

SHOU

JIE

# 石油勘探新进展 国际研讨会论文集

主 编:史训知 张一伟

副主编:金之钧 朱筱敏

地 质 出 版 社

|     |         |
|-----|---------|
| 登录号 | 091520  |
| 分类号 | TE1-532 |
| 种次号 | 002     |

# 石油勘探新进展国际研讨会 论文集

主 编 史训知 张一伟  
副主编 徐学勤 朱筱敏



地质出版社

· 北 京 ·

(京)新登字 085 号

图书在版编目(CIP)数据

石油勘探新进展国际研讨会论文集/史训知,张一伟主编.-北京:地质出版社,1995.11  
ISBN 7-116-01919-7

I. 石… II. ①史… ②张… III. 油气勘探-进展-国际会议-文集 IV. TE1-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 10280 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 31 号)

责任编辑:韩效亭 金福林

\*

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/4 印张:15.875 字数:389 千字

1995 年 11 月北京第一版·1995 年 11 月北京第一次印刷

印数:1—550 册 定价:23.80 元

ISBN 7-116-01919-7

P·1488

# 前 言

90年代是我国石油工业发展的关键时期,随着改革开放的不断深入,国民经济的飞速发展对油气能源的要求越来越多。而油气作为一种不可再生的资源随着开采年限的增长将越来越少,其勘探开发的难度也越来越大。在我国东部老油区油田综合含水高达80%以上,在海滩及浅海勘探,其成本是陆地的几倍。在我国西部,塔里木盆地油藏埋深大多在4000m以下。在这样的自然条件下,要保证我国能源满足国民经济不断增长的需求,只有靠发展科技,培养高水平的科技人才。

为了实现石油天然气总公司的战略方针——将总公司发展成为一个大型的跨国公司,在世界油气工业中占有一席之地,我们同样需要培养适应国际石油勘探形势迫切需要的综合性人才。经济学家预言:最终决定一个国家和地区经济与社会发展速度的不是物质资本和物质资源,而是人力资源,尤其是人的文化、技术素质。通过举办国际学术研讨会,进行跨国家、跨部委、跨院校的广泛学术交流,是提高科研人员的学术水平、技术素质,培养高水平科技人才的有效途径。因此在中国石油高等教育40年暨石油大学建校40周年之际,我们于1993年10月组织召开了首届石油勘探新进展国际学术研讨会。大会执委会共收到论文近100篇,近80人报名参加了会议。代表们除来自中国石油天然气总公司的直属院校、科研机构及油田以外,还有来自国家教委直属院校,地矿部院校及科研单位,中国海洋石油总公司、煤炭部的院校等单位,留英中国留学生及俄罗斯同行应邀参加了大会。在5天的会议期间有近60人分别在大会及分会上做了学术报告。大会执委会特邀请了我石油地质界有名望的教授专家组成了优秀论文评审小组,对40岁以下作者的论文进行了评审,最后评选出了20篇优秀论文。专家们一致认为,这些论文内容新颖、思路开阔,选题大都接触学科前沿,富有创新性。有一些论文作者是博士研究工作或是博士后研究工作的精辟总结,有些论文是作者多年留学的成果(李向阳、金之钧、刘洛夫、张周良)。还有一些论文则是作者在长期的生产实践中开拓总结出来的既有理论意义又有实际应用价值的文章。专家们一致认为大多数文章都达到国内一级刊物水平,有一定的学术价值。为了活跃学术气氛,加强学术交流,大会执行委员会决定出版这些论文。

大会期间我们聘请了国内外许多有名望的石油地质学家来大会做学术报告。部分专家的报告我们已经编入该论文集当中。部分专家的报告由于已在其它刊物上发表过而没有收集到本论文集中,如“中国石油地质勘探和理论面临的挑战”(胡见义),“滇黔桂二叠纪岩相古地理”(冯增昭),“塔里木盆地古生界原油地球化学特征”(黄弟藩),“从石油地质学进展论当今石油勘探”(张厚福),“电法测井的新进展”(尚作源),“岩石物理相研究方法初探”(熊琦华),“吐哈盆地煤成油研究新进展”(程克明)等。

与会代表一致认为,年龄大于40岁作者的部分论文亦是很优秀的。经过论文选集编委会认真审查,部分论文收集在内。所以呈现给大家的论文集就是由上述三部分作者和论文构成的。

从研究方向上看,所选出的论文大致可分为四大部分:(1)古生物地层学、沉积学,

(2) 构造地质学, (3) 有机地球化学, (4) 储层地质及资源评价。

### 1. 古生物地层学、沉积学

地层沉积部分我们一共选出了 11 篇论文, 内容涉及到地层、沉积诸方面, 既有传统的地层、沉积方面的研究, 又有当前研究的前缘学科(层序地层学、重力流和生态地层学)。

徐怀大、赵澄林和冯增昭分别就“层序地层学的重要意义与发展前景”、“沉积学和古地理学的进展”以及“我国沉积学及古地理学的历史、现状和发展趋势”撰写了综述。徐怀大分析了层序地层学产生的背景、发展的现状、所存在的问题, 并且指出了今后应该注意的研究方向。赵澄林对沉积学和古地理学在国内外的最新进展作了分析, 认为这些进展主要表现在牵引流沉积和重力流沉积、板块构造和沉积作用、正常沉积和事件沉积等 8 个方面。他认为沉积学和古地理学的发展正处在方兴未艾的阶段, 但由定性向定量发展仍需积极推进。冯增昭对中国的沉积学和古地理学的历史作了回顾, 划分出了解放前、解放初期和 70 年代以后的 3 个阶段。他还对中国的沉积学发展现状作了十分乐观的评价, 提出了“具有中国特色的沉积学”的概念, 指出了中国沉积学今后的 9 个发展趋势或应加强的方面。

