

文章编号:1000-0550(2014)06-1171-10

准噶尔盆地玛北地区三叠系百口泉组优质储层成因分析^①

张顺存¹ 蒋欢² 张磊³ 李鹏³ 邹妞妞^{1,4} 鲁新川¹ 史基安¹

(1.甘肃省油气资源研究重点实验室/中国科学院油气资源研究重点实验室 兰州 730000;

2.新疆油田分公司实验检测研究院 新疆克拉玛依 834000;

3.新疆油田分公司勘探开发研究院 新疆克拉玛依 834000;4.中国科学院大学 北京 100049)

摘要 勘探实践表明,准噶尔盆地西北缘玛北地区三叠系百口泉组存在大量优质储层,然而其成因需要进一步研究。岩石学特征、物性特征、沉积环境特征、成岩作用特征的研究表明:玛北地区三叠系百口泉组储层以粗碎屑的砂砾岩为主,细碎屑的砂岩类储层含量较少,储层平均孔隙度主要分布于7%~9%之间,平均渗透率主要分布于 $0.9 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 \sim 1.4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间。储层主要发育于扇三角洲前缘水下分流河道及扇三角洲平原分流河道微相,在构造坡折带的影响下,经过水体较长时间淘洗的扇三角洲前缘水下分流河道砂砾岩储层物性最好,往往成为该区优质储层,扇三角洲平原分流河道砂砾岩储层的物性次之。压实作用造成了泥质杂基含量较高的砂砾岩储层物性的不可逆降低,成岩早期适量的胶结物提供了支撑颗粒骨架,可以抵御压实作用对储层物性的影响,但成岩晚期大量的胶结物可以阻塞孔隙,对储层具有不利的影响,长石颗粒及沸石类胶结物的溶蚀作用对储层物性的改善具有积极意义。

关键词 准噶尔盆地 玛北地区 三叠系百口泉组 储层 成因

第一作者简介 张顺存 男 1973年出生 博士 副研究员 储层地质学与储层地球化学 E-mail:zhangshuncun@126.com

中图分类号 TE122.2 **文献标识码** A

准噶尔盆地是我国西北大型含油气盆地之一,盆地西北缘是新疆油田公司重要的油气产区,主要由中拐凸起、克百断裂带、乌夏断裂带、玛湖凹陷等构造单元组成,在玛湖凹陷东面及东南面,还有夏盐凸起、达巴松凸起等构造单元。该区在石炭系发育火山岩^[1-3];二叠系早期主要发育火山岩,中晚期发育以砂砾岩为主的粗碎屑沉积岩,以扇三角洲沉积相为主^[4-7];三叠系早中期主要发育以砂砾岩为主的粗碎屑沉积岩,晚期沉积物粒度变细,沉积环境由冲积扇、扇三角洲为主过渡到扇三角洲、湖泊为主^[8-10];侏罗系主要发育河流相、辫状河三角洲、曲流河三角洲、湖泊等为主的碎屑岩沉积^[10-12]。本文研究区为玛湖凹陷北斜坡区,简称玛北地区(图1),区域构造位置处于准噶尔盆地西北缘断阶带(主要是乌夏断裂带)下盘,研究层位为三叠系百口泉组。该区三叠系从下到上依次划分为百口泉组(T_1b)、克拉玛依组(T_2k)、白碱滩组(T_3b),其中百口泉组从下到上依次划分为百口泉组一段(T_1b_1 ,简称百一段)、百口泉组二段(T_1b_2 ,简称百二段,从上到下划分为一砂组 $T_1b_2^1$,二砂组 $T_1b_2^2$,又称为高阻段、低阻段)、百口泉组三段

(T_1b_3 ,简称百三段)。玛北地区钻遇三叠系百口泉组的探井较多,其中玛2井、玛6井、玛13井、玛131井、玛133井、玛15井、玛001井、玛007井、玛009井、夏89井、夏90井等井在三叠系百口泉组试油(特别是百二段)均获工业油流或稳定油气流。多口探井的勘探结果表明,该区三叠系百口泉组具有大面积含油、多层段含油的特点,但由于三叠系百口泉组储层致密、非均质性强^[13],因而优质储层成因机理方面的认识不足对提交储量造成了一定的影响,本文在对玛北地区三叠系百口泉组储层的物性特征、沉积环境特征、成岩作用特征分析基础上,对储层(特别是优质储层)的成因进行了分析,以为该区提交储量、类似地区油气勘探提供借鉴。

1 岩石学特征及物性特征

玛北地区20余口钻井岩芯的详细观察描述和200多张岩石薄片的观察分析表明,该区三叠系百口泉组储层的岩石类型主要是砾岩和砂岩。141个样品统计结果显示,砾岩主要为砂砾岩(占70%)、不等粒砾岩(占9%)、小砾岩(占2.5%)等,大多为灰色、

^①国家重点基础研究发展规划“973”项目(编号:2011CB201104)、国家科技重大专项(编号:2011ZX05000-01-06)、中国科学院油气资源研究重点实验室开放基金(编号:KFJJ2012-07)与甘肃省重点实验室专项(编号:1309RTSA041)联合资助
收稿日期:2013-12-31;收修改稿日期:2014-03-06

灰绿色、杂色、棕褐色、褐色；砾石磨圆度随颜色的不同存在差异，灰色、灰绿色砂砾岩呈次棱角状一次圆状（以次圆状为主，下同），棕褐色、褐色砂砾岩呈次圆状一次棱角状；砂砾岩的分选较差，砾石大小不一，有些达8 cm以上；砾岩岩屑中火山岩岩屑含量较高（图版 I-a, b, e）。砂岩主要是岩屑砂岩，包括含砾砂岩（占4%）、含砾不等粒砂岩（占3%）、中—细砂岩

（占5%）等，常为灰色，分选往往较好，磨圆度中等至较高，沉积构造也比较发育，常见有平行层理、波状层理、板状交错层理等^①（图版 I-c）。

物性统计显示，百口泉组三个段的储层物性差别较小。孔隙度在百三段（259个样品，图2a）以6%~14%之间为主，平均值为9.44%，在百二段（682个样品，图2b）以4%~12%之间为主，其中以6%~10%之间占主导，平均值为8.03%，在百一段（213个样品，图2c）以4%~10%之间为主，其中以6%~8%之间为主导，平均值为7.22%，说明随着埋藏深度的增加，平均孔隙度略有减小；渗透率在三个段基本都以 $0.8 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 \sim 20 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间为主，平均值依次是 $0.92 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ （239个样品，图2d）、 $1.04 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ （623个样品，图2e）、 $1.39 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ （183个样品，图2f），说明随着埋藏深度的增加，平均渗透率略有增加，在深部可能有次生孔隙发育带。

