

川东北元坝地区上二叠统长兴组超深层 礁滩岩性气藏中裂缝特征

范小军¹, 彭俊², 李吉选¹, 陈丹¹, 李凤¹, 邓金花¹, 黄勇¹, 缪志伟¹

(1. 中国石化勘探南方分公司 勘探研究院, 四川 成都 610041; 2. 长江大学, 湖北 武汉 430100)

摘要:为明确川东北元坝长兴组礁滩储层裂缝特征,通过对多口井长兴组储层裂缝特征的精细刻画和构造、生烃、成岩、孔隙等演化作用的动静态研究指出,裂缝纵向上主要发育于长兴组二段,平面分布非均质性较强,各井区差异性较大,构造相对高部位的裂缝较发育;裂缝类型可细化为3大类、11小类,主要发育3期裂缝,同时建立了典型裂缝标准识别图版及分类评价指标体系;裂缝形成主要受构造、埋藏及溶蚀等作用控制。缝-孔动态配置则表现为裂缝与有效孔隙网状交错配置形成有效储集空间或构建网状立体输导体系,其中第二、第三期缝-孔配置较第一期更好,对储层储渗性能和产能有积极贡献作用。认为元坝长兴组西北部为油气有利富集区。

关键词:礁滩储层;裂缝特征;长兴组;元坝地区

中图分类号:TE122.3

文献标识码:A

Fracture characteristics of ultra-deep reef-bank lithologic gas reservoirs in the Upper Permian Changxing Formation in Yuanba area, Northeastern Sichuan Basin

Fan Xiaojun¹, Peng Jun², Li Jixuan¹, Chen Dan¹, Li Feng¹, Deng Jinhua¹, Huang Yong¹, Miao Zhiwei¹

(1. Exploration Research Institute, Southern Branch of SINOPEC, Chengdu, Sichuan 610041, China;

2. Yangtze University, Wuhan, Hubei 430100, China)

Abstract: In order to understand the fracture characteristics of reef-bank reservoir in the Changxing Formation in Yuanba area, northeastern Sichuan Basin, this paper finely described the fractures of the Changxing Formation in many wells, and also studied the tectonic evolution, hydrocarbon generation, diagenesis and the porosity evolution. Vertically, the fractures are mainly distributed in the 2nd Member of Changxing Formation. While laterally, they show strong heterogeneity in distribution, with heterogeneity being different in different blocks. Fractures are relatively well developed on structural high. The fractures can be divided into 3 types and 11 subtypes developed mainly in 3 stages. We established the classification evaluation index system and the standard identification chart of typical fractures. The formation of fractures is mainly controlled by the tectonic evolution, burial and dissolution. The dynamic fracture-pore assemblages of the 2nd and 3rd stages are better than that of the 1st stage. These assemblages form effective storage space or reticular carrier systems and make a positive contribution to the reservoir property and productivity. The comprehensive analysis indicates that the Changxing Formation in the northwestern Yuanba area is favorable for enrichment of oil/gas.

Key words: reef-bank reservoir, fracture characteristics, Changxing Formation, Yuanba area

元坝地区位于四川盆地三级构造九龙山背斜构造带东南侧、通南巴背斜构造带西南侧、川中平缓构造带北部的衔接部位,受3个构造的遮挡,总体为北西-南东向展布的台地边缘生物礁滩岩性气藏^[1-16]。与普光大气田相对比,元坝长兴组地层比普光埋藏深超过1 000 m,平均埋深近7 000 m,主要为礁滩岩性圈闭,断裂不发育,但发育多期裂缝,储层裂缝不仅可为油气

运聚的通道,也可与有效孔隙配置构建有效储集空间,但裂缝的分布规律、类型、期次、成因机制、缝-孔动态配置关系等特征及其对储层性能、油气富集的影响均未进行较系统化的总结和研究,同时元坝长兴组多口日产超百万方高产井储层裂缝都较发育,故明确裂缝特征及其对储层、油气富集等的影响有重要现实意义。

