

三角洲地区海面——地面系统整合研究

谢志仁, 王琳

(南京师范大学地理科学学院, 江苏 南京 210097)

[摘要] 海面——地面系统变化是三角洲发育演变的控制性因素,也是研究三角洲地区人地关系演变的重要背景. 本文从我国海面变化研究和三角洲地区人地相互作用研究的现状分析出发,诠释了加强海面——地面系统整合研究的必要性,提出了今后应该关注的5个相互联系的关键性研究课题.

[关键词] 海面——地面系统, 三角洲, 人地关系, 海面变化

[中图分类号] X37 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1001-4616(2006)02-0110-05

Integrated Study on Sea Level-Land Surface System of Delta Regions

Xie Zhiren, Wang Lin

(School of Geographical Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

Abstract: The changes of the S/L (sea - level and land surface) system are not only the controlling factors of delta growth and evolvement, but also the important background of study on the evolvement of man - land relationship in delta regions. The paper analyzes the current situation of research on sea - level changes and man - land interaction in delta regions, and annotates the necessity of strengthening the integrated study on S/L system. It also proposes five correlated key subjects for research that we should pay close attention to in the future.

Key words: sea level and land surface system, delta, man - land relationship, sea-level changes

1 海面——地面系统研究释义

三角洲是陆海相互作用的产物,是全球变化背景下由海岸河口动力塑造的特殊沉积体. 今天的三角洲平原是在全新世全球大海侵和海面波动的控制下发育起来的,在近期又受到人为作用的强烈改造和控制,并且势必会在将来继续受到全球气候——海面变化和区域性自然和人为机制交互作用的影响,进而引发一系列与当地社会生活密切相关的重大变化.

从宏观的时空尺度来看,在三角洲演变的主要控制因素中,海面变化和地面变化无疑是一对基本要素. 从根本意义上说,正是海面的升降变化和地面的升降变化调制了三角洲的发育过程. 海面变化是受全球变化控制的,包括全球气候变化、全球构造变动以及大地水准面变化等机制. 三角洲的地面变化则主要受地区性机制控制,主要包括以下4项:

(1) 构造运动导致的沉积基底升降. 在三角洲平原地区一般表现为沉降.

(2) 地壳均衡调整导致的沉积基底升降. 在三角洲平原的发育过程中,快速沉积作用形成的沉积物负荷是导致均衡沉降的重要机制.

(3) 松散沉积物的压实作用引起的地面沉降. 包括自然状态下的沉积物自重压实和人为抽取地下水导致的压实.

(4) 侵蚀和沉积作用造成的地面升降. 侵蚀造成地面下降,沉积造成地面上升. 对于三角洲发育过程

收稿日期: 2005-10-27.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40171008).

作者简介: 谢志仁, 1945—, 教授, 博士生导师, 主要从事海面变化及其趋势预测的教学与研究. E-mail: xiezhiren@njnu.edu.cn

而言,起控制作用的是沉积物的加积作用引起的地面上的升。这是三角洲发育极为重要的控制因素,以全新世长江三角洲的发育为例,由这项因素造成的地面上的升量往往大于30 d,平均上升速率比构造运动速率和均衡运动速率要大一个数量级。

对所有这些控制三角洲发育演变各种因素,传统上是在各个分支学科中进行研究的。例如地貌学的研究、沉积学的研究、地层学的研究、工程地质学的研究等等。有关的研究积累发展到现在这个时刻,很有必要将过去分别分属于不同学科方向的研究,将过去海面和地面分列的研究整合到一个系统中加以统一的、综合的分析。这个系统就是海面——地面系统。对三角洲地区人地相互作用研究而言,这样一种整合的、系统的视角是十分有益的。

所谓海面——地面系统研究,就是要研究海面和地面的升降变化过程及其内在机制,就是要将海面和地面的高程变化作为三角洲和海岸地带海陆关系变化的切入点,通过对地面要素的外部形态特征和内部沉积构成中有关信息的提取,从三维方向来演绎海面和地面变化的历史过程、当前动态和未来趋势。显然这是属于海岸带陆海相互作用范畴的一项综合性的研究课题^[1]。

