

文章编号: 1000-0550(2003) 01-0001-07

# 中国沉积学若干领域的回顾与展望<sup>1</sup>

——庆祝《沉积学报》创刊二十周年

中国矿物岩石地球化学学会沉积学专业委员会  
中国地质学会沉积地质专业委员会

**摘 要** 主要选取沉积环境与沉积体系、碳酸盐岩、碎屑岩成岩作用、层序地层学、沉积盆地分析与模拟、中国海海底沉积作用、油气储层沉积学、矿床沉积学等若干领域,对我国沉积学作一简要回顾与展望,并借此庆祝《沉积学报》创刊二十周年。

**关键词** 沉积学 回顾与展望 中国

**中图分类号** P512.2 **文献标识码** A

## 1 前言

《沉积学报》创刊二十周年了,适逢叶连俊院士九十华诞,我们表示热烈祝贺。借此机会,对我国沉积学作一回顾,展望中国沉积学的发展。应该指出,当代沉积学的内容已十分广泛,因此“若干领域”只能作为代表而已,不足以代表全貌。

从国际上看,通常认为沉积学于 19 世纪末开始奠基,20 世纪 50 年代初出现现代沉积学或沉积学的复兴。现代沉积学将现代沉积、岩石和实验研究结合起来,强调沉积作用的研究,并以浊积岩沉积机理、碳酸盐岩的机械成因分类和沉积构造的水动力学解释等多方面的突破性进展为标志。

回顾我国的情况,20 世纪初近代地质学在中国开始发展,到 40 年代已经奠定了近代地质学的基础。这期间对沉积学的研究较为薄弱,只是作为岩石学的一部分,沉积矿床则作为矿床学的一部分;但把沉积岩、古生物和地层结合起来的古地理研究却有了开始。在这期间,对沉积矿床的研究曾经导致昆阳磷矿及淮南八公山煤田的发现,留下了光辉的记录。

从新中国建立后的 50 年代开始,沉积岩石学研究在我国广泛兴起,并朝着沉积学独立学科的方向发展。首先在中国科学院地质研究所成立沉积学研究室,随后在一些石油部门建立沉积岩分析实验室,在一些高等院校开设沉积岩石学和岩相古地理课程。50~60 年

代,我国对沉积岩的研究,侧重矿产资源及化石能源的相关问题,但在内容、方法和地区上均较之过去有了很大的发展,并取得了一批重要研究成果。20 世纪 70 年代,我国沉积学的研究进入一个新阶段,国际上 50 年代的沉积学复兴对我国的影响日益加大,国际学术交流从一个方面加速了我国沉积学的发展。沉积相和沉积环境研究的内容和方法发生了质的变化。随后的 80~90 年代,地震地层学特别是层序地层学在我国得到广泛应用,沉积盆地和沉积体系研究成为热点领域;此外沉积作用与板块构造的关系深受关注,沉积学研究成为造山带研究的重要内容。

可以说,从 20 世纪 70 年代后期起,我国沉积学研究进入黄金时代。正是在这样的大背景下,1979 年中国矿物岩石地球化学学会成立沉积学会(现沉积学专业委员会),接着中国地质学会成立沉积地质专业委员会。这两个学会组织当时均由叶连俊研究员任理事长(主任),业治铮研究员和吴崇筠教授任副理事长(副主任)。这期间国际合作交流空前加强,许多国际著名沉积学家来华访问和讲学。我国的一些沉积学家于 1980 年首批加入国际沉积学家协会(IAS),叶连俊、业治铮、孙枢、刘宝璋和李任伟先后在国际沉积学家协会、国际地质科学联合会全球沉积地质计划委员会任职,参与国际地质学科发展重大问题的决策。从 1982 年起,我国沉积学家参加了每四年一度的国际沉积学大会。

<sup>1</sup> 原文是 2002 年在孙枢院士的具体指导下根据有关领域专家的资料汇编完成的总结材料(未刊)。应编辑部要求在此刊出。提供资料的专家有(以章节编排为序):孙枢(1),陈景山(2),范嘉松(3),李忠、朱国华(4),李思田、林畅松(5),刘宝璋、王剑(6),秦蕴珊(7),裘悻楠、贾爱林(8),陈先沛、陈多福(9),李忠(10)。刊出前对原文作了部分删节并按《沉积学报》规范作了相关文字处理。

