

江苏北部废黄河口水下三角洲稳定性 和深水港建设*

虞志英 樊社军

(华东师范大学河口海岸国家重点实验室, 上海 200062)

金 缪

(连云港建港指挥部, 连云港 222042)

提 要 废黄河口三角洲的演化主要表现为水下三角洲大面积的冲蚀和三角洲海岸线的夷平, 形成了由-10 m 以深的平坦海床、-5 m~-10 m 间的水下斜坡和-5 m 以浅的近岸浅滩三个地貌单元构成的地形格局。-10 m~-15 m 水下平台稳定, 略有冲刷; 而水下斜坡随着往复性潮流长轴与斜坡走向逐渐趋于一致, 潮流侧向侵蚀弱化; 近岸浅滩则表现为人工护岸条件下的有限下切。这为深水港口的建设提供了良好的近岸水深条件和相对稳定的水陆域环境。

关键词 废黄河口 水下三角洲 稳定性 深水港建设

江苏北部废黄河口三角洲是 1855 年黄河重归山东渤海后留下的废弃三角洲, 其主体形成于 1128 年~1855 年黄河夺淮入海期间, 陆上范围北及灌河口以北的连云港地区, 南达射阳河口, 岸线长达 100 多 km, 同时形成的水下三角洲范围亦十分广阔, 其外界达-20 m 水深所在的 122°E 附近, 总面积 7 000 余 km²。1855 年, 黄河改道后, 三角洲被废弃而转入了强烈的侵蚀。主要表现为水下三角洲大面积的冲蚀和三角洲岸线的夷平过程, 至今仍未停止。近年来, 水下三角洲前缘斜坡带潮流强烈的侧向侵蚀作用, 造成了一10 m、-15 m 水深线靠岸迅速, 距岸距离分别达 2.2 km 和 4.7 km, 已成为江苏近 1 000 km 淤泥质海岸线上唯一的深水近岸的岸段, 故而有可能为建设深水港口提供一个良好的自然水深环境。然而在地形变异性较强的淤泥质海岸建港, 还必须注意海岸的冲淤强度, 过分强烈的冲刷或淤积, 将对港口带来沉重的防冲或防淤的负担, 使港口不能进入正常使用。因而对本区水下三角洲地形稳定趋势的研究, 在深水港建设选址中是至关重要的。

1 岸滩和水下地形演变特征

对于江苏北部黄河三角洲被废弃后的地形侵蚀过程, 国内学者已有诸多论述^[1~5], 这里根据不同时期的历史海图对比以及若干文字记载作扼要归纳补充(图 1)。自 1855 年黄河北徙以后, 水下三角洲冲蚀首先从水下三角洲前缘斜坡开始, 由海向岸, 由南而北, 以一10 m

* 国家自然科学基金资助项目, 编号 49601001 (Supported by National Natural Science Foundation of China, No. 49601001).

来稿日期: 1997-02-30; 收到修改稿日期: 1998-12-21。

水深线为代表的水下三角洲前缘斜坡内移为标志的侧向侵蚀过程为主，水下三角洲顶部平原面的刷低则起到加速侵蚀的作用。本世纪初出版的英版海图，大致上表明了黄河入海口北徙后经历了近半个世纪的水下三角洲的地形变化情况，从-10 m、-20 m 水深线的分布形态上，除南侧-10 m 水深线逐渐向南北方向趋直外，仍基本上保持了水下三角洲较为完整的形态特征，-10 m 以浅的水下三角洲平原顶部五条沙及大沙仍排列有序，海洋动力对水下三角洲的破坏作用的积累尚未明显地反映出来，至1940年的日版海图（以1934年~1935年测量资料为基础）水下三角洲形态发生了明显的变化，主要反映为除套子口以北的-10 m 以浅的水下三角洲平原面得以保留外，自套子口以南水下三角洲南部产生大面积的冲刷，-10 m 水深线向岸方向移动了40 km~50 km左右，水深线走向逐步与潮流主要轴线一致的方向发展。五条沙和大沙等沙脊群亦随着水下三角洲的大面积冲蚀而消失。此时，自废黄河口向南出现了大片水深超过-10 m 的深水区，说明在此期间水下三角洲-5 m~-10 m 间的水下斜坡的侧向侵蚀是十分强烈的。此后，1960年~1965年间测量的海图反映出水下三角洲冲刷过程仍在持续进行，水下三角洲南部-10 m 水深线仍进一步向岸方向内移，此外套子口北部原保留良好的水下三角洲顶部平原部分，在东北西南向强潮流冲刷下出现了-10 m 以深的冲刷槽的楔入，-10 m 水深线的前端达灌河口外，同时在一10 m 靠岸一侧，出现了与岸线平等的-5 m 以浅狭长形的水下砂脊，顶高最浅处为-3 m 左右，组成物质以细砂为主，分选良好^[6]。至1980年测量的海图反映，在平面形态上，-10 m 水深线，在水下三角洲南侧仍以较缓慢速度向岸移动；而-15 m 线却有明显向岸移动趋势，以

