

引滦工程对滦河三角洲的影响^{*}

钱 春 林

(南京大学大地海洋科学系, 210008)

提 要 本文根据滦河三角洲地区的野外调查及收集的大量资料, 以引滦工程对滦河水文的影响为基础, 全面系统地分析、论述了三角洲自然环境的变化: 三角洲海岸侵蚀后退, 地下水位下降, 滦河口盐水入侵, 土壤盐渍化, 河床冲刷、拓宽, 河口淤积, 预测了三角洲环境演变的趋势, 提出了控制三角洲变化的决策。

关键词 引滦工程 滦河水文 三角洲

1 引滦工程概况

滦河发源于河北省丰宁县西北的巴彥图古尔山麓, 流经内蒙古高原、燕山山地, 在河北省乐亭县南的兜网铺入海, 全长 877km, 流域面积 44 900km²。多年平均径流量 $47.2 \times 10^8 \text{m}^3$, 输沙量 $2 219 \times 10^4 \text{t}$, 形成了以滦县为顶点, 面积达 4 500km² 向东南展开的扇形三角洲。

引滦工程是开发滦河水资源, 跨流域向天津市和唐山市供水的大型水利工程群。它由引滦枢纽工程 (潘家口水利枢纽蓄水工程, 大黑汀水利枢纽蓄水工程, 分水枢纽工程), 引

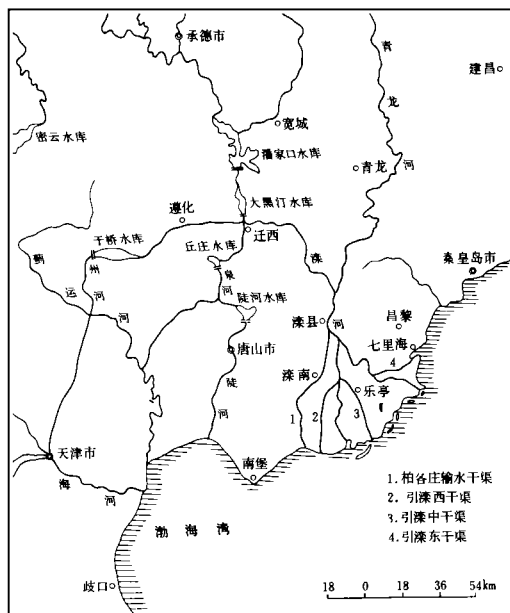


图 1 引滦工程工程略图

Fig. 1 Sketch map of the water conservancy projects in the Luanhe Basin

* 该影响仅限于 1989 年以前。

来稿日期: 1992 年 3 月; 收到修改稿日期: 1993 年 3 月。

滦入津输水工程，引滦入唐输水工程及滦河下游的引水渠等部分组成（图 1）。潘家口水库位于滦河中游，1979 年底建成，总库容 $29.3\times10^8\text{m}^3$ ，调节库容 $19.5\times10^8\text{m}^3$ （保证率 75%），控制滦河流域面积的 76%。大黑汀水库位于潘家口水库下游 30km，总库容 $3.37\times10^8\text{m}^3$ 。引滦入津工程 1983 年 8 月向天津市供水。引滦入唐工程 1984 年 11 月通水。多年来，引滦工程向天津市供水 $29.9\times10^8\text{m}^3$ ，向唐山市供水 $1.38\times10^8\text{m}^3$ ，向滦下灌区输水 $62.25\times10^8\text{m}^3$ ^①。在滦河多年枯水的情况下，通过两大水库的调节和合理调度，满足了天津、唐山两市工业和城市生活用水，对滦下灌区百万亩农田在连续大旱中获得丰收起了重要作用。

