浙江省生态安全格局时空演变特征及其影响因素

周介元[1,2]，孟丽红[1]，吴绍雄[1]，王青芸[3]

(1.赣南师范大学 地理与环境工程学院，江西 赣州 341000；
2.中国地震局地质研究所，北京 100029；3.赣南师范大学 数学与计算机科学学院，江西 赣州 341000)

摘　要：[目的] 研究浙江省生态安全格局时空演变特征及影响因素，为该省生态安全建设提供科学参考，以保障长江经济带经济、社会、生态的全局发展。[方法] 以 2009—2018 年浙江省各市经济、社会、环境资料和“压力—状态—响应(PSR)”生态安全评价指标体系为基础，采用熵值法从时间维度和空间维度对浙江省 2009—2018 年生态安全格局时空演变特征进行了分析，并结合 PSR 分项指数和因子分析法提取关键因素，揭示关键因素对生态安全的影响。[结果] ①2009—2018 年浙江省生态安全综合指数呈小幅波动状态；②从空间来看，浙江省各市生态安全指数已经达到了预警状态，呈现由“南高北低”向“北高南低”转变的空间格局；③从时间节点来看，浙江省生态安全状况最好的年份为 2016 年(0.123)，最差的年份为 2011 年(0.077)，分别处于较安全状态和临界安全状态；④城镇化、经济发展、社会发展、工业发展和资源条件是影响浙江生态安全格局的重要因素。[结论] 国家和区域的规划与政策对浙江省生态安全指数具有显著影响，为了全面保障浙江省生态安全健康发展，需要不断加大生态安全建设的投入，持续推进“五水共治”，促进制造业智能化，绿色化，在古村落、特色小镇等培育一批生态文明典型示范点，改善生态环境质量。

关键词：生态安全；生态风险；时空演变；影响因素；浙江省

文献标识码：B　　**文章编号**：1000-288X(2020)06-0266-07　　**中图分类号**：X321

文献参数：周介元，孟丽红，吴绍雄，等.浙江省生态安全格局时空演变特征及其影响因素[J].水土保持通报，2020，40(6)：266-272. DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.2020.06.038；Zhou Jieyuan，Meng Lihong，Wu Shaoxiong，et al. Spatial-temporal evolution characteristics and influencing factors of ecological security pattern in Zhejiang Province[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation，2020，40(6)：266-272.

Spatial-temporal Evolution Characteristics and Influencing Factors of Ecological Security Pattern in Zhejiang Province

Zhou Jieyuan[1,2], Meng Lihong[1], Wu Shaoxiong[1], Wang Qingyun[3]

(1. *College of Geography and Environment Project, Gannan Normal University, Ganzhou, Jiangxi* 341000, *China*; 2. *Institute of Geology, China Earthquake Administration, Beijing* 100029, *China*; 3. *College of Mathematics and Computer Science, Gannan Normal University, Ganzhou, Jiangxi* 341000, *China*)

Abstract: [Objective] The ecological security pattern and its influencing factors were studied in order to provide basis and reference for the construction of ecological security in Zhejiang Province, and ensure the overall economic, social and ecological development of the Yangtze River Economic Zone. [Methods] Based on the economic, social and environmental data and the “pressure-state-response (PSR)”" ecological safety evaluation index system, the spatial-temporal evolution characteristics of ecological security pattern in Zhejiang Province from 2009 to 2018 were analyzed by entropy method. The key factors that revealing the impact of key factors on ecological security were extracted by combining the PSR sub-index and factor analysis method. [Results] ① From 2009 to 2018, the comprehensive eco-security index (ESI) of Zhejiang Province fluctuated slightly. ② From the perspective of space, the ESI of Zhejiang Province has reached the early warning state, showing a spatial pattern of changing from “high in the south and low in the north” to “High

收稿日期：2020-06-29　　**修回日期**：2020-08-06

资助项目：国家自然科学基金青年项目“异质性资源禀赋下城市水资源代谢效率与空间溢出效应研究”(41601600)；江西省自然科学基金项目(20202BABL203031)；国家大学生创新创业训练项目(20190418002)

第一作者：周介元(1997—)，男(汉族)，浙江省缙云县人，硕士研究生，研究方向为环境评价。Email：zhoujieyuuan@163.com。

通讯作者：孟丽红(1981—)，女(汉族)，云南省曲靖市人，博士，副教授，硕士生导师，主要从事水资源代谢和生态安全研究。Email：mlh8158@163.com。

in the north and low in the south". ③ From the perspective of time nodes, the best year for ecological security of Zhejiang Province was 2016 (0.123), while the worst year was 2011 (0.077), which were in a relatively safe state and a critical security state respectively. ④ Urbanization, economic development, social development, industrial development and resource condition were the important factors affecting the ecological security pattern in Zhejiang Province. [Conclusion] National and regional planning and policies impact the ecological safety index of Zhejiang Province significantly. In order to fully guarantee the ecological safety and healthy development of Zhejiang Province, it is necessary to continuously increase investment in ecological safety construction, promote the co-administration of five kinds of water, promote intelligent and green manufacturing industry, cultivate a number of typical demonstration sites of ecological civilization in ancient villages and characteristic towns, and improve the ecological environment quality.

