

沉积学发展现状与前瞻^[20]

曾允孚 覃建雄

(成都理工学院沉积研究所, 成都 610059)

【摘要】沉积学的概念源于 19 世纪初,其发展大致经历了沉积岩石学、沉积学、沉积地质学三个阶段。目前,随着各种边缘、分支、交叉及横断学科的发展,沉积学研究取得了重大进展,主要表现在层序地层学、事件沉积学、矿床沉积学、实验沉积学、大地构造沉积学、储层沉积学、全球旋回地层学等的诞生和发展。预计到 21 世纪,沉积学除在大陆动力学、全球变化方面进一步深入发展外,还将与资源和环境密切结合,形成新的学科领域,主要包括资源沉积学、环境沉积学、大陆动力沉积学、全球变化沉积学诸方面,进而为人类生存与发展作出重大的贡献。

关键词 沉积学,层序地层学,大陆动力沉积学,全球变化沉积学,环境沉积学,资源沉积学
分类号 P588.2

沉积岩(物)构成地球表面的沉积圈,其中蕴藏着占总储量 75% 以上的全球自然资源。它不但构成地球与大气圈乃至其他星系之间相互联系的重要枢纽和理想桥梁,而且作为一种巨大而复杂的天然地质实验室和特殊资料库,记载着从地圈、水圈、生物圈、大气圈乃至其他行星形成到生命演化的连续变化史,并与人类生存及社会发展息息相关。在进入 21 世纪时,社会的发展将面临着人口、资源和环境等方面的严峻挑战;同时“在地质科学的发展进入建立新一代知识体系的重大转折时期”的前夕,以蕴藏有大量能源和生命演化史的沉积圈为研究对象的沉积学日益显示出其巨大的优越性和强大的生命力。

1 沉积学发展简史

沉积学的概念源于 19 世纪初,其发展与地层学的发展密不可分。19~20 世纪沉积学的发展大致经历了三个阶段:

(1) 沉积岩石学阶段。自 19 世纪初至 20 世纪 40 年代,沉积学研究主要是结合地层学进行的主要研究“沉积岩”,野外研究和室内鉴定处于主要地位。

(2) 沉积学阶段。20 世纪 50~80 年代,在石油工业发展的推动下,广泛开展了现代沉积的研究。新技术新方法的应用,相关学科新成就的引进和渗透,以及大量的水槽实验工作,使沉积学得到全面、飞速

发展。该阶段沉积学研究内容主要包括:沉积岩成因、沉积环境分析、沉积作用机理、沉积模式及其与环境、矿产、水文、工程等之间的关系。

(3) 沉积地质学阶段。从 20 世纪 80 年代至世纪末,由于高新技术的发展和应用以及各学科间的相互渗透,使沉积学家逐渐认识到地质记录中存在各种规模不一,在纵向上呈规律分布,侧向上可进行大陆内、大陆间或全球范围追踪或对比的沉积旋回或韵律事件。对它们的研究通常要超越专业的或学科的界线,要跨越一个或多个国家的范围,于是形成了全球沉积地质计划(GSGP)及专门性的学科组织——“全球沉积地质委员会(GSGC)”。同时,通过这个计划的两个试点项目的实施,相继建立了全球沉积岩、全球沉积相、全球地层、全球古地理、全球事件、全球矿产资源等的全球性概念,从而使沉积学的发展出现了根本性变化,进入了“沉积地质学”的发展阶段。研究的主要特点是:强调古气候在沉积记录中的意义;注重沉积记录的全球同时性研究;强调各种事件在沉积作用中的意义;注重矿产资源分布的全球同时性或全球成因特征的研究;研究兴趣从地球本身转向地球外部世界;强调全球海平面变化在沉积记录中的作用;注重多学科的相互渗透和综合研究。

[20] 1998-09-16 收稿。

第一作者简介:曾允孚,男,72 岁,教授,博士生导师,沉积学专业。

2 沉积学研究现状

2.1 层序地层学的发展

近几年来,层序地层学进展除了表现在研究地质背景和年代的拓展、层序沉积模式的变化和发展以及在解决地质界线、矿产资源评价和油气勘探活动中的应用而外,尚突出地表现在如下几个方面。

