

带内,不存在大规模的流体渗流屏障。因此,只要开发单元是等时地质体,油井产能和注采对应关系等生产动态方面的问题就比较容易认识、分析和处理^[3]。

在一定的盆地沉降速度和沉积物供应量的条件下,沉积地质体的划分越精细,其沉积时段就越短,从测井资料寻找地质体等时界面的难度也就越大,等时对比的可靠性就变差。根据研究区的地质资料 and 实际生产情况,选择沉积地质体的合理划分级次就比较重要。合理的地层划分级次既能使某一地层单元的对比划分达到等时的精度要求,又能使该级次的地层单元满足油田开发生产的需要。横向上遵循沉积相的平面连续性,即同期异相特征;纵向上沉积相的叠加应与沉积体系的空间演化规律相一致。

2 2 由粗到细的原则

地层对比由粗到细的原则有两层含义:一是油田从开发期到开发后期,资料的逐渐丰富和认识的不断深入,地层对比需要由粗到细;另一层含义是地层对比原则是从高级次的地层单元逐步到低级次地层单元。首先在区域标准层的控制下对比组、段的界限,然后在标志层的约束下对比划分砂层组的界限,最后通过井间地层标志对比划分小层、沉积时间单元或韵律层的界限。

3 储层划分对比的方法

本次储层划分对比主要是在高分辨率层序地层学理论指导下,通过标准层控制,依据岩性、古生物和测井曲线特征来进行对比。以稳定性好的泥岩、油页岩作标志层,采用沉积旋回级次从大到小、分级控制对比的原则,并辅以旋回厚度法、等高程法、多井闭合法进行小层对比与划分。

3 1 岩性对比法

岩性对比主要是依据沉积成层原理及岩性的相似性、顺序性、连续性的特点。组合或标准测井曲线是进行对比的主要资料,对比方法是按照曲线在同一岩层或同一段上的最大相似性原则进行的。

本区为砂泥岩互层沉积,岩层的电性差别不大,曲线形态和岩性对应关系清楚。岩性对比首先要确定标志层,如等时面、沉积旋回、特殊岩性段等,选择具有代表性的井,且有较全的取心和岩屑资料,建立起岩性骨架剖面,开展储层划分对比。

储层对比的准确性很大程度上取决于该套储层是否有一定数量的标准层,所谓对比标准层即是标志明显、分布稳定的时间 地层单元。陆相沉积盆地

的湖相沉积中,区域性的湖侵泥岩、油页岩、碳酸盐岩、化石层等特殊岩性层段,一般可作为对比的标准层。储层地质研究中,实际可用作对比的标准层,还必须具备一个重要的条件:在测井曲线上有明确的响应,易于识别。

对于研究区的层段,沙二下上部“稳定泥岩段”,厚度一般 80~100m,上部为灰色、灰绿色泥岩,底部发育 15~20m 的泥岩与钙质泥岩薄互层段,视电阻率曲线底部为 5~8 个高阻尖峰。中上部表现为低阻特征,自然电位平滑低幅,其顶部对应 T₃地震反射层,以此泥岩段作为与沙二上与沙二下地层的分界(图 2)。“沙三下泥岩、油页岩段”,厚度一般 80~100m,视电阻率曲线齿状中幅或低幅,自然电位接近基线,其顶部对应 T₄地震反射层,以此作为沙二下与沙三上的地层分界,为临盘油区可靠的对比标志。

