

应用测井地层学进行地层对比研究

聂永生¹, 魏生祥², 田景春¹, 韩建辉³, 孙利¹

1. 成都理工大学沉积地质研究院; 油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 成都 610059
2. 中石化中原油田分公司物探研究院, 河南濮阳 457001
3. 成都理工大学能源学院, 成都 610059

摘要 结合油田测井地层对比的实践, 阐述了利用测井地层学进行等时地层划分与对比的原理和方法; 概括了组合特征、相对稳定的和易变的特征、完整地层序列等测井地层学内涵; 总结了地层划分对比的 4 个关键步骤; 区分相对稳定的和易变的测井特征; 建立完整地层序列; 分区建立标准剖面; 分区展开进行地层划分对比。

关键词 地层对比; 测井地层学; 标准层; 小层对比; 测井层序地层学

中图分类号 P618

文献标志码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2013.10.004

Stratigraphic Correlation Research by Applying Logging Stratigraphy

NIE Yongsheng¹, WEI Shengxiang², TIAN Jingchun¹, HAN Jianhui³, SUN Li¹

1. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation; Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China
2. Geo-physical Research Institute of Zhongyuan Oil Field Subsidiary Company, Puyang 457001, Henan Province, China
3. College of Energy Resources, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China

Abstract By combined with the practice of oil field logging stratigraphic, the principal and method of special logging-stratigraphy are described. Some logging stratigraphic connotations are generalized, including the characteristics of combinations, the characteristics of relative stability and easy change, and complete stratigraphic sequence, etc. The four key steps of stratigraphic division and correlation are also summarized as follows: (1) distinguishing the logging characteristics of relative stability and easy-changed formations; (2) establishing a complete stratigraphic sequence; (3) developing the standard section in areas; (4) dividing formations in areas and contrasting the formations. The logging stratigraphic correlation is refined by using the method; and it is not only promoting the prosperity of the stratigraphy research, but also beneficial to the production and research work of oilfield.

Keywords stratigraphic correlation; logging stratigraphy; marker bed; detailed correlation; well logging sequence stratigraphy

0 引言

测井对比是使用最频繁的地层对比手段^[1]。利用测井曲线进行地层划分与对比, 常被简单概括为“尖对尖, 凹对凹”的形态相似^[2], 并多被理解为岩性(岩石类型)划分与对比^[3]。随着地震地层学、层序地层学的形成和发展, 测井地层划分与对比的等时性受到了严重质疑^[45]。目前, 高分辨率层序地层分析已经成为油藏描述的重要内容之一, 当出现长、中、短期基准面旋回与油田原有的油组、亚组和单层界线不一致的情

况时, 往往会导致工作陷入两难的境地。

实际上, 识别岩性只是测井应用之一, 以地层划分和等时对比为目标的测井地层学具有其独立的原理、内涵和工作方法。同时, 该学科与层序地层学等新理论、新方法又有所交叉。由测井地层学与大庆油田勘探开发实践结合形成的小层对比技术, 至今仍然广泛应用^[6-8]。测井地层学因其在复杂断块、精细油藏描述等领域表现出的较强实践性而受到不少学者的认可^[9,10]。因此, 有必要进一步阐述测井地层学的内涵, 以

收稿日期: 2012-10-09; 修回日期: 2013-01-15

作者简介: 聂永生, 博士研究生, 研究方向为沉积学, 电子信箱: 29317983@qq.com

便更好地发挥其在储层非均质性、剩余油分布规律、提高油气采收率等理论和实践领域中的作用。

1 广义、狭义的测井地层学概念厘定

广义的测井地层学是指应用测井的全部信息进行地层研究,包括应用测井资料识别岩性、识别地层中化学元素、识别地层旋回结构,从而达到地层划分对比的目的。此外也有研究者将储层流体性质分析、油藏静态和动态物性参数的求取等一些测井的地质解释内容归为测井地层学的研究范畴^[1-3]。

狭义的测井地层学指的是利用测井资料进行地层划分与对比,这也是测井曲线最早的应用范畴^[1]。狭义的测井地层学概念还有两个内涵,一是研究对象界定为油气田地下地层,未包含煤等其它地下矿产;二是研究的跨度为油藏规模,对应于小层对比。因为区域地层研究阶段往往各项资料较少,所以需要综合利用古生物、地震等各项资料和手段开展地层工作。

