

文章编号: 1000-0550(2010) 05-0962-07

准噶尔盆地西北缘克百地区二叠系沉积特征及沉积模式^①

史基安¹ 何周² 王超² 辜清² 熊巧荣³ 张顺存¹

(1. 中国科学院油气资源研究重点实验室 兰州 730000

2. 中国石油新疆油田分公司风城油田作业区 新疆克拉玛依 834000; 3. 新疆油田公司勘探开发研究院 新疆克拉玛依 834000)

摘要 准噶尔盆地西北缘二叠系是重要的产油层和储集层, 通过岩心观察、薄片分析, 结合测井和录井资料, 对西北缘克百断裂下盘二叠系砂砾岩的沉积环境和沉积特征进行了深入研究。研究表明, 该区砂砾岩既有水上冲积扇沉积环境沉积的, 也有水下扇三角洲前缘沉积环境形成的。前者主要为棕褐色、泥质杂基含量高、分选和磨圆差, 储层物性相对较差; 后者经过了稳定水流的淘洗, 杂基含量少, 钙质或沸石类胶结发育, 分选性和磨圆度也较高, 其物性条件也明显较好。并据此建立了研究区冲积扇与扇三角洲有机结合的沉积模式, 该模式突出了湖岸线的重要性, 同时模糊冲积扇与扇三角洲之间的界限。并对冲积扇与扇三角洲各亚相的岩性特征、沉积结构和沉积序列进行了归纳和总结, 为该区寻找二叠系优质储层提供借鉴和思路。

关键词 准噶尔盆地 克百地区 二叠系 砂砾岩储层 沉积模式

第一作者简介 史基安 男 1958 年出生 研究员 博士生导师 沉积学与石油地质学 E-mail jash@lzb.ac.cn

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

准噶尔盆地是我国大型叠合含油气盆地, 二叠系是该盆地主要的生油层和储集层, 受到人们的普遍关注^[1]。西北缘二叠系由正常碎屑岩和火山碎屑岩及火山岩构成, 正常的碎屑岩主要分布于中、上二叠统^[2], 为一套巨厚的灰绿色—棕红色砂砾岩地层, 前人的研究结果通常认为这套砂砾岩为冲积扇沉积环境的产物^[3,4], 其主要依据为: ①砂砾岩呈条带状分布于西北缘的二叠纪沉积期古湖盆边缘; ②砂砾岩厚度巨大, 岩性主要为一套较厚—巨厚的粗粒碎屑沉积岩, 砾岩厚度占地层总厚度的 60%~90% 以上; ③砂砾岩中砾石直径变化较大, 部分砾石直径超过 10 cm。且分选较差, 多呈棱角状—次棱角状。西北缘二叠系的沉积背景通常认为主要是前陆盆地发展时期的逆冲推覆作用形成的造山体系作为物源, 通过水流作用的剥蚀与搬运, 以陆源火山碎屑岩为主, 经过峡谷和山间河道, 在出山口附近形成的冲积扇沉积^[5]。然而, 通过对西北缘克百断裂带下盘二叠系沉积相特征的详细研究, 可见在该区二叠系发育大量扇三角洲相沉积的砂砾岩, 而且扇三角洲前缘相的砂砾岩具有杂基含量少、钙质或沸石类胶结的特征, 是该区二叠系优质储层的主要发育相带。

1 克百地区二叠系沉积特征

在克百地区二叠系主要发育于克百断裂带下盘,

笔者通过对该区 30 余口二叠系岩心样品宏观和微观特征研究, 认为该区二叠系砂砾岩不仅仅是冲积扇沉积的产物, 还具有明显的水下沉积特征, 而且显然经过较稳定牵引流的淘洗, 其主要依据为: ①砂砾岩中有很一部分为细砾岩或小砾岩, 砾石的分选性中等—较好, 并具有较好的磨圆度; ②许多砂砾岩不仅其砾石为灰色或者灰绿色, 而且其中胶结物也大都为灰色或绿色泥质胶结, 相当一部分砂砾岩中泥质杂基含量较低 (甚至不到 3%), 钙质胶结砂砾岩非常常见, 还见部分砂砾岩为沸石类或硅质胶结; ③砂砾岩中层理构造非常常见, 交错层理和平行层理比较发育; ④许多砂砾岩中所夹的泥岩不仅颜色较暗 (以灰色和灰绿色为主, 个别为深灰色和灰黑色), 个别样品泥岩中可见黄铁矿结核或结晶体 (图 1)。

