

海岸带及其调查技术进展

李平, 谷东起, 杜军, 徐国强, 张志卫

(自然资源部第一海洋研究所, 山东 青岛 266061)

摘要:海岸带是重要海陆过渡带地貌单元与区域, 兼受海陆动力双重作用与影响, 包括不同类型的沉积相, 经历复杂的动力沉积、地貌演变及灾变过程。海岸带调查涉及学科交叉融合, 调查要素相对独立与内容多学科交叉并存。我国曾分别于 1960 年、1981 年和 2003 年组织开展过全国海岸带综合调查工作, 调查获取了大量丰硕成果。当前海岸带调查与研究过程中亦暴露出一些亟需突破问题, 包括: 1) 海岸带存在大范围“盲区”, 浅水易陷、礁石养殖等区域难以到达, 成为海岸带数据“空白区”、调查“禁区”; 2) 我国海岸带观测平台数量少、分布零散, 未形成综合有效观测网, 导致长时间序列、多源准同步调查数据缺乏, 难以准确把握海岸带变化规律, 破解资源环境有关问题; 3) 海岸带数据获取智能化程度低, 严重阻碍制约有关对策及时有效性; 4) 海岸带不同学科协同调查、交叉融合研究模式尚未建立, 不能及时发现海岸带科学问题。今后海岸带调查将在海岸带高分辨率过程数据、全覆盖无死角实时动态数据获取技术, 长时间序列综合数据采集平台建设, 陆海空全天候立体化数据采集传输及快速智能决策, 以及海岸带多学科交叉攻关研究等方面取得突破。

关键词:海岸带; 协同研究; 交叉融合; 进展

中图分类号: P714

文献标识码: A

文章编号: 1002-3682(2019)01-0032-08

doi: 10.3969/j.issn.1002-3682.2019.01.002

引用格式: LI P, GU D Q, DU J, et al. Progress in coastal-zone survey and technology[J]. Coastal Engineering, 2019, 38(1): 32-39. 李平, 谷东起, 杜军, 等. 海岸带及其调查技术进展[J]. 海岸工程, 2019, 38(1): 32-39.

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^[1]。海岸带作为重要的“地理区域”, 具海陆双重属性, 是水圈、岩石圈、大气圈、生物圈四大圈层相互作用交集地带^[2], 互相物质、能量和信息交换频繁。在自然与人文因素耦合驱动下, 存在地貌演变、环境变化、物质输运、灾害变化和生态演替等过程。海岸带调查围绕追溯变化过程, 探索演变机制, 破解灾害与问题, 最终实现海岸带资源环境良性可持续健康发展。

1 概况

海岸带是全球变化研究关键地区^[3], 多样丰富资源为人类生存发展提供了充裕条件。海岸带作为经济社会发展的重要载体, 人口密集、经济发达, 世界范围内 60% 人口和 2/3 大中城市集中分布在海岸带 60 km 范围内^[4]。近年无序过度海岸带开发, 导致陆续发生海岸带环境事件, 出现频繁海岸带灾害现象, 问题破解关键是开展科学系统的海岸带调查工作, 获取第一手海岸带实时动态变化信息, 科学准确识别海岸带问题, 追踪海岸带演变过程, 预测发展趋势, 科学化解矛盾。

海岸带是以地理区域命名海洋学术语。海岸带调查涵盖地球科学不同学科门类, 范围广泛, 内容庞杂,

收稿日期: 2018-10-14

资助项目: 国家自然科学基金委员会—山东省人民政府联合基金重点支持项目——黄河三角洲地貌演变的动力机制与环境效应 (U1706214); 海洋公益性行业科研专项资金资助项目——青岛旅游海滩管理技术研究与应用示范 (201405037); 山东省自然科学基金青年基金项目——调水调沙前后黄河入海泥沙扩散运移特征比较研究 (ZR2013DQ025)

作者简介: 李平 (1981-), 男, 高级工程师, 博士, 主要从事海岸带调查技术及其演变过程机制方面研究. E-mail: lp@fio.org.cn

(王佳实 编辑)

