

基于 GA-PPE 模型的南京滨江风光带生态建设综合评价

冯宝平,吴东,梁行

(河海大学水利水电学院,江苏南京 210098)

摘要:为科学评价南京滨江风光带生态建设效果,选取了生态功能完善、生态环境保护 and 生态能源节约 3 个方面 10 项评价指标,采用投影寻踪等级评价模型(PPE),利用遗传算法(GA)优化最佳投影方向,根据最佳投影函数值进行其等级评价。评价结果表明:南京滨江风光带一期建设过程中,河西片建设效果属于Ⅰ级,生态建设效果较好;下关区、江浦区和浦口新区为Ⅱ级,需要在湿地率、废污水排放达标率、绿化覆盖率、水质达标率、可再生能源利用率等方面进一步配套完善。

关键词:生态建设;指标体系;投影寻踪;滨江风光带;南京市

中图分类号:X826 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7647(2016)06-0029-06

Comprehensive assessment of ecological construction of Nanjing Waterfront based on GA-PPE model//FENG Baoping, WU Dong, LIANG Xing(College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: With consideration of three principles, ecological functional perfection, ecological environmental protection, and ecological energy saving, an assessment index system including ten indices was established to evaluate the effects of ecological construction of the Nanjing Waterfront. Based on the projection pursuit evaluation model (PPE), which uses the genetic algorithm (GA) to optimize the projection direction, the values of the optimal projection function were adopted for grade assessment. The results show that, during the first construction period of the Nanjing Waterfront, the Hexi area falls into grade I, with a perfect ecological effect, and the Xiaguan District, Jiangpu District, and Pukou New District fall into grade II, and the following indices should be improved: the wetland coverage ratio, the percentage of discharged wastewater reaching the standard, the green coverage ratio, the percentage of water reaching the water quality standard, and the renewable energy utilization rate.

Key words: ecological construction; index system; projection pursuit; waterfront; Nanjing City

城市滨水区是城市水域与陆地共同构成的一种独特的城市环境。由于特殊的地理位置和良好的自然资源,城市滨水区通过合理地开发建设,不仅是宣传城市形象的重要窗口,而且可以承担一定的生态平衡、景观环境和休闲娱乐功能。近年来,城市滨水区开发建设成为滨水城市建设的项目。南京基于“拥江发展、跨江发展”的发展战略和打造世界级滨水旅游区的总体目标,积极建设 58 km 滨江风光带,于 2014 年 8 月南京青奥会前完成基本建设,目前正在进行相关续建和配套工作。国内外众多学者从滨水区的规划、设计、功能等方面进行了大量研究,并越来越多地考虑滨水区生态环境问题^[1-3]。Da 等^[4]采用比例二元语义法,从生态、社会以及文脉三方面对城市滨水区功能进行了评价。Karen 等^[5]将生态学与码头、海堤设计相结合来减轻滨水建设对环境的破坏,恢复城市滨水区生态系统功能。

王江萍^[6]从生态学角度探讨了滨水区景观规划的设计原则,以及建设过程中应注意的具体问题。朱佩娟等^[7]从复合生态系统角度出发,提出了滨水区景观资源优化思路,探讨了滨水区景观规划设计的途径。相关研究为城市滨水区建设提供了很好的指导。目前对城市滨水区建设生态环境影响的评价研究较少,如何遵循生态设计理念,科学评价城市滨水空间建设状况成为城市滨水区建设需要研究的课题之一。

本文采用基于遗传算法(genetic algorithm,GA)的投影寻踪等级评价(projection pursuit grade evaluation,PPE)模型(GA-PPE 模型),通过遗传算法优化 PPE 模型的投影方向,将多个评价指标综合成一个综合指标,对南京滨江风光带一期生态建设效果进行综合评价,避免了人为赋权的干扰和评价指标较多、指标权重难以确定等问题,评价准确易

行,可以科学评价滨江风光带生态建设效果,为后期续建、配套提供决策依据。

1 生态建设综合评价指标体系

依据全面性、代表性、可操作性和层次性等原则,将滨江带生态建设效果分为生态功能完善、生态环境保护 and 生态能源节约 3 个准则,分别反映了滨江带建设的生态服务功能、对周围生态环境的保护和改善情况以及对资源的节约利用情况。采用频度统计法,对相关指标进行统计分析和初步筛选,初步确定评价指标,并采用专家咨询的方法,对评价指标作出决策,建立如表 1 所示的南京滨江风光带生态建设评价指标体系,各项指标从优到劣依次分为 I、II、III、IV 4 个等级。

