

渔业环境面临形势与可持续发展战略研究

崔正国^{1,2}, 曲克明^{1,2}, 唐启升^{1,2}

(1. 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室, 山东省渔业资源与生态环境重点实验室, 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东青岛 266071; 2. 青岛海洋科学与技术试点国家实验室, 海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室, 山东青岛 266071)

摘要: 渔业环境是水生生物赖以生存和繁衍的场所, 也是渔业可持续发展的基础。总体上, 我国渔业水域环境质量恶化的趋势尚未得到根本遏制, 无机氮和活性磷酸盐仍是渔业水域主要的污染指标。本文在分析渔业环境现状与演变趋势的基础上, 揭示了建设项目活动开发、外源污染、生态灾害和污染事故等破坏、影响渔业环境可持续发展的主要因素, 识别了重点渔业水域的主要环境问题, 提出了我国渔业环境绿色低碳、环境友好的可持续发展思路, 确立了渔业环境发展的总体目标和到 2025 年、2030 年两个发展阶段的具体目标, 提出严控渔业水域外源污染和养殖自身污染、划定渔业生态红线、完善渔业环境监测技术体系、加强渔业水域环境修复及实施渔业创新工程等方面的建议和措施, 以期为我国渔业环境的保护与管理提供参考和借鉴。

关键词: 渔业环境; 可持续发展; 环境质量; 战略规划

中图分类号: S949 **文献标识码:** A

Study on Situations and Sustainable Development Strategies of China's Fishery Environment

Cui Zhengguo^{1,2}, Qu Keming^{1,2}, Tang Qisheng^{1,2}

(1. Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Shandong Provincial Key Laboratory of Fishery Resources and Ecological Environment, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, Shandong, China; 2. Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes, Pilot National Laboratory for Marine Science and Technology (Qingdao), Qingdao 266071, Shandong, China)

Abstract: A fishery environment is a place on which the survival and reproduction of aquatic lives rely and is the foundation of fishery development. In general, the deterioration of the environmental quality of fishery waters in China has not yet been fundamentally curbed, and dissolved inorganic nitrogen and active phosphate are still the major indicators of pollution in fishery waters. Based on analyses of the status and variation trend of the fishery environment, in this review, we clarify the main factors that affect the sustainable development of China's fishery environment, such as development of construction projects, pollution of external sources, ecological disasters, and pollution accidents; identify major environmental issues in key areas of water; propose the idea of sustainable fishery environment based on green, low-carbon, and environmentally friendly development; establish the overall development goal and the specific development goals of two stages by 2025 and 2030; and put forward suggestions and measures including strictly controlling external pollution and aquaculture self-pollution, delineating the ecological conservation redline, improving the monitoring technology

收稿日期: 2018-08-15; 修回日期: 2018-08-25

通讯作者: 唐启升, 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 研究员, 中国工程院, 院士, 研究方向为海洋渔业与生态;

E-mail: tangqs@public.qd.sd.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“中国农业资源环境若干战略问题研究”(2016-ZD-10)

本刊网址: www.engingsci.cn

system, strengthening ecological rehabilitation, and implementing innovation projects of the fishery environment in China, hoping to provide references for the protection and management of China's fishery environment.

Keywords: fishery environment; sustainable development; environmental quality; strategic planning

一、前言

中国是渔业大国。2017年,中国水产品的总产量已达 6.901×10^7 t,占世界水产品总量的1/3以上,渔业产值达到12002.91亿元,渔民人均纯收入达到16904.2元,水产品人均占有量为49.91 kg,水产品进出口额达到301.12亿美元。渔业为保障国家粮食安全、促进农渔民增收等做出了重要贡献。中国又是世界水产养殖第一大国,水产养殖产量占世界总产量的70%以上。根据《中国渔业统计年鉴》的统计数据,2017年中国水产养殖产量为 5.142×10^7 t,养殖产品占水产品总量的74.51%,其中,海水养殖产量为 1.963×10^7 t;全国水产养殖面积为 8.346×10^6 hm²,其中,海水养殖面积为 2.167×10^6 hm²。中国水产养殖业经过多年发展,已成为国民经济发展中举足轻重的产业。进入21世纪,牢固树立绿色发展理念、大力推进渔业生态文明建设成为渔业可持续发展的必由之路。本文在分析渔业环境现状与演变趋势的基础上,阐明了渔业环境可持续发展的主要因素,识别了重点水域的主要渔业资源与环境问题,提出了我国渔业环境可持续发展的思路、目标、措施和建议,以期为我国渔业环境的保护与管理提供参考和借鉴。