铸体薄片鉴定结果显示，玛北地区三叠系百口泉组砾岩和砂岩储层储集空间类型复杂，包括粒内溶孔（占19%）、剩余粒间孔（占18%）、基质中溶孔（占18%）、界面孔（占10%）、晶间孔（占9%）、微裂缝（占10%）等，还有少量粒间孔、粒间溶孔、粒内孔隙等（图版 I-d, e, f）。其中粒内溶孔、剩余粒间孔、基质中溶孔是最主要的孔隙类型，反应出百口泉组储层物性受到沉积环境和成岩作用的共同影响。

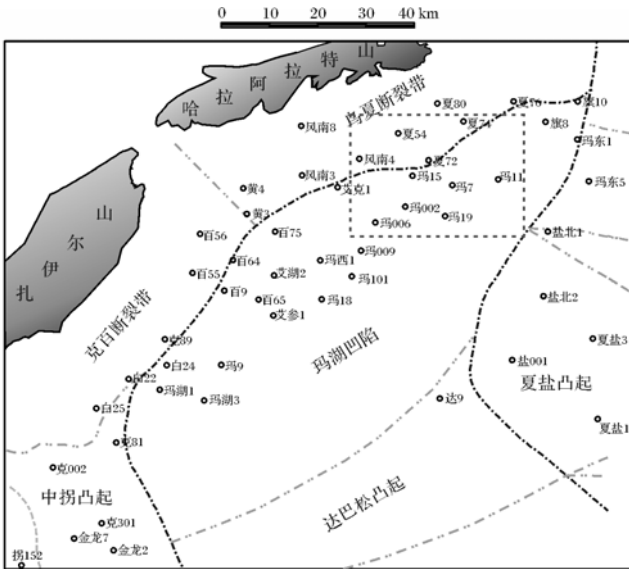


图1 研究区位置图(图中虚线框为玛北地区)
Fig.1 The location of the study area (the dotted box marks Mabei region)

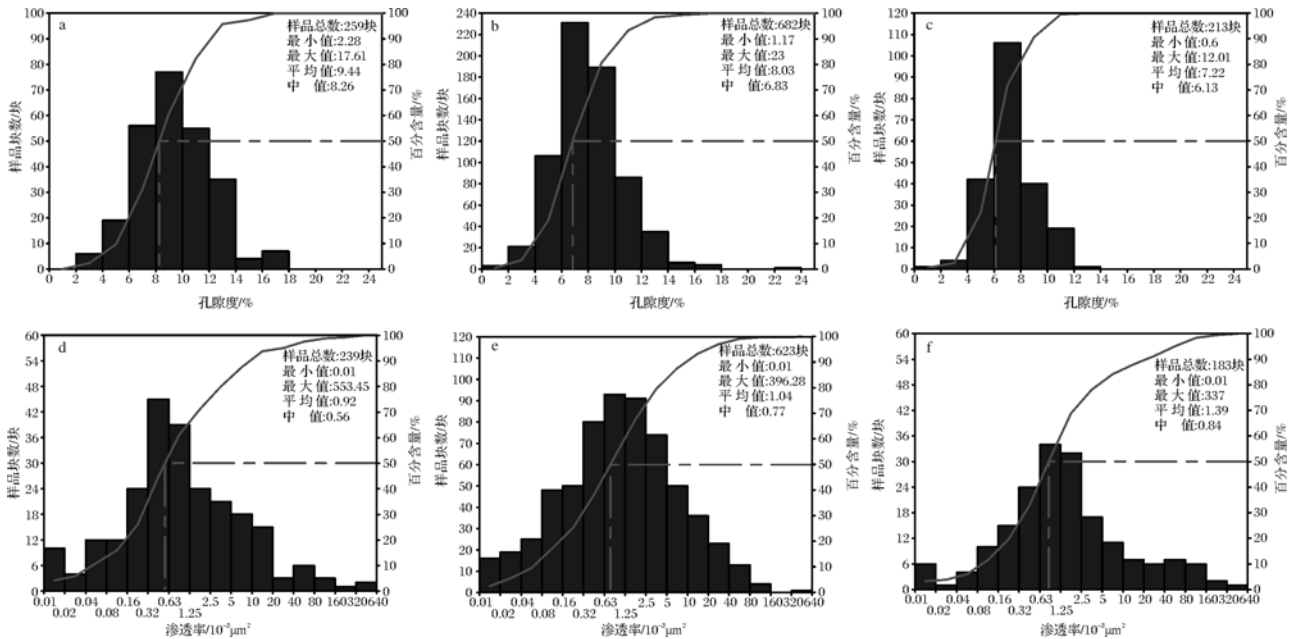


图2 研究区三叠系百口泉组储层孔隙度及渗透率分布直方图
Fig.2 Distribution histogram of Triassic Baikouquan Formation porosity and permeability in the study area

①史基安,张顺存,孙国强,等. 环玛湖—沙湾凹陷二叠系—三叠系储层评价. 新疆油田公司勘探开发研究院内部报告,2012.

2 沉积环境特征

前已述及,玛北地区三叠系百口泉组储层以砂砾岩等粗碎屑岩为主,大部分砾石具有较好—中等的磨圆度,明显经过一定距离的搬运,但是分选一般较差,而在远离物源的区域发育的灰色砂岩,分选相对较好。研究区自东北向西南岩性从砾岩→砂砾岩→粗砂岩→细砂岩变化;百口泉组自下而上岩性从杂色、褐色砂砾岩演化为灰色、灰绿色砂砾岩、粗砂岩。反映出该区沉积环境纵向上从扇三角洲平原演化为扇三角洲前缘的水进沉积的特点(图 3),平面上由东北部的扇三角洲平原为主,过渡到西南部的扇三角洲前缘为主。本文在岩芯观察、薄片鉴定的基础上,综合测井及录井资料,结合研究区的构造背景及前人研究成果^[14-19],绘制了多口重点单井的单井沉积相综合柱状图(图 3)、多条联井沉积相剖面图,在此基础上,绘制了百口泉组三个段的沉积相平面图。百口泉组各段的沉积特征简述如下:

百口泉组一段主要发育扇三角洲相平原和扇三角洲前缘亚相沉积。物源主要为来自东北方向及西部的黄 3 井—黄 4 井一线以西,另外在研究区北部偏西的乌 34 井—乌 36 井一线以北发育有次要物源。百一段沉积期,扇三角洲平原的沉积范围最大,其中东北部物源控制的扇三角洲平原一直延伸到了夏 81 井—夏 82 井—夏 201 井—玛 13 井—玛 5 井南一线,占据了研究区中东部的大部分地区,仅在东南角发育扇三角洲前缘亚相沉积;西部物源所控制的扇三角洲平原主要发育于研究区西南角;其它地区主要发育扇三角洲前缘沉积,仅在风南 1 井南—玛 4 井西一带,发育小范围的前扇三角洲沉积(图 4a)。

