

流域生态学与太湖流域防洪、 治污及可持续发展

阎水玉¹ 王祥荣²

(1:华东师范大学环境科学系,上海 200062;2:复旦大学环境科学与工程系,上海 200433)

提 要 在评述流域生态学中的水文、湖泊、生态系统、景观、生态经济和生态管理等主要研究内容和复合生态系统、河流连续统、生态交错带、等级系统、格局-尺度-过程、信息系统等概念理论以及流域自然过程、生物功能、系统结构、生态环境、流域生态管理等流域生态学热点问题的基础上,总结分析了太湖流域防洪、治污及可持续发展与流域生态学的关系,指出流域生态学在太湖流域的流域开发、环境治理、区域可持续发展等实践方面起着越来越重要的指导作用,有必要开展深入研究。

关键词 流域生态学 太湖流域 洪水灾害 水污染 可持续发展

分类号 P343.1

流域生态学(watershed ecology)是以流域为研究单元,应用现代生态学的理论和系统科学的方法,研究流域内高地、沿岸带、水体等各子系统间的物质、能量、信息流动规律,在研究流域作为一个复合生态系统的结构和功能之基础上,进一步从中、大尺度上对流域内各种资源的开发利用、保护及环境问题进行研究,为流域中陆地和水体的合理开发利用决策提供理论依据,从而为区域的社会经济可持续发展做出贡献^[1-3],尽管流域生态学的理论和方法刚刚发展,但是以生态学理论为指导,以流域为单元,作为整治环境、发展经济的指导,已经在国内外的重大实践中取得了明显成效,俄罗斯伏尔加河、第聂伯河流域,美国的密西西比河、哥伦比亚河等流域,欧洲的莱茵河流域,南亚的恒河流域^[4],中国的长江中下游低丘滩地综合治理与开发^[5],中国江西鄱阳湖及流入该湖的赣、抚、新、饶、修5河及其流域所组成的江西山江湖区的综合开发治理工程^[6],中国长江三峡库区的复合农业生态系统工程^[7]等,都是成功的范例。

太湖流域是以太湖为中心的一个相对独立的封闭区域,是长江下游的支流区,面积 $3.69 \times 10^4 \text{ km}^2$,人口3600万,改革开放以来,流域经济迅猛发展,在占不足全国0.4%的国土面积上,创造了占全国10%的国内总产值和近16%的财政总收入,是我国最具活力的经济重地之一。但是该流域地处亚热带季风气候区,由于降雨的时空分布不均,导致频繁的洪涝灾害,20世纪以来,较大水灾出现过14次(1911年、1921年、1931年、1949年、1954年、1957年、1962年、1963年、1969年、1983年、1991年、1993年、1995年、1999年),特别是建国以来的1954年、1991年、1999年的洪水使流域遭受了巨大的社会经济损失,治理洪涝灾害是该区的一项长期而艰巨的任务^[8],同时自1980年以来,太湖流域因大量的工农业污染物质输入河湖水系,致

• 国家自然科学基金重点项目(39930040)资助。收稿日期:2000-04-27;收到修改稿日期:2000-07-20。
阎水玉,男,1968年生,博士生,讲师。

使其水质恶化,迄今全流域内 70% 的河网受到污染,80% 的河流水质达不到国家规定的地表水Ⅲ级标准,湖泊大部分水域处于富营养状态,局部区域达到重富营养水平,每年夏季爆发大量的蓝藻水华,使数百万人的饮用水安全受到威胁:防治水质污染,遏制其进一步恶化趋势,已是太湖流域治水的重要且紧迫的任务之一。频繁的洪涝灾害,严重的水质污染,形成资源性洪水和水质性缺水并存的严峻局势,对该区社会经济的可持续发展形成巨大的威胁^[9]。流域生态学以其多学科参与的研究内容、丰富的研究思想、较为成功的研究方法、科学的应用实践,可为太湖流域的防洪、治污及可持续发展提供指导。本文拟将流域生态学的理论和内容与太湖流域的防洪治污联系起来,从流域生态学的角度理解和把握洪灾与污染的规律,为区域可持续发展提供一些新的思路。

