

伊宁凹陷构造样式及其与油气关系

董银磊¹, 于浩雨², 曹建康¹, 刘司红¹, 王亮¹, 李锋³

(1.中国石化河南油田分公司勘探开发研究院,河南郑州 450000; 2.中国石油大学(北京)地球物理与信息工程学院,北京 102249; 3.中国地质调查局油气资源调查中心,北京 100029)

摘要:伊宁凹陷受北、中、南天山造山作用的影响,构造条件复杂,开展该区构造样式分析及与油气关系的研究至关重要。伊宁凹陷主要发育北西—北西西向逆冲断裂,这些断裂形成于海西末期,大多持续活动于印支期、燕山期,终止于喜马拉雅期;按断裂发育特点和对沉积、构造的控制强度等,可分为控盆深大断裂、控带大型断裂和控构造次级断裂。这些断裂与相应褶皱构成的断—褶组合体在伊宁凹陷主要表现为对冲、背冲、叠瓦状、“Y”字型和花状等构造样式。根据构造样式及其所代表的构造变形强度,将伊宁凹陷自北而南分为北缘强烈变形带、霍城—曲阜海弱变形带、察县—Y2井中等变形带和南部中强变形带。中生代以来,伊宁凹陷经历了印支期大规模断拗型盆地形成、燕山早中期类前陆盆地的形成与发展、燕山晚期整体抬升与微不平衡的盆地改造、喜马拉雅期古近纪—新近纪的不平衡发展等4个演化阶段。研究区在构造演化过程中,沉积残存了中二叠统塔姆其萨依组、上三叠统白碱滩组和下侏罗统八道湾组3套主要烃源岩,并分别于印支期—燕山期、燕山早期—燕山晚期依次进入大规模生排烃期。印支期—燕山期形成的构造与断裂褶皱构造样式是油气运聚的主要指向区,察县—N4井及其周缘形成的“Y”字型和花状等断褶构造样式在油气勘探中值得重点关注。

关键词:构造样式 构造演化 逆冲断裂 生排烃期 油气运聚 伊宁凹陷

中图分类号:TE111.2

文献标识码:A

文章编号:1009-9603(2016)01-0031-08

Analysis on tectonic style and its relationship with oil and gas in Yining sag

Dong Yinlei¹, Yu Haoyu², Cao Jiankang¹, Liu Sihong¹, Wang Liang¹, Li Feng³

(1. Research Institute of Exploration and Development, Henan Oilfield Branch Company, SINOPEC, Zhengzhou City, Henan Province, 450000, China; 2. College of Geophysics and Information Engineering, China University of Petroleum (Beijing), Beijing City, 102249, China; 3. Oil and Gas Resources Survey Center, China Geological Survey, Beijing City, 100029, China)

Abstract: Yining sag has good oil and gas exploration prospect and complicated tectonic conditions due to the orogeny of the North, Central and South Tianshan, so it is important to carry out research on tectonic style and its relation with oil and gas in the region. Based on comprehensive analysis, thrust faults developed in Yining sag in NW-NWW, formed in the Hercynian period, mostly activated continuously during the Indo-Chinese and Yanshan epoch and became silent in the Himalayan period. According to the characteristics of fault development and its control degree on deposition and structure, faults in the study area can be divided into three types: deep fault controlling basin, large fault controlling zone and secondary fault controlling structure. And they are combined with fold to form the fault-folded structures which include ramp and back thrust, imbricate structure, Y-type structure, flower structure and so on. According to tectonic style and structure deformation level, Yining sag from north to south can be divided into north rim strong deformation zone, Huocheng-Quluhai weak deformation zone, Cha County-Well Y2 medium deformation zone and south strong deformation zone. Yining sag experienced four evolutionary stages since Mesozoic: the large-scale fault-depression basin formed in the Indo-Chinese epoch, the formation and development of foreland basin in early-middle Yanshan epoch, the uplifting of basin as whole and imbalanced basin reformation in the late Yanshanian period, the imbalanced development of Paleogene-Neogene sedi-

收稿日期:2015-12-01。

作者简介:董银磊(1986—),男,河南巩义人,硕士,从事构造—地质综合研究。联系电话:(0371)56530558, E-mail:362593930@qq.com。基金项目:中国石化重大科研项目“伊犁盆地重磁电震联合技术研究”(P14049)。

ments in the Himalayan period. In the process of tectonic evolution, three sets of main hydrocarbon source rocks deposited and remained in the area, including the middle Permian Tamuqisayi Formation, the upper Triassic Baijiantan Formation and the Lower Jurassic Badaowan Formation, in which large-scale hydrocarbon expulsion happened respectively in the Indo-Chinese and Yanshan epoch and the early-late Yanshanian period. The fault fold structure zone, formed in the Indo-Chinese epoch, is the main pointing area for oil and gas migration and accumulation. More attention should be paid to the fault-folded structure of Y-type structure and flower structure in the Cha County-Well N4 for oil and gas exploration.