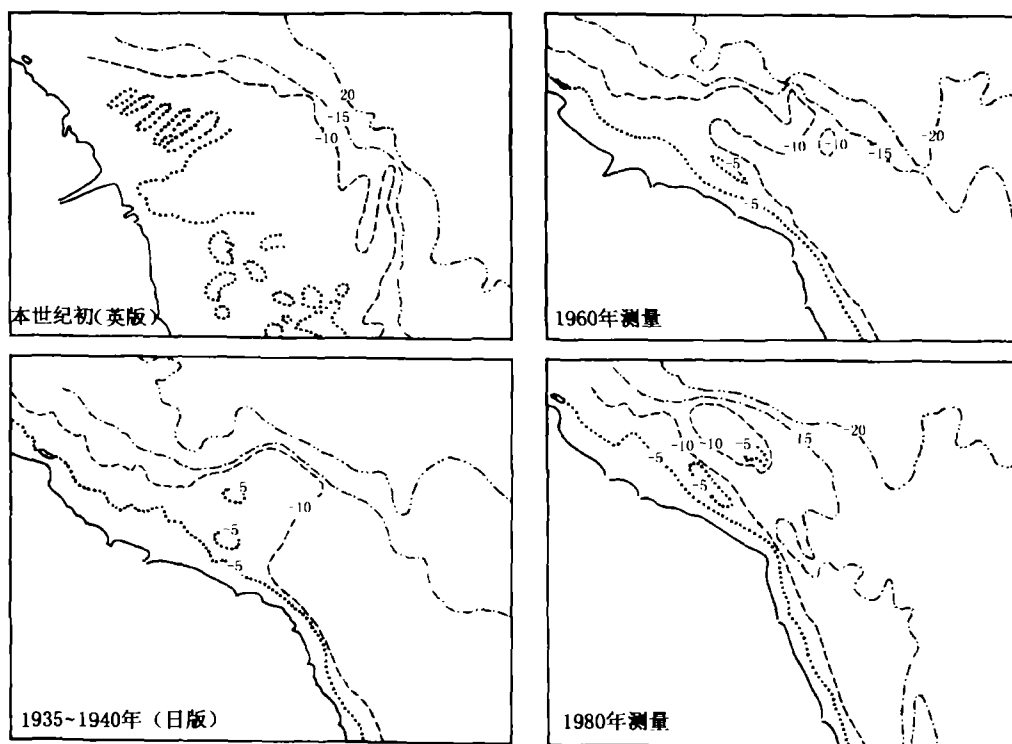


图1 水下地形历史变化

Fig. 1 The submarine evolution of the old Yellow River Delta

岸线凸出处最明显,反映深水区仍在刷深之中;在水下三角洲北侧则表明为-10 m 线冲刷槽的进一步发展,切穿了-10 m 以浅的水下三角洲平原部分,使-10 m 以深的深槽得以贯通,-10 m 以浅的水下三角洲平原顶部呈岛式残留分布形态。至此,水下三角洲所在海域,形成了由-10 m~-15 m 以深的平坦海床、-5 m~-10 m 间的水下斜坡和-5 m 以浅的近岸浅滩三个主要地貌单元构成的地形格局。

在水下三角洲大面积冲蚀同时,同步经历着三角洲陆上部分岸线的蚀退过程,这个过程是在波浪和潮流共同作用下进行的,即波浪直接冲刷岸滩,而潮流则主要起着搬运泥沙的作用,由于三角洲南侧深水近岸,波浪作用强于北侧,因而岸线蚀退亦是南侧大于北侧。根据 1923 年、1956 年、1982 年 1:50000 陆上地形图对比,大致可测算得不同时期的海岸线蚀退情况,列于表 1。