2 测井地层学的原理

利用测井进行地层划分与对比的基本原理最早被 Serra 表述为一个定律、三个概念,即因果律及相似概念、韵律概念(或旋回级次概念)和侧向变化概念(即瓦尔特相律)^[14],其中因果律是最根本的原理,相似概念可视为因果律的延伸。

因果律指的是同样的原因产生同样的结果,即相同地质历史时期、相同的沉积条件应产生相似的测井响应,以及相近的岩性和电性特征^[14]。侧向变化概念已经成为沉积学研究的基本原理之一,在测井地层学中强调同时期形成的地层在空间上变化具有规律性,这种规律性是沉积相的规律性响应。20世纪90年代以来,随着层序地层学的发展^[15],对地层旋回的理解逐步深入,并发展出了新的分支学科——旋回地层学^[16]。小层对比技术在应用沉积旋回理论进行测井解释中起到了关键作用,乃至发展出了测井层序地层学^{[12][17]}。然而,这些都不是由测井自身形成的地质学原理,因而无法和在地震反射轴等时性、全球海平面控制地层沉积等基础上发展的地震地层学^[18]那般具有生命力。

实际上,测井地层学具有其独特的生命力,即其本身包含地质学原理(地质演化历史的二分性)。这个原理已经被广泛使用,但一直未被明确提出来。地质演化历史可以划分为相对稳定期和不稳定期,如最大洪泛面与层序界面附近沉积的区别;在空间上具有稳定发育区及不稳定发育区,如湖、海静水区与河流发育区相比较。由此可将地层的划分为标准层和非标准层,前者为稳定期或稳定沉积区的产物,其它地层则归为后者。

测井标准层作为一个特殊的地层单元,指的是标志明显、分布稳定的时间-地层单元^[19]。在层序地层学中,最大洪泛面与海侵面具有较强的侧向连续性,易于识别,另外,一些特征性地层,如煤层^[20]、生物层^[21]等也可以成为测井标准层。非

标准层往往侧向连续性差因而难以识别,如层序界面附近地层^[22]。因此,可用不同级次的标准层划分对比,建立地层格架,并在此格架内进一步详细对比划分地层。

运用测井进行地层学研究最直接的体现就是将整段地层区分为标准层和非标准层,分别为地质演化历史的相对稳定期和不稳定期的产物。这里的相对包含三重含义:其一,稳定与不稳定是相对概念;其二,标准层分布范围具有相对性,可以是盆地规模、区带规模或者油田规模;其三,标准层按照其稳定程度可以划分为不同级次^[19]。

简言之,将因果律和地质演化历史的二分律共同作为狭义测井地层学的基本概念更为合理。

3 狭义测井地层学的内涵和工作步骤

基于因果律和地质演化历史二分律,结合我国各油田测井地层对比技术半个多世纪的实践,笔者总结了狭义测井地层学的内涵和基本工作步骤。

3.1 狭义测井地层学的内涵

狭义测井地层学包含组合特征、相对稳定的和易变的特征、完整地层序列3个内涵,其中组合特征源于因果律,相对稳定的和易变的特征源于地质演化历史二分律,完整地层序列则主要来自复杂断块油田勘探开发的实践。

(1) 组合特征。组合特征首先是各种不同属性测井曲线特征的组合。常规的组合测井系列包括9条曲线,即自然电位、自然伽马、井径、深侧向、浅侧向、微电阻率、声波时差、中子和密度曲线。其中,井径是通过测量钻孔的直径变化来反映岩石的易破碎性质;按照探测深度,电阻率测井大致分为深、中、浅、微4类^[23],不但能够测得原状地层的电阻率,而且可以获取在钻井影响之下的冲洗带、过渡带电阻率。由此可见,测井曲线集中反映了声波、放射性、导电性、含氢量、密度等地层直接属性,还包含了间接的和动态的特征。

组合特征的另一个含义是指测井曲线特征的组合,包括幅度特征、形态特征、光滑程度、齿中线等^[24]。图1是东濮凹陷某区块3口井沙3段局部地层测井对比图,4号和5号层即为测井标准层,其特征通过自然伽马、电阻率和感应电导率3条曲线组合确定。这些特征都来自对测井曲线的直接观察,也有学者尝试用数学方法对其进行表述^[24]。目前,依赖对测井图形的直接观察进行的地层对比仍然是主流工作方式。

