

湖盆沉积学新进展

■ 吴因业 姚根顺 贾爱林 等著

HUPEN CHENJI XUE XIN JINZHAN

HUPEN CHENJI XUE XIN JINZHAN

石油工业出版社

(北京)

2

湖盆沉积学新进展

吴因业 姚根顺 贾爱林
杨东胜 宁从前 等著

作者赠阅

吴因业 1999.11

吴因业

2000.1.5

石油工业出版社

内 容 提 要

为了深入研究和发 展陆相湖盆沉积学,丰富中国陆相石油地质理论,推动陆相石油勘探,本书以编著和汇编文集的形式,概括为两大部分。第一部分以 1998 年 4 月在西班牙召开的第 15 届国际沉积大会为基础,综述了湖盆沉积学的发展动态,以国外实际研究为基础,主要是意大利、阿根廷、西班牙等湖相盆地研究,来阐明国外沉积学及层序地层学的研究与应用。第二部分以国内实际研究为基础,主要在西北侏罗纪盆地、东部滦平扇三角洲以及吐鲁番盆地为例开展的研究,来阐明国内沉积学及层序地层学的研究与应用。

本书专业性较强,资料丰富,可作石油地质、沉积储层等专业研究人员或油田工作人员参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

湖盆沉积学新进展/吴因业等著.

北京:石油工业出版社,1999.9

ISBN 7-5021-2744-5

I. 湖…

II. 吴…

III. 湖盆-沉积学-研究-文集

IV. P931.7-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 39495 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 7.75 印张 182 千字 印 1—1000

1999 年 9 月北京第 1 版 1999 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5021-2744-5/TE·2155

定价:15.00 元

序

沉积学是地质学中的重要组成部分，早在 19 世纪早期，人们就开始探索地球中的沉积地层记录。而它作为一门地学的分支学科得到迅速发展是在 1950 年以后，尤其是沉积矿产如油气矿产的勘探获得大量地区沉积资料，使沉积学获得了突飞猛进的发展。现代地球物理技术包括数字测井、数字地震技术与沉积学、层序地层学的结合，使我们对地下资源的开发有了更有力的工具。

中国具有大量的陆相中、新生代含油气盆地，含丰富的石油天然气资源。通过湖盆沉积学研究，可以建立层序地层格架，了解沉积体系的分布，掌握油气储集体的展布规律，确定沉积中心和生油中心，查明生储盖组合，为油气勘探开发提供科学依据。

《湖盆沉积学新进展》一书给广大石油工作者和沉积学研究人员提供了了解该领域研究动态的机会，尤其是结合国内盆地的实例研究，提出的湖盆沉积学和层序地层学研究方法与技术，有一定特色，对我国的石油工业科研工作具借鉴价值。

沉积学专家 T.C.Blair 博士及层序地层学工作站专家 W.Schuman 博士访问北京石油勘探开发科学研究院时，曾指出通过他与吴因业研究小组的讨论，使得他们对中国陆相湖盆沉积学及层序地层学的研究有了新的认识。

《湖盆沉积学新进展》的作者均为年轻学者，他们先后参加过“七五”、“八五”科技攻关，学术上有了很大的提高与造诣，已成为很有潜力的学科带头人。

我国陆相湖盆的油气勘探需要不断发展石油地质学理论，及时了解学科前沿。《湖盆沉积学新进展》一书的出版，从一个侧面阐述了沉积学研究动态，也为今后的发展奠定了基础。



1998 年 8 月

前 言

中国是一个陆相油气资源十分丰富的国家。研究证明属陆相石油的烃源岩绝大多数为湖盆沉积。早在三四十年代,中国陆相沉积中就发现了老君庙、石油沟等一系列中、小型油气田,50年代末发现的特大型油田——大庆油田,储集层是白垩纪陆相地层,油源也来自白垩纪陆相湖盆。80年代又在吐鲁番盆地侏罗系中有了突破性的进展,发现了一个相当大的含油气新领域,属于陆相湖沼,使煤系地层研究得到进一步发展。

除了中国大陆在中新生代各历史时期发育不同规模的数百个陆相湖盆外,世界其他国家也陆续发现了大量的非海相含油气盆地,各国地学工作者和石油勘探家都对湖盆十分重视。1998年4月在西班牙阿利坎特市召开了由国际沉积学家协会(IAS)主办的第15届国际沉积学大会。在本届大会上,有关层序地层学及其应用的论文约有50多篇,主要涉及将层序地层学的方法在陆相湖盆沉积层序、海相浊积砂、沉积与构造关系研究等方面所取得的一些进展。

