

舒兰盆地构造格架的地球物理制约

米晓楠¹, 刘永江¹, 江 涛², 梁琛岳¹, 唐振兴², 李伟民¹, 宋立斌²,
苗洪波², 邱玉超², 孙恒战³, 崔凤山³

MI Xiao-nan¹, LIU Yong-jiang¹, JIANG Tao², LIANG Chen-yue¹, Tang Zhen-xing², Li Wei-min¹,
SONG Li-bin², MIAO Hong-bo², QIU Yu-chao², SUN Heng-zhan³, CUI Feng-shan³

1. 吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061;
2. 吉林油田公司勘探开发研究院, 吉林 松原 138000;
3. 吉林省煤田地质勘察设计院, 吉林 长春 130062

1. *College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, Jilin, China;*
2. *Exploration and Development Research Institute, Jilin Oilfield Company, Songyuan 138000, Jilin, China;*
3. *Jilin Provincial Coal Geological Exploration Design and Research Institute, Changchun 130062, Jilin, China*

摘要:舒兰盆地位于佳伊地堑中南段,伊通盆地东北部,是北东向展布的一个狭长状断陷盆地,前人仅对舒兰盆地开展过初步的地质调查,但对盆地构造特征、演化过程的研究相对薄弱。综合区域地质资料、孢粉资料等,分析对比了舒兰盆地与伊通盆地的新生代沉积地层;通过电法、地震剖面解析,认为盆地南段为半地堑式构造特征,中段为地堑式构造特征,盆地北段从西北至东南呈阶梯状加深的构造形态;结合钻井资料分析认为,盆地基底岩性南段以上二叠统杨家沟组为主,中段主要由花岗岩和白垩系组成,北段主要由白垩系组成;综合分析认为,舒兰盆地构造演化可划分为 3 个构造演化阶段,即初始断陷期(古新世早期)、断陷期(古新世—渐新世)和挤压反转期(渐新世—中新世)。

关键词:舒兰盆地;佳伊断裂带;构造特征;演化阶段

中图分类号:P542;P313 文献标志码:A 文章编号:1671-2552(2013)04-0589-12

Mi X N, Liu Y J, Jiang T, Liang C Y, Tang Z X, Li W M, Song L B, Miao H B, Qiu Y C, Sun H Z, Cui F S. Structural characteristics and evolution of the Shulan Basin. *Geological Bulletin of China*, 2013, 32(4):589-600

Abstract: Located in the middle south segment of the Jia-Yi graben and northeast Yitong Basin, the Shulan Basin is a NE-trending narrow faulted basin. Previous studies only carried out preliminary geological survey in the Shulan Basin, whereas researches on the structural characteristics and evolution of the basin were insufficient. This paper focused on the correlations of Cenozoic strata between the Shulan Basin and Yitong Basin on the basis of all research data collected, e.g., sporopollens and stratigraphy. Moreover, the electrical and seismic profiles from the Shulan Basin suggest that the southern section of the basin shows half-graben type structure, the middle basin shows graben type structure, and the northern section becomes increasingly deep step by step southwestward. In addition, the basement of the basin is slightly different in different parts and characterized by upper Permian Yangjiagou Formation, Cretaceous granites and Cretaceous strata in the southern, middle and northern parts, respectively. A comprehensive analysis suggests that the Shulan Basin underwent three tectonic evolutionary stages, e.g., the initial faulted phase (Early Paleocene), the main faulted phase (Paleocene-Oligocene), and the extrusion-reversion phase (Oligocene-Miocene).

Key words: Shulan Basin; Jia-Yi fault zone; structural characteristics; evolutionary stage

收稿日期:2012-04-29;修订日期:2012-09-11

资助项目:国家油气专项《松辽盆地及外围上古生界油气资源战略选区》(编号:2009GYXQ12)、博士点基金项目《贺根山-嫩江构造带的构造性质和形成时代》(编号:200801830041)、吉林省自然科学基金项目《伊通-舒兰断陷的构造演化》(批准号:20101560)

作者简介:米晓楠(1983-),女,在读硕士生,构造地质学专业。E-mail:mxnwain@163.com

通讯作者:刘永江(1964-),男,教授,博士生导师,从事区域构造、构造年代学教学与研究。E-mail:yongjiang@jlu.edu.cn

佳伊断裂(佳木斯-伊通断裂)是郯庐断裂带在东北地区的分支之一^[1-2],控制着佳伊地堇的展布。佳伊地堇在印度板块、太平洋板块的影响下,为带状分布的一系列地堇—半地堇式盆地,呈断隆与断陷相间排列的格局(图 1-A),具有多期活动演化的特点。一直以来,对佳伊地堇构造属性和演化的研究较多^[3-11]。该地堇被认为是东北地区构造特征最为复杂的含油气盆地(地堇)之一。舒兰盆地位于佳伊地堇中南段,研究程度较低,近年来吉林油田、吉林省煤炭地质局等部门开始对舒兰盆地开展了初步的

地质调查研究,对盆地的总体结构和古近系特征进行了初步的划分和对比,但是对盆地构造特征、演化过程及油气地质评价等问题的研究仍旧比较薄弱。依据野外实际勘查资料,结合地震及电法资料成果,对舒兰盆地地层、构造特征进行分析,绘制盆地的基底岩性分布图,揭示盆地中、新生代演化史,为进一步油气勘探开发提供理论依据。

