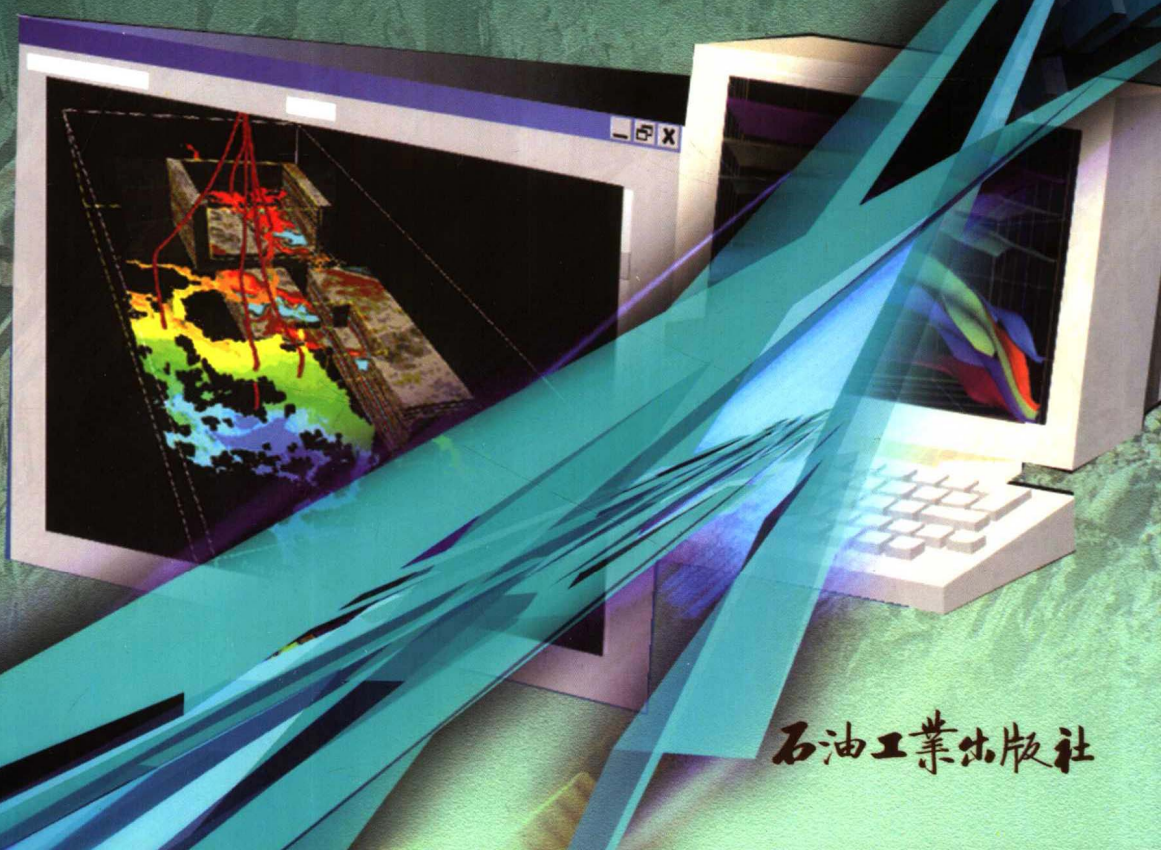


层序地层学 在非构造圈闭勘探中的应用 论文集

吴因业 李熙喆 施和生 顾家裕 主编



石油工业出版社

层序地层学在非构造圈闭 勘探中的应用论文集

吴因业 李熙喆 施和生 顾家裕 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是由 2007 年 11 月在广州市由中国石油学会石油地质专业委员会沉积储层学组等发起的“全国第五届油气层序地层学大会”学术研讨会上交流的 44 篇论文汇集而成。论文集内容涉及层序地层学研究的理论和实践,反映了中国石油勘探开发中油气层序地层学的主要研究内容和技术手段,对中国非构造圈闭勘探中的层序地层学和沉积体系研究作了实例介绍。论文资料丰富,内容广泛深入,具有许多新认识和独到之处,对认识油气藏特别是岩性地层油气藏的勘探开发有指导意义。

本书有理论有方法有实例,可作为石油地质领域研究的参考书,也可作为广大地质工作者和高等院校相关专业师生的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

层序地层学在非构造圈闭勘探中的应用论文集 / 吴因业等主编.
北京:石油工业出版社, 2008.6

ISBN 978-7-5021-6575-8

I. 层…

II. 吴…

III. 地层层序 - 地层学 - 应用 - 地层圈闭 - 油气勘探 - 文集

IV. P539.2-53 P618.130.8-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 058619 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

编辑部: (010) 64523544 发行部: (010) 64523620

经 销: 全国新华书店

印 刷: 石油工业出版社印刷厂

2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 22 插页: 1

字数: 563 千字 印数: 1—1000 册

定价: 80.00 元

(如出现印装质量问题, 我社发行部负责调换)

版权所有, 翻印必究

全国第五届油气层序地层学大会

2007.11.13-15 广州



层序地层学大会会议代表



层序地层学大会代表作报告

中国石油学会石油地质专业委员会沉积储层学组

主 任：顾家裕 朱筱敏 邓宏文 邹才能 罗 平 李熙喆

学组秘书：吴因业（兼）

学术委员会：

顾家裕 朱筱敏 邓宏文 邹才能 罗 平 李熙喆 吴因业 孙龙德 王招明 周海民
郑和荣 冯志强 孙洪兵 王德仁 姜在兴 刘银河 党玉琪 纪友亮 陈喜禄 刘楼军
方朝亮 赵贤正 贾进斗 张义杰 王 毅 金振奎 王 霞 施和生 徐 强 吕 明
李文厚 何幼斌

全国第五届油气层序地层学大会学术委员会

赵文智 顾家裕 朱筱敏 邓宏文 邹才能 罗 平 李熙喆 吴因业 周海民 郑和荣
冯志强 孙洪兵 王德仁 姜在兴 刘银河 党玉琪 纪友亮 陈喜禄 刘楼军 方朝亮
赵贤正 贾进斗 张义杰 王 毅 金振奎 王 霞 薛叔浩 冯增昭 胡见义 刘光鼎
戴金星 贾承造 孙龙德 Liu-Keyu 施和生 徐 强 吕 明 李文厚 何幼斌
刘再生 邓运华 蔡东升 李绪宣 夏庆龙 米立军 庞 雄

