

罗春香, 杨 君, 段建南, 等. 基于城乡接合部土地利用变化的生态系统服务价值研究[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(5): 420–425.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.05.121

基于城乡接合部土地利用变化的生态系统服务价值研究

罗春香, 杨 君, 段建南, 杨 威, 何 欢

(湖南农业大学资源环境学院, 湖南长沙 410128)

摘要:基于 2000 年、2008 年和 2013 年 3 期土地矢量数据, 根据土地利用结构分析其动态变化; 针对城乡接合部特点, 考虑建设用地生态负效应, 对单位面积生态系统服务价值 (ecosystem service value, ESV) 系数进行修正; 采用 Costanza 等计算方法, 估算各土地类型的 ESV 并分析其时空变化特征; 采用相关分析法, 探讨了城乡接合部土地利用类型变化与 ESV 之间的关联特征。结果表明: 耕地面积快速减少, 建设用地比重上升; ESV 总体呈下降趋势, 降幅达 16.10%, 各单项生态服务功能价值也有不同程度减少; 各镇空间变化存在明显差异, 总体上是离中心城区越近变化越显著; ESV 与耕地、林地、草地、建设用地在 0.01 水平上显著相关, 与草地、耕地、林地、水域、未利用地面积呈正相关并且相关系数为降序排列, 与建设用地面积呈负相关。

关键词:土地利用; 生态系统服务价值; 城乡接合部; 时空变化

中图分类号: F323.211 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)05-0420-05

生态系统是当前生态学和地理学研究的前沿和热点问题, 它是连接自然和人文的纽带。城乡接合部作为人工和自然 2 种截然不同的生态系统的过渡区, 在城乡发展过程中, 其土地利用与生态环境是变化最剧烈且最容易被忽略的, 随着城市扩展速度和强度不断提高, 城乡接合部的生态环境问题越来越受到重视。Costanza 在 20 世纪 90 年代开展全球生态系统服务价值计算的研究后, 生态服务价值成为国内外学者的研究热潮, 国内学者对全球或区域性^[1-4], 以及中国大陆^[5]、中国地表水^[6]、中国草地^[7]、中国森林^[8]等大尺度区域 ESV 进行了评估。但是, 对城乡接合部土地利用变化和 ESV 之间关系的研究并不多见。

本研究把城乡建设用地等人工生态系统纳入到 ESV 的核算体系, 在城乡接合部小尺度区域背景下对 ESV 进行定量分析、比较其区域间变化特征, 可为城乡接合部土地利用规划、城市扩张提供实证数据, 从生态价值经济核算角度来保护耕地和实现社会经济可持续发展, 对促进区域生态建设、合理有序进行城市扩张具有重要意义。

1 研究区域与研究方法

1.1 研究区概况

本研究区域包括湖南省长沙市望城区的星城镇、黄金乡、雷锋镇、白箬铺镇 4 个乡镇 (图 1), 位于湖南省长沙市区西北角, 西临湘江, 南接长沙市岳麓区, 北连望城城区, 西接宁乡夏铎铺镇, 是望城区与省会长沙的接合部。境内交通干道渔网交错, 交通极为便捷, 区位优势得天独厚, 是长沙通往湘西北

的咽喉要地。其中星城镇、黄金镇现已纳入长沙市区规划范围; 雷锋镇是中国村镇建设试点集镇, 工商业发达, 2008 年起委托长沙高新区管理; 白箬铺镇生态环境优美, 境内金洲大道、长常高速、国道 G319 横贯东西, 交通便利。2013 年末研究区域总面积为 30 198.69 hm², 总人口为 178 327 人。

