

莱州湾东岸海岸带陆海相互作用研究进展

Research advances on the marine-land interaction in east coast of Laizhou Bay

杜国云, 王 庆, 王秋贤, 金秉福, 仲少云, 曹艳英, 高光辰, 毛爱华

(鲁东大学 地理与资源管理学院, 山东 烟台 264025)

中图分类号: P467

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096 (2007) 03-0066-06

海岸带是全球变化研究的关键地区,是海、陆、气相互作用的重要界面。在全球变化研究中的3个大计划,即世界气候研究计划(WCRP)、国际地圈——生物圈计划(IGBP)和地球环境变化中的人类作用因素研究计划(HDP)中,由HDP与IGBP分别以人类活动和地球环境为中心并相互结合,从系统性变化和累积性变化的观点,通过个人、地区、国家和国际合作的共同努力而进行。物质与能量流动是全球变化研究的重点,而过渡带(即界面)是进行全球变化研究的最有效地区。海岸带是最重要的过渡带。查明海岸带各地球子系统间物质与能量的输入和输出,对各子系统的描述起到至关重要的作用。当代海岸带的新概念,以陆海相互作用为其基本特征。由国际地圈-生物圈计划(IGBP)提出的关于“海岸带陆海相互作用”(LOICZ)研究计划,在近几年中成为海岸带研究的热点以及全球变化中的研究前沿。

中国海岸带研究在近几十年中有了迅速的发展,研究侧重于3个方面,即:河口海岸环境演变及海岸带资源调查与应用方面的综合研究,海岸带陆海相互作用,海岸带环境与资源管理。(1)河口海岸环境演变及海岸带资源调查与应用方面:该方面的研究在河口海岸研究领域开展最早,并为以后的海岸带研究奠定了基础。中国的河口海岸研究作为一个独立领域始于20世纪50年代中期,如对钱塘江口、长江口等河口发育演变模式及整治原则所通过的研究。20世纪60年代起开始对我国围海工程进行系统总结与研究。20世纪70年代末开始,配合沿海经济发展的

需要,以温州试点为先导,开展了全国性海岸和海涂资源综合调查研究。(2)陆海相互作用:研究工作大致分为2个阶段,第一阶段从20世纪80年代开始,开展了“中国河口主要沉积动力过程及其应用”、“南黄海辐射沙洲形成演变研究”的重大科学基金项目研究^[1],并侧重于大江大河入海物质通量的研究。第2阶段从2003年起,研究更加侧重人类活动在陆海相互作用中的意义,取得了重大进展,为海岸带科学管理提供了重要的科学依据。由中国科学院海洋研究所承担的创新项目——“中国主要河口及邻近陆架海域陆海相互作用”,研究重点由沉积物、沉积过程的水动力作用,转移到陆地系统与海洋系统之间的相互作用,突出表现在研究陆海相互作用中,开展了包括大气过程在内的多学科的综合研究。结合陆海相互作用下舟山渔场资源环境问题,黄河三角洲的造陆问题进行了深入的研究,初步揭示了入海N、P通量及其循环过程,并将造陆速率的变化与流域降水和人类活动的变化相联系。(3)海岸带环境与资源管理:20世纪80年代中期以来,针对全球海平面及中国沿海相对海平面的上升趋势,在国家及省(市)重大项目支持下,开展了海平面上升对海岸侵蚀等一系列重

收稿日期: 2004-04-26; 修回日期: 2005-04-18

基金项目: 山东省自然科学基金资助项目(Z2003E01); 鲁东大学基金资助项目(20053202)

作者简介: 杜国云(1962-),男,山东招远人,教授,硕士研究生,主要从事海岸带地貌与第四纪环境方面的研究,电话: 0535-6672165, E-mail: duguoyun2003@163.com

要河口海岸环境与资源问题的研究^[1]。近些年来主要采用了 GPS、RS 和 GIS 对海岸带环境调查与资源管理方面的研究,如:国家 863 海洋监测技术项目,以及其他的研究^[2~5]。

