

文章编号:1673-5005(2012)03-0007-07

车排子地区新近系沙湾组物源与沉积相分析

杨 恺¹, 董臣强², 徐国盛³

(1. 中国石油大学 地球科学与技术学院, 山东 青岛 266580; 2. 中国矿业大学 地球科学与测绘工程学院, 北京 100083;
3. 成都理工大学 油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 四川 成都 610059)

摘要:在前人研究基础之上,利用地震、测井、录井、岩心、薄片、地球化学等资料,以砂岩厚度、砂岩碎屑成分、沉积期古地貌、砂岩重矿物含量等多方面的证据确定研究区沙湾组的物源方向,并利用岩石学、粒度分析、测井相、地震相等资料或方法研究沙湾组沉积相类型和展布特征,最后结合构造背景、古地貌、层序地层体系域的构成样式尝试对其沉积相模式进行研究。结果表明:车排子地区沙湾组发育西南方向伊林黑比尔根山和西北方向扎伊尔山两个物源体系,且西南方向的物源延伸距离远,波及范围大;沙湾组发育辫状河三角洲、扇三角洲、湖泊3种沉积相类型,南部地区发育大范围展布的退积型辫状河三角洲,北部主要发育扇三角洲,其前端和侧翼发育滨浅湖滩坝砂沉积;辫状河三角洲前缘水下分支河道砂体容易形成上倾尖灭型岩性圈闭,滨浅湖滩坝砂容易形成透镜体岩性圈闭。

关键词:沉积相;物源;沙湾组;新近系;车排子地区;准噶尔盆地

中图分类号:TE 121.3 **文献标志码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1673-5005.2012.03.002

Analysis of provenance and sedimentary facies of Neogene Shawan formation in Chepaizi area

YANG Kai¹, DONG Chen-qiang², XU Guo-sheng³

(1. School of Geosciences in China University of Petroleum, Qingdao 266580, China;
2. College of Geoscience and Surveying Engineering in China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China;
3. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu 610059, China)

Abstract: Based on the previous studies and by using the data of seismic, logging, cores, slice and geochemical, the source direction of Shawan group of study area was confirmed through various evidence of sandstone thickness, sandstone clastic composition, paleo-geomorphology and sandstone heavy mineral content. The sedimentary facies and Shawan group exhibition characteristics were studied by means of the data and method of petrology, grain size analysis, log facies and seismic facies. The sedimentary facies model was studied by combining with the construction background, paleo-geomorphology and the structure style of sequence stratigraphic system. The results show that the provenance of Shawan area includes two source system directions, which are Elaine black bill root mountain in southwest direction and Zaire mountain in northwest. Moreover, the extension distance of southwest direction of provenance is long and the influence range is wide. The sedimentary facies of Neogene Shawan group include braided delta, fan delta and lakes phase. Large scope of the southern area exhibits the back multiplicative braided delta and the northern area develops fan delta. And the coastal-shallow lake sand sedimentary appears in the front and the sides. The subaqueous distributary channel sand of braided stream delta front is easy to form the type of pointed lithologic trap and the coastal-shallow lake sand develops the lens lithologic trap easily.

Key words: sedimentary facies; provenance; Shawan formation; Neogene; Chepaizi area; Junggar Basin

准噶尔盆地西缘车排子地区新近系的油气勘探始于20世纪50年代,经过50余年的勘探,终于在新近系沙湾组取得了较大突破,在2005年3月和6

月相继发现了春光油田和春风油田。发现的起因之一就是对车排子地区新近系沙湾组物源方向、沉积相类型和展布的重新认识。中国许多学者利用不同

收稿日期:2011-09-21

基金项目:国家重点基础研究发展计划项目(2011CB201001)

作者简介:杨恺(1982-),男(汉族),山东郓城人,博士研究生,主要从事石油地质学方面研究。

资料、从不同角度对其进行过积极的探讨。多数学者认为沙湾组的物源主要来自于西北部的扎伊尔山^[1],也有学者认为沙湾组存在西北部和东北部两大物源体系,早期发育西北部物源体系,控制了扇三角洲砂体呈近南北向展布;晚期物源方向往东迁移,以东北方向为主,控制了扇三角洲砂体呈东北-西南向展布^[2]。上述各种认识的出发点是沙湾组在现今构造形态上呈北高南低的斜坡,砂砾岩相带容易让人联想到由北部的扎伊尔山提供近源沉积。然而,从古地貌恢复分析车排子凸起沙湾组构造相对平缓,地层倾角一般约为2°,北部物源不存在必然性。古物源和水流研究的方法很多,目前应用最广泛的有岩屑组分分析^[3-4]、重矿物分析^[5]、地层倾角测井^[6-7]、古地磁测量^[8]以及地球化学方法^[9-10]等。笔者在前人研究基础之上,利用地震、测井、录井、岩心、薄片、地化等多方面的资料,结合砂岩厚度、砂岩碎屑成分、沉积期古地貌、砂岩重矿物含量、测井相、地震相等多方面的证据对该区在物源和沉积相这一颇有争议的问题进行研究。