表 1 废黄河三角洲海岸线蚀退表 (m)

Tab. 1 Recess of coastline at Abandoned Yellow River Delta

剖 面	1923~1956		1956~1982	
	总蚀退	年均	总蚀退	年 均
新准河口东 (新滩盐场)	2 300	70	700	26
废黄河口北 (六合庄)	3 500	106	750	60 (1968 年后逐渐人工稳定)
废黄河口南 (振东闸)	2 750	83	1 300	50

2 近岸海区海洋动力基本特征

造成 1855 年黄河北徙后水下三角洲大范围冲刷和陆上三角洲岸线后退夷平的主要原因,是强劲的潮流和波浪的共同作用。

2.1 废黄河水下三角洲受南黄海西北部旋转性驻波系统控制, M_2 无潮点位于距本区海岸近百公里的 $34^{\circ}30'N$, $121^{\circ}10'E$ 的位置上,大致与-20 m 处的水下三角洲前缘外界相当^[5]。潮差普遍较小,2.0 m 等潮差线在近岸处通过,翻身河闸外实测年平均潮差为 1.98 m。近岸潮流场分布,据实测资料反映,潮流均呈逆时针方向旋转,旋转率由海向岸逐渐减小,-5 m~-10 m 的水下斜坡向岸海域,潮流近于往复流性质,潮流长轴方向与等深线走向逐渐趋于一致,流向甚为集中,基本稳定在 $160^{\circ}\sim 170^{\circ}$ 之间。除-5 m 以浅的浅滩区潮流相对较弱外,在-5.0 m 以深的水下斜坡以外海区甚为强劲,垂线平均最大流速可达 1 m/s 左右,底层最大流速可达 0.6 m/s~0.7 m/s,不仅直接对水下三角洲造成冲刷,而且又为搬运提供了很强的输沙能力,由于余流较弱,推算值仅及潮流的 1/10,因此余流输沙居次要地位。

2.2 本区海岸线突出,三面临海,外无屏障掩护,外海波浪可长驱直入,成为本区岸滩冲刷的又一重要动力因素。根据近岸-10 m 处一年来波浪连续观测资料^①,常浪向为 NE 向和 SE 向,强浪向 NNW~ENE 向,波高 $H_{1/10} > 1.0$ m 的全年出现频率为 22.39%, $H_{1/10} > 2.0$ m 和 $H_{1/10} > 3.0$ m 的出现频率分别为 5.68% 和 1.45%,波浪的作用强度与其大小和水深密切相关,在本区主要表现为波浪进入浅水区以后破波作用对-5 m 以深的水下斜坡上部

① 龚崇准. 江苏中山港波浪分析计算. 河海大学, 1994.

和-5 m 以浅岸滩的冲刷作用。在沿岸法线方向上,波浪最大底切力一般出现在破波带外缘附近^[7],向岸逐渐减小,波浪切速峰值随波高增大而增大,若以波高 2 m 推算,破波带当在-5.0 m 附近的水下斜坡上部和浅滩上移动,这对于以粘土质粉砂及粉砂为主的浅滩物质,可造成较强烈的泥沙冲刷悬场,而加大沿岸泥沙浓度,形成经常性的较为宽阔的浑水带。根据连续观测资料,沿岸浅滩含沙量高达 1.0 kg/m^3 ,冬季可达 $1.0 \text{ kg/m}^3 \sim 1.5 \text{ kg/m}^3$,夏季平均为 $0.5 \text{ kg/m}^3 \sim 1.0 \text{ kg/m}^3$,最大含沙量达 $2.5 \text{ kg/m}^3 \sim 3.0 \text{ kg/m}^3$ 以上,在破波带以外,随着水深增加,含沙量明显递减,但由于潮流扩散作用强,在-10 m 处仍可达 0.5 kg/m^3 左右。

