

国际海岸线变化研究进展综述 ——基于文献计量学方法

张玉新^{1 2 3 4}, 侯西勇^{1 3 4*}

(1. 中国科学院烟台海岸带研究所, 山东 烟台 264003; 2. 中国科学院大学, 北京 100049;
3. 中国科学院海岸带环境过程与生态修复重点实验室, 山东 烟台 264003;
4. 中国科学院海洋大科学研究中心, 山东 青岛 266071)

摘要: 以 SCIE 数据库为基础, 基于 1 024 篇文献和 VOSviewer(Visualization of Similarities Viewer) 文献网络分析软件, 运用文献计量学方法分析 1970 年以来国际海岸线变化研究的发展特征, 并结合文献综述方法, 归纳海岸线变化研究主要涉及的科学问题及研究热点。研究表明: 近 50 年来, 国际上海岸线变化研究文献发文量整体呈上升趋势, 主要涉及地球科学、环境科学和自然地理等学科, 《Journal of Coastal Research》是此主题最主要的发文期刊; 美国及其国内的地质调查局、杜克大学和佛罗里达大学一直引领该领域的研究及其发展, 并形成以其为核心的主要合作集群; 岸线侵蚀一直是该领域研究的重点问题, 遥感和 GIS 逐渐发展为岸线变化研究的主要手段, 海岸线变化的驱动力分析及模拟预测、岸线变化的自然与社会效应以及海岸带综合管理研究成为近年来的研究热点; 中国在该领域的研究起步较晚, 但发展迅速。本研究对促进我国海岸线变化研究的发展及海岸带综合管理实践有较好的参考和借鉴作用。

关键词: 海岸带资源及其开发; 海岸线变化; 文献计量; VOSviewer; SCIE; 发展趋势; 网络分析

DOI: 10. 3969/J. ISSN. 2095-4972. 2020. 02. 018

中图分类号: P748

文献标识码: A

文章编号: 2095-4972(2020) 02-0289-13

海岸带地处陆海交界处, 受陆、海、空多重自然及人类过程影响, 既是地球表层复杂、动态的自然系统, 也是高强度人类活动影响下的空间单元, 是具有独特陆、海属性的动态而复杂的自然体系^[1-2]。海岸线被国际地理数据委员会(International Geographic Data Committee) 认定为 27 个地表要素之一^[3], 能有效表征海岸带生态系统演变过程, 同时也是海岸带地区经济发展活动的重要标识^[4-8]; 研究海岸线的时空变化特征, 对认识海岸带生态环境过程、演变机制、海岸带综合管理与可持续发展等具有重要的意义^[9-12]。

文献计量是一种基于数理统计的分析方法^[13-14], 主要基于文献的外部特征, 从文献的分布结构、数量关系、变化规律等角度进行分析, 从而探

讨某科学领域的发展历程和规律, 具有客观、量化和易于比较的特点。Gao 等(2018) 运用文献计量学方法分析了 1995—2016 年间有关海岸带洪水的常用研究方法及发展趋势^[15]; Hu 等(2013) 基于 Web of Science, 运用文献计量的方法, 对 1992—2011 年全球饮用水的研究活动和趋势进行了深入分析^[16]; 钟赛香等(2015) 基于社会科学引文索引(Social Sciences Citation Index, SSCI) 数据库, 运用文献计量学方法研究了百年国际人文地理学的发展特点与规律^[17]。

本研究从文献计量学的角度对 1970 年以来科学引文索引扩展版(Science Citation Index Expanded, SCIE) 数据库中收录的有关海岸线变化的文献进行分析, 并综述重点文献内容, 以期发现国际海岸

收稿日期: 2019-03-10

基金项目: 中国科学院 A 类战略性先导科技专项资助项目(XDA19060205); 中国科学院烟台海岸带研究所前沿部署项目资助项目(YICY755011031); 国家自然科学基金国际合作项目资助项目(31461143032)

作者简介: 张玉新(1993—), 男, 博士研究生; E-mail: yxzhang@yic.ac.cn

* 通讯作者: 侯西勇(1975—), 男, 博士, 研究员; E-mail: xyhou@yic.ac.cn

线变化研究的发展历程和趋势,了解主要的研究团队、国家和学术机构信息以及该领域主要的研究方法和涉及的热点问题等,为国内海岸线变化相关问题的研究及海岸带综合管理实践提供参考。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

数据来源于科学信息研究所(Institute for Scientific Information, ISI)的 SCIE 数据库,该数据库全面收录了国际上较高水平的科研论文,是文献计量最可靠的数据来源^[18]。在 Web of Science 中以主题“shoreline change”或者“coastline change”或者“shoreline erosion”或者“coastline erosion”或者“shoreline expansion”或者“coastline expansion”和检索时间 1970 年 1 月 1 日至 2018 年 11 月 16 日进行检索,共得到有效文献 1 024 篇,将其全纪录与参考文献信息全部导出。

1.2 研究方法

以海岸线变化相关文献信息为数据基础,利用 Excel 进行统计分析,并基于 VOSviewer(Visualization of Similarities Viewer)软件完成相关矩阵的运

算,实现对作者、国家、机构以及关键词的合作与共现网络分析以及科学知识图谱的可视化^[19]。在此基础上,通过文献综述方法,分析海岸线变化研究主要涉及的科学问题和研究热点。

K-core(K 核)分析是网络聚类分析中的常用方法,可有效表征个体间的相似性及聚类关系。在 VOSviewer 中给出的核函数为高斯核函数,基于 K 核进行网络分析,表达式为 $K(t) = \exp(-t^2)$,K 值越大,团体合作越密切、节点越大,表示与其合作数量越多,节点之间的连线宽度越大,则表明两者之间的联系越多^[20]。

2 海岸线变化研究发展特征

2.1 学科领域及出版物分析

2.1.1 学科领域 按 Web of Science 中学科类别分,近 50 年来,海岸线变化研究共涉学科 64 个,其中发文量超过 30 篇的有 12 个学科(表 1)。海岸线变化研究在地球科学、环境科学和自然地理学方面发展较早,且占比最多,遥感技术、大气科学、生态学以及生物多样性保护学科自 21 世纪逐渐出现,在 2010 年之后增长较快。

表 1 发文量超过 30 篇的所涉学科统计结果

Tab.1 Statistics on the subjects with more than 30 paper publications

编号	学科领域	总记录数量/篇	编号	学科领域	总记录数量/篇
1	地球科学	566	7	海洋生物学	84
2	环境科学	469	8	海洋工程学	78
3	自然地理学	409	9	遥感科学/技术	52
4	海洋学	149	10	气象大气科学	43
5	水资源学	139	11	生态学	31
6	土木工程	86	12	生物多样性保护	30

注:有些文献涉及多学科,故表中记录数之和超过 1 024 篇。

2.1.2 出版物领域 共有 226 种出版物发表过海岸线变化相关的文章,发表 5 篇以下的有 193 种(占比 85.40%),10 篇以上的有 13 种(表 2)。其中,《Journal of Coastal Research》发文量最多,占近 30%,虽然只是 4 区(中国科学院分区,下同)期刊,