生态功能完善准则选取绿化覆盖率 C_1 、湿地率 C_2 和植物配置合理度 C_3 3 项指标。绿化覆盖率指草坪、乔灌木等绿化植物的垂直投影面积占区域面积的比值^[8-9]。根据《南京市城市总体规划(2011—2020)》,南京市建成区绿化覆盖率现状为 44.38%,2020 年达到 50%;CJJ 48—92《公园设计规范》规定,综合性公园绿化用地面积应不小于陆地面积的 70%。湿地率指湿地面积占区域面积的比值^[10-11],城市湿地能够调节区域小气候,是区域生态系统的重要组成部分。按照 LY/T 1755—2008《国家湿地公园建设规范》,国家湿地公园湿地面积应占总面积的 60% 以上;根据《中国统计年鉴 2014》,2014 年全国湿地面积占辖区面积比例为 5.56%,江苏省为 27.51%。植物配置合理度指植物群落景观评价价值,包括景观个体要素(形态、色彩、线条、质地)和景观配置要素(比例尺度、协调对比、对称平衡、多样统一、韵律节奏)两个方面,采用专家打分确定^[12-13]。合理的植物群落对实现人与环境和谐相处,保护生物多样性具有重要意义。

生态环境保护准则选取空气质量状况指数 C_4 、环境噪声排放值 C_5 、水质达标率 C_6 和废污水排放达标率 C_7 4 项指标。空气质量状况指数采用一段时间内空气质量指数的平均值^[14-15],该值越大空气质量状况越差。HJ633—2012《环境空气质量指数(AQI)技术规定(试行)》将空气污染指数分为 0 ~

50、51 ~ 100、101 ~ 150、151 ~ 200、201 ~ 300 和大于 300 共 6 档。环境噪声排放值采用一段时间内环境噪声监测均值^[16],根据《中国统计年鉴 2013》,2013 年南京市的环境噪声等效声级为 54.0 dB(A 计权,下同);参照 GB3096—2008《声环境质量标准》中 2 类功能区的规定,设定相应的分级标准。水质达标率指所属水功能区水质达标的数据个数(或河长、面积)占水功能评价总数据个数(或总河长、总面积)的比例^[17]。按照《关于实行最严格水资源管理制度的意见》,到 2015 年重要江河湖泊水功能区水质达标率提高到 60%,2020 年和 2030 年分别提高到 80% 和 95% 以上。废污水排放达标率指达到排放标准的废污水排放量占废污水排放总量的比值^[18],滨江风光带产生废污水的达标率直接关系到长江水源地水质状况,参考《南京市城市总体规划(2011—2020)》确定其指标分级。

生态能源节约准则选取可再生能源利用率 C_8 、再生水利用率 C_9 和绿色建筑比例 C_{10} 3 项指标。可再生能源利用率指可再生能源占总能源消耗量的比值^[16]。目前我国可再生能源利用率不足 10%^[19],根据《可再生能源发展“十二五”规划》^[20],到 2020 年可再生能源年利用量在能源消费中的比例力争达到 15%;今后二三十年将是人类从化石能源为主时代向清洁低碳、可持续能源过渡的关键时期,2035 年可再生能源利用率将达到 30%^[21]。再生水利用率采用再生水利用量占污水处理总量的比例。根据《“十二五”全国城镇污水处理及再生利用设施建设规划》,2010 年我国城镇再生水利用率小于 10%,2015 年城镇再生水利用率达 15%;根据《南京市城市总体规划(2011—2020)》,提倡城市污水再生水作为绿化、河湖景观、道路洒洒、建筑冲厕、工业用水等,污水再生利用率不低于 20%。绿色建筑比例指节能、节地、节水、节材、能够提供健康舒适且与自然和谐共生的建筑^[22-23] 占总建筑数量的比例。新生态城建设要求新建建筑的 80% 必须为绿色建筑,既有城市升级为生态城的必须有 50% 以上为绿色建筑;根据国务院办公厅转发的《绿色建筑行动方案》,2015 年城镇新建建筑中绿色建筑比例达 20%。

