

DOI: 10.5846/stxb202109222659

孔凡斌, 杨文才, 徐彩瑶. 环杭州湾城市群生态环境与社会经济耦合协调关系及其影响因素. 生态学报, 2023, 43(6): 2287-2297.

Kong F B, Yang W C, Xu C Y. Coordinated relationship and influencing factors of ecological environment and socio-economic coupling of urban agglomeration around Hangzhou Bay in China. Acta Ecologica Sinica, 2023, 43(6): 2287-2297.

环杭州湾城市群生态环境与社会经济耦合协调关系及其影响因素

孔凡斌^{1,2,3}, 杨文才³, 徐彩瑶^{1,2,3,*}

1 浙江农林大学生态文明研究院, 杭州 311300

2 浙江省重点培育智库-浙江农林大学浙江省乡村振兴研究院, 杭州 311300

3 浙江农林大学经济管理学院, 杭州 311300

摘要:生态环境与社会经济之间的耦合协调关系是可持续发展关注的一个重点和热点。以环杭州湾城市群为研究对象, 构建环杭州湾城市群生态环境与社会经济耦合协调度综合评价指标体系, 借助 ArcGIS 软件, 采用耦合协调度模型和 Pearson 相关分析, 分析环杭州湾城市群在 2000—2019 年间生态环境、社会经济发展指数与耦合协调度的演变特征及其影响因素。结果表明: (1) 2000—2019 年间环杭州湾城市群的社会经济指数呈稳定上升趋势, 生态环境指数呈先上下波动后逐年上升的变化趋势; (2) 2000—2014 年间环杭州湾城市群社会经济的发展速度大于生态环境的发展速度, 2015—2019 年间生态环境的发展速度大于社会经济发展速度; (3) 2000—2019 年, 环杭州湾城市群生态环境和社会经济之间的耦合协调度从良好协调过度到了完美协调, 其中, 2000 年上海和杭州的耦合协调度小于其它城市, 2019 年苏州是杭州湾城市群中唯一没有达到完美协调的城市; (4) 人口密度、空气质量、工业废水排放量、工业固体废弃物是环杭州湾城市群生态环境与社会经济耦合协调度提高的主要阻碍因素。
关键词:耦合协调; 社会经济; 生态环境; 环杭州湾城市群

Coordinated relationship and influencing factors of ecological environment and socio-economic coupling of urban agglomeration around Hangzhou Bay in China

KONG Fanbin^{1,2,3}, YANG Wencai³, XU Caiyao^{1,2,3,*}

1 Institute of Ecological Civilization, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Hangzhou 311300, China

2 Zhejiang Province Key Cultivating Think Tank-Research Academy for Rural Revitalization of Zhejiang Province, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Hangzhou 311300, China

3 College of Economics and Management, Zhejiang Agriculture and Forestry University, Hangzhou 311300, China

Abstract: The coupling and coordination relationship between social economy and ecological environment is a key concern and hot spot for sustainable development. Taking the Hangzhou Bay city cluster in China as the research object, this paper constructed a comprehensive evaluation index system for the coupling and coordination degree of social economy and ecological environment. With the help of ArcGIS software, the coupling and coordination degree model, and the Pearson correlation coefficient, the paper analyzed the ecological environment, social and economic development index, and coupling and coordination degree and their influencing factors of the Hangzhou Bay urban agglomeration from 2000 to 2019. The results showed that: (1) from 2000 to 2019, the socio-economic index of the Hangzhou Bay urban agglomeration presented a stable upward trend, while the ecological environment index showed an up-and-down fluctuation followed by an

基金项目: 浙江省社会科学领军人才培育专项课题(21YJRC12ZD, 21YJRC12-2YB)

收稿日期: 2021-09-22; 网络出版日期: 2022-11-03

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xucaiyao@zafu.edu.cn

upward trend year by year; (2) During 2000—2014, the development rate of the socio-economic index was greater than the growth rate of the ecological environment index. The development rate of the ecological environment was greater than the development rate of the social economy from 2015 to 2019; (3) From 2000 to 2019, the coupling coordination between the socio-economic and ecological environment of the Hangzhou Bay Rim City Cluster overtook good coordination to perfect coordination. Among which, the coupling coordination of Shanghai and Hangzhou in 2000 lagged behind the other cities, and Suzhou was the only city in the Hangzhou Bay urban agglomeration that did not reach perfect coordination in 2019; (4) Population density, air quality, industrial wastewater emissions, and industrial solid waste were the main hindering factors for the improvement of the coupling coordination of the Hangzhou Bay urban agglomeration.

Key Words: coupling coordination degree; social and economy; ecology and environment; urban agglomeration around Hangzhou Bay

自然生态系统是人类进行一切生产活动的物质基础,为人类的生存和发展提供了最基本的物质保障^[1-2]。改革开放以来,中国经济经过多年的高速增长,在 2010 年 GDP 总量已居世界第二^[3-4]。但多年粗放式的增长与 GDP“锦标赛”的传统思维^[5],也导致中国出现了一系列生态环境问题^[6],生态环境保护与经济发展之间不协调成为亟待解决的棘手问题^[7]。党的“十八大”将生态文明建设提升到国家战略高度,区域协调可持续发展进入全新阶段^[8-10]。2014 年《国家新型城镇化规划(2014—2020)》提出加快推进城市群区域生态环境与社会经济协调发展的战略目标^[11-12]。

环杭州湾城市群是《长三角城市群发展规划》的优化发展区。2020 年国家发布《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划(2021—2035 年)》中明确长江口-杭州湾作为生态系统保护和修复的主要区域之一,要着力解决制约区域协调可持续发展的主要生态环境问题^[13]。2021 年《中共中央国务院关于支持浙江高质量发展建设共同富裕示范区的意见》要求推进杭州湾地区高质量发展。环杭州湾城市群地区作为实现区域高质量发展重要示范区,分析其生态环境与社会经济耦合协调发展的特征规律,研究阻碍协调发展的主要因素,可以为推进区域尤其是城市群高质量发展的实践提供科学依据。然而,当前对于环杭州湾城市群整体及各个城市生态环境与社会经济之间协同发展状况及其主要影响因素的研究尚存不足,亟待加强研究。

