

松辽盆地北部向斜区 岩性油藏勘探认识与实践

萧德铭 迟元林 蒙启安 付 广 著

石油工业出版社
Petroleum Industry Press

松辽盆地北部向斜区 岩性油藏勘探认识与实践

萧德铭 迟元林 蒙启安 付 广 著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书系统地总结了松辽大型陆相拗陷湖盆向斜区岩性油藏形成的地质背景,以大庆油田二十多年的勘探实践为基础,分析了岩性油藏的成因机制和发育类型,指出了岩性油藏的形成条件和分布规律,提出了拗陷早期相对稳定的构造沉降为形成大面积岩性油藏创造了条件,大型河流三角洲沉积体系为岩性油藏的形成奠定了物质基础,错叠连片的河道砂体和大型三角洲前缘相带控制了岩性油藏的宏观分布,向斜区岩性油藏具有“近水楼台先得月”的成藏优势。为进一步实施精细勘探,提高岩性油藏的勘探效率提供了理论依据。

本书可供从事石油天然气地质研究的科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

松辽盆地北部向斜区岩性油藏勘探认识与实践/萧德铭等著.
北京:石油工业出版社,2005.5

ISBN 7-5021-5006-4

I. 松…

II. 萧…

III. 含油气盆地-岩性油气藏-油气勘探-东北地区

IV. P618.130.208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 015283 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号楼 100011)

网 址:www.petropub.cn

总 机:(010) 64262233 发行部:(010) 64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:河北省欣航测绘院印刷厂印刷

2005 年 5 月第 1 版 2005 年 5 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:9.25

字数:230 千字 印数:1-1000 册

定价:25.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

前言

油气勘探实践表明,松辽盆地的油气勘探历史,是一个依靠地质认识不断深化,从而带来勘探成果重大突破的历史。20世纪五六十年代陆相生油理论的建立和发展,带来了中国石油工业的历史性突破,探明了大庆长垣特大型油气田。近20年来,随着油气勘探程度的不断深入和勘探技术的迅猛发展,松辽盆地的油气勘探逐步由正向构造带转向大庆长垣两侧的向斜区,在丁贵明、高瑞祺等专家领导的倡导和组织下,大庆油田广大科技工作者勇于实践,积极探索,逐步发展和完善了向斜区岩性油藏勘探理论和技术,找到了大面积分布的多种类型的岩性油气藏,三级储量总和达 $20 \times 10^8 \text{t}$ 。这不仅展示了松辽盆地岩性油藏形成与发育的有利条件,而且为松辽盆地下一步油气勘探开拓了新的勘探领域,也为老油区突破找到了新的方向。然而,由于岩性油气藏有其形成的特殊性,其隐蔽性强,不易发现,这在一定程度上制约了岩性油藏成藏理论及勘探的发展。因此,分析和总结向斜区岩性油藏成藏特征,对于松辽盆地的油气勘探具有重要意义。

在早白垩世中期,太平洋板块俯冲作用加强,松辽盆地形成左旋转换引张应力机制,使盆地大幅度沉降,在35Ma内沉积了一套厚达3000m的砂、泥岩互层的河湖三角洲沉积体系。由于区域构造作用稳定,凹陷继承性沉降,使各个时期的沉积中心与沉降中心相互叠置,湖水多次进退使砂质储集体插入到生油岩体中,或与生油岩呈纵向接触关系,形成了各种类型的岩性油藏。

在地层发育过程中,由于受基底构造沉降、气候、沉积物供给等因素变化的影响,使得湖平面频繁波动,湖岸线进退交替变化,导致纵向上砂泥岩交互沉积,形成了多套含油组合。在平面上每个时期都沉积了不同环境下的形态各异、大小不一的砂岩体,成为有利的储集空间,在河道及三角洲前缘相的砂泥岩交互沉积相带形成了多种类型的岩性圈闭。

在盆地中沉陷期的青山口组和嫩江组烃源岩有机质最为丰富,生油岩的主要母质为淡水一半咸水藻类和高等植物经类脂化形成的腐泥型干酪根,成熟门限浅,生烃效率高,油源丰富,构成了岩性油藏形成的物质基础。

松辽盆地具有砂岩透镜体、河道砂、砂岩上倾尖灭、构造—岩性、岩性—构造和断层—岩性和岩性—断层等多种类型的岩性油藏。它们普遍具有以下特点:①薄互层、中低孔、低渗;②原油具有较高的密度、粘度、含蜡量、凝固点和含胶量;③具有较高的地层水矿化度、氯离子含量;④无统一的压力系统和油水界面;⑤产能低,气油比低。

根据松辽盆地岩性油藏形成与分布的控制条件分析和总结,进一步完善了向斜区岩性油藏成藏理论,提出了松辽盆地岩性油藏的成藏特征为:①拗陷早期相对稳定的构造沉降为大面积岩性油藏的形成创造了条件;②大型河流—三角洲沉积体系为大面积岩性油藏的形成奠定了物质基础,河道及三角洲前缘相带是岩性圈闭发育地区;③砂体横向上连通性差、相变快,广泛发育的断层为油气向岩性圈闭中的运移提供了通道,油气横向运移距离短,以垂向运移为主;砂体空间上错叠连片,形成了大面积含油气的场面,但含油范围明显受成熟烃源岩控制;④受成熟烃源岩控制,向斜区岩性油藏具备“近水楼台先得月”的成藏优势;⑤向斜区岩性油藏储层以薄互层、中低孔、低渗为特征,非均质性强。

全书共分五章。前言由萧德铭执笔，第一章由萧德铭执笔；第二章由迟元林、蒙启安执笔；第三章由蒙启安、付广执笔；第四章由蒙启安执笔。全书由萧德铭统稿和定稿。本书在写作过程中得到了大庆勘探开发研究院和大庆石油学院科技人员的大力帮助，在此一并致谢！

