

基于 3S 技术的朝阳港 湖湿地景观格局演变研究

谷东起^{1,2}, 赵晓涛¹, 夏东兴², 丰爱平^{1,2}

(1 中国海洋大学 海洋地球科学学院, 山东 青岛 266003; 2 国家海洋局 第一海洋研究所, 山东 青岛 266061)

摘要: 在朝阳港 湖湿地景观分类体系基础上, 利用 3S 技术对多时相的 湖湿地景观格局进行了定量分析, 结果表明, 从 1954 年到 2002 年人工景观面积增加了 532 hm², 景观格局指数呈现出景观多样性和均匀度增加、优势度下降的趋势; 湖总体斑块密度从 0.017 4 个/hm² 增加到 0.034 6 个/hm², 廊道密度从 0.69 54 m/hm² 增加到 22.05 640m/hm², 景观破碎化程度逐渐增强。湖湿地景观格局变化与人类的干扰活动密切相关, 因此在 湖湿地资源保护中合理调控人类的干扰活动尤为重要。

关键词: 3S 技术; 朝阳港; 湖湿地; 景观; 人类活动

中图分类号: P829.1 文献标识码: A 文章编号: 0253-4193(2005)02-0091-07

1 引言

朝阳港位于山东半岛东北岸, 是一个由对生沙嘴环抱的封闭型浅海湾 湖^[1] (图 1)。湖湾口朝北, 口门宽约 150 m, 由一条狭窄的水道与外海相通, 面积约为 1 300 hm²。受海洋性气候影响, 区域年平均气温为 11.1 ℃, 气温年较差为 24.6 ℃, 多年平均降水量为 768.0 mm, 降雨主要集中在 6~9 月。沿岸主要有白龙河、于家河等河流注入, 年总输沙量约为 2 万 t。朝阳港 湖水体较浅, 水深一般在 2 m 以内, 湖周围多发育沼泽, 是一个典型的海岸湖湿地体系^[2~5]。20 世纪 70 年代以来, 由于人类对朝阳港 湖的开发, 大面积的自然湿地被围垦, 原有湖湿地景观格局发生了很大的变化。本文利用景观生态学原理, 研究朝阳港 湖湿地景观在时间和空间上的结构与量的变化, 以期通过景观变化分析, 探讨人类活动对湿地景观的影响, 从而为合理利用湿地、调控人类活动的强度和利用方式提供依据。

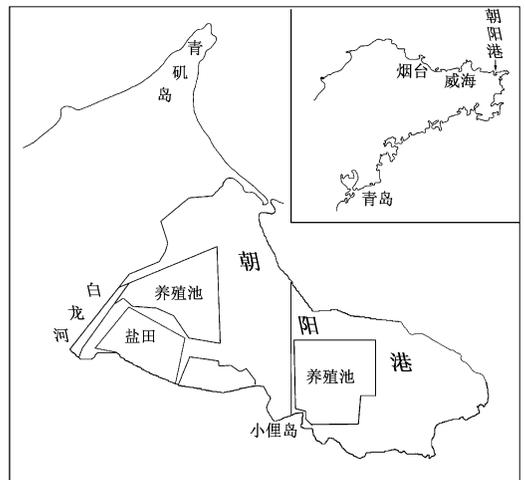


图 1 朝阳港 湖湿地位置

2 景观格局定量研究方法

2.1 技术路线

景观生态学是湿地研究的热点领域之一。在景

观生态学研究景观格局及其变化过程是主要研究内容^[6-9]。在景观格局分析中,遥感(RS)、地理信息系统(GIS)以及全球定位系统(GPS)(简称3S技术)是湿地景观要素定量研究的重要技术手段。为了分析景观格局的变化,根据近几十年来朝阳港湖湿地的开发和利用状况,以1954,1971,1983年三期1:50 000的地形图、20世纪80年代的遥感资料(1984年2月1:15 000航片和1986年4月20日1:100 000假彩色TM卫片)和2002年现场调查资料作为主要量化信息源(2002年的现场调查采用GPS技术,历时10 d,对现有地形和相关图件进行了重新修订),通过对图件及图像的判读、分析和信息融合,勾绘出不同类型的景观斑块,然后将各类斑

