

文章编号: 1004- 4574(2010) 06- 0076- 10

温州市乐清湾土地利用的生态风险 ——基于 RS 和 GIS 的分析

宋国利¹, 臧淑英², 钟婷婷¹

(1. 温州大学 生命与环境科学学院 浙江 温州 325035; 2. 哈尔滨师范大学 地理信息系统实验室, 黑龙江 哈尔滨 150080)

摘 要: 在 RS 和 GIS 的支持下, 采用 1993 年和 2008 年的 2 期 Landsat TM 影像为信息源, 对乐清湾土地利用进行了生态风险变化研究。根据不同土地利用方式生态影响的空间分布和梯度变化, 利用层次分析法确定了不同土地类型的生态风险权重, 构建了一个综合性生态风险指数。通过对生态风险指数采样结果进行空间插值, 分析解释了研究区的生态风险空间分布特征与形成机理。结果表明, 乐清湾土地利用类型以林地为主, 15 年来建筑与交通用地、养殖区、旱地面积持续增大, 而园地面积持续减小; 由此导致相对高风险区域面积不断增大, 低风险区域面积不断减小, 使整个区域的生态风险指数整体增高, 生态环境质量有所恶化。乐清湾湿地是急需采取保护性措施的重点区域。

关键词: 土地利用; 生态风险; 空间分析; 遥感; 地理信息系统

中图分类号: X43

文献标识码: A

Ecological risk of land-use in Yueqing Bay in Wenzhou an analysis based on RS and GIS

SONG Guo-li¹, ZANG Shu-ying², ZHONG Ting-ting¹

(1. The School of Life and Environmental Science, Wenzhou University, Wenzhou 325027, China)

2. Laboratory of Geographic Information System of Harbin Normal University, Harbin 150080, China)

Abstract Based on RS and GIS, the temporal and spatial landscape changes of the wetland in Yueqing Bay were studied by using two periods of the Landsat TM, which were obtained in 1993 and 2008. Then the authors determine the weight values of the ecological risk from different land use patterns by analytic hierarchy process and construct integrated ecological risk index of different periods. The system sampling method was used to make it a spatial variable, the semi-variogram analysis and block kriging were conducted to gain the spatial characteristics and inherent causes of regional ecological risk in the working area. The results indicate that the land use in Yueqing Bay is mainly the woodland, the area of cultivated land, construction and transportation land and saline land have been increasing continually, while the counterpart of garden land have been reducing with no stop, which lead to the rise of the high risk index area and the reduction of low risk index area, those made the ecological environment quality in Yueqing Bay deterioration. Yueqing Bay wetland is the key areas urgent need some protective measures, the results provide the basis for regional land use and ecological environmental protection.

Key words land-use; ecological risk; spatial analysis; remote sensing (RS); geographic information system (GIS)

收稿日期: 2010- 03- 24; 修订日期: 2010- 10- 18

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40871082); 温州市科技局科技攻关项目 (S2004B002)

作者简介: 宋国利 (1953 -), 男, 教授, 主要从事环境风险评价与环境信息系统研究。

通讯作者: 臧淑英, 教授. E-mail: zsy631@163.com

生态风险评价是近十几年逐渐兴起的环境管理方面热点研究领域。区域生态风险评价作为生态风险评价的重要组成部分, 由于其空间异质性和评价过程的复杂性, 成为了研究的难点与热点。它是及环境学、生态学、地理学、生物学等多学科的综合知识, 采用数学、统计学等风险分析手段来预测、分析和评价区域尺度上的环境污染、人为活动或自然灾害对生态系统及其组分产生不利作用的可能性的过程。与一般生态风险评价不同, 区域生态风险评价涉及更多外在因素的互相作用和叠加。随着研究的深入, 理论基础不断发展, 20 世纪 90 年代后, 有关评价方法和模型大量出现, 将区域生态风险评价推向了一个更大时空尺度上的研究。

土地是各种陆地生态系统的载体, 生态系统类型在土地利用中表现为土地利用类型^[1]。而且土地一旦确定投入某项用途之后, 要改变其利用方向是比较困难的。不合理的土地利用规划以及实施过程中导致某些自然异常因素、生态环境恶化或破坏, 给人类社会带来了巨大的损失。近年来我国连续发生的环境事故, 表中这我国已经进入一个环境事故高发期。为减轻或消除由于这些环境事故带来的生态风险后果^[2], 开展多方面的生态风险评价显得尤为重要。

本文以温州市乐清湾为例, 按照生态风险评价的基本理论框架和方法体系, 对其土地利用进行生态风险分析。利用层次分析法构建了不同土地类型的生态风险权重, 通过对生态风险指数采样结果进行空间插值, 对乐清湾的生态风险进行评价, 反应土地利用对生态环境的潜在影响, 旨在促进温州市乐清湾生态建设, 为环境管理提供数量化的决策依据和理论支持。

1 研究区概况

乐清湾位于浙江东南部瓯江入海口的北侧, 原为潮流通道形港湾。其地理坐标为 $27^{\circ}59'09'' \sim 28^{\circ}24'26''N$ 、 $120^{\circ}57'55'' \sim 121^{\circ}17'09''E$ 的范围之间, 是一个呈葫芦状的半封闭式海湾^[6]。东侧是玉环县, 西岸是乐清市, 温岭市在其湾顶, 湾口是洞头县各岛屿。乐清湾系深入内地的半封闭海湾。南北长 47 km, 东西宽 15 km, 海域面积 469 km^2 , 陆岸线长 220 多 km。湾内水深港阔, 岛屿错列。沿岸有清江、白溪、水涨、灵溪、江夏等 30 余条大小溪流注入湾内。位于玉环县的大麦屿是浙南最主要的深水港资源分布区。

