

新疆西北部和什托洛盖盆地构造演化与 后期走滑-冲断改造

孙自明

(中国石化 石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要:和什托洛盖盆地位于新疆西北部,是在西准噶尔晚古生代造山带逆冲推覆构造系统之上发育的一个中生代沉积盆地。关于盆地演化和盆地性质的认识分歧较大。为了恢复盆地形成与演化历史,分析盆地性质,采用改造型盆地的研究思路,开展了地震剖面构造解析和区域地质综合研究。结果表明,三叠纪以来该区至少经历了 3 个成盆与改造期:印支期为挤压拗陷盆地,形成了和什托洛盖盆地的雏形;燕山期为伸展拗陷盆地,晚期遭受走滑-冲断改造,盆地现今南北对冲的构造格局基本形成;喜山期主要表现为先存断裂复活,盆地隆升并遭受强烈改造,最终形成现今的构造地貌形态。尽管不同成盆期的区域应力场和盆地性质各具特点,但各成盆期后期改造阶段的区域应力场特征基本一致,主要受盆地北缘谢米斯台山山前断裂向南冲断和达尔布特断裂左行压扭走滑所形成的压扭应力场控制。因此,和什托洛盖盆地总体是一个由区域应力场性质在中新生代发生多次改变所形成的走滑-冲断改造盆地。

关键词:构造演化;应力场;走滑-冲断改造;和什托洛盖盆地

中图分类号:P618.13

文献标志码:A

文章编号:1009-6248(2015)02-0150-09

Tectonic Evolution, Strike-slip and Thrust Reformation of Hoxtolgay Basin in Northwestern Xinjiang, China

SUN Ziming

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, SINOPEC, Beijing 100083, China)

Abstract: Hoxtolgay basin, located in northwestern Xinjiang, is a Mesozoic-Cenozoic sedimentary basin developed on the thrust nappe system of the west Junggar orogenic belt formed in late Paleozoic. There exists an ongoing debate in understanding of the basin prototype and its evolutionary history in Mesozoic-Cenozoic period. To restore the history of formation and evolution, and determine the type of the basin, research ideas of reformed basin was applied to analysis of formation and development of the basin, the comprehensive geological studies and seismic structural analysis were carried out as well. Results show that the formation and evolution of Hoxtolgay Basin in Mesozoic-Cenozoic age is mainly influenced by west Junggar orogeny, and can be subdivided into at least three basin formation and reformation periods since Triassic, respectively Indosinian,

收稿日期:2014-07-10; **修回日期:**2015-03-24

基金项目:中国石化科技攻关项目“西部山前构造带构造建模与有利区带评价”(P07051)

作者简介:孙自明(1964-),男,河南省叶县人,高级工程师,博士,主要从事油气勘探和盆地构造分析研究。E-mail: sunzm. syky@sinopec.com

Yanshanian and Himalayan period. The prototype of the basin in Indosinian is a compressional depression controlled by the east-west trending Xiemisitaishan piedmont thrust fault, and developed an extensional depression with a large scale subsidence in Yanshan period. At late Yanshanian, the basin was strongly reformed by folding and thrusting, and the north-south ramp framework of the basin was formed. The sedimentary area of the basin was greatly narrowed and restricted to the middle depression belt of the basin in late Yanshanian to Himalayan period, and mainly exhibited the characteristics of the reactivity and inheritance of the pre-existing faults. Although the tectonic stress fields and basin features are different in different stages of formation and development of the basin, their regional tectonic stress fields are generally the same or similar in the later stage of each basin development, mainly due to Xiemisitaishan Piedmont fault thrusting southward and Daerbute sinistral transpressional faulting. It is therefore concluded that Hoxtolgay basin is generally a strike-slip and thrust reformed basin caused by the changes of the regional tectonic stress fields in the process of basin evolution.

Keywords: tectonic evolution; stress field; strike-slip and thrust reformation; Hoxtolgay basin

和什托洛盖盆地位于新疆西北部塔城地区和布克赛尔自治县(简称和丰县)境内,为西准噶尔造山带中的一个中小型山间盆地。盆地北依谢米斯台山和阿尔加提山,南邻扎依尔山、哈拉阿拉特山和德仑山,西邻托里盆地。平面上,盆地总体呈北东东—南西西向展布,东西长约 230 km,中部最宽处约 50 km,面积约 5 900 km²。盆地内部沿东西方向断续分布克拉赛勒克山和白砾山等隆起,平面上与盆地伸延方向基本一致。

该盆地大规模的油气勘探集中于 1994~1996 年和 2004~2007 年。目前,已有探井 3 口,其中和参 2 井在下侏罗统八道湾组见 5 层荧光显示和 10 层气测异常,显示出盆地具有一定的生烃条件。由于勘探程度较低,虽然对盆地基本石油地质条件等取得了初步成果(赵永德等,1997),但对盆地构造演化和盆地性质等的研究则比较薄弱,认识分歧较大,主要有 3 种观点:一是认为属于拉张断陷盆地,其成因是西准噶尔造山带推覆构造在挠曲变形时顶部受到引张力作用或是由于基底走滑断裂的张性错动而形成(兰廷计,1986;冯鸿儒等,1990;谢宏等,1990);二是认为属于中生代区域应力场性质发生改变时所形成的负反转盆地(马晓鸣等,2010),或走滑伸展盆地(李玮,2007;李玮等,2009;渠洪杰等,2008),盆地的形成和发展主要受控于盆地南、北两侧的盆缘断裂,其成因是由