表 1 滦县站月平均径流（ 10^8m^3 ）和输沙量（ 10^4t ）变化

Tab. 1 Changes in average runoff and sediment yield measured at Luanxian station

特征值		时间														汛期	
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	全年	(6—9)	7—8月	
引滦工程前 (1950—1979)	流量	数值	0.9	0.9	1.5	1.70	1.18	2.05	10.5	15.8	5.92	3.28	2.11	1.31	47.2	34.3	26.3
		百分比	2	1.9	3.2	3.6	2.5	4.3	22.2	33.5	12.5	6.9	4.5	2.8	100	73	56
	输沙量	数值	2	2	5	10	8	77	951	988	123	25	24	4	22.9	2.39	1939
		百分比	0.1	0.1	0.2	0.5	0.4	3.5	42.9	44.5	5.5	1.1	1.1	0.2	100	96	87
引滦工程后 (1980—1988)	流量	数值	0.5	0.3	0.4	0.85	1.31	1.38	3.37	2.87	3.72	1.67	1.41	0.67	18.4	11.3	6.2
		百分比	2.6	1.7	2.0	4.6	7.1	7.5	18.3	15.6	20.2	9.1	7.7	3.6	100	62	34
	输沙量	数值	0.1	0.1	1.3	2.3	6.4	11.2	32.1	29.1	16.3	1.3	2.1	0.4	103	88.7	61.2
		百分比	0.1	0.1	1.3	2.2	6.2	10.9	31.3	28.3	15.9	1.3	2.0	0.4	100	86	60

2 引滦后滦河水文的变化

滦河主要由季节性雨水补给，汛期出现在 6—9 月，径流量 $34.3\times10^8\text{m}^3$ ，占全年径流总量的 73%，洪水又主要集中在 7—8 月，径流量为 $26.3\times10^8\text{m}^3$ ，占径流总量的 56%（表 1）。引滦工程的建成，控制了滦河流域 $12.9\times10^8\text{m}^3$ 的水量（表 2），改变了地表水的自流状态，杜绝了暴雨形成的洪水灾害。过去滦河径流量的最大季节是 7、8 月，与集中降水的

表 2 引滦工程影响的滦河水量（ 10^8m^3 ）

Tab. 2 Water discharge affected by the projects

时段	工程引水量			水库调蓄量	工程影响水量
	天津	河北	合计		
1983.8—1984.6	6.8880	7.2298	14.1178	—0.9570	12.1608
1984.7—1985.6	4.4803	5.2500	9.7303	—0.2894	9.4409
1985.7—1986.6	2.5525	5.9765	8.5290	+7.5170	16.0460
1986.7—1987.6	4.5043	5.1963	9.7006	+6.0825	15.7831
1987.7—1988.6	5.2231	8.2616	13.4847	—3.5670	9.9177
平均	4.73	6.38	11.11	+1.76	12.87

① 周子刚，引滦水资源供需分析，引滦枢纽技术，1990.1。

季节相一致。现除较大的降水外均随下游需水量而由水库放水形成径流。6—9 月径流量为 $11.3 \times 10^8 \text{m}^3$, 占全年的 62%, 比工程前减少了 11%, 其中 7—8 月的径流量为 $6.2 \times 10^8 \text{m}^3$, 占全年的 34%, 比工程前减少了 22%。旱季滦河的径流较小, 潘家口水库向滦下灌区供水。与工程前相比, 旱季滦河下游的平均流量占年总数的比重有所增加, 5、6 月的平均流量均大于工程前的数值(表 1)。多年年平均径流量由工程前的 $47.2 \times 10^8 \text{m}^3$ 降到工程后的 $18.4 \times 10^8 \text{m}^3$, 减少了 61%。

滦河的输沙量主要集中在汛期。工程前, 6—9 月的输沙量为 $2139 \times 10^4 \text{t}$, 占全年输沙的 96%, 其中 7—8 月输沙 $1939 \times 10^4 \text{t}$, 占全年输沙的 87%。工程后, 滦河上游的来沙淤积于潘、大两水库内, 汛期输沙量骤减, 6—9 月输沙量比工程前减少了 10%。7—8 月输沙 $61.2 \times 10^4 \text{t}$, 占全年的 60%, 比工程前减沙了 27%。旱季滦河的输沙量相对增大。多年平均输沙量由工程前的 $2219 \times 10^4 \text{t}$ 减到 $103 \times 10^4 \text{t}$, 减少了 95%。

工程前, 滦河的多年平均入海水量为 $41.9 \times 10^8 \text{m}^3$ 。工程后(1980—1984 年), 年入海水量为 $3.55 \times 10^8 \text{m}^3$, 入海水量减少了 92%^[1], 其中 1982、1983 年入海水量仅为 $0.3 \times 10^8 \text{m}^3$, 尚不足多年入海水量平均值的 1%, 滦河尾间几乎干涸。引滦工程的建成, 滦河每年削减 $13 \times 10^8 \text{m}^3$ 的水量已成定局, 今后若遇连续干旱年分, 滦河将无水入海。

