

断陷湖盆隐蔽油藏预测及勘探的关键技术 ——高精度地震探测基础上的层序地层学研究

李思田¹, 潘元林², 陆永潮¹, 任建业¹, 解习农¹, 王 华¹

(1. 中国地质大学沉积盆地与沉积矿产研究所, 湖北武汉 430074; 2. 中国石化胜利油田有限公司, 山东东营 257000)

摘要: 近十余年来世界和我国隐蔽油藏勘探取得了巨大进展, 其关键技术是高精度的三维地震及在此基础上的层序地层学研究, 二者的结合已被油气产业部门当作勘探中的“权威性技术”。断陷湖盆在我国东部含油气资源的重要性居首位, 控制层序形成演化的诸因素中, 构造、古气候和在区域古地理格局中的位置对湖盆的类型和演化起着决定作用。需要按照断陷湖盆的沉积构造演化特征建立有预测功能的层序构成模式。在成熟的勘探区, 重新建立等时层序地层格架, 进行体系域精度的工业制图, 阐明沉积体系的分布规律, 使用高精度地球物理技术对圈闭定位, 并对构造坡折带和低位域扇体给予重点注意。用这种技术方法指导隐蔽油气藏的勘探, 已经并必将有许多重要发现。

关键词: 隐蔽油藏; 层序地层学; 断坡带; 低位扇。

中图分类号: P618.130.2 **文献标识码:** A

文章编号: 1000-2383(2002)05-0592-07

作者简介: 李思田(1934-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事沉积盆地分析及其能源资源效应方面的教学和科研工作。

0 引言

进行了数十年勘探和高强度开发之后, 我国东部许多重要的油区已进入勘探的高成熟阶段和开发的中晚期阶段。由于已施工了密集的地球物理探测和钻探工作, 再发现重要的构造圈闭的机遇已日益减少, 隐蔽圈闭(subtle trap)勘探越来越占有重要地位, 甚至是首要地位。隐蔽圈闭是勘探上相对难以发现和描述的圈闭, 在圈闭分类上主要包括各种地层、岩性和非构造成因的古潜山圈闭等^[1-4]。隐蔽圈闭也可以是复合的, 即有某些构造因素存在, 如油源断裂。隐蔽圈闭发现的难度和勘探的风险性明显高于构造圈闭。

近十余年来, 国际上在隐蔽油藏勘探上有重大突破, 最重要的成果是在大西洋两侧被动边缘盆地和墨西哥湾深水领域勘探海底扇储集体的巨大成功, 新发现的油田许多是亿吨级。取得如此巨大的成就, 其最基本的经验是以三维地震为代表的地震探测技术和层序地层学理论和方法的应用, 这两方面

紧密结合在一起提供了油气勘探的一种非常有效的方法技术体系, 许多石油公司称之为“油气勘探的权威性工具”。南非离散大陆边缘盆地的系统总结成果是一典型代表^[5]。众所周知, 层序地层学的发展起源于海相、海陆交替相地层的研究, 盆地充填过程中沉积层序的发育特征主要受控于海平面变化、构造和物源补给, 层序的构成特征和模式在以海相沉积为主的盆地中已相当成熟, 并已有大量著作出版。

在陆相盆地条件下许多控制层序形成和充填序列演化的因素与海洋有很大不同, 并由于相变剧烈、构造复杂、地层对比的难度大等因素给陆相地层的研究带来了许多困难。近十余年来国内外学者及勘探家均认识到陆相层序地层学研究的重要性, 已发表了大量探索性研究成果^[6-15]。我国在许多陆相盆地中正广泛开展层序地层研究工作。

当前, 由于能源需求的严峻形势, 层序地层学研究已聚焦到找寻隐蔽圈闭领域, 这需要开展系统的理论、方法和技术上的研究。其中首先需要对陆相盆地层序地层形成的特有背景及控制因素有明确的认识。本文基于对胜利油区济阳拗陷等断陷湖盆的研究, 就相关问题进行探讨。

1 陆相断陷湖盆层序地层学研究特点

1.1 构造因素的决定性作用

构造因素在断陷盆地层序形成中占首要的控制作用.在济阳拗陷已证实在下第三系所划分的4个二级层序与盆地裂陷期发生的多幕伸展过程相吻合,其间均有较明显的间断面,许多是反转后的剥蚀面.裂后期划分的2个二级层序分别形成于裂后热衰减沉降和其后发生的沉降加速期.上述特征在渤海湾盆地各油区和油田中有普遍性.三级层序在成因上尚不明朗,多数学者认为形成于气候周期导致的基准面变化^[6].Cloetingh^[16]认为板内应力的强化和松弛也可以造成层序的旋迴式交替;Peper等^[17]则认为 10^4 a周期的高频层序都可以受构造作用所驱动.

