

文章编号: 1000-0550(2012)06-1123-07

准噶尔盆地车拐地区三叠系成岩作用与孔隙演化^①

鲁新川¹ 张顺存¹ 蔡冬梅² 史基安¹

(1. 中国科学院油气资源研究重点实验室 兰州 730000; 2. 大庆油田有限责任公司勘探开发研究院 黑龙江大庆 163712)

摘要 通过岩芯观察、薄片鉴定以及测井和录井资料分析,对准噶尔盆地西北缘车拐地区三叠系储层的物性特征、孔隙类型、成岩作用及储层物性的主控因素进行了研究,认为发育于车拐地区三叠系扇三角洲前缘相带的储层经历了机械压实作用、胶结作用、交代作用、溶蚀作用等多种成岩作用,经过成岩作用和自生矿物特点可知车拐地区三叠系主要现今处于晚成岩阶段B期。压实作用为影响储层物性特征的主要因素,随着埋深的加大压实作用的增强物性随之变差,可使孔隙度减少20%以上;沸石和碳酸盐胶结物的溶蚀可使孔隙度增加达3%,研究区总的孔隙度分布范围主要在6%~18%之间,渗透率分布范围为 $0.08 \times 10^{-3} \sim 40.0 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

关键词 成岩作用 孔隙演化 三叠系 车拐地区

第一作者简介 鲁新川 男 1979年出生 博士 助理研究员 沉积学 E-mail: xclu@lzb.ac.cn

中图分类号 TE122.2 **文献标识码** A

0 前言

准噶尔盆地西北缘是准噶尔盆地重要的产油区。受红车断裂带及中拐凸起的影响,西北缘车拐地区形成多种类型的圈闭,是具有较大潜力的有利含油气区,在二叠系—侏罗系中均已发现油气藏^[1-3]。西北缘三叠系车拐斜坡区已探明油气主要集中在红车断裂带下盘,以岩性油气藏为主,规模都很小。严世帮认为^[4]三叠系斜坡区沉积时表现为隆凹相间格局,具备发育大规模古构造条件和储层条件,斜坡区三叠系、侏罗系具备发现规模较大油气藏的条件。由于侏罗系埋藏较浅,对储层的影响因素相对较少,在以往的研究中对侏罗系的储层、沉积作用研究较多^[1,5],由于车拐斜坡区三叠系埋藏深度大都在3 000 m以下,部分地区埋深已经超过了4 500 m,对于车拐地区三叠系储层的物性特征、孔隙类型、成岩作用及储层物性的主控因素等方面的研究非常薄弱。因此,本文对车拐地区三叠系储层的成岩作用和孔隙演化特征进行研究,为对该区的三叠系储层的理论研究提供一定的科学依据,对油气田的勘探开发提供一定的现实指导意义。

1 区域地质背景

准噶尔盆地西北缘车拐斜坡区处于新疆克拉玛依市和沙湾县,位于准噶尔盆地西部隆起和中央拗陷

区域,包括红车断裂带、车排子凸起、中拐凸起和中央拗陷部分^[4]。三叠纪时研究区构造运动从早期到晚期逐渐减弱,二叠纪时已经发育的中拐凸起和车排子凸起的隆起速度减弱,三叠纪的沉积物覆盖于车拐凸起和车排子凸起之上,在车排子凸起东斜坡,沉积厚度较大^[6]。仅在早三叠世百口泉组沉积期,研究区西北部还有微弱的隆起作用发育,山体高度不高,物源供给量中等,主要发育冲积扇沉积,物源主要来自研究区西北部。中三叠世,发育了冲积扇—扇三角洲沉积,由于晚期红—车断裂的发育,以冲积扇为主的盆地边缘相带绝大部分已被剥蚀,目前主要残留扇三角洲相沉积,尤其是扇三角洲前缘相带沉积。晚三叠世白碱滩组沉积期,研究区构造运动很弱,物源区构造抬升不明显,沉积物供给量减少,研究区发生大范围的水进,湖泊面积进一步扩大,研究区主要发育扇三角洲前缘至前扇三角洲甚至浅湖相的粉砂岩和泥岩为主的细粒碎屑沉积^[7]。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),其中克拉玛依组又划分为克拉玛依组下亚组(克下组, T_2k^1 ,下同)和克拉玛依组上亚组(克上组, T_2k^2)^[7,8]。

2 储层特征

2.1 储层的岩石类型

^①国家科技重大专项(编号:2011ZX050001-006)、国家重点基础研究发展规划“973”项目(编号:2011CB201104)。
收稿日期:2012-01-20; 收修改稿日期:2012-04-21