1 区域地质概况

车排子地区地跨克拉玛依市、塔城地区和博尔塔拉蒙古自治州等3个市、地、州。车排子凸起位于准噶尔盆地西北缘,构造区划上归属准噶尔类前陆盆地前隆-隆后斜坡带,是盆地西部隆起的次一级构造单元,凸起西北邻扎伊尔山,东部、南部分别以红车断裂带、艾卡断裂带与昌吉凹陷、四棵树凹陷相通。邻区红车断裂带发现有车排子油田和红山嘴油田(图1)。由于车排子凸起是一个在石炭系火成岩基底之上发育起来的继承性凸起,现今总体上为一东南倾的单斜,多次的构造升降造成该区地层主要以超覆和削截为主。

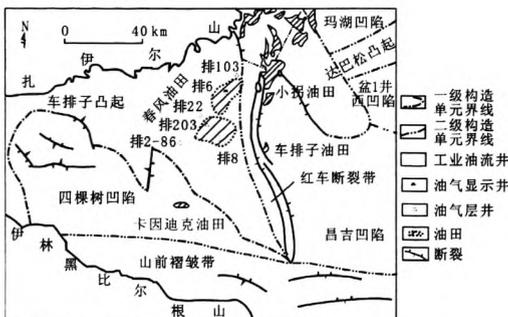


图1 研究区区域构造位置示意图
Fig.1 Regional tectonic location schemes of study area

2 沉积物源分析

2.1 砂岩厚度分布

当地层在沉积之后没有再受到强烈侵蚀的前提下,地层厚度在横向上的变化能客观地反映沉积时的古地形,沿地层厚度增厚的最大速率变化方向,与沉积物的前进方向大致一致^[11]。车排子地区沙湾组沉积时期构造相对稳定,沉积时期短,成岩压实作用较弱,因此大致可以利用现今地层厚度反映当时的沉积古地貌并判识沉积物的前进方向。车排子地区南部(排28至排20井区)沙一段砂岩较厚,泥岩含量少,砂地比高,向北砂岩逐渐减薄,至排6井区沙一段1砂组砂岩厚度为2.5 m,3砂组砂岩厚度为10 m,至车排子地区西北部(排60至排1井区)砂岩再次变厚,砂泥比变高,此现象反映存在两套物源,即西北方向扎伊尔山和西南方向伊林黑比尔根山(图2)。

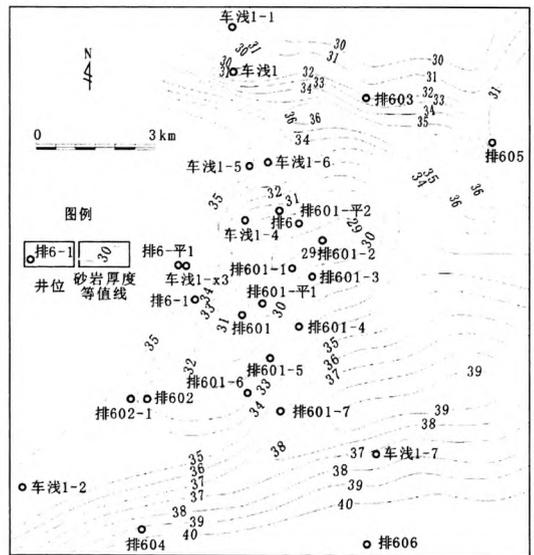


图2 车排子地区沙湾组一段砂岩厚度(m)等值线图
Fig.2 Sandstone thickness figure of Shawan1 formation of Chepaizi area

2.2 沉积期古地貌

整体而言,沙湾组一段沉积厚度不大且分布稳定(图2),波动范围为30~40 m,表明沙湾组沉积期古地形非常平缓,仅在沿排603—排601—排601-4—排601-6—排602—平2一带存在一个南西—北东向的“微古梁”,延伸距离15 km,高度3~5 m。沙湾组二段地层残余厚度图显示出这个“微古梁”依然存在,在艾2—卡9井北显示出一个东西向展布的沉积较厚的地区;沙湾组三段残余厚度图整体

表现出南厚北薄的沉积特征。

2.3 砂岩碎屑成分

车排子地区西北部与南部碎屑成分也有明显区别,表明不是同一个物源沉积。以水下微古梁为界,东南部以发育远源沉积的石英砂岩为主,西北部则发育相对近物源的石英岩屑砂岩。车浅1-1井碎屑成分中石英含量低,约占50%,长石含量约为20%,岩屑含量约30%;排601-平1井石英含量较高,约占75%,长石含量约为20%,岩屑含量5%。此现象亦反映在水下微古梁两侧可能发育西北和西南两个不同方向的物源。

2.4 砂岩重矿物含量

车排子地区沙湾组岩石中稳定重矿物占较大比例,其中楣石、电气石、石榴石、钛铁矿含量较高。依据ZTR指数(重矿物中锆石、电气石、金红石的含量之和,该参数可指示物源方向,指数越大离物源越远),车排子地区西北部ZTR指数自排609井向排607井增大,说明其物源来自西北部的扎伊尔山,中部ZTR指数自排604井、排606井向排6井、排605井增大,说明其物源来自西南部伊林黑比尔根山。重矿物指标指示了车排子地区西北部和西南部两个物源方向(图3,箭头方向为ZTR增大方向和古水流方向)。