3 水下三角洲地形冲淤动态

在强劲的海洋动力作用下,原水下三角洲遭受强烈侵蚀,在演变动态上主要表现为(图 2)。

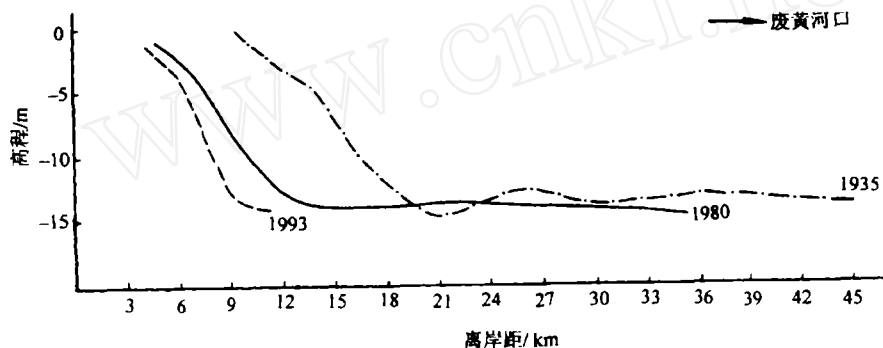


图 2 水下地形剖面变化

Fig. 2 Evolution of the cross section at mouth of the old Yellow River Delta

(1) 在经过一个多世纪大面积冲刷后的原水下三角洲所在的-10 m~-15 m 以深的海床地形平坦,处在经常性波浪作用范围之外,因而水下地形演变主要取决于当地潮流的作用。由于经冲刷的海床所暴露的沉积物是经过长期沉积密实后的粉砂质粘土层为主,抗冲刷强度较高。近年来地形断面实测资料对比,冲淤变幅较小,1935 年~1980 年,年均冲刷 2 cm~5 cm,1980 年~1993 年基本平衡。这些事实,表明在-10 m~-15 m 及以深的大面积海床区域内,潮流的冲刷强度已趋于弱化,正逐步向着冲刷平衡状态发展。

(2) -5 m~-10 m 以深的水下斜坡带,等深线密集,坡度较陡,在这一狭长带内,仅在中、大浪时斜坡上部可受到波浪的冲刷作用,因此,潮流作用是造成水下斜坡冲刷的主要动力。这里潮流轴向集中,基本稳定在与等深线走向一致的方向上。从斜坡暴露的沉积物性质分析,组成物质以粘土质粉砂为主,粉砂含量高达 70%~80% 左右,中值粒径 $5\phi \sim 6\phi$,由于粘粒含量小,粉砂易分散,抗冲刷能力较差,因此在流向相对集中稳定的往复性强潮流的侧向侵蚀作用下,通过长期来断面形态的不断调整,使水下斜坡走向与主潮流轴向逐渐趋于一致。从斜坡所在等深线的年均侵蚀速度看,-5 m~-10 m 线的蚀退速率正逐渐弱化(表 2)。这种现象与杭州湾北岸深槽边坡在长期沿岸强潮流冲刷作用控制下所出现的动态稳定过程是极为相似的。

表 2 不同时期废黄河口
外断面年均侵蚀量 (m)
Annual mean recess of sections
at waters out of Abandoned
Yellow River Delta in
different period

