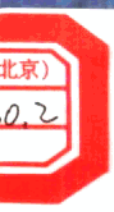


松辽两江地区 石油地质分析

蔡希源 陈章明 王玉华 等著

SONGLIAO
LIANGJIANG
DIQU
SHIYOU
DIZHI
FENXI



石油工业出版社

PETROLEUM INDUSTRY PRESS

松辽两江地区石油地质分析

蔡希源 陈章明 王玉华 等著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书对松辽盆地两江地区的石油地质条件进行了详细的分析。首先,从松辽盆地的构造形成环境与盆地动力条件入手,分析了盆地基底特征和盆地的构造演化特征;其次,分析盆地的构造特征和构造系统;进而分析本地区的沉积体系和储层特征;最后,分析了源岩发育特征及油气封盖和保存条件,并进一步总结了油气成藏模式和控制因素。

本书是近年来对松辽盆地两江地区勘探和开发成果的总结和升华,对于指导本区的进一步勘探和开发有重要的指导意义。

适于从事油气勘探开发的研究人员、工程技术人员及有关院校的学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

松辽两江地区石油地质分析/蔡希源等著.

北京:石油工业出版社,1999.12

ISBN 7-5021-2868-9

I. 松…

II. 蔡…

III. 含油气盆地-油气藏-研究-中国-东北地区

IV. P618.130.2

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第71161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)

地矿部河北地勘局测绘院印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米 16开本 10印张 256千字 印1—1000

1999年12月北京第1版 1999年12月河北第1次印刷

ISBN 7-5021-2868-9/TE·2238

定价:20.00元

前 言

松辽盆地是世界上油气资源十分丰富的大型河流—湖相沉积盆地，盆地面积 26 万 km^2 ，沉积地层为上侏罗统、白垩系、第三系砂泥岩间互沉积，厚度上万米。40 多年的勘探实践证明绝大部分油田均集中分布在中央拗陷区。在这个区不但发现了储量达 40 多亿 t 的特大型油田——大庆油田，而且在其东西两侧的凹陷区还找到了大面积的岩性油气藏。

松辽盆地两江地区是指松花江和嫩江流域，面积约 2 万 km^2 ，全区位于中央拗陷区内，包括古龙凹陷和三肇凹陷南部以及扶新隆起和长岭凹陷北部，石油地质条件十分有利。

两江地区的烃源岩和全盆地一样主要发育于伸展断陷和热沉降拗陷两个阶段，其中以热沉降拗陷阶段的青山口组一段和嫩江组一段烃源岩有机质含量最高。烃源岩母质为由淡水—半咸水藻类和高等植物经类脂化形成的腐泥型干酪根，在高地温梯度的外界因素作用下，成烃门限浅，生烃效率高，生烃强度大，油源丰富，为两江地区油气聚集提供了物质基础。

两江地区发育有扶余—杨大城子油层和葡萄花油层两套砂岩储层。扶余—杨大城子油层储层为来自南部物源的浅水三角洲河道砂体沉积，错迭连片大面积分布在该区的东部。葡萄花油层储层为来自北部和英台两个物源的河—湖三角洲透镜砂体和席状砂体沉积，在该区西部较发育。两套储层与烃源层和盖层相匹配，纵向上构成了上生下储、下生上储和自生自储三种生储盖组合类型。不同的生储盖组合运移方式有所差异，上生下储组合运移方式以垂向运移为主，运移通道为断层及其伴生的裂缝组成的网状运移通道，运移动力为超压；下生上储组合运移方式以侧向运移为主，烃源岩中生成的油气先垂向运移排入储层，然后再侧向运移；自生自储组合的油气就近排入岩石裂缝中，形成裂缝油藏。

研究区有利的成藏条件良好的匹配形成四种成藏模式：①构造高部位与砂体匹配构成油低势区内背斜油藏和构造—岩性油藏；②断层沟通烃源岩与条带

状砂体和透镜状砂体形成断层—岩性油藏；③源岩内油气初次运移形成的砂岩透镜体岩性油藏；④构造应力和流体高压匹配形成泥岩裂缝油藏。平面分布规律较强，前两种成藏模式主要分布在凹陷的边部，后两种成藏模式主要分布在凹陷中部。

全书共分七章，前言由蔡希源执笔；第一章由云金表、张惠、王玉华执笔；第二章由云金表、蔡希源执笔；第三章由辛仁臣、王玉华、马明霞执笔；第四章由付广、马金龙、李本武执笔；第五章由辛仁臣、金昌东、何海全执笔；第六章由付广、马明霞执笔；第七章由陈章明、蔡希源执笔。全书由蔡希源、陈章明统稿和定稿。本书在编写的过程中得到浙江大学楼章华教授、大庆石油管理局勘探开发研究院科技人员和吉林油田研究院科技人员的大力支持，在此一并表示感谢！由于作者水平有限，书中难免有谬误之处，敬请广大读者不吝指正。

