

文章编号: 1000-0550(2003)01-0133-04

含油气区岩相古地理学的几个问题^①

王多云 郑希民 李凤杰

(中国科学院兰州地质研究所 兰州 730000)

摘要 近 20 年来,在含油气区工作的沉积地质学家似乎更多关注地层学(地震地层学、层序地层学以及高分辨率层序地层学等)的发展,对岩相古地理环境研究的理论创新及方法研究关注甚少。实际上,对岩石地层记录中古地理信息及其它们的驱动力来源和驱动机制的研究有非常丰富的内容,信息提取和环境重塑的新方法新技术也不断出现,岩相古地理学的发展仍然面临许多重大的理论和技术问题。本文对构造过程与沉积岩相分布样式的耦合关系及其敏感度;岩相古地理重塑的时间尺度和分辨率;岩相和环境单元的精细描述与刻画;岩相单元分布的预测;岩相古地理重塑的信息来源及其对称性以及数字化的岩相古地理制图等含油气区岩相古地理学中的几个问题给予了阐明。

关键词 含油气区 岩相古地理学 理论技术创新

第一作者简介 王多云 1957 年出生 研究员 含油气区沉积学、储层预测和油藏描述

中图分类号 P531 **文献标识码** A

目前,石油天然气形成的主流观点仍然是有机成因学说。因此,油气形成从原始有机生命体的产生、发育到后来的死亡、埋藏、分解和运移,从储集油气的物质到它的保存体的形成等过程都与岩相古地理环境有着密切的关系。反过来,岩相古地理学与古地理重塑研究也可以渗透到油气地质学的每一个分支,从烃源岩、储集岩、运移通道物质到圈闭成藏地质体,岩相古地理及其重建都可以帮助阐明各自的科学问题。近年来,随着易于寻找的构造型油气藏的减少,油气资源勘探已趋向岩性、地层等隐蔽油气藏方向和面对陆相中小盆地等过去未顾及的领域和地区,使得目标区变得模糊不定,勘探风险和成本大幅度提高,因此,勘探家比过去更加重视对目标靶区和目标时间段的岩相古地理情况的了解。在现阶段,对油气源岩和储层,特别是对储层的沉积学和岩相古地理学的研究被认为是贯穿整个油气勘探开发过程的永恒的主题。事实上,传统和现代岩相古地理学和沉积学的发展也是以油气地质学研究为其驱动力的。

自 20 世纪 70 年代中期相模式的学说问世以来,岩相与古地理环境的研究有了更坚实的理论基础,但是,近 20 年来,沉积地质学家似乎更多关注地层学(地震地层学、层序地层学以及高分辨率层序地层学等)的发展^[1-12],对岩相古地理环境研究的理论创新及方法研究关注甚少,相标志、相和微相的岩性序列、相带展布和相模式的建立等等似乎成了勘探和油藏工

程师们人人熟知的科普知识。实际上,对岩石地层记录中古地理信息及其它们的驱动力来源和驱动机制的研究有非常丰富的内容,信息提取和环境重塑的新方法新技术不断出现,岩相古地理学的发展仍然面临许多重大的理论和技术问题。本文拟对油气区岩相古地理重塑研究中的几个问题给予阐明。

1 构造过程与沉积岩相分布样式的耦合关系及其敏感度

众所周知,岩相古地理环境重塑研究的目的是对沉积环境的了解,特别对储层形成环境和储层成因的了解非常有用。人们早就认识到构造对沉积的控制作用,对一个沉积盆地来讲,构造演化阶段与盆地充填阶段的大体对应关系以及各个阶段的特征可能比较容易了解,但是,在盆地演化的每一个较小的时间单元内,沉积岩相的分布都有其特定的格局和样式,这种样式与盆地演化的构造过程存在着何种耦合关系?如何从沉积物记录中或者从地层岩性的结构中鉴别沉积环境和岩相变化的内旋回和外旋回机制进而预测目标相带的分布规律等等,至今了解不多。

研究表明,相对优质的储层往往形成在某个特定的跨度较小的时间段,厚度可能只有几米,其物质组成和岩相环境与其下伏和上覆的同类岩性明显不同,例如,陕甘宁盆地苏里格气田的二叠系盒 8 优质储层和陇东西峰地区的三叠系延长统的长 8 优质储层是一套

