

唐培,杨文培. 杭州市生态环境承载力及障碍因素研究[J]. 江苏农业科学,2020,48(3):273-280.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.03.049

杭州市生态环境承载力及障碍因素研究

唐培,杨文培

(中国计量大学经济与管理学院,浙江杭州 310018)

摘要:生态环境承载力的状况直接影响着地区生态、经济、社会等各方面的发展,因此考虑生态环境的城市发展有着重要意义。选取杭州市为研究对象,基于驱动力-压力-状态-影响-反应(DPSIR)模型构建指标体系,运用熵权法和逼近理想解法对杭州市2007—2017年生态环境承载力状况进行分析,最后利用障碍度模型分析指标体系中的主要障碍因素。结果表明,杭州市在11年间的生态环境承载力不断提升,但是整体水平仍然不高;在各子指标体系中,反应子指标体系对整个生态环境承载力的影响最大,其次是压力子系统,然后是驱动力和状态子系统,最后是影响子系统;前期以反应子系统和驱动力子系统的障碍因素影响较大,但逐步下降,后期发展中压力子系统及其子指标发展成为主要障碍因素。

关键词:生态环境承载力;DPSIR模型;逼近理想解排序法(TOPSIS);障碍度

中图分类号: X22 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)03-0273-07

城市在发展的同时也不能忽视环境的状况,目前我国也出台了一系列政策以保障地区的可持续发展。生态环境承载力对地区的经济发展和可持续发展有着重要的影响意义。承载力的概念首先是由 Park 和 Burgues 在 1921 年的人类生态学研究提出的,而生态承载力在后来的研究中被广泛认为是一个地区生态环境最多能够承受的人类社会活动^[1]。很多学者将其与不同地区生态环境与经济发展、社会发展以及资源可持续发展等各个方面相结合开展了研究。刘薇以北京市为研究对象,将生态承载力指标体系分为土地、人口、资源、环境四大子指标体系,并利用生态足迹法评价北京市的生态环境承载力,得出北京市的生态承载力情况较差^[2];高阳等以我国 1996、2000、2004、2008 年各省(区)为例,分别采用传统生态足迹模型和基于能值改进的生态足迹模型,从全国、地区、省(市)3 个层面,利用 Theil 系数进行区域可持续性及其东中西部地区时空差异判定,研究发现,我国总体人均生态足迹、生态承载力及生态盈余与赤字排列都是东部 >

中部 > 西部^[3];朱嘉伟等提出了“生态环境质量指数动态评价方法”,并以河南省为例做了实证分析^[4];郑晶等基于驱动力-压力-状态-影响-反应(DPSIR)模型,构建了福建省生态环境承载力评价指标体系,并利用障碍度模型分析了指标体系中对福建省生态环境发展阻碍最大的因素^[5]。除此之外,还有很多学者将生态环境细分为海洋、大气、土地等各个方面做更细致的生态环境承载力研究和分析。刘锦怡等运用主成分分析法、熵值法和等权重法对深圳东部沿海地区的海洋生态环境承载力进行了评价研究^[6];李天霄等则对齐齐哈尔 2007—2010 年的水土资源承载力进行了评价分析^[7]。在土地承载力方面,农殷璇等对珠江-西江经济带的土地综合承载力状况、系统有序均衡状态及其差异性作了评价分析^[8]。此外,也有学者从大气环境的角度,对城市大气质量发展作了实证分析^[9]。

以往有很多学者,对于不同的研究区或者是生态环境的各个方面,运用不同的方法对其进行评价分析。但是在构建指标体系的过程中需要综合考虑各个方面,因此,本研究在构建指标体系时利用了 DPSIR 模型,从“驱动力-压力-状态-影响-反应”5 个方面构建生态环境承载力指标体系,以求构建的指标体系能够全面并科学。此外,本研究利用熵权法与逼近理想解法对杭州市的生态环境承载力作出评价,再用障碍度模型分析影响杭州市生

收稿日期:2019-01-21

基金项目:杭州市科技发展计划重点项目(编号:20190834M24、20190834M38)。

作者简介:唐培(1995—),女,安徽宣城人,硕士研究生,研究方向为绿色经济与区域创新。E-mail:694056273@qq.com。

通信作者:杨文培,硕士,教授,研究方向为低碳经济。E-mail:wpyang2009@163.com。

态环境承载力发展的主要障碍因子,以期为杭州市今后的发展提出参考建议。杭州市作为研究对象,在 2017 年举办过 G20(20 国集团)峰会,并将在 2022 年举办亚运会,其发展情况受到全国的重视。因此本研究对杭州市 2007—2017 年生态环境承载力发展情况进行评价分析,研究其生态发展情况,不仅对杭州市有着现实意义,还对其他城市的发展有着重要的借鉴意义。