收稿日期:2013-04-11;修订日期:2014-05-14。

第一作者简介:范小军(1982—),男,硕士、工程师,石油地质。E-mail:york111888@126.com。

基金项目:中石化重点项目“元坝地区长兴组和飞仙关组储层描述与预测”(P09024)。

1 裂缝空间分布特征

1.1 纵向上主要发育于长兴组二段

根据元坝多口井长兴组全井段成像测井、岩心、薄片等大量资料发现,长兴组礁滩储层裂缝及溶蚀孔、洞主要发育于长(长兴组)二段(上部),长一段(下部)次之,且长二段主要发育构造缝(垂缝、斜缝尤为发育,水平缝次之)、压溶缝及溶蚀缝,裂缝发育处主要对应中、低孔储层,对储层连通性、储渗性能及产能有明显影响作用。

1.2 横向展布非均质强,构造相对高部位裂缝发育

在单井裂缝特征的精细研究基础上,对于多口井长兴组裂缝的平面展布特征进行了分析,位于生物礁带的高产井 B27 井与浅滩相带低产井 B123 井储层裂缝发育程度明显不同,B27 井长二段裂缝密度可达 10.42 条/m,B123 井裂缝密度一般小于 6 条/m,前者裂缝发育程度明显较后者高,分析认为该井位于元坝构造相对高部位,受到构造挤压应力较大,破裂作用强,裂缝发育,同时由于暴露溶蚀作用较强,溶蚀孔、洞较发育,缝-孔配置较好,有利于其高产富集。总的看来,裂缝平面分布的非均质性较强,各井区差异性较大,整体表现为构造相对高部位的裂缝及溶蚀孔、洞较发育,基本明确了储层裂缝横向展布特征。

2 裂缝类型和形成期次

2.1 具备 3 种典型裂缝特征

通过大量微观资料的精细分析,元坝长兴组储层裂缝主要为台地边缘礁滩储层裂缝,按成因主要可分为构造缝、压溶缝及溶蚀缝(表 1;图 1)。

2.1.1 构造缝

构造缝主要是应力作用使岩石产生破裂形成,按成因可分为压性裂缝和张性裂缝。前者由构造挤压形成,外观呈线状,充填少量炭质沥青、方解石或白云石晶体;后者由拉张作用形成,常见发育三期裂缝,前两期充填方解石、白云石或沥青,第三期张性裂缝未被充填。而从形态上构造缝又可分为高角度缝(垂缝、斜缝)和低角度缝(水平缝)(表 1;图 1),总体上构造缝在长兴组储层中普遍分布,尤其在构造相对高部位,构造缝尤为发育,且多表现为高角度缝。

2.1.2 压溶缝

岩石在埋藏过程中由于压溶作用往往易形成压溶缝(缝合线),裂缝呈锯齿状、延伸远,研究区内可见粒缘压溶缝、网状压溶缝及岩性界面压溶缝(表 1;图 1),对应中成岩阶段(埋藏期),该期压溶缝由于下伏吴家坪组烃源岩的排烃,可作为油气储集空间和运聚通道,故普遍被沥青充填。

表 1 元坝地区长兴组礁滩储层裂缝分类评价

Table 1 Fracture classification and evaluation of reef-bank reservoirs of the Changxing Formation in Yuanba area							
储层类型	裂缝类型		结构特征	发育程度	发育期次	对渗透率的贡献	发育井
台地边缘礁滩型	构造缝	方解石或白云石全充填缝	高角度	普遍	第一期	无	B223, B224, B225H, B27, B271, B205, B204, B9, B10, B11, B101, B122, B123, B22, B16, B21
		沥青全充填缝	高角度溶扩	局部	第二期	无	B27, B271, B204, B123, B9
		沥青半充填缝	高角度溶扩	局部	第二期	小	B2, B11, B12, B123, B204
		沥青未充填缝	高角度	普遍	第三期	大	B273, B221, B205, B2, B9, B123, B102, B11, B12, B204, B104, B27, B22, B16, B21
	水平缝	近水平	常见	第一、第二、第三期	中	B221, B204, B271, B122, B123, B224, B22, B16, B21	
	压溶缝	粒缘压溶缝	生物(生屑、晶体)外缘, 沥青充填	普遍	第二期	无	B27, B271, B204, B9, B101, B102, B123, B11, B12, B2, B22, B21
		网状压溶缝	切穿生物体腔, 沥青充填	偶见	第二期	无	B102, B204, B2
		岩性界面压溶缝	主要沿岩性界面, 沥青充填	偶见	第二期	无	B123, B27
	溶蚀缝	溶蚀作用缝	连通溶孔、溶洞或沥青充填	普遍	第二、第三期	大/无	B11, B102, B123, B271, B204, B27, B29, B12, B2, B205, B9, B22
		压溶溶蚀缝	连通溶孔、溶洞或沥青充填	局部	第二、第三期	大/无	B224, B27, B22, B204, B123, B102
		构造溶扩缝	连通溶孔、溶洞或沥青充填	局部	第二、第三期	大/无	B224, B123, B11, B102, B271, B2

