

# 基于状态空间法的重庆市区域环境承载力研究\*

徐孝勇<sup>1</sup>, 王艳冲<sup>2</sup>

(1. 重庆师范大学 经济与管理学院, 重庆 401331; 2. 重庆师范大学 涉外商贸学院, 重庆 401520)

**摘要:**资源的有限性决定了一个地区的区域环境承载力的有限性,人类的过度活动会对区域环境造成污染和破坏,使区域环境承载力出现超载,不利于经济社会可持续发展。在构建重庆市区域环境承载力评价指标体系基础上,运用状态空间法评价了重庆市2006—2011年的区域环境承载力。研究发现:重庆区域承载力虽呈现逐渐改良态势,但仍一直处于超载状态;重庆的区域承载力还有进一步提升空间。最后,论文提出加强污染物排放总量控制、加强环保执法、大力发展资源节约和环境友好型新兴产业等对策建议。

**关键词:**状态空间法;区域环境承载力;重庆市

**中图分类号:**X821

**文献标志码:**A

**文章编号:**1672-6693(2015)06-0127-07

当前大多数发展中国家在经济建设上依然走的是西方发达国家“先污染,后治理”的老路,为经济总量增长付出了惨痛的环境代价,作为发展大国的中国也不例外。改革开放以来,我国经济以年平均10%左右的速度高速增长,GDP总量从1978年3645亿元增加到2014年的636463亿元,成为仅次于美国的世界第二大经济体,社会经济发展取得了举世瞩目的成果。但是,长期以来,我国经济高速增长要主要依靠劳动力、资本和土地等生产要素和其他自然资源的大量投入,经济增长呈现高投入、高消耗、高污染、低效率和高增速特征,自然资源的过度消耗以及环境污染问题日趋严重,由此引发的大气雾霾、水体污染和固体废弃物污染等突发性环境事件和群体性环境事件也呈迅速上升态势。重庆作为我国老工业基地之一,存在着工业结构和消费结构不合理、高耗能工业和传统重工业比重偏高、环境污染严重、工业技术水平低等问题。在大力推进资源节约型和环境友好型社会建设中,处理好经济增长与环境保护、产业结构调整和技术进步关系的前提是搞清楚重庆的区域环境承载力状况,并在此基础上采取相适应的经济增长方式和经济发展战略带动经济社会可持续、协调发展。

在一定时期内,一个地区所能承载的资源消耗量和环境污染量有限,要走可持续发展道路,必须把人类的经济活动控制在该区域环境的承受范围内。区域承载力是指某一区域在一定时期内,在确保资源合理开发利用和生态环境良性循环的条件下,资源环境能够承载的人口数量及相应的经济社会总量的能力。一个区域的自我发展能力是区域系统内部的环境承载力、社会发展力和经济集聚力三者凝聚、整合而成的自然生产力和社会生产力的总和。研究区域自我发展能力时,应将其置于区域发展系统中,区域综合发展能力是由工业化、城镇化、信息化外源驱动力和自我发展能力(内生动力)耦合而成,其中自我发展能力是正向驱动力和决定区域发展系统演进状态的主要力量,而区域环境承载力是提升区域综合发展能力得以实现的物质基础和前提。区域环境承载力是度量区域可持续发展程度的重要指标。定量测算某一地区区域环境承载力对该地区制定经济发展政策具有重要的指导意义。本文定量研究重庆区域环境承载力,为该地区的经济可持续发展提供科学决策依据。

区域环境承载力是以区域资源环境为对象,研究它同人类的经济社会活动之间的相互关系<sup>[1]</sup>。20世纪六七十年代,罗马俱乐部利用系统动力学模型研究了资源环境与人的关系,深入探讨了经济、人口和资源环境的关系<sup>[2]</sup>。Maler和Panayotou等人借用库兹涅茨的“倒U形曲线”提出了环境库兹涅茨曲线,研究了环境与经济发展之间的关系<sup>[3]</sup>。Arrow等人研究了环境承载力与经济增长的关系<sup>[4]</sup>。这些研究从多角度分析了区域环境承载力与人口、资源和经济增长之间的关系,丰富和深化了区域环境承载力理论。

