太湖流域水生态系统服务及其空间差异

王 斌[1]，张 彪[2]，王建锋[3]，杨校生[1]，杨艳刚[2]，张灿强[2]

（1. 中国林科院 亚热带林业研究所，浙江 富阳 311400；
2. 中国科学院 地理科学与资源研究所，北京 100101；3. 浙江省安吉县林业局，浙江 安吉 313300）

摘 要：以太湖流域土地利用资料、水文水质资料和统计资料为基础，对流域尺度上水生态系统服务功能及其空间差异性进行了评价与分析。结果表明，太湖流域水生态系统的水供给功能为 3.70×10^{10} m³/a，水产品功能为 6 681.180 t/a，水路旅客周转量为 4.604×10^{8} 人/(km·a)，水路货运周转量为 2.90×10^{11} t/(km·a)，蓄水总量为 4.53×10^{9} m³/a，调节水量为 7.69×10^{9} m³/a，固碳量为 4.28×10^{6} t/a，释放 O_2 量为 1.14×10^{7} t/a，净化污水量为 6.30×10^{9} t/a，年输沙量为 1.22×10^{6} t/a，造陆面积为 189.851 hm²/a；水生态系统服务功能总价值为 9.10×10^{10} 元/a，不同服务功能价值量排序为：旅游＞航运＞调蓄＞水质净化＞固碳释氧＞水供给＞水产品＞输沙造陆；太湖流域单位面积水生态系统服务功能价值为 19.22 元/(m²·a)，且存在较大空间差异，其顺序为：浦西区＞武澄区＞浙西区＞杭嘉湖区＞湖西区＞阳澄区＞太湖区。

关键词：太湖流域；水生态系统；服务；空间差异

文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2011)02-0215-06 **中图分类号**：X171，Q14

Water Ecosystem Services and Their Spatial Variability in Taihu Basin

WANG Bin[1], ZHANG Biao[2], WANG Jian-fang[3], YANG Xiao-sheng[1], YANG Yan-gang[2], ZHANG Can-qiang[2]

(1. *Research Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forest, Fuyang, Zhejiang* 311400, *China*; 2. *Institute of Geographical Science and Natural Resources Research, CAS, Beijing* 100101, *China*; 3. *Anji Forestry Bureau of Zhejiang Province, Anji, Zhejiang* 313300, *China*)

Abstract: Water resource problems in Taihu basin became serious with the development of society and economy. In order to evaluate the water ecosystem services of Taihu basin and to provide a theoretical basis for watershed management, this study divided water resources of Taihu basin into seven districts based on the statistics data, land-use data and hydrological information, and then evaluated and analyzed the water ecosystem services and their spatial variability. The results show that the water supply volume of Taihu basin was 3.70×10^{10} m³/a, aquatic product yield was 6 681.180 t/a, transportation capacity of passenger and freight travel were 4.604×10^{8} person/(km·a) and 2.90×10^{11} t/(km·a), respectively, water storage capacity was 4.53×10^{9} m³/a, flood control capacity was 7.69×10^{9} m³/a, carbon fixation and oxygen release rates were 4.28×10^{6} t/a and 1.14×10^{7} t/a, respectively, water purification capacity was 6.30×10^{9} t/a, and sand transport and land reclamation rates were 1.22×10^{6} t/a and 189.851 hm²/a, respectively. The total value of water ecosystem services was 9.10×10^{10} yuan/a. The order of various services in terms of value was as following, tourism＞transportation＞water storage and flood control＞water purification＞carbon sequensation and oxygen release＞water supply＞aquatic product＞sand transport and land reclamation. The average ecosystem service value per unit area of Taihu basin was 19.22 yuan/(m²·a). The order of various districts in terms of average service value was as following, Puxi＞Wucheng＞West Zhejiang＞Hangjiahu＞Huxi＞Yangcheng＞Taihu.

Keywords: Taihu basin; water ecosystem; services; spatial variability

收稿日期：2010-04-20 **修回日期**：2010-08-24

资助项目：国家科技重大专项“水体污染控制与治理”子专题“太湖流域水生态功能分区与质量目标管理技术示范”(2008ZX07526-007)；中国林科院亚热带林业研究所基本科研业务费(RISF6903)

作者简介：王斌(1978—)，男(汉族)，湖北省石首市人，博士，助理研究员，主要从事生态系统服务功能研究。E-mail：ylwangbin@sina.com.cn。

