

基于三维福利的城市生态福利强度及驱动模式 ——以长三角地区为例

胡美娟^{1,2}, 李在军³, 丁正山², 周年兴², 秦东丽², 张 彬²

(1. 扬州大学旅游烹饪学院, 扬州 225127; 2. 南京师范大学地理科学学院, 南京 210023;

3. 扬州大学苏中发展研究院, 扬州 225009)

摘要: 基于2000—2017年长三角城市生态消耗和福利水平, 分析生态福利强度时空演化过程及驱动模式。研究发现: 长三角地区城市生态福利强度不断降低, 多以低强度类型为主, 城市生态系统服务的生态效率得以提高; 空间演化上表现为外围地市的生态福利强度低于核心地市, 较低和低强度类型范围呈现由四周向中心地区蔓延态势, 中高强度类型主要分布在资源型、工业密集型地市; 驱动因素中资源消耗效应、技术效应及福利效应对城市生态福利强度表现为显著的正向驱动效应, 效率效应和经济效应的增强导致城市生态福利强度的降低, 环境消耗效应和规模效应驱动作用不显著。据此, 城市福利生态强度的驱动模式可划分为单因素支配型、双因素主导型、三因素协同型及四因素均衡型。

关键词: 生态福利强度; 三维福利; 驱动模式; 长三角城市

可持续经济学认为经济系统是生态系统的子系统, 经济增长只是实现人类福利提升的中介手段, 生态系统是为人类提供服务和效用的物质基础和保障^[1,2], 如何权衡生态环境、人类福利和经济发展之间的关系是可持续发展的新挑战。随着工业化、城镇化的快速发展, 我国经济发展取得了举世瞩目的成就, 但也因此付出了巨大的生态代价和环境成本, 城市面临着生态系统退化、资源短缺、环境污染等诸多问题, 极大制约了城市经济社会的可持续发展, 进入“高经济增长、低福利增长”的尴尬局面。生态福利是衡量可持续发展能力、生态系统服务与人类福利关系的有效工具, 有效融合经济、社会、环境三大系统, 为城市可持续发展提供新的研究视域。

联合国环境规划署等国际组织共同发布的《千年生态系统评估》是全球首次针对生态系统与人类福利的研究^[3]。随着生态系统与人类福利之间关系的演进, 国内外学者相继展开这方面的研究, 主要集中在三个方面: (1) 生态系统与人类福利的关系。生态系统和社会福利研究的基本框架包含生态系统、社会系统、驱动力、人类健康四个方面^[4], 经济系统、生态系统、社会系统三大系统之间相互作用、相互影响^[5]。生态福利是福利内涵的外延与生态运动普及的结果, 是人与自然、社会和谐发展理念的延伸^[6], 可用生态资源的始端输入与社会福利终端输出进行衡量^[7], 人类福利水平的变化不仅会影响经济发展, 还会影响人类对生态系统的利用方式, 进而反作用于生态系统促进其服务功能的转化^[8]。

收稿日期: 2019-05-30; 修订日期: 2019-08-26

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41671140, 41871141); 江苏省江苏省研究生科研创新计划项目 (KYCX19_0763)

作者简介: 胡美娟 (1991-), 女, 湖北黄冈人, 博士, 讲师, 研究方向为生态经济与区域发展。

E-mail: humeijuan156@163.com

通讯作者: 丁正山 (1967-), 男, 江苏南京人, 博士, 教授, 研究方向为旅游经济与管理。

E-mail: dingzhengshan@263.net

(2) 生态福利绩效研究。Daly^[9]基于稳态经济理论最早提出通过计算单位自然消耗所带来的福利水平提升进行评估各国可持续发展状况,生态福利的量化大多以社会福利的价值量同生态资源消耗的实物量比值表征。为区别新古典经济学中的效率概念,诸大建等^[10]提出了生态福利绩效概念,即人类将自然消耗(吞吐量)转化为福利水平的能力和效率,为其他学者对生态福利绩效内涵、评价指标选取及区域差异等研究提供借鉴^[11,12]。

(3) 人类福利的生态强度研究。Dietz等^[13]在生态福利绩效基础上提出人类福利的生态强度(Ecological Intensity of Well-being, EIWB),EIWB是环境压力指标(如生态足迹或温室气体排放)与人类福利指标(通常是出生时的预期寿命)的比值。Andrew等^[14]从经济增长与人类福利的生态强度视角出发,比较了经济增长对发达与欠发达国家人类福利生态强度的影响,发现自20世纪70年代以来经济增长对欠发达国家的生态强度影响较小。其他学者以能源消耗或碳排放反映环境压力,从时空动态视角分析中欧和东欧国家经济发展与人类福祉的能源强度关系,发现大多数国家能源强度均呈现下降趋势,能源效率不断提高,EIWB与经济发展保持良性可持续发展状态^[15];发达国家碳强度相较其他地区较高且保持稳定,经济发展致使碳排放成本不断增加;发展中国家经济发展对碳强度具有显著的正向影响^[16]。总体来看,针对生态福利的研究已取得一定成果,但仍存在以下不足:(1)生态福利作为评估可持续发展能力的有效工具,其理论研究基础及概念体系尚且薄弱,限制了生态福利研究内容和深度;(2)现有研究主要针对全球、国家等大尺度间的对比分析和验证,缺乏对中微观如城市尺度的研究,鲜有探究生态福利时空动态演化路径、规律及内在影响机理;(3)生态福利水平的测度关键在于指标体系,已有研究对人类福利的生态强度计算往往采用单一指标,难以准确地反映人类福利的综合水平和环境压力,如何确定科学、全面与合理的指标体系是生态福利量化研究的重要方面。

长三角地区作为我国城镇化发展速度最快、工业最发达的地区之一,城市资源环境压力已高负荷于生态环境承载力,经济增长与生态环境系统矛盾日益尖锐,严重影响了居民福利指数的提高。如何实现城市经济、社会及生态系统的协同并进是区域可持续发展的重要举措。鉴于此,本文以长三角地区41座城市为例,基于生态福利理论,从经济、社会及环境维度构建福利水平评价指标体系,分析城市生态福利强度时空演化特征及驱动模式,旨在为减轻自然资本消耗速度,有效提高城市生态福利提供参考与借鉴。

1 研究方法 with 数据来源

1.1 生态福利内涵

从广义上看,生态福利是由生态系统服务通过一系列的自然资源分配、生产、消费、调控、管理等环节最终给人类带来的满足、效用和享受程度;生态系统服务是人类福利产生的来源,通过自然资源消耗转化为可以用货币衡量的价值量,实现人类自身需求和享受,并可根据相应的生态环境政策对生态系统服务功能和内容加以调整,以满足不同群体的需求和主观幸福感,涵盖了经济、社会、环境三个维度,核心思想在于尽可能地降低经济增长给生态环境带来的负面效应,实现自然资本和生态损耗的最小化与人类福利水平的持续优化(图1)。生态系统是人类生存和发展的重要物质依托,经济系统是生态系统的子系统,其“源”与“汇”依赖于生态系统^[17];经济系统的运转需要从生态系统中获取低熵的物质和能量,并向生态系统排放高熵的废弃物;低熵的物质和能量

