

文章编号: 1000-0550(1999)04-0578-06

四川资阳地区灯影组滩相沉积及储集性研究^①

王兴志 穆曙光 方少仙 侯方浩 黄继祥

(西南石油学院 四川南充 637001)

摘要 一般认为,高能沉积体是储层形成的有利相带之一,但对于碳酸盐岩来说,高能沉积相带仅是储层发育的基本条件之一,后期的成岩改造可能更为明显,它可将原生孔隙发育的高能沉积体转变为致密岩体。因此,碳酸盐岩储层的预测研究应将沉积相与成岩作用研究相结合。本文根据区内灯影组钻井岩芯的宏观、微观特征,结合物性资料,研究了滩相类型、特征、所经历的主要成岩类型及对储集性的影响,认为浅色的内碎屑滩、绵层状藻砂屑滩和鲕粒滩是有利于储层形成与演化的沉积相带,它们多分布于以资3、7井、资4井和资5井为中心的区域内,向其周边井区,这些有利滩相沉积体变薄、储集性变差。

关键词 资阳 灯影组 滩相 相组合 储层

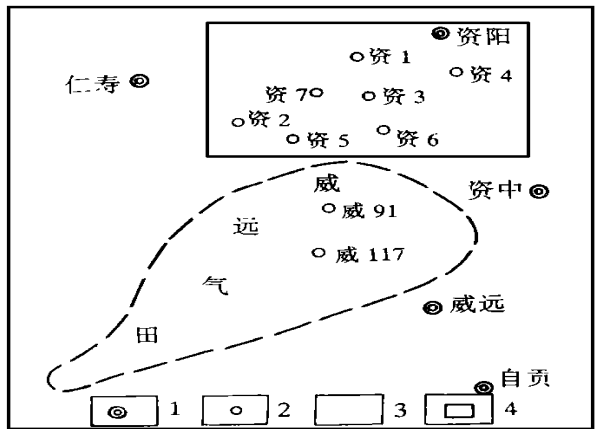
第一作者简介 王兴志 男 1964年出生 博士后 副教授 沉积学、储层地质学

中图分类号 P588.24⁺5 文献标识码 A

1 概况

资阳地区位于川西南威远背斜北翼(图1),其灯影组厚400~500 m,主要由一套富含蓝菌藻的白云岩组成,埋深4 000 m左右。根据蓝菌藻的丰度、岩性及结构等特征将灯影组由下至上划分为下贫藻层灯一段、中富藻层灯二段、上贫藻层灯三段和灯四段,灯三段与灯四段的界线以灯四段底部“蓝灰色”白云质泥岩的底为界^[1],区内灯四段因灯影期末的风化剥蚀作用而基本缺失。

近年来,区内灯二—灯三段中高产天然气的发现是我国继60年代初发现威远震旦系气田以来,在灯影组中的首次重大突破,为四川盆地内深而古老地层中油气的勘探展示了良好的前景。对其储层研究表明^[2,3],滩相沉积是控制储层发育的主要因素之一,它不仅决定了规则状(透镜状、层状)储层的具体展布,还影响着储层内储集空间的形成与演化。滩体的结构组分不同,其储集性能也有较大的差异。本文根据区内七口井灯影组岩芯的宏观、微观特征,结合物性资料,对灯影组储层段内滩相沉积类型、特征及储集性进行了较为深入的研究,以期能为今后灯影组内天然气的进一步勘探开发提供有益的地质资料。



1. 城镇; 2. 井位; 3. 威远背斜主体; 4. 研究区

图1 研究区位置及井位图

Fig. 1 Location of the study area and well sites

2 滩相类型、岩石微相及储集性

研究表明,区内灯影组是一个广阔浅水台地环境中的产物^②。由于微地貌、水动力条件的差异,该台地内可形成较多类型不同的点滩沉积体。依据结构组分特征,可将滩相沉积进一步分为内碎屑滩、绵层状藻砂屑滩、藻粘结颗粒滩和鲕粒滩四类。滩体类型不同,所经历的成岩作用类型及强度也有所差异,因此,导致不同滩体的储集性有较大的变化。