1 流域生态学的主要研究内容与太湖流域防洪、治污及可持续发展

流域生态学的主要研究内容包括流域水文、流域湖沼、流域生态系统、流域景观、流域生态经济和流域生态管理等研究内容,均与太湖流域防洪、治污及可持续发展有关。

1.1 流域水文

流域水文是指流域水体的形成、时空运动及其变化规律。水作为流域生态系统中重要的结构和功能组分,与流域的地形、气候、植被以及人类的开发活动密切相关,洪灾可以视为一种非常规的水文现象对区域生态系统结构和过程的扰动,扰动的形式强度及其后果等与区域的自然、经济、社会系统的结构、功能、过程紧密联系。流域水文的分析,结合与流域生态系统的关系,可以充分认识洪涝灾害的成因、分析洪涝灾害的经济损失、探究洪涝灾害的变化、总结治理洪涝灾害的得失、规划建议洪涝灾害的防治对策。1999 年,太湖流域的特大洪水,雨情超历史、水情创记录、受淹范围缩小、经济损失增大^[9],不论是在洪涝发生前的预报预警,还是洪涝发生过程中的防洪抗洪,还是在洪涝过后对洪涝的反思认识以及对未来防洪规划的思考等,都是在流域生态系统中探究流域水文,认识洪涝灾害、流域水污染的程度及其时空过程,尽管是人为活动排污的结果,但是其污染特征及其对人类生产生活的影响方式、影响程度等与流域水文有关,防治治污只有在流域生态系统中,深入探究流域水文规律的基础上,才能有效地进行。流域发展过程中,水资源的开发利用也必须考证流域水文过程。太湖流域的水文研究在众多科技工作者多年的努力下,已进行了大量的工作,在防洪治污过程中已成绩斐然,为流域的综合整治积累了大量的资料和工作思路,结合流域生态学的研究,其绩效会更为明显。

1.2 流域湖沼

流域湖沼的存在是平原地带流域的一大特征,从流域的角度考察湖沼,可以充分认识湖沼的物理、化学和生物学特征及其形成和演化过程,同时可以深化流域整体的生态学认识,为流域水资源和水产资源的开发管理以及水域环境保护提供科学论据。太湖流域的湖沼类型多样、特征各异,在整个流域的自然、经济结构中所扮演的角色不同,是流域整体系统中不可分割的有机组成部分。在流域防洪、治污及可持续发展过程中,按照湖沼各自在流域中的自然及经济角色,合理配置功能,最大限度地提高流域整体效益,是流域发展中重要的一环,哪些湖沼可作蓄洪区、哪些湖沼应是排洪通道,哪些湖沼应是水源地带,哪些湖沼是农业或渔业基地,哪些湖沼可做净污场所等等,都需要在流域生态系统思想的指导下,对各个湖沼进行分析后才能确定。1999 年太湖流域洪水表明,由于各个行政区域间对自己区域的湖沼在流域整体功能的作用

用认识上存在差异,导致行政区域之间洪涝灾害发生空间转移,扩大了整个区域的损失.部分区域各类用水的增加,对相邻区域的生产生活用水的水量和水质造成威胁.这些现象都与流域水平上的湖沼研究不足所致,亟待加强.

