

# 长江南京段湿地动态变化遥感监测研究

杜鹤娟 (南京大学地理与海洋科学学院地理信息科学系, 江苏南京 210093)

**摘要** 以长江南京段向南北延伸3 km的缓冲带作为研究区域, 通过对1986、1996、2000年Landsat TM影像进行监督分类, 得到3个时期湿地资源变化数据。结果表明, 湿地总面积由90.218 hm<sup>2</sup>减少到79.366 hm<sup>2</sup>, 年均减少0.775 hm<sup>2</sup>。经过驱动因子分析得出, 造成沿江湿地面积锐减主要是人口数量增长以及工程建设的影响, 此外还包括沿江各乡镇对湿地资源的不合理利用。最后得出结论: 湿地保护要与城镇化发展和谐共存, 制定合理的湿地保护规划, 对现有湿地资源进行分级分区保护与利用。

**关键词** 监督分类; 湿地保护; 长江; 遥感

中图分类号 S127 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)24-07584-04

## Study on the Dynamic Variation Detection of Wetland Resource in Nanjing along the Yangtze River

DU He-juan (Nanjing University the Scientific Faculty of Geology and Ocean, Nanjing, Jiangsu 210093)

**Abstract** The study is based on the buffer zone of the Yangtze River in Nanjing extension 3 km in the direction of south-north. The change result during three periods of wetland resource was gained through the classification the image of Landsat TM in 1986, 1996, 2000. The total area of wetland has decreased from 90.218 hm<sup>2</sup> to 79.366 hm<sup>2</sup>. What was the main reason of the reduction by driver factor was analyzed, which was the increment of population and the effect of construction, and the nonsensible utilization of wetland resource along the Yangtze River. The conclusion was that wetland protection and civilization need to be harmonic coexistence, constitute sensible wetland protection planning and do protect and utilize against existing wetland resource.

**Key words** Supervised classification; Wetland protection; Remote sensing

湿地生态系统具有调节大气、净化水质、防洪蓄水等生态服务功能, 以及供人类休闲娱乐、生产养殖的社会经济功能。长江中下游湿地是我国及世界同纬度地带水网密度最高的地区, 又是长江分、蓄洪区的主要地域, 也是长江流域洪、涝灾害严重的地区<sup>[1]</sup>, 1998年国务院提出以“退耕还林, 封山育林, 退田还湖, 平垸行洪, 移民建镇, 以工代赈, 加固干堤, 疏浚河道”作为长江中下游湿地恢复与建设的总体框架<sup>[2]</sup>。南京沿江湿地生态系统是整个长江中下游湿地生态系统的一部分, 对现有湿地资源保护与利用情况进行调查, 分析湿地资源在人类干预以及自然条件双重作用下的变化规律, 有助于人类对湿地资源的可持续利用, 通过生态恢复理论的研究指导并维护湿地生态系统的健康和完整。

## 1 区域概况

该区域位于长江下游平原, 北纬31°43'52"~32°17'16", 东经118°26'18"~119°14'03", 东接富饶的长江三角洲, 南靠宁镇丘陵, 西倚皖赣山区, 北连江淮平原。属于亚热带季风气候区, 春夏间温暖多雨, 夏秋间常出现38~40℃的高温, 最适于水稻生长, 冬季无严寒, 越冬作物可以正常生长, 为建立一年三熟的耕作制度创造了有利条件<sup>[3]</sup>。该区域四季分明, 河流密布, 较大的有滁河, 以及秦淮河水系, 跨越的行政区域包括长江北岸的乌山镇、乔林镇、顶山镇、盘山镇、玉带镇、龙袍镇等, 以及南岸的江宁区铜井镇、部分鼓楼区、栖霞区等。丰富的地表水资源, 湿润的气候特征, 为该区域进行水产养殖、水田种植提供了良好的自然条件; 临江的先天优势, 形成了该区域产业发展的主要方向, 如船舶制造业、采掘业等, 南岸沿线分布着几大石油化工企业。

