

# 天津市土地利用变化和生态系统价值空间差异分析

张 贞<sup>1</sup>, 高金权<sup>2</sup>

(1. 天津城建大学 地质与测绘学院, 天津 300384; 2. 天津市农业技术推广站, 天津 300061)

**摘 要:** 土地利用结构和数量的变化直接导致了生态系统功能价值的区域差异。以天津市为例, 分析了 2002—2010 年间土地利用变化的特征, 采用中国陆地生态系统服务价值测算方法分析了土地利用变化引起的生态系统服务价值变化; 并运用锡尔指数对生态系统功能空间差异规律进行深入探讨。结果表明: 2002—2010 年天津市各区县土地利用集约程度均逐渐提高; 从单个土地利用类型来看, 价值较高的单项生态系统服务功能主要由水利设施用地、耕地、林地承担, 这些地类的增加将带动其生态系统服务功能的显著提高; 2002—2006 年, 生态系统服务价值区域间和区域内差异都是不断增加, 2006—2010 年区间差异减少, 但区内差异增加; 区域间的差异是全市生态系统发展差异的主要影响力量。

**关键词:** 土地利用变化; 生态系统服务价值; 锡尔指数; 天津市

中图分类号: F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2013)05-0193-06

## Study on Land Use Change and the Spatial Differences of Ecosystem Service Value in Tianjin City

ZHANG Zhen<sup>1</sup>, GAO Jin-quan<sup>2</sup>

(1. School of Geology and Geomatics, Tianjin Chengjian University, Tianjin 300384, China; 2. Center for Popularization of Agricultural of Tianjin, Tianjin 300061, China)

**Abstract:** The change of land use structure and quantity leads to spatial variation of ecological service value. Taking Tianjin City as an example, this paper analyzed the changes of land use structure from 2002 to 2010, and discussed the changes of ecosystem service value by using the equivalent factor. Meanwhile, the Theil index was used to explain the spatial differences of the ecosystem service value. The results indicate that land use intensity is improved in this period; the ecosystem service value of water conservancy, cultivated land and woodland are higher than other land use patterns, and their increase brings along the whole ecosystem service. The district and interval difference were improved from 2002 to 2006, but the district difference decreased from 2006 to 2010. In the whole, the difference between each area is the main force of ecosystem service value in Tianjin City.

**Key words:** land use change; ecosystem service value; Theil index; Tianjin City

土地利用系统是一个复合的人工生态系统, 土地结构的变化导致土地生态系统类型、面积、空间格局的变化, 进而影响整个生态系统服务价值的变化, 因此研究土地利用变化对生态系统的影响具有重要意义。目前国内外学者对于土地利用引起的生态系统变化的研究主要集中于生态系统服务价值<sup>[1]</sup>。大量学者基于 Costanza 等<sup>[2]</sup>的研究逐渐量化生态系统功能, 谢高地等<sup>[3]</sup>制定中国不同陆地生态系统单位面积的生态价值系数, 大大促进了我国生态经济学的发

展。但是大部分学者的研究都将土地利用变化过程与生态系统分别讨论, 较少分析两者的内在联系和生态系统在空间上的差异。天津市位于环渤海经济圈的 中心, 是中国北方的经济中心和最大的沿海开发城市, 从 20 世纪 80 年代由于提出工业战略东移方针, 全市土地利用变化显著。因此, 本文将对天津市各区县 2002—2010 年土地利用结构变化进行分析, 并通过修正锡尔指数的计算进一步分析天津市生态系统变化的区域差异, 以期对生态价值空间分布研究方法

进行拓展,为天津市土地资源和生态环境的可持续发展提供基础数据支持。

## 1 研究区概况

天津市位于北纬  $38^{\circ}34'$ — $40^{\circ}15'$ ,东经  $116^{\circ}43'$ — $118^{\circ}04'$ ,地处华北平原东北部,环渤海湾的中心,东临渤海,北依燕山;天津距北京 120 km,是拱卫京畿的要地和门户。地质构造复杂,大部分被新生代沉积物覆盖。地势以平原和洼地为主,北部有低山丘陵,海拔由北向南逐渐下降;地处北温带位于中纬度亚欧大陆东岸,主要受季风环流的支配,是东亚季风盛行的地区,属温带季风性气候。天津有 12 个市辖区,1 个副省级区,3 个市辖县,共有乡镇级区划数为 240 个。

## 2 研究方法

### 2.1 数据来源

土地利用基础数据来源于 2002—2010 年天津市土地利用变更资料,参照全国土地利用分析系统,将研究区分为耕地、林地、园地、牧草地、其他农用地、居民点及工矿用地、交通运输用地、水利设施用地和未利用地 8 个地类。

### 2.2 土地利用结构分析

本文从多样性、集中化、区位意义、组合类型 4 方面反映研究区土地利用结构和数量的变化特征。其中多样性分析采用吉布斯—马丁多样化指数(GM)反映研究区内各种土地利用类型的齐全程度或多样性状况<sup>[4]</sup>;集中化分析采用集中化指数反映研究区土地利用类型的集中化程度;采用区域指数分析各区域各土地利用类型的区位意义,以反映出某区域各土地类型相对于高层次区域空间的相对积聚程度,以表征各土地类型区位优势 and 专业化程度<sup>[5]</sup>;选用威弗—托马斯组合系数法确定研究区域土地利用结构类型,其中组合类型的多少反映研究区域土地整体功能的强弱<sup>[6]</sup>。

### 2.3 生态系统服务价值评价

本文以谢高地等<sup>[3]</sup>所提出的中国陆地生态系统单位面积生态服务价值表作为计算标准对区域进行生态系统价值评价,但需要对当量因子进行修正,考虑没有人力投入的自然生态系统提供的经济价值是现有单位面积农田提供的食物生产服务经济价值的  $1/7$ ,通过修正后得出单位面积农田每年自然粮食产量的经济价值<sup>[7]</sup>。计算生态服务价值时当量因子按以下原则进行:耕地对应农田,园地取森林和草地的平均值,林地对应森林,牧草地对应草地,未利用地对应荒漠,水利设施用地对应河流。居民点及工矿用地、交通运输用地不估算其生态系统服务价值<sup>[8]</sup>。

## 3 结果与分析

### 3.1 土地利用结构特征分析

3.1.1 土地利用数量特征 从表 1 可以看出,武清区和静海县多样性指数在 3 个时间段均表现出逐渐增加的规律,而塘沽区、大港区、西青区则呈现先降低后增加的趋势,其他区县在该时间段表现逐渐减少的趋势,说明各区县土地利用状况受到人为活动的干扰,土地类型趋于复杂化。从天津市总体变化规律是先减少后增加的过程在 2006 年达到最大值 0.768,其他区县的多样化指数均处于 0.55~0.8 之间,区县间差异较小,主要是由于现在各区县均生产经营多样化。最低值出现在市区,说明市区存在明显的优势地类,以居民点及工矿用地为主。天津市各区县中只有蓟县稍高于天津市总体平均水平,三个年度的最大值均出现在该区,主要是由于蓟县是天津市唯一的半山区县,中部为山前坡地及平原,南部含洼地,土地类型多样化程度总体较高。

各区县集中化指数相差较大,处于  $-0.03$ ~ $0.45$  之间,各区县集中化水平相对较低。市区由于以居民点及工矿用地为主,因此集中化指数偏高,三个年度均大于 0.94。塘沽区、汉沽区、宁河县属于高集中化地区,土地利用类型较集中。塘沽区集中化指数最大,从 2002 年的 0.282 增加到 2010 年 0.445,土地利用类型集中于居民点及工矿用地、未利用地、水利设施用地。其次为汉沽区,由 2002 年的 0.247 增加到 2010 年的 0.368,土地类型集中于居民点及工矿用地、水利设施用地。蓟县集中化指数在三个年度均处于负值,说明蓟县土地利用结构较为分散,但是研究期间土地集中程度有所提高,该结果与组合类型数反映一致。组合类型系数和组合类型数均能反映区域土地类型的齐全程度。从表 1 看出,天津市组合类型为 4,3 个时间点上组合类型有所变化,但总体齐全度较高。市区组合类型数为 1,齐全度最低,集中于居民点及工矿用地。

经计算,北辰区 2002 年区位指数为 1.009,在全市耕地中具有区位优势,但是 2006 年、2010 年区位指数均小于 1,耕地不再具备区位优势,主要是由于北辰区属于近郊区,城市化速度较快,耕地不断地被建设用地占用,区位优势逐渐降低;天津市其他区县耕地在研究时段均不具备区位优势。汉沽区、北辰区和蓟县的园地具有区位优势,其中蓟县园地的区位指数从 2002 年的 4.016 减少到 2010 年的 3.141,园地优势显著;蓟县林地在 3 个年度具有较强的区位优势,北辰区林地在 2010 年度才表现出一定区位优势,而其余区县林地区位意义不显著;在研究时间段,东

丽区、西青区、津南区和宁河县的其他农用地均具有较强的区位意义,主要是由于这些区县经济水平、交通和地理位置相对较好,基础设施相对完备,其他农用地包括农村道路、沟渠等布置齐全,同时对区位发展具有一定意义;塘沽区、汉沽区、东丽区、西青区、津南区、北辰区的居民点及工矿用地利用上具有区位优势,主要由于塘沽、汉沽归入滨海新区发展迅速;而其

他四个区县离市区相对较近,经济发展水平和交通方便;该结果和交通用地区位意义特征一致。塘沽区、大港区、蓟县的水利设施用地在三个年度均具有区位优势,其中以大港区优势最为显著,分析原因主要是由于大港区地处天津市东南,东临渤海湾,整个区域地势平坦,中部有面积为 1.46 万  $\text{hm}^2$  的大港水库,因此水利设施用地区位优势显著。

表 1 天津市土地利用结构指数表

时间段	区县	多样性指数	集中化指数	组合类型系数	地类组合类型数	地类组合类型	土地利用综合指数
2002 年	天津市	0.758	0.000	0.056	4	耕地—居民点及工矿用地—其他农用地—未利用地	271.14
	市区	0.107	0.944	0.004	1	居民点及工矿用地	390.41
	塘沽区	0.664	0.282	0.117	2	居民点及工矿用地—未利用地	301.58
	汉沽区	0.705	0.247	0.074	3	居民点及工矿用地—未利用地—其他农用地	282.30
	大港区	0.767	0.012	0.022	4	未利用地—耕地—居民点及工矿用地—水利设施用地	225.89
	东丽区	0.754	0.082	0.029	3	耕地—居民点及工矿用地—其他农用地	284.60
	西青区	0.750	0.094	0.025	3	耕地—其他农用地—居民点及工矿用地	275.82
	津南区	0.740	0.164	0.030	4	耕地—居民点及工矿用地—其他农用地—未利用地	275.18
	北辰区	0.755	0.019	0.066	3	耕地—居民点及工矿用地—其他农用地	285.09
	宁河县	0.709	0.255	0.062	3	耕地—其他农用地—未利用地	248.34
	武清区	0.586	0.420	0.154	3	耕地—居民点及工矿用地—其他农用地	289.98
	静海县	0.629	0.338	0.152	3	耕地—其他农用地—居民点及工矿用地	274.78
	宝坻区	0.668	0.293	0.106	4	耕地—其他农用地—未利用地—居民点及工矿用地	262.51
	蓟县	0.798	-0.241	0.055	6	耕地—林地—居民点及工矿用地—园地—未利用地—水利设施用地	266.81
2006 年	天津市	0.768	0.000	0.048	4	耕地—居民点及工矿用地—其他农用地—未利用地	276.57
	市区	0.067	0.975	0.002	1	居民点及工矿用地	393.08
	塘沽区	0.665	0.289	0.113	3	居民点及工矿用地—未利用地—其他农用地	304.16
	汉沽区	0.680	0.310	0.078	3	居民点及工矿用地—未利用地—其他农用地	289.47
	大港区	0.785	-0.031	0.025	5	未利用地—居民点及工矿用地—水利设施用地—耕地—其他农用地	233.00
	东丽区	0.756	0.078	0.017	3	居民点及工矿用地—其他农用地—耕地	292.26
	西青区	0.759	0.040	0.035	4	居民点及工矿用地—耕地—其他农用地—未利用地	283.5
	津南区	0.739	0.177	0.017	3	耕地—居民点及工矿用地—其他农用地	286.82
	北辰区	0.768	0.011	0.044	3	耕地—居民点及工矿用地—其他农用地	293.51
	宁河县	0.704	0.293	0.069	3	耕地—其他农用地—未利用地	252.44
	武清区	0.620	0.392	0.122	3	耕地—居民点及工矿用地—其他农用地	293.53
	静海县	0.643	0.334	0.134	3	耕地—其他农用地—居民点及工矿用地	278.01
	宝坻区	0.657	0.345	0.116	4	耕地—其他农用地—居民点及工矿用地—未利用地	274.85
	蓟县	0.817	-0.289	0.038	6	耕地—林地—居民点及工矿用地—园地—水利设施用地—未利用地	266.89
2010 年	天津市	0.754	0.000	0.051	4	耕地—居民点及工矿用地—其他农用地—水利设施用地	295.25
	市区	0.000	1.000	0.667	3	居民点及工矿用地—其他农用地—林地	400.00
	塘沽区	0.573	0.445	0.113	2	居民点及工矿用地—水利设施用地	331.91
	汉沽区	0.625	0.368	0.101	2	居民点及工矿用地—水利设施用地	326.59
	大港区	0.740	0.101	0.041	4	水利设施用地—居民点及工矿用地—耕地—其他农用地	270.09
	东丽区	0.674	0.241	0.081	3	居民点及工矿用地—耕地—其他农用地	331.33
	西青区	0.751	0.025	0.022	3	居民点及工矿用地—其他农用地—耕地	300.46
	津南区	0.716	0.187	0.026	3	居民点及工矿用地—耕地—其他农用地	315.65
	北辰区	0.756	-0.030	0.043	3	居民点及工矿用地—耕地—其他农用地	309.47
	宁河县	0.614	0.423	0.083	2	耕地—其他农用地—居民点及工矿用地	276.01
	武清区	0.637	0.290	0.100	3	耕地—其他农用地—居民点及工矿用地	293.87
	静海县	0.656	0.275	0.099	3	耕地—其他农用地—居民点及工矿用地	287.39
	宝坻区	0.642	0.319	0.107	3	耕地—居民点及工矿用地—其他农用地	292.46
	蓟县	0.778	-0.120	0.048	4	耕地—林地—居民点及工矿用地—园地	277.45

3.1.2 土地利用程度综合分析及评价 在分析土地利用结构特征的基础上,本文采用土地利用程度综合分析法<sup>[2]</sup>对全市土地利用状况总体评价。该法将土地利用程度按照土地自然综合体在社会因素影响下的自然平衡状态分为4级,并赋予分级指数,从而给出土地利用程度的定量表达式。通过计算,3个年度土地利用程度介于200~400。2002—2010年间天津市各区县土地利用程度均逐渐提高,3个时间点各区县土地利用程度排序一致,说明天津市各区县土地利用集约化程度在逐渐提高,人类不断改变原有土地利用模式,朝着社会、生态、经济效益更优的土地利用模式发展。土地利用程度最高出现在天津市区,该区也属于全市城市化水平最高的区域,居民点及工矿用地占绝对优势。数值越小,说明土地利用类型越多,集约化程度越低。3个年度的最低值均出现在大港区,但是2006—2010年大港区变化幅度最大,从233增加到270.09,说明虽然大港区原有集约程度不高,但伴随着滨海新区的发展,相关项目配套,大港区集约利用状态改变显著,水利设施用地的优势更加突出。

### 3.2 天津市生态系统服务价值变化分析

针对天津市具体情况,通过查阅统计年鉴,对生态系统服务价值当量因子进行修正。2002年粮食产量为4 427.24 kg/hm<sup>2</sup>,粮食单价为1.06元/kg,得出2002年天津市单位面积农田每年自然粮食产量(当量因子)为670.41元/(hm<sup>2</sup>·a);同理推算出2006年、2010年天津市1当量因子为1 012.57元/(hm<sup>2</sup>·a)和

1 252.53元/(hm<sup>2</sup>·a)。进一步计算出天津市生态系统单位面积生态服务价值。

通过计算,2002—2010年间天津市生态系统服务价值变化显著,总价值由2002年的51.5亿元增加为2010年的130亿元。从单个土地利用类型来看,水利设施用地对生态系统服务价值的变化影响最为显著,主要是由于水利设施数量显著增加,加之水利设施用地单位生态价值系数偏高;其次是耕地,生态价值变化贡献率达到21.07%。但是未利用地对整个研究区生态系统服务价值变化呈现出负向贡献率,因此在天津市未来土地利用结构调整中需要注意加大未利用地的开发利用,这样才能进一步保护生态,提高系统价值;同时研究发现价值较高的单项生态系统服务功能主要由水利设施用地、耕地、林地承担,这些地类的增加将带动其生态系统服务功能的显著提高。

从表2进一步分析各区县生态系统服务价值变化的规律发现,大港区变化最为显著,主要由于水利设施用地面积和物价变化导致;其次为蓟县,该区林地面积有所增加,所带来的生态服务价值变化增加最多,山区的水利设施用地价值增加也带来了生态价值的变化;变化最小的区域为东丽区,地类面积变化不大,因此各单项价值受到物价水平的影响但总体变化不大。从土地利用类型带来的价值变化分析看,未利用地除了塘沽区表现出增加的规律外,其他区县均减少,说明天津市各区县均加大了对未利用地开发利用的力度,大量未利用地转为耕地,未利用地生态价值降低。

表2 2002—2010年天津市生态系统价值变化

万元

区县	耕地	园地	林地	牧草地	其它农用地	水利设施用地	未利用地	总计
塘沽区	-8.76	596.68	1248.44	1572.89	485.86	71586.11	224.56	75705.78
汉沽区	260.93	1987.03	92.74	162.34	62.00	49719.26	-296.37	51987.93
大港区	6915.07	2576.06	1540.02	3095.56	491.69	175431.08	-1001.51	189047.97
东丽区	-18.13	139.82	1598.16	569.32	128.56	6851.66	-117.02	9152.37
西青区	3071.11	158.17	2004.07	507.97	312.92	21176.59	-117.08	27113.75
津南区	3068.26	1083.81	580.91	277.14	155.32	8396.71	-128.12	13434.03
北辰区	4297.42	1844.58	3838.30	299.72	162.87	12691.00	-112.2	23021.69
宁河县	33390.63	-1251.19	1780.56	348.80	754.44	23464.82	-561.2	57926.86
武清区	30317.91	407.73	10145.50	904.72	851.37	14851.08	-140.83	57337.48
静海县	28247.94	5848.33	3859.49	1715.32	966.89	30146.49	-401.68	70382.78
宝坻区	35214.94	-828.76	11057.59	2452.50	570.62	39830.22	-665.58	87631.53
蓟县	20756.16	9055.49	67183.44	637.65	309.10	25441.3	-325.98	123057.16

### 3.3 基于土地结构—生态耦合的功能分区

为了进一步探讨天津市各区县土地利用及生态变化的空间差异性,引用“主体功能区”的理念对研究区进行土地利用分区。主体功能分区是对区域资源环境承载力、现有开发密度、发展潜力等方面进行综合分析划定出具有功能特点的地域单元。而本文则侧重于从土地结构组合和生态耦合关系角度对研究区进行土地利用分区,使得各区域在满足天津市主

体功能分区所确定的功能上,更加明确土地利用的功能定位。因此,基于前文的研究在土地结构部分选择所计算的多样性指数、集中化指数、组合类型系数、区位指数、土地利用综合指数作为评价指标,生态系统服务价值代表生态系统指标;需要对所有指标都进行归一化处理。对于土地结构指标,本文将采用熵权法确定其权重,通过计算得出前述土地结构指标权重分别为:0.048,0.142,0.466,0.141,0.203。在此基础

上计算出标准化后的土地利用结构指数和生态价值指数。用纵坐标  $Y$  表示土地生态指数,横坐标  $X$  代表土地结构指数,得到各区县在坐标轴上的组合,并按照孟祥旭<sup>[9]</sup>等人的研究,以曲线 A、B、C 为基准划分功能区;其中曲线 A 为  $Y=X^3$ 、曲线 B 为  $Y=0.5$ 、曲线 C 为  $Y=\sqrt[3]{X}$ 。其中直线  $Y=1$  与曲线 A 间的区域土地开发利用强度高,但土地保护力度较小,资源环境承载力开始减弱,划为优化开发区;曲线 A 和曲线 B 之间的区域土地开发利用强度和土地保护力度都相对较高,资源与环境的承载能力较强,划为重点开发区;曲线 B 和曲线 C 之间的区域生态环境相对较脆弱,土地开发利用强度一般,不宜大力集聚人口和发展经济,划为适度开发区;曲线 C 和  $Y=0$  之间的区域土地开发强度低,经济建设潜力很小,耕地与生态的保护价值都很高,划为禁止开发区<sup>[9]</sup>。通过分析,优化开发区包括塘沽区、市区、东丽区、津南区;重点开发区包括宝坻区;适度开发区包括汉沽区、西青区、北辰区、静海区、武清区;禁止开发区包括大港区、蓟县、宁河县(图 1)。优化开发区应注意加强建设用地管理,防止环境污染,加强土地保护以保持资源环境承载力的不退化;重点开发区在环境、开发等方面发展较均衡,因此应加大对土地的投入,提高土地集约利用水平,更深层次地挖掘土地潜力;适度开发区的内部发展不均衡,在未来因注意保护环境,合理引导土地开发利用行为;禁止开发区则要强化对于自然环境的保护,保证生态环境正向发展,提高耕地质量。

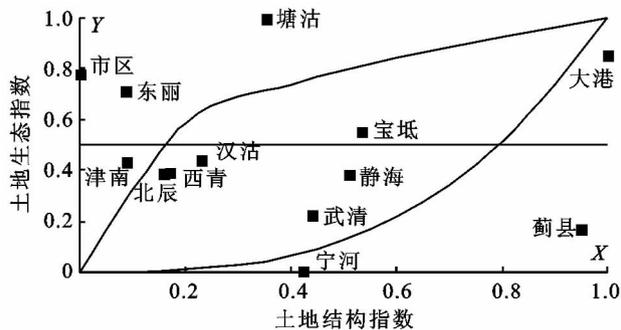


图 1 土地利用功能分区

### 4 讨论

在功能分区的基础上,本文引入锡尔指数(Theil Index)分析研究区的生态区域差异。锡尔指数可以分解为相互对立的组间差异和组内差异,广泛用于城市、经济等方面。拟对锡尔指数进行修正,以反映区域生态空间的分布特征<sup>[10-11]</sup>。经修正后的公式如下:

$$T = T_{\text{地区间}} + T_{\text{地区内}} = \sum_i^n e_i \lg \frac{e_i}{s_i} + \sum_{i=1}^n e_i \left( \sum_j^n e_{ij} \lg \frac{e_{ij}}{s_{ij}} \right) \quad (6)$$

式中: $e_{ij}$ —— $i$  地区生态系统服务价值占第  $j$  个功能

区的份额; $s_{ij}$ —— $i$  地区的土地利用占第  $j$  个功能区土地面积的份额; $e_i$ —— $i$  地区生态系统服务价值占全市生态系统服务价值的份额; $s_i$ —— $i$  地区的土地利用面积占全市土地面积的份额。

按照前述计算方法分年度计算出 2002 年、2006 年和 2010 年天津市生态系统的锡尔指数,并将其分解成区域间差异和区域内差异进行讨论,详见表 3。该表中区域间差异主要反映天津市生态系统发展水平的总体差异,而区域内差异主要反映天津市各区县间生态系统发展水平差异。可以看出,天津市总体生态系统服务的总差异值从 2002 年的 0.014 8 增加到 2006 年的 0.017 9,随后减少到 0.015 9,说明天津市生态系统服务功能总体差异呈现先增加后减小的趋势,整个生态系统发展处于波动状态,2006 年发展趋于平衡,但发展至 2010 年平衡状态下降。进一步分析区域间和区域内差异,2002—2006 年,区域间和区域内差异都是不断增加,2006—2010 年区间差异减少,但区内差异增加;区域间差异对锡尔指数的贡献率远远超过区内差异,说明区域间的差异是全市生态系统发展差异的主要影响力量。按照前述功能分区对区间差异进行分解,表 4 是将表 3 的天津市区域间差异具体分解到功能分区,以反映各功能分区间生态系统发展水平差异。在四大区域差距中,起决定作用的是优化开发区所带来的差异,适度、禁止开发区对锡尔指数的贡献相对较平稳,在三个年度均处于 20%~30%。但是优化开发区的锡尔指数变化趋势表现出逐渐缩小的趋势。表 5 将表 3 的区域内差异进一步分解到各功能分区内,以反映各功能分区所包含的区县内部分生态系统发展差异。经分析发现起决定作用的依然是优化开发区所带来的差异,其次是禁止开发区,而其他两大分区影响相对较弱。说明优化开发区、禁止开发区自身的生态系统差异对整个区域平衡造成了较大的影响。优化开发区主要包括天津市市区、塘沽、东丽、津南,从天津市发展和滨海新区发展这四个区域均属于天津市城市化水平相对较高的地方,不管从资金、制度等方面要远高于其他三个分区,因此对全市的生态发展水平贡献较大;禁止开发区所涉及区县土地利用类型丰富,生态功能价值相对较高,因此对整体贡献也相对较大。