发展参差不齐。与此同时,随着计算机通讯、互联网技术技术,尤其是大数据、云计算的飞速发展,海岸带调查有向快速便捷、实时动态方向发展趋向。鉴于此,本文在阐述海岸带概念内涵,追溯海岸带调查发展历程、范围、内容与主要技术基础上,总结现有海岸带调查问题与困难,对海岸带调查发展趋势进行了展望。

2 海岸带定义与范围

2.1 海岸带定义

海岸带存在海洋涨落潮双向动力、盐水淡水,以及河流单向径流互相耦合角力。海岸带是受海洋与陆地双重影响的地带,这是对其最科学的概括和叙述^[6]。国家标准《海洋学术语 海洋地质学》(GB/T 18190—2017)^[6]将海岸带界定为“海陆相互作用过渡带,上限起自海水能够作用到的陆地最远点,下限为波浪作用影响海底的最深点”;我国近海海洋综合调查与评价专项《海岸带调查技术规程》^[7]将海岸带定义为“海洋与陆地相互接触、相互作用和相互影响地带”;另外,在《大百科全书》^[8]中有关“海岸带”这样界定:“目前各国对海岸带的范围界线看法尚不一致,而且对于这一术语在地理学概念的基础上又增添了经济和法律含义”。综上所述,尽管海岸带定义的表述各异,其实质内容是明确相通的,概念核心包括“海陆相互作用过渡地带,兼具海洋与陆地双重特征”和“受海洋(浪潮流)动力周期性双向驱动,同时受流域(河流)水沙通量单向驱动影响”两方面。

海岸带包括海岸、海滩或潮滩和 underwater 岸坡三部分:海岸为岸线向陆侧的狭长地带,海滩或潮间带为受周期性涨落潮影响岸线至海图 0 m 等深线之间范围,水下岸坡介于低潮线至破波带之间。海岸带分广义海岸带和狭义海岸带,两者区域范围、海陆界限差异巨大。狭义海岸带从风暴潮到达陆地最远界至波浪作用海底界线,一般分潮上带、潮间带和潮下带,或海岸、后滨、前滨和内滨(外滨)。广义海岸带范围从海岸平原延伸至大陆架边缘,一般包括海岸平原、潮间带、水下岸坡乃至大陆架、大陆坡及大陆隆^[3]。

2.2 海岸带范围

海岸带是海岸线两侧一定宽度范围的廊道,是海洋和大陆之间具有特殊生态环境意义自然地理过渡区域,是物质与能量交换重要通道(图 1)。通常海岸带范围以古海岸线和风暴潮作用上限,或盐水、半咸水入侵上限为陆侧边界,而以破波、浅水或河口羽状流输移扩散外界为海侧边界。

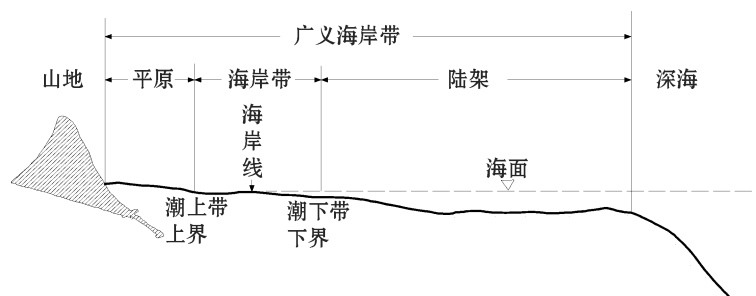
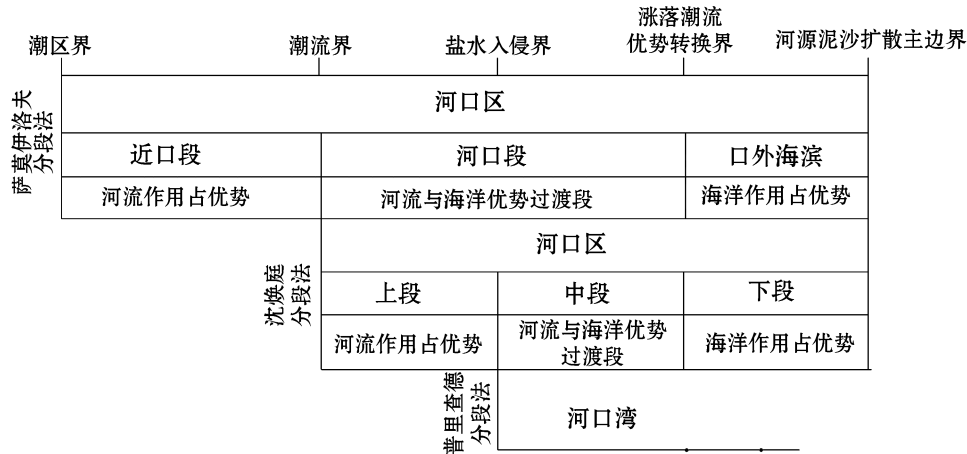


