

现代黄河口海岸侵蚀动力灾害预测探讨

尹明泉¹, 李 采², 韩淑萍¹, 高照良³

(1. 青岛地质工程勘察院, 青岛 266071; 2. 中国地质大学(北京), 北京 100083;

3. 西北农林科技大学水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:自 1976 年黄河人工改道走清水沟流路以来, 现代黄河口总体处于淤进状态。由于海洋动力的侵蚀作用, 使得现代黄河口也产生了海岸侵蚀动力灾害, 造成了水土流失。经过对河口地区 1986~2004 年间遥感图像进行比较分析, 有关海岸位置的原始数据间存在有近似的二元一次线性相关关系, 通过建立回归模型, 对 2005~2010 年河口地区海岸侵蚀动力灾害进行了预测探讨, 供有关部门参考。

关键词:海岸侵蚀动力灾害; 水土流失; 现代黄河口; 淤进; 蚀退

中图分类号: S157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)01-0315-03

Discussion on Disaster Forecast of Erosion Power at Yellow River Coast

YIN Ming-quan¹, LI Cai², HAN Shu-ping¹, GAO Zhao-liang³

(1. Qingdao Geomaterial Institute, Qingdao 266071, China;

2. China University of Geosciences(Beijing), Beijing 100083, China;

3. Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The Yellow River delta was at a silting-up statement since the channel of the river was changed to Qingshui in 1976. Shoreline erosion as well as water losses and soil erosion have taken place in Yellow River estuary because of marine power. Through analyzing on the data of lands at images from 1986~2004 in estuary district, it is found that there was a duality linear correlation relation between these data. And the shoreline erosion disaster from 2005~2010 at estuary district is discussed by making regression model for relative department reference.

Key words: shoreline erosion power disaster; water losses and soil erosion; Yellow River estuary; silting-up; retreat

1 前 言

黄河是我国第二大河, 黄河三角洲的泥沙主要来自于黄河中游, 进入河口地区的泥沙又绝大部分淤积在陆上及滨海地区, 逐渐形成黄河三角洲。黄河受水盆地很浅, 一般仅几米至十几米, 现代黄河口沉积物以粉土、粉砂为主, 孔隙度较高, 稳定性较差^[1], 极易受到海洋动力侵蚀造成海岸蚀退。

黄河三角洲是当今我国乃至世界各大河三角洲中海陆变迁最活跃的地区, 特别是现代黄河口地区造陆速率之快, 尾闾迁徙之频繁, 更为世所罕见。但在黄河淤进造陆作用的同时, 现代黄河口也受到海洋动力的侵蚀作用, 造成了水土流失, 由于这两种动力的共同作用, 使得现代黄河口地区迅速地发生着淤进蚀退交替的演变。

2 现代黄河口海岸动态

据以往资料和遥感影像分析, 1976 年黄河人工改道走清水沟流路以来, 现代黄河三角洲海岸变迁的总体趋势是: 北部钓口地区不断侵蚀, 东北部黄河港地区基本稳定, 南部现代黄河口地区以淤积为主^[2]。90 年代以来, 随着黄河断流天数逐年增多, 使黄河来水来砂量逐年递减, 目前就整个黄河三角洲地区来看是侵蚀略大于淤积, 水土流失比较严重。

黄河改道清水沟流路以来, 在 1976~1981 年间, 清水沟

流路尚未形成明显的沙嘴, 还处在摆动之中, 但沙嘴已呈淤积延伸之势。据遥感影像资料分析, 1981~1984 年, 河口沙嘴明显地向东淤积扩张, 淤积速率达 5 km/a, 平均每年造陆面积约 5 km² (见图 1)。

1986~1987 年, 沙嘴变化比较平稳, 淤积速率约为 2.4 km²/a。1988 年起沙嘴淤积速度明显加快, 使得 1985~1996 年平均淤积速率达 12.1 km²/a。沙嘴南北两侧及整个沙嘴的淤积分布情况见图 2 所示, 由图可以看出, 河口北侧淤积量较小, 南侧淤积量较大且均匀, 这与沙嘴附近的海域地形、潮流特点及泥沙的扩散方向等多种因素有关^[3]。1996 年 7 月以后, 人工引黄河从北汉 1 入海, 改变了原有泥沙淤积条件, 使得北汉 1 造陆速率加快, 这主要是考虑到胜利油田拟变海上开采为陆上开采的一个人为措施, 与此同时, 原沙嘴又以较快的速率遭受侵蚀 (见图 3)。