2 三角洲地区人地相互作用研究存疑

人是生存在地面上的,而且只能生活在出露于海面以上的陆地地面上,这就构成了三角洲地区人地关系的一个基本规律。三角洲地区古代文明的兴衰和迁徙,无疑与海面——地面系统变化关系密切。三角洲地区当前和未来面临的各种各样的生态环境的灾害性威胁,也大多与海面——地面的变化有关。我国几大三角洲特别是长江三角洲和珠江三角洲地区有关这方面的研究已经积累了大量的成果和数据资料,并且还不断地有新的成果发表。但是还有许多问题存有疑问,很多问题的看法始终没能统一。情况有点像是“各吹各的号,各唱各的调”。

首先,从三角洲地区人地关系演变历史过程中的“地”这方面来看。

作为全新世三角洲发育演变最重要的控制因素之一的海面变化,过去30多年的研究已经取得了大量的基础性资料^[2,3],得出了很多的结论,但是在两个基本问题上至今并未取得一致的认识——这就是全新世高海面和波动期划分问题。很多人认为出现过高于现代海面的高海面,也有人认为没有。大家几乎一致认为有过多次海面波动,但是对相对高海面出现的次数、时间的看法出入太大。至于对海面高度变化过程的重建,能够考虑消除海岸带地面升降影响的绝对海面变化曲线成果数量很少,彼此也不一致。多数研究还停留在将海面变化与地面变化混为一谈的相对海面变化研究的水平上。

在全新世和近代三角洲沉积和地层研究方面可谓成果累累,不少成果达到了很高的理论水平。但是在全新世海侵过程的许多细节上看法并不一致,沉积过程与地面形态(地貌面)塑造之间的联系还缺少深入的研究,而这些问题是三角洲人地关系演变历史中十分重要的直接因素。

地貌演变是三角洲地区人类生存环境演变的基本组成部分,这方面的研究成果也不少。从沿海平原上的贝壳堤系列和古海岸线的重建,到三角洲平原上的湖泊形成演变与海面变化关系研究等。但是对一些关键时期古海岸线的走向、一些重要湖泊的演变历史也存在不同的见解。

除此以外很重要的一点是,上述研究成果中隐含着的大量对于人地关系研究极其重要的信息大多还没有被有效地发掘利用,三角洲地区的自然研究与人文研究在很大程度上还处于彼此割裂的状态。

其次,从三角洲地区人地关系演变历史过程中的“人”这方面来看。

我国沿海地区,特别是长江三角洲地区所具有的得天独厚的条件,为考古研究和历史地理研究创造了广阔的天地,事实上也已经取得了令人瞩目的成就。三角洲地区的众多古文化遗址中包含着大量与海面——地面变化和入地关系演变有关的三维信息,但是由于专业的分割,真正能开展环境考古研究的为数很少。考古学和地质学的学科关注点不同,因此彼此的资料难以为对方利用也就在所难免了。历史地理学具有兼顾两边的特点,但是面对浩瀚的资料和宏大的目标,也未免显得势单力薄。历史地理学所关注的有文字记载的这一时段是三角洲地区人地关系演变的重要转折时期,是从自然绝对控制向人类作用迅速增强的过渡期,但这一时段却正是整个时间链上研究最为薄弱的关节。最近这一、两千年海面百年级波动的状况如何?此类波动对三角洲地区的自然环境和人类社会产生过何等影响?人类活动对此类海面波动的作用有何体现?这些问题都是有待进一步澄清的存疑之处。

最后,从三角洲人地关系演变的当前状况和未来趋势研究方面看。

当前,三角洲地区人对地的作用强度达到了空前的程度,甚至在有限时空范围内成为一种控制性的因素。例如,抽取地下水导致的地面沉降速率已经远远超过了前述4种地面变化机制中的任何一种。

