

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 32 卷 第 22 期 Vol.32 No.22 **2012**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 22 期

2012 年 11 月 (半月刊)

目 次

CO ₂ 浓度和温度升高对噬藻体 PP 增殖的联合作用	牛晓莹,程 凯,荣茜茜,等 (6917)
1956—2009 年内蒙古苏尼特左旗荒漠草原的降水格局	陈 军,王玉辉 (6925)
两个污水处理系统的能值与经济综合分析	李 敏,张小洪,李远伟,等 (6936)
退化草地阿尔泰针茅种群个体空间格局及关联性	赵成章,任 珩 (6946)
地表覆盖栽培对雷竹林凋落物养分及其化学计量特征的影响	刘亚迪,范少辉,蔡春菊,等 (6955)
福州酸雨区次生林中台湾相思与银合欢叶片的 12 种元素含量	郝兴华,洪 伟,吴承祯,等 (6964)
“雨花露”水蜜桃主要害虫与其捕食性天敌的关系	柯 磊,施晓丽,邹运鼎,等 (6972)
大兴安岭林区 10 小时时滞可燃物湿度的模拟	胡天宇,周广胜,贾丙瑞 (6984)
陕北风沙区不同植被覆盖下的土壤养分特征	李文斌,李新平 (6991)
南方型杨树人工林土壤呼吸及其组分分析	唐罗忠,葛晓敏,吴 麟,等 (7000)
黑河下游土壤水盐对生态输水的响应及其与植被生长的关系	鱼腾飞,冯 起,刘 蔚,等 (7009)
树木胸径大小对树干液流变化格局的偏度和时滞效应	梅婷婷,赵 平,倪广艳,等 (7018)
外来植物紫茎泽兰入侵对土壤理化性质及丛枝菌根真菌(AMF)群落的影响	于文清,刘万学,桂富荣,等 (7027)
基于 Landsat TM 的热带精细地物信息提取的模型与方法——以海南岛为例	王树东,张立福,陈小平,等 (7036)
雪被去除对川西高山冷杉林冬季土壤水解酶活性的影响	杨玉莲,吴福忠,杨万勤,等 (7045)
不同土壤水分处理对水稻光合特性及产量的影响	王唯逍,刘小军,田永超,等 (7053)
木蹄层孔菌不同居群间生长特性、木质素降解酶与 SRAP 标记遗传多样性	曹 宇,徐 晔,王秋玉 (7061)
加拿大一枝黄花入侵对土壤动物群落结构的影响	陈 雯,李 涛,郑荣泉,等 (7072)
间作对玉米品质、产量及土壤微生物数量和酶活性的影响	张向前,黄国勤,卞新民,等 (7082)
接种 AM 真菌对玉米和油菜种间竞争及土壤无机磷组分的影响	张宇亭,朱 敏,钱岩相注,等 (7091)
大亚湾冬季不同粒级浮游生物的氮稳定同位素特征及其与生物量的关系	柯志新,黄良民,徐 军,等 (7102)
太湖水华期间有毒和无毒微囊藻种群丰度的动态变化	李大命,叶琳琳,于 洋,等 (7109)
锌胁迫对小球藻抗氧化酶和类金属硫蛋白的影响	杨 洪,黄志勇 (7117)
基于国家生态足迹账户计算方法的福建省生态足迹研究	邱寿丰,朱 远 (7124)
能源活动 CO ₂ 排放不同核算方法比较和减排策略选择	杨喜爱,崔胜辉,林剑艺,等 (7135)
基于生境等价分析法的胶州湾围填海造地生态损害评估	李京梅,刘铁鹰 (7146)
县级生态资产价值评估——以河北丰宁县为例	王红岩,高志海,李增元,等 (7156)
专论与综述	
丛枝菌根提高宿主植物抗旱性分子机制研究进展	李 涛,杜 娟,郝志鹏,等 (7169)
城市土壤碳循环与碳固持研究综述	罗上华,毛齐正,马克明,等 (7177)
基于遥感的光合有效辐射吸收比率(FPAR)估算方法综述	董泰锋,蒙继华,吴炳方 (7190)
光衰减及其相关环境因子对沉水植物生长影响研究进展	吴明丽,李叙勇 (7202)
浮游动物化学计量学稳态性特征研究进展	苏 强 (7213)
研究简报	
2010 年两个航次獐子岛海域浮游纤毛虫丰度和生物量	于 莹,张武昌,张光涛,等 (7220)
基于熵值法的我国野生动物资源可持续发展研究	杨锡涛,周学红,张 伟 (7230)
残落物添加对农林复合系统土壤有机碳矿化和土壤微生物量的影响	王意锟,方升佐,田 野,等 (7239)
人工湿地不同季节与单元之间根际微生物多样性	陈永华,吴晓芙,张珍妮,等 (7247)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 338 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 36 * 2012-11	

封面图说:水杉农田防护林中的小麦熟了——水杉曾广泛分布于北半球,第四纪冰期以后,水杉属的其他种类全部灭绝,水杉却在中国川、鄂、湘边境地带得以幸存,成为旷世奇珍,野生的水杉是国家一级保护植物。由于水杉耐水,适应力强,生长极为迅速,其树干通直挺拔,高大秀颀,树冠呈圆锥形,姿态优美,自发现后被人们在中国南方广泛种植,不仅成为了湖边、道路两旁的绿化观赏植物,更成为了农田防护林的重要树种。此图中整齐划一的水杉防护林像忠实的哨兵一样,为苏北农村即将成熟的麦田站岗。

彩图提供:陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201110131506

李京梅, 刘铁鹰. 基于生境等价分析法的胶州湾围填海造地生态损害评估. 生态学报, 2012, 32(22): 7146-7155.

Li J M, Liu T Y. Ecological damage assessment of jiaozhou bay reclamation based on habitat equivalency analysis. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(22): 7146-7155.