车拐地区三叠系储层的岩石类型主要为砾岩和砂岩,其中砾岩占46%,砂岩占54%(图1)。砾岩主要包括细砾岩、砂砾岩,以砂砾岩为主,砂砾岩占岩石总含量的36%;灰色和灰绿色砾岩具有较好的分选性和磨圆度,而紫红色、棕红色砾岩结构成熟度较低,杂基含量高(图2a);砾岩岩屑中火山岩类岩屑含量非常高。砂岩颜色通常为灰色或灰绿色,碳酸盐类、沸石类胶结物胶物发育,粒间孔中充填大量的方解石胶结物,导致砂岩的粒间孔被堵塞、丧失(图2b)。砂岩的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。

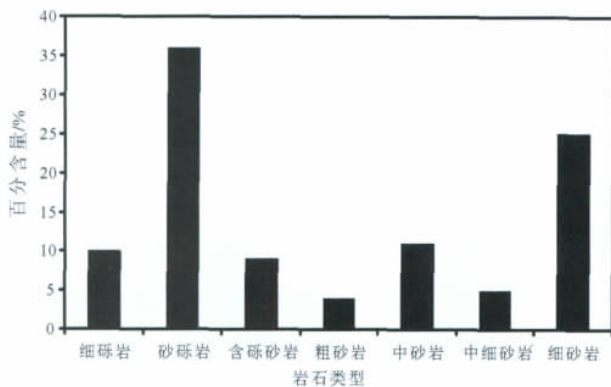


图1 车拐地区三叠系碎屑岩的岩石类型

Fig. 1 Types of Triassic clastic rock in Cheguai area

2.2 储层的孔隙类型

碎屑岩的储集物性随着埋藏深度和成岩作用而变化,储集空间类型也不断发生着变化。孔隙类型随着埋深由浅到深一般表现为原生孔隙发育→混合孔隙发育→次生孔隙发育→次生孔隙减少和裂隙发育,岩石由疏松变得致密。通过对岩芯薄片观察发现,在砾岩中常见孔隙类型主要有原生粒间孔和次生粒间溶孔、次生构造缝。其中粒间孔和粒间溶孔是砂砾岩的主要储集空间。当砾岩的磨圆度、分选性较好时,杂基含量少,粒间孔比较发育,而砾岩分选、磨圆差时,杂基含量较高,在压实作用等成岩作用影响下,粒间孔随着埋藏深度的增加而减少直至消失。当砾岩被硅质胶结时,硬度较大,易形成次生构造缝(图2c)。砂岩的原生孔隙主要是粒间孔,次生孔隙为粒间和粒内溶孔。

2.3 储层的物性特征

储层物性包括孔隙度和渗透率等因素。孔隙性的好坏直接决定岩层储存油气的数量,渗透性的好坏则控制了储层内所含油气的产能,因此,岩石的孔隙

性和渗透性是反映岩石储存流体和运输流体能力的重要参数^[9,10]。车拐地区三叠系砂砾岩孔隙度分布在6%~18%之间,渗透率差别较大,主要分布在 $0.08 \times 10^{-3} \sim 40.0 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。储层的埋藏深度为2000~4000 m,从储层孔隙度及渗透率与埋藏深度关系图中可以看出,储层物性具有随着埋藏深度的增加而减少(图3),表明压实作用为储层物性的影响非常大。

3 成岩作用及对储层的影响

成岩作用是沉积物沉积之后从沉积岩直至变质作用之前,或因构造运动重新抬升至地表遭受风化作用以前所发生的物理、化学、物理化学和生物的作用^[11]。车拐地区三叠系储层成岩作用类型主要有压实作用、压溶作用、胶结作用和溶解作用等。

3.1 压实作用

研究区三叠系埋藏较深,压实作用对储层物性具有较强的破坏作用。镜下可观察到的压实现象有:塑性的云母碎片发生挠曲、泥岩岩屑被挤压变形、刚性颗粒断裂等。在黏土杂基含量较高的砂岩和砾岩中,由于粒间黏土矿物的润滑作用,碎屑沉积物被迅速压实,粒间孔隙度损失较快,甚至消失(图2e)。研究区有较多的火山岩岩屑作为砾石成分,部分半塑性的火山岩岩屑在强压实作用下发生塑性变形,与周围碎屑颗粒呈凹凸接触(或呈假杂基状),使砂砾岩中的粒间孔隙遭到进一步破坏,导致砂砾岩储层物性急剧变差(图2e),这时砂砾岩的孔隙度一般小于10%,渗透率一般小于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

压实作用除与埋藏深度有一定的正相关外,还与岩石的成分成熟度和结构成熟度有关。研究区碎屑岩的成分成熟度和结构成熟度普遍较低,火山岩岩屑及杂基含量较高,这抑制了碳酸盐类等早期胶结作用的发育,加之泥质杂基的润滑作用,造成机械压实作用对储层物性的影响增大。车拐地区三叠纪湖泊环境为微咸水环境,偏碱性的水介质利于早期方解石胶结物和沸石类胶结物的形成,虽然这些胶结物占据了砂砾岩的粒间孔隙,并对孔隙度和渗透率产生一定负面影响,但是由于早期胶结物的支撑作用,大大减缓了后续的压实作用对砂砾岩储层粒间孔隙的破坏,这些胶结物的易溶特征,为后期溶蚀作用的发育创造了有利条件(图2d)。

