

文章编号: 0253-2697(2015)03-0337-10 DOI:10.7623/syxb201503008

# 海拉尔盆地贝尔凹陷岩性油藏成藏控制因素

李文科<sup>1</sup> 张研<sup>1</sup> 方杰<sup>1</sup> 王君<sup>1,2</sup> 刘冬民<sup>3</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院 北京 100083; 2. 中国地质大学地球科学与资源学院 北京 100083;  
3. 中国石油集团东方地球物理勘探有限责任公司 河北涿州 072751)

**摘要:**岩性油藏是贝尔凹陷油气勘探和增储上产的重要领域,但对其成藏规律的研究和认识程度仍然较低,极大地制约了岩性油藏的勘探进程。基于测井、地震及物性分析等资料,通过油藏解剖和成藏条件分析,系统研究了贝尔凹陷不同注槽岩性油藏成藏控制因素及分布规律,认为岩性圈闭、储层物性以及输导通道是该区岩性油藏形成与分布的主控因素。断裂坡折带控制岩性圈闭的发育,即在垂向上,断裂坡折带类型控制砂体类型,主要发育断崖型坡折带形成的近岸水下扇,断阶型坡折带形成的浊积扇以及断坡型坡折带形成的扇三角洲砂体等岩性圈闭;在平面上,断裂坡折带的平面样式控制砂体的空间展布,主要形成断弯型、断接型、断沟型以及交叉型展布形态。砂岩储层临界物性控制岩性圈闭的成藏,只有当砂岩储层的物性高于临界物性时岩性圈闭才具备成藏条件。“断层-轴向砂体”控制岩性油藏的分布,特别是控砂断层下降盘扇三角洲砂体的轴向部位是油气的有利富集区。

**关键词:**断层-轴向砂体;储层临界物性;新裂坡折带;岩性油藏;贝尔凹陷;海拉尔盆地

中图分类号: TE122

文献标识码: A

## Control factors of hydrocarbon accumulation for lithologic reservoirs in Beier depression, Hailar Basin

Li Wenke<sup>1</sup> Zhang Yan<sup>1</sup> Fang Jie<sup>1</sup> Wang Jun<sup>1,2</sup> Liu Dongmin<sup>3</sup>

(1. PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Beijing 100083, China;  
2. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;  
3. CNPC Geophysical Company Limited, Hebei Zhuozhou 072751, China)

**Abstract:** Lithologic reservoirs are an important domain for oil and gas exploration and enhancement of reserve and production in Beier Depression. However, the reservoir-formation laws are still less studied and recognized, thus greatly restricting the exploration progress of lithologic reservoirs. In this study, based on logging, seismic and physical property analysis data, the control factors and distribution laws of lithologic reservoir formation in various sags of Beier Depression were systematically analyzed through reservoir anatomization and analysis of reservoir-formation conditions. It is believed that lithologic traps, reservoir physical properties and transporting pathways are major factors for controlling the formation and distribution of lithologic reservoirs in this area. The development of lithologic traps is controlled by the faulted slope break belts, i. e., in the vertical level, the type of sand bodies is controls by that of the faulted slope break belts, mainly developing the near-shore subaqueous fan formed by fault-scarp slope break belt, turbidite fan formed by fault-terrace slope-break belt, fan delta sand bodies formed by fault-slope slope break belt and other lithologic traps; in the horizontal level, spatial distribution of the developed sand bodies is controlled by planar pattern of the faulted slope break belt, mainly forming the fault-bend, fault-connection, fault-gully and cross-type distribution patterns. The reservoir formation of lithologic trap is controlled by critical physical properties of sandstone reservoirs. Reservoirs are formed only in lithologic traps with sandstone physical properties higher than critical physical properties. The distribution of lithologic reservoirs is controlled by fault-axial sand bodies. In particular, the axial section of fan delta sand bodies on the downthrown side of sand control fault is favorable for hydrocarbon accumulation.

**Key words:** fault-axial sandbody; critical physical property of reservoirs; faulted slope-break belt; lithologic reservoirs; Beier depression; Hailar Basin

**引用:**李文科,张研,方杰,王君,刘冬民.海拉尔盆地贝尔凹陷岩性油藏成藏控制因素[J].石油学报,2015,36(3):337-346.

**Cite:** Li Wenke, Zhang Yan, Fang Jie, Wang Jun, Liu Dongmin. Control factors of hydrocarbon accumulation for lithologic reservoirs in Beier depression, Hailar Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2015, 36(3): 337-346.

**基金项目:**国家重大科技专项“岩性地层油气藏成藏规律、关键技术及目标评价”(2011ZX05001)资助。

**第一作者及通信作者:**李文科,男,1984年4月生,2007年获东北石油大学学士学位,2014年获中国石油勘探开发研究院博士学位,现为中国石油勘探开发研究院工程师,主要从事储层地震地质综合研究工作。Email:liwenke\_2010@petrochina.com.cn

在中小型断陷盆地中,由于经历了多期构造运动,盆内断陷(凹陷)往往被分割为多个洼槽[占断陷(凹陷)面积约70%]。不同洼槽具有不同的构造、沉积特征,发育不同的沉积体系和储层类型。因此,每个洼槽都具有独立的生烃中心和成藏单元,控制油气的形成和分布<sup>[1]</sup>。然而,由于埋藏深且处于负向构造单元,洼槽区勘探程度往往较低,发现储量也较少。随着油气勘探工作的深入和领域的不断拓展,勘探程度低、剩余资源量较大的洼槽区成为断陷盆地岩性-地层油气藏勘探的主要方向<sup>[2]</sup>。近年来,岩性油藏已经成为海拉尔盆地贝尔凹陷新发现油气储量的主体,但不同洼槽岩性油藏的富集程度不同,特别是以贝中洼槽最为富集<sup>[3]</sup>。

与大型断陷盆地相比,中小型断陷盆地具有断裂发育、分割性强、断陷窄、多物源、近物源、粗碎屑和窄相带等地质特征,洼槽区岩性圈闭的发育程度和砂体储集物性成为岩性油藏成藏的关键<sup>[2-4]</sup>。前人对贝尔凹陷岩性油藏的研究主要集中于岩性-地层油藏的类型、分布规律及勘探前景等方面<sup>[5,6]</sup>,忽视了对形成岩性圈闭砂体的类型和分布特征以及储层成藏临界物性的研究,特别是断裂在形成岩性圈闭的砂体分布和岩性油藏成藏过程中的作用尚未引起足够重视。这些都制约了该区岩性油藏分布规律的认识以及勘探发现,导致目前探明石油地质储量仅占总探明储量的27.5%<sup>[6]</sup>。

笔者在前人研究成果的基础上,借鉴中小型断陷盆地岩性油气藏最新研究成果,系统研究贝尔凹陷不同洼槽岩性油藏成藏主控因素及分布规律,认为岩性圈闭的发育程度、储层物性以及输导通道是该区岩性油藏能否形成与分布的关键因素,也是控制该区岩性油藏成藏体系的最根本要素。这些研究成果对深化中小型断陷盆地洼槽区岩性油藏的勘探有重要指导作用,同时也丰富了岩性油藏的成藏理论。