2 克百地区二叠系扇三角洲沉积特征及其空间展布

2.1 克百地区二叠系扇三角洲沉积特征

西北缘克百断裂带下盘的中、上二叠统扇三角洲相沉积的碎屑岩非常发育, 根据扇三角洲的沉积环境特征, 可将其划分为扇三角洲平原、扇三角洲前缘和前扇三角洲三个亚相。

^①国家科技重大专项 (2008ZX05001-006) 项目资助。

收稿日期: 2010-05-20 收修修改稿日期: 2010-06-05

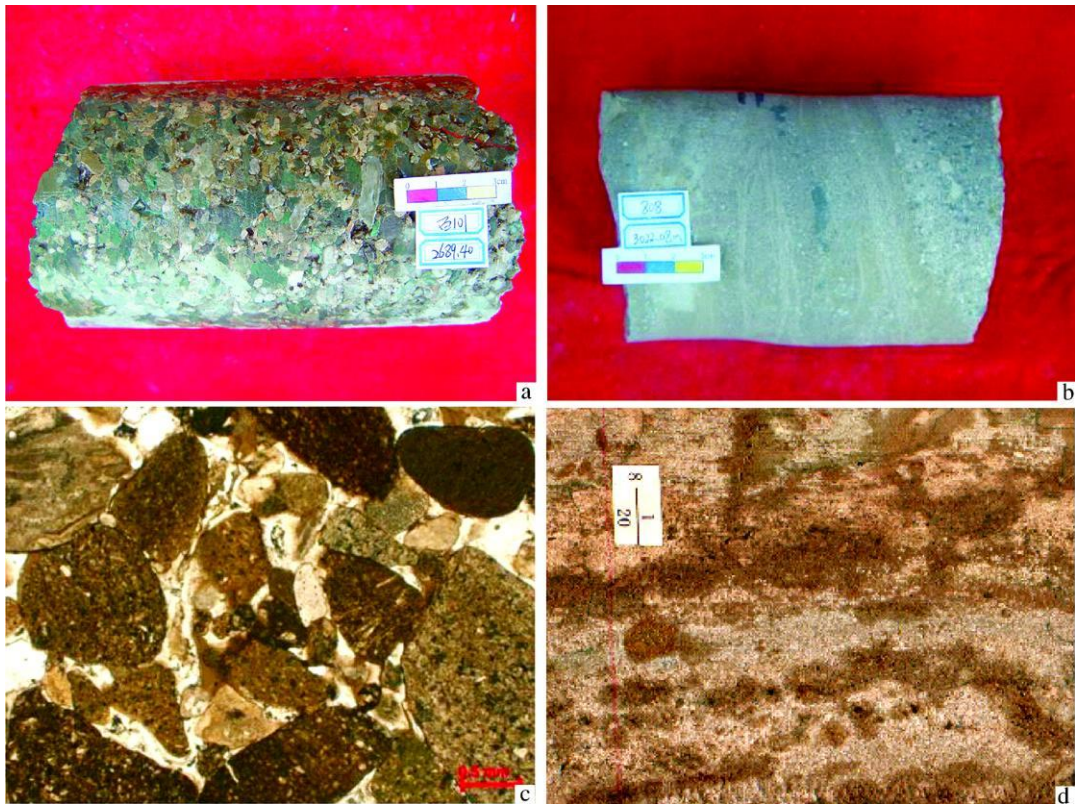


图 1 细砾岩和砾砂岩的宏观及微观特征

a 百 101 井, 2689.40 m, P_2x , 灰绿色细砾岩, 砾石 2~5 mm, 分选好, 磨圆中等, 钙质胶结; b 808 井, 3022.08 m, P_1f 砾岩中所夹的含砾砂岩薄层, 平行层理发育。c 百 101 井, 2659.71 m, P_2x , 钙质和沸石胶结的细砾岩, 杂基含量非常少。d 克 89 井, 3627.30 m, P_1f , 中粗粒钙质砂岩中见有 5~8 mm 自生黄铁矿晶体。

Fig 1 Macro- and micro-characteristics of grit gravel and glauconite

(1) 扇三角洲平原亚相

该亚相为扇三角洲的陆上部分常与冲积扇相连, 很难与冲积扇相的扇中或扇缘相区别, 多表现为近源的砾质辫状河沉积。岩性主要为是砂和砾互层, 砾石层具有不明显的平行层理或交错层理, 分选差, 具砂质基质, 砂/砾比率向下增加。岩石常呈褐色或棕色。扇三角洲平原亚相主要由分流河道、分流河道间、漫滩等微相组成, 潮湿气候条件下可有河漫沼泽沉积。高度的河道化、持续深切的水流和良好的侧向连续性是该亚相典型的特征。