但作为岸线变化文章的主阵地,篇均被引频次已经超过了 20。13 种出版物中,仅一种 1 区期刊,发文量也仅有 15 篇。篇均被引频次最高的是《Marine Geology》,达 35.66,为 2 区期刊。

表 2 发文量超过 10 篇的期刊信息统计

Tab.2 Statistics on journals with more than 10 paper publications

来源出版物	文章数量/篇	占比/%	均篇被引频次	中科院分区	5 a 影响因子
《Journal of Coastal Research》	302	29.49	20.82	4	1.064
《Geomorphology》	50	4.88	20.58	2	3.851
《Marine Geology》	38	3.71	35.66	2	3.141
《Coastal Engineering》	35	3.42	21.86	2	3.139

续表 2

来源出版物	文章数量/篇	占比/%	均篇被引频次	中科院分区	5 a 影响因子
《Ocean & Coastal Management》	29	2.83	11.10	4	2.349
《Journal of Coastal Conservation》	24	2.34	5.92	4	1.214
《Journal of Geophysical Research Earth: Earth Surface》	16	1.56	19.38	2	4.118
《Natural Hazards》	16	1.56	6.76	4	2.276
《Geophysical Research Letters》	15	1.47	25.67	1	4.692
《Estuarine Coastal and Shelf Science》	14	1.37	26.64	3	2.732
《Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering》	14	1.37	10.64	4	1.605
《Estuaries and Coasts》	13	1.27	9.00	3	2.651
《Remote Sensing》	11	1.07	7.00	2	3.952

2.2 成长趋势分析

2.2.1 发文量分析 近 50 年来文献数量整体呈指数上升趋势,如图 1 所示。大致分为 3 个阶段:20 世纪以前为萌芽及缓慢发展阶段,年发文量少于 20 篇,合计发文 140 篇,占比 14%,研究以探讨海岸线演变过程及机理为多;2000—2010 年为发展阶段,发文量小幅波动上升,合计发文 236 篇,占比 23%,海岸线变化与海平面上升、泥沙运输及海岸水动力系统的关系研究逐渐增加,岸线模拟预测与海岸带综合管理研究开始发展;2011 年以来进入快速增长阶段,发文量暴增,合计发文 648 篇,占比 63%,海岸线变化的驱动力及模拟预测研究、岸线变化的自然与社会效应以及海岸带综合管理研究成为研究的热点。

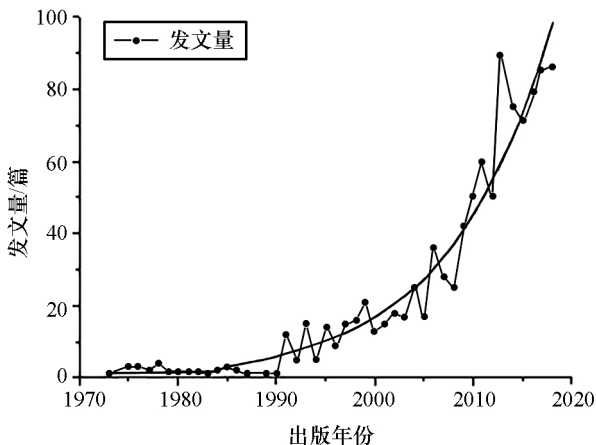


图 1 1970—2018 年文献发表数量

Fig. 1 Number of papers published from 1970 to 2018

2.2.2 主要特征值分析 以每 10 a 为统计时段,国际海岸线变化研究文献成长趋势的主要特征值(表 3)表现为:发文量逐渐加速增长;平均作者数量

逐渐增加,由开始的 2.14 人/篇增长到现在 3.95 人/篇;平均被引频次在 2000 年以前一直是上升态势,但 2000 年之后发表文献的平均被引频次仍未超过 20 世纪 90 年代的文章;文章的平均页码数从 20 世纪 70 年代到 80 年代有较大的跨越,之后则趋于相对稳定,平均在 11~12 页左右;高引指数自 1990 年以来有剧烈的上涨趋势,2000—2009 年期间最高,达 48。

2.3 关键词共现分析

基于 VOSviewer 对所有关键词进行共现分析,并对原始数据中各阶段出现次数排名前 50 位的关键词进行归并处理,归并原则是:意义相同者归并,单复数形式进行归并,英文缩写与全称合并,书写格式统一等,归并后再次进行统计(表 4)。

2.3.1 总体分析 3 个发展阶段出现 5 次及以上的高频词占比逐渐增加,但均小于 10%,这种“高频词占比低,低频词占比高”的频次与排序分布规律是一种普遍的现象^[21]。而本研究中海频词占比逐渐增加的现象说明:海岸线变化这一主题研究的热点相对集中,但研究热点有发散的趋势。

海岸线侵蚀尤其是砂质岸线侵蚀一直是备受关注的研究重点,同时,可以明显看出岸线变化所涉及科学问题及监测手段的变化与进步。例如:2000 年前与 2010—2018 年两阶段相比,海平面上升和气候变化的共现次数由 61 次和 8 次,分别发展到 1 411 次和 837 次,“管理”一词也由 29 次增加到 433 次,同时,“人工育滩”一词更是由 0 次发展到 153 次;2000 年以前岸线变化监测的手段主要是航空摄影测量技术和依托历史地图资料,但进入 21 世纪,机载雷达、遥感和 GIS 逐渐成为主要的监测手段。

表3 1970—2018年岸线变化研究文献的主要特征值

Tab.3 Main indicators of research papers on the shoreline changes from 1970 to 2018

年份	发文量/篇	作者数目/个	平均作者数目/个	被引频次	平均被引频次	文献页数/页	平均页码数/页	高引指数
1970—1979年	14	30	2.14	178	12.71	76	5.43	5
1980—1989年	13	32	2.46	208	16	180	13.85	5
1990—1999年	113	300	2.65	4 381	38.77	1 419	12.56	36
2000—2009年	236	728	3.08	6 773	28.70	2 722	11.53	48
2010—2018年	648	2 559	3.95	5 567	11.67	7 508	11.59	34