表 1 滨江风光带生态建设综合评价指标及等级划分

评价等级	生态功能完善指标			生态环境保护指标				生态能源节约指标		
	绿化覆盖率 $C_1/\%$	湿地率 $C_2/\%$	植物配置合理度 C_3	空气质量状况指数 C_4	环境噪声排放值 C_5/dB	水质达标率 $C_6/\%$	废污水排放达标率 $C_7/\%$	可再生能源利用率 $C_8/\%$	再生水利用率 $C_9/\%$	绿色建筑比例 $C_{10}/\%$
I 级	>65	>40	>80	<25	<50	>95	100	>30	>25	>40
II 级	(55,65]	(25,40]	(65,80]	[25,50]	[50,60]	(80,95]	[95,100]	(20,30]	(15,25]	(30,40]
III 级	(45,55]	(10,25]	(50,65]	[50,100]	[60,70]	(60,80]	[90,95]	(10,20]	(10,15]	(20,30]
IV 级	≤45	≤10	≤50	≥100	≥70	≤60	<90	≤10	≤10	≤20

2 GA-PPE 模型

投影寻踪等级评价的基本思想是把高维数据投影到低维子空间上,计算能反映高维数据结构或特征的投影值,根据该投影值分析高维数据的结构特征,达到分析高维数据的目的,广泛应用于多因素综合评价问题^[24-25]。GA-PPE 模型建模步骤如下:

a. 构建评价样本。依据滨江风光带生态建设综合评价指标及等级划分情况,在每个评价等级内随机、均匀生成一定数量的评价样本,样本包括评价等级 $y_i(i=1,2,\cdots,n)$ 及相应评价指标 $x_{ij}^*(i=1,2,\cdots,n;j=1,2,\cdots,p)$,其中 n,p 分别为样本个数和评价指标个数。

与指标分级一致,评价等级 $y_i=1,2,3,4$ 分别对应 I、II、III、IV 4 个等级,相应的评价指标 x_{ij}^* 可根据 y_i 所属等级选定相应数值^[26-27]。如 $y_i=1$ 属 I 级,相应评价指标 x_{ij}^* 可取 $C_1>65\%$, $C_2>40\%$, $C_3>80\%$, $C_4<25\%$, $C_5<50\text{dB}$, $C_6>95\%$, $C_7=100\%$, $C_8>30\%$, $C_9>25\%$, $C_{10}>40\%$ 中相应数值。

b. 指标标准化。分别采用式(1)和式(2)对正向指标和负向指标进行标准化处理,标准化后的指标值 x_{ij} 为

$$x_{ij} = \frac{x_{ij}^* - \min x_{ij}^*}{\max x_{ij}^* - \min x_{ij}^*} \quad (i=1,2,\cdots,n;j=1,2,\cdots,p) \tag{1}$$

$$x_{ij} = \frac{\max x_{ij}^* - x_{ij}^*}{\max x_{ij}^* - \min x_{ij}^*} \quad (i=1,2,\cdots,n;j=1,2,\cdots,p) \tag{2}$$

式中: $\max x_{ij}^*$ 、 $\min x_{ij}^*$ 分别为第 j 项评价指标的最大值和最小值。

c. 线性投影。投影指从不同角度观察数据,寻找能够最大程度反映数据特征和最能充分挖掘数据信息的最优观察角度。本研究选用线性投影将高维数据投影到一维线性空间,把 p 维数据综合成以单位长度向量 $a=(a_1,a_2,\cdots,a_p)$ 为投影方向的投影值 z_i ,即

$$z_i = \sum_{j=1}^p a_j x_{ij} \quad (i=1,2,\cdots,n) \tag{3}$$

d. 构造投影指标函数。投影寻踪等级评价的根本任务就是建立评价指标 $\{x_{ij} \mid i=1,2,\cdots,n;j=1,2,\cdots,p\}$ 与评价等级 $\{y_i \mid i=1,2,\cdots,n\}$ 间的数学关系,即把 p 维数据 $\{x_{ij} \mid j=1,2,\cdots,p\}$ 综合成以单位向量 $a=(a_1,a_2,\cdots,a_p)$ 为投影方向的投影值 z_i 。在综合投影时,投影值 z_i 要尽可能多的携带 $\{x_{ij} \mid j=1,2,\cdots,p\}$ 的变异信息,所以 z_i 的标准差 S_z 要尽可能最大,同时 z_i 与 y_i 的相关系数的绝对值 $|R_{zy}|$ 也要

