文章编号：1673－8217（2020）01－0026－07

尕斯库勒油田新近系油藏地质特征及主控因素分析

韩璐媛，牟中海
（西南石油大学地球科学与技术学院，四川成都 610059）

摘要：在大量测井、岩心、分析测试等资料分析的基础上，对尕斯库勒油田新近系油藏从构造特征、沉积微相、成岩作用等方面进行研究，明确区内新近系油藏的主要控制因素。研究表明：构造控制着油藏的展布，油藏主要发育于断鼻构造，聚集于高部位，微幅度构造对局部油气的聚集也起一定的控制作用，断层对油藏形成具有侧向封堵作用；水下分流河道、河口坝沉积微相是油气聚集的有利相带；真正控制油砂展布的成岩作用只有胶结作用，区内砂体因胶结作用致密，在平面上可形成胶结作用带，对油气运移具有侧向封堵作用。

关键词：尕斯库勒油田；新近系；控制因素；沉积微相；成岩作用
中图分类号：TE112.33 **文献标识码**：A

Geological characteristics and main controlling factors of Neogene reservoir in Gaskule oilfield

HAN Luyuan, MOU Zhonghai
(School of Geoscience & Technology, Southwest Petroleum University, Chengdu, Sichuan 610059, China)

Abstract: Based on the analysis of a large number of logging, core, analysis and testing data, the Neogene hydrocarbon reservoir formation in Gaskule oilfield was studied from the aspects of structural characteristics, sedimentary microfacies, diagenesis, etc., and the main controlling factors of Neogene reservoir in the area were clarified. The results show that the structure controls the distribution of the reservoir, and the reservoir mainly develops in fault nose structure and accumulates in high position, the micro amplitude structure also controls the accumulation of local oil, the fault has lateral sealing effect on the formation of the reservoir; the sedimentary microfacies of underwater distributary channel and mouth bar are favorable facies for oil and gas accumulation. The diagenesis that really controls the distribution of oil sands is only cementation. The sand body in the area is dense due to cementation, which can form cementation zone on the plane, and has lateral sealing effect on oil and gas migration.

Key words: Gasikule oilfield; Neogene; controlling factors; sedimentary microfacies; diagenesis

油藏控制因素分析一直是油田开发过程中备受重视的问题，众多学者在不同地区的研究成果[1－7]表明，油藏控制因素多种多样，且不同盆地不同油藏的控制因素各异。如许璟等[1]通过研究认为，志丹地区油藏主要受沉积微相、鼻状构造与古地貌的控制；张小莉等[2]指出临邑洼陷油藏主要受沉积相带、断层与砂体展布的控制；李涛等[3]明确了鸭西地区岩性油藏的形成与分布主要受构造背景、沉积相带、输导体系及岩性特征的控制。因此，只有对某一油藏的控制因素进行全方位、多因素综合分析，才能明确其主要控制因素。

尕斯库勒油田是目前青海油田的主力油田之一，其年产量占老区注水开发油田年产油的 35.7%，是典型的长井段、多油层、薄互层油藏，储层分布具

收稿日期：2019－04－01；修订日期：2019－07－26。
第一作者简介：韩璐媛（1994—），女，在读硕士研究生，地质学专业。E－mail：897114726@qq.com。

万方数据

有“薄、多、散、杂”的特点。前人研究表明，尕斯库勒油田的大部分油藏主要受岩性、物性因素控制，次为构造因素，是发育于构造背景下的岩性油藏。尕斯库勒油田在开发过程中常出现较大的注采矛盾，用现有的油藏主要受岩性、物性控制的观点无法解释，因此，本文在大量实际资料和地质研究成果的基础上，结合尕斯库勒油田储层的宏观和微观特征，从构造特征、沉积微相、成岩作用等多个方面，对区内新近系油藏的控制因素进行了系统分析，旨在进一步落实尕斯库勒油田新近系油藏的主控因素，为下步精细勘探和开发提供科学、可靠的地质依据。

1 区域地质概况

尕斯库勒油田位于青海省柴达木盆地西部南区茫崖坳陷[8]，属茫崖坳陷区尕斯断陷亚区红柳泉跃进一号断鼻带上的一个三级构造（图 1），其北端以Ⅺ号断层为界，东翼以Ⅰ号逆断层与油砂山油田相接，南端以阿拉尔断层与跃进二号油田相邻，西翼以Ⅲ号断层为界与砂西区块相连[9－12]。沉积地层主要为古近系、新近系，主要发育于坳陷时期，基本上为一套连续沉积。地层底部主要为一套湖泊沉积体系，中上部发育辫状河三角洲沉积体系和扇三角洲沉积体系，在新近系末期发育辫状河沉积体系，物源主要来自于西北部、西部和西南部方向，主要受来自阿尔金山的阿拉尔物源和来自昆仑山的祁漫塔格物源控制。