基于生境等价分析法的胶州湾围填海造地 生态损害评估

李京梅, 刘铁鹰*

(中国海洋大学经济学院, 青岛 266100)

摘要: 围填海造地的生态损害是指围填海造地所引致的海洋生态系统服务功能的下降, 包括生物资源消失、生态调节功能减弱以及生物栖息地破坏等。针对胶州湾围填海造地规模及其生态影响, 使用生境等价分析法, 对围填海造地的资源和生态服务功能的受损程度和补偿规模进行了评估。结果表明, 1988—2005 年胶州湾围填海造地的资源生态受损程度为 41.33%, 以退田还海作为修复工程, 修复期为 8a, 在 5% 的折现率水平下, 修复工程的规模应为 22.47 km², 才能使被填海域的生态服务功能恢复到初始水平。这一结论可作为地方政府对胶州湾围填海造地实施生态修复建设和生态补偿管理的技术依据。

关键词: 围填海造地; 生境等价分析法; 生态损害评估; 生态修复

Ecological damage assessment of jiaozhou bay reclamation based on habitat equivalency analysis

LI Jingmei, LIU Tieying*

School of Economics, Ocean University of China, Qingdao 266100, China

Abstract: Assessing the extent of habitat damage resulting from sea reclamation could help policy makers meet the necessary requirements for developing policies on marine ecological damage compensation and ecological restoration. Recently in China, increasing research has been conducted to monetize the ecological damage resulting from reclamation by using revealed and expressed preference techniques, such as travel cost and contingent valuation methods (CVM). The results provide new approaches to quantify ecological impacts, as well as socially and economically based management suggestions to inform policy makers. But the use of CVM, or other revealed preference techniques, for estimating non-use values remains controversial because these techniques tend to overstate actual losses. Habitat Equivalency Analysis (HEA) is a tool for assessing natural resource damage, and has been used in the United States and Europe to identify replacement habitats for a number of coastal habitats injured through oil spills, hazardous substance release, vessel groundings and other anthropogenic actions. Termed “service-to-service”, this habitat-based approach seeks to determine the amount of restoration needed to compensate for natural resource losses. HEA is specifically used to find replacement habitats that can provide ecologically equivalent services to those that are lost from the damaged habitat. Jiaozhou Bay, a semi-enclosed bay supporting the coastal city of Qingdao, is undergoing rapid industrialization and urbanization, and facing huge pressure from reclamation to expand its usable space. Data from previous research shows that during 1958—2006, the Jiaozhou Bay’s sea area was reduced by 33%, mainly as a result of reclamation. Focusing on the scale of reclamation of Jiaozhou Bay, and its

基金项目: 国家社科基金项目 (12BJY064); 教育部基地重大项目 (2012JDPY03); 山东省软科学研究计划项目 (2010RKGA1066)

收稿日期: 2011-10-13; **修订日期:** 2012-07-03

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liutieying1985@126.com

ecological impact during 1988—2005, this paper assesses ecological damage using the HEA method. The results show that approximately 35 km² of Jiaozhou Bay has been reclaimed. The total damage to ecosystem services during 1988—2005 was 41.33%, which represented the combined damage to biological resources, tidal volume, environmental capacity, wetland landscape, and biodiversity. For a restoration project that reclaims farmland into sea, the scale of restoration should be 22.47 km² at the discount rate level of 5% to achieve the reclaimed sea's initial ecological service level. HEA is based on the provision of restoration services that are equivalent to the level of natural resource damage, and this method requires discounting the future cost and benefit. Parameter sensitivities are analyzed showing that the two parameters of restoration time and discount rate will affect the result significantly; the increased discount rate and restoration time will lead to a reduction in the restoration project area. Following damage to a natural area, a restoration project is urgently needed to reduce the resulting ecological damage. We conclude that HEA offers a viable alternative to traditional economic analysis when potential injuries to ecological services resulting from reclamation are being evaluated. Furthermore, our results could be used as a technical reference for local governments when conducting ecological restoration, as well as a tool for ecological compensation management for the highly efficient allocation of marine resources. The HEA method is only beginning to be applied in China, and theoretical discussions have not yet commenced. However, it provides promise for the continuation of in-depth empirical research into the future.

Key Words: habitat equivalency analysis; reclamation; ecological damage; ecological restoration

围填海造地是沿海地区解决土地供应不足、扩大社会发展空间的便捷方式。近年来,随着我国经济的高速发展和城市化进程的加快,沿海地区呈现出大规模、高速度围填海造地现象。大量研究表明,缺乏合理规划、过度实施的围填海活动不仅永久性地改变海岸带资源的自然属性,而且对毗邻海域的生态环境造成严重破坏^[1-3]。胶州湾是我国北方典型半封闭海湾,良好的区位优势和丰富的自然条件承载着我国重要的工业城市青岛市的经济社会发展。近 50 年来,胶州湾经历了 20 世纪 50 年代的盐田建设,70 年代前后的填湾造陆,80 年代以来的围建养殖池塘和本世纪以来的港口开发、临港工业建设等填海高潮。大规模的围填海使胶州湾海域面积、滩涂面积和纳潮量逐渐减少,湾内外水体交换能力和水体自净能力减弱,生物种类剧减,湿地退化严重,胶州湾的生态系统结构的稳定处于威胁中^[4]。为了加强对围填海造地的有效管理,实现海域资源的可持续利用,有必要对围填海造地的生态损害进行评估并与补偿。本文依据 1988—2005 年胶州湾围填海造地生态损害分析的研究成果,采用生境等价分析方法,以受损的生境或资源恢复到损害之前的状态或得到修复为原则,选取退田还海作为修复工程,通过计算修复工程的规模,作为围填海造地生态损害评估或生态补偿依据。该计算框架和研究范例,可为当地政府或其它地区对围填海造地的管理提供技术参考和管理依据。

1 文献综述

国外学术界对围填海造地生态环境损害评估研究开展得较早,并分为以下几个阶段:(1)20 世纪 70 年代始,有学者分别使用生产率变化法和旅行费用法评估西班牙和荷兰围填海造地对当地海域渔业资源生产力和海岸带景观功能的经济损失^[5-6];(2)80 年代中期,费用-效益分析工具(CBA)得到广泛应用并拓展到资源环境领域,有学者使用 CBA 评估不同案例地围填海工程的资源环境影响,以效率指标权衡围填海工程的可行性^[7-9];与此同时,有关国际组织和公约发布围填海造地资源环境影响评价技术指南^[10-11];(3)21 世纪初,一些国家政府开展了围填海造地的生态修复补偿实践,日本专门设立再生补助项目;美国提出生境保育计划(HCP)和湿地保护银行(WMB)^[12-13]。但无论从理论还是各国的实践看,这些研究结论更侧重于使用 CBA 工具回答围填海项目“是或否”的问题,未能进一步量化围填海造地生态损害的“多或少”的问题。

国内关于围填海造地的生态损害评估研究,多是根据围填海造地对生态系统服务功能的影响,运用环境资源价值评估方法进行货币化评估。彭本荣、洪华生等在国内较早地开展了对围填海造地的生态损害评估方法的研究,针对厦门围填海造地生态影响,分别使用替代成本法、防护支出法等,估算厦门湾每平米围填海造

地的生态损害价值为 279 元^[14]。刘容子等则研究了福建省 13 个主要海湾的围填海活动,建立了海洋生态环境—经济—社会复合效应评价体系,根据围填海对生态系统服务功能的影响量化了 13 个海湾的围填海的生态损害,并对社会经济效益进行综合损益分析和评价^[15]。张慧、孙英兰在对生态系统的服务功能进行分类的基础上,利用市场价格法、影子工程法和成果参照法,估算了青岛前海围填海造地对的生态损失^[16]。蔡悦荫,于永海,在分析填海造地工程本身投资回报状况的基础上,增加了填海造地外部性评价,构建了基于外部效应的填海造地经济损益分析框架和经济损益评价指标,并具体提出了填海造地效益和费用的计量方法^[17]。

