39
二、内蒙古草原-吉中地层二级区	53
三、宝清-密山地层二级区	104
第二节 华北地层大区	113
第五章 重磁电场特征与成果解释	125
第一节 重力异常特征与地质认识	125
一、重力异常总特征	125
二、上延处理后布格重力异常特征分析	126
三、布格重力小波变换异常特征分析	130
四、布格重力剩余异常特征分析	133
五、重力垂向二阶导数异常特征分析	134
第二节 航磁 (ΔT) 异常特征与地质认识	135
一、航磁 (ΔT) 化极 Z_a 异常特征与地质认识	135
二、航磁 (ΔT) 化极 Z_a 异常上延不同高度异常特征分析	136
三、航磁 (ΔT) 化极 Z_a 异常 5 阶小波变换异常特征分析	138
第三节 大地电磁剖面综合地质解释	141
一、松辽盆地	141
二、松辽盆地外围	149
第六章 松辽盆地及外围主要断裂与构造单元划分	153
第一节 重磁电异常综合地质解释的思路	153
第二节 骨架断裂的划分	154

一、骨架断裂在重磁异常上的标志	154
二、利用重力异常划分骨架断裂的原理	154
三、划分骨架断裂的思路和方法	155
四、综合各类标志和已知地质资料划分骨架断裂	155
五、骨架断裂特征分析	158
第七章 上古生界分布与构造单元划分	183
第一节 上古生界顶面分布	184
一、研究上古生界顶面埋深的思路和方法	184
二、上古生界顶面埋深特征分析	184
第二节 上古生界顶面岩性分布	187
第三节 主要盆地上古生界顶、底面构造特征	189
一、松辽盆地上古生界顶、底面构造特征	189
二、三江盆地上古生界顶、底面构造特征	194
三、海拉尔盆地上古生界顶、底面构造特征	199
四、东北地区上古生界底面等深图和等厚图	205
第四节 构造单元划分	209
一、全区上古生界构造单元划分	209
二、松辽盆地上古生界构造单元划分	209
三、三江盆地上古生界构造单元划分	210
四、海拉尔盆地上古生界构造单元划分	212
参考文献	213

第一章 研究区概况

第一节 研究区范围

松辽盆地及外围地区位于中国东北部，地理位置为：东经 $105^{\circ}00'$ ~ $135^{\circ}30'$ ，北纬 $40^{\circ}00'$ ~ $54^{\circ}00'$ ，横跨黑龙江、吉林、辽宁全省和河北、内蒙古自治区五个省（自治区），全区控制面积约 $155 \times 10^4 \text{ km}^2$ （图 1.1）。