全国第五届油气层序地层学大会主办单位和协办单位

中国石油学会石油地质专业委员会

中国石油学会海洋石油分会

中国石油勘探开发研究院

广东省石油学会

中国海洋石油勘探开发研究中心

中国石化勘探开发研究院

中国石油集团油气储层重点实验室

中国石油大学（北京）

中国地质大学（北京）

全国第五届油气层序地层学大会承办单位

中海石油（中国）有限公司深圳分公司

广东省石油学会地质专业委员会

时间：2007 年 11 月

地点：广东省广州市

前 言

金色的十一月，来自全国各地的层序地层学界及相关专业的专家、学者聚集在中国广州，隆重召开“全国第五届油气层序地层学大会”，总结层序地层学近年来的最新进展，交流各自丰硕的研究成果，展望和商讨今后我国层序地层学的前景与发展对策。会议自 2007 年 11 月 13 日至 11 月 19 日，历时 7 天，由中国石油学会石油地质专业委员会沉积储层学组主办，中海油深圳分公司和海洋石油学会承办，地点位于广州白云山脚下颐和大酒店。

此次会议的成功召开，得到了中国石油学会石油地质专业委员会、中海油深圳分公司、中国石油勘探开发研究院和海洋石油学会、中国石油集团油气储层重点实验室、国土资源部青岛海洋地质研究所、中国石油大学（北京）、西安石油大学、长安大学、长江大学等单位的支持和帮助。

会议筹备期间还得到科研、生产和教育研究单位的研究人员的大力支持。共收到来自三大石油公司的油田一线、高等院校和科研单位的会议论文摘要 73 篇，内容包括层序地层学研究的理论、方法和实用技术，层序地层学在油气勘探开发中的应用实例，油气勘探开发的沉积储层研究等方面，多数有较强的理论性和实践性，为我们这次会议的成功打下了基础。

会议论文投稿作者来自中国石油天然气集团公司、中国海洋石油股份有限公司、国土资源部研究中心、中国石油化工集团公司、国土资源部青岛海洋地质研究所、中国石油大学、中国地质大学等单位，计有中国石油系统 30 名科技工作者，中国石化系统 3 名科技工作者，中国海洋石油系统 29 名科技工作者，高等院校系统 20 名科技工作者，中国科学院等其他系统 4 名科技工作者，还有 1 位来自澳大利亚，1 位来自哈萨克斯坦的会议代表。论文涉及内容包括层序地层学研究、沉积储层研究和非构造油气藏勘探等方面。其中，约 14 篇涉及层序地层学研究的理论方法和实用技术，约 20 篇涉及层序地层学在油气非构造圈闭勘探中的应用实践，约 10 篇涉及沉积储层研究，还有部分论文涉及天文地质学研究在层序地层学中的应用等尖端领域。

本次会议用了三天的时间进行论文报告，最后邀请专家发言，作了会议总结。会议期间对科技论文进行了评审，选出优秀论文 20 篇，并授予优秀论文证书，以鼓励科技人员发奋努力、钻研技术，在层序地层学领域有所创新。会后组织了野外地质考察，分 A 线和 B 线。A 线考察三类三角洲的沉积作用，B 线考察砂岩沉积特征。野外地质考察增强了科研人员野外实践的能力。

大会取得了圆满成功。

本书介绍了层序地层学研究新进展及其在非构造圈闭勘探中的应用，相信对广大地质工作者具有重要的参考价值。

顾家裕

2007. 12. 3

目 录

从层序地层学到地震沉积学

- 全国第五届油气层序地层学大会综述····· 吴因业 顾家裕 施和生 侯宇安 (1)
- 济阳探区石炭—二叠纪岩相古地理研究····· 杨怀宇 陈世悦 张关龙 张鹏飞 (7)
- 非构造圈闭勘探中的油气层序地层学研究与应用
- 以柴达木盆地为例····· 吴因业 侯宇安 江 波 郭彬程 崔化娟 张启全 (15)
- db5 小波在层序单元和体系域划分中的应用····· 赵 伟 邱隆伟 陈 妍 (24)
- 鄂尔多斯盆地三叠系延长组层序地层学研究
- 张 杰 赵玉华 赵德勇 杨小明 徐敬领 (31)
- 坳陷湖盆萎缩期层序地层特征
- 以松辽盆地北部为例····· 韩建辉 王英民 李树青 (39)
- 不同体系域三角洲砂体特征及隐蔽油气藏勘探意义
- 以 BZ19-4 区东二层序为例····· 赖维成 周心怀 滕玉波 李建平 (50)
- 陈家庄地区馆陶组高分辨率层序地层学研究····· 徐会永 (57)
- 四川盆地通南巴地区上二叠统一下三叠统层序
- 地层划分与对比····· 何 莹 黎 平 杨 宇 吴亚军 唐 谢 (65)
- 肯基亚克油田盐下下二叠统层序地层及沉积相研究····· 王一博 朱筱敏 (73)
- 关于岩性和地层油气藏内涵的一些思考····· 张义杰 吴因业 侯宇安 (79)
- 板桥凹陷沙一中亚段湖底扇砂体分布规律研究····· 李宏伟 范军侠 田 永 (89)
- 鄂尔多斯盆地东北部山西组层序地层对天然气
- 富集的控制作用····· 朱红涛 陈开远 Keyu Liu (94)
- 运用层序定量模拟探讨非均一构造沉降活动对层序
- 叠加模式的影响····· 朱红涛 Keyu Liu 何 生 杜远生 (99)
- 滴南凸起侏罗系水西沟群层序地层学研究及勘探潜力分析
- 刘楼军 李 林 王利磊 王仁冲 (115)
- 黄骅坳陷古近系沙河街组一段沉积层序及重点探区地震沉积学研究
- 董艳蕾 朱筱敏 曾洪流 张 琴 韩雪芳 成克男 (124)
- 羌塘盆地侏罗系低渗透碳酸盐岩储层“权重”综合评价····· 许建华 罗晓容 (133)
- 塔里木盆地寒武—奥陶系白云岩类型划分及其 C、O 同位素地球化学特征
- 陈永权 赵葵东 周新源 杨文静 董晨阳 (141)
- 陕北斜坡中部三叠系延长组高分辨率层序地层特征····· 王起琮 李文厚 (150)
- 地震综合解释技术在层序地层研究中的作用····· 马效杰 黄 芸 屈 伟 王 军 (160)
- 准东白家海凸起井震统一高分辨率层序地层分析····· 陈 扬 马效杰 黄 芸 (164)
- 准噶尔盆地中拐地区侏罗系三工河组高分辨率层序地层研究
- 彭文利 关 键 支东明 朱爱国 (169)
- 准噶尔盆地沙南油田二叠系梧桐沟组高分辨率层序地层学应用研究