2.1.1 层序生物地层学

层序生物地层学^[7]作为层序地层学和生物地层学交叉综合产物,是层序地层学高度发展的必然结果。它首先提供可预测的相关界面体系组成的一个物理框架,把生物地层学观察结果置于此框架中,这些物理相关面确定了真实的年代地层单元,通过时间间隔网格,这些地层单元可用于评估生物带“顶”和“底”的相对位置。层序生物地层学的发展和应用具重大意义:(1)更精确地确定地层年龄、对比地层和评价沉积环境;(2)通过层序生物地层学中的物理相关界面,可把非海相生物带与开阔大洋微古化石带进行对比;(3)为使用高新技术辨认地下层序单元提供了可预测方法和理论前提。殷鸿福等(1997)通过层序地层与生态地层关系的研究,提出了层序生态地层学体系。

2.1.2 成岩层序地层学

近年来通过研究发现,在沉积岩粒间胶结物、次生加大边、自生矿物和孔隙充填矿物中,准确记载着当时地球动力学和物理化学条件及各种自然变迁的信息。自 20 世纪 90 年代初以来,一些具有远见卓识的沉积学家已意识到成岩微观资料在层序地层学研究中的重要性,并很快把成岩作用与层序研究有机结合起来。从此,成岩层序地层学应运而生,如胶结物层序地层学和孔隙层序地层学等。这不仅为成岩矿物研究方法在层序地层学中的应用铺平了道路,而且作为理想的桥梁,把成岩作用和孔隙演化与海平面变化科学地联系起来。成岩层序地层学研究的内容主要包括:(1)沉积相、层序与成岩作用的关系;(2)成岩作用与层序边界的关系;(3)不同成因层序,其成岩物理、化学特征及其变化;(4)胶结成岩事件的区域对比和连续性;(5)层序边界代表胶结物晶体生长间断事件;(6)层序是胶结物结晶生长过程中一系列沉积、加大事件的总和;(7)孔隙和孔隙流体阶段性演化与海平面周期性变化的关系。

2.1.3 高分辨率层序地层学

高分辨率层序地层学概念首先由 Posamentier 等(1991)和 Ross 等(1994)在阿伯塔东垭里三角洲人工模拟试验基础上提出。与盆地或区域规模的层

序分析不同,高分辨率层序地层学分析以三维露头、岩芯、测井和高分辨率地震反射剖面资料为基础,运用精细层序划分和对比技术将钻井的一维信息变为三维地层关系预测的基础,建立区域油田乃至油藏级储层的成因地层对比骨架,对储层、盖层及生油层分布进行评价及预测。由于时间分辨率增加,大大提高了地层预测的准确性,并为地层内流体最佳模拟提供可靠的岩石物理模型。高分辨率层序作为一次海平面升降旋回的沉积响应,其分级单位仍是层序,它具有常规层序的一般属性,并在控制生、储层分布及圈闭岩性分类中具重要作用。由于陆相地层缺乏生物化石,加之长期以来根据地磁资料进行的层序对比花钱、费时且不准确,地层学家一直被陆相地层对比问题所困扰。随着高分辨率层序地层学的发展及其在陆相地层中的应用,仅通过有限的盆内地层对比,可精确预测沉积相几何形态及其变化。因而高分辨率层序地层学不仅解决了地层学家的后顾之忧,而且在陆相石油储层、层控矿床及地下含水层等的预测中具重大的理论和现实意义。

