

# 以水环境承载能力为基础的我国海岸带水环境管理制度体系设计

毛 竹, 薛雄志

(厦门大学海洋与海岸带发展研究院 福建 厦门 361102)

**摘 要:** 落实生态文明、陆海统筹的战略离不开合理的海岸带水环境管理顶层设计。本文针对中国海岸带水环境管理构建了一套制度安排。这套制度安排以最新国家级规划和部委规章为基本政策依据,以资源环境承载力预警机制为核心内容,以满足水体的流动性及河海的连通性为基本原则,具备较强的科学性和可操作性。本文最后以环渤海地区为例给出了中央和地方各有关单位落实这套制度安排的具体工作步骤。

**关键词:** 海岸带水环境管理; 陆海统筹; 水环境承载能力

中图分类号: X32 文献标识码: A 文章编号: 1007-6336(2018)04-0619-06

DOI:10.13634/j.cnki.mes.2018.04.021

## Construct environmental carrying capacity-based coastal water environmental management in China

MAO Zhu, XUE Xiong-zhi

(Coastal and Ocean Management Institute, Xiamen University, Xiamen 361102, China)

**Abstract:** In order to strengthen the coastal water environmental management and realize the ecological civilization and land-sea integrated planning strategy in China, the paper suggests constructing environmental carrying capacity-based coastal water environmental management with precaution approaches and binding effect in China. This suggestion has been made based on the studies of the latest national planning and ministerial guidelines in this field and existing environmental carrying capacity researches of other authors. It is realized that the construction of such coastal water environmental management system in China will be a challenging task. However it is realistic and practical to initiate the construction in the around Bohai Sea area in three phases: short, medium and long-terms.

**Key words:** coastal water environment management; land-sea integration; coastal water environmental capacity

我国沿海省份部分重点海湾受陆源污染排放、湾内开发利用等因素影响,生态环境问题突出,治理修复难度较大。沿海省份入海河流周边的非点源污染,以及围填海引发的海湾水质恶化等已经成为社会各界深度关切的重点难点问题。我国近年来针对海岸带水环境管理构建了比较系统的制度框架,加强了我国海岸带水环境管理,然

而以环渤海地区为代表的部分地区水环境问题仍然严峻,海岸带水环境管理制度安排需要进一步改进。

针对环境污染管控问题,学界做了大量的研究工作,提出了资源环境承载力的概念<sup>[1-2]</sup>,学者们普遍认为社会经济发展应符合区域资源环境承载力<sup>[3-5]</sup>。近一两年党和国家也充分认识到科学

收稿日期: 2018-02-15, 修订日期: 2018-04-30

作者简介: 毛 竹(1989-) 男,江苏阜宁人,博士研究生,研究方向为海洋与海岸带管理体制研究, E-mail: brucehao1989@sina.com

通讯作者: 薛雄志(1961-) 男,福建永春人,教授,博士生导师,研究方向为海岸带综合管理理论与实践, E-mail: xzxue@xmu.edu.cn

发展和可持续发展就是建立在良好的资源环境承载力上的发展<sup>[6-7]</sup>。在相关政策文件中明确规定了生态环境承载力评估及预警机制在环境管理制度框架中的基础地位<sup>[8-9]</sup>。然而当前的海岸带水环境管理制度整体上对这些文件落实不够。有鉴于此,本文以国家基本政策和要求为基础,紧紧围绕水环境承载力预警机制构建水环境管理制度体系。同时,本文充分考虑水体的流动性以及河海的连通性,认识到海岸带水环境管理需要从内陆到沿海统一布局。因此本文将有效应对水体污染流动性实现“空间综合”作为构建以水环境承载力为基础的制度体系的基本原则,使得对现有制度上的调整更具合理性。本文最后以环渤海地区为例提出了我国环渤海地区近期、中期和远期的海岸带水环境制度建设的阶段任务,旨在巩固现行制度安排成果、落实最新规划的同时,逐步将指标构建、规划制定和体制建设等各个方面围绕海岸带水环境承载力构建成形。

