

文章编号:1000-0550(2015)01-0194-08

doi: 10.14027/j.cnki.cjxb.2015.01.020

准噶尔盆地克一百逆掩断裂带上下盘储层差异性及其形成机理^①

朱世发^{1,2} 刘欣^{1,2} 朱筱敏^{1,2} 万策³ 尤新才³ 吉林³ 杜建鹏³

(1.中国石油大学(北京)油气资源与探测国家重点实验室 北京 102249;

2.中国石油大学(北京)地球科学学院 北京 102249;3.中国石油新疆油田分公司 新疆克拉玛依 830011)

摘要 基于岩芯、薄片和物性数据等资料,从构造演化、沉积体系时空展布、成岩作用特征及储层质量角度,对准噶尔盆地西北缘克拉玛依—百口泉地区逆掩断裂带上下盘二叠系—侏罗系储层特征进行系统对比研究,探讨储层差异性形成机理。在断裂上盘,沉积物粒度较粗,通常为冲积扇或辫状河沉积砾岩、砂质砾岩,埋藏较浅,孔隙性较好。在断裂下盘,沉积物相对较细,通常为辫状河三角洲或扇三角洲前缘沉积砂岩,埋藏较深且孔隙性整体较差;局部层段发育沸石和长石的强烈溶蚀。通过分析认为,研究区储层埋藏史(断裂演化史)控制上、下盘储层砂体成因,决定储层现今埋深及成岩演化,影响储层次生孔隙的形成;沉积体系发育受同生的克一百主断裂控制,影响储层粒度、岩石成分成熟度、结构成熟度,决定储层原始孔隙结构发育情况。

关键词 准噶尔盆地 逆掩断裂带 储层差异 形成机理

第一作者简介 朱世发 男 1982年出生 博士 副教授 储层地质学与沉积学 E-mail:zhushifa_zsf@163.com

中图分类号 TE122.2 **文献标识码** A

0 引言

准噶尔盆地西北缘逆掩断裂带有我国建国以来中西部地区最早发现且迄今规模最大的油田—克拉玛依油田。克一百逆掩断裂带为挤压—推覆型断裂,形成于海西中晚期,印支期构造格局定型,燕山运动中期活动减弱至消失。形成早、活动期长,兼有逆掩性质和同生断裂性质,为油气形成、储盖和运移聚集提供了良好的条件,形成广阔的西北缘油气富集带^[1-4]。

逆掩断裂的长期活动,造成断裂带上下盘地层埋深、岩相、岩性及储层物性存在明显差异。前人研究表明,储层埋藏演化史是储层质量差异的主要控制因素^[5-8]。Bloch等^[9]讨论了地层埋藏史对砂岩孔隙度的影响,认为所研究的两套白垩系砂岩虽然组分和结构相似、埋深相当,但由于埋藏史不同,现今孔隙度也不同且差异较大。寿建峰等^[10]在分析塔里木盆地西南坳陷白垩系侧向挤压与压实作用时提出,昆仑山前逆冲推覆构造带的前锋带构造变形弱,储层物性较好;构造带的中带变形作用强,构造剪切裂缝发育,但储层孔隙度较低。

在前人研究的基础上,从逆掩断裂的形成演化出发,重点分析克拉玛依油田主力产层二叠系—侏罗系上下盘储层不同的埋藏史对其岩相、岩性及储层物性差异的影响,探讨储层差异性的形成机理,为准噶尔盆地西北缘油气精细勘探提供科学的地质依据。

1 逆掩断裂的形成与演化

西北缘逆掩断裂带是古生代晚期—中生代早期发展起来的大型冲断推覆构造^[1-3],同时具有走滑断层性质^[11]。初始碰撞于早、中石炭世;晚石炭世—早二叠世活动加剧,推覆体形成;晚二叠世,挤压、冲断作用达到高潮,并向前陆坳陷沉积物之上逆掩,逆冲活动具有同生性质,其前缘冲积扇扇体发育;三叠纪—中侏罗世逆掩活动减弱,中侏罗世以后被掩埋,形成了南自车排子经克拉玛依北至夏子街地区的巨型推覆构造,全长250 km,宽20~30 km^[12]。西北缘前陆冲断带由于形成时间、活动方式与受力条件等差异,可分为构造样式与地质结构不同的3个断裂带:南段为红山嘴—车排子(红—车)断裂带;中段为具压扭性质的克拉玛依—乌尔禾(克—乌)断裂带;北段为具推覆性质的乌尔禾—夏子街(乌—夏)断裂

^①国家973计划项目“中国西部叠合盆地深部油气复合成藏机制与富集规律”(编号:2011CB201104);国家科技重大专项课题(编号:2011ZX05009-002-104);国家自然科学基金青年科学基金(批准号:41202107);教育部高等学校博士学科点专项科研基金(新教师类)(编号:20120007120004);中国石油大学(北京)科研基金(编号:KYJJ2012-01-20)联合资助
收稿日期:2014-01-09;收修改稿日期:2014-05-05

带,其间为侧斜坡、斜断坡或横向断层所分割^[13]。本次研究的克一百逆掩断裂为西北缘克—乌断裂带的一部分。

克一百断裂带西起克拉玛依并向东北延伸,经白碱滩到百口泉,总体走向北东向,呈反“S”形,西南宽,东北窄(图 1)。若以北东走向的大侏罗沟断裂为界,又可大致分为南、北两个区。北区是挤压应力集中区,断裂带呈弧形向盆地内部凸出,前缘带断块发育。由于推覆位移较大,致使推覆体前缘断褶带的宽度变小,仅 5 km 左右。南区的推覆位移相对较小一些,故其前缘断褶带较宽,达 20 余公里^[14]。

