

油气层序地层学新进展

——全国第四届油气层序地层学大会学术论文集

匡立春 顾家裕 吕焕通 张义杰 吴因业 主编

石油工业出版社

油气层序地层学新进展

——全国第四届油气层序地层学大会学术论文集

匡立春 顾家裕 吕焕通 张义杰 吴因业 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是由 2005 年 8 月在乌鲁木齐市由中国石油学会石油地质专业委员会沉积学组等发起的“全国第四届油气层序地层学大会”学术研讨会上宣读的 48 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沉积储层和层序地层学的主要研究内容和技术手段,对中国重要盆地类型的层序地层学和沉积体系的研究作了许多实例介绍。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,可作为层序地层学和岩性地层油气藏勘探开发研究的参考书,也可作为广大地质工作者和高等院校师生的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

油气层序地层学新进展:全国第四届油气层序地层学大会学术论文集/匡立春等主编.

北京:石油工业出版社,2006.6

ISBN 7-5021-5584-8

I. 油…

II. 匡…

III. 地层油气藏-地层学-学术会议-文集

IV. P618.130.2-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 067690 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

发行部:(010) 64210392

经 销:全国新华书店

印 刷:石油工业出版社印刷厂

2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:26.75

字数:679 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



大会学术委员会部分委员



颁发青年优秀论文证书、奖励



会议代表合影

中国石油学会石油地质 专业委员会沉积学组

主 任：顾家裕

副 主 任：朱筱敏 邓宏文 邹才能 罗 平 李熙哲

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	李熙哲	吴因业
孙龙德	周海民	郑和荣	冯志强	孙洪兵	王德仁	姜在兴
刘银河	党玉琪	王招明	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					

全国第四届油气层序地层学 大会学术委员会

顾家裕	朱筱敏	邓宏文	邹才能	罗 平	李熙哲	吴因业
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	薛叔浩	冯增昭
胡见义	刘光鼎	贾承造	匡立春	吕焕通	孙龙德	Liu-Keyu
王 建						

全国第四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

中国石油勘探开发研究院

中国石油新疆油田分公司

新疆石油学会

中国石油天然气集团公司

中国石油化工集团公司

中国海洋石油集团公司

中国石化勘探开发研究院

中国石油勘探开发研究院地质所

中国石油勘探开发研究院廊坊分院

中国石油天然气集团公司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）

中国矿业大学（北京）

全国第四届油气层序地层学大会 承办单位

中国石油新疆油田分公司

新疆石油学会

时间：2005 年 8 月

地点：新疆乌鲁木齐市

前 言

金色的八月，来自全国各地从事层序地层学及相关专业的专家聚集在瓜果飘香的乌鲁木齐总结陆相层序地层学的进展、交流各自的丰硕成果、展望和商讨今后我国陆相层序地层学的前景与发展对策。会议由中国石油学会石油地质专业委员会沉积和储层学组主办，承办单位是新疆油田分公司和新疆石油学会，时间是2005年8月10日到8月14日。

这次全国第四届油气层序地层学大会，通过学组成员认真的讨论，得到新疆油田分公司副总经理匡立春同志的大力支持，他们欣然接受承办，在此要感谢新疆油田分公司的领导、特别是感谢匡立春副总经理、吕焕通总工程师、张义杰处长、刘发军主任、王建副处长、余亮平副处长及全体工作人员在整个会议的筹备期间及会议始终对我们的支持、帮助和关心并做了大量的工作。也得到了中国石油勘探开发研究院地质所的大力支持，吴因业博士、刘忠高级工程师等等在会议组织和论文组织方面做了大量工作。

这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、中国石油勘探开发研究院、中国石油新疆油田分公司、新疆石油学会、中国石化勘探开发研究院、中国石油大学（北京）、中国地质大学（北京）、中国矿业大学（北京）、中国石油勘探开发研究院廊坊分院、中国石油天然气集团公司油气储层重点实验室、中国石油勘探开发研究院地质所等单位的支持和帮助，在此表示深切的感谢。