于盆地南、北两侧左行走滑断层发生侧向滑移,盆地基底向西逃逸,在逃逸块体的后缘形成伸展空间,从而形成走滑伸展盆地(李玮,2007);三是认为和什托洛盖盆地是一个位于主逆冲带上盘的扭动-挤压型次生盆地,盆地在中新生代一直处于扭动-挤压应力场环境(马宝军等,2007;马宝军等,2009),但这与早—中侏罗世盆地及邻区伸展应力场特征相矛盾。

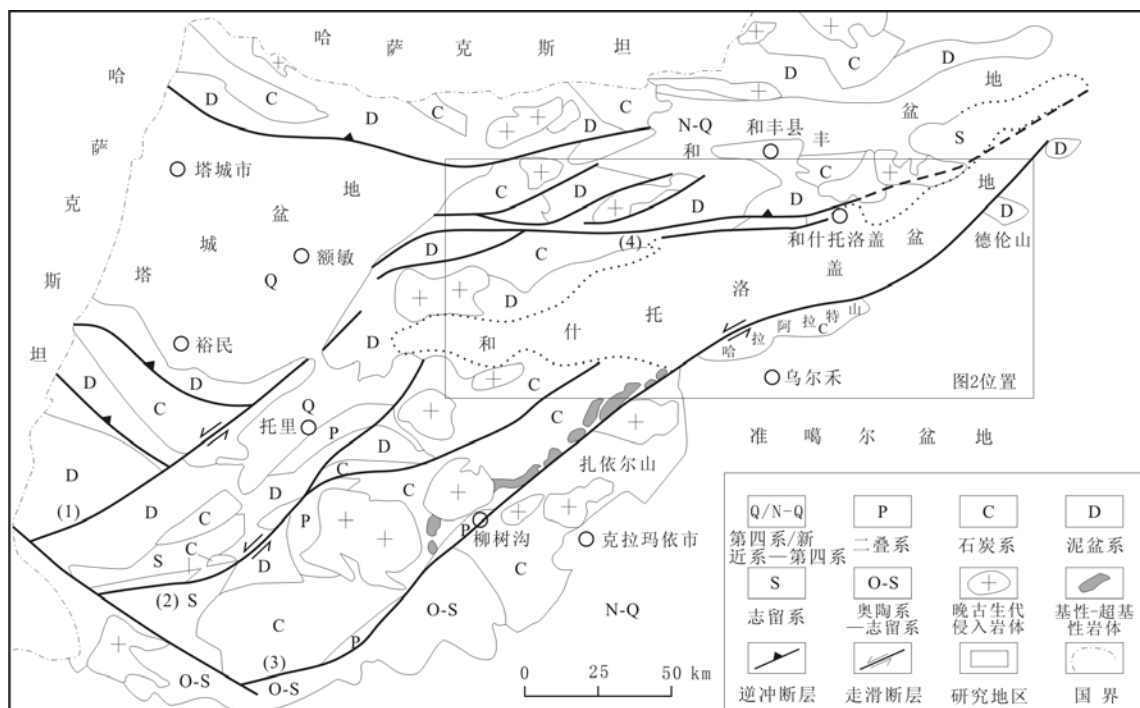
笔者应用改造型盆地的研究思路(王定一,2000;刘晓祥等,1999),通过区域地质研究和地震剖面构造解析,从盆地发育与后期改造阶段应力场演化的角度,对和什托洛盖盆地进行了较系统研究,认为和什托洛盖盆地现今的地质构造格局是其长期演化过程的综合结果,自晚三叠世以来经历了多个成盆期,每个成盆期均具有区别于其他成盆期的独特构造应力场环境,且每个成盆期的后期演化阶段又都遭受到或强或弱的构造改造,总体是一个由区域应力场性质在中新生代发生多次改变所形成的走滑拉分-冲断改造盆地。

1 区域构造背景

西准噶尔造山带位于西伯利亚、哈萨克斯坦和塔里木 3 个大陆板块的交汇处,属于中亚-蒙古

巨型构造带的一部分(肖序常等,1991),其间存在着不同时代的洋壳残片。西准噶尔造山带的主构

造线展布方向主要为北东—南西向,与其南、北两侧的天山山系和阿尔泰褶皱山系几乎直交(图1)。



断裂名称:(1). 巴尔雷克;(2). 玛依勒;(3). 达尔布特;(4). 谢米斯台山山前

图1 新疆西北部西准噶尔造山带地质构造与和什托洛盖盆地位置图

Fig. 1 Geological map of west Junggar orogenic belt of northwestern Xinjiang and location of Hoxtolgay Basin

西准噶尔造山带自西向东依次发育巴尔雷克、玛依勒和达尔布特3条深大断裂,沿断裂带均分布有代表洋壳的蛇绿岩或基性—超基性混杂岩,反映这些断裂向下可能已抵达上地幔。平面上,这些深断裂总体呈北东向延伸,向东北端收敛汇聚于德伦山,并为乌伦古断陷北缘的吐丝托依拉深断裂所阻止;向西南撒开而后稍有收敛即为北西向的扎依勒山深断裂所阻止。剖面上,这些断裂断面产状均向北西倾斜,断面上陡下缓,构成西准噶尔造山带叠瓦状逆冲推覆构造系统,大约在12 km左右发生滑脱(许建东等,2008)。在各断裂带之间,分布许多规模不等的侵入岩体,地球物理资料反映这些侵入岩体向下延伸深度不大,具有无根特征,表明这些侵入岩体也参与到了该区强烈的逆冲推覆构造活动之中,可能是由于逆冲推覆作用将岩体切铲并发生一定的向南东方向的位移之结果(许建东等,2008)。