① 中国科学院资源环境领域知识创新工程重要方向项目(编号: KZCX3-S2-128-04)资助
收稿日期: 2003-01-06 收修改稿日期: 2003-01-10

厚砂体中的一段,它们和非优质储层之间无明显的沉积间断,这些储层的岩相环境和分布样式肯定有某种机制在起作用,如果能够比较精确地了解由盆地构造演化控制的沉积物充填过程及其岩相环境发育与分布规律,掌握它们之间的内在规律,那么就有可能预测优质储层产出的时空位置。

2 岩相古地理重塑的时间尺度和分辨率

小尺度和高分辨率的岩相古地理重建一直是人们追求的目标,特别在含油气区,其具有很高的学术价值和商业价值,它不仅能够了解某一时期内古地理环境的细节,而且还能够提供诸如生油凹陷范围、生物群落以及丰度、岩相分布甚至河道的具体位置等等。毫无疑问,一幅多信息、小时间尺度和大比例尺的古地理重建图件能够大大降低勘探风险,对寻找岩性圈闭的油气藏特别有用。

在目前的技术条件下,应用地质、地球化学和勘探地球物理及计算机等手段,古地理重建的时间尺度可达到百万年的精度。如果陆相环境的沉积速率达到 $5\text{ mm}/1000\text{ 年}$,考虑到压实效应, 30 m 的地层厚度约有一个百万年的跨度,这一尺度高于古生物学和同位素年代学能够分辨的尺度。

含油气区层序地层学,特别是高分辨率层序地层学的成熟和发展,是小尺度高分辨率岩相古地理重建的关键。目前,中期旋回和短期旋回界面的确定仍处在探索阶段,特别是短期旋回等时地层格架的建立仍然缺乏令人信服方法和公认的标准。可喜的是,在油气区工作的沉积、岩相古地理学家正在向既定的目标迈进。

3 岩相和环境单元的精细描述与刻画

非构造油气藏,特别是岩性油气藏的勘探和开发要求岩相与古地理重塑必须达到较高的精度,一个油气储层的有效厚度可能只有几米,一个油藏内部流动单元的厚度可能不到 1 m ,要在三维空间上了解它的岩相环境的分布样式以及微观的岩性物性,必须对其岩相特征做出精细的描述和刻画。

岩相环境单元的精细描述不等于油藏描述,前者是岩相古地理重塑和制图的重要内容,是区域性的、多信息的和多学科综合的研究,而后者则是针对特定油藏的、单项的和小地域范围的解剖。两者的方法、手段和目标不同。

在资料密度足够的条件下,岩相环境的鉴别描述可以达到比沉积微相更细的层次,例如,可根据沉积能量、岩相结构、堆积位置及储层类型将三角洲的水下分

流河道和河口坝等微相细分成更小的单元^[13]。

4 岩相单元分布的预测

现阶段,油气藏的勘探难度越来越大,风险越来越高,寻找地下(尤其是深层)岩性和地层油气藏已成为目前油气勘探的主要目标。在构造和生储盖配置基本清楚的前提下,正确目标选择中的关键是岩相古地理的研究和储层预测,因此,沉积学及岩相古地理学和地球物理学的结合和相互渗透显得越来越重要。

在勘探新区进行岩相单元预测研究的本质过程实际上是从已知推断、了解未知的过程。首先,根据邻区或者工作区极少的已知资料(例如地质露头、钻井测井的)标定和求得地质储层等一系列信息和地球物理资料(主要是在平面上呈网格分布的反射波地震勘探信息)的定性的、定量的、明确的或者比较模糊的关系,从而建立起地震资料对有关地质问题的解释模型,达到从地震信息就可直接判识油气地质信息的目的。由局部的已知点出发,通过点→线→面→体式的延伸和外推,最终回答有关的理论和实践问题。其次,作为地下地质信息载体的地震资料的处理研究在这项工作中占有主导地位,其核心问题有二:一是采用适当的方法将反映地下地层界面反射系数大小的振幅剖面转化为反映地层岩性属性的岩层型剖面(称为岩性反演剖面);二是对反演资料做出合乎地下实际地质特征的解释,例如岩性、储集层、物性乃至含油气性等。