3 黄河口海岸侵蚀灾害预测

由于黄河口海岸线的淤进蚀退直接影响到沿岸的工农业生产, 尤其对胜利油田产生直接威胁, 因此对现代黄河口海岸侵蚀动力灾害的评价与预测就显得非常重要。

3.1 黄河口海岸侵蚀灾害评价

通过对河口地区 1986~2004 年间遥感图像进行相互比较分析, 河口段海岸线在 1986~2004 年总体处于向海淤进,

* 收稿日期: 2006-03-23

作者简介: 尹明泉(1963-), 男, 高级工程师, 主要从事水文地质、环境地质工作。

沙嘴前端北侧年平均淤进 330 多 m,属快速延伸;沙嘴南侧年平均淤进 30~80 m,属中速延伸-慢速延伸;而沙嘴后端北侧年平均侵蚀 100~110 m,属轻度侵蚀-中度侵蚀(与海平面上升有关^[4]),水土流失严重。上述结果表明:河口段海岸线在 1986~2004 年间正在向海洋推进进行造陆,延伸速度从河口向两边减小,而沙嘴北侧则受海洋轻-中度侵蚀,对沿岸工农业生产造成一定影响,应利用各种方法加以维护。

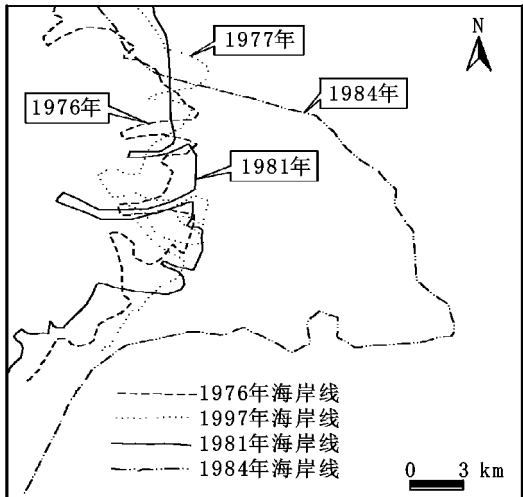


图 1 由 RS 影像获得的 1976~1984 年河口海岸变迁图

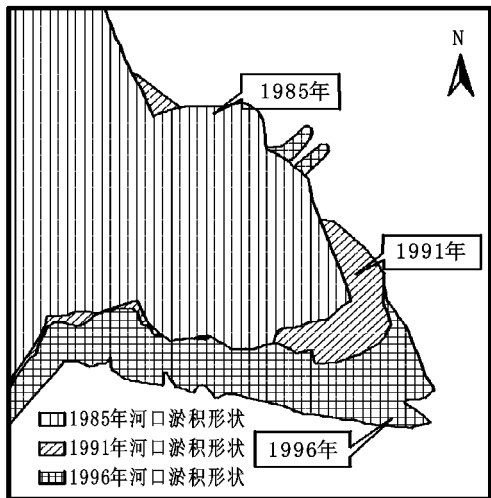


图 2 河口海岸淤积特征图

3.2 黄河口海岸侵蚀灾害预测

在黄河口海岸演变过程中,就其变化面积或海岸形态而言,总体上是属于随时间递增变化的,而且海岸形态的变化是河流径流、泥沙、海洋动力作用^[5]等众多因素综合作用的结果,不易用明确的数学模型来表述,因此利用前期动态演变过程中已知的增长面积、岸线位置等原始数据,建立回归分析模型用以预测现代黄河口海岸线的演变是可以尝试的。

回归分析是常用的统计预测方法,它可以确定几个特定的变量之间是否存在相关关系,如果存在,找出它们之间合适的数学表达式;根据一个或几个变量的值,预测另一个变量的取值,并且要知道这种预测可达到什么样的精确度。在回归分析中,回归系数主要取决于因子与预测量之间以及因子与因子之间的相关程度,而与因子间相对量值的大小无关。