图 1 海岸带范围^[9]

Fig.1 The scope of coastal zone^[9]

自然概念海岸带范围划定原则为海洋和陆地双重影响,不同类型海岸带范围与界线不同:平原海岸带以耐盐植物出现为标志,起于潮上带上界止于潮下带外缘;山地丘陵海岸带上界以植物种类、岩石风化特征界定,下界为水下岸坡外缘;河口区海岸带上界起于河流与海洋优势过渡岸上界,即潮流界,下界止于口外海滨的边缘线,即水下三角洲外缘(图 2)^[10]。

图 2 河口区范围及分段比较示意图^[10-12]Fig.2 The range and segment comparison of the estuary^[10-12]

海岸带调查范围区别于海岸带定义范围,由调查目标与技术条件共同决定,不限于自然地理范畴,与自然意义范围存在差异。世界各国自然条件和国情不同,海岸带范围划定不尽相同,同一国家不同地区也有差别,界线依据海岸特征确定。美国在《联邦海岸带管理条例》^[13]中规定“海岸带外界为美国领海外界,内界各州划定”,澳大利亚以高潮线为界向海延伸 5.5 km,向陆延伸 100,200 m 不等,日本海岸带调查范围以春分大潮高潮线和低潮线为准,分别从高潮线向陆,低潮线向海延伸 50 m。

3 海岸带综合调查

我国全国海岸带调查始于 20 世纪 60 年代,迄今开展过 3 次系统性调查,尽管调查主题与侧重点不同,但调查范围与内容越来越广泛、精细度与深度越来越深,技术手段装备越来越先进,进而成果越来越丰富。

1958 年在辽宁和山东局部开展了首次“全国海岸带和海涂资源综合调查”,至 1966 年调查结束,主题为“登陆抗登陆”兼顾海港使用,范围涵盖海上、潮间带和沿海陆地^[14];1980 年开始历时 7 a 的第 2 次“全国海岸带和海涂资源综合调查”,由列入全国科技项目的海岸带综合调查和列入农业区划项目的海涂资源调查组成,包括定点观测、断面调查、大面站观测、线路调查等方法,部分地区首次使用了遥感、航测技术;2005 年启动的“我国近海海洋综合调查与评价”专项为有史以来规模最大、调查范围最广、技术最先进的调查,包括近海海洋综合调查、近海海洋综合评价及“数字海洋”信息基础框架构建三项内容。

我国海岸带地域跨度大、区域分异与地带性特征明显,全国范围内 3 次海岸带综合调查目标、内容侧重点各异,尤其是边界范围不统一、有差异。首次“全国海岸带和海涂资源综合调查”与第 2 次海岸带调查范围相一致,调查范围规定岸线向陆延伸 10 km,向海延伸至 15 m 等深线,水深大于 15 m 的海域向海宽度不小于 9.26 km,河口区域调查范围为陆侧至潮区界,向海至淡水舌锋缘^[15]。“我国近海海洋综合调查与评价”调查范围为以潮间带为中心,自岸线向陆延伸 1 km,向海延伸至海图 0 m 等深线,近岸海域调查范围延伸至 10~15 m 等深线^[7]。