水是人类赖以生存的宝贵自然资源，同时也是社会经济赖以发展的重要物质基础，具有巨大的服务功能价值，研究表明，全球湿地生态系统服务功能总价值约为 $4\ 879\times10^9$ 元/a，单位面积价值（美元）约为 1.478 5万元/(hm^2 · a)[1]。近年来由于人们对水资源的不合理利用、开发以及工农业用水严重超过了水资源的承载力，导致河流断流、湿地丧失、区域生态环境退化、生物多样性受到威胁，如何协调水资源的直接利用和维持水的生态服务功能已成为水资源管理所面临的挑战[2-3]。对水生态系统各项服务功能的定量评价有助于全面地认识水资源的价值，同时，水生态系统服务功能价值评价又是水资源纳入国民经济核算体系的前提，是进行水利建设和开发等宏观决策的基础[2,4]。

太湖流域是一个由众多河流、水库、塘坝以及湖泊构成的流域水生态系统，生态服务功能在流域社会经济发展中起着重要作用。随着太湖流域经济的快速发展和人口规模的迅速扩大，社会经济和环境保护之间的矛盾日益尖锐，污染湖泊的因素不断增多，加之环保意识薄弱，致使太湖水污染日趋严重。目前，流域内存在资源型和水质型缺水两种状况，严重阻碍了流域内的社会经济可持续发展[5]。与陆地或海洋生态系统相比，河流、湖泊等淡水生态系统更易受岸上周边地区各类事件包括生命活动和自然过程的影响，因此，分区治理对太湖流域水生态系统管理具有重要意义。功能分区对于深刻识别区域空间的多功能性，充分利用和保护区域空间多功能性，追求区域空间功能价值的最大化和可持续利用，明确不同区域在可持续发展中的功能定位，并提出保障措施具有重要作用[6]。目前关于水生态系统服务功能的研究，大多以功能分类为基础，从整体出发开展研究，很少考虑水生态系统服务功能的空间差异性，而这种差异性正是流域功能分区的前提和基础。本研究在此以太湖流域水利部门的传统分区为基础[7-8]，结合流域土地利用资料，水文水质资料和统计资料，对流域水生态系统服务功能的空间差异性进行了初步评价与分析，以期为流域水生态系统分区管理提供参考。

1 研究区概况

太湖流域位于长江三角洲，东临东海，北抵长江，南滨杭州湾，西部以天目山、茅山为界，介于北纬 30°5′—32°8′，东经 119°8′—121°55′之间，总面积 36 940 km^2。太湖流域地势西南高，东北低，四周略高，中间略低，形似碟子，其中山区丘陵占 16%，河湖水面占 16%，平原占 68%。太湖流域属亚热带季风气候区，四季分明，雨水丰沛，热量充裕。冬季受大陆冷气团侵袭，盛行偏北风，气候寒冷干燥；夏季受海洋气团的控制，盛行东南风，气候炎热湿润。太湖流域是我国著名的水网地区，境内河道纵横交错。河道总长度有 1.20×10^5 km，流域河道密度为 3.2 km/km^2，在广大平原区构成网络状，是太湖流域自古以来的水利基础。

太湖位于该流域的中心，是该流域的水利中枢。如果以太湖北部的直湖港和南部的吴淞港为界，可将太湖流域划分为上游区和下游区。上游区河流以入湖为主，包括苕溪水系、宜溧河水系、洮滆水系和武进港—直湖港水系；下游区河流以出湖为主，包括通江水系、黄浦江水系及杭州湾南排水系[9]。根据太湖流域的地形和水文特征，结合水利部门的传统分区，可将太湖流域水资源划分为湖西区、浙西区、武澄锡虞区（武澄区）、太湖区、阳澄淀泖区（阳澄区）、杭嘉湖区、浦西浦东区（浦西区）7 个分区，各分区不同水生态系统类型面积如表 1 所示。各区之间有水利工程控制区间水量交换，具有相对闭合的水文单元特征。其中湖西区、浙西区和武澄区是上游来水区，太湖的水量和营养物质主要通过这 3 个区的入湖河道汇集；其余 4 个区为下游出水区，排放太湖绝大部分的水量和营养物质[8]。根据 2008 年太湖流域 1∶50 000 土地利用数据，流域水域总面积 4 735.02 km^2，其中湖泊面积 3 173.5 km^2，水库坑塘面积 1 361.5 km^2，河渠面积 200.0 km^2。

表 1 太湖流域水资源分区面积及不同水生态系统类型面积 km^2

流域分区	总面积	水域面积	湖泊	水库坑塘	河渠
湖西区	7 471.6	789.8	248.3	532.0	9.6
浙西区	5 956.8	105.2	43.0	44.0	18.2
武澄区	4 072.5	143.2	19.2	110.5	13.5
太湖区	3 130.0	2 415.7	2 322.4	93.2	0.1
阳澄区	4 340.4	775.0	403.3	339.7	32.0
杭嘉湖区	7 510.3	399.6	136.7	183.8	79.1
浦西区	4 458.4	106.7	0.7	58.4	47.7
合 计	36 940.0	4 735.0	3 173.5	1 361.5	200.0