## 1 区域地质概况

贝尔凹陷为海拉尔盆地贝尔湖坳陷内的二级构造单元,凹陷西部超覆于嵯岗隆起,东部为巴彦山隆起,向南延伸至蒙古国境内,北部以巴彦塔拉断层为界毗邻乌尔逊凹陷,走向为NE,形态宽缓,是典型的东断西超型箕状凹陷,面积约为3 010 km<sup>2</sup>,是海拉尔盆地内最大的一个凹陷;受NE和NNE基底断裂的控制,基本构造格局为“三凹两隆一斜坡”,自西向东依次为西部斜坡、贝西洼槽、中央隆起带、贝中洼槽、贝东隆起带、贝东洼槽,具有东西分带、南北分块的特点<sup>[7,8]</sup>(图1);贝尔凹陷基底为古生界和前古生界岩浆岩、变质岩及上三叠统一下侏罗统布达特群变质砂泥岩和火山碎屑岩,沉积盖层主要为下白垩统铜钵庙组(T)、南屯组(N)、

大磨拐河组(D)、伊敏组(Y)以及上白垩统青元岗组(Q),最大厚度为4 600 m。

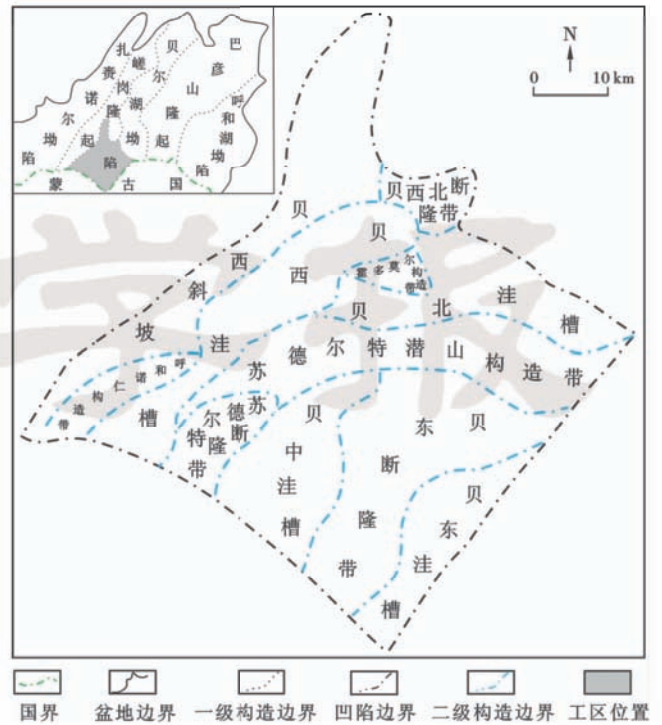


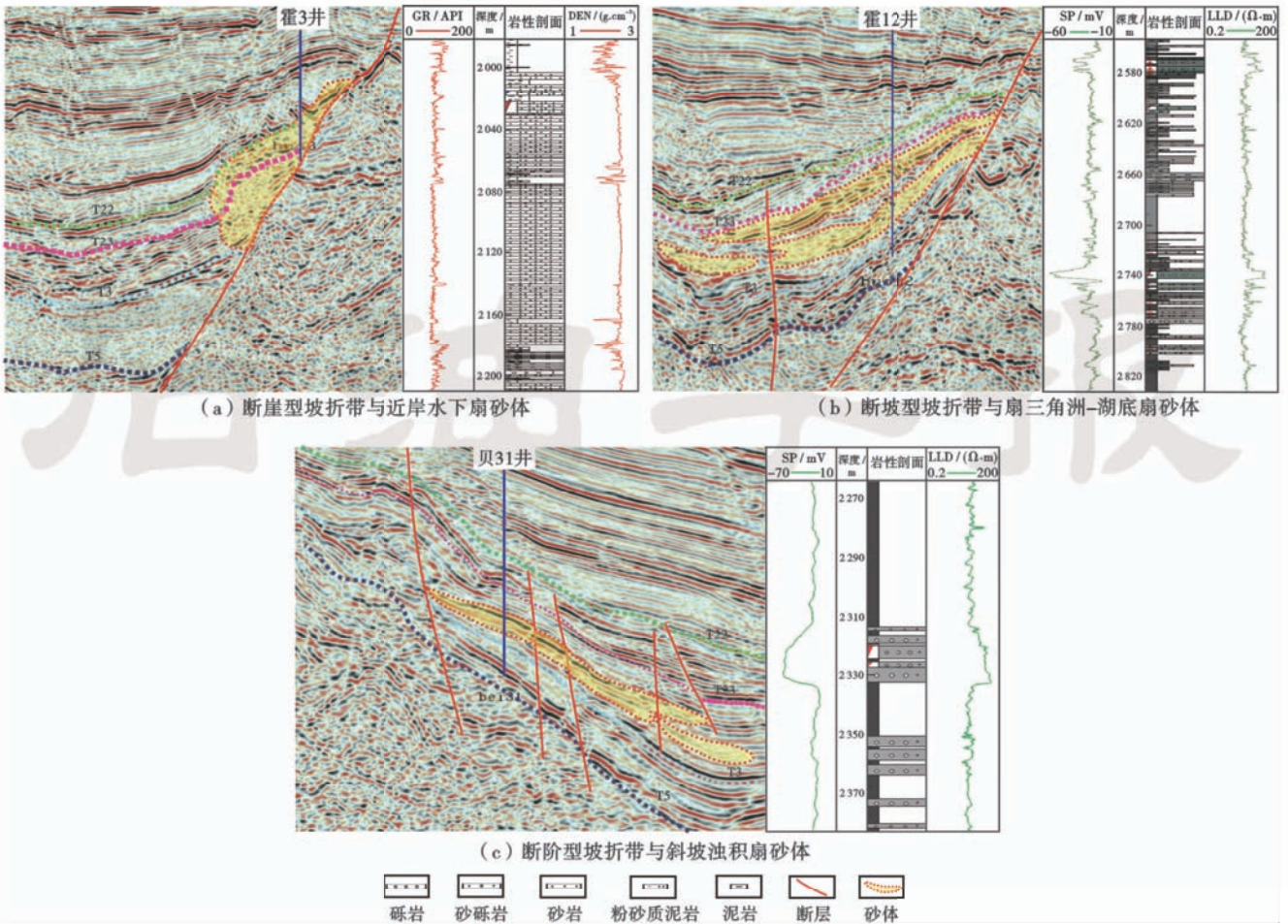
图1 贝尔凹陷区域构造位置

Fig. 1 Regional structural location of Beier depression

纵向上,贝尔凹陷主要发育3套储盖组合,其中以位于中部储盖组合中的南屯组生储盖组合油气最为富集,即以南屯组一段(南一段)暗色泥岩[有机质丰度高,有机质类型以Ⅱ型干酪根为主,有机质成熟度高( $R_o$ 为0.5%~1.3%)]为主力烃源岩<sup>[9]</sup>,南一段—南屯组二段(南二段)低位域砂体为主要储层<sup>[3,10]</sup>,湖侵域和高位域下部泥岩为直接盖层。目前已发现的油藏主要有断块、潜山和岩性3种类型,其中岩性油藏又可分为上倾尖灭岩性油藏、透镜体岩性油藏和断层-岩性油藏(图2),特别是以断层-岩性油藏最为发育。断层-岩性油藏主要分布在贝中洼槽西南部、呼和诺仁断鼻构造带南部和霍多莫尔背斜构造带,砂岩透镜体岩性油藏主要分布于贝西斜坡靠近洼槽区部位和贝中洼槽中央隆起区,砂岩上倾尖灭岩性油藏主要分布于贝西洼槽陡坡一侧和贝中洼槽两侧,其形成和分布与断层密切相关。