目 录

第一章 构造形成环境与盆地动力学	(1)
第一节 深部地壳结构及盆地基底特征	(1)
第二节 深大断裂及火山岩特征	(4)
第三节 盆地构造演化特征与动力学机制	(6)
第二章 构造特征和构造系统及发育史	(10)
第一节 构造面貌与主要构造样式	(10)
第二节 断陷层构造特征分析	(14)
第三节 拗陷层构造特征	(17)
第四节 构造带及局部构造成因类型	(21)
第五节 构造系统分析	(22)
第六节 局部构造发育史分析	(29)
第七节 构造与沉积作用的关系	(32)
第三章 沉积体系分析	(35)
第一节 沉积体系类型及特征	(35)
第二节 沉积体系域划分	(47)
第三节 沉积体系分布规律	(51)
第四节 沉积体系演化规律及沉积模式	(55)
第四章 烃源岩发育特征及成油条件分析	(57)
第一节 烃源岩发育的有利地质条件	(57)
第二节 烃源岩演化的有利地质条件	(59)
第三节 烃源岩的成油条件	(60)
第四节 油源对比	(65)
第五章 砂岩储层特征	(73)
第一节 砂体成因、形态、规模	(73)
第二节 储层岩石学特征	(79)
第三节 砂岩储层成岩作用	(83)
第四节 砂岩储层储集物性特征	(89)
第六章 油藏形成的封盖及保存条件	(96)
第一节 盖层的宏观发育特征	(96)
第二节 盖层微观封闭特征	(98)
第三节 区域性盖层封盖能力综合评价	(104)
第四节 断层封闭—开启特征	(106)
第七章 油气成藏模式及其控制因素	(117)
第一节 生储盖组合类型与分布	(117)
第二节 油气运移的通道	(118)

第三节	油气运移的动力.....	(123)
第四节	成藏要素匹配史.....	(129)
第五节	成藏模式及其控制因素.....	(131)
第六节	油田分布规律及其控制因素.....	(141)
参考文献		(149)

第一章 构造形成环境与盆地动力学

第一节 深部地壳结构及盆地基底特征

一、深部地幔隆起和地壳层圈结构

沉积盆地不论在什么机制下产生，无疑都离不开壳幔的相互作用。壳幔的相互作用一方面通过地壳减薄、增厚加以表现；另一方面地幔物质可以通过断裂加入到地壳之中。壳幔相互作用使地壳（或岩石圈）发生均衡调整，从而产生盆地—山岭的变形格局及其相应的热体制及其转变。因此，地幔形态和地壳结构是盆地形成、演化的重要地质条件。因为岩石圈流变性质直接影响了岩石圈的强度的变形特征（宋子新，1996；Ranallie, 1987）。

区域莫霍面埋深图（图 1-1）表明，松辽盆地深部为明显的地幔隆起区，隆起最高点莫霍面埋深小于 29km。地幔隆起区范围与松辽盆地范围有良好的对应关系，并且与目前地热和沉积盖层厚度成明显的镜像关系。莫霍面等深线基本上呈北东—北北东向展布，从中间向东、西两侧逐渐变深，最浅位置在古龙—长岭一带，这也是沉积盖层厚度最大的部位，可见地幔隆起是盆地形成的重要地质背景，地幔物质的热动力以及上隆引起地壳上部扩张是成盆早期的主要动力源。同时它预示松辽盆地比邻区弹性岩石圈深度浅。在盆内北部较南部浅。

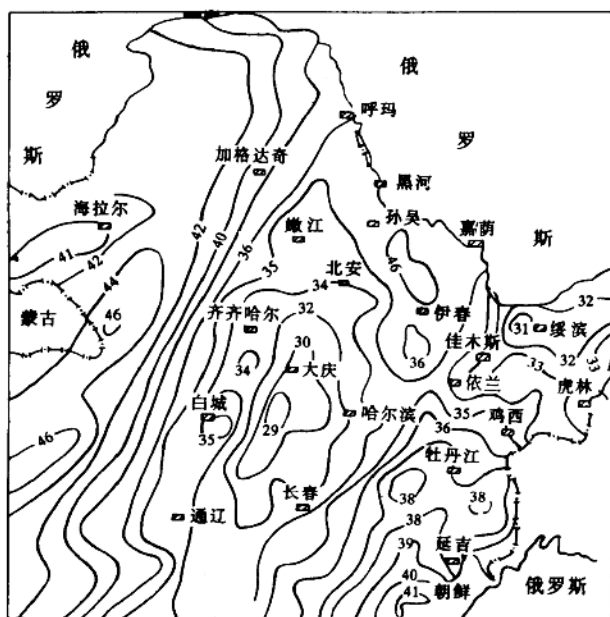


图 1-1 中国东北地区莫霍面起伏图（等值线单位，km）

不仅如此,松辽盆地及东北地区莫霍面以上的地壳具有明显的层圈结构,在鄂伦春至佳木斯、额尔古纳右旗至林口、满洲里至绥芬河三条航磁大剖面、满洲里—绥芬河地学断面和松辽盆地松 I 地震大剖面等反映深部地壳信息的资料上都有明显的显示。

松辽盆地及周边地区的地壳可分上地壳、中地壳和下地壳三个层圈,且在上地壳和中地壳两个层圈之间还夹一段低密度层。如在满洲里—绥芬河重磁综合解释剖面(图 1-2)上,上地壳埋深 16~20km,平均密度为 $2.6\text{g}/\text{cm}^3$;中地壳埋深为 23~28km,平均密度为 $2.75\sim 2.89\text{g}/\text{cm}^3$;下地壳埋深 29~45km,平均密度为 $3.0\sim 3.1\text{g}/\text{cm}^3$ 。在上地壳与中地壳之间存在一个平均密度为 $2.45\text{g}/\text{cm}^3$,厚度为 2~5km 的低密度层,其顶面埋藏深度为 18~20km。