年	-5 m	-10 m
1940~1980	150	160
1980~1993	60	115
1993~1995	40	80

(3) -5 m 以浅的水下斜坡上部的近岸浅滩, 滩坡展平, 处在经常性的破波带作用范围内, 潮流作用相对水下斜坡处有明显的减弱, 流向亦较分散, 垂线平均最大流速在 -2 m 处为 0.5 m/s~0.7 m/s, 底部最大实测 0.3 m/s~0.5 m/s, 仍具有较强的输沙能力。因此, 滩面在经常性的破波水流作用下, 粉砂质粘土沉积物受扰动、悬扬, 并在潮流搬运作用下, 细粒物质被向外扩散输移, 而较粗粉细砂物质仍原地沉降。不断簸选的结果, 滩面物质粗化, 表层形成了以粉细砂沉积为主的粗化层, 中值粒径达 $4\phi\sim5\phi$, 粉细砂含量高达 70%~80%, 表明了波浪在滩面地形塑造过程中作用的加强。据 1993 年~1995 年断面测量对比, 滩面的刷低与水下斜坡蚀退速度一致, 在岸线突出的拐角点, 滩坡甚陡, -1 m~-5 m 滩坡在 1/180~1/250 间滩面平均刷低在 0.5 m 左右, 在拐角点南北两侧岸线, 滩面刷低率相对较低, 北侧因缺乏工程掩护, 滩面不断拓宽, 滩坡亦较平缓, 平均滩坡 1/1 200, 滩面年均刷低率为 0.1 m~0.25 m; 在南侧的翻身河闸以南的六合庄至废黄河口间, 岸线基本人工稳定, 刷滩过程向岸方向拓展, 风浪能量主要消耗在对堤外滩地的刷深下切, 滩面刷低率较北侧为大, 以淤黄河口断面为例, -1 m~-5 m 的滩面宽度为 3 km, 平均滩坡 1/750, 平均滩面刷低率在 -1 m~-3 m 间为 0.20 m/a~0.30 m/a。从近年来滩面冲刷年际变化上看, 冲刷率有所降低。以六合庄海堤外滩面为例, 目前堤脚外滩地高程已被冲刷到 0.5 m (废黄河口零点), 相当于平均潮位以下, 滩面已很少出露, 在距堤 200 m 内滩面, 1987 年至 1993 年滩面高程累计刷低了 1.5 m, 其中, 1987 年~1988 年为 0.7 m, 1990 年~1991 年降为 0.5 m, 1991 年~1992 年间又降为 0.3 m。表明了岸线人工稳定后, 滩地剖面正在逐渐得到调整, 通过有限的下切来达到新的平衡。但是在粉砂质海滩特定条件下, 由于年内波浪作用强度的季节性变化而引起滩面地形冲淤的年内季节转换甚为强烈。同样在六合庄断面, 滩面在冬半年的强风浪季节, 出现明显冲刷, 在夏半年除台风出现外, 一般风浪作用较弱, 呈现明显淤积, 这与含沙量的冬高夏低的变化规律完全一致。这种年内冲淤变化的不稳定和由此产生较强的滩面输沙量。

4 水下三角洲的蚀退模式和演变趋势分析

在缺乏陆域泥沙供应条件下, 水下三角洲地形和岸滩在波浪和潮流共同作用下, 在侵蚀过程中不断得到调整, 其演变趋势可以通过沉积物力学特征和水动力条件之间的相互关系, 来建立侵蚀演变模式, 以进行初步的定量表达。

从实际情况出发, 在计算浅滩的有限下切时, 仅考虑波浪的冲刷, 在计算水下斜坡后退时, 仅考虑潮流的冲刷。

4.1 浅滩的侵蚀下切

浅滩的侵蚀, 其冲刷率可用下式表示^[8]:

$$\frac{dm}{dt} = \begin{cases} M_1 \left[\left(\frac{U_{\cdot, \cdot, w}}{U_{\cdot, \cdot, c}} \right)^2 - 1 \right] & U_{\cdot} \geq U_{\cdot, \cdot, c} \\ 0 & U_{\cdot} \leq U_{\cdot, \cdot, c} \end{cases} \quad (4-1)$$

式中 m 为单位面积上的冲刷量 (kg/m^3); M 为冲刷系数 ($\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{s}$)。

波浪是一随机变量, 因而波浪冲刷量 E 也是随机变量, 考虑到长时间序列里的岸滩剖面形态是各种不同大小波浪作用的综合结果, 因此浅滩的冲刷模式为:

$$\begin{aligned} E &= \int_0^t \int_0^\infty f_c \cdot M \left[\left(\frac{U_{\cdot, \cdot, w}}{U_{\cdot, \cdot, c}} \right)^2 - 1 \right] f(H) dt \cdot dH \\ Z &= Z_0 - E(x, t) / \gamma \\ f_c &= \begin{cases} 0 & U_{\cdot, \cdot, w} < U_{\cdot, \cdot, c} \\ 1 & U_{\cdot, \cdot, w} \geq U_{\cdot, \cdot, c} \end{cases} \end{aligned} \quad (4-2)$$

4.2 斜坡的后退

同样采用上述冲刷率公式, 一个全潮周期的侵蚀量为:

$$dE = M_1 \left[\left(\frac{U_{\cdot, \cdot, f}}{U_{\cdot, \cdot, c}} \right)^2 - 1 \right] \left[\frac{U_{\cdot, \cdot, f}}{U_{\cdot, \cdot, c}} \right] \cdot T \quad (4-3)$$

式中 T 为潮流周期, M_1 由水下地形图对比得出, 由 -10 m 等深线年均后退速率定得 $M = 5.97 \times 10^{-2} \text{ kg}/\text{m}^3 \cdot \text{s}$ 。

