

**编者按** 我国有 1.8 万公里的大陆海岸线和 1.4 万公里的岛屿海岸线，大陆 11 个沿海省、直辖市和自治区以 13% 的陆地国土面积集中了全国 50% 以上的大城市、40% 的中小城市、42% 的人口和 60% 以上的国内生产总值，现在的海岸带既是经济发展的支柱区域，又是社会发展的“黄金地带”。世界范围内，海岸带也是经济活动和人口最为集中的区域，其健康可持续发展得到各沿海国家和地区的高度重视。科学认识海岸带的自然和经济社会规律，是实现其健康可持续发展的前提。基于此，《院刊》特策划推出“海岸科学与可持续发展”专题，邀请国内多部门、多学科的相关专家，从生态、环境、资源、灾害及管理等多方面对中国海岸科学研究和沿海可持续发展提出建议，以期对相关研究人员和决策者提供科学支撑。本专题由骆永明研究员指导推进。

# 中国海岸带可持续发展中的 生态环境问题与海岸科学发展\*



骆永明

中国科学院烟台海岸带研究所 烟台 264003

**摘要** 海岸带既是陆地向海洋延伸的陆海相互作用最强烈的地带，又是复杂、动态的地球表层自然系统，也是高强度人类活动和全球气候变化双重影响下的空间单元。文章分析了影响我国海岸带可持续发展的十大生态环境问题，并以国际海岸带陆海相互作用计划（LOICZ）及国际未来地球海岸计划（FEC）为背景综述了国际海岸带科学研究进展与趋势，同时简述了国内海岸带研究进展与差距，进而联系海岸带变化问题，探讨了我国海岸科学与沿海可持续发展的研究思路、目标和内容，强调了全球变化影响和人类活动压力下海岸带陆海相互作用与可持续发展的研究已超越传统地理学和海洋学的范畴，基于海岸带自然与人文因素探讨性地提出了划分海岸带为“特征性核心带（最强作用带）—相邻带（较强作用带）—外围带（弱作用带）”的“三带”概念，指出海岸科学是一门研究海岸带自然属性及功能、陆海相互作用和可持续发展的综合交叉性科学，是认识海岸带规律、支持可持续发展的不可替代的特色学科。

**关键词** 海岸带，陆海相互作用，国际未来地球海岸计划，海岸科学，生态环境问题，可持续发展

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.2016.10.001

\*资助项目：中科院战略性  
先导科技专项（XDA11020  
400）

修改稿收到日期：2016年10  
月2日

海岸带指陆地向海洋延伸的地带，广义上是以海岸线为基准向海、陆两个方向辐射扩散的广阔地带，包括沿海平原、滨海湿地、河口三角洲、潮间带、水下岸坡、浅海大陆

架, 一直延伸到陆架边缘的地带。可见, 海岸带是陆地与海洋相互作用的地带, 是具有独特的陆、海属性的动态而复杂的自然体系。

海岸带交通便利、人口众多、经济发展迅速、区位优势日益突出, 已成为人类活动最频繁、最强烈的区域。在全球近  $50 \times 10^5$  km 海岸线的陆侧, 全世界一半以上的人口生活在沿海约 60 km 的范围内, 人口在 250 万以上的城市有 2/3 位于潮汐河口附近。在中国, 大陆及海岛海岸线总长约  $3.2 \times 10^4$  km, 地跨热带、亚热带、温带三大气候带; 大陆 11 个沿海省、直辖市和自治区的面积只占全国陆地国土面积的 13%, 却集中了全国 50% 以上的大城市、40% 的中小城市、42% 的人口和 60% 以上的国内生产总值, 我国新兴海洋经济正以每年 20% 的速度增长<sup>[1]</sup>。21 世纪以来, 我国在沿海地区布设了近 20 个国家发展战略, 现在的海岸带既是经济发展的支柱区域, 又是区域社会经济发 展的“黄金地带”。在国家“一带一路”发展战略下, 海岸带作为第一海洋经济区, 成为拉动我国经济发展的新引擎。

与此同时, 海岸带遭受三大冲击: (1) 原位的直接或交互驱动冲击, 例如气候变化、水文变化、人口变化、人类活动等冲击; (2) 陆向海冲击, 例如泥沙减少和营养盐输入增多; (3) 海向陆冲击, 例如海平面上升和强风暴潮增多。因而, 我国乃至世界的海岸带正处于面临可持续发展的严峻挑战的前沿地带。在海岸带的这个陆海界面, 随着人类社会经济的不断发展, 越来越多的重要生态系统产品和服务被不可持续地使用, 生态环境及资源风险凸显; 在气候变化等不同规模的全球变化影响下, 海岸带地区存在生态、地质灾害等危机。如何科学地优先应对在脆弱海岸带地区所发生的快速而深刻的变化, 又如何预测这些变化可能对海岸带本身及其生物多样性、社会群体与生活产生前所未有的影响, 已成为海岸科学与可持续发展研究的重大课题。

