

厦门海湾生态系统退化的影响因素及生态修复意义^{*}

余兴光^{1,2} 郑森林^{2,3} 卢昌义^{1**}

¹ 厦门大学环境科学研究中心, 厦门 361005; ² 国家海洋局第三海洋研究所, 厦门 361005;

³ 中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016)

摘要 以厦门海湾生态服务功能逆向演变的历史过程为例, 对该区域生态系统服务功能退化主要影响因素进行了分析。结果表明, 不适当的围堤填海, 过度的海洋资源开发, 污染防治工程措施滞后于快速发展的区域开发, 是造成海湾生态服务功能下降的重要原因。本文通过受损生态系统在长期的生态恢复过程中所付出的代价, 证明生态系统资源的经济价值, 进一步认识到人与环境协调发展的重要性。

关键词 海湾, 生态系统, 生态服务功能, 功能价值, 生态修复

中图分类号 X826 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2006)08-0974-04

Affecting factors of ecosystem degradation in Xiamen Bay and significance of ecological remediation. YU Xingguang^{1,2}, ZHENG Senlin^{2,3}, LU Changyi¹(¹Environmental Science Research Center, Xiamen University, Xiamen 361005, China; ²Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Xiamen 361005, China; ³Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2006, 25(8): 974~977.

This paper analyzed the degradation in ecological service function of Xiamen Bay, and illustrated the key affecting factors including unreasonable sea reclamation and sea-bank construction, unsuitable coastal resources exploitation, and lagged pollution treatment works in intensively exploited coastal area. The great expenditure and difficulty of damaged ecological service function restoration suggested the great ecological function value of undamaged ecosystem, and the great economic value of harmonious development of economy with environment protection.

Key words bay, ecosystem, ecological service function, ecological function value, ecological remediation.

1 引言

生态系统在完成维持人类生存“任务”的生态服务过程中, 通过为人类提供赖以生存的物质条件(粮食、药物和工业原料以及人类生存的空间)形式提供直接生态服务, 还通过系统本身固有的功能属性提供生态服务。如污染物的净化、生物多样性保护与维持、养育多样性文化生活等。随着人类社会的高度工业化、现代化发展, 全球生态环境面临着挑战。在海洋区域范围内, 人类对海洋的过度或不适当开发, 使海洋生态系统的平衡和稳定被打破, 生态系统服务功能恶化, 这已成为全球性生态问题及制约地区经济持续发展的重要因素。有关研究表明, 近40年来, 全球累计丧失的滨海滩涂湿地面积相当于沿海湿地总面积的50%(约 $2.19 \times 10^6 \text{ hm}^2$), 已构成对区域生态安全的潜在威胁^[7]。湿地生态系统的退化或消失, 取决于自然保护与社会经济发展需求的内在矛盾。根据国家海洋局2005年1月9日发布的《中国2004年海洋环境质量公报》, 由于陆源污

染物排海, 围填海侵占海洋生态环境, 生物资源过度开发, 莱州湾、黄河口、长江口、杭州湾及珠江口生态系统均处于不健康状态^[5]。环渤海地区26座城市的污水直接排入渤海湾, 过度捕捞渔业资源, 盲目围海造田和河口建闸, 以及100余个海上石油平台和9万多条船只的生产活动, 致使渤海污染日益突出, 生态环境急剧恶化, 渔业资源渐趋枯竭^[7]。渤海某些局部海域正趋于“荒漠化”, 如锦州湾五里河口近7 km²河口海域已无任何生物^[2]。渤海海区服务功能急剧衰退, 国务院批准实施渤海碧海行动计划, 仅“十五”期间计划投入296.7亿元, 3个行动时期计划至2015年^[10]。可见, 生态系统遭到损毁后, 修复生态服务功能的代价巨大, 时间漫长。由于城市生态系统是人类社会高度发达的产物, 人类复杂的生产生活活动是影响城市景观结构和格局的最重要的驱动因素^[6]。了解各种生态环境问题产生