分流河道微相是扇三角洲平原亚相的格架部分, 形成扇三角洲的大量泥砂都是通过它们搬运至河口处沉积下来的。通常分流河道沉积具有一般河道沉积的特征, 即以砂质沉积为主。但在研究区, 由于形成扇三角洲的水体大而相对稳定, 其分流河道具有类似辫状河道特征, 沉积物主要为细砾岩、小砾岩和含砾砂岩(图 2)。如百 60 井风四段为典型的扇三角洲平原亚相沉积, 其中分流河道微相主要为棕红色细砾

岩、砂质砾岩和含砾砂岩, 砂砾岩中泥质杂基含量往往较高。含砾砂岩和砂岩中常见大型槽状、板状交错层理、波状交错层理和少量平行层理。该微相常与分流河道间及漫滩共生, 漫滩微相沉积物的粒度较细, 主要为粉砂、泥质粉砂及粉砂质泥, 分选较差, 常含泥砾、植物根茎等残留沉积物, 其颜色以棕红色或褐色为主。分流河道间微相主要是分流河道中间的凹陷地区。当扇三角洲向前推进时, 在分流河道间形成一系列尖端指向陆地的楔形泥质沉积体。分流河道间微相的岩性以泥岩为主, 含少量透镜状粉砂岩和细砂岩。砂砾质沉积多是洪水季节河床漫溢沉积的结果, 常为粘土夹层或薄透镜状。

(2) 扇三角洲前缘亚相

扇三角洲前缘(也称为过渡带)以较陡的前积相为特征, 与扇三角洲平原的本质区别是牵引流构造很发育, 常见大、中型的交错层理, 向下方渐变为前扇三角洲沉积(也有人称之为水下扇三角洲), 以不规则分布的泥、砂和砾石的透镜状层为特点。扇三角洲

