

文章编号: 1000-0550 (2005) 04-0677-06

环境沉积学的兴起

鲜本忠¹ 姜在兴²

1 (胜利石油管理局博士后科研工作站 山东东营 257015) 2 (中国地质大学能源系 北京 100083)

摘要 面对生态、环境、灾害、全球变化等重大问题和环境科学、沉积学的发展,环境沉积学应运而生。环境沉积学的发展经历了萌芽和兴起 2 个阶段,直至 20 世纪 90 年代中后期,其研究始得以广泛关注。在前人研究的基础上,初步厘定了环境沉积学的概念和研究目的,指出其研究内容既包括沉积学中的环境问题,又包括环境科学中的沉积问题,4 个研究方向分别为:原生环境沉积学、污染物环境沉积学、生态环境沉积学和全球变化环境沉积学。环境沉积学以环境和灾害研究为己任,将在解决人类面临的环境污染、生态破坏、地质灾害、全球气候变化等重大问题的研究中发挥越来越重要的作用,是未来沉积学发展的重要方向之一。

关键词 环境沉积学 地质灾害 环境污染 生态破坏 全球变化

第一作者简介 鲜本忠 男 1973 年出生 博士后 环境沉积学及沉积地球化学

中图分类号 X141 **文献标识码** A

沉积地球科学自 19 世纪初从地层学中分离出来,成为独立的地球科学分支学科以来,经历了沉积岩石学、沉积学和沉积地质学三个发展阶段^[1,2]。现代沉积学更加强调整积记录的古气候信息及全球变化信息,更加注重各种沉积作用的全球性与成因研究,尤其重视沉积学对人类赖以生存的资源、环境、气候等重大问题的研究,强调多学科交叉和高新技术的应用^[3],并在层序地层学、储层沉积学、大地构造(或造山带)沉积学、事件沉积学、全球旋回沉积学、实验沉积学、矿床沉积学等方面取得了巨大发展^[2,4,5];其任务不再仅是了解地球历史中沉积作用的过程演化,而且和当代人类活动的三大基本问题——人口、资源、环境密切相关^[5],从局部的地区性研究发展到全球性研究,并逐步沿着纵向深入、横向交叉渗透方向发展,一些起点高、难度大、科学意义明显的热点研究方向及分支学科正在形成。

1 环境沉积学的兴起

1.1 环境沉积学研究的兴起

面对资源短缺、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,其研究重点进一步向多学科交叉渗透、多种高新技术的引用和多领域应用的方向发展,未来沉积学将在深化认

识自然、寻找资源、减轻地质灾害、保护环境、预测全球变化等领域取得飞速发展。其中,以减轻地质灾害、保护环境、预测全球变化为己任的环境沉积学是未来沉积学的重要发展方向之一,将在解决人类面临的众多环境问题中发挥越来越重要的作用。

不少有识之士早在 20 年前便提出了环境沉积学的研究设想。许多学者对此进行了大量探索性的研究工作。据文献资料,可将环境沉积学的兴起过程分为两个阶段:

(1) 环境沉积学萌芽阶段

20 世纪 50 年代,人们开始重视对与沉积物结合的污染物进行研究,当时只认识到沉积物可以反映水体的物理、化学和生物条件。近几十年对湖泊富营养化问题的研究证明,沉积物释放的营养物质在水系统营养物质的收支平衡中起着至关重要的作用。对全球环境的初步研究也表明,在对内陆水体的酸化等问题进行研究时,必须对沉积物进行研究。相对水体富营养化和酸化问题而言,对沉积物中有毒物质的研究相对较晚,直到 20 世纪 60 年代末期才逐渐开始^[6]。

20 世纪 60 年代末期至 80 年代是环境沉积学的萌芽阶段。这期间,国内外对湖泊、河流等沉积环境中的污染和生态问题日益重视,已初步认识到沉积环境的恶化(如富营养化)及沉积物污染对人类生存、

生活的影响,认识到人类活动对沉积环境和沉积循环过程的反作用。其中,20世纪80年代我国对湘江污染的研究中,讨论到沉积物中重金属的迁移转化模型、生态效应^[7]等重金属的环境沉积学问题(尽管当时人们并没有环境沉积学的概念)。