总之,从研究内容来看,学者们对我国围填海造地的生态环境影响的货币化做了开创性研究,初步构建填海造地生态损害评估方法和指标体系。但是,采纳环境资源货币化的思路量化围填海造的生态损害时,存在生态损害评估指标归类的重叠性和货币化评估方法选择的随意性,从而容易导致评估结果可能存在重复计算或遗漏计算等不准确等现象。

1997 年,美国国家海洋和大气管理局 (NOAA) 颁布了一项自然资源损害评估的指导文件 (Natural Resource Damage Assessment, NRDA), 建议对溢油、船舶搁浅以及其它资源开发导致的损害进行评估时,如果受损资源或生态具有间接使用价值,无法通过市场途径计算受损额,可使用生境等价分析法 (Habitat Equivalency Analysis HEA) 评估,以作为对公众的补偿依据^[18]。2004 年,一项针对全美 22 个州的 NRDA 的调查显示,收集的 88 个案例中所采用的评估技术,其中生境等价分析法占损害评估技术应用的 18%, 是美国 NRDA 评估中常用的方法之一^[19]。2007 年国内学者开始了对 HEA 的引入介绍和应用式研究,主要针对陆地森林和草地生态服务功能的受损量和补偿量评估^[20-21]。鉴于围填海造地破坏生态系统和生物要素服务功能的典型性,本文选用 HEA 方法,以修复工程所提供的生态功能和服务应该等同于围填海受损区域基线服务水平为评估标准,从结果出发,化繁为简,讨论生态损害评估及补偿方法。

2 研究方法

生境等价分析是通过确定一个补偿性或替代的修复工程,并基于修复工程提供的生态功能和服务等同于受损区域所提供的功能和服务的假设,进而估算补偿修复工程的规模,评估出受损生态规模或金额。当然,在某些情况下,损失的服务全面恢复是不可行的,因为要补偿的区域可能会更大,但是生境等价分析提供了一个确定补偿性修复面积的一个框架。该方法的核心内涵是^[18]:

$$v_I A_I I (1+r)^{-t_I} = v_R A_R R (1+r)^{-t_R} \quad (1)$$

式中, A_I 是损害的空间范围, t_I 是损害的时间, I 是损害跨越空间的严重程度 (在 t_I 内跨越 A_I), t_R 是补偿性修复工程提供收益的时间, A_R 是修复工程的规模 (空间范围), R 是修复工程在 t_R 时点跨越 A_R 范围提供改善的大小 (修复收益/改进的量级), v_I 是受损资源或生境提供服务量; v_R 是修复工程提供服务量; r 是贴现率。变量 A_I , t_I , I , t_R , R , A_R 概括了资源损害和修复的生物学参数。

生境等价分析法的步骤主要分为以下三步: 第一步, 确定受损期间资源或生境的服务功能损失量; 第二步, 确定修复工程提供服务的补偿量; 第三步, 确定使生境受损量和替代生境补偿量相等的修复工程的规模。其中, 在确定受损期间生境损害量时, 需要明确基准的服务水平、损害发生时间、服务功能的降低、损害程度、损害开始的时间、服务功能的自我修复时间、自我修复过程中最大服务提供量等重要参数; 在确定补偿性修复工程提供服务的补偿量时, 需要明确补偿性工程的初始服务水平、提供额外服务的开始时间、补偿性修复工程成熟后的功能、提供的最大服务量、补偿性工程的持续时间、补偿性资源相对于受损害资源的相对价值等, 再确定一项合适的修复方案 (通常是地点), 并对它能提供的生态利益的程度和持续时间进行测量。然后确定这项工程的范围, 这部分生境所提供的生态功能和服务等价于受损区域所提供的功能和服务。生境等价分析法的基本原理, 如图 1 和图 2 所示^[22]。

3 胶州湾围填海造地生态损害评估

3.1 研究区域概况

胶州湾是以团岛头 (36°02'36"N, 120°16'49"E) 与薛家岛脚子石 (36°00'53"N, 120°17'30"E) 连线为界、与

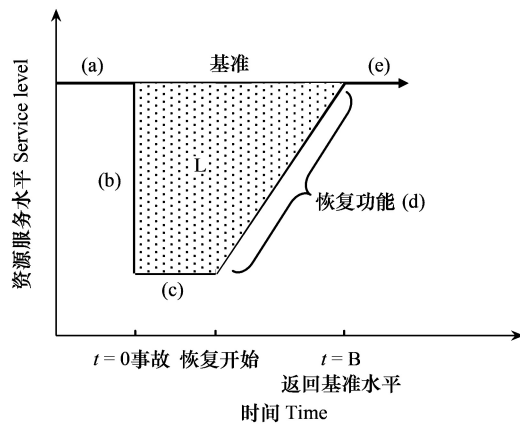


图1 损害规模的估算

Fig. 1 Estimation of Damage to the scale

a 代表最初的基线水平;b 代表损害事故造成的损害;c 代表低于基线水平的服务水平;d 代表服务能力的修复;e 最终恢复到基线水平。阴影区 L 代表损失水平

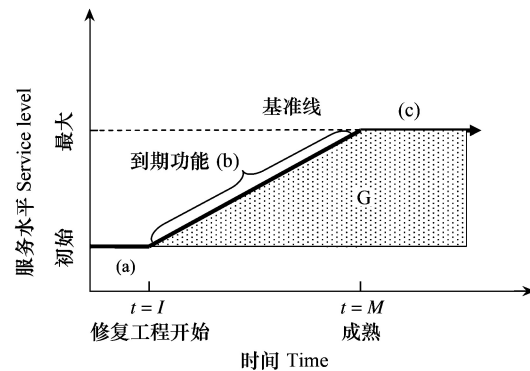


图2 修复规模的估算

Fig. 2 Estimation of repair scale

a 代表在修复工程之前的已有的服务水平;b 代表随着补偿工程的发挥作用,服务水平提高;c 代表服务提供的最大水平;G 代表修复工程的隐含的所得

黄海相通的半封闭海湾,位于黄海之滨,山东半岛的南岸,环湾地带均是青岛市辖区。根据 2006 年遥感影像资料,胶州湾现有海岸线长度为 220.02 km,海湾面积为 352.94 km²,其中胶州湾水域面积以 5 m 等深线以浅的海域面积为最大,占胶州湾水域总面积的 70% 以上^[23]。

