

# 黄河河口三角洲海岸的发育 及其对上游河道的影响\*

周志德

(黄河水利委员会水利科学研究所)

河口三角洲河床演变的特点主要是泥沙在河口区堆积而造成的河口延伸。各河口的河流及海洋条件差别很大,河口延伸的情况也迥异。河流输沙量小的河口三角洲,其延伸速度很慢,往往要数百年、甚至数千年才能表现出明显的变化。多沙的河口三角洲,情况则大为不同。亚马孙河、密西西比河、布拉马普特拉河及长江都是入海沙量较大的河流,但其三角洲的发育也各有不同。黄河河口入海沙量极大(年输沙量12亿吨),河口三角洲的发育过程与上述大河河口三角洲的发育特点又有很大的不同。

五十年代以来,黄河水利委员会河口实验站对黄河河口进行了大量的调查研究,同时,一些单位陆续开展了对黄河河口的研究工作,取得了不少成绩。在此基础上,庞家珍、司书亨等对黄河河口的河床演变进行了较全面的分析研究<sup>[1]</sup>。

本文仅就黄河河口海岸的发育模式及其对上游河道的影响问题提出一些初步看法。有关黄河河口的基本情况本文不再赘述。

## 一、黄河河口三角洲海岸的发育模式

进入黄河河口区的泥沙平均每年为12亿吨,其中约有三分之二淤积在三角洲前沿,以沙咀的形式造陆。随着沙咀的延伸,河道的比降逐渐变缓;当沙咀延伸到一定长度、比降减缓到某一临界值时,在适当的水流条件(上游来水及海洋条件)下,河流改道,在三角洲其他部位入海。然后又重复这一过程。如此循环往复,直至整个三角洲前沿为沙咀所布满。这时整个三角洲前沿向海推进了大体相等的距离。在新的条件下又重复沙咀延伸和河流改道的过程。由于走河的部位淤积较高,在这种循环的过程中,后期的改道位置一般就不能占据已经走过河的部位,而是另辟低下之处作为新路。目前,一般将三角洲岸线在同一水平(指自三角洲扇面轴点到三角洲前缘岸线的长度基本相等的情况)下的沙咀延伸、河流改道称为小循环;将整个三角洲岸线从一个水平推进到另一个水平的过程称为大循环。整个发育过程如图1a所示。当三角洲的发育受人为因素影响较大时,上述过程亦受到影响,在同一大循环内的各次小循环的发育不一定是相同的,而可能出现各次小循环的沙咀向海突进的长度不等的情况,其过程如图1b所示。

在黄河河口三角洲距入海流路较远处,波浪作用造成三角洲岸线的侵蚀后退还是比较明显的。但是,冲刷的泥沙基本上没有向远处输移,而是就在岸坡的坡脚附近堆积下来。因此,这部分海岸的后退对整个三角洲的造陆速度,从较长时期来看,没有明显的影响。

\* 钱宁教授对本文提出宝贵意见,特致谢意。

本刊编辑部收到稿件日期: 1979年4月1日。

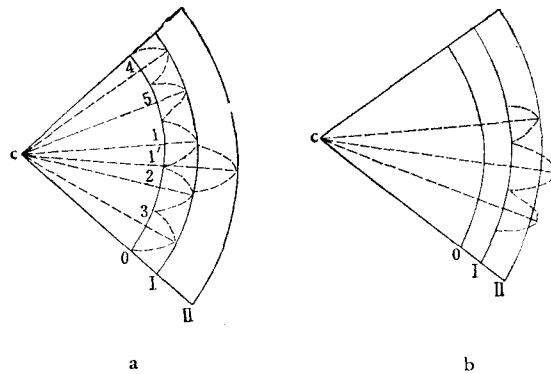


图 1

a. 自然演变情况下的黄河口三角洲海岸发育模式    b. 人为影响下的黄河口三角洲海岸发育模式  
 I, II 大循环    1, 2 小循环    c 三角洲扇面轴点