.....	张 塞 董雪梅 胡婷婷 贺陆明 霍进杰	(177)
北部湾盆地涠西南凹陷古近系层序格架与隐蔽油气藏预测		
.....	赵忠新 王 华 刘君荣 易 平	(183)
二连盆地赛汉塔拉凹陷层序地层的四分体系域模式及其沉积体系展布		
.....	赵志刚 赵志斌 杜 岚 李洪恩 贺淑萍	(187)
辽东湾辽东带中南部古地貌特征及对沉积体系的控制		
.....	加东辉 吴小红 徐长贵 周心怀	(196)
利用亲陆元素和陆源化合物研究物源与隐蔽储层新方法		(205)
吕俏凤		
莺歌海盆地层序地层和沉积特征		
.....	钟泽红 吕 明 张道军 李绪深 魏长飞 李俊良等	(216)
油藏研究中基准面旋回应用探讨		(225)
.....	贾达吉 宋来明 李国蓉	
珠三坳陷构造演化及对沉积充填的控制作用		(234)
.....	李俊良 肖 军 方 勇 魏长飞	
南沙北康盆地生物礁高频层序与新近纪古海洋事件——生物礁储层孔隙空间变化		
.....	许 红 金庆煊 孙和清 陆永潮 蔡乾忠 陈 平 闫桂京	(242)
基于普光气田的层序界面识别研究		(250)
.....	徐中波 尹太举 王 佳 吕 栋 吴 凤	
珠江口盆地陆架砂的分布及特征		
.....	范春花 王英民 刘 豪 施和生 杜家元 任亚红	(258)
天文地层在陆相沉积时间确定研究中的作用		(266)
.....	徐道一 姚益民 韩廷本 尹志强	
天文地层学的兴起		(268)
.....	徐道一 韩廷本 李国辉 尹志强	
天文地质年代表与旋回地层学研究进展		(273)
.....	徐道一	
南海珠江深水扇系统层序地层学		
.....	庞 雄 陈长民 彭大钧 朱 明 舒 誉 何 敏 申 俊 柳保军	(281)
南海北部白云深水区珠海组浅海三角洲沉积特征及层序格架认识		
.....	柳保军 庞 雄 何 敏 申 俊 连世勇 吴湘杰 屈 亮 徐 徽 胡 璉	(289)
珠江口盆地惠州地区中新统层序地层分析及地层岩性油气藏勘探		
.....	杜家元 朱 明 施和生 刘 军 周小康 舒 誉	(298)
珠一坳陷古近系层序地层及沉积体系控制因素分析		
.....	舒 誉 施和生 邓宏文 丁 琳 蓝 倩 雷永昌	(307)
珠江口盆地番禺低隆起高精度层序地层及非构造圈闭研究		
.....	张忠涛 秦成岗 施和生	(315)
层序地层约束下的储层预测		(324)
.....	丁正青 骆为民	
精细层序地层对比及其在旅大 27-2 油田开发中的应用		(331)
.....	李 燕	
从同步构造—沉积—一体化演化特征看琼东南盆地的勘探领域		
.....	张道军 吕 明 钟泽红 魏常飞 李俊良	(339)

从层序地层学到地震沉积学

——全国第五届油气层序地层学大会综述

吴因业¹ 顾家裕¹ 施和生² 侯宇安¹

(1. 中国石油勘探开发研究院; 2. 中海油深圳分公司)

摘要 层序地层学的发展及其在油气勘探开发中的应用,表现出以下新进展:(1)地震沉积学是继地震地层学、层序地层学之后的又一门新的边缘交叉学科。但它是层序地层学和沉积学的发展而不是替代,地震沉积学研究要以地质研究为基础,在沉积学规律的指导下进行。体系域表征、90°相位转换、地层切片和分频解释是目前地震沉积学中几种常用的技术。(2)层序地层学和地震沉积学在非构造圈闭精细勘探中的应用,主要通过体系域演化分析、沉积作用分析、非构造圈闭成藏条件分析,预测与层序演化密切相关的油气藏,包括岩性油气藏、地层油气藏和构造—岩性地层的复合油气藏。(3)在湖盆沉积中,发现了与强制海退体系域相似的强制湖退体系域。(4)海相碳酸盐岩的油气层序地层学研究得到了加强,以普光气田的发现为例,它与层序地层学和岩相古地理研究密切相关。(5)高频层序地层学、天文地层学及其古海洋事件—生物礁储层形成演化相关关系研究的成果对于油气勘探发现具有重要意义。(6)基准面旋回层序地层学观点不但广泛应用于油气勘探阶段,在油藏开发阶段乃至开发中后期的小层调整、井网完善等方面发挥着越来越重要的作用。

2007年11月13日至11月19日,“全国第五届油气层序地层学大会”在中国广州市隆重召开。来自全国各地的层序地层学及相关专业的近百名专家、学者齐聚于此,交流了层序地层学近年来的最新进展,分享了各自丰硕的研究成果,展望和商讨了今后我国层序地层学的发展前景及对策。本次会议由中国石油学会石油地质专业委员会沉积储层学组主办,中海油深圳分公司和广东省石油学会地质专业委员会承办。

