

水生态分区管理国际经验与太湖流域应用研究

常闻捷^{1,2}, 龚利雪¹, 陆嘉昂¹, 冯彬¹, 孙洁丽²

(1. 江苏省环境科学研究院, 江苏省环境工程重点实验室, 江苏 南京 210036; 2. 河海大学环境学院, 江苏 南京 210098)

摘要: 简述了国外水生态区的发展历程以及国外水生态区在建立生态系统数据库、制定差异化水质标准、开展河流生态监测及评价水体健康等方面进行的应用研究。通过对太湖流域水生态功能分区的研究, 指出当前水环境管理存在的问题与水生态区管理的优势, 提出应重点从水生态区监测、试点考核、评价、修复等具体操作层面开展应用研究, 引导我国水环境管理从水化学指标逐步向水生态综合指标转变, 推动建立以水生态系统健康为导向的水环境管理创新体制。

关键词: 水生态区; 水生态监测; 水生态健康; 太湖流域; 管理及应用

中图分类号: X321

文献标志码: C

文章编号: 1674-6732(2020)06-0059-04

International Experience on Water Ecoregion Management and Application Research of Lake Taihu Basin

CHANG Wen-jie^{1,2}, GONG Li-xue¹, LU Jia-ang¹, FENG Bin¹, SUN Jie-li²

(1. Jiangsu Provincial Academy of Environmental Science, Jiangsu Provincial Key Laboratory of Environmental Engineering, Nanjing, Jiangsu 210036, China; 2. College of Environment, Hohai University, Nanjing, Jiangsu 210098, China)

Abstract: This paper described the development process of water ecoregion at abroad and their application in establishing ecosystem databases, developing different water quality standards, conducting river ecological monitoring and evaluating water health. According to the study of water ecoregion in Lake Taihu Basin, it pointed out the problems exists in current water environment management and advantages of water ecoregion management. We propose that we should lay emphasis on applied research from specific operational levels, for example, water ecoregion monitoring, pilot assessment, evaluation, and restoration to change the water environment management from water chemical indicators to comprehensive indicators of water ecology, and finally promote the establishment of a water environment management innovation system oriented to the health of aquatic ecosystems.

Key words: Water ecoregion; Water ecoregion monitoring; Water ecological health; Lake Taihu basin; Management and application

近一个世纪以来, 全球淡水生态环境遭受严重威胁, 水体污染、河流闸控、栖息地退化、土地利用等因素导致淡水生物面临巨大风险。近年来, 我国淡水生物也表现出退化趋势, 白鱈豚、江豚和中华鲟等物种已灭绝或濒临灭绝。经济发展、人口增长与水环境治理不协调是导致淡水生态系统变化的主要因素。

长期以来我国以地表水环境功能区、地表水环境质量标准为基础的水环境管理方式发挥了重要

作用, 但在现阶段表现出一定的局限性, 它仅关注水体的使用功能及水化学指标, 忽略了对生态系统的保护。以生态系统健康为目标的水环境管理逐渐成为共识。水质管理中的化学指标表征的是瞬时环境质量, 其数值受温度、水量、风力等因素影响较大, 具有偶然性; 而水生生物的群落结构表征的是长期综合质量, 反映的是更长期的化学品污染、物理生境丧失、外来物种入侵、河岸带植被破坏、水资源过量消耗等信息。因此, 水生态综合

收稿日期: 2019-11-11; 修订日期: 2020-02-20

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2018ZX07208-004); 江苏省自然科学基金青年基金项目(BK20191083); 江苏省环保科研课题(2018001)

作者简介: 常闻捷(1984—), 男, 高级工程师, 硕士, 主要从事水污染防治与水环境管理研究。

评价在一定程度上较水质评价更具有代表性,也更能准确衡量较长时间背景下的水体污染程度。因此需要一套针对水生态系统的区划体系,不仅可以指导水质管理,而且能够反映水生生物及其自然生活环境的特征^[1]。作为水生态系统环境管理的基本单元,水生态区不仅包含了当前阶段水质目标管理这一重要手段,更强调了对水生态系统结构和功能的保护^[2],体现水生态系统空间特征差异,可以实现水陆一体化统筹管理。