2.1.4 高频层序地层学

高频层序地层学概念最初由 Wagoner 等提出。相当于 Miall 等(1990)和 Posamentier 等(1982)的四—五级甚至六级旋回,周期为 0.01~0.5 Ma,为米兰科维奇驱动的气候变化和低频短周期海平面变化的综合产物,属行星轨道参数(偏心率、偏度和岁差)不规则旋回层序。高频层序资料最早发现于北美中大陆晚宾夕法尼亚世碳酸盐岩地层中,其中共划分为至少 55 个旋回束或四—六级旋回。随着工作的深入和研究程度的提高,发现在全球范围内不同时代碳酸盐岩地层中均分布有类似的高频层序。按其内部结构特征可分为退积型、加积型和进积型高频层序;按成因可划分为 LM 型、TR 型、PAC 型和 CC 型四种。Wagoner 等认为,这种高频层序横向追踪范围最小仅数平方千米,最大可达数百平方千米,具局部或区域性对比意义,在特殊条件下可进行全球对比。大量研究证实,碳酸盐岩地层中所以大量发育四—六级高频层序,其原因主要有:(1)在碳酸盐岩中大多数旋回为自旋回,海平面升降标记保存良好;(2)碳酸盐岩形成于具有稳定大地构造背景中构造沉降速率低的盆地或台地中,微小的全球海平面下降均可造成明显的相对下降;(3)碳酸盐岩主要形成于中低纬地区,温暖的气候背景有利于海相生物的繁盛和碳酸盐砂的堆积,允许高沉积速率的产生,从而提高了易于显示轻微海平面波动的沉积厚度和沉积相。

2.1.5 应用层序地层学

继美国等西方国家之后,中国地球科学家已经注意到,由于全球气候变暖、海水增温、冰川融化、海水体积增大等因素,造成了现阶段及将来很长时期全球海平面上升,从而严重威胁着人类生存和社会发展。目前人们迫切需要建立一种多功能实用科学,以指导调节全球及区域环境和气候变化,应用层序地层学正是此种严峻形势下产生的。尽管海平面上升是缓慢而“微不足道”的现象,但其长期累积值将会相当巨大;加之中国海岸线长,沿海地区地质结构复杂,随着经济建设飞速发展所导致地下水过量开采、土层压实、水位抬升,区域海平面相对上升更加严重,加剧了海平面上升的危害,并将对中国沿海地区的经济发展带来许多极不利的影响,如造成沿海地区风暴潮灾害加剧、洪涝威胁加大、增大排污困难、港口功能减弱等。因此,中国科学院地学部组成由 11 位专家对地势较低、经济发展最快、人口相对稠密的珠江三角洲、长江三角洲、黄河三角洲和天津地区进行了实地考察,向当地政府作了通报,交换了意见,得到了当地政府有关部门的高度重视和大力支持,并采取了相应的对策和措施,获得了较佳的效果。

2.1.6 层序充填动力学

地球深部过程引起板块运动,板间、板缘及板内构造过程造成沉积盆地,盆地充填演化导致沉积层序,从该意义上讲,层序反映盆地,盆地揭示板块,板块揭示深部过程,因而层序—盆地—地球系统的研究思想逐渐自成体系。层序充填动力学正是在此背景下,随着沉积盆地动力学的发展应运而生。层序充填动力学作为沉积盆地动力学的一个重要组成部分,目前正在成为沉积学研究领域的主要趋向。层序充填动力学系指通过层序形成动力、发育过程、控制因素及其内在联系的研究,反映盆地性质、板块属性,进而揭示地球演化的综合学科。由于作为记录地球演化史的地层序列,只记载了不足 1/2 的地质历史,更长的时期是间断期或剥蚀期。因而层序充填动力学研究的基础不仅是层序实体,同时还包括层序顶、底的界面及时间的损失量。

层序作为盆地充填几何块体,是盆地形成、发展及演化的信息库,因而通过这一信息库的解译,可提示盆地成因、性质及类型,进而了解板块属性及构造背景。地壳形成演化史就是盆地充填、叠置及演化的过程,通过层序地层学可将代表地球历史的地层序列划分为不同规模、受不整合面限定的具成因联系的成因地层单元——层序。因而若说盆地动力学是

地球动力学的基础,则层序—盆地关系即层序充填动力学的研究是盆地动力学的关键。在这方面,Krapez (1996, 1997) 着重论述了层序级别划分与盆地的关系;许效松等(1996, 1997a, 1997b) 则侧重阐述了层序界面成因类型与盆山转换的关系。总体而言,层序充填动力学的研究内容主要包括:(1) 层序界面成因、性质及级别划分与盆山转换;(2) 层序级别划分与盆地规模;(3) 层序成因格架与盆地类型;(4) 层序充填过程与盆地演化;(5) 高频-高分辨率层序与米兰柯维奇气候旋回;(6) 层序规模和几何形态与盆地轮廓和类型;(7) 层序成因与盆地性质,进而探讨板块属性、揭示地球演化。