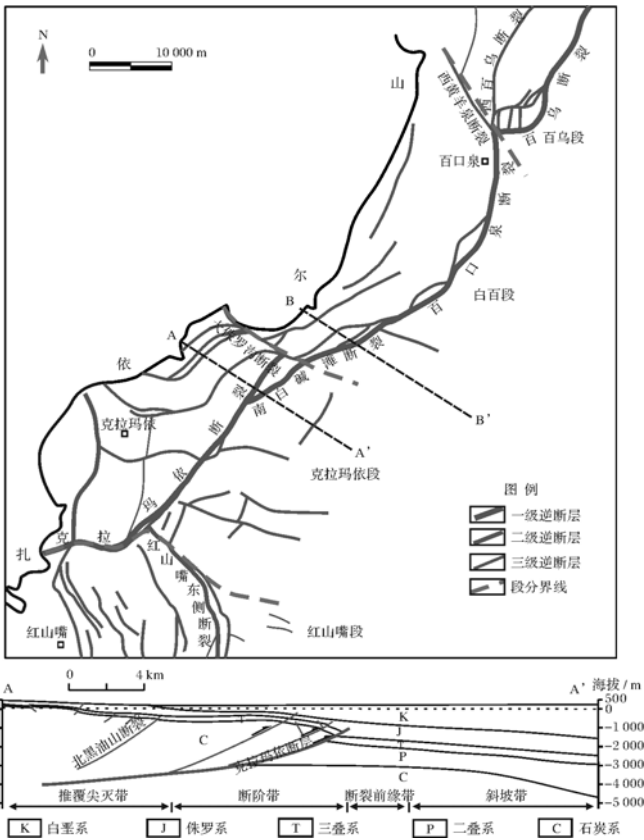


图 1 克一百地区断裂分布平面图及构造剖面图
Fig.1 Fault distribution map and structural profiles of the Ke-Bai region, Junggar Basin

克一百逆掩断裂主要由百口泉断层、南白碱滩断层、克拉玛依断层和百乌断层几条同沉积断层组成(图 1)。断裂带对海西、印支及燕山运动均有响应,其中海西期及燕山期表现强烈。海西运动造成推覆体上盘普遍缺失二叠系及中上石炭统;印支运动在上盘白碱滩断裂附近有所表现,早燕山期运动在整个地区都有强烈表现,断裂、褶皱作用均强,并以断裂作用为主。

受具有同生断裂性质的克一百逆掩断裂影响,断裂带上下盘的二叠系—侏罗系储层埋深差异明显(表 1)。在断裂带上盘地区,缺失二叠系,部分地区缺失三叠系、侏罗系。在断裂带下盘,地层发育完整,向斜坡区方向埋深加大、沉积厚度增厚。

2 逆掩断裂控制上下盘岩性差异

准噶尔盆地西北缘克一百地区沉积体系的时空展布受控于扎依尔造山楔及克一百逆掩断裂。二叠系—侏罗系冲积扇、扇三角洲和辫状河三角洲扇体的发育、展布及演化与同沉积断裂活动有着必然且紧密联系^[15-16]。由于西北缘断裂活动的不均衡性、上下盘地层运动的不对称性,在不同的活动时期断裂带上下盘表现出明显的埋藏史差异,造成其岩相和岩性明显的不同(表 1):上盘主要发育近物源、粗碎屑的冲积扇、辫状河沉积;下盘发育扇三角洲、辫状河三角洲沉积,在侏罗系部分层段发育有中—细粒曲流河、曲流河三角洲沉积。

二叠纪时,盆地具有压陷盆地(前陆盆地)的特点,克一百断裂(此时没有分段特点)为控盆断裂,对沉积具有控制作用。沿断裂在下盘地区发育有多个扇体;上盘地层被完全剥蚀。二叠系主要发育冲积扇、扇三角洲的砂质砾岩和砾岩储层以及火山岩相的火山碎屑岩和火山岩储层。扇体发育以下二叠统佳木河组和上二叠统上乌尔禾组最为发育,下二叠统风城组扇体分布范围及规模最小(图 2A)。

三叠纪时,盆地属性仍为压陷盆地,其发育仍与扎依尔造山楔的活动有关,扇体的发育受克一百主断裂的控制作用逐渐减弱至消失,并向扎依尔造山楔方向后退。在底部百口泉组,断裂上盘被完全剥蚀;克拉玛依段断裂下盘冲积扇扇体的面积和规模较大,岩性以含砾砂岩为主;百口泉段断裂来自老山方向的物源供给非常充足,冲积扇扇体规模和面积最大,岩性以砾岩为主,其次为含砾砂岩、砂岩。克拉玛依段断裂中、晚三叠世扇体退缩至扎依尔山根,上下盘广泛发育辫状河、辫状河三角洲砂岩沉积,向湖盆方向粒度变细(图 2B)。在百口泉区,早、中三叠世扇体发育具有很好的继承性,物源供给稳定,岩性主要为大套砾岩。全区晚三叠世没有近源扇体发育,上盘发育辫状河含砾砂岩沉积,下盘发育辫状河三角洲砂岩沉积。

侏罗纪时,扇体的发育情况与三叠纪类似,早期受克一百主断裂控制,后期控制作用消失,扇体后退至盆缘。早侏罗世八道湾组沉积时期,断裂活动性相

表1 克一百逆掩断裂带上、下盘碎屑岩储层差异综合对比表

Table 1 Clastic reservoir differences between the hanging wall and the foot wall of the Ke-Bai overthrust fault

