

Sedimentary Characteristics of Jurassic Toutunhe Formation in Block 4 Central Junggar Basin

Chuanchun Song, Changling Cheng, Yulei Qiao

Exploration and Development Research Institute of Shengli Oilfield Branch Co., SINOPEC, Dongying Shandong
Email: songcc@126.com

Received: Nov. 20th, 2019; accepted: Dec. 3rd, 2019; published: Dec. 10th, 2019

Abstract

The palaeogeomorphology, palaeoclimate and Palaeontology are used to analyze the evolution of sedimentary palaeoenvironments of the Toutunhe Formation in the central four blocks and the surrounding Jurassic. The results show that the palaeoclimate of the Toutunhe Formation gradually dried up during the sedimentary period, the supply of provenances gradually weakened, and the thickness and scale of sand body gradually decreased. According to the characteristics of Palaeontology and trace elements, the sedimentary period of Toutunhe Formation in Jurassic is mainly from the north-east to Kelamei provenance area and the southeast to Bogda Mountain provenance area. Combined with single well facies and paleoclimate change, meandering river delta front sand bodies are mainly developed in the first member of Toutunhe Formation. The sand bodies of the first and second members are mainly underwater branching channels and bodies, showing channel morphology in plane, and the sand bodies of the first and third members are not developed.

Keywords

Central 4 Blocks, Toutunhe Formation, Sedimentary Evolution, Sediment Characteristics

准噶尔盆地中部4区块侏罗系头屯河组沉积特征

宋传春, 程长领, 乔玉雷

中石化胜利油田分公司勘探开发研究院, 山东 东营

Email: songcc@126.com

收稿日期: 2019年11月20日; 录用日期: 2019年12月3日; 发布日期: 2019年12月10日

摘要

利用古地貌、古气候、古生物等分析了中部4区块及周缘侏罗系头屯河组沉积古环境演变,结果表明:头屯河组沉积时期古气候逐渐变干旱,物源供给量逐渐减弱,砂体沉积厚度及规模逐渐变小;利用重矿物成分的变化以及古生物及微量元素变化特征,结合地震相特征明确了侏罗系头屯河组沉积时期主要来自北东方向克拉美丽物源区以及东南方向博格达山物源区,结合单井相及古气候变化研究,头屯河组一段主要发育曲流河三角洲前缘砂体,厚度相对较大,范围较广,头二段沉积时期主要发育水下分支河道砂体,在平面上呈现河道形态,头三段时期砂体不发育。

关键词

中部4区块, 头屯河组, 沉积演化, 沉积特征

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

中部4区块位于准噶尔盆地的腹部,区域构造上位于准噶尔盆地腹部阜康凹陷带内,南靠北天山山前逆冲断褶带,北邻白家海凸起,东接北三台凸起,侏罗系构造相对比较简单,现今构造主体为一向南向西倾的大缓坡构造背景。中石化登记油气勘探面积2891.7 km²,研究区内已完钻探井14口,累计上报三级石油地质储量1755 × 10⁴ t。在侏罗系头屯河组获得油流,油藏类型以岩性油藏、构造油藏为主。前人研究表明区内油气主要来源于二叠系乌尔禾组烃源岩[1] [2] [3],此外,有学者研究认为侏罗系八道湾组煤系地层中烃源岩对区内油气生成也有一定贡献[4] [5] [6]。区内二叠系、侏罗系发育有良好的烃源岩,为区内勘探奠定了雄厚的物质基础,断裂体系发育、构造背景有利、砂体较发育,具备较大的勘探潜力[7] [8] [9] [10]。中部4区块侏罗系头屯河组是该地区一套重要的勘探层系,受制于较低的勘探研究程度,其沉积演化过程及物源体系认识不清楚,制约了该区油气勘探的区带评价及优选。有学者研究认为该区头屯河组主要是前三三角洲沉积,砂体不发育,研究尺度相对较粗,笔者在地层精细化对比的基础上,将头屯河组进一步细分为3个段,以段为单元对头屯河组沉积演化进行了精细分析,明确了其头一段至头三段为水下逐渐向水上演化的过程,并且气候也具有逐渐变干旱的演化过程。这一认识为该区油气勘探的区带评价及优选奠定了基础。