Key words: tectonic style; structural evolution; thrust fault; hydrocarbon generation and expulsion period; hydrocarbon migration and accumulation; Yining sag

伊宁凹陷位于伊犁盆地西北部的北部坳陷,到目前为止主要有N1井、N2井等10口探井,完成二维地震四千多千米;其中N1井、N4井和YN1井在中生界见到多套较好油气显示层段,且N1井和N4井试油获低产工业油流;目前油气勘探主要以寻找构造油气藏为主。笔者在伊宁凹陷近2 a新、老二维地震资料与钻井、地质露头等资料综合分析的基础上,对研究区发育的主要构造样式、断裂特点和中生代以来的构造演化特点及其相互间的关系进行研究,以期为研究区的油气勘探提供依据。

1 地质背景

伊犁盆地是在前震旦系结晶基底之上发育起来的具有多套盖层的沉积盆地^[1-2],从古生代至今经历了加里东、海西、燕山和喜马拉雅等多期构造运动,发育了古生代—新生代多套沉积地层,其主力烃源岩主要发育在古生界中二叠统塔姆其萨依组和中生界下侏罗统八道湾组、上三叠统白碱滩组。

从现今的板块结构来讲,伊犁盆地属于伊犁—中天山微地块,是哈萨克斯坦—准噶尔板块(包括北、中天山)的一个重要次级构造单元,南、北缘分别受控于北天山缝合带和中天山缝合带(图1),并

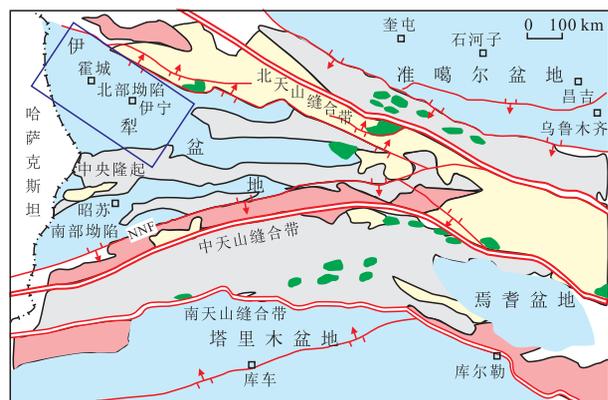


图1 伊犁盆地构造区带划分

Fig.1 Tectonic division of Yili Basin

受南天山缝合带的影响,沿南、中、北天山发现3个明显的蛇绿岩带^[3]。伊犁盆地中国部分呈向东收敛的不对称三角形,西边“开口”朝向哈萨克斯坦^[4-5];盆地从北到南呈典型“两坳一隆”格局,即北部坳陷、中央隆起和南部坳陷^[1-2];伊宁凹陷位于北部坳陷,从北到南可以分为北部断阶带、中央凹陷带和南部斜坡带;中央凹陷带又包括霍城次凹、曲鲁海次凹以及中央断背斜构造带,断裂活动对研究区构造带的形成起到关键作用。

2 断裂特征

受天山造山带控制作用,伊宁凹陷北部和中东部发育北西—北西西向和北东—近东西向2组逆冲断裂,并以前者为主,部分具典型走滑性质(图2)。这些断裂从海西末期开始发育,并在之后的印支期、燕山期和喜马拉雅期持续活动,其中印支期—燕山期为断裂的主要发育期。按照断裂发育的特点和对沉积、构造的控制强度等,将研究区断裂分为控盆深大断裂、控带大型断裂和控构造次级断裂。

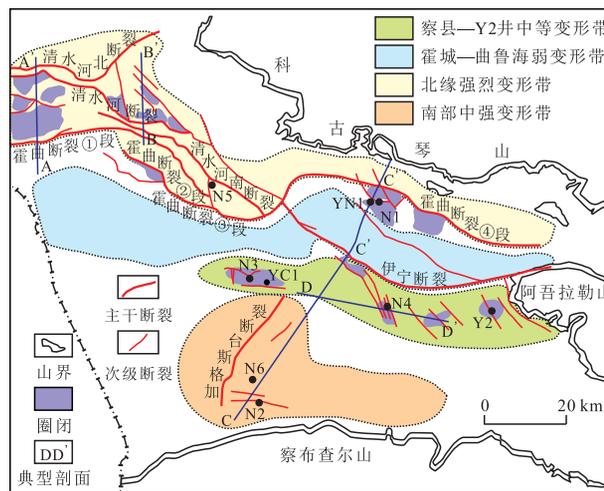


图2 伊宁凹陷主要断裂及构造变形强度

Fig.2 Main faults and degree of tectonic deformation in Yining sag

2.1 控盆深大断裂

控盆深大断裂是指对研究区地层保存与沉积

以及现今残存地质结构具有重要控制作用的断裂,这些断裂具有延伸较长、纵横向断距较大,并对盆地或者坳陷/凹陷及主要褶皱起着控制作用的特点。此类断裂主要包括霍曲断裂和清水河北断裂。

2.1.1 霍曲断裂

霍曲断裂(HQ)位于伊宁凹陷北部,是一个被第四系沉积物覆盖的隐伏断裂,西起霍尔果斯口岸东部,东至阿吾拉勒山之北,平面呈“S”型,以北西走向为主,在曲鲁海次凹和霍城次凹之间走向发生转折,伊宁凹陷内该断裂延伸长度超过100 km。霍曲断裂是伊宁凹陷深凹区与北部断阶带的分界断裂,断开层位为P—N,根据构造活动强弱和断裂性质将其划分为4段。

霍曲断裂①段位于伊宁凹陷西北部,走向近东西,中国境内部分起于国境线,止于清水河南断裂西端以南,垂向断距不大,一般不超过1 000 m。由于其东北部的清水河北断裂和清水河断裂活动剧烈,该区应力得到较好的释放,因此断裂活动相对较弱,断层浅盘地层褶皱变形为一完整低幅度背斜构造,保存较为完整且埋藏相对适中(图3)。