河口对上游河段水位的影响,主要是通过比降的调整来实现的。沙咀延伸、侵蚀基面外移、河道比降变平,使得上游产生溯源淤积。在同一次大循环中,当河流改道后,河口后退到原三角洲岸线,侵蚀基面内移,从而又造成溯源冲刷。虽然溯源淤积所造成的比降与溯源冲刷所造成的比降不同,但溯源冲刷基本上可以消除溯源淤积所造成的影响。因而,在同一次大循环中,各次小循环的水位变化基本上是在同一水平上变动。只有通过一次大循环,由于整个三角洲岸线普遍外移一段距离,它所造成的水位抬高才不会由于河口改道所消除,从而造成长期性的影响。大小循环对上游水位或河床影响的模式如图 2a,它表示的是黄河口三角洲基本上处于自然演变状态下的河口水位变化过程示意图,是概化的变化过程。由于天然来水来沙条件、地形条件和海域条件的多变性,实际情况要复杂得多。

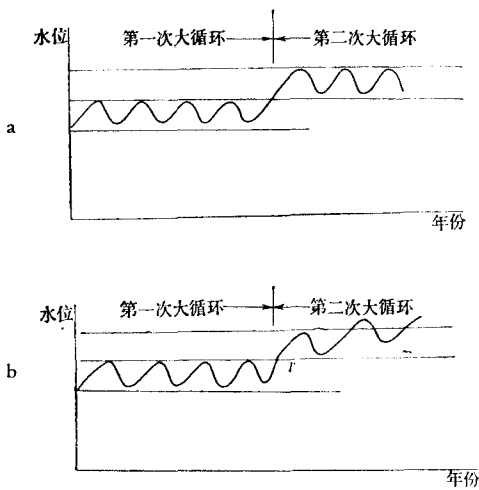


图 2

在受较大人为影响的条件下,情况就更复杂。当河口基本上处于自然演变情况时,河口改道是在上游出现较大洪水、河口水位较高的情况下(大的风暴潮的顶托加剧了水位的抬升),从天然堤(或较小的人工堤防)漫溢而形成的。若在河流两侧修筑坚固的堤防,使在较高水位时既不漫溢又不冲决,这样就会延长这条流路的走河时限,加长这次小循环的时间,从而使得各次小循环的时间不再基本相等。这样,大循环的周期也就不会一样了。这种情况下的水位变化过程如图 2b 所示。

黄河口有关这方面的历史资料较少,在划分大循环时需要参照各流路的河长(即关于侵蚀基准面的参数)、沙咀延伸及造陆情况、流路历时及河口对上游水位的影响等各方面的情况综合考虑确定。

在划分小循环时,就直接根据河口各次流路的情况确定。

## 二、黄河口大循环的划分

自 1855 年黄河夺大清河入海以来,黄河口共经历了 11 次改道。各次改道的行水路线及简况庞家珍等已作了详细论述<sup>[1]</sup>。

图 3 为黄河口各次改道的河长变化情况(河长由三角洲扇面轴点宁海起算)。可以看出,1—7 次改道的起始河长( $L_B$ )基本相同,终了河长( $L_E$ )亦大体相等。 $L_B$ 的变化范围为 39.3—50.0 公里,平均值为 44.2 公里; $L_E$ 的变化范围为 53.6—67.2 公里,平均值为 59.1 公里。8—11 次改道的  $L_B$  值大体上是一致的,变化范围为 60—65 公里,平均值为 63.4 公里;而  $L_E$  的变化范围较大,分别为 76.8、82 及 101 公里。第 11 次的清水沟仍处于延伸过程中。另外,1—7 次的  $L_E$  的平均值与 8—11 次的  $L_B$  的平均值基本相等。

