

黄河入海水、沙通量变化对黄河口及邻近 海域环境资源可持续利用的影响 II. 黄河断流和入海流量锐减所引起 的海洋环境变化*

李 凡 张秀荣

(中国科学院海洋研究所)

传统的观点认为,河水流入大海是一种浪费。为了充分利用河水资源,在大河干流筑坝引水、发电,据美国学者 Milliman (1997) 统计,1950 年世界上大坝的数量约为 5000 座,20 世纪 80 年代疾增到 40000 多座。大量淡水被贮存或用在陆地,入海径流便大幅度减少,导致大河河口及其邻近海域生态环境发生重大变化,海洋生物资源遭受到重大损失。加利福尼亚湾内科罗拉多河河口三角洲及其滨海区原为美国西南部最大的沙漠湿地,湿地资源极为丰富,海湾区曾是世界上鱼类最多、捕鱼量最高的海区之一,具有海洋生物资源非常丰富的良好生态环境。然而,由于科罗拉多河多道筑坝截流、入海径流量锐减,导致部分湿地干枯、生态环境退化、水质下降,海湾内捕鱼量急剧减少,许多依赖河流冲淡水发育的生物之生存发育面临毁灭的威胁;密西西比河三角洲区的湿地、潟湖区也因该河干流上大坝的不断兴建而导致生态环境退化;埃及阿斯旺大坝兴建后,由于入海水、沙等物质通量的大幅度减少,使地中海东部海区的沙丁鱼产量下降了近 83%,海岸遭受强烈侵蚀,三角洲面积不断缩小。20 世纪 70 年代初期,印度的恒河兴建法拉卡大坝,河口三角洲西岸陆域出现了明显的海水倒灌现象,同时引起了印、孟两国 20 多年的分水之争。

河流每年向海洋输入巨量的淡水、泥沙和各种营养盐类,并在河口和近海区形成了适宜于海洋生物生长、发育的良好生态环境,海洋中海洋生物赖以生存繁殖的大部分营养物质是从陆上河流输入海中的,可以说海洋生物的生长发育离不开河流入海的物质。近年来,随着陆地社会经济的发展,通过河流筑坝截流、土地利用方式的改变、工农业

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 4040 号。

中国科学院重点资助项目, KZ952-SI-424 号; 山东省软科办重点资助项目, 97-8 号。

收稿日期: 2000 年 3 月 6 日。

污水的排放等多种方式,减少了入海物质通量的数量或降低其质量,对于海洋环境和资源的可持续利用产生日益严重的威胁。这种现象引起了国际社会的关注,成为当前全球变化 IGBP 内海岸带陆海相互作用研究 (LOICZ) 的重要内容之一 (ICSU, 1993)。

黄河流域水资源极为匮乏,其年均径流量仅有 $560 \times 10^8 \text{ m}^3$,在沿河大量兴建水利工程,提水、引水量剧增的影响下,入海径流量已经大幅度减少,据利津水文站实测资料统计,1990—1996 年的年均入海径流量仅为 20 世纪 60 年代径流量的 34.5% (图 1),1997 年下游断流达 226 d,西河口以下全年基本无水入海。

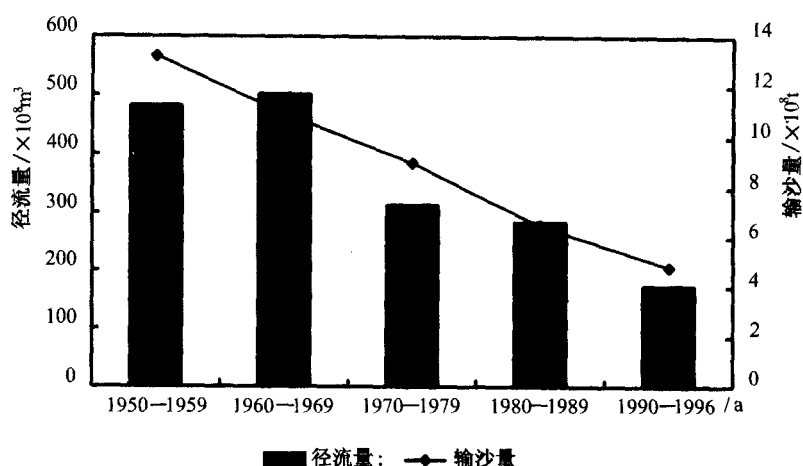


图 1 黄河径流量、输沙量变化 (利津站)

