

# 黄河水量明显减少对下游河流地貌的影响

李有利<sup>1</sup>, 傅建利<sup>1</sup>, 杨景春<sup>1</sup>, 倪晋仁<sup>2</sup>

(1 北京大学城市与环境学系, 北京 100871; 2 北京大学环境科学中心, 水沙科学教育部重点实验室, 北京 100871)

**摘要:** 分析了黄河下游河床和河口区侵蚀及淤积的变化与黄河水沙变化的关系。黄河水量减少, 包括总水量和洪峰水量的减少, 会引起下游河床淤积, 河口地区淤积减弱, 甚至侵蚀后退, 也会影响河口以外海岸带泥沙的供给情况, 造成黄河三角洲海岸的侵蚀后退。

**关键词:** 水量减少; 侵蚀; 堆积; 河道; 河口; 黄河

中图分类号: S157, P512.31

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2001)02-0007-06

## Geomorphological Effect of Discharge Reduction on the Lower Reaches of the Yellow River

LI You-li<sup>1</sup>, FU Jian-li<sup>1</sup>, YANG Jing-chun<sup>1</sup>, NI Jin-ren<sup>2</sup>

(1 Department of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China;

2 MOE Laboratory of Water and Sediment Sciences, Center of Environment Sciences, Beijing University, Beijing 100871, China)

**Abstract:** Based on the study the relationship of the erosion/deposition in the lower reaches of the Yellow River and the variation of river discharge, it is concluded that the decrease of the discharge can induce the deposition in the river channel, and sedimentary reduction even retreat of the river mouth. The reduction of sand supply of the Yellow River also can induce erosion along the coasts of the Yellow River delta and retreat of the delta.

**Key words:** discharge reduction; erosion; deposition; channel; river mouth; Yellow River

理想的河流系统分汇流盆地、搬运河道和堆积区三部分, 也可以看成三个子系统。虽然在每个子系统中均发生侵蚀、搬运和堆积, 但在各子系统中分别以一种不同的作用为主。每一个子系统都包含两个方面的系统, 即形态系统(构成各部分的地貌)和能流系统(通过各部分的能量流和物质流)。影响流域系统的变量很多, 有些变量是独立变量, 如时间、起始起伏、地质和气候, 其它变量为非独立变量, 受上述四种独立变量的影响, 如水文、植被、地形起伏、侵

蚀基准面以上河流系统的体积、河网形态(河网密度、河床平面形态、坡度和河型)和坡地形态(坡度、坡长和坡面形态)、侵蚀基准面等。

在黄河下游, 水文条件, 即来水来沙是影响河流子系统的最重要的变量(能流系统), 也是影响到下游河道系统的侵蚀与堆积以及河口地区岸线(形态系统)变化的主要因素。本文主要讨论黄河水量明显减少对下游河道冲淤和河口地区海岸带变化的影响。

\* 收稿日期: 2001-03-21

国家重点基础研究发展规划项目(G1999043603)和国家自然科学基金项目(40071016)资助。

作者简介: 李有利(1965-), 陕西扶风人, 理学博士, 教授。

# 1 黄河中下游水量减少情况

利津站水量与含沙量曲线(图 1) 反映黄河下游来水量和来沙量总体上呈下降趋势, 并且具有明显的阶段性。1976~1980 年, 除 1976 年水量较大, 达到 400 亿  $m^3$ , 其它年份水量偏少, 平均水量 232 亿

$m^3$ , 沙量约 7.5 亿 t, 来沙系数较大, 达到 0.044。1981~1985 年水量较大, 1984 年达 483 亿  $m^3$ , 平均水量 399 亿  $m^3$ , 年均沙量 8.82 亿 t, 来沙系数 0.017。1986 年以后总体上是枯水少沙系列, 1986~1992 年平均水量只有 175 亿  $m^3$ , 沙量仅 4.1 亿 t, 来沙系数达到 0.004 2, 在该阶段内, 水量和沙量也有波动。

