

苏北中部滨海平原成陆机制研究*

朱玉荣

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

提要 苏北中部滨海平原位于废黄河三角洲和长江三角洲之间,其形成与全新世最大海侵之后长江、古黄河的供沙历史和供沙状况密切相关,并且现今海域南黄海辐射沙洲的辐聚点也位于这段海岸,故探讨其成陆机制具有重要意义。本文数值模拟了公元 8 世纪时该区的 M 潮汐、潮流,在此基础上,计算了 7 种粒径泥沙在当时潮流场中的净输运状况,划分了海底冲淤区。计算结果表明,公元 8 世纪时苏北岸外存在大致以东台为顶点的辐射状古潮流场,其分布格局与现今苏北岸外大致以琼港为顶点的辐射状潮流场基本一致,该辐射状潮流场的存在是由当时东台岸外的独特驻波波腹所决定的。进入苏北岸外古辐射状潮流场中的泥沙,在辐聚、辐散的潮流作用下,每一个潮周期均自 NE、SE 方向向东台附近海域净输运泥沙,在东台附近海域发生淤积。由此认为,苏北中部滨海平原是大致以东台为顶点的辐聚、辐散潮流在每个潮周期内均将北来的黄河泥沙与南来的长江泥沙向东台附近海域净输运,致使泥沙在此迅速淤积,水下沙洲迅速生长、并陆而形成。大致以东台为顶点的辐射状潮流场与古黄河、长江带来的充足物源是苏北中部滨海平原形成的两个有利条件。

关键词 滨海平原,潮流,泥沙输运,形成机制,苏北

北起海州湾南岸、南至镇江以下长江北岸、大致 6 000 aBP 古岸线以东及以南的苏北滨海平原(图 1),其形成与全新世最大海侵后长江、古黄河的供沙历史与供沙状况密切相关。全新世最大海侵后,受输沙量较高的长江与输沙量为世界之最的中国第二大河古黄河的影响,苏北滨海平原地区的古岸线向东与向南推进之快在世界范围内尚不多见。苏北滨海平原大致可分为北部、中部以及南部 3 段。苏北北部滨海平原大致为射阳河口以北的废黄河三角洲地区,李成治等 1984 年与张忍顺 1984 年认为该段滨海平原的形成与演变主要受古黄河最近一次从苏北夺淮入海、后又北归这一供沙状况的直接影响。苏北南部滨海平原大致为江都~扬州~泰州~海安~栟茶一线以南至镇江以下长江北岸以北地区,该段滨海平原主要是全新世最大海侵后古长江河口湾被长江来沙不断充填、且在科氏力作用下长江河口不断东进南偏而形成^[1]。苏北中部滨海平原大致为 6 000aBP 古岸线以东、射阳河口以南、海安~栟茶一线以北地区,该段滨海平原的形成既受北部古黄河来沙的影响,也受南部长江来沙的影响,并且现今海域南黄海辐射沙洲的辐聚点琼港也位于这段滨海平原,故探讨该段滨海平原的成陆机

制,可为陆海相互作用过程与古环境演变的研究提供我国典型实例,亦对研究现今海域南黄海辐射沙洲的形成以及演变动态有重要借鉴意义。

根据凌申 1991 年的研究,在距今 6 000 aBP 至公元 8 世纪期间,由于古黄河尚未从苏北夺淮入海,苏北中、北部岸线东迁缓慢,长期较稳定;据李成治等 1984 年、张忍顺 1984 年以及文献[2]的研究,苏北南部岸线则由于古长江河口湾不断被长江来沙所充填、长江口逐渐东进南偏,岸线不断向东南方向移动。至公元 8 世纪时,整个苏北的海岸线轮廓基本如图 1 所示。本文拟用数值模拟方法,恢复公元 8 世纪时苏北岸外的古潮汐、潮流;在此基础上,研究进入当时潮流场的泥沙输运状况与海底冲淤情况。据此,从沉积动力学角度,浅探公元 8 世纪以来,尤其是古黄河最近一次从苏北夺淮入海以来苏北中部滨海平原成陆的动力机制,简析现今海域南黄海辐射沙洲的形成及其演变动态。