## 1 制度体系的政策基础和内容

### 1.1 制度体系的政策基础

为了深入落实生态文明和海洋生态文明建设,国家在近五年里出台了一系列的国家级规划

和部门规章,作为我国海岸带水环境管理制度安排的基本政策依据。本文列出了在十三五期间出台的主要的国家级相关规划和部门规章(表1、表2)。整体来看,《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》提出建立资源环境承载力预警机制,强调对水土资源、环境容量和海洋资源超载区域实行限制性措施。《水污染防治行动计划》和有关五年规划为海岸带水环境管理设立了基本的工作目标。具体来说,《国民社会经济发展“十三五”规划》特别将“蓝色海湾”项目中明确的整治围填海工程和修复海湾水环境列为重要工作内容。《近岸海域污染防治行动方案》给出了更为具体的工作目标,并为各部门协调联动提供了指导。具体到沿岸流域水环境管理方面,流域污染防治规划是主要的工作目标,长江和珠江流域是重点区域,“河长制”和流域生态补偿是国家大力推行的管理措施;近岸海域水环境管理方面,渤海海域是重点关注区域之一,“湾长制”是由国家海洋局提出的重要管理制度举措。本文将围绕这些基础政策和制度,从海岸带水环境基本特点和要求出发,对现有安排进行重新设计,从而提高我国海岸带水环境管理能力。

表1 近五年海岸带水环境管理的有关国家级规划

Tab.1 National plans related to coastal water environmental management in recent five years

相关规划	规划时间点	发布单位
《国家生态环境保护“十三五”规划》	2016~2020	国务院
《国民社会经济发展“十三五”规划》	2016~2020	国务院
《水污染防治行动计划》	2015~2030	国务院
《渤海环境保护总体规划》	2008~2020	国家发改委、环保部、住建部、水利部、国家海洋局
《长江经济带生态环境保护规划》	2017~2030	环保部、国家发改委、水利部
《珠江流域综合规划》	2012~2030	水利部、环保部、国家发改委、交通部、住建部

表2 涉及海岸带水环境管理的主要规章

Tab.2 Normative instruments involved in coastal water environmental management

规范性文件	发布时间	文件发布单位	对规划的补充功能和对政府的规范功能
《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》	2013	中共中央深化改革领导小组	建立资源环境承载力预警机制,对水土资源、环境容量和海洋资源超载区域实行限制性措施
《渤海海洋生态红线划定技术指南》	2016	国家海洋局	《渤海环境保护总体规划》的技术支撑
《财政部、环保部、水利部关于开展国土江河综合整治试点工作的指导意见》	2015	水利部	《水污染防治行动计划》工作落实的具体要求和试点项目的基本规范
《关于加快建立流域上下游横向生态补偿的指导意见》	2016	财政部	以经济学工具作为《国家生态环境保护“十三五”规划》和《水污染防治行动计划》的具体落实方法

规范性文件	发布时间	文件发布单位	对规划的补充功能和对政府的规范功能
《关于全面推行河长制的意见》	2016	国务院	确立流域整治工作的基本管理方式
《关于建立资源环境承载能力监测预警长效机制的若干意见》	2017	中共中央办公厅、国务院办公厅	推动资源环境承载能力监测预警规范化、常态化、制度化,引导和约束各地严格按照资源环境承载能力谋划经济社会发展
《近岸海域污染防治方案》	2017	国务院	《水污染防治行动计划》的专项工作指南 确立近岸污水的全生命周期各个环节的管理方案 初步明晰近岸海域污染防治各部门权力划分
《国家海洋局关于进一步加强渤海生态环境保护工作的意见》	2017	国家海洋局	强调以海定陆,依据海域的资源环境承载能力和环境质量改善需求,确定陆域的环境治理和开发利用管控要求
《关于开展“湾长制”试点工作的指导意见》	2017	国家海洋局	逐级压实地方党委政府海洋生态环境保护主体责任 构建长效管理机制 明确海洋生态环境质量管理的任务清单

## 1.2 制度体系设计的主要内容

### 1.2.1 以水环境承载力预警机制作为制度的核心内容

在制度设计中,我们首先考虑我国的海岸带水环境管理体制框架需要有坚实的科学保障和动态调整能力。这种考虑有着充分的依据。首先,我国东部沿海地区自北向南资源禀赋、产业布局 and 经济发展水平等差异较大,上述三个要素的差异直接决定了区域海岸带水环境承载力的客观差异<sup>[10-11]</sup>,这也决定了对不同地区,不同开发方式的水环境承载力需要有全面而科学的评估测算;其次,国家和地方规划虽然针对水环境管理给出了一段时间内的基本指导和工作目标,但这难以满足水环境承载能力的动态要求。人类生产活动内容规模的制度体系自身需要有动态调整能力<sup>[12-14]</sup>。第三,导致规模性点源污染的排污企业往往关系到地方经济发展,而导致面源污染的流域农业生产在许多地方处于不规范甚至粗放状态,因而海岸带水环境管理需要构建有良好约束力的体制建设。

