

两广地区工业—资源—环境系统协调性分析

杨 威^{1,2,3}, 金凤君^{1,3}, 王成金^{1,3}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;
3. 中国科学院区域可持续发展分析与模拟重点实验室, 北京 100101)

摘 要:以两广地区 35 地市为例, 构建了工业资源环境协调性评价指标体系, 运用投影寻踪方法分别计算出了 35 地市工业、资源、环境子系统的评价指数。在此基础上, 利用回归拟合, 通过协调度计算模型, 对两广地区工业资源环境协调性进行了分析评价。结果表明:①工业发展、资源投入与工业环境污染之间具有显著的相关性, 两广地区各地市工业发展、资源投入与工业环境污染具有显著差异, 广东各地市工业发展、资源投入与工业环境污染强度总体高于广西各地市。②工业资源环境协调性与经济发展呈一定的负相关, 经济发展水平越高的地区, 其协调性越差。两广地区各地市工业资源环境协调性具有显著的差异性:广东各地市工业资源环境协调性总体不如广西, 其中珠江三角洲地区协调性最差; 广西省内部各地市协调性差异不显著, 而广东各地市协调性差异显著。③协调是相对的概念, 工业资源环境协调性没有绝对标准, 分析协调性必须结合区域的实际情况进行判断。虽然广西各地市工业资源环境协调性“较好”, 但仅是一种低水平的较好状态。

关 键 词:协调性; 投影寻踪; 广东; 广西

1 引言

对人地关系的认识, 素来是地理学研究核心^[1]。随着中国资源短缺、环境污染等问题的日趋严峻, 一些地理学者基于人地关系系统理论对 PRED 系统进行了研究。早期偏重对 PRED 系统原理、理论、内涵及特征研究^[2-7]; 近年来, 顺应国际指标体系构建的浪潮, 许多学者分别从不同角度研究探讨了区域 PRED 统的指标体系^[8-12]。另外, 一些学者引入协调度的概念, 通过构建不同的评价模型, 对区域资源、环境、经济协调性进行了定量评价^[13-21]。但是这些研究对系统的评价方法多采用层次分析法、模糊评价法、灰色评价法等, 确定权重时存在主观性强且相关约束不容易检验等问题^[22-23]。并且, 考察中国环境问题, 必须从发展中国家的实际出发, 兼顾工业发展、资源节约与环境保护, 综合考虑^[24]。目前, 中国正处于工业化转型时期, 工业发展对中国 PRED 系统协调性有着重要的影响。中国工业化速度快而环境治理弱, 长期以来的“先发展、先污染、后治理”的发展模式已经使环境质量大为下降, 人地矛盾突出^[25]。从人地关系系统理论看, 工业发展需从自然直接或间接地获取必要的资源投入, 然后

返回自然环境一定的污染物。这些污染物作为工业生产的外部非经济性, 给当地或其他区域环境造成较大压力。因此, 在分析工业发展的效益时, 不能只注重经济效益, 更应综合考虑工业发展的资源环境效益。本文以广东、广西 35 地市为例, 试图对其不同发展阶段下的工业资源环境效益问题进行研究, 以期为相关部门制定工业发展政策提供决策参考。

2 数据来源与研究方法

2.1 指标体系及数据来源

评价指标体系是协调度评价的基础, 直接影响到评价结果的准确性^[19]。资源、环境与工业协调关系的研究内容属于可持续发展研究的范畴, 有关指标体系的成果已经很多^[15]。按照指标体系构建的原则, 依据人地关系系统理论, 借鉴可持续发展评价的研究成果^[17,26-27], 结合广东、广西两省区资源利用、环境状况、工业发展的实际状况, 设计工业—资源—环境系统协调性的评价系统(表 1)。以工业总产值、工业增加值、工业利润反映工业发展水平; 对于如何全面、科学地表达一国或地区环境破坏和资源损耗整体水平, 国内外现有研究尚未给出答

