

129-136

# 现行黄河口海域泥沙冲淤的 定量计算及其规律探讨\*

孙效功 杨作升 陈彰榕

TV148.1

(青岛海洋大学河口海岸带研究所, 青岛)

**摘要** 本文利用现行黄河口海域多年的水深测量资料, 用计算机绘制了黄河口冲淤等值线图和冲淤立体图。在此基础上, 详细地分析研究了黄河口海域泥沙冲淤变化的规律和特点。从定量的角度, 为河口治理及各种海洋工程建设提供了科学依据。

**关键词** 现行黄河口海域, 泥沙冲淤, 定量分析

## 前言

黄河水少沙多, 平均每年约有 $10.6 \times 10^8$ t的泥沙被输送入海<sup>[1]</sup>, 在径流和潮流的共同作用下在河口淤积而形成河口拦门沙。对黄河口的泥沙冲淤问题进行定量分析并探讨其规律性, 这对治理黄河和进行黄河口海域的海洋工程建设具有重要意义。关于泥沙冲淤问题, 耿秀山等对刁口河大嘴外黄河海港区进行了冲淤变化的定量分析与研究<sup>[1]</sup>, 庞家珍等则对黄河河口区的水文特征及泥沙淤积分布进行了综合性分析和研究<sup>[2]</sup>。但是, 对于现行黄河口海域泥沙冲淤的定量分析及其空间分布规律的探讨则不足。为此, 本文利用1976~1988年的水深测量资料, 对黄河1976年改道清水沟流路以来黄河口附近海域的泥沙冲淤问题进行了研究和探讨, 划分出该海域每年的冲刷区和淤积区, 并对其冲淤量进行了定量计算和评估。

## 1 研究区域和方法

研究区域位于北至刁口河、南至羊角沟的现行黄河口广大海域, 该区域东西宽50km, 南北长97km(图1)。

这里所用水深测量资料的深度基准面皆为1956年黄海高程基面。计算与制图的基本方法是通过对两期水深观测数据进行相互比对的方式绘制出其冲淤等值线图和冲淤立体图, 并据

本文于1991-06-25收到, 修改稿于1992-04-04收到。

\* 国家自然科学基金资助项目。

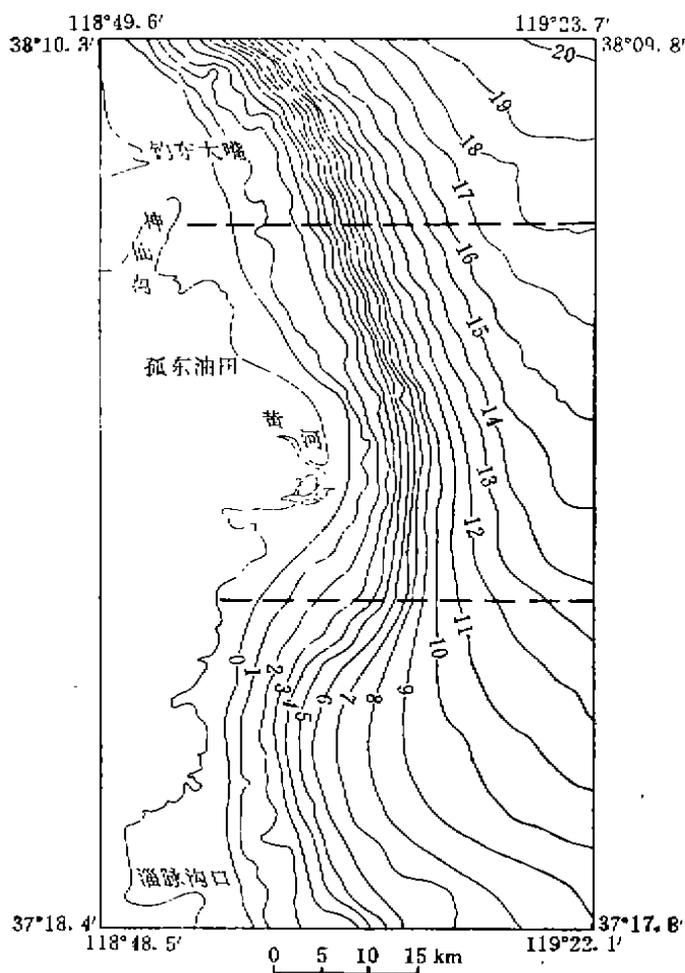


图1 研究区域及其海底地形图  
(1976年)