近年来针对水环境管理,我国参考其他国家确立的是以环境容量为理论基础的总量控制方法<sup>[15-18]</sup>,环保部与多个省份签订了流域水环境治理协议。2016年环保部会同国务院有关部门制订了《水污染防治行动计划考核实施规定(试行)》(以下简称“考核规定”)<sup>[19]</sup>。这个实施规定对

地方政府行为确实起到了很大的约束作用,但仍有不足之处。这是因为人类开发活动与生态环境发展之间存在着互动关系,海岸带水环境管理体制归根结底需要从水环境承载力的角度构建。就水环境承载力而言,有些地区处于水环境严重超载状态,有些地区临界超载。有些地区的水环境虽然当前并未超载,但明显具有进一步恶化的趋势。因此,建议应根据海岸带水环境的上述特点在海岸带区域内构建承载能力监测预警机制,根据承载力监测结果对相关部门和责任人进行考核,并根据监测情况分级分类处理。分级分类处理主要体现为两个方面,一是国务院对严重超载地区应停止新增开发项目审批,对工业和农业活动进行重新布局。二是中央财政应对水环境承载力恶化与转好的区域设定差异性政策,对主动改变产业布局、促进产业结构优化升级进而提高水环境承载力的地区给予优惠性经济政策与环保税收削减待遇,并相应匹配资金扶持地方的整治工作。地方政府和有关部门有义务严格控制无警区、轻警区向重警区、超重警区转变。

### 1.2.2 以实现“空间综合”作为制度建设的基本原则

在最新修订的水污染防治法确立的“河长制”<sup>[17]</sup>和国家海洋局提出的“湾长制”从内陆和海洋两个方面分别体现了“空间综合”的思路,同时从海岸带水环境问题的源头和终端两方面解决

问题。“河长制”的精髓在于将重点流域按照干流、支流、河段和河道环境等各个级别的整治责任和水环境指标具体落实到省、市、县和乡四个级别的党政领导干部,其管理体制同时呈现横向和纵向两个方面<sup>[20]</sup>。横向上,各级政府一把手通常以河长的身份作为流域责任追究的最终责任人,负责所属层级流域的发展规划和保护规划基本方针政策的制定<sup>[21-22]</sup>。纵向上,省长任总河长,负责全省流域的统一领导工作;主管副省长担任副总河长,负责跨设区市的流域管理协调工作。“湾长制”的重点则是理顺海湾环境管理的管理运行机制,制定海湾环境管理任务清单,主要内容包括:管控陆海污染物排放,组织开展陆源污染排查和整治,逐步推动集中排放、生态排放和深远海排放,推进实施污染物排海总量控制制度和排污许可证制度等等<sup>[23]</sup>。然而,通过对河长制和湾长制的特点分析可以看出,河长制工作重点落在海岸带陆源污染控制,“湾长制”的工作重点则是海岸环境修复以及海湾污染总量控制。“河长制”与“湾长制”的运作仍然没有从根本上解决河海污染连通的问题。这个问题决定了地方政府和主管部门需要探索“河长制”和“湾长制”的对接机制,进而建立海岸带全局性的责任负责制。两者对接协调的首要任务是确定整个海岸带区域的水环境承载能力,并据此整合沿海省份流域水环境管理体制和海域水环境管理体制。这个任务实际上已在《关于建立资源环境承载能力监测预警长效机制的若干意见》中初步体现。据此,本文给出以下建议:

(1) 制定海岸带水环境规划。沿海地区按照渤海、黄海、东海、南海4大海区划分为4个海岸带区域,构建统一的海岸带水环境质量体系。建立国家级海岸带水环境管理协调办公室,根据区域水环境承载力的情况整合现有的海岸带综合利用与保护总体规划、流域综合规划、土地发展规划和国民经济发展规划,进而根据海岸带水环境质量体系制定统一的海岸带水环境规划。

