

姚富明, 韦燕飞, 童新华. 贵港市土地利用转型及生态服务价值研究[J]. 江苏农业科学, 2021, 49(15): 207–215.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.15.038

贵港市土地利用转型及生态服务价值研究

姚富明¹, 韦燕飞¹, 童新华²

(1. 南宁师范大学自然资源与测绘学院, 广西南宁 530000; 2. 南宁师范大学地理科学与规划学院, 广西南宁 530000)

摘要:随着我国城镇化的快速发展, 目前已经趋向于一个稳定的状态。怎样合理使用土地并发挥生态效益最大化, 是引人深思的问题, 土地利用转型可以作为重要的突破口。以地处平原丘陵区的广西壮族自治区贵港市为研究区域, 在新型城镇化背景下, 以 2010、2014、2018 年 3 期贵港市土地利用现状数据为基础, 运用 Excel 软件, 从土地利用主导功能角度研究 2010—2018 年贵港市土地利用转型和生态价值, 结果表明, 其土地利用转型明显, 生态服务总价值逐渐降低, 并得出以下结论: (1) 贵港市农业生产用地、林地生态用地大幅度减少, 而城镇生活用地、工矿生产用地大幅增加, 但贵港市仍以农业生产用地、林地生态用地为主。(2) 贵港市的其他生态用地占比不少, 表明贵港市土地资源开发利用程度中等偏上, 土地开发后备资源充足。(3) 在研究时间段 2010—2018 年期间, 土地利用综合动态度提高较大。说明贵港市土地利用随着时间的延后, 其改变速率也会跟着提升, 土地利用转型因人类活动干扰而显著上升。(4) 在研究期间, 生态服务总价值逐渐降低, 贡献者主要是林地, 其次为水体、农田。

关键词:新型城镇化; 土地利用转型; 生态服务价值; 贵港市; 新型城镇化

中图分类号:F301.1; F062.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2021)15-0207-08

在 1995 年, IHDP(全球变化人文领域计划)和 IGBP(国际地圈——生物圈计划)共同提出了一个研究计划——LUCC(土地利用和土地覆盖变化)。不久, 这个计划成为地理学的一个热点。近年来, 研究土地利用和土地覆被变化的重要方式就是研究土地利用转型。土地利用转型的表现形式之一就是土地利用变化, 即土地利用方式(某个区域在特定时段的主要土地利用类型结构)在时序上的改变^[1]。土地利用转型概念是 Grainger 第一次提出的; 他认为, 一个国家在特定时期内实际土地覆盖总体布局就是国家的土地利用形式^[2]。Vitousek 等认为, 影响自然环境保护的最重要因素或许是土地利用变化^[3]。Izquierdo 等也赞成这一看法, 并表明建立保护区是一项直接的土地利用策略, 能避免土地利用变化对生物多样性、资源和环境的潜在不好的侵染^[4]。Lambin 等是这样理解土地利用转型概念的, 即土地利用不是线性的变化, 是伴随其他社会与生物系统变化而变化的, 也没有固定的模式和

确定性, 其转型来源主要分为 2 种: 内生社会生态力、外生社会经济因素^[5]。国内对土地利用转型的理解是从土地利用和土地覆被变化研究项目开始的。蔡运龙认为, 因为土地利用和土地覆被变化是一个极其庞大而复杂的项目, 为了避免基于片面的观点, 需要找到一种新的综合方法, 包括驱动力、尺度、理论和方法的结合^[6]。龙花楼提出了土地利用转型并首次将这种新方法运用于研究长江沿线样带的土地利用转型, 指出区域土地利用转型是指区域土地利用(一定时期内由主要土地利用类型)在时间排序上的改变^[7]。龙花楼补充了土地利用转型的概念, 即在社会经济变化和革新的驱动下, 某一区域在一段时期内由一种土地利用形态(含显性形态和隐形形态)转变为另一种土地利用形态的过程^[8]。

从 2002 年党的十六大报告到 2017 年党的十九大报告, 提出要建立大中小城市并以城市群为主的协调发展的城市布局, 加速推动城镇化历程的农转民与市民化, 再到 2019 年 3 月全国人大报告指出, 要提升新型城镇化品质, 呈现以人为核心, 使城市更适合居住。在新型城镇化进程中, 怎样合理使用土地并发挥生态效益最大化, 是引人深思的问题。新型城镇化建设的最佳路径便是对土地利用转型的研究。

收稿日期: 2020-11-21

基金项目: 国家自然科学基金(编号: 41861039)。

作者简介: 姚富明(1998—), 男, 广西陆川人, 硕士研究生, 主要从事土地利用优化配置研究。E-mail: yaofm123@163.com。

通信作者: 韦燕飞, 博士, 教授, 主要从事土地规划与评价、土地利用优化配置研究。E-mail: gxweiyf121@163.com。

从国内外研究进展上来看,能很好地理解土地利用转型的起源、实质及理论内涵,但对于应用其理论在实际研究土地利用转型的还甚少,特别是像处于平原丘陵区的贵港市土地利用转型。本研究将在结合国内外研究现状的基础上,进一步对处于平原丘陵区的贵港市的土地利用转型进行研究,并探讨在土地利用转型下,其生态服务价值量的变化关系,从而揭露二者之间的关系,并得出相应的结论,提出相对应的建议,既合理利用土地又能发挥生态服务价值量最大化,从而让土地更好地为人类发展服务。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