2. 构造地层特征

2.1. 构造特征

中部4区块处于准噶尔盆地腹部内,在多期构造应力场影响下,发育3大断裂体系,分别为董8断裂带、董1~董7断裂带及董6-阜东斜坡带,其形成机制各不相同。董8断裂带主要受控于南部天山向北逆冲挤压,北部白家海凸起及莫索湾凸起向南反冲以及东部北三台凸起隆起作用,特别是白家海凸起活动时期相对较早,并且在侏罗纪末期基本停止活动,而北三台凸起则是自二叠纪以来持续隆升,因此,受

共同作用力影响,形成了近于弧形的董8断裂带;董1~董7断裂带主要受南部山前以及莫索湾凸起作用,形成了近于东西走向的压扭性断裂带;受南部天山山脉挤压,北部、西北部受车-莫古隆起及白家海凸起的阻挡,具有典型的逆冲断层特征;董6三维区主要受到北三台凸起的持续隆升作用形成的张扭性断裂带,同时受控于后期博格达山的隆起作用力,形成了近东西-北西南东向展布的张扭性断裂带。

2.2. 地层岩性特征

中部4区块地层发育相对齐全,其中,侏罗系主要层段的头屯河组厚度一般200~400 m,进一步细分为3个段,即头一段、头二段以及头三段。头一段底部主要发育一套灰色厚层砂岩,厚度一般在10~25 m,岩性为细砂岩-粉砂岩,表现为明显的正旋回沉积特征,中上部以泥岩夹薄层砂岩为主;头二段整段表现为红色、灰色交替出现,主要发育泥包砂结构沉积的砂体,单砂体厚度一般在10~15 m,岩性以粉砂岩为主,偶见细砂岩;头三段发育大套紫红色泥岩,砂体不发育。

3. 沉积期古环境

3.1. 古地貌

受侏罗纪末期燕山运动的影响,侏罗系齐古组已经遭受剥蚀,头屯河组三段也发生了剥蚀,由于区内钻井资料也较少,因此重点针对区内并未发生剥蚀的头屯河组一段及二段开展古地貌恢复,恢复了头屯河组沉积前的古构造特征(图1)。头屯河组沉积时期整体表现为北东高、南西低的构造背景,且彩35~彩10一线构造位置较高,向南向北分别发育多个古冲沟,特别是阜2~阜11~董2地区发育一条明显的自东北向延伸至工区的古冲沟,具备了将克拉美丽物源引入的古地形条件。