收稿日期: 2010-01; 修订日期: 2010-05。

基金项目: 国家自然科学基金重点基金项目(40635026); 中国博士后科学基金项目(200902133)。

作者简介: 杨威(1983-), 男, 博士生, 主要从事区域发展与规划、经济地理研究。E-mail: yangw.09b@igsrr.ac.cn

案^[24];选择工业建设用地、用电、固定资产投资、就业人员、煤耗、燃油消耗、用水等指标综合反映工业资源投入状况;采用具体污染排放总量指标来反映工业环境污染水平。其中,资源投入数据主要来源于中国城市建设统计年鉴;工业固定资产投资数据主要出自各地市年鉴;工业总产值、工业增加值和工业利润来源于广东、广西及各地市统计年鉴;工业环境污染数据主要来源于广东、广西和各地市统计年鉴及环境报告。

2.2 研究方法

2.2.1 投影寻踪评价模型

投影寻踪(Projection Pursuit,简称PP)是近代统计学出现的一种解决高维问题的统计方法,其基本思路是利用数值优化计算,将高维数据向低维空间进行投影,通过低维投影数据的散布结构来研究高维数据特征^[28-30]。但是多维数据复杂的空间拓扑结构使得最优投影方向难于寻找^[29],传统的优化方法难以同时优化众多参数,适用于多维、全局收敛的优化方法——遗传算法(Genetic Algorithm,简称GA)能很好地解决这个问题^[31]。本文采用基于遗传算法的投影寻踪评价模型,建模步骤如下^[22,29-32]。

(1) 评价指标归一化处理 设评价指标数据样本集为 $\{x_{ij}|i=1,\dots,m;j=1,\dots,n\}$,其中 x_{ij} 为第 i 个样本的第 j 个指标值, m,n 分别为样本数量和指标个数。

$$x'_{ij}=(x_{ij}-\min_i x_{ij})/(\max_i x_{ij}-\min_i x_{ij}) \quad (1)$$

式中: $\max_i x_{ij}, \min_i x_{ij}$ 分别为第 j 个指标的最大和最小值,归一化后的数据集为 $\{x'_{ij}|i=1,\dots,m;j=1,\dots,n\}$ 。

表 1 工业-资源-环境协调度评价指标体系

Tab.1 The indicators for assessing coordination degree of the industry-resources- environment system

目标层	准则层	指标层
工业 资源 环境 系统 协调 度	工业发展指标	工业总产值
		工业增加值
		工业利润
	资源投入指标	工业建设用地
		工业用电
		工业固定资产投资
		工业就业人员
		工业煤炭消耗
		工业燃油消耗
		工业用水
		工业废水排放量
	环境污染指标	工业废水氨氮排放量
		工业废水化学需氧量
		工业废气排放量
		工业二氧化硫排放量
		工业氮氧化物排放量
		工业烟尘排放量
		工业粉尘排放量

(2) 投影特征值的构造及目标函数的设计

$$Z_i = \sum_{j=1}^n a_j \times x'_{ij} \quad (2)$$

式中: a_j 为投影方向单位向量;在优化投影值时,要求 Z_i 的分布特征应满足:投影点局部尽可能密集,整体上尽可能散开。因此,构建投影指标函数为:

$$Q(a)=S_Z \times D_Z \quad (3)$$

式中: S_Z 为 m 个投影值 Z_i 的标准差, D_Z 为投影值 Z_i 的局部密度。其表达式可分别表示为:

$$S_Z = \left[\left(Z_i - \bar{Z}_1 \right)^2 / (m-1) \right]^{1/2} \quad (4)$$

$$D_Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m (R-r_{ij}) * f_{\tau}(R-r_{ij}) \quad (5)$$

$$\bar{Z}_1 = 1/m \sum_i Z_i \quad (6)$$

$$r_{ij} = |Z_i - Z_j| \quad (7)$$

式中: R 表示局部密度的窗口半径,其值一般取 $0.1 \times S_Z$; $f_{\tau}(R-r_{ij})$ 为单位阶跃函数,当 $r_{ij} \leq R$ 时,函数取值1,否则取0。

(3) 投影指标函数优化 当指标值的集合给定时,投影指标函数 $Q(a)$ 只随投影方向 a 变化。式(4)最大时对应投影向量 a^* 即是反映 m 数据特征最优投影方向,可通过非线性优化问题求 a^* 。

$$\max Q(a) = S_Z * D_Z \quad (8)$$

$$s.t. \sum_{j=1}^n a_j^2 = 1 \quad (9)$$

基于MATLAB7.8编译环境下的遗传算法进行求解,编制目标函数mytarget.m文件和约束函数restrict.m文件,把 $Q(a)$ 转化为求极小值并保证为正,在原目标函数取反的基础上加一常数,调用gatool,设定种群数,采用自适应方法,选择不同的参数进行组合试验,以期求得最佳投影方向,返回式(4),即可计算样本的综合评价结果。