1 区域地质概况

佳伊地堇为新生代断陷盆地,被佳伊断裂 2 条

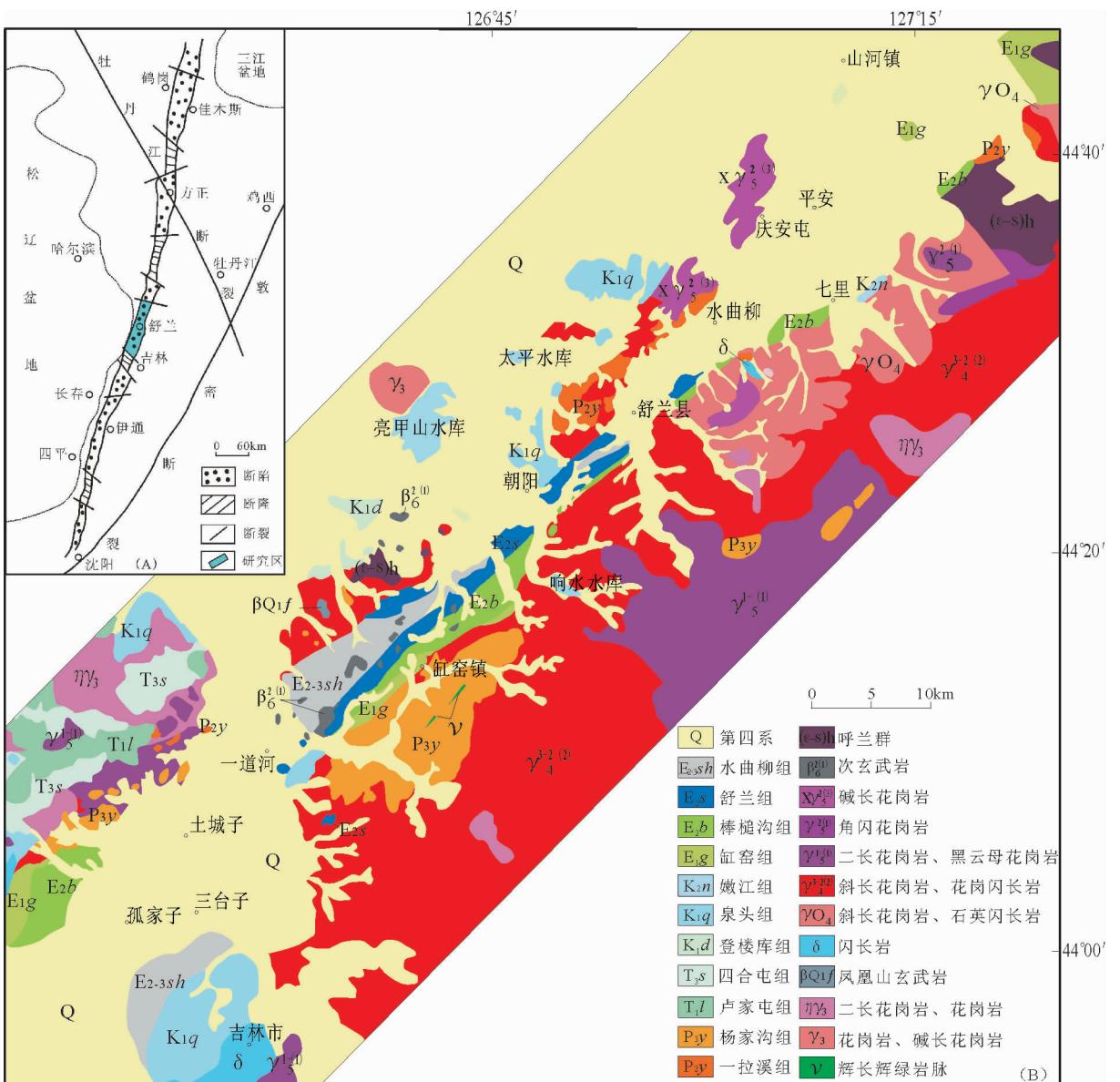


图 1 舒兰盆地及周边地质简图

Fig. 1 Geological map of Shulan Basin and its adjacent areas

近平行展布的边界断裂所夹持,规模宏大,总体走向 NE45~55°。中南段的舒兰盆地是吉林省境内伊通盆地北部北东向展布的狭长盆地(图 1),北东部与尚志断隆相邻,南西部则与乌拉街断隆相连。盆地主要沿孤店子—舒兰—水曲柳—平安一线呈带状展布,中间狭窄、两端开阔,呈喇叭状。乌拉街地区为广阔平原河流区域,宽 25~26km,在舒兰市城区一带收缩变窄为 2~3km,经水曲柳到平安一带由狭长逐渐转变为开阔的喇叭状,宽 12~13km。舒兰盆地南北长 97km,东西平均宽 2~12km,面积约 950km²。

2 新生界对比划分

舒兰盆地各时期地质单位划分方案较多(表 1),70 年代以后煤田及地质部门经常使用的新生代地层系统自下而上分为新安村组、舒兰组及水曲柳组,分别为古新统、始新统及渐新统,新近系未建组。吉林省区域地质志将本区地层划为天山—兴安岭区、吉林—延边分区、吉林小区,区内地层由老至新分别为:①古新统缸窑组(E_g);②始新统棒槌沟组(E_{2b});③始新统舒兰组(E_{2s});④渐新统水曲柳组(E_{3sh});⑤第四系(Q)。其中舒兰组为该区内主要含煤

地层。依据中国石油地质志^[12]划分方案,棒槌沟组(E_{2b})和缸窑组(E_{1g})可合成为新安村组(E_{1-2x})。

为统一认识,方便与勘探开发程度较高的伊通盆地地层相对比,此次研究参照参考文献①②^[14],开展舒兰盆地新生界的对比研究。

为进一步落实舒兰盆地内古近系的沉积特征,更好地与南部伊通盆地相对比,对舒兰盆地内煤田钻井岩心泥岩样品开展了孢粉分析研究,测试结果见表 2。

舒兰盆地中水曲柳组上段的沉积环境变化较大,孢粉含量贫富差别大,总体特征为蕨类含量较高,被子植物发育,与伊通盆地中齐家组孢粉特征一致^[15-16]。水曲柳组下段化石含量较少,受沉积环境影响(水浅、气候干旱或寒冷),与伊通盆地中万昌组孢粉特征一致^[16]。舒兰组总体表现为被子植物发育,应与伊通盆地永吉组、奢岭组相对应,但无法具体将 2 个层位区分开来,但与上部万昌组和下部双阳组在岩性组合、孢粉特征方面均有明显区别。伊通盆地双阳组纵向上分为 3 个岩性段,主要岩性组合为砂岩夹灰绿色粉砂质泥岩、浅灰绿色泥质粉砂岩薄层及部分黑灰—灰绿色泥岩,与舒兰盆地棒槌沟组岩性

表 1 舒兰盆地主干地层划分对比

Table 1 Classification of major strata in Shulan area

方案		伊舒地堑 ^[12]	伊舒地堑 ^[13]	吉林小区 ^[14]	伊通盆地 ^②	本次划分	
地层							
新生界	第四系	全新统 更新统	Q	Q	Q	Q	
	新近系	上新统					
		中新统		岔路河组		N ₂ : 岔路河组	
	古近系	渐新统	E _{3s} : 水曲柳组	E _{b-a} : 万昌组	E _{3sh} : 水曲柳组	E _{3q} : 齐家组	E _{3q} : 齐家组
						E _{3w} : 万昌组	E _{3w} : 万昌组
		始新统	E _{2sh} : 舒兰组	E _{d-c} : 永吉组	E _{2s} : 舒兰组	E _{2y} : 永吉组	E _{2y} : 永吉组
						E _{2sh} : 奢岭组	E _{2sh} : 奢岭组
	古新统	E _{1-2x} : 新安村组	E _c : 双阳组	E _{2b} : 棒槌沟组	E _{2s} : 双阳组	E _{2s} : 双阳组	
				E _{1g} : 缸窑组		E _{1g} : 缸窑组	
	基底	K _{1n} : 嫩江组 C-P: 石炭—二叠系	J-K: 侏罗—白垩系 γ ₄ : 海西期花岗岩	P _{2y} : 杨家沟组?	K _{1q} : 泉头组 K _{1d} : 登楼库组 K _{1y} : 营城子组	K: 白垩系 P _{3y} : 杨家沟组 P _{2y} : 一拉溪组 γ ₅ : 燕山—印支花岗岩 γ ₄ : 海西期花岗岩	

组合一致,二者可以对比。伊通盆地下部缺失缸窑组,可由吉林油田伊通盆地勘探成果得到证实。测试结果显示,各组的孢粉种属具有较明显的差别,各组孢粉特征与伊通盆地内相应组具有较好的一致性。

总之,参考地质志、煤田资料,并结合本次孢粉分析结果,落实了舒兰盆地内地层与伊通盆地的对比关系(表1)。伊通盆地缺失缸窑组;舒兰盆地内始新统棒槌沟组对应伊通盆地双阳组;舒兰组对应永吉组与奢岭组,时代属于始新世;水曲柳组对应齐家组与万昌组,时代为渐新世。结合工区煤田钻井资料^④进行综合整理和研究对比,编出舒兰地区地层层序,含物性资料(表3)。按煤田勘探开发习惯性认识,将新生界称为盖层,之下为基底(含岩体)。