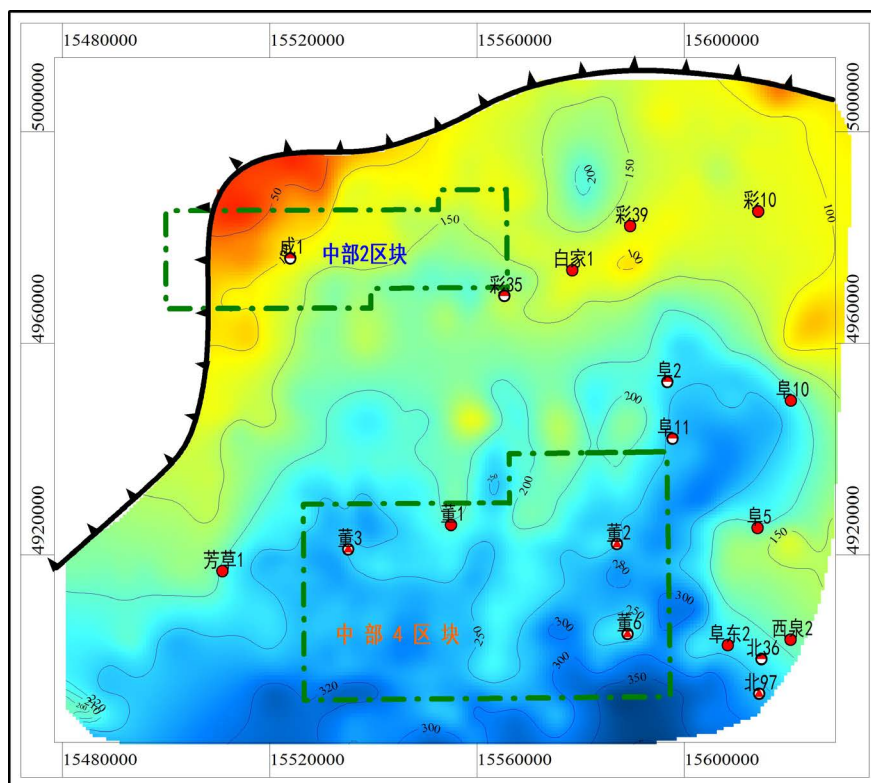


Figure 1. Paleogeomorphological map before J₂t sedimentation

图1. 头屯河组沉积前古地貌图

早侏罗世, 准噶尔盆地南侧的博格达山脉和东北侧的克拉美丽山均快速隆升, 准噶尔盆地东部湖盆两侧的地势均较陡。中侏罗世早期, 博格达山和克拉美丽山的隆升较缓慢, 导致山前地形变缓, 沉积了大范围展布的西山窑组。中侏罗世后期 - 晚侏罗世博格达山脉快速隆升, 而克拉美丽山隆升速度较缓, 南部博格达山为头屯河组提供物源的充注。

中部 4 区块东部的北三台地区, 头屯河组沉积时期为低矮的古凸起, 分割了吉木萨尔凹陷与阜康凹陷; 头屯河组沉积末期, 北三台地区凸起范围和规模都有所增大, 因此, 北三台凸起可能为阜康斜坡和康凹陷头屯河组沉积提供一定的物源。

3.2. 古气候

3.2.1. 野外分析

准噶尔盆地南缘硫磺沟头屯河组建组剖面观察研究显示, 头屯底部主要为辫状河沉积, 砂地比较高, 表现为砂包泥, 发育大型板状和槽状交错层理, 冲刷面明显。头屯河组中部相对于底部砂地比减小, 表现为砂泥互层, 仍发育有大 - 中型板状交错层序, 可见砂岩透镜体。头屯河组上部砂地比进一步减小, 表现为泥包砂, 砂岩透镜体较发育, 可见板状和槽状交错层理, 泥岩颜色多为浅灰色或棕褐色。上覆的齐古组为一套明显的红层, 主要为紫红色泥岩和棕褐色砂岩, 表现为泥包砂。因此, 该剖面表明头屯河组到齐古组沉积期古气候逐渐由潮湿变得干旱, 物源供给减弱。

博格达山前三工河剖面观察研究表明, 头屯河组为主要为是一套约 200 米杂色砾岩, 总体颜色主要为棕褐色和浅灰色。头屯河组顶部的齐古组则为一套红层, 主要为紫红色泥岩和灰褐色砂岩, 气候明显变干旱, 物源供给减弱。野外剖面 and 岩心特征显示地层颜色从还原色向氧化色变化, 并整体偏氧化色。

3.2.2. 古生物分析

古生物(孢粉)、微量元素和重矿物等分析表明, 头屯河组气候相对西山窑组沉积期已经开始向干旱气候演化, 主要为半干旱气候, 到齐古组沉积期气候出现明显变化, 主要为干旱气候, 湖平面明显萎缩。微量元素比值 Rb/Sr (0.44~1.14) 和 Sr/Cu (1.38~16.9) 指示半干旱-干旱气候, 而且呈现逐渐增加的趋势显示从半干旱到干旱的气候变化, Sr/Ba (0.34~0.62) 指示湖泊水为半咸水, 符合干旱气候条件, U/Th (0.1~0.48) 和 V/C (0.43~2.59) 显示偏氧化的沉积环境也显示湖水相对较浅且湖平面范围逐渐减小(表 1)。

