

文章编号:1001-6112(2012)03-0267-05

狭长走滑断陷盆地构造对沉积—成藏的控制作用 ——以伊通盆地为例

江涛^{1,2}, 邱玉超², 邓校国², 王辉辉³, 揭君晓², 程利远²

(1. 中国石油大学(北京), 北京 102249; 2. 中国石油吉林油田公司, 吉林 松原 138000;

3. 大庆钻探工程公司 测井公司, 吉林 松原 138000)

摘要:伊通盆地为郯庐断裂带北延至吉林省境内的狭长新生代断陷盆地,受郯庐断裂带构造域以及西太平洋板块构造域的共同影响,盆地经历了早期斜向伸展、中期持续走滑和后期构造反转的复杂构造演化历程,对油气成藏过程产生重要控制作用。通过分析伊通盆地构造样式、盆地演化过程,研究了构造对沉积、成藏的控制作用,揭示狭长走滑断陷盆地早期伸展走滑为烃源岩和储层的发育提供了良好条件,晚期构造挤压和反转有利于油气藏的形成。

关键词:同沉积断层;扇体迁移;走滑作用;构造反转;断陷盆地;伊通盆地

中图分类号:TE121.2

文献标识码:A

Controlling effect of channel strike-slip fault basin on deposition and accumulation:

a case study in Yitong Basin

Jiang Tao^{1,2}, Qiu Yuchao², Deng Xiaoguo², Wang Huihui³, Jie Junxiao², Cheng Liyuan²

(1. China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 2. Jilin Oilfield Company, PetroChina,

Songyuan, Jilin 138000, China; 3. Logging Company of Daqing Drilling Group, Songyuan, Jilin 138000, China)

Abstract: Formed in Neozoic, the Yitong Basin is a channel strike-slip fault basin in the north of the Tancheng-Lujiang Fault Belt. It locates in Jilin province and has undergone regional structural impacts which originate from the Tancheng-Lujiang Fault Belt and the West Pacific Plate. The tectonic evolution of the basin can be divided into 3 stages including early inclined stretch, middle continuous strike slip, and late structural reversion, resulting in important controlling effects on petroleum accumulation. The influences of structure on deposition and accumulation have been studied based on the tectonic style and evolution process of the basin. It has been concluded that the early inclined stretch of the channel strike-slip fault basin is favorable for the generation of source rock and reservoir while the late structural reversion is favorable for the accumulation of oil and gas pool.

Key words: syndimentary fault; fan migration; strike slip; structural reversion; fault basin; Yitong Basin

伊通盆地位于吉林市和长春市之间,长约140 km,宽5~25 km,为新生代的狭长断陷盆地。伊通盆地属于郯庐断裂带北延的部分,该地区位于西太平洋板块构造域内,同时受郯庐断裂带构造域及西太平洋板块构造域的应力场作用^[1],盆地经历了郯庐断裂带走滑运动和西太平洋的挤压作用对其的改造。同时,伊通盆地是在新生代开始快速发育形成的断陷盆地,构造差异隆升控制盆地沉积中心的迁移、区域性泥岩盖层和烃源岩层系的分布,进而影响区域上大含油气组合的分布。盆地晚期的反转和挤压作用直接控制了西北缘油气圈闭

的分布,也调节了油气的二次运移。本文重点解剖伊通盆地构造对盆地沉积、成藏的影响和控制作用,总结狭长走滑断陷盆地在生、储、盖、圈闭形成过程中构造所起的作用。

1 基本构造特征

伊通盆地断裂构造发育,主要有控制盆地范围的边界断层、盆地内部沉积地层发育的断层和晚期盆地挤压反转伴生发育的断层(图1)。断层按规模可分为3类:第1类是西北缘和东南缘控盆断层。西北缘边界断层为盆地形成过程中的主要活动断

