

岩石地层界面的追踪对比 在滚动勘探开发中的实用意义

——以辽河西部凹陷西斜坡为例

欧阳文生^{1,2}, 曹代勇¹, 董强², 张建国²

(1. 中国矿业大学 煤炭资源教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 中国石油 勘探开发公司, 北京 100011)

摘要: 盆地的勘探都要经历区域普查、区带详探和局部目标区的滚动开发勘探等几个阶段。在地层划分和对比中, 早期主要是利用生物地层学、年代地层学、构造地层学、地震地层学、层序地层学和大旋回的岩石地层学方法, 建立盆地的地层格架。但到了滚动勘探阶段, 油田的勘探成熟度已相当高, 钻井、开发资料非常丰富, 不论是勘探上的滚动扩边, 还是开发上的小层对比, 在地层的划分对比中, 我们具体研究的就是岩石地层界线。

对于存在侧向加积的陆相斜坡沉积, 岩相界面与时间界面间的交角可能大于零。但具体到局部区域的滚动勘探开发, 这种影响我们不作为重点进行考虑。目前现场实施中, 具体操作的就是以研究岩石物理界面的三维空间展布为主要内容的岩石地层界面。

关键词: 滚动勘探; 岩石地层学界面

中图分类号: TE135

文献标识码: A

裂谷盆地的演化, 都要经过不同的裂谷发育期。不同裂谷发育期, 又沉积了不同类型的地质体, 而这些地质体之间的界限, 就是盆地构造旋回的转换面。

对于陆相沉积的裂谷盆地, 不同水力学机制下的沉积环境, 地层的加积方式有所不同, 具体就是表现在时间界线和岩石界线间的交角^[1]。对于勘探程度相当高的滚动勘探开发油田区, 具体到圈闭的落实、砂体的追踪, 我们更多的主要是操作岩石地层界限。特别是对于裂谷盆地的斜坡区, 地层的沉积对于构造的演化具有更为敏感的反应, 构造旋回界面上下沉积变化, 在斜坡的不同位置表现出不同的地层组合。本文拟以辽河西部凹陷西斜坡为例, 简要论述岩石地层界面划分对比法, 在裂谷盆地从初陷期到深陷期的相转换面追踪对比中的实用意义。

1 地质背景

下辽河拗陷西部凹陷西斜坡位于华北地台的东北隅, 是辽冀台向斜的一部分。区域构造上, 东部是辽东台向斜, 西为燕山台褶带, 北靠内蒙地轴, 西临

渤海, 是渤海湾盆地中油气丰度较高的斜坡区(图 1)^[2-9]。

研究区新生界下第三系地层主要为碎屑岩沉积, 自下而上有暗紫红色泥岩为主的房身泡组、灰白色砂泥岩互层为主的沙河街组和灰白色、灰绿色砂

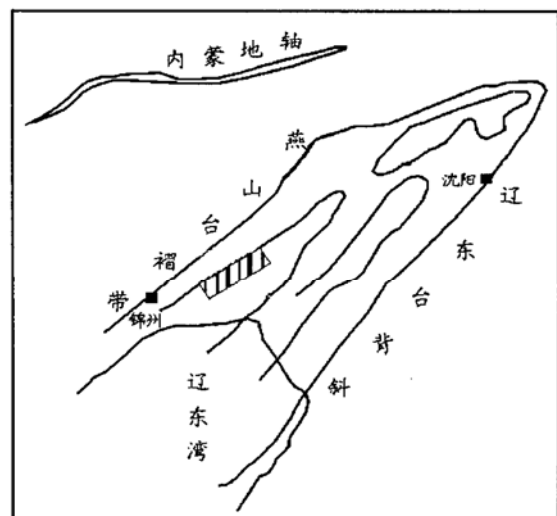


图 1 工区位置图

Fig. 1 Location map of study area

泥岩互层为主的东营组。

下第三系旋回中,沙四时期属于盆地的初陷期,水深相差不大,斜坡上下基本沉积了一套、灰白色层状砂岩(统称杜家台油层),其上为一套薄层的钙质页岩、白云岩、油页岩标志层——沙四上段 K2;沙三时期则是盆地的深陷期,开始沉积一套薄层的灰褐色油页岩对比标志层——沙三下标志层 K3,其上为一套区域性储层——莲化油层,但是,此期斜坡部位水深也出现较大落差,沙三底部的沉积沿斜坡上下差异非常明显。本文具体研究的就是下第三系沙河街组沙四段与沙三段之间的岩石地层界限的可对比性问题。

