人工海岸的生态化建设效果评价方法初探*

董月娥，张静怡，滕欣，徐伟，岳奇，刘淑芬，欧玲

（国家海洋技术中心 天津 300112）

摘 要：人工海岸为实施沿海区域发展战略规划提供了空间保障，对沿海地区社会经济发展做出了巨大贡献，同时，也出现了破坏生态、影响环境等一系列问题。人工海岸的生态化建设效果评价，对了解海域海岸带整治修复效果、科学评估全国及各省级海洋功能区划大陆自然岸线保有率具有重要意义。文章明确了具有自然海岸生态功能的人工海岸的内涵，构建了人工海岸生态化建设效果评价指标体系，探讨了评价单元、范围及评价标准等内容，初步形成了一套人工海岸的生态化建设效果评价技术方法，研究成果可为管理部门及时掌握人工海岸的生态化建设效果提供切实可行的技术支撑。

关键词：人工海岸；生态化；评价

中图分类号：P74；F205 **文献标志码**：A **文章编号**：1005－9857(2015)11－0028－05

海岸是一种具有高价值、多功能、稀缺的自然资源，海岸资源的可持续发展与利用直接关系到沿海地区的经济发展和社会稳定。我国海岸资源虽然丰富，但近年围海晒盐、农业围垦、围塘养殖及工业与城镇建设围填海造地等多次大规模的围填海活动，使得海岸人工化趋势日益严重，可供开发的海岸后备资源严重不足[1－3]。为了保留海域后备空间资源，提升海域海岸带生态系统服务功能及资源环境品质，《全国海洋功能区划(2011－2020 年)》专门确立了多项海岸相关目标，包括严格控制占用海岸线的开发利用活动，开展海域海岸带整治修复等，要求至 2020 年，大陆自然岸线保有率不低于 35%，完成整治和修复海岸线长度不少于 2 000 km。为此，除天津、上海外，绝大多数沿海省(自治区、直辖市)均提出“至 2020 年，大陆自然岸线(包括整治修复后具有自然海岸生态功能的岸线)保有率不低于 35%。”的区划目标。

当前缺乏必要的人工海岸生态化建设效果评价技术方法和指标体系，无法满足对大陆自然岸线保有率目标落实情况进行核定的需要，因此，在原始大陆自然岸线锐减的严峻形势下，有效判定人工海岸是否具有自然海岸生态功能，科学合理评价人工海岸整治修复的生态化效果，对于科学评估全国及各省级海洋功能区划大陆自然岸线保有率，提高国家与地方对人工海岸的管理调控能力，保持海岸生态系统稳定并实现可持续发展具有重要意义。

1 具有自然海岸生态功能的人工海岸的内涵

海岸是海水面与陆地接触的滨海地带，是位于现代海岸线以上的狭长地带，由古海岸(即海岸阶地)和现代海岸(即潮上带)两部分组成。海岸阶地指现代波浪作用最上界与古海岸线之间的地带；而潮上带指现代海岸线与现代波浪作用最上界之间狭窄的陆上地带，大部分时间裸露于海水面之上，仅在特大高潮或暴风浪时才被淹没[4－6]。海岸是海岸带的重要组成部分，与潮间带和潮下带共同组成海岸带。

人工海岸指人类对天然形成的自然海岸进行了填海造地、围海或设置构筑物等活动，完全或部分改变了海岸的自然属性，改变了自然海岸的发育过程，与天然形成的基岩、砂砾质、淤泥质

* **基金项目**：国家海洋局资助项目“人工海岸的生态化建设效果评价研究及示范”(Y2140HG56).

等类型的自然海岸不同，人工海岸由防波堤、码头、道路等人工构筑物组成[7-8]。

具有自然海岸生态功能的人工海岸以保护、利用海岸为目的，以资源、环境的承载力为基础，着眼于改善、创造原有自然海岸的生态功能。这类海岸虽为人工创造，但同时也兼顾生态需求，在充分为人类提供服务功能的同时，也为海洋生物提供适于附着生长、栖息、繁殖的空间，达到海岸利用与自然环境和谐共生、可持续发展的目的。此外，这类海岸是多年来基本稳定的人工岸段，如整治修复后的人工海滩和海岸湿地，已经形成了独特的生态系统，为鸟类迁徙、贝类繁殖等多种生物生存提供了优良环境，具有与自然海岸相当的生态功能，有很高的保留价值。

