

文章编号: 1000-0550(2007)03-0392-09

塔河油田南部奥陶系一间房组层序地层、 储层预测及质量评价研究

邓小江^{1,2} 李国蓉¹ 徐国盛¹ 徐国强¹ 于海波¹ 王鑫¹ 乔占峰¹

(1 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室 成都 610059 2 四川石油管理局地球物理勘探公司物探研究中心 成都 610213)

摘要 依据层序地层学理论,通过露头、钻井、测井及地震资料的综合研究,将一间房组划分为一个三级层序;高水位体系域晚期至少划分出 5 个高频层序,并刻划了三级层序及高频层序单元滩相展布。在此基础上进行了储层预测,并有如下结论:纵向上储层发育受三级层序及高频层序控制;平面上储层主要发育于台内坡折带以北的滩体中心。最后通过储层孔渗变化与控制因素的匹配分析,探索建立储层质量控制模式。即通过储层质量与高频层序、滩体部位及构造部位关系的研究,得出第 V 高频层序储层质量优于第 III 高频层序;滩体中心储层质量优于滩体边缘;塔河油田西南部、南部储层质量优于塔河油田东部。

关键词 塔河油田 一间房组 滩相 三级层序 高频层序 储层预测及储层质量评价

第一作者简介 邓小江 男 1979 年出生 博士研究生 矿产普查与勘探 E-mail: dengxiaojiang_19@163.com

中图分类号 P539.2 **文献标识码** A

塔河油田位于塔里木盆地塔北隆起区南坡阿克库勒凸起上,是一个以奥陶系碳酸盐岩不整合一岩溶缝洞型油气藏为主的大型油田。随着塔河油田钻探范围的扩大,目前约有 76 口井钻遇奥陶系一间房组滩相储层,近半数钻井获工业油气流,表明奥陶系一间房组滩相溶蚀孔隙型储层已成为塔河地区油气勘探的新亮点。滩相储层相对均质,但也存在着非均质性,如何预测滩相储层的发育分布,评价滩相储层的质量,仍然是一项探索性很大的工作。本文以一间房组层序的研究为基础,对滩相储层发育展布及储层质量评价作了详细研究,希望能为类似研究提供一些启示。

1 一间房组沉积环境及岩石学特征

1.1 沉积环境

根据区域地质研究及地震相分析,中奥陶世一间房组沉积时期,塔里木盆地北部为一套台地相碳酸盐岩沉积,塔河油田则处于台地区内部。

1.2 岩石类型及岩石剖面结构

1.2.1 岩石类型

通过岩芯观察及 241 个薄片鉴定,区内中奥陶统一间房组碳酸盐岩可分为微晶灰岩、颗粒灰岩、藻粘结灰岩、生物礁(丘)灰岩等四类。颗粒灰岩、藻粘结

灰岩的出现频率最高,分别为 56.85%、30.29%;微晶灰岩、生物礁(丘)灰岩的出现频率低,分别为 9.54%、3.32%。微晶灰岩常含海绵、苔藓虫、腕足、海百合、介形虫等生物碎屑。生物礁(丘)灰岩中造礁生物主要为海绵,部分层段有苔藓虫;骨架间为微晶灰泥填积或显藻粘结结构。颗粒灰岩中,颗粒组份类型多样,常见有砾砂屑、鲕粒、以及海百合、腕足等生物碎屑,颗粒间主要为粒状亮晶方解石胶结。

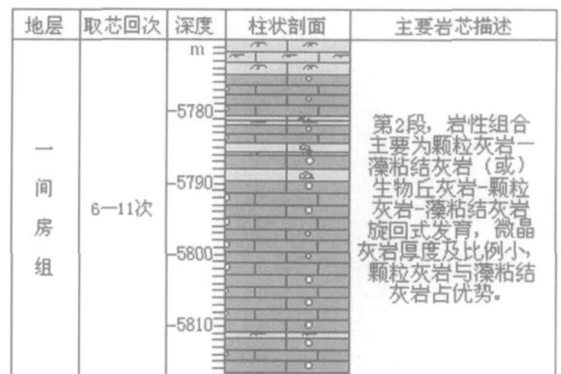


图 1 一间房组第 2 段岩性剖面结构图

Fig 1 Lithology section for the second member of the Yijianfang Formation

1.2.2 岩石剖面结构

钻井、测井剖面揭示, 一间房组厚度稳定, 厚约 90~105 m。由下向上共分为两段。第 1 段岩性以微晶灰岩→砂屑灰岩的旋回式发育为特征, 以微晶灰岩为主; 第 2 段岩性组合主要为颗粒灰岩→藻粘结灰岩(或)生物丘灰岩→颗粒灰岩→藻粘结灰岩旋回式发育, 少有微晶灰岩→颗粒灰岩→藻粘结灰岩旋回式发育。旋回中微晶灰岩单层厚度及所占比例小; 生物丘灰岩可发育 1~3 层, 单层厚度 0.5~3.9 m, 平均为 1.8 m; 颗粒灰岩和藻粘结灰岩在旋回中占优势(图 1)。

2 一间房组层序地层学研究

2.1 三级层序研究

国内许多学者对一间房组的层序划分, 还存在许多分歧。王维纲等将整个中下奥陶统划为一个三级层序^[1], 一间房组构成层序的高水位体系域; 翟辉^[2]陈明^[3]将一间房组划分为一个三级层序; 蒋炳南等(2001)将一间房组划为一个独立的超层序(相当于二级层序)。

