

# 区域生态系统服务价值评估方法与 GIS 表达

刘旭<sup>1</sup> 赵桂慎<sup>2</sup> 邓永智<sup>1</sup> 刘培斌<sup>3</sup> 宫晓明<sup>3</sup> 杨毅<sup>3</sup>

(1. 厦门大学 海洋与地球学院, 福建 厦门 361005;

2. 中国农业大学 资源与环境学院, 北京 100193;

3. 北京市水利规划设计研究院, 北京 100048)

**摘要:** 生态系统服务价值评估是当前生态经济学领域的研究热点, 为解决生态系统对人类的重要性提供了量化参考。文章论述了国内外生态系统服务价值的评估方法, 分别从静态评估、动态评估和 GIS 技术应用三大方面进行了归纳分析, 提出今后应重点关注生态系统服务价值的时空动态模型开发、评价指标体系与评价方法的标准化制订和生态系统综合管理与应用等方面的研究。

**关键词:** 生态系统服务; 评估方法; GIS

中图分类号: X826

文献标识码: A

## Reviews on Ecosystem Services Valuation and GIS-Based Mapping

LIU Xu<sup>1</sup>, ZHAO Guishen<sup>2</sup>, DENG Yongzhi<sup>1</sup>, LIU Peibin<sup>3</sup>, GONG Xiaoming<sup>3</sup>, YANG Yi<sup>3</sup>

(1. College of Ocean & Earth Sciences, Xiamen University, Xiamen Fujian 361005, China;

2. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China;

3. Beijing Hydraulic Research Institute, Beijing 100048, China)

**Abstract:** Ecosystem services valuation has become one of the hotspots in the field of ecological economics, and provides quantitative evidence concerning the importance of the ecosystem for human-beings. In this paper, we first discussed ESV method in static, dynamic and GIS based respectively. We pointed out that scientific community should focus on several topics in the near future to deepen the understanding of the values of ecosystems. These topics include the development of spatially and temporarily explicit dynamic valuation models, standardization of valuation methods and payment for ES and meeting the requirements of regional ecosystem management and decision making.

**Key words:** ecosystem services; evaluation method; GIS

全球生态系统所提供的 2/3 以上各类服务已经呈现下降趋势, 且这种趋势可能在未来 50 年内仍然不能有效扭转<sup>[1]</sup>。生态系统服务功能的退化可能会对人类的生活和发展带来危机<sup>[2]</sup>。在这种背景下, 全面了解并恰当地对生态系统服务进行评估已经成为了生态学研究热点之一<sup>[3]</sup>。本文从生态系统服务功能的评估方法入手, 归纳了价值评估法和该方法与 GIS 技术联用等评估手段现阶段应用于评估区域生态系统服务价值的研究成果, 并着重分析了区域生态系统价值评估未来可能的研究重点, 以期为国内的相关研究提供一定的参考价值。

### 1 研究概况

随着人们对生态系统的重视, 近年来有关生态服务的研究呈指数递增。以“ecosystem service”和“valuation”

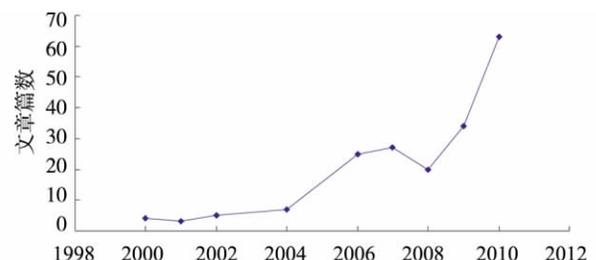


图1 近年来国外有关生态系统服务价值的论文发展趋势

为关键词在权威论文索引数据库 ISI Web of Knowledge 检索, 根据统计被收录的文章共 107 篇。2004 年以前, 共被收录仅有 18 篇, 2004 年以后每年被收录的文章数量上升至 30 篇左右, 2010 年被该数据库收录的文章达到 63 篇, 参见图 1。不断增长的高质量国际期刊论文数量体现了生态系统服务领域研究的不断深入。国际上开展了大量关于生态系

基金项目: 北京市科学技术委员会“永定河生态修复目标体系研究”(D090409004009003); 北京市生态学重点学科项目

作者简介: 刘旭(1986~), 女, 北京人, 硕士生, 主要研究方向为环境管理与生态系统评价; 赵桂慎(1971~), 男, 山东栖霞人, 博士, 副教授, 主要从事生态经济与区域可持续发展研究。