2　人工海岸生态化建设效果评价指标体系构建

2.1　指标体系构建的基本原则

人工海岸生态化建设效果评价指标体系构建，遵循实用性、代表性、可行性和科学性原则。该指标系统服务于海域管理及决策，具有较强的实用性和时效要求，常规的生态调查手段获取因子的方式难以满足管理需要，考虑选取直观实用、具有代表性并可获取的科学指标。

2.1.1　实用性原则

选取具有较强实用性的评价指标，这是人工海岸生态化建设效果评价的根本出发点。研究在 RS 和 GIS 的支持下，选取生态系统外部指标[9]，重点从能够反映生态效果的人工建设特征、环境生态状况等方面制定评价指标，以避免常规生态调查方式耗时费力等不足，及时、准确了解当前海岸的生态状态，为管理决策提供支持。

2.1.2　代表性原则

综合考虑具有自然海岸生态功能的人工海岸内涵，选取典型并具有代表性的指标。为了增强评价结果的可信度，需要从纷繁复杂的基础数据指标中选取对评价目标贡献度高的指示性指标，同时避免各指标间出现重复交叉，尽量消除冗余，综合反映人工海岸生态化建设效果影响因素的主要方面和内在联系，协调海岸开发利用与生态环境之间的关系，实现海岸利用与生态保护结合发展。

2.1.3　可行性原则

可行性是建立评价指标体系的另一基本原则。选取评价指标时应考虑数据是否可获取、收集的难易程度及数据统计的连贯性等，因为只有建立在数据收集渠道畅通基础上的指标体系才具有可操作性。

2.1.4　科学性原则

评价指标体系应建立在充分认识并系统研究海岸开发利用与生态系统现状的基础上，立足于人工海岸生态化建设效果评价理论基础框架，科学表达具有自然海岸生态功能的人工海岸的内涵、本质、规律等。

2.2　指标体系的构建

依据具有自然海岸生态功能的人工海岸的内涵和评价指标设计的原则，综合考虑各主要评价因素，构建的评价指标体系由人工建设特征、环境生态状况和改善措施水平 3 个准则层、14 项指标组成[10]（表 1）。其中，人工建设特征是通过人工海岸破坏性指数、占用海岸规模指数、人工海岸稳定性指数、人工海岸自然度指数和人工海岸地貌丰富度指数 5 项指标来体现人类开发建设活动对海岸环境的直接压力特征；环境生态状况是通过区域生态环境敏感层级、高生态功能地物面积比、高生态功能地物密度指数和近岸海水水质质量改善指数 4 项指标来体现当前生态环境的状态或趋势；改善措施水平是指通过技术、宣传等表征人类为恢复海岸环境或防止其退化、促进海岸可持续发展过程所采取的措施，评价指标包括海岸工程材料生态指数、海岸结构设计生态指数、整治修复效果、宣传力度和公众满意度 5 项指标。

3　人工海岸生态化建设效果评价方法

人工海岸生态化建设效果评价，主要采用 RS、GIS 与景观生态学相结合的研究方法[11-12]。首先，将遥感数据作为主要数据源，在对遥感数据进行校正、增强技术的基础上，提取植被、岸线等信息；然后，辅以其他污染、整治修复等相关资料对人工海岸区域进行综合分析，提取相关生态效果评价因子，进行 GIS 叠加分析、缓冲区分析等；最后，将获取的评价指标数据进行标准化处

理后,对不同指标赋予一定的权重,采用加权平均综合评价模型,获取评价结果。

表 1 人工海岸生态化建设效果评价指标体系

评价目标	评价准则	评价指标	指标含义
人工海岸的生态化建设效果	人工建设特征	人工海岸破坏性指数	不同类型的人工海岸对海岸自然属性的破坏程度
		占用海岸规模指数	人工海岸占用原有海岸的规模大小
		人工海岸稳定性指数	依据人工海岸建成年限,描述其稳定程度及形成的生态系统的稳定性
		人工海岸自然度指数	描述海岸受到人类干扰后,保持自然状态的程度,公式为:人工海岸区域面积/人工海岸区域内廊道总长度
		人工海岸地貌丰富度指数	反映海岸地貌单元数量多少和各地貌单元所占面积比例
	环境生态状况	区域生态环境敏感层级	描述自然海岸生态系统对人类活动干扰和自然环境变化的反映程度,即出现生态问题的难易程度和概率大小
		高生态功能地物面积比	具有生态系统优化功能的典型地物面积/人工海岸示范区域面积
		高生态功能地物密度指数	具有生态系统优化功能的典型地物被分割的破碎程度,公式为:高生态功能地物的斑块数量/高生态功能地物面积
		近岸海水水质质量改善指数	描述人工海岸建设后,近岸海水水质污染改善情况
	改善措施水平	海岸工程材料生态指数	反映人工海岸建设时,选用的工程材料是否兼有海洋生物栖息、产卵场所等功能
		海岸结构设计生态指数	反映人工海岸结构物设计、建设时,是否兼具藻场、海水交换等生态功能
		整治修复效果	整治修复投入力度是否加强、方法是否效法自然、整治修复的目标是否逐步改善
		宣传力度	是否面向多层次人群,开展多渠道、多形式的海岸环境保护宣传,公众环境保护意识是否增强
		公众满意度	公众对人工海岸建设效果的满意程度,如防护效果、环境卫生、亲水性、景观等