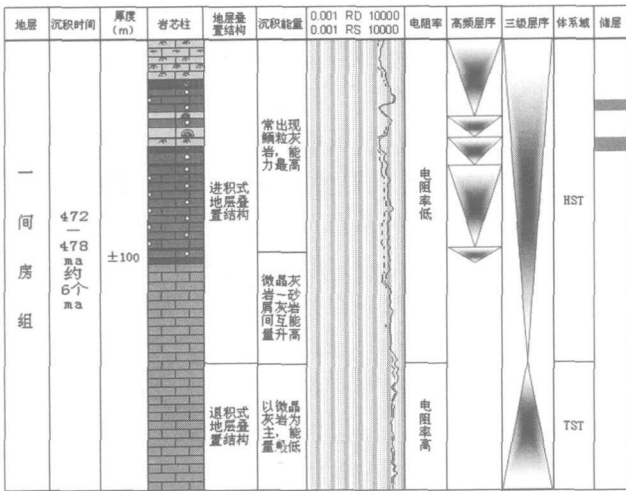


图 2 一间房组层序划分及储层综合柱状图

Fig 2 Stratigraphic column showing the sequence stratigraphic division and reservoir feature of the Yijianfang Formation

通过分析, 本文认为一间房组宜划分为一个三级层序(图 2)。其依据为: ①一间房组涉及的沉积时间为 472~478Ma 延续时间约 6Ma 这与国外大多数学者界定的一个三级层序的延续时间为 1~10Ma^[4,5]、国内王鸿祯教授界定的一个三级层序的时间为 2~5Ma^[6], 是相吻合的。②沉积物厚度稳定在 100m 左右, 与正常浅海台地相碳酸盐岩的一个三级层序厚度相一致。③一间房组底部→近底部→下部,

地层叠置结构表现为退积式; 中下部→顶部地层叠置表现为进积式。④一间房组底部及中下部为微晶灰岩→颗粒灰岩旋回, 旋回中微晶灰岩所占比重较大, 沉积环境能量相对较低; 到中部, 转变为微晶灰岩→砾砂屑灰岩间互旋回, 微晶灰岩厚度及比例逐步减小, 沉积环境能量有所升高; 到上部, 岩性转变为颗粒灰岩→藻粘结灰岩和(或)生物丘灰岩→颗粒灰岩→藻粘结灰岩旋回式发育, 出现生物丘, 且往往发育鲕粒灰岩, 沉积环境能量上升至最高。由此, 由下而上, 代表了一个完整的能量变化旋回。⑤通过研究, 发现塔河油田中下奥陶统碳酸盐岩段电阻率显现出多个由高到低的旋回性变化特征, 一间房组为一个完整的由高到低的电性变化旋回。一间房组中下部电阻率高或较高是微晶灰岩和胶结致密的砾砂屑灰岩的反映, 中上部电阻率较低是孔隙发育状况较好的颗粒灰岩的反映。

层序底界面为一间房组与下伏鹰山组的地层分界面, 层序顶界面与加里东平行不整合面叠合, 在地震剖面上称为 T₇⁴。由于研究区处于台地内部, 故仅发育保存了海侵体系域和高水位体系域。初始海泛面与层序底界面重合, 最大海泛面为地层叠置结构转换面, 在剖面上为微晶灰岩优势发育处及电阻率由高到低的转换点(图 2)。海侵体系域为微晶灰岩—砂屑灰岩旋回式发育, 微晶灰岩比例由下向上逐渐增强, 呈退积式地层叠置结构; 高水位体系域早期, 为微晶灰岩—砂屑灰岩间互发育; 高水位体系域晚期则以颗粒灰岩—藻粘结灰岩或生物丘灰岩—颗粒灰岩—藻粘结灰岩旋回式发育为主, 呈退积式地层叠置结构。

2.2 高频层序研究

海平面高频率振荡的时间跨度四级为 0.11~1Ma 五级为 0.01~0.1Ma 形成的旋回层序多为五级, 其厚度一般为几十厘米至数米, 故 Anderson 和 Goodwin 称之为米级旋回^[7]。米级旋回层序源自 Anderson 和 Goodwin 所称的“米级旋回”, 作为沉积节律的基本表征, 本文所述的高频层序等同于米级旋回层序这一概念(后文详述)。

蔡希源指出在三级层序地层格架内进行四级、五级及以上的高频层序划分和对比时, 实际上是使用旋回地层学和事件地层学的原理^[8]。

2.2.1 高频层序的划分依据

(1) 岩石类型与岩相序列是高频层序划分的重要依据

经岩芯及薄片观察, 微晶灰岩往往含有海绵、苔

藓虫、腕足、海百合、介形虫等生物碎屑，表明它形成于水体相对较深、能量较低的开阔台地环境；部分井剖面发育的生物礁，实为生物丘，造礁生物主要为海绵，骨架间为微晶灰泥填积或显藻粘结结构，且规模较小，表明它并非形成于浅水高能带，仍是形成于水体相对较浅、能量相对较高的环境中；而各种类型的颗粒灰岩特别是亮晶颗粒灰岩代表了浅水高能的沉积环境；藻粘结灰岩是浅水低能沉积环境的代表。上述四种岩石类型的有规律重复，代表了多次相对海平面的变化。因此，一间房组岩石类型与岩相序列是高频层序划分的重要基础。

(2) 利用测井曲线进行溶蚀孔隙层的识别，可帮助高频层序的划分

岩芯观察揭示一间房组上部的高频层序中亮晶颗粒灰岩部位常有溶蚀孔隙层发育；且溶蚀孔隙层具有如下电性特征：在低自然伽玛背景下，密度和电阻率适度降低，声波时差适度增大；密度、声波时差及电阻率发生同步变化。由于一个高频层序只发育一套溶蚀孔隙层，因此，对于缺芯井段，可利用测井曲线进行溶蚀孔隙层识别，进而帮助高频层序的识别和划分。

