

# 街道级生态产品总值(GEP)核算 及其与区域经济的耦合关系 ——以深圳市光明区为例

刘松 陈龙 孙芳芳

(国家环境保护饮用水水源地管理技术重点实验室/深圳市环境科学研究院 深圳 518001)

**【摘要】**本文基于深圳市光明区生态系统现状特征,从物质产品、调节服务和文化服务三个层面,核算了2018—2020年深圳市光明区及其6个街道的生态产品总值(Gross Ecosystem Product, GEP),并从耦合度、耦合协调度和相对发展度分析了6个街道GEP与区域经济的耦合协调关系。结果表明:(1)2018—2020年深圳市光明区GEP逐年上升,增幅13.5%,2020年深圳市光明区GEP达到100.21亿元;(2)生态系统服务指标中,调节服务价值量最高,占比70%以上,占主导地位;(3)2018—2020年深圳市光明区各街道GEP均呈上升趋势,其中,新湖街道GEP最高,随后依次是光明街道GEP、公明街道GEP、凤凰街道GEP、玉塘街道GEP、马田街道GEP;(4)从各街道GEP与区域经济耦合程度的高低来看,依次是新湖街道、光明街道、凤凰街道、玉塘街道、马田街道、公明街道,深圳市光明区GEP和区域经济系统之间的联系较为紧密,二者发展较为同步,但其相互间的协同作用不明显。

**【关键词】**生态产品总值;耦合关系;耦合协调关系;深圳市光明区

中图分类号:F062.2;F205 文献标识码:A 文章编号:1673-288X(2025)03-0047-09 DOI:10.19758/j.cnki.issn1673-288x.202503047

20世纪90年代以来,生态学家逐渐认识到生态系统服务功能对人类生存与发展的作用,并将生态系统保护融入经济社会决策之中<sup>[1]</sup>,生态系统价值核算逐渐成为生态学或生态经济学前沿领域。2013年,中国科学家在全球首次提出生态系统生产总值(Gross Ecosystem Product, GEP)的概念,将其定义为“生态系统为人类福祉和经济社会可持续发展提供的最终产品与服务价值的总和”,并对其核算的指标体系、技术方法作了说明<sup>[2]</sup>;2014年,中国科学院生态环境研究中心构建了GEP核算的理论框架、核算指标和定量化计算方法,编制了《生态系统生产总值核算技术指南》,并在全国及各省份开展GEP核算应用示范。随后国内学者陆续开展了相关研究,针对不同地区构建相应的指标体系,核算了青海<sup>[3]</sup>、四川<sup>[4]</sup>、云南<sup>[5]</sup>、贵州<sup>[6]</sup>等省份的GEP;也核算了丽水<sup>[7]</sup>、福州<sup>[8]</sup>、杭州<sup>[9]</sup>等城市的GEP。

深圳市光明区(以下简称光明区)正打造世界一流科学城和深圳北部中心,大力推进生态文明建设,提高辖区生态环境质量。《光明区落实深圳建设中国特色社会主义先行示范区的行动方案(2019—2022年)》,要求开展GEP研究及应用,加强生态资源保护,提升全区生态文明建设水平。为此,本文开展光明区GEP核算研究,分析其与区域经济发展耦合关系,以期助力实现本区GEP和GDP双提升。

## 1 研究区域

光明区位于深圳市西北部,全区土地总面积156.1平方公里,下辖光明街道、公明街道、新湖街道、凤凰街道、玉塘街道和马田街道等6个街道。截至2020年末,全区常住人口109.5万人,GDP 1100.77亿元,三大产业增加值占GDP比重分别为0.2%、67.5%、32.3%。光明区作为国家生态文明建设示范区,拥有山、水、

基金项目:深圳市光明区环境科技计划项目“光明区生态系统服务价值(GEP)核算研究项目”(DS-CG-20200703)。

作者简介:刘松(1990-),男,硕士,研究方向为自然资源资产管理及可持续发展研究,E-mail:1169570370@qq.com。

林、田、湖等生态景观资源,区域内 15 条主要河流纵横交错,16 座水库星罗棋布,279 个公园串珠成链,其辖区内 83.89 平方公里土地被划入基本生态控制线范围,生态空间占比为 53.7%;拥有耕地 15200 亩,其基本农田面积在深圳市基本农田面积中占比为 44%,位居全市第一;人均公园绿地面积达 16.85 平方米,高于深圳全市平均水平;森林覆盖率达 26.3%,湿地保护率高达 91.6%。