百二段的沉积特征继承了百一段时期的沉积特征,也主要发育扇三角洲平原和扇三角洲前缘亚相沉积,只是扇三角洲平原的范围有所减小,扇三角洲前缘的范围有所扩大,前扇三角洲的范围也向西迁移了几千米。该时期的主要物源仍然为来自东北方向及西部的黄 3 井—黄 4 井一线以西两大物源,而在研究

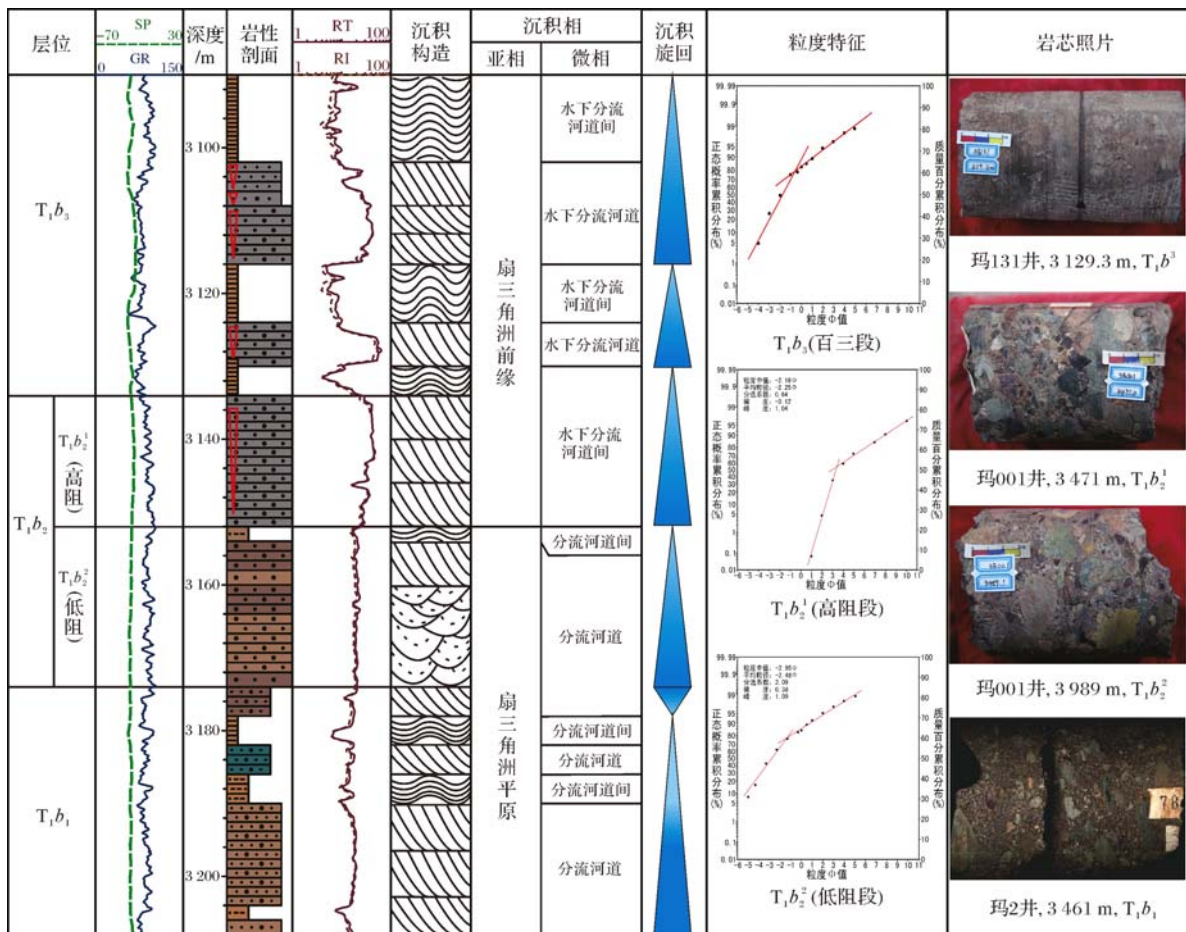


图 3 玛北地区单井沉积相综合柱状图

Fig.3 The integrated histogram of sedimentary facies analysis in Mabei area

区北部偏西的次要物源不发育(图4b)。

百三段的沉积特征继承了百二段时期的沉积特征,主要发育扇三角洲平原和扇三角洲前缘亚相沉积,该沉积期,扇三角洲平原的面积减小明显,前扇三角洲的范围也向北扩大。主要物源仍然为来自研究区东北方向及西部的黄3井—黄4井一线以西两大物源,次要物源不发育。其中东北物源控制的扇三角洲平原已经萎缩到了夏40井—玛7井以北,西部物源控制的扇三角洲平原仅在研究区西南角有小面积的发育。

综上所述,玛北地区三叠系百口泉组从百一段到百三段,是一个明显的水进沉积过程,扇三角洲平原的沉积范围逐渐向东北、向西退却,扇三角洲前缘的沉积范围向北扩大;沉积环境从百一段的水上沉积环

境为主(扇三角洲平原)过渡到百三段的水下沉积环境为主(扇三角洲前缘)(图3,4)。该区三叠系百口泉组的沉积环境具有以下特征:

(1) 冲积扇扇缘亚相水动力条件强,该区域的砂砾岩经过了较好的淘洗作用,往往可以形成较好的储层,是研究区优质储层重要的发育相带,而在中部的扇三角洲平原分支河道砂体也有成为储集层的潜力。

(2) 扇三角洲前缘亚相主要发育水下分流河道微相的砂砾岩、砂岩(主要为含砾砂岩、粗砂岩和中砂岩,位于水下分流河道末端)和水下分流河道间的泥岩(主要为粉砂质泥岩和泥质粉砂岩),其中水下分流河道微相砂体(特别是砂砾岩)是研究区最好的储集岩发育区。

