

黄河断流对三角洲环境的恶性影响*

叶青超

(中国科学院地理研究所, 北京 100101)

提 要 近 10 年来黄河频繁断流和河道萎缩并存的发生和发展, 是黄河有史以来出现的一个转折点, 总的形势不仅加重了今后三角洲防洪的负担, 而且对三角洲生态环境变化产生了重大的负面影响。

关键词 黄河断流 黄河三角洲 防洪 生态环境 恶性影响

1 近 10 年来黄河断流特点

干旱和半干旱地区的自然环境特征表现突出: 一是降水量小; 二是水资源匮乏; 三是水少沙多; 四是泥沙淤积, 河道萎缩。由于这些自然脆弱性的存在, 加上 20 世纪诸如水库发电、农田灌溉、工矿开发等人类活动加剧的影响叠加, 往往造成近代河流水量愈来愈少, 河床淤积加重, 过洪能力和输沙能力下降, 引起下游河道和三角洲输水通道频繁断流和萎缩的发生和发展, 反过来又进一步加剧了河流和三角洲的泥沙淤积及生态环境的恶性影响。

60 年代以来, 我国塔里木河和黄河频繁的断流和萎缩, 即是干旱和半干旱地区较为典型的具有代表性的现象。前者塔河下游河道长约 491 km, 其中, 铁干里克以下 340 km, 从 1960 年至 1997 年的 37 年中, 出现断流 27 年, 占总年数的 73%, 尤其是 1991 年至 1997 年的 7 年内, 铁干里克新西海子水库年均泄水量仅 $0.06 \times 10^8 \text{ m}^3$, 致使铁干里克以下河道从长期断流到枯竭, 最后形成干涸的河道, 造成罗布泊的干涸沙化。黄河下游河道长 778 km (含三角洲), 从 1972 年至 1977 年 26 年中出现 20 年断流, 占总年数的 77%, 特别是从 1986 年以来, 黄河连续干旱, 枯水系列、断流天数和断流距离有逐年增加的趋势, 利津站 1992 年断流 38 天, 1993 年 60 天, 1994 年 74 天, 1995 年 122 天, 1996 年 133 天, 1997 年 226 天, 断流距离长度达 700 km, 最远上溯到封丘的古城 (表 1, 图版 I, 相片 1、2、3)。黄河断流除了上述特点外, 断流时间提前, 利津站从过去的 4 月提前到 2 月, 断流最晚延续到 12 月; 利津站断流次数增多, 1996 年长达 6 次, 全日断流 121 天, 占该年断流总天数的 91%; 1997 年 132 次, 全日断流 202 天, 占断流总天数的 89.4%。频繁断流的结果, 促使河槽严重淤积和萎缩, 汛期一旦出现较大的洪水, 往往形成高水位出槽漫滩, 造成严重灾情。据此, 近 10 年来黄河频繁断流和河道萎缩并存的发生和发展, 是黄河有史以来出现的一个转折点, 总的形势不仅加重了今后三角洲防洪的负担, 而且对生态环境变化产生了重大的负面影响, 必须及早制定对策, 以期三角洲地区持续发展。

* 国家自然科学基金资助项目, 编号 49741001 (Supported by National Natural Science Foundation of China).
来稿日期: 1997-12; 收到修改稿日期: 1998-03。

表 1 黄河下游各站历年断流情况统计表*

Fig. 1 Statistics of flow breaking at several gauging stations along the lower Yellow River