会议筹备期间还得到石油系统各科研、生产和教育研究单位的研究人员的大力支持，我们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来稿，其中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到方面论文摘要106篇，而且论文有较强的理论性和实践性，为我们这次会议的成功举办打下了基础。

会议论文投稿作者来自中国石油天然气集团公司、中国石油天然气股份有限公司、中国石油化工集团公司、中国石油化工股份有限公司、中国海洋石油股份有限公司、中国石油大学、中国地质大学、同济大学等单位，计中国石油系统有53名科技工作者，中国石化系统有13名科技工作者，中国海洋石油系统有9名科技工作者，高等院校系统有32名科技工作者，科学院等其他系统有4名科技工作者，还有1位来自澳大利亚。论文涉及内容包括层序地层学研究、沉积储层研究和岩性油气藏勘探等方面，其中约20篇涉及层序地层学研究的理论方法和实用技术，约40篇涉及层序地层学在油气勘探开发中的应用实践，约40篇涉及沉积储层研究。

本次会议我们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，并参观了新疆油田分公司乌鲁木齐地球物理研究所。会议期间我们对青年科技论文进行了评审，选出优秀论文9篇，并给予青年优秀论文证书，以鼓励青年科技人员发奋努力、钻研技术，

在层序地层学领域有所创新。会后组织了野外考察，了解和增强野外实践的能力。

大会取得了圆满成功。

本书介绍了层序地层学进展和会议盛况，相信对学科的发展和层序地层学在石油勘探与开发中的应用具有重要参考价值。

中国石油学会石油地质专业委员会沉积储层学组

2006. 6. 10

目 录

陆相层序地层学进展及在油气勘探开发中的应用	顾家裕 张兴阳 (1)
中国含油气盆地层序解释技术——以柴达木盆地七个泉地区为例	
..... 吴因业 党玉琪 崔化娟 江 波 郭彬程 刘 忠 张启泉 (13)	
济阳拗陷古近系沙河街组海侵作用再认识	袁文芳 陈世悦 曾昌民 (24)
陆相地层中残留可容纳空间的识别与应用	
..... 李宏伟 袁世义 朱贻翔 田昌炳 范军侠 (32)	
High-resolution sequence stratigraphic simulation of a Plio-Pleistocene outcrop	
sequence in New Zealand	Keyu Liu Tim Naish Bob Carter (37)
鄂尔多斯盆地三叠系延长组层序地层与生储盖组合特征	
..... 王宏波 郭彦如 郑希民 冯 明 (53)	
滦平盆地下白垩统扇三角洲露头层序地层学研究	
..... 张兴阳 罗 平 顾家裕 张玄杰 房小荣 (60)	
辽河西部凹陷兴隆台—马圈子地区沙三段层序地层研究	
..... 高先志 李敬生 李晓光 单俊峰 (68)	
留西构造带层序地层学研究及岩性油藏勘探	
..... 易士威 范炳达 金凤鸣 杨彩虹 (78)	
层序地层学在南堡凹陷东营组储层预测中的应用	
..... 徐安娜 郑红菊 汪泽成 殷积峰 严伟鹏 (88)	
高分辨率层序界面识别与层序构型——以松辽盆地北部葡萄花油层为例	
..... 王建功 王天琦 卫平生 (98)	
升平油田储层沉积特征研究	宁中华 李学义 (110)
永乐油田葡萄花油层测井解释渗透率技术研究	宁中华 李学义 (120)
柴达木盆地七个泉地区七 29 井区砂体分布特征	尹成明 (128)
二连盆地赛汉塔拉凹陷层序地层学研究	赵志刚 李书民 李 亮 王洪波 (138)
印度尼西亚 Sunda 盆地古近系 Zelda 段 (扇) 三角洲沉积特征	
..... 钟大康 朱筱敏 张 琴 (154)	
中非地区 B 盆地下白垩统下油组层序地层学分析及其油气勘探意义	
..... 陈忠民 刘洛夫 卞德智 潘校华 黄先雄 杨松岭 (163)	
碳酸盐岩高分辨率层序地层学研究——以川东北飞仙关组为例	
..... 刘柳红 罗 平 罗 忠 胡 昱 杨式升 苏立萍 (170)	
羌塘盆地流体包裹体特征及在成岩作用研究中的应用	许建华 (178)
准噶尔盆地西北缘二叠系地层层序与沉积扇体分布	
..... 吴晓智 张朝军 杜社宽 贾进斗 (186)	
乌参 1 井白垩系—古近系沉积相特征及其储集相带分布	杨 帆 贾进华 (193)
准噶尔盆地车—拐地区侏罗系层序地层研究及岩性油气藏勘探潜力分析	