Table 1. Characteristics of trace elements in mudstone of Shishugou group in the study area

表 1. 研究区石树沟群泥岩微量元素特征

Sample no.	Depth (m)	Formation	V (μg/g)	Cr (μg/g)	Cu (μg/g)	Rb (μg/g)	Sr (μg/g)	Ba (μg/g)	Th (μg/g)	U (μg/g)	Rb/Sr	Sr/Cu	Sr/Ba	V/Cr	U/Th
D701-6	3907.6	J3q	62	66.4	29.4	132	203	327	12.8	3.36	0.65	6.90	0.62	0.93	0.26
D7-4	3974.3	J3q	74.7	69.1	32	170	169	365	10.7	4.12	1.01	5.28	0.46	1.08	0.39
D6-6	3974.8	J3q	84.2	59.9	26.1	163	198	438	12.3	5.94	0.82	7.59	0.45	1.41	0.48
D6-8	4257.1	J3q	90.2	63.1	11.8	142	191	384	12.1	3.67	0.74	16.19	0.50	1.43	0.30
D6-10	4261.0	J3q	69.8	70.2	12.4	170	149	369	10.6	2.4	1.14	12.02	0.40	0.99	0.23
D6-12	4455.0	J2t3	104	61	36.9	175	242	434	13.5	1.89	0.72	6.56	0.56	1.70	0.14
D11-2	4903.2	J2t2	124	117	48.2	120	179	461	13.5	2.8	0.67	3.71	0.39	1.06	0.21
D3-7	5512.5	J2t2	105	246	29.4	135	190	359	11.9	2.96	0.71	6.46	0.53	0.43	0.25
D8-6	4425.4	J2t2	172	66.4	135	194	186	314	26.5	2.7	1.04	1.38	0.59	2.59	0.10
D7-3	4512.1	J2t1	90.9	73.1	39.1	89.9	206	496	11.8	2.4	0.44	5.27	0.42	1.24	0.20
D11-3	4989.1	J2t1	125	88.1	39.9	135	145	430	9.6	2.36	0.93	3.63	0.34	1.42	0.25

董 1 井头一段砂岩重矿物以黄铁矿为主,说明头一段时董 1 井区水体相对较深,以还原环境为主,沉积物源以火山岩为主。董 1 井头二和头三段砂岩重矿物则以褐铁矿和绿帘石为主,重矿物特征表明头二和头三段沉积期水体以氧化环境为主,符合湖水变浅和气候变干旱的特征。另外董 101 井重矿物中褐铁矿相对含量逐渐增大,表明氧化环境的增强,进一步证明半干旱-干旱的古气候变化(图 2, 图 3)。