1 指标体系的构建与研究方法

1.1 研究区概况

杭州市是浙江省的省会城市,位于东南沿海的长三角地区,其中心地理坐标为 $120^{\circ}12'E, 30^{\circ}16'N$ 。截至 2016 年年底,杭州市总面积为 $16\,596\text{ km}^2$,其中市区面积为 $4\,876\text{ km}^2$,常住人口已达 918.8 万人,国内生产总值为 11 313.72 亿元,位于全国百强城市前 10 名。杭州市有阿里巴巴、网易等知名互联网企业,是中国电商的摇篮城市,并且杭州市在 2016 年举办了 G20 峰会,在 2020 年也将迎来亚运

会,是城市化发展最迅速的城市之一。

1.2 指标体系的构建

借鉴前人对生态环境评价与生态环境承载力的研究,并出于对指标体系构建的完整性和科学性,在本研究中运用 DPSIR 模型构建杭州市生态环境承载力评价指标体系。DPSIR 模型是由 PSR 模型发展演化而成的。在 DPSIR 模型中, D 代表驱动力,在本指标体系构建中可以看作促使生态环境变化的外在因素; P 代表压力,是由外在社会生产活动造成的对生态环境直接的影响; S 表示状态,是在社会生产的影响下,各类生态资源和社会状况的一种反映; I 代表影响,是在驱动力系统的促使作用和压力系统的影响下所能直接或者间接反映的状况; R 表示反应,是指在综合所有的影响因素、分析现有的状况下所作出的一些应对措施的体现。基于对 DPSIR 模型的理解,并结合杭州市的实际情况,从驱动力、压力、状态、影响和反应 5 个层面共选取了 28 个指标,构建了杭州市生态环境承载力评价指标体系,如表 1 所示。

表 1 杭州市生态环境承载力评价指标体系

目标层	准则层	指标层	指标性质	
生态环境承载力	驱动力(D)	人均国内生产总值(GDP)(D_1)	正	
		人口自然增长率(D_2)	正	
		城镇化水平(D_3)	正	
		城镇居民可支配收入(D_4)	正	
		农村居民可支配收入(D_5)	正	
		压力(P)	人口密度(P_1)	负
	压力(P)	单位 GDP 能耗(P_2)	负	
		单位 GDP 电耗(P_3)	负	
		单位 GDP 水耗(P_4)	负	
		规模以上工业企业数(P_5)	负	
		每百户拥有汽车数(P_6)	负	
		状态(S)	人均水资源(S_1)	正
	状态(S)	人均土地资源(S_2)	正	
		人均公共绿地面积(S_3)	正	
		第二产业占比(S_4)	负	
		第三产业占比(S_5)	正	
		影响(I)	工业 SO_2 排放量(I_1)	负
	影响(I)	工业废水排放量(I_2)	负	
		工业烟尘排放量(I_3)	负	
		城市污水排放量(I_4)	负	
		全年空气质量二级以上的比例(I_5)	正	
		反应(R)	环保支出占财政支出的比例(R_1)	正
		反应(R)	工业固体综合利用(R_2)	正
			城市污水集中处理度(R_3)	正
			建成区绿地率(R_4)	正
			城市环境基础设施投资额(R_5)	正
			环境从业人数(R_6)	正
			环境治理投资额占比 GDP(R_7)	正

1.3 研究方法

1.3.1 数据来源与预处理 基于指标体系构建的完整性和合理性,并且考虑到部分数据的可获得性。本研究中用到的数据来源于《杭州统计年鉴》(2006—2018 年)、《浙江自然资源与环境统计年鉴》(2007—2017 年)和《中国城市统计年鉴》(2007—2017 年)等。少量缺失的数据用插值法进行补充。考虑到各类指标数据量纲之间存在差异性,用极值法对指标数据进行处理。

1.3.2 熵权法 为了避免专家打分法、层次分析法、主成分分析法等方法的主观性对城市化测度产生影响,引起非客观性的偏差,本研究运用熵权法对浙江省新型城市化水平的权重进行测度。具体步骤如下:

(1) 构造判断矩阵 $A = (a_{ij})_{m \times n}$;

(2) 对判断矩阵(A)进行归一化处理,得到归一化后的矩阵 $B = (b_{ij})_{m \times n}$;

(3) 确定评价指标熵(H_i):

$$H_i = -\frac{1}{\ln m} \left(\sum_{j=1}^m f_{ij} \ln f_{ij} \right), f_{ij} = \frac{b_{ij}}{\sum_{j=1}^m b_{ij}}$$

(4) 确定评价指标的熵权(W): $W = (\omega_i)_{1 \times n}$, 其中 $\omega_i = 1 - \frac{H_i}{n} - \sum_{i=1}^n H_i$ 。

式中: ij 表示在第 i ($i=1, 2, \dots, 5$) 准则层下的第 j 个指标; m, n 分别表示第 m 个研究对象、第 n 年; f_{ij} 为中介变量。