3 三角洲岸线的变化

3.1 岸线的变化

根据 1969 年、1980 年和 1983 年三个不同时期同比例尺(1:5 万)地形图的对比, 工程前, 滦河口以北的沙丘海岸侵蚀后退, 岸线的后退程度由北向南逐渐增大, 最大岸线后退为 10m/a, 平均为 3.2m/a。表明滦河的入海泥沙主要堆积于现代三角洲地区或入海的泥沙向南搬运, 只有少量泥沙向北运动, 不饱和的沿岸流侵蚀海岸, 被侵蚀的物质随沿岸流一起向北运动。工程后, 由于现代滦河三角洲的侵蚀, 海岸向海加积延伸, 延伸的速率由南向北渐渐减小。七里海以北, 岸线转变为侵蚀后退。现代滦河三角洲受滦河影响最为显著。引滦工程前, 岸线向海延伸, 最大延伸速率达 81.8m/a。工程后, 岸线普遍侵蚀后退, 后退速率以口门最大, 为 300m/a, 向两侧变小。滨外砂坝平均每年后退 25m, 砂坝规模变小, 总长度由 10.6km 减到 8.3km, 连续性变差, 砂坝宽度平均每年减少 20m, 最大减少量为 50m/a。现代三角洲以南海岸, 岸线的变化以滨外砂坝的变化代替。工程前, 海岸侵蚀后退, 由北向南后退量越来越大, 平均每年后退 11.3m。工程后, 海岸侵蚀加剧, 由北向南后退量越来越小, 平均以 17.4m/a 的速率后退, 年后退量比工程前增加了 6m。

3.2 现代三角洲岸线变化的预测

根据现代滦河三角洲的地貌形态、沉积特征及野外测量等资料^[2,3], 并结合国外同类型三角洲的数据分析, 滦河的入海泥沙除被波浪和潮流带向外海及沿岸的纵向输沙外, 其它的泥沙中, 15%用于三角洲平原的建造, 65%用于陆上三角洲的向海扩张, 20%用于水下三角洲的建造。根据三角洲外缘的波浪及潮流推算, 滦河口以南波浪、潮流的输沙方向均向南, 波浪纵向输沙 $19.5 \times 10^4 \text{t/a}$, 潮流输沙 $363.9 \times 10^4 \text{t/a}$ ^[4], 输沙总量 $383.4 \times 10^4 \text{t/a}$ 。滦河口以北输沙向北, 数值为滦河口以南的 20%, 即 $76.7 \times 10^4 \text{t/a}$ 。滦河入海沙量中 $460 \times 10^4 \text{t}$

的泥沙被波浪及潮流带走。

现代滦河三角洲呈典型的扇状, 顶点在莲花池附近。为计算方便, 将三角洲外型规范化。三角洲陆上部分的扇形半径 R 为 6.5km, 水下部分的扇形半径 R 为 16km, 水下岸坡平衡点距顶点的距离 L 为 9.5km, 三角洲扇形开张角 θ 为 145° , 陆上部分高程 h 为 1m, 海滩坡度 α 为 7° , 水下岸坡平衡点水深 H' 为 8.5m, 水下三角洲外缘水深 H 为 13m, 得出下列公式:

$$X = \frac{6(P_0 - P)y_1}{\theta h D(10r + 3h \operatorname{ctg} \alpha)} \quad (3-1)$$

$$S = \frac{\theta}{2}(2rX - X^2) \quad (3-2)$$

$$a = H' \left[\frac{X + \frac{1}{2}(L - r)}{L - r + X} - \frac{1}{2} \right] \quad (3-3)$$

$$b = \frac{6(P_0 - P)y_2 + \theta D[H'L + 6h(r + h \operatorname{ctg} \alpha)]X}{2\theta DR(R + L)} \quad (3-4)$$