\* 收稿日期:2013-10-28 修回日期:2015-05-20 网络出版时间:2015-9-28 12:02

资助项目:国家社会科学基金(No. 11XJL010)

作者简介:徐孝勇,男,副教授,博士,研究方向为农村经济学、区域商贸,E-mail:cqnutwtxcel@163.com

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.n.20150928.1202.016.html>

国内外众多文献探讨了区域环境承载力的定量评价方法及其应用。加拿大经济学家 William Rees 和 Wackernagel 于 1992 年提出生态足迹法<sup>[5]</sup>。谢红霞等人利用生态足迹法研究了西安市的生态承载力<sup>[6]</sup>,张可云等人基于改进生态足迹模型对中国 31 个省级区域的生态承载力进行了实证研究<sup>[7]</sup>。邱鹏用指标体系评价法测评了西部的资源环境承载力<sup>[8]</sup>。毛汉英等人<sup>[9]</sup>和潘东旭等人<sup>[10]</sup>利用状态空间法研究区域环境承载力。王彬彬定量研究了我国西部地区的生态承载力,并对推进西部生态文明建设提出了相应的对策建议<sup>[11]</sup>。熊建新等人综合应用状态空间法和层次分析方法,从生态弹力、资源环境承载力以及社会经济协调力 3 个方面构建洞庭湖区生态承载力评价体系,并对其生态承载力进行了评价<sup>[12]</sup>。国内外文献对区域环境承载力研究偏重于理论、发展中国家或地区的区域环境承载力和单独环境资源承载力,鲜有文献研究重庆的区域环境承载力;众多的区域环境承载力定量评价文献阐明,状态空间法因其评判过程客观、实际应用效果突出,已成为区域环境承载力评价研究中应用较广泛的方法。本文在其他学者的研究成果基础之上,采用状态空间法对重庆市的区域承载力进行实证研究分析。

本文结构安排如下:第一部分区域环境承载力的文献综述;第二部分区域承载力的理论模型及评价指标体系;第三部分重庆区域环境承载力评价;第四部分结论及政策建议。

## 1 区域环境承载力评价理论模型及评价指标体系

### 1.1 状态空间法简介

状态空间方法基于空间几何原理来对承载力进行系统分析和说明。某一地区的区域承载力一般受该地区的资源、环境与人类活动的影响。资源与环境对区域环境承载力的影响是直接和显性的,而人类活动的影响则是复杂的,一方面人类活动会对区域资源环境带来负面的影响,诸如污染、过度开发等,另一方面随着科技的进步,人类可能开发出新能源或通过约束自身行为,减少对资源环境的污染破坏。用状态空间法建立的区域承载力模型突出了人类活动的影响,通过选取相应的压力类指标、承压类指标和潜力类指标来综合评价区域环境承载能力<sup>[13]</sup>。

选取  $n$  个能够较好地反映区域环境承载力状况的指标,并参考一定的国内外标准确定这些指标在一定时期内的理想值,记为  $RCC_i$ ,则该区域理想状态下的区域环境承载力为:

$$RCC = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\omega_i \times RCC_i)^2} \quad (1)$$

在现实状况中, $n$  个评价指标的权重不可能完全一样, $\omega_i$  为第  $i$  个指标的权重。当  $RCS_i$  为现实值时,现实区域环境承载力为:

$$RCS = \sqrt{\sum_{i=1}^n \omega_i (\omega_i \times RCS_i)^2} \quad (2)$$

通过(1)和(2)式计算得出理想状态下的区域环境承载力和现实中的环境承载力,比较二者的值即可判断出地区区域环境承载力的承载状态。

为了使承载状况的判断更简化,首先可以构造向量  $RCS_i^*$  使得

$$RCS_i^* = RCS_i (opr) RCC_i \quad (3)$$

其中, $opr$  代表某种运算符、运算方式或过程,作用在于使  $RCS_i^*$  的值在取  $>1$ 、 $=1$  或  $<1$  中的某种情况时,向量  $RCS_i^*$  的每一个元素都可以表示相对于该区域理想状态下的承载力,该区域实现的承载力状况。

其次,计算  $n$  维状态空间中点  $RCS_i^*$  到坐标原点的加权距离  $M$ :

$$M = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\omega_i \times RCS_i^*)^2} \quad (4)$$