由于乐清湾的水体容量大, 东临东海, 使乐清湾西部的乐清市沿山麓地带, 因山走势与海岸平行, 北部有山地阻隔, 形成热量、水分、温度条件较好的陆域港湾小气候, 所以, 湾内冬季温暖, 春季气温回升早, 使乐清湾沿岸地区气候条件优越。乐清湾本身天然拥有不少湿地, 湿地本来就是稀缺的海洋资源, 有“地球的肾脏”的美誉。值得骄傲的是乐清湾自然资源丰富, 其

$2.21 \text{ 万 } \text{ hm}^2$ 的海涂是贝类养殖的天然牧场。乐清湾有各种主要的经济鱼类 20 余种, 其中大黄鱼是主要的鱼类资源, 还有 58 种贝类, 60 种甲壳类动物, 整个乐清湾水质肥沃, 饵料生物丰富, 十分利于海水养殖, 是浙江省蛸、蚶、牡蛎三大贝类的养殖基地和苗种基地。

本次乐清湾研究区域总面积为 83939.56 km^2 , 由 3 个市级行政区内的 23 个乡镇级生态风险小区共同组成, 分别为乐清区的黄华镇、翁士羊镇、乐成镇、天城乡、蒲歧镇、南岳镇、南塘镇、清江镇、芙蓉镇、雁荡镇、大荆镇、湖雾镇 12 个乡镇; 温岭区的江夏乡、坞根乡、横山乡 3 个乡镇; 玉环区的清港镇、楚门镇、龙溪乡、芦浦镇、海山乡、城关镇、陈屿镇、鲜迭镇 8 个乡镇。其相对位置如图 1。

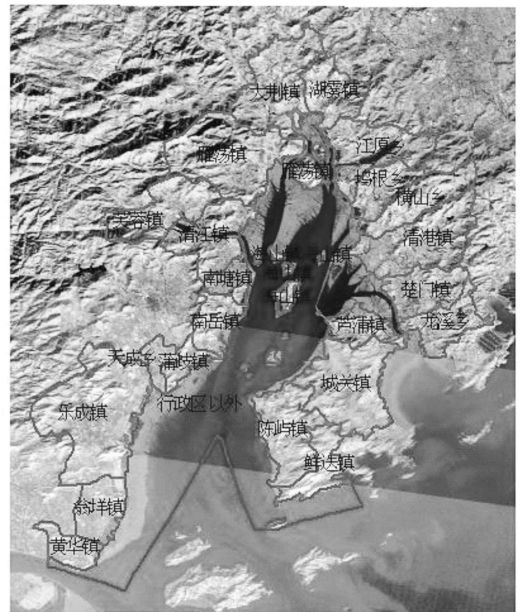


图 1 乐清湾海岸带研究区域

Fig 1 Study area of Yueqing Bay

2 研究方法

本次研究以 1993 年和 2008 年两个时期的遥感影像为信息源, 对温州市乐清湾的土地利用进行研究,

基于土地利用类型采用层次分析法建立样地内综合生态风险评价指数,然后利用空间分析等方法,对温州市乐清湾地区进行生态风险的空间特征研究,并结合实地需要与发展要就提出合理的生态建议。

2 1 数据获取

本文主要以 1993年的 Landsat和 2008年的 Landsat TM 数据,通过图像预处理、行政边界提取、遥感目视解译、实地考察、叠加分析等一系列方法的处理,并根据 2007年 8月 5日颁布执行的《土地利用现状分类》国家标准,在目视判读和实地考察基础上,依据乐清湾海岸带地区的土地利用变化特点以及历史分类习惯将研究区域土地利用类型划分为旱地,水田,园地,林地,建筑和交通用地,养殖区,盐田,水库,水域等九类用地。

2 2 生态风险指数

为建立土地利用类型与综合区域生态风险之间的经验关系,利用土地类型的面积比重,构造生态风险指数 (ecological risk index, ER I),用于描述一个样地内综合生态风险的相对大小,计算研究区域生态风险指数公式如下:

$$ER I = \sum_{i=1}^N \frac{S_{ki}}{S_k} R_i \tag{1}$$

式中, ER I为生态风险指数; N 为各个土地利用类型的数量; S_{ki} 为第 k 个风险小区 i 类土地利用类型的面积; S_k 为第 k 个风险小区总面积; R_i 为 i 类土地利用的生态风险强度参数。结合区域经济发展的特点,利用层次分析法确定权重参数,根据每 2 种土地利用类型比较判断其相对重要程度。

2 2 1 生态风险强度参数的确定

采用层次分析法 (analytic hierarchy process, AHP),确定各土地类型的生态风险强度参数。首先构建温州市乐清湾土地利用生态风险层次结构模型,如图 2。

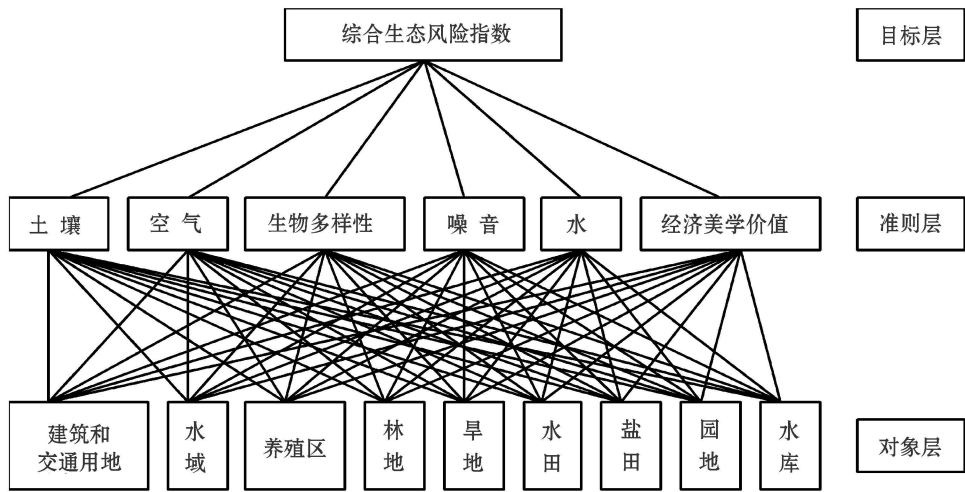


图 2 生态风险指数递阶层次结构模型

Fig. 2 Recursive hierarchy model of ecological risk indices

然后根据模型构造判断矩阵,进行两个元素之间重要性的两两比较,并对重要性程度按 1~ 9 赋值(重要性标度值见表 1)。其中重要性比较通过专家判断赋值方法确定,重要元素经专家研究讨论来构造比较判断矩阵。判断矩阵如下:

$$P = \begin{Bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{19} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{29} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{91} & P_{92} & \dots & P_{99} \end{Bmatrix}$$

表 1 标度及其含义^[3]

Table 1 Signification of mark degrees

标度	含义
1	表示 2 个因素相比,具有同样重要性
3	表示 2 个因素相比,一个因素比另一个因素稍微重要
5	表示 2 个因素相比,一个因素比另一个因素明显重要
7	表示 2 个因素相比,一个因素比另一个因素强烈重要
9	表示 2 个因素相比,一个因素比另一个因素极端重要
2, 4, 6, 8	上述两相邻判断的中值
倒数	因素 i 与因素 j 比较得判断 a_{ij} , 则因素 j 与因素 i 比较得判断 $a_{ji} = 1 / a_{ij}$

上式矩阵中, $P_{ij} = 1/P_{ji} (i \neq j) (i, j = 1, 2, \dots, 9)$, $P_{ij} = 1 (i = j)$, P 矩阵有正值、互反性、基本一致性。由于矩阵符合 $P_{ij} = 1/P_{ji}$, 经检验, 所有 CI 均为 0, $CR = CI / RI$ 因此判断矩阵的 CR 均为 0 小于 0.1, 满足一致性检验, 判断矩阵具有满意的一致性。

通过计算单层次 6 个准则层和 9 个对象层的两两比较排序结果, 按下表计算得到对象层的层次总排序结果, 见表 2。

表 2 全要素下的综合权重排序

Table 2 Comprehensive weights sequencing of object layer

层次	土壤	空气	生物多样性	噪音	水	经济美学价值	总排序结果	位次
	0.1730	0.1730	0.1541	0.173	0.1541	0.1730		
建筑与交通用地	0.1161	0.1194	0.1214	0.0982	0.1194	0.1031	0.1126	5
水域	0.1254	0.1194	0.1075	0.1145	0.1023	0.1202	0.1153	1
养殖区	0.1161	0.1105	0.1214	0.1109	0.1105	0.1064	0.1125	6
林地	0.0995	0.1023	0.1041	0.1109	0.1105	0.1078	0.1058	8
旱地	0.1075	0.1105	0.1124	0.1145	0.1194	0.1167	0.1134	3
水田	0.1279	0.1023	0.1041	0.1109	0.1057	0.1113	0.1068	7
盐田	0.1057	0.1105	0.1124	0.1145	0.1194	0.1167	0.1134	3
园地	0.0995	0.1023	0.1041	0.1109	0.1105	0.1064	0.1056	9
水库	0.1254	0.1194	0.1124	0.1145	0.1023	0.1113	0.1145	2

2.2.2 生态风险指数计算结果

由以上表格可知, 不同土地利用类型的生态风险参数分别如下: 建筑与交通用地 (0.1126)、水域 (0.1153)、养殖区 (0.1125)、林地 (0.1158)、旱地 (0.1134)、水田 (0.1068)、盐田 (0.1134)、园地 (0.1056)、水库 (0.1145)。

将计算后得到的生态风险指数划分为 5 个风险等级, 他们分别为: 极高 (I: $ERI \geq 0.12$)、高 (II: $0.11 \leq ERI < 0.12$)、中 (III: $0.10 \leq ERI < 0.11$)、低 (IV: $0.08 \leq ERI < 0.10$) 以及无生态风险 (V: $ERI < 0.08$)。根据式 (1) 计算得到研究区域在 1993 年和 2008 年 2 个不同研究时期的生态风险评价指数分别为 0.1074、0.1079, 呈上升趋势, 均属于中生态风险等级。