尽可能大。投影指标函数 $Q(a)$ 构造如下^[28-29]:

$$Q(a) = S_z |R_{zy}| \tag{4}$$

其中

$$S_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (z_i - E_z)^2}{(n-1)}}$$

$$R_{zy} = \frac{\sum_{i=1}^n (z_i - E_z)(y_i - E_y)}{[\sum_{i=1}^n (z_i - E_z)^2 \sum_{i=1}^n (y_i - E_y)^2]^{1/2}}$$

式中 E_z 、 E_y 分别为 z_i 与 y_i 的均值。

e. 优化投影指标函数。投影指标函数 $Q(a)$ 随投影方向 a 的变化而变化,不同的投影方向反映不同的数据结构特征,最佳投影方向就是最大可能暴露高维数据某类特征结构的投影方向,可以通过求解 $Q(a)$ 最大化问题来计算最佳投影方向。数学模型为^[30]:

目标函数 $\max Q(a) = S_z |R_{zy}| \tag{5}$

约束条件 $\sum_{j=1}^p a_j^2 = 1 \quad (0 \leq a_j \leq 1) \tag{6}$

f. 遗传算法求解。式(5)(6)是以 P 维向量 a 为优化变量的复杂优化问题,常规方法编程过程复杂且计算量大,在应用时往往受到限制,容易陷入局部最优。遗传算法是模拟自然界中的生物在遗传进化过程形成的一种自适应全局优化概率搜索算法,它提供了一种求解复杂系统优化问题的模式,对问题的求解有很强的鲁棒性、自适应性、隐含并行性和全局优化性,其应用范围几乎已渗透到从工程到社会科学的诸多领域。本文采用遗传算法优化投影指标函数,设定种群大小 20,最大繁殖代数 50,交叉率 0.7,变异率 0.01,求解最佳投影方向向量 a 。

3 南京滨江风光带生态建设综合评价

3.1 GA-PPE 模型的精度分析

根据生态建设综合评价指标分级标准,在每个等级内随机、均匀地生成 5 个评价样本,共 20 个样本。按式(1)(2)对样本进行标准化处理,再按式(3)~(6)计算投影特征向量 a 和投影指标函数值 $Q(a)$ 。经计算,求得最大投影指标函数值 $Q(a)$ 为 0.7469,最佳投影方向向量 $a=(0.238,0.362,0.276,0.376,0.279,0.359,0.269,0.347,0.331,0.293)$ 。将最佳投影方向向量 a 代入式(3),求得最佳投影值 z_i ,见表 2。

将表 2 中的最佳投影值 z_i 与评价等级 y_i 用二次多项式拟合,结果见式(7)。将最佳投影值 z_i 代入到式(7),得到各个评价样本对应的评价等级计算值 Y_i ,见表 2。