同时,通过加权处理,得到单位向量  $RCC_i$  的模为:

$$RCC = \sqrt{\sum_{i=1}^n \omega_i^2} \quad (5)$$

将  $M$  值与  $RCC$  进行比较,即可对区域的实际承载力作出判断:

$$\begin{cases} M > RCC, \text{超载,} \\ M = RCC, \text{满载,} \\ M < RCC, \text{可载.} \end{cases}$$

## 1.2 评价指标体系

在构建重庆市区域承载力评价体系时,对于评价指标的选取,既要考虑重庆市的实际情况,也要考虑承载体与受载体之间的互动反馈方式。本文设计压力类指标、承压类指标和潜力类指标三类评价指标。①压力类指标。压力类指标是反映人类自身繁衍和人类改造自然活动给自然环境带来压力、破坏力的指标,包括经济增长率指标、污染物排放量指标和人口指标三类。压力类指标是为度量人类为实现自身发展所采取的行为给区域环境带来的影响力和施加的压力而设定的。②承压类指标。承压类指标是反映由自然资源存量和人类回收利用废弃物量对人类改变、打破自然生态平衡的经济社会活动支撑能力和承受能力的指标,包括资源存量和环境治理两类指标。环境是一个综合性系统,可以在一定程度上支持人类的活动,如区域内的资源存量大会使得该区域可以较多地承受来自人类活动的压力。因此,承压类指标正是为度量一定区域自然资源子系统和人类生态修复子系统耦合而成区域人工改良自然系统承受人类经济社会活动的阈值而设定的。③潜力类指标。潜力类指标反映的是人类科技进步、发展观念改进和生活水平提升引致的科学发展和绿色发展能力的指标,包括社会经济发展指标、科技发展指标和生活质量指标三类。人类可以通过各种努力来改变环境承载状况,经济的发展、科技的进步等都可以提升区域环境的承载力。潜力类指标设定的意义在于反映人类的主观能动性,度量人类提升区域环境承载力的潜力。本文利用状态空间法构建模型并建立指标评价体系,评价指标的一级、二级、三级指标具体由表1所示。

表1 区域承载力指标体系

压力类指标(A类)	经济增长率指标:A1:GDP年均增长率/% A2:第三产业年均增长率/% 污染物排放量指标:A3:亿元GDP废水排放量/万t A4:亿元GDP废气排放量/万标m <sup>3</sup> A5:亿元GDP固体废物产生量/万t 人口类指标:A6:总人口/万人 A7:人口自然增长率/%
承压类指标(B类)	资源指标:B1:人均水资源量/(m <sup>3</sup> ·人 <sup>-1</sup> ) B2:人均农作物总播种面积/亩 环境治理指标:B3:工业废水达标率/% B4:工业固体废物综合利用率/%
潜力类指标(C类)	社会经济发展指标:C1:人均GDP/元 C2:第三产业占GDP比重/% 科技发展指标:C3:科研与发展(R&D)费用占GDP比重/% 生活质量指标:C4:城市居民人均可支配收入/元 C5:农村居民人均纯收入/元 C6:城市居民恩格尔系数/% C7:农村居民恩格尔系数/% C8:货运周转总量/亿t km

## 2 重庆区域承载力评价

### 2.1 研究区域概况

重庆市简称“渝”,位于我国长江上游地区和于长江三峡库区腹心地带,介于东经105°11′~110°11′,北纬28°10′~32°13′之间,是我国中西部地带经济发展东联西引的结合部。三峡库区重庆段包括巫山、奉节等18个区县(市),面积达4.6万km<sup>2</sup>,占全市总面积的55.82%。全市幅员面积8.24万km<sup>2</sup>,为北京、天津、上海三市总面积的2.39倍,是大城市、大山区、大库区和少数民族地区并存的我国面积最大的直辖市。重庆地区地形以山地为主,山地地貌类型按其形态划分为中山、低山、丘陵、台地、平原(坝)五大类,五类地区的土地面积和占重庆的比重分别为42 590 km<sup>2</sup>和51.2%,19 876 km<sup>2</sup>和24.1%,14 954 km<sup>2</sup>和18.2%,2 943.36 km<sup>2</sup>和3.6%,1 970.775 km<sup>2</sup>和2.4%。重庆气候属中亚热湿润季风气候类型,年平均气温在18.4~18.8℃,年平均降水量1 100 mm左右。重庆境内河流密布,长江、嘉陵江和乌江三水流经,水、土、生物等资源丰富。2000—2013年,重庆市GDP从1 589.34亿元上升到12 656.9亿元,人均GDP从5 142元上升到42 795元;重庆市的三次产业结构从15.9:42.4:41.7调整为7.9:50.5:41.6,第二产业中工业比重由占地区生产总值的35.4%上升到41.5%。这说明,重庆经济发展正处于第二产业发展迅速且比重最高的重化工业阶段。在重化工业阶段,重庆消费结构升级和城市化快速发展带动需求高涨,导致对资源和能源的需求增长过快,这既加大了现阶段重庆经济发展的资源和环境承载压力,增加工业污染治理压力,也增加了转嫁后代的显性或隐性资源环境的补偿代价。