3 构造特征

佳伊断裂舒兰段的早期研究主要是吉林油田及煤炭部门开展的相关研究。为了进一步查明盆地内部结构和构造演化特征,对其开展二维地震和电法勘探研究,结果表明,佳伊断裂舒兰段延续了佳伊断裂的构造特征,主要发育2组断裂(图2):一组是控盆断裂,走向NE40~50°,主要由互相平行的基底边界断裂(F₁、F₂、F₁₋₁)及次级断裂(F₃、F₆、F₇、F₈)组成,基底2条边界断裂倾角在近地表处较陡,向深部则变缓,控制着断陷内狭长的槽形盆地发生和发展,同时又制约着中、新生代陆相碎屑岩的堆积和展布。新生代以来,西北缘边界断裂以垂直升降为主,右行走滑为辅,晚期在侧向挤压应力作用下发生挤压逆冲活动和相关的褶皱变形。

另一组是与地堑走向近于垂直或大角度斜交的NNW向或近NW向的断裂和构造(F₃、F₄)。F₃断裂为位于孤家店附近的第二松花江断裂的分支,SE向横穿盆地。从区域地质特征及山形地貌、河流流向来看,在此断裂两侧,伊通-舒兰盆地宽度变化较大,由20~30km突然变窄为2~3km,由宽广盆地收缩成狭长的槽形盆

表2 舒兰盆地地层孢粉百分含量³

Table 2 Statistic data of sporopollens from Shulan Basin

层位	对应伊通层位	深度 /m	菌藻类百分含量/%	蕨类百分含量/%	裸子类百分含量/%	被子类百分含量/%	颗粒含量/个	百分含量	种属类别
水曲柳组 上段	齐家组	431.4	5.6	66.7	11.1	16.7	72	被子类: 椴粉属(小椴粉、细小椴粉为主) 含量达34.8% 榆粉属+椴粉属含量11.3%, 椴粉属6.0%, 柳粉属、胡桃科和桦科分子少量出现。裸子类主要以草束松粉属、双束松粉属、雪松粉属、云杉粉属。蕨类: 粉属比较单调, 主要是水龙骨单缝孢属29.8%。菌藻类: 少量, 有光对裂藻属、光面球藻属、网面球藻属	
		434.1		7.2	4.3	88.4	69		
		493.7	1	2		3	3		
		502.1				1	1		
504.1		4.5	22.7	10.6	62.1	66			
水曲柳组 下段	万昌组	510.6	1	5	2	9	17	本段化石不是很多, 孢粉发现有水龙骨单缝孢、榆粉属、柳粉属、胡桃科和桦科以及松科, 藻类以光对裂藻属(代表浅水环境)常见	
		518.1	1		1		2		
		524.67	3	4	1	3	11		
		702.3			1	1	2		
724		2.9	3.8	3.8	93	104			
舒兰组	永吉组-奢岭组	999	8.3	2.8	3	86.2	109	被子类: 椴粉属最为丰富, 占孢粉总量的一半左右, 椴粉属亦较发育基本大于10%, 榆粉属、三孔粉属、椴粉属、椴粉属、桦科、胡桃科等分子有一些。裸子类: 花粉个别见有双气囊花粉的松科组分和麻黄粉属、杉粉属等	
		1075.9	2	2.9	6.8	88.3	103		
		1124.8	4.5	3	9	83.6	67		
		1132		2.5	2.5	94.9	79		

表 3 舒兰地区地层及岩性特征简表^③
Table 3 Characteristics of the strata and lithology of Shulan area

界	系	统	组	厚度/m	岩性描述	电法层位	电阻率/ $\Omega \cdot m$	地震界面	
新生界	第四系	全新统	第四系	<70	砂砾和砂质泥岩为主, 偶夹灰白色粉砂岩和砂岩		7.7	T _N — T _a —	
		更新统							
	古近系	渐新统	齐家组E _{3q}	300~400	以灰绿色、灰白色泥质粉砂岩、粉砂质泥岩为主, 偶夹灰白色粉砂岩和砂岩	E ₂₋₃	15.6	T _b — T _c — T _f —	
			万昌组E _{3w}	200~600	灰绿色泥质粉砂岩、粉砂质泥岩和灰白色粉砂岩、含砾砂岩为主夹灰白色砂岩、钙质砂岩及菱铁质结核所含零星植物碎屑和变质岩为最多岩层中含有玄武岩层疏松				
			永吉组E _{3y}	200~500	上部黑色煤层与灰褐、褐黑色粉砂质泥岩、泥质粉砂岩互层, 常夹灰白色粉砂岩, 偶有玄武岩贯穿褐色岩层下部多为块状时含菱角状小石英粒。下部为灰绿色泥质粉砂岩和含砾粉砂岩互层				
		始新统	奢岭组E _{2sh}	400~700	上部灰白色含砾砂岩, 下部灰绿色含砾不等粒砂岩				
			双阳组E _{2s}	100~300	底部红色泥岩夹底砾岩, 与下部呈不整合接触, 以灰白色粉砂岩、含砾砂岩为主, 夹深灰色、灰色泥岩				
		古新统	缸窑组E _{2g}	100~300	上段灰黑色泥岩夹黑色煤层; 下段由黄褐色泥质粉砂岩、绿灰色泥质粉砂岩夹白色砂岩, 砂砾岩, 局部可见薄层深灰色泥岩和煤层				E ₁₋₂
	基底	白垩系	上统	嫩江组K _{1n}	200~400	复成分的砾岩、砂岩、砂砾岩等	K	70.9	T _g —
				泉头组K _{1q}	500~1000	紫色、灰色砂砾岩、砂岩、粉砂质泥岩			
下统			登楼库组K _{1d}	300~800	灰黄色砂砾岩、长石砂岩、粉砂岩、泥岩夹薄煤层				
			营城子组K _{1y}	<250	上部为安山玄武岩; 下部为流纹岩夹正常沉积岩				
二叠系		上统	杨家沟组P _{2y}	1500~2500	黑灰色板岩、变质细砂岩、粉砂岩为主夹凝灰质细砂岩	P	174.9		
		中统	一拉溪组P _{2y}	1600~3500	变质的中、酸性火山岩、火山碎屑岩及碎屑岩				
寒武系		呼兰群	(ϵ -S) _h		绢云绿泥片岩、绿泥绢云片岩、绢云石英片岩、结晶灰岩及绿泥磁铁片岩	(ϵ -S) _h	226.3		
岩体			β 6	玄武岩		17.4			
			γ 5	二长花岗岩、钾长花岗岩		631.1			
			γ 4	钾长花岗岩		640.9			

地;地貌上,其东侧表现挤压上升,西侧显示了拉张下降。

区域上,整个 NE 向佳伊断裂被 NW 向或近 EW 向断裂割错,穿过方正断陷的牡丹江断裂、乌拉街附近的第二松花江断裂及伊通南段的东辽河断裂等,形成右旋左阶并错动成阶梯,使得佳伊地堑南北分块的特征更加突出。由此可见舒兰盆地

现存构造形态是构造变形和改造的结果。

3.1 盆地南段

F₁ 断裂为控盆断裂,盆地呈半地堑式构造特征。从二维地震 2258 线(图 3)可以看出,盆地西北侧 F₁ 断裂切割较深,为控盆断裂。西北缘地层由于受到 F₁ 断裂和 F₃ 次级断裂的挤压作用,形成褶皱,地层产状陡,厚度大,新生界沉积厚度近 1000m。盆