将各次流路在三角洲上的分布情况及行水历时与河长的变化情况相结合,可以初步认为:第一次到第七次改道属于河口演变的第一个大循环,第八到第十一次改道属于第二次大循环。第一次大循环名义上的年份为 1855—1930 年左右,它的实际行水时间为 54 年,实际排沙时间为 48 年<sup>1)</sup>。第一次与第二次大循环的分界在 1930 年左右。第一次大循环内每条流路的历时(按实际排沙年份计)悬殊较大,最长的是第一次改道,历时十三年;最短的是第六、七两次,各为三年。由图 3 可以看出,第六、七两次的最终河长比同一大循环内的其余各条流路的短。其中第七次改道系扒口改道,人为因素起了决定作用。第四、五两次改道的最终河长较长,与三角洲北部海域海洋动力较强有关。其详细情况请参阅

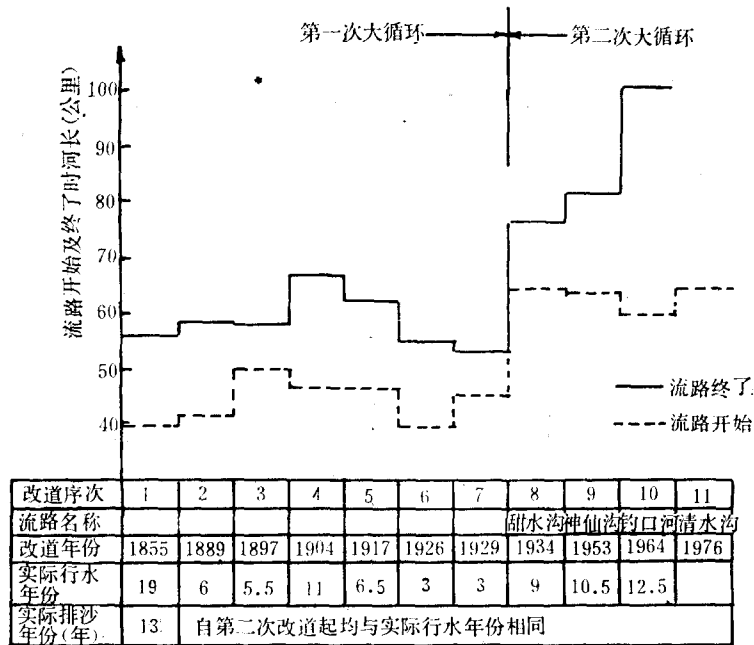


图 3 黄河口历次改道情况

1) 除第一次改道外,各流路的实际排沙时间均与实际行水时间相等。第一次改道实际行水时间为 33 年,实际排沙时间为 13 年(见图 3)。

文献 [1]。

为了分析河道延伸对上游水位的影响, 点绘了河道延伸距离  $\Delta L$  (以公里计) 与罗家屋子(位于宁海下游约 37 公里)的水位抬高值  $\Delta Z$  (以米计) 的关系, 得到了如下的关系式:

$$\Delta Z = \frac{1}{15} \Delta L$$

经过第一次大循环, 河道延伸的平均距离  $\Delta L = (59.1 - 44.2)$  公里 = 14.9 公里。用上式计算, 水位抬高值  $\Delta Z = 1$  米, 即经过第一次大循环, 由于三角洲岸线外移造成的河口地区的长期性水位抬高约为 1 米。

图 4 为洛口及利津两站有水文资料以来的各级流量年平均水位及河底高程过程线, 洛口自 1919 年开始, 利津自 1934 年开始。由图 4 可以得出以下几点认识:

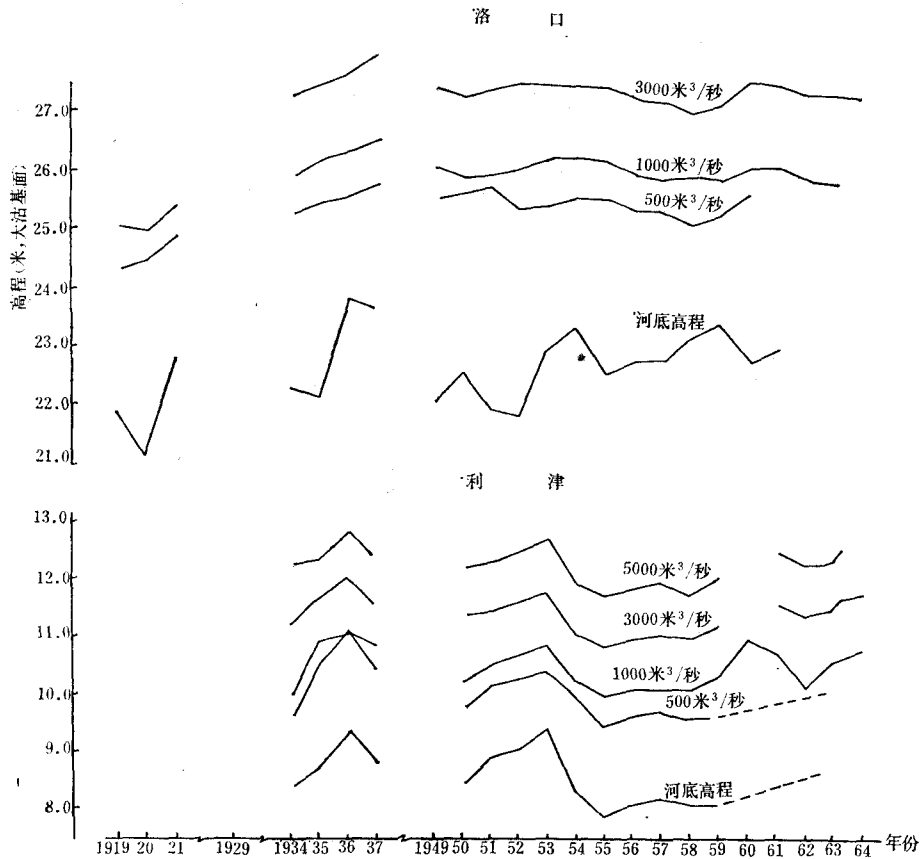


图 4 洛口及利津同流量水位及河底高程历年变化

1. 洛口的水位在 1930 年前后有明显的差别。1930 年以后的水位比 1930 年以前的水位高; 1930 年后的最低水位比 1930 年前的最高水位还高。表 1 列出各级流量的水位, 可以认为在这一时段河床平均抬高 0.70 米左右。

表 1 洛口水位及河床高程的变化

	1930 年前最低值	1930 年后最低值	最低值的抬高值(米)
汛前流量 500 立米/秒	24.35	25.00	0.65
汛前流量 1000 立米/秒	24.95	25.75	0.80
河床高程 (米)	21.10	21.80	0.70
平 均			0.72

2. 洛口及利津 1930 年到 1964 年之间, 水位及河床高程没有明显的抬高, 而是围绕着某一平均值上下波动。洛口的水位最低值出现在 1958 年, 利津出现在 1955 年。说明在这一时段没有出现河口淤积所造成的长期性的水位抬高。

从三角洲淤积造陆的情况来看, 1855 年改道时, 三角洲海岸线长 128 公里, 1855—1954 年共造陆 1510 平方公里, 相当于平均海岸线外推 11.8 公里。由于没有 1930 年以前的造陆资料, 暂假定 1954 年以前平均每年造陆速度相等, 则 1855—1930 年共造陆 1200 平方公里, 相当于平均海岸线外推 9.4 公里。由此而造成上游水位的抬高值  $\Delta Z = 0.67$  米。这个数字与洛口的水位、河床的平均抬高值是很一致的, 它们比按河长法估算的抬高值略小 (见表 2)。用河长法估算的上游水位抬高值最大, 其主要原因有二: 一是河长是沿河线计量, 由于河线曲折, 其增长长度显然要比平均岸线外移的数字大; 二是资料精度对河长法结果的影响更大。总的看来, 上列三个数字还是比较接近的。可以认为, 河口第一次大循环造成的长期性水位抬高值在 1 米左右。