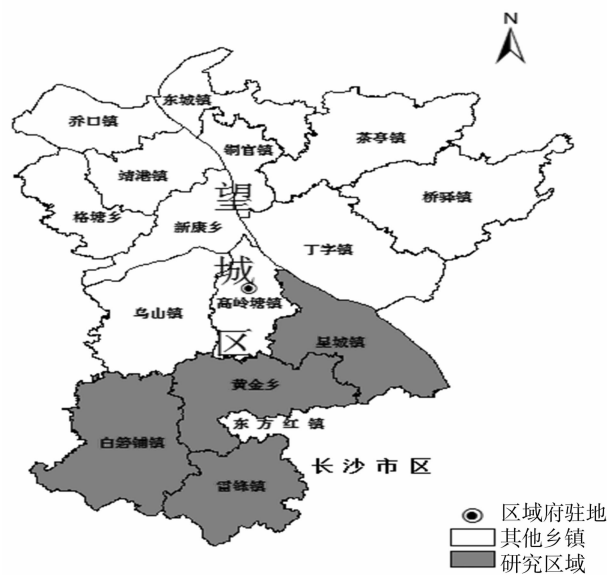


图1 研究区域示意

1.2 数据来源与处理

空间数据源为研究区 2000 年、2008 年和 2013 年土地利用矢量数据。其中, 2000 年和 2008 年数据来源于中国科学院的土地利用/土地覆被矢量数据; 2013 年土地利用矢量数据, 是根据 Landsat TM 10 m 分辨率的遥感影像, 利用 ENVI 4.8 软件对影像进行辐射校正、几何校正、图像拼接和裁剪等, 综合多种方法对遥感影像解译获得。社会经济数据来源于国家统计局、同期《湖南统计年鉴》、《长沙统计年鉴》和《望城年鉴》。

本研究参照中国科学院资源环境数据库土地资源分类体

收稿日期: 2015-11-26

基金项目: 国家自然科学基金 (编号: 41171176); 湖南农业大学大学生创新性实验计划 (编号: XCX15118)。

作者简介: 罗春香 (1989—), 女, 湖南衡阳人, 硕士, 主要从事土地资源管理与规划研究。E-mail: 540309585@qq.com。

通信作者: 杨 君, 博士, 副教授, 主要从事土地资源管理与规划研究。E-mail: 714699409@qq.com。

系,结合研究区域自然条件和土地利用特征,将研究区域土地利用类型分为耕地、林地、草地、水域、建设用地和未利用土地

6 大类,利用 Arcgis 9.3 软件汇总不同年度各乡镇土地利用结构数据(表 1)。

表 1 2000—2013 年研究区各镇土地利用类型结构

年份	地区	耕地		林地		草地		水域		建设用地		未利用地	
		面积 (hm ²)	比例 (%)	面积 (hm ²)	比例 (%)	面积 (hm ²)	比例 (%)	面积 (hm ²)	比例 (%)	面积 (hm ²)	比例 (%)	面积 (hm ²)	比例 (%)
2000	白箬铺镇	3 632.91	38.34	44 90.82	47.39	11.87	0.13	60.95	0.64	1 279.37	13.50	0.00	0.00
	黄金乡	2 735.96	38.28	3 358.60	46.99	15.98	0.22	66.65	0.93	969.87	13.57	0.00	0.00
	雷锋镇	2 242.53	36.06	3 183.11	51.18	40.46	0.65	21.72	0.35	731.72	11.76	0.00	0.00
	星城镇	3 455.83	46.98	1 925.21	26.17	0.00	0.00	820.17	11.15	1 025.87	13.95	129.09	1.75
	合计	12 067.23	39.96	12 957.74	42.91	68.30	0.23	969.50	3.21	4 006.83	13.27	129.09	0.43
2008	白箬铺镇	3 582.36	37.80	4 473.85	47.21	11.87	0.13	60.95	0.64	1 346.90	14.21	0.00	0.00
	黄金乡	2 554.22	35.74	3 189.44	44.63	15.94	0.22	56.44	0.79	1 331.03	18.62	0.00	0.00
	雷锋镇	2 194.31	35.28	3 125.58	50.25	40.43	0.65	21.70	0.35	837.51	13.47	0.00	0.00
	星城镇	2 862.63	38.91	1 418.93	19.29	0.00	0.00	890.63	12.11	2 054.91	27.93	129.08	1.75
	合计	11 193.52	37.07	12 207.79	40.42	68.23	0.23	1 029.72	3.41	5 570.35	18.45	129.08	0.43
2013	白箬铺镇	3 501.72	36.95	4 358.90	46.00	11.87	0.13	60.95	0.64	1 542.49	16.28	0.00	0.00
	黄金乡	2 364.03	33.08	2 957.15	41.38	15.93	0.22	49.71	0.70	1 760.23	24.63	0.00	0.00
	雷锋镇	1 908.02	30.68	2 754.25	44.28	40.42	0.65	21.72	0.35	1 495.11	24.04	0.00	0.00
	星城镇	2 238.38	30.43	972.50	13.22	0.00	0.00	887.39	12.06	3 128.83	42.53	129.07	1.75
	合计	10 012.16	33.15	11 042.81	36.57	68.22	0.23	1 019.77	3.38	7 926.65	26.25	129.07	0.43

1.3 研究方法

1.3.1 土地利用变化分析 本研究采用单一土地利用类型动态度^[9]来描述研究区土地利用类型变化速度和幅度:

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%。$$
 (1)