该时期代表性的著作有2部:一是瑞典学者霍坎松和杨松1983年出版的《湖泊沉积学原理》,书中讨论了沉积物在环境评价和污染防治中的作用及生态影响,在书末后记中初步提出了环境沉积学的概念和涉及到的问题,指出“在传统的思考方式面临抉择的重要关头,在已经确定的科学研究课题的外围,会产生强烈的振动并形成新的令人振奋的研究领域。环境沉积学就是一个很好的、然而未被人们充分认识的、有意义的、多学科研究课题的实例”^[8]。二是德国学者Ulrich Forstner 1989年出版的《污染沉积物》,其主要内容包括:沉积物中各类污染物的鉴别、监测及对污染物的控制方法;沉积物固-液界面上污染物的行为;沉积物中污染物的转移过程及机制;沉积物中污染物对环境的影响及危害评价和重污染的沉积物的处置及沉积物质量基准研究等^[6]。

(2) 环境沉积学兴起阶段

从20世纪90年代开始,环境沉积学进入学科兴起时期,越来越多的学者开始讨论环境沉积学的概念和研究目的、研究内容等问题,尤其是20世纪末以来,环境沉积学作为一个新兴学科的呼声日渐高涨。

覃建雄等构建了一个“广义环境沉积学”的研究框架,认为环境沉积学以现代沉积物或现代沉积环境中沉积物来源、搬运、沉积、压实、胶结及成岩作用为研究基础,按地质环境可分为河流沉积学、湖泊沉积学和海洋沉积学等,按照研究领域可细分为农业沉积学、灾害沉积学、水动力沉积学、生态沉积学、旅游沉积学、城市工程沉积学、环境地球化学沉积学和气候沉积学等^[9]。李任伟在进行沉积物污染探讨的过程中,初步提出了环境沉积学(狭义)的研究内容^[10]。

环境沉积学在欧美等发达国家日益引起人们的广泛关注。Landrum K E 2000年讨论了Barataria盆地和密西西比河口区的环境沉积学和重金属污染问题^[11]。另外,特别值得一提的是1998—2000年由欧盟资助的大型跨国研究项目“港口的充填淤积与环境沉积学”(简称为H-SENSE, Harbours-Silting and Environmental Sedimentology),将沉积学研究 with 港口环境特殊的沉积动力条件、人类活动和环境污染结合起来,研究了挪威Bergen港口、瑞典Göteborg港口和

拉脱维亚Ventspils港口的沉积物源、搬运通道、污染物地球化学变化和由于海港交通和疏浚工程引起的沉积物混合效应,开创了环境沉积学研究的新时代,其研究内容既涉及水文地理、物源和搬运通道、河口的截淤效率、沉积物平衡计算等港口充填淤积问题^[12,13],又涉及环境变化、污染物沉积剖面模型和污染物地球化学等环境地球化学问题^[14,15,16,17],并进行模型的建立、检测、评价及应用^[18,19](详见 <http://hjs.geol.uib.no/hsense/>)。

由此可知,20世纪90年代以来人们对环境沉积学的概念、研究对象、研究内容已有了一些初步的认识,这为建立系统的环境沉积学概念体系、明确其研究对象、内容及研究方法,创立作为独立学科的环境沉积学奠定了基础。

1.2 环境沉积学的概念

随着环境科学的迅猛发展,国内外已有不少人曾经研究和探讨过环境沉积学的问题(多是其中的一个方面),但不同学者对其研究目的、内容及其概念有不同的理解,对于环境沉积学的概念和具体的研究内容却少有讨论。这造成了人们认识上的混乱,也不便于学科的发展。所以,明确环境沉积学的概念和研究内容、研究目的等基本问题在当前就显得异常重要。

根据国内外研究认识和笔者的工作,对环境沉积学定义如下:环境沉积学是环境科学与沉积学相互渗透而发展起来的一门新兴学科,以沉积学原理为基础,结合沉积学和环境科学的研究技术,研究各种沉积循环、环境变化过程中的环境问题和环境科学中的沉积问题,以预防和减轻自然灾害、协助解决和控制环境污染、科学有效地实现生态环境保护 and 缓解、控制全球环境恶化,实现人与自然协调和可持续发展。其中,沉积循环包括风化、搬运、沉积、早期成岩等过程,环境问题包括原生、次生及全球环境3个层次。

