

问题与建议

黄河三角洲五号桩海区泥沙 冲淤变化的初步研究

吴世迎 申宪忠 臧启运 张耆年 李培英 仲德林 黄易畅

(国家海洋局第一海洋研究所)

黄河三角洲五号桩海区位于山东半岛北部现代黄河水下三角洲部分,为1972~1976年黄河自神仙沟、刁口河行水入海的区段,其位置在现代黄河入海口西北约40km处,距东营市约100km。该段岸线向海突出,0~15m等深线距密集,坡降较邻近区段最大,是目前黄河三角洲遭受强烈冲刷后退的区段。这种状态与东南部的现代黄河入海口处的迅速向海淤进,及西部的黄河故道以西套儿河口附近趋于平衡的特点,形成鲜明的对照。本文以1986~1987年实测资料为主,结合近几年的一些新的变化进行论述。

一、主要研究区泥沙运移的历史背景

黄河刁口河流路为1964~1976年行水期河道,其中1968~1974年河口大角度向东偏移,走右路北北东向入海。其中1972年8月至1974年10月河流再度分汊自神仙沟入海,年径流量为刁口流路的最低值,皆为200余亿 m^3 ,仅达平均年径流量的一半。输沙总量也少,三年之和仅有21亿吨,估计造陆约70 km^2 。在此之前,黄河神仙沟流路已使三角洲向海淤进了15.85km,造陆达412 km^2 ,成为后来刁口流路东入神仙沟口海岸发育的基础^[1]。

如果上述算是流路分汊后发育的第一阶段,自1976年5月黄河改道清水沟入海后至1984年6月可谓第二阶段。在此阶段,整个刁口河流路物源断绝,水下三角洲的广大海区在波浪和海流的作用下产生一系列的变化。首先是入海河口大咀迅速削平,海岸线急剧调整,泥沙侧向和横向运移都很强烈,岸滩冲蚀后退速度很快,滩面标高降低,滩面宽度增加,总体比降减少,随后逐渐使海岸线调整取直,新的岸滩和水下岸坡应运而生。

1984年8月以后为第三阶段,由于刁口河大咀的调整削平,迫使研究区附近岸段演化成为新生外突弧形岸线。座落于此新生外突弧形顶端的主要研究区,在东北强风强浪和西北—东南向往复潮流的作用下,岸滩和水下岸坡继续遭受强烈冲蚀后退。可以设想,一旦外突部位基本蚀掉,岸线顺直,冲蚀后退形式即将结束,岸线调整和水下岸坡剖面塑造就将进入新的发育阶段。

目前,五号桩研究区,已从全面强烈蚀退阶段逐渐步入平衡剖面发育阶段。由于环境条件上的差异,在不同地段伴随着平衡剖面塑造过程而产生的不同发育阶段。如强冲蚀、上冲下淤的中等冲蚀,弱冲弱淤和平衡

剖面稳定区段的形成,以及进而转化为弱淤积阶段,成了冲淤区划的依据。这种状况在研究区中都有一定的反映。

二、岸滩及水下岸坡冲淤变化的动力因素和物质基础

影响研究区岸滩和水下岸坡冲淤变化的动力因素,在黄河改道清水沟后,河流动力因素已经不复存在。当前起决定作用的动力因素是监测区面临的海洋动力因素方面。与泥沙运移和滩面塑造关系最密切的又属波浪和海流(潮流,余流及沿岸流)。

1. 波浪

波浪为本区最强大的海洋动力因素之一,波浪作用直接参入岸滩和水下岸坡剖面的塑造过程。

本区波浪以风浪为主,且有明显的季节变化,根据本区1986年4、7、11月三个代表月份的实测资料统计^①,较大尺度的波浪强浪向为东北向,和强风向一致。春季东北向浪和秋季东向浪出现频率最高,夏季东南向浪频率最高。根据研究区地理位置特点,影响强度最大的应属春季的东北向浪,秋季的东向浪次之,夏季的东南向浪最弱,恰好印证了研究区岸滩和水下岸坡春季强烈蚀退,夏季弱蚀退的特点。在波浪作用下,测区泥沙被掀动并做横向运动,形成了不同岸段内部差异较大的海岸塑造剖面。