表2 生态建设评价等级与模型计算对比结果

样本 序列	评价指标经验值										最佳投 影值 z_i	评价等级 计算值 Y_i	评价 等级 y_i
	$C_1/\%$	$C_2/\%$	C_3	C_4	C_5/dB	$C_6/\%$	$C_7/\%$	$C_8/\%$	$C_9/\%$	$C_{10}/\%$			
1	65.7	45.2	82.5	24	41.2	97.2	100	37.1	35.5	50.9	2.724	0.942	1
2	70.7	40.2	80.9	19	45.0	95.8	100	35.9	28.7	46.2	2.598	1.154	1
3	68.6	43.8	84.3	21	49.4	97.9	100	39.9	30.1	53.7	2.703	0.976	1
4	80.1	41.3	85.1	20	42.3	96.4	100	36.5	33.6	44.1	2.702	0.978	1
5	72.5	42.9	83.7	23	46.1	95.1	100	37.8	40.0	43.2	2.706	0.972	1
6	60.2	25.3	68.8	26	55.3	85.5	95.5	20.9	18.6	35.1	1.932	2.224	2
7	63.9	30.1	72.7	28	51.4	89.6	99.1	26.3	21.8	31.2	2.128	1.919	2
8	56.6	28.7	75.9	30	54.1	87.4	96.9	28.8	20.1	39.8	2.088	1.982	2
9	58.7	29.9	66.4	31	57.8	88.2	97.2	24.1	16.9	32.5	2.001	2.118	2
10	61.8	32.4	69.5	35	50.7	93.1	98.1	22.4	23.6	34.9	2.157	1.873	2
11	48.5	15.8	50.9	67	61.0	77.6	94.8	11.2	13.6	25.4	1.423	2.983	3
12	53.2	12.9	58.7	82	68.9	69.8	93.2	18.4	10.1	21.2	1.386	3.035	3
13	46.1	20.1	55.4	55	65.1	74.1	94.5	15.8	11.9	28.9	1.551	2.797	3
14	51.8	24.7	61.2	93	63.2	72.3	91.7	14.6	12.3	24.3	1.406	3.007	3
15	50.2	14.6	63.4	91	66.8	64.5	90.6	13.3	14.2	26.7	1.351	3.086	3
16	40.1	5.6	49.1	120	75.7	51.8	81.2	7.2	4.2	15.6	0.715	3.949	4
17	44.3	8.7	42.8	111	83.1	45.6	85.7	6.5	5.8	17.8	0.741	3.916	4
18	42.8	6.5	39.4	145	79.2	56.7	84.3	8.7	9.1	19.1	0.746	3.909	4
19	39.4	4.3	35.7	107	92.8	50.1	77.4	4.3	6.4	11.2	0.548	4.162	4
20	36.9	7.2	45.6	125	87.6	57.2	87.6	5.4	7.7	12.4	0.663	4.016	4

$$y_i = -0.1011z_i^2 - 1.1495z_i + 4.8227 \quad (R^2 = 0.992)$$

(7)

将评价等级计算值 Y_i 与原评价等级 y_i 进行误差分析,绝对误差落在 $[0,0.1]$ 、 $[0,0.2]$ 和 $[0,0.3]$ 区间的百分比分别为 70%、90% 和 100%,平均绝对误差和相对误差分别为 0.0804 和 3.94%,因此 GA-PPE 模型的精度较高,可以用 Y_i 描述生态建设实际评价等级。

3.2 南京滨江风光带生态建设评价

根据《南京市滨江岸线和沿岸管理条例(草案)》,南京滨江风光带规划范围包括南京市长江南岸(三桥至二桥)、长江北岸(三桥至大桥)、江心洲南岸,分 8 个特色片区,岸线总长 58 km,规划总面积 17.3 km²。目前河西、下关、江浦和浦口新城四个片区一期建设已基本完工,二期建设需进一步完善沿线服务配套设施。选取这 4 个片区进行生态建设综合评价,指标数据来源于滨江风光带建设总指挥部、各分区指挥部以及南京市环保局。其中生态环境保护指标采用实时变化数据,空气质量状况指数、环境噪声排放值、水质达标率和废污水排放达标率 4 项指标采用 2015 年 3—9 月 7 个月监测的平均

值。4 个片区评价指标值及 GA-PPE 模型评价结果见表 3。

由最佳投影方向可知,空气质量状况指数、湿地率、水质达标率、可再生能源利用率、再生水利用率、绿色建筑比例、环境噪声排放值、植物配置合理度、废污水排放达标率、绿化覆盖率对生态建设综合评价的影响程度逐渐减小。根据 4 个片区评价等级可知,河西片区属于 I 级,下关、江浦和浦口新区 3 个片区为 II 级,其中河西片以地标、龙头和活力为主题建设,以期成为南京滨江风光带的代表性区域,其生态建设评价等级最高,较好地完成了生态建设目标。下关、江浦和浦口新区 3 个片区评价等级略低,生态建设有待完善的地方,下关片区主要影响指标包括湿地率、废污水排放达标率,江浦片区主要影响指标包括绿化覆盖率、水质达标率,浦口新区主要影响指标为可再生能源利用率。总体上,各片区评价等级较高,说明南京滨江风光带生态建设效果整体较好,与游人的实际感受相符。