2.2 储层沉积学的发展

储层沉积学脱胎于储层地质学,是沉积学与储层物理学、储层地球化学等相互交叉综合产物。它是以沉积学理论为基础,对储层古地理、沉积相、成岩作用、孔隙演化及其与储层发育、演化及其分布之间的关系进行研究,进而为有利储层的勘探和预测提供科学依据的边缘分支学科。长期以来,储层储集性的不均一性和差异性一直构成储层研究和勘探的最大障碍。目前,在能源研究由勘探转向提高油气回采率的新形势下,储层沉积学引起极大关注并开始迅速发展。其研究的重点对象就是储层不均一性和差异性及其控制因素,并主要着重于下列诸方面的研究:(1) 成岩作用及其模拟在储层沉积学研究中的应用——成岩储层沉积学的发展,包括三方面:储层定量化模拟——储层孔隙度和渗透率及其变化的模拟;储层流体动力学研究——流体运移及物质平衡模拟;化学热力学研究——化学反应及物理平衡模拟。(2) 古岩溶学在储层沉积学中的应用——岩溶储层沉积学的发展。(3) 有机地球化学在储层沉积学中的应用——有机成因储层沉积学的发展。(4) 矿物包裹体学在储层沉积学中的应用——储层包裹体沉积学的发展。(5) 裂缝性储层沉积学的发展。(6) 综合成因储层沉积学的发展。(7) 储层描述。

2.3 大地构造沉积学的发展

亦有人称为构造沉积学、板块沉积学、造山带沉积学、构造地层学、沉积大地构造学、构造论岩相古地理或构造沉积组合等。大地构造沉积学是大地构造学(确切地说是板块构造学)与沉积学相结合的产物。它是以板块构造学和沉积学的基本原理为基础,从宏观和整体的角度,对沉积盆地的大地构造背景、形成条件、成因及其机制和演化历史以及沉积作用过程进行研究的边缘学科。它以各种大地构造背景(克拉通板块被动大陆边缘、活动大陆边缘和大洋岛

弧沉积区)的沉积岩为主要研究对象,并具有如下基本特点:(1)属宏观沉积学范畴,以“活动论”为指导思想;(2)强调板块构造对盆地沉积作用的控制意义;(3)强调板块构造背景与沉积作用的对立统一性;(4)强调不同大地构造条件下沉积盆地类型及其成因地层格架的差异性;(5)强调前陆与断陷盆地中幕式沉积作用与板块构造周期性活动的关系;(6)注重活动大陆边缘海平面变化与板块构造的关系及其对沉积作用的控制。其研究内容主要包括:盆地所处的大地构造背景及其对盆地形成、演化的控制作用;不同大地构造背景下沉积盆地古地理、沉积环境和相、沉积过程、地层格架、层序及海平面变化;编制体现大陆变形和地体运动的不同级别的活动论岩相古地理图;重建基于板块理论的沉积岩石学方法和标准。其研究目的是通过对不同大地构造背景下沉积盆地的形成演化以及沉积作用过程的动态模拟,借以认识地壳演化特征,并对相关矿产资源(如石油、煤和天然气等)进行评价和预测,从而达到指导人类宏观经济活动之目的。

2.4 事件沉积学的发展

20世纪80年代以来,在地学领域中一个引人注目的焦点是“灾变论”的复活。随着GSGP(全球沉积地质计划)、CREC(白垩纪地质记录与全球地质作用、资源、韵律和事件)和PGP(联合古陆计划)的提出与实施,事件沉积学与事件地层学从“灾变论”复活、演变并发展成为新兴边缘学科,认为风暴及其他类似突发沉积事件、季纹泥沉积物、不整合事件或沉积物漫流面事件、大洋缺氧事件、大洋分层事件及海洋环流事件是一种区域性甚至洲际性事件。另外,磁极倒转事件、气候突变事件、构造巨变事件、全球海平面上升事件、星球撞击事件(陨击事件)、凝灰沉降事件(火山灰事件)、全球冰川事件、全球生物事件(革新、辐射、播散及绝灭事件)、全球化学事件、复合事件以及包括陨石在内的其他事件等已确认为全球地质事件,目前成为地学研究的热点。在这些事件沉积记录中,往往记载着有关地球和太阳系甚至其他宇宙系统有关物理、化学及生物演化过程中灾变事件的信息。因而事件沉积学的发展不仅对地球、生命的起源和演化研究带来巨大冲击和突破,而且对研究和预测全球环境变迁、全球水文循环和全球气候变化等,具重大的现实意义。事件沉积学研究除了需求其他地学、自然科学及工程科学的协助外,为了获得有关地球演化过程中可供研究的精确连续资料,尚需大量基本数据积累与综合分析。随着大量实时、实地观测技术的开发,地球科学的长期监测、定