由于作者理论水平有限，书中难免有不当之处，敬请广大读者指正。

目 录

第一章 松辽盆地北部向斜区岩性油藏形成的地质背景·····	(1)
第一节 构造及演化特征·····	(1)
第二节 层序地层格架及沉积特征·····	(26)
第二章 松辽盆地北部向斜区岩性油气藏的形成条件·····	(49)
第一节 烃源岩发育及演化特征·····	(49)
第二节 砂体发育及物性特征·····	(54)
第三节 盖层分布与评价·····	(65)
第四节 油气运移条件·····	(80)
第三章 松辽盆地北部向斜区岩性油藏形成机制及模式·····	(96)
第一节 岩性油藏类型及分布·····	(96)
第二节 岩性油藏的基本特征·····	(99)
第三节 岩性油藏形成机制·····	(102)
第四节 岩性油藏成藏模式·····	(116)
第四章 松辽盆地北部向斜区岩性油藏控制因素及分布规律·····	(119)
第一节 构造对岩性油藏形成与分布的控制·····	(119)
第二节 沉积环境对岩性油藏的控制作用·····	(122)
第三节 断裂对岩性油藏的控制作用·····	(130)
第四节 水动力环境对扶、杨油层岩性油藏分布的控制·····	(133)
第五节 烃源岩区内岩性油藏的形成·····	(135)
第六节 次生作用对扶、杨油层岩性油藏形成与分布的控制·····	(138)
参考文献·····	(139)

第一章 松辽盆地北部向斜区 岩性油藏形成的地质背景

第一节 构造及演化特征

松辽盆地是中国东部以中生代为主的大型陆相沉积盆地，总面积 $26 \times 10^4 \text{km}^2$ 。其中松辽盆地北部是指嫩江东段及松花江以北地区，面积 $12 \times 10^4 \text{km}^2$ 。盆地具有断、拗双层结构，晚侏罗世到早白垩世早期，在晚古生代基底上形成了克拉通内裂谷盆地，产生了 NE 向及近 SN 向展布的断陷盆地群，早白垩世晚期到新生代发育了大型拗陷盆地，不仅形成了大庆长垣等大型构造油气藏，而且在向斜区形成了大面积分布的岩性油藏。

一、基底构造特征

古生代西伯利亚板块与华北板块之间为宽阔的大洋，洋中散布着一系列孤立地块。晚古生代陆间洋壳的俯冲消减，陆间块体的拼贴增生和大陆的对接缝合，形成了松辽盆地基底。基底的演化控制了中、新生代盆地的形成和发展。

1. 盆地位于上地幔隆起区，其基底与莫霍面隆起呈镜像关系

松辽盆地对应于上地幔隆起区，重、磁异常图上都呈北东向宽缓的高值带。盆地基底与莫霍面隆起呈镜像关系。相对东西两侧，松辽盆地为莫霍面隆起区，莫霍面 35km 等深线圈定的区域大致相当于盆地范围，如图 1-1 所示。隆起中心在北安、大庆、长岭一线，以北北东 20° 左右轴向展布。最浅处小于 29km。31km 莫霍面等深线圈定的范围相当于松辽盆地中央拗陷区，反映了深部构造与盖层构造的一致性和对浅部构造的控制作用。莫霍面等深图上，以北北东向构造线最为清晰、完整，北西向和北东向构造线受其改造破坏，呈断续出现的特点。这与盖层构造北北东向构造发育，北东向和北西向构造线居次的特点是一致的。

居里面埋深总体上为北北东向展布的隆起带背景，分布着水平梯度大、深度变化复杂的众多局部高点。居里面一般深度为 20~30km，最深在开鲁附近，为 36km，在长春以西一带最浅，为 13km，平均约 25km。在北安—大庆—阜新一线，为一居里面隆起带。该隆起带 23km 等深线东侧与盆地东界基本一致，西侧在德都—泰康—太平川—通辽一线。带内局部构造除哈尔滨附近为北西向外，其余均为北北东—北东向。这些特征与盆地盖层构造中变形强烈的区域构造线方向是一致的。

2. 基底的低角度断层和拆离带特征及其对盆地形成和发展的作用

1) 盆地基底存在拆离带

据地震和重力资料综合解释，松辽盆地地壳可分为三层：下地壳厚 7km，中地壳厚 10~15km，上地壳 10~13km。与盆地东西两侧相比，盆地中部下地壳和上地壳明显薄于盆地两侧，中地壳厚度变化不大。在中地壳下部存在一个地震低速带，深约 10~20km，厚约 5~10km。