此划分出冲刷区和淤积区,进而计算出其相应的冲淤量,由此则可认识研究海域泥沙冲淤的规律和特点。从绘图到计算都是应用自编程序通过计算机来完成的。按照上述研究方法,我们首先将现有水深资料的相邻两期进行对比,以分析泥沙冲淤的动态变化,然后又将1988和1976年的水深资料进行对比,以分析其趋势性变化。

## 2 现行黄河口海域的泥沙冲淤特征

### 2.1 冲淤等值线图 and 冲淤立体图简介

将任意两期实测水深数据直接输入计算机则可绘制出所需要的冲淤等值线图和冲淤立体图。由于篇幅所限,这里仅列出1977~1978年、1979~1980年、1980~1985年和1976~1988年4个时段的冲淤等值线图和冲淤立体图(图2~5)。图中等值线间距为1m,负值(虚线)表示冲刷,正值(实线)表示淤积,0m线为冲淤界线。因此,虚线所围区域便是冲刷区,实线所示区域则是淤积区。冲淤立体图是其相应的冲淤等值线图的立体再现,它可以直观地反映该海域的冲淤变化情况。这里所列冲淤立体图的视方位角皆为135°,视倾角皆为60°,即从该海域的西北角俯视其冲淤变化情况。

是冲刷区,实线所示区域则是淤积区。冲淤立体图是其相应的冲淤等值线图的立体再现,它可以直观地反映该海域的冲淤变化情况。这里所列冲淤立体图的视方位角皆为135°,视倾角皆为60°,即从该海域的西北角俯视其冲淤变化情况。

### 2.2 泥沙冲淤动态及其特征分析

#### 2.2.1 1976~1977年时段

1976年黄河尾间人工改道清水沟流路入海以来,黄河三角洲沿岸海域的冲淤性质发生了明显的转变。在该时段,五号桩至清水沟海域存在着一个东北向舌状弱淤积区,这主要是由于黄河在此入海所致。在该淤积区之外,从钓口大嘴环绕这一舌状淤积区至清水沟口是一条宽度不等的弱冲刷带,其中钓东大嘴外冲刷深度最大,达1m以上。该海域东北角属另一弱淤区,呈舌状伸向外海,舌头向岸。清水沟至羊角沟海域除近岸存在着零星的弱冲刷区块外,皆为弱淤区。另外,五号桩以南近岸也存在着一块小范围的弱冲刷区。总之,在该时段淤积大于冲刷,且淤积厚度皆介于0~1m之间。