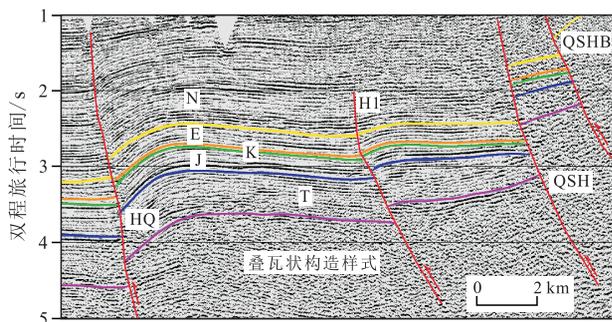


图3 伊宁凹陷AA'测线地震—地质结构剖面

Fig.3 2D seismic-geological section on line AA' in Yining sag

霍曲断裂②段接续霍曲断裂①段(图4),并开始转为以北西走向向东延伸,上、下盘断距小,仅为200~300 m,但中生界抬升较高,上盘N5井处仅揭示300多米便钻穿三叠系,之下钻遇下二叠统乌朗群火成岩,反映构造作用强烈,地层遭受严重剥蚀。

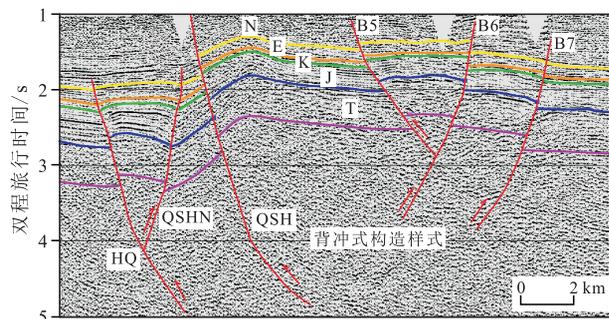


图4 伊宁凹陷BB'测线地震—地质结构剖面

Fig.4 2D seismic-geological section on line BB' in Yining sag

霍曲断裂③段位于霍曲断裂②段的南部,两者近乎平行,走向同样为北西向,但更靠近深凹区,向东止于伊宁凹陷,垂向上断距较大,可达3 000 m,为凹陷边界断裂体系的派生调节断层。

霍曲断裂④段为霍曲断裂的东段,控制着盆地北部边界和伊宁凹陷的沉积演化,垂向上断距大,上盘抬升高,海拔基本为正,与下盘的断距可达到5 000 m(图5)。

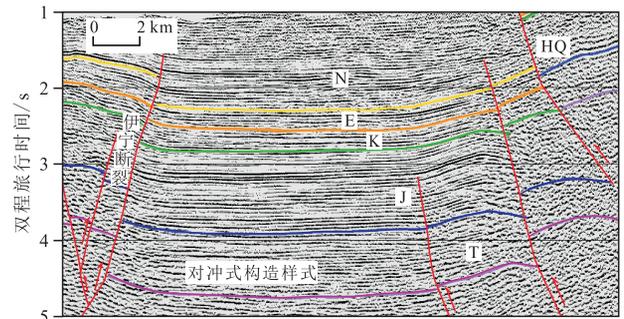


图5 伊宁凹陷CC'测线地震—地质结构剖面

Fig.5 2D seismic-geological section on line CC' in Yining sag

整体上,霍曲断裂具有典型走滑特点,表现为深盘古生界—中生界—新生界保存完整,浅盘因长期持续性逆冲推覆、抬升剥蚀,仅保存较薄的中生界—新生界。霍曲断裂在三叠纪前就已开始活动,印支期—燕山期为其主要逆冲推覆期,并于喜马拉雅晚期定型。该断裂不但控制着整个伊宁凹陷褶皱、断裂的形成,而且控制着研究区主要勘探目的层古生界—中生界的沉积与保存,同时控制着整个北部地区海西期火成岩的发育及规模。

2.1.2 清水河北断裂

清水河北断裂(QSHB)是研究区较西北端的边界隐伏断裂(图3),地表为第四系所覆盖,主要走向为北东东—近东西向,测线控制范围内延伸距离为37 km左右,向东直抵科古琴山西北端,向西延伸到哈萨克斯坦境内。从剖面上看,该断裂为基底卷入型逆冲断裂,断开层位为P—N,整个断裂由北向南逆冲推覆,垂向断距为2 000 m左右,在其深盘为相对较为完整的中生界,而浅盘呈现明显的高电阻或杂乱反射,为典型的沿断裂面由壳幔深处溢流而出的海西期火山岩覆盖特征,该期火成岩在研究区中北部N5井已钻揭,并由同位素测年数据所证实。清水河北断裂形成于海西期,并在印支期—燕山期—喜马拉雅期持续向南逆冲推覆,最终于喜马拉雅晚期停止活动,为控制凹陷沉积盖层发育和火成岩分布的控盆深大断裂。

2.2 控带大型断裂

控带大型断裂是指在平面上延伸相对较长,具

有相对较大的断距,并进一步分割主要沉积单元,控制现今主要残存地质体特点的断裂,以伊宁断裂最为典型(图5)。伊宁断裂是曲鲁海次凹与中央断背斜构造带的分界断裂,北西西走向,西与霍曲断裂相交,向东延伸至阿吾拉勒山,全长超过90 km。断面南倾,最大垂向断距为900 m,为一高角度逆冲断裂,断面倾角为70°左右,断开层位为P—N,在浅盘有一与之相向的北倾伴生断裂(中央10号断裂),该断裂形成于海西晚期,燕山期继承发育,直到喜马拉雅期仍在活动,其与霍曲断裂一起控制了曲鲁海次凹。