.....	新 军	支东明	(202)
川西周缘前陆盆地前陆层序与非前陆层序沉积储层特征	.....	杜业波 季汉成 吴因业 朱筱敏	(210)
油藏描述中的高分辨率层序地层学运用——以印尼 C 油田为例	.....	胡 咏 于兴河 胡光义 李胜利 达 江	(216)
东营凹陷永安镇油田层序地层格架及沉积演化	.....	赵卫卫 查 明 杨剑萍 尹兵祥	(225)
层序地层学在隐蔽油气藏预测中的应用——以松辽盆地南部为例	.....	孙 钰 钟建华 姜在兴	(234)
三角洲沉积环境中相分异作用对砂体储层物性的控制作用及其意义 ——以吐哈盆地丘东凝析气田侏罗系为例	.....	康永尚 杨松岭 马广明 蒋玉双 史自力 何志平	(242)
巴音都兰凹陷层序地层学研究及岩性油藏勘探	.....	易士威 高伟中 王 权	(251)
层序地层学在二连盆地乌里雅斯太凹陷岩性、地层油藏勘探中的应用	.....	杜维良 肖 阳 张久强 刘喜恒 张建国	(261)
东营凹陷八面河地区沙河街组四段高分辨率层序地层	.....	于红枫 王英民 李 雪 刘爱武	(265)
断陷湖盆层序地层单元划分与油气藏类型 ——以辽河油田东部凹陷新开—董家岗地区古近系沙河街组为例	.....	刘震华 于均民 刘伟方 姚清洲	(272)
陆相高分辨率层序地层中洪泛面初探	.....	高志勇 郑荣才 罗 平	(280)
济阳坳陷中生代构造活动的沉积响应	.....	徐振中 陈世悦 张明军	(291)
冀中坳陷古近纪地质背景演化与层序划分	.....	陶明华 王海潮 崔周旗 韩春元 吴键平	(297)
苏里格庙油气区碎屑岩储层特征与储集性控制因素分析	.....	郭宏莉	(311)
能谱测井在塔河油田碳酸盐岩层序地层评价中的应用	.....	张松扬 柳建华	(316)
牛庄洼陷古近纪 <i>Paleodictyon</i> 遗迹化石的发现	.....	袁文芳 陈世悦	(322)
郑家、王庄地区沙三段高岭石矿物特征及对储层物性的影响	.....	张关龙 陈世悦 郝继华 袁文芳	(329)
河西务南部潜山储层非线性反演预测	.....	王连山 朱庆忠 杨和义 彭毅斌 董建海 宋子军	(337)
苏丹 Muglad 盆地 Fula 坳陷 Abu Gabra 组地震相及砂体预测	.....	张 琴 朱筱敏 杨俊生 宋 刚	(342)
河流沉积作用与时间地层对比——评河流相的层序地层学研究	.....	梅志超 屈红军 朱玉双 陈欢庆	(352)
准噶尔盆地侏罗系层序地层格架探讨	.....	齐雪峰	(354)
塔中地区中上奥陶统层序地层学及礁、滩相隐蔽圈闭研究	.....	蔡希源 陈新军	(356)
层序地层研究和构造研究控制下的三维区储层预测	.....	赖维成	(358)
沉积有机碳同位素层序分布与有机质保存的古环境 ——以浙江长兴煤山上二叠统长兴阶为例	.....		