3.2 胶结作用

胶结作用是沉积物转变为沉积岩的重要作用,也

是使沉积层中孔隙度和渗透率降低的主要原因之一, 胶结作用可发生在成岩作用的各个阶段, 并且呈现世代性的特点^[11, 12]。根据研究区碎屑岩中的成分特征, 车拐地区三叠系胶结物类型多样, 常见的有方解石、沸石类、石英的次生加大和黏土矿物。

1) 碳酸盐胶结物

碳酸盐胶结物可以形成于成岩作用的各个阶段, 早成岩阶段形成的碳酸盐胶结物一般为结晶程度较差, 主要为含铁方解充填与颗粒间或环绕在颗粒的周围; 早成岩晚期和晚成岩期碳酸盐胶结物晶形较大, 沉积物遭受强烈压实, 胶结物充填于较紧密接触及紧密接触的粒间孔中, 并常对碎屑颗粒有不同程度的交代作用。而研究区内方解石胶结物分布范围较广, 呈

粒状、镶嵌状、衬边状或栉状产出, 也可呈次生加大环边出现(图 2d-g)。

2) 硅质胶结物

石英是碎屑岩中最常见的硅质胶结物, 多以自形和次生加大出现在颗粒间。研究区比较常见的硅质胶结物是自形石英小晶体出于碎屑颗粒边缘的粒间孔隙表面、粒间孔壁或粒内溶孔中(图 2d, g)。硅质胶结物主要通过碎屑石英颗粒表面上同轴生长的石英次生加大边和碎屑颗粒表面的自形晶体形式来破坏粒间孔和粒内溶孔。总的来说是起到减小孔隙度的作用, 但一定量的硅质胶结物的形成, 也可以增强砂岩的抗压强度, 阻止压实作用对原生粒间孔的破坏^[13]。