二、渔业环境面临的形势与挑战

(一) 外源污染严重影响渔业水域环境质量

根据2016年《中国渔业生态环境状况公报》,海洋天然重要渔业水域无机氮、活性磷酸盐、石油类和化学需氧量(COD)的超标率分别为85.1%、61.8%、5.2%和23.6%,无机氮和活性磷酸盐仍是主要的污染指标;江河天然重要渔业水域总氮、总磷、非离子氨、高锰酸盐指数、石油类、挥发性酚及铜的超标率分别为99%、52.6%、6.2%、24.1%、0.7%、2.2%和2.6%,总氮、总磷超标比例相对较高;湖泊、水库重要渔业水域总氮、总磷、高锰酸盐指数、石油类、挥发性酚及铜的超标率分别为96.6%、87.0%、64.6%、8.6%、0.4%和13.9%,

总氮、总磷和高锰酸钾指数超标比例相对较高[1]。渔业环境中外源污染物主要有氮、磷、COD、石油类和重金属等,而陆源排放是主要的污染源。以入海污染物为例,《2016年中国海洋环境状况公报》显示,全国61条河流入海污染物排放量COD_{Cr}为 1.372×10^7 t,氨氮为 1.9×10^5 t,硝酸盐氮为 2.27×10^6 t,总磷为 1.8×10^5 t,石油类为 4.6×10^4 t,重金属为 1.4×10^4 t。

(二) 生态灾害和污染事故造成渔业经济损失严重

2015年,我国管辖海域共发现赤潮35次,累计面积约2809 km²。2015年是近5年来赤潮发现次数和累计面积最少的一年,与近5年平均值相比,赤潮发现次数减少18次,累计面积减少2835 km²。近年来,我国近海浒苔绿潮频繁爆发,对近海增殖区和天然渔场造成严重威胁。我国淡水有害藻华的爆发频率和影响面积与前几年相比没有明显下降。1999—2016年渔业污染事故次数与经济损失,如表1所示。2016年,全国共发生渔业水域污染事故68起,造成直接经济损失2300万元,是1999年以来渔业污染事故发生次数和经济损失最少的年份。总体来说,中国渔业污染事故的次数和经济损失虽然有所降低,但重大渔业污染事故造成的经济损失依然严重。

(三) 建设项目活动开发侵占渔业水域

建设项目活动开发的影响主要包括两个方面:一是占用渔业水域,引起鱼卵、仔稚鱼、渔业生物、底栖生物及浮游生物栖息地的丧失;二是改变渔业水域生物、化学及物理环境,进而影响渔业生物的生长、发育及繁殖。以渤海为例,根据国家海洋局的统计数据,山东、河北、辽宁和天津三省一市确权的海域使用面积由2002年的 8.4×10^4 hm²增加到2013年的 2.75×10^5 hm²,所占全国海域使用面积比例由37.8%增加到78.6%。