Keywords: ecological security; ecological risks; spatial-temporal pattern; influencing factors; Zhejiang Province

由于人类的过度开发,原有的自然环境遭到破坏,从而严重影响了社会发展的进程[1],生态安全问题成为研究的焦点[2]。生态安全包括生态风险和生态健康[3],对社会经济发展起着重要作用[4]。生态系统质量提升、生态安全格局构建等在党的十九大报告中确定为国家战略内容[3]。目前,国内各学者多采用驱动力—压力—状态—影响—响应[5],驱动力—压力—状态—暴露—响应[6],状态—压力—响应等[7]模型构建指标体系,以熵权法[8]、层次分析法、生态足迹等[9]进行数据分析,进而对区域的生态安全进行综合性评价。谭华清等[10]通过最小累计阻力模型构建区域生态安全格局,为南京市生态安全可持续发展提供参考;叶鑫等[11]通过优化评估与预警方法模型来完善生态安全格局管理的决策支持系统;袁媛等[12]运用空间统计学等方法对南昌市遥感影像数据进行景观类型变化分析,构建景观生态安全评价模型,对南昌市景观生态安全进行了评价;吕广斌等[13]基于DPSIR-EES 模型构建区域土地生态安全评价体系,分析研究了重庆市土地生态安全状况及时空分异;王振波等相关学者[14-16]通过建立 PSR 生态安全指标体系,依据生态安全各项综合指数及提取的关键因素,论证京津冀城市群的生态安全格局;就浙江省而言,熊秀海[17]根据浙江省遥感数据影像,对景观生态安全进行评价和分析。20 世纪 80 年代初期,国外研究人员开始关注并研究生态安全建设[18]。Malin Falkenmark 等[19]学者将人类的生产生活与生态安全结合进行深入分析和研究。Ferretti 等[20]从自然环境、生物、人口压力 3 个因素构建了生态廊道适宜性的评价指标体系,反映出廊道适宜性水平;Foltête 等[21]学者基于 Graphab 软件采用最小费用路径的研究方法,分析各因素对生态环境的影响程度。许多学者把生态安全与社会发展融入区域建设,以构建合理健康的生态安全格局[22-23]。

浙江省的资源和能源始终是经济发展的短板,城市化进程中被破坏的生态环境也制约了社会经济的发展。研究和分析浙江省的生态安全格局,不仅可以促进浙江省生态安全建设,也可以保障长江经济带的全局发展。本文基于 2009 年以来 11 个城市 10 a 面板数据,建立相应的"压力—状态—响应(PSR)"生态安全指标体系,采用熵值法对各项指标进行赋权,并计算 PSR 分项指数,运用 GIS 空间分析对浙江省生态安全的时空格局进行全面分析,采用因子分析法提取主要影响因素,分析各因子对生态环境的影响程度,为进一步解决浙江绿色发展问题提供思路。

1　研究区概况

浙江省地处中国东南沿海,介于 118°01′—123°10′E 和 27°02′—31°11′N,陆域面积 1.06×10^5 km^2。浙江省有杭州市、温州市、湖州市、宁波市、嘉兴市、绍兴市、台州市、舟山市、金华市、衢州市、丽水市 11 个城市,其中省会城市为杭州。该省总人口为 5 737 万人,城镇人口比重为 68.9%。2018 年,浙江省国内生产总值为 56 197.2 亿元,人均 GDP 为9.79万元,三次产业结构比为 4.4∶47.7∶47.9。快速城镇化和工业化进程给浙江省造成严重的生态破坏和环境污染,制约了社会发展,亟需对浙江省的生态安全状况进行全面分析和探讨。

2　数据与方法

2.1　数据来源

本文涉及 2009—2018 年浙江省 11 个城市的人口密度、城镇化率、水资源总量等 24 个指标数据,主要来源于 2010—2019 年《中国统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《浙江省统计年鉴》及各市统计年鉴、国家数据网、国家统计局、浙江生态环境厅、环境监测等官方网站。

2.2　研究方法

2.2.1　构建区域生态安全评价指标体系　在指标的

选取中遵循全面性、科学性、可操作性、时效性等原则，分别从经济社会、环境质量、环境建设、环境管理 4 个方面进行细化指标选取。经济社会包含人口、人均用水量、工业总产值、GDP 等；环境质量包含城市绿化率、水资源总量、工业“三废”排放量等；环境建设包含城市污水处理率、生活垃圾无害化处理率、工业废弃物循环利用率等；环境管理包含工业“三废”处置率、企业排放达标率等。在参考王振波[14]、董晓峰等[24]学者研究成果的基础上，结合主成分分析法筛选了涵盖了经济、社会、环境、资源等多方面的 24 个指标，构建了“压力—状态—响应”生态安全评价指标体系(表 1)。

