

文章编号: 1001- 6112(2006)03- 0231- 05

准噶尔盆地东南部油气地质条件研究

周松柏¹, 刘光祥²

(1. 湖南省湘南地质勘察院, 湖南 郴州 423017; 2. 中国石油化工股份有限公司
石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214151)

摘要: 准噶尔盆地东南部发育了 3 套盆地原型, 即 P_2-T_{2-3} 的后裂谷期充填盆地、 $T_3^3-J_{1-2}$ 的裂谷后前渊盆地、 J_3-E 的陆内前陆盆地的并列叠加作用; 发育了 3 套主力生油岩系, 即上二叠统芦草沟组、红雁池组和上三叠统黄山街组、郝家沟组及下、中侏罗统八道湾组、三工河组、西山窑组, 并赋存于阜康凹陷、吉木萨尔凹陷、五彩湾凹陷、黄草湖凹陷之中, 形成了多个供油中心。生储盖分析表明, 该区油气保存条件良好, 并具备在不同区块分别勘探油和油气的特点。构造分析表明, 博格达推覆构造和 2 组(近南北向和近东西向) 断块构造与油气生成、运移、聚集关系密切。综合分析表明, 该区油气成藏地质条件较好, 是值得进一步工作的领域。

关键词: 推覆构造; 断块构造; 盆地原型; 油气勘探; 准噶尔盆地东南部

中图分类号: TE121. 1

文献标识码: A

准噶尔盆地东南部系盆地南缘东段和盆地东部地区。东起奇台, 西至阜康, 北界克拉美丽山山前, 南界博格达山山前, 包括阜康凹陷、吉木萨尔凹陷、黄草湖凹陷、五彩湾凹陷及其间的凸起(帐北凸起、三台凸起和奇台凸起等)(图 1)。上二叠统、上三叠统和下、中侏罗统 3 套主力生油岩系叠置, 油气潜力巨大, 中国石油天然气股份有限公司在该区已勘探发现了火南油田和北三台油田。长期以来对生油岩的综合研究分析认为, 盆地东南部上二叠统是全盆地最可信又是最好的生油岩, 同时其上又叠置了上三叠统和下、中侏罗统 2 套生油岩, 因此可作为进一步勘探、有望发现大-中型工业油气田的良好场所。

1 多类原型盆地叠加

准噶尔盆地东南部, 自晚古生代至新生代发育了多套原型盆地, 它们多叠置在一起, 构成复合型盆地。而每套原型盆地几乎都相应发育了生油岩系, 构成了“多期次、多油源、多储盖”的复合油气分布聚集带。

1.1 后裂谷期充填盆地

晚古生代早中期, 北天山-博格达山地区发育了近东西向延伸的陆间裂谷和北西向延伸的昌玛裂谷, 共同组成三叉裂谷^[1]。准噶尔南缘东段(乌鲁木齐-吉木萨尔) 正位于三叉裂谷的联结点。在博格达山地区, 早二叠世发育了一套厚约 5 000 m 的裂谷海相火山岩、粗碎屑岩夹灰岩。从晚二叠世

起, 裂谷盆地逐渐停止发育, 代之为后裂谷期的充填, 沉积了厚约 2 000 m 的泻湖或封闭海湾碎屑岩夹白云岩和少许凝灰岩, 发育了西厚东薄的生油岩系, 厚 200~ 1 000 m。后裂谷盆地的充填作用一直持续到三叠纪中晚期。