由上述定义可见,环境沉积学的研究对象是沉积环境及沉积循环过程与人类活动的关系;研究内容既包括沉积学中的环境问题(如污染物质在沉积循环过程中的迁移、转化、聚集及毒性降解规律,以及沉积记录中高精度的环境污染、生态破坏及全球环境变化信息的提取),又包括环境保护中的沉积学问题(如自然灾害发生过程中的沉积物侵蚀、搬运及沉积,污染治理工程中沉淀池内的搬运、沉积动力及沉积作用对污染物沉淀和处理效率的影响等);研究目的在于预防和减轻自然灾害、协助解决和控制环境污染、科学有效地实现生态环境保护 and 缓解、控制全球环境恶

化,实现人与自然协调和可持续发展。

2 环境沉积学的研究内容

环境沉积学是环境科学与沉积学的交叉学科,其研究内容必然由两门学科中相关联的研究内容交叉而定,既包括沉积学中的环境问题,又包括环境科学中的沉积问题。

环境科学是研究人类活动与其环境演化规律之间相互作用关系,寻求人类社会与环境协同演化、可持续发展的途径和方法的科学^[20]。根据研究对象和内容的不同,环境问题可分为三个层次:原生环境问题,如自然灾害和地方病;次生环境问题,如土壤、水污染等环境污染和水土流失等生态破坏;全球环境问题,如全球气候变暖、酸雨、生物多样性锐减等(图 1)^[21]。

沉积学研究的基本问题包括沉积岩(物)形成的过程(风化、搬运、沉积、成岩)及沉积环境的变化^[22]。由于人类基本上居住、生活在各种沉积环境中,且人类生活和社会发展所需资源的 75%来自于沉积岩(物)、多种生活垃圾和工业废物又最终回归于各种沉积环境中,所以沉积学与人类生存和可持续发展越加密不可分,并在地质灾害和生态保护中发挥越来越大的作用。由沉积学和环境科学研究的基本问题的相互交叉,可以确定环境沉积学研究的主要内容(图 1)。

图 1反映了环境科学和沉积学的主要研究内容,以及环境科学与沉积学之间相联系的各内容的结合

和交叉情况。由此可知,环境沉积学的研究内容包括 4 个方向 16 个具体内容。其中,4 个研究方向分别为原生环境(自然灾害)沉积学、污染物环境沉积学、生态环境沉积学和全球变化环境沉积学。具体研究内容如下。

2.1 原生环境(地质灾害)沉积学

原生环境沉积学(亦称为自然灾害沉积学或地质灾害沉积学)以自然因素引起各沉积环境中发生的各种自然地质灾害(如泥石流、山体滑坡、风暴潮、洪水、沙漠灾害等)为主要研究对象,研究目的在于科学地认识其起因、过程、制约条件、控制因素及其危害性和破坏能力,从而有效地检测和预防这类灾害,尽可能地削弱其破坏力,减轻其危害程度。地质灾害沉积学研究的主要内容包括各种地质灾害的物质基础、成因及来源、搬运的动力、搬运介质性质及泥沙动力学及运动学特征、沉积物分异作用及沉积作用等。地质灾害沉积学的研究主要涉及到沉积学中风化、搬运和沉积三个过程,由此可以将其细分为自然灾害的风化侵蚀基础、自然灾害的搬运动力学及自然灾害的沉积过程 3 个研究方向(图 1)。在具体进行某类地质灾害的环境沉积学研究时还应该因地制宜、因“类”制宜,并考虑其危害性和破坏力。

2.2 污染物环境沉积学

污染物环境沉积学是环境沉积学最主要的研究内容,是次生环境问题与沉积学问题交叉研究的环境沉积学的一个重要分支,主要研究各种沉积过程和沉积环境中沉积介质及与之密切相关的各种污染物质