① 石油天然气总公司“石油科技中青年创新基金”资助项目

② 王兴志. 四川资阳地区震系灯影组储层研究. [博士学位论文]. 北京: 石油大学, 1996

2.1 内碎屑滩

多呈灰白色,常以透镜状、中—薄层状频繁出现于资1、2井和资5井一带的灯二段中、上部和灯三段中、下部,单层厚一般20~80 cm,最大厚度达150 cm,向其周边井区,明显变薄。内碎屑滩主要由灰白—灰黑色的亮晶砂屑白云岩(F₁)、亮晶粉屑白云岩(F₂)组成,灰色亮晶砾屑白云岩(F₃)较少。

2.1.1 灰白—灰黑色亮晶砂屑白云岩(F₁)

颗粒由灰白色微晶白云岩砂屑或灰黑色藻屑组成,粒径1~1.5 mm,含量50%~80%,次圆—圆,分选中等—好;粒间多由纤状栉壳环带和粒状两期亮晶白云石全充填。

由浅色微晶白云岩砂屑组成的灰白色亮晶砂屑白云岩,由于贫藻和不溶残余物较少(含量一般<2%),在后期重结晶和埋藏溶蚀作用的改造下,多转变成具残余砂屑结构的粗粉晶—细晶白云岩(F_{1a})。重结晶作用一般不会改变原岩的总孔隙度,但却能使白云石晶粒增大并趋于自形生长,将原岩中数量极多的晶间微孔重调为较大的晶间孔,孔隙间的喉道也相对变得光滑平直,从而提高了岩石的有效孔隙度和渗透率;在埋藏过程中,重结晶较强的晶粒白云岩易于含腐殖酸的地层水通过,导致晶间溶孔、溶洞和溶缝等次生孔隙的形成。这类白云岩的宏观面孔率一般1%~15%,孔隙度一般0.54%~5.33%,渗透率最高可达 $2.23 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,具有良好的储渗性。相反,以暗色隐藻屑颗粒组成的灰黑色亮晶砂屑白云岩(F_{1b}),由于其中富含菌藻类和不溶残余物(含量一般>4%),其原生粒间孔在被两期亮晶白云石胶结后基本消失,后期的成岩作用对其影响不大,岩石致密,储渗性能较差。

2.1.2 灰白—灰黑色亮晶粉屑白云岩(F₂)

特征类似于F₁,不同的仅是颗粒粒径为粉屑级,储渗性稍差于F₁。

2.1.3 灰色亮晶砾屑白云岩(F₃)

砾屑主要由菌藻白云岩和微晶白云岩组成,形态不规则,以片状、不规则状和椭圆状为主,分选、磨圆较差;粒间多由亮晶充填,微晶较少。部分层段的砾屑在准同生期的溶蚀作用下,形成铸模孔,但在埋藏过程中多被粒状亮晶白云石和沥青充填,储渗性较差。

2.2 绵层状藻砂屑滩

灰至浅灰色,以透镜状、中层层状频繁出现于资4井附近的灯二段中,单层厚一般>50 cm。主要由

浅灰色亮晶绵层状藻砂屑白云岩(F₄)夹薄层灰色粉屑质微晶白云岩(F₅)组成。

2.2.1 浅灰色亮晶绵层状藻砂屑白云岩(F₄)

颗粒主要由绵层“泡沫”状菌藻白云岩破碎而成,其边缘为一薄层蓝菌藻,呈微晶质、色暗,内部空腔由短柱状、粒状两期亮晶白云石充填一半充填,颗粒径一般1~2 mm,含量60%~80%,多成长条状、椭圆状顺层分布,分选、磨圆较好;粒间主要由短柱状、粒状两期亮晶白云岩半充填,微晶含量较少。这类原生孔隙相对发育的白云岩,在埋藏过程中易于埋藏溶蚀作用的进行,埋藏溶蚀作用形成较多粒间及粒内溶蚀扩大孔,宏观面孔率一般5%~10%,局部可高达25%,孔隙度一般>2%,渗透率多为 $0.1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,具良好的储集性。

2.2.2 灰色粉屑微晶白云岩(F₅)

颗粒多由绵层“泡沫”状菌藻白云岩破碎而成,呈粉屑级,含量20%~30%,多呈圆—圆状,内部空腔被粒状多晶或单晶白云石全充填;粒间充填物多由微晶白云石组成,亮晶少见。后期成岩作用对其改造不强,岩石致密,储集性极差。