## 2 沿江湿地动态变化

### 2.1 数据处理

#### 2.1.1 数据来源。笔者利用1986年12月7日, 1996年4月

22日和2000年4月17日覆盖南京市及各县的3期Landsat TM影像, 江苏省1980、1995、2000年的土地利用现状图, 以及2005年11月利用GPS获得的南京沿江典型湿地分布的定位点数据。

#### 2.1.2 数据预处理。见图1。

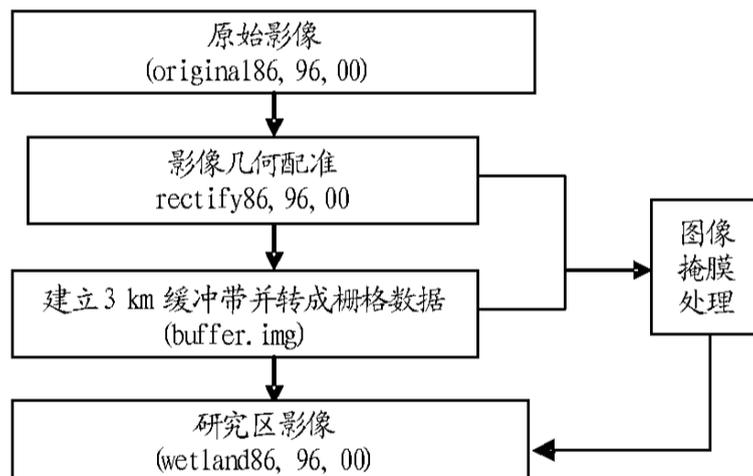


图1 数据处理流程

**2.2 沿江湿地分类体系建立** 长江下游湿地基本上可以分为以下3种类型: 以稻田、鱼塘、水库为主体的人工湿地, 主要生产水稻、水生蔬菜及淡水渔产品; 以河流、湖泊、沼泽等为主体的自然湿地或半人工湿地, 除用于蓄水、排洪、灌溉外, 主要用于水产养殖, 部分用于水生蔬菜的生产; 沿海与沿江滩涂的自然湿地与人工湿地, 不但是重要的生态保护区, 而且是水产养殖区<sup>[4]</sup>。参考《湿地公约》分类系统<sup>[5]</sup>以及对长江南京段湿地现状的调查, 在对1986、1996、2000年遥感影像不同纹理、形态、色调特征初步判读的情况下, 建立了南京沿江湿地分类系统。该区域的湿地分为两大类, 即人工湿地和自然湿地, 在一级分类下具体又分为二级子类即: 养殖坑塘、水田、沟渠、人工林地、敞水域(永久性、季节性、间歇性河流)、草本沼泽、淡水湖泊。

### 2.3 沿江湿地变化获取

**2.3.1 训练区采样。**以2000年的影像为例说明TM各波段间的相关性<sup>[6]</sup>, 以确定更易于识别湿地类型以及湿地边界的波段组合。经过波段相关性分析, 发现TM<sub>1</sub>、TM<sub>2</sub>、TM<sub>3</sub>波段间的相关性很强, TM<sub>5</sub>和TM<sub>7</sub>波段间相关性很强, TM<sub>4</sub>与TM<sub>6</sub>

基金项目 长江段南京湿地保护总体规划项目。

作者简介 杜鹤娟(1982-), 女, 山西临汾人, 硕士研究生, 研究方向: 遥感与地理信息系统应用。

收稿日期 2007-04-18

波段的相关性次之,再比较各个波段方差大小, TM1、TM2、TM3、TM4、TM5 包含的信息量较其他波段要多一些。综合考虑波段间相关性以及信息量大小,选择 TM5、TM4、TM3 波段组合,用红色代表对植物和土壤水分含量敏感且信息量大的 TM5 (短波红外波段),该波段可以增强土壤与绿色植物之间的反差;用绿色代表植物通用波段 TM4 (近红外波段);用蓝色代表位于叶绿素主要吸收带的 TM3 (红波段),此波段对于裸露地表、植被、人文特征等可以提供丰富的信息,是可见光的最佳波段。在由 TM5、TM4、TM3 组合的假彩色影像上,结合相