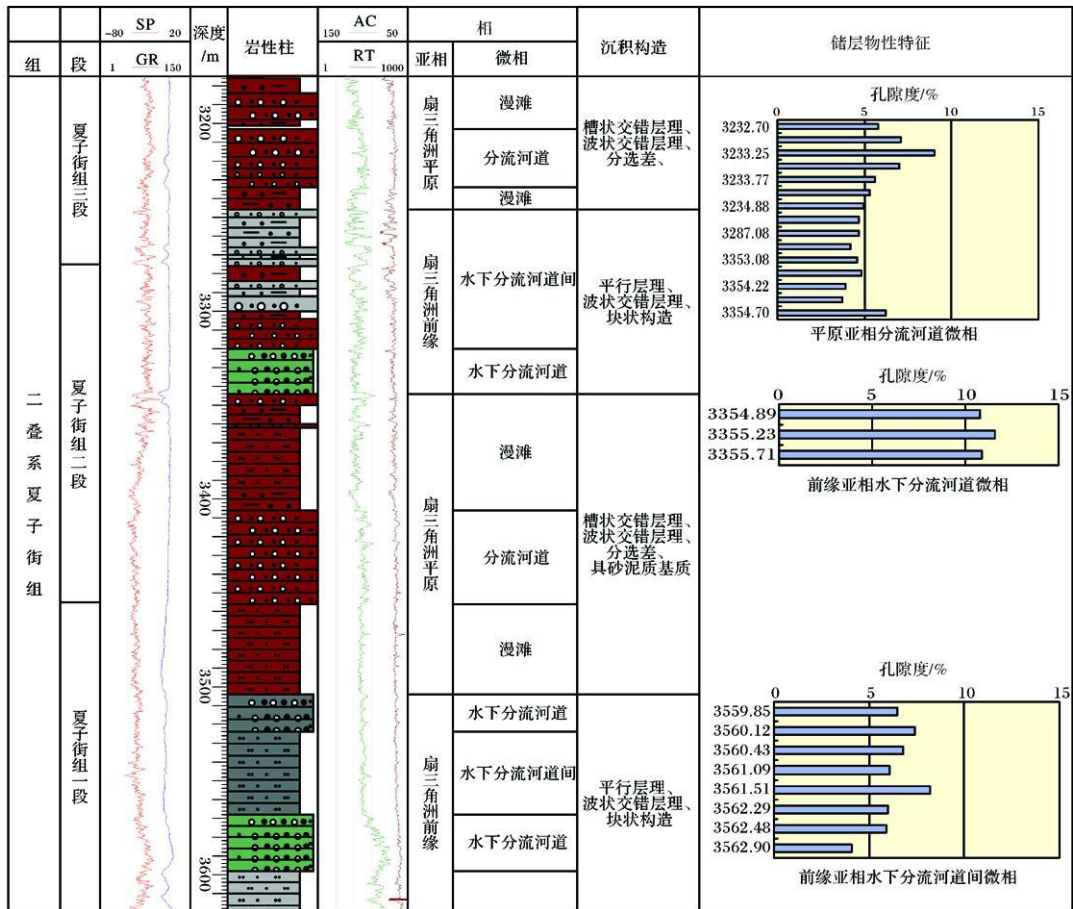


图 2 百 60 井扇三角洲相沉积特征及沉积序列

Fig 2 The sedimentary characteristics and sequence of fan delta at Well Bai 60

前缘亚相主要沉积于滨湖带,是扇三角洲最活跃的沉积中心。从河流带来的砂、泥沉积物,一离开河口就迅速的堆积在这里。由于受到河流、波浪和潮汐的反复作用,砂泥经冲刷、簸扬和再分布,形成分选较好、质较纯的砂质和分选好的沉积物的集中带。这种砂体或细砾岩可构成良好的储集层。岩性以浅灰色砂砾岩、砂质砾岩为主,夹少量泥质粉砂岩和粉砂质泥岩,常见波痕,发育大型前积层理、小型楔状层理,以及波状层理、滑塌变形构造等,并含植物及有机物的化石碎片。扇三角洲前缘亚相是高能沉积环境的产物,具有良好的分选性,泥质含量低的沉积特征。岩性是浅灰色、灰绿色粉砂岩、细砂岩和砾质砂岩、砂砾岩,发育有交错层理和透镜状层理。

由于西北缘是二叠纪准噶尔湖最主要的物源区,这里的水体流量大、物源供给充沛,因此在克百断裂带下盘扇三角洲前缘亚相非常发育,并具有前积扇体规模大、沉积物粒度粗(多以小砾岩、细砾岩和砂质砾岩为主),沉积厚度大以及多期前缘砂体叠置特

征。百口泉井区百 101 井夏子街组夏三段和百 60 井夏子街组夏二段发育有较典型的扇三角洲前缘亚相沉积(图 2),其岩性主要为灰色、灰绿色细砾岩、小砾岩和砂质砾岩为主,偶夹少量深灰色泥质砂岩或粉砂质泥质。常见平行层理,砂砾岩的砾石常具有中等一较好的磨圆度和分选性,杂基含量一般少于 3%,胶结物主要为钙质和泥质,镜下常见沸石类胶结物。砾岩层中所夹的含砾砂岩或泥质砂岩通常为灰色或绿色,平行层理或波状层理发育,分选性和磨圆度一般较差,杂基含量通常高于 6%。

通过对该区 300 余张岩石薄片的统计分析,可见二叠系扇三角洲不同微相砂砾岩中泥质杂基含量差异较大,相对来说扇三角洲前缘水下分流河道砂砾岩中泥质杂基含量较低,一般小于 8%,前缘水下分流河道间和扇三角洲平原河道相砂砾岩的泥质杂基含量往往较高,而且变化也较大。砾岩中泥质杂基含量与其储集性之间存在着非常密切的关系(图 3)。

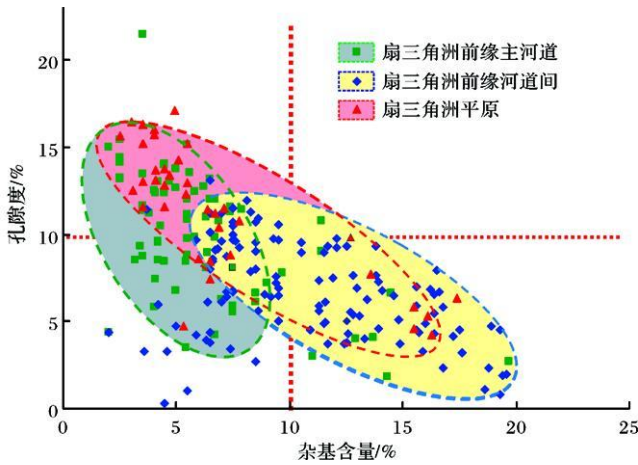


图 3 克百地区二叠系砂砾岩储层孔隙度与杂基含量关系
 Fig 3 The relation of the sand-conglomerate reservoir of Permian between porosity and matrix in Ke-Bai area