块及其他已知信息数字化,在MapInfo软件支持下进行了景观格局变化分析。在景观类型辨识和判读过程中,充分利用了荣成市土壤类型图、土地利用现状图和荣成市相关海岸带调查资料^[1-4]所提供的资料作为辅助信息,确保了景观分析的可靠性。

2.2 景观格局指数模型的引入

景观格局指数是指能够高度浓缩景观格局信息、反映其结构组成和空间配置特征的定量指标^[10]。在景观格局变化分析中,将景观的空间特征与时间过程联系起来,采用景观格局指数来定量描述是最常用的研究方法。本文在分析朝阳港湖空间格局演变过程时,选择了如表1所示的几种常用指数进行了分析和计算。

表1 景观格局指数及其生态涵义

名称	计算公式	生态涵义
景观多样性指数(H)	$H = - \sum_{k=1}^m (p_k) \log_2(p_k),$ p_k 为 k 种景观类型占总面积的比例; m 是景观类型的总数	反映景观要素的多少和景观结构的复杂程度
优势度指数(Do)	$Do = H_{\max} + \sum_{k=1}^m (p_k) \log_2(p_k),$ H_{\max} 为研究区内各类景观所占比例相等时的多样性指数	反映景观由少数几个主要的景观类型控制的程度
均匀度指数(E)	$E = (H/H_{\max}) \times 100\%$	反映景观内不同景观类型的分配均匀程度
斑块分维数(D)	$D = 2 \ln(P/K) / \ln a,$ P 为单个斑块周长; a 为单个斑块面积; $K = 4$	反映斑块形状的复杂程度或斑块的自我相似程度
斑块密度指数(PD)	$PD = N_p / A, PD_i = N_{p_i} / A_i$ N_p 为景观斑块总数; A 为景观总面积; N_{p_i} 为 i 类景观斑块总数; A_i 为 i 类景观总面积	反映景观的破碎化程度
廊道密度指数(CD)	$CD = L / A,$ L 为廊道总长度	反映景观被廊道分割、破碎化的程度
景观斑块数破碎化指数(FN)	$FN = (N_p - 1) N_c,$ N_c 表示以 10 hm^2 去除湖总面积所得的值*	反映景观的破碎化程度
景观内部生境面积破碎化指数(FI)	$FI_1 = 1 - A_i / A, FI_2 = 1 - A_i / A_1,$ A_1 是该类景观类型中最大的斑块面积	反映景观的破碎化程度

* N_c 是景观数据矩阵的方格网中格子总数^[11]。1997年王宪礼和肖笃宁等^[12]用研究区域最小的斑块面积去除总面积来表示 N_c 。为了方便在时间序列上的对比分析,本文将网格大小统一定义为 10 hm^2 ,这样既克服了由于网格尺度不同造成的数据变化,又避免了由于不同时间内最小斑块面积不同所造成的数据不可对比性。

- 1) 威海市林业局. 威海市湿地资源调查技术报告, 1997.
- 2) 荣成县潮间带生物资源调查队. 潮间带生物资源综合调查报告, 1983.
- 3) 荣成县水产局区划组. 荣成县渔业资源调查与渔业区划报告, 1985.
- 4) 威海市农业局. 威海市海岸带农业综合开发规划, 1988.

2.3 朝阳港 湖湿地景观分类体系

根据 湖湿地地貌、水文、生态及植物优势群落等要素, 将朝阳港 湖湿地景观划分为如表 2 所示

的三级系统. 考虑到资料获取的难易程度, 在 GIS 量算过程中以二级景观分类为标准进行量算.

表 2 朝阳港 湖湿地景观分类系统

一级分类	二级分类	三级分类	界定标准
自然景观	沙 坝	砂嘴式沙坝	受周期性潮水影响, 生长砂生植被
	河口湿地	潮间带河口湿地	潮流界至河口口门
	湖浅滩	湖潮滩 湖水盆	低潮时干出 低潮时不出露
	沼泽湿地	芦苇湿地 盐地碱蓬- 芦苇湿地	天然芦苇沼泽地 以盐地碱蓬和芦苇为主的沼泽地
	盐碱荒地	稀疏盐地碱蓬荒地	荒盐碱地
	潮汐汉道	潮流通道 湖口门 潮流三角洲	潮流进出 湖的狭长通道 湖口门 由涨、落潮形成的地貌体
	人工景观	养殖池	虾、蟹、鱼池
盐 田		盐田 盐田贮水池	分布于 湖内部 盐田贮水池
农用地		苇田 农田 果园	与农田相间作, 受人为控制 分布于 湖内, 受 湖盐水影响 分布于 湖内, 受 湖盐水影响
人工廊道景观		水渠 堤坝 道路	养殖和盐田引水渠 人工修建的束流边界 分布于 湖中或 湖边缘的土路