是经济增长的源泉^[18]，经济的增长在改善人们生活条件、生活质量、医疗卫生、教育水平、社会保障等民生方面发挥了重要的作用，提升居民社会福利水平；环境福利泛指人们周边的生态环境，新鲜的空气、干净的水源、美丽的风景、宜人的气候、环境质量、绿化建设等方面带来的效用。从狭义内涵看，生态福利是大自然给人类提供的、未经过人类改造过的自然

风景，包括清新的空气、无污染的水源、未破坏的绿色风景、生活的气候环境、森林草地资源等提供的绿色福利，侧重绿色生活生态环境带来的效用和主观感受。由此可见，狭义的生态福利由于将生态系统与经济、社会系统和可持续经济学理论相对立，与城市经济社会发展的复杂巨系统亦不匹配，故本文基于可持续发展经济学理论和广义的生态福利内涵展开研究。

1.2 生态福利强度内涵及表征

城市福利水平的高低可用绝对量和相对量表示，绝对量以福利水平表征，相对量采用单位福利水平产出需要的生态消耗量表征。Dietz等^[13]将其定义为人类福利的生态强度，以每单位人类福利对环境造成的压力表征福利的生态强度（*EIWB*）。而人类福祉的生态强度与经济发展关系联结密切，具有一定实践指导价值（蕴含着潜在的政策指示）。若经济发展有利于人类福祉的生态强度降低，说明经济增长是可持续的；若经济增长对人类福祉的生态强度的降低作用不显著，唯有通过制定相关政策维系经济增长才能更好地促进环境保护；若经济增长导致人类福祉的生态强度的增加，此时社会经济发展政策对可持续发展是不利的，必须重新制定新的发展政策抵消经济增长对环境造成的伤害^[15,19]。本文将人类福利的生态强度称之为生态福利强度，用于反映单位福利水平产出所需消耗自然资源与沉降经济活动造成的环境污染物的水平，刻画了福利水平的产出效率，属于逆向指标，生态强度越大，城市生态福利效率则越低。公式如下：

$$EIWB = \frac{EC}{WL} = \frac{\sqrt{RC \times EP}}{\sqrt[3]{WL_{eco} \times WL_{soc} \times WL_{env}}} \quad (1)$$

$$EIWB_i = \frac{EC}{WL_i} \quad (2)$$

式中：*EIWB* 表示总体生态福利强度；*EC* 表示生态消耗（Ecological Consumption）；*WL* 表示福利水平（Well-being Level）；*RC* 表示资源消耗（Resource Consumption）；*EP* 表示环境污染（Environment Pollution）；*WL_{eco}*、*WL_{soc}*、*WL_{env}* 分别表示经济、社会、环境维度的福利水平；*EIWB_i* 表示不同维度的福利强度；*i* 表示维度。

1.3 评估体系构建

1.3.1 城市生态消耗指标的选取

生态福利强度实质是实现单位福利产出的生态消耗最小化，是联结经济、社会及生态三大系统的纽带，是可持续发展评价的有效手段。生态足迹是表征自然消耗状况的常用指标^[11,13]，环境压力、能源消费量、碳排放量、污染综合消耗指数等指标也被用于表征资源环境消耗的程度^[14-16,20]。借鉴已有研究成果，根据区域发展实际情况，从城市资源消耗与环境污染排放两方面综合评价生态消耗水平（表1）。为保证测度结果的准确性，预

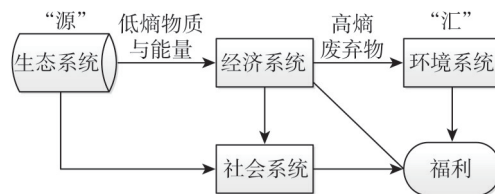


图1 生态系统与人类福利的关系

Fig. 1 Relationship between ecosystem and human well-being

表1 生态消耗评价指标

Table 1 The evaluation index of ecological consumption

一级指标	二级指标	三级指标
资源消耗 (RC)	土地资源消耗	人均建成区面积
	水资源消耗	人均用水量
	能源资源消耗	人均能源消费量
	人力资源消耗	全社会就业率
环境污染 (EP)	废水排放量	人均工业废水排放量、人均生活污水排放量
	废气排放量	人均二氧化硫排放量、人均氮氧化物排放量、人均烟粉尘排放量
	固体废弃物产生量	人均工业固体废弃物产生量、人均城市生活垃圾清运量

先采用熵值TOPSIS综合评价法对“三废”排放子指标进行降维处理,得到资源消耗和环境污染水平综合评价值。为便于分析,将资源消耗与环境污染统称为生态消耗。

1.3.2 城市福利水平评价指标的选取

对于福利的评价和衡量,存在主观福利和客观福利之别。主观福利基于个人感知视角测度居民主观感受认知评价,易受到个人主观意识影响存在误差^[21,22];伴随幸福和福利认知的发展,福利测度指数也趋于完善发展,客观福利评价主要有四类:一是基于GDP的经济福利及改进指标(如净经济福利^[23]、可持续经济福利指数^[24]、真实发展指标^[25]等),二是基于生活满意度的社会福利指标(如物质生活质量指数^[26]、社会进步指数^[27]及幸福指数^[28]等),三是基于多维度的复合指标(如人类发展指数^[29]、强HSDI和弱HSDI^[30]、人类绿色发展指数^[31]等),四是选取重要指标构建评价体系,包括住房、闲暇、收入、消费、生活质量、生态环境等方面^[32,33]。结合城市发展实际与数据可获取性,本文基于森的功能——能力分析法,从经济、社会及环境三维视角复合评价城市社会经济发展福利,从收入、消费、医疗、教育、社会保障、就业、基础设施服务、生态建设及环境治理方面构建评价体系(表2)。

1.4 LMDI分解

采用Kaya恒等式研究长三角城市生态福利强度与经济、技术、资源消耗等方面的关系,为识别各分解因素的贡献差异,借鉴相关研究^[34,35],采取平方法将Kaya等式扩展为:

$$w = EIWB^2 = \left(\frac{EC}{WL} \right)^2 = \frac{RC}{WL} \times \frac{EP}{WL} \times \frac{WL}{EC} \times \frac{EC}{GDP} \times \frac{GDP}{P} \times P \times \frac{1}{WL} \quad (3)$$

$$= a \times b \times c \times d \times e \times f \times g$$

式中: w 为扩展的Kaya恒等式分解后的必然结果; GDP 为地区生产总值(亿元); P 为城市人口规模(万人); $a = \frac{RC}{WL}$ 为资源消耗强度指数; $b = \frac{EP}{WL}$ 为环境污染强度指数; $c = \frac{WL}{EC}$ 为生态福利产出效率; $d = \frac{EC}{GDP}$ 为单位GDP产出的生态消耗量,表示技术创新水平; $e = \frac{GDP}{P}$ 为经济发展水平(元); $f = P$ 为城市人口规模(万人); $g = \frac{1}{WL}$ 为福利水平的倒数,表示福利效应。

采用对数平均迪氏分解法(LMDI)探讨城市生态福利强度与资源消耗强度、环境污染强度、福利效率、技术创新、经济发展、城市规模、福利水平之间的作用关系。根据LMDI模型,生态福利强度由基期至第 t 年变化的总效应 Δw 为:

表2 城市福利水平评价指标体系

Table 2 Urban welfare level evaluation index system

一级指标	二级指标	三级指标
经济福利 (B1)	经济水平 (C1)	人均GDP (D1)、城镇居民人均可支配收入 (D2)、农村居民人均纯收入 (D3)、人均财政收入 (D4)、人均固定资产投资 (D5)、职工平均工资 (D6)、人均储蓄额 (D7)
	经济活力 (C2)	城镇居民人均消费水平 (D8)、农村居民人均消费水平 (D9)、城镇居民恩格尔系数* (D10)、农村居民恩格尔系数* (D11)、居民消费价格指数* (D12)、居住价格指数* (D13)、固定资产投资占GDP比例 (D14)
社会福利 (B2)	医疗服务 (C3)	卫生事业投入增长率 (D15)、每万人拥有医生数 (D16)、每万人拥有医院数 (D17)、每万人拥有医院床位数 (D18)
	教育水平 (C4)	平均受教育年限 (D19)、全社会识字率 (D20)
	社会保障 (C5)	基本医疗参保率 (D21)、最低生活保障率 (D22)
	就业水平 (C6)	全社会就业率 (D23)、城镇登记失业率* (D24)
	基础设施服务 (C7)	人均拥有道路面积 (D25)、每万人拥有公交车数 (D26)、城镇居民人均住房建筑面积 (D27)、农村居民人均住房建筑面积 (D28)、互联网普及率 (D29)、每万人拥有公共厕所数 (D30)、社会公共服务财政支出比例 (D31)、千人拥有图书馆数 (D32)
环境福利 (B3)	生态建设 (C8)	建成区绿化覆盖率 (D33)、人均公园绿地面积 (D34)、森林覆盖率 (D35)、万人拥有公园数 (D36)
	环境质量 (C9)	空气质量优良率 (D37)、环保治理投资比例 (D38)、工业废水排放达标率 (D39)、工业固体废物综合利用率 (D40)、生活垃圾无害化处理率 (D41)、城市节约用水重复利用率 (D42)

注：带*号为负向指标。

$$\begin{aligned}
 \Delta w &= w_t - w_0 = A + B + C + D + E + F + G \\
 &= \frac{w_t - w_0}{\ln w_t - \ln w_0} \times \ln \frac{a_t}{a_0} + \frac{w_t - w_0}{\ln w_t - \ln w_0} \times \ln \frac{b_t}{b_0} + \frac{w_t - w_0}{\ln w_t - \ln w_0} \times \ln \frac{c_t}{c_0} \\
 &\quad + \frac{w_t - w_0}{\ln w_t - \ln w_0} \times \ln \frac{d_t}{d_0} + \frac{w_t - w_0}{\ln w_t - \ln w_0} \times \ln \frac{e_t}{e_0} + \frac{w_t - w_0}{\ln w_t - \ln w_0} \times \ln \frac{f_t}{f_0} \\
 &\quad + \frac{w_t - w_0}{\ln w_t - \ln w_0} \times \ln \frac{g_t}{g_0}
 \end{aligned} \quad (4)$$

式中： A 为资源消耗效应； B 为环境污染效应； C 为效率效应； D 为技术效应； E 为经济效应； F 为规模效应； G 为福利效应； w_t 为 t 年生态福利强度值； w_0 为基期生态福利强度值； $\frac{a_t}{a_0}$ 为资源消耗强度变化量； $\frac{b_t}{b_0}$ 为环境污染强度变化量； $\frac{c_t}{c_0}$ 为生态福利产出效率变化量； $\frac{d_t}{d_0}$ 为技术创新变化量； $\frac{e_t}{e_0}$ 为经济发展变化量； $\frac{f_t}{f_0}$ 为人口规模变化量； $\frac{g_t}{g_0}$ 为福利效应变化量。

1.5 数据来源与处理

本文将长三角的地域范围界定上海市、江苏省、浙江省、安徽省的41座城市。基于经济发展阶段性与数据获取性将研究时段界定为2000—2017年，评价指标体系中的数据

主要来源于各地市统计年鉴(2001—2018年)、《上海市统计年鉴》(2001—2018年)、《浙江省统计年鉴》(2001—2018年)、《江苏省统计年鉴》(2001—2018年)、《安徽省统计年鉴》(2001—2018年)、《中国城市统计年鉴》(2001—2018年)、《中国环境统计年鉴》(2001—2018年)、2000—2017年各城市国民经济与社会发展统计公报及城市卫生统计公报和统计官网。为了消除质点极差对结果的影响,各指标均采用人均、地均值或占比进行表征,人均值以常驻人口为换算基础,经济数据如GDP、消费、收入等数据皆以2000年为基期进行转换。关于指标处理,全社会就业率根据全社会就业人员与常住人口的比率计算得出;人均受教育年限(AEY)参考联合国开发计划署(UNDP)《人类发展报告》中的计算方法进行表征^[6]: $AEY = (6 \times P_1 + 9 \times P_2 + 12 \times P_3 + 16 \times P_4) / (P_1 + P_2 + P_3 + P_4)$, 其中, P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 分别表示小学、初中、高中、大学在校生数。此外,针对个别指标的年际缺失,以SPSS插值法和外推法估计获得。

2 结果分析

2.1 长三角城市生态福利强度评价

考虑到福利水平评价指标之间存在的共线性可能会影响到测度结果的精确度,故借助主成分分析法分别对经济福利、社会福利、环境福利指标体系进行相关性系数检验,并提取公因子。具体操作如下:首先,以极差标准化法分别对正向和负向指标进行标准化处理;其次,采用SPSS 25.0软件分别对经济、社会、环境维度子指标进行KMO和Bartlett球体检验,KMO值分别为0.922、0.79、0.754,均大于0.7,Bartlett球体检验的Sig值均通过显著性检验,说明指标之间存在相关关系,大部分信息能够被公因子提取,适合提取公因子;按照特征值大于1原则,分别提取2个、4个、4个公因子,总方差解释分别为86.238%、81.794%、80.474%,以此测算出经济、社会、环境维度的福利得分,针对得分出现为负值情况,采用最小—最大规范化方法映射至0~1区间;最后,按照式(1)和式(2)计算得到各城市人类福利的生态强度综合值及经济、社会、环境维度值,进行分析和绘制。为了便于城市之间、不同维度之间的横向和纵向对比,选取2000年、2009年、2017年三个时间节点,将生态强度值按照从高到低依次分为高强度($EIWB > 0.8$)、较高强度($0.6 < EIWB \leq 0.8$)、中等强度($0.4 < EIWB \leq 0.6$)、较低强度($0.2 < EIWB \leq 0.4$)、低强度($EIWB \leq 0.2$)五个等级(图2),以此考察长三角地区城市生态福利强度时空演化过程。