在松 I 区域地震大剖面上，4~7.5s 深度存在一系列近水平的中强振幅近连续反射带

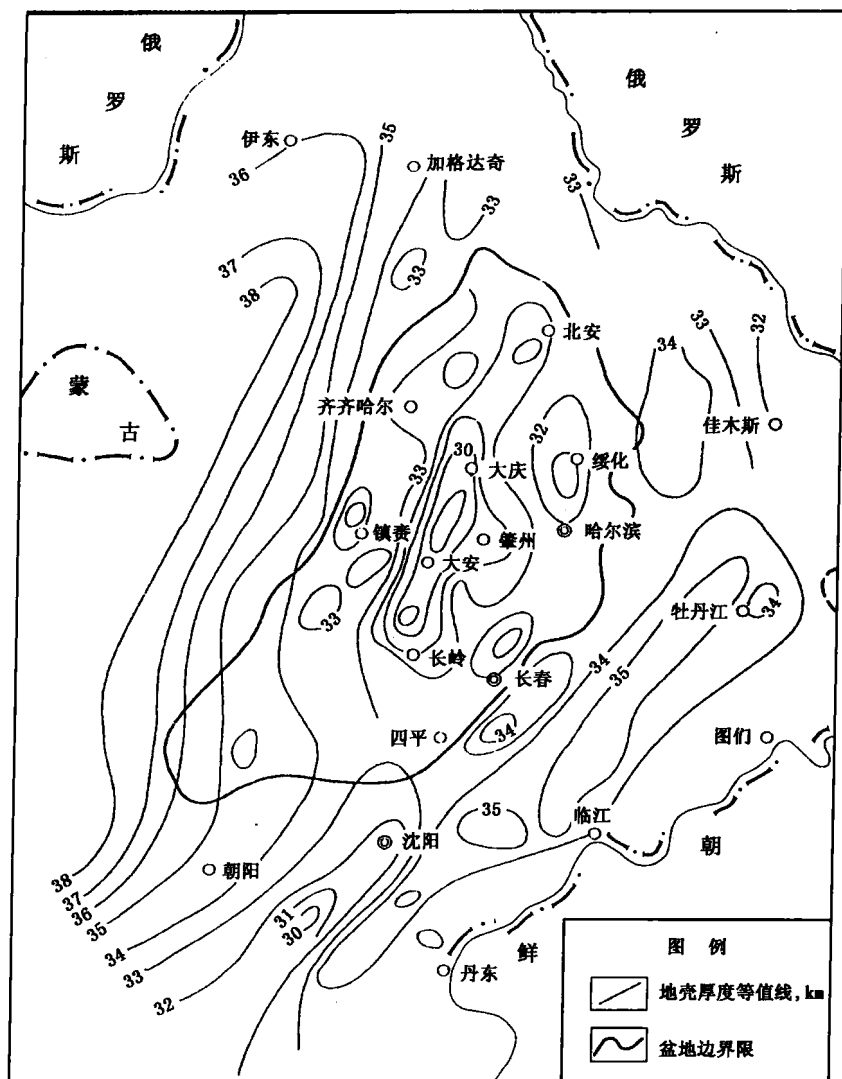


图 1-1 松辽盆地莫霍面深度等值线图

(图 1-2)。反射带顶部包络面有较大起伏；底部包络面相对平缓，向北西倾斜，中西部深 7.5s，向东南抬升至 4.5s。松 I 剖面层速度资料显示，在 5.6~8.0s 都存在负地震速度梯度，为 0.001s^{-1} (图 1-3)，低于地壳底部速度梯度 $0.1\sim 0.001\text{s}^{-1}$ ，与下地幔速度梯度 $0.01\sim 0.001\text{s}^{-1}$ 相当。这一低速异常深度只相当于地壳中、下部，是基底拆离带的反映。

杏山—莺山大地电磁测深表明，12~18km 深处存在一低阻层，视电阻率为 $1.96\sim 17.98\Omega\cdot\text{m}$ 。低阻层呈一向形，其形态和深度与松 I 地震剖面上的基岩内幕反射带底界基本吻合。在松 I 地震剖面上，该区基岩内幕反射带为一深约 19km 的二级向形。

据重磁资料计算的松辽盆地居里面以上的平均地温梯度是 $2.5^\circ\text{C}/100\text{m}$ ，居里面的深度略大于基岩内幕反射带底界的深度 (图 1-4)。据此计算，基岩内幕反射带的温度为 $250\sim 500^\circ\text{C}$ 。

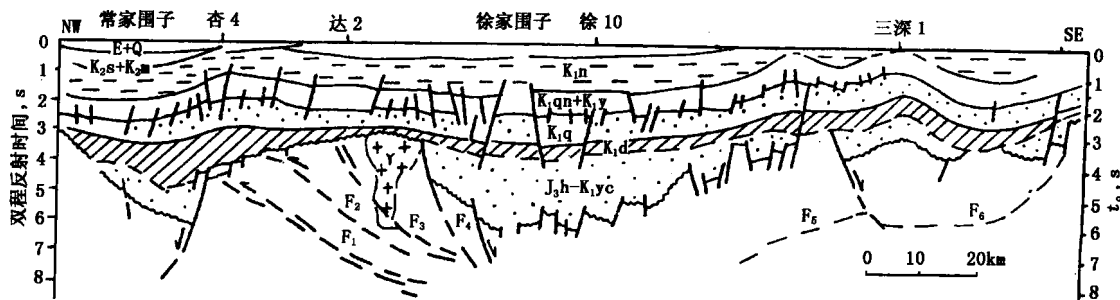


图 1-2 松辽盆地松 I 区域地震剖面

可见，基岩内幕反射带所处的温压条件完全可以满足花岗质岩石发生韧性变形的条件。

综合分析地震和大地电磁测深资料，基岩内幕反射带为一条以韧性变形为主，由一系列水平的糜棱岩层及低变形或未变形的岩石组成的地壳中部的一个软弱带，是介于地壳深、浅层各自相对独立变形之间的递变带。由于它的存在及长期活动，使地壳深、浅层既相对变形，又存在着有机的联系，也使地壳深部变形对浅层的影响和控制更富于变化。

2) 盆地上部地壳存在低角度断层

松辽盆地基底除发育有控制侏罗纪—早白垩世早期断陷的高角度断层之外，还普遍发育有低角度断层。在地震剖面上低角度断层表现为连续性较好的低倾角中强反射。断层倾角一般小于 30° ，从基岩顶

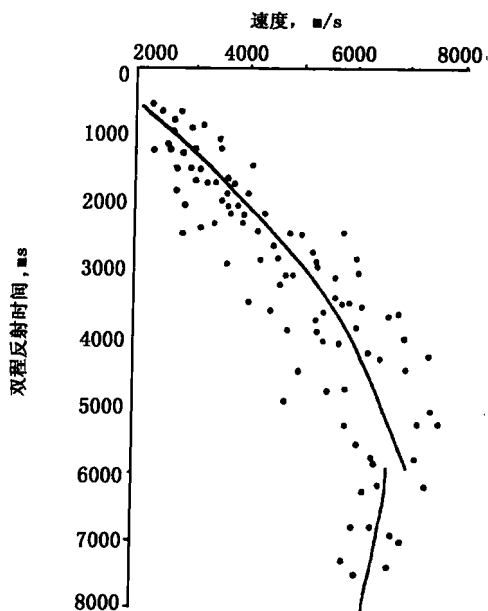


图 1-3 松 I 剖面地震速度分布曲线图

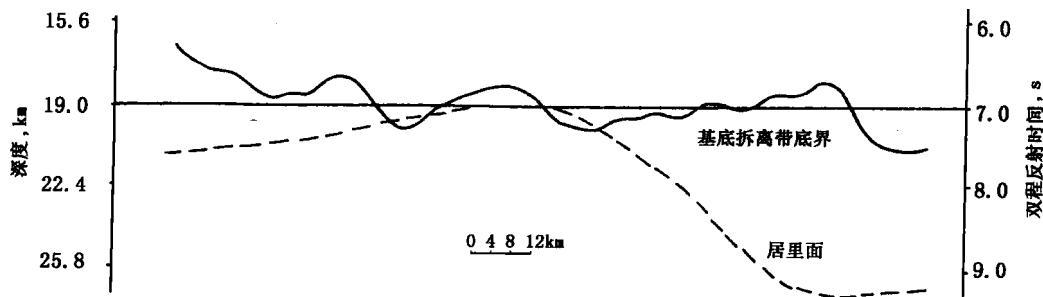


图 1-4 松 I 剖面基底拆离带边界与居里面深度关系图

面向下延伸至基底拆离带之上，向上至基岩顶面被 $J_3-K_1^1$ 断陷沉积覆盖。在松 I 剖面上解释出 6 条低角度断层（图 1-2），其中 F_1 和 F_3 分别冲断石炭—二叠系泥板岩和海西期花岗岩，逆冲断距分别约 7km 和 1km。低角度基底断层应形成于海西晚期—印支期。