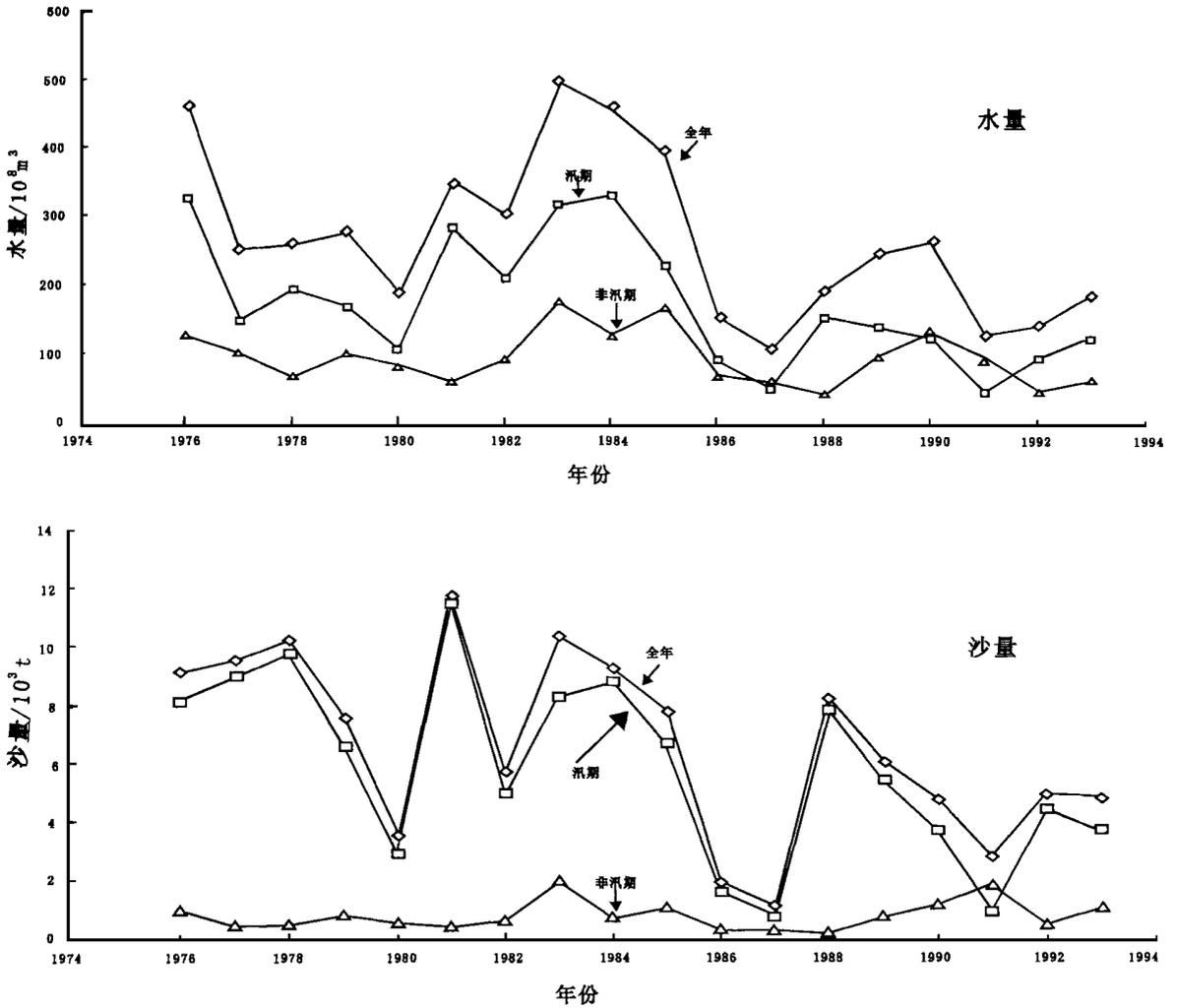


图 1 利津站水量与含沙量曲线

进入 20 世纪 70 年代以来, 黄河非汛期发生断流, 特别在 1995~1998 年, 黄河连续 4 年每年断流天数在 100 d 以上, 无水入海的现象渐趋严重(表 1)。