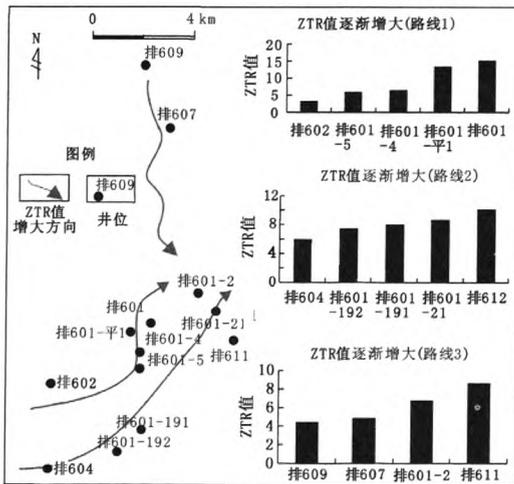


图3 ZTR参数变化方向

Fig.3 Direction of ZTR parameters change

综合分析认为车排子地区沙一段发育西南和西北两个物源体系,西南部的伊林黑比尔根山物源体系延伸距离远,波及范围大,西北部的扎伊尔山物源体系延伸距离近,波及范围小,二者在排601井—排6井区汇聚。沙湾组二段也具有类似的特征。

3 沉积相标志与微相特征

3.1 沉积相标志

在岩石学特征方面,车排子地区沙湾组岩性为深灰色、灰色块状、厚层砾岩、砂砾岩、含砾砂岩、砂岩与灰绿色、灰色泥质粉砂岩、粉砂质泥岩和泥岩互层,颜色总体偏暗,反映弱还原条件下的浅水沉积环境。砾岩和砂岩分选较差—中等,碎屑颗粒以次棱角为主。镜下观察见砂岩中长石含量较高,以长石砂岩、岩屑长石砂岩为主,颗粒接触关系为点接触—线接触。沙湾组的累积粒度概率曲线呈两段式,如排601井沙湾组底部的粒度概率曲线可见两段式,以跳跃组分和悬浮组分为主,其中跳跃组分总体含量为20%~80%,细截点值为2~3,反映分选中等偏好、以牵引流为主的搬运方式。由C-M图可看出该深度为牵引流沉积,体现水下分流河道中上部砂岩的沉积特点^[12]。在测井相特征方面,自然电位曲线表现为在大段微齿化的泥岩基值上出现较多的中到高幅的指形曲线组合,齿中线上倾或水平,这些层位中见有交错层理、斜层理及虫孔。水下分流河道沉积的自然伽马曲线表现为高幅箱形,曲线光滑或微齿化。光滑反映粒度变化不大,齿化反映有薄的泥岩夹层,部分自然伽马曲线形态呈钟形。河道间曲线幅度偏低,形态上为钟形,个别也呈现箱形,因相邻相中泥岩增多,表现为中等齿化。在地震剖面上,以弱—中振幅、中连续性亚平行地震反射特征为主,局部夹中—强振幅、中—高连续平行地震反射,地震反射有分段特征,表现为不同分支河道间的分隔。随着湖水水位上升,逐渐形成上超楔状地震反射特征,但其同相轴的连续性变差,表现为古地形逐渐向东南倾斜以块状泥岩沉积为主的特点。

3.2 沉积相类型与微相特征

3.2.1 辫状河三角洲

辫状河三角洲为车排子地区新近系沙湾组沉积相,由辫状河三角洲平原、辫状河三角洲前缘和前辫状河三角洲三个亚相组成,研究区内主要发育辫状河三角洲前缘亚相,常发育水下分流河道和分流间湾沉积(图4),远砂坝和滑塌沉积仅在局部区域可见。辫状河三角洲前缘的底界以正常湖泊沉积的出现为划分依据,本区岩性主要以灰色块状砂砾岩的出现为特征依据。砾岩和砂岩分选较差—中等,碎屑颗粒以次棱角为主。沙湾组沉积序列以正韵律为主,反韵律少见,表明研究区内以发育退积型辫状河三角洲为主^[12]。

水下分流河道是辫状河三角洲前缘沉积的主体,是辫状河道入湖后在水下的延伸部分,由含砾砂岩、粗砂岩构成正旋回结构。底界面可见冲刷面及泥砾沉积。自然伽马曲线一般以中—高幅的箱形、箱形—钟形为主。水下分流河道沉积砂体是沙湾组储层的主体,其发育范围最广。分流间湾微相由灰色、棕红色泥岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩组成,整体呈块状,很少见层理结构。自然伽马曲线为低平型。