胶州湾也是一相对独立的生态系统,为环胶州湾地区社会经济发展提供着重要的生态服务功能:(1) 供给功能:胶州湾及邻近海域是基础生产力较高的海域,海洋生物资源比较丰富,是相当集中的鱼类产卵场和育幼场。胶州湾内底栖生物动物量高于湾外数倍至 10 多倍,软体动物占绝对优势,其中经济价值较大的为蛤仔^[24]。由于湾内营养盐高,饵料充足,是多种滩涂生物及鱼类洄游产卵的必经海湾,仅春秋两季产卵索饵的鱼类有近百种,其中经济鱼类有 58 种^[25]。(2) 环境容量功能:在一级、二级和三级国家海水水质标准下,胶州湾环境容量分别为 432 t/a, 864 t/a, 3420 t/a。并可以推断,今后胶州湾在保持一级海水水质标准条件下可再接纳 200 t 左右石油烃污染物,在二级海水水质标准条件下可再接纳 600 t 左右石油烃污染物^[4]。(3) 生境调节功能:胶州湾沿岸水系发达,有大小十几条河流注入胶州湾,其中主要河流包括大沽河、洋河、白沙河、和墨水河等^[26],一些较大的河流如大沽河,发育了规模较大的河口湿地兼海岸湿地,大沽河口湿地涵盖胶州湾湿地植被的 3/4,湿地植被的建群种包括河口和三角洲湿地的芦苇、咸水沼泽的碱蓬等等^[27]。(4) 生物支持功能:胶州湾北部分布着重要的湿地,作为重要的水禽栖息地和越冬地,在胶州湾海岸湿地栖息和越冬的鸟类种类繁多^[27],国际鸟类保护联盟在其发表的“全球生态区 2000 年规划”中已经将胶州湾湿地列为国际重要鸟区^[23]。

20 世纪 50 年代以前,河流输沙一直是胶州湾淤积和水域面积、体减小的主要原因。50 年代以后,随着社会的快速发展,胶州湾沿岸进行了大量的围海造陆,如建设码头、盖厂房、修护岸、造陆连岛等,使胶州湾海域面积减少。1952 年胶州湾面积为 559 km²,到 1999 年面积缩小至 382 km²,面积缩小了近三分之一^[4,24],由于人为的开发活动,胶州湾平均每年缩小 3.77 km²,是自然状态下的 210 倍^[28]。

3.2 胶州湾围填海造地生态损害程度识别

通常生境功能是复杂的,提供了许多服务,测量一个生境所提供的服务并不容易。处理复杂性的一种方法是通过使用度量标准衡量修复工程是否成功。因而,选择合适的指标是 HEA 方法成功的关键。指标必须捕捉到基线、受损后生境、补偿生境所提供服务的数量和质量的相关差异等相关信息。依据国内外有关胶州湾围填海造地资源生态影响的研究成果,本论文使用以下指标对发生于 1988—2005 年的围填海造地的生态损害程度进行测量:

(1) 生物资源损害

据中国科学院海洋研究所对湾内渔业资源逐年拖网调查结果表明,1980 至 1985 年共获鱼种类 109 种^[29],90 年代以来仅获鱼种类 58 种,减少了 46.13%,网获量仅占 80 年代的 10% 左右。2003 年调查到的浮游植物种类比 1977—1978 年调查到的种类有所减少,由 175 种、3 变种和 6 型下降为 163 种,减少了 6.86%;2004 年调查到的浮游动物为 81 种,而 1977—1978 年调查到的种类为 116 种,减少了 35 种,减少了 30.17%,1998—2001 年的调查与 1980 年的调查相比,潮下带湿地和潮间带湿地的底栖动物种类基本持平,2003—2004 年调查的胶州湾潮下带湿地和潮间带湿地中的游泳生物为 58 种,20 世纪 80 年代调查到的游泳生物有 118 种,下降了 50.85%^[30]。根据上文相关调查资料,浮游生物、底栖生物和游泳生物从 80 年代到 20 世纪末都有不同程度的减少,这里,以最严重的损失为依据,认为 1988—2005 年胶州湾围填海造地的物质性损害程度为 50.85%。

(2) 纳潮量损害

纳潮量,指由低潮到高潮海湾所能容纳海水的体积。纳潮量的大小与海湾的水域面积成正比,它直接影响到海湾与外海的交换强度,制约着海湾的自净能力。由于陆域形成将缩小海域面积,从而导致纳潮量减小。胶州湾在 20 世纪 40 年代以前,由河口等注入的泥沙及少量的工业三废等物质,通过涨落潮水体交换,几乎全部携带到湾外。但近年来研究成果显示,从 1988—2005 年,由于围填海,胶州湾海域面积的大幅减少,使胶州湾纳潮量由 $9.42 \times 10^8 \text{ m}^3$ 减少到 $9.02 \times 10^8 \text{ m}^3$,纳潮量减少了 4.25%,即自净能力下降 4.25%^[27](表 1)。

表 1 1988—2005 年胶州湾纳潮量变化统计

Table 1 1988—2005 Jiaozhou Bay tidal volume variation statistics

年份 year	平均低潮线水位对应的 水域面积 S1/km ² the area of Average low tide level S1	平均高潮线对应的 水域面积 S2/km ² the area of Average high tide level S2	纳潮量 $P_m/(10^8 \text{ m}^3)$ Tidal volume P_m
1988	298	379.8	9.42
1997	296.8	366.7	9.22
2002	293.5	359.6	9.08
2005	292.4	356.2	9.02

P_m 为纳潮量;S1 为平均低潮线水位对应的水域面积;S2 为平均高潮线对应的水域面积

(3) 环境容量损害

受围填海造地形成的陆域环境的影响,海水自净能力减弱,环境容量功能降低。从表 2 可以看出,由于海域面积的减小,进而使海域环境容量减弱。

表 2 1992—2005 胶州湾环境容量与海域面积的比较^[31]

Table 2 The comparison of environmental capacity and sea area in Jiaozhou bay from 1992 to 2005

年份 Year	环境容量 Environmental capacity						海域面积/km ² Sea area	
	COD		N		P		计算值 Value	变化率/% Rate of change
	计算值 Value	变化率/% Rate of change	计算值 Value	变化率/% Rate of change	计算值 Value	变化率/% Rate of change		
1992	118922.3	—	4696.7	—	481.9	—	388	—
2005	89310.0	-24.9	3330.5	-29.09	351.7	-27.02	362.85	-6.5

假设损害是均匀线性变化的,1992—2005 时间段的胶州湾海域面积变化 6.5%,COD、N 和 P 的环境容量分别下降 24.9%,29.09% 和 27.02%,而环境容量变化和海域面积变化成正比,则 1988—2005 年的 COD、N 和 P 的环境容量分别下降 34.09%,39.83% 和 37.00%,根据木桶原理的短板效应,界定 1988—2005 年的胶州湾填海造地的环境容量损害为 39.83%。