## 2 研究方法

### 2.1 数据来源

生态系统服务价值核算使用的数据主要包

括遥感数据、监测数据、统计数据、调查(市场)数据以及参考文献数据等,主要来自光明区发展和改革委员会(以下简称区发改局)、统计局、水务局、城市管理和综合执法局(以下简称区城管局)、区卫生健康局(以下简称区卫健局)、区文化广电旅游体育局(以下简称区文体局)、深圳市市场监督管理局光明监管局(以下简称市监局)、深圳市公安局光明公安分局(以下简称公安局)、深圳市规划和自然资源局光明管理局(以下简称规资局)、深圳市生态环境局光明管理局(以下简称生态局)、深圳市交通运输局光明管理局(以下简称交通局)、深圳市气象局等职能部门,详见表 1。

表 1 数据来源

数据类型	名称	来源
统计数据	农业/林业产品量、水资源量	市监局、区水务局
	年末常住人口(万人)、年末常住人口死亡率(%)	公安局
	当年职工日均收入(元/日)、居民人均可支配收入(元)	统计局
	人均住院/门诊费用(元)、绿地植被平均高度(m)	区卫健局、规资局
	自然/城市或社区公园名录/面积(m <sup>2</sup> )/年访问人次	区城管局
	主要道路长度(km)、景区接待游客(人数)	交通局、区文体局
	居民生活平均电价(元/kWh)、行政事业/工业/商服建筑业/居民生活用水价格(元/m <sup>3</sup> )	区发改局
	遥感数据	土地利用类型图/行政区划图/交通图(矢量)
	生态系统类型数据集(矢量)	生态资源测算解译数据
	数字高程(栅格)	地理空间数据云网站
	蒸散发数据集(栅格)	国家生态系统观测研究网络科技资源服务系统网站
	土壤有机质含量分布(栅格)	基于世界土壤数据库(HWSD)的中国土壤数据集
	1:100 土壤类型图(矢量)	中国 1:100 万土壤数据库
	年度植被指数(栅格)	中国科学院地理所资源环境数据云平台
监测数据	逐日降雨量/多年均降雨量/多年均蒸发量(mm)、日平均气温(°C)、气象站点位置坐标	气象局
	各水库库容/防洪库容(万 m <sup>3</sup> )、地表水资源量(亿 m <sup>3</sup> )、产水模数(m <sup>3</sup> /a·km <sup>2</sup> )	水务局
	PM <sub>2.5</sub> 、PM <sub>10</sub> 、O <sub>3</sub> 的年均值(μg/m <sup>3</sup> )、负氧离子年平均浓度(个/cm <sup>3</sup> )	生态局
	土壤容重(t/m <sup>3</sup> )、土壤中氮\磷纯含量、土壤饱和含水量	采样监测
	调查(市场)数据	各类公园游客支付意愿(元·次)
	碳交易价格(元/t)	瑞典碳税率
	工业制氧成本(元/t)、工业治理 SO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub> 、粉尘的费用(元/t)、氨氮、总磷、COD 的处理成本(元/t)、污水二级处理成本(元/m <sup>3</sup> )、饮用水、纯净水的市场价格(元/m <sup>3</sup> )、因住院、门诊产生的误工费(元)、因住院、门诊产生的交通、营养费(元)	市场调查、相关文件

续表

数据类型	名称	来源
文献数据	泥沙淤积系数(%)、径流调节本地模型参数、植被净初级生产力( $g/m^2 \cdot a$ )、单位面积 $SO_2$ 、 $NO_x$ 的年吸收量( $kg/hm^2 \cdot a$ )、单位面积年滞尘降尘量( $kg/hm^2 \cdot a$ )、单位面积植被蒸腾吸收的热量( $kJ/hm^2$ )、单位体积的水蒸发消耗的能量( $kJ/hm^2$ )、电能热能转化系数、单位水库清淤工程费用( $元/m^3$ )、水库单位库容造价( $元/m^3$ )、海绵城市蓄水池建设成本( $元/m^3$ )、单位长度隔音墙的建设成本、广东省平均城镇人力资本(万/人)、土方清运成本( $元/m^3$ )	参考文献

