

文章编号:1000-0550(2014)05-0901-11

# 塔里木盆地英买力地区志留系储层构造挤压 及火山热液改造效应<sup>①</sup>

张荣虎<sup>1</sup> 张惠良<sup>1</sup> 周晨光<sup>2</sup> 沈扬<sup>1</sup> 寿建峰<sup>1</sup> 王波<sup>1</sup>

(1.中国石油杭州地质研究院 杭州 310023;2.中国石油东方地球物理公司研究院库尔勒分院 新疆库尔勒 841000)

**摘要** 针对构造挤压、火山热液发育区的砂岩储层特征及其物性空间变化,依据露头、岩芯、实验分析、测井等资料,基于砂岩动力成岩理论,提出了构造挤压和火山热液作用对砂岩储层性质的定量影响效应。研究表明:塔里木盆地英买力地区志留系柯坪塔格组为临滨亚相石英砂岩沉积,英买35井区构造压实减孔比英买34井区多7%~8%,海西早期构造挤压及海西晚期火山热液作用产生的裂缝改善了英买35井区储层性质。石英砂岩储层性质受构造挤压和火山热液影响明显,构造挤压成岩效应受控于构造作用时间、构造样式和砂岩原始沉积组构;火山热液对砂岩储层性质的影响具有空间分带性,影响范围为侵入岩体厚度的一半,变质矿物的广泛发育是储层性质遭受破坏的见证。

**关键词** 塔里木盆地 志留系 储层 构造挤压 火山热液作用 定量分析

**第一作者简介** 张荣虎 男 1976年出生 博士 高级工程师 沉积学、油气储层及成藏 E-mail:zrh\_hz@petrochina.com.cn

**中图分类号** TE122.2 **文献标识码** A

## 0 引言

国内学者认为构造挤压、火山作用对砂岩储层的影响主要表现在4个方面:形成储层流体异常压力;致使储层基质孔隙体积缩小,孔隙度减低,甚至裂缝形成;造成地层流体及油气运移,并伴随次生水—岩相互作用,形成次生孔隙或胶结物;同沉积火山作用可以形成大量凝灰岩屑,为储层后期溶蚀作用提供有利物质基础(刘宝珺,1992;贾承造,1997;孙雄,1998;寿建峰,2003;张凤奇,2012;熊建华,2010;李义军,2009,等)<sup>[1-19]</sup>。塔里木盆地志留系沥青砂岩主要分布在巴楚隆起、柯坪断隆、塔中隆起、塔北隆起、塔东南隆起及其周缘地区,面积可达 $7 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,是油气勘探的重要目的层系之一,在巴楚麦盖提斜坡、塔中隆起、塔北隆起和盆地东部油气勘探相继取得重要进展,尤其在塔北隆起英买力地区获高产工业油气流(英买34、英买35)更引起了对志留系勘探和研究的高度重视(郭少斌,2007;施振生,2007)<sup>[20-24]</sup>。通过研究表明英买力地区志留系柯坪塔格组储层具有相似的沉积环境、岩矿特征和埋藏深度;但储层性质差异较大,英买34井区以残余粒间孔为主,孔隙度10%~20%,渗透率为 $5 \times 10^{-3} \sim 300 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ;英买35井

区以裂缝和溶蚀孔为主,孔隙度5%~10%,渗透率为 $0.01 \times 10^{-3} \sim 10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ;两口井相距不到20 km,储层孔隙度却相差7%~8%,什么原因导致储层的差异性,本文在分析储层沉积岩相、沉积环境、岩矿特征和埋藏深度等常规因素对储层控制作用的同时,重点研究构造挤压作用和火山热液作用对储层性质的影响,综合定量分析导致英买力地区局部储层性质差异的原因。

## 1 区域地质背景

塔里木盆地塔北隆起英买力地区英买34井—英买35井—英买37—英买41井区志留系柯坪塔格组上段以海相无障壁碎屑滨岸沉积为主,主要发育临滨、前滨亚相,横向分布稳定,东西向展布较广泛(图1)。志留系主要发育2种构造样式:挤压褶皱型(如英买35、英买35-1)、拉张断块型(如英买34、英买34-H1);2期断裂(海西早期逆冲断裂、海西晚期正断裂),其中英买35井—英买37—英买38—英买42—英买43井区2期断裂都发育,英买34—英买39—英买41井区仅发育海西晚期正断裂;2种性质构造作用分别为局限发育于海西早期的挤压型构造作用,海西晚期的拉张型(李曰俊,2008)<sup>[15]</sup>。二叠纪火山侵入体

<sup>①</sup>中国石油集团科技创新基金项目(编号:2008D-5006-01-03)资助  
收稿日期:2013-07-05;收修稿日期:2013-10-14

广泛发育,平面上火山口—近口相位于西南部,溢流相位于英买8—英买30—羊塔3—羊塔6—羊塔10—英买16井区呈环状分布,溢流—沉积相主要分布于羊塔2以北地区,纵向上即可刺穿志留系也可沿志留系顺层分布(如英买35井区)<sup>[25,26]</sup>(图2)。

## 2 构造挤压对储层的成岩效应

### 2.1 英买力地区志留系(柯坪塔格组)储层性质受控于构造挤压和火山热效应

岩芯、薄片资料表明:英买34、英买35井区储层

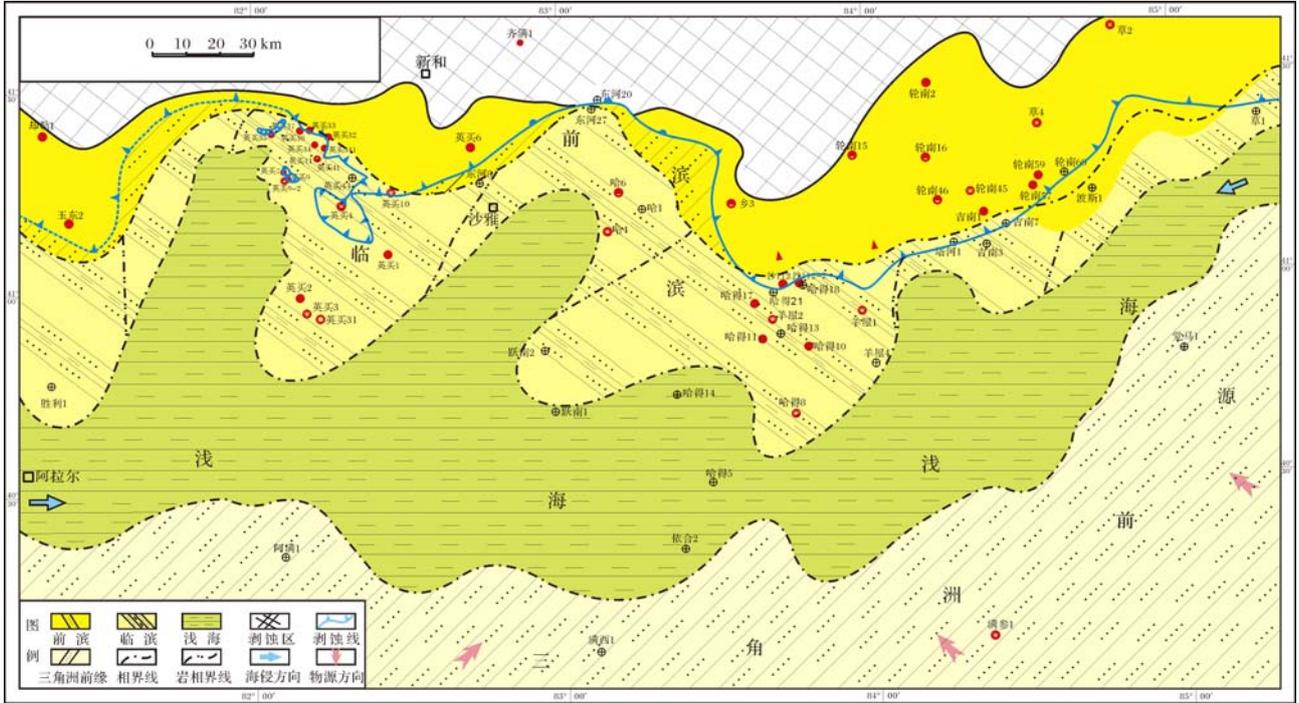


图1 塔北地区志留系柯坪塔格组上3段沉积相平面分布图

Fig.1 Map showing the distribution of sedimentary facies of  $S_1K_1^3$  in north Tarim Basin

