

北三台凸起周缘三叠系物源体系与沉积演化

肖杰¹, 王健^{1,2}, 操应长^{1,2}, 徐琦松¹, 秦志军³, 陈洪³

(1. 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院, 山东 青岛 266580;

2. 海洋国家实验室 海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室, 山东 青岛 266071;

3. 中国石油新疆油田分公司 勘探开发研究院, 新疆 克拉玛依 834000)

摘要: 准噶尔盆地北三台凸起及其周缘三叠系前期的沉积演化研究较为薄弱, 不能满足现阶段精细勘探的需求. 本文根据岩心、测井、录井、地震和薄片等资料, 论证了北三台凸起在三叠纪时期能向周缘地区提供物源, 并结合古地貌特点、古气候特征和同沉积构造活动, 对研究区沉积相及其时空演化进行了研究, 认为北三台凸起在三叠纪时期属于水上低隆起, 能够向周缘地区提供物源, 且其提供物源能力在垂向地层上逐渐减弱. 研究结果表明: 北三台凸起在三叠纪属于正向地貌, 地震发射特征上有明显的沟谷, 上超和地层减薄现象, 且周缘地区岩屑组合类型存在区域分带性, 与其他地区存在明显的差异, 发育大量磨圆棱角状-次棱角状的岩屑, 砂砾岩厚度百分比为 11%~79%, 由北三台凸起向周缘地区逐渐降低. 研究区主要发育三大物源体系, 即北三台北部物源体系、北三台南部物源体系和南部物源体系. 研究区主要发育扇三角洲相、滩坝和滨浅湖, 砂体主要分布在近北三台凸起周缘地区和南部地区. 受到古地貌、古气候和构造等作用的控制, 研究区早三叠世湖平面开始上升, 气候干旱, 砂体发育规模较大, 中晚三叠世湖平面继续上升, 气候变得潮湿, 砂体发育规模逐渐变小. 研究区邻近北三台凸起地区下三叠统发育的地层砂砾岩厚度百分比高, 砂体发育规模较大, 为油气提供良好的储集场所, 为下一步储层精细研究最有利勘探领域.

关键词: 准噶尔盆地; 北三台凸起; 三叠系; 物源; 沉积演化

中图分类号: P 5 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-1964(2018)06-1412-10

Provenance system and sedimentary evolution of the Triassic in the margin area of the Beisantai uplift

XIAO Jie¹, WANG Jian^{1,2}, CAO Yingchang^{1,2}, XU Qisong¹, QIN Zhijun³, CHEN Hong³

(1. School of Geosciences, China University of Petroleum, Qingdao, Shandong 266580, China;

2. Laboratory for Marine Mineral Resources, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology,

Qingdao, Shandong 266071, China; 3. Xinjiang Oilfield Company Research Institute

of Exploration and Development, CNPC, Karamay, Xinjiang 834000, China)

Abstract: The insufficient study of sedimentary evolution in the Triassic of the Beisantai uplift and its periphery, Junggar basin, cannot meet the needs of further exploration at this stage. Based on the data of core, well logs, logging, seismic, and thin-sections, this paper confirmed that the Beisantai uplift can provide source to the surrounding area during the Triassic. Combined with pale-geomorphology background, paleoclimatic characteristics and synsedimentary

收稿日期: 2018-05-17

基金项目: 中国科学院战略型先导科技专项(A类)(XDA14010301); 国家自然科学基金项目(U1762217); 中央高校基本科研业务费专项资金(16CX02027A, 18CX05027A)

通信作者: 王健(1985-), 男, 山东省菏泽市人, 副教授, 硕士生导师, 理学博士, 从事沉积学及层序地层学、储层地质学方面的研究.

E-mail: wangjian8601@upc.edu.cn **Tel:** 18366201873

引用格式: 肖杰, 王健, 操应长, 等. 北三台凸起周缘三叠系物源体系与沉积演化[J]. 中国矿业大学学报, 2018, 47(6): 1412-1421.
XIAO Jie, WANG Jian, CAO Yingchang, et al. Provenance system and sedimentary evolution of the Triassic in the margin area of the Beisantai uplift[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2018, 47(6): 1412-1421.

faulting, the sedimentary facies and their spatiotemporal evolution were studied. The paleogeographic pattern of the Triassic in the study area shows that the Beisantai uplift is the low uplift above the lake, which can provide source to the periphery, and the ability of providing provenance gradually decreases in vertical formations. The results show that the Beisantai uplift is a positive geomorphology in the Triassic. There are obvious gullies, onlap and strata pinching in terms of seismic reflection characteristics. There is regional zoning in rock fragments assemblage types in the margin area of the Beisantai uplift, which is obviously different from other areas, and a large number of rounded angular-sub-angular rock fragments are developed. The thickness percentage of the conglomerates and sandstones is 11%—79%, gradually decreasing from the Beisantai uplift to its periphery. There are three main provenance systems in the study area, which are the north of the Beisantai uplift, the south of the Beisantai uplift and the southern provenance system. The study area mainly develops fan delta facies, beach bar and shore shallow lake depositional system, and the sand bodies basically distribute near the Beisantai uplift and in the south area. Controlled by pale-geomorphology, paleoclimate and tectonism, during the lower Triassic, the lake level began to increase, and the sand body developed over a larger scale under the arid climate. As the lake level continued to rise and the climate became wet in the middle and upper Triassic, the development scale of sand bodies gradually decreased. The formation of the lower Triassic has a high thickness percentage of the conglomerates and sandstones around the Beisantai uplift, and the sand bodies develops in a large scale, providing a good reservoir for oil and gas, which is the most favorable exploration area for further researches on reservoirs.

Key words: Junggar basin; Beisantai uplift; Triassic; provenance; sedimentary evolution

准噶尔盆地是晚古生代至中、新生代发育的多旋回叠合盆地,其中二叠系为主要烃源岩层,三叠系是主要的油气储集层,也是重要的油气勘探目的层之一^[1-7].北三台凸起位于准噶尔盆地东南缘,作为一个二级构造单元,凸起面积近2 000 km²,西与阜康凹陷相接,东与吉木萨尔凹陷相邻,南以阜康断裂带为界,北以沙奇凸起为界^[3-4](图1).

炭系地层之上,发育有一系列近东西向雁行状排列的断裂,为油气的运移和聚集创造了有利的条件^[5-6].

北三台凸起自二叠纪末期受天山运动作用隆升,后受印支运动、燕山运动、喜山运动的影响,形成现今南北分带,东西分块的帚状构造格局^[8].早二叠世晚期,受天山运动影响博格达裂谷闭合,中晚二叠世博格达开始隆升,晚二叠世梧桐沟组时期博格达山大规模隆升,北三台凸起暴露^[8-9].三叠纪时期研究区构造活动较弱,基本继承了研究区二叠纪时期的构造格局^[10-11].