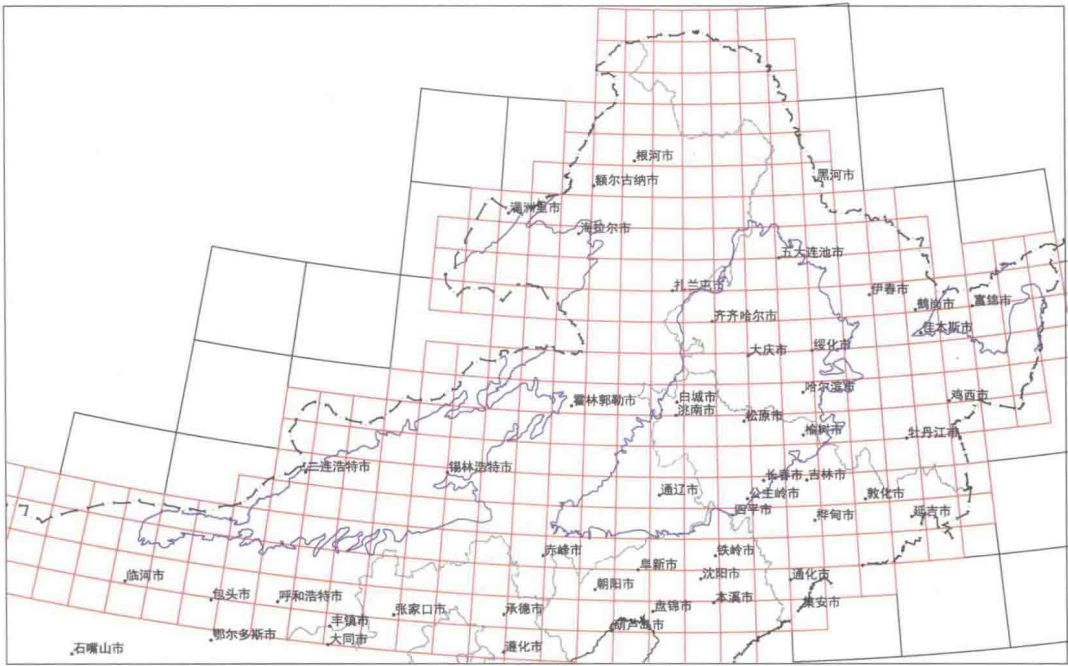


图 1.1 松辽盆地外围重磁工区分布图（两红框线之间为本次工区）

第二节 自然地理概况

区内主要盆地有松辽盆地、二连盆地、三江盆地和海拉尔盆地；松辽盆地呈菱形，长约 750km，宽 330 ~ 370km，总面积约 $26 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，长轴走向呈北北东向。松辽盆地内部由嫩江-松花江和辽河两大水系的大片平原组成，平均海拔为 100m 左右，相对高差一般在 30m 之内，地势相对平坦。松辽盆地周围为山脉和丘陵所环抱，东部为张广才岭，西邻大兴安岭，南接康平-法库丘陵，北与小兴安岭为界。

工作区年平均气温 3.1°C ，年降水量为 414.8mm，无霜期约 135 天；区内交通条件较

便利，铁路、公路、油田公路网十分发达。

第三节 研究区地质概况

一、区域地质特征

中国东北地区（吉林、黑龙江、辽宁、河北北部及内蒙古自治区东部等地区）大地构造位置隶属于西伯利亚板块与华北板块（中朝板块）之间。北部的西伯利亚板块、南部的华北板块及额尔古纳、岗仁、马门、伊勒呼里山脉、松嫩、布列亚-佳木斯、兴凯、谢尔盖耶夫等多个大小不等的微板块主体于前中生代拼合成统一的复合板块，并在中生代时期，复合板块的东缘受到环太平洋板块的拼贴和洋壳俯冲作用，而复合板块的北缘受到蒙古-鄂霍茨克海缝合带的俯冲-碰撞等多重作用。本区曾经历了前中生代不同时期、不同方向的板块拼合、造山作用及其之后的中生代板内构造作用的改造，为一复合的佳蒙板块（图 1.2）。