设系统有 m 个自变量(即预测因子) u_1, u_2, \dots, u_m , 预测对象记为 y , 则多元线性回归方程为:

$$\hat{y}(k) = a_0 + a_1 u_1(k) + a_2 u_2(k) + \dots + a_m u_m(k)$$

式中: $\hat{y}(k)$ ——预测对象 $y(k)$ 的回归估计值, a_0, a_1, \dots, a_m ——称为回归系数。

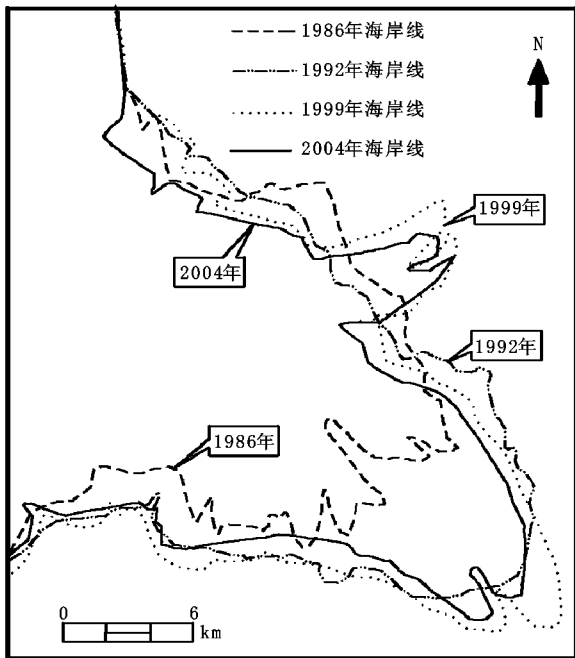


图 3 由 RS 影像获得的 1986~2004 年黄河口海岸变迁图

在样本数据给定的前提下,可用消去法求解联立方程组,解出 a_0, a_1, \dots, a_m 之后,就可列出多元线性回归方程。对于上式,若数据很多时,回归系数 a_1 越多,得到的数据越精确。然而,在实际工作中数据可能太少,故 a_1 越多反而误差越大,所以 a_1 的选择跟数据的多少联系起来,必须找到一个最优的方法。

在现代黄河口海岸线演变预测中,我们是这样尝试的,首先在河口地区的上游部位选一个点作为原点,向河口地区做放射状测线 8 条,由北向南分别记为 1, 2, ..., 8, 见图 4。然后利用 1986~2004 年间 15 个年度的遥感图像资料,分别测量出各测线上原点至各年海岸线的距离,再按线性内插作等时距化处理,即可得出 1~8 每条测线的原始数据。经过对这些原始数据的研究分析,我们发现这些原始数据间存在有近似的二元一次线性相关关系,因此对每条测线的原始数据分别建立了如下回归模型(见表 1)。

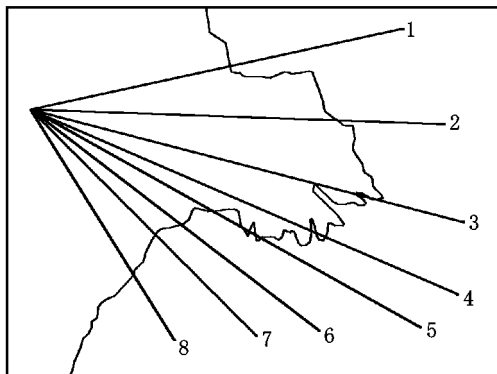


图 4 现代黄河口地区建模测线分布图

根据上述回归模型,分别计算出 1~8 各测线 2005~2010 年的预测值,将这些预测值点绘于图上,并将各点圆滑连接,即可得出 2005~2010 年预测的海岸线(见图 5),从而完成了对现代黄河口海岸侵蚀灾害的预测。

表 1 1~8 测线回归模型一览表

测线号	回归模型
1	$x(t+1) = 0.385x(t) + 11.285$
2	$x(t+1) = 0.324x(t) + 17.901$
3	$x(t+1) = 0.258x(t) + 23.969$
4	$x(t+1) = 0.058x(t) + 33.245$
5	$x(t+1) = 0.020x(t) + 28.067$
6	$x(t+1) = 0.050x(t) + 18.646$
7	$x(t+1) = 0.104x(t) + 15.581$
8	$x(t+1) = 0.086x(t) + 20.473$