另外,综合考虑纵向上的不同组合特征,即多个标准层组合起来或者参考标准层上下地层的电性特征进行判断识别,可以进一步降低误判率。

(2) 相对稳定的和易变的特征。地质演化历史的二分性比较容易理解,但是在测井曲线当中区分相对稳定的和易变的特征有时却不容易。图1中,4号和5号层即为相对稳定期的产物,50号层在文105井为盐岩占优,在文148井和卫15井则是砂泥互层沉积,为非稳定期的产物。那些较为稳定的标准层往往在勘探或评价阶段即被少数井揭示出来,但是次

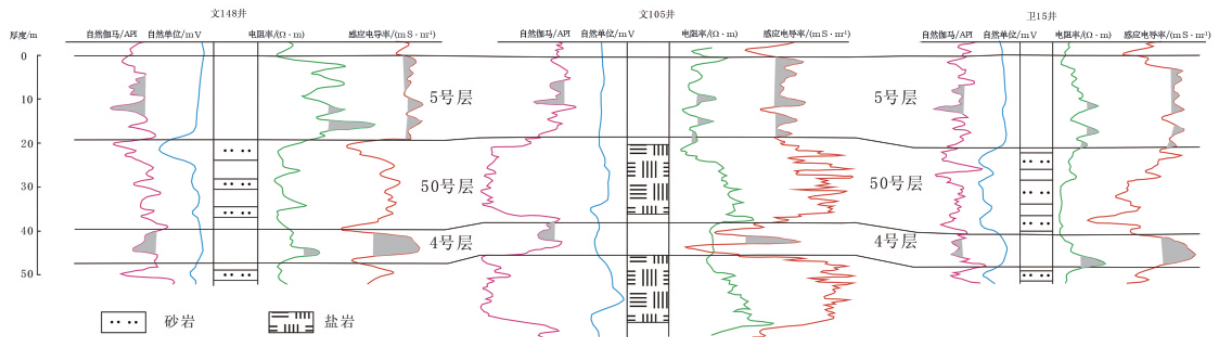


图1 东濮凹陷文148、文105和卫15井沙3段局部地层测井对比

Fig. 1 Stratigraphic logging correlation for wells Wen148, Wen105, and Wei15 at third section of Shahejie Formation, Dongpu Depression

稳定的标准层需要随着钻孔数量的不断增多才能识别。

(3) 完整地层序列。理论上讲,地层记录是不完整的,世界上任何一个地方的发育地层,总存在或多或少的缺失^[25]。所以完整地层序列只是一个相对概念,在狭义测井地层学研究的时空范围内是适用的、并为实践所证实。例如复杂断块油田所存在的地层断缺问题^[1],尤其是极复杂断块地区,只有依靠大量的钻井资料,认清每一个断点才能理清断层^[100]。反之,如果没有完整地层序列概念,则地层对比工作将无法进行,更谈不上井上断点的得来。

3.2 工作步骤

地层划分与对比是相辅相成、不可分割的,只有通过反复对比,才能在一定范围内实现统一分层^[19]。因此,从工作步骤的角度不可将划分和对比割裂开,每个步骤都需要紧紧把握上述3个内涵。

(1) 区分相对稳定的和易变的测井特征。根据研究区内所有井的测井资料区别出相对稳定的和易变的测井特征来,对于每口井的区分即是划分,划分的基础则是基于多井对比。易变的测井特征段即是非标准层,那些相对稳定的测井特征段即是标准层。根据标准层的空间分布范围,将其划分为不同的级次并编号。

(2) 建立完整地层序列。地层对比主要目标是解决油田范围内的“断、变、剥”问题,“断”指的就是断层导致的地层重复或缺失。复杂断块油田地层对比中,每一口井都不能事先被认为是完整的、不过断层的。完整的地层序列正是经大量对比之后才“拼接”而成的,这种“拼接”的标准剖面在东部各油田也极为常见。

(3) 分区建立标准剖面。实质上,在确立了各个级次的标准层并建立起完整地层序列之后,测井地层划分与对比的主要工作已经完成了。分区建立标准剖面是进一步把相对稳定和易变的特征进行区域上的细分,细分的主要目的是研究标准层和非标准层在空间的变化规律,这也是沉积相研究的准备阶段。