1994 年长春地质学院完成的满洲里—绥芬河地学断面成果也发现在埋深 18~20km 存在一个电阻率只有 $3\Omega\cdot\text{m}$ 的低阻层,以致造成深部大地电磁信息接收不到。

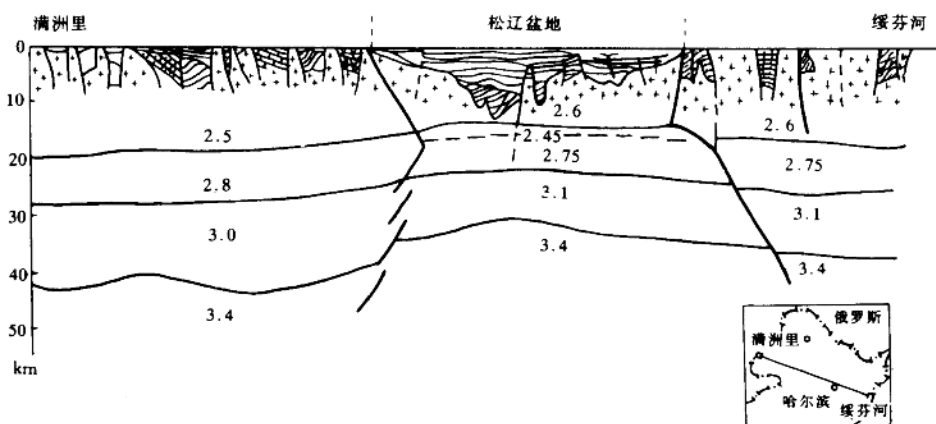


图 1-2 满洲里—绥芬河重磁综合解释剖面

对横穿松辽盆地的松 I 地震大剖面分析表明,在 16~20km 深度存在一个速度为 $6.3\sim 6.7\text{km}/\text{s}$ 的低速层。利用深度剖面下延,这一深度可能更浅,于 12km 开始出现拆离面。

综上所述,松辽盆地地壳可分为三个层圈,且在上地壳与中地壳之间存在低密度、低电阻的高导层或软弱带,其深度大致在 15~20km。它一方面是上地壳的拆离面,另一方面也可能是地壳内岩浆房存在的部位,是上地壳发生变形的重要边界条件。这种多层圈地壳结构是后期多层圈拆离伸展作用,形成具有现今特色盆地的前提条件。

二、盆地基底地质结构及其演化

松辽盆地基底主要由古生代浅变质岩系和部分前古生代深变质岩系以及侵入其中的花岗岩类组成。前古生代深变质岩系以星云状分布,古生代、特别是晚古生代的陆表海(萎缩海)浅变质岩系或未变质的沉积岩系围绕其周缘分布,同时有大面积的华力西和燕山期花岗岩侵入体。

对于松辽盆地基底的大地构造属性和演化,历来认识不一。持槽台观点的大多数学者认为属兴蒙地槽褶皱带的一部分,部分学者也有认为是属准地台或稳定地块的。持板块观点的学者则认为属微板块与拼贴的陆壳两种观点。

通过对区域陆壳建造、改造和陆壳成熟度三方面分析,我们认为松辽盆地基底的陆壳成分并非是统一造陆环境下的产物,而是一个拼贴陆壳。大致以孙吴—双辽断裂带为界,西侧为西伯利亚板块中海西期至早印支期由北向南侧向增生的陆壳成分;东侧为布列亚—佳木斯地块和边缘增生成分组成,其中晚元古代具有陆壳性质的岩片可延至孙吴—双辽断裂一带。盆地南部在西拉木伦河断裂带以南,由华北板块北缘及增生成分组成。因此,松辽盆地基底构造演化的前中生代发展过程是一个古生代大洋不断关闭、陆缘增生带及中间地体相互拼贴、聚合、碰撞的构造演化过程,具有复杂的构造演化历程和复杂的构造成分(图 1-3)。松辽盆地恰恰发育在陆壳拼合的缝合基底上,地壳成熟度不高,受构造薄弱带控制明显。因此,盆地基底的拼贴陆壳性质决定了盆地的发育部位。