孙镇城在“关于中国第三纪的海侵”的文章中, 对第三纪的海侵事件提出了质疑, 他分析了海侵的许多证据, 如生物化石、地球化学、矿物等, 认为这些证据中有许多实际上是有解性的, 因为在西部的许多现代盐湖中也发现了有孔虫、甲藻古生物和很高的硼含量。在一些现代湖泊中也正在形成海绿石。

鲍志东等对滇、黔、桂地区早、中三叠世的重力流石灰岩作了研究, 并根据其结构、构造和成因的不同对这些重力流石灰岩作了分类。费安玮讨论了生态地层学在惠民凹陷沙一段生物滩相沉积环境中的应用。谢庆宾等探讨了济阳拗陷新第三系馆陶组沉积体系及其控制因素。蔡希源等研究了松辽盆地北部扶、杨油层的沉积特征与油气聚集的关系。朱筱敏等用层序地层学的观点研究了东濮凹陷东南部老第三系。张周良探讨了地层层序中准层序的叠加方式与厚度变化的关系, 在准层序厚度的变化规律及其成因, 三级和四级层序的分布规律等方面提出了新的见解。这些新的认识对提高地面露头 and 钻井资料进行层序地层学分析有着重要的意义。

### 2. 构造地质学

文集中收录的 6 篇石油构造地质研究论文各有特色。陆克政的“扭动构造与油气聚集”一文系统总结了扭动构造的各种特征标志, 并讨论了扭动构造与油气聚集的密切关系。漆家福等的“渤海湾盆地新生代构造样式”, 杨桥等的“黄骅盆地南区新生代沉降历史分析”以及刘国臣等的“黄骅盆地乌马营构造的成因分析”等 3 篇论文可以说是渤海湾新生代裂陷盆地中不同尺度的构造解析。漆家福通过大量油气勘探资料分析将渤海湾盆地新生代构造解释为伸展构造和走滑构造两个相对独立而又有关联的构造系统及其相对应的构造样式, 这是对该区新生代构造变形的一种全新的认识; 杨桥则用回剥技术分析了渤海湾盆地内一个典型伸展凹陷(沧东凹陷)的构造沉降历史, 揭示了伸展构造的运动学特点; 刘国臣以盆地区中的一个局部构造为例, 剖析了走滑构造变形的种种表现。朱兴珊的“川东隔档式褶皱冲断构造的形成与煤成气的运移和储集”一文, 用后展式断层褶皱模式解释了川东隔档式褶皱的形成过程, 并讨论了构造演化对煤成气运移、储集的控制作用。

童亨茂等的“台北坳陷古构造应力场数值模拟裂缝宏观预测”一文,在研究吐鲁番盆地构造背景的基础上,用数值模拟方法预测了台北坳陷构造裂缝的宏观分布规律。

### 3. 有机地球化学

有机地球化学学科共有4篇论文,涉及了地面地球化学勘探、碳酸盐岩生油岩干酪根研究、煤和陆源有机质生油岩的有机岩石学和煤中金属卟啉研究等领域,提出了新的见解和观点,为油气勘探提供新的资料、方法和理论。如刚之哲等的“碳酸盐岩生油岩干酪根”一文,将光学与化学方法相结合,提出了干酪根类型的划分标准。王飞宇等所著的论文,通过对我国煤和陆源有机质生油岩对比分析,从有机岩石学角度认识和分析了该类生油岩的特色、生油组分组成和演化并提出煤和陆源有机质生油岩有机岩石学评价方法。刘洛夫在“煤中金属卟啉研究”一文中,利用诱导偶合等离子质谱先进技术在煤中证实了镍卟啉的存在,并找到了锌、钴卟啉存在的证据,为金属卟啉的研究及在沉积环境、有机质成熟度等方面的应用开拓了新的路子。张金功等则探讨了油气藏上方地温异常原理及地表非常规勘探方法。

### 4. 储层地质及资源评价

储层地质方面我们选出了7篇文章,信荃麟、刘泽容等对近年来碎屑岩储层非均质性研究进行了综述。作者指出了建立客观的三维定量非均质模型,是储层研究和油藏描述的关键。张一伟、熊琦华等的文章是对“大港枣园油田枣南储层及油藏精细描述”科研攻关项目的总结。文中指出了以地质为主体多学科一体化研究的技术路线和两个储层地质学中的创新理论及六大油藏描述配套技术。张万选、张厚福等的文章详细论述了地震岩性模式识别的基本原理、应用及效果分析。熊琦华、张一伟等“冷东-雷家地区砾岩油藏描述”是对“辽河油田冷东-雷家地区沙一、二段和沙三段油藏描述”科研成果的回顾和总结。该文对于认识砾岩稠油油藏的特征和规律提高勘探效益有着重要的现实意义。徐怀民、信荃麟的文章较好地论述了如何最大限度地利用地震信息预测沉积相带分布和储层的横向变化。