2.3 藻粘颗粒滩

深灰至灰黑色,“雪花”状构造,常以透镜状频繁出现于资1、3、6井的灯二段中,单层厚一般<30 cm。常由灰黑色颗粒粘连白云岩(F₆)和深灰色藻粘结团块白云岩(F₇)组成,核形石质微晶白云岩(F₈)少见。

2.3.1 灰黑色颗粒粘连白云岩(F₆)

主要由与菌藻有关的藻粉屑、藻砂屑及藻粘结团块等颗粒再次被菌藻粘连成不规则的层状“格架”组成,颗粒间和层状“格架”间被纤状、粒状两期亮晶白云石全充填,构成“雪花”状构造,岩性较为致密。后期成岩作用在其中难以进行,仅在白云石胶结物间形成少量晶间孔、晶间溶孔,并被沥青半充填,孔隙度一般<1.5%,渗透率一般< $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,储集性较差。

2.3.2 深灰色藻粘结团块白云岩(F₇)

颗粒由菌藻粘结泥屑、粉屑和细砂屑等颗粒构成的不规则孤立状团块组成,粒径一般1~3 mm,含量50%~80%,另可具少量高能核形石;粒间全被纤状、粒状两期亮晶白云石及少量沥青全充填,具“雪花”状构造。后期成岩作用类型、强度和储集性等特征基本同F₆。

2.4 鲕粒滩

灰白色,常以透镜状、厚层状频繁出现于资3、7

井段灯二段、灯三段中,资5井局部层段偶见。主要由灰白色微一亮晶鲕粒白云岩(F₉)夹浅色亮晶砂屑白云岩(F₁)组成,二者组成的过渡岩相亦常见。

2.4.1 灰白色微一亮晶鲕粒白云岩(F₉)

颗粒主要由鲕粒组成,含量50%~70%,粒径0.2~0.5 mm,分选、磨圆较好,鲕粒多为具密集同心包壳的正常鲕,另具少量表鲕和单晶鲕,其中或多或少混有白云石砂屑,但粒径稍大。粒间填隙物中的纤状和粒状亮晶白云石多于微晶白云石基质,后者分布不均。鲕粒白云岩在后期重结晶作用影响下,常形成具残余鲕粒结构的粉晶—细晶白云岩,其残余结构在阴极射线下,可清晰辨认出其环带结构;在埋藏溶蚀作用的配合下,岩石中形成大量的溶孔、溶洞,宏观面孔率一般为5%~10%,孔隙度为0.66%~6.74%,渗透率一般 $> 1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,具较好的储渗性。

3 相组合及储集性

根据各滩相沉积体之间、滩相沉积体与其它有关相带间的相互组合关系,特别是它们在纵向上的演变规律,可将与滩相有关的相组合类型分为以下5种(图2)。滩相组合不同,在测井曲线上也有不同的表现,其储集性能亦有一定的差异。

3.1 相组合 I 藻粘结颗粒滩—内碎屑滩—藻坪组合(图2a)

该组合分布于资1、2、6井灯二段,单组合厚0.4~2.1 m。下部为灰黑色藻粘结颗粒滩,厚5~25 cm,由F₆和F₇组成,具“雪花”状构造,其底部与其它相组合顶部呈侵蚀接触;中部多为灰白色内碎屑滩,厚20~150 cm,由F₁和F₂组成,偶夹F₃,见交错层理;上部为灰色藻坪,厚10~35 cm,由浅灰色藻层纹白云岩(F₁₀)夹灰白色微晶白云岩(F₁₁)组成,常见水平纹理和鸟眼构造,干裂和石膏假晶偶见。组合下部藻粘结颗粒滩中的颗粒主要来自于下伏另一相组合顶部的藻坪沉积物,它们是在较低级海平面快速海侵过程中^[4,5],由水体将早期藻坪沉积破碎磨蚀而成,在相对平静的水体中被菌藻粘连不规则条带或团块,代表潮下浅水较低能环境;中部内碎屑滩形成于潮间下部高能带;顶部藻坪是潮间中、上部低能环境中的典型产物。因此,该组合代表潮坪沉积的主体。相组合 I 对应的测井线中,浅测向值大于深测向,并在上部有明显的曲线尖峰;自然