* 国家自然科学基金资助项目 49476380 号,中国博士后科学基金资助项目。

收稿日期:2000-05-07;修回日期:2000-05-22

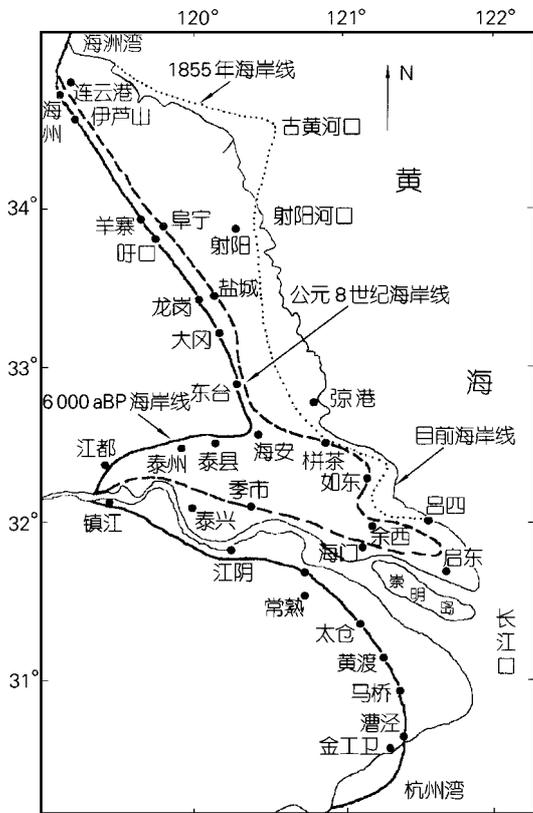


图1 苏北滨海平原与公元8世纪时该区的古岸线
(据李成治等1984年、任美镔1986年、凌申1991年以及文献[2]改绘)

Fig.1 The littoral plain of the Northern Jiangsu Province and the paleo-coastal line in the 8th century
(Modified from Li *et al.* 1984; Ren 1986; Ling 1991 and Zhu *et al.* 1996)

1 方法

本文计算公元8世纪时古潮汐潮流、泥沙输运场以及海底冲淤状况的方法见文献[1]。

2 研究结果

2.1 公元8世纪时苏北岸外的潮汐、潮流特征

公元8世纪时渤、黄、东海的同潮图(图2a)有4个无潮点,渤海有两个,北黄海和南黄海各1个,这4个无潮点的位置以及整个计算海域同潮时线与等振幅线的形态和量值与陈达熙1992年、赵保仁等1994年给出的现在岸线渤、黄、东海的同潮图基本一致。公

元8世纪时在苏北岸外存在0°同潮时线,它为一独特的潮波区,关于其性质下面再讨论。

公元8世纪时苏北岸外的潮流大致以东台为顶点作辐聚、辐散运动。以东台附近海域的潮流为参考对象,涨潮半潮面时刻,外海涨潮流从N, NE, E, SEE方向一齐向东台附近海域辐聚(见图2b),且此时涨潮流流速达最大;落潮半潮面时刻,落潮流以与涨潮流基本相反的方向自东台附近海域呈放射状向外海辐散(图略),且落潮流速达最大。由于涨、落潮半潮面时刻,东台附近海域的涨、落潮流速分别达最大,因此,苏北岸外的独特潮波区具驻波性质。大致以东台为顶点的辐射状潮流场的存在就是由苏北岸外的独特驻潮波波腹区决定的。驻潮波波腹的腹点就大致在东台,与腹点相对应的驻波节点为山东半岛南侧的无潮点。故辐射状潮流场并非现今苏北海岸线轮廓的特定产物,它在公元8世纪及更早就已存在。既然大致以东台为顶点的古辐射状潮流场早已存在,推测现今起码是东台以东的苏北滨海平原区存在埋藏潮流沙脊。已有的钻孔资料证实该区确实存在大致以东台为顶点,呈扇状向海展布、面积约3000 km²的埋藏砂体沉积区,砂层东厚西薄,厚约10~30 m,沉积物主要有粉细砂、细砂组成,砂层的沉积结构与构造表明,该砂体为潮流成因^[3]。在该砂体区的南部与北部各打了两口全取芯浅钻作沉积磁组分析,4个钻孔点所揭示的古流向^[4]与本文的模拟结果基本一致,若揭示古流向的钻孔点多一些,则更能说明问题。