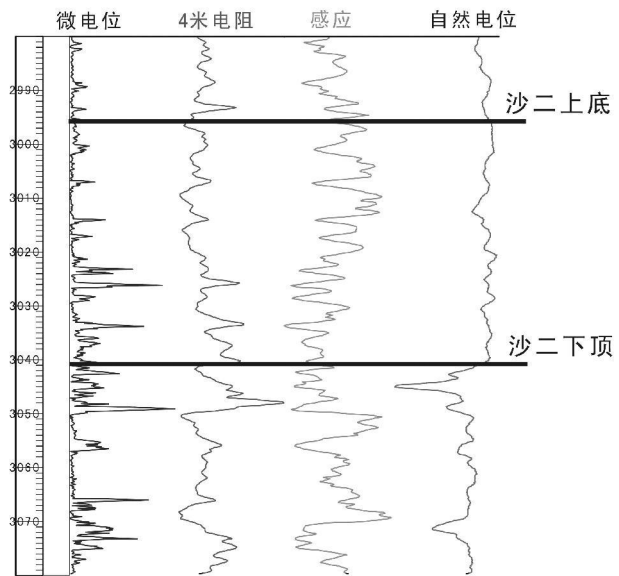


图 2 沙二下段顶界面测井曲线特征

Fig 2 Well logs for the top boundary of the lower part of the second member of the Shahejie Formation

3 2 旋回厚度对比法

在标志层(标准层)控制下,按旋回级次、厚度比例关系从大到小逐级对比,不同的岩石组合在电测曲线上曲线形态不同,从而可以用沉积旋回对比砂岩组,再利用岩性和厚度相似原则进行厚度切片对比将其划分出若干小层或单砂体。

在储层逐级细分对比中,以岩心资料为基础,利用组合电测曲线中的感应、自然电位、微电极等手段,以三角洲沉积学理论为指导,根据三角洲相沉积层序、沉积特征及相变特点,结合实际生产动态情况

进行划分对比,以剖面中稳定的高导泥岩及油页岩作为对比标准层,以主力小层及层间隔层作为对比标志层,考虑到井斜及不同含水期测井响应特征不同等因素,建立全区综合对比剖面,开展全区储层的逐级划分对比^[4]。

3.3 层序地层学对比法

层序地层学对比法是目前在全球范围内广泛应用的对比法。充分利用地震、钻井、测井、岩性、古生物、分析化验等各种资料,通过划分层序、准层序组、准层序等地层单元,并利用这些单元的边界标志在横向上进行对比。该方法的优点是充分考虑岩性相变等因素对地层对比准确性的影响,是目前最好的地层对比方法。

高分辨率层序地层学对比主要是以准层序为本单元^[5]。一个准层序反映出了一个完整的沉积旋回,它不仅包括了相当于砂岩组的砂岩段,还包括了砂岩段上下的泥岩段。该对比方法强调的是等时性对比,是以不同级序的层序地层单元界面作为对比标志,进行储集砂体的对比。该界面属于等时性界面,特别是准层序界面即湖泛面或与之对应的界面具有形成时间短、在一定范围内分布稳定和界面响应清楚等特点,因此以准层序界面作为对比标志可实现高精度等时性对比,避免了砂岩组对比中的穿时现象。特别是在同一储集砂体横向厚度变化较大时或储集砂体内砂层组横向出现尖灭时,准层序对比同砂岩组对比相比更具有科学性(表1)。

表 1 临盘油区沙三段层序划分表
Table 1 Sequence division of the third member of the Shahejie Formation in the Linpan oil field

地 层				临盘采油厂地质分层				济阳分层		层序地层分析						
统	组	段	年龄/Ma	亚段	沉积地层		岩 性	地震反射	亚段	地震反射	二级层序	三级层序	层序界面			
渐 新 统	沙 河 街 组	沙二段	38	Es2x	15韵律顶		灰白色泥岩	T3	Es2x	T3						
					15韵律顶	商河砂体上部										
		沙三段	42	Es3x	三高阻	商河砂体下部	灰白色泥岩夹粉细砂岩		Es3s	T4				—MFS4— —SBIV—		
					8韵律	临邑砂体	粉细砂岩夹泥岩									
					16韵律顶	基山砂体	粉细砂岩与泥岩互层		Es3z	T6				—MFS3— —SBIII—		
					16韵律底											
		沙四段	43	Es3z	上油底		油页岩	T6	Es3x				Sq2			
					下油顶											
					油页岩段											
						Es3x	盘河砂体顶						盘河砂体	粉细砂岩与泥岩互层	Sq1	—MFS2— —SBII—
							后长顶							油页岩		