层序地层学是沉积学的重要组成部分,作为一种成功的全球性理论,取得了飞速发展,在成熟、非成熟含油气盆地的资源勘探与开发实践中,正发挥着巨大的作用。从盆地分析到圈闭的成因解释,从油藏描述、数值模拟到后续动态模拟,从勘探开发各个阶段的软件开发到油藏管理,都直接或间接地应用到层序地层学的理论、方法和研究成果,甚至还以已知油气藏与层序地层的关系为基础研制层序地层与成藏模式,指导新区的勘探开发。

起源于北美被动大陆边缘海相地层的层序地层学,在历经20年的发展后,现已可应用到任何具有旋回性或周期性的沉积地层,无论它们是海相成因还是非海相成因。虽然对层序的成因,不同的学派有不同的观点与理论,但任何沉积层序都是在一定因素控制下形成的产物,并且在不同的沉积环境下可以用不同的模式加以表现和研究。

目前,随着油气勘探与开发的日趋复杂和对储层预测精度要求的日益提高,层序地层分析尺度正在由盆地规模向油田—油藏规模,由低频向高频精细层序分析方向发展。以岩心、露头、测井和地震反射剖面资料为基础的一体化综合层序划分方法和对比技术所建立的油田及油藏的高分辨率层序地层格架,有利于在相应的时间地层单位之内,对生、储、盖分布进行评价与预测,以提高对含油气系统认识的完整性和准确性。同时用层序地层学思想去指导地震、测井资料的综合分析与解释,有助于对沉积机制的更好了解,提醒和引导勘探家重视常规解释容易遗漏的远景圈闭的发现,全面研究油气成藏机制。特别是在老油(气)田的挖潜过程中,将高分辨率层序地层学应用于油气储层分析,可以更好地确定和预测储层的分布,识别储层的非均质性。同时根据地层与沉积之间的关系和高分辨率层序叠加模式,可以帮助预测岩石性质与储层结构之间的关系,这对于了解流体流动的特点十分重要。目前在世界上,对已开发三四十年的老油气田,通过层序地层学的分析,不断有新的储量发现。

为了深入研究和发 展陆相湖盆沉积学,丰富中国陆相石油地质理论,推动陆相石油勘探,本书以编著和汇编文集的形式,概括为两大部分。

第一部分以1998年4月在西班牙召开的第15届国际沉积大会为基础,综述了湖盆沉积学的发展动态,以国外实际研究为基础,主要是意大利、阿根廷、西班牙等湖相盆地研究,

来阐明国外沉积学及层序地层学的研究与应用。

第二部分以国内实际研究为基础，主要在西北侏罗纪盆地、东部滦平扇三角洲以及吐鲁番盆地为例开展的研究，来阐明国内沉积学及层序地层学的研究与应用。

总之，本书作者试图通过介绍陆相湖盆的研究情况，不断丰富陆相石油地质理论，借以推动陆相湖盆沉积学的发展。

全书由吴因业、姚根顺和贾爱林等编著，参与这项工作的人员还有：宁从前、杨东胜、董春荣等。舒红帮助整理、清绘了部分图件。

这项工作得到北京石油勘探开发科学研究院有关处、所和科研人员以及石油工业出版社马金华和吴保国的大力支持，中国工程院院士胡见义先生审阅原稿并为本书作序，在此一并致以谢忱。

笔 者

1998 年 9 月

目 录

湖盆沉积学研究进展	(1)
综合野外露头研究、地下成图和随机模拟进行高分辨率沉积格架建模	(8)
吐鲁番盆地侏罗系湖相辫状三角洲与煤成油藏的形成	(10)
从侏罗纪岩相古地理论西北的油气资源潜力	(20)
西北侏罗系盆地沉积层序演化与储层特征	(23)
层序地层学在油气勘探与开发中的研究现状与发展方向	(33)
陆相含油气盆地的层序地层学勘探方法与实践	(34)
中国陆相盆地的形成特征和成油系统	(43)
储层露头精细研究和露头现场实验室的建立	(51)
GEOSTRAT—层序地层学工作站解释技术	(57)
中国西北地区侏罗系盆地层序地层与岩相古地理	(59)
东濮凹陷前梨园洼陷湖相沉积学与油气储层研究	(75)
日本 Joban 煤田 Iwaki 地层的河道充填沉积	(90)
相似沉积环境下辫状河与曲流河对洪泛的沉积响应	(94)
具指数曲线特征的海底斜坡	(95)
Ebro 盆地(西班牙)中新统沉积湖泊蒸发环境中的早期成岩过程	(100)
AINSA 盆地沉积充填中海底削蚀面的重要意义	(103)
裂谷沉降地区高频旋回沉积—西班牙中生界 Maestrat 盆地	(104)
两种不同河流环境中古土壤的发育—西 Iberian 山脉 Buntsandstein 层上部	(105)
阿根廷 Rincon Blanco 盆地三叠系构造对沉积的控制作用	(107)
地震成像与层序地层综合研究进行储层早期预测	(109)
对 Soldano 山(Tuscany, 意大利)扇三角洲复合体的解剖	(110)
Porto Garibaldi 浊积复合体的三维特征(北 Apennine 前陆盆地, 意大利)	(112)

