

中国海岸近期侵蚀问题

王文介

(中国科学院南海海洋研究所)

提 要

中国海岸侵蚀主要出现于废弃三角洲前缘地带和现代三角洲局部地区。其次出现在堆积性海岸阶地或沙坝区域。

河流沉积中心转移、流域来沙减少、河口水动力变异是废弃三角洲和现代三角洲侵蚀的重要条件；陆架供沙不足是海岸砂质堆积体蚀退的主要原因；较高能量的海浪、风暴和近岸水流作用是海岸侵蚀的主要动力因素；海平面上升对海岸蚀退有一定影响。

目前，中国海岸侵蚀仍在继续。今后，随着海岸带的开发建设，必须重视对海岸侵蚀的防护。

中国海岸线总长度3万余公里，可粗分为堆积性海岸和基岩海岸两大类。堆积性海

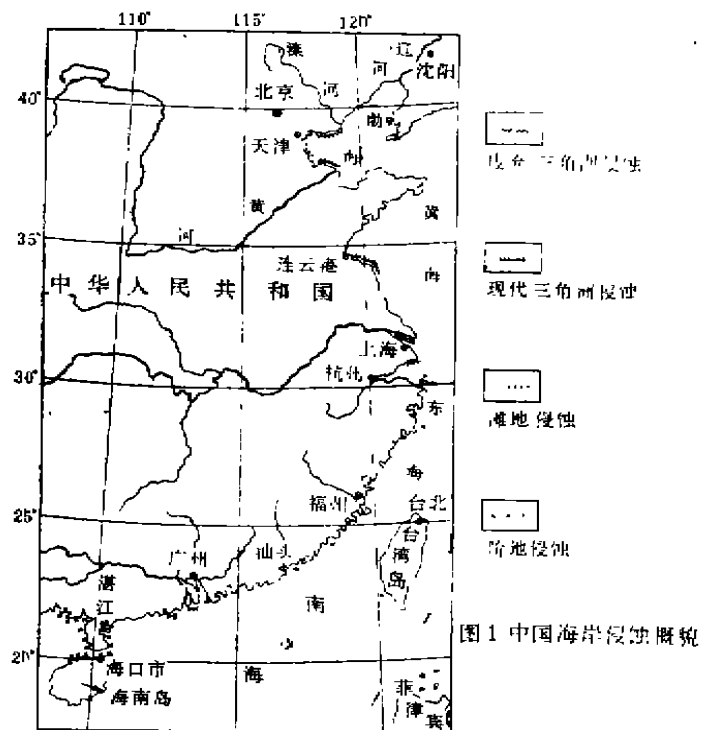


图1 中国海岸侵蚀概貌

本文于1988年8月29日收到。

岸成片分布于杭州湾以北区域, 其中有部分岸段存在较严重的侵蚀现象, 杭州湾以南堆积性海岸呈断续分布, 亦有不同程度的侵蚀现象存在。基岩海岸主要分布在辽东半岛、山东半岛、浙闽沿岸和两广沿岸, 它们的侵蚀速度相当缓慢, 在短时间内一般不易为人们所察觉(图1)。

一、海岸侵蚀概况

1. 废弃三角洲侵蚀

中国海岸带较大的废弃三角洲, 有河北的古滦河三角洲、山东的黄河三角洲北缘、苏北的废黄河三角洲和海南岛南渡江东部废弃三角洲, 它们的前缘地带均有明显的蚀退现象。

滦河河口自12世纪以来不断自西向东迁移, 在现代河口西侧留下一片废弃的河口三角洲。由于渤海海浪和近岸水流的不断作用, 废弃三角洲前缘出现了较强烈的蚀退(图2), 近期已见潟湖沉积在离岸沙坝下出露。海岸被蚀的泥沙除向陆地移动形成离岸沙坝外, 其崩塌入海的物质主要向西侧运移, 造成渤海湾北侧一重要泥沙来源。目前, 曹妃甸等离岸沙坝面积正在缩小, 南堡东南(水深30m)的古滦河冲积扇水下三角洲已被侵蚀成陡坎, 坡度约4%¹⁾。