(四) 水产养殖污染对水域环境质量有负面影响

一方面水产养殖可减排CO₂、缓解水域富营养

表 1 1999—2016 年渔业污染事故统计

时间 / 年	海洋		内陆		合计	
	渔业污染事故 / 起	渔业污染损失额 / 亿元	渔业污染事故 / 起	渔业污染损失额 / 亿元	渔业污染事故 / 起	渔业污染损失额 / 亿元
1999	104	2.700	843	2.300	947	5.000
2000	120	3.000	1000	2.600	1 120	5.600
2001	35	1.900	1207	1.600	1 242	3.500
2002	63	2.320	1192	1.560	1 255	3.880
2003	80	5.800	1194	1.330	1 274	7.130
2004	79	8.900	941	1.900	1 020	10.800
2005	91	4.030	937	2.370	1 028	6.400
2006	87	1.380	1376	1.160	1 463	2.540
2007	73	1.310	1369	1.670	1 442	2.980
2008	88	0.368	937	1.280	1 025	1.648
2009	50	0.879	999	0.996	1 049	1.875
2010	21	2.000	912	1.820	933	3.820
2011	—	—	—	—	680	3.680
2012	—	—	—	—	424	1.612
2013	—	—	—	—	343	2.400
2014	—	—	—	—	284	0.531
2015	—	—	—	—	79	1.640
2016	3	0.120	65	0.110	68	0.230

化, 促进渔业绿色低碳发展。滤食性贝类、某些棘皮动物、浮游植物和大型藻类等清洁生物可以去除养殖水体中的营养物质, 并转化成有价值的产品。据估算, 2014 年我国海水贝藻养殖从近海海洋移出 1.68×10^6 t 碳, 淡水滤食性鱼类等养殖从内陆水域移出约 1.6×10^6 t 碳, 两者合计对减少大气 CO_2 的贡献相当于每年造林 1.2×10^6 hm^2 。另一方面, 水产养殖的氮、磷等污染物排放是重要的面源污染。水产养殖过程中需要向水中投放大量的饲料、渔用药物等, 除养殖对象吸收外, 养殖水体中的残饵、排泄物、生物尸体、渔用营养物质和渔药大量增加, 造成氮、磷和渔药以及其他有机物或无机物质超过了水体的自净能力, 排放后导致对水环境的污染。研究表明, 以现在的饲喂方式, 投喂饲料的 80% 被鱼摄食, 但其中只有 20% 用于鱼体增重, 其余 60% 作为粪便排出体外; 另外的 20% 作为残饵直接排放到水环境中。由于水产养殖产品质量保障体系不健全, 养殖生产者的质量意识不高, 养殖过程中违规使用孔雀石绿、硝基呋喃、氯霉素等禁用药物的问题比较突出, 造成产品的药物和有害物残留超标问题比较严重。近年我国水产品出口多次因质量问题

受到欧盟、日本等国家和地区的限制, “多宝鱼” “长江毒鱼” 等事件对水产品质量安全造成严重影响。总体上水产养殖的污染负荷所占比例较小, 但某些海湾、湖泊和水库, 水产养殖也会成为环境污染的主要来源 (见表 2) [2~17], 这与局部水域的水动力交换条件、生产方式以及养殖模式密切相关。

三、重点水域渔业资源与环境问题识别

(一) 渤海水域渔业资源与环境问题识别

渤海沿岸有许多大小河流入海, 水质肥沃, 饵料生物丰富, 是黄海、渤海多种经济鱼虾类的产卵场和索饵场, 在黄海、渤海渔业生产上占有极其重要的地位 [18]。渤海渔业资源已岌岌可危, 从 1982 年的 75 种下降到目前的 30 余种, 主要资源以中上层小型鱼类为主。传统经济鱼类像带鱼、小黄鱼、真鲷等濒临绝迹, 蓝点马鲛、黄姑鱼、鲈、银鲳等也是日渐减少, 渤海底层的水生物资源, 只有 20 世纪 50 年代的 1/10。中国对虾年渔获量在 1983 年、1992 年和 1998 年分别为 1.43×10^4 t、 4.9×10^3 t 和 1.7×10^3 t, 下降的趋势非常明显。