整体来看,长三角地区城市生态福利强度持续降低,中高强度类型范围逐渐缩小,大部分城市以低、较低强度类型为主(图2a)。2000年,较低和低强度类型分别占比43.90%、17.07%,主要分布在经济欠发达的周边城市;而经济发达的核心城市则以中高强度类型为主导,尤其是南京、马鞍山、铜陵、淮南四市的生态福利强度最高,处于第一梯队;上海、无锡、镇江处于较高强度类型,主要是由于自然资源的过度消耗和粗放利用方式导致这些地区一直处于高生态强度、低福利产出模式。2009年,较低和低强度类型范围进一步扩大,占比82.93%,其中较低强度类型呈现更加紧凑的团块状蔓延至全区,低强度类型则退居全区的边缘地市,其中上海、南京从较高、高强度类型过渡到较低强度类型,生产技术的改进有效降低了生态消耗;而马鞍山、铜陵、淮南三市仍处于全区的最高强度水平,镇江、常州、无锡、淮北四地处于中等强度类型,生态强度降

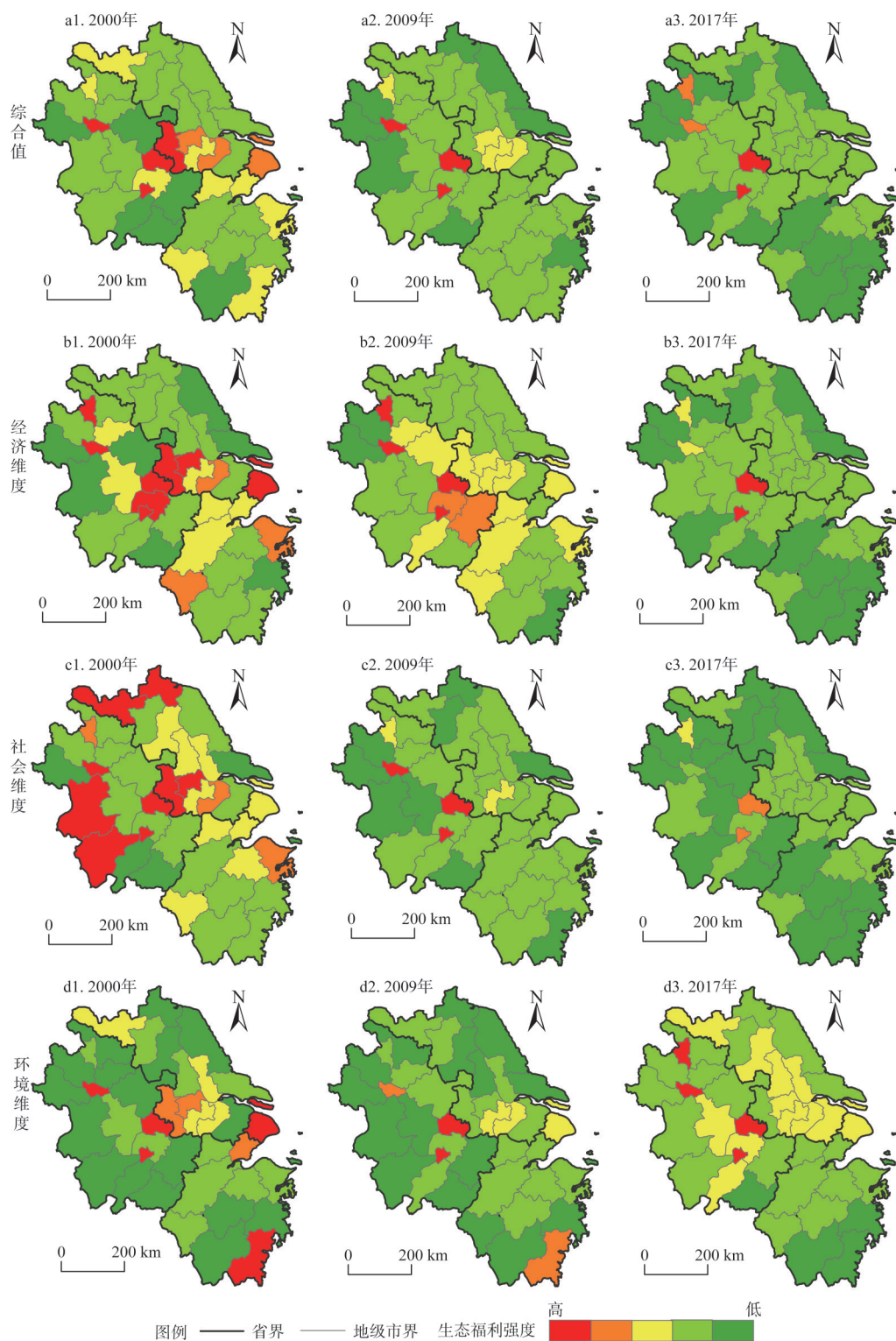


图2 城市生态福利强度空间分布格局

Fig. 2 Spatial distribution pattern of ecological intensity of urban well-being

幅较小。2017年,全区南、北部城市聚集形成低强度片区,占据31.71%,较低强度类型则主要分布区域中部地区,除安徽省马鞍山、铜陵、淮南、淮北四市外均被低强度、较低强度类型所覆盖,形成较低、低强度类型主导格局。从转移方式来看,大多数城市均不断从高、较高强度转化为较低、低强度类型。2000—2009年,以递次转移方式从高强度转化为低强度的城市占全区的36.59%,跨次转移占4.88%,保持不变占48.78%,其中丽水、池州、宣城、滁州等市发生了逆向转移。2009—2017年,31.71%的城市福利生态强度实现了降低的递次转移方式,连云港、南通、六安三市则出现了向较低强度类型转移现象,其生态强度出现了提高,其他则为不发生转移类型区域。由此可见,大部分城市福利的生态强度均实现了不同程度的降低,福利水平每提高一个百分点需要消耗的自然资本减少,生态系统服务的效率日益提高。

从城市福利的经济维度来看,全区经济福利强度以较低、低强度类型为主,尤其是较低强度占据主导(图2b)。2000年,高强度、较高强度、中等强度区域分别占比19.51%、7.32%、14.63%,主要分布在上海、南京、杭州湾及合肥都市圈等核心城市,较高强度和中等强度区类型则镶嵌在高强度类型区外围地区,较低及低强度区占据58.54%,主要位于浙南、苏北、皖西地区。2009年,高强度及较高强度类型则转化为中低强度类型,中低强度区数量急剧增加,占全区85.37%,成为主要类型区,在空间上集中连片分布,大部分经济发达城市过渡到中等强度区范围,在空间上形成旋转90°的“V”字型,将较低强度类型一分为三;而安徽省的重点资源型城市由于生态消耗量过大一直处于较高的强度水平。2017年,全省强度格局发生了较大的改变,大部分中高类型区演化为较低和低强度类型,形成较低、低强度区主导格局,分别占比58.54%、31.71%;中高强度类型区较少,仅限于马鞍山、铜陵、淮北、淮南四地市,表明全省经济福利强度均出现了大幅度的降低,经济发展转化为福利水平的效率高于自然资源消耗增加速度,生态福利效率得以有效提高。

从城市福利的社会维度来看,大多数城市社会福利强度总体呈现由中高强度演化为较低、低强度类型,中高强度类型区数量呈现不断减少,空间范围不断收缩(图2c)。2000年、2009年和2017年低强度类型区依次呈现翻倍式扩张,分别占比12.20%、24.39%、48.78%,空间路径变动较大,分布在核心城市的周边区域;较低强度类型区范围呈现先扩张后收缩格局,从最初的36.59%演化为2009年的63.41%,最后则收缩至长江沿江地市,占比则降为43.90%,与低强度类型共同主导占据着绝对的优势,分布范围大幅度扩大;中高强度类型范围在2000年达到最大,占据全区的48.78%,2009年和2017年分别占比12.20%和7.32%,空间范围急剧收缩至马鞍山、铜陵、淮北等市。表明研究时段内社会福利强度一直处于较低水平且变动不大,社会福利的提升需要消耗的自然资本量较少,医疗健康、教育水平、基础设施建设、就业等社会服务的改善转化为社会福利水平的效率较高。

从城市福利的环境维度来看,不同强度类型区分异格局变动较大,中高强度类型呈现先减少后增加趋势,较低、低强度类型仍为主导类型(图2d)。2000年和2009年的低强度类型范围变化不显著,但在2017年其范围转移至南部区域,主要是因为近年来频频爆发的雾霾事件,空气质量恶化,急剧降低了江苏和安徽地市的环境福利,导致其生态强度有所回升;较低强度类型范围在空间上持续扩张。2000年,中高强度类型区集聚分

布在长江流域沿江工业城市及安徽省资源型城市,其中以上海、南京、镇江、温州、嘉兴、马鞍山、铜陵、淮南等市福利强度较高,自然资本消耗的速度远高于环境福利水平,从而抑制了环境福利效率的提高。2009年,中高强度类型范围的急剧缩小,全区大部分地市环境福利的生态强度有所降低。2017年,中高强度类型区范围进一步趋于集聚分布,分布在安徽省资源型城市及江苏省经济较为发达的地市;而浙江省由于其偏南的位置、山地地形阻挡,环境质量优于江苏地区,加上有限的自然资源、生态环境建设及环保政策措施得力,资源消耗和环境污染程度较小,故其生态强度均值及分维度均值均显著低于全省平均值,各地市环境福利效率显著高于安徽省、江苏省大部分城市。

2.2 长三角城市生态福利强度驱动效应分析

根据式(3)和式(4)对长三角地区2000—2017年生态福利强度影响因素进行分解,由于生态福利强度为逆向指标,故将各因素的相对贡献率取逆,分解结果显示(表3): (1)资源消耗强度(资源消耗/福利)对生态强度的变化起正向驱动效应,均值为80.97,其作用强度逐年增强,年际变化幅度较小。伴随社会经济发展与科学技术进步,资源消耗强度不断降低,资源利用效率提高,单位福利水平的产出需要消耗的资源逐渐减少,有利于促进生态福利强度的降低。(2)环境污染强度(环境消耗/福利)对总体生态强度的作用程度和方向变动较大,均值为7.80,其中在2000—2002年、2012—2013年出现了负向驱动,其余年份均为正向驱动,表明环境污染程度恶化进一步促进了生态福利强度的增加。(3)福利效率效应(福利/自然消耗)对生态福利强度的贡献作用为负向驱动,均值为-16.67,生态福利效率越高,生态强度越低;随着生产技术的革新和社会进步,单位自然消耗产出的福利水平呈现逐年升高,提高了生态福利效率,相反,生态

表3 2000—2017年长三角总体生态福利强度驱动因素的相对贡献率变化

Table 3 Changes in the relative contribution rate of the ecological intensity drivers of urban well-being in Yangtze River Delta from 2000 to 2017

时段/年	资源消耗	环境污染	效率效应	技术效应	经济效应	规模效应	福利效应
2000—2001	23.68	-20.49	-0.91	21.26	-26.73	-1.25	24.36
2001—2002	14.49	-38.55	-2.16	37.08	-58.67	-2.49	4.08
2002—2003	24.81	10.03	-8.52	68.93	-90.49	-1.39	73.54
2003—2004	51.18	27.63	-11.02	118.30	-135.20	-3.32	107.89
2004—2005	60.81	24.95	-2.52	147.28	-165.94	-3.52	121.99
2005—2006	64.18	16.94	-9.59	160.21	-187.47	-4.49	132.74
2006—2007	66.16	13.09	20.87	160.54	-205.88	-5.06	146.31
2007—2008	75.76	1.31	-18.00	173.77	-227.17	-5.85	155.73
2008—2009	91.17	3.89	-12.71	201.18	-246.47	-6.64	157.08
2009—2010	104.94	14.29	-19.72	234.33	-273.74	-6.75	176.01
2010—2011	119.90	5.82	-24.96	263.00	-290.02	-10.89	187.70
2011—2012	118.24	4.66	-27.37	270.41	-301.64	-11.19	187.06
2012—2013	114.34	-5.94	-22.32	312.17	-353.82	-13.31	201.81
2013—2014	118.91	8.86	-28.68	311.71	-355.68	-13.77	207.34
2014—2015	110.26	4.55	-23.77	297.95	-339.76	-13.38	193.45
2015—2016	111.42	19.41	-36.29	307.73	-345.28	-13.25	199.35
2016—2017	106.18	42.09	13.89	518.81	-429.54	-97.23	263.83
均值	80.97	7.80	-16.67	212.04	-237.26	-12.58	149.43

福利强度则出现降低趋势。(4) 技术效应对生态福利强度的相对贡献率作用显著为正, 并呈逐年增强效应, 均值为212.04, 技术创新通过改进生产设备和技术, 提高资源利用效率, 降低污染排放量, 减少环境污染, 从而降低了单位产出的生态消耗量; 研究时段内万元GDP生态消耗量逐渐减低, 驱动了生态福利强度的降低。(5) 经济效应对生态福利强度具有显著的负向驱动作用, 且负向驱动效应日益加剧, 均值为-237.26, 随着工业化、城镇化的快速发展, 经济增长速度加快, 居民收入和消费水平的提高给居民带来更大程度上的物质满足, 整体提高了居民生活质量和满意度; 同时依靠人造资本的积累加强城市基础设施建设和完善民生保障体系, 综合提升了经济福利和社会福利, 从而降低了生态福利强度。(6) 规模效应对生态福利强度影响程度不显著, 均值为-12.58, 城市规模的扩大加大了水、土地、能源资源的总体消耗, 资源约束趋紧和环境污染严重倒逼社会厉行节能减排措施, 降低了人均生态消耗水平, 从而减轻了生态福利强度。(7) 福利效应为福利水平的倒数, 对生态福利强度具有逐年增强的正向驱动作用, 均值为149.43, 研究时段内福利效应呈现逐年下降趋势, 福利效应越强, 福利的生态强度越强。综上所述, 以上7大因素共同驱动了长三角地区福利的生态强度呈现逐年下降趋势, 其中, 资源消耗效应、环境污染效应、技术效应、福利效应因素对区域生态福利强度的变化呈现正向驱动作用, 福利效率效应、经济效应、规模效应的增强促进了生态福利强度的下降。

2.3 长三角城市生态福利强度驱动模式

采用LMDI分解和最小方差法得到城市生态福利强度驱动因素的绝对贡献率 (Absolute Contribution Rate, ACR), 借助 ArcGIS 10.5 软件将贡献率值按照 0~10%、10%~20%、20%~30%、30%以上四个等级进行空间可视化, 以表征不同驱动因素的作用强度 (图3, 由于规模效应值均在 0~4.9%之间, 空间差异不显著, 未进行可视化)。资源消耗效应贡献值大多低于 10%, 高于 10%的地市在空间上呈现无规则的零星分布 (图3a); 环境消耗效应则呈现由东北向西南方向逐渐增强格局, 尤其金华、丽水、黄山、池州、阜阳、滁州等城市效应最显著 (图3b); 效率效应强度较弱, 呈现南高北低格局 (图3c); 技术效应强度值较高, 超过 56%的地市技术效应贡献值高于 20%, 尤以长江流域及浙北地区城市最为显著, 经济发展水平较高的城市强于经济欠发达城市, 整体呈现自东向西逐渐减弱 (图3d); 经济效应的驱动作用最为显著, 除上海、杭州、金华、泰州、常州、徐州、马鞍山等市较低外, 大部分城市经济效应大于 30%, 整体呈现北部高于南部分布态势 (图3e); 福利效应贡献值大多处于 5%~20%之间, 呈现北高南低格局, 尤其盐城、徐州、宿州、六安等市较为显著 (图3f)。

以上分析表明, 不同城市生态福利强度的驱动因素差异较大, 根据驱动因素绝对贡献率大小将 41 座城市划分为单因素支配型 ($\sum_{i=1} ACR_i \geq 50\%$, $i=1$)、双因素主导型 ($\sum_{i=1} ACR_i \geq 80\%$, $i=2$)、三因素协同型 ($\sum_{i=1} ACR_i \geq 75\%$, $i=3$)、四因素均衡型 ($\sum_{i=1} ACR_i \geq 70\%$, $i=4$) 四种驱动模式 (表4)。其中, (1) 单因素支配型中除上海和金华受技术效应和环境污染效应支配外, 其他地市均受到经济发展效应的强驱动影响, 占全区比例为 34.15%, 大部分位于江苏省。以上海市为例, 上海市作为长三角地区最重要的核心城市, 率先进入工业化后期、经济发展迅速、产业结构渐趋优化、技术创新水平较高, 生态强度由 2000 年的 0.74 下降至 2017 年的 0.29, 主要得益于经济发展和技术革

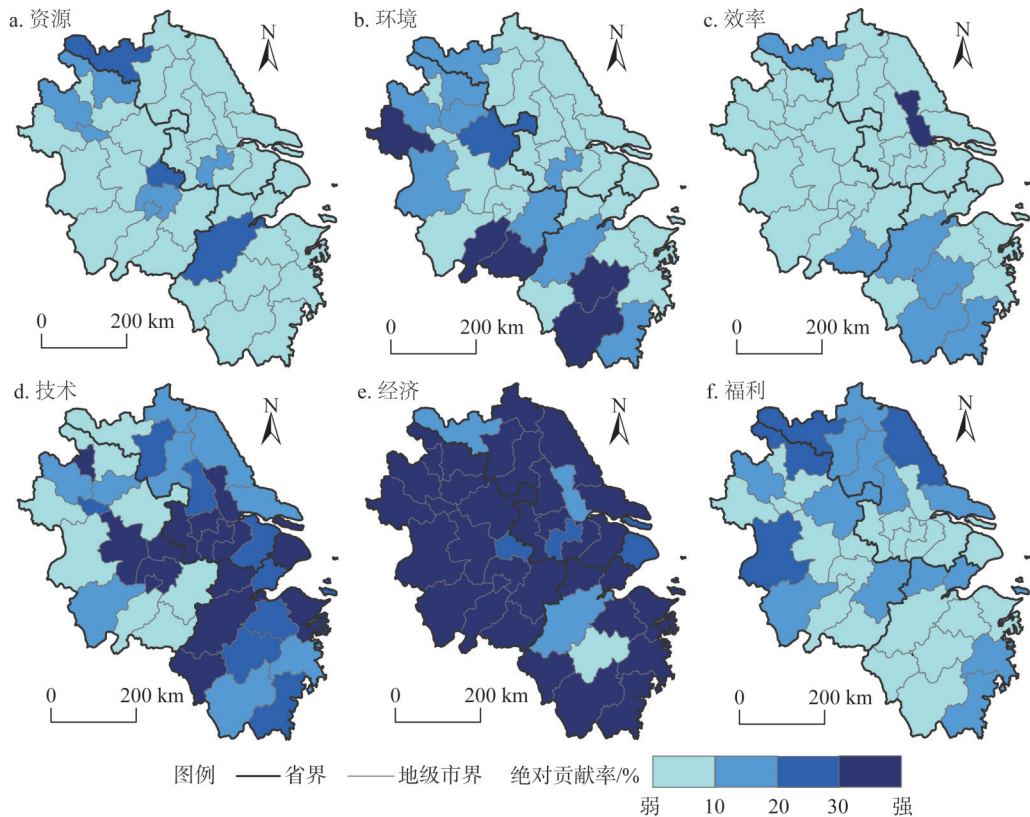


图3 长三角城市生态福利强度驱动因素绝对贡献率空间差异

Fig. 3 Spatial difference of absolute contribution rate of driving factors of urban ecological well-being intensity in Yangtze River Delta

新作用，其贡献率分别达27.03%和51.59%。（2）双因素支配型可分为三类，占比为34.15%。第一类为经济效应和技术效应共同支配，是双因素支配型的典型模式，包括南京、无锡、镇江、宁波、衢州、合肥、芜湖、铜陵、湖州等市，这些城市均为工业发达城市，自然资源消耗较大，主要依靠经济生产效率和技术创新水平提升来降低福利的生态强度，并提高资源利用效率；第二类为经济效应和环境污染效应，包括池州、阜阳

表4 长三角城市生态福利强度驱动模式

Table 4 Driving model of urban ecological intensity of well-being in Yangtze River Delta

类型	城市
单因素支配型	上海 (D)、苏州 (E)、绍兴 (E)、淮北 (E)、蚌埠 (E)、南通 (E)、扬州 (E)、宿迁 (E)、舟山 (E)、盐城 (E)、淮安 (E)、连云港 (E)、安庆 (E)、金华 (B)
双因素主导型	南京 (DE)、无锡 (DE)、镇江 (DE)、宁波 (DE)、衢州 (DE)、合肥 (DE)、芜湖 (DE)、铜陵 (DE)、湖州 (DE)、池州 (BE)、阜阳 (BE)、黄山 (BE)、滁州 (BE)、泰州 (CD)
三因素协同型	常州 (BDE)、嘉兴 (DEG)、台州 (DEG)、亳州 (DEG)、马鞍山 (ADE)、淮南 (ADE)、宣城 (BEG)、六安 (BEG)
四因素协同型	杭州 (BCDE)、丽水 (BCDE)、徐州 (ABCG)、温州 (BDEG)、宿州 (ABEG)

注：字母A~G分别表示资源消耗、环境污染、效率效应、技术效应、经济效应、规模效应、福利效应驱动因素。

市、黄山、滁州,这些城市属于安徽省的非资源型城市,以黄山市为例,受自身资源禀赋和地理区位因素影响,工业化发展动力不足,产业结构偏向服务型特征,经济发展速度快,环境污染小,生态福利强度水平低下;泰州市则为效率效应和技术效应共同驱动,泰州市位于苏中地区,承接苏南产业和功能转移,吸引了发达地区外溢的资本和技术,经济生产效率和技术创新显著提高,驱动了生态福利强度的下降。(3)三因素协同型亦存在四类,占比为19.51%,在空间上呈现零星分布。第一类为技术效应、经济效应和福利效应共同驱动型,以嘉兴、台州、亳州等地市为代表;其次是环境污染效应、技术效应、经济效应三因素驱动型,以常州市为代表;第三类是资源消耗效应、技术效应和经济效应联合推动马鞍山、淮南等资源型城市生态福利强度的降低;第四类则为环境污染效应、经济效应、福利效应驱动型,以宣城、六安等边缘欠发达地市为代表。(4)四因素均衡模式主要包括杭州、丽水、徐州、温州、宿州等市,大多受环境污染效应、效率效应、经济效应、福利效应、技术效应等因素共同影响,各驱动因素的绝对贡献率均不大,趋于均衡化,占全区的比例最小。由此可见,全区城市福利的生态强度变化的驱动模式主要以单因素支配型和双因素主导型为主要类型,以片状、块状分布,而协同型与均衡化驱动模式呈零星分布。

3 结论与讨论

本文从经济、社会、环境三个维度综合评价了长三角地区城市生态福利强度时空演化特征,并在此基础上分析城市总体生态福利强度的驱动因素和作用模式,研究发现:

(1)研究时段内,大部分城市总体生态福利强度及经济维度、社会维度的生态强度值逐渐减少,基本维持在0.4以下,处于较低水平,经济系统和社会系统的服务效率不断改善,经济、社会福利水平逐渐与生态消耗因素趋于脱钩,环境维度的生态强度出现先下降后上升态势;江浙总体强度及经济维强度均值差距不大,但浙江省社会维和环境维的生态强度远低于江苏省;然而,安徽省大部分城市受到资金、产业结构、区位条件、资源陷阱等因素限制,在民生保障及居民收入、消费水平等方面远低于江浙沪三省市,加上其粗放的经济增长方式导致其总体、经济维、社会维的生态福利强度均显著高于江浙沪地区。

(2)资源消耗、环境污染、技术创新、福利水平因素正向驱动了城市生态福利强度的变化,效率效应、经济效应、规模效应的增强促进了生态福利强度的下降,表现为负向驱动作用,驱动模式上以单因素支配型和双因素主导型为主要模式,经济效应是最为核心的驱动因素。

本文再度证实了环境维度的福利降低或停滞现象是导致当前低福利增长困境的重要原因,工业化、城镇化的持续推进使得长三角地区遭遇巨大的污染排放负荷、新型污染物及复合污染物的交叉感染等环境问题,雾霾频发、空气质量严重恶化,对居民生活和健康造成了巨大的危害,降低了居民幸福指数和健康指数。因此需要从环境福利视角出发,有效协同治理环境污染,科学合理利用自然资源,有效提高资源利用效率,加强技术创新和研发,减少高熵废弃物排放量,减轻环境污染对居民生活和健康的危害,破除低福利或福利停滞增长态势,从而整体提高城市经济生产效率和社会服务效率,促进城市可持续发展。

诚如Daly^[9]所说,经济系统是生态系统的子系统,自然消耗是经济增长和福利水平提升的“源泉”,人类社会逐渐进入到自然资本绝对稀缺的“满的世界”。在“空的世界”中,提高福利水平是核心议题,而在当前“满的世界”中,利用有限生态资本创造高福利水平必须要降低单位福利的生态消耗。生态福利强度概念表征了福利水平与生态消耗之间的动态博弈关系,反映了单位福利水平下自然消耗强度高低。而生态福利绩效侧重于人类福利的产出效率,认为人类福利提升是区域发展的终极目标,生态消耗与人类福利水平可同步增长,但人类福利增长速度要快于生态消耗才能保证生态福利绩效的提高,不能保证生态福利绩效提高是否处于生态门槛内。而生态福利强度侧重于福利产出的生态消耗不断降低,将其控制在城市生态门槛以内,为经济、社会发展预留足够的生态空间,减少生态资源的透支,降低人类福祉的生态成本,最终实现生态系统服务的可持续发展,有助于当前城市突破资源短缺、环境污染、生态破坏严重等瓶颈问题,具有现实的政策指导意义。本文借鉴国外研究者研究经验,提出了生态福利强度概念,从时空差异视角进行了一些尝试和创新,以期为区域生态文明、资源节约型、环境友好型社会创建提供一些理论参考和实际指导。目前,国内关于生态福利强度的研究文献尚不多见,加上生态福利概念内涵尚存在争议,限制了对生态福利的深入研究,处于初期的探索研究阶段。未来需要拓宽生态福利研究视域,完善生态福利理论基础实证分析研究,从生态经济学、地理学视角切入,可借助空间分析、数理统计分析法丰富生态福利效率与强度研究内容,从不同尺度上深入分析其演化过程及形成机理,完善福利地理学和生态地理学理论体系。

参考文献(References):

- [1] COSTANZA R, DALY L, FIORAMONTI L, et al. Modelling and measuring sustainable well-being in connection with the UN Sustainable Development Goals. *Ecological Economics*, 2016, 130: 350-355.
- [2] VICTOR P A. Questioning economic growth. *Nature*, 2010, 468(7322): 370-371.
- [3] REID W V, MOONEY H A, CROPPER A, et al. Millennium Ecosystem Assessment Synthesis Report. Washington: Island Press, 2005.
- [4] PARKES M, PANELLI R, WEINSTEIN P. Converging paradigms for environment health theory and practice. *Environmental Health Perspectives*, 2003, 111(5): 669-675.
- [5] 胡鞍钢,周绍杰.绿色发展:功能界定、机制分析与发展战略. *中国人口·资源与环境*, 2014, 24(1): 14-20. [HU A G, ZHOU S J. Green development: Function definition, mechanism analysis and development strategy. *China Population, Resources and Environment*, 2014, 24(1): 14-20.]
- [6] 张军.生态福利观念的兴起与医疗保障模式的转型. *生态经济*, 2009, 25(1): 90-92, 116. [ZHANG J. The rise of the concept of ecological well-being and the transformation of medical security model. *Ecological Economy*, 2009, 25(1): 90-92, 116.]
- [7] 何林,陈欣.基于生态福利的陕西省经济可持续发展研究. *开发研究*, 2011, 27(6): 24-28. [HE L, CHEN X. Research on sustainable economic development of Shanxi province based on ecological well-being. *Research on Development*, 2011, 27(6): 24-28.]
- [8] 郑伟,石洪华,陈尚,等.从福利经济学的角度看生态系统服务功能. *生态经济*, 2006, 21(6): 78-81. [ZHENG W, SHI H H, CHEN S, et al. Perception to ecosystem service function on the view point of welfare economics. *Ecological Economy*, 2006, 21(6): 78-81.]
- [9] DALY H E. *Beyond Growth: The Economics of Sustainable Development*. Boston: Beacon Press, 1996.
- [10] 诸大建,张帅.生态福利绩效及其与经济增长的关系研究. *中国人口·资源与环境*, 2014, 24(9): 59-67. [ZHU D J, ZHANG S. Research on ecological welfare performance and its relationship with economic growth. *China Population, Resources and Environment*, 2014, 24(9): 59-67.]