此外,杭州市的生态环境承载力水平(U)的计算公式: $U = \sum_{i=1}^m BW$ 。

1.3.3 TOPSIS 模型 TOPSIS 模型全称为逼近于理想解的排序法,是 Yoon 和 Hwang 在 1981 年提出的一种适用于多项指标、多个方案进行比较选择的分析模型。通过检验评价对象与最优解、最劣解的距离进行排序,若评价对象最靠近最优解,同时又最远离最劣解,则为最好,否则为最差。相关步骤如下:

(1) 建立加权规范矩阵: $V = |V_i|_{m \times n} = W_j \times Y_{ij}$, 其中 Y_{ij} 是标准化后的矩阵;

(2) 确定正理想值和负理想值:

正理想解 $V^+ = \{ \max v_{ij} | i=1, 2, \dots, m \}$;

负理想解 $V^- = \{ \min v_{ij} | i=1, 2, \dots, m \}$ 。

(3) 不同年份的正负理想解距离:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^+)^2}, (i=1, 2, \dots, m);$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (V_{ij} - V_j^-)^2}, (i=1, 2, \dots, m);$$

(4) 计算各评价对象的贴近度: $C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}$ 。

在上述式中, D_i^+ 越小,表示其与正理想值越接近,生态状况越好; D_i^- 越小,表示其与负理想值越接近,生态状况越差;贴近度 C_i 越大,表明第 i 年的生态环境承载力越好。

1.3.4 障碍度模型 障碍度模型可在测算出杭州市各年份的生态环境承载力水平之后,对指标进行更深层次的分析,识别指标体系中制约生态环境承载力的障碍指标因素,在此引入因子贡献度 F_{ij} 、指标偏离度 I_{ij} 、障碍度 p_{ij} 与 P_{ij} 这 3 个指标进行计算分析,具体公式如下:

$$F_{ij} = w_{ij} \times w_i;$$

$$I_{ij} = 1 - R_i;$$

$$P_{ij} = \frac{F_{ij} \times I_{ij}}{\sum_{i=1}^m (F_{ij} \times I_{ij})} \times 100\%;$$

$$P_{ij} = \sum p_{ij}。$$

式中: w_{ij} 是第 i 个准则层第 j 个指标的权重; w_i 是第 j 个指标所在准则层的权重; R_i 是各个指标标准化后的值。

2 杭州市生态环境承载力的实证分析

2.1 杭州市生态环境承载力的评价结果与分析

根据以上评价方法,对评价指标体系进行实证计算,得到杭州市 2007—2017 年各大分类指标综合评价价值和生态环境承载力,结果如表 2 所示。

从图 1 可以看出,在 2007—2017 年间杭州市生态承载力评价指标体系中,驱动力、压力、状态、影响、反应子系统和综合水平整体都保持上升的趋势。其中生态环境承载力综合水平从 2007 年的 0.391 233 1 上升到 2017 年的 0.663 412,有较大提升幅度。由图 2 可以看出, D^+ 由 2007 年的 0.051 827 59 下降到 2017 年的 0.028 164 58,逐步下降,趋近于正理想解,而 D^- 由 2007 年的 0.033 307 77 上升到 2017 年的 0.055 512 13,整体上逐步上升,越来越偏离负理想解。但是从整体趋势中可以看出,在 2007—2015 年间, D^+ 、 D^- 的变化趋势较为平稳,而在 2015 年均出现较大幅度的转折,这是因为响应子指标体系中的子指标在 2015 年出现较大的波动幅度,而响应子指标对整个指标体系的贡献度最大,因此影响到整体的变化趋势,具体

表2 杭州市生态环境承载力评价结果

年份	驱动力 D	压力 P	状态 S	影响 I	反应 R	综合评价价值
2007	0.201 876 89	0.455 865 4	0.175 793 4	0.253 728 0	0.070 099 37	0.391 233 1
2008	0.094 458 77	0.449 605 4	0.153 177 8	0.287 382 6	0.171 620 78	0.369 807 4
2009	0.180 672 59	0.452 568 1	0.273 735 6	0.257 113 1	0.143 528 88	0.366 510 1
2010	0.201 670 72	0.477 263 7	0.485 906 4	0.283 298 3	0.188 132 91	0.328 968 7
2011	0.362 301 60	0.600 619 4	0.223 069 7	0.529 833 1	0.159 752 13	0.351 428 8
2012	0.336 294 43	0.585 822 0	0.561 251 8	0.601 082 4	0.191 740 04	0.376 126 2
2013	0.500 966 35	0.555 080 2	0.406 121 4	0.622 560 6	0.320 496 13	0.358 020 9
2014	0.724 504 99	0.548 199 5	0.619 106 0	0.554 745 7	0.314 954 28	0.384 793 2
2015	0.565 736 29	0.567 760 4	0.711 629 1	0.659 642 6	0.415 717 53	0.396 505 0
2016	0.890 248 49	0.567 367 6	0.849 660 0	0.827 358 2	0.898 678 03	0.629 598 5
2017	0.794 787 26	0.561 548 1	0.876 284 7	0.820 186 0	0.850 482 11	0.663 412 0