2011年,重庆工业废水排放达标率为96.6%,工业固体废弃物综合利用率为76.86%,亿元GDP废气排量9110.71万标m<sup>3</sup>。随着经济增长和重工业化发展,重庆的水体富营养化、大气质量不稳定和工业三废排放等生态环境问题突显,已成为制约重庆可持续发展的重要因素。

## 2.2 数据来源及整理

本文数据主要来源于《重庆市统计年鉴》(2007—2012),部分缺失数据通过SPSS软件提供的填补缺失数据方法(点处的线性趋势法)进行处理,具体数据见表2。

表2 重庆市区域环境承载力指标原始数据

年份	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	B1	B2	B3
2006	12.4	13.2	21.98	12 968.16	0.46	3 198.87	6.81	1 188.92	1.44	93.9
2007	15.9	12.1	14.76	16 288.30	0.45	3 235.32	8.73	2 049.13	1.45	92.1
2008	14.5	12.2	11.57	12 687.54	0.40	3 257.05	5.76	1 771.33	1.48	93.5
2009	14.9	13.5	10.06	19 274.89	0.39	3 275.61	4.50	1 391.83	1.51	94.3
2010	17.1	12.4	5.70	13 807.36	0.36	3 303.45	7.25	1 405.50	1.53	94.7
2011	16.4	10.8	3.39	9 110.71	0.33	3 329.81	6.54	1 545.37	1.54	96.6
理想值	11.2	13.4	3.10	8 110.5	0.33	3 287	4.40	2 050	1.55	98.0

  

年份	B4	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
2006	73.70	13 939	42.2	0.94	11 569.74	2 873.83	36.3	52.2	821.40
2007	76.71	16 629	39.0	1.01	13 715.25	3 509.29	37.0	54.5	1 049.80
2008	79.07	20 490	37.3	1.04	15 708.74	4 126.21	39.1	53.3	1 486.43
2009	79.80	22 920	37.9	1.22	17 191.10	4 478.35	37.2	49.1	1 644.30
2010	80.40	27 596	36.4	1.27	19 099.73	5 276.66	37.5	48.3	2 010.39
2011	76.86	34 500	36.2	1.29	21 954.97	6 480.41	38.5	46.8	2 529.76
理想值	83.30	44 500	45.2	2.00	25 200.00	7 540.00	30.1	39.1	2 830.00

注:想值的确定通常是“参考一定的国内外标准确定”,本文A1,A2,A3,A4,A5,A7,B3,B4,C2,C3,C6,C7的理想值是参照的我国东部沿海经济发达的副省级城市和直辖市的平均先进水平确定;A6,B1,B2,C1,C4,C5,C8的理想值则是结合新兴中等发达国家的平均数据和重庆在研究时段内的最好水平来确定的。