2.3 控构造次级断裂

控构造次级断裂是指断裂规模较小、对研究区构造起分割和复杂化作用的断裂,此类断裂主要包括清水河断裂(QSH)、清水河南断裂(QSHN)和加格斯台断裂(JGST)等。

清水河断裂走向北西西,东起清水河镇,向西延伸至哈萨克斯坦境内,中国境内全长49 km,断面北倾,向南逆冲,与霍曲断裂一起在霍城与曲鲁海深凹区之间发生了“转换传递”^[6-7],依附断裂带发育多条呈雁列式展布的小型逆断层(图3,图4)。剖面上断开古生界至新生界,最大垂向断距为1 100 m左右。断裂浅盘地层遭受严重剥蚀,厚度明显小于深盘,显示了断层的同生性。通过地震剖面及非地震成果相结合预测该断裂浅盘火成岩发育,且控制古近系—新近系沉积和侏罗系不整合的发育。因此,该断裂在三叠纪就已开始活动,侏罗系八道湾组沉积时期活动相对较弱,燕山中晚期继续剧烈活动,喜马拉雅期强烈活动后最终定型。

清水河南断裂夹持于霍曲断裂和清水河断裂之间(图4),为南北向挤压应力背景下形成的清水河断裂的伴生或调节断层,与霍曲断裂对冲形成一狭长鼻状构造带。该断裂西起清水河镇,向东南延伸约32 km与霍曲断裂相交,断面南倾,最大断距近900 m,为构造传递带内的调节断裂,断面倾角约为60°,断开层位为P—N。该断裂在霍托—清水河断裂的影响下,调节地层褶皱变形,形成于印支期,定型于喜马拉雅中晚期。

加格斯台断裂位于南部斜坡带的中部,北东走向,南起乌孙山,向北延伸至中央断背斜构造带,全长约37 km,为上陡下缓的逆冲断裂,断面东倾,倾角为80°左右,断开层位为P—K,最大断距可达400 m,断距由南向北逐渐变小。加格斯台断裂控制侏罗系头屯河组和白垩系沉积,主要活动时间为燕山中晚期,是研究区具有剪切走滑性质的“调节”断

裂。

3 构造样式

构造样式是指有相同/相似成因或者具有密切关联的断裂与褶皱的组合物,通常为同期构造运动或同一应力环境下形成的构造变形组合物,一般情况下构造样式中的断裂与褶皱具有相似或相同的构造变形特点与形成机理^[8-11]。根据不同地区断裂对地层的切割特点及其与基底的关系,构造样式一般可分为盖层滑脱型和基底卷入型,且进一步细分为伸展构造样式、压扭构造样式、挤压构造样式和反转构造样式。研究区主要发育挤压构造样式和压扭构造样式。

3.1 挤压构造样式

3.1.1 叠瓦状构造样式

叠瓦状构造样式指2条及以上的断层,倾向相同,走向相近,浅盘依次以类似的方向向上逆冲,在空间上可以构成多个产状相近或相似、而且又紧紧相邻的叠瓦式逆冲推覆—断裂—褶皱组合样式。该构造样式主要发育在伊宁凹陷北部断阶带的西侧,在区域强烈挤压应力背景下,为调节断层和构造变形间的平衡而产生,因地层褶皱而发育一系列如霍曲断裂、霍尔果斯1号断裂(H1)、清水河断裂、清水河北断裂等边界断裂和控带大型断裂(图3),同时断裂走向逐渐转为近东西向,形成了埋深相对较浅、构造形态完整的霍尔果斯圈闭群。此外,叠瓦状构造样式还发育于南部山前,但由于南部斜坡带受构造应力弱,所以断裂的规模小,发育范围较为有限。

3.1.2 背冲式构造样式

背冲式构造样式主要是由2条或2组断面向相倾斜且又相背或者相反逆冲的断裂组成的逆冲断裂褶皱构造样式,构成该构造样式的2个断裂共用一个上升盘,同时常与背斜或者鼻状构造的两翼相伴生,并切割复杂化背斜或者鼻状构造,多发育于山前等构造活动强烈地区。研究区较为典型的背冲式构造样式主要发育在北部断阶带的西段,由霍曲断裂,清水河断裂,北部断阶带5号断裂(B5)、6号断裂(B6)和7号断裂(B7)及其相背逆冲推覆所夹持的断块组成(图4)。目前发现的圈闭有清水河断鼻、芦苇沟断背斜、清水河东断背斜等,受海西末期以来强烈挤压作用和边界断裂活动的影响,地层褶皱变形较复杂,长期处于抬升剥蚀状态,圈闭可靠程度低。

3.1.3 对冲式构造样式

对冲式构造样式指由2条断面相背倾斜且又相对逆冲的断裂形成的构造样式,在这种构造样式的控制下易形成两冲夹一坳陷的构造格局。从垂直于构造走向的南北向剖面来看,霍曲断裂与伊宁断裂具有典型对冲式构造组合特征(图5),受海西晚期—喜马拉雅期区域挤压和推覆作用影响,2个断裂相向逆冲倾斜,上升盘持续抬升,使老地层褶皱变形,新地层沉积减薄或遭受剥蚀;在2个断裂共同的下降盘形成了曲鲁海次凹,深凹区轴向与主控断裂展布方向一致,断裂长期活动,控制了曲鲁海次凹的沉积,依附于断裂深盘发育埋深较大的N1井断鼻、N1井东断鼻等多个具有同沉积性质的圈闭。