量描述、模拟预测工作迅速发展,已先后建立和正在建立有关地球、海洋、气候、陆地、环境等各种观察系统。这些观测系统的建立和运行不仅获得了大量有关各种地球过程的数据,还促进了地面监测、空间观测、海洋观测、科学深钻、信息处理、数据储存、网络通讯等地球科学技术的发展,从而为事件沉积学研究以及未来全球可能事件的预测提供了基础。

2.5 全球旋回地层学的发展

全球旋回地层学是指对由全球海平面变化、全球气候波动、全球构造运动、全球古地理背景和全球沉积过程综合作用形成的产物——全球旋回地层进行研究的沉积学分支,是沉积学与古海洋学、全球大地构造学、古地理学、古气候学等相互渗透交叉综合的产物,随着PGP(联合古陆计划)的提出和实施而产生,亦有人称全息地质学。它在强调古气候、各种事件及地球动力学条件在沉积作用中的意义的同时,还承认沉积记录及其中矿产资源分布的全球同时性。其宗旨是通过再造全球旋回地层模型和年代地层格架,对全球不同演化时期古气候、古地理、古环境、沉积作用和成矿序列以及生物界各种事件的起源、演化过程进行动态模拟,从而有效地指导全球找矿勘探、合理开发、利用和安排全球自然资源。为达到上述目的,必须进行4个方面的活动:(1)通过培训、交流和合作,扩大沉积学的应用范围;(2)进行国际性多学科的科研课题研究;(3)从发展中国家培养科学家,进行国家团体间的交流;(4)建立和保持与其他计划的联系。

2.6 实验沉积学的发展

目前,随着各种测试技术(显微技术、波谱技术、核分析技术、色谱分析技术、热分析技术、电子技术和计算技术等)的广泛应用,沉积学理论体系和研究领域发生了重大变革,相关新概念及边缘学科不断涌现,如实验沉积学、模拟沉积学和定量沉积学等概念的提出。实验沉积学作为沉积学高度发展和高新技术应用的综合产物,它使沉积学研究的深度、广度和成效大大提高。它摒弃了定性和描述性研究,注重定量统计、成因规律和机制模拟等方面的研究。实验沉积学是指以野外宏观沉积学为基础,利用各种仪器设备和技术方法对沉积岩微观领域进行观察、测试和分析,从而对各种沉积学现象进行解释的交叉学科。其研究的基本内容及途径是:(1)对沉积岩物质构成(矿物成分、化学成分及有机组分)和组构(粒度分布及概率、颗粒形态、表面结构、排列方式、堆积型式和孔渗分布特征等)进行观察、测试和分析,提供定性-定量资料和数据;(2)对所获得资料和数据

进行分项整理、参数计算、统计观察,并绘制相关图表;(3)对处理结果进行综合分析,并与野外宏观实测资料进行对比验证,从中寻找其相关性和规律性;(4)在综合分析之基础上,对沉积岩分类、成因、岩相、古地理、环境、盆地、成矿关系进行合理解释和模拟;(5)对沉积岩搬运、沉积、成岩及孔隙演化史进行运动学、动力学、热力学等方面的定量模拟,建立相应模型;(6)对相关矿产、能源及地下水的形成、演化及分布进行动态模拟;(7)指导找矿及油气勘探活动。

2.7 矿床沉积学的发展

矿床沉积学是以研究固体金属和非金属矿床,主要是沉积矿床和层控矿床在其成矿作用过程中的沉积学问题为主要内容的新的沉积学分支(曾允孚等,1988)。它的出现不仅改变了人们对这些矿床形成机制及分布规律的认识,改变了找矿思路,产生了巨大的经济效益,从而扩大了沉积学的研究范围,而且促进了沉积学向新的研究领域发展。