现代黄河三角洲以宁海为顶点,北起徒骇河 (套尔河)、南至南旺河,面积约 5400 km^2 ,海岸线长约 350 km,湿地自然保护区 1500 km^2 ,滩涂 180 余万亩,外连莱州湾和渤海湾,土地资源和海洋生物资源十分丰富。然而黄河入海径流量的大幅度减少和断流的发展,使三角洲及其邻近海区海洋生态环境发生了重大变化,主要有以下三方面的影响。

1. 断流引起三角洲海岸严重侵蚀

黄河断流会引起三角洲海岸大面积严重侵蚀,这个问题虽然没进行过系统调查和预测,但是,由于黄河的尾间多次摆动,原行水河道断流,河口区海岸线遭受侵蚀,其程度虽然不能和季节性断流相同,但其总体趋势是一致的,因而可引以为鉴。

1855 年黄河北上流入渤海以后,原苏北老黄河口附近的海岸线遭受强烈侵蚀,至 20 世纪 70 年代末期,岸线已蚀退 7.5 km,年均蚀退速率达 63 m,老黄河口至射阳河口段海岸的年均蚀退达 100 m,至今该区已蚀去 1400 km^2 土地 (王颖等, 1997)。苏北盐场 160 km 的防潮大堤屡受侵蚀,岌岌可危,这里目前仍为岸线侵蚀的重灾区。1952 年 7 月,黄河由神仙沟独流入海,原河口区湾湾沟附近海岸年均侵蚀速率达 518 m,桃河口附近年均高达 988 m。1976 年黄河由钓口河改行宋春荣沟后,原河口区至东营港附近遭受大范围侵蚀,1976—1989 年,年均侵蚀 300—400 m,水下岸坡侵蚀 4—6 m,1992 年与 1976 年比较,岸线后退 5.6 km,年均后退率达 350 m,最大侵蚀范围达 ~15 m 等深线附近 (任于灿, 1994)。目前某些浅海石油井位的基部和油田岸线防潮大堤多受侵蚀。

苏北老黄河口区三角洲岸线的侵蚀已经延续了 140 多年, 现代黄河三角洲区北部、东北部的湾湾沟河口和钓口河河口附近岸线侵蚀已经分别延续了 60 多年和 20 多年。黄河为多沙性河流, 行水河口区岸线迅速淤积, 断流河口区岸线迅速侵蚀, 这种“大冲大淤、冲淤交替进行”的现象, 已成为黄河口三角洲地貌变化的基本模式, 因此, 断流势必引起河口区及其邻近海岸线的强烈侵蚀。同时, 现代黄河三角洲区位于构造下沉区, 1855—1988 年东营地区海平面相对上升速率达 $2\text{--}5\text{ mm/a}$, 加上世界范围内海平面上升的影响, 专家估计, 至 2030 年海平面将上升 $30\text{--}35\text{ cm}$ (任美镔, 1994)。黄河三角洲区地势低平, 高程 2 m 以下的低地面积达 2000 多公里, 海平面的上升势必加强海水对岸线的侵蚀能力, 加重风暴潮的危害, 威胁该区的土地、湿地自然保护区、滩涂和其他资源。