3 结果与分析

3.1 1993 年情况

表 3 列出了 1993 年各镇的土地利用情况

表 3 1993 各镇土地利用情况

Table 3 Land use in every town and county in 1993

	建筑和交 通用地	水域	养殖区	林地	旱地	水田	盐田	园地	水库
乐成镇	900.02	286.43	0.00	3924.60	827.68	1588.73	0.00	0.00	7.44
大荆镇	280.68	53.28	1.44	3540.12	292.52	1181.33	0.00	0.00	0.00
湖雾镇	86.97	0.19	25.42	2147.29	173.41	183.94	0.00	0.00	9.59
雁荡镇	289.47	76.19	148.88	4784.24	324.42	712.61	0.00	0.00	22.41
芙蓉镇	122.55	31.13	3.09	2673.23	172.39	675.82	0.00	0.00	38.59
清江镇	187.56	212.53	88.53	1425.48	320.35	809.35	0.00	0.00	142.44
南塘镇	147.15	75.24	141.59	210.38	84.84	461.90	0.00	0.00	0.00
南岳镇	73.35	23.87	149.99	569.47	0.00	583.17	0.00	0.00	1.73
蒲岐镇	123.43	11.65	47.75	192.24	48.53	397.86	0.00	0.00	0.00
翁垟镇	388.30	56.52	0.00	79.80	207.35	931.98	0.00	0.00	0.00
黄华镇	126.94	113.62	0.00	362.72	79.75	579.08	0.00	0.00	0.00
天成乡	122.99	76.57	0.00	3.63	110.63	551.83	0.00	0.00	0.00
清港镇	206.45	276.50	5.42	2397.56	165.60	1350.29	121.63	397.77	35.69
楚门镇	226.21	85.55	34.15	932.18	114.02	997.39	160.06	0.00	5.01
龙溪乡	69.84	25.02	5.53	1628.60	36.65	361.08	0.00	15.31	33.45
芦浦镇	65.45	55.57	102.90	692.79	20.02	333.82	0.00	78.30	0.00
海山乡	3.95	6.68	122.69	235.77	0.00	88.57	0.00	0.00	0.00
城关镇	379.07	118.01	72.40	2480.99	142.53	261.61	0.00	1310.27	0.00
陈屿镇	79.94	139.21	18.02	1378.33	0.00	4.09	0.00	691.15	12.21
鲜迭镇	14.93	1.72	0.00	1276.76	0.00	10.90	0.00	0.00	1.08
江厦乡	216.55	60.63	137.50	2129.15	64.14	771.20	0.00	0.00	158.20
坞根乡	108.06	102.73	0.22	1236.87	0.00	579.08	0.00	0.00	0.00
横山乡	173.50	20.81	0.00	1962.30	208.70	205.75	0.00	16.81	0.00
合计	4392.49	1909.56	1105.29	36271.73	3393.54	13625.50	281.69	2509.61	467.78

1993年乐清湾地区土地利用类型以林地为主,面积达到了 36271.73 hm²,水田次之且分布最为平均,盐田河水库总面积较少。

建筑和交通用地的最多的为乐成镇,占研究区域总建筑和交通用地的 20%,海山乡面积最少。养殖区主要分布在雁荡镇、清江镇、南塘镇、南岳镇、蒲歧镇、楚门镇、芦浦镇、海山乡、城关镇、陈屿镇、江厦镇。林地以雁荡镇为最多,其次是乐成镇。陈屿镇、鲜迭镇、南岳镇、海山乡没有旱地。水田分布广泛,沿海较多。盐田除清港镇、楚门镇两镇有所分布外其余各镇均为零,分布于玉环区的临海地带。园地主要在玉环区的陈关镇、陈屿镇、清港镇,乐清区没有园地,其中仅陈关镇镇内园地就达到园地总面积的一半以上。水库零星分布于清江镇、江厦镇、清港镇、龙溪乡、芙蓉镇、雁荡镇等,集中在研究区的中北部。各镇具体数值详见表 3 土地利用类型的结构分布情况见图 3

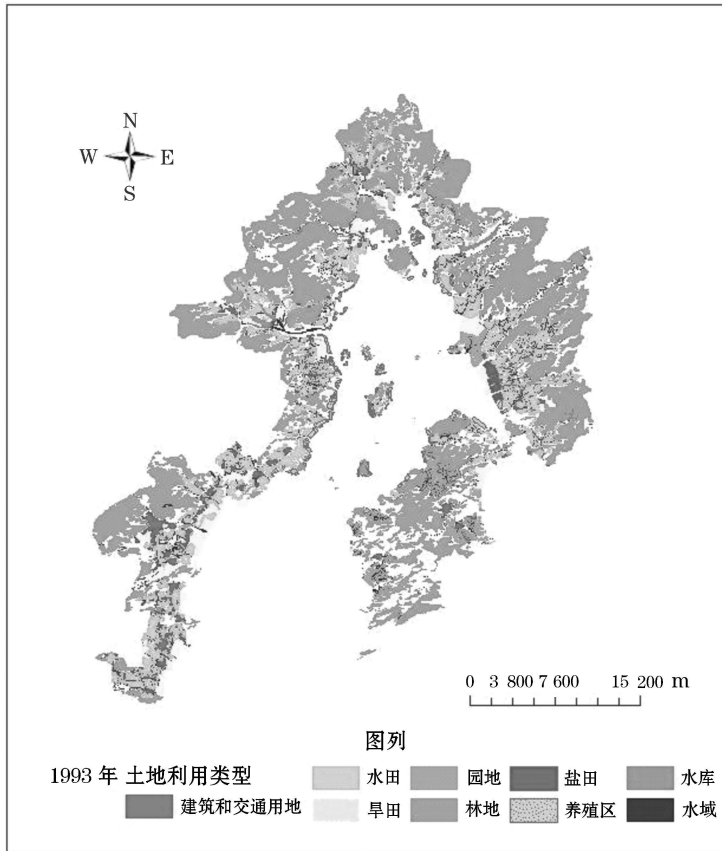


图 3 1993年土地利用类型图

Fig 3 Map of land-use types(1993)

3 2 2008年情况

表 4列出了 2008年各镇土地的利用情况

表 4 2008年各镇土地利用情况

Table 4 Land use in every town and county in 2008

hm²

	建筑和交通用地	水域	养殖区	林地	旱地	水田	盐田	园地	水库
乐成镇	1526.42	161.85	462.11	3897.32	954.53	1712.67	0.00	0.00	5.82
大荆镇	383.98	96.84	0.00	3206.75	1238.19	405.21	0.00	0.00	0.00
湖雾镇	130.63	0.00	20.85	1851.32	181.56	251.23	0.00	0.00	14.27
雁荡镇	402.98	118.00	216.49	5722.93	484.49	607.81	0.00	0.00	23.58
芙蓉镇	218.51	69.01	6.03	2799.02	173.86	691.55	0.00	0.00	53.40
清江镇	345.19	249.93	80.37	1542.77	161.82	1018.42	0.00	0.00	139.15
南塘镇	177.34	60.43	128.08	348.96	44.31	529.47	0.00	0.00	0.00