2.2.2 高频层序类型

国外许多学者已对不同类型的米级旋回层序进行了研究。国内学者梅冥相通过总结，把碳酸盐岩米级旋回层序归为四大类^[9, 10]：LM 米级旋回层序、深水非对称米级旋回层序、潮下碳酸盐米级旋回层序、潮坪碳酸盐米级旋回层序。通过分析，本文认为塔河油田南部一间房组出现的 8 种高频层序类型实质为潮下碳酸盐岩米级旋回层序(图 3)。

潮下碳酸盐岩米级旋回层序是 David Dsleger 在研究北美晚寒武世地层时系统地提出并研究的，他把其分为三种类型：浅缓坡、中缓坡及深缓坡。浅缓坡为泥粒灰岩和粒泥灰岩→颗粒灰岩(如鲕粒灰岩)；

中缓坡为钙质泥岩和粒泥灰岩→泥粒灰岩、粒泥灰岩和颗粒微晶灰岩；深缓坡为钙质泥岩及粒泥灰岩→泥粒灰岩和粒泥灰岩。梅冥相则提出了其它五种类型米级旋回层序^[9]。这五类是：(1)泥晶灰岩(或颗粒微晶灰岩)→礁灰岩、(2)钙质泥岩→颗粒灰岩(3)泥晶灰岩→颗粒灰岩(4)泥晶灰岩→颗粒微晶灰岩(5)钙质泥岩→颗粒泥晶灰岩。本次研究在塔河油田南部一间房组除识别出梅冥相教授提出的(1)、(3)两种米级旋回层序外，另外还识别出了六种类型的米级旋回层序。这六类为：②生物丘灰岩→颗粒灰岩→藻粘结灰岩③颗粒灰岩→藻粘结灰岩④生物丘灰岩→颗粒灰岩⑤微晶灰岩→颗粒灰岩→藻粘结灰岩⑥颗粒灰岩⑦生物丘灰岩→藻粘结灰岩(图 3)。

在长周期层序中，米级旋回形成有规律的垂直叠加形式，即在长周期的海平面上升阶段，叠加于其中的米级旋回层序以明显的“淹没节拍”和不明显的“暴露节拍”为特征；相反在长周期海平面变化的相对下降期，则以明显的“暴露节拍”和不明显的“淹没节拍”为特征^[10]。因此以微晶灰岩占优势的①b型发育于海侵体系域；而微晶灰岩在旋回中不占优势的①a型、②-⑧种类型则发育于高水位体系域(“暴露节拍”明显，“淹没节拍”不明显)。

尽管潮下碳酸盐岩米级旋回类型多样，但是它们都具有一个共同特点：即潮下碳酸盐岩米级旋回层序均以向上变浅、变粗、变厚为特征，因此，米级旋回层序在滩相、礁相及开阔台地潮下碳酸盐岩都有发育，其区别是组成岩石单元有差异。

2.2.3 纵向上高频层序格架

一间房组高频层序划分主要基于岩石类型及岩相序列进行。由于一间房组上部取心较全，下部取心零星；另根据测井曲线溶蚀孔隙层识别划分高频层序，溶蚀孔隙层主要发育于一间房组上部(高水位体

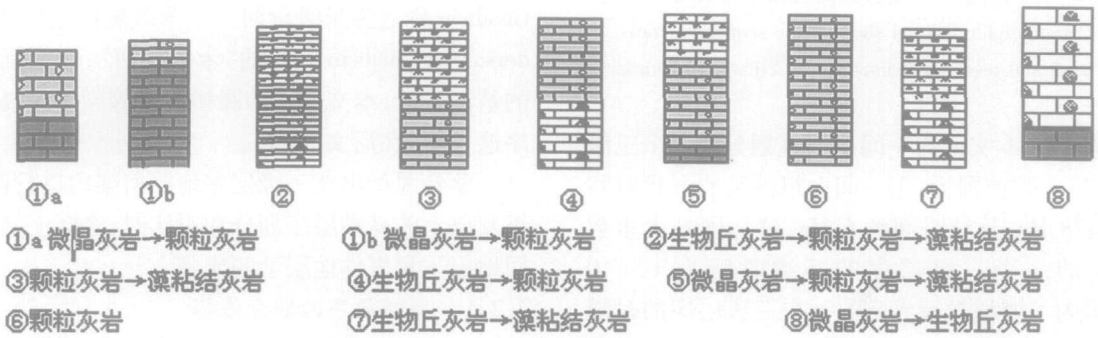


图 3 一间房组高频层序类型图

Fig 3. Genetic types of high frequency sequence of the Yijianfang Formation

系域晚期),所以本文仅对一间房组上部进行高频层序划分。通过分析,一间房组上部至少发育 5 个高频层序(图 2),由下向上对应 I - V,其特征简单描述如下:

高频层序 I:主要类型为① a 厚度小,约为 4 m;微晶灰岩厚度较大,颗粒灰岩主为(微)亮晶砾砂屑灰岩,致密胶结;表明该高频层序发育时期,海平面上升速率相对较快,可容纳空间增大较快,碳酸盐岩生长速率较低。

高频层序 II:主要为① a 和⑥这两种类型,个别为⑤类型;厚度相对较大,可达 14~20 m;每种均显颗粒灰岩占优势,微晶灰岩和藻粘结灰岩厚度很小;部分地区颗粒灰岩部位有溶蚀孔隙层的发育;揭示该高频层序发育时期,海平面上升速率已明显趋缓,可容纳空间增加速率放慢,碳酸盐岩开始保持较高速率生长。

高频层序 III:高频层序类型多样,有① a ②、④、⑤、⑦、⑧等,开始出现含生物丘灰岩的类型是其重要特征,高频层序厚度变化较大,范围为 3.6~12 m,颗粒组份类型有砾砂屑、鲕粒、生物碎屑等,颗粒灰岩中可出现溶蚀孔隙层,可能代表了海平面上升缓慢条件下的碳酸盐岩沉积。

