

文章编号:1004-7824(1999)03-0040-04

湖泊三角洲研究的回顾与展望

何义中,郑荣才,吴朝容

(成都理工学院 沉积地质研究所,四川 成都 610059)

摘要:本文以中国陆相含油气盆地为例,简要地回顾了湖泊三角洲的研究史、研究现状和存在的主要问题。认为高分辨率层序地层学理论在湖泊三角洲不同级次的等时成因地层单元划分对比中的应用,可将单井的一维信息转化为油田范围至盆地范围的三维信息,从而为储层预测和油气藏精细描述提供更可靠的依据,为油气勘探带来广阔的前景。

关键词:陆相含油气盆地;湖泊三角洲;高分辨率层序地层学;成因地层单元;等时对比;储层预测

中图分类号:P531 文献标识码:A

作为中国陆相含油气盆地^[1]最重要沉积体系之一的湖泊三角洲,因蕴藏丰富的油气资源,而长期以来倍受国内外石油地质工作者的青睐。湖泊三角洲的研究始于吉尔伯特^[2](1985,1990),他根据河道切割剖面表现出来的三重构造,提出三角洲推进时,不同层理类型的垂向层序。在此基础上,巴雷尔(1912,1914)进一步提出底积层(bottomset)、前积层(fore-set)和顶积层(topset)的概念,从而形成了经典的吉尔伯特三角洲模式,并长期支配着人们对三角洲沉积的认识。

本世纪 20 年代以来,随着对古代三角洲沉积体系中的煤田和油气田勘探与开发,特别是 60 年代以来,随着我国陆相沉积盆地中的石油和天然气勘探取得举世瞩目的成就,更激起人们对三角洲研究的浓厚兴趣。首先研究方法由过去的单一露头研究,走向与岩心、测井和地震相结合的综合研究。在研究内容上,借用海相三角洲的研究方式,详细研究沉积相、沉积体系的特征,划分沉积相,分析相序变化,进而进行生油层、储集层和盖层的配套研究。通过砂岩等厚图、岩性对比图、岩相图,分析古地理演化,深入探讨沉积相对储集体的控制。在理论上,从相、亚相到微相,从生、储、盖到运、圈、保等研究日趋完善,建立起一套适用于研究湖盆三角洲的理论体系。在实际工作中,特别注意三角洲形态和演化研究,从而极大地丰富了湖泊三角洲的类型,改变了以往单一的吉尔伯特三角洲模式,而且发现湖盆在其发育过程中,三角洲沉积体系的形成过程有更为复杂的变化。从油气勘探和开发角度来看,于湖盆发育中期形成的三角洲沉积体系为最有利油气富集的沉积体系等规律性认识。然而应该看到,由于以往研究成果受到认识水平的局限,或者说缺乏更为先进的科学理论作指导,在实

际工作中简单地把岩石地层单位和时间地层单位等同起来,或用岩石地层单位代替时间地层单位,从而忽视了岩石地层单位的穿时性,所编制的砂岩等厚图、岩相古地理演化图都以岩石地层单位作为时间单位,图件编制以“砂对砂”和“泥对泥”为基础,其结果是,所编图反映的内容要么是满盆砂,要么是满盆泥,以致掩盖了三角洲沉积体系的真实面貌、演化规律和砂体展布特征。而且这种传统的方法绘制的图件似乎仅注意存在的现象,而不考虑其形成原因,因此在取得成就的同时,还存在诸多不足。

80年代以来,随着研究成果的不断积累和认识的深化,人们逐渐开始从理论上探讨湖泊三角洲的控制因素、成因机制与类型,相继出现裘亦楠^[3](1982)等人以坡降和物源区距离为主线索的湖盆三角洲二端元分类,即扇三角洲、鸟足状三角洲和二者之间的过渡类型三角洲;吴崇筠^[4](1983)的构造湖盆三角洲分类,根据地形把湖泊三角洲分为长轴三角洲、短轴陡坡三角洲和短轴缓坡三角洲;何治亮^[5](1986)的湖盆三角洲八端元类型;朱海虹(1989)等人的三角洲水动力分类,根据水动力强度的差异和对三角洲形态的影响,把三角洲分成伸长形、舌形、扇形、尖头形和平直滨岸形五种类型;近期梅志超^[6]提出了浅水台地形三角洲和深湖盆地形三角洲两种类型;而郑荣才则将湖泊三角洲归结为浅水三角洲和陡坡三角洲两种主要成因类。这些分类无疑都促进我国湖盆三角洲研究的深入开展。但分类所强调的都是外部客观条件,而这些条件似乎都是“静止”的,以这种“静止”眼光来看待运动和变化的事物,很难得出正确的结论。辩证唯物主义告诉我们,任何事物都是内因和外因结合的产物,而且外因只能通过内因起作用。如果一味地强调外部条件,忽视控制三角洲成因机制的A/S比值(A指容纳空间、S指沉积通量)的变化,无论用何种条件作为分类依据都不足以真实地反映客观事物的本质。再说,影响三角洲的因素十分复杂,据有关学者对世界上已知的各种三角洲统计结果,影响因素多达163种以上。由此看来湖盆三角洲的分类研究还有待深入。