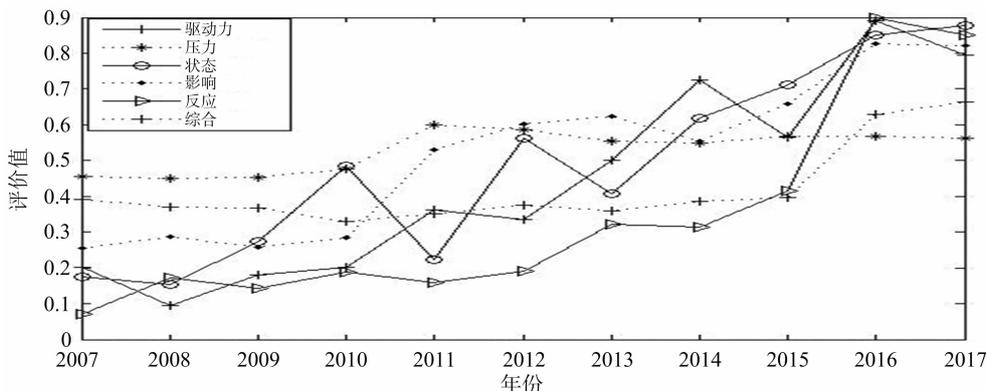


图1 杭州市生态环境承载力的综合评价结果

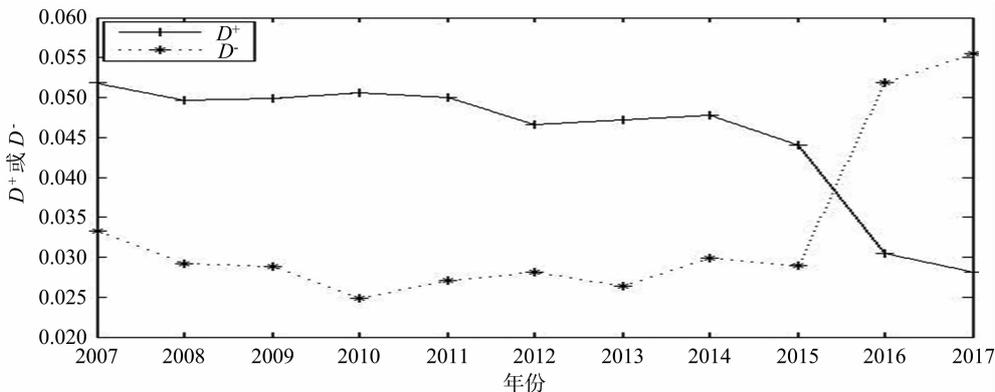


图2 杭州市生态环境承载力 D^+ 、 D^- 的变化趋势

原因在下文会作介绍。整体来说,贴近度的不断提升说明杭州在发展经济的同时,也注重对环境资源的利用和对生态环境的保护,但是仍可以看出,在很长一段时期内,生态环境承载力水平是保持在中等偏下状态的。

2.2 指标体系子系统结果分析

2.2.1 驱动力子系统 驱动力系统的贴近度在这11年期间的发展趋势较好,整体呈上升趋势,由2007年的0.201 876 89 上升到2017年的

0.794 787 26,驱动力子系统的承载力也由差的水平向好的水平转化。从图3、图4可以看出,驱动力子系统的正理想解在研究期间发展较平缓,呈稳步下降的趋势,而负理想解的发展趋势与此相同,处于良好上升、逐步远离的状态。杭州市在这11年的发展中,其经济发展趋势良好,在其子系统中,人口自然增长率和城市、农村居民可支配收入权重均在0.04以上,并且其在研究期间的增长幅度均较大,因此对子系统的承载力起到了提升作用。