2.2 泥沙输运场

根据苏北滨海平原地区有关钻孔资料所揭示的该处沉积体粒径的大致范围^[3]以及任美镔1986年给出的现今海域表层沉积物粒径的大致范围,选取了7种粒径,即0.016, 0.032, 0.063, 0.105, 0.125, 0.18, 0.25 mm无黏性泥沙,计算了它们在公元8世纪时苏北岸外古潮流场中的净输运场。结果表明,公元8世纪时大致以东台为顶点的辐聚、辐散潮流,在每一个潮周期内,均使进入该潮流场中的泥沙向东台附近海域净输运(以0.063 mm粒径泥沙的悬移输运场为例,见图3)。泥沙推移输运的趋势与悬移输运的基本一致,但推移输运率的数量比悬移的小一个量级。根据泥沙净输运的方向和大小知,大致以东台为界,东台以北,泥沙主要来自NE向,泥沙净输运矢量较小;东台以南,泥沙主要来自SE, SEE向,泥沙净输运矢量较大。前人曾对苏北中部滨海平原区自北向南

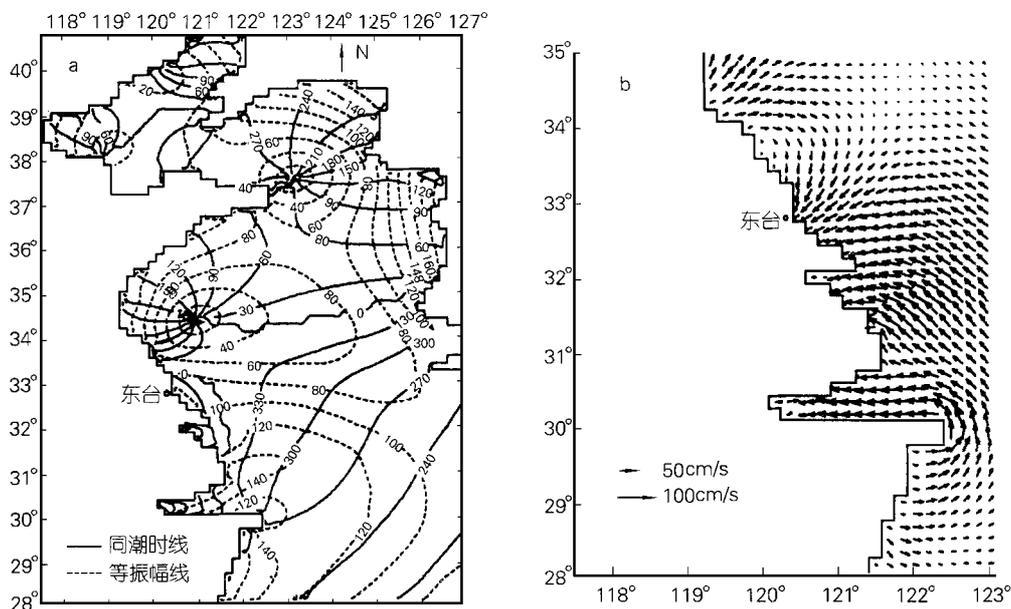


图2 公元8世纪时苏北岸外的M₂潮汐、潮流
a: 同潮图; b: 涨潮半潮面时刻的潮流场

Fig.2 The M₂ tide and tidal currents off the coast of Northern Jiangsu Province in the 8th A.D
a: cotidal chart; b: tidal current field at the time of flood semi-tidal level