3 MapInfo 技术支持下的指数运算

基于朝阳港 湖景观二级分类标准, 在 MapInfo fo 软件空间数据管理和分析功能支持下, 对研究区

1954~ 2002 年多时相信息要素进行了分析和量算, 获得了相应的属性数据, 编绘了湿地景观类型图(图 2), 计算了上述各项指数, 计算结果见表 3~ 8.

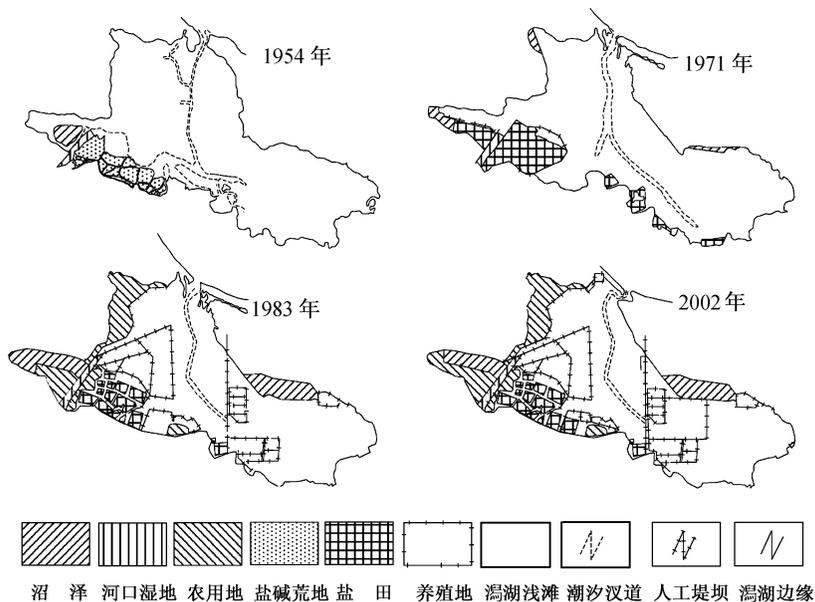


图 2 不同时期朝阳港 湖湿地景观类型图

表 3 基于二级分类标准的朝阳港 湖湿地景观类型变化

景观类型	1954 年		1971 年		1983 年		2002 年	
	面积/hm ²	周长/m	面积/hm ²	周长/m	面积/hm ²	周长/m	面积/hm ²	周长/m
沙 坝	-	1 142	-	1 068	-	1 104	-	1 153
河口湿地	11.85	2 330	11.26	1 844	16.14	2 757	16.14	2 757
湖浅滩	1 220.10	25 817	1 079.50	28 730	751.60	264 800	694.60	262 900
沼泽湿地	17.60	1 739	25.63	5 247	99.64	7 449	85.60	6 646
盐碱荒地	73.48	14 617	-	-	-	-	-	-
潮汐汉道	-	2 940	-	4 750	-	3 450	-	3 450
养 殖 池	-	-	-	-	200.77	20 969	270.88	28 916
盐 田	-	-	164.33	13 312	107.26	7 168	115.85	8 349
农 用 地	-	-	-	-	131.22	12 663	145.20	13 982
人工廊道	-	-	-	9 680	-	24 605	-	27 257

表 4 朝阳港 湖湿地景观格局指数

年 份	<i>H</i>	<i>Do</i>	<i>E</i>
1954	0.483 2	1.516 8	0.241 6
1971	0.760 9	1.239 1	0.380 5
1983	1.864 6	0.720 4	0.721 3
2002	1.945 2	0.639 8	0.752 5