三叠系自下而上发育的地层为非菜园组(T_{1j})、烧房沟组(T_{1s})、克拉玛依组(T_{2k})、黄山街组(T_{3h})和郝家沟组(T_{3hj}),由于研究区钻井资料和地震资料识别的限制,黄山街组和郝家沟组记为一个三级层序地层,即郝家沟组.其中下三叠统与下伏二叠系梧桐沟组地层呈平行不整合接触,主要发育红褐色和灰色泥岩、浅灰色薄层细砂岩、粉砂岩和含砾砂岩,与上覆克拉玛依组呈整合接触.中上三叠统包括克拉玛依组和郝家沟组为一段连续沉积,主要沉积了灰色、褐灰色、黄绿色泥岩、砂质泥岩、泥质粉砂岩、粉砂岩和细砂岩,与上覆侏罗系

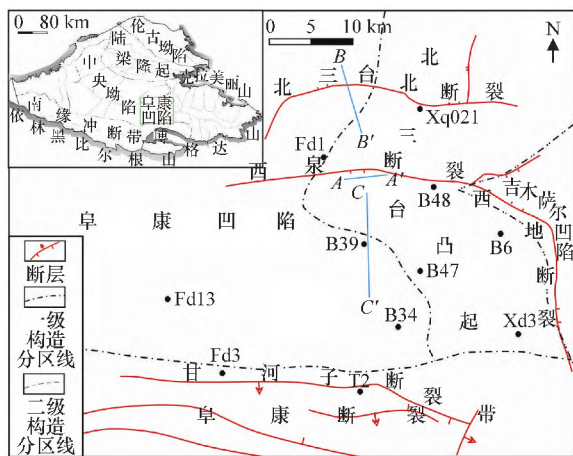


图1 北三台及其周缘地区构造位置

Fig. 1 Tectonic location of the Beisantai area and its periphery in the Junggar basin

北三台凸起呈现为一个大型鼻状构造,顶部地层削蚀殆尽,白垩系地层直接覆盖于北三台凸起石

成角度不整合接触。

现今,对北三台凸起的油气勘探程度较高,研究区三维地震整体连片,探井密度高,但所钻探井位多集中于凸起构造部位,并且多针对二叠系、侏罗系目的层,对于凸起斜坡带三叠系岩层勘探程度明显偏低^[4]。受钻探资料的限制,关于北三台凸起在三叠纪时期能否向周缘提供物源的问题存在一定程度的分歧,文献[7]认为北三台凸起在三叠纪时期向周缘地区提供物源;文献[12]认为北三台凸起在三叠纪时期处于水下低隆起,不能向周缘地区提供物源,其物源来自于东北部克拉美丽山;文献[13]认为物源来自于北三台凸起和沙奇凸起,来自于多方向物源;文献[8]认为北三台凸起周缘地区物源主要来自于东北部克拉美丽山,北三台仅提供零星物源,由克拉美丽山提供物源所形成的辫状河三角洲一直延伸到北三台凸起南缘。针对研究区沉积相也有一定程度的差异,主流观点认为是研究区发育扇三角洲相和湖泊相,也有学者认为发育辫状河三角洲相和湖泊相。

本文综合分析三维地震资料、岩心资料、薄片资料和分析化验等资料,重塑了研究区三叠纪时期物源充填方向、沉积展布及沉积演化,为后续研究提供了扎实的基础资料和认识。

1 北三台凸起提供物源的证据

海西运动末期博格达海槽关闭,博格达山隆升成山,在此过程中,北三台北断裂和阜康断裂强烈活动引起基底隆升,控制了北三台凸起形成^[14-15]。受印支运动影响,阜康断裂带和北三台北断裂由南向北,逐渐逆推,北三台凸起仍然局部出露遭受剥蚀^[15]。侏罗纪末期至白垩纪早期,受燕山运动影响,北三台凸起遭受大规模抬升,高点处沉积地层全部被剥蚀殆尽,石炭系地层直接暴露地表^[11]。复杂构造运动过程和对三叠纪北三台凸起的演化及其周缘的沉积研究较少,使得北三台凸起在三叠纪时期能否提供物源的问题上产生了一定程度的分歧。本文认为北三台凸起在三叠纪时期为水上低隆起,能够向周缘地区提供物源,将从古地貌特征、岩石学特征和砂砾岩百分比特征 3 个方面进行论述。

1.1 古地貌特征

古地貌恢复方法较多,常用方法有地层厚度法、印模法和声波时差法等^[16-19]。本次主要采用地层厚度法对研究区古地貌进行恢复。古地貌分析表明,研究区三叠纪呈现为东高西低的湖盆斜坡带特征,沉降中心位于研究区西部的阜康凹陷,阜康凹陷东部斜坡带呈现拗隆相间的格局(图 2)。