耦合协调是指两个以上的系统之间,通过自身或外界的不断交互作用而彼此影响已达到一定协同水平的现象^[14]。近年来,国内外关于生态环境与社会经济之间的相互关系研究已逐渐从定性分析向定量分析转变^[15]。目前,国外相关研究主要从不同角度对环境库兹涅茨进行理论和政策解释,从而观察一个地区生态环境与社会经济变化的关系^[16],或通过 PSR 模型从“压力-状态-响应”角度分析区域生态环境与社会经济关系^[17],也有通过使用投入产出模型^[18]和 GEE 模型^[19]探讨生态环境保护与社会经济发展的关系。国内的相关研究主要是通过构建社会经济与生态环境的指标体系,运用空间计量模型方法,量化分析生态环境与社会经济的耦合协调情况^[20-25]。在研究方法上,物理学界的耦合协调度模型是最主要和被广泛认可的研究方法。在研究内容上,既有研究大多只分析到研究区耦合协调度在不同时间段的演变历程,而进一步探索其背后的影响因素及其驱动机制的研究并不多见。在研究对象上,既有研究大多以省或市为研究对象,鲜见以一个城市群或综合发展规划区为研究对象。随着新时期区域协调发展战略的深入实施,加强重要典型城市群区域生态环境与社会经济耦合协调机制科学问题的深入研究^[26],具有重要的理论补充和实践指导价值。

鉴于此,本文以环杭州湾城市群作为研究对象,采用耦合协调度分析模型测算 2000—2019 年期间环杭州湾城市群耦合协调的总体演变趋势以及不同城市耦合协调度的演变特征,基于 Pearson 相关分析法剖析耦合协调度的主要影响因素及其特征,据此探究环杭州湾城市群生态环境与社会经济耦合协调关系的变化规律及其影响机制这一重要科学问题,以为环杭州湾城市群协调可持续发展提供科学依据。

1 研究区概况

环杭州湾城市群位于中国东南沿海(图 1),既是海湾也是钱塘江的入海口。杭州湾西起浙江海盐县澉浦

镇和上虞区之间的曹娥江收闸断面,东至扬子角到镇海角连线,与舟山、北仑港海域为邻。西接绍兴市,东连宁波市,北接嘉兴市、上海市,属于亚热带季风气候,气象复杂多变,台风、龙卷风、雷暴及突发性小范围灾害性天气常有发生。在社会经济方面,环杭州湾城市群位于我国东部沿海地区,经济水平整体较高,人均收入水平位于全国前列。2019年环杭州湾城市群GDP总量占当年全国的10.13%左右,人均可支配收入达到了50372元,远高于全国平均水平的30733元。随着经济的快速发展以及城镇化、工业化进程的不断加快,人口不断聚集,环杭州湾城市群地区面临的生态环境压力也在不断加大^[27]。

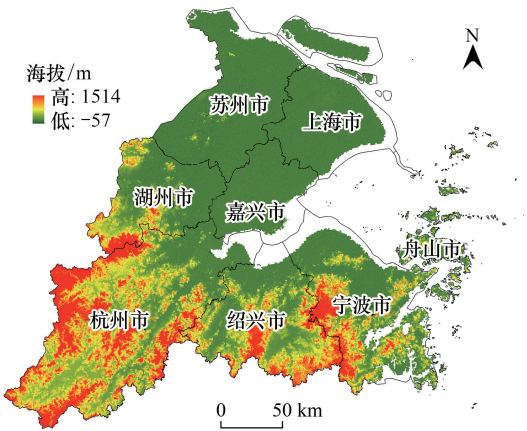


图1 环杭州湾城市群区位图

2 研究方法数据来源

2.1 指标体系构建

环杭州湾城市群生态环境与社会经济系统耦合协调发展的综合评价指标体系由生态环境系统与社会经济系统构成。借鉴已有的相关研究成果^[28],遵循选取指标的合理性、客观性、代表性、可获得性等原则,共选取了22项指标,如表1所示,并通过加权求和来获得环杭州湾城市群生态环境与社会经济发展的综合指标值。

Fig.1 Location map of urban agglomeration around Hangzhou bay

表1 生态环境与社会经济耦合协调评价指标体系及指标权重

Table 1 Eco-environment and socio-economic coupling coordination evaluation index system and index weights						
宏观系统 Macro system	一级指标 Sub-system	权重 Weights	二级指标 Specific indicator	单位 Units	指标属性 Indicator attribute	权重 Weights
生态环境系统 Ecosystem system	自然资源供给	0.1788	年降水量	mm	+	0.0770
			年均温	℃	+	0.1008
	生态环境压力	0.4183	单位 GDP 能耗	1/10 ⁴ 元	−	0.0538
			工业废水排放量	10 ⁴ t	−	0.0779
			工业 SO ₂ 排放量	t	−	0.1010
			工业烟(粉)排放量	t	−	0.0476
			农业化肥使用实物量	t	−	0.1380
	生态环境保护	0.4029	建成区绿化覆盖率	%	+	0.1369
			生活污水处理率	%	+	0.0807
			空气质量优良天数	d	+	0.1203
			工业固体废弃物利用率	%	+	0.0650
社会经济系统 Social economy system	经济运行情况	0.3948	地区生产总值	10 ⁸ 元	+	0.0867
			社会固定资产投资额	10 ⁸ 元	+	0.0821
			社会消费品零售总额	10 ⁸ 元	+	0.0973
			农村居民纯收入	元	+	0.0654
			城镇居民可支配收入	元	+	0.0663
	社会发展指数	0.6052	人口密度	人/km ²	−	0.1073
			社会从业人数	10 ⁴ 人	+	0.0809
			高等学校在校人数	10 ⁴ 人	+	0.1030
			卫生技术人员数	10 ⁴ 人	+	0.0987
			各类医院床位数	10 ⁴ 张	+	0.1033
			市区公园绿地面积	hm ²	+	0.1120