会议代表主要来自中国石油天然气集团公司、中国海洋石油股份有限公司、国土资源部研究中心、中国石油化工集团公司、国土资源部青岛海洋地质研究所、中国石油大学、中国地质大学等单位,还有澳大利亚和哈萨克斯坦等国外代表专程赶来参加此次会议。与会代表们提交的论文涉及内容全面深入,其中包括层序地层学研究、沉积储层研究和非构造油气藏勘探等方面。

本文总结了层序地层学研究新进展及其在非构造圈闭勘探中的应用。

1 从层序地层学到地震沉积学的突破

地震沉积学是应用地震信息研究沉积岩及其形成过程的学科,它是继地震地层学、层序地层学之后的又一门新的边缘交叉学科。其理论基础在于对地震同相轴穿时性的重新认识,但它是层序地层学和沉积学的发展而不是替代,地震沉积学研究要以地质研究为基础,在沉积学规律的指导下进行。体系域表征、90°相位转换、地层切片和分频解释是目前地震沉积学中几种常用的技术(吴因业等,2005; Hongliu Zeng 等,2004; 董春梅等,2006)。

2005 年 2 月,在美国休斯敦召开了地震沉积学国际会议,说明地震沉积学作为一门新的学科越来越受到人们的关注。但是,由于地震分辨率和研究手段的限制,地震沉积学还没有形成一套系统的理论体系,国内近几年虽然广泛开展利用地震进行沉积相、地层岩性识别的研究,但还没有出现有关地震沉积学的系统研究。因此,地震沉积学研究一方面显示出了它的优势和广阔前景,同时也正需要我们去不断发展它的理论和关键技术。董春梅等(2006)认为,在目前技术条件下,地震沉积学的研究只局限于地震岩石学、地震地貌学、沉积结构和沉积史研究。

Brown 等(1981)首先阐明,通过三维地震的水平地震成像可以产生高分辨率的沉积相图像。自 20 世纪 90 年代起,大量研究证实地震地貌学是沉积成像研究的有力工具。地震地貌成像是沿沉积界面(地质时间界面)提取振幅,反映地震工区内沉积体系的展布范围。这样的地震切片称为地层切片,这与 1996 年 Posamentier 提出的等比例切片比较类似。曾洪流等在 Tiger 沿岸地区做的地层切片,利用研究区内 3 口井的井点位置的沉积相与地震振幅的关系建立起沉积相与地震相的对应关系,通过这种标定可以在切片中清楚地识别出中新统上部三角洲沉积体系的平面展布。

地震沉积学与地震地层学的最大不同在于,它认识到地震同相轴既不简单的反映等时界面也不单纯反映岩性界面,而是受到地震资料频率的控制,不同频段的地震数据反映的地质信息是不同的。低频资料中反射同相轴更多的反映岩性界面信息,而高频资料中反射同相轴更多的反映等时沉积界面信息(Hongliu Zeng 等, 2004)。

2 层序地层学和地震沉积学在非构造圈闭精细勘探中的应用

对于非构造圈闭,早期以隐蔽圈闭(Subtle trap)的术语出现,它的含义人们有两种理解:一是认为隐蔽圈闭油气藏指的是非构造类型的,在沉积过程中形成岩性油气藏、地层不整合或地层超覆油气藏以及古地貌油气藏等。就是说在一个含油气盆地受古构造条件、古地貌条件以及盆地地质历史演化所控制的岩性变化和某些地层接触关系所形成的圈闭油气藏。这一说法给予了地质科学上的某种含义。二是认为隐蔽圈闭油气藏是指采用目前通用的勘探技术和方法找不到的油气藏,将各种岩性、地层超覆、地层不整合、古地貌油气藏,以及深层构造油气藏、逆掩断层下盘油气藏统统包括在内。这种说法偏向于勘探技术水平或勘探达到的程度。表现为两点共识:一是非构造因素的主控作用;二是识别和描述上的难度。

我们在工作过程中,给出了非构造圈闭油气藏定义:通过沉积作用、成岩作用等形成的非构造圈闭,在一定构造背景和成藏条件下形成的与层序演化密切相关的油气藏。它包括岩性油气藏、地层油气藏和构造-岩性地层的复合油气藏(吴因业等, 2002)。层序地层学与非构造油气藏圈闭之间具有密切关系。层序地层学通过不同规模层序的划分、体系域的识别,使油气与各体系域中的沉积体在时间序列上的演化和空间配置有规律地联系起来。通过层序地层学和地震沉积学的详细研究,可以使非构造圈闭的油气预测更为有效。

例如珠江口盆地番禺低隆起高精度层序地层及非构造圈闭研究(张忠涛,秦成岗,施和生, 2007)●,通过对研究区新近系中新统高精度层序地层学的系统分析,将本区珠海组-粤海组分为 15 个三级层序,在此基础上,在珠江组至韩江组各三级层序内追踪海泛面

● 第五届层序地层学大会交流, 2007。

划分出高精度的四级层序地层单元（准层序组或体系域）共 27 个。详细描述了主要三级层序界面结构特征和识别标志，重点分析了层序—体系域的模式及控制因素，认为本区具有良好的非构造圈闭勘探潜力，层序地层边界和坡折带是控制本区非构造圈闭形成的重要因素。另外，概括出六种潜在的非构造发育模式，分析了其在体系域中可能的发育位置，为非构造圈闭的勘探指明了方向。

3 强制湖退体系域和强制海退体系域的应用和发展

在 Van Wagoner 等 (1988) 的早期层序地层学概念中，体系域被定义为一连串同期的沉积体系。他们将层序划分为 I 型层序（包括低位、海进和高位体系域）和 II 型层序（包括陆架边缘、海进和高位体系域）。但随着层序地层学的应用推广到被动边缘以外的地区，这些概念术语和地层模式都有了变化，如 II 型层序的概念已基本被废弃，而强制海退的沉积模式被提出来了。根据以往的概念及对现代和古代沉积物的研究，可识别出两种海退，即正常海退和强制海退。海平面的相对变化受到可容空间及沉积物供给量的影响，有足够多的沉积物进入海岸体系占据整个现有的容存空间，它可发生于相对海平面静止或上升期，为正常海退。在加速下降时期，可能没有沉积于斜坡上的滨面准层序而只发生河道下切，这种相对海平面下降期的海退称为强制海退。