续表 4

	建筑和交通用地	水域	养殖区	林地	旱地	水田	盐田	园地	水库
南岳镇	141.72	31.46	139.64	789.75	57.79	557.83	0.00	0.00	3.00
蒲岐镇	178.14	10.68	151.94	106.52	71.76	464.64	0.00	0.00	0.00
翁垟镇	654.75	68.06	370.69	128.56	361.20	834.72	41.32	0.00	0.00
黄华镇	299.27	73.20	65.05	363.65	173.37	521.36	0.00	0.00	0.00
天成乡	189.22	25.74	10.80	3.67	147.85	595.65	0.00	0.00	0.00
清港镇	388.73	341.05	33.40	2442.71	99.21	1638.38	89.24	414.28	38.22
楚门镇	573.99	156.13	0.00	1135.04	117.03	667.24	49.63	0.00	7.23
龙溪乡	140.92	16.59	4.52	1748.47	0.00	422.76	0.00	0.00	33.44
芦浦镇	162.30	44.23	79.36	426.10	0.96	294.45	0.00	175.62	0.00
海山乡	26.92	6.67	133.61	168.97	0.00	58.08	0.00	0.00	0.00
城关镇	1071.98	61.19	169.27	1990.90	171.45	140.47	0.00	941.82	0.00
陈屿镇	323.81	44.23	42.19	1377.47	44.31	426.82	0.00	176.65	8.82
鲜迭镇	15.04	0.00	7.03	1127.69	0.00	10.81	0.00	0.00	1.04
江夏乡	240.68	127.54	256.42	2163.55	277.40	764.49	0.00	0.00	284.48
垟根乡	135.38	100.28	70.82	1403.18	54.90	540.27	0.00	0.00	0.00
横山乡	187.64	43.85	62.54	1998.25	0.00	351.18	0.00	0.00	0.00
合计	7917.12	1906.37	2511.46	36732.53	4815.97	13506.86	180.22	1708.37	612.44

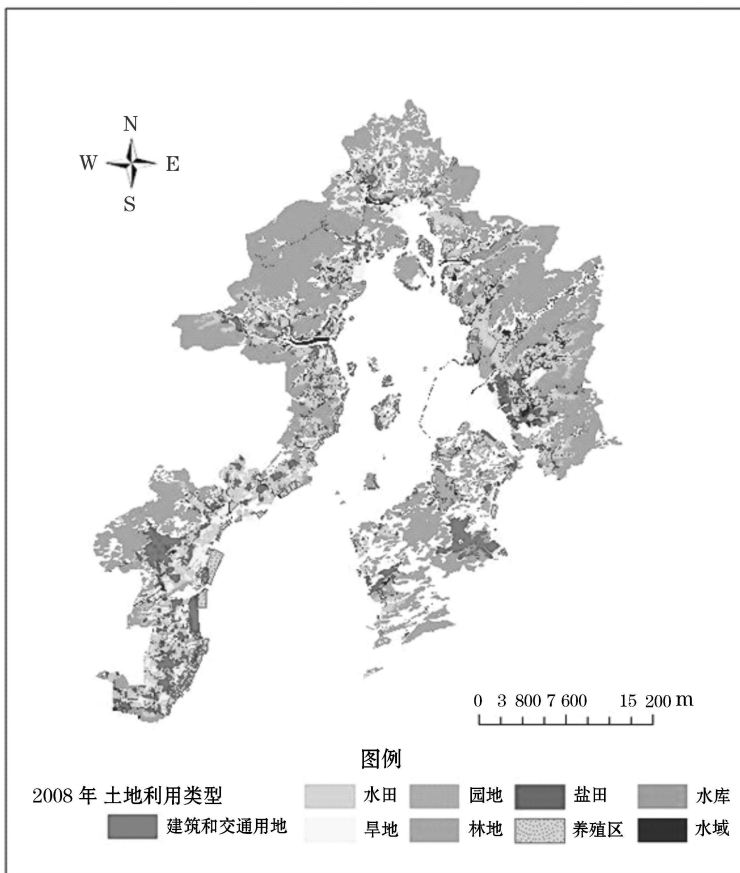


图 4 2008 年土地利用类型图

Fig 4 Map of land-use types(2008)

2008年乐清湾地区土地利用类型仍然以林地为主,面积为 36732 53 hm²,总量变化不大,水田次之,盐田和水库总面积较少。

乐成镇、城关镇的建筑与交通用地最多,两镇均超过 1000 hm²,海山乡、鲜迭镇则最少,面积不足 100 hm²。湖雾镇、鲜迭镇两镇没有利用近海水域。乐成镇养殖区面积变化最大,15a年间从面积为零一跃成为养殖区面积最大的乡镇。除天成乡外,其他各乡镇的林地面积较之于土地总面积比重较大。每个乡镇均有水田分布,但鲜迭镇最少,仅有 10 81 hm²,仅为乐成镇的十七分之一。翁垟镇盐田面积从无到有,增加了 41. 32 hm²,楚门镇则骤减。园地仅出现于玉环区的 4个乡镇,其中城关镇、陈屿镇两镇园地面积大量减少。水库仍以清江镇、江夏乡两镇面积为最大。23个风险小区中仅清港镇一镇拥有所有 9类土地类利用型的分布。而大荆镇、海山乡、鲜迭镇、横山乡 4个乡镇土地利用类型种类最少,只出现 9类土地中的 5类。各镇具体数值详见表 4 土地利用类型的结构分布情况见图 4。

3 3 分析与比较

分别针对 1993年和 2008年两个研究时期提取的土地利用数据进行统计分析,结果表明,该地区 15a来土地利用方式发生了显著的变化,但土地利用结构的变化不大。土地利用的总面积平均每年增加量达到 395. 608hm²,以 0. 62%的速度逐年增加。其中 3种土地利用类型面积明显减少,5种土地利用类型面积明显增加,面积显著增加的土地类型有建筑和交通用地、旱地、养殖区、林地和水库,水域面积几乎不变。研究区域土地利用类型以林地、水田为主,但 15a年中均有少量减少,林地总面积均大于 50%。其次为建筑和交通用地,随着经济的发展,人类活动大量增加,随之面积增加近半。相对面积增加最多的是养殖区,在 2008年的比重超过了园地和水域,比 1993年增加了 124%。在面积净减的地类中,园地的减少量最多,达 801. 25hm²,盐田减少 101. 47hm²,水田减少了 118. 64hm²。具体数值见表 5。