断陷类盆地以快速沉降期为特征,厚的含优质烃源岩的深水湖相泥岩沉积都与快速沉降阶段相吻合,如沙河街组三、四段时期,厚的以暗色泥岩占优势的沉积持续形成期可大于10 Ma.

构造格架控制了层序的构成样式、沉积体系的特征和分布.渤海湾盆地的大多数凹陷具有半地堑的构造样式,以东营凹陷为代表,其控制性边缘断裂内侧的陡坡带、对侧的缓坡带以及轴向方向的剖面所显示的层序构成样式、沉积体系特征有明显不同.

1.2 湖盆对古气候变化的敏感性

由于其局限性,湖泊对气候变化的反映比较敏感,因此湖相沉积被当做气候变化的良好记录.从地质历史的角度看,一个湖泊从形成到消亡,其周期相对短暂.干旱气候条件的出现使湖泊迅速咸化,变为盐湖直至干涸消亡,此种情况可周期性出现.渤海湾盆地济阳拗陷及邻近地区,下第三系最下部的孔店组早期为红层,有干旱条件下的湖泊;中期即孔二段出现潮湿气候,在黄骅拗陷南部和淮北凹陷形成重要的烃源岩;晚期孔一段及沙河街组第四段下亚段又转化为干旱条件下的红色及杂色沉积,与蒸发岩频繁互层,其高频韵律可达到米兰科维奇周期范围.沙四中段进入了盐湖发育的鼎盛期.自沙四上段开始古气候环境转化为潮湿,沙四上及沙三中形成了深湖一半深湖环境,为大力烃源岩段的形成提供了前提条件^[18].

上述气候因素决定的不同类型的湖盆在沉积介质、水动力条件以及所形成的沉积物方面均有重大差别,不能用统一的层序地层模式来概括.

1.3 物源补给条件的复杂性——多物源及近物源

多物源和近物源是断陷湖盆物源补给的重要特色.按物源方向大致分为侧向物源和轴向物源2种类型.侧向物源的沉积特征受控于盆地边界构造的性质,断裂边缘以冲积扇、扇三角洲和短轴水下扇为主,无控制性断裂的缓坡边缘则以辫状河三角洲和较大型的低位扇为主.轴向进入的体系常与较大型的远源河流有关,如东营凹陷的东营三角洲自东向西进入凹陷,进积过程中形成了6个四级层序,是凹陷内规模最大的三角洲.上述多向物源形成的入湖沉积体系随着湖平面和沉降速率引起的可容空间变化在不同的体系域中形成不同的沉积体系类型.

1.4 湖盆类型及其在区域古地理格局中的位置

沉积盆地古湖盆的重建和与现代湖盆类型对比,可充分显示湖盆类型的多样性.这种多样性和湖盆在大区域古地理格局中的位置密切相关,按此原则主要可区分为内陆湖盆和近海湖盆两种类型.

内陆湖盆是指远离海岸线或因地形地貌等因素不受海平面变化影响的湖盆,其湖平面变化主要受局部因素和气候变化影响,如汇水区状况和气候条件引起的入湖流量和蒸发量的变化.总体上内陆湖盆又可区分为封闭式的和开放式的两种,开放式湖盆有泄水口,在水位过高时向湖盆外排出,或像洞庭湖、鄱阳湖那样与巨大江河连通,在水量上相互调节,湖平面和湖泊面积在年周期内即可有很大的变化.封闭式的内陆湖盆常因气候因素形成盐类的聚集.

大型近海湖盆则常受海平面变化的直接或间接影响,特别是在湖区地形低平、有低凹的谷地与海岸相连时.在高海平面期海水可以灌入,从而改变湖水的盐度和其他地球化学性质,并出现与海相生物类似的种群,松辽盆地青山口期和嫩江期日益增多的生物—地球化学证据表明存在此种情况的可能性^[19].