伽玛除在近底部有一个小尖峰外,向上为幅度略有增加的平坦状。

该组合中部灰白色内碎屑滩沉积在后期重结晶和埋藏溶蚀作用影响下,常形成储集空间较为发育的、具残余砂屑结构的粗粉晶—细晶白云岩,具有良好的储集性,主要构成资1、2、6井灯二段中有利于储层发育的沉积相带。

3.2 相组合 II 藻粘结颗粒滩—藻坪组合(图2b)

该组合特征类似于相组合 I,不同的仅是缺少后者的中部层段,即不出现有利于储层发育的灰白色内碎屑滩,可作为相组合 I 的一种特殊情况。相组合 II 对应的测井曲线中,深测向值大于浅测向,两者在纵向上的起伏变化不大,中部值略大于下部和上部;自然伽玛表现为近平坦状。

此组合主要出于资1、2、6井灯二段中、下部,单组合厚一般 < 25 cm,属非储层组合。

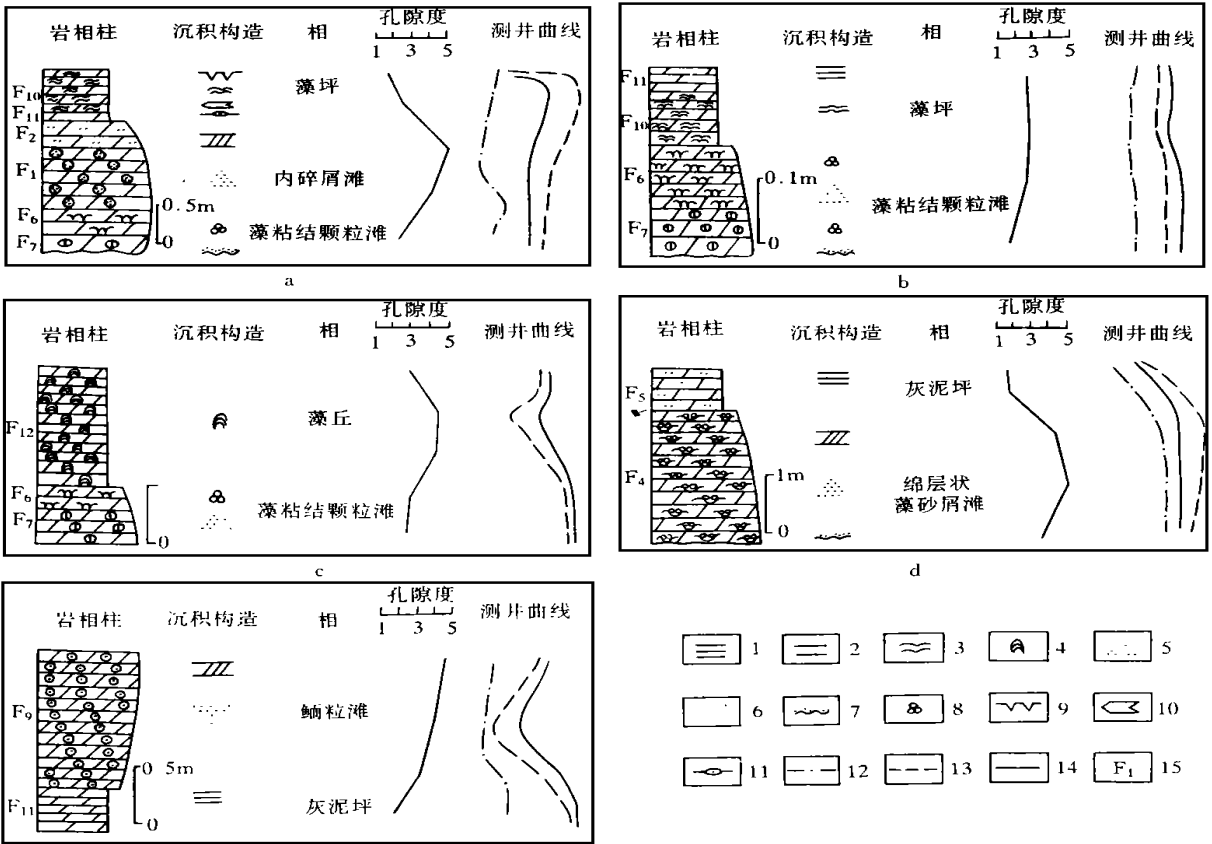
3.3 相组合 III 藻粘结颗粒—藻丘组合(图2c)