本文分析了影响我国海岸带可持续发展中的主要生态环境问题, 综述了国内外海岸带科学研究进展, 进

而探讨了我国海岸科学与沿海可持续发展研究的未来需求。

## 1 我国海岸带可持续发展中面临的主要生态环境问题

海岸带既是受陆地影响的海洋部分, 又是受海洋影响的陆地部分。气候变化、大气二氧化碳浓度升高、养分过多输入、化学污染、泥沙输入减少、土地复垦、围填海等正在从根本上改变海岸海洋化学, 其变化速率在全球尺度上远远超过早期和近期的生态学记录<sup>[2]</sup>。我国海岸带出现的生态环境问题(图 1), 有的源于陆地, 有的源于海洋, 形成于陆海相互作用过程之中, 受到人类活动与气候变化双重影响(图 2)。特别是当前的人类社会经济活动, 给海岸带生态环境带来了空前的压力, 使海岸带成为我国乃至全球三大生态环境脆弱带之一, 不断威胁着区域海岸带的可持续发展。主要表现在以下 10 个方面。

### 1.1 人工海岸线无序增长, 自然海岸线消失惊人

人工岸线包括丁坝和突堤、港口码头、围垦堤、养殖围堤、盐田围堤、交通围堤和防潮堤。在过去的 70 年, 中国大陆人工岸线的长度由 20 世纪 40 年代初期的  $0.33 \times 10^4$  km 上升至 2014 年的  $1.32 \times 10^4$  km, 比例则由 18.30% 上升至 67.1%, 向海扩张趋势的海岸超过 68%, 平均速率为  $24.30 \text{ m a}^{-1}$ ; 自然岸线的长度由 20 世纪 40 年代初期的  $1.48 \times 10^4$  km 下降至 2014 年的  $0.65 \times 10^4$  km, 比例则由 81.7% 下降为 32.9%<sup>[3]</sup>。自然岸线长度及比例的锐减、空间破碎化导致滨海重要生态系统损失严重, 蓝碳储量及增汇潜力大幅度减少。

### 1.2 滨海湿地面积大幅萎缩, 生态系统功能严重受损

据国家海洋局统计, 1990—2008 年期间, 我国不同规模的围填海面积以  $285 \text{ km}^2 \text{ a}^{-1}$  的速度增加; 至 2009 年, 约 65% 面积的红树林已经消失, 约 80% 的珊瑚礁遭到破坏<sup>[4]</sup>。大规模的围填海, 不仅减少滨海湿地生境面积, 改变水动力, 加剧海岸线侵蚀, 而且在破坏鱼类



图1 我国海岸带主要问题综合图示

产卵场、育幼场和索饵场的同时，还降低底栖生物多样性和减弱对水体的净化功能，导致生态系统服务功能下降。

### 1.3 海岸侵蚀和河口淤积加剧，滨海土地资源和港口受损严重

近几十年来，由于不合理的岸线开发、围填海、入海河流上游的水坝建设与调水调沙等多种人类活动，水沙输入减少，引起河口及近海水动力和沉积环境变动。全国约有70%的沙质海岸和大部分开敞式淤泥质海岸遭受侵蚀，沙质海岸侵蚀岸线已逾2500 km，在河口区及岛屿尤为严重<sup>[5]</sup>。海岸侵蚀或滑坡导致滩涂资源丧失，沿海公路、农田、建筑等遭到破坏。入海河口的不稳定或淤积不仅影响海上交通，而且加剧滨海城乡洪涝灾害和加快海水淡化取水口变迁，造成重大损失。

### 1.4 海岸带地下水超采，海（咸）水入侵加速，导致沿海地区淡水资源缺乏和土壤次生盐渍化及湿地退化

在我国北方海岸带地区，不合理开采地下水引起了大范围降落漏斗、海水入侵、地下水污染等问题。发生在我国海岸带海水入侵包括海水入侵、咸水入侵、咸潮入侵。例如，环渤海区域特别是莱州湾沿岸已成为我国海岸带海水入侵与土壤次生盐渍化影响最严重的区域，海水入侵面积已超过 $1 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，土壤盐渍化面积达 $1.35 \times 10^4 \text{ km}^2$ <sup>[6,7]</sup>，严重影响了农业生产和经济社会发展。

### 1.5 陆上石油泄漏和海上溢油引起海岸及近岸海域石油污染，使海岸带生态环境与渔业资源遭受严重损害

近几十年来，我国沿岸海域船舶及海上钻井平台发生的溢油事故近数千次，溢油总量高达 $3.5 \times 10^4 \text{ t}$ <sup>[8]</sup>。沿海油田开采及城市输油管爆破而泄漏造成的海湾石油污染事件时有发生。这些近海环境石油污染问题不仅降低近岸海域环境质量，破坏海洋生物栖息环境，而且损害生物幼体、鱼卵和仔鱼，影响海洋渔业和海产品质量<sup>[9]</sup>。