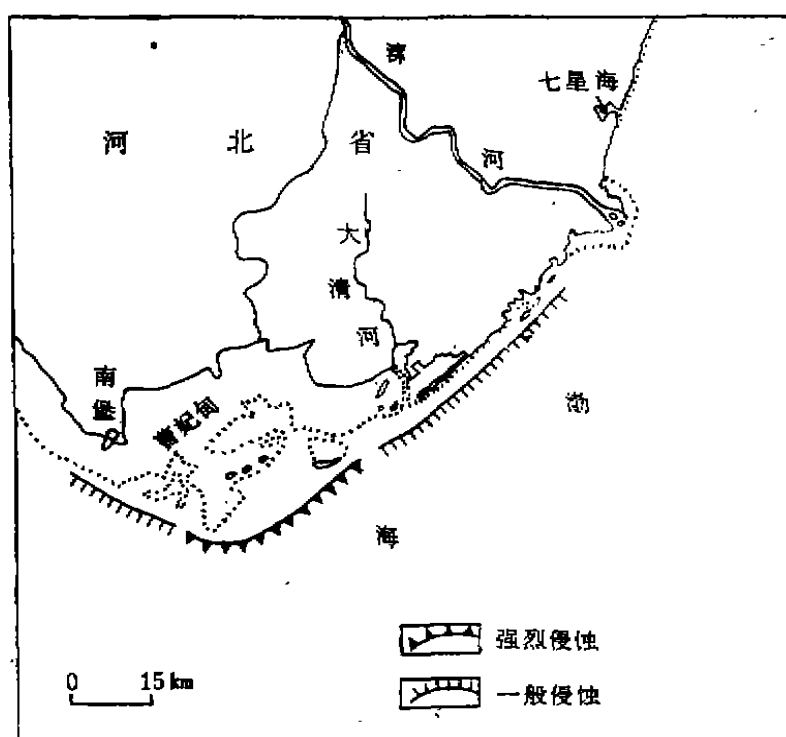


图2 古滦河口(三角洲)海岸侵蚀图
(注: 图中七星海应为七里海)

1) 据河北省海岸带调查资料。

黄河尾间有10年左右为周期的自然摆动规律。1976年黄河河口南迁至清水沟入海，目前整个三角洲北缘区域已变成废弃三角洲性质，出现了明显的侵蚀后退（图3）。如大口河至顺江沟岸段于本世纪初开始废弃并受侵蚀，目前已进入蚀退中期，岸线每年后退约1m。由于泥沙向陆移动，高潮线上侧形成离岸沙坝或岛链，一些贝壳堤每年后退5m，高潮线附近出现比高0.2—1.0m蚀退陡坎，顺江沟至神仙沟岸段，废弃时代在本世纪三、四十年代以后，近期海岸线每年蚀退100—150m，其中钓口岸段蚀退最快，每年达300m，潮间带上见有三角洲侵蚀残留块体，高潮线附近见有海蚀穴及海蚀平台¹⁾。

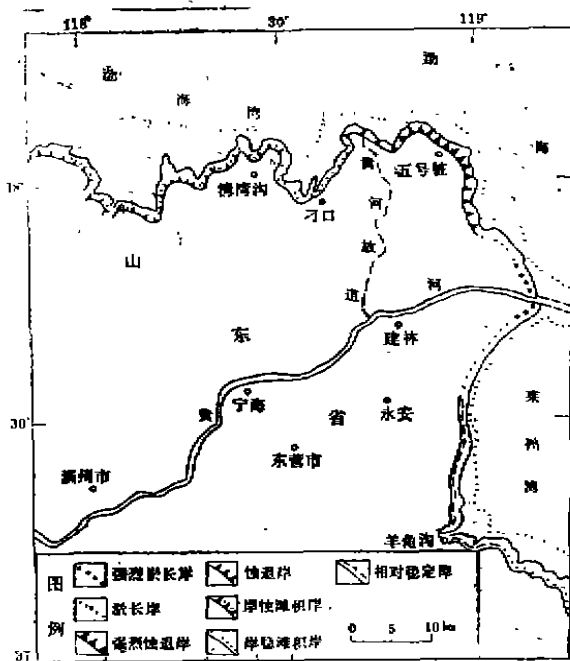


图3 黄河口岸滩冲淤演变图
(据李成治, 1988)