3.2 压扭构造样式

3.2.1 “Y”字型 and 反“Y”字型构造样式

“Y”字型和反“Y”字型构造样式为伊宁凹陷较为常见的一种断裂组合样式,全区均有分布,平面上表现为主断裂及次级断裂相伴生,剖面上产状一般浅部较陡直、深部变缓,二者在剖面上形成“Y”字型“半花状”的构造格局,表明断裂的扭动构造特征。如中央断背斜构造带的伊宁断裂与Z10断裂(图5)、北部断阶带的霍曲断裂与清水河南断裂(图4),均属于此种构造样式。

3.2.2 花状构造样式

花状构造样式在研究区较为少见,主要在中央断背斜构造带N4井断鼻处发育压扭性“正花状”构造样式(图6)。平面上由3条及以上的断裂组成,表现为“S”型或扫帚型,向下明显收敛于近乎垂直的单一断裂,并直插深层基底。海西期末,N4井区已经具有古隆起的雏形,并经历了早期的拉伸,印支期—燕山期持续受到南、北天山挤压应力场的影响,并在喜马拉雅期定型。N4井实钻地层较陡,而过N4井地震剖面则显示断裂之外的地层产状较平缓,变形较弱,显示了应力于断裂发育处集中释放,

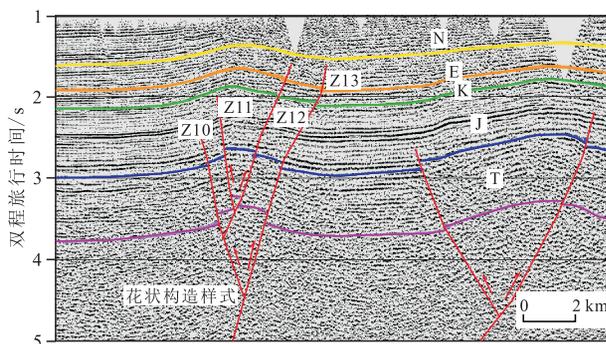


图6 伊宁凹陷花状构造样式剖面(DD'二维地震测线)

Fig.6 Flower structure in Yining sag
(2D seismic section on line DD')

走滑断裂在区域变形过程中起到调节性作用。

4 构造样式与构造变形的关系

伊宁凹陷受天山北东到南西方向强烈挤压、逆冲推覆作用,以及北、中、南天山3个缝合带的深部构造应力作用,使得研究区发育的断裂活动强度、构造组合样式以及褶皱变形强度在不同区带具有明显的特点,而且相互之间又相互依存、相互关联。

4.1 构造样式与断裂的关系

山前带 从霍曲断裂到科古琴山山前,断裂极为发育,以北西和北西西向为主,延伸长度从几公里到数十公里,垂直断距从四千多米逐渐过渡到数十米,断裂的复杂性也造就了构造样式的多样性,主要发育叠瓦状、对冲、背冲和“Y”字型等多种构造样式,控制这些构造样式的断裂主要以北东—南西方向的强烈逆冲推覆为特点。

霍城南—伊宁一带 霍城南—伊宁一带主要位于霍曲断裂的下盘所形成的霍城—伊宁次凹,主要发育霍曲断裂和伊宁断裂所构成的大尺度对冲构造样式。所处的深凹区断裂活动弱,仅发育数条中小型断裂,其平面延伸长度不足10 km,垂向断距为50~300 m左右,且以早期发育的中深层断裂为主。

察县—Y2井一带 察县—Y2井一带主要发育北西—北西西向和北东向逆冲推覆断裂,延伸长度为15~50 km,中生界垂向断距大多为300~600 m,形成了N3井背冲式、N4井花状以及部分“Y”字型等多种构造样式。

4.2 构造样式与构造变动的关系

由不同活动强度的断裂与褶皱所构成的构造样式代表着不同的构造变动强度,且这种构造样式的发育特点与构造变动息息相关,因此伊宁凹陷自北而南可分为北缘强烈变形带、霍城—曲鲁海弱变形带、察县—Y2井中等变形带和南部中强变形带,且这4个构造变形带发育的构造样式数量和类型均不同。

北缘强烈变形带位于霍曲断裂及其以北的科古琴山之间,受准噶尔盆地西南缘北天山缝合带的控制,使得研究区发育北东向南西方向的逆冲推覆、强烈走滑褶皱和沿深大断裂伴生的火山岩;且在逆冲推覆一盘地层发生了强烈的断裂、褶皱变形,甚至形成了与相对盘地层几乎垂直的构造变形。正是由于研究区沿北西走向方向发育的系列

断裂,与海西中晚期沿大断裂发生的裂隙式火山喷发和侵入活动等,共同构成了由霍曲、清水河等断裂及其相对应的褶皱,以及由此而成的叠瓦状、对冲、背冲等主要构造样式。综合研究表明,该变形带在研究区褶皱变形强度最大,且以发育断鼻及断背斜圈闭为主,中生界保存相对较薄,且呈现明显向北减薄的楔状结构,在中生界之下多以火山岩发育为特点。

霍城—曲鲁海弱变形带位于中央凹陷带内的霍城次凹和曲鲁海次凹,两者都是伊宁凹陷现今的沉降中心,它们构成的弱变形带位于霍曲断裂下盘,整体呈近东西向展布。该变形带由于构造变形弱、断裂少且平面延长短、垂向断距小,仅发育宽缓鼻状构造,构造幅度一般小于200 m;其东南部古生界—中生界保存相对完整,仅地震剖面揭示的中生界最大残存厚度就超过了3 700 m,且沿断裂带发育叠瓦状为主的构造样式。