关地学知识,建立包括色调、斑块形状和纹理等特征的影像解译标志见表1。

**2.3.2 湿地分类及精度评价。**依据建立的湿地解译标志,对3个时期的影像进行监督分类:首先建立分类模板,根据实地调查时的 GPS 点位数据,勾勒出不同湿地的 AOI 区;参照建立的分类模板执行监督分类,并对分类精度进行评价,考虑到研究区中各类湿地所占面积不同,从而在选择随机采样点时依据按比例选取的原则,得到3期分类精度评价结果(表2),最终得到较为可靠的3期湿地动态变化图。

表1 南京沿江湿地及其他用地解译标志

项目	类型	形状	色调	纹理
自然湿地	敞水域	自然弯曲呈条带状,几何界限明显	蓝色至深蓝色	影像结构较均一
	淡水湖泊	不规则的块状,边界由弧度平缓的曲线围成	深蓝色及黑色	影像结构较均一
	草本沼泽	不规则片状	黄绿色	影像结构不均一
人工湿地	水田	基本规则的块状且连续分布	蓝绿色	影像结构不均一
	养殖坑塘	形状较破碎,部分较大面积的呈片状分布	深灰色及灰黑色	影像结构不均一
	人工沟渠	狭长的曲线条,纵横交错	淡褐色	影像结构较均一
	人工林地	大片的块状分布	深黄绿色	影像结构较均一
其他	桥梁堤坝	自然弯曲,局部明显平直	砖红色	影像结构较均一
	城镇用地	辐射状的,不规则多边形	粉红及玫瑰红	影像结构很不均一

表2 分类精度评价

年份	用户精度 %	生产精度 %	整体分类精度 %	Kappa
1986	86.96	76.92	78.66	0.765 2
1996	85.94	88.89	82.61	0.793 8
2000	89.29	100	96.68	0.894 2

### 3 动态变化分析

1986~1996年以及1996~2000年间南京沿江湿地类型的变化是自然因素与人为因素共同作用的结果,其中自然因素包括人类活动干预导致的自然条件如水质、土壤、气候等恶化,也有些属于湿地系统内部因素影响,如河流丰水年与枯水年会导致湿地赖以生存的水源受影响。为了更清晰地反映3个时期的湿地资源分布情况,笔者在GIS技术支持下,制作了1986、1996、2000年南京沿江湿地资源分布图,统计得出,从1986~2000年自然湿地和人工湿地面积呈不断扩张趋势,增加了4.407 hm<sup>2</sup>,增长率为34.8%,自然湿地[敞水域(河流、长江)、淡水湖泊、草本沼泽]减少了2.857 hm<sup>2</sup>,减少8个百分点,人工湿地(水田、养殖坑塘、人工沟渠、人工林地)减少了7.994 hm<sup>2</sup>,减少14.6个百分点。

**3.1 3期不同类型湿地间及其他地类转移率** 其中的转入率是指从a~b年由x转成y的面积占b年y总面积的比率,用正值表示;转出率是指从a~b年由x转成y的面积占a年x面积的比率,用负值表示。从表3.4可得出:

(1) 1986~2000年,南京沿江湿地从自然湿地向人工湿地的转出率要高于其转入率,即自然湿地的面积在减少。

(2) 1986~1996年以及1996~2000年间城镇用地以及桥梁修建占用的土地面积也在不断增加,是由自然湿地以及人

工湿地转化而来的,区别在于第2个时期较第1个时期城镇用地以及桥梁修建占用的自然湿地的面积率从0.529增长到0.564,增长了6%。

**3.2 自然湿地与人工湿地间转化** 1986~1996年和1996~2000年间自然湿地与人工湿地间转化比较(以下统称第1与第2个时期)。图2中outr86b、outr96b分别表示第1和第2个时期自然湿地转为人工湿地比率,irr86b、irr96b分别表示两个时期人工湿地以及其他用地向自然湿地的转入率。从图2可得出以下结论:

(1) 1996~2000年,自然湿地的转出率明显高于1986~1996年,而相对的转入率低于1986~1996年。

(2) 1996~2000年,南京长江段水田种植面积较1986~1996年有明显的增长,水田的转出率第1个时期要高于第2个时期,转入率则是第2个时期高,说明在第2个时期的南京沿江段水田种植业迅猛发展。但有一个特殊现象,第1个时期人工沟渠修建面积要多于第2个时期。

(3) 两个时期养殖坑塘的面积从自然湿地与人工湿地相互转化角度来看有减少的趋势,两个时期的减少率不尽相同,第2个时期的减少率要比第1个时期低。

**3.3 自然湿地与其他用地转化** 两个时期自然湿地与其他用地间的转化比较,其中的outr表示湿地转为其他用地的比率,irr表示其他用地转为湿地的比率。20世纪80年代中后期到90年代中后期,城镇化进程不断加速,城市扩张需要占用大量用地,其中包括桥梁道路的修建,图2反映了这一阶段的城镇化发展影响下的湿地资源数量上的变化情况。

(1) 从图3可见,第2个时期城镇扩张以及桥梁道路修建占用的湿地面积要比第1个时期更加严重;第1个时期的桥

表3 1986~1996年南京沿江湿地及其他用地转化率

年份		1996							
		敞水面	坑塘	湖泊	草本	林地	水田	沟渠	桥梁道路
1986	敞水面	-0.018	-0.078	-0.087	-0.014	-0.042	-0.095	-0.103	-0.145
		+0.069	+0.208	+0.040	+0.016	+0.008	+0.020	+0.112	+0.038
	坑塘	-0.231	-0.123	-0.065	-0.016	-0.045	-0.145	-0.174	-0.174
		+0.117	+0.159	+0.065	+0.009	+0.004	+0.015	+0.074	+0.019
	湖泊	-0.336	-0.023	-0.068	-0.011	-0.045	-0.134	-0.160	-0.119
		+0.089	+0.023	+0.010	+0.004	+0.003	+0.009	+0.048	+0.009
	草本	-0.047	-0.008	-0.015	-0.055	-0.203	-0.188	-0.039	-0.137
		+0.101	+0.008	+0.094	+0.156	+0.094	+0.092	+0.080	+0.073
	林地	-0.024	-0.020	-0.019	-0.116	-0.101	-0.213	-0.033	-0.171
		+0.035	+0.006	+0.068	+0.067	+0.027	+0.059	+0.039	+0.052
	水田	-0.018	-0.004	-0.006	-0.093	-0.013	-0.286	-0.034	0
		+0.158	+0.004	+0.157	+0.337	+0.150	+0.554	+0.278	+0.285
	沟渠	-0.039	-0.010	-0.017	-0.105	-0.038	-0.167	-0.095	-0.203
		+0.084	+0.010	+0.088	+0.091	+0.091	+0.066	+0.166	+0.092
	桥梁	-0.173	-0.014	-0.048	-0.045	-0.017	-0.028	-0.140	-0.392
		+0.108	+0.014	+0.056	+0.009	+0.009	+0.002	+0.013	+0.039
	道路	-0.054	-0.004	-0.009	-0.060	-0.016	-0.070	-0.160	-0.055
		+0.135	+0.004	+0.076	+0.079	+0.057	+0.042	+0.102	+0.147