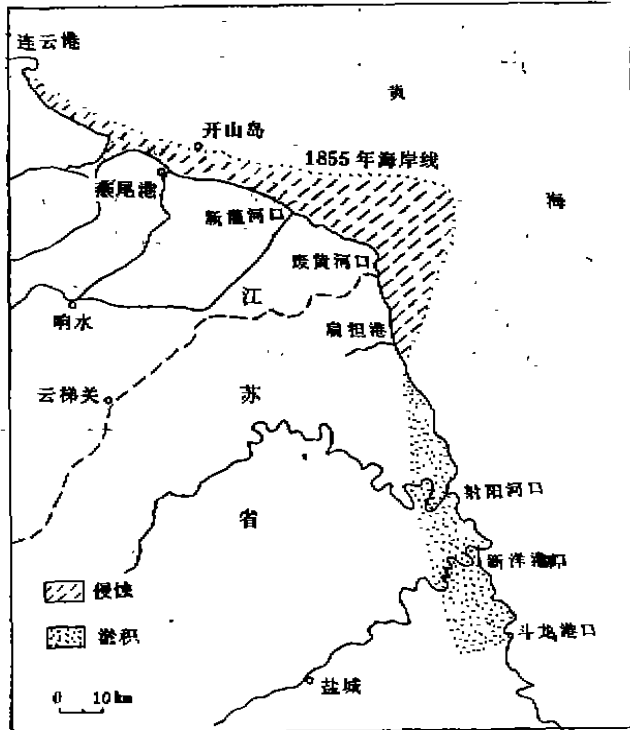


图4 废黄河口(三角洲)侵蚀图
(据叶青超, 1988原图修改)

苏北的废黄河三角洲，自1855年黄河北归后，一直处于蚀退状态，其蚀退速度1898—1957年为169m/年，1957—1970年为85m/年，1970年以后侵蚀减缓。现在三角洲前缘已后退22.3km，被蚀土地面积1400km²，开山原为陆连岛丘，现已孤立海中成为岛屿，岸线后退7.6km²⁾（图4）。

南渡江东部河口约在4000年前开始废弃，其三角洲岸线今天已成为铺前外湾的切线段，近50年来海岸每年蚀退6—8m。

2. 现代三角洲侵蚀

中国现代河口三角洲有局部蚀退或短时间的侵蚀，如1978年前的长江口川沙岸段和南汇嘴东滩（石皮勒至南汇嘴），前者水下岸坡发生蚀退；后者高潮滩遭受破坏，光滩

1) 据山东省海岸带调查资料。

2) 据江苏省海岸带调查资料。

直抵海塘堤基, 泥坎发育。杭州湾北侧的芦潮港—中港岸段, 自1958年至1981年, 零米等深线后退900m (现已筑丁坝护岸)^[1]。韩江三角洲莱芜岛至妈屿口岸段, 近二、三十年来海岸线出现蚀退, 三角洲前缘水下斜坡普遍刷深变陡, 2m和5m等深线向陆移动, 其中外沙河南部岸段尤为明显, 海底刷深1—3m^[2]。近期南渡江现代三角洲前缘呈明显侵蚀状态 (图5), 潟湖沉积在沙坝下出露, 近三十余年来, 0m至10m等深线之间的水下岸坡, 年平均蚀退9—13m, 由北干流至白沙角岸段, 年侵蚀量近 $100 \times 10^4 \text{m}^3$ 。