地区	上盘			下盘	
	三叠系	侏罗系	二叠系	三叠系	侏罗系
埋深/m	60~2 290	0~1 200	1 500~4 500	1 200~3 750	1 000~2 200
沉积厚度/m	0~600	0~400	800~1 600	500~1 000	600~1 000
沉积相	冲积扇、辫状河	辫状河	扇三角洲	辫状河三角洲,百口泉冲积扇体发育	(辫状河)三角洲
岩性	砂砾岩、含砾砂岩	含砾砂岩、砂岩	砂砾岩、砾岩	(含砾)砂岩,百口泉段砂砾岩	砂岩
成岩阶段	早成岩 B-中成岩 A	早成岩 A-B	中成岩 A	中成岩 A	早成岩 B-中成岩 A
孔隙度%	16.4	21.3	8.9	12.2	15.8
渗透率/ $\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$	259	554	32	63	88
岩芯物性样品个数	6 231	7 963	3 748	8 759	1 138

比较大,继承性的百口泉扇体沿断裂发育于下盘地区,规模较大,岩性以砾岩和含砾砂岩为主;上盘八道湾组下段和中侏罗世头屯河组被剥蚀。其余时期断裂活动性较弱,扇体的发育未受断裂活动影响,上盘岩性以辫状河含砾砂岩、砂岩为主;下盘发育辫状河三角洲砂岩沉积(图2C)。

总的来看,二叠纪至侏罗纪克一百地区的扇体规模从大到小变化,岩石粒度由粗变细,反映了断裂活动性逐渐减弱。扇体的发育特征在克拉玛依段和百口泉段存在差异,表明不同地段逆掩断裂活动性强度不同。值得注意的是,从中生界沉积体系与扎依尔山的关系看,未见控盆断层且部分地区缺失边缘相和盆地边界,推断中生代的沉积范围比现今大得多,边界具体位置仍值得进一步探讨^[17]。

3 上下盘储层物性差异

克一百主断裂的逆掩活动造成断裂上下盘地层的埋藏史、储层成岩演化和孔隙演化及现今储层质量存在明显差异。本文结合埋藏史,对比分析上下盘二叠系—侏罗系储层质量差异,探讨储层孔隙垂向演化规律与逆掩断裂活动的关系。

3.1 盆地沉降及上下盘埋藏史

克一百地区盆地沉降具有阶段性特点。二叠纪以来盆地沉降可以划分为三个阶段:第一阶段为早、中二叠世($P_1 \sim P_2$),沉降曲线较陡、斜率大,反映快速沉降特点,其中在中二叠世(P_2)末期有一次抬升事件,造成地层的抬升剥蚀;第二阶段为晚二叠世—中侏罗世($P_3 \sim J_2$),沉降曲线变缓,表明沉降减慢;第三阶段,晚侏罗世—早白垩世($J_3 \sim K_1$),沉降曲线再次变陡(但斜率比第一阶段小),沉降速度增大。二叠纪—侏罗纪总体表现为早期快速沉降、中期缓慢沉降和晚期快速沉降的埋藏史特征。空间上,离克一百主

断裂越远,沉降速度越小(图3,线2、3),尤其表现在第一、三阶段,反映了断层对沉积的控制作用。相同沉积时期相比,主断层上盘沉降速率明显小于下盘沉降速率。

3.2 上盘储层孔隙演化

上盘地层埋深浅,一般小于2 300 m。受逆掩断裂逆冲活动影响,二叠系全部、三叠系下部和侏罗系下部地层不同程度遭受剥蚀,其他时期地层沉降速度缓慢且稳定(图3,线1)。因为地层埋深浅,压实作用强度弱,孔隙度保存较好,加上上盘地层次一级断裂发育,酸性流体沿断裂和不整合面易进入地层,溶蚀作用一定程度改善了储层质量。酸性水主要来自二叠系风城组烃源岩层,部分来自沿断裂渗入的大气淡水。总体上盘储层孔隙度为10%~25%。

三叠系上盘地层埋深一般小于2 200 m,现今处于早成岩B—中成岩A亚期。原生孔隙保存相对完整,溶蚀孔隙多以溶蚀扩大孔形式出现(图4C)。三叠系的顶底均发育冲起剥蚀不整合面,在剥蚀期,地层接受大气淡水的淋滤作用,大气水沿断层或不整合面进入地层与地层水混合形成酸性水^[18-20]。随埋深增加,储层的溶蚀孔隙含量增大,原生孔隙所占比例逐渐减小。在断裂上盘埋深小于500 m的地层中,孔隙空间以原生孔隙为主,储层平均孔隙度为22%,平均渗透率为 $639 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;埋深500~800 m次生溶蚀孔隙含量增加,形成混合孔隙类型即溶蚀孔隙含量为30%~50%。埋深大于800 m,随着溶蚀作用增强,次生孔隙含量大于50%,以粒间溶蚀和粒内溶孔组合的形式出现,表现为中等溶蚀强度。在断裂上盘储层埋深500~2 500 m深度范围,发育三期明显的次生孔隙发育带:900~1 100 m、1 200~1 350 m、1 800~2 150 m,平均孔隙度分别为16%,14.4%和12.1%,整体比正常压实高出3%~10%。