(4) 分区展开进行地层划分对比。分区建立标准剖面之后,从标准剖面出发,分区展开进行所有井的地层划分对比,

同时可进行沉积相特征分析。

4 讨论

4.1 研究难点

运用测井进行地层划分与对比的难点主要由3个方面造成,包括测井资料自身问题、人为性问题以及研究目标复杂程度问题。所有测井曲线都不可避免地受到各种测量环境因素(井径、泥浆密度与矿化度、泥饼、井壁粗糙度、泥浆侵入带等)及测量仪器的影响,即使经过环境校正和标准化处理,也很难完全消除各种误差^[23]。

人为性是由研究人员对测井地层对比原理的掌握程度、寻找和把握标准层的准确程度,以及对于目标体地质规律的认识程度等各方面所存在的差异造成的。

研究目标的复杂程度对测井地层对比的影响很大,主要是某些沉积环境或构造条件下相对稳定的地质特征不容易把握。如河流相地层时空演化的复杂性和多变性造成了标准层不发育,很多学者采用了“切片”对比、“等高程”对比^[26]、高分辨率层序地层对比等辅助性方法^[27,28],取得了一定效果。另外,不整合面上下、复杂断块油田的测井地层对比也因为地质情况复杂而难度较大。

4.2 概念的比较

厘清狭义测井地层学与小层对比(或油层对比)、测井沉积学、测井层序地层学、井震结合技术等原理与方法上的区别与联系,有利于对不同的技术成果进行综合利用,进一步深化地层研究。

小层对比(油层对比)是石油地层学的一个概念,主要是了解油、气层在空间的分布状况及储藏油、气的物性^[29]。油组一般对应于3级沉积旋回,油组间的隔层最好能达到5m以上,最小不能小于3m;亚组一般对应于4级沉积旋回,适用于开发区块的分层开采工艺的实施;单层一般为一个相对独立的储油(气)单元,上下有隔层分隔,内部构成一个独立的流体流动单元,相应于5级沉积旋回,适用于注采井组的工程措施^[9]。虽然油组、亚组和单层的划分与沉积旋回的级次相对应,但是其目的是服务于油田开发,其实用意义大于理论意

义。目前研究所用的各种方法得出的划分方案应该在保持其独立性的基础上,进行适当的拆分或合并与之适应,不至于因为和油田所用分层差异较大而难以应用。

测井沉积学指的是将测井数据生成的测井相过渡到具有明显地质含义的沉积相的映射关系^[2],测井沉积学研究建立在测井地层对比的基础之上,是向沉积学研究的拓展。

与层序地层学的各理论流派相对应,利用测井数据可以进行经典层序、高分辨率层序和成因层序地层学^[3]研究,主要内容包括测井层序地层界面识别、准层序(组)、体系域及各级层序的识别与划分。测井层序地层学是层序地层学新理论在测井中的应用,是测井地层学的新发展。

井震结合技术作为油田勘探开发当中的常用技术,是面对复杂地质目标或者单项资料不充分的情况之下多学科、多技术综合应用的典型范例。测井地层对比、地震地层学在理论上都是进行等时地层研究,没有本质上的矛盾。测井具有纵向分辨率高的优势,而地震数据的平面覆盖率大,二者共用可以达到优势互补的目的。在井震结合过程中,应该首先按照各自既定的研究思路完成地震、测井地层研究工作,而后仔细斟酌,对各自的研究成果去伪存真,达到对目标更为客观的认识。

4.3 级次和断代

通常可以依据钻遇率对标准层进行级次的划分,但是钻遇率和标准层级次并非是一种严格的正相关关系。测井地层学并没有绝对地层年龄的概念,不能进行断代,其内涵就是在其他测年方法基础上的地层划分和对比,无论测井资料应用程度都是如此。因此,实际工作中更多的是应用古生物地层、层序地层等成果进行绝对地层年龄的研究。

5 结论

阐述了狭义测井地层学的原理、工作方法,并对该理论与小层对比、测井沉积学、测井层序地层学及井震结合技术的区别与联系进行了分析。概括了组合特征、相对稳定的和易变的特征、完整地层序列等测井地层学内涵,总结了利用测井地层学进行地层划分对比的步骤。同时也指出测井地层学需与测井沉积学、测井层序地层学、小层对比技术、井震结合技术等各项技术进行有机结合,才能更好地为油田勘探开发服务。