1.3 流域生态系统

流域生态系统的研究是在两个层次上展开的.第一层次,将整个流域视为一个水陆相互结合、相互作用的大系统,关心流域内不同组成子系统之间的物质能量流动规律;第二层次,研究流域内各主要组成系统的结构和功能,如:河网、湖泊、自然植被、农田、城市等,关心这些系统本身的物质和能量流动规律及其在流域整体中的作用.MAB(人与生物圈计划)对生态系统的研究在这两个层次上都有很大的促进作用.流域生态系统结构和功能的研究着眼于流域生态系统是如何工作的,在摸清流域生态系统各参数的基础上,对流域生态系统进行实验性的管理.由于生态系统自身的复杂性,普遍适用的预测和调控生态系统的发展、优化管理生态系统的方法,仍存在一定的困难,但经验性和实验性的结论以及对个案生态系统的认识,对实践的指导还是非常有意义的^[10].水体的富营养化,可以认为是N、P物质在流域生态系统中运动的过程中,发生空间错位阻滞和时间上的节律变态有关,N、P在陆地生态系统是必不可少的营养物质,但由于诸多不合理的人为活动,N、P失控地流失到水体之中,造成陆地生态系统为了维持生产力而不得日益扩大N、P的使用,而水体之中却聚集了大量的N、P,造成污染.通过保护流域的自然植被(森林、湿地),调整流域的农业生产方式,较大程度地将N、P保留在陆地生态系统物质循环之中,可以减缓水体的富营养化进程^[11].陆地地表覆盖的变化,如林地的减少、硬质地面的增加,导致系统水循环模式的变化,降雨下渗减少而快速地汇聚洼处,加剧洪灾.地下水的大量抽取,导致地面下沉,也在加剧洪涝灾害^[9].通过在太湖流域开展两个层次的生态系统生态学的研究,可以对流域的防洪与治污提供一些经验性和实验性的思路,且伴随着研究的深入,将太湖流域建成一个流域可持续发展示范区,是有基础并有可能的.

1.4 流域景观

流域景观是研究流域内不同景观要素的空间结构(即与生态系统的大小、形状、数量、类型、构型相关的物质与能量),景观要素的相互作用(即生态系统间物质、能量、信息等的流动),景观要素结构和功能的演化规律.流域内的景观性质和过程与流域的洪涝与污染密切相关,洪灾发展的空间序列、洪灾强度的空间格局、洪灾防治的区划特征、历次洪灾的比较分析、洪灾的预警与评估都必须与景观的结构、功能和过程相联系,流域的水污染发生过程、区域分异、治理效率、资源化工程等离不开流域景观结构、功能和过程的分析^[12,13].太湖流域景观的深入分析,便于对防灾治污的预测预报、对策选择、有效性评估等提供一种景观尺度的综合性认识.由于景观科学研究的理论和方法尚在探索之中,深入认识景观与防洪治污的关系尚需努力,但方兴未艾的景观研究肯定会对此有不同与其他学科的一些新认识,在实践中发挥其更大效益.

1.5 流域生态经济与流域生态管理

流域生态经济是研究流域经济发展、生产布局、产业组织与结构优化、发展战略、国土开发等经济活动与流域资源环境的关系,促进可持续发展.流域生态经济所探讨的流域资源开发的经济效益问题、流域经济过程与流域污染的相互关系、流域上下游环境与经济的分工合作、防灾治污的经济互助等对流域综合整治有至关重要的指导意义^[14,15].太湖流域洪涝灾害发生与发展要进行生态经济评估、蓄洪区的空间选择要进行生态经济论证、防洪工程要达到生态经济

效益最大、以及环境容量的分配、防污费用的分担等涉及到与决策有关的问题,流域生态经济都大有可为。

流域生态管理包括流域内水资源合理配置和水质保护等的水管理,以及水土保持、林业、农业、土地等的管理,是在认识管理对象客观规律的基础上,结合社会经济发展,通过规划等政策措施,促进流域内水资源、土地资源、农林资源的生态、经济、社会效益的最佳发挥,是流域生态学的应用^[16,17]。联合国粮农组织曾就流域生态管理中的经济、技术、体制、规划等问题提请各国政府注意。太湖流域涉及不同的自然地理单元、不同的行政区域,其生态管理在探索之中,为有效地促进流域整体效益的提高,正发挥着越来越重要的作用。