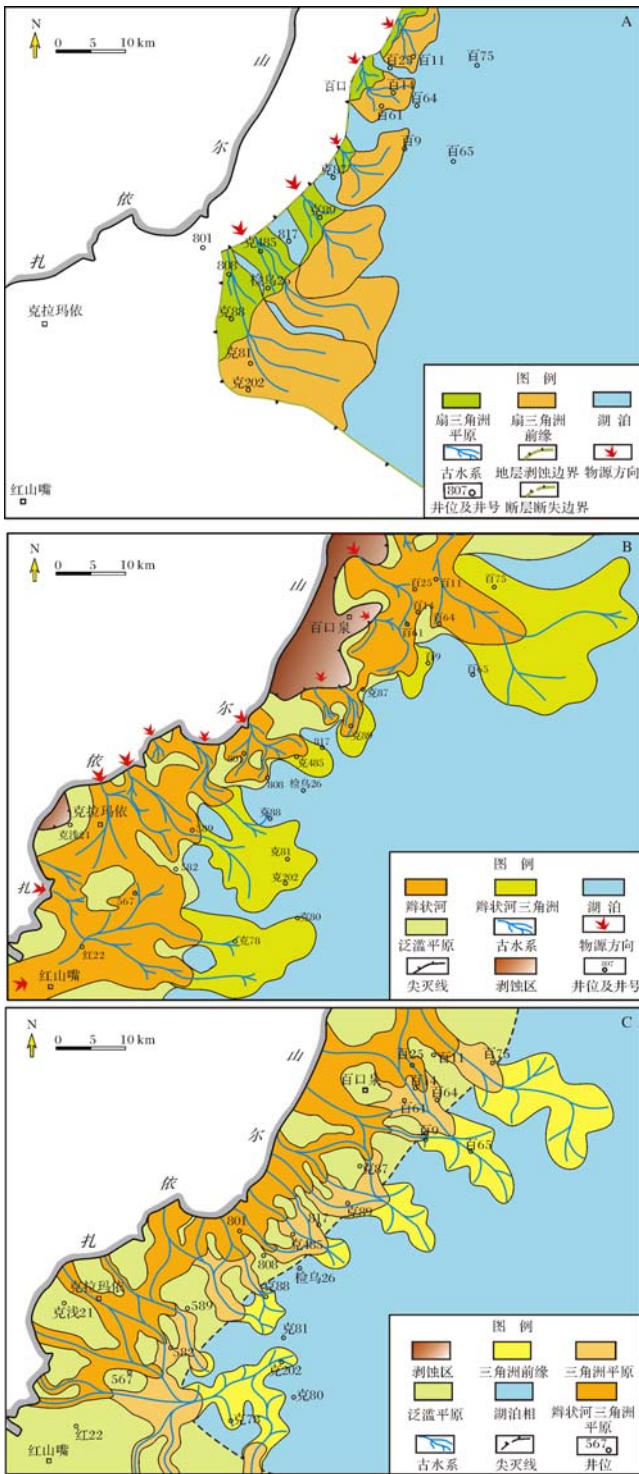


图 2 克一百地区二叠系—侏罗系关键层典型沉积相图
 A. 下二叠统风城组上部沉积体系分布图; B. 中三叠世克拉玛依上亚组沉积体系分布图; C. 下侏罗统西山窑组沉积体系分布图
 Fig.2 Sedimentary facies maps of the key layers in Permian-Jurassic in the Ke-Bai area, Junggar Basin

侏罗系断裂上盘埋深 0~1 900 m, 压实强度弱, 原生孔隙保存非常完整(图 4E), 成岩相类型为弱压

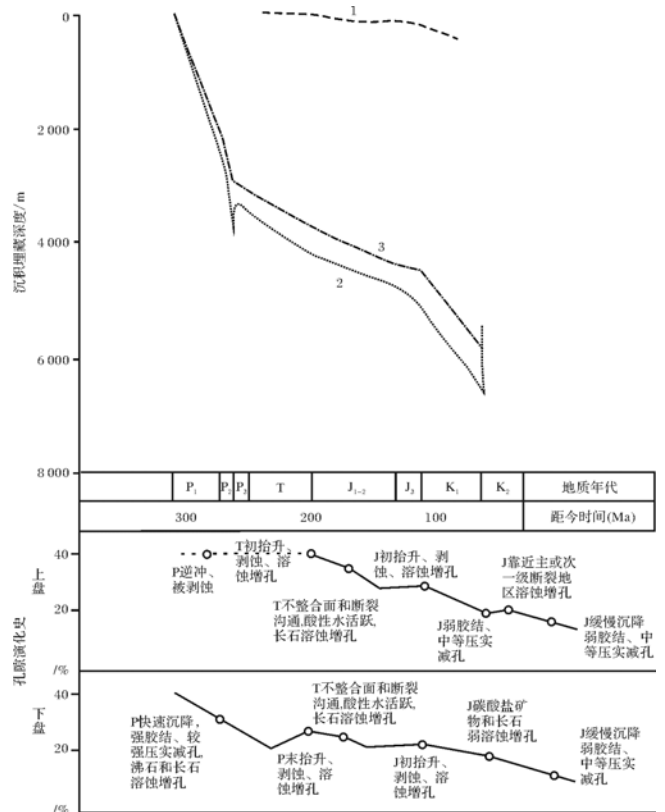


图 3 克一百逆掩断裂带上下盘埋藏史与孔隙演化史图
 1. 主断裂上盘(古 49 井); 2. 主断裂下盘近端; 3. 主断裂下盘远端
 2, 3 根据 KB200601 剖面深度作图, 剖面位置见图 1 中 BB'
 Fig.3 Burial history and porosity evolution of the hanging wall and the foot wall in the Ke-Bai overthrust zone