据盆地北部地震资料揭露，逆冲推覆断层平面上广泛分布于孙吴—双辽断裂带及其以东地区，走向以北东—北东东为主（图 1-5），由北向南走向由 $NE40^\circ$ 变为 $NE60^\circ$ ，即向东呈帚状散开。

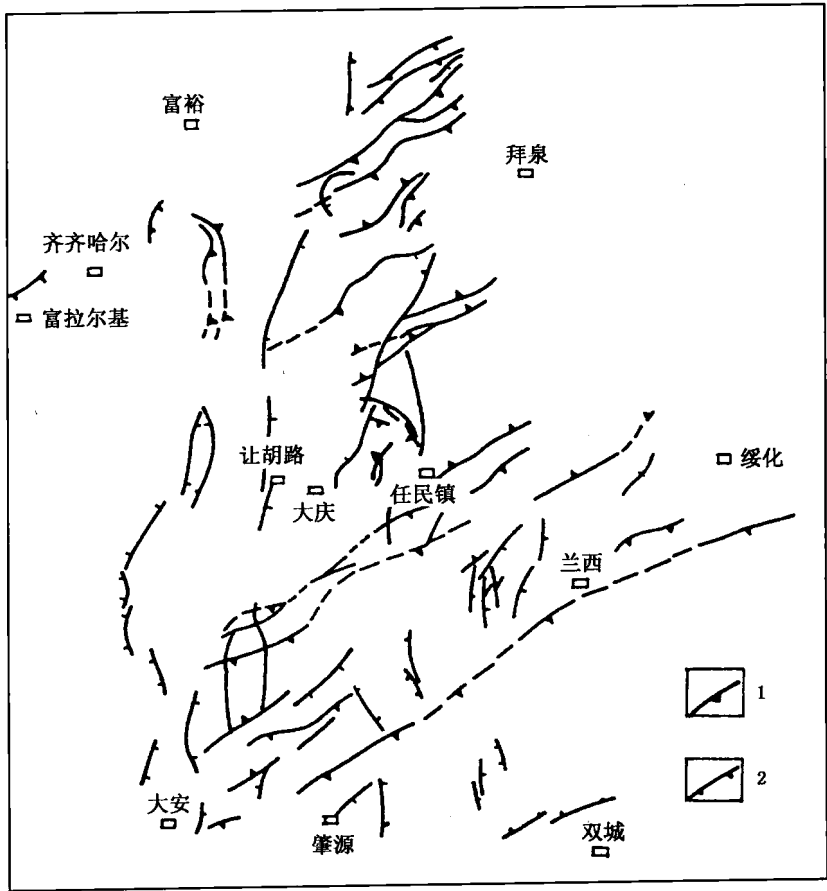


图 1-5 松辽盆地北部地震解释低角度基底断层分布图
1—低角度基底断层；2—高角度基底断层

推覆断层形成时间为晚海西—印支期，该时期是一推覆造山期。其推覆断层走向与大兴安岭石炭—二叠纪地层的同期褶皱轴向是一致的，表明松辽盆地基底与西部大兴安岭同属于海西—印支期的推覆褶皱带。

3) 基底拆离带的形成及演化

地震剖面上清晰地显示出，海西—印支期推覆断裂至基底拆离带变平消失，表明基底拆离带底部是逆冲断层的大型底板断层，所以低角度逆冲断裂的形成、活动时代也可能是基底拆离带的形成、活动时代。然而，不能排除有部分老的构造界面或软弱面被利用。由于松辽盆地基底主要由石炭—二叠纪地层及海西期、印支期、燕山期花岗岩组成，可以确定基底

拆离带的形成、活动是在海西—印支期。

晚侏罗世—早白垩世早期是分割断陷盆地形成时期，也是主要的伸展期。这些断陷的主要边界断层多呈犁形，向下倾角变小，至基底拆离带结束，没有明显的切割基底拆离带的迹象，表明这一时期地壳的脆性变形发生在基底拆离带之上。上部地壳的伸展滑脱利用海西—印支期逆冲断裂的大型底板断层作为其底部的拆离面。由于应力性质由挤压变为拉伸，无疑会对老的底板断层进行一定的改造，使基底拆离带最终形成。

长春岭背斜带是一基底卷入式背斜构造。用平衡法算得该背斜带深部拆离面深约 21km。而地震剖面上该背斜带下基底拆离带深为 20.8km。长春岭背斜带形成于上白垩统嫩江组沉积末至中新统大安组沉积之前，表明这一时期基底拆离带仍在活动，此外还表现在低角度逆冲断裂的再次活动上。如盆地北部的宝泉构造、任民镇构造形成均与低角度逆冲断裂的再次逆冲活动有关。

基底拆离带主要有三次活动，经历了两次挤压，一次伸展。首先是海西—印支期挤压，形成低角度逆冲断裂的大型底板断裂；晚侏罗世—早白垩世早期伸展，成为控制断陷边界断层的滑脱底板；晚白垩世、早第三纪区域性挤压作用，沿基底拆离带地壳收缩，松辽盆地发生构造反转，盖层中形成大量反转构造。

3. 基底断裂分布及发育特征

根据地球物理、地质和钻井资料分析，松辽盆地有四组基底断裂，即北北东—北东向、北北西—北西向、近东西向和近南北向，以北北东—北东向和北西向为主（图 1-6）。

1) 北北东—北东向断裂

盆地西缘和东南边界分别为大兴安岭东缘断裂和依兰—伊通断裂带，盆地内组成三条规模较大的北北东向断裂带：嫩江断裂带、孙吴—双辽断裂带和哈尔滨—四平断裂带。每条断裂带又由多条北北东向、北东向次级断裂组成。嫩江断裂带由三支平行发育的北北东向基底断裂组成；孙吴—双辽断裂带由三支或四支平行分布的基底断裂组成；哈尔滨—四平断裂带由一系列右行雁列的北东向基底断裂通过北西向基底断裂交织联络组成。

2) 北北西—北西向断裂

从北往南依次为加格达奇—鸡西断裂、讷河—绥化断裂、滨州断裂（龙江—哈尔滨断裂）、扎赉特—吉林断裂、科右前旗—伊通断裂、突泉—四平断裂和扎鲁特—开原断裂。

3) 近东西向断裂

有讷莫尔河断裂、哈拉木图断裂、西拉木伦断裂和赤峰—开原断裂。

4) 近南北向断裂

近南北向断裂有通榆—康平（八面山）等断裂，此外，还有一系列规模较小的基底断裂，地球物理—地质综合解释为犁式断层或板状断层，在基底浅部倾角较陡者也称为高角度基底断层。