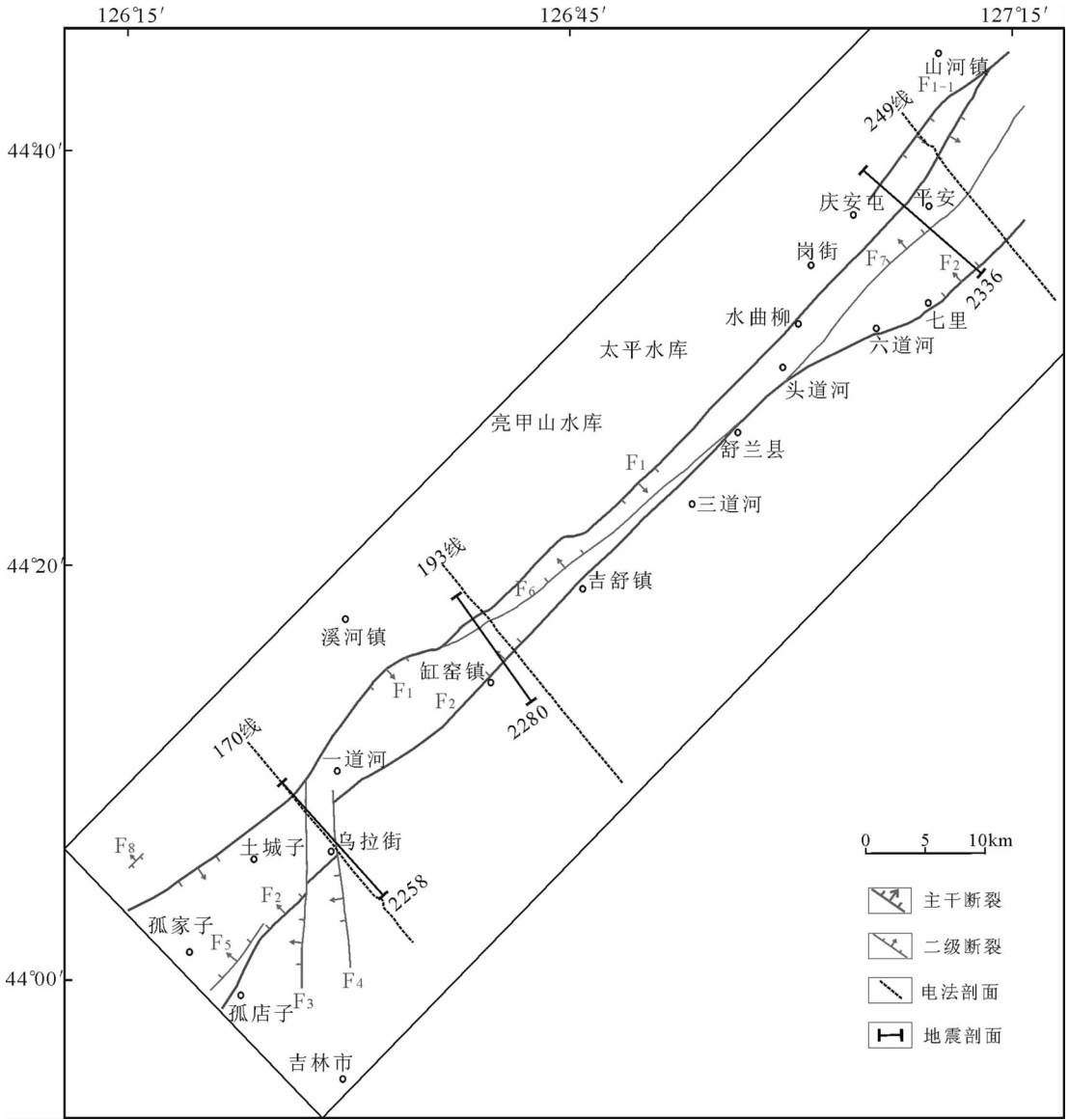


图2 舒兰盆地断裂及测线分布

Fig. 2 Distribution of faults and geophysical survey lines in Shulan Basin

地中部受后期挤压应力作用, F_3 正断层发生反转。盆地东南缘新世界地层产状缓, 整体隆升, 并遭受剥蚀, 沉积地层较薄。从电法 170 线(图 4)解译可以看出, 盆地东南缘高阻层为花岗岩。结合野外露头可知, 由于这套海西期花岗岩的侵入, 盆地东南缘地层整体隆升并遭受剥蚀, 同时新生界 T_g 界面(缸窑组底)之下存在低阻层夹高阻层的“三明治式”结构。根据煤田钻孔资料^④, 推测上段低阻层为下白垩统, 中间夹的高阻层则为侵入的花岗质岩席, 小规模覆盖在二叠系低阻层之上, 二维地震剖面也显示出这一特征。

舒兰盆地南段基底同岔路河断陷一样具有向北西方向倾斜的特点^[17-18], 西北缘边界断层附近地层厚度最大, 可识别出其白垩系, 向东南则逐渐减小, 表明西北缘边界断层控制盆地基底的沉降, 即沉降中心偏向西北缘一侧, 东南缘边界断层主要起协调沉降的作用。

3.2 盆地中段

该段呈地堑式构造特征。盆地中部二维地震 2280 线(图 5)表明, 盆地中段较窄, 断陷初期地层沉积受边界正断层 F_1 、 F_2 控制, 后期受到挤压应力作

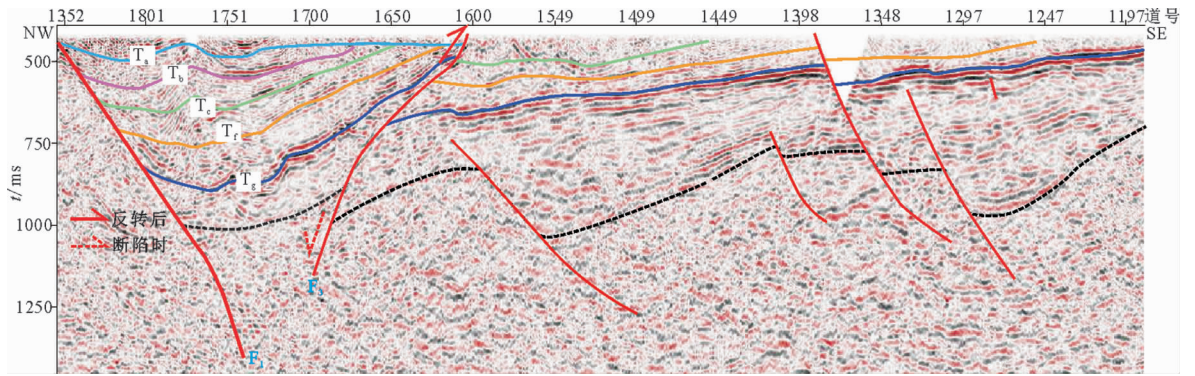


图 3 2258 线二维地震叠后偏移剖面(位置见图 2, T 界面层位见表 3)