在后裂谷充填期内, 准噶尔东南部发育了最可信也是全盆最佳的上二叠统芦草沟组和红雁池组

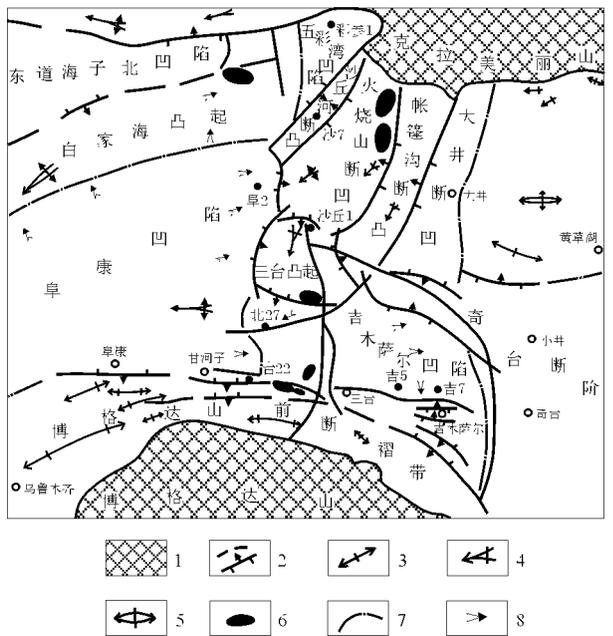


图 1 准噶尔盆地东南部构造单元区划

- 1. 山系; 2. 断层; 3. 地表背斜; 4. 隐伏鼻状背斜;
- 5. 隐伏背斜; 6. 油气藏; 7. 构造单元分界; 8. 油气运移方向

Fig. 1 Tectonic units in the southeast of Junggar Basin

收稿日期: 2005- 04- 01; 修订日期: 2006- 04- 03。

作者简介: 周松柏(1970-), 男(汉族), 湖南人, 工程师, 主要从事煤田、油气地质勘探工作。

生油岩以及上三叠统黄山街组、郝家沟组生油岩。因此后裂谷充填盆地是准噶尔东南部油气勘探的最重要的一类原型盆地。

1.2 裂谷后前渊盆地

北天山—博格达山后裂谷充填发育后,从晚三叠世晚期进入了盆地发育的又一个阶段。由于裂谷关闭相继而来的南北向挤压造山作用,发生褶皱冲断,而在其前缘陆块上发生挠曲,形成了裂谷后前渊盆地。它与典型的前陆盆地在形成机制和盆地结构上相似,其区别主要是多位于板内而很少位于板缘(除非裂谷发展到窄洋盆规模)^[1]。侏罗纪时,在北天山—博格达山山前形成了东西向的带状拗陷,而在南北方向呈箕状结构,部分叠加在早期的后裂谷充填盆地之上。早、中侏罗世发育了良好的含煤建造和生油岩系,整个侏罗系厚达 2 000~4 000 m,拗陷中心在山前,向前陆方向逐渐减薄。烃源岩厚 200~1 000 m。

1.3 陆内前陆盆地

晚侏罗世晚期—早第三纪,北天山—博格达山造山作用复活,在其北缘由于山系向北进一步仰冲推覆和准噶尔盆地壳下俯冲的联合作用,形成了复活造山的陆内前陆盆地。其沉降—沉积中心在准噶尔南缘,但东西分异明显,西段沉积幅度大,沉积了巨厚的陆相碎屑岩系,约 8 000 m;东段沉降幅度小,沉积厚度约 1 000~4 000 m。

综上所述,从晚古生代晚期至新生代,准噶尔南缘发育了 3 套性质不同的盆地,先后叠置组成了大型复合盆地。在 3 套盆地的发育过程中,形成了上二叠统、上三叠统和下、中侏罗统 3 套主力生油岩系和相应的区域性盖层。

2 生油岩系和供油中心

准噶尔盆地东南部地区发育了上二叠统芦草沟组、红雁池组和上三叠统黄山街组、郝家沟组及下、中侏罗统八道湾组、三工河组、西山窑组 3 套主力生油岩系,赋存在阜康凹陷、吉木萨尔凹陷、五彩湾凹陷、黄草湖凹陷之中,总体呈近东西向展布,厚约 3 800~6 400 m。这 3 套主力生油岩系在上述凹陷中层层叠置,构成了“多期次、多油源、多储盖”的复合油气分布聚集带。

晚二叠世时,准噶尔盆地东南部地区由多个华力西期形成的低凸起相隔而分布着多个沉降—沉积中心,主要有博格达山山前、吉木萨尔、阜康、黄草湖、五彩湾 5 个沉降—沉积中心,各中心上二叠统厚度分别为 1 000~2 000,1 000~2 000,2 000~

4 000,500~1 000,750~1 500 m。上述沉降—沉积中心虽然具有明显的分异性,但总体上具有“南北分带、东西分块”的特点,其沉积厚度具有由东向西逐渐增厚、由山前向盆内逐渐减薄的趋势。