湖盆沉积学研究进展

——第 15 届国际沉积学大会综述

吴因业 姚根顺 贾爱林

国际沉积学大会每四年召开一次，每次都在世界不同地方召开。规模较大，每界大会都吸引全球许多知名沉积学家和沉积学工作者参加。近几年来，规模最大的一次可能是于 1990 年 8 月在英国诺丁汉市召开的第 13 届会议，会议人数近 1200 人，原中国石油天然气总公司派出了著名专家裘怿楠、薛叔浩、朱国华、冯增昭教授等 6 人的代表团。上届是在 1994 年于巴西召开，石油系统有罗平、李应暹等人参加。本届会议原中国石油天然气总公司派出吴因业、贾爱林两位代表参加，吴因业在会上作了题为“吐鲁番盆地辫状三角洲沉积与煤成油藏勘探”的报告，贾爱林作了题为“滦平扇三角洲露头建模”的报告。

第 15 届国际沉积学大会在风景优美的地中海沿岸西班牙的阿利坎特市召开，这里是著名的旅游胜地和海滨度假区，距巴塞罗纳市约 100km，也是一个物产丰富的海港。会议由国际沉积学家协会（IAS）主办，与会的代表来自世界各地，共约 700 人，欧美学者占多数，亚洲学者主要来自日本、中国和韩国，其中中国代表团 6 人，来自中国科学院 3 人、原中国石油天然气总公司 2 人、煤炭矿业系统 1 人。

会议于 4 月 12 日在 Meria De Alicante 开始，13~17 日在阿利坎特大学开始正式会议报告。

会议出版了第 15 届国际沉积学大会摘要集，命名为“Sedimentology at the dawn of the Thind Millennium”，意为“耶稣第三个千年庆典起始的沉积学”，主要是因为会议召开时期正好是西方国家盛大节日——复活节期间。会议共收录约 800 份摘要和重要报告。正如本届会议组委会主席 Salvador Ordonez 指出，19 世纪的沉积学主要研究地球的历史，代表作是《Stratified rocks》（分层的岩石），发现了将今论古的原理。20 世纪的沉积学，尤其是二次世界大战后，已经运用地球物理和地球化学工具来解释地球在整个地质时期的演化，并用以调整矿产资源。特别要指出的是，到 20 世纪末，沉积学最伟大的进展之一是用于石油勘探。

本届会议的主题是什么？人口高度生长，伴随着对自然资源需求的增加，技术快速进步及其对星球学的冲击，预示着地球地质史研究的一个新时期的到来。这一新时期，为第四纪后时期，将以地质旋回的戏剧性变化为特征。沉积学研究可以预见这种戏剧性的变化，预见结果及其对星球气候、侵蚀、地形及地球生命的影响。沉积学还可以预防自然灾害（洪水、海啸及风暴……），以及恢复不平衡的自然系统（河谷、海滩……），控制和预防污染、矿产资源勘探、城市垃圾和有毒物品管理、工程地质等。

一、沉积学的分支与类别

会议共分 10 个主题、16 个专题并举办了 4 个短训班。

10 个主题是：

主题 A 分析技术、数据处理及再现，由 Bologna 大学的 Zuffa 博士和 Madrid 大学 Ar-

ribas 博士担任主席。

主题 B 非海相沉积环境，由 Madrid 国际 IGE - CSIC 项目组 Arche 博士和 London 大学 Nichols 博士担任主席。

主题 C 陆源海相沉积作用，由 Vigo 大学 Vilas 和 Arington 国家科学基金会 Haq 博士担任主席。

主题 D 海相碳酸盐和蒸发盐沉积及碳酸盐岩成岩作用，由 Ontario 的 Queen 大学 James 博士和 Balears 大学 Esteban 博士担任主席。

主题 E 火山沉积与矿产资源，由 Huelva 大学 Moreno 博士和 Athens 大学 Stamatakis 博士担任主席。

主题 F 沉积动力学和盆地分析，由 Barcelona 大学 M.Marzo 博士和 Minnesota 大学 Paola 博士担任主席。

主题 G 大陆边缘的地质学与海洋学，由 Granada IAGM - CSIC 项目组 C.Comas 博士和 Menlo Park USGS 项目组 Rubin 博士担任主席。

