

DOI:10.3876/j.issn.1000-1980.2017.05.007

临港产业空间布局模型

封学军,季 婕,蒋柳鹏,杨义林,王娇娇

(河海大学港口海岸与近海工程学院,江苏 南京 210098)

摘要: 针对当前临港产业布局规划缺乏量化分析方法的问题,基于多目标规划和系统布置设计方法构建产业空间布局模型,并对模型进行求解分析,解决临港产业的规模大小和空间布局2个问题。以江苏省盐城滨海港临港产业区为例,构建临港产业空间布局模型,并采用LINGO求解器和模拟退火算法对模型进行求解,计算出滨海港临港产业最佳布局方案,验证模型的可行性和准确性。

关键词: 临港产业;空间布局;多目标规划;系统布置设计;盐城滨海港临港产业区

中图分类号: U651 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-1980(2017)05-0419-06

Research on the spatial layout model of port-centered industries

FENG Xuejun, JI Jie, JIANG Liupeng, YANG Yilin, WANG Jiaojiao

(College of Harbour Coastal and Offshore Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China)

Abstract: In view of the lack of quantitative analysis method in the layout planning of the port-centered industries, an industrial spatial layout model based on multi-objective planning and systematic layout design is established in this paper, which is then analyzed and solved to address two problems: scale and spatial layout of the port-centered industries. Finally, a case study for the port-centered industry zone of the Binhai Port of Yancheng City is performed, in which a spatial layout model for port-centered industries is established and solved by means of LINGO solver and simulated annealing algorithm. The optimal layout program for the port-centered industries of the Binhai Port is obtained, which demonstrates the feasibility and accuracy of the model.

Key words: port-centered industries; spatial layout; multi-objective planning; systematic layout design; the port-centered industry zone of the Binhai Port of Yancheng City

临港产业区一般是指在港口后方陆域设立的与港口相关的产业集聚区,其主要依托港口大进大出、服务配套等优势,成为港口城市经济发展的重要保证。临港产业区问题已成为港口经济研究的热点问题之一^[1-2],而临港产业空间布局问题是其核心问题。正确合理的临港产业区布局能充分发挥港口优势和产业集群优势,从而带动港口城市产业和经济的发展。

临港产业布局理论是在陆域产业布局理论基础上的分支理论,是产业布局理论的重要组成部分。临港产业布局理论始于以区位论为基础的产业布局学说,最早由 Von Thunen 和 Weber 提出,他们运用地租学说、比较成本学说的研究成果创办了古典区位理论^[3]。继杜能古典区位论之后,临港产业布局理论总体上是围绕港口问题开展研究,港口地理研究几乎成为临港产业布局理论的全部,而其他方面的研究较少。当前的研究成果主要如下。

定性布局方面,目前研究成果较多。余厚新^[4]以层次分析法为基础,通过“五步筛选法”,利用“产业吸引力-临港产业区竞争力”模型,确定天津临港产业区重点产业选择,并在此基础上提出临港产业区的产业发展布局;石磊等^[5]强调临港产业建设与区域经济发展的关联性,并以临沂市临港产业区总体规划为例,对基于港口经济下的产业区产业定位、空间布局、实施策略等进行探讨;康旺泉等^[6]结合长兴岛临港工业园区

收稿日期: 2016-08-18

基金项目: 国家自然科学基金(41401120,50909042);江苏省社会科学基金(14JD014)