入海通量研究中,除了大河流输入外,中、小河流因其数量众多,也是一个不容忽视的点源。随着人类活动的日益加剧,城市化发展,农业生产的非点源影响,上述因素与区域气候条件相结合,产生了入海通量极为复杂的变化。莱州湾东岸自 20 世纪 60 年代以来,海岸带人类活动增强,气候异常,区域乃至全球变化引起的海平面变化显著,从而导致了海岸带一系列环境问题。20 世纪 60 年代至 70 年代,在河流的中、上游陆续兴建了一系列水库工程,对流域水沙实施拦截,本区大型水库 1 座,TM 图像上可识别的水面近 100 座。70 年代中后期出现了海水入侵。进入 80 年代后,区域降雨量明显偏低,降雨量到了近 40 年来的最低点,许多河流断流,成为季节性河流,烟台市出现历史上的水资源危机。80 年代末、90 年代初的海水入侵,已遍及整个海岸带近海区域,直接影响到本地区的经济发展。海岸侵蚀是本地区另一个重要的海岸带地质环境问题。伴随着海平面上升,海岸带动力状况发生了明显变化,区域气候变化,人为活动(如河床挖沙、近岸及近海挖沙等)及陆、海动力条件的变化,影响到海岸工程的选址、现有海岸工程的开发与管理。对莱州湾东岸海岸带陆海相互作用

研究,既可以为解决区域海岸带环境问题奠定基础,同时也对全球陆海相互作用与全球变化提供区域性的研究资料与参考。

1 区域范围

莱州湾东岸是指莱州市虎头崖至蓬莱市栾家口一带的海岸地区^[6]。根据现代海岸带的新观念,海岸带包括自陆地 200 m 高程以下至大陆架之间的整个陆、海范围,大致相当于第四纪末期以来海面起伏波动交替性地被淹没或被暴露的地带^[7]。在莱州湾东岸海岸带,这一范围相当于近海丘陵、近海平原及整个滨浅海区域。以海陆交替变化这一现象来划分,则可从近海的全新世最大海侵形成的古海岸线向海以外的区域。文中所指的莱州湾东岸海岸带包括滨浅海水域,近海冲、洪积平原及邻近的丘陵,陆上界线上延至入海河流上游的分水岭。莱州湾东岸海岸带范围见图 1。

2 莱州湾海岸带陆海相互作用及相关问题研究

2.1 第四纪地貌研究

第四纪以来莱州湾东岸海岸带第四纪地貌构成了海岸带陆海相互作用的地质背景与地质遗迹。有 2 次影响海岸带发育与发展的海侵事件:一次发生在晚更新世中晚期,另一次出现在全新世。古最大海侵线:

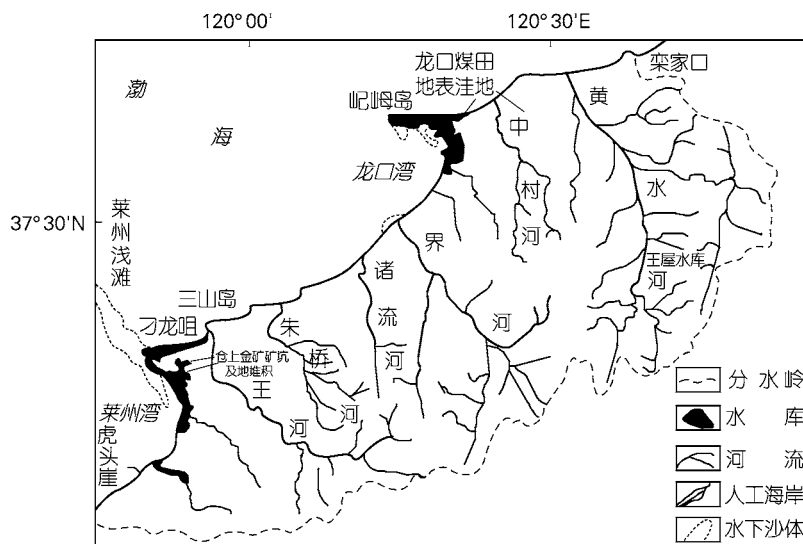


图 1 莱州湾东岸海岸带范围及陆海相互作用宏观信息(据 TM_12034_20, 2000 年 6 月图像绘制)