1 国外水生态区的发展历程

1.1 美国水生态区研究与发展

1987 年美国环境保护局 (EPA) Omernik^[3] 提出了水生态区的概念,即具有相对同质的淡水生态系统或生物体及其与环境相关的土地单元,同时运用生态群落具有的内在因果关系,创新性地使用土地利用、地形、自然植被类型和土壤类型 4 个指标划分各个级别的生态区,揭示不同层次水生态系统的差异并提出生态区划方案。之后世界自然基金会组织划分了全球淡水生态分区,以保护生物多样性为目标,根据不同地区具有的相似环境条件、生境结构、群体结构和物种适应性的群落划分每个区域的主要栖息地类型,并对每个栖息地按照危急或濒危、脆弱、相对稳定或完整进行分类。以帮助各

地区更好地认识和减轻土地使用类型变化的影响,或放弃特别敏感的生态区域的发展活动,保护生物多样性。美国的生态区划在时间、研究深度、应用情况等方面均领先其他国家。

1.2 欧洲水生态区研究与发展

《欧盟水框架指令》(WFD)是第一个为地表水制定基于水生生态系统质量目标的大尺度框架,其方案源于 1978 年 Illies^[4] 发布的欧洲水生态分区,该分区以水生无脊椎动物分布的差异性,将欧洲划分为 25 个河流湖泊生态区。荷兰学者 Klijin^[5] 采用气候、地形、植被、陆地和水生生物等作为分类特征指标,将荷兰分为 37 个二级生态区。2007 年 Schroeder 等^[6] 依据欧洲苔藓调查的统计数据,对德国不同年份共计 2 646 个点的苔藓样本进行多金属含量分析,利用自然植被、高程、土壤质地、气候等地表资料,采用分类回归树方法最终将德国划分为 21 个生态区。希腊学者 Zogaris^[7] 研究了希腊及其邻近巴尔干国家的 WFD 生态区边界,对 23 个流域鱼类组合进行分类和排序分析,确定水生生物群落扩散的主要生物地理屏障,划分了本区域可描述淡水物种区系分布的生态区,并指出需要对 WFD 生态区边界进行调整,以使欧洲生态区划可有效服务于水生态系统研究和环境管理。国外水生态分区开展情况见表 1。

表 1 国外水生态分区开展情况

分区类型	分区目的	分区方法	分区结果
美国 EPA 淡水生态分区	为水质目标管理、水生态健康发展服务	4 级分区的指标,土地利用方式、地形、潜在的自然植被类型和土壤类型	北美:15 个 I 级区,50 个 II 级区,182 个 III 级区;美国大陆:85 个 III 级区,967 个 IV 级区
世界自然基金会淡水生态分区	保护全球生物多样性	根据全球不同地区具有的相似环境条件、生境结构、生物的复杂性模式(如 β 多样性)、具有相似群体结构和物种适应性的群落,划分每个领域的主要栖息地类型	136 个陆地生态区,61 个海洋生态区,36 个淡水生态区
荷兰	统一区域内环境的管理	气候、地形、植被、陆地和水生生物等作为分类特征指标	26 种陆地生态区,11 种水生态区
德国	便于生态毒理学的评估	利用自然植被、高程、土壤质地、气候等地表资料,采用分类回归树方法计算生态区	21 个生态区
法国		地质、地形和气候特征	22 个 I 级、54 个 II 级水文生态区

2 国外水生态区的主要应用

2.1 基于水生态区的环境数据库

美国针对各水生态区分别建立了详细的自然地理、野生动物、本土植物等各类数据库。明尼苏达州依据湖泊面积、深度和碱度等物理和化学特征对湖泊进行分组,并将湖泊的清澈度值与生态区、县、小流域和集水区的土地覆盖变量联系起来,发

现湖泊清澈度与农业或者城市土地面积变化存在相关关系,建立基于水生态分区的水质清澈度数据库,该数据库涵盖了从 1985—2005 年 20 年的时间跨度,以水体透明度为指标对 10 500 多个湖泊进行基于地球资源卫星的水质清澈度估算^[8]。

2.2 基于水生态区的水环境质量标准制定

水生态区的应用多集中于制定基于不同水生

态分区水质标准及完善标准指标体系等方面。俄亥俄州^[9]发现单一的水化学指标难以起到保护和恢复地表水生物完整性的作用,因此将河流生物指标作为该州水质标准的一部分。20世纪80年代末,明尼苏达州基于生态区制定了由北向南湖泊的不同磷标准,以满足湖泊区域差异保护的要求,这些标准已被《清洁水法》用来规定营养不良湖泊的阈值,并正在作为湖泊标准加以改进。