.....	王万春	李玉成	(359)
大民屯凹陷沙四段层序地层样式及其油气地质意义			
.....	谢庆宾	李晓光 蒲秀刚 陈永成	郭彦民 (361)
东海平湖构造带平湖组沉积体系研究	刘金水		顾惠荣 (363)
松辽盆地滨北地区层序地层学研究及储层分布预测			
.....	郭 峰	陈世悦 胡光明	纪友亮 (365)
渤海海域古近系坡折带成因类型及其对砂体的控制作用			
.....	徐长贵	于 水 赖维成	程建春 (367)
塔里木盆地塔北南缘东河砂岩沉积演化与砂体分布			
.....	申银民	李明和 吴建国	李 梅 (370)
红山嘴油田克下组高分辨层序地层划分方法研究			
.....	杨志冬	李 宏 李家宁	张文胜 (371)
层序地层学在八区下乌尔禾组地层划分中的应用			
.....	朱水桥	雷从众	袁述武 (373)
准噶尔盆地西北缘车排子地区侏罗系层序地层学研究			
.....	支东明		李天明 (374)
准噶尔盆地石南 16 井 A 块三维区侏罗系层序地层划分及砂层组展布趋势			
.....	唐忠华	赵克斌	伏小鹏 (376)
石南地区头屯河组高分辨率层序地层划分与对比	刘得光		凌 云 (378)
准噶尔盆地石南 31 井区白垩系清水河组下段层序地层学与沉积体系分析一体化研究			
.....	唐 勇	斯春松 陈永军	徐常胜 (380)
中国河口三角洲地区晚第四纪下切河谷层序的特征及形成			李从先 (383)
库车西部白垩系—古近系层序格架与储层特征			
.....	朱如凯	张丽娟 高志勇 郭宏莉 孙玉善 程 明 韩 丹	黄晓梅 (385)
海拉尔盆地苏德尔特地区储层预测及其效果	宋宗平		姜传金 (387)
河流相地层对比中的等时而不等厚对比			
.....	李宏伟	袁士义 朱贻翔 田昌炳 范军侠	闫 林 (395)
中国西部盆地扇三角洲叠加推进式沉积模式			
.....	吴因业	舒 红 郭彬程	张顺智 (399)
胜利油田垦东地区新近系馆陶组河流相层序地层学研究			
.....	闫伟鹏	邓宏文 王红亮 林会喜 方旭庆 郭建宇	杨 孝 (407)

陆相层序地层学进展及在油气勘探开发中的应用

顾家裕 张兴阳

(中国石油勘探开发研究院 北京 100083)

摘 要 本文根据自层序地层学引入我国近二十年以来我国学者在层序地层学方面的研究情况,结合笔者研究工作的体会,总结了陆相层序地层与被动大陆边缘海相层序地层形成的地质差异性。陆相盆地沉积受多种因素控制,而且同类型盆地的主要控制因素又各不相同,造就了陆相盆地沉积类型多、相变快、横向连续性差、纵向上层序厚度变化大等特点,频繁的湖侵湖退使湖盆沉积垂向上韵律变化快;因此陆相层序地层的形成、结构和模式更为复杂,研究更为困难。在研究与实践中,我国学者根据陆相盆地的边界特征、体系域边界特征、初始湖泛面和最大湖泛面、是否有坡折带等因素,建立了符合中国盆地沉积实际的拗陷型盆地和断陷型盆地层序地层格架和模式。对控制陆相地层层序发育的因素进行了讨论和总结,认为主要是湖平面的变化、构造、气候、基准面的变化和物源的供给,特别是构造和气候显得十分重要,它们直接控制了湖平面的变化,当然还有一些因素对层序的发育有一定的影响,如植被、湖底地形等,但这些不是主要因素。对陆相地层层序研究的方法体系进行了总结,认为主要是露头层序研究方法、实验观测和分析方法、测井层序地层分析、地震层序地层分析和层序地层的数值模拟方法,这几种方法必须相互结合、取长补短,才能达到完美的程度。本文分三个阶段分析了层序地层学在油气勘探中的应用,即区带勘探阶段、目标勘探阶段和开发阶段,并以实例进行了简要的分析。目前层序地层学在油气勘探和开发中的应用已经取得了可喜的成果,相信随着陆相层序地层学理论日趋成熟、地震、测井和数值模拟技术的进步,陆相层序地层学将发挥更大的作用,必将更广泛、深入、精细和有效地用于油气勘探和开发的各个阶段和各个领域。