我国沉积学的大发展必然产生对学术交流的旺盛要求。1979年和2001年分别召开了全国沉积学大会,在这两次大会之间每年都有沉积学专题学术会议或有机地球化学会议。国际和国内沉积学家都有举办国际性学术会议的强烈愿望,1988年在北京召开了国际矿床沉积学学术讨论会。应当指出,20世纪80年代以来,多项同沉积学有关的国际地质对比计划(ICGP)在我国召开了学术研讨会。

同时一些相关的学术刊物也应运而生。20世纪80年代先后有《沉积学报》和《岩相古地理》的出版发行,90年代末期《地理学报》问世。

可以说,从20世纪70年代后期起,我国沉积学研究进入黄金时代。而在1983年创刊的《沉积学报》不仅在沉积学学术交流和促进我国沉积学发展方面起到了非常重要的作用,而且成为这一黄金时代的重要见证。通过半个多世纪的努力,我国沉积学已经初步建立了沉积学理论体系,已经建立了较为完善的教育和研究工作体系,有了一支较高水准的、老中青相结合的科学家队伍。在新世纪中,可以预见我国的沉积学研究必将在解决资源环境问题、认识地球的演化等方面做出更多贡献。

## 2 沉积环境与沉积体系研究

自20世纪70年代起,我国有关沉积环境与沉积体系的研究范畴几乎涉及从大陆到海洋、从浅水到深水的、当今已知的各种沉积环境,并且紧密结合矿产资源的勘探开发实践,开展了大量的、卓有成效的研究工作。

为了更好地运用“将今论古”的现实主义原理来指导古代沉积环境与沉积体系的解释,我国广泛开展了现代沉积环境调研工作,对冲积扇、沙漠、冰川、河流、湖泊、三角洲、海岸、珊瑚礁以及我国海域等现代沉积进行了深入研究,其中有许多研究成果填补了国内空白。

近30年来,对我国地史时期的沉积环境与沉积体系的研究方兴未艾,几乎包含了所有已知的环境:冲积扇、河流、三角洲、湖泊、滨岸、生物礁、陆架、台地、缓坡、以及重力流、等深流、深水牵引流、风暴沉积、潮汐沉积等等,使沉积环境与沉积体系理论得到了不断充实和完善。

我国开展沉积环境与沉积体系研究的一个突出特点是紧密结合石油、煤炭、蒸发岩、磷块岩以及铝、锰、铀等矿产资源的勘探实际。经过多年的努力,其研究成果不仅已成功应用于预测有利相带和指导勘探开发,而且极大地丰富了沉积学的理论与实践,尤其在

中、新生代含油气的湖泊沉积环境与沉积体系以及近海含煤沉积体系研究方面已位居国际先进行列。在广泛开展的古代沉积环境与沉积体系的判识和重塑研究中,除卓有成效地应用岩矿、古生物、沉积结构、沉积构造等环境标志外,越来越多地引入新技术、新方法和先进的仪器设备,主要有测井与地震技术,元素、同位素和有机地球化学方法,古生态和生物遗迹学方法,环境磁学,数学方法和计算机技术等,成功地拓展了研究深度和广度,丰富了沉积环境的识别标志与识别方法。

沉积环境和沉积体系分析与其它学科的结合已显示出强大的生命力,这方面的研究已初见成效并正在作进一步的探索,例如以层序地层学原理与方法为指导,建立盆地内沉积体系的等时配置格架;盆地内沉积环境和沉积体系的特征及演化与大地构造背景的关系;沉积模拟实验;地球化学参数的环境意义以及有机质类型、来源与沉积环境关系的有机相研究等。

在已有研究成果的基础上,本世纪有望在以下几种方法取得明显进展:<sup>1</sup> 物理、化学、生物等沉积环境参数从定性描述走向量化;<sup>④</sup> 沉积相模式向沉积环境模式迈进;<sup>(四)</sup> 碳酸盐沉积体系和混积体系的研究;<sup>1/4</sup> 借助数值模拟技术建立三维沉积体系模型;<sup>1/2</sup> 大地构造、灾变事件、全球变化等对沉积环境和沉积体系的影响;<sup>1/4</sup> 通过现代沉积的研究,新技术、新方法、新设备的应用以及学科间的相互渗透,不断修正、充实和完善有关的理论体系。

## 3 碳酸盐岩研究

我国碳酸盐岩广泛分布于华南、华北以及西部地区,它不仅分布面积广阔,而且厚度巨大,地质时间延续长,是沉积学一个重要的研究领域。自20世纪70年代以来,由于我国寻找油气资源的需要,对碳酸盐岩的研究给予了极大的关注,因此我国各时代的碳酸盐岩研究都获得了进步。其主要研究方向为:

(1) 碳酸盐岩沉积相和微相分析:自20世纪70年代以来,碳酸盐台地的概念和其相模式在我国得到了广泛的应用。通过古代碳酸盐沉积剖面的结构、构造和生物组合的综合研究来确定其沉积相带,并研究其沉积演化。在一个台地内可划分为潮坪相、局限台地相、开阔台地相、台地边缘礁滩相,其前缘则为台地斜坡相和盆地相。这一模式已广泛得到应用。此外,碳酸盐缓坡概念及碳酸盐岩微相分析也得到发展。

(2) 碳酸盐岩成岩作用和油气储层的研究:成岩作用是碳酸盐岩研究中十分活跃的一个分支领域,这一研究是紧密地联系着油气的生成、演化,因而与储层研究息息相关。

(3) 碳酸盐岩生油潜力研究: 通过地球化学方法确定其生油潜力和识别其油源岩, 这对于寻找碳酸盐岩的油气至关重要。

(4) 一些特殊碳酸盐沉积的研究: 如风暴岩、碳酸盐浊积岩。

(5) 碳酸盐岩层序地层学研究。

(6) 古代生物礁和新生代珊瑚礁的研究。

(7) 白云岩和白云石化成因的研究。

总的来说, 我国碳酸盐岩沉积学的研究, 在最近的卅年内, 已获得了长足的进步, 赶上了国际先进水平或缩短了与国际先进水平的差距, 特别是我国碳酸盐岩的发育得天独厚, 形成了自己的特色, 如华北震旦纪的藻叠层石石灰岩、华南巨厚的石炭-二叠系石灰岩, 从而引起了世界同行的兴趣。

20 世纪 50 年代, 碳酸盐岩由化学成因到生物碎屑或生物成因的转变, 这是一个划时代的革新, 从而使碳酸盐岩的研究走上了新的阶段。当前碳酸盐岩又面临着新的挑战, 即微生物(Microbials)成因。这些微生物包括菌、藻类等, 在形成碳酸盐沉积中发挥了巨大的作用, 这是当前国际上碳酸盐沉积的研究热点。

中国碳酸盐沉积有着十分丰富的研究内容。由于发展的不平衡, 有些时代的碳酸盐岩研究尚处于初级阶段, 有待于进一步深化。特别是我国这样辽阔的碳酸盐沉积, 尚未发现碳酸盐岩大油田。因此, 我们相信在 21 世纪, 在我国寻找能源的促进下, 碳酸盐岩沉积的研究将有更大的发展。

## 4 碎屑岩成岩作用研究

碎屑岩成岩作用的研究, 密切关系到资源的勘查, 特别是开发生产。我国沉积学家多年来结合实际地质情况在油气田、铀矿、微细型金矿等领域做了大量研究, 对成岩过程中地温、孔隙流体介质、地质时间和埋藏史等因素的控制作用有了深入的认识。

我国早期的碎屑岩成岩作用研究主要是为层控矿床成因解释及其勘查服务。20 世纪 80 年代, 我国追踪这一领域的国际进展, 主要从矿物-岩石学方面对油气田碎屑岩成岩作用的认识有了长足进展, 这期间对铀、铁、锰、磷以及微细型金矿等层控矿床的深入研究也不同程度促进了该领域的发展。

20 世纪 80 年代末~90 年代初期以来, 我国学者结合对东部新生代、西部中生代油气盆地碎屑岩储层的研究, 提出了碎屑岩储层成岩机理研究的新思路, 即将储层演化置于盆地的地质背景(成岩场)或盆地的动力演化系统中探讨两者之间的关联性, 包括盆地的地热场、压力场、流体作用和构造活动与储层成岩作用

和孔隙演化的内在关系, 建立不同地质背景下的储层成岩模式和预测模型。研究指出砂岩的成岩事件并不对应于某个成岩作用变量(如深度、温度等), 而是岩石、热流、流体和构造综合作用的产物, 较合理地解释了不同性质盆地之间或同一盆地不同构造演化史之间砂岩的成岩速率的显著差异的原因。对一定岩性的储层而言, 盆地热流成为控制砂岩成岩速率的关键; 在同一盆地热流条件下, 构造演化史则成了重要的控制因素。在研究与垂向上的地质作用有关的储层成岩机理时, 还探讨了受水平地质作用控制的储层成岩作用, 认为构造变形强度和变形方式的变化可导致储层成岩作用的显著差异。在我国西部的一些挤压盆地中构造变形强度对砂岩成岩压实的控制作用是明显的, 并且随着时空上构造挤压变形的多样性而变化; 除表现为构造挤压外, 构造推覆(尤其晚期构造推覆)对成岩速率也有影响, 主要表现在它可以减弱砂岩的热成熟度。显然, 从盆-山系统角度分析盆地动力演变过程与储层成岩作用关系, 进行动力储层成岩演化模拟是今后碎屑岩成岩作用研究的一个重要方向。