(4) 湿地生境损害

围填海造地不仅从根本上改变了湿地的类型和性质,同时也严重干扰到潮滩湿地的自然演替过程。湿地围垦直接破坏了湿地植被赖以生存的基础,造成植被的直接消亡。同时,围填海造地造成大量湿地自然景观面积减少或消失,同时使原来为整体的自然景观分化成为不同类型的景观斑块,损害了原有的景观功能^[27]。

依据表 3 可知,1988—2005 年胶州湾湿地面积缩小了 11.70%,由湿地所产生的生境功能也随之消失,故而胶州湾此段时间围填海造地所导致的生境损害同比例为 11.70%。

表 3 1988—2005 胶州湾湿地面积变化(浅海湿地为 6 m 等深线以浅的海域)

Table 3 1988—2005 Jiaozhou Bay Wetland Area Change (shallow wetland as 6m isobaths in shallow waters) from 1988 to 2005

年份 Year	湿地面积/km ² Wetland area	胶州湾总面积/km ² Jiaozhou Bay area	占胶州湾总面积比重/% Proportion of Jiaozhou Bay area	年平均变化率/% Annual average change
1988	305.27	393.90	77.5	—
1997	282.63	371.39	76.1	-7.42
2002	274.70	363.36	75.6	-2.81
2005	269.56	358.93	75.1	-1.87

(5) 生物多样性损害

胶州湾海岸湿地具有较高的生物多样性水平。其中,潮下带湿地海水中的浮游植物和潮上带湿地、河流与河口湿地中的维管束植物是胶州湾海岸湿地生态系统的主要生产者。浮游植物和湿地维管束植物的初级生产过程支持了湿地渔业资源的形成、湿地的环境净化功能以及水禽多样性保护功能^[30]。由于围填海造地对海域的自然属性进行了彻底改变,从某种程度上讲,彻底破坏了某些生物特有的生存环境,导致生物多样性的损害和生物资源的破坏,导致生态平衡遭到破坏。这里的生物多样性重点侧重遗传多样性和生态系统多样性,而物种的多样性重点以物质资源损害的形式体现。从海域属性的根本改变而言,生物多样性的损害界定为 100%。

3.3 胶州湾围填海造地生态损害量计算

据统计,1988—2005 年胶州湾围填海造地面积为 35 km²^[24],根据以上基线和受损后生境的质量相对变化的信息,即 1988—2005 年间,胶州湾填海造地的生物资源损害、纳潮量损害、环境容量损害、湿地景观损害、生物多样性损害分别是 50.85%、4.25%、39.83%、11.70%、100%,以面积法计算胶州湾填海造地生态功能受损程度公式如下:

$$\theta = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{\sum_{i=1}^n X_i} = 41.33\% \quad (2)$$

式中, θ 表示胶州湾生态功能的损害量; X_i 代表 1988—2005 年胶州湾围填海造地面积; D_i 代表受损害的区域面积; n 为胶州湾生态功能受损种类。

由于损害需经历一定时间,需要把未来的损失进行贴现,于是经贴现的受损资源或生境的服务功能损失程度如公式 3 所示:

$$B = \sum_{t=0}^T (1+r)^{c-t} \times \frac{b_j - x_t^j}{b_j} \quad (3)$$

式中, T 是损害结束时间; x_t^j 为在 t 时期末,每单位受损伤资源提供的服务水平; b_j 资源受损后提供的服务基线; r 为从损害开始到恢复结束时期的贴现率。

3.4 确定修复工程提供服务的补偿量

按照生境等价分析法的基本原理,对于围填海造地对生态环境的破坏,需要确定一个适当的修复方案。在这里,采用退田还海工程修复措施,并假定修复生境提供的服务等同于受损生境提供的服务,生境所提供的服务与生境本身价值之间的关系是不变的,恢复率是线性的,基线的服务水平是不变的。1988—2005 年围填

海的受损生态功能与退田还海修复工程相关参数如表 4 所示,其中,假设达到基准服务水平所需时间为 8a,初始服务水平为 0,基准服务水平为 100%。

确定修复工程提供服务的补偿程度如公式(4)所示:

$$L = \sum_{t=I}^T (1+r)^{c-t} \times \frac{x_t^p - b^p}{b_j} \quad (4)$$

式中, T 是修复工程结束的时间; x_t^p 为在 t 时期末, 每单位修复工程提供的服务水平; b^p 在修复工程地点资源提供服务的初始水平; r 为从损害开始到恢复结束时期的贴现率。

表 4 1988—2005 年围填海的生态受损量与确定修复工程提供服务的补偿量

Table 4 Parameter comparison between damaged ecological function and return to sea engineering from 1988 to 2005

受损量 Damage		修复量 Restoration	
损害发生时间 Incident time/a	1988—2005	达到基准服务水平所需时间/a Restoration time/a	8
基准的服务水平 Basic service level/%	100	初始服务水平 Initial service level/%	0
服务功能损害程度 Service damage degree/%	41.33	基准服务水平 Max service level/%	100
受损总面积 Total damage area/km ²	35	贴现率 Discount rate/%	5

3.5 确定修复工程规模

采用 NOAA 推荐的计算模型^[22], 在假设恢复率是线性的变化的前提下, 即资源和生态的修复中的收益是均匀发生的, 假定 $V_i = V_p$, 即修复生境提供的服务等同于受损生境提供的服务^[32]。则确定修复工程规模的计算公式如下:

$$S = Q \times \frac{V_i}{V_p} \times \frac{\sum_{t=0}^B (1+r)^{c-t} \times \frac{b_j - x_t^j}{b_j}}{\sum_{t=I}^L (1+r)^{c-t} \times \frac{x_t^p - b^p}{b_j}} = 22.47 \text{ km}^2 \quad (5)$$

式中, S 为修复工程规模(km²); x_t^j 为在 t 时期末, 每单位受损伤资源提供的服务水平; x_t^p 为在 t 时期末, 每单位修复工程提供的服务水平; b^p 在修复工程地点资源提供服务的初始水平; b_j 资源受损后提供的服务基线; V_i 为每单位(面积)受损资源提供服务的价值(在提供基线服务时); V_p 为每单位(面积)修复工程提供服务的价值; Q 为 1988—2005 围填海造地总面积(km²); r 为从损害开始到恢复结束时期的贴现率; c 为所着眼(损害或修复)的基准时间 t 为所计算的目标时间; I 为修复工程开始的时间 L 为修复工程结束时间。

3.5 敏感性分析

生境等价分析法是以一定规模修复工程提供的服务和受损工程基线资源服务水平相等为前提, 需要把未来的损失与收益进行贴现, 折现率的选择成为不确定因素, 影响修复工程规模大小(表 5)。与此同时, 工程达到最大收益年份的时间变量对修复工程的规模亦有影响。如果贴现率是 5%, 生境替代补偿项目达到最大服务水平的时间影响到修复规模的大小, 见表 6。