2. 近海海洋生态环境和资源变化

富含营养盐的黄河水、沙输入海中与海水混合, 在河口前浅海区 (包括渤海湾南部及莱州湾西部) 构成盐度低、营养丰富、水温适宜的渤海沿岸水团, 形成了适宜中国对虾、小黄鱼、白虾、毛虾等许多经济鱼类生长的良好生态环境和富饶的滩涂, 成为渤海湾南部至莱州湾西部众多重要经济鱼类的产卵、育幼场地。每年 3—4 月, 中国对虾由黄海越冬场回游进入渤海, 其中一支便在黄河口外浅海区产卵, 新孵化的仔虾随涨潮水进入河口区, 索饵成长 (农业部水产局等, 1990), 要求最佳盐度为 19.8, 8—9 月便经烟威渔场返回南黄海越冬。据本所 1958 年 8 月的测量资料, 受黄河冲淡水影响, 盐度为 25 的等盐线由原钓口河河口向 NE 海域延伸达 $25\text{--}30\text{ km}$, 受河水影响, 河口和近岸海水温度皆大于 27°C , 莱州湾、渤海湾大部分水域水温皆大于 26°C , 近岸表层海水磷酸盐含量 $>1\text{--}2\text{ }\mu\text{mol/L}$, 硅酸盐含量为 $80\text{--}100\text{ }\mu\text{mol/L}$, 硝酸盐含量 $>80\text{--}100\text{ }\mu\text{mol/L}$ 。1976 年 6 月黄河改行清水沟流路注入莱州湾以后, 原钓口河流路断流, 河口前近海海水环境发生了巨大变化。据 1982 年同期测量结果显示盐度 30 和 32 的等值线已逼近海岸河口 (图 2), 高营养盐的冲淡水消失, 海水温度较 1959 年同期比较已经明显降低, 表层海水中的磷酸盐和硅酸盐的含量分别降至 $0.4\text{--}0.8\text{ }\mu\text{mol/L}$ 和 $10\text{--}30\text{ }\mu\text{mol/L}$ (图 3 据沈志良, 1989, 1993; 唐启升等 1996 年改绘), (图 4 据沈志良, 1993; 唐启升等, 1996 年改绘)。黄河入海径流量的变化对河口区生态环境和生物资源的影响是明显的,

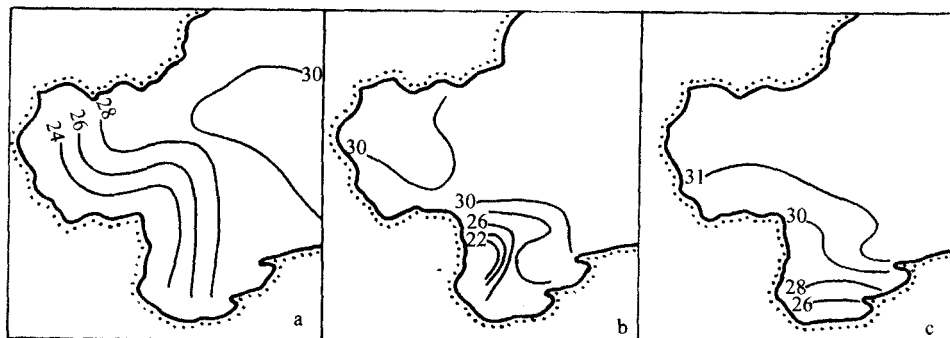


图 2 黄河口邻近海区表层海水中的盐度变化

(据唐启升等 1996 年改绘)

a. 1959 年 9 月; b. 1982 年 10 月; c. 1992 年 10 月

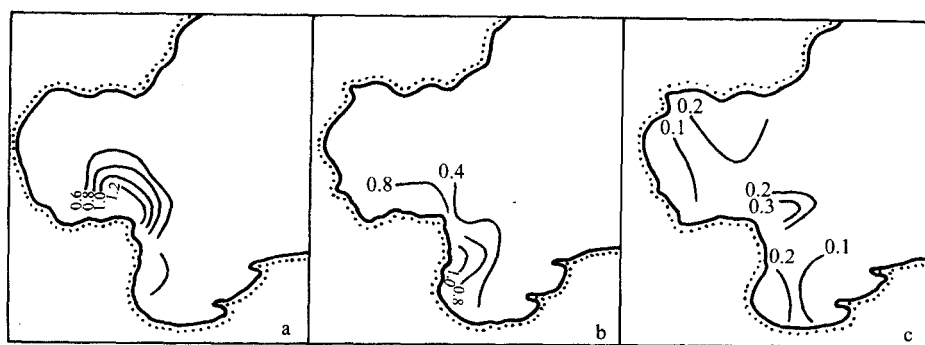


图3 黄河口邻近海区表层海水中磷酸盐含量变化/ $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$

(据沈志良 1989 年、1993 年和唐启升等 1996 年改绘)