## 2 断裂坡折带控制岩性圈闭发育

在断陷湖盆中,对盆地或凹陷演化有控制作用的盆缘断裂和凹陷内部同沉积断裂所形成的构造坡折带,制约着盆地充填可容纳空间的变化,控制着低位体系域、高位体系域三角洲沉积体系的发育部位,对沉积体系的发育和砂体空间展布有重要的控制作用<sup>[11]</sup>,进而控制岩性圈闭的发育。



注: T1—伊敏组顶界; T2—大磨拐河组二段顶界; T21—大磨拐河组一段顶界; T22—南二段顶界; T23—南一段顶界; T3—铜钵庙组顶界; T5—基底顶界。

图 2 断裂坡折带类型与砂体类型

Fig. 2 Faulted slope-break belt's types and controlled sandbodies

### 2.1 断裂坡折带类型控制砂体类型

在垂向上,盆地强烈或持续沉降期断裂坡折带的发育特征显著地制约着盆地沉积体系的类型与分布。特别是同沉积断裂规模、性质以及活动强度的迥异所形成的古地貌(构造坡折带),控制特定类型砂体的形成和分布<sup>[12]</sup>。按照断面及断阶面的垂向组合样式,并结合单井相分析,将该区构造坡折带控砂类型划分为 3 种,即断崖型坡折带形成近岸水下扇,断阶型坡折带主要形成浊积扇,而断坡型坡折带往往形成扇三角洲砂体(图 2)。

#### (1) 断崖型坡折带与近岸水下扇

断崖型坡折带的形成一般受控于继承性活动的大型基底断裂,多分布于箕状断陷的陡坡一侧。在断陷期,由于其断距大、断面较陡,与湖盆区构成陡岸地形,导致从岸上凸起一侧的沉积物直接入湖,进而形成近岸水下扇沉积。如贝西洼槽北部霍多莫尔断裂形成的断崖型坡折带,控制霍 3 井区近岸水下扇砂体的分布,

即沿霍多莫尔断裂的走向呈裙边状分布。岩性以大套粗碎屑沉积(砾岩、砂砾岩)为主,夹于湖相暗色泥岩之中。在地震剖面上表现为断层附近的楔形杂乱反射,易形成厚层朵状砂砾岩体断层-岩性油藏[图 2(a)]。

#### (2) 断坡型坡折带与扇三角洲—湖底扇

断坡型坡折带的形成与断崖型坡折带类似,也受控于继承性活动的大型断裂,但其断面倾角较缓,也多分布于凹陷的陡坡一侧。由于其断面较缓、断距较小,或前方又发育伴生断层。从岸上凸起一侧入湖的沉积物,可在凸起前缘形成扇三角洲或近岸水下扇,之后又发生滑塌作用,在低洼处堆积形成湖底扇。受霍多莫尔控陷断裂面倾角的变化,在倾角较缓的地方(霍 12 井区)形成断坡型坡折带,控制扇三角洲—湖底扇沉积体系的分布。在岩性剖面上,主要为杂色块状砾岩、砂砾岩和含砾砂岩与灰、深灰色泥岩不等厚互层,呈下细上粗的正韵律叠置层。地震反射特征为强振幅较连续反射,靠近生烃洼槽,与烃源岩呈交互接触,易形成薄

层状砂砾岩上倾尖灭岩性油藏[图 2(b)]。

### (3) 断阶型坡折带与浊积扇

断阶型坡折带的形成往往与呈阶梯状排列的生长断裂密切相关,一般分布于凹陷较缓坡一侧。由多组顺向断层组成的断阶,一方面使凸起与凹陷之间呈缓坡相接,减小了沉积可容纳空间;另一方面也增加了沉积物搬运的动力,使其沿断阶快速搬运一定的距离,在阶梯断层的下降盘形成斜坡扇浊流沉积体系。如贝西洼槽斜坡区(贝 31 井区),在岩性剖面上,由块状含砾砂岩、砂质砾岩、粉细砂岩、薄层粉砂质泥岩、页岩与厚层深灰色泥岩,构成不等厚互层的结构剖面,表现为下粗上细的正韵律。地震剖面上表现为透镜状强振幅、不连续反射。由于物源来自于缓坡凸起一侧,搬运距离较长,砂体分选较好,同时有断层沟通油源,可以形

成透镜状中厚层砂砾岩体断层-岩性油藏[图 2(c)]。

### 2.2 断裂坡折带平面样式控制砂体空间展布

在中小型断陷盆地中,不同级次的同沉积断裂极为发育,形成的构造坡折带平面组合样式相当复杂。不同的组合样式具有特定的构造古地貌特征,从而控制了不同的砂体分散体系及分布样式<sup>[13-15]</sup>。然而,前人对断陷盆地砂体平面展布形态的研究,多侧重于从宏观古地貌对砂体分布控制的角度研究砂体的分布,而对断裂坡折带平面样式形成的微地貌对砂体展布的影响则研究较少。对海拉尔盆地贝尔凹陷典型砂体类型的解剖表明,在平面上,不同展布样式的断裂坡折带控制的砂体空间展布样式不同,主要有 4 种类型的砂体展布样式:即断弯型、断接型、断沟型和交叉型<sup>[10]</sup>(图 3),其中以断弯型和断接型分布最广泛。