1) 将各指标同度量化。计算第*j*项指标第*i*年指标值的比重 $f_{ij}$ ,公式如下:

$$f_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sum_{i=1}^m X_{ij}}$$

2) 第*j*项指标的熵 $e_j$ 可定义为:

$$e_j = -k \sum_{i=1}^m f_{ij} \ln f_{ij}$$

其中, $k = \frac{1}{\ln m}$ 。

3) 在指标熵值确定后,就可以确定指标的权重 $w_j$ ,

$$w_j = \frac{1 - e_j}{n - \sum_{j=1}^n e_j}$$

根据上述熵值法,可求得评价重庆市区域环境承载力各个指标的权重和数值。本文首先采用均值化方法对原始数据进行无量纲标准化,结果见表3。

表3 重庆市区域环境承载力指标标准化数据

年份	ZA1	ZA2	ZA3	ZA4	ZA5	ZA6	ZA7	ZB1	ZB2	ZB3
2006	-1.037 68	0.719 58	1.747	-0.054 31	1.354 49	-1.619 15	0.340 95	-1.306	-1.364 58	-0.418 72
2007	0.592 01	-0.434 74	0.687 06	0.804 14	1.164 86	-0.784 58	1.586 16	1.247 56	-1.137 15	-1.328 36
2008	-0.059 87	-0.329 81	0.218 74	-0.126 87	0.216 72	-0.287 05	-0.340 02	0.422 9	-0.454 86	-0.620 86



续表 3

年份	ZA1	ZA2	ZA3	ZA4	ZA5	ZA6	ZA7	ZB1	ZB2	ZB3
2009	0.126 38	1.034 39	-0.002 94	1.576 36	0.027 09	0.137 9	-1.157 19	-0.703 66	0.227 43	-0.216 58
2010	1.150 76	-0.119 93	-0.643 01	0.162 67	-0.541 8	0.775 33	0.626 31	-0.663 08	0.682 29	-0.014 44
2011	0.824 82	-1.798 94	-0.982 14	-1.051 69	-1.110 68	1.378 87	0.165 84	-0.247 87	0.909 72	0.945 73
理想值	-1.596 43	0.929 45	-1.024 71	-1.310 3	-1.110 68	0.398 69	-1.222 04	1.250 14	1.137 15	1.653 22
年份	ZB4	ZC1	ZC2	ZC3	ZC4	ZC5	ZC6	ZC7	ZC8	
2006	-1.565 11	-1.105 79	0.905 13	-0.877 24	-1.313 72	-1.223 29	-0.076 55	0.607	-1.280 83	
2007	-0.593 49	-0.854 92	-0.051 23	-0.680 96	-0.859 64	-0.839 22	0.157 88	1.049 2	-0.971 6	
2008	0.168 32	-0.494 85	-0.559 3	-0.596 84	-0.437 74	-0.466 36	0.861 18	0.818 49	-0.380 45	
2009	0.403 96	-0.268 24	-0.379 98	-0.092 13	-0.124 02	-0.253 53	0.224 86	0.010 99	-0.166 72	
2010	0.597 64	0.167 84	-0.828 28	0.048 07	0.279 93	0.228 97	0.325 34	-0.142 82	0.328 93	
2011	-0.545 07	0.811 69	-0.888 05	0.104 15	0.884 21	0.956 51	0.660 24	-0.431 22	1.032 09	
理想值	1.533 76	1.744 27	1.801 73	2.094 96	1.570 98	1.596 92	-2.152 96	-1.911 63	1.438 58	

其次利用熵权法对各指标赋权,经处理计算后的具体数据见表 4。

表 4 重庆市区域承载力评价指标值

指标	权重	2006RCS <sub>i</sub> <sup>*</sup>	2007RCS <sub>i</sub> <sup>*</sup>	2008RCS <sub>i</sub> <sup>*</sup>	2009RCS <sub>i</sub> <sup>*</sup>	2010RCS <sub>i</sub> <sup>*</sup>	2011RCS <sub>i</sub> <sup>*</sup>
A1	0.012 8	1.107 1	1.419 6	1.294 6	1.330 4	1.526 8	1.464 3
A2	0.004 9	0.977 8	0.896 3	0.903 7	1.000 0	0.918 5	0.800 0
A3	0.367 0	6.483 8	4.354 0	3.413 0	2.967 6	1.681 4	1.000 0
A4	0.063 1	1.423 4	1.787 8	1.392 6	2.115 6	1.515 5	1.000 0
A5	0.016 6	1.393 9	1.363 6	1.212 1	1.181 8	1.090 9	1.000 0
A6	0.000 2	1.000 0	1.011 4	1.018 2	1.024 0	1.032 7	1.040 9
A7	0.048 5	1.513 3	1.940 0	1.280 0	1.000 0	1.611 1	1.453 3
B1	0.039 4	1.723 5	1.000 0	1.156 8	1.472 3	1.457 9	1.326 0
B2	0.011 7	1.069 4	1.062 1	1.040 5	1.019 9	1.006 5	1.000 0
B3	0.000 5	1.028 8	1.048 9	1.033 2	1.024 4	1.020 1	1.000 0
B4	0.002 2	1.090 9	1.048 1	1.016 8	1.007 5	1.000 0	1.046 1
C1	0.111 1	2.475 1	2.074 7	1.683 7	1.505 2	1.250 2	1.000 0
C2	0.001 9	1.000 0	1.082 1	1.131 4	1.113 5	1.159 3	1.165 7
C3	0.016 8	1.372 3	1.277 2	1.240 4	1.057 4	1.015 7	1.000 0
C4	0.052 8	1.897 6	1.600 8	1.397 6	1.277 1	1.149 5	1.000 0
C5	0.084 8	2.255 0	1.846 6	1.570 5	1.447 1	1.228 1	1.000 0
C6	0.000 8	1.000 0	1.019 3	1.077 1	1.024 8	1.033 1	1.060 6
C7	0.003 8	1.115 4	1.164 5	1.138 9	1.049 1	1.032 1	1.000 0
C8	0.161 1	3.079 8	2.409 8	1.701 9	1.538 5	1.258 3	1.000 0

### 2.3 区域承载力值

根据(4)和(5)式,对表 4 中的相关数据进行计算得出 2006—2011 年重庆区域环境承载力的理想值和现实值。其具体数值如表 5 所示。

表 5 重庆市区域承载力理想值及各年的现实值

RCC	2006 年 M 值	2007 年 M 值	2008 年 M 值	2009 年 M 值	2010 年 M 值
0.437 941	2.460 036	1.677 549	1.310 601	1.148 991	0.689 601

## 3 结论及政策建议

### 3.1 研究结论

1) 重庆区域承载力虽呈现逐渐改良态势,但仍一直处于超载状态。由表 5 可知,2006—2011 年各年的 M 值均大于理想状态下的值,这表明重庆市在该期间的区域承载力一直处于超载状态,但从各年的变化趋势看,重庆

市区域承载力呈逐年改善的态势。从表 5 中可以看出,亿元 GDP 废水排放量、人均 GDP 和货运周转总量三个指标的权重最大;2006—2011 年,这 3 个指标的现实值也随时间推移大幅度趋近于理想值,表明对废水治理有力地减轻了污染对环境的压力,而人均 GDP 和货运周转量的大幅提升大大拓展了重庆市的区域承载能力。

2) 重庆的区域承载力还有进一步提升空间。2006—2011 年,重庆市 GDP 增长率远高于理想状态的增长率,对环境的压力呈扩大之势。由表 2 可知,2006—2011 年,重庆市的 R&D 费用占 GDP 的比重虽然也在提高,但水平仍旧比较低,第三产业占 GDP 的比重也未有明显变化,第一产业比重下降较快,第二产业发展较快。这表明重庆经济发展还正处于重化工业阶段,在该阶段内,投资拉动和第二产业扩张仍是推动重庆经济发展的主要力量,技术进步和服务业对经济的增长潜力尚未完全发挥,重庆市的区域承载力还有进一步提升的空间。

### 3.2 政策建议

1) 严格控制污染物排放总量,加大环境治理力度。制定严格的污染物排放标准和加大对环境污染责任主体惩治,是减轻环境污染的有效手段。推行工业用煤必须用经洗选加工后的清洁煤的工业用煤准入制度,大力降低工业用煤燃烧污染物排放量;依法全面整治排放不达标企业,取缔和关闭一批重大污染企业,加快重点行业 and 重点企业的脱硫、脱硝和除尘改造;推广无污染、低污染的生产工艺,提倡清洁生产;大力发展林业,增加林业的碳汇能力;提高汽油、柴油的品质和汽车尾气排放标准,将重庆常用的“90 号、93 号、97 号”汽油牌号修改为“89 号、92 号、95 号”,对通行重庆市区的柴油货车推行国 IV 标准车准入制并强制安装 DPF(颗粒捕捉器)和监控氮氧化物排放的 OBD(车载排放诊断系统),加大对重庆市区黑烟车、黄标车、无标车等低于国 IV 标准超标排放车辆的整治和取缔力度,减少汽车尾气中微小颗粒物排放量,预防和减少雾霾;依法加大对内河水运港口轮船排污的整治力度,加大对机场污染的综合整治。

2) 推进重庆主体功能区划分,加大限制开发区和禁止开发区贫困农户生态移民扶贫力度。重庆市可对地处秦巴山区集中连片贫困山区的城口县、云阳县、奉节县、巫山县、巫溪县和武陵山区集中连片贫困区的丰都县、石柱县、秀山县、酉阳县、彭水县、黔江区、武隆县等县中山高坡陡、自然条件恶劣和生态脆弱且属于限制开发区和禁止开发区的高山贫困农户实施移民扶贫和生态移民搬迁。

3) 加强制度建设,加大环境保护执法。其具体包括 4 条举措:制定颁布《重庆市环境污染防治条例》《重庆市发展循环经济条例》和《重庆市资源综合利用管理条例》;认真执行《中华人民共和国环境保护法(2014 年修订)》,加大对环境污染违法行为执法力度;建立完善排污权分配激励机制;加强重点企业环境污染信息公开力度,鼓励公众积极参与环保违法举报活动,确实给予环境公益组织环保诉讼主体资格,提升环保执法的公众参与度和监督度。

4) 建立完善资源合理利用评价体系,大力开展“三废”物循环利用。加强宣传教育,提高全民环保意识;加快制度创新,提供政策保障;加强工业循环企业技术创新,推进技术进步;落实国家鼓励优惠政策,增大财税支持力度;调动和发挥协会的桥梁和纽带作用;加大废弃物再生化和资源化处理。

5) 深化能源资源优化配置,加强能源调控与系统节能。大力开展工业企业系统节能降耗;推广电力需求管理;推广高新节电节能技术;优化能源消费结构,减少煤炭消费量,提升水电、油气消费比重;打破油气开采和油气化工行业垄断,引进竞争机制,提升汽油国家质量标准,推进重庆页岩气等新能源的勘探与开发。

6) 转变经济发展方式,调整优化产业结构,降低化工、冶金、建材工业等高耗能工业比重,提高科技对经济增长贡献率,大力发展资源节约、环境友好型的汽车业和以笔记本电脑、打印机、物联网、机器人、“云计算”等为支撑的电子信息产业、装备制造业、生物制药业、环保装备业、新能源、纳米新材料和现代服务业等新兴产业。近年来重庆的信息技术产业迅速成长,对重庆市的经济发展做出了巨大贡献,改变了重庆市过去以重工业发展为主的经济增长模式,这对重庆市区域承载力逐年改良亦有影响。2012 年,重庆的高新技术产值达 3 266.15 亿元,较 2011 年增长 33.5%。2012 年,高技术产业增加值占全市工业增加值的 15.6%,占全市 GDP 的 7.1%,高技术产业成为重庆经济发展新的增长点;重庆电子计算机及办公设备制造实现总产值 1 232.45 亿元,占高技术产业产值的比重达 37.7%,电子信息产业的集群聚集效应明显。因此,在重庆经济发展过程中,需要调整优化产业结构,加大科研创新投入,提高 R&D 费用占 GDP 的比重,发展科技含量高的新型产业,提高经济增长质量。同时,重庆要适当压低经济增长速度,降低经济增长对投资依赖性,提高经济增长质量,统筹经济增长与环境保护,推进重庆经济持续、健康发展。

### 参考文献:

[1] 毛汉英,余丹林.区域承载力定量研究方法探讨[J].地球科

学进展,2011,16(4):550-551.