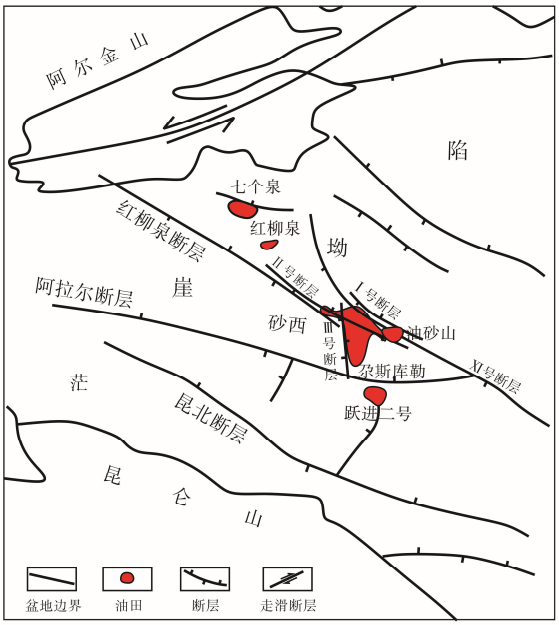


图 1 研究区构造位置

2 构造特征

尕斯库勒油田 N_1－N_2^1 油藏内部被Ⅱ号北倾逆断层切割分为南（下盘）北（上盘）两部分，下盘大致以跃 8－5 井和跃 9－6 井一线为界分为北区和中南区，本文主要研究对象为下盘北区。下盘北区为一南部被多条断层切割的断鼻状构造，该构造南北长约 3.0 km、东西宽约 3.5 km，轴线近南北向，北端稍偏西，南端略向东。

图 2 为新近系下油砂山组 IV 油组 1 小层顶界面构造图，其构造形态为不对称断背斜，构造最高点位于 X3324 井处，海拔高度为 1 300.0 m，最低点位于构造西翼，海拔高度为 1 080.0 m。构造东翼缓（倾角 5°~9°）、西翼陡（倾角 7°~16°），北部高、南部低，轴部较为平坦。北部靠近Ⅱ号断层的地层破碎严重，目前地震、钻井很难识别，较大断裂发育的工区南部地层主要发育 3，15，16，17 号断层，断层近北东走向，有正断层，也有逆断层。纵向上，各层构造断裂特征相似，无明显的构造变化，具有较好的继承性。

3 沉积微相特征

研究区新近系主要受阿拉尔物源和祁漫塔格物源控制，形成了一套辫状河三角洲体系，从下向上由三角洲前缘亚相演化为三角洲平原亚相，最后以辫状河沉积相结束。

3.1 沉积微相划分

以下盘 IV 油组为例，通过对区内 600 余口钻井的测井、录井等资料分析，结合岩心观察，对目的层的沉积相进行综合判定，为一套辫状河三角洲前缘亚相沉积，可细分为水下分流河道、水下分流河道间、河口坝、远砂坝和席状砂等沉积微相（表 1）。

水下分流河道：岩性主要以粗砂岩和含砾砂岩为主，河道砂体厚度 0.5~7.0 m，砂体底面为冲刷面，冲刷面上发育含砾的滞留沉积，砂体粒度比较粗，整体呈上细下粗的正粒序。自然伽马低值，呈高幅钟形、箱形、齿化箱形及其组成的复合型；自然电位曲线为高幅钟形、箱形，偶见漏斗形。