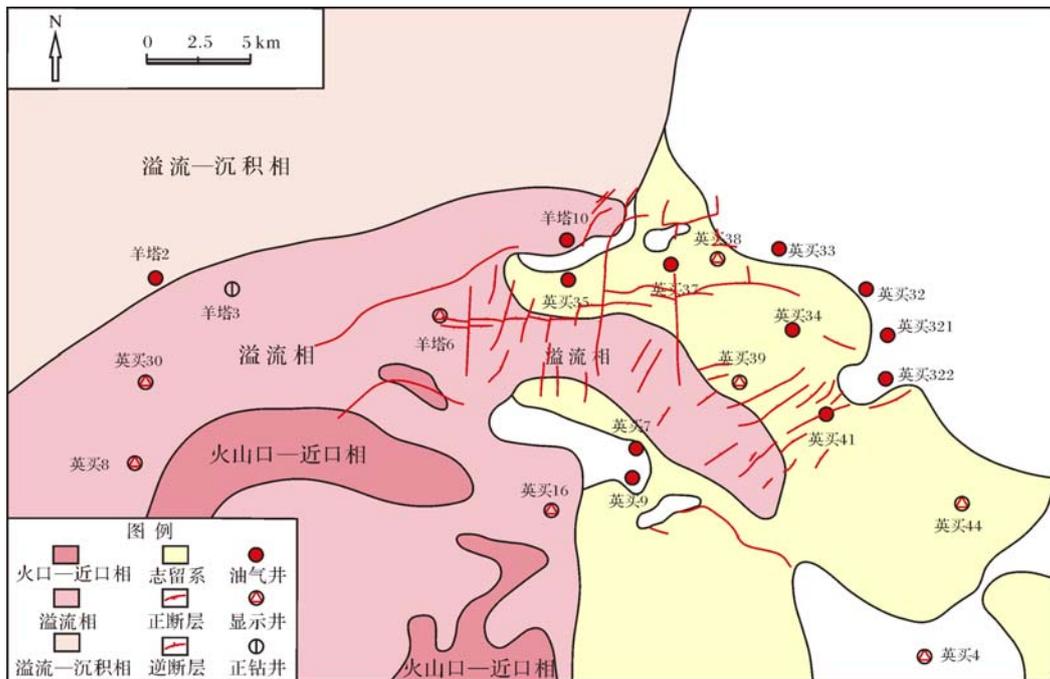


图2 塔北隆起英买力地区火成岩相带展布图

Fig.2 Map showing the distribution of igneous facies in Yingmaili area

为细-中粒岩屑石英砂岩,总体上成分差别不大(除胶结物),储集空间以残余原生粒间孔为主,但英买 34 井区、英买 35 井区孔隙度差异 7%~8%(图 3)。其原因主要为成岩早期构造挤压强度差异造成的,英买 34 井区平均压实减孔量为 22.76%,英买 35 井区平均压实减孔量为 29.61%,比英买 34 井区多 7.1%。其次是火山作用的热效应,导致了英买 35 井石英颗粒强烈次生加大,导致孔隙减小,其依据如下:

(1) 颗粒接触关系的不同与正常埋藏压实的关系不大。在埋深差异不大的情况下,英买 34 井区志留系储层颗粒间以点及点线接触为主(图 4A);英买 35 井区志留系储层颗粒间以线接触为主,可见明显的压

实、压溶特征,同时英买 35 井区处于早海西期近东西向挤压型断裂带,从构造样式及地层褶曲变形上表明该井区构造挤压作用对储层有至关重要影响(图 4B, C, D)。

(2) 英买 34 井区与英买 35 井区石英颗粒次生加大的方式不同。英买 34 井储层石英加大方式以胶结充填作用为主,自形特征明显(图 4A),主要与地层流体沉淀有关,石英次生加大的同时受构造挤压作用不明显;英买 35 井区储层石英颗粒加大以压实压溶作用为主,石英颗粒在强挤压、压实和热液作用下溶解再沉淀,他形特征明显,表明受构造挤压或热效应明显(图 4B, C, D)。

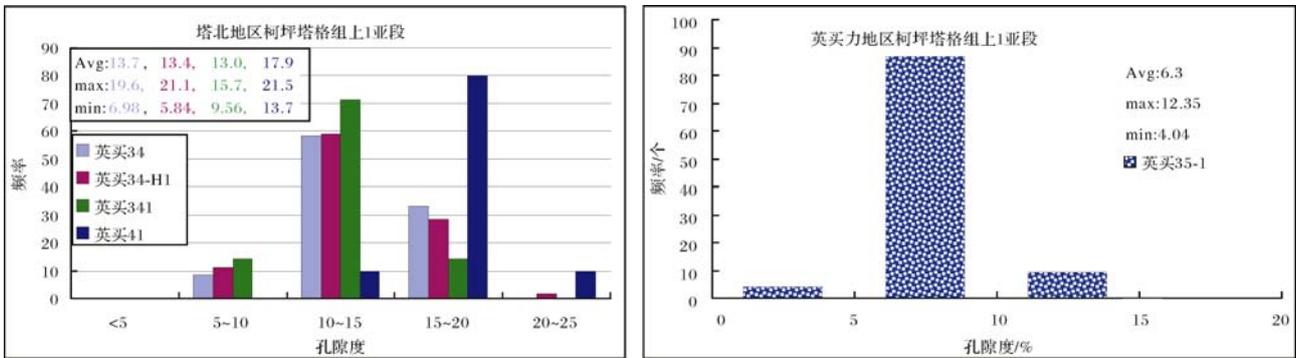


图 3 英买力地区英买 34 井区、英买 35 井区志留系柯坪塔格组上 1 亚段孔隙度直方图

Fig.3 Histogram of the distribution of porosity of  $S_1K_1$  in Yingmai 34 and Yingmai 35