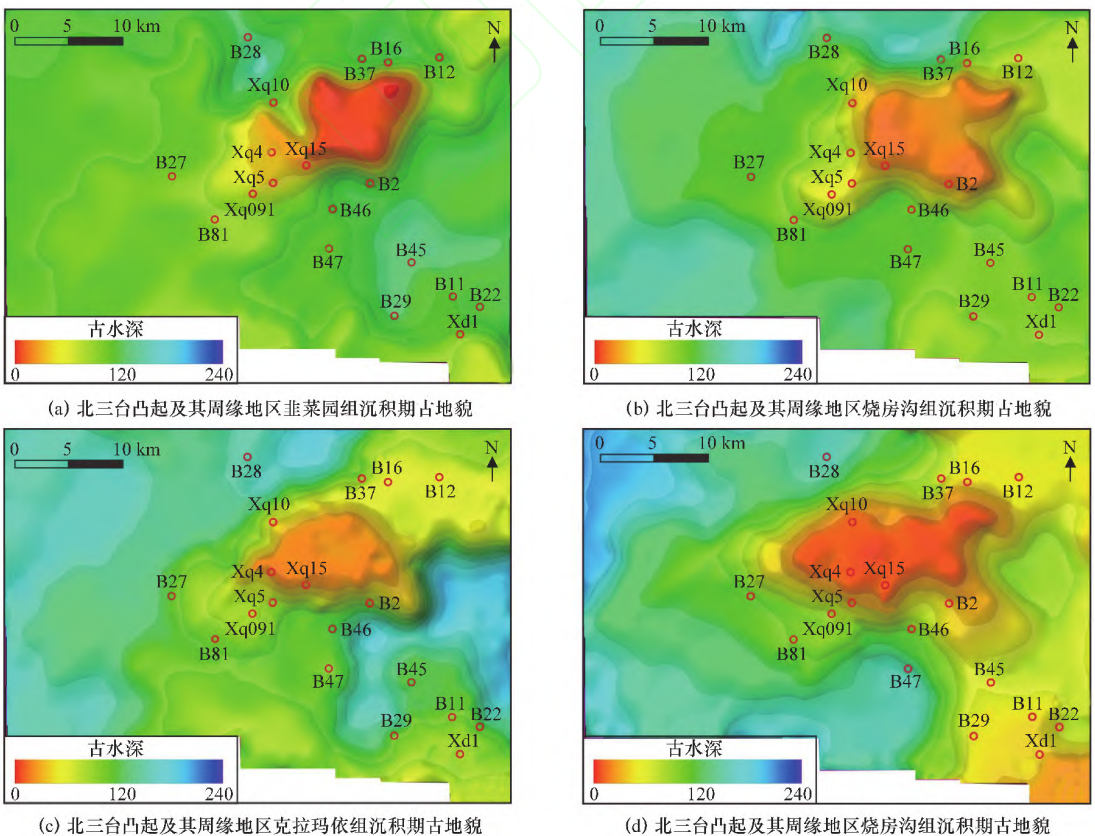


图 2 北三台凸起周缘地区三叠纪古地貌

Fig. 2 Palaeogeomorphology of the Triassic in the margin area of the Beisantai uplift

由于北三台凸起在三叠纪时期构造活动相对较弱,垂向不同层位古地貌发育特征基本相近. 研究区主要发育有 2 个正向地貌,分别是北三台凸起和南部博格达山^[6-9],能够向盆地提供物源.

早三叠世韭菜园组和烧房沟组沉积时期地形整体比较平缓. 韭菜园组时期,在北三台凸起北部发育一条明显的沟谷(图 3a),沟谷前端为北三台凸起西部的低幅度宽缓斜坡,是有助于沉积物卸载的地貌背景(图 2a). 北三台凸起南部为低洼地带,

同样有利于沉积物卸载. 烧房沟组沉积时期继承了韭菜园组时期特征,但是由于早期的沟谷充填,此时沟谷发育特征不明显(图 2b). 中晚三叠纪时期具有很好的继承性,研究区地貌特征无明显变化(图 2c,2d). 三叠纪时期,北三台凸起属于正地形单元,在地震剖面上表现为异常隆起,两侧地层向隆起区有明显的上超或地层减薄现象(图 3b,3c),说明北三台凸起在三叠纪暴露水面之上,能够向周缘地区提供物源.

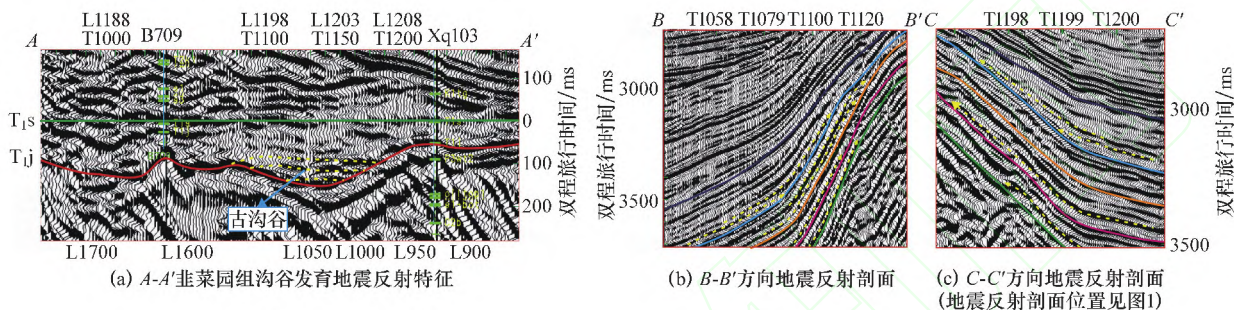


图 3 北三台凸起周缘地区三叠系地震反射剖面

Fig. 3 Seismic reflection profile of the Triassic in the margin area of the Beisantai uplift

1.2 岩石学及岩屑特征

陆源碎屑沉积物的碎屑物质来自于母岩经机械破碎而成的产物,碎屑物质随流水搬运过程中,颗粒大小变小,成分成熟度和结构成熟度不断增高. 根据砂砾岩中砾石成熟度,可以判断碎屑物质搬运的距离,而且岩屑是母岩的碎块,保持着母岩的结构,因此可以用砂砾岩碎屑组来判断物源

区、分析沉积环境^[19-21].

由于上三叠统井位钻遇较少,因此仅对研究区及北部部分地区中下三叠统的碎屑岩碎屑颗粒组进行分析,根据不同岩屑组合特征将研究区分为 4 个不同的物源体系,分别为东北部物源体系、北三台北部物源体系、北三台南部物源体系和南部物源体系(图 4).

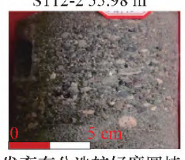


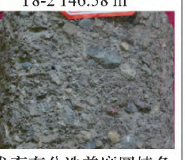
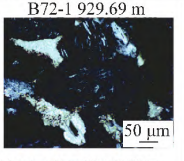
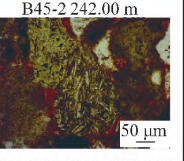
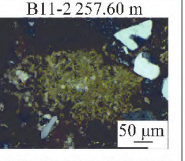
	东北部物源	北三台北部物源	北三台南部物源	南部物源	图例
碎屑颗粒组合	100 S103井 火成岩岩屑为主	100 B52井 沉积岩岩屑为主	100 XQ091井 火成岩岩屑为主	100 B32井 沉积岩岩屑为主	<ul style="list-style-type: none"> 石英 长石 火成岩岩屑 变质岩岩屑 沉积岩岩屑 岩屑
岩石特征	S112-2 55.98 m 	B16-1 869.71 m 	B45-2 239.86 m 	T8-2 146.58 m 	
岩屑特征		B72-1 929.69 m 	B45-2 242.00 m 	B11-2 257.60 m 	

图 4 北三台周缘地区三叠系不同物源体系岩石及岩屑特征

Fig. 4 Lithology and rock fragment characteristics in different provenance of the Triassic in the margin area of the Beisantai uplift

并结合岩石观察和薄片鉴定,东北部物源体系岩屑组合以火成岩岩屑为主,分选较好,磨圆次圆状,具有一定的定向性,代表了远源沉积,物源主要来自于东北部的克拉美丽山.北三台凸起北部物源体系受到北三台北断裂的控制,岩屑组合以沉积岩岩屑为主,与东北部物源体系的岩屑组合有明显差异,岩屑磨圆棱角状至次棱角状,分选差,代表近源沉积,物源主要来自于北三台凸起而非东北部克拉美丽山.北三台凸起南部物源体系岩屑组合以火山岩岩屑为主,沉积岩岩屑次之为特征,不同于北三台凸起北部物源体系,为近源沉积,其受古地貌控制,西泉地区发育的岩屑类型与西泉凸起发育的火成岩地层特征类似,物源主要来自于西泉凸起石炭系火成岩地层.南部物源体系则是以沉积岩岩屑和火成岩岩屑共存为特点,岩屑分选磨圆差,为近源沉积,物源主要来自于南部博格达山和北三台凸起.