研究区域在两个研究时期的生态风险变化不大,风险略有增加。1993年整个乐清湾地区的生态风险指数为 0. 1074 处中风险等级。就 23个风险小区独自的情况而言,有 14个乡镇的生态风险超过了地区平均水平。生态风险相对比较高的地区主要集中在乐清湾的西南部地区,风险较低的区域在乐清湾西北部和东南部。2008年整个乐清湾地区的生态风险指数为 0. 1079 仍然处中风险等级。就 23个风险小区独自的情况而言,翁垟镇达到了高生态风险等级,其生态风险指数为 0. 1105 有 12个乡镇的生态风险超过了地区平均水平。15a年间,高生态风险区域面积增加了 2459. 30 hm²,生态风险相对较高的乡镇增加了 4个,总面积为 12911. 66 hm²;相对中等的乡镇增加减少 1个,但是面积增加 8595. 58 hm²;相对较低的乡镇减少 4个,面积减少 118013. 85 hm²,低风险的区域面积正在快速减少,并且向高生态风险转化。生态风险相对比较高的地区人集中在西南部地区,且面积有所扩大。具体情况见表 6 表 7。

表 5 1993年乐清湾海岸带地区土地利用的变化情况

Table 5 Change situation of classified land-use in coastal zone of Yueqing Bay

利用类型	1993		2008		增加的面积 /hm ²
	面积 /hm ²	比率 %	面积 /hm ²	比率 %	
建筑和交通用地	4392.49	6.87%	7917.12	11.33%	3524.62
水域	1909.56	2.99%	1906.37	2.73%	-3.20
养殖区	1105.29	1.73%	2511.46	3.59%	1406.17
林地	36271.73	56.71%	36732.53	52.56%	460.80
旱地	3393.54	5.31%	4815.97	6.89%	1422.43
水田	13625.50	21.30%	13506.86	19.33%	-118.64
盐田	281.69	0.44%	180.22	0.26%	-101.47
园地	2509.61	3.92%	1708.37	2.44%	-801.25
水库	467.78	0.73%	612.44	0.88%	144.66
合计	63957.21	100%	69891.32	100%	5934.12

表 6 1993年乐清湾生态风险指数分布表

Table 6 Distribution of ecological risk indices in Yueqing Bay in 1993

风险强度	风险指数区间	乡镇	总面积 /hm ²	乡镇个数
高	0.1100 以上	无	0	0
总体为中风险	相对较高	翁垟镇、天成乡、南塘镇	3650.70	3
	相对中等	黄华镇、乐成镇、蒲岐镇、南岳镇、清江镇、江夏乡、清港镇、楚门镇、芦浦镇、横山乡、海山乡	29649.52	11
	相对较低	芙蓉镇、雁荡镇、大荆镇、湖雾镇、坞根乡、龙溪乡、城关镇、陈屿镇、鲜迭镇	30646.86	9

表 7 2008 年乐清湾生态风险指数分布表

Table 7 Distribution of ecological risk indices in Yueqing Bay in 2008

风险强度	风险指数区间	乡镇名称	总面积 /hm ²	乡镇个数
高	0.1100 以上	翁垟镇	2459.30	1
相对较高	0.1085 ~ 0.1100	黄华镇、乐成镇、天成乡、蒲岐镇、南塘镇、楚门镇、海山乡	16562.367	
相对中等	0.1070 ~ 0.1085	南岳镇、清江镇、雁荡镇、大荆镇、坞根乡、江夏乡、清港镇、芦浦镇、城关镇、陈屿镇	38245.10	10
相对较低	0.1055 ~ 0.1070	芙蓉镇、湖雾镇、横山乡、龙溪乡、鲜迭镇	12633.01	5

就每个风险小区变化情况来看, 有 3 个乡镇的生态风险略有下降, 分别为清江镇、南塘镇、横山乡, 仅占乡镇总数的 13%; 其余乡镇生态风险均有不同程度的上升, 其中 13% 的乡镇生态风险大幅度增加; 26% 的乡镇中度增加; 48% 的乡镇小幅度增加。生态风险增加的土地利用面积是生态风险减少的土地利用面积的 9 倍之多。大荆镇生态风险增加幅度最大, 达到 0.0014。翁垟镇是唯一一个达到高生态风险等级的乡镇, 其增长速度也是 23 个小区中较快的一个。具体乡镇的生态风险指数变化见表 8。

表 8 各乡镇生态风险指数变化情况

Table 8 Change situation of ecological risk indices in each town

增减	指数增减区间	乡镇名称	个数
增加	0.0010 ~ 0.0015	翁垟镇、大荆镇、城关镇	3
	0.0005 ~ 0.0010	黄华镇、乐成镇、蒲岐镇、江夏乡、海山乡、陈屿镇	6
	0.0000 ~ 0.0005	天成乡、南岳镇、芙蓉镇、雁荡镇、湖雾镇、坞根乡、清港镇、楚门镇、龙溪乡、芦浦镇、鲜迭镇	11
减少	-0.0005 ~ 0.0000	清江镇、横山乡	2
	-0.0010 ~ -0.0005	南塘镇	1

产生如此变化的原因与地区间的不同政策规划, 经济发展方向有关。下面以翁垟镇和南塘镇两个具体的有代表性的乡镇为例说明。两镇 15a 年间土地利用类型面积增减变化见图 5。