目前已有许多方法用于储层预测,事实上,将勘探地球物理资料识别的岩性信息赋予岩相及其组合的内容并和其他信息一起,就可以达到岩相预测的目的。

5 岩相古地理重塑的信息来源及其对称性

岩相古地理重建的信息无疑来源于地质记录。理论上讲,古地理环境的任何信息都会在地质地层记录中直接或者间接地留下烙印和保存下来,但是,由于人类目前的技术手段和认识水平,加之某些原因造成的对地质记录的破坏、改变或者某些先天的缺失乃至断代和失环,给人们获取、解读和反演这些信息带来困难,因此,地质记录中极其丰富和复杂的信息与人们目前可获取的部分相比,在数量以及真实可靠等方面存在着很大的不对称性,极大地阻碍着岩相古地理学的发展和古地理重建研究以及对资源的寻找开发。

在含油气区古地理重建研究中,除了传统的古生物学、地层学、沉积学以及岩石矿物学等学科提供对地质记录中生物种群的地理属性和物质的沉积环境外,

应加强地球化学和地球物理学在古地理重建中的信息贡献量。

地球化学的各个分支,不论是有机、无机、还是元素、同位素等各个方面,都能对地质记录中物质的微观特征给予古地理解释,过去已经有了一些诸如特殊元素的比值、标记化合物以及某些信息的组合等等,但是,还缺少一套对古地理比较敏感的并且多解性较少的信息平台和指标体系。

对古地理信息的解读,实际上有很大一部分是对物质记录的探测以及对其属性的了解,矿场地球物理和勘探地球物理也可对古地理重建提供丰富信息。事实上,测井地质学和地震勘探技术对了解地下物质的组成结构、时空叠置和拼接样式等具有不可替代的作用。但是,在现阶段,这些信息大多被用于地质构造、储层和油藏形态方面的研究,同时,古地理学家对这些信息的获取、解释并用于古地理重建不十分熟悉,因此,迫切需要加强这些学科间的交流和交叉。

6 数字化的岩相古地理制图

应用现代计算机技术,将源自不同学科的古地理信息进行集约集成,建立起庞大的古地理重建数据库并形成多种组合式的可视化成果,为科学研究、社会公益和经济部门提供古地理、古生态、古气候等方面的信息资源。

数字古地理重建可在能源部门(例如石油、煤炭)科技人员的参与下,先从基础好的含油气区开始,在过去已有的成果基础上,逐步开展全国范围内同时间单元、同时间尺度的跨地域、山盆连片的古地理重建。即把过去分散的、以盆地为单元的或者以盆地的次级构造单元的、以单项内容为指标的岩相古地理制图变成集中的、大区域范围的、多项内容和多信息的古地理制图。可以肯定,数字化的岩相古地理制图有利于油气勘探新区、新领域、新层位和新靶区的发现,是一项具有重要经济价值的基础工作。

参考文献 (References)

- 1 王多云,陈应泰,徐洪生. 受周期性湖平面升降控制的冲积扇-扇三角洲沉积体系 [J]. 沉积学报, 1991, 9(4): 43~ 48 [Wang Duoyun, Chen Yingtai, Xu Hongsheng. Alluvial Fan-fandelta-lacustrine Sedimentary System Controlled by Lake-level Changes: Ganchaigou Formation (Tertiary), Front of Aejinshan, Western Chaidamu Basin, China [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1991, 9(4): 43~ 48]
- 2 王多云,陈应泰,刘文彬. 用最大熵谱分析进行等时沉积序列的相