* 国家自然科学基金资助项目(20337010和20277041)。

** 通讯作者

收稿日期: 2005-01-21 接受日期: 2006-05-10

的机理,有助于促进城市生态系统健康有序地发展。本文以厦门市海域近 20 多年来开发过程中生态环境变迁过程为例,分析了区域海洋生态系统服务功能退化的主要原因,通过分析厦门海洋生态功能恢复过程,证明生态系统资源的经济价值,认识人与环境协调发展的科学发展观的社会、经济价值具有重要意义。

2 影响厦门海洋生态系统服务功能退化的因素

2.1 围海工程

海洋生态系统服务功能的退化与人类不合理的资源开发、过度的生产和生活活动密切相关。以厦门西海域为例,因优越的地理气候条件和地理位置,厦门西海域一直被称为厦门社会经济发展的生命线。然而,从 1956 年开始至今,一系列的围海造地工程(围筑杏林湾、马銮湾、港,兴建高集海堤,建设海港等),使西海域纳潮面积大量萎缩,1959~2000 年纳潮面积锐减 58 km^2 ,纳潮量减少约 $1.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[14]。昔日被称为不冻不淤的天然理想港湾,在承受了多年高强度开发后,如今已变成了淤积严重、生态极为脆弱的半封闭性海湾,总纳潮面积仅剩 71 km^2 ,比过去锐减 50% ^[4]。港口动力条件、沉积条件、污染物净化、旅游休闲服务等生态服务功能严重退化,特别是红树林等重要生境几乎丧失。红树林不仅是重要的城市生态景观绿色长城,而且作为海岸间带森林生态系统,可净化污染物。红树林土壤具有吸附重金属的重要功能^[8]。历史上,厦门东屿红树林湿地分布于大屿白鹭保护区核心区附近,是白鹭良好的觅食地。在历经数十年围海造地后,湿地红树林面积锐减。据统计,1987 年,厦门东屿湾红树林面积为 $1.10 \times 10^6 \text{ hm}^2$,因围海造地,至 1996 年湿地红树林锐减了 40 hm^2 ^[15]。由于海沧大道的建设,厦门东屿湾红树林不成规模,大部分已被破坏,到目前为止,厦门唯一这块较大面积的红树林湿地所剩无几。上述这些原有的良好自然湿地生境经城市化人工改造后,直接殃及其栖息生物的生存环境,特别是对国家级二保级护动物白鹭觅食地及生存环境造成了重大的影响。厦门西港顶端的宝珠屿一带,历来是中华白海豚的主要栖息地,因围海工程等开发建设,加上港口船舶作业日益繁忙,大大缩小并改变了中华白海豚的栖息生境。黄宗国等^[12]经过连续多年观察发现,即使在海豚最易出没的夏、秋两季,如今也很少有海豚出现。

2.2 环境污染

污染导致海洋资源生态服务功能退化的现象,在中国沿海地区普遍存在,尤其是工业发达地区。例如,大量含有氮、磷营养物质的污水以及非点源地表径流等排污入海,导致污染加剧。近海水域赤潮发生的频繁就是其中的一个典型例子。以厦门西港为例,1986~2000 年,记录发生赤潮 4 次,2001 年发生 3 次,2002 年发生 3 次^[9]。

海域大规模水产养殖,造成养殖排泄物累积,使水质富营养化程度提高^[1,3,16]。西海域生态环境的恶化,水环境质量和生态服务功能的退化,与海水养殖产生的污染不无关系。20 世纪 90 年代以来,也就是到 2002 年的 10 年左右时间,不到 50 km^2 的西海域,水产养殖业一度无序、无度、盲目发展,到 2001 年底,浅海网箱养殖 55 154 箱,浅海吊养 306 hm^2 ,滩涂围网养殖 $1 609 \text{ hm}^2$ 。一个如此高密度、大范围的水产养殖,极大地损害了港口服务功能和城市景观水体旅游休闲服务功能。2002 年,厦门市政府投资 2 亿多元,开展维护生态功能的大规模整治行动,1 万多渔业劳动从业人员也因此进行产业转移。