1.3 砂砾岩厚度百分比特征

水流在搬运碎屑矿物过程中,由于水动力逐渐减弱,颗粒较大的碎屑物质逐渐被卸载,较轻的粉

砂以及泥质沉积物则被较弱的水流带到较远处沉积,沿着古水流方向砂砾岩含量逐渐降低.因此可以根据砂砾岩厚度百分比平面变化趋势的分析判断物源方向^[20-24].

研究区上三叠统仅有少数井钻遇,资料丰度不足,因此仅对中下三叠统 3 个层位砂砾岩百分比进行分析.由砂砾岩百分比等值线可知,中上三叠世研究区受北三台凸起和南部博格达山物源影响.韭菜园组沉积时期,北三台凸起暴露遭受剥蚀,碎屑物质向斜坡区卸载,砂砾岩厚度百分比为 15%~71%,以北三台为中心向周缘地区逐渐降低,沉积控制范围较大,南部地区砂砾岩厚度分比为 11%~49%博格达山提供物源能力较弱,控制沉积范围较小(图 5a),烧房沟组沉积时期具有较好的继承性,砂砾岩厚度百分比可达 79%,沉积控制范围略有增大(图 5b).克拉玛依组,研究区基准面抬升,砂砾岩厚度百分比降低,为 11%~61%,北三台凸起和南部博格达山提供物源能力降低,所控制的沉积范围明显减小(图 5c).

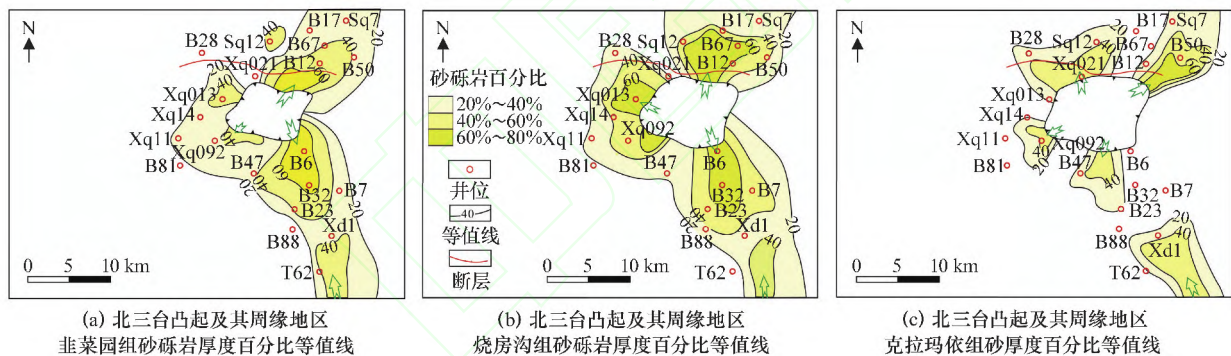


图 5 三叠系砂砾岩厚度百分比等值线

Fig. 5 Contours of the thickness percentage of the conglomerates and sandstones in different formations of the Triassic

2 沉积相类型及其特征研究

2.1 沉积相识别

在前人研究成果的基础上,立足于对研究区沉积物源的认识,通过对研究区三叠系地层取芯观察,结合粒度特征、沉积构造及测录井资料、地震分析,认为研究区在三叠系时期主要发育扇三角洲相、滨浅湖沉积.

2.1.1 扇三角洲相

扇三角洲是碎屑物质受洪水作用推进到湖盆中的砂砾岩体,主要发育于湖盆洪水面和风暴浪基面之间的滨浅湖环境中,并沿着湖盆边缘紧邻物源区凸起部位发育.扇三角洲相主要发育在研究区北三台凸起周缘和东南部地区,扇三角洲在平面上呈

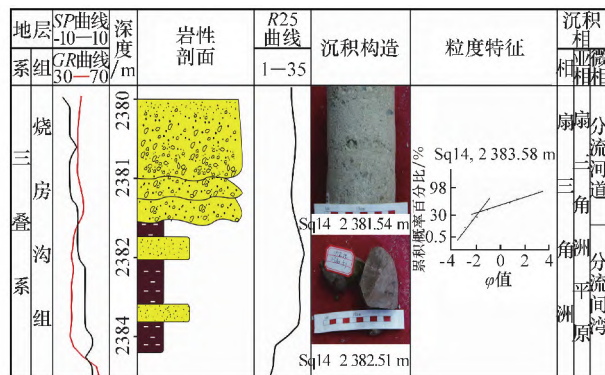
扇形,纵向上呈楔形,由粗碎屑物质构成,成熟度较低.完整的扇三角洲相由扇三角洲平原亚相、扇三角洲前缘亚相和前扇三角洲亚相构成,研究区主要识别出平原亚相和前缘亚相(图 6).

1) 平原亚相.研究区扇三角洲平原亚相以水上分流河道为主,局部可见分流河道间沉积微相(图 6a).水上分流河道沉积主要以灰色中粗砂岩为主,反映了强水动力特征.分流河道间微相通常是洪水期河道内部较细碎屑物质溢出河床,直接在河道间沉积,主要以紫红色泥岩夹粉砂岩为主(图 7f).

