

沉积学进展

吴崇筠

(石油工业部石油勘探开发科学研究院)

一、国外沉积学的进展

近廿多年来,随着人类对油气资源和其它矿产需求的增加和对人类生活环境的保护,以及边缘学科与新技术的兴起,使沉积学的研究领域更为扩大和深入。它已从人类熟知的大陆扩展到两极和荒漠的研究;从陆地和大陆边缘海域扩展到深海的研究;从区域地质调查扩展到全球的研究;从寒武纪以后的地层扩展到前寒武系的研究;从地壳浅部扩展到地球深部地幔地核以至宇宙其它星球的研究等等,这些都标志着地质科学发展的新阶段。

沉积学是地质科学的基础学科之一。沉积岩是构成地壳的主要岩类,它的发育演化记载着地球的历史。同时,沉积岩中蕴藏着有用矿产资源的四分之三以上,在环境保护的斗争中,对沉积物的研究具有重要的作用。因此沉积学在近代发展很迅速,与生产的结合也越来越紧密,在油气和其它沉积矿产的勘探上,表现尤为突出。

1.由附属于地层学的岩石描述,发展成为研究成因和分布规律的具有高度理论性和实用性的科学

沉积学起源于对地层的描述,从宏观的肉眼描述到室内对岩石成分和结构的分析鉴定,进一步探索其成因—沉积环境和分布规律,进入沉积相分析和盆地分析阶段。体现了沉积学的发展由浅入深,由局部到全面综合分析的过程。

2.沉积相研究不断深入

沉积相是指特定沉积环境及其沉积物的综合反映,也是对沉积体特征和分布规律的概括,是沉积学研究的核心,所以从沉积学一开始,就对它很重视。随着沉积学的进展,沉积相的研究由粗到细,由最初的海陆大相分类进展到今天的亚相、微相和相带的划分。例如亚相划分已进展到对三角洲前缘带河口沙坝、水下分流河道和席状沙的研究,提出了各种沉积相模式。正像R.G.Walker(1978)所说的沉积相模式是对某种沉积环境所作的全面概括,它包括沉积岩石的特征和成因机制的解释,起到对比的标准、观察的指南、新区的预测和水动力学解释等四个作用。由于油气和其它沉积矿产的分布受沉积相带控制,同时沉积相又是研究地球发育演化历史的重要依据之一,所以沉积相的研

• 本文曾于1985年9月在大庆市召开的“全国第二届碎屑岩沉积相学术讨论会”作为大会开幕词宣读,本刊作了部分删节。

究具有很强的生命力。随着客观的要求,新技术的应用和本学科的进展及相邻科学的促进,沉积工作还在深入。许多在本世纪50年代、60年代已认为研究得比较成熟的沉积相模式,如三角洲、河流、浊积岩等,现在都有较大的补充和修改。例如过去把河流划分为辫状河,曲流河和顺直河三种相模式,现在增加一种网状河相模式(Anastomosed river)(D.G.Smith and N.D.Smith, 1980),近来A.D.Miall进一步提出12种河流模式。三角洲是研究得最早最好的沉积相模式,对世界大油气田的寻找起了很好的预测作用,但三角洲研究还在不断深入。近来关于扇三角洲的问题多有报导,按其最初定义是从邻近山地直接进入稳定水体中的冲积扇,多分布于断陷盆地陡坡边缘,但也有人称它为沿岸冲积扇。浊流沉积的研究,在五、六十年代已有很好基础,P.H.Kuenen(1950)认为浊流可以在深海堆积砂质沉积物,A.H.Bouma从大量复理石地层的观察总结出著名的包马层序,1964年出版了浊流论文专集。Kuenen和许靖华教授于50年代已运用浊流理论在美国文吐拉盆地和洛杉矶盆地第三纪地层找油。近二多年浊流沉积的研究又有很大进展,如沉积机理和鉴定标志的重新认识,不能用包马层序描述的粗碎屑浊积岩的大量出现,非扇体形态浊积岩的出现等等。近些年来,对欧洲潮坪沉积的研究也有新进展,提出双粘土层,束状体等新标志。

关于碳酸盐岩,过去认为是化学岩,自从R.L.Folk(1962)用碎屑沉积观点对碳酸盐岩进行分类以及认识到生物对碳酸盐沉积的重要作用以来,J.L.Wilson(1975)又提出了按地理分布划分碳酸盐岩的沉积相模式。近年来,在深海盆地中,还发现许多碳酸盐岩组分的浊流沉积。