在强制海退情况下的缓坡边缘上，相对海平面下降期间没有过路沉积物被输送到盆地底。相反，沉积物可能被沉积为一组逐级下降的前积楔，这就是所谓的强制海退楔体系域 (Forced regressive wedge systems tract) (Posamentier 等, 1992)，简称强制海退体系域。这些海退楔常富含砂，可形成有吸引力的被页岩封隔的地层圈闭。Posamentier 等 (1992) 提供了强迫海退即缓坡边缘上相对海平面下降的许多例子，国内也在塔里木盆地满西区块发现了强制海退体系域 (吴因业，顾家裕等, 2002)，并在油气勘探中得到了应用。

在湖盆沉积中，现在也发现了与强制海退体系域相似的强制湖退体系域。例如在辽东湾盆地南部东营组二段，发育一套具有明显斜交的前积结构，通过对其钻井资料的精细沉积作用研究、三维地震的综合解释、特别是高分辨率层序地层格架的建立和分析，发现是由于强制湖退沉积引起的。区域内发育三个三角洲沉积体，具有典型的斜交前积反射结构而与正常湖退三角洲的 S 形前积反射有明显的差异。三维地震的精细解释可以看到六个三角洲前积体的叠覆，其沉积体的顶积层不发育，还可以发现一系列的下切谷，这些与国际典型的强制海退沉积过程和表现特征可以对比。强制湖退沉积体具有良好的油气成藏条件 (徐强等, 2007) ●。

4 海相碳酸盐岩的油气层序地层学研究

由于碳酸盐岩沉积作用对海平面变化具特有的敏感性及台地类型存在多样性，碳酸盐岩沉积背景下的三级层序界面识别应在考虑海平面变化阶段、海平面下降幅度和台地暴露程度等基础上综合利用露头、地震、测井、岩心、成岩等标志来正确识别划分层序界面。

尽管碳酸盐岩沉积作用机理明显不同于硅质碎屑岩，但起源于被动大陆边缘硅质碎屑岩沉积的层序地层学原理仍适用于碳酸盐岩的层序地层分析，即碳酸盐岩层序地层样式和岩相分布受构造沉降、全球海平面升降变化、沉积物的供给和气候等四个主要变量控制。

● 第五届层序地层学大会交流，2007。

随着海平面相对升降周期性变化,形成了具有特定地层叠置样式的碳酸盐岩地层组合序列。由于碳酸盐岩的沉积过程和沉积方式除了受海平面升降变化、构造沉降速率以及气候等因素影响外,它还受盆地水体性质、生物种属类型和数量以及盆外沉积物供给多少的影响,因此,碳酸盐岩层序地层叠置样式就表现出多样性和复杂性的特点。加之碳酸盐岩成岩后生变化比碎屑岩的成岩后生变化更复杂,从而增加了人们确定或预测有利碳酸盐岩储层的难度,增加了寻找有利勘探区带的难度。为了更好的将碳酸盐岩层序地层学的研究成果用于指导油气勘探,就应该根据碳酸盐岩层序地层概念性模型、结合含油气盆地勘探现状和资料特点,采用适宜的工作思路和勘探方法,才能明确有利的油气勘探目标(朱筱敏等,1998)。

本次会议中徐中波等(2007)基于层序地层学理论,综合利用露头、地震、测井、岩心、成岩等多方面的资料识别了普光气田研究区的层序界面,并据此建立普光气田精细层序格架,预测储层分布规律,指导了研究区油气勘探。何莹等(2007)运用海相碳酸盐岩层序地层学及沉积学原理,结合野外露头层序调查和覆盖区钻井、测井及地震等资料的分析,根据层序界面组成、特征、识别标志及形成机理等因素,将四川盆地通南巴地区的上二叠统一下三叠统划分为8个三级层序、2个二级层序。在建立等时地层格架的基础上,对该区上二叠统一下三叠统台盆的沉积充填结构和有利储层发育层位进行了刻画,为本区下一步勘探部署指明了有利方向。

另外对于海相碳酸盐岩不同的学者从不同的角度给予了研究,这都将对海相碳酸盐岩的油气勘探起到重要的推动作用。许建华等(2007)根据羌塘盆地的勘探现状,综合使用定量和定性数据,使用“权重”储层分析方法对羌塘盆地侏罗系碳酸盐岩储层进行分析和评价。选择影响储层性质的8种参数,包括定性参数(如岩石类型、成岩相类型、储集空间类型)和定量参数(如厚度、孔隙结构、孔隙度和渗透率)对其进行单因素评价。在此基础上,根据各单因素对储层贡献的大小,确定各单因素的加权系数。最后,利用“权重”分析方法,计算各剖面的“权重”指数,从而对储层进行综合评价。评价结果表明,有利储层主要发育于中侏罗统布曲组,分布于北羌塘坳陷盆地东北部和中央隆起带北缘。陈永权等(2007)对塔里木盆地发育的厚层寒武—奥陶系白云岩进行了系统划分,并对不同类型白云岩C、O同位素特征进行了初步研究。

5 高频旋回层序和天文地层学

高频层序地层学及其古海洋事件—生物礁储层形成演化相关关系研究的成果对于油气勘探发现具有重要意义。许红(2007)●对南沙北康盆地新近纪碳酸盐岩—生物礁进行高分辨率层序地层学研究,建立了生物礁高精度层序地层格架,提出了高频层序一体域演化模式;通过南海—地中海新近纪古海洋学事件—生物礁储层演化对比研究,指出南海海域自早中新世成礁以来,生物礁储层系列孔渗性能发生巨大变化。通过L礁阿吉普AL-1X井中中新统生物礁井段研究,Andrew等(1985)引用Vail(1977)全球海平面变化曲线确定了五个海平面升降旋回。1996年,秦国权根据珠江口盆地百余口油气钻井微体古生物分析结果,确定其间存在七个这样的旋回,即阿吉普AL-1X井中中新统生物礁钻井井段研究结果说明,南海存在七个层序变化旋回。同时指出并证实南海北部早中新世至中中新世末有过10次这样的过程,该结果与Haq(1987)全球层序旋回曲线揭示早中新世至中中新