油气资源评价中我们选出了两篇文章。方朝亮、张一伟等的文章论述了辽河凹陷冷东-雷家复杂陡坡带油气聚集主要受沉积相带及构造(背斜断层)的双重控制。金之钧在研究了西西伯利亚含油气盆地大多油气藏的基础上,建立了一个新的油气藏规模概率分布数学模型并指出了在油气资源定量评价中的应用价值。俄罗斯学者带着自己最新研究成果来同中国同行进行交流。Г. П. 姆斯妮高娃的“沉积盆地形成机理及含油气性分析”报告,应用物理学当中的波动分析与地质分析相结合的方法来定量描述沉积盆地生成演化,给与会者留下了深刻的印象。А. Н. 德米特立耶夫斯基及 А. Э. 康托罗维奇分别做了当前俄罗斯及西伯利亚地区石油工业现状的报告。特别指出了由于社会机制的转变给俄罗斯石油工业带来的困难,并表达了同中国同行合作的迫切愿望。由于种种原因这些都没有收入本论文集当中。В. Д. 纳里夫金应用统计外推的方法讨论了产油高峰的预测方法,并预测了中国的产油高峰可能在2005年出现,最大年产量为1.8亿t。В. И. 施比伊曼及 Л. Г. 苏达特等的文章结合在西西伯利亚地区多年工作的经验,详细系统地讨论了圈闭评价的方法及原理。他们从成因的角度出发建立了圈闭的地质数学模型,有自己的独到之处。С. Г. 涅鲁切夫、Е. А. 罗格辛纳的文章详细地讨论了油气生成过程中的平衡模型,并进一步讨论了温度压力对油气生成量的影响。

从国际研讨会的召开到这个论文集的出版自始至终得到了中国石油天然气总公司及石油大学领导的大力支持，得到了石油大学、北京勘探研究院、中国地质大学等单位教授专家们的大力支持。在论文集的编辑过程中，漆家福、刘洛夫、张周良、刘震、康永尚、付全全做了大量的具体工作。编委会向上面提到的各位领导、专家及同仁表示衷心的感谢。

编委会

1994年6月8日

# 目 录

## 生物地层学、沉积学

|                                                    |                  |
|----------------------------------------------------|------------------|
| 沉积学和古地理学的进展和展望 .....                               | 赵澄林 (1)          |
| 我国沉积学及古地理学的历史、现状和发展趋势 .....                        | 冯增昭 (9)          |
| 层序地层学的重要意义与发展前景 .....                              | 徐怀大 (16)         |
| 关于中国第三纪的海侵 .....                                   | 孙镇城 (24)         |
| 滇黔桂地区中下三叠统的重力流石灰岩 .....                            | 鲍志东、冯增昭 (31)     |
| 地层层序中准层序的叠加方式与厚度变化——鄂尔多斯盆地西北部石炭系的<br>层序地层学特征 ..... | 张周良 (36)         |
| 东濮凹陷老第三系层序地层学研究 .....                              | 朱筱敏、信荃麟 (44)     |
| 生态地层学在惠民凹陷沙一段生物滩相沉积环境研究中的应用 .....                  | 费安玮 (55)         |
| 济阳坳陷新第三系馆陶组下段沉积体系及其控制因素 .....                      | 谢庆宾、管宇锐、戴启德 (65) |
| 陆相断陷湖盆重力流控制的扇三角洲及其油气储层意义 .....                     | 吴胜和、龚姚进、柏森林 (74) |
| 松辽盆地北部扶、杨油层沉积特征与油气聚集关系研究 .....                     | 蔡希源、徐宏、王伟 (80)   |

## 构造地质学

|                                         |                          |
|-----------------------------------------|--------------------------|
| 扭动构造与油气聚集 .....                         | 陆克政 (89)                 |
| 渤海湾盆地新生代构造样式 .....                      | 漆家福、张一伟、陆克政、杨桥 (97)      |
| 黄骅盆地沧东—南皮凹陷带新生代沉降特征分析 .....             | 杨桥、漆家福、陆克政 (106)         |
| 黄骅盆地南区乌马营构造的样式及成因解释 .....               | 刘国臣、陆克政、漆家福、杨桥、李京昌 (115) |
| 川东隔档式褶皱冲断构造的形成与煤成气的运移和聚集 .....          | 朱兴珊 (121)                |
| 吐哈盆地台北坳陷区古构造应力场的数值模拟及其裂缝发育程度的初步预测 ..... | 童亨茂、钱祥麟 (129)            |

## 有机地球化学

|                              |                       |
|------------------------------|-----------------------|
| 碳酸盐生油岩干酪根类型及类型分析的相关性研究 ..... | 刚文哲、郝石生、张有成、林玉祥 (135) |
| 煤中金属卟啉研究 .....               | 刘洛夫 (144)             |
| 煤和陆源有机质生油岩、有机岩石学认识和评价 .....  | 王飞宇、何萍、傅家谟、刘德汉 (151)  |
| 油气藏上方地温异常原理与地表非常规油气勘探 .....  | 张金功、姜洪训 (159)         |