高频层序 IV:高频层序类型多样,有②、③、④、⑤、⑦等;高频层序厚度在 2~10 m 范围内变化;与高频层序 III 有很大的相似性。

高频层序 V:主要类型为②和③;高频层序厚度较大,范围为 8~22 m;藻粘结灰岩厚度较大,颗粒灰

岩中可有溶蚀孔隙层的发育,代表了海平面下降过程中的较高速碳酸盐岩生长。

2.2.4 高频层序对比及格架的建立

(1) 高频层序对比的依据

层序对比是层序地层研究重要内容之一。一间房组三级层序高水位体系域中上部高频层序对比依据如下:

①在部分井剖面发育标志性的一类岩石—生物丘灰岩,且发育三套,结合巴楚唐王城剖面典型地发育 3 层生物丘^[11~13],研究认为这三套生物丘灰岩具有等时对比意义。

②含有生物丘的三个高频层序之下发育的高频层序类型相似、厚度相近。均为微晶灰岩→颗粒灰岩或颗粒灰岩高频层序类型;颗粒灰岩厚度范围为 11~20 m,平均 15 m。

③一间房组最顶部的一个高频层序主为②、③两种类型,且高频层序中藻粘结灰岩较下部几个高频层序中的藻粘结灰岩更为发育、厚度更大,也具有等时对比意义。

④储层综合解剖表明,一间房组上部常发育 1~3 套储层。结合岩芯及测井曲线,认识到一个高频层序仅发育一套储层,这也可作为建立高频层序格架的依据。

(2) 高频层序格架的建立

依据上述高频层序的划分以及高频层序对比的依据,本文作出了塔河油田南部一间房组上部东西向高频层序对比剖面(图 4)。

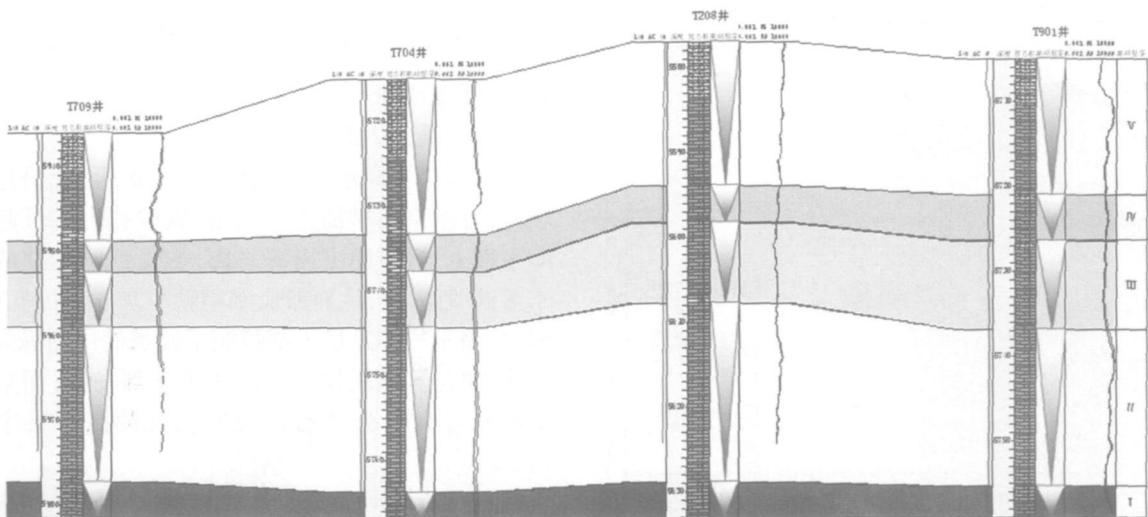


图 4 T901-T208-T704-T709 井(东西向)O₂yj 上部高频层序格架

Fig 4 T901-T208-T704-T709 well(east to west) high frequency sequence framework

of the upper part in the Yijianfang Formation

2.2.5 高频层序成因机制

根据研究,高水位体系域中上部发育的高频层序的个数和特征在塔河油田南部广大地区具有可比性,变化具有同步性,揭示了这些高频层序不是由于盆地内相带横向迁移形成的自旋回,而是沉积盆地环境以外沉积背景(物源、构造、海平面)变化所形成的异旋回。高频层序界面为瞬时淹没间断面,这些界面的存在是地区间断事件的标志,也就是以前所指的幕式沉积作用的佐证。每一个高频层序的形成符合 Goodwin 和 Anderson 提出的 PAC (punctate aggradational cyclic genesis) 米级旋回机制,即高频层序是在一个沉积间断面之上均匀堆积过程中形成的^[14]。间断面形成于海平面的“加深事件”。层序顶部暴露标志表明在加深事件之前有一个暴露过程,因此,此类层序之间的界面是暴露—加深过程中形成的。因此,微晶灰岩或生物丘灰岩的底则是一个海泛面(加深事件),亮晶颗粒灰岩或藻粘结灰岩中的颗粒被溶蚀,代表“暴露事件”。

根据高频层序 I 中微晶灰岩在旋回中占优势,所以考虑其为较低速率生长的碳酸盐岩,而高频层序 II、III、IV、V 则显示出较快速生长特征。本次研究按古代追补型碳酸盐岩体系生长速率的平均值 ($29.5 \mu\text{m/a}$) 来计算高频层序 I 的延续时间,用古代并进型碳酸盐岩体系生长速率的平均值 ($170 \mu\text{m/a}$) 来计算高频层序 II、III、IV、V 的延续时间,高频层序 I、II、III、IV、V 的延续时间分别为 0.13、0.12、0.071、0.06、0.13 Ma。