济阳拗陷在沙河街组四段上部曾发现过多种海源生物,如有孔虫、钙质超微、多毛类和某些鱼类(如艾氏鱼和双棱鲱等)^[18].由于这些生物化石与典型的海相组合存在着某些差异,如有孔虫一般个体小、种属单调等,因而,多年来一直存在着学术上的争论.如果考虑到仅是海水沿通道入湖而非大面积海泛,那么这种差异是合乎逻辑的.

总之,大型近海湖盆在特定的演化阶段出现高海平面和通道口时有海水进入湖泊的线索不容忽视,并需要进一步取得古生物、地球化学证据,研究其对生烃环境的影响,此类湖盆对生烃潜力和湖泊

中有机质的保存均甚有利,国内外的实例均表明此类湖泊具有很大的生烃潜力^[20,21]。

1.5 基准面及可容空间变化的复杂性

基准面变化直接控制着层序和体系域交替,形成盆地充填序列中的旋迴性,这对 II 级和 III 级以下的高频层序地层单元的发育更为重要。

在海相盆地中海平面即代表了基准面,并可根相标志直接识别,海平面变化在构造活动较弱的被动边缘和克拉通盆地中被认为是控制层序形成多种因素中的首要因素。在陆相湖盆,尤其是断陷湖盆条件下,基准面的变化要复杂得多。在湖泊的周围区域,基准面是河流侵蚀的下界面,是与河流梯度相吻合的倾斜面;在湖区则是湖平面。这在大型内陆湖盆,如鄂尔多斯盆地的三叠纪和侏罗纪的古湖盆和大型近海湖盆是适用的。在内陆高原和山区的某些湖泊,由于其封闭性,湖平面与区域基准面并不一致。此外湖泊有无泄水口对其湖平面变化也有很大影响。总之湖平面变化受更多的局部因素影响。

构造沉降、湖平面变化和物源补给共同决定着可容空间的变化,必须强调的是由于湖盆面积的局限性,物源补给因素的影响比海相盆地要大得多。我国云南昆明盆地和澄江盆地同为新生代断陷湖盆,前者有较大规模河流注入,物源补给充分,形成浅水湖——滇池;后者无重要河流补给物源,形成深水湖泊——抚仙湖^[22]。因此在进行陆相湖盆层序地层研究时不仅要研究沉积区,还需充分注意补给区的地貌及水系特征。Bohacs 等^[21]根据可容空间被充填的程度将湖泊分成 3 种类型:过补偿的、均衡补偿的和欠补偿的,并指出了其生烃潜力的差异。

2 在深入解剖典型的基础上概括出不同类型陆相盆地的层序构成模式

陆相层序地层研究的许多早期概念、应用的模式甚至术语体系均借鉴于海相层序地层的研究。一些明显不适合于陆相地层的名词迄今仍被使用。国外的学者 Katz 等^[23]和我国的许多研究者都已经意识到了按陆相湖盆特点总结相应的概念体系、模式及研究方法的必要性。

我国是陆相盆地众多的国家,迄今所获油气储量绝大部分集中于陆相盆地。正因为如此,我国也是对陆相层序地层投入研究最多的国家,有必要在我

国丰富多彩的陆相盆地中概括出不同类型盆地的层序构成模式。勘探中是否有预测功能是对模式的最好的检验。海相与陆相层序地层研究在基本方法上有共同点,例如:(1)关键性界面的识别和对比,包括作为层序界面的间断及其相应的整合面;初始湖泛面和最大湖泛面等;(2)划分和对比不同级别的层序地层单元。盆地充填序列中的层序地层单元是一种旋迴性的交替,不同级别的单元有一定的时限,例如作为基本单元的三级层序在陆相地层中的经验值一般也以 1~3 Ma 为宜;(3)建立全凹陷乃至盆地的等时地层格架,在此格架中研究沉积体系和相构成单元的类型和分布,预测储集体和隐蔽圈闭。