## 储层地质与资源评价

- 碎屑岩油气储层非均质性研究 (综述) ..... 信荃麟、刘泽容、林承焰 (167)
- 复杂陆相油藏精细描述——以大港枣园油田枣南为例 .....  
 ..... 张一伟、熊琦华、王志章、方朝亮 (174)
- 地震岩性模式识别法在储层预测中的应用 ..... 张万选、刘 震、殷积峰、代建春 (184)
- 冷东—雷家地区砾岩油藏描述 ..... 熊琦华、张一伟、黄述旺、彭仕密、吴胜和 (189)
- 储层地震微相预测方法及应用效果分析 ..... 徐怀民、信荃麟、焦翠华、张向涛 (197)
- 冷东—雷家复杂陡坡带油气聚集条件及其分布模式 .....  
 ..... 方朝亮、张一伟、张枝煊、谭时勇、崔磷典 (206)
- 油气藏规模概率分布规律研究 (以西西伯利亚含油气盆地为例) .....  
 ..... 金之钧、B.И. 施比伊曼 (214)

## 国外论文

- 含油气性局部预测方法 ..... В.И. 施比伊曼、Г.И. 布拉符尼克、Л.Г. 苏达特 (226)
- 油气资源预测方法 ..... В.Д. 纳里夫根 (234)
- 石油天然气生成过程模拟的新概念和沉积盆地含油气性预测 .....  
 ..... С.Г. 涅鲁切夫 (Неручев)、Е.А. 罗果金娜 (Рогозина) (239)

# 生物地层学、沉积学

## 沉积学和古地理学的进展和展望

赵 澄 林

### 摘 要

沉积学和古地理学是地质学中的一个重要分支,近20年来发展十分迅速。本文仅从牵引流和沉积物重力流沉积、正常沉积作用和事件沉积作用、储层沉积学和沉积体系、化学和生物化学沉积作用、成岩作用和储层地球化学、相模式和岩相古地理等7个方面综述了它们的进展。此外还有不少属于全球沉积地质问题,诸如缺氧事件、盆地分析、层控矿床、第三代岩相古地理图和古气候、古冰川、古沙漠等研究领域都有不同程度的进展。进一步总结我国中—新生代陆相含油气盆地沉积学、古地理学及其与油气生成和聚集的关系仍是具有重大现实意义的课题。

**关键词:** 沉积学、古地理学、沉积体系、成岩作用、储层沉积学、储层地球化学。

### 一、引 言

沉积学和古地理学是地质学中的一个重要分支,近20年来发展十分快,国内虽然稍迟后一些,但从70年代中后期也有了很大发展(叶连俊,1988、1992)。1982年,《沉积学报》创刊,标志我国沉积学发展进入了一个新的历史时期。综合国内外情况,其进展主要表现在以下几方面。

### 二、牵引流沉积和沉积物重力流沉积

经典的沉积学基础是沉积分异作用(普斯托瓦洛夫,1940),水盆(海盆或湖盆)中由于水动力(波动、潮汐、海流等)变化,而导致机械物质在盆地中由浅水至深水(粒度、成分、密度、形状)呈现规律变化。这一规律至今仍不失其重要性。50至60年代初经过直观考查和室内水槽试验,形成和发展了浊流(或密度流、比重流、浑浊流)的理论(Bouma, 1962、1988)。直至建立沉积物重力流(泥石流、颗粒流、液化流和浊流)的理

论 (Middleton, 1976; Friedman, 1978; Walker, 1978; Lowe, 1982)。并依据水动力学定律, 将机械碎屑物质的搬运和沉积作用划分为符合牛顿流体定律的牵引流体和不符合牛顿流体定律的沉积物重力流流体 (Allen, 1982; Harms, 1982; 雅各布斯, 1984)。同时还存在介于两者之间的过渡类型水流机制, 如浅水重力流 (ISA, 1990)、风暴流 (Einsele, 1982; 何镜宇等, 1987) 以及人们尚不完全了解的一些沉积作用机制。沉积动力学的研究从地质剖面到现代各种环境的沉积考察及室内模拟实验 (Reading, 1986; Stefan, 1981), 都促使沉积动力学从实践到理论有了一个极大的飞跃。

### 三、板块构造和沉积作用

沉积作用的周期性或旋回性、韵律性, 长期统治人们的思维方法 (普斯托瓦洛夫, 1940)。解释的原理是地壳振荡运动控制水体深浅变化, 从而导致垂向上的粒度变化, 粒度由粗变细为水进旋回, 反之由细变粗为水退旋回。应用传统的大地构造学说, 从地壳升降运动控制沉积作用的观点出发, 将沉积岩层划分为不同序次的构造—沉积旋回。

直到今天, 这种思维方法仍然深深扎根于人们的头脑中。60年代初至70年代深海考察和钻探 (ODP) 以及地震、地磁和地热研究, 打开了人们的眼界, 板块构造学说的兴起大大冲击了地质学的各个学科, 而沉积学首当其冲。对地壳发展和演变认识的结果, 使人们逐步承认了这一原理, 板块构造与沉积作用结下了不解之缘 (许靖华, 1985)。即海洋板块与大陆板块的相对水平运动, 而导致洋面的扩张和收缩、大陆的淹没和增生, 而岩相组合则是古气候和板块运动的一种综合表现 (刘宝珊, 1992)。

目前, 讨论构造对沉积作用的控制仍然是一个引人注目的课题, 包括波动大陆边缘的沉积作用、沟槽沉积作用及加积层序 (许靖华, 1985; 赵澄林等, 1992), 斜坡滑动和滑塌作用 (赵澄林等, 1988), 构造阶地及盆地演化, 碰撞作用和前陆盆地, 断陷裂谷及张性盆地沉积作用 (赵澄林等, 1991), 边缘洋盆和小型洋盆的沉积作用等。深入研究我国东部中—新生代断陷和裂谷湖盆的演化及其对沉积与成烃的控制仍是一个既有理论又有实际意义的课题 (胡见义, 1991; 裴亦楠, 1992)。