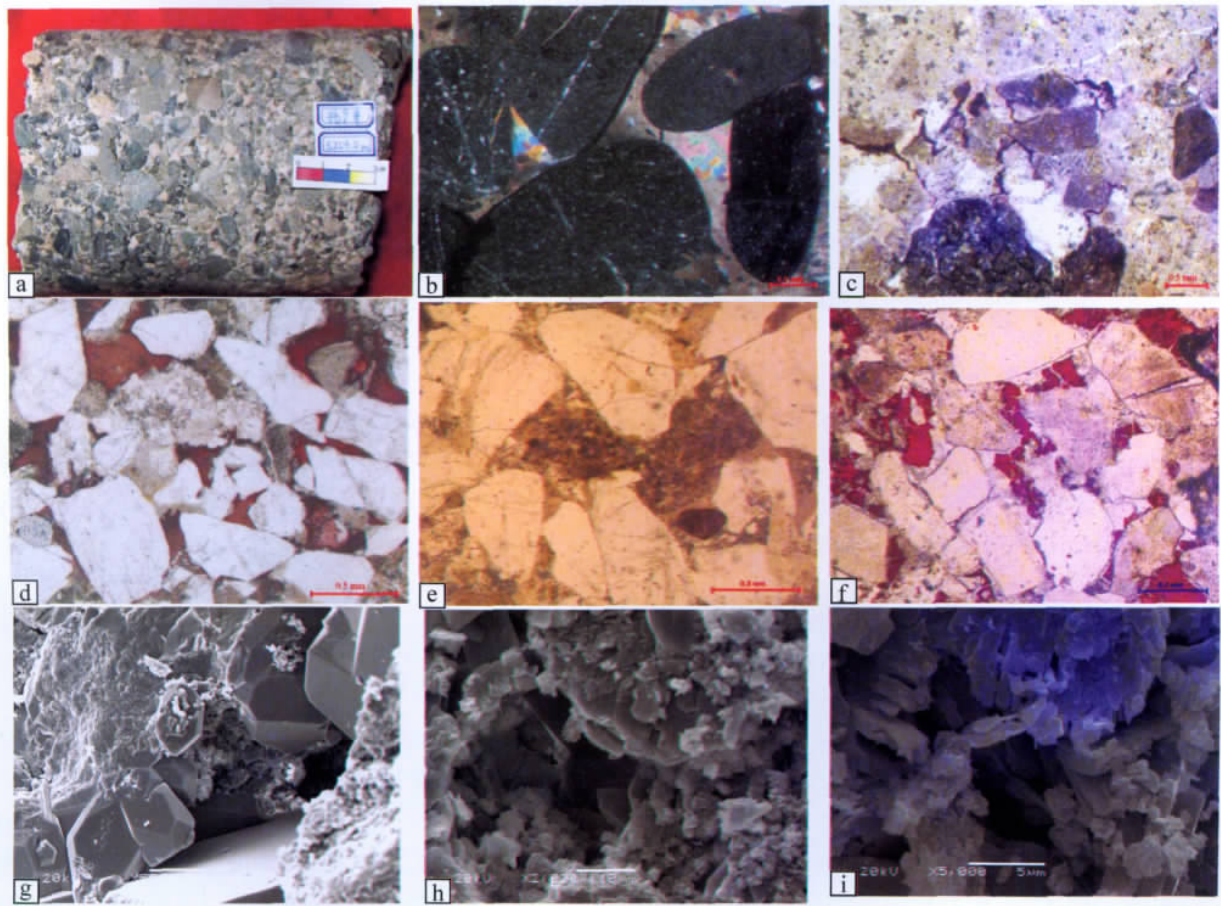


图 2 车拐地区三叠系岩芯、薄片和扫描电镜特征

a. 拐 9 井 β 253.0 m, T_2k^1 , 灰色砾岩, 砾石磨圆度较好, 钙质胶结; b. 拐 148 井 β 2810.75 m, T_2k^1 , 砾岩的磨圆度较好, 粒间孔中充填方解石胶结物 (+); c. 拐 103 井 β 306.94 m, T_1b , 砾岩分选差、磨圆好, 硅质胶结, 微裂缝发育, 并有沥青质充填 (-); d. 车 72 井, β 1746.38 m, T_2k^1 , 砂岩分选较好, 泥质杂基含量较低, 方解石充填粒间孔 (-); e. 拐 5 井 β 2802.11 m, T_2k^1 , 含砾粗砂岩, 塑性岩屑已经发生变形; f. 拐 10 井 β 430.09 m, T_2k^1 , 中砂岩中晚期方解石胶结物充填粒间孔, 交代碎屑颗粒; g. 拐 9 井 β 228.6 m, T_2k^1 , 砂岩的石英碎屑颗粒边缘发生增生, 形成自生石英晶体。粒间孔中充填高岭石等自生矿物; h. 拐 9 井 β 276.1 m, T_2k^1 , 砂岩粒间孔中可见自生石英晶体及片状高岭石和针状伊利石; i. 拐 4 井 β 182.6 m, T_3b , 自生方沸石充填于砂岩粒间孔(扫描电镜)

Fig. 2 The features of Traissic core, thin sections and scanning electron microscopic in Cheguai area

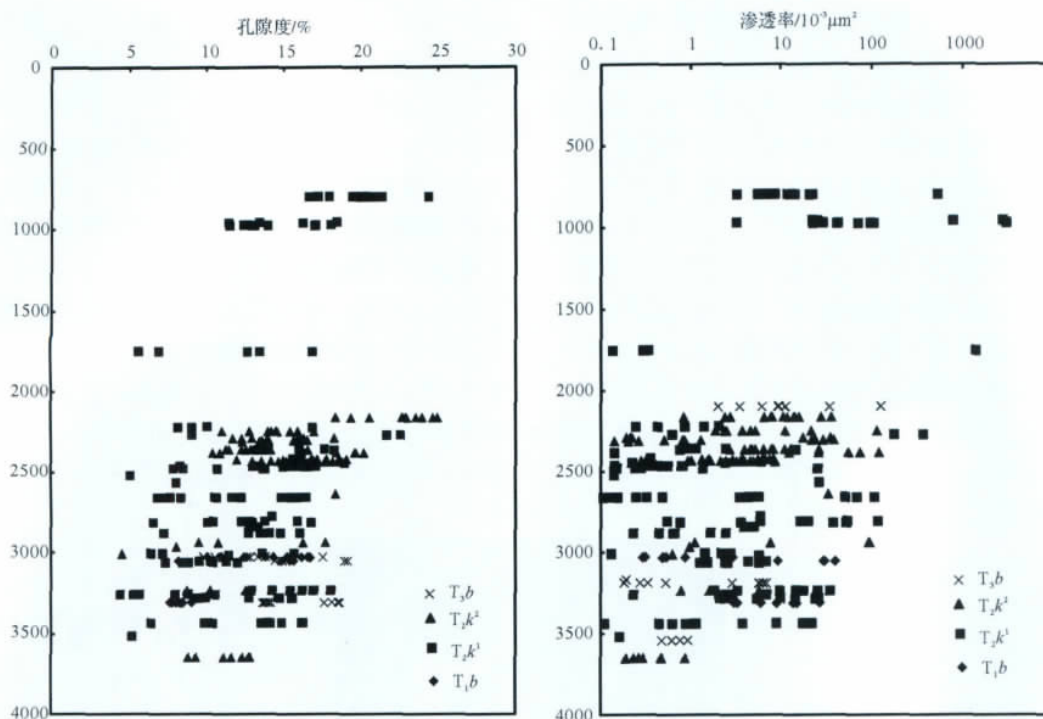


图3 车拐地区三叠系储层孔隙度、渗透率与埋藏深度关系

Fig. 3 The correlation of depth and porosity, permeability of Triassic reservoir in Cheguai area