盆地流体活动的研究为碎屑岩成岩作用或成烃-成岩作用的深入研究提供了契机。这一思路旨在把成岩系统纳入盆地大系统, 在更高的层次上认识小尺度成岩特征与大尺度盆地演化和盆地流体特征的关系, 揭示成岩作用的时空规律。在这方面, 近年来在中国东部渤海湾和南海北部诸新生代油气盆地中取得了一些研究进展, 但在流体活动方式的初步模拟实验和成因机制推断方面, 尚无相应系统的成岩矿物学、流体包体学以及微量元素和同位素证据, 流体活动对碎屑岩成岩作用及其系统演化的控制尚未得到充分认识。

显然, 我国碎屑岩成岩作用在油气盆地储层评价以及层控矿床成因解释等应用方面取得了诸多进展; 然而, 应该看到, 与国际前沿相比我国碎屑岩成岩作用在基础研究领域的进展并不明显, 特别是在流体-岩石反应(水-岩作用)实验模拟、成岩(作用)事件年代学、微区-超微区液相和固相组分测定研究等方面亟需弥补和深入。此外, 现代碎屑岩成岩作用研究还与垃圾埋藏、地下水开发和保护等人类生存环境问题密切相关, 在这些领域我国沉积学家应该有所作为。

## 5 层序地层学研究

层序地层学是当前地球科学中一门新兴的、研究沉积盆地充填和进行资源预测的重要理论和方法体系。这一理论体系源于 70 年代末的地震地层学, 在其发展过程中不断汲取了 50 年代开始研究的相模式和 60 年代开始的沉积体系的研究成果。层序地层学有关

海平面变化的研究引起了国际地球科学界广泛的兴趣,建立等时地层格架进行沉积体系域研究等对沉积学、油气和煤地质学以及相关的地质领域的近代发展起到了重要的推动作用。

中国的地质学家和勘探工作者一直在实际工作中追踪这一学科的进展,并结合我国的地域特色有所发展和创新,在基础及应用研究方面取得了多方面进展,在石油勘查领域创造了重大的经济效益。

在我国大陆边缘盆地领域,以南海北部诸盆地为代表率先开展了系统的层序地层学研究,建立了我国上第三系精细的海平面变化曲线和高精度等时层序地层格架,并成功地用于储集体和成藏组合预测,如珠江口盆地在晚第三纪早期最大海泛页岩下的海相砂和低位扇便构成了盆地最优成藏组合。我国已发现的油气资源和优质动力和工艺用煤资源集中于陆相盆地,因此在陆相层序地层学进行了最为广泛的探索,并在隐蔽圈闭预测上取得了成效,如胜利和大庆在低位体系域和构造坡折带找寻浊积扇等储集砂体取得了广泛成效,成为保持老油田稳产的重要技术。在鄂尔多斯中生代聚煤盆地和中朝、扬子上石炭及二叠系研究中,按层序地层单元揭示了沉积体系和体系域的演化对优质煤层的形成和分布的控制作用。近十年来结合油气勘查层序地层学研究已深入到各种不同构造类型的盆地,包括西北的前陆类盆地。中国的沉积及能源工作者的工作不仅证实了在陆相盆地中用层序地层方法建立等时地层格架用以预测生、储、盖层分布的适用性,还在陆相地层层序构成模式和特有的控制因素方面做了重要发展。当然这方面的研究尚有待深入和完善。

近年来,与中国地层的综合研究结合,对中国中、晚元古代以来的海相地层露头层序地层学进行了系统性的探索。在地层学领域,生物地层工作者大力探索了应用层序地层方法优化年代地层单元划分问题,因为层序地层学的基础是识别和研究各种关键性物理界面,在划分地层中操作性强,便于区调部门和资源勘查部门的使用。在许多重要层段如石炭系和二叠系已建立了生物地层学与层序地层单元的较精细的对比关系。区调填图部门在填图单元界限上也较广泛地应用了层序地层学的方法,即注意物理界面,特别是古间断面。

层序地层学在能源勘查中的应用促进了沉积学与地球物理技术的密切结合,特别是高精度的反射地震以及测井约束反演等技术,在我国油气勘查部门正在快速地应用和普及。在定量和动态过程研究领域,在我国也开展了应用计算机技术进行层序形成过程模拟分析研究。