一条分布在现今海岸以北约 14 km 的海域(中国海洋大学地质系, 1985), ^{14}C 测年 40 070 a B.P. $\pm$ 2 500a B.P., 为雨木间冰期事件。另一条古海岸线在现今海岸以南 3~8 km 处, 沿沙埠庄-过西-西由-风毛寨-石虎咀一线的 5 m 等高线附近分布。国土资源部青岛海洋地质研究所, 结合对莱州湾东岸滨海地区沙金矿的研究, 通过滨海钻孔资料, 将本区的第四系划分为中更新统(Q_2)、上更新统(Q_3)和全新统(Q_4)。沉积类型包括中更新世、晚更新世和全新世早期的冲洪积, 全新世中晚期的滨海-潮间带沉积, 全新世晚期的潮上带和三角洲过渡相沉积。根据反射地震剖面揭示了中更新统分布的南界^[8]。孙岩对构造地貌研究表明, 莱州湾东岸古地理环境及沉积发育受山前阶梯状地貌格局的控制和影响, 中更新统沉积受控于 III, IV 级断阶。全新统可分为上(Q_4^{2+3})、下(Q_4^1)两部分, 并受控于 I, II 级断阶。全新世以来的地貌及环境演变研究加强了对本地区海岸带晚第四纪地貌特征及演变的认识, 较集中于龙口岬-岬岛连岛沙坝及刁龙咀 2 个特殊地带^[9~12]。龙口沙咀以东发育上更新统黄土质侵蚀面, 海拔高度为 0 左右, 系古海蚀平台, 龙口沙咀以西为古老基岩构成的侵蚀面, 海拔为 -8~-10 m^[12]。古文化遗址分布研究表明, 全新世最大海侵线以南的龙山文化遗址分布广泛, 以北地区古文化年代变新, 除大量的龙山晚期文化外, 还出现了隋、唐、宋文化遗存^[9], 反映了全新世晚期以来的海退过程。对研究区海岸带第四纪地貌所反映的新构造运动研究, 得出了第四纪以来本区存在相对海平面变化及其对应的侵蚀地貌与河口堆积地貌。10 000~6 000 a B.P. 为相对海平面上升时期, 6 000~4 000 a B.P. 为相对海平面稳定时期, 4 000~2 300 a B.P. 相对海平面上升时期, 2 300~1 500 a B.P. 相对海平面下降时期, 1 500~600 a B.P. 相对海平面上升时期, 600 a B.P. 至今为相对海平面下降时期^[13]。其中, 6 000~4 000 a B.P. 的相对海平面稳定时期应与莱州湾东岸现今海岸以北约 14 km 海域中最大海侵线相对比, 全新世中期的海侵事件应与 1 500~600 a B.P. 相对海平面上升时期相当。其后, 本区经历了两次明显的相对海平面波动旋回。

胶东半岛北部晚更新世以来新构造抬升速率研究表明, 莱州湾东岸平均以 0.5 mm/a 的速率抬升, 龙口盆地距今 24 ka 前后曾发生过幅度为 7~9 m 的断陷^[14]。从整体上看, 莱州湾东岸在第四纪时期存在断块的掀斜运动^[15]。郯-庐断裂带在山东境内的北段,

构成了莱州湾东岸海岸带的西部边界。第四纪以来的新构造断裂活动研究表明, 早更新世出现张裂活动, 兼有左行滑动。中更新世进入平静期, 形成该时期的夷平面。晚更新世至今, 伴随着中更新世夷平面的解体, 断裂活动再次加强, 其性质为挤压-右旋走滑。沂沭断裂带在全新世活动频繁, 经历了挤压逆冲(全新世早-中期)、正断活动(距今 600~350 a)和挤压逆冲活动(近百年以来), 20 世纪 70 年代至 80 年代, F_1, F_2, F_3, F_4 的垂直运动速率分别为 0.7, 0.4, 0.2, 0.2 mm/a^[16], 与上述莱州湾东岸海岸带晚更新以来的平均抬升速率接近。