盆地的基底断裂是在古生代板块或地块（体）演化过程中形成的缝合带或逆掩推覆断裂系统的基础上，经过多期次挤压、走滑、伸展等不同方式的构造活动改造而形成的，主要断裂多为长期活动的继承性断裂，构造性质极为复杂。

北北东—北东向断裂，随着晚三叠世开始强烈活动的伊泽那吉—库拉板块向北移动或向北北西欧亚板块之下斜向俯冲，使古生代板块或地块（体）演化过程中形成的一系列北北东、北东向的断裂系统重新活动，沿较大的断裂带出现左旋走滑剪切现象，断裂带岩石发生强烈的构造变形变质。如松辽盆地的中央（孙吴—双辽）断裂带、长春岭断裂带、嫩江断裂

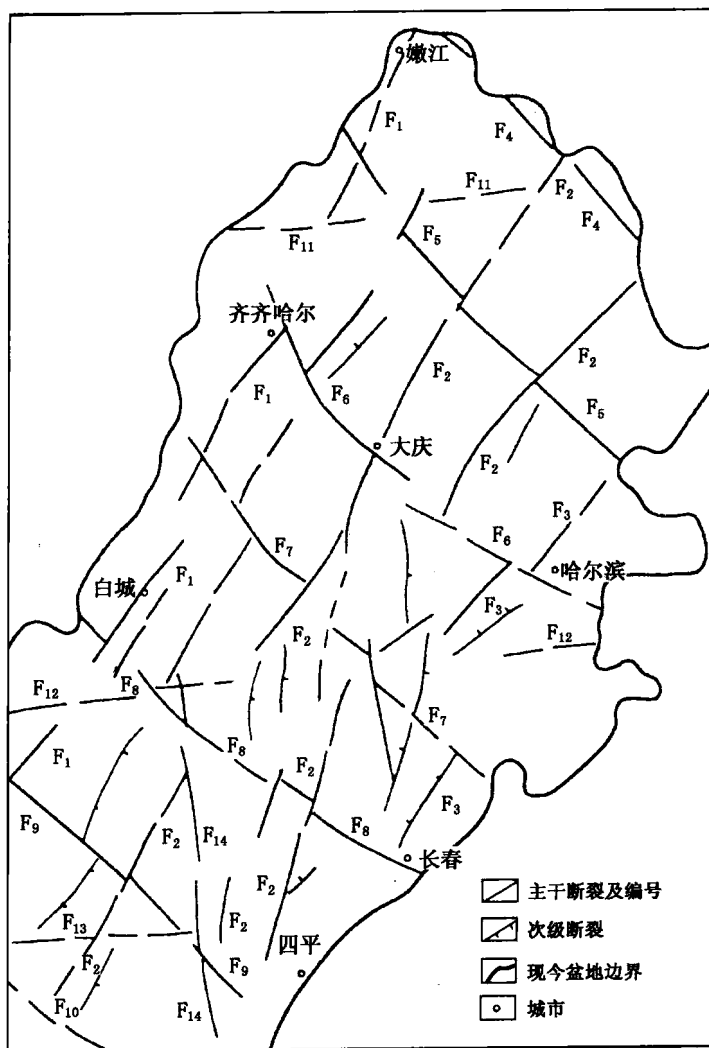


图 1-6 松辽盆地基底断裂分布图

F₁—嫩江断裂带；F₂—孙吴—双辽断裂带；F₃—哈尔滨—四平断裂带；F₄—加格达奇—鸡西断裂；F₅—讷河—绥化断裂；F₆—滨洲断裂；F₇—扎赉特—吉林断裂；F₈—科右前旗—伊通断裂；F₉—突泉—四平断裂；F₁₀—扎鲁特—开原断裂；F₁₁—讷莫尔河断裂；F₁₂—哈拉木图断裂；F₁₃—西拉木伦断裂；F₁₄—康平—通榆断裂

带。

由于北北东向断裂左旋走滑剪切（如松辽中央断裂带）作用强烈，深切岩石圈，成为地壳薄弱带并使地壳变薄，地幔热流沿剪切带上涌，上地幔发生隆起。沿剪切带两侧的伸展作用加强，形成一系列犁式拆离断层。

北东、北北东向主要基底断裂同时具有左旋走滑剪切和伸展拆离双重性质，两者的共同作用产生的斜滑拉伸是早期断陷盆地形成的主要原因。

北北西和北西向断裂是在北北东和北东向左旋走滑背景应力场的作用下派生的次一级断裂系统。在北北东和北东向左行走滑过程中表现为张扭性断层，在伸展拆离过程中具有走滑

性质，对主要伸展断裂起到调整作用，即为传递断层。它们改造或错断了北北东和北东向断裂系统，如松辽盆地的富裕—绥化断裂、通榆—长春断裂等。

东西向及近南北向断裂是基底构造演化过程中最早形成的断裂系统，与西伯利亚及中朝两大地块的对接、碰撞有关，代表了早期的构造线方向。由于后期不同性质、不同方向构造活动的改造，在航磁上表现为连续性较差、断续分布的特征，如哈拉木图断裂、西拉木伦断裂等。

根据盆地基底断裂地质地球物理特征、相互切割关系、断裂形成机制和区域应力场分析，在时间上，近东西向和近南北向断裂形成最早，形成时间可能是晚元古代至古生代。其次是北北东向和北东向断裂，形成于晚古生代至中生代早期，具有双重或多重继承性，与基底早期左行走滑剪切或逆掩推覆、后期伸展拆离作用有关。部分可能是继承古生代板块（或地体）缝合线发育起来的。北西向断裂略晚于北东向基底断裂，形成于左行剪切作用和伸展拆离过程中，多为走滑性质，为协调断层或传递断层。在空间上，北北东向和北东向基底断裂浅部较陡，深部平缓，多表现为犁式断层或板状断层；北西向断裂较陡，多为走滑性质的传递断层；平面上北北东、北东向断裂常被北西向断裂错开，两者呈“X”形网状相交。二者切割盆地呈东西分带、南北分块。