主题 H 生物地层学和古生态学，由 Madrid 大学 Torres 博士担任主席。

主题 I 环境沉积学，由 Madrid 大学 Garzon 博士和 EastAnglia 大学 J.E.Andrews 博士担任主席。

主题 J 生油岩和碎屑岩储层，由 Barcelona 大学 Permanyer 博士和 Pau 勘探开发项目组 Pabian 博士担任主席。

16 个专题分别是：

专题 1 沉积矿砂的地球化学和它在矿床资源勘探与评价中的应用。

专题 2 全球气候变化。

专题 3 河流侵蚀作用、水系网及河流供给系统。

专题 4 硬底、不连续面及伴生相。

专题 5 湖泊沉积：沉积格架与相。

专题 6 构造作用与沉积作用——“生长地层”（growth strata）。

专题 7 碳酸盐和蒸发岩之间的沉积与成岩作用过渡。

专题 8 震积岩（seismites）、地震浊积岩（seismo - turbidites）及海啸岩（tsunamiites）的沉积特征。

专题 9 高分辨率沉积结构模拟：露头研究、地下图像、基于过程模拟和随机模拟的综合分析。

专题 10 盆地演化过程的古水流和成岩作用。

专题 11 含煤沉积层序的控制因素。

专题 12 环地中海的碳酸盐岩台地。

专题 13 微生物体与地球历史的沉积记录。

专题 14 洪水与特大洪水（MEGAFLOOD）沉积：现代与古代实例。

专题 15 沉积学与考古学。

专题 16 沉积学历史。

4 个短训班的题目分别是：

(1) 了解碳酸盐岩台地，显生宙案例的动力学，层序地层学含义；

(2) 沉积盆地的构造作用；

(3) 生态学：沉积学与地层学中的应用；

(4) 定量沉积学（数据收集、处理、分类程序、沉积学模拟和光谱分析）。

此外，大会还安排世界知名沉积学家作了有关沉积学进展的重要报告共 16 个，分别是：

(1) Gary Nichols 主讲 短暂的陆相沉积体系。

(2) Bilal U. Haq 主讲 天然气水合物 (Hydrate) ——主要地层和构造变化对大陆边缘的作用。

(3) Noel P. James 主讲 古生代礁原型的演化——来自加拿大北部和北极的看法。

(4) Chris Paola 主讲 何处是滨海？新的海平面与岸线间关系的经验结论与理论结果。

(5) David Rickard 主讲 重游同沉积硫化物砂矿。

(6) Antonioc. Lasaga 主讲 风化作用、流体流动与全球作用。

(7) Peter F. Friend 主讲 沉积物搬运体系和沉积速率的制图。

(8) John Suppe 主讲 生长地层。

(9) H. G. Machel 主讲 由于细菌和热化学硫酸盐还原交代硫酸盐的碳酸盐岩的岩石学和地球化学特征。

(10) Tsunemasa shiki 主讲 震积岩、地震浊积岩和海啸岩的沉积特征。

(11) John S. Bridge 主讲 河流储层的三维模拟模型的发展。

(12) John Parnell 主讲 沉积盆地中流体流动事件的时间测定。

(13) J. P. Masse 主讲 可容空间变化在碳酸盐台地生物作用与沉积作用中的影响。

(14) Judith A. Mackenzie 主讲 从太古代到现代白云岩中微体化石的识别。

(15) Arni Snorrason 主讲 冰岛 1996 年 11 月 Skeioararsandur 的火山融冰洪流事件的起因。

(16) Emiliano Mutti 主讲 构造活动盆地中具丘状交错层理的、洪水成因的三角洲前缘砂岩叶状体。

关于野外地质方面，参加野外地质是直接了解国外同行对各种沉积相类型的判别及各种沉积特征的解释，掌握国际上沉积学观点、概念及其实际运用的最好途径。从其组织的野外路线内容，也可见一斑。

会前地质路线有七条：

A1 上 Hecho 组浊积岩和它向三角洲体系的垂向演化（中 Pyrenees 山南部，始新世）。

A2 远洋海槽及海隆 (Swells) 的中生代沉积作用，Betiu 山链的中部和次级 Betic 区域 (Jaen, Cordoba, Murcia 和 Alicante 省)。

A3 Houelva 海岸西部的中潮港湾沉积 (SW Iberian Peninsula)。

A4 西班牙东南 Lorca 盆地与富有机质沉积物有关的沉积和成岩作用以及从海相向大陆限定的环境中的蒸发岩。

A5 Sorbas 盆地的 Messinian 礁和叠层石 (西班牙东南 Almeria)。

A6 Duero 第三系盆地，在 Alpine 旋回期构造演化的沉积记录和层序地层学。与内陆河流体系的海洋捕获 (Marine Capture) 有关的沉积作用与侵蚀作用。