表4 1996~2000年南京沿江湿地及其他用地转化率

年份		2000							
		敞水面	坑塘	湖泊	草本	林地	水田	沟渠	桥梁道路
1996	敞水面	-0.048	-0.186	-0.070	-0.019	-0.058	-0.121	-0.169	-0.109
		+0.275	+0.604	+0.057	+0.015	+0.009	+0.034	+0.122	+0.029
	坑塘	-0.204	-0.095	-0.062	-0.024	-0.099	-0.173	-0.163	-0.089
		+0.083	+0.022	+0.006	+0.003	+0.002	+0.008	+0.012	+0.003
	湖泊	-0.241	-0.127	-0.076	-0.022	-0.070	-0.101	-0.110	-0.068
		+0.108	+0.229	+0.038	+0.007	+0.004	+0.012	+0.021	+0.006
	草本	-0.042	-0.008	-0.017	-0.111	-0.318	-0.143	-0.091	-0.070
		+0.089	+0.093	+0.060	+0.220	+0.111	+0.103	+0.107	+0.040
	林地	-0.017	-0.005	-0.006	-0.119	-0.143	-0.119	-0.044	-0.106
		+0.015	+0.018	0.007	+0.067	+0.018	+0.031	+0.019	+0.022
	水田	-0.016	-0.002	-0.005	-0.058	-0.039	-0.119	-0.063	-0.060
		+0.071	+0.058	+0.036	+0.195	+0.167	+0.187	+0.162	+0.074
	沟渠	-0.031	-0.005	-0.007	-0.061	-0.044	-0.370	-0.089	-0.152
		+0.141	+0.106	+0.052	+0.196	+0.180	+0.269	0.218	+0.178
	桥梁	-0.158	-0.021	-0.044	-0.080	-0.030	-0.100	-0.67	0.179
		+0.183	+0.113	+0.078	+0.061	+0.029	+0.017	+0.095	+0.050
	道路	-0.025	-0.002	-0.005	-0.031	-0.016	-0.122	-0.125	-0.118
		+0.025	+0.043	+0.034	+0.093	+0.061	+0.081	+0.172	+0.266

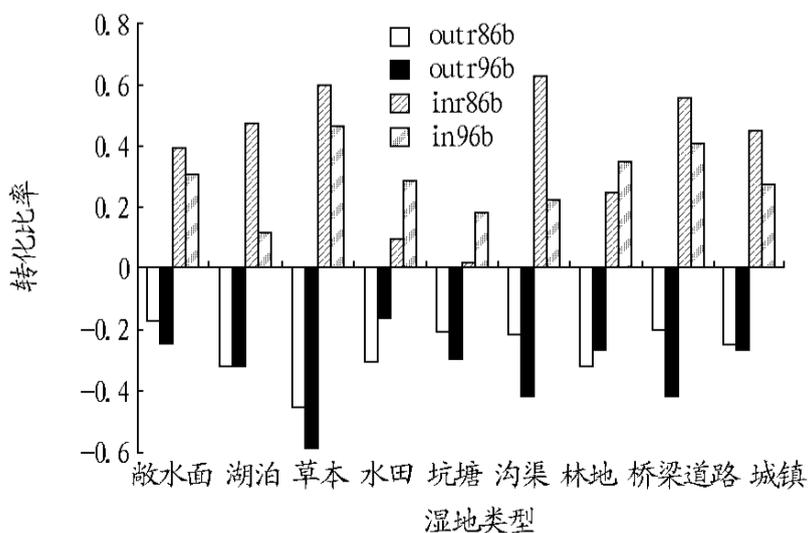


图2 1986~1996年和1996~2000年自然湿地与人工湿地间转化率

梁堤坝转出率很高,但它基本上都转出为城镇用地。第2个时期桥梁的转入率明显高于第1个时期,平衡下来第2个时

期的桥梁面积在增加,这与当时的政府决策是密切相关的。长江二桥的修建就是在那个时期,于1997年正式动工,桥梁的修建在很大程度上给邻近区域的湿地生态环境造成诸多不良影响,比如噪声、建筑垃圾等。

(2) 由图3可见,第1和第2个时期的湿地向其他用地转出比率总是大于转入比率,第1个时期的差额更大一些,反映了在第1个时期人们保护湿地资源的意识淡薄。随着我国逐渐加大湿地资源价值的宣传,各级政府也纷纷采取措施保证在城镇化建设的过程中尽量减少湿地资源的损失,正是有了这一主导思想才减缓了湿地资源向城镇化转化的进程。