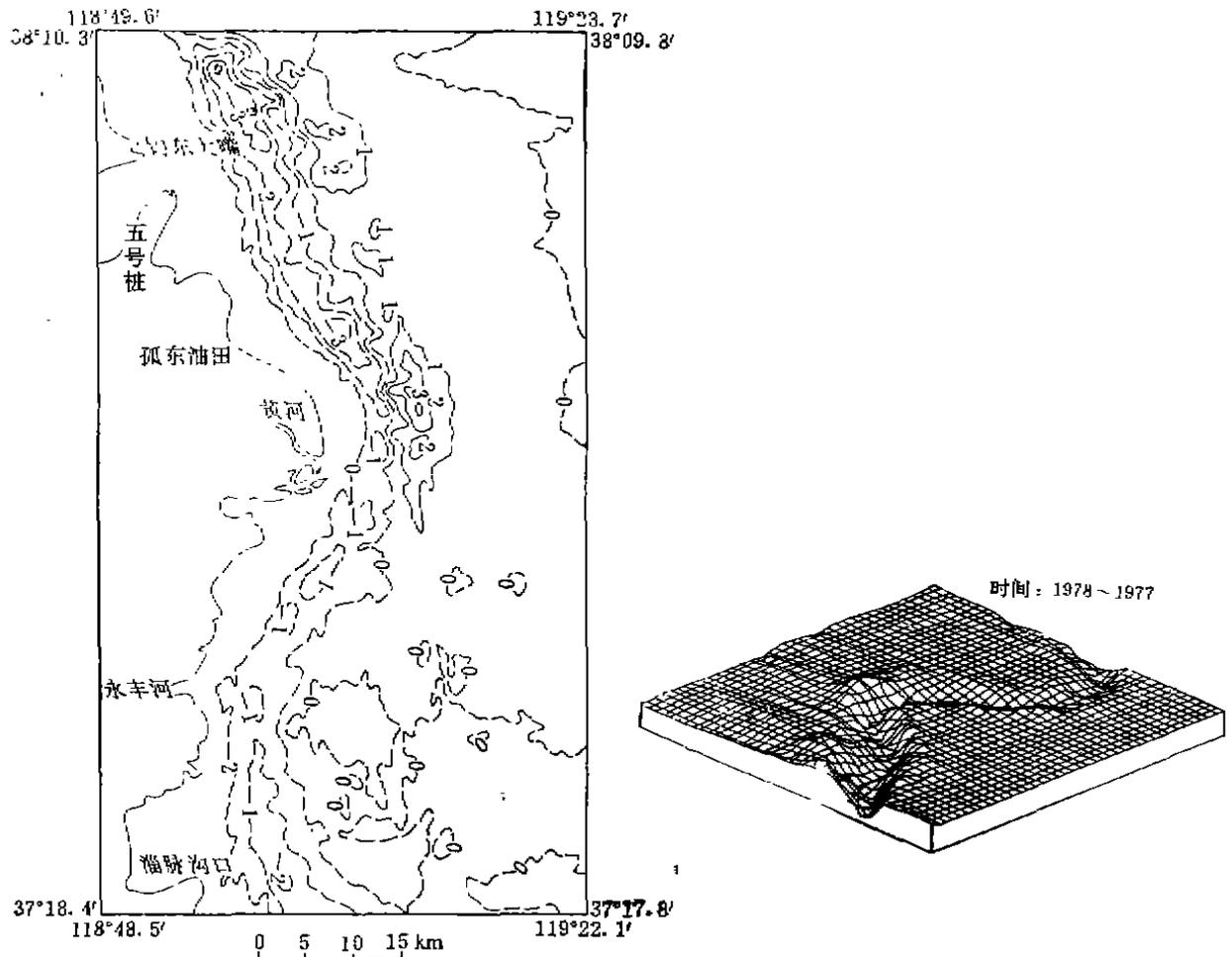


图2 1977~1978年时段泥沙冲淤等值线图(左)和冲淤立体图(右)  
(1978年岸线)

### 2.2.2 1977~1978年时段(图2)

在该时段, 钓东大嘴口门外的强冲刷中心向岸进移. 此时强冲刷区主要发生在近岸宽约9km的范围内, 呈与海岸平行的弧形展开, 其冲刷最为强烈的地区钓东大嘴口门外的最大冲刷深度达4m以上, 而河口南侧淄脉沟口, 其最大冲刷深度局部也达2m以上.

近岸冲刷带之外属一淤积区, 其中河口拦门沙地区的最大淤积厚度为3m以上, 而钓东大嘴近岸强冲刷带之外亦有较强的淤积, 其最大淤积厚度也达2m以上, 这主要与冲刷区海底侵蚀出来的泥沙向东再搬运和淤积有关. 该海域的东北角是一弱冲刷区, 其冲刷深度低于1m, 且呈舌状伸向外海. 而河口南侧近岸冲刷带之外海域属弱淤、弱冲相间区.