2 研究方法

根据太湖流域水生态系统特点，将太湖流域水生态系统服务功能划分为水供给、水产品、航运、旅游、调蓄、大气调节、水质净化、输沙和造陆等 9 项功能。其中，水供给、水产品、航运和旅游是可以在市场上进行交换的，其价值通常被称为直接使用价值；其余功能因其在常规市场上不能直接交换，它们的价值通常被称为间接使用价值[10]。

2.1　水供给功能

河流和湖泊是淡水贮存和保持的重要场所,为人类和其它动物提供饮用水,为植物的生长发育和繁殖提供代谢用水,为农业灌溉用水、工业用水以及城市生态环境用水等提供保障[11]。2007 年太湖流域农村生产和生活用水 99.81×10^8 m^3,城镇生产和生活用水 2.70×10^{10} m^3[12],在不考虑林地和草地用水情况下,可根据流域土地利用数据计算耕地和城镇用地单位面积用水量。结合分区内耕地和城镇用地面积以及流域水资源费,可计算各分区水供给功能价值。其中,江苏省水资源费为 0.130 元/t;浙江省水资源费为0.080 元/t;上海市水资源费为 0.060 元/t,流域平均为 0.090 元/t。

2.2　水产品功能

水生态系统中生活着丰富的水生植物和水生动物,包括生活必需品和原材料以及优质的碳水化合物和蛋白质[10,13]。考虑到数据资料的可获得性,本研究仅对太湖流域动物水产品中的养蟹价值进行评估。据 2001 年统计,太湖流域池塘养蟹主要集中在江苏省的昆山市、金坛市、苏州市吴中区、吴江市、宜兴市,及浙江省的湖州市、平湖市、嘉兴市、嘉善县等地,养殖总面积 11 377.9 hm^2,总产量 6 681.18 t[14]。根据流域水资源分区内各地养殖面积和产量,按市场均价 45 元/kg,计算其水产品功能价值。

2.3　航运功能

水路运输具有陆路运输不可替代的优点,不占用耕地面积,不会大量破坏生态系统,不用花大量成本用于搭桥铺路等,充分利用河川的自然特点,成本较低,运输量大,对建立和完善现代综合运输体系具有重要作用[13]。由统计年鉴资料获得江苏、浙江和上海 3 省市的水路旅客周转量和水路货运周转量(不包括沿海和远洋),根据各省市面积求得单位面积水路客货运周转量,再根据分区内各省市面积,计算水路客货运总周转量,客运和货运价格按 0.24 和 0.06 元/(t·km)计算[15]。

2.4　旅游功能

水作为一种独特的地理单元和生存环境,对形成独特的传统和文化类型影响很大。水生态系统旅游功能可以统计年鉴中旅游总收入为依据,按水生态景点在旅游总收入中的作用比例进行计算[2]。根据太湖流域各地区旅游收入情况,首先计算各地单位面积旅游收入,再根据分区内各地区面积,计算其旅游总收入。据国家旅游局统计,水生态系统在旅游总收入中的作用比例为 12.3%[16],据此可计算流域各分区水生态系统的旅游功能。

2.5　调蓄功能

水生态系统的调蓄功能主要体现在贮水和水文调节两个方面。河道和湖泊是水的天然容器[10],而水库实际上是"人工湖泊",有着与湖泊基本相同的特征;同时,湖泊和水库将过量的水分储存起来并缓慢释放,从而将水分在时间和空间上进行再分配,避免和减少洪水灾害[17]。根据太湖流域主要湖泊的水深、水位绝对变幅[18],取平均值代表流域内湖泊的平均水深和水位绝对变幅。根据各分区内湖泊面积、平均水深(1.428 m)和水位变幅(2.422 m),蓄水成本取 0.67 元/m^3[19],可计算太湖流域水生态系统的蓄水价值和水文调节价值。