作者简介: 封学军(1974—),江苏盐城人,教授,博士,主要从事水运经济与规划、现代物流系统研究。E-mail: fxj@hhu.edu.cn

建设的自身特点,考虑不同产业的不同需求,同时根据环境规划等多方面的因素,合理布置各个产业区,为临港工业园区的开发利用奠定了基础;徐龙等^[7]从产业发展角度出发,用定性分析的方法对产业集群空间布局和岸线利用等问题进行探讨,提出临港工业区产业发展思路;Li Zhiyong^[8]基于空间经济学的港口节点理论,建立了港口和临港产业集群供应链的整合模型,该模型有利于促进解决港口产业整合发展;沈寰等^[9]对宁波、舟山两港区临港产业的布局现状进行定量分析与评价,指出存在的问题,提出布局调整优化的路径;陶学周^[10]以宜宾临港开发区为研究对象,通过对开发区的产业发展进行SWOT分析,围绕我国临港产业发展趋势,提出宜宾临港开发区产业发展的方向、主导产业以及产业用地面积;张春圆^[11]分析了临港产业发展与土地利用情况,以天津港产业园区为例,研究临港产业发展与土地集约利用的相互关系,对临港产业经济区未来的发展具有指导意义;Ma等^[12]从规模角度出发,分别以环渤海港口群和韩国港口群为案例,分析港口产业布局的方法,并提出环渤海港口群和韩国港口产业的规模问题;张婷等^[13]运用灰色关联度模型判定上海临港产业园区产业布局的合理性,提出临港产业布局改进的方向,促进了临港产业规划合理化目标的实现。

定量分析方面,目前的研究成果较少。Liu等^[14]深入分析港口产业与区域经济之间的互动关系,基于绿色理论建立系统动力学仿真模型,为港口产业布局和发展规划提供了理论依据和指导;袁汝华等^[15]运用产业布局理论与SWOT分析法,对江苏沿海规划中的21个滩涂围区进行功能定位,并运用资源优化配置模型对围区土地产业空间布局进行了分析。

综上所述,虽然当前研究成果均部分涉及临港产业空间布局问题,但主要基于定性分析而确定,主观性较强,同时适用性、普遍性不强,缺乏严格的数学模型。针对现有研究的不足,笔者基于多目标规划和系统布置设计方法构建临港产业空间布局模型,对临港产业的规模和布置进行有益探索。

1 模型构建条件

1.1 模型逻辑

假设临港产业区域是长为 B 、宽为 H 的矩形二维空间 S ,如图1所示。临港产业区的左下角为原点 O ,以港口位置为控制点进行临港产业区产业空间布局。计划发展 n 种临港产业 $I_i(i=1,2,\cdots,n)$,通过制定规划的方式,确定 I_i 的用地规模 S_i 和在内的布局 P_i ,得出最佳的临港产业布局方案 $C_i=\{S_i,P_i\}$,使得临港产业区的规划满足上位规划、土地集约使用、环境效益最佳等要求。图1中, L_{xi} 和 L_{yi} 分别为产业 I_i 所占矩形区域的长和宽,且 $L_{xi}L_{yi}=S_i$; X_i 和 Y_i 分别为产业 I_i 所占矩形区域的中心点的横坐标和纵坐标,即 $P_i=(X_i,Y_i)$; L_{x0} 和 L_{y0} 分别为港区所占矩形区域的长和宽; $B+L_{x0}/2$ 和 $H/2$ 分别为港区所占矩形区域的中心点的横坐标和纵坐标。

1.2 模型假设

- a. 给定的临港区域 S 边界已知,港口的位置已知,而且临港区域 S 为均质,不考虑地形地貌因素,各产业区在同一平面上。
- b. 假设主导产业 I_i 属性为常量,临港产业区总面积、港区面积、临港产业数量、产业之间关联度、产业与港口之间关联度均为已知条件。
- c. 假设该区位港口为产业服务型港口,主要为腹地范围内的临港产业服务,临港产业区所占区域为规整的矩形,临港产业用地也为矩形。