三角洲地区当前正面临着海面上升和地面沉降的双重威胁,集中表现在由海面 and 地面两方面因素引发的三大安全问题:海岸带土地损失、平原洼地标高损失和海岸河口水质恶化。海面上升由全球气候变暖等因素控制的海面升降运动引起,地面沉降受地下水开采等因素和各种地面升降运动控制。两相迭加,造成三角洲地区相对海面全线上升。以长江三角洲为例,到2050年在南通以东地区最大相对海面上升幅度有可能达到116 cm^[2]。相对海面上升导致海岸侵蚀加剧、潮滩湿地损失、河口及地下盐水入侵、风暴潮和洪涝灾害威胁加大,可能对社会经济发展造成重大影响。近年来,海岸带开发的步伐大大加快,海岸带的经济密度和人口密度迅速增加,地下水位下降和地面沉降的速度随之加快,海面上升的潜在威胁也相应加大。平原地区的地面沉降正从城市向乡镇迅速发展,苏锡常地区和杭嘉湖地区地面沉降速率和沉降区面积已超过上海并逼近天津的历史记录。与此同时,围垦和建设填埋使三角洲河湖蓄水量不断减少,导致河湖水位上升,地面沉降区洪涝灾害险象环生,相关灾情趋于严重。三角洲地区这些与海面——地面系统变化直接相关的人地关系新形势必须予以高度重视。有关的研究近年来也已有相当数量的成果。但是对现代过程和未来趋势的研究仍然秉承了历史过程研究中的专业分割,只不过涉及到了更多的学科方向。水文地质和工程地质学对地面沉降的研究主要基于对含水层和隔水层物理力学性质的考虑,测量学对地面沉降的研究主要基于对某陆地上的不动点的假定,潮汐学对验潮数据的地面沉降校正建立在陆地重复水准测量数据的基础之上,大多数对21世纪海面上升的预测建立在对20世纪50-60年代之后几十年潮位记录统计外推的基础之上。这些研究如果从基于海面高程和地面高程绝对变化的海陆关系变化的视角加以整合性的研究可能会引出新的不同的结论。

3 关键问题抉择

在上述存疑问题的深入探讨中,海面——地面系统变化是一条具有控制意义的重要线索和整合思路。通过对海面——地面升降运动及其相应的海陆关系演变过程的综合分析、数值模拟和更高层面上的虚拟实验,将有助于深化对三角洲自然演化历史和趋势相伴随的人地相互作用过程的规律的认识,从而更好地把握现在,为抵御未来全球变暖和海面上升可能对三角洲地区造成的不利影响,提供决策的科学依据。

国内以往的海面——地面系统研究存在着“重海面,轻地面;重海岸,轻腹地;重过去,轻当前;重物理系统,轻生命系统”的倾向,而且对国际前沿的动态关注不足。尽管建立在全球坐标系基础上海面和地面升降监测系统已有多年的发展,但是在国内的相应“应用”还显得十分薄弱。例如,1992年8月发射的TOPEX/POSEIDON卫星为准厘米级精度的海面高度测量提供了可能^[4],随后便出现了一大批利用该卫星高度计数据检验全球和区域海面地形及其变化的研究成果^[5-11]。后续的Jason-1卫星将整合并延伸这种对海面高度变化的实时连续监测。这一动向标示着海面变化研究的方法体系和理论体系正由此面临一次新的突破。这正是我们应该予以高度关注并积极应用的方向。

组织相关学科方向的研究人员协作攻关十分必要。但是目标过于庞大是不现实的。我们需要做的并不是将有关学科的专家集中到一个课题组来做各自学科方向的研究,而是汇集各学科方向的专家智慧和积累的大量资料,选择有限的关键性目标,从海面——地面变化和相应发生的人地关系变化方向做整合性的研究。这种整合性的研究较少考虑各学科方向的顶尖发展,而主要着眼于在综合研究已有成果基础之上的归纳和演绎,建立假说和模型。以下5个相互关联的课题可以考虑作为这一研究的关键问题。