2.6　固碳释氧功能

张运林等[20]根据 1998—1999 年太湖梅梁湾初级生产力的实测数据,建立了浮游植物初级生产力和表层叶绿素 a 浓度之间的经验模式:

$$NPP_{em}=34.52Chla+222.9$$
$$(n=25,\ r^2=0.76)$$

式中:NPP_{em}——浮游植物初级生产力〔mg /(m^2 · d)〕; Chla——表层叶绿素 a 浓度(μg/L)。

根据太湖流域相关资料,收集整理得到分区内叶绿素 a 平均浓度[21-22],其中上游区(湖西区、浙西区和武澄锡虞区)为 46 mg/m^3,太湖区为 72.40 mg/m^3,下游区(阳澄淀泖区、杭嘉湖区和浦西浦东区)为 67.30 mg/m^3。根据浮游植物初级生产力和表层叶绿素 a 浓度之间的经验模式,计算流域水生态系统固定 CO_2 及释放 O_2 的量,按造林成本法固碳释氧成本分别取 260.90 元/t 碳和 400 元/t 氧气[23],可计算流域水生态系统的固碳释氧价值。

2.7　水质净化功能

太湖流域每年都有大量工业、农业和生活污水排放到水体中,通过水生态系统的自净作用得以净化。2007 年流域废污水排放总量为 6.30×10^9 t,其中江苏、浙江和上海 3 省市分别为 2.98×10^9 t,1.12×10^9 t 和 2.20×10^9 t[12]。先根据 3 省市水域面积计算其单位面积水域接纳污水排放量,再根据分区内各省市面积以及污水处理标准,计算其水质净化功能价值。其中,江苏省污水处理费为 1.15 元/t,浙江省为 1.63 元/t,上海市为 1.10 元/t,流域平均为 1.29 元/t。

2.8　输沙造陆功能

河流是沟通陆地生态系统和海洋生态系统的重要通道,对海陆生态系统间的物质、能量和信息交换具有重要作用[13]。泥沙输运是河流最重要的水文现象之一,按输移特性分为推移质和悬移质,河流输沙主要以悬移质的方式进行,输沙功能计算公式为:

$$W_s = S \cdot V \cdot L$$

式中：W_s——河流输沙价值；S——河流悬移质含量；V——过境水量；L——人工清理河道成本费用。

太湖是整个流域的水利枢纽，根据 2008 年环太湖出入水量情况估算流域水生态系统的输沙造陆功能。根据 2008 年太湖健康状况报告，湖西区、浙西区、武澄区、阳澄区和杭嘉湖区过境水量分别为 4.68×10^9 m^3，3.75×10^9 m^3，2.32×10^9 m^3，6.60×10^9 m^3 和 2.61×10^9 m^3，上游区河流悬移质（悬浮物）平均含量为 47.09 g/m^3[21]，下游区为 77.00 g/m^3[24]，河道清理费用 4.7 元/t[25]，据此可计算各分区输沙功能价值。

河水从上游携带来的泥沙流到河口、三角洲、海口等处，由于流速的减慢常常会沉积下来，形成沙洲发育成滩涂[13]。根据太湖流域输沙量，取表土平均厚度 0.5 m，土壤平均容重 1.28 t/m^3[26]，可计算流域泥沙沉积形成的土地面积。根据江苏、浙江和上海 3 省市 2007 年总 GDP 和总面积，计算得到流域土地每年单位面积收益为 25.553 元/m^2，据此可计算各分区内水生态系统的造陆功能价值。

3 结果分析

3.1 水生态系统服务功能

基于统计资料、土地利用资料和文献资料的研究表明，太湖流域水生态系统的水供给功能为 3.70×10^{10} m^3/a，水产品功能为 6 681.18 t/a，水路旅客周转量为 4.60×10^8 人/(km·a)，水路货运周转量为 2.90×10^{11} t/(km·a)，蓄水总量为 4.53×10^9 m^3/a，调节水量为 7.69×10^9 m^3/a，固碳量为 4.28×10^6 t/a，释放 O_2 量为 1.14×10^7 t/a，净化污水量为 6.30×10^9 t/a，年输沙量为 1.22×10^6 t/a，造陆面积为 189.85 hm^2/a（表 2）。从各分区功能量来看，杭嘉湖区水供给量最大；湖西区水产品量最高；浦西区水路旅客周转量、水路货运周转量最大；太湖区的蓄水量、调节水量、固碳释氧量、净化污水量最大；阳澄区的年输沙量和造陆面积最大。