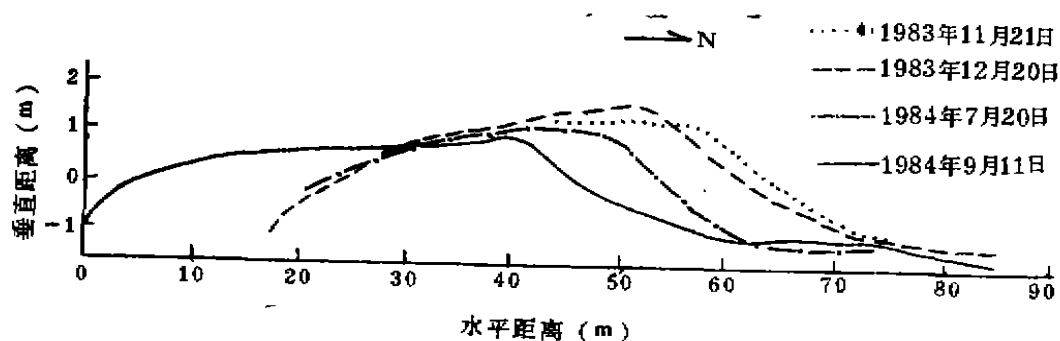


图5 南渡江现代河口障壁岛侵蚀测量图
(据中山大学河口海岸研究室)

3. 海岸阶地和砂质堆积体侵蚀

中国的海岸阶地主要分布于辽宁、山东、浙江、福建、广东和广西沿海。其基岩阶地一般不易受海洋动力侵蚀, 但某些残积层或堆积层组成的阶地蚀退现象比较显著, 其中尤以雷州半岛、海南岛北岸和广西海岸东段由“湛江组”、“北海组”砂砾粘土层组成的阶地, 因物质松软, 往往被海浪或近岸水流侵蚀成陡峻的海蚀崖或开阔的海蚀平台, 然而这些海岸目前已逐步趋向稳定。

我国海岸带各种砂质堆积地貌 (沙堤、沙坝、沙嘴、海滩) 的侵蚀后退也相当普遍, 如广东的电白—博贺沙坝近期每年蚀退1—3m, 汕尾沙坝1979年曾被台风暴浪蚀毁。此外如北戴河海滩、烟台海滩、香港浅水湾海滩都存在侵蚀现象。

二、海岸侵蚀缘由

根据连续性原理和质量守恒原理, 海滩侵蚀是由“沙量不平衡”引起的, 即在海岸体系中泥沙的输出速率大于输入速率, 以致沉积物不断亏损, 地形出现蚀退。

1. 河流沉积中心转移, 流域来沙减少, 河口水动力条件变异是废弃三角洲和现代三角洲侵蚀的重要条件

我国海岸带废弃三角洲之所以出现严重侵蚀, 其主要原因是流域径流来沙的中断或减少, 沉积中心转向他处。众所周知, 我国北方的滦河、黄河均属多砂河流, 滦河年平

^[1] 据上海市海岸带调查资料。

^[2] 华东师范大学河口海岸研究所, 1984, 海口白沙角岸段建港自然条件分析报告。

均悬沙输移量 $0.25 \times 10^8 \text{ t}$, 黄河年平均输沙 $11 \times 10^8 \text{ t}$, 均由于尾间摆动或入海河道大范围迁移, 使废弃河口三角洲泥沙来源剧减而出现严重侵蚀。

流域来沙减少是现代河口三角洲蚀退的主要原因。如海南岛南渡江因其中上游相继修建大型水库与水坝, 年平均悬沙输移, 由50年代的 $68 \times 10^4 \text{ t}$, 至80年代减为 $31 \times 10^4 \text{ t}$, 推移质来沙亦相应减少, 加上人工大量取沙, 使现代三角洲前缘出现了较严重的侵蚀。

现代河口水流动力的变异往往是水下地形的调整演变对水流的反作用造成的, 其次是为人为作用造成的。一般来说水流动力的强弱与地形冲淤演变相关较好, 如本世纪初长江口因北港北槽出现淤积, 主流线归向南港南槽, 动力作用加强, 促使川沙岸坡和南汇东滩出现侵蚀。1978年以后南港南槽出现淤积, 主流线重归北港北槽, 川沙岸坡和南汇东滩即转向淤涨。另如珠江口伶仃洋因西部滩地的增长, 促使该河口湾潮流动力轴西衰东兴, 致使伶仃洋东部边滩或浅滩出现蚀退, 再如汕头牛田洋的大规模围垦, 使该湾纳潮量减小, 落潮动力变弱, 但外海波浪作用的强度不变, 致使口门附近泥沙堆积体内缩, 使韩江三角洲西南段出现侵蚀。

