

基于 GIS 的辽河三角洲潜在 海平面上升淹没损失评估

栾维新¹, 崔红艳²

(1. 大连海事大学商学院, 大连 116026; 2. 吉林省白城师范学院地理系, 白城 137000)

摘要: 辽河三角洲是海平面上升的主要脆弱区。本文以 GIS 为平台, 以盘锦市 1:100000 地形图和土地利用图作为底图, 结合社会经济统计数据, 获得地面 1km × 1km 范围高程值以及评估单元基础数据, 并计算出在没有防护、不同潮位背景、海平面上升不同高度的条件下, 辽河三角洲未来海平面上升将淹没的土地面积、受灾人口和经济损失、生态损失, 以及不同土地利用类型的淹没面积及相应的经济价值。可为制定区域减灾防灾战略提供科学依据。

关键词: GIS; 辽河三角洲; 海平面上升; 淹没损失评估

中图分类号: P208; X4 **文章编号:** 1000-0585(2004)06-0805-10

1 海平面上升趋势分析及研究现状

1.1 海平面上升趋势分析

地球生态系统的两个重要组成部分——海域生态系统和陆域生态系统之间存在着永无休止的、复杂的物质能量交换过程, 且这种物质能量交换在海岸带地区最为强烈^[1]。在陆域人类活动的影响以及海域调节作用下, 全球气候有着明显变暖的趋势^[2]。据 IPCC (政府间气候变化工作委员会) 第一工作组第三次评估报告 (气候变化 2001) 的最新研究表明: 过去 140 年间全球升温 0.4~0.8 (平均 0.6), 我国气温上升了 0.4~0.5, 略低于全球平均值; 21 世纪温度将继续上升, 到 2100 年全球表面温度将上升 1.4~5.8。而气候变化必将对海洋和海岸带产生重大影响, 特别是由于全球海平面上升, 对沿海陆域系统的生态和经济将产生深刻的影响 (见图 1)^[3~5]。而且, 海平面上升对全球温度升高的响应是一个缓慢的过程, 在今后几百年里海平面将一直上升。

IPCC 已做出了基本的估计, 即在过去的 100 年里, 全球海平面上升了 10~25cm, 上升速率为 1.8mm/a; 预计到 2100 年海平面将上升 0.09~0.88m。

国家海洋局发布的《2000 年中国海平面公报》显示, 我国沿海海平面近 50 年来呈上升趋势, 平均以每年 1~3mm 的速率上升。特别是 1998 年以来, 上升速率有所加快, 每年达 2.5mm。与常年平均海平面相比, 预计 2003 年上海和海南沿海海平面升幅较大, 将分别上升 76mm 和 71mm; 山东半岛南部、辽宁和广东沿海海平面的升幅都超过 40mm。

根据张锦文的中国沿岸海平面变化预测模型^[6], 可得辽河三角洲相对海平面变化值, 计算所得结果如表 1、图 2 所示。

收稿日期: 2004-01-15; 修订日期: 2004-05-31

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40271029); 教育部人文社会科学重点研究基地资助项目

作者简介: 栾维新 (1959-), 男, 辽宁沈阳人, 教授。主要从事区域海洋经济地理研究与经济地理学基本理论教学工作。E-mail: weixinl@vip.163.com

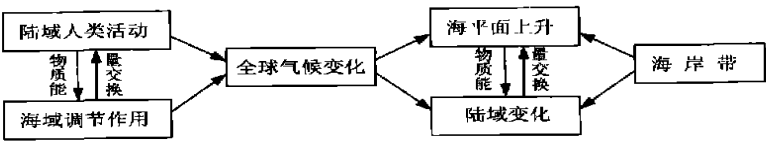


图 1 全球海平面上升基本机制

Fig. 1 Analysis on mechanism of global sea-level rise

表 1 辽河三角洲（盘锦市）
海平面上升预测（单位：cm）

Tab. 1 Prediction of sea-level rise of
Liaohe River Delta (unit: cm)

	2030 年	2050 年	2100 年
低	9.5	16.2	49.3
中	10.8 ~ 12.0	18.5 ~ 20.6	56.6 ~ 63.2
高	13.1	22.5	69.0

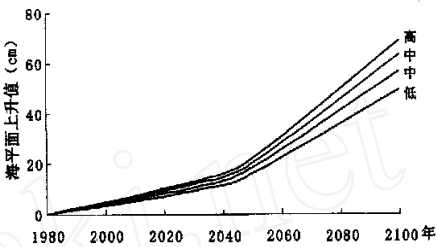


图 2 辽河三角洲海平面上升预测

Fig. 2 Prediction of sea-level rise of Liao River Delta

1.2 海平面上升淹没损失评估研究现状

全球海平面上升将带来严重影响，已引起各国政府和科学家广泛关注。Titus 对海平面上升的趋势与危害进行了研究^[7]。Cline 估计，为应付海平面上升，社会每年将耗费的资金总额可达 70 亿美元^[8]。Nicholls 提出美国适应海平面上升所应采取的措施^[9]。Titus 还研究了如何保护湿地和海滩而不损害财产所有人的利益^[10]。Daniel 分析了 21 世纪海平面上升将给社会带来的淹没损失及所需防护费用^[11]，指出：为适应海平面上升，联邦紧急事件管理署(FEMA)必须采取不同的措施来完善国家洪水保险计划(NFIP)。