沉积矿床作为成矿元素在盆地演化过程中与围岩同时形成的一种特殊的沉积相,其形成经历了沉积—机械破碎—再富集的复杂过程,其分布与化学、生物、机械沉积作用及盆地演化密切相关。层控矿床兼具层控和时控特点,在空间上与特定的沉积相带、盆地类型和大地构造性质有关。曾允孚等(1986)在总结华南泥盆系层控矿床的时空分布特点时,曾指出该类矿床受层、相、位控制,具有成带分布的基本规律,以及成矿带、构造带和岩相带三位一体的特点。按时序可分为同生沉积、成岩改造和后生三种成因类型。不同类型层控矿床在沉积地化方面表现为连续更替、系列演化的特点,均受不同成岩阶段的成矿热液改造、叠加的明显影响,可视为同生与后生、内生与外生之间的环节。若说沉积和层控矿床研究强调了控矿岩系、构造岩相带、建造性质、盆地演化及大地构造背景等沉积学理论的重要性,则矿床沉积学概念的提出和发展为沉积学与矿床学、水力学、物理学、化学、生物化学之间架起了理想桥梁,为沉积学的发展开辟了广阔前景和新途径。

目前,热水沉积成矿是矿床沉积学发展的又一重要方面,如层状微晶电气石岩、重晶石岩、钠长石岩等与热水成矿有关的岩石的发现及其成因概念的提出和发展。

3 沉积学前瞻

长期以来,地球科学的作用主要是通过研究地球指导寻找矿产、能源和地下水等自然资源,以保证

人类和社会发展的需求,即所谓的地球科学发展过程的矿产型时代。由于工业文明和社会经济的巨大发展,人口、资源、环境等的全球性问题,直接威胁着人类生存和社会进步。在进入 21 世纪时,面对这些严峻挑战,地球科学除发挥原有作用外,尚需帮助解决社会发展中的诸如资源短缺、环境恶化及全球变化等重大问题。沉积学作为地球科学的主要基础学科之一,其重点和前沿将围绕资源、环境、灾害和全球变化四个主题展开。这对沉积学的要求无论从深度或广度上均大大超过了现有沉积学,也超越了沉积地质学的知识体系。预期到 21 世纪,除了层序地层学、储层沉积学、事件沉积学、全球旋回地层学、盆地分析、定量沉积学等的不断发展和完善外,更重要的是如下分支学科的诞生和飞速发展。

3.1 资源沉积学

面对全球资源的恶性损耗和社会对自然资源需求的与日俱增,资源和发展问题成为全球研究热点。作为资源科学与沉积学之间交叉渗透产物的资源沉积学,将以崭新的姿态展现在现代科学的舞台上,并可能处于高速发展时期。按研究内容、范围及重点,资源沉积学进一步分为传统资源沉积学和现代资源沉积学。传统资源沉积学是指对各种地质矿产、能源矿产及地下水资源等的矿源层(或烃源岩)、含矿岩系(或储层)和含水层等进行沉积学研究,并了解成矿地质背景、成矿条件、成矿过程及其与古地理、沉积相和成岩作用之间的关系,进而对矿产的时空分布规律进行预测的一个沉积学分支。它是沉积学在找矿、煤田及油气勘探活动中应用的必然产物,属“矿产型”资源沉积学。现代资源沉积学的研究重点主要包括资源与环境生态之间的关系,研究内容涉及资源、环境、生态、社会以及它们之间的相互关系。其目的是为资源生态、资源经济、资源管理以及区域资源开发战略等提供背景资料和科学依据。可见,现代资源沉积学比传统资源沉积学更为社会化、环境化和实用化,并更具使命性和现实性。

3.2 环境沉积学

随着国际地圈生物圈计划(IGBP)、国际减灾十年计划(IDDR)和全球环境变化中的人类因素计划(HDP)等重大国际计划的提出和实施,环境沉积学应运而生并得到迅速发展,其研究内容几乎涉及人类生活和工农业发展的各个领域。目前,环境沉积学主要通过生物学、生态学、土壤学、第四纪地质学、环境科学和社会科学的交叉综合,围绕人地作用、人口、经济、资源、环境的协调持续发展开展研究。环境沉积学以现代沉积物或现代沉积环境(如海洋、湖