以黄河海港小港区为例,从统计学推算,小港区波浪破碎带位于2~4m水深附近,4~5m水深处也是岸坡折线所在处,一般表现4m以浅冲蚀后退显著,4m以深逐渐淤积,其结果导致岸坡剖面坡度的变缓。由此可见,波浪是研究区泥沙横向运移并参入海岸剖面塑造过程中最主要的动力因素。

2. 潮型、潮流和余流

根据潮汐性质比值 $\frac{HK_1 + HO_1}{HM_2} > 4$ 为

正规日潮性质的定义,本区多次推算其比值都在4.33~5.25之间,由此,研究区在潮汐类型上属正规日潮区。

潮汐的变化为潮间浅滩的塑造提供了作用。该区虽然在无潮区附近,潮差较小,但由于滩面坡度平缓,其影响范围也相当广泛。另外,大风引起的程度不一的岸区增减水和风暴潮,对岸滩的塑造和小港区的水位变化影响巨大,是一种不可轻视的灾害性变化的重要动力因素。

本区位于M₂分潮的无潮点附近,潮流流速很大。潮流性质属正规半日潮。潮流基本呈平行海岸作往复流流动。强流区出现在小港区引堤外侧10~15m水深处。其表层流速最大可达134cm/s,平均大潮流速为100cm/s,底层流速最大也达80~90cm/s。

本区潮流的不对称性较为明显,多数海域涨潮流时大于落潮流时,而落潮流速大于涨潮流速。落潮流向西北,涨潮流向东南。

该区余流较强,且季节变化明显,表层流速均值4~5cm/s,流向变化较为紊乱。在引堤主轴线10~15m水深区,余流最大值可达31cm/s。

这样的潮流和余流的综合作用,对携带泥沙沿岸坡纵向运移以及泥沙分选和物质重新再分配起着十分重要的作用。由于潮流和余流的主流方向性质,为本区泥沙向北和向外海运移、或少量物质向岸运移,提供了强大的动力基础。潮流和余流是本区泥沙纵向运移和冲淤变化的最重要的海洋动力因素。

3. 物质基础

研究区水动力作用下的沉积物质皆为粉

①胜利油田港建指挥部、国家海洋局第一海洋研究所:黄河海港泥沙冲淤问题的监测和研究报告,1987.8。

砂及粘土质粉砂为主, 除表现出有所粗化的特点外, 主要粒径组成与黄河输沙基本一致。

根据森博格 (Sunborg) 的起动流速图可知, 即使在粒径 $0.05 \sim 0.5 \text{ mm}$ 的粉砂一中砂不论是压密或是松散的状态, 都是容易起动的, 当流速在 $20 \sim 50 \text{ cm/s}$ 时, 粉砂一中砂就可迅速起动^[2]。由此看来, 研究区在波浪和海流的共同作用下, 以粉砂、粘土质粉砂为主的海底沉积物将容易起动, 并在水流作用下重新再分配。

通过上述三方面的分析, 使我们明确了左右研究区冲淤变化的动力基础, 以及岸滩冲淤物质的必然去向和归宿。

三、泥沙运移和海岸塑造特征

由上所述, 研究区在黄河尾间改道自清水沟入海后, 由于物源供给断绝, 15年来在海洋动力的作用下以逐渐减弱的速度不断向岸侵蚀后退。侵蚀后退是本区海岸塑造发育的基调, 代表了黄河三角洲在尾间摆动后, 岸滩和 underwater 岸坡的一个重要发育阶段。弄清这个阶段中泥沙运移所导致的海岸塑造特征, 对于认识黄河三角洲演化规律, 合理适时地开发利用三角洲具有重要的指导意义。现在我们把资料的着眼点扩大到水深地形变化、悬沙底沙运移及海岸剖面对比等项目, 以求得更加深刻的认识。

1. 泥沙运移

(1) 泥沙运移形式 资料表明, 研究区的泥沙物质, 在岸滩地段主要以推移质形式被搬运, 并仅以部分悬移质形式参与; 在水下岸坡上部浅水区以推移、悬移质并存形式运移。随着水深的加大, 在岸坡的下部逐渐转化为以悬移质形式为主。