国内，韩慕康（1994）进行了渤海西岸平原海平面上升危害性评估研究，利用人造卫星影象和 GIS 编制该区的环境地形图和有关的危害预测图表。季子修等（1994）分析了海平面上升对长江三角洲附近海潮滩和湿地的影响。杜碧兰等（1995）进行了海平面上升对珠江三角洲地区影响及对策研究。韩慕康（1995）研究了海平面上升对华北平原的影响与防治效益。莫永杰（1996）分析了海平面上升对广西沿海地区的影响与对策。杜碧兰等（1997）探讨了海平面上升对中国海岸带三大脆弱区社会经济发展的潜在影响，应用 GIS 技术计算可能淹没面积并编制了海水淹没范围图件，评估了经济损失和受灾人口数，并进行了防护对策选择的成本效益分析。王芳（1997）论述了海平面上升对沿海地区的风险评估，包括危险性分析、脆弱性分析以及经济损失计算的理论方法。刘岳峰等（1998）进行了辽河三角洲地区海平面上升趋势及其影响评估研究，计算了海平面上升不同情景下、不同土地利用类型的淹没面积，并分析了海平面上升对该地区的影响及相应采取的措施。张伟强等（1999）对广东沿海地区海平面上升影响做了综合评估。

作为海平面上升的主要脆弱区，珠江三角洲、长江三角洲和黄河三角洲的研究工作已初步完成，对灾害进行了有效的防御，为当地的社会经济发展作出了重要的贡献。而辽河三角洲作为中国第四大三角洲，同样面临着相对海平面上升可能造成的严重威胁，但是至今尚未对此进行深入调研，笔者以辽河三角洲（盘锦市）为研究区域，力图构建海平面上

升风险评估框架体系, 评估海平面上升可能淹没的面积、受灾人口、经济损失、生态损失, 并提出有针对性的防灾对策与措施。

2 海平面上升淹没损失评估方法

2.1 研究区域的界定

辽河三角洲是我国四大河流(长江、珠江、黄河、辽河)三角洲之一, 在行政区划上包括盘锦市绝大部分和营口市域以及锦州市域的少部分地区。盘锦市位于辽河三角洲的核心地带, 是辽河三角洲的主体部分^[13]。为了突出本项研究的应用性及可操作性, 考虑到行政区划的完整性与社会经济统计数据的获取等多方面的原因, 本研究以盘锦市作为研究区域。具体以兴隆台区、双台子区以及各个乡镇为基本研究单元, 共计 39 个研究单元。

2.2 淹没损失评估方法

由于辽河三角洲地区主要是湿地生态系统和农业生态系统, 基本没有海岸防护设施。因此, 本文的淹没损失评估是在不考虑海堤防护能力的前提下进行的, 这也是辽河三角洲与其他几个三角洲存在明显区别的地方。我们选用辽河三角洲 1:100000 地形图, 获取盘锦市地面高程值, 并运用 MapInfo 软件进行矢量化与内插加密, 获得盘锦市 1km×1km 范围的高程值, 进一步获得 3D 图(见图 3)。根据盘锦市 1km×1km 范围的高程值以及海平面上升幅度叠加上背景潮位值, 运用 MapInfo, 可以得到可能淹没区域, 进而从受灾人口、经济损失、生态损失以及不同利用类型土地淹没损失等方面入手进行评估。

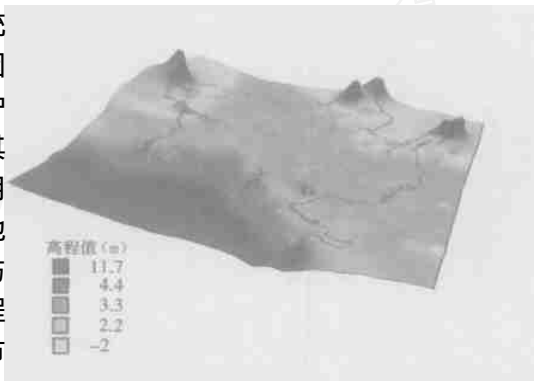


图 3 盘锦市 1km×1km 格网高程 3D 图

Fig. 3 3D grid map of altitude values in Panjin (range of 1 km×1 km)

2.2.1 受灾人口评估方法 在不考虑防护设施的前提下, 运用各评估单元 1998 年的人口数, 根据受淹区域占各个评估单元的面积比例, 对盘锦市海平面上升可能受影响的人口数进行了初步估计。而且, 运用 SPSS 统计软件, 以 1990~1998 年盘锦市人口总数为样本, 对盘锦市人口进行一元线性回归预测, 相关系数达到 0.994646。

2.2.2 经济损失评估方法 在不考虑防护设施的前提下, 根据受淹区域占各评估单元面积的比例, 采用各个评估单元 1998 年的社会经济统计资料, 计算得出盘锦市海平面上升可能的经济损失。另外, 以经济增长率为 5% 作为参数, 对盘锦市经济增长进行预测。

2.2.3 生态损失评估方法 目前, 生态价值定量评估方法尚未成熟, 本文参考国内外现有生态价值评估及所得结论对其进行了初步评估。由于盘锦市是我国最大的沿海湿地生态系统, 而且分布有双台子河口水禽自然保护区, 所以主要对湿地的生态价值进行评估。