注:2010—2018年的高引指数只计算到2016年。

表4 1970—2018年各阶段关键词统计信息表

Tab.4 Statistics of key words at each stage from 1970 to 2018

1970—1999年			2000—2009年			2010—2018年		
关键词	频次	共现频次	关键词	频次	共现频次	关键词	频次	共现频次
erosion	35	224	shoreline change	84	283	shoreline change	294	1 961
shoreline change	21	142	erosion	78	342	erosion	242	1 762
beach erosion	16	120	beach erosion	37	213	sea level rise	178	1 411
coast	12	82	sediment transport	32	186	climate change	111	837
sediment transport	11	54	evolution	24	152	beach erosion	79	564
sedimentation	8	56	airborne topographic lidar	18	137	evolution	71	575
aerial photography	7	41	USA	16	123	sediment transport	70	513
sea level rise	6	61	sea level rise	15	81	impact	63	506
Louisiana	5	39	model	13	81	coastal management	62	433
equilibrium	4	54	position prediction	13	80	model	54	383
evolution	4	43	beach nourishment	12	39	variability	42	289
subsidence	4	29	coastal management	12	60	gis	35	213
accretion	3	14	coast	11	64	accretion	33	221
bruun rule	3	35	El Nino	11	72	coast	32	252
dune	3	27	remote sensing	10	44	remote sensing	31	212
storm surge	3	19	North Carolina	9	73	vulnerability	31	216
model	3	26	variability	8	59	USA	29	255
New York	3	36	climate change	8	33	island	29	204
pattern	3	11	accretion	7	42	dynamics	28	225
plain	3	27	gis	7	19	morphology	28	220

2.3.2 国家与地区关注度分析 在3个发展阶段关键词总排名中,统计出现频次排名前100关键词

中的国家与地区的出现次数,在20世纪仅有3个国家,分别是美国(97次)、澳大利亚(26次)和孟加拉

国(12次);2000—2009年间共6个国家,分别是美国(360次)、墨西哥(68次)、中国(37次)、埃及(33次)、澳大利亚(31次)、加拿大(23次);2010—2018年间共5个国家,分别是美国(723次)、新加坡(189次)、墨西哥(140次)、印度(134次)、中国(129次)。可见,美国一直是研究的热点区域,但近年来亚洲地区的几个国家也逐渐成为研究的焦点。就区域而言,美国的路易斯安那州、佛罗里达州、北卡罗来纳州、加利福尼亚州、夏威夷等,以及墨西哥湾、尼罗河三角洲、长江三角洲、黄河三角洲、江苏省和上海市等都是岸线变化研究的热点区域。

2.4 国家与机构分析

2.4.1 国家发文量分析 1 024 篇文献所涉国家共 72 个,其中发文量不足 5 篇的国家有 38 个(占比 52.78%)。表 5 显示的是发文量超过 20 篇的 15 个

国家在各个阶段的发文情况。美国、加拿大和日本是最早开始研究岸线变化问题的国家,其中,美国自 20 世纪 90 年代就进入了快速发展态势,而加拿大和日本一直到 2010 年发展速度才开始有所加快;澳大利亚、英国、印度、西班牙、德国、荷兰和新西兰是从 20 世纪 90 年代才逐渐开始发展,其中,澳大利亚、英国和印度的发展速度较快;中国、法国、韩国、巴西和土耳其则是到了 21 世纪才逐渐出现在国际舞台,其中,中、法两国虽起步较晚,但发展速度较快,目前已经跻身世界前列。

就各国的被引频次来看,澳大利亚的均篇被引频次最高,荷兰、美国和新西兰也均超过 20 次/篇,中国的均篇被引频次为 8.34,相对较低,说明中国在岸线变化方面研究的国际影响力还较弱。

表 5 发文量前 15 名的国家发文信息统计结果

Tab. 5 TOP 15 most productive countries for their paper publications

国家/地区	发文量/篇						被引频次	均篇被引频次
	1970—1979 年	1980—1989 年	1990—1999 年	2000—2009 年	2010—2018 年	总发文量		
美国	11	8	88	126	240	473	10 453	22.10
澳大利亚	0	0	4	17	44	65	1 633	25.12
英国	0	0	4	20	40	64	996	15.56
印度	0	0	2	8	52	62	649	10.47
中国	0	0	0	4	58	62	517	8.34
法国	0	0	0	7	44	51	579	11.35
加拿大	3	1	6	8	24	42	317	7.55
西班牙	0	0	2	5	24	31	277	8.94
韩国	0	0	0	3	23	26	73	2.81
德国	0	0	1	4	20	25	291	11.64
荷兰	0	0	1	5	19	25	595	23.80
土耳其	0	0	0	6	18	25	284	11.36
巴西	0	0	0	12	12	24	193	8.04
日本	0	1	1	2	18	22	160	7.27
新西兰	0	0	3	9	9	21	449	21.38

2.4.2 机构发文量分析 1 024 篇文献的作者出自机构共 977 个,其中发文量不足 5 篇的有 902 个(占比 92.32%)。表 6 显示的是发文量排名前 10 位的机构,英国、中国和澳大利亚各占 1 个,美国有 7 个,其中美国地质调查局以绝对优势排名第一。就文献

的均篇被引频次看,澳大利亚的新南威尔士大学最高,达 46.07 次/篇,俄勒冈州立大学、路易斯安那州立大学和美国地质调查局均超过了 30 次/篇,而中国的中国科学院仅为 9.93 次/篇,在 10 所机构中是最低的。

表 6 发文量前 10 名的机构发文信息统计结果

Tab. 6 TOP 10 most productive organizations for their paper publications

机构	发文量/篇	被引频次	均篇被引频次	所属国家	机构	发文量/篇	被引频次	均篇被引频次	所属国家
美国地质调查局	74	2 332	31.51	美国	俄勒冈州立大学	18	672	37.33	美国
杜克大学	27	527	19.52	美国	中国科学院	15	149	9.93	中国
北卡罗莱纳大学	23	348	15.13	美国	得克萨斯大学	15	445	29.67	美国
普利茅斯大学	20	471	23.55	英国	新南威尔士大学	15	691	46.07	澳大利亚
佛罗里达州立大学	19	418	22.00	美国	路易斯安那州立大学	14	522	37.29	美国

2.4.3 国家合作分析 对所涉 72 个国家进行合作网络分析(图 2),其中有 62 个与其他国家存在合作关系,形成了以美国、澳大利亚和英国为主要核心的合作群,其 K 值较大,合作关系最为密切。同时,荷

兰、加拿大、德国、中国和法国的合作强度也较强。合作最为密切的几个国家群基本是在 2010 年前后开始形成并发展的,而中国和法国则是在最近几年才逐渐扩大与国际的交流合作。

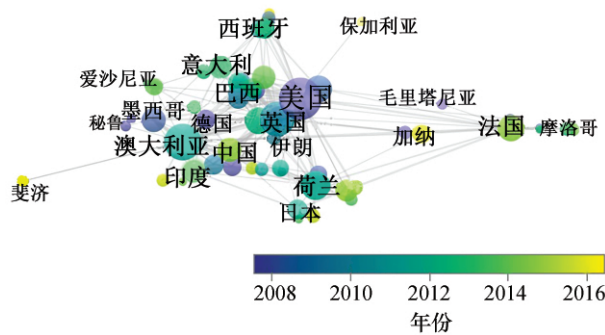


图 2 国家合作网络可视化图谱

Fig. 2 Visualization of national cooperative network

图中国家名称的字号越大表示合作关系越密度。

2.4.4 机构合作分析 对所涉 977 个机构进行合作网络分析(图 3),其中有 546 个是与其他机构存在合作关系的,形成了以美国地质调查局、杜克大学、佛罗里达州立大学及澳大利亚的詹姆斯库克大学为