3) 黏土矿物胶结物

黏土矿物胶结物在研究区三叠系碎屑岩中分布较广泛,由于研究区砂岩和砾岩中黏土杂基含量通常较高,常有大量陆源黏土矿物混入其中,因此只能靠黏土矿物的自形程度来辨别是否为成岩自生黏土矿物。车拐地区三叠系常见的黏土矿物有高岭石。

a) 高岭石

由于研究区砾岩和砂岩碎屑颗粒有大量的火山岩岩屑,这些颗粒中含有较多的长石成分,长石易发生溶蚀,形成自生高岭石。自生高岭石多呈书页状、蠕虫状集合体形式存在于原生粒间孔或次生溶蚀孔中。研究区自生高岭石多与石英共生生长在颗粒表面或孔隙中造成孔隙堵塞(图2h)。

b) 绿泥石

砂砾岩中绿泥石的主要赋存状态是沿孔隙边缘产出的半自形片状、针状绿泥石(图2h)。扫描电镜和电子探针分析表明,靠近碎屑颗粒的绿泥石较为富铁,自形程度较低;靠近孔隙边缘的绿泥石含铁量相对较低,自形程度较高,呈针叶状、片状。研究区绿泥石与石英共生。表明是在成岩早期阶段陆源绿泥石沿孔隙环边沉淀后,在埋藏成岩阶段继续生长而形成的。此外还见有少量成岩晚期孔隙边缘自生的绿泥

石,目前见到的绿泥石矿物常为不同世代混合的产物。

c) 沸石类胶结物

碎屑岩中常见的沸石类胶结物由方沸石、片沸石、浊沸石及斜钙沸石等,呈晶粒状、板状、纤维状、针状及束状产出(图2i)。可形成于成岩作用的各个阶段,它常是火山碎屑和长石与流体相互作用的产物。有利于形成沸石的介质是高的pH值,富含 SiO_2 以及 Ca^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ ,高矿化度的孔隙水和适当的二氧化碳。

在成岩作用过程中,硅质胶结物、自生高岭石和绿泥石与沸石类胶结物和碳酸盐类胶结物相似,对于储层的孔隙起到了破坏性的作用,阻塞了孔隙流体的流动。但在成岩早期粒间孔内胶结物可有效地增强岩石的抗压实能力,使粒间体积得以保存,也为溶蚀的发生提供的物质基础。

3.3 溶解作用

碎屑岩中的任何碎屑颗粒、杂基、胶结物和交代矿物,包括最稳定的石英和硅质胶结物,在一定的成岩环境中都可以不同程度的发生溶解作用^[14,15]。各种易溶的砂砾岩组份发生部分溶解、甚至全部溶解,并形成多种类型的次生孔隙,而对砂砾岩的储集性能

有较大的改善作用。通过岩芯薄片、扫描电镜等微观研究表明,主要的溶蚀作用:

1) 碎屑颗粒的溶蚀作用。由于研究区砾石成分中火山岩组分较高,在适宜的条件下砾石很容易发生溶蚀形成各种黏土矿物。

2) 胶结物的溶蚀作用。研究区的胶结作用非常发育,胶结物成分也非常多易发生溶蚀作用而形成新的矿物,同时这种胶结物的溶蚀作用还会对储层的物性产生重要影响,研究区比较重要的胶结物的溶蚀有: a) 碳酸盐类胶结物的溶蚀作用。在埋藏成岩早期,碳酸盐类胶结物的发育程度与泥质杂基的含量有关,同时,在埋藏成岩作用的晚期,碳酸盐胶结物发生溶蚀产生大量的次生孔隙对储层物性的改善起到积极作用。b) 沸石类矿物的溶蚀作用。沸石胶结物在研究区比较常见,沸石在适宜的条件极易发生溶蚀为储层的物性改善起到积极的作用。进入晚成岩阶段 A 期,烃源岩中有机质生成有机酸和 CO₂ 酸性流体对易溶于酸的胶结物发生溶蚀可形成次生孔隙为油气聚集提供储集空间。

3) 杂基的溶蚀作用。研究区三叠系储层的砂砾岩中杂基含量较高、粒度也比常见的砂岩等细碎屑岩要大许多,这种粗的杂基在合适的条件下,容易发生溶蚀作用,为储层物性的提高贡献力量。