1.3 模型构建步骤

临港产业空间布局模型构建步骤如图2所示。

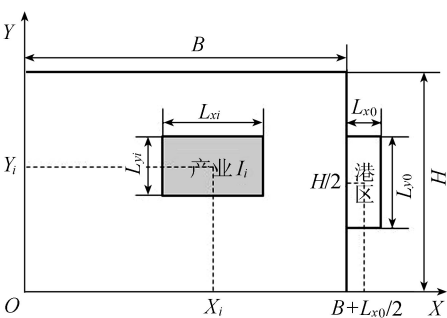


图1 临港产业区位置参数示意
Fig.1 Location parameters of port-centered industry zone

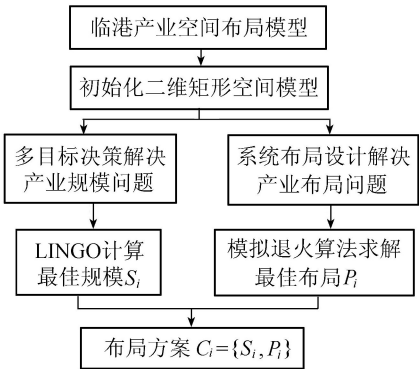


图2 空间布局模型构建步骤
Fig.2 Modeling steps of the spatial layout

2 模型构建及参数标定

2.1 S_i 的确定

S_i 可以分为产业 I_i 规划近期(基准年后 1~5 a)用地规模 S_{ei} (km^2) 和远期(基准年后 6~15 a)用地规模 S_{li} (km^2),且 $S_i=S_{ei}+S_{li}$,采用多目标决策方法确定 S_i 。设 S_i 为决策变量,其决策目标需兼顾多个:一般要求经济社会效益和生态效益两大效益最大化,经济社会效益目标以各产业产值和投资额来表示,生态效益目标以各产业碳排放量表示。以各产业的总产值最大、总投资额最小和总碳排放量最小这 3 个标准建立模型,目标函数如下:

$$f=f(f_1, f_2, f_3) \tag{1}$$

其中
$$f_1=\sum_{i=1}^n a_{ei} S_{ei}+\sum_{i=1}^n a_{li} S_{li} \quad f_2=\sum_{i=1}^n b_{ei} S_{ei}+\sum_{i=1}^n b_{li} S_{li} \quad f_3=\sum_{i=1}^n c_{ei} S_{ei}+\sum_{i=1}^n c_{li} S_{li}$$

式中: f_1 ——产业总产值, 10^8 元; f_2 ——总投资额, 10^8 元; f_3 ——总碳排放量, 万 t; a_{ei} 、 a_{li} ——产业 I_i 的近期、远期规划单位面积产值, 10^8 元/ km^2 ; b_{ei} 、 b_{li} ——产业 I_i 的近期、远期规划投资强度, 10^8 元/ km^2 ; c_{ei} 、 c_{li} ——产业 I_i 的近期、远期规划二氧化碳排放强度, 万 t/ km^2 。

采用线性加权法将多目标函数转化为单目标函数,将 f_1 、 f_2 、 f_3 归一化后,确定各目标函数的权重系数 α 、 β 、 χ ;根据临港产业区产业发展规划,可以确定各产业产值增长目标、资金投入目标、节能减排目标等方面的约束条件。转化的单目标函数为

$$\min f=-\alpha f_1(x)+\beta f_2(x)+\chi f_3(x) \tag{2}$$

$$\text{s. t.} \left\{ \begin{array}{ll} \sum_{i=1}^n S_{ei}+\sum_{i=1}^n S_{li} \leq S & S_{ei} \geq 0, S_{li} \geq 0 \\ S_{ei} a_{ei} \geq a_{epi} & S_{ei} a_{ei}+S_{li} a_{li} \geq a_{pi} \\ S_{ei} b_{ei} \leq b_{epi} & S_{ei} b_{ei}+S_{li} b_{li} \leq b_{pi} \\ S_{ei} c_{ei} \leq c_{epi} & S_{ei} c_{ei}+S_{li} c_{li} \leq c_{pi} \\ \frac{\sum a_{ei} S_{ei}}{\sum S_{ei}} \geq a_e & \frac{\sum\left(a_{ei} S_{ei}+a_{li} S_{li}\right)}{S} \geq a \\ \frac{\sum b_{ei} S_{ei}}{\sum S_{ei}} \leq b_e & \frac{\sum\left(b_{ei} S_{ei}+b_{li} S_{li}\right)}{S} \leq b \\ \frac{\sum c_{ei} S_{ei}}{\sum S_{ei}} \leq c_e & \frac{\sum\left(c_{ei} S_{ei}+c_{li} S_{li}\right)}{S} \leq c \end{array} \right. \tag{3}$$