表 5 围填海造地生态环境损害成本受贴现率影响的敏感性分析

Table 5 Sensitivity analysis of ecological environmental damage based on different discount rate

贴现率/% Discount rate	受损的服务水平/% Restoration service level	修复的服务水平/% Damaged service level	修复工程面积/km ² Area of the project
3	6.65	9.22	25.25
4	5.94	8.74	23.79
5	5.33	8.30	22.47
7	4.32	7.49	20.17
9	3.54	6.78	18.25

表 6 工程修复时间决定修复面积变化的敏感性分析

Table 6 Sensitivity analysis of repair project area changes based on repair time

修复工程达到基线水平年限/a Period to reach the baseline level	受损的服务水平/% Damaged service level	修复的服务水平/% Restoration service level	修复面积/km ² Restoration area
4	5.33	5.23	35.67
6	5.33	6.87	27.15
8	5.33	8.30	22.48
10	5.33	9.53	19.58
12	5.33	10.58	17.63

4 结论与讨论

(1) 围填海活动不仅永久性地改变海岸带资源的自然属性,而且对毗邻海域的生态环境造成严重破坏,由于受损资源或服务不存在市场价格,无法通过市场途径计算受损的价值。本文运用生境等价分析法,以受损的生境或资源恢复到损害之前的基线状态或得到修复为原则,通过估算修复工程的规模,作为围填海造地生态损害的评估,且对胶州湾填海造地的生态损害量的评估进行验证。

(2) 基于 1988—2005 年的胶州湾围填海造地规模的统计及生态损害研究成果,该期间胶州湾填海造地总规模为 35 km²,造成的生物资源及生态服务功能的总损害程度为 41.33%。以退田还海为修复方案来补偿服务的临时损失,在 5% 的贴现率水平下,假设修复期为 8a,受损资源和生态能恢复到原有水平,则修复工程的面积为 22.47 km²。参数灵敏度分析表明,受损生境的恢复时长和贴现率的选择对损害结果影响显著,所以在损害发生后尽快恢复受损环境至正常状态,可以减少实际损害。评估结论可作为政府对胶州湾围填海造地进行生态修复的技术依据,亦可根据退田还海修复成本或生态服务价值来换算生态补偿金。

(3) 和以往的围填海造地生态损害评估的研究结论相比^[14,33-34],本文没有以损害的货币化作为研究目标,而是以建议的修复工程或修复规模作为着力点。一方面,是由方法本身的研究思路决定的;另一方面,基于海岸带资源的可持续利用的管理目标,价值补偿并不是最终的目的,重要的是对于海岸带生态系统服务功能的整体维持与修复。当然,从价值量的角度分析是资源可持续利用经济管理的基础,而且货币补偿亦为生态修复方式之一。两种研究思路和结论各有侧重,在实际应用中可结合使用。作者曾于去年就胶州湾围填海造地的生态损害问题以生境等价分析法进行评估,但是选取的年份为 2002—2005,选择的指标和本文的指标存在较大差异,同时,在受损指标相关参数的确定上也存在较大差异,本文是对前文的一种补充论证,以期对该方法有更明确地认识和应用。

(4) 就本文而言,需要进一步讨论和明确的问题:生境等价分析法的分析结果与参数的选择和假定是相关的。首先,在某些情况下,用来补偿或替代受损区域的生境所提供的生态功能和服务应该等价于受损区域所提供的功能和服务的完全假定,可能不现实;其次,量化受损资源或服务时,使用的是已有研究的相关数据,采用了线性估计,不能精确模拟众多类似案例的实际情况;第三,由于重要参数的灵敏性,例如社会折现率的大小以及生境替代补偿项目达到最大服务水平的时间的长短,会对结果造成一定的不确定性。然而在有充分的关于受损和修复系统的信息的情况下,生境等价分析模型能够提供一个有用的框架来评估服务的损失并确定修复规模,不失为解决问题的方法之一。

References:

- [1] Liu Y, Gong F M, Xia B C. Study on the ecological damages of sea reclamation. *Environmental Science Trends*, 2003, (4): 25-27.
- [2] Liu W, Liu B C. Current situation and countermeasures of sea reclamation in China. *Guangzhou Environmental Sciences*, 2008, 23(2): 26-30.
- [3] Yu G, Zhang J Y, Lu C X, Xie G D, Yu X M. Study on the impacts of marine reclamation on eco-environment. *Resources Science*, 2009, 31(2): 265-270.
- [4] Li N S. *Natural Environment and Geological Change of Jiaozhou Bay*. Beijing: Ocean Press, 2006.
- [5] Nijkamp P. A multicriteria analysis for project evaluation: economic-ecological evaluation of a land reclamation project. *Papers in Regional*