表2 不同水域水产养殖污染负荷占总污染负荷比

水域类型	渔业水域	统计年份	水产养殖占总污染负荷比例			参考文献
			总氮	总磷	COD	
海洋	黄渤海	2002	2.8%	5.3%	1.8%	[2]
	胶州湾	1998—2005	溶解无机氮 <1%	磷酸盐 ~2%	3%	[3]
	渤海	1980—2005	溶解无机氮 ~4%	7%	11%	[3]
	渤海	1979—2005	溶解无机氮 1.4%	1.1%	3.0%	[4]
	厦门同安湾	2000/2004	12.3%/35.0%	15.7%/32.7%	11.9%/20.1%	[5]
	厦门西海域、同安湾	2008	0.3%	0.5%	1.0%	[6]
	杭州湾	2008	1.5%	0.6%	2.3%	[7]
河流湖泊	辽河源头区	1999—2009	0.1%	0.1%	0.3%	[8]
	三峡库区彭溪河流域	2008	1.7%	—	0.7%	[9]
	苏州河	1999—2000	7.0% (氨氮 2.0%)	2.8%	6.6%	[10]
	东洞庭湖	2010	2.3%	0.9%	6.9%	[11]
	太湖	2008	9.0%	13.0%	4.0%	[12]
	太湖 (苏州片区)	2011	23.0%	—	—	[13]
	洪湖流域	2010	43.7% (氨氮 44.3%)	26.1%	13.8%	[14]
水库	安徽太平湖	2011	氨氮 0.9%	4.8%	3.8%	[15]
	怀柔水库上游	2000—2011	17.2%	21.0%	—	[16]
	山西湖塘水库	2012	10.0%	3.5%	2.4%	[17]

渤海近海海域污染严重，富营养化海域也主要集中在辽东湾、渤海湾、莱州湾的近岸局部区域，第IV类和超IV类海水水质标准的海域面积为 $1.142 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，约占渤海总面积的15%。主要超标物质是无机氮、活性磷酸盐、石油类等。2006—2013年，渤海近岸海域水质污染总体呈加重趋势，未达到第I类海水水质标准的海域面积由 $2.008 \times 10^4 \text{ km}^2$ 增加至 $3.34 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，其中劣IV类海域面积由 2770 km^2 增加至 8490 km^2 [2]。陆源污染排海压力大、围填海开发活动频繁、海洋环境灾害频发也是影响渤海渔业资源与生态环境的重要因素。

(二) 长江流域渔业资源与环境问题识别

长江是我国淡水渔业的摇篮、鱼类基因的宝库、经济鱼类的原种基地、生物多样性的典型代表。自1961年以来，因水利建设事业大规模展开，江湖阻隔日益严重，大量围湖造田导致江湖水面迅速缩小，再加上其他因素的影响，渔业资源产量开始下降。1961—1978年的平均产量仅为 $2.337 \times 10^5 \text{ t}$ 。到20世纪80年代，鱼产量年均波动在 $2 \times 10^5 \text{ t}$ 左右，20世纪90年代鱼产量约为20世纪80年代的

一半；而到2011年，捕捞量已经不足 $1 \times 10^5 \text{ t}$ 。尤其是长江口区刀鲚、凤鲚等鱼类资源急剧衰退。

人类活动对流域系统直接影响最大的莫过于筑坝拦水、调水等水利工程。据统计，至2000年左右长江流域已建设水库4.4万座。目前长江干流总体水质较好，但局部地区环境容量已经接近或达到发展的临界点，部分干流城市污染严重，截至2012年，长江干流IV类、V类、劣V类水质断面占总监测断面的13.8%，高于2004年的5.7% [19]。

(三) 舟山渔场渔业资源与环境问题识别

舟山渔场渔业资源衰退严重。经济鱼类的产量急剧减少，比重下降，特别是舟山渔场传统渔业捕捞种类的“四大家鱼”，产量从1974年占海洋捕捞总产量的76.96%下降到1984年的36.06%，到2008年只有1.13%，以至于下降到现在的1%以下。尤其是主要经济鱼类资源单位捕捞努力量的渔获量逐年下滑，从资源繁盛期的3 t/kW降低到现在的0.5 t/kW以下，达到历史最低水平。同时，渔捞种类逐渐低值化、低龄化、小型化，捕捞渔获物平均营养级处于下降趋势。长江三角洲地区蓬勃的经济发展产生的大量废水、废气、固体垃圾，也通过