### 四、正常沉积作用和事件沉积作用

如果说应用均变说和传统的沉积学理论所阐明的沉积作用, 可加上“正常的”或“旋回性”的词汇, 那么应用浊流理论和沉积物重力流理论所阐明的沉积作用, 则须加上“不正常的”、或“事件性”的形容词。两者概括起来就可称之为沉积学中的正常沉积作用和事件沉积作用 (Einsele, Seilacher, 1982)。在这一认识论的基础上, 又导致70年代末80年代初沉积学发展进入新阶段, 即事件沉积学、层序地层学、天文地层学等分支科学的出现。事件沉积作用可以起因于潮汐、海流、重力、洪水、风暴、火山爆发、天体事件等多种因素, 其发生是突然的, 过程是瞬间的, 作用是巨大的, 沉积可能是巨厚的, 与正常沉积作用及其产物相比, 有明显的等时性。事件沉积作用也可以叫做幕式沉积作用。目前, 正常沉积作用研究处于充实和完善阶段, 而事件沉积作用研究处于深入发展阶段。

## 五、储层沉积学和沉积体系

储层沉积学是从应用角度,从沉积学中派生出来的一个分支,第十三届国际沉积学大会, (ISA, 1990) 正式应用并引入文献,表明沉积学(含古地理学)与油气勘探和开发的关系十分密切,阐明生、储、盖层的形成和分布规律无不须藉助于沉积理论的指导 (Zhao, et al., 1991)。

近年来,储层沉积学的研究和地质模型的建立已成为国外许多石油公司解释残余油和提高采收率的重点攻关项目。目前我国东部相当多的油田已进入高含水阶段,通过建立地质模型(又包括沉积模型、成岩模型、地球化学模型和构造模型),再运用水力学和渗流力学原理和分析技术建立流动模型,才能有效地解释较小范围(或层系)储层非均质性(刘孟慧等, 1990)。

海洋砂质滨岸相沉积模式已有多年研究历史,墨西哥湾加尔沃斯岛障壁岛—泻湖体系作为典型储层沉积模式早已载入史册,在世界范围内指导油气勘探开发中发挥了重要作用 (Friedman, 1978; Reinech, 1970, 1980; 赵澄林等, 1982, 1987)。其对我国塔里木盆地及其它地区石炭系砂质储层建模有重要参考价值。

我们经过多年研究,归纳和总结出我国中—新生代陆相断陷含油气盆地的 15 种沉积体系 (赵澄林等, 1991, 1992): 陆上环境: 冲积扇—辫状河—洪水重力流沉积体系, 曲流河—洪水漫溢—冲积平原沉积体系, 沿岸沼泽化平原—分河道沉积体系, 风成沉积—干盐湖沉积体系。过渡环境: 网状河—三角洲沉积体系, 冲积扇—扇三角洲沉积体系。水下环境: 滨岸浅水堡坝沉积体系, 洪水重力流—漫湖沉积体系, 风生流—风暴流—浅水重力流沉积体系, 半深湖—斜坡水道—湖底扇沉积体系, 深湖湖底扇—深切“扇叶”重力流水道沉积体系, 纵向—横向—拐弯重力流水道沉积体系, 湖底平原层状重力流沉积体系, 盐湖环境表层—层间重力流沉积体系, 火山喷发—沉积物重力流沉积体系。

中国油气储层研究大纲 (中国石油天然气总公司, 1989) 中注重采用古气候 (潮湿、过渡、干旱)、距海远近 (近海、内陆)、盆地类型 (坳陷、断陷) 等控制因素划分盆地类型和沉积体系。强调了古气候和构造活动对盆地形成与演化的控制作用。当前, 利用我国一些地区的良好露头条件, 对各种沉积体系进行三维研究仍然是一项重要研究课题。大量的露头研究, 有助于积累建模的地质知识库 (Geological Knowledge Base) (裘亦楠, 1992)。由于地下地质研究除依靠地震外, 主要是来自录井资料、岩心资料和测井资料, 由于资料的局限性及解释中的误差, 要克服建模中的随机性 (Stochastic), 就须要藉助于研究者大量地质知识的积累和野外露头的系统研究。对地质家来说, “野外地质不过时” (Blatt, et al., 1972, 1980), 这一提法是正确的, 至今仍有现实意义。故当前国内各石油公司也投资给高等院校开展与地下有一定可比性的精细露头研究, 有助于加速建模工作, 是“稳定东部”、“增储上产”的一项战略措施。随之, 完善和修正各类沉积体系, 编制符合地下实际情况的砂体展布图, 是一项没有止境的研究课题 (Galloway, 1983; Leslie, 1992; 吴崇筠, 1986)。

## 六、化学和生物化学沉积作用

50年代末60年代初,碳酸盐岩的研究有巨大进展,从岩石组构研究入手,深入对石灰岩形成机制的认识,确认石灰岩形成过程既有化学作用、生物化学作用,也有机械作用,其搬运和沉积作用也服从物理的沉积动力学原则。并由此提出了一系列石灰岩结构—成因分类方案,大大推动了碳酸盐岩石学、沉积模式和岩相古地理研究(Folk, 1959, 1962; Wilson, 1975等)。