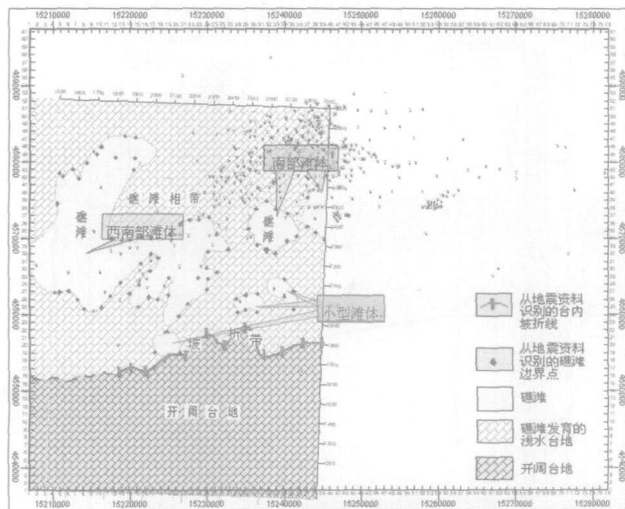


图 5 塔河油田西南部一间房组沉积相及礁滩分布图

Fig. 5 Sedimentary facies and beach distribution of the Yujianfang Formation in the southwest of Tahe oilfield

因此,上述计算结果表明本文划分的一间房组三级层序高水位体系域的高频层序的延续时间与五级层序或短周期旋回的延续时间相当,即就是 Goodyin 和 Anderson 定义的米级旋回层序,揭示了这些高频层序可能受地球短偏心率旋回控制。

3 一间房组层序单元的滩相展布刻划

3.1 三级层序的滩相展布刻划

根据三维地震资料解释,恢复了三级层序单元滩相展布,因资料所限,南部仅恢复部分滩体,东部滩体未恢复(图 5)。由图可知,一间房组沉积时期,台地内存在一个东西向的坡折带。该线以北为优势的台地浅滩发育区带,单个滩体呈块状,在塔河油田西南部,浅滩的面积较大;坡折带以南为开阔台地沉积相带,由于开阔台地—缓斜坡非常宽缓,未见滑塌、浊积等丘状堆积体,也未见生物丘沉积建造。

3.2 高频层序单元滩相展布刻划

以三级层序单元内地震滩体分布为控制,以钻井、测井资料为基础,刻划了高频层序单元(II—V)的滩体分布,如第 V 高频层序(图 6)。由图可知,滩体主要分布在塔河油田西南部、南部、东部及 S106、S105 井所在区域;西南部滩体最大,南部、东部滩体次之,单个滩体呈块状;S106、S105 井所在区域则为小型滩体,单个滩体呈点状;南部滩体中心厚度最大,为 12.4 m,西南部及东部滩体中心厚度相近,分别为 10 m、10.4 m;西南部、南部滩体由于构造运动滩体部分遭受剥蚀,东部滩体保存完全。

4 一间房组储层预测及质量评价

4.1 储层预测

(1) 纵向上储层分布

三级层序高水位体系域晚期,海平面上升速率趋缓,可容纳空间增加速率减慢,碳酸盐岩生长赶得上海平面上升,容易出露海水面,遭受到同生期的大气水溶蚀改造^[11],从而形成滩相颗粒灰岩溶蚀孔隙层。因而,高水位体系域上部控制了此类储层的纵向优势分布,决定了储层仅在一间房组上部发育;而多套储层的发育则又受高水位晚期发育的高频层序控制(图 2)。

通过对塔河油田南部 24 口井统计,一间房组三级层序高水位体系域上部 5 个高频层序中,第 V 高频层序储层最为发育;其次为第 III 高频层序储层较为发育;而第 II、IV 高频层序储层发育程度都较低;第 I 高

频层序中未见储层发育。具体见表 1。

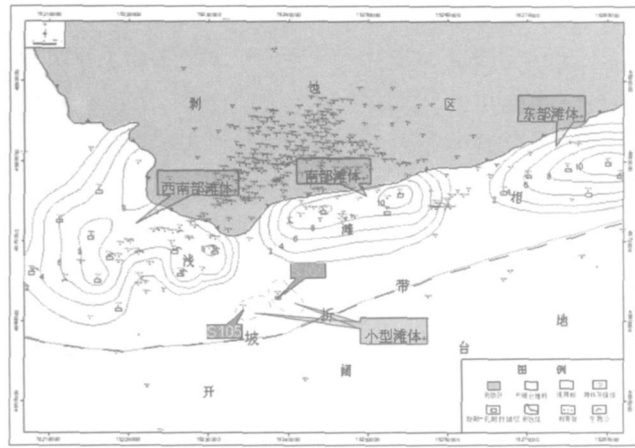


图 6 一间房组上部第 V 高频层序沉积相与滩体分布图
 Fig 6 Sedimentary facies and beach distribution of the fifth high frequency in the upper of the Y ijianfang Formation

(2) 平面上储层分布

平面上,由于一间房组沉积时期,碳酸盐岩沉积遵循“同时加积片”模式,滩体相对稳定,储层发育分布规律性强,台地内部坡折带控制一间房组滩相储层的宏观展布;台内坡折带以北区域,滩体控制滩相储层的发育分布,主要在四个区域继承性发育;滩体中心则控制储层的优势发育(图 7和表 2)。

表 1 一间房组各高频层序储层发育厚度及频率对比表

Table 1 Reservoir thickness and frequency contrast of each high frequency sequence in Y ijianfang Formation

高频层序	发育井数	井钻遇率 %	频率(发育储层) %	厚度变化范围 m	平均厚度 m
II	12	21.8	50	1~14	4.98
III	15	27.3	62.5	1.2~11	4.64
IV	7	12.7	29.2	1~9	4.15
V	19	34.5	79	1.6~15	4.47