4 海岸带调查存在的问题

4.1 海岸带调查技术

海岸带区位特殊,时空范围跨度大,涵盖海洋地质、物理海洋、海洋生物等学科门类,形成与发育影响因

素复杂多样。海岸带调查目的是为了解海岸地质过程,摸清资源环境特征,以及关键界面过程机制^[13]。海岸带调查是复杂系统工程,由不同工作原理、工作平台、学科门类及评价技术的调查方法体系组成,包括技术方案、标准规范及相关的设备人员,还包括评价预测等。

海岸带调查吸收相关学科最新成果,随环境演变、动力沉积、生态系统演替、灾害防控等科学问题深入研究而发展进步,在实践应用中不断改进提升。海岸带调查大致经历 3 阶段。20 世纪 80 年代前为起步阶段,器测严重短缺,调查范围小且有限,以潮上带、潮间带易到达区域为主,主要以脚走肩扛徒步踏勘、现象描述和手绘填图为主,仅布设有限测线、站位开展调查取样分析。20 世纪 80 年代至 20 世纪末为发展阶段,随着测绘技术发展,尤其从国外引进先进仪器设备,调查效率显著提高,调查内容、范围与深度深化,逐步覆盖海岸带困难调查区域。21 世纪后为快速发展阶段,卫星遥感、摄影测量等新技术方法不断涌现,并广泛应用于实践,大数据、云计算出现,海岸带调查向全覆盖无盲区、高精度精细化、多学科交叉融合、数据智能化采集方向发展,实现陆海空天立体调查,为海岸带研究提供第一手数据。海岸带调查技术可根据调查要素、技术手段、调查区域进行类型划分(表 1)。

表 1 海岸带调查主要技术方法

Table 1 The main technology and methods for coastal-zone survey

分类依据	类 型	主要技术方法
调查要素	水深地形	单/多波束水深测量,激光雷达及蓝光测深,三维激光扫描,断面地形测量
	水文气象	座底式水动力测量,多普勒流速测量,锚系浮标动力测量,定点原位动力测量,自容式水动力测量,走航式水动力观测,岸基气象观测
	岸滩动态测量	岸线实测,不同期次影像解译,不同期次水深地形对比,无人机航测,Argus 影像监测,海岸侵蚀监测仪定点测量
	土壤植被	遥感影像判读,样方测量,路线法调查
	地貌与第四纪地质	手绘填图,器测与取样分析
地貌部位	生物化学	现场取样、室内测试,船基走航测量
	潮上带	航空摄影测量反演,陆地雷达
	潮间带	两栖作业平台及滩涂爬行者走航测量与取样
调查手段	潮下带、水下岸坡	船基测量
	航空卫星	航空遥感,卫星遥感,无人机摄影
	原位测试	浮台基测量,船基观测,座底三角架,Argus 影像系统
	平台基调查	科考船,无人艇,浮潜标平台
	徒步调查	手持式测量,断面取样与测量

4.2 海岸带调查存在问题

海岸带基础数据资料不全面系统,对海陆相互作用与海岸带演化特征与规律认识不清^[16],海岸带调查还不能实现全覆盖,存在一定范围调查盲区,固定综合观测网/平台缺乏,尚不能实现立体化同步调查,数据获取智能化程度不高,数据实时传输链未有效构建,从而极大影响了管理决策时效。另外,多要素、长时间过程、不同尺度海岸带交叉融合的共同调查研究机制尚未形成,不能及时发现并破解海岸带科学问题。

受海岸带周期性涨落潮影响潮间带下部 0~5 m 范围内一直以来都是调查困难区。通常乘潮作业,落潮趁低潮徒步在干滩调查取样,涨潮趁高潮利用吃水浅的小型船舶搭载设备自海向陆抢滩调查,作业时间、范围严重受限,调查效率低,还存在潜在安全隐患。不仅如此,近岸浅水、人工养殖、潮滩易陷与礁石密集等特殊区域,调查人员设备难以到达,测量取样工作难以高效开展,数据获取困难,是海岸带数据“盲区”、研究