式中 X ——现代三角洲海岸的侵蚀速率; s ——三角洲陆上部分的年侵蚀面积; a ——水下岸坡上部的垂直侵蚀速率; b ——水下岸坡下部的垂直堆积速率; P ——滦县站实测年输沙量; P_0 ——海洋动力输沙量为 $460 \times 10^4 \text{t/a}$; y_1 、 y_2 ——泥沙的分配系数, 分别为 65%、20%; D ——泥沙的比重, 2.65t/m^3 。

以引滦工程后滦河年平均输沙 $103 \times 10^4 \text{t}$ 计算, $x = 32 \text{m/a}$, $s = 0.53 \text{km}^2/\text{a}$, $a = 2.2 \text{cm/a}$, $b = 4.5 \text{cm/a}$ 。现代滦河三角洲的后退速率与工程后 (1980—1983 年) 的实测数值 (滨外砂坝的平均后退速率 25m/a) 较为接近。

4 地下水位的变化

据三角洲地区 12 个观测井的实测数据统计, 工程前 (1973—1979 年), 因三角洲稻田面积逐年增加, 三角洲地区的地下水位呈下降趋势, 平均下降速率为 0.13m/a 。滦河两侧由于得到河水补给, 地下水位下降较慢, 仅为 $0.04 - 0.08 \text{m/a}$ 。远离河床的乐亭马头营乡王庄子测井水位下降速率高达 0.34m/a 。工程后, 因潘、大两水库的拦截, 下游地下水的补给仅靠水库以下面积不足 9000km^2 的基流维持。河道中基流量的大幅度减少以及三角洲地区工业及灌溉开采水量的增加, 地下水位下降速率明显增大, 尤其是 1980—1984 年, 此期间滦县站的年径流量为 $13.5 \times 10^8 \text{m}^3$, 地下水位每年下降 0.4m 。1985—1988 年, 滦县站年径流量为 $26.6 \times 10^8 \text{m}^3$, 地下水位下降速率减到 0.22m/a 。引滦工程后, 三角洲地区地下水位的下降幅度增大了近 3 倍。1988 年昌黎县地下水超采 $0.442 \times 10^8 \text{m}^3$, 乐亭县超采 $0.05 \times 10^8 \text{m}^3$, 乐亭县城关镇目前已出现面积 5km^2 的漏斗区。随着王滩工业区的建成, 地下水的开采量必将日益增加, 新的区域性地下水位下降漏斗必将形成。据滦县、乐亭、昌黎等县统计, 受地下水位下降影响, 滦河两岸枯季约有 1295 口饮用井及农用机井供水不足或干涸, 受影响的村庄有 133 个, 人口约 9.1 万人, 其中较严重的有 82 个村庄, 人口 5.5 万人。

5 滦河口盐水入侵

滦河口盐水和淡水在姜各庄以下河段混合。长江等河口的资料分析表明, 河流口门附近的月平均盐度与径流量有良好的负相关^[5,6]。据滦县站工程前后的月平均径流量及 1984 年 11 月、1985 年 5 月和 8 月的盐度实测数据统计, 滦河口的月平均盐度 \bar{S} 与滦县水文站的月平均流量 \bar{Q} 存在着下列指数关系:

$$\bar{S} = 38.5e^{-0.016669\bar{Q}} \quad (5-1)$$

工程前, 滦河口口门处枯水期(1 月)的盐度为 27.3‰, 丰水期(8 月)盐度为 0.005‰。工程后, 口门枯水期盐度为 32.6‰, 比工程前增加了 5.3‰。丰水期盐度是 4.92‰, 比工程前增加了 4.91‰。枯水期口门盐度增加量大于丰水期。

盐水入侵长度主要取决于滦河的径流量和潮汐, 同时也与河口形成、河床阻力、口外盐度及波浪等因素有关。潮差对盐水入侵长度的影响较复杂, 这里暂不考虑。本文运用憩流近似法估算盐水入侵长度与径流量和口门盐度的关系^[7-9], 得出如下方程:

$$(L + 22.36)^2 = 369.79 \frac{\bar{Q}_0}{\bar{Q}} \left| \ln \frac{\bar{S}}{\bar{S}_0} \right| \quad (5-2)$$