支付意愿 (willingness to pay, 简称 WTP) 是生态价值评估的中心概念, 大体上能比较准确地反映环境物品和环境服务的价值。本研究采用一种简单、快速揭示支付意愿的方

采用 1998 年各个乡镇、县区的农业总产值、第二产业产值、第三产业产值之和计算。农业总产值中, 大洼县包括种植业、林业、牧业、渔业; 盘山县还包括副业。盘山县第二产业包括工业和建筑业, 第三产业包括交通运输、商业、服务业和其他。

法，引入能够表征支付意愿相对水平的发展阶段系数^[14]。发展阶段系数可根据皮尔生长曲线模型的数学表达式简化形式求得：

$$l = \frac{1}{1 + e^{-t}} \tag{1}$$

式中： l —发展阶段系数； e —自然对数的底； t —时间， $t = T - 3$ ，而 $T = 1/En$ ，即为恩格尔系数的倒数。

先分别求得盘锦市城镇和农村的恩格尔系数，进而根据式 1 得到盘锦市城镇和农村的发展阶段系数。1998 年盘锦市城镇恩格尔系数 $En = 39\%$ ，发展阶段系数 $l_1 = 0.39$ ；农村恩格尔系数 $En = 49\%$ ，发展阶段系数 $l_2 = 0.28$ 。

$$l = l_1 W_1 + l_2 W_2 \tag{2}$$

式中： l_1 、 l_2 分别为城镇、农村的发展阶段系数； W_1 、 W_2 则为城镇人口比重、农村人口比重。根据公式 2 求得 1998 年盘锦市的发展阶段系数为 0.35。

如果用替代法算出的生态价值的最大值是 V_m ，则人们可以接受的生态价值 V 就是：

$$V = IV_m \tag{3}$$

参考 Edward B Barbier 等人的研究结论^[15]，我们取湿地功能的经济价值的中位数值 V_m 为 6210 万元/ km^2 ，则根据公式 3 计算可得生态价值 V 为 2174 万元/ km^2 ，见表 2。

运用 MapInfo 的功能，得到可能淹没湿地面积，这里仅考虑河流、苇地、滩涂。用湿地面积乘以单位面积的湿地经济价值 2174 万元/ km^2 ，来粗略地表征可能损失的生态价值。另外，以假设生态价值增长率为 5 % 作为前提，对盘锦市经济增长进行了合理预测。

表 2 湿地功能的经济价值 (单位：万元/ km^2)

Tab. 2 Economic value of wetlands function
(unit : ten thousand yuan/ km^2)

经济价值	经济价值 (中位数)	考虑支付意愿 的生态价值
1. 一般 - 非使用价值	5,372	1,880
一般 - 使用价值	102	36
渔业 - 使用价值	59	21
狩猎 - 使用价值	168	59
娱乐 - 使用价值	40	14
2. 生态功能	396	139
娱乐性和文化性	73	26
	6,210	2,174

(来源：美国农业部 USDA - 1998)

2.2.4 不同类型土地损失评估方法 按照 IPCC 评价技术指南，价值可用单位面积上经济活动产生的产值表示。在不考虑防护设施的前提下，运用 MapInfo 软件，计算出在不同背景潮位下、海平面上升不同高度时，可能淹没区域内耕地、草地、林地、河流、苇地和滩涂的面积及其所占比例。根据盘锦市社会经济统计数据，利用不同类型土地面积的淹没比例，计算出淹没土地的经济价值，以衡量淹没不同土地类型的损失。其中，耕地、草地、林地的经济价值，运用盘锦市 1990 年（本区最新的土地利用类型图是 1990 年出版的）农业、牧业、林业产值以及淹没比例计算得出结果；而湿地的经济价值则是前面计算所得生态价值。

3 辽河三角洲潜在海平面上升淹没损失评估

3.1 淹没面积

在不考虑海堤防护的前提下，海平面上升 13cm、23 cm 和 69 cm 时，再分别叠加不同背景高潮位值，计算得出盘锦市可能被淹没的面积，如图版 4 的图 4 及表 3 所示。平均

大潮潮位下，海平面上升 13 cm，盘锦市淹没面积为 869.11 km²，所占比例为 21.86 %；海平面上升 69cm 时，淹没比例上升至 23.86 %；在历史最高潮位背景下，海平面上升 13 cm，淹没面积为 2 ,444.19 km²，所占比例为 61.47 %；海平面上升 69cm 时，淹没比例上升至 81.98 %；而在百年一遇高潮位下，海平面上升 13 cm 时，淹没面积为2 ,870.21km²，所占比例为 72.18 %；海平面上升 69cm 时，淹没比例上升至 85.76 %。

表 3 盘锦市海平面上升可能淹没面积（单位：km²）

Tab.3 Potential submerged area of sea-level rise in Panjin (unit : km²)

不同背景潮位 ^[15]	上升 13cm		上升 23cm		上升 69cm	
	淹没面积	占总面积(%)	淹没面积	占总面积(%)	淹没面积	占总面积(%)
平均大潮高潮位	869.11	21.86	883.95	22.23	948.71	23.86
历史最高潮位	2 ,444.19	61.47	2 ,640.31	66.40	3 ,259.83	81.98
百年一遇高潮位	2 ,870.21	72.18	3 ,006.08	75.60	3 ,410.16	85.76

