

# 广东沿海经济高速发展区人地系统 可持续发展研究<sup>\*</sup>

温琰茂 柯雄侃 王 峰

(中山大学环境科学系 广州 510275)

**提 要** 粤中沿海经济高速发展的典型区域——深圳市人地系统可持续性从 1980~1990 年逐渐增强,但 1991 年开始下降;东莞市人地系统可持续性从 1980 年以后逐渐增强。目前深圳市和东莞市人地系统均处于弱可持续性状况。

**关键词** 人地系统 可持续发展评价 调控模式 经济高速发展区 粤中沿海

**分类号** K901.4

深圳、东莞地区是广东中部沿海经济高速发展区,改革开放 10 余年来,人口急剧增加,城市不断扩大,经济活动的规模也迅速扩大和强化,人为活动对自然资源 and 环境的干预非常强烈。本文将对该地区在社会经济高速发展过程中人地系统特征和可持续发展进行探讨。

## 1 深圳、东莞地区人地系统特征

### 1.1 社会经济高速发展

改革开放以来,深圳、东莞地区凭藉区位优势和政策优惠,吸引了国内外大量的发展投资,也吸引了省内外、甚至国外大量的劳务人员和科技、管理人才,社会经济高速发展。

#### 1.1.1 人口急剧增加,城市迅速扩大

深圳市土地总面积  $1\ 865.57\ \text{km}^2$ <sup>[1]</sup>,东莞市面积  $2\ 465\ \text{km}^2$ 。1980 年深圳、东莞地区总人口为 146.0 万人,暂住的外来人口 1.2 万人;1994 年总人口增加到 616.0 万人,其中暂住的外来人口也增加到 380.6 万人,占总人口的 61.8%。在 14 年间,全地区人口密度从  $337\ \text{人}/\text{km}^2$  增加到  $1\ 422\ \text{人}/\text{km}^2$ 。

在 1980~1994 年间,本地区城市化进程十分迅速。深圳市城镇人口从 2.3 万人增加到 69.6 万人,另有 241.5 万暂住外来人口也基本上住在城镇中,实际上城镇人口占总人口 335.5 万人的 93%。1994 年东莞市城镇人口和暂住外来人口也已达 173.6 万人,占总人口 280.5 万人的 62%。1994 年,本地区人口超过 100 万人的城市 1 个,20~30 万人的城镇 4 个,10~20 万人的镇 9 个。

#### 1.1.2 经济高速增长,人民收入持续提高

深圳市 1980~1994 年间,国内生产总值从  $2.70 \times 10^8$  元增加到  $567.15 \times 10^8$  元,年平

<sup>\*</sup> 国家自然科学基金资助项目[49371059]。

作者简介:温琰茂,男,1942 年生,教授,发表论文 30 余篇。

收稿日期:1997-03-06;改回日期:1996-11-12

均增长率为 36%; 人均值从 835 元上升到 17 990 元。同期, 东莞市国内生产总值从  $7.04 \times 10^8$  元增加到  $154.54 \times 10^8$  元, 年平均增长率 15.6%, 人均值从 627 元上升到 11 026 元。

在经济高速发展过程中, 两市人民生活水平也有很大提高。深圳市 1994 年城镇居民人均生活费支出 9 473 元, 年末城乡储蓄存款余额人均 8 655 元; 同年, 东莞市城镇居民人均生活费支出 6 302 元, 年末城乡储蓄存款余额人均 5 402 元。

随着经济的高速发展, 两市的财政收入也快速增长, 深圳市 1994 年财政收入已达  $74.4 \times 10^8$  元, 人均 2 217 元。

## 1.2 水资源供需关系日趋紧张, 水环境质量明显下降

### 1.2.1 水资源分布不平衡, 供需矛盾日益突出

深圳、东莞地区属南亚热带海洋性气候, 降水丰富, 多年平均地表径流量为  $41.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 过境水资源  $257 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 地表水资源总量为  $298.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。人均水资源占有量  $4 841 \text{ m}^3/\text{人}$ , 约为全国人均水资源量的 2 倍。但是, 水资源在区域内的分布很不平衡, 按照行政区域计算, 东莞市水资源总量为  $280 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 平均  $10 000 \text{ m}^3/\text{人}$ 。但深圳市水资源总量只有  $18.145 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 人均仅  $541 \text{ m}^3/\text{人}$ , 是广东也是全国严重的缺水地区。

改革开放以来, 本地区人口、城市和工业高速发展, 其中发展最快的是广九铁路和主要公路沿线的台地、低丘区, 如深圳市的深圳特区, 宝安区西部, 龙岗区布吉、平湖、龙岗一带和东莞市的中西部。这些经济发展的核心地带本来水资源就相对缺乏, 而社会经济的大规模高速发展使这些地区水资源短缺的状况进一步加剧。预测到 2000 年和 2010 年, 深圳市需从境外调水  $10.1 \times 10^8 \text{ m}^3$  和  $14.4 \times 10^8 \text{ m}^3$ <sup>[2]</sup>。东莞市中西部由于需水量的增加和原来水源的污染, 到 2000 年和 2010 年也需重新引水  $7.67 \times 10^8 \text{ m}^3$  和  $9.33 \times 10^8 \text{ m}^3$ <sup>[3]</sup>。

### 1.2.2 水环境质量明显下降, 威胁社会经济的持续发展

由于工业废水和城市生活污水排放量的不断增加, 地表水水质明显下降。深圳市有比较完整监测资料的 12 个水体中, 有 7 个水体超过地表水 V 类水质标准, 1 个为 V 类水, 2 个为 IV 类水, 2 个为 II 类水, 绝大部分水体都超过其应有功能的水质标准, 其中一些还是重要的水源性水体。东莞市经济发展最快的中西部地带供水水源东引运河, 由于污染严重而丧失了其供水功能。

在深圳、东莞地区社会经济高速发展过程中, 由于污水处理工程建设滞后, 水污染不断加重, 已对供水水源的水质构成严重威胁, 成为本地区人地系统可持续发展的主要问题。

## 1.3 大气环境质量下降

在社会经济高速发展过程中, 深圳、东莞地区大气污染物排放量不断增加。从 1985 年到 1994 年, 深圳特区工业废气排放量从  $2.7 \times 10^8 \text{ Nm}^3$  上升到  $276 \times 10^8 \text{ Nm}^3$ , 东莞市工业废气排放量也从  $33.5 \times 10^8 \text{ Nm}^3$  上升到  $533.2 \times 10^8 \text{ Nm}^3$ 。1994 年两市的机动车辆已达 45.8 万辆。由于大气污染物的排放量不断增加, 大气环境质量逐渐下降。1985~1994 年, 深圳市  $\text{NO}_x$  的年均值由  $0.04 \text{ mg}/\text{m}^3$  上升到  $0.12 \text{ mg}/\text{m}^3$ , 已超过国家大气质量二级标准, 1994 年两市的降尘量也都超过大气二级标准 [ $8 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{月})$ ]。深圳市 1984 年酸雨频率只有 8.8%, 1992 年上升到 51.8%, 1993、1994 年分别为 33.5% 和 37.3%。

## 1.4 生态系统的结构发生巨大变化

由于 10 余年大规模的经济发展、城市扩大, 深圳、东莞地区生态系统结构发生巨大变化。

(1) 城市生态系统规模迅速扩大 随着城市的发展, 城市生态系统已成为生态系统的重要组成部分。深圳市和东莞市 1994 年城市人均绿地面积分别为  $24.0 \text{ m}^2/\text{人}$  和  $12.6 \text{ m}^2/\text{人}$ 。深圳特区城市生态景观结构和空间配置日趋合理和完善, 建成区绿化复盖率已达到 43.9%, 接近全国平均水平的 2 倍。

(2) 农田生态系统萎缩 深圳、东莞地区在经济高速发展过程中, 由于城市、工业、交通、村镇建设等非农业用地的迅速增长, 农业用地逐渐减少。深圳市 1979 年耕地面积为  $35\,473 \text{ hm}^2$ , 1994 年减少到  $4\,573 \text{ hm}^2$ 。同期, 东莞市耕地面积也从  $78\,800 \text{ hm}^2$  减少到  $47\,867 \text{ hm}^2$ 。农田生态系统萎缩导致了区域环境调节功能的减弱, 加重了水旱灾害。仅 1993 年和 1994 年, 洪涝灾害就给深圳市造成 15 亿元的经济损失<sup>[4]</sup>。

(3) 无林地扩大, 水土流失加剧 近年来, 本区域森林植被破坏比较严重, 仅 1991~1994 年的 3 年间, 深圳、东莞地区无林地从  $4\,000 \text{ hm}^2$  上升到  $6\,733 \text{ hm}^2$ 。深圳市的宝安区 1987~1992 年期间森林复盖率从 35.46% 下降到 23.52%。1994 年东莞市推平待建的新开发区达  $100 \text{ km}^2$ 。由于自然植被破坏、无林地和裸露地面积增加, 水土流失加剧, 1986~1994 年 8 年间, 东莞市水土流失面积增加了  $600 \text{ km}^2$ 。深圳市宝安区水土流失面积已占总面积的 46.5%, 平均侵蚀模数达  $1\,340 \text{ t}$ 。

(4) 滩涂和近海水域生态系统受到损害 由于水污染和城市发展用地的蚕食, 局部近海水域的生态系统遭到破坏。海岸带的红树林面积不断缩小, 赤潮频繁发生, 使鱼类、贝类和一些名优海产品遭受损失。

## 2 深圳、东莞地区人地系统可持续性评价

### 2.1 人地系统可持续性评价模式

人地系统的可持续性是一个动态概念, 是对人地系统的各种人地关系的运行状况和整个系统综合的运行状况的度量。

人地系统可持续性主要由社会经济亚系统的发展水平, 资源环境亚系统的数量、质量状况和两个亚系统之间的协调程度来决定的。

可持续发展首先是社会经济发展, 并且应该有足够的发展速度, 以改善人民物质文明和精神文明的需求。可持续发展又是社会经济与资源环境相协调的发展。因此, 人地系统的可持续性可用下列公式求出:

$$ASSI_X = DL_X \times C_X \quad (1)$$

式中  $ASSI_X$  ——年可持续性指数;

$DL_X$  ——社会经济发展水平指数或资源环境状态指数;

$C_X$  ——协调度。

### 2.2 人地系统可持续性综合评价体系

本研究利用模糊数学、灰色系统理论等数学方法, 提出如下评价体系(图 1)。

### 2.3 人地系统可持续性综合评价

#### 2.3.1 E 层因子选择

用灰色关联方法筛选 E 层因子。根据区域的人地系统特征选出主要因子, 然后用灰色关联的方法评价其他因子, 并对关联度大于 0.8 的因子予以剔除。结果, 本文筛选出 16 个 SEREN 因子:

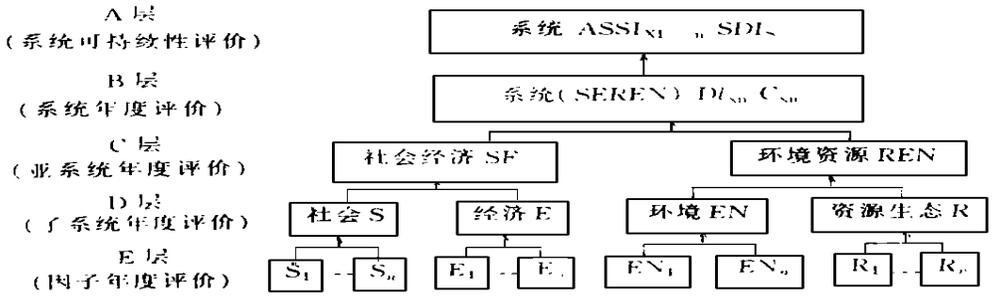


图 1 人地系统可持续性综合评价体系

Fig. 1 The synthetically assessment system of sustainable development of human-environment system

社会子系统的人口素质与人口自然增长率;经济子系统的人均 GDP、人均工资、人均住房面积;大气环境子系统的 NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>、总降尘和降水 pH 值;水环境子系统的 COD、BOD<sub>5</sub>、DO、NH<sub>3</sub>-N;资源生态子系统的耕地年均减少率、森林复盖率和人均绿地面积。

2.3.2 体系模糊综合评价

(1) 确定评议集 根据各因子的发展水平和质量状况分成 5 个评价等级(1, 2, 3, 4, 5), 分别代表优、良、中、差、很差。

(2) 确定隶属函数 采用环境科学中广泛应用的降半梯形分布和升半梯形分布函数, 对于其值越大对系统的负效应越大的因子采用降半梯形分布函数, 如人口自然增长率, 大气环境的 NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>、总降尘, 水环境的 COD、BOD<sub>5</sub>、DO、NH<sub>3</sub>-N 及资源指标中的耕地减少速率。对于其值越大、系统正效应越大的因子采用升半梯形分布函数, 如人口素质、人均 GDP、人均工资、人均住房面积、降雨 pH 值、水体 DO、人均绿地面积、森林复盖率。

(3) 确定权重 E 层因子权重用“对系统贡献率”的计算方法进行, C、D 层因子定权采用经验估算法。D 层中社会、经济权重为 0.3、0.7; 大气环境、水环境和资源生态权重约为 0.3、0.4、0.3。C 层中社会经济与环境资源的权重均为 0.5。

(4) 确定单项 SEREN 因子综合评价模型并进行 Fuzzy 矩阵复合运算 采用多级 Fuzzy 综合评价方法, 单因子评价完毕以后, 还要对评议集  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$  与上一级的权重集进行再一次复合运算, 求出决策集。

(5) 对决策集的评价 采用 Fuzzy 综合指数法进行评判, 综合考虑 Fuzzy 综合评价中的隶属度与评价标准等级, 用如下公式进行评价:

$$\begin{aligned}
 R &= BOS = (b_1, b_2, \dots, b_m) \\
 &= \sum_{i=1}^m b_i \cdot j
 \end{aligned}
 \begin{matrix}
 1 \\
 2 \\
 0 \\
 \vdots \\
 n
 \end{matrix}
 \quad (2)$$

经过 3 级模糊综合评价, 我们可以得出整个系统社会、经济、资源、环境(SEREN)的发展或状态水平指数(DL<sub>x</sub>)

2.3.3 协调度、年可持续指数、可持续性指数计算

(1) 协调度计算 人地系统的协调主要是人的社会经济活动与环境资源的协调, 协调度是衡量区域社会经济与资源环境的协调状态。年协调度求算公式为:

$$C_X = \frac{k - |SE - REN|}{k} \quad (3)$$

式中  $C_X$  ——年协调度;  $SE$  ——年社会经济发展水平指数;  $REN$  ——年资源环境状态指数;  $k$  ——发展水平(状态)起始指数, 本文  $k=5$ 。

(2) 年可持续性指数( $ASSI_X$ ) 计算 根据各年社会经济与资源环境的发展(状态)水平  $DL_X$  与协调度  $C_X$ , 用公式(1) 求出年可持续性指数( $ASSI_X$ )。  $ASSI_X$  等级定界如下:

$1 \leq ASSI_X < 2$  极弱可持续     $2 \leq ASSI_X < 3$  弱可持续     $3 \leq ASSI_X < 4$  一般可持续

$4 \leq ASSI_X < 5$  较强可持续     $5 \leq ASSI_X$  强可持续

(3) 可持续性指数( $SDI_5$ ) 计算 考虑到区域的发展过程是动态的, 为了更好地表现系统可持续性变化规律, 每 5 年分为一个时期, 计算每个时期的可持续性指数( $SDI_5$ )。计算  $SDI_5$  的公式为:

$$SDI_5 = \sum_{i=1}^5 ASSI_{(m+i)} / 5 \quad (4)$$

式中  $m$  为基准年度的前一年;  $SDI_5$  等级定界同  $ASSI_X$ 。

### 2.3.4 人地系统可持续性评价结果

从表 1 可以看出深圳市从 1980 年以后其人地系统可持续性逐渐增强, 但到 1991 年开始下降, 东莞市的可持续性从 1980 年起也逐渐增强。目前, 深圳市和东莞市人地系统均处于弱可持续状态。

表 1 深圳、东莞历年可持续性指数

Table 1 The annual index and index of sustainable development of human-environment system in Shenzhen and Dongguan

年代	深 圳		东 莞	
	$ASSI_X$	$SDI_5$	$ASSI_X$	$SDI_5$
1980	1.220		1.724	
1981	1.218		1.138	
1982	1.339	1.448	1.169	1.315
1983	1.600		1.254	
1984	1.861		1.291	
1985	2.028		1.326	
1986	2.116		1.416	
1987	2.317	2.208	2.330	1.460
1988	2.227		2.578	
1989	2.320		2.648	
1990	2.415		1.824	
1991	2.131		1.899	
1992	1.920	2.008	2.087	2.211
1993	1.777		2.520	
1994	1.795		2.727	

## 3 深圳、东莞人地系统的调控

深圳市人地系统的可持续性从 1991 年开始下降, 主要原因是环境质量下降和自然资源消耗过快使协调度下降, 并导致其可持续性下降。因此, 深圳市人地系统必须进行合理调控, 以避免因其可持续性下降而阻碍社会经济的发展, 调控的方向是加强环境建设的投资和自然资源的保护, 特别是要加强水环境保护建设的投资。

东莞市人地系统 10 多年来其可持续性在不断上升。但是, 如果东莞市不注意环境和资源的保护, 环境质量的进一步下降和资源的破坏也会使其协调度下降而导致可持续性下降。因此, 东莞市从现在起也应有计划地加强对环境建设的投资和自然资源的保护, 以避免其人地系统可持续性的下降而阻碍社会经济的发展。

人地系统可持续性发展可归纳为两种典型模式: ①在发展中对人地系统不进行有效调控的 SEREN 模式(图 2); ②在发展中对人地系统进行合理调控的 SEREN 模式(图 3)。图

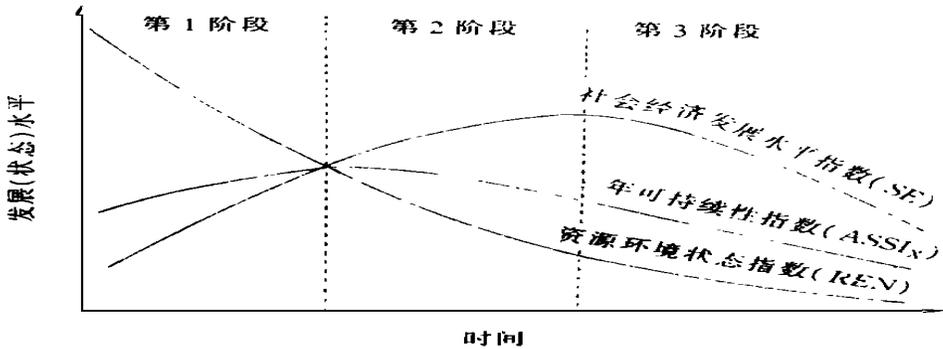


图 2 人地系统不进行有效调控的 SEREN 模式

Fig. 2 The SEREN model under the condition that human-environment system is not adjust-controlled effectively

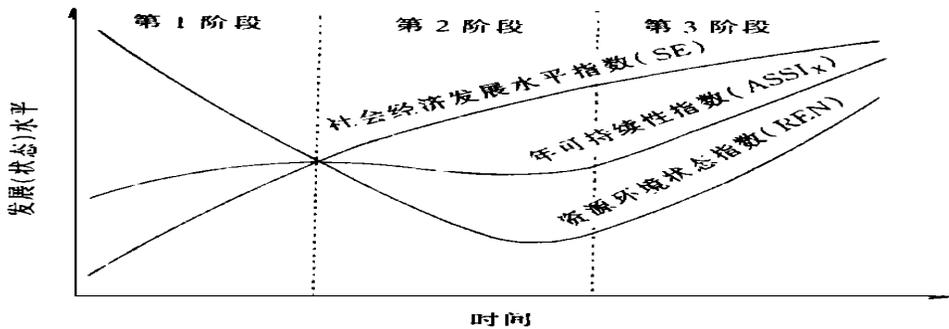


图 3 人地系统进行合理调控的 SEREN 模式

Fig. 3 The SEREN model under the condition that human-environment is adjust-controlled rationally

2 中, 第一阶段是社会经济发展的同时环境资源的状况下降, 在这一阶段, 其可持续性因其经济能力的增强而增强; 在第 2 阶段, 经济仍然可以发展, 但由于环境资源的状况严重下降使其可持续性开始下降, 经济发展速度也逐渐下降; 在第 3 阶段, 因环境资源状态的严重恶化使人地系统的可持续性进一步下降而导致社会经济的衰退。图 3 中, 第 1 阶段的状况与图 2 相同; 但在第 2 阶段加强了环境建设与资源保护, 使其环境资源的状况在继续下降一段时间后走出低谷开始回升, 其可持续性也从下降转向回升; 第 3 阶段是社会经济与环境资源

协调发展阶段,也就是人地系统具有良好的可持续发展阶段。

目前深圳市人地系统已开始进入图 2 的第 2 阶段,如进行合理调控,将会按照图 3 模式发展,如不进行合理调控,就难于避免进入图 2 模式的第 3 阶段。东莞市人地系统目前处于第 1 阶段的后期,如不进行合理调控,也将进入图 2 运行模式。

### 参 考 文 献

- 1 广州地理研究所. 深圳自然资源与经济开发. 广州: 广东科技出版社, 1986. 103~ 105
- 2 广东省计划委员会, 珠江三角洲经济区规划办公室. 珠江三角洲经济区规划研究(下卷). 广州: 广东经济出版社, 1995. 106~ 107
- 3 广东省东江流域综合治理开发研究协作组. 广东省东江流域治理开发专题研究. 北京: 海洋出版社, 1993. 54~ 55
- 4 杨 军, 宋 强. 深圳城市化的环境水利问题. 广州环境科学, 1996, 11(3): 16~ 19

## A STUDY ON THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF HUMAN-ENVIRONMENT SYSTEM IN THE RAPID ECONOMIC DEVELOPMENT AREA, CENTRAL COAST OF GUANGDONG PROVINCE

Wen Yanmao Ke Xiongkan Wang Feng

(*Department of Environment Science, Zhongshan University, Guangzhou 510275*)

### ABSTRACT

The sustainable development of human-environment system of typical case in the rapid economic development area in central coast area of Guangdong was studied. The dynamic characteristics were described and the running condition of human-environment system was assessed. Using the theories and methods of gray system and Fuzzy mathematics, this paper puts forward a relatively simple and operable synthetical assessment index system and method of sustainable development of human-environment system. The assessment results show that the state of sustainable development of human-environment system rose gradually from 1980 to 1990, but descended after 1990 in Shenzhen City and rose gradually from 1980 to update in Dongguan City. The human-environment system both in Shenzhen and Dongguan are weak in the state of sustainable development recently, but that in Dongguan is slightly better than in Shenzhen. The descent cause of sustainable development state of human-environment system in Shenzhen is that the environmental quality became worse and the consuming rate of natural resources was too fast. According to the running pattern of human-environment system in rapid economic development area, two models are suggested: (1) the SEREN model under the condition that human-environment system is not adjust-controlled effectively, and (2) the SEREN model under the condition that human-environment is adjust-controlled rationally. The recommendation for sustainable development of human-environment system in Shenzhen and Dongguan are also proposed.

**Key Words:** Human-environment system; Sustainable development assessment; Adjustment-control model; Rapid economic development; Central Guangdong coast area