水下分流河道间：岩性主要为泥岩、粉砂质泥岩夹薄层粉砂岩，砂质纹层较发育。自然伽马中高值，呈微齿形；自然电位曲线为低幅的线形或齿化线形。

万方数据

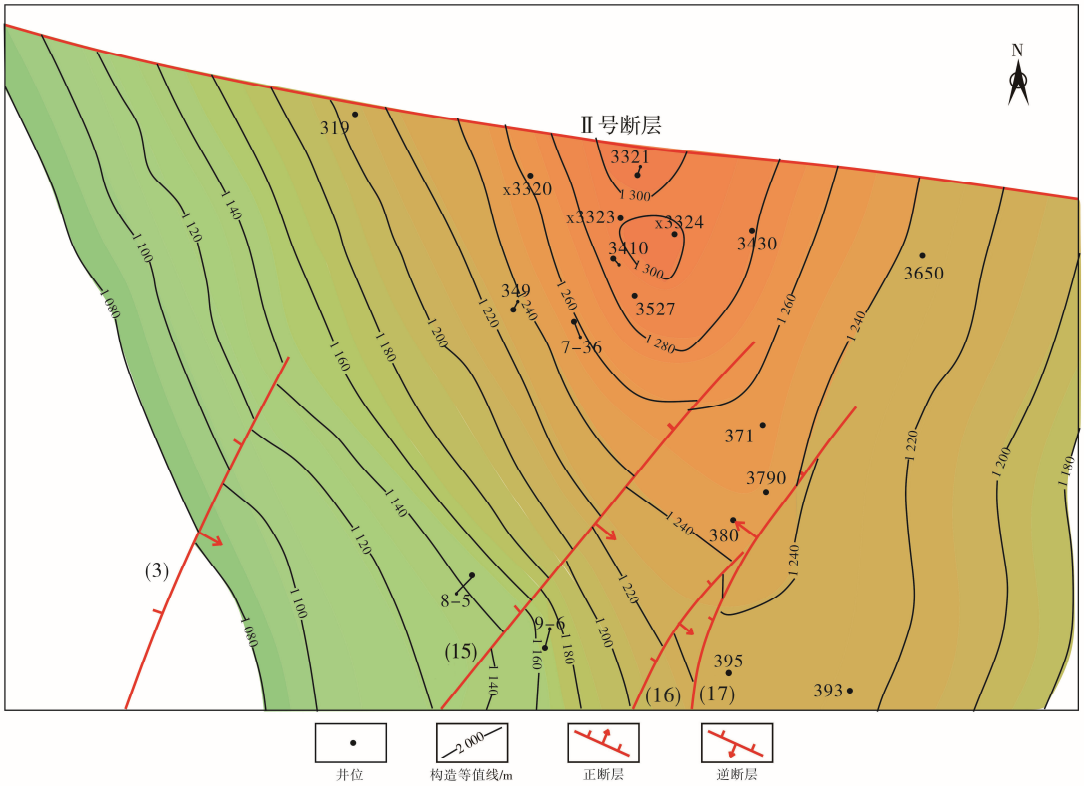
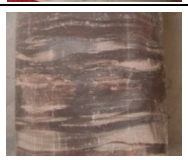


图 2　新近系下油砂山组 Ⅳ 油组 1 小层顶界面构造

表 1　沉积微相特征

沉积相			岩心照片	测井曲线特征	岩石类型	颜色	沉积构造	结构特征
相	亚相	微相						
辫状河三角洲	三角洲前缘	水下分流河道		正韵律特征；自然伽马低值，呈底部突变的钟形、箱形、齿化箱形；自然电位曲线为高幅钟形、箱形	砾状砂岩、含砾砂岩、粗砂岩	灰色、棕灰色、棕红色	块状层理、斜层理、交错层理、平行层理、递变层理、冲刷－充填构造	分选和磨圆较差－中等
		水下分流河道间		自然伽马中高值，呈微齿形；自然电位曲线为低幅的线形或齿化线形	泥岩、粉砂质泥岩	棕红色、浅褐色、棕灰色	块状层理、水平层理、砂纹层理、生物扰动构造	泥质结构为主
		河口坝		反韵律特征；自然伽马低值，呈漏斗形、齿化箱形；自然电位曲线呈中－高幅漏斗形、漏斗形－箱形	细砂岩、粉砂岩	灰色、棕灰色	交错层理、平行层理、波状层理、透镜状层理、生物扰动构造	分选和磨圆较好
		远砂坝		自然伽马中值，呈漏斗形、指形、钟形；自然电位曲线多为漏斗形	细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩	灰色、棕红色	交错层理、平行层理、砂纹层理、波状层理、透镜状层理、生物扰动构造	分选和磨圆较好
		席状砂		自然伽马中低值，呈指形、尖齿形；自然电位曲线多为中幅尖齿形和指形	粉砂岩、泥质粉砂岩	灰色、灰白色	水平层理、交错层理、波状层理、透镜状层理	分选和磨圆较好

河口坝：岩性以砂岩和细砂岩为主，砂岩比较纯净，磨圆度和分选性好，砂层厚 3.0~5.0 m，多呈反粒序。自然伽马低值，多呈漏斗形，少见箱形；自然电位曲线呈中－高幅漏斗形、漏斗形－箱形或其组成的复合型。