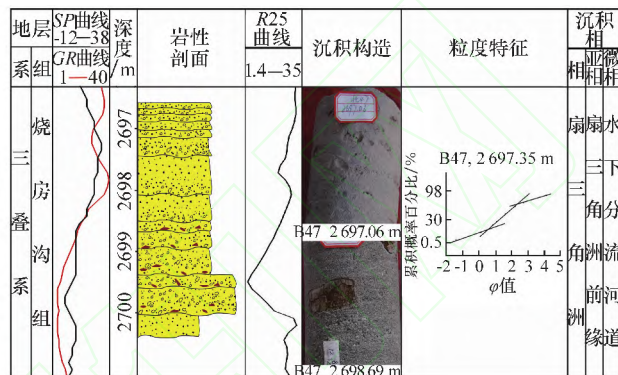
2) 前缘亚相.研究区扇三角洲前缘亚相主要发育水下分流河道和水下分流河道间等沉积微相(图 6b,6c).其中水下分流河道是扇三角洲前缘亚

相的主体,扇三角洲前缘由块状薄层砂砾岩、含砾中粗砂岩、含砾细砂岩和中粗砂岩组成,粒度分选差,反映了碎屑物质呈块状搬运,近源堆积的特点.研究区水下分流河道的沉积构造发育,近物源区可见具杂基支撑的砂砾岩,且砾石颗粒呈平行状排列(图 7a),为典型的砂砾质碎屑流沉积.随着搬运距离增加,在地形坡度变小处,常常发育有不完整的鲍马序列,可见明显的冲刷面构造(图 7b),同时也

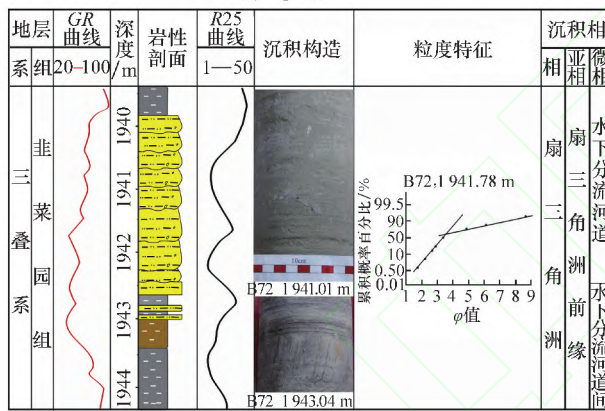
伴生正粒序层理和平行层理(图 6b,6e),在湖浪和搬运流体的作用下发育典型的楔状交错层理(图 7d)和小型交错层理.同时水下分流河道粒度概率累计曲线呈现两段式或过渡两段式的特点,测井曲线以钟形或箱形为主.水下分流河道间主要位于水下分流河道和河口坝的两侧,通常是以一些灰色细砂岩、泥质粉砂和泥岩的交互层为特点(图 6b,6c).



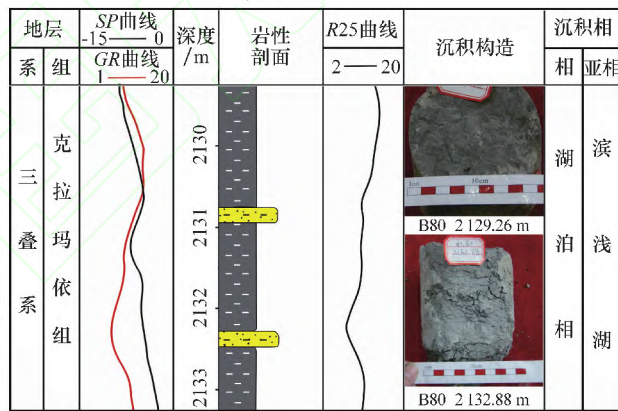
(a) Sq14井



(b) B47井



(c) B72井

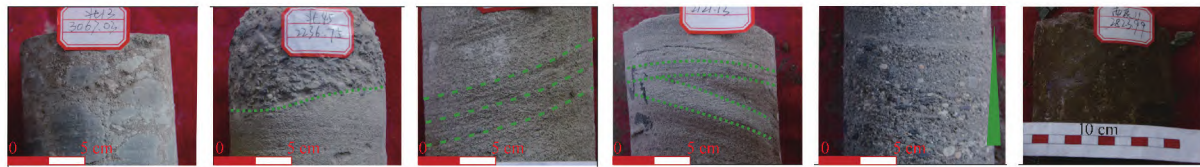


(d) B80井

含红色泥砾砂岩 含砾砂岩 粉砂岩 含泥质条带砂岩 粉砂质泥岩 灰色泥岩 黄褐色泥岩 棕红色泥岩

图 6 钻井岩心沉积特征及沉积微相类型

Fig. 6 Sedimentary characteristics and sedimentary micro-facies of cores



(a) B13井,3067.03 m, 杂基支撑砾岩 (b) B45井,2236.75 m, 砾中粗砂岩,冲刷面构造 (c) B45井,2031.61 m, 中粗砂岩,平行层理 (d) B23井,2121.13 m, 中砂岩,楔状交错层理 (e) B47井,2822.18 m, 砂砾岩,正粒序层理 (f) XQ11井,2823.99 m, 红色泥岩

图 7 北三台凸起周缘地区三叠系岩性及沉积构造

Fig. 7 Lithology and sedimentary structures of the Triassic in margin area of the Beisantai uplift

2.1.2 湖泊相

研究区三叠纪湖泊相主要发育滨浅湖亚相,滨浅湖亚相常介于浪基面与枯水面之间.由于湖泊水体与物源供应的碎屑物质之间相互作用的关系,滨浅湖泥岩往往同三角洲前缘水下分流河道砂岩频

繁交互出现.滨浅湖亚相沉积,水动力较弱,沉积物常常以灰色粉砂岩、灰色或灰黑色泥岩为主(图 7d),且泥岩厚度较大.沉积物粒度较细,粒度分选较好,主要发育水平层理.