式中:U_a、U_b 分别表示研究初期、末期某一种土地利用类型的面积;T 为研究时段长,当 T 的时段设定为年时,K 为该区域某种土地利用类型年变化率。

1.3.2 土地利用强度综合指数 土地利用程度综合指数能反映区域土地利用集约程度高低^[9],L_b - L_a 表示从 a 时间到 b 时间区域土地利用程度的变化量。当 L_b - L_a > 0 时表示该研究区域土地利用处于发展时期,反之则处于调整期或者衰退期。

$$L = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times C_i, L \in [100, 400]。$$
 (2)

式中:L 为区域土地利用程度综合指数;A_i 为区域内第 i 级土地利用分级指数^[10];C_i 为区域内第 i 级土地利用程度分级面积百分比;n 为土地利用程度分级数。

1.3.3 生态系统服务价值计算方法 各类土地在计算 ESV 时,土地利用类型按以下原则归类:林地对应森林生态系统,草地对应草地生态系统;耕地对应农田生态系统;湿地与河湖水面对应水域生态系统;未利用土地对应荒漠生态系统。

建设用地包括城乡、工矿及居民用地,它不属于自然生态系统,是只有消耗者没有生产者的人工生态系统。许多学者在研究 ESV 时,常不考虑建设用地的生态服务价值,本研究根据城乡接合部的实际情况,计算建设用地的服务价值总量。主要考虑三废的排放和城乡用水问题对环境的负作用,分别应用市场价值法和防治成本法,对建设用地的水源涵养功能和废物处理功能的 ESV 系数进行估算。

建设用地单项 ESV 系数计算方法:

水文调节(负) $VC_a = Q_a \times P_a / A;$ (3)

废物处理(负) $VC_b = Q_b \times P_b / A。$ (4)

式中:Q_a 为用水量;P_a 为用水价格;Q_b 为废物排放量;P_b 废物治理成本。

研究区 ESV 计算方法:

$$ESV = \sum A_k \times VC_k;$$
 (5)

$$ESV_f = \sum A_k \times VC_{fk}。$$
 (6)

式中:ESV 为研究区生态服务总价值,元;A_k 为第 k 种土地利用类型面积, hm²; VC_k 为单位面积生态系统服务价值,元/hm²; VC_{fk} 为单项生态功能价值系数,元/hm²; ESV_f 为单项生态功能价值。

2 土地利用变化分析

2.1 土地利用类型结构变化

图 2 表示 2000 年、2008 年和 2013 年研究区的土地利用结构变化,土地总面积为 30 198.69 hm²,土地利用率达 99.57%,以耕地和林地为主要土地利用类型。其中,林地、耕地减少速度比较均匀,草地、水域和未利用地变化不明显,建设用地面积从 2000 年 13.27% 到 2013 年 26.25%,呈显著增加趋势,以 2008—2013 年的变化最为明显,主要原因是 2008 年以后,大河西先导区和湘江旅游黄金走廊的规划覆盖。

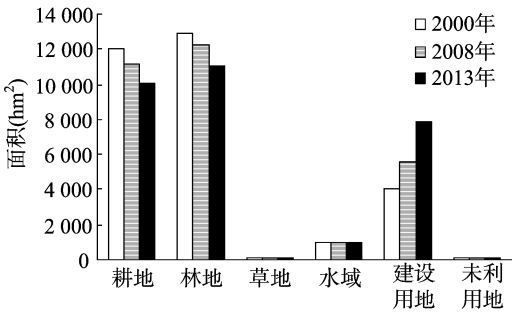


图2 研究区不同年份土地类型结构变化

2.2 土地利用动态变化

由表 2 可知,研究区土地利用类型结构发生了显著变化,土地利用变化幅度大,总体趋势是:耕地、林地持续减少,建设

用地持续增加。2008—2013 年耕地减少最多 (1 181.36 hm²),降幅达 10.55%;建设用地增加最多 (2 356.30 hm²),增幅达 42.30%。

从单一土地利用动态度来看,2000—2013 年,建设用地

变化最明显,年均增长 7.53%;其次是耕地和林地,年均减少 1.31%、1.14%,说明城镇用地大规模扩展、耕地急剧减少是近十几年城市化的必然结果。

表 2 2000—2013 年研究区土地利用类型面积变化和动态度

土地类型	面积增减量 (hm ²)			变化幅度 (%)			动态度 (%)		
	2000— 2008 年	2008— 2013 年	2000— 2013 年	2000— 2008 年	2008— 2013 年	2000— 2013 年	2000— 2008 年	2008— 2013 年	2000— 2013 年
耕地	-873.71	-1 181.36	-2 055.08	-7.24	-10.55	-17.03	-0.91	-2.11	-1.31
林地	-749.95	-1 164.98	-1 914.93	-5.79	-9.54	-14.78	-0.72	-1.91	-1.14
草地	-0.07	-0.01	-0.07	-0.10	-0.01	-0.10	-0.01	0.00	-0.01
水域	60.23	-9.95	50.27	6.21	-0.97	5.19	0.78	-0.19	0.40
建设用地	1 563.52	2 356.30	3 919.82	39.02	42.30	97.83	4.88	8.46	7.53
未利用地	-0.02	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	-0.02	0.00	0.00	0.00

2.3 土地利用强度变化

研究区土地利用程度综合指数在 265.34%~313.74% 之间,各镇土地综合利用强度均有所增长; L_a-L_b 均大于零,表明研究期内该区域的土地利用处于发展时期。城镇建设用地比重能反映区域社会发展的程度,比重越高,说明土地利用变化越活跃,利用程度也越高。城镇建设用地由 2000 年的 13.27% 增加到 2013 年的 26.25%,表明其在土地利用结构

中的影响力越来越大。其中星城镇建设用地比重最大,由 2000 年的 13.95% 增加到 42.53% (表 1),土地利用程度综合指数受其影响,指数值也较高,土地利用程度变化率达到 14.87%,农业主导用地转变为城乡结合用地速度最快;白箬铺镇土地利用强度变化率较小,林地为主导用地,利用强度还有很大提升空间 (表 3)。

表 3 2000—2013 年研究区土地利用强度变化

地区	土地利用程度综合指数 (%)			土地利用程度变化量 (%)			土地利用程度变化率 (%)		
	2000 年	2008 年	2013 年	2000—2008 年	2008—2013 年	2000—2013 年	2000—2008 年	2008—2013 年	2000—2013 年
白箬铺镇	265.34	266.23	269.51	0.89	3.28	4.17	0.34	1.23	1.57
黄金乡	265.42	272.98	282.33	7.56	9.35	16.91	2.85	3.42	6.37
雷锋镇	259.59	262.21	278.76	2.63	16.54	19.17	1.01	6.31	7.38
星城镇	273.12	293.03	313.74	19.91	20.71	40.63	7.29	7.07	14.87
合计	266.07	273.53	285.22	7.46	11.69	19.15	2.80	4.27	7.20

2.4 土地利用转移

建设用地的转入率较高,耕地和林地流出量大,耕地转出的数量明显比转入大得多,其中耕地转化为建设用地是转化最多的类型。2000—2008 年、2008—2013 年,耕地流出面积最大分别为 874.51 hm²、1 250.64 hm²,分别占初期耕地面积的 7.25%、11.7%,基本上都转为建设用地;林地流出面积分别占初期林地面积的 5.81%、9.55%,全部转为建设用地。这种变化类型多集中于人类活动比较活跃的地区,如中心城区的边缘区以及原有的农村居民点附近,城市与乡村用地、耕地与建设用地矛盾最为突出的地区。

3 生态系统服务价值的评估结果及分析

3.1 单位面积生态系统服务价值系数

借鉴 Costanza 等的 ESV 计算方法^[11],对中国生态系统单位面积生态服务价值当量表^[12]进行农田生态系统生物量因子^[13]修正 (湖南省系数为 1.95)。查询同期《湖南省统计年鉴》^[14]相关数据,计算得到 2000—2013 年望城县和湖南省粮食单产分别为 6 543.14、5 767.81 kg/hm²,2013 年望城粮食平均价格为 2.63 元/kg,为全国农田 ESV 系数平均水平的 1.95×1.13=2.2 倍。参考谢高地等关于单位生态服务价值当量因子的经济价值为当年平均粮食产量市场价值 1/7 的方法^[15],计算得到研究区农田自然粮食产量的经济价值约为

(6 543.14×2.63)/7=2 458.35 元/hm²。研究区域不同生态系统单位面积 ESV 见表 4 和表 5。

3.2 生态系统服务价值时序变化

以研究区域 2000 年、2008 年、2013 年 3 期土地利用矢量数据为基础,根据公式 (5)、公式 (6) 分别计算出 2000—2013 年研究区 ESV 变化 (表 6) 和生态系统单项服务功能价值变化 (表 7)。由表 6 可见:从各类用地提供的 ESV 总量来看,林地的 ESV 始终最高,其次为耕地、水域,这 3 类用地提供了研究区 99% 以上的生态服务价值。从价值总量的时序变化看,2000 年、2008 年、2013 年研究区的 ESV 分别为 68 041.52 万元、63 817.33 万元、57 083.81 万元,13 年间下降了 10 957.71 万元,减少率达 16.10%。从 ESV 减少数量类型看,林地减少最多,为 6 017.13 万元,其次为耕地 3 991.16 万元,仅水域增加了 260.16 万元。从价值变化率来看,变化幅度最大的为耕地,减少了 17.03%,其次为林地,减少了 14.78%,草地和未利用地变化不明显。这表明研究区域 ESV 整体呈下降趋势,主要原因是建设用地急剧增加,占用生态价值相对较高的林地、耕地等。

从表 7 可知,研究期间区域单项生态服务功能价值也呈减少趋势,在 2000—2008 年、2008—2013 年 2 个时期,生态系统单项服务价值总量分别减少 4 224.19 万元、6 733.51 万元,减少量呈递增趋势。2000—2013 年按减少量排序,为水

表 4 研究区建设用地生态系统单位面积生态服务价值

生态系统服务类型	水文调节(负)			废物处理(负)		
计算方法	居民用水	工业用水	二氧化硫排放	烟粉尘排放	废水	固体废弃物
总用(排)量(万 t)	573.79	127.42	0.19	0.08	555.65	9.36
价格(处理费)(元)	1.53	1.68	1.20	1.20	0.20	25.00
单位面积服务价值(元/hm ²)	-1 576.02	-384.29	-422.86	-82.87	-199.50	-420.02
合计(元/hm ²)	-1 960.31			-1 125.24		

注:数据来源于《长沙统计年鉴》、中国水网;固体废弃物计费标准按《排污征收标准及计算方法》;废气主要为二氧化硫和烟粉尘,计费标准按发改价格[2014]2008 号文件《关于调整排污费征收标准等有关问题的通知》,每当量 1.2 元(二氧化硫和烟粉尘的当量值分别为 0.95 kg 和 2.18 kg)。

表 5 研究区生态系统单位面积生态服务价值

生态系统服务类型	农田		森林		草地		水域		未利用地		建设用地
	当量	价值	当量	价值	当量	价值	当量	价值	当量	价值	价值
食物生产	2.20	2 458.35	0.33	368.75	0.43	480.50	0.51	569.89	0.02	22.35	—
原材料	0.86	958.76	2.98	3 329.95	0.36	402.28	0.34	379.93	0.04	44.70	—
气体调节	1.58	1 770.01	4.32	4 827.31	1.5	1 676.15	0.7	782.20	0.06	67.05	—
气候调节	2.13	2 384.60	4.07	4 547.95	1.56	1 743.19	3.21	3 586.96	0.13	145.27	—
水文调节	1.69	1 892.93	4.09	4 570.30	1.52	1 698.50	18.24	20 381.96	0.07	78.22	-1 960.31
废物处理	3.06	3 417.11	1.72	1 921.98	1.32	1 475.01	14.81	16 549.17	0.26	290.53	-1 125.24
保持土壤	3.23	3 613.77	4.02	4 492.08	2.24	2 503.05	0.57	636.94	0.17	189.96	—
维持生物多样性	2.24	2 507.52	4.51	5 039.62	1.87	2089.60	3.46	3 866.31	0.4	446.97	—
提供美学景观	0.37	417.92	2.08	2 324.26	0.87	972.17	4.47	4 994.92	0.24	268.18	—
合计	17.38	19 420.97	28.12	31 422.18	11.67	13 040.43	46.31	51 748.27	1.39	1 553.23	-3 085.55

注:价值单位为元/hm²(以 2013 年价格为基准)。

表 6 研究区不同地类的生态系统服务价值变化

土地类型	生态系统服务价值(万元)			ESV 变化量(万元)	变化率(%)
	2000 年	2008 年	2013 年	2000—2013 年	2000—2013 年
耕地	23 435.73	21 738.90	19 444.58	-3 991.16	-17.03
林地	40 716.04	38 359.54	34 698.91	-6 017.13	-14.78
草地	89.06	88.98	88.96	-0.10	-0.11
水域	5 016.97	5 328.63	5 277.13	260.16	5.19
未利用地	20.05	20.05	20.05	0.00	-0.01
建设用地	-1 236.33	-1 718.76	-2 445.81	-1 209.48	97.83
合计	68 041.52	63 817.33	57 083.81	-1 0957.71	-16.10

表 7 研究区生态系统单项服务功能价值变化

生态系统服务功能	生态系统单项服务价值(万元)			价值变化量(万元)		
	2000 年	2008 年	2013 年	2000—2008 年	2008—2013 年	2000—2013 年
食物生产	3 503.19	3 264.17	2 930.23	-239.01	-333.95	-572.96
原材料生产	5 511.97	5 180.76	4 679.18	-331.21	-501.58	-832.79
气体调节	8 479.16	7 967.19	7 194.93	-511.97	-772.26	-1 284.23
气候调节	9 132.20	8 604.37	7 789.26	-527.83	-815.11	-1 342.93
水文调节	9 409.48	8 717.59	7 479.34	-691.89	-1 238.25	-1 930.14
废物处理	7 781.35	7 262.38	6 353.17	-518.97	-909.20	-1 428.18
保持土壤	10 262.84	9 614.03	8 663.16	-648.80	-950.87	-1 599.68
维持生物多样性	9 950.96	9 377.20	8 490.02	-573.76	-887.19	-1 460.94
提供美学景观	4 010.38	3 829.64	3 504.52	-180.75	-325.12	-505.86
合计	68 041.52	63 817.33	57 083.81	-4 224.19	-6 733.51	-10 957.71

文调节>保持土壤>维持生物多样性>废物处理>气候调节>气体调节>原材料>食物生产>提高美学景观。各单项生态系统服务价值减少,主要和各生态系统类型地类面积有关,如原材料主要由森林生态系统供应,林地面积的减少可导致原材料功能价值的减少,建设用地面积增加导致水文调节

和废物处理功能等多项价值减少。

3.3 生态系统服务价值空间分异

以乡(镇)为单位,计算 ESV 变化量和变化率:2000—2013 年各镇的 ESV 总量都有不同程度的减少,减少量最大的是星城镇,为 5 659.04 万元,然后依次是黄金乡、雷锋镇、白

簪铺镇;各镇 2008—2013 年较 2000—2008 年减少幅度大,减少幅度最大的是星城镇,为 33.87%,其次是雷锋镇、黄金乡、白簪铺镇,该情况与 2000—2013 年土地利用动态度高度吻合。由于星城镇和雷锋镇的林地、耕地大面积转化为建设用地,造成区域 ESV 大幅减少;黄金乡尽管林地、耕地减少面积

没有雷锋镇大,但水域面积减少量较其他镇大,因而其 ESV 减少幅度也相对较大;白簪铺镇 ESV 减少幅度较小,是因较其他 3 镇与长沙市区距离稍远,城镇发展相对较慢,说明距离中心城区的远近与其 ESV 的变化幅度呈负相关关系(表 8)。

表 8 2000—2013 年研究区各镇生态系统服务价值空间分异

地区	年份	生态系统类型(万元)						合计 (万元)	变化率 (%)
		耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地		
白簪铺镇	2000—2008	-98.18	-53.32	0.00	0.00	-20.84	0.00	-172.34	-0.82
	2008—2013	-156.61	-361.18	0.00	-0.02	-60.35	0.00	-578.15	-2.76
	2000—2013	-254.79	-414.50	0.00	-0.02	-81.18	0.00	-750.50	-3.56
黄金乡	2000—2008	-352.95	-531.56	-0.05	-52.86	-111.44	0.00	-1 048.86	-6.58
	2008—2013	-369.38	-729.88	0.00	-34.81	-132.43	0.00	-1 266.50	-8.51
	2000—2013	-722.32	-1 261.44	-0.05	-87.67	-243.87	0.00	-2 315.36	-14.53
雷锋镇	2000—2008	-93.65	-180.78	-0.04	-0.07	-32.64	0.00	-307.18	-2.15
	2008—2013	-555.99	-1 166.78	-0.01	0.06	-202.91	0.00	-1 925.63	-13.76
	2000—2013	-649.65	-1 347.56	-0.05	-0.01	-235.55	0.00	-2 232.81	-15.62
星城镇	2000—2008	-1 152.05	-1 590.84	0.00	364.59	-317.52	0.00	-2 695.81	-16.13
	2008—2013	-1 212.34	-1 402.79	0.00	-16.73	-331.36	0.00	-2 963.23	-21.15
	2000—2013	-2 364.39	-2 993.63	0.00	347.86	-648.88	0.00	-5 659.04	-33.87
总区域	2000—2008	-1 696.83	-2 356.50	-0.09	311.66	-482.43	0.00	-4 224.20	-6.21
	2008—2013	-2 294.32	-3 660.63	-0.01	-51.50	-727.05	0.00	-6 733.51	-10.55
	2000—2013	-3 991.16	-6 017.13	-0.10	260.16	-1 209.48	0.00	-10 957.71	-16.10

3.4 生态系统服务价值与土地利用变化的关系

ESV 与土地利用变化是相互制约和影响的关系,但是它们之间不是简单的线性关系。运用 SPSS 17.0 软件进行 Pearson 相关性分析,结果显示:耕地、林地、草地、建设用地在 0.01 水平上显著相关,水域和未利用地在 0.05 水平上显著相关,研究区 ESV 与草地的相关系数最大,为 0.766;其次是耕地、林地、水域、未利用地、建设用地,分别为 0.515、0.318、0.193、0.156、-0.309。研究区 ESV 变化与建设用地面积呈负相关,此类用地的增长是导致研究区总体 ESV 下降的根源所在,2000—2013 年间水域面积虽有所增加,但是水域面积增加所带来的生态系统服务效益远低于耕地、林地减少和建设用地扩张所产生的生态价值损耗。因此保护当地生态环境要根据 ESV 与各土地利用类型面积相关性程度来调节各类用地面积,同时还要提高建设用地节约集约程度。

4 结论与讨论

(1)研究区土地利用情况在 2000—2013 年间发生了较大的变化,总体上为耕地、林地、水域面积快速减少,建设用地比重呈上升趋势,导致 ESV 从 2000 年的 68 041.52 万元,减少到 2013 年的 57 083.81 万元,ESV 下降了 10 957.71 万元,降幅达 16.10%,说明随着城镇化的加速,研究区生态环境面临的压力将越来越大。

(2)分析显示除水文调节(负)、与废物处理(负)带来的服务价值负效应有一定程度的增加外,各单项生态服务功能价值均有不同程度减少,其主要原因是建设用地大量占用耕地、林地和水域;其次,各镇空间变化也存在明显差异,总体上是离中心城区越近变化越显著,说明城市化程度越高,“经济”与“生态”的矛盾越激烈。

(3)ESV 与耕地、林地、草地、建设用地在 0.01 水平上显

著相关,水域和未利用地在 0.05 水平上显著相关;ESV 与草地、耕地、林地、水域、未利用地面积呈正相关并且相关系数为降序排列,与建设用地面积呈负相关,相关系数为 -0.309。

采用时空分析方法,可直观地描述研究区 ESV 时空演化特征,但无法对其变化的局部异常特征进行精确描述,由于土地矢量数据与实际情况存在一定误差,加上生态系统本身的复杂性和动态性,以及存在重复计算、尺度转换等问题,决定了本研究所采用方法计算的生态系统服务价值只是一个粗略的估算。因此,如何规避由于以上因素产生的同一地区 ESV 绝对量存在差异的现象值得进一步探讨。

参考文献:

[1] 谢高地,鲁春霞,成升魁. 全球生态系统服务价值评估研究进展[J]. 资源科学,2001,23(6):5-9.

[2] 冉圣宏,吕昌河,贾克敬,等. 基于生态服务价值的全国土地利用变化环境影响评价[J]. 环境科学,2006,27(10):2139-2144.

[3] 梁流涛,曲福田,冯淑怡. 农村生态资源的生态服务价值评估及时空特征分析[J]. 中国人口·资源与环境,2011,21(7):133-139.

[4] 欧阳志云,赵同谦,赵景柱,等. 海南岛生态系统生态调节功能及其生态经济价值研究[J]. 应用生态学报,2004,15(8):1395-1402.

[5] 欧阳志云,王效科,苗 鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态经济价值的初步研究[J]. 生态学报,1999,19(5):19-25.

[6] 赵同谦,欧阳志云,王效科,等. 中国陆地地表水生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. 自然资源学报,2003,18(4):443-452.

[7] 赵同谦,欧阳志云,贾良清,等. 中国草地生态系统服务功能间接价值评价[J]. 生态学报,2004,24(6):1101-1110.

[8] 赵同谦,欧阳志云,郑 华,等. 中国森林生态系统服务功能及其价值评价[J]. 自然资源学报,2004,19(4):480-491.

[9] 朱会义,李秀彬. 关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论

张 聪,宋 超,袁丽萍,等. 基于环境中不同介质的重金属铬检测回收率的比较[J]. 江苏农业科学,2016,44(5):425-427.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.05.122

基于环境中不同介质的重金属铬检测回收率的比较

张 聪¹, 宋 超², 袁丽萍², 刘 颖³, 陈家长^{1,2}

(1. 南京农业大学无锡渔业学院,江苏无锡 214081;2. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心/
农业部水产品质量安全环境因子风险评估实验室(无锡),江苏无锡 214081;3. 无锡市农业委员会,江苏无锡 214000)

摘要:对环境中水体、鱼体及沉积物3种不同介质建立了适合的检测重金属铬的方法。采用电热板湿法消解法对样品进行预处理,用原子吸收分光光度计检测样品中铬的含量。结果显示:每次检测所作标准曲线相关系数在99.4%以上,仪器检测限为 $(1.449\ 8 \pm 1.855\ 4)\ \mu\text{g}/\text{kg}$,符合试验的要求。3种样品的加标回收率分别是水样回收率为 $(111.28 \pm 5.86)\%$,鱼样回收率为 $(91.43 \pm 13.56)\%$,沉积物回收率为 $(89.70 \pm 16.03)\%$ 。对3种不同介质的重金属铬的回收率分析发现,Water method的回收率显著高于($P < 0.05$)其他2种介质的回收率。本次试验方法样品前处理过程简单,适合样品数量较多的情况,回收率较高,精密度和稳定性也较高,表明该研究建立的水环境中重金属检测方法结果准确可靠。

关键词:环境;铬;检测方法;回收率;精密度;稳定性

中图分类号: X830;X52 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)05-0425-03

重金属铬是一种环境污染物,也是我国水环境优先控制黑名单中的典型污染物之一^[1]。六价铬多溶于水并在水中稳定存在,其对水生生物有致死作用,对人体健康也有一定的影响^[2-3]。研究发现重金属铬是一类有蓄积毒性的污染物,具有致突变性和致癌性,对人的呼吸系统、消化系统、神经系统都能产生损害作用^[4]。

关于重金属铬的消解方法有干灰化法^[5]、常压湿法消解法^[6-7]、微波消解法^[8]和脉冲悬浮法^[9]。微波消解法是目前研究者普遍使用的方法^[10-11],但是此方法一次性消解的样品较少,不适合对批量样品的分析。然而,电热板湿法消解法具有较好的回收率、较高的准确度,适用于批量生产,是分析较多样品时的最佳优选方法。原子吸收光谱法是水系样品重金属分析的常用方法,具有操作简单、价格低廉且分析快速等特点^[12-13]。本试验采用电热板消解法对样品进行处理,用石墨炉原子吸收分光光度计对样品进行分析,来建立鱼、水和沉积物3种不同前处理重金属铬的检测方法。本研究对制定水环境中铬的检测方法有一定的参考作用,对评价环境污染有现

实意义。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

仪器:WFX-210 原子吸收分光光度计(北京瑞利分析仪器有限公司);DigiBlock ED54 电热消解仪(北京莱伯泰科仪器股份有限公司);电子分析天平(梅特勒-托利多仪器有限公司);冷冻干燥机(北京博医康实验仪器有限公司)。

试剂:硝酸;30%双氧水(国药集团化学试剂有限公司);铬元素标准溶液(GBW08614,环境保护部标准样品研究所);铬环境标准样品(GSB07-1187-2000,环境保护部标准样品研究所)。

本试验所用玻璃和塑料仪器先用洗涤剂和清水清洗,再用10%硝酸浸泡24 h以上,用去离子水冲洗干净。所用试剂均为优级纯。

1.2 样品前处理

1.2.1 水样前处理方法及空白加标(Water method) 在消解管中加入去离子水25 mL(在加标试验中加入10 $\mu\text{g}/\text{L}$ 的标准品), HNO_3 1.25 mL,放置于90 $^\circ\text{C}$ 电热板上,消煮至水样剩余7、8 mL时,冷却,加入 HNO_3 1.25 mL、 H_2O_2 2.5 mL,继续消煮至样品剩余1 mL时停止加热,最后定容至25 mL。

1.2.2 鱼样前处理方法及空白加标(Fish method) 鱼样在室温下自然解冻,测量体长、体质量基本数据,用不锈钢剪刀

[J]. 地理学报,2003,58(5):643-650.

[10] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北京:中国科学技术出版社,1996:171-188.

[11] Costanza R, D'Arge R, de Groot R, et al. the value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997, 386(6630):253-260.

[12] 谢高地,甄霖,鲁春霞,等. 一个基于专家知识的生态系统服

务价值化方法[J]. 自然资源学报,2008,23(5):911-919.

[13] 谢高地,肖玉,甄霖,等. 我国粮食生产的生态服务价值研究[J]. 中国生态农业学报,2005,13(3):10-13.

[14] 湖南省统计年鉴:2001—2014[M]. 北京:中国统计出版社,2001-2014.

[15] 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.