远砂坝：岩性主要为细砂岩、粉砂岩，粒度较细，砂层比较薄，发育沙纹层理、平行层理和波状层理。自然伽马中值，多呈漏斗形和指形，少见钟

万方数据

形；自然电位曲线多为漏斗形。

席状砂：岩性主要为粉砂岩、泥质粉砂岩，粒度细，砂层薄，粒序变化不明显，受波浪和湖流改造比较强烈，砂层一般厚 2.0 m。自然伽马中低值，呈指形、尖齿形；自然电位曲线多为中幅尖齿形和指形。

3.2 沉积微相展布

尕斯库勒油田新近系沉积经历了多期湖水进退过程，IV 油组处于湖退阶段。主要物源方向为西北方向和西部，物源供应充足；沉积环境整体为辫状河三角洲前缘亚相（图 3）。其中，水下分流河道发育，砂体厚度为 0.5~7.0 m，呈条带状分布，方向主要为北西向；河口坝砂体厚 3.0~5.0 m，多呈透镜状、条带状分布；席状砂是由水下分流河道砂体和河口坝砂体在波浪作用下改造而成，一般厚 2.0 m，多在水下分流河道和河口坝的外围呈片状分布。

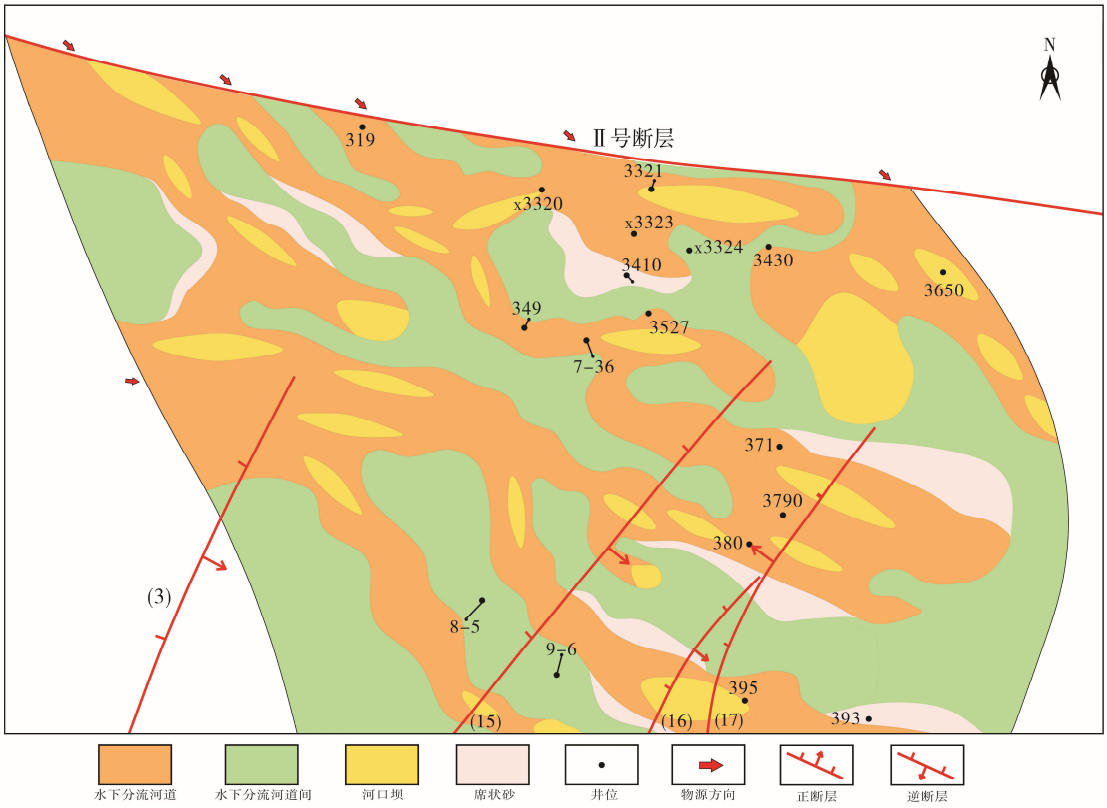


图 3 新近系下油砂山组 IV 油组 1 小层沉积微相

4 成岩作用

成岩作用对砂岩储层物性起着重要作用[13]。通过对研究区岩心及岩石薄片、铸体薄片的观察统计，结合扫描电镜，按照成岩作用对储层的影响分为破坏性成岩作用和建设性成岩作用，其对储层孔隙发育有着显著的影响[14]。