通讯作者: 赵桂慎

统服务功能的专项研究,例如生态系统和生物多样性经济学(TEEB),生物多样性计划(DIVERSITAS)等。然而,如何将生态系统服务有序并综合的应用于资源管理和决策过程尚未达成一致<sup>[4]</sup>。

生态服务的研究始于20世纪70年代。1977年,韦斯特曼(Westman)在《科学》上发表文章中首次提出了“自然服务”的概念及其价值评估的问题<sup>[5]</sup>。自20世纪90年代以后,生态系统服务价值的研究开始繁荣起来,第一个里程碑是1997年由科斯坦萨(Costanza)等在《自然》上发表文章《世界生态系统服务与自然资本的价值》<sup>[6]</sup>。然而,在生态服务功能的计算方法、可行性和重复计算等方面,皮尔斯(Pearce)等学者从经济学角度对该研究提出了较多质疑。此后多年,双方展开了激烈的争论<sup>[7]</sup>。从某种意义上也更加促进了生态服务功能价值研究的进一步深化。2001年,由全球1360位科学家参与的“千年生态系统评估”(millennium ecosystem assessment, MA)启动,是另一个重要的里程碑。这是首次在全球范围内开展对生态系统及其对人类福利影响的多尺度综合评价,为改进生态系统管理提供了充分的科学依据和借鉴意义。

我国有关生态系统服务价值的研究过程可以大致分为萌芽阶段(1999年以前)、初级阶段(1998~2003年)和深入多元化阶段(2003年以后)。以“生态系统服务价值”为关键词中文期刊全文数据库查询,共搜索到1772篇相关研究,论文发展趋势参见图2。

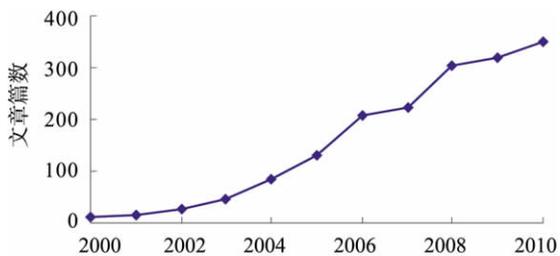


图2 2011年以前国内有关生态系统服务价值的论文发展趋势

国内生态价值的评估始于20世纪80年代。1984年,马世骏发表《社会经济自然复合生态系统》,标志着生态学家开始涉足经济学领域<sup>[8]</sup>。1999年以后,随着国际上生态系统服务价值研究成为生态学和经济学等多个交叉学科的研究热点<sup>[7]</sup>,我国逐步开始系统的进行相关研究工作。其中,欧阳志云等人对生态系统服务进行理论分析,并对我国陆地生态系统的6种服务价值进行了初步评估,得出我国陆地生态系统服务经济价值每年为148万亿元人民币<sup>[9]</sup>,是我国生态生态系统服务研究领域的里程碑。2003年以后,我国生态系统服务的理论和方法得到广泛的认识与应用,开始探索性的研究中国不同尺度、不同类型生态

服务及其价值,同时探讨生态系统服务理论与方法与其他研究方向的融合,我国生态服务系统服务价值进入了深入与多元化的阶段。2008年,在中国北京举办生态系统服务大会,推动了我国这项研究领域的发展。2010年 *Ecological Economics* 出版的专刊主题为中国生态服务价值评估研究,共收录9篇文章。分别从理论和实证研究方面给以阐述。其中,实证研究对象集中在农田和森林生态系统<sup>[10]</sup>。我国生态系统服务价值研究在总体来说,我国的生态系统服务的价值评估方法开始由学习模仿逐渐过渡到纵向研究的阶段。

## 2 区域生态系统服务价值评估方法

### 2.1 价值评价法用于区域生态系统服务价值研究进展

成本-效益分析是环境经济学的基本分析方法,也是生态系统服务价值评估方法的基础<sup>[3]</sup>。进行成本-效益分析首先需要识别研究区域内生态系统服务功能的种类,对各类生态系统服务功能给予评价功能量的表观指标,才能对其采用直接市场法、替代市场法和假想市场法等多种货币化手段进行评估<sup>[11]</sup>。