A7 西班牙东南部海岸背景下晚上新世和第四纪海平面变化的记录。

会后地质路线有六条：

B1 西班牙北部 Basque - Cantabrian 地区阿普特 - 阿尔布大陆架到盆地沉积的相分析和层序地层学。

B2 沉积作用与构造学：西班牙东北部 South Pyrenean 前陆盆地的陆相至深水层序，选自古新统的研究实例。

B3 Sorbas 盆地向海与向陆跳跃的隆硅岛与高频海平面变化：与渐新统例子的对比。

B4 Agua Amarga 盆地的风暴碳酸盐岩（西班牙东南中新统，Almeria）。

B6 西班牙 Levante 白垩系碳酸盐岩台地，沉积演化与层序地层学。

B7 与基准面变化有关的冲积地层结构（Betic 山链 Guadix 盆地）。

从上述情况可以看出，沉积学内容丰富，分支繁多，涉及边缘学科也多。本届会议对陆相湖盆沉积体系和碳酸盐岩的沉积层序分析与应用以及高分辨率层序地层学等方面十分重视。

二、短暂的陆相沉积体系

本研究属于主题 B（Non-marine environments）会场，是本次会议中最大的会场，又划分出五个二级主题即：

B1 冲积扇。

B2 河流沉积学。

B3 湖泊环境。

B4 风成沉积。

B5 古土壤与古喀斯特。

在这类陆相沉积体系部分，涉及湖相、河流相等陆相沉积及油气生储层研究的论文中，共宣读论文 63 篇，张贴报告 45 篇。

Nichols 在“短暂的陆相沉积体系”一文中，指出陆相沉积环境中，气候对搬运和沉积作用有较大影响。在干旱地区，几百或几十年可以分隔筛状暴雨，而季风气候区显示出暴雨的季节性标志。水流供给的这种变化导致陆上水系及河流卸载的大幅度改变。在这种多变的卸载条件下沉积物特征可能明显不同于连续水流体系下的堆积。

短暂流沉积在有关冲积扇不封闭水流的文献中常有描述，干盐湖中伴随有蒸发矿物的细粒沉积物也在干旱陆相环境中有记载。另一方面，根据河道的形式（辫状河、曲流河等）、河流体系加以考虑。可是，在现代和古代河流体系中，不管是常流河还是短暂河，一开始就建立显得十分重要。短暂河中沉积物富集可能比常流河高出几倍，某些情况下导致块状砂体沉积而不是河道中的坝状。底床出现短暂河时，可能有泥质拖拉，产生类似于潮汐环境中看到的构造。漫岸洪水在卸载多变时常见，因此洪泛平原中不封闭水流的沉积很有意义。短暂流体系的洪泛平原中砂的沉积要比河道内多。

在沙漠地区，风力搬运和沉积作用同样重要，河道中水流的周期性和幅度决定了风成砂的水流改造强度。相对频繁的大水流可以完全改造风成沙丘沉积。但是，如果风力作用占主体，仅有小型不频繁卸载的河道可能被风成砂吞没。风力侵蚀也可以对短暂流沉积的砂体进行改造和再分布。

现代干旱环境的实例主要在澳大利亚、埃及和南非，第三系沉积的实例在西班牙北部，这些都具有大陆环境的短暂沉积特征。

三、湖平面升降与事件沉积

比利时地质学家 Ceramicola 研究的东非裂谷南 Rukwa 湖面升降与火山事件, 提出了一些从高分辨率反射地震和钻井资料得出的新观点。

Rukwa 裂谷位于东非裂谷西部分支的 1000km 长的大陆转换带中部的半地堑盆地 (McConnell, 1972)。因此, 它占据了 Tanganyika 和 Malawi 裂谷间的中间地带。

1993 年, 为了调查盆地充填情况, 在南 Rukwa 湖进行了高分辨率地震测量, 并选择有利部位钻 2 口取心井用于古气候研究。地震设备的精度要求具有 1m 左右的分辨率。

单道高分辨率地震资料的解释证实了南部盆地的典型半地堑几何形态, 一条沿北东方向的 Lupa 断层明显控制全盆地发育。半地堑内的反射持续倾向 Lupa 断层, 并在湖底向西南削截, 显示盆地发育受控于差异垂向运动, 这种垂向运动由 Lupa 边界断层的沉降和在弯曲侧的隆起引起。主要的盆地断层带具有明显的 NW-SE 走向, 沿岸延续到 Mbeya 山脉断层系, 与 Marley 在深地震剖面上观察到的主断层匹配很好 (Morley 等, 1992)。