黄河下游水量的明显减少从 20 世纪 70 年代开始。其特征是从上到下, 减少的量越来越大。黄河洪水主要来自中上游的降水, 但黄河中上游的降水量除 20 世纪 70 年代偏少约 200 mm 外, 其它时期变化很小。可见黄河下游水量减少主要与人类活动有关。修建水库, 引用黄河水资源是黄河水量减少的主

要原因。

# 2 黄河下游河床侵蚀与堆积情况

1973 年 11 月至 1980 年 10 月, 黄河下游年来水量为 395 亿  $m^3$ , 为多年平均值的 85%, 来沙量为 12.4 亿 t, 为多年平均值的 80%, 年均含沙量 31.3  $kg/m^3$ 。就全断面而言, 花园口以上河段冲刷, 以下沿程淤积, 淤积集中在夹河滩至孙口河段, 占全下游淤积量的 62%。河漫滩除花园口以上因河流冲刷有所坍塌外, 以下沿程均为淤积。在河漫滩宽广的

地区, 由于滩面及生产堤的影响, 在生产堤内淤积厚度大, 生产堤外淤积厚度小, 堤根甚至没有淤积, 滩面横比降加大<sup>[1]</sup>。

1981 年 11 月至 1985 年 10 月, 来水丰来沙偏少, 黄河下游年均来水量 482 亿  $m^3$ , 来沙量 9.7 亿 t, 年均含沙量仅 20.1  $kg/m^3$ 。少沙区河口镇以上来水多, 年均水量 291 亿  $m^3$ , 另一少沙区伊、洛、沁河来水亦偏丰, 来沙偏少; 而多沙来源区河口镇至龙门区间和渭、汾、北洛河来沙量仅为多年均值的 39%

和 61%, 大大减少。中大洪峰较多, 1982 年出现了洪峰流量为 15 300  $m^3/s$  的大洪水, 1981 年、1982 年、1983 年均发生大于 8 000  $m^3/s$  的洪峰, 而且洪量较大, 含沙量偏低, 各次洪峰来沙系数均小于 0.01。另外, 中水流量(3 000~5 000  $m^3/s$ ) 历时年均长达 40 d, 水沙量均占汛期的 44% 左右。在这种水沙条件下, 下游河床 5 年连续冲刷, 累积冲刷泥沙 4.85 亿 t。河漫滩除高村至艾山河段淤积外, 其他河段均发生冲刷, 冲刷的形式主要表现为塌滩。

表 1 黄河断流天数(利津站) 与当年最大断流长度

年份	天数/d	长度/km	年份	天数/d	长度/km	年份	天数/d	长度/km
1972	18	310	1982	10	278	1992	83	303
1973	0		1983	5	104	1993	60	278
1974	18	316	1984	0		1994	74	308
1975	12	278	1985	0		1995	122	683
1976	5	166	1986	0		1996	136	579
1977	0		1987	17	216	1997	226	704
1978	6	104	1988	5	150	1998	114	?
1979	19	278	1989	24	277	1999	42	?
1980	8	104	1990	4	?	2000	0	
1981	32	662	1991	16	131			