表 2 太湖流域不同分区水生态系统服务功能量

功能类型	湖西区	浙西区	武澄区	太湖区	阳澄区	杭嘉湖区	浦西区	合 计
水供给/10^8 m^3	63.40	19.89	61.59	8.33	53.10	84.49	79.42	370.21
水产品/t	3 284.90	18.00	0.00	0.00	2935.99	442.30	0.00	6 681.18
旅客周转/(10^8 人·km^{-1})	0.02	0.03	0.01	0.01	0.17	0.49	3.86	4.60
货物周转/(10^8 t·km^{-1})	45.49	17.03	25.19	19.35	119.87	300.51	2 375.40	2 902.83
蓄水量/10^8 m^3	3.55	0.61	0.27	33.16	5.76	1.95	0.01	45.32
调节水量/10^8 m^3	6.01	1.04	0.47	56.25	9.77	3.31	0.02	76.86
固 碳/10^4 t	52.20	6.95	9.46	240.02	72.02	37.13	9.92	427.70
释 氧/10^4 t	139.17	18.53	25.23	639.89	192.00	99.00	26.44	1 140.25
净化污水/10^8 m^3	5.70	3.05	1.03	17.48	13.21	11.74	10.79	63.00
输沙量/10^4 t	22.03	17.65	10.93	0.00	50.83	20.07	0.00	121.51
造陆面积/hm^2	34.42	27.57	17.08	0.00	79.42	31.37	0.00	189.85

3.2 水生态系统服务价值

太湖流域水生态系统服务功能总价值为 9.10×10^{10} 元/a，不同服务功能价值依次为水供给 3.33×10^9 元/a，水产品 3.01×10^8 元/a，航运 1.75×10^{10} 元/a，旅游 4.78×10^{10} 元/a，调蓄 8.19×10^9 元/a，固碳释氧 5.68×10^9 元/a，水质净化 8.15×10^9 元/a，输沙造陆 5.42×10^7 元/a（表 3）。8 项功能中旅游功能价值最大，占到总价值的 52.49%，其次是航运功能价值，占 19.26%，输沙造陆功能价值相对较小，仅占 0.06%。太湖流域水生态系统服务功能价值以直接使用价值为主，水供给、水产品、航运和旅游等功能的价值是调蓄、固碳释氧、水质净化和输沙造陆等间接使用价值的 3.12 倍。从各分区水生态系统服务功能价值量来看，由大到小顺序依次为：浦西区＞太湖区＞湖西区＞杭嘉湖区＞阳澄区＞武澄区＞浙西区。

3.3 水生态系统服务空间差异

太湖流域水生态系统服务功能价值平均为 19.22 元/(m^2·a)，其中水供给功能为 0.70 元/(m^2·a)，水产品为 0.06 元/(m^2·a)，航运为 3.70 元/(m^2·a)，旅游为 10.09 元/(m^2·a)，调蓄为 1.73 元/(m^2·a)，固碳释氧为 1.20 元/(m^2·a)，水质净化为 1.72 元/(m^2·a)，输沙造陆为 0.01 元/(m^2·a)（表 4）。其中浦西区的水供给、航运、旅游、水质净化；湖西区的水产品；太湖区的调蓄和固碳释氧；以及浙西区的输沙造陆单位面积价值最高。

太湖流域不同分区水生态系统服务功能存在较大空间差异，湖西区单位面积水生态系统服务功能价值为 15.27 元/m^2，浙西区为 27.79 元/(m^2·a)，武澄区为 44.51 元/(m^2·a)，太湖区为 6.26 元/(m^2·a)，阳澄区为 13.03 元/(m^2·a)，杭嘉湖区为 27.29 元/

(m^2 · a),浦西区为 314.11 元/(m^2 · a),最高的浦西区约为最低的太湖区的 50 倍。总的来看,以湖泊为主的分区(湖西区、阳澄区和太湖区),水生态系统单位面积价值均低于流域平均水平。

表 3　太湖流域不同分区水生态系统服务价值量　　10^8 元/a

价值类型	湖西区	浙西区	武澄区	太湖区	阳澄区	杭嘉湖区	浦西区
水供给	5.71	1.79	5.54	0.75	4.78	7.60	7.15
水产品	1.48	0.01	0.00	0.00	1.32	0.20	0.00
航 运	2.74	1.03	1.52	1.16	7.23	18.15	143.45
旅 游	89.89	20.33	53.53	34.85	50.40	59.34	169.32
调 蓄	6.40	1.11	0.50	59.91	10.40	3.52	0.02
固碳释氧	6.93	0.92	1.26	31.86	9.56	4.93	1.32
水质净化	7.37	3.95	1.34	22.62	17.09	15.19	13.97
输沙造陆	0.10	0.08	0.05	0.00	0.23	0.09	0.00
合 计	120.61	29.21	63.72	151.14	101.01	109.03	335.23

表 4　太湖流域不同分区水生态系统服务单位面积价值量　　元/(m^2 · a)

