

doi: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20200708

· 绿色发展 ·

基于集成方法的陕西省资源环境承载状态 评价及指示作用*

刘 梦^{1,2}, 冉清红^{3*}

(1. 重庆市勘察规划设计有限公司, 重庆 401120; 2. 重庆欣荣土地房屋勘测技术研究所有限责任公司, 重庆 401120;
3. 成都师范学院史地与旅游学院 四川成都 611130)

摘要 [目的] 陕西省地处西北内陆腹地, 其资源环境承载状态和承载潜力是生态中国建设目标的重要组成部分。[方法] 集成极差变换、均方差和综合评价法, 从资源环境压力和资源环境承载力两个方面筛选了34个基础指标建构评价体系, 运用2009—2016年的数据对省域及其省内市区的资源环境承载状态进行评价。[结果] (1) 资源环境压力, 陕西省整体较小, 铜川市、渭南市和榆林市属于省域的高压力区, 咸阳市、西安市为中等压力区, 宝鸡市、延安市、商洛市、汉中市及安康市为低压力区; (2) 资源环境承载力, 陕西省整体较大, 西安市为高值区, 咸阳市、安康市、榆林市、渭南市、汉中市、宝鸡市、铜川市为中值区, 延安市、商洛市为低值区; (3) 西安市、安康市、宝鸡市、汉中市和商洛市的资源环境承载处于富余状态, 咸阳市和延安市处于临界平衡状态, 榆林市、铜川市、渭南市处于超载状态。[结论] (1) 环境支撑是陕西省的短板, 需要更加注重环境保护和绿色发展; (2) 铜川市、渭南市和榆林市等需要更加注重资源节约集约型及环境友好型产业发展, 承载潜力最大的西安市受经济及人口压力增长因素影响, 应更加注重疏解人口、产业向外转移; (3) 尽管安康、宝鸡、汉中、商洛也处于富余的资源环境承载状态, 但需要适度发展。

关键词 资源环境压力 承载力 承载率 集成方法 陕西省

中图分类号: X24 **文献标识码**: A **文章编号**: 1005-9121[2020]07065-10

0 引言

随着经济高速增长, 环境污染与资源短缺问题日益突出, 如何加快生态文明体制改革, 建设美丽中国, 树立社会主义生态文明观, 保护生态环境, 形成人与自然和谐发展新格局成为十九大报告的重要议题^[1]。源于生态学、用来衡量某区域在某条件下可维持某一物种个体最大数量的“承载力”^[2]概念, 在马尔萨斯(R. Malthus) 1798年提出其研究的基本框架^[3]和1812年提出人口与粮食问题假说后, 广泛应用于经济学和人口学等领域^[4], 作为一种方法用在资源环境研究领域时就是资源环境承载力(Resources and Environment Carrying Capacity), 其关键是研究一定时期和一定区域内, 在维持区域资源结构符合持续发展的需要且区域环境功能仍具有维持其稳定效应能力的条件, 区域资源环境系统所能承受人类各种社会经济活动的能力^[5-6], 是由社会条件、自然资源和环境资源等一系列相互制约且相互对应的发展变量和约束变量构成^[7]。

关于资源环境承载力研究主要集中在3个方面: 一是资源环境承载力研究进展类综述性成果, 如Zhuowei JING等^[8](2014)邓伟^[9](2010)齐亚彬^[10](2005)等学者通过文献综述, 把握其研究进展、

收稿日期: 2018-11-16

作者简介: 刘梦(1988—), 女, 四川自贡人, 硕士、工程师。研究方向: 土地规划, 资源集约利用研究

*通讯作者: 冉清红(1968—), 女, 四川大英人, 博士、教授。研究方向: 农业资源开发利用研究。Email: 452947916@qq.com

*资助项目: 国家社会科学基金西部项目“西部地区耕地保护的经济补偿机制研究——基于耕地保护管理行为主体的视角”(10XJY021), 四川省高校科研创新团队建设计划项目“区域人文资源开发利用研究”(14TD0039)

主要问题及今后应注重的研究方向；二是资源环境承载力评价方法及其实证研究，如唐凯等^[11]（2012）王雪军等^[12]（2013）陈兆荣^[13]（2014）吕敬堂等^[14]（2014）等学者从不同角度对资源环境承载力评价；三是资源环境承载力预警模型，如杨渺等^[15]（2017）樊杰等^[16]（2017）等学者在资源环境承载力预警模型方面所做的工作。相关成果对一个地区或者分区域进行资源环境承载力的整体性评价研究较多，而对资源环境压力、资源环境承载率及其空间分析研究相对较少。