晚二叠世时,发育了芦草沟组、红雁池组主力生油岩系,主要由暗色泥岩和油页岩组成,厚度为 200~800 m。

晚三叠世时,构成分异就不像晚二叠世时那么明显,湖盆渐趋统一,沉降—沉积中心发育在博格达山前的阜康—吉木萨尔一带,沉降中心的沉积厚度为 1 000 m 左右,并具有由南向北逐渐减薄、由东向西逐渐增厚的趋势。晚三叠世沉积的黄山街组和郝家沟组为半深湖—深湖相,主要为暗色、黑色泥岩夹灰色砂岩和砂砾岩,厚度为 200~1 000 m,近东西向展布,其中油源岩厚 100~250 m。

早中侏罗世时,由于早燕山运动的作用,帐北断隆将准噶尔盆地东南部一分为二。东部的吉木萨尔凹陷、黄草湖凹陷分别沉积了 200~800 m 厚的烃源岩系;西部的阜康凹陷、五彩湾凹陷沉积了 500~1 400 m 厚的烃源岩系,其沉积主要为滨湖沼泽相含煤建造和黑色泥质岩类建造。吉木萨尔、黄草湖一带,侏罗系煤层厚 10~40 m;阜康、五彩湾一带侏罗系煤层厚 20~90 m。这套含煤建造具有较大的生烃潜力。

3 生储盖特征

准噶尔盆地东南部赋存的 3 套烃源岩的基本特征见表 1。上二叠统烃源岩有机质丰度高,干酪根类型好(以 I 型为主),多属好的烃源岩。有机质演化程度差异大,三台凸起及其以东地区 R_o 为 0.6%~2.0%,处于成熟—高成熟演化阶段, R_o 为油气共生;阜康凹陷处于过成熟演化阶段,以生天然气为主。上三叠统烃源岩有机质丰度高,但其干酪根类型多属 II 型,综合评价为较好的烃源岩;有机质演化程度较上二叠统烃源岩的略低,其分布面貌基本一致,具由东向西增高的趋势。中、下侏罗统烃源岩层次多,累计厚度大,有机质丰度高,分布广;有机质演化程度在阜康凹陷主体处于生油高峰 ($R_o=1.0%$),在三台凸起处于低成熟—成熟演化阶段,三台凸起以东地区则处于未成熟演化阶段^[2]。

通过对准噶尔东南部一带的 3 套主力生油岩系的综合分析可以得到如下结论:1) 在准噶尔东南部的东部,即吉木萨尔和黄草湖一带,以寻找上二叠统和上三叠统的油为主;2) 在吉木萨尔与阜康之

表 1 准噶尔盆地东南部烃源岩综合评价

Table 1 Comprehensive evaluations of source rocks in the southeast of Junggar Basin

层位	P ₂	T ₂	J ₁	J ₂	J ₁	J ₂
岩性	泥岩	泥岩	泥岩	泥岩	煤	煤
<i>C_{org}</i> , %	0.94~ 10.77	1.23~ 6.80	0.53~ 4.70	0.46~ 4.12	55.61	63.10
“ <i>A</i> ”, 10 ⁻⁶	300~ 7 080	3 700~ 4 000	6 700~ 42 830	1 000~ 53 500	11 224	6 944
<i>H/C</i> , 10 ⁻⁶	373.6~ 666.1	432.0~ 501.0	361.0~ 463.8	296.9~ 4 334.0	3 722.0	13 060.0
<i>S</i> ₁ + <i>S</i> ₂ / (<i>mg</i> • <i>g</i> ⁻¹)	1.45~ 45.53	0.53~ 29.28	16.18	15.41	128.20	61.30
<i>H/C</i>		0.17~ 0.19	0.82~ 0.98			
<i>O/C</i>		0.23~ 0.30	0.15~ 0.53			
<i>S</i> ₂ / <i>S</i> ₃		1.82~ 4.06	1.19~ 43.33	0.25~ 39.38		
类型	- 型为主	型为主	型为主	型为主	型	型
<i>R</i> _o , %	0.60~ 2.50	0.60~ 2.00	0.33~ 1.00 ¹⁾	0.33~ 1.00 ¹⁾	0.33~ 1.00 ¹⁾	0.33~ 1.00 ¹⁾
综合评价	好- 最好	中等- 好	较好- 最好	较好- 好	好	差- 较好

1) *R*_o 值或大于 1.00%。

间以及五彩湾一带, 以寻找上二叠统的油与气和上三叠统与中、下侏罗统的油为主; 3) 在阜康一带以寻找上二叠统和上三叠统的气和中、下侏罗统的油为主。

沉积相控制储集体的空间展布, 物源控制储层的物性特征。晚二叠世—白垩纪, 本区沉积具有多旋回性, 因而发育了多套储集层, 包括梧桐沟组 (*P*_{2w})、韭菜园子组 (*T*_{1j})、烧房沟组 (*T*_{1s})、头屯河组 (*J*_{2t})、齐古组 (*J*_{3q}) 等, 主要以河流、三角洲和滨湖相为主^[3-5]。