- Science, 1975, 35(1): 87-111.
- [6] Cendrero A, de Terán J R, Salinas J M. Environmental-economic evaluation of the filling and reclamation process in the Bay of Santander, Spain. *Environmental Geology*, 1981, 3(6): 325-336.
- [7] Oosterhaven J. Evaluating land reclamation plans for Northern Friesland: an interregional Cost-Benefit and Input-Output analysis. *Papers in Regional Science*, 1983, 52(1): 125-137.
- [8] de Mulder E F J, van Bruchem A J, Claessen F A M, Hannink G, Hulsbergen J G, Satijn H M C. Environmental impact assessment on land reclamation projects in the Netherlands: a case history. *Engineering Geology*, 1994, 37(1): 15-23.
- [9] Suzuki T. Economic and geographic backgrounds of land reclamation in Japanese ports. *Marine Pollution Bulletin*, 2003, 47(1/6): 226-229.
- [10] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). *The State of World Fisheries and Aquaculture*, 1998. Rome: FAO, 1999.
- [11] OSPAR Commission 2008. *Assessment of the Environmental Impact of Land Reclamation*. UK: OSPAR Commission, 2008.
- [12] Greiner R, Young M D, McDonald A D, Brooks M. Incentive instruments for the sustainable use of marine resources. *Ocean and Coastal Management*, 2000, 43(1): 29-50.
- [13] Polasky S. The economics of wetland ecosystem restoration and mitigation: discussion. *American Journal of Agriculture Economics*, 2002, 84(5): 1379-1380.
- [14] Peng B R, Hong H S, Chen W Q, Xue X Z, Cao X L, Peng J P. Ecological damage appraisal of sea reclamation: theory, method and application. *Journal of Natural Resources*, 2005, 20(5): 714-726.
- [15] Liu R Z, Wu S S, Liu M. *Socio-economic Impact Assessment of Reclamation Planning in the Bays of Fujian Province*. Beijing: Science Press, 2008.
- [16] Zhang H, Sun Y L. Loss appraisal on the value of marine ecosystem services of sea reclamation for Qianwan. *Transactions of Oceanology and Limnology*, 2009, (3): 34-38.
- [17] Cai Y Y, Yu Y H. Economic profit and loss analysis of sea reclamation. *Marine Environmental Science*, 2011, 30(2): 272-274.
- [18] Zafonte M, Hampton S. Exploring welfare implications of resource equivalency analysis in natural resource damage assessments. *Ecological Economics*, 2007, 61(1): 134-145.
- [19] Zheng P K, Zhang T Z. Application of equivalency analysis method in economic assessment of environmental pollution damage. *Environmental Science and Management*, 2010, 35(3): 177-182.
- [20] Zhang S F, Yu P, Sun B. Estimating compensation for damaged vegetation ecosystem in Shaanxi province based on HEA. *Resources Science*, 2007, 29(6): 61-67.
- [21] Zhang S F, Quan X, Tang Z Y. Evaluation of eco-compensation for impaired vegetation in Shenfu coal resource exploration areas based on the HEA method. *Resources Science*, 2010, 32(3): 491-498.
- [22] Thur S M. Refining the use of habitat equivalency analysis. *Environmental Management*, 2007, 40(1): 161-170.
- [23] Wang C. *Study the Pattern for Integrated Coastal Zone Management Based on Ecosystem Approach [D]*. Qingdao: Ocean University of China, 2009.
- [24] Luan X Z. *Research on Optimization of Industry Layout near Sea Based on Marine Environment Capacity Taking Jiaozhou Bay for Example [D]*. Qingdao: Ocean University of China, 2010.
- [25] Geng Y L, Wang X M, Chen D P, Chi R P. Present situation and strategy of protection of water bird resources in Jiaozhou bay wetland in Qingdao. *Wetland Science and Management*, 2006, 2(2): 45-48.
- [26] Chen Z S, Wang W H, Wu S Y. *Introduction to Chinese Bay*. Beijing: Ocean Press, 2007.
- [27] Ma Y Y. *Monitoring Dynamic Changes of Wetlands of Jiaozhou Bay and Quality Evaluation Based on Remote Sensing [D]*. Qingdao: Ocean University of China, 2006.
- [28] Liu H B, Sun L, He X Y. Preliminary study on reclamation management in Shandong-taking Jiaozhou bay as an example. *Coastal Engineering*, 2010, 29(1): 22-29.
- [29] Wu Y Q. Effect of the development of the coastal zone on the organism resources in Jiaozhou Bay. *Marine Environmental Science*, 1999, (2): 38-42.
- [30] Zhang X L, Zhang Z H, Xu Z J, Zheng W. Biodiversity characters of coastal wetlands in Jiaozhou bay. *Science and Technology Review*, 2009, 27(13): 36-41.
- [31] Jia Y R. *Study on the Impacts of Reclamation on Marine Environmental Capacity of Jiaozhou Bay [D]*. Qingdao: Ocean University of China, 2006.
- [32] Jones C J, Pease K A. Restoration-based compensation measures in natural resource liability statutes. *Contemporary Economic Policy*, 1997, 15(4): 111-122.

- [33] Wang X, Chen W Q, Zhang L P, Guo W. Predictive valuation of ecosystem services losses from sea reclamation planning projects in Tong'an Bay. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(21): 5914-5924.
- [34] Xiao J H, Chen D J, Xu M, Yu Q D. Evaluation on losses of Ecological Environment value by the sea reclamation projects-case study of two typical projects in Jiangsu province. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2011, 20(10): 1248-1254.

参考文献:

- [1] 刘育, 龚凤梅, 夏北成. 关注填海造陆的生态危害. *环境科学动态*, 2003, (4): 25-27.
- [2] 刘伟, 刘百桥. 我国围填海现状、问题及调控对策. *广州环境科学*, 2008, 23(2): 26-30.
- [3] 于格, 张军岩, 鲁春霞, 谢高地, 于潇萌. 围海造地的生态环境影响分析. *资源科学*, 2009, 31(2): 265-270.
- [4] 李乃胜. 胶州湾自然环境与地质演化. 北京: 海洋出版社, 2006.
- [14] 彭本荣, 洪华生, 陈伟琪, 薛雄志, 曹秀丽, 彭晋平. 填海造地生态损害评估: 理论、方法及应用研究. *自然资源学报*, 2005, 20(5): 714-726.
- [15] 刘容子, 吴珊珊, 刘明. 福建省海湾围填海规划社会经济影响评价. 北京: 科学出版社, 2008.
- [16] 张慧, 孙英兰. 青岛前湾填海造地海洋生态系统服务功能价值损失的估算. *海洋湖沼通报*, 2009, (3): 34-38.
- [17] 蔡悦荫, 于永海. 填海造地经济损益分析研究. *海洋环境科学*, 2011, 30(2): 272-274.
- [19] 郑鹏凯, 张天柱. 等价分析法在环境污染损害评估中的应用与分析. *环境科学与管理*, 2010, 35(3): 177-182.
- [20] 张思锋, 余平, 孙博. 基于 HEA 方法的陕西省受损植被生态服务功能补偿评估. *资源科学*, 2007, 29(6): 61-67.
- [21] 张思锋, 权希, 唐远志. 基于 HEA 方法的神府煤炭开采区受损植被生态补偿评估. *资源科学*, 2010, 32(3): 491-498.
- [23] 王翠. 基于生态系统的海岸带综合管理模式研究——以胶州湾为例 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2009.
- [24] 栾秀芝. 基于海洋环境容量的临海产业布局优化模式研究 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2010.
- [25] 耿以龙, 王希明, 陈庆道, 迟仁平. 青岛胶州湾湿地水鸟资源现状及保护对策. *湿地科学与管理*, 2006, 2(2): 45-48.
- [26] 陈则实, 王文海, 吴桑云. 中国海湾引论. 北京: 海洋出版社, 2007.
- [27] 马妍妍. 基于遥感的胶州湾湿地动态变化及质量评价 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2006.
- [28] 刘洪滨, 孙丽, 何新颖. 山东省围填海造地管理浅探——以胶州湾为例. *海岸工程*, 2010, 29(1): 22-29.
- [29] 吴耀泉. 胶州湾沿岸带开发对生物资源的影响. *海洋环境科学*, 1999, (2): 38-42.
- [30] 张绪良, 张朝晖, 徐宗军, 郑伟. 胶州湾海岸湿地的生物多样性特征. *科技导报*, 2009, 27(13): 36-41.
- [31] 贾怡然. 填海造地对胶州湾环境容量的影响研究 [D]. 青岛: 中国海洋大学, 2006.
- [33] 王萱, 陈伟琪, 张珞平, 郭伟. 同安湾围(填)海生态系统服务损害的货币化预测评估. *生态学报*, 2010, 30(21): 5914-5924.
- [34] 肖建红, 陈东景, 徐敏, 于庆东. 围填海工程的生态环境价值损失评估——以江苏省两个典型工程为例. *长江流域资源与环境*, 2011, 20(10): 1248-1254.