式中: L ——口门起盐水的入侵长度; \bar{S} ——口门月平均盐度; \bar{S}_0 ——口门外基本不变盐度, 为 31‰; \bar{Q} ——滦县站相应的月径流量; \bar{Q}_0 ——滦县站多年平均流量, 为 141.2m³/s。工程前枯水期(1 月)盐水的入侵长度为 7.98km, 丰水期(8 月)盐水在口门外 5.09km。工程后枯水期盐水入侵长度为 9.62km, 比工程前增加了 1.64km。丰水期海水到达口门。

6 土壤盐渍化

引滦工程使滦河下游水位降低, 盐水入侵长度增大, 若遇上台风, 涨潮流在增水的作用下加强, 盐水沿河道上溯较远。盐水入侵是影响土壤盐渍化的一个重要因素, 它的影响主要有两个方面, 一是直接淹没沿海低地, 使土壤发生盐渍化。另一是沿河上溯, 深入内陆腹地, 引起河道两侧土壤发生盐渍化。滦河两岸由于建有防洪小堤及防护大堤, 三角洲除堤外新垦的滩涂外, 堤内的土地已基本消除了海水的直接淹没, 但盐水沿河上溯, 通过地下水循环而散布盐分。滦河沿岸, 地下水和土壤含盐量与滦河水质的变化趋势相一致。河水对沿岸地下水的影响主要是通过侧渗和静水压力补给地下水。工程前, 滦河三角洲浅层地下水的北界大致在姜各庄—黄口—苏各庄—西徐各庄—马头营一线。工程后, 因盐水入侵长度增大, 浅层地下水的北部界限向北推移约 2km, 同时形成沿海表层地下水多咸水层, 土壤盐渍化的面积扩大 47km²。

7 河道的调整

工程后, 滦河下游的水文过程发生改变。来水方面, 主要表现为滦河下游的水量减少, 洪峰减小, 中水流量持续时间增加, 枯水流量增加, 年内和年际流量变幅减小, 以及接近

恒定流状态的流量持续时间增长。来沙方面,主要是下泄沙量减少,泥沙组成变细,含沙量减小。工程后滦河下游河道发生冲刷,水库下游的冲刷距离为 99—110km,库下河段第一个 10 年内的冲刷深度为 1.97m,总的冲刷量以靠近水库的迁西段最大。冲刷过程中泥沙状况发生改变,床面不断粗化,最终形成抗冲的铺盖层,阻止河床进一步下切。同时悬移质中的粗颗粒不断换取河床中的细颗粒,使悬移质不断细化。未能满足的冲刷深度将以下一河段得到补偿。滦县以下除海平面外不存在其它局部基准面控制河床下切,当水库下泄清水流量超过 $500\text{m}^3/\text{s}$,只要有足够历时,冲刷就可以发展到河口地区。三角洲地处地壳下沉区,地壳下沉导致河道堆积,对下游河床的冲刷起到一定的补偿作用。

滦河下游河岸崩塌严重,为此地方政府采取了一系列工程及生物措施。工程前,三角洲每年的滦河引水量为 $10 \times 10^8\text{m}^3$,岩山渠首下游河段河床向窄深方向发展,河床宽度减少,平均每年减少 13m。工程后,河道拓宽,平均每年增加 47m。影响河流横向变化的重要因素是河岸与河床的相对可动性。滦河下游河床为沙质,河岸为二元结构,但粘土和粉砂含量极少,加上河岸植被生长衰退,灌丛大量死亡,河岸的可动性较大。另一重要因素是水流动力轴线的摆动。流量变化引起水流动力轴线变化,导致河岸着流位置的变化,发生崩岸的具体位置也发生变化。1984 年 8 月 11 日,口门附近的河床向南拓宽 50—70m。1985 年 8 月,九间房一带河床被冲塌 5—10m,河岸显著变陡。建库后滦河洪峰削平,下游河岸漫决和溃决的可能性减小,但清水下泄初期,河流再造床作用强烈,原先堤岸防护工程的布局与改变了的水沙条件不适应,一个时期内,冲决的威胁有所增大。水库的调洪使下泄流量过程趋于均匀化,随洪峰起涨回落而出现水流顶冲点上提下挫的范围缩短,在长期中水作用下,水流集中顶冲掏刷一处的机会增多,容易产生大险。

表 3 三角洲地区滦河宽度的变化 (m)