主要核心的合作群,其 K 值较大,合作关系最为密切。中国的中国科学院、同济大学及河海大学在国际上也有较强的合作。

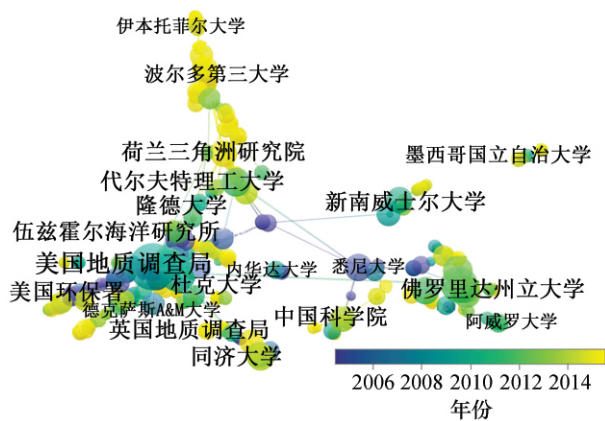


图 3 机构合作网络可视化图谱

Fig. 3 Visualization of institution cooperative network

图中机构名称的字号越大表示合作关系越密切。

3 涉及的主要科学问题和研究热点

国际上自 20 世纪 70 年代开始对海岸线变化进行研究,基于上述对该主题文献的学科领域、发文章量、关键词等信息的分析,总结当前国际海岸线变化的主要科学问题,包括:海岸线时空变化及其驱动力研究;海岸线变化的自然与社会因素效应研究;岸线变化背景下的海岸带综合管理研究。

3.1 海岸线时空变化及其驱动力

3.1.1 海岸线时空变化 海岸线变化特征包括岸线长度消长、形态演化、位置变迁、利用类型转移、岸线所围陆海空间更替等,另外,通过各种指数定量计算海岸线形态稳定性、开发强度、分形特征等研究也越来越多。总结当前研究,主要分为定性和定量两种分析方法。定性分析主要是通过地图叠加以认知岸线的位置、形态变化,主观性较强,精度较低;定量分析则是通过具体的数值统计量,例如面积、岸线变化速率等来定量描述岸线的时空变化特征。例如:徐进勇等(2013)从岸线开发强度和分形维数两方面分析了中国北方三省一市的岸线时空变化特征^[22];张云等(2015)提出岸线稳定性概念,通过计算岸线向海推进或向陆后退的水平距离构建岸线稳定性指数模型,分析了 1990 年以来中国大陆岸线的稳定性特征^[23];Thomas 等(2016)利用 DSAS 系统,计算了巴布亚新几内亚的塔库环礁岸线的端点速率、加权线性回归速率,并结合一次暴风雨事件,对海岛岸线位置、类型、海岛面积等进行了时空变化分析^[24]。

3.1.2 海岸线变化驱动力 该研究从气候变化和人类活动两方面进行海岸线变化的驱动力分析。

①气候变化。全球或区域性的气候变化是驱动海岸线发生变化最主要的自然因素,包括海平面上升速度加快^[25]、海洋温度增加^[26]、季风洋流模式变化^[27]、降水改变及随后河流沉积物运移变化^[28]、近岸波浪系统及风暴潮变化^[29]等均可使海岸线形态位置发生变化,其中,近岸波浪系统变化和海平面加速上升与海岸线变化的作用—响应关系较为密切,且研究最多。

近岸波浪系统方向和高度的改变可对岸线的形态和位置产生较大的影响^[30],Ruiz 等(2010)利用典型相关分析(CCA)方法,建立了波浪系统与岸线位置的作用—响应关系,确定了波浪条件与岸线位置的行为模式^[31];Murray 等(2018)通过将观测(或预测)的气候变化降级为局部的近岸波浪系统变化,再降级为相关的海岸线变化,以此研究了波浪系统与岸线变化间的关系^[32]。可见,对历史波浪数据的建模分析,是

研究波浪系统与海岸线作用—响应关系的常用方法,然而,受气候变化影响,未来波浪系统将发生重大变化,因此,研究中在利用波浪系统演化模型对海岸线进行预测时还要考虑未来波浪系统的态势,Gopikrishna 等(2017)和 Rajasree 等(2016)分别基于过去和未来 25 a 和 35 a 波浪模拟数据,建立海岸线数值模型,确定了未来海岸线发展趋势^[33-34]。

海平面上升将直接导致土地的永久性消失,是全球海岸线侵蚀的重要影响因素^[35]。就目前的研究来看,海平面上升只会加剧岸线的侵蚀,而绝非主导因素^[30,36-38],例如:Zhang 等(2018)在研究黄河三角洲 1976—2016 年间岸线时空变化特征时指出,相对海平面上升造成岸线后退约 8.5 m/a,占总侵蚀速率的 32% 左右^[39];Houston(2017)在研究佛罗里达西部海岸线时空变化时指出,海平面上升导致的岸线变化幅度所占比例不足 20%^[40];另外,也有研究指出,海平面上升的影响在未来将会超过其他因素,成为导致岸线侵蚀的主要自然因素,Yoshida 等(2013)在研究日本 5 个海滩的岸线变化时指出,到 2100 年,海平面上升对海滩侵蚀的影响要比波浪高度变化和地面沉降的影响大得多^[41];Figueiredo 等(2018)在研究巴西里约热内卢某海滩岸线变化时指出,在 2100 年较高预测海平面上升速率下,海平面上升影响将超过泥沙亏缺,成为决定海岸线后退的主要原因^[42]。

②人类活动。人类活动对海岸线位置、形态及类型均有显著的影响,这些影响要远大于自然因素,且造成的后果往往是不可逆的。围海养殖、围垦湿地、港口码头建设和丁坝突堤建设等人工围填海是海岸线极速扩张的主要原因;另外,在入海河流的中上游建造蓄水大坝、引水灌溉、水土保持以及人为改道等人类活动则是河口海岸线急剧后退的主要原因。

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^[43],人地矛盾日益突出,大规模的围填海活动是解决这一问题的有效途径之一,然而,围填海活动严重改变海岸线位置、形态及类型,造成原位环境被彻底代替的同时,生态环境受损恶化,社会发展遭受威胁。例如:中国是近年来围填海活动十分活跃的国家,Hou 等(2016)研究指出,自 20 世纪 40 年代初以来,中国大陆岸线超过 68% 表现为向海扩张,陆地面积净增加近 1.42 万 km²,自然岸线保有率从 20 世纪 40 年代的 81.70% 下降至 2014 年的 32.92%,人类围填海是主要的原因;马田田等(2015)量化评估了中国围填海活动对滨海湿地