式中: a_{epi} ——产业 I_i 的近期产值, 10^8 元; a_{pi} ——规划期内产业 I_i 的总产值, 10^8 元; b_{epi} ——产业 I_i 的近期投资额度, 10^8 元; b_{pi} ——规划期内产业 I_i 的总投资额度, 10^8 元; c_{epi} ——产业 I_i 的近期排放总量, 万 t; c_{pi} ——规划期内 I_i 的总排放量, 万 t; a_e 、 a ——产业园区的单位产值, 10^8 元/ km^2 ; b_e 、 b ——产业园区单位投资额度, 10^8 元/ km^2 ; c_e 、 c ——产业园区的二氧化碳排放强度, 万 t/ km^2 。

式(3)的约束条件分别为(a)土地规模约束,每个产业的用地规模均为正数,且产业总体规模不大于园区规模,近期用地在远期不空置。(b)单项产值约束。(c)单项投资约束。(d)单项环境约束。(e)整体产值约束。(f)整体投资约束。(g)整体环境约束。

使用 LINGO 求解器对上述单目标函数进行求解,即可得到 S_i 。

2.2 P_i 的确定

临港产业空间布局问题的主要原则为产业关联原则和港口关联原则,本文产业布局模型以产业间关联度最大,同时产业与港口关联度最大的多目标函数为基础,采用模拟退火算法进行求解。设 I_i 所占区域是以 (X_i, Y_i) 为中心、以 L_{xi} 为横坐标长度、以 L_{yi} 为纵坐标长度的矩形区域,则临港产业的布局方案为 $P_i=\left(X_i, Y_i, L_{xi}, L_{yi}\right)$ 。

定义 产业 I_i 所在位置分数为 L_i , 即该产业与相邻产业及控制点之间的综合关联度:

$$L_i = \sum_{j=1}^k R_{ij} \tag{4}$$

式中: R_{ij} ——产业 I_i 与相邻的产业 I_j 或控制点 I_j 的关联度; k ——与产业 I_i 相邻的产业及控制点的数量; j ——与产业 I_i 相邻的产业或控制点的序号。

产业 I_i 的位置分数越高, 表明产业 I_i 与周围产业及控制点的关系越密切, 即产业 I_i 的位置越合理。当所有产业的位置分数之和最大时, 整个临港产业区的布局最合理。故临港产业区布局综合目标函数表示为

$$\max L = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n R_{ij} Z_{ij} \tag{5}$$

$$\text{s. t. } \begin{cases} |X_i - X_j| \geq \frac{L_{xi} + L_{xj}}{2} & |Y_i - Y_j| \geq \frac{L_{yi} + L_{yj}}{2} \\ \frac{L_{xi}}{2} \leq X_i \leq B - \frac{L_{xi}}{2} & \frac{L_{yi}}{2} \leq Y_i \leq H - \frac{L_{yi}}{2} \end{cases} \tag{6}$$

式中: L ——临港产业区布局综合得分; Z_{ij} ——邻域状态参数。

当产业 I_i 与产业 I_j 或控制点 I_j 相邻, 即当产业 I_i 满足式(7)(8)(9)中任意一条时, 邻域状态参数 $Z_{ij} = 1$, 否则 $Z_{ij} = 0$ 。约束条件(式(6))表示各产业所占区域不重叠、各产业所占区域均在所规划的临港产业区内。 R_{ij} 表示各产业之间的关联度以及各产业与港口之间的关联度, 将关联度按等级划分, 并对各等级进行赋分使其量化, 关联度越高则等级越高, 同时等级越高其分值越大。

a. 产业 I_i 与控制点 O 相邻:

$$X_i = B - \frac{L_{xi}}{2} \quad \left| Y_i - \frac{H}{2} \right| < \frac{L_{yi} + L_{y0}}{2} \tag{7}$$

b. 产业 I_i 与产业 I_j 相邻, 且相邻边与 X 轴平行:

$$|X_i - X_j| < \frac{L_{xi} + L_{xj}}{2} \quad |Y_i - Y_j| = \frac{L_{yi} + L_{yj}}{2} \tag{8}$$

c. 产业 I_i 与产业 I_j 相邻, 且相邻边与 Y 轴平行:

$$|X_i - X_j| = \frac{L_{xi} + L_{xj}}{2} \quad |Y_i - Y_j| < \frac{L_{yi} + L_{yj}}{2} \tag{9}$$