表 3 2002—2010 年天津市生态系统发展水平差异

年份	锡尔指数	区域间差异	比重/%	区域内差异	比重/%
2002	0.0148481	0.010267	69.15	0.0045811	30.85
2006	0.0179397	0.012524	69.81	0.0054157	30.19
2010	0.0159375	0.009988	62.67	0.0059495	37.33

表4 2002—2010年天津市分区生态系统发展水平区间差异

年份	区间差异	优化开发区		重点开发区		适度开发区		禁止开发区	
		差异值	比重/%	差异值	比重/%	差异值	比重/%	差异值	比重/%
2002	0.010267	0.004362	42.49	0.000468	4.56	0.002496	24.31	0.002941	28.64
2006	0.012524	0.004752	37.94	0.002337	18.66	0.002489	19.87	0.002946	23.53
2010	0.009988	0.003059	30.63	0.002217	22.20	0.002575	25.78	0.002137	21.39

表5 2002—2010年天津市分区生态系统发展水平区内差异

年份	区内差异	优化开发区		重点开发区		适度开发区		禁止开发区	
		差异值	比重/%	差异值	比重/%	差异值	比重/%	差异值	比重/%
2002	0.0045811	0.0023254	50.76	0.0002765	6.04	0.0005895	12.87	0.0013897	30.33
2006	0.0054157	0.0025620	47.31	0.0007201	13.30	0.0007030	12.98	0.0014306	26.41
2010	0.0059495	0.0027838	46.79	0.0007000	11.77	0.0010599	17.81	0.0014058	23.63

## 5 结论

本文从土地结构和生态耦合的角度分析了天津市各区县土地利用及其生态变化特征,并进一步采用修正锡尔指数对差异性进行分解,得出以下结论:

(1) 2002—2010年天津市各区县土地利用程度均逐渐提高。土地利用程度最高出现在市区,最低值出现在大港区,伴随着滨海新区的发展,相关项目配套,大港区集约利用状态改变显著,水利设施用地的优势更加突出。

(2) 天津市生态系统服务价值 2002—2010 年增加显著,其中水利设施用地对生态系统服务价值贡献最大。价值较高的单项生态系统服务功能主要由水利设施用地、耕地、林地承担。

(3) 采用修正锡尔指数分析天津市生态功能的空间变异特征发现,天津市生态系统总体差异呈现先增加后减小的趋势;2002—2006年天津市各功能分区和天津市各区县内部差异都是不断增加,2006—2010年区间差异减少,区内差异增加;但区域间差异对锡尔指数的贡献率远远超过区内差异,说明区域间的差异是全市生态系统发展差异的主要影响力量。

### 参考文献:

[1] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域:LUCC 的国际

研究动向[J]. 地理学报,1996,51(6):553-558.

- [2] Costanza R, d' Arge, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capita[J]. Nature,1997,386(6630):253-260.
- [3] 谢高地,鲁春霞,冷允法,等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报,2003,18(2):189-196.
- [4] 何淑勤,郑子成,陈华峰. 重庆市北碚区土地利用结构变化特征研究[J]. 水土保持研究,2009,16(3):84-88.
- [5] 宋戈,孙丽娜,雷国平. 基于计量地理模型的松嫩高平原土地利用特征及其空间布局[J]. 农业工程学报,2012,25(3):243-250.
- [6] 白丽娜,王冬艳,张渝庆,等. 基于计量地理模型的长春市土地利用空间结构分析[J]. 东北师大学报:自然科学版,2011,43(2):145-150.
- [7] 肖玉,谢高地,安凯. 莽措湖流域生态系统服务功能经济价值变化研究[J]. 应用生态学报,2003,14(5):676-680.
- [8] 赵丽,张蓬涛,朱永明. 退耕还林对河北顺平县土地利用变化及生态系统服务价值的影响[J]. 水土保持研究,2010,17(6):74-77.
- [9] 孟祥旭,梅昀. 基于耦合关系原理的土地利用功能分区[J]. 中国土地科学,2010,24(6):26-31.
- [10] 王贞超,李满春,李飞雪. 基于锡尔指数的区域土地利用时空分布特征:以常州市为例[J]. 长江流域资源与环境,2012,21(8):951-957.
- [11] 梁政骥,吕拉昌. 基于锡尔系数的广东省城市创新能力差异研究[J]. 地域研究与开发,2010,31(3):73-77.