到80年代中后期,我国大部分以湖泊三角洲沉积体系为主的老油(气)田迈入挖潜阶段,为稳住逐渐递减的产量,第二次采油是当务之急。除了提高采收率和开发技术之外,重新认识和解释湖泊三角洲,探寻隐伏砂体已成为新时期研究的紧要任务,难度系数很大,研究方式也由原来的单学科和分阶段的研究转向多学科交叉渗透和联合攻关综合性研究。寻找新的突破口,其关键之一为编图单位的等时性和成因地层单位的确定,砂体的成因分析和等时对比,及其区域的展布规律和预测。这是现在也是今后相当长一个时期内急待解决的问题。

90年代初期以来,随着层序地层学理论的提出和发展,我国的沉积学和石油地质学者将其广泛地应用到陆相含油气盆地的研究中,尤以对湖泊三角洲沉积体系的研究更为深入。如徐怀大^[7](1997)、余素玉^[8](1993)、王洪亮、邓宏文、王多云、郑承光^[9](1993)、陈洪德^[10](1995)以及乔之龙、易士成等人先后都阐述或运用层序地层理论来研究我国湖泊三角洲的沉积体系,对地层展布的解释,对生储盖的预测都做过有益的工作,在宏观上对储层圈闭的寻找和勘探起了指导性作用。但是,陆相地层毕竟不同于海相地层,由于其复杂多变性,在某种程度上,其适用性受到一定的限制,客观效果不是很明显。如何把适用于被动大陆边缘的层序地层学用到陆相之中,目前还处于探索阶段。

90年代中后期,以基准面旋回与过程-响应原理为理论依据,以地质、地球物理方法相结合的T. A. Cross的高分辨率层序地层学逐渐被我国学者引用到陆相地层的层序地层研究工

作中,特别是对湖泊三角洲的研究成果更为丰富多彩,实际效果明显。如邓宏文、王洪亮^[11-13](1995,1996,1997)、樊太亮(1996)、郑荣才(1998)^[14]等人应用该理论体系对精细的小层对比、砂体的时空展布和物性预测都作了较为深入的工作。他们的成果表明,该理论体系可作为砂体的等时对比及编制高精度岩相古地理图、砂体等厚图等图件的可靠依据。事实证明,通过不同级次的基准面旋回识别,将有助于确定什么时候岩石与岩石、岩石与界面、界面与界面的对比,可避免单一的砂对砂和泥对泥这种难以符合客观实际的工作方法带来的系统误差。更重要的是该理论体系所提供的更为精确的时间地层单元,可较好地解决多年来悬而未决的小层对比难题。众多研究实例表明,以中周期为单位的成因层序内,三角洲平原亚相沉积主要为基准面上升期形成的分支河道和河道间沉积组成的向上变深的非对称旋回;三角洲前缘为基准面上升期堆积的水下分流河道和下降期发育的滨湖相或河口坝构成的对称旋回;向盆地方向则主要是由基准面下降期浅湖亚相的向上变浅的非对称旋回。已有的研究成果还表明,分支河道砂岩的孔隙度与渗透率的优劣及其垂向变化规律与其所属成因地层单元类型和在中、长期基准面旋回中的位置密切相关。这些成果进一步深化对三角洲的理性认识起了积极的促进作用。显然高分辨层序地层学理论是三角洲沉积体系研究史的一次重大革新,遗憾的是它的重要性目前还未得到我国广大沉积学和石油地质学工作者的足够重视。

综上所述,为经济需求而产生,并随着经济的发展而发展的湖泊三角洲沉积体系的研究,在短短的一个世纪里已取得了辉煌的成就。在庆祝胜利之余,在人类即将迈入 21 世纪之际,在三角洲沉积体系已成为我国整个 90 年代和下一个世纪世界油气最有活力和勘探开发价值的目标形势下,在老油(气)田挖潜已成为世界许多国家石油工业已经遇到或将要遇到的挑战,也成为我国石油工业“稳定东部、开发西部”的重要基础的趋势下,湖泊三角洲沉积体系的研究将直接面对这种机遇和挑战,这是值得每一位沉积学工作者深思的问题。科学的生命力在于其预测性,能否服务于经济建设将直接涉及到它的兴衰成败,特别是在社会主义市场经济建立的今天,更是如此。因此我们的研究始终要以“三个有利于”作为根本标准,紧密结合油气资源,直接服务于勘探与开发,服务于人类生存环境为其根本目标。在此,除了人才的自我革新,培养“三位一体、多位一体”的复合型人才外,研究方向也需要相应地调整。