年 份	站 名	断流时间 (月、日)		断流次数	断流天数/a			断流长度 /km
		最早	最迟		全日	间歇性	总计	
1972	利 津	4. 23	6. 29	3	15	4	19	310
	洛 口	6. 20	6. 25	1	5	1	6	
1974	利 津	5. 14	7. 11	2	18	2	20	316
	洛 口	6. 27	7. 6	1	8	2	10	
1975	利 津	5. 31	6. 27	2	11	2	13	278
	洛 口	6. 22	6. 25	1	2	2	4	
1976	利 津	5. 18	5. 25	1	6	2	8	166
1978	利 津	6. 3	6. 27	4		5	5	104
1979	利 津	5. 27	7. 9	2	19	2	21	278
	洛 口	6. 29	7. 3	1	4	1	5	
1980	利 津	5. 14	8. 24	3	4	4	8	104
1981	利 津	5. 17	6. 29	5	26	10	36	662
	洛 口	6. 21	6. 27	1	14	2	16	
	艾 山	6. 15	6. 26	1	11	1	12	
	孙 口	6. 14	6. 25	1	10	2	12	
	高 村	6. 12	6. 22	1	9	2	11	
	夹河滩	6. 15	6. 16	1		2	2	
	利 津	6. 8	6. 17	1	8	2	10	
1982	洛 口	6. 9	6. 11	1	1	2	3	278
	利 津	6. 26	6. 30	1	3	2	5	
1983	利 津	6. 26	6. 30	1	3	2	5	104
1987	利 津	10. 1	10. 17	2	14	3	17	216
1988	利 津	6. 27	7. 1	2	3	2	5	150
1989	利 津	4. 4	7. 14	3	19	5	24	277
1991	利 津	5. 15	6. 1	2	13	3	16	131
1992	利 津	3. 16	8. 1	5	73	10	83	303
	洛 口	6. 3	7. 18	4	29	2	31	
1993	利 津	2. 13	10. 12	5	49	11	60	278
	洛 口	6. 14	6. 14	1	1		1	
1994	利 津	4. 3	10. 16	4	66	8	74	380
	洛 口	5. 30	10. 8	2	27	2	29	
1995	利 津	3. 4	7. 23	3	117	5	122	683
	洛 口	3. 25	7. 23	2	74	3	77	
	艾 山	5. 18	5. 21	2	59	3	62	
	孙 口	5. 22	7. 20	3	46	6	52	
	高 村	7. 7	7. 17	1	7	1	8	
	夹河滩	7. 14	7. 17	1	4		4	
	利 津	2. 14	7. 17	6	121	12	133	
1996	洛 口	2. 14	6. 29	4	63	8	71	579
	艾 山	5. 23	6. 27	2	21	4	25	
1997	孙 口	5. 29	6. 10	1	11	2	13	700
	高 村	5. 31	6. 6	1	5	2	7	
	利 津	2. 7	12. 31	13	202	24	226	
	洛 口	2. 7	11. 14	7	118	14	132	
	艾 山	6. 5	11. 8	4	66	8	74	
	孙 口	6. 6	11. 4	3	60	5	65	
	高 村	6. 23	7. 17	1	23	2	25	

* 表中数据由黄委会河务局提供。

2 黄河断流的成因

黄河断流的成因主要包括自然因素和社会因素两个方面, 以后者为主。

2.1 流域气候干旱降水量小

黄河流域气候差异大, 大部分地区处于干旱和半干旱区, 面积约 65 万多 km², 占流域面积的 88%; 东部地区半湿润区, 面积约 9 万多 km², 占流域面积的 12% 左右。在这种不利的气候条件下, 降水量受其控制, 流域降水量< 500 mm 的面积占 69%, 500 mm~ 600 mm 的面积占 18.4%, > 600 mm 的面积仅占 12.6%, 流域平均年降水量 492 mm, 区域降水量愈向西愈小。显而易见, 流域气候条件是流域地表径流较为匮乏的决定因素。

2.2 来水量偏枯

黄河流域天然径流量很小, 仅有 $580.2 \times 10^8 \text{ m}^3$, 只及长江的/20, 主要来自中、上游, 托克托河口镇站以上上游河段天然径流量占全河年水量的 55.9%; 桃花峪以上中游河段水量约占全河的 44.1%; 下游河段为河床高昂的地上河, 汇入的支流仅有天然文岩渠、金堤河和汶河三条, 来水量只占全河的 3.6% (表 2)^[1]。黄河来水具有年际丰枯交替, 连续丰水和连续枯水的特点, 1922 年~ 1931 年连续 11 年、1969 年~ 1974 年连续 6 年和 1986 年~ 1997 年连续 11 年的枯水系列, 其年均水量分别为多年平均的 70%、87% 和 66.2%, 50 年代为丰水期, 年平均量为多年平均的 1.7 倍。值得注意的是 60 年代以来由于流域灌溉面积的加速发展、水土保持减少和水利枢纽工程的制约, 下游花园口站实测径流量愈来愈小, 尤