(3) 在水下分流河道微相外围(扇三角洲外前

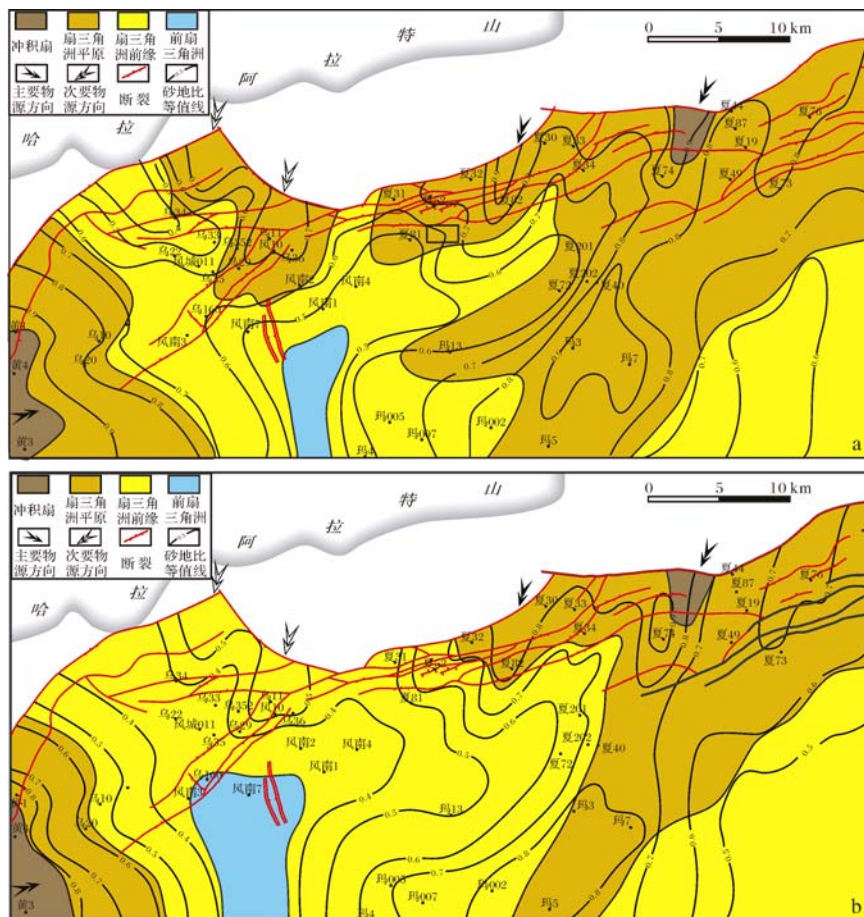


图4 玛北地区三叠系百一段(a)和百二段(b)沉积相平面展布特征

Fig.4 The plane distribution of Triassic Baikouquan Formation sedimentary facies in Mabei region (a for T₁b₁ and b for T₁b₂)

缘)发育有薄层细砂岩或粗粉砂岩的席状砂微相砂体,属于湖侵过程中湖水改造扇三角洲前缘细砂级沉

积物形成的薄层片状细砂体沉积。该类砂体在一定条件下也可成为储集岩。

(4) 扇三角洲前缘水下分流河道间泥岩,扇三角洲平原分流河道间泥岩,前扇三角洲泥岩都是良好的区域盖层(图 3,4)。

3 成岩作用特征

玛北地区三叠系百口泉组储层所经历的成岩作用主要有压实作用、胶结作用和溶蚀作用,不同的成岩作用在该区储层形成过程中对储层的影响不同。

研究区储集岩埋藏深度较大,大都在 3 000 m 以下,随着埋藏深度的增加,储层物性变差(图 5),镜下观察到碎屑颗粒以线接触为主,说明压实作用对储层物性影响大。该区压实作用现象主要是塑性岩屑被挤压变形、出现假杂基等(图版 I -g, h)。前已述及,研究区主要发育冲积扇—扇三角洲沉积相,其中在冲积扇、扇三角洲平原沉积环境下形成的碎屑岩储层的结构成熟度、成分成熟度都很低,泥质杂基含量较高,埋藏压实过程中,泥质杂基的润滑作用导致压实作用对储层破坏性增强;同时,由于砂砾岩砾石中含有凝灰岩等大量塑性的火山岩岩屑,它们在 3 000 m 以下时,更易发生塑性变形,碎屑颗粒的支撑骨架作用减弱,导致储层物性进一步破坏。只有在有利的沉积相带上(主要是扇三角洲前缘水下分流河道和主河道微相),由于长期水流的淘洗作用,泥质杂基含量降低,压实作用有所减弱,才可以保存一些优质储层^[19]。

胶结作用对研究区储层物性也存在较明显的影响。图 6 是压实作用与胶结作用对孔隙演化影响评价综合图,从图中可以看出,研究区粒间孔隙大都分布于 5%~15% 之间,胶结物含量大都在 5% 以下,少部分在 5%~10% 之间,胶结作用造成储层 10% 左右的原始孔隙损失,压实作用造成了储层 80% 左右的孔隙损失。原因在于研究区砂砾岩储层主要是发育扇三角洲前缘水下分流河道、扇三角洲平原分流河道沉积环境中,泥质杂基含量及胶结物含量存在差异。当泥质杂基含量较高时,对成岩作用早期碳酸盐类胶结物的发育具有抑制作用,造成胶结物含量很低(低于 2%),难以提供抵御压实作用的支撑颗粒骨架作用,加上泥质杂基的润滑作用,压实作用对储层物性的破坏作用强烈,储层物性较差;当泥质杂基含量较低时,在成岩作用早期,往往容易形成碳酸盐类、沸石类胶结物,起到支撑颗粒骨架作用,抵御压实作用,减弱压实作用对储层的破坏,在成岩作用后期,这些碳酸盐类、沸石类胶结物又容易发生溶蚀作用,产生溶

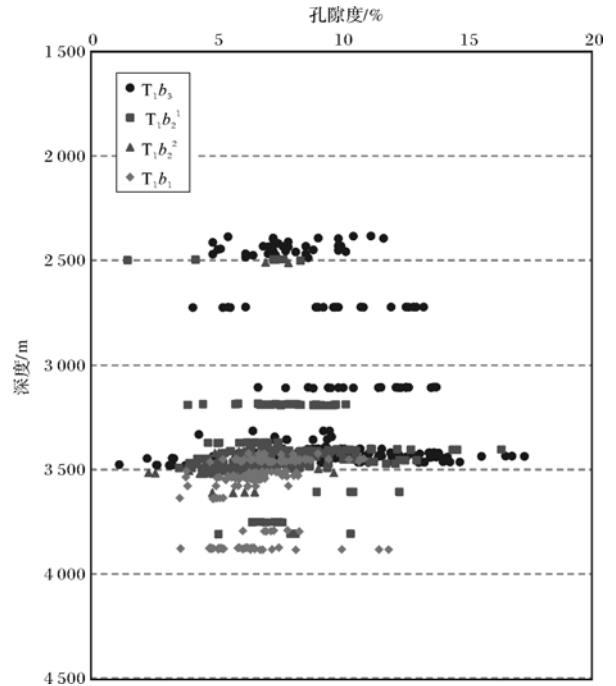


图 5 玛北地区百口泉组各段孔隙度与深度关系图
Fig.5 Porosity and depth diagram in Mabei region of each stage of Baikouquan Formation