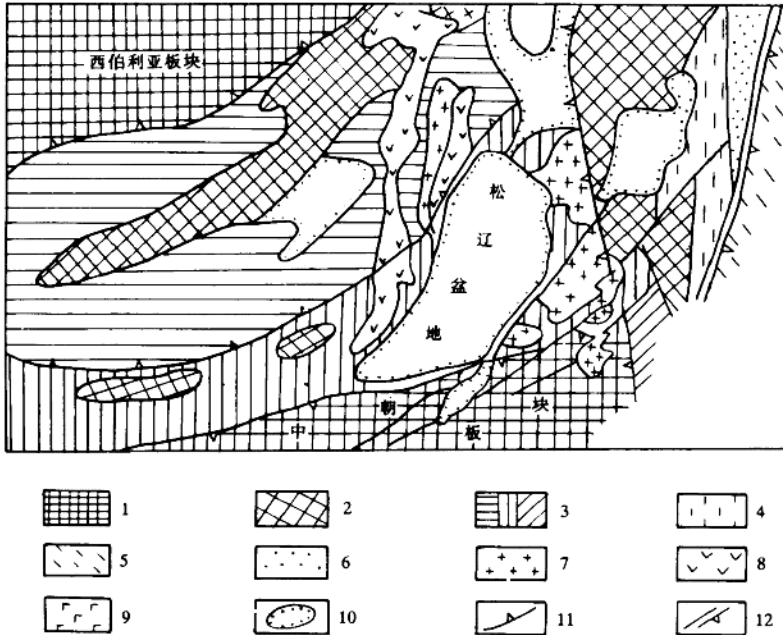


图 1-3 松辽及邻区基底构造区划

- 1—太古代—元古代克拉通; 2—晚元古代—早寒武世克拉通; 3—古生代沟弧系岩石组合;
4—J—K₁ 蛇绿混杂堆积; 5—K₂—E 蛇绿混杂堆积; 6—鄂霍茨克板块残片;
7—晚海西—印支期花岗岩; 8—侏罗—白垩纪 CA 火山岩带; 9—新生代幔源玄武岩;
10—中生代非海相盆地; 11—板块缝合线或陆—陆碰撞造山带; 12—地体拼贴带

自中生代以来盆地区进入了滨太平洋构造域构造演化阶段。早期于早中侏罗世,可能为挤压机制,形成华夏、新华夏构造体系成分(据李四光, 1975)。进入中侏罗世末期开始了区域性拉张阶段。因此在基底中发育北北东、北西向的中生代早期断裂系,如滨洲断裂带,第二松花江断裂带等北西向断裂带和大量的北北东向断裂。

第二节 深大断裂及火山岩特征

一、深大断裂展布与盆地构造格局

据重磁资料解释, 松辽盆地基底发育北东—北北东向和北西西向两组深大断裂系。按照张文佑 (1984) 的深大断裂分类标准, 可将其分为岩石圈断裂、地壳断裂和基底断裂等不同级别。

岩石圈断裂主要有三条, 走向为北北东向展布, 它们是盆地西部边界的嫩江断裂、盆地中央的孙吴—双辽断裂 (可细分为德都—哈拉海断裂、黑鱼泡—大安断裂、北安—大庆断裂)、盆地东部的依兰—伊通断裂。

壳断裂主要有北北东向的依安—镇赉壳断裂、绥棱—肇东隐伏壳断裂和北西西向的滨洲壳断裂。

基底断裂主要有北北东向的海伦—肇洲断裂, 北西西向的坦途—第二松花江断裂、扎赉特旗—肇源断裂、富裕—绥化断裂、依安—海伦断裂等。

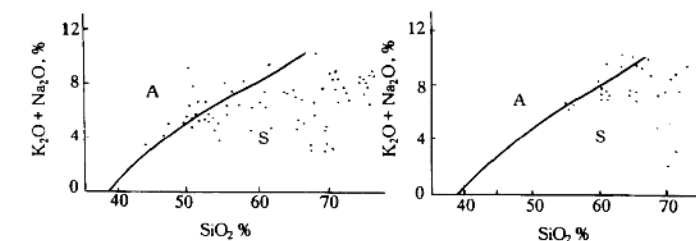
这些北北东向和北西西向深大断裂将盆地基底切割成一系列菱形块体, 并控制着盆地的形成与发展, 盆地构造格局和次级构造带的形成和展布。不同级别的北北东向深大断裂控制着断陷期伸展断裂的发育、断陷的形成与演化以及构造带的展布; 构造反转期北北东向深大断裂的走滑扭动形成了一系列中浅层反转构造带; 北北东向深大断裂是控制盆地构造格局和次级构造带沿北北东向展布的主导因素。北西西向深大断裂在盆地形成和演化过程中主要起调节和分割作用, 是造成盆地构造格局南北分块的主控因素。

二、火山岩岩石化学特征

火山岩形成于地幔或地壳深部, 它是壳幔相互作用或构造热事件的直接反映。据都城秋惠等 (1976) 研究, 火山岩系列与板块构造环境密切相关, 钙碱性火山岩系列集中分布于岛弧及活动大陆边缘, 而大陆内裂谷以拉斑玄武岩系列与碱性火山岩系列为主, 几乎不出现钙碱性火山岩系列。对松辽盆地北部 74 个样品、法库—彰武地区 28 个样品分析表明, 松辽盆地北部属钙碱性系列的样品 48 个 (65%), 法库—彰武地区属钙碱性系列的样品 23 个 (82%)。显然, 松辽盆地火山岩带是以钙碱性系列火山岩为主, 拉斑玄武岩系列和碱性系列仅占少数 (图 1-4), 具岛弧及活动大陆边缘火山岩特征。Log σ - log τ (σ 为里特曼指数, τ 为戈蒂里指数) 图解表明, 松辽盆地北部及法库、彰武地区火山岩全部落在 B 区 (图 1-5), 揭示该区属岛弧及活动大陆边缘构造环境。