4.1 破坏性成岩作用

（1）机械压实作用。区内目的层段砂岩埋深大致 1 400.0~2 700.0 m，处于浅埋藏到中等埋藏，石英含量相对较低，抗压实性差的塑性碎屑（长石、岩屑等）含量相对较高，在很大程度上导致了中等程度的压实作用。主要表现为：①泥质、云母等塑性碎屑发生弯曲变形；②刚性颗粒的压裂，表现为物理性质十分稳定的石英形成不规则裂纹，也可见岩屑嵌入长石颗粒之中（图 4a）；③部分石英颗粒波状不均匀消光；④部分长石颗粒波状不均匀消光。

（2）胶结作用。胶结物含量高，胶结物类型主要有方解石、自生黏土矿物，其中以方解石胶结为主（图 4b）。方解石胶结物在纵、横向上分布不均，并可在个别地区、局部井段集中出现，其结构多为晶粒结构、嵌晶结构及连晶结构等，多呈斑块状分布，是本区主要成岩作用类型，

（3）交代作用。本区储层岩石中交代作用类型众多且强烈，多与胶结物、自生矿物有关。由薄片鉴定可知，区内岩石中最为发育的交代作用为方解石交代长石（图 4c）。

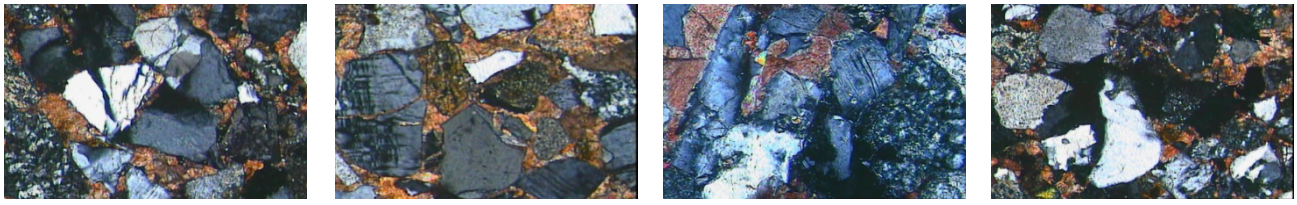
4.2 建设性成岩作用

（1）溶蚀作用。被溶蚀的物质主要有不稳定颗粒和胶结物，如长石、碳酸盐胶结物等。最常见的是长石碎屑的溶蚀，多见长石边缘溶蚀成港湾状（图

万方数据

4d）。研究区砂岩中长石主要为钾长石，溶蚀作用多发育于颗粒边缘、解理缝、双晶缝、裂纹等薄弱部位。随溶蚀作用增强，长石溶蚀呈蜂巢状、残缕状。区内砂岩储层中亦可见斑块状碳酸盐胶结物的溶蚀现象。

（2）破裂作用。尕斯库勒地区经历了多期次构造运动，特别是 $N_1-N_2^1$ 的挤压褶皱运动，使得区内构造缝、层间张裂缝、压裂缝、扭裂缝等裂缝发育。



a．颗粒具有裂纹、镶嵌构造，Y1144 井，正交偏光　b．粉砂质细砂岩，方解石胶结，Y1144 井，正交偏光　c．方解石交代长石，发育次生溶蚀孔，SXZ－11 井，正交偏光　d．颗粒港湾状溶蚀边缘，发育次生溶蚀孔，SXZ－11 井，正交偏光

图 4　成岩作用显微照片

4.3　成岩作用对孔隙结构的影响

（1）机械压实作用主要是使沉积物紧密成岩和缩小原生孔隙，随着上覆载荷的不断增加，沉积物所承受的压力不断增大，沉积物中颗粒的填积方式发生调整，某些软性沉积物变形，并被挤入孔隙内；脆性沉积物被压裂，颗粒与颗粒之间的接触关系由点接触逐渐变为线接触，甚至镶嵌接触。机械岩石作用使得孔隙和喉道变小，物性变差。

（2）区内胶结和交代作用可分为早、晚两期。早期以胶结作用为主，交代作用次之；主要表现为碳酸盐胶结物的沉淀，黏结颗粒，使沉积物固结成岩以及碳酸盐胶结物交代碎屑颗粒、充填孔隙等，使物性变差。晚期以交代作用为主，主要表现为方解石的白云石化、长石的泥化以及硬石膏交代碎屑颗粒等，交代作用可增大孔隙，也可缩小孔隙。如果被交代矿物的体积小于新形成矿物的体积，则孔隙缩小，反之则孔隙增大。