泊、河流、冰川、沙漠、水库等)中沉积物来源、搬运、沉积、压实、胶结及成岩作用为研究基础,按环境不同可分为河流沉积学、湖泊沉积学、冰川沉积学和海洋沉积学等;按研究领域可分为灾害沉积学(人为灾害和自然灾害沉积学)、水动力沉积学、生态沉积学和气候沉积学等。在 21 世纪,研究重点和目标亦将发生转变,主要表现在:(1)环境沉积学研究已经从环境地质背景的调查分析,发展到为解决实际规划和设计决策提供定量和最优化评价科学依据的新阶段,重视对各种环境沉积过程和环境效应的定量预测;(2)地下水资源和水环境作为环境沉积学研究的核心问题之一,其研究重点将由水资源勘查为主转入注重地下水与大气降水的相互关系,并重视水质和污染研究;(3)地质灾害作为环境地质学尤其是环境沉积学研究的又一项重要内容,研究重点将由地质灾害发生的地质背景、过程及机理研究,转向预测、防治和减灾,重视自然灾害系统的规律和防治研究。可见,未来的环境沉积学必将围绕着环境保护、遏止日趋严重的环境恶化方面发展。

3.3 大陆动力沉积学

20 世纪 80 年代中期以来,由于板块构造学在解决大陆内部地质问题中面临越来越多的挑战,在此种背景下,大陆动力学应运而生,并成为当代地质研究的主要前沿之一。其研究核心是把造山带和沉积盆地作为独立的统一系统来研究,通过对大陆演化历史、构造和物理机制等进行研究,阐明大陆岩石圈动力学及其与整个地球系统各圈层之间的相互作用。造山带和相邻的沉积盆地作为大陆构造的两个基本构造单元,它们在空间上相互依存、在物质上相互补偿、在演化上相互转化、在动力上相互转换。盆地和陆块相互作用、岩石圈相互耦合的复杂系统,是大陆动力学研究的重要内容。

大陆动力沉积学正是在大陆动力学计划提出和不断实施背景下产生的。作为大陆动力学和沉积学相互渗透综合的产物,它以大陆动力学和沉积学理论为基础,探讨与造山带相关的沉积盆地的形成机理和发展演化。由于与造山带相邻的沉积盆地是伴随造山带的形成与演化过程而生成、发展的,因而它是造山事件全过程的重要历史见证和物质记录,沉积盆地中的沉积充填型式、沉积序列、沉积体系记载着造山带形成发展的动力学信息。因此,详细研究相关沉积盆地中的物质记录和变形历史,可恢复造山带演化过程中古动力条件和古构造环境,阐述沉积盆地的形成发展与大陆动力学之间的对应关系,协助建立大陆形成演化的动力学模型,并借以了解岩

石圈、地幔、生物圈、大气圈和水圈之间的相互关系。

大陆动力沉积学研究的主要内容和任务包括:(1)造山带与盆地的同步演化史研究;(2)造山带与相关盆地岩石圈的圈层结构及其相互作用研究;(3)流体作用与盆山系统形成演化的耦合关系研究;(4)造山带升降和沉积盆地沉降的定量研究;(5)造山带的揭顶作用与相邻盆地层序地层格架和充填序列研究;(6)协助研究大陆组成、特征、形成及演化;(7)地震及板块边界相互作用以及岩浆-火山系统与沉积盆地演化的关系;(8)定量确定并模拟巨厚的大陆边缘沉积堆积的过程;(9)陆壳变形与陆内沉积物充填及变形的关系;(10)岩石圈变形和变位过程对全球气候变化的影响;(11)沉积盆地形成过程的动力学模拟;(12)了解地壳与水圈和大气圈之间的物理化学过程;(13)大型沉积盆地内热和水动力演化;(14)深部过程对浅部构造、成矿、沉积过程的控制。