首先,物质组份、年代地层、沉积相和沉积体系的研究始终是基础;其次,广泛开展湖泊三角洲的高分辨率层序地层学研究,以期提供更精确的时间单元。高分辨率层序地层学的概念应用于湖泊三角洲的研究目前还处于初始阶段,这个领域未来的发展有可能提供更精确的地层对比工具,这种作用将是无法估拟的。原因是,陆相化石通常仅适用大范围的生物带,况且以地下地质研究为主的石油勘探和开发工作中,有限的取心资料很难提供丰富的化石产出层位,特别是有年代意义的化石。而依靠古地磁资料对比,费用昂贵、费时过多、不经济,尤其是对于精度要求很高的小层对比而言,以古地磁对比为依据的地层年代划分太笼统。而高分辨率层序地层最有希望的方面,在于它根据盆地内地层关系的有限认识能更好地预测岩相位置及其形态,从而提供精确的时间地层单元对比标志。

再者,用高分辨率层序地层学理论对湖泊三角洲的油气储存分析,能更好地确定和预测储层的分隔性。原因是:第一,正如前面所述,它可以提供高精度的等时地层单元对比标志,如不同级次的层序界面。高精度的地层对比是识别储层产出层位、空间展布规律、乃至其形

态、孔渗优劣和非均质性的最好办法之一。因为有年代意义的层序界面,通常是影响储层中流体流动的具分隔性的岩石物理界面。一般来说,中、长期层序界面的分隔性和疏导性要比短期层序界面的分隔性和疏导性更强,如作为三角洲沉积层序中的重大相转换面通常是中、长期层序界面的性质,该界面亦通常为分隔油气层和储集层,并为油气运移聚集提供通道的界面;第二,根据地层与沉积性质之间的关系和不同级次的高分辨率层序叠加模式,可以帮助预测岩石性质与物性特征之间的关系,而这种关系对于了解流体流动或聚集的特点是十分重要的。Cross等人指出,沉积作用不仅仅是控制沉积相特征、组合和连通性的唯一因素,而构造作用和气候的变化所影响的基准面变化及其所记录的地层关系是与沉积作用相等的,甚至成为更重要的控制因素。

最后,湖盆三角洲沉积体系研究向量化方向深入发展,特别是通过水槽实验、数字模拟解释各种三角洲的成因机制,逐步纠正了原来模糊或不正确的认识,将更有利于砂体形态、分布规律的预测和流体流动模型的建立,从而更有效地指导油气勘探与开发。

参考文献:

- [1] 吴崇筠,薛叔浩等.中国含油气盆地沉积学(7)[M].北京:石油工业出版社,1989.
- [2] Gilbert G K. Lake Bonneville[M]. U.S. Geol. Surv. Monogr. 1, 1990.
- [3] 袁亦楠等.湖盆三角洲分类的探讨[J].石油勘探与开发,1982,(1):1—11.
- [4] 吴崇均.构造湖盆三角洲与油气分布[J].沉积学报,1983,(1).
- [5] 何治亮.湖盆三角洲分类的初步探讨[J].石油与天然气地质,1986,7(4):385—420.
- [6] 梅志超等.湖泊三角洲的地层模式和骨杂砂体的特征[J].沉积学报,1991,9(4):1—8.
- [7] 徐怀大.陆相层序地层学研究中的某些问题[J].石油与天然气地质,1997,18(2):83—89.
- [8] 余素玉等.层序地层学方法对其在陆相湖盆研究中的应用[J].地质科技情报,1993,12(2):216—219.
- [9] 王多云,郑承光.陕甘宁盆北部晚古生代层序地层学与沉积体系研究[R].中国科学兰州地质研究所、长庆石油勘探开发研究院,1993.
- [10] 陈洪德等.鄂尔多斯盆地中部地区地球物理应用——上古生界岩相、储集体与圈闭工业制图[R].成都理工学院、长庆石油勘探开发研究院,1995.
- [11] 邓洪文.美国层序地层研究中的新学派——高分辨率层序地层学[J].石油与天然气地质,1996,16(2):89—97.
- [12] 邓洪文,王洪亮等.层序地层基准面的识别、对比技术及应用[J].石油与天然气地质,1996,17(3):177—184.
- [13] 王洪亮,邓洪文.地层基准面原理在湖相储层预测中的应用[J].石油与天然气地质,1997,18(2):96—102.
- [14] 郑荣才等.鄂尔多斯盆地靖安地区长6油层组沉积微相和储层特征研究[R].成都理工学院、长庆石油勘探开发研究院,1998.