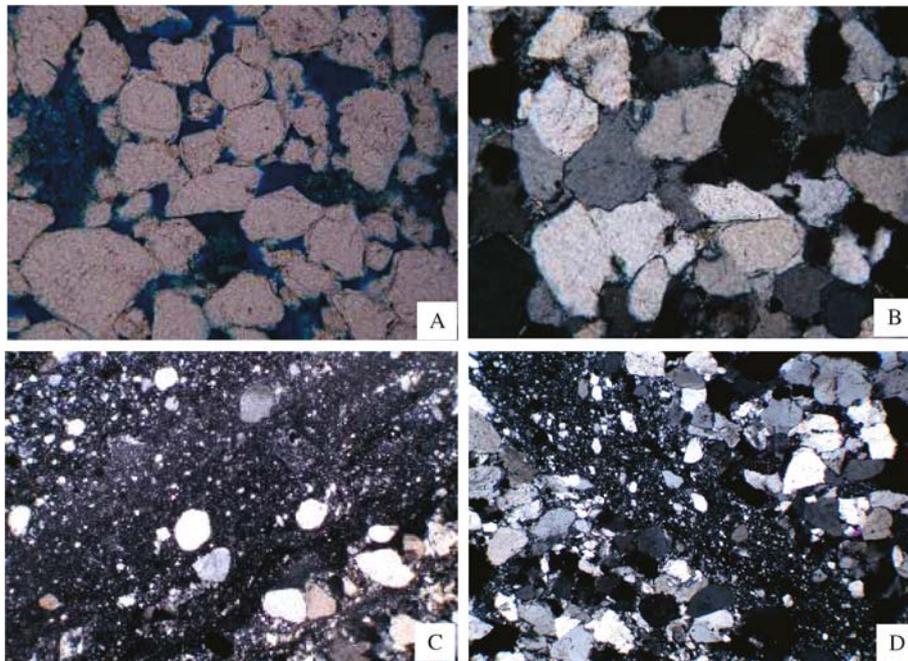


图 4 英买 35 井志留系碎屑颗粒压实强度明显大于英买 34 井

A.英买 34 井,5 387 m,细粒岩屑石英砂岩,硅质加大 2.8%,以点接触为主,孔隙度 14.4%;B.英买 35-1 井,5 590.8 m,中细粒石英砂岩,硅质加大 1.5%,颗粒嵌合,孔隙度 4.98%;C.英买 35-1 井,5 574.24 m,挤压作用形成的糜棱岩化条带;D.英买 35 井,5 588.38 m,强挤压作用造成的糜棱岩化现象。

Fig.4 Clastic particles in Yingmai 35 are obviously more compacted than those in Yingmai 34

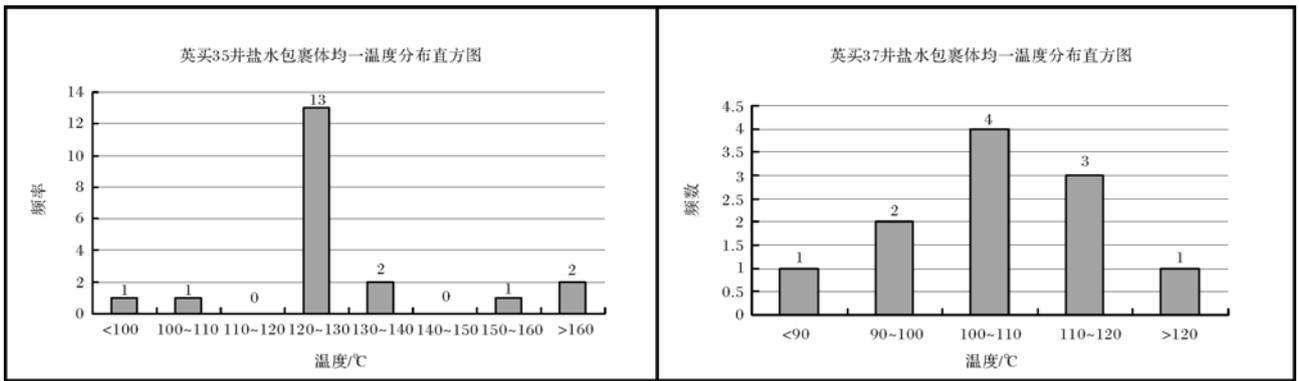


图 5 英买 35 井、英买 37 井区志留系储层包裹体均一温度直方图

Fig.5 Homogenization temperature distribution of Silurian inclusions in Yingmai 35 and Yingmai 37

(3) 火山热液作用可能是造成英买 34 井区、英买 35 井区储层物性差异的另一重要原因。英买 35 井储层盐水包裹体均一温度主峰值为 120°C ~ 130°C, 而英买 37 井区为 100°C ~ 110°C, 低于英买 35 井区(图 5), 表明岩浆活动对近距离的英买 35 井影响要高于相对远距离的英买 37 井区, 而英买 34 井区相对更远离火山岩区, 因此, 英买 35 井区受火山热液影响相对较大。

为主的储层孔隙体积缩小、裂缝形成(构造缝和压碎缝), 以及流体活动、流体压力变化(寿建峰, 2005)<sup>[5]</sup>。英买力地区局部志留系早海西期构造挤压强烈, 构造成岩效应显著。构造挤压对储层的影响取决于构造产生的时间、构造的作用方式和砂岩的原始组构。

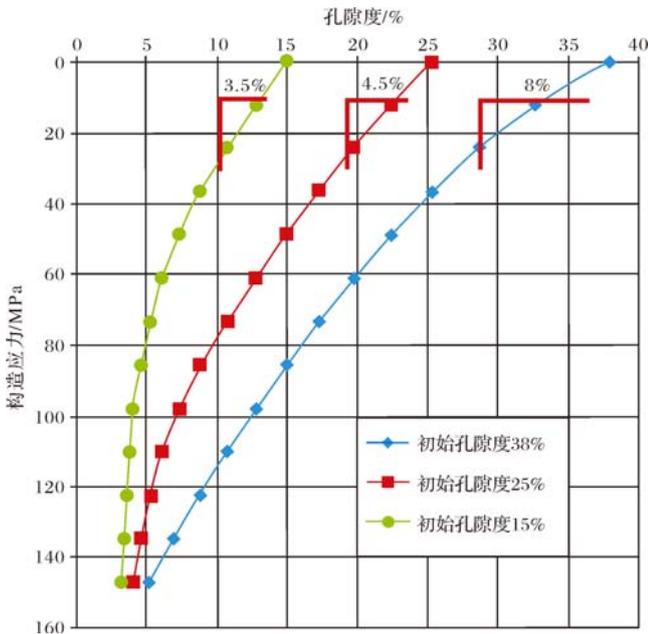


图 6 不同初始孔隙度下挤压应力减孔率与孔隙度关系  
Fig.6 Diagram showing how compressive stress influences with different initial porosities

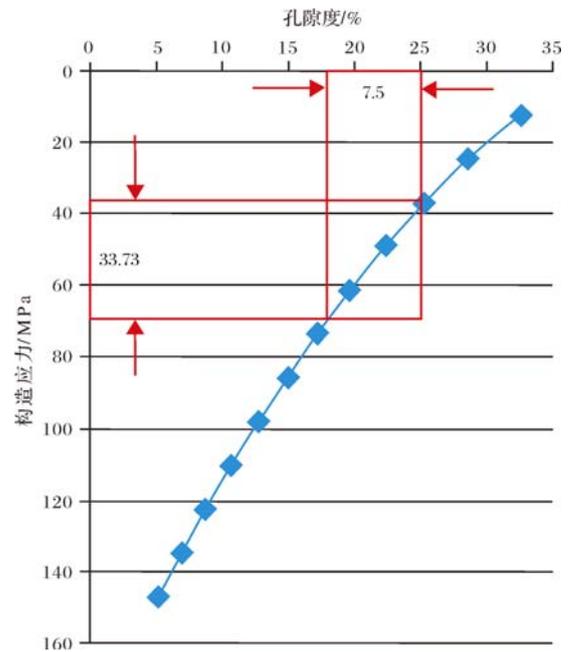


图 7 构造应力与细—中粒岩屑石英砂岩构造压实减孔分析图

Fig.7 Tectonic stress decreasing porosity on fine-medium grained lithic quartz sandstone