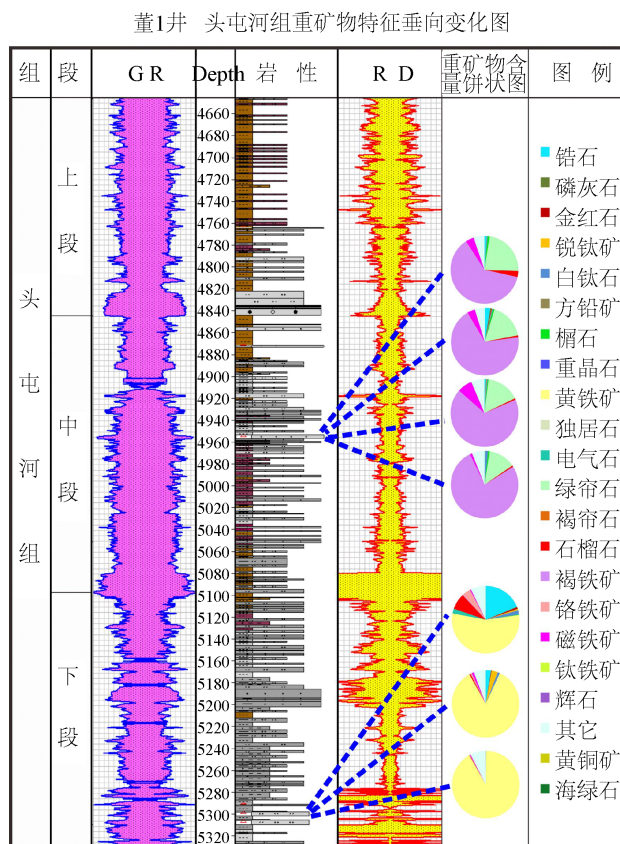


Figure 2. Vertical change of heavy mineral characteristics in Dong 1
图 2. 董 1 井重矿物特征垂向变化图

3.3. 古物源分析

3.3.1. 克拉美丽山及北三台地区供源分析

中泥盆世至中石炭世,准噶尔盆地北东方向发育 3 次较强的火山活动,可以推测北东方向克拉美丽山以火山岩为主的物源供给是逐渐减弱的。克拉美丽山作为头屯河组主要物源的观点已经被大多数学者证实和认可,笔者利用古地貌以及地震相研究,也表明后期发育的分支河道砂体也呈现出明显的北东-南西走向,也进一步说明了北东物源区的存在。

3.3.2. 博格达山物源区

通过野外调查和岩心分析重点从沉积构造背景、砂岩碎屑组分和重矿物特征分析南部物源的供源强度和范围。南部天池三工河剖面显示西山窑组为含煤地层,主要为浅湖相,而头屯河组则沉积一套约 210 米厚的杂色砾岩层,为典型的冲积扇沉积特征。该剖面头屯河组 210 米厚的粗相带沉积不仅证明南部博格达山具有不亚于克拉美丽山的供源能力,同时也证明博格达山在头屯河组沉积期的快速隆升。三工河剖面齐古组总体为泥包砂,发育砂岩透镜体和槽状交错层理,主要为曲流河沉积,与下覆的头屯河组存

在一定的不整合，主要是因为博格达山的快速抬升导致山前凹陷，另外气候干旱导致物源供给和水流明显较弱。

董101井 头屯河组重矿物特征垂向变化图

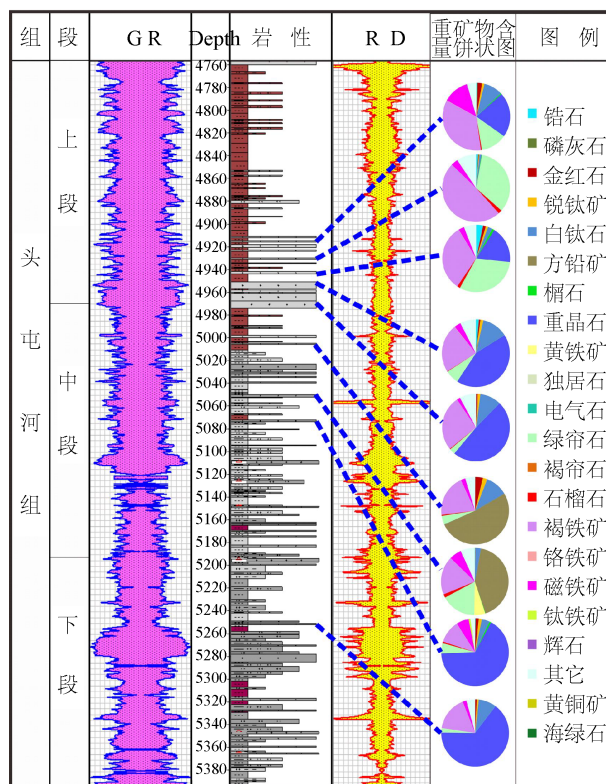


Figure 3. Vertical change of heavy mineral characteristics in Dong 101
图 3. 董 101 井重矿物特征垂向变化图