一个全潮周期的下蚀深度 $dB = dE / \gamma$; 等深线的后退速率 $dW = dB / \text{tg}\theta$; 式中 $\text{tg}\theta$ 为斜坡坡度; γ 为沉积物干容重, U_{\cdot} 为摩阻流速; $U_{\cdot, \cdot, c}$ 为临界冲刷切速, 均由试验得出^①; $U_{\cdot, \cdot, w}$ 为波浪切速峰值, 按实测波浪频率资料算得结果见图 3; $U_{\cdot, \cdot, f}$ 为潮流切速峰值, 由实测潮流资料算得大、中、小、潮时的经验关系见图 4。

按照上述模式, 浅滩及斜坡起始为平直剖面 (浅滩坡度 $1/500$; 斜坡坡度 $1/120$), 经侵蚀、剖面演变为, 浅滩部分为上凹曲线, 水下斜坡上段则趋于陡峻, 图示为剖面形态变化 (图 5), 图中剖面线间隔时间为一年, 这一剖面还将进一步发展。

从计算得出的概化图式, 较好地反映了本区浅滩和水下斜坡的侵蚀后退过程, 由于水下斜坡所处的潮流作用强, 沉积物抗冲强度较弱, 因此水下斜坡的蚀退强度要大于浅滩部

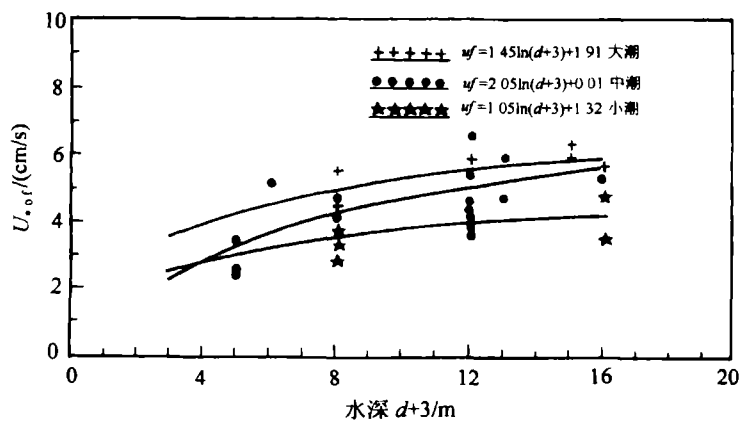


图 3 潮流切速峰值

Fig. 3 Distribution of the maximum shear velocity of tidal current versus the water depth

① 呼和敖德等. 江苏中山港淤泥特性试验研究. 中科院力学所. 清华大学水利系, 1995.