a. $\text{PO}_4\text{-P}$, 1959.8; b. PO_4^{3-} , 1984.8; c. PO_4^{3-} , 1992.8

尽管该区目前尚未有系统调查资料证明,但是从部分历史对比资料已经能够看出其影响。如 20 世纪 80 年代以来,清水沟流路河口位置基本没变,但是入海径流量的变化已经引起了海洋生态环境的变化,1992 年黄河入海径流量为 $135 \times 10^8 \text{m}^3$,比 1982 年减少 55%,比 1981 年减少 61%,只有 20 世纪 50 年代年均流量的 28%,4、5 月间出现断流。据唐启升等 (1996) 实测资料,1992 年 8 月河口前浅海表层海水中硅酸盐的含量已由 1982 年的 $20\text{--}30 \mu\text{mol/L}$ 降至 $4\text{--}16 \mu\text{mol/L}$ (图 3, 4);磷酸盐由 $0.6\text{--}0.8 \mu\text{mol/L}$ 降至 $0.2\text{--}0.3 \mu\text{mol/L}$;硝酸盐由大于 $4 \mu\text{mol/L}$ 降至 $1\text{--}2 \mu\text{mol/L}$,上述磷酸盐、硝酸盐含量等若不受排污的影响会减少更多。入海营养盐数量的减少,使河口区初级生产力发生变化,进而导致鱼资源密度的变化。1982 年 10 月初级生产力为 $800 \text{mg}/(\text{m}\cdot\text{d})$,1992 年同期仅为 $100 \text{mg}/(\text{m}\cdot\text{d})$ 。1982 年 5 月鱼资源密度为 $200\text{--}300 \text{kg/h}$,1992 年同期降至 $10\text{--}50 \text{kg/h}$;1982 年 8 月为 $50\text{--}200 \text{kg/h}$,1992 年同期降至 $10\text{--}50 \text{kg/h}$,无脊椎动物密度也由 $30\text{--}50 \text{kg/h}$ 降至小于 10kg/h (图 5)。资源密度明显减少的有黄姑鱼、银鲳、牙鲆、对虾、蓝点马鲛、三疣梭子蟹、鹰爪虾等,而刁鲚、中华绒毛蟹等溯河性经济鱼类基本绝迹,整个海洋经济动物的营养等级结构明显衰退。

近年来鱼类资源量的大量减少,中国对虾等重要经济鱼类已经形成不了资源,经济鱼类营养等级结构的衰退虽然与过度捕捞和海水污染等人为因素关系十分密切,但是与入海水、沙、营养盐类等物质通量的急剧减少也有密切关系,因为它破坏了该区的海洋生态环境。

研究表明,黄河的入海物质不仅影响河口前近海区,而且可以通过环流系统搬运到深水区,影响整个渤海和南黄海南部。由黄河入海淡水为主形成的渤海沿岸水团,覆盖了渤海湾南部和整个莱州湾,黄河入海的悬浮物质每年通过渤海海峡南部向北黄海的输运量可达 $5 \times 10^6\text{--}10 \times 10^6 \text{t}$ (秦蕴珊等, 1982; Martin *et al.*, 1993)。海底沉积物中矿物成分分析表明,黄河入海泥沙的影响范围可达北黄海和南黄海的西北部 (秦蕴珊, 1986)。关于黄河断流和入海物质通量的大幅度减少能否对黄海水域的海洋生态环境产生影响的问题尚有待进一步研究。然而在考虑海洋环境资源可持续发展的时候,不能只考虑过度捕捞和海水污染,而忽视了黄河断流和入海物质通量大幅度减少的巨大负