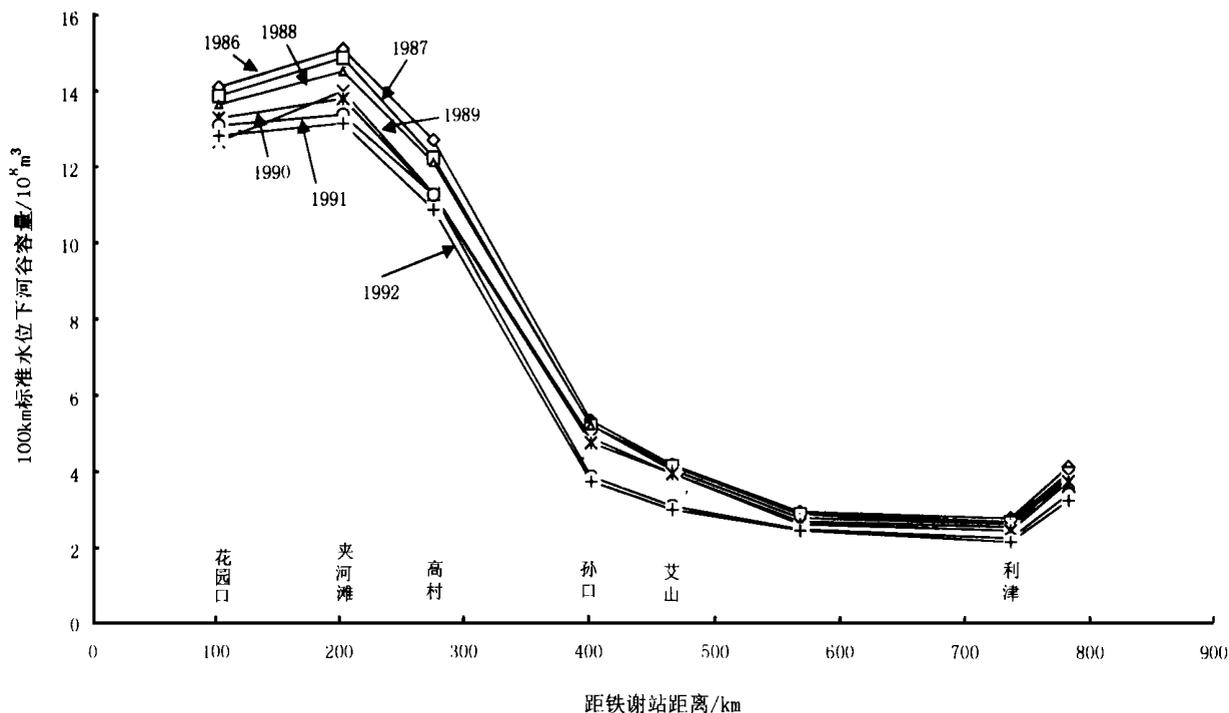


图 2 黄河铁谢- 河口段历年主槽容量变化曲线

1985 年 11 月至 1997 年 10 月, 该时期为连续的枯水少沙系列, 年均水量 307 亿  $m^3$ , 沙量 7.5 亿 t, 汛期洪峰流量小, 最大瞬时流量仅 8 100  $m^3/s$ , 枯水流量小于 3 000  $m^3/s$  历时年均长达 114 d, 占汛

期总天数的 93%。非汛期下游断流加重。由于该阶段流量较小, 冲刷不能遍及全下游, 加上枯水流量持续时间长, 河道输沙能力降低, 淤积比重加大。泥沙淤积主要集中在上段, 铁谢至夹河滩的淤积量占下

游总淤积量的 49.2%；同时艾山至利津河段的淤积量为每年 0.35 亿 t，占全下游的 18%。同流量 3 000 m<sup>3</sup>/s 水位黄河下游沿程各站普遍升高，花园口以上每年升高 0.11 m，夹河滩至刘家园每年升高 0.13~0.15 m，近河口段上升值稍大一点，张肖堂以下每年升高 0.15~0.18 m。