1.1.1 区位特征 广西壮族自治区贵港市坐落在广西东南部,东接梧州市、南邻玉林市与钦州市、西接南宁市、北邻来宾市,拥有华南内河第一大港口和广西最大的冲击平原浔郁平原,北回归线穿越中部地理位置较为优越。

1.1.2 自然环境 贵港市行政辖区 10 606 km²,土地资源种类丰富且利用结构复杂;平原、丘陵是其主要地貌类型;所属亚热带季风气候,温暖湿润,降水量充足。

1.1.3 社会经济 至 2018 年末,建成区面积 79 km²,人口 561.29 万。贵港市 2018 年全年实现国内生产总值(GDP)1 169.88 亿元,人均 GDP 为 26 635 元,地区生产总值农业、工业、服务业比例为 17.0 : 42.2 : 40.8,城镇化率为 50.09%。

1.1.4 土地利用现状 至 2018 年末,全市土地总面积为 1 060 234.27 hm²,其中,农用地为 885 461.47 hm²,比例达 83.52%;建设用地为 90 948.45 hm²,比例为 8.58%;其他土地 83 824.35 hm²,比例为 7.91%(图 1)。农用地中的耕地 319 059.82 hm²(图 2)。

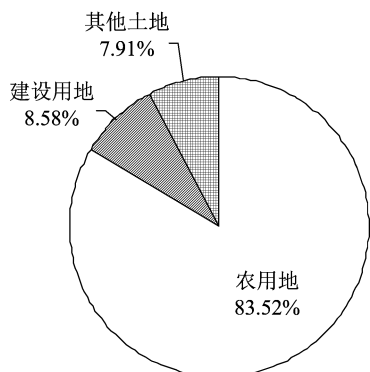


图1 贵港市三大类地比例

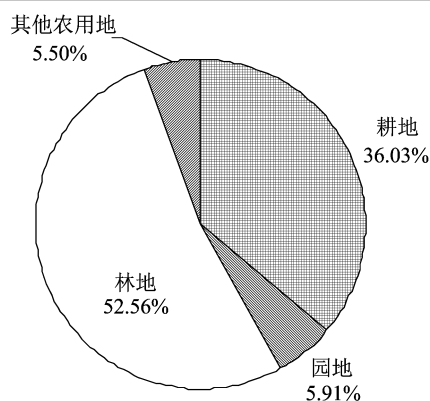


图2 贵港市各农用地占比

1.2 数据来源与处理

1.2.1 数据来源 采用的属性数据主要来源于《贵港年鉴》(2010—2018 年)、《贵港市土地利用年度变更调查》(2010—2018)、2018 年《贵港市国民经济和社会发展统计公报》。

1.2.2 数据处理 当前,对于“三生”用地的判定还没有一致的标准。其划分的方法主要有 2 种:(1)与土地利用分类系统二级地类相结合的归并分类法;(2)量化测算法。本研究采用的是第 1 种。基于“三生”(生产、生活、生态)用地理论,分成 3 种一级地类,9 种二级地类。从土地利用主导功能角度,对贵港市二级地类进行再分类(表 1)。土地利用主导功能分类是根据人的主观用地意图作为某一类土地的土地利用分类。一种土地利用分类系统的二级地类可能囊括 2 种或 2 种以上的功能,比如同时具有生产粮食和调节气候的耕地,具有生产和生态功能。但我们使用耕地是生产粮食,因此被划分为生产用地。

1.3 研究方法

1.3.1 土地利用结构变化分析 土地利用结构是指某区域内不同利用土地之间的占比关系,其囊括时空 2 个方面的变化^[9]。贵港市土地利用结构变化体现在 2010、2014、2018 年这 3 期各个土地利用类型面积变化情况,可用来研究该市土地利用变化的趋势和规律。

1.3.2 单一土地利用动态度 单一土地利用动态度指数是指某区域在特定时间限制内某种用地类型面积的变化状况^[10]。公式如下:

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

式中:K 为土地利用动态度;U_a、U_b 分别为初期和末期某用地类型面积;T 为研究时长,当 T 设定为年

表 1 土地利用主导功能分类

“三生”用地		分类系统的二级地类
一级地类	二级地类	
生产用地	农业生产用地	水田、水浇地、旱地、果园、茶园、其他园地、设施农用地
	工矿生产用地	铁路用地、公路用地、农村道路、机场用地、港口码头用地、管道运输用地、采矿用地、水工建筑用地
	服务以及其他生产用地	风景名胜及特殊用地
生态用地	林地生态用地	有林地、灌木林地、其他林地
	牧草地生态用地	天然牧草地、人工牧草地、其他草地
	水域生态用地	河流水面、湖泊水面、水库水面、坑塘水面
	其他生态用地	沿海滩涂、内陆滩涂、沟渠、田坎、盐碱地、沼泽地、沙地、裸地
生活用地	城镇生活用地	城市、建制镇
	农村生活用地	村庄

时, K 值就是某用地类型的年变化率。

1.3.3 土地利用综合动态度 土地利用综合动态度是指某区域在特定时段内整体土地利用变化速率。公式如下^[11]：

$$LC = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta LU_{i-j}}{2 \sum_{i=1}^n LU_i} \times \frac{1}{T} \times 100\%。 \quad (2)$$

式中: LC 为土地利用综合动态度; LU_i 为研究开始时 i 类用地类型面积; ΔLU_{i-j} 为研究时间内 i 类转变为 j 类的用地类型面积; T 为研究时间, 当 T 假定为年时, LC 值就是某种用地类型的年变化率。

1.3.4 土地利用程度变化分析 土地利用程度变化分析是依据土地利用程度的界限来的。土地利用的顶点是人类不能再对土地进行开发利用, 而低点是人类利用土地的始点^[11]。庄大方等在中国资源环境数据库中对 4 类土地利用的理想状态定义为 4 类土地利用级, 并赋予它本身类别的值(表 2)。

表 2 土地利用程度分级赋值

用地类型	“三生”用地类型	分级指数
未利用地级	其他生态用地	1
林、水和草用地级	林地生态用地、牧草地生态用地、水域生态用地	2
农业土地利用级	农业生产用地	3
城镇聚落用地级	工矿生产用地、服务以及其他生产用地、城镇生活用地、农村生活用地	4

土地利用程度可以用土地利用程度综合指数体现。公式如下^[12-13]：

$$L = 100 \times \sum_{i=1}^n A_i \times C_i, L \in [100, 400]。 \quad (3)$$

式中: L 为土地利用程度综合指数; A_i 为第 i 级土地

利用程度分级指数; C_i 为第 i 级土地利用程度分级面积比例; n 为土地利用类型数量, 本研究将其分为 4 类, 故 n 取 4。

土地利用程度变化量和变化率表示研究区土地利用变化走向, 公式如下：

$$\Delta L_{a-b} = L_b - L_a = 100 \times \left(\sum_{i=1}^n A_i \times C_{ib} - \sum_{i=1}^n A_i \times C_{ia} \right); \quad (4)$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (A_i \times C_{ib}) - \sum_{i=1}^n (A_i \times C_{ia})}{\sum_{i=1}^n (A_i \times C_{ib})}。 \quad (5)$$

式中: ΔL_{a-b} 为土地利用程度变化量; R 为土地利用程度变化率; L_b 、 L_a 为 b 时间和 a 时间土地利用程度综合指数; A_i 为第 i 级土地利用程度分级指数; C_{ib} 、 C_{ia} 为 b 时间和 a 时间第 i 级土地利用程度面积比例。

1.3.5 土地利用的扩展强度指数 土地利用的扩展强度指数, 研究了不同土地类型的扩展或收缩特征。扩展强度指数是指特定时期内土地利用扩张面积占本身土地总面积的比例, 数字越大, 扩展越快^[14]。其模型如下：

$$U \text{ II} = \left[\frac{(ULA_{i,t+n} - ULA_{i,t})}{n} \right] \times 100 / TLA_i。 \quad (6)$$

式中: $U \text{ II}$ 为扩展强度指数; $ULA_{i,t+n}$ 、 $ULA_{i,t}$ 为空间单元 i 在 $t+n$ 以及 t 年时该种土地的利用面积; TLA_i 为空间单元 i 的总面积。

1.3.6 生态服务价值计算模型 生态服务是指生态与生态系统形成的保持人类赖以生存和发展的环境条件和自然效用, 即人类从生态系统中直接或间接获得的利益, 与人类福利密切相关^[15]。评价生态系统服务功能高低的重要指标是生态服务价值, 其价值的变动体现人类活动对生态系的影响。本

研究结合生态系统服务价值的相关研究,并参考国内学者的用地分类方法,基于贵港市土地利用的实际和《土地利用现状分类》(GB/T 21010—2007)做了归并(表3)。

Costanza 是世界上最早对生态系统服务价值

表 3 贵港市用地类型

用地类型	生态系统类型	包含的地类
林地	森林	有林地、灌木林地、其他林地
草地	草地	天然牧草地、人工草地、其他草地
农田	农田	耕地(水田、水浇地、旱地)、园地(果园、茶园、其他园地)
水体	湖泊/河流	河流水面、湖泊水面、水库水面、坑塘水面、内陆滩涂、沟渠、水工建筑用地
建设用地	城市	城镇村及工矿用地、交通运输用地、其他建设用地
未利用地	荒废地	盐碱地、沼泽地、沙地、裸地

进行估算的,但 Costanza 的估算适合西方等发达国家^[16]。谢高地等从中国的实际情况出发,并参照 Costanza 的估算方法,对中国 200 名生态学家的问卷,制定了中国单位面积生态系统服务价值当量表^[17]。本研究在这个当量表的基础上,根据贵港市的实际情况,对贵港市的生态系统服务价值系数进行了调整。对贵港市生态价值有不好影响的是建设用地,对此其价值系数参照段瑞娟等^[18]的,水域参照张凤太等^[19]的价值系数;草地价值系数采用张蹇^[20]的。最后得到结果见表4。

使用公式(7)对贵港市的生态系统服务价值进行估算:

$$ESV = \sum_{k=1}^n A_k \times VC_k \circ \tag{7}$$

式中:ESV 为生态系统服务价值; A_k 为第 k 类用地类型面积; VC_k 为第 k 类用地类型生态系统服务价值系数; n 为土地利用类型数目。

表 4 生态系统服务价值系数

	价值系数(元/hm ²)					
	林地	草地	农田	水体	建设用地	未利用地
生态系统类型	森林	草地	农田	湖泊/河流	城市	荒废地
Costanza	16 658.0	2 025.0	764.0	70 533.0	—	—
谢高地	19 613.0	6 498.0	6 203.0	41 264.0	—	371.4
贵港市	19 613.0	4 261.5	6 203.0	55 813.5	-5 372.1	371.4

1.3.7 生态价值系数对生态服务价值敏感度分析

生态服务价值对生态价值系数敏感度,即生态价值系数变动 1% 对生态服务价值的影响状况。当敏感性系数(C_s) < 1,说明该生态服务类型没有弹性,ESV 对 VC 不敏感,当 C_s > 1,表明该生态服务类型是比较有弹性的,ESV 对 VC 敏感^[17]。

根据公式(8)计算敏感性度数(C_s):

$$C_s = \left| \frac{(ESV_j - ESV_i) / ESV_i}{(VC_{jk} - VC_{ik}) / VC_{ik}} \right| \circ \tag{8}$$

式中: C_s 为敏感性度数; ESV_i 为生态服务开始的价值; ESV_j 为生态服务改变后的价值; VC_{ik} 为价值系数改变前; VC_{jk} 为价值系数改变后; k 为某种类别土地利用。

2 结果与分析

2.1 土地利用结构变化

土地利用结构是指某区域内不同利用土地之间的占比关系,其囊括时空 2 个方面的变化^[9]。贵港市土地利用结构变化体现了该市在 2010、2014、

2018 年这 3 期各个土地利用类型面积变化情况,可用来研究该市土地利用变化的趋势和规律。运用贵港市 2010、2014、2018 年土地利用现状数据,采用 Excel 软件,计算贵港市的“三生”土地利用类型面积。分析结果见表5、表6。

从表5 可以看出,2010—2014 年贵港市“三生”土地利用类型结构情况:(1)农业生产用地和林地生态用地在 2010、2014 年的土地利用类型中占据着很大的比例,说明贵港市以这 2 种用地类型为主。其中,农业生产用地主要分布在平南县、覃塘区、桂平市,面积持续减少,从 2010 年的 377 793.61 hm² 减少至 2014 年的 375 856.34 hm²,减少了 1 937.27 hm²。林地生态用地主要分布在平南县、桂平市,从 2010 年的 467 811.25 hm² 减少至 2014 年的 466 489.76 hm²,减少了 1 321.49 hm²,这 2 种地类面积也是减少最多的。除了这 2 种地类减少外,还有牧草地生态用地、其他生态用地、水域生态用地,分别减少了 479.85、68.09、315.08 hm²。但减少的面积相对前面2种来说,都不是很大。(2)从

表 5 2010—2014 年贵港市各地类面积及其变化

用地类型	2010 年		2014 年		2010—2014 年
	面积(hm ²)	比例(%)	面积(hm ²)	比例(%)	面积变化(hm ²)
农业生产用地	377 793.61	35.63	375 856.34	35.45	-1 937.27
服务以及其他生产用地	2 033.81	0.19	2 052.58	0.19	18.77
工矿生产用地	16 227.34	1.53	17 689.34	1.67	1 462.00
林地生态用地	467 811.25	44.12	466 489.76	44.00	-1 321.49
牧草地生态用地	35 524.11	3.35	35 044.26	3.31	-479.85
其他生态用地	41 378.69	3.90	41 310.60	3.90	-68.09
水域生态用地	48 283.48	4.55	47 968.40	4.52	-315.08
城镇生活用地	13 140.45	1.24	15 552.55	1.47	2 412.10
农村生活用地	58 041.53	5.47	58 270.44	5.50	228.91

用地类型增加来看,服务、工矿这些生产用地和城镇、农村这些生活用地,分别增加了 18.77、1 462.00、2 412.10、228.91 hm²。主要以工矿生产用地和城镇生活用地增加为主。

从表 6 可以看出,2014—2018 年贵港市“三生”土地利用类型结构情况:(1)与表 5 的情况类似,农业生产用地和林地生态用地依然是贵港市的主要用地类型,而且二者在 2014—2018 年减少的面积都

很大,也是主要减少的 2 种用地类型;其他减少的用地类型为牧草地生态用地、其他生态用地、水域生态用地,但减少的面积相对来说都不是很大。(2)从用地类型增加来看,也是主要以工矿生产用地和城镇生活用地为主,另外 2 种也是和表 5 一致,分别为服务以及其他生产用地和农村生活用地,面积虽有增加,但增加都不是很大。

表 6 2014—2018 年贵港市各地类面积及其变化

用地类型	2014 年		2018 年		2014—2018 年
	面积(hm ²)	比例(%)	面积(hm ²)	比例(%)	面积变化(hm ²)
农业生产用地	375 856.34	35.45	372 631.49	35.15	-3 224.85
服务以及其他生产用地	2 052.58	0.19	2 085.95	0.20	33.37
工矿生产用地	17 689.34	1.67	19 622.30	1.85	1 932.96
林地生态用地	466 489.76	44.00	465 337.11	43.89	-1 152.65
牧草地生态用地	35 044.26	3.31	34 686.48	3.27	-357.78
其他生态用地	41 310.60	3.90	41 044.61	3.87	-265.99
水域生态用地	47 968.40	4.52	47 608.31	4.49	-360.09
城镇生活用地	15 552.55	1.47	18 068.42	1.70	2 515.87
农村生活用地	58 270.44	5.50	59 149.60	5.58	879.16

综上所述,2010—2018 年贵港市土地利用结构发生明显变化,工矿生产用地和城镇生活用地的面积增加很多,而农业、林地这些生态用地面积减少很多;服务以及其他生产用地、农村生活用地虽有增加,但增加都不是很明显;其他生态用地和水域生态用地虽有减少,但减少的面积不明显。对于其他生态用地 2018 年在贵港市占比 3.87%,且较为稳定,说明贵港市土地利用程度中等偏上,土地利用后备资源充足。

2.2 土地利用动态度分析

2.2.1 单一土地利用动态度 根据公式(1),本研

究将以 2010—2014 年、2014—2018 年这 2 个时段,分别研究其单一土地利用动态度(表 7)。

从表 7 可以看出,(1)农业生产用地和林地、牧草地、水域、其他这些生态用地在这 2 个时段内动态度都为负数,说明这些地类在 2010—2018 年是处于不断减少的状态。其中,我们可以发现,牧草地生态用地动态度最小,说明该地类减少的面积程度是最大的;而农业生产用地和水域生态用地相同,说明这 2 类地类的面积减少的程度相同,其他生态用地的动态度减少的面积程度稍微少一些。(2)服务以及其他生产用地、工矿生产用地、城镇生活用地

表 7 贵港市 2010—2018 年土地利用动态度

用地类型	面积(hm ²)			动态度(%)		
	2010 年	2014 年	2018 年	2010—2014 年	2014—2018 年	2010—2018 年
农业生产用地	377 793.61	375 856.34	372 631.49	-0.13	-0.21	-0.17
服务以及其他生产用地	2 033.81	2 052.58	2 085.95	0.23	0.41	0.32
工矿生产用地	16 227.34	17 689.34	19 622.30	2.25	2.73	2.62
林地生态用地	467 811.25	466 489.76	465 337.11	-0.07	-0.06	-0.07
牧草地生态用地	35 524.11	35 044.26	34 686.48	-0.34	-0.26	-0.29
其他生态用地	41 378.69	41 310.60	41 044.61	-0.04	-0.16	-0.10
水域生态用地	48 283.48	47 968.40	47 608.31	-0.16	-0.19	-0.17
城镇生活用地	13 140.45	15 552.55	18 068.42	4.59	4.04	4.69
农村生活用地	58 041.53	58 270.44	59 149.60	0.10	0.38	0.24

和农村生活用地这些地类的动态度在这 2 个时段都为正值,说明这些地类在 2010—2018 年都处于增长状态。工矿生产用地和城镇生活用地的动态度都比较大,说明这 2 类地类面积增加的程度都很大;而服务以及其他生产用地和农村生活用地动态度稍小一些,说明这 2 类土地面积增加的程度要比前面 2 类少。

2.2.2 土地利用综合动态度 根据公式(2),计算出贵港市 2010—2018 年的土地利用综合动态度为 0.220,但贵港市在 2010—2014 年、2014—2018 年的综合动态度为 0.097 和 0.130,土地利用综合动态度提高明显。说明贵港市土地利用随着时间的延后,其改变速率也会跟着提升,土地利用转型因人类活动干扰而显著上升。

2.2.3 土地利用程度变化 使用贵港市 2010、2014、2018 年的这 3 期土地利用现状数据,以区(县、市)为基本研究单元,运用公式(3)、公式(4)、公式(5),分别计算出它们在 2010—2018 年的综合指数、变化量和变化率(表 8)。

表 8 2010—2018 年贵港市区(市、县)综合指数、变化指数

区域	综合指数			2010—2018 年	
	2010 年	2014 年	2018 年	变化量	变化率
贵港市	247.95	248.58	249.32	1.37	0.01
港北区	258.40	259.58	260.93	2.53	0.01
港南区	264.95	266.01	266.92	1.97	0.01
覃塘区	251.93	252.27	253.09	1.16	0.00
平南县	240.55	240.97	241.55	1.00	0.00
桂平市	246.35	246.89	247.49	1.14	0.00

贵港市 2010、2014、2018 年的土地利用程度综合指数分别是 247.95、248.58、249.32。贵港市土

地利用程度指数高于中国科学院遥感应应用研究所测定的中国总土地利用程度指数。由此可以得知,贵港市土地利用程度较高,人类活动在一定程度上影响了该市的土地利用格局。贵港市 2010—2018 年指数提高了 1.37,表明其土地利用程度不断升高。

2.3 贵港市土地利用功能转型分析

2.3.1 基于贵港市 3 区 1 县 1 市土地利用功能转型 2010—2018 年,贵港市利用类型土地变化情况见图 3。

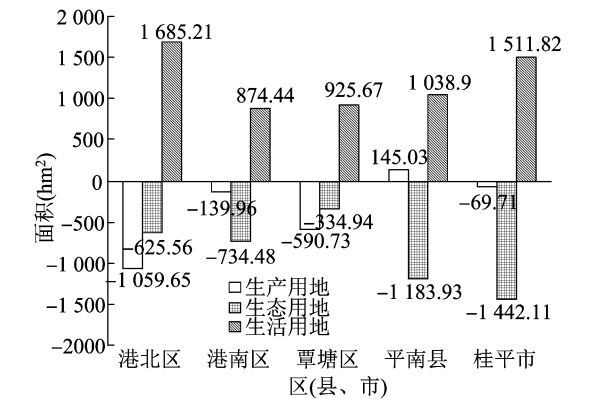


图3 贵港市 3 区 1 县 1 市 2010—2018 年“三”生用地功能变化

从图 3 可以看出,在研究时间区段内,贵港市 3 区 1 县 1 市土地利用功能转型显著,他们都表现出共同特点,即生活用地都表现为增加状态,其中增加最多的为港北区,共增加 1 685.21 hm²;其次为桂平市增加 1 511.82 hm²;最低为港南区,增加面积为 874.44 hm²。由于经济的快速发展,人口增加不可避免地占用生产和生态用地;生态用地都呈现为下降状态,其中桂平市减少的最多,为 1 442.11 hm²,其次是平南县,为 1 183.93 hm²,最低港北区为 625.56 hm²;而生产用地呈现不同的变化状态,港北

区、港南区 and 覃塘区、桂平市呈现下降状态,其中,港北区减少的最多,为 $1\,059.65\text{ hm}^2$,其次是覃塘区为 509.73 hm^2 。平南县呈现为上升的状态。港北区、港南区 and 覃塘区都是生产用地和生态用地转型为生活用地,平南县则由生态用地转型为生产用地

和生活用地,桂平市则是由生产和生态用地转型为生活用地。在研究时间区段内,可以得知,港北区经济发展和人口增加速度是最快的。

2.3.2 贵港市土地利用功能转型总体分析 运用公式(6),可计算出各类用地情况(表9)。

表9 贵港市土地利用扩展强度指数

用地类型	“三生”用地二级地类面积(hm^2)			2010—2014 年		2014—2018 年	
	2010 年	2014 年	2018 年	增减情况(hm^2)	强度指数(%)	增减情况(hm^2)	强度指数(%)
农业生产用地	377 793.61	375 856.34	372 631.49	-1 937.27	-0.13	-3 224.85	-0.21
服务以及其他生产用地	2 033.81	2 052.58	2 085.95	18.77	0.23	33.37	0.41
工矿生产用地	16 227.34	17 689.34	19 622.30	1 462.00	2.25	1 932.96	2.73
林地生态用地	467 811.25	466 489.76	465 337.11	-1 321.49	-0.07	-1 152.65	-0.06
牧草地生态用地	35 524.11	35 044.26	34 686.48	-479.85	-0.34	-357.78	-0.26
其他生态用地	41 378.69	41 310.60	41 044.61	-68.09	-0.04	-265.99	-0.16
水域生态用地	48 283.48	47 968.40	47 608.31	-315.08	-0.16	-360.09	-0.19
城镇生活用地	13 140.45	15 552.55	18 068.42	2 412.10	4.59	2 515.87	4.04
农村生活用地	58041.53	58270.44	59149.60	228.91	0.10	879.16	0.38

本研究根据土地利用变化数据,计算出“生产、生活、生态”用地类型扩展强度指数见表9,其体现的是各类土地的扩展情况,农业生产用地和林地、牧草地、其他、水域这些生态用地在2010—2014年、2014—2018年扩展强度指数为负值,说明这些用地变化特征主要表现为紧缩。其中牧草地生态用地、农业生产用地、水域生态用地在2010—2014年、2014—2018年扩展强度指数为负值且较大,说明这些地类紧缩很快。服务以及其他、工矿这些生产用

地和城镇、农村这些生活用地的扩展指数都为正值,说明这些用地变化特征表现为扩展。其中城镇生活用地和工矿生产用地在2010—2014年、2014—2018年扩展强度指数为正值且较大,说明这些用地扩展速度快。

2.4 生态服务价值变化分析

2.4.1 生态服务总价值变化 运用上面的生态服务价值计算模型。计算出2010—2018年贵港市生态服务价值变化(表10)。

表10 2010—2018年贵港市生态服务价值变化

用地类型	2010 年		2014 年		2018 年	
	面积(hm^2)	价值(10^6 元)	面积(hm^2)	价值(10^6 元)	面积(hm^2)	价值(10^6 元)
草地	51 021.51	217.43	50 562.96	215.47	50 115.82	213.57
建设用地	89 667.99	-481.71	93 863.87	-504.25	98 856.51	-531.07
林地	467 811.25	9 175.18	466 489.76	9 149.26	465 337.11	9 126.66
农田	376 889.39	2 337.84	374 864.77	2 325.29	371 403.23	2 303.81
水体	58 274.13	3 252.48	57 941.28	3 233.91	58 103.30	3 242.95
未利用地	16 570.00	6.15	16 511.63	6.13	16 418.30	6.10
合计	1 060 234.27	14 507.37	1 060 234.27	14 425.81	1 060 234.27	14 362.02

从表10可以看出,贵港市总的生态服务价值在2010、2014、2018年分别为 $14\,507.37 \times 10^6$ 、 $14\,425.81 \times 10^6$ 、 $14\,362.02 \times 10^6$ 元,说明2010—2018年贵港市生态服务价值呈现下降趋势。2010—2018年,贵港市的生态服务价值减少了 145.35×10^6 元,年均减少 18.169×10^6 元。主要原因是贵港市经济发展迅速,人口的激增,建成区域

面积的变大,林地、农田、水体及其他地类向建设用地转化。

从表10可以看出,2010—2018年6种用地类型的生态服务价值排序情况。林地在贵港市占比是较大的,与农田的占比相差不是很大,但林地生态服务价值贡献却远大于农田生态服务价值总量;水体的占比也并没有农田占比的多,但水体的服务

价值超过农田的服务价值。贵港市生态价值主要贡献者是林地,后为水体、农田。然而林地、农田在 2010—2018 年间分别减少了 2 474. 14、5 486. 16 hm²。草地、未利用地对贵港市的生态服务功能价值贡献率不大,特别是未利用地。因此,保护林地、水体、农田具有十分重要的意义。

表 11 各地类生态价值敏感度数

类别	价值系数 变化程度(%)	生态服务价值(×10 ⁶ 元)			敏感性度数		
		2010 年	2014 年	2018 年	2010 年	2014 年	2018 年
林地	+ 10	15 424. 89	15 340. 74	15 274. 69	0. 632 4	0. 634 2	0. 635 5
	- 10	13 589. 85	13 510. 88	13 449. 35			
草地	+ 10	14 529. 11	14 447. 36	14 383. 38	0. 015 0	0. 014 9	0. 014 9
	- 10	14 485. 63	14 404. 26	14 340. 66			
农田	+ 10	14 741. 15	14 658. 34	14 592. 40	0. 161 1	0. 161 2	0. 160 4
	- 10	14 273. 59	14 193. 28	14 131. 64			
水体	+ 10	14 832. 62	14 749. 20	14 686. 31	0. 224 2	0. 224 2	0. 225 8
	- 10	14 182. 12	14 102. 42	14 037. 73			
建设用地	+ 10	14 459. 20	14 375. 39	14 308. 91	0. 033 2	0. 035 0	0. 037 0
	- 10	14 555. 54	14 476. 23	14 415. 13			
未利用地	+ 10	14 507. 99	14 426. 42	14 362. 63	0. 000 4	0. 000 4	0. 000 4
	- 10	14 506. 75	14 425. 20	14 361. 41			

从表 11 可以看出,2010—2018 年林地生态敏感性度数最大,并出现升高的走向。林地生态价值系数每升高或下降 1%,则贵港市生态服务总价值将升高或下降 0. 63%。从表 11 可以看出,贵港市从 2010—2018 年各地类敏感度虽有变化,但其敏感度次序并没有发生变化。特别是建设用地、草地、未利用地均小于 1,而且草地、未利用地接近于 0,说明所使用的系数符合贵港市的实际。贵港市生态服务价值对生态系数变化缺乏弹性,即贵港市生态服务价值对生态价值系数不敏感。

3 讨论与结论

由于笔者所学知识水平有限,不能探讨贵港市土地利用转型的驱动机制,希望未来在此基础上,继续深入研究贵港市土地利用转型的驱动机制。

参考的价值系数可能还不够符合实际情况,计算出生态服务总价值可能稍微存在偏差。因此,希望在未来的研究中,确定更加合理符合该市的生态系统服务价值系数。

利用贵港市 2010、2014、2018 年这 3 期土地利用现状数据进行分析,按照“三生”分类标准,得出以下结论:(1)贵港市农业生产用地、林地生态用地

2.5 生态价值系数对生态服务价值敏感度分析
以公式(8)和表 9 确定的贵港市生态价值系数为基础,分别将表 4 的各用地类生态价值系数增加或减少 10%,计算出调整后的贵港市 2010、2014、2018 年生态服务价值量和敏感性度数(表 11)。

大幅度减少,而城镇生活用地、工矿生产用地大幅增加,但贵港市仍以农业生产用地、林地生态用地为主。(2)贵港市的其他生态用地占比不少,表明贵港市土地资源开发利用程度中等偏上,土地开发后备资源充足。(3)在研究时间段 2010—2018 年期间,土地利用综合动态度提高较大。说明贵港市土地利用随着时间的延后,其改变速率也会跟着提升,土地利用转型因人类活动干扰而显著上升。(4)在研究时间段 2010—2018 年期间,贵港市生态服务总价值逐渐降低,其贡献者主要是林地,后为水体、农田。

参考文献:

[1] 龙花楼,李秀彬. 长江沿线样带农村宅基地转型[J]. 地理学报, 2005,60(2):179-188.

[2] Grainger A. The future role of the tropical rain forests in the world forest economy[D]. Oxford:University of Oxford,1986.

[3] Vitousek P M,Harold A M,Lubchenco J,et al. Human domination of earth's ecosystems[J]. Science,1997,277(5325):494-499.

[4] Izquierdo A E, Grau H R. Agriculture adjustment, land - use transition and protected areas in Northwestern Argentina[J]. Journal of Environmental Management,2009,90(2):858-865.

[5] Lambin E F, Meyfroidt P. Land use transitions: socio - ecological feedback versus socio - economic change[J]. Land Use Policy, 2010,27(2):108-118.

何雪怡,罗晓霞,陶德琴,等. 光照度对异养鞭毛虫抑制铜绿微囊藻生长的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(15):215-220.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.15.039

光照度对异养鞭毛虫抑制铜绿微囊藻生长的影响

何雪怡¹, 罗晓霞^{1,2,3}, 陶德琴¹, 杜振雄¹

(1. 广东海洋大学水产学院, 广东湛江 524088; 2. 广东省藻类养殖及应用工程技术研究中心, 广东湛江 524088;

3. 广东海洋大学深圳研究院, 广东深圳 518000)

摘要:研究不同光照度对异养鞭毛虫 *Paraphysomonas* sp. 摄食及抑制铜绿微囊藻 (*Microcystis aeruginosa*) 的影响, 探讨鞭毛虫在不同光照条件下的生长状况。共设 6 个光照度, 分别是 0、500、1 200、2 500、5 000、10 000 lx。结果表明, 不同光照度对异养鞭毛虫种群生长率、微囊藻抑制率均有显著影响 ($P < 0.05$)。在光照度为 0 ~ 10 000 lx 时, 鞭毛虫均能显著抑制微囊藻种群生长, 抑制率达 88% ~ 94%, 每个鞭毛虫摄食率高达 32 ~ 49 个/d。伴随着铜绿微囊藻数量的减少, 不同光照度下的鞭毛虫种群数量均呈先增加后减少的趋势, 鞭毛虫种群数量高达 $(18 \sim 35) \times 10^4$ 个/mL, 比初始浓度增加了 3.6 ~ 7 倍。光照度最高组 (10 000 lx) 的异养鞭毛虫数量增长缓慢且快速下降, 在试验的第 3、4 天, 生长率出现负增长。因此, 过高的光照度会抑制异养鞭毛虫数量的增长。异养鞭毛虫可生长的光照度范围为 0 ~ 10 000 lx, 最佳生长光照度为 0 ~ 5 000 lx。

关键词: 异养鞭毛虫; 微囊藻; 光照度; 生长率; 抑制率; 摄食率

中图分类号: X174; X52 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)15-0215-06

目前, 我国许多大型湖泊和水库频繁暴发蓝藻水华, 水体生态平衡遭受严重破坏, 生态环境恶化。微囊藻水华是常见的蓝藻水华种类, 在全世界广泛分布, 已被分离出的微囊藻毒素达 60 多种^[1]。蓝藻

水华释放的藻毒素是导致我国南方肝癌发病率高的主要原因^[2-4]。因此, 水体环境的生态修复已是迫在眉睫。

许多研究表明原生动物是微囊藻水华中的主要消费者。Nishibe 在富营养化池塘中分离出一种变形虫 *Penardochlamys* sp., 发现其食物泡中含有大量微囊藻颗粒, 表明其可以吞噬自然环境下的群体微囊藻^[5]。Kim 等在室内研究发现鞭毛虫 *Diphyllia* sp. 对微囊藻的摄食率高达 30 个/d^[6-7]。Zhang 等发现鞭毛虫 *Poterioochromonas malhamensis* 既能通过光合作用进行群体增殖, 也能通过吞噬铜绿微囊藻进行种群增长^[8-9]。草履虫可有效清除微

收稿日期: 2020-12-18

基金项目: 广东省自然科学基金 (编号: 2018A030313212); 广东省湛江市科技计划 (编号: 2020B01055); 广东海洋大学博士启动项目 (编号: R17039); 大学生创新创业训练计划 (编号: S201910566045); 广东海洋大学第六届优秀本科生进实验室项目。
作者简介: 何雪怡 (1999—), 女, 广东英德人, 主要从事生物科学研究。E-mail: 1923243136@qq.com。

通信作者: 罗晓霞, 博士, 试验师, 主要从事水体生态修复研究。
E-mail: xialemon@126.com。

[6] 蔡运龙. 土地利用/土地覆盖变化研究: 寻求新的综合途径[J]. 地理研究, 2001, 20(6): 645-652.

[7] 龙花楼. 土地利用转型——土地利用/覆被变化综合研究的新途径[J]. 地理与地理信息科学, 2003, 19(1): 87-90.

[8] 龙花楼. 论土地利用转型与土地资源管理[J]. 地理研究, 2015, 34(9): 1607-1618.

[9] 李鑫, 欧名豪, 刘建生, 等. 基于不确定性理论的区域土地利用结构优化[J]. 农业工程学报, 2014, 30(4): 176-184.

[10] 谢菲, 舒晓波, 廖富强, 等. 浮梁县土地利用变化及驱动力分析[J]. 水土保持研究, 2011, 18(2): 213-217, 221.

[11] 庄大方, 刘纪远. 中国土地利用程度的区域分异模型研究[J]. 自然资源学报, 1997, 12(2): 10-16.

[12] 胡和兵, 刘红玉, 郝敬锋, 等. 南京市九乡河流域土地利用程度

空间异质性分析[J]. 地球信息科学学报, 2012, 14(5): 627-634.

[13] 胡和兵, 刘红玉, 郝敬锋, 等. 城市化流域生态系统服务价值时空分异特征及其对土地利用程度的响应[J]. 生态学报, 2013, 33(8): 2565-2576.

[14] 刘盛和, 吴传钧, 沈洪泉. 基于 GIS 的北京城市土地利用扩展模式[J]. 地理学报, 2000, 55(4): 407-416.

[15] 欧阳志云, 王如松, 赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值估算[J]. 应用生态学报, 1999, 10(5): 607-613.

[16] 喻建华, 高中贵, 张露, 等. 昆山市生态系统服务价值变化研究[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(2): 213-217.

[17] 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.