### 1.6 沿海地区风暴潮、洪涝和海冰等自然灾害频繁发生，灾害损失不断增加

海岸带陆海相互作用强烈，生态环境缺乏稳定性，

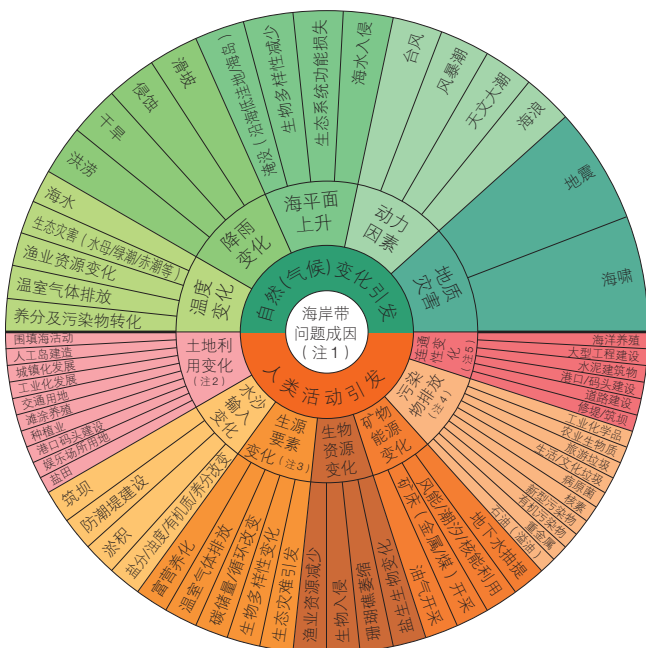


图2 我国海岸带问题成因集成图示

(注1: 海岸带问题主要包括生态、环境、资源、灾害、农业、水利、交通、能源、文化等方面的问题;注2: 土地利用变化主要造成湿地萎缩、自然岸线减少、生物多样性下降、生态功能衰弱等问题;注3: 海岸带生源要素主要包括碳、氮、磷、硫、硅、铁等,其中碳是指“蓝碳”,由红树林、盐沼、海草床及近岸海域(生物)等生境捕获的生物量碳和储存在沉积物(或土壤)中的碳;注4: 海岸带有机污染物主要指农药和持久性有机污染物(POPs)等,新型污染物主要指微塑料、抗生素、短链石蜡、个人护理品、人工纳米颗粒等;注5: 连通性变化主要指水动力和水文条件变化)

自然灾害频发。受气候变化等因素影响,在东南沿海地区风暴潮、洪涝等自然灾害频发,渤海的冬季海冰影响海上交通。据分析,1949—1990年的40年间,我国海岸带灾害经济损失从北至南沿海岸线形成10万元/km<sup>2</sup>等值线,构成了一条海岸灾害带。20世纪90年代以来,极端天气过程和海洋灾害频发,沿海地区由各类海洋灾害造成的经济损失,平均每年150多亿元。“十五”期间,海洋灾害造成的直接经济损失达数百亿元,死亡人数达上千人。海洋灾害造成的经济损失在整体上呈明显的上升趋势。极端气候事件加剧了海洋灾害,已成为制约我国沿海经济发展的重要因素<sup>[4]</sup>。

### 1.7 海平面上升趋势明显,潜在生态环境风险增大

全球气温升高会促使大洋海水热膨胀、陆地冰川消融,从而导致全球海平面上升。根据我国50个验潮站的资料,我国海平面近几十年的上升速率平均为1.4—2.0 mm a<sup>-1</sup>,上升趋势明显。世界各地验潮站资料显示,20世纪全球平均海平面上升0.15—0.18 m,上升速率1.0—2.0 mm a<sup>-1</sup>。海平面上升严重影响海岸带生态系统和生物资源,尤其是对由小岛和珊瑚礁组成的小岛屿。就我国而言,如果海平面上升0.5 m,在没有任何防潮设施情况下,我国东部沿海地区可能约有4×10<sup>4</sup> km<sup>2</sup>的低洼冲积平原将被淹没,并对沿岸生态系统、生物资源、土地生产力和水资源系统产生严重影响<sup>[4]</sup>。气候变化导致的海平面上升还会加速海岸侵蚀<sup>[10]</sup>。

### 1.8 近岸海域富营养化加剧,海岸带水体环境质量恶化

通过河流输送、大气沉降、养殖投放及废物排放等多途径,营养盐等生源要素大量输入,使近海富营养化加剧,引发低氧区扩大、有害藻华、水母及绿潮暴发等严重的近岸海域生态灾害。2014年我国415个直排海污染源污水排放总量为63.1×10<sup>8</sup> t,其中,氨氮1.5×10<sup>4</sup> t、总磷3 126 t。近年来,我国近岸海域的主要污染物如无机氮、活性磷酸盐和石油类等80%以上来自陆源排污,陆源污染物入海总量逐年上升,入海排污口达标率仅为52%,导致近20×10<sup>4</sup> km<sup>2</sup>海域污染,面积居高不下,使

近70%的近岸海洋生态系统处于亚健康和不健康状态,近岸海域环境质量短期内难以得到有效改善<sup>[11]</sup>。大中城市沿海河口及海域(如渤海湾、长江口、珠江口等)富营养化问题尤为突出,不仅降低了海岸带的休闲和美学价值,而且直接影响渔业资源和近海生态安全健康。