收稿日期:2011-12-19;修订日期:2012-03-31。

作者简介:江涛(1967—),男,高级工程师,从事石油地质综合研究。E-mail:jiangtao-jl@petrochina.com.cn。

基金项目:国土资源部重大专项“松辽盆地及外围上古生界油气资源战略选区”项目(2009GYXQ12-03)资助。

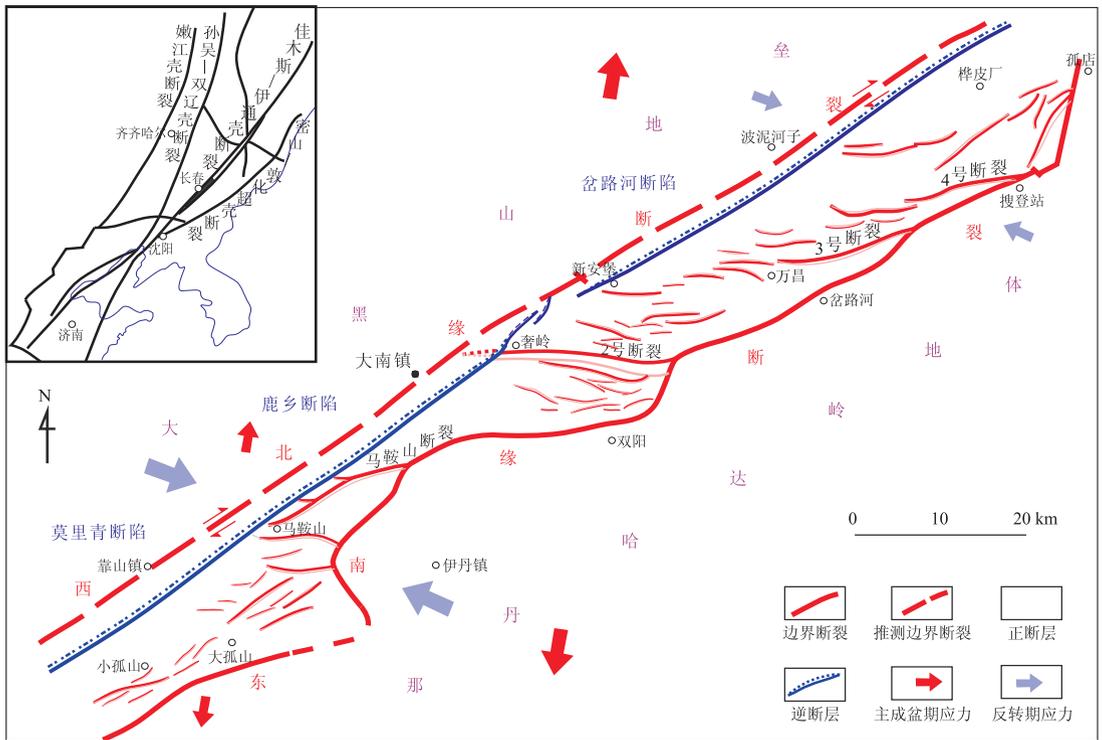


图1 伊通盆地构造纲要

Fig.1 Structure outline map of Yitong Basin

层,断面陡直,走向呈北东向;而东南缘边界断裂呈现明显的分段性,平面形态弯曲,走向北东、北东东向,这2条边界断裂控制伊通盆地的发育。第2类是盆内二级断层,包括2、3、4号断层、马鞍山断层和西北缘挤压逆冲断层;除西北缘挤压伴生断层外其余二级断层主要分布于东南侧,断层走向主要为北东向和近东西向,控制凹陷和构造带分布和规模。第3类为与二级断层伴生的次级断层,这一级别的断层数量多、分带明显,对盆内局部构造及油气成藏具有重要意义。莫里青断陷大孤山断阶带附近断层呈北东向,与马鞍山断层走向形态类似,发育多个局部断块构造;在岔路河断陷的2、3、4号断裂带发育一系列近东西向断层,这一系列断层受这3条大断层影响,总体呈雁列式展布,组合形成多个正花状断块。