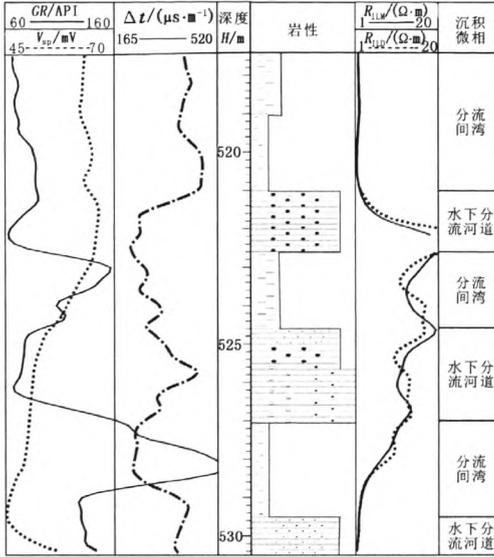


图4 排602井沙一段辫状河三角洲前缘沉积微相综合柱状图

Fig.4 Braided stream delta front sedimentary microfacies comprehensive bar chart Shawan1 of well Pai602

3.2.2 扇三角洲

扇三角洲为邻近山地直接推进到稳定水体(湖或海)中的冲积扇。随着西南方向伊林黑比尔根山物源体系的逐渐萎缩,至沙三期西北方向扎伊尔山成为主要物源区,扇三角洲主要发育在车排子北部地区距离物源较近的区域。沙湾组扇三角洲地震相特征为:①均发育在盆地边缘大断层之下,垂直断层走向发育;②在横剖面上沉积体为丘状,在纵剖面上为楔形,向盆地内部厚度减薄,总体上表现为明显的锥状外形,但在横向上多个冲积扇往往沿着断层边界呈串珠排列,形成冲积扇裙;③在纵剖面上以杂乱的前积构造最为常见,亦有下超型前积构造和斜交型前积构造,在横剖面上则发育双向前积地震反射构造;④其反射结构主要为杂乱反射结构或无反射结构,一般从扇根向扇端方向振幅有所增强,连续性变好,扇三角洲的底超结构与湖相的上超结构呈指

状交叉反射终止,出现反射结构不协调现象。

3.2.3 滨浅湖亚相

滨浅湖位于湖盆浪基面以上的地带,受波浪和湖流作用的冲刷影响沉积而成,岩石类型以绿灰色、灰色细砾砂岩为主,夹粉细砂岩,局部为互层;砂体在平面上呈沿岸条状分布,地震响应特征为垂直湖岸短轴状、平行湖岸较连续的地震相。根据砂体形态、沉积构造、砂体厚度、测井及地震等特征,可将滨浅湖亚相划分成沙滩、砂坝和滨浅湖泥3种沉积微相。沙滩和砂坝主要是近缘砂体和辫状河三角洲沉积物经湖浪和湖流再搬运和改造而形成。

沙滩是指湖盆滨浅湖处受波浪冲洗与改造形成的分布范围较广、沉积厚度较薄的砂(砾)沉积体,本区岩性主要为一套中—细砂岩,矿物成熟度和结构成熟度均较高,砂岩胶结物多为钙、铁等化学物质。生物活动遗迹发育。电性特征上表现为自然伽马和自然电位曲线呈中—低幅菱形的齿状、指状或漏斗形组合(图5)。地震剖面上位于初始湖泛面之上并紧邻初始湖泛面,且自东南向西北超覆。沙滩单层厚度相对较小,一般小于3m。

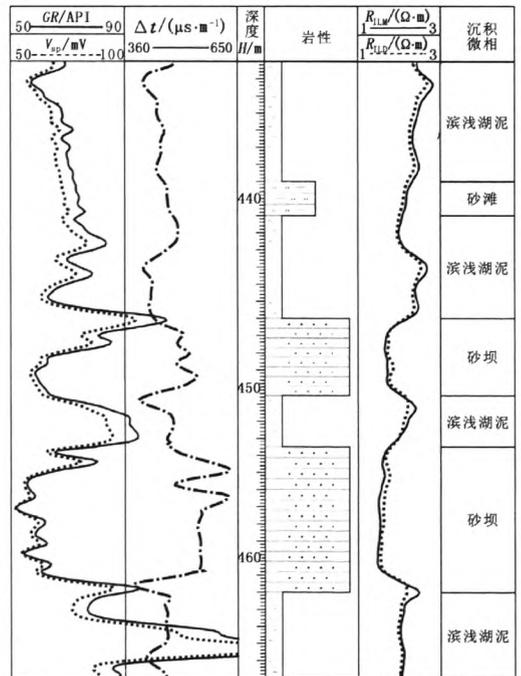


图5 排601井沙一段滨浅湖沉积微相综合柱状图

Fig.5 Coastal-shallow lake sedimentary microfacies comprehensive bar chart Shawan1 of well Pai601