陆相盆地特别是占主要比例的裂陷类和前陆类等构造背景下的盆地的构造运动对沉积作用的影响强烈,古气候又处于地质历史上的显著变化期,沉积层序形成及时空变化均有其独特之处和多样性。在研究方法及最终建立的模式方面均应体现上述特色。在胜利油田济阳拗陷的勘探实践中取得了初步经验^①:首先是模式中构造要素与沉积要素的整体性;第二,由于物源补给体系和构造复杂性模式应是三维的;第三,按照不同类型的湖盆,分别进行典型解剖并建立不同的模式。上述 3 种考虑是相互交织,互为影响的。

在断陷湖盆中同沉积断裂有特殊的重要性,它包括对盆地或凹陷演化有控制作用的盆缘断裂和凹陷内部的同沉积断裂。后者在沉降、沉积和古地貌上易形成坡折,即构造坡折带^[22]。

在近年来的油气勘探中构造坡折带日益引起油气勘探家的注意。在断陷湖盆中受同沉积断裂控制的坡折带建议称之为断坡带(fault controlled slope-break zone),在沾化凹陷和东营凹陷多有发现。林畅松等^[24]阐明了沾化凹陷中构造坡折带对储集砂体的控制;李思田等^①揭示了东营凹陷近环形分布的断裂系控制的断坡带对沙河街组低位域扇体的控制(图 1)。另一种类型的坡折起因于挠曲作用,在拗陷类盆地(包括裂后沉降盆地)中,如松辽盆地古龙拗陷边缘及准噶尔盆地等和断陷类盆地中,如南阳盆地都有发现。此类主要由挠曲作用引起的沉积坡折称为拗折带或弯折带(bend break zone)。

在深水湖盆的条件下,断坡带有较厚的低位域发育并可形成斜坡扇或盆底扇类型的优质储集体。

①李思田,陆永潮,任建业,等.胜利油田与中国地质大学合作项目“济阳拗陷东营凹陷沉积、构造及含油性”研究报告,1999。

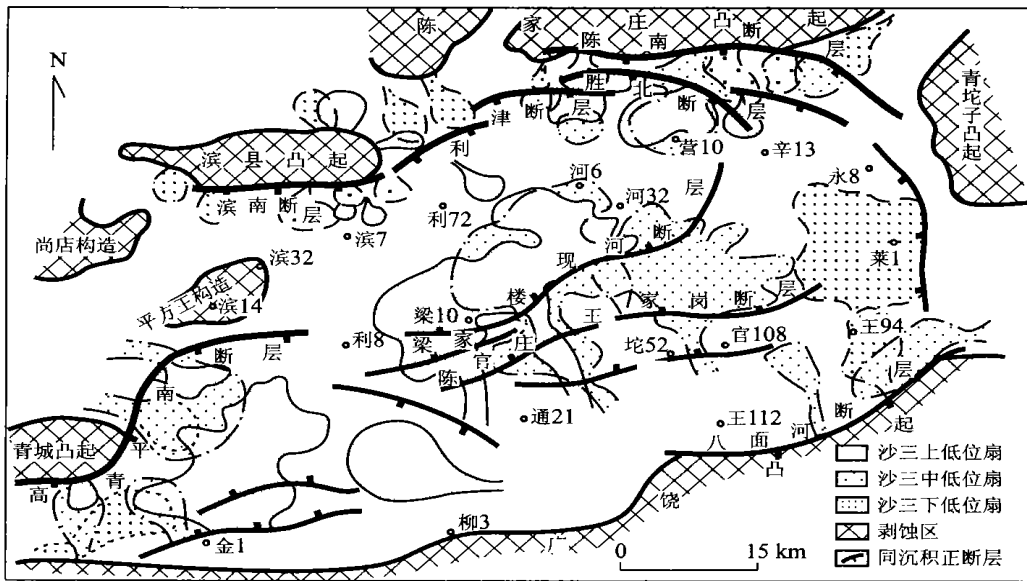


图1 胜利油区东营凹陷近环形断裂系形成的断坡带对沙河街组低位扇群分布的控制

Fig. 1 Near circle faults controlled slope break zone and their controlling for low stand fans in Shahejie Formation of Dongying depression, Shengli oil field

此类低位域扇体在大陆边缘盆地中虽非常普遍,但在陆相盆地中以往的发现率和研究程度均较低.我国大庆油田及胜利油田勘探的低位体系域扇体均有重大的突破,已成为勘探隐蔽油藏最引人注目的热点.断坡带加低位扇与其他有利成藏条件相匹配能形成隐蔽油藏群.上述已经勘探证实的断陷湖盆中控制隐蔽油藏的主要地质要素必须表现于模式中才有预测意义.图2表现了东营凹陷断裂边缘陡坡带、缓坡带和轴向方向剖面所表现的沙河街组深水湖盆发育期的层序地层构成模式图.