古新世以来受太平洋板块和亚欧大陆板块共同作用,伊通盆地经历了3期主要构造运动阶段:即断陷发展阶段、沉降阶段和后期的构造反转阶段。

第1期为古近纪双阳组沉积时的断陷发展阶段。太平洋板块运动方向发生改变,从北北西变为北西西,郯庐断裂响应这一构造活动,开始右行走滑,盆地先期存在的基底断裂斜向伸展,盆地整体变宽加深(图2);同时断裂深达地幔上部,岩熔物质沿裂陷上涌使裂陷进一步发展,表现为伊通盆地

整体差异沉降,普遍接受双阳组沉积。

第2期为奢岭组—齐家组沉积早期的稳定沉降—差异沉降阶段(图2),盆地南部和北部沉降幅度大,莫里青和鹿乡断陷西北缘发育沉积中心。在波泥河—太平凹陷中心偏北,随着控盆边界断裂活动的加剧,湖泊水体加深,广泛发育深湖—半深湖泊体系,2号断裂带附近则发育滨浅湖泊体系。东部盆缘附近发育冲积扇和扇三角洲体系,

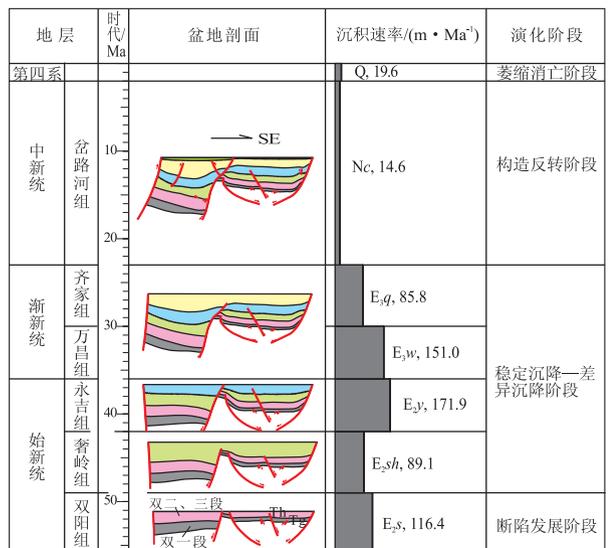


图2 伊通盆地构造沉积演化简史

Fig.2 Structural and sedimentary history of Yitong Basin

并快速向西扩展发育水下重力流体系,形成较大规模储集砂体。永吉组沉积时期,盆地沉降作用减弱,湖盆规模变小。万昌组—齐家组沉积期,盆地南端构造相继隆升,包括尖山构造带、小孤山斜坡和伊丹凸起,莫里青断陷整体发生抬升,靠近东南缘地区地层遭受剥蚀。盆地北部岔路河断陷由于应力调节作用继续沉降,沉积厚度从东南缘向西北逐渐增厚,在新安堡凹陷西北缘最厚达2 400 m。发育滨湖扇三角洲和近岸水下扇。

第3期为齐家组沉积末期的构造反转阶段(图2)。受西北盆缘大黑山隆升派生的侧向挤压作用,全盆地西北缘开始隆升压扭,盆地南部地层被广泛抬升并遭受剥蚀而缺失齐家组地层;盆地西北缘开始形成逆冲断层和相关的变形褶皱构造变形带;湖盆逐渐萎缩,物源供应不充分,主要发育滨浅水沉积体系。

2 构造对沉积的控制作用

新生代以来,伊通盆地经历的3期构造活动对盆地的沉降与沉积作用产生重要影响。在斜向伸展与热隆升阶段,控盆断裂控制断陷湖盆的发育,二级断裂在此期间大都表现为同沉积特征,控制砂体分布。走滑作用在盆地发育过程中控制沉积中心的侧向迁移。在构造反转和消亡阶段,凹陷表现为挠曲沉降特征。