2.3 基于水生态区的河流监测及水体健康评价

在河流监测及水环境评价中,水生态区是选择参照系的有效单元。美国爱荷华州以水生态区作为监测网络设计的依据,划分长久监测点位,评估水资源状况,并确定了地表水环境监测因子。Hoos等^[10]利用水生态区研究流域内进入环境和影响向水体输送氮的含量和时间的环境特征,模拟预测河道内的氮负荷及影响氮迁移的控制因素。2013年美国依据马里兰州长期生物调查^[11],利用2级和3级河流描述营养景观特征与总氮、总磷之间的关系,从而预测美国Ⅱ级和Ⅲ级水生态区的水质特征。2007年美国对湖泊进行全国性评估(NLA)时,以生态区为基础定义了5个分区,提供环境变量和人类影响的基础资料,最终确定了美国东北地区的参考湖泊。

2.4 基于水生态区的湿地修复标准及保护水生生物多样性

水生态区在描述湿地特征以及评价人类活动对湿地的影响方面具有重要作用。1996年Bedford^[12]指出水生态区是建立大尺度湿地评判标准的适宜单元,在制定评判水文等值的准则时,把尺度由个别湿地项目扩大至更广阔的范围,决策者才能够评估具体修复措施对大规模湿地多样性格局的潜在累积影响。2006年McCreddie等^[13]发现黑蝇幼虫的组合形式与生态区分布具有明显的相关性,即相邻但不同的生态区具有不同的水生动物类群,因此可以对不同生态区的水生昆虫类型进行预测。Glover^[14]认为水生态分区对鱼类体内汞含量具有重要的影响,不同生态区的土地利用和水化学指标导致不同水体类型中鱼类汞含量的差异。

2.5 基于水生态区评估水体的生态状况

欧洲以水生态区作为确定河流水体参考条件的基础开展淡水生态系统评估,从而确定以生态保护和恢复为目标的淡水生态系统保护原则。Moog

等^[15]基于奥地利海拔、地质和河流类型的考虑,将河流景观类型和主要地表水类型的先验类型与多元分析结果相结合,分析相对较大的生态区之间的物种组成,建立了奥地利15个较小的生物河流区,用于评估水体的生态状况。

3 太湖流域水生态功能分区研究

“十一五”以来,高永年和高俊峰等^[16]提出了太湖流域水生态功能分区的理论和技术体系,并划分了太湖流域的三级分区方案。一级分区以河网密度及地面高程作为分区指标,将太湖流域分为西部丘陵河流生态区和东部平原河流湖泊水生态区2个分区,体现太湖流域水生态系统中的生物群落及生物种群的差异性。二级分区将建设用地面积比、耕地面积比、土壤类型及坡度作为指标,在一级分区的基础上将太湖流域分为5个生境水生态亚区,目的在于体现太湖流域水生态系统的生物多样性及完整性的空间差异,突出湖体的重要性原则。三级分区以底栖动物、叶绿素、水体流速、特征指示物种比例、水生生物生境等为分区指标,将二级分区进一步分为21个功能区,体现太湖流域水生态系统支持和调节等维持功能的差异性。为太湖流域制定总量控制目标、污染控制措施、环保准入条件、产业结构调整、生态修复与保护等流域水环境分类管理提供了新的模式和基本单元。

“十二五”期间,江苏省结合太湖流域三级分区研究成果,以流域水文、水质、水生态健康状态、物种分布等流域水生态系统空间特征差异为基础,在保证小流域完整性的同时,兼顾行政区域的完整性,研究划定了49个(陆域43个、水域6个)分区,明确了49个分区的生态与服务功能,设定了生态Ⅰ级区—Ⅳ级区4个等级,并分别制定了差异化的生态环境、空间管控、物种保护三大类管理目标,最终形成的《江苏省太湖流域水生态环境功能区划(试行)》获得江苏省政府批复^[17]。

执行地表水(环境)功能区划是当前江苏省水环境管理的主要手段,但存在一定的局限性。而水生态区不仅可以指导水质目标管理,且能够反映水生态系统的健康程度与空间特征差异,其根本目的是使水环境管理从水质目标管理向水生态健康管理拓展,从水体的使用功能保护逐步过渡到对水生态系统功能的保护。

4 太湖流域水生态区管理应用研究建议

结合国外研究应用情况,以及水生态区在太湖流域的实践成果,建议重点从水生态区试点考核、监测、评价、修复等具体操作层面开展应用研究。

(1)开展基于水生态区的生态环境质量持续性监测。水生态区的应用依赖于水生态监测技术的发展和长时期监测数据的支撑。国内对于水生生物的系统监测开展较晚,大多限于科研人员的研究,在采样标准、监测方法、评价方式、质量控制等方面尚未有统一的规范,加之监测部门生态监测技术水平参差不齐,传统监测方法不同人员的分析差异大且周期长,难以长期有效地开展水生态监测工作,因此开发快速生物监测方法、确定相应的监测技术规程、明确监测指标、优化现行监测布点、建立太湖流域基于水生态区的监测网络体系对水生态系统的恢复与保护至关重要。