分,水下斜坡在蚀退过程中剖面不断变陡,蚀退速度亦随着坡度的变陡而逐渐趋于弱化,这与实际测量结果基本符合,今后将进一步弱化而最终接近动态平衡状态。

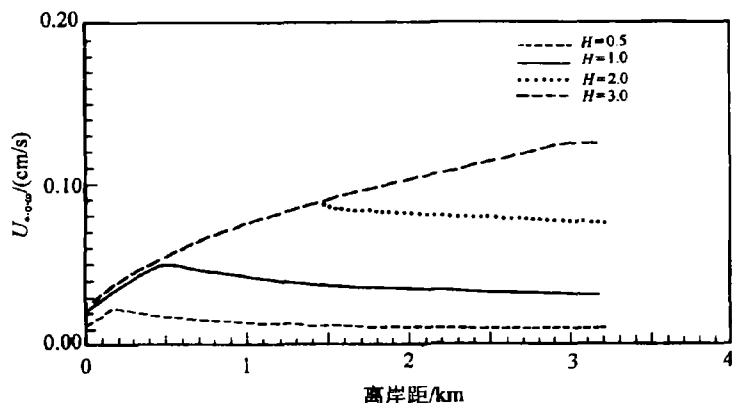


图 4 波浪底切力分布

Fig. 4 Distribution of the maximum shear velocity of waves

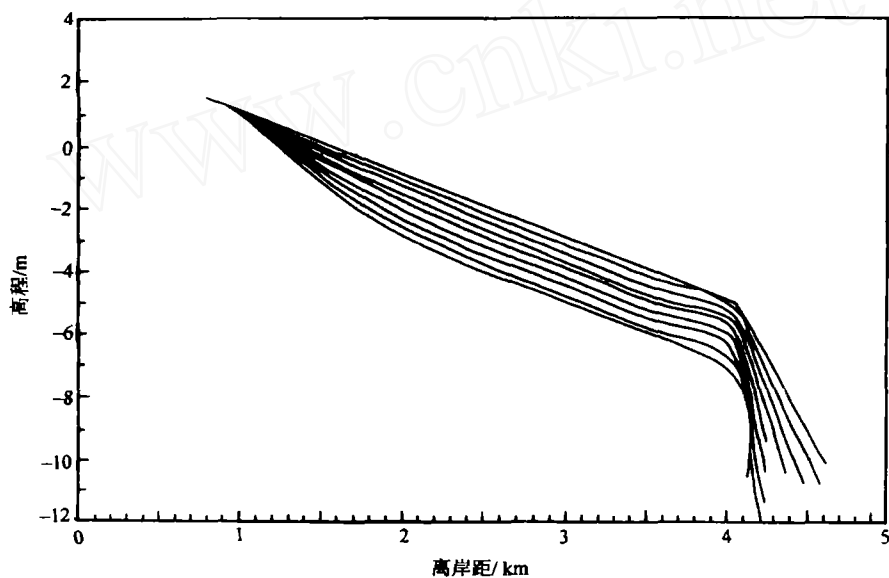


图 5 水下地形侵蚀模式

Fig. 5 Erosion model beach profile

5 结语

通过上述分析,可以认为:自 1855 年黄河入海口北徙山东以来,被废弃后的黄河巨大的水下三角洲及陆上部分,基本无陆源河流供沙,在波浪和潮流共同作用下,经历着大规模的侵蚀改造过程,表现为水下三角洲的大面积冲蚀,和冲刷泥沙的大量输出,形成了今日江苏海岸唯一的-10 m~-15 m 深水线近岸的岸段。与此同时,通过一个半世纪的冲淤调整,目前在-10 m~-15 m 以深的海床区内,由于密实程度较高的三角洲底部沉积层的

暴露,持续冲刷强度得以有效抑制,海床区地形已趋于相对稳定状态。 $-5\text{ m}\sim-10\text{ m}$ 之间狭窄的水下斜坡带,由于斜坡边缘水深线的走向与潮流主流轴向逐渐趋于一致,陡峻的水下斜坡剖面逐渐调整,使潮流对斜坡的侧向侵蚀作用逐渐减弱,蚀退程度明显趋于弱化。 -5 m 以浅至岸边的浅滩区,由于海岸防护工程的修建,抑制了波浪冲刷所引起的岸线强烈后退,使波浪对滩面的冲刷作用主要被限制在稳定的岸线和蚀退日趋弱化的水下斜坡之间的有限的区间范围内,滩地剖面的调整主要反映为滩坡上凹点的不断内移和滩面的有限下切。这样的宏观背景,一方面为本区深水港建设提供了必要的良好的近岸水深条件;另一方面由于目前本区深水区海床冲淤相对平衡,水下斜坡蚀退弱化和岸线人工控制后滩面有限度的下切,又为港口建设造就了一个比过去相对稳定的水陆域环境,这是本区有利于建设大型深水港区的最基本的保证。

但是,从宏观自然背景上讲,目前水下地形的演变,尚处在侵蚀过程中一定程度的“弱化”和“有限下切”的调整阶段,强劲的波浪和潮流作用,对本区广为分布的粉砂沉积物组成的岸滩和水下地形的冲蚀作用仍是本区地形演变的主要特征。尤其是由此所产生的强烈的泥沙运动和丰富的产沙量,将是构成影响今后本区港口建设中的一个主要的不利因素。因此在充分地利用优越的深水资源规划港口建设时,在工程建设规模上和工程的平面布置上,必需同时重视防冲和防淤工程措施的研究,以确保将来港口工程建设的顺利进行。

参 考 文 献 (References)