“空白区”、调查“禁区”。而且一些淤泥质海岸滩平坡缓、范围极广,迫切需要新技术手段提高调查效率。

5 海岸带调查趋势展望

海岸带作为重要过渡带界面,与临近沿海平原、河流流域、近岸海域存在频繁物质能量交换,具有紧密成因联系。另外,人类活动已成为第三驱动力^[17],后续研究注重甄别人为与自然因素作用影响,加强全球变化效应研究。与此同时,海岸带牵涉各种不同情境环境,仅依靠科研人员很难完全发掘海岸带变化细节,将“公民科学”理念引入海岸带研究中,号召更多人参与,有助于全方位捕捉海岸带变化的蛛丝马迹,通过更多公民提供海岸带变化素材参与到海岸变化过程与机制研究。

5.1 突破海岸带“盲区”局限,实现全覆盖调查

海岸带受周期性涨落潮影响,尤其是潮间带 0~5 m 水深过渡带区域,人员设备到达困难,长期困扰海岸带调查,是海岸带调查困难薄弱区域。随着无线电传输、网络通讯技术快速发展,研发无人艇、两栖平台等适用于浅水、两栖特征的调查平台,一定程度上可以解决海岸带潮间带复杂海域调查难题,突破海岸带“盲区”数据获取,实现全覆盖无缝调查。

以机载激光测深为代表的先进调查设备陆续问世,其特殊观测方式实现了海陆一体化测量,解决了海岸带复杂区地形调查难题^[18]。无人船艇、滩涂爬行器、两栖车等载体采用集成模块化设计理念,搭载原位和剖面测量传感器,自主完成浅水区地形地貌测绘与水文信息采集,应用于近岸、岛礁周边等复杂区域甚至大洋的多要素同步测量^[19]。尤其是针对淤泥质海岸滩涂水浅滩宽问题,实现地形测绘、海底勘探与环境监测,改变了过去滩涂测量靠肩扛腿跑的历史。

5.2 突破海岸带学科界限,实现综合观测网建设

海岸带是完整复杂系统,位于陆海相互作用交集地带^[20-21],也是多学科相互交叉融合的系统,动态变化异常剧烈而且复杂^[22]。海岸带变化影响因素多样复杂,几乎涵盖海洋学所有学科,具有交叉融合特征。

海岸带研究核心是变化过程与机制,传统调查效率低、成本高,数据分辨率低,难以扑捉峰谷值、拐点等变化过程的细节。同时,海岸带演变影响要素多样,且变化周期不同,通过建立多学科集成综合观测网,获取长时间序列准同步连续数据。针对浮标式、座底式等不同类型仪器组合,研发多参数传感器建立,构建多学科综合集成多因素、不同仪器设备的观测网/平台,集成观测平台。

5.3 突破海岸带数据获取壁垒,实现立体智能采集传输

海岸带连通陆地与海洋,包括陆地—海岸带—浅海陆架、流域—海岸带—近岸海域等“源汇过程”。海岸带除直接受自然因素驱动影响外,人类活动影响日益增强,深刻影响着海岸带变迁。海岸带已不再是单纯自然状态下的地理概念,而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^[23]。海岸带调查致力于海岸带主要因子数据获取,实现多源数据智能化采集和融合。从发展趋势看,海岸带过程由以自然因素为主转变为自然、人文因素并重,关注对象也由原来的物理过程为主转变为同时关注海岸带自然和人文过程并行。海岸带包括不同特征地貌单元,各单元间存在频繁物质与能量交换,构建高分辨率海洋动力—沉积物—海底地貌的观测系统,定量评估物质交换输运过程及数量。海岸带范围广、特征各异,难以实现海岸带全方位观测,突破平台壁垒,集合多种学科技术手段开展综合调查成为一种有效方式。