参考文献 (References)

- [1] 王平. 复杂断块油田详探与开发 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1994: 139-182.
Wang Ping. Detailed exploration and development of complicated fault-block oilfield[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1994: 139-182.
- [2] 张志松. 综合应用多种测井信息搞好测井解释及测井地质学研究[J]. 新疆石油地质, 1986, 7(3): 69-85.
Zhang Zhisong. Xinjiang Petroleum Geology, 1986, 7(3): 69-85.
- [3] 刘泽容. 油藏描述原理与方法技术 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1993: 7-12.

- Liu Zerong. The description principle and method technology of reservoir [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993: 7-12.
- [4] 徐怀大, 王世风, 陈开远. 地震地层学解释基础[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1990: 13-18.
Xu Huaida, Wang Shifeng, Chen Kaiyuan. Interpretation foundation of seismic stratigraphic [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1990: 13-18.
- [5] 张万选, 张厚福, 曾洪流, 等. 陆相地震地层学 [M]. 北京: 石油大学出版社, 1993: 1-43.
Zhang Wanxuan, Zhang Houfu, Zeng Hongliu, et al. Continental seismic stratigraphic[M]. Beijing: Petroleum University Press, 1993: 1-43.
- [6] 刘波, 赵翰卿, 于会宇. 储集层的两种精细对比方法讨论[J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(6): 94-96.
Liu Bo, Zhao Hanqing, Yu Huiyu. Petroleum Exploration and Development, 2001, 28(6): 94-96.
- [7] 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.
Kong Fanzheng, Yuan Kefeng, Huang Kaisheng. Computing Techniques for Geophysical and Geochemical Exploration, 2004, 26(4): 310-315.
- [8] 赵翰卿. 高分辨率层序地层对比与我国的小层对比[J]. 大庆石油地质与开发, 2005, 24(1): 5-12.
Zhao Hanqing. Daqing Petroleum Geology and Exploitation, 2005, 24(1): 5-12.
- [9] 朱强, 毕彩芹. 陆相地层精细对比方法及应注意的问题 [J]. 油气地质与采收率, 2002, 9(3): 27-30.
Zhu Qiang, Bi Caiqin. Petroleum Geology and Oil Recovery, 2002, 9(3): 27-30.
- [10] 王军, 谷维成, 杨广林. 文明寨复杂断块油田开发地质的主要做法及效果[J]. 国外油田工程, 2005, 21(9): 43-44.
Wang Jun, Gu Weicheng, Yang Guanglin. Foreign Oilfield Engineering, 2005, 21(9): 43-44.
- [11] 马正. 油气测井地质学 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1994: 33-105.
Ma Zheng. Oil and gas logging geology [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1994: 33-105.
- [12] 王贵文. 测井地质学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000.
Wang Guiwen. Logging geology [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2000.
- [13] 龚一鸣, 张克信. 地层学基础与前沿[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2007: 190-202.
Gong Yiming, Zhang Kexin. Stratigraphical basic and advanced [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2007: 190-202.
- [14] Serra O. 测井资料地质解释 [M]. 肖义越, 译. 北京: 石油工业出版社, 1992: 550-700.
Serra O. Geologic interpretation of logging data [M]. Xiao Yiyue, trans. Beijing: Petroleum Industry Press, 1992: 550-700.
- [15] 赖维成, 姜培海, 徐长贵, 等. 试论传统地层学与层序地层学间的统一性和继承性[J]. 地层学杂志, 2004, 28(4): 331-334.
Lai Weicheng, Jiang Peihai, Xu Changgui, et al. Stratigraphy Journal, 2004, 28(4): 331-334.
- [16] 陈代钊. 碳酸盐旋回地层研究现状[J]. 岩相古地理, 1997, 17(1): 64-70.
Chen Daizhao. Lithofacies Palaeogeography, 1997, 17(1): 64-70.
- [17] 薛良清. 利用测井资料进行成因地层层序分析的原则与方法 [J]. 石油勘探与开发, 1993, 20(1): 33-38.
- [18] Payton C E. 地震地层学——在油气勘探中的应用[M]. 牛毓荃, 徐怀