价值类型	湖西区	浙西区	武澄区	太湖区	阳澄区	杭嘉湖区	浦西区	流域平均
水供给	0.72	1.70	3.87	0.03	0.62	1.90	6.70	0.70
水产品	0.19	0.01	0.00	0.00	0.17	0.05	0.00	0.06
航 运	0.35	0.98	1.06	0.05	0.93	4.54	134.42	3.70
旅 游	11.38	19.34	37.39	1.44	6.50	14.85	158.66	10.09
调 蓄	0.81	1.06	0.35	2.48	1.34	0.88	0.02	1.73
固碳释氧	0.88	0.88	0.88	1.32	1.23	1.23	1.23	1.20
水质净化	0.93	3.75	0.93	0.94	2.21	3.80	13.09	1.72
输沙造陆	0.01	0.07	0.03	0.00	0.03	0.02	0.00	0.01
合 计	15.27	27.79	44.51	6.26	13.03	27.29	314.11	19.22

4　讨 论

4.1　太湖流域水生态系统服务功能研究

从以上分析可以看出,太湖流域水生态系统服务功能价值总量为 9.10×10^{10} 元/a,约占全国水生态系统服务功能价值总量的 15.07%[2]。流域水生态系统服务价值大部分来源于旅游和航运,其服务价值占总服务价值的 71.76 %,这与流域自古以来就是我国著名的旅游区有关,表明人类活动是太湖流域的主要经济活动,也是流域水生态系统服务的主要贡献来源。受资料与数据的限制,仅评估了太湖流域 8 项生态系统服务功能,忽略了提供生境、地下水补给、科研教育等不易量化的服务类型,所以本研究对太湖流域水生态系统服务价值评估的结果会低于其实际价值。同时,水生态环境恶化是一个动态的过程,只有连续的评估才能了解和掌握流域的水生态系统服务变化特点以及人类活动和管理对服务价值的影响[27-28],本研究只是对流域水生态系统服务功能年价值量的一个初步估算,还不能清楚地表明流域水环境恶化与社会经济之间的相互作用关系,而这也是目前生态系统服务功能研究最大的局限。

生态系统服务功能价值评估不仅需要考虑生态系统的现状和构成,还要评价其时空变化与对外来压力的敏感性,以及运用动态模拟模型预测价值的变化,从而准确计量人类行为对生态系统服务功能影响的成本、效益和损失。然而,目前的评价研究都是基于静态模型得出的结论,对评估结果缺乏深入分析[29]。在今后的研究中,应加强对太湖流域水生态系统服务功能的动态监测,在此基础上,进行流域水生态系统服务功能的时空动态模拟,进一步建立水生态系统服务功能变异预警机制,从而为流域长期持续的解决水污染问题和水环境管理提供数据、理论和方法支持。

4.2　水生态系统服务空间差异性对流域分区的指导意义

不同区域的生态环境、资源条件和经济社会发展水平有很大差异,根据这种客观存在的差异来合理划分多种主体功能区,实行不同的区域发展战略和政策,有利于保护生态环境,也有利于经济社会发展。通过比较流域不同分区水生态系统服务功能与 GDP 之间的关系,可以进一步认识流域水生态系统服务功能的空间差异性。用单位面积水生态系统服务功能

价值与单位面积 GDP 比值(W/G)作为衡量水功能重要性的指标,从表 5 可以看出,浙西区与浦西区的 W/G 值接近,分别为 1.56 和 1.69;杭嘉湖区和武澄区的 W/G 值接近,分别为 0.61 和 0.54;湖西区和阳澄区接近,分别为 0.20 和 0.18,太湖区最低,为0.09。结合各分区在流域所处的位置以及各分区单位面积水生态系统服务功能价值可以看出(表 4),不同分区 W/G 值与分区在流域发挥的作用密切相关,浙西区森林覆盖率较高,水生态系统以山区溪流为主(东笤溪和西苕溪),是太湖流域上游重要的水源涵养地;浦西区位于太湖下游,以黄浦江为主干,是流域重要的排水通道和航道;杭嘉湖区以平原水网为主,是流域农业相对比较发达的地区;武澄区位于太湖北部,通过沿江水系连接长江和太湖,是长江水入太湖主要通道,水供给功能相对较高;湖西区、阳澄区和太湖区水生态系统以湖泊为主,大型的湖泊有太湖、洮湖、滆湖、阳澄湖和淀山湖等,除太湖区的调蓄功能较高外,其它服务功能相对都较低。