## 6 沉积盆地分析与模拟研究

沉积盆地分析研究与沉积学的发展密切相关,在我国经历了20世纪50~60年代的奠基阶段,70年代的总结提高阶段。80年代以后,随着层序地层学、全球变化事件沉积学等的引入,一系列高新技术的运用,使沉积盆地分析很快成为我国沉积学的热点课题,这一阶段是沉积盆地分析研究的大发展阶段。

90年代以后,我国沉积盆地分析进入了一个走向世界、与国际沉积学大融合的新时代。当前,中国沉积盆地分析研究的特色主要体现在以下几个方面。(1)沉积环境及其演化仍是沉积学研究的主旋律,特别是有关碳酸盐和陆源碎屑混合沉积体系、事件沉积学、旋回沉积学、生物礁研究等仍然是当前沉积盆地分析研究中的重要内容。(2)层序地层学是当前沉积盆地分析的核心内容之一,其发展已形成了生物层序地层学、高分辨率层序地层学、高频层序地层学、层序充填动力学以及应用层序地层学等一些新的发展方向。同时,层序地层学在全球对比、矿产资源评价以及油气勘探等方面的应用已显得越来越重要。(3)高新技术的应用使沉积盆地分析进入了一个以计算机模拟为重要内容的新时代。(4)冰川事件沉积学研究是当前沉积盆地分析研究中的一大热点。新元古代末冰雪地球事件,已成为地球科学研究的一大热门话题。

盆地时-空结构与地层模拟预测是当前沉积盆地分析研究的热点问题,露头层序地层与多维地震相结合使盆地地层预测成为可能。现在的模拟技术已从物理模拟发展到数值模拟,从一维模拟到三维动态可视模拟,从描述模型到分析模型,使盆地定量模拟与地层预测走向完善和适用性。近十年来,欧美沉积盆地分析学者在3-D模拟技术上真正实现了动态的、人机交互的、真彩的盆地“真实时空”格架演化再现技术。我国沉积盆地计算机模拟研究虽然起步较晚,但在近年来取得了不少进展。但在盆地模拟数据可视化系统研究、盆地3-D定量模拟及盆地动力学模拟等方面我们还有相当的差距。

近年来,我国沉积盆地分析基本上在三个不同侧面进行了开创性的工作。一方面,将沉积盆地演化与造山带形成相结合,进行以盆-山转换为特色的沉积盆地分析研究,正在建立具有中国特色的盆地分析理论体系。另一方面,通过沉积体系三维构形分析、结合计算机模拟方法来探讨沉积盆地的成因。第三方面,大地构造沉积学作为沉积盆地分析的一个重要方面,近十多年来在我国得到了发展。

正如美国沉积学家 R. Ginsburg (2001) 所说的那

样, 新世纪沉积盆地分析的一个首要任务是“认真清理、反思沉积地质学(包括沉积学和古生物学)范例和模式的可靠性”。因为, 这些范例与模式, 甚至是某些理论, 是指导并约束我们进行盆地分析与模拟的依据。沉积学及地质学大多数其它专业领域所遵循的基本原则是现实主义的“将今论古”模式或“均变论”模式, 从这些基本理论出发, 我们过去建立了许多作为沉积盆地分析的范例与模式。然而, 随着近年来沉积地质学的发展, 这些作为我们盆地分析研究的“范例”或“模式”已显示出明显的缺陷或不足。新世纪, 世界沉积地质学家对传统的理论已经提出了挑战。

就沉积盆地分析过程中的相模式而言, 值得重新修正的模式包括以下几个方面(R Ginsburg, 2001): 海相碳酸盐不再是独属于暖水环境; 叠层石也能于潮间带之下很好地发育形成; 粒序层理并不只是源于密度流沉积作用; 第四纪大陆架沉积模式不一定适合于古代陆缘海沉积模式; 珊瑚建造并不局限于温暖的近赤道浅海。