起始于 20 世纪 70 年代,根据被动大陆边缘盆地油气勘探实践总结,由 EXXON 石油公司的研究人员^[1]提出的,又经过众多地质科学家^[2~8]的研究工作充实和完善了层序地层学的理论体系和方法体系,并建立了成熟的海相层序地层模式,层序地层学以其强大的生命力在全世界得到迅速发展和应用。它作为一种成功的全球性理论,在油气资源勘探开发中正发挥着巨大的作用;以其概念的合理性和应用的可操作性,提供了一种更为精确的以不整合面或与之相对应的整合面为边界,在等时的地层格架内对地层进行对比、岩相古地理再造和勘探中钻前预测生储盖地层分布的有效方法。20 世纪 90 年代以后美国科罗拉多矿业学院的 Cross T. A.^[9~12]教授基于沉积基准面原理、物质守恒原理、沉积物体积分配原理和相分异原理建立了高分辨率层序地层学的独立学派,为精细的地层对比和开发阶段的层序地层应用,建立开发地层流动单元成为可能。20 世纪 80 年代中期以后层序地层学的理论进入我国并很快引起广大地质工作者的极大热情和兴趣,把海相层序地层学的理论和方法用于我国陆相盆地油气地质勘探的同时,也发现来自海相盆地的层序地层学理论不完全适用于中国的陆相盆地。因此,广大地质工作者在实践中摸索、在实践中总结,结合我国不同类型的陆相盆地沉积和层序特征,建立了陆相盆地地层格架和模式,并且总结了我国陆相盆地层序地层的研究方法,有效地指导了当前和今后的油气勘探和开发。

一、陆相层序地层地质基础与海相层序地层地质基础的差异性

我国学者充分认识到以被动大陆边缘海相盆地为研究对象建成起来的层序地层理论、方法、格架和模式无疑对陆相层序地层的研究有着很好的指导性，但陆相沉积盆地在构造、沉积、层序形成的主控因素和油气生成运移诸方面与海相盆地有很大的差异性（表 1）。由于陆相盆地沉积受多种因素控制，且同类型盆地其主控因素又各不相同，沉积类型多，在较小范围内相变快，横向连续性差，纵向上层序厚度变化大，频繁的湖侵湖退使垂向上韵律变化快。基于上述情况对陆相层序的划分、对比和等时格架和模式的建立必须有新的思路 and 更精细有效的方法。当然在整体上无疑是地震、测井、露头调查和井下地质紧密结合，具体来说对地震应该提高信噪比和分辨率，在处理技术上更要进一步改进，从而提高解释精度，通过速度和地质标定，使深度和地质解释更准确、使上超点、下超点和尖灭点更清楚。

表 1 海陆相盆地层序地层基础地质因素对比

盆地类型	海相盆地	陆相盆地
控制因素	主要受全球海平面变化、盆地沉降、沉速率和气候 4 种因素影响	主要受构造沉降、物源供给、古气候和古地形因素的影响
沉积水动力	主要作用营力是波浪、潮汐、海流、风暴和海底火山等	大陆流水、波浪和湖流
沉积范围	海岸带、陆架、陆坡和深海，横向距离数千千米、垂向数十千米至数百千米或更大	冲积扇沉积区、河流沉积区和湖泊沉积区
沉积层横向连续性	横向延伸距离大、连续性好	横向延伸距离短、连续性差
层序厚度及变化	层序厚度大且稳定	层序厚度小且变化大
沉积类型	相对简单、面积大、分布稳定	相对复杂、面积小、分布不稳定
沉积相变化	连续、稳定逐渐过渡	相变快、常见相的突变
体系域特征	海侵海退幅度大、体系域界面特征明显、凝缩段易确定追踪	湖侵湖退频繁、幅度较小、体系域间界面难分辨、最大海泛面明显
构造影响	大范围影响、相对较弱	频繁影响、相对较强
预测难易程度	范围大、相对较易	范围小、相对复杂困难