根据断面测量资料<sup>[2]</sup>，自 1986 年以来，黄河下游各河段主河槽的容量都在不断减少(图 2)，不同河段的主槽容量随时间变化有波动：铁谢-花园口段 1988~1989 年主槽容量明显减少，相反，1989~1990 年又有大幅度增加；夹河滩至高村段主槽容量的减少主要发生在 1988~1989 年；高村-艾山段及冻口-利津段主槽容量的减少在 1990~1991 年间特别明显。各河段容量的变化有一定差别，以高村-艾山段的变化最大。

主河槽容量的减少是泥沙在河槽内不断淤积的结果。黄河从铁谢以下直至河口，除个别年份外，主槽一直处于淤积状态，其中，尤其以 1988 年 5 月至 1989 年 4 月及 1990 年 5 月至 1991 年 4 月的淤积最强烈(图 3)。全河段淤积总量分别达到 2.68 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup> 及 2.94 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>。从不同河段的淤积分布看，1988 年 5 月至 1989 年 4 月的淤积主要发生在孙口以上，一年间主槽内共淤积 2.55 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>。1990 年 5 月至 1991 年 4 月淤积主要发生在中段，即高村-孙口段最大，达 1.12 × 10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>(叶清超等，1999)。从单位长度河槽淤积量看，1988~1989 年主槽严重淤积的河段主要位于孙口以上，尤其在高村以上，淤积强度向下游逐渐减小；1990~1991 年淤积最严重的河段位于中段。