上述断陷湖盆3种不同部位的层序构成各有不同的特点.高位域发育不同类型的三角洲,断缘陡坡带以扇三角洲为主;缓坡带以辫状三角洲为主;轴向带则以大型河流三角洲为主.低位域扇体在陡坡带主要发育于第二断阶,并以短轴的水下扇为主,其中盆底扇居多,扇体成群分布,并受控于断坡带.缓坡带则发育了大型低位域扇体,其规模大、延伸远,根部有水下河道或下切谷,如梁家楼扇体.扇体的分布也受缓坡发育的同沉积断裂控制;轴向进入的三角洲规模大,进积过程中沉积体相互叠加,形成多个四级层序,向深湖延伸未发现与之相关的盆底扇,但三角洲前缘滑塌浊积体普遍存在,可形成为数众多的小型隐蔽油藏.

以上充分表明不同构造背景下层序构成有很大的差异,不能用同一种模式代表.上述不同部位层序

构成特征在许多盆地中具普遍性,每种体系域中各有其预测勘探的目标.在东营凹陷的多年勘探中,高位域储集体多数在勘探构造圈闭时已经发现,低位域储集体更具隐蔽性,因此在现阶段勘探中有更多的机遇.

勘探实践证明,低位域储集体,储层物性好,直接被湖扩域泥岩封盖;在断坡带处断裂发育,有良好的油源运输通道,成藏条件优越,是勘探隐蔽油藏的重点.

3 高精度地震探测是层序地层研究和隐蔽油藏勘探的最重要基础

当代层序地层学的形成和发展与地震技术的进步密不可分,层序地层学的前身即地震地层学.尽管钻井资料可以精细划分出层序或旋迴地层的高频单元,但只局限于井点上,在盆地中界面的对比仍以地震资料最为直观和有效.建立等时地层格架首先有赖于地震资料对比和圈闭等时界面.三维地震技术的进步是20世纪90年代勘探取得重大突破的技术关键^[25].20世纪90年代最引人注目的进展即大西洋两侧被动边缘盆地和墨西哥湾等盆地在深水领域勘探海底扇储集体的巨大成功.在世界近10余年发现的大油田中,此种类型占6个之多.这些成功的勘探实例中,均首先进行高精度三维地震,在此基础上