## 2.2 核算方法

### 2.2.1 核算框架

通过借鉴国内外经验<sup>[10-11]</sup>以及深圳市GEP研究成果<sup>[12-14]</sup>,对2018—2020年光明区及其6个街道的森林、城市绿地、农林、湿地四类生态系统服务功能量进行核算,确定产品服务定价,通过直接市场法、替代市场法、支付意愿法、成果参照法,核算生态系统服务价值量,最终确定光明区GEP。

### 2.2.2 光明区GEP核算指标体系与核算方法

基于前面的分析及其他学者的GEP核算经验<sup>[15-17]</sup>,在借鉴深圳市正在进行的GEP核算研究基础上,充分考虑光明区的区域特色和生态系统特征,构建光明区GEP核算指标体系框架。光明区GEP核算指标体系由物质产品、调节服务和文化服务3大类服务构成一级指

标,共有14个二级指标、24个三级指标。根据GEP核算指标体系和生态系统服务功能评估的方法,GEP的核算包括功能量核算和价值量核算两个部分。功能量是以生态产品和生态服务的数量规模来表达,比如粮食产量、水资源提供量、洪水调蓄量、污染净化量、土壤保持量、固碳量、自然景观吸引的旅游人数等,但由于计量单位的不同,不同生态系统产品产量和服务量难以加总。需在功能量核算的基础上,确定各类生态产品和生态服务的价格,核算生态系统服务价值。具体而言,在价值量核算中,物质产品价值主要用市场价值法和替代成本法核算,调节服务价值主要用替代成本法进行核算,文化服务价值使用旅行费用法核算,然后累加核算生态系统服务价值。详见下表2。

表2 光明区GEP核算指标体系及核算方法

一级指标	二级指标	三级指标	实物量核算方法	价值量核算方法	
物质产品	农业产品	农业产品	统计数据	市场价值法	
	林业产品	林业产品			
	渔业产品	渔业产品			
	水资源	水资源			
调节服务	水源涵养	水源涵养	水量平衡法	水库蓄水成本法	
	洪水调蓄	暴雨径流调节	替代工程法	替代成本法	
		湖库洪水调蓄	实际洪水调蓄库容	替代工程法	
	水质净化	净化COD	水质净化模型		替代成本法
		净化总氮			
		净化总磷			
	固碳释氧	固定二氧化碳	净初级生产力法(NPP法)	市场价值法	
	氧气生产	《森林生态系统服务功能评估规范》(GB/T 38582—2020)	替代成本法		

续表

一级指标	二级指标	三级指标	实物量核算方法	价值量核算方法
	空气净化	净化二氧化硫 净化氮氧化物 净化工业粉尘 生产负离子	空气净化模型 空气负离子浓度和最低收益浓度差值法	替代成本法 替代成本法
	气候调节	改善人群健康 植被蒸腾 水面蒸发	空气污染对人体健康经济损失 蒸散模型	医院就医成本法 替代成本法
	土壤保持	减少泥沙淤积 面源污染控制	通用土壤流失方程(USLE) 对土壤保持量与土壤中 N、P 含量进行估算	替代成本法 替代成本法
	噪声消减	交通噪声消减	交通噪声消减模型	替代成本法
文化服务	休闲游憩	休闲游憩	问卷调查	支付意愿法
	景观溢价	景观溢价	市场调查	市场价值法

### 3 结果与分析

#### 3.1 光明区 GEP 核算结果及分析

##### 3.1.1 GEP 核算结果

根据表 3 和表 4 核算结果,2018—2020 年,光明区 GEP 逐年上升,增幅为 13.5%;2020 年光明区 GEP 达到 100.21 亿元,占当年全区 GDP 的 9.11%;2018—2020 年,除光明街道外,其他 5 个街道的 GEP 总体呈上升趋势,其中马田街道的 GEP 增幅最大,达到 31.0%。从横向

比较来看,2018—2020 年,新湖街道 GEP 和人均 GEP 以及 2019—2020 年新湖街道单位面积 GEP 是全区最高的,仅 2018 年光明街道单位面积 GEP 是全区最高的,马田街道各项指标均为全区最低。从构成来看,光明区 GEP 三个一级生态系统服务指标中,调节服务价值量最高,占光明区 GEP 的 70% 以上;文化服务价值量居中,占光明区 GEP 的 20% 左右;生态系统物质产品价值量最低,仅占光明区 GEP 的 6% 左右。调节服务价值量约为文化服务和物质产品价值