4 结 语

在对生态保护和滨水区建设研究的基础上,南京滨江风光带生态建设综合评价选取生态功能完

表3 不同片区评价指标值及评价等级

片区	$C_1/\%$	$C_2/\%$	C_3	C_4	C_5/dB	$C_6/\%$	$C_7/\%$	$C_8/\%$	$C_9/\%$	$C_{10}/\%$	投影值 z_i	计算值 Y_i	评价等级 y_i
河西	61.5	41.3	82.5	24	42.7	95.9	99.1	35.8	30.7	34.3	2.534	1.261	I 级
下关	55.6	25.6	73.4	27	51.2	94.1	95.8	25.6	27.4	38.6	2.195	1.813	II 级
江浦	49.3	29.2	69.8	32	47.3	93.0	98.4	28.9	29.0	35.2	2.221	1.771	II 级
浦口新区	57.5	32.6	71.6	34	45.9	92.8	98.5	21.4	22.8	32.3	2.158	1.872	II 级

善、生态环境保护和生态能源节约3个方面10个评价指标,通过PPE模型将生态建设综合评价的多维问题转化为单维问题,利用GA优化最佳投影方向,用最佳投影值计算评价等级。GA-PPE评价模型避免了人为主观确定权重的弊端,评价过程没有人为干扰,对于高维数据的综合评判、排序、寻优具有较好的效果,可以很好地进行相关领域的评价研究。

分析表明,空气质量状况指数、湿地率、水质达标率、可再生能源利用率是滨江带建设过程中的关键建设指标。南京滨江风光带一期工程中,河西片区整合岸线资源,保留天然湿地,通过对自然资源的保护,构建现代化滨江新岸线,为市民提供了零距离亲水之地,其生态建设评价等级为Ⅰ级;下关片区以民国历史风情为特色,江浦片区以科技创新为特色,浦口新区以展现国际都市为特色,3个片区生态资源保留相对较少,生态环境保护较河西片区略差,其生态建设评价等级为Ⅱ级。4个片区的评价结果均与实际建设情况相符,表明该评价模型评价准确可靠。下关、江浦和浦口新区3个片区在生态建设方面仍有待提升的地方,应在二期建设过程中,针对湿地率、废污水排放达标率、绿化覆盖率、水质达标率、可再生能源利用率这些指标进行配套完善,进一步提升生态建设效果。

参考文献:

[1] DEARBORN DC, KARK S. Motivations for conserving urban biodiversity [J]. Conservation Biology, 2010, 24 (2): 432-440.

[2] FRANCIS R, LORIMER J. Urban reconciliation ecology: the potential of living roofs and walls [J]. Journal of Environmental Management, 2011, 92(6): 1429-1437.

[3] KOZLOWSKI G, BONDALLAZ L. Urban aquatic ecosystems: habitat loss and depletion of native macrophyte diversity during the 20th century in four Swiss cities [J]. Urban Ecosystems, 2013, 16(3): 543-551.

[4] DA Ting, XU Yejun. Evaluation on functions of urban waterfront redevelopment based on proportional 2-tuple linguistic [J]. International Journal of Computational Intelligence Systems, 2014, 7(4): 796-808.

[5] KAREN D, KEN Y. Ecological design for urban waterfronts [J]. Urban Ecosystems, 2015, 18 (1): 189-208.

[6] 王江萍. 基于生态原则的城市滨水区景观规划 [J]. 武汉大学学报(工学版), 2004, 37(2): 179-181. (WANG Jiangping. Urban waterfront landscape planning based on ecological principle [J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2004, 37(2): 179-181. (in Chinese))

[7] 朱佩娟, 马林志. 基于复合生态系统理论的长沙湘江滨水区景观资源评价与优化 [J]. 长江流域资源与环境,

2010, 19 (1): 86-92. (ZHU Peijuan, MA Linzhi. Evaluation and optimization on landscape resources of Changsha Xiangjiang River from the standpoint of complex ecosystem theory [J]. Resources and Environment in Yangtze Basin, 2010, 19(1): 86-92. (in Chinese))

[8] 许力飞. 我国城市生态文明建设评价指标体系研究: 以武汉市为例 [D]. 武汉: 中国地质大学, 2014.