出现于资4井灯三段中,单组合厚2.61~6.78 m。下部为灰黑色藻粘结颗粒滩,厚度 < 1 m,由F₆和F₇组成,偶夹F₈,具“雪花”状构造;中、上部为浅灰—杂色藻丘沉积,厚一般 > 1.5 m,由柱状叠层石白云岩(F₁₂)组成,由下向上,柱体规模变小。沉积特征表明该组合形成于潮下至潮间中、下部,代表水动力条件由弱至强,水体变浅的沉积环境演化过程。所对应的侧井曲线中,深测向值大于浅测向,两者下部值均大于中、上部,并在近上部出现一低谷值。

该组合中、上部柱状叠层石的柱体间由于受到准同生—表生期较强岩溶作用的影响,发育较多近垂向的溶沟、溶洞,储渗性较好,但组合下部受到岩溶影响较弱,储渗性较差。

3.4 相组合 IV 绵层状藻砂屑滩—灰泥坪组合(图2d)

分布于资4井灯二段,单组合厚0.25~3.72 m。中、下部为浅灰色绵层状藻砂屑滩,厚0.3~3 m,主要由F₄组成,具大型交错层理,底部与其它相组合顶部呈突变侵蚀接触;上部为深灰色灰泥坪,主要由F₅夹F₁₁构成,发育水平层理,干裂偶见。该组合由下至上,具正粒级递变现象。沉积特征显示此相序形成于潮间下部环境,水动力条件由强变弱,水体变浅。测井曲线中的浅测向值大于深测向,二者具有较明显上高下低的趋势;自然伽玛曲线与深浅双侧向曲线具有相似的变化特征。



1. 水平层理; 2. 交错层理; 3. 藻层纹; 4. 藻叠层; 5. 正粒级递变; 6. 逆粒级递变; 7 冲刷面; 8. 雪花状构造; 9. 干裂; 10. 石膏假晶; 11. 鸟眼构造; 12. 自然伽玛曲线; 13. 深侧向曲线; 14. 浅侧向曲线; 15. 岩石微相代号见正文

图 2 相组合类型及特征

Fig. 2 Types and characteristics of facies association

该相序中、下部浅灰色绵层状藻砂屑滩在埋藏溶蚀作用的改造下, 储集空间极为发育, 形似“针状”孔, 构成资 4 井灯二段的主要储集相带。

3.5 相组合 V 灰泥坪—鲕粒滩组合 (图 2e)

主要分布于资 3、7 井一带的灯二—灯三段中, 单组合厚 0.5~4 m。下部为灰色灰泥坪, 厚一般 < 0.2 m, 主要由 F₁₁ 组成, 含少量藻球粒, 水平层理发育, 偶见石膏假晶; 中、上部为灰白色鲕粒滩, 常由 F₉ 组成, F₉ 与 F₂ 构成的过渡岩相亦常见, 具大型交错层理。相序总体显示逆粒序递变。沉积环境为滩间洼地基础上发育起来的浅滩, 受到较强波浪和潮汐作用的改造。测井曲线中的深侧向值大于浅侧向, 并在近中部出现一低谷; 自然伽玛曲线表现为下部值略高于中、上部。

该组合中、上部的灰白色鲕粒滩在后期结晶及埋藏溶蚀作用改造下, 形成储集空间较为发育的沉积相带, 是资 3、7 井灯二段和灯三段主要的储集相

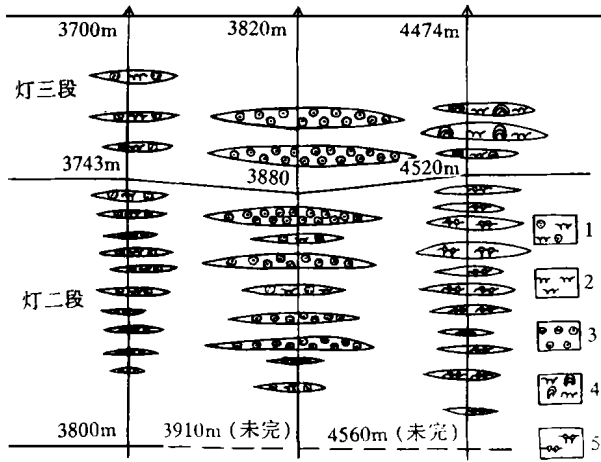
带。

4 滩体分布

根据资阳地区七口井灯影组沉积相的研究, 表明以上的滩相沉积类型及有关相组合在区内灯二段、灯三段中广泛存在, 但不同井段的差异较大 (图 3、4), 从而导致滩相储集体在空间上的展布也有所不同。