#### 4 驱动因子分析

4.1 人口增长的影响 1986~2000年,南京市以及郊区人口由471.61万人增长到547.71万人,非农业人口增长幅度高于农业人口增长幅度,人口增长是导致土地利用变化的最主要

因素,尤其是沿江城镇人口的增长,直接关系到沿江湿地资源数量变化,同时影响着人工与自然湿地在沿江湿地中的比例,1986年为23,1996年为911,2000年为23,湿地面积由1986年的90.218 hm<sup>2</sup>,减少到2000年的79.366 hm<sup>2</sup>。

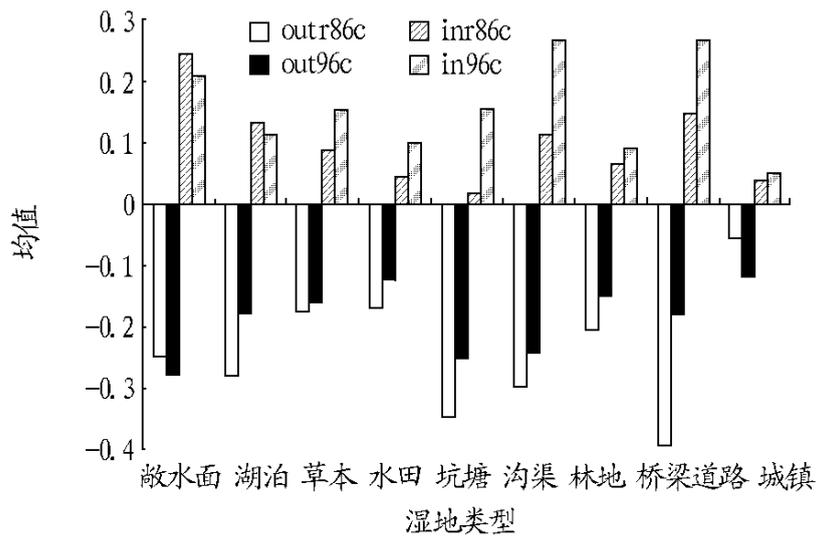


图3 1986~1996年和1996~2000年城镇化建设对湿地类型的影响

**4.2 工程建设的影响** 城镇化建设离不开道路的修建,长江横贯南京行政范围,所以整个南京的城市化建设,离不开桥梁的铺设。此外,为了保护长江沿岸的生命财产安全,堤坝的建设也不容忽视,种种工程化建设,无疑对沿江湿地的生态环境会造成极大的影响。1998年江浦县对县域内38.6 km的江堤进行了治理,2000年竣工的新三岔河大桥的配套工程沿江路工程自原惠民河口沿外秦淮河堤至江边水产公司码头,以及1997年南京长江二桥的修建等施工项目,不可避免地产生大量建筑垃圾。2005年的野外实地调查中笔者发现,在长江南岸的幕府山脚下仍堆积着大量的建筑垃圾,对周围湿地水文环境造成严重影响。此外,噪声干扰了定期来此处栖息的鸟类,从而造成南京沿江段湿地生态系统恶性循环。目前的沿江湿地发育良好的也只剩下草本湿地。

**4.3 自然条件的影响** 湿地赖以存在的自然条件包括水文条件和气候条件,其中降水量的多少影响地表水的储备,长江水位、水量、水质情况会导致该地区湿地地下水补给量以及水环境的质量,从根本上影响着湿地的发育。南京市1986、1996、2000年的月平均降水量变化较大,月平均气温变化趋势基本一致(图4),3期影像获取月份分别是12、4、4月,其月平均降水量分别为19.1、25.7、39.0 mm,降水量的变化幅度对湿地资源的影响不大。此外,从现有的影像获取当日南京站的潮水位数据变化情况来看,对湿地资源变化的影响较小。