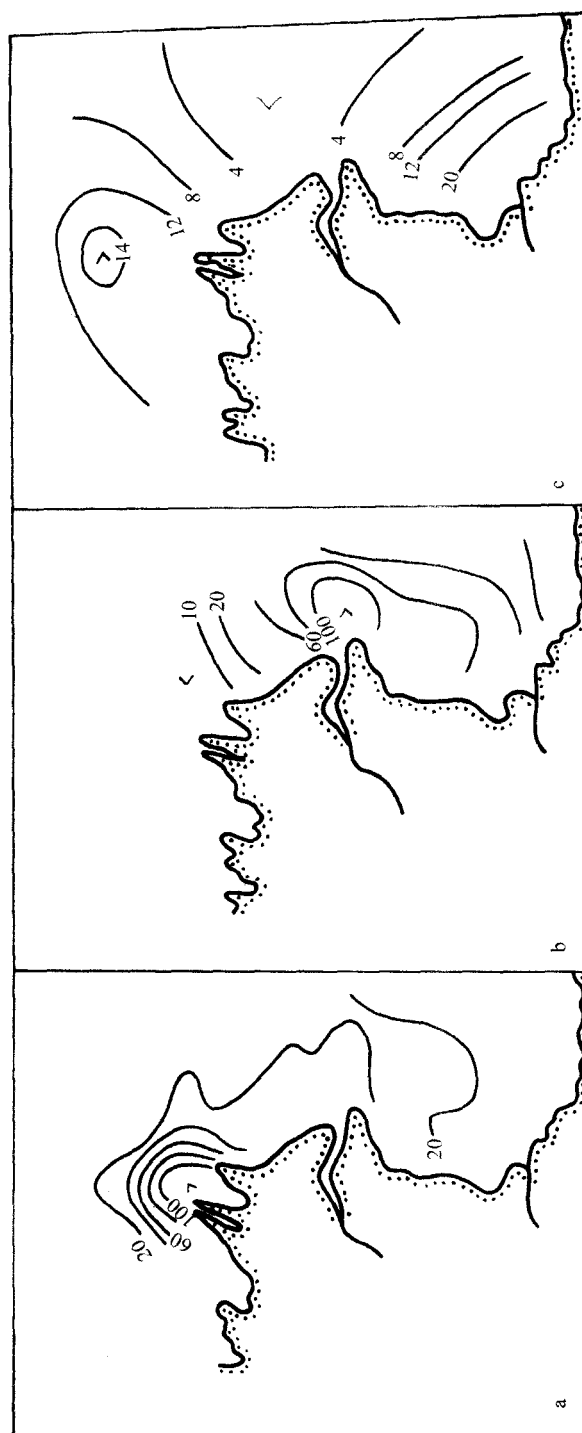
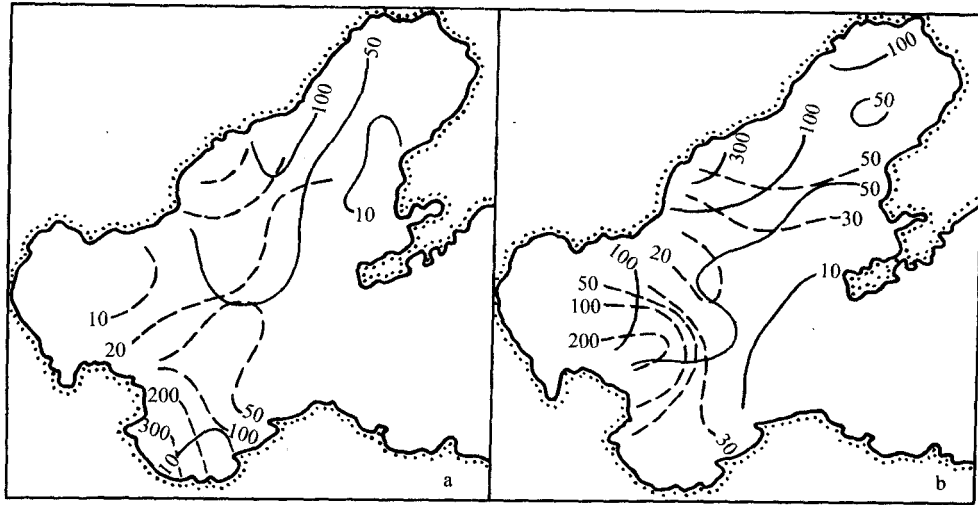