4.1 纵向分布特征

从资 2、3、4 井横向对比剖面 (图 3) 中, 可看出上述滩相沉积及有关的相组合类型常以透镜状、层状频繁出现于灯三段中、下部和灯二段中、上部。有利的滩相沉积体多分布于部分高频小旋回层序 (相当于一个单一相组合) 的中部和中、上部, 下部较少, 单个滩体或相组合厚度一般 < 7 m。其中资 2 井中的内碎屑滩、藻粘结颗粒滩及有关组合较为发育, 层数较多, 但单层较薄; 以资 3 井中的鲕粒滩及有关相组合最为发育, 单层较厚, 但层数较少; 资 4 井的灯



1. 相组合 I; 2. 相组合 II; 3. 相组合 V; 4. 相组合 III; 5. 相组合 IV

图3 滩相及有关组合横向对比剖面图

Fig. 3 Comparison cross-section of bank facies and related facies association

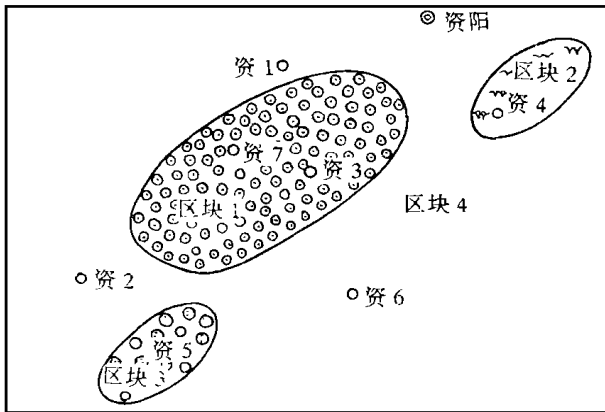


图4 滩相及有关组合平面展布图

Fig4. Prevailing distribution of bank facies and bank association

三段中、下部以藻粘结颗粒滩与藻叠层石丘的组合较为发育,灯二段中、上部以绵层状藻砂屑滩及有关的相组合发育为特征,单层较厚,层数较多。这种透镜状分布的滩体及有关的相组合在灯影组中普遍存在,但单层难以在各井之间作长距离追踪对比。

4.2 横向展布

在各单井沉积相分析的基础上,以段为单位在平面上勾画出优势相带分布图,便可了解有利滩相分布位置,现仅以储层发育的灯二段作一概述。从图4中可看出灯二段在平面上有四个优势分布区

块;一是以资3、7井为中心的区块1,其中灰色亮晶鲕粒白云岩或鲕粒滩相对发育,占该段地层厚度的65%左右;二是以资4井为中心的区块2,其中灰色绵层状藻砂屑白云岩或绵层状藻砂屑滩较为发育,占该段地层厚度的70%左右;三是以资5井为中心的区块3,其中灰白色亮晶鲕粒白云岩及亮晶砂屑白云岩过渡的岩相比较为发育,构成内碎屑滩—鲕粒滩相对发育区,它们占该段地层厚度的50%左右;其余地区构成藻粘结颗粒滩—内碎屑滩—藻坪、藻粘结颗粒滩—藻坪相组合相对发育区。因此,区块1、区块2和区块3是最有利于储层发育的滩体类型沉积区,区块4相对较差。

5 结论

从上述分析,可以看出区内灯影组中发育较多类型不同的台内点滩和有关相组合,它们单体规模较小,多以透镜状、层状频繁出现于灯三段中、下部和灯二段中、上部的高频旋回小层序的中、上部,其中灰白色鲕粒滩、内碎屑滩和浅灰色绵层状藻砂屑滩在后期重结晶和埋藏溶蚀作用的过程中易被改造成储集空间较为发育的储层,而灰黑色藻粘结颗粒滩中的粒间孔和藻粘结格架孔在被多期亮晶白云石充填后基本消失,后期成岩作用对其改造不强,成为区内非储集相带。有利相带主要分布在以发资3、7井、资4井和资5井为中心的范围内,是今后勘探的重要区块,向其周边井区,有利相带变薄,储集性能变差。