克-乌断裂位于准噶尔盆地西北缘,是西准噶尔造山带向东逆冲推覆过程中派生的次级断裂构造

带,属于西准噶尔造山带逆冲推覆系统的前锋逆冲断裂,剖面上与达尔布特断裂一起共同构成准噶尔盆地西北缘前陆褶皱冲断带。

和什托洛盖盆地处于西准噶尔晚古生代造山带逆冲推覆构造系统之上,盆地基底由泥盆系—二叠系碎屑岩、火山碎屑岩和华力西酸性—中酸性侵入岩组成;基底内部断裂发育,如巴尔雷克断裂等向北可能延入盆地内部,造成基底结构组成的非均一性,这种基底结构将导致盆地构造变形活动性特征。盖层为三叠系—新生界沉积地层,其中以下—中侏罗统发育广泛,厚度较大,是油气勘探的主要目的层系。

2 盆地构造特征

2.1 主干断裂

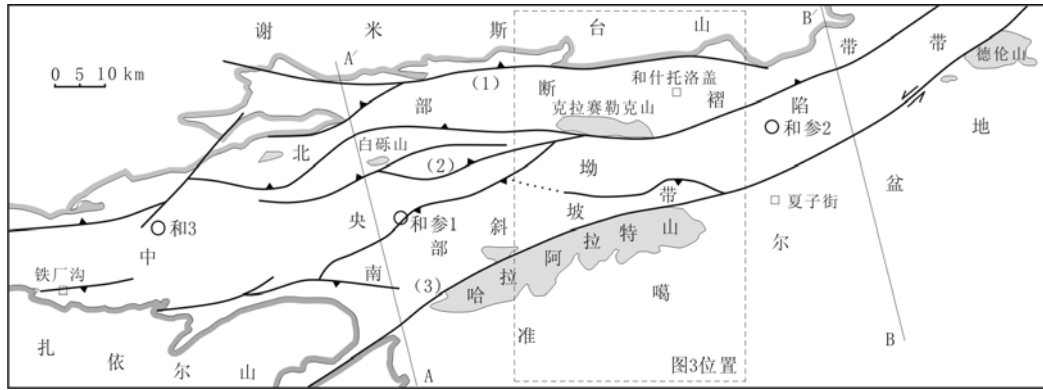
和什托洛盖盆地周缘和盆地内部断裂均较发育,盆地南、北两侧的达尔布特断裂和谢米斯台山

山前断裂对盆地的形成和演化具有重要的控制作用(图2)。

2.1.1 谢米斯台山山前断裂

该断裂位于谢米斯台山南坡山前,走向近东西,并多被第四系覆盖,但其总体特征仍较清楚。

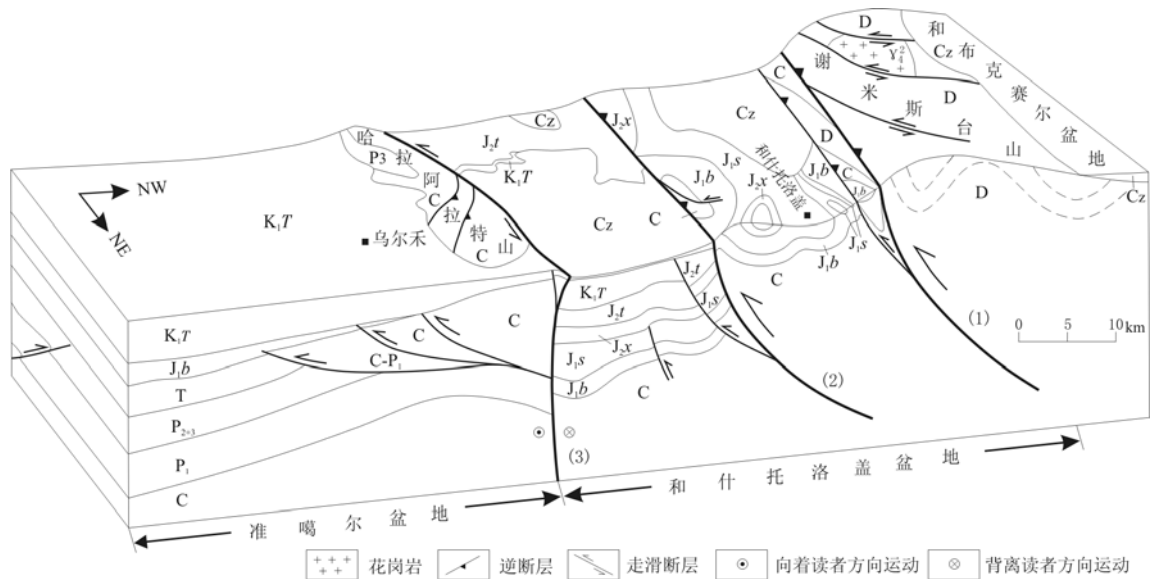
根据野外观察,它实际为由南、北2条分别被称为卡鲁不落同克拉断裂和巴音布拉克-查干陶勒盖断裂的分支逆冲断层组成的断裂带,在地表露头上,这2条断裂均向北陡倾,倾角一般在 75° 左右,向深部延伸可能合并(图3)。



断裂名称:(1). 谢米斯台山山前;(2). 和南;(3). 达尔布特

图2 和什托洛盖盆地构造单元区划图(区域构造位置见图1)

Fig. 2 Schematic map showing the division of structural units of Hoxtolgay basin



D. 泥盆系; γ_1^2 . 华力西期花岗岩;C. 石炭系; P_1 . 下二叠统; P_{2+3} . 中上二叠统;T. 三叠系; J_1b . 八道湾组; J_1s . 三工河组; J_2x . 西山窑组; J_2t . 头屯河组; K_1T . 吐谷鲁群;Cz. 新生界

图3 和什托洛盖盆地及邻区构造图(位置见图2,断裂名称和编号同图2)

Fig. 3 Diagram showing the structure of the central Hoxtolgay basin and its adjacent area.