表 2 黄河干流水沙特性

Tab. 2 Characteristics of concom ing water and sediment of the Yeoolw River

站名或区间名	控制面积		天然年水量		实测年沙量		说 明
	km ²	%	10 ⁸ m ³	%	10 ⁸ t	占三门峡+ 黑石关+ 小董%	
河口镇 (上游)	385 966	51.3	213.6	55.9	1.42	8.7	
河口镇至花园口 (中游)	344 070	45.7	246.6	44.1			
河口镇至龙门	111 586	14.8	72.5	13.0	9.08	55.7	
龙门至三门峡	190 869	25.4	113.3	20.3	5.54	34.0	为泾、洛、渭、汾河
三门峡至花园口	41 615	5.5	60.8	10.9	0.32	2.0	为伊洛、沁河
花园口	730 036	97.0	559.2	100.0	16.3	100	为三门峡+ 黑石关+ 小董
花园口至河口	22407	3.0	21.0	3.6			
河口	752 443	100	580.2				

表 3 黄河下游花园口站 1986 年~ 1996 年水量 (× 10⁸ m³)

Tab. 3 Runoff of the lower Yellow River in 1986~ 1996

年份	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	年平均	长系列平均
全年	315	221	346	400	369	249	253	316	297	239	276	298	464
非汛期	181	133	133	184	227	188	119	168	157	119	153.2	160	186
汛期	134	88	213	216	142	61	134	148	140	120	122.8	138	278

其 1986 年以来连续 11 年的来水量都很小, 年平均水量 $307 \times 10^8 \text{ m}^3$, 为长系列平均水量的 66.2%; 非汛期年均水量 $166 \times 10^8 \text{ m}^3$, 为长系列平均的 89.3% (表 3)。表此可见, 黄河下游来水逐年的减少是导致下游频繁断流发生的重大原因。

2.3 引黄灌溉发展迅速

黄河流域引黄灌溉农田历史悠久, 建国以来引黄灌溉事业发展迅速, 60 年代以前引水量为 $60 \times 10^8 \text{ m}^3$, 70 年代 $100 \times 10^8 \text{ m}^3$, 80 年代达到 $274 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。到 90 年代增加 $298 \times 10^8 \text{ m}^3$, 相当于黄河天然径流量的 50% 左右, 大部分为非汛期引水, 约占总引水量的 70%~80%。其中, 河口镇以上上游地区从 1970 年至 1989 年年均灌溉用水量达到 $106.3 \times 10^8 \text{ m}^3$, 中游地区 $67.7 \times 10^8 \text{ m}^3$, 下游地区 $100 \times 10^8 \text{ m}^3$, 分别占全河引水量的 38.8%、27.7% 和 36.5%。不言而喻, 灌溉引水量的发展, 对沿黄河农业生产发展起着积极的作用, 但对黄河下游频繁断流造成了巨大的影响, 尤其是, 上游灌溉用水的增加更加突出。

2.4 水土保持减水

黄土高原西起青海日月山, 东至太行山, 南靠秦岭, 北抵鄂尔多斯高原, 是世界最大的黄土分布区, 土层深厚, 结构疏松, 地形破碎, 植物稀少, 暴雨频繁, 水土流失严重。为了治理黄土高原, 减少下游泥沙淤积, 60 年代以来开展了大规模的水土保持, 在减沙的同时, 对减水也起到较大的作用。据有关资料表明^[2], 年平均减少入黄水量约 $28 \times 10^8 \text{ m}^3$, 约占下游长系列水量 $464 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的 60%; 占 1986 年~1994 年下游年均水量 $307 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的 9.0%。可见水土保持减水对下游断流发生亦起着一定的作用。

2.5 干流水库调节能力低

黄河干流现有大型水利枢纽工程 8 座。河口镇以上计有 6 座, 使黄河中、上游水量发生较大的变化, 1968 年 11 月至 1986 年 10 月河口镇以上全年平均水量 $237.56 \times 10^8 \text{ m}^3$, 比多年平均水量减少 34%; 1986 年 11 月至 1989 年 10 月来水量偏枯, 年平均水量只有 $174.20 \times 10^8 \text{ m}^3$, 比多年平均水量减少了 44.3%。中游三门峡水库汛前 (6 月) 水库泄空, 非汛期拦蓄, 上游含沙小的来水, 但蓄水量仅有 $14 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占下游花园口站 1986 年~1994 年非汛期年平均水量 $166 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的 8.4%。据此, 在干流水库减水调节能力低, 加之, 中游灌溉用水大的条件下, 对黄河下游频繁断流起着一定的抑制作用。