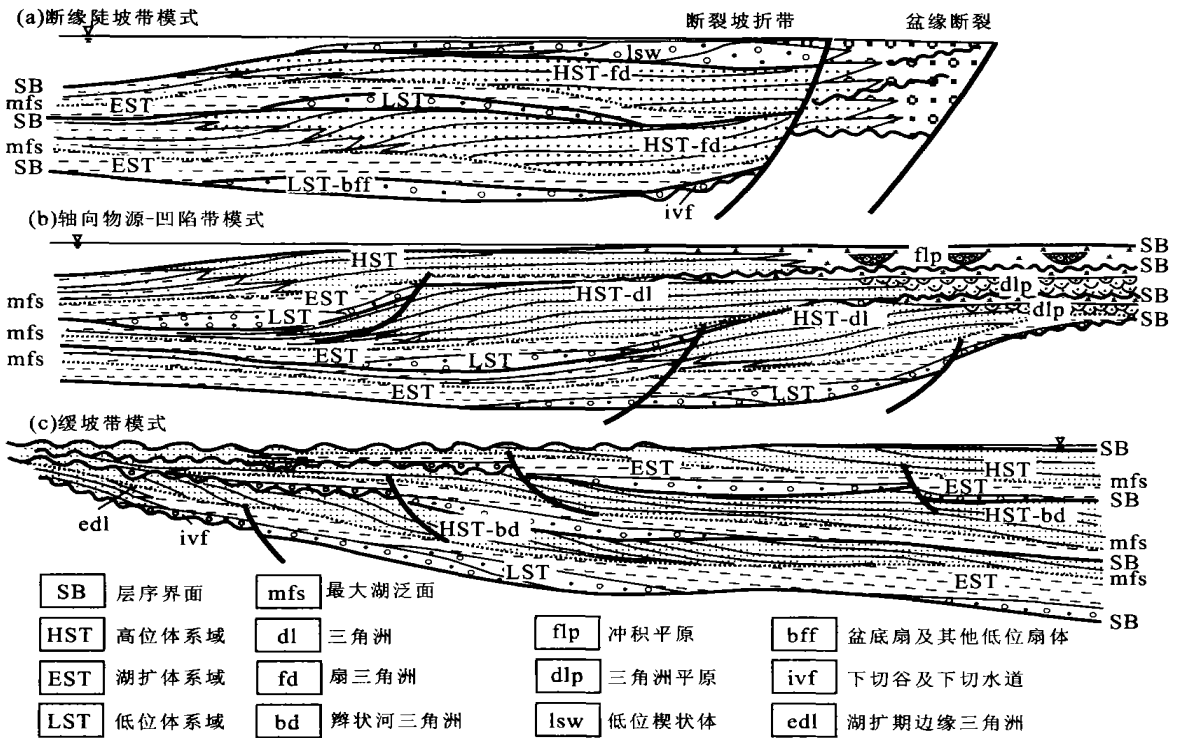


图 2 东营凹陷沙河街三段沉积期的层序构成特征

Fig. 2 Sequence architecture during deposition of the 3rd Member, Shahejie Formation, Dongying depression

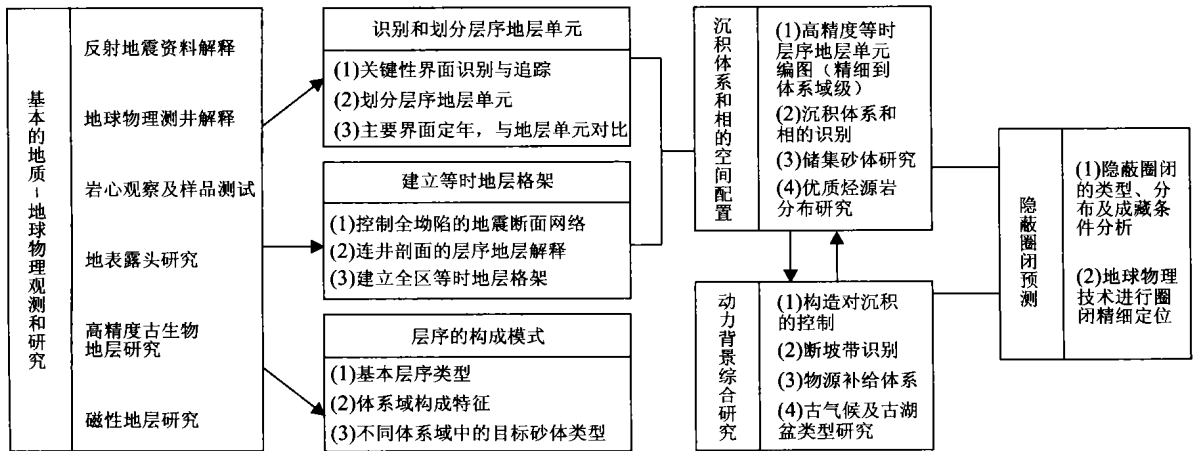


图 3 陆相盆地用于隐蔽圈闭预测的层序地层学研究框架

Fig. 3 Research framework of sequence stratigraphy used as prospecting of subtle traps in continental basins

进行层序地层学研究, 划分三级及四级层序及体系域, 在低位域中识别和标定海底扇体. 此种地质和地球物理新技术相结合带来了很高的勘探成功率, 在非洲大陆边缘勘探盆底扇储层时成功率高达 75%^[5]. 目前在海上和陆上有些地区已做到三维地震大面积连续施工或处理, 如墨西哥湾、胜利油田、中原油田等, 为层序地层学研究奠定了重要基础.