2.2 沉积相展布特征

2.2.1 沉积体系剖面演化特征

研究区过 B47 井—SQ12 井的近 SN 方向连井剖面分析三叠系沉积相剖面演化特征(图 8)。

在相标志分析和单井沉积相分析基础上,以研

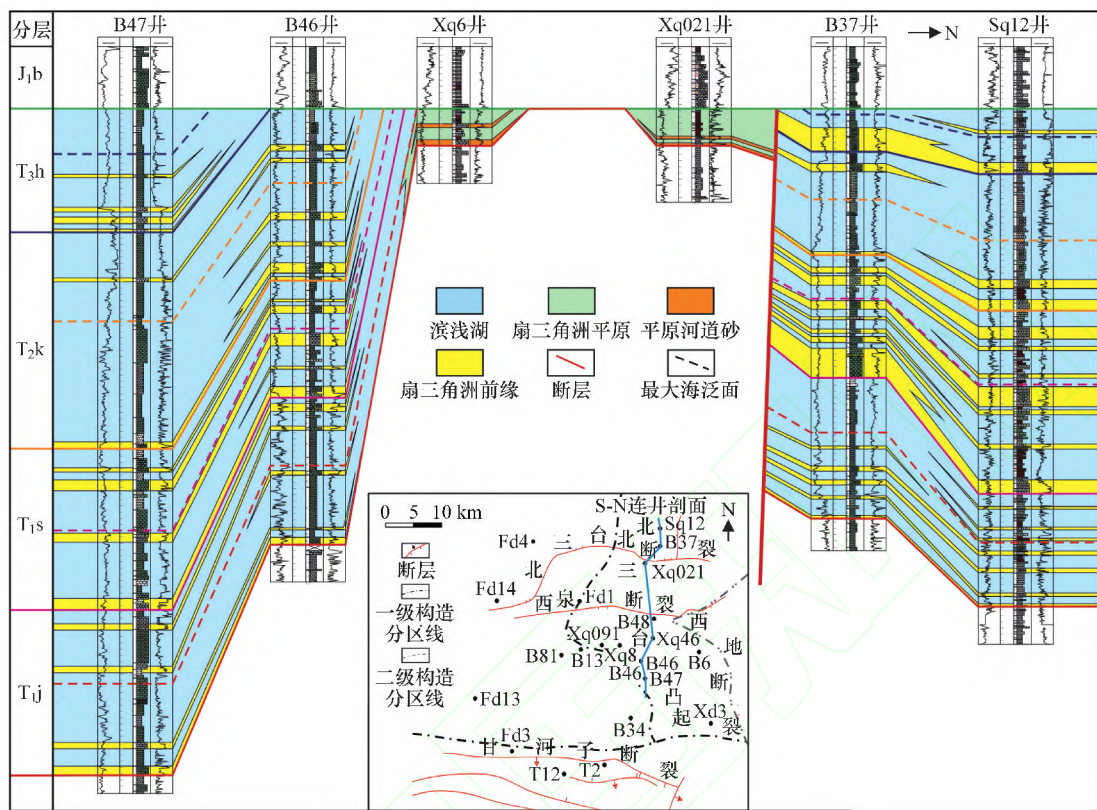


图 8 B47 井—B46 井—XQ6 井—XQ021 井—B37 井—SQ12 井连井剖面

Fig. 8 Correlation section crossing wells of B47—B46—XQ46—XQ021—B37—SQ12

研究区韭菜园组时期湖平面开始上升,气候干旱多发育薄层砂体,地层横向上连续性较好,由北三台凸起向南北 2 个方向逐渐减薄,且在 XQ6 井—XQ021 井区域发育范围较小的扇三角洲平原沉积;烧房沟组沉积时期,研究区发育砂体变厚,且北三台凸起北部砂体较厚;克拉玛依组砂体发育较差,砂体发育变薄,横向连续性变差;郝家沟组研究区多发育厚层灰色泥岩(图 8)。总体而言,三叠纪时期研究区经历了一个完整的湖进—湖退—湖进的过程,早三叠世时期,湖平面较低物源供给充足,发育砂体规模较大,且多发育红色泥岩;中三叠世受到进一步湖侵作用,砂体发育规模开始变小;晚三叠世时期黄山街组为最大洪泛期,发育大量灰色—黑色泥岩的滨浅湖沉积。

2.2.2 沉积相平面展布特征

研究区在三叠纪时期主要发育北三台凸起、南部博格达山 2 个物源区,主要为近源沉积,发育扇三角洲—滩坝—滨浅湖的沉积体系。研究区三叠纪时期湖盆规模和沉积速率不断加大,可容空间不断增大,沉积中心向岸迁移,此时北三台凸起暴露遭受剥蚀,向周缘地区供源,与博格达山形成研究区

的两隆一坳的格局。由于同沉积构造活动、古气候条件及古地貌特征等条件的差异,砂砾岩扇体展布形态有所不同,进一步通过研究区提取均方根地震属性对三叠纪 4 个时期沉积相平面展布进行研究(图 9)。

韭菜园组沉积时期,研究区内均方根振幅普遍较高,中高均方根振幅分布在北三台凸起周缘和东南部(图 9a)。研究区构造活动弱,地形较缓,处于基准面刚刚开始上升时期,由物源供给速率和水流方向控制着盆地的充填模式和砂体展布形态,盆内发育粒度较粗、近源沉积的扇三角洲沉积体系,在北三台凸起周缘离物源区较近地区均方根振幅较低,发育扇三角洲平原亚相,砂体向盆地中心推进,发育扇三角洲前缘亚相,物源主要来自于北三台凸起,且扇体发育面积较大。东南部低洼地区由北三台凸起和南部博格达山共同向盆地供源,构成混源的扇三角洲沉积(图 9b)。

烧房沟组沉积时期,研究区内均方根振幅较高,中高均方根振幅分布特点具有很好的继承性(图 9c)。研究区内气候整体干旱,降雨量有所增加,雨水大量汇入湖盆,湖平面上升,季节性的洪水

作用使北三台凸起周缘形成连片的扇三角洲砂砾岩体,扇三角洲砂体发育规模增大,发育有少量的滩坝沉积,南部博格达山提供物源的能力有所降低,在东南部地区发育单个扇三角洲前缘砂体(图 9d)。

克拉玛依组沉积时期,研究区均方根振幅降低,中高均方根振幅分布规模降低(图 9e)。研究区内气候潮湿,降雨量进一步增大,受到湖侵作用的影响,基准面进一步抬升,可容空间增大,且各物源区物源供给能力降低,发育以退积为主的扇三角洲相。北三台凸起南北部发育大规模的扇三角洲相,西部斜坡带仅发育小面积的扇三角洲砂砾岩体(图 9f)。

郝家沟组沉积时期,研究区均方根地震振幅明显降低,中高均方根振幅分布范围明显降低,仅分

布在北三台凸起东北部和东南部地区(图 9g)。研究区内湖平面达到最大湖泛面,可容空间达到最大,扇三角洲发育规模较小,主要发育厚层的泥岩,伴随少量的灰色的薄层砂岩。由北三台凸起提供物源,在其东南部和北部发育朵状的扇三角洲前缘砂体(图 9h)。

三叠纪时期研究区经历了完整的一个湖进湖退的过程,最大洪泛期在郝家沟组沉积时期,整体而言湖平面是一个缓慢上升的过程,且构造活动弱,气候逐渐由干旱变得潮湿,北三台凸起供源能力下降,砂体发育规模逐渐减小,其中韭菜园组和烧房沟组沉积时期砂体发育规模较大,主要向西南和北部方向延展,北三台凸起周缘在下三叠统发育的扇三角洲前缘砂岩可能为有利的储层。