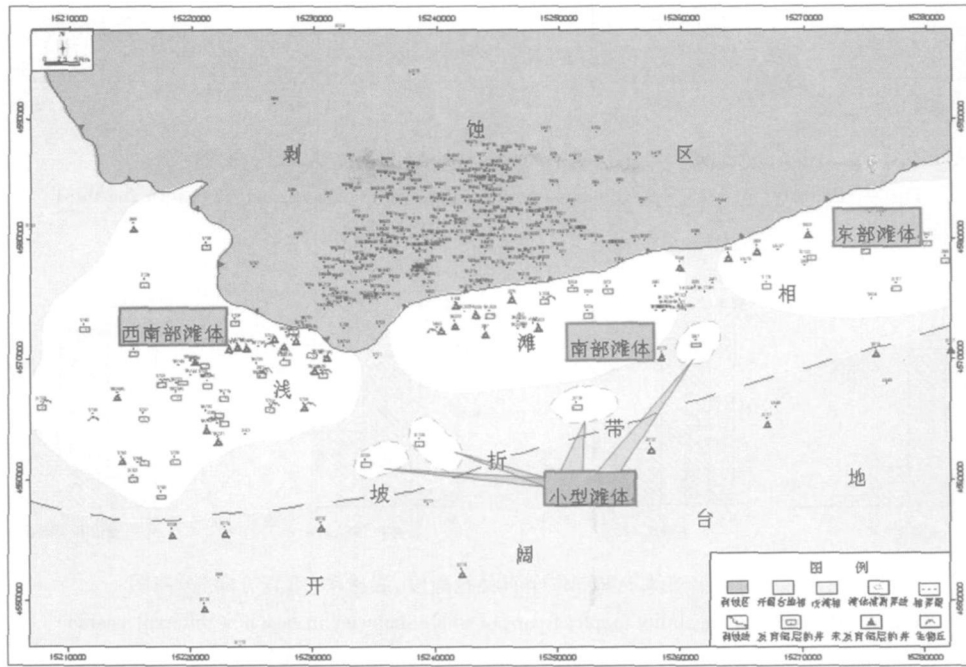


图 7 一间房组滩相储层发育展布图

Fig 7 Beach facies reservoir development in the Y ijianfang Formation

表 2 塔河油田南部一间房组各高频层序滩体中心与滩体边缘储层发育厚度及频率对比表

Table 2 Reservoir thickness and frequency contrast between beach center and edge each high frequency sequence in the Y ijianfang Formation in the south of Tahe oilfield

高频层序	储层发育井数 口	滩体中心				滩体边缘			
		储层发育井数 口	储层发育频率 %	储层厚度范围 m	储层平均厚度 m	储层发育井数 口	储层发育频率 %	储层厚度范围 m	储层平均厚度 m
II	12	10	83	2~14	5.7	2	17	2~2.6	2.3
III	15	11	73.3	2.2~11	5.43	4	26.7	1.5~4.7	2.48
IV	7	6	85.8	2~9	4.57	1	14.2	1.7	1.7
V	19	16	84.2	1.6~15	5.08	3	15.8	1~2.9	1.97

4.2 滩相储层质量评价

针对塔河油田南部,通过储层质量与高频层序、滩体部位及构造部位的关系来研究探索储层质量变化模式。

(1) 高频层序与储层质量变化

图 8 为第 III V 高频层序小岩芯孔、渗对比图。由图可知,第 III 高频层序小岩芯孔隙度分布范围、主峰及大于 2% 的样品分别为 0~5%、1%~3%、55%;而第 V 高频层序则为 0~8%、4%~6%、72%。第 III、V 高频层序小岩芯渗透率主峰分别为 $0.01 \times 10^{-3} \sim 0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、 $0.01 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,大于 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 分别为 35%、63%。由此,第 V 高

频层序储层质量优于第 III 高频层序。

(2) 滩体部位与储层质量变化

图 9 为滩缘与滩中全直径孔、渗(垂直)分布直方图。由图可知,虽滩缘与滩中渗透率具有相似性,但滩缘孔隙度分布范围、主峰及大于 2% 的样品分别为 0~4%、1%~2%、23%;而滩中则为 0~7%、1%~3%、61%。由此,滩体中心储层质量明显好于滩缘。原因为沉积物形成时期,由于高水位体系域时期高级别海平面的下降,造成滩体中心更易暴露,且遭受大气水改造时间长,而滩体边缘不易暴露,遭受大气水改造时间短所致。

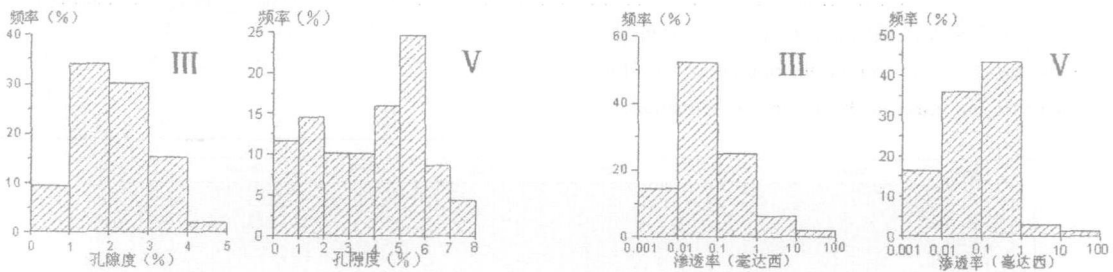


图 8 第 III 高频层序与第 V 高频层序小岩芯孔隙度、渗透率对比图

Fig 8 Porosity permeability comparison of the core with small diameter between the third and the fifth high frequency sequence