表 2 第一次大循环造成的上游水位抬高值

估算方法	河长法	水位法	平均岸线法	平均值
上游水位抬高值 $\Delta Z$ (米)	1.0	0.70	0.67	0.79

根据这几方面情况的对照, 河口第一次与第二次大循环的分界定在 1930 年左右是符合实际情况的。

因为人为的影响更多, 第二次大循环的发展过程比第一次大循环似更复杂。其主要表现为: 1. 第十次改道 (1964 年走钓口河) 造成的溯源冲刷历时及范围均很小, 改道当年水位就回升, 其后一直处于升高的过程, 在“黄河口演变及其对下游河道的影响”<sup>1)</sup>一文中已有详细分析。2. 钓口河流路河口沙咀延伸长度达 41 公里, 其长度之大前所未有, 主要原因为: (1) 解放后将三角洲扇面轴点下移约 26 公里 (黄河是一条堤防河流才有这种可能性, 与其他河口相比, 这也是一种特殊性)。第二次大循环虽开始于 1930 年左右, 但解放前行水时间不过四、五年, 因而可以认为这几次改道的三角洲的情况是一致的。(2) 解放后, 河口地区的堤防修建管理等方面的标准较解放前大为提高。同时, 为了减少改道的影响, 尽量延长一条流路的使用年限, 因而河口沙咀的极限长度大为增加。3. 1976 年改道清水沟, 溯源冲刷虽有所发展, 但水位下降并未能达到第八及第九两次改道后的水位。由

1) 王恺忱、周志德, 1978 年。黄河口演变及其对下游河道的影响, 黄河水利委员会水利科学研究所。

于对清水沟改道造成的溯源冲刷尚待进行完整的分析,最后两次改道后的水位变化与一般规律可能有所不同,或者说必须对原有的认识进行补充修正。造成这种情况的原因初步分析有下列几方面:(1)第一次大循环内的各条流路入海时,口外海滨仍为大清河时的海岸情况,而在第二次大循环时,由于在第一次大循环时有一部分泥沙淤积在口外海滨,使近岸海滨变浅,从而加速了河口延伸的速度。(2)同一循环内各流路延伸造陆之间的相互影响。(3)三门峡水库修建后改变了黄河下游的来水来沙特性,它对于河口地区淤积特性的影响(主要是对河道淤积特性的影响)亦需加以考虑。黄河口三角洲目前仍处于第二次大循环的发育过程之中,关于第二次大循环的许多问题尚待根据河口三角洲的发展进一步研究。

### 三、河口对上游河道的影响

#### 1. 小循环的影响

河口主要是通过调整河道的比降而影响上游河道的冲淤。如按在开始及终了时段 1 及 2 的上下游两站 A 及 B 的水位 Z 及比降 i 的变化作为判明河口溯源冲刷及溯源淤积的