3 实例分析

以江苏省盐城滨海港临港产业区(以下简称:滨海港产业区)为例验证所提临港产业区产业规模及布局方法的可行性。滨海港产业区位于江苏省东北缘, 是淮河流域的出海门户, 临港产业园区规划面积约为 120 km^2 , 为 $B = 12 \text{ km}$ 、 $H = 10 \text{ km}$ 的矩形; 规划范围内有一个港口, 其中心坐标为 $(14, 5)$, $L_{x0} = 4 \text{ km}$ 、 $L_{y0} = 5 \text{ km}$; 区域内临港产业共有 5 种, 即 $n = 5$, I_1 为新能源新材料产业, I_2 为专用设备制造业, I_3 为盐化工产业, I_4 为汽车零部件制造业, I_5 为有色金属冶炼业, 以 2016—2020 年为近期规划, 2021—2030 年为远期规划。

根据《江苏省统计年鉴》、《工业项目建设用地控制指标》(2008)、《中国能源统计年鉴》和《滨海港总体规划》等资料, 对于滨海产业区临港产业空间布局, 决策变量为 S_{ei} 、 S_{li} 、 X_i 、 Y_i 、 L_{xi} 、 L_{yi} , 其他初始化参数如下: $S = 120 \text{ km}^2$ 、 $B = 12 \text{ km}$ 、 $H = 10 \text{ km}$ 、 $(X_0, Y_0) = (14, 5)$ 、 $L_{x0} = 4 \text{ m}$ 、 $L_{y0} = 5 \text{ m}$ 、 $b_{epi} = (100, 30, 50, 120, 15) \times 10^8 \text{ 元}$ 、 $b_{pi} = (200, 50, 80, 180, 30) \times 10^8 \text{ 元}$ 、 $a_{ei} = (22.6, 17.8, 12.5, 34.7, 12.8) \times 10^8 \text{ 元/km}^2$ 、 $a_{li} = (34.5, 21.4, 15.2, 47.3, 13.3) \times 10^8 \text{ 元/km}^2$ 、 $b_{ei} = (9.35, 9.35, 7.80, 11.75, 9.35) \times 10^8 \text{ 元/km}^2$ 、 $b_{li} = (10.29, 12.16, 8.58, 14.1, 11.22) \times 10^8 \text{ 元/km}^2$ 、 $c_{ei} = (63.84, 3.98, 10.25, 45.99, 160.38) \times 10^4 \text{ t/km}^2$ 、 $c_{li} = (44.69, 3.18, 8.20, 41.39, 112.27) \times 10^4 \text{ t/km}^2$ 、 $\alpha = 0.4$ 、 $\beta = 0.3$ 、 $\chi = 0.3$ 。

初始化数据代入式(2)、式(3), 采用 LINGO 求解器求解可得 $S_i = (S_{ei}, S_{li})$, $S_{ei} = (11.99, 3.20, 21.7, 10.2, 1.60)$, $S_{li} = (19.44, 4.11, 23.8, 21.2, 2.67)$ 。