表 5 太湖流域不同分区水生态系统服务功能与 GDP 关系

流域分区	总面积/km²	水域面积/km²	总量/(10^8 元·a^{-1})		平均/(元·m^{-2}·a^{-1})		
			水功能 W	GDP	水功能 W	GDP	W/G
湖西区	7 471.58	789.80	120.61	5 683.35	15.27	76.07	0.20
浙西区	5 956.76	105.15	29.21	1 062.35	27.79	17.83	1.56
武澄区	4 072.47	143.16	63.72	3 359.69	44.51	82.50	0.54
太湖区	3 130.02	2 415.68	151.14	2 221.49	6.26	70.97	0.09
阳澄区	4 340.42	774.95	101.01	3 170.92	13.03	73.06	0.18
杭嘉湖区	7 510.33	399.57	109.03	3 383.35	27.29	45.05	0.61
浦西区	4 458.43	106.72	335.23	8 271.66	314.11	185.53	1.69
合 计	36 940.00	4 735.02	909.95	27 152.82	19.22	73.51	0.26

5 结 论

水生态系统服务功能评价有助于人们重新审视水生态系统功能,提高社会对水生态系统保护重要性的认识,促进水生态系统研究和保护利用。太湖流域是我国经济活动最活跃的地区之一,其水生态系统功能的好坏直接关系着我国社会经济的发展。太湖流域水生态系统服务功能总价值为 9.10×10^{10} 元/a,单位面积价值为 19.22 元/(m^2·a),在流域社会经济发展中发挥着重要作用。同时,太湖流域不同分区水生态系统服务功能存在较大差异,这种差异与水生态系统在流域中所处的位置以及各区经济发展水平密切相关。从中可以看出,明确水生态系统服务功能的空间分区特征以及各项生态服务功能重要性的总体分异规律,对于明确生态系统与人类社会之间的关系,保障流域分区的科学性具有重要意义。

[参 考 文 献]

[1] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387:253-260.

[2] 欧阳志云, 赵同谦, 王效科, 等. 水生态服务功能分析及其间接价值评价[J]. 生态学报, 2004,24(10): 2091-2099.

[3] Boyd J, Banzhaf S. What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units [J]. Ecological Economics, 2007, 63:616-626.

[4] 李文华, 欧阳志云, 赵景柱. 生态系统服务功能研究[M]. 北京: 气象出版社, 2002.

[5] 沈建军, 李柏山, 许海萍. 太湖水污染原因分析及治理措施[J]. 环境科学导刊,2009,28(2): 27-29.

[6] 谢高地, 鲁春霞, 甄霖, 等. 区域空间功能分区的目标、进展与方法[J]. 地理研究,2009,28(3): 561-570.

[7] 朱威. 太湖流域水质型缺水问题和对策[J]. 湖泊科学, 2003,15(2):133-138.

[8] 赖格英,于革, 桂峰. 太湖流域营养物质输移模拟评估的初步研究[J]. 中国科学(D 辑), 2005,35(SII):121-130.

[9] 王苏民, 窦鸿身. 中国湖泊志[M]. 北京: 科学出版社, 1998.

[10] 王欢, 韩霜, 邓红兵, 等. 香溪河河流生态系统服务功能评价[J]. 生态学报, 2006, 26(9): 2971-2978.

[11] 栾建国, 陈文祥. 河流生态系统的典型特征和服务功能[J]. 人民长江, 2004, 35(9):41-43.

[12] 水利部太湖流域管理局. 太湖流域及东南诸河水资源公报[R]. 上海:太湖流域管理局,2007.

[13] 张进标. 广东河流生态系统服务价值评估[D]. 广州: 华南师范大学, 2007.

[14] 陈家长,胡庚东,瞿建宏,等.太湖流域池塘河蟹养殖向太湖排放氮磷的研究[J]. 农村生态环境, 2005,21(1): 21-23.

[15] 赵同谦, 欧阳志云, 王效科, 等. 中国陆地地表水生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. 自然资源学报,2003, 18(4):443-452.

[16] 中华人民共和国国家旅游局. 国家旅游局公布 2000 年入境旅游者抽样调查综合分析报告[R]. 北京:国家旅游局,2000.

[17] 鞠美庭. 湿地生态系统的保护与评估[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.

[18] 刘庄, 蒋建国, 沈渭寿, 等. 太湖流域湖泊滩地资源及其开发利用[J]. 农村生态环境,2003,19(4):27-30.

[19] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统生态服务功能及其生态经济价值的初步研究[J]. 生态学报, 1999,19(5):608-613.

[20] 张运林, 冯胜, 马荣华, 等. 太湖秋季真光层深度空间分布及浮游植物初级生产力的估算[J]. 湖泊科学, 2008, 20(3):380-388.

[21] 常州市环境保护局. 常州市环境质量报告书(2007)[R]. 常州:常州市环境保护局,2008.