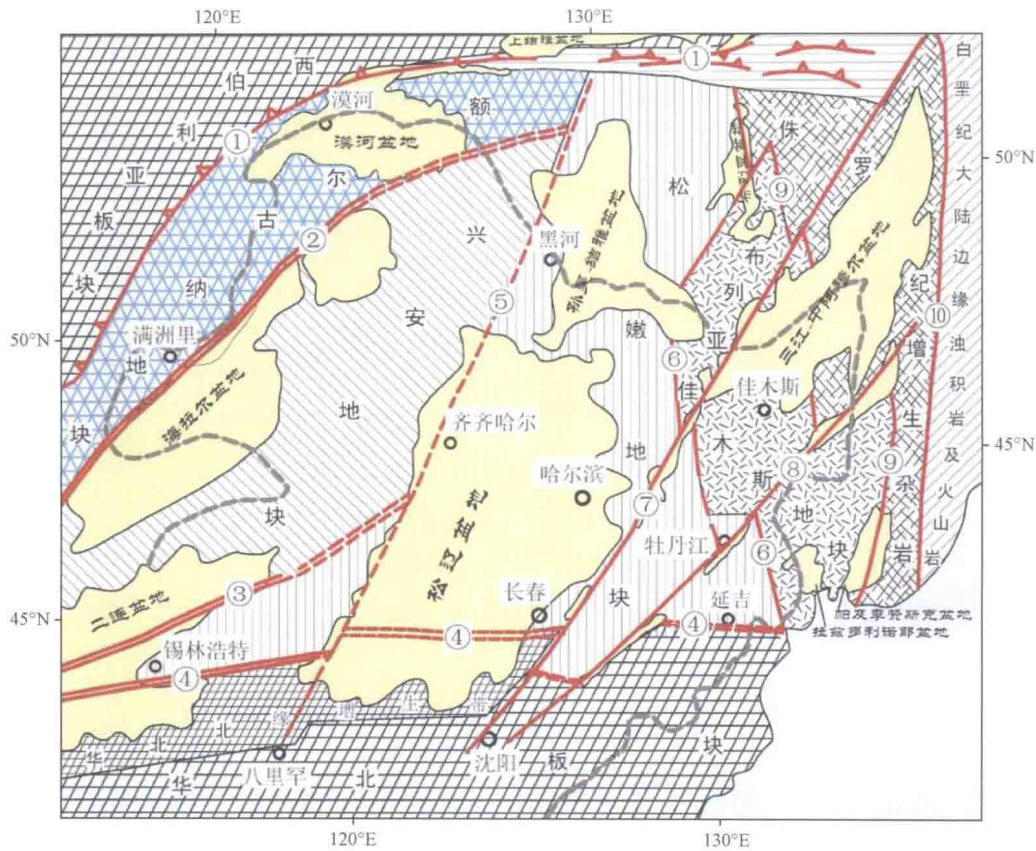


图 1.2 中国东北地区大地构造单元示意图

长期以来，东北地区被认为是以海西期褶皱带或碰撞造山带为主，中生代盆地基底被认为是以变质结晶基底为主，而成为深部油气勘查的“禁区”；但是，近年来新的研究

那丹哈达岭地层大区，只在中生代蛇绿混杂岩堆积带中见石炭纪—二叠纪外来岩块，未进一步分区和研究。

表 1.1 中国东北三级地层区划简表

佳蒙地层大区 (I)	兴安地层二级分区 (I ₁)	额尔古纳地层小区 (I ₁ ¹)	那丹哈达岭地层大区 (III)	中生代蛇绿混杂岩中见石炭纪—二叠纪外来岩块
		兴安地层小区 (I ₁ ²)		
	内蒙古草原—松花江地层二级分区 (I ₂)	松辽地层小区 (I ₂ ¹)		
		吉中地层小区 (I ₂ ²)	华北地层大区 (II)	开山屯地层分区 (II ₂)
		滨东地层小区 (I ₂ ³)		赤峰地层分区 (II ₁)
	佳木斯—宝清地层二级分区 (I ₃)	密山地层分区 (I ₃)		

三、上古生界地层

表 1.2 为松辽盆地外围晚古生代地层—构造格架简表，这里不作赘述。

四、前中生代构造及演化

震旦纪开始，在西伯利亚板块和华北板块之间，存在一浩瀚的古大洋，即古亚洲洋，随着古大洋洋脊的扩张，洋壳分别向西伯利亚板块和华北板块北缘俯冲。在古生代时期，所有本区微板块都是作为西伯利亚板块边缘而存在。该块体的东缘和北缘在中新生代时期分别受到环太平洋地体拼贴与洋壳俯冲作用和蒙古—鄂霍茨克海缝合带俯冲—碰撞作用的多重影响。

东北地区前中生代板块构造演化可划分为早古生代和晚古生代两大板块拼合阶段。塔源—喜桂图旗缝合带可能在晚元古代是一个裂陷盆地型的边缘海中的扩张脊，早古生代大兴安岭微板块与额尔古纳微板块沿塔源—喜桂图旗缝合带发生拼合，形成了统一的额尔古纳—大兴安岭复合板块；温都尔庙—西拉木伦河缝合带主体在早古生代向南俯冲，志留纪末期华北北缘沿温都尔庙—西拉木伦河缝合带发生岛弧增生作用；嘉荫—牡丹江缝合带在晚元古代以前存在洋盆，晚元古代（645 ~ 599Ma）洋壳开始俯冲，松嫩—张广才岭微板块先沿嘉荫—牡丹江缝合带与佳木斯微板块开始拼合，志留纪（445 ~ 410Ma）洋盆最终关闭，块体间发生碰撞造山，后沿八面通缝合带与兴凯微板块于志留纪末期或早泥盆世拼合，最终形成松嫩—佳木斯复合板块。二连—黑河缝合带在志留纪、泥盆纪变为大洋扩张，从早石炭世该区洋壳开始闭合，至早二叠世大洋关闭碰撞，晚古生代松嫩—佳木斯复合微板块沿二连—黑河缝合带与额尔古纳—大兴安岭复合微板块拼合；索伦—林西缝合带洋壳可能形成于泥盆纪，早中二叠世向南俯冲，中二叠世实现了拼合的复合板块沿索伦—林西缝合带最终与华北板块碰撞，其碰撞变形可能持续到三叠纪。中国东北角那丹哈达地区是一个构造—沉积杂岩体，那丹哈达西缘俯冲作用属中生代板块边缘增生事件，板块在中侏罗世末开始俯冲。

五、火成岩发育特征

东北地区中生代火山岩构成规模宏大的火山岩带,其延伸到蒙古国和俄罗斯境内。中生代火山岩在时空分布上可划分为三个带:西部大兴安岭环状火山带、南部北东向火山岩带和东北部北北东向火山岩带。