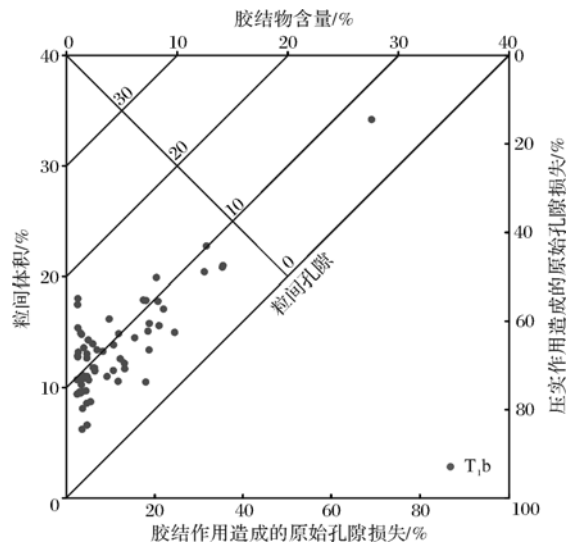


图 6 玛北地区三叠系百口泉组压实作用与胶结作用对孔隙演化影响评价图

Fig.6 Impact of compaction and cementation on pore evolution in Triassic Baikouquan Formation of Mabei area

蚀孔隙,对提高储层物性具有积极的意义;但当碳酸盐类、沸石类胶结物的含量过高时(高于 10%),胶结物往往堵塞粒间孔隙,造成孔隙流体流动困难,溶蚀作用难以发育,储层物性降低^[19]。研究区可见到的胶结物主要有方解石、绿泥石、硅质、沸石类、伊利石

等(图版 I-i, j)。

研究区三叠系百口泉组的砂砾岩和砂岩储层中,发育的溶蚀作用类型较多(如前文所述,该区储集空间除了残余粒间孔外,还有大量粒内溶孔、基质溶孔等次生孔隙),主要是颗粒的溶蚀作用(以长石颗粒发生溶蚀最为常见)、基质的溶蚀作用及胶结物的溶蚀作用(主要是碳酸盐类胶结物和沸石类胶结物的溶蚀作用等)^[19~24](图版 I-k, l)。这些溶蚀作用的发育一方面增加了储层的储集空间,提高了储层物性,另一方面,还为油气运移提供了通道,因此对于改善储层具有积极的意义。

4 优质储层成因分析

从准噶尔盆地碎屑岩储层以往的研究成果来看,碎屑岩中含有大量半塑性的凝灰岩等火山岩岩屑,当埋藏深度大于 3 500 m 时,由于压实作用增强,半塑性碎屑发生变形,碎屑颗粒出现线接触和凸凹接触,粒间孔隙急剧减少,造成孔隙度下降^[19,21~24]。研究区三叠系百口泉组储层的埋藏深度大都为 2 200~3 800 m,从储层孔隙度与埋藏深度关系图中可以看出,储层孔隙度具有随着埋藏深度的增加而减少的趋势,但在 3 500 m 附件孔隙度出现较明显的增大(图 5)。数据分析表明,3 300 m 以下,98 个孔隙度大于 10% 的样品中,有 1 个样品(孔隙度为 10%)的深度为 3 341 m,3 个样品(平均孔隙度为 11.07%)的深度为 3 608 m,其它样品(孔隙度在 10%~17.32% 之间,平均值为 12.08%)的深度均在 3 401~3 474 m 之间。这些样品均属于扇三角洲前缘沉积环境,以扇三角洲前缘水下分流河道沉积为主,包括砂砾岩(占 38.8%)、中砂岩(占 24.4%)、含砾不等粒砂岩(占 19.4%)、含砾粗砂岩(占 10.2%)等。说明扇三角洲

前缘水下分流河道微相的沉积物在 3 500 m 左右的埋深下,虽然压实作用对其物性的降低有较明显的影响,但溶蚀作用对储层物性的改善具有积极的意义并形成了较明显的次生孔隙发育带(图 5、图 7、图版 I-f),该带的深度正好是百二段储层(该段储层也是整个百口泉组储层中最好的)的深度(图 7 中,玛 001 井百三段的底界是 3 430 m,该井的两张照片深度位于百三段底部),表明压实作用造成了该区储层物性的降低,而溶蚀作用提高了该区储层物性(图 6,8)。

同时,储层孔隙度与渗透率的相关性中等,说明储集空间既有原生孔隙,又有次生孔隙,储层物性受到沉积环境和成岩作用的双重控制并以前者为主。不同微相储层物性的统计显示,扇三角洲前缘水下分流河道微相的物性最好,扇三角洲有平原分流河道微相的物性次之,扇三角洲前缘水下分流河道间及扇三角洲平原分流河道间的物性较差。百一段沉积期,由于水上部分沉积范围较大,扇三角洲前缘沉积物较少,因此优质储层发育较少。百二段沉积期的构造研究显示^[13],该时期在水下由东北向西南发育一个面积比较大的坡度很缓的缓坡,因此该坡上发育的扇三角洲前缘水下分流河道沉积物受到了湖水强烈的不间断的淘洗,导致砂砾岩的泥质杂基含量很低,砾石磨圆度较好,胶结物较发育,因而成岩早期压实作用对储层的破坏有限,成岩后期溶蚀作用对储层的改善具有积极意义(从图 8 的孔隙演化模式图上,也可以看到溶蚀孔隙对该区储层的影响明显),因此该时期在该区域沉积的砂砾岩成为研究区三叠系百口泉组最为优质的储层,这与百二段试油结果最好相符合。百三段沉积期,缓坡消失,研究区大范围属于水下沉积环境,但扇三角洲前缘水下分流河道沉积物的范围和厚度有限,形成了该区较优质储层,该时期的部分

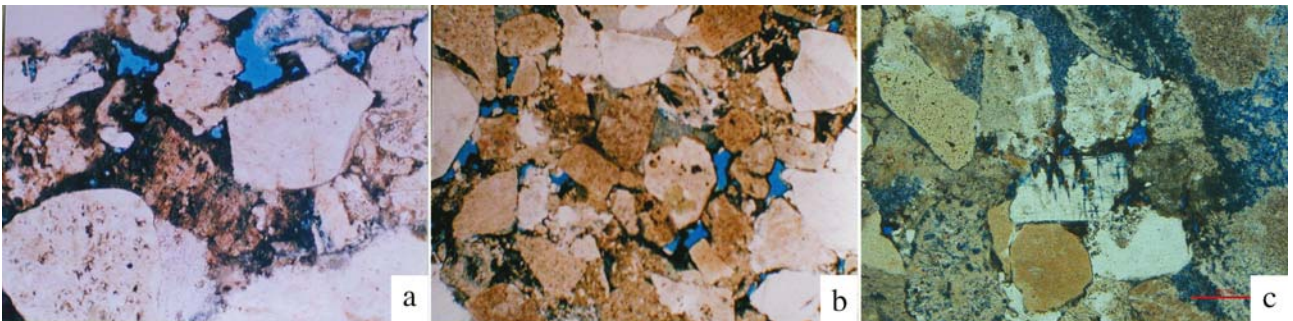


图 7 玛北地区三叠系百口泉组储层中溶蚀作用微观特征

a.玛 003 井,3 468.39 m, T_1b_2 , 砂砾岩。粒间溶孔及黏土收缩孔发育。(—)×80; b.玛 001 井,3 426.35 m, T_1b_3 , 含砾粗砂岩中粒间溶孔的微观特征。(—)×50; c.玛 001 井,3 426.75 m, T_1b_3 , 砂砾岩,粒间、粒内溶孔发育,长石颗粒发生溶蚀,铸体薄片。