径流等不同途径进入舟山渔场海区。近年来,舟山渔场主要为劣Ⅳ类水质,沿岸地区对滩涂和港湾的围垦规模也在逐渐扩大。

(四) 鄱阳湖渔业资源与环境问题识别

鄱阳湖是我国第一大淡水湖,渔业资源十分丰富。调查表明,鄱阳湖渔获量和渔获物组成与 20 世纪 80 年代相比变化较大,渔获物明显以鲤、鲫、鲢、黄颡鱼等湖泊定居性鱼类为主,超过 90%，“四大家鱼”在渔获物中所占比例降至 6.4%，甚至更低,刀鲚等洄游性鱼类已非常少见,渔获量逐年下降,渔获物趋于低龄化、小型化和低质化。大规模的围垦,使鄱阳湖湿地面积减少 1 203 km²,许多进出产卵场的通道被堵塞,鲤鲫鱼良好产卵场由 20 世纪 60 年代的 5.2×10^4 hm² 减少为现在的不足 2.6×10^4 hm²。局部的泥沙淤积加速了鄱阳湖渔场的消失,堵塞产卵场通道。

四、渔业环境可持续发展战略

(一) 发展思路

走绿色低碳和环境友好的发展道路,以创新驱动发展为动力,更新发展理念、转变发展方式、拓展发展空间、提高发展质量,促使国家重大需求与可持续发展相协调,推动渔业的现代化发展。

(二) 规划目标

总体目标:走绿色低碳和环境友好的发展道路,以实现渔业环境保护与资源养护为目标。遏制渔业环境恶化的势头,逐步改善、修复和养护渔业生态环境,合理开发利用渔业水域生态环境功能,为我国渔业的健康、稳定和可持续发展提供良好的基础条件和坚实保障。

具体目标:到 2025 年,重要渔业水域生态环境逐步得到修复,渔业环境质量得到初步改善,主要污染物无机氮、活性磷酸盐和石油类监测站位超标比例控制在 50% 以内,渔业环境监测能力建设明显增强,水产养殖环境监测、评估和修复的关键核心技术达到国际先进水平;到 2030 年,重要渔业水域生态环境质量得到明显改善,主要污染物无机氮、活性磷酸盐和石油类监测站位超标比例控制在 10% 以内,渔业环境生物多样性得到有效保护,

渔业生态系统整体处于优良状态,渔业资源实现可持续利用;建立完成渔业环境监测和灾害预警网络体系,水产养殖环境监测、评估和修复的关键核心技术达到国际领先水平。

(三) 措施与建议

1. 严控渔业水域外源污染

实施陆源污染物总量控制制度,严格控制工业废水、生活污水和农业面源污染向渔业水域排放,逐步降低外源污染对渔业环境的影响。

2. 合理规划养殖布局,减少养殖自身污染

根据环境容量和养殖容量,合理规划水产养殖的区域布局,优化养殖结构,大力发展健康、生态、可持续的碳汇渔业新生产模式。由于缺少强制性养殖废水排放国家标准,水产养殖废水达标排放成为空谈。因此,水产养殖业的废水排放问题亟需引起国家有关部门的高度重视。

3. 划定渔业生态红线

根据渔业资源与环境的重要行、敏感性和脆弱性将国家级水产种质资源保护区、“三场一通道”等重要渔业水域全部纳入红线区域,实施严格的“渔业生态红线”保护制度,养殖水域最小使用面积保障线应设置在 9×10^6 hm² 以上。

4. 加强渔业资源与环境的长期性、基础性监测

针对我国渔业资源与环境监测还存在着监测网络不全面、监测指标体系不系统、监测相关法律法规不完善、应急与预警能力不足、监测关键技术研究有待加强、监测水平有待提高等问题,建立完善和全面的渔业生态环境监测技术体系。