2.1 斜向伸展对断陷发育及烃源岩的控制

双阳组沉积期,太平洋板块运动方向转为北西西,对应的郯庐断裂发生右行走滑,那丹哈达岭和大黑山2个地块发生分离运动,在原有的基底断裂之上发生斜向伸展作用,导致断陷变宽加深。双一段沉积时期,断陷表现为不对称的双断式断陷,盆地西北缘断裂为控盆主断裂,盆地东南缘边界断裂随着伸展作用的增强而开始活动,湖盆范围扩大。在盆地萎缩消亡之前,多期的强烈构造拉伸,对应于盆内的沉积速率都超过85 m/Ma(图2),形成具有幕次响应特征的湖相泥岩沉积,沉积厚度累计为1 000~1 200 m。沉积形成的厚层暗色泥岩为油气的生成提供了良好的物质基础。

2.2 走滑作用对沉积中心和沉积体系的控制

盆地沉降中心沿盆地有规律迁移是狭长走滑断陷盆地的另一个重要沉积特征。伊通盆地作为郯庐断裂带北延的部分,与郯庐断裂带中、南段具有相似的活动规律,总体上具有南早北晚、逐渐向北迁移的规律。在主成盆期伊通盆地构造沉降中心受走滑作用影响,从西南向东北迁移。狭长断陷盆

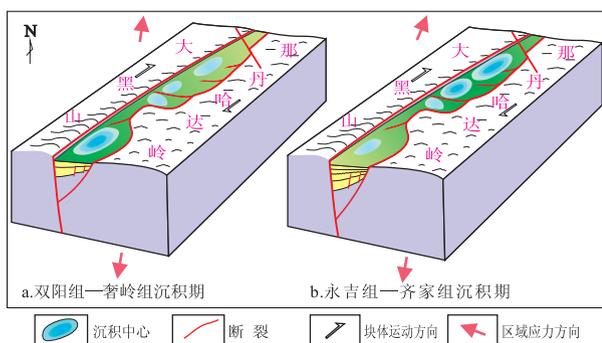


图3 伊通盆地古近系构造沉积演化模式

Fig. 3 Structural evolution pattern of Paleocene in Yitong Basin

地盆缘隆升速率高^[2],为盆内提供了充足的物源条件,盆内的沉降中心能及时地得到填补补齐,类似于海相构造控制的盆地^[3]。狭长断陷盆地走滑作用对沉积体系控制具体表现为:沉积中心在双阳组、奢岭组沉积期位于盆地南部的莫里青断陷,到永吉组、万昌组、齐家组沉积时沉积中心迁移至盆地北部的岔路河断陷(图3)。根据沉积体系展布特征和主物源分布规律研究,伊通盆地主要沉积体系与盆地演化期次具有一致性,双阳组沉积期盆地西北缘大黑山隆起较高,是主要物源区,碎屑物质经深入山体的沟谷体系进入湖盆沉积,主要形成扇三角洲前缘砂体和深水滑塌砂体;砂体分布受盆缘边界断层控制,整体与断层走向呈高角度斜交或正交分布。

2.3 同沉积断层对砂体的控制

伊通盆地内部受差异沉降作用的控制,隆起带与凹陷之间发育一系列同沉积断层,盆内二级断层及其伴生断层对隆凹转换带的砂体展布具有一定的控制作用。如2号断层为长期发育于五星构造带与新安堡凹陷之间的同沉积断层,通过改变物源方向,控制下降盘梁家构造带砂体分布,下降盘地层砂岩厚度明显比上升盘地层厚。2号同沉积断层对物源的影响主要表现为两方面:一是同沉积断层在下降盘靠近断面位置形成的沟道,成为物源入湖的主要通道,国外学者研究现今地貌已经证实这种认识^[4];二是五星构造带为梁家构造带砂体提供部分物源(图4)。类似的断层有3号、4号和马鞍山断层,这些断层对凹陷内砂体发育有一定的控制作用,在其下降盘同样应发育有受同沉积断层控制的水下分流河道砂体。