4 人工海岸生态化建设效果评价单元及范围确定

4.1 评价单元的确定

根据国内外生态、规划的研究成果[13-16],评价单元主要基于两个方面进行选择,即面状的矢量评价单元和点状的栅格评价单元。以矢量面元作为评价单元,优点是数据获取较为方便。常用的面状评价单元有行政单元、流域单元及景观单元等。在人工海岸生态化建设效果评价中,选取矢量面状单元作为指标测算、综合评价分析单元,具体地,以人工海岸景观为单元进行评价。

4.2 评价范围的确定

人工海岸生态化建设效果评价范围的确定遵循以下原则。

(1)景观完整性。由于人工海岸区域位于陆地与海洋共同作用的滨海地带,因此,评价范围的选取应以海岸线为核心,向陆和向海一侧分别包含一定宽度的区域范围。

(2)分段评价。选取人工海岸评价范围时,应针对某个独立的人工岸段进行评价,即沿岸线延伸方向,该岸段两侧为与其不同类型的自然海岸或人工岸段。

(3)独特性。选取评价范围时,应综合考虑人工海岸所在区域和所属的类型,对位于不同区域、分属不同类型的海岸(人工建设前的自然海岸类型),需区别对待,根据实际情况选取。

5 人工海岸生态化建设效果评价标准研究

人工海岸生态化建设效果评价,应尽可能选取定量化的标准,通过数量化的比较反映人工建设对海岸环境的影响程度。同时,应选取具有一定先进性的标准,以满足区域可持续发展对海岸生态环境的要求。此外,针对不同区域、不同类

型的海岸，不宜采用统一的评价标准，应根据实际情况分别建立科学的评价标准。

5.1　评价标准的选取来源

人工海岸生态化建设效果评价标准可以从以下几个方面进行选取[13]。

(1)国家、行业和地方规定的标准。全国海洋功能区划(2011－2020 年)及各省级海洋功能区划均对自然岸线保有率、整治修复等提出了目标要求，并对各功能区包括占用岸线的功能区提出了海水水质质量、生态环境等方面的海洋环境保护要求，另外，地方政府颁布的标准、海岸保护要求等，均是可选的评价标准。

(2)背景和本底标准。以人工海岸所在区域某一时期的生态环境背景和本底值作为评价标准，如以该区域人工海岸建设前的自然海岸为参照标准，可对该区域人工海岸建设后或其他时期的生态效果进行评价。

(3)类比标准。选取自然条件相近、受人类活动干扰较少的自然海岸生态系统作为参照，通过比较自然海岸各评价指标值，可以评价人工海岸建设后的生态化效果。

(4)科学研究公认的生态环境要求。针对研究区域或与研究区域自然条件相似的区域，利用较为成熟的、被行业公认的科学研究成果，作为评价的标准或参考，如水质等各种生态环境质量要求。

5.2　人工海岸生态化建设效果评价的等级标准

本文采取相对评价的方式，对人工海岸生态化建设效果进行量化评价。一方面，对选取的多个人工海岸示范区域的评价结果进行相互比较，根据评价结果得出生态化建设效果的优劣次序；另一方面，将选取的人工海岸示范区域与其人工海岸建设前的自然海岸生态化效果进行比较，或与其自然环境条件近似的自然海岸生态化效果进行对比，从而实现对人工海岸生态化建设效果的评价。

由于各评价指标之间的量纲不统一，不具有可比性，因此，必须用标准化的方法对评价指标进行量化处理，解决各评价指标间无法比较的问题。采用的标准化方法如下：

$$\mu_i = \frac{x_i - b_i}{a_i - b_i}, \mu_i = \frac{b_i - x_i}{b_i - a_i} \qquad (1)$$

式中：μ_i 表示第 i 个指标的评价值；x_i 表示实际值；a_i，b_i 表示指标的上下限。

在人工海岸生态化建设效果的评价中，采用 5 个等级评价规则，评价结果范围为 0～100%，数值越大，效果越好，具体根据表 2 等级标准对生态化建设效果进行综合性评价[13]。