表 5 朝阳港 湖湿地景观分维数

景观类型	<i>D</i>			
	1954 年	1971 年	1983 年	2002 年
河口湿地	1.090 0	1.054 6	1.090 0	1.090 0
湖浅滩	1.075 3	1.096 6	1.070 7	1.075 2
沼泽湿地	1.005 9	1.070 6	1.042 1	1.037 7
盐碱荒地	1.023 9	-	-	-
养 殖 池	-	-	1.016 7	1.018 3
盐 田	-	1.035 1	1.013 5	1.012 8
农 用 地	-	-	1.049 1	1.057 5
湖整体	1.069 9	1.073 6	1.041 5	1.038 3

表 6 朝阳港 湖湿地景观斑块密度

类 型	<i>PDI</i> 个·hm ⁻²			
	1954 年	1971 年	1983 年	2002 年
河口湿地	0.090 9	0.088 9	0.062 0	0.062 0
湖浅滩	0.000 1	0.000 1	0.002 7	0.002 9
沼泽湿地	0.056 8	0.117 1	0.020 1	0.023 4
盐碱荒地	0.272 2	-	-	-
养 殖 池	-	-	0.064 8	0.073 8
盐 田	-	0.097 4	0.139 8	0.138 1
农 用 地	-	-	0.030 5	0.034 4
湖整体	0.017 4	0.016 4	0.028 3	0.034 6

表7 朝阳港湖廊道景观密度和斑块数破碎化指数

年份	1954	1971	1983	2002
$CD/m \cdot hm^{-2}$	0 695 4	8 214 1	20 392 2	22 056 4
FN	0 166 3	0 156 2	0 275 5	0 338 8

表8 朝阳港湖湿地景观内部生境面积破碎化指数

类型	1954年		1971年		1983年		2002年	
	FI_1	FI_2	FI_1	FI_2	FI_1	FI_2	FI_1	FI_2
河口湿地	0 991 0	0 991 0	0 991 3	0 991 3	0 986 7	0 986 7	0 986 7	0 986 7
湖浅滩	0 077 8	0 077 8	0 165 8	0 165 8	0 379 9	0 687 4	0 426 0	0 691 2
沼泽湿地	0 986 7	0 986 7	0 980 2	0 991 1	0 917 8	0 958 7	0 929 3	0 959 0
盐碱荒地	0 944 5	0 985 3	—	—	—	—	—	—
养殖池	—	—	—	—	0 834 3	0 946 7	0 776 1	0 955 8
盐田	—	—	0 873 0	0 923 8	0 911 5	0 992 4	0 904 3	0 992 4
农用地	—	—	—	—	0 891 7	0 938 7	0 880 0	0 938 6

4 论述

4.1 景观类型演变分析

从图2可以看出,自1954年以来朝阳港湖湿地景观格局发生了很大变化。从景观类型分布来看,人工景观主要分布在朝阳港湖湿地的西部和南部,其中农用地主要分布于湖西侧,主要为农田和与其间作的苇田;盐田和养殖池主要集中在湖的南部。从时间序列上可以看出,人为活动对湖湿地的改造主要集中在20世纪70~80年代,并表现出对湖开发利用方式的差异性。20世纪70年代初,湖主要用于盐业生产,有121.2 hm²的湖浅滩和盐碱荒地被改造为盐田。80年代是养殖业迅速发展时期,共有202.4 hm²浅滩被开发利用于养殖。1983年以后湖被开发利用的强度有所减小,有73 hm²的浅滩被围垦为养殖池和盐田(见表3)。为了反映湖湿地各种景观类型之间的演变趋势,在图2的基础上编制了朝阳港不同时期景观类型演变趋势图(图3)。从图3可以看出,朝阳港湖景观类型的转换总趋势是人工景观逐渐增加而自然湿地景观逐渐减少。近50 a来景观类型变化最显著的当属湖浅滩向人工景观的转化,共有462.5 hm²;其次为盐碱荒地,仅1954~1971年就有43.1 hm²被开发利用于盐业生产。朝阳港湖湿地景观格局变化的主要原因是人类对湖的开发利用,在近50 a内人工景观面积共增加了532 hm²;其次是