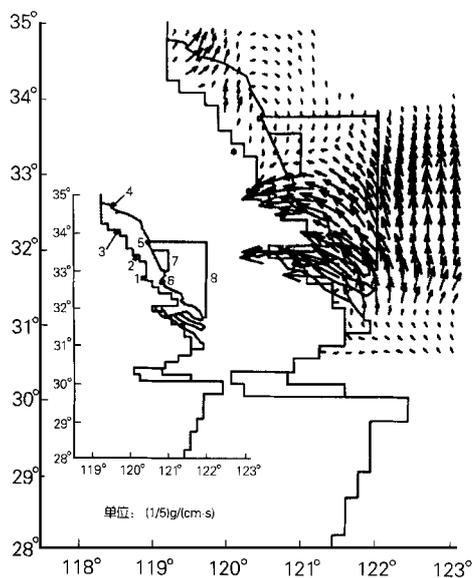


图3 M₂潮流作用下0.063 mm粒径泥沙的悬移输运场
Fig.3 The suspended load transport pattern for sediment with grain size of 0.063 mm under M₂ tidal currents

1: 东台; 2: 盐城; 3: 公元8世纪海岸线; 4: 目前海岸线;
5: 射阳河口; 6: 淤港; 7: 西洋边界; 8: 现今辐射沙洲边界

分布的6个钻孔岩心共108个样品作碎屑矿物物源分析,结果表明苏北中部滨海平原的北部主要为黄河供沙,南部主要为长江供沙^[4]。这与本文的计算结果,即东台以北的泥沙在当时M₂潮流作用下主要自北东来,而以南主要自南东来,是基本一致的。

2.3 海底冲淤状况

根据泥沙输运率散度划分了海底冲淤区。结果表明,不论做悬移运输的泥沙还是做推移运输的泥沙,均在以东台为中心的苏北岸外发生淤积,在淤积区外围发生冲刷(以0.063 mm粒径泥沙的悬移运输对海底造成的冲淤状况为例,见图4)。

2.4 苏北中部滨海平原成陆的动力机制探讨

由上述泥沙输运和海底冲淤状况知,只要有泥沙进入苏北岸外大致以东台为顶点的辐射状潮流场,该区辐聚、辐散的潮流就会在每一个潮周期内将泥沙自东北与东南方向向东台附近海域净输运,在东台附近海域发生淤积。在古黄河最近一次从苏北夺淮入海前,苏北岸外的泥沙来源主要是长江入海泥沙的北向分量,但由于当时长江来沙主要用于充填其巨大河口湾,故其入海泥沙量较少,入海泥沙的北向分量则更有限,所以苏北海岸长期较稳定。古黄河最近一次从

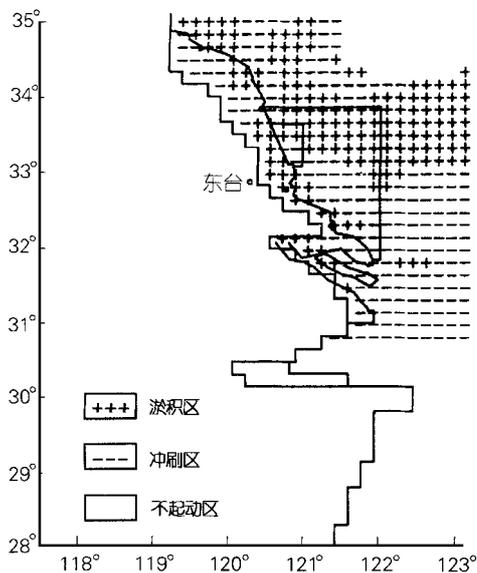


图4 M潮流作用下0.063 mm粒径泥沙的悬移运输对海底造成的冲淤分布格局
Fig. 4 The sea bed accretion/erosion pattern for sediment with grain size of 0.063 mm resulting from its suspended load transport