3.2 受灾人口

根据盘锦市未来海平面上升预测（表 4）的最高值，到 2030 年，海平面上升 13cm，在三种不同的背景潮位下（平均大潮潮位、历史最高潮位、百年一遇高潮位，下同），考虑人口增长的情况，预测受灾人口数分别为 6.84、96.75、126.89 万人，占总人口数的比例分别为 3.90 %、55.20 %、72.44 %。到 2050 年，海平面上升 23cm，在三种不同的背景潮位下，预测受灾人口数分别为 8.43、131.47、168.13 万人，占总人口数的比例分别为 3.97 %、62.38 %、79.84 %。到 2100 年，海平面上升 69cm，在三种不同的背景潮位下，预测受灾人口数分别为 14.07、266.94、273.82 万人，占总人口数的比例分别为 4.72 %、89.22 %、91.53 %。

表 4 盘锦市海平面上升可能受灾人口

Tab.4 Potential submerged population of sea-level rise in Panjin

不同背景潮位	上升 13cm			上升 23cm			上升 69cm		
	淹没人口 (万人)		占总人口 (%)	淹没人口 (万人)		占总人口 (%)	淹没人口 (万人)		占总人口 (%)
	1998 年	2030 年		1998 年	2050 年		1998 年	2100 年	
平均大潮高潮位	4.66	6.84	3.90	4.74	8.43	3.97	5.64	14.07	4.72
历史最高潮位	65.97	96.75	55.20	74.56	131.47	62.38	106.63	266.94	89.22
百年一遇高潮位	86.58	126.89	72.44	95.42	168.13	79.84	109.40	273.82	91.53

3.3 经济损失

根据盘锦市未来海平面上升预测的最高值（如表 5），到 2030 年，海平面上升 13cm，在三种不同的背景潮位下，预测受灾经济损失分别为 40、297、376 亿元，占总产值的比例分别为 7.9 %、57.8 %、73.2 %。到 2050 年，海平面上升 23cm，在三种不同的背景潮位下，预测受灾经济损失分别为 108、877、1 ,077 亿元，占总产值的比例分别为 7.9 %、64.4 %、79.1 %。到 2100 年，海平面上升 69cm，在三种不同的海平面上升背景潮位下，预测受灾经济损失分别为 1 ,328、13 ,536、16 ,868 亿元，占总产值的比例分别为 8.5 %、86.7 %、88.8 %。

表 5 盘锦市未来海平面上升可能经济损失

Tab. 5 Potential economic loss of sea-level rise in Panjin

不同背景潮位	上升 13cm			上升 23cm			上升 69cm		
	经济损失 (亿元)		占总产 值 (%)	经济损失 (亿元)		占总产 值 (%)	经济损失 (亿元)		占总产 值 (%)
	1998 年	2030 年		1998 年	2050 年		1998 年	2100 年	
平均大潮高潮位	8	40	7.9	9	108	7.9	9	1 ,328	8.5
历史最高潮位	62	297	57.8	69	877	64.4	93	13 ,536	86.7
百年一遇高潮位	79	376	73.2	85	1 ,077	79.1	96	13 ,868	88.8

3.4 生态损失

根据盘锦市未来海平面上升预测的最高值 (如表 6), 到 2030 年, 海平面上升 13cm, 在三种不同的背景潮位下, 预测可能生态损失分别为 853、4 ,147、49 ,583 亿元, 占总产值的比例分别为 45 %、83 %、86 %。到 2050 年, 海平面上升 23cm, 在三种不同的背景潮位下, 预测可能生态损失分别为 872、4 ,235、51 ,033 亿元, 占总产值的比例分别为 46 %、85 %、89 %。到 2100 年, 海平面上升 69cm, 在三种不同的背景潮位下, 预测可能生态损失分别为 924、4 ,665、54 ,947 亿元, 占总产值的比例分别为 49 %、93 %、96 %。

表 6 盘锦市未来海平面上升可能生态损失

Tab. 6 Potential environmental loss of sea-level rise in Panjin

不同背景潮位	上升 13cm			上升 23cm			上升 69cm		
	生态损失 (亿元)		占总价 值 (%)	生态损失 (亿元)		占总价 值 (%)	生态损失 (亿元)		占总价 值 (%)
	1998 年	2030 年		1998 年	2050 年		1998 年	2100 年	
平均大潮高潮位	179	853	45	183	872	46	194	924	49
历史最高潮位	328	4 ,147	83	335	4 ,235	85	369	4 ,665	93
百年一遇高潮位	342	49 ,583	86	352	51 ,033	89	379	54 ,947	96

3.5 不同利用类型土地损失

在不考虑防护设施的前提下, 计算出在不同背景潮位下、海平面上升不同幅度时, 可能淹没区域内耕地、草地、林地、河流、苇地和滩涂的面积及其所占比例。如表 7 所示,

表 7 盘锦市海平面上升可能淹没不同土地利用类型面积

Tab. 7 Potential submerged area of different land use types of sea-level rise in Panjin