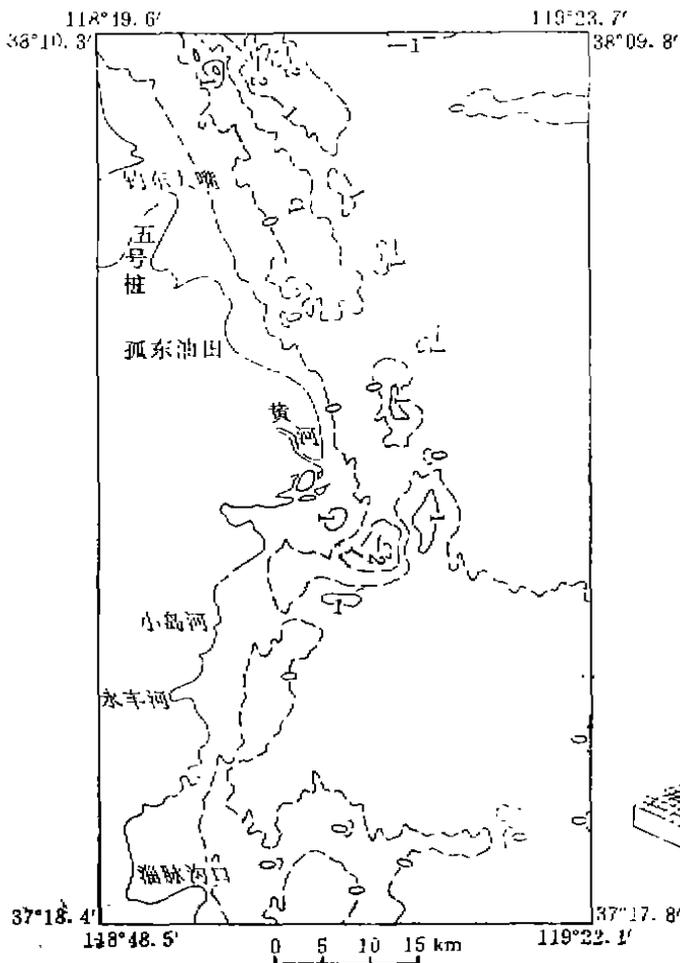
### 2.2.3 1978~1979年时段

1978年后, 五号桩以南至小岛河沿岸淤积性质不变, 拦门沙地区的最大淤积厚度在该时段为2m以上. 五号桩以北的近岸冲刷区和东北角冲刷区已连成一片, 冲刷强烈地区仍在近岸. 但其冲刷强度明显地低于上个时段, 最大冲刷深度仅1m以上. 而冲刷范围在钓东大嘴外向岸略有扩展, 并且在上时段钓东大嘴外冲刷最为强烈的地区产生了小范围的淤积, 其最

大淤积厚度达1m以上。而黄河口南侧(小岛河以南)海域属弱冲刷区,其冲刷范围扩大到南侧整个海域,但冲刷强度较弱,其冲刷深度大都介于0~1m之间。总之,该时段的冲刷范围明显地大于淤积范围。

2.2.4 1979~1980年时段(图3)

在该时段,河口北侧冲刷区向南扩展,以致河口及河口北侧海域受到大范围的冲刷。在神仙沟口门外,原1977~1978年时段的近岸冲刷带位置存在着一条长约36km、宽6km的平行于岸的淤积带,其最大淤积厚度达1~2m。该淤积带之外的钓东大嘴东北地区所受冲刷较强,其最大冲刷深度达2m以上。河口拦门沙地区淤积轻微,仅两处小范围淤积,其最大淤积厚度仅1m以上。黄河口南侧冲刷区范围缩小,除近岸存在着一条平行于岸的弱冲刷带外,其他基本上属弱淤区,淤积厚度介于0~1m之间。该时段的冲刷范围也明显地大于淤积范围。这种南淤北冲的格局主要是由于该时段河口摆向南侧所致。



2.2.5 1980~1985年时段(图4)