本区泥岩发育, 层数多、厚度大、分布广。区域性盖层主要有上三叠统、下侏罗统三工河组、白垩系及第三系的泥岩和膏盐。上三叠统泥岩分布稳定, 呈致密块状, 厚 100~ 250 m; 三工河组泥岩分布广, 且富含蒙脱石和伊利石等易膨胀和可塑性强的粘土矿物, 厚 50~ 200 m, 它们均为较好的区域性盖层。白垩系和第三系的泥岩厚达数百米, 为区域性的好盖层。

综上所述, 本区的烃源岩、储层发育, 区域性盖层有 3 套, 其生储盖配置关系可分为: 1) 以芦苇沟组和红雁池组为源岩, 梧桐沟组、韭菜园子组和烧房沟组为储层, 上三叠统为区域性盖层的“下生上储”的组合形式; 2) 以上三叠统为源岩, 八道湾组砂岩为储层, 三工河组为区域性盖层的“下生上储”的组合形式; 3) 以中下侏罗统为源岩, 侏罗系砂岩为储层, 白垩系及第三系为区域性盖层的“自生自储”的组合形式。

4 构造作用与油气保存

准噶尔盆地东南部的构造变动主要受控于克拉美丽山和博格达山的构造活动。根据野外实际

统计测量和构造分析的结果, 主要构造变动有 2 期: 一期的主压应力方向为北北东—南南西; 另一期为北北西—南南东。前期主要发育在燕山中期, 后期主要在晚燕山—喜山早期^[1]。这 2 期构造作用导致了 2 类主要的构造变动形式: 一是冲断(推覆)褶皱构造, 主要形成于造山带和盆地边缘; 二是盆内的断块构造及其伴生的断鼻构造, 它们均是油气富集与保存的良好场所。

4.1 博格达推覆构造作用与油气保存

推覆(冲断)构造作用以博格达弧形推覆体为特征^[6-8], 准噶尔盆地南缘东段的油气运移、聚集、保存与其构造休戚相关。

博格达推覆构造呈一向北凸起的弧形, 向两侧撒开, 向弧顶收敛^[6](图 2)。在平面上分为 3 个带: 第一带() 为博格达主推覆带, 岩片由石炭纪—早二叠世的裂谷火山岩、闭塞海湾、潟湖相白云岩、凝灰岩、碎屑岩等组成; 第二带() 为妖魔山带, 推覆岩片由晚石炭—晚二叠世的岩石组成, 除

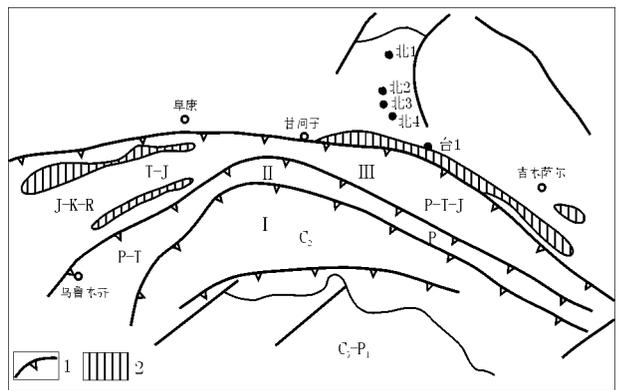


图 2 博格达推覆体平面图

1. 逆掩断层; 2. 背斜带

Fig. 2 Plane map of the Bogda nappe structure

了上述第一带的岩片组成外,还含上二叠统湖相烃源岩;第三带()为阜康带,主要由中生代陆相沉积岩组成,包含第二套和第三套主力生油岩系($T_3 - J_{1+2}$)。由此可以看出,推覆岩片的组成有由南向北逐渐变新的趋势。同时,据对推覆岩片的变形序次研究,推覆体的变形有从南向北递进变形和由南向北逐渐变弱的趋势。这一变形特征为赋存于吉木萨尔—阜康凹陷的 3 套主力生油岩的排烃、油气运移、聚集等提供了十分有益的构造条件。