在沉积作用方面,近年来对风暴流、等深线流、沉积物重力流等的认识也有所提高。

3. 重视多种相标志的综合分析, 强调相的共生组合关系

沉积相的判断方法,也有一个发展过程,最初是简单根据岩石成分、类型、结构以及化石,有一段时期,非常重视层理构造对沉积环境水动力条件的解释,近年来强调垂向剖面的层序,现在进一步注意三度空间的相互共生组合关系。在具体方法步骤上,强调以宏观的观察为主,室内分析为辅;对于地下地层,十分重视地震物探资料和多种测井资料的应用;强调生物化石对沉积环境判断的重要性,对于生物生态学,进行了长期的研究,这几年遗迹化石学的发展也很快;利用微量元素分析、同位素分析、古地磁、粘土矿物、特殊岩矿……等多种资料和采用多种新的测试手段,进行相标志的综合研究也已取得成效。

4. 重视现代沉积的研究

国外很重视现代沉积,将其作为观察和测试沉积作用和成岩作用的场所,也是研究各种因素对沉积岩体的沉积特征和分布的控制的天然场所。对不同类型的现代沉积场所进行详细的观察,长期的定期的测试,研究沉积规律,建立沉积模式,将今论古,以对比和预测古代沉积及其伴存的矿产资源,都有其重要意义。当然现代沉积有其时间短暂的特点,不能完全代表经过较长地质时期形成的古代沉积,而且还有剥蚀、间断等问题,因此还要同时研究现代沉积和古代沉积,互相验证补充。

5. 室内水槽模拟实验有了新的进展

国外许多大学的地质系都设有小型的简易水槽，模拟河流的搬运沉积及其沿途沉积物的粒度、圆球度和成分的变化，河口沉积物堆积如小型三角洲的三层结构……等等。60年代引进水利工程实验，模拟单向流进程中各种床沙形态和层理类型，得出弗罗德公式，找出水流流速、水深和沉积物粒度与各种层理的关系，对层理构造进行水动力解释，对研究沉积环境起了很好作用。70年代，加拿大G.V.Middleton教授等用水槽实验模拟沉积物重力流的支撑机制，分出碎屑流、液化流、颗粒流和浊流四种类型，对这几类沉积物的沉积特征、形成机理、分布规律进行水动力解释，加深了浊流沉积的研究。S.A.Schumm在70年代模拟过冲积扇的沉积，近年来还进行了模拟构造活动、降雨和岩性对地貌的控制，模拟河流沉积的种种影响因素等。

6. 重视盆地分析和岩相古地理图的编制

沉积学研究的对象从最初的对局部地区个别层位的研究，已逐步扩展到沉积体系和沉积盆地为单位的整体研究，并进而发展到大区的全国的、甚至全球的研究对比，以寻求同层的相变和不同层的垂向演变，这就涉及到对控制沉积的因素如古构造、古地理、古气候、古水流和物源等等因素的分析。对盆地进行分类，自从板块构造学说兴起以来，按盆地所在的板块位置进行分类，国外已很普遍，但对各类盆地的特征与矿产的关系尚待进一步研究。

岩相古地理图的编制，是盆地分析的基础，是了解资源分布的基础图件，受到世界各国的重视，如苏联在长期的大规模的区域地质调查基础上，集中很大人力、物力，有计划地先后编制了俄罗斯地台及其周围地槽区的岩相古地理图、西西伯利亚大区的岩相古地理图，最近又编制全苏各地质时代的岩相古地理图，为其油气（及其他资源）后备储量的准备，新老油田的及时接替和油气产量持续增长起了极为重要的作用。美国、加拿大以及其他国家，也都编制了各地质时代的岩相古地理图。

7. 成岩后生作用的研究日益加强

沉积物堆积埋藏之后，还要继续遭受一系列物理化学变化，使沉积物原来性质发生变化，尤其是储集空间将发生很大改变，破坏或改善原有的孔隙。另外，有些矿产是在成岩或后生阶段物质重新分配过程中才富集起来的。因此近来国外对成岩后生作用的研究日益加强。石油系统中主要用于研究油气储集空间，其他矿产部门则用于研究层控矿床的分布规律。

8. 储层非均质性的研究

油气水在地下运动的方向和速度是与岩石组构、层理类型和层面倾向、粒度结构、颗粒和胶结物成分、韵律特征和泥质夹层等等性质有关的。例如在具正韵律结构的河道砂层中注水开发，容易产生水向砂层底部集中，发生水串，致使洗油面积减小；反之在具反韵律的河口沙坝中注水开发，则不容易发生水串，而水洗油面积较大；位于河床中央的注水井，水容易沿下游方向突进水串；泥质夹层的厚度和分布面积，影响上下储层能否分隔的问题等等。因此储层的这些性质，对部署井位、选择井网、决定开发层系，采取注水或其它增产措施时都是必须优先考虑。储层的这些非均质性性质的研究，属于微观沉积学范围，近年来在世界各地已引起重视。在1983年伦敦召开的第11届国际石油学家大会上曾作过专题交流。