●第五届层序地层学大会交流,2007。

世末存在 9 次海平面升降旋回接近。

在旋回地层学基础上,提出了天文地层学的术语。天文地层学把地质时间和天文因素相联系,应用连续沉积物的特性,求出由于响应天文轨道周期因素的地层变化规律,进行高分辨率的地层划分与对比(徐道一等,2006)。国际上,也已经提出了天文年代表(Astronomical Time)的概念(Rio,2003)。

6 油气田开发的精细层序地层对比及其应用

在我国的油气勘探开发中,陆相盆地层序地层学分析占有举足轻重的位置。有关陆相盆地层序地层学特征,国内外众多地质专家做了大量的工作,发表了一系列研究成果和文献资料。如国外 Shanley 和 McCabe (1991,1993)、Vangoner (1995) 等对加拿大近海、犹他州等内陆盆地的陆相冲积层进行了详细研究。在国内,则出现了百家争鸣的局面,大致分为“类海相派”、“单一派”、“构造派”和“综合派”等(吴因业,2005)。在已有的研究成果和文献资料中,各学派对陆相盆地层序地层的控制因素、层序界面的识别和层序级次的划分等多方面进行了详尽细致的研究。运用 Cross T.A. 倡导的高分辨率层序地层学理论和方法,以陆相层序地层中较为常见的冲积扇、河流、三角洲及湖泊等四种沉积体系为例,常常通过对基准面和洪泛面的识别和研究对油气田开发起作用(邓宏文等,1995)。

基准面旋回观点不但广泛应用于油气勘探阶段,在油藏开发阶段乃至开发中后期的小层调整、井网完善等方面发挥着越来越重要的作用。

早在 1917 年,Barrell 就指出,地层层序是基准面穿越地表上升与下降运动过程的地质记录。但地质学家对基准面概念的理解不尽相同。目前主要有两种观点。部分人认为基准面为地貌学上的平衡剖面,如 Bates 和 Jackson 认为基准面为理论上的最低面、Martinsen J. H. 的河流均衡剖面说以及 Jervey、Posamentier 对河流剖面说的进一步阐述。而另一部分人则认为基准面为地层学的观点,即基准面为分隔沉积作用和侵蚀作用的理论均衡面,“在该面之上沉积物不能停留,该面之下可能发生沉积和埋藏作用”。Busch 重新引入了地层旋回是在基准面旋回期间形成的沉积记录的概念,并把“成因层序”作为一个地层单位,Wheeler H. E. 第一次明确地从地层保存作用出发来认识基准面,并赋予其时间意义。他提出:基准面既不是海平面,也不是海平面向陆方向的水平延伸,而是一个相对于地表波状升降的、连续的、略向盆地下倾的抽象面(非物理面),其位置、运动方向及升降幅度不断地随时间变化。在基准面变化的时间域内,可供沉积物堆积的可容纳空间也在不断变化,并由此导致沉积物的保存、剥蚀、过路不留和非补偿等地质作用的发生。Cross T. A. 发展了 Wheeler 关于基准面的含义,明确提出:基准面是一个势能面,它反映了地球表面与力求其平衡的地表过程间的不平衡程度。要达到平衡,地表则需要不断地通过沉积或侵蚀作用改变其形态,并向靠近基准面的方向运动。在这个位置上,地形梯度、沉积物供应和可容纳空间是平衡的。海平面、构造沉降、沉积物补给、沉积负荷补偿、沉积压实、沉积地形等地质过程变量的变化均会导致基准面的变化,进而控制层序发育特征。因此,基准面处于不断的运动中。当基准面位于地表之上并相对于地表进一步上升时,可容纳空间增大,沉积物在该可容纳空间内堆积的潜在速度增加,但沉积物堆积的实际速度还受控于搬运沉积物质的地质过程(贾达吉等,2007)●。

● 第五届层序地层学大会交流,2007。

大多数油田处于开发中后期,油田地质的研究程度、生产资料的掌握程度、油田开发生产的合理性、习惯性等诸多因素都决定了应用科学的研究方式、手段和规范。以基准面旋回为基础的高分辨率层序地层学在如何与油田开发生产相结合,尤其是如何解决层序划分与开发层系之间的矛盾方面有所创新。

参 考 文 献

- 邓宏文. 1995. 美国层序地层研究中的新学派——高分辨率层序地层学. 石油与天然气地质, 16 (2): 89 ~ 97.
- 朱筱敏等. 1998. 层序地层学原理及应用. 北京: 石油工业出版社, 48 ~ 69.
- 吴因业, 顾家裕. 2002. 油气层序地层学. 北京: 石油工业出版社, 33 ~ 152.
- 吴因业, 宋岩, 贾承造等. 2005. 柴北缘地区层序格架下的沉积特征. 地质前缘. 12 (3): 195 ~ 203.
- 徐道一, 韩延本, 李国辉等. 2006. 天文地层学的兴起. 地层学杂志, 30 (4): 323 ~ 326.
- 董春梅, 张宪国, 林承焰. 2006. 地震沉积学的概念、方法和技术. 沉积学报, 24 (5): 698 ~ 704.
- Brown A R, Dahm C G, Graebner R J. 1981. A stratigraphic case history using three-dimensional seismic data in the Gulf of Thailand. Geophysical Prospecting, 29 (3): 327 ~ 349.
- Cross T A. 1994. High-resolution stratigraphic correlation from the perspective of base-level cycles and sediment accommodation. In: Proceedings of Northwestern European Sequence Stratigraphy Congress, 105 ~ 123.
- Hap B U, Hardenbol J & Vail P R. 1987. Chronology of fluctuating sea-levels since the Triassic. Science, 235: 1153 ~ 1165.
- Hongliu Zeng and Tucker F Hentz. 2004. High-frequency sequence stratigraphy from seismic sedimentology: Applied to Miocene, Vermilion Block 50, Tiger Shoal area, offshore Louisiana. AAPG Bulletin, 88 (2): 153 ~ 174.
- Posamentier F L W, Allen G P, James D P. 1992. High resolution sequence stratigraphy—the East Coulee Delta, Alberta. Journal of Sedimentary Petrology, 62 (2): 310 ~ 317.
- Rio D, Silva I P & Capraro L. 2003. The geological time scale and the Italian stratigraphic record. Episodes, 26 (3): 259 ~ 263.
- Vail P R, Mitchum R M Jr, Todd R G et al. 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea level. Payton C E. Seismic Stratigraphy—Applications to Hydrocarbon Exploration. AAPG Memoir, 26: 49 ~ 21.
- Van Wagoner J C, Posamentier H W, Mitchum R M et al. 1988. An Overview of the Fundamentals Sequence Stratigraphy and Key Definitions. Sea-Level Changes: An Integrated Approach SEPM, Spec. Pub., 42: 39 ~ 46.