2. 陆架供沙不足是海岸砂质堆积体蚀退的主要原因

有关河口区以外砂质海岸的物质主要来自陆架泥沙的供应, 近年来有关国家(如美国、澳大利亚)陆续有所报道, F.P. 谢帕德^[2]曾经指出“几乎所有的海滩砂的直接来源是浅海海底”。我国有关陆架泥沙对现代海岸影响的研究尚处于探索初期, 但已有很多迹象表明, 我国海岸砂质堆积体的形成也与陆架供沙有关, 从华南某些岸段(如电白、万宁)砂质海岸沉积物的 ^{14}C 测年、堆积层位、厚度分布范围, 说明陆架来沙有重大影响。海南岛东北文昌昌洒海岸沙堤的沉积物, 经电镜扫描观察, 石英砂表面的冲击坑都呈三角形或V形, 系海成经风浪搬运物质, 证明其物质来自浅海。

近代海平面变化的研究表明, 在玉木冰期的低海面时期, 如今的内陆架为广阔的风化侵蚀区或为河流冲积平原, 以后在海侵过程中由于海平面逐步上升, 海岸线不断侵蚀后退, 被淹没的原地面风化壳和河流冲积物必遭侵蚀破坏, 而这些被侵蚀破坏的物质, 于新的环境中, 在波场范围内, 通过波浪的作用向陆地方向运移, 当5000—6000年前海平面相对稳定初期阶段, 海岸带曾出现过泥沙侵蚀、分选、搬运、堆积的旺盛时期, 并塑造出各种形态的海岸堆积地貌。但时至今日, 这一旺盛的陆架供沙时期早已过去, 陆架海底已被海洋动力塑造成相对平衡状态, 当前在一般情况下陆架区域难于向海岸供沙, 只有在特大暴浪作用下, 我国陆架30—40m水深区域的泥沙尚可向海岸作缓慢移动。总的说来, 由陆架这一途径的泥沙来源, 今日对海岸的补给已基本告罄, 因此当砂质海岸泥沙供应不足, 其砂质堆积体在持久的波浪和水流动力作用下, 必然出现侵蚀后退。

3. 较高能量海浪、风暴和近岸水流作用是海岸侵蚀的主要动力因素

引起中国海岸侵蚀的主要动力因素是海浪和近岸水流。渤海、黄海、东海和南海属西太平洋的边缘海, 但海浪作用有一定强度。我国发生海岸侵蚀的主要区域也是海浪作用较强的区域, 尤其是暴风狂浪对海岸的侵蚀更为显著。海浪对海岸的侵蚀强度决定于波浪的破坏力, 而波浪的破坏力与波高和波陡成正比。古滦河三角洲前缘海域以偏南向浪为主, 推算最大波高约4.2m。黄河三角洲北缘常年受N—E向海浪作用, 7号平台年平均波高0.58m, 平均周期2.7s, 最大波高4.0m, 最大周期9.2s, 推算波浪的破坏力

相应为 $0.36-2.3\text{tf/m}^2$, 这里冬春季节还常受寒潮暴浪侵袭, 形成增水, 对三角洲前缘产生严重侵蚀。苏北废黄河三角洲全年受N—SE向波浪作用, 开山平均波高 0.65m , 平均周期 3.4s , 最大波高 5.7m , 最大周期 8.8s , 其对海岸的破坏力相应为 $0.35-3.55\text{tf/m}^2$ 。华南沿海平均波高 $0.35-1.1\text{m}$, 平均周期 $3.0-5.7\text{s}$, 对海的破坏力相应为 $0.28-0.68\text{tf/m}^2$, 台风暴浪可高达数米至十余米, 其破坏力高达 $1.3-5.5\text{tf/m}^2$ 。另外上述向海突出的三角洲前缘部位, 沿岸水流普遍较大, 如古滦河口曹妃甸外侧最大流速 $1.7-1.8\text{m/s}$, 黄河三角洲北缘、废黄河三角洲外缘、杭州湾北岸和南渡江三角洲外缘最大流速都在 1.0m/s 以上, 这样更加速了海岸的侵蚀和泥沙的运移。