4. 盆地基底是经过多期碰撞拼贴形成的

1) 基岩具分区成带分布特点

据盆地内钻遇基岩的 200 余口探井和盆地周边露头岩性标定重磁资料预测结果，基岩岩性以泥质板岩、千枚岩、结晶灰岩等浅变质岩为主，其次为片岩、片麻岩和中酸性侵入岩。基底变质岩以两条深变质岩带为界，平面上分为三区：呼兰—前郭—乾安北东向片麻岩—片岩带，以南以片麻岩、变质砂岩为主，西拉木伦河以南为华北板块北缘加里东褶皱带的片麻状花岗岩。盆地北部又由克山—大庆—乾安片麻岩—片岩带分为东西两区，西区以板岩、碳酸盐岩为主，东区以板岩、千枚岩为主（图 1-7）。

2) 原岩沉积环境为深海、半深海相

据朝深 4 井发现的早志留世四射

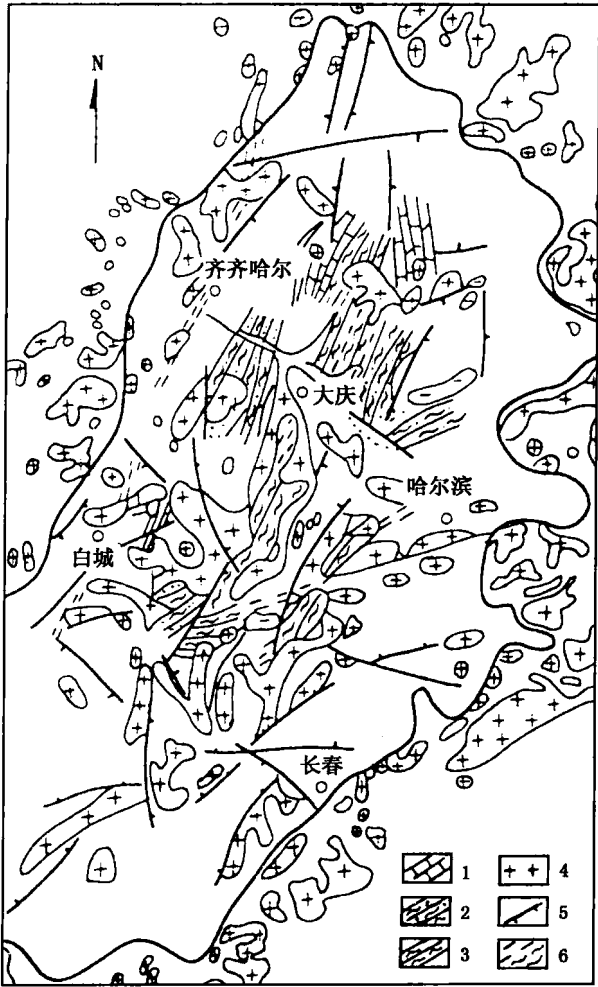


图 1-7 松辽盆地基底构造纲要图
1—碳酸盐岩；2—板岩、千枚岩；3—片麻岩、片岩；
4—花岗岩；5—基底断裂；6—韧性、脆性剪切带

海绵骨针硅质岩和存在大量大理岩化碳酸盐岩推测, 早古生代为浅海台地相和典型深海相沉积环境。刘立等(1993)依据晚古生代浅变质岩以黑色泥质板岩、碳质板岩、硅质板岩、千枚岩和灰岩为主夹有少量变质火山岩, 在保6井发现有石炭—二叠纪筴科化石, 在杜101井发现有腕足类化石, 并与盆地周边沉积环境对比认为, 原岩沉积属于深海—半深海复理石建造。说明石炭纪—早二叠世松辽地区大洋还没有完全闭合, 仍存在残余海槽。晚二叠世晚期—早三叠世早期西伯利亚板块与中朝板块对接缝合, 松辽盆地基底最终形成。本区大地构造环境也由古亚洲洋构造域转变为环西太平洋构造域。

3) 海西期花港岩具碰撞前和同碰撞期花岗岩成分特征

基底侵入岩主要为花岗岩和闪长岩类。据同位素年龄资料分为加里东、海西、印支—燕山三期, 以海西期和印支—燕山期为主, 并有少量加里东或更老的岩体。加里东期为片麻状花岗岩或花岗片麻岩, 均遭受区域变质和动力变形变质叠加, 脆性和韧性变形明显(如克2、通2井), 断续零星分布, 在盆地西北缘嫩江—白城和东部九台以北构成两个岩带。磁场特征为内部杂乱的强磁性特征。

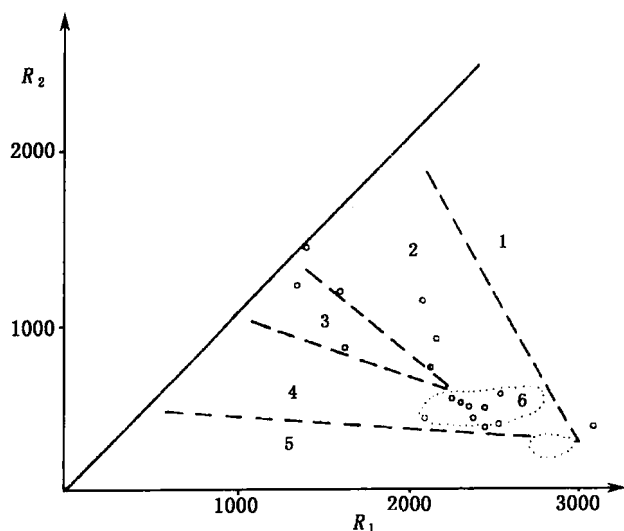


图1-8 松辽盆地基底海西期花岗岩类岩石成分

R_1-R_2 多阳离子判别图解(据刘立等, 1993)

- 1—地幔斜长花岗岩(相当于M型); 2—破坏性活动板块边缘岩浆作用(板块碰撞前)(相当于I型); 3—加里东期“允许的”深成岩体(碰撞后的抬升, 相当于I型); 4—次碱性深成岩体(造山晚期, 相当于S型?); 5—非造山碱性—过碱性岩浆作用(造山期后, 相当于A型); 6—深熔岩浆作用(同碰撞期, 相当于S型)