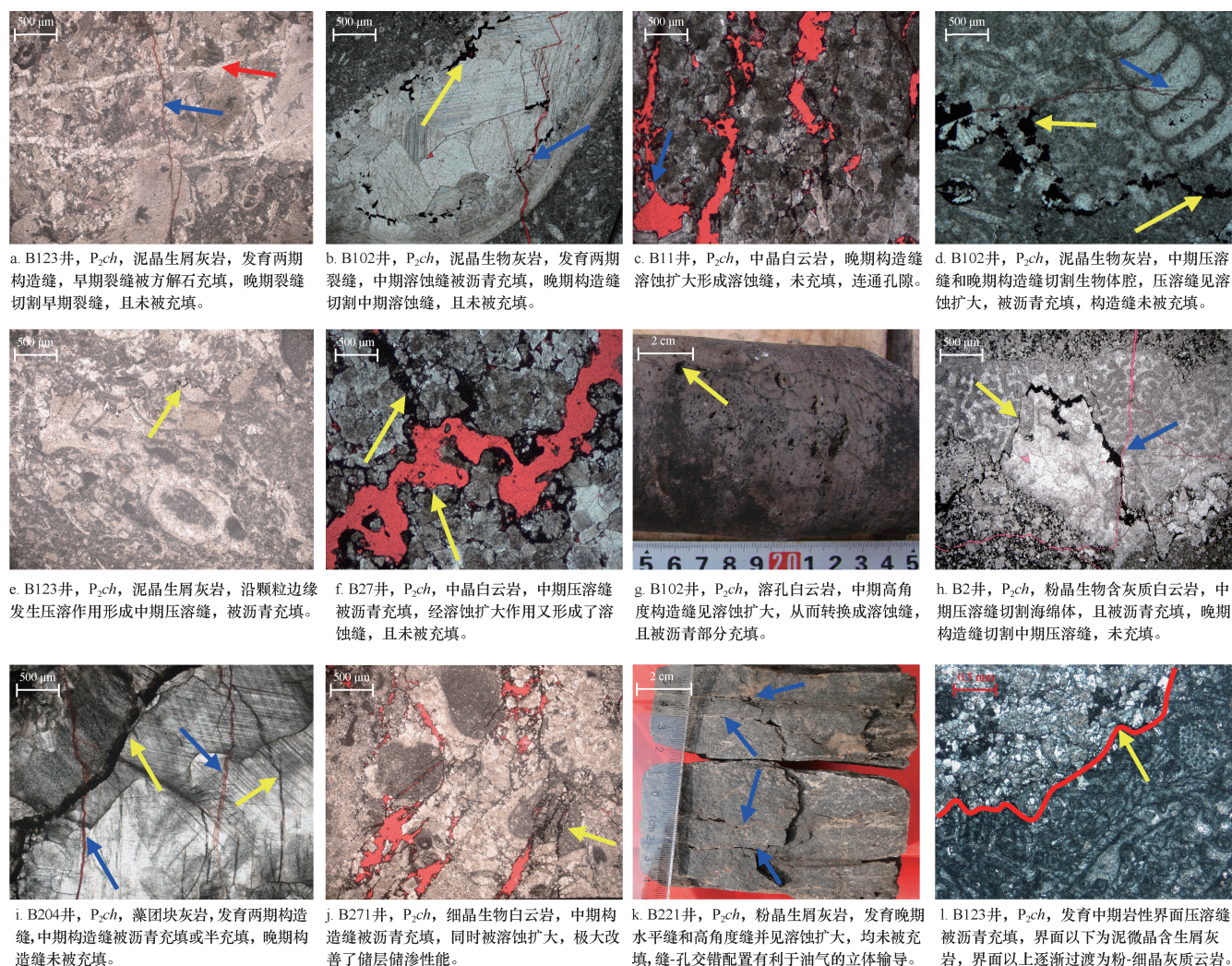


图1 元坝地区长兴组礁滩储层典型裂缝识别

Fig. 1 Typical fracture identification of reef-bank reservoirs of the Changxing Formation in Yuanba area