2.2 指标体系内涵说明

(1) 自然资源供给指标。该指标主要考察地方在发展经济时对自然环境带来的影响,反映环杭州湾城市群地区的人类活动是否造成了局地气候变化进而影响生态系统服务产品供给能力。参考既有研究^[17-19]设计年降水量和年均温两项子指标来反映人类生产活动对自然资源供给的影响。

(2) 生态环境压力指标。环杭州湾城市群经济高速发展不可避免地会对当地生态环境带来压力进而对人类生存发展产生不利影响,生态化境压力程度可以通过经济活动中产生的污染物排放量来考察。参考既有研究^[19-21]设计单位 GDP 能耗、工业废水排放量、工业 SO₂ 排放量、工业烟(粉)排放量、农业化肥使用实物量五项子指标用以衡量生态环境压力状况。

(3) 生态环境保护指标。该指标用于考察环杭州湾城市群是否有意识的在预防生态环境恶化以及是否有计划地保护生态环境。参考既有研究^[18-20]设计建成区绿化覆盖覆盖率、生活污水处理率、空气质量优良天数、工业固体废弃物利用率四项子指标,

(4) 社会经济运行情况指标。该指标主要反映环杭州湾城市群经济建设成果,是对当地整体经济发展水平的整体考察。参考既有研究^[17-18]设计地区生产总值、社会固定资产投资额、社会消费品零售总额、农村居民纯收入、城镇居民可支配收入五项子指标,用以观察环杭州湾城市群经济是否在向好、向上运行。

(5) 社会发展指数指标。该指标用来考察环杭州湾城市群经济发展成果转化成社会建设的情况。参考既有研究^[17-21]设计人口密度、社会从业人数、高等学校在校人数、卫生技术人员数、各类医院床位数、市区公园绿地面积六项子指标,用以衡量研究区经济能否让经济发展成果更好的惠及全民。

2.3 数据来源

本研究以 2000—2019 年为研究时段,数据来源于《浙江省统计年鉴》、《上海市统计年鉴》、《江苏省统计年鉴》、《中国城市统计年鉴》、《浙江省统计公报》、《上海市统计公报》、《浙江省生态环境状况公报》等资料。个别年份缺失数据根据前后年份的数据采用线性拟合方法和算术平均值计算得到估计值。

2.4 耦合协调度模型

由于不同指标之间单位属性不同,本文采用极差法对指标进行标准化处理^[29]。对标准化之后的指标采用熵权法计算各项指标权重^[30],以克服主观赋权法由于个人因素造成的偏差。算出生态环境指标权重 a_i 和社会经济指标权重 b_i ,再通过综合指数法计算得到生态环境指数 $F(x)$ 和社会经济指数 $F(y)$,计算公式为:

$$F(x) = \sum_{i=1}^m a_i x_i; F(y) = \sum_{i=1}^m b_i y_i \quad (1)$$

通过耦合度模型^[31],计算两个系统的耦合度,计算公式为:

$$C = 2 \sqrt{\frac{f(x) \times f(y)}{[f(x) + f(y)]^2}} \quad (2)$$

式中, C 是系统耦合度, C 的范围是 $[0,1]$, C 越接近 1 说明两个系统间的耦合度越高, $f(x)$ 是生态环境的综合评价指数, $f(y)$ 是社会经济的综合评价指数。

综合发展指数是生态环境与社会经济的综合水平,由生态环境综合评价指数 $f(x)$ 和社会经济综合评价指数 $f(y)$ 加权而来,计算公式为:

$$T = mf(x) + nf(y) \quad (3)$$

式中, T 为系统综合发展指数, m 是生态环境指数在综合评价指标体系中的权重; n 是社会经济指数在综合评价指标体系中的权重。 m 和 n 取值均为 0.5。

为了避免出现生态环境指数和社会经济指数都较低,但两者的耦合度却很高的这种情况,构建耦合协调度模型^[32],计算公式为:

$$D = \sqrt{C \times T} \quad (4)$$

式中, D 为耦合协调度, D 的范围是 $[0,1]$, D 越接近 1 说明整个系统之间的偶和协调程度越高,也就说明两个

系统之间的发展更为协调。

借鉴相关研究经验^[33],并结合实际情况,耦合度和耦合协调度分别划分为 5 个等级(表 2):

表 2 耦合协调度等级划分

Table 2 Ranking of coupling and coordinating degree

区间 Interval	耦合类型(C) Coupling type	协调类型(D) Coordination type	区间 Interval	耦合类型(C) Coupling type	协调类型(D) Coordination type
[0.0—0.2]	磨合阶段	初级协调	[0.6—0.8]	良好耦合	高级协调
[0.2—0.4]	初级耦合	中级协调	[0.8—1.0]	高度耦合	完美协调
[0.4—0.6]	中度耦合	良好协调			

2.5 剪刀差模型

剪刀差模型可以很好的呈现生态环境与社会经济增长率之间的差异程度^[34]。两者变化曲线在同一时间的切线夹角越小,说明两系统之间的变化速率差异越小,反之,则说明它们之间的变化速率差异较大。计算方法为:

$$f'(x) = \frac{dx}{dt}, f'(y) = \frac{dy}{dt} \quad (5)$$

$$\theta = \arctan \left| \frac{f'(x) - f'(y)}{1 + f'(x) \times f'(y)} \right|, \left(0 < \theta < \frac{\pi}{2} \right) \quad (6)$$

式中, $f'(x)$ 是生态环境系统对年份的变化趋势, $f'(y)$ 是社会经济系统对年份的变化趋势, θ 是和两条曲线在同一年份的夹角, θ 越小说明 $f(x)$ 和 $f(y)$ 变化趋势差异越小。

2.6 Pearson 相关分析

Pearson 相关系数^[35]是用来衡量两个数据集是否在一条直线上,以衡量定距变量间的线性关系,计算公式如下:

$$r = \frac{N \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{N \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \sqrt{N \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}} \quad (7)$$