实弱胶结弱溶蚀成岩相。早侏罗世早期和中侏罗世末期, 克一百逆掩断裂活动强烈, 上盘地层剥蚀殆尽。受不整合面和断层沟通, 酸性流体易进入地层, 溶蚀作用普遍发育, 但溶蚀强度较弱, 溶蚀孔隙占孔隙空间的比例远小于原生孔隙。随着埋深增加, 原生孔隙破坏程度增大, 溶蚀孔隙的重要性凸显出来。原生孔隙储层分布在 1 000 m 以上, 以压实剩余原生孔隙为主, 平均孔隙度为 19.2%, 平均渗透率为 $479 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。在 1 000 m 以下, 次生溶蚀孔隙含量增加, 形成混合孔隙类型, 九区东南部和百口泉北区等局部地区次生孔隙含量大于 50%, 表现为中等溶蚀。在 1 000 ~ 1 900 m 深度范围, 发育两期明显的次生孔隙发育带: 1 060~1 120 m 和 1 550~1 630 m, 平均孔隙度分别为 17% 和 16.3%。次生孔隙发育程度与碳酸盐含量大致呈消长关系^[21]。

3.3 下盘储层孔隙演化

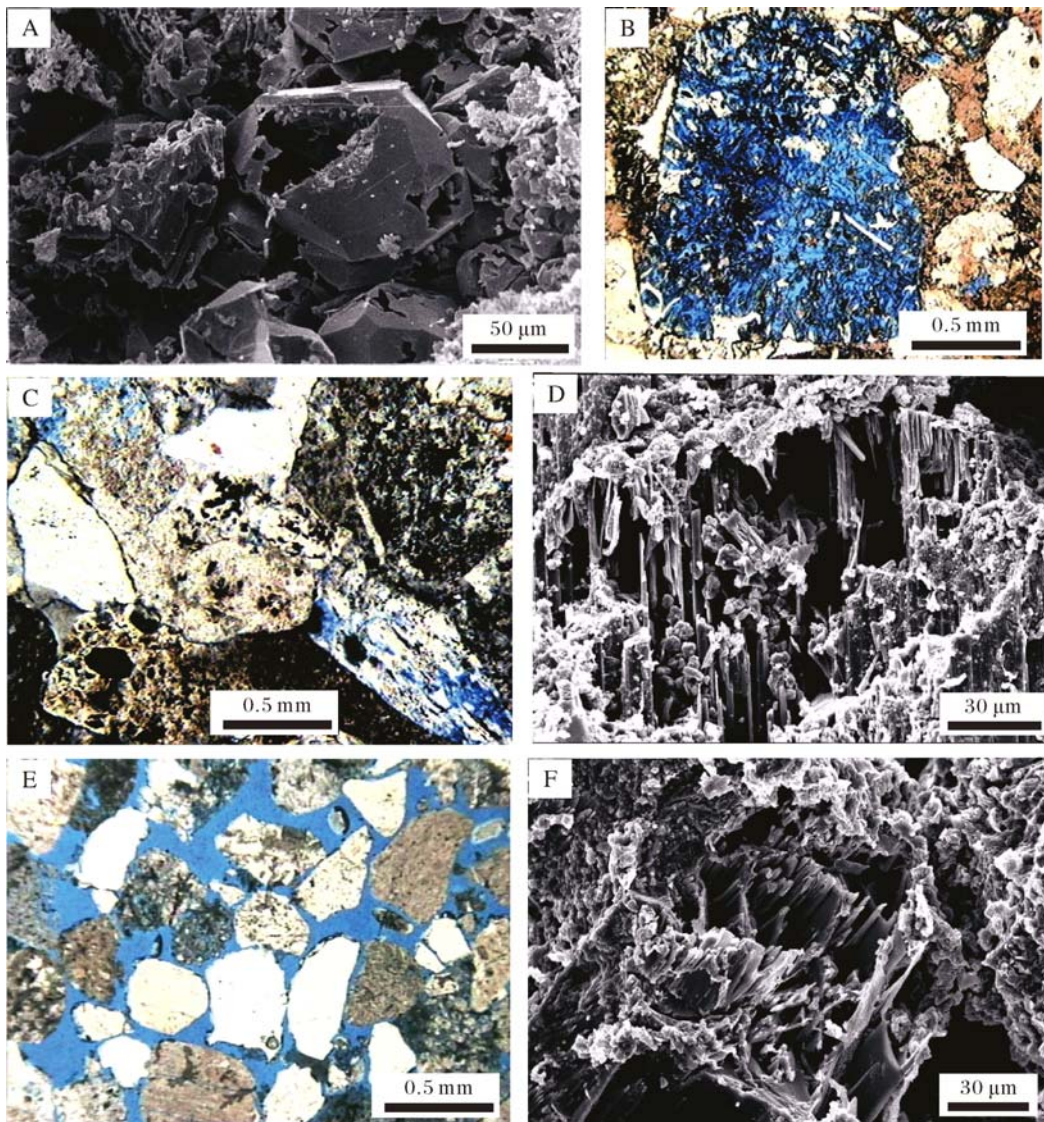
下盘地层埋深较深, 地层发育完整。受三期沉降影响, 孔隙度随埋深增加逐渐变小, 在断裂前缘带三

叠系—侏罗系储层孔隙度为 10%~20%;二叠系 5%~15%,百口泉区因埋深较浅、粒度粗、抗压实能力强,储层物性略好于五八区。斜坡带由于地层埋深增大,压实作用增强,原生孔隙损失殆尽,加之斜坡带受断层活动影响减弱且储层粒度变细、泥质成分增加,不易于酸性流体流动^[22],溶蚀作用不发育,储层质量比上盘和下盘前缘带都差。