(红色箭头代表早期裂缝,黄色箭头代表中期裂缝,蓝色箭头代表晚期裂缝。)

2.1.3 溶蚀缝

该类裂缝主要受地表水淋滤或酸性流体溶蚀而形成,常与溶蚀孔、洞及其他裂缝交错相连,将岩石切割成大小不同的碎块。由于长兴组沉积期属于海相沉积环境,当地层水性质发生改变时,所沉积的方解石和白云石极易被溶解,故易形成溶蚀缝。研究区所发育的溶蚀缝主要是在中晚成岩期形成的,该阶段溶解作用多不具选择性,主要是层间酸性流体对先期微细裂隙、压溶缝及构造缝等再次发生溶蚀,使其规模明显加大。溶蚀缝的缝壁一般不规则,部分呈港湾状,常将各类型孔隙连接起来,在各种岩石类型中均有发育,它对岩石物性较差储集岩的储集性能有明显改善作用(表1;图1)。

2.2 主要发育3期裂缝

元坝位于构造低缓部位,整体受到的构造应力不强,破裂作用较弱,断裂不发育,但形成了多期裂缝,结合构造演化史、生烃史分析,元坝长兴组主要形成了3

期裂缝,第一期(早期)裂缝形成于液烃充注前早成岩阶段(晚印支期),该期裂缝在绝大多数井中均普遍发育,且多被方解石或白云石充填;第二期(中期)裂缝形成于中成岩阶段(晚印支末期—中燕山期液烃充注期),绝大多数井普遍发育,多被沥青全充填或半充填。第三期(晚期)裂缝形成于气烃调整定位的晚成岩阶段以来(中燕山期以来),几乎全部未被充填(图1)。

3 裂缝成因及其与孔隙的动态配置

3.1 构造缝形成机制

裂缝形成的控制因素较多^[13-16],前述研究表明,元坝长兴组微裂缝发育,分析认为与其特殊的构造位置有关,研究区虽位于川中平缓褶皱带,但处于南秦岭米苍山推覆构造南缘,大巴山弧形冲断构造带西南侧。这些构造带活动时应力通过九龙山构造带和通南巴构造带的传递,到元坝构造作用减弱,加上元坝地区位于

川中隆起的北斜坡,印支运动晚期,3个方向的应力形成合力,应力作用虽未造成地层较大错断形成断层,但造成了构造缝广泛发育。晚期元坝陆相浅层出现张性断层,有力说明了晚期构造应力的加大,使晚期构造缝更为发育。结合该区成岩演化作用分析,构造缝主要发育于早成岩阶段和晚成岩阶段。

3.2 压溶缝和溶蚀缝形成机制

压溶缝、溶蚀缝主要形成于液烃充注期以来(第二、第三期),其中第二期裂缝主要对应中成岩阶段,压溶作用较强,压溶缝较发育,该期仅北部九龙山背斜在晚侏罗世有小幅隆升,破裂作用整体较弱,构造缝欠发育,但有机酸仍可沿构造缝进入岩石而发生溶蚀,同时由于该期是液烃充注期,孔隙水溶液中富含大量有机酸物质,对岩石溶蚀极为强烈,再加上该期重结晶作用较强,形成的大量晶间孔也为富含有机酸的孔隙水进入岩石提供了渗流、储集空间,进一步加强了岩石的溶蚀,故该期主要发育溶蚀缝、压溶缝,发育少量构造缝。第三期裂缝对应气烃充注期晚成岩阶段(气藏形成期以来),气烃与硫酸盐发生 TSR 作用所产生的酸性气体的溶蚀作用同样使得溶蚀缝较发育,且大部分溶蚀缝都未被充填。

总体上,元坝长兴组裂缝的动态演化可归纳为构造缝-溶蚀缝、压溶缝、构造缝-构造缝、溶蚀缝的演变过程。

3.3 缝-孔动态配置效果

结合前述裂缝成因机制和研究区孔隙演化分析,发育第一期裂缝时,由于该期对应于早成岩阶段,其胶结、压实、充填作用较强使得岩石原生孔隙急剧降低,大多被方解石或白云石充填,对储层基本没有贡献,缝-孔配置很差;第二期裂缝多被沥青充填或半充填,对渗透率的贡献较小,难以构成较好的储集空间,但该期由于对应液烃期,裂缝为有机酸进入提供了通道,可促进岩石发生大规模溶蚀,形成大量溶蚀孔、洞,进而有利于改善储层储集性能,总体上缝-孔配置较好;第三期裂缝普遍发育,几乎都未被充填,为有效裂缝,该期裂缝可以与有效孔隙构成裂缝-孔隙型有效储集空