### 2.2 英买 35 井区构造挤压发生时期早, 储层构造成岩效应明显

构造成岩效应是多方面的, 包括以物理作用方式

实验分析表明: 不同储层物性条件下, 构造应力与砂岩压实减孔率呈正比, 储层成岩越弱, 构造减孔越强烈(图 6, 7)。英买 35 井区志留系柯坪塔格组上段储层在泥盆纪末、二叠纪早期和侏罗纪经历三次抬

升剥蚀过程,其承受构造作用十分强烈,构造运动初期柯坪塔格组埋深约 1 500 m,此时砂岩孔隙度为 30%,在此背景下,构造挤压减孔效应明显,33.73 MPa 的有效古应力差异可导致 7%~8%减孔量,同时造成构造裂缝的强烈发育(图 8)。

### 2.3 侧向挤压—滑脱型构造样式决定构造应力分布及其强度

侧向挤压—滑脱构造样式储层性质纵向上差异

明显,一般沿滑脱面之上储层遭受强构造挤压,物性差,滑脱面之下储层遭受弱构造挤压,物性相对较好,两者差异大小决定于断层面角度,角度越小,差异越小(寿建峰,2003)<sup>[3]</sup>。英买力地区英买 35 井区发育侧向挤压高角度滑脱型构造样式,从地震剖面、储层微观特征及最大有效古应力资料来看,断层上盘储层物性较差,下盘物性好,储层性质在纵向上受构造样式控制,差异明显((图 9,10)。

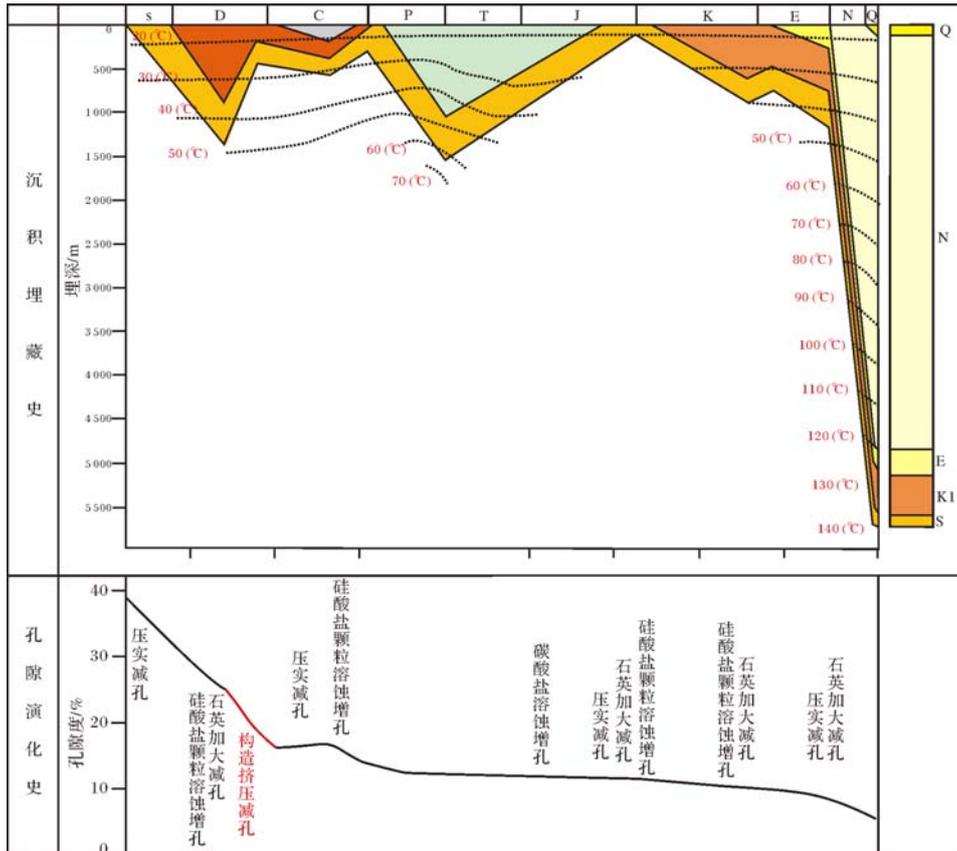


图 8 英买 35-1 井区志留系埋藏及孔隙演化史图

Fig.8 Diagram of the burial history and porosity evolution for Silurian in Well Yingmai 35-1

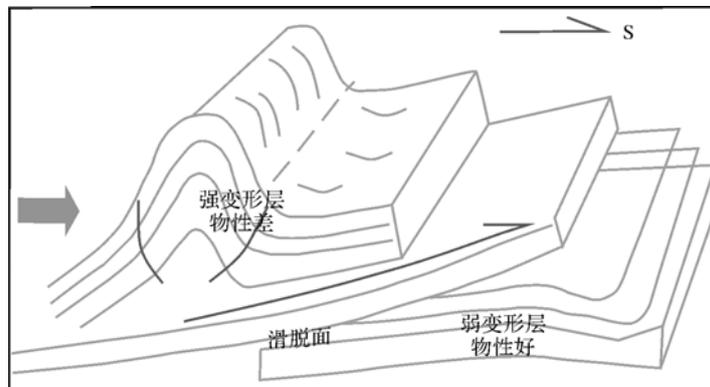


图 9 侧向挤压—低角度滑脱构造变形样式及变形强度关系

Fig.9 Diagram showing the relation of deformation style and deformation strength of lateral compression-low angle detachment structure

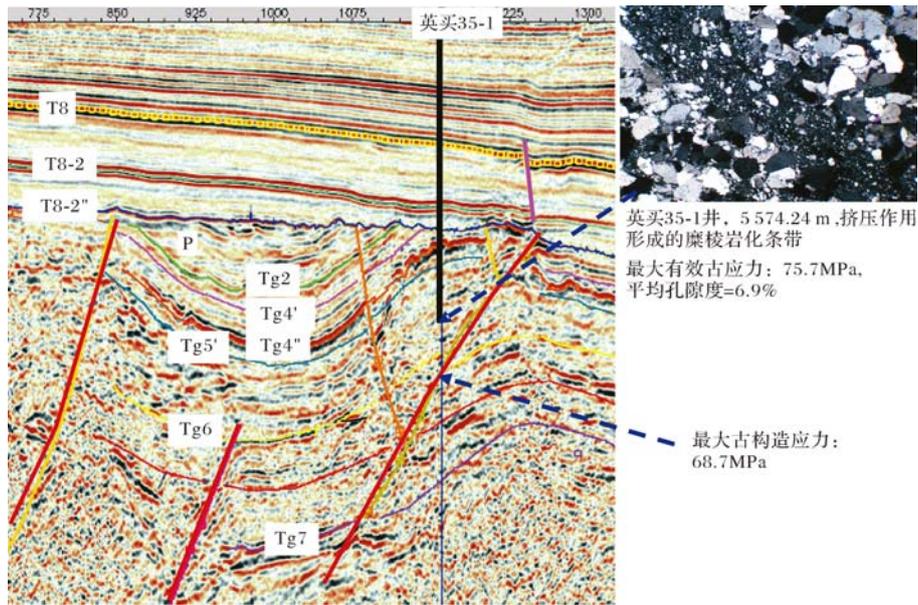


图 10 英买 35 井区高角度滑脱型构造样式决定构造挤压差异明显(断层上盘强,下盘弱)

Fig.10 High angle detachment structure leads to the obvious difference of tectonic compression

2.4 构造挤压减孔与砂岩原始沉积组构关系密切, 细、中砂岩减孔率为 4.43%/10 MPa

利用前人成果(丁原辰,1996)<sup>[7]</sup>及本次实验测定(表 1、图 11)和测井计算两种方式恢复了英买力地区局部志留系砂岩有效古构造应力,两者相关性良好,有效古应力值一致。英买力地区志留系不同井区最大有效古应力值一致。