Fig.7 The microscopic features of dissolution in Triassic Baikouquan Formation reservoir of Mabei area

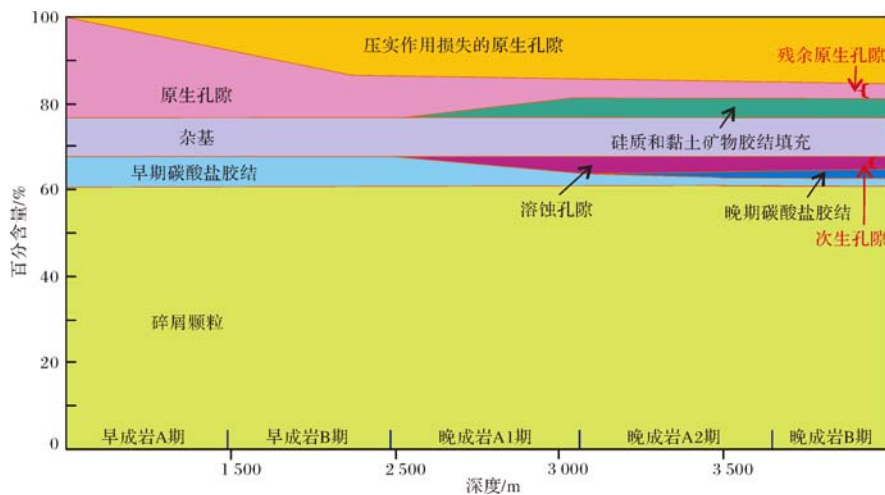


图8 玛北地区三叠系百口泉组储层孔隙演化模式图

Fig.8 The reservoir pore evolution pattern in Triassic Baikouquan Formation of Mabei area

席状砂也可以成为较有利储层。

5 结论

(1) 玛北地区三叠系百口泉组储层主要是粗碎屑的砂砾岩,细碎屑的砂岩类储层含量较少,储层平均孔隙度在7%~9%之间,平均渗透率在 $0.9 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 \sim 1.4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 之间,属于低孔—低渗储层。

(2) 百口泉组储层主要发育于扇三角洲前缘水下分流河道及扇三角洲平原分流河道,在构造坡折带的影响下,经过水体较长时间淘洗的扇三角洲前缘水下分流河道砂砾岩储层受压实作用影响较小,储层物性最好,该微相属于该区优质储层发育相带,扇三角洲平原分流河道砂砾岩储层的物性次之;

(3) 成岩作用对储层的影响各不相同:压实作用造成了泥质杂基含量较高的砂砾岩储层(主要是扇三角洲平原分流河道的砂砾岩储层、还有部分扇三角洲前缘水下分流河道间微相的储层)物性的不可逆降低;成岩早期适量的胶结物提供了支撑颗粒骨架,可以抵御压实作用对储层物性的影响,但成岩晚期大量的胶结物可以阻塞孔隙,对储层具有不利的影响;长石颗粒及碳酸盐类、沸石类胶结物的溶蚀作用对储层物性的改善具有积极意义,是形成优质储层的重要因素。

参考文献 (References)

- 1 He Dengfa, Li Di, Fan Chun, *et al.* Geochronology, geochemistry and tectonostratigraphy of Carboniferous strata of the deepest Well Moshen-1 in the Junggar Basin, northwest China: Insights into the continental growth of Central Asia[J]. *Gondwana Research*, 2013, 24: 560-577
- 2 Liu Haiquan, Xu Yigang, He Bin. Implications from zircon-saturation temperatures and lithological assemblages for Early Permian thermal anomaly in northwest China[J]. *Lithos*, 2013, 182-183: 125-133
- 3 潘建国,郝芳,谭开俊,等. 准噶尔盆地红车断裂带古生界火山岩油气藏特征及成藏规律[J]. *岩性油气藏*, 2007, 19(2): 53-57 [Pan Jianguo, Hao Fang, Tan Kaijun, *et al.* Characteristics and accumulation of Paleozoic volcanic rock reservoirs in Hongche fault belt, Junggar Basin[J]. *Lithologic Reservoirs*, 2007, 19(2): 53-57]
- 4 祝彦贺,王英民,袁书坤,等. 准噶尔盆地西北缘沉积特征及油气成藏规律——以五、八区佳木河组为例[J]. *石油勘探与开发*, 2008, 35(5): 576-580 [Zhu Yanhe, Wang Yingmin, Yuan Shukun, *et al.* Sedimentary characteristics and hydrocarbon accumulation rules in northwestern Junggar Basin: A case from Jiamuhe Formation of No.5 and 8 area [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2008, 35(5): 576-580]
- 5 史基安,何周,丁超,等. 准噶尔盆地西北缘克百地区二叠系沉积特征及沉积模式[J]. *沉积学报*, 2010, 28(5): 121-127 [Shi Ji'an, He Zhou, Ding Chao, *et al.* Sedimentary characteristics and model of Permian system in Ke-Bai area in the north western margin of Junggar Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2010, 28(5): 121-127]
- 6 刘文彬. 准噶尔盆地西北缘风城组沉积环境探讨[J]. *沉积学报*, 1989, 7(1): 61-70 [Liu Wenbin. Study on sedimentary environment of Fengcheng Formation at northwest margin of Junggar Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1989, 7(1): 61-70]
- 7 张顺存,陈丽华,周新艳,等. 准噶尔盆地克百断裂下盘二叠系砂砾岩的沉积模式[J]. *石油与天然气地质*, 2009, 30(6): 740-746 [Zhang Shuncun, Chen Lihua, Zhou Xinyan, *et al.* Sedimentary model of the Permian sandy conglomerate in the footwall of the Kebai Fault, Junggar Basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 2009, 30(6): 740-746]
- 8 鲜本忠,徐怀宝,金振奎,等. 准噶尔盆地西北缘三叠系层序地层与隐蔽油气藏勘探[J]. *高校地质学报*, 2008, 14(2): 139-146 [Xian Benzong, Xu Huaibao, Jin Zhenkui, *et al.* Sequence stratigraphy and subtle reservoir exploration of Triassic system in northwestern margin of