湖位于西海域中部,现为厦门市城市中心重要内水景观环境和生态调节区。港原与厦门西海域相连,面积约 10.12 km^2 ,20 世纪 70 年代建成

海堤至今,填没蚕食水域,使其面积只剩下 1.5 km^2 。因围海造地,港演变成人工湖,基本没有水体交换能力,终因长期接纳城市区域排入的城市污水,致使水质高度恶化,发黑发臭,鱼虾绝迹,白鹭逃离。从表面上看 1989 年 7 月开始至今,厦门市政府从来就没有停止过对该湖的污染治理与生态修复,就 1989~1996 年,就投入专项整治资金 2.6 亿元。至今历经 15 年整治过程总计投入整治资金高达 3.5 亿元。截污工程、建污水处理厂、清淤、引潮入湖、种植红树林等一系列治理工程,使湖生态环境总体得到修复,生态系统服务朝着有利于人类舒适性和亲水旅游休闲娱乐方向发展,成为联合国作为东亚海域海洋污染预防管理示范区。即便如此,湖的整治与生态建设仍任重道远。一项投资 8 900 万元、清淤 $1.34 \times 10^6 \text{ m}^3$ 的整治工程于 2005 年 7 月开始实施(图 1)。

旅游景观质量下降是污染导致生态服务功能变迁的另一种表现形式。厦门西海域湾口旅游资源丰富,有著名的海上花园鼓浪屿,中段有火烧屿等无居民海岛,内湾有宝珠屿景观。然而,因西海域环境质

量下降,宝珠屿一带海域退潮时,大面积淤滩裸露,致使海湾旅游开发利用受到严重影响。同样,有着良好生态环境的湖,由于大量工业、生活污水排入,致使其在 20 世纪 80 年代后期变成了一个污黑发臭,鱼虾绝迹的臭水湖。可见,人类破坏自然生态服务功能所产生的生态效应可以是一个严重的生态灾难。



图 1 厦门西海域现状及围海工程位置

Fig. 1 Present situation of western Xiamen sea area and location of some sea banks

注: 1. 集杏海堤; 2. 马銮海堤; 3. 高集海堤; 4. 宝珠屿; 5. 原东屿红树林湿地; 6. 湖; 7. 大屿岛白鹭保护核心区。

2.3 海岸自然生态系统的人工转化

厦门本岛的东海岸原有的生态系统为自然防护林系统。由于经济开发,建设滨海大道,全线大规模的沿海防护林被砍伐,生态调节缓冲带消失。自然防护林系统被城市滨海人工生态系统所替代,生态服务功能由此发生重大变化,旅游生态景观内涵受到严重影响。例如,防护林生态系统的防风固沙服务功能、景观生态多样性服务,夏秋纳凉遮阳等长远舒适性生活服务价值等大大削减。旅游经济效益受到直接影响。滨海城市滨岸自然生态系统生态脆弱而敏感,大规模人工化改变,所引发的生态服务功能退化现象,反映人类征服与主宰自然过程中的强烈不和谐。从生态学角度,人类对自然生态系统的完整性、综合性、复杂性认识存在很大的局限性。片面追求对环境征服条件下的开发利用,就可能导致良好的生态服务功能发生不利于人类福利条件改善的改变。早在 19 世纪下半叶,恩格斯就指出:“不要过分陶醉于对自然界的胜利之中,对于每一次这样的胜利,自然界都要给予报复”。1999 年 14 号台风正

面登陆厦门,厦门环岛路沿海一带,风沙埋没沿路绿化带,对绿化带质量产生重大影响。高智勇^[1]研究表明,这次台风袭击厦门,东海岸遭受严重侵蚀,其后滨滩间外缘最大退蚀达 25 m,这是沿海防风林带因建设损毁所造成的生态后果。