不同背景 潮位	上升 13cm							上升 69cm						
	耕地	草地	林地	湿 地(km ²)				耕地	草地	林地	湿 地(km ²)			
	(km ²)	(km ²)	(km ²)	河流	滩涂	苇地	(km ²)	(km ²)	(km ²)	(km ²)	河流	滩涂	苇地	(km ²)
平均大潮高潮位	79	1.1	0.0	740	85	454	201	91	1.3	0.0	802	91	455	256
潮位	(4 %)	(3 %)	(0 %)	(45 %)	(48 %)	(86 %)	(22 %)	(5 %)	(4 %)	(0 %)	(49 %)	(51 %)	(86 %)	(27 %)
历史最高潮位	854	6.2	0.8	1 ,356	136	473	747	1 ,341	9.1	9.5	1 ,525	159	493	873
潮位	(48 %)	(17 %)	(2.9 %)	(83 %)	(76 %)	(90 %)	(80 %)	(76 %)	(26 %)	(33 %)	(93 %)	(89 %)	(93 %)	(94 %)
百年一遇高潮位	1 ,151	6.2	0.9	1 ,411	147	477	787	1 ,414	15.3	10.5	1 ,567	162	496	909
潮位	(65 %)	(17 %)	(3.2 %)	(86 %)	(82 %)	(90 %)	(84 %)	(80 %)	(43 %)	(37 %)	(96 %)	(91 %)	(94 %)	(97 %)

在平均大潮潮位背景下, 海平面上升 13、69cm 时, 可能淹没耕地面积分别为 79、91km², 草地面积分别为 1.1、1.3km², 湿地面积分别为 740、802 km², 其中河流分别为 85、91km², 滩涂分别为 454、455km², 苇地分别为 201、256km²。在历史最高潮位背景下, 海平面上升 13、69cm 时, 可能淹没耕地面积分别为 854、1 ,341km², 草地面积分别为 6.2、9.1km², 林地面积分别为 0.8、

9.5km²,湿地面积分别为 1,356、1,525km²,其中河流分别为 136、159km²,滩涂分别为 473、493km²,苇地分别为 747、873km²。在百年一遇高潮位背景下,海平面上升 13、69cm 时,可能淹没耕地面积分别为 1,151、1,414km²,草地面积分别为 6.2、15.3km²,林地面积分别为 0.9、10.5km²,湿地面积分别为 1,411、1,567km²,其中河流分别为 147、162km²,滩涂分别为 477、496km²,苇地分别为 787、909km²。

在平均大潮潮位背景下(如表 8),海平面上升 13、23、69cm 时,可能淹没土地的经济损失:耕地分别为 3,526、3,551、40,391 万元,草地分别为 525、525、664 万元,湿地分别为 1,791、1,827、1,941 千万元。在历史最高潮位背景下,海平面上升 13、23、69cm 时,可能淹没土地的经济损失:耕地分别为 37,971、44,195、59,592 万元,草地分别为 3,095、3,095、4,570 万元,林地分别为 20、20、235 万元,湿地分别为 3,282、3,349、3,691 千万元。在百年一遇高潮位背景下,当海平面上升 13、23、69cm 时,可能淹没土地的经济损失是:耕地分别为 51,159、54,046、62,836 万元,草地分别为 3,095、3,357、7,679 万元,林地分别为 22、23、259 万元,湿地分别为 3,415、3,516、3,792 千万元。

表 8 盘锦市海平面上升可能淹没不同土地利用类型经济损失

Tab. 8 Potential economic loss for submerged different utilizing land use types of sea-level rise in Panjin

不同背景潮位	上升 13cm				上升 23cm				上升 69cm			
	耕地 (万元)	草地 (万元)	林地 (万元)	湿地 (千万元)	耕地 (万元)	草地 (万元)	林地 (万元)	湿地 (千万元)	耕地 (万元)	草地 (万元)	林地 (万元)	湿地 (千万元)
平均大潮高潮位	3,526	525	0	1,791	3,551	525	0	1,827	40,391	664	0	1,941
历史最高潮位	37,971	3,095	20	3,282	44,195	3,095	20	3,349	59,592	4,570	235	3,691
百年一遇高潮位	51,159	3,095	22	3,415	54,046	3,357	23	3,516	62,836	7,679	259	3,792

3.6 实证研究的结论

1、海平面上升对土地系统的影响：不考虑防护设施(下同),平均高潮位下,淹没范围沿海岸线向陆地延伸,主要是沿海地区各乡镇的一部分土地,淹没面积在 869~949km²,淹没比例为 21~24%。其中,耕地为 79~91km²,草地 1.1~1.3km²,湿地(包括河流、滩涂、苇地)740~802km²;而在历史最高潮位下,淹没面积在 2,444~3,259km²,淹没比例高达 61~84%,大洼县几乎全部被淹没;其中,耕地为 854~1,341km²,草地 6.2~9.1km²,湿地 1,356~1,525km²;淹没面积比例远高于其他三大三角洲;例如平均高潮位下,海平面上升 30cm,辽河三角洲(盘锦市)的淹没面积比例高达 23%,而珠江、长江及黄河三角洲则分别为 7%、18%、5%。