- Junggar Basin[J]. *Geological Journal of China Universities*, 2008, 14(2): 139-146]
- 9 方世虎,郭召杰,张志诚,等. 准噶尔盆地中生代演化的地层学和沉积学证据[J]. *高校地质学报*, 2004, 10(4): 554-561 [Fang Shihu, Guo Zhaojie, Zhang Zhicheng, *et al.* Mesozoic tectonic evolution of southern Junggar Basin, northwestern China: Constraints from stratigraphic and sedimentologic evidence[J]. *Geological Journal of China Universities*, 2004, 10(4): 554-561]
 - 10 张继庆,汪新胜,刘志刚,等. 准噶尔盆地西北缘三叠-侏罗系沉积模式[J]. *新疆石油地质*, 1992, 13(3): 206-216 [Zhang Jiqing, Jiang Xinsheng, Liu Zhigang, *et al.* Depositional model for the Triassic and Jurassic strata of the northwestern margin in Junggar Basin[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 1992, 13(3): 206-216]
 - 11 鲍志东,刘凌,张冬玲,等. 准噶尔盆地侏罗系沉积体系纲要[J]. *沉积学报*, 2005, 23(2): 10-18 [Bao Zhidong, Liu Ling, Zhang Dongling, *et al.* Depositional system frameworks of the Jurassic in Junggar Basin[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2005, 23(2): 10-18]
 - 12 朱筱敏,张义娜,杨俊生,等. 准噶尔盆地侏罗系辫状河三角洲沉积特征[J]. *石油与天然气地质*, 2008, 29(2): 244-251 [Zhu Xiaomin, Zhang Yi'na, Yang Junsheng, *et al.* Sedimentary characteristics of the shallow Jurassic braided river delta, Junggar Basin[J]. *Oil & Gas Geology*, 2008, 29(2): 244-251]
 - 13 瞿建华,张顺存,李辉,等. 准噶尔盆地玛北地区三叠系百口泉组油藏成藏控制因素[J]. *特种油气藏*, 2013, 20(5): 51-56 [Qu Jianhua, Zhang Shuncun, Li Hui, *et al.* The controlling factors of Triassic reservoirs in Baikouquan Formation, Mabei area[J]. *Special Oil & Gas Reservoirs*, 2013, 20(5): 51-56]
 - 14 丘东洲. 准噶尔盆地西北缘三叠-侏罗系隐蔽油气圈闭勘探[J]. *新疆石油地质*, 1994, 15(1): 1-9 [Qiu Dongzhou. Exploration of the concealed oil-gas trap of Triassic-Jurassic in northwestern margin of Junggar Basin[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 1994, 15(1): 1-9]
 - 15 吴涛,张顺存,周尚龙,等. 玛北油田三叠系百口泉组储层四性关系研究[J]. *西南石油大学学报:自然科学版*, 2012, 34(6): 47-52 [Wu Tao, Zhang Shuncun, Zhou Shanglong, *et al.* Study on four property relationship of Baikouquan Formation in Triassic, Mabei oilfield, Junggar Basin[J]. *Journal of Southwest Petroleum University: Science & Technology Edition*, 2012, 34(6): 47-52]
 - 16 雷德文. 准噶尔盆地玛北油田孔隙度横向预测[J]. *新疆石油地质*, 1995, 16(4): 296-300 [Lei Dewen. Transversal prediction of porosity in Mabei oilfield[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 1995, 16(4): 296-300]
 - 17 何琰,牟中海,裴素安,等. 准噶尔盆地玛北斜坡带油气成藏研究[J]. *西南石油学院学报*, 2005, 27(6): 8-11 [He Yan, Mou Zhonghai, Pei Su'an, *et al.* The exploration target of oil-gas Mabei slope area of Junggar Basin[J]. *Journal of Southwest Petroleum Institute*, 2005, 27(6): 8-11]
 - 18 蔚远江,李德生,胡素云,等. 准噶尔盆地西北缘扇体形成演化与扇体油气藏勘探[J]. *地球学报*, 2007, 28(1): 62-71 [Yu Yuanjiang, Li Desheng, Hu Suyun, *et al.* Fans sedimentation and exploration direction of fan hydrocarbon reservoirs in foreland thrust belt of the northwestern Junggar Basin[J]. *Acta Geoscientica Sinica*, 2007, 28(1): 62-71]
 - 19 张顺存,刘振宇,鲁阳,等. 成岩作用对克百断裂下盘二叠系砂砾岩储层物性的控制作用研究[J]. *天然气地球科学*, 2010, 21(5): 755-761 [Zhang Shuncun, Liu Zhenyu, Lu Yang, *et al.* Diagenesis constraint to physical property of Permian conglomerate reservoir in underlying block of Kebai fault[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2010, 21(5): 755-761]
 - 20 Zhu Shifa, Zhu Xiaomin, Wang Xulong, *et al.* Zeolite diagenesis and its control on petroleum reservoir quality of Permian in northwestern margin of Junggar Basin, China[J]. *Science China: Earth Sciences*, 2012, 55(3): 386-396
 - 21 张顺存,刘振宇,刘巍,等. 准噶尔盆地西北缘克百断裂下盘二叠系砂砾岩储层成岩相研究[J]. *岩性油气藏*, 2010, 22(4): 43-51 [Zhang Shuncun, Liu Zhenyu, Liu Wei, *et al.* Diagenesis facies of Permian sandy conglomerate reservoir in footwall of Kebai Fault in northwestern margin of Junggar Basin[J]. *Lithologic Reservoirs*, 2010, 22(4): 43-51]
 - 22 Wu Kongyou, Paton Douglas, Zha Ming. Unconformity structures controlling stratigraphic reservoirs in the north-west margin of Junggar Basin, Northwest China[J]. *Frontiers of Earth Science*, 2013, 7(1): 55-64
 - 23 鲁新川,孔玉华,常娟,等. 准噶尔盆地西北缘克百地区二叠系风城组砂砾岩储层特征及主控因素分析[J]. *天然气地球科学*, 2012, 23(3): 474-481 [Lu Xinchuan, Kong Yuhua, Chang Juan, *et al.* Characteristics and main controlling factors of sand-gravel stone reservoir of Permian Fengcheng Formation in Kebai area, Northwest Junggar Basin[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2012, 23(3): 474-481]
 - 24 Lu Xinchuan, Shi Ji'an, Zhang Shuncun. The characteristics of sand-gravelstone reservoir and the analysis of prime controlling factors in Permian Fengcheng Formation at Kebai area, Junggar Basin[J]. *Advances in Information Sciences and Services Sciences (AISS)*, 2012, 14(18): 611-619