## 7 中国海海底沉积作用研究

我国对濒临中国大陆的四个海区(渤海、黄海、东海、南海)的海底沉积物的调查研究, 始于 1958 年的全国海洋普查, 历时四年。采取了网格式的布站, 从北至南系统地调查研究了海底沉积, 从而为我国海洋沉积学的发展奠定了基础。不但获取了大量的第一手海上资料, 也培养了一批从事海洋地质方面的科技人材。这次调查是我国海洋科学事业发展进程中的一个里程碑。但海洋普查的范围仅限于陆架浅水区。以后的漫长岁月里, 国内各有关单位根据国家需求, 一方面对陆架浅水区继续做了深入的调查研究, 另一方面又对南海深水盆地、冲绳海槽等深海、半深海海域做了大量工作。由于中国海海底沉积作用的复杂性和区位优势, 引起了许多国外科学家的关注。我国先后与美、日、韩、德、英、法、意大利等国家开展合作, 引进了一些先进的海上调查技术, 有力地促进了我国海洋沉积学的发展。

中国海沉积作用的研究取得了显著进展, 主要是:

<sup>1</sup> 随着海上定位技术和调查手段的不断改进, 在渤海、黄海、东海已编制了 1:50 万, 局部海域达 1:25 万的沉积类型分布图; 而在南海可达到 1:100 万至 1:50 万的精度。清晰地展现了沉积类型的分布格局。<sup>④</sup>从沉积学、矿物学和地球化学的角度详细地研究了沉积物的物质组成, 发现并确定了海底新矿物及其分布、扩散的模式。<sup>④</sup>物源的性质和状况对海底沉积物有重要影响, 因此对黄河、长江和珠江等河流的入海物质(含

三角洲)的组成、入海后的扩散、影响强度等有了深入的研究。<sup>1/4</sup> 海底沉积作用与早期成岩作用的形成与变异都是在特定的环境下发生发展的。沉积物反映的环境记录促进了古环境的研究。但是, 目前研究的时间尺度多半是在晚更新世以来(ODP 除外)。<sup>1/2</sup> 对浊流沉积、火山沉积、潮流沉积、风沙沉积、风暴沉积、三角州沉积以及珊瑚礁沉积等一些特殊类型的沉积物都做了程度不同的研究。<sup>3/4</sup> 最后一点是关于陆架沉积模式的研究。长期以来, 有关中国陆架沉积模式的研究一直是围绕着陆源碎屑沉积和残留沉积之间的相互关系展开的。但近年来不断出现一些新的学术观点, 例如强调水动力因素控制作用的沉积动力学模式; 根据上升流的海底区为细粒沉积的事实, 提出“冷涡沉积”以及“通道沉积”; 陆架沙漠化的模式等。

就海底沉积物海上调查的精度(定位和网格密度)以及物质成分的研究而言, 与发达国家相比, 我们并不逊色。但是, 在理论概括, 提出创新的理念方面是不够的, 同时在海上取样的深度也不大, 都有待加强。

根据社会发展的需求, 在继续深入研究陆架浅海沉积外, 势必要大力开展深海大洋沉积作用的研究, 特别是结合大洋矿产资源的勘探开发, 必将对海洋沉积作用的研究提出新的要求。

## 8 油气储层沉积学研究

储层沉积学作为应用沉积学的一个分支, 主要是在服务于石油勘探与开发中发展起来的。它是运用沉积学的理论, 对储存油气的沉积岩储层的产状、展布、丰度以及几何形态、岩石物性等各种属性做出描述、解释和预测, 为石油勘探开发各阶段的部署决策提供依据。相对于其它沉积矿床, 油气储层沉积学的形成和发展是比较年轻的。尽管石油工业中早在 20 世纪 60 年代已开始关注储层沉积问题, 1976 年美国石油工程师协会才第一次设立专门小组讨论储层沉积问题, 而国际沉积家协会正式提出储层沉积学(Reservoir Sedimentology)并于国际沉积大会上列为专题学术讨论会开始于 1990 年的第 11 届大会。

我国石油绝大多数赋存于陆相含油气盆地中, 储层沉积学也始终是围绕陆相沉积储层开展的。它萌芽于 60 年代大庆特大油田的发现。数百米层段中相变剧烈的数百层薄层砂、泥岩间互的湖盆碎屑岩储层, 启示我们必须搞清每个砂岩体储层的特性才能开发好这样的大油田, 宏观地大层段地分析储层已不能符合陆相储层的实际。1965 年开始开展“微观沉积学”研究(美国石油地质家协会于 1982 年正式提出微相(microfacies)将解决二、三次采油问题)。对这一命名和设想可

以想像当时争议较大,但得到了叶连俊先生的支持和亲自指导。70 年代储层沉积微相研究成果在大庆油田开发中得到成功的应用,推动了储层沉积学在全国油气田的迅速发展。渤海湾地区大量断陷湖盆中油气田的发现和开发更展示了陆相湖盆碎屑岩储层沉积的丰富多彩。经过 30 多年三代沉积工作者的努力,可以说,我国已形成了比较系统、成熟的陆相储层沉积学体系,在国际上也占有重要地位。不仅成功地解决了石油勘探开发大量的生产实际问题,也为沉积学理论宝库做出了一定的贡献。其理论特色可以大体归纳如下:

(1) 陆相含油气盆地均属于构造成因的湖盆,不同的构造风格和沉降方式导致的古地形古地貌,加上古气候等古地理环境,控制着沉积体系的展布。

(2) 湖盆沉积物以外源碎屑岩占绝对优势,湖泊内源沉积物极少,构造湖盆受主体构造带方向的控制,一般有长短轴之分,分别形成了风格不同的纵向、横向沉积体系。由于湖盆沉降的不均匀性,横向上又有陡坡、缓坡之分,导致了碎屑岩充填型式的斑斓多彩,特别是断陷湖盆的横向体系。

(3) 陆相湖盆层序地层的主控因素是构造活动、气候和碎屑物质供应。构造沉降是湖盆层序地层发育的最关键因素。对于断陷湖盆,边界断裂的活动是湖盆沉降的主控因素,不同的断裂活动方式,可以产生不同的层序模式。

(4) 多期幕式构造活动,加上长短周期性的气候变化,湖盆沉积物一般表现为多级次的旋回性,短期旋回常以高频形式出现,因此陆相湖盆常出现以多套和多种含油气生储盖组合。

(5) 陆相湖盆发育有五大类沉积体系:冲积扇、河流、三角洲、湖泊、沼泽体系。由于碎屑岩物源区与沉积中心生油区的短近距离,所有环境的碎屑岩体都有条件接受油源成为储层。依据“沉积作用—储层非均质性响应—油气开采动态”特征,可以把不同环境的储层砂体分为 13 种基本类型。湿地冲积扇砂砾岩体、干旱冲积扇砂砾岩体、短流程辫状河砂体、长流程辫状河砂体、高弯度曲流河砂体、低弯度曲流河砂体、限制型河道砂体、顺直型河道砂体、扇三角洲砂砾岩体、三角洲前缘砂体、水道式重力流砂体、透镜状重力流砂体以及湖湾滩坝砂体。

(6) 湖盆三角洲类型相对简单几乎全属河控三角洲,可以(冲积扇)扇三角洲和正常(河流)三角洲为两个端点类型进一步细分。两者构成了性质绝然不同的储层。河流、三角洲砂体仍然是湖盆中占有主要石油储量的储层,一个湖盆中主要的河流——三角洲体系也总是主力油田所在。然而在湖盆中河流砂体储层与三

角洲砂体储层同等发育和重要;辫状河砂体储层在河流砂体中更具重要地位;这些构成了陆相湖盆储层的一个重要特色。

(7) 近源短距离搬运和湖泊水体能量较小等基本环境因素,导致了陆相湖盆碎屑岩储层相对海相同类环境储层砂体规模小和连续性差,非均质性更为严重。表现为矿物、结构成熟度低,孔隙结构复杂;多样化的层内非均质性而以不利于水驱油的正韵律占优势;双重渗透率方向性,加剧了平面非均质性;多相带组合成一套储油层系,构成了严重的层间非均质性。

(8) 成岩作用是改造储层性质的一项重要作用。陆相碎屑岩因其原岩以分选不好、杂基含量较高的岩屑、长石砂岩占绝对优势,加上湖盆水介质地化条件多样化,其成岩演化及相应的孔隙度演化与海相石英砂岩相比有自身独特的多样化的模式,总体上可以分为三类:淡水—半咸水湖盆碎屑岩储层成岩模式,盐湖碱性水介质碎屑岩储层成岩模式,酸性水介质煤系储层碎屑岩储层成岩模式。

展望 21 世纪,为适应石油工业勘探风险的增大,挖掘现存油气采收率潜力深度的提高,要求储层沉积学向量化方向发展,要求与其它地学学科、与高新技术集成综合。应用地质统计学与计算机技术,采用地球物理信息,发展物理模拟与数值模拟,建立以百万节点计的量化储层地质模型,已成为当前储层沉积学的热点。我国储层沉积工作者正在针对陆相储层的特殊性,重返露头,建立精细定量的原形模型;引进和发展各种建模算法,与测井地震大量的信息结合,努力发展一套有自己特色的储层建模技术。