4. 海平面上升对海岸侵蚀有一定影响

海平面上升会引起陆域地形的某些变化, 近代海平面研究表明, 海平面每百年上升1英尺。从世界各地的验潮资料分析, 本世纪以来世界海平面的总趋势在加强上升, 由于大气中 CO_2 含量增加, 美国学者R. Etkins和E. S. Epstein估计, 过去40年全球融冰超过 5000km^3 , 使世界海平面每年上升 3mm 。我国王志豪^[1]统计了20年代以来中、日、美等国验潮资料, 认为本世纪海平面上升了约 30cm , 与上述结论近似。从50年代以来, 中国沿海各验潮站, 除吴淞和连云港外, 海平面普遍上升, 其上升速率每年约 2mm (其中包括地壳下沉和沉积物的压实作用)。

海平面上升的直接效应是海岸线后退, 这在低平的堆积性海岸较为明显。当海平面上升到一定位置, 波浪和水流作用的空间位置亦起相应的变化 (升高), 为了形成所谓“定量平衡岸线”, 海岸剖面必须进行重新塑造和调整, 即原剖面上部的泥沙必然一部分向陆堆积, 另一部分受侵蚀往剖面下部 (海底) 堆积, 这样整个海岸剖面必定向海岸方向推移一段距离。如果在沿岸泥沙供应不足的情况下, 海岸侵蚀即暴露在人们面前。

三、海岸侵蚀的趋势与防护

海岸侵蚀是海岸发育过程中的自然现象。严格来说, 世界上没有不受侵蚀的海岸, 即使强烈淤积的海岸也可能出现短时间的侵蚀。至于海岸侵蚀的趋势主要取决于各地海岸带动力条件的强弱和海岸地形相适应的程度。一般地说, 在某种动力条件下将出现某种与动力条件相适应的海岸形态, 并最终形成平衡形态的岸线和平衡形态的岸坡。

中国海岸侵蚀严重的地段多数出现在废弃三角洲前缘, 少数出现在现代三角洲前缘。由于河流沉积中心转移, 使废弃河口泥沙来源中断, 或由于流域水利工程的建设, 使现代河口泥沙来源减少。目前这些河口三角洲前缘的侵蚀过程仍在继续, 尤其是向海突出的古滦河、黄河、废黄河三角洲, 它们在海浪和近岸水流作用下, 有的呈摆线形状向后蚀退 (如古滦河三角洲和现代南渡江三角洲), 有的为突出部位向后蚀退 (如黄河三角洲北缘和废黄河尖), 但最终都将达到平衡和相对稳定状态。根据黄河三角洲北部海岸侵蚀的发展情况, 这一过程大致分为三个阶段:

1. 第一阶段

自河口尾间他迁, 三角洲被废弃, 外动力即开始对三角洲朵状堆积体进行侵蚀, 使泥沙向朵状体两侧的海湾内转移, 这时三角洲前坡逐渐变缓 (如神仙沟-钓口岸段),

2. 第二阶段

海岸继续蚀退,在三角洲前缘形成一系列离岸沙坝(障壁岛或岛链),这些离岸沙坝在海浪和水流作用下逐步向陆移动,其前缘侵蚀陡坎下形成席状沙,海岸岸坡变缓(如套尔河口-大口河岸段);