2.2.2 资源—环境—工业系统协调度的计算

协调的本意为“和谐一致,配合得当”,它描述了系统内部各要素的良性相互关系^[33],协调度是度量系统之间或系统内部要素之间协调状况好坏的定量指标^[5]。协调系数能很好地反映系统的协调度。协调系数的计算公式如下^[16,21]:

(1) 两个系统间相互协调发展的协调系数公式

$$V(i,j) = \frac{\min\{v(i/j), v(j/i)\}}{\max\{v(i/j), v(j/i)\}} \quad (10)$$

$$v(i/j) = \exp \left(-\frac{(x-x')^2}{s} \right) \quad (11)$$

式中: $V(i, j)$ 表示表示 i 系统与 j 系统的协调发展系数; $v(i/j)$ 表示表示 i 系统与 j 系统的协调发展系数; x 表示 i 系统综合发展指数; x' 表示 j 系统对 i 系统要求的综合发展协调值; s^2 表示 i 系统综合发展指数的方差。其中, j 系统对 i 系统要求的综合发展协调值 x' 的定量计算可用回归分析方法获得。

(2) 描述 3 个系统之间相互协调发展的协调系数公式:

$$V(i, j, k) = \frac{v(i/j, k) * V(j, k) + v(j/i, k) * V(i, k) + v(k/i, j)}{V(i, j) + V(i, k) + V(j, k)} \quad (12)$$

$$v(i/j, k) = \exp\left(-\frac{(x - x'')^2}{s^2}\right) \quad (13)$$

式中: $V(i, j, k)$ 表示 i, j 系统和 k 系统的协调发展系数; $V(i, j)$ 表示 i 系统与 j 系统协调发展系数; $v(i/j, k)$ 表示 i 系统对 j 系统和 k 系统协调发展系数; s^2 表示 i 系统综合发展指数的均方差; x'' 表示对应 j 系统和 k 系统对 i 系统要求的综合发展协调值, x'' 定量计算可用回归分析方法获得。

3 两广地区工业发展、资源投入、工业环境污染及其空间格局

采用 MATLAB7.8 实现投影寻踪评价模型, 设种群数为 20, 变异采用自适应算法, 分别输入资源、环境、工业数据, 设置不同参数, 求得工业数据最佳投影方向为: (0.625, 0.208, 0.752); 资源数据最佳投影方向为: (0.498, 0.553, 0.315, 0.416, 0.074, 0.344, 0.225); 环境数据最佳投影方向为: (0.403, 0.491, 0.027, 0.077, 0.603, 0.187, 0.353, 0.168, 0.199)。返回(2)式, 可求得工业、资源、环境评价价值。

3.1 工业发展

工业经济总量、工业利润总额及工业增加值是考察工业发展水平的关键指标。如图 1 所示, 两广地区的工业发展呈现出显著的差异和空间分异特征。从整个区域来看, 两广地区工业发展大致以珠江口为核心向东、西和北 3 个方向逐渐降低的格局, 但在广西北部存在一个相对高峰区。广东和广西两省的工业发展差异显著。广东省平均工业发展指数为 0.301, 是广西省平均工业发展指数的将近 9 倍, 而整个广西省工业发展指数之和为 0.493 还不及东莞 0.564 数值高, 这符合两省目前整体经济发展状况。从两省内部工业发展看, 广东省各

地市工业发展差异则较大, 沿海及珠三角地区工业发展较强, 特别是珠三角地区, 其工业发展指数均值为 0.610, 是广东省均值的 2 倍, 比广西省均值的 17 倍还高; 除肇庆外, 其余 8 市都占据前八名。而北部内陆及珠三角两翼地区工业发展普遍不强, 总体趋势是以珠三角为中心向北及其两翼递减的格局。广西省各地市工业发展除柳州为强外, 其余地方工业发展多为中弱, 内部差异不明显; 而其沿海地区工业发展水平并不强, 工业发展水平总体趋势是由内陆到沿海递减的; 虽然广西濒临北部湾, 但其工业发展并未显现临海型的特征。总之, 广东广西两省虽然都处于沿海, 但是两者工业发展空间格局差异明显, 这也反映了两个地区工业发展模式的不同: 广东主要是临海工业经济, 广西则为传统的内陆工业经济。

3.2 资源投入

工业发展必需具备资本、土地和劳动 3 大生产要素, 由于数据限制, 本文只选取工业用地、工业用水、工业固定资产投资、工业就业人员、工业耗煤、工业用电、工业用油等 7 个指标分析工业发展的资源投入指标。如图 2 所示, 两广地区的资源投入格局存在明显差异和空间分异特征。总体而言, 两广地区呈现 2 个资源高投入中心: 珠江三角洲地区和以柳州和南宁形成的次中心; 广东省资源投入强度高于广西省, 资源投入平均指数达 0.489 高于广西 0.146 的均值。在广东省内, 资源高投入区主要分布在珠江三角洲及沿海地区, 低投入区主要分布在粤西北、粤东、粤西地区; 而在广西省内, 资源高投入区主要分布在桂西北, 桂东及沿海为资源低投入区。从具体地市来看, 东莞资源投入最高, 达 1.927; 广州、深圳和佛山稍低于东莞, 分别为 1.768、1.511、

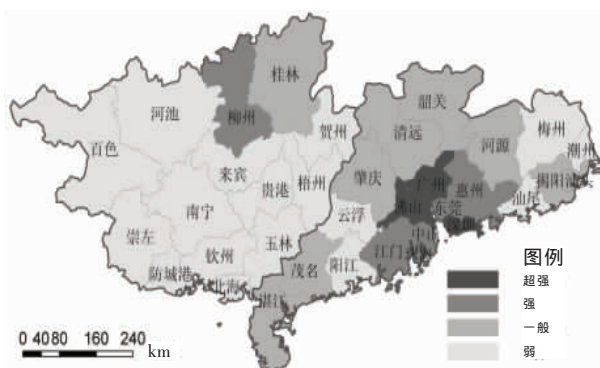


图 1 两广地区工业发展空间分异格局

Fig.1 Spatial pattern of industrial development in Guangdong and Guangxi

1.483,这四个地区组成了资源高投入区的第一“阶梯”。其次,中山、惠州、江门、珠海、柳州等地区资源投入指数介于 0.300~0.500,资源投入相对较高,主要分布于珠三角、广东沿海和桂北。清远、汕头、韶关、湛江、茂名、肇庆、南宁、桂林、钦州、贵港、玉林、百色、河池、来宾等地市资源投入指数介于 0.100~0.300,资源投入强度相对不高,主要分布在粤北、粤西北、粤西南、粤东和桂中、桂北、桂西北、桂东南。其余地市资源投入规模最低,资源投入指数都低于 0.100,主要分布在桂北、桂东、桂西南、广西沿海及粤西北、粤东、粤西地区。总体而言,广东工业资源高投入地区主要分布在珠三角地区;而广西资源高投入地区主要分布在桂西北地区,濒临北部湾的沿海地区工业资源投入并不高。

3.3 工业环境污染

传统经济模式主导的工业,发展不可避免地会给当地带来一定的环境压力。鉴于目前此区域工业废气、废水污染较为严重,本文主要选取工业废水、废气及其包含的各种物理化学污染物质如废水中的氨氮、COD,废气中的 SO₂、氮氧化物和工业烟尘、粉尘等总量排放指标综合分析工业发展对环境污染的程度。如图 3 所示,两广地区工业发展对环境的污染具有明显的差异及空间分布特征。对于整个区域而言,形成一个由广州、东莞、佛山组成的高污染区域,污染指数接近或超过了 1.000,这些地区与其他区域之间形成较大的差距。其次,深圳、珠海、江门、梅州、湛江等区域污染指数介于 0.200~0.419,污染指数相对较高;这些地区一般工业发展水平都比较高,但资源投入也较高,主要分布在珠江三角洲地区。此外,韶关、茂名、惠州、云浮、揭阳、潮州、北海、柳州、南宁、贵港、百色、来宾等地区工业环境污染指数介于 0.100~0.200,污染程度相对

较低,这些地区主要分布在粤东、粤北、粤西南和桂北、桂中、桂西及其沿海。其余地区如肇庆、桂林等地区工业环境污染指数都低于 0.100,工业环境污染微弱,主要分布在粤西北、粤东和桂北、桂东、桂西南。总之,广东省平均工业环境污染指数为 0.280 高于广西 0.084 的均值,表明工业环境污染比广西严重;从具体地市来看,工业发展强的地区,工业环境污染大多较严重,这符合经济发展水平与环境污染的倒“U”型曲线规律(拟合结果见表 2)。

4 两广地区工业资源环境系统协调度及其空间格局

以往评价工业效益只注重从经济利益考虑,但是由于工业生产的外部不经济性,工业发展带来一定环境污染。从人地关系系统理论来看,工业资源

表 2 两广 35 地市工业资源环境回归拟合分析结果
Tab.2 Industry-resources-environment system regression of the 35 cities in Guangdong and Guangxi

因变量 y	解释变量 x	拟合方程	拟合结果
工业	资源	$y = -0.883x^3 + 2.075x^2 - 0.318x + 0.047$	$R^2 = 0.907, F = 101.341, Sig = 0$
工业	环境	$y = -2.517x^3 + 3.235x^2 + 0.288x + 0.017$	$R^2 = 0.579, F = 14.224, Sig = 0$
工业	资源 x_1	$y = 0.737x_1 - 0.165x_2 - 0.031$	$R^2 = 0.825, Adjusted R^2 = 0.814, F = 75.452, Sig = 0$
环境	资源	$y = 0.0210x^3 - 1.037x^2 + 2.633x + 0.007$	$R^2 = 0.894, F = 87.540, Sig = 0$
环境	工业	$y = -5.880x^3 + 8.250x^2 - 0.785x + 0.151$	$R^2 = 0.777, F = 35.910, Sig = 0$
资源	工业 x_1	$y = 0.810x_1 + 0.761x_2 + 0.040$	$R^2 = 0.899, Adjusted R^2 = 0.842, F = 141.927, Sig = 0$
资源	环境	$y = -1.388x^3 + 2.130x^2 + 0.325x + 0.074$	$R^2 = 0.842, F = 55.058, Sig = 0$
环境	资源	$y = -0.445x^3 + 1.108x^2 - 0.123x + 0.092$	$R^2 = 0.782, F = 37.164, Sig = 0$
环境	工业 x_1	$y = -0.135x_1 + 0.570x_2 + 0.028$	$R^2 = 0.869, Adjusted R^2 = 0.754, F = 49.133, Sig = 0$

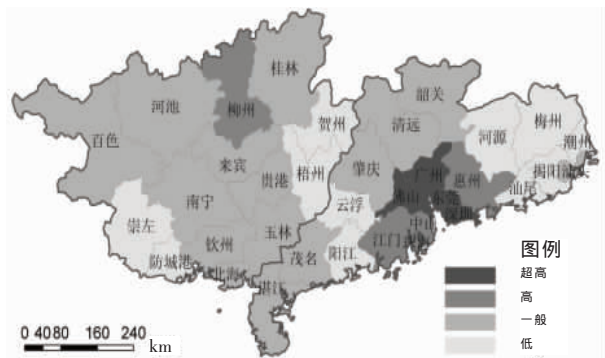


图 2 两广地区资源投入空间分异格局

Fig.2 Spatial pattern of resources input in Guangdong and Guangxi

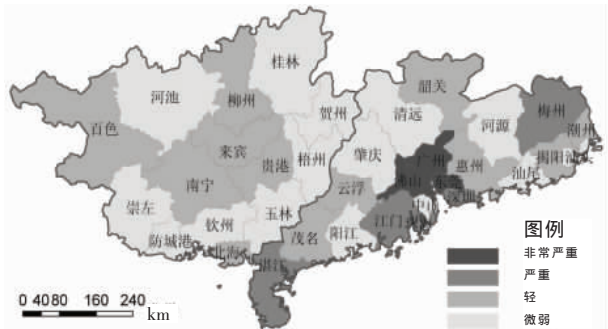


图 3 两广地区环境污染空间分异格局

Fig.3 Spatial pattern of environmental pollution in Guangdong and Guangxi

环境系统中,衡量工业生产的效益不能仅考虑工业实际经济效益,更应关注工业发展带来的环境污染及其所需的资源投入。基于以上对工业发展、资源投入、工业环境污染的分析,利用 spss17.0 进行对资源、工业进行拟合分析(表 2),按照上述协调度的模型,即可计算工业资源环境系统及各子系统之间的协调度。如表 2 所示,在工业资源环境系统中,工业发展、资源投入、工业环境污染之间具有很高的相关性。参考已有相关研究成果,结合专家意见,本文将两广地区的协调度划分为 4 个等级(表 3)。如图 4 所示,两广地区工业资源环境系统的协调性存在较大的差异和显著的空间分布特征。