2.6 管理不善, 用水浪费严重

农业灌溉是用水大户, 占黄河水资源 80% 以上, 而且用水浪费严重, 上游有的灌区亩 (15 亩 = 1 hm^2) 灌水量高达 1000 m^3 。与此同时, 灌区工程老化失修, 渠道衬砌很差, 跑、冒、渗、漏和蒸发很普遍, 工程不配套, 灌水方法落后, 多用漫、串灌等方式。再者, 1987 年国务院尽管规定了整个流域用水分配方案, 但至今缺乏权威性的统一调度, 往往中、上游沿黄地区用水较多, 增加下游沿黄地区用水的困难。由此可见, 管理不善和灌溉用水浪费是加速黄河断流的重要原因之一。

3 黄河三角洲生态环境变化异常

3.1 河道淤积萎缩与高水位威胁的风险

1986 年~1997 年近 11 年来黄河下游河道和河口输水通道在流域来水量小和频繁断流叠加的双重作用下, 主槽淤积萎缩严重, 河床不断抬高和洪水位上升快, 增加防洪负担的

症结, 与 1950 年~ 1960 年、1964 年~ 1985 年两个时期的主槽淤积和洪水位升降特点不同, 差异较大。随着流域水沙变化的影响, 经历了三种不同的发展模式 (图 1、图 2)。

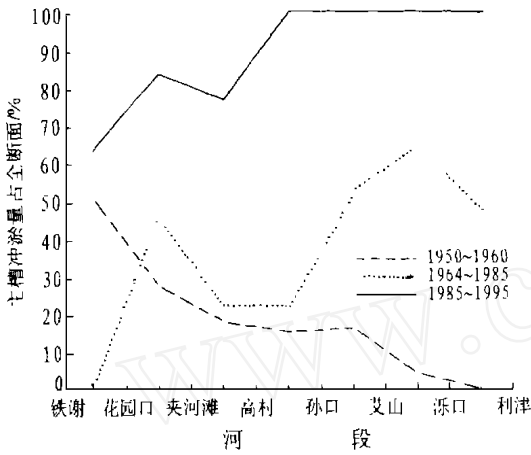


图 1 黄河下游不同时段主槽平均冲淤量占全断面百分比模式

Fig. 1 Changes in the ratio of sediment accumulation and erosion in the main channel to that in the whole sections in the lower Yellow River

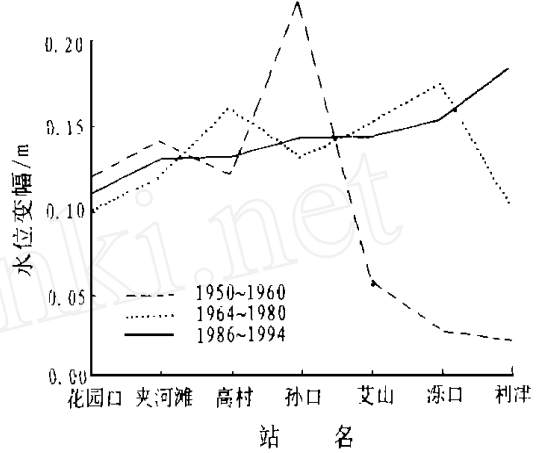


图 2 黄河下游不同时段同流量 $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 水位升降模式

Fig. 2 Changes in water level for the discharge of $3000\text{ m}^3/\text{s}$ in the lower Yellow River

(1) 1950 年~ 1960 年黄河处于天然河流环境, 水沙运行正常, 一般出现“大水刷槽淤滩, 小水淤积的冲淤”规律, 铁谢至利津段河道主槽淤积仅占全断面的 22.7%, 年均淤积 $0.82 \times 10^8\text{ t}$; 滩地淤积占全断面的 77.3%, 年均淤积 $2.79 \times 10^8\text{ t}$ 。同流量 $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 水位年均上升值花园口 0.12 m、夹河滩 0.14 m、孙口 0.22 m、艾山 0.056 m、利津仅 0.020 m。在纵向分布上主槽淤积和水位上升值都呈现上大下小的图式, 我们称之为“下抛型”(见图 1、2)。