## 9 矿床沉积学研究

我国在 20 世纪已成为世界上的矿业大国之一。矿床沉积学伴随我国矿产资源的探寻和开发逐步发展壮大,成为发展较快的分枝学科。

50 年代首先在传统的沉积矿床(如锰、磷、铁、铝矿床)研究中,引入沉积学和地球化学的原理和方法,奠定了学科基础。1953 年,对锰矿成矿条件的研究发现了湖南湘潭原生碳酸锰矿床,解决了发展钢铁工业的急需。随后数十年间,对全国的沉积锰、磷、铁、铝、铜、铀、粘土、蒸发岩类矿床及盐湖等进行了广泛的研究,发表了大量论文及著作,形成了一些成矿模式与成矿理论。近 10 年来,在我国一些主要的沉积矿床和层控矿床中,普遍发现化石微生物的存在,生物成矿作用研究受到重视并取得进展。

对大量矿床的深入研究,发现我国许多固体矿产的形成和分布既有后生矿床的某些特点,同时又存在

鲜明的沉积标志: 诸如受层位限制、存在沉积结构、有序的时、空结构, 矿石与地层的同位素年龄相当, 微量元素与同位素示踪反映堆积环境信息等, 促使人们从我国地质实际来探寻缘由。我国矿床成因类型中, 热水沉积矿床与改造矿床相当发育, 从认识上丰富和发展了不是“内生”就是“外生”的复杂系统成矿理论。

我国矿床的另一个特点是矿种类上“稀有不稀”(稀土、钨、锡、锑、汞等矿产丰富); 出现独立的分散元素矿床(如铀、铀矿床); 沉积层中富集铂族元素; 存在富钽、锂、硼的盐湖沉积等。这个特点同样反映我国地球表层与壳下层圈的复杂相互作用。

超大型矿床是诸成矿要素高强度运行并达到最佳时空匹配条件下的产物。我国若干超大型矿床常常出现在区域性碳酸盐地层与细碎屑岩层的交替部位, 相当于海平面变化的最大海泛面发育时期的前后。这一时期正好是深部能量、物质易于释放, 而沉积环境较为稳定的时期, 有利于超大型矿床的形成。

1988 年在我国召开矿床沉积学国际学术讨论会, 近百位国外学者出席, 会后国际沉积学会出版了专题著作。在我国还举行过多次 ICGP 项目的专题学术会议(如磷矿、锰矿等)。

21 世纪我国矿床沉积学将在加强原始创新性和更深入与更高层次的综合研究方面发展, 非金属矿床和层控矿床应得到进一步重视。

## 10 结语

当代沉积学的内容十分广泛。除上述领域外, 我国

沉积学工作者近年来还在造山带沉积学或大地构造与沉积作用、古代深海沉积作用(特别是中国西部地区)、沼泽沉积作用研究等方面取得了长足进展(见本刊其他有关论文)。总之, 经过几十年各领域沉积学工作者的共同努力, 我国沉积学的发展在如下五个方面的转变过程中迈出了坚实的步伐, 即从直观的描述性的沉积岩石学转变为有完整理论指导的有科学逻辑推理的和可以进行科学实验的沉积学; 从孤立的局部的地区性表层的研究转变为以全球变化为背景、从深部壳幔作用对盆地发展演化的影响中进行沉积过程的研究; 从以固定论和均变论为指导的研究转变为活动论和灾变论为指导的研究; 从单一学科的研究转变为多学科的交叉、渗透的综合性研究; 从单一的为经济建设而进行的矿产资源的调查转变为为人类社会进步的全方位服务(包括水、矿产、能源资源、环境、生态、灾害等)。

然而, 我国国民经济的飞速发展对自然科学家提出了很高的要求, 水、能源等资源的保障、生态环境保护、地质灾害的防治等方面给地球科学提出了诸多亟待解决的科学问题, 其中许多与沉积学研究密切相关, 因此我国沉积学工作者任重道远, 也应该大有作为。

致谢: 由衷感谢所有为本文提供资料的专家。

参考文献(略)

## Review and Prospect for Some Research Fields of Sedimentology in China

The Committee of Sedimentology Branch, MPGSC  
The Committee of Sedimentary Geology Branch, GSC

**Abstract** Some sedimentary research fields in China, mainly including sedimentary environments and sedimentary systems, carbonate rocks, clastic diagenesis, sequence stratigraphy, sedimentary basin analysis and modeling, submarine sedimentation in the Chinese seas, oil-gas reservoir sedimentology and ore-deposit sedimentology, are briefly reviewed and prospected in the paper, which is dedicated to celebration of the twentieth anniversary of "Acta Sedimentologica Sinica".

**Key words** sedimentology, review and prospect, China