效古应力差异较大,最大为英买 35 井区,为 75.7 MPa,向南东、东方向减小。进一步分析表明:构造挤压减孔与砂岩原始沉积组构关系密切,粗砂岩、不等粒砂岩、粉砂岩的压实减孔率最高,细砂岩、中砂岩的抗压实率最强,细—中粒岩屑石英砂岩在构造挤压活动期构造应力减孔率为 4.43%/10 MPa(图 12,13)。

表 1 英买力地区志留系砂岩测井有效古构造应力计算表

Table 1 Well logging of sandstone effective paleostructure stress for Silurian in Yingmaili area

井号	采样深度 /m	岩性	样品地层	应力作用时代	现今孔隙度 /%	测井计算有效应力 /MPa	实测最大古有效应力 /MPa
英买 34	5 387			海西期	20.6	—	43.9
英买 35-1	5 590.8			海西期	4.71	—	75.7
英买 39	—	细—中粒岩屑石英砂岩	志留系柯坪塔格组	海西期	18.4	45.2	—
英买 41	—			海西期	18	54.6	—
英买 44	—			海西期	19.3	49.8	—

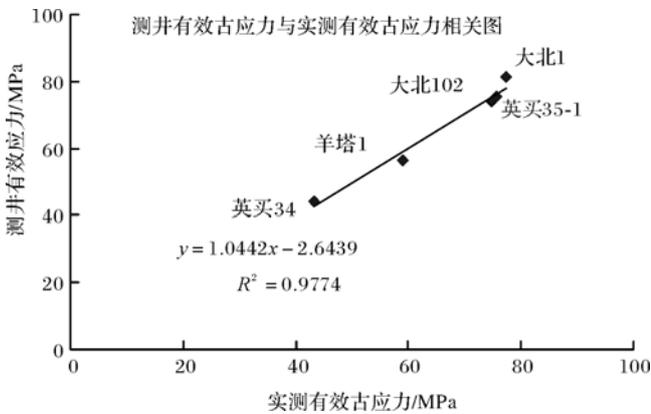


图 11 测井计算与实测有效古应力相关图

Fig.11 Correlogram of log analytic and measured effective paleostructure stress

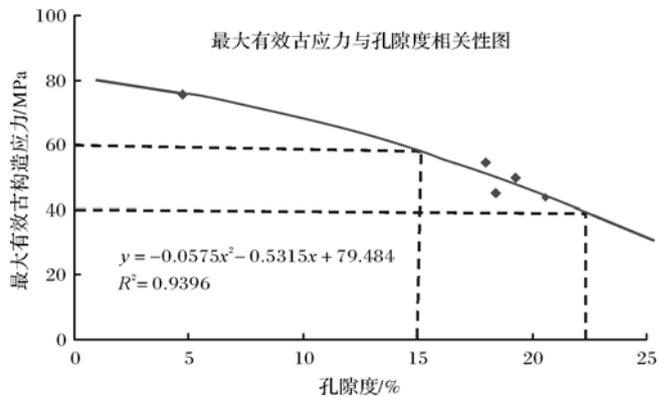


图 12 岩屑石英砂岩有效古应力与物性相关图

Fig.12 Correlogram showing the relation between the effective paleostructure stress and porosity of lithic quartz sandstone

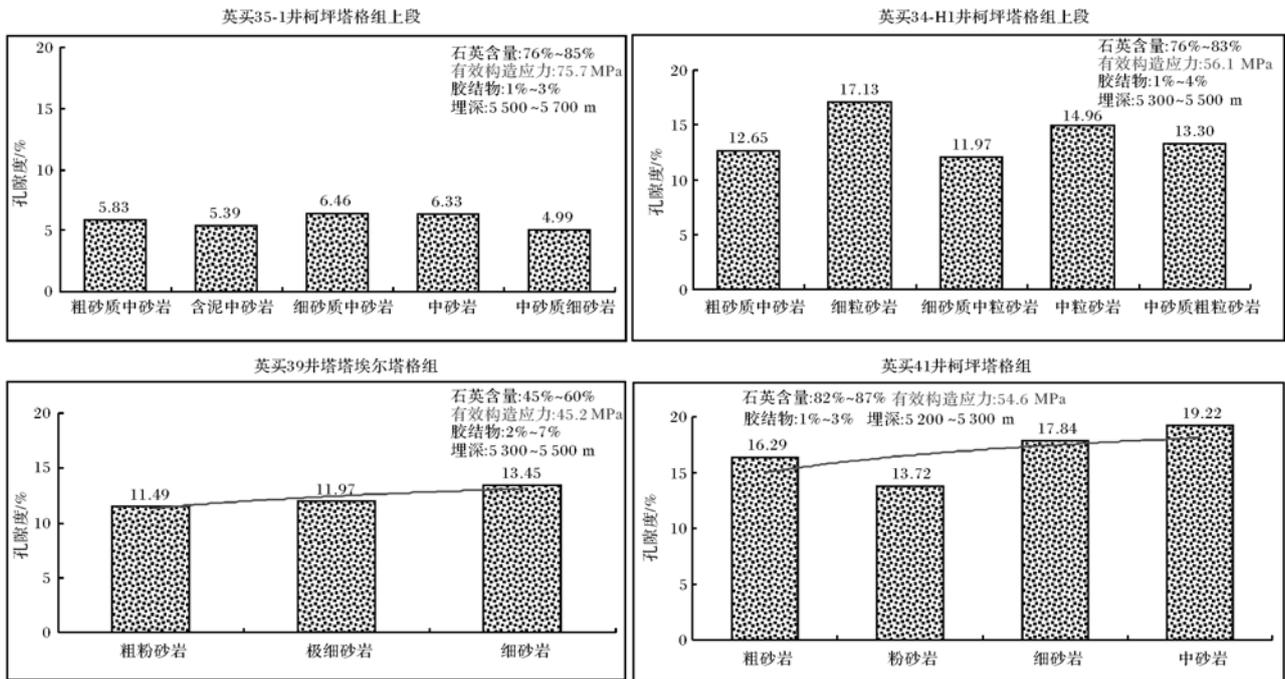


图 13 英买力地区志留系不同构造应力作用下砂岩孔隙度随粒度变化直方图

Fig.13 Histogram showing the porosity of sandstone varies with granularity under different tectonic stresses of Silurian in Yingmaili area

### 3 火山热液作用对储层的成岩效应

理论研究表明:厚为 1 km 的岩墙及其围岩的温度分布随时间的变化而变化,当温度为 300℃ 时,其烘烤范围为周围 0.5 km (图 14),即影响最大范围为岩体厚度的一半。对新疆巴楚县小海子水库二叠系辉绿岩体对石炭系东河砂岩(岩矿成分、储集空间均

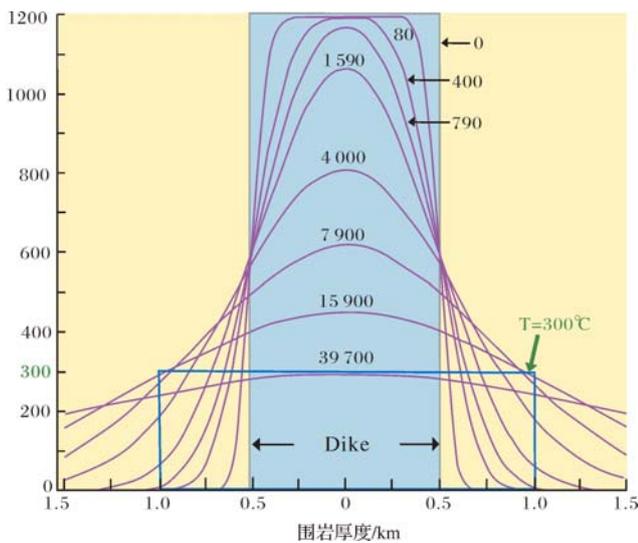


图 14 理论计算 1 km 岩体辐射热液温度递减图

Fig.14 Theoretical calculations 1 km rock hydrothermal temperature decreasing radiation diagram