二叠系碎屑岩储层主要分布在断裂前缘带,沉积环境为冲积扇、扇三角洲,现今处于中成岩 A 亚期。孔隙类型整体以次生孔隙为主,颗粒接触关系多为线接触,见凹凸接触,成岩相类型为较强压实中等—强

胶结弱溶蚀成岩相。五八区断裂前缘带储层埋深范围为 1 500~4 500 m,孔隙度 5%~15%,整体属低孔低渗储层。受克—百主断裂影响,前缘带溶蚀作用较为发育,局部地区溶蚀强度中等,常见沸石^[23]和长石的溶蚀(图 4A, B)。次生孔隙以粒间溶孔、粒内溶孔、晶内或晶间溶孔和微裂缝为主。百口泉区储层埋深小于五八区,孔隙度范围为 10%~22%。原生孔隙主要分布在 1 000~1 450 m 深度范围,在 1 450~1 600 m 为原生和次生混合孔隙,超过 1 600 m 以次生孔隙为主,次生孔隙发育程度比五八区弱。

三叠系下盘地层发育完整,埋深在 1 200~3 600 m



A. 粒间方沸石及其溶蚀孔,凝灰质砂岩,85095井,P,3 088.46 m, $\phi=8.55\%$, $\times 360$;B. 粒内溶孔,砾岩,b1803井,P,1 702.12 m, $\phi=5.1\%$ (-);C. 岩屑粒内溶孔,含砾不等粒砂岩,克401井,T,2 575.68 m, $\phi=16\%$ (-);D. 长石粒内溶蚀,砾岩,538井,T,1 339.61 m, $\times 650$;E. 剩余原生粒间孔,中砂岩,克浅138井,J,209.6 m, $\phi=25\%$ (-);F. 长石颗粒溶蚀,中砂岩,克93井,J,465.2 m, $\phi=33.4\%$ 。

图4 断裂上下盘二叠系—侏罗系储层镜下特征差异

Fig.4 Microscopic photographs of Permian-Jurassic reservoir differences between the hanging wall and the foot wall

之间,现今大部分处于中成岩 A 亚期。压实作用强,原生孔隙所占比例减少,次生溶蚀孔隙为主要孔隙类型,多见长石溶蚀(图 4D)。在断裂下盘埋深 1 200~3 600 m 深度范围,发育三期明显的次生孔隙发育带:1 500~1 800 m、1 950~2 500 m 和 3 050~3 500 m,平均孔隙度分别为 13.8%、11.5% 和 9.2%,总体比正常压实高出 5%~8%。次生孔隙发育程度与碳酸盐含量不存在明显的消长关系,而与高岭石含量呈较好的正相关关系,说明断裂下盘溶蚀作用的主要对象非碳酸盐胶结物而是长石。

侏罗系断裂带下盘与上盘不同的是,以原生孔隙为主要孔隙空间的地区局部分布,主要埋深在 1 000 m 以上,平均孔隙度为 17%。埋深 1 000~1 450 m,孔隙类型多以混合孔隙类型为主,平均孔隙度为 16.8%;在 1 600 m 以下,孔隙类型以次生溶蚀孔隙为主,特别是靠近断裂前缘带次生孔隙发育(图 4F)。

4 上下盘储层差异性形成机理及控制因素

克一百逆掩断裂构造活动造成上下盘储层质量差异明显,具体体现为埋藏史演化、储层埋深、沉积体系、成岩演化等对上下盘储层质量的控制。克一百逆掩断裂属挤压—推覆型断裂,兼有逆掩性质和同生断裂性质。上盘受其影响,挤压冲起并被不同程度剥蚀,地层埋深浅,成岩作用简单,对储层质量改造弱,原生孔隙大量保存(图 4E);溶蚀孔隙所占比例较小,但随埋深增加有增大趋势。下盘地层受逆掩断裂活动影响,持续稳定下降(除二叠纪末发生一次较大规模抬升,图 3)。储层埋深较大,压实、胶结作用较强,溶蚀作用在前缘带和次一级断裂附近较为发育(图 4A~D, F),在斜坡带因断裂控制作用减弱,泥质含量增加,地层水流动性降低,溶蚀作用不发育。综合分析,研究区储层埋藏史(断裂演化史)控制储层砂体成因,决定储层现今埋深及成岩演化,影响储层次生孔隙的形成;沉积体系发育受同生的克一百主断裂控制,影响储层粒度、岩石成分成熟度、结构成熟度,决定储层原始孔隙结构发育情况。

4.1 埋藏史对上下盘储层质量的影响

海西运动造成推覆体上盘普遍缺失二叠系。三叠纪以来,上盘地层缓慢沉降且受逆掩活动影响短期抬升、遭受剥蚀,沉积厚度小于 2 300 m。浅埋藏、弱压实弱胶结使原生孔隙大量保存;抬升剥蚀且次一级断层沟通使地层接受大气淡水淋滤,利于溶蚀孔隙形

成。上盘储层孔隙度一般大于 16%。断裂下盘二叠纪中—末期的剧烈抬升,造成克拉玛依段断裂前缘地区地层被不同程度剥蚀,伴之发生的溶蚀作用一定程度的改善了储层质量,但二叠系大埋深(一般大于 2 000 m)、强压实、较强胶结造成储层原始孔隙结构破坏严重,物性普遍较差,孔隙度一般小于 10%。下盘有利储层一般发育在(主或次一级)断裂附近或河道沉积的砂体中,这些地区通常为溶蚀作用发育区。二叠系沸石溶蚀意义明显(图 4A),沸石分布受岩石中凝灰岩岩屑含量变化影响。