的影响,指出大规模围填海活动导致滨海湿地持续减损,湿地生物栖息地的丧失和滨海湿地生态系统功能的退化,严重削弱了滨海地区可持续发展的资源基础^[44]。

自上世纪中期以后,世界范围内大规模蓄水大坝被兴建,河流径流与输沙量径直下降,Sills等(2017)指出,在过去的半个多世纪中,全球蓄水池覆盖面积达26万km²,其中,蓄水大坝共拦截沉积物可能达1000亿t,约占全球总流量的30%,严重威胁了海滩发育并加剧了岸线侵蚀^[45]。研究中也多有证明,入海泥沙数量与岸线位置间有很强的相关性^[42,46],例如:20世纪初尼罗河的入海泥沙量达 $1.2 \times 10^8 \sim 1.4 \times 10^8$ t/a,然而,由于中上游大规模建设水坝,将90%以上的河流泥沙拦截在了水库里^[47],导致主要入海河口处岸线出现了高达106m/a的蚀退速率^[48];2002年以后黄河入海沙量较20世纪50年代,减少了20多倍,导致黄河口岸线的急剧侵蚀^[49]。

3.2 海岸线变化的自然与社会效应

3.2.1 近海岸自然资源对岸线变化的响应 受高强度围填海及入海泥沙骤减等影响,近海岸湿地资源减少^[50-52]。此外,地球上约有60%的生态系统正在退化,或处于不可持续利用的状态^[53-54],其中,滨海湿地损失退化尤为严重,主要表现为生物岸线和湿地岸线减少明显。自然岸线资源减少,自然岸线保有率逐年下降和砂质岸线侵蚀加剧是岸线资源受损的主要体现^[47,49,55]。近海生物资源减少,岸线后退与固化背景下,近海水质和底泥环境污染,水生、底栖生物生存空间及生存条件巨变,导致生物栖息地损失、底栖环境恶化、鱼类产卵场、索饵场、越冬场和洄游通道(即“三场一通道”)受损^[56-58]。

3.2.2 近海岸自然环境对岸线变化的响应 海岸线变化往往伴随近海岸水动力及沉积环境改变,此外,原位冲淤环境、潮汐运动、流场结构、纳潮量等均可随岸线的变化而发生改变^[59-61]。近海岸水质与底泥环境恶化,围填海工程降低了近海水交换能力和污染自净能力,同时,陆源污染物入海量增加,多重作用下,导致近岸水质与底泥环境污染并持续恶化^[62],另外,岸线变化背景下,近海岸微塑料、重金属、溢油、低氧和酸化等污染问题研究逐渐增加^[63-64]。近海岸自然景观环境受损,粗放的海岸带开发与利用在改变海岸线位置形态的同时,往往会导致高生态级别景观转为低生态级别以及景观破碎度的增加和优势度的下降,此外,还会伴随出现景观生境质量指数减少,生境质量下降,景观多样性改

变,滨海景观连通性降低等若干问题^[65-66]。

3.2.3 近海岸生态系统对岸线变化的响应 生物多样性与群落结构改变:由于人类与气候因素影响,近岸水动力环境、底泥沉积物特性、潮滩高程、近海水质等条件的改变均对近岸生物多样性与生物群落结构造成很大的负面影响^[67-69],例如,受湿地围垦的影响,植物群落会发生由滩涂植被群落到陆生灌草群落再到由乔木组成的复杂植被群落的演变历程,动植物优势种发生演替,生物多样性也会不断变化,如果围垦后土地发展为不透水的建设用地,原位的自然生境演替被彻底阻断,原有生态系统则会随之消失。生态系统服务功能衰退、服务价值降低:红树林、珊瑚礁、滨海湿地等具有固碳、净化空气、固岸护堤、削减波浪、防风减灾、旅游等生态服务功能^[70-71]。然而,越来越多的研究表明,随着生物岸线的侵蚀与人工化,这些生态服务功能均受损严重,生态服务价值不断降低^[72-74]。

3.2.4 近海岸社会经济对海岸线变化的响应 海岸线在自然与人工两大因素的共同驱动下,一方面表现出自然岸线的侵蚀与受损,另一方面则表现出人工岸线的迅速扩张,这均对近海岸社会经济产生了显著影响:海岸线变化导致或伴随出现的环境污染恶化,生态系统破碎与衰退,使海岸带生态安全问题日益突出,居民生活质量下降^[75-77]。岸线侵蚀,土地资源流失,土地质量下降,生物资源减少,导致土地承载力降低,海洋渔业、盐田产业、滨海旅游等收益下降,社会劳动力集中剩余,沿海城镇化建设与发展受阻^[78-79]。风暴潮灾害、赤潮灾害、大型藻类暴发、海水入侵与土壤盐渍化等海岸带灾害会使海岸线的位置与形态在短时间内发生强烈的变化,并严重威胁居民生命与财产安全,间接或直接造成巨大的社会经济损失^[80-82]。

3.3 海岸带综合管理

1965年旧金山湾自然保护与发展委员会成立,海岸带综合管理出现并开始发展^[83]。1992年,在联合国环境与发展大会通过的《21世纪议程》中正式提出了海岸带综合管理(Integrated Coastal Zone Management, ICZM)的概念与框架,沿海国家开始对海岸带地区及其管辖的海域进行资源与环境的综合管理^[84]。1993年,世界海岸带会议(WCC)在荷兰召开,ICZM的理论机制与政策措施被详细论述,要求在2000年之前制定并实施ICZM战略规划^[85]。世界上主要沿海国家中,美国、韩国、英国以及新西兰等国家均有专门的海岸带管理法,中国的ICZM实践始于1994年,以厦门成立海岸带综合管理实验

区为标志,此后,不断出台了多项法律及专项管理办法以不断完善海岸带的综合管理。

在全球气候变化与沿海社会经济迅速发展背景下,海岸线位置、形态与结构均发生了剧烈的变化,导致或伴随出现了各种陆海社会、经济、生态环境与管理等方面的问题,这就要求海岸带综合管理思想与方法也要不断发展完善,以适应海岸带复杂的陆海社会与自然环境。以中国为例,在海岸线剧烈变化等背景下,2016年国家海洋局印发《关于全面实施海洋生态红线制度的意见》,提出了海洋生态红线区面积、大陆自然岸线保有率、海岛自然岸线保有率、海水质量4项管控指标,以及严控开发利用活动、加强生态保护与修复、强化陆海污染联防联控3类管控措施。为保障《关于全面实施海洋生态红线制度的意见》落实,2017年国家海洋局发布《海岸线保护与利用管理办法》,2018年国务院发布《关于加强滨海湿地保护严格管控围填海的通知》,强化了海岸线保护和整治修复的措施与要求,加大了海岸线节约利用的约束力度,进一步完善了围填海总量管控,加快处理围填海历史遗留问题,“蓝色海湾”、“南红北柳”、“生态岛礁”等重大生态修复工程逐步开展。