海西期花岗岩以肉红色花岗岩为主, 并有黑云母花岗岩和闪长岩, 普遍受区域变质和动力变质变形作用影响。在盆地内分布最广, 构成三条规模较大的花岗岩分布带。自西向东是三兴—德都、明水—大安和哈尔滨—扶余—杨大城子花岗岩带。前两条呈北东 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 展布, 长约 $200 \sim 250\text{km}$, 宽约 $25 \sim 30\text{km}$; 后一条长 300km , 宽 50km , 北东 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 展布, 并与盆地东北缘伊春花岗岩带相接。明水—大安和哈尔滨—扶余花岗岩带与盆地内两条片麻岩—片岩带平行分布, 海西期基底花岗岩类在岩石成分多阳离子参数 R_1-R_2 图解上(图1-8), 大部分落在同碰撞造山期深熔花岗岩(相当于S型)和碰撞前破坏性活动板块边缘花岗岩(相当于I型)范围, 个别落在造山后抬升期花岗岩区。反映松辽盆地基底岩浆活动与板块或地块(体)俯冲、碰撞造

山机制有关。

印支—燕山期侵入岩以闪长岩、花岗岩及辉长岩为主, 主要分布于盆地东部, 构成海伦—尚志、肇东—尚志、宾县—乾安、宾县—农安四个条带。各条带长 $200 \sim 300\text{km}$, 宽 $30 \sim 50\text{km}$ 。宾县—乾安花岗岩带和哈尔滨—扶余花岗岩带与呼兰—前郭片麻岩—片岩带平行分布, 可能与沿构造薄弱带岩浆侵入作用有关。

在盆地西北部沿嫩江断裂带分布有强磁性的基性、超基性岩体, 埋藏浅, 具紧密的航磁

异常。结合嫩江县北有蓝闪石片岩发现(叶慧文, 1994), 推测这些基性、超基性岩体为嫩江—白城碰撞叠接带构造混杂岩的幔源组分。

4) 存在三条脆性、韧性变形带

基岩中可识别出三条脆性、韧性变形变质岩带(图1-7)。一条是齐齐哈尔—白城脆性变形带, 由具碎裂结构的花岗岩、闪长岩及碳酸盐岩组成碎裂结构, 在杜Ⅰ-4、杜Ⅰ-7和来33井等基岩中均有变形现象。北安—肇州和哈尔滨—扶余两条构造岩带具有韧性和脆性两期变形。早期为韧性变形, 发育有糜棱岩化的花岗岩、闪长岩(如克2井)以及原岩为花岗岩、闪长岩和初糜棱岩、糜棱岩(通2、拜3、肇深5和二深1井); 晚期脆性变形以碎裂蚀变为主, 如通2井(刘立等, 1993)。

汪筱林等人(1993)认为, 松辽盆地基底的两期变形变质作用, 分别对应着基岩年龄峰值180~230Ma代表的伊泽那吉—库拉板块强烈俯冲导致的松辽盆地基底左行走滑剪切作用, 以及年龄峰值90~160Ma代表的燕山期(J_3 — K_1)盆地基底的伸展拆离作用。

5) 基岩同位素年龄有四个峰值

据满洲里—绥芬河地学断面地质组收集的盆地基岩40多个同位素年龄数据(主要为K—Ar年龄)分析, 大致有四个年龄峰值: 600~700Ma、290~350Ma、180~230Ma和90~160Ma, 它们分别代表了: ①深变质岩系区域变质年龄; ②松嫩地体与大兴安岭地块沿嫩江断裂带叠接及小兴安岭与张广才岭地块对接年龄; ③印支期—燕山早期伊泽那吉—库拉板块向北、北西向强烈俯冲导致盆地基底北北东向、北东向左行走滑剪切; ④晚侏罗世—早白垩世早期盆地基底的强烈拆离伸展断陷。

5. 基底是海西期—印支期叠接—对接形成的

松辽盆地基底存在几条重要的地质界线, 它们也是构造薄弱带。西拉木伦断裂是华北板块与兴蒙海西褶皱系的分界线; 嫩江—白城断裂带可能是一条重要的缝合线, 嫩江县城北蓝闪石片岩的发现(叶慧文, 1994)、白城附近索伦组(P_2)陆相磨拉石建造中的大量硅质岩碎块(刘立, 1993)和沿断裂带分布的基性—超基性岩体(李成立, 1989)均为板块(或地体)碰撞证据; 沿盆地中部孙吴—双辽断裂带和哈尔滨—扶余一带, 为两条韧性—脆性变形带、深变质岩(片麻岩—片岩)和花岗岩平行分布带, 结合基底结构和浅变质岩原岩沉积环境分析, 推断可能是松辽盆地基底的两条地体拼贴带。

古生代期间, 西伯利亚板块与华北板块之间存在着宽阔的洋域, 其间分布有一系列独立的中小板块块体(地体), 各块体间以陆间洋分开, 构成“多岛洋”格局。早古生代晚期至晚古生代随着两大陆板块接近和对接, 其间的地体相互合并并向大陆板块边缘拼贴。志留纪佳木斯地体与松嫩东部地块沿牡丹江断裂首先拼贴, 形成蓝闪石片岩带(叶慧文等, 1994)和一套构造混杂岩(张九洲, 1992)。晚古生代早期(D — C_1)西部贺根山附近首先对接闭合, 呈喇叭形向东张开, 松辽地区尚未关闭, 为残余海槽, 仍有石炭—二叠纪海相沉积。晚海西期, 沿嫩江断裂一线松辽西部块体向西伯利亚板块边缘拼贴, 沿拼贴带有索伦组(P_2)含硅质岩块、陆相磨拉石建造和蓝闪石片岩产生。

晚二叠世—早三叠世早期, 先是沿克山—大庆—乾安(即孙吴—双辽断裂带)一线, 盆地的东部基底与西部基底对接, 发生韧性变形变质。之后沿哈尔滨—前郭—乾安一线盆地的南部块体(属于张广才岭海西褶皱带)与盆地北部块体对接闭合, 发生了强烈的推覆滑脱, 中地壳形成基底拆离带, 发育了一系列北东—北东东向低角度推覆断层。基底深变质岩系被推出, 构成片麻岩—片岩带, 韧性变形作用强烈。