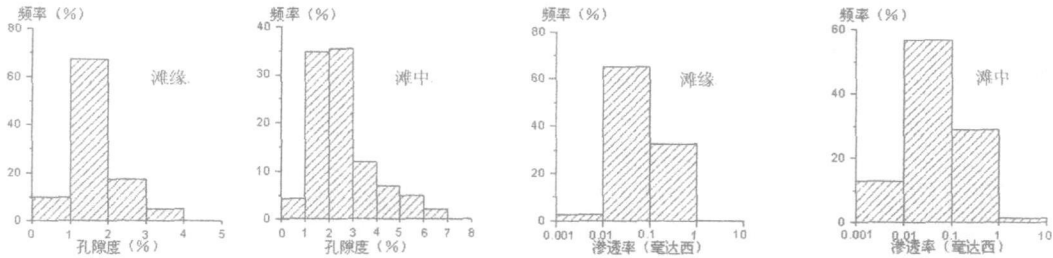


图 9 一间房组滩体不同部位全直径孔隙度、渗透率(垂直方向)分布图

Fig 9 Porosity permeability graph of core of whole diameter in beach's different position in the Y jianfang Formation(Vertical direction)

(3) 构造部位与储层质量变化

图 10 是西南部、南部、东部滩中储层段全直径孔隙度、渗透率(垂直)分布直方图。由图可知,西南部、南部、东部滩中孔隙度分布范围都为 1%~7%;但其主峰分别为 2%~4%、2%~3%、3%~5%;孔隙度大于 3% 分别为 51%、37%、73%。渗透率主峰样品所占比例相似,但大于 $0.01 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的样品比

例分别为 90%、82%、96%,在 $1 \times 10^{-3} \sim 10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 所占比例分别为 3%、0%、8%。由此可知塔河油田西南部、东部储层质量较好,南部储层质量相对较差。其结果与李国蓉等依据约 120 口井岩芯上有效构造裂隙统计作出的有效裂隙发育分布规律有良好的相关性^①,反映了构造控制有效裂隙的发育,也控制了一间房组礁滩相储层的质量,特别是储层的渗透性。

① 李国蓉,肖慈询,游章隆.塔河油田储量计算与研究报告.2005.12

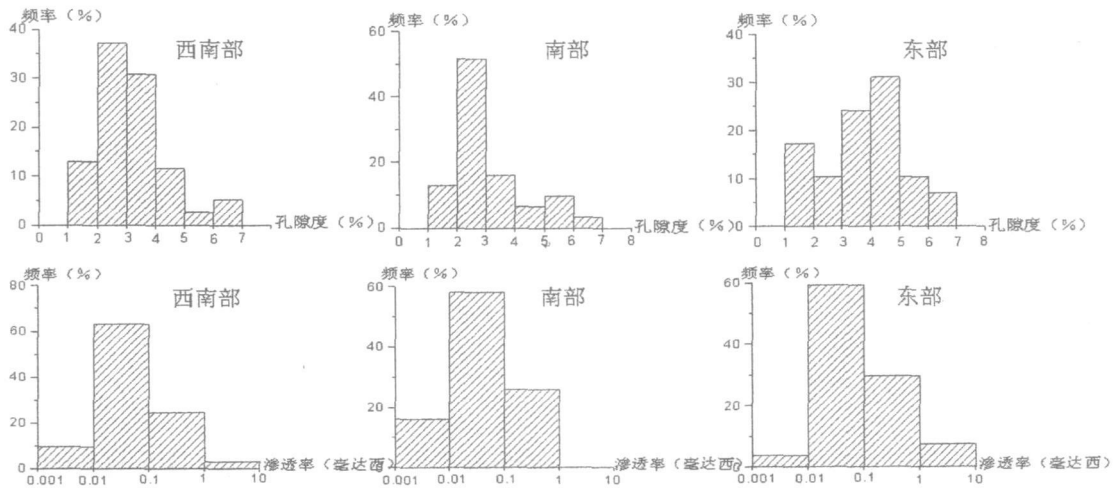


图 10 不同构造部位一间房组滩体中心全直径孔隙度、渗透率(垂直方向)分布图
 Fig 10 Porosity permeability graph of the core with whole diameter in beach's center in different tectonic position in the Yijianfang Formation (Vertical direction)

5 结论

(1) 根据一间房组延续时间、地层厚度、地层叠置结构、沉积能量变化旋回及电性变化旋回综合分析,明确提出一间房组划分为一个独立的三级层序。

(2) 通过岩石类型及岩相序列分析,认识到一间房组存在 8 种类型高频旋回,一间房组三级层序上部可划分出 5 个高频层序,并由此建立了塔河油田南部一间房组上部高频层序格架。

(3) 一间房组储层在纵向上受层序及高频层序控制,因此储层主要发育于高水位体系域晚期,海侵体系域不发育储层,由此限制了储层仅在一间房组上部发育;多套储层则受高频层序控制。平面上储层主要发育于台内坡折带以北的滩体中心。

(4) 通过储层质量与高频层序、滩体部位及构造部位关系的研究,可以看出,第 V 高频层序储层质量优于第 III 高频层序;滩体中心储层质量优于滩体边缘;塔河油田西南部、南部储层质量优于塔河油田东部。

参考文献 (References)

1 王维纲,吕炳全. 小尺度的碳酸盐岩层序地层学分析——塔里木盆地桑塔木断垒带奥陶系层序地层学研究. 沉积学报, 1997, 15(4): 24-29 [Wang Weigang, Lu Bingquan. The small scale sequence stratigraphy of the Ordovician carbonate of the Sangtanmu Horst in the Tarim Basin. Acta Sedimentologica Sinica, 1997, 15(4): 24-29]

2 瞿辉,徐怀大,郭奇军. 塔里木盆地北部奥陶系层序地层研究. 现代地质, 1997, 11(1): 8-13 [Qu Hui, Xu Huaida, Guo Qijun. Study

on sequence stratigraphy of Ordovician in North Tarim Basin. Geoscience, 1997, 11(1): 8-13]