2.2 陆海相互作用下的海岸状态研究

海岸是陆海相互作用的地貌产物, 海岸状态则取决于陆海相互作用中水岩、水沙相互作用状况。海岸状态及其变化直接影响到海岸工程的选址及使用寿命, 从而引起了广泛关注。海岸状态研究最早来自于海岸工程设计, 只限于界河口至刁龙咀岸段。山东省交通规划设计院于 1983 年将莱州湾东岸海岸状态分为 3 段: 界河口-石虎咀, 以蚀退海岸为主; 石虎咀-三山岛段, 多年稳定, 属于平衡海岸; 王河口-刁龙咀, 为淤长海岸。受沿岸流的影响, 莱州湾东岸海岸沿自东向西的方向不断淤长, 形成一系列平直海岸, 以及水下沙体、浅滩, 形成显著的海岸带地貌现象。如岬岛、刁龙咀等沙咀, 其中刁龙咀水下浅滩向 WN 海域延伸数千米。沿海岸纵向侵蚀与淤积不均衡状态, 但浅水地带仍以冲淤变化为其基本特点, 而泥沙淤积多出现在平直海岸西端的南侧, 也就是沿岸流向小海湾转折地带, 这在龙口湾及刁龙咀南侧表现得十分清晰。近 40 年来, 刁龙咀外海莱州水下浅滩伴随海岸带的变化而发生相应的泥沙冲淤变化, 泥沙净收支状况及水下浅滩的迁移已初步得到了确认^[17]。莱州湾沿岸由于其独特的沙质海岸组成特点, 在波浪及潮汐作用下, 海岸泥沙存在较明显的迁移, 海岸地貌发生了明显的横向与纵向变化。大的横向变化可以从全新世以来的海岸横向迁移得到印证。近期变化大致从 20 世纪六七十年代开始, 海岸带滩涂、沙滩不断受到侵蚀、后退, 文献结合海岸蚀退现象分析了海岸蚀退后果及防护措施^[18, 19]。在卫星 TM 图像上, 莱州湾东岸滨海悬浮泥沙向西扩散, 并基本上与莱州湾西岸的黄河口三角洲泥沙扩散晕相连接, 显然, 黄河对本区海岸发育和海岸过程的影响不可忽视。陆地水、沙供给量的不足是造成海岸蚀退的主要

原因,人为挖沙则加剧了海岸带蚀退^[20]。但相对海平面上升无疑也是海岸蚀退的重要原因之一,调查发现,王河河口下游河段目前处于侵蚀状态,黄褐色的粘土层出露于河床。近河口段的河床沙处于侵蚀状态。即河口海岸目前都处于侵蚀状态下,但目前对河水和海水不同动力侵蚀区段的相互关系尚不清楚,需要做进一步的研究。