(1) 从整个区域来看,工业资源环境协调性大致呈现以珠江口为核心向东、西和北三个方向逐渐增强的格局,但在粤东北出现一个极不协调地区,对这种衰减格局略有干扰。

(2) 广东和广西两省的工业资源环境协调性呈现出明显的差异对比。广东省各个地区工业资源环境协调度均值为 0.855,属不协调型;广西工业资源环境协调性较好,各地区协调度值都大于 0.982,属于协调型。总体而言,广西省工业资源环境协调性高于广东省,这与前文工业发展、资源投入和环境污染分析相吻合。

(3) 工业资源环境协调性在广西和广东内部也存在明显的差异。在广东省内,工业资源环境协调性除梅州、湛江外,大致以珠江三角洲口为核心向两侧及北部增高,各个地区工业资源环境协调性差异显著。影响珠江三角洲工业资源环境协调性差的主要因素是:工业发展严重依赖于资源投入,大量的能源消耗、廉价的劳动力资源及高额的资本投入是其工业发展的最为重要的推手,仅从工业用电、工业用地两个指标来看,深圳、广州和东莞都超过了广西全省的工业用电量和用地面积;这种严重依赖资源投入的工业发展模式,导致整个区域环境污染严重。而在广西省内,各个地区工业资源环境协调性差异不明显,除东北地区及柳州表现为基本协调外,其余地区都为协调。

(4) 从具体各个地区来看,工业资源环境极不协调地区主要分布在广州、深圳、东莞、梅州。广州、深圳、东莞三市虽然工业发展很高,但由于这种工业发展模式严重依赖大量的资源投入,特别是伴随

表 3 工业—资源—环境系统协调发展的度量标准

Tab.3 Measurements of the coordination of the industry—resources—environment system

协调等级	极不协调	不协调	基本协调	协调
协调度值 C	$0 \leq C < 0.600$	$0.600 \leq C < 0.900$	$0.900 \leq C < 0.985$	$0.985 \leq C$

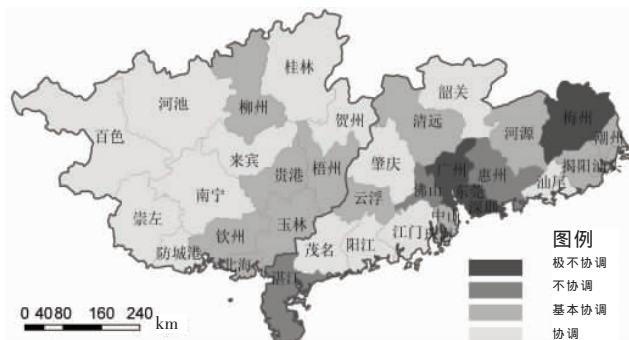


图 4 两广地区工业资源环境系统协调性空间分异示意图

Fig.4 Spatial differentiation of the coordination of the industry—resources—environment system in Guangdong and Guangxi

的工业污染未能有效治理,工业资源环境系统呈现严重不协调状态;而梅州地区尽管工业发展和资源投入都不高,但是工业环境污染非常高,也表现为严重不协调。不协调地区主要分布在佛山、惠州、湛江。佛山工业发展、资源投入都较高,而工业环境污染相对较高,所以工业资源环境不协调;惠州尽管工业环境污染相对不严重,但由于资源相对投入过高,工业资源环境系统也表现不协调;湛江工业发展一般,资源投入不高,但工业环境污染严重,工业资源环境呈现不协调。基本协调地区主要包括中山、珠海、云浮、清远、河源、揭阳、汕头、潮州、柳州、梧州、贵港、玉林、钦州、北海等地区。其中柳州、中山工业发展强、资源投入高、而工业环境污染不高,这种协调状态属较“好”的类型;珠海由于目前工业环境污染已趋于严重,所以其协调状态并不是“好”的类型;其余地区主要的工业资源环境协调主要是由于目前工业发展不强,资源投入不高,导致工业环境污染并不严重,但这种类型的协调状态也是一种低层次的。协调地区主要分布在江门、阳江、茂名、肇庆、韶关、汕尾、贺州、桂林、南宁、防城港、崇左、百色、河池、来宾等地。其中,江门虽然工业环境污染严重,但由于工业发展强、资源投入也高,所以整个工业资源环境系统也呈现协调状态,但这种协调类型并不是“好”的类型;其余地区由于工业发展低,虽然工业资源环境系统表现协调,但也是低层次的协调类型。