(据赵俊清等改, 2005)

4 储层划分对比模式

针对研究区沙三段—沙二段砂体变化大、隔夹层不稳定的特点,结合湖泊三角洲相、浊积岩沉积特征,通过精细对比,建立了以下4种砂体对比模式^[67]。

4.1 等厚砂体对比模式

在标准井附近采用等高程对比法进行对比。根据旋回厚度对比法,把电测曲线形态相似、地层厚度相近的砂层划分为同一小层或沉积时间单元,这种划分考虑到沉积砂体在近距离范围内的稳定性、连

续性。这种模式在盘2块盘2-23单元较常见(图3),

4.2 相变砂体对比模式

依据前三三角洲亚相沉积砂体在横向上相变迅速、砂体厚度变化大的特点,电测曲线也呈现自然电位幅度变小或变为平直,对比时根据其它标志(如感应特征等)将它们划分为同一沉积单元,这种模式在沙二下及沙三中地层常见(图4)。

4.3 叠置砂体对比模式

由于湖水进退作用,前期沉积物顶部受到冲刷,随后又沉积新的砂体,形成砂体叠置现象。若冲刷

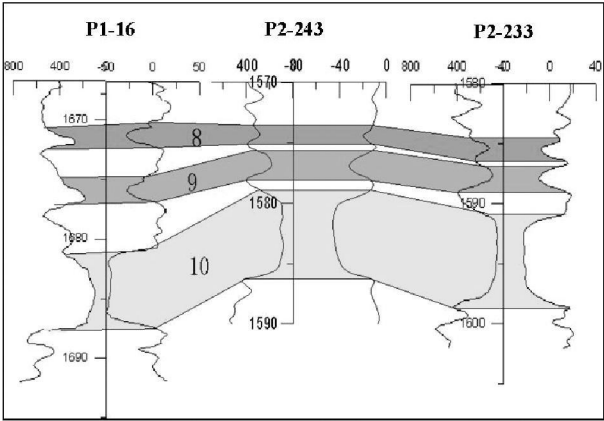


图 3 等厚砂体对比模式

Fig 3 Model for the correlation of the isopach sandstones

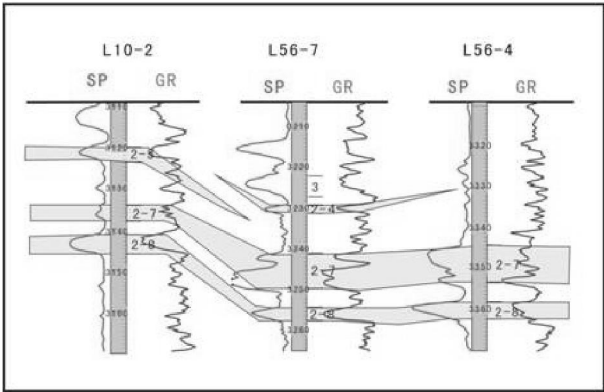


图 4 相变砂体对比模式图

Fig 4 Model for the correlation of the facies change sandstones

不彻底,上部沉积单元仍存在细粒沉积物,从电测曲线上可以见到夹层存在,据此可将其划分出来;若冲刷强烈,下部单元砂体被部分冲刷,两期砂体叠置,电测曲线呈箱形,无法识别出界限,只能通过岩心或邻井资料劈层。此模式在沙三下下部小层最为常见(图 5)。

4.4 下切砂体对比模式

由于三角洲分流河道的主流线附近冲刷最强烈,砂体明显“下切”。对比此类砂体时,不能盲目应用等厚或相变等观点劈层,应将冲刷界面作为单砂体的底界。如 L47 井至 L37-14 井,其下切深度相差约 5m(图 6)。