质)追踪研究表明:岩体厚度 4 km,在距岩体 7 km 的地方未发现储层性质异常,距岩体 2 km 的地方发现变质作用界线,在小于 2 km 的区域发现了强烈变质作用(图 15)。在火山热液蚀变影响下储层出现分带性,分别为:高温接触烘烤,低孔高渗破碎带,其代表矿物为透辉石、韭闪石,石英重结晶,缝合线接触。较

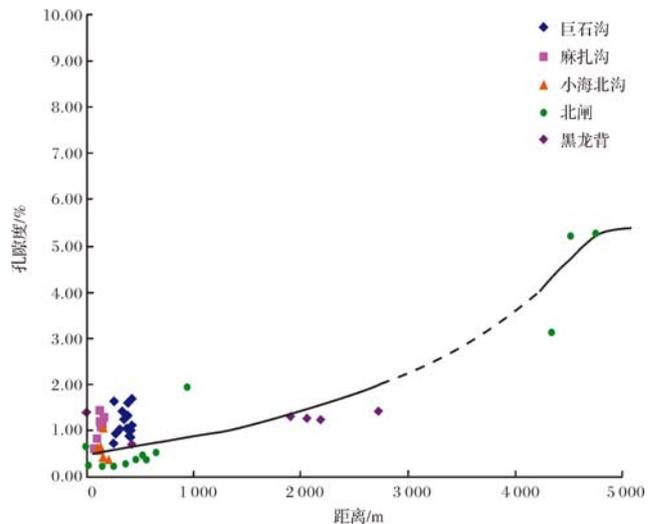


图 15 砂岩热液作用带砂岩孔隙度随距火山岩体距离变化趋势图

Fig.15 Porosity changes with the distance from volcanic rock in sandstone hydrothermal belt

高温快速升特低孔低渗致密带,其标志矿物为透辉石、黑云母,石英次生加大强烈接触。中温缓慢升温中孔中渗减孔带,其代表矿物为白云母、绿泥石,少量石英次生加大,颗粒以线一点接触为主。低温高孔高渗原岩带,其标志矿物为高岭石、蒙脱石,砂岩颗粒间以点接触为主。储层性质也表现出明显的带状展布

特征,具体为距侵入岩体空间厚度一半范围内孔隙度特低,随着距离增大,孔隙度增大,在距离火成岩体大于 2 倍厚度时趋于原岩孔隙度值(图 16,17),英买力地区在构造挤压和火山侵入体发育区以 III ~ IV 类裂缝—孔隙储层为主,在远离构造挤压和火山岩体影响区以 I ~ II 类储层为主(图 18)。

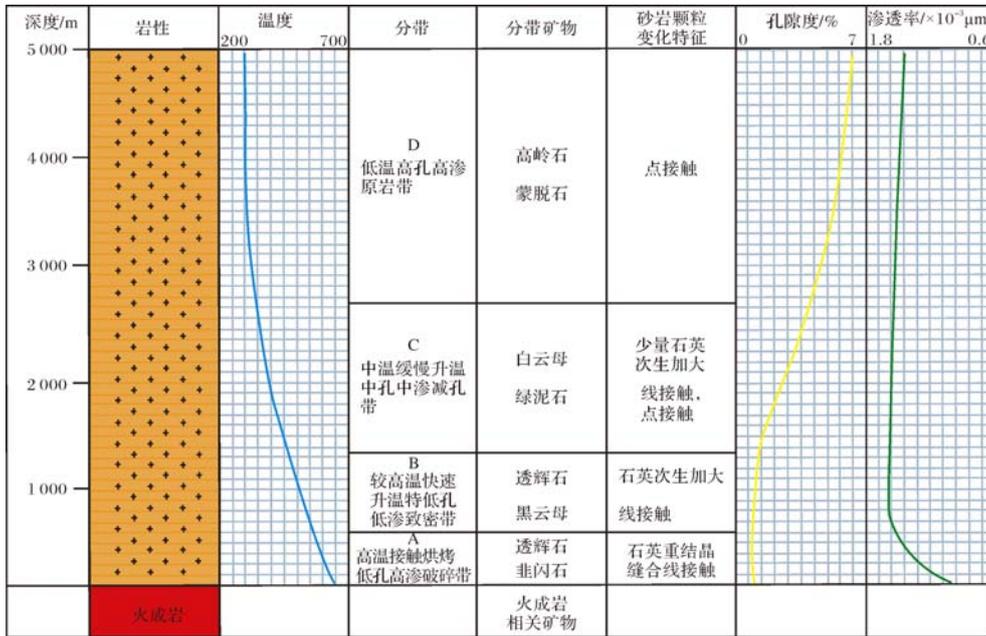


图 16 火山岩体对砂岩影响分带性变化特征图

Fig.16 Diagram showing how volcanic rock influences the zonation of sandstone

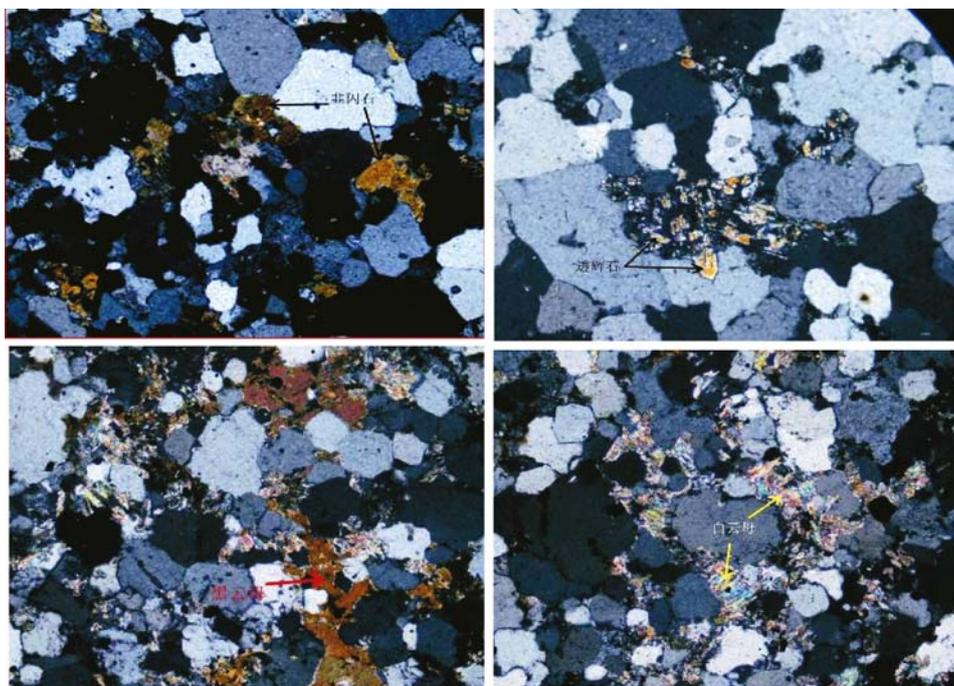


图 17 火山岩体对砂岩影响变质作用带典型变质矿物特征微观图

Fig.17 Microgram showing the characteristics of metamorphic mineral under the influence of volcanic rock