4.2 沉积体系对上下盘储层物性的控制

研究区断裂带上下盘储层粒度、成分成熟度和结构成熟度是控制储层质量的重要因素。上盘储层近物源、成分成熟度低、埋深浅且粗碎屑岩抗压实性较强,原生孔隙大量保存。受扇体中部辫状河道冲刷影响,岩石结构成熟度中等,填隙物含量少,利于酸性地下水流动,溶蚀现象普遍发育,溶蚀强度中等—弱。下盘储层一般离物源区较远(上盘被大范围剥蚀时期除外,此时下盘前缘带发育小规模扇体),成分成熟度较上盘高,但岩性仍以岩屑砂岩为主。埋深大、粒度较细使原生孔隙大量破坏。虽分选、磨圆均好于上盘,但缺少次一级断裂沟通且泥质含量增高,溶蚀孔隙不发育。断裂前缘带溶蚀孔隙含量略高于斜坡带。

二叠纪、早三叠世、早侏罗世早期和中侏罗世末期逆掩断裂活动强烈,上盘地层挤压抬升,抬升幅度受逆掩断裂分段活动性控制,在克拉玛依段和百口泉段存在较大差异。百口泉段断裂活动强烈,物源区供给充足,岩石粒度较粗,以砾岩为主,扇体继承性发育,由上盘地区推进到下盘斜坡带。受埋深浅、沉积条件有利等因素控制,百口泉段储层质量普遍好于克拉玛依段。

5 结论

克一百断裂兼有逆掩性质和同生断裂性质,控制了二叠系—侏罗系的沉积体系时空展布,在断裂带上盘和下盘形成了不同成因类型的储集体。克一百主断裂的逆掩活动造成断裂带上下盘储层质量明显差异。上下盘不同的埋藏史特征影响储层压实、胶结、溶蚀等成岩作用特征和孔隙垂向演化规律。上盘剩余原生孔隙相对发育;下盘有利储层一般发育在(主或次一级)断裂附近或河道沉积的砂体中,这些地区通常为沸石或长石溶蚀作用发育区。因此,埋藏史和

受控于同生逆掩断裂活动的沉积作用特征是控制上下盘储层质量差异的直接影响因素。

参考文献 (References)

- 谭开俊,张帆,吴晓智,等. 准噶尔盆地西北缘盆山耦合与油气成藏[J]. 天然气工业,2008,28(5):10-13. [Tan Kaijun, Zhang Fan, Wu Xiaozhi, et al. Basin-range coupling and hydrocarbon accumulation at the northwestern margin of the Junggar Basin[J]. Natural Gas Industry, 2008, 28(5): 10-13.]
- 况军,张越迁,侯连华. 准噶尔盆地西北缘克百掩伏带勘探领域分析[J]. 新疆石油地质,2008,29(4):431-434. [Kuang Jun, Zhang Yueqian, Hou Lianhua. Exploratory targets of Karamay-Baikouquan buried structural belt in northwestern margin of Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2008, 29(4): 431-434.]
- 鲁兵,张进,李涛,等. 准噶尔盆地构造格架分析[J]. 新疆石油地质,2008,29(3):283-289. [Lu Bing, Zhang Jin, Li Tao, et al. Analysis of tectonic framework in Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2008, 29(3): 283-289.]
- Zhu Shifa, Zhu Xiaomin, Liu Jishan, et al. Genesis and hydrocarbon significance of vesicular welded tuffs: A case study from the Fengcheng Formation, Wu-Xia area, Junggar Basin, NW China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2012, 39(2): 173-183.
- Harris N B. Reservoir geology of Fangst Group (Middle Jurassic) Heidrun field, offshore mid-Norway[J]. AAPG Bulletin, 1989, 73: 1415-1435.
- Payne J H. Diagenetic variations in the Permo-Triassic Ivishak sandstone in the Prudhoe Bay field and central-northeastern national petroleum reserve in Alaska (NPR) [C]// Tailleur I, Weimer P. Alaska North Slope geology. SEPM Pacific Section and Alaska Geological Society, 1987: 77-83.
- 朱筱敏,张守鹏,韩雪芳,等. 济阳拗陷陡坡带沙河街组砂砾岩体储层质量差异性研究[J]. 沉积学报,2013,31(6):1094-1104. [Zhu Xiaomin, Zhang Shoupeng, Han Xuefang, et al. On the differences of reservoir quality of Shahejie Fm. in steep slope zones of Jiyang sag [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2013, 31(6): 1094-1104.]
- 李小陪,高志勇,李书凯,等. 库车前陆盆地上侏罗统—下白垩统砾岩特征与构造演化关系[J]. 沉积学报,2013,31(6):980-993. [Li Xiaopei, Gao Zhiyong, Li Shukai, et al. Relationship between conglomeratic characteristics and tectonic evolution of Upper Jurassic-Lower Cretaceous in Kuqa Foreland Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2013, 31(6): 980-993.]
- Bloch S, McGowen J H, Duncan J R, et al. Porosity prediction, prior to drilling, in sandstones of the Kekiktuk Formation (Mississippian), North Slope of Alaska[J]. AAPG Bulletin, 1990, 74(9): 1371-1385.
- 寿建峰,朱国华,张惠良. 构造侧向挤压与砂岩成岩压实作用——以塔里木盆地为例[J]. 沉积学报,2003,21(1):90-95. [Shou Jianfeng, Zhu Guohua, Zhang Huiliang. Lateral structure compression and its influence on sandstone diagenesis—A case study from the Tarim Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 21(1): 90-95.]
- 邵雨,汪仁富,张越迁,等. 准噶尔盆地西北缘走滑构造与油气勘探[J]. 石油学报,2011,32(6):976-984. [Shao Yu, Wang Renfu, Zhang Yueqian, et al. Strike-slip structures and oil-gas exploration in the NW margin of the Junggar Basin, China[J]. Acta Petrolei Sinica, 2011, 32(6): 976-984.]
- 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.]
- 何登发,尹成,杜社宽,等. 前陆冲断带构造分段特征——以准噶尔盆地西北缘断裂构造带为例[J]. 地学前缘,2004,11(3):91-101. [He Dengfa, Yin Cheng, Du Shekuan, et al. Characteristics of structural segmentation of foreland thrust belts—A case study of the fault belts in the northwestern margin of Junggar Basin[J]. Earth Science Frontiers, 2004, 11(3): 91-101.]
- 陈书平,况军,刘继山,等. 准噶尔盆地西北缘克—百地区不整合面及其动力学条件[J]. 高校地质学报,2008,14(2):199-205. [Chen Shuping, Kuang Jun, Liu Jishan, et al. Major unconformities and their dynamic conditions in Ke-Bai area, northwestern margin of Junggar Basin[J]. Geological Journal of China Universities, 2008, 14(2):199-205.]
- 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 & Gas Geology, 2005, 26(1): 86-91.]
- 雷振宇,卞德智,杜社宽,等. 准噶尔盆地西北缘扇体形成特征及油气分布规律[J]. 石油学报,2005,26(1):8-12. [Lei Zhenyu, Bian Dezhi, Du Shekuan, et al. Characteristics of fan forming and oil-gas distribution in west-north margin of Junggar Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2005, 26(1): 8-12.]
- 朱世发. 混积地层储层发育机理和主控因素分析——以准噶尔盆地乌—夏地区二叠系风城组为例[D]. 北京:中国石油大学(北京),2011. [Zhu Shifa. Genetic mechanism and main controlling factors of reservoir rocks in mixed formations - A case study in the Fengcheng Formation of Permian in Wu-Xia area, Junggar Basin[D]. Beijing: China University of Petroleum, Beijing, 2011.]
- 丘东湖,张继庆,王熙林,等. 准噶尔盆地西北缘三叠—侏罗系储层沉积成岩与评价[M]. 成都:成都科技大学出版社,1994. [Qiu Dongzhou, Zhang Jiqing, Wang Xilin, et al. Triassic -Jurassic Reservoir Deposition and Diagenesis in Northwestern Margin, Junggar Basin [M]. Chengdu: Chengdu University of Science and Technology Press, 1994.]
- Zhang Jinliang, Jia Ying, Du Guilin. Diagenesis and its effect on reservoir quality of Silurian sandstones, Tabei area, Tarim Basin, China [J]. Petroleum Science, 2007, 4(3): 1-13.
- Zhu Xiaomin, Zhong Dakang, Zhang Qin, et al. Sandstone diagenesis and porosity evolution of Paleogene in Huimin Depression[J]. Petroleum Science, 2004, 1(3): 23-29.
- 朱世发,朱筱敏,刘振宇,等. 准噶尔盆地西北缘克—百地区侏罗