2 前人的划分方案及存在问题

西斜坡大致可分为上、下台阶两部分。上台阶总体为一低角度斜坡,下台阶则更倾向于凹陷区的

特征——当盆地进入沙三深陷期时,从基底开始就阶阶下掉,许多地区发育为同生沉积断层(图 2)。

沙四时期,台阶上部地区,在沙四上段之上,仍然继承性地发育扇三角洲层状砂岩(莲化油层),而台阶下部地区岩性组合发生了很大变化:a)在断层跟部发育大套块状砂砾岩沉积,有的井区甚至可厚达数百米;b)在一些地区,则发育大套的泥岩沉积,有的地方沙四上段和沙三下标志层间的界限也很难辨认;c)在另一些井区,不仅莲花油层不发育,沙四上段和沙三下标志层(一套区域性油页岩 K3)也不清楚。

作为区域性的划分方案,沙三、沙四间的界限就是置于莲花油层底界,但这一划分方案,长期以来就一直被认为不好掌握,正如前人所说“真正的界线可能在沙三段底部油页岩标志层之下,杜家台油层上段之上某一适当位置更为合理,但不易掌握,这些地区的沙三段底界仅供参考”(图 3)。

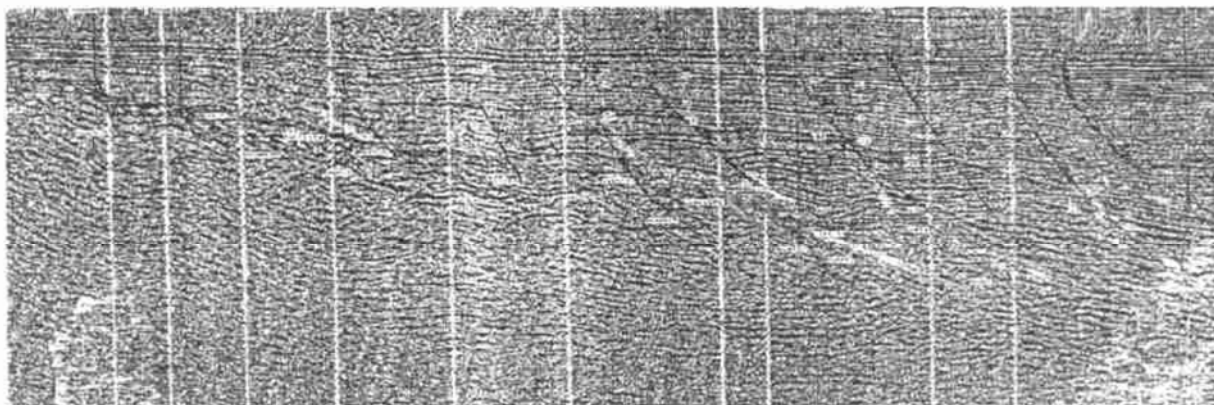


图 2 西斜坡地震剖面图

Fig. 2 A seismic cross section of western clinothem of Liaohe sub-basin

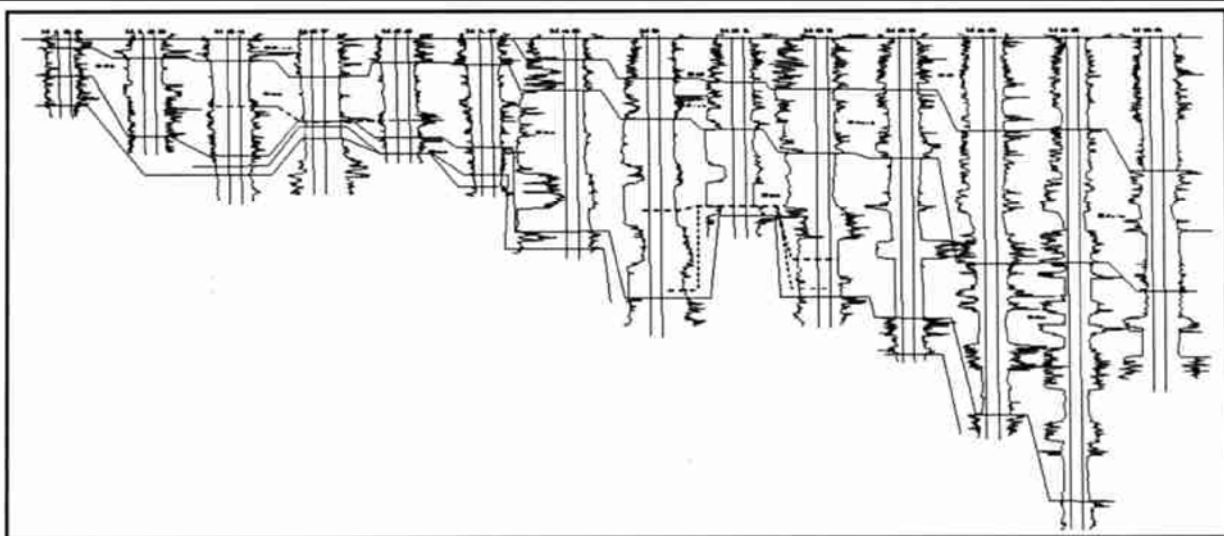


图 3 西斜坡地层对比图

Fig. 3 Stratigraphic correlation of western clinothem of Liaohe sub-basin

1998年在作斜坡区500km²三维地震连片构造图时,正如前人所述,西斜坡沙三底的界线,在斜坡上下变化很大,区域上的划分对比标准很难掌握,原划于“莲化油层底”的分层数据上机后,沙三底界出现严重窜层。

Es⁴段为整个渤海湾盆地的初陷期,尤其是对于凹陷斜坡的浅水区,普遍发育扇三角洲砂体为主的层状砂(砾)岩沉积(杜家台油层)。进入Es³盆地开始大规模深陷。台阶上、下沉积机理发生明显变化。台阶上部,在盆地深陷断裂震荡性影响下的短暂泥岩沉积后,基本还是维持浅水环境,仍然发育盆地边缘缓斜坡、浅水体、近物源的扇三角洲沉积;台阶下部则发育大套泥岩或大套块状砂(砾)岩沉积,究其原因,可能是盆地快速裂陷过程中,由于地震、断层滑脱等突发性事件引起的重力流堆积(图3),在这些地质事件未能波及的地区,则表现类似于斜坡以下凹陷中心的深水沉积特征,发育大套的暗色泥岩。