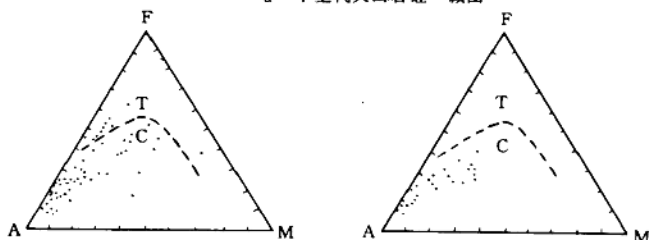
法库—彰武地区火山岩稀土元素分布模式为轻稀土富集型, 比岛弧安山岩稀土分布模式斜率大, 与俯冲带大陆安山岩稀土分布模式近似, 但略显轻稀土富集 (刘德来, 1994)。因此, 中生代松辽盆地应为与洋壳俯冲有关的活动大陆边缘, 属陆缘弧板块构造环境。

SiO₂ % 频率分布表明, 大陆裂谷区以基性岩和酸性岩为主, 出现双峰, 很少出现中性岩, 而弧后造山带是以大量中性岩 (安山岩) 为主, 为单峰模式。松辽盆地北部及法库、彰武地区火山岩 SiO₂ % 频率直方图 (图 1-6) 都显示双峰模式, 峰值范围相当于中性岩 (松辽盆地北部偏基性) 和酸性岩。因此, 反映松辽盆地具有裂谷盆地性质。由此推断松辽盆地侏罗纪及白垩纪早期属陆缘裂谷盆地。



A. 碱性系列; S. 亚碱性系列; 左. 松辽盆地北部; 右. 法库、彰武

a 中生代火山岩硅-碱图



T. 拉斑玄武岩系列; C. 钙碱性系列; 左. 松辽盆地北部; 右. 法库、彰武

b 火山岩 A-F-M 图

图 1-4 松辽盆地火山岩系列图解

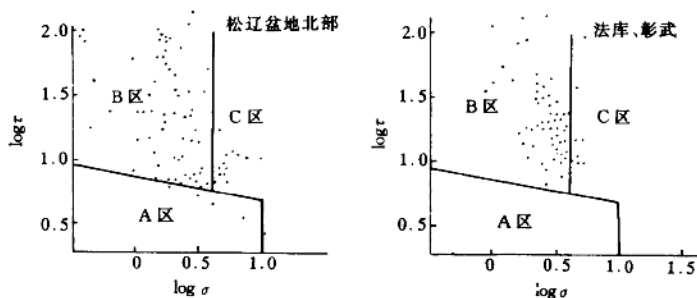


图 1-5 松辽盆地火山岩 $\log\sigma$ - $\log\tau$ 图解

A 区—板内稳定构造区; B 区—岛弧及活动大陆边缘区; C 区—A 区与 B 区演化的碱性岩区

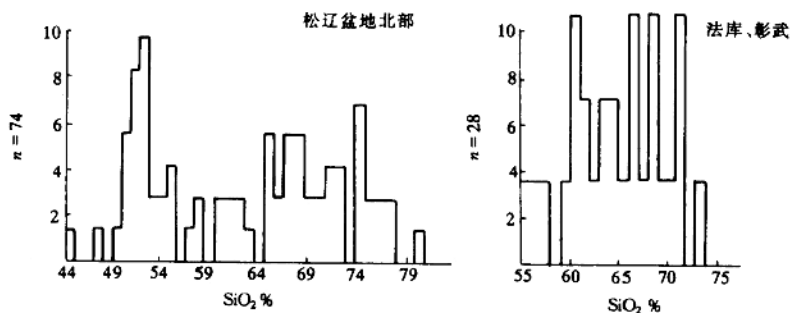


图 1-6 松辽盆地火山岩 $\text{SiO}_2\%$ 频率直方图

第三节 盆地构造演化特征与动力学机制

一、松辽盆地构造演化阶段

关于松辽盆地的成因和演化,前人曾做过大量的工作,并取得了盆地由断陷、拗陷到萎缩发展过程的基本共识。针对盆地构造特征、地层沉积充填、空间展布,以及火山岩特征,提出了目前具有代表性的两种演化模式,即热隆张裂—断陷—拗陷—萎缩模型(高瑞祺,1990;陈发景,1990)和伸展滑脱模型。伸展滑脱模型是目前国际上流行的模型,它是基于全球上地壳底部存在流变带,地壳上部广泛发育的低角度犁式张性断裂系及箕状断陷为依据。松辽盆地松 I 地震大剖面及多种重磁和地球物理资料证实上地壳有拆离带或软弱带存在,而且盆地断陷层内断层面倾角普遍较小,这些事实说明这一模式更切合松辽盆地的实际。为此,我们试图用伸展滑脱模型加以新的解释,将松辽盆地构造演化分为四个阶段(图 1-7)。

1. 热隆张裂期(前裂谷期)

热隆张裂期主要发生于晚侏罗世。由于太平洋板块俯冲、增压,地幔物质上涌沿断裂喷发。因而全区广泛发生张裂和强烈的火山活动,并形成广泛分布的火山岩。这套火山岩在盆地内部的地震剖面上普遍存在。然而与盆地周边相比,盆地中的火山岩无论厚度上还是在面积上都逊色得多;且无论是区域上、还是盆地内,火山岩的分布与断裂展布都有十分密切的关系。说明张裂时断裂角度较高,是断裂导致的岩浆喷发,断裂形成的断隆,断裂间地幔压力降低,地壳总体沉降,形成盆地。