可视化技术, 可以在钻前对层序地层研究预测的储集体精细标定和判别^[26]. 三维地震数据体的切片可以精确地显示复杂的沉积体系的构成状况, 如三角洲平原上和海底扇表面的曲流水道. 应用地球物理测井参数与三维地震数据做约束反演以及直接反映油气的 AVO 技术等都成为钻前锁定目标的有效工具. 根据与胜利油田对东营凹陷的合作研究以及与河南油田对南阳、泌阳凹陷的合作研究的经验, 建议

目前在三维地震基础上发展了多种特殊处理及

将以下工作流程做为系统进行层序地层与隐蔽油气藏预测的研究框架(图3)。

本论文中所阐述的观点和认识是基于与胜利油田、河南油田、吉林油田等多年合作,特别是20世纪90年代后期与胜利油田“济阳拗陷沉积、构造及含油性”研究项目密切合作的体会,在此衷心感谢上述石油部门给予的巨大支持和合作。陆相层序地层学研究还需要从理论上进一步深入和发展,更好地服务于隐蔽油藏勘探并丰富我国石油地质工作者奋斗多年的陆相石油理论体系。

参考文献:

- [1] Biddle K T, Wielchowsky C C. Hydrocarbon traps [A]. In: Magoon L B, Dow W G, eds. The petroleum system — from source to trap [C]. AAPG Memoir, 1994, 60: 219—235.
- [2] Halbouty M T. The deliberate search for the subtle trap [J]. AAPG Memoir, 1982, 32: 351.
- [3] Rittenhouse G. Stratigraphic trap classification [A]. In: King R E, ed. Stratigraphic oil and gas fields: classification, exploration methods, and case histories [C]. AAPG Memoir, 1972, 16: 14—28.
- [4] Levorsen A I. Geology of petroleum [M]. 2nd ed. San Francisco: Freeman W H and Co, 1967. 724.
- [5] Brown L F Jr, Benson J M, Brink G J, et al. Sequence stratigraphy in Offshore South African divergent basin [J]. AAPG Studies in Geology, 1995, 41: 1—184.
- [6] Van Wagoner J C. Sequence stratigraphy and marine to nonmarine facies architecture of foreland basin strata [J]. AAPG Memoir, 1995, 64: 137—223.
- [7] Lin C S, Eriksson K, Li S T, et al. Sequence architecture, depositional systems, and controls on development of lacustrine basin fills in part of the Erlian basin, Northeast China [J]. AAPG Bulletin, 2000, 85(11): 2017—2043.
- [8] 冯有良,李思田,解习农. 陆相断陷盆地层序形成动力学及层序地层模式[J]. 地学前缘, 2000, 7(3): 119—132.
FENG Y L, LI S T, XIE X N. Dynamics of sequence generation and sequence stratigraphic model in continental rift subsidence basin [J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(3): 119—132.
- [9] Cross T A. Stratigraphic controls on reservoir attributes in continental strata [J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(4): 322—350.
- [10] 李思田. 含能源盆地沉积体系[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996. 255.
LI S T. Depositional systems in energy resources-bearing basins [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 1996. 255.
- [11] 李思田,林畅松,解习农,等. 大型陆相盆地层序地层学研究——以鄂尔多斯中生代盆地为例[J]. 地学前缘, 1995, 2(4): 133—136.
LI S T, LIN C S, XIE X N, et al. Approaches of nonmarine sequence stratigraphy — a case study on the Mesozoic Ordos basin [J]. Earth Science Frontiers, 1995, 2(4): 133—136.
- [12] 吴应业,邵文斌. 含油气盆地层序解释技术与应用[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000. 926.
WU Y Y, SHAO W B. Sequence interpretation technique and its applications in the petroliferous basins [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2000. 926.
- [13] 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 T L, LYU Y C, DING M H. The regularity of formation and distribution of reservoirs in systems of continental sequence stratigraphy [J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(4): 315—321.
- [14] Shanley K W, McCabe P J. Perspectives on the sequence stratigraphy of continental strata [J]. AAPG Bulletin, 1994, 78(4): 544—568.
- [15] 纪有亮. 陆相断陷湖盆层序地层学模式[A]. 见: 顾家裕,邓宏文,朱筱敏,主编. 层序地层学及其在油气勘探开发中的应用[C]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 9—16.
JI Y L. Sequence model of lacustrine fault basins [A]. In: GU J Y, DENG H W, ZHU X M, eds. Sequence stratigraphy and its applications in petroleum exploration and development [C]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997. 9—16.
- [16] Cloetingh S C. Intraplate stresses: a new tectonic mechanism for fluctuations of relative sea level [J]. Geology, 1986, 14: 617—620.
- [17] Peper T, Beekman F, Cloetingh S. Consequences of thrusting and intraplate stress fluctuations for vertical motions in foreland basins and peripheral areas [J]. Geophysical Journal International, 1992, 111: 104—126.
- [18] 帅德福,王秉海. 胜利油田, 中国石油地质志(卷六)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1993. 518.
SHUAI D F, WANG B H. Petroleum geology of China (Vol. 6), Shengli oil field [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993. 518.
- [19] 高瑞祺,蔡希源. 松辽盆地油气田形成条件与分布规律[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 329.
GAO R Q, CAI X Y. The forming conditions and distribution of oil and gas fields in Songliao basin [M]. Bei-