苏北分流入海,尤其是全流夺准入海期间,直接给苏北海岸带来巨量泥沙;黄河北归后,古黄河水上、水下三角洲遭受侵蚀,也间接地供给苏北海岸大量泥沙。苏北北部,即大致射阳河口以北,废黄河三角洲地区的海岸直接受古黄河来沙影响,且由于该区的主要水动力利于古黄河来沙自岸向海净输运(见图3),故该区岸线向海推进最快,尤以古黄河口区为甚。出河口后向南的泥沙流沿苏北北部海岸发生快速淤积,致使该段海岸迅速向海推进。进入大致以东台为中心的苏北中部海岸的古黄河泥沙与南边的长江来沙一起,则受苏北岸外辐射状潮流场的影响,泥沙在大致以东台为顶点的辐聚、辐散潮流作用下,在每个潮周期内向东台附近海域净输运,并在此发生快速淤积,致使水下沙洲生长迅速,这段海岸的形成以水下沙洲快速生长、并陆为主。大致以东台为顶点的辐射状潮流场与古黄河、长江带来的充足物源是该段海岸形成的两个有利条件。

2.5 现今南黄海辐射沙洲的形成及其演变动态简析

古黄河最近一次从苏北夺准入海期间,苏北海岸受其巨量入海泥沙的影响,海岸线迅速向海推进。黄河北归后,由于沙源骤减,苏北海岸线在外海水动力

作用下进行调整,主要表现为废黄河三角洲地区遭受强烈侵蚀,侵蚀下来的泥沙北下使苏北岸线缓慢向海推进,最后现在海岸线形成。在苏北岸线向海推进的过程中,潮流辐聚、辐散的顶点从东台附近移到现在弥港附近,形成以弥港为顶点的辐射状潮流场,该潮流场对形成、维持以及塑造现今的南黄海辐射沙洲起着重要作用。公元8世纪时以东台为顶点的辐射状潮流场,能使进入该潮流场的泥沙自东北、东南方向向东台附近海域净输运泥沙,在东台附近海域发生淤积,淤积区外围发生冲刷;现在苏北岸外存在大致以弥港为顶点的辐射状潮流场,并且其分布格局与公元8世纪时的基本一致,因此有理由认为:(1)现在以弥港为顶点的辐射状潮流场在每个潮周期内也自NE、SE方向向弥港附近海域净输运泥沙,在此发生淤积,在淤积区外围发生冲刷。这与张忍顺等1992年根据实测资料得出的位于现今南黄海辐射沙洲根部的内部各沙洲逐渐加积淤高,外缘小沙洲遭受侵蚀、冲刷,条子泥最终将并陆的结论相吻合。(2)现今南黄海辐射沙洲的形成与苏北中部滨海平原的成陆具有相同的动力机制,即都由辐射状潮流场改造自东北、东南方向进入潮流场的泥沙(泥沙可来源于古黄河、长江、海底、外海以及受侵蚀的海岸,主要是古黄河与长江来沙),经过复杂的动力沉积过程后形成,只不过现今南黄海辐射沙洲由于物源不充足,尚未整体并陆而已,二者处于不同的发育阶段。在现今以弥港为顶点的辐射状潮流场作用与物源不足的情况下,南黄海辐射沙洲的内部各沙洲逐渐加积淤高,外缘小沙洲遭受侵蚀、冲刷,条子泥终将并陆是必然的。

3 讨论

根据1986年5月第1版射阳河口至吕泗港幅海图,给出了西洋与现今辐射沙洲的边界(见图3、图4)。由图3知,公元8世纪时,西洋水域的泥沙在当时潮流场作用下基本上自东北向东南或自东向西净输运,这与任美镔1986年、张忍顺等1992年给出的西洋水域目前的泥沙运输状况基本上是一致的,但当时该水域的泥沙运输强度远不如目前高,这可能与公元8世纪以来海岸线不断向海推进、西洋水域逐渐变窄、潮流越来越强,加之水下脊槽地形不断变迁,致使该区泥沙运输强度越来越高有关。由图4知,公元8世纪时,在现今辐射沙洲区,弥港附近海域小范围内发生淤积,辐射沙洲区的北、东北部发生淤积,尤以东北部最甚,而在其中、南部的离岸区发生冲刷。这与目前辐射沙洲北大南小不对称格架的形成、分布是基本