2 流域生态学的几个理论概念与太湖流域防洪、治污及可持续发展

2.1 复合生态系统理论

流域是一个社会-经济-自然复合生态系统,可分为流域自然、经济、社会、三大子系统,包括资源、环境、人口、物资、资金、科技、政策等基本要素,它们在时间和空间上以社会需求为动力、以可持续发展为目标,通过投入产出链渠道,应用科学技术手段有机组合在一起,构成一个开放的系统。通过子系统相互作用,形成流域有序而复杂的结构,完成物质循环、能量流动、信息传递、资金增殖等功能^[18,19]。太湖流域的社会-经济-自然复合生态系统特性非常明显,并且表现出组建结构复杂、动态过程迅速、自组织能力巨大、物质循环特别、能量流动强大、资金增殖稳健等特征。同时,系统也出现了不协调的现象,洪灾是对复合生态系统的扰动,其结果除与扰动强度有关外,与系统的稳定性、抗干扰能力也有关系,防洪就是提高系统的稳定性,增强抗干扰能力。污染是系统结构和功能失去平衡、发生紊乱的结果,治污就是协调系统的结构和功能。可持续发展是系统优化的过程。流域复合生态系统的结构和功能分析,系统过程的模拟与仿真,系统风险的预测与评估,系统的优化与调控等都为流域防洪、治污、可持续发展的规划、决策、行动提供指南。太湖流域这方面的研究和实践已不少,新的防洪、治污规划都较大地体现了这种思想。

2.2 河流连续统的概念

河流连续统概念(river continuum concept)是把河流网络看成一个整体系统,强调构成河流的地理地带及其物理化学过程、生物群落功能等在地理空间上关联,动态过程连续^[20,21]。太湖流域的洪涝灾害、水质污染,其地理空间关联性和动态过程连续性都非常明显,具有河流连续统性质。防灾规划中强调区域的协调,如:“蓄、泄、控”三结合、“治太”十大工程协同进行、协调各片圩区防洪标准、进行洪水综合调度等,已经将河流连续统的概念进行了应用。治污规划中的水资源功能区的确定、环境容量的分配、行政区域间的排污协调等都考虑了污染物在河流连续统中的迁移、转化、累积的过程。更有效地将河流连续统的概念应用到太湖流域的防洪治污实践中,还需科研工作者和管理决策人员的努力。

2.3 生态交错带理论

生态交错带(ecotone)是指相邻生态系统之间的过度地带,由于相邻生态系统相互作用形成了具有不同时空尺度的一系列特征,边界性和梯度性明显,其结构变化速率、物质能量运转过程、系统的稳定性及抗干扰能力、对全球变化的敏感性等方面均表现出可明显表达的脆弱性。流域中,水陆交错带最明显也最重要,由于水陆交错带具备保持物种多样性、拦截和过滤物

质流、稳定比邻生态系统、净化水体等生态功能,同时又是相对脆弱的地带,被认为是流域生态学研究 and 流域可持续发展实践所应密切关注的地带^[22]。太湖流域具有多种交错带类型和广泛的交错带区域,除以河岸、湖周、沼泽等具有湿地特征的水陆交错带外,流域西南部的森林农田交错带,东北部的城乡交错带也很明显。城乡交错带土地结构的变化和地面下沉以及大量的污染物未经处理而排放,水陆交错带生物群落衰退,固着土壤能力和净化水质能力下降,引起河湖淤积,都直接和间接地加剧了洪涝灾害^[8],也加剧了污染的治理难度,而防洪、治污的重点也是这些区域,理解交错带的性质、特征,对流域的防洪、治污及可持续发展是有所帮助的。

2.4 等级系统概念和格局—过程—尺度概念

等级系统概念,20世纪80年代以来被生态学界所广泛接受,认为生态系统是具有若干组织层次的等级系统。高等级层次的生态学过程往往是大尺度、低频率、慢速度,而低等级层次的过程表现为小尺度、高频率、快速度。处于高层次的过程对低层次的过程有制约作用,同时整合低层次的过程而显示出准稳定特性,处于低层次的过程常嵌入高层次过程,影响高层次过程,显示动态性特征^[23,24]。格局—过程—尺度概念认为,在具体生态学问题的研究中,生态过程产生空间格局,格局作用于过程,同时它们又依赖于研究尺度,格局和过程的认识受尺度效应的影响^[24],确定等级、尺度,然后分析格局和过程是目前生态学研究的基本范式,流域生态学也十分强调等级和尺度概念,同时研究对象也具备明显的等级性和尺度性优势,为研究、分析、解决问题提供了方便。太湖流域防洪、治污规划与管理中,把握流域的等级系统及不同等级系统之间的关系,理解格局—过程—尺度内涵,在宏观上,可以较为深刻地把握洪灾和污染发生及形成过程,确定防洪治污的方向进程,协调防洪治污工程的时空过程,体现流域水平的防洪治污的整体效益,同时可以在微观上认识具体操作措施的时空区域意义,确定其行为。