松辽盆地滨洲断裂以北火山岩不发育,以南较发育,中央古隆起以西较以东发育。说明滨洲断裂以南较以北断裂发育,西部较东部断裂发育。这也是后期构造迁移的主要原因之一。

2. 伸展断陷期(裂谷期)

由于岩浆房的形成和喷发,地壳产生明显起伏,加之地幔热作用的减弱,故而热隆期高角度断裂逐渐被摒弃,取而代之为上地壳低角度断层和断块的掀斜,断裂带向深部变形,最终消失在上、下地壳之间的韧性剪切带或上地壳之中。

在上述变形体制下,由于大兴安岭向东总体变低,所以断裂系总体向东倾斜。又因古中央隆起带为断隆带,故东西差异明显。东区火山岩相对较少,主要为壳变形,故断层倾角相对较小,伸展量大,构成西断东超的箕状断陷盆地群;西区火山岩相对较发育,变形岩石圈深度大,故断层面倾角较大,伸展量较小,形成地堑式断陷盆地群。

3. 热沉降拗陷期(后裂谷期)

侏罗纪末,全区经历了挤压抬升的构造改造过程,它一方面使侏罗系顶部大部分地区遭受剥蚀,另一方面也形成了一部分挤压变形构造,如郝家粉房构造。白垩纪初期盆地进入热沉降阶段,但先存断裂部分仍有一定活动,故登娄库组下部仍受断层影响,以后逐渐进入规模沉降时期,沉降中心逐渐向盆地中心迁移,古中央隆起幅度、面积逐渐变小、直至消失。这种过程一直持续到嫩江组沉积末期。不过拗陷期不完全是稳定的沉降,其中也存在阶段性的拉张。发育于 T_1 — T_4 层之间的滑脱型正断层组合就是这一作用的产物。其中泉头组、青山口组沉积时这种拉张可能更为活跃,故在断裂上有火山岩发育(如金 6 井)。由于本期拉张量相对较小,故正断层组合仅出现在基底大断裂的上方,且没有明显的地貌反差。

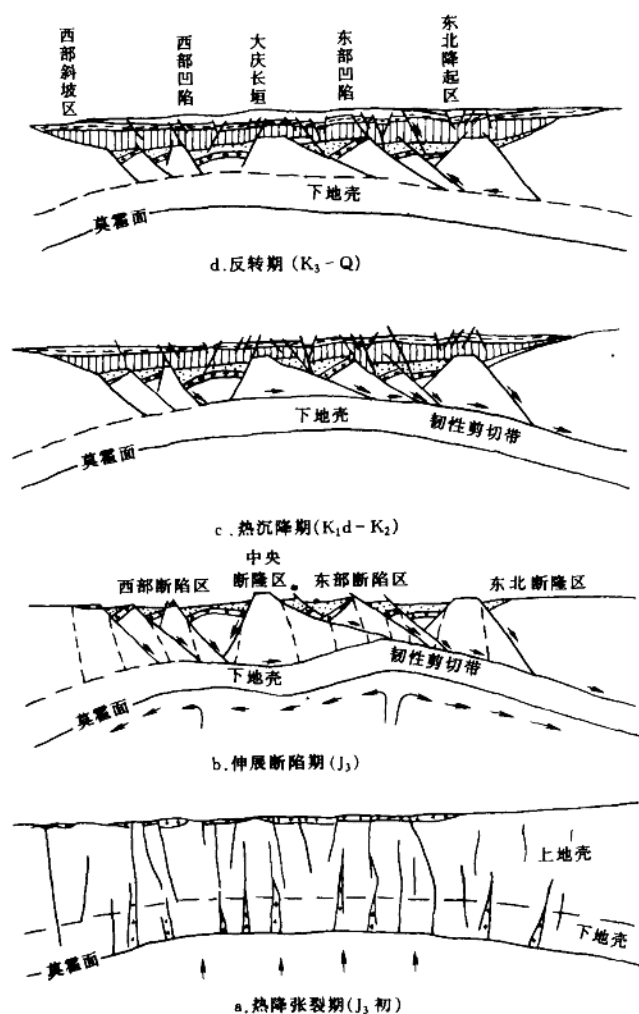


图 1-7 松辽盆地构造演化模式图

4. 构造反转期

中白垩世末期，由于太平洋板块俯冲加强和周缘板块的不均衡挤压作用，本区总体上为挤压应力场作用区，故总体上表现为抬升和挤压。它一方面奠定了盆地现代构造格局，另一方面发育了上白垩统超补偿型沉积。白垩纪晚期和第三纪末期，由于日本海的扩张，对大陆的挤压作用进一步加强，从而导致了全区强烈褶皱和基底断裂走滑变形及局部逆冲反转，形成了现今构造格局。第三纪以来盆地西部（即沿孙吴—双辽一线）沉降幅度很大，盆地其它地区仅以深部断裂向上延伸为特征，故有人称之为地动期（罗志立，1992）。