2.2 克百地区二叠系沉积相空间展布

沿克百地区的北东方向白 22 井—817 井—检乌 24 井—418 井—克 87 井—百乌 1 井—百 56 井连井剖面贯穿整个克百地区 (图 4), 在纵向上揭示了研究区的二叠系的沉积特征, 总体上是以扇三角洲沉积相的扇三角洲前缘亚相为主, 体现出是水上和水下的交互过渡的沉积环境, 但是水下沉积占有更多优势, 可以推断该区沉积的岩石受湖水流淘洗作用普遍。在夏子街组的上段、下乌尔禾组和二叠系顶的上乌尔禾组扇三角洲平原亚相沉积在该区开始占优势, 沉积范围扩大, 以分流河道微相和漫滩微相为主。表明在二叠纪中晚期研究区构造沉积环境趋于进一步的稳定, 沉积范围变小, 山体向源侵蚀, 源区相对湖岸线距离增大。

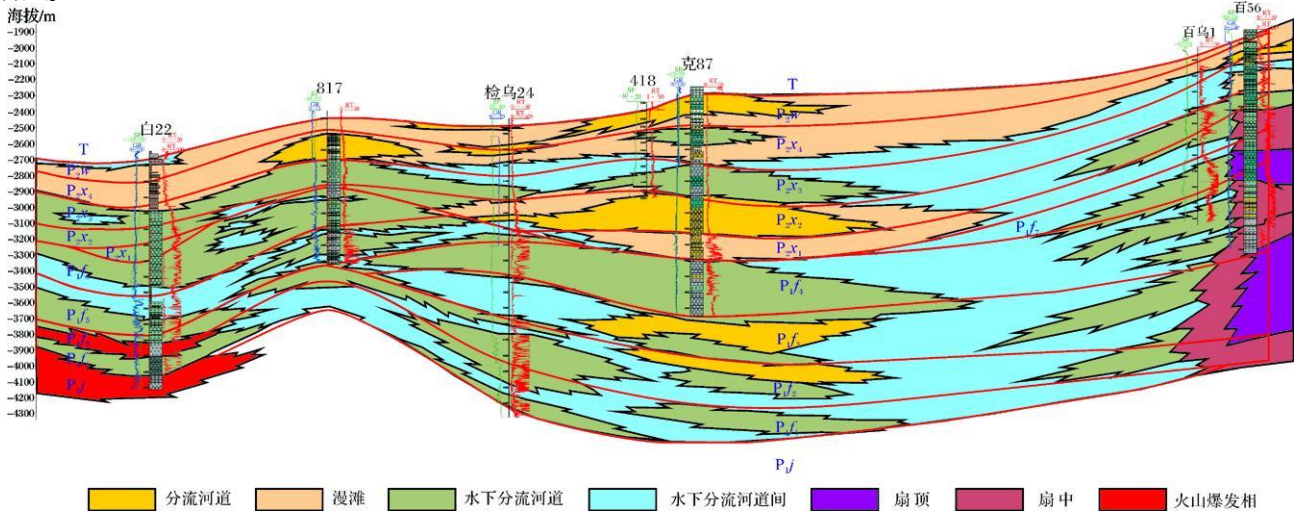


图 4 过白 22 井—817 井—检乌 24 井—克 87 井—百 56 井二叠系连井沉积相剖面图

3 克百地区二叠系冲积扇—扇三角洲沉积模式

通过以上分析, 可见准噶尔盆地西北缘克百地区二叠系砂砾岩不仅具有冲积扇相沉积的特征, 而且部分砂砾岩具有明显的扇三角洲前缘亚相沉积的特点: ①砂砾岩沉积的水动力条件不仅较强, 而且具有一定的稳定性。砂砾岩沉积期间明显经过湖水的淘洗, 具有牵引流沉积的特征; ②大部分砂砾岩具有水下环境的沉积特征, 有一部分砂砾岩 (或砂岩) 是在水体较深的还原环境下沉积的; ③部分砂砾岩的胶结物为早期方解石和沸石类胶结, 表明其成岩早期水介质为弱碱性环境, 说明其不仅为水下沉积, 而且湖泊水体 (微咸湖湖水) 对其孔隙水介质性质和早期成岩环境产生了较大影响。

可见, 西北缘克百地区二叠系砂砾岩的沉积环境不仅仅是一个冲积扇沉积能涵盖的, 该区二叠系的上述沉积特点不仅具备了扇三角洲前缘沉积的某些特征, 而且甚至有辫状河流三角洲沉积的某些特点, 综合前人对盆地西北缘有关二叠系沉积环境及沉积相方面的研究成果^[2-6], 对准噶尔盆地西北缘二叠纪沉积环境及背景条件的认识还有待进一步提高。根据本文上述研究, 可以把西北缘二叠纪的沉积环境及沉积背景概括为:

①西北缘是二叠纪准噶尔湖 (最主要的是玛湖湖泊) 最主要的物源区和水体补给区带。

②二叠纪准噶尔湖最大面积可达数万平方千米, 而且当时气候比较炎热, 要保持如此大面积湖泊水体, 周边河流补给的水量是非常巨大的。二叠纪准噶

尔地区所处的纬度比现今纬度低 10°左右,且当时距开阔大洋的距离比现在要近得多,为大量水体的补给提供了条件。

③西北缘湖岸距物源剥蚀区不是非常远,但是可能比目前普遍认为只有数千米要更远一些,西北缘近北东向延伸的推覆构造和逆冲断层非常发育,目前所看到的湖盆边缘相已经被极大压缩了。西北缘的物源区(火山岩剥蚀区)可能位于距湖岸线 20~50 km 的范围内。

④西北缘物源区补给的水体(河流)的水量随季节虽有一定变化,但是比通常冲积扇或扇三角洲环境还是要稳定得多,主河道水流应该是不间断的。

⑤西北缘扇三角洲前缘环境沉积的细砾岩、小砾岩和含砾粗砂岩均具有在稳定的水动力条件下、经过比较充分的淘洗的牵引流沉积特征,因此当时扇三角洲分流河道的水流量是非常大的,水体也相对比较稳定。

结合前人研究成果,本文建立了能比较客观诠释西北缘二叠系沉积岩特征的冲积扇—扇三角洲—湖泊相模式(图 5),该相模式的是在冲积扇模式和扇三角洲沉积模式的基础上^[3,7],结合西北缘二叠纪沉积环境特点而建立的,该模式重点要强调和表述的是:

①冲积扇与扇三角洲的有机结合,西北缘二叠纪冲积

扇不仅具有湿地扇的特征,而且扇中亚相辫状河道非常发育,其中水流也比较充沛和稳定;②突出湖岸线的重要性。湖岸线不仅是扇三角洲平原亚相与前缘亚相的分界线,也是该区发育扇三角洲沉积的标识。西北缘克百地区二叠系水下分流河道和分流河道间等扇三角洲前缘亚相的砂砾岩沉积非常发育,这些砂砾岩均经过不同程度的水体淘洗,物性条件较好,是目前该区二叠系最有利的储集体。③模糊冲积扇与扇三角洲之间的界限,因为该界线只有理论意义,但从实际意义来说该冲积扇与扇三角洲之间的界限是很难确定的。通常我们把辫状河道沉积比较发育的地区(或岩性)归为扇三角洲平原亚相。在该模式中,从山前剥蚀区至湖盆沉积区依次发育冲积扇(扇根→扇中→扇端)→扇三角洲(扇三角洲平原→扇三角洲前缘)→湖泊(浅湖(前扇三角洲))沉积,各亚相的所发育的微相、岩性、沉积构造和沉积序列如图 6 所示。