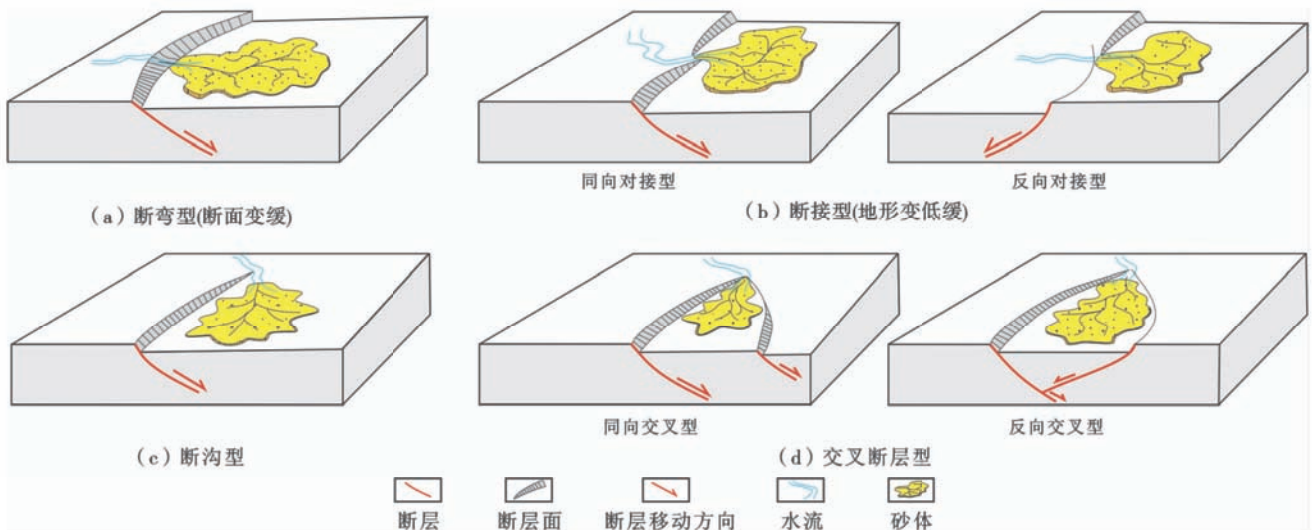


图 3 断裂坡折带平面展布样式与砂体展布模式(据文献[16]修改)

Fig. 3 Models of fault slope-break belt's pattern and sandbodies' spatial distribution

不同展布样式的断裂坡折带控制的砂体大小和形态各不相同。断弯型是指由于大型断层转折处断面倾角变缓,在其下降盘形成的呈“树叶状”分布的砂体,厚度和延伸范围较大[图 3(a)]。断接型是指两条侧列断层的对接处,由于其各自的走向不同所构成的古地貌,在下降盘地势低洼处形成“花朵状”分布的砂体,延伸距离较短[图 3(b)]。断沟型是指由于同沉积断层断距变化,由断层的末端沿其走向在下降盘形成呈“条带状”分布的砂体,延伸距离较远[图 3(c)]。交叉型是指在两条不同走向断层交叉处,尤其在围限的断槽处形成的呈“树叶状”或“条带状”分布的砂体,厚度和延伸距离相对较大[图 3(d)]。在南一段沉积时期,贝尔凹陷为滨浅湖一半深湖相沉积,发育的砂体类型主要为扇三角洲、近岸水下扇和浊积扇等。在平面上,这些砂体的空间展布主要受断裂破折带平面样式的控

制。在陡坡一侧,由于发育断阶,形成多个断弯型展布的砂体;缓坡一侧,由于发育反向断层,主要形成断弯型、断沟型和交叉型展布的砂体。由于凹陷范围窄,湖盆水体浅,低位域砂体极为发育,受几种断裂破折带平面样式的控制,砂体沿断层呈带状展布,在洼槽区相互叠置(图 4)。

### 3 储层临界物性控制岩性圈闭成藏

勘探实践和油气充注实验表明,储层物性对砂岩圈闭含油气性及成藏具有重要的控制作用,只有当物性达到一定临界条件,烃类才能充注到砂体中进而成藏,该临界值即为储层的临界物性<sup>[17,18]</sup>。

通过对贝尔凹陷岩性油藏的成藏条件研究表明,岩性圈闭内储层物性主要受储集相和成岩作用的双重控制,只有储层物性高于临界物性的岩性圈闭易于成

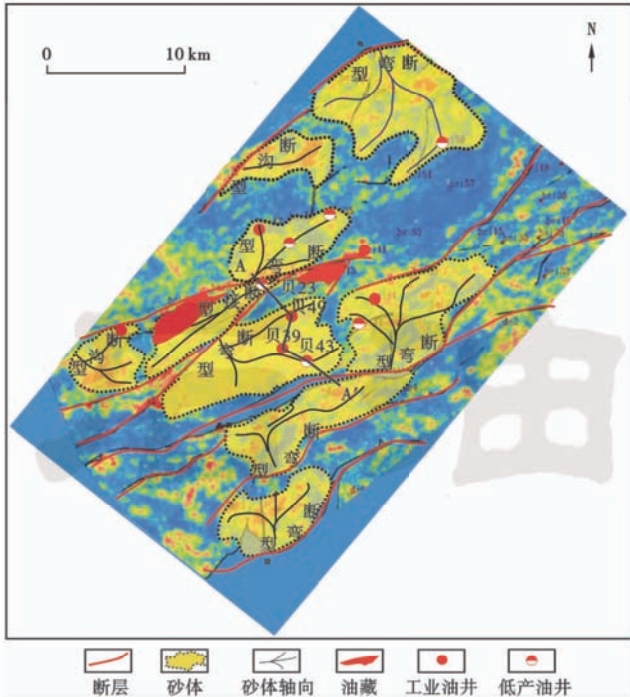


图 4 贝西洼槽南部南一段断层-砂体组合与油气分布的关系(据文献[10]修改)

Fig. 4 Relationship between distribution of fault-sandbodies and hydrocarbon of the 1st member of Nantun Formation in south Beixi sub-depression

藏(图 5)。贝尔凹陷不同注槽岩性油藏主要存在 3 种成藏模式:自生自储式、旁生侧储式和下生上储式。自生自储式主要发育在注槽区附近,多为近岸水下扇和湖底扇砂(砾)岩体圈闭,处于生油门限之内,被有效源岩包围。以初次运移为主,形成透镜状岩性油藏;旁生侧储式主要发育在凹陷斜坡边缘,多为近岸水下扇、扇三角洲以及河流砂(砾)岩体圈闭,处于生油门限之上,远离有效烃源岩,以侧向运移为主,形成上倾尖灭和透镜状岩性油藏。下生上储式主要发育在中浅层,以岩性圈闭为主,处于生油门限之上,位于有效烃源岩上方,以垂向运移为主,形成断层封闭等岩性油藏。

### 3.1 储层临界物性确定

国内很多学者从不同角度总结了多种临界物性的研究方法,主要包括测试法、经验统计法、含油产状法、钻井液侵入法、泥质含量法、最小有效孔喉法、孔隙度-渗透率交会法、甩尾法、帕塞尔(Purcell)法、相对渗透率曲线与毛管压力曲线叠合法等<sup>[19]</sup>。上述方法都有特定的使用条件,且有些方法获得的物性下限不确定性很大。目前,比较常用的主要有 3 种:①含油产状法;②孔隙度-渗透率交会法;③砂岩烃类充注临界物性实验分析法。针对贝尔凹陷南屯组岩性油藏的 297 个岩心常规实验室物性分析数据,根据不同含油级别,