关于泥水混合物, 是研究区表层沉积物之上沉淀的一层流动一半流动物质, 其厚度多在 5 cm 左右, 粒度组成为粉砂—粘土质粉

砂, 是主要研究区东南部水下岸坡存在的一种泥沙流动现象。这种现象的产生与当地物质组成偏细及强大水动力条件有直接关系。它们相辅相成, 时强时弱, 对泥沙的横向和纵向运移都有一定影响。

(2) 泥沙运移方向 在岸滩地段, 通过在中潮滩放置沉沙盘和投放示踪砂以及测量沉积物磁化率各向异性来确定泥沙运移的实际方向。在北区除有夏季向南南东运移的分支外, 其他季节皆为北西和北北西向, 反映了小港区引堤左侧广大潮间浅滩地区冲蚀下来的物质, 主要向外海运移且又远离港区, 而南南东向运移泥沙在夏季参与了北区中潮滩上部局部滩面的薄层淤积过程。小港区中潮滩沉沙盘资料所反映的推移质物质运移方向均呈北东向; 10月份, 在 3.8 m 水深显示了北西和南西运移方向, 说明小港区泥沙仍以北向外海运移为主。但由于人工设施的影响, 特别是码头引堤工程 (已达 3.5 m 以深水域) 和引堤外海 5.7 m 水深处原沉放的几条大型沉船的人工岛效应, 都为小港区的泥沙向南西方向运移起到了重要作用。

在水下岸坡, 悬沙多为细粉砂和粘土, 能随波逐流, 在风波和流的作用下参加海区的物质再分配。由于研究区位于无潮区附近, 西北—东南向的往复流潮流性质和各季节强浪向的风海流特点, 使之悬沙运移在各季节表现不一。在春季, 主要是北向输沙趋势; 夏季也以北向输沙为主, 但量值很小; 秋季则以北东、南东为主。由此可见, 监测区全年以北西和外海输沙为主的趋势十分明显, 但局部海域在春夏季节向岸向港区方向输沙造成港区的少量淤积也是不可忽视的。

研究区泥沙运动系北部黄河故道运动体系的延伸, 其悬沙含量主要受控于风浪因素的季节变化。以往的研究结果也表明, 黄河入海泥沙北向运移不达神仙沟, 我们将其综合于图1。1985年侍茂崇曾根据水文资料提

出现代黄河与五号桩海区之间存在一个淡水—海水峰面,致使黄河泥沙影响不及五号桩以北海区^[3]。

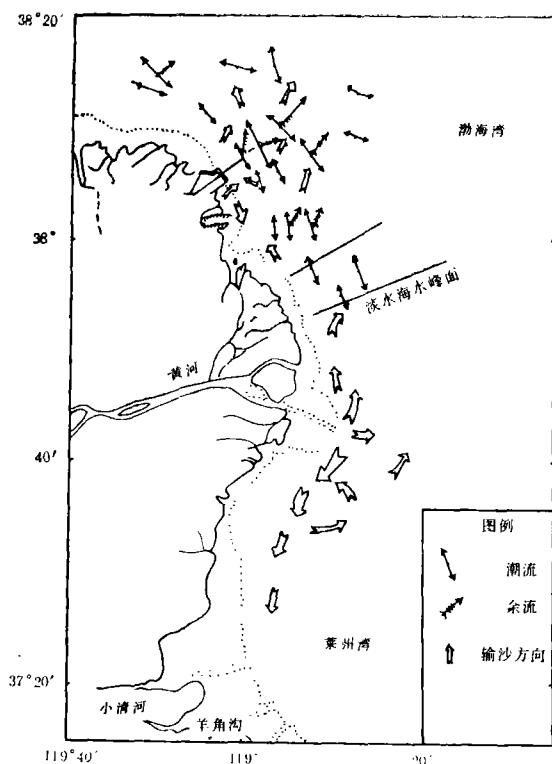


图1 黄河口附近海区泥沙运移形势图

卫片研究成果也证明了这一点。黄河入海泥沙在涨潮流作用下呈向南偏转改向北偏东及沿岸向西北方向运移扩散,在落潮流作用下呈北东方向运移,然后分成南、东、北三个方向慢慢扩散,而北向扩散的一支随后转向正东消失于外海^[4]。