3.1 基于综合分析的海面变化历史过程重建

梳理已有资料,建立两个序列(10 000年和2 000年),着重评估高海面问题和波动期问题,对典型海面升降事件进行辨识与实证。需要攻关的关键问题是百年——分米量级海面变化,这是海面变化研究领域里的一个具有挑战性的科学难题,同时又是一个与预测未来环境密切相关的极具现实意义和科学价值的前沿课题。因为从方法上看,它是介于地学方法与仪器观测方法之间的一个空白段。从21世纪海面变化趋势的时间和空间尺度看,基本上属于此类小尺度变化。这一量级的海面波动原因机制的研究,对于判断近百年来海面上升的控制因素进而预测未来海面变化的趋势有着直接的指导意义。对历史上此类海面波动

对三角洲和沿海地区曾经造成过何种影响的实证,将成为预测未来海面上升影响的重要类比基础。

中心内容:评估高海面问题和波动期问题,建立总结性的海面变化曲线。

重点方向:① 10 000 万年以来的海面变化过程;② 2 000 年以来的海面变化过程。

关键问题:百年——分米量级海面波动辨析。

3.2 基于绝对变化的海面——地面监测预测系统

迄今为止中国沿海地区的海面——地面监测工作都是建立在中国区域陆地坐标系之上的海陆相对变化监测(除零星的试验性研究之外),对未来海面预测的研究多是以区域平均状况为基础的,从机理模式或统计外推出发的“一次性”预测。此类预测的过程是不可调试的,其得出的预测值实际上是难以被实测检验的。拟建的“监测预测系统”包括地面监测系统和海面监测系统,以及年级到十年级相对海面变化预测系统。预测系统与监测系统之间建有反馈回路。预测数据不断被监测数据检验,并且每隔一定期限根据监测数据修正原先的预测数据。这种可调试的、动态的“监测——预测”系统建立后,将能向社会各界提供更为切实的参考数据,使海面预测的理论研究与抵御海面上升灾害的实际工作真正结合起来,使我国的海面研究踏上一个新的台阶。

中心内容:研制可检验、可调试的动态监测——预测系统。

重点方向:① 建立基于单站和岸段的 RSL 监测预测系统;② 海面、地面绝对测量技术应用探索。

关键问题:三角洲邻近海域现代大地水准面型海面升降运动(Geoidal Eustasy)。

3.3 基于虚拟实验的三角洲海面——地面变化模拟

研制并建立基于 GIS 技术和虚拟现实技术的仿真模型,以 10 000 aBP—AD2 100 时域内 100a—1a 和 1 km—1 cm 的不同时、空分辨率,研究过去、现在和未来全球变化背景下,长江三角洲海岸演变过程中自然变化和人类活动交互作用机制及其效果。对若干典型过程进行模拟和演示,对各种可能的变化格局进行虚拟实验,并对实验结果进行综合评价。

中心内容:研制仿真模型,对各种可能的变化格局和若干典型过程进行模拟、演示和虚拟实验。

重点方向:① 全新世三角洲地貌发育演变的仿真模拟和虚拟实验;② 未来海面上升对三角洲影响的仿真模拟和虚拟实验。

关键问题:海面——地面系统变化仿真模型。

3.4 基于海面——地面变化背景的三角洲人地关系历史

在三角洲地区新石器时代以来已有的考古学和历史地理学研究成果和资料的基础上,加强环境考古的现场工作,加强最近一两千年来三角洲地区开发过程中建设性和灾难性人文事件的解析,加强人文过程研究中数学和模型方法的应用,对集中探寻人文过程的波动与全新世以来海面和环境快速变动之间的内在联系。其中后一时段(最近一两千年)是三角洲地区人类活动加速增强,人地关系从自然控制向人类主导变化的转折时期,更显得重要。

中心:典型海面波动事件的环境效应和人文效应。

重点方向:① 新石器文化兴衰迁徙与海面——地面变化的联系;② 两千年重大人文事件与海面——地面变化的联系。

关键问题:海面事件与人文事件的历史对比。

3.5 基于海面——地面变化背景的三角洲人地关系趋势

包括三角洲地区人地关系的当前状况及其发展态势与海面——地面系统变化之间内在联系的综合研究。主要涉及全球变化和长江三角洲地区高强度人为活动背景下,以水资源要素和土地要素为代表的自然系统,以趋势性灾害要素为代表的灾害系统,以农业环境要素为代表的环境污染系统,以人口和经济要素为代表的社会经济系统对于海面上升和地面沉降的响应机制和变化趋势研究。