2.5 流域信息系统

流域信息系统组建流域内的陆地、水体、社会经济数据库,将地质、地理、水文、气象、植被、环境质量、土地利用、城镇建设、社会经济等基本数据和基本过程,应用GPS、RS、GIS技术和系统仿真技术,将它们从结构和功能上连接起来,进行流域的动态模拟和预测,并应用到实际管理之中。流域防洪、治污及可持续发展的实践表明,没有完善的流域信息系统,在长期的规划和管理中缺乏明确的依据,在处理突发性的洪灾和污染事件中缺少效率。太湖流域的防洪治污行动也表明高效的流域信息系统,对防洪抢险过程中,快速做出正确科学的决策,尽可能地减少生命财产损失,事关重大。

3 流域生态学的研究热点与太湖流域防洪、治污及可持续发展

流域生态学是在多学科、多专业的共同协作下发展的,尽管用人多、耗费大、历时长,但由于其在流域社会经济的可持续发展中,具有不可取代的科学指导意义,国内外都开展了广泛的研究工作,研究热点^[1-3]主要集中在:(1)流域的自然过程研究,包括长时间尺度的地理、气候背景和发展过程,河流湖泊演化,洪涝灾害的历史比较,流域内自然侵蚀、人为加速侵蚀和水土保持等;(2)流域的生物功能研究,包括流域生物多样性的形成、演化、维持的研究,流域陆生植被、水生植被的生产力及其分布与连接,流域水生动物的保护等;(3)流域复合生态系统的结构和功能研究,包括流域内各干、支湖泊的物质、能量关系,不同尺度上流域系统和功能的演绎,流域的景观格局与动态,流域土地利用变化、水资源利用变化以及城市化等的生态学后果,流

域内的生态交错带等;(4)流域生态环境研究,包括流域水体的环境背景值及环境容量,流域污染治理和资源化生态工程,流域水系的分形特征与环境质量,地下水开采和污染的流域生态学后果,流域生态环境综合整治工程,流域开发的综合评价,灾害的评估与预警,流域点源和面源污染的治理,以及流域城市生态学、人类生态学、生态经济学等;(5)流域生态管理研究,包括退化的流域系统的恢复与重建,流域生态农业、林-农-渔系统的开发、示范和推广,流域非持续短期经营和持续长期经营之间的关系,流域可持续发展的评价、规划、对策,流域信息系统的组建和使用。

太湖流域经过科研人员多年来的共同努力,在流域生态学的研究热点问题上都有所涉及。借助沉积物分析,太湖流域全新世以来的气候环境演变过程,以及太湖本身的形成与演化,基本得到认识^[25,26]。河流水系结构特征及其功能变化^[27]的研究为防洪与治污提供了基本背景,太湖流域洪涝灾害的历史比较^[8]使得人们认识到洪涝发展趋势。东太湖水生植被及其功能^[28]得到认识,水产资源保护普遍受到关注,并对藻类的生态学特征进行了较为详细的分析^[29]。黄益斌等在此基础上,对太湖流域复合生态系统的生态脆弱性进行了分析^[30]。高俊峰对太湖流域-圩区变化及其对洪涝的影响^[31]进行了总结。太湖流域生态环境质量是近年来研究较多的内容,在分析环境质量演变的基础上,提出了管理对策^[32-35]。

有关太湖流域的流域生态特征研究,中国科学院、国家自然科学基金委员会、水利部太湖流域管理局以及江苏、上海、浙江二省一市都安排了不少研究项目,特别是中国科学院南京地理与湖泊研究所及相关一些高等院校投入了大量的研究力量,成效显著,为太湖流域的防洪、治污与可持续发展的实践提供了决策依据。但是各方面的研究深度不一,许多数据无法相互比较,研究结果的整合性较差,降低了对实践的指导能力。防洪治污是目前太湖流域综合整治的重点课题,这一社会经济快速发展区域的可持续发展具有世界性的示范意义,流域生态学的许多热点问题与此有关,整合已有的研究成果、补充研究空白,可有效地提高太湖流域可持续发展实践的科学性。