地震剖面上观察, 走向上缺乏河流、三角洲或浊流沉积过程的地震地层特征, 说明整套地层为安静、低能的半深水沉积。利用 Mitchum 等 (1997) 的地震地层原理可对整套层序进行划分, 有 6 个主要地震单元 (A-F), 相应有许多削截不整合。地震单元内上超的存在与否及单元边界高幅反射的存在与否使我们能够确定沉积物主要与湖面升降的湖侵事件相关, 还是与邻近的 Rungwe 地区火山喷发等短而强烈的沉积事件有关 (Ebinger, 1989)。

在地震资料解释基础上, 1996 年 CNRS-CEREGE (FR) 取得的两段长岩心及由 1960 年 Livingstone & Richardson 收集的岩心 23.1m, 经 Haberyan (1987) 和 Talbot & Livingstone (1980) 研究, 证实为一段相当均一的橄榄绿至黑绿灰色泥岩, 顶部被几层高度压实的裂缝层分隔, 底部被几层不同的火山灰层分隔。

对新岩心中观察的裂缝层和火山灰层进行了几项分析(磁敏感性、孢粉、AMS * 测时、有机质), 这些分析引发了有关支持一种假说的新的争论, 这个假说 (Ceramicola 等, 1997) 就是: 重要的湖平面下降 (湖面降低/水干事件) 和火山事件在均一沉积物中会留下重要标记。

四、裂谷盆地的高频旋回分析

有些学者 (Gimenez-Montsant & Salas, 1998) 提出, 在高沉降体系中, 高频旋回分析十分重要。在西班牙中生界 Maestrat 盆地, 沉积沉降分析相结合, 研究 9.5Ma 时间间隔层序, 利用了 Fisher 交会图、Fourier 波谱和计算机绘制的升降曲线。

综合 Fisher 交会图和 Fourier 波谱可标出三组时间: ①4.2~4.7Ma; ②1.2~1.8Ma; ③0.2~0.5Ma, 其中①②相当于二级或三级层序 (Haq 等, 1987), ③相当于四级或更低级层序。

计算机绘制的曲线精度可达 0.2~0.4Ma。

五、河流体系背景上的古土壤

研究河流结构与土壤分布密切相关, 受构造、气候等因素控制。

西班牙中部一项研究表明,砂质辫状河流体系中发育有古土壤。漫滩沉积主要是块状红色泥岩占据多个古土壤剖面。天然堤决口扇也在侧向上与古土壤有关。与断裂系统有关的剖面显示出沉降速率控制河流结构和古土壤的发育。

古土壤的形态和显微结构表明成因上是成壤的 (pedogenic)。钙质可能是土壤内的主要沉淀矿物。土壤发育阶段的差异反映了沉降的差异。被长期分隔的翘倾块时间短,发育不成熟土壤剖面,在长期稳定区发育较成熟的古土壤。结果,从西班牙 Iberian 山脉地区下侏罗统的古土壤反映出一个典型的成壤剖面,古土壤特征与相邻的河道相关,并反映不同的沉降速率。

六、构造对沉积的控制作用

阿根廷的一项研究表明,半地堑盆地中,陆相地层和火山岩的发育显示侧向相变和厚度变化很大,并受构造环境强烈控制。

冲积扇很发育,其大小依赖于气候、物源及构造活动等因素。与构造直接有关的沉积物主要是重力驱动的扇体系(碎屑流和泥石流为主),然后是河流—湖相沉积。湖平面升降受构造和气候变化影响,控制沉积模式。湖面上升,形成向上变细层序。细小的湖面波动被认为是受气候影响。