参 考 文 献

- 1 四川石油管理局. 中国石油地质志[M]. 北京: 石油工业出版社, 1989. (10): 34~39
- 2 王兴志, 黄继祥, 侯方浩. 影响四川资阳地区震旦系灯影组储集空间的主要因素[A]. 见: 王英华主编, 沉积学及岩相古地理学新进展[C]. 北京: 石油工业出版社, 1995. 561~564
- 3 王兴志, 侯方浩. 资阳地区层状白云岩储集层研究[J]. 石油勘探与开发, 1997. 24(2): 37~40
- 4 周少平等译. 沉积旋回、复合海平面变化、旋回叠加型式及地力等级[J]. 岩相古地理, 1994. (4): 32~40
- 5 Goldhammer R K, Dunn P A, Hardie L A. Depositional composite sea-level changes, cycle acing patterns, and hierarchy of stratigraphy forcing: Examples form Alpine Triassic Platform carbonates, carbonates[J]. Geol. soc. Am, 1990. 102: 535~562

The Bank Facies Deposits and the Reservoir Characteristics in Dengying Formation, Ziyang Sichuan

WANG Xing-zhi MU Shu-guang FANG Shao-xian

HOU Fang-hao HUANG Ji-xiang

(Southwest Petroleum Institute, Nanchong Sichuan 637001)

Abstract

It is generally recognized that depositional bodies in high energy environment are favorable sedimentary facies for reservoir to form and evolve, but to carbonate deposits, depositional bodies in high energy environment are only one of fundamental factors which are suitable to the reservoir development, and influence of diagenesis in later stage may be more obvious, diagenesis can change depositional bodies in high energy environment which were dominated by primary porosity in early stage into dense one or into reservoir dominated by secondary porosity, so prediction and study on carbonate reservoir should integrate the study on sedimentary facies and diagenesis. According to macro and micro characteristics of cores from seven wells in Dengying Formation, Ziyang Sichuan, combining with data of physical property, the authors studied in detail the types of bank facies depositional bodies, features of the assemblages, main diagenetic events and the influence on reservoir property. The study indicates that nine micro lithofacies deposited in high to relatively high energy environment were developed within the the depositional bodies in Dengying Formation, which are sparry dolarenite, sparry spongiostromata dolarenite, grain bound dolostone, algal bound crumb dolostone and sparry oolitic dolostone etc., vertically and laterally, the lithofacies overlap to form intraclast bank, spongiostromata clast bank, algal bound grain bank and oolitic shoal, the bank facies bodies superimposed other related ones to form five types of lithofacies assemblage which was related to bank facies deposition; the single bed of the bank facies bodies and related lithofacies assemblages are of small scale and thickness, vertically, the beds appeared as lens-like and laminate ones repeatedly occur in middle and upper parts of Dengying member Two and middle and lower parts of Dengying member Three, laterally, it is difficult to trace and correlate the single bed in a long distance within the wells, on plane, they distribute at all wells, but there is a great difference in the types of bank bodies and degree of development. Before and after diagenesis, there is an apparent change of reservoir property of the bank facies bodies; the change is tightly related to textural composition characteristics of bank facies bodies and cementation, recrystallization and burial dissolution happened during diagenesis. In the bank facies bodies, although most of primary intergrain porosity and algal bound bank are hardly preserved as pore space, depositional facies will help to form favorable environment for reservoir to form and evolution because of lack of undissolved residues such as algal and clay, which are suitable to recrystallization and burial dissolution to develop more secondary porosity; and such dark-colored banks as gray-dark algal bound grain bank contain more undissolved residues, the primary porosity in which will vanish after cementation by multi-phase sparry dolomite, and there is only a weak later stage diagenesis, the banks turn to non-reservoir facies. The light-colored bank facies bodies which are favorable for the formation and evolution of reservoir are mainly distributed in the area centralized by Zi Well 3, Zi Well 7, from the area, favorable facies bodies get thinner and the reservoir property poorer and poorer.

Key words Ziyang Dengying Formation bank facies facies assemblage reservoir