流域生态学属于中大尺度的生态学研究范畴,是理论与应用相结合的科学,是正在发展的一个新学科。太湖流域的自然、社会、经济也正在发生着急剧的变化,结合学科的发展和流域的实际需要,建议今后太湖流域流域生态学可在以下几个方面深入研究:(1)流域内生物功能的研究,其中水体中的藻类、水生植被的恢复与重建、区域自然植被的恢复与重建应是重点。(2)流域生态系统结构和功能研究,其中氮、磷的物质循环过程、不同尺度上生态过程的嵌入与演绎应是重点。(3)人类活动的生态学影响研究,包括地下水、地表水的开发,农、渔业的活动,城市化,景观格局的改变等。(4)流域管理研究,重点在自然经济社会的空间发展协调和时间发展协调,可持续发展的流域决策,流域信息系统的组建和应用等。这些方面的研究将为太湖流域的可持续发展提供更为广泛的科学依据。

4 结语

流域生态学正在以新的视角,在多学科的参与下,对在自然地理方面有着频繁的物质能量交换、普遍存在因果关系的流域地区展开了全方位的综合研究,在流域开发、环境治理、区域可持续发展等实践方面起着越来越重要的指导作用^[36]。太湖流域是我国重要的经济快速发展区域,洪涝灾害与环境污染较为严重,可持续发展受到一定挑战。流域生态学的思路、方法和结

果,对流域防洪、治污及可持续发展具有指导作用,近期之内在已有的研究基础上,系统地开展太湖流域流域生态学的研究是可行的,并且具备相当的科学理论意义和实践指导意义。

致谢 感谢不知名的审稿人对本文提出的宝贵建议。

参 考 文 献

- 1 蔡庆华,吴 刚,刘建康等.流域生态学:水生生态系统多样性研究和保护的一个新途径.科技导报,1997,5:24-26
- 2 邓红兵,王庆礼,蔡庆华.流域生态学——新学科、新思想、新途径.应用生态学报,1998,9(4):443-449
- 3 吴 刚,蔡庆华.流域生态学研究内容的整体表述.生态学报,1998,8(6):575-581
- 4 张思平,白康斌,袁运良等.长江经济开发战略.武汉:华中理工大学出版社,1989.1-310
- 5 彭镇华,江泽慧.长江中下游低洼滩地综合治理开发研究.北京:中国林业出版社,1996.1-317
- 6 杨淳朴,吴国梓.世纪工程——山江湖开发治理.南昌:江西科学技术出版社,1996.1-327
- 7 陈伟烈,张喜群.三峡库区的植物与复合农业生态系统.北京:科学出版社,1994.1-263
- 8 毛 锐.建国以来太湖流域三次大洪水的比较及对今后治理洪涝的意见.湖泊科学,2000,12(1):12-18
- 9 虞孝感,吴秦来等.关于1999年太湖流域洪水灾情、成因及流域整治的若干认识和建议.湖泊科学,2000,12(1):1-5
- 10 Odum E P. Ecosystems Theory in Relation to Man. In: Wiens J ed. Ecosystems: Structure and Function. Corvallis: Oregon State University Press, 1972. 11-24
- 11 White J S, Bayley S E. Restoration of a Canadian prairie wetland with agriculture and municipal wastewater. *Environ Manage.* 1999, 24(1):25-37
- 12 Forman R, Gordon M. 景观生态学.北京:科学出版社,1990
- 13 阿尔曼德著.景观科学.北京:商务印书馆,1992.1-321
- 14 McDonald L A, Johns G M. Integrating social benefit cost accounting into watershed restoration and protection program. *J Am Water Resour Assoc.* 1999, 35(3):579-592
- 15 Ruhl J B. The (political) science of watershed management in the ecosystem age. *J Am Water Resour Assoc.* 1999, 35(3):519-526
- 16 Letey J. Science and policy in integrated watershed management: A case study. *J Am Water Resour Assoc.* 1999, 35(3):603-607
- 17 Strange E M, Fausch K D, Covich A P. Sustaining ecosystem service in human-dominated watersheds: Biohydrology and ecosystem processes in the South Platte River Basin. *Environ Manage.* 1999, 24(1):39-54
- 18 马世骏,王如松.社会—经济—自然复合生态系统理论.生态学报,1984,4(1):1-9
- 19 王礼先主编.水土保持学.北京:中国林业出版社,1995
- 20 Vannote R L, Minshall G W, et al. The river continuum concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science.* 1980, 37:130-137
- 21 Minshall G W, Cummins K W. Development in stream ecosystem theory. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science.* 1985, 42:1045-1055
- 22 尹澄清.内陆水—陆交错带的生态功能及其保护与开发前景.生态学报,1995,15(3):331-334
- 23 O'Neill R V, DeAngelis D L, Waide J B, et al. A Hierarchical Concept of Ecosystem. Princeton: Princeton University Press, 1986
- 24 邬建国.生态学范式变迁综论.生态学报,1996,16(5):449-460
- 25 William Y B, 许雪珏,杨景荣等.从沉积物特征谈太湖的演变.湖泊科学,1994,6(3):217-226
- 26 薛 滨,翟文川,吴艳宏等.太湖晚冰期—全新世气候环境变化的沉积记录.湖泊科学,1998,10(2):30-35
- 27 韩昌来,毛 锐.太湖水系结构特点及其功能的变化.湖泊科学,1997,9(4):300-306
- 28 杨清心.东太湖水生植被的生态功能及调节机制.湖泊科学,1998,10(1):67-72
- 29 陈宇伟,高锡云,秦伯强.西太湖北部夏季藻类种间关系的初步研究.湖泊科学,1998,10(4):35-40