从预测图可以看出,由于 1996 年黄河的人工改道,使得河口地区的来水来沙情况发生了很大的变化,河口地区未来几年内海岸线也随之变化很大,1996 年前的海岸线主要是在向顶端扩张,而 1996 年后的顶端海岸开始遭受海洋动力侵蚀,水土流失严重,应引起特别关注;而被分流的北汉 1 流路开始进行扩张,从预测图上看,有一直扩张的趋势。

4 结 语

需要指出的是,黄河在 90 年代中后期,断流时间逐年增加,这种断流主要是由于人类活动造成的,所以现代黄河口海岸线的变化受人类活动影响很大,对模型预测也将产生较

大影响。
在本次工作中,利用遥感图像资料获取原始数据,运用回归模型预测方法,进行了现代黄河口海岸侵蚀演变的预测。

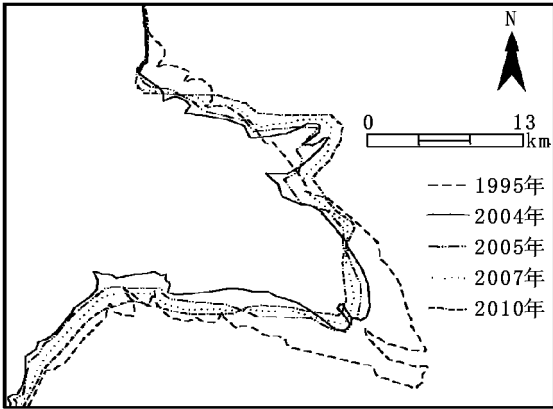


图 5 河口地区 1995 - 2010 年海岸侵蚀模型预测结果
众所周知,海岸线的演化是多种因素共同作用的结果,预测的可靠性也与预测时限的长短密切相关,预测的时间越远,预测值的可靠性就越低,因此,2005 年、2007 年海岸侵蚀
(下转第 319 页)

(上接第 314 页)
象比较严重,深部尚未形成贯通的滑面,整体稳定性较好。

表 2 有限元模型材料计算参数

介质类型	弹性模量 /MPa	泊松比	内摩擦角 /°	内聚力 /MPa	残余内摩擦角 /°	残余内聚力 /MPa	容重 (MN·m ⁻³)	抗拉强度 /MPa
1	50	0.32	30	0	24	0	0.0225	0
2	80	0.32	34	0	28	0	0.0235	0
3	1000	0.29	34	0.45	31	0.25	0.02	
4	04	100	0.32	29	0.15	25	0.05	0.023
5	2500	0.28	33	0.35	30	0.2	0.0265	0.2
6	7500	0.27	38	0.6	34	0.35	0.027	0.5
7	10000	0.26	43	1	38	0.6	0.0275	1

注:表中 1 第四系冲崩坡积物;2 第四系冲、洪积物;3 变形体;4 潜在滑动面;5 强风化岩体;6 弱风化岩体;7 微新岩体

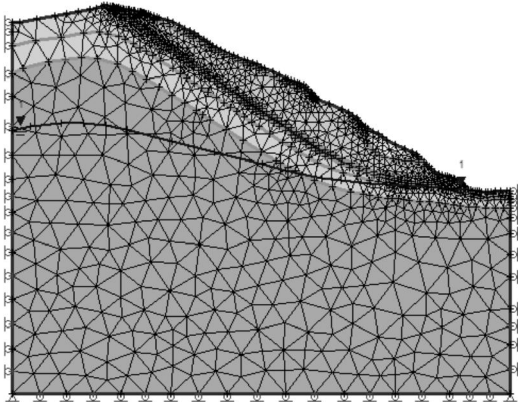


图 4 有限元法计算模型

参考文献:

[1] 张倬元,王士天,王兰生. 工程地质分析原理[M]. 北京:地质出版社,1994. 331 - 335.
[2] 陈祖煜,汪小刚,杨健. 岩质边坡稳定分析 - 原理·方法·程序[M]. 北京:中国水利水电科学研究院,2005. 766 - 799.
[3] 崔银祥,聂德新,岳尚彬. 通过滑面应力状态评价滑坡稳定性[J]. 山地学报, 2005, 3(2): 165 - 168.
[4] 边树兴,李克民,朱玉生. 边坡稳定分析 Sarma 法中稳定性检验的分析[J]. 露天采矿技术, 2004(2): 12 - 14.
[5] 洪玉辉. 碧口水电站右岸倾倒体高边坡稳定性分析与评价[J]. 西北水电, 1994, (1): 10 - 14.