(2) 设置水环境监测断面并融入管理体制。在流域内省市各个行政边界设立监测断面,实时监测断面污染物通量。根据全区域水环境承载力设置海岸带区域污染物总量上限,并根据各省市水环境承载力的现状和发展趋势设置各断面污染物通量上限。污染物总量阈值设置的原则为在无

警区域和不发达地区对污染物浓度和排放总量适当控制,在有警、重警区以及工业密集区对浓度和总量严格控制。根据断面监测结果落实断面上游问责制度,对于断面监测不合格的情况,邻近上游区域取消3a各类评奖评优资格,减缩各排污企业排污许可证污染物配额,并勒令地方政府限期调整地方经济发展规划。针对上、下游经济发展水平差异较大的情形,本着区域平衡发展的原则,由断面下游区域对上游区域给予生态补偿。

(3) 各海岸带区域设置区域级海岸带协调办公室,由区域内流域总河长和海域总湾长共同履行领导职能。具体来说,各海岸带区域陆源直排入海排污口的登记与管理,海洋保护区、海上倾倒区的水环境管理,海上溢油应急响应等工作应由各有关湾长负直接责任,总湾长负领导责任;入海河流域内排污口登记与管理、各重点生态管控区、水库等水质管理应由各有关河长负直接责任,总河长负领导责任。每年对海岸带的各个子区域开展水环境承载力估算,针对承载力显著转好的省份,中央财政应发放资金以示鼓励。针对水环境承载力变差的省份,同时追究总河长和总湾长的行政责任,限期调整省社会经济发展规划并报国务院审批。

## 2 落实制度安排的具体工作步骤

前文所述的制度安排实现需要大量的人力物力财力,也需要一定的时间。本文认为我国可以通过建设示范项目的方式分批分期落实文中设计的制度安排。为保证这套制度的充分落实,地方政府和有关部门可以在现有基础上进行工作。这里本文以环渤海地区为例,提出该地区海岸带水环境管理的近期、中期和远期的工作任务。相关任务充分考虑了国家既定的制度和建设项目。

近期工作任务:建议进一步落实《国家海洋局关于进一步加强渤海生态环境保护工作的意见》,集中力量完成《2008~2020渤海环境保护总体规划》的有关目标,利用水环境承载力研究的相关成果重点解决渤海污染问题。具体而言工作内容按照顺序分为4个方面:一是建设跨界断面监测系统,同时计算渤海海域的环境承载力;二是根据对2017国家海洋局对入海排污口摸底结果拆除非法自建的直排入海排污口;三是对未批先建的在建围填海项目重新进行环境评价,不符合

环境影响评价的围填海项目应全面撤出;四是依照《海洋工程环境保护税申报征收办法》规范海洋工程环境保护税征收管理。

中期工作任务:中期建议在近期安排的成果基础上,完成“河长制”同“湾长制”的对接,承载力预警机制与排污许可证制度的对接,解决流域工业点源污染和农村非点源污染问题,初步探索省级层面海洋主体功能区划和流域发展规划、环境保护规划、土地管理规划与国民经济发展规划的整合,实现海岸带区域环境经济社会的协调发展与平衡发展。具体而言,工作内容按照顺序分为以下四个方面:评估第一期“蓝色海湾”项目成果,总结“湾长制”建设的经验;摸清各重点入海河流域水环境承载力确定整个环渤海地区的入海污染排放总量,进而确定各个跨界断面的污染物通量上限和围填海面积配额。毗连多个海域的省份的围填海面积配额应以较小配额为准;构建各个海域的环境承载力预警机制,重警区和超重警区应立即淘汰落后产能,调整产业布局和地方发展规划;针对相邻的无警区域和有警区域之间构建流域生态补偿机制,解决跨设区市流域排污配额分配问题。

远期工作任务:远期建议将海岸带水环境管理确立为国家可持续发展战略的重要组成部分,旨在以良好的水环境带动我国东部沿海地区渔业、交通和环保等诸多事业的可持续发展,进而深入构建生态文明和海洋生态文明。工作具体内容按顺序建议包括以下三个方面:组织建立国家级海岸带水环境管理协调办公室,并应在环渤海经济带设立地区级办公室,由区域内各省份总河长和海域总湾长组成办公室领导小组,由经济区内各省份的海洋主管部门、环保部门,以及发改委部门共同为同级海岸带水环境办公室的执行部门;完善环渤海地区三省一市的跨省流域生态补偿机制;在跨省流域生态补偿机制支持下,探索以海岸带水环境承载力为基础的环渤海海岸带发展规划,将其作为环渤海地区社会经济发展规划的制定依据。