5. 加强内陆和近海渔业资源养护与环境修复

通过人工鱼礁、增殖放流等方式加强渔业养护与环境修复,实现资源环境保护与经济的协调发展。

6. 实施重大渔业创新工程

实施渔业环境监测、评估与预警智能化工程,新型污染物识别与控制工程,节能环保型水产养殖模式提升工程,受损生态系统功能恢复重建工程,渔业近海海洋牧场建设与生物资源可持续利用工程,水产增养殖生态环境调控与修复技术集成与示范,渔业污染事故、生态灾害应急监测与生物资源损害评估技术集成与示范,重点渔场(区)资源养护与环境修复示范工程等重大渔业创新工程,促进渔业转型升级与生态文明建设,推动渔业强

国和“一带一路”战略的实施,保障国家权益和渔业的可持续发展。

参考文献

- [1] 中华人民共和国农业部,环境保护部. 中国渔业生态环境状况公报(2000—2015) [R]. 北京: 中华人民共和国农业部,环境保护部, 2016.
Ministry of Agriculture, Ministry of Environmental Protection of the PRC. Bulletin of China's fishery ecological environment (2000—2015) [R]. Beijing: Ministry of Agriculture, Ministry of Environmental Protection of the PRC, 2016.
- [2] 崔毅,陈碧鹃,陈聚法. 黄渤海海水养殖自身污染的评估 [J]. 应用生态学报, 2005, 16(1): 180—185.
Cui Y, Chen B J, Chen J F. Evaluation on self-pollution of marine culture in the Yellow Sea and Bohai Sea [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(1): 180—185.
- [3] 王修林,李克强. 渤海主要化学污染物海洋环境容量 [M]. 北京: 科学出版社, 2006.
Wang X L, Li K Q. Marine environmental capacity of major chemical pollutants in Bohai Sea [M]. Beijing: China Science Publishing & Media Ltd (CSPM), 2006.
- [4] 崔正国. 环渤海13城市主要化学污染物排海总量控制方案研究 [D]. 青岛: 中国海洋大学(博士学位论文), 2008.
Cui Z G. Study on scheme of total emission control of main chemical pollutants in 13 cities around Bohai Sea [D]. Qingdao: Ocean University of China (Doctoral dissertation), 2008.
- [5] 卢振彬,蔡清海,张学敏. 厦门同安湾水产养殖对海域污染的评估 [J]. 南方水产科学, 2007, 3(1): 54—61.
Lu Z B, Cai Q H, Zhang X M. Estimation of the aquaculture pollution to water body in Tongan Bay [J]. South China Fisheries Science, 2007, 3(1): 54—61.
- [6] 潘灿民,张路平,黄金良,等. 厦门西海域、同安湾入海污染负荷估算研究 [J]. 海洋环境科学, 2011, 30(1): 90—95.
Pan C M, Zhang L P, Huang J L, et al. Estimation of marine pollution load in West Sea and Tongan Bay in Xiamen [J]. Marine Environmental Science, 2011, 30(1): 90—95.
- [7] 刘莲,黄秀清,曹维,等. 杭州湾周边区域的污染负荷及其特征研究 [J]. 海洋开发与管理, 2012, 29(5): 108—112.
Liu L, Huang X Q, Cao W, et al. Study on pollution load and its characteristics in the surrounding area of Hangzhou Bay [J]. Ocean Development and Management, 2012, 29(5): 108—112.
- [8] 吕川,刘德敏,刘特. 辽河源头区流域农业非点源污染负荷估算 [J]. 水资源与水工程学报, 2013, 24(6): 185—191.
Lv C, Liu D M, Liu T. Load estimation of agricultural non-point source pollution in source area of Liaohe River [J]. Journal of Water Resources & Water Engineering, 2013, 24(6): 185—191.
- [9] 郭胜,曾凡海,李崇明,等. 三峡库区澎溪河流域污染负荷估算及源分析 [J]. 环境影响评价, 2011, 33(3): 5—9.
Guo S, Zeng F H, Li C M, et al. Estimation and analysis of pollution source in Pengxi River in the Three Gorges Reservoir Region [J]. Environment and Ecology, 2011, 33(3): 5—9.