表 2　人工海岸生态化建设效果等级综合性评价

评价指标结果/%	评价等级	指标特征
≥90	非常好	理想状态。生态系统服务功能基本完整。原有自然海岸生态环境有改善的趋势或基本未受干扰破坏，生态问题不明显，生态灾害少
≥70～<90	较好	良好状态。生态系统服务功能较为完善。原有自然海岸生态环境受到的干扰破坏较少、可恢复，生态问题不明显，生态灾害较少
≥50～<70	一般	一般状态。生态系统服务功能已退化，基本功能可维持。原有自然海岸生态环境受到一定破坏、易恶化，生态问题显现，生态灾害时有发生
≥30～<50	较差	较差状态。生态系统服务功能严重退化。原有自然海岸生态环境受到较大破坏、难以恢复，生态问题较大，生态灾害较多
<30	非常差	恶劣状态。生态系统服务功能接近崩溃、功能丧失。原有自然海岸生态环境受到严重破坏、很难恢复，生态问题很多，生态灾害频发

6　结束语

通过评价人工海岸当前的影响情况及发展趋势，有利于提高对其长期综合影响的预判能力。此外，人工建设对海岸生态系统的综合影响一般较长时间才能逐渐显现，因此，应坚持对工程所在区域及受其辐射影响的周边区域进行长期跟踪监测。综上，掌握海岸利用过程中存在的生态破坏情况，及时揭示导致生态退化的原因及影响因子，并合理制订恢复措施，对于优化海岸空间资源配置，提高海岸生态文明水平，实现海岸资源可持续利用具有重要意义。本文全面诠

释和界定了具有自然海岸生态功能的人工海岸的内涵，并以宏观、服务于管理应用为导向，在RS和GIS技术的支持下，构建了人工海岸生态化建设效果评价的指标体系，探讨了评价单元、范围及评价标准等内容，可为管理部门开展海域海岸带整治修复效果评价、制定科学的海岸管理决策提供参考。

参考文献

[1] 刘伟，刘百桥. 我国围填海现状、问题及调控对策[J]. 广州环境科学，2008(2)：26－30.

[2] 付元斌，曹可，王飞，等. 围填海强度与潜力定量评价方法初探[J]. 海洋开发与管理，2010，27(1)：27－30.

[3] 罗艳，谢健，王平，等. 国内外围填海工程对广东省的启示[J]. 海洋开发与管理，2010，27(3)：28－32.

[4] 冯士筰，李凤岐，李少菁. 海洋科学导论[M]. 北京：高等教育出版社，1996：26－28.

[5] 楼锡淳. 海岸、海岸线和海岸带[J]. 海洋测绘，1996(2).

[6] 陈宝红，杨圣云，周秋麟. 以生态系统管理为工具开展海岸带综合管理[J]. 台湾海峡，2005，24(1)：122－130.

[7] 陈健波，樊莉莉. 人工海岸地貌建设对海岸带空间资源与景观资源的影响研究：以宁波市TM遥感影像为例[J]. 金融经济：理论版，2013(4)：107－109.

[8] 于永海，王延章，索安宁，等. 基于模糊综合评价的基本功能岸段划分方法研究[J]. 大连理工大学学报，2011，51(3)：447－452.

[9] 陆健健. 河口生态学[M]. 北京：海洋出版社，2003：298－300.

[10] 黄清和，蔡立宏，林東廷. 生态型海岸保护工法研究[J]. 建国科大学报，2005，25(4)：1－24.

[11] 楼东，刘亚军，朱兵见. 浙江海岸线的时空变动特征、功能分类及治理措施[J]. 海洋开发与管理，2012，29(3)：11－16.

[12] 索安宁，赵冬至，葛剑平，等. 景观生态学在近海资源环境中的应用：论海洋景观生态学的发展[J]. 生态学报，2009，19(4)：40－44.

[13] 左伟. 基于RS、GIS的区域生态安全综合评价研究：以长江三峡库区忠县为例[M]. 北京：测绘出版社，2004：13－72.

[14] COSTANZA R. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature，1997，387：252－259.

[15] HEGGEM D T. A Landscape ecology assessment of the tensas river Basin[J]. Environment Monitoring and Assessment，2000，64：41－54.

[16] LEE J T. The role of GIS in landscape assessment using land-use-based criteria for an area of the chiltern hills area of outstanding natural beauty[J]. Land Use Policy，1999，16：23－32.