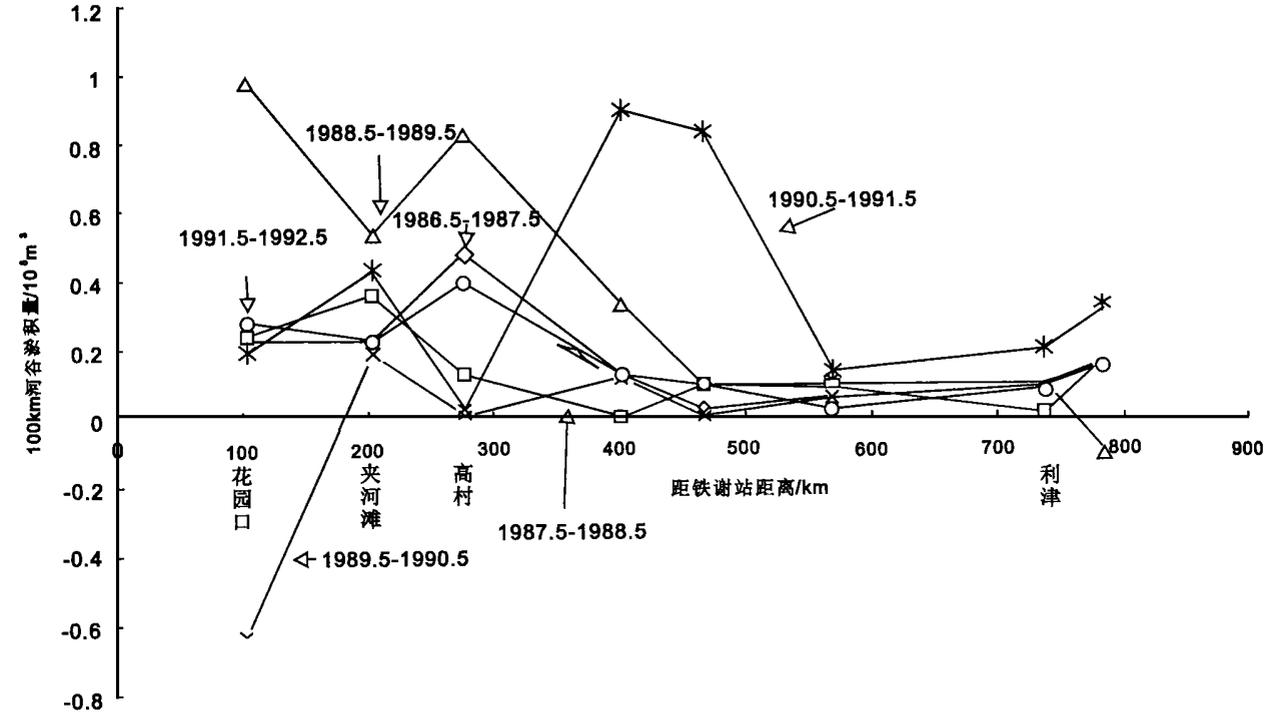


图 3 黄河铁谢-河口段历年主槽冲淤变化

### 3 黄河口侵蚀与淤积情况

河口海岸在黄河水沙集中的汛期是淤进的，而在非汛期流量小，海洋动力相对强，尤其是冬季半年寒流风浪较多，加之优势风向为 NE，风力强劲，风区长，波高较大，直冲黄河沙嘴，会发生强烈的侵蚀作用<sup>[3]</sup>。

根据历年的实测地形资料，黄河口主河床纵剖面总趋势为河道在逐年抬高，拦门沙坝的位置逐渐向海迁移，但各时段的变化幅度有差异，年推进速度最大时可达 2.8 km。蚀退亦可达 1.09 km。1984~

1987 年，平均每年淤进 1.31 km，1988~1991 年，平均每年淤进 1.26 km，淤进速度呈递减之势(表 2)。

表 2 黄河口拦门沙坝向海推进距离与速率<sup>[3]</sup> km

测量时间	拦门沙至清 7 断面距离	内海推进距离	年推进速率
1984 年 5 月	17.5		
1987 年 9 月	21.8	4.3	1.3
1988 年 9 月	24.6	2.8	2.8
1989 年 10 月	26.0	1.4	1.3
1990 年 9 月	25.0	- 1.0	- 1.09
1991 年 8 月	26.0	1.0	1.09
1992 年 8 月	28.1	2.1	2.1

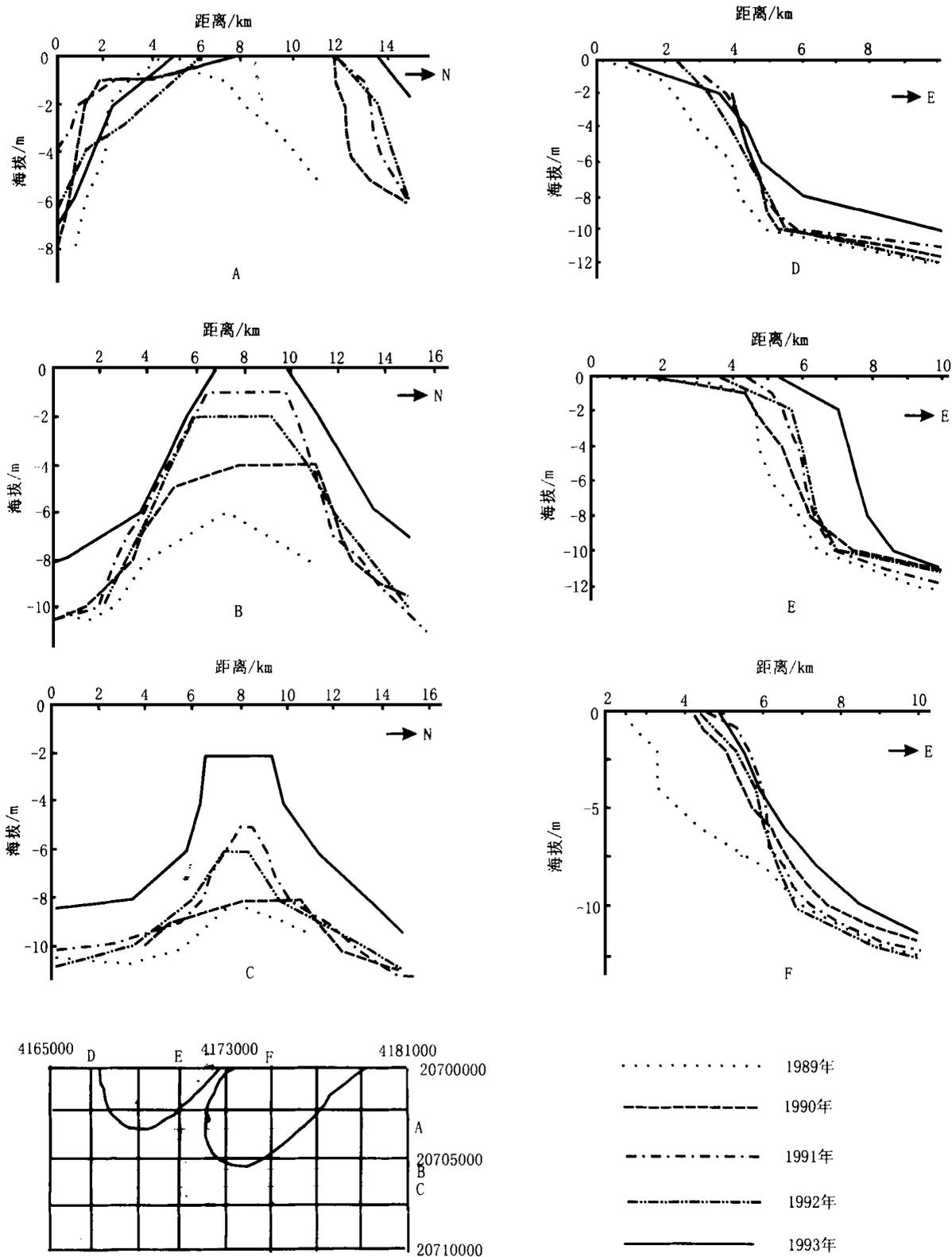


图 4 黄河口不同断面剖面图(根据曾庆华等, 1997 改编)

根据实测资料绘制的横剖面如图 4 所示。在 20703500 断面上(图 4A), 1989 年沙嘴近水面宽度约 0.5 km, 位置在今天沙嘴南缘附近; 1990 年沙嘴近水面宽度约 4 km, 水下南侧斜坡向北迁移 3.5 km, 北侧斜坡向北推进 6.5 km; 1991 年近水面宽度

同 1990 年, 水下斜坡均有向外扩展, 北侧斜坡向北扩展幅度大于南侧斜坡向南扩展幅度; 1992 年近水面宽度减小约 1 km, 主要是由于南侧边缘遭受侵蚀后退而引起; 1993 年近水面宽度比上年增加 3 km, 其中南缘向南推进 1 km, 北缘向北推进 2 km。1989

~ 1990 年间该断面上拦门沙宽度增幅最大, 1991 ~ 1992 年间宽度增幅最小, 另外, 沙嘴的北侧的淤积要比南侧迅速。在 20705500 断面上(图 4B), 1989 ~ 1990 年间和 1992 ~ 1993 年间水下沙坝北侧宽度增幅较大, 其它年份变化不大。在 20706500 断面上(图 4C), 1992 ~ 1993 年间沙嘴增长速度较快的特征很明显。从几个垂直拦门沙的剖面看, 1989 ~ 1990 年和 1992 ~ 1993 年间拦门沙发生强烈淤积的特征也很明显(图 4D, E, F)。

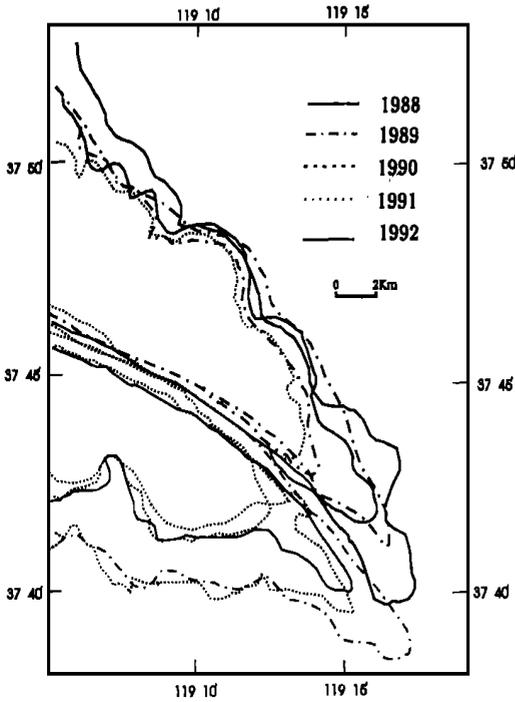


图 5 黄河口岸线变迁(根据曾庆华等, 1997 改编)

根据黄河枯水期和平水期河口地区 TM 影像, 以高潮线作为河口区进退分析的参照线, 得到黄河河口附近岸线变化情况<sup>[3]</sup> 如图所示(图 5)。由图可见, 1988 ~ 1989 年间, 是河口地区陆地面积增加最快的时期, 1989 ~ 1990 年间, 除过河口沙嘴南缘稍有淤积增大外, 其它部位多发生侵蚀后退, 1990 ~ 1991 年间, 河口沙嘴发生大幅度侵蚀后退, 1991 ~

1992 年间, 河流入海口发生大规模向海淤积伸展。

## 4 讨 论

从 1976 年以来, 三门峡水库一直采用蓄清泻浑运行方式<sup>[1]</sup>。在此期间, 黄河水量总趋势在减少, 但存在波动。其中 1977 ~ 1980 年为枯水期, 1981 ~ 1985 年为丰水期, 1986 ~ 1988 年为相对枯水期, 1989 年和 1990 年为相对丰水期, 1991 ~ 1993 年又为一枯水期。

从黄河下游河床冲淤情况看, 在丰水期, 除下游中段的高村至艾口段河床发生加积外, 其他河段均发生冲刷; 在枯水期, 下游总趋势是发生淤积, 高村以上淤积严重, 可见: 黄河水量的减少有增加下游河道淤积的趋势。黄河下游冲淤的变化还和泥沙供给情况有关。从总体上看, 随着黄河水量的减少, 黄河输沙量也在减少。由于汛期和非汛期黄河水量差别较大, 而输沙量差别较小(图 1), 因此, 汛期黄河有较强的搬运能力, 河流堆积作用相对较弱, 非汛期则相反。

从黄河口沙嘴的发育情况看, 1989 ~ 1990 和 1992 ~ 1993 年拦门沙坝强烈增生的特征明显, 该阶段对应利津水文站较大水量期。从黄河口岸线的变化情况看, 1989 年和 1992 年是河口强烈向海淤进时期, 其中 1989 年为丰水年, 1992 年虽然非丰水年, 但黄河来沙比较丰富, 因而河口也发生向海淤进。1991 年是黄河口沙嘴大规模侵蚀后退时期, 对应于黄河的相对枯水期。由此可见, 黄河水量和沙量减少是引起河口区淤积减弱和波浪侵蚀增强的原因。

## 5 结 论

黄河水量减小, 包括总水量和洪峰水量的减少, 会引起下游河床淤积, 河口地区淤积减弱, 甚至侵蚀后退, 也会影响河口以外海岸带泥沙的供给情况, 造成黄河三角洲海岸的侵蚀后退, 必须引起足够的重视。

### 参考文献:

- [ 1 ] 赵业安, 周文浩, 费祥俊, 等. 黄河下游河道演变基本规律[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1998. 197.
- [ 2 ] 叶清超, 尤联元, 许炯心, 等. 黄河下游地上河发展趋势与环境后效[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1999. 77 ~ 78.
- [ 3 ] 曾庆华, 张世奇, 胡春宏, 等. 黄河口演变规律及整治[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1997. 173.