Tab. 3 Changes in river width in the delta

年 份	1969	1980.5	1983
a 姜各庄北	195	75	155
b 标上村北	225	90	150
c 李营北	205	205	300
d 腰庄北	200	225	530
e 莲花池东南	450	200	405
f 九间房东北	475	100	195

工程后滦河口发生淤积,河床逐年抬高。1985 年春,莲花池、九间房等地鱼船只能在高潮时沿深槽进出河口。姜各庄、莲花池及口门横剖面水深测量表明,河底高程均在理论基准面以上。口门横剖面经过冲刷槽,河底高程仍在理论深度基准面以上 0.26m ^①。水文调查资料也表明,莲花池至兜网铺河段有余沙存在,河道发生淤积^[10]。

① 国家海洋局一所,河北省海岸带滦河口调查报告,1986。

8 控制三角洲变化的对策

滦河三角洲环境变化的关键在于滦河径流量和泥沙量的变化,其中又以径流量的变化尤为突出。我们在制定三角洲保护措施时必须充分把握这两个方面的因素。

解决水量减少所引起环境变化的对策:①建立权威性水资源调度和管理中心,对工农业布局 and 结构合理调整,加强农业及城市工业和市政、生活用水的管理,提高水价,实行水票制,促进节约用水。②进行滦河中下游工农业用水及引滦入津、引滦入唐、引青济秦等工程引水量的最优水量分配。③建立污水处理公司,集中力量解决各行各业的污水处理,充分利用这部分资源,避免污水进一步扩散。④充分发挥水利工程对保护环境的有利因素。枯水期在保证农业用水的前提下,增加放水量,流量不小于 $15\text{m}^3/\text{s}$ 。⑤扩大海水利用,这是发展王滩工业区的一项重要措施,不仅可解决淡水供应不足问题,又可以利用海水发展海洋化工。冀东钢铁基地、大型热电站应尽可能建在海岸区域内。据滦河中下游远期水资源分配方案,引滦工程年引水量为 $29.1 \times 10^8 \text{m}^3$,偏枯年和枯水年滦河无水入海。解决问题的办法是“南水北调”。建议“南水北调”后,滦河水不再跨流域“引滦入津”,仅作为天津市后备水源。“南水北调”如能给唐秦地区 $10 \times 10^8 \text{m}^3$ 水量,可解决冀东地区工农业发展供水不足问题,减轻因滦河下游水量不足所引起的滦河三角洲环境变化。

为阻止三角洲海岸后退,要求增加滦河的入海泥沙。工程后,滦河的入海泥沙主要来自青龙河及下游河道的侵蚀。1984年8月,滦河中下游形成洪水,该年滦县站实测输沙量 $517 \times 10^4 \text{t}$,基本上可使现代三角洲海岸保持稳定。其它年份输沙量皆小于 $105 \times 10^4 \text{t}$,最少年只有 $12 \times 10^4 \text{t}$,只能利用洪水季节滦河水量与水库下泄水量的叠加所形成的洪峰冲刷河口落淤,同时结合机船拖淤,可弥补水库建成后的部分泥沙损失,但仍满足不了波浪、潮流的输沙量,尤其是支流青龙河桃林口水库修建后,入海泥沙进一步减少,海岸的侵蚀后退是不可避免的。当然,工程措施的运用可有效地阻止三角洲海岸的后退,但工程量较大,目前情况下得不偿失。

9 结论

人类与地理环境的相互作用中,人类居主导地位。河流与海洋是一个相互联系的系统,三角洲是河流与海洋共同作用的产物。最近几十年来,海洋变化甚微,或者说几乎没有改变,而河流作用由于人类活动的影响变化极大。在三角洲地区的环境演变过程中,河流与海洋这一对矛盾,以河流居主导地位^[11]。

三角洲是河流入海堆积体。在地质历史中,它一直不断地向海延伸加积。最近几十年,由于河流建造各种水工建筑物及引水灌溉等其它人类活动,河流入海水量及泥沙量大大减少,三角洲海岸由加积前进变为侵蚀后退,这是全球性的普遍现象。

