

# “三生”用地功能动态变化及其生态系统服务价值响应 ——以顺德区为例

李 锋<sup>1</sup>, 陈 春<sup>1,2</sup>

(1.重庆交通大学 建筑与城市规划学院, 重庆 400074; 2.重庆交通大学 生态人居与绿色交通研究中心, 重庆 400074)

**摘 要:**剖析用地功能转变对某一特定区域生态系统服务价值变化的影响,是社会经济快速发展地区的国土开发和“三生”用地管理控制的主要依据。对“三生”用地识别缺失导致的复合功能模糊,以及与生态价值相关研究不足的问题,构建“三生”用地分类体系,采用生态服务当量因子法和 GIS 空间分析功能测算顺德区域内整体生态系统价值。结果表明:(1) 1990—2015 年顺德区的“三生”用地经历了生活生产用地增长显著,生态生产用地面积变化较平缓,生产生态用地下降明显。(2) 对顺德区生态系统服务价值(ESV)总额的提高贡献最大的是生态生产空间;生态价值极低等级从东南部向全区扩散,极高等级从西部的聚集式面状分布变成点状分散式分布。(3) 顺德区生态系统服务价值存在内部下降和上升的相互抵消作用,生态生产用地对生产生态用地的侵占能够提高区域内生态价值,因此保持生态生产用地中水库坑塘和河流的面积稳定对维持顺德区的生态系统服务价值具有至关重要的作用。

**关键词:**“三生”用地; 用地功能; 生态系统服务价值; 顺德

中图分类号:X171.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2021)01-0250-08

## Dynamic Change of Ecological-Living-Industrial Land and the Response to Ecosystem Service Value

— A Case Study of Shunde

LI Feng<sup>1</sup>, CHEN Chun<sup>1,2</sup>

(1.School of Architecture and Urban Planning, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China;

2.Research Center for Ecological Habitat and Green Transportation, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

**Abstract:** The analysis of the impact of land use function change on the change of ecosystem service value in a specific region is the main basis for land development and land management control of ecological-living-industrial land in the rapidly developing areas of social economy. With respect to the problem of ambiguity of compound function caused by the lack of identification of ecological-living-industrial land and the lack of research related to ecological value, a land classification system of the ecological-living-industrial land was constructed, and the ecological service equivalent factor method and GIS spatial analysis function were used to calculate the overall ecosystem value in Shunde region. The results showed that: (1) from 1990 to 2015, the ecological-living-industrial land in Shunde district experienced significant growth of land for living and production, relatively flat change of land area for ecological production, and significant decline of land for production and ecological production; (2) the biggest contribution to the improvement of the total value of ecosystem services in Shunde district is the ecological production space; the extremely low level of ecological value spreads from the southeast to the whole region, and the extremely high level changes from the concentrated planar distribution in the west to the dotted dispersed distribution; (3) ecosystem service value of Shunde area exists inside falling and rising offset each other; that the ecological land for production occupies the production of ecological land can improve regional ecological value, thus maintaining the ecological land for production area to maintain the stable ponds, reservoirs and rivers has the vital role in ecosystem service value of Shunde area.

收稿日期:2020-03-28

修回日期:2020-04-23

资助项目:国家重点研发计划“村镇聚落空间重构数字化模拟及评价模型”(2018YFD1100300)

第一作者:李锋(1995—),男,新疆塔城人,硕士研究生,主要研究方向为乡村发展与规划。E-mail:1304474139@qq.com

通信作者:陈春(1979—),女,重庆人,教授,主要研究方向为城乡土地利用。E-mail:chenchun@pku.edu.cn

**Keywords:** ecological-living-industrial land; land use function; ecosystem service value; Shunde

随着中国城镇化进程快速推进和经济迅速发展，自然环境、经济环境和人居环境方面很多的负面影响都会显现出来<sup>[1]</sup>，用地功能变化及其生态效应的研究已受到普遍关注，成为当前地理学、应用生态学和生态经济学等学科研究的热点<sup>[2]</sup>。用地功能变化是指在社会经济发展和城镇化进程中，一定时期内，用地功能转入相对应的用地类型的转变过程<sup>[3]</sup>。用地功能转换的重要表现形式是有限的土地资源在各种功能的空间重构的动态过程，进而实现用地功能隐性状态的转型<sup>[4]</sup>。“三生”用地是指有生态、生产和生活综合功能的用地<sup>[5]</sup>，人类往往通过牺牲自然生态价值以换取经济增长和人居便捷，但这种形式引起的“三生”用地功能转换导致了生态系统发展不平衡、生态系统的内部结构发生变化，使得生态服务价值功能变弱<sup>[6-8]</sup>。因此，剖析某一区域“三生”用地和生态系统价值的影响关系，对协调经济、自然发展、改善生态人居环境、规划用地配置布局都具有重要意义<sup>[9]</sup>。

目前，从“三生”用地功能转换的角度进行的区域生态系统服务价值研究还存在不足，如彭文甫等<sup>[10]</sup>探讨了土地利用/覆被变化对四川省生态系统服务价值的影响，但未考虑将“三生”用地与生态价值相结合；叶延琼等<sup>[11]</sup>研究广州市农业生态系统服务价值变化，仅考虑了生产用地的生态价值，没有考虑区域内的整体价值；张蕾等<sup>[12]</sup>以营口市为例，基于“三生”用地变化和生态系统服务价值响应进行研究，但对“三生”的辨识尚有缺陷，对用地变化的复合性质不够完善。

针对以上研究，本文充分考虑用地的复合功能，建立“三生”用地的分类体系，以 GIS 空间分析功能和生态系统服务当量因子法，选择珠三角佛山市顺德区这一用地功能形态发生了明显转变的区域，核算区域内整体生态价值，定量分析 1990—2015 年顺德区用地动态变化和空间特征与生态环境响应规律，以期快速城镇化和社会经济发展较快速区域的国土空间规划提供支撑。

# 1 研究区概况与数据来源

## 1.1 研究区概况

佛山市顺德区地处珠三角腹地(22°40′—23°02′N, 113°01′—113°23′E)，与珠三角经济圈关系密切，属亚热带海洋性季风气候，日照时间长，雨量充沛，常年温暖湿润，是典型的珠江三角洲鱼米之乡。全区下辖 4 个街道 6 个镇，总面积 806 km<sup>2</sup>。地处西江入海口的冲积平原，境内河流纵横交错，地貌上以基塘和平原为主；水域面

积达 103 km<sup>2</sup>，占 12.8%。从 2005—2015 年，顺德区的城镇化率从 69.38%上升到 98.94%，城镇化进程的推进给顺德区生态系统带来一定的挑战。

## 1.2 研究数据

本研究所使用的数据来源于顺德区 1990 年、2005 年、2015 年(LUCC)土地利用栅格数据，空间分辨率为 30 m，土地利用类型包括水田、旱地、河流、水库坑塘、林地、湿地、城镇用地、农村居民点和其他建设用地；社会经济数据来源于《顺德区统计年鉴》、《顺德区社会经济发展统计公报》(1990 年、2005 年、2015 年)，《2015 年中国水资源公报》。

# 2 研究方法

## 2.1 “三生”用地分类体系构建

针对“三生”用地的分类体系的研究，我国学者以“三生”用地的内在理念为基础，做出了很多研究。陈婧等<sup>[13]</sup>较早以用地功能分类，提出了用地的生态、生活、生产功能，但其分类体系缺乏对用地复合功能的考虑；刘继来等<sup>[14]</sup>提出的中国“三生空间”分类评价，将中国用地空间分为生产空间、生活空间和生态空间 3 大类，每个大类下面又包含 3 个强弱级别的小类，但区域尺度太大，且对于快速判断某一区域“三生”分类的条件较为严苛；张红旗等<sup>[15]</sup>探讨的中国“三生用地”分类体系将中国用地变化类型分为 4 大类，充分考虑用地复合功能，是目前较为完善的分类体系。本研究遵循实用性和继承性的原则，根据已有研究成果和用地功能的属性确定“三生”用地类型<sup>[16-18]</sup>，主要参考张红旗等的土地利用分类理念，结合顺德区的土地利用类型特征，充分考虑用地的复合功能，构建出适宜顺德区的“三生”用地分类体系(表 1)。

表 1 顺德区“三生”用地分类体系

“三生”类型	含义	研究区土地利用类型
生态用地	人类利用相对较少，对区域生态环境质量起到主要提升作用	湿地
		河流
生态生产用地	具备生态环境质量提高和农业生产发展作用，但生态效益高于生产效益	水库坑塘
		林地
生产生态用地	以农业生产发展为主要目的，同时能够带来少量生态环境效益	水田
		旱地
		园地
生活生产用地	主要被人为建筑所覆盖，用于农业经济发展以外的人居生活及其他生产活动等	城镇用地
		农村居民点
		其他建设用地

## 2.2 “三生”用地功能动态变化研究方法

用地变化一直是地理科学研究的热点内容,探索用地功能变化是人为活动和自然关联最密切的问题<sup>[19]</sup>,其变化过程能够引起区域内生态、资源和经济环境等的变化<sup>[20]</sup>。运用土地利用动态度方法研究用地类型的动态变化过程,具备高效准确的特点。因此,本研究基于土地利用转移矩阵分析顺德区“三生”用地功能变化特征,在此基础上,使用用地类型动态度方法分析“三生”用地的变化速率。

(1) 单一“三生”用地类型变化动态度。单一“三生”用地类型变化动态度能够定量描述区域内某用地类型变化的速率<sup>[21]</sup>,公式如下:

$$K=\frac{U_a-U_b}{U_a}\times\frac{1}{T}\times100\% \tag{1}$$

式中: $K$  为研究区内某一“三生”用地类型变化动态度; $U_a$ 、 $U_b$  为研究初期和研究末期某一“三生”用地类型面积; $T$  为研究年限。

(2) 综合“三生”用地类型变化动态度。综合“三生”用地类型动态度可以表示研究区域内所有用地类

型变化速率<sup>[21]</sup>,公式如下:

$$K_i=\left[\frac{\sum_{i=1}^n|U_{bi}-U_{ai}|}{2\sum_{i=1}^nU_{ai}}\right]\times\frac{1}{T}\times100\% \tag{2}$$

式中: $K_i$  是研究区内所有“三生”用地类型变化动态度; $U_{ai}$ 、 $U_{bi}$  分别是研究初期和研究末期某一“三生”用地类型面积; $n$  为用地类型数量; $T$  为研究年限。

## 2.3 生态系统服务价值评价方法

(1) 单位面积生态系统服务功能价值。生态系统服务价值是指人类能从生态系统中获取的价值量<sup>[22]</sup>。Costanza 等<sup>[23]</sup>于 1997 年发表了用于全球自然资产评估的方法,针对 16 个不同生态系统和 17 项不同生态因子的核算研究,但该方法不能适应某一特定区域。谢高地等<sup>[24-26]</sup>将其研究引入国内后,结合我国的区域特点,通过对国内 700 位生态学者进行的问卷调查结果不断进行适宜性的改进,并逐步完善了中国生态系统服务价值当量因子表<sup>[26]</sup>。因此,本研究结合谢高地等研究成果和顺德区实际情况,对部分当量因子进行修正,建立了适宜顺德区“三生”用地生态系统服务价值的当量因子表(表 2)。

表 2 顺德区生态系统服务价值当量因子

用地类型		供给服务			调节服务				支持服务			文化服务 美学景观
“三生” 分类	用地分类	食物 生产	原材料 生产	水资源 供给	气体 调节	气候 调节	净化 调节	水文 调节	土壤 保持	维持养分 循环	生物 多样性	
生态用地	湿地	0.51	0.50	2.59	1.90	3.60	3.60	24.23	2.31	0.18	7.87	4.73
	河流	0.80	0.23	8.29	0.77	2.29	5.55	102.24	0.93	0.07	2.55	1.89
生态生产用地	水库坑塘	0.80	0.23	8.29	0.77	2.29	5.55	102.24	0.93	0.07	2.55	1.89
	林地	0.31	0.71	0.37	2.35	7.03	1.99	3.51	2.86	0.22	2.60	1.14
生产生态用地	水田	1.36	0.99	-2.63	1.11	0.57	0.17	2.72	0.01	0.19	0.21	0.09
	旱地	0.85	0.40	0.02	0.67	0.36	0.10	0.27	1.03	0.12	0.13	0.06
	园地	0.84	0.70	-0.75	1.38	2.65	0.75	2.17	1.30	0.18	0.98	0.43
生活生产用地	城镇用地	0.01	0.03	-0.47	0.11	0.10	0.31	0.21	0.13	0.01	0.12	0.05
	农村居民点	0.01	0.03	-0.20	0.11	0.10	0.31	0.21	0.13	0.01	0.12	0.05
	其他建设用地	0.00	0.00	-1.16	0.02	0.00	0.10	0.03	0.02	0.00	0.02	0.01

注:研究区内河流和水库坑塘因两者生态系统服务价值相同,故统一对应谢高地等制定的“中国陆地生态系统服务价值当量因子表”中的水系;因顺德区主要林木为柳树和桑树,故林地对应针阔混交林地;园地的生态系统服务价值介于林地和耕地之间,故以林地、水田和旱地的平均值作为其当量因子;研究区内的城镇用地和农村居民点对应荒漠,其他建设用地对应裸地,水资源供给当量因子根据《2015 年中国水资源公报》中的生活、工业和农业用水比例得出生活用地和其他建设用地的当量因子值,生活用地中城镇用地和农村居民点根据城镇与农村用水比例计算得出。

根据谢高地等人的研究,1 个生态服务价值当量因子的经济价值量等于当年全国平均粮食单产市场价值的 1/7<sup>[25]</sup>,结合 1990—2015 年《顺德区统计年鉴》提供的粮食播种总面积与粮食总产值,计算得到 1990—2015 年平均单位面积粮食产出的经济价值,即市场价值的 1/7,为 1 878.1 元/hm<sup>2</sup>,故单位生态系统服务价值当量因子的价值是 1 878.1 元/hm<sup>2</sup>。故结合(表 2)和单位当量因子的价值计算得到各项生态系统服务价值系数表(表 3)。

(2) 某一区域生态服务价值方法。根据顺德区

生态系统服务价值系数表,计算得到研究区各生态系统的服务价值、各用地类型的生态服务价值以及生态服务总价值<sup>[27]</sup>,公式如下:

$$ESV=\sum_j(VC_j\times A_j) \tag{3}$$

式中: $VC_j$  是第  $j$  类用地单位面积的生态服务价值(元/hm<sup>2</sup>); $A_j$  为第  $j$  类土地的面积(hm<sup>2</sup>)。

## 3 结果与分析

### 3.1 “三生”用地功能动态变化

(1) 顺德区“三生”用地变化特征。以 1990 年、

2005 年、2015 年 3 期用地数据为基础,分析顺德区“三生”用地时间变化的特点,其结果表明:随着城镇化水平逐渐提高,社会经济快速发展,生活生产用地增长十分显著,25 a 间面积增长了 24 154.74 hm<sup>2</sup>,增长率达到 275%;生态生产用地前 15 a 处于下降

状态,后 10 a 又增长,整体下降趋势较为平缓,下降率仅 0.80%,25 a 间减少了 312.66 hm<sup>2</sup>;生产生态用地减少了 24 050.61 hm<sup>2</sup>,下降率达到 90.98%;生态用地在 25 a 间增长趋势较为平缓,增长率仅为 3.23%(图 1)。

表 3 顺德区生态系统服务价值系数 元/(hm<sup>2</sup>·a)

用地类型		供给服务			调节服务				支持服务			文化服务
“三生”	用地	食物	原材料	水资源	气体	气候	净化	水文	土壤	维持	生物	美学景观
分类	分类	生产	生产	供给	调节	调节	调节	调节	保持	养分循环	多样性	
生态用地	湿地	957.83	939.05	4864.29	3568.39	6761.17	6761.17	45506.42	4338.42	338.06	14780.67	8883.42
	河流	1502.48	431.96	15569.47	1446.14	4300.85	10423.47	192017.20	1746.64	131.47	4789.16	3549.61
生态生产用地	水库坑塘	1502.48	431.96	15569.47	1446.14	4300.85	10423.47	192017.20	1746.64	131.47	4789.16	3549.61
	林地	582.21	1333.45	694.90	4413.54	13203.06	3737.42	6592.14	5371.37	413.18	4883.07	2141.04
生产生态用地	水田	2554.22	1859.32	-4939.41	2084.69	1070.52	319.28	5108.44	18.78	356.84	394.40	169.03
	旱地	1596.39	751.24	37.56	1258.33	676.12	187.81	507.09	1934.45	225.37	244.15	112.69
生活生产用地	园地	1577.61	1314.67	-1402.32	2585.52	4983.23	1414.84	4069.22	2441.53	331.80	1840.54	807.58
	城镇用地	18.78	56.34	-882.71	206.59	187.81	582.21	394.40	244.15	18.78	225.37	93.91
其他建设用地	农村居民点	18.78	56.34	-375.62	206.59	187.81	582.21	394.40	244.15	18.78	225.37	93.91
	其他建设用地	0.00	0.00	-2178.60	37.56	0.00	187.81	56.34	37.56	0.00	37.56	18.78

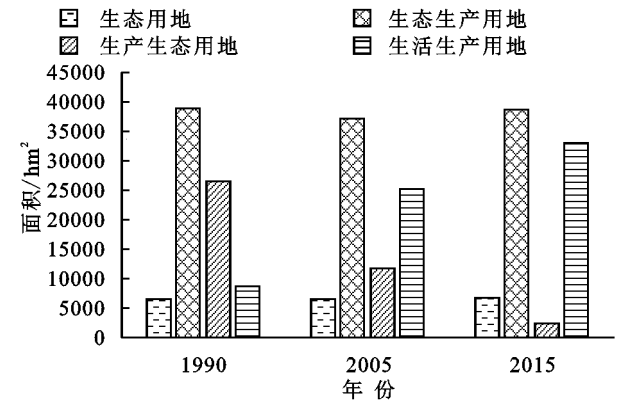


图 1 1990—2015 年顺德区“三生”用地结构变化

(2) 顺德区“三生”用地功能动态变化。为探究顺德区“三生”用地动态变化的内在原因,结合式(1)和式(2)求出顺德区不同时期“三生”用地动态度(表 4),并根据 ArcGIS 10.2 的空间分析功能可以看到研究区 1990—2005 年生活生产用地增长速度最快,动态度达到 12.45%,其包含的 3 种用地类型的增长速度都很大,其中农村居民点的动态度最大,达到 13.25%;其次是动态度达 11.75%的城镇用地;最后是动态度达 8.74%的其他建设用地。生活生产用地的增长主要依托原有斑块向其周边一定范围进行扩张,用地的增长主要分布在东部的大良和容桂街道、南部的均安和杏坛镇及西北部的龙江和乐从镇。15 a 间生产生态用地减少速度最快,动态度达到-3.68%;其中水田的动态度达到-4.06%,其次是旱地,动态度达到-2.48%。生产生态用地的减少主要集中在顺德区东部的北滘镇、伦敦街道、大良街道和容桂街道,其减少原因主要是生

活生产用地侵占。生态生产用地和生态用地的动态度都较低,变化速度较为平缓。研究区 15 a 的综合动态度达到 1.36%,用地变化的速率较快。

2005—2015 年 10 a 间,生活生产用地的增长速度最快,动态度达到 3.07%,其中的其他建设用地动态度达到 40.53%,其次是动态度达 20.53%的城镇用地。生活生产用地在原有用地面积的基础上,向周围发散式增长,其中较为明显的是位于东南部的容桂街道和南部的容桂及大良街道,全区其他镇域也有一定范围的增长;生产生态用地的动态度达到-7.98%,减少速度最快,其中水田的动态度达-9.92%,其次是旱地,动态度达-5.20%,生产用地减少主要集中在顺德区以东,生活生产用地扩张占用了生产生态用地;生态生产用地的变化速度相对较缓慢。研究区 10 a 间的综合动态度达到 2.78%,用地变化的速率相比于前期速率加快。

由表 4 可知,25 a 间生活生产用地的增长速率最快,其动态度达到 10.99%,其中城镇用地和其他建设用地增长速率都十分明显,动态度分别达到 29.74%和 42.70%,农村居民点的减少速率较为平缓,达到-1.28%,生产生态用地的减少速率最快,动态度达-3.64%,主要是其中的水田和旱地在减少。25 a 间生活生产用地的增长主要集中对生产生态用地的侵占,以及生态生产用地侵占,故生态生产用地 25 a 间的变化速率十分平缓,处于一种相对稳定的状态。研究区 25 a 间的综合动态度达到 1.31%,综合前期和后期,说明用地变化的速率处于逐年加快状态。



表 4 顺德区不同时期“三生”用地类型动态度 %

“三生”类型	用地类型	1990—2005 年		2005—2015 年		1990—2015 年	
		单一动态度	“三生”动态度	单一动态度	“三生”动态度	单一动态度	“三生”动态度
生态用地	河流	0.03	0.03	0.33	0.28	0.15	0.13
	湿地	0.00		−2.24		−9.93	
生态生产用地	林地	−1.22	−0.32	0.11	0.41	−0.70	−0.03
	水库坑塘	−0.28		0.43		0.00	
生产生态用地	水田	−4.06	−3.68	−9.92	−7.98	−3.99	−3.64
	旱地	−2.48		−5.20		−2.80	
生活生产用地	园地	−0.58		−0.91		−0.68	
	城镇用地	11.75	12.45	20.53	3.07	29.74	10.99
	农村居民点	13.25		−7.73		−1.28	
综合动态度	其他建设用地	8.74		40.53		42.70	
		1.36		2.78		1.31	

综上,作为典型的快速城镇化地区,25 a 间顺德区的土地利用动态变化具有以下突出的特点:(1) 生活生产用地增长为主线,并导致生产生态功能的降低;(2) 顺应城镇化发展的进程,生活生产用地的增长与城镇化率的增长相近,从 2005 年之后的,生活生产用地快速增长,并且实现城镇用地和其他建设用地侵占农村居民点的内部转换方式,表明城镇的发展正在带动农村快速转型;(3) 顺德区东部的北滘镇、伦教街道、大良街道和容桂街道的“三生”用地中生活生产用地增长最大,呈现了以顺德区东部为带头作用,引进高新产业以实现“智造顺德”和“创新顺德”等目标的现阶段发展成果。

3.2 生态服务价值变化特征分析

结合顺德区生态系统服务价值系数表(表 3)和区域生态服务价值计算公式(式 3)得出 1990—2015 年顺德区生态系统服务价值变化(表 5),结果表明:顺德区生态生产空间对生态系统服务价值总额贡献最大,生活生产用地则相反,且生产生态用地的减少最多,其中水田的变化值最大。顺德区 1995 年、2005 年、2015 年 ESV 分别为 106.521 1 亿元、101.702 0 亿元和 104.707 3 亿元,生态生产用地对 ESV 的贡献最大,3 个年份的 ESV 占比均超过 82%。从 ESV 的增减角度来看,顺德区的“ESV 从 1990—2005 年处于下降趋势。下降了 4.819 1 亿元,下降率达到 4.52%;在 2005 年之后,顺德区的 ESV 处于增长状态,从 2005—2015 年增长了 3.005 3 亿元,增长率达到 2.96%。25 a 间顺德区 ESV 整体呈现下降趋势,变化率为−1.70%,下降总额为 1.813 8 亿元。在“三生”用地的角度看,25 a 间生活生产用地通过面积扩张,提升了生态系统服务价值,但因其生态系统服务价值系数较小,故提升总额不大,仅为 0.032 5 亿元;生态用地的 ESV 也有提升,总额相比 1990

年增长额为 0.534 2 亿元;生产生态用地的 ESV 下降总量最大,下降了 1.865 9 亿元,主要原因是生活生产用地的的发展占用,导致其面积减少;其次是生态生产用地的下降幅度,达到了一0.06%,总额相比 1990 年减少了 0.178 6 亿元。从用地类型的角度来看,1990—2015 年,水田的 ESV 总量下降最大,达到了 0.996 8 亿元,其次是旱地,下降了 0.698 9 亿元;其他建设用地因其面积扩张十分明显,相比于 1990 年扩张了 1 167.45%,故 ESV 的变化率达到了 1 067.45%;其次是城镇用地,变化率达到了 743.38%,主要来源于对生活生态用地的侵占。

在 ArcGIS 10.2 软件的技术支持下,将顺德区 1990 年、2005 年和 2015 年的生态系统服务价值导入软件,并且依据自然断裂分级法,将研究区的生态系统服务价值划分为极低等级、较低等级、中等级、较高等级和极高等级 5 个等级(图 2)。25 a 间顺德区生态系统服务价值极低等级从东南部向全区扩散,极高等级从西部的聚集式面状分布变成点状分散式分布。1990—2015 年,顺德区生态系统服务价值极低等级的区域起初主要分布在容桂街道北部和大良街道北部,这两个区域是原始的城镇建成区和工业园区,随着城镇化的快速发展和大多数工业园区的落地建设,极低等级区域开始向顺德区全区分散,主要分布在陈村镇、伦教街道、北滘镇、龙江镇和乐从镇;较低等级区域起初主要分布在顺德区东部,符合顺德区的发展现状,研究区的发展主要从东部的容桂街道,大良街道,伦教街道,北滘镇和陈村镇先发展起来;中等级区域主要集中在顺德区东北部和东部的陈村镇、北滘镇和伦教街道,这里拥有大量的林地和耕地覆盖,随着城镇化建设,分布面积减少,并以散点式分布于顺德区的每个镇;较高等级区域主要集中在河流附近,随着河流在顺德区呈线状分布,并且 25 a 间的变化不

明显;极高等级的区域在研究期初主要分布于顺德区的西部,并呈现面状密集分布,主要是水库坑塘提供的较高的生态系统服务价值,但随着城镇建设和工业园区的不断引进建设,极高等级的区域也处于减少的

发展状态,减少部分主要集中在与东部经济发展较快相接的勒流街道和顺德区西北部区域,顺德区西南部的杏坛镇和均安镇在“顺德西南水乡”的规划发展下极高等级的区域保存较为完好。

表 5 1990—2015 年顺德区生态系统服务价值变化

三生用地	土地利用 类型	1990 年 EVS/ 10 <sup>6</sup> 元	2005 年 EVS/ 10 <sup>6</sup> 元	2015 年 EVS/ 10 <sup>6</sup> 元	1990—2015 年 变化值/10 <sup>6</sup> 元	1990—2015 年 年变化率/%
生态用地	湿地	13.37	13.37	10.38	−2.99	−22.35
	河流	1487.92	1495.10	1544.33	56.41	3.79
生态生产用地	水库坑塘	8805.09	8440.77	8799.61	−5.48	−0.06
	林地	71.04	58.01	58.65	−12.38	−17.43
	水田	208.14	81.40	0.67	−207.47	−99.68
生产生态用地	旱地	6.08	3.82	1.83	−4.25	−69.89
	园地	49.75	45.40	41.28	−8.47	−17.03
	城镇用地	2.77	7.66	23.38	20.61	743.38
生活生产用地	农村居民点	9.30	27.78	6.31	−2.99	−32.10
	其他建设用地	−1.35	−3.11	−15.72	−14.38	1067.45
合计		10652.11	10170.20	10470.73	−181.38	−1.70

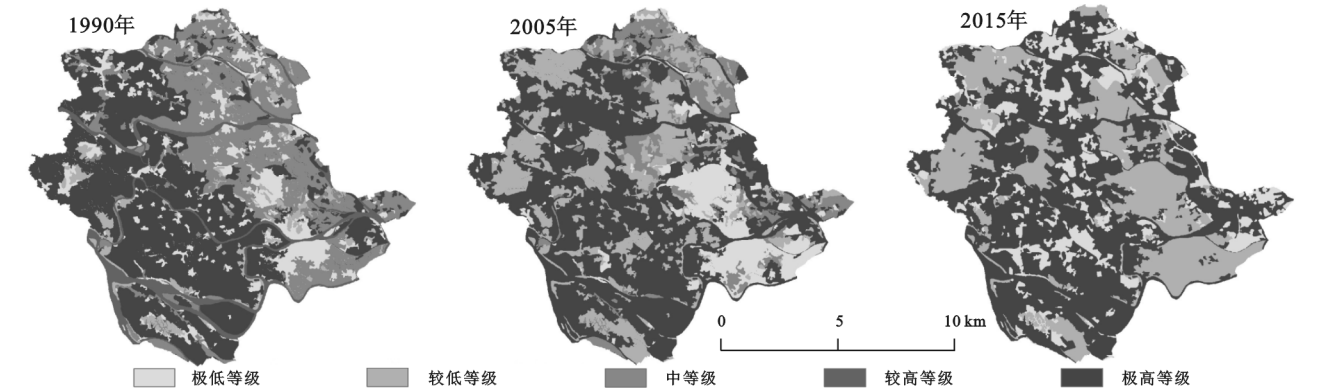


图 2 顺德区生态系统服务价值时空变化

3.3 “三生”用地功能变化对生态系统服务价值变化的影响

为了探究顺德区“三生”用地生态系统服务价值变化的内部原因,结合生态系统服务价值系数和 ArcGIS 10.2 软件空间分析功能,计算影响顺德区生态系统服务价值变化的主要原因,以及各“三生”用地类型的贡献比重(表 6)。结果表明:25 a 间顺德区生态系统服务价值内部存在相互抵消的作用,主要来自生活生产用地对生态生产用地占用,以及生态生产用地对生产生态用地的占用,因此保持生态生产用地中水库坑塘和河流的面积稳定对维持顺德区的生态系统服务价值具有至关重要的作用。ESV 差值分别为 −26.938 2 亿元和 25.521 0 亿元,两者的贡献率分别达到了 1 485.17%和 −1 407.04%。生活生产用地对生态生产用地的侵占对于顺德区生态系统服务价值的下降起到了促进作用,其中城镇用地、农村居民点

和其他建设用地对水库坑塘的侵占很严重,贡献率分别达到了 738.62%,183.18%和 556.79%;而生态生产用地对生产生态用地的侵占作用,对顺德区生态系统服务价值的下降起到了反作用,使得生态价值能够保持住相对稳定,不至于下降过快。其中,水库坑塘对水田的侵占作用很强,还侵占了小部分的园地和旱地。

其次是生活生产用地的发展对生产生态用地的占用,ESV 差值为 −1.188 9 亿元,贡献率达到了 65.55%,其中城镇用地和其他建设用地对水田的侵占最为明显,贡献率分别为 34.58%和 19.91%;生态生产用地对生活生产用地的侵占作用也较为明显,生态系统服务差值达到了 1.154 9 亿元,贡献率达到了 −63.67%;生产生态用地对生态生产用地的占用对 ESV 下降的贡献率也达到了 57.48。按照用地类型来看,水库坑塘和河流对顺德区生态系统服务价值的提升作用较大。

表 6 1990—2015 年顺德区生态服务价值变化的主要“三生”用地变化类型及贡献率

“三生”转换类型	土地利用转换类型	$\Delta\text{EVS}/10^6\text{元}$	贡献率/%
生产生态用地→生活生产用地	水田→城镇用地	−62.73	34.58
	水田→农村居民点	−4.73	2.61
	水田→其他建设用地	−36.12	19.91
	旱地→城镇用地	−2.27	1.25
	园地→城镇用地	−7.80	4.30
	园地→其他建设用地	−5.25	2.89
小计		−118.89	65.55
生态生产用地→生活生产用地	水库坑塘→城镇用地	−1339.71	738.62
	水库坑塘→农村居民点	−332.25	183.18
	水库坑塘→其他建设用地	−1009.91	556.79
	林地→城镇用地	−11.95	6.59
小计		−2693.82	1485.17
生产生态用地→生态生产用地	水田→水库坑塘	2419.99	−1334.20
	旱地→水库坑塘	27.02	−14.90
	园地→水库坑塘	105.09	−57.94
小计		2552.10	−1407.04
生活生产用地→生活生产用地	城镇用地→其他建设用地	−0.71	0.39
	农村居民点→其他建设用地	−1.95	1.08
小计		−2.67	1.47
生活生产用地→生态生产用地	农村居民点→水库坑塘	60.02	−33.09
	其他建设用地→水库坑塘	55.47	−30.58
小计		115.49	−63.67
生产生态用地→生态用地	水田→河流	69.08	−38.08
生态生产用地→生产生态用地	水库坑塘→园地	−104.26	57.48
生活生产用地→生态用地	农村居民点→河流	7.40	−4.08
合计		−175.56	96.79

综上所述,顺德区的生活生产用地的大力发展是生态系统服务价值降低的主要原因,若要提高生态系统服务价值,必须维持生态生产用地的环境质量。因此,在快速城镇化推进和社会经济大力发展的顺德区,做好水库坑塘、河流等生态生产用地的保护,对该区域实现绿色可持续发展,维持生态服务价值稳定具有重大意义。

4 结 论

(1) 用地功能动态变化研究中,顺德区生活生产用地增长十分显著,面积增长率达到 275%,生态生产用地面积变化较平缓,生产生态用地下降明显,下降率达到 90.98%;生活生产用地的增速一直处于最大状态,增长主要来自对生产生态用地的侵占和生态生产用地的侵占,生态生产面积维持相对稳定主要是对生产生态用地的侵占。研究区 25 a 间的综合动态度达到 1.31%。

(2) 顺德区生态生产空间对生态系统服务价值总

额贡献最大,达到 82%以上,生活生产用地则相反,生产生态用地的减少最多,其中水田的变化值最大,达到 0.996 8亿元;25 a 间区域内生态价值极低等级从东南部向全区扩散,极高等级从西部的聚集式面状分布变成点状分散式分布。随着城镇化的快速发展和大多数工业园区的落地建设,极低等级区域开始向顺德区全区分散,侵占水库坑塘,使得极高等级的区域处于减少的发展状态,减少部分主要集中在与东部经济发展较快相接的勒流街道和顺德区西北部区域。

(3) 25 年间顺德区生态系统服务价值存在下降和提高两种趋势,主要是生态生产用地向生活生产用地的转换和生产生态用地向生态生产用地的转换。两者贡献率分别达到和 −1 407.04%和 1 485.17%,因为水库坑塘的生态系统服务价值系数很高,使得生态价值能够保持住相对稳定,不至于下降过快。若要提高顺德区的生态系统服务价值,必须维持生态生产用地的环境质量,尤其是水库坑塘和河流的重点保护

发展,才能改善顺德区的生态系统服务价值。

(4) 顺德区作为广佛联系核心区,是佛山市开发建设重点区域。在城镇化和社会经济快速发展的背景下,应坚持绿色发展的理念,以“三生”用地的发展为重点,优先规划和保护生态生产用地的发展建设,将水库坑塘、河流和林地等作为重点调节发展对象,针对顺德区西南水乡地区,应保持其自然资源风貌,适当开展旅游业或制定相关规划,以控制西南片区的资源不被人侵占,以保持住全区生态系统服务价值的稳定;对生活生产用地应采用节约集约的利用手段,大力发展“智慧顺德”和“创新顺德”的同时,提高建设用地单位面积的经济效益和社会效益,从而实现顺德区经济、社会和生态环境的可持续发展。

#### 参考文献:

- [1] 戴文远,江方奇,黄万里,等.基于“三生空间”的土地利用功能转型及生态服务价值研究:以福州新区为例[J].自然资源学报,2018,33(12):2098-2109.
- [2] 肖玉,谢高地,安凯,等.基于功能性状的生态系统服务研究框架[J].植物生态学报,2012,36(4):353-362.
- [3] 管青春,郝晋珉,石雪洁,等.中国生态用地及生态系统服务价值变化研究[J].自然资源学报,2018,33(2):195-207.
- [4] 龙花楼.论土地利用转型与乡村转型发展[J].地理科学进展,2012,31(2):131-138.
- [5] 陈龙,周生路,周兵兵,等.基于主导功能的江苏省土地利用转型特征与驱动力[J].经济地理,2015,35(2):155-162.
- [6] 何玲,贾启建,李超,等.基于生态系统服务价值和生态安全格局的土地利用格局模拟[J].农业工程学报,2016,32(3):275-284.
- [7] 刘永强,廖柳文,龙花楼,等.土地利用转型的生态系统服务价值效应分析:以湖南省为例[J].地理研究,2015,34(4):691-700.
- [8] 宁立新,周云凯,白秀玲,等.鄱阳湖区景观格局季相变化及其优化调控研究[J].自然资源学报,2018,33(3):439-453.
- [9] 刘艳中,孙荣泽,陈章,等.临湘市“三生”用地变化及其生态系统服务价值响应[J].水土保持研究,2019,26(6):303-310.
- [10] 彭文甫,周介铭,杨存建,等.基于土地利用变化的四川省生态系统服务价值研究[J].长江流域资源与环境,2014,23(7):1053-1062.
- [11] 叶延琼,李逸勉,章家恩.城市化过程中广州市农业生态系统服务价值的变化[J].应用生态学报,2011,22(6):1523-1530.
- [12] 张蕾,刘格格,魏俊青,等.“三生用地”转型的生态系统服务价值效应:以营口市为例[J].生态学杂志,2019,38(3):838-846.
- [13] 陈婧,史培军.土地利用功能分类探讨[J].北京师范大学学报:自然科学版,2005,41(5):536-540.
- [14] 刘继来,刘彦随,李裕瑞.中国“三生空间”分类评价与时空格局分析[J].地理学报,2017,72(7):1290-1304.
- [15] 张红旗,许尔琪,朱会义.中国“三生用地”分类及其空间格局[J].资源科学,2015,37(7):1332-1338.
- [16] 李秋颖,方创琳,王少剑.中国省级国土空间利用质量评价:基于“三生”空间视角[J].地域研究与开发,2016,35(5):163-169.
- [17] 于莉,宋安安,郑宇,等.“三生用地”分类及其空间格局分析:以昌黎县为例[J].中国农业资源与区划,2017,38(2):89-96.
- [18] 张云路,李雄,孙松林.基于“三生”空间协调的乡村空间适宜性评价与优化:以雄安新区北沙口乡为例[J].城市发展研究,2019,26(1):116-124.
- [19] 张丽,杨国范,刘吉平.1986—2012年抚顺市土地利用动态变化及热点分析[J].地理科学,2014,34(2):185-191.
- [20] 李丽,刘普幸,姚玉龙.近 28 年金昌市土地利用动态变化及模拟预测[J].生态学杂志,2015,34(4):1097-1104.
- [21] 赵永华,马超群.西安市土地利用变化研究[J].湖北农业科学,2011,50(1):73-75.
- [22] 李晓炜,侯西勇,邸向红,等.从生态系统服务角度探究土地利用变化引起的生态失衡:以莱州湾海岸带为例[J].地理科学,2016,36(8):1197-1204.
- [23] Robert Costanza, Ralph d'Arge, Rudolf de Groot, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997,387(6630):253-260.
- [24] 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.
- [25] 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.
- [26] 谢高地,张彩霞,张雷明,等.基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J].自然资源学报,2015,30(8):1243-1254.
- [27] 郑江坤,余新晓,贾国栋,等.密云水库集水区基于LUCC的生态服务价值动态演变[J].农业工程学报,2010,26(9):315-320.