### 1.9 海岸带化学污染和微塑料污染态势严峻,危及海岸带环境质量和海产品安全

2014年4种重金属(汞、六价铬、铅、镉)排放入海总量为8.56吨<sup>[11]</sup>。除通常的重金属等污染物之外,近海水体、沉积物及海岸土壤环境出现了一些陆源新型污染物如持久性有机污染物、抗生素、放射性核素、微塑料等污染物,其环境风险与损害正受到关注<sup>[12]</sup>。这些污染物部分或全部具有生物富集性、毒性、环境持久性,能通过洋流长距离迁移;有的新兴污染物还具有较高的水溶性(如全氟类化合物、抗生素药物、有机磷阻燃剂等),一旦排放到环境中,更容易通过河流向近海传输,再通过洋流流向大洋,从而对整个海洋生态系统带来威胁。以典型的新兴污染物——全氟辛酸为例,黄河三角洲莱州湾的小清河流域浓度可高达0.72 mg/L,莱州湾海域水体浓度已高达100 μg/L。全氟辛酸磺酸已经被列入国际《斯德哥尔摩公约》,其生产、使用和废弃受到相关部门的管控。

### 1.10 海岸带外来种入侵,生物多样性变化,生态灾害频发,渔业资源下降

外来种入侵海岸带的主要途径有有意的人为引种和无意的船舶运输。目前,涉及入侵我国海岸带的物种有196种<sup>[13]</sup>。其中人为引种的水生植物互花米草,已造成土著植物种群生长受限、生物多样性下降、生态系统服务功能削弱等后果。大规模的围填海,不仅减少了海岸带红树林、海草床、珊瑚礁以及淤泥质滩涂等滨海湿地生境面积,而且破坏了鱼类产卵场、育幼场和索饵场,降低了底栖生物多样性和水体净化功能;人类活动导致富营养化造成近海赤潮、水母、绿潮等生态灾害频发;气候、海洋、陆地和人类活动的综合因素影响,如海水温度上升、水动

力改变、泥沙和营养盐输入变化、化学污染、过度捕捞、围填海等,已经给海岸海洋生态系统带来灾难性的后果,导致生物多样性和渔业资源急剧下降<sup>[14]</sup>。

此外,海岸海洋的可能地震而引发的海啸、核电厂排放的近海热水效应及潜在核素泄漏风险、大型海岸工程和跨海工程(如风力发电、跨海大桥、港口码头、海上钻井平台)等引发的生态环境问题,也需要重视。

综上,当前的海岸带是高强度人类活动和全球气候变化双重影响下的空间单元。在这个空间单元,既包括复杂时空变化、多过程综合效应的陆地过程和海洋过程,也包括陆海交汇和多过程耦合的海岸带陆海相互作用过程。这个空间中这些作用过程给海岸带带来了严重的生态破坏或环境损害,导致了生态系统服务、人体健康和财产价值发生了可观察的或可测量的不利变化,并引发群众投诉;这也提醒我们将面临着环境损害鉴定评估与生态修复问题<sup>[15]</sup>。

## 2 国内外海岸带科学研究进展

### 2.1 国际海岸带科学研究进展

随着海岸资源的开发利用和社会经济的发展,人类活动对海岸带生态环境的干扰和破坏程度不断增加。与此同时,人们对因全球气候变化引起海平面上升,可能导致全球沿海低洼地区及小岛国家淹没的后果的担忧越来越大。为维持海岸带区域的持续发展和安全生存,世界各国,特别是发达国家都成立了相关研究机构,针对海岸环境、生态、资源、经济、管理等各领域,开展了广泛而深入的研究。国际海岸带陆海相互作用计划(Land-Ocean Interaction in the Coastal Zone, LOICZ)<sup>[16]</sup>于20世纪90年代也顺应启动。下面以该计划的执行、进展及未来发展来反映国际海岸带科学研究进展与态势。

LOICZ首先着眼于海岸带这一空间域中陆海之间的水平物质交换,有别于国际地圈-生物圈研究计划(IGBP)中的其他项目多专注于“垂直”过程。其最初的任务是在海岸带系统中的陆-海界面上,研究由人类

活动(不同于气候系统)导致的变化。当时,LOICZ的总体目标是了解海陆交互作用动态,预测其行为发展,进而探究在全球变化过程中海岸带的响应与应对之策。LOICZ的科学计划在1992年被IGBP接受,并成为IGBP的核心项目之一。

LOICZ第一阶段(1993—2002年)的目标是“为沿海区域的社会群体提供必要的知识、洞察和预报,以支持评估、预测和应对导致海岸带变化的全球变化和区域压力及其交互作用”。该计划确定了4个研究重点:(1)海陆之间物质与能量的交换;(2)碳通量及痕量气体的排放;(3)海平面升降的影响;(4)海岸带变迁的人文作用。经过近10年的合作研究,利用全球200多个站点的工作,LOICZ首次给出了近岸海域中养分通量和代谢的全球系统,解决了海岸带系统功能研究中的陆源驱动力问题,并给出了估算值。