遥感具有同步观测范围广、信息获取速度快、成本低、信息量大、更新周期短、可比性强等突出优势^[23-26],LandSat、SPOT 和 Quirkybird 等高分辨率卫星影像信息获取速度快成为海岸带调查重要手段^[23],SAR 更是一种全天候高分辨率成像雷达具备全天候、远距离的工作能力。近年以 LIDAR、低空光学遥感为代表的新技术,因其高精度、实时动态、准同步观测,高频数据采集等突出优势^[20,27],成为海岸带资源与环境

调查重要手段与新利器。基于移动测量技术海空地一体海岸带机动测量方案^[28-29],集合了各仪器技术优势,实现海岸带多源数据立体监测与融合。

以卫星、航空为代表的遥感监测,与以船基调查为代表的走航监测和定点原位监测相结合,实现海岸带海陆空一体化立体调查,将实现海岸带过程立体展现。通过航空遥感、剖面调查与近岸海域动力调查相结合,实现岸线变迁、形貌特征、动态变化、开发利用等信息的甄别,构建以原位监测为主包括船基或平台基“浮标在线监测”、“海上移动监测”,岸基“自动观测”、“污染物在线监测”,天基或空基“卫星遥感监测”等立体海岸带调查系统。

参考文献 (References):

- [1] LUO Y M. Sustainability associated coastal eco-environmental problems and coastal science development in China[J]. *Coastal Science and Sustainable Development*, 2016, 31(10): 1133-1142. 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): 1133-1142.
- [2] HE Q X. Challenges to the integrated coastal zone management in China[J]. *Marine Geology Letters*, 2002, 18(4): 1-5. 何起祥. 我国海岸带面临的挑战与综合治理[J]. *海洋地质动态*, 2002, 18(4): 1-5.
- [3] ZHANG Y Z, ZHU D K. Coastal zone-the key area to the studies on global change[J]. *Marine Science Bulletin*, 1997, 16(3): 69-80. 张永战, 朱大奎. 海岸带-全球变化研究的关键地区[J]. *海洋通报*, 1997, 16(3): 69-80.
- [4] CHEN J Y, CHEN S L. Estuarine and coastal challenges in China[J]. *Marine Geology Letters*, 2002, 18(1): 1-5. 陈吉余, 陈沈良. 中国河口海岸面临的挑战[J]. *海洋地质动态*, 2002, 18(1): 1-5.
- [5] XIA D X. Coastal zone and coastline[J]. *Coastal Engineering*, 2006, 25(Suppl.):13-20. 夏东兴. 海岸带与海岸线[J]. *海岸工程*, 2006, 25(增刊): 13-20.
- [6] National Technical Committee of Ocean Standardization. Oceanographic terminology marine geology: GB/T 18190-2017[S]. Beijing: China Standard Press, 2017. 全国海洋标准化技术委员会. 海洋学术语 海洋地质学: GB/T 18190-2017[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- [7] Special Office 908 of the State Oceanic Administration. Technical regulations for coastal zone investigation[M]. Beijing: Ocean Press, 2005. 国家海洋局 908 专项办公室. 海岸带调查技术规程[M]. 北京: 海洋出版社, 2005.
- [8] China Encyclopedia Editorial Board. Encyclopedia[M]. Beijing: Encyclopaedia of China Publishing House, 2013. 中国大百科全书总编辑委员会. 大百科全书[M]. 北京: 中国大百科全书出版社, 2013.
- [9] XIA D X, BIAN S H, FENG A P, et al. Coastal zone geomorphology[M]. Beijing: Ocean Press, 2014. 夏东兴, 边淑华, 丰爱平, 等. 海岸带地貌学[M]. 北京: 海洋出版社, 2014.
- [10] SHEN H T, MAO Z C, ZHU J R. Saltwater intrusion in Changjiang estuary[M]. Beijing: Ocean Press, 2003. 沈焕庭, 茅志昌, 朱建荣. 长江河口盐水入侵[M]. 北京: 海洋出版社, 2003.
- [11] SAMOILOV H B. The Theory and methodology of evolution process in estuary[M]. Beijing: Science Press, 1958: 1-343.
- [12] PRICHARD D W. What is an estuary: physical viewpoint[C]//LAUFF G H. Estuaries. Washington D C: American Association for the Advancement of Science, 1967: 3-5.
- [13] ZHOU L Y, LIU J. A review of canadian coastal geological investigations[J]. *Marine Geology Letters*, 2003, 19(1): 1-4. 周良勇, 刘键. 加拿大海岸带调查工作[J]. *海洋地质动态*, 2003, 19(1): 1-4.
- [14] ZHUANG Z Y, LIU D Y, LIU C D, et al. Geomorphological survey and mapping of coastal zone[J]. *Marine Geology Letters*, 2008, 24(9): 25-32. 庄振业, 刘冬雁, 刘承德, 等. 海岸带地貌调查与制图[J]. *海洋地质动态*, 2008, 24(9): 25-32.
- [15] Writing Group of Concise Rules for Comprehensive Survey of Coastal and Coastal Resources in China. Concise rules for comprehensive survey of coastal and coastal resources in China[M]. Beijing: Ocean Press, 1996. 全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程编写组. 全国海岸带和海涂资源综合调查简明规程[M]. 北京: 海洋出版社, 1996.
- [16] YI F, ZHANG X H, HU K. A review of researches on land-ocean interaction in the coastal zone[J]. *Marine Geology Frontiers*, 2011, 27(3): 28-34. 伊飞, 张训华, 胡克. 海岸带陆海相互作用研究综述[J]. *海洋地质前沿*, 2011, 27(3): 28-34.
- [17] CHEN J Y, CHEN S L. China estuarine research for 50 years: retrospect and prospective[J]. *Oceanologia Et Limnologia Sinica*, 2007, 38(6): 481-485. 陈吉余, 陈沈良. 中国河口研究五十年: 回顾与展望[J]. *海洋与湖沼*, 2007, 38(6): 481-485.
- [18] LIU J N, ZHAO T H. Present situation and development trend of multi-beam sounding system[J]. *Hydrographic Surveying and Charting*, 2002, 22(5): 3-6. 刘经南, 赵铁虎. 多波束测深系统的现状和发展趋势[J]. *海洋测绘*, 2002, 22(5): 3-6.