[9] 苏泳娴, 黄光庆, 陈修治, 等. 城市绿地的生态环境效应研究进展 [J]. 生态学报, 2011, 31(23): 7287-7300. (SU Yongxian, HUANG Guangqing, CHEN Xiuzhi, et al. Research progress in the eco-environment effects of urban green spaces [J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31 (23): 7287-7300. (in Chinese))

[10] 罗上华, 马蔚纯, 王祥荣, 等. 城市环境保护规划与生态建设指标体系实证 [J]. 生态学报, 2003, 23(1): 45-55. (LUO Shanghua, MA Weichun, WANG Xiangrong, et al. A case study on indicator system of urban environment protection and ecological construction [J]. Acta Ecologica Sinica, 2003, 23(1): 45-55. (in Chinese))

[11] 朱春阳. 城市湖泊湿地温湿效应研究: 以武汉市为例 [J]. 生态学报, 2015, 35 (16): 1-11. (ZHU Chunyang. Effect of urban lake wetland on temperature and humidity: a case study of Wuhan City [J]. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(16): 1-11. (in Chinese))

[12] 毛美余, 蔡鲁祥. 园林绿化植物配置研究 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38 (10): 5416-5419. (MAO Meiyu, CAI Luxiang. Study on landscaping and plant configuration [J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2010, 38 (10): 5416-5419. (in Chinese))

[13] 陈慧, 谢光园, 李鹏宇. 南京下马坊遗址公园植物群落的配置 [J]. 浙江农业科学, 2015, 56 (8): 1236-1238. (CHEN Hui, XIE Guangyuan, LI Pengyu. Study on configuration of plant community in the Xiamafang Archaeological Park [J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2015, 56(8): 1236-1238. (in Chinese))

[14] 高庆先, 刘俊蓉, 李文涛, 等. 中美空气质量指数(AQI)对比研究及启示 [J]. 环境科学, 2015, 36 (4): 1141-1147. (GAO Qingxian, LIU Junrong, WANG Xianglin, et al. Comparative analysis and inspiration of air quality index between China and America [J]. Environmental Science, 2015, 36(4): 1141-1147. (in Chinese))

[15] 杨晓艳, 鲁红英. 基于模糊综合评判的城市环境空气质量评价 [J]. 中国人口 · 资源与环境, 2014, 24 (5): 143-146. (YANG Xiaoyan, LU Hongying. Evaluating ambient air quality of Beijing by fuzzy comprehensive assessment method [J]. China Population, Resources and Environment, 2014, 24(5): 143-146. (in Chinese))

[16] 周传斌, 戴欣, 王如松. 城市生态社区的评价指标体系及建设策略 [J]. 现代城市研究, 2010, 25 (12): 11-15. (ZHOU Chuanbin, DAI Xin, WANG Rusong. Evaluating indicator system and developing strategy of urban sustainable communities [J]. Modern Urban Research,

2010,25(12):11-15. (in Chinese))

[17] 梁静静. 水生态区划与评价理论方法及应用研究[D]. 郑州:郑州大学,2011.

[18] 欧阳志云,赵娟娟,桂振华,等. 中国城市的绿色发展评价[J]. 中国人口·资源与环境,2009,19(5):11-15. (OUYANG Zhiyun, ZHAO Juanjuan, GUI Zhenhua, et al. Evaluation of green development in cities of China [J]. China Population Resources and Environment,2009, 19(5):11-15. (in Chinese))

[19] 史立山. 中国可再生能源消费不足 10% 能源利用方式需调整[J]. 能源研究与利用,2014(1):20-22. (SHI lishan. China's renewable energy consumption is less than 10%, energy utilization mode need to adjust [J]. Energy Research & Utilization, 2014(1):20-22. (in Chinese))

[20] 国家发展和改革委员会. 可再生能源中长期发展规划[J]. 可再生能源,2007,25(6):1-5. (National Development and Reform Commission. Long term development plan for renewable energy [J]. Renewable Energy Resources,2007,25(6):1-5. (in Chinese))

[21] 路甬祥. 清洁、可再生能源利用的回顾与展望[J]. 科技导报(北京),2014,32(28/29):15-26. (LU Yongxiang. Review and prospect of clean, renewable energy utilization [J]. Science & Technology Review (Beijing), 2014, 32(28/29):15-26. (in Chinese))

[22] 张建国,谷立静. 我国绿色建筑发展现状、挑战及政策建议[J]. 中国能源,2012,34(12):19-24. (ZHANG Jianguo, GU Lijing. Chinese's green building development status, challenges and policy recommendations[J]. Energy of China,2012,34(12):19-24. (in Chinese))

[23] 仇保兴. 我国绿色建筑发展和建筑节能的形势与任务[J]. 城市发展研究,2012,19(5):1-7. (QIU Baoxing. Situation and tasks of green building development and building energy saving in China [J]. Urban Studies, 2012, 19(5):1-7. (in Chinese))

[24] 付强. 数据处理方法及其农业应用[M]. 北京:科学出版社,2006.

[25] FU Q. Study on the PPE model based on RAGA to classify the county energy[J]. Journal Systems Science and Information,2004,2(1):73-82.

[26] 赵小勇,付强,邢贞相. 投影寻踪等级评价模型在土壤质量变化综合评价中的应用[J]. 土壤学报,2007,44(1):164-168. (ZHAO Xiaoyong, FU Qiang, XING Zhenxiang. Application of projection pursuit grade evaluation model in comprehensive evaluation of changes in soil quality[J]. Acta Pedologica Sinica,2007,44(1):164-168. (in Chinese))

[27] 朱成立,陈婕,冯宝平,等. 基于投影寻踪的滨海盐碱地改良综合效应评价[J]. 水利水电科技进展,2013,33(2):20-25. (ZHU Chengli, CHEN Jie, FENG Baoping, et al. Evaluation of combined effect of coastal saline-alkali

reclaim based on the theory of projection pursuit [J]. Advances in Science and Technology of Water Resources, 2013,33(2):20-25. (in Chinese))

[28] 朱成立,陈科巨. 基于 PSO-PPGE 模型的农村水利现代化评价[J]. 灌溉排水学报,2012,31(6):117-120. (ZHU Chengli,CHEN Keju. Evaluation the grade of rural water conservancy modernization based on PSO-PPGE model [J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2012, 31(6):117-120. (in Chinese))

[29] 姜秋香,付强,王子龙. 基于粒子群优化投影寻踪模型的区域土地资源承载力综合评价[J]. 农业工程学报,2011,27(11):319-324. (JIANG Qiuxiang, FU Qiang, WANG Zilong. Comprehensive evaluation of regional land resources carrying capacity based on projection pursuit model optimized by particle swarm optimization [J]. Transactions of the CSAE, 2011, 27(11):319-324. (in Chinese))

[30] 高杨,黄华梅,吴志峰. 基于投影寻踪的珠江三角洲景观生态安全评价[J]. 生态学报,2010,30(21):5894-5903. (GAO Yang, HUANG Huamei, WU Zhifeng. Landscape ecological security assessment based on projection pursuit:a case study of nine cities in the Pearl River Delta [J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(21):5894-5903. (in Chinese))

(收稿日期:2015-10-18 编辑:郑孝宇)

+++++

• 简讯 •

2016 高坝抗震防灾国际学术研讨会在北京举行

在大地震烈度区建设高坝,面临一系列世界级难题,高坝大库一旦受震溃决,将会造成严重次生灾害,因此,抗震防灾成为工程建设的关键。高地震烈度地区能否进行大规模水电开发,已成为全国乃至全世界关注的焦点。

2016 年 9 月 23 日,由中国水力发电工程学会及其抗震防灾专业委员会主办,河海大学、中国水利水电科学研究院承办的 2016 高坝抗震防灾国际学术研讨会在北京成功举办。会议主题为:高坝抗震新理论与新方法、抗震设计标准、安全评价体系、水利水电工程防灾减灾与风险管理。中国工程院陈厚群院士,中国科学院林皋、张楚汉院士,以及来自国内外的 120 多名专家学者出席了会议。

陈厚群院士、张楚汉院士、周建平总工程师、Paul 博士等海内外知名专家作了特邀报告。参会代表踊跃提问、热烈讨论,对高坝抗震防灾的科学研究起到重要的支持和推动作用,对我国乃至世界水电建设具有重要意义。

(张燎军供稿)

• 34 •

水利水电科技进展,2016,36(6) Tel:025-83786335

E-mail:jz@hhu.edu.cn http://www.hehaiqikan.cn