LOICZ第二阶段(2003—2014年)做出了新的规划和结构优化调整。在这个阶段,LOICZ有效地开展了“新科学计划与实现战略”,其着眼的问题包括“海岸带系统如何供养人类”“人类活动又是如何影响着海岸带系统”,以及“我们需要怎样的法规和措施来保障海岸带的可持续性”。2005年该战略在海岸带变化中的生物地球化学、物理和人文等方面进行组织,划分为5个主题:(1)海岸带系统的脆弱性及其对社会的危害;(2)全球变化对海岸带生态系统的意义与可持续发展;(3)人类活动对流域—海岸带交互作用的影响;(4)近岸及大陆架海域的生物地球化学循环;(5)支持海岸带系统可持续性的陆—海交互作用调控。5个主题共同迎接3个挑战:(1)为全球性的科学、政策和管理而扩大区域性科学研究的尺度,为区域性管理和利益相关者缩小全球范围科学认识的尺度;(2)理解区域性/地方性与全球性的驱动力、压力之间的相互作用;(3)将自然科学、社会科学输入到与利益相关者的协商中去,使可持续利用海岸带的建议能够得到广泛理解。所获得的重要工作成果包括:生物地球化学预算模型、海岸带类型

开发、全球衰退三角洲的脆弱性与管理评价;自然灾害及灾后恢复经验、基线(陆海分界线)保护措施、社会生态整体系统的评估和区域性野外调查;生活方式和未来规划的作用及其对海岸环境质量、水产品及其贡献的总体影响,以及海岸海洋“生态经济学模式”等。

在2009年,该战略重新设计了3个优先研究主题:

(1)海岸带的社会体系与生态系统关联性;(2)海岸带生态系统环境变化所产生影响的评估和预测;(3)海岸带管理和科学研究关联性。同时,布设了针对特殊海岸带区域的5个“科学热点”:(1)北极圈海岸;(2)濒危岛屿;(3)河流河口;(4)三角洲;(5)海岸带的城市化。取得的主要科学成就包括:海岸带营养物质的生物地球化学通量和类型学,近海生态系统中环境变化影响的评估和预测;沿海大城市和都市化与海岸带的动态变化关系及风险评估;全球变化下的适应生存;高纬度气候变暖所产生的广泛而可识别的影响评估等。

2014年是LOICZ发展的一个重要里程碑,也是一个新的起点。随着IGBP和国际全球环境变化人文因素计划(IHDP)等计划的结束和未来地球计划(Future Earth, FE)的提出,LOICZ科学委员会及区域中心负责人决定其科学规划向未来地球计划方向的转变<sup>[17]</sup>,专注于理解塑造海岸带系统的各种复杂过程及其相互作用,加强LOICZ研究的热点区域及全球区域中心的科学与政策间的联系,未来在海岸带地区可持续发展和适应全球变化等核心事务上继续发展,并担负起关于海岸带在地球存亡作用上的先导责任。2015年6月提出新的10年(2016—2025年)科学规划框架,确定了3个主题:(1)以提高认识海岸带状态为目标的动态海岸,认识自然海岸是如何造就海岸文明的;(2)以加深了解生态系统产品及服务功能开发对人类安康影响为焦点的全球发展与我们的海岸关系,认识人类是如何治理和改造自然海岸的;(3)通过鉴别决策转变中的监管途径和程序,实现向全球海岸带可持续性发展的转变:制定激发社会群体为保障海岸带可持续发展所采取的优先行

动。相应地,将LOICZ名称改为国际未来地球海岸计划(Future Earth Coasts, FEC)。2016年7月在中国台北召开了FEC科学委员会和区域中心负责人联席会议,进一步商定了实施计划。

过去20年的国际海岸带陆海相互作用计划(LOICZ)的研究思路、实施经验和科学成就发展了海岸科学,并有力支持了全球沿海地区的可持续发展。相信,国际未来地球海岸计划(FEC)必将会进一步丰富海岸科学理论与方法,更有力地支持海岸带社会与自然系统朝向可恢复和可持续的转变。

## 2.2 国内海岸带研究进展

我国曾与国际同步,于1993年4月在青岛成立了海岸带陆海相互作用计划的中国工作组。2005年改名为海岸带陆海相互作用中国委员会<sup>[18]</sup>。2007年起,中科院烟台海岸带所成立了LOICZ计划的东亚地区办公室;2015年起改名为FEC计划的东亚地区办公室,与国际接轨并行,参与FEC计划各项科学活动,开展全球海岸带地区间交流与合作研究。

就我国海岸带全面调查研究工作而言,起步于20世纪80年代初开始的“全国海岸带和海涂资源综合调查”;此次调查范围从海岸线向陆侧延伸10 km,向海延伸至10—15 m等深线,总面积约 $35 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,涉及海岸带气候、水文、地质、地貌、土壤、植被、林业、生物、海水化学、环境质量、土地利用、社会经济等诸多方面,所形成的成果为我国海岸带进一步研究、资源开发利用与保护管理奠定了基础。10多年后,在“我国近海海洋综合调查与评价”专项调查中,我国的海岛、海岸带基础数据得到了进一步补充、更新,并推动了海岸带信息化工作<sup>[18]</sup>。近几年开展的我国潮间带底质环境质量调查与制图的科技基础性专项调查工作,将提供大量的海岸带沉积物化学、生物学方面的基础数据。