图4 黄河口邻近海区表层海水中硅酸盐含量变化/ $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$
(据沈志良1993年和唐启升等1996年改绘)

a. $\text{SiO}_3\text{-Si}$, 1959.8; b. $\text{SiO}_3\text{-Si}$, 1984.8; c. $\text{SiO}_3\text{-Si}$, 1992.8

图5 渤海渔业生物资源密度分布/ $\text{kg}\cdot\text{h}^{-1}$

(引自唐启升等, 1996)

a. - - - 1982.5, — 1993.5; b. - - - 1982.8, — 1992.8

影响。

除此之外,就河流本身来说,断流和径流量锐减使河床发生大量淤积,过水断面缩小,导致洪水对下游的威胁也是十分严重的,这个问题将另文论述。

3. 断流导致三角洲湿地生态环境退化

如上所述,黄河三角洲有面积为 1500 km^2 的湿地自然保护区,保护区内有丰富的水生生物资源,这里已经成为东北亚内陆和环西太鸟类迁徙的重要中转站,越冬栖息地和繁殖地¹⁾。三角洲湿地生态环境及其生物资源均随黄河入海水、沙通量的变化而变化。从1938年出版的地形图上可以看出,黄河三角洲滨海区曾有大片沼泽湿地,如原民丰至黄河农场附近之沼泽地面积可达 600 km^2 左右,随着尾间摆动,来水、来沙量减少,目前这里的沼泽已经变为耕地或东营市区建筑。1976年黄河由钓口河流路南移至清水沟流路注入莱州湾以后,原钓口河流路附近的“一千二”(地名)湿地自然保护区因无黄河水、沙补给,生态环境日益退化,土地沙化,鸟类明显减少,同时受风暴潮和海水入侵的影响也日益严重。由于黄河三角洲区沉积物中70%以上为粉沙粒级,土壤的孔隙度大,含水量小,有利于蒸发,因此随着入海径流量的大幅度减少,水、沙补给量锐减,预计原有湿地将逐渐向沙漠化方向发展。

除上述影响外,黄河断流或入海水沙通量的大幅度减少,还可能引起海水入侵、潮汐性质改变、无潮点位置变化、潮流场变化等一系列环境因子的变化,如钓口河流路期间,其河口外的高流速区与神仙沟流路河口外的高流速区曾经连在一起,1976年黄河改行清水沟流路以后,原钓口河流路河口沙咀因受强烈侵蚀而消失,海岸地貌发生变化,原河口外的高流速区也随之消失,另外,在清水沟流路河口外产生一个新的高流速

1) 黄河三角洲保护与发展研究中心, 1997, UNDP 支持黄河三角洲可持续发展报告 (内部资料)。

区(乐肯堂等, 1995a)。1934—1968年, 五号桩外的 M_2 分潮无潮点, 由于岸线向东北方向延伸而向东北移动了约 15 km, 而 1984 年 M_2 分潮无潮点向东南方向移动了约 7 km, 其原因为原钓口河流路河口沙咀及其附近岸线的侵蚀变化和清水沟流路河口附近岸线的向海淤积延伸。

资料表明, 黄河入海水、沙通量变化对于海洋环境的影响, 绝不仅限于向海排放污水而造成的海洋污染, 在黄河三角洲及其邻近海域还突出地表现在黄河干流大兴水利工程的影响。大兴水利工程, 流域内提水、引水量超过了黄河干流的承载能力而引发下游断流和入海径流量锐减, 断流和入海物质通量的大幅度减少又导致河口区及其邻近海域海洋生态环境和生存环境因素的一系列变化, 进而影响该区海洋环境和资源的可持续利用。以上问题虽然至今没进行过系统的调查研究, 但是从上述有限的历史资料分析中已经可以清楚地看出它们对于该区可持续发展带来的危害。从广义的海洋环境保护的观点来看, 环境保护不仅要注意研究和采取措施解决海洋污染的问题, 也应当注意陆地上其他方面的人类活动对于海洋环境和资源带来的负面影响, 尤其是大河干流大型水利工程的兴建, 对于河口及其邻近海域海洋环境和生物资源可持续利用的负面影响。因此在大河干流上兴建大型水利工程时, 必须研究其兴建后对河口及近海区海洋环境和资源的影响, 进而纳入海洋环境保护法。有关领导部门应当树立陆海统一的整体观点, 组织和加强陆海相互作用的研究, 注意研究和及时处理陆地和海洋两大环境系统之间的相互影响和协调发展, 使海岸带这个极有活力的地带真正为人类社会经济的持续发展发挥应有的作用。