根据研究目的、研究尺度和对生态系统服务内涵的不同理解,生态系统服务功能分类尚未达成共识。从全球和区域角度来看,科斯坦萨等人共将全球生态系统服务分为17种类型<sup>[6]</sup>。诺伯格(Norberg)等人按照是否同属一个生态系统等依据,将生态系统服务分为三大类别:维持种群密度,处理和转化外部干扰物和组织生物学单元<sup>[12]</sup>。德格鲁特(de Groot)等人将生态系统服务功能分为4大类23项服务功能,4大类包括调节功能、生境功能、生产功能和信息功能<sup>[11]</sup>。MA的分类体系则包括供给服务、调节服务、支持服务和文化服务4大类,共24种服务功能<sup>[1]</sup>。梅勒尔(Maler)等人根据是否直接影响人类福祉,建议将MA划分的供给服务和文化服务合并为最终服务,将支持服务和调节服务纳入中间服务<sup>[13]</sup>。尽管MA的分类方式受到不少质疑,但仍然被许多学者所采用。

我国学者根据对生态系统服务功能内涵的理解,并根据研究区域的特点分别提出不同的评估指标体系<sup>[3]</sup>。欧阳志云等将生态系统服务功能分为8类,包括有机质的合成与生产、生物多样性的产生和维持、调节气候、营养物质贮存与循环等<sup>[9]</sup>。谢高地等按照中国民众和决策者对生态问题的理解状况,将生态系统服务重新划分为4个方面31项指标<sup>[14]</sup>。崔向慧采用层次分析法将陆地生态生态系统服务功能分为供给服务、调节服务、文化服务和支持服务等4个方面28个项目和56个指标,并确定了各服务指标的权重和重要性参数<sup>[15]</sup>。

区域生态系统服务价值评估通常综合采用多种方法进

行评价。然而,由于每一种评估方法都存在各自的特点<sup>[16]</sup>使得评价结果之间可比性大大下降<sup>[17]</sup>。德格鲁特等人对16项生态系统服务功能分别采用10种价值评价法进行适用性分析<sup>[11]</sup>。根据MA的研究成果,供给功能主要使用市场价值法,调节功能主要使用替代市场法,文化和支持功能则更多的使用模拟市场法和替代市场法<sup>[1]</sup>。克里斯蒂(Christie)等人总结了利用市场价值法和非市场价值法评估生物多样性的适用性<sup>[18]</sup>。我国学者在实际案例评估中,较多采用直接市场法和替代市场法,对于文化价值和支撑功能的研究则较多参照科斯坦萨等人的研究成果<sup>[3]</sup>。赵军等以上海浦东张家派为例,采用支付卡式条件价值评估法(CVM)研究方法,获得城市河流生态系统的平均支付意愿为195.07~253.04元/(年·户)<sup>[19]</sup>。评估结果很大程度上依赖于指标体系和不同方法的选择,因此如何有效地反映生态系统服务价值仍然需要在评价体系、评估模型和评价数据的使用等方面不断地深入研究<sup>[19]</sup>。

生态系统服务价值在很大程度上取决于服务提供的时间与空间特性<sup>[20]</sup>,对生态系统服务价值进行预测性评价,可以为生态系统服务功能受干扰程度进行动态的评估<sup>[21]</sup>。2002年*Ecological Economics*出版的专刊从生态和经济结合的角度分析了生态系统服务价值的动态评估。11篇文章中,其中4篇分别从不同角度评估生态服务价值<sup>[22]</sup>。布尔南斯(Boulmans)等人建立GUMBO模型,模拟了2000年全球生态系统服务的价值量,并预测了不同情景下生态系统服务价值的变化趋势<sup>[23]</sup>。阿尔卡莫(Alcamo)等基于MA的预测方法,认为2050年全球生态系统服务价值总量增加但可持续性下降,并且中非、中东和南亚的生态系统可能会面临急剧变化的危机<sup>[24]</sup>。IMAGE系统和GLOBIO模型预测了随着人口和经济发展,气候、污染、土地利用状况和生物多样性在不同情景下的变化趋势<sup>[25]</sup>。生态系统服务价值预测并不意味着一定会发生,但是可以帮助人们更为审慎地看待人类给整个生态系统带来的干扰和破坏<sup>[22]</sup>。