陕西省位于我国西北内陆腹地，自古以来地理位置重要，其生态建设和资源环境承载能力建设成为生态中国、美丽中国建设目标的重要组成部分。而近年来的陕西省在经济增长保持高速发展态势的同时，其单位GDP能耗量居高不下、化学需氧量（COD）不降反增^①，协调陕西省区域经济高速发展与资源环境有效保护之间的矛盾尤为迫切，研究其资源环境承载情况及空间分布差异性对促进区域经济可持续发展、绿色发展具有重要现实意义。文章拟集成极差变换法、均方差法和综合评价法等方法，评价陕西省资源环境压力及资源环境承载力，在此基础上进一步评价陕西省的资源环境承载状态。

1 研究区概况

陕西省位于105°29'E~111°15'E，31°42'N~39°35'N，海拔500~2000m，地势南北高、中间低，自北向南为陕北高原、关中平原、秦巴山区；南北气候差异较大，年均温9~14℃，无霜期约218d，年均降水量约为340~1240mm呈现南多北少分布大势^②；已探明储量的矿产93种，其中盐矿、煤、石油等资源保有量居全国前列^③。复杂多样的气候，奇异的地形地貌景观，丰富的矿产资源为区域经济发展奠定了较好的资源基础。

2 数据与方法

2.1 数据来源与评价指标体系

该研究以区域经济发展、资源与环境数据为基础，着眼于资源环境压力、资源环境承载力两个方面，构建陕西省资源环境承载情况研究指标体系见表1，正指标正向影响目标层，即各指标值越大，评价值越大；逆指标逆向影响目标层，即各指标值越大，评价值越小。基础数据源于《陕西省统计年鉴》（2010—2017年）、《中国统计年鉴》（2010—2017年），其中 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温为多年平均积温。与何秋萍等^[17]（2018）冯欢等^[7]（2017）唐凯等^[11]（2012）王雪军等^[12]（2013）张燕等^[18]（2009）等学者在研究区域资源环境承载情况时建构的指标体系相比，该指标体系（表1）注重单位面积或单位GDP数据，资源环境压力依托经济发展过程中的资源消耗数量、废弃物排放量及人口和经济增长等指标观察过去发展对现在的影响，综合判断陕西省经济发展对资源环境造成的压力；资源环境承载力依托区域内资源数量指标和品质指标、经济发展成就指标、环境治理指标等观察资源环境现状对未来发展的影响，综合判断陕西省资源环境对区域经济的承载能力有多大。

2.2 研究方法

运用综合评价法计算资源环境压力和资源环境承载力，其值为各评价指标的权重值与各评价指标的无量纲化处理结果乘积之和；运用资源环境承载率评价区域资源环境承载状态，其值等于区域资源环境压力（即实际承载量）与区域资源环境承载力之比，比值大于1为过度开发、介于0.8~1.0为开发平衡、介于0.0~0.8之间为开发强度不足^[10]。

D 代表资源环境压力， G 代表资源环境承载力， E 代表资源环境承载率， Z_{ij} 为极差变换法处理数据的无量纲化值，其目的在于将各指标原始数据换算为0~1之间的值，消除差异性； $W(Y_j)$ 代表指标层权重

① 数据来源于：陕西省统计年鉴（2013—2017年）

② 数据来源于：陕西省人民政府官网—陕西省情—地貌气候

③ 数据来源于：陕西省人民政府官网—陕西省情—资源

表1 陕西省资源环境压力及资源环境承载力评价指标

目标层	准则层	指标层及单位	指标属性	指标编号 (i)	
资源环境压力	资源环境消耗压力	单位 GDP 能耗 (t 标准煤/万元) Y_1	正指标	1	
		单位 GDP 电耗 (kW · h/亿元) Y_2	正指标	2	
		单位 GDP 工业能源消费量 (万 t 标煤/亿元) Y_3	正指标	3	
		单位 GDP 用水量 (m^3 /百元) Y_4	正指标	4	
	经济及人口压力	人口密度 (人/ km^2) Y_5	正指标	5	
		人口自然增长率 (‰) Y_6	正指标	6	
		单位面积 GDP 年增长率 (%/万 km^2) Y_7	正指标	7	
	环境污染压力	单位 GDP 工业废气排放总量 (亿 m^3 /亿元) Y_8	正指标	8	
		单位 GDP 的 SO_2 排放量 (t/亿元) Y_9	正指标	9	
		单位 GDP 工业废水排放总量 (t/亿元) Y_{10}	正指标	10	
		单位 GDP 化学需氧量排放量 COD (t/亿元) Y_{11}	正指标	11	
资源环境承载力	资源丰度	人均耕地面积 (m^2 /人) Y_{12}	正指标	12	
		人均年供水量 (m^3 /人) Y_