在海岸带科学基础理论、方法技术及治理修复研究方面,在国家“973”“863”“科技支撑”三大计划、部门行业公益性专项、中科院先导专项、国家自然科学基金

金、国际合作以及地方政府等项目的支持下,我国涉及海岸带研究的综合性大学和科研院所科技人员,在河口、海岸海洋地貌、海岸生态环境、海岸工程、海岸信息和可持续发展等科学研究上,取得了重大进展。这些研究成果主要体现在如下方面:(1)千年尺度的河口演变模式、百年尺度的河口变迁过程、河口动力沉积和动力地貌、河口生物地球化学过程、河口生态过程、河口与流域及海洋的相互作用与相互影响等;(2)海岸带动力过程与地貌、海陆及河海交互作用与海岸海洋地貌等<sup>[18]</sup>;(3)海岸带生物多样性、生态系统服务功能和生态灾害机制与防治;(4)海岸带环境污染过程、监测、评价、防治及修复;(5)海平面变化、风暴潮及自然灾害防范;(6)数字与信息海岸带;(7)海岸带工程勘测、工程设计与安全防护;(8)海岸带管理、规划、政策和可持续发展等。这些研究进展有力地推动了海岸科学发展,支持了我国沿海可持续发展。

需要指出的是,除了上述提到的河口学、海岸海洋地貌学、陆海相互作用、生态灾害等方面开展了较为系统的研究外,其他方面的研究多处于起步或有限积累阶段。我国既缺乏如 LOICZ 计划那样的有主题、有计划的前沿性与应用性相结合的多学科交叉综合研究项目,也缺乏针对海岸带生态文明建设与可持续发展中的生态环境问题,进行顶层设计,出台从基础理论、方法技术、工程示范和监管政策链条式的海岸科技专项。

### 3 对我国未来海岸科学与海岸带可持续发展研究的探讨

#### 3.1 海岸科学是认识海岸带规律、支持可持续发展的不可替代的特色学科

海岸带是复杂、动态的地球表层自然系统,记录着过去,展示着现在,孕育着未来,其研究空间取决于拟解决的科学问题,不是固定不变的。海岸带既是深受相连陆地影响的海洋的部分,具有潮汐、海流、海浪、海风、海温、海盐、海冰(如渤海湾)、悬浮物、特殊物

种、人类排放物质以及旅游价值的美学欣赏等。海岸带也是深受相连海洋影响的陆地的部分,可以提供居住、交通、旅游、渔业、石油及天然气开采、离岸活动等机会,同时具有风暴潮、洪涝、海啸、海岸侵蚀、海平面上升、海水入侵等风险。所以,海岸动力学、海域空间规划和海岸管理等已远远超越传统地理学的范畴。虽然海洋学是海岸带多学科研究的重要组成部分,但是就海岸工程、海岸土地利用规划与管理、海岸淡水水文生态、海岸气候、社会学和海岸文化等领域而言,也已超越传统海洋学的范畴。这就需要构建海岸带科学自身的融合陆、海、空、人文的自然观、整体观和社会-生态系统观,发展海岸科学。事实上,海岸科学具有独特的研究对象(海岸带)、理论方法与技术手段、解决问题的方案需求和服务目标,是认识海岸带规律、支持可持续发展的不可替代的特色学科。

海岸科学以海岸带(沿海陆域、沿岸海域及其陆海过渡带)为主要研究对象,是一门研究海岸带结构、组成、性质及功能,陆海相互作用过程、机制、效应及其与人类活动和气候变化的关系,以及支持海岸带可持续发展的工程技术和政策管理的综合交叉性科学,涉及海岸地质、地理、生态、环境、资源、生物、灾害、信息、工程、经济、管理等多个学科领域。换言之,海岸科学是研究海岸带自然属性及功能、陆海相互作用和可持续发展的科学。其主要研究:(1)海岸带自然属性、陆海相互作用及演变规律;(2)高强度人类活动作用下海岸带变化与对策;(3)全球气候变化(海平面上升)对海岸带的冲击与应对;(4)支持海岸带与可持续发展的材料、方法、技术和模式,是地球科学、资源与环境科学的组成部分。

#### 3.2 海岸科学的发展目标和研究内容

在总体目标上,应针对前述(章节1)的影响我国海岸带可持续发展中的十大生态环境问题,以保护海岸带生态环境、持续利用资源和实现可持续发展为总体目标,协调海岸带资源利用、经济发展和生态文明建设的

关系,通过促进海岸科学的知识创新、技术集成和综合管理,最大程度地减少人类活动的冲击和缓解气候变化的影响,支持我国海岸带的自然可恢复性和社会可持续性。一方面,以陆海贯通、海域贯通和全球变化的理念,从地方及区域尺度,加强海岸带的自然科学与社会科学的关联交叉研究,提供政府和公众的综合知识;在开发利用海岸带资源和发展海岸经济的同时,增强保护和改良海岸带生态环境的意识;积极策划适应全球气候变化之防范措施。另一方面,应针对上述的主要海岸带变化问题,进行顶层设计,形成从基础理论、方法技术、工程示范和监管政策链条式的海岸带科技专项。通过设立国家海岸带科技专项和利益攸关者互联网,跨学科、多层次地研究全国不同生物气候带和不同经济发展水平下海岸带环境变化的社会-生态影响,明确驱动因子、动力及效应,认识海岸带变化规律,提出问题导向的响应机制与解决方案,支持沿海可持续发展。