- 关性对比 [J]. 沉积学报, 1992, 10(2): 62~ 68 [Wang Duoyun, Chen Yingtai, Liu Wenbin. Determining Relativity of Isochronous Sedimentary Sequences with Maximum Entropy Matrix Analysis [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1992, 10(2): 62~ 68]
- 3 王多云. 沼泽环境中的河流类型及其侧向演化模式 [J]. 沉积学报, 1993, 11(3): 1~ 6 [Wang Duoyun. Types and Lateral Evolution Models of Swamp Rivers [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1993, 11(3): 1~ 6]
- 4 Cross T A. Stratigraphic Controls on Reservoir Attributes in Continental Strata [J]. 地学前缘, 2000, 7(4): 1~ 29
- 5 邓宏文,王红亮,李小孟. 高分辨率层序地层对比在河流相中的应用 [J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(2): 90~ 95 [Deng Hongwen, Wang Hongliang, Li Xiaomeng. Application of High-Resolution Stratigraphic Correlation to Fluvial facies [J]. Oil & Gas Geology, 1997, 18(2): 90~ 95]
- 6 樊太亮,吕延仓,丁明华. 层序地层体制中的陆相储层发育规律 [J]. 地学前缘, 2000, 7(4): 315~ 321 [Fan Tai liang, Lv Yancang, Ding Minghua. The Regularities of Formation and Distribution of Reservoirs in Systems of Continental Sequence Stratigraphy [J]. Earth Science Frontiers. 2000, 7(4): 315~ 321]
- 7 邓宏文,王红亮,翟爱军等. 中国陆源碎屑盆地层序地层与储层展布 [J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(2): 108~ 114 [Deng Hongwen, Wang Hongliang, Zhai Aijun. Sequence Stratigraphy and Reservoir Distribution in China Sternigenous Clastic Basins [J]. Oil & Gas Geology, 1999, 20(2): 108~ 114]
- 8 郑荣才,尹世民,彭军. 基准面旋回结构与叠加式样的沉积动力学分析 [J]. 沉积学报, 2000, 18(3): 369~ 375 [Zheng Rongcai, Yi Shimin, Peng Jun. Sedimentary Dynamic Analysis of Sequence Structure and Stacking Pattern of Base-Level Cycle [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2000, 18(3): 369~ 375]
- 9 Vail P R. Seismic stratigraphy interpretation using sequence stratigraphy. Per E stratigraphy interpretation procedure [A]. In Bally A W, ed. Atlas of seismic Stratigraphy [C]. AAPG, Studies in Geology, 1987, 27: 1~ 10
- 10 Galloway W E. Genetic stratigraphic sequence in basin analysis I architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units [J]. AAPG, 1989, 73: 125~ 142
- 11 Cross T A, Lessenger M A. Sediment Volume Partitioning: Rationale for Stratigraphic Model Evaluation and High-Resolution Stratigraphic Correlation [R]. Accepted for publication in Norwegian Petroleum-Forcing Conference Volume, 1996: 1~ 24
- 12 Van Wagones J C, Mitchum R M, Campion K M, et al. Sliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores and outcrops: concepts for high-resolution correlation of time and facies [J]. Methods in Exploration, AAPG, 1990, Series 7: 1~ 50
- 13 Janok P, Bhattacharya and Brian Willis J. Lowstand deltas in the Frontier Formation, Powder River basin Wyoming: Implications for sequence stratigraphic models [J]. AAPG Bulletin, 2001, 85(10): 261~ 294

Some Problems on Lithofacies Paleogeography in Oil and Gas Area

WANG Duo-yun ZHENG Ximin LI Feng-jie

(Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

Abstract In recently twenty years, sedimentary geologists working in oil and gas seemingly concern much the development of stratigraphy (seismic stratigraphy, sequence stratigraphy and high-resolution stratigraphy), while pay little attention to creation of theory and research of method in the research of lithofacies paleogeographic environment. In fact, there are much abundant contents in research of paleogeographic information and its source of driving force and driving mechanism in petrostratigraphic record. The new methods and techniques of extracting information and environment are continuously appearing, and the development of lithofacies paleogeography is still facing many important problems of theory and technique. In this paper, some problems are expounded in lithofacies paleogeography of oil and gas area, which include coupling relationship and their sensibility between the process of structure and distributary model of sedimentary lithofacies, time scale and resolution of reconstruction of lithofacies paleogeography, delicate description and depiction of lithofacies and environmental units, prediction of distribution of lithofacies units, source of information and its symmetry of reconstruction of lithofacies paleogeography, and mapping of digital lithofacies paleogeography.

Key words oil and gas-bearing area, lithofacies paleogeography, theory and technique innovation

(Continued from page 128)

Some Considerations on Coal Measures Sedimentology

ZHANG Peng-fei

(China University of Mining and Technology (Beijing Campus), Beijing 100083)

Abstract This paper has introduced recent development in research of coal accumulation, coal accumulation center, distribution of coal in sequence stratigraphic framework, coal precursor peat and coal forming environment mire, as well as minerals in coal and coal measures kaolinite. The issues on Late Paleozoic transgression in northern China has been proposed again.

Key words coal measures, coal accumulation, peat and mire, kaolinite, transgression