4 结论与展望

回顾近50年来海岸线变化研究,研究内容与研究方法均有较为明显的发展,2000年之前,主要是从地质、地貌及物理等角度,探究岸线侵蚀的发生与演变机理,对于岸线变化与其他自然、社会要素之间的联系以及对于海岸带管理等方面研究还较少,另外,研究中定性分析较为普遍,定量化研究较少。到了21世纪,海岸线变化研究的内容更为具体,所涉科学问题更加全面,主要包括:海岸线时空变化及其驱动力研究、海岸线变化的自然与社会因素效应研究、岸线变化背景下的海岸带综合管理研究。研究方法也多发展为定量化的模型研究,如利用多种方法实现对波浪、泥沙、降雨、季风等数据的建模,构建

数值海岸线演变模型,实现对海岸线的模拟与预测。同时,遥感、GIS、数字海岸带分析系统(DSAS)的广泛运用,量化了岸线的位置变化特征,极大促进了该领域的科学研究。

今后一个时期该领域的研究将会围绕以下关键问题:

(1) 岸线位置形态的预测与模拟。随着人们对海岸线变化生物、物理过程了解的不断深入,越来越多的因素可以被模型化,以建立更为复杂的数值海岸线模型,但是,就目前来看,仍很少有方法可以对海岸线做出完全适应或可靠的模拟与预测。因此,波浪系统、降雨、季风以及海平面上升等因素对岸线位置、形态的影响机制,海岸线演化模型的理论框架、准确性和不确定性的量化、计算效率以及观测数据的集成等问题都将会成为今后研究的重点及难点问题。

(2) 岸线开发与利用的环境与生态风险评估。全球气候和岸线变化背景下,近海岸资源、环境、生态系统以及社会经济发展均会有不同的变化响应,基于如此不同的情景,如何更加科学准确地进行海岸带地区社会、生态风险评估也将是学者们未来关注的重点问题。

(3) 岸线变化背景下的海岸带综合管理。正是由于海岸线位置形态预测和模拟的难度以及岸线开发利用过程中蕴含的巨大风险,岸线变化成为ICZM的重要核心问题之一,因此,岸线变化背景下,海岸带地区的可持续发展与管理必将成为社会发展的新挑战。例如“多规合一”背景下,海岸带空间及功能规划的制定、海岸带法律及政策导向的及时完善、海岸带居民生活质量的保障与提高等问题将会发展为该领域新的研究热点。

(4) 海岸工程技术研发与应用。成熟稳健的海岸工程技术是保障海岸线合理开发与利用的基础,是落实海岸带综合管理的重要举措,因此,进一步完善和加强海岸工程技术的研发与应用也将是学者们关注的焦点问题。

参考文献:

- [1] 沈焕庭,朱建荣. 论我国海岸带陆海相互作用研究[J]. 海洋通报,1999,18(6): 11-17.
- [2] YU L J, HOU X Y, GAO M, et al. Assessment of coastal zone sustainable development: a case study of Yantai, China[J]. Ecological Indicators, 2010, 10(6): 1 218-1 225.
- [3] MUJABAR P S, CHANDRASEKAR N. Shoreline change analysis along the coast between Kanyakumari and Tuticorin of India using remote sensing and GIS[J]. Arabian Journal of Geosciences, 2013, 6(3): 647-664.
- [4] STHILAIREGRAVEL D, FORBES D L, BELL T. Multitemporal analysis of a gravel-dominated coastline in the central canadian arctic archipelago[J]. Journal of Coastal Research, 2012, 28(2): 421-441.
- [5] 高义,苏奋振,周成虎,等. 基于分形的中国大陆海岸线尺度效应研究[J]. 地理学报,2011,66(3): 331-339.

- [6] HOU X Y, WU T, HOU W, et al. Characteristics of coastline changes in mainland China since the early 1940s [J]. *Science China Earth Sciences*, 2016, 59: 1 791-4 802.
- [7] 毋亭, 侯西勇. 海岸线变化研究综述 [J]. *生态学报*, 2016, 36(4): 1 170-4 182.
- [8] YAN J F, SU F Z, WANG M H. The development processes and regional differentiation of both banks of the Strait of Malacca during 1980–2010 [J]. *Ocean & Coastal Management*, 2017, 139: 141-152.
- [9] ZHANG X, ZHANG Y, JI Y, et al. Shoreline change of the northern Yellow River (Huanghe) delta after the latest deltaic course shift in 1976 and its influence factors [J]. *Journal of Coastal Research*, 2016, 74: 48-58.
- [10] JOHNSON J M, MOORE L J, ELLS K, et al. Recent shifts in coastline change and shoreline stabilization linked to storm climate change [J]. *Earth Surface Processes & Landforms*, 2015, 40(5): 569-585.
- [11] 高义, 王辉, 苏奋振, 等. 中国大陆海岸线近 30 a 的时空变化分析 [J]. *海洋学报*, 2013, 35(6): 31-42.
- [12] 刘百桥, 孟伟庆, 赵建华, 等. 中国大陆 1990—2013 年海岸线资源开发利用特征变化 [J]. *自然资源学报*, 2015(12): 2 033-2 044.
- [13] 陈阳, 岳文泽, 马仁锋. 中国海岸带土地研究回顾与展望 [J]. *浙江大学学报(理学版)*, 2017, 44(4): 385-396.
- [14] NEDERHOF A J. Bibliometric monitoring of research performance in the social sciences and the humanities: a review [J]. *Scientometrics*, 2006, 66(1): 81-100.
- [15] GAO C, RUAN T. Bibliometric analysis of global research progress on coastal flooding 1995–2016 [J]. *Chinese Geographical Science*, 2018(6): 998-1 008.
- [16] FU H Z, WANG M H, HO Y S. Mapping of drinking water research: a bibliometric analysis of research output during 1992–2011 [J]. *Science of The Total Environment*, 2013, 443: 757-765.
- [17] 钟赛香, 袁甜, 苏香燕, 等. 百年 SSCI 看国际人文地理学的发展特点与规律: 基于 73 种人文地理类期刊的文献计量分析 [J]. *地理学报*, 2015, 70(4): 678-688.
- [18] PRITCHARD A. Statistical bibliography or bibliometrics [J]. *Journal of documentation*, 1969, 25(4): 348-349.
- [19] 李杰. 科学知识图谱原理及应用: VOSviewer 和 CitNetExplorer 初学者指南 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2018: 8.
- [20] 钟赛香, 曲波, 苏香燕, 等. 从《地理学报》看中国地理学研究的特点与趋势: 基于文献计量方法 [J]. *地理学报*, 2014, 69(8): 1 077-1 092.
- [21] LI T, HO Y S, LI C Y. Bibliometric analysis on global Parkinson's disease research trends during 1991–2006 [J]. *Neuroscience Letters*, 2008, 441(3): 248-252.
- [22] 徐进勇, 张增祥, 赵晓丽, 等. 2000—2012 年中国北方海岸线时空变化分析 [J]. *地理学报*, 2013, 68(5): 651-660.
- [23] 张云, 张建丽, 李雪铭, 等. 1990 年以来中国大陆海岸线稳定性研究 [J]. *地理科学*, 2015, 35(10): 1 288-1 293.
- [24] MANN T, WESTPHAL H. Multi-decadal shoreline changes on Takú Atoll, Papua New Guinea: observational evidence of early reef island recovery after the impact of storm waves [J]. *Geomorphology*, 2016, 257: 75-84.
- [25] ASHTON A D, DONNELLY J P, EVANS R L. A discussion of the potential impacts of climate change on the shorelines of the Northeastern USA [J]. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2008, 13(7): 719-743.
- [26] MANSON G K, SOLOMON S M. Past and future forcing of Beaufort Sea coastal change [J]. *Atmosphere-Ocean*, 2007, 45(2): 107-122.
- [27] SCAVIA D, FIELD J C, BOESCH D F, et al. Climate change impacts on U. S. coastal and marine ecosystems [J]. *Estuaries*, 2002, 25(2): 149-164.
- [28] DOMINGUEZ J M L, BITTENCOURT L M C S P. Climate change and episodes of severe erosion at the Jequitinhonha Strand-plain SE Bahia, Brazil [J]. *Journal of Coastal Research*, 2006, 39: 1 894-1 897.
- [29] BLUE B, KENCH P S. Multi-decadal shoreline change and beach connectivity in a high-energy sand system [J]. *New Zealand Journal of Marine & Freshwater Research*, 2016, 51(3): 406-426.
- [30] PEREIRA C, COELHO C. Mapping erosion risk under different scenarios of climate change for Aveiro coast, Portugal [J]. *Natural Hazards*, 2013, 69(1): 1 033-1 050.
- [31] DE ALEGRIA-ARZABURU A, PEDROZO-ACUNA A, HORRILLO-CARABALLO J M, et al. Determination of wave-shoreline dynamics on a macrotidal gravel beach using canonical correlation analysis [J]. *Coastal Engineering*, 2010, 57(3): 290-303.
- [32] ÁLVAREZ A, JOSE A, MURRAY A B, et al. Downscaling changing coastlines in a changing climate: the hybrid approach [J]. *Journal of Geophysical Research Earth Surface*, 2018, 123(2): 229-251.
- [33] GOPIKRISHNA B, DEO M C. Changes in the shoreline at Paradip Port, India in response to climate change [J]. *Geomorphology*, 2017, 303: 243-255.