- 大, 译. 北京: 石油工业出版社, 1980: 85-96.
- Payton C E. Seismic stratigraphy application in oil and gas exploration [M]. Niu Yuquan, Xu Huaida, trans. Beijing: Petroleum Industry Press, 1980: 85-96.
- [19] 罗东明, 谭学群, 游浴春, 等. 沉积环境复杂地区地层划分对比方法——以鄂尔多斯盆地大牛地气田为例 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(1): 38-44.
- Luo Dongming, Tan Xuequn, You Yuchun, et al. Petroleum and Gas Geology, 2008, 29(1): 38-44.
- [20] 裘怿楠, 薛叔浩. 油气储层评价技术 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1997: 248-254.
- Qiu Yinan, Xue Shuhao. Oil and gas reservoir evaluation technology[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997: 248-254.
- [21] Galloway W E. Genetic sequences in basin analysis: Architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units[J]. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 1989, 73(2): 135-142.
- [22] 白光勇, 文玲, 王彪. 孤东油田上第三系馆陶组上段生物标志层的沉积特征[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 1993, 17(1): 126-129.
- Bai Guangyong, Wen Ling, Wang Biao. Journal of University of Petroleum: Natural Science Edition, 1993, 17(1): 126-129.
- [23] 雍世和, 张超谟. 测井数据处理与综合解释[M]. 东营: 石油大学出版社, 1996: 32-492.
- Yong Shihe, Zhang Chaomo. Log data processing and integrated interpretation[M]. Dongying: Petroleum University Press, 1996: 32-492.
- [24] 刘子云, 王向公, 张超谟. 利用主成分曲线进行地层对比 [J]. 测井技术, 1992, 16(6): 457-462.
- Liu Ziyun, Wang Xiangong, Zhang Chaomo. Logging Technology, 1992, 16(6): 457-462.
- [25] 梅冥相. 从地层记录的特征论岩石地层学的困惑 [J]. 地层学杂志, 1996, 20(3): 207-212.
- Mei Mingxiang. Journal of Stratigraphy, 1996, 20(3): 207-212.
- [26] 裘怿楠, 张志松. 河流砂体储层的小层对比问题[J]. 石油勘探与开发, 1987, 14(2): 46-52.
- Qiu Yinan, Zhang Zhisong. Petroleum Exploration and Development, 1987, 14(2): 46-52.
- [27] 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, 31(6): 641-647.
- Zhen Rongcai, Ke Guangming, Wen Huaguo, et al. Journal of Chengdu University of Technology: Science Edition Edition, 2004, 31 (6): 641-647.
- [28] 邓宏文, 吴海波, 王宁, 等. 河流相层序地层划分方法——以松辽盆地下白垩统扶余油层为例[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(5): 621-627.
- Deng Hongwen, Wu Haibo, Wang Ning, et al. Petroleum and Gas Geology, 2007, 28(5): 621-627.
- [29] 安延恺. 石油地层学概论[M]. 北京: 石油工业出版社, 1985: 93-163.
- An Yankai. Introduction to oil stratigraphy[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1985: 93-163.
- [30] 薛良清. 利用测井资料进行成因地层层序分析的原则与方法 [J]. 石油勘探与开发, 1993, 20(1): 33-38.
- Xue Liangqing. Petroleum Exploration and Development, 1993, 20(1): 33-38.

(责任编辑 马宇红, 朱宇)

· 学术动态 ·



欢迎参加 “第十五届中国科协年会科技政策论坛”

为更好实施创新驱动发展战略, 加强公众与科技界对科技政策的理解, 推动科技政策在创新型国家建设中发挥更重要作用, 由中国科协决策咨询专门委员会主办, 中国科协调研宣传部、中国科学学与科技政策研究会承办, 主题为“创新驱动发展: 战略与政策”的中国科协年会科技政策论坛将于 2013 年 5 月 24 日在贵阳市召开。

欢迎中国科学学与科技政策研究会会员, 各省市科技主管部门有关人员, 科研院所、大专院校从事科技政策与管理研究的人员、其他社会公众踊跃报名参会。

联系人: 贵州大学科技处 张晓培

电话: 0851-8292187

电子信箱: csc.xpzhang@gzu.edu.cn

详情见 <http://www.cast.org.cn/n35081/n35488/14548128.html>。