Fig. 3 2D seismic profile along No. 2258 line

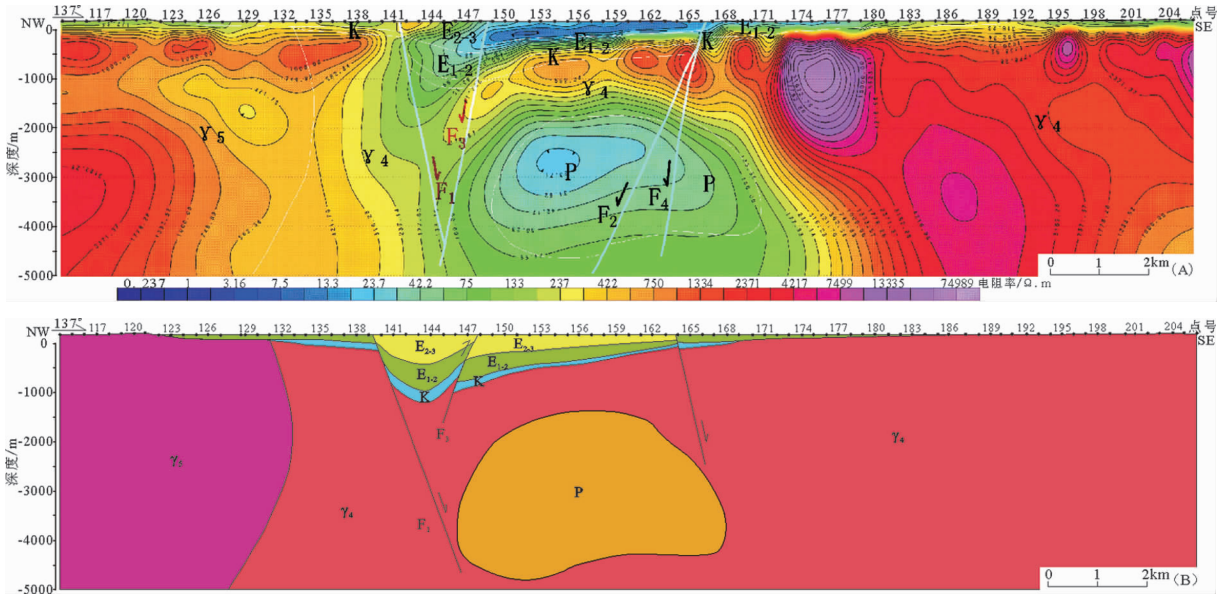


图 4 电法 170 线二维反演电阻率剖面(A)、地质解释图(B)(位置见图 2, 电法层位见表 3)

Fig. 4 2D inversion resistivity profile by electrical methods along No. 170 line (A) and geological interpretation (B)

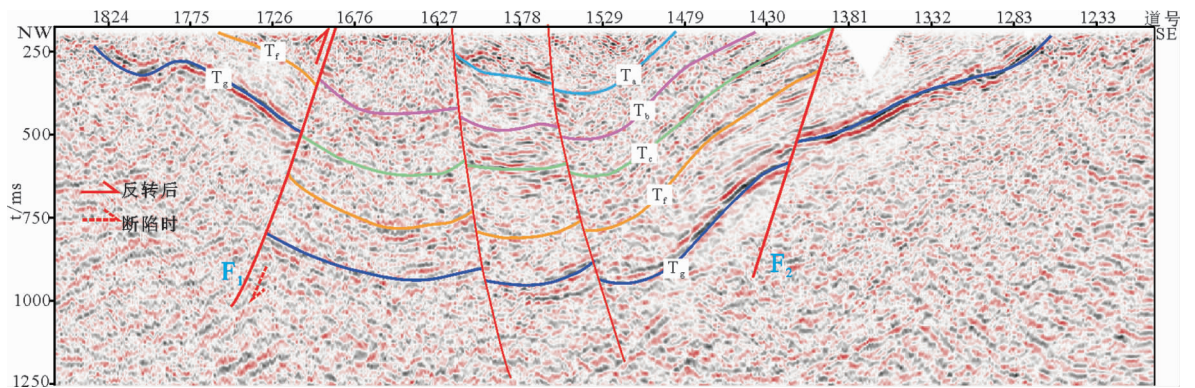


图 5 2280 线二维地震叠后偏移剖面图(T 界面层位见表 3)

Fig. 5 2D seismic profile along No. 2280 line

用, F_1 断层逆冲反转, 盆地两侧地层发生隆升剥蚀, 地层呈地堑式构造。电法 193 线(图 6)显示盆地东缘花岗岩之下存在低阻层, 由于受到抬升剥蚀, 部分低阻层出露于地表, 推测为二叠系杨家沟组, 这与野外露头相吻合。盆地西北缘地层保存相对较好, 推测其下可能存在大范围的二叠系, 电性特征也与区域二叠系电性一致。

盆地东南缘剥蚀后出露二叠系, 同时电法 193

线存在低阻层也进一步证实了盆地中段下部埋藏有大范围的二叠系。

3.3 盆地北段

沉降幅度大, 从西北至东南呈阶梯状加深。二维地震 2336 线(图 7)显示盆地北部呈阶梯状构造格局, 西北缘基底埋深浅, 向东南缘呈阶梯式加深, 中部发育大型同沉积断层, 沉积地层陡然增厚, 缸窑组底界 T_g 最大埋深达 3000m 以上。并且电

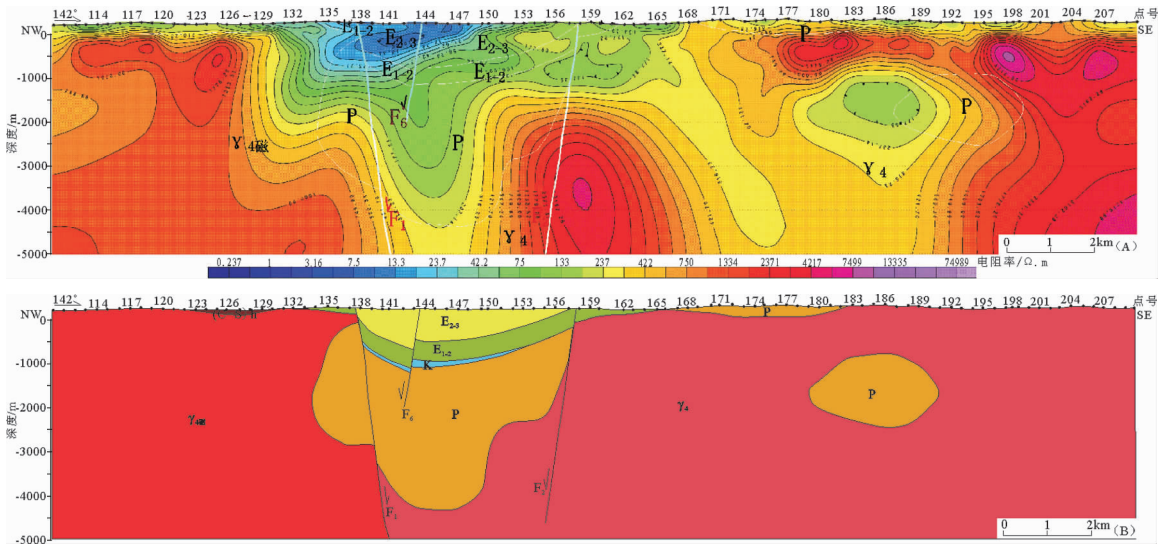


图 6 电法 193 线二维反演电阻率剖面(A)、地质解释图(B)(电法层位见表 3)

Fig. 6 2D inversion resistivity profile by electrical methods along No. 193 line (A) and geological interpretation (B)