现代碳酸盐沉积学理论正渗透到铁、铝、磷、锰、蒸发岩、硅质岩等整个内源沉积领域,并推动了其研究的进展。内源沉积的概念是对应陆源沉积提出来的。孟祥化(1993)提出了内源沉积动力场概念,其基础是化学分异场、生物作用场和物理作用场。从比较沉积学的观点,碳酸盐岩与其它内源沉积岩及有关矿产,无论在沉积组构和沉积构造等方面,还是在沉积作用机制以及沉积相模式方面,都有惊人的相似性和同一规律性,即内源沉积盆地形成和沉积作用过程都受到统一的自然场和环境的控制。

与内源沉积岩有关的另一发展方向,就是层控矿床的研究,近几年有突破性进展,并为广大矿床学家所接受。对于现代大洋中的洋中脊、海槽的观测发展了热水成矿学说,逐渐使人们认识到热水沉积成矿作用乃是矿化富集的一种极为重要的机制。近年来通过对密西西比型矿床、金、锰、汞、铀等矿床的研究促进了有机成矿和细菌成矿的研究,充实和丰富了层控矿床学理论(叶连俊, 1988; 刘宝珺, 1992)。上述观点,也可用于对我国中新世陆相含油气盆地成盐和成烃的解释,如东濮凹陷老第三系有巨厚的膏盐沉积和暗色有机岩共生,从组构、构造、同位素和微量元素分析结果表明,膏盐层的矿源与深层卤水上涌有关,从而建立了一种新的成烃和成盐模式,即“油盐”共生模式(金强等, 1985; 赵澄林等, 1991, 1992)。

## 七、成岩作用和储层地球化学

由于成岩作用的复杂性,初研究时,时常给人的印象是无独特规律可循。但也并非是杂乱无章的,为此人们做了大量的研究工作来探索其规律和特征。油气勘探和开发促进了成岩作用的研究。

当前,成岩作用研究集中反映在成岩标志、成岩矿物系列、成岩事件、成岩相、成岩模式,以及成岩作用阶段划分等多个方面(赵澄林等, 1992; 刘孟慧等, 1993)。

遗憾的是,直到目前也没有一个公认的,统一的成岩阶段划分方案。正如裴蒂庄(1975)所言,成岩作用阶段划分方案与研究者的数目一样多。常见的方案(赵澄林, 1993)诸如根据粘土矿物变化(Segonzac, 1970; Foscolos, 1976),根据煤岩学和镜质体反射率(瓦索耶维奇, 1963, 1968),根据地球化学环境(Fairbridge, 1967; Dapples, 1979),根据埋深,通常叫埋藏成岩作用(周自立、吕正谋等, 1985)。还有一些综合分类方案:如叶连俊(1973)的物理—化学分类方案,施密特和麦克唐纳(1979)的有机质演化分类方案,中国石油天然气总公司(1990)的综合自生矿物、粘土矿物、有机质成熟度、岩石结构和物性的分类方案等。目前石油系统正推广应用1990年的成岩阶段划分方

案,但也有待修改和完善。

埋藏成岩作用、沉积后作用、同生作用、准同生作用、成岩作用(狭义的)等词汇正被重新厘定,正确阐明它们的确切涵义和使用范围。

为了表述储层的非均质性及其物性变化规律,成岩模型已成为储层地质模型中的重要组成部分(刘孟慧等,1990)。为了推进建模工作,成岩作用研究中才不断引进很多物理化学热力学和有机地球化学的原理,从而又派生出储层地球化学(Reservoir Geochemistry)(梅博文,1992)和胶结矿物学等新的分支学科。

储层地球化学主要研究储层在成岩过程中所发生的各种化学变化(Surdam, 1989)。其中某些地球化学过程,例如有机酸和长石反应而生成粘土矿物的过程,既不是纯粹的有机地球化学过程,也不是纯粹的无机地球化学过程。弄清其化学反应机理,对于说明有利孔隙发育带的形成演化和分布至关重要,搞清这一变化过程尤其对我国中—新生代陆相碎屑岩储层评价有重要意义,因为由长石砂岩和长石岩屑砂岩组成的砂岩是我国陆相碎屑岩储层中最主要的岩石类型。长石、不稳定岩屑和碳酸盐物质的溶解作用是形成次生孔隙的主要机制,有机酸是重要溶剂,对其形成、分布与颗粒的化学反应仍在深入研究中(胡见义等,1991;刘孟慧等,1993)。

巴塞斯特(Bathurst, 1971)在其碳酸盐沉积物及其成岩作用一书中较全面系统地描述了碳酸盐岩通过溶解、交代、重结晶等成岩事件,而导致孔和缝等储集空间的形成。因此,在储层评价和预测中,碳酸盐岩成岩作用研究的重要性,不亚于碎屑岩的成岩作用研究。尽管解释白云岩的成因已有许多模式,但这一研究工作尚在深入中。笔者一直坚持认为中国北方中上元古界的大套白云岩主要是原生的(赵澄林等,1977, 1979)。