- 30 黄益斌, 崔广柏, 朱德明. 太湖生态脆弱性特征与消除对策的初步研究. 湖泊科学, 1999, 11(4): 316 - 321
- 31 高俊峰, 韩昌来. 太湖地区的圩及其对洪涝的影响. 湖泊科学, 1999, 11(2): 105 - 109
- 32 秦伯强. 太湖水环境面临的主要问题、研究动态及初步进展. 湖泊科学, 1998, 10(4): 1 - 10
- 33 诸 敏. 太湖水质变化趋势及其保护对策. 湖泊科学, 1996, 8(2): 133 - 138
- 34 李文朝. 太湖湖体综合治理对策的探讨. 湖泊科学, 1996, 8(4): 289 - 298
- 35 范成新. 太湖水体生态环境历史演变. 湖泊科学, 1996, 8(4): 297 - 303
- 36 Butcher J B. Forecasting future land use for watershed assessment. *J Am Water Resour Assoc*, 1999, 35(3): 567 - 578

Watershed Ecology, Flood Disaster Control, Water Pollution Control and Sustainable Development in Taihu Basin

YAN Shuiyu¹ WANG Xiangrong²

(1: Department of Environmental Science, East China Normal University, Shanghai 200062, P. R. China;

2: Department of Environmental Science and Engineering, Fudan University, Shanghai 200433, P. R. China)

Abstract

Watershed ecology is an intersect discipline of hydrology, limnology, ecosystem ecology, landscape ecology, eco-economics and eco-management. Because of the watershed ecology's significance to watershed sustainable development, people attach importance to it increasingly. About watershed ecology, we should pay more attention to these theories and concepts as follows: society-economy-nature multi-ecosystem, river continuum concept, ecotone theory, hierarchy theory, pattern-process-scale, and watershed information system. Now, the trends of watershed ecology concentrates on five points which are watershed physical process, bio-service, structure and function of watershed ecosystem, watershed environment and watershed management. In East China, there is an important region, which is Taihu Lake basin. 10 percent of Chinese GNP comes from this 0.4 percent of Chinese territory. But frequent flood disaster and increasing water pollution confront regional sustainable development. Based on the deliberation watershed ecology, the significance of watershed ecology to flood disaster control, water pollution control and sustainable development in Taihu basin are discussed in this paper. It is suggested that the study and application of watershed ecology should be an effective approach to solve those problems, and that it is necessary to deepen the research.

Key Words Watershed ecology, flood disaster, water pollution, sustainable development, Taihu Basin