砂坝指厚度较大、平行于湖岸的水下砂坝,本区主要由灰、浅灰色中厚层中细砂岩、含砾砂岩组成,

分选性中偏好,以粗砂和含砾砂岩为主,单层及整体厚度相对较大,单层厚度一般大于4 m,垂向韵律变化为向上变细的剖面结构,相应地测井曲线上可表现出钟型特征(图5)。

滨浅湖泥指在湖泊近岸地区因受某种隔阻而与湖内广大湖区的湖水交流不畅而呈半封闭状态下沉积的暗色粉砂质泥岩。

3.3 沉积相模式

综上所述,认为车排子地区新近系沙湾组主要发育扇三角洲、辫状河三角洲和湖泊三大沉积体系(图6),物源来自于西北和西南两个方向。其中扇三角洲体系物源来自西北部扎伊尔山,在西北部紧临山麓地区发育;辫状河三角洲沉积体系物源来自西南部,分布范围广,在车排子广大地区普遍发育,主要包括辫状河三角洲平原(细分为辫状河道和河道间湾两个微相)和辫状河三角洲前缘(细分为水下分流河道、分流间湾、远砂坝和滑塌沉积4个微相),前三角洲部分因为混杂了西北部扇三角洲砂体沉积,特征不明显;湖泊沉积体系则介于西北部物源的扇三角洲与西南部物源的辫状河三角洲之间,主要是湖浪改造的滨浅湖砂亚相沉积。

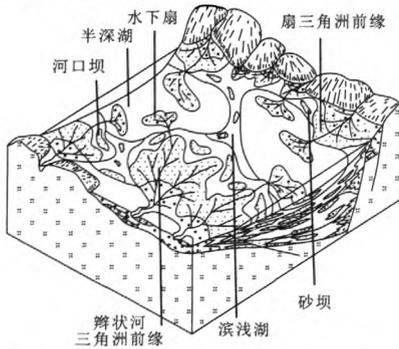


图6 车排子地区新近系沙湾组沉积模式
Fig.6 Sedimentary facies model of Neogene Shawan formation in Chepaizi area

4 沉积体系特征与时空演化

新近纪准噶尔盆地再次整体沉降接受沉积,并具有由盆地腹部向四周超覆沉积的特点。从沉积分布、沉降中心的转移、沉积特征分析,新近纪与古近纪有明显的不同:古近纪与白垩纪沉积面貌相似,而新近纪抬升剧烈,沉积速率加大,沉降中心明显向南收缩,显然喜山晚期是盆地抬升、收缩变形的主要时期。总体特征表现为:新近纪中新世,整个天山区开始剧烈隆起,河流发育,湖域范围收缩,局部出现含

膏泥质岩沉积。新近系中新统沙湾组(N_{1s})沉积前盆地大范围沉降,范围与现今盆地边界接近,沉降中心向南部收缩,地层分布范围明显较下部地层缩小。地层底部砂砾岩发育,上部泥岩增多,表明沉积早期构造运动强烈,后期逐渐平静,中新世塔西河期在盆地西南缘发育大套盐岩沉积。新近纪上新世湖盆进一步收缩,大范围发育冲积扇、河流相粗碎屑岩沉积。

新近纪中新世沙湾期,车排子地区整体接受沉积。根据砂体展布特征、地层层序特征及单井沉积特征分析,可进一步划分为3个沉积阶段。

沙湾组一段发育辫状河三角洲、冲积扇、滩坝及滨浅湖相,岩性主要为厚层状砂砾岩、砂岩夹泥质岩的粗碎屑岩。排6井及排1井三维区,沙湾组一段沉积模式为“两套物源,三种沉积类型”。两套物源是指西北部扎伊尔山和西南部伊林黑比尔根山;三种沉积类型是指排601井-排1井区和车浅1-7井-车浅1-9井区为代表的西南部辫状河三角洲前缘沉积、排607井区和排1井区西北部扇三角洲沉积及在这两套沉积的前端或侧翼形成的以排602井为代表的滩坝沙沉积(图7)。

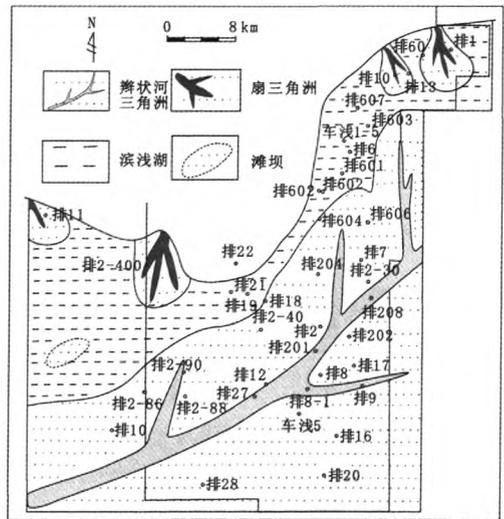


图7 车排子地区北部沙湾组一段沉积相
Fig.7 Sedimentary facies of Shawan1 in the north of Chepaizi areac

沙湾组二段主要为辫状河三角洲、扇三角洲和滨浅湖相沉积(图8),岩性主要为红色泥质岩夹红色泥质粉砂岩、灰色细砂岩及含砾细砂岩。沙湾组二段沉积时天山继续抬升,受天山抬升拖曳影响,固1井、固2井区继续抬升,膏盐湖变浅,面积变大。来自于正西方向物源的辫状河三角洲由西向东展,车排子北部由于湖进作用影响,辫状河三角洲沉