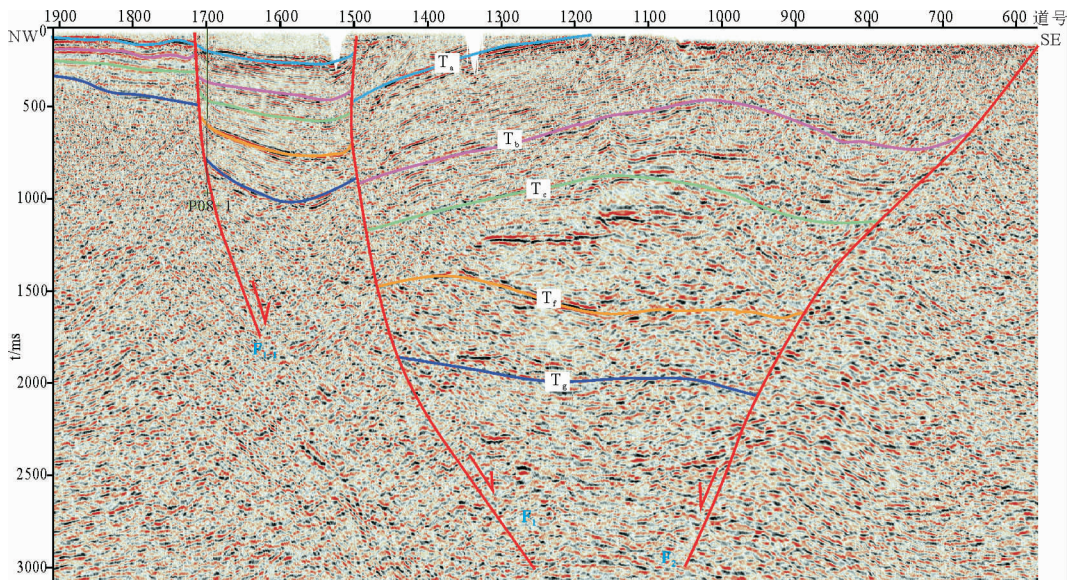


图 7 2336 线二维地震叠后偏移剖面图(T 界面层位见表 3)

Fig. 7 2D seismic profile along No. 2336 line

法 249 线(图 8)解释结果显示,盆地北部较宽,沉积地层较厚。依据地层变形的形态分析,盆地先期受拉张作用控制,阶梯状断陷下沉,并发育同沉积断层,后期受到挤压力作用,受 F_1 、 F_2 断裂控制形成宽缓的背斜构造,并且在 T_6 (永吉组底)、 T_7 (奢岭组底)界面可见泥岩发生揉皱现象。电法 249 线东南部低阻层夹持的次高阻层是万昌组砂砾岩,不是花岗岩岩床,因为花岗岩的视电阻率较高(如 193 线东南部低阻层上覆的花岗岩岩床电阻较高),而 249 线的次高阻层视电阻率不高,并且伊通盆地内电法资料^③表明,万昌组砂砾岩形成类似的次高阻层,呈明显“三明治”式结构,这点也得到钻井资料的证实^④。因此推测,低阻层夹持的次高阻层是万昌组砂砾岩,万昌组砂砾岩下部的低阻层不是石炭系一二叠系,应是古近系下部层位(图 8)。新生界下部也可识别白垩纪地层。

因此,盆地演化后期的挤压作用在本区仍然存在,背斜形态是油气储存的良好构造背景,由此推断盆地北段是油气储存的有力场所。

总之,舒兰盆地南部由于西北缘断裂的挤压逆冲作用,自西北至东南出露由老到新的古近系一新近系。中部由于东南缘隆升幅度大,剖面呈箕状,西北至东南地表新生界出露由新到老;北部埋深较大,新生界出露较少。

4 基底岩性特征

关于舒兰盆地基底(新生界之下地层)的岩性,众多学者说法不一。何跃兴等^[19]认为,舒兰盆地基底为二叠系变质岩、白垩系红色砂砾岩及海西期花岗岩构成的复合基底。刘茂强等^[13]推测舒兰盆地基底可能都为花岗岩。华东地质勘查局 814 队认为,盆地基底由白垩系、三叠系、二叠系、下古生界及岩浆岩组成^③。东北煤田地质局长春研究所^⑤认为,舒兰盆地基底为上古生界石炭系一二叠系(C-P)、海西期花岗岩及白垩系登楼库组、嫩江组。唐大卿等^[20]推测伊通盆地东北部孤家店前第三系基底为二叠系变质岩。

本文依据煤田钻孔资料,参考断陷周边基岩出露区岩性,结合浅层地震和电法解释,推测编制了断陷基底岩性分布(图 9)。舒兰断陷南部基底以上二叠统杨家沟组为主,断陷中部主要由海西花岗岩和白垩系组成,北部基底主要由白垩系组成。

断裂基本不控制基底岩性分布,可见断裂多为中、新生代以来形成的。

5 盆地构造演化分析

关于佳伊地堑开始断陷的时期一直存在不同观点。莽东鸿^[21]认为古伊舒带很可能是松辽块体与张广才岭块体于早侏罗世末期—中侏罗世初期发生陆内俯冲的产物。钱桂华等^[22]认为中侏罗世末—古近纪,晚侏罗世末—早白垩世发生走滑平移;任建业等^[11]与刘茂强等^[13]认为在晚侏罗世—早白垩世地堑开始断陷;田在艺等^[23]则认为断陷开始于中侏罗世;但更多学者认为佳伊地堑在早古近纪才开始发生大规模的断陷^[24-27]。根据现有资料,结合所收集二维地震、电法剖面,笔者推测断陷开始于古新世早期。①舒兰盆地水曲柳以北 77167 号孔和缸窑镇以北 8013 号孔在缸窑组之下,均钻遇早白垩世地层(未钻穿);在四平、舒兰一带见到下白垩统登楼库组(700~1540m)、泉头组(200~500m)、叶赫组(500~800m)^[28]。②在佳伊地堑南段伊通断陷已证实存在下白垩统^[27];北段汤原断陷汤 D7 井、汤参 2 井发现早白垩世孢粉组合,为早白垩世晚期沉积^[29];方正断陷方参 1 井、方参 2 井根据孢粉化石认为时代为晚白垩早期^[30]。③佳伊地堑以西松辽盆地白垩系沉积齐全,地堑以东三江盆地、勃利盆地、鸡西盆地分布上白垩统下部的猴石沟组—海浪组。④舒兰盆地以西松辽盆地古近系有大面积分布,盆地内部古近系沉积厚度可达 3000m,盆地以东仅在密山—敦化断裂附近有零星分布。⑤四平石岭子镇佳伊断裂大型逆冲断层系切割的最新地层为上白垩统姚家组和嫩江组,被古近系缸窑组角度不整合覆盖,与嫩江运动有关^[31]。

综上所述,佳伊地堑两侧盆地均分布上白垩统,而中国东部大陆在晚白垩世具有统一伸展的动力学背景,佳伊地堑内伊通盆地、舒兰盆地、汤原断陷均发育下白垩统,方正断陷有上白垩统存在,由此可预测整个佳伊地堑包括舒兰盆地晚白垩世早期也接受了沉积。晚白垩世晚期发生嫩江运动,造成区域挤压、隆升并遭受剥蚀,舒兰盆地上白垩统剥蚀殆尽,仅在方正等地有残余。古近纪开始,挤压应力释放,盆地开始发生伸展断陷,并伴有右行走滑拉张作用^[20,32]。因此认为舒兰盆地在古新世开始接受沉积,在伸展和走滑双重机制控