博格达推覆构造定型于早更新世末的喜山运动,这与赋存于吉木萨尔与阜康凹陷的 3 套主力生油岩的油气生成、运移、聚集和保存关系十分密切。

博格达推覆体的弧形构造反映了它形成期间的构造动力学特征,表明弧形的不同部位具有不同的构造应力场状态,包括主应力作用方向和作用强度的差异。

众所周知,“应力驱动”在油气运移过程中起着十分重要的作用,应力作用使岩石产生的永久变形(如褶皱等)是油气保存的最好场所,而产生的脆性破裂则是油气运移的通道。根据博格达弧形构造展布特征,其主压力方向与油气运移关系可以分为 3 个区带。

推覆体顶端,大致位于西地断裂与三工河之间,为推覆体最前沿地区。该区在平面上和剖面上均为强应力—应变集中带,油气运移指向该集中带。根据物理模拟实验^[9],逆掩断层在剖面上产状变化的三角地带,是油气运移的指向集中带,这已被克—乌断裂等的勘探所证实。推覆体顶端推覆距离较大,逆掩断裂下盘被掩盖的 3 套主力生油岩系其运移指向集中,断层引发的牵引褶皱与油气运移配置良好,成为油气保存的最佳场所,更有逆掩断层的遮挡作用。所以勘探其顶端断层下盘的油气前景应该是十分乐观的。

推覆体东侧,大致位于西地断裂以东。对于此带可一分为二:三台凸起以东,断裂下盘被埋藏的 3 套生油岩系向东逐渐减薄,在三台北东方向寻找到潜伏的背斜和鼻状构造方可作勘探部署;三台凸起以西,断层下盘被掩盖的 3 套主力生油岩系逐渐向西增厚,其区域盖层(特别是白垩系—第三系)也有增厚的趋势,加上推覆体顶端油气运移受主应力支配而产生绕流作用,所以其断裂下盘仍不失为勘探选区。

推覆体西侧,大致在三工河以西。由于推覆体前缘沉积地层厚,该区为晚石炭世—白垩纪各时期的沉积中心或临近其沉积中心,生储盖配置十分

好,油气苗显示十分活跃,说明可能有油气藏存在,因此应对该区的构造进行认真调查,特别是那些雁行褶皱。

4.2 断块作用与油气保存

准噶尔盆地东南部中生代以来主要经历了 2 期区域构造应力场作用,其主压应力方向均近南北向(虽有略偏东和略偏西),盆内的构造变动和成生的构造形式均与此有成生联系。准噶尔东南部的断块作用就是在上述构造动力学背景下产生的,主要有 2 种形式:平行于主压应力方向的断隆与断凹,呈近南北向展布,如沙帐凸起、奇合凸起等;垂直于主压应力方向的对冲或背冲断块,呈近东西向展布,如三台凸起、吉北断块、后堡子断块等,它们的形成和发育与油气的运移、聚集关系十分密切。

研究认为供油中心的烃源岩排烃高峰期从早、中侏罗世起,一直延续到新生界,分别将上二叠统、上三叠统、中下侏罗统烃源岩生成的油气大量排出,运移到相应的构造部位或地层中保存起来。

从已发现的油气来看,上述 2 类构造都赋存了工业性油气。中国石油天然气股份有限公司 1983 年在帐北凸起的北部、沙丘河构造与帐蓬沟构造之间,钻探了火南 1 井,获得了工业性油气流,打破了多年来准噶尔盆地东南部的勘探僵局,形成了东南部油气勘探欣欣向荣的局面。因为长期以来,经彩参 1 井、沙南 1 井和帐 10 井的钻探扑空,人们怀疑上二叠统能否成为勘探的主攻方向。火南 1 井深 2 036.48 m,于 1 971~1 986 m 井段试油后,日产 52 m^3 ,其产层为上二叠统平地泉组,厚 450~1 400 m。这是在帐北断隆上的第一口发现井,它明确无误地告诉人们:1) 上二叠统作为油气勘探目的层是正确的;2) 应该透彻地分析隆起的时代。帐北断隆于晚燕山期逐步隆起,隆起相对低洼处保存了中下侏罗统、三叠系和二叠系,在二叠纪时它恰恰是坳陷中心;3) 火南油田是一个背斜圈闭的油气藏,因此寻找坳陷中相对构造高部位是勘探获得成功的关键。