近代碳酸盐岩成岩作用研究表明,不应仅限于识别碳酸盐矿物形态和晶形及岩石组构特征,而应更广泛地利用碳、氧同位素,有机和无机包体组分等资料划分成岩作用阶段及其演化序列,进而判断有利孔隙发育带的分布规律(Scholle, 1983; ISA, 1990)。奥陶系碳酸盐岩一直是我国最有勘探潜力的含油气层系,而应用地质、测井和地震资料,阐明溶解带和白云化带的分布规律一直是重要的研究课题。近期笔者研究结果表明(1993),华北奥陶系大面积分布的白云岩、含膏云岩主要属同生期的产物,具有原生白云岩性质。由于海平面整体升降,进一步导致这类白云石遭受大气淡水淋滤溶解作用,从而形成同生期岩溶缝洞储集体系。这类储层其厚度虽薄,但分布广,岩性岩相稳定,为寻找大型油气田奠定了良好储层基础。

应结合我国南方和北方碳酸盐岩岩性、岩相及分布特征,以及古构造、古环境、古气候和古地理条件,建立适合我国实际情况的碳酸盐岩沉积相模式。笔者初步对陕甘宁盆地奥陶系碳酸盐岩的岩性、岩相的研究结果表明,碳酸盐岩沉积动力因素主要是风力和波浪,而不是潮汐,对碳酸盐岩的陆表海潮汐模式(Irwin, 1965, ...)和按古地理条件划分的碳酸盐岩相带模式(Wilson, 1975)都须重新认识和评价。

## 八、相模式和岩相古地理

相模式是沉积相(带)组合的高度概括。根据时空概念应分别建立动态相模式,即相在纵向上的组合关系,通称相层序,正确划分和解释向上变粗变厚和向上变细变薄两类层

序。同时,结合每个层序的实际情况,用新的沉积学原理加以解释还在深入发展中(Walker, 1984; Reading, 1986; 赵澄林等, 1991)。

继曲流河、三角洲、砂质海岸和浊流等典型相模式之后,冲积扇、扇三角洲、湖底扇、重力流水道等类相模式在日趋完善。正确划分和建立不同环境下形成的水道相模式和扇相模式仍是今后努力的方向(吴崇筠, 1986; 王德发, 1992; 张鹏飞, 1993; Walker, 1978; 赵澄林等, 1992)。

储层地质模型中的沉积模型是利储集体预测的骨架,经过大量资料综合的概念模式具有很大的科学性、理论性和实用性(刘孟慧等, 1990)。

大一中比例尺岩相古地理图的制作仍须作大量深入细致的工作,如资料收集整理、数据统计和处理、基础图件和表现形式、岩相古地理图和工业应用等方面。相标志、相模式和单剖面相分析仍是编制岩相古地理图的基础(赵澄林等, 1987)。开发储层评价须要编制大比例尺精细岩相古地理图,至少用测井曲线划分沉积单元时应克服穿时性,才有助于提高制图的精确性和实用性,对这一问题还在探索中(裘亦楠, 1992)。

沉积学和古地理学发展正处于方兴未艾阶段,由定性向定量发展仍须积极推进,计算机应用和数字模拟技术在沉积学研究中已见成效,但仍须结合实际应用做进一步开拓。

全球沉积地质问题,诸如缺氧事件、盆地分析、米兰科维奇旋回、第三代古地理图和古气候、古冰川、古沙漠等问题都尚待深入研究。

## 参 考 文 献

- 何镜宇、孟祥化(1987),沉积岩、沉积相模式及建造。地质出版社。
- 胡见义、黄第藩(1991),中国陆相石油地质理论基础。石油工业出版社。
- 姜在兴、赵澄林、刘孟慧(1990),东濮凹陷西部湖相风暴沉积初步研究。沉积学报,第1期。
- 金 强、黄履汉(1985),东濮凹陷早第三纪盐潮成因探讨——一种深水成因模式。华东石油学院学报, No.1。
- 李思田(1992),论沉积盆地分析领域的追踪与创新。沉积学报, V.10, No.3。
- 刘宝珺(1992),关于沉积学发展的思考。沉积学报, V.10, No.3。
- 刘孟慧、赵澄林主译(1990),第二届国际储层表征技术研讨会论文集。石油大学出版社。
- 刘孟慧、赵澄林(1993),碎屑岩储层成岩演化模式。石油大学出版社。
- 梅博文主译(1992),储层地球化学。西北大学出版社。
- 孟祥化等(1993),内源盆地沉积研究。石油工业出版社。
- 齐文同(1990),事件地层学概论。地质出版社。
- 裘亦楠(1992),中国陆相碎屑岩储层沉积学的进展。沉积学报, V.10, No.3。
- 王德发、邓宏文(1992),陆源碎屑沉积环境及沉积体系。中国地质大学(北京)。
- 吴崇筠(1986),湖盆砂体类型。沉积学报, V.4, No.4。
- 许增华(1985),大地构造及沉积作用。地质出版社。
- 雅各布斯, J.A., 拉塞尔, R.D. (1984), 物理学与地质学。海洋出版社。
- 叶连俊(1988),中国沉积学进展与展望。矿物岩石地球化学通讯, 第4期。
- 张鹏飞等(1993),含煤岩系沉积环境分析。煤炭工业出版社。
- 赵澄林(1993),沉积岩的形成及演化。见冯增昭主编《沉积岩石学》第二版,上册,石油工业出版社。
- 赵澄林、刘孟慧(1984),湖底扇相模式及其在油气预测中的应用。华东石油学院学报,第4期。
- 赵澄林、刘孟慧(1988),湖相沉积岩中同生变形构造及其地质意义。岩石学报, No.4。
- 赵澄林、刘孟慧(1991),渤海湾早第三纪陷盆地含油气岩系沉积学及沉积相的基本特征。石油学报, No.2。
- 赵澄林、刘孟慧、纪友亮(1992),东濮凹陷下第三系碎屑岩沉积体系与成岩作用。石油工业出版社。
- 赵澄林、吴崇筠(1987),油区岩相古地理。石油工业出版社。