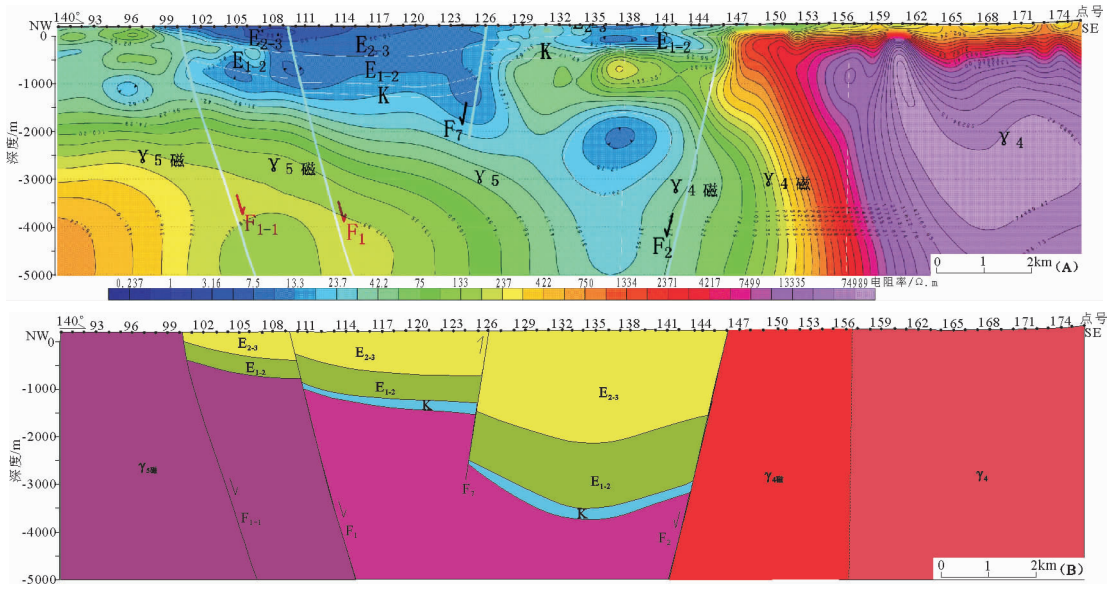


图 8 电法 249 线二维反演电阻率剖面(A)、地质解释图(B)(电法层位见表 3)
 Fig. 8 2D inversion resistivity profile by electrical methods along No. 249 line (A) and geological interpretation (B)

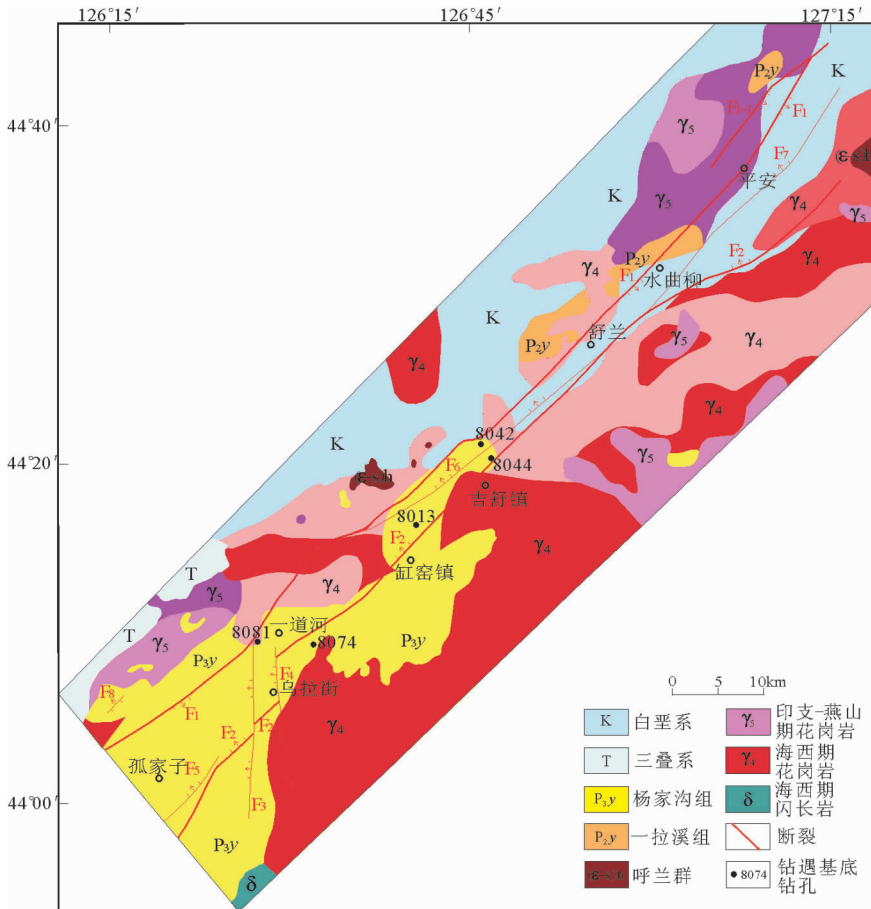


图 9 舒兰盆地及周边基底岩性分布图
 Fig. 9 Distribution of the basement rocks in Shulan Basin and its adjacent areas

制下形成不对称地堑,其沉积演化发展史受佳伊断裂控制,可初步划分为 3 个阶段。

(1) 初始断陷期(古新世早期)

晚白垩世嫩江组沉积末期,太平洋板块向 NNW 方向俯冲^[33],中国东部大陆边缘处于挤压应力场,东北地区发生了强烈的嫩江运动,导致吉黑东部发生大规模区域隆升,上白垩统遭受剥蚀。另外,佳伊断裂南段下白垩统叶赫组发育有一系列的褶皱构造,褶皱枢纽走向为 N10°E,说明早白垩世之后地堑发生过右旋挤压作用^[34]。晚白垩世隆升挤压之后,古近纪挤压应力开始释放,地壳开始拉开,形成包括舒兰盆地在内的一系列小型断陷,并可见古近系缸窑组角度不整合于上白垩统之上。

(2) 主断陷期(古新世—渐新世)

许浚远^[6]认为,依舒地堑在始新世—渐新世主要表现为伸展断陷,李朝林等^[35]认为古新世是强烈断陷时期。西太平洋伊泽纳崎板块向东亚大陆边缘低速、正向俯冲(在 37~43Ma 太平洋板块运动速度仅为 5.8cm/a)^[33]使佳伊地堑形成一系列 NNE 向的压性断层,随着持续的斜向俯冲,在 NW—SE 方向的挤压应力作用下,盆地内开始形成 NW 向的以压扭性为主的断裂构造,这些 NW 向的断裂构造在时间上晚于 NE 向构造,且在空间上切割 NE 向的断裂,造成了地堑内隆、坳相间的构造格局,沉积巨厚的古近纪地层。

从地震剖面(图 7)来看,舒兰盆地内部新生代沉积厚度可达 3000m,在盆地外围分布大范围的花岗岩,未见古近纪地层,由此可见,此时期佳伊断裂舒兰段主控古近系沉积。

(3) 挤压反转期(渐新世—中新世)

马良等^[15]认为伊通盆地岔路河断陷存在构造反转阶段。刘茂强等^[13]和孙晓猛等^[27]研究发现,佳伊地堑西侧地表出现了大量的 NNE—NE 向的逆冲构造。朱光等^[36]认为渐新世末期由于日本海盆强烈弧后扩张,并向西推挤中国东部大陆边缘,使佳伊、敦密地堑发生构造反转,并且在渤海湾盆地和松辽盆地中形成广泛的逆冲断裂,同时形成整个东北地区新近系与古近系之间的区域不整合。从舒兰盆地地震剖面(图 3、图 5、图 7)可看出,在渐新统齐家组沉积后,地堑受力挤压,地堑西北缘发生逆冲,之前控制断陷发育的边界正断层发生反转,形成逆冲断层。在盆地南段靠近西北缘古近

系发生褶皱,盆地北段东南缘发生拱张,形成背斜构造。

6 结 论

(1) 通过舒兰盆地内新生界与伊通盆地的对比研究,提出盆地内新安村组对应古新统缸窑组与始新统双阳组;舒兰组对应伊通盆地永吉组与奢岭组,时代置于始新世;水曲柳组对应齐家组与万昌组,时代置于渐新世。