- 系成岩作用及其对储层质量的影响[J]. 高校地质学报, 2008, 14(2): 172-180. [Zhu Shifa, Zhu Xiaomin, Liu Zhenyu, et al. Jurassic diagenesis and its control on reservoir quality in Ke-Bai area, northwestern margin of Junggar Basin[J]. Geological Journal of China Universities, 2008, 14(2): 172-180.]
- 22 Jiang Zhenxue, Chen Dongxia, Pang Xiongqi, et al. Control of formation of lithological reservoirs by surrounding mudstone[J]. Petroleum Science, 2006, 3(2): 1-6.
- 23 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.

The Formation Mechanism of Reservoir Differences between the Hanging Wall and the Foot Wall of Ke-Bai Overthrust Fault, Junggar Basin

ZHU ShiFa^{1,2} LIU Xin^{1,2} ZHU XiaoMin^{1,2} WAN Ce³
YOU XinCai³ JI Lin³ DU JianPeng³

(1. State Key Laboratory of Petroleum Resources and Prospecting, Beijing 102249;

2. College of Geosciences, China University of Petroleum, Beijing 102249;

3. Xinjiang Oilfield Company, CNPC, Karamay, Xinjiang, 834000)

Abstract: On the basis of a large number of thin-sections, casting thin-sections, and physical property analysis of cores, the article systematically compares Permian-Jurassic reservoir differences between the foot wall and the hanging wall of the Ke-Bai overthrust fault, northwestern margin of Junggar Basin from the perspectives of structural evolution, time-space distribution of the depositional system, diagenesis evolution, and reservoir quality. The formation mechanism of reservoir differences have been discussed. The reservoir on the hanging wall is near to the provenance with coarse grain size and shallow burial depth. The lithologies are conglomerate and sandy conglomerate of alluvial fan and braided river. The compaction is weak and a large number of primary pores are well preserved. The reservoir on the foot wall is far away from the provenance with deeper burial depth and finer grain size. The lithology is sandstone of braided river delta and fan delta front. Zeolites and feldspars are intensely dissolved within some intervals. Comprehensive analysis shows that the reservoir burial history (fracture evolutionary history) controlled facies association, present burial depth, and the formation of secondary porosity in the study area. Depositional systems effected by Ke-Bai fault had a genetic impact on the grain size, compositional maturity and textural maturity of the reservoir rocks, controlling the development of primary pore configuration.

Key words: Junggar Basin; overthrust fault zone; reservoir differences; formation mechanism