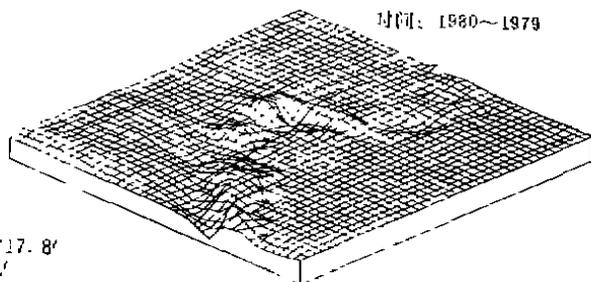
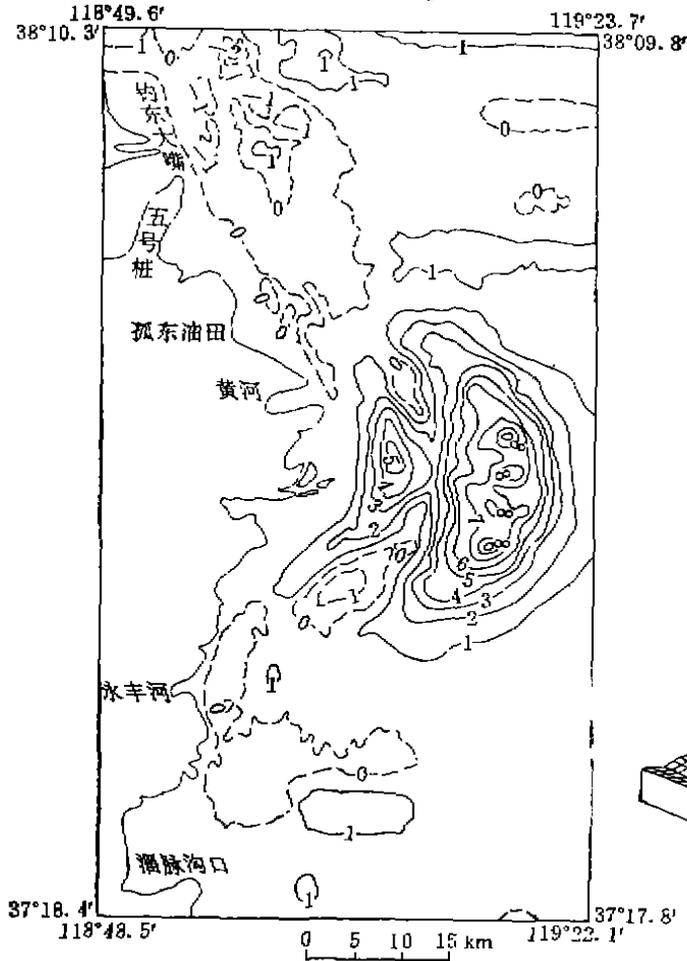


图3 1979~1980年时段泥沙冲淤等值线图(左)和冲淤立体图(右)  
(1976年岸线)

该时段,神仙沟和钓东大嘴口门外继续冲刷,且仍呈弧形平行于岸展开,但其冲刷强度明显降低,5年累积冲刷深度最大仅达1~2m。该冲刷区的中部仍存在着小范围的弱淤,其最大淤积厚度达1m以上。黄河口北侧其他海域属弱淤区,但其中亦有零星的弱冲刷块,其最大淤积厚度也达1m以上。黄河口南侧近岸仍略有冲刷,南侧其他海域为弱淤区,其淤积厚度局部亦达1m以上。河口拦门沙地区继续淤积,5年累积淤积最大厚度达8~9m以上。

2.2.6 1985~1986年时段

黄河口南北两侧沿岸仍略有冲刷,且略向岸进移。该弱冲刷区之外,存在着明显的淤积



现象，形成一与拦门沙淤积区连为一体的近岸淤积带，无论是河口南侧还是北侧，其最大淤积厚度皆达2m以上。该近岸淤积带之外海域基本上为弱冲刷区，仅钓东大嘴以东偏南海域存在着一呈舌状伸向外海的弱淤区。河口拦门沙地区该时段的最大淤积厚度为5m。

2.2.7 1986~1988年时段

在该时段，淤积区范围扩大，冲刷区范围缩小。河口南侧近岸仍存在着—平行于岸的弱冲刷带，钓东大嘴以东偏北方向存在着一东西向伸向外海的弱冲刷带。除此之外，所研究海

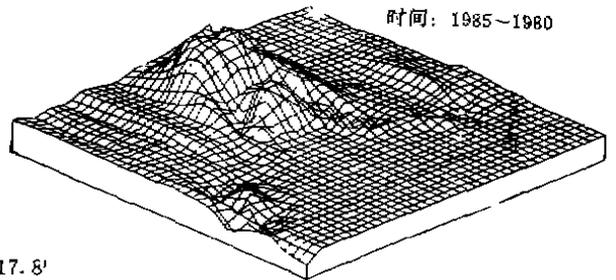


图4 1980~1985年时段泥沙冲淤等值线图(左)和冲淤立体图(右)  
(1980年岸线)

域的其他地区基本上属淤积区。孤东油田以东海域有一块较强的淤积区，其最大淤积厚度达2m以上，这一淤积区主要与1987年胜利油田在清7断面附近挖开一条北向入海的人工汉河短期放淤有关。河口拦门沙地区的淤积中心继续向南摆动，两年来其最大淤积厚度达5m以上。

由上述各时段的冲淤动态分析可知，黄河口海域的泥沙冲淤都是围绕着新老黄河口进行的。现行清水沟流路口门外泥沙大量淤积，且其淤积范围随着时间的推移而不断扩大，而作为1972~1974年黄河入海口的钓东大嘴口门外则受到最强烈的冲刷，以致老河口处的泥沙堆积体不断遭受冲蚀。从时间上看，黄河改道清水沟流路后的第一年(1977年)，该海域产生大范围的淤积；而1978年其近岸岸坡遭受最强烈的冲刷，1979和1980年其冲刷范围进一步扩大，以致该海域整体表现为冲刷大于淤积；1980年以后，其近岸冲刷强度逐渐变弱，并且随着黄河的大量来沙，该海域的冲刷范围逐渐缩小，淤积范围逐渐扩大，以致其整体表现为淤积大于冲刷。

由1976~1988年时段的冲淤图(图5)可知,经过12年多的泥沙冲淤变化,黄河口南侧

海域除近岸略有轻微的冲蚀外,基本处于弱淤状态,且泥沙落淤均匀;五号桩以北岸线蚀退,钓东大嘴口门外12年累积冲刷最大深度达4m以上,年平均0.3m;黄河口拦门沙地区,12年累积淤积厚度达12m以上,年平均淤积1m,且整个淤积呈北窄南宽的腰子状向东南倾斜发展,而该海域东北角则累积表现为一伸向外海的舌状弱冲刷区。

### 3 黄河口海域泥沙冲淤的动力机制

黄河口海域泥沙冲淤的动力机制比较复杂,它是波浪、海流、潮汐和

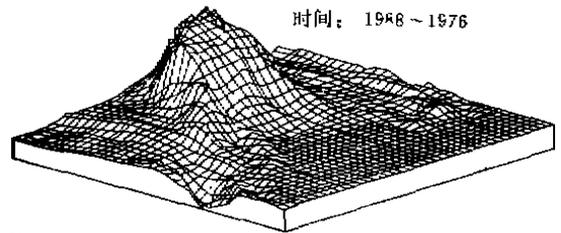
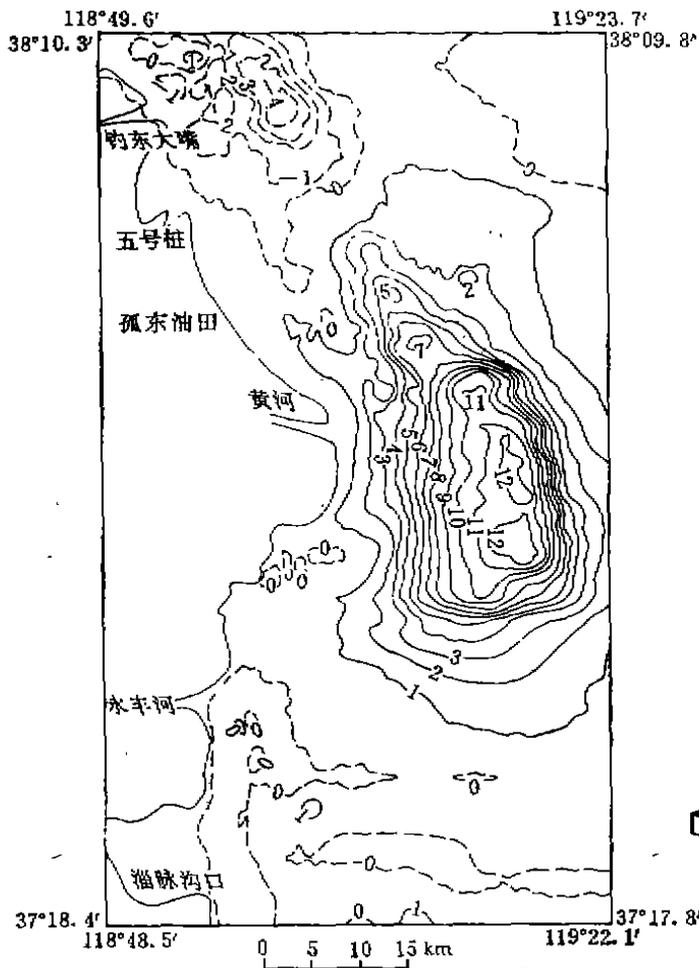