### 3 结 语

对一套管理制度进行重新设计需要充分掌握制度现状,更要深刻认识管理对象的基本特点。我国海岸带水环境管理的制度现状是政府部门已

经制定了众多规划和规章,但相关的工作机制还不完全符合海岸带水环境问题的特点,这就为规划的实施和规章的落实增添了难度。本文从国家海岸带水环境管理的基本制度出发,结合现有理论研究成果和我国海岸带水环境基本特点初步构建了以海岸带水环境承载力预警机制为核心,以实现“空间综合”为基本原则的制度体系,提高了制度安排的科学性。当然,海岸带水环境管理问题十分复杂,涉及多方利益,需要各方合作,也需要各方通过体制和机制创新解决困难,期望一种制度设计一揽子解决现行所有问题是不现实的。我国海岸带水环境管理任重道远。

### 参考文献:

- [1] VAN DEN BERGH J C J M. A framework for modelling economy-environment-development relationships based on dynamic carrying capacity and sustainable development feedback [J]. *Environmental and Resource Economics*, 1993, 3(4): 395-412.
- [2] ARROW K, BOLIN B, COSTANZA R, et al. Economic growth, carrying capacity, and the environment [J]. *Science*, 1995, 268(5210): 520-521.
- [3] ABERNETHY V D. Carrying capacity: the tradition and policy implications of limits [J]. *Ethics in Science and Environmental Politics*, 2001: 9-18, doi: 10.3354/esepp001009.
- [4] MEADOWS D H, MEADOWS D L, RANDERS J, et al. The limits to growth: a report for the club of Rome's Project on the predicament of mankind [M]. New York: Universe Books, 1972.
- [5] MEADOWS D H, RANDERS J, MEADOWS D L. Limits to growth: the 30-year update [M]. 3rd ed. Vermont: Chelsea Green Publishing, 2004.
- [6] 中共中央, 国务院. 《生态文明体制改革总体方案》[EB/OL]. (2015-09-21) [2018-02-12]. [http://www.gov.cn/gongbao/content/2015/content\\_2941157.htm](http://www.gov.cn/gongbao/content/2015/content_2941157.htm).
- [7] 中共中央. 《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》[EB/OL]. (2015-11-10) [2018-02-12]. <http://www.cfbb.gov.cn/include/content.php?id=551>.
- [8] 中共中央办公厅, 国务院办公厅. 《关于建立资源环境承载力监测预警长效机制的若干意见》[EB/OL]. (2017-09-20) [2018-02-12]. [http://www.gov.cn/zhengce/2017-09/20/content\\_5226466.htm](http://www.gov.cn/zhengce/2017-09/20/content_5226466.htm).
- [9] 刘琼. 中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要 [EB/OL]. (2016-03-17) [2017-02-12]. [http://www.xinhuanet.com/politics/2016lh/2016-03/17/c\\_1118366322.htm](http://www.xinhuanet.com/politics/2016lh/2016-03/17/c_1118366322.htm).
- [10] 樊杰, 周侃, 王亚飞. 全国资源环境承载力预警(2016年版)的基点和技术方法进展 [J]. *地理科学进展*, 2016, 36(3): 266-276.
- [11] 关道明, 张志峰, 杨正先, 等. 海洋资源环境承载力理论与测度方法的探索 [J]. *中国科学院院刊*, 2016, 31(9):