是否修建水利工程要考虑济发展和环境演变,经济条件为主,自然条件为次,这个关系不应颠倒。从建造水库、跨流域调水的效果看,引滦工程的确起到了拦沙、蓄水、削洪、发展经济和保障人民生活等多方面的经济效益。

引滦工程对滦河三角洲的影响可归结为下列模式, 引滦工程→改变了原有的滦河水文→导致三角洲环境的变化→影响社会经济的发展。影响以枯水年最大, 平水年次之, 丰水年最小。影响最大的地区是现代滦河三角洲。

工程影响的分析仅仅限于当时引滦工程的引水量为 $13 \times 10^8 \text{m}^3$ 。随着引滦入唐的进行, 引滦入津水量的增大, 以及青龙河桃林口水库的建成和引青济秦, 工程的控制水量将达 $29.1 \times 10^8 \text{m}^3$, 工程对滦河三角洲的影响将更为严重。

参 考 文 献

- 1 钱春林. 引滦工程对滦河下游水文及河道的影响. 海河水利. 1991 (4): 10—16.
- 2 王颖. 渤海湾北部海岸动力地貌. 海洋文集. 1963 (3): 54—66.
- 3 Wang Ying, Ren Mei-e, Zhu Dakuei. Sediment supply to the continental shelf by the major rivers of China. *Journal of the Geological Society*. 1986. **143** (6): 935—944.
- 4 马仲基, 朱大奎, 戴军. 河北王滩港址海岸动力地貌与港口建设研究. 南京大学学报 (自然科学版). 1990. **26** (1): 131—148.
- 5 沈焕庭, 茅志昌, 谷国传等. 南水北调对长江口盐水入侵的影响. 见: 左大康, 刘昌明编. 远距离调水——中国南水北调和国际调水经验. 北京: 科学出版社. 1983. 211—216.
- 6 陈吉余, 沈焕庭, 徐海根等. 三峡工程对长江口盐水入侵和侵蚀堆积过程影响的初步分析. 见: 中国科学院三峡工程生态与环境科研项目领导小组编. 长江三峡工程对生态与环境影响及其对策研究论文集. 北京: 科学出版社. 1987. 350—368.
- 7 韩乃斌. 南水北调对长江口盐水入侵影响的预测. 地理研究. 1983. **2** (2): 99—106.
- 8 Harleman DRF, Abraham G. One-dimensional analysis of salinity intrusion in the Rotterdam Waterway. Delft Hydraulics Laboratory Publication. Amsterdam. 1966. 23—31.
- 9 Harleman DRF, Hoopes JA. The prediction of salinity intrusion changes in partially mixed estuaries. IAHR 10th congress. Oslo. 1963. 127—138.
- 10 姜太良. 滦河口径流量滦河口输沙量分析. 黄渤海海洋. 1986. **4** (4): 93—106.
- 11 任美镔. 人类活动对密西西比河三角洲最近演变的影响. 地理学报. 1989. **44** (2): 221—229.

作 者 简 介

钱春林, 男, 1963 年生。1980 年考入南京大学地理系, 1989 年赴丹麦奥尔胡斯大学地学院进修, 1991 年南京大学大地海洋科学系自然地理专业博士生毕业。主要从事“人类活动对海岸环境影响”的研究, 曾发表“引滦工程对滦河下游水文及河道的影响”等论文。

EFFECTS OF THE WATER CONSERVANCY PROJECTS IN THE LUANHE RIVER BASIN ON LUANHE RIVER DELTA, HEBEI PROVINCE

Qian Chunlin

(Department of Geo and Ocean Science, Nanjing University, Nanjing 210008)

Key words the water conservancy projects in the Luanhe River Basin, the Luanhe river hydrology, Luanhe River Delta

Abstract

According to field investigation and various collected information and data, I systematically analysed a series of delta environmental variations in the Luanhe River Delta after the water conservancy projects were built in the Luanhe River Basin. Since 1980, great changes of the river hydrology have taken place at the lower reaches of the Luanhe River. The runoff, sediment yield and water discharge decreased obviously. They caused delta environmental variations, such as coastal erosion, decline of ground water table, salty water intrusion, soil salinization, river bed erosion, deposition in the river courses in the estuary, and so on. I also tried to predict the evolution of the delta environment and put forward some proposals to control the environmental variations in the Luanhe River Delta.