图5 1976~1988年时段泥沙冲淤等值线图(左)和冲淤立体图(右)  
(1982年岸线)

河流径流等综合作用的结果。其中拦门沙的形成主要是由于河流与海洋动力的相互作用而使水流结构发生变化,以致水流的挟沙能力骤减,从而导致大部分泥沙沉积在拦门区内<sup>1)</sup>。

黄河口海域的优势波浪为东北向浪,而黄河口北侧岸坡正是这一强向波浪的迎浪面,于是它受波浪的冲刷作用也就最强。另外,该海域仅神仙沟口附近岸段表现为不正规全日潮,其平均潮差为0.6m,涨落潮流历时相等,潮流流速大于1.5m/s,有利于泥沙搬运入海<sup>[2,3]</sup>,因而正如冲淤图所反映的那样,黄河口北侧岸坡尤其是钓东大嘴口门外的冲刷也就最强。

在神仙沟口外东北海域存在着一个强流区,其流速等值线以舌状伸向渤海湾<sup>[3]</sup>。而历年冲淤等值图中东北角的冲刷形态也大都呈舌状伸向外海,二者比较吻合。可见,该海域东北角的冲刷主要是由于这一强流区的作用。

1) 黄河水利委员会济南水文总站、山东海洋学院,现代河口沉积动力过程及拦门沙形成和演变的调查研究报告,1986。

黄河口海域的表层余流方向与季节有关, 而其底层余流始终从莱州湾沿着水深15m的等深线流向西北, 这就成为该海区泥沙输移的一个重要动力<sup>[2]</sup>. 因而, 它是该海域的淤积区从黄河口北侧近岸冲刷区与东北角冲刷区之间向西北方向延伸的一个重要原因.

神仙沟以南的三角洲东部海域是不正规半日潮, 潮差由北向南逐渐增大, 潮流流速变小, 最大涨潮流向指向南, 落潮流向指向北, 旋转方向为顺时针, 并且其落潮流历时比涨潮流历时长, 这样落潮时不能将涨潮带来的泥沙全部搬走<sup>[2, 3]</sup>. 于是, 黄河口南侧海区由于潮流和方向指向南偏东的河流径流所产生的余流<sup>[3]</sup>的影响而产生泥沙的淤积. 同时又由于黄河口南侧岸坡不迎强浪, 再加上河口沙嘴的遮挡, 波浪的作用减弱, 这样河口南侧所受到的冲刷比北侧也就弱得多.

随着河口沙嘴的不断延伸, 使河口两侧呈海湾状, 其间水动力减弱, 从而产生泥沙的淤积. 这由冲淤图也可看出, 随着时间的推移, 河口两侧的淤积逐渐扩大. 另外, 由于科氏力而造成的地转流的影响, 尾间河段由北摆向南, 这也是拦门沙地区的淤积由北向南偏的一个原因.

#### 4 冲淤量的计算

在绘制出黄河口海域1976~1988年各时段的冲淤等值线图和冲淤立体图的基础上, 又对其冲淤量进行了相应的定量计算. 其方法是首先计算出淤积区和冲刷区的体积, 然后乘以泥沙容重即可分别得到其泥沙淤积量和冲刷量, 而二者之差则便是净余冲淤量. 这里泥沙容重近似取作 $1.10\text{t}/\text{m}^3$ <sup>[1]</sup>. 该海域的泥沙冲淤量计算结果如表1所示.