4 结 论

本文以某水电站库区 1 # 倾倒体边坡为例,分别采用 Sarma 法和有限元分析方法评价了边坡的稳定性,得出如下结论:

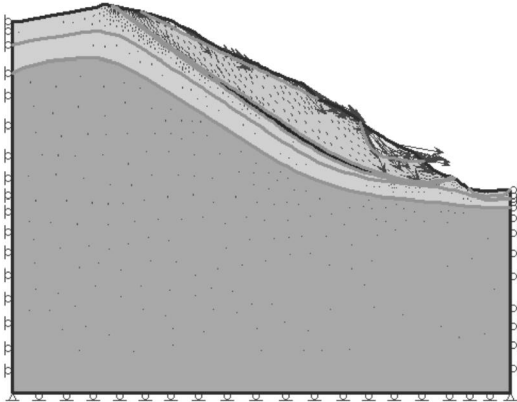


图 5 有限元计算总位移矢量图

(1) 边坡的稳定性受到多种因素的制约,采用合理的评价方法对边坡的稳定性评价具有重要影响。对于节理发育的岩质边坡,采用 Sarma 法进行边坡的稳定性评价较为适宜。
(2) 由于边坡工程的复杂性和非线性,在边坡的稳定性评价中,应综合运用多种评价方法并结合已有的工程经验进行定性和定量分析。有限元等数值模拟分析方法评价边坡的稳定性具有传统的极限平衡法所不具备的优点,值得在工程中推广应用。

的 8 倍左右,湿润系数为 0.2。年平均风速 4.4 m/s,上述水文气象条件形成了该区具有光能资源丰富,降水量不足,风大风多,春旱等自然灾害频繁发生的显著特点。试验区所在地土壤类型以淡栗钙土为主体土类,表层土壤质地为砂壤土、轻壤土和中壤土。植被属典型的干旱草原植被,盖度在 25 % 左右,以中旱生和旱生类植物为主,优势植物种主要有冷蒿、糙隐子草、羊草、兔毛蒿、小叶锦鸡儿等。试验区天然草地面积约 486.67 hm²,有家畜 780 只羊单位,人均 32 只羊单位。按畜牧业适宜载畜量计算,现状天然草地可载畜 487 只羊单位,实际超载 54 %。

3 试验方法

3.1 试验设计

在试验区选择相邻且草场自然状况差别不大的典型试验牧户 4 户,分别在其拥有的草库伦内选择面积为 2.2 hm² 的 4 块样地进行不同放牧形式下的单位面积饲草料地保护和恢复天然草地的试验,试验设计见表 1。

表 1 灌溉饲草料地保护和恢复天然草地试验设计		放牧家畜数量					修复草地能力测试
试验方案	经营管理方式	天然草地面积/hm ²	总数/只	暖季/只	冷季/只	冷季补饲/只	
1	天然放牧	2.2	3	3	3		
2	冷季补饲(11~3)	2.2	3	3	2	1	包括产量、草地
3	冷季补饲(11~3)	2.2	3	3	1	2	盖度等测试
4	冷季舍饲(11~3)	2.2	3	3			

3.2 试验观测

试验用采用样方法进行野外取样测定。包括牧草现存量与生长量、植物群落特征等观测内容。

牧草现存量与生长量:夏秋季节,在常年放牧对照区、围栏封育小区、暖季放牧区,每月同一时间分种测定植物地上现存量,风干称重,样方面积为 1 m × 1 m,5 次重复(以下测产样方面积均为 1 m × 1 m)。为计算牧草生长量,暖季轮牧区分别布置 5 个活动围笼(1.5 m × 1.5 m),牧前测定植物地上现存量,牧后笼内外分别测产。在常年连续放牧区,随机布置 5 个活动围笼(1.5 m × 1.5 m),每月移动一次,笼内外分别测产。

植物群落特征:试验期间,在常年放牧区、围栏封育区、暖季放牧区分别布置 10 个固定样方,样方面积为 1 m × 1 m,于 7、9 月测定植物地上生物量、群落盖度、高度和频度等。