表 3 光明区 2018—2020 年 GEP 核算结果

一级指标	二级指标	2018 年		2019 年		2020 年	
		价值量(亿元)	总计(亿元)	价值量(亿元)	总计(亿元)	价值量(亿元)	总计(亿元)
物质产品	农业产品	1.42	5.38(6.1%)	1.48	5.52(5.9%)	1.38	5.64(5.6%)
	水资源	3.96		4.04		4.26	
调节服务	水源涵养	4.45	67.76(76.6%)	4.37	67.2(72%)	4.27	70.42(70.2%)
	洪水调蓄	21.96		21.10		19.37	
	水质净化	1.56		1.52		1.54	
	固碳释氧	3.10		3.04		3.08	
	空气净化	1.67		1.67		5.40	
	气候调节	34.51		35.10		36.36	
	土壤保持	0.40		0.38		0.37	
	噪声消减	0.02		0.02		0.03	
文化服务	休闲游憩	12.08	15.26(17.3%)	13.46	20.62(22.1%)	12.47	24.25(24.2%)
	景观溢价	3.18		7.16		11.78	
总计		88.31	88.31	93.34	93.34	100.31	100.31

表4 光明区各街道2018—2020年GEP核算结果

街道	2018年			2019年			2020年		
	GEP (亿元)	人均GEP (万元/人)	单位面积GEP (亿元/km <sup>2</sup> )	GEP (亿元)	人均GEP (万元/人)	单位面积GEP (亿元/km <sup>2</sup> )	GEP (亿元)	人均GEP (万元/人)	单位面积GEP (亿元/km <sup>2</sup> )
光明街道	22.33	3.80	0.74	23.85	3.85	0.79	22.79	2.21	0.76
公明街道	13.83	1.13	0.59	13.55	1.06	0.57	16.25	0.76	0.69
新湖街道	29.18	4.13	0.71	31.23	4.21	0.76	33.37	2.70	0.82
凤凰街道	11.42	1.37	0.51	11.85	1.36	0.53	12.18	0.84	0.55
玉塘街道	9.02	0.77	0.42	9.57	0.77	0.45	11.00	0.53	0.51
马田街道	6.75	0.39	0.38	7.05	0.39	0.40	8.84	0.29	0.50
全区	88.31	1.41	0.57	93.34	1.42	0.60	100.21	0.91	0.64

量总和的2~3倍,这说明调节服务在光明区生态系统功能中占主导地位。

### 3.1.2 物质产品价值分析

从光明区2018—2020年物质产品价值核算结果来看,物质产品价值逐年提升,但GEP占比逐年下降,这表明物质产品价值在光明区整个生态产品价值中的地位逐渐降低。从价值构成来看,水资源供给价值占比最大,占物质产品价值的比重超过73%,这说明水资源仍是城市持续、稳定、高质量发展的重要资源,全区需不断优化升级产业结构,提高水资源利用效率;农业产品价值仅占物质产品价值的27%左右,但有大面积耕地,可以通过打造现代都市农业,挖掘农业景观的文化服务价值潜力。

### 3.1.3 调节服务价值分析

从光明区2018—2020年调节服务价值核算结果来看,调节服务价值总体呈提升趋势,增幅达4个百分点,但其在GEP中占比逐年下降,其降幅超过6个百分点,这表明调节服务价值在光明区整个生态系统价值中的地位逐渐降低。从价值构成来看,气候调节价值最高,占调节服务价值量的50%以上;其次是洪水调蓄价值、水源涵养价值和固碳释氧价值,三者分别占调节服务价值量的30%、6%和4%左右,其他生态系统调节功能价值占比较小。从调节服务功能空间分布来看,生态系统水源涵养量、暴雨径

流削减量、土壤保持量从东北林地、湿地分布较多的东北区域向西南建设用地分布集中区域递减,可以看出生态系统类型是影响光明区调节服务价值的重要因素。

### 3.1.4 文化服务价值分析

从光明区2018—2020年文化服务价值核算结果来看,文化服务价值逐年提升,2020年文化服务价值较2018年增加了9亿元,在GEP中的占比也逐年上升,增幅达7个百分点。从价值构成来看,生态景观休闲游憩价值在文化服务价值中占比逐年下降,降幅达28个百分点,而景观溢价价值在文化服务价值中占比逐年上升,到2020年,几乎与生态景观休闲游憩价值的占比持平。2020年,光明区有公园279个,其个数约占全市公园总数的1/4,但受到公园地理位置、时间、数量等因素影响和服务对象相对固定因素影响,虽然社区公园数量及其受众最多,人均支付意愿却最低;特色专题公园人均支付意愿较高,但这类景观的数量少,这导致生态景观休闲游憩价值不升反降。自2018年光明区成立以来,光明科学城加速建设,生态环境质量大幅改善,旅游产业发展如火如荼,推动光明区景观溢出价值逐年上升。