济阳探区石炭—二叠纪岩相古地理研究^①

杨怀宇 陈世悦 张关龙 张鹏飞

(中国石油大学地球资源与信息学院·东营)

摘要 地震及钻测井资料表明石炭—二叠系残留地层在济阳探区的分布具有区域性,表现为南北分区,南部分布范围和厚度都大于北部。通过对岩石学、地球物理、地球化学等相标志的分析研究,识别出了碳酸盐台地相、潟湖相、潮坪相、障壁岛相、浅水三角洲相和曲流河相六种沉积相类型。济阳探区石炭—二叠纪岩相古地理演化经历了早期的碳酸盐岩和陆源碎屑岩及煤层交替出现的典型陆表海沉积和晚期的以陆源碎屑岩为主体的陆相浅水三角洲及曲流河沉积。

济阳探区位于渤海湾盆地东南缘,南邻鲁西隆起,东接郯庐断裂带,北部和西部则为埕宁隆起带,总面积为 $2.65 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。研究区内部义和庄凸起、陈家庄凸起、无棣凸起、滨县凸起、青坨子凸起、广饶凸起又将其分为车镇凹陷、惠民凹陷、沾化凹陷和东营凹陷四个凹陷,它们总体走向为北东向(图1)。研究区石炭—二叠纪发育了一套海陆交互的含煤地层,地层空间分布广泛,厚度较为稳定。由于在华北苏桥、大港乌马营及中原文留等地区发现了以石炭—二叠系煤系地层为烃源岩的煤成气田(戴金星等,1997,1999;钱凯等,1999),而且在济阳探区的沾化地区、车镇地区以及惠民地区均已发现煤成气藏(李增学等,2006),显示了济阳探区良好的煤成气勘探前景。关于济阳探区石炭—二叠系地层的层序、沉积方面,前人作了大量的研究工作,并且取得了许多创新性的成果(宋国齐等,2000;曹忠祥等,2002;王玉林,2003;王明镇等,2003;王果寿等,2006;李明娟等,2004,2006),但多以研究区石炭—二叠系层序划分对比、纵向沉积演化特征等为重点,而对全区晚古生代岩相古地理的发育及演化特征缺乏系统的研究和认识。

本文在众多前人研究基础之上,以地震资料为约束,通过对济阳探区100余口钻遇石炭—二叠系探井的钻、测井资料进行系统研究,结合薄片鉴定、粒度分析等测试化验数据,详细研究了济阳探区石炭—二叠系的沉积特征,阐述了研究区石炭—二叠纪的岩相古地理展布特征及演化规律。研究区石炭—二叠系自下向上依次发育本溪组、太原组、山西组、下石盒子组、上石盒子组和石千峰组。由于研究区石千峰组剥蚀现象比较严重,仅在沾化孤北地区义133井区附近有小面积分布,所以本次研究不将其作为重点。

1 石炭—二叠系残余地层展布

地震及钻测井资料表明,石炭—二叠系残留地层在济阳探区中的各凹陷均有分布,但厚度和范围各不相同(图2)。从 T_{g1} (二叠系底)反射层的追踪研究发现,石炭—二叠系残留厚度分布具有区域性,表现为南北分区,由于受中生界断层之影响,济阳探区北部石炭—二叠系分布的分块性表现得十分显著。整体来看,南部分布范围和厚度都大于北部,