二、松辽盆地形成和演化的动力学机制

松辽盆地的形成与那丹哈达地体和太平洋板块向西俯冲造成的双俯冲构造体制密切相关

关。它促使以松辽盆地轴线为中心的地幔向上隆起,中上地壳部位岩浆房产生,从而开始全面张裂过程。由于这种壳幔调整是在切割深度不同的深大断裂控制下发生的,因此形成了盆地—山岭构造,且山岭以火山岩发育为特征,盆地中则形成下部为火山岩,上部为正常沉积岩的二元地层结构。在大断裂带之间的块断发生浅层的伸展拆离,形成以张性断块为主、隆凹相间的盆内构造格局。

松辽盆地发育在具三层地壳层圈结构的地幔隆起背景上,深断裂发育的盆地区,不仅具有张性断块构造的断陷层,同时后期地幔冷却还产生了大面积拗陷盆地。因此松辽盆地是在非均质层状岩石圈隆起,开放式壳幔均衡调整机制下形成的活动陆缘裂谷型盆地。

那丹哈达地体和太平洋板块在中生代早、中期向欧亚板块之下俯冲的板块运动机制,以及欧亚板块与印度板块的相互作用机制,决定了中国东北地区左行剪切—挤压的构造应力场态势。在中晚三叠世一早中侏罗世时期,中国东北地区在挤压作用下隆起,后期壳幔作用加强,东西向拉伸明显增强。然而由于两种体制共存,所以早期形成北北东、北西西两组断裂网络,后期由于垂向作用加强,故后期北北东向断裂受到拉张伸展作用,形成雁列式断陷盆地群。在盆地内部由于继承了早期断裂网络,因此常出现狗腿状断裂形式。

剪切—拉张或挤压作用与地幔垂向作用两种机制共存,又是盆地多期拉张和形成多期构造反转作用的动力来源。松辽盆地及周缘中生代沉积盆地的构造演化表明区域构造应力场曾明显发生多次反转,这种大区域性的应力场转化需从更大范围的板块构造活动来探讨。人们早期只从太平洋板块与欧亚板块的相互作用来寻找原因,但未曾获得满意的答案,因为没有任何证据表明两大板块相互作用的方向反转。

从 70 年代后期,一些学者开始考虑印度板块与欧亚板块相互作用在中国东北部中生代构造形成演化中的作用, Molnar 和 Tapponnier (1975, 1977) 提出的滑移线场理论提供了新的思路。事实上解释中国东部的构造演化问题时需要兼顾北面、东面和西南面三个方向板块的相互作用,许多学者注意到了中国大陆受三个方向挤压作用的地质背景(阎敦实等, 1985; 朱夏, 1983)。李思田等(1990)利用三向不均衡挤压模式较合理的解释了中国东部陆内的构造事件,阐明了岩石圈构造应力场多次转化的机制。

早、中侏罗世期间,库拉—太平洋板块快速向北运动,使整个中国东部显示了强烈的左旋压扭性质的构造变形。西伯利亚板块与中国陆块碰撞后继续向南挤压,蒙古—鄂霍茨克海槽的扩张也产生向南挤压的效应。在西南方向上,特提斯洋板块向北大幅度移动。这几种因素在中国东部造成以挤压应力为主的古构造应力场,最大主压应力轴向为 NW—SE 向,地壳应变主要表现为挤压性质。近年来在松辽盆地南部,辽西地区发现的中侏罗统火山岩与推覆体,可能是该期的产物。

晚侏罗世至早白垩世早期,库拉—太平洋板块由 NNW 方向向欧亚板块俯冲消减,但在中侏罗世末期强烈的构造运动和大规模岩浆侵入事件之后,库拉—太平洋板块对中国大陆的挤压作用明显减弱,中国东部构造运动的主要表现是上升和遭受侵蚀。此时冈瓦纳体系向北推进的速率不断增大,中国西南方向的挤压在此时期超过东南和东面的挤压,从而造成扭动方向的巨大变化,中国东北部及邻区处于右旋张扭应力场中,因而触发了大规模的裂陷作用,形成了东北地区晚中生代断陷盆地群。

白垩纪中期,库拉板块消亡,东北亚洲陆缘岛弧形成,太平洋板块向 NNW 方向强烈挤压并伴有左旋走滑,使中国东部再次遭受到强大的挤压。与此同时蒙古—鄂霍茨克海槽的封闭亦造成向南的挤压力。在西南方向上印度板块继续向北运动。在上述三向挤压状态下,以

来自 NNW 方向的挤压和剪切最为强大, 构造应力场再次发生重大变革, 使中国东北部及邻区又处于左旋压扭状态。从松辽盆地构造反转作用来看, 这一构造应力场反转一直作用到白垩纪末期, 并且是波动性或间歇性的, 较强烈期主要有嫩江组沉积末期和明水组沉积末期。

早第三纪, 印度板块与欧亚大陆碰撞, 并挤入欧亚大陆, 在欧亚大陆内部造成强大影响。菲律宾板块从太平洋板块分离并继续向 NNW 方向运动, 太平洋板块的运动方向则由 NNW 转向 NWW。这一时期印度板块向北的挤压和楔入造成的影响占压倒优势, 郯庐断裂等 NNE 向断裂发生右旋扭动, 中国东部及邻区处于右旋张扭应力场作用下, 发生强烈的裂陷作用。