(2) 1986 年~ 1995 年在频繁断流和河道萎缩并存环境下, 水沙运行失调, 主槽淤积严重, 占全断面的 85.3%, 年均淤积 $1.80 \times 10^8\text{ t}$; 滩地淤积量只占全断面 14.7%, 年均淤积 $0.31 \times 10^8\text{ t}$ 。1986 年~ 1994 年下游同流量 $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 水位年均上升值花园口 0.11 m、孙口 0.14 m、利津达 0.18 m。在纵向分布上主槽淤积和水位上升值都呈现下大上小的图式, 我们称之为“上抛型”; 与前“下抛型”呈现很大的反差。

(3) 1964 年~ 1985 年主槽淤积和同流量水位上升图式与前述两者不同, 在三门峡水库蓄清排浑环境下, 水沙运行规律是“多来、多排、多淤”, 主槽淤积比 50 年代略大, 约占 33.5%, 年均淤积 $1.78 \times 10^8\text{ t}$; 滩地淤积占 66.5%, 年均淤积 $3.54 \times 10^8\text{ t}$ 。同流量 $3\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 水位年均上升值花园口 0.10 m、高村 0.16 m、孙口 0.13 m、冻口 0.17 m、利津 0.10 m。在纵向分布上的图式都呈现波动的“马鞍型”, 介于前述两者之间。

以上三种不同时期主槽淤积初水位上升值发展模式, 特别是 1986 年~ 1995 年发展模式的论述, 有助于提高下游河道和河口地区防洪标准的认识。以 1996 年 8 月洪水为例, 利津站洪水位 14.7 m, 为历史上最高水位, 比 1958 年高出 0.94 m (流量 $10.4 \times 10^3\text{ m}^3/\text{s}$); 比 1992 年高出 1.19 m (流量 $3\,220\text{ m}^3/\text{s}$)。在黄河继续断流的条件下, 利津站一旦遭遇洪峰

流量 $10^4 \text{ m}^3/\text{s}$ 时, 河口地区将会出现洪水漫滩淹没和河道决口改道的风险。

3.2 城乡生活和工业用水危急

黄河三角洲包括东营、滨州的(市)12个县市区, 面积 $16\,760 \text{ km}^2$, 人口 510 万。入海的黄河是三角洲地区的生命线, 为该区居民生活赖以生存的水源, 断流期间造成了严重缺水。据统计^[3, 4], 1992 年利津站断流 83 天, 最为突出的是直接影响城乡居民生活, 造成 200 多万人、50 万头牲畜饮水的严重困难。1995 年利津站断流 122 天, 断流时间更长, 影响更加严重, 滨州市 100 多万居民生活用水较正常年份压缩了一半; 大部分工厂企业因长期断流而停产或半停产, 经济损失过 6 亿元。东营市和胜利油田建有水库 70 座, 因长时间断流得不到黄河水的补充, 市区居民生活用水发生困难, 黄河北岸油区居民用水时间只有 6 小时; 为了保证居民用水, 油田油井少注水量 $260 \times 10^4 \text{ m}^3$, 减少原油 $30 \times 10^4 \text{ t}$, 直接经济损失 2.16 亿元。

3.3 农业生态系统失调

黄河三角洲耕地面积 $47 \times 10^4 \text{ hm}^2$ (1993 年), 是山东省重要的粮、棉基地。但近 11 年来连续干旱少雨, 加之黄河客水水源连年断流缺水的影响, 导致三角洲地区不能及时播种、浇灌, 农业减产, 部分年份甚至绝产。据统计^[3], 1992 年东营、滨州两地发生严重的春旱, 受灾面积 $47.6 \times 10^4 \text{ hm}^2$, $20.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 耕地减产和绝产粮食 $10 \times 10^8 \text{ kg}$, 经济损失 13 亿元。1995 年春旱, 东营市农副业损失约 9 155 万元。