5 储层划分和对比的意义

利用精细储层对比的结果,可提取各个小层的砂体等厚图及沉积微相平面展布图。除此之外,通

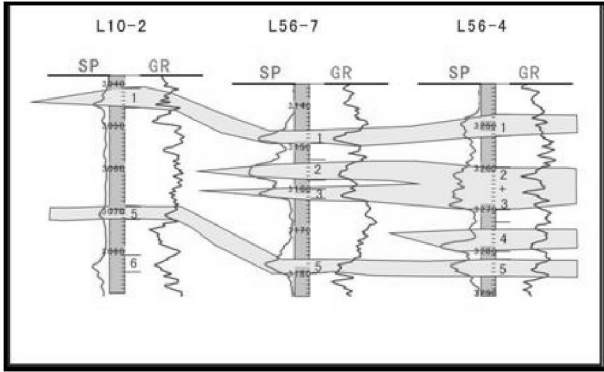


图 5 叠置砂体对比模式图

Fig 5 Model for the correlation of the superimposed sandstones

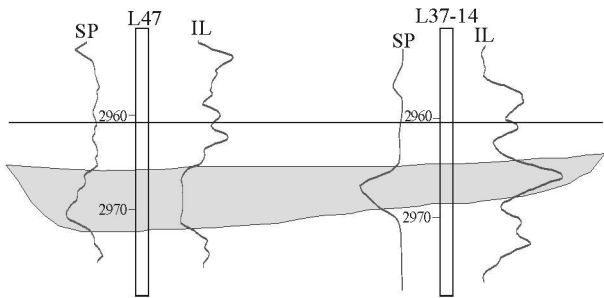


图 6 同一时间单元河流下切强度

Fig 6 Model for the correlation of the incised sandstones

过小层对比与分析,还可以研究各小层渗透性砂层顶构造图、储层非均质性及预测有利区块等。因此,精细储层对比在油田开发阶段高精度储层研究中具有十分重要的意义[8-9]。研究结果可以为临盘油藏精细描述、流体流动单元划分、储层建模和流体流动数值模拟,乃至注采工艺的布置或调整,提供更为可靠的油藏地质模型。

参考文献:

[1] 杜贤樾,孙焕泉,郑和荣.胜利油区勘探开发论文集[M].北京:地质出版社,1997

[2] 穆龙新,贾爱林,等.储层精细研究方法[M].北京:石油工业出版社,2000

[3] 张明禄,郑荣才,达士攀.砂体等时对比的高分辨率层序分析技术[J].矿物岩石,2004,24(1):113-120.

[4] 刘波,赵翰卿,于会宇.储集层的两种精细对比方法讨论[J].石油勘与开发,2001,28(6):94-96

[5] 郑荣才,柯光明,文华国,等.高分辨率层序分析在河流相砂体等时对比中的应用[J].成都理工大学学报:自然科学版,2004,3(6):641-647

[6] 孔繁征,员克峰,黄凯生. 小层对比在低渗透砂岩小油田注水开发中的应用[J]. 物探化探计算技术, 2004, 26(4): 310—315

[7] 孙杰. 东营凹陷现河庄油田沙二段储层精细划分与对比[J]. 西部探矿工程, 2006, 18(9): 138—141

[8] 赵虹,党D,靳文奇,等. 安塞油田长6油层组精细地层划分与对比[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2004, 34(4): 461—464

[9] 王振奇,张昌民,张尚锋,等. 油气储层的层次划分和对比技术[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(1): 70—75

Division and correlation of sandstone reservoirs in the Linpan oil field
Jiyang depression, Shandong

LIANG Zheng-zhong^{1, 2}

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, Guangdong, China;
2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: Division and correlation of sandstone reservoirs are most fundamental and important work in the oil field development. The division and correlation of the sandstone reservoirs in the Linpan oil field, Jiyang depression are based on the study of the main oil reservoirs from the third member to the lower part of the second member of the Shahejie Formation, with the emphasis on the principles and methods, isochronous correlation of the high-resolution sequence stratigraphy, and presentation of four models for sandstone correlation. The results of research may be helpful to the reservoir description, construction of high-precision reservoir models, and improvement of recovery efficiency.

Key words: division and correlation of reservoirs; high-resolution sequence stratigraphy; isochronous correlation; reservoir description