4 结论

(1) 研究区二叠系以碎屑岩为主,火山碎屑岩和火山岩为辅。碎屑岩主要细砾岩、小砾岩、砂砾岩和含砾砂岩等砂砾岩。

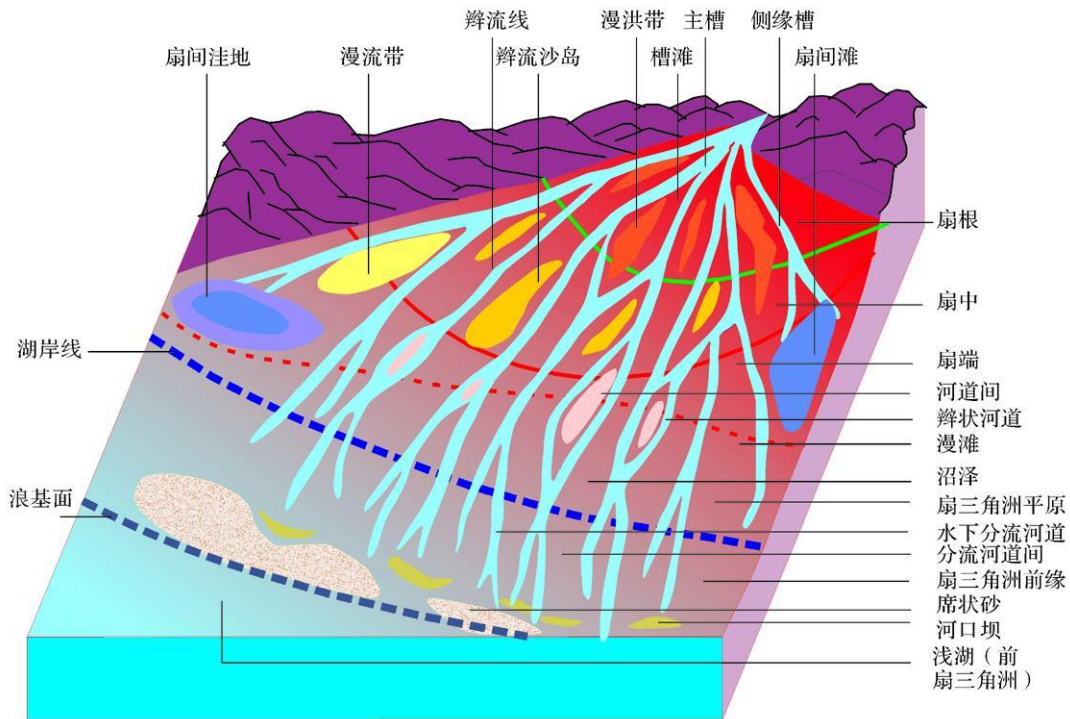
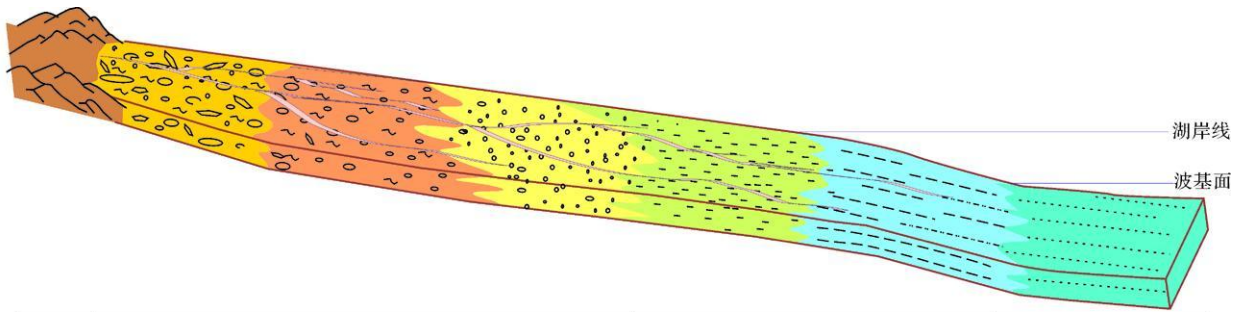


图 5 准噶尔盆地西北缘二叠系冲积扇—扇三角洲沉积相(微相)模式图



相	冲积扇			扇三角洲		湖泊
亚相	扇根	扇中	扇端	扇三角洲平原	扇三角洲前缘	浅湖 (前扇三角洲)
微相	主槽、侧缘槽、漫洪带、槽滩	辫流线、辫流嘴、漫流带	辫状水道、席状片流、扇间滩、扇间洼地	河道、河道间、漫滩、沼泽	水下分流河道、河道间、河口坝、席状砂	浅湖泥、浅湖粉砂、前扇三角洲粉砂
岩性	叠瓦状砾岩和块状混杂砂砾岩、砂泥质支撑、分选差	砂岩、砾状砂岩和细砾岩、砂泥质支撑	砂岩、含砾泥质砂岩夹粉砂岩和砂质泥岩	砂岩、粗砂岩、细砾岩夹紫红色泥岩和砂质泥岩	灰色灰黄色砂岩、粗砂岩含砾砂岩夹灰色砂质泥岩	深灰色泥岩、粉砂质泥岩夹薄层粉砂岩
沉积特征	冲刷构造、叠瓦状构造、块状层理和大型板状交错层理	平行层理、交错层理、叠瓦状构造、冲刷充填构造	平行层理、沙纹层理、冲刷—充填构造、雨痕干裂	板状、槽状、波状和交错层理、分选差具砂泥质基质	平行层理、槽状和波状交错层理、变形构造、块状构造	水平层理、块状层理、微细波波纹层理、滑动变形构造
序列						
宏观特征						

图 6 准噶尔盆地西北缘克百地区冲积扇—扇三角洲相沉积特征与沉积序列模式图

Fig 6 Sedimentary characteristics and sequence model of fluid delta-fan delta in the northwestern margin of Junggar Basin

(2) 该区二叠系砂砾岩既有水上沉积环境沉积的, 也有水下沉积环境形成的。前者主要为棕褐色、泥质杂基含量高、分选和磨圆差, 储层物性相对较差; 后者是经过稳定水流的淘洗, 杂基含量少, 钙质或沸石类胶结发育, 分选性和磨圆度也较高, 其物性条件也明显较好。