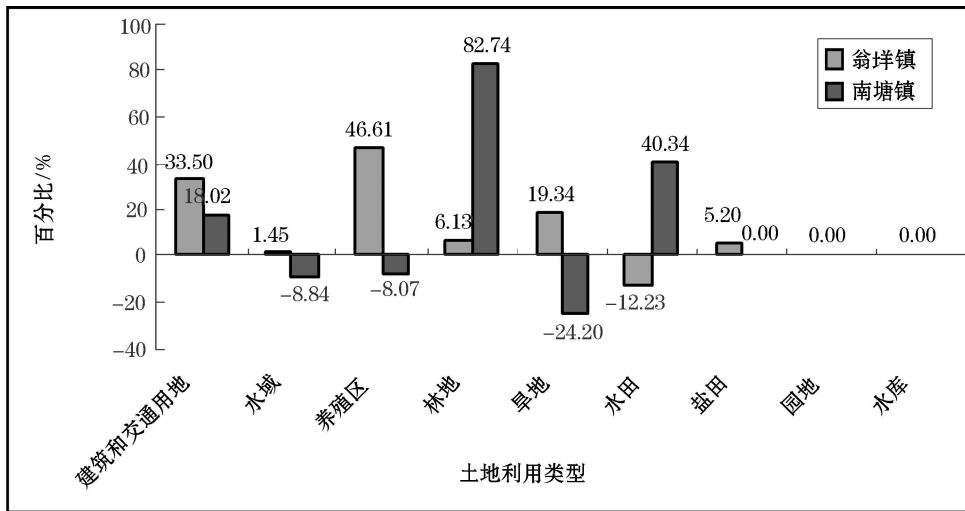


图 5 翁垟镇和南塘镇土地利用变化差异图

Fig. 5 Regional difference of land-use between Wengyang Town and Nantang

翁垟镇, 1993 年土地利用类型较为单一, 没有养殖区、盐田、园地、水库, 2008 年出现了养殖区与盐田。2008 年 15a 年间增加土地利用面积为 795.35 hm², 其中只有水田面积减少 97.26 hm², 其余均有所增加, 养殖区增加了 370.69 hm², 占总增加量的 46.61%。盐田增加了 41.32 hm², 占到乐清湾 2008 年盐田总面积的 22.93%。其余建筑与交通用地也增加了三分之一。经济的快速增长伴随着生态风险的不断提高。2000 年来, 翁垟镇实施“科教兴农”战略, 随着此战略的推进, 不断扩大养殖区面积, 大力推广农业科学技术, 加大产业结构调整, 效益农业有了较快发展, 沿海滩涂水产资源丰富, 其中蛸蚌、瓜子蚶、涂蒜、望潮、蚕虾等水产品

远销省内外各地,是浙南较大的水产品养殖基地。1999年水产品总产量 13145.9t,水产养殖业产值 23313.8 万元,被评为温州市渔业第一强镇。

反之,南塘镇为生态风险减少最多的乡镇,1993年其生态风险指数与翁垟镇相似,位列第 3,然而 15a后比之减小了 0.0006,位列第 8。分析南塘镇土地利用情况可知,南塘镇主要增加土地面积为林地,共增加 138.58 hm²,占总增加面积的 82.74%。水域、养殖区、旱地共减少 68.85 hm²。南塘镇一农业和畜牧业为主,在 15a间开发利用无灌溉设施的旱地,进而转化成林地、水田等。水产养殖和水产育苗业是南塘经济增长点,得以大力发展。全镇上规模的育苗企业近 20家,虾塘混合放养、深水笼养和海上浮架牡蛎养殖都有一定的技术专长,最大程度利用有限资源,相对于渔业养殖,育苗养殖又缩小了水域及养殖区的利用面积。全镇农业走向产业化发展之路,大棚蔬菜水果等效益农业已成规模。

比较各个生态风险小区的前后变化,林地、园地面积的增加可以有效降低生态风险,而建筑与交通过地、养殖区、盐田面积的增加会加速生态环境的恶化,提高生态风险程度。以下来分析其中原因:

乐清湾海岸外侧为滨海潮滩盐土,土体受海水周期性的间歇浸淹,盐渍化过程明显,同时受海湾半封闭地形的影响,沉积物几乎全为粘涂,盐分类型和海水基本相同。海岸内侧依次为滨海盐土和滨海潮化盐土,滨海盐土是滨海潮滩盐土与滨海潮化盐土之间的过渡阶段,其有机质和养分含量大致相当。除自然地理因素以外,海水制盐业也影响了盐田面积的变化。就制盐而言,几十年来我国对制盐技术深层次的改革及盐化工产品开发前的应用技术研究重视不够,开发的产品长期停留在抵挡水平上,技术含量低。存在资源浪费,渗漏严重等问题,不少盐场只能依靠扩大盐田面积增加产量。导致大量苦卤严重污染环境。

乐清湾海水养殖业十分发达,养殖业迅速发展,养殖区面积迅速增大,同时带来的氮、磷污染尤为巨大,大量的残饵和排泄物分解大大增加了乐清湾水体的富营养化程度,加大生态环境负担。海水养殖过程产生的主要废物有残饵、排泄物、化学物质和治疗性药物的残留,养殖生物的尸体及病原体也是废物的重要组成部分,但是潜在污染物的主要来源是与饵料有关的废物。养殖过程中 85%的污染物来自养殖本身,即“自身污染”,污染物来源所占的比例分别为:过剩饵料占 35%,排泄物占 50%,生活垃圾 5%,其它污染物占 10%。从整个养殖生态系统的物质能量循环情况看,以精养虾池中的物质平衡为例,养殖过程中只有 10%的氮和 7%的磷被利用,其它的都以各种形式进入海洋水体环境。每生产 1t鱼就有 878~952kg的碳进入水生环境中,约占碳输入量(包括饲料和鱼苗)的 75%~78%。