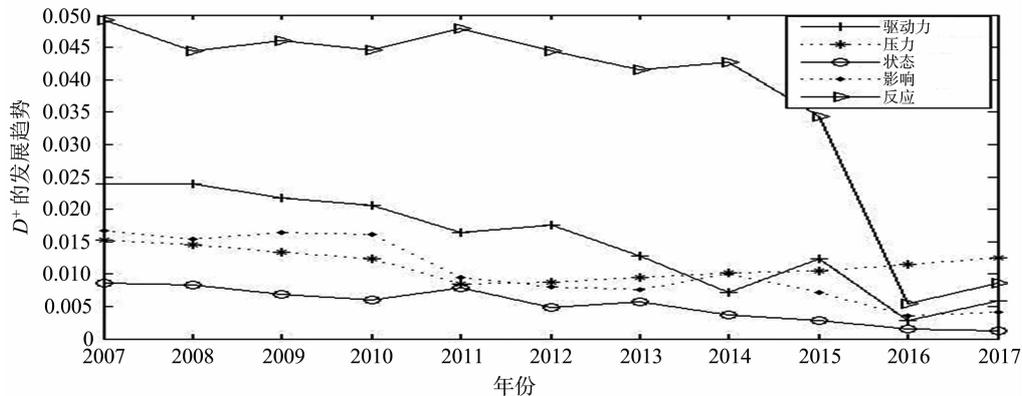


图3 杭州市生态环境承载力各子系统 D^+ 的发展趋势

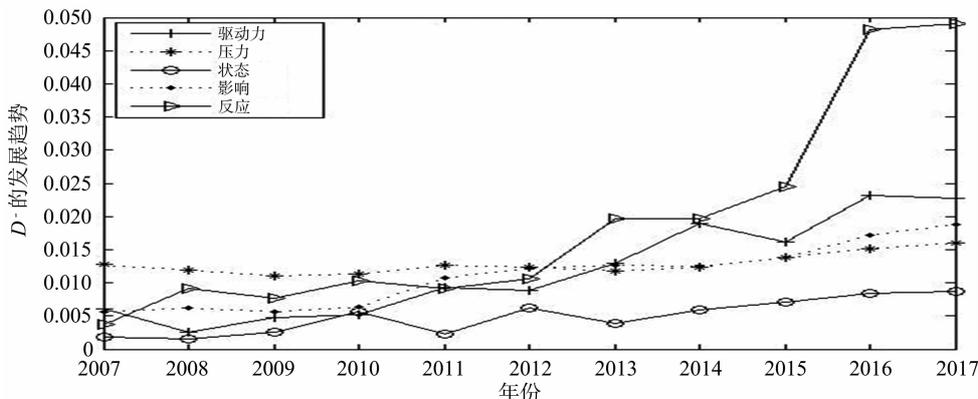


图4 杭州市生态环境承载力各子系统 D^- 的发展趋势

2.2.2 压力子系统 压力子系统的贴近期在 2007—2017 年间的发展趋势较平稳,但是总体上略有上升。从 2007 年的 0.455 865 4 发展到 2017 年的 0.561 548 1,波动幅度不大。其正负理想解也一样,在 11 年的发展中也处于平稳的状态,正理想解略有下降,而负理想解略有上升。从具体指标上看,人口密度指标对整体水平的影响较大,杭州市在这 11 年期间,人口密度与 2007 年相比增长了近 43%,人口增长幅度过大,对生态系统带来过高压力。与此同时,杭州市规模以上工业企业数量与每百户汽车拥有量对杭州市生态环境的影响也不容忽视。

2.2.3 状态子系统 状态子系统的贴近期在研究期间波动幅度较大,呈现“W”形的大幅波动,虽然在最后期间达到一个较高的承载力水平,但是 11 年中状态子系统的变化幅度较大。而从图 3、图 4 中可以看出,虽然整体波动范围较小,但是状态子系统的整体发展趋势是良好的, D^+ 逐步逼近正理想解, D^- 逐步偏离负理想解。这主要是因为,在状态子指标体系中,人均土地资源、人均公共绿地面积与第二、第三产业占比的波动幅度不大,相比而言有较大波动的就是人均水资源,因此人均水资源的波

动导致整个状态子系统的波动,即状态子系统的承载力水平呈现上下波动的状态。

2.2.4 影响子系统 影响子系统整体是处于上升趋势的,每年的增长幅度也较大,从 2007 年的 0.253 728 逐步上升到 2017 年的 0.820 186。除了前 3 年 D^+ 、 D^- 的变化有小幅度的反复,之后的发展均保持良好状态, D^+ 随后逐步下降到 0.004 117 897,而 D^- 逐步上升至 0.018 782 969。从指标的影响程度来看,工业废水排放量、全年二级以上空气质量的比例对影响子系统的影响较大,工业废水排放量的权重也达到了 0.047 969 43,远高于指标权重的平均水平,而从本研究的数据中可以得出,工业废水排放量在研究期间减少了近 68%,因此提升了整个影响子系统的水平,使得整个子系统在研究期间发展趋势良好。

2.2.5 反应子系统 反应子系统的承载力在 11 年中呈快速增长的趋势,自 2007 年的 0.070 099 37 发展到 2017 年的 0.850 482 11。而从图 3、图 4 中 D^+ 、 D^- 的发展趋势可以看出, D^+ 在前 9 年都处于一个相对较高的水平,与正理想解相差较大,直到最后 2 年才出现较快的下降趋势。 D^- 与此相反,在前