在近期的科学目标与研究内容上,应进一步了解海岸带海陆交互作用与海岸带动态变化及其对人类经济社会的影响,认识海岸带生态系统产品及服务功能开发与海岸带安全健康的关系,预测人类活动与全球变化共同影响下海岸带可持续性。重点拟解决4个关键科学问题:(1)人类活动和气候变化对海岸带的生态、环境和资源的影响;(2)未来海平面变化对海岸带灾害和生态系统的改变;(3)海岸带生态系统产品及服务功能的人为开发活动对陆-海自然系统的冲击;(4)海岸带可恢复性和可持续性的途径、过程与指示。重点研究:

(1)人类活动和气候变化影响下河口海岸沉积-侵蚀及岸线地貌变化;

(2)海岸带生源要素的陆—海—气交换和生物地球化学过程;

(3)海岸带生物地理、生态系统及其服务功能变化;

(4)海岸带滩涂盐碱地、生物资源及海洋能源的利用与海岸带保护;

(5)海岸带环境新型污染物的污染过程、基准和监控;

(6)海岸带地质和生态灾害预防、监控及对经济社会影响预测;

(7)海岸带损害评估、修复和可持续管理。

### 3.3 陆海统筹、天人合一地划分地区性海域及海岸带有助于揭示规律和持续管理

为更好地认识海岸带规律,支持可持续发展,提出两点探讨性建议。一是依据生物气候带、地区性海域和经济发展状况,建议划分区域性海岸及海域,厘定不同区域海岸带生态环境问题及其需解决的优先度。二是陆海统筹,根据河口海岸地貌、径流与潮汐、水沙及盐度梯度、化学物质浓度、生物种类及分布、沉积动力、生物地球化学过程,以及人类经济活动范围和强度等特性及差异,建议将海岸带划分成三个带(区)。(1)特征性核心带(最强陆-海冲击带),从高潮线沿岸陆地、潮间带到水下岸坡(平均低潮线以下的浅水部分或6米等深线内的滨海湿地);该区受径流、潮汐和人类活动与气候变化作用最强烈,是最典型的陆海过渡区。(2)相邻带(较强陆-海冲击带),从高潮线向陆侧延伸3—10 km,从低潮线向海延伸至15—20 m等深线;该区受陆或海的冲击较强烈,人类活动频繁(例如生活、养殖),陆域多有湿地、盐碱地及耐盐植物分布,经常受海风、风暴潮等影响;海域泥沙、淡水、盐度、污染物梯度明显,多有特色海洋生物栖身。(3)外围带(弱陆-海冲击带),从陆侧相邻带延伸至滨海平原50 km或更远的低洼地,从海测相邻带等深线延伸至50 km等深线或更远的200海里经济专属区;该区陆域及河流可受咸潮、海水入侵等影响;海域的物理、化学及生物学上明显不同于前2区,但还有较多的人类活动(例如捕捞、离岸活动、经济开发),可受陆源泥沙和污染物影响或受外海输入显著影响。需要指出的是初次提出的这种划分需要进一步研究明确其地学、生物学指标及边界。相信海岸带的分区、分带,将有益于陆海统筹,明



确重点, 强化人类活动与气候变化双重影响下流域—河口/海岸/三角洲—近海、流域—河口/海岸—海湾/海岛—近海、海岸—海湾—近海、海岛海岸—近海等不同时空尺度的海岸带关联研究。

### 3.4 认识海岸带规律和服务可持续发展需要多学科多层次研究、区域合作和国际交流

海岸带作为海—陆—天—生—人相互联系和相互作用的一个多圈层整体系统加以研究, 是海岸科学研究的前沿领域。研究这样一个动态而复杂的自然海岸系统及其变化和对可持续性的影响, 需要以问题导向和政策相关的自然科学与社会科学等多学科的综合和交叉, 需要科学、技术与管理的融合, 由此带动海岸科学研究、技术发展和综合管理。同时, 需要不同层次水平的未来地球海岸带利益相关者参与, 科学需要他们的信息, 他们的认知也需要科学的支持。海岸带是地球表层系统的人类生存与繁衍的关键带, 也是我国生态文明建设和可持续发展的经济支柱区。建议组建未来地球海岸国际计划中国委员会, 加强与国际未来地球海岸计划的联络, 促进区域间合作和国际性交流, 开拓新的科学探索视野; 通过联合设计、合作生产、共同传播, 创新科技, 创新知识, 优化政策和有效监管; 进一步推动我国海岸带研究与海岸科学技术发展, 维护或营造更具活力、更能恢复、更好服务、安全健康的海岸带社会-生态系统, 更有力地支持沿海乃至全国的可持续发展。