2、海平面上升受灾人口：在平均高潮位下,1998 年受灾人口为 4~6 万人(如考虑人口增长,则 2030 年淹没人口 7 万人,2100 年则为 14 万人),受灾比例为 3~5%;在历史最高潮位下,1998 年受灾人口 65~106 万人(2030 年为 97 万人;2100 年为 267 万人),受灾比例高达 55~90%。

3、海平面上升经济损失：在平均高潮位下,1998 年淹没经济损失 8~9 亿元(如考虑经济增长,则 2030 年为 40 亿元,2100 年为 1,328 亿元),淹没比例为 7~9%;而在历史最高潮位下,1998 年淹没经济损失 62~93 亿元(2030 年为 297 亿元,2100 年为 13,536 亿元),淹没比例高达 58~87%。

4、海平面上升湿地生态损失：在平均高潮位下,1998 年淹没生态价值达 179 亿元(如考虑生态价值增长,2050 年为 872 亿元,2100 年为 9,241 亿元),淹没比例为 45~49%;

而在历史最高潮位下, 1998 年淹没生态价值为 3,328 亿元 (2050 年为 4,235, 2100 年为 4,665,293 亿元), 淹没比例高达 83~93%。

4 几点建议

4.1 加强设施防护

降低海平面上升风险的最好对策选择是防护, 包括硬结构方面即在原海堤的基础上加高加固或新建防潮海堤; 软结构方面即建造护岸沙丘和种植护岸植物等, 目的是使沿海土地能得到持续利用和保护。

其中, 现有防潮海堤的加高加固是对付海平面上升防护对策的核心, 以抵御海平面上升以及风暴潮增水和波浪爬高的侵袭。盘锦市现已建海防堤 151.65km, 大部分建于大洼县, 计 148.15km, 盘山县仅 3.5km。加高加固海堤虽是一笔巨大的投资, 但一般仅占国内总产值的 1~2%, 甚至更低, 辽河三角洲地区海岸线远比上述两个地区防线简单, 无复杂的河口水系网, 故费用将相对较低^[16]。

其他防护性措施: 保护森林, 加强绿化; 控制地面沉降, 提高建筑物基面。控制地下水的开采, 防止人为的地面下降, 减少相对海平面上升; 建设永久性的重大工程时适当提高其建筑基面, 以免未来海平面上升被淹没, 造成重大损失; 转移供水点, 改造排灌系统。

4.2 调整和更新湿地生境^[17]

辽河三角洲湿地既是珍稀水禽重要的繁殖栖息地, 又是我国重要的能源 (油气) 及农业开发基地, 多重价值在同一时空背景下的相互冲突构成了本区域的鲜明特色。强烈的陆海作用和高强度的人为开发使区域生态环境更加脆弱, 而且面临着海平面缓慢上升被淹没的风险, 这一切都使得保护湿地成为刻不容缓的事情。

辽河三角洲湿地的现状是令人担忧的, 一方面农业开发、油田建设侵占大量的芦苇沼泽, 另一方面, 浅海及滩涂区域的石油开采和水产养殖又侵占、破坏了后备生境, 这种对湿地生境“前后夹击”的开发方式, 将从根本上威胁丹顶鹤、黑嘴鸥等濒危物种的生存。

湿地生境更新与调整为协调滨海湿地生物保护与经济开发提供了更多的选择余地和灵活性。生境更新是利用生境自然演替与更新机制, 在时间维上缓解协调保护与开发的矛盾; 生境调整则试图寻求协调保护与开发的空间解决途径。因此, 在考虑海平面上升因素的前提下, 可依据湿地生境更新与调整理论, 实现开发资源与保护湿地的协调统一。

资源开发应遵循“零损失”原则。资源开发强度不超过湿地生境更新及恢复的速度, 保持生境不存在净损失, 根据湿地自然保护的需求, 调整、替换和再造湿地, 以维持区域湿地的总量平衡或增加。如果重要的经济活动必须以某些生境为代价时, 在被开发利用前应在他处寻找数量上和质量上足以替代的生境。

对湿地资源应采取“滚动开发”模式。遵循滨海湿地生境演替规律, 循序渐进, 与湿地增长方向尽量保持一致, 并使滚动开发的速度低于生境更新、演替的速度; 限制在湿地生境内部随意、零星、盲目地进行各种经济活动, 以免破坏生境演替系列的完整性和自然更新机制。

4.3 建立洪灾保险体系

据有关 21 世纪初中国主要巨灾高风险区预测, 辽河下游的开原—沈阳—盘锦—营口地区属于巨灾风险区。水利部已将盘锦市列为全国 25 个重点防洪城市之一。

面临洪灾威胁,即使是采取防护性措施,修筑、加高加固海堤等,也不能充分地起到保护作用,而且,还会对生态环境带来不利影响。建立国家洪水保险体系是国外的成功经验。实施洪水保险,可以在时间与空间上分担特大水灾的风险、增强社会总体承灾能力。

我国的洪水保险仍然依附于企业财产保险和家庭财产保险。洪水保险的特点决定了必须由国家鼓励与扶持,将其作为基本的国策,适当采取强制性的措施,并辅以鼓励和扶持的政策,否则难以长期坚持。地方政府需要配合支持,因地制宜制定洪水保险实施办法,有效解决地区差异问题。其中,重要的是建立健全洪涝灾害风险评价与核灾体制,确立洪水保险费率。洪涝灾害的风险评价,是合理确定保费的基础,保险费率必须与灾害的风险挂钩。可参考本研究初步划分的海平面上升风险等级,作为洪水灾害风险评价的基础。