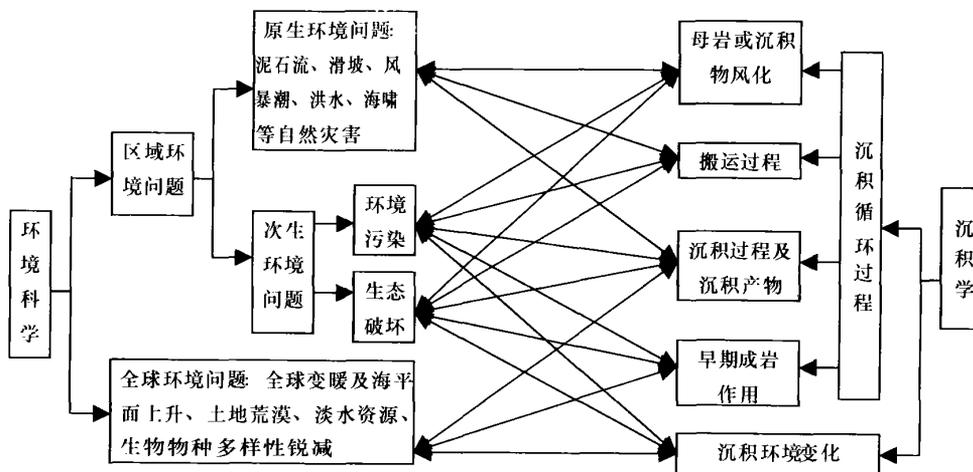


图 1 环境科学和沉积科学主要研究内容及其相互交叉决定的环境沉积学的研究内容

Fig 1 Main study contents of environment science and sedimentology and study content of environmental sedimentology resulted from intersection between environment science and sedimentology

的迁移、聚集、富集、转化等过程,研究污染物的时空分布与沉积介质类型及特征、沉积物类型、岩相、沉积动力条件、沉积相和沉积体系之间的相互关系,研究污染物在风化、侵蚀、搬运、沉积和早期成岩作用中的物理化学行为,研究污染沉积环境突变(如河流、湖泊干旱,港口、河流的疏浚等)时污染物的物理化学变化及可能引起的二次污染,对各种污染沉积环境的环境质量进行评估和综合治理。污染物环境沉积学涉及到沉积学所有的研究领域,可以分出风化过程污染物环境沉积学、搬运过程污染物环境沉积学、沉积过程污染物环境沉积学、早期成岩中污染物环境沉积学和沉积环境变化过程中污染物环境沉积学 5 个研究方向(图 1)。目前对沉积过程(沉积物)污染物环境沉积学的研究最为深入,其次是早期成岩过程污染物环境沉积学。李任伟对沉积物污染及与此相关的环境沉积学研究进行了总结^[10]。污染物环境沉积学的主要研究内容包括:(1)污染物时—空分布特征及赋存形式研究;(2)污染物在沉积、成岩及风化和侵蚀过程中转化、迁移和富集规律研究;(3)沉积物环境评价标准研究;(4)污染环境的治理;(5)环境治理中的沉积学研究。

2.3 生态环境沉积学

生态环境沉积学以遭受人为活动直接或间接破坏的各种生态环境(如乱砍滥伐森林和植被破坏造成的水土流失、超采地下水造成的地面沉降等)为研究对象。生态环境沉积学的研究内容包括生态环境的物质基础,营养物质和污染物质的搬运、沉积、再搬运、再沉积的循环,以及生态破坏导致的自然环境或沉积环境的变化,可分为 5 个研究方向:生态破坏之初的沉积物的风化,如水土流失之初的土壤本身的物理、化学、生物变化;生态系统内部或生态系统间物质的迁移、搬运;生态系统内外来物质的沉积作用、供给速率及沉积通量等;地球表层自然生态环境内由于早期成岩作用引起的矿物质、化学元素及营养物质及生物变化;生态环境演变与破坏与沉积环境变迁的关系,如沉积环境改变导致沼泽、滩涂等湿地生态系统的破坏、生物多样性锐减等(图 1)。面临生态功能退化、生物多样性锐减等生态恶化问题,生态环境沉积学的研究有助于从沉积学的角度科学地认识人与生态环境的相互影响,保护生态环境,协调人类与生物圈间的相互关系。

2.4 全球变化环境沉积学

全球变化环境沉积学以现代沉积学理论为基础,

结合气候学、第四纪地质学、灾害沉积学、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 2Ma 来有关气候、环境等全球事件的成因、过程及后果进行研究,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气候等预测模型,从而提高人类预测未来全球变化的能力。其内容涉及气候历史的高精度再造、海平面变化、米兰科维奇旋回、非轨道力驱动旋回、温室—冰室气候、季风系统的动力过程等全球环境变化中的沉积学及沉积记录研究(图 1)。近年来,通过深海沉积、冰芯、黄土、湖泊及河流沉积等研究,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、海陆分布等多种因素对地球气候和环境的影响。

3 环境沉积学发展的动力分析

科学发展趋势的预测,就实质而言是一种“科学动力学”研究。一门科学发展的动力学来源包括三个主要的因素^[23]:“科学问题”,只要在一门科学中存在尚未解决的问题,这门科学就迟早要发展下去;“社会需求”,如果一门科学的发展对社会有益,那么这门科学就会得到支持,从而会比较快地发展起来;“技术水平”,只有实现一门科学目标的手段在技术上能成为现实时,这门科学才会得到真正的发展。