东北地区是我国新生代火山活动最强烈的地区之一。新生代火山 500 多座;火山熔岩主要是玄武岩,少量粗面岩和碱流岩。东北地区新生代火山岩形成时代分为两个时期:古近纪和新近纪,主要形成时期为新近纪。古近纪火山岩少见,而且多隐伏于地下,火山岩主要沿北北东向断裂分布,呈北北东向延伸。在新近纪火山岩中含有大量的上地幔岩包体和高压巨晶。

六、松辽盆地地层特征

松辽盆地基底地层自下而上主要包括:前古生界,下古生界,上古生界中二叠统杜尔伯特板岩组、一心组,上二叠统林甸蚀变火山岩组、四站板岩组,中生界侏罗系中统大庆群碎屑岩组、蚀变火山岩组等。盆地盖层深层系指白垩系下统泉头组泉二段及其以下地层,即由下至上包括火石岭组、沙河子组、营城组、登娄库组,以及泉一段、泉二段等。深层地层中存在 8 个区域分布的角度不整合面和局部不整合面,角度不整合面分别是海西期基岩顶面、中侏罗统顶面、营一段底面、营一段顶面和登娄库组底面;火石岭组顶面、登三段底面为局部不整合面。浅层地层自下而上主要由青山口组、姚家组、嫩江组等组成。

按地震构造层分, T_3 (即中生代盆地的基底)以下,根据钻井资料分析,主要为石炭系—二叠系浅变质岩所组成的地层,石炭系由通气沟组(C_1t)、鹿圈屯组(C_1l)及磨盘山组(C_2m)组成,二叠系由大石寨组(P_1ds)、哲斯组(P_2z)及林西组(P_3l)组成。盆地内少数钻井尚见有太古界、元古界,以及下古生界岩心。此类地层分布零散,这里不作赘述。

第四节 工作区研究现状

松辽盆地及外围地区上古生界地层的研究始于 20 世纪 30 年代,目前已具有一定的厘定基础,表现在一些公开出版的总结性论著中。

一、地层层序

1978 年之后,出版的《中国地层概论》、《中国的石炭系》、《东北区区域地层》、《辽宁省岩石地层》、《吉林省岩石地层》、《内蒙古自治区岩石地层》、《中国地层典——石炭系》和《中国地层典——二叠系》,对本区上古生界的岩石地层单位进行了清理和重新厘定。

二、岩相古地理

已出版的《东北地区古生物图册》、《辽宁省古生物图册》、《吉林省古生物图册》、

《内蒙古自治区古生物图册》、《内蒙古-东北地槽区古生代生物地层及古地理》、《大兴安岭地区石炭、二叠系及植物群》、《辽宁省区域地质志》、《吉林省区域地质志》、《内蒙古自治区区域地质志》等论著,对松辽盆地石炭纪—二叠纪地层的沉积环境和古气候环境方面的研究是薄弱的,各自认识也不一致,目前仍处于早期研究水平,本书对上古生界地层的认识主要依据吉林大学研究成果。

三、基本石油地质特征

各系统油田单位和有关院校,对关于松辽盆地基本石油地质特征的研究发表了数百篇论文和文献,在此将目前观点较一致的和最新研究的成果归纳如下。

1) 上古生界地层在东北地区广泛分布

上古生界地层含有丰富的海相古生物化石、海陆交互相及陆相化石,反映的是一套以海相沉积物为主,逐步过渡为海陆交互相至陆相沉积。据目前掌握的资料表明,上古生界地层在松辽盆地之下有较大面积分布,并有约 8000m 厚度。

2) 东北地区绝大部分上古生界地层未遭受区域变质作用

通过上古生界地层的变质作用研究,泥质岩及碳酸盐岩中未发现新生变质矿物;伊利石结晶度范围在 0.26 ~ 0.93,多数大于 0.42,反映为高级成岩—极低级变质作用阶段;测试镜质体反射率为 0.64% ~ 3.60%,属于成岩—极低级变质作用范畴。部分晚古生代地层遭受过动力—热接触变质作用,但影响范围不大,故说明东北地区绝大部分上古生界地层未遭受区域变质作用。

3) 上古生界地层发育四套烃源岩

晚古生代地层发育四套暗色岩系:①发育于早泥盆世泥鳅河组,典型剖面分布于内蒙古牙克石市乌奴耳镇新矿采石厂及北矿老采石厂东侧附近,暗色泥岩、灰岩厚 91.43m。②发育于早石炭世红水泉组和鹿圈屯组,分布于额尔古纳红水泉农场、伊敏地区、西尼气镇及吉林明城镇七间房—钢岔山、磐石市靠山屯和亮子河屯等地,暗色岩系厚 800 余米。③中二叠世哲斯组,在内蒙古科尔沁右翼前旗索伦镇及东西乌珠穆沁旗附近分布,索伦镇暗色泥岩、粉砂质泥岩厚 1919.75m。④晚二叠世林西组,在索伦附近和西乌珠穆沁旗石林附近出露,其中,索伦附近暗色泥质粉砂岩、泥岩、粉砂质泥岩厚度为 509.8m。西乌珠穆沁旗石林附近出露的黑色碳质页岩、暗色泥岩、粉砂质泥岩厚度为 122.6m。