2.3 咸、淡水相互作用

咸、淡水相互作用研究首先是从莱州湾沿岸地下水咸化这一环境问题开始的。莱州湾地区出现两类地下水咸化:一类被称作咸水入侵,系地下埋藏卤水入侵造成的地下水咸化;另一类被称作海水入侵,系海水入侵导致的地下水咸化。这两种现象在国外统称为咸水入侵。到目前,地下卤水造成的咸水入侵只出现在莱州湾的南岸,莱州湾东岸至今未见该方面的报道。在对龙口沿海岸水入侵长期研究基础上,提出了形成以强抽采中心相对应的点状入侵、与沉积层相对应的面状入侵和与河道分布相对应的指状入侵 3 种基本形式^[21]。咸、淡水界面特征研究主要从地下水水化学特征的变化曲线进行揭示^[21, 22]。本区的地下淡水以 $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ 或 $\text{HCO}_3^- + \text{Cl}^- - \text{Ca}^{2+}$ 型水为主,咸、淡水混合后的地下水类型为 $\text{Cl}^- - \text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+} + \text{Na}^+$ 或 $\text{Cl}^- - \text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ 水型^[23]。过渡带的离子变化,由咸水区至咸-淡水过渡带, $[\text{Na}^+]$ 和 $[\text{K}^+]$ 不断降低, $[\text{Ca}^{2+}]$ 和 $[\text{Mg}^{2+}]$ 不断增加。碱金属离子浓度的降低与土颗粒吸附有关, $[\text{Ca}^{2+}]$, $[\text{Mg}^{2+}]$ 的增加则与土颗粒吸附的 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 发生逆向阳离子交换作用有关^[21, 22]。海水入侵的发展分为初始阶段(1976~1979 年)、发展阶段(1980~1985 年)、严重恶化阶段(1987~1989 年)和缓解阶段(1990 年以后)4 个阶段^[23]。莱州湾东岸处在多年平均降雨量 640 mm/a 以下,大部分地区则处在年降雨量 600 mm/a 以下。降雨量的变化则显示 20 世纪 70 年代末至 80 年代初的年平均降雨量偏低,这一多年降雨量低水平时期与海水入侵的发展阶段相当(图 2)。需要说明的是,莱州湾东岸降雨量近 50 年来总体水平较烟台偏低,但降雨量的波动情况与烟台站基本一致,这里采用烟台站的数据加以说明。烟台市自 1975 年到 1999 年降雨量总体处于下降的趋势,1976 年至 1985 年呈现出较明显的下降过程;1986 年至 1999 年,降雨量呈现出较大的波动,出现了年降雨量 400 mm 的超低水平。显然,海水入侵受区域降雨量的明显控制与影响。除了降雨量变化因素外,人类的经济活动可能是一个重要的因素,如 80 年代的海水入侵发展时期和严重恶化时期与改革开放初期的人为经济活

动,尤其是本地区乡镇企业迅速崛起引起的地下水开采不合理有直接关系。全球变化也是一个不可忽视的因素^[24]。具体原因尚需做进一步的研究。

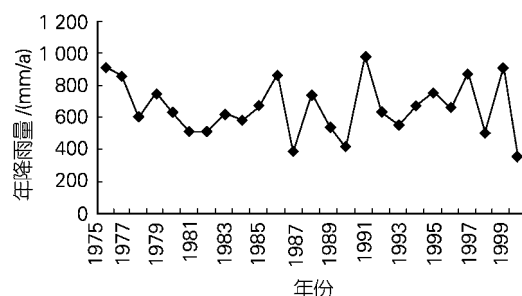


图2 烟台市(1975~1999 年)平均降雨量变化曲线

2.4 侵蚀区侵蚀量的估算

入海河流水、沙供给不足是产生海岸侵蚀的主要原因^[20],除了区域降水量和水利工程引起的地表径流变化,对入海河流上游侵蚀状况的研究则有利于估算入海泥沙总的供给水平,因而是研究入海物质信息与入海通量的基础。通过侵蚀区土壤侵蚀量的小比例尺遥感技术评估,并与本区水库淤积实测值进行了对比,成图比例为 1:10 万,图像数据时间为 1990 年和 1991 年,获得侵蚀模数均值为 $1\,745.40\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ^[25]。根据海岸带泥沙淤积量及其结构特征、水库淤积量等的估计,莱州、招远流域上游侵蚀模数约为 $2\,000 \sim 4\,000\text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ^[17]。根据对胶东半岛水库淤积研究(2002~2003 年),水库淤积量在山东省水文总站和水利厅实测的淤积量(20 世纪 80 年代)之间存在明显的变化,也就是说,自 20 世纪 90 年代以来,水库淤积又有新的发展和变化。丘陵区土壤侵蚀量的调查可采取两条途径:一是对侵蚀区的细沟做细致的测量,计算侵蚀量;二是通过水库淤积量来估算水库上游汇水区的侵蚀量。