4 成岩作用阶段与孔隙演化

4.1 成岩阶段划分

在碎屑岩的成岩过程中,在不同的成岩阶段出现不同组合、不同类型自生矿物和矿物组合,根据自生矿物次序综合埋深、古地温梯度、镜质体反射率等相关标志依据碎屑岩成岩阶段划分标准^[16]对车拐地区三叠系碎屑岩成岩阶段进行划分(图 4)。

研究区三叠系砂岩和砾岩中能反映其形成温度或形成顺序的常见自生矿物主要有:碳酸盐类胶结物、石英次生加大或硅质胶结、长石增生或自生长石、自生沸石类矿物以及黏土矿物等。研究区砂岩和砾岩中,由于石英颗粒含量较低,次生加大并不非常普遍,但是在砂砾岩的粒间孔隙中常可见到自生硅质(石英质)胶结物,自生石英晶形较好,次生加大现象较明显(图 2g, h),说明已进入晚成岩阶段。同时,长石的加大、钠长石化以及各种沸石的分布,也可为成岩环境的解释和成岩阶段的划分提供依据。研究区三叠系砂砾岩中含有较多的火山岩岩屑,其中方沸石、片沸石、辉沸石、钙沸石和浊沸石等都非常常见,

方沸石自形程度较高并发生一定的融蚀,表明已进入晚成岩的中晚期。此外,砂岩和砾岩储层中自生黏土矿物的自形程度、结晶程度和 I/S 混层比等也是划分其成岩阶段和成岩序列的重要依据。

准噶尔盆地西北缘车拐地区三叠系埋深 2 000 ~ 4 000 m,碎屑岩普遍经受了较强的机械压实作用改造,碎屑颗粒大都以点—线接触为主,原生孔隙已大量丧失,次生孔隙成为其中最主要的孔隙类型。方沸石和片沸石等自生矿物普遍发育(图 2i),方解石胶结物常见,研究区可见晚期方解石交代碎屑颗粒和充填粒间孔(图 2f),碎屑岩中碳酸盐类、沸石类和长石类等易溶矿物的溶蚀作用多有发生,此外在砂砾岩的粒间孔隙中,高岭石、伊利石和绿泥石等自生黏土也比较常见。综合上述成岩特征和自生矿物发育特点,可以确定研究区三叠系碎屑岩所处的成岩阶段主要为晚成岩阶段的 B 期。

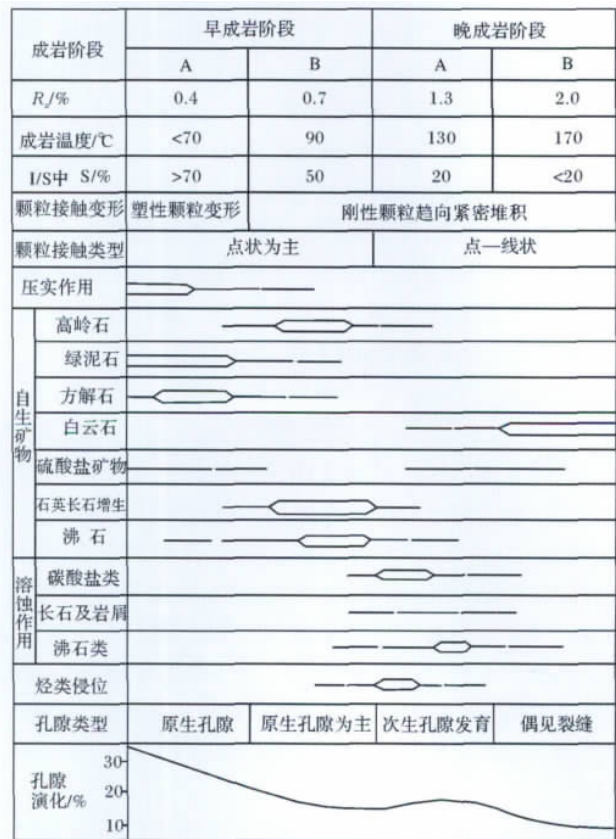


图 4 车拐地区三叠系成岩阶段划分与孔隙演化

Fig. 4 Diagenesis stages and porosity evolution of Triassic rocks in Cheguai area

4.2 孔隙演化

孔隙演化与成岩作用关系密切,孔隙特征受成岩

作用的制约。车拐地区储层的孔隙类型有原生孔、粒间孔、粒间溶孔、粒内溶孔及构造裂缝等组成,这些孔隙类型是原生孔隙经历了早—晚成岩阶段复杂的成岩作用基础上逐渐演化而成的。

压实作用与原生孔隙的演化呈正相关关系(图3)。恢复砂岩初始孔隙度是研究成岩作用对孔隙演化的前提。Beard和Weyl等^[17,18]提出了计算砂岩原始孔隙度的公式:原始孔隙度 = $20.9 + 22.9/\text{分选系数}$,认为原始孔隙度应该在26%~42%(分选系数为4.2~1.1)。通过薄片观察和统计,分选系数多在1.8~3.5之间,原始孔隙范围为33.6%~27.5%。研究区的沉积环境为冲积扇—扇三角洲—三角洲前缘—湖泊的沉积体系,以冲积扇—扇三角洲为主,造成碎屑岩分选中等—差分选系数分布范围较宽。