一致的,但目前弥港附近海域发生淤积的范围远比公元 8 世纪时大,表现为目前辐射沙洲区根部的各沙洲在逐渐加积淤高;相应地,中、南部离岸区发生冲刷的范围比公元 8 世纪时小,表现为目前中、南部离岸区有短小沙洲发育,这可能与岸线不断向海推进、水动力条件不断调整、泥沙不断向沙洲根部净输移、海底地形不断变迁有关。

4 结语

4.1 公元 8 世纪时苏北岸外存在大致以东台为顶点的辐射状潮流场,其分布格局与现今苏北岸外大致以弥港为顶点的辐射状潮流场基本一致。该辐射状潮流场的存在是由苏北岸外的独特驻潮波波腹区决定的。公元 8 世纪时大致以东台为顶点的辐聚、辐散潮流,每个潮周期均自北东、南东方向向东台附近海域净输运泥沙,并在此发生淤积,在淤积区外围发生冲刷。古黄河最近一次从苏北夺淮入海期间及北归

后曾直接或间接地供给苏北海岸巨量泥沙,古长江也供应一定数量的泥沙,苏北中部滨海平原就是以上述动力机制在水下沙洲快速生长、并陆的情况下形成的。大致以东台为顶点的古辐射状潮流场与古黄河、长江带来的充足物源是苏北中部滨海平原形成的两个有利条件。

4.2 现今南黄海辐射沙洲的形成与苏北中部滨海平原的成陆具有相同的动力机制,只不过前者尚未并陆,二者处于不同的发育阶段。在现今大致以弥港为顶点的辐射状潮流场作用与物源不足的情况下,南黄海辐射沙洲的内部各沙洲逐渐加积淤高,外缘小沙洲遭受侵蚀、冲刷,条子泥终将并陆是必然的。

主要参考文献

- 1 朱玉荣. 海洋学报, 1999, 21(3): 73 ~ 82
- 2 朱 诚 程 鹏 卢春成等. 地理科学, 1996, 16(3): 207 ~ 213
- 3 赵 娟 李从先 张桂甲. 同济大学学报, 1997, 25(1): 82 ~ 86
- 4 张家强 李从先 丛友滋. 海洋学报, 1998, 20(3): 82 ~ 90

PRELIMINARY STUDY ON FORMATION MECHANISM OF THE MIDDLE LITTORAL PLAIN IN THE NORTHERN PART OF JIANGSU PROVINCE

ZHU Yirong

(*Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao, 266071*)

Received: May 7, 2000

Key Words: Littoral plain, Tidal current, Sediment transport, Formation mechanism, Northern Jiangsu Province

Abstract

The middle littoral plain in the Northern Jiangsu Province is located between the Old Yellow River Delta and the Changjiang River Delta. Its formation is related closely to the sediment supply history of the Changjiang River and the Old Yellow River after the transgression maximum of Holocene. At present, the convergent point of the Radial Sand Ridges in the Southern Yellow Sea is also located in this area. Therefore, study on the formation mechanism of the littoral plain has important significance. The M₂ tide and tidal currents in the 8th century are simulated with a 2-D tide model. Based on tidal current results, sediment transport fields for seven kinds of grain size are calculated, and seabed erosion/accretion pattern is obtained from the divergence of sediment transport rate. The results show that a wave loop of standing tidal waves existed off the northern Jiangsu coast in the 8th century. Under the control of the wave loop, tidal currents converge to or diverge from the Dongtai area. The distribution pattern of the paleoradial tidal current field is similar to that of the present one with apex in the Qianggang area. Within a single tide cycle, net sediment was directed towards the Dongtai area, thus net deposit occurred in this area. The simulated results of the paleoradial tidal current field and the sediment transport patterns in this paper are generally consistent with field data. The littoral plain was formed from submarine shoal, which grown up quickly and combined with land when the radial tidal current field transports sediment from the Old Yellow River and the Changjiang River towards the Dongtai area with net accretion. The paleoradial tidal current field with apex in Dongtai area and abundant sediment supply from the Old Yellow River and the Changjiang River are two favorable conditions for development of the littoral plain.

(本文编辑:李本川)