## 2.2 GIS与价值评价法联用于评估生态系统服务价值研究进展

针对不同研究尺度的自然资源和社会经济发展的程度不同,采用GIS平台可以一定程度上解决生态服务功能的空间异质性问题<sup>[26-27]</sup>,帮助决策者更好地在区域范围内进行土地利用规划和管理<sup>[28-29]</sup>。GIS较早利用于大尺度的景观生态评估<sup>[30]</sup>,随着生态系统服务价值研究的不断深入,逐渐将GIS技术与价值评价法连用,主要用于分析生态系统服务价值的空间分布和转移,进而分析土地利用变化对生态系统服务价值的影响。

福利(Foley)等人对比分析了自然生态系统、半开发的生态系统(生态观光园)和强度开发的生态系统(耕

地)提供的生态系统服务种类、质量和总量的差别<sup>[31]</sup>。研究区域内土地利用的差异造成了生态系统服务价值的空间差异<sup>[27,32]</sup>。艾格(Egoh)等人利用GIS技术,实现了南非地表水供应等间接利用服务的丰富程度和敏感点的空间分布,进而讨论各服务间的相关性<sup>[28]</sup>。还有一些学者将GIS技术与区域尺度上生物多样性、土地利用变化和生态系统服务相结合<sup>[33]</sup>。

我国学者利用GIS技术与价值评价法联用,对区域生态系统服务价值也进行了初步的探索。谢高地等在科斯坦萨等人研究的基础上,通过对全国两百位生态学家进行调查问卷统计,制定了中国陆地生态系统单位面积生态服务价值当量表<sup>[14]</sup>,为我国GIS应用于生态系统服务价值评估奠定了基础。此后,慈溪市土地利用变化引起的生态系统服务价值损益研究<sup>[34]</sup>;青海湖流域25年间由于景观结构变化导致的生态系统服务功能变化研究<sup>[35]</sup>;湖南省生态安全综合评价<sup>[36]</sup>;湖北省1997~2005年可持续发展趋势分析<sup>[37]</sup>等实证研究。还有一些研究根据谢高地等人的计算原理,按照研究区域内农业亩产量进行当量表的校正分析陕西咸阳市<sup>[38]</sup>、福建长汀县<sup>[39]</sup>、湖南醴陵市<sup>[40]</sup>等区域生态系统服务价值的变化趋势。谢高地等人制定了覆盖全国31个省市自治区的农田生态系统服务价值当量表,为直接采用GIS手段计算不同行政区域内生态服务价值进行校正<sup>[41]</sup>。

采用中国陆地生态系统单位面积生态服务价值当量表进行生态系统评估由直接应用逐渐发展到深化和多元化应用的阶段。李小燕利用NDVI与植被生物量的关系将该当量表进行了校正,同时引入空间质量异质性参数回顾性评估了1987~2004年陕西渭南市生态系统服务价值变化<sup>[42]</sup>。社会石将当量表中耕地细化为旱田和水田两类土地利用类型,更符合我国粮食产区的土地利用结构<sup>[43]</sup>。李永华将城市生态系统引入当量表中,并根据国际指定的《省级主体功能区划分技术规范》对甘肃省83个县级评价单元进行了生态系统服务价值评估<sup>[44]</sup>。李君洁将建设用地的生态服务价值量引入当量表中,并认为建设用地的生态系统服务价值是负面的,在城市较快发展时不得不考虑建设用地对整个区域带来的影响<sup>[45]</sup>。袁明瑞采用德尔菲法对该当量表进行了修正,制定了泰安市不同土地利用方式单位面积生态系统服务价值表,作为山东泰安市生态规划发展等级的评判依据<sup>[46]</sup>。陈能汪等人基于GIS技术初步构建了适用于县域尺度的生态系统服务直接利用价值(产品提供和娱乐文化)的评估技术框架与空间表达方法<sup>[47]</sup>。徐立针对林地的物质生产、娱乐文化、涵养水源、调节气体、保持土壤和维持生物多样性6项指标进行了经济价值评估,并以林地生态系统服务价值系数为基础,同时参照谢高地等人

的研究成果,推算出长沙市其他土地利用类型的单位价值<sup>[48]</sup>。杜金龙针对通过重新估算耕地生态系统服务价值修正量表,对湖北枣阳市 2003~2007 的生态系统服务价值进行了回顾性评价<sup>[49]</sup>。应用将生态系统服务价值分配到单元格建立区域模型这一方法,李焕承评估了浙江省天台县生态系统服务价值,实现了各单项生态系统服务价值和总价值的空间分布图谱<sup>[50]</sup>。石龙宇等人选取 12 个生态系统服务功能指标对厦门市土地利用覆盖变化的对生态系统服务价值的影响进行了相关性分析,皮尔松(Pearson)相关系数表明土地利用变化与供给功能有正相关关系,与调节功能和支持功能存在负相关关系<sup>[51]</sup>。并且,土地利用变化与生态服务价值总量相关性显著性水平较高<sup>[51]</sup>。苏华等人建立包含 6 项生态服务功能的指标体系,在空间小网格上对广州市萝岗区生态系统服务价值进行了定量评估和空间分析<sup>[52]</sup>。