早成岩A期埋深一般小于1800m,面岩温度低于70℃,主要的成岩作用为压实作用,其原生孔隙损失量可达20%。进入早成岩阶段B期,沸石出现,石英和长石增生充填了粒间孔,高龄石发育这些都造成原生孔隙的进一步减少,减少量可达5%~10%。晚成岩阶段A期,溶蚀作用对孔隙的增加起到建设性的作用,碳酸盐类、长石及岩屑和沸石类胶结物的溶蚀使次生孔隙发育主要为粒内溶孔和粒间溶孔,溶蚀作用使孔隙度增加可达3%。进入晚成岩B期的胶结作用又使孔隙度减少3%~15%。最终形成孔隙度在6%~18%之间(图4)。

5 结论

(1) 准噶尔盆地西北缘车拐地区三叠系沉积岩主要以扇三角洲前缘亚相沉积的砾岩和砂岩为主,其中砾岩占46%,砂岩占54%。胶结物类型丰富常见有硅质胶结、钙质胶结、沸石类胶结、黏土矿物胶结。

(2) 车拐地区三叠系储集空间类型以原生的粒间孔及次生的粒间溶孔和粒内溶孔次生孔隙为主,物性以中低孔、中低渗为主,孔隙度分布在6%~18%之间,而渗透率分布范围为 $0.08 \times 10^{-3} \sim 40.0 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

(3) 车拐地区三叠系砂砾岩成岩作用经历了压实、胶结、交代和溶蚀作用的改造,压实作用为影响储层物性特征的主要因素,随着深度的增加压实作用增强物性随之变差,压实作用可使孔隙度减少20%以上;沸石类胶结物和碳酸盐胶结物的溶蚀为储层物性的改善起到良好的促进作用,溶蚀作用可以孔隙度增加到3%。经过成岩作用和自生矿物特点可知车拐

地区三叠系主要为晚成岩阶段的B期。

参考文献(References)

- 1 谭开俊,潘建国,姚清洲,等.车拐地区侏罗系岩性油气藏形成条件及主控因素[J].岩性油气藏,2007,19(2):41-44 [Tan Kaijun, Pan Jianguo, Yao Qingzhou, et al. The formation conditions and main controlling factors of Jurassic lithologic reservoirs in Chenguai area, Junggar Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2007, 19(2): 41-44]
- 2 夏显佰,靳军.准噶尔盆地西北缘车拐地区侏罗系构造地质特征与勘探潜力分析[J].中国石油勘探,2003,8(4):29-33 [Xia Xianbai, Jin Jun. Characteristics of Jurassic Structural geology and analysis of exploration potential in Cheguai area of Junggar Basin[J]. China Petroleum Exploration, 2003, 8(4): 29-33]
- 3 王昌勇,郑荣才,王建国,等.准噶尔盆地西北缘八区下侏罗统八道湾组沉积特征及演化[J].岩性油气藏,2008,20(2):37-42 [Wang Changyong, Zheng Rongcai, Wang Jianguo, et al. Sedimentary characteristics and evolution of Badaowan Formation of Lower Jurassic in northwest margin of Junggar Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2008, 20(2): 37-42]
- 4 严世帮,胡望水,李瑞升,等.准噶尔盆地红车断裂带同生逆冲断裂特征[J].岩性油气藏,2008,20(1):64-68 [Yan Shibang, Hu Wangshui, Li Ruisheng, et al. Structural features of contemporaneous thrust faults in Hongche fault belt of Junggar Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2008, 20(1): 64-68]
- 5 雷振宇,鲁兵,蔚远江,等.准噶尔盆地西北缘构造演化与扇体形成和分布[J].石油与天然气地质,2005,26(1):86-91 [Lei Zhenyu, Lu Bing, Wei Yuanjiang, et al. Tectonic evolution and development and distribution of fans on northwestern edge of Junggar Basin[J]. Oil and Gas Geology, 2005, 26(1): 86-91]
- 6 张顺存,仲伟军,梁则亮,等.准噶尔盆地车拐地区侏罗系八道湾组储层成岩作用特征分析[J].岩性油气藏,2011,21(5):49-55 [Zhang Shuncun, Zhong Weijun, Liang Zeliang, et al. Reservoir diagenesis characteristics of Jurassic Badaowan Formation in Cheguai area, Junggar Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2011, 21(5): 49-55]
- 7 梁则亮,张顺存,贾春明,等.准噶尔盆地西北缘车拐地区三叠系储层特征研究[J].岩性油气藏,2012,24(3):13-20 [Liang Zeliang, Zhang Shuncun, Jia Chunming, et al. Characteristics of the Triassic reservoirs in Cheguai area, northwestern margin of Junggar Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2012, 24(3): 13-20]
- 8 陈奋雄,李军,师志龙,等.准噶尔盆地西北缘车拐地区三叠系沉积相特征[J].大庆石油学院学报,2012,36(2):22-28 [Chen Fenxiong, Li Jun, Shi Zhilong, et al. The characteristic of Triassic sedimentary facies in Cheguai area of northwest margin, Junggar basin[J]. Journal of Daqing Petroleum Institute, 2012, 36(2): 22-28]
- 9 姜在兴.沉积学[M].北京:石油工业出版社,2003 [Jiang Zaixing. Sedimentology[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003]
- 10 冯增昭.沉积岩石学[M].北京:石油工业出版社,1993 [Feng Zengzhao. Sedimentary Petrology[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993]
- 11 邹才能,侯连华,匡立春,等.准噶尔盆地西缘二叠—三叠系扇