从苏、美等国家对沉积学研究的进展和成果来看,美国在开拓新领域方面,如宇宙地质、深部地质、深海调查、发展各种实验测试新技术和物探测井新技术方面是领先的。苏联对区域地质调查、多种资料的综合分析、总结和理论的上升、全苏岩相古地理图的编制等方面更为重视,并具有较强的计划性,反映在实用效果上更为突出,在查明矿产资源上起到很好作用。另外,值得注意的是,加拿大在沉积学方面发展很快,如沉积物重力流的室内试验、粗碎屑浊积岩、河流沉积等等方面在国际沉积学界处于很重要的地位,1982年国际沉积学会11届大会就在加拿大McMaster大学召开的。

此外,在环境保护方面,沉积学也做了大量的工作。

二、我国碎屑岩沉积学进展情况和今后工作的建议

1. 沉积相工作仍需加强

我国油气资源和盐类矿产与陆相湖泊沉积物密切有关,加强湖泊沉积相的研究工作,具有重要意义。沉积相是沉积学的核心,还要花功夫继续深入下去,除了借鉴国外新理论外,应结合我国地质特点建立自己的沉积相模式。例如我国中生代湖泊很发育,目前我国的油气田主要在湖相沉积中,与国外主要油气田在海相地层不同。除了油气以外,我国古代湖泊中的盐、铁、煤、油页岩等资源也很丰富。解放以来,我们无论对古代湖相、现代湖泊的调查都作了大量工作,国际沉积学界也希望我国在这方面多作贡献。所以我们要加强这方面的研究。当然,还有其它沉积相类型,也有我们自己的特点,仍需继续加强工作,总结我们的模式。这里先对古代沉积相的研究谈几点意见:

(1) 沉积相的研究工作,应从普查阶段就开始进行,以后随着勘探甚至开发阶段的进展,逐步扩大、加深加细、分阶段来作,而不应等到寻找隐蔽油藏时才进行沉积相工作。

(2) 从油气普查勘探来说,对一个沉积盆地的研究,不仅限于储层,一开始就要注意生油层。从沉积相的观点看它有无适合生油的沉积相带(例如湖泊的深湖相)、分布范围和厚度,这样就可估计生油潜力。然后继续研究与生油层相邻(上下左右)的有孔隙性的储集体,并考虑盖层、保存和圈闭条件寻找油气富集区。这里要注意储集体不仅是砂岩或某种岩体,据我国已有的勘探证明,砂岩、砾岩、碳酸盐岩、火成岩、变质岩和古潜山、不整合面都可以储油,自生自储、下生上储、上生下储的形式均有。

(3) 对砂岩体成因类型的判断,要和整个沉积盆地的沉积环境联系起来,即要了解砂岩体所处的古地理位置。例如在陆相盆地中,首先要了解它是水上还是水下沉积,水下的深度、坡度、岸的陡缓、河流位置等等。看剖面时,不仅要看砂层本身,还要看它顶底泥岩或其它围岩的性质。因此,不能孤立地根据砂岩的某些层理构造或层序作判断。因为不同沉积环境可能有相同的沉积作用而出现相同的层理构造、相同的岩石组合和垂向层序,后者还可能因侵蚀间断或错断而缺失不全。

(4) 对地下地层来说,物探和测井是两个重要的手段。地震地层学用于研究沉积相很有前途,但目前受到分辨率的限制,对深部的岩性、较小的岩体、交角小的不整合和微相的确定尚有一定困难,应结合其它物探方法继续研究。测井技术近年发展很快,凡

是钻井都要测井。

(5) 生物化石是判断沉积环境的重要依据之一, 生态学和遗迹化石方面的知识, 我们和国外相比差距较大。岩矿资料在沉积方面的应用, 还得继续深入, 目前一些新仪器的引进对研究水平有所提高, 但不要丢掉基础手段, 如薄片、粒度分析等。对粘土岩的研究一向薄弱, 实际上粘土岩性质反映沉积环境和生油丰度比较灵敏, 值得进一步作工作。

(6) 对一个新区或新项目开展时, 尽可能利用多种手段, 除上述提及的以外, 还可用地化、有机地化、同位素等多种标志综合判断, 比单一指标可靠。但是还要注意精选最有效的简便标志, 这样才可少花钱多办事, 容易推广。另外沉积相的判断, 野外露头或岩心的观察很重要, 室内分析鉴定可作为补充, 但不能取代宏观的工作。