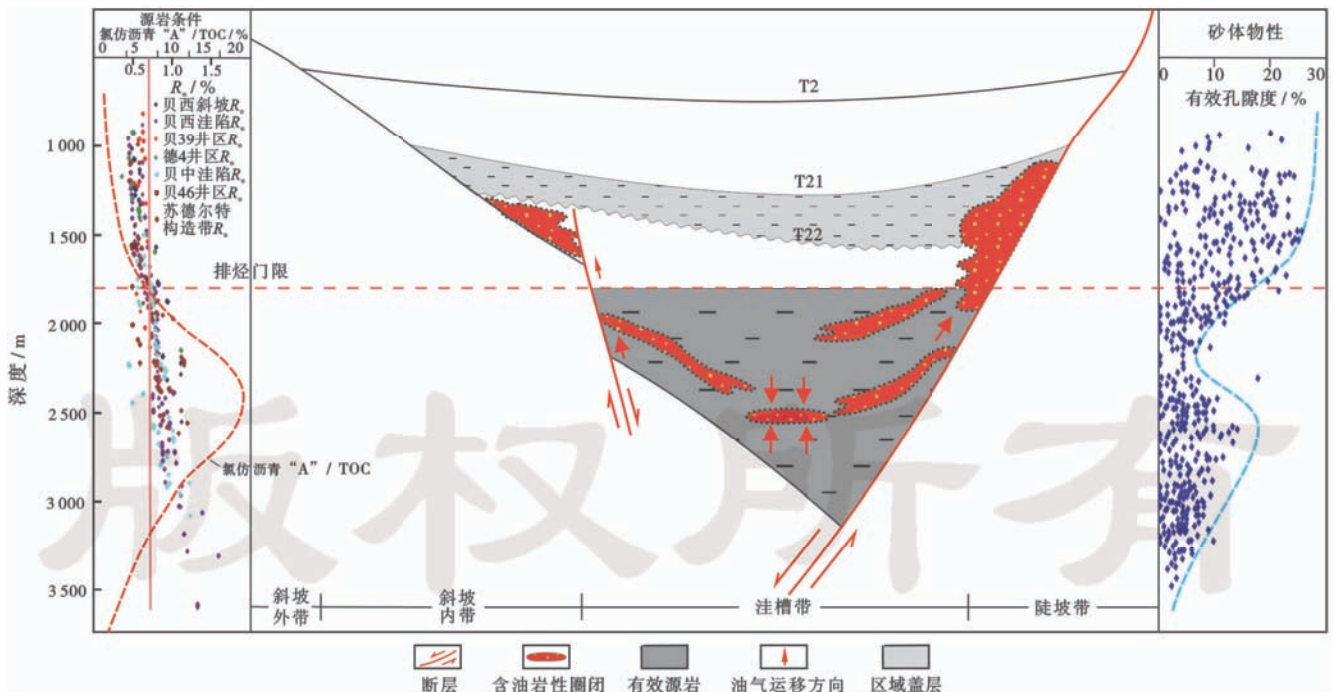


图 5 贝尔凹陷储层临界物性对岩性圈闭成藏的控制作用

Fig. 5 Controlling factors on lithologic reservoirs of critical physical property of reservoirs during accumulation period in Beier depression

利用含油产状法和孔隙度-渗透率交会法(图 6),求得南屯组储集层现今的含油临界渗透率为 0.03 mD,临界孔隙度值约为 7.5%。

### 3.2 成藏带划分

对贝尔凹陷已发现油藏的储层统计表明,储层类型总体为中-低孔低渗型,其中铜钵庙组的孔隙度主

要分布于5%~25%，南一段主要分布于5%~15%，南二段主要分布于5%~25%。已发现的油气储集于不同层位的储层中，从基岩布达特群至大磨拐河组二段皆有分布，但在纵向上具有一定的分带性，即总体

位于具有一定深度范围的成藏带内。所谓成藏带是指储层临界物性所对应的埋深与烃源岩开始排烃所对应的埋深之间的范围，在这一范围内，油气具备成藏条件。

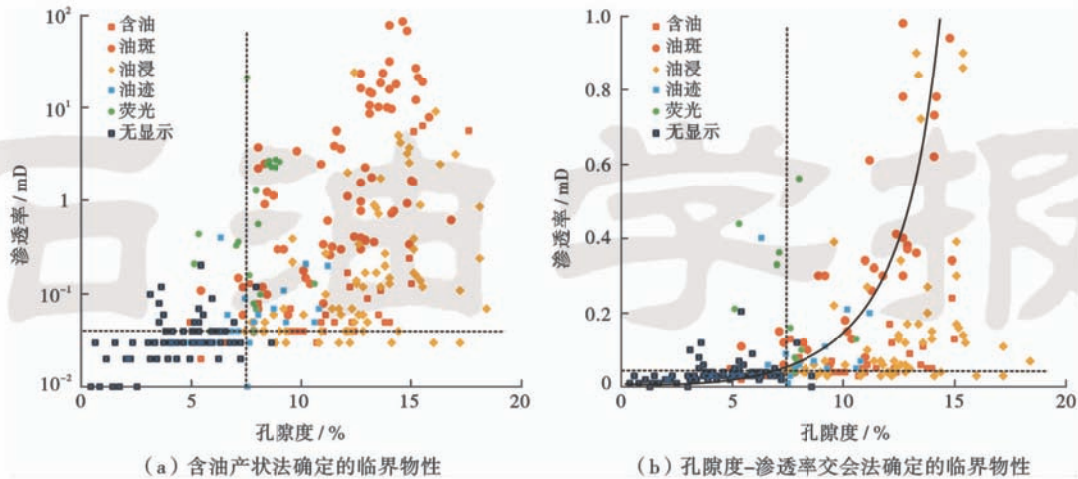


图6 贝尔凹陷南屯组典型岩性油藏储层物性下限分析

Fig. 6 Different methods used to determine lower property limit of typical lithologic reservoirs of Nantun Formation in Beier depression

根据以上确定的储层物性下限，结合生烃曲线与各注槽的孔隙演化曲线，划分成藏带和最有利成藏带的分布范围。具体做法为：①成藏带上限（即成藏开始的门限）为烃源岩开始排烃时所对应的埋深，这里取烃源岩开始排烃时的埋深1800 m<sup>[20]</sup>；②成藏带下限（即成藏结束的门限）为储层的物性下限，由于该区孔隙度对含油气性反映较为明显，故取储层临界孔隙度7.5%所对应的埋深，即贝中注槽3080 m、贝西注槽3300 m。在这一深度以下，烃类就无法注入储集体，油气难以成藏。

对南屯组储层的岩性统计发现，以凝灰质砂岩为主，其次为长石岩屑砂岩、凝灰岩和沉凝灰岩。主要目的层都处于中成岩阶段A期，受压实和胶结作用的影响，储层较为致密。然而，图7埋藏史曲线显示，主要目的层在断陷初期快速沉积之后，经历了南屯组沉积末期的构造抬升，地层普遍遭受剥蚀，储层中易被溶蚀的凝灰质组分被大气水淋滤及有机酸的溶蚀，形成大量次生孔隙非常发育的异常高孔带<sup>[21-24]</sup>，且部分原生孔隙得以保留。在后期的快速沉降及成岩过程中，这些次生孔隙和部分原生孔隙则被较好保存下来，成为有利的储集空间。尤其是次生孔隙成为注灌区深层有效储层发育的重要因素，为深部储层的形成创造了条件，是深层油气广泛分布与相对富集的重要原因。