### 参考文献

- 徐胜. 我国战略性海洋新兴产业发展阶段及基本思路初探. 海洋经济, 2011, (1): 6-11.
- Doney SC. The growing human footprint on coastal and open-ocean biogeochemistry. *Science*, 2010, 328(5985): 1512-1516.
- Wu T, Hou X Y, Xu X L. Spatio-temporal characteristics of the mainland coastline utilization degree over the last 70 years in China. *Ocean & Coastal Management*, 2014, 98: 150-157.
- 国家海洋局. 中国海洋发展报告. 北京: 海洋出版社, 2011.
- Cao W Z, Wong M H. Current status of coastal zone issues and management in China: a review. *Environment International*, 2007, 33(7): 985-992.
- 庄振业, 刘冬雁, 杨鸣, 等. 莱州湾沿岸平原海水入侵灾害的发展进程. 中国海洋大学学报, 1999, 29(1): 141-147.
- 孙晓明, 徐建国, 施佩歆, 等. 环渤海地区海(咸)水入侵特征与防治对策. 地质调查与研究, 2006, 29(3): 203-211.
- 孙云飞. 我国海洋溢油灾害应急管理机制研究. 青岛, 中国海洋大学, 2014.
- 国家海洋局北海分局. 2011年北海区海洋环境公报. 2012.
- Anderson TR, Fletcher CH, Barbee MM, et al. Doubling of coastal erosion under rising sea level by mid-century in Hawaii. *Natural Hazards*, 2015, 78(1):75-103.
- 国家海洋局. 2014年中国海洋环境状况公报. 2015.[http://www.soa.gov.cn/zwgk/hygb/zghyhjzlg/201503/t20150311\\_36286.html](http://www.soa.gov.cn/zwgk/hygb/zghyhjzlg/201503/t20150311_36286.html)
- 周倩, 章海波, 李远, 等. 海岸环境中微塑料污染及其生态效应研究进展. 科学通报, 2015, 60(33): 3210-3220.
- 中国外来入侵物种数据库. [2016-5-3]. <http://www.chinaias.cn>
- 张波, 吴强, 金显仕. 1959—2011年莱州湾渔业资源群落食物网结构的变化. 中国水产科学, 2015, 22(2): 278-287.
- 张红振, 曹东, 於方, 等. 环境损害评估: 国际制度及对中国的启示. 环境科学, 2013, 34(5):1653-1666.
- LOICZ IPO. The 25nd SSC Meeting Briefing Material. Geestacht, Germany, 2014.
- Cummins V, Burkett V, Forbes D, et al. Consultation document signalling new horizons for Future Earth Coasts. August, 2014.
- 中国海洋学会编著. 中国海洋学学科史. 北京: 中国科学技术出版社, 2015.

# Sustainability Associated Coastal Eco-environmental Problems and Coastal Science Development in China

Luo Yongming

( Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, China )

**Abstract** Coastal zone is a land-sea transitional area with the strongest land-ocean interaction, a complex and dynamic natural earth surface system, and also a spatial unit heavily impacted by both intensive human activities and global climate change. This paper analyzed the ten ecological environmental problems which affect the sustainable development of coastal zone in China, reviewed the international developments and trends of coastal science based on the Land-Ocean Interaction in the Coastal Zone (LOICZ) and the Future Earth Coast (FEC), and also sketched the progresses and gaps in China. Furthermore, the general research ideas, objectives, and contents of coastal science and sustainable development were discussed in relation to the above-mentioned coastal problems. It was emphasized that the research on coastal land-ocean interaction and sustainable development under influences of human activities and global climate changes extends far beyond traditional geography and oceanography. A “three-zone” conception was put forward for discussion in light of natural and social characteristics in the coastal zones, namely featured core (the strongest land-ocean interaction) zone, adjacent (stronger land-ocean interaction) zone, and peripheral (weak land-ocean interaction) zone. Finally this paper pointed out that coastal science is a comprehensive and across discipline studying the natural attributes and functions, land-ocean interaction, and sustainable development in the coastal zones, and is an irreplaceable featured subject that is greatly helpful for understanding coastal zone regularity and supporting coastal sustainable development.

**Keywords** coastal zone (CZ), land-ocean interaction (LCI), future earth coast (FEC), coastal science, ecological and environmental problems, sustainable development

**骆永明** 中科院烟台海岸带所研究员、常务副所长, 博士, 中科院海岸带环境过程与生态修复重点实验室主任; 国家杰出青年科学基金获得者, 科技部第四届“973”计划资源环境领域咨询组成员, “973” “863”计划项目首席科学家; 中国土壤学会常务理事, 中国海洋学会常务理事, 中国海洋工程咨询协会常务理事、海岸科学与工程分会会长, 国际未来地球海岸计划东亚区域中心主任。主要研究海岸带环境过程、风险评估与生态修复和土壤污染与修复。发表SCI论文180余篇, 出版著作15部。E-mail: ymluo@yic.ac.cn

**Luo Yongming** The executive deputy director of Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences (YIC-CAS) and the director of the CAS Key Laboratory of Coastal Environmental Processes and Ecological Remediation. He was awarded as “National Outstanding Young Scientist” by NSFC (2001) appointed as the chief scientists of the “973” Program (2002) and “863” Program (2012) by Ministry of Science and Technology of China (MOST) and also as the expert group member (the 4th session) of the “973” Program by MOST in the field of Resource and Environment. He serves as the executive member of Soil Science Society of China, Oceanography Society of China, and also China Association of Oceanic Engineering (CAOE), and chairman of Coastal Science and Engineering Branch, CAOE, and director of East Asia Node, Future Earth Coast (FEC). His research fields mainly focus on coastal environmental processes, risk assessment and ecological remediation, and soil pollution and remediation. He has published (co-)authored 15 books and more than 180 papers in the international journals. E-mail: ymluo@yic.ac.cn