向南运移的入海悬沙分支,含沙量较高。在距口门10~15km处,产生直径3~4km的涡旋,而后改变输运方向,转向东北方向运移扩散。出现涡旋的地点与范围较大的“南烂泥”位置基本吻合。

由上可见,主要研究区由于岸区现已基本无河流入海,除风沙的少量补给外,大量泥沙的补给源业已断绝。泥沙的主要运移应是当地底质沉积物的再悬浮、再搬运,物质

的重新再分配造成引堤左侧北区海底发生强烈侵蚀和岸滩不断后退,引堤右侧以南区则由强烈侵蚀逐渐转变成弱冲弱淤,这与悬沙分布和岸滩剖面塑造图式有着良好的一致性。

2. 主要研究区海岸剖面塑造的一般特征和冲淤区划

作为黄河尾间改道后第三阶段强烈蚀退的中期发育阶段来说,岸滩仍体现了以冲蚀后退为基调的塑造特点。根据所处部位的不同,各区段又表现出各自的特点。

为了得到较为满意的结果,我们结合岸滩地貌和海上地质工作对新近1/2.5万的水深地形图进行分析和讨论。讨论区域的西界至桩101,即主要研究区的西缘,经小港区至南界桩12,曲折岸线长度约25km,主要研究区内原设定了7条剖面(I~Ⅶ),加西界桩101的0剖面共8条剖面。从岸线地形剖面形态看,自西北向东南岸坡剖面坡度由前缘逐渐减缓到平直,基本特征见(图2)和表1。

根据潮间浅滩地貌和水下地形测量工作,小港区左侧(即北部强冲蚀区),0、I、II、III剖面所在海域,岸滩和 underwater 岸坡表现了持续不断地冲蚀后退,并以一级至多级陡坎交替、层层剥离的形式由低潮滩向高潮滩节节逼近。据测量表明,目前岸滩以数十米甚至数百米的后退速度向岸蚀退。但是,由于近几年防潮堤的修筑,其后退速度已在一定范围受到遏制。

小港区也主要表现为程度较强的冲蚀后退,除夏季有所淤积外,全年其他季节都以1~2级冲蚀陡坎向岸蚀退,水下岸坡塑造过程中也表现了显著的季节变化。从水深地形测量剖面对比看,1985年6月至1986年4月,主要表现了较强的冲蚀。但从C—H剖面表现的上冲下淤现象,即在水深2.5~4.2m以上为冲蚀,以下则为淤积的状况,代表着剖

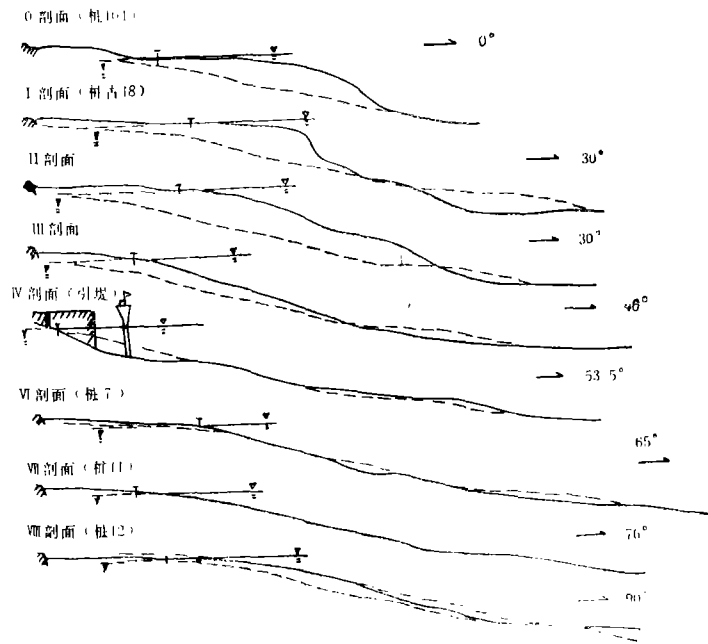


图 2 岸滩及水下岸坡地形剖面形态图

表 1 主要研究区水下岸坡地形剖面特征

区 段		剖面号	坡度比降	与Ⅵ剖面重合时需前推或后移的km数	岸坡由冲转淤水深 (m)	尾部重合段落水深 (m)
强冲蚀区		0	0.00138	前推 1.7	10	10
		I	0.00129	前推 2.8	10	15
		Ⅱ	0.00154	前推 3.6	12	16
		Ⅲ	0.00125	前推 2.7	10	15
中强冲蚀区	小港区	Ⅳ	0.00105	前推 1.0	上转点5.5 下转点12.5	15.5
	南区	Ⅴ	0.00107	前推 1.5	上转点6.5 下转点11	15
平衡稳定区		Ⅵ	0.001	/	/	
略淤区		Ⅶ	0.00095	后移 1.4	上转点5 下转点12	12