① 国土资源部国家油气专项(XQ-2004-03)子项目“华北东部前第三系地层与沉积体系研究”。

其分布特征分区带论述如下。

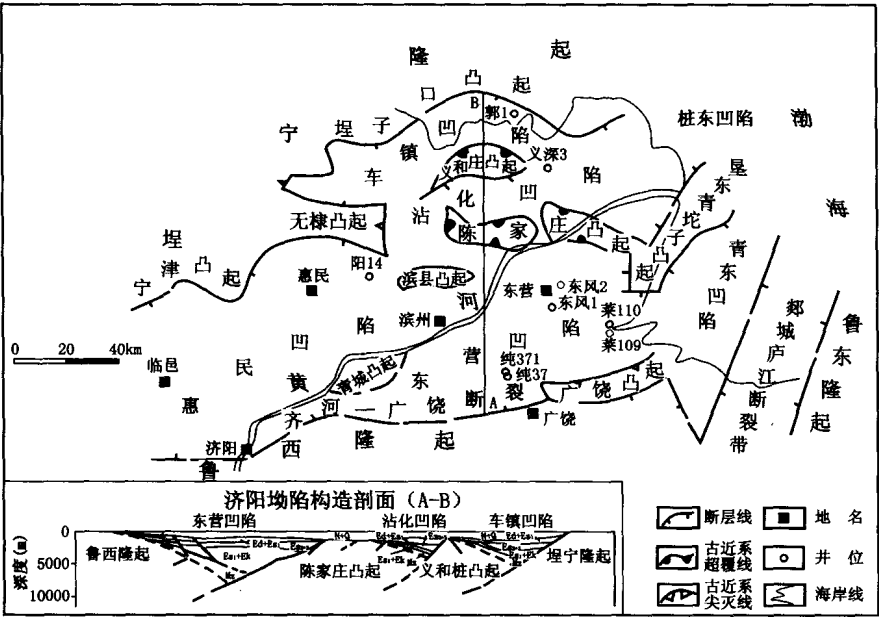


图 1 济阳探区构造分区图

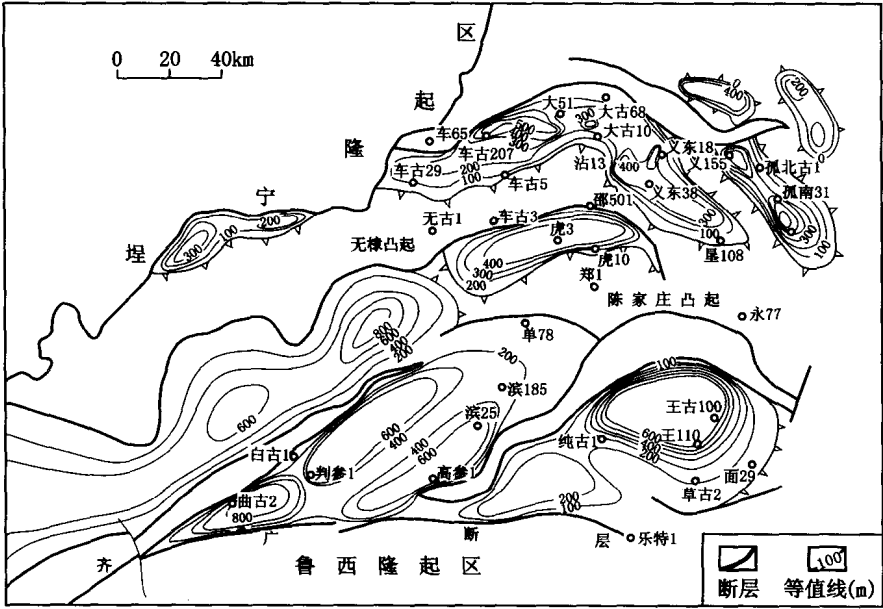


图 2 济阳探区石炭—二叠系残余地层等厚图

1.1 北部的沾化—车镇地区

北部石炭—二叠系分布受印支、燕山、喜马拉雅等多期构造运动的影响，西边在埕子口凸起、陈家庄凸起、义和庄凸起的高部位缺失。此外，在无棣凸起、宁津凸起和滨县凸起也大部分缺失石炭—二叠系，东侧孤岛凸起和垦东凸起上保存有石炭—二叠系。石炭—二叠系在斜坡带上较为发育，在义南、埕南断阶带也有分布。洼陷带受罗西逆冲断层影响，

从现今构造看,在北西向大断层的下降盘地层缺失严重。沾化地区的石炭—二叠系沿南东向成条带状分布。与沾化地区相比,车镇地区石炭—二叠系分布相对广泛,厚度较大。

1.2 南部的惠民—东营南坡

惠民南坡和东营南坡钻井资料较少,主要依据地震资料来反映石炭—二叠系分布,利用了石炭—二叠系顶、底(T_g 、 T_{gl})反射较为稳定、在全区可追踪的特点。从地震资料可看出,整个惠民南坡石炭—二叠系分布较为稳定,面积大,厚度一般在400~800m。根据钻穿石炭—二叠系的钻井数据以及横穿东营凹陷南北方向测线号为642.2的地震剖面可看出,南部地区广饶凸起上石炭—二叠系被剥蚀掉,据此可大致确定石炭—二叠系主要分布于东营凹陷的南斜坡上,向南的鲁西隆起区也有广泛且稳定的石炭—二叠系分布。

从整个济阳探区来看,惠民凹陷曲古2井的残留厚度最大,达845m。车镇凹陷大王北地区的车古206井厚度也达到616m,沾化凹陷义155井残留厚度也较厚,可达500m以上。东营凹陷南坡地带沉积厚度相对较薄,最厚处为通11井,厚度仅为316m,且向周边方向厚度迅速递减。垦东地区整体残留厚度较大,其中垦古12井最厚,达571m。此外桩西地区厚度均在200m左右,埕东地区厚度变化大,其中埕东1井厚度为410m,向北迅速递减为0。

2 沉积相类型

与整个华北地区一样,晚古生代济阳探区受加里东运动之影响,抬升成陆并经长期风化剥蚀而准平原化,直到晚石炭世开始下沉接受沉积(刘宝珺等,1985;吴崇筠等,1992),形成了晚石炭世以碳酸盐岩和陆源碎屑岩及煤层交替出现的典型陆表海清水与浑水沉积组合。在此之后,由于华北地区北部阴山古陆的不断抬升而形成了二叠系陆源碎屑沉积为主体的沉积组合。本次研究针对济阳探区石炭—二叠系沉积建造,识别出了6种沉积相类型。按照地层发育时代的早晚,本区发育的沉积相主要如下。

2.1 碳酸盐台地相

碳酸盐台地相主要发育于石炭系本溪组和太原组,可进一步细分为开阔台地相、局限台地相两种类型。其岩性特征主要表现为以生物碎屑泥晶灰岩、生物碎屑灰岩为主,多表现为块状构造图3A、B。生物化石种类繁多,以腕足类和蠕类生物化石居多。测井响应表现为自然伽马曲线齿状负偏移,电阻率曲线为高值,幅度较大,呈指状(图4、图5A)。

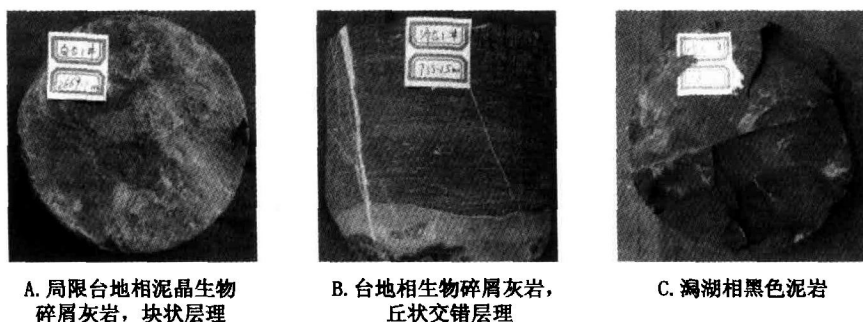


图3 碳酸盐台地和潟湖相岩心特征

2.2 潟湖相

潟湖相主要发育于石炭系本溪组,在太原组中也有小范围分布。岩石类型为灰色、灰