- [34] RAJASREE B R , DEO M C , SHEELA N L. Effect of climate change on shoreline shifts at a straight and continuous coast [J]. *Estuarine , Coastal and Shelf Science* , 2016 , 183: 221-234.
- [35] 季子修, 蒋自巽, 朱季文, 等. 海平面上升对长江三角洲和苏北滨海平原海岸侵蚀的可能影响 [J]. *地理学报*, 1993 , 4(6) : 516-526.
- [36] LE C , GONERU , GARCIN M , et al. Exploring the relation between sea level rise and shoreline erosion using sea level reconstructions: an example in French Polynesia [J]. *Journal of Coastal Research* , 2013 , 165: 2 137-2 142.
- [37] 武强, 郑铄鑫, 应玉飞, 等. 21 世纪中国沿海地区相对海平面上升及其防治策略 [J]. *中国科学: 地球科学* , 2002 , 32(9) : 760-766.
- [38] TESTUT L , DUVAT V , BALLU V , et al. Shoreline changes in a rising sea level context: the example of Grande Glorieuse , Scattered Islands , Western Indian Ocean [J]. *Acta Oecologica* , 2015(72) : 110-119.
- [39] ZHANG X , YANG Z , ZHANG Y , et al. Spatial and temporal shoreline changes of the southern Yellow River (Huanghe) Delta in 1976 - 2016 [J]. *Marine Geology* , 2018 , 395: 188-197.
- [40] HOUSTON J R. Shoreline change in response to sea-level rise on Florida's west coast [J]. *Journal of Coastal Research* , 2017 , 336(6) : 1 243-1 260.
- [41] YOSHIDA J , UDO K , TAKEDA Y , et al. Potential impact of climate change at five Japanese beaches [J]. *Journal of Coastal Research* , 2013 , 165: 2 185-2 190.
- [42] DE F S A , CALLIARI L J , MACHADO A A. Modelling the effects of sea-level rise and sediment budget in coastal retreat at Hermenegildo Beach , Southern Brazil [J]. *Brazilian Journal of Oceanography* , 2018 , 66(2) : 210-219.
- [43] 骆永明. 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 [J]. *中国科学院院刊* , 2016 , 31(10) : 1 133-1 142.
- [44] 马田田, 梁晨, 李晓文, 等. 围填海活动对中国滨海湿地影响的定量评估 [J]. *湿地科学* , 2015 , 13(6) : 653-659.
- [45] SILLS J , GOMBY G. Sand in demand: trapped behind dams [J]. *Science* , 2017 , 358(6 360) : 180.
- [46] RUGGIERO P , BUIJSMAN M , KAMINSKY G M , et al. Modeling the effects of wave climate and sediment supply variability on large-scale shoreline change [J]. *Marine Geology* , 2010 , 273(1) : 127-140.
- [47] STANLEY D J , WARNE A G. Nile delta in its destruction phase [J]. *Journal of Coastal Research* , 1998 , 14(3) : 794-825.
- [48] FANOS A M. The impact of human activities on the erosion and accretion of the Nile delta coast [J]. *Journal of Coastal Research* , 1995 , 11(3) : 821-833.
- [49] YANG Z S , MILLIMAN J D , GALLER J , et al. Yellow River's water and sediment discharge decreasing steadily [J]. *Transactions of American Geophysical Union* , 1998 , 79(48) : 589-592.
- [50] SUN Z , SUN W , TONG C , et al. China's coastal wetlands: conservation history , implementation efforts , existing issues and strategies for future improvement [J]. *Environment International* , 2015 , 79: 25-41.
- [51] QIU J. Chinese survey reveals widespread coastal pollution [J]. *Nature* , 2012 , 6: 3.
- [52] HE Q , BERTNESS M D , BRUNO J F , et al. Economic development and coastal ecosystem change in China [J]. *Scientific Reports* , 2014 , 4: 1-9.
- [53] Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and human well-being: synthesis* [R]. Washington , D. C. : Island Press , 2005: 5-8.
- [54] 联合国环境规划署. 全球环境展望年鉴 2006 [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2007.
- [55] LIE H J , CHO C H , LEE S , et al. Changes in marine environment by a large coastal development of the Saemangeum reclamation project in Korea [J]. *Ocean and Polar Research* , 2008 , 30(4) : 475-484.
- [56] 李晓伟, 赵建民, 刘辉, 等. 渤海渔业资源三场一通道现状、问题及优化管理政策 [J]. *海洋湖沼通报* , 2018 , 164(5) : 149-159.
- [57] KOWALSKI K P , WILCOX D A , WILEY M J. Stimulating a great lakes coastal wetland seed bank using portable cofferdams: implications for habitat rehabilitation [J]. *Journal of Great Lakes Research* , 2009 , 35(2) : 206-214.
- [58] 袁兴中, 陆健健. 围垦对长江口南岸底栖动物群落结构及多样性的影响 [J]. *生态学报* , 2001 , 21(10) : 1 642-1 647.
- [59] 陈金瑞, 陈学恩. 近 70 年胶州湾水动力变化的数值模拟研究 [J]. *海洋学报* , 2012 , 34(6) : 30-41.
- [60] JIA H , SHEN Y , MEIRONG S U , et al. Numerical simulation of hydrodynamic and water quality effects of shoreline changes in Bohai Bay [J]. *Frontiers of Earth Science* , 2018 , 12(3) : 625-639.
- [61] KANG J W. Changes in tidal characteristics as a result of the construction of sea-dike /sea-walls in the Mokpo coastal zone in Korea [J]. *Estuarine Coastal and Shelf Science* , 1999 , 48(4) : 429-438.
- [62] 国家海洋局. 2016 年中国海洋环境质量公报 [EB/OL]. [2019-02-28]. <http://www.nmdis.org.cn/gongbao/>.