盆地轴向形态差异控制不同相带的位置和发育。这种差异分隔导致可容空间的变化,因而沿主断层附近轴向方向形成从河流到湖相的沉积体系最厚,向湖盆中心逐渐减薄。

七、利用地震图像及层序地层学进行储层早期预测

尼日尔三角洲油田含有许多下倾方向的储层,为了确定其分布,利用地震/层序地层学概念进行三维地震和有限井资料基础上的储层预测。

在井资料上识别最大洪泛面,然后贴到地震振幅上,揭示三角洲前缘的系统沉积变化。

使用新的处理技术,来获取高质量三维地震资料。三维地震资料地下图像与其他井资料综合,可以解释走向和叶状的振幅异常,识别水进期和水退期形成的储集体。

八、扇三角洲复合体解剖

对意大利 Soldano 山扇三角洲复合体进行了解剖:①主断层发育;②扇体发育;③相分布;④叠置模式。

冲积扇具有砾质扇根,依次砂质、泥质,扇体终结于湖相泥岩。共识别出十一种沉积相。识别出五种岩性体,四种砾质,一种砂质。

相与岩性体结合,共划分出三种沉积单元,单元间相互渐变。不同单元具有不同的沉积特征和叠置方式。

九、湖相蒸发环境的早期成岩作用

西班牙 Ebro 盆地的研究指出,成岩相与湖相环境的发育相关,并具有古地理意义。

成岩碳酸盐岩主要是一些灰岩或白云岩，一般 1m 厚，有时达 5m，侧向可延续几千米。

宏观上讲，碳酸盐岩具有一些规则或不规则的洞穴、裂缝、结核及夹有透镜状硬石膏和盐岩等特征。微观上讲，有些白云石化特征。成岩碳酸盐岩的早期成岩作用常发生于暴露区，与原先的盐湖环境有关。

对其古地理的恢复表明，具独特成岩特征的相形成于湖区，指示湖相体系内平缓的南北向湖底山脊，并可恢复出干盐湖系统。

描述出同期成岩喀斯特相的成岩沉积物可记录湖平面变化，这是因为干、湿变化旋回代表了气候变化在沉积物上的记录。因此，成岩特征描述可成为识别盆地范围环境变化的一种有用的线索。

十、结 束 语

正如索比奖章 (Sorby Medal of IAS) 获得者美国的 G.M.Friedman 教授指出，沉积学是地质学中的核心学科。事实上，可以说沉积学是现代地质学出生的接生婆。19 世纪早期，人们集中探索和组织地质记录中的沉积地层，其它学科均受到沉积学的影响，如海洋学、物理学、化学、生物学、大气学、水力学、空间科学和土壤学。

尽管争论了 150 年，但沉积学作为一门科学迅速发展是在 1950 年以后，并导致从纯科学转变为应用科学与纯科学兼而有之。石油勘探中的应用更使沉积学大大地向前发展了一步。美国的石油公司已认识到沉积学是油气勘探成功的关键。早在 1947 年的项目研究报告就指出，沉积学研究是石油地质学中最紧迫的研究。而沉积学将来最主要的突破可能在地震技术应用于地下地层的科学研究方面。

层序地层学在国外已进入实用阶段，在本届大会上未单独分组，但涉及其应用的论文很多，其做法有些值得我们借鉴，如高分辨率露头与地震相结合的沉积层序研究方法。

综合野外露头研究、地下成图和随机模拟 进行高分辨率沉积格架建模

贾爱林

该专题是该次大会比较引人注目的小组之一，听会人数及宣读人数也较多，会议共进行了两天，有 17 篇论文在大会上宣读和讨论。会议主席为荷兰 Delft 大学的 Donselaar 和 Ornvist 担任。参加该分组的人员大部分来自各大学及地质研究所，比较熟悉的有 Delft 大学的地质学家 Donselaar，美国 New York 大学的 Bridge 教授等。Bridge 教授的“河流储层三维模型建立的发展”是整个大会特邀 17 个专题发言之一。

一、什么是高分辨率层序地层学

层序地层学概念的提出是 80 年代的事，其代表首推 Cross 和 Wangenor，他们认为，层序就是一组成因上有联系的，以不整合面或与之可对比的界线分隔的地层。可以说层序学的突出和发展给传统地质学注入了很大的生机。进入 90 年代，随着对层序地层认识的不断加深和工业矿产尤其是石油生产要求的提高，提出了高分辨率层序地层学，简单理解，高分辨率层序地层学就是在更精细的刻度上进行层序地层的划分和解释。那么，什么样的刻度算作更精细的刻度呢？相对于层序地层学早期对大的地层单元进行划分，目前主要针对开发阶段地层划分与对比进行的层序地层学研究基本上属于高分辨率层序地层这一范畴，究竟其定量的刻度为多少，目前还没有统一的概念。

二、研究方法

在该届大会上，大部分与会专家都认为在露头上开展高分辨率层序地层学是切实可行的，因为露头实体的特殊性，可以说在出露良好的剖面上进行任何一级界面的标定都是可靠的，如 Dalrymple 和 Good 在美国南犹他州峡谷充填体系露头剖面进行的层序地层划分。Willis 等对怀俄明中部潮控三角洲露头进行的层序地层划分。

Zuhlke 等对意大利北部三叠纪地层进行的层序地层划分以及笔者所领导的研究小组对河北滦平扇三角洲的层序地层划分都是比较成功的例子。但所有的专家又都认为在地下直接利用钻井资料进行高分辨率层序地层的划分是困难的，正如 Bridge 在他的报告中所讲的一样，高分辨率层序地层学研究只有走综合发展的路子，充分利用一切可以利用的资料。最后大家一致认为走野外露头、钻井岩心详细描述、测井、地震相结合的路子可能是走上真正“高分辨”的途径。