3. 第三阶段

离岸坝后退至陆地边缘,与陆地合并,岸线渐趋顺直和稳定(如大口河以北岸段)。

上述过程说明,废弃三角洲的蚀退极限一般在潟湖体的后缘。苏北废黄河三角洲的蚀退与外海潮流沙脊地形演变有很大关系,其侵蚀极限还难于肯定(目前已进行防护)。

现代三角洲的侵蚀趋势将取决于陆域径流和落潮动力与近岸波浪及沿岸水流相抗衡的位置,更重要的取决于河流的实际供沙能力。如泥沙来源不能恢复原有数量,海岸侵蚀仍将长期继续发展,其侵蚀极限为海岸动力作用和泥沙沉积作用相平衡的位置,也可能一直蚀退到潟湖后缘为止。

海岸阶地和砂质堆积体由于缺少沙源补给,其侵蚀今后仍将缓慢发展或趋向平衡和相对稳定,如果局部水动力条件有所改变,如某些海岸工程(如修建突堤)和某些通道或河口水量的改变(即动力岬角的伸缩),亦可促进海岸的侵蚀或淤涨。

另外,由于大气中 CO_2 含量增加,地球“温室效应”增强,世界海平面将加速上升。根据最保守的估计,至2050年,世界海平面将上升24cm,而低、中、高三种海面上升高度相应的估计值为52cm、79cm和117cm¹⁾,这必定引起海岸的蚀退,因此今后相当长的时间内中国海岸侵蚀仍将继续发展下去。

海岸侵蚀对海岸带工农业生产和人民生活有重大影响。中国海岸带人文荟萃,工农业生产比较发达,目前在国家开放政策指引下,沿海经济建设正在腾飞。今后中国海岸带不但要建设一系列港口和工业基地,而且要大力发展水产养殖并进行农田和盐田的围垦,还要开辟更多的旅游场所,因此需要重视对海岸侵蚀的防护。目前一些发达国家,如美国、荷兰、日本为保证沿海地区经济发展和人民生活的稳定,花了大量的人力物力进行海岸防护,已收到了良好效果。中国的海岸防护也有悠久的历史,为了向海要地,远在2000多年前就开始了系统的海塘工程建设,钱塘江河口的海塘工程被誉为我国古代三大工程之一(另为长城和运河),其基本方法是采用丁坝和顺坝护岸,防止或减弱海洋动力对海岸的侵蚀,使陆地稳定增长,曾在历史上起到了扩大耕地面积及哺育子孙后代的重大作用。今后我们应以历史为借鉴,认真吸取国内外的先进经验,加强海岸动力、泥沙运动和海岸地貌演变的研究,把护岸工程建立在可靠的基础上,以促进国民经济的发展。

参 考 文 献

- [1] 王志豪, 1986, 二十世纪的海平面, 中国海平面变化, 237—246, 海洋出版社。
- [2] 王文介等, 1986, 韩江口发育的现代过程及其演变, 热带海洋, 5(1): 37—45。
- [3] F.P. 谢帕德, (梁元博等译), 1979, 海底地质学, 科学出版社。

¹⁾ 杨怀仁等, 1986, 21世纪气候变暖与海面上升的趋向——环境变化对人类的严峻挑战。

RECENT EROSION OF CHINESE COASTS

Wang Wenjie

(South China Sea Institute of Oceanology, Academia Sinica)

Abstract

The Chinese coastline stretches more than 30,000km. Coastal erosion occurs mainly in abandoned delta fronts and some regions of modern deltas, such as in Paleo-Luanhe delta, the north part of Huanghe delta, the abandoned Huanghe delta, and the Nanduijiang delta. There is also erosion in accumulative shore-terraces and sand barriers.

The shift of sedimentation is focussed in the estuary, the decrease of sediments from drainage and the change of estuarine dynamics are important conditions for the erosion in abandoned and modern deltas. The shortage of sediments supplied from the continental shelf is the chief cause for the erosion in coastal sandy accumulative bodies. The action of waves with high energy, storms and near-shore currents are the main dynamical factors for erosion in coastal zones. Sea-level rise has some impacts on coastal erosion and retrogress.

Up to now coastal erosion in China still continues. with the exploitation and construction along the coastal zones, it is necessary to pay attention to the prevention of coastal erosion in the future.