- [63] 张华,李艳芳,唐诚,等. 渤海底层低氧区的空间特征与形成机制[J]. 科学通报,2016,61(14): 1 612.
- [64] 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[J]. 科学通报,2015,60(33): 3 210-3 220.
- [65] 刘永超,李加林,袁麒麟,等. 人类活动对港湾岸线及景观变迁影响的比较研究: 以中国象山港与美国坦帕湾为例[J]. 地理学报,2016,71(1): 86-103.
- [66] 褚琳,黄翀,刘庆生,等. 2000—2010年辽宁省海岸带景观格局与生境质量变化研究[J]. 资源科学,2015,37(10): 1 962-1 972.
- [67] 张斌,袁晓,裴恩乐,等. 长江口滩涂围垦后水鸟群落结构的变化: 以南汇东滩为例[J]. 生态学报,2011,31(16): 4 599-4 608.
- [68] 慎佳泓,胡仁勇,李铭红,等. 杭州湾和乐清湾滩涂围垦对湿地植物多样性的影响[J]. 浙江大学学报(理学版),2006,33(3): 324-328.
- [69] 徐彩瑶,濮励杰,朱明. 沿海滩涂围垦对生态环境的影响研究进展[J]. 生态学报,2018,38(3): 1 148-1 162.
- [70] FERRARIO F, BECK M W, STORLAZZI C D, et al. The effectiveness of coral reefs for coastal hazard risk reduction and adaptation[J]. Nature Communications,2014,5(5): 3 794.
- [71] YANG W, JIN Y, SUN T, et al. Trade-offs among ecosystem services in coastal wetlands under the effects of reclamation activities[J]. Ecological Indicators,2017,92: 354-366.
- [72] 索安宁,张明慧,于永海,等. 曹妃甸围填海工程的海洋生态服务功能损失估算[J]. 海洋科学,2012,36(3): 108-114.
- [73] SUN X, LI Y, ZHU X, et al. Integrative assessment and management implications on ecosystem services loss of coastal wetlands due to reclamation[J]. Journal of Cleaner Production,2015,163: 101-112.
- [74] WANG X, CHEN W Q, ZHANG L P, et al. Estimating the ecosystem service losses from proposed land reclamation projects: A case study in Xiamen[J]. Ecological Economics,2010,69(12): 2 549-2 556.
- [75] 王延松. 辽东湾海岸带底质重金属污染状况分析[J]. 环境保护与循环经济,2004(4): 13-14.
- [76] HAN Q Y, HUANG X P, SHI P, et al. Coastal wetland in South China: degradation trends, causes and protection counter-measures[J]. Chinese Science Bulletin,2006,51(S2): 121-128.
- [77] 崔胜辉,洪华生,张珞平,等. 全球变化下的海岸带生态安全问题与管理原则[J]. 厦门大学学报(自然科学版),2004,43(增刊1): 173-178.
- [78] 李振函,张春荣,朱伟. 日照市沿海地区海水入侵现状与分析[J]. 水文地质工程地质,2009,36(5): 129-132.
- [79] 刘杜娟. 中国沿海地区海水入侵现状与分析[J]. 地质灾害与环境保护,2004,15(1): 31-36.
- [80] 国家海洋局. 2016年中国海洋灾害公报[EB/OL]. [2019-02-28]. <http://m.lc.mlr.gov.cn/sj/sjfw/hy/gbfg/zghyzhgb/>.
- [81] HU S, YANG H, ZHANG J, et al. Small-scale early aggregation of green tide macroalgae observed on the Subei Bank, Yellow Sea[J]. Marine Pollution Bulletin,2014,81(1): 166-173.
- [82] 程家骅,李圣法,丁峰元,等. 东、黄海大型水母暴发现象及其可能成因浅析[J]. 渔业信息与战略,2004,19(5): 10-12.
- [83] 范学忠,袁琳,戴晓燕,等. 海岸带综合管理及其研究进展[J]. 生态学报,2010,30(10): 2 756-2 765.
- [84] GIBSON J. Integrated coastal zone management law in the European Union[J]. Coastal Management,2003,31(2): 127-136.
- [85] DUCROTOY J P, PULLEN S. Integrated coastal zone management: commitments and developments from an International, European, and United Kingdom perspective[J]. Ocean & Coastal Management,1999,42(1): 1-18.

A bibliometric review of the international shoreline changes

ZHANG Yu-xin^{1 2 3 4}, HOU Xi-yong^{1 3 4*}

(1. Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3. Key Laboratory of Coastal Environmental Processes and Ecological Remediation, Chinese Academy of Sciences, Yantai 264003, China; 4. Center for Ocean Mega-Science, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China)

Abstract: A comprehensively bibliometric analysis of 1 024 published papers since 1970 from Science Citation Index Expanded (SCIE) database based on the VOSviewer is performed in this paper, with the aim of summarizing the main scientific issues and hot topics of shoreline change. The results shows that research on shoreline change involves multiple disciplines, including geoscience, environmental science and physical geophysics. The number of

related paper publications has risen in the past 50 years. Among them, Journal of Coastal Research is the most important publication of this topic. The United States and its Geological Survey, Duke University and the University of Florida have played a leading role in shoreline change research, which formed an important cooperative cluster. Shoreline erosion is always the key issue in this field where remote sensing and GIS gradually developed into the main methods for shoreline change research. The driving force of shoreline change and its simulation and prediction, the natural and social effects of shoreline change and the comprehensive management of coastal zone have become research hotspots in recent years. Though China started late in the study of this field but it develops rapidly. This paper provides a good reference for the developments of coastline change research in China.

Key words: coastal zone development and management; shoreline change; bibliometric; VOSviewer; SCIE; development trend; network analysis

DOI: 10.3969/J. ISSN.2095-4972.2020.02.018

(责任编辑:王 静)