自然淤积作用,由于湖湿地的水深较浅,湖浅滩的陆化现象比较严重,从1954年到2002年共有63.6 hm²的湖浅滩被淤浅为沼泽湿地。

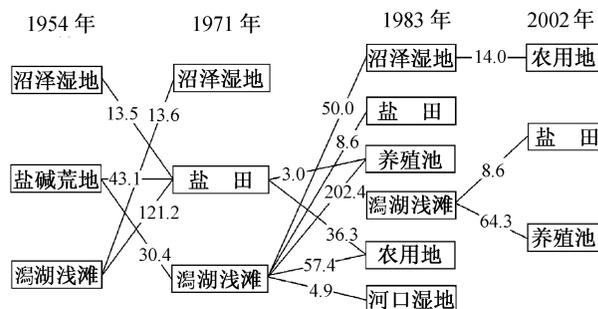


图3 朝阳港湖湿地主要景观类型定量演变趋势
图中数字的单位为公顷

4.2 景观格局变化分析

景观格局指数是景观空间格局和异质性的定量描述。通过对不同时期同一湿地类型的景观格局定量分析,可以反映湿地景观结构的变化趋势以及所受到的干扰程度。

如表4所示,从1954年到2002年朝阳港景观多样性指数从0.483 2增加到1.945 2,增加了3倍多;均匀度从0.241 6增加到0.752 5,增加了2倍多;优势度从1.516 8减少到0.639 8,减少了一半以上。在1954年因开发利用程度较低,朝阳港湖湿地仅有湖浅滩、河口、沼泽和盐碱荒地等几种简单的景观类型,特别是湖浅滩面积较大,在整个景

观类型中起着控制性作用,因此多样性和均匀度最低,优势度最高。此后随着人类干扰活动的增强,许多自然景观被分割为斑块面积较小的自然湿地景观和各种人工景观,造成景观类型多样性和均匀度增加,优势度下降。

如表 5 所示,在各期景观斑块的分维数中,人工景观的分维值相对较低。在人工景观中由于养殖池和盐田斑块形状多接近于方形,斑块形状比较简单,斑块间的自相似程度较高,因此分维值最低。农用地是草地、农田和果园的总称,虽然斑块规律性比较强,但相似程度不如养殖池和盐田,故分维值稍大。相对于人工湿地,自然湿地的分维值较大。由于人为的干扰作用,在沼泽和湖边缘多修建了堤坝,使得斑块形状趋于规则化,因此随着时间的推移,沼泽湿地和湖整体的分维值有逐渐变小的趋势。

研究区各类景观斑块密度中自然景观的斑块密度比人工景观的密度要低。在各期斑块密度比较中自然湿地的斑块密度有逐年减小趋势,相反盐田、养殖池和农用地的斑块密度却逐年增加,这表明自然湿地正逐渐被人工景观所代替。对于湖浅滩,由于 20 世纪 70 年代中期修建的拦湾大坝将整个浅滩拦腰切断,形成两个斑块,而且斑块面积也减小了不少,因此斑块密度有所增加。在湖整体斑块密度中从 1954 年到 2002 年,斑块密度从 0.0174 个/ hm^2 增加到 0.0346 个/ hm^2 ,增加了近 1 倍,这表明整个湖的破碎化随着时间的推移逐渐加剧(见表 6)。以堤坝、沟渠、道路和河流等廊道景观作为基础统计数据,对研究区不同时期的廊道密度进行了统计。从表 7 可以看出,随着时间的推移,廊道密度指数从 1954 年的 0.6954 m/hm^2 增加到 2002 年的 22.0564 m/hm^2 ,增加了近 31 倍。同样,景观斑块数破碎化指数随着时间的推移也呈递增趋势,显示了湖景观破碎和人为干扰程度不断加强的趋势。

由于湖浅滩是朝阳港景观中单个斑块面积较大的景观类型,景观内部生境破碎化指数最低。除湖浅滩外,其余自然景观和人工景观的 FI_1 和 FI_2 值都比较大,这是因为在整个湖湿地景观中河口湿地、沼泽湿地以及盐碱荒地等自然景观与其

他人工景观一样,基本都是由小面积斑块组成,这说明整个朝阳港湖湿地的景观内部生境破碎化比较严重(见表 8)。

5 结论和讨论

(1) 通过各期地形图和现场调查资料间的对比,可以看出随着时间的推移,朝阳港湖湿地景观已经发生了较大变化。从 1954 年到 2002 年湖景观多样性从 0.4832 增加到 1.9452 ,均匀度从 0.2416 增加到 0.7525 ,优势度从 1.5168 减小到 0.6398 ,这表明朝阳港湖景观逐渐从以大斑块、类型较单一的自然景观为主体的景观格局向小斑块、多种景观类型共同控制的景观格局演变。