几年的发展较平稳,但是与整体水平相差不大,同时也在最后几年出现了较大的增长幅度,最后达到一个远高于整体的水平 0.049 109 619。从子指标体系的权重分布来看,环境治理投资额占比 GDP、环境从业人数和环保支出占财政支出的比例这 3 项的权重均达到了 0.04,而环境治理投资额占比 GDP 更达到了 0.09 之高,在 2007—2015 年之间,环境治理投资额占比 GDP 的变化在 0.35~0.60 之间,而到了 2016、2017 年,其占比突然增加到 1.6、1.7,对以往整个平和的变化趋势造成了强烈的影响,是由于在 2017 年举办了 G20 峰会,因此杭州政府加大了对环境治理的投资,所以造成最后出现的 D^+ 、 D^- 较大幅度的变化。

2.3 杭州市生态环境承载力障碍度因素诊断

2.3.1 主要障碍因素分析

根据障碍度模型,对杭州市 2007—2017 年的生态环境承载力障碍度进行计算,并按照障碍度的大小选择排名前 5 的指标因素。由表 3 可知,排名前 5 的障碍度影响因子中反应子系统影响因子的占比最大,其中环境治理投资额占比 GDP(R_7)在前 9 年都是属于障碍度最高的影响因素,其次出现最多的有环保支出占财政支出的比例(R_1)、环境从业人数(R_6),再次就是驱动力子系统中人口自然增长率(D_2)与农村居民可支配收入(D_5),2 个子系统的 5 个影响因素在前 6 年都处于障碍度因子的前 5 名,在随后的发展中,虽然有些指标障碍度已经降低,但是仍然有较高的影响,直到 2016 年,排序前 5 的障碍因素出现了较大变动。在后 2 年的发展中,主要障碍因素是压力子系统中的人口密度(P_1)、每百户拥有汽车数(P_6)和单位 GDP 电耗(P_3),但是与前期相比,后 2 年的障碍因素的障碍度也有很大幅度的下降。通过分析发现,杭州市在前期重视城市的发展,对发展过程中造成的环境污染较少关注,因此在前几年关于对生态环境承载力影响较大的环境治理投资额占比 GDP、环保支出占财政支出比例与环境从业人数投入不够,成为主要的制约因素,而在后期杭州市发展到了一定程度,并且承办了 G20 峰会,还有即将举行的亚运会,都使得杭州政府重视生态环境,加大了环境治理的人力和财力的支出。

2.3.2 分类指标障碍度分析

根据各个指标的障碍度,可以进一步得到各子系统的障碍度。由表 4 可以看出,在大部分年份间,反应子系统的障碍度都是最高的,其次是压力子系统,这与表 3 的障碍因

表 3 2007—2017 年杭州市生态环境承载力主要障碍因素排序

年份	项目	指标排序对应的障碍因素与障碍度				
		1	2	3	4	5
2007	障碍因素	R_7	R_6	R_1	D_5	R_5
	障碍度	2.28	1.26	1.07	0.91	0.86
2008	障碍因素	R_7	R_6	R_1	D_2	D_5
	障碍度	2.11	1.22	0.95	0.95	0.86
2009	障碍因素	R_7	R_6	R_1	D_2	D_5
	障碍度	2.23	1.22	0.85	0.82	0.81
2010	障碍因素	R_7	D_2	R_6	P_5	D_5
	障碍度	2.30	0.82	0.82	0.76	0.75
2011	障碍因素	R_7	R_1	R_6	S_4	D_5
	障碍度	2.49	0.90	0.80	0.68	0.66
2012	障碍因素	R_7	R_1	D_2	P_1	R_6
	障碍度	2.28	0.82	0.79	0.75	0.74
2013	障碍因素	R_7	P_1	R_1	R_5	D_2
	障碍度	2.24	0.77	0.69	0.59	0.56
2014	障碍因素	R_7	P_1	R_5	P_6	I_5
	障碍度	2.34	0.79	0.60	0.57	0.37
2015	障碍因素	R_7	P_1	D_3	D_2	P_6
	障碍度	1.93	0.83	0.67	0.66	0.63
2016	障碍因素	P_1	P_6	P_3	R_1	S_2
	障碍度	0.90	0.70	0.53	0.39	0.33
2017	障碍因素	P_1	P_6	R_1	D_3	P_3
	障碍度	0.99	0.76	0.59	0.50	0.45

素分析结果相同。从整体趋势看,响应子系统在 11 年间大部分处于下降的趋势,尤其在 2014 年之后,下降幅度最高达到了 30.34%,驱动力子系统则处于波动状态,有增有减,但是 2017 年与 2007 年相比有很大的下降,状态子系统和影响子系统一直处于较平稳的状态,其中影响子系统的障碍度在 10% 左右浮动,状态子系统的障碍度在 15% 左右浮动,而压力子系统的障碍度整体上从 2007 年的 12.26% 持续上涨到 2017 年的 40.25%,说明压力子系统成为了制约杭州市生态环境承载力发展的最主要因素,因此新阶段治理应主要从压力子系统入手,同时兼顾其他 4 个系统,全面推进,以从整体上提高杭州市生态环境的承载力水平。

3 结论与建议

基于 DPSIR 模型,并根据杭州市发展现状构建的生态环境承载力指标体系,利用熵权法和逼近理想解法对杭州市 2007—2017 年这 11 年的生态环境情况作实证分析,得出以下结论:

(1) 杭州市在这 11 年期间,生态环境承载力发展趋势良好,整体处于上升的水平,直到 2017 年,杭州市的生态环境承载力水平虽然有所上升,但是水平不高,仍处于中等偏上的水平,而从整体上看,这

表4 2007—2017 杭州市生态环境承载力各子系统障碍度

年份	障碍度(%)				
	驱动力子系统	压力子系统	状态子系统	影响子系统	反应子系统
2007	20.80	12.26	15.67	7.66	43.61
2008	23.60	13.82	15.65	7.33	39.60
2009	22.43	15.33	14.16	9.00	39.08
2010	24.64	15.37	13.67	9.30	37.02
2011	20.89	10.62	18.70	6.14	43.65
2012	23.90	17.48	12.57	5.32	40.74
2013	19.73	20.44	16.01	6.41	37.42
2014	11.15	22.86	13.37	12.39	40.22
2015	22.24	24.45	11.96	10.27	31.08
2016	9.48	45.62	12.14	11.10	21.65
2017	14.08	40.25	10.50	8.89	26.28

11年间的大部分年份都是处于中等偏下的水平,由此可见,杭州市生态环境承载力的发展状况不是很好,有待加强。

(2)从子指标系统来看,反应子指标体系对整个体的贡献率最大,为0.273 868 43,其次是压力子系统,贡献率是0.210 992 19,然后是驱动力子系统、状态子系统和影响子系统,其贡献率分别是0.201 622 81、0.174 224 88和0.139 291 68。

(3)在驱动力子体系中,经济因素和人口因素的影响较大;在压力子体系中,人口密度、规模企业数量和每百户汽车拥有量造成了压力较大;而在状态子体系中,因为其他指标在研究期间的变化平稳,只有人均水资源波动较大,并且其贡献率最大,因此状态子系统的变化随着人均水资源的变化而变化;在影响子指标体系中,要注意工业废水排放量和全年空气质量二级以上比例的影响;在反应子指标体系中,环保支出和环境治理投资额的影响最大,因为环境质量投资越大,生态环境的状况越好。

(4)在障碍度分析中,反应子系统和驱动力子系统的障碍度最高,与此同时,其子指标的障碍度环境治理投资额占比GDP、环保支出占财政支出的比例与环境从业人数、人口自然增长率、农村居民可支配收入这5个障碍因素的影响最大。但是在后期的发展中出现了反转,压力子系统及其指标因素成为制约生态环境承载力发展的最主要因素。

基于以上结论,对杭州市的发展有如下几点建议:

(1)杭州市的生态环境承载力还有很大的提升空间,政府可以从顶层进行政策指导,不仅建立一些环境保护的政策,还有从各个方面促进经济绿色化的转型发展,同时对工业企业和资源性产业提供补贴政策,以鼓励其改进技术,以最大化利用资源

并保护生态环境,企业和公众也要建立环境保护意识,从多方面努力以提高杭州本地生态环境承载力,实现可持续发展。

(2)从各个子指标体系来看,针对每个子指标体系中影响较大的指标因子要给予更多重视,在驱动力子系统中就要着重注意城市和农村居民的经济水平,人们因为经济水平上升了会更注意外在环境的优劣。而对于压力子系统,杭州市的发展依靠杭州人民和杭州企业的共同努力,但是过多的人口和企业,同时也带来了环境压力,杭州市已经出台了住房和汽车的摇号政策,可以在一定程度上缓解其带来的压力。最后从影响最大的反应子系统中可以看出,政府对环境治理的投资增加可以在很大程度上影响子系统,进而影响整个生态环境指标体系,因此政府要加大对环境治理的投资和支出,并鼓励人员从事环境保护类工作,给予一定补贴和奖励政策。如此从各个方面进行治理方可提高杭州市整体的环境质量。

(3)从障碍因素的分析中可以看出,环境治理的人力和财力的投入对生态环境的影响较大,因此后期政府也应该加强建设城市基础环境设施,发展成为一个生态型城市。对于现有的生态环境资源,要实施好自然资源管理与使用管理制度,增加人均资源量,规划生态红线,以不断提高生态环境的资源水平。

参考文献:

- [1]宋强,张磊,陈晓.珠江三角洲经济区城市生态环境承载力研究[J].生态科学,1996,15(2):102-104.
- [2]刘薇.生态环境承载力变化研究——以北京市为例[J].价格理论与实践,2018(9):74-77.
- [3]高阳,冯喆,王羊,等.基于能值改进生态足迹模型的全国

梁留阳,康业斌,赵世民,等. 烟草专用生物有机肥对烟株根围土壤微生物与酶活性的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(3):280-283.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.03.050

烟草专用生物有机肥对烟株根围土壤微生物与酶活性的影响

梁留阳¹, 康业斌¹, 赵世民², 李淑君³

(1. 河南科技大学林学院,河南洛阳 471023; 2. 河南省烟草公司洛阳市公司,河南洛阳 470023;
3. 河南省农业科学院许昌烟草研究所,河南许昌 461000)

摘要:为探讨烟草专用生物有机肥不同施用量的田间应用效果,采用稀释涂布平板法检测土壤样品中微生物数量,用3,5-二硝基比色法、比色法、磷酸苯二钠比色法、滴定法测定土壤样品中蔗糖酶、脲酶、磷酸酶与过氧化氢酶的活性,于烟苗移栽后42、75 d调查农艺性状。结果表明,烟田施用生物有机肥3 750 kg/hm²、氮磷钾复合肥225 kg/hm²、重过磷酸钙225 kg/hm²、硫酸钾225 kg/hm²、硝酸钾60~75 kg/hm²能显著增加烟株根围土壤中微生物菌落的数量,尤其是细菌和放线菌的菌落数量;使用生物有机肥的处理不但能够提高烟株根围土壤中蔗糖酶、脲酶、磷酸酶及过氧化氢酶的活性,而且烟株平均株高、茎围、单叶叶面积及叶片数均大于对照。

关键词:烟草;生物有机肥;土壤微生物;土壤酶活性;农艺性状

中图分类号: S572.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)03-0280-04

近年来,烟草连作、农药过量施入、土地管理不当等问题严重影响着烟草的产量与质量^[1]。生物有机肥具有改良土壤结构、提高土壤肥力和通透性^[2]、促进根系生长、减轻作物病害^[3]、为土壤中的微生物提供养分、提高微生物数量与活性^[4]等功效,在农作物上的应用较多。陶梦慧等的研究表明,施用生物有机肥可以更好地改善土壤微生物区系,增加土壤酶活性,有利于土壤肥力的提高^[5]。胡征等的研究表明,有机肥和无机肥配施可使烟草

植株生长发育加快,植株增高,茎围加大,叶数增多,叶面积增大,烟株长势增强,烟叶产量提高^[6-7]。由于土壤有机质含量和理化性质的不同,生物有机肥在不同地区、不同农作物上的施入量有所差异。本试验在河南省洛阳市连作烟田设置生物有机肥的不同施用量为处理组,探讨生物有机肥对土壤微生物数量、主要酶活性以及烟草农艺性状的影响,以为有机肥在烟草生产中进一步推广使用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与田间试验设计

1.1.1 试验材料 栽烟品种为LY1306。烟草专用生物有机肥由洛阳鑫盈源环境治理有限公司生产,产品中有有机质含量为90.8%;总氮(N)含量为1.64%;P₂O₅含量为0.46%;K₂O含量为1.70%。

收稿日期:2019-08-14

基金项目:河南省烟草公司科学研究与技术开发重点项目(编号:HYKJ201610);河南省烟草公司洛阳市公司科技项目(编号:20182112)。

作者简介:梁留阳(1992—),男,河南洛阳人,硕士研究生,主要研究方向为植物免疫学。E-mail:1543405598@qq.com。

通信作者:康业斌,博士,教授,主要研究方向为植物免疫学。E-mail:kangyb@163.com。

省区生态经济系统分析[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2011,47(6):1089-1096.

[4]朱嘉伟,谢晓彤,李心慧. 生态环境承载力评价研究——以河南省为例[J]. 生态学报,2017,37(21):7039-7047.

[5]郑晶,于浩,黄森慰. 基于DPSIR-TOPSIS模型的福建省生态环境承载力评价及障碍因素研究[J]. 环境科学学报,2017,37(11):4391-4398.

[6]刘锦怡,陈斯典,江天久. 海洋生态环境承载力研究——以深圳

东部海域为例[J]. 海洋环境科学,2017,36(4):560-565.

[7]李天霄,付强,彭胜民. 基于DPSIR模型的水土资源承载力评价[J]. 东北农业大学学报,2012,43(8):128-134.

[8]农股璇,臧俊梅,许进龙. 珠江-西江经济带土地综合承载力测算及其系统耦合协调度研究[J]. 水土保持研究,2018,25(4):264-269.

[9]杨文培,何曙慧,王建民,等. 基于DPSIR模型的城市大气环境发展指数研究[J]. 运筹与管理,2017,26(7):147-153.