- [11] 臧漫丹, 诸大建, 刘国平. 生态福利绩效: 概念、内涵及G20实证. 中国人口·资源与环境, 2013, 23(5): 118-124. [ZANG M D, ZHU D J, LIU G P. Ecological well-being performance: Concept, connotation and G20 demonstration. China Population, Resources and Environment, 2013, 23(5): 118-124.]
- [12] 龙亮军, 王霞, 郭兵. 基于改进DEA模型的城市生态福利绩效评价研究: 以我国35个大中城市为例. 自然资源学报, 2017, 32(4): 595-605. [LONG L J, WANG X, GUO B. Evaluation of urban ecological well-being performance based on revised DEA model: A case study of 35 major cities in China. Journal of Natural Resources, 2017, 32(4): 595-605.]
- [13] DIETZ T, JORGENSEN A K. Towards a new view of sustainable development: Human well-being and environmental stress. Environment Research Letters, 2014, 9(3): 1-3.
- [14] ANDREW K, JORGENSEN A K, DIETZ T. Economic growth does not reduce the ecological intensity of human well-being. Sustainability Science, 2015, 10(1): 149-156.
- [15] JORGENSEN A K, ALEKSEYKO A, GIEDRAITIS V. Energy consumption, human well-being, and economic development in Central and Eastern European nations: A cautionary tale of sustainability. Energy Policy, 2014, 66: 419-427.
- [16] JORGENSEN A K. Economic development and the carbon intensity of human well-being. Nature Climate Change, 2014, 4(3): 186-189.
- [17] DODDS S. Towards a "Science of Sustainability": Improving the way ecological economics understands human well-being. Ecological Economics, 1997, 23(2): 95-111.
- [18] DALY H E. A further critique of growth economics. Ecological Economics, 2013, 88: 20-24.
- [19] VERHOFSTADT E, OOTEGEM L V, DEFLOOR B, et al. Linking individual's ecological footprint to their subjective well-being. Ecological Economics, 2016, 127(7): 80-89.
- [20] CONMMON M. Measuring national economic performance without using prices. Ecological Economics, 2007, 64(1): 92-102.
- [21] DIENER E, SCOLLON C N, LUCAS R E. The evolving concept of subjective well-being: The multifaceted nature of happiness. Advances in Cell Aging and Gerontology, 2003, 15(4): 187-219.
- [22] EASTERLIN R A. Explaining happiness. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2003, 100(19): 11176-11183.
- [23] BARR D A. A research protocol to evaluate the effectiveness of public-private partnerships as a mean to improve health and welfare systems worldwide. American Journal of Public Health, 2007, 97(1): 19-25.
- [24] DALY H E, COBB J B. For the Common Good: Redirecting the Economy towards Community, the Environment and a Sustainable Future. Boston: Beacon Press, 1989.
- [25] LAWN P. The failure of the ISEW and GPI to fully account for changes in human health capital: A methodological shortcoming not a theoretical weakness. Ecological Economics, 2013, 88: 167-177.
- [26] MORRIES M D. A physical quality of life index. Urban Ecology, 1978, 3(3): 225-240.
- [27] ESTES R J. Social development trends in the Middle East, 1970-1997: The search for modernity. Social Indicators Research, 2000, 50(1): 51-81.
- [28] BALESTRA C, BOARINI R, TOSETTO E. What matters most to people? Evidence from the OECD Better Life Index users's responses. Social Indicators Research, 2018, 136(3): 907-930.
- [29] ZHONG H. A multivariate analysis of the distribution of individual's welfare in China: What is the role of health?. Journal of Health Economics, 2009, 28(6): 1062-1070.
- [30] 杨洋, 梅洁, 何春阳, 等. 基于弱HSDI与强HSDI的区域可持续性评价: 以中国环渤海地区为例. 自然资源学报, 2019, 34(6): 1285-1295. [YANG Y, MEI J, HE C Y, et al. Assessment of regional sustainability based on the weak HSDI and strong HSDI: Case study of the Bohai Rim region in China. Journal of Natural Resources, 2019, 34(6): 1285-1295.]
- [31] 李晓西, 刘一萌, 宋涛. 人类绿色发展指数的测算. 中国社会科学, 2014, 35(6): 69-95, 207-208. [LI X X, LIU Y M, SONG T. Calculation of the green development index. Social Sciences in China, 2014, 35(6): 69-95, 207-208.]
- [32] JONES C I, KLENOW P J. Beyond GDP? Welfare across countries and time. The American Economic Review, 2016, 106(9): 2426-2457.
- [33] 陈志鸿, 李扬. 中国分区域城镇居民福利水平测度. 财经研究, 2018, 44(10): 111-124. [CHEN Z H, LI Y. Measurement of the welfare level of urban residents in different regions of China. Journal of Finance and Economics, 2018, 44(10): 111-124.]

- [34] KAYA Y. Impact of carbon dioxide emission control on GNP growth: Interpretation of proposed scenarios IPCC energy and industry subgroup, response strategies working group. Paris: Francia, 1989.
- [35] ANG B W, ZHANG F Q, CHOI K H. Factorizing changes in energy and environmental indicators through decomposition. *Energy*, 1998, 23(6): 489-495.
- [36] UNDP (United Nations Development Program). China Human Development Report 2005: Development with Equity. Beijing: UNDP, 2005.

Urban ecological well-being intensity and driving mode based on three-dimensional well-being: Taking the Yangtze Delta as an example

HU Mei-juan^{1,2}, LI Zai-jun³, DING Zheng-shan², ZHOU Nian-xing²,
QIN Dong-li², ZHANG Chen²

(1. School of Tourism and Culinary Science, Yangzhou University, Yangzhou 225127, Jiangsu, China; 2. School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China; 3. Research Institute of Central Jiangsu Development, Yangzhou University, Yangzhou 225009, Jiangsu, China)

Abstract: Through examining the urban ecological consumption and well-being level in the Yangtze River Delta from 2000 to 2017, this study analyzes the temporal and spatial evolution process and the driving model of ecological well-being intensity. The results show that the ecological intensity of well-being in most cities in the study area decreased by varying degrees with most cities having low or medium intensity. An increase in natural capital was required for every percentage point increase in well-being level, and the efficiency of transforming urban ecosystem services into well-being increased to varying degrees. Moreover, the efficiency of social services in generating social well-being was relatively high, so the corresponding amount of necessary natural capital was small. The intensity of environmental well-being first increased and then decreased over the time period. Analysis of spatial evolution shows that the ecological well-being intensity of the peripheral cities was lower than that of the core cities with the range of low intensity types spreading to the central part of the delta within four weeks. However, the medium and high intensity types were mainly distributed in resource-based and industry-intensive areas. In examining the driving factors of well-being, the resource consumption effect, technical effect, and well-being effect significantly increased urban ecological well-being intensity, while the strengthening of efficiency effect and economic effect decreased it. Additionally, the driving forces of the environmental consumption effect and scale effect were not significant. Furthermore, the driving model of urban well-being ecological intensity can be divided into four types: single-factor dominant, two-factor dominant, three-factor synergistic, and four-factor balanced.

Keywords: ecological well-being intensity; three-dimensional well-being; driving mode; Yangtze River Delta