参 考 文 献

- 王颖等, 1997, 如果渤海失去了黄河水, 海洋世界, 4: 1—4。
- 乐肯堂、周参武, 1995a, 黄河口的变迁对滨海大陆架区流场变化的影响, 海洋科学集刊, 36: 93—108。
- 乐肯堂等, 1995b, 黄河口的变迁对邻近海区潮波运动影响的数值研究, 海洋科学集刊, 36: 33—46。
- 任美锒, 1994, 中国科学院院士咨询报告, 科学出版社, 333—338。
- 任于灿, 1994, 废弃黄河三角洲的地貌特征及演化, 海洋地质与第四纪地质, 14 (2): 19—28。
- 农业部水产局、农业部黄海区渔业指挥部, 1990, 黄渤海区渔业资源调查与区划, 海洋出版社, 17—27。
- 秦蕴珊、李凡, 1982, 渤海海水中悬浮体的研究, 海洋学报, 4 (2): 191—200。
- 秦蕴珊、李凡等, 1986, 黄河入海泥沙对渤海和黄海沉积作用的影响, 海洋科学集刊, 27: 125—135。
- 唐启升等, 1996, 渤海生态环境和生物资源分布图集, 青岛出版社, 5—196。
- 沈志良等, 1989, 黄河口及其附近海域的无机氮及磷酸盐, 海洋科学集刊, 30: 51—79。
- 沈志良等, 1993, 黄河口演变对河口水化学环境的影响, 海洋科学集刊, 34: 93—105。
- ICSU, 1993, Land Ocean Interaction in the Coast Zone, Science pan, Stockholm, 1—50。
- Milliman, J., 1997, Effect of Terrestrial Processes and Human Activities on River Discharge and their Impact on the Coastal Zone, Coastal Zone Management for Maritime Developing Nations, U.S., 75—92。
- Martin, J M., et al., 1993, Actual flux of The Huanghe (Yellow) River Sediments to The western Pacific ocean. Netherland, *J of sea research*, 31(3): 234—254。

**IMPACT OF VARIATION OF WATER AND SEDIMENT FLUXES
ON SUSTAINABLE USE OF MARINE ENVIRONMENT AND RESOURCES
IN THE HUANGHE RIVER ESTUARY AND ADJACENT SEA II .
VARIATION OF MARINE ENVIRONMENT DUE TO WATER FLOW
CUT-OFF AND DECREASE GREATLY THE VOLUME OF WATER
IMPUTED THE SEA FROM THE HUANGHE RIVER ***

Li Fan, Zhang Xiurong

(*Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences*)

ABSTRACT

Excessive water drawn from a large number of dams and reservoirs built on the Huanghe Rivers main course caused cut-off of the water flow in lower course and decreased largely the discharged into the Bohai Sea. There are abundant wetlands and biological resources on the modern Huanghe River mouth delta. Marine biological resources are very rich in the Huanghe River estuary and adjacent sea area. The large decrease in the fluxes of water and sediment imputed into the sea and the cut-off of water flow will change greatly the marine ecological environment. For example, the delta coast will be strongly eroded by wave; the ecological environment of the wetland will degenerate; soil will change due to desertification; diluted water areas will disappear in the estuary; the influence of river water on the temperature of seawater will decrease greatly, nearcoast seawater will be characterized by high salinity, concentration of nutrients, such as phosphate, nitrate, silicate, in seawater will be decreased, etc. The balance of the ecological environment will be destroyed; and the tidal current distribution location of the amphidromic point of the M_2 and high speed regions, etc. will change. All these affect greatly the sustainable use of the marine environment and resources in the Huanghe River delta and adjacent sea areas.

* Contribution No.4040 from the Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences.