

## 退田还湖工程对洞庭湖生态承载力的影响评价<sup>\*</sup>

陶卫春<sup>1,2</sup> 王克林<sup>1\*\*</sup> 陈洪松<sup>1</sup> 张明阳<sup>1</sup>

(1. 中国科学院亚热带农业生态研究所 长沙 410125; 2. 中国科学院研究生院 北京 100049)

**摘要** 生态建设的主要目的是提高区域的生态承载力以促进可持续发展,但目前对生态建设效益的评价多为生态建设工程在经济、社会、生态上的影响效益评价,很少对生态建设前后的生态承载力变化进行评价,因而目前的生态建设效益评价对生态建设最终目的的达成效果衡量缺乏借鉴。本研究对退田还湖生态工程建设在提高区域生态承载力方面的效益进行了评价,并将生态承载力理论引入洪涝灾害频发地区,构建了在洪涝灾害风险下的生态承载力评价体系,拓宽了生态承载力理论的应用范围。最后在评价退田还湖对洞庭湖区生态承载力影响的基础上,提出该区今后可持续发展中的关键问题是寻求有效的替代产业,增强经济能力,以更高的生产力来获得更大的资源承载力。

**关键词** 生态承载力 退田还湖 洞庭湖区 评价 生态建设 可持续发展

**Evaluation of ecological carrying capacity of "re-submerging polders" of Dongting Lake.** TAO Wei-Chun<sup>1,2</sup>, WANG Ke-Lin<sup>1</sup>, CHEN Hong-Song<sup>1</sup>, ZHANG Ming-Yang<sup>1</sup> (1. Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China; 2. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China), *CJEA*, 2007, 15(3): 155~160

**Abstract** Ecological construction for regional sustainable development is mainly by increasing ecological carrying capacity. However, most ecological evaluation studies today focus on economic, social and ecological aspects, very much lacking on the carrying capacity of ecosystems. Such is a hindrance to efforts in weighing results of ecological construction. This paper evaluates the effects of "re-submerging polder" policy on the ecological carrying capacity of Dongting Lake. Introducing ecological carrying capacity theory to a flood prone region is the basis of the evaluation. Thus the paper broadens the scope of application of ecological carrying capacity theory. Finally, the paper suggests important points for sustainable development in the Dongting Lake area.

**Key words** Ecological carrying capacity, Re-submerging, Dongting Lake area, Evaluation, Ecological construction, Sustainable development

(Received Nov. 12, 2005; revised Jan. 15, 2006)

生态建设的目的是提高区域的生态承载力,实现可持续发展,因此通过评价生态承载力的变化来衡量生态建设的效益具有重要意义。但目前以生态承载力评价来研究生态建设效益的研究还非常薄弱,如研究较多的林业生态建设效益主要以生态效益、经济效益、社会效益评价为主<sup>[1~3,8]</sup>。

生态承载力是指生态系统的自我维持、自我调节能力,资源与环境子系统的供容能力及其可维育的社会经济活动强度和具有一定生活水平的人口数量。主要包括生态弹性力、资源承载力、环境承载力 3 个方面<sup>[4]</sup>。资源承载力是基础条件,环境承载力是约束条件,生态弹性力是支持条件,而人类对资源与环境的变化及生态系统的发展方向进行能动的调控,是实现可持续发展的关键因素。退田还湖就是人类为实现可持续发展对生态系统进行调控的典型案列,一方面通过平退堤垸削减湖泊破碎化的程度、恢复湿地功能、增加湖泊面积来提高湖泊的调蓄功能,提高生态弹性力、环境承载力,另一方面由于双退垸平退后垸内耕地以及水产养殖水面的丧失而对资源承载力产生影响。由于洪涝灾害风险分布不均匀,地势越低承受的风险越大,人口压力随着地面高程的不同而不同。因此退田还湖实质是降低洪涝风险大的区域的人口压力,将其转移至相对安全的区域。但由于移民安置原则上不跨县,所以从县级区域或地市级区域来看,总体的人口压力是不变的。而退田还湖的实施能减少全区的总体洪涝风险,因此从整个区域来看,退田还湖对人口压

<sup>\*</sup> 中国科学院知识创新工程重要方向性项目(KZCX2-SW-415)资助

<sup>\*\*</sup> 通讯作者

收稿日期:2005-11-12 改回日期:2006-01-15

力的影响总和接近于零。

目前对退田还湖的效益评价研究还相当不足,如早期唐冬梅和徐国新对退田还湖效果的研究就比较粗略<sup>[5]</sup>;之后张光贵<sup>[6]</sup>研究了退田还湖的生态效益,该研究也是一个初步的分析性的研究;庄大昌等<sup>[7]</sup>则从湿地价值的角度对洞庭湖退田还湖的生态经济效益进行了评价。本研究把生态承载力理论引入灾害频发区,构建了洪涝灾害频发地区的生态承载力评价体系,拓宽了生态承载力的理论内涵及适用范围。从生态承载力角度对退田还湖的效益进行评价,有利于完善退田还湖政策,对制定退田还湖政策实施后的区域可持续发展战略具有指导意义。

### 1 洞庭湖区生态承载力评价指标体系构建

#### 1.1 生态弹性力评价指标及权重

以生态弹性力(CS<sub>1</sub>)为目标,选取地形(S<sub>1</sub>)、地貌(S<sub>2</sub>)为准则层评价指标,在准则层内再分别选取如下评价因子指标:

$$S_1 = \{I_1\} = \{\text{地面高程}\} \tag{1}$$

$$S_2 = \{I_2, I_3, I_4\} = \{\text{湖泊总面积, 湖泊水体完整性, 未利用湿地与已开发堤垸面积比}\} \tag{2}$$

表 1 CS<sub>1</sub>-S-I 指标权重及层次总排序

Tab.1 CS<sub>1</sub>-S-I indexes weight and level order

CS <sub>1</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	I 层总权重 Total weight	排序 Order	CI
	0.3	0.7			0.000204
I <sub>1</sub>	1		0.3	2	CR
I <sub>2</sub>		0.478392	0.334874	1	
I <sub>3</sub>		0.234434	0.164104	4	
I <sub>4</sub>		0.287174	0.201022	3	

用层次分析法确定指标权重,首先构建判断矩阵,再用方根法计算矩阵特征向量,得到权重,最后进行一致性检验,计算及检验结果见表 1。

#### 1.2 资源承载力指标及权重

以资源承载力(CS<sub>2</sub>)为目标,选取土地资源(S<sub>3</sub>)、渔业资源(S<sub>4</sub>)、水资源(S<sub>5</sub>)为准则层评价指标,在准则层指标下再分别选择如下评价因子层指标:

$$S_3 = \{I_5, I_6, I_7\} = \{\text{种植业土地资源, 畜牧业土地资源, 城乡、工矿、居民用地后备土地资源}\} \tag{3}$$

$$S_4 = \{I_8, I_9\} = \{\text{水产养殖资源, 野生捕捞资源}\} \tag{4}$$

$$S_5 = \{I_{10}, I_{11}, I_{12}, I_{13}\} = \{\text{农业水资源, 工业水资源, 生活水资源, 航运水资源}\} \tag{5}$$

用层次分析法确定权重,见表 2。

表 2 CS<sub>2</sub>-S-I 指标权重及层次总排序\*

Tab.2 CS<sub>2</sub>-S-I index weight and level order

CS <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	W	排序 Order
	0.488244	0.2155	0.296256		
I <sub>5</sub>	0.647947			0.316356	1
I <sub>6</sub>	0.229871			0.112233	3
I <sub>7</sub>	0.122182			0.059655	7
I <sub>8</sub>		0.77		0.165935	2
I <sub>9</sub>		0.23		0.049565	8
I <sub>10</sub>			0.371395	0.110028	4
I <sub>11</sub>			0.26672	0.079017	5
I <sub>12</sub>			0.154087	0.045649	9
I <sub>13</sub>			0.207799	0.061562	6

\* CS<sub>2</sub>-S 一致性检验: CI=0.004603, CR=0.007936; S<sub>3</sub>-I 一致性检验: CI=0.001848, CR=0.003187; S<sub>4</sub>-I 一致性检验: CI=0.006823, CR=0.007581。

表 3 CS<sub>3</sub>-S-I 指标权重及层次总排序结果

Tab.3 CS<sub>3</sub>-S-I index weight and level order

CS <sub>3</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>	I 层总指标 Total index	排序 Order
	0.55	0.45		
I <sub>14</sub>	0.6		0.33	1
I <sub>15</sub>	0.4		0.22	3
I <sub>16</sub>		0.55	0.2475	2
I <sub>17</sub>		0.45	0.2025	4

#### 1.3 环境承载力指标及权重

以环境承载力(CS<sub>3</sub>)为目标,选取水环境(S<sub>6</sub>)、环境治理力(S<sub>7</sub>)为准则层指标,在准则层指标下分别再选取如下评价因子层指标:

$$S_6 = \{I_{14}, I_{15}\} = \{\text{水资源总量, 水体更新速度}\} \tag{6}$$

$$S_7 = \{ I_{16}, I_{17} \} = \{ \text{污染物处理率, 抗洪涝能力} \} \quad (7)$$

由于评价指标较少,在前文分析基础上,根据实际调研及专家意见,直接赋予权重,见表 3。

## 2 评价方法及数据处另

### 2.1 评价方法

先求退田还湖后生态承载力的指标值与基年的生态承载力指标值之比,再用加权求和法计算生态承载力的变化百分数,即为退田还湖政策对生态承载力的影响效益。计算公式如下:

$$CS_i = \sum_{i=1}^n W_{si} \times S_i = \sum_{j=1}^m W_{ij} \times I_j \quad (8)$$

式中,  $CS_i$  为生态系统弹性力指数、资源承载力指数、环境承载力指数,  $S_i$  为准则层指标的标准化值,  $W_{si}$  为准则层指标权重,  $I_j$  为评价因子指标标准化值,  $W_{ij}$  为评价因子指标权重。

### 2.2 数据来源及处理

影响生态承载力指标的退田还湖土地利用调整类型。根据前文的分析,退田还湖对生态承载力各部分的影响主要通过堤垸的平退以及移民安置占地,对生态承载力各项指标的影响也就表现为土地利用的调整变化,最明显的是耕地的减少和湖泊面积、湿地面积的增加(见表 4)。

表 4 影响生态承载力指标变化的退田还湖土地调整类型

Tab.4 The "re-submerging polders" land use types which affect the ecological carrying capacity index

生态承载力指标 Ecological carrying capacity index	影响指标变化的退田还湖参数 Indexes of "re-submerging" polders affecting the parameters
I <sub>1</sub> 地面高程	无
I <sub>2</sub> 湖泊总面积	双退垸、单退垸
I <sub>3</sub> 湖泊水体完整性	双退垸
I <sub>4</sub> 未利用湿地面积与已开发堤垸面积比	双退垸
I <sub>5</sub> 种植业土地资源	双退垸、移民安置
I <sub>6</sub> 畜牧业土地资源	无
I <sub>7</sub> 后备土地资源	移民安置
I <sub>8</sub> 水产养殖	双退垸
I <sub>9</sub> 野生捕捞	双退垸
I <sub>10</sub> 农业水资源	忽略
I <sub>11</sub> 工业水资源	忽略
I <sub>12</sub> 生活水资源	忽略
I <sub>13</sub> 航运水资源	双退垸
I <sub>14</sub> 水资源总量	双退垸
I <sub>15</sub> 水质	双退垸
I <sub>16</sub> 污染物处理率	无
I <sub>17</sub> 抗洪涝能力	无

表 5 洞庭湖区各项退田还湖土地利用调整数据(1998~2004)

Tab.5 The value of "re-submerging polders" land use types at Dongting Lake area from 1998 to 2004

地区 Regions	双退垸 面积/km <sup>2</sup> Area of double re-submerging dyke	双退垸耕 地面积/km <sup>2</sup> Farmland area of double re-submerging dyke	单退垸 面积/km <sup>2</sup> Area of single re-submerging dyke	移民占地 面积/km <sup>2</sup> Area of migration used
全 区	325.90	178.66	752.99	45.97
常德市	51.78	30.12	156.96	8.55
市 区	10.07	5.85	31.89	0.64
澧 县	4.82	3.10	45.22	4.12
津 市	14.88	6.13	9.65	0.64
安 乡	7.87	5.05	0	1.20
汉 寿	14.14	9.99	70.20	1.96
益阳市	29.39	12.55	84.03	5.18
市 区	11.87	4.93	13.63	2.49
南 县	14.04	5.44	5.18	1.22
沅 江	3.48	2.19	65.22	1.46
岳阳市	81.78	46.66	135.51	9.26
市 区	3.16	2.89	2.28	1.11
湘 阴	14.81	6.73	72.69	3.34
汨 罗	3.36	2.27	19.66	0.99
岳阳县	1.08	0.71	38.41	1.78
华 容	59.37	34.06	2.47	2.04

所需数据及其来源。由于受退田还湖影响的指标主要是 I<sub>2</sub> 湖泊总面积、I<sub>3</sub> 湖泊水体完整性、I<sub>4</sub> 未利用湿地面积与已开发堤垸面积比、I<sub>5</sub> 种植业土地资源、I<sub>7</sub> 后备土地资源、I<sub>8</sub> 水产养殖、I<sub>9</sub> 野生捕捞、I<sub>13</sub> 航运水资源、I<sub>14</sub> 水资源总量、I<sub>15</sub> 水质,因此研究只需上述几方面的基年数据。退田还湖对这些指标的影响可以通过平退堤垸的面积大小反映出来,基年的指标值也须用面积来表示。本研究采用的数据来源于

中国科学院知识创新工程重要方向性项目(KZCX2-SW-415)的部分成果——遥感图像解译的洞庭湖土地利用数据库。影响生态承载力的退田还湖土地利用调整数据主要包括双退垵耕地面积、总面积,单退垵总面积,移民安置占地面积,这些数据所用的资料来源于湖南省水利厅——湖南省平垵行洪移民建镇基本情况汇总(见表 5)。

表 6 退田还湖政策后生态承载力指标值的变化百分比

数据

Tab.6 The changes of ecological carrying capacity index after "re-submerging polders"

地区 Regions	I <sub>1</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	I <sub>4</sub>	I <sub>5</sub>	I <sub>6</sub>	I <sub>7</sub>	I <sub>8</sub>	I <sub>9</sub>	I <sub>10</sub>	I <sub>11</sub>	I <sub>12</sub>	I <sub>13</sub>	I <sub>14</sub>	I <sub>15</sub>	I <sub>16</sub>	I <sub>17</sub>
全区	0	17.0	11.6	22.5	-1.4	0	-0.2	-16.3	11.6	0	0	0	11.6	3.0	11.6	0	0
常德市	0	10.3	6.4	14.5	-0.5	0	-0.1	-6.2	6.4	0	0	0	6.4	1.5	6.4	0	0
市区	0	13.5	8.3	37.8	-0.4	0	0.0	-4.7	8.3	0	0	0	8.3	1.5	8.3	0	0
澧县	0	10.3	3.6	7.5	-0.2	0	-0.2	-2.8	3.6	0	0	0	3.6	0.8	3.6	0	0
津市	0	7.7	6.8	11.9	-0.6	0	0.0	-4.1	6.8	0	0	0	6.8	2.0	6.8	0	0
安乡	0	10.0	10.0	16.0	-0.6	0	-0.1	-6.2	10.0	0	0	0	10.0	1.9	10.0	0	0
汉寿	0	11.0	5.5	9.2	-0.9	0	-0.1	-5.8	5.5	0	0	0	5.5	1.3	5.5	0	0
益阳市	0	6.7	4.3	5.6	-0.4	0	-0.1	-6.4	4.3	0	0	0	4.3	1.1	4.3	0	0
市区	0	17.1	13.9	51.6	-0.5	0	-0.1	-11.0	13.9	0	0	0	13.9	2.9	13.9	0	0
南县	0	10.3	9.6	16.4	-0.5	0	-0.1	-10.0	9.6	0	0	0	9.6	2.3	9.6	0	0
沅江	0	3.6	0.8	1.0	-0.2	0	-0.1	-1.6	0.8	0	0	0	0.8	0.2	0.8	0	0
岳阳市	0	8.3	6.2	14.7	-1.2	0	-0.1	-11.5	6.2	0	0	0	6.2	1.7	6.2	0	0
市区	0	1.8	1.5	5.2	-0.8	0	-0.1	-4.4	1.5	0	0	0	1.5	0.5	1.5	0	0
湘阴	0	9.4	4.8	11.6	-0.9	0	-0.3	-9.2	4.8	0	0	0	4.8	1.3	4.8	0	0
汨罗	0	17.8	8.2	29.0	-0.3	0	-0.1	-4.9	8.2	0	0	0	8.2	1.5	8.2	0	0
岳阳县	0	1.5	0.2	0.6	-0.1	0	-0.1	-0.4	0.2	0	0	0	0.2	0.1	0.2	0	0
华容	0	39.1	38.8	40.3	-3.3	0.0	-0.1	-44.1	38.8	0.0	0.0	0.0	38.8	9.4	38.8	0.0	0.0

处理。获得源数据后统一单位,退田还湖后的指标值为基年指标值与退田还湖相应土地利用调整值的代数和,求退田还湖后的指标值与基年指标值的百分比,最后得出退田还湖后指

标值相对基年指标值的变化百分比,结果见表 6。

### 3 评价结果及分析

#### 3.1 评价结果

表 7 退田还湖对洞庭湖区生态承载力的影响评价

Tab.7 The effect evaluation of "re-submerging polders" on ecological carrying capacity at Dongt Lake area

地区 Regions	CS <sub>1</sub>	CS <sub>2</sub>	CS <sub>3</sub>
全区	12.12014	-1.86429	3.552381
常德市	7.406453	-0.49036	1.891188
常德市区	13.48866	0.015782	2.316821
澧县	5.538972	-0.14243	1.036557
津市	6.093362	-0.12824	2.174779
安乡	8.189133	-0.12292	2.819329
汉寿	6.458602	-0.63263	1.647508
益阳市	4.089037	-0.71579	1.316097
益阳市区	18.37264	-0.44305	4.024204
南县	8.335889	-0.76323	2.859028
沅江	1.557153	-0.26446	0.24151
岳阳市	6.775061	-1.60602	1.949501
岳阳市区	1.886595	-0.80568	0.492143
湘阴	6.270476	-1.29461	1.487662
汨罗	13.12038	0.010278	2.305818
岳阳县	0.632765	-0.07602	0.057035
华容	27.56748	-4.06192	11.65002

得到指标值的变化百分比后,用加权求和法最后计算生态承载力的变化百分比(见表 7)。由表 7 退田还湖对生态承载力的影响评价结果看,生态弹性力的上升指数最高,有 1 个县市超过 20%,3 个县市区在 10%与 20%之间,属于变化明显,退田还湖效果显著的县市占所有退田还湖县市数的 30.77%。生态弹性力上升指数低于 10%的 9 个县市中,有 6 个超过 5%,占总数的 46.15%。环境承载力也有所上升,但上升幅度没有生态弹性力上升幅度大,最显著的是华容县,超过 10%,其他县市的上升幅度都低于 10%,变化指数在 0 与 1%之间的有 3 个县市。资源承载力大多有所下降,但下降幅度不大,其中降幅超过 1

个百分点的只有 3 个县市,且都小于 5 个百分点。下降指数在 1 与 0.1 个百分点之间的县市占 61.5%。

### 3.2 分析

退田还湖对洞庭湖区生态承载力的影响在区域上差异非常明显,为便于更直观地分析评价结果,根据变化幅度作分区图。

生态弹性力变化区域差异。生态弹性力变化指数分区图中,1 为变化幅度 0~5% 的地区,2 为变化幅度 5%~10% 的地区,3 为变化幅度 10%~20% 的地区,4 为变化幅度大于 20% 的地区(见图 1)。4 级区域华容县的变化幅度最大,这主要是由于该区域退田还湖的规模较大,该县的双退垸面积为 59.37km<sup>2</sup>,占全区总双退面积的 18.2%,远远超过其他地区。生态弹性力变化 1 级区域沅江、岳阳县、岳阳市区的退田还湖规模都很小,双退面积分别为 3.48km<sup>2</sup>、1.08km<sup>2</sup>、3.16km<sup>2</sup>。但 2 级

与 3 级区域的退田还湖规模与生态弹性力变化的幅度不一致,如汨罗县的退田还湖规模远小于湘阴县,而生态弹性力变化幅度却大于湘阴县。这主要是由于退田还湖下效益还受到退田还湖地区的自然条件,包括堤垸所处河流、湖泊位置、堤垸最高洪水位、堤顶高程以及阻、滞洪情况等的影响,并不是退田还湖规模越大对生态弹性力的影响就越大。从图 1 还可看出,在退田还湖影响下,生态弹性力变化指数的区域分布基本上与洞庭湖水体布局有很大一致性,即主体湖区所在地区岳阳市、岳阳县、沅江市等地区变化不大,水体破碎的地区如华容县、益阳市、常德市等地区变化较大。

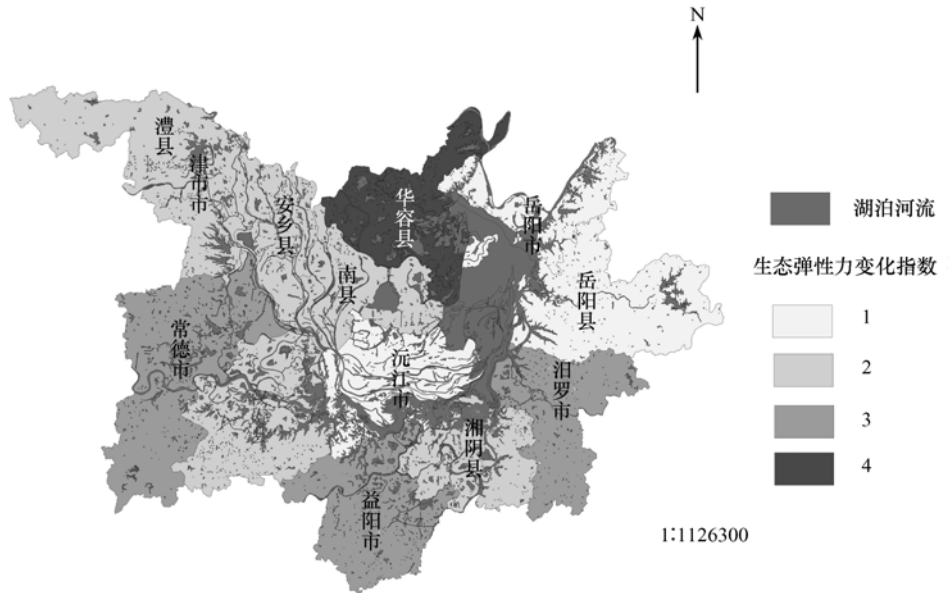


图 1 生态弹性力变化区域差异  
Fig.1 Regional diversity of ecological elastic force's change

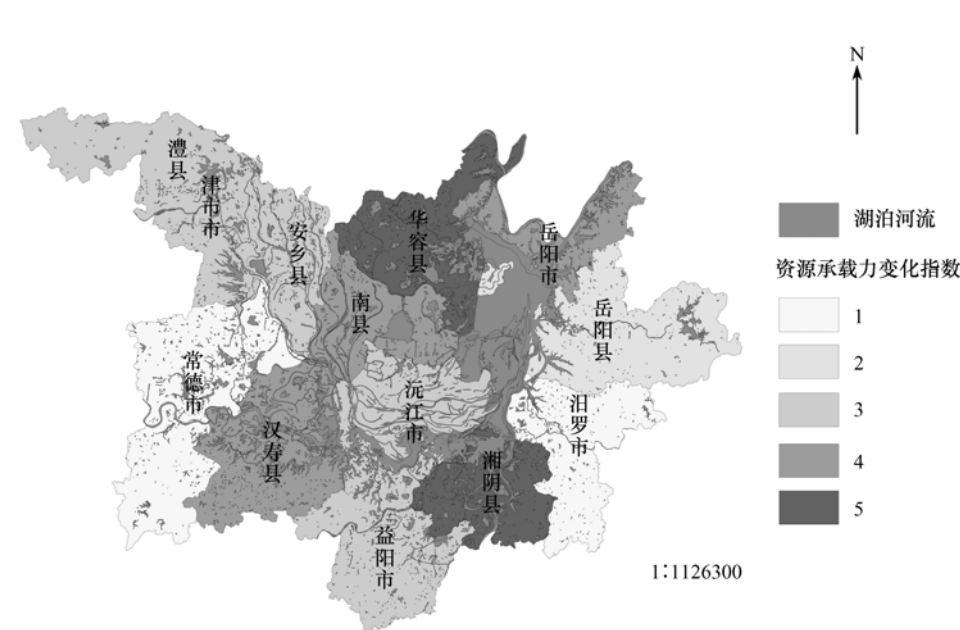


图 2 资源承载力变化指数区域差异  
Fig.2 Regional diversity of resources carrying capacity's change

资源承载力变化区域差异。资源承载力的变化指数分区图中 1 为资源承载力稍有增大的地区,2 为下降幅度为 0~0.1% 的地区,3 为下降幅度 0.1%~0.5% 的地区,4 为下降幅度为 0.5%~1% 的地区,5 为下降幅度大于 1% 的地区(见图 2)。资源承载力的变化主要受退田还湖规模以及区域资源开发潜力的影响,退田还湖尤其是双退的规模越大,资源承载力的下降越明显。但若资源开发潜力譬如能作为后备耕地资源的未利用地越多,则退田还湖对资源承载力的影响越小。因此