根据产业与产业之间、产业与港口之间的关联关系, 以 0~5 为刻度, 采用专家打分法得出 R_{ij} , 其中 I_0 为港口。

$$R_{ij} = \begin{bmatrix} & I_0 & I_1 & I_2 & I_3 & I_4 & I_5 \\ I_0 & 1.0 & 3.0 & 4.5 & 3.8 & 4.0 & 4.8 \\ I_1 & 3.0 & 1.0 & 3.5 & 4.0 & 3.6 & 3.5 \\ I_2 & 4.5 & 3.5 & 1.0 & 2.8 & 2.0 & 4.0 \\ I_3 & 3.8 & 4.0 & 2.8 & 1.0 & 1.0 & 1.5 \\ I_4 & 4.0 & 3.6 & 2.0 & 1.0 & 1.0 & 4.0 \\ I_5 & 4.8 & 3.5 & 4.0 & 1.5 & 4.0 & 1.0 \end{bmatrix}$$

(10)

将初始化数据 S_{ei} 、 S_{li} 和 R_{ij} 代入式 (5)、式(6),并采用模拟退火算法进行求解。把式(5)当作适应度函数,设定初始温度 $T_0=1\,000\,^{\circ}\text{C}$,终止温度 $T_{\text{end}}=0.001\,^{\circ}\text{C}$,降温速率 $\alpha=0.99$,内循环次数 $L=100$,在 MATLAB12.0 中编译程序运行求解。程序运行结果如图 3 所示。求解结果 $P_i=(X_i,Y_i,L_{xi},L_{yi})$ 见表 1,临港产业区布局图见图 4。

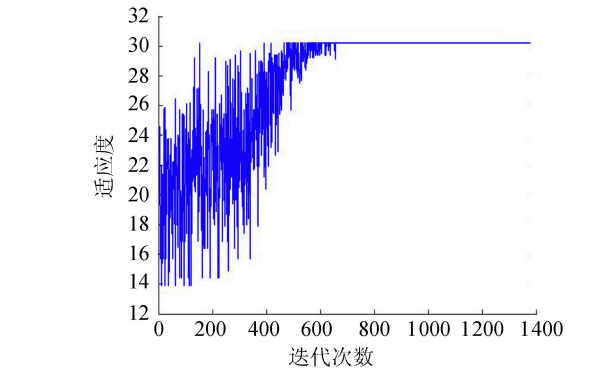


图 3 MATLAB 求解最适值曲线
Fig.3 Graph for solving optimum value in MATLAB

表 1 各功能区中心坐标
Table 1 Central coordinate of each functional area

P_i	X_i	Y_i	L_{xi}	L_{yi}
I_1	2.21	3.50	4.42	7.00
I_2	11.50	3.50	1.00	7.00
I_3	7.71	3.50	6.57	7.00
I_4	5.16	8.50	10.33	3.00
I_5	11.16	8.50	1.67	3.00

km

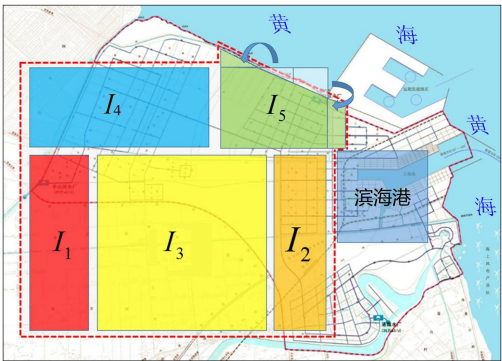


图 4 滨海产业区临港产业空间布局
Fig.4 Spatial layout of port-centered industries in Binhai port industry zone

4 结 语

构建了临港产业的空间布局模型,通过对临港产业的规模和布局方式建模和求解,能很好地解决港口临港产业区产业空间布局的定量分析问题。以江苏盐城滨海产业区的临港产业布局为案例,论证了该模型的正确性和可行性。笔者对港口和产业做了大量的假设,放松假设条件并构建更精确的模型是下一步研究的方向。

参考文献:

[1] IANNONE F. The private and social cost efficiency of port hinterland container distribution through a regional logistics system [J]. Transportation Research Part a Policy & Practice, 2012, 46(9):1424-1448.

[2] DENG P, LU S, XIAO H. Evaluation of the relevance measure between ports and regional economy using structural equation modeling[J]. Transport Policy, 2013, 27(3):123-133.