钻井取芯、野外取样技术的完善和分析测试技术的改进,为环境沉积学研究提供了技术保障;另外,作为一门重要的地质学科,在环境沉积学方面还存在许多现象和规律目前没有被认识,即存在众多的“科学问题”有待解决;此外,环境污染、生态建设、地质灾害、全球气候变化等重大问题的有效解决和研究是环境沉积学得以发展的强大的社会需求(表 1)。以上讨论表明,环境沉积学目前是一个正在发展的学科,随着现代社会的发展,对环境沉积学的需求将呈现愈加迫切的趋势。

4 结论及认识

面对生态、环境、灾害、全球变化等重大问题和环境科学与沉积学的发展,环境沉积学应运而生。环境沉积学以环境和灾害研究为己任,将在解决人类面临的众多环境问题中发挥越来越重要的作用,是未来沉积学发展的主要方向之一。

环境沉积学的发展经历了 20 世纪 60 年代末期至 80 年代的萌芽和 20 世纪 90 年代之后的兴起 2 个

表 1 环境沉积学发展的动力分析

Table 1 Dynamical analysis of the development of environmental sedimentology

动力来源		现实影响因素	主要研究领域
社会问题和 社会需要	减轻自然灾害	经济建设和城市发展	地质灾害环境沉积学
	预测未来气候变化趋势	全球温室效应、气候恶化	全球变化环境沉积学
	控制环境污染和污染治理 生态保护和生态恢复	人类对生存环境和生态 的关注增加	污染物环境沉积学 生态环境沉积学
国家安全需要	禁止核试验条约	核材料、武器销毁	污染物环境沉积学

阶段。根据前人研究成果和笔者的认识,构建了环境沉积学学科体系,定义环境沉积学的概念,认为环境沉积学既是沉积学或环境地质学中的一个分支,更是环境科学与沉积学之间的交叉。其研究内容既包括沉积学中的环境问题,又包括环境科学中的沉积问题,4个研究方向为原生环境沉积学、污染物环境沉积学、生态环境沉积学和全球变化环境沉积学。

取样和分析测试技术的完善、改进,为环境沉积学研究提供了技术保障;沉积学与环境科学交叉领域内众多“科学问题”,为环境沉积学的发展确立了方向;环境污染、生态建设、地质灾害、全球气候变化等重大问题的有效解决为环境沉积学的迅速发展提供了强大的社会需求和发展动力。

参考文献 (References)