4.4 实施海岸带综合管理计划

海平面上升只是海陆生态联系及其相互作用的一个侧面,只有深入了解海洋和陆地的特性及其耦合关系,才能更好地预防和应付海平面上升,以及其他面临的严重问题,实现社会的可持续发展。海岸带是陆地和海洋相互作用的地带,建立海岸带综合管理计划(ICZM)是实现海岸带持续发展的长远、根本而有效的途径。

统一与协调是海岸带综合管理的基本思想。条块分割的分部门管理体制使不同部门之间、不同区域之间及邻近省市之间在海岸带使用与管理问题上易产生冲突,同时也易于产生资源过度利用等问题。统一管理可以解除这些矛盾,通过充分考虑自然、社会、经济各方面因素,综合平衡,避免职权重叠。统一的思想也为海岸带综合管理提供了一个更宽广和更具连续性的角度来全面制订可持续发展的规划。

参考文献:

- [1] 栾维新,王海英.论我国沿海地区的海陆经济一体化.地理科学,1998,18(4):342~348.
- [2] 李克让,等.中国全球气候变化影响研究方法的进展.地理研究,1999,18(2):214~219.
- [3] 陈为民.莱州湾海水入侵地区的人地关系调控初探.地理研究,1997,(增刊):156~161.
- [4] 萧嗣荣,等.河北沿海侵灾害初探.地理研究,1998,17(1):75~81.
- [5] 栾维新,等.中国黄海沿岸地区环境与社会经济地域关联分析.地理研究,2001,20(1):40~47.
- [6] 杜碧兰.海平面上升对中国沿海主要脆弱区的影响及对策.北京:海洋出版社,1997.47~49.
- [7] Titus J G, Park R A, Leatherman S P, et al. Greenhouse effect and sea level rise: the cost of holding back the sea. Coastal Management, 1991, 9:171~204.
- [8] Cline W R. The economics of global warming. Washington, DC: Institute for International Economics. 1992.
- [9] Nicholls R J, Leatherman S P. Adapting to sea level rise: relative sea level trends to 2100 for the United States. Coastal Management, 1996, 24:301~324.
- [10] Titus J G. Rising seas, coastal erosion, and the taking clause: how to save wetlands and beaches without hurting property owners. Maryland Law Review, 1998, 57: 1279~1399.
- [11] Daniel. Adapting the National Flood Insurance Program to relative sea level rise. Coastal Management, 1999, 27:367~375.
- [12] Michael J S, Gordon R B. Valuation of ecological resources and functions. Environm Manag., 1998, 22(1):49~68.
- [13] 张耀光,等.辽河三角洲土地资源合理利用与最优结构模式.大连:大连理工大学出版社,1993.
- [14] 李金昌,等编.生态价值论.重庆:重庆大学出版社,1999.
- [15] Edward B Barbier, William M Adams, Kevin Kinnage. Economic Valuation of Wetland Benefits: Hadejia-Jama 'are Floodplain, Nigeria. Environment Economics, 1991.
- [16] 王志豪.中国沿海的应用潮汐.根据辽东湾及其附近多年观测潮位计算.研究报告,国家海洋监测中心,1998.174.
- [17] 刘岳峰,邹伦,韩慕康.辽河三角洲地区海平面上升趋势及其影响评估.海洋学报,1998,20(2):74~81.
- [18] 肖笃宁,李晓文.辽东湾滨海湿地资源景观演变与可持续利用.资源科学,2001,23(2):31~36.

Submerged loss assessment of potential sea-level rise of Liao River Delta Region based on GIS

LUAN Wei-xin¹, CUI Hong-yan²

(1. College of International Business, Dalian Maritime University, Dalian 116026, China;

2. Department of Geography, Baicheng Normal College, Baicheng 137000, China)

Abstract : This paper takes Geographical Information System (GIS) as a platform, gains altitude values (range of 1 km \times 1 km), 3D map and basic data of evaluation in the studied area of the city of Panjin, based on the 1:100,000 scale relief map and land use map as well as socio-economic statistic data. Submerged land area and potential loss are assessed for the case of no defence, different sea-level rise and high water level, respectively.

The concrete conclusion is as follows. First of all, the potential effects on land include: Firstly, for no defence (the same as hereinafter) and average high water level, submerged land composing mostly of coastal villages and towns extends along coastline, and submerged area is 869 - 949 km² or 21 % to 24 %. Secondly, for the historic highest water level, submerged area is 2,444 - 3,259 km² or 61 % to 84 % with Dawa county submerged almost. Thirdly, the submerged area in Liaohe River Delta (Panjin) is 23 %, but Zhujiang River is 7 %, Changjiang River 18 % and Huanghe River 5 %.

Next, potential population affected by sea-level rise contains: Firstly, for the average high water level, population affected in 1998 is 4 to 6 (if considered increasing, then 7 in 2030 and 14 in 2100) ten thousand or 3 % to 5 %. Secondly, for the historic highest water level, population affected in 1998 is 65 - 106 (97 in 2030 and 267 in 2100) ten thousand or 55 % to 90 %.