CONTENTS

The combined effects of elevated CO ₂ and elevated temperature on proliferation of cyanophage PP	NIU Xiaoying, CHENG Kai, RONG Qianqian, et al (6917)
Precipitation pattern of desert steppe in Inner Mongolia, Sunite Left Banner: 1956—2009	CHEN Jun, WANG Yuhui (6925)
Emergy and economic evaluations of two sewage treatment systems	LI Min, ZHANG Xiaohong, LI Yuanwei, et al (6936)
Individual spatial pattern and spatial association of <i>Stipa krylovii</i> population in Alpine Degraded Grassland	ZHAO Chengzhang, REN Heng (6946)
Litter characteristics of nutrient and stoichiometry for <i>Phyllostachys praecox</i> over soil-surface mulching	LIU Yadi, FAN Shaohui, CAI Chunju, et al (6955)
Characteristics of leaf element concentrations of twelve nutrients in <i>Acacia confusa</i> and <i>Leucaena glauca</i> in secondary forests of acid rain region in Fuzhou	HAO Xinghua, HONG Wei, WU Chengzhen, et al (6964)
Relationships between main insect pests and their predatory natural enemies in “Yuhualu” juicy peach orchard	KE Lei, SHI Xiaoli, ZOU Yunding, et al (6972)
Simulating 10-hour time-lag fuel moisture in Daxinganling	HU Tianyu, ZHOU Guangsheng, JIA Bingrui (6984)
Soil nutrient characteristics under different vegetations in the windy and sandy region of northern Shaanxi	LI Wenbin, LI Xinpeng (6991)
Partitioning of autotrophic and heterotrophic soil respiration in southern type poplar plantations	TANG Luozhong, GE Xiaomin, WU Lin, et al (7000)
Soil water and salinity in response to water deliveries and the relationship with plant growth at the lower reaches of Heihe River, Northwestern China	YU Tengfei, FENG Qi, LIU Wei, et al (7009)
Effect of stem diameter at breast height on skewness of sap flow pattern and time lag	MEI Tingting, ZHAO Ping, NI Guangyan, et al (7018)
Invasion of exotic <i>Ageratina adenophora</i> Sprengel. alters soil physical and chemical characteristics and arbuscular mycorrhizal fungus community	YU Wenqing, LIU Wanxue, GUI Furong, et al (7027)
Models and methods for information extraction of complex ground objects based on LandSat TM images of Hainan Island, China	WANG Shudong, ZHANG Lifu, CHEN Xiaoping, et al (7036)
Effects of snow pack removal on soil hydrolase enzyme activities in an alpine <i>Abies faxoniana</i> forest of western Sichuan	YANG Yulian, WU Fuzhong, YANG Wanqin, et al (7045)
Effects of different soil water treatments on photosynthetic characteristics and grain yield in rice	WANG Weixiao, LIU Xiaojun, TIAN Yongchao, et al (7053)
Growth characteristics, lignin degradation enzyme and genetic diversity of <i>Fomes fomentarius</i> by SRAP marker among populations	CAO Yu, XU Ye, WANG Qiuyu (7061)
Effects of the invasion by <i>Solidago canadensis</i> L. on the community structure of soil animals	CHEN Wen, LI Tao, ZHENG Rongquan, et al (7072)
Effects of intercropping on quality and yield of maize grain, microorganism quantity, and enzyme activities in soils	ZHANG Xiangqian, HUANG Guoqin, BIAN Xinmin, et al (7082)
Influence of mycorrhizal inoculation on competition between plant species and inorganic phosphate forms	ZHANG Yuting, ZHU Min, XIAN Yanxiangwa, et al (7091)
The stable nitrogen isotope of size-fractionated plankton and its relationship with biomass during winter in Daya Bay	KE Zhixin, HUNG Liangmin, XU Jun, et al (7102)
Dynamics of toxic and non-toxic <i>Microcystis</i> spp. during bloom in the large shallow hypereutrophic Lake Taihu	LI Daming, YE Linlin, YU Yang, et al (7109)
Activities of antioxidant enzymes and Zn-MT-like proteins induced in <i>Chlorella vulgaris</i> exposed to Zn ²⁺	YANG Hong, HUANG Zhiyong (7117)
Ecological footprint in Fujian based on calculation methodology for the national footprint accounts	QIU Shoufeng, ZHU Yuan (7124)
The comparison of CO ₂ emission accounting methods for energy use and mitigation strategy: a case study of China	YANG Xiai, CUI Shenghui, LIN Jianyi, et al (7135)
Ecological damage assessment of Jiaozhou Bay reclamation based on habitat equivalency analysis	LI Jingmei, LIU Tieying (7146)
The value assessment of county-level ecological assets: a case in Fengning County, Hebei Province	WANG Hongyan, GAO Zhihai, LI Zengyuan, et al (7156)
Review and Monograph	
Molecular basis for enhancement of plant drought tolerance by arbuscular mycorrhizal symbiosis: a mini-review	LI Tao, DU Juan, HAO Zhipeng, et al (7169)
A review of carbon cycling and sequestration in urban soils	LUO Shanghua, MAO Qizheng, MA Keming, et al (7177)
Overview on methods of deriving fraction of absorbed photosynthetically active radiation (FPAR) using remote sensing	DONG Taifeng, MENG Jihua, WU Bingfang (7190)
Research progress on influencing of light attenuation and the associated environmental factors on the growth of submersed aquatic vegetation	WU Mingli, LI Xuyong (7202)
The framework of stoichiometry homeostasis in zooplankton elemental composition	SU Qiang (7213)
Scientific Note	
Abundance and biomass of planktonic ciliates in the sea area around Zhangzi Island, Northern Yellow Sea in July and August 2010	YU Ying, ZHANG Wuchang, ZHANG Guangtao, et al (7220)
Research of wildlife resources sustainable development based on entropy method in China	YANG Xitao, ZHOU Xuehong, ZHANG Wei (7230)
Influence of residue composition and addition frequencies on carbon mineralization and microbial biomass in the soils of agroforestry systems	WANG Yikun, FANG Shengzuo, TIAN Ye, et al (7239)
Seasonal changes in microbial diversity in different cells of a wetland system constructed for municipal sewage treatment	CHEN Yonghua, WU Xiaofu, ZHANG Zhenni, et al (7247)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 32 卷 第 22 期 (2012 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 22 (November, 2012)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:1000717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元