南部天池三工河剖面头屯河组砾石组分主要以火山岩、变质岩和沉积岩岩屑为主，其中火山岩含量明显较高，而齐古组砂岩岩屑则以变质岩岩屑为主。野外露头砾石和砂岩的岩屑组分特征显示，在头屯河沉积期，南部博格达山母岩类型主要为火山岩和变质岩，这可能与博格达山在头屯河组沉积期开始快速抬升有关，在齐古组沉积期，南部博格达山母岩类型主要为中、高级变质岩。研究区的钻井岩心砂岩类型主要为岩屑砂岩，岩屑类型主要为火山岩和变质岩岩屑，其中火山岩岩屑主要为玄武岩和安山岩等中-基性火山岩，变质岩岩屑主要为石英岩、片岩及千枚岩等。但董 6 井区变质岩岩屑相对含量相对较高，因此，南部博格达山是研究区头屯河组物源区之一，但是影响范围可能主要为阜康东南部董 6 井区附近，因此，南部博格达山是研究区头屯河组物源区之一，但是影响范围可能主要为中 4 区块东南部董 6 井区附近。

随着沉积物的搬运距离加大，不稳定重矿物的含量会越来越低，而稳定重矿物的含量会越来越高。因此，根据某些稳定重矿物组合含量的变化趋势可以推测搬运距离变化和古物源方向。研究区目的层含有的重矿物主要有锆石、磷灰石、电气石、金红石、榍石、铬铁矿、磁铁矿、褐铁矿、钛铁矿、锐钛矿、白钛石、石榴石、绿帘石、透辉石、重晶石、黄铁矿、黄铜矿等。不同母岩类型往往具有不同的重矿物特征组合，可以反映母岩特征。方世虎等(2007)对博格达山北部重矿物组分进行的研究结果表明，在距离研究区南部 6 km 处绿帘石体积分数占重矿物总体积分数的 50%。靳军等(2014)通过重矿物分析研究认为

阜东斜坡头屯河组一段(J_{2t_1})重矿物平面分布大致可划分为 3 个区域, 阜东斜坡的南西方向以不稳定绿帘石为主, 中部以钛铁矿和锆石组合为主, 北东方向则以绿帘石和钛铁矿组合为主, 反映出南部可能以变质岩为主要物源供给区, 而北东方向可能以变质岩和岩浆岩为主要物源区。整个阜康凹陷重矿物分布特征显示董 7 井的重矿物和阜东斜坡南部滋泉 1 井的重矿物均以绿帘石为主, 阜东斜坡北部井区重矿物中绿帘石较高, 说明存在南部物源和北东物源, 北东物源为主, 因此, 头一段沉积期研究区北部主要来自北东克拉美丽山物源, 东南部沉积物主要来源于南部物源, 南部物源供给范围主要在董 6~董 7 井区附近。

4. 地震特征分析

董 6 和董 11 井过井地震剖面显示东西向地震同相轴连续性较好, 近似顺物源方向, 表明存在北三台方向物源, 可能来自北东克拉美丽山和北三台剥蚀。董 11 井过井南北向地震剖面显示南部地震反射较差, 可能与靠近物源有关头屯河组厚度无明显变化, 齐古组厚度由南向北呈薄-厚-薄的变化趋势。头屯河组总厚度无明显变化, 头一段地震属性切片显示董 704 附近存在来自南部的分支河道(图 4), 因此在南部物源在头屯河组早期物源供给充足, 山前凹陷不明显, 南部物源影响范围较远(可达董 704 井附近)。但是头屯河组沉积末期和齐古组沉积期, 山前凹陷形成导致物源供给范围缩小, 主要集中在董 11 井和董 6 井区南部。