2.4 海湾水动力条件改变

从历史的观点看,厦门高集海堤、湖海堤、马銮海堤、集杏海堤,在促进本岛与外界的交通联系过程中起到了积极的作用。从人与自然的关系上,显示出了人的主宰地位,但的确忽略了人与自然之间的和谐关系,以致产生不和谐后果。厦门高集海堤兴建后,产生了明显的“海堤现象”,很类似于“大坝现象”。例如,修堤前,厦门岛四周海域海水可以自由流动,水体交换量大,稀释扩散能力强。高集海堤建成后,留 15 m 孔所替代,直接影响了海域潮流动力的自然循环。因围堤,导致海域潮流动力减弱,输沙不畅,进而造成港湾淤浅,纳潮面积大量锐减,海水的稀释净化功能受到影响,海域污染进一步加剧,使厦门西港生态系统服务功能加速退化。据有关资料^[13],建堤前,厦门西港潮流较强,1940 年涨退潮流速为 $1.0 \sim 1.5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,现普遍减弱。堤内表层流速仅约 $0.5 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右。水动力减缓,加速了西海域的淤积趋势。嵩鼓水道 20 m 深,600 m 宽的深槽已近消失。宝珠屿海域淤积严重,其南侧水道淤浅 3 m。打开马銮海堤和高集海堤,疏通水动力条件已势在必行。为了改善马銮湾因围堤导致水动力改变和长期以来污染累积效应造成的生态环境恶化趋势,改善西海域的水动力条件,马銮湾开口纳潮工程已于 2005 年 8 月动工。预计清淤 $2.446 \times 10^7 \text{ m}^3$ 。每个潮周期增加 $2 \times 10^7 \text{ m}^3$ 的纳潮量,从而有效改善马銮湾和西海域的水质和水动力条件。该工程包括兴建 240 m 宽的水闸,清淤护岸回填造地工程,预计投入 30 亿元。

3 自然资源的生态经济价值

3.1 从生态修复中认识自然资源的生态经济价值

长期以来,自然生态资源未被赋予应有的经济价值。因而,无偿、无度、无序的占有和利用自然资源,造成生态破坏、生态服务功能的重大改变。随着生态服务功能退化的加剧,以及人类认识问题能力和水平的提高,资源有价的问题将逐步得到广泛的认识。

厦门市经济快速发展过程中,生态环境恶化产

生的巨大社会、经济负效应显而易见。为此, 厦门市政府投入巨额资金进行生态修复。由本文上述所举厦门西海域整治、湖整治、马銮湾整治都是一些十分典型的实例。由原来的一个生态环境良好港湾退化成一个臭水湖, 对湖生态环境进行修复治理过程中花费了大量的人力、物力和财力。再如, 厦门西海域长期高密度的养殖业, 资源的过度使用, 海域环境的恶化, 引发一系列资源和环境问题, 最终使这一地段的渔业生态服务功能遭到毁损。为此, 政府截污治理也投入了大量的资金。马銮湾开口纳潮整治工程等均需投入巨额资金。总体而言, 为修复被破坏的生态环境, 所付出的经济代价是高昂的(表1)。在此环境恶化的反面教训中, 自然资源的生态经济价值得到了充分的认证, 生态价值观的至关重要性得到进一步确立。以湖为例, 1988年前, 在湖滨西侧建设的西堤别墅因湖水恶臭, 售房率不足45%, 入住率不足25%。如今湖区整治取得成效, 推动了房地产业的快速发展, 2000年商品房售价在3500元·m⁻²左右, 2005年, 高档住宅房价攀升最高已达1万多元·m⁻², 这主要得益于湖生态环境有了较大的改善。

表1 厦门海区重点生态修复与整治工程经费投入
Tab.1 Ecology restoration projects in Xiamen sea area and the expenses

生态修复工程	投资(亿元)	年限	生态效益
湖综合整治工程	3.5	1989~2004	恢复旅游景观水质功能
湖清淤工程	0.89	2005~2007	解决淤积、水质污染
马銮湾开口清淤工程	30.0	2005~2007	恢复景观旅游水体功能、改善西海域水质与航运条件
厦门大桥东侧滩涂淤积整治工程	0.58	2003~2005	整治因建堤造成淤积和景观污染, 改善旅游水体质量