二、断陷层构造面貌及基本特征

1. 深层构造单元及其基本特征

松辽盆地北部深层, 总体具中隆侧拗、隆拗相间的构造格局。深层纵向上包括断陷层与拗陷层下部。断陷层序表现为早期分隔断陷, 晚期联合形成北北东向断陷带。断陷层主体构造格架是断陷层在断陷末期构造运动和盆地拗陷与反转作用改造的综合产物。断陷层与拗陷层具有继承性和差异性, 断陷或断陷区沿袭基底构造薄弱带发育; 拗陷层序总体构造地层平缓、褶皱微弱。沉降阶段沉积分布和界面起伏总体上继承断陷(区)、断隆区的发育部位, 随着盆地的发育, 盆地趋于统一。拗陷早期继承断陷(区)发育部位形成拗陷中心; 盆地反转期强烈挤压反转部位也是断陷作用最活跃部位。盆地萎缩期的构造变形并未改变断陷盆地的总体构造面貌。基岩顶面埋藏很深的地方断陷期沉积厚度也大, 上部反射层也为负向构造。根据松辽盆地基岩顶面构造、断陷层序地层厚度、断陷的分布、基底深断裂的控制作用、基底对拗陷层构造带的影响等因素, 将松辽盆地北部深层断陷层序划分为 5 个 I 级构造单元和 25 个 II 级构造单元(表 1-1)。

综观断陷层发育的断陷平面分布, 主要受南北、北北东向深断裂的控制, 到后期被近东西向的讷莫尔河断裂、明水—富裕断裂及滨洲线断裂三条大断裂所切割, 形成了断陷层从北向南呈阶梯状分布, 从而构成了东西成带、南北分段的构造格局。断陷分布有如下特征: ①深断裂和区域性断裂控制断陷层的分布与展布方向。②断陷层的顶部埋深, 由北部的讷莫尔河断裂, 向南经富裕—明水断裂、滨洲线断裂呈断阶下降。断陷的深度北浅南深。断陷层厚度由北向南逐渐加大, 北部断陷层厚度在 2000m 以内, 南部断陷层厚度一般都在 3000~4000m, 最大厚度可达 6000m (在肇深 5 井西南约 18km 的地方)。断陷层顶部埋深总的来说越接近盆地边缘, 断陷层埋藏就越浅, 一般在北部和西部边缘, 断陷埋深都不大。③自北向南沉积岩和煤减少, 火山岩增加。北部为一些较浅的断陷, 地层主要由一些粗碎屑含煤建造组成, 向南断陷含煤减少或不含煤。但岩浆活动加剧, 有很多井全为火山碎屑岩或火山熔岩。从火山岩发育情况看, 西部的火山岩多于东部, 西部各断陷大多以火山岩为主或全部为火山岩堆积, 向东火山岩减少。火山岩与断裂有一定联系, 一般沿断裂发育, 特别是断陷的边缘部分火山岩发育, 且以熔岩为主。

2. 构造样式及其特征

构造样式系指上部地壳基底和沉积盖层中, 在剖面形态与平面展布具有特定风格的、在应变机制上相互间有密切成因联系的特定构造组合(吴奇之, 1997)。它常构成盆地油气聚集的单元, 研究其形态和成因对于认识油气富集规律、油气藏形成特点和提高钻探成功率等方面均有重要的实用价值。近年来, 世界上许多石油地质工作者(Harding 和 Lowell, 1979; Bally, 1984; Lowell, 1985; 王燮培, 1990; 吴奇之, 1997)在大量的地震剖面资料和丰富的经验基础上, 对目前已发现的构造样式进行分类, 并对各类构造样式的形态、成因和含油气性进行了研究。综合前人的分析, 构造样式的分类体系应分为如下四个层次: 首先, 根据盆地所处的板块构造位置与应力背景, 将构造样式分为伸展、收缩和走滑三种力学机制的构造样式; 其次, 根据构造变形的规模与范围可分为基底卷入型构造样式和盖层拆离型构造样式两大类; 第三, 根据构造的成因、转变、叠加将构造样式分为生长构造、底辟构造、潜山披覆构造、扭动构造、重力滑动构造、反转构造、断弯构造等; 第四, 根据同类构造在受力作用性质、大小、方向和作用时间、长度或作用强度等方面的差异, 可进一步细

表 1-1 松辽盆地北部深层构造单元特征表

单元名称		面积 km ²	走向	断陷层厚度 m		断陷层一般埋深 m		断陷层 主要岩性	盖层发育 特征	主要 构造线 方向	备注
I 级	II 级			最大	一般	顶	底				
西部断隆区	梅里斯断隆	>1500	NNE	>1000	<500	800~1000	1000~2000	火山岩为主夹沉积岩	缺失 K ₁ d	NNE	
	杜尔伯特断隆	>1270	NEE	>1000	3000	3000	3500	正常沉积岩夹火山岩		NNE	
	富裕断隆			—	—	—	—	—		—	
	泰来断隆			—	—	—	—	—		NEE	
西部断陷区	古龙断陷	2680	NNE	3000	2000	5000~6000	7000~8000	沉积岩夹火山岩 暗色泥岩发育	齐全	NEE SN	
	茂兴断陷	1240	NNE	3000	1500	4000	5500			NEE	
	林甸— 常家围子断陷	4400	NNE	2000	1200	3000~5000	4000~6000	沉积岩夹火山岩		NEE	
	黑鱼泡断陷	920	NNE	700	<500	2500	300			NEE	
	依安断陷	5400	SN	500	<500	<200		缺 K ₁ d	NEE	引用 资料	
	高西— 新肇低断陷	1440	NEE		0~500	5000		火山岩夹沉积岩	很薄或缺 失 K ₁ d	NEE	
	克山断陷	5000	NEE		—	—	—	—	—	NEE	
	中央断陷	2850	NNE							NNE	
东南断陷区	徐家围子断陷	3720	SN	5000	2000~ 3000	4000	6000~ 7000	沉积岩为主夹火山 岩，暗色泥岩发育	齐全	SN NNW	
	对青山— 莺山断陷	6880	NNE	6000	1500	2500~3000	4000~5000			NNE	
	兰西断陷	2100	EW	2800	1000	1500	2500			NNE	
	昌五低断陷	1980	NNE		0~500			火山岩和沉积岩	J ₃ h—K ₄ yc 薄	NNE	
	肇东断陷	1140	EW						缺 J ₃ h—K ₄ yc	NNE	
东北断陷区	中和断陷	840	EW	500	<500	1500	2000	沉积岩夹火山岩	K ₁ d 缺	NNE	
	绥化断陷	1360	EW	500	<500	1300	1800			NNE	
	望奎断陷	>2130	EW	500	<500	800	<1300			NE	
	北安断陷	5840	NNE	1000	<500		2000	沉积岩		NNE	引用 资料
东北断隆区	任民— 永安断隆	3800	EW						缺 J ₃ h—K ₄ d		
	明水断隆	2670	SN								
	望奎断隆	1280	EW								
	海伦— 青冈断隆	>4210	NE								