GIS 与价值评估法联用开发的动态评估区域生态价值模型可以用于土地利用管理和决策中<sup>[53]</sup>。InVEST 软件是由美国斯坦福大学、世界野生动物基金会(WWF)和美国大自然保护协会(TNC)联合开发,用于生态系统服务功能评估的模型系统,旨在通过模拟预测不同土地利用情景下生态系统服务功能物质和价值量的变化,为决策者权衡人类活动的效益和影响提供科学依据<sup>[54]</sup>。

### 3 区域生态系统服务价值评估方法研究展望

虽然生态服务价值研究已在国内外有了很大的进展,但由于生态系统的内在复杂性,目前关于该领域的研究还存在很多亟待解决的问题:如指标选取的任意性、赋值的机械性、评价方法的不一致性及重复计算、评价结果的不确定性等<sup>[3]</sup>。同时,如何将生态系统服务价值的研究成果应用于综合区域生态系统管理,为决策者在土地资源利用、城市发展规划、生态保护建设和生态补偿等方面提供科学依据;如何加强公众对生态问题的意识和公众参与环境保护建设等方面,也是生态系统服务价值评估工作的发展方向之一<sup>[20]</sup>。

#### 3.1 区域生态系统服务价值评价指标体系和评估方法的标准化研究

生态系统服务功能分类和价值构成是生态系统服务价值的核心也是相关研究的基础<sup>[7]</sup>。国际上已展开了大量研究,而国内相关研究相对欠缺。首先需要加强生态系统服务功能及其价值概念和分类等基础研究<sup>[11]</sup>,才有可能提出科学合理的生态系统服务评价指标体系。尽管我国 2008 年颁布了《森林生态系统服务功能评估规范》,但对区域生态系统服务价值评估尚无标准可依。另外,从国外研究趋势来看,评估方法逐渐从直接市场方法向非市场方法过渡。

因此,还需要结合我国社会发展进程,提出适合我国公众意识和经济发展状况的经济价值评估操作规程和原则,加强区域间生态系统服务价值评估结果的可比性。同时,如何将不确定性分析引入生态系统服务价值评估结果中,对数据获取、取样偏差和分析错误等不确定性因素在结果中进行讨论,也是制约生态系统服务价值标准化研究的重要因素之一。

#### 3.2 区域生态系统服务价值时空动态模型的开发研究

生态系统服务功能的形成是一个在生态学机制操纵下,与生态结构和生态功能密切相关的动态变化过程<sup>[55]</sup>,因此评估生态系统服务价值的增量比存量更具有现实意义<sup>[6]</sup>,这也意味着生态系统服务价值的动态预测对指导人类活动具有现实意义。虽然我国对生态系统服务价值的回顾性评估进行了大量的研究,尤其是在 GIS 应用于动态评估过程中进行了有益的探索,但是在预测模型方面还缺乏相关研究。将 GIS 技术依托于中国生态系统研究网络(CERN)建立全国生态系统服务的基础数据共享系统,嵌入经济-社会-生态耦合模型,研发适合我国国情的生态系统服务价值时空动态模型是当前生态经济领域科学家应高度重视的方向。

#### 3.3 基于区域生态系统服务价值的生态保护和管理工作应用研究

如何将生态系统服务价值评估的研究成果应用于生态系统综合管理也是一个亟待解决的问题<sup>[20]</sup>。生态系统服务价值理论的提出,改变了以往环境与经济如何平衡发展的博弈状态,而是把生态环境看作成本投入来综合考虑可持续发展的问題<sup>[7]</sup>。生态系统服务价值研究成果的最直接应用时为生态补偿标准提供依据,为补偿金额和预期达到的补偿效果等问题提供了量化指标。针对涉及跨行政区的生态保护问题和资源开发等问题,具有经济激励作用的生态补偿措施可以对协调区域间发展平衡和全流域的可持续发展提供借鉴。另外,将生态系统服务价值的研究成果评估用于区域规划和环境影响评价中,不仅可以将生态价值纳入决策体系中,也把生态环境改变用简单易懂的货币形式表现,为决策者和公众提供了直接的生态信息,从而对区域环境规划及项目方案的生态环境进行综合评估。尤其是将 GIS 技术嵌入到生态系统服务价值评估中,建立基于信息技术构建生态环境管理区域信息共享平台,为区域生态环境综合管理提供有效的科技支撑。