位于断裂带上盘的谢米斯台山主要出露中泥盆统和华力西期花岗岩岩体;断裂带内部则主要由上泥盆统和石炭系断夹块组成,沿走向可见到一些华力西中期超基性岩体、花岗岩和浅成岩等;在断裂带

南侧可见到中泥盆统分别自北向南逆冲于石炭系和侏罗系八道湾组之上,反映该断裂向下切割较深,晚古生代以来长期活动。

关于断裂性质,有人认为它是一条左行走滑断

裂(李玮,2007),但根据断裂两侧地层产状及其褶皱轴线均与断裂走向近于平行或低角度斜交,以及断裂带内发育的一些与断裂走向斜交的线理和不对称构造透镜体等判断,谢米斯台山山前断裂主要表现出自北向南的冲断特征,同时兼具一定的左行走滑性质。

2.1.2 达尔布特断裂

达尔布特断裂是西准噶尔造山带的一条规模较大的断裂,平面上呈北东东—南西西方向延伸,长度大于 250 km,切割深度大,并控制了达尔布特蛇绿岩带的分布。根据平面展布,沿断裂走向可分为 3 段:南段位于苏叶克与布尔克斯台之间,断裂走向为北东东向;中段位于布尔克斯台至白杨河之间,断裂走向为北东东向;北段位于哈拉阿拉特山北侧,构成和什托洛盖盆地的东南部边界。该断裂自晚古生代以来一直强烈活动,沿断裂带可见到糜棱岩、断层角砾岩及石英钙质板岩,顺层形成透镜体,断裂构造岩中常见角砾或矿物形体的转动,典型的情况是早期挤压破碎所形成的糜棱岩再次破碎成断层角砾,以及石英微细脉的肠状揉皱和石英的构造同期重结晶作用等。

关于达尔布特断裂的性质目前主要存在 3 种认识:一是逆冲推覆断裂,属于哈拉阿拉特山滑脱型褶皱—冲断型推覆构造的控制性断裂,其断面向西呈低角度平缓延伸(张传绩,1983;张国俊等,1983;谢宏等,1984);二是认为断裂在晚古生代至中生代期间的运动特征以左行走滑为主(渠洪杰等,2008);三是笔者通过野外地质调查和对地震与大地电磁测深(MT)资料的综合解释研究,认为达尔布特断裂断面近于直立,经历了二叠纪—三叠纪以逆冲推覆为主兼具左行走滑的斜向冲断和侏罗纪以来左行压扭走滑两大阶段(孙自明等,2007),新生代以来的左行压扭走滑控制了现今构造地貌形态;进一步的研究发现,在哈拉阿拉特山北侧,沿断裂走向发育新生代由左行压扭走滑所形成的牵引构造形迹。

2.1.3 和南断裂

该断裂是一条发育于盆地内部规模较大的断裂构造带,平面上呈近东西向展布,剖面上自北向南冲断。沿走向断裂特征变化明显,在白砾山南坡,断裂走向为北东—南西向,断面倾向西北,倾角近 80°;在克拉赛勒克山南坡,断裂走向为东西向,断面倾向北,倾角约 70°。克拉赛勒克山以东,断裂走向转为

北东东向,与达尔布特断裂走向近于平行。该断裂晚古生代可能随着西准噶尔造山带逆冲推覆构造活动而形成,燕山期以来又多次复活并向南冲断,新生代活动仍较强烈,成为控制盆地内部次级构造单元的断裂。

2.2 构造格局

根据地层发育、断裂展布和构造变形特征,和什托洛盖盆地自北向南可依次划分为北部断褶带、中央拗陷带和南部斜坡带 3 个构造构造单元,平面上均呈北东东—南西西向延伸(图 2)。

北部断褶带南北分别以和南断裂与谢米斯台山山前断裂为界,带内广泛出露中生界,其中以侏罗系出露最广。在断褶带南部和南断裂上盘,发育一系列呈北东东向展布的老基底隆起(图 4),其中的克拉赛勒克山背斜和白砾山背斜轴部出露石炭系,前者走向为东西向,后者则为北东—南西向。根据断层和褶皱关系组合分析,克拉赛勒克山背斜属于发育于逆冲断层上盘的断层传播褶皱,而白砾山背斜则具有一定的扭动构造成因。

中央拗陷带南北两侧大多以断裂为界构成堑型断陷(图 5),因此成为盆内中生代地层保存最完整的地区,沉积岩层厚度达 3 700 m。中央拗陷带总体具有“两凹一凸”的构造格局,自西向东又可划分为白杨河凹陷、风台凸起与和布克河凹陷 3 个次级构造单元。

南部斜坡带构造相对简单,泥盆系和石炭系基底埋深较浅,地层向南抬升减薄,表现为一单斜,沉积岩厚度 100~1 000 m。以往的研究认为,南部斜坡带一直沿着达尔布特断裂向东延伸。笔者通过详细的地震资料解释和构造成图,发现其向东延伸主要受达尔布特断裂和其北侧的次级断裂控制,向东消失于夏子街与哈拉阿拉特山之间。