3 构造对油气成藏的控制作用

3.1 构造沉降对烃源岩和盖层分布的控制

伊通盆地在形成演化过程中沉积了双阳组、奢岭组、永吉组3套主要烃源岩,双阳组、奢岭组、永

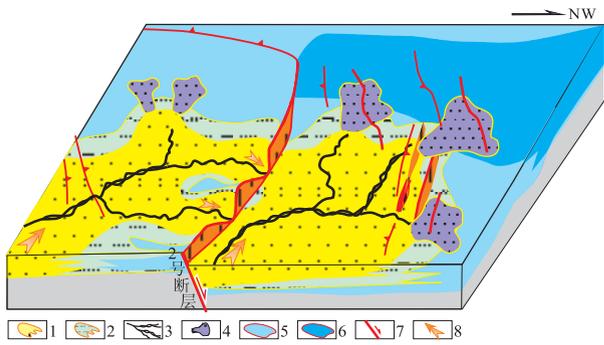


图4 伊通盆地2号断层同沉积作用控制扇体发育模式

- 1. 扇三角洲前缘; 2. 前扇三角洲; 3. 辫状水道; 4. 滑塌浊积扇;
- 5. 滨浅湖泊; 6. 中深湖泊; 7. 断层; 8. 物源方向

Fig. 4 Control of synsedimentary effect on fan distribution, fault no. 2, Yitong Basin

吉组3套盖层。古近纪双阳组沉积期,在区域拉张应力场作用下,边界断裂开始活动,盆地开始整体沉降,逐渐成为滨浅湖—半深湖沉积环境。双一段沉积早期,属于盆地早期填平补齐阶段沉积,盆缘发育冲积扇体系,盆地内部发育辫状河流体系,局部发育小型滨浅湖泊沉积。双一段沉积中晚期开始,盆地进一步沉降,湖泊面积逐渐扩大,深水—半深水湖泊较为发育,这时期湖盆中心沉积了厚度达1 000~1 200 m的泥岩,成为盆地最优质的烃源岩。双三段沉积时期,盆地以滨浅湖泊相沉积为主,发育稳定分布的泥岩作为本区双二段油藏的直接盖层。奢岭组一段沉积时期,随着盆缘断裂活动加剧,盆地进入强烈断陷湖泊沉积阶段,水体加深,本区广泛发育深湖—半深湖泊体系,沉积一套厚度在400~700 m的湖相泥岩作为本区的区域性盖层。奢一段沉积末期,盆地西南部隆起抬升使奢岭组一段地层在该地区遭到剥蚀,盆地持续隆升导致奢二段和永一段几乎在全盆地缺失。永二段—永三段沉积期,盆地进入湖泛期,湖面扩大,水体不断加深,盆地中心则发育半深湖—深水湖泊沉积,并伴有水下扇发育。永吉组四段沉积时,发育深水—半深水湖泊沉积,伴有水下重力流沉积发育。永吉组沉积的巨厚泥岩作为下部双阳组油藏盖层的同时,也作为浅层次生油气藏的烃源岩。

3.2 侧向挤压有利于封闭油气

侧向挤压对油气成藏有2个方面的控制作用。一方面,受侧向挤压形成挤压褶皱变形,造成盆地内地层结构发生变化,形成相关的褶皱变形构造和裂隙,一般在褶皱构造核部及其枢纽部位形成张性裂隙,发育沿褶皱轴向的“X”型共轭剪裂隙,显著地改善储层渗流能力,为油气富集提供了有利的输

导体系和聚集空间^[5]。另一方面,在逆冲断层断面内由于挤压应力和断层泥涂抹,断面内孔隙进一步压实和重新胶结,具有一定的封闭能力,在断褶带前缘聚集形成油气藏。例如靠山镇逆冲断层对上倾砂层形成遮挡,形成石油高产区块。