- jing: Petroleum Industry Press, 1997. 329.
- [20] Einsele G. Sedimentary basins—evolution, facies, and sediment budget [M]. [s. l.] : Springer, 2000. 792.
- [21] Bohacs K M, Carroll A R, Neal J E, et al. Lake-basin type, source potential, and hydrocarbon character: an integrated sequence-stratigraphic-geochemical framework [A]. In: Gierlowski-Kordesch E H, Kelts K R, eds. Lake basins through space and time [C]. AAPG Studies in Geology, 2000, 46: 3—34.
- [22] 李思田. 断陷盆地分析与煤聚集规律 [M]. 北京: 地质出版社, 1988. 368.
- LI S T. Analysis of fault basins and coal accumulation regularity [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1988. 368.
- [23] Katz B J, Liu X. Summary of the AAPG research symposium on lacustrine basin exploration in China and southeast Asia [J]. AAPG Bulletin, 1998, 82(7): 1300—1307.
- [24] 林畅松, 潘元林, 肖建新, 等. 构造坡折带—断陷盆地层序分析和油气预测的重要概念 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2000, 25(3): 260—265.
- LIN C S, PAN Y L, XIAO J X, et al. Structural slope-break zone: key concept for stratigraphic sequence analysis and petroleum prospecting in fault subsidence basins [J]. Earth Science — Journal of China University of Geosciences, 2000, 25(3): 260—265.
- [25] 何汉漪. 二十一世纪的地震勘探技术 [J]. 地学前缘, 2000, 7(3): 267—273.
- HE H Y. The seismic technology in the 21st century [J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(3): 267—273.
- [26] Weimer P, Davis P L. Applications of 3D seismic data to exploration and production [J]. AAPG Studies in Geology, 1996, 42: 270.

Key Technology of Prospecting and Exploration of Subtle Traps in Lacustrine Fault Basins: Sequence Stratigraphic Researches on the Basis of High Resolution Seismic Survey

LI Si-tian¹, PAN Yuan-lin², LU Yong-chao¹, REN Jian-ye¹, XIE Xi-nong¹, WANG Hua¹

(1. Institute of Sedimentary Basin and Minerals, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China; 2. Shengli Oil Field Limited Company, China Petroleum & Chemical Corporation, Dongying 257000, China)

Abstract: Over the past ten years, great progress has been made in the exploration of subtle traps both inside and outside China, whose key technology is the high-resolution 3D seismic detection and the high-resolution 3D seismic detection-based sequence stratigraphic research. The combination of the two technologies has been termed by the petroleum and gas industry as the "authoritative technology". The lacustrine fault basin is the most important for the generation of oil and gas in the east of China. In particular, the structure, paleoclimate and the paleogeographical setting play a dominant role in lacustrine basin types and evolution. In addition, the sequence architectural model established to forecast the oil and gas resources should reflect the sedimentary structural evolution features of the lacustrine fault basin. In the mature exploration areas, more important discoveries in the subtle traps may be made in such aspects as the re-establishment of the isochronous sequence stratigraphic framework, the compilation of the systems tract exploration map, the clarification of the distribution pattern of the sedimentary system, the emphasis on the fault controlled slope break and low stand systems tract fans, and the location of the subtle traps with high resolution geophysical technology.

Key words: subtle trap; sequence stratigraphy; fault controlled slope break zone; low stand systems tract fan.