察县—Y2井中等变形带位于中央凹陷带中南部,轴向近东西,呈长条状展布,北部紧临霍城和曲鲁海深凹区;形成时间较早,海西期便有古隆起雏形,整体变形西弱东强,向东与褶皱变形相对强烈的阿吾拉勒山为同一构造变形体系。该变形带以发育北西西—近东西向逆断层为主,断裂以平面延伸较短、走向多变为特点,且构造变形依附于断裂在小范围内发育,平面上呈近东西向的“串珠状”;构造样式主要有“Y”字型 and 花状2种,并因此而形成察布查尔、回民庄北、N4井、英塔木、Y2井等系列断鼻或断背斜构造,整体呈中等变形强度。

南部中强变形带位于乌孙山北坡至中央凹陷带以南,北深南浅,自晚古生代以来一直处于一角度相对较大的斜坡部位,再加上后期的抬升剥蚀,古生界—中生界向南明显快速减薄,且钻井及露头揭示为古生代—中生代边缘粗相带发育区。变形特征南强北弱,断层展布方向以东北向为主,东西向次之。斜坡带南部山前构造活动相对强烈,发育一系列由南向北逆冲的断层及其与褶皱共同构成的叠瓦状构造样式;部分由南而北逆冲抬升较高的断块因发生中等的断裂—逆冲—掀斜作用,导致侏罗系或三叠系直接不整合覆盖在二叠系乌朗群火山岩之上(N2井);正是由于由南东向北西方向的挤压与南西向北东方向的挤压逆冲推覆的共同作用,使得加格斯台断裂的垂向断距由南西向北东方向逐渐变小直至消失,进而形成了沿加格斯台断裂的走滑褶皱与因此而形成的叠瓦状为主的断裂—褶皱构造样式。

5 中生代以来的构造演化特征

中二叠世塔姆其萨依组沉积时期之后,由于受天山海西期造山运动的作用,伊犁盆地进入明显的挤压隆升回返期,晚二叠世巴斯尔干组沉积时期基本处于氧化环境下的粗相带沉积,并在末期基本处于挤压隆升剥蚀状态;直到中三叠世,盆地才再次进入挤压环境下的整体缓慢沉积阶段。通过对伊宁凹陷区域构造背景、断裂发育特点、地层残存状况及其平衡剖面的分析认为,伊宁凹陷中生代以来的构造演化主要经历了4个阶段^[12-13]。

印支期大规模断拗型盆地形成阶段 早三叠世开始,伊犁盆地由于受南北向天山造山运动的影响,主要以南北向挤压隆升、褶皱变形为特点,二叠系遭受了不同程度的隆升剥蚀,盆地南北两侧剥蚀更为严重,且北带变形相对较强烈。I级、II级断裂持续活动,凹陷周缘上二叠统遭受了较为强烈的剥蚀,同时也造成了下三叠统的缺失。三叠纪中—后期凹陷总体还是以沉降为主,正、负构造高程差缩小,表现为对基底的填平补齐(图7)。三叠纪末至侏罗纪初的印支运动改变了三叠系的原始面貌,在古构造的核心部位及凹陷边缘存在局部剥蚀区,正向构造单元继续抬升、隆起,局部地层遭受严重剥蚀,断裂继续活动且数量明显增加(图7),尤其在凹陷中部,南北主应力在古隆起部位发生滑动,与早期断裂一起形成了花状或者“Y”字型构造样式。

燕山期早中期类前陆盆地的形成与发展阶段 侏罗纪早、中期,盆地内外的地形反差都达到了该山间盆地有史以来的最小程度,盆地构造运动趋于稳定,构造变动小,在湿热气候背景下发育了范围广泛的河沼、湖沼相含煤建造(图7)。

燕山晚期整体抬升与微不均衡的盆地改造阶段 自侏罗纪末期开始,处于燕山运动第II幕,研究区局部断裂开始停止活动,I级、II级断裂则升降强烈,但几乎没有新的断裂形成,凹陷处于构造挤压回返隆升剥蚀阶段,北部断阶带褶皱变形较为明显,侏罗系在霍城地区表现为明显的角度不整合接触,在曲鲁海地区钻井上表现为假整合接触。该期运动造成全盆地缺失部分上侏罗统及下白垩统(图7),有机质的热演化和生、排烃再次发生明显的中断,是中生界有机质成熟度低的重要原因之一。