- [19] JIN J C, ZHANG J, SHAO F, et al. An unmanned surface vehicle for ocean environment monitoring and its oceanic application[J]. Coastal Engineering, 2015, 34(3): 87-92. 金久才, 张杰, 邵峰, 等. 一种海洋环境监测无人船系统及其海洋应用[J]. 海岸工程, 2015, 34(3): 87-92.
- [20] ZHANG X H, LU J, YIN P. Situation and task of coastal geological work in China[J]. Marine Geology Frontiers, 2011, 27(1): 1-7. 张训华, 鲁静, 印萍. 我国海岸带地质工作面临的形势与任务[J]. 海洋地质前沿, 2011, 27(1): 1-7.
- [21] ZHANG X H, SUN X M, YIN P, et al. Promoting comprehensive geological survey of coastal zone to provide support for sustainable social and economic development[J]. Marine Geology Frontiers, 2015, 31(1): 1-8. 张训华, 孙晓明, 印萍, 等. 推动海岸带综合地质调查, 为社会经济持续发展提供支撑[J]. 海洋地质前沿, 2015, 31(1): 1-8.
- [22] HOU Q Z, LU Y J, WANG J, et al. Advances in morphodynamics of estuarine and coastal mudflats[J]. Advances in Water Science, 2012, 23(2): 286-294. 侯庆志, 陆永军, 王建, 等. 河口与海岸滩涂动力地貌过程研究进展[J]. 水科学进展, 2012, 23(2): 286-294.
- [23] STELZER K, BROCKMANN C, GEIBLER J, et al. Remote sensing of the wadden sea: a tool supporting TMAP and WFD monitoring[J]. Wadden Sea Ecosystem, 2010, 26: 87-92.
- [24] JIANG J. The application of remote sensing technique to the integrated investigation of marine geo-environment in coastal zones[J]. Marine Geology Letters, 2006, 22(5): 30-32. 姜杰. 遥感技术在海岸带海洋地质环境综合调查中的应用[J]. 海洋地质动态, 2006, 22(5): 30-32.
- [25] CHEN Y. Advance of remote sensing application to tidal flat resource monitoring in coastal zone[J]. Remote Sensing Technology and Application, 2012, 27(2): 296-304. 陈勇. 海岸带滩涂资源遥感应用研究进展[J]. 遥感技术与应用, 2012, 27(2): 296-304.
- [26] WU P Q, ZHANG J, MA Y. Coastline dynamics monitoring and analysis around the Bohai Sea using remote sensing images during 2010 and 2015[J]. Advances in Marine Science, 2018, 36(1): 128-138. 吴培强, 张杰, 马毅, 等. 2010-2015年环渤海海岸线时空变迁监测与分析[J]. 海洋科学进展, 2018, 36(1): 128-138.
- [27] MA Y, HUANG W M, ZHANG J, et al. The demand analysis and process design of specification for coastal zone remote sensing survey[J]. Donghai Marine Science, 2003, 21(4): 60-65. 马毅, 黄卫民, 张杰, 等. 海岸带遥感调查规范的需求分析及其制定流程设计[J]. 东海海洋, 2003, 21(4): 60-65.
- [28] SHEN J S, ZHA X, TENG H Z, et al. Rapid mobile mapping technology for coastal topography[J]. Hydrographic Surveying and Charting, 2015, 35(2): 13-22. 申家双, 阚旋, 滕惠忠, 等. 海岸带地形快速移动测量技术[J]. 海洋测绘, 2015, 35(2): 13-22.
- [29] LIANG C, ZENG T, ZOU Y R. The Coastal zone information extraction base on the neural network method with polarization characteristics[J]. Advances in Marine Science, 2017, 35(2): 278-283. 梁超, 曾韬, 邹亚荣. 基于极化散射特性的神经网络海岸带信息提取[J]. 海洋科学进展, 2017, 35(2): 278-283.