3 盆地演化与后期改造

和什托洛盖盆地发育演化和后期改造受控于盆地北缘谢米斯台山山前断裂和盆地东南缘达尔布特断裂印支期以来的断裂活动(图 6),主要经历了 3 个阶段。

3.1 印支期:挤压拗陷盆地与褶皱—冲断改造

早中三叠世,准噶尔盆地西北缘褶皱冲断带构造基本稳定,和什托洛盖盆地总体处于相对隆起状

态,直到晚三叠世,盆地西部的铁厂沟、白杨河和白砾山一带才开始接受粗粒碎屑物沉积,并以明显的

角度不整合覆于晚古生代(泥盆系—石炭系)沉积地层和花岗岩之上,标志着和什托洛盖盆地开始发育。

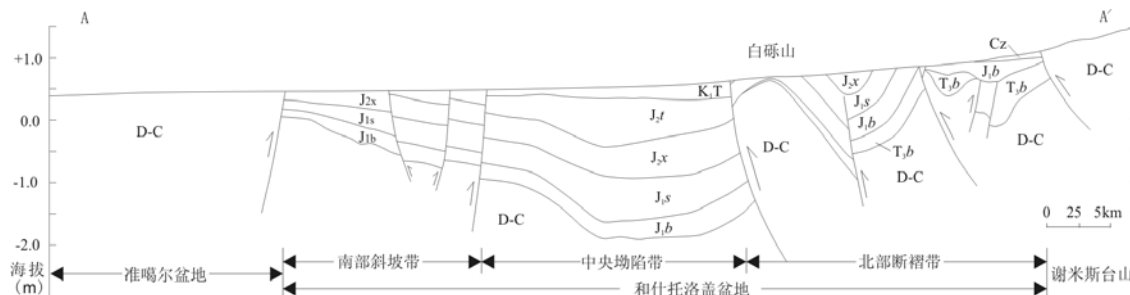


图4 和什托洛盖盆地地震解释剖面图(位置见图2A—A',地层符号和断裂编号同图3)

Fig. 4 Interpretation of seismic section across Hoxtolgay basin

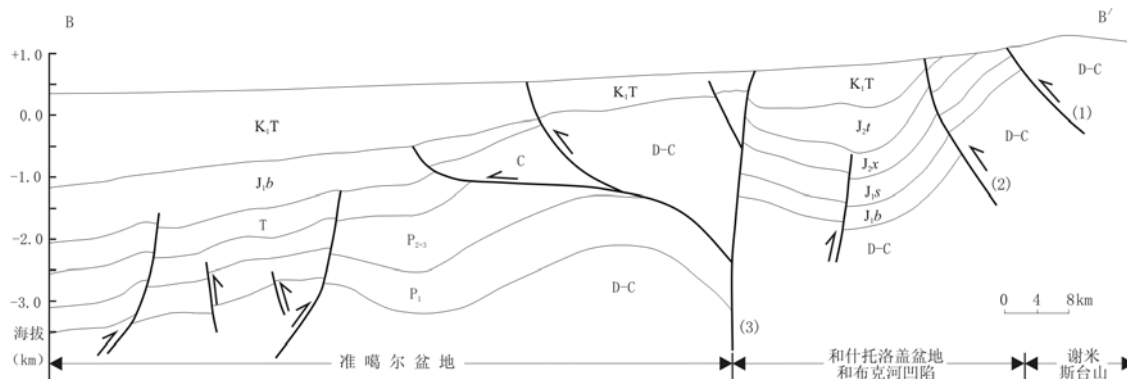


图5 和什托洛盖盆地地震解释剖面图(位置见图2B—B',地层符号和断裂编号同图3)

Fig. 5 Interpretation of seismic section across Hoxtolgay basin

在铁厂沟和白杨河地区,这套地层的底部为灰白色砾岩,向上变为黄绿、暗绿色泥岩、砂质泥岩,间夹白色石英粗砂岩和砾状砂岩,含黑色碳质泥岩及煤线,底部砾岩成分与下伏地层岩性相同,反映了近源快速沉积的特点。而白砾山地区的上三叠统则是一套湖沼相碎屑岩沉积,主要岩性为灰绿、暗灰、灰白、浅黄色泥岩、砂质泥岩夹石英砂岩、碳质泥岩及煤线,底部为灰白色石英砾岩;根据地震资料解释(图4),上三叠统在盆地西北部厚度可达400余米,向南至白砾山地区则逐渐减薄至46.5 m,继续向南至盆地中央坳陷带则减薄尖灭,反映晚三叠世沉积盆地具有挤压坳陷性质。

盆地中东部缺失晚三叠世沉积地层,表明和什托洛盖盆地东部受达尔布特断裂向东斜向冲断的影响较为强烈,一直处于隆升和剥蚀状态;而盆地西部则主要受近东西向断裂,如谢米斯台山山前断裂等

向南逆冲挤压的控制,形成山前挤压坳陷沉积,即和什托洛盖盆地的雏形。

随着三叠纪末期达尔布特断裂再次向准噶尔盆地斜向冲断,以及谢米斯台山山前断裂向南强烈冲断,和什托洛盖晚三叠世原型盆地由于逆冲断层和褶皱作用而遭受较大强度的削顶与剥蚀,此时的区域应力场以自北向南的区域挤压为特征(图6a)。