喜马拉雅期不均衡湖盆发展阶段 该阶段受喜马拉雅期喀什运动的影响,南北向挤压剧烈,断裂活动加强,凹陷内的I级、II级断裂继续活动形

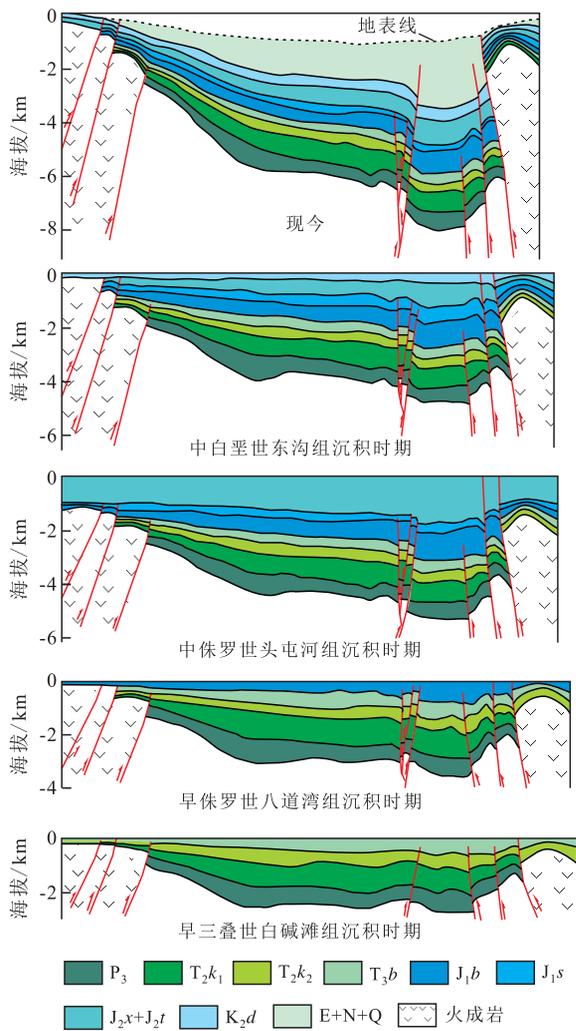


图7 伊宁凹陷CC'构造演化剖面

Fig.7 Structural evolution profile on line CC' in Yining sag

成通天断裂(霍曲断裂、清水河断裂)。喀什运动对伊犁盆地油气藏的保存条件产生了巨大的负面影响,其挤压、剪切和冲断作用造成盆地全面回返,周缘山脉剧烈增长,促使盆地内部各一、二级正向构造单元进一步冲断上隆,进而生长为盆内山脉(图7)。古油气藏再次遭到破坏,甚至暴露于地表。

6 构造样式与油气的关系

油气的生成与运聚不仅与沉积岩的生油条件、储集条件密切相关,而且与后期断裂、褶皱等构造改造作用密不可分。就伊宁凹陷而言,古生代—中生代以来不同期构造演化背景下形成的构造变形带和发育的断裂褶皱构造样式控制着区内二叠系塔姆其萨依组、三叠系白碱滩组及侏罗系八道湾组等主要烃源岩的成熟与油气运聚。

塔姆其萨依组烃源岩 海西晚期,受南、北天山造山运动的影响,伊宁凹陷沉积环境由海陆过渡

相转变为湖相,中二叠统沉积了一套还原环境为主的塔姆其萨依组暗色地层,厚度可达800 m左右,为研究区最主要的生油层系之一;晚二叠世巴斯尔干组沉积时期,研究区演化为氧化环境,沉积了一套厚度达800~1 200 m的杂色粗碎屑岩;之后,因海西末期伊宁凹陷南北两侧发生了强烈的挤压逆冲推覆,研究区叠瓦状构造样式与圈闭雏形形成,进而上二叠统遭受不同程度的剥蚀;直到中三叠世,研究区才沉积一套厚度近800 m的下克拉玛依组杂色砂砾岩夹泥岩地层,此阶段,正是由于塔姆其萨依组之上超过2 500 m沉积地层的逐步叠加,使其开始步入生烃门限并排烃,油气主要沿早期的断裂输导体系发生短距离的运移,在海西末期形成的圈闭中初步聚集;三叠纪末期,当厚度超过250 m的上克拉玛依组和500 m左右的白碱滩组暗色泥岩沉积后,塔姆其萨依组烃源岩开始大规模生烃,油气从伊宁凹陷向位于周缘的各种圈闭中运聚;侏罗纪末期,当厚度达2 000 m的侏罗系沉积之后,研究区塔姆其萨依组生油岩进入生烃高峰期,油气向燕山期改造并基本成型的各种构造及其构造样式之中运聚。喜马拉雅期,塔姆其萨依组生成并运聚于各种圈闭中的油气发生了不同程度的调整。

白碱滩组烃源岩 白碱滩组烃源岩厚度最大可达500 m,燕山期,当厚度达2 000 m的侏罗系沉积之后,该套烃源岩开始进入生排烃期,当厚度大于600 m的白垩系覆盖之后,白碱滩组生油岩基本达到生烃高峰,生成的油气主要运聚于察县—英塔木一带已经形成的圈闭以及北部断鼻构造之中。随着燕山末期的构造变动与抬升剥蚀,以及喜马拉雅逆冲推覆式构造的叠加,白碱滩组烃源岩形成的油气发生了不同程度的破坏、散失与调整。

八道湾组烃源岩 侏罗系煤系—泥页岩型烃源岩厚度为1 500 m,其中有效烃源岩主要是下侏罗统八道湾组厚度约为1 000 m的煤岩—泥页岩,该套烃源岩在头屯河组沉积覆盖之后,进入初期的生排烃阶段,并在燕山后期曾遭受过隆升剥蚀;当白垩系超过600 m的沉积岩覆盖后,八道湾组烃源岩进入大规模生排烃期,但未成熟—成熟的烃源岩仅分布于察县—伊宁县一带的侏罗系深凹区,现今深凹区烃源岩的镜质组反射率仅为0.5%~0.7%。同样,该套烃源岩形成的油气也在喜马拉雅期发生不同程度的破坏、散失与调整,油气运聚的主要部位也主要分布在察县—英塔木一带已经形成的、并经过了后期改造作用的构成花状或“Y”字型构造样式以及构成北部叠瓦状构造样式的断鼻构造中。