（3）溶蚀作用是形成和扩大储集空间的重要成岩作用，对改善孔隙结构，提高物性起着重要作用。

综上所述，成岩作用对物性的影响既有弊（压实作用、胶结作用降低孔隙），也有利（溶蚀作用扩大孔隙）。

5　油气成藏主控因素

5.1　构造对油藏的控制

由图 5 可以看出构造对油藏的控制主要体现在以下几个方面：

（1）油藏分布整体受鼻隆构造控制，油砂体主要发育于构造高部位，集中在构造等值线大于 1 230.0 m 的区域，低部位主要为水层。例如位于高部位的 3321，3410，3527，790 井区富含油。

（2）微幅度构造对局部油气的聚集具有控制作用，例如 X3323，3410 井区的正向微型构造富含油。

（3）断层对油气的聚集也具有一定的控制作用，例如 3790，371，395 井区的油砂体主要受断层控制，具体表现为油藏高部位受断层封堵形成油水分界。

5.2　沉积微相对油藏的控制

由图 5 可以看出，区内不同沉积微相中均有油层发育，表明单一沉积微相对油层展布的控制不明显。但由于不同沉积微相发育不同的砂体，具有不同的物性特征和分布特征，即沉积微相控制砂体展布，而砂体对油层展布又具有一定的控制作用，所以沉积微相对油层展布也具有一定的控制作用[15－17]。大量统计结果表明，区内油层展布主要受水下分流河道与河口坝沉积微相控制。西部 319，349 井区及东部 3430，3650 井区上倾方向均受水下分流河道微相相界控制；中部 371，380 井区上倾方向受水下分流河道和席状砂微相相界控制，两侧受断层控制；南部 395，393 井区上倾方向受水下分流河道、席状砂和河口坝微相相界控制，侧向受断层控制。

5.3　成岩作用对油藏的控制

油气运移的输导通道是成藏过程中不可缺少的桥梁，其主要由具有一定孔渗条件的砂层、可作为流体运移通道的不整合面以及具有渗透能力的断裂或裂隙组成[18]。区内的建设性成岩作用主要有溶蚀作用和破裂作用，既增加了储层的渗透性，又改善了砂岩储层的储集性能，但对油砂体的分布并不起控制作用。区内的压实作用使储层的物性变差，但并不控制油砂体的平面展布。

胶结作用主要利用取心资料进行研究，但研究区取心井较少，因此，建立少量的取心井成岩作用与测井曲线之间的关系是解决这一问题的关键。通过对取心资料的成岩作用与测井资料的分析发现，