面塑造中的一种物质运移趋势，这种由岸向海的运移趋势加快了剖面坡度由陡变缓的速度。1986年4月至同年10月，小港区从岸滩

到水下岸坡主要表现出淤积或稳定，冲蚀段很少。1986年10月至1987年4月在主要剖面上皆表现为冲蚀，体现了“冬半年”的冲刷

侵蚀特点,比1985年6月至1986年4月所经历的冲蚀过程显著。在平面图上,经过“冬半年”时间,码头引堤头加深了约0.4m。另外,此间小港区3~5m等深线已向岸推进了150~400m,体现了岸滩和 underwater 岸坡总体冲蚀后退的形势。

小港区右侧(即南区)Ⅶ剖面附近,以冲蚀带的冲蚀陡坎向岸层层剥离的形式,即使趋于缓慢,也仍表现了很大的能动性。产生的冲蚀陡坎仍可达10~15cm高,观测证实,1986年4~10月已向岸后退约300m。

Ⅶ剖面附近冲蚀类型已不发育,中潮滩和低潮滩基本体现了冲淤平衡的动态稳定状态。Ⅶ剖面可视为平衡剖面,并可与其他剖面对比。

Ⅶ剖面以南到桩12附近海区滩面,已表现了弱淤形势。表层沉积物中出现颜色深浅不一的季节泥层,特别是夏季,此处海草繁盛,在一定程度上加速了淤积作用。

上述分析,本主要研究区的冲淤区划的基本面貌已经明朗。从西北向东南可依次分为:a.小港区左侧强冲蚀区;b.小港区及南侧附近的中强冲蚀区;c.平衡稳定区;d.略淤区四个区段。

3. 水下岸坡冲淤转换基点水深的推断

由表1可见,研究区内小港区和其南侧几条剖面都存在水深5m左右的上转换点,并依此在水下岸坡上部形成上冲下淤现象,这种现象将驱使泥沙在剖面塑造过程中利于剖面坡度的变缓,这是趋于弱冲蚀和弱淤积的反映。10m左右的冲淤转换点将根据以下证据推断:

(1)平衡剖面与各剖面的对比结果 上面已述,Ⅶ剖面桩11附近岸滩和 underwater 岸坡已基本达到平衡稳定状态。我们依此为标准对比研究区的其他剖面,这点在图2和表1中已作分析。统计数字表明,水下岸坡冲蚀转淤积的水深皆在10~12.5m之间,表现出相

当的一致性。

(2)小港区的水深地形图分析 从小港区及其附近的水深地形图,特别是1987年4月重复测量的图件资料分析,5~7m水深处都表现出极明显的小尺度地形起伏,代表了一种不均衡掘蚀的水下岸坡地貌现象,到水深9m以下这种现象才不复存在。这可旁证,至少水深9m以下才由水下岸坡的强烈冲刷转换为淤积状态,9m以下应是冲淤转换点存在的水深深度。

(3)据五号桩码头蚀淤等厚线图,提供了水下岸坡冲转淤的两组数据:一组是五号桩外偏南强冲蚀区,8~15m水深之间为淤积区;另一组是偏西北的强冲蚀区外侧8m或12~16m水深处存在淤积区。两组数据皆含8m,即本区至少8m以下才由冲蚀转淤积^[5]。

(4)据历年海图对比资料 王志豪曾根据历年收集到的海图,经过统一基面的转换和对比计算,统计出1976~1985年五号桩小港区附近以水深12m为界的冲淤变化。12m以浅区域表现了每年约有10cm多的侵蚀,12m以下转为淤积^[6]。