### 3.3 最有利成藏带控制油层分布范围

在成藏带内，储层发育异常高孔隙带与烃源岩大量排烃所对应的深度段为最有利成藏带，由于两者具有良好的时空配置，控制岩性油藏的纵向分布和富集。

在成藏带内，贝中注槽生油高峰约在2300 m，这一深度范围内储层段存在异常高孔隙发育带，两者匹配关系良好，使得最有利成藏带宽度达850 m。同时，贝中注槽构造活动相对稳定，特别是南屯组沉积末期快速抬升，形成南二段顶面(T22)不整合面，淋滤溶蚀作用对南屯组储层具有一定的建设性改造作用，之后的快速沉降有利于储层原生孔隙的保存和上覆盖层的沉积。因此，在纵向上发育多套成藏组合，以南一段下部组合最为有利。从希2井—希57-81井油藏剖面可以看出，该区成藏带内多层系含油，在平面上形成大面积叠合连片的分布特点[图7(a)]。

贝西注槽北部勘探程度较低，仅在霍多莫尔构造带有一定的油气发现。通过与贝中注槽对比研究发现，在成藏带内，贝西注槽北部沉降速率较快，导致储层段异常高孔隙发育带埋藏较深，烃源岩成熟度高、生烃时间长，最有利成藏带宽度达900 m，有利于规模岩性-地层油藏的形成。同时长期继承性活动断层发育，为油气运移提供有利通道，可以在纵向上形成多层系含油的特点。从霍13井—霍11井油藏剖面可以看出，该区成藏带内的油气主要沿断层分布，主要形成断层封堵和砂岩上倾尖灭岩性地层油藏，在平面上也可以形成大面积连片分布的特点[图7(b)]。

## 4 “断层-轴向砂体”控制岩性油藏分布

对贝尔凹陷已发现的油藏解剖研究表明，该区油气主要沿断层、不整合面以及断层-砂体输导体系运移，



期伸展断裂由于断距大,活动剧烈,一方面使得源-储侧向对接,南一段源岩生成的油向基岩、铜钵庙组和南屯组储层侧向运移;另一方面其产生的大量裂缝为油气的运移提供输导通道。早期伸展断裂系统控制侏罗系布达特群潜山和下白垩统南屯组油气的分布(图8)。

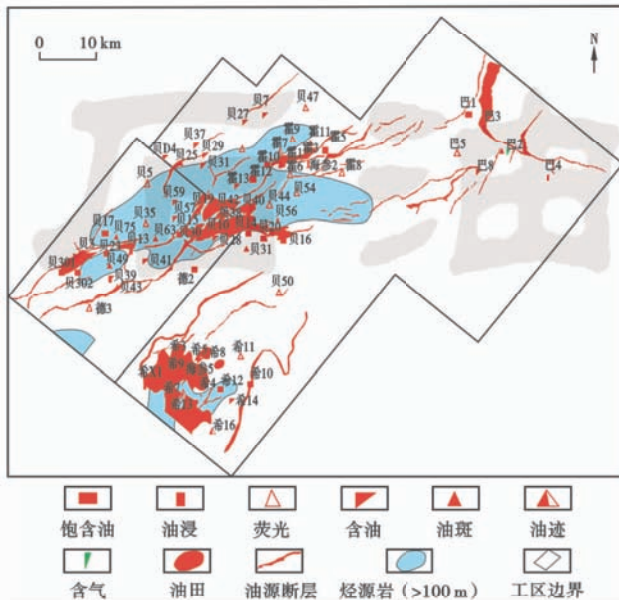


图8 贝尔凹陷南屯组油源断层、烃源岩与油气分布的关系  
Fig. 8 Relationship between distribution of oil source faults, source rock and hydrocarbon of Nantun Formation in Beier depression

#### 4.2 不整合

不整合面是一次或多次构造运动的记录面,同时也是一个沉积间断面,由于长期遭受风化、剥蚀、淋滤等,使其下伏地层往往形成疏松的具有一定渗透能力的输导层<sup>[26]</sup>,由其构成的输导体系分布范围广、运移距离大,是油气区域性分布的重要运移通道之一。海拉尔盆地经历了多期构造运动,不整合十分发育,根据地震、测井和地质等有关资料,可识别出6个明显的不整合面,即基岩顶部区域不整合(T5)、南屯组顶部区域不整合(T22)、伊敏组顶部区域不整合(T04)和铜钵庙组顶部局部不整合(T3)、大磨拐河组顶部局部不整合(T2)、大磨拐河组一段及二段之间局部不整合(T21),特别是位于铜钵庙组、南屯组和大磨拐河组一段成熟烃源岩上、下的不整合面是油气顺层运移的最有利通道,油气沿不整合面上、下圈闭优先聚集成藏。目前,已在基岩顶不整合面发现了多个潜山油藏,铜钵庙组顶不整合面上、下发现了多个岩性-地层和断块油藏,在南屯组顶不整合面上、下发现了多个构造和岩性-地层油藏<sup>[27]</sup>。

#### 4.3 断层-轴向砂体

中小型断陷湖盆断陷分割性强,洼槽规模小,具有

近物源、多物源、窄相带等沉积特点,缺少大面积连续分布砂体。同时作为油气侧向运移主要通道的砂砾岩体横向变化大,非均质性强,物性差,多为中、差型储层,不利于油气长距离运移。然而,由于该区湖区范围小,碎屑物供给充分,中小型物源极为发育,受断裂坡折带控制,从洼槽两侧物源区搬运来的陆源碎屑物质在洼槽区沿断层的走向或其控制的破折带形成长轴分布的砂体。特别是南屯组扇三角洲或辫状河三角洲前缘等延伸范围广,沿其轴向砂体物性好、渗流阻力小,沿断层纵向运移的油气,通过砂体轴向可横向运移一定范围。在受到反向断层或断层两侧非渗透性地层的遮挡,可形成断弯、断接型分布的岩性油藏。如贝39井区南一段低位域扇三角洲砂体,受断裂坡折带的控制,砂体在平面上呈断弯型分布(图4)。沿扇三角洲砂体轴向,其累计厚度可达80 m,平均孔隙度为11%,渗透率为1.25 mD,具有良好的储集物性和渗流能力。北部洼槽生成的油气沿NE向断层向南部运移,在扇三角洲砂体发育的部位,沿其轴向横向大范围运移,从而形成贝39井区砂岩上倾尖灭岩性油藏和断层-岩性油藏(图9)。由于轴向砂体储层厚度大,物性好,有利于油气较长距离运移和大规模聚集,使得贝西南洼槽南一段岩性油藏较为富集,特别是控砂断层下降盘扇三角洲砂体的轴向部位较为富集。

## 5 结论

通过对贝尔凹陷岩性油藏成藏控制因素和分布规律研究表明,对于洼槽区岩性油藏而言,岩性圈闭的发育程度、储层物性以及输导通道成为该区岩性油藏形成与分布的关键因素,也是控制该区岩性油藏成藏体系的最根本要素。主要表现为以下3个方面:

(1) 在岩性圈闭形成方面,断裂坡折带控制岩性圈闭的发育。垂向上,断裂坡折带类型控制砂体类型,主要有断崖型坡折带形成的近岸水下扇,断阶型坡折带形成的浊积扇以及断坡型坡折带形成的扇三角洲砂体;平面上,断裂坡折带的平面组合样式控制砂体的空间展布特征,主要形成断弯型、断接型、断沟型以及交叉型砂体分布。