- 控成岩储集相成因机理[J]. 地质科学, 2007, 42(3): 587-601 [Zou Caineng, Hou Lianhua, Kuang Lichun, *et al.* Genetic mechanism of diagenesis-reservoir facies of the fan-controlled Permo-Triassic in the western marginal area, Junggar Basin[J]. Chinese Journal of Geology, 2007, 42(3): 587-601]
- 12 张福顺, 朱允辉, 王芙蓉. 准噶尔盆地腹部深埋储层次生孔隙成因机理研究[J]. 沉积学报, 2008, 26(3): 469-478 [Zhang Fushun, Zhu Yunhui, Wang Furong. Forming mechanism of secondary pores in deep buried reservoirs of Junggar Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2008, 26(3): 469-478]
- 13 周海燕, 胡见义, 郑俊章, 等. 南图尔盖盆地储层成岩作用及孔隙演化[J]. 岩石矿物学杂志, 2008, 27(6): 547-558 [Zhou Haiyan, Hu Jianyi, Zheng Junzhang, *et al.* Diagenesis and pore evolution of reservoirs in South Turgai Basin [J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2008, 27(6): 547-558]
- 14 史基安, 晋慧娟, 薛莲花. 长石砂岩中长石溶解作用发育机理及其影响因素分析[J]. 沉积学报, 1994, 12(3): 67-74 [Shi Jian, Jin Huijuan, Xue Lianhua. Analysis on mechanism of feldspar dissolution and its influencing factors in feldspar-rich sandstone reservoir [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1994, 12(3): 67-74]
- 15 郭德运, 郭艳琴, 李文厚, 等. 富县探区上三叠统延长组成岩作用及孔隙结构特征[J]. 沉积学报, 2010, 28(2): 264-273 [Guo Deyun, Guo Yanqin, Li Wenhui, *et al.* Diagenesis and pore structure characteristic of Yanchang Formation of Upper Triassic in Fuxian exploration area [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2010, 28(2): 264-273]
- 16 应凤祥. 碎屑岩成岩阶段划分规范[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993 [Ying Fengxiang. Clastic Rock Diagenetic Stage Division Standard [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993]
- 17 Beard D C, Weyl P K. Influence of texture on porosity and permeability of unconsolidated sand [J]. AAPG Bulletin, 1973, 57(2): 349-369
- 18 Scherer M. Parameters influencing porosity in sandstones: a model for sandstone porosity prediction [J]. AAPG Bulletin, 1987, 71(5): 485-491

Diagenesis and Pore Evolution of the Triassic Reservoirs in Chegouai Area, Northwestern Margin of Junggar Basin

LU Xin-chuan¹ ZHANG Shun-cun¹ CAI Dong-mei² SHI Ji-an¹

(1. Key Laboratory of Petroleum Resources Research, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000;

2. Daqing Oilfield Limited Liability Company, PetroChina, Daqing, Heilongjiang 163712)

Abstract: Based on core observation, thin-section identification and well logging data analysis, Triassic reservoir physical property, pore type, diagenesis and reservoir characteristics of the main control factors at northwestern margin of Chegouai area, Junggar basin were studied. Fan delta front facies reservoir experienced mechanical compaction, cementation, dissolution metasomatism, various diagenesis, and compaction effect of reservoir characteristics of the main factors. According to diagenesis and authigenic mineral characteristics, it is late diagenetic stage B period that Diagenesis of the Triassic reservoirs in Chegouai Area. With the depth increasing and compaction enhancing, physical properties become bad, which can make the porosity reduces 20%. Zeolite and carbonate cement dissolution can make the porosity is increased up to 3%, total porosity distribution range between 6% ~ 18%, and the permeability distribution in the range of $0.08 \times 10^{-3} \sim 40 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$.

Key words: diagenesis; pore evolution; Triassic; Chegouai area