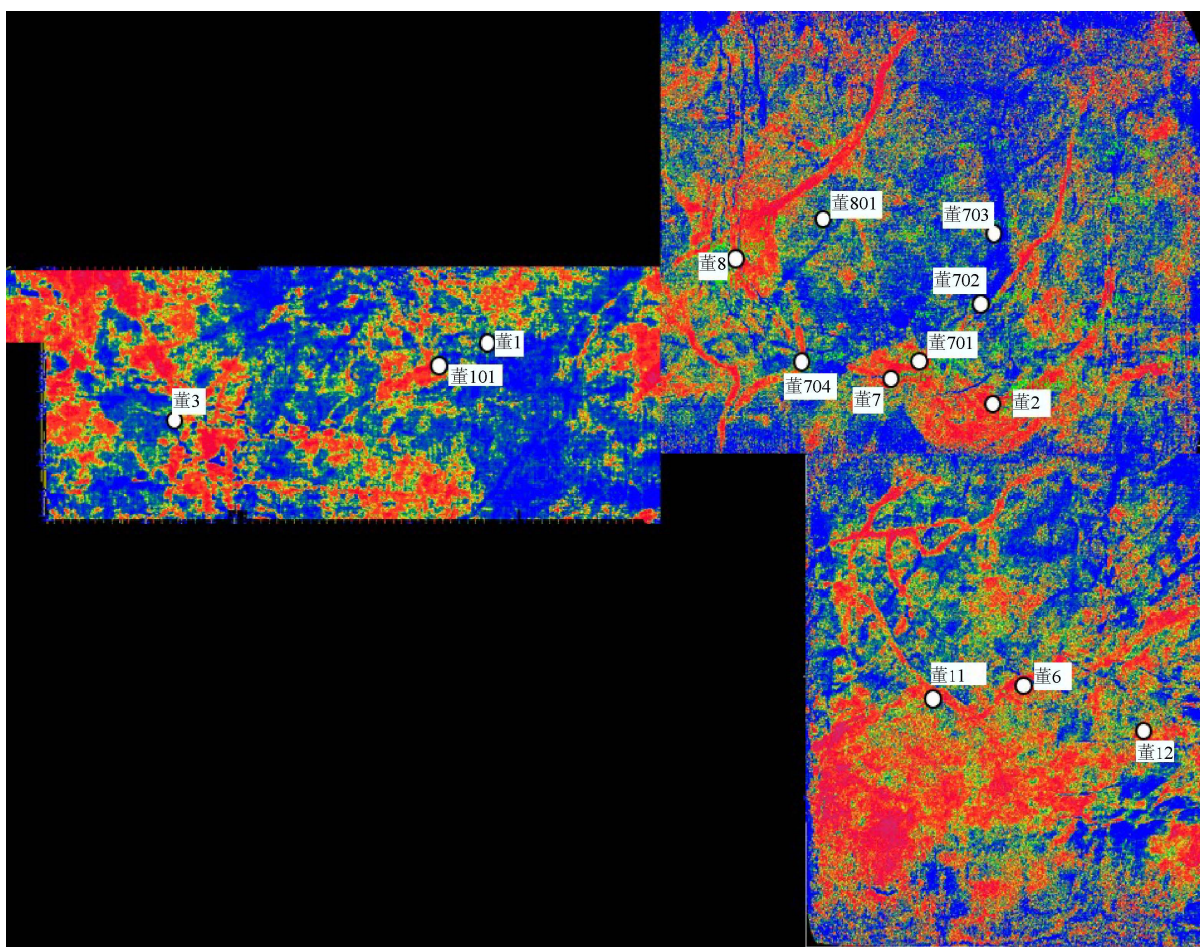


Figure 4. Attribute map of maximum peak amplitude of J_{2t_1}

图 4. J_{2t_1} 最大波峰振幅属性图

综上所述, 准中 4 区块头屯河组一段(下段)沉积期存在 2 个相对独立的主要物源方向, 分别是北东和东南部物源。北东方向克拉美丽山发育的火山岩和部分变质岩母岩区, 东南部博格达山物源以中、高级变质岩主, 包括部分火山岩母岩区和少量沉积岩。北三台经隆起也有可能为研究区提供少量物源。头屯河组二段(中段)沉积期, 仍然存在 2 个相对独立的主要物源方向, 北东方向物源供给逐渐减弱, 南部物源供给逐渐增强, 车莫古隆起供源减弱, 北三台凸起供源能力增强。头屯河组三段(上段), 气候更加干旱, 湖平面明显缩小, 南部物源由于山前凹陷形成受阻, 北三台物源增强, 搬运距离加大。齐古组, 气候干旱, 研究区内洪泛平原(曲流河)和曲流河三角洲平原普遍发育, 北东方向物源供给明显减弱, 北三台物源增强。

5. 结论

1. 中部 4 区块侏罗系头屯河组一段底部主要发育一套厚层灰色粉砂岩 - 细砂岩, 向上逐渐演变为大套泥岩夹薄层砂岩结构, 头二段整体以灰色泥岩为主, 夹有灰色粉砂岩、细砂岩, 整体呈“泥包砂”结构。

2. 头屯河组沉积时期中部 4 区块主体处于凹陷区, 沉积中心在中部 4 区块西南部, 整体具有北东高、西南低的特征, 并且具有继承性发育的特征, 北东方向的克拉美丽物源区以及东部北三台物源区均能向研究区内供源。

3. 地震相分析认为, 头屯河组一段主要为三角洲前缘沉积, 地震相上呈现出明显的“片状”、“朵叶状”的平面响应特征, 而头二段随着水体的变浅, 地震相上主要表现为近北东 - 南西向条带状展布的河道砂体特征, 与克拉美丽物源区方向一致。

基金项目