3.2 燕山期:伸展坳陷盆地与走滑-冲断改造

早一中侏罗世,包括和什托洛盖盆地在内的西准噶尔造山带和准噶尔盆地均处于伸展构造背景,达尔布特断裂具有同生正断层性质;在克拉玛依图孜阿克内沟可见到发育于八道湾组和三工河组内部的同沉积正断层;在西准噶尔太勒古拉地区还出现了基性火山喷发活动,岩性主要为杏仁状安山玢岩和杏仁状辉石安山玢岩,在薄层状泥岩与喷发岩接触处有1~3 cm的烘烤边;德伦山地区发育凝灰岩夹层。该时期也是和什托洛盖盆地发育的鼎盛时

期,沉积范围空前,主要接受了一套厚达 1 700 余米的湖相含煤建造沉积,平面上与准噶尔盆地连为一

体,哈拉阿拉特山对和什托洛盖盆地和准噶尔盆地没有起到明显的分隔作用。

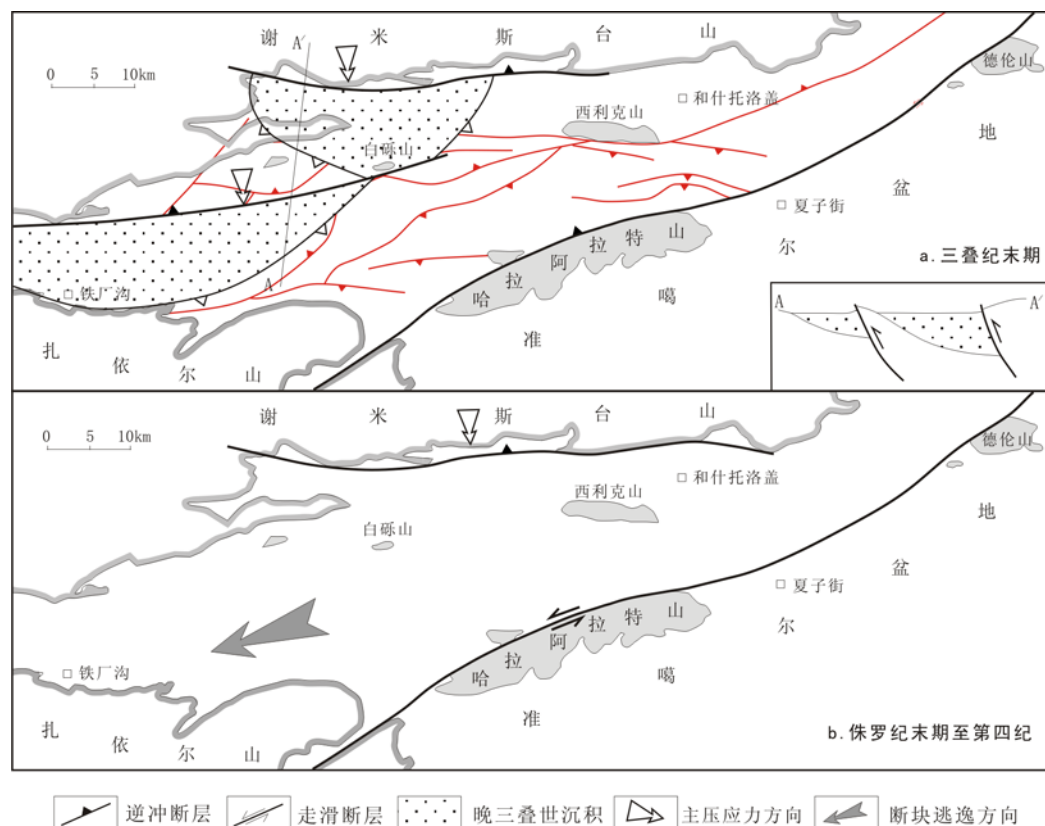


图 6 和什托洛盖盆地中新生代应力场演化示意图

Fig. 6 Diagram showing the stress field evolution of Hoxtolgay Basin in Mesozoic-Cenozoic

燕山早期运动对和什托洛盖盆地具有重要影响,达尔布特断裂发生较为强烈的左行走滑活动(图 6b),盆地内部的下一中侏罗统普遍遭受抬升剥蚀,形成头屯河组与下伏地层的角度不整合。中晚侏罗世哈拉阿拉特山构造带再次抬升,使和什托洛盖盆地与准噶尔盆地分开。侏罗纪末期,受谢米斯台山山前断裂与南断裂向南大规模冲断作用的控制,盆地北部褶皱和冲断活动强烈,克拉赛勒克山和白砾山等基底隆起大幅度隆升,盆地再次遭到较强烈的改造和剥蚀,造成全区缺失晚侏罗世沉积。随着自北北西向南南东方向挤压力向南传递至呈北东—南西向展布的达尔布特断裂,沿断裂西侧产生指向南西方向的挤压分力,在盆地主体部位形成了扭压构造应力场,并加剧了达尔布特断裂的左行压扭走滑活动,从而在盆地中央坳陷带形成压扭断陷,并整体向西南方向逃逸,盆地南北对冲的总体构造格架基本定型。

白垩纪,和什托洛盖盆地再次与准噶尔盆地再

次连通成为统一盆地,沉积了厚达 900 多米的下白垩统砂泥岩地层,不整合在侏罗系等下伏地层之上。白垩纪末期的构造应力场特征与侏罗纪末期基本相同,但变形和地层剥蚀更为强烈,在西利克山北缘可见到前中生代地层高角度走滑冲断至高角度掀斜的侏罗系之上,其上又被新生代地层角度不整合覆盖。