新近纪以来,挤压作用为生油层排烃提供动力,伴随着逆冲挤压和基底挠曲作用,挤压应力传递到盆地内岩层中,使盆地内早期沉积泥岩内流体压力持续增大,形成异常高压。钻井资料表明,岔路河西北缘压力系数为1.2~1.5。挤压形成的异常高压使油气从生烃凹陷向西北缘断褶带内的储集空间持续充注,形成一定规模的油气藏(图5)。

3.3 构造反转有利圈闭形成

通过对伊通盆缘的野外观察及盆地地震剖面分析发现,盆地整体发生了向东南方向的逆冲活动,莫里青和鹿乡断陷西北缘形成了大规模的挤压破碎带、盆缘地层发生掀斜和剥蚀等现象,而东南缘边界断裂挤压强度和构造活动幅度显著比西北缘弱,莫里青断陷西北缘反转程度最强,形成沿盆地西北缘平行分布的宽2~4 km的断褶带。在隆起与凹陷之间发育有同生正断层,同生断层下降盘在构造反转应力作用下易形成断鼻构造,同时单个砂体厚度较大,距油源近,在砂层封闭的条件下有利于含油圈闭的形成。如梁家构造带即是这种含油气圈闭类型,与之相同的构造部位有3号断层、4号断层、马鞍山断层和尖山断层下降盘,在双阳组层系中有利于这类含油圈闭的形成(图5)。

3.4 断裂活动对油气输导的控制

伊通盆地发育过程中产生的早期张性正断层断穿基底并断至永吉组一段,有利于双一段烃源岩生成的油气沿断裂运移至断褶带前缘成藏,起到了沟通油源的作用(图6)。齐家组沉积末期,受大黑