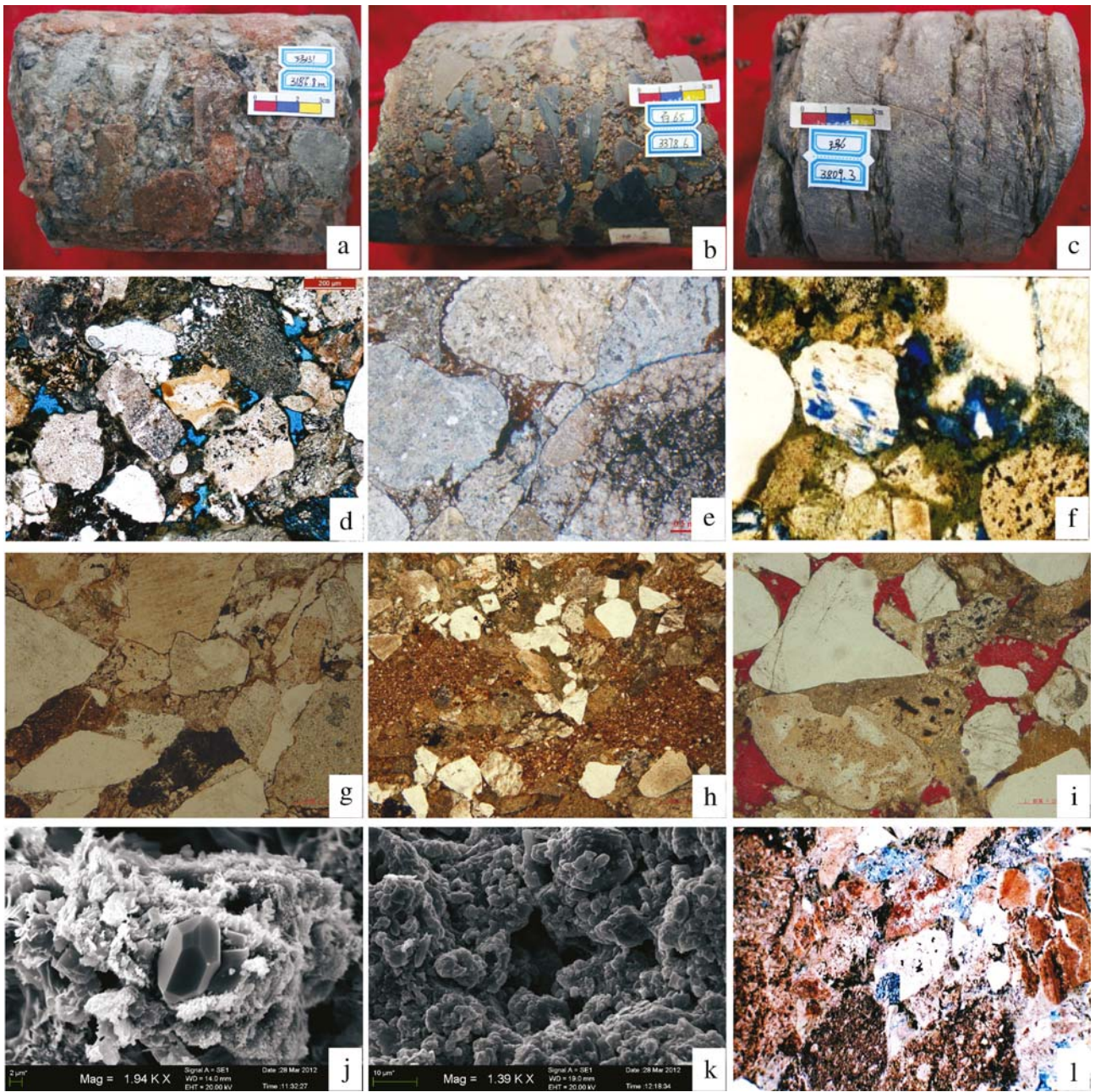
Genetic Analysis of the High Quality Reservoir of Triassic Baikouquan Formation in Mabei Region, Junggar Basin

ZHANG Shun-cun¹ JIANG Huan² ZHANG Lei³ LI Peng³
ZOU Niu-niu^{1,4} LU Xin-chuan¹ SHI Ji-an¹

- (1. Key Laboratory of Petroleum Resources, Gansu Province / Key Laboratory of Petroleum Resources Research, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000;
2. Xinjiang Oilfield Company Research Institute of Experiment and Detection, Karamay, Xinjiang 834000;
3. Institute of Exploration and Development of Xinjiang Oil Company, Karamay, Xinjiang 834000;
4. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049)

Abstract: The petroleum exploration of Junggar Basin shows that a mass of high quality reservoirs developed in Triassic Baikouquan Formation of Mabei region, while the genesis of high quality reservoir still needs further research. The characteristics of reservoir petrology, physical property, sedimentary environment and diagenesis indicate that reservoir of Triassic Baikouquan Formation in Mabei area is mainly composed of coarse clastic glutenite. The fine grained clastic sandstone reservoirs less developed, reservoirs average porosity is mainly between 7% and 9%, and average permeability is $0.9 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ and $1.4 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$; Fan-delta front subaqueous distributary channel and fan-delta plain distributary channel are favorable reservoirs which are affected by structural slope-break zone, due to long time water washing, Fan-delta front subaqueous distributary channel glutenite reservoir property is best and then Fan-delta plain distributary channel sand body. Compaction causes higher argillaceous matrix glutenite reservoir property irreversibly decrease, proper eogenetic cement provide the supported grain skeleton, which can resist compaction effect on reservoir physical properties, but late diagenesis lots of cement can block the pore and bad to reservoirs. Whereas the dissolution of feldspar particles and zeolite cement has positive significance on the improvement of the reservoir property.

Key words: Junggar Basin; Mabei region; Triassic Baikouquan Formation; reservoir; genesis



图版 I 说明 a.玛 131 井,3 186.8 m, T_1b , 杂色砂砾岩,分选较差,砾石磨圆较好;b.百 65 井,3 378.6 m, T_1b , 褐色砂砾岩,分选和磨圆都较差;c.玛 6 井,3 809.3 m, T_1b , 深灰色粉细砂岩,波状层理,见有碳质条带;d.玛 13 井,3 107.64 m, T_1b , 含砾不等粒砂岩的粒间孔和粒间溶孔发育。(一) $\times 50$;e.玛 006 井,3 418.69 m, T_1b , 砾岩,磨圆度较好,砾间缝和界面孔发育(铸体薄片);f.玛 006 井,3 407.37 m, T_1b , 不等粒粗砂岩,粒间孔和粒内溶孔发育。(一) $\times 50$;g.玛 006 井,3 422.67 m, T_1b , 砂砾岩中压实作用较强,造成塑性砾石变形,粒间孔隙减小;h.玛 006 井,3 407.37 m, T_1b , 砂砾岩中压实作用较强,造成塑性砾石变形出现假杂基;i.玛 006 井,3 404.27 m, T_1b , 砂砾岩的粒间孔中发育的方解石胶结物的特征;j.玛 131 井,3 188.2 m, T_1b , 砂岩中发育的自生粒状石英及伊利石胶结物的特征(扫描电镜);k.玛 131 井,3 193.5 m, T_1b , 长石颗粒溶蚀特征(扫描电镜);l.玛 101 井,3 755.06 m, T_1b , 砂砾岩中见有少量粒间溶孔及粒内溶孔,粒间伊—蒙混层发育。(一) $\times 32$ 。