3 今后莱州湾东岸海岸带陆海相互作用及海岸带环境的几个研究方向

3.1 海岸带入海信息与入海通量

区域入海通量研究至少有 3 个方面的意义。一是有助于对陆海相互作用的定量描述;二是关于全球变化的区域响应;三是区域海岸变化及其对港口工程和其它海岸工程的环境影响预测。目前,陆海相互作用研究集中在大江、大河的河口海岸带,国内外对入海通量的研究多集中在有机碳、氮的通量及其循环^[26]。

除了对中国长江口、珠江口和黄河口开展陆海相互作用研究外,中小型河口以及不同类型的海岸段的陆海相互作用研究也十分必要^[27]。就莱州湾东岸海岸带环境来看,入海水沙仍是陆海相互作用中的关键问题,并直接影响到海岸工程和陆地地下水水质等海岸带环境问题。对莱州湾东岸海岸带入海信息与入海通量的研究有以下几个特点:(1)中国海岸带研究始于20世纪50年代,主要集中在长江、黄河等大河河口海岸的研究上,对中小水系的入海通量研究至今少见。对莱州湾东岸入海通量研究将是该方面研究的重要补充。首先,选择研究区内的典型河流,从全流域的角度对河流入海通量进行研究,从而揭示本区陆海间的相互作用特点及其变化规律,然后推至全区。根据莱州湾东岸海岸带的特点,大致以界河口为界,东西两段分别为向西淤长的平直海岸,分别以岬岬岛和刁龙咀为标志。两岸段自东向西的泥沙迁移量较大,入海泥沙受海洋动力作用十分明显,岸段不断向西淤长,并伴有水下浅滩的发育。而界河口段的河口淤积处于龙口湾弱的水动力背景之下,相对稳定,并形成了全新世三角洲淤积体^[8],这一河口淤积体的发育,对界河流域乃至整个莱州湾东岸全新世以来入海通量的研究创造了得天独厚的条件。(2)由于本研究区的入海河流流程较短,在涉及到入海河流的流域研究时,会与其它单纯的河口海岸研究存在一定的区别。但在入海物质信息源的查找、入海物质通量研究上,可以相互对比,更有利于对入海物质信息及通量问题的研究和解决。(3)研究区海岸主要由沙质海岸组成,与邻近的莱州湾南岸和西岸的淤泥质海岸形成了鲜明的对照,在研究上形成了与相邻环渤海地区海岸带物质组成上的互补关系。

莱州湾东岸的已有对海岸带物质通量的模拟,如三山岛-刁龙咀海岸不同方向上的输沙率^[11],以及依据流域上游侵蚀模数、水库拦截与海岸淤积估算的泥沙流量^[19]。上述研究成果是莱州湾东岸海岸带入海物质通量研究的重要基础。除了泥沙通量的研究外,对侵蚀区的岩石组成、地球化学背景研究,对水库淤积剖面与河口淤积体纵剖面结构的对比、矿物学及地球化学对比,是了解入海信息与通量的重要途径。

莱州湾东岸是渤海湾中3个主要海湾之一。西侧有黄河流入,由于黄河水沙的大量注入,对莱州湾东岸海岸带的陆海相互作用亦产生了明显的影响。从卫星图像上看,目前黄河口近海水域的泥沙扩散晕已经