(2) 在成藏机制方面,砂岩储层的临界物性是控制岩性圈闭成藏的关键因素。含油产状法和试油资料分析法的研究结果表明,贝尔凹陷下白垩统南屯组成藏带内砂岩成藏的临界孔隙度约为7.5%、渗透率为0.03 mD,当成藏带内砂岩储层的物性高于临界物性时岩性圈闭才具备成藏条件。受砂岩孔隙演化和烃源岩生、排烃演化的共同控制,该区岩性-地层油藏具有成带分布特征,且不同洼槽成藏带的宽度不同。



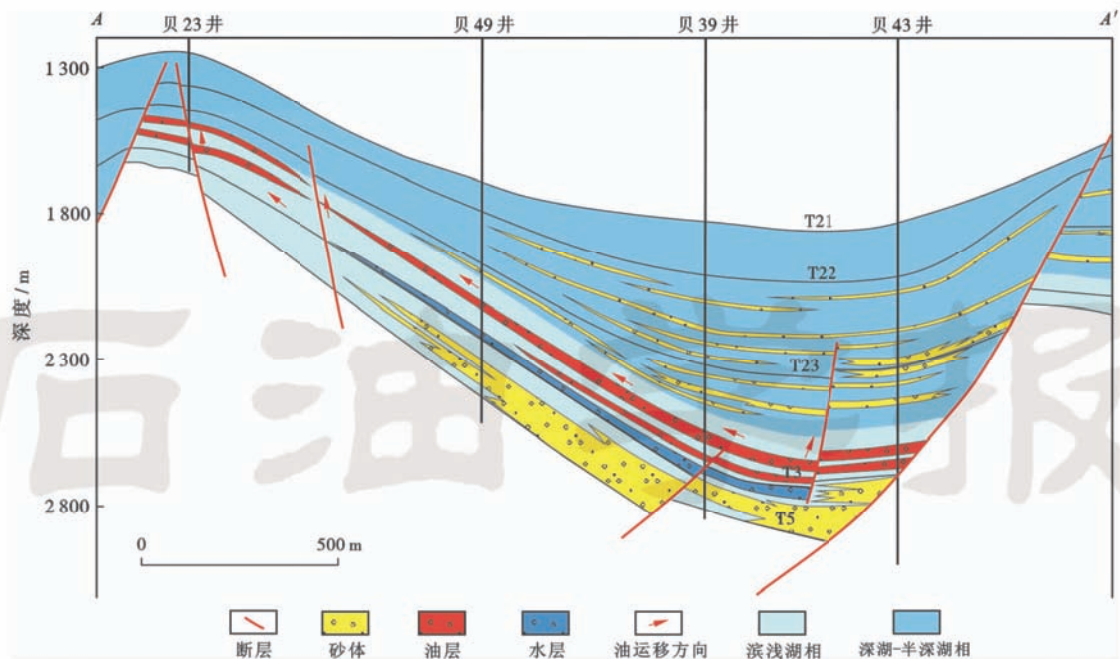


图9 贝23—贝43井南一段油藏剖面(剖面位置见图4)

Fig. 9 Reservoir profile of Bei23-Bei43 for the 1<sup>st</sup> member of Nantun Formation

(3) 在油藏分布方面,断层、不整合面以及断层-砂体组合输导体系是油气运移的主要通道,其中断层-轴向砂体组合是油气运移的优势通道,控制洼槽内岩性-地层油藏的分布特征,特别是控砂断层下降盘扇三角洲砂体的轴向部位是油气的有利富集区。

#### 参考文献

- [1] 赵贤正,金凤鸣,王权,等.陆相断陷盆地洼槽聚油理论及其应用——以渤海湾盆地冀中坳陷和二连盆地为例[J].石油学报,2011,32(1):18-24.  
Zhao Xianzheng, Jin Fengming, Wang Quan, et al. Theory of hydrocarbon accumulation in troughs within continental faulted basins and its application: a case study in Jizhong Depression and Erlian Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2011, 32(1): 18-24.
- [2] 赵贤正,金凤鸣.陆相断陷洼槽聚油理论与勘探实践——以冀中坳陷及二连盆地为例[M].北京:科学出版社,2009.  
Zhao Xianzheng, Jin Fengming. Oil accumulation theory in sags in fault depressions of terrestrial basins and its application: a case study of Jizhong Depression and Erlian Basin[M]. Beijing: Science Press, 2009.
- [3] 冯志强,孙国昕,蒙启安,等.海拉尔盆地中次凹——残留型叠合小断陷盆地油气勘探的成功案例[J].石油学报,2011,32(4):551-561.  
Feng Zhiqiang, Sun Guoxin, Meng Qi'an et al. Beizhong sub-depression in the Hailaer Basin: a successful case for oil exploration in small residual superimposed rift basins[J]. Acta Petrolei Sinica, 2011, 32(4): 551-561.
- [4] 赵文智,方杰.不同类型断陷湖盆岩性-地层油气藏油气富集规律——以冀中坳陷和二连盆地岩性-地层油气藏对比为例[J].石油勘探与开发,2007,34(2):129-134.  
Zhao Wenzhi, Fang Jie. Petroleum enrichment rules in litholog-

ical and stratigraphic pools in different faulted basins: an example from the correlation of lithological and stratigraphic pools in Jizhong Depression and in Erlian Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2007, 34(2): 129-134.

- [5] 王建民,刘杰烈,陈守田.海拉尔盆地岩性-地层油气藏勘探前景[J].石油地球物理勘探,2006,41(4):439-441.  
Wang Jianmin, Liu Jielie, Chen Shoutian. Exploration prospect of litho-stratigraphic oil/gas reservoir in Haila'er Basin[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2006, 41(4): 439-441.
- [6] 刘赫,李军辉,金镇龙.海拉尔盆地乌尔逊—贝尔凹陷岩性-地层油藏成藏特征及勘探方向[J].地质科学,2011,46(4):1079-1093.  
Liu He, Li Junhui, Jin Zhenlong. Forming characteristics of lithologic and stratigraphic reservoirs and its exploration direction of Wuxun-Beir sag in Hailaer Basin[J]. Chinese Journal of Geology, 2011, 46(4): 1079-1093.
- [7] 张吉光.海拉尔盆地构造特征与含油气性探讨[J].大庆石油地质与开发,1992,11(1):14-20.  
Zhang Jiguang. Structural feature and hydrocarbon potential in Hailaer Basin[J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 1992, 11(1): 14-20.
- [8] 刘振彪,陈守田,张财,等.贝尔凹陷的形成机制及其油气分布规律[J].石油地球物理勘探,1999,34(增刊):109-112.  
Liu Zhenbiao, Chen Shoutian, Zhang Cai, et al. Forming mechanism and oil and gas distribution law of Beier Depression[J]. Oil Geophysical Prospecting, 1999, 34(Supplement): 109-112.
- [9] 霍秋立,汪振英,李敏,等.海拉尔盆地贝尔凹陷油源及油气运移研究[J].吉林大学学报:地球科学版,2006,36(3):377-383.  
Huo Qiuli, Wang Zhenying, Li Min, et al. Study on the source and migration of oil and gases in the Beier Depression in the Hailaer Basin[J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2006, 36(3): 377-383.
- [10] 李文科,张研,方杰,等.贝尔凹陷下白垩统层序格架下砂体分布