同时充分应用井间地震技术等使横向预测更精细准确，使层序划分达到陆相盆地油气勘探和开发的实际需要。测井解释要用多因素综合方法，利用多条曲线、多种信息和新技术，与地震相互约束，使岩性、韵律旋回性变化、古流向、古环境等识别更精确、更符合实际。野外和井下地质研究，包括古生物、岩性、沉积构造、界面识别和旋回变化等更要精细到米级和厘米级，特别重视各类砂体在横向上的变化和长、宽、厚的比值，以建立更准确精细的地质模型，更有效地对测井和地震的约束。

二、陆相层序地层格架与模式的建立

我国陆相盆地中，其中包括了不同沉积特征的多种类型盆地，根据当前对层序地层学的

研究，一般把盆地分为三种类型，即坳陷型盆地、断陷型盆地、前陆盆地，其中对前陆盆地研究相对较少，发表的文章有限，仅限于对前陆盆地的形成和充填序列、构造层序的划分和有关影响因素的讨论^[13]，但还有一些学者论述含煤盆地和含盐盆地层序地层学。关于海相层序地层学的原理和方法是否适用于中国陆相盆地，在我国是有争议的，一些学者认为层序地层学的基本原理可以用于陆相层序地层的研究，虽然在陆相盆地中构造、气候和物源是影响层序形成的重要因素，但毕竟要通过湖平面的变化而反映出来，因而可以通过对初始湖泛面（一些盆地难以划分）和最大湖泛面的确定来划分体系域，当然在具体体系域的划分和其对应的沉积体系是有很不同的，因此在研究和应用时要有区别和有所发展。顾家裕（1995）^[14]、朱筱敏等（2003）^[15]、纪友亮（1996）^[16]等根据陆相坳陷盆地的边界特征、体系域边界特征、初始湖泛面和最大湖泛面及是否有坡折带等因素，建立了具三个体系域（具坡折带，以越过下部坡折带为初始湖泛面）即低位体系域、湖侵体系域及高位体系域和只有两个体系域（在这类盆地中没有坡折带的存在，难以确定初始湖泛面）即湖侵体系域及湖退体系域的层序地层格架和模式（图 1、图 2），基本能代表坳陷型盆地的层序格架与模式。

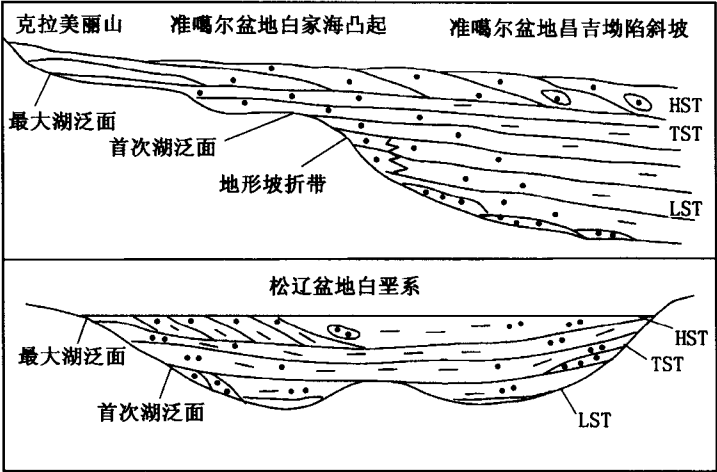


图 1 由低位、高位和湖侵体系域组成的坳陷型湖盆层序地层样式
(据朱筱敏，2003)