5 结论与讨论

两广地区工业—资源—环境的协调性具有明显的差异,广东省各地市工业—资源—环境系统的协调性低于广西大部分地市,协调性最差的地市主要集中于珠江三角洲地区。虽然广西省大部分地市处于协调或基本协调状态,但是鉴于目前其工业化仍处于初级阶段,这种协调也仅是一种“较好”的协调,并不是最优的协调状态;而未来随着经济社会发展及工业发展的增长,工业资源环境能否保持协调尚难判断。总体而言,工业—资源—环境的协调性与各地区经济发展水平呈负相关,经济发展水平高的地区,其工业—资源—环境协调性较差。运用投影寻踪方法可以较好地评价工业发展、资源投入及工业污染的指数,但各单元的评价指数是相对值,对评价区域外的地市而言无比较意义。工业—资源—环境系统协调度是相对概念,它是基于工业、资源、环境各子系统综合指数而计算出的一个数值;仅对单独的地市而言,协调度并不具有实际意义。本文对两广地区工业资源环境协调性只作了静态评价,受数据限制,评价结果会丢失一定的信息。若资料允许,可以做两广各地市的时间序列动态分析,则更能反映两省工业资源环境发展规律。

参考文献

- [1] 吴传钧. 论地理学的研究核心. 经济地理, 1991, 11(3): 1-5.
- [2] 毛汉英. 县域经济和社会同人口、资源、环境协调发展研究. 地理学报, 1991, 46(4): 21-28.
- [3] 张志强. 区域 PRED 的系统分析与决策制定方法. 地理研究, 1995, 14(4): 68-72.
- [4] 刘彦随. 区域可持续发展系统原理与决策. 陕西师范大学学报: 自然科学版, 1996, 24(2): 98-102.
- [5] 王黎明. 面向 PRED 地关系系统构型理论与方法研究. 地理研究, 1997, 16(2): 38-44.
- [6] 邓明艳. 可持续发展与区域 PRED 系统. 陕西师范大学学报(自然科学版), 1998, 26(1): 98-101, 106.
- [7] 申玉铭, 毛汉英. 区域可持续发展的若干理论问题研究. 地理科学进展, 1999, 18(4): 287-294.
- [8] 毛汉英. 山东省可持续发展指标体系初步研究. 地理研究, 1996, 15(4): 69-75.
- [9] 冯玉广, 王华东. 区域 PRED 系统协调发展的定量描述. 环境科学学报, 1997, 17(4): 87-92.
- [10] 廖志杰, 刘岳. 中国区域可持续发展水平及其空间分布特征. 地理学报, 2000, 55(2): 20-25.
- [11] 王云才, 郭焕成. PRED 系统特征与可持续农业发展途径选择: 以聊城市东昌府区为例. 干旱区地理, 2000, 23(4): 358-363.
- [12] 熊黑钢, 周哲. 典型干旱区 PRED 系统生态环境指标的选择与实践: 以新疆民丰县为例. 干旱区资源与环境, 2007, 21(8): 1-6.
- [13] 杨士宏. 广州城市环境与发展协调预测及调控研究. 地理科学, 1994, 14(2): 136-143.
- [14] 王长征, 刘毅. 经济与环境协调研究进展. 地理科学进展, 2002, 21(1): 58-65.
- [15] 张晓东, 池天河. 90 年代中国省级区域经济与环境协调度分析. 地理研究, 2001, 20(4): 506-515.
- [16] 白雪梅. 社会协调发展的测度方法. 统计与决策, 1998(1): 6-7.
- [17] 曾珍香, 顾培亮. 可持续发展的系统分析与评价. 北京: 科学出版社, 2000: 154-155.
- [18] 张雷, 沈叙建, 杨荫凯, 等. 中国区域发展的资源环境协调问题. 地理科学进展, 2004, 23(6): 10-19.
- [19] 李鹤, 张平宇, 刘文新. 1990 年以来辽宁省环境与经济协调度评价. 地理科学, 2007, 27(4): 486-492.
- [20] 李佳, 吴军年, 杜哲. 生态脆弱地区资源环境经济协调发展程度评价: 以民勤地区为例. 中国沙漠, 2007, 27(1): 117-122.
- [21] 刘晶, 敖浩翔, 张明举. 重庆市北碚区经济、社会和资源环境协调度分析. 长江流域资源与环境, 2007, 16(2): 147-151.
- [22] 王顺久, 杨志峰, 丁晶. 关中平原地下水资源承载力综合评价的投影寻踪方法. 资源科学, 2004, 26(6): 104-110.
- [23] 刘仁涛, 付强, 盖兆梅, 等. 三江平原地下水脆弱性评价的投影寻踪模型. 东北农业大学学报, 2008, 39(2): 184-190.
- [24] 涂正革. 环境、资源与工业增长的协调性. 经济研究, 2008(2): 93-105.
- [25] 陈雯, Dietrich Soye, 左文芳. 工业绿色化: 工业环境地理学研究动向. 地理研究, 2003, 22(5): 511-518.
- [26] Reid W. Sustainable development: Lessons from success. Environment, 1989, 31: 7-9.
- [27] Maclaren V M. Urban sustainability reporting. Journal of the American Planning Association, 1996, 62(2): 185-202.
- [28] Friedman J H, Tukey J W. A projection pursuit algorithm for exploratory data analysis. IEEE Transaction on Computer, Part C, 1974, 23(9): 881-890.
- [29] 付强, 赵小勇. 投影寻踪模型原理及其应用. 北京: 科学出版社, 2006: 47-48.
- [30] 金菊良, 魏一鸣, 丁晶. 水质综合评价的投影寻踪模型.