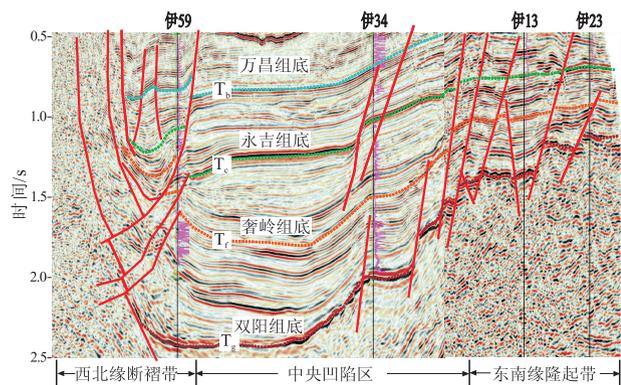


图5 伊通盆地莫里青断陷地震解释剖面

Fig. 5 Seismic interpretation profile of Moliqing Fault, Yitong Basin

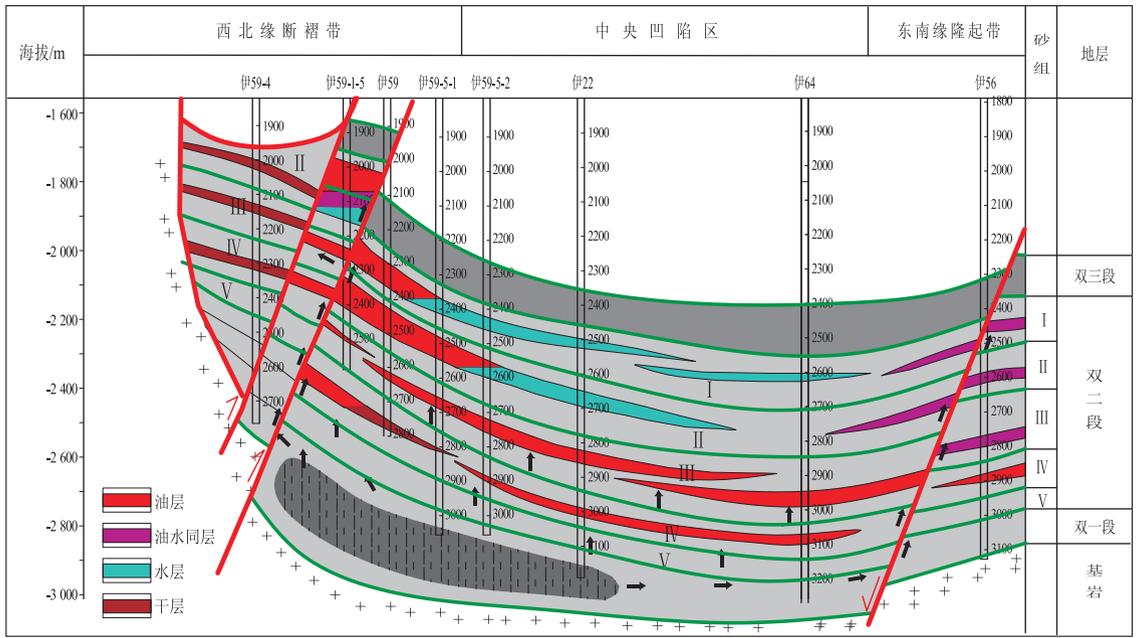


图6 伊通盆地西北缘成藏模式

Fig. 6 Accumulation pattern in northwestern margin of Yitong Basin

山基底隆升派生的侧向挤压和那丹哈达岭隆升活动的作用,盆地进入构造反转阶段,西北缘受侧向挤压形成的挤压逆冲构造,挤压在构造顶部褶皱构造转折端及其枢纽部位易形成张性裂缝,可作为油藏局部的良好输导体。在逆冲断层附近由于挤压作用和断层泥涂抹具有一定的封闭能力,有利于油气的保存^[6]。

4 结论和认识

- 1) 伊通盆地在伸展拉张过程中,响应多期的幕次快速沉降,发育多期的厚层暗色泥岩,为生烃提供了良好的物质基础。
- 2) 盆地的走滑运动导致扇体的迁移,构造差异隆升和沉降作用控制物源和砂体的分布。
- 3) 在盆地构造发育后期,构造反转形成一系列构造圈闭,受侧向挤压作用,盆地断层具有良好的侧向封堵能力。
- 4) 伊通盆地西北缘断褶带和断褶带前缘,背斜构造和反向断层构造发育,具有良好的圈闭条件及封闭性,该区带同时还是近岸水下扇发育区,靠近生烃中心,具备良好成藏条件,为最有利

油气富集的区带;其次,在盆地内反转构造带围斜部位和同沉积断层下降盘也是有利于油气聚集的区带。

5) 狭长断陷湖盆对构造活动具有较强的响应,发育多期界限明显的构造层,构造活动通过对其沉积特征、圈闭和保存条件的影响和控制,控制着油气的成藏过程。

参考文献:

- [1] 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,2001:144-258.
- [2] 侯启军. 伊通盆地演化与油气成藏动力学[M]. 北京:石油工业出版社,2009:8-69.
- [3] Pyles D R. Multiscale stratigraphic analysis of a structurally confined submarine fan; Carboniferous Ross Sandstone, Ireland[J]. AAPG Bulletin, 2008, 92(5):557-588.
- [4] Trudgill B D. Structural controls on drainage development in the Canyonlands grabens of southeast Utah [J]. AAPG Bulletin, 2002, 86(6):1095-1112.
- [5] 江涛,邱玉超,宋立斌,等. 伊通盆地西北缘断裂带的性质[J]. 现代地质,2009, 23(5):860-864.
- [6] 苗洪波,陈红汉,王立武,等. 大型挤压构造事件对油气成藏的影响[J]. 石油实验地质,2009,31(1):63-67.

(编辑 徐文明)