3.3 灌溉饲草料地与草地生态恢复间的关系分析

试验始于 2003 年止于 2005 年,表 2 列出了不同载畜量、灌溉人工饲草补饲和天然草地恢复和提高生产力试验结

果。由表可知:选天然草地试区 2.2 hm²,适宜载畜量为 2.2 只羊单位,目前养畜 3 只羊单位,超载近 50 %,通过近 0.067 hm² 灌溉人工饲草料地生产的饲草料,对牲畜按每个羊单位补饲量 2 kg/d 进行 150 d 补饲,可使 2.2 hm² 典型天然草原得以修复。相当于减轻天然草地 1/3 载畜量。草地生产力可提高 24.5 % ~ 45 %,草地植被盖度较现状提高 44 % ~ 50 %。

表 2 灌溉草库伦与草地生态恢复效应试验结果		试验方案			
		1	2	3	4
天然草地面积/hm ²		2.2	2.2	2.2	2.2
放牧方式	天然放牧		冷季补饲(11~3)	冷季补饲(11~3)	冷季舍饲(11~3)
	暖季/只	3	3	3	3
	冷季/只	3	2	1	
	总数/只	3	3	3	3
放牧家畜数量	冷季补饲/只	0	1	2	3
	补饲量/kg	0	360	720	1080
	补饲牲畜/羊单位	0	1	2	3
饲草补饲量	产量/kg		400	720	1100
	面积/hm ²	0	0.03	0.008	0.07
项目实施后天然草地样方测试	03	54			
	生产力	04	46	56	67
	(kg · 0.07 hm ⁻² · a ⁻¹)	05	38	54	63
	平均	46	55	65	73
	03	31			
盖度/%	04	30	35	31	33
	05	32	41	36	38
	平均	31	38	33.5	35.5

注:1、03、04、05 代表年份;2、11~3 代表 11 月到次年 3 月。

4 结 论

在我国北方典型草原区,发展灌溉饲草料地具有保护和修复草原生态的明显作用。

(1) 发展灌溉饲草料地,实施冷季补饲生产管理方式较天然放牧方式草地生产力增长 19 % ~ 41 %,植被盖度增加 22 % ~ 53 %。实施冷季舍饲,天然草地恢复效果更显著,草地生产力较天然放牧提高 38 %,植被盖度增加 43 %。

(2) 在有限水源条件下,根据水草畜平衡原理,实施人工种植冷季补饲生产管理方式,发展灌溉饲草料地面积与天然草地修复面积比例约为 2 %,也即发展 0.067 hm² 灌溉饲草料地约使 3.33 hm² 天然草地得到恢复。

参考文献:

[1] 中国水利学会牧区水利专业委员会,等. 牧区生态水利理论与技术探索[M]. 呼和浩特:内蒙古人民出版社,2004. 35.

(上接第 317 页)

的预测应该是合理的,2010 年的预测结果仅供参考。本次黄河口地区海岸侵蚀预测的意义不仅是通过预测具体的形态演化,展示现代黄河口海岸线近期将形成的概略形态,使政府决策部门对现代黄河口地区海岸侵蚀变化和水土流失趋势有一个宏观的认识,同时也为黄河流域及海岸的治理、

参考文献:

[1] 尹明泉,韩淑萍. 黄河三角洲地区软土的初步研究[J]. 山东地质,1993,9(2):12-19.
[2] 青岛地质工程勘察院. 黄河三角洲海岸侵蚀与岸坡稳定性灾害防治报告[R]. 青岛:青岛地质工程勘察院,2004. 33-55.
[3] 何庆成,段永侯,张进德,等. 黄河三角洲海岸带综合管理[M]. 北京:海洋出版社,1999. 70-92.
[4] 陈吉余,陈沈良. 河口海岸环境变异和资源可持续利用[J]. 海洋地质与第四纪地质,2002,22(2):1-7.
[5] 张惠,颜世强,刘桂义. 黄河三角洲的形成和演变[J]. 山东国土资源,2003,19(6):44-47.
[6] 尹明泉,韩淑萍. 黄河改道流路及今后去向探讨[J]. 山东地质信息,1994,(3):13-18.

油田的开发^[6]、自然生态环境保护以及三角洲地区的可持续发展提供参考。

本文承蒙何庆成博士提供了大量有关资料,参加本项工作的人员还有袁西龙、方志雷、王海刚、房浩、曹娜等人,在此一并致谢。