上述依据不同资料的推算结果,除8m偏小外,其他都在10m水深附近。为此推测研究区水下岸坡冲淤转换基点的水深应在10~12m左右。

四、研究区的冲淤变化趋势预测

在黄河三角洲上尾间摆动后的流路入口处,泥沙运移迅速,海岸剖面调整急剧。随着时间的推移,泥沙运移和剖面塑造调整速度都将逐渐变弱。将由强烈冲蚀后退变成动态平衡,变成弱淤状态,而逐渐失去建立港口、进行海上工程活动的基本条件。但是,自然界的事情总是变化着的,特别是象黄河三角洲海域,可说得上千变万化。如何较为合理地预测未来将是一个十分困难和复杂的问题。

这里的趋势预测是建立在粉砂质岸坡平衡剖面对比的基础上,也称之为平衡剖面对比法。前已讨论,从海岸平衡剖面意义上,研究区Ⅶ剖面(桩11)可视为冲淤相当达到动态平衡的稳定剖面。依此对比各区,得到图2和表1。图表所示,Ⅶ剖面岸坡平均坡度趋向为0.001。从岸坡塑造上讲,大于此值将继续冲蚀夷平,调整到此坡度后进入动态平衡状态,小于此值即已开始了以淤积为主的塑造过程。依此观点,我们认为:

(1)黄河海港小港区,在5m水深内进行剖面调整将需8年完成,即8年后小港区岸坡坡度将达0.001。此时,防潮堤基部附近将有冲刷变深,而引堤端部将会淤浅1~2m。根据剖面下端10~15m水深岸坡坡度所需调整范围估算,这段时间大约需要12年才能完成。但是,就目前水动力条件看,特别是此处处在东北向强浪向和涨落潮流的作用下,小港区引堤端部附近将会继续冲蚀下掘,使之延缓这种均衡剖面塑造的时间。

(2)小港区左侧(北区),同样方法在0~Ⅲ四条剖面所在区段,若按每年数百米的中潮滩实测蚀退速度推算,将用大约18年时间调整到平衡剖面。如果考虑到本区的年蚀退速度,将随时间逐渐减小的可能性时,那么上述时间将可能延长到23年左右。自此之后,该段岸坡的塑造将由冲蚀转为淤积。

(3)依此,南区Ⅶ剖面附近岸坡将需用6~8年时间完成平衡剖面的塑造。而Ⅷ剖面附近的淤积区,应在6~8年前就已达平衡,淤积趋势将会继续。本区岸滩部分繁茂的海草也将引起加积作用。

上述说法的前提是,黄河仍以清水沟流路入海而远离主要研究区,泥沙运移条件也应未有大的变化。一旦黄河尾间再度摆动,

边界条件变了,这种模式将依据变化了的环境条件重新安排。

五、结束语

根据上述几方面的论述,我们得出以下初步认识:

(1)黄河三角洲五号桩海区岸滩主要表现为冲蚀后退,并以引堤左侧蚀退速率大于右侧为特点。海蚀后退是以层层剥离的方式从低潮滩向岸逼近。

(2)主要研究区的观测资料反映了泥沙向海运移为主的特点。这种与水动力条件相辅相成的泥沙运移特点,代表了黄河三角洲部分区域岸滩和 underwater 岸坡剖面塑造过程中的一个发育阶段。

(3)鉴于研究区海洋动力活跃,水沙条件特殊,在实施工程建设和油气开发中需要充分考虑到人类活动对于环境变化的反馈作用。

(文中插图白黎明清绘,特此致谢。)

参 考 文 献

- [1] 王恺比、李泽刚,黄河近代河口的淤积延伸与摆动改道,第三届河流泥沙国际学术讨论会论文集,1988年3月。
- [2] 薛鸿超等编,海岸动力学,人民交通出版社,1980年12月。
- [3] 侍茂崇等,黄河三角洲半日潮,无潮区位置及水位特征分析,山东海洋学院学报,1985年6期。
- [4] 江仲熙等,利用陆地卫星影像分析黄河入海泥沙对小清河口的影响,遥感文集,科学出版社,1981,183~186。
- [5] 耿秀山等,黄河海港动力地貌条件的初步探讨,地理学报,1988年,43卷4期,299~310。
- [6] 王志豪,黄河三角洲的变迁与黄河口油港港址的选择,海岸工程,1984年,3卷2期,7~14。