[22] 太湖流域水资源保护局. 太湖流域及东南诸河省界水体水资源质量状况通报[R]. 上海:太湖流域管理局, 2008:132.

[23] 中国生物多样性国情研究报告编写组. 中国生物多样性国情研究报告[M]. 北京:中国环境科学出版社, 1998.

[24] 李云梅, 黄家柱, 陆皖宁, 等. 基于分析模型的太湖悬浮物浓度遥感监测[J]. 海洋与湖沼, 2006, 37(2):171-177.

[25] Guo Z W, Xiao X M, Gan Y L, et al. Ecosystem functions, services and their values :A case study in Xingshan County of China[J]. Ecological Economics, 2001, 38:141-154.

[26] 李金昌. 生态价值论[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1999.

[27] 鲁春霞,谢高地,成升魁,等. 水利工程对河流生态系统服务功能的影响评价方法初探[J]. 应用生态学报, 2003, 14(5):803-807.

[28] 张朝晖, 吕吉斌, 叶属峰, 等. 桑沟湾海洋生态系统的服务价值[J]. 应用生态学报, 2007, 18(11):2540-2547.

[29] 李文华, 张彪, 谢高地. 中国生态系统服务研究的回顾与展望[J]. 自然资源学报, 2009, 24(1):1-10.

(上接第 197 页)

通过实地勘查及调访掌握这些泥石流沟威胁对象并确定其危害性大小,并在此基础上建立监测程度和要素。从监测的角度来看,对降雨型泥石流,应当对其实施雨量监测;对冰川降雨型泥石流,除了要监测雨量外,还应对其温度进行实时监测;对冰湖、堰塞湖溃决型泥石流,应增加湖水位的监测,林芝地区详细监测站点布设见表 7。针对林芝地区泥石流灾害特征提出 3 点具体防灾建议:(1) 加强防控重点防控区的泥石流灾害。林芝地区山地灾害点多面广,突出重点防控区意义重大。针对这些地区检查和重点落实群测群防体系,对于由于经费等因素没有落实的群测群防点,进一步加以落实,增加该地区山地灾害防治的宣传教育,普及防灾知识;(2) 加强气象预测预报。重点防控区范围内许多山区降雨观测设施落后或短缺,建议结合现有的气象防灾规划项目、地质灾害监测预警规划与试点项目,争取雨季前增加降雨和泥石流等灾害的监测。增加这一地区雨季的气象卫星遥感监测预报;(3) 加强林芝地区泥石流灾害成灾规律的研究,系统进行灾害规划推动监测预警和资源信息共享系统。目前气候变化和地震活动频繁的背景下,泥石流灾害的成灾规律需要加强研究,进行基于全球气候变化条件下的泥石流防治规划,加强监测预警工作中,集成气象、水利、国土和林业与农业的气象台网,特别是中上游泥石流灾害源区的小流域监测站点,提升泥石流灾害的预测预报精度,并推动资源信息的共享。

[参 考 文 献]

[1] 钟祥浩,王小丹,刘淑珍,等. 西藏高原生态安全[M]. 北京:科学出版社,2008:1-249.

[2] 童立强,祈生文,刘春玲. 喜马拉雅山东南地区地质灾害发育规律初步研究[J]. 工程地质学报,2007,15(6):721-729.

[3] 吕儒仁,唐邦兴,朱平一,等. 西藏泥石流与环境[M]. 成都:成都科技大学出版社,1999:1-245.

[4] 罗德富,毛济周. 川藏公路南线(西藏境内)山地灾害及防治对策[M]. 北京:科学出版社,1995: 1-253.

[5] 蒋忠信. 藏东南泥石流沟纵剖面演化的最小功模式[J]. 地理科学,2003,23(1):25-31.

[6] 吴积善,程尊兰,耿学勇. 西藏东南部泥石流堵塞坝的形成机理[J]. 山地学报,2005,23(4):399-405.

[7] 吕儒仁,李德基. 西藏波密冬茹弄巴的冰雪融水泥石流[J]. 冰川冻土,1989,11(2):148-160.

[8] 刘伟. 西藏典型冰湖溃决型泥石流的初步研究[J]. 水文地质工程地质,2006(3):88-92.

[9] Cheng Z L, Geng X Y , Dang C, et al. Modeling experiment of break of debris-flow dam[J]. Wuhan University Journal of Natural Sciences, 2007,12(4):588-594.

[10] 蒋忠信. 西南山区暴雨泥石流沟简易判别方法[J]. 自然灾害学报, 1994,3(1):75-82.

[11] 李吉均. 西藏冰川[M]. 北京:科学出版社,1988: 8-9.