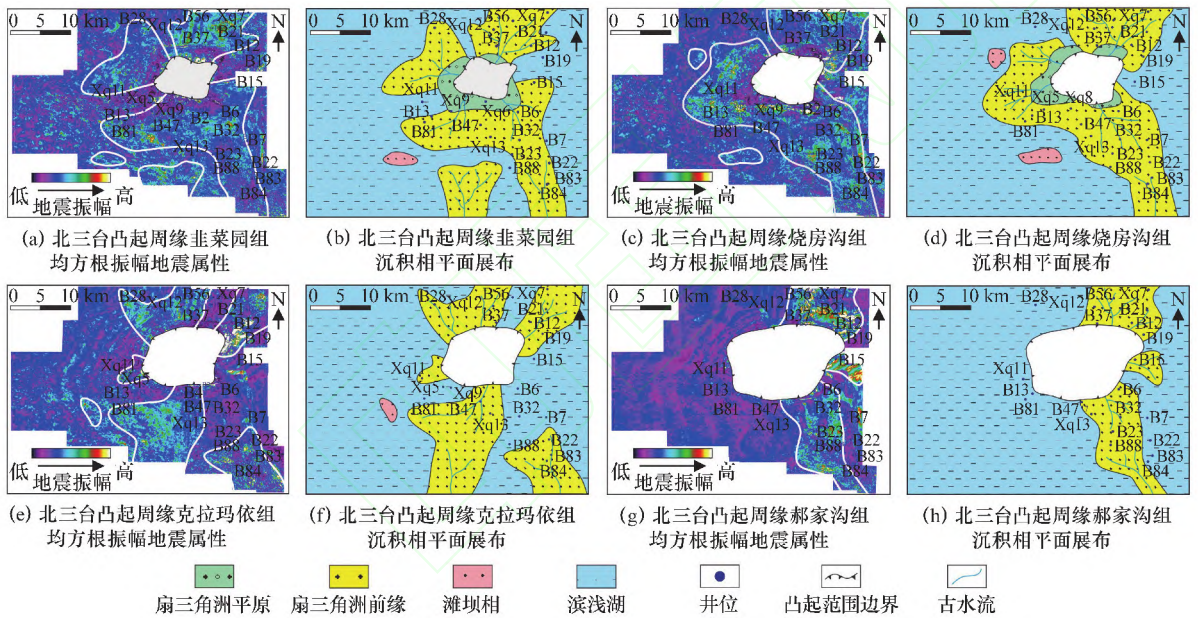


图 9 北三台凸起周缘三叠系均方根振幅地震属性与沉积相平面展布

Fig. 9 Seismic attributes of RMS amplitude and sedimentary facies distribution of the Triassic in the margin area of the Beisantai uplift

3 结 论

1) 综合分析研究区三叠纪古地貌的形态特点、地震反射特征、岩屑组合特征和砂砾岩厚度百分比等值线特征等,认为北三台凸起在三叠纪时期属于水上低隆起,能够向周缘地区提供物源,且其提供物源能力在垂向地层上逐渐减弱。

2) 北三台凸起周缘三叠纪时期发育 3 个物源区,分别是北三台北部物源区,北三台南部物源区和南部物源区。来自不同物源的沉积砂体在向低洼地带推进时,区域分带性强,北三台北部地区主要发育的沉积岩岩屑,成熟度低,与东北部物源体系

主要发育的火成岩岩屑形成对比,且砂砾岩厚度百分比在近邻北三台凸起地区基本上高于 42%,最高可达 79%,能有力地说明北三台周缘物源主要来自于北三台凸起,而不是东北部克拉美丽山。

3) 北三台凸起周缘三叠纪主要发育扇三角洲、滩坝和湖泊等沉积相类型,扇三角洲相发育与湖盆洪水面和风暴浪基面之间的滨浅湖环境中,分布在环北三台凸起地区,且南坡扇体发育规模较大。受到古地貌格局、古气候和构造活动等因素的影响,研究区在垂向演化过程中,湖平面缓慢上升,气候由干旱变得潮湿,扇体发育面积不断缩小。

4) 通过对研究区三叠纪时期物源供给特征和

沉积展布及其演化特征的研究,重塑了北三台凸起周缘地区古地理格局,明确了下三叠统砂体发育规模较大,这为寻找优质储集砂体,确定有利勘探方向和后续的研究提供重要证据。

参考文献:

- [1] 陈建平,梁狄刚,王绪龙,等.准噶尔盆地三叠系生源油藏的发现及其意义[J].地球化学,2003,32(6):582-590.
CHEN Jianping, LIANG Digang, WANG Xulong, et al. The discovery and significance of the crude oils derived from Triassic source rocks in the Junggar basin [J]. *Geochimica*, 2003, 32(6): 582-590.
- [2] 薛新克,李新兵,王俊槐.准噶尔盆地东部油气成藏模式及勘探目标[J].新疆石油地质,2000,12(6):462-464.
XUE Xinke, LI Xinbing, WANG Junhuai. Reservoir formation mode and exploration target in the eastern Junggar basin [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2000, 12(6): 462-464.
- [3] 吴晓智,周路,杨迪生,等.准噶尔盆地北三台凸起构造演化与油气成藏[J].地质科学,2012,47(3):653-668.
WU Xiaozhi, ZHOU Lu, YANG Disheng, et al. Structure evolution and hydrocarbon accumulation the Beisantai uplift in Junggar basin [J]. *Chinese Journal of Geology*, 2012, 47(3): 653-668.
- [4] 曲江秀,查明,田辉,等.准噶尔盆地北三台地区不整合与油气成藏[J].新疆石油地质,2003,24(5):386-388.
QU Jiangxiu, ZHA Ming, TIAN Hui, et al. Unconformities and hydrocarbon accumulation in Beisantai area, Junggar basin [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2003, 24(5): 386-388.
- [5] 张朝军,何登发,吴晓智,等.准噶尔多旋回叠合盆地的形成与演化[J].中国石油勘探,2006,11(1):47-58.
ZHANG Chaojun, HE Dengfa, WU Xiaozhi, et al. Formation and evolution of multicycle superimposed basins in Junggar basin [J]. *China Petroleum exploration*, 2006, 11(1): 47-58.
- [6] 贺凯,田世澄,谭强,等.阜东斜坡-北三台地区成藏动力学系统研究[J].新疆地质,2007,25(4):422-425.
HE Kai, TIAN Qiang, TAN Qiang, et al. The east of Fukang slope-north Santai area hydrocarbon-accumulation dynamic system research [J]. *Xinjiang Geology*, 2007, 25(4): 422-425.
- [7] 余朝丰,沈金龙.准噶尔盆地三台和北三台地区中三叠统克拉玛依组物源分析[J].地质科技情报,2011,30(1):51-54.
YU Chaofeng, SHEN Jinlong. Analysis on sedimentary source of middle Triassic Karamay formation in Santai and Beisantai area, Junggar basin [J]. *Geological Science and Technology Information*, 2011, 30(1): 51-54.
- [8] 吴孔友,查明,曲江秀,等.博格达山隆升对北三台地区构造形成与演化的控制作用[J].石油大学学报(自然科学版),2004,28(2):1-5.
WU Kongyou, ZHA Ming, QU Jiangxiu, et al. Control of Bogeda mountain uplift on the Structural formation and evolution in Beisantai region [J]. *Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Sciences)*, 2004, 28(2): 1-5.
- [9] 张妍,李振生,聂峰,等.新疆博格达山晚古生代地层的形成时代、物源及其演化:碎屑锆石 U-Pb 年代学证据[J].地质科学,2015,50(1):155-181.
ZHANG Yan, LI Zhensheng, NIE Feng, et al. Age, provenance and tectonic of Late Paleozoic strata in Bogeda Mountain, Xinjiang: evidence from detrital zircon U-Pb geochronology [J]. *Chinese Journal of Geology*, 2015, 50(1): 155-181.
- [10] 邵国良,杜社宽,唐相路,等.准噶尔盆地北三台凸起中下三叠统沉积体系与储层特征[J].岩性油气藏,2013,25(3):58-65.
SHAO Guoliang, DU Shekuan, TANG Xianglu, et al. Sedimentary system and reservoir characteristics of Lower-Middle Triassic in Beisantai swell, Junggar basin [J]. *Lithologic Reservoirs*, 2013, 25(3): 58-65.
- [11] 蔡忠贤,陈发景,贾振远.准噶尔盆地的类型和构造演化[J].地学前缘,2000,7(4):431-440.
CAI Zhongxian, CHEN Fajing, JIA Zhenyuan. Types and tectonic of Junggar basin [J]. *Earth Science Frontiers*, 2000, 7(4): 431-440.
- [12] 商琳,刘旭,卞保力.准噶尔盆地北三台地区三叠系克拉玛依组沉积相[J].沉积与特提斯地质,2011,31(3):33-38.
SHANG Lin, LIU Xu, BIAN Baoli. Sedimentary facies in the Triassic Karamay formation, Beisantai, Junggar basin [J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 2011, 31(3): 33-38.
- [13] 矫适之.准噶尔盆地南缘与东缘中一下三叠统沉积特征研究[D].北京:中国地质大学(北京),2015:58-65.
JIAO Shizhi. Study on The Middle-lower Triassic Sedimentary Characteristics in the southern and eastern Margin of Junggar basin [D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2015: 58-65.