(2) 通过对比可知从 1954 年到 2002 年,整个湖湿地景观破碎化程度逐年加剧,总体斑块密度从 0.0174 个/ hm^2 增加到 0.0346 个/ hm^2 ,廊道密度从 0.6954 m/hm^2 增加到 22.0564 m/hm^2 ,景观斑块形状破碎化指数和内部生境面积破碎化指数逐年增大,这反映了人为干扰活动的不断加强。

(3) 在人工景观和自然景观的对比分析中,自然景观主要表现为斑块面积大、形状复杂、分维数高、斑块的破碎化程度相对较低,人工景观则表现为形状规则、分维数低、斑块密度大、破碎化程度相对较高。

(4) 在景观分析过程中,考虑到景观类型辨析的难易程度,以景观二级分类标准为据进行了景观变化分析,可能会造成数据上的微小差别(例如斑块密度减小等),但在对比分析中运用了多种指数进行综合分析,基本消除了这些因素的影响,所得结果也反映了整个湖湿地的开发和利用的趋势,分析结果比较合理。

(5) 人类开发活动是导致湖湿地景观格局发生变化的直接原因。受开发活动的影响,朝阳港湖湿地景观呈现出阶段性变化特征。湖湿地景观格局的变化必然会对整个湖生态系统的结构和功能产生大的影响,也会对湖湿地生态系统的平衡造成威胁,因此合理调控人类的开发活动对湖湿地资源的保护至关重要。

参考文献:

- [1] 吴桑云,王文海.海湾分类系统研究[J].海洋学报,2000,22(4):83—89.
- [2] 谷东起,赵晓涛,夏东兴.中国海岸湿地退化压力因素的综合分析[J].海洋学报,2003,25(1):78—85.
- [3] 中国海湾志编纂委员会.中国海湾志:第三分册[M].北京:海洋出版社,1991.

- [4] 赵德三. 山东沿海区域环境与灾害[M]. 北京: 科学出版社, 1991.
- [5] 孙松龄, 梁国思, 鞠传龙, 等. 威海市湿地资源浅析[J]. 山东林业科技, 2001(4): 17—18
- [6] 肖笃宁, 胡远满, 李秀珍, 等. 环渤海三角洲湿地的景观生态学研究[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [7] 肖笃宁. 景观空间结构的指标体系和研究方法[A]. 肖笃宁. 景观生态学理论方法及应用[M]. 北京: 中国林业出版社, 1991. 92—98.
- [8] 王宪礼, 布仁仓, 肖笃宁. 辽河三角洲的景观破碎化分析[J]. 应用生态学报, 1996, 7(3): 299—304.
- [9] FORMAN R T T. Landscape mosaics[A]. The Ecology of Landscape and Regions[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 85—101.
- [10] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [11] 李哈尔滨, 伍业纲. 景观生态学的数量研究方法[A]. 李建国. 当代生态学博论[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 209—233.
- [12] 王宪礼, 肖笃宁, 布仁仓, 等. 辽河三角洲湿地的景观格局分析[J]. 生态学报, 1997, 17(3): 317—323.

The study on wetland landscape evolution of the Chaoyanggang Lagoon based on 3S technologies

GU Dong-qi^{1,2}, ZHAO Xiao-tao¹, XIA Dong-xing², FENG Ai-ping^{1,2}

(1. College of Earth Sciences, Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 2. First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Qingdao 266061, China)

Abstract: On the basis of classification system of the landscape types of the Chaoyanggang Lagoon, the landscape patterns' changes in different periods are analyzed quantitatively through 3S technologies. The results show that the area of the artificial landscapes is increased by 532 hm² from 1954 to 2002. The landscape diversity index and the landscape evenness index increase and the landscape dominance index decreases. At the same time, the patch density of the lagoon increases from 0.0179 to 0.0346 ind./hm², the corridor density increases from 0.6954 to 22.0564 m/hm², which shows that the fragmentation level is increased since 1954. The landscape patterns' changes of the Chaoyanggang Lagoon are closed related to human activities on the landscape, so adjusting the intensity of human development reasonably is very important to protect lagoonal wetland resources effectively.

Key words: 3S technologies; Chaoyanggang; lagoonal wetland; landscape; human activities