积范围缩小至车排子-卡因迪克地区。

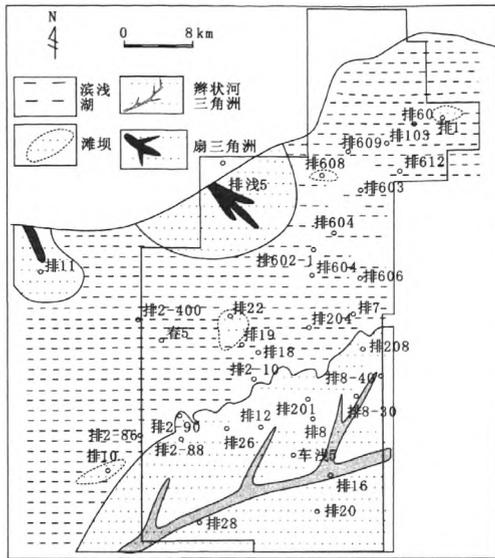


图8 车排子地区北部沙湾组二段沉积相

Fig.8 Sedimentary facies of Shawan2 in the north of Chepaizi area

沙湾组三段沉积相主要为扇三角洲及滨浅湖,扇三角洲相岩性主要为红色泥质岩夹红色、褐灰色泥质粉砂岩、细砂岩及砂砾岩。沙湾组三段沉积时天山抬升加剧,表现出明显的前陆特征,天山北侧迅速下降,地层表现为明显的南厚北薄,北部的扇三角洲沉积规模扩大(图9),而南部天山物源萎缩消失,

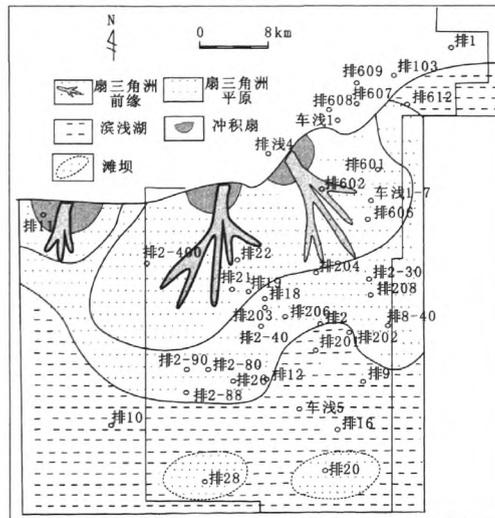


图9 车排子地区北部沙湾组三段沉积相

Fig.9 Sedimentary facies of Shawan3 in the north of Chepaizi area

准噶尔盆地西缘其他地区砂体基本不发育,除车排子北部研究区内以扇三角洲平原相沉积为主外,总体表现为滨浅湖相沉积和半深湖沉积。

根据前述沙湾组扇三角洲体系分布可以看出,受构造运动的影响,准噶尔盆地西缘沙湾期沉积物源方向有一个自西南向西-西北的转变过程,辫状河三角洲的规模相对由大变小。车排子地区北部沙湾组一段发育由西南物源提供的辫状河三角洲与西北物源提供的扇三角洲体系交汇,以及三角洲前端及侧翼滩坝相砂体,储层相对发育;而沙湾组二段时期西南物源相对萎缩,致使车排子地区南部还有部分辫状河三角洲砂体分布,而北部主要是扇三角洲沉积;沙三段沉积时期,南部物源进一步萎缩,车排子地区基本被滨浅湖相泥岩覆盖,而北部由于物源相对充沛,近岸扇三角洲相砂体相对发育,但物性相对较差。

5 沉积时空演化的主控因素

5.1 构造运动

构造运动往往控制着盆地的形状、古地貌和湖盆水体的深度,其演化过程明显控制着沉积体系和湖盆沉积滨岸线的迁移。车排子凸起是一个在石炭系火成岩基底之上发育起来的继承性凸起,总体上看,该凸起的形成可分为以下3个阶段:晚石炭世-侏罗纪时期之强烈隆升阶段、白垩纪-古近纪时期之缓慢沉降阶段、新近纪-第四纪时期之快速沉降阶段。新近纪以后受喜山运动影响,北天山强烈隆升,其向北的冲断作用导致准噶尔盆地南部地区急剧挠曲沉降,盆地向南掀斜,北天山山前陆内拗陷盆地开始形成。车排子凸起作为该拗陷盆地的一部分也随之快速沉降,其沉降范围和幅度均较大,且沙湾组各沉积时期仍表现出一定的差异沉降特点,南部快速沉降,西北边缘沉降相对缓慢、平稳,地层向西北超覆沉积,地层厚度由北往南逐渐加大。沙一段沉积期,车排子地区北部以扇三角洲沉积为主,南部则以来自伊林黑比尔根山物源的退积型辫状河三角洲及滩坝砂沉积为主。沙二段沉积期,随着南部天山的进一步沉降,西南部物源的萎缩使研究区沉积砂体迅速减薄,致使研究区以泥岩沉积为主,作为一套局部范围内的盖层。沙三段沉积期,南部物源进一步萎缩,北部以扇三角洲沉积为主。