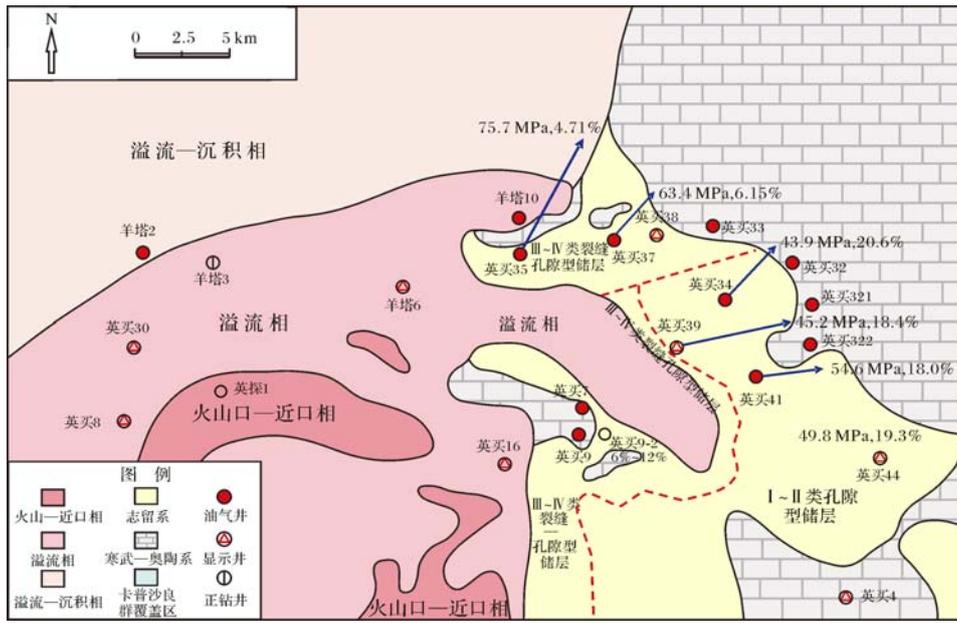


图 18 英买力地区构造挤压和火山侵入对志留系砂岩储层物性影响分区图

Fig.18 Map showing the tectonic compression and volcanic intrusive influences the sandstone reservoir quality of in Yingmaili area

### 4 结论

(1) 英买 35 井区志留系砂岩构造压实减孔比英买 34 井区多 7%~8%,二叠纪早期的构造挤压及火山作用产生的张性裂缝改善了英买 35 井区储层性质。

(2) 英买 35 井区志留系柯坪塔格组石英砂岩储层性质受构造挤压影响明显,构造成岩效应受控于构造作用时间、构造样式和砂岩原始沉积组构。

(3) 露头建模表明火山热液对砂岩的影响具有分带性,范围有限,作用范围局限于火山岩体空间厚度的一半,变质矿物的广泛发育是储层性质遭受破坏的见证。

(4) 英买力地区火山热液对志留系砂岩储层性质影响范围仅限于濒临火山岩体的英买 35、英买 7、英买 9 及英买 16 井区,其效应是储层石英次生加大增强,减低孔隙度 1%~3%。

致谢 在论文撰写过程中受到了塔里木油田分公司杨海军,杭州地质研究院朱国华、李玉文,北京大学关平等专家的亲切指导,在此一并感谢。

### 参考文献 (References)

1 贾承造. 中国塔里木盆地构造特征与油气[M]. 北京:石油工业出版社, 1997:232-240[Jia Chengzao. Structure Features and Hydrocarbon in Tarim Basin of China [M]. Beijing: Petroleum Industry Press,

1997: 232-240]  
 2 刘宝珺,张锦泉. 沉积成岩作用[M]. 北京:科学出版社,1992:13-20[Liu Baojun, Zhang Jinquan. Deposition Diagenesis[M]. Beijing: Science Press, 1992: 13-20]  
 3 寿建峰,张惠良,朱国华. 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, Zhang Huiliang, Zhu Guohua. 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]  
 4 寿建峰,张惠良,斯春松,等. 砂岩动力成岩作用[M]. 北京:石油工业出版社,2005:1-200[Shou Jianfeng, Zhang Huiliang, Si Chunsong, et al. Sandstone Dynamic Diagenesis[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2005: 1-200]  
 5 张凤奇,王震亮,范昌育. 库车坳陷构造挤压对流体动力的影响[J]. 石油与天然气地质,2012,33(2):208-216[Zhang Fengqi, Wang Zhenliang, Fan Changyu. Effects of tectonic compression on hydrodynamic force in Kuqa depression [J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(2): 208-216]  
 6 孙雄,洪汉净,马宗晋. 构造应力作用下流体运动的动力学分析——构造流体动力学[J]. 地球学报,1998,19(2):150-157[Sun Xiong, Hong Hanjing, Ma Zongjin. The influence of structure stress on fluid movement-structure fluid dynamics [J]. Acta Geoscientia Sinica, 1998, 19(2): 150-157]  
 7 丁原辰,孙宝珊,汪西海,等. 塔里木盆地北部油田古应力的 AE 法测量[J]. 地质力学学报,1996,2(2):18-25[Ding Yuanchen, Sun Baoshan, Wang Xihai, et al. Paleostress in northern Tarim oil field estimated by AE [J]. Journal of Geomechanics, 1996, 2(2): 18-25]  
 8 熊建华,施豫琴,过敏. 构造挤压在川东北地区飞仙关组异常高压中的作用[J]. 矿物岩石,2010,30(3):83-88[Xiong Jianhua, Shi