4) 多处剖面证实了上古生界烃源岩曾经发生过油气生成—运移—聚集

关德师等(1999)在野外剖面实测过程中在上古生界地层中发现的 4 处油苗,以及龙江地区济沁河乡老龙头山二叠系孙家坟组二段粉—细砂岩裂缝中赋存的干沥青,刘晓艳等(1997)经油源对比分析认为是由石炭系—二叠系烃源岩本身生成的。这都证实了上古生界烃源岩曾经发生过油气生成—运移—聚集。

四、存在问题

目前,松辽盆地内上古生界地层的研究尚处于起步阶段,研究程度较低,根据已掌握的资料分析,还存在如下亟待解决的问题。

1) 松辽盆地上古生界地层的地震反射特征有待深入研究

松辽盆地岩相变化剧烈,地表地层剖面连续性差,盆地内钻遇上古生界地层的井太少,且无钻穿二叠系地层的钻井,上古生界地层的地震反射特征大多不清楚,故对刻画地层层序格架存在一定难度,亟待建立盆地内部的地层层序格架。

2) 松辽盆地内、盆缘及邻区的上古生界地层缺乏全局性和系统性研究

虽然大庆油田应用钻井、重磁、松深地震剖面等资料,对松辽盆地北部的基底岩性特征、上古生界地层分布范围及厚度变化进行了初步研究,但是还存在如下两个方面的问题:一是盆内钻遇上古生界地层的岩心、岩屑没有进行系统的观察和取样分析;二是盆内和盆缘及邻区缺乏以多重地层划分理论为指导的上古生界地层柱状剖面。另外,区域地层对比研究精度远不能满足生产和科研需要。以上问题导致上古生界地层的发育特征和空间展布等缺乏全局性和系统性研究。

3) 松辽盆地盆内、盆缘及邻区上古生界岩相古地理有待深入系统研究

对松辽盆地石炭纪—二叠纪地层的沉积环境和古气候环境方面的研究很薄弱,各自认识很不一致,仍处于早期研究水平。故松辽盆地盆内、盆缘及邻区上古生界岩相古地理有待深入系统研究。

4) 松辽盆地上古生界盆地成因机制不清

古生界盆地形成的大地构造环境不明,众说纷纭,究竟是西伯利亚大陆南部大陆边缘盆地,还是欧亚大陆内部的裂谷盆地,盆内晚二叠世岩相带展布为北北东向,与南北碰撞挤压的构造格局是不符的;盆地的类型是逃逸盆地,还是走滑拉分盆地,盆地后期经历多期构造运动,盆地是如何形成、发展、叠加和改造的,残留机制是什么,上述问题均有待系统的深入研究。

5) 多期构造热事件对油气成藏的影响程度

松辽盆地上古生界烃源岩发育时代老、埋藏深度大、构造活动期次多,经历了多次构造热事件,导致有机质热演化程度普遍较高,属于高—过成熟烃源岩。多期构造热事件是否是上古生界地层变质的主要因素,构造热事件对烃源岩生烃影响程度如何,能否影响到油气成藏,均有待系统的研究。

6) 现有的地震资料不能满足上古生界地层的评价和勘探需求

松辽盆地的地震剖面主要是针对中浅层和深层勘探,导致基底的上古生界反射特征不清楚,这给上古生界油气成藏条件分析、有利区带优选和勘探部署带来了困难。

7) 盆地的基本石油地质条件还不明确

虽然前期多家单位做了一些烃源岩方面的评价工作,但是烃源岩特征、分布、热演化史及生烃史的研究缺乏系统性,还没有开展相关的储集条件、盖层条件、圈闭条件、保存条件及配套史方面的研究,油气资源勘探潜力如何,油气成藏控制因素有哪些,有利成藏区带在哪,这些还都不明确,有待更深入研究。

总之,松辽盆地上古生界地层勘探和研究程度还较低,本书旨在通过对研究区现有重磁资料的拼合整理,研究本区构造格架,探索上古生界地层分布,为实现松辽盆地及外围上古生界油气勘探的新发现和突破,提供坚实的基础资料。