自始新世至中新世强烈挤入欧亚大陆的印度板块继续向北俯冲, 西藏地区地壳大幅度缩短, 至中新世晚期由于应力松弛, 全区强烈隆升。此时对中国大陆内部的影响大为减弱。在欧亚大陆以东, 日本海和冲绳海槽的扩张主要自中新世开始, 弧后扩张作用减弱了太平洋板块向 NNW 向俯冲对大陆的影响。因此, 中国东部裂陷作用衰减, 转化为大面积的地表回沉。

正是由于晚中生代以来太平洋板块、欧亚板块和印度板块的三向不均衡挤压作用的结果, 导致了我国东部地区区域应力场剧变或扭动方向的多期反转。因此, 也就为松辽盆地及东北地区中生代沉积盆地的形成演化提供了区域动力学背景。

三、断陷盆地原型讨论

关于松辽盆地的类型及性质, 目前还没有取得统一的认识, 主要观点有: 弧后盆地 (高名修, 1979), 克拉通内复合型盆地 (高瑞祺等, 1980; 杨万里等, 1980; 杨继良, 1980), 克拉通内裂谷盆地 (童崇光, 1980), 双岩浆弧后裂谷盆地 (张恺等, 1981), 新克拉通内复合盆地 (程学儒, 1982), 弧后内陆裂谷盆地 (杨祖序等, 1983), 克拉通内转化型盆地 (高瑞祺等, 1985、1995), 陆内裂谷盆地 (陈发景, 1990; 郭占谦, 1996)。

前面已经述及, 松辽盆地基底属拼贴陆壳性质, 地壳成熟度不高; 从板块构造环境看, 松辽盆地早期断陷期具有活动陆缘性质。松辽盆地早期陆相断陷, 中期拗陷和晚期构造反转的构造演化特征, 以及火山岩主元素 $\text{SiO}_2\%$ 频率分布的双峰特征都说明松辽盆地是典型裂谷盆地。盆地盖层以陆相沉积地层为主, 但于最大沉降期的青山口期和嫩江期有与海水沟通迹象, 因此松辽盆地应为活动陆缘裂谷型盆地。

第二章 构造特征和构造系统及发育史

第一节 构造面貌与主要构造样式

构造作用的直接表现是盆地的沉降与盖层的构造形变。因此盆地现今构造面貌与构造样式是盆地构造演化的直接标志。同时这种面貌也是盆地内成藏要素与圈闭形成、油气运聚的主要控制因素之一。

一、盆地盖层的双重结构

松辽盆地地震剖面（图 2-1）清晰地反映出，盆地盖层具有明显的双层结构，地震 T_4 反射层（相当于侏罗系顶面）之下为断层控制的断陷构造层，其上则为拗陷构造层。断陷构造层和拗陷构造层既有继承性，又有差异性。断陷构造层分割性强，几乎均受北北东向为主的生长正断层控制，形成一系列呈北北东向展布的孤立断陷或断陷群。断陷内沉积厚度和岩性差异性大，总体上以火山岩、火山碎屑岩和含煤碎屑岩沉积为特征。拗陷层构造平缓、具有统一拗陷沉降中心，形成多套河流—湖泊相碎屑岩沉积的含油气组合。

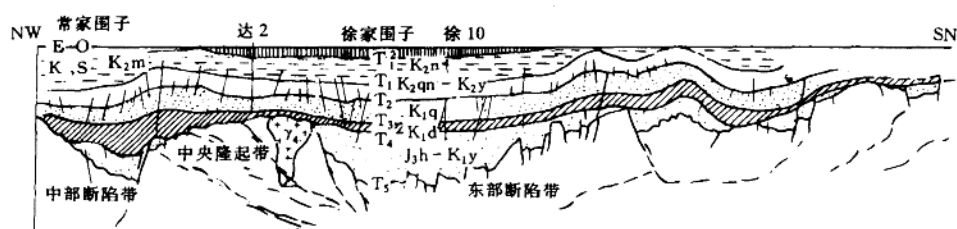


图 2-1 松辽盆地松 I 地震反射剖面

二、基底构造和伸展构造的作用

松辽盆地深层构造格局具有东西分带、南北成块的基本特征，明显受基底构造（主要是深大断裂）和伸展构造作用控制。北北东向深大断裂的大规模伸展活动，形成断陷和断垒相间排列；北西西向深大断裂在伸展过程中的垂向调节作用控制北北东向断陷的南北边界并造成分割效应。伸展构造作用的应力场特征使得北北东向深大断裂和北西西向深大断裂产生不同的活动方式和伸展机制，造就了松辽盆地深层构造格局。

根据松辽盆地北部深层构造单元划分方案，研究区涉及西部断陷区、中央断隆区、东南断陷区三个一级构造单元，为两断夹一隆，总体上构成凹隆相间的构造格局。西部断陷区包括林甸断陷、常家围子断陷、古龙断陷和大庆断阶带。该区断陷沉积厚度大，侏罗系厚度超过 3000m，一般在 1200~2000m 之间。据地震相研究及钻井资料，侏罗系以河流相、湖泊相和洪积相等沉积为主，夹少量火山岩（玄武岩、中酸性火山碎屑岩）。该区内断陷样式以不对称地堑式断陷为主，缓倾断层控制断陷深凹一侧，陡倾断层控制断陷浅凹一侧。侏罗系断陷边界断层的倾角以中倾角 $35^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 为主，林甸—常家围子断陷边界断层相对较缓，平