#### 参考文献:

- [1] Millennium Ecosystem Assessment: Biodiversity Synthesis Report [Z]. Washington D C: World Resources Institute, 2005.
- [2] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The Value of Ecosystem Services: Putting the Issues in Perspective [J]. Ecological Economics, 1998, 25: 67-72.

- [3] 李文华. 生态系统服务功能价值评估的理论、方法与应用 [M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2008.
- [4] ICSU, UNESCO, UNU. Ecosystem Change and Human Wellbeing Research and Monitoring [R]. ICSU, UNESCO and UNU, Paris, 2008.
- [5] Westman W E. How Much are Nature's Services Worth [J]. Science, 1977, 197: 960 - 964.
- [6] Costanza R, d Arge R, de Groot R, et al. The Value of the World's Ecosystem Services and Natural Capital [J]. Nature, 1997, 386: 253 - 260.
- [7] 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.
- [8] Costanza R. Ecosystem Services: Multiple Classification Systems are Needed [J]. Biological Conservation, 2008, 141 (2): 350 - 352.
- [9] 欧阳志云, 王如松, 赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价 [J]. 应用生态学报, 1999, 10 (5): 635 - 640.
- [10] Costanza R. Ecosystem Services Valuation in China [J]. Ecological Economics, 2010, 69: 1387 - 1388.
- [11] de Groot R S, Wilson M A, Boumans R M J. A Typology for the Classification, Description and Valuation of Ecosystem Functions, Goods and Services [J]. Ecological Economics, 2002, 41, 393 - 408.
- [12] Norberg J. Linking Nature's Services to Ecosystems: some General Ecological Concepts [J]. Ecological Economics, 1999, 29 (2): 183 - 202.
- [13] Maler K G, Aniyar S, Jansson A. Accounting for Ecosystem Services as a Way to Understand the Requirements for Sustainable Developments [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2008, 105 (28): 9501 - 9506.
- [14] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估 [J]. 自然资源学报, 2003, 18 (2): 189 - 196.
- [15] 崔向慧. 陆地生态系统服务价值功能及其价值评估——以中国荒漠生态系统为例 [D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2009.
- [16] de Groot R S. Function - Analysis and Valuation as a Tool to Assess Land Use Conflicts in Planning for Sustainable, Multi - Functional Landscapes [J]. Landscape Urban Plann, 2006, 75, 175 - 186.
- [17] Fisher B, Turner K R, Morling P. Defining and Classifying Ecosystem Services for Decision Making [J]. Ecological Economics, 2009, 68 (3), 643 - 653.
- [18] Christie M, Fazey I, Cooper R, et al. An Evaluation of Economic and Non - Economic Techniques for Assessing the Importance of Biodiversity to People in Developing Countries [R]. London, Defra, 2008.
- [19] 赵军, 杨凯. 生态系统服务价值评估研究进展 [J]. 生态学报, 2007, 27 (1): 346 - 356.
- [20] de Groot R S, Alkemade R, Braat L, et al. Challenges in Integrating the Concept of Ecosystem Services and Values in Landscape Planning, Management and Decision Making [J]. Ecological Complexity, 2010 (7): 260 - 272.
- [21] Banzhaf H S, BOYD J. The Architecture and Measurement of an Ecosystem Services Index [M]. Washington DC: Resources for the Future, 2005.
- [22] Limburg K E, O'Neill Robert V, Costanza R, et al. Complex Systems and Valuation [J]. Ecological Economics, 2002, 41: 409 - 420.
- [23] Boumans R, Costanza R, Farley J, et al. Modeling the Dynamics of the integrated Earth System and the Value of Global Ecosystem Services Using the GUMBO Model [J]. Ecological Economics, 2002, 41, 529 - 560.
- [24] Alcamo J, van Vuuren D, Ringler C, et al. Changes in nature's balance sheet: Model - Based Estimates of Future Worldwide Ecosystem Services [J]. Ecology and Society, 2005, 10 (2): 1 - 19.
- [25] Alkemade R, van Oorschot M, Miles, et al, GLOBIO3: A Framework to Investigate Options for Reducing Global Terrestrial Biodiversity Loss [J]. Ecosystems, 2009, 12 (3), 374 - 390.
- [26] Syrbe R, Bastian O, Roder M, et al. A Framework for Monitoring Landscape Functions: The Saxon Academy Landscape Monitoring Approach (SALMA), Exemplified by Soil Investigations in the Kleine Spree Floodplain Saxony, Germany [J]. Landsc Urban Plann, 2007, 79, 190 - 199.
- [27] Willemsen L, Verburg P H, Hein L, et al. Spatial Characterization of Landscape Functions [J]. Landscape Urban Plann, 2008, 88, 34 - 43.
- [28] Egoh B, Reyers B, Rouget M, et al. Mapping Ecosystem Services for Planning and Management [J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2008, 127 (1 - 2): 135 - 140.
- [29] Meyer B C, Grabaum R. MULBO - model Framework for Multi Criteria Landscape Assessment and Optimization: A Support System for Spatial Landuse Decisions [J]. Landsc Res, 2008, 33: 155 - 179.
- [30] Turner M G. Spatial and Temporal Analysis of Landscape Pattern [J]. Landscape Ecology, 1990, 4 (1): 21 - 30.
- [31] Foley J A, DeFries R, Asner G P, et al. Global Consequences of Land Use [J]. Science, 2005, 309: 570 - 574.
- [32] Alessa L, Kliskey A, Brown G. Social - Ecological Hotspots Mapping: A Spatial Approach for Identifying Coupled Social - Ecological Space [J]. Landsc Urban Plann, 2008, 85, 27 - 39.
- [33] Metzger M J, Rounsevell M D A. The Vulnerability of Ecosystem Services to Land Use Change [J]. Agric Ecosyst Environ, 2006, 114, 69 - 85.
- [34] 刘庆, 王静, 史衍玺, 等. 经济发达区土地利用变化与生态服务价值损益研究——以浙江省慈溪市为例 [J]. 中国土地科学, 2007, 21 (2): 18 - 24.
- [35] 陈克龙, 李双成, 周巧富, 等. 近 25 年来青海湖流域景观结构动态变化及其对生态系统服务功能的影响 [J]. 资源科学, 2008, 30 (2): 274 - 280.
- [36] 熊鹰. 湖南省生态安全综合评价研究 [D]. 长沙: 湖南大学, 2008.
- [37] 张玉玲. 湖北省可持续发展定量分析与对策研究 [D]. 上海: 华中师范大学, 2008.
- [38] 张晶. 基于生态系统服务价值的土地利用结构优化研究 [D]. 西安: 西北大学, 2008.