- 1241-1246.
- [12] REES W E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out [J]. *Environment and Urbanization* ,1992 ,4( 2) : 121-130.
- [13] SONG X M ,KONG F Z ,ZHAN C S. Assessment of water resources carrying capacity in Tianjin city of China [J]. *Water Resources Management* ,2011 25( 3) : 857-873.
- [14] FENG L H ,ZHANG X C ,LUO G Y. Application of system dynamics in analyzing the carrying capacity of water resource in Yiwucity ,China [J]. *Mathematics and Computers in Simulation* , 2008 ,79( 3) : 269-278.
- [15] 狄乾斌, 韩增林, 刘 锴. 海域承载力研究的若干问题 [J]. *地理与地理信息科学* ,2004 20( 5) : 50-53 71.
- [16] 赵华林, 郭启民, 黄小赠. 日本水环境保护及总量控制技术政策的启示——日本水污染物总量控制考察报告 [J]. *环境保护* ,2007( 24) : 82-87.
- [17] 梁 博, 王晓燕. 我国水环境污染总量控制研究的现状与展望 [J]. *首都师范大学学报: 自然科学版* ,2005 ,26( 1) : 93-97.
- [18] 周孝德, 郭瑾珑, 程 文, 等. 水环境容量计算方法研究 [J]. *西安理工大学学报* ,1999 ,15( 3) : 1-6.
- [19] 环境保护部. 《水污染防治行动计划实施情况考核规定( 试行) 》 [EB/OL]. ( 2016-12-16) [2017-12-21]. [http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/bwj/201612/t20161216\\_369220.htm](http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/bwj/201612/t20161216_369220.htm).
- [20] 全国人民代表大会. 中华人民共和国水污染防治法 [EB/OL]. ( 2017-06-29) [2017-12-21]. [http://www.npc.gov.cn/npc/xinwen/2017-06/29/content\\_2024889.htm](http://www.npc.gov.cn/npc/xinwen/2017-06/29/content_2024889.htm)
- [21] 任敏. “河长制”: 一个中国政府流域治理跨部门协同的样本研究 [J]. *北京行政学院学报* ,2015( 3) : 25-31.
- [22] 中共中央办公厅, 国务院办公厅. 关于全面推行河长制的意见 [EB/OL]. ( 2016-12-11) [2017-12-21]. [http://www.gov.cn/xinwen/2016-12/11/content\\_5146628.htm?\\_allContent](http://www.gov.cn/xinwen/2016-12/11/content_5146628.htm?_allContent)
- [23] 陶以军, 杨翼, 许艳, 等. 关于“效仿河长制, 推出湾长制”的若干思考 [J]. *海洋开发与管理* ,2017 34( 11) : 48-53.
- ( 上接第 601 页)
- [11] LEWISONR L ,RUDDM A ,AL-HAYEKW ,et al. How the DP-SIR framework can be used for structuring problems and facilitating empirical research in coastalsystems [J]. *Environmental Science &Policy* ,2016 56: 110-119.
- [12] 狄乾斌, 韩雨汐, 高 群. 基于改进的 AD-AS 模型的中国海洋生态综合承载力评估 [J]. *资源与产业* ,2015 ,17( 1) : 74-78.
- [13] 苏盼盼, 叶属峰, 过仲阳, 等. 基于 AD-AS 模型的海岸带生态系统综合承载力评估——以舟山海岸带为例. *生态学报* , 2014 34( 3) : 718-726.
- [14] 狄乾斌, 张 洁, 吴佳璐. 基于生态系统健康的辽宁省海洋生态承载力评价 [J]. *自然资源学报* ,2014 29( 2) : 256-264.
- [15] 曹 可, 张志峰, 马红伟, 等. 基于海洋功能区划的海域开发利用承载力评价——以津冀海域为例 [J]. *地理科学进展* , 2017 36( 3) : 320-326.
- [16] 高月鑫, 曾江宁, 黄 伟, 等. 海洋功能区划与海洋生态红线关系探讨 [J]. *海洋开发与管理* ,2018 35( 1) : 33-39.
- [17] 国家海洋局. 海洋资源环境承载力监测预警指标体系和技术方法指南 [EB/OL]. ( 2015-05-03) . <https://wenku.baidu.com/view/e03da9498762caaedc33d480.html>.
- [18] 张俊丽, 赵 云, 柯丽娜. 基于锦州湾围填海的海岸线演变分析 [J]. *海洋开发与管理* ,2016 33( 10) : 89-91.
- [19] 陈守煜. 可变集-可变模糊集的发展及其在水资源系统中的应用 [J]. *数学的实践与认识* ,2012 42( 1) : 92-101.
- [20] 陈守煜, 王子茹. 基于对立统一与质量互变定理的水资源系统可变模糊评价新方法 [J]. *水利学报* ,2011 42( 3) : 253-261 270.
- [21] 郑德凤, 臧 正, 孙才志, 等. 基于水资源耦合价值的绿色水价模型及其应用——以下辽河平原为例 [J]. *自然资源学报* , 2014 29( 7) : 1235-1245.
- [22] 于广华, 孙才志. 环渤海沿海地区土地承载力时空分异特征 [J]. *生态学报* ,2015 35( 14) : 4860-4870.