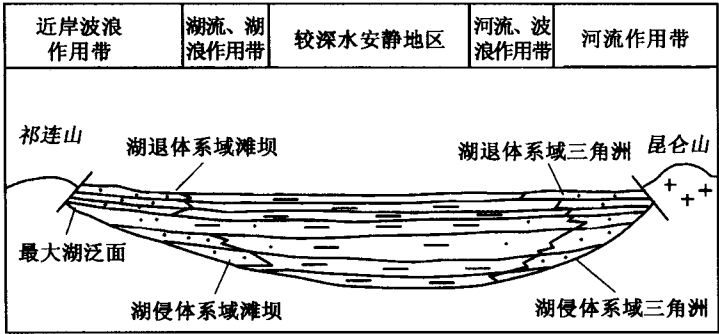


图 2 由湖侵和湖退体系域组成的柴达木盆地第四系坳陷型湖盆
层序地层格架模式

对陆相断陷盆地，同样根据其盆地边界特征、层序边界特征、体系域边界特征及陡坡和缓坡不同的沉积格局，因为在断陷盆地中一般都具有多个断裂带，因此建立了一种断陷型湖盆层序地层格架，即低位体系域、湖侵体系域和高位体系域（图3）。

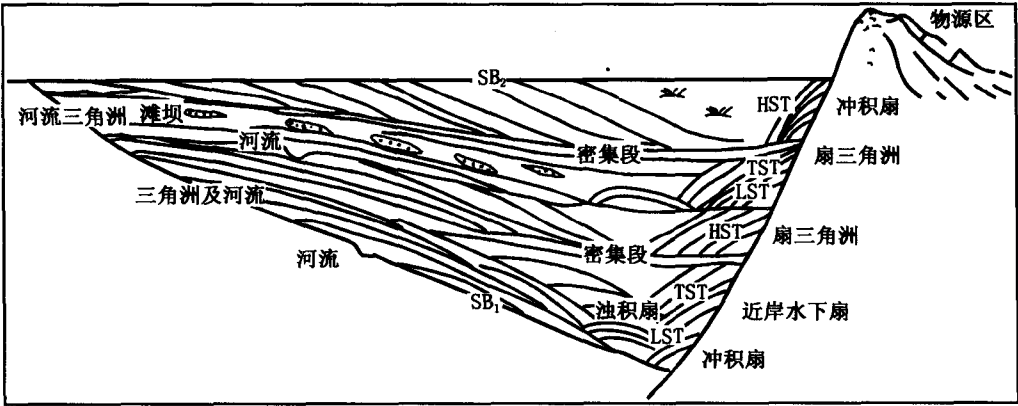


图3 由低位、湖侵和高位体系域组成的断陷型湖盆层序地层格架模式

刘立和王东坡（1996）^[17]论述了层序地层的组成、层序界线的识别、最大洪泛面的识别，他们认为来自被动大陆边缘的海相模式不适用或不完全适用于陆相盆地，并认为陆相盆地受板内应力、沉降机制和气候的直接控制，同时又有突发事件，如海水侵入和火山事件影响。但他们所列出的国内外有关学者对箕状断陷盆地的层序模式、坳陷盆地的层序模式和冲积地层背景的层序地层模式，基本也是以初始湖泛面和最大湖泛面为界线的三分法或两分法进行体系域的划分，并列表进行了对比（表2）。

表2 陆相地层层序模式（据刘立和王东坡，1996）

背景	低位体系域	湖侵体系域	高位体系域	备注
断陷盆地				
魏魁生和徐怀大（1993）	冲积扇体系及洪水事件沉积、斜坡扇体系、缓坡楔状体	沙滩、沙坝体系、碳酸盐浅滩体系、扇三角洲浊积扇体系和其他沉积	三角洲（缓坡）、扇三角洲（陡坡）	华北典型箕状断陷盆地
王东坡和刘立（1994） 陡坡背景； 缓坡背景	冲积扇沉积	扇三角洲、半深（深）湖、水下扇和水下沉积物、重力流、滨浅湖沉积和辫状三角洲沉积	扇三角洲、冲积扇沉积、辫状河或砂质低弯度河沉积	松辽盆地晚侏罗世—早白垩世
Scholz（1990）	低位三角洲（缓坡）、蒸发盐岩、扇三角洲（陡坡）		高位三角洲、浊积岩（缓坡）、半深湖和水下坡麓堆积	
坳陷盆地				
王东坡和刘立（1994） 发育完善的湖盆背景	冲积沉积体系、滨岸（浅湖）沉积体系	半深（深湖）沉积体系	滨岸（浅湖）沉积体系	
王东坡和刘立（1994） 发育不完善湖盆背景	冲积沉积体系	滨浅湖和泛滥平原沉积体系	冲积沉积体系	松辽盆地白垩纪