总之,导致南京沿江湿地资源不断减少的主要原因还是人为因素,其中核心因素是城镇化水平,重要因子是人口数量以及工程建设。

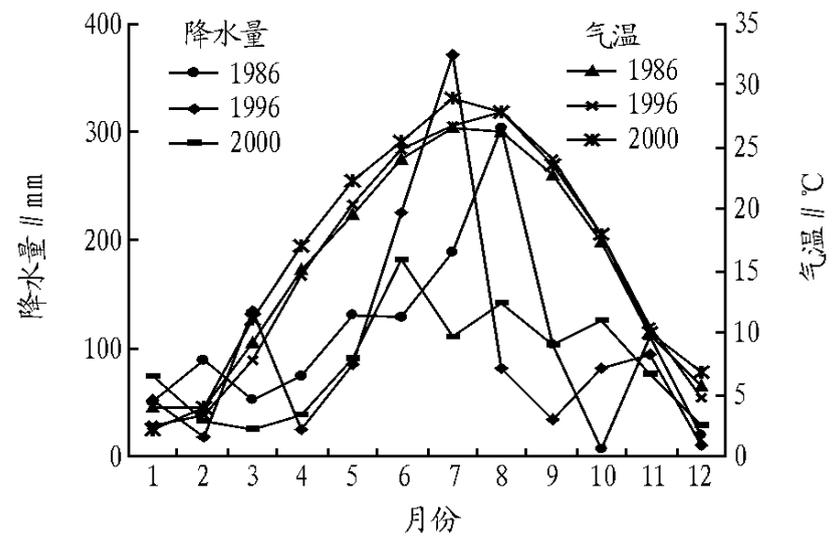


图4 南京市1986、1996、2000年月平均气温与同期降水量

## 5 结语

湿地保护不能仅停留在口头上,城市发展与湿地保护尽管存在矛盾,但是只要两者能和谐发展,就会实现双赢。长江下游地区地处我国沿海和长江T字形主轴线结合部,是我国地区开发和生产力布局之重点<sup>[7]</sup>,湿地资源对于保护长江河道及两岸安全有重要意义。在南京市园林局与规划局共同监督下,编制了南京沿江湿地保护总体规划<sup>[8]</sup>,旨在规范南京沿江各镇对于湿地资源的利用行为,依据物种保护、景观规模、现状保留度标准将沿江湿地划分为一级保护区:乌江、桥林镇沿江湿地保护区,八卦洲自然江滩保护区,江中洲岛保护区,九乡河江豚保护区;二级保护区:绿水湾湿地公园,龙袍黄天荡湿地公园,八卦洲湿地生态公园,江心洲鼋头湿地公园,独石公园,兴隆洲湿地公园,通江河流保护区;三级保护区:幕府山-燕子矶风景名胜区,栖霞山风景名胜区,长江南京段上游江宁区铜井镇、江宁镇沿江绿带,以便实现分级保护与利用,一方面可以促进当地经济发展,另一方面可在人力、财力、生态可恢复性等限制下最大程度地保护现有的湿地资源。

## 参考文献

- [1] 雷慰慈. 长江流域生态形势、灾害趋势与湿地保护[J]. 中国地质大学学报, 1999, 24(4): 336.
- [2] 王利民, 王丁. 长江流域的渔业与湿地保护[J]. 人民长江, 2004(5): 37.
- [3] 章人骏. 长江中下游地区水稻田湿地环境的一些认识[J]. 华南地质与矿产, 2003(1): 72.
- [4] 陈建伟, 袁军. 中国湿地环境问题研究的现状及展望[J]. 林业资源管理, 1999(4): 52-56.
- [5] 牛明香. 湿地资源遥感动态监测及其对生态环境的影响研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2004.
- [6] 程磊. 遥感技术在扎龙湿地资源调查中的应用[D]. 大连: 大连理工大学, 2004.
- [7] 吴新哲, 吴祖芳. 长江下游的经济建设与工业走廊形成问题[J]. 国土开发与整治, 1993, 3(1): 11-16.
- [8] 江苏省遥感与地理信息系统学会. 长江南京段湿地保护总体规划[Z]. 2006.