中心:社会经济系统对于海面上升和地面沉降的响应机制和变化趋势研究。

重点方向:① 人地关系当前状况与海面——地面系统变化;② 人地关系未来趋势与海面——地面系统变化。

关键问题:人类活动与海面——地面变化的交互作用机制。

以上这 5 个研究课题所包含的科学问题和关键难题的研究彼此之间有着密切的联系。海面变化历史

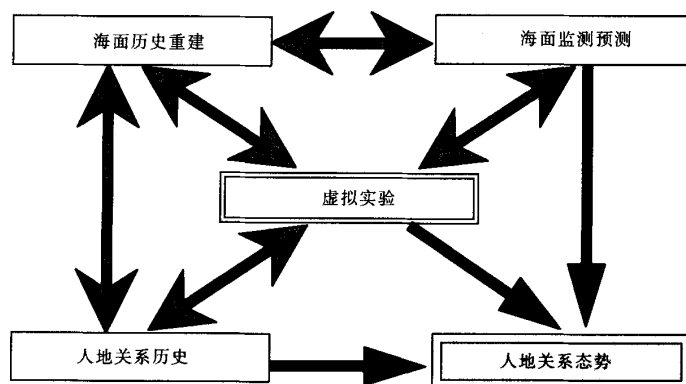


图 1 关键问题的关联性

过程固然是海面——地面系统模拟和虚拟实验的重要控制性参数,是三角洲全新世以来重大人文事件的自然背景,也是对海面——地面系统未来趋势预测所不可缺少的机制性参数的重要来源。但是,虚拟实验、人地关系历史和监测预测研究成果都能为海面历史重建提供极其宝贵的信息。而所有这 4 方面的研究最终都将落脚在对三角洲人地关系现状和未来趋势的分析上,这是研究的现实意义所在。

[参考文献]

- [1] 谢志仁. 海面变化与环境变迁: 海面—地面系统与海—气—冰系统初探[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 1995: 7-16.
- [2] 施雅风, 赵希涛主编. 中国气候与海面变化及其趋势和影响[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1996.
- [3] 沈明洁, 谢志仁, 朱诚. 中国东部全新世以来海面波动特征探讨[J]. 地球科学进展, 2002, 17(6): 886-894.
- [4] 崔树红, 谢志仁, 等. 基于卫星平台的海面变化监测技术进展[J]. 宁夏工程技术, 2004, 3(3): 236-240.
- [5] Nerem R S. Measuring global mean sea level variations using TOPEX/POSEIDON altimeter data[J]. Journal of Geophysical Research, 1995, 100(C12): 25135-25151.
- [6] Hendricks J R, Leben R R, Born G H. Empirical orthogonal function analysis of global TOPEX/POSEIDON altimeter data and implications for detection of global sea level rise[J]. Journal of Geophysical Research, 1996, 101(C6): 14131-14145.
- [7] Douglas B C. Global sea rise: A redetermination[J]. Surveys in Geophysics, 1997, 18(2/3): 279-292.
- [8] Cazenave A, Diminh K, Soudarin L, et al. Sea level change from Topex-Posedion altimetry and tide gauges and vertical crustal motions from DORIS[J]. Geophys Research Letters, 1999, 26(14): 2077-2080.
- [9] Cabanes C, Cazenave A, Le Provost C. Sea level changes from Topex - Posedion altimetry for 1993 ~ 1999 and possible warming of the southern oceans[J]. Geophys Research Letters, 2001, 28(1): 9-12.
- [10] Chen J L, Shum C K, Wilson C R, et al. Seasonal sea level change from TOPEX/POSEIDON observation and thermal contribution[J]. J GEODESY: Journal of Geodesy, 2003, 73(12): 638-647.
- [11] Kuo C Y, Shum C K, Braun A, et al. Vertical crustal motion determined by satellite altimetry and tide gauge data in Fennoscandia[J]. Geophysical Research Letters, 2004, 31(1): 1-4.

[责任编辑: 陆炳新]