养殖过程产生的残饵和排泄物进入水体后,会以有机或无机物的溶解态及颗粒态存在,这些残饵和排泄物使海水中氮、磷含量升高,原有的水化学平衡产生相应改变,对海水水质产生影响,在水动力作用下,这种影响还可能扩大到邻近水域,造成海域生态系统中的营养盐过剩,而营养盐过多带来的水体理化环境变化又反过来影响养殖生态系统的物质能量流动,从而造成恶性循环。

随着经济的不断发展,人口数量增加,人们对生活水平越来越高,建筑与交通过地的面积也逐年大量增加。仅乐成镇与城关镇就扩大 600hm²以上,主要占用了园地与水田。人类生活区域面积增大的同时制约了周边植物与动物的生长,大大影响区域内生物多样性;伴随着生产与生活也产生多种废弃物,包括固体废弃物、废气、废水等等。不断地建筑施工开掘土地,不可逆的破坏了原有的土壤结构。

林地与园地结构比较相似,林地多生长乔木、竹类、灌木的土地,园地多为生长多年生木本和草本作物的土地。此类用地植被覆盖率高,起到良好的净化空气、涵养水源、降低噪音、调节城市气候的作用。林地与园地是多种动物的栖息地,也是多类植物的生长地,是生物繁衍最为活跃的区域。在降低生态风险的过程中起到了重要的作用。

4 结论

(1)乐清湾地区的土地利用类型以林地、水田为主,15a来土地面积共增加 5934.12 hm²,建筑和交通过地增加最多,养殖区与旱地也有明显增加。主要受人为因素的影响,与人口增长、农业生产、经济发展有关。

(2)通过分析,温州市乐清湾在 1993年和 2008年 2个不同研究时期的生态风险评价指数分别为 0.1074~0.1079,呈上升趋势,总体属于中生态风险等级。若按 23个生态风险小区来看,翁垟镇已达到高生态风险等级。风险升高的主要原因是低生态风险用地转移到高生态风险用地面积。林地、园地面积的增加可以有效降低生态风险,而建筑与交通过地、养殖区、盐田面积的增加会加速生态环境的恶化。

(3) 乐清湾地区 1993 年生态风险相对较高的地区在其西南部, 北部与东南部较低, 其余中等; 2008 年生态风险相对较高的地区在西南部, 北部和东南部还有零星低风险乡镇分布, 其余中风险地区风险整体上升。高风险地区面积向四周扩大, 低风险地区面积缩小。

(4) 由于乐清湾不属于同一个市管辖, 3 个市有其自己土地规划与发展政策, 因此应该加强 3 市之间的联系, 统一规划, 根据生态风险高低程度不同, 高生态风险区域是今后环境保护工作需要重点关注的区域, 应强化土地生产功能, 加强相关产业技术改革; 中低生态风险区域也不能忽视, 应节约资源, 合理开发, 降低其恶化速度。

参考文献:

- [1] 李乃康. 生态系统服务价值对土地利用变化的影响——以四川省内江市为例 [J]. 生态经济, 2008 (10): 45~ 48.
- [2] 阳文锐, 王如松, 黄锦楼等. 生态风险评价研究进展 [J]. 应用生态学报, 2007, 18(8): 1869~ 1876.
- [3] 彭立圣, 牟瑞芳. 层次分析法在生态旅游资源评价中的应用研究 [J]. 环境科学与管理, 2006 31(3): 177~ 180.
- [4] 臧淑英, 梁欣, 张思冲. 基于 GIS 的大庆市土地利用生态风险分析 [J]. 自然灾害学报, 2005 14(4): 141~ 145.
- [5] 郭程轩, 徐颂军, 巫细波. 基于统计学的佛山市土地利用变化驱动力时空分异 [J]. 经济地理, 2009 29(9): 1524~ 1528.
- [6] 付光辉. 土地整理生态风险评价研究 [D]. 南京农业大学博士学位论文, 2007.
- [7] 周利军, 张雪萍, 陈设. 扎龙自然保护区土地利用变化与生态风险评价 [J]. 自然灾害学报, 2009 18(2): 186~ 190.
- [8] 殷贺, 王仰麟, 蔡佳亮等. 区域生态风险评价研究进展 [J]. 生态学杂志, 2009, 28(5): 969~ 975.
- [9] 张志国, 李锐, 王国梁. 基于 GIS 的区域水土流失生态风险评价 [J]. 中国水土保持科学, 2007, 5(5): 98~ 101.
- [10] 刘勇, 张红, 尹京苑. 基于土地利用变化的太原市土地生态风险研究 [J]. 中国土地科学, 2009 23(1): 53~ 61.
- [11] 周婷, 蒙吉军. 区域生态风险评价方法研究进展 [J]. 生态学杂志, 2009, 28(4): 762~ 767.
- [12] 李晶辉. 郑州市土地利用变化及驱动力分析 [D]. 河南农业大学硕士学位论文, 2006.
- [13] 徐建华. 现代地理学中的数学方法 [M]. 高等教育出版社, 2002: 224~ 249.
- [14] 陆汝成, 黄贤金, 张兴榆等. 区域土地利用转移及生态风险分析 [J]. 生态经济, 2009 9 34~ 37.
- [15] 周仲怀, 王建华, 徐丽君等. 我国海水制盐工业的发展与对策 [J]. 海洋科学, 1997 04 71~ 73.
- [16] 李春平. 浙江乐清湾海岸带地区的经济发展 [J]. 资源开发与市场, 2005, 21(5): 427~ 429.
- [17] 张灵杰. 浙江乐清湾资源环境特征及其邻近海岸带综合管理 [J]. 资源科学, 2000 22(6): 57~ 61.
- [18] 彭羽, 刘雪华, 张爽等. 基于综合生态损失度的顺义区生态风险评价 [J]. 清华大学学报 (自然科学版) 2008 48(3): 366~ 369.