3.3 喜山期:山间盆地与走滑-冲断改造

喜山期是形成盆地现今构造地貌的关键时期,区域上可见新近系与第四系间的不整合关系,尤其是第四系与下伏前新生代之间的不整合关系最为普遍,表明和什托洛盖盆地总体处于隆升背景下的构造抬升与剥蚀状态,盆缘谢米斯台山山前断裂与盆内和南断裂强烈复活,在其下盘均沉积有一定厚度的新近系和第四系;达尔布特断裂新生代以左行走滑为特征,哈拉阿拉特山相对上升,形成盆地南部明显的构造边界。

该期应力场仍以扭压应力场为主要特征,自北而南的主压应力与其派生的北西—南东向力偶的特

续作用,造成盆地基底快速隆起。盆内构造变形主要表现为断裂的继承性活动和一系列褶皱的形成,盆地趋于消亡并最终形成现今的构造地貌形态。

燕山期以来盆地走滑-冲断改造的结果,对盆内主要勘探目的层侏罗系的残余分布具有重要影响(图7),盆地北部断褶带受谢米斯台山山前断裂与

和南断裂叠瓦冲断控制,侏罗系在靠近山前地区残余厚度较大,最厚达2 000 m;而中央拗陷带西部白杨河凹陷则更多地表现出受北东-南西向断裂的切割,侏罗系最大残余厚度达3 000 m,厚度等值线主要沿呈北东-南西向分布,这对盆地油气有利勘探地区的优选与评价具有重要意义。

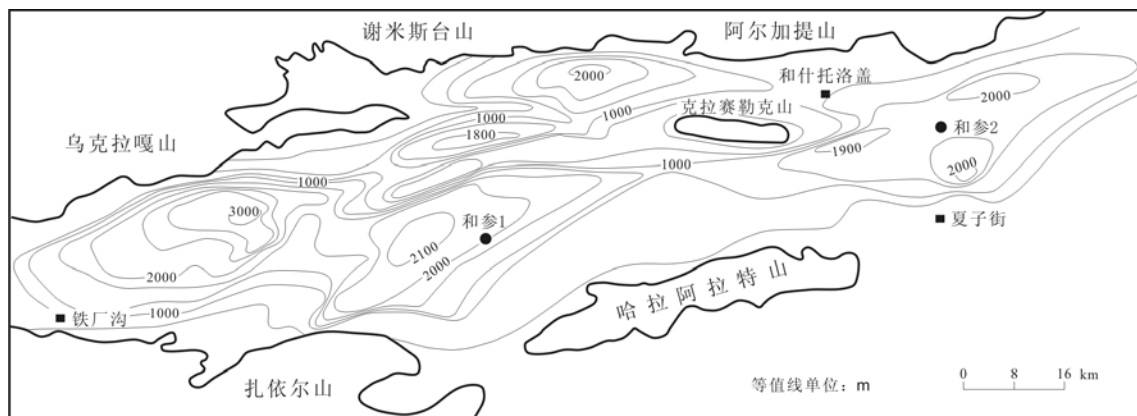


图7 和什托洛盖盆地侏罗系残余厚度图(据马晓鸣等,2010)

Fig. 7 Jurassic residual thickness map of Hoxtolgay Basin(After Ma Xiaoming et al, 2010)

4 结语

和什托洛盖盆地位于新疆西北部,是在西准噶尔晚古生代造山带逆冲推覆构造系统之上发育的一个中生代沉积盆地。三叠纪以来至少经历了印支期、燕山期和喜山期3个成盆与改造期;印支期沉积主要发育于盆地西部,为挤压拗陷盆地性质,形成了和什托洛盖盆地的雏形;燕山期为伸展拗陷盆地,晚期遭受走滑-冲断改造,奠定了盆地基本构造格局;喜山期主要表现为先存断裂的继承性活动使盆地遭受强烈改造,并最终形成现今的构造地貌形态。尽管不同成盆期区域应力场和盆地性质各具特点,但各成盆期后期改造阶段的区域应力场特征则基本一致,主要受盆地北缘谢米斯台山山前断裂自北向南冲断和达尔布特断裂左行压扭走滑所形成的压扭应力场控制。因此,和什托洛盖盆地总体是一个由区域应力场性质在中生代发生多次改变所形成的走滑拉分-冲断改造盆地。

参考文献(References):

冯鸿儒,李旭,刘继庆.西准噶尔达拉布特断裂系构造演化特

征[J].西安地质学院学报,1990,12(2):46-56.

FENG Hongru, LI Xu, LIU Jiqing. The structural evolution of the Daerbute fault system in west Junggar[J]. Journal of Xian College of Geology, 1990,12(2):46-56.

胡杨,郭峰,刘见宝,等.和什托洛盖盆地构造演化及油气成藏条件[J].西南石油大学学报(自然科学版),2011,23(5):68-74.

HU Yang, GUO Feng, LIU Jianbao, et al. Analysis of Tectonic Evolution and Oil-gas Reservoir Formation Condition of Heshituoluogai Basin in Northwest Xinjiang [J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition), 2011, 23(5): 68-74.

兰廷计.西准噶尔推覆体及其演化[J].新疆地质,1986,4(3):35-43.

LAN Tingji. The nappe of western Junggar and its evolution [J]. Xinjiang Geology, 1986, 4(3): 35-43.

李玮.准噶尔西北缘造山带中生代盆地形成机制及构造演化(博士论文)[D].北京:中国地质科学院,2007.

LI Wei. The Mechanic and Tectonic Evolution of Mesozoic Basins in Northwest Junggar Orogenic Belt (PhD dissertation) [D]. Beijing: Chinese Academy of Geological Science, 2007.

李玮,胡建民,瞿洪杰.新疆准噶尔盆地西北缘中生代盆地边界探讨[J].西北大学学报(自然科学版),2009,39(5): 821-830.