(下转第 399 页)

济区经济开发中要实现环境效益、产业效益和社会效益的最大化,推动海洋经济的发展,同时注意海陆统筹,把海洋资源与陆地资源的开发利用进行统筹规划,实现产业对接,互利共赢。海洋经济自身就是对外开放的一个大港口,必须以陆地作为依托,否则发展不起来。

### (3) 建设绿色港口。

所谓绿色港口,是指港口在不出现无法挽回的环境改变的前提下,在环境影响和经济利益之间获得良好平衡的可持续发展。世界港口经济发展史表明,大港口与大工业互相依托,才能带动区域经济的快速发展;没有工业支撑,港口就难以做大做强<sup>[4]</sup>。广西北部湾经济区港口产业的发展,要注重对外联系与经济合作,转变观念,从“招商引资”转变为“选商引资”,提高企业准入门槛,有针对性地吸引一批全球 500 强企业前来置业投资,优先发展科技含量高、投资回报率高、节能减排的现代绿色产业,尽可能采用最新工艺,强制推行绿色工业标准。对规划的重化工业,必须贯彻规划环评先行一步的原则,实现从未端治理向源头和全过程控制转变,从点源治理向流域和区域综合治理转变,从简单的企业治理向调整产业结构、清洁生产和发展循环经济转变<sup>[5]</sup>。

### (4) 提高生态环境监管能力。

提高广西北部湾经济区环境监管能力,应从以下三方面入手:一是定期开展经济区生态环境调查与质量评价,

建立并逐步完善生态系统监测和预警网络,定期监测生态系统脆弱区和敏感区。二是建立高效可行的环境突发事件应急处理体系,实现对区域性、重大涉海污染事故的环境状况的预测、预警。三是提高环保队伍人员素质和能力,定期进行环境法律法规、管理制度、环境政策等方面的培训,提高人员的基本素质和执法水平。