(3) 本文建立的沉积模式, 强调冲积扇与扇三角洲的有机结合, 突出湖岸线的重要性, 同时模糊冲积扇与扇三角洲之间的界限。并对冲积扇与扇三角洲各亚相的岩性特征、沉积结构和沉积序列进行了总结和归纳。

参考文献 (References)

1 张义杰, 齐雪峰, 程显胜, 等. 准噶尔盆地晚石炭世和二叠纪沉积环境 [J]. 新疆石油地质, 2007, 28(6): 673-675 [Zhang Yijie, Qi Xuefeng, Cheng Xiansheng et al. Approach to sedimentary environment of late Carboniferous-Permian in Junggar Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2007, 28(6): 673-675]

2 赵玉光. 准噶尔盆地西北缘二叠纪沉积岩相模式 [J]. 新疆石油地质, 1999, 20(5): 397-401 [Zhao Yuguang. The Permian sedimentary facies model in the Northwest margin of Junggar Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1999, 20(5): 397-401]

3 张纪易. 粗碎屑洪积扇的某些沉积特征和微相划分 [J]. 沉积学报, 1985, 3(3): 75-85 [Zhang Jiyi. Some depositional characteristics and microfacies subdivision of coarse clastic alluvial fans [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1985, 3(3): 75-85]

4 雷德文, 吕焕通, 刘振宇, 等. 准噶尔盆地西北缘斜坡区冲积扇储集层预测与效果 [J]. 新疆石油地质, 1998, 19(6): 470-472 [Lei Dewen, Lv Huantong, Liu Zhenyu et al. The prediction and effects of slope area fluid delta reservoir in the Northwest Junggar Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1998, 19(6): 470-472]

5 Plesch A O, Oncken O. Orogenic wedge growth during collision: Constraints on mechanics of a fossil wedge from its kinematic record [J]. Tectonophysics, 1999, 309: 117-139

6 朱水桥, 肖春林, 饶政, 等. 新疆克拉玛依油田八区上二叠统下乌尔禾组河控型扇三角洲沉积 [J]. 古地理学报, 2005, 7(4): 471-482 [Zhu Shuiqiao, Xiao Chunlin, Rao Zheng et al. Fluvial-dominated fan delta sedimentation of the Lower Permian Formation of Upper Permian [J]. Journal of Palaeogeography and Palaeoclimatology, 2005, 7(4): 471-482]

- mian in the 8th area of Karamay oilfield Xinjiang autonomous region [J]. Journal of Palaeogeography, 2005, 7(4): 471-482]
- 7 B iotti F, Shaw JH. Deep-water Niger delta fold and thrust belt modeled as a critical-taper wedge: The influence of elevated basal fluid pressure on structural styles[J]. AAPG Bulletin, 2005, 89(11): 1475-1491
- 8 刘宝珺. 沉积成岩作用研究的若干问题 [J]. 沉积学报, 2009, 27(5): 787-791 [Liu Baojun. Some problems on the study of sedimentary Diagenesis[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2009, 27(5): 787-797]

Sedimentary Characteristics and Model of Permian System in Ke-Bai Area in the Northwest Margin of Junggar Basin

SHI Jian¹ HE Zhou² DING Chao² GU Qing²

XIONG Qiao-rong³ ZHANG Shun-cun¹

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

2 The Institute of Fengcheng Oilfield Zone, Xinjiang Oilfield Company, PetroChina, Karamay Xinjiang 834000;

3 Research Institute of Exploration and Development, Xinjing Oilfield Company, PetroChina, Karamay Xinjiang 834000)

Abstract Permian is the important oil layer and reservoir in the northwest margin of Junggar Basin. By means of observing cores, analyzing sections and well logging data, we studied on the sedimentary environment and characteristics of the Permian glutenite which stored in the down dip block of Ke-Bai fault in the northwest margin of Junggar Basin. The result shows that some glutenites pertained to alluvial fan deposit, the other pertained to front fan delta deposit. The former was brown, wealthy of argillaceous matrix, poorly rounded and sorted and poor reservoir physical property, the later was poor of argillaceous matrix. Supermature calcitic or zeolitic cementation, well rounded and sorted with good reservoir physical property. So we have established the combined sedimentation model of alluvial fan and delta fan. This model emphasized the importance of lake strandline and de-emphasized the boundary of alluvial fan and delta fan. We summarized the lithologic characteristics and depositional texture and sequence of each sub-facies of alluvial fan and delta fan and provided the ideas of exploring the Permian high quality reservoirs in the northwest margin of Junggar Basin.

Key words Junggar Basin; Ke-Bai area; Permian system; glutenite reservoir; sedimentary model