与莱州湾东岸的莱州浅滩泥沙活动范围相邻接。在对本区陆海相互作用研究中,黄河是一个不可忽视的影响因素。

3.2 人类活动对海岸带环境的影响

人类活动对海岸带的影响概括起来有以下几个方面:(1)人类活动自20世纪60年代以来在莱州湾东岸海岸带加速,突出表现在其经济活动中对地下水的大规模开发,从而引起了强烈的海水入侵。(2)海岸带煤矿(龙口煤田)及金矿(三山岛金矿、仓上金矿)等非金属和金属矿产资源的开发,引起地表塌陷(龙口煤田)。从陆地卫星TM图像上看,仓上金矿的近东西向露天采坑(约1800m×720m)及地表堆积(750m×720m)明显,龙口煤田地表塌陷区形成了小型的积水洼地,最大积水洼地约1140m×240m。(3)人类活动对河槽产生了明显的改造,主要表现在对河床沙、砂金矿的开采,从而引起河槽变形。许多河流的中下游河槽均发生明显的变化,甚至出现中游顺直河槽的宽度大于下游河槽宽度的异常河槽现象。河槽变形影响到河流的动力作用过程及河床淤积泥沙的沉积结构,加强了地表水与地下水的交换,减弱了河流的携水、携沙能力。因此,河槽的研究应从河槽形态变化与河床淤积结构及其变化两方面入手,弄清河槽变化对陆海相互作用的影响。(4)莱州湾东岸沿岸发达的养殖业,本区海水养殖业集中在莱州湾淤长海岸,目前养殖业对海岸带的影响主要是对海岸轮廓的改造,并直接引起海岸动力对海岸的作用强度、作用方式的变化。作为人类活动的结果,出现了一系列海岸带地貌与自然景观变化、沉积层结构变化、地下水状态及动态变化,与直接的海岸轮廓改变。这些地表与近地表过程对今后本区海岸带的陆海相互作用将起到越来越明显的影响。

3.3 咸、淡水相互作用及海水入侵灾害防治研究

莱州湾东岸海岸带咸、淡水相互作用的长期研究表明,淡水水位及水头压力是控制咸水侵染的主要动力条件。20世纪90年代降水量的增加、限制地下水超采的管理实践,使本区海水入侵得到了扼制证明了这一点。当前,烟台市已经采取了如控制地下水开采量、建设河流地下拦水坝等一系列预防和控制海水入侵的工程措施,上述措施均对海水入侵起到了一定的缓解作用。90年代海水入侵灾害的减弱,以及减轻海水入侵措施的支持,已受污染地下水体的恢复问题仍然是一个急待解决的重要问题。进一步的研究还应结合全球变化研究的最新成果,莱州湾东岸海岸带过去的降雨量变化、地下水工程的跟踪监测,以及海岸带生态环境的恢复与综合研究,预测未来海岸带咸、

淡水相互作用的变化趋势。

3.4 海岸带环境与资源管理研究

海岸带环境与资源管理是实现海岸带可持续发展的重要举措,为了规范人类的行为,实现海岸带综合管理目标,必须对涉及海岸带的法律、海岸带科学及管理人才培养等问题进行综合研究,从而达到海岸带综合管理、实现海岸带可持续发展的长远目标^[28]。针对当前海岸带生态退化问题,实施有效的调控对策^[29]。采用以 GIS 技术^[4]为综合的技术平台,配合 RS 技术和 GPS 技术等新技术应用。处理好海岸带资源开发与海岸带环境发展的关系,使区域海岸带环境与资源开发管理达到一个新的水平。

3.5 未来海岸带变化预测

未来莱州湾东岸海岸带变化是一个综合性的指标,并取决于相关变化的研究,如全球变化引起的海平面变化,以及区域变化如降雨量变化、新构造运动、流域水利工程及其管理、人类社会经济活动状况等。在了解与掌握各种变化因素及其对海岸带变化的贡献的基础上,通过相关分析、主成分分析,设计未来若干年中海岸带变化模型,对未来变化趋势进行预测。相信通过研究者们共同努力,在今后的 10 年或 20 年中,一定会有所突破,为全球变化研究这一重大课题及区域海岸带环境问题的解决提供可靠的依据,做出应有的贡献。

参考文献:

- [1] 陈积玉.中国河口海岸研究回顾与展望[J].华东师范大学学报,1996,1:1-5.
- [2] 陆惠文,杨裕利.烟台市海岸带遥感研究[J].武测科技,1995,4:39-41.
- [3] 杜云艳,杨晓梅,王敬贵.中国海岸带及近海多源数据空间组合和运行的基础研究[J].海洋学报,2003,25(5):38-57.
- [4] 黄金良,洪华生,张珞平,等.地理信息技术在海岸带资源环境管理中的应用[J].台湾海峡,2003,22(1):79-84.
- [5] 杨晓梅,杜云艳,陈秀法.中国海岸带高分辨率遥感系统技术基础研究[J].海洋学报,2003,25(6):61-68.
- [6] 韩美,孟庆海.莱州湾沿岸的地貌类型[J].山东师范大学学报(自然科学版),1996,11(3): 63-67.
- [7] 张永战,李大奎.海岸带——全球变化研究的关键地区[J].海洋通报,1997,16(3):69-80.
- [8] 韩春瑞,谭启新,姜玉池,等.莱州湾东部滨海水域第四纪沉积及古地理特征[J].海洋地质与第四纪地质,1996,16(2): 75-84.

- [9] 赵济,李容全,杨运恒,等.胶东半岛沿海全新世环境演变[M].北京:海洋出版社,1992.52-53.
- [10] 蔡爱智.刁龙咀海岸的发育[J].海洋与湖沼,1980,3:204-210.
- [11] 庄振业,鞠连军,冯秀丽,等.山东莱州三山岛—刁龙咀地区砂坝泻湖沉积与演化[J].海洋地质与第四纪地质,1994,14(4):43-52.
- [12] 王庆.全新世中期以来山东半岛东北岸相对海面变化与海积地貌发育[J].地理研究,1999,18(2):122-129.
- [13] 杨景春,李有利.地貌学原理[M].北京:高等教育出版社,2001.
- [14] 王庆,王圣洁.晚更新世以来山东半岛北部沿海地区的构造抬升速率[J].海洋地质与第四纪地质,1998,18(3):71-77.
- [15] 李容全.第四纪环境与地貌学研究[M].北京:学苑出版社,2002.222-226.
- [16] 程捷,万天丰.郯庐断裂带在新生代的演化[J].地质科技情报,1996,15(3):35-42.
- [17] 王庆,杨华,仲少云,等.山东莱州浅滩的沉积动态与地貌演变[J].地理学报,2003,58(5):749-756.
- [18] 庄振业,陈卫东,许卫东.山东半岛若干平直砂岸近期强烈蚀退及其后果[J].青岛海洋大学学报,1989,19(1):90-98.
- [19] 常瑞芳,庄振业,吴建政.山东半岛西北海岸上的蚀退与防护[J].青岛海洋大学学报,1993,23(3):60-68.
- [20] 李凤林.渤海沿岸现代海蚀机制及危害与对策[J].中国地质,1990,6:19-21.
- [21] 薛禹群,吴吉春,谢春红,等.莱州湾沿岸海水入侵与咸水入侵研究[J].科学通报,1997,42(22):2 360-2 368.
- [22] 张祖陆,彭利民.莱州湾东、南沿岸(咸)水入侵的地下水水化学特征[J].中国环境科学,1998,18(2):121-125.
- [23] 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[J].青岛海洋大学学报,1999,29(1):141-147.
- [24] 王秋贤,任志远,孙根年.莱州湾南岸地区海水入侵灾害研究[J].海洋环境科学,2002,21(3):10-13.
- [25] 卜兆宏,孙金庄,董勤瑞,等.应用水土流失定量遥感方法监测山东全省山丘区的研究[J].土壤学报,1999,36(1):1-8.
- [26] 彭晓彤,周怀阳.海岸带沉积物中脱氮作用的研究进展[J].海洋科学,2002,26(5):31-34.
- [27] 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.
- [28] 陈国强,王颖.海岸带综合管理的若干问题[J].海洋通报,2003,22(3):39-44.
- [29] 洪华生,丁原红,洪丽玉,等.我国海岸带生态环境问题及其调控对策[J].环境污染治理技术与设备,2003,4(1):89-94.

(本文编辑:刘珊珊)