黄河断流除了直接影响农业减产和绝产外, 还改变了作物布局和耕作制度。据统计^[4], 1993 年三角洲地区引黄种稻改碱耕地面积 $1.17 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占耕地面积的 1.69%, 1994 年黄河利津站断流 74 天, 水稻播种面积比 1993 年减少了 $0.2 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 减少了 17.1%; 1995 年仅滨州地区水稻播种面积比 1994 年减少 $0.006 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 减少了 46.2%。

3.4 草场生态系统失调

黄河三角洲草场面积广阔, 牧草种类多, 载畜量较大, 是山东省发展畜牧业的重要基地, 也是最年轻的草场生态系统, 据统计^[4], 现有各类草地 $21.8 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 占总面积的 12.4%, 其中, 天然草场 $18.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 人工草场 $2 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。黄河断流期间, 直接影响人工草场的发育, 1994 年牧草灌溉面积已减少到 $2 \times 10^3 \text{ hm}^2$ 以下, 影响畜牧业的发展, 造成 186.2 万头大牲畜饮水困难, 经济损失较重。

3.5 鱼类生态系统失调

黄河淡水是三角洲区域养殖业和河口海域鱼类繁殖的重要来源, 黄河断流期间对它们也产生了致命的危害。据有关资料所知^[4], 1994 年三角洲地区淡水养殖面积达 $1.28 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 养殖种类 20 多种, 产量 $5.14 \times 10^4 \text{ t}$, 黄河断流期间, 养殖水面季节缺水, 产量减少 20%; 河口海域在黄河断流后, 改变海水温度和盐度, 制约了对虾、鹰爪虾和三疣梭子蟹在河口海域产卵和育幼期, 由于水温降低, 盐度升高的作用, 从而影响它们的产卵期、产卵量、成活率和资源量。还直接影响梭鱼、鲈鱼、鳊鱼、黄颡、小黄鱼、银昌、焦代舌鳎、刀鲚等鱼类的产卵、育幼和分布。既影响其繁殖, 又影响了这些鱼类的捕获量。此外, 黄河断流泥沙减少, 不利于毛蚶生活和潮间带生物的生存。

3.6 三角洲造陆受到抑制

以宁海为顶点的现代三角洲形成于 1855 年, 面积 $6\,000 \text{ km}^2$, 在强劲的黄河径流泥沙 ($10.5 \times 10^8 \text{ t}$) 的作用下, 入海泥沙 70% 淤积在河口和滨海地区, 使三角洲迅速向海域延伸,

平均年造陆面积 20.2 m^2 。随着流域水土保持减沙效益显著和气候干旱的双重作用, 黄河来沙量逐年减少。据统计^[4], 1991 年年入海输沙量仅有 $4.72 \times 10^8 \text{ t}$, 三角洲造陆面积大幅度减小, 海岸蚀退率已为淤进速率的 $1/2$ 。黄河断流现象如继续下去, 三角洲海岸的蚀退还会加快, 将会出现净蚀退的状态。

参 考 文 献 (References)

- 1 Ye Qingchao Chief Editor. Researches on environmental changes of the Yellow River basin and laws of water and sediment transportation. Jinan: Shandong Science and Technology Press, 1994. 17~ 18. (In Chinese) [叶青超主编 黄河流域环境演变与水沙运行规律研究 济南 山东科技出版社, 1994. 17~ 18.]
- 2 Jin Ke. Causes and tendency of the flow breaking in the lower Yellow River. In: Department of Nature Reservation of National Environment Reservation Bureau ed. Flow breaking in the Yellow River and sustainable development of its basin. Beijing: China Environmental Science Press, 1997. 40~ 142. (In Chinese) [景可. 黄河下游断流的原因及趋势研究 见 国家环境保护局自然保护司编 黄河断流与流域可持续发展 北京 中国环境科学出版社, 1997. 40~ 142.]
- 3 Cheng Jinhao, Li Zuzheng, Wang Xuejin. Analysis on flow breaking in the Yellow River. In: Department of Nature Reservation of National Environment Reservation Bureau ed. Flow breaking in the Yellow River and sustainable development of its basin. Beijing: China Environmental Science Press, 1997. 11~ 12. (In Chinese) [程进豪, 李祖正, 王学金. 黄河断流分析 见 国家环境保护局自然保护司编 黄河断流与流域可持续发展 北京 中国环境科学出版社, 1997. 11~ 12.]
- 4 Tian Jiayi, Wang Min, Dou Hongyun. Influence of flow breaking in the Yellow River on the environment of its delta and countermeasures. In: Department of Nature Reservation of National Environment Reservation Bureau ed. Flow breaking in the Yellow River and sustainable development of its basin. Beijing: China Environmental Science Press, 1997. 19~ 22. (In Chinese) [田家怡, 王民, 窦洪云. 黄河断流对三角洲生态环境的影响与缓解对策 见 国家环境保护局自然保护司编 黄河断流与流域可持续发展 北京 中国环境科学出版社, 1997. 19~ 22.]