[3] MCCALLA R J, FROM S T. John's to Miami: containerisation at eastern seaboard ports[J]. Geojournal, 1999, 48(1):21-28.

[4] 余厚新. 临港产业区产业选择及发展布局研究[D]. 天津:天津大学, 2009.

[5] 石磊, 赵乐东, 胡丽娜. 基于港口经济下的临沂临港产业区总体规划[C]//佚名. 规划创新:2010 中国城市规划年会论文集. 北京:中国城市规划学会, 2010:3518-3527.

[6] 康旺泉, 段丽丽. 临港工业区土地开发利用研究[J]. 山西建筑, 2010, 36(31):22-24. (KANG Wangquan, DUAN Lili. Study on the land development and utilization of the port industrial zone[J]. Shanxi Architecture, 2010, 36(31):22-24. (in

Chinese))

[7] 徐龙, 何冰. 产业发展视角下的临港工业区规划:以钦州港工业区为例[J]. 城市, 2011(3):23-27. (XU Long, HE Bing. Planning of port industrial zone from the perspective of industrial development;taking Qinzhou Port Industrial Zone as an example [J]. City, 2011(3):23-27. (in Chinese))

[8] LI Zhiyong. The west side of the straits port industry integration model and strategy research[J]. Science Technology & Industry, 2012,12(6):22-33,50.

[9] 沈寰, 秦华容. 新形势下宁波:舟山港临港产业布局优化路径[J]. 当代经济, 2012(15):99-101. (SHEN Huan, QIN Huarong. Ningbo-Zhoushan port industrial layout optimization path under the new situation[J]. Contemporary Economics, 2012(15):99-101. (in Chinese))

[10] 陶学周. 宜宾临港经济开发区产业发展研究[D]. 成都:西南交通大学, 2013.

[11] 张春圆. 天津临港经济区产业集群发展与土地集约利用研究[D]. 天津:天津大学, 2014.

[12] MA Y, LUAN W, ZHANG R, et al. Research on the size and layout of iron ore wharf in Bohai Rim Region based on freight demand[C]//International Association of Management Sciences and Engineering. Technology International Conference on Logistics Engineering, Management and Computer Science. American: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2015: 846-850.

[13] 张婷, 张效莉. 基于灰色关联度分析上海临港产业园区产业布局合理化评价[J]. 海洋经济, 2015, 5(1):32-38. (ZHANG Ting, ZHANG Xiaoli. Analysis of the rationalization of the industrial layout of Shanghai port industrial area based on grey relational degree[J]. Martine Economy, 2015, 5(1):32-38. (in Chinese))

[14] LIU X, WANG N, JIA L, et al. Interactive development of port industry and regional economy based on green idea[C]//China Transportation Association. International Conference on Logistics Engineering, Management and Computer Science. American: American Society of Civil Engineering, 2009:3282-3287.

[15] 袁汝华, 张长宽, 林康, 等. 江苏滩涂围区功能及产业布局分析[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2011, 39(2):220-224. (YUAN Ruhua, ZHANG Changkuan, LIN Kang, et al. Analysis on the function and industrial distribution of Jiangsu tidal flat reclamation area[J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2011,39(2):220-224. (in Chinese))

· 简讯 ·

第六届水利水电生态保护研讨会将在贵阳市举办

为总结国内外水利水电工程生态修复理论方法研究与实践经验,深入开展河流生态修复技术方法、监测与评估研究,加强“修复和发展”的绿色水电发展理念,推动水利水电工程环境影响评价、后评价方法进步与交流,由环境保护部环境工程评估中心主办,水电环境研究院、中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司协办的第六届水利水电生态保护研讨会将于2017年10月25日在贵州省贵阳市举办。

会议围绕国内外水利水电工程生态修复理论与实践展开,设定4个议题:(a)生态修复的科学界定及理论研究;(b)国内外河流生态修复实践及案例研究;(c)水利水电环保生态修复技术研究;(d)水利水电环保生态修复监测与评估研究。

会议网址:www.china-eia.com/kytz/25233.htm

(本刊编辑部供稿)