吉 7 井钻探在三台断裂和后堡子断裂向北逆冲、吉 7 井南断裂和吉 7 井北断裂向南逆冲的对冲构造上,获得了工业性油流。该对冲构造发育在吉木萨尔凹陷的东斜坡,靠近上二叠统的沉积中心。吉 7 井于梧桐沟组中见良好的工业性油流。

吉 7 井钻探成功主要有以下几方面的原因:1) 对冲断裂为供油中心提供了油气运移通道,使吉木萨尔二叠纪沉积中心的烃源岩于晚侏罗世末生成的油经过断裂带运移聚集起来;2) 对冲构造发育后

有完整的区域性盖层,包括晚白垩世以后的区域性盖层;3)吉7井靠近吉木萨尔凹陷二叠纪的沉积中心,主力生油岩芦草沟组和红雁池组沉积等厚线呈北北西向展布,表明围绕生油凹陷中心寻找相应的构造,就可能获得勘探成功。

吉7井喜获工业性油流的事实再次证明,准噶尔盆地东南部的上二叠统芦草沟组和红雁池组是主力生油岩系,是勘探的主攻目的层。

5 结论

综上所述,围绕生油中心的良好构造圈闭(如背斜构造、对冲构造、断鼻构造等)应是首选勘探构造;但同时也不应忽视,许多大型油气田并非是一类型圈闭的油气藏,而往往是构造—岩性圈闭油气藏。准噶尔盆地东南部,从晚二叠世起,沉积中心发生多次变化,洪积相砂体、三角洲砂体在空间上呈交叉展布;又因多期构造作用,准噶尔盆地东南部具有多期生油高峰与多期次构造配置的特点,所以将其作为勘探选区是有科学根据的。

参考文献:

- 1 吉让寿,钱一雄,范小林等. 中国西北地区中生代盆地与油气[M]. 西安:西安地图出版社,2000
- 2 王传刚,王铁冠,陈建平. 对准噶尔盆地东部彩南油田侏罗系油藏原油族(组)群类型的认识[J]. 石油实验地质,2003,25(2):183~189
- 3 李兴平,李静琰,王国司. 准噶尔盆地东部五彩湾地区层序框架[J]. 石油实验地质,1997,19(1):19~24
- 4 王红亮,邓宏文. 准噶尔盆地南缘层序地层特征与有利含气区带预测[J]. 石油实验地质,2000,22(4):336~340
- 5 邢焕清. 准噶尔盆地侏罗系层序地层研究展望[J]. 石油实验地质,2006,28(1):34~37
- 6 伍致中,郭富贤. 再论博格达推覆构造与油气[J]. 新疆地质,1991,9(1):42~51
- 7 伍致中. 博格达推覆构造与油气[J]. 新疆石油地质,1986,7(2):35~43
- 8 张国俊,吴庆福. 准噶尔盆地构造演化与找油领域探讨[A]. 见:《中国含油气区构造特征》编委会编. 中国含油气构造特征[M]. 北京:石油工业出版社,1989
- 9 谭敏. 逆掩断层控制油气运移、聚集的机理探讨[J]. 石油实验地质,1984,6(2):25~34

PETROLEUM GEOLOGIC CONDITION AND EXPLORATION TARGETS IN THE SOUTHEAST OF JUNGGAR BASIN

Zhou Songbai¹, Liu Guangxiang²

(1. Geologic Brigade 128, Chenzhou, Hunan 423017, China; 2. Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, Research Institute of Petroleum Exploration and Production, SINOPEC, Beijing 100083, China)

Abstract: Three basin prototypes are generated in the southeast of Junggar Basin: filling basin in the post-rift sequence(P_2-T_{23}), foredeep basin in the post-rift sequence($T_3^3-J_{12}$) and intracontinental foreland basin(J_3-E). There are three sets of major hydrocarbon source rocks: the Lucaogou and Hongyanchi Formations of the Upper Permian, the Huangshanjie and Haojiagou Formations of the Upper Triassic and the Badaowan, Sangonghe and Xishanyao Formations of the Lower and Middle Jurassic, located in the Fukang, Jimusaer, Wucaiw an and Huangcaohu Sags, forming multiple petroleum supply centers. The research region is good for petroleum preservation. Oil and gas can be explored in different blocks. The Bogda nappe structure and the two fault blocks (approximately SN and EW) are closely related to hydrocarbon generation, migration and accumulation. Hence this region is worth exploring further.

Key words: nappe structure; fault block; basin prototype; petroleum exploration; the southeast of Junggar Basin