间,同时更重要的是对气烃的调整定位起到了通道作用,缝-孔配置较好。通过对高产井、中产井、低产井缝、孔配置观察分析发现,元坝西北部构造高部位的 B27 和 B204 等日产超百万方井除广泛发育大套厚层(大于 100 m)白云岩优质储层外,裂缝、溶蚀孔、洞都较为发育,裂缝与孔隙配置较好(图 2)。

4 裂缝与储层性能及油气富集关系

4.1 对中-低孔储层储集性能及产能贡献明显

元坝长兴组主要发育二、三类储层,一类储层次之。结合缝、孔分类统计结果发现,裂缝-孔隙型储层占 78.69%,纯孔隙型储层只占 21.31%,裂缝加溶蚀孔、洞的复合型储层主要对应于二、三类储层,可见裂缝与孔隙的有效配置为长兴组的主要储集空间。如 B104 井长二段测试获日产超百万方高产工业气流,从测井解释来看,长二段储层仅超过 20 m,主要发育二、三类储层,一类储层次之,储层厚度较薄;结合测试段取心情况分析,测试段岩性主要为溶孔生物白云岩、灰质白云岩及(含)白云质灰岩;物性分析孔隙度介于 2.59%~15.57%,平均孔隙度为 5.74%,物性中等-较好;该井第五、第六次取心,心长 14.59 m,发育裂缝 88 条,裂缝密度达 6.03 条/m,裂缝发育,同时可看到生物溶蚀孔、生物体腔孔、洞较发育,未被充填、胶结,孔、洞保存完整,且孔、洞呈小圆柱状错落交织,储集空间类型较好,同时在垂向裂缝的沟通下极大的改善了储渗性能并形成了网状立体输导体系,从而易获得高产。

4.2 油气富集控制作用明显

通过实际的连井气藏剖面分析(图 3),晚印支期第一期裂缝形成时,由于该期裂缝基本被方解石或白云石充填,无法与储层构成有效的储集空间和输导体系;而晚印支末期一中燕山期第二期裂缝发育时,裂缝与有效孔隙的配置较好,沟通了源岩与储层,加上对应于吴家坪组烃源岩的液烃充注期,使得原油得以在长兴组礁滩岩性圈闭聚集并形成岩性古油藏;晚侏罗世古油

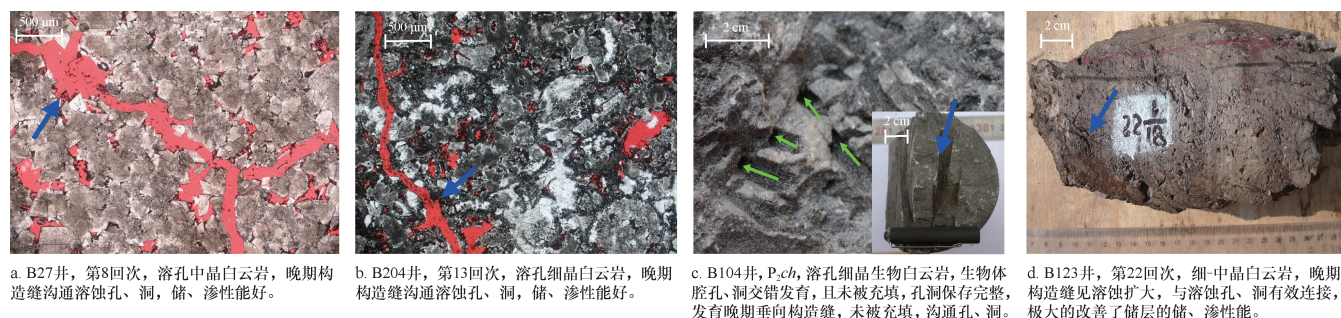


图 2 元坝地区典型井长兴组礁滩储层缝-孔配置

Fig. 2 Fracture-pore assemblages of reef-bank reservoirs in the Changxing Formation of Yuanba area