- LI Wei, HU Jianmin, QU Hongjie. Discussion on Mesozoic basin boundary of the northern Junggar Basin, Xinjiang [J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2009, 39(5): 821-830.
- 李晓红. 和什托洛盖盆地水文地质特征及铀成矿远景[J]. 新疆地质, 2008, 26(2): 180-183.
- LI Xiaohong. Hydrogeologic Characteristic and Prospect of Uranium Metallogenesis in Heshituoluogai Basin [J]. Xinjiang Geology, 2008, 26(2): 180-183.
- 刘晓祥, 刘池阳, 赵重远, 等. 盆地后期改造阶段与应力场演化[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(3): 199-201.
- LIU Xiaoxiang, LIU Chiyang, ZHAO Zhongyuan, et al. Post-alteration stages and Stress Field Evolution of Basins [J]. Oil and Gas Geology, 1999, 20(3): 199-201.
- 马宝军, 曾文光, 于福生, 等. 新疆北缘和什托洛盖盆地构造与含油气远景[J]. 新疆石油地质, 2009, 30(1): 13-16.
- MA Baojun, ZENG Wenguang, YU Fusheng, et al. Tectonic evolution and hydrocarbon potential in Heshituoluogai Basin in northern Margin of Xinjiang [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2009, 30(1): 13-16.
- 马宝军, 漆家福, 于福生, 等. 新疆北缘和什托洛盖盆地构造演化与油气特征[J]. 试采技术, 2007, 28(2): 1-3.
- MA Baojun, QI Jiafu, YU Fusheng, et al. Tectonic evolution and hydrocarbon characteristics in Heshituoluogai Basin in Xinjiang [J]. Well Testing and Production Technology, 2007, 28(2): 1-3.
- 马晓鸣, 何登发, 吴晓智, 等. 前陆冲断带的后期演化: 负反转与再次冲断——以中国新疆和什托洛盖盆地为例[J]. 地质科学, 2010, 45(4): 1066-1077.
- MA Xiaoming, HE Dengfa, WU Xiaozhi, et al. The deuterio evolution of foreland thrust belt: Negative inversion and re-thrust-Take Heshituoluogai Basin in Xinjiang as example [J]. Chinese Journal of Geology, 2010, 45(4): 1066-1077.
- 渠洪杰, 胡健民, 李玮, 等. 新疆西北部和什托洛盖盆地早中生代沉积特征及构造演化[J]. 地质学报, 2008, 82(4): 441-450.
- QU Hongjie, HU Jianmin, LI Wei, et al. The characteristics of sedimentation and tectonic evolution of Heshituoluogai Basin in Early Mesozoic, northwest Xinjiang [J]. Acta Geologica Sinica, 2008, 82(4): 441-450.
- 孙自明, 洪元太, 张涛. 新疆北部哈拉阿拉特山走滑—冲断复合构造特征与油气勘探方向[J]. 地质科学, 2008, 43(2): 309-320.
- SUN Ziming, HONG Taiyuan, ZHANG Tao. Strike-slip thrust composite structures and its relationships to hydrocarbon in Hala'ate mountains, northern Xinjiang [J]. Chinese Journal of Geology, 2008, 43(2): 309 - 320.
- 王定一. 改造型含油气盆地类型及研究思路[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(1): 19-23.
- WANG Dingyi. Research thinking and types of reformed petroliferous basins [J]. Oil and Gas Geology, 2000, 21(1): 19-23.
- 肖序常, 汤耀庆, 李锦轶. 古中亚复合巨型缝合带南缘构造演化[M]. 北京: 地质出版社, 1991.
- XIAO Xuchang, Tang Yaoqing, Li Jinyi. Tectonic Evolution of the Southern Margin of the Paleo-Asian Composite Megasuture [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1991.
- 谢宏, 赵白, 林隆栋, 等. 准噶尔盆地西北缘逆掩断裂区带的含油特点[J]. 新疆石油地质, 1984, 5(3): 1-15.
- XIE Hong, ZHAO Bai, LIN Longdong, et al. The oil-bearing characteristics of over thrust region in northwest wedge of Junggar Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1984, 5(3): 1-15.
- 许建东, 马宗晋, 曲国胜, 等. 准噶尔盆地西北缘盆山耦合关系研究[J]. 新疆石油地质, 2008, 29(2): 143-146.
- XU Jiandong, MA Zongjin, QU Guosheng, et al. Study on Basin-Range Coupling Along Northwestern Margin of Junggar Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2008, 29(2): 143-146.
- 赵永德, 李策, 敖林, 等. 新疆和什托洛盖盆地含油气评价[J]. 新疆石油地质, 1997, 18(2): 114-118.
- Zhao Yongde, Li Ce, AO Lin, et al. Hydrocarbon potential evaluation in Hoxtolgay Xinjiang [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1997, 18(2): 114-118.
- 张传绩. 准噶尔盆地西北缘大逆掩断裂带的地震地质依据及地震资料解释中的几个问题[J]. 新疆石油地质, 1983, 4(3): 1-12.
- ZHANG Chuanji. Seismic geological expression and several problems of the interpretation of seismic data in the great thrust belt of the northwest Junggar Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1983, 4(3): 1-12.
- 张国俊, 杨文孝. 克拉玛依大逆掩断裂带构造特征及找油领域[J]. 新疆石油地质, 1983, 4(1): 23-28.
- ZHANG Guojun, YANG Wenxiao. Structural characteristics of Keramay fault belt and the favorable area for hydrocarbon [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1983, 4(1): 23-28.