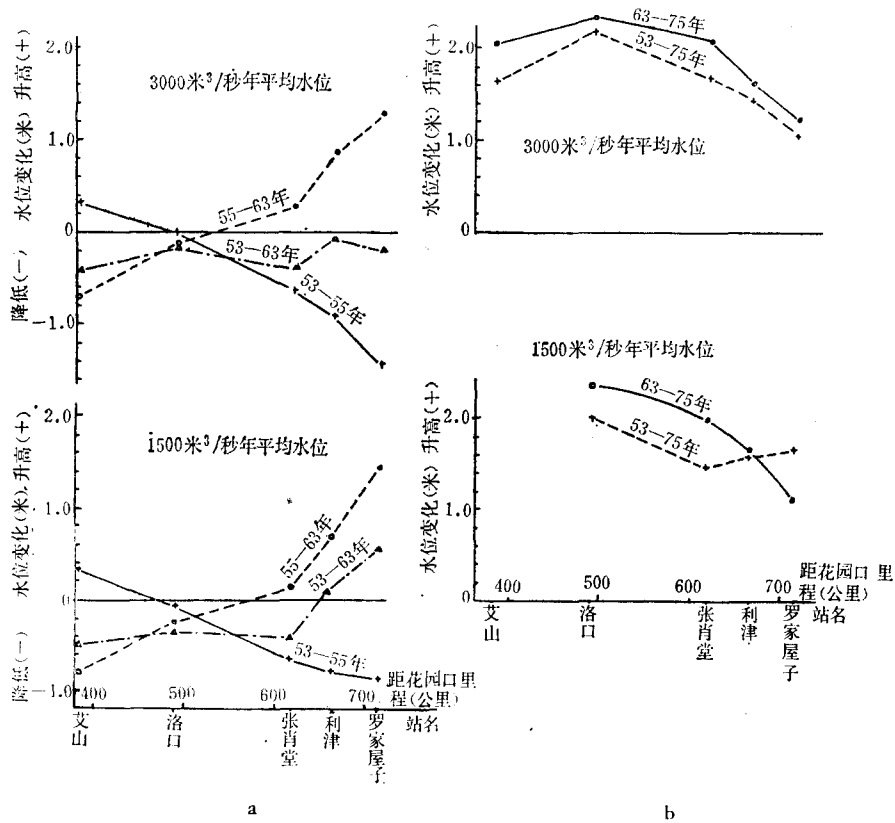


图 5 小循环对上游河道水位的影响

准则,则出现溯源冲刷的条件为:

$$\begin{cases} (Z_{B1} - Z_{B2}) > (Z_{A1} - Z_{A2}) \\ Z_{A1} > Z_{A2} \end{cases}$$

出现溯源淤积的条件为:

$$\begin{cases} (Z_{B2} - Z_{B1}) > (Z_{A2} - Z_{A1}) \\ Z_{A2} > Z_{A1} \end{cases}$$

在应用上列条件时, 应自改道点(溯源冲刷)或河口(溯源淤积)沿程向上游逐个河段连续判定, 在时间上应自改道开始或溯源冲刷结束的时间连续判定。

根据上列条件作者对黄河的实测水位资料进行了分析。图 5 为小循环内艾山以下河道沿程年平均水位差值变化。从图 5a 可以看出, 对于 1953 年改道, 溯源冲刷与溯源淤积的发展过程造成的水位差值的沿程变化, 以水平线为轴, 各成半个喇叭形。但是, 这两条曲线并不对称于水平轴。从 1953 年改道的整个情况看, 3000 立米/秒流量的水位, 1963 年普遍低于 1953 年; 1500 立米/秒流量的水位, 利津以上的情况与 3000 立米/秒的相同, 利津以下则表现出河口延伸的影响。这种情况说明, 洛口以下河段的水位升降受河口的变化及上游水沙条件的影响, 是二者综合作用的结果。目前也难于把两者的作用完全区分开。对于 1964 年改道, 从图 5b 看出, 年水位的变化反映不出存在着溯源冲刷阶段, 沿程水位均上升, 但上升的幅度愈靠近河口愈小, 表明这一时段的淤积主要是沿程淤积的结果。从 1953—1975 年的水位变化看, 也可以认为在这一时段内, 水位抬高的主要原因是沿程淤积。