万方数据

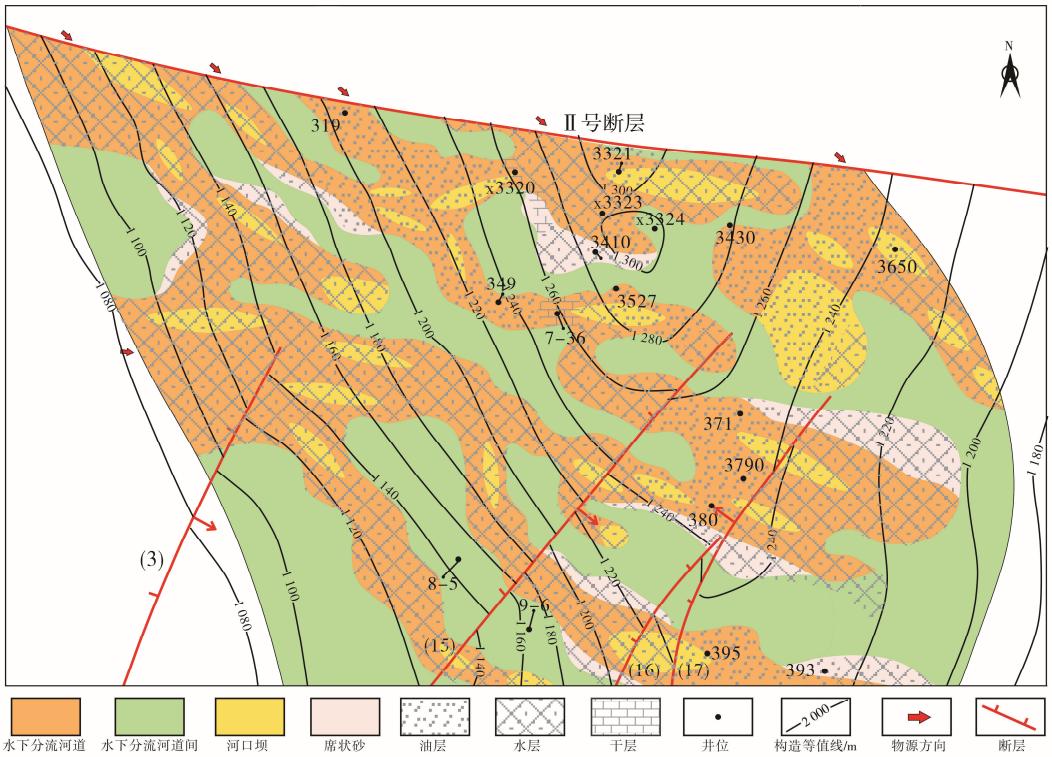


图 5　新近系下油砂山组 Ⅳ 油组 1 小层构造、沉积微相与油砂体分布叠合分析

自然伽马与自然电位曲线组合能较好地反映胶结作用特征。自然伽马主要反映砂与泥的相对含量，高值为泥岩特征，低值为砂岩特征；自然电位主要反映渗透性能，负异常表示渗透性能好，正异常表示渗透性能差，所以自然伽马低值且自然电位正异常段代表渗透性差的砂岩段。通过对该砂岩段的成分、成岩史等分析，发现导致其渗透性能差的主要原因为胶结作用，因此，对其进行平面追踪，可以落实胶结带的位置。

图 6 为 48 井胶结作用与测井曲线关系图，由图可知，1 915.0~1 923.0 m 井段自然伽马呈钟形低值，自然电位微齿正异常，该段岩心薄片镜下显示方解石连片胶结，物性测试孔隙度 8.05%，渗透率 0.53 × 10^{-3} μ m^2，储层为致密砂岩，制约了流体运移。

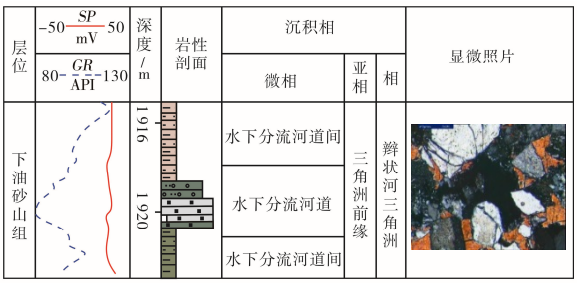


图 6　48 井胶结作用与测井曲线关系

对区内所有井 Ⅳ 油组 1 小层的自然伽马低值且自然电位正异常特征进行分析，发现在 X3320 井区、7－36 井区也存在这种现象，在平面上形成带状分布的胶结作用带，对油气运移具有侧向封堵作用；同时，与油层在平面上的展布特征相吻合，进一步证实了区内真正控制油砂体展布的成岩作用为胶结作用[19－20]。

6　结论

（1）研究区构造特征为一南部被多条断层切割的断鼻状构造，构造对油藏的控制主要体现为：新近系油藏分布整体受鼻隆构造控制，发育于构造高部位；微幅度构造对局部油气的聚集具有控制作用；断层则对油气聚集具有侧向封堵作用。

（2）目的层发育一套辫状河三角洲前缘亚相沉积，可细分为水下分流河道、水下分流河道间、河口坝、远砂坝和席状砂微相。其中，水下分流河道与河口坝微相具有良好的物性条件，为油气提供了储集空间和运移通道，控制着油层的展布。

（3）通过岩心描述、分析测试，结合测井及试油、生产等资料综合分析，认为区内建设性成岩作用及压实作用对油砂体展布不具有控制作用，真正控制油砂体展布的成岩作用为胶结作用。

参考文献

[1]　许璟，董丽红，杜彦军，等．志丹地区延安组沉积微相

万方数据

与油藏控制因素分析[J]. 西安科技大学学报，2016，36（5）：657－663.

[2] 张小莉，查明. 惠民凹陷临邑洼陷岩性油藏控制因素分析[J]. 沉积学报，2006，24（2）：289－293.

[3] 李涛，杨克荣，韩小松，等. 酒泉盆地鸭西地区白垩系岩性油藏控制因素分析[J]. 岩性油气藏，2010，22（增刊）：14－17.

[4] 窦伟坦，侯明才，陈洪德，等. 鄂尔多斯盆地三叠系延长组油气成藏条件及主控因素研究[J]. 成都理工大学学报（自然科学版），2008，35（6）：686－692.

[5] 胡桂林，冯小龙，李丹，等. 吴堡地区侏罗系延 10 油层组成藏控制因素[J]. 西安科技大学学报，2014，34(6)：719－723.