广西北部湾经济区的大规模开发热潮,既为充分挖掘广西生态环境及资源潜力环境空间提供难得的机遇,又使广西经济面临着能否可持续发展的挑战。因此,必须坚持因地制宜,发展资源环境可承载的优势特色产业,实现经济社会发展与生态环境建设双赢的局面。可以预见,在不久的将来,广西北部湾经济区必定发展成为我国乃至东南亚最亮丽、最有发展前景的“绿色”一极。

### 参考文献:

- [1] 黄耀东. 如何在开放开发中保护北部湾的生态环境 [J]. 经济与社会发展, 2008 (12): 68~71.
  - [2] 刘水源, 毛蒋兴. 北部湾(广西)经济区生态研究 [J]. 大众科技, 2008 (10): 197~199.
  - [3] 秦艳, 蒋海勇. 广西北部湾经济区的绿色发展 [J]. 广西财经学院学报, 2009 (12): 30~34.
  - [4] 广西壮族自治区环境保护局. 2010年广西壮族自治区环境状况公报 [R]. 南宁: 广西壮族自治区环境保护局, 2010.
  - [5] 胡宝清, 陈振宇, 范恒君. 资源环境约束强化条件下广西北部湾经济区生态建设研究 [J]. 创新, 2008 (3): 50~53.
- 
- (上接第 385 页)
- [39] 郑晶. 基于生态系统服务价值的长汀县土地利用结构优化研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2009.
  - [40] 霍金炜. 生态视角下醴陵市土地资源可持续利用研究 [D]. 长沙: 湖南农业大学, 2010.
  - [41] 谢高地, 肖玉, 甄霖, 等. 我国粮食生产的生态服务价值研究 [J]. 中国生态农业学报, 2005, 13 (3): 10~13.
  - [42] 李小燕. 渭南市 LUC 与生态安全动态评价 [D]. 西安: 陕西师范大学, 2006.
  - [43] 社会石. 半干旱区土地利用/覆被变化及生态系统服务价值研究——以吉林省西部为例 [D]. 长春: 东北师范大学, 2008.
  - [44] 李永华. 甘肃省主体功能区划中的生态系统重要性评价 [D]. 兰州: 兰州大学, 2008.
  - [45] 李君洁. 珠江三角洲土地利用变化及其对生态系统服务功能的影响研究 [D]. 北京: 首都师范大学, 2009.
  - [46] 袁明瑞. 基于生态评价的区域生态规划发展等级评判——以泰安市为例 [D]. 泰安: 山东农业大学, 2010.
  - [47] 陈能汪, 张潇尹, 卢晓梅. 基于 GIS 的生态系统服务直接利用价值评估方法 [J]. 中国环境科学, 2008, 28 (7): 661~666.
  - [48] 徐立. 土地利用变化对长沙市生态系统服务价值的影响研究 [D]. 长沙: 湖南大学, 2009.
  - [49] 杜金龙. 土地利用变化及其对生态系统服务价值影响研究——以枣阳市为例 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2010.
  - [50] 李焕承. 基于 GIS 的区域生态系统生态服务价值评估方法研究与应用 [D]. 杭州: 浙江大学, 2010.
  - [51] 石龙宇, 崔胜辉, 尹锴, 等. 厦门市土地利用/覆被变化对生态系统服务的影响 [J]. 地理学报, 2010, 65 (6): 708~714.
  - [52] 苏华, 王云鹏, 杨静学, 等. 广州市萝岗区生态系统服务功能价值空间评估 [J]. 城市生态与环境, 2011, 24 (2): 10~14.
  - [53] GUO Z, XIAO X, LI D. An Assessment of Ecosystem Services: Waterflow Regulation and Hydroelectric Power Production [J]. Ecol Appl, 2000, 10, 925~936.
  - [54] Nelson E, Mondoza G, Regetz J, et al. Modeling Multiple Ecosystems Services, Biodiversity Conservation, Commodity Production, and Tradeoffs at Landscape Scale [J]. Frontiers Ecol Environ, 2009, 7 (1): 4~11.
  - [55] 吴钢, 肖寒. 长白山森林生态系统服务功能 [J]. 中国科学 (C 辑), 2001, 31 (5): 472~480.