FLOW INTERRUPTIONS AND THEIR ENVIRONMENTAL IMPACT ON THE YELLOW RIVER DELTA

Ye Qingchao

(Institute of Geography, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

Key words flow breaking in the lower Yellow River, delta, flood control, environment, bad effects

Abstract

In the 25-year period from 1972 to 1997, there were 20 years in which the Yellow River experienced flow interruptions. As a result of repeated flow interruptions, the river channel has shrunk steadily, leading the river to a new stage of development. Repeated flow depletion has added to the difficulty of flood control in the delta region and brought severe negative impact on its environment. This paper examines the problems of flood control and water supply and their causes.

A side from natural causes, human factors are especially important in the river's flow interruptions. Among the major reasons for flow depletion are little precipitation, reduced runoff volume, accelerated pumping for irrigation, flow detention by water and soil conservation measures, low capability of flow regulation by reservoirs, poor management and waste of water resources.

In recent years, environmental changes in the Yellow River delta region are manifested in the following areas. First, the river channel has clearly shrunk and the water table has risen significantly. Three phases of sedimentation in the river channel can be identified. Sediments decreased during 1950~1960; they displayed a U-shaped pattern in the 1964~1985 period; and they rose from 1986 to 1995. An understanding of the changes in the channel in the last phase can help us better understand the current conditions of flood control in the lower reaches and the mouth of the river. The August 1996 flood level at Lijin Station reached 14.7 m, the highest ever recorded. This level was 0.94 m and 1.19 m higher than the levels for 1958 and 1992, respectively.

If the river continues to experience flow interruptions, a discharge of $10^4 \text{ m}^3/\text{s}$ at Lijin may result in large-scale flooding, with the possibility that the river may shift its course. Second, the shortage of water for drinking and industrial use has become increasingly serious in recent years. In 1992, there were 83 days in which the channel below Lijin dried up, causing critical shortage of drinking water for two million people and half a million livestock. In 1995, there were 122 days in which the channel was dry, forcing a large number of industries to cease or reduce production and resulting in a loss of 600 million yuan. To ensure sufficient drinking water for humans, the amount of water charged to oil wells was reduced by 2.6 million m^3 , causing a reduction of 3×10^6 tons of crude oil production, or a loss of 216 million yuan. Third, pumping water from the river for irrigation has increased rapidly, from 6 billion m^3 in the 1950s to 29.8 billion m^3 in the 1990s, the latter being 50 percent of the river's annual natural runoff. Fourth, soil and water conservation uses about 2.8 billion m^3 of water per year, which accounts for 9 percent of the average annual runoff of 30.7 billion m^3 for the 1986~1994 period. Fifth, the capability of water regulation by reservoirs is quite low. The reservoir at Sanmen Gorge at the beginning of the flood season (June) can only hold 1.4 billion m^3 of water. Lastly, poor management and serious waste of water are also reasons for repeated flow interruptions in the river.

叶青超: 黄河断流对三角洲环境的恶性影响

Ye Qingchao: Bad Effects of Flow Breaking on the Environment of the Delta of
the Yellow River

图版 I

Plate I

照片 1 1996 年 6 月济南泺口
黄河断流

Photo 1 Drying up of the Yellow
River at Luokou, Jinan, Shandong
Province in June, 1996

照片 2 1996 年 6 月滨州道
旭黄河断流

Photo 2 Drying up of the Yellow
River at Daoxu, Binzhou, Shandong
Province in June, 1996

照片 3 1996 年 6 月东营一号
坝黄河断流

Photo 3 Drying up of the Yellow
River at Yihaoba, Dongying, Shan-
dong Province in June, 1996