- 赵澄林等(1977),太行山中北段高于庄组—雾迷山组的沉积特征及其相分析. 华东石油学院学报, No.3.
- 赵澄林等(1979),燕山西段震旦界地层岩石学特征及其沉积相, 华东石油学院学报, No.1.
- Allen, John, R. L. (1982), Sedimentary structures: their character and physical basis, V. I — II. Developments in Sedimentology 30A.
- Barwis, J. H., McPherson, J. G. (1990), Sandstone petroleum reservoir.
- Bathurst, R. G. C. (1971), Carbonate sediments and their diagenesis. Developments in Sedimentology(12).
- Blatt, H., Middleton, G. V. and Murray, R. (1972, 1980), Origin of sedimentary rocks. Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Bouma, A. H. (1962), Sedimentology of some flysch deposits, a graphic approach to facies interpretations, Elsevier Amsterdam. Casebooks in Earth Science, New York, Springer — Verlag.
- Bouma, A. H. (1988), Submarine fans: diagnostic criteria for exploration. JAPESC Course Notes, No. 8.
- Einsele, G., Seilacher, A. (1982), Cyclic and event stratigraphy. Berlin, Springer — Verlag.
- Erik Flugel(1982), Microfacies analysis of limestones. Berlin, Springer — Verlag.
- Feazel, C. T., Richarbd, B. A. (1990), Interpretation of discontinuous vitrinite reflectance profiles: discussion. AAPG, V. 74, No. 1.
- Folk, R. L. (1959), Practical petrographic classification of limestone. AAPG, 43.
- Friedman, G. M. (1978), Principles of sedimentology. John Wiley & Sons.
- Galloway, W. E., Hobday, D. K. (1983), Terrigenous clastic depositional systems. New York, Springer — Verlag.
- Harms, J. C., et al. (1982), Structures and sequences in clastic rocks. SEPM Short Course, 9.
- ISA(1988), International symposium on sedimentology related to mineral deposits (Abstracts). Beijing.
- IMA(1990), The 15th general meeting of the International Mineralogical Association(Abstracts). Beijing.
- ISA(1990), The 13th International Sedimentology Congress(Abstracts). Nottingham.
- Leslie, B. M. (1992), The petroleum system — status of research and methods. Washington.
- Liu, M. H., Zhao, C. L., et al. (1991), Reservoir characters of the undersalt tight gas — bearing formation at Wenliu Area, Dongpu Depression. (Reservoir Characters). New York, Academic Press, INC.
- Lowe, D. R. (1982), Sediment gravity flows II. Journal of Sedimentary Petrology, V. 52.
- McDonald, D. A., Surdam, R. C. (1984), Clastic diagenesis. AAPG Memoir. 37.
- Middleton, G. V. (1976), Subaqueous sediment transport and deposition by sediment gravity flows. Inmarine sediment transport and environmental management.
- Pettijohn, H. G., et al. (1987), Sand and sandstone. 2nd edition, Berlin, Springer — Verlag.
- Reading, H. G., et al. (1986), Sedimentary environments and facies. 2nd edition, Oxford, Blackwell Scientific Publication.
- Reinech, H. E., et al. (1980), Depositional sedimentary environments with reference to terrigenous clastic. 2nd edition, Berlin, Springer — Verlag.
- Selley, R. C. (1985), An introduction to sedimentology.
- Surdam, R. C. (1989), Organic — inorganic interactions and sandstone diagenesis. AAPG, V. 73, No. 1.
- Stefan Luthi(1981), New aspects of two — dimensional turbidity currents. Sedimentology, V. 28, No. 1.
- Scholle, P. A., et al. (1983), Carbonate depositional environments. Pub. by AAPG, V. 33, Tulsa.
- Scholle, P. A., et al. (1983), Sandstone depositional environments. Pub. by AAPG, V. 31, Tulsa.
- Schmidt, V., McDonald, D. A. (1979), Secondary reservoir porosity in the course of sandstone diagenesis. AAPG, Note Series(12).
- Walker, R. G. (1984), Facies models. Geoscience, Canada.
- Walker, R. G. (1978), Deep — water sandstone facies and ancient submarine fan models for exploration for stratigraphic. AAPG, V. 62, No. 6.
- Wilson, J. L. (1975), Carbonate facies in geological history. Berlin, springer — verlag.
- Zhao, C. L., Liu, M. H., Ji, Y. L. (1991), Sedimentology of low permeability clastic gas reservoirs: a case from the lower Tertiary, Dongpu Depression. Energy Sources. V. 13, P. 137—158.



## 作者简介

赵澄林，男，60岁，教授，博士生导师，享受国务院高等教育政府特殊津贴，长期从事沉积学和古地理学教学及科研工作。曾获国家级优秀教学成果奖和李四光地质科学奖等，发表学术论文40余篇，教材、专著、译著6部。目前主持国家和部级的碎屑岩、碳酸盐岩和特殊岩类储层研究项目多项。