式中, r 的范围是 $[-1, 1]$,当 $r=0$ 时,说明 x_i 和 y_i 之间无线性关系。相关系数的绝对值越大,则说明 x_i 与 y_i 之间的线性关系越强;相关系数的绝对值越小,则说明与 x_i 与 y_i 之间线性关系越弱。

3 结果与分析

3.1 环杭州湾城市群生态环境指数演变特征

环杭州湾城市群生态环境指数在 2000—2019 年间呈现先上下波动,随后逐年上升的发展态势(图 2)。其中,2000—2014 年间,生态环境指数处于波动状态,其中的主要原因在于 2000—2014 年间,国家确立科学发展观及建设资源节约型环境友好型社会的新战略,并把主要污染物减排作为经济发展的约束性指标,以此推动探索经济发展与环境保护协同发展的新道路。因此,这期间环杭州湾地区正处于探索兼顾社会经济发展和环境保护实现可持续发展的阶段,生态环境指数处于一个波动状态。自 2014 年起,环杭州湾城市群生态环境指数呈逐年增长态势,其中的主要原因在于党的十八大以来,国家将生态文明建设纳入“五位一体”总体布局,提出和推进实施“创新、协调、绿色、开发、共享”新发展理念,相应地,浙江省及杭州湾城市群持续实施“五水共治”、“四边三化”等生态环境整治重大行动,上海市持续开展“清洁空气行动”重大行动,在中央与地方政府的共同努力下,环杭州湾城市群生态环境指数呈现出连年增长的良好发展态势。

生态环境系统的子系统中,生态环境压力所占指标权重最高,为 0.4183,其波动趋势和生态环境指数的变化趋势基本一致。生态环境压力指标对生态环境指数变动的影响最为明显,废水、废气、烟尘的排放、化肥的使用及产业能耗等因素对于环杭州湾城市群的生态环境质量的改善具有举足轻重的作用。2010—2014 年间

废水和废气排放量居高不下,农业化肥使用量的增加是造成生态环境指数在该阶段的下降的重要原因。

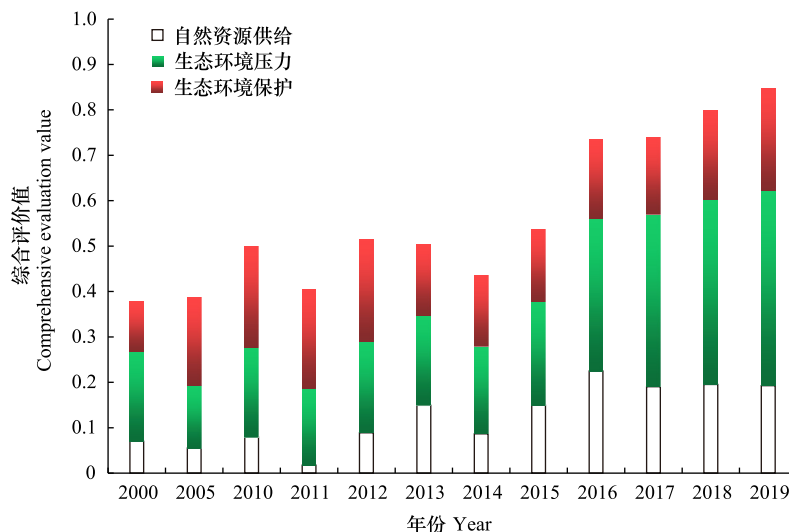


图2 环杭州湾城市群生态环境指数变化趋势

Fig.2 Change trend of ecological environment index of urban agglomeration around Hangzhou Bay

3.2 环杭州湾城市群社会经济综合指数演变特征

环杭州湾城市群社会经济指数在2000—2019年间呈现出一个连年稳定增长的良好态势(图3),由2000年的0.1215增长至2019年的0.8647。进入2000年以来环杭州湾城市群经济实力水平显著提高。人均生产总值在2019年达到了13.5万元,远高于全国7万元的平均水平。城镇化得到进一步发展,人民的生活水平和质量不断提高,社会发展指数和经济运行情况指数也呈现出逐年上升的态势。

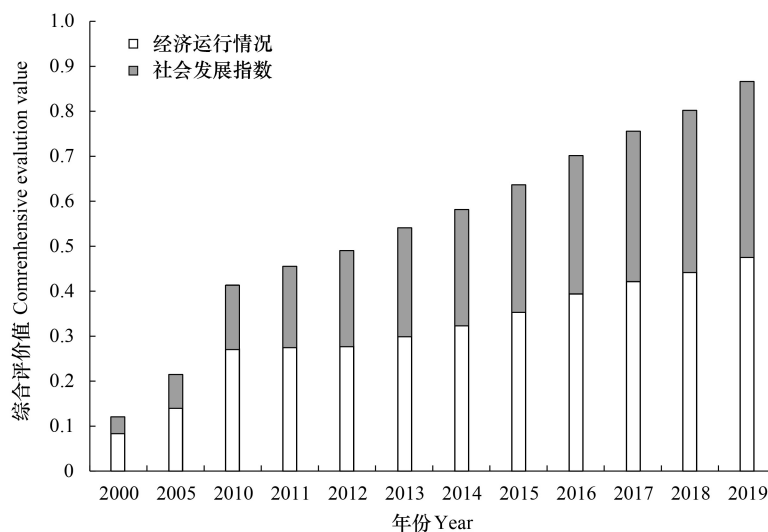


图3 环杭州湾城市群社会经济指数变化趋势

Fig.3 The tendency of social-economic index of urban agglomeration around Hangzhou Bay

3.3 环杭州湾城市群生态环境与社会经济耦合协调度演变特征

基于上述生态环境系统和社会经济系统的综合指数,本文采用耦合协调度模型计算得到环杭州湾城市群生态环境和社会经济的耦合度C和耦合协调度D(表3)。结果表明,2000—2019年间,环杭州湾城市群生态环境和社会经济的耦合度处于0.8—1.0之间,鉴于耦合度是计算耦合协调度的一个必要值,其本身没有太多