对于这样的斜坡区,将Es⁴、Es³界限划于紧挨着莲花油层底的Es³下标志层之下,就导致了如下问题:

a) Es³早期,凹陷沉积的第一套储层段莲花砂体,但在斜坡这样的特殊位置,不同部位的“莲花砂体”,其沉积机理可能有所差别:台阶上部继承性地发育Es⁴时期的牵引流砂体,沉积物还是以层状砂砾岩为主要特征的扇三角洲沉积为主;而台阶下部则以深水重力流沉积为主,一些井区甚至沉积单层厚度就达数百米的大套块状砂砾岩,并且这些砾岩结构成熟度和成分成熟度普遍都很低。将这两种不同沉积机理形成的莲花砂体的底界作为等时面进行追踪、对比,可能欠妥。

b) Es³下标志层(K3)和Es⁴上段(K2)横向分布也不稳定,对于这两套标志层不发育的井区,存在这样两个问题即若上提至莲花油层底,导致了问题a中将牵引流和重力流混为一谈,分层数据出现严重窜层现象;若划于邻井的对应位置,则可能在连续沉积的泥岩中间“砍一刀”。而且这“一刀”既无相应的生物地层学证据,也不是层序地层学中的最大湖泛面。

c) 对于台阶下部的一些井区,既无莲花砂体,又不发育K3、K2,按照原对比方案,就基本上无所适从。

d) 不论是K2还是K3都是以细的泥、页岩沉积为主,K2、K3不发育,甚至莲花砂体也不发育的井区,大段连续沉积的泥岩中间一般不可能产生地震

强反射。

因此,按原方案划分的分层数据,在三维地震解释中,分层数据窜层也就是不可避免的。

3 新的研究思路——岩石地层界面追踪对比法

滚动勘探阶段不同于盆地早期的普查、详查阶段。这一时期,滚动工区积累了大量的地震、钻井、试油乃至开发等动态资料。具体到研究地层,我们可以利用丰富的探井、评价井、开发井进行精细的划分和对比^[11]。不论是寻找传统的构造油气藏,还是近年在东部老油田区发展较快的寻找非构造油气藏勘探,操作的仍然还是岩石地层界线;对于开发区的地层研究,除了利用开发井进行小层对比外,还可以借助一些开发动态资料具体地研究地层,如DST测试地层试井参数、层间注采化学跟踪结果、储层流体液性比等。在这些过程中,我们具体考虑的就是地层的三维物理展布。因此,岩石地层界线的划分对比,在老油田的滚动勘探开发中,是具有不可替代的实用意义的^[10]。