图 6 为几次河口改道所造成的溯源冲刷的发展过程, 水位降低值是该断面的年内最

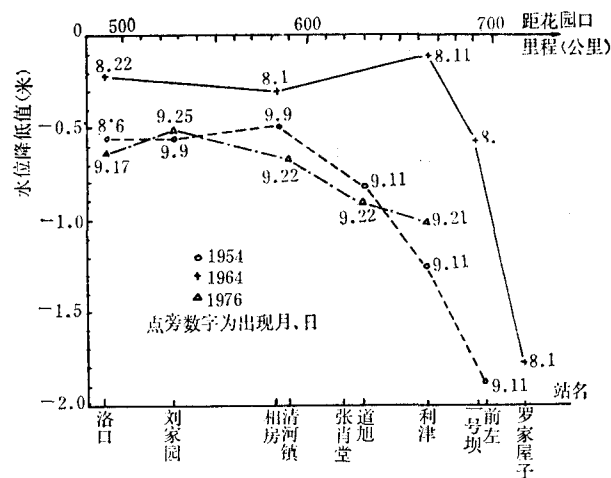


图 6 改道后年内水位最大降低值沿程变化

大降低值。同样可以看出, 洛口以下河段冲刷的发展过程, 既包括河口变化造成的溯源冲刷, 也存在着沿程冲刷。

在一个大循环内, 各次小循环的河口改道走新河后, 河口就处于延伸过程之中, 因而改道造成的溯源冲刷的过程是在同时存在溯源淤积的情况下发生的, 其发展过程必然受到河口延伸的抑制, 而冲刷效果终将为淤积造成的影响所抵消。

## 2. 大循环的影响

由第一次大循环发展到第二次大循环时, 河口地区的水位抬高了 1 米左右。这种抬

升是由于侵蚀基准面的长期性外移所造成的,它会对下游河道带来影响。

1882年以后,艾山以下河道与日后的情况基本相同,至1930年,艾山以下河道实际行水历时41年,根据现有资料估算,淤积速度为0.05米/年左右。在41年内,其河床或水位要抬升2米左右,比河口地区因海岸线外移所造成的水位抬高要大一倍。

据此是否可以认为,在这一时段内,艾山以下的河道淤积抬高与河口延伸及上游来水来沙条件均有密切关系。

目前,黄河口的发展仍处在第二次大循环内,这次大循环河口对上游水位的影响问题,尚需今后根据实测资料进一步研究。

#### 四、小 结

黄河口三角洲是以河口沙咀的形式发育的。在三角洲的发展过程中,按照沙咀及整个三角洲岸线的发育情况,可区分为大循环及小循环的发育阶段。每个大循环包括若干个小循环。

在同一次大循环中,河口延伸及改道造成的小循环对上游河道的的影响基本上是可以相互抵消的。而在由一个大循环过渡到另一个大循环时,才产生长期性的影响,使上游河床淤积、水位抬升。

1855年以来的黄河口近代三角洲经历了两次大循环,目前仍处于第二次大循环的发展阶段。两次大循环的分界在1930年左右,造成长期性的水位升高约为1米。在第二次大循环内的各次小循环的溯源淤积及溯源冲刷的影响达口门以上200公里左右,约在洛口附近。

#### 参 考 文 献

- [1] 庞家珍、司书亨,1979。黄河河口演变 I. 近代历史变迁。海洋与湖沼 10 (2): 136—141。



## THE DEVELOPMENT OF THE COASTLINE OF THE HUANGHE RIVER DELTA AND ITS EFFECTS ON THE UPSTREAM CHANNELS

Zhou Zhide

*(Institute of Hydraulic Research, The Huanghe River Conservancy Commission)*

### Abstract

As there are 1200 million tons of sediments transported into the sea annually, the deltaic development at the estuary of the Huanghe River (Yellow River) has its peculiarities, very different from those at other estuaries. Very large spits are formed at the river mouth. According to the growth conditions of the spits and the entire deltaic coastline, the deltaic development may be divided into cycles and subcycles, each cycle includes several subcycles. In this paper the problems of how to divide the cycles of the modern Huanghe River delta and of the mode of the modern deltaic coastline development and its effects on the upstream channels are discussed.