Again, potential economic losses by sea-level rise have: Firstly, for the average high water level, economic loss in 1998 is 8 - 9 (if considered increasing, then 40 in 2030 and 1,328 in 2100) hundred million yuan or 7 % to 9 %. Secondly, for the historic highest water level, economic loss in 1998 is 62 - 93 (297 in 2030 and 13,256 in 2100) hundred million yuan or 58 % to 87 %.

Finally, potential environment loss of wetland by sea-level rise includes: Firstly, for the average high water level, environment loss in 1998 is 179 (if considered increasing, then 872 in 2050 and 924 in 2100) hundred million yuan or 45 % to 49 %. Secondly, for historic highest water level, environment loss is 328 (4,235 in 2050 and 4,665 in 2100) hundred million yuan or 83 % to 93 %.

Relevant preventive measures such as sea wall defence reinforcement, adjusting and renewal wetland environment, establishment of flood insurance system, and formulation of integrated coastal management plan are put forward. And scientific basis for constituting regional strategies to mitigate and prevent disasters are provided.

Key words : GIS; Liaohe River Delta; sea-level rise; submerged loss assessment

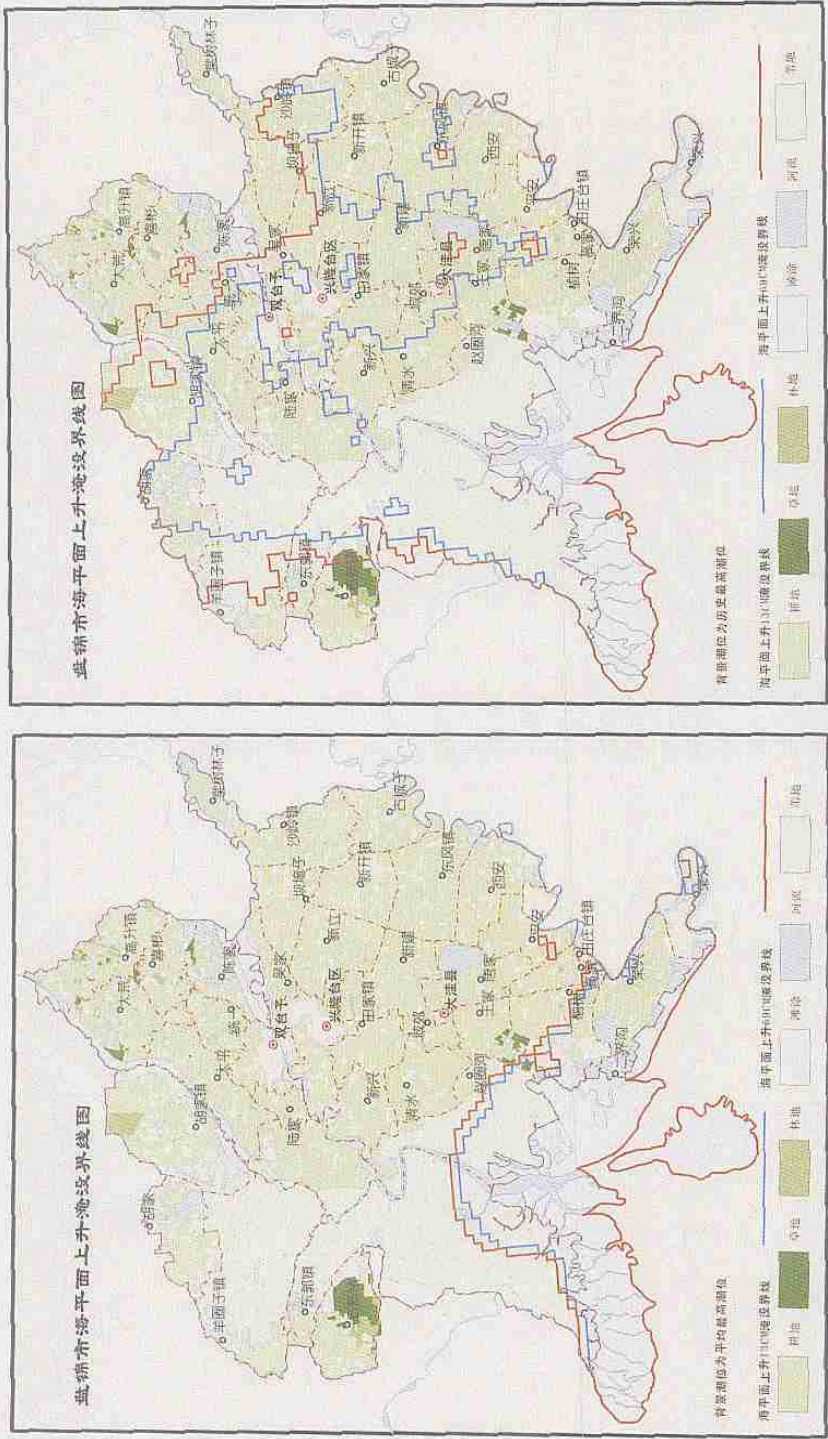


图 4 盘锦市海平面上升可能淹没范围图
Fig. 4 Potential submerged area of sea-level rise in Panjin