3.2 从生态修复过程认识生态服务功能修复重建的艰巨性

生态环境恶化的直接后果是导致生态系统服务功能的逆向变化, 从而危及人类的生存安全与可持续发展。因此, 人类在开发自然资源, 利用其生态服务功能的过程中, 应充分认识自然环境的生态承载力, 这样可有效减少开发活动带来的负面影响, 维持区域生态系统服务功能总体向健康有利的方面发展。从本文上述事例可以看出, 破坏后的生态环境的修复不仅投资大, 而且时间长, 显效慢。湖的整治与生态修复过程从1988~2005年已经17年,

长期不懈的治理与生态修复措施的实施, 才使湖逐渐恢复了其有利于区域发展和有利于人类福利条件改善的生态功能。但距离彻底根治湖的富营养化问题, 仍任重道远。存在的流域治理、湖区底泥污染治理、区域污染源截污与加大污水处理力度等问题。厦门高集海堤打开、改善西海域动力条件等问题涉及道路、铁路、引水工程等一系列影响全局的问题, 整治难度更大, 任务更艰巨。因此, 厦门西海域特别是湖生态环境的破坏与整治修复过程, 对人们认识生态服务功能的恢复与重建的艰难性具有深刻启示意义。

参考文献

- [1] 王宪, 丘海源, 郑盛华, 等. 2003. 厦门西港网箱养殖区低层水污染恶化状况分析[J]. 台湾海峡, 22(3): 326~328.
- [2] 王志远, 蒋铁民. 2003. 渤海海域海洋管理[M]. 北京: 海洋出版社, 37~38.
- [3] 卢昌义, 王伟军, 刘维刚, 等. 2003. 从港到湖[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 1~3.
- [4] 叶文键, 钟祺. 2003. 中国城市绿色启示录[J]. 中国环境, (3): 27~36.
- [5] 许长新, 邱珍英. 2004. 沿海滩涂开发与环境保护的可持续发展[J]. 海洋开发与管理, (6): 8~10.
- [6] 李伟峰, 欧阳志云, 王如松, 等. 2005. 城市生态系统景观格局特征及形成机制[J]. 生态学杂志, 24(4): 428~432.
- [7] 沈国舫, 金鉴明. 2001. 中国环境问题院士谈[M]. 北京: 中国纺织出版社, 5~7.
- [8] 辛琨, 赵广孺, 孙娟, 等. 2005. 红树林土壤吸附重金属生态功能价值估算[J]. 生态学杂志, 24(2): 206~208.
- [9] 张元标, 暨卫东, 林辉, 等. 2005. 厦门西港富营养化状况的长期变化趋势及其与赤潮的关系[M]. 北京: 海洋出版社, 108~111.
- [10] 郝艳萍. 2005. 渤海治理现状与对策[J]. 海洋开发与管理, 22(3): 79~83.
- [11] 高智勇. 2001. 厦门岛东海岸的蚀退与防护[J]. 台湾海峡, 20(4): 479~481.
- [12] 黄宗国, 刘文华. 2004. 中华白海豚及其鲸豚[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 5~9.
- [13] 厦门市地理学会. 1995. 厦门经济特区地[M]. 厦门: 厦门大学出版社, 65~66.
- [14] 厦门市海岛资源综合调查开发试验领导小组办公室, 厦门市海洋管理处. 1986. 厦门市海岛资源综合调查研究报告[M]. 北京: 海洋出版社, 309~310.
- [15] 曾从盛, 汤小华, 王金坑, 等. 2003. 福建省生态环境现状调查报告[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 68~75.
- [16] 蔡文贵, 林钦, 贾晓平, 等. 2005. 考洲洋重金属污染水平与潜在生态危害综合评价[J]. 生态学杂志, 24(3): 343~347.
- [17] 滕祖文. 2005. 渤海环境保护的问题与对策[J]. 海洋开发与管理, 22(4): 23~27.

作者简介 余兴光, 男, 1956年生, 研究员, 主要从事海洋环境保护与生态功能区划研究. E-mail: yu-xg@163.com
责任编辑 梁仁禄