但是,作为侧向加积的扇三角洲沉积,岩相界面与时间界面间的交角总是大于零的^[11]。我们强调岩石地层学方法在油田滚动勘探开发阶段的意义,其实是注重它的实用意义。从沉积、构造、圈闭到具体的油藏,我们最后的对象就是储积岩体,而侧向加积形成的“储积岩体”界线本身就可能具有一定的穿时性^[11](图4),只是这种小规模、低角度的穿时性,对局部目标的滚动勘探开发几乎没有影响。

辽河西部凹陷西斜坡的油气勘探,前后经历了30多年的历史,仅探井平均密度几乎达到1口/km²,作为滚动勘探、开发的区域性成图操作,我们基于如下的思路而将Es³、Es⁴间区域性地震解释作图层下压至杜家台油层顶。

a) 杜家台油层为盆地浅陷期沉积的扇三角洲砂体。当时,虽然盆地已开始裂陷,但古斜坡角度不

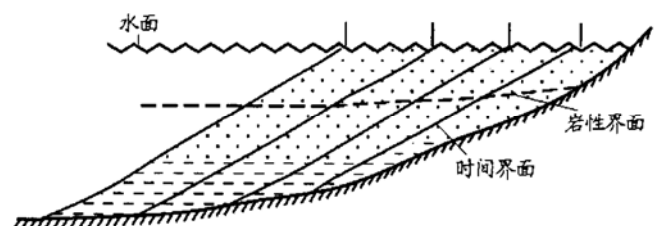


图4 侧向加积地层时代地层界面与岩性地层界面关系图

Fig. 4 Relationship between stratigraphic line and time line for lateral accretion

大,斜坡部位水体相对较浅,台阶上下砂体分布稳定,作为一个岩石地层界线,其顶部具有一定的区域等时性。

b) 作为勘探老区滚动勘探开发中的岩下地层界线划分法,暂且回避了如上所述的 E_s^3 、 E_s^4 界限在斜坡区的不易掌握性,及时为油田解决了实际问题。

c) 地震反射同相轴,其地球物理机理是岩石的波阻抗界面,其实质也就是地质体中的物理界面。具体到研究区中的 E_s^4 段储层,也就是杜家台油层顶面。

d) 地震数据体解释中,据此界面所成的构造图,也就是杜家台油层顶面构造图,直接反应这套储层的构造形态,具有较强的实用意义。

e) 斜坡区杜家台油层顶部的沙四上段,一般都小于 50m,沙三与沙四又是连续沉积,在这种地质背景下,作图区域性下移至杜家台油层顶后,虽然可能与生物地层界限略有错动,但也不会造成岩性地层界线与生物地层界线区域性大角度交叉的矛盾。

辽河西部凹陷、总体为一箕状凹陷。凹陷西部的“斜坡”也更多的是指现今的构造面貌。 E_s^4 时期的一系列东掉大断层,中生代末期研究区还发育西掉的正断层,只是这些断层进入第三系后都基本停止了活动。作为新生代盆地刚开始裂陷,水深差异不是十分明显,水动力机制还不象盆地中心那样复杂的沉积环境中, E_s^4 时期在这种盆地边缘沉积的扇三角洲砂体,其分布是比较广泛的,进入 E_s^3 ,基底断裂, E_s^4 砂体也同时掉入下降盘,但其顶面的等时性仍然存在,作为地层追踪对比,将其作为一个区域性地层界线来划分是可行的(图 5)。