- 环境科学学报, 200, 21(7): 431–434.
- [31] 郝璐, 王静爱, 张化. 北方草地畜牧业生态系统健康综合评价与诊断. 生态学报, 2008, 28 (4): 1456–1465.
- [32] 郑海霞, 封志明, 张陆彪, 等. 甘肃省县域农业资源利用效率综合评价: 基于遗传投影寻踪方法. 经济地理, 2006, 26(4): 632–635.
- [33] 隋映辉. 协调发展论. 青岛: 青岛海洋大学出版社, 1990: 20–21.

Research on Coordination Degrees of Industry–Resources–Environment in Guangdong and Guangxi

YANG Wei^{1,2,3}, JIN Fengjun^{1,3}, WANG Chengjin^{1,3}

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

3. Key Laboratory of Regional Sustainable Development Modeling, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: This paper designed an indicator system of industry–resource–environment and calculated the evaluation index of industry–resource and environment for the 35 cities in Guangdong and Guangxi based on the projection pursuit method. The coordination of industry–resource–environment of those cities was analyzed and appraised based on the coordination degree calculation model. The obtained results included the following aspects. (1) There was significant correlation and significant difference of industrial development, resources consumption and industrial pollution among the 35 cities in Guangdong and Guangxi. Also, industries in the cities of Guangdong were much more developed than those of Guangxi, and the intensity of industrial pollution and resources consumption in the cities of Guangdong was higher than those of Guangxi. (2) There was a negative correlation between industry–resource–environment coordination and economy development, that is to say, the higher the economy development level, the worse the industry–resource–environment coordination. The difference was evident in the coordination of the 35 cities. The coordination in Guangxi was better than that in Guangdong, with the Pearl River Delta having the worst coordination. The difference was not obvious in the city coordination in Guangxi, while that in Guangdong was distinct. (3) Coordination was relative, and there was no absolute standard for industry–resource–environment coordination. Coordination should be analyzed combined with the real situation in a certain region. Although the coordination in Guangxi was better, it was still at a relatively low level.

Key words: coordination; projection pursuit; Guangdong; Guangxi

本文引用格式:

杨威, 金凤君, 王成金. 两广地区工业—资源—环境系统协调性分析. 地理科学进展, 2010, 29(8): 913–919.