- 1 Ren Yuchan et al. Morphological features and evolution of the abandoned Huanghe River Delta. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 1994, **14**(5). (In Chinese) [任于灿等. 废弃的黄河三角洲的地貌特征及演变. 海洋地质与第四纪地质, 1994, **14**(5).]
- 2 Zhang Renshun. Land-forming history of the Huanghe River Delta and coastal plain of north Jiangsu. *Acta Geographica Sinica*, 1984, **39**(2): 173~184. (In Chinese) [张忍顺. 苏北废黄河三角洲及滨海平原的成陆过程. 地理学报, 1984, **39**(2): 173~184.]
- 3 Yuan Yingru, Chen Qing. The development & erosion of ancient Yellow River Delta. *Chinese Science Bulletin*, 1983, **21**: 1322~1324. (In Chinese) [袁迎如, 陈庆. 古黄河三角洲的发育和侵蚀. 科学通报, 1983, **21**: 1322~1324.]
- 4 Wan Yansen. The development and decline of ancient Huanghe River estuary delta in northern Jiangsu. *Oceanologia and Limnologia Sinica*, 1989, **20**(1): 66~74. (In Chinese) [万延森. 苏北古黄河三角洲的演变. 海洋与湖沼, 1989, **20**(1): 66~74.]
- 5 Yu Zhiying et al. The formation & the erosion rebuild of the old Yellow River underwater delta in the north of Jiangsu Province. *Acta Oceanologica Sinica*, 1986, **8**(2): 197~206. (In Chinese) [虞志英等. 江苏北部旧黄河水下三角洲的形成及其侵蚀改造. 海洋学报, 1986, **8**(2): 197~206.]
- 6 The Synthesized Survey of Rivage Foreshore Resouce in Jiangsu Province. Beijing: Ocean Press, 1985. (In Chinese) [江苏省海岸带和海涂资源综合调查. 北京: 海洋出版社, 1986.]
- 7 Yu Zhiying et al. The hydrodynamical characteristics nearshorewater and the discharging process of mud flats. *Chin. J. Oceanol. Limnol.*, 1987, **5**(2): 97~103.
- 8 Patheniads E. Erosion and deposition of cohesive soils. *J. Hy. Division. ASCE*, 1965, **91**: 105~138.

作 者 简 介

虞志英, 1935年生, 1957年毕业于华东师范大学地理系, 现任华东师范大学河口海岸研究所教授、博士生导师。长期从事海岸工程条件下海岸动力沉积和动力地貌学的研究, 在国内外刊物上发表有“淤泥质海岸水动力特征及人工吹泥条件下的岸滩演变”等论文20余篇。

THE OLD YELLOW RIVER UNDERWATER DELTA IN THE NORTH JIANGSU AND THE SEAPORT BUILDING

Yu Zhiying Fan Shejun

(*East China Normal University, Shanghai 200062*)

Jin Liao

(*Lianyungang Seaport Office, Lianyungang 222042*)

Key words the old Yellow River, under water delta, stability, seaport building

Abstract

The old Yellow River Delta in Jiangsu province has been an abandoned delta since 1855 when the Yellow River changed its course to Shangdong province. With the exhaustion of sediment supply from river, the subaqueous and land part of abandoned Yellow River Delta has being eroded by wave and tidal current. The large scale erosion at submarine delta and the transportation of eroded sediment reflects the erosion process. As a result, the coast along this area become the only one part of -10 m isobath near shore most closely in Jiangsu province. In the mean while, under the erosion and sedimentation adjuction in one and a half centuries, the unceasing erosion at the area that is deeper than -10 m and -15 m has been restrained effectively and its topography tends to stable. At the region of subaqueous slope that lies between isobath of -5 m and -10 m, as the trend of isobath tends gradually parallel to the longitudinal axis direction of tidal current, the profile of subaqueous slope has being adjusted gradually, side-erosion on the slope caused by tidal current has being weakened. At the shoal area that is shallower than -5 m, because of the establishment of defense buildings, the severe recess of coastline caused by wave is checked. As a result, the wave-induced erosion on sea bed is confined within the limited area that lies between the stable coastline and subaqueous slope where erosion is decline. The adjusting of tidal flat profile can be detected from the recess of curvature on the profile and the "down cutting" on the shoal.

However, according to macroscopic natural environment, the present evolution of subaqueous topography is still in the adjusting stage, which is made up with "weakening" and "down cutting" of erosion process. Under the action of powerful wave and tidal current, erosion on the shoal that is composed of silt sediment which is widely distributed in local area and subaqueous topography still is the main characteristics of topography evolution. Therefore, the severe movement of suspended material and abundant supply of sediment that is generated by erosion will become main impeding factors for local harbor constuction in the future. And then, we must attach importance to study engineering measures when making plan for harbor construction, so that can guarantee the progress of harbor engineering construction.