表1 研究海域泥沙冲淤量计算结果

(单位:  $10^8\text{t}$ )

时 段	淤积量	冲刷量	净余冲淤量
1976~1977	7.37	2.48	4.89
1977~1978	10.87	8.70	2.17
1978~1979	6.71	11.04	-4.33
1979~1980	4.09	9.57	-5.48
1980~1985	38.43	3.00	35.43
1985~1986	17.29	9.23	8.06
1986~1988	25.12	3.52	21.60
1976~1988	69.30	6.49	62.81

由于1981、1982、1983和1987年的水深资料不全, 进而又对其历年水深资料所覆盖的共同部分(即图1虚线所示河口区)进行了泥沙冲淤的定量计算, 其结果如表2所示.

由表1可知, 该海域12年的泥沙总淤积量为 $69.30 \times 10^8\text{t}$ , 年平均淤积量为 $5.78 \times 10^8\text{t}$ ; 总冲刷量为 $6.49 \times 10^8\text{t}$ , 年平均冲刷量为 $0.54 \times 10^8\text{t}$ ; 泥沙净余冲淤量为 $62.81 \times 10^8\text{t}$ , 年平均值为 $5.23 \times 10^8\text{t}$ . 其中1987~1988年时段的年淤积量最大, 仅河口区的泥沙净余淤积量就达 $12 \times 10^8\text{t}$ 以上; 而1979~1980年时段的年淤积量最小, 以致总体表现为冲刷, 其河口区的净余冲刷量达 $3 \times 10^8\text{t}$ 以上, 计算结果表明, 该海域12年来的泥沙净余淤积量仅虚线

表2 河口区泥沙冲淤量计算结果

(单位:  $10^8 t$ )

时 段	淤积量	冲刷量	净余冲淤量
1976~1977	1.98	0.92	1.06
1977~1978	6.25	3.25	3.00
1978~1979	6.22	1.39	4.83
1979~1980	1.38	4.67	-3.29
1980~1981	9.30	0.36	8.94
1981~1982	10.88	2.53	8.35
1982~1983	8.76	3.01	5.75
1983~1985	12.37	8.24	4.13
1985~1986	11.24	2.80	8.44
1986~1987	4.69	3.27	1.42
1987~1988	13.92	1.17	12.75
1976~1988	55.79	0.10	55.69

注: 缺1984年的水深资料。

所示海域则占了88.66%, 可见绝大部分泥沙淤积在黄河口拦门沙区内。另外, 由表1和表2还可看出, 该海域1977和1978年总体以淤积为主; 1979和1980年则总体以冲刷为主; 而1980年以后总体上继续以淤积为主。

## 5 结论

1. 黄河口海域的泥沙冲淤主要是围绕着新老黄河口进行的。现行清水沟流路口门外是该海域最强烈的淤积区, 而老黄河口东大嘴口门外则是该海域最强烈的冲刷区。

2. 计算表明该海域80%以上的泥沙淤积在拦门沙区内, 从而导致拦门沙区以平均每年淤高约1m的速度向前发展。另外, 由于潮流和河口径流的影响, 部分泥沙向河口南侧输移; 而由于余流的影响, 则另有部分泥沙沿16m等深线向该海域西北方向输移。

3. 黄河口南、北两侧岸坡的冲刷随着时间的推移皆呈减弱趋势。黄河口北侧岸坡所受冲刷强烈, 又缺少外来泥沙的补给, 因而岸线蚀退; 而黄河口南侧岸坡所受冲刷较弱, 再加上水动力条件的减弱和潮流输沙的淤积作用, 以致河口南侧岸线将趋于相对稳定。

4. 黄河1976年改道清水沟流路以来, 研究海域仅1979和1980年表现为以冲刷为主, 其他年份则皆以淤积为主。并且随着时间的推移, 淤积区不断扩大, 冲刷区逐渐缩小。

## 参考文献

- 1 耿秀山等. 黄河口海港冲淤变化的定量分析与评价. 海洋学报, 1988, 10(6), 712~719
- 2 庞家珍, 司书亨. 黄河河口演变. 海洋与湖沼, 1980, 11(4), 295~305
- 3 叶青超. 黄河三角洲的地貌结构及发育模式. 地理学报, 1982, 37(4), 349~363
- 4 李鸿吉等. 电子计算机制图方法及应用. 北京: 地质出版社, 1981, 34~307