[6] 郭永强，刘洛夫. 辽河西部凹陷沙三段岩性油气藏主控因素研究[J]. 岩性油气藏，2009，21（2）：19－23.

[7] 于珺，付明义，吴海燕，等. 富县北部地区侏罗系延 9 砂岩储层特征[J]. 西安科技大学学报，2014，34（1）：11－15.

[8] 段毅，彭德华，张辉，等. 柴达木盆地西部尕斯库勒油田 E_3^1 油藏成藏条件与机制[J]. 沉积学报，2005，23(1)：150－155.

[9] 盛军，黄生远，徐立，等. 柴达木盆地尕斯库勒油田新近系 N_2^1 储集层弱胶结砂岩应力敏感分析[J]. 矿物岩石地球化学通报，2018，37（5）：910－915.

[10] 付锁堂. 柴达木盆地西部油气成藏主控因素与有利勘探方向[J]. 沉积学报，2010，28（2）：373－379.

[11] 吕宝凤，张越青，杨书逸. 柴达木盆地构造体系特征及其成盆动力学意义[J]. 地质论评，2011，57（2）：167－174.

[12] 商琳，戴俊生，夏瑞杰，等. 柴达木盆地北缘东段石炭纪至白垩纪构造演化模式及地层缺失原因探讨[J]. 地质论评，2014，60（4）：780－790.

[13] CERIANI A，GIULIO A D，GOLDSTEIN R H，et al. Diagenesis associated with cooling during burial：an example from Lover Cretaceous reservoir sandstones [J]. AAPG Bulletin，2002，86（9）：1 573－1 591.

[14] 王峰，陈蓉，田景春，等. 鄂尔多斯盆地陇东地区长 4+5 油层组致密砂岩储层成岩作用及成岩相[J]. 石油与天然气地质，2014，35（2）：199－206.

[15] 吴志宇，李克永. 安塞油田晚三叠世长 7 油层组沉积微相及储层非均质性研究[J]. 西安科技大学学报，2012，32（4）：470－485.

[16] 李新虎，罗杰，刘东. 测井曲线的沉积旋回划分方法及应用[J]. 西安科技大学学报，2010，30（6）：702－705.

[17] 王旭. 洛河油田长 7 油藏沉积微相对储层的控制作用[J]. 石油地质与工程，2018，32（2）：51－54.

[18] 许晓明，赵阳，戴立昌，等. 东营凹陷沙河街组岩性油藏“多元控油－主元成藏”特征分析[J]. 西安石油大学学报（自然科学版），2006，21（6）：28－33.

[19] 靳亚勤. 鄂尔多斯盆地直罗油田南部延长组长 2 油藏富集规律[D]. 陕西西安：西安石油大学，2010.

[20] 王福金，全宏，郭峰，等. 郝家油田河 4 断块沙二 10 油藏储层特征及油气成藏分析[J]. 石油地质与工程，2019，33（2）：50－54.

（编辑　杜建波）

（上接第 25 页）

[5] 徐艳梅，刘兆龙，张永忠，等. 塔里木盆地克拉 2 气田储层综合定量评价[J]. 石油地质与工程，2018，32(6)：59－63.

[6] 姜向强，田纳新，殷进垠，等. 阿根廷内乌肯盆地页岩油气资源潜力[J]. 石油地质与工程，2018，32（3）：55－58.

[7] 徐波，李敬含，李晓革，等. 辽河油田东部凹陷页岩气成藏条件及含气性评价[J]. 石油学报，2011，32（3）：450－459.

[8] 王世明. 鄂尔多斯盆地上古生界煤层与泥页岩的孔隙性和含气性分析[D]. 陕西西安：西北大学，2012.

[9] 习传学，孙冲，方帆，等. 页岩含气量现场测试技术研究[J]. 石油实验地质，2018，40（1）：25－29.

[10] 李凯，孟志勇，吉婧，等. 四川盆地涪陵地区五峰－龙马溪组解吸气特征及影响因素分析[J]. 石油实验地质，2018，40（1）：90－96.

[11] 杨明清，刘杰，任收麦，等. 岩石解吸气测定仪在页岩气勘探中的应用[J]. 中国石油勘探，2018，21（6）：120－124.

[12] 姚光华，王晓泉，杜宏宇，等. USBM 方法在页岩气含气量测试中的适应性[J]. 石油学报，2016，37（6）：802－806.

[13] 王涛利，王庆涛，刘文平，等. 页岩残留气定量方法及其地质意义[J]. 吉林大学学报(地球科学版)，2016，48（6）：1 645－1 653.

（编辑　蒲洪果）

万方数据