5.2 古地貌格局

研究区西北面接扎伊尔山,东接红车断裂带,南部邻接艾卡断裂带。据古地貌恢复,研究区又可划分为车排子高凸起带和车排子低凸起带。这些凸

起,斜坡、断裂等支配了沉积物的分配,控制了沉积体系在工区内的展布。车排子西北部的扎伊尔山可为物源区提供充足的碎屑物质,易发育冲积扇-扇三角洲沉积体系。车排子凸起不仅对古水流的流向有明显的分割作用,而且对湖盆的分布范围有遮挡作用。车排子地区沿排 603—601—平 2—601-1—601—601-6—602 井一带存在的南西—北东向的水下古地貌“微古梁”使沙湾组早期西南和西北两套物源在此分流,形成了现今沙湾组一段的沉积格局。

5.3 物源供应量

物源补给为沉积相的发育提供了物质基础,物源供应首先决定沉积岩成分、厚度、粒度、分选等,物源供给丰度基本上受地形和构造隆升剥蚀运动的控制。物源供应量的相对大小也会直接影响到不同体系域准层序组的叠置样式。研究区发育了大量的陆源粗碎屑岩沉积,尤其在各演化阶段早期发育粒度粗大的底砾岩,分选磨圆差,说明离物源近;演化阶段中期,辫状河三角洲砂体沉积广泛发育,说明这个沉积时期有足够丰富的物源供给且离物源较远。当物源补给充足时,砂体规模较大,多发育扇三角洲前缘砂坝和辫状河三角洲砂体;当物源补给不足时,砂体规模较小,多发育一些滨浅湖滩坝砂体。

6 结 论

(1)车排子地区沙湾组存在西北扎伊尔山和西南伊林黑比根山两个方向的重要物源。

(2)车排子地区沙湾组在宽缓的斜坡背景下,南部发育大范围展布的退积型辫状河三角洲,北部主要发育扇三角洲,其前端和侧翼发育滨浅湖滩坝砂沉积。

(3)物源方向的确定和沉积体系的新认识为地层-岩性圈闭发育有利区带的预测指明了方向。辫状河三角洲前缘水下分支河道砂体容易形成上倾尖灭岩性圈闭,滨浅湖滩坝砂容易形成透镜体岩性圈闭。

参考文献:

- [1] 陈轩,张尚锋,张昌民,等.准噶尔盆地车排子地区新近系沙湾组层序地层[J].新疆石油地质,2008,29(1):65-67.
CHEN Xuan, ZHANG Shang-feng, ZHANG Chang-min, et al. Sequence stratigraphy of Neogene Shawan formation in Chepaizi area, Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2008, 29(1): 65-67.
- [2] 苏朝光,仲维苹.准噶尔盆地车排子凸起新近系沙湾组物源分析[J].石油天然气地质,2010,31(5):648-655.
SU Chao-guang, ZHONG Wei-ping. An analysis on the provenance of the Neogene Shawan formation in the Chepaizi uplift of the Junggar Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(5): 648-655.
- [3] 张琴,张满郎,朱筱敏,等.准噶尔盆地阜东斜坡区侏罗纪物源分析[J].新疆石油地质,1999,20(6):501-504.
ZHANG Qin, ZHANG Man-lang, ZHU Xiao-min, et al. Analysis of Jurassic sources in East Fukang slope of Junggar Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1999, 20(6): 501-504.
- [4] 陈纯芳,郑凌茂,王德发.板桥凹陷沙三段沉积体系与物源分析[J].古地理学报,2001,3(1):53-62.
CHEN Chun-fang, ZHENG Jun-mao, WANG De-fa. Depositional systems and source provenance of the third member of Shahejie formation in Banqiao sag[J]. Journal of Palaeogeography, 2001, 3(1): 53-62.
- [5] 李珍,焦泉泉,刘春华,等.黄骅坳陷高柳地区重矿物物源分析[J].石油勘探与开发,1998,25(6):5-7.
LI Zhen, JIAO Yang-quan, LIU Chun-hua, et al. Source analysis of heavy minerals in Gaoliu area, Huanghua depression [J]. Petroleum Exploration and Development, 1998, 25(6): 5-7.
- [6] 李军,王贵文.高分辨率倾角测井在砂岩储层中的应用[J].测井技术,1995,19(5):352-357.
LI Jun, WANG Gui-wen. Applications of high resolution dip log to the study of sand reservoir [J]. Well Logging Technology, 1995, 19(5): 352-357.
- [7] 孔德林,王智.应用倾角测井资料研究石西油田沉积相[J].新疆石油地质,1996,16(3):217-221.
KONG De-lin, WANG Zhi. Study on sedimentary facies of Shixi Oilfield by applying diplogging NGD data [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1996, 16(3): 217-221.
- [8] 范代读,邱桂强,李从先,等.东营三角洲的古流向研究[J].石油学报,2000,21(1):29-33.
FAN Dai-du, QIU Gui-qiang, LI Cong-xian, et al. Paleocurrent properties of Dongying delta in Bohai Bay Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2000, 21(1): 29-33.
- [9] 李曰俊,买光荣,罗俊成,等.塔里木盆地巴楚断隆古生代沉积构造背景和物源区性质的探讨[J].古地理学报,1999,1(4):45-23.
LI Yue-jun, MAI Guang-rong, LUO Jun-cheng, et al. Palaeozoic tectonic setting and provenance nature discrimination of Bachu fault-uplift, Tarim, Northwest China [J]. Journal of Palaeogeography, 1999, 1(4): 45-53.