## 3.2 生态产品总值和区域经济耦合协调分析

### 3.2.1 GEP和经济发展综合指数计算

生态系统与经济系统通过物质流、能量流

和信息流等交互耦合作用形成既相互促进又相互制约的动态变化系统<sup>[18]</sup>。为有效评价区域经济综合发展水平,本文根据已有研究<sup>[19-21]</sup>,构建以人均社会消费品零售总额、人均社会固定资产投资额、人均 GDP、第二产业比例和第三产业比例衡量区域经济发展水平指标体系。光明区 2020 年度各项经济指标数据如表 5 所示。为分析 GEP 和经济发展水平的耦合协调发展关系,本研究采用熵权 TOPSIS 法,对 GEP 和区域经济发展的测度综合指数进行分析,为耦合协调分析提供科学依据。熵值法可有效解决指标相关性<sup>[22]</sup>,还能避免因某些主观因素对判断产生影响而造成分析偏差<sup>[23]</sup>,并且能够充分挖掘原始数据信息,利用这个方法得出的研究结果能够较准确反映出各种评价方案间存在的差异<sup>[24]</sup>。

表 5 光明区 2020 年度各经济指标数据

街道	人均 GDP (万元)	人均社会 固定资产投资 (万元)	人均社会 消费品零售 总额(万元)	第二 产业 比例	第三 产业 比例
光明街道	9.977	15.424	2.537	0.479	0.517
公明街道	5.772	1.637	1.872	0.546	0.453
新湖街道	8.439	29.671	1.846	0.528	0.461
凤凰街道	19.410	3.322	1.774	0.782	0.218
玉塘街道	13.713	2.545	1.521	0.753	0.245
马田街道	6.695	3.553	1.639	0.653	0.346
全区	10.025	7.013	1.787	0.675	0.323

按照熵权 Topsis 模型,光明区各街道 GEP 和经济发展综合指数如表 6 所示。

表 6 光明区 2020 年各街道 GEP 和经济发展综合指数

街道	GEP 综合指数	经济发展综合指数
光明街道	0.520	0.490
公明街道	0.240	0.100
新湖街道	0.970	0.936
凤凰街道	0.153	0.100
玉塘街道	0.105	0.058
马田街道	0.014	0.068

### 3.2.2 耦合模型

耦合模型包括耦合度模型、耦合协调度模型和相对发展度模型,根据已有研究<sup>[25-27]</sup>,GEP 与经济发展耦合度分为 4 个类型,GEP 与经济发展耦合协调度划分为 5 个等级,GEP 与经济发展的相对发展度分为 3 种类型,详见表 7、表 8、表 9。

表 7 GEP 与经济发展耦合类型

耦合度范围	耦合类型	特征描述
$C \in [0, 0.3]$	低耦合	GEP 和经济发展之间博弈,生态和经济系统之间关联性较弱
$C \in (0.3, 0.5]$	拮抗	GEP 和经济发展之间相互作用逐渐增强,耦合状态有所提升
$C \in (0.5, 0.8]$	磨合	GEP 和经济发展之间开始相互配合,呈现良性耦合的发展趋势
$C \in (0.8, 1]$	高耦合	GEP 和经济发展之间良性耦合增强,并向协调有序方向发展

表 8 GEP 与经济发展耦合协调度类型

耦合协调度范围	协调等级	耦合协调程度
$D \in (0.0 \sim 0.2]$	1	严重失调
$D \in (0.2 \sim 0.4]$	2	中度失调
$D \in (0.4 \sim 0.6]$	3	轻度失调
$D \in (0.6 \sim 0.8]$	4	协调
$D \in (0.8 \sim 1.0]$	5	非常协调

表 9 GEP 与经济发展相对发展度类型

相对发展度范围	发展类型	特征描述
$F \in [0, 1]$	生态滞后	生态系统的恢复落后于人类或经济活动对其造成的破坏
$F \in (1, 2]$	相对平衡	生态系统与经济协同发展
$F \in (2, +\infty)$	经济滞后	经济发展低于生态系统发展水平

### 3.2.3 GEP 与区域经济耦合协调分析

根据耦合度、耦合协调度、相对发展度模型,对光明区各街道 2020 年的 GEP 和经济发展综合指数进行计算,计算结果如表 10 所示。从耦合度来看,除了公明街道处于低耦合期、马田街道处于磨合期,其他四个街道均处于高耦合期,这表明光明区 GEP 和区域经济系统之间

的联系较为紧密;从耦合协调度来看,新湖街道协调度最高,其次为光明街道,其他四个街道均失调,这表明光明区GEP与经济系统协同发展作用不明显;从相对发展度来看,除公明街道经济滞后、马田街道生态滞后外,其他四个街道均生态平衡,这表明GEP与经济系统发展较为同步。总的来看,光明区各街道在GEP与区域经济耦合程度上由大到小排序依次为:新湖街道、光明街道、凤凰街道、玉塘街道、马田街道、公明街道,这与光明区生态资源禀赋和经济发展水

平是一致的。光明区主要生态系统分布在新湖街道、光明街道,少部分生态系统分布在凤凰街道和玉塘街道,仅有少量生态系统分布在公明街道和马田街道;从光明区的经济发展重心来看,新湖街道属于光明科学城核心区域,光明街道属于中心区发展区域,凤凰街道属于凤凰城发展区域,而公明街道、马田街道属于光明区老城区,人口众多,是光明区工业企业主要集聚区,其区域内工业企业数占全区工业企业总数的一半。

表 10 光明区各街道 2020 年 GEP 和经济发展耦合度计算表

街道	GEP 综合指数	经济发展综合指数	耦合度	耦合协调度	相对发展度	耦合协调等级	耦合协调度	发展类型
光明街道	0.520	0.490	1.000	0.710	1.061	4	协调	生态平衡
公明街道	0.240	0.001	0.129	0.124	240.000	1	严重失调	经济滞后
新湖街道	0.970	0.936	1.000	0.976	1.036	5	非常协调	生态平衡
凤凰街道	0.153	0.100	0.978	0.352	1.530	2	中度失调	生态平衡
玉塘街道	0.105	0.058	0.958	0.279	1.810	2	中度失调	生态平衡
马田街道	0.014	0.068	0.753	0.176	0.206	1	严重失调	生态滞后

### 3.3 GEP 提升对策建议

从光明区各街道 2020 年 GEP 和经济发展耦合度来看,生态资源禀赋是关键影响因素,因此各街道要在城市中加大绿地面积,打通生态廊道和生态断点,全力保障各类生态用地不被侵占。对于光明街道、新湖街道这类生态资源禀赋较大的地区,要合理开发生态旅游、绿色农产品等,以确保生态系统服务供给为前提,促进区域经济绿色发展;对于凤凰街道、玉塘街道、公明街道、马田街道这类生态资源禀赋一般的区域,要着重保护森林、湿地、农田等生态系统 GEP 高的生态资源类型,推进生态系统与经济发展协调发展、高质量发展。具体建议如下:

(1) 光明区生态系统物质供给产品呈现鲜明的地方特色,继续打造“光明三宝”等农产品品牌标识和品牌设计规划,形成全区统一的农产品品牌标识和品牌宣传模式,以提升品牌影响力,将生态资源优势更快转化为物质产品价值。

(2) 推进光明森林公园、观澜森林公园扩建和公明森林公园建设等工程,重点恢复有林地,改

造低效人工林,开展中幼林抚育;推进光明湖水源涵养林建设,增强水源涵养功能;因地制宜,分类开展废弃采石场生态修复,开展田寮采石场和盲婆坑石场生态修复;推进楼村水、新陂头河重要河流蓝绿通廊畅通工程以及新陂头南湿地、东坑水湿地、鹅颈水湿地三处生态湿地建设;建设生态廊桥,重点打通观光路、松柏路、根玉路、公常路、观光路 5 处城市生态断点。

(3) 以光明小镇为核心,以全域旅游精品线路为抓手,着力推动 A 级旅游景区、特色旅游住宿、特色旅游餐饮等建设,形成以“农业+旅游”“体育+旅游”“文化+旅游”为主的产业链,促进多要素融合发展。

## 4 讨论

目前,国内关于 GEP 的研究对象主要集中在大尺度范围或大城市,对区或街道级的 GEP 研究较少。本研究以区和街道为研究范围,在深圳市生态产品总值核算技术规范基础上作了部分调整和改进,创新加入了生产负离子、产生

氧气、面源污染控制等体现生态环境效益以及环境质量改善的量化指标,旨在更好体现城市生态系统的作用以及人为干预对生态环境质量改善的积极影响,同时也能够反映基层生态环境治理工作所取得成效。此外,在更大尺度范围或在大城市、街道级 GEP 核算的数据获取难度更大,核算指标选取存在局限性;同时部分指标有多种核算方法,受研究区域的限制,本研究只选取了一种核算方法,然而这种方法未必是最优的方法,这就导致核算结果不一定完全反映研究区域生态产品总值。为使 GEP 核算更具有科学性、合理性和准确性,需从以下几个方面着手改进:(1) 构建街道级 GEP 基础数据调查统计体系和数据库;(2) 开展 GEP 核算方法研究,将经济学、统计学思维纳入价格体系研究,实现不同生态系统、不同环境质量条件下的差异化定价;(3) 建立 GEP 长效核算机制,推动 GEP 核算结果不断趋近反映真实 GEP。

本文深入研究了光明区各街道 GEP 与经济发展之间的耦合关联。总体而言,光明区生态环境与经济发展呈现出较高度协调的态势,这与光明区致力于打造世界一流生态科学城的战略定位契合。在光明区各街道中,新湖街道和光明街道的生态环境与经济发展协调程度最高,主要是因为这两个街道的生态资源极为丰富,光明农场、大顶岭森林公园、虹桥公园、光明湖等诸多优质生态资源皆汇聚于此。丰富的生态资源不仅没有对当地经济发展造成阻碍,反而成为吸引光明科学城落地布局的关键因素,有力推动了区域经济的快速发展。由此可见,精准有效运用“GEP”这一关键要素,对于经济发展具有促进作用,是实现生态环境保护与经济高质量发展双赢的有力抓手。

#### 参考文献:

- [1] CAO B Y, MA S Q, CAO H H. Ecosystem Assessment and Fuzzy Systems Management[M]. Springer, 2014.
- [2] 欧阳志云,朱春全,杨广斌,等.生态系统生产总值核算:概念、核算方法与案例研究[J].生态学报,2013,33(21): 6747-6761.
- [3] 宋昌素,欧阳志云.面向生态效益评估的生态系统生产总值 GEP 核算研究——以青海省为例[J].生态学报,2020,40(10): 3207-3217.
- [4] 杨渺,肖焱,欧阳志云,等.四川省生态系统生产总值(GEP)的调节服务价值核算[J].西南民族大学学报(自然科学版),2019,45(03): 221-232.
- [5] 白杨,李晖,王晓媛,等.云南省生态资产与生态系统生产总值核算体系研究[J].自然资源学报,2017,32(07): 1100-1112.
- [6] 范振林,李维明.生态产品价值实现机制研究——以贵州省为例[J].河北地质大学学报,2020,43(03): 82-90.
- [7] 欧阳志云,林亦晴,宋昌素.生态系统生产总值(GEP)核算研究——以浙江省丽水市为例[J].环境与可持续发展,2020,45(06): 80-85.
- [8] 邓娇娇,常璐,张月,等.福州市生态系统生产总值核算[J].应用生态学报,2021,32(11): 3835-3844.
- [9] 陶星名,田光明,王宇峰,等.杭州市生态系统服务价值分析[J].经济地理,2006(04): 665-668.
- [10] OUYANG Z Y, SONG C, ZHENG H, et al. Using gross ecosystem product (GEP) to value nature in decision making[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2020, 117(25): 14593-14601.
- [11] PACETH T, LOMPI M, PANZA G, et al. Gross Ecosystem Product as a Measure of Natural Capital Value: An Italian Experience[J]. Earth Systems and Environment, 2024: 1-19.
- [12] 叶有华.“城市 GEP”的盐田实践[J].决策,2015(06): 52-53.
- [13] 深圳市市场和质量监督管理委员会.深圳市市场和质量监督管理委员会关于发布盐田区城市生态系统生产总值(GEP)核算技术规范的通知[Z/OL].(2018-12-10). https://amr.sz.gov.cn/szsscjdgljwzgm/szsscjdgljwzgm/zt/tzgg/content/post\_5418125.html.
- [14] 陈礼,李思诗,孙芳芳.特定地域单元的生态系统生产总值核算与“两山”转化实践路径探索——以深圳市龙华区为例[J].环境保护与循环经济,2022,42(12): 40-48.
- [15] 于淼,金海珍,李强,等.呈贡区生态系统生产总值(GEP)核算研究[J].西部林业科学,2020,49(03): 41-48+55.
- [16] 庄凯,许瑞臣,罗焜宇,等.三明市生态产品价值(GEP)核算及生态功能分区保护策略研究[J].环境保护科学,2024,50(03): 34-41+52.
- [17] WANG L Y, SU K, JIANG X B, et al. Measuring Gross Ecosystem Product (GEP) in Guangxi, China, from 2005 to 2020[J]. Land, 2022, 11(8): 1213-1213.
- [18] 李义龙.生态-经济协调发展视角下的重庆市渝北区土地利

- 用变化及模拟研究[D].重庆市:西南大学,2019.
- [19] 薛明月.黄河流域经济发展与生态环境耦合协调的时空格局研究[J].世界地理研究,2022,31(06):1261-1272.
- [20] 韩增林,赵启行,赵东霞,等.2000—2015年东北地区县域人口与经济耦合协调演变及空间差异——以辽宁省为例[J].地理研究,2019,38(12):3025-3037.
- [21] 杨雅楠,阿里木江·卡斯木.“一带一路”背景下新疆城镇交通优势度与区域经济发展水平的关系分析[J].干旱区地理,2017,40(03):680-691.
- [22] 甘浪雄,张怀志,卢天赋,等.基于熵权法的水上交通安全因素[J].中国航海,2021,44(02):53-58.
- [23] 张振,张以晨,张继权,等.基于熵权法和TOPSIS模型的城市韧性评估——以长春市为例[J].灾害学,2023,38(01):213-219.
- [24] ANISSEH M,PIRI F,SHAHRABI MR,et al.Fuzzy extension of TOPSIS model for group decision making under multiple criteria[J].Artificial Intelligence Review,2012,38(4):325-338.
- [25] 董文静,王昌森,张震.山东省乡村振兴与乡村旅游时空耦合研究[J].地理科学,2020,40(04):628-636.
- [26] 李哲.赣南地区生态产品总值(GEP)时空演变及其与区域生态系统耦合协调关系研究[D].南昌市:江西财经大学,2023.
- [27] 孙剑锋,李世泰,纪晓萌,等.山东省文化资源与旅游产业协调发展评价与优化[J].经济地理,2019,39(08):207-215.

## Accounting of Gross Ecosystem Production (GEP) at the Street Level and Its Coupling with Regional Economy: A Case Study of Guangming District, Shenzhen

LIU Song, CHEN Long, SUN Fangfang

(State Environmental Protection Key Laboratory of Drinking Water Source Management and Technology/Shenzhen Academy of Environmental Science, Shenzhen 518001, China)

**Abstract:** This study quantifies the Gross Ecosystem Product (GEP) of Guangming District, Shenzhen and its six subdistricts during 2018—2020 across material provisioning, regulatory services, and cultural services, based on regional current ecological characteristics. Furthermore, it analyzes the coupling coordination relationship between subdistrict-level GEP and regional economy through coupling degree, coupling coordination degree, and relative development index. The results demonstrate that: (1) from 2018 to 2020, the GEP of Guangming District, Shenzhen, increased year by year, with a growth rate of 13.5%, reaching RMB 10.021 billion in 2020; (2) among ecosystem service indicators, the value of regulatory service was the highest, accounting for over 70% of the total, indicating its dominant role in the ecosystem value; (3) from 2018 to 2020, the GEP of all subdistricts in Guangming District, Shenzhen, exhibited an overall upward trend, with the ranking: Xinhui Subdistrict > Guangming Subdistrict > Gongming Subdistrict > Fenghuang Subdistrict > Yutang Subdistrict > Matian Subdistrict; (4) in terms of the coupling degree between GEP and regional economy, the subdistrict ranking was as follows: Xinhui Subdistrict > Guangming Subdistrict > Fenghuang Subdistrict > Yutang Subdistrict > Matian Subdistrict > Gongming Subdistrict, confirming that the linkage between GEP and the regional economic system in Guangming District is relatively close, with synchronous development but insignificant synergistic effects.

**Keywords:** Gross Ecosystem Product (GEP); coupling relation; coupling coordination relationship; Guangming District, Shenzhen

(责任编辑 安祺)