(2)推进太湖流域水生态环境功能分区管理考核试点工作。地表水环境功能区划、“水十条”等政策法规执行过程中均制定了考核办法以约束地方政府围绕考核目标定期开展考核任务与评价。在太湖流域开展水生态环境功能分区管理考核试点工作具有重要意义,在考核中发现长期以来不同分区水生态环境系统存在的问题,以便提出切实可行的方案恢复水质与生态系统,也为推进以水生态系统健康为导向的水环境管理制度提供抓手。

(3)构建以水生态健康、水生态区为核心的管控实施策略。需要研判不同分区水生态环境存在的问题,长期持续开展太湖流域水生态环境功能分区考核与评估,针对分区产业特点、土地利用现状、区域经济发展,提出相应的管控措施以达到考核目标要求,针对不同区域水生态系统差异,遴选不同的生态修复技术,恢复水生生态系统,以水生态健康、水生态环境功能区为核心,为水生态功能的系统修复与保护提供策略依据。

[参考文献]

- [1] 王晶晶,刘敏,鲁海杰.环境分区管理的国际经验及启示[J].环境经济,2012,108(12):38-40.
- [2] 张惠远.我国环境功能区划框架体系的初步构想[J].环境保护,2009,412(2):7-10.
- [3] OMERNIK J M. Ecoregions of the conterminous United States [J]. Annals of the Association of Amerocan Geographers,1987,77(1):118-125.
- [4] MCMAHON G, GREGONIS S M, WALTMAN S W, et al. Developing a spatial framework of common ecological regions for the conterminous United States [J]. Environmental Management, 2001, 28(3):293-316.
- [5] KLIJN F, WAAL R W D, VOSHAAR J H O. Ecoregions and ecodistricts: Ecological regionalizations for the Netherlands' environmental policy [J]. Environmental Management, 1995, 19(6):797-813.
- [6] SCHROEDER W, PESCH R. Synthesizing bioaccumulation data from the German metals in mosses surveys and relating them to ecoregions [J]. Science of the Total Environment, 2007, 374(2-3):311-327.
- [7] ZOGARIS S, ECONOMOU A N, DIMOPOULOS P. Ecoregions in the Southern Balkans: Should their boundaries be revised? [J]. Environmental Management, 2009, 43(4):682-697.
- [8] OLMANSON L G, BREZONIK P L, BAUER M E. Geospatial and temporal analysis of a 20 - year record of landsat - based water clarity in minnesota's 10,000 lakes [J]. Javra Journal of the American Water Resources Association, 2014, 50(3):748-761.
- [9] YODER C O, RANKIN E T. The role of biological indicators in a state water quality management process [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 1998, 51(1):61-88.
- [10] HOOS A B, MCMAHON G. Spatial analysis of instream nitrogen loads and factors controlling nitrogen delivery to streams in the southeastern United States using spatially referenced regression on watershed attributes (SPARROW) and regional classification frameworks [J]. Hydrological Processes, 2010, 23(16):2275-2294.
- [11] MORGAN R P, KLINE K M, CHURCHILL J B. Estimating reference nutrient criteria for Maryland ecoregions [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2013, 185(3):2123-2137.
- [12] BEDFORD B L. The need to define hydrologic equivalence at the landscape scale for freshwater wetland mitigation [J]. Ecological Applications, 1996, 6(1):57-68.
- [13] MCCREADIE J, ADLER P. Ecoregions as predictors of lotic assemblages of blackflies (diptera: Simuliidae) [J]. Ecography, 2006, 29(4):603-613.
- [14] GLOVER J B, DOMINO M E, ALTMAN K C, et al. Mercury in South Carolina fishes, USA [J]. Ecotoxicology, 2010, 19(4):781-795.
- [15] MOOG O, SCHMIDT-KLOIBER A, OFENB C K T, et al. Does the ecoregion approach support the typological demands of the EU 'Water Framework Directive'? [J]. Hydrobiologia, 2004, 516(1-3):21-33.
- [16] 高俊峰,高永年,王斌,等.太湖流域水生态功能分区[M].北京:中国环境科学出版社,2012.
- [17] 陆嘉昂,李冰,常闻捷,等.江苏省太湖流域水生态环境功能分区技术及管理应用[M].北京:中国环境出版社,2017.