续表

背 景		低位体系域	湖侵体系域	高位体系域	备 注
冲 积 地 层	Legarretat 和 Uliana (1991)	向上变粗的底载荷砂 质和砾石质沉积	向上变细的底载荷和 悬浮载荷混合沉积	悬浮载荷沉积、向上 土壤增加	阿根廷内陆盆地三叠 纪和白垩纪
	Shanley 和 McCabe (1991a, 1991b, 1993)		合并的河道沉积和受 潮流影响的河流沉积	细粒洪泛盆地地层孤 立的河流砂岩和薄层 不连续的煤和碳质 页岩	犹他洲南部 Kaiparowits 高原
	Wright 和 Marriott (1993)	粗粒河道沉积、阶地 表面发育成熟的排水 良好的土壤	早期形成多层河道砂 体和泛滥平原沉积 物, 有利于土壤形 成; 晚期形成孤立的 河道砂体, 形成有发 育较差、但排水良好 的土壤	河道砂体的密度增 加、土壤的保存潜势 降低	理论模式

当然在我国学者中对于体系域的划分还有四分法的, 即把高位体系域中叠加准层序或准层序组称为早期高位体系域, 把前积的准层序和准层序组称为晚期高位体系域, 笔者认为把高位体系域分为早期和晚期在一些盆地中是可能的, 但在大部分盆地的层序中区分有一定的难度。另有一些学者还划分出一个冲积体系域, 其实在湖退体系域中已经包括了冲积体系域。

三、关于陆相层序地层形成的控制因素

1. 湖平面变化或沉积基准面对陆相层序形成的控制作用

在沉积盆地中, 湖平面的变化是控制层序发育、层序格架和层序变化和体系域结构变化的主控因素, 实际上湖平面的变化是构造沉降、气候变化、沉积物供给等因素的综合反映, 同时, 湖平面近似地可以被看作基准面。湖平面或基准面缓慢变化, 将引起河流特征如弯度、宽度和挟砂能力的改变; 湖平面或基准面的快速下降将引起河流下切并伴有河流弯度的改变, 使河流挟砂能力增强; 湖平面或基准面的快速上升将导致河口的涌水、河流沉积形式有改变、导致沉积物的沉降。

2. 气候对陆相断陷盆地层序形成的控制作用

高频气候变化旋回 (4~6 级以下的气候旋回) 的动力学机制是地球旋转产生的偏心率变化, 其表现形式为米兰柯维奇气候旋回。二级到三级的气候旋回的动力学机制与海平面升降相一致。气候对陆相层序地层及基准面控制主要表现在: ①气候影响流域植被、降水量; ②气候影响岩石的风化性质、沉积物的供给和水流强度等进而影响沉积物的搬运强度和沉积速率。层序内高频层序直接与米兰柯维奇气候旋回有关, 而三级以下低频层序是构造、低频气候旋回等因素的沉积响应。纪友亮等 (2003)^[19]研究了东濮凹陷沙三中亚段的高频层序, 沙三段沉积时间约 5Ma, 岩盐与泥岩频繁交互、盐岩累计厚度可达 500m, 若平均单层盐岩的厚度按 10cm 计算, 则共发育约 5000 层单盐岩层。因每一单层盐岩的沉积代表一次湖平面的下降, 则沙三段湖平面的变化频率达到 1000 次/Ma, 并认为这些高频的湖平面变化可