3 陈明,许效松,万方,等. 塔里木盆地柯坪地区中下奥陶统碳酸盐岩露头层序地层学研究. 沉积学报, 2004, 22(1): 110-116 [Chen Ming, Xu Xiaosong, Wan Fang, et al. Study on outcrop sequence stratigraphy of the Lower Middle Ordovician Strata in Keping Tarim Basin. Acta Sedimentologica Sinica, 2004, 22(1): 110-116]

4 Goldhammer R K, Dunn P A, Hardie L A. Depositional cycles, composite sea level changes, cycle stacking patterns of the hierarchy of stratigraphic forcing: examples from a tectonically stable platform carbonate. Geological Society of America Bulletin, 1990, (5): 535-562

5 Vail P R, Mitchum R M, Thompson J R S III 著; 牛毓荃, 徐怀大, 等译.

6 王鸿祯, 史晓颖. 沉积层序及海平面旋回的分类级别——旋回周期的成因讨论. 现代地质, 1998, 12(1): 1-16 [Wang Hongzhen, Shi Xiaoying. Hierarchy of depositional sequences and eustatic cycles: a discussion on the mechanism of sedimentary cycles. Geoscience, 1998, 12(1): 1-16]

7 Anderson E J, Goodwin P W. The significance of meter-scale allochthones in the quest for a fundamental stratigraphic unit. Journal of Geology, 1990, 147: 507-518

8 蔡希源, 李思田, 陆相盆地高精度层序地层学. 北京: 地质出版社, 2003. 39-41, 55-56 [Cai Xiyuan, Lisitian. High resolution Sequence Stratigraphy of Continental Basin. Beijing: Geological Publishing House, 2003]

9 梅冥相. 碳酸盐米级旋回层序的成因类型及识别标志. 岩相古地理, 1993, 13(6): 35-45 [Mei Mingxiang. Genetic types and mechanisms of the carbonate rock meter scale cyclic sequences. Lithofacies and Geography, 1993, 13(6): 35-45]

10 梅冥相, 徐德斌, 周洪瑞, 等. 米级旋回层序的成因类型及其相序组构特征. 沉积学报, 2000, 18(1): 43-49 [Mei Mingxiang, Xu Debin, Zhou Hongrui, et al. Genetic types of meter scale cyclic their

- fabric features of facies sequences and succession. *Acta Sedimentologica Sinica* 2000, 18(1): 43-49]
- 11 欧阳睿, 焦存礼, 白利华, 等. 塔里木盆地塔中地区生物礁特征及分布. *石油勘探与开发*, 2003, 30(2): 33-36 [Ouyang Rui, Jiao Cunli, Bai Lihua, *et al*. The distribution and features of reef in Tazhong area of Tarim Basin, Northwest China. *Petroleum Exploration And Development* 2001, 28(4): 1-3]
 - 12 顾家裕, 方辉, 蒋凌志. 塔里木盆地奥陶系生物礁的发现及其意义. *石油勘探与开发*, 2001, 28(4): 1-3 [Gu Jiayu, Fang Hui, Jiang Lingzhi, *et al*. The significance of Ordovician reef discovery in Tarim basin. *Petroleum Exploration And Development* 2001, 28(4): 1-3]
 - 13 胡明毅, 朱忠德, 贺萍, 等. 轮南—巴楚地区奥陶系生物礁储层特征. *石油与天然气地质*, 2002, 23(2): 179-182 [Hu Mingyi, Zhu Zhongde, He Ping, *et al*. Ordovician reef in Lunan-Bachu area and their reservoir characteristics. *Oil And Gas Geology* 2002, 23(2): 179-182]
 - 14 Goodwin PW, Anderson E J. Punctuated aggradational cycles: A general hypothesis of episodic stratigraphic accumulation. *Journal of Geology* 1985, 147: 515-533
 - 15 马永生, 梅冥相, 陈小兵, 等. 碳酸盐岩储层沉积学. 北京: 地质出版社, 1999 [Ma Yongsheng, Mei Mingxiang, Chen Xiaobing, *et al*. *Carbonate Reservoir Sedimentary*. Beijing: Geological Publishing House, 1999]

Sequence Stratigraphic Study Prediction and Quality Evaluation of Reservoir for the Ordovician Yijianfang Formation of the Southern Part of the Tahe Oilfield

DENG Xiaojiang^{1,2} LIGUORONG¹ XU Guosheng¹ XU Guoqiang¹
YU Haibo¹ WANG Xin¹ QIAO Zhanfeng¹

(1. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059;
2. Chengdu Research Center of Geophysical Prospecting Company SPA, Chengdu 610213)

Abstract According to sequence stratigraphy on the basis of integrated study on outcrop, well drilling, well logging and seismic data, one third-order sequence has been recognized in the Yijianfang Formation. In the upper of the high system tract, at least 5 high frequency sequences have been recognized. And beach facies distribution is depicted both in third-order sequence and in high frequency sequence. Then based on the foregoing research, the reservoir in this area has been predicted and conclusions have been made as follows. Vertically, the development of reservoir is controlled by sequence and high frequency. Flatly, the reservoir develops on the center of the beach which lies in the north of break of slope in the platform. Then by researching the relationship between reservoir qualities and controlling factor, controlling mode of reservoir quality has been setup. At last, by researching the relations between reservoir quality and high frequency, beach position and tectonic, it can be seen that the fifth high frequency's reservoir quality is superior to the third, beach center quality is superior to the edge, southwest and south of Tahe oilfield's quality is superior to the east.

Key words Tahe oilfield, Yijianfang Formation, beach facies, third-order sequence, high frequency sequence, reservoir prediction and evaluation of reservoir quality