7 结论

伊宁凹陷发育霍曲断裂和清水河北断裂等控盆深大断裂,伊宁断裂等控带大型断裂,清水河断裂、清水河南断裂和加格斯台断裂等控构造次级断裂,以及相应的对冲、背冲、叠瓦状等挤压构造样式,“Y”字型和反“Y”字型、花状等压扭构造样式,其中“Y”字型构造样式发育最广泛;这些构造样式分布于北缘强烈变形带、霍城—曲阜海弱变形带、察县—Y2井中等变形带和南部中强变形带等4个变形带。伊宁凹陷中生代以来经历了印支期大规模断拗型盆地形成阶段、燕山期早中期类前陆盆地的形成与发展阶段、燕山晚期整体抬升与微不均衡的盆地改造阶段和喜马拉雅期不均衡湖盆发展阶段4个构造演化阶段,形成了古生界—中生界的3套主力烃源岩,海西期—印支期—燕山期逐步形成的各种构造样式及相应的构造变形带是古生界—中生界油气运聚的主要指向区,印支期—燕山期的构造改造作用控制着二叠系塔姆其萨依组、三叠系白碱滩组及侏罗系八道湾组烃源岩的油气运聚方式和最终运聚区。

参考文献:

- [1] 熊利平.伊犁含油气盆地综合分析[D].西安:西北大学,2003:35-38.
Xiong Liping.Comprehensive analysis of Yili basins [D].Xi'an: Northwest University,2003:35-38.
- [2] 张国伟,李三忠,刘俊霞,等.新疆伊犁盆地的构造特征与形成演化[J].地学前缘,1999,6(4):203-212.
Zhang Guowei, Li Sanzhong, Liu Junxia, et al.Structural feature and evolution of Yili Basin, Xinjiang [J].Earth Science Frontiers, 1999,6(4):203-212.
- [3] 李本亮,陈竹新,雷永良,等.天山南缘与北缘前陆冲断带构造地质特征对比及油气勘探建议[J].石油学报,2011,32(3):395-403.
Li Benliang, Chen Zhuxin, Lei Yongliang, et al.Structural geology correlation of foreland thrust-folded belts between the southern and northern edges of the Tianshan Mountain and some suggestions for hydrocarbon exploration [J].Acta Petrolei Sinica, 2011, 32(3):395-403.
- [4] 朱志新.新疆南天山地质组成和构造演化[D].北京:中国地质科学院,2007.
Zhu Zhixin.The geological components and tectonic evolution of South Tianshan, Xinjiang [D].Beijing: Chinese Academy of Geological Sciences, 2007.
- [5] 高长林,崔可锐,钱一雄,等.天山微板块构造与塔北盆地[M].北京:地质出版社,1995.
Gao Changlin, Cui Kerui, Qian Yixiong, et al.Microplate tectonics in Tianshan and northern Tarim basin [M].Beijing: Geological Publishing House, 1995.
- [6] 程光锁,陈安玉,胡来龙,等.挤压域构造变换带内部构造类型研究——以准噶尔盆地南缘中段构造变换带为例[J].地质找矿论丛,2010,25(1):60-64.
Cheng Guangsuo, Chen Anyu, Hu Lailong, et al.Structural style analysis in the transition zone of the compressed region—a case study of the middle transition zone of southern margin of Junggar basin [J].Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2010,25(1):60-64.
- [7] 宁飞,汤良杰,朱传玲,等.挤压区局部构造转换带类型及石油地质意义[J].现代地质,2009,23(3):394-398.
Ning Fei, Tang Liangjie, Zhu Chuanling, et al.Types of structural transfer zone in compressional area and its significance of petroleum geology [J].Geoscience, 2009, 23(3):394-398.
- [8] 罗阳,王永诗,吴智平,等.青南洼陷构造特征及对油气成藏的控制作用[J].油气地质与采收率,2015,22(2):55-59.
Luo Yang, Wang Yongshi, Wu Zhiping, et al.Structural features of Qingnan subsag and control factors on hydrocarbon accumulation [J].Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2015, 22(2):55-59.
- [9] 方旭庆.沾化凹陷凸起带旋扭运动及其与新近系油气聚集的关系[J].油气地质与采收率,2015,22(2):39-44,65.
Fang Xuqing.Rotation-shearing movement and its relationship with hydrocarbon accumulation of Neogene in uplift belts of Zhanhua sag [J].Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2015, 22(2):39-44,65.
- [10] 杨勇,汤良杰,蒋华山,等.塔里木盆地巴楚隆起断裂分期差异活动特征及其变形机理[J].石油实验地质,2014,36(3):275-284.
Yang Yong, Tang Liangjie, Jiang Huashan, et al.Characteristics and deformation mechanism of staging differential fault activities in Bachu Uplift, Tarim Basin [J].Petroleum Geology & Experiment, 2014,36(3):275-284.
- [11] 龚艳萍,尹宏伟,汪新,等.西昆仑山前柯东构造带变形特征、机制及物理模拟[J].石油实验地质,2014,36(3):299-303.
Gong Yanping, Yin Hongwei, Wang Xin, et al.Structural deformation characteristics, mechanics and physical modeling of Kedong structure in piedmont of western Kunlun Mountain [J].Petroleum Geology & Experiment, 2014,36(3):299-303.
- [12] 方世虎,郭召杰,张志诚,等.中新世代天山及其两侧盆地性质与演化[J].北京大学学报:自然科学版,2004,40(6):886-897.
Fang Shihu, Guo Zhaojie, Zhang Zhicheng, et al.Discussion on Mesozoic-Cenozoic evolution of Tian Shan and its adjacent basins [J].Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2004, 40(6):886-897.
- [13] 贾承造,魏国齐,李本亮.中国中西部燕山期构造特征及其油气地质意义[J].石油与天然气地质,2005,26(1):9-15.
Jia Chengzao, Wei Guoqi, Li Benliang.Yanshanian tectonic features in west-central China and their petroleum geological significance [J].Oil & Gas Geology, 2005,26(1):9-15.