- [14] WANG Jian, CAO Yingchang, WANG Xintong, et al. Sedimentological constraints on the initial uplift of the west Bogda mountains in Mid-Permian[J]. Scientific Reports, 2018, 8(1):1453-1467.
- [15] 伍致中, 郭富贤. 再论博格达推覆构造与油气[J]. 新疆地质, 1991, 9(1):40-49.
WU Zhizhong, GUO Fuxian. Re-discussion on the relationship between the thrust tectonics and oilgas in Bogeda mountains[J]. Xinjiang Geology, 1991, 9(1):40-49.
- [16] 梁全胜, 刘震, 何小胡, 等. 根据地震资料恢复勘探新区地层剥蚀量[J]. 新疆石油地质, 2009, 30(1):103-105.
LIANG Quansheng, LIU Zhen, HE Xiaohu, et al. Study of stratigraphic denudation recovery by seismic data in new exploration area[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2009, 30(1):103-105.
- [17] 厚刚福, 瞿建华, 朱峰, 等. 古地貌对沉积体系和沉积微相的控制作用分析:以准噶尔盆地腹部白垩系清水河组为例[J]. 中国矿业大学学报, 2018, 47(5):1-7.
HOU Gangfu, QU Jianhua, ZHU Feng, et al. Controlling effect of paleogeomorphology on sedimentary system and sedimentary microfacies: A case study of Cretaceous Qingshuihe formation in the hinterland of Junggar basin[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2018, 47(5):1-7.
- [18] 庞军刚, 杨友运, 李文厚, 等. 陆相含油气盆地古地貌恢复研究进展[J]. 西安科技大学学报, 2013, 33(4):424-430.
PANG Jungang, YANG Youyun, LI Wenhui, et al. Study development of palaeogeomorphology reconstructions in continental facies hydrocarbon basin[J]. Journal of Xi'an University of Science and Technology, 2013, 33(4):423-430.
- [19] 汪晶, 王华, 陈思, 等. 酒泉盆地青西凹陷鸭西地区古地貌对沉积体系空间展布的控制作用[J]. 海洋地质前沿, 2012, 28(3):25-33.
WANG Jing, WANG Hua, CHEN Si, et al. Control of palaeogeomorphology on sedimentary system distribution: An example from Qingxi depression, Jiquan basin[J]. Marine Geology Frontiers, 2012, 28(3):25-33.
- [20] 赵红格, 刘池洋. 物源分析方法及研究进展[J]. 沉积学报, 2003, 21(3):409-415.
ZHAO Hongge, LIU Chiyang. Approaches and prospects of provenance analysis[J]. Acta Sedimentary Sinica, 2003, 21(3):409-415.
- [21] 杨仁超, 李进步, 樊爱萍, 等. 陆源沉积岩物源分析研究进展与发展趋势[J]. 沉积学报, 2013, 31(1):99-107.
YANG Renchao, LI Jinbu, FAN Aiping, et al. Research progress and development tendency of provenance analysis on terrigenous sedimentary rocks[J]. Acta Sedimentary Sinica, 2013, 31(1):99-107.
- [22] 马收先, 孟庆任, 曲永强. 轻矿物物源分析研究进展[J]. 岩石学报, 2014, 30(2):597-608.
MA Shouxian, MENG Qingren, QU Yongqiang. Development on provenance analysis of light minerals[J]. Acta Sedimentary Sinica, 2014, 30(2):597-608.
- [23] 赵应成, 谭开俊, 王鹏, 等. 准东地区石炭系烃源岩特征及分布规律[J]. 天然气地球科学, 2011, 22(5):753-759.
ZHAO Yingcheng, TAN Kaijun, WANG Peng, et al. Geochemical characteristics of Carboniferous source rocks and distribution in the eastern part of Junggar basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2011, 22(5):753-759.
- [24] 袁静, 王尉, 朱建峰, 等. 松辽盆地长岭断陷龙凤山次凹下白垩统营城组物源与沉积相研究[J]. 天然气地球科学, 2017, 28(1):93-105.
YUAN Jing, WANG Wei, ZHU Jianfeng, et al. Research on provenance and sedimentary facies of Yingcheng formation in Lower Cretaceous in Longfeng shan Subsag, Changling fault depression, Songliao basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2017, 28(1):93-105.