- Mao H Y, Yu D L. A study on the quantitative research of regional carrying capacity[J]. *Advances in Earth Science*, 2011, 16(4):550-551.
- [2] 德内拉·梅多斯, 乔根·兰德斯, 丹尼斯·梅多斯. 增长的极限[M]. 李涛, 王智勇译. 北京: 商务印书馆, 1996.
- Meadows D, Randers J, Meadows D. Limits to growth [M]. Li T, Wang Z Y. Beijing: The Commercial Press, 1996.
- [3] 秦云鹏. 青岛市经济与环境协调发展研究[D]. 山东青岛: 中国海洋大学, 2009.
- Qin Y P. The research on the coordinate development of Qingdao's economic and environment[D]. Qingdao Shandong: Ocean University of Qingdao, 2009.
- [4] Arrow K, Bolin, Costanza R. Economic growth, carrying capacity and the environmental[J]. *Science*, 1995, 268:283-294.
- [5] William R, Wackernagel M. Ecological footprint and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out? [J]. *Environment and Urbanization*, 1992, 4(2):121-130.
- [6] 谢红霞, 任志远, 莫宏伟. 城市生态足迹计算分析—以西安市为例[J]. *干旱区地理*, 2005, 28(2):215-218.
- Xie H X, Ren Z Y, Mo H W. Calculation and analysis of the urban ecological footprints—a case study in Xi'an city [J]. *Arid Land Geography*, 2005, 28(2): 215-218.
- [7] 张可云, 傅帅雄, 张文彬. 基于改进生态足迹模型的中国 31 个省区区域生态承载力实证研究[J]. *地理科学*, 2011, 31(9):1085-1086.
- Zhang K Y, Fu S X, Zhang W B. Ecological carrying capacity of 31 provinces based on improved ecological footprint model[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2011, 31(9):1085-1086.
- [8] 邱鹏. 西部资源环境承载力的评价[J]. *统计与决策*, 2009(19):56-58.
- Qiu P. Study and evaluation on regional resource and ecological carrying capacity in the western areas of China[J]. *Statistics and Decision*, 2009(19):56-58.
- [9] 毛汉英, 余丹林. 环渤海地区区域承载力研究[J]. *地理学报*, 2001, 56(3):364-365.
- Mao H Y, Yu D L. Regional carrying capacity in Bohai Rim [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2001, 56(3):364-365.
- [10] 潘东旭, 冯本超. 徐州市区域承载力实证研究[J]. *中国矿业大学学报*, 2003, 32(5):596-599.
- Pan D X, Feng B C. Research on regional carrying capacity in Xuzhou[J]. *Journal of China University of Mining & Technology*, 2003, 32(5):596-599.
- [11] 王彬彬. 西部地区生态文明建设的空间形态研究[J]. *统计与决策*, 2009(19):79-81.
- Wang B B. Study on the spatial variation of the ecological civilization construction in western areas of China[J]. *Statistics and Decision*, 2009(19):79-81.
- [12] 熊建新, 陈端吕, 谢雪梅. 基于状态空间法的洞庭湖区生态承载力综合评价研究[J]. *经济地理*, 2012, 32(11):139-141.
- Xiong J X, Chen D L, Xie X M. Comprehensive evaluation on ecological carrying capacity based on state-space techniques in Dongting Lake region[J]. *Economic Geography*, 2012, 32(11):139-141.
- [13] 范澈. 基于可持续发展的环境承载力研究—以辽宁省为例[D]. 沈阳: 辽宁大学, 2012.
- Fan C. The research of environmental bearing capacity based on sustainable development-taking Liaoning province for example [D]. Shenyang: Liaoning University, 2012.

## Research into Chongqing Regional Environmental Carrying Capacity Based on the State-space Method

XU Xiaoyong<sup>1</sup>, WANG Yanchong<sup>2</sup>

(1. College of Economic and Management, Chongqing Normal University, Chongqing 401331;

2. Foreign Trade and Business College, Chongqing Normal University, Chongqing 401520, China)

**Abstract:** Limited resources determine the regional limited bearing capacity. However, human excessive activities can pollute and damage the regional environment; it makes the regional environment overload carrying capacity so as not to develop the sustainable society. Firstly this paper constructs a complete index system to evaluate regional carrying capacity in Chongqing, and then uses the state-space method to evaluate the regional environmental bearing capacity the year of 2006—2011 in Chongqing. This paper finds out: in Chongqing, regional carrying capacity has gradually improved, but it still has been in a state of overloading; regional carrying capacity has further improvement space. This paper ends with some policy suggestions about strengthening control the total amount of the pollutant, enhancing the environmental protection law enforcement, vigorously developing the resource-conserving, environment-friendly new industries.

**Key words:** the state-space method; regional environmental carrying capacity; Chongqing