三、目前的发展状况

高分辨率层序地层学的发展可以说方兴未艾，最具有代表性的应该是美国的 EXXON 公司的 EEC 和英国的 BP 石油公司，可惜该届大会没有他们在这方面的报告。对于欧美地质学家来讲，其研究深度较深的是对碳酸盐岩台地和海相三角洲沉积，对类似于我国主要储集类型沉积体系的研究较少。由于沉积类型的特殊性，从层序地层学理论引入的那一天起，我国地质家都试图用这一理论解释和划分陆相碎屑岩储层，比较成功的有吴因业博士对吐哈盆地进行的地层划分、石油大学的师生们对中原进行的地层划分。但真正向高分辨率定量化发展可以首推被列入“九五”国家重点课题子课题的对滦平扇三角洲野外露头开展的高分辨率层序地层研究，该研究小组不仅在剖面上进行了逐级划分，而且根据其特征、展布及规模指出了哪一级别的划分在地下是可行的，具有较好的操作性。

吐鲁番盆地侏罗系湖相辫状三角洲 与煤成油藏的形成

吴因业 薛叔浩

吐鲁番盆地位于新疆东部，东西长 600km，南北宽 50~130km，面积 47610km²。盆地地貌以丘陵、冲沟和风蚀残山为主，具有东高西低、北高南低的自然景观，北为博格达山，南为觉罗塔格山（图 1）。

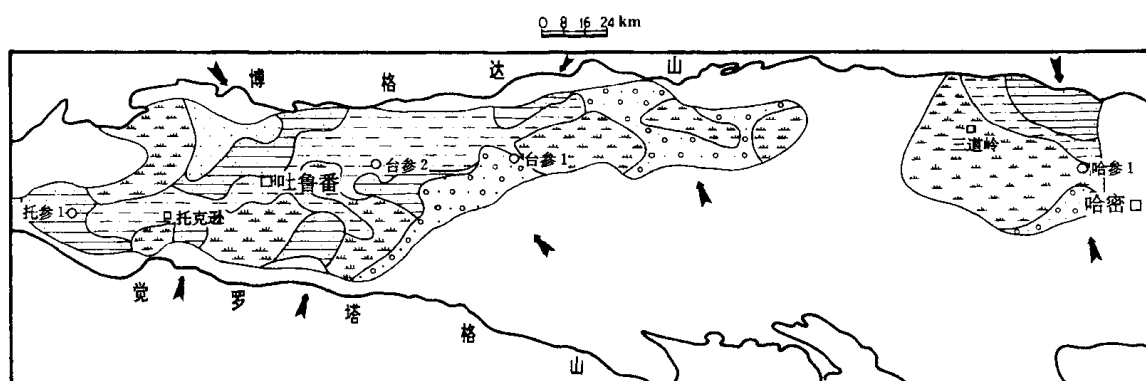


图 1 吐鲁番盆地构造位置示意图

油气勘探始于 1954 年（王秋明），断断续续历经 30 多年，直到 1989 年才有了重大的商业性油气发现。目前已建成多个大油气田。

吐鲁番盆地的油气发现离不开新技术、新方法的应用，现代地震勘探技术、层序地层学方法、现代沉积学理论及煤系油气生成理论等促使吐鲁番盆地油气的勘探步伐不断加快，油气分布规律及认识进一步提高。

本文着重论述层序地层学方法应用于陆相盆地中，对湖相辫状三角洲的一些认识及其与油气成藏的关系。

陆相盆地应用层序地层学方法主要有以下几个要点（吴因业，1997；DS, Hamilton, N. Z. Tadros, 1994）：

- ①露头层序、岩心层序、地震层序的综合分析（纪友亮等，1996；顾家裕；1996）
- ②计算机工作站解释技术的应用；
- ③二级构造层序盆地范围的划分、对比与生储盖组合；
- ④四级层序的详细分析与沉积学研究；
- ⑤储层的描述、预测与成藏分析。

吐鲁番盆地侏罗系沉积厚度约 3000m，是一套煤系地层，由湖沼和河流相沉积组成。据岩性组合和古生物资料，可分为上、中、下三个统。下侏罗统分为八道湾组（J_{1b}）和三工河组（J_{1s}）；中统分为西山窑组（J_{2x}）、三间房组（J_{2s}）、七克台组（J_{2q}）；上侏罗统分为齐古组（J_{3q}）和喀拉扎组（J_{3k}）。其中中侏罗统 J_{2x} 和 J_{2s} 发育有大量的湖相辫状三角洲沉积。