- 特征[J]. 沉积学报, 2014, 32(2): 334-343.
- Li Wenke, Zhang Yan, Fang Jie, et al. Distribution of sandbodies in a sequence stratigraphic framework in Lower Cretaceous of Beier Depression[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2014, 32(2): 334-343.
- [11] 林畅松, 潘元林, 肖建新, 等. “构造坡折带”——断陷盆地层序分析和油气预测的重要概念[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 2000, 25(3): 260-266.
- Lin Changsong, Pan Yuanlin, Xiao Jianxin, et al. Structural slope-break zone: key concept for stratigraphic sequence analysis and petroleum forecasting in fault subsidence basins[J]. Earth Science: Journal of China University of Geosciences, 2000, 25(3): 260-266.
- [12] 邓宏文, 王红亮, 王敦则. 古地貌对陆相裂谷盆地层序充填特征的控制——以渤中凹陷西斜坡区下第三系为例[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(4): 293-296.
- Deng Hongwen, Wang Hongliang, Wang Dunze. Control of paleomorphology to stratigraphic sequence in continental rift basins: Take lower Tertiary of western slope in Bozhong Depression as an example[J]. Oil & Gas Geology, 2001, 22(4): 293-296.
- [13] Dahlstrom C D A. Structural geology in the eastern margin of the Canadian Rocky Mountains[J]. Bulletin of Canadian Petroleum Geology, 1970, 18(3): 332-406.
- [14] Elena K A, Harris L B, Poulin J, et al. Transfer zones and fault reactivation in inverted rift basins: insights from physical modeling[J]. Tectonophysics, 2007, 441(1/4): 1-26.
- [15] Faulds J E, Varga R J. The role of accommodation zones and transfer zones in the regional segmentation of extended terranes [C]// Faulds J E, Stewart J H. Accommodation zones and transfer zones and the regional segmentation of the basin and range province. Boulder Colorado: Geology Society of America, 1998, 323(1): 1-45.
- [16] 高晓辉, 方杰, 张静, 等. 二连盆地下白垩统岩性地层油藏构造控制因素[J]. 石油学报, 2008, 29(5): 663-668.
- Gao Xiaohui, Fang Jie, Zhang Jing, et al. Control factors for structure of stratigraphic and lithologic reservoirs in the Lower Cretaceous of Erlian Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2008, 29(5): 663-668.
- [17] 刘震, 刘静静, 王伟, 等. 低孔渗砂岩石油充注临界条件实验——以西峰油田为例[J]. 石油学报, 2012, 33(6): 996-1002.
- Liu Zhen, Liu Jingjing, Wang Wei, et al. Experimental analyses on critical conditions of oil charge for low-permeability sandstones: a case study of Xifeng oilfield, Ordos basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2012, 33(6): 996-1002.
- [18] 刘震, 黄艳辉, 潘高峰, 等. 低孔渗砂岩储层临界物性确定及其石油地质意义[J]. 地质学报, 2012, 86(11): 1815-1825.
- Liu Zhen, Huang Yanhui, Pan Gaofeng, et al. Determination of critical properties of reservoir for low porosity and permeability and its significance in petroleum geology[J]. Acta Geologica Sinica, 2012, 86(11): 1815-1825.
- [19] 郭睿. 储集层物性下限值确定方法及其补充[J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(5): 140-144.
- Guo Rui. Supplement to determining method of cut-off value of net pay[J]. Petroleum Exploration and Development, 2004, 31(5): 140-144.
- [20] 秦文龙, 崔军平. 海拉尔盆地贝尔凹陷油气成藏期次分析[J]. 现代地质, 2011, 25(3): 594-598.
- Qin Wenlong, Cui Junping. Research on the formation stages of oil gas reservoirs in Beier depression of Hailaer Basin[J]. GeoScience, 2011, 25(3): 594-598.
- [21] 蒙启安, 刘立, 曲希玉, 等. 贝尔凹陷与塔南凹陷下白垩统铜钵庙组——南屯组油气储层特征及孔隙度控制作用[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2010, 40(6): 1232-1240.
- Meng Qi'an, Liu Li, Qu Xiyu, et al. Reservoir characteristics and processes controlling porosity in Tongbomiao-Nantun Formation from Beier depression, China and from Tanan depression, Mongolia[J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2010, 40(6): 1232-1240.
- [22] 王宏语, 樊太亮, 肖莹莹, 等. 凝灰质成分对砂岩储集性能的影响[J]. 石油学报, 2010, 31(3): 432-439.
- Wang Hongyu, Fan Tailiang, Xiao Yingying, et al. Effect of tuffaceous components on physical property of sandstone reservoir [J]. Acta Petrolei Sinica, 2010, 31(3): 432-439.
- [23] 曹瑞成, 曲希玉, 文全, 等. 海拉尔盆地贝尔凹陷储层物性特征及控制因素[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2009, 39(1): 23-30.
- Cao Ruicheng, Qu Xiyu, Wen Quan, et al. Physical properties and control factors of reservoir in Beier Depression, Halaer Basin[J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2009, 39(1): 23-30.
- [24] 朱世发, 朱筱敏, 刘学超, 等. 油气储层火山物质蚀变产物及其对储集空间的影响——以准噶尔盆地克-夏地区下二叠统为例[J]. 石油学报, 2014, 35(2): 276-285.
- Zhu Shifa, Zhu Xiaomin, Liu Xuechao, et al. Alteration products of volcanic materials and their influence on reservoir space in hydrocarbon reservoirs: evidence from Lower Permian strata in Ke-Xia region, Junggar Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2014, 35(2): 276-285.
- [25] 李文科, 张研, 方杰, 等. 贝尔凹陷断裂系统与油气分布关系[J]. 大庆石油学院学报, 2010, 34(2): 1-6.
- Li Wenke, Zhang Yan, Fang Jie, et al. Fault system and its controlling over hydrocarbon distribution in Beier depression [J]. Journal of Daqing Petroleum Institute, 2010, 34(2): 1-6.
- [26] 张阳, 邱隆伟, 杨勇强, 等. 频繁超剥地区层序、不整合特征及圈闭发育模式——以东营凹陷草桥北部地区沙河街组四段上亚段—东营组为例[J]. 石油学报, 2014, 35(5): 857-866.
- Zhang Yang, Qiu Longwei, Yang Yongqiang, et al. Sequence and unconformity characteristics and trap development model in frequent onlap-denudation area: a case study of the Ed-Es<sub>4s</sub> in northern Caoqiao area, Dongying sag [J]. Acta Petrolei Sinica, 2014, 35(5): 857-866.
- [27] 刘志宏, 万传彪, 任延广, 等. 海拉尔盆地乌尔逊-贝尔凹陷的地质特征及油气成藏规律[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2006, 36(4): 527-534.
- Liu Zhihong, Wan Chuanbiao, Ren Yanguang, et al. Geological features and the rule of oil and gas accumulation of Urxun-Beier depression in Hailaer Basin[J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2006, 36(4): 527-534.