- Yuqin, Guo Min. Effect of tectonic compression on the abnormal pressure of the Feixianguan formation in the northeast Sichuan [J]. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 2010, 30(3): 83-88]
- 9 石万忠,陈红汉,何生. 库车坳陷构造挤压增压的定量评价及超压成因分析[J]. *石油学报*, 2007, 28(6): 59-65 [Shi Wanzhong, Chen Honghan, He Sheng. Quantitative evaluation on contribution of structural compression to overpressure and analysis on origin of overpressure in Kuqa depression [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2007, 28(6): 59-65]
  - 10 张凤奇,王震亮,宋岩,等. 库车坳陷构造挤压增压定量评价新方法[J]. *中国石油大学学报:自然科学版*, 2011, 35(4): 1-7 [Zhang Fengqi, Wang Zhenliang, Song Yan, *et al.* New method of quantitative evaluation on pressurization resulted from tectonic compression in Kuqa depression [J]. *Journal of China University of Petroleum*, 2011, 35(4): 1-7]
  - 11 张凤奇,王震亮,宋岩,等. 库车前陆盆地构造挤压作用下的天然气运聚效应探讨[J]. *地质论评*, 2012, 58(2): 268-276 [Zhang Fengqi, Wang Zhenliang, Song Yan, *et al.* Study on impact of tectonic compression on natural gas migration and accumulation in Kuqa Foreland Basin [J]. *Geological Review*, 2012, 58(2): 268-276]
  - 12 王璞,印长海,朱如凯,等. 中基性火山作用喷出物类型、特征与成因[J]. *吉林大学学报:地球科学版*, 2010, 40(3): 469-481 [Wang Pu, Yin Changhai, Zhu Rukai, *et al.* Classification, description and interpretation of the volcanic products: Ancient and modern example from China [J]. *Journal of Jilin University: Earth Science Edition*, 2010, 40(3): 469-481]
  - 13 高志勇,胡永军,张莉华,等. 准噶尔南缘前陆盆地白垩纪—新近纪构造挤压作用与储层关系的新表征: 镜质体反射率与颗粒填集密度[J]. *中国地质*, 2010, 37(5): 1336-1352 [Gao Zhiyong, Hu Yongjun, Zhang Lihua, *et al.* The interpretation of the controlling action of Cretaceous to Tertiary tectonic compression on the reservoir in the southern margin of Junggar Basin: vitrinite reflectance and grain packing density [J]. *Geology in China*, 2010, 37(5): 1336-1352]
  - 14 李义军,樊爱萍,李浮萍,等. 苏里格气田二叠系砂体储集性能及其控制因素[J]. *特种油气藏*, 2009, 16(6): 12-14 [Li Yijun, Fan Aiping, Li Fuping, *et al.* Reservoir properties and control factors of Permian sands in Sulige gas field, Ordos Basin [J]. *Special Oil and Gas Reservoirs*, 2009, 16(6): 12-14]
  - 15 李曰俊,吴根耀,孟庆龙,等. 塔里木西部地区古生代断裂活动的方式和机制[J]. *地质科学*, 2008, 43(4): 727-745 [Li Yuejun, Wu Genyao, Meng Qinglong, *et al.* Active modes and mechanisms of the Paleozoic faultings in western Tarim [J]. *Chinese Journal of Geology*, 2008, 43(4): 727-745]
  - 16 杨奕华,包洪平,贾亚妮. 鄂尔多斯盆地上古生界砂岩储集层控制因素分析[J]. *古地理学报*, 2008, 10(3): 25-32 [Yang Yihua, Bao Hongping, Jia Yani. Analysis on control factors of sandstone reservoir of the Upper Paleozoic in Ordos Basin [J]. *Journal of Palaeogeography*, 2008, 10(3): 25-32]
  - 17 刘嘉麒,孟凡超. 火山作用与油气成藏[J]. *天然气工业*, 2009, 29(8): 1-4 [Liu Jiaqi, Meng Fanchao. Hydrocarbon generation, migration and accumulation related to igneous activity [J]. *Natural Gas Industry*, 2009, 29(8): 1-4]
  - 18 曾小英,张娟,刘远洋,等. 沉积期火山作用对川西坳陷须家河组优质储层的意义[J]. *石油与天然气地质*, 2012, 33(1): 50-60 [Zeng Xiaoying, Zhang Juan, Liu Yuanyang, *et al.* Significance of syn-depositional volcanism to high quality reservoirs in the Xujiahe Formation, the western Sichuan depression [J]. *Oil & Gas Geology*, 2012, 33(1): 50-60]
  - 19 李军,邹华耀,张国常. 川东北地区须家河组致密砂岩气藏异常高压成因[J]. *吉林大学学报:地球科学版*, 2012, 42(3): 624-633 [Li Jun, Zou Huayao, Zhang Guochang. Origin of overpressure tight gas reservoir in the Xujiahe Formation, northeastern Sichuan Basin [J]. *Journal of Jilin University: Earth Science Edition*, 2012, 42(3): 624-633]
  - 20 郭少斌,洪克岩. 塔里木盆地志留系—泥盆系层序地层及有利储层分布[J]. *石油学报*, 2007, 28(3): 44-50 [Guo Shaobin, Hong Keyan. Silurian-Devonian sequence stratigraphy and favorable reservoir distribution in Tarim Basin [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2007, 28(3): 44-50]
  - 21 施振生,杨威,郭长敏,等. 塔里木盆地志留纪沉积层序构成及充填响应特征[J]. *沉积学报*, 2007, 25(3): 401-408 [Shi Zhensheng, Yang Wei, Guo Changmin, *et al.* Depositional sequence and filling response characteristics of Silurian in Tarim basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2007, 25(3): 401-408]
  - 22 施振生,朱筱敏,王贵文,等. 塔里木盆地志留系遗迹化石组合及其沉积环境[J]. *西安石油大学学报:自然科学版*, 2004, 19(4): 32-39 [Shi Zhensheng, Zhu Xiaomin, Wang Guiwen, *et al.* Silurian ichnoassemblages of Talimu Basin and their sedimentary environments [J]. *Journal of Xi'an Shiyou University: Natural Science Edition*, 2004, 19(4): 32-39]
  - 23 张金亮,张鑫. 塔里木盆地志留系古海洋沉积环境的元素地球化学特征[J]. *中国海洋大学学报*, 2006, 36(2): 200-208 [Zhang Jinliang, Zhang Xin. The element geochemical features of ancient oceanic sedimentary environments in the Silurian Period in the Tarim Basin [J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2006, 36(2): 200-208]
  - 24 钟大康,朱筱敏,李树静,等. 早期碳酸盐胶结作用对砂岩孔隙演化的影响——以塔里木盆地满加尔凹陷志留系砂岩为例[J]. *沉积学报*, 2007, 25(6): 885-890 [Zhong Dakang, Zhu Xiaomin, Li Shujing, *et al.* Influence of early carbonate cementation on the evolution of sandstones: A case study from Silurian sandstones of Manjiaer depression, Tarim Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2007, 25(6): 885-890]
  - 25 刘晓,关平,潘文庆,等. 塔里木盆地二叠系火山岩空间展布的精细刻画及其地质意义[J]. *北京大学学报:自然科学版*, 2011, 47(2): 314-320 [Liu Xiao, Guan Ping, Pan Wenqing, *et al.* Meticulous characterization of Permian volcanic rocks spatial distribution and its geological significance in the Tarim Basin [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 2011, 47(2): 314-320]
  - 26 上官时迈,田伟,徐义刚,等. 塔里木溢流玄武岩的喷发特征[J]. *岩石学报*, 2012, 28(4): 1261-1272 [Shangguan Shimai, Tian Wei, Xu Yigang, *et al.* The eruption characteristics of the Tarim flood basalt [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2012, 28(4): 1261-1272]

## Tectonic Compression and Volcanic Hydrothermal Reconstruction Effects of Silurian Sandstone Reservoirs in Yingmaili Area

ZHANG Rong-Hu<sup>1</sup> ZHANG Hui-Liang<sup>1</sup> ZHOU Chen-Guang<sup>2</sup> SHEN Yang<sup>1</sup>  
SHOU Jian-Feng<sup>1</sup> WANG Bo<sup>1</sup>

(1. Hangzhou Institute of Geology, PetroChina, Hangzhou 310023;

2. Korla Branch Institute of Geophysical Research Institute, PetroChina, Korla, Xinjiang 841000)

**Abstract:** Considering the modifications of reservoir property in tectonic compression and volcanic hydrothermal transformation area, according to the outcrop and core data, the experimental analysis, and the well logging information, based on the theory of sandstone dynamic diagenesis, we bring forward this research on the effects of tectonic compression and volcanic hydrothermal transformation in marine sandstone reservoirs. It indicates that clastic particles in Yingmai 35 are obviously more compacted than those in Yingmai 34, the rock porosity is 7%~8% less than the latter. The tectonic compaction in early Hercynian and the volcanic hydrothermal transformation in the late Hercynian had improved the reservoir quality in Yingmai 35. The quartz sandstone reservoirs are obviously affected by the tectonic compression and volcanic hydrothermal transformation. The tectonic compression is controlled by the duration, structural pattern, and the original sedimentary fabric. The volcanic hydrotherm has a zonal influence on the sandstone reservoir quality, influencing area is within the half thickness of the volcanic intrusive, the widely distributed metamorphic mineral is the evidence of the destruction of the reservoir.

**Key words:** Tarim Basin; Silurian; reservoir; tectonic compression; volcanic hydrothermal; quantitative analysis