4 讨论

盆地勘探早期地层划分和对比,着重于以生物地层学基础,综合年代地层学、构造地层学、地震地层学、层序地层学、岩石地层学、等方法,建立盆地的地层格架^[12]。

油田进入滚动阶段,勘探成熟度已相当高,丰富的钻井、开发资料为地层的精细研究创造了条件,也就为我们利用岩石地层学方法进行精细的地层划分和对比奠定了扎实的物质基础。

裂谷盆地是一类重要的含油气盆地,斜坡区又多是油气富集区。对于斜坡区的地层划分和对比,水动力机制对沉积物的影响,是一个永远不可回避的问题。

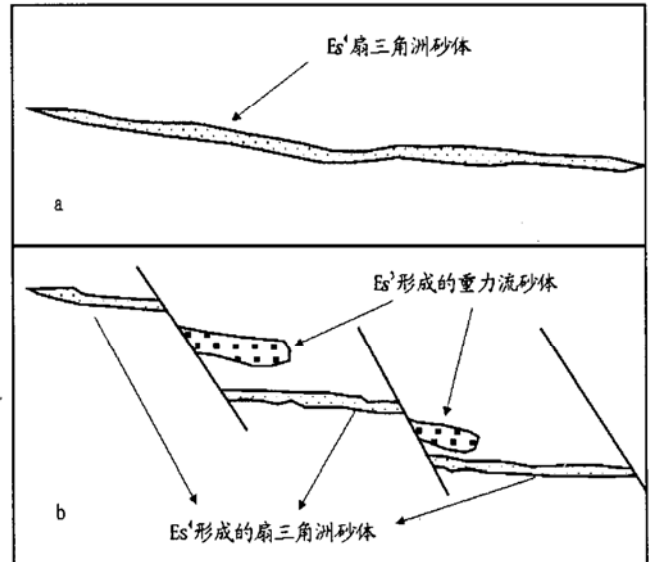


图 5 斜坡区裂陷演化模式图

a. E_s^4 时期砂体分布图; b. E_s^3 时期砂体分布图

Fig. 5 Evolution of fault depression of clinotherm area

渤海湾盆地是中国主要的含油气盆地之一,在裂谷盆地的研究中具有一定的代表性。

盆地从沙四段初陷期到沙三段深陷期的演化过程在各拗陷中都表现得非常明显,在盆地的许多部位,都存在不同物源的斜坡沉积。因此,盆地斜坡区沙三/沙四界划分的不易掌握,是一个普遍的问题。对于存在类似地质背景的滚动勘探开发区块,这种建立在综合分析盆地的演化序列、地层对构造运动的响应、盆地内特殊的古地理背景以及古水动力机制等因素的岩石地层追踪法,不失为一种行之有效的方法。

参考文献:

- [1] 王捷. 油藏描述——勘探阶段[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996.
- [2] 辽河油田石油地质志编写组. 中国石油地质志(卷 3)——辽河油田[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993.
- [3] 陈景达. 块断运动与隐蔽圈闭——以辽河西部凹陷为例[J]. 石油实验地质, 1982, 4(46): 254- 262.
- [4] 董春梅, 等. 储集砂砾岩体成因、分布规律及形成条件探讨——以辽河西部凹陷高升油田高二、三区为例[J]. 石油实验地质, 1996, 4(4): 254- 262.
- [5] 林承焰, 等. 应用地质统计学方法识别隔夹层——以辽河西部凹陷沙三段为例[J]. 石油实验地质, 1997, 19(3): 245- 251.
- [6] 郭少武. 松辽盆地南部西斜坡层序地层与油气聚集规律[J]. 石油实验地质, 1997, 19(4): 340- 343.
- [7] 陈平和, 等. 辽河西部凹陷欢 50 块杜家台油层储层岩特征[J]. 石油实验地质, 1997, 19(4): 363- 367.
- [8] 于兴河, 张道建, 李胜利, 等. 辽河油田东西部凹陷深层沙河街组成岩演化规律[J]. 石油实验地质, 1999, 21(4): 291- 296.
- [9] 陈振岩, 陈永成, 仇劲涛, 等. 辽河盆地新生代断裂与油气关系[J]. 石油实验地质, 2002, 24(5): 407- 412.

- [10] 黎文清, 李世安. 油气田开发地质基础(第二版)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993. 石油勘探与开发, 2001, 28(6): 94- 96.
- [12] 刘 波, 于会宇, 等. 储集层的两种精细对比方法讨论 [J]. [13] 瞿 辉, 赵文智. 层序格架在油气勘探中的作用. 石油勘探与开发, 2000, 27(5): 40- 43.

PRACTICALITY OF TRACING OF LITHOSTRATIGRAPHICAL BOUNDARY FOR STEP BY STEP EXPLORATION AND DEVELOPMENT —AN EXAMPLE AT WESTERN CLINOTHEM OF LIAOHE SUB-BASIN

OUYANG Wen-sheng^{1,2}, CAO Da-yong¹, DONG Qiang², ZHANG Jian-guo²,

(1. *China University of Mining Industry, Beijing 100083, China;*

2. *Petroleum Exploration and Development Company, PetroChina, Beijing 100011, China*)

Abstract: The exploration of sedimentary basins generally undergo stages of reconnaissance survey, detailed investigation and step by step exploration & development, and different methods for sequence correlation, such as biostratigraphy, chronostratigraphy, tectono-stratigraphy, seismic stratigraphy and sequence stratigraphy and so on, can be used. During stage of step by step development of an oilfield, the most important thing is the determination of lithostratigraphic boundary.

The stratum boundary of terrestrial sediments on lateral accretion was at all time cross with time definition, but we may ignore its influence. The main point for the study of sequences is the lithostratigraphical boundary and its spatial distribution in the last stage of development.

Key words: step by step exploration and development; lithostratigraphic boundary