- [10] 王少平,俞立中,许世远,等. 苏州河非点源污染负荷研究 [J]. 环境科学研究, 2002, 15(6): 20—23.
Wang S P, Yu L Z, Xu S Y, et al. Research of non-point sources pollution loading in Suzhou Creek [J]. Research of Environmental Sciences, 2002, 15(6): 20—23.
- [11] 欧阳劲进,颜文洪. 东洞庭湖区域非点源农业污染负荷评估 [J]. 湖南理工学院学报(自然科学版), 2012, 25(2): 51—54.
Ouyang J J, Yan W H. Estimation of the agricultural non-point source pollution loads of eastern Dongting Lake region [J]. Journal of Hunan Institute of Science and Technology (Natural Sciences), 2012, 25(2): 51—54.
- [12] 刘庄,李维新,张毅敏,等. 太湖流域非点源污染负荷估算 [J]. 生态与农村环境学报, 2010, 26(s1): 45—48.
Liu Z, Li W X, Zhang Y M, et al. Estimation of non-point source pollution load in Taihu Basin [J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2010, 26(s1): 45—48.
- [13] 李翠梅,张绍广,姚文平,等. 太湖流域苏州片区农业面源污染负荷研究 [J]. 水土保持研究, 2016, 23(3): 354—359.
Li C M, Zhang S G, Yao W P, et al. Study on agricultural nonpoint source pollution load of Taihu Lake Basin in Suzhou [J]. Research of Soil and Water conservation, 2016, 23(3): 354—359.
- [14] 马玉宝,陈丽雯,刘静静,等. 洪湖流域农业面源污染调查与污染负荷核算 [J]. 湖北农业科学, 2013, 52(4): 803—806.
Ma Y B, Chen L W, Liu J J, et al. Investigation of agricultural non-point source pollution and estimation of pollution loads in Honghu Valley [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2013, 52(4): 803—806.
- [15] 李响,陆君,钱敏蕾,等. 流域污染负荷解析与环境容量研究——以安徽太平湖流域为例 [J]. 中国环境科学, 2014, 34(8): 2063—2070.
Li X, Lu J, Qian M L, et al. Study on pollution loading and water environmental capacity in watershed—A case study of taiping Lake Basin, Anhui Province, China [J]. China Environmental Science, 2014, 34(8): 2063—2070.
- [16] 张微微,李红,孙丹峰,等. 怀柔水库上游农业氮磷污染负荷变化 [J]. 农业工程学报, 2013, 29(24): 124—131.
Zhang W W, Li H, Sun D F, et al. Pollution loads variation of agricultural source in upstream of Huairou Reservoir [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2013, 29(24): 124—131.
- [17] 吴颖靖,彭昆国,黄建美,等. 湖塘水库污染负荷与水环境容量分析研究 [J]. 江西化工, 2014 (4): 89—94.
Wu Y J, Peng K G, Huang J M, et al. Study on pollution load and water environment capacity of Hutang Reservoir [J]. Jiangxi Chemical Industry, 2014 (4): 89—94.
- [18] 金显仕. 渤海主要渔业生物资源变化的研究 [J]. 中国水产科学, 2000, 7(4): 22—26.
Jin X S. The dynamics of major fishery resources in the Bohai Sea [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2000, 7(4): 22—26.
- [19] 杜耘. 保护长江生态环境,统筹流域绿色发展 [J]. 长江流域资源与环境, 2016, 25(2): 171—179.
Du Y. Protecting the eco-environment, and striving for the green development in Yangtze River Basin [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2016, 25(2): 171—179.