中国石化重点科技项目(P17001-2)。

参考文献

- [1] 王锐. 准噶尔盆地中 4 区块 D1 井区油气来源与成藏模式[J]. 油气地质与采收率, 2006, 13(1): 59-62.
- [2] 钱志, 金强, 王锐, 等. 准噶尔盆地中部 4 区块油气成藏主控因素[J]. 断块油气田, 2009, 16(2): 40-42.
- [3] 张越迁, 张年富, 姚新玉. 准噶尔盆地腹部油气勘探回顾与展望[J]. 新疆石油地质, 2000, 21(2): 105-109.
- [4] 周松柏, 刘光祥. 准噶尔盆地东南部油气地质条件研究[J]. 石油实验地质, 2006, 28(3): 231-235.
- [5] 陈建平, 王绪龙, 邓春萍, 等. 准噶尔盆地南缘油气生成与分布规律——原油地球化学特征与分类[J]. 石油学报, 2015, 36(11): 1315-1330.
- [6] 李博一, 刘洛夫, 卫倩倩, 等. 准噶尔盆地白家海凸起二叠系、三叠系油气来源及成藏模式[J]. 地质科技情报, 2014, 33(5): 141-148.
- [7] 张善文. 准噶尔盆地盆缘地层不整合油气成藏特征及勘探展望[J]. 石油实验地质, 2013, 35(3): 231-248.
- [8] 隋风贵, 林会喜, 赵乐强, 等. 准噶尔盆地周缘隆起带油气成藏模式[J]. 新疆石油地质, 2015, 36(1): 1-7.
- [9] 陈发景, 汪新文, 汪新伟. 准噶尔盆地的原型和构造演化[J]. 地学前缘, 2005, 12(3): 77-89.
- [10] 麻伟娇, 卫延召, 李霞, 等. 准噶尔盆地腹部中浅层远源、次生油气藏成藏过程及主控因素[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2018, 54(6): 1195-1204.