- 何起祥. 沉积地球科学的历史回顾与展望. 沉积学报, 2003, 21(1): 10~18 [He Qixiang. Sedimentary earth sciences: yesterday, today and tomorrow. Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 21(1): 10~18]
- 曾允孚, 覃建雄. 沉积学发展现状与前瞻. 成都理工学院学报, 1999, 26(1): 1~7 [Zeng Yunfu, Qin Jianxiong. Development and future of sedimentology. Journal of Chengdu University of Technology, 1999, 26(1): 1~7]
- 刘宝珺, 王剑, 谢渊, 等. 当代沉积学研究的新进展与发展趋势 - 来自第 31 届国际地质大会的信息. 沉积与特提斯地质, 2002, 22(1): 1~6 [Liu Baojun, Wang Jian, Xie Yuan, et al. The development and trend in the research of modern sedimentology. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2002, 22(1): 1~6]
- 刘宝珺, 李廷栋. 地质学的若干问题. 地球科学进展, 2001, 16(5): 607~616 [Liu Baojun, Li Tingdong. Some problems of geology. Advance in Earth Sciences, 2001, 16(5): 607~616]
- 徐强, 刘宝珺, 朱同兴, 等. 中国沉积学研究的现状和发展方向. 西南石油学院学报, 2000, 22(3): 1~4 [Xu Qiang, Liu Baojun, Zhu Tongxing, et al. Current status and future direction of sedimentology in China. Journal of Southwest Petroleum Institute, 2000, 22(3): 1~4]
- 金相灿. 沉积物污染化学. 北京: 中国环境科学出版社, 1992. 1~365 [Jin Xiangcan. Pollution Chemistry of Sediments. Beijing: Chinese Environment Science Press, 1992. 1~365]
- 陈瑞生, 黄玉凯, 高兴斋, 等. 河流重金属污染研究. 北京: 中国环境科学出版社, 1987. 341~374 [Chen Ruisheng, Huang Yukai, Gao Xingzhai, et al. Study on heavy metal contamination of river. Beijing: Chinese Environment Science Press, 1987. 341~374]
- Hakanson L, Jansson M. Principles of Lake Sedimentology. New York: Springer-Verlag, 1983
- 覃建雄, 徐国盛, 曾允孚. 现代沉积学理论重大进展综述. 地质科技情报, 1995, 14(3): 23~32 [Qin Jianxiong, Xu Guosheng, Zeng Yunfu. Series of significant developments in modern sedimentological theory. Geological Science and Technology Information, 1995, 14(3): 23~32]
- 李任伟. 沉积物污染和环境沉积学. 地球科学进展, 1998, 13(4): 398~402 [Li Renwei. Contamination of sediments and environmental sedimentology. Advance in Earth Sciences, 1998, 13(4): 398~402]
- Landrum K E. The environmental sedimentology and trace metal geochemistry of the upper Barataria Basin and Mississippi river - gulf outlet estuaries, Louisiana. A dissertation submitted for the degree of doctor of philosophy. Tulane University (America), 2000
- Stevens R L. Harbours-silting and environmental sedimentology. Environmental Geology, 2003, 43: 432~433
- Brack K, Johannesson L, Stevens R L. Accumulation rates and mass calculations of Zn and Hg in recent sediments, Goteborg Harbour, Sweden. Environmental Geology, 2001, 40: 1232~1241
- Muller-Karulis B, Poikane R, Seglins V. Heavy metals in the Ventspils Harbour: normalization based on a multi-parameter dataset. Environmental Geology, 2003, 43: 445~456
- Johannesson L T, Stevens R L, Eriksson K. The influence of an urban stream on sediment geochemistry in Goteborg Harbour, Sweden. Environmental Geology, 2003, 43: 434~444
- Paetzel M, Nes G, Leifsen L, Schrader H. Sediment pollution in the Vagen, Bergen harbour, Norway. Environmental Geology, 2003, 43: 476~483
- Brack K, Stevens R L. Historical pollution trends in a disturbed, estuarine sedimentary environment, SW Sweden. Environmental Geology, 2001, 40: 1017~1029
- Yang T, Rosenbaum M S, Burton C L. An intelligent database for managing geoenvironmental change within harbours. Environmental Geology, 2001, 40: 1224~1231
- Burton C L, Rosenbaum M S. Decision support to assist environmental sedimentology modeling. Environmental Geology, 2003, 43: 457~

- 465
- 20 关伯仁. 环境科学基础教程. 北京: 中国环境科学出版社, 1995. 1~15 [Guan Boren Basic Tutorial of Environment Science Beijing: Chinese Environment Science Press, 1995. 1~15]
- 21 李焰. 环境科学导论. 北京: 中国电力出版社, 2000. 1~14 [Li Yan Introduction of Environment Science Beijing: Electric Power Press of China, 2000. 1~14]
- 22 姜在兴. 沉积学. 北京: 石油工业出版社, 2003. 1~86 [Jiang Zaixing Sedimentology Beijing: Petroleum Industry Press, 2003. 1~86]
- 23 覃建雄, 李余生. 浅议现代沉积学发展方向. 地质科技管理, 1996, 5: 42~43 [Qin Jianxiang, Li Yusheng Development direction of modern sedimentology Management on Geological Science and Technology, 1996, 5: 42~43]

Rising and Development of Environmental Sedimentology

XIAN Ben-zhong¹ JIANG Zai-xing²

1(Postdoctoral Station, Shengli Petroleum Administrative Bureau, Dongying Shandong 257015)

2(Energy College, China University of Geosciences, Beijing 100083)

Abstract Environmental sedimentology emerged as the times require when human beings are facing with some key issues of ecological destroy, environment pollution, disaster and global changes and development of environmental science and sedimentology. The development of environmental sedimentology underwent two stages and has been given more and wider attentions since mid-1990's. The concept and study target of environmental sedimentology are defined in this paper. The study content includes not only environmental problem in sedimentology study but also sedimentary one in environmental science study, and 4 main study directions are original environmental sedimentology, contamination environmental sedimentology, environment sedimentology and global change environmental sedimentology. Environmental sedimentology, studying environment and disaster, must be important for solution of environment contamination, ecological destroy, geologic disaster and global climate change, and are becoming one of important development directions of sedimentology.

Key words environmental sedimentology, geologic disaster, environmental pollution, ecologic destroy, global change