意义,在此不多作分析。

环杭州湾城市群生态环境和社会经济之间的耦合协调度从 2000 年的 0.463 增长到了 2019 年的 0.9248。协调状态经历了从良好协调到高级协调再到完美协调的一个发展历程。根据生态环境系统和社会经济系统的综合评价指数,可将耦合协调度分成三种类型:当 $F(x) > F(y)$ 时,属于经济滞后型;当 $F(x) = F(y)$ 时,属于同步发展型;当 $F(x) < F(y)$ 时,属于生态滞后型^[36]。从表 4 可以看出,在 2000 年、2005 年、2010 年、2012 年和 2016 年环杭州湾城市群的发展属于经济滞后型,2011 年、2013—2015 年、2017—2019 年的发展属于生态滞后型。总体看来,在 2000—2019 年间,环杭州湾城市群的发展呈现经济滞后型和生态滞后型不断交替变化的模式特征。虽然生态环境和社会经济没有实现同步发展,但两个系统之间的综合评价指数越来越接近,正不断向同步发展型靠近。

表 3 环杭州湾城市群生态环境与社会经济耦合协调度评价表

Table 3 The coupling coordination degree of ecological environment and social-economy of urban agglomeration around Hangzhou Bay

年份 Year	耦合度 Coupling	耦合协调度 Coupling and coordination degree	耦合类型 Coupling type	耦合协调状态 Coupling status
2000	0.8587	0.4630	高度耦合	良好协调
2005	0.9583	0.5373	高度耦合	良好协调
2010	0.9958	0.6743	高度耦合	高级协调
2011	0.9982	0.6547	高度耦合	良好协调
2012	0.9997	0.7085	高度耦合	高级协调
2013	0.9993	0.7224	高度耦合	高级协调
2014	0.9893	0.7096	高度耦合	高级协调
2015	0.9963	0.7640	高度耦合	高级协调
2016	0.9997	0.8476	高度耦合	完美协调
2017	0.9999	0.8645	高度耦合	完美协调
2018	0.9999	0.8945	高度耦合	完美协调
2019	0.9999	0.9248	高度耦合	完美协调

3.4 剪刀差演变特征

环杭州湾城市群生态环境系统和社会经济系统变化速率的剪刀差大致经历了以下演变历程(表 4):

表 4 环杭州湾城市群生态环境与社会经济发展的增长速率剪刀差

Table 4 Growth of natural environmental and social-economy system and their scissors differential of urban agglomeration around Hangzhou Bay

年份 Year	生态环境系统指数 Ecosystem system index	社会经济系统指数 Social economy system index	生态环境指数增长速度 Ecological environment number growth rate	社会经济指数增长速度 Socioeconomic index number growth rate	剪刀差角度 Price scissors angle
2005	0.3874	0.2152	0.0259	0.7682	36.05
2010	0.4980	0.4152	0.2855	0.9291	26.91
2011	0.4037	0.4550	-0.1893	0.0960	16.20
2012	0.5138	0.4904	0.2728	0.0778	10.90
2013	0.5039	0.5404	-0.0194	0.1019	6.93
2014	0.4348	0.5831	-0.1371	0.0791	12.33
2015	0.5356	0.6361	0.2319	0.0908	7.87
2016	0.7348	0.7025	0.3719	0.1043	14.4
2017	0.7387	0.7562	0.0053	0.0765	4.08
2018	0.7976	0.8029	0.0797	0.0617	1.02
2019	0.8464	0.8647	0.0613	0.0769	0.89

(1)2005—2012 年,剪刀差角度从 36.05° 到了下降到了 10.9° ,生态环境与社会经济的发展速度差在不断缩小,但仍存在较大差距。生态环境指数在 2011 年出现负增长,社会经济指数则是连年正增长,该阶段环杭州湾城市群仍是以经济发展为重点,存在以生态环境换取经济发展的情况。

(2)2012—2016 年,剪刀差角度在 10.9° 至 14.4° 间波动。环杭州湾城市群在不断权衡生态环境与社会经济之间的关系,寻找一条兼顾生态环境保护和社会经济发展的可持续发展之路。

(3)2016—2019 年,剪刀差角度从 14.4° 下降到了 0.89° 。生态环境与社会经济发展速度之间的差异已非常小,环杭州湾城市群正不断地向兼顾生态环境保护与经济发展的方向发展。

3.5 环杭州湾城市群各地区生态环境与社会经济耦合协调度演变特征

2000—2019 年间,环杭州湾城市群各个地区的耦合协调度都得到了正向发展(图 4)。具体而言:(1)2000 年的良好耦合区有绍兴、宁波、舟山、嘉兴、湖州、苏州,中级耦合协调区为上海和杭州。2000 年上海和杭州耦合协调度较低,该阶段两地区都侧重发展经济,对生态环境的保护不够重视,出现了生态环境保护与社会经济发展较其它地区较为失调的情况。(2)2005 年研究区全域都步入良好耦合阶段,上海和杭州在经过一段时间发展后,耦合协调度也从中级耦合发展到良好耦合阶段。(3)2010 年的良好耦合地区有宁波、舟山、苏州、湖州;高级耦合区有杭州、绍兴、嘉兴、上海。其中,上海和杭州在 2000 年耦合协调度还落后其它地区的情况下,在 2010 年优先步入高级耦合阶段。(4)2015 年各个地区均处于高级耦合阶段,在 2010 年耦合协调度较为落后的宁波、舟山、苏州、湖州也发展到了高级耦合阶段。(5)2019 年除了苏州之外都达到完美协调。这可能是由于以工业为主要产业的苏州,因工业生产带来了大量的废水、废气的排放,造成了水域污染和大气污染,使得该地区的整体生态环境较差,导致苏州的耦合协调度较杭州湾其它地区低。

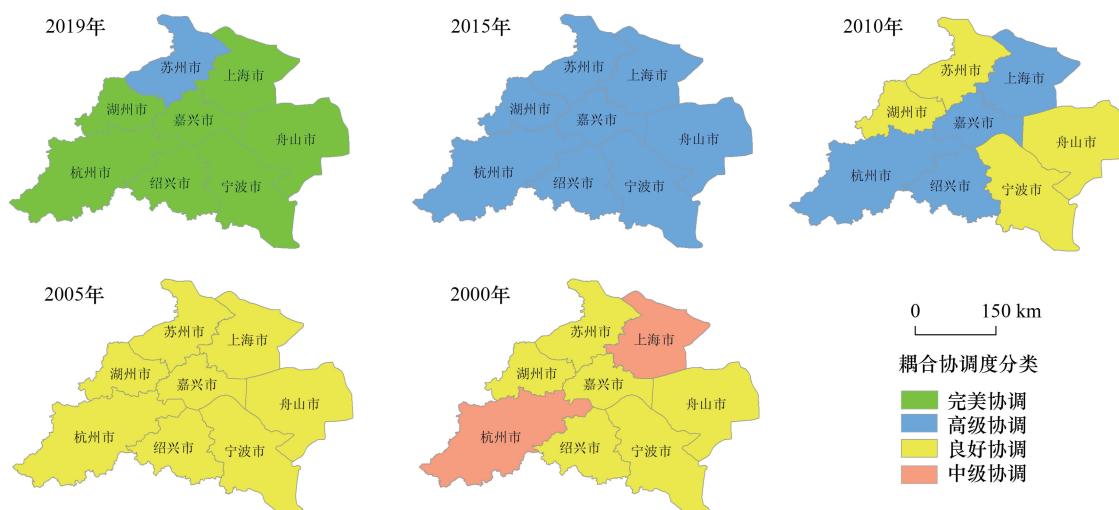


图 4 各地区耦合协调度演变趋势

Fig.4 Evolution trend of coupling coordination degree in various regions

3.6 环杭州湾城市群生态环境与社会经济耦合协调度影响因素及其特征

环杭州湾城市群生态环境与社会经济耦合协调度的影响因素的分析结果如表 5 所示,人口密度与杭州、湖州、宁波、上海、绍兴、苏州的耦合协调度呈负相关关系。苏州和湖州的负向影响系数最大,相关系数分别达到了 -0.97 和 -0.98 ,负向影响最小的城市上海其相关系数也达到了 -0.54 。近年来,全国人口不断向东部沿海地区转移,杭州湾地区作为典型的人口迁入区,人口的不断增加已经对杭州湾地区的生态环境造成巨大压力,严重影响了该地区的耦合协调发展。

工业废水排放量与嘉兴、宁波、绍兴的耦合协调度负相关关系,相关系数分别为 -0.22 、 -0.24 、 -0.13 。三个地区在浙江实施“五水共治”后,工业废水排放量的减少幅度明显小于杭州湾的其它城市,对三个城市耦合

协调发展造成不利影响。

农业化肥使用实物量与绍兴的耦合协调发展呈负相关关系,影响系数为-0.2。绍兴地区在农业生产中,化肥的使用量较区域内其它城市较高,对当地生态环境会带来危害,影响土地的可持续利用,降低了绍兴生态环境与社会经济发展的耦合协调度。

表 5 环杭州湾城市群生态环境与社会经济耦合协调度的影响因素分析

Table 5 Analysis of Influencing Factors on Coupling and Coordination Degree of Urban agglomeration around Hangzhou Bay

影响因素 Factors	上海	嘉兴	湖州	舟山	苏州	宁波	绍兴	杭州
年降水量 Annual precipitation	0.50	0.74	0.61	0.47	0.34	0.59	0.41	0.66
年均温 Mean annual temperature	0.37	0.89	0.75	0.67	0.66	0.50	0.79	0.68
单位 GDP 能耗 GDP energy consumption	0.76	0.82	0.97	0.94	0.97	0.93	0.74	0.97
工业废水排放量 Industrial wastewater discharge	0.84	-0.22	0.55	0.10	0.76	-0.24	-0.13	0.81
工业 SO ₂ 排放量 Industrial SO ₂ Emissions	0.77	0.86	0.96	0.77	0.85	0.92	0.92	0.86
工业烟(粉)排放量 Industrial smoke (powder) emissions	0.63	0.84	0.70	0.77	0.30	0.79	0.77	0.62
农业化肥使用实物量 Agricultural fertilizer use	0.79	0.87	0.79	0.37	0.91	0.91	-0.20	0.85
建成区绿化覆盖率 Green coverage in built-up areas	0.82	0.38	0.66	0.84	0.69	0.94	0.80	0.88
生活污水处理率 Domestic sewage treatment rate	0.73	0.70	0.79	0.91	0.86	0.86	0.76	0.87
空气质量优良天数 Air quality compliance days	-0.18	-0.61	-0.69	-0.44	-0.49	0.02	0.12	-0.27
工业固体废弃物利用率 Utilization rate of industrial solid	-0.54	-0.41	0.83	-0.34	0.12	0.89	0.33	-0.11
地区生产总值 GDP	0.86	0.92	0.98	0.98	0.99	0.98	0.86	0.97
社会固定资产投资额 Social fixed asset investment	0.86	0.82	0.99	0.98	0.76	0.98	0.91	0.96
社会消费品零售总额 Total retail sales of social consumer	0.84	0.94	0.99	0.99	0.96	0.98	0.92	0.97
农村居民纯收入 Disposable income of rural residents	0.86	0.94	0.98	0.99	0.98	0.99	0.92	0.95
城镇居民可支配收入 Disposable income of urban residents	0.87	0.93	0.98	0.98	0.98	0.99	0.91	0.98
人口密度 Population density	-0.53	0.37	-0.98	0.79	-0.97	-0.90	-0.74	-0.89
社会从业人数 The number of social practitioners	0.67	0.65	0.88	0.85	0.81	0.94	0.59	0.96
高等学校在校人数 Number of students in high schools	0.58	0.80	0.76	0.75	0.94	0.75	0.85	0.91
卫生技术人员数 Number of health technicians	0.85	0.90	0.98	0.97	0.98	0.93	0.91	0.95
各类医院床位数 Types of hospital beds	0.90	0.94	0.98	0.98	0.98	0.98	0.92	0.95
市区公园绿地面积 Urban park green ground	0.81	0.92	0.92	0.91	0.87	0.93	0.84	0.98

空气质量优良天数与杭州、湖州、嘉兴、苏州、舟山、上海的耦合协调度呈负相关关系,其相关系数分别是-0.27、-0.69、-0.61、-0.49、-0.44、-0.53。环杭州湾大多数城市都存在着空气质量下降的情况,对地区的耦合协调发展造成不利影响,尤其是湖州和嘉兴的空气质量下降对耦合协调的负向影响均超过出 0.6,对本地区可持续发展带来严重的负面影响。

工业固体废弃物综合利用率与杭州、嘉兴、舟山、上海的耦合协调度呈负相关关系,其相关系数分别为-0.11、-0.41、-0.34、-0.18。工业固体废弃物综合利用率难以进一步提高,已经成为阻碍这些城市高质量发展一个重要因素。

除上述 5 个指标,其他指标与环杭州湾城市群耦合协调度均呈正相关关系。2000—2019 年间,环杭州湾城市群社会经济取得了巨大发展,居民生活水平得到改善,随着“五水共治”、“四边三化”、“清洁空气行动”重大行动等决策的提出和实施,生态环境水平也得到提高,使得大多数指标与环杭州湾城市群的耦合协调度有较高的正相关关系。

4 结论与讨论

4.1 结论

(1) 环杭州湾城市群社会经济指数由 0.1215 增长至 0.8647,社会经济水平呈逐年上升态势,城市群社会经济水平提升显著。生态环境指数呈现波动上的态势,由 0.3776 增长至 0.8464。这表明环杭州湾城市群生态环境指数整体呈上升态势,生态环境功能和质量不断提升,且社会经济指数增长速率快于生态环境指数。

(2) 环杭州湾城市群社会经济指数与生态环境指数的耦合协调度由 0.4630 增长到 2019 年的 0.9248。这表明环杭州湾城市群耦合协调水平由经济滞后型的良好协调发展为生态滞后型的完美协调。

(3) 从剪刀差结果来看,环杭州湾城市群社会经济与生态环境发展速度剪刀差角度从 2005 年的 36.05° 缩小到 2010 年的 0.89°。这表明环杭州湾城市群生态环境和社会经济之间逐渐形成了互相支撑、互相促进的良性循环关系。

(4) 2000 年杭州和上海是耦合协调水平较低的两个城市,2019 年苏州是耦合协调水平最低的城市。这表明随着经济的发展环杭州湾城市群不同城市的耦合协调水平经历了不稳定的变化过程。

(5) 人口密度对杭州、湖州、宁波、上海、绍兴、苏州存在负向影响,空气质量对杭州、湖州、嘉兴、苏州、舟山、上海存在负向影响,工业废水排放量对嘉兴、宁波、绍兴存在负向影响,工业固体废弃物利用率对杭州、嘉兴、舟山、上海存在负向影响,农业化肥使用实物量对绍兴存在负向影响。这表明影响环杭州湾城市群各城市耦合协调度的主要因素及其影响方向和影响程度存在明显的空间异质性特征。

4.2 讨论

环杭州湾城市群社会经济与生态环境的耦合协调度以达到了一个较高的水平,这得益于 2012 年之后新发展理念提出以及区域协调发展战略的深入实施,一系列生态环境治理重大行动计划推动了环杭州湾城市群生态环境与社会经济发展不断趋于协同。在环杭州湾城市群整体生态环境与社会经济的耦合协调度已达到较高水平的情况下,未来该城市群的发展因更加注重社会公平性不足的问题以及应对突发情况能力不足的短板。从统计数据中发现,环杭州湾城市群城乡收入差距绝对值在不断扩大,从 2000 年的 4992 元到 2010 年的 14925 元再到 2019 年的 29156 元。城乡收入差距的不断拉大不利于高质量发展建设共同富裕社会。因此,环杭州湾地区应当担负起高质量发展建设共同富裕示范区的先行者,大力实施乡村振兴战略,通过发展绿色高效农业、生态旅游、林下经济产业、特色养殖业等益民产业,推动农村人口经济收入水平的提高,缩小城乡收入差距。与此同时,环杭州湾地区每万人中卫生技术人员数,较发达国家仍有一定差距,尤其是在此次新冠肺炎爆发时期,医疗卫生方面的不足尤为明显。随着气候环境急剧变化,未来社会必将要应对突发性的医疗卫生事件,因此,需要加快改善环杭州湾地区在医疗卫生方面的不足,提高应对突发卫生事件的能力。

针对影响环杭州湾城市群各城市耦合协调度的主要因素及其影响方向和影响程度存在明显的空间异质性特征,需要实施有针对性的措施。具体而言,要不断完善基础设施来应对杭州、湖州、上海、绍兴、苏州不断增加的人口压力问题,要对嘉兴、宁波、绍兴的污水排放问题加大整治力度,要提高绍兴农业生产的技术水平,减少农业化肥的使用,要重视杭州、上海、苏州等城市日趋严重的空气质量问题,对大气污染物的排放加以管控,要进一步提高杭州、嘉兴、舟山、上海城市工业固体废弃物的利用率,提高资源利用效率。总之,要通过整

体共同管控,分地区分别针对性治理的方法,不断提高环杭州湾城市群生态环境与社会经济耦合协调发展水平,实现可持续发展,打造环杭州湾城市群高质量发展样板。

参考文献 (References):

- [1] 王昭, 刘建红, 李同昇, 阮征, 武凤奇. 秦巴特困区生态脆弱性与经济贫困的耦合关系——以陕西省山阳县为例. 生态学报, 2019, 39(11): 3908-3917.
- [2] 魏伟, 石培基, 魏晓旭, 周俊菊, 颜斌斌. 中国陆地经济与生态环境协调发展的空间演变. 生态学报, 2018, 38(8): 2636-2648.
- [3] 吴庆军, 王振中, 龚永国. 改革开放以来我国人均国民收入变动及发展趋势预测. 华东经济管理, 2018, 32(12): 42-48.
- [4] 宋大伟. 坚持创新驱动引领中国经济高质量发展. 中国科学院院刊, 2019, 34(10): 1152-1155.
- [5] 陈诗一, 陈登科. 雾霾污染、政府治理与经济高质量发展. 经济研究, 2018, 53(2): 20-34.
- [6] 刘惠敏. 中国经济增长与能源消耗的脱钩——东部地区的时空分异研究. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(12): 157-163.
- [7] 时卫平, 龙贺兴, 刘金龙. 产业准入负面清单下国家重点生态功能区问题区域识别. 经济地理, 2019, 39(8): 12-20.
- [8] 周立华, 刘洋. 中国生态建设回顾与展望. 生态学报, 2021, 41(8): 3306-3314.
- [9] 张晓娣. 增长、就业及减排目标约束下的产业结构优化研究. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(5): 57-65.
- [10] 原新, 金牛. 在国家战略体系中积极应对老龄社会问题. 人口研究, 2021, 45(2): 3-12.
- [11] 赵中枢, 胡敏, 徐萌. 加强城乡聚落体系的整体性保护. 城市规划, 2016, 40(1): 77-79.
- [12] 包存宽, 刘瀚斌, 冯庆. 战略环评智库的建设思路探究. 环境保护, 2016, 44(12): 25-29.
- [13] 范海梅, 蒋晓山, 纪焕红, 刘鹏霞, 胡茂桂, 秦玉涛. 长江口及其邻近海域生态环境综合评价. 生态学报, 2019, 39(13): 4660-4675.
- [14] 路娟, 张勇. 长江经济带城市化与生态环境耦合、协调特征及时空演化规律研究. 四川师范大学学报: 社会科学版, 2018, 45(4): 85-93.
- [15] 李湘梅, 周敬宣, 张娴, 肖人彬. 城市生态系统协调发展仿真研究——以武汉市为例. 环境科学学报, 2008, 28(12): 2605-2613.
- [16] Clark W C. Sustainability science: a room of its own. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2007, 104(6): 1737-1738.
- [17] Levrel H, Kerbirou C, Couvet D, Weber J. OECD pressure-state-response indicators for managing biodiversity: a realistic perspective for a French biosphere reserve. Biodiversity and Conservation, 2009, 18(7): 1719-1732.
- [18] Allan G, Hanley N, McGregor P, Swales K, Turner K. The impact of increased efficiency in the industrial use of energy: a computable general Equilibrium analysis for the United Kingdom. Energy Economic, 2007, 29(4): 779-798.
- [19] Galinis A, Van Leeuwen M J. A CGE model for Lithuania: the future of nuclear energy. Journal of Policy Modeling, 2000, 22(6): 691-718.
- [20] 马亚亚, 刘国彬, 张超, 王杰. 陕北安塞县生态与经济系统耦合协调发展. 生态学报, 2019, 39(18): 6840-6849.
- [21] 方创琳, 杨玉梅. 城市化与生态环境交互耦合系统的基本定律. 干旱区地理, 2006, 29(1): 1-8.
- [22] 任祁荣, 于恩逸. 甘肃省生态环境与社会经济系统协调发展的耦合分析. 生态学报, 2021, 41(8): 2944-2953.
- [23] 苏胜亮. 宁夏回族自治区生态环境与经济发展耦合协调研究. 水土保持研究, 2021, 28(8): 367-374.
- [24] 谷国锋, 王雪辉. 东北地区经济发展与生态环境耦合关系时空分析. 东北师范大学学报: 哲学社会科学版, 2018, (4): 154-160.
- [25] 左其亭, 陈嘻. 社会经济-生态环境耦合系统动力学模型. 上海环境科学, 2001, 20(12): 592-594.
- [26] 段德忠, 谌颖, 杜德斌. 技术转移视角下中国三大城市群区域一体化发展研究. 地理科学, 2019, 39(10): 1581-1591.
- [27] 林康. 长江三角洲人口集聚与布局探讨. 长江流域资源与环境, 2006, 15(5): 654-658.
- [28] 陈晓红, 周宏浩. 城市化与生态环境关系研究热点与前沿的图谱分析. 地理科学进展, 2018, 39(7): 1171-1185.
- [29] 王鹏, 王亚娟, 刘小鹏, 陈晓, 孔福星. 基于 PSR 模型的青铜峡市土地生态安全评价与预测. 水土保持通报, 2018, 38(2): 148-153, 159-159.
- [30] 王鹏, 王亚娟, 刘小鹏, 陈晓, 孔福星. 基于 PSR 模型的生态移民安置区土地利用系统健康评价——以红寺堡区为例. 水土保持研究, 2018, 25(6): 270-276.
- [31] 张皎玉, 龙凤, 毕粉粉, 葛蔡忠, 段显明. 滨海型工业城市的经济发展和生态环境耦合协调关系研究——以玉环市为例. 环境污染与防治, 2021, 43(2): 255-258, 265-265.
- [32] 王明全, 王金达, 刘景双, 顾康康. 吉林省西部生态支撑能力与社会经济发展的动态耦合. 应用生态学报, 2009, 20(1): 170-176.
- [33] 化祥雨, 金祥荣, 吕海萍, 叶娅芬, 邵元海. 高质量发展耦合协调时空格局演化及影响因素——以浙江省县域为例. 地理科学, 2021, 41(2): 223-231.
- [34] 韩瑞玲, 佟连军, 佟伟铭, 于建辉. 沈阳经济区经济与环境系统动态耦合协调演化. 应用生态学报, 2011, 22(10): 2673-2680.
- [35] 刘玉红, 张筠, 张春华, 肖蓓, 刘璐, 曹煜. 2000-2015 年山东省植被净初级生产力时空变化及其对气候变化的响应. 生态学杂志, 2019, 38(5): 1464-1471.
- [36] 刘松, 石宝军. 生态文明视域下雄安新区及其周边区域生态经济耦合协调分析. 生态经济, 2018, 34(11): 227-231.