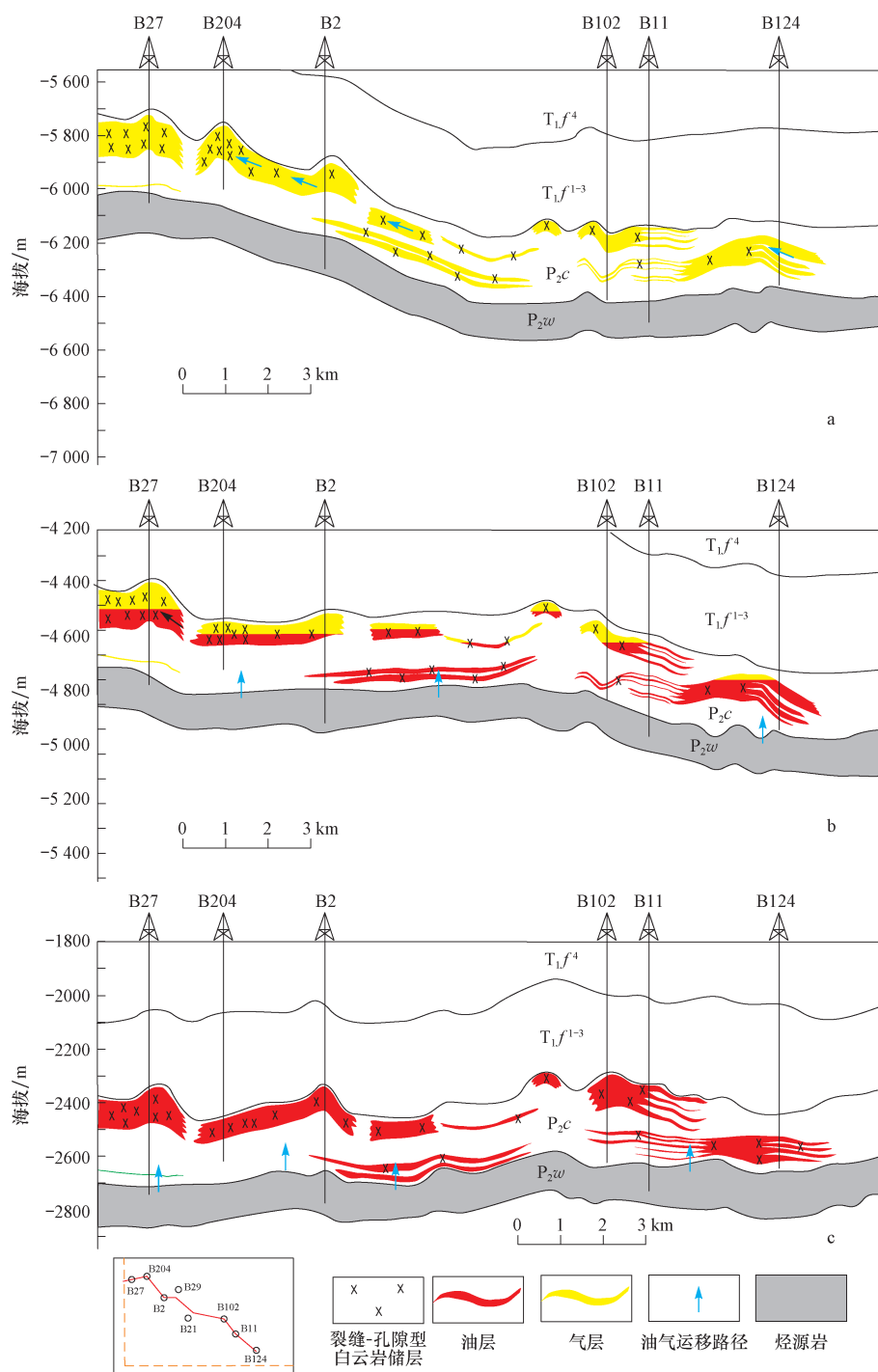


图3 元坝地区长兴组礁滩岩性气藏油气富集模式

Fig. 3 Hydrocarbon accumulation patterns of reef-bank lithologic gas reservoirs in the Changxing Formation of Yuanba area