(下转第19页)

下,砂岩越薄越容易产生裂缝,泥岩厚度达到20 m时,砂岩厚度的变化对砂岩裂缝在泥岩中的发育程度和裂缝密度影响很小。

参考文献:

- [1] PRICE N J. Fault and joint development in brittle and semi-brittle rock [M]. Oxford, England: Pergamon Press, 1966;221-240.
- [2] 王军,戴俊生,冯建伟,等. 乌夏断裂带二叠系火山岩碎屑岩混杂地层裂缝预测[J]. 中国石油大学学报:自然科学版,2010,34(4):19-24.
WANG Jun, DAI Jun-sheng, FENG Jian-wei, et al. Fracture prediction of Permian volcanic-clastic rock formation in uxia fault belt[J]. Journal of China University of Petroleum(Edition of Natural Science), 2010,34(4):19-24.
- [3] 文世鹏,李德同. 储层构造裂缝数值模拟技术[J]. 石油大学学报:自然科学版,1996,20(5):17-24.
WEN Shi-peng, LI De-tong. Numerical simulation technology for structural fracture of reservoir[J]. Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Natural Science), 1996,20(5):17-24.
- [4] 戴俊生,汪必峰,马占荣. 脆性低渗透砂岩破裂准则研究[J]. 新疆石油地质,2007,28(4):393-395.
DAI Jun-sheng, WANG Bi-feng, MA Zhan-rong. Research on cracking principles of brittle low-permeability sands[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2007,28(4):393-395.
- [5] 俞茂宏. 双剪强度理论及其应用[M]. 北京:科学出版社,1998:195-197.
- [6] 管月稳,俞茂宏,王思敬. 岩石的非线性统一破裂准则[J]. 岩石力学与工程学报,2002,21(10):1435-1441.
ZAN Yue-wen, YU Mao-hong, WANG Si-jing. Nonlinear unified strength theory of rock and its application in rock mass engineering[J]. Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 2002,21(10):1435-1441.
- [7] 丁中一,钱祥麟,霍红,等. 构造裂缝定量预测的一种新方法:二元法[J]. 石油与天然气地质,1998,19(1):1-7.
DING Zhong-yi, QIAN Xiang-lin, HUO Hong, et al. A new method for quantitative prediction of tectonic fractures:two factor method[J]. Oil & Gas Geology, 1998,19(1):1-7.
- [8] 戴俊生,冯建伟,李明,等. 砂泥岩间互地层裂缝延伸规律探讨[J]. 地学前缘,2011,18(2):277-283.
DAI Jun-sheng, FENG Jian-wei, LI Ming, et al. Discussion on the extension law of structural fracture in sand-mud interbed formation [J]. Earth Science Frontier, 2011,18(2):277-283.
- [9] 曹春富,孙绍春,张吉昌. 利用有限元法定量预测储层构造裂缝[J]. 特种油气藏,1997,4(1):24-28.
CAO Chun-fu, SUN Shao-chun, ZHANG Ji-chang. Quantitative prediction of structural fractures of metamorphic rock reservoir by finite element[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 1997,4(1):24-28.
- [10] CHEN M, BAI M. Modeling stress-dependent permeability for anisotropic fractured porous rocks[J]. Rock. Mech. Min. Sci., 1998,35(1):1113-1119.
- [11] 戴俊生,徐建春,孟召平,等. 有限变形法在火山岩裂缝预测中的应用[J]. 石油大学学报:自然科学版,2003,27(1):1-3.
DAI Jun-sheng, XU Jian-chun, MENG Zhao-ping, et al. Prediction of volcanic rock fissure with finite deformation method[J]. Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Natural Science), 2003,27(1):1-3.
- (编辑 徐会永)
-
- (上接第13页)
- [10] 杨守业,李从先,张家强. 苏北滨海平原冰后期古地理演化与沉积物物源研究[J]. 古地理学报,2000,2(2):66-72.
YANG Shou-ye, LI Cong-xian, ZHANG Jia-qiang, et al. Palaeogeographic evolution of Coastal Plain and provenance study of postglacial sediments in North Jiangsu Province [J]. Journal of Palaeogeography,2000,2(2):66-72.
- [11] 胡宗全,朱筱敏,彭勇民. 准噶尔盆地西北缘车排子地区侏罗系物源及古水流分析[J]. 古地理学报,2001,3(3):49-54.
HU Zong-quan, ZHU Xiao-min, PENG Yong-min. A-nalys of provenance and palaeocurrent direction of Jurassic at Chepaizi region in northwest edge of Junggar Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2001,3(3):49-54.
- [12] 杨少春,孟祥梅,陈宁宁,等. 准噶尔盆地车排子地区新近系沙湾组沉积特征[J]. 中国石油大学学报:自然科学版,2011,35(2):20-25.
YANG Shao-chun, MENG Xiang-mei, CHEN Ning-ning, et al. Depositional characteristics of Shawan formation in Neogene of Chepaizi area, Junggar Basin[J]. Journal of China University of Petroleum(Edition of Natural Science), 2011,35(2):20-25.
- (编辑 徐会永)