3.4 全球变化沉积学

全球变化沉积学为全球变化地质学的重要分支,系以现代沉积学理论为基础,结合气候学、第四纪地质学、环境沉积学、灾害沉积学、资源沉积学、生态学、生物学、水文学、物理化学等自然及工程学科,对沉积记录中近 2 Ma 来有关气候、环境等全球事件的成因、过程及后果进行研究,并为预测未来可能的全球变化提供科学依据的横断交叉边缘学科。由于沉积记录中蕴含着过去全球变化的信息,因而通过全球变化沉积学的研究,可再造过去全球变化历史及其对生物圈的影响;并借以验证其他研究方法所提出的区域性或全球性预测模型,从而提高人类预测未来全球变化的能力。近几年来,通过深海沉积、冰芯、黄土、古土壤、湖泊及河流沉积等研究,进一步验证了近 2 Ma 来地球气候主要受轨道参数控制的米兰科维奇理论;并把这一理论推向前第四纪的全球变化研究,发现了越来越多的非轨道力驱动的气候变化旋回,使得全球变化再造研究越来越重视地表变化、海陆分布、地壳隆起、火山活动、大气环流和洋流等多种因素对地球气候和环境的影响。到 21 世纪,全球变化沉积学的研究范围将不断扩大,主要表现在:(1)地球气候历史的高精度再造;(2)近 2 Ma 来古气候和古环境再造;(3)非轨道力驱动旋回研究;(4)全球水文循环与气候旋回的相互作用及其效应;(5)古大气圈、生物圈及水圈演化及其动态模拟;(6)米兰科维奇气候旋回过程的动态模拟;(7)温室-冰室气候作为全球碳物质循环变化响应的检验;(8)可能的全球变化预测。

目前,随着 GSGP(全球沉积地质计划)、GCP

(全球变化计划)、WCRP(世界气候研究计划)、HDP(全球环境变化中的人类因素计划)和IGAC(国际全球大气化学计划)等重大国际地学计划的不断实施,沉积学有可能再次进入繁盛时期。

参 考 文 献

- 1 覃建雄,等.现代沉积学理论的重大进展.地质科技情报,1995,14(3):5~16
- 2 科兹洛夫斯基 E A.地质与环境.地质科技信息(中国地质矿产信息研究院),1994,14(1):12~19
- 3 刘树臣.全球变化与地质科学.中国地质,1994,(10):25~27
- 4 封志明.资源科学研究的五大趋向.地球科学进展,1992,7(6):46~49
- 5 Wyllie P J.地球科学与社会:全球综述.地学前缘,1994,(1~2):1~6
- 6 Fyfe W S. Towards the wide use of planet earth: the challenge to world society. J Geol Soc Japan, 1993, 9(1): 173~190
- 7 Seibold E. Five trends in earth science. Episodes, 1988, 11(2): 120~142
- 8 Keith M L. Geodynamics and mantle flow: an alternative earth model. Earth Sci Rev, 1993, 33(3~4): 141~147
- 9 Oliver J. Solid earth science during the 21st century. EOS, 1991, 72(11): 172~190
- 10 Brakenridge G R. Geology and global change. Geotimes, 1992, (5): 45~60
- 11 曾允孚,等.矿床沉积学展望.矿物岩石地球化学通讯,1998,(2):1~2

DEVELOPMENT AND FUTURE OF SEDIMENTOLOGY

Zeng Yunfu, Qin Jianxiang
(Chengdu University of Technology, China)

Abstract The concept of sedimentology originated from the 19th century and underwent 3 development stages: sedimentary petrology, sedimentology, and sedimentary geology. Untill now, with the development of series of frontier-, branch-, intersect-, and cross-disciplines, sedimentology develops rapidly, including sequence stratigraphy, event sedimentology, deposit sedimentology, experimental sedimentology, tectonic sedimentology, reservoir sedimentology, global cyclestratigraphy etc.. By the time of the 21st century, sedimentology will not only develop further in aspects of geodynamies and global change etc., but form new fields of disciplines by combining with resource and environmental sciences. They are: (1) resource sedimentology, (2) environmental sedimentology, (3) geodynamic sedimentology, and (4) global-change sedimentology etc..

Key words sedimentology; sequence stratigraphy; geodynamic sedimentology; global-change sedimentology; environmental sedimentology; resource sedimentology