(2) 通过电法、地震剖面解析,认为盆地南段呈半地堑式构造特征,盆地中段为地堑式构造特征,盆地北段从西北至东南呈阶梯状加深的构造形态。

(3) 舒兰盆地基底岩性南段以上二叠统杨家沟组为主,中段主要由海西期花岗岩和白垩系组成,北段主要为白垩系。基底隆升幅度不一致,北侧小、南侧大。

(4) 舒兰盆地可划分为 3 个沉积演化阶段,即初始断陷期(古新世早期),主断陷期(古新世—渐新世)和挤压反转期(渐新世—中新世)。

致谢: 感谢吉林油田勘探开发研究院和吉林省煤田勘察设计院有关人员在资料收集过程中给予的帮助。

参考文献

- [1] 邵建波, 毕守业. 吉林省东部主要北东向断裂带地质特征及地壳演化[J]. 吉林地质, 1995, 14(1): 35-39.
- [2] 万天丰, 朱鸿, 赵磊, 等. 郯庐断裂带的形成与演化综述[J]. 现代地质, 1996, 10(2): 159-168.
- [3] 张宝政, 刘玉海. 佳木斯—伊通断裂带的基本特征及其与郯—庐断裂带的关系[J]. 长春地质学院学报, 1982, (1): 29-39, 114-115.
- [4] 朱光, 王道轩, 刘国生, 等. 郯庐断裂带的伸展活动及其动力学背景[J]. 地质科学, 2001, 36(3): 269-278.
- [5] 朱光, 刘国生, W J Dunlap, 等. 郯庐断裂带同造山走滑运动的 ⁴⁰Ar/³⁹Ar 年代学证据[J]. 科学通报, 2004, 49(2): 190-198.
- [6] 许浚远. 依舒地堑新生代构造演化[J]. 地球科学, 1997, 22(4): 406-410.
- [7] 王孔伟, 陈守田, 刘立刚. 黑龙江省东部第三系盆地传递断层带特征及其石油地质意义[J]. 大庆石油地质与开发, 1998, 17(4): 4-6, 55.
- [8] 王孔伟, 张帆, 林东成. 汤原断陷构造活动对沉积的控制[J]. 石油地质与工程, 2007, 21(6): 7-10.
- [9] 王孔伟, 张帆, 刘志宏, 等. 依舒地堑汤原—方正断陷古近纪边界断裂活动特征[J]. 大地构造与成矿学, 2006, 30(4): 445-454.
- [10] 罗群, 白新华. 汤原断陷断裂构造特征及其对油气成藏的控制作

- 用[J]. 长春科技大学学报, 1999, 29(3): 247-251.
- [11]任建业, 陆永潮, 李思田, 等. 伊舒地堑构造演化的沉积充填响应[J]. 地质科学, 1999, 34(2): 196-203.
- [12]吉林油田石油地质志编写组. 中国石油地质志: 卷二[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993: 467-495.
- [13]刘茂强, 杨炳中, 邓俊国, 等. 伊通-舒兰地堑地质构造特征及其演化[M]. 北京: 地质出版社, 1993: 1-100.
- [14]吉林省地质矿产局. 吉林省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1988: 264-270.
- [15]马良, 周江羽, 王旭丽, 等. 伊通盆地岔路河断陷始新统地层对比[J]. 石油实验地质, 2008, 30(3): 260-264.
- [16]唐大卿, 陈红汉, 孙家振, 等. 郟庐断裂带伊通段新生代构造演化特征及其控盆机制[J]. 大地构造与成矿学, 2010, 34(3): 340-348.
- [17]童亨茂. 伊通地堑边界断裂的性质与演化[J]. 地质力学学报, 2002, 8(1): 35-42.
- [18]童亨茂, 纪洪勇, 宋立忠, 等. 伊通地堑构造样式及其油气分布规律[J]. 西安石油学院学报(自然科学版), 2002, 17(5): 9-13.
- [19]何跃兴, 孙恒战, 王丽伟, 等. 舒兰盆地的走滑构造作用与聚煤模式[J]. 中国煤炭地质, 2009, 21(增刊2): 4-5.
- [20]唐大卿, 何生, 陈红汉, 等. 伊通盆地新近纪以来的反转构造特征[J]. 石油学报, 2009, 30(4): 506-512.
- [21]莽东鸿. 从白垩系的分布论古松辽盆地的东南边界[J]. 长春地质学院学报, 1982, (2): 85-90.
- [22]钱桂华, 郭念发. 中国东部深部地质与成矿作用[M]. 北京: 石油工业出版社, 2005: 1-148.
- [23]田在艺, 韩屏. 东北地区中生代含油气盆地构造分析与形成机制[J]. 河北地质学院学报, 1992, 15(5): 463-472.
- [24]朱训. 中国矿情第一卷: 总论-能源矿产[M]. 北京: 科学出版社, 1997: 213-244.
- [25]李思田, 路凤香, 林畅松, 等. 中国东部及邻区中-新生代盆地演化及地球动力学背景[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1999: 124-224.
- [26]王永春. 伊通地堑含油气系统与油气成藏[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001: 10-26.
- [27]孙晓猛, 龙胜祥, 张梅生, 等. 佳木斯-伊通断裂带大型逆冲构造带的发现及形成时代[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(5): 637-643.
- [28]程学儒. 对依兰-伊通地堑若干特点的认识[J]. 构造地质论丛, 1984, (3): 213-218.
- [29]孔惠, 黄清华, 乔秀云, 等. 依兰-伊通地堑北部早白垩世孢粉组合新发现[J]. 微体古生物学报, 2002, 19(4): 407-416.
- [30]黄清华, 孔惠, 金玉东. 依兰-伊通地堑方正断陷孢粉组合及其地层层序[J]. 微体古生物学报, 2002, 19(2): 193-198.
- [31]王书琴, 孙晓猛, 杜继宇, 等. 郟庐断裂带北段构造样式解析[J]. 地质论评, 2012, 58(3): 414-425.
- [32]唐大卿, 何生, 陈红汉, 等. 伊通盆地断裂体系特征及其演化历史[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2009, 39(3): 386-396.
- [33]Maruyama S, Seno T, Orogeny and relative plate motions: example of the Japanese Islands[J]. Tectonophysics, 1986, 127(3/4): 305-329.
- [34]王成金, 刘士平. 伊通-舒兰断裂带的演化过程及其邻近地区地震危险区的模拟[J]. 长春地质学院学报, 1987, 17(1): 21-28.
- [35]李朝林, 刘颖鑫, 孙慧梅, 等. 舒兰-尚志断裂带地质及地球物理场特征[J]. 吉林地质, 2008, 27(3): 105-109.
- [36]朱光, 徐佑德, 刘国生, 等. 郟庐断裂带中-南段走滑构造特征与变形规律[J]. 地质科学, 2006, 41(2): 226-241.
- ①中国石油吉林油田勘探开发研究院. 吉林伊通地堑新生代及相关地层的微体古生物组合特征和地层划分对比研究, 2009.
- ②中国石油吉林油田勘探开发研究院. 伊通盆地地层研究, 2008.
- ③中国石油吉林油田勘探开发研究院. 伊通盆地舒兰断陷科研报告, 2009.
- ④吉林省煤田地质勘察设计研究院. 舒兰煤田科研报告, 2009.
- ⑤东北煤田地质局长春研究所. 梅河-舒兰-蛟河盆地沉积聚煤环境及含煤远景预测, 1990.