表 1 浙江省生态安全评价指标体系

因素层	指标层	序号	指标解释	属性	权重
压力	人口密度/(人·km^{-2})	1	人口承载压力	逆向	0.037
	人口自然增长率/%	2	人口增长压力	逆向	0.026
	城镇化率/%	3	城镇扩张压力	逆向	0.047
	工业总产值/亿元	4	经济结构压力	逆向	0.081
	人均日用水量/(L·d^{-1})	5	水资源保护压力	逆向	0.041
	人均公共绿地面积/m^2	6	生态环境保护压力	正向	0.036
	GDP 增长率/%	7	经济强度压力	逆向	0.025
状态	人均能耗/(kg 标准煤)	8	能源消费状态	逆向	0.047
	水资源总量/10^8 m^3	9	水资源状态	正向	0.048
	建成区绿化覆盖率/%	10	城镇绿化状态	正向	0.042
	工业 SO_2 排放量/t	11	工业大气环境状态	逆向	0.091
	工业废水排放达标率/%	12	工业水环境状态	正向	0.032
	工业粉尘回收率/%	13	工业大气环境状态	正向	0.035
响应	第三产业比量/%	14	产业响应	正向	0.056
	生活垃圾无害化处理率/%	15	生活响应	正向	0.039
	工业废气无综合利用率/%	16	工业响应	正向	0.019
	就业率/%	17	社会响应	正向	0.041
	专利授权量/个	18	科技响应	正向	0.034
	污水处理厂集中处理率/%	19	水资源响应	正向	0.031
	全年环境质量优良天数/d	20	大气环境响应	正向	0.027
	居民消费价格总指数	21	生活响应	正向	0.036
	城镇居民人均可支配收入/元	22	生活响应	正向	0.045
	恩格尔系数	23	生活响应	逆向	0.048
	人均生产总值/元	24	经济响应	逆向	0.039

2.2.2 *熵值法计算权重* 熵值法是一种确定客观权重的方法，它主要基于通过指标传递给决策者的信息量来确定权重[24]。指标的离散程度由熵值来判断，离散度越高，指标对综合评价的影响越大。现浙江省各市有 m 年的统计数据，每一年中反映浙江省各市生态安全评价指标有 n 个，设为矩阵：

$$\boldsymbol{R}'=\{r'_{ij}\}_{m\times n}\quad (i=1,2,\cdots,m;\ j=1,2,\cdots,n)$$

式中：r'_{ij} 是第 j 年的第 i 个指标的数值，由于指标不同的量纲和量级，为避免结果受到统计指标差异性的影响，现对 $\boldsymbol{R}'$ 进行标准化。但是，因为指标有正向和有逆向之分，所谓正向指标是指统计指标数值越大，表示环境越趋于安全状态；而逆向指标越大，生态环境越趋于不安全状态。因此首先要对所有统计指标进行正项化处理。其处理方法为：

对于正向型的指标：

$$r_{ij}=\frac{r'_{ij}-\min r'_{ij}}{\max r'_{ij}-\min r'_{ij}} \tag{1}$$

对于逆向型的指标：

$$r_{ij}=\frac{\max r'_{ij}-r'_{ij}}{\max r'_{ij}-\min r'_{ij}} \tag{2}$$

(1) 各指标所占比重

$$P_{ij}=\frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} r_{ij}} \tag{3}$$

式中：P_{ij} 为第 i 个评估指标占该项指标的比重，n 为该项指标的个数。

(2) 求熵值

$$e_{ij}=-k\sum_{i=1}^{n} P_{ij}\ln P_{ij} \tag{4}$$

式中：$k=1/\ln n$。

(3) 计算权重

$$W_{ij}=\frac{\omega_{ij}}{\sum_{j=1}^{m}\omega_{ij}} \quad (5)$$

式中:$\omega_{ij}=1-e_{ij}$,m 为参评指标种类的个数。

2.2.3　构建评价模型　采用综合评价法构建“压力—状态—响应(PSR)”生态安全评价指标体系,对浙江省的生态安全状况进行定量评价。其评价模型为[24]:

$$S=\sum_{i=1}^{n}W_i \cdot r_{ij} \quad (6)$$

式中:S 为综合评价指数;W_i 为第 i 个评价指标的客观权重值;r_{ij} 为其无量纲化值;n 为评价指标的总个数。

评价指标标准对不同地域有不同的适用性。本文根据研究区域近年的生态环境状况,在参考董晓峰[24]、谢亦欣[25]、韩雅琴等[26]学者的研究成果的基础上,结合熵值法的计算方法及生态安全综合评价指数结果,本文将生态安全评价标准的取值确定在 0～0.20 之间,并划分 5 个等级(表 2)。生态安全指数越接近 0.20,城市生态环境状况越趋于安全状态;指数越接近 0,越趋于不安全状态。

表 2　浙江省生态安全综合指数分级标准

综合指数	$0<S\leqslant0.03$	$0.03<S\leqslant0.06$	$0.06<S\leqslant0.10$	$0.10<S\leqslant0.15$	$0.15<S\leqslant0.20$
安全等级	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
安全状态	极不安全状态	不安全状态	临界安全状态	较安全状态	安全状态

3　结果与分析

3.1　浙江省 2009－2018 年生态安全综合指数及 PSR 分项指数变化趋势

2009—2018 年浙江省生态安全综合指数整体呈波动上升状态,但波动幅度小且上升较缓慢(图 1)。2009—2014 年生态安全指数缓慢上升,其中 2011 年有小幅下降。2005 年,“绿水青山就是金山银山”首次在浙江省安吉县提出,展现健康生态对经济发展的积极作用,指引浙江省走上生态与经济融合发展道路。2014—2016 年综合指数快速提升,反映浙江省生态质量有大幅提升,并在 2016 年为最高值,之后又有所下降,表明 2013 年提出的“五水共治”以及一系列固废污染防治方案取得显著效果。PSR 分项指数的压力指数总体呈下降趋势,2009 年以来,“三大国家战略”的启动,制造业智能化以及“811”生态文明建设,人口、经济结构、生态环境压力不断缓和。状态指数总体呈上升趋势,显示了浙江省生态环境具有较高的承载力,工业废气、废水和固体废弃物的排放不断减少,城市绿化覆盖率不断增加,浙江省努力维持生态、经济、社会的平衡发展。响应指数持续稳定提高,体现了“两山”理论的正确性。

3.2　不同城市生态安全综合指数的时间变化趋势

2009—2018 年浙江省 11 个城市生态安全的演变趋势除杭州市略有下降外,其余 10 个地市呈上升趋势(图 2)。湖州市上升最为明显,2014 年湖州地区成为我国首个生态文明先行示范区,生态环境状况在建设中逐渐转好;其中舟山、温州、丽水地区的生态安全综合指数值呈先下降再提升的 V 字形趋势,表明 2009 年以来的工业化,城镇化给城市的生态环境造成一定的破坏,在 2015 年后生态环境的安全状况在严格的生态规划和管制下稳步提升。台州、金华和嘉兴的生态安全综合指数呈直线上升趋势,表明三市在社会经济发展中注重对生态环境的保护。衢州和湖州地区呈先提升后下降再提升的 N 字形趋势;宁波地区在 2015 年生态安全指数达到全省近 10 a 的最高值,杭州市是生态安全综合指数唯一呈下降的城市,因其为浙江省的省会城市,人口压力,土地压力等成为杭州重要的生态环境问题,应对难度大,质量提升不明显。总体上,浙江省的生态环境质量增幅较大,但仍需不断完善生态环境保护法制法规,创新绿色发展模式,实现生态安全状态进一步提升。

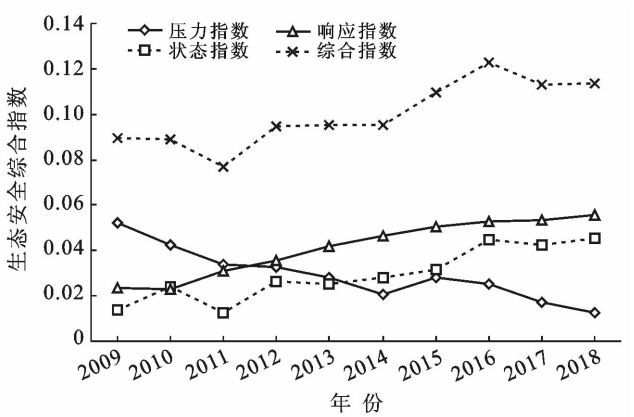


图 1　浙江省 2009－2018 年生态安全综合指数及 PSR 分项指数变化趋势

3.3　浙江省 2009－2018 年生态安全格局时空演变特征

2009—2018 年浙江省生态安全时空演变格局如图 3 所示。从图 3 可以看出,2009 年浙江省生态安全整体等级不高,呈现“南高北低”的空间格局。2009—

2012 年，北部杭州、嘉兴、湖州、金华地区由临界安全状态转为较安全状态，但丽水和舟山地区分别由安全状态和较安全状态降为临界安全状态。浙江省在 2008 年大力促进创新创业，推动高新技术发展，优化产业结构，鼓励大众积极参与节能减排事业。2012—2015 年宁波和台州地区由临界安全状态分别提升为安全状态和较安全状态，表明 2010 年以来，宁波市在以“美丽宁波”作为城市发展的目标定位和价值取向中取得可持续的生态环境安全发展态势，同时台州市在“治水”和“治气”两大治理中改善了城市的生态环境状况。2015—2018 年丽水、温州和衢州地区的生态环境进入较安全状态，湖州、宁波和舟山地区处于生态环境质量优越的领先地位，浙江生态环境总体进入较安全状态。当前，浙江省总体生态安全等级较安全，但生态安全问题仍然存在，各地方政府要综合考虑地区发展状况，相互借鉴，相互合作，以实现生态与经济的和谐发展。

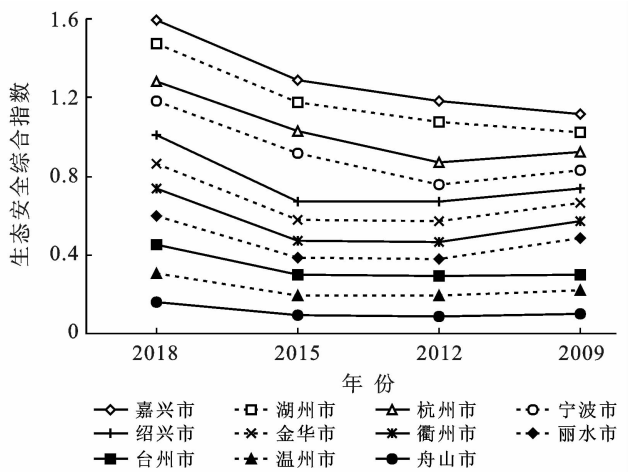


图 2 浙江省 2009－2018 年城市生态安全综合指数变化趋势

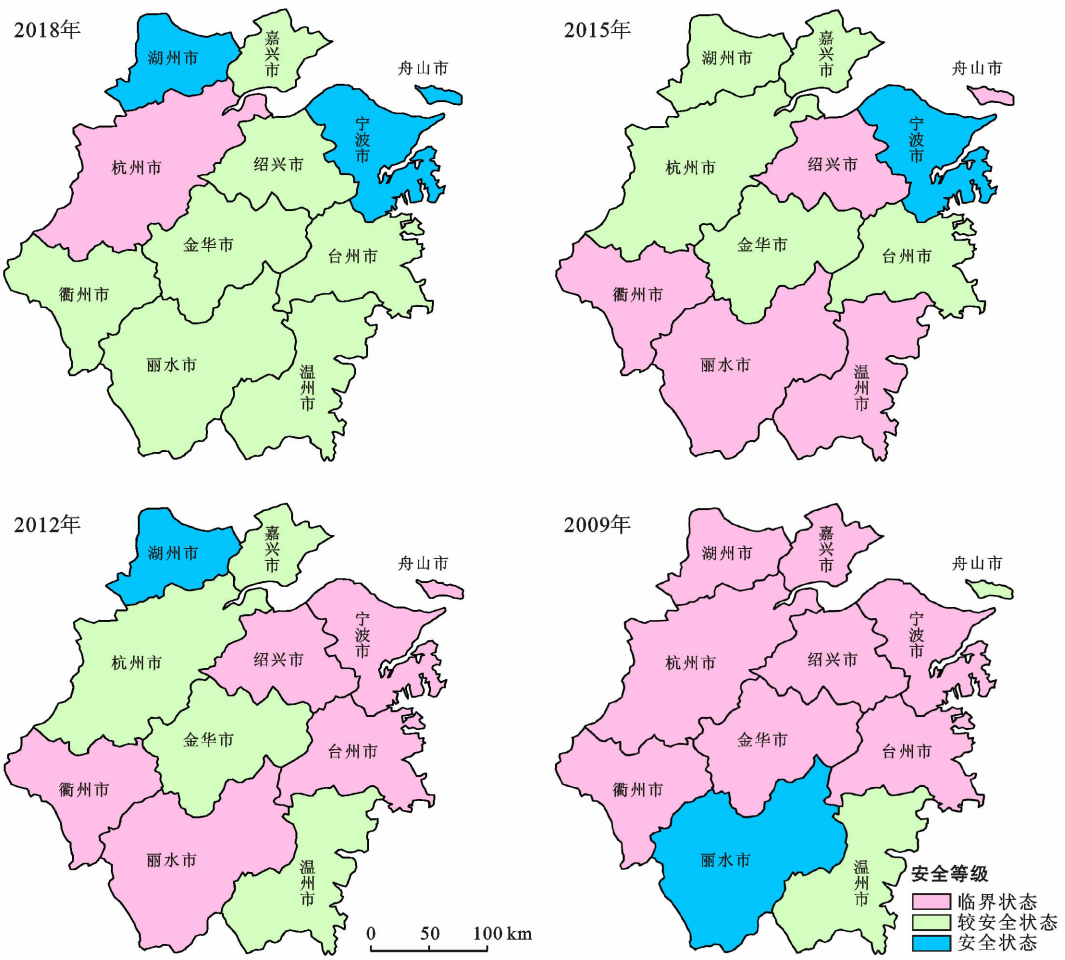


图 3 浙江省 2009－2018 年生态安全格局时空演变特征

3.4 浙江省生态安全的影响因素分析

结合 PSR 各分项指数，分析影响浙江省生态安全的因素。使用 SPSS 25.0 对数据进行 KMO 统计检验和巴特利特球形度检验[12]，KMO 检验值为 0.683，大于阈值 0.5，巴特利特检验值为 0.004 3，小于阈值 0.01，适合对指标进行因子分析。在对 24 个指标进行主要因子提取后，5 个新因子的方差累计贡献度水平达 94.087%。基于方差极大值法对影响因

素进行降维处理,对因子载荷矩阵进行正交旋转,得到旋转后的成分矩阵(表 3)。

其中因子 1 对城镇化率、人口自然增率、工业总产值、人均生产总值、人均能耗、人均公共绿地面积、建成区绿化覆盖率、工业粉尘回收率、第三产业比重、生活垃圾无害化处理率,专利授权量、污水集中处理率、城镇居民人均可支配收入具有较高载荷,因子 2 对 GDP 增长率、恩格尔系数、城镇居民消费水平指数有较高的载荷,因子 3 对人均日用水量、工业二氧化硫排放量、工业废气物综合利用率、就业率有较高的载荷,因子 4 对全年环境质量优良天数有较高的载荷,因子 5 对水资源总量有较高的载荷。基于上述结果,将 5 个因子总结为城镇化、经济发展、社会发展、工业发展、水资源条件。

表 3　生态安全影响因子正交旋转成分矩阵

指标层	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4	因子 5
人口密度/(人·km^{-2})	0.534	0.500	0.336	−0.386	−0.279
城镇化率/%	0.981	0.150	0.008	0.090	0.010
人口自然增长率/%	0.817	0.038	0.038	0.409	0.015
工业总产值/亿元	0.949	0.143	0.075	−0.114	0.135
人均日用水量/(L·d^{-1})	0.444	−0.023	0.684	0.265	−0.438
GDP 增长率/%	0.010	0.902	−0.110	0.352	0.002
工业二氧化硫排放量/t	−0.351	0.567	0.628	−0.049	0.345
人均生产总值/元	0.983	0.062	0.045	0.129	−0.083
人均能耗(kg 标准煤)	0.984	0.068	0.047	0.106	−0.043
恩格尔系数	−0.412	0.592	0.557	0.285	0.133
人均公共绿地面积/m^2	0.979	0.002	0.137	0.004	0.048
水资源总量/10^8 m^3	0.265	0.272	0.114	0.203	0.860
建成区绿化覆盖率/%	0.994	−0.036	0.052	0.070	0.033
工业废水排放达标率/%	0.694	0.548	−0.165	−0.166	−0.008
工业粉尘回收率/%	0.959	−0.128	0.206	−0.070	0.049
全年环境质量优良天数/d	0.233	0.233	0.179	0.850	0.144
第三产业比重/%	0.963	−0.008	0.035	0.193	−0.118
生活垃圾无害化处理率/%	0.943	−0.042	0.078	−0.168	0.156
工业废弃物综合利用率/%	0.534	−0.059	0.784	−0.165	−0.079
就业率/%	0.039	0.044	0.909	0.129	0.153
专利授权量/个	0.958	0.082	0.136	−0.002	0.069
污水处理厂集中处理率/%	0.991	0.057	0.052	0.028	0.039
城镇居民人均可支配收入/元	0.980	0.015	0.051	0.145	−0.080
城镇居民消费水平指数	0.150	0.888	0.123	−0.025	0.221

采用 SPSS 25.0 软件对上述 5 个因子进行多元线性回归分析,F 检验值为 15.214,显著性小于0.05,说明可接受该回归模型。计算结果详见表 4。从表 4 中看到城镇化、社会发展、水资源条件对生态安全具有显著正相关。“十二五”以来,面对浙江省城镇化滞后于工业化、城乡户籍、环境污染等问题。浙江省各市稳步推进“人的城市化”,实施新型城市化战略。“三拆一改”、“五水共治”、“双清”行动持续推进,统筹安排全省生产、生活和生态发展空间。面对水资源总量丰富,但人均水资源不足问题,浙江省划分水功能区和水环境功能 1 133 个,控制各市污染量排放,实现全省污水排放达标率达到 100%。经济发展和工业发展对生态安全呈负相关,主要原因是随着浙江省经济发展水平和工业化水平的不断提升,化工、印染、电镀、有色等行业的发展在其中起着重要作用,但同时也消耗了大量的自然资源,破坏了生态环境。《浙江省环境状况公报》显示由于煤炭和石油的燃烧,全省酸雨污染较严重,江河干流局部存在不同程度污染,城内和污染更为严重。

表 4　各提取因子的偏回归方程系数矩阵

变 量	系数	标准差	T 值检验	p 值检验
常量	0.133	0.024	6.596	0.000
城镇化	0.015	0.021	6.287	0.003
经济发展	−0.019	0.024	−5.443	0.002
社会发展	0.016	0.023	6.172	0.002
工业发展	−0.014	0.013	−4.303	0.001
水资源条件	0.012	0.011	7.243	0.003

4 结论与建议

4.1 结 论

(1) 从时间上看,浙江省在 2009—2018 年这 10 a 间,生态安全状况在小幅波动中逐步改善。国家与地方提出的生态规划,对浙江省生态安全综合指数的提升具有阶段性特征,表明还需进一步完善生态规划,以实现该省的生态安全格局得到持续稳定的提升。

(2) 从空间上来看,浙江省绝大部分城市的生态安全综合指数明显上升,11 地市生态安全状况差异减小。南北生态安全综合指数变化的差异也较为明显,北方城市以地形较为平坦且受到省会辐射影响,而南方城市以丘陵为主限制交通,使得生态安全综合指数较南方先下降也先上升。

(3) 浙江省生态安全影响因素结果分析显示,城镇化、社会发展、水资源条件对生态安全具有显著正相关,而经济发展和工业发展对浙江生态安全呈负相关。面对日益趋紧的资源和有限的生态环境承载力,要借鉴"跳出浙江发展浙江"的理念,实现浙江产业结构调整和产业转型升级。

4.2 建 议

(1) 浙江省政府及各地方部门要综合分析国家总体战略和区域发展现状,因地制宜规划生态建设,确保形成健康稳固的生态安全总体格局。

(2) 要加强对浙北地区的水源涵养和水污染防治工作,努力推进封山育林和退耕还林,以工业园等工业集聚为突破口,培育企业污染治理新模式。

(3) 分布于浙南地区的丽水市、温州市、台州市、金华市等要加强协作,加强水系源头水源涵养和生物多样性的保护,出台相关法律政策,维护野生动植物,合理划定自然保护区。在此基础上充分利用自然生态资源,大力发展生态旅游,构建"生态+产业"利益联结机制,促进浙南地区生态和经济协调发展。

[参 考 文 献]

[1] 王根绪,程国栋,钱鞠. 生态安全评价研究中的若干问题[J]. 应用生态学报,2003,14(9):1551-1556.

[2] 张晶,刘耀林,陈新明. 基于生态足迹的浙江省生态安全动态研究[J]. 水土保持通报,2008,28(4):185-190.

[3] 邓永芳,刘国和. 新时代中国特色社会主义生态文明建设的理论体系:关于十九大报告生态文明建设的十个理论层面[J]. 南京林业大学学报(人文社会科学版),2019,19(6):1-10.

[4] 黄木易,岳文泽,冯少茹,等. 基于 MCR 模型的大别山核心区生态安全格局异质性及优化[J]. 自然资源学报,2019,34(4):771-784.

[5] 张继权,伊坤朋, Hiroshi Tani,等. 基于 DPSIR 的吉林省白山市生态安全评价[J]. 应用生态学报,2011,22(1):189-195.

[6] Wang Hong, Long Huiling, Li Xiaobing, et al. Evaluation of changes in ecological security in China's Qinghai Lake basin from 2000 to 2013 and the relationship to land use and climate change [J]. Environmental Earth Sciences, 2014,72(2):341-354.

[7] Pei Liang, Du Liming, Yue Guijie. Ecological security assessment of Beijing based on PSR model [J]. Procedia Environmental Sciences, 2010,2(2):832-841.

[8] 刘庆,陈利根,舒帮荣,等. 长株潭城市群土地生态安全动态评价研究[J]. 长江流域资源与环境,2010,19(10):1192-1197.

[9] 赵鹏宇;薛慧敏. 基于 PSR 模型的能源—生态复合区生态安全预警研究:以山西省忻州市为例[J]. 水土保持通报,2020,40(2):285-290,298.

[10] 谭华清;张金亭;周希胜. 基于最小累计阻力模型的南京市生态安全格局构建[J]. 水土保持通报,2020,40(3):282-289.

[11] 叶鑫,邹长新,刘国华,等. 生态安全格局研究的主要内容与进展[J]. 生态学报,2018,38(10):3382-3392.

[12] 袁媛,罗志军,赵杰,等. 基于景观结构和空间统计学的南昌市景观生态安全评价[J]. 水土保持研究,2020,27(3):247-255.

[13] 吕广斌,廖铁军,姚秋昇,等. 基于 DPSIR-EES-TOPSIS 模型的重庆市土地生态安全评价及其时空分异[J]. 水土保持研究,2019,26(6):249-258,266.

[14] 王振波,梁龙武,方创琳,等. 京津冀特大城市群生态安全格局时空演变特征及其影响因素[J]. 生态学报,2018,38(12):4132-4144.

[15] 刘菁华,李伟峰,周伟奇,等. 京津冀城市群扩张模式对区域生态安全的影响预测[J]. 生态学报,2018,38(5):1650-1660.

[16] 陈利顶,周伟奇,韩立建,等. 京津冀城市群地区生态安全格局构建与保障对策[J]. 生态学报,2016,36(22):7125-7129.

[17] 熊秀海. 浙江余姚市景观生态安全时空演变研究[D]. 湖北 武汉:武汉大学,2017.

[18] 彭建,赵会娟,刘焱序,等. 区域生态安全格局构建研究进展与展望[J]. 地理研究,2017,36(3):407-419.

[19] Malin F, Mken M. Human livelihood security versus ecological security: An ecohydrological perspective [R]. Stockholm International Water Institute, 2002.

[20] Valentina F, Silvia P. Ecological land suitability analysis through spatial indicators: An application of the analytic network process technique and ordered weighted average approach [J]. Ecological Indicators, 2013,34:507-519.

(下转第 287 页)

[4] 陈宁生,黄娜.普格县荞窝镇 8·8 泥石流灾害应急调查研究[J].山地学报,2018,36(3):482-487.
[5] 亓星,余斌,王涛.沟道坡度对泥石流起动模式影响的模拟试验研究[J].水电能源科学,2014,32(7):116-119.
[6] Lin C W, Shieh C L, Yuan B D, et al. Impact of Chi-Chi earthquake on the occurrence of landslides and debris flows: Example from the Chenyulan River watershed, Nantou, Taiwan [J]. Engineering Geology, 2004, 71(1/2):49-61.
[7] 崔鹏,邹强.山洪泥石流风险评估与风险管理理论与方法[J].地理科学进展,2016,35(2):137-147.
[8] 郭志学,曹叔尤,刘兴年,等.泥石流堵江影响因素试验研究[J].水利学报,2004,35(11):39-45.
[9] 钟敦伦,谢洪,李槭,等.四川省甘洛县泥石流[J].山地研究,1990,8(2):107-113.
[10] 高翔.甘洛县的泥石流类型和防范措施[J].水土保持通报,1998,8(4):35-43.
[11] 吴永,何思明,裴向军,等.震后沟道泥石流启动条件——松散堆积体雨中失稳的水力学机制分析[J].岩土力学,2012,33(10):3043-3050.
[12] 李安润,邓辉,余天彬,等.汶川极震区锄头沟泥石流发育特征及启动机理[J].四川地质学报,2019,39(2):285-288.
[13] 高波,任光明,王军,等.四川汶川高家沟泥石流形成条件与启动机理研究[J].中国地质灾害与防治学报,2014,25(4):1-5.
[14] Gan Binrui, Liu Xingnian, Yang Xingguo, et al. The impact of human activities on the occurrence of mountain flood hazards: Lessons from the 17 August 2015 flash flood/debris flow event in Xuyong County, Southwestern China [J]. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 2018, 9(1):816-840.
[15] 崔鹏,何易平,陈杰.泥石流输沙及其对山区河道的影响[J].山地学报,2006,24(5):539-549.
[16] 付兴盛,罗万福,龙启林,等.水土保持综合治理是防治山洪泥石流的根本措施:"7·6"山洪泥石流灾害中两条小流域受灾程度不同的原因分析措施[J].中国水土保持,2011(9):56-59.

(上接第 272 页)

[21] Foltete J C, Clauzel C, Vuidel G. A software tool dedicated to the modelling of landscape networks [J]. Environmental Modelling & Software, 2012,38:316-327.
[22] Xiao Sun, Crittenden J C, Feng Li, et al. Urban expansion simulation and the spatio-temporal changes of ecosystem services: A case study in Atlanta Metropolitan area, USA [J]. Science of the Total Environment, 2018,622/623:974-987.
[23] Yang Bai, Wong C P, Jiang Bo, et al. Developing China's Ecological Redline Policy using ecosystem services assessments for land use planning [J]. Nature communications, 2018, 9(1):3034.
[24] 董晓峰,刘申,刘理臣,等.基于熵值法的城市生态安全评价:以平顶山市为例[J].西北师范大学学报(自然科学版),2011,47(6):94-98.
[25] 谢亦欣,袁章帅,邹怡,等.基于 PSR 模型—熵权法的土地生态安全评价:以上海市为例[J].北京印刷学院学报,2019,27(8):94-98.
[26] 韩雅琴,白中科,张继栋,等."一带一路"背景下东南亚地区生态安全评价研究[J].生态经济,2020,36(6):181-187.

(上接第 280 页)

[38] 赵文智,庄艳丽.中国干旱区绿洲稳定性研究[J].干旱区研究,2008,25(2):155-162.
[39] 王雅,蒙吉军.黑河中游土地利用变化对生态系统服务的影响[J].干旱区研究,2017,34(1):200-207.
[40] 高鹏文,阿里木江·卡斯木,图尔荪阿依·如孜,赵孟辰.哈密市生态环境效益时空分析[J].干旱区研究,2020,37(4):1057-1067.
[41] 鲁晖,颉耀文,张文培,等.1986—2015 年民勤县绿洲时空变化分析[J].干旱区研究,2017,34(6):1410-1417.
[42] 廖杰,王涛,薛娴.近 55 年来黑河流域绿洲演变特征的初步研究[J].中国沙漠,2012,32(5):1426-1441.
[43] 罗格平,周成虎,陈曦.从景观格局分析人为驱动的绿洲时空变化:以天山北坡三工河流域绿洲为例[J].生态学报,2005,25(9):2197-2205.
[44] 王小军,陈翔舜,刘晓荣,等.河西走廊区沙漠化年度趋势变化分析研究[J].甘肃科技,2014,30(9):1-4,23.
[45] 孙朋,巩杰,高彦净,等.干旱区流域绿洲时空变化及其景观响应[J].干旱区研究,2014,31(2):355-361.
[46] 王耀斌.基于可持续发展的额济纳绿洲生态环境变化研究[J].甘肃联合大学学报(自然科学版),2010,24(1):58-63,66.
[47] Zhang Hong, Wu Jianwei, Yu Yunjiang, et al. A preliminary study of oasis evolution in the Tarim Basin, Xinjiang, China [J]. Journal of Arid Environments, 2003, 55(3):545-553.