a. 中燕山期—现今调整定位后的气藏; b. 中燕山构造运动期, 古油藏裂解成油气藏, 局部调整; c. 须家河组沉积末, 岩性古藏形成

藏开始裂解, 至白垩纪最大埋深期, 古油藏基本裂解成古气藏; 而中晚白垩世 (中燕山期) 以来, 主要是元坝西北部发生了较明显的隆升, 使得储层向南倾, 由于晚期裂缝发育, 使得中晚白垩世原油裂解气以礁滩储集体加裂缝的输导模式, 向西北部进行二次运移, 虽然元坝地层晚期经历持续整体抬升作用, 但基本继承了最大埋深期的沉积构造格局, 加上上覆嘉陵江组—雷口坡组厚层膏盐盖层分布稳定, 保存条件较好, 最终使得现今气藏得以调整定位。

5 结论

1) 元坝长兴组礁滩储层裂缝纵向上主要发育于长二段, 平面分布非均质性较强, 各井区差异性较大, 构造相对高部位的裂缝较发育。

2) 裂缝类型可细化为3大类、11小类, 主要发育3期裂缝, 同时建立了典型裂缝标准识别图版及较系统的裂缝分类评价指标体系。其中, 第一期主要为构造缝,

多被方解石或白云石充填;第二期以溶蚀缝、压溶缝为主,发育少量构造缝,多数被沥青全充填或半充填;第三期主要为构造缝,次为溶蚀缝,几乎全部未被充填。

3) 裂缝形成主要受构造、埋藏及溶蚀等作用控制,缝-孔动态配置则表现为裂缝与有效孔隙网状交错配置形成有效储集空间或构建网状立体输导体系,其中第二、三期缝-孔配置较第一期更好,对储层储渗性能和产能有积极贡献作用。

4) 元坝长兴组西北部裂缝与溶蚀孔、洞较发育,同时可见裂缝与溶蚀孔、洞有效连通,缝-孔配置较好,具备良好的储集空间及输导体系,加上上覆嘉陵江组-雷口坡组厚层膏盐盖层分布稳定,保存条件较好,有利于油气高效聚集和保存,为油气有利富集区。