Progress in Coastal-Zone Survey and Technology

LI Ping, GU Dong-qi, DU Jun, XU Guo-qiang, ZHANG Zhi-wei
(*First Institute of Oceanography, MNR, Qingdao 266061, China*)

Abstract: The coastal zone is an important region and geomorphic unit in the sea-land transition zone and has been subjected to the dual action and influence of land and sea dynamics. It contains different types of sedimentary facies and has experienced complex processes of dynamic deposition, geomorphological evolution and catastrophe. The coastal survey involves multi-disciplinary cross amalgamation, relatively independent surveying elements and multi-disciplinary content coexistence. Nationwide comprehensive surveys coastal zone were carried out in China respectively in 1960, 1983 and 2003 and a large number of fruitful results have been obtained. However, problems which are badly need of breaking through in the coastal survey and research have also been revealed. They are 1) In the coastal zone a large range of “blind areas” where no survey has been carried out are present and some inaccessible areas such as shallow and easily sinking areas, reef and mariculture areas, and so on, have become a data “blank area” and/or a surveying “forbidden area”; 2) In China, the coastal-zone observation platforms are few and in a scattered distribution and a comprehensive and effective observation network has not yet been formed, leading to the lack of long-time series and multi-source quasi-synchronous survey data and making it difficult to grasp the change law of coastal zone accurately and solve the problems related to resources and environment; 3) The intelligence level of the acquisition of coastal zone data is so low that the timeliness and effectiveness of the relevant countermeasures are seriously restricted; 4) The model for collaborative survey and cross-fusion research of different disciplines in the coastal zone field has not yet been established so that the scientific problems on coastal zones could not be found timely. It is therefore suggested that the future investigations of coastal zone should make breakthroughs in the acquisition technology of high-resolution process data and full-coverage and real-time dynamic data, the construction of long time series and comprehensive data acquisition platform, the acquisition and transmission of all-weather data of land, sea and air and the fast intelligent decision, and the interdisciplinary and collaborative study of coastal zone.

Key words: coastal zone; collaborative research; cross amalgamation; progress

Received: October 14, 2018