2. 现代沉积调查和水槽试验的设想

古代沉积相模式要与现代沉积对比和水槽模拟试验相结合才能趋于完善。而后两者又是针对前者的需要而设立, 所以三者是互相配合的。现代沉积的调查要有长远的全面的规划, 首先要结合古代沉积相模式中的急需, 选择有代表性的现代沉积类型先进行研究, 开展多学科的综合考察, 定期观察和长期测验, 并与培训人员结合起来。水槽试验同样要结合研究古代沉积的需要来设置模拟试验项目, 除了模拟沉积机理、沉积构造和结构外, 还应模拟在不同影响因素(外部因素和沉积物本身因素)控制下, 对不同类型沉积岩体的分布规律和沉积特征的影响, 进而对盆地整体的沉积进行模拟, 并与现代沉积的研究相结合, 彼此启发和验证。建立水槽试验不是简单的事, 我们没有现成的经验, 不能盲目从事, 要先培训人员, 首先在国内学习, 然后到国外短期考察, 逐步建立和完善。

3. 全国岩相古地理图的编制和盆地分析工作急需开展

全国岩相古地理图的编制是各地区沉积相工作的归纳、总结和提, 是全国沉积盆地对比评价的基础。我们经过卅多年的工作, 资料已相当丰富, 已有条件编制全国各层系的岩相古地理图了。

解放后公开出版的与沉积有关的全国性图件有刘鸿允先生编的(1955年)“中国古地理图”; 中国科学院地质所编的(1959年)“中国大地构造纲要图”, 关士聪先生等编的(1984年)“中国海陆变迁海域沉积相与油气”; 还有王鸿楨先生主编的并即将出版的“中国岩相古地理图集”等, 都是我们很好的参考。正在进行编制沉积相图的单位还有地矿部成都地质矿产所组织的各生产单位和华东石油学院冯增昭先生组织的院校单位。但据了解, 他们目前所编的图侧重于古生代, 侧重于碳酸盐岩, 对中生代碎屑岩为主的层位尚未顾及, 而这后者正是我国油气资源主要的所在, 我建议以石油部为主, 承担这项工作, 当然还要外单位协作。我相信这些图件完成后, 将对我国矿产资源的分布有一个全面的认识。

盆地分析的内容和盆地分类, 是根据研究目的不同而异的, 板块构造学说从地壳类型、板块边缘的离散和聚集性质、盆地距板块边缘的位置和形成方式等进行盆地分类。从研究沉积的角度来说是有益的, 因为沉积物的发育和分布是受构造控制的, 但目前的分类太粗略, 而且影响沉积物性质和分布的还有气候、地形、物源等等因素, 对不同矿

产, 各种因素的作用不尽相同, 对沉积盆地分析的重点也不尽一样。例如从找油气来说, 生储盖圈保这五个最基本的条件都要考虑到, 对沉积相的要求来说, 尤其要解决生储盖问题, 因此我认为应以此为出发点, 编制岩相古地理图和进行盆地分析对比, 总结它们的分布规律和控制因素以及与矿产富集的关系。

4. 要加强成岩后生作用和储层非均质性的研究

我国成岩后生作用和储层非均质性研究已有基础, 并已引起国际沉积界的重视, 希望继续开展。这两项工作有自己特别注意研究的对象和手段, 不完全同于沉积相, 但是它又和沉积相是密切相关的, 希注意彼此结合。

以上所谈的沉积学进展, 偏重于碎屑岩, 偏重于沉积相, 偏重于油气勘探, 因此不全面, 仅供参考。

(收稿日期: 1985年9月28日)

RECENT ADVANCES IN DEVELOPMENTS OF SEDIMENTOLOGY

Wu Chongjun

(Research Institute of petroleum Exploration and
Development, Ministry of Petroleum Industry)

Abstract

This paper is a part of the "Opening Speech" of the Second National Symposium on Sedimentary Facies of Clastic Rocks held in Daqing City in sept. 1985. It introduces and studies the recent developing trends of sedimentology at home and abroad. Moreover, it proposes a new way for the national researches on sedimentology in the future.

In these years, the sedimentology emphasizes the integrated analyses on the indicators of multiple facies and opens up a new frontier for the development of production. Meanwhile, it attaches a great importance to modern sedimentation, event deposition and modelling experiments of flume, seeking for a new depositional mechanism and its model. The oil/gas and saline deposits in China are closely related to the depositional environment of non-marine, lacustrine facies. Therefore, it is a great significance for the national sedimentologist to establish and develop the lacustrine sedimentology.