参 考 文 献

- [1] 郭彤楼. 元坝气田长兴组储层特征与形成主控因素研究[J]. 岩石学报, 2011, 27(8): 2381-2391.
Guo Tonglou. Reservoir characteristics and its controlling factors of the Changxing Formation reservoir in the Yuanba gas field, Sichuan basin, China[J]. Acta Petrologica Sinica, 2011, 27(8): 2381-2391.
- [2] 郭旭升, 郭彤楼, 黄仁春, 等. 普光-元坝大型气田储层发育特征与预测技术[J]. 中国工程科学, 2010, 12(10): 82-90.
Guo Xusheng, Guo Tonglou, Huang Renchun, et al. Reservoir development characteristics and predication technologies of large Puguang-Yuanba Gas Field[J]. Engineering Sciences, 2010, 12(10): 82-90.
- [3] 蒲勇. 元坝地区深层礁滩储层多尺度地震识别技术[J]. 天然气工业, 2011, 31(10): 27-31.
Pu Yong. Multi-scale seismic identification of deep reef-bank reservoirs in the Yuanba area[J]. Natural Gas Industry, 2011, 31(10): 27-31.
- [4] 范小军, 黄勇, 厚东琳, 等. 储层物性与产能的关系—以元坝长兴组礁滩相储层为例[J]. 天然气技术与经济, 2011, 5(4): 29-32.
Fan Xiaojun, Huang Yong, Hou Donglin, et al. Relationship between physical property and deliverability: an example from Changxing Bioreef-shoal reservoir of Yuanba Area[J]. Natural Gas Technology and Economy, 2011, 5(4): 29-32.
- [5] 郭彤楼. 元坝深层礁滩气田基本特征与成藏主控因素[J]. 天然气工业, 2011, 31(10): 12-16.
Guo Tonglou. Basic characteristics of deep reef-bank reservoirs and major controlling factors of gas pools in the Yuanba Gas Field[J]. Natural Gas Industry, 2011, 31(10): 12-16.
- [6] 范小军. 川东北元坝地区长兴组与飞仙关组天然气成藏差异性成因[J]. 天然气工业, 2012, 32(6): 15-20.
Fan Xiaojun. Causes of differences of natural gas pooling between Changxing Formation and the Feixianguan Formation in Yuanba, Sichuan Basin[J]. Natural Gas Industry, 2012, 32(6): 15-20.
- [7] 黄勇, 张汉荣, 范小军. 元坝地区长兴组生物孔隙特征及控制因素[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2013, 35(1): 79-85.
Huang Yong, Zhang Hanrong, Fan Xiaojun. The controlling factors and character for biological pores of Changxing Formation in Yuanba Area in Sichuan Basin[J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition), 2013, 35(1): 79-85.
- [8] 曹清古, 刘光祥, 张长江, 等. 四川盆地晚二叠世龙潭期沉积环境及其源控作用分析[J]. 石油实验地质, 2013, 35(1): 36-41.
Cao Qinggu, Liu Guangxiang, Zhang Changjiang, et al. Sedimentary environment and its controlling on source rocks during late Permian in Sichuan Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2013, 35(1): 36-41.
- [9] 尹正武, 凡睿, 陈祖庆, 等. 生物礁滩岩性气藏含气面积的圈定方法——以元坝气田长兴组气藏为例[J]. 石油实验地质, 2012, 34(5): 499-505.
Yin Zhengwu, Fan Rui, Chen Zuqing, et al. Delineation of gas-bearing area of lithologic gas reservoir in organic beach reef: A case study in Changxing Formation, Yuanba Gas field[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2012, 34(5): 499-505.
- [10] 段金宝, 黄仁春, 程胜辉, 等. 川东北元坝地区长兴组-飞仙关期碳酸盐岩台地沉积体系及演化[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2008, 35(6): 663-668.
Duan Jinbao, Huang Renchun, Cheng Shenghui, et al. Depositional system and the evolution of carbonate rock platform of Changxing-Feixianguan period in Yuanba area of Northeast Sichuan, China[J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2008, 35(6): 663-668.
- [11] 胡东风. 川东北元坝地区隐蔽气藏的勘探突破及其意义[J]. 天然气工业, 2010, 30(8): 9-12.
Hu Dongfeng. An exploration breakthrough of subtle gas reservoirs in the Yuanba area of the northern Sichuan Basin and its significance[J]. Natural Gas Industry, 2010, 30(8): 9-12.
- [12] 郭彤楼. 川东北元坝地区长兴组-飞仙关组台地边缘层序地层及其对储层的控制[J]. 石油学报, 2011, 32(3): 387-394.
Guo Tonglou. Sequence strata of the platform edge in the Changxing and Feixianguan formations in the Yuanba area, northeastern Sichuan Basin and their control on reservoirs[J]. Acta Petrologica Sinica, 2011, 32(3): 387-394.
- [13] 孙炜, 李玉凤, 何巍巍, 等. P波各向异性裂缝预测技术在ZY区碳酸盐岩储层中的应用[J]. 石油与天然气地质, 2013, 34(1): 137-144.
Sun Wei, Li Yufeng, He Weiwei, et al. Using P-wave azimuthal anisotropy to predict fractures in carbonate reservoirs of the ZY block[J]. Oil & Gas Geology, 2013, 34(1): 129-144.
- [14] 白斌, 邹才能, 朱如凯, 等. 四川盆地九龙山构造须二段致密砂岩储层裂缝特征、形成时期与主控因素[J]. 石油与天然气地质, 2012, 33(4): 526-535.
Bai Bin, Zou Caineng, Zhu Rukai, et al. Characteristics, timing and controlling factors of structural fractures in tight sandstones of the 2nd member of Xujiahe Formation in Jiulong Mountain structure, Sichuan Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(4): 526-535.
- [15] 巩磊, 曾联波, 李娟, 等. 南襄盆地安棚浅、中层系特低渗储层裂缝特征及其与深层系裂缝对比[J]. 石油与天然气地质, 2012, 33(5): 778-784.
Gong Lei, Zeng Lianbo, Li Juan, et al. Features of fractures in shallow-to mid-depth reservoirs with ultra-low permeability and their comparison with those in deep reservoirs in Anpeng oilfield, the Nanxiang Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(5): 778-784.
- [16] 殷积峰, 谷志东, 李秋芬. 四川盆地大川中地区深层断裂发育特征及其地质意义[J]. 石油与天然气地质, 2013, 34(3): 376-382.
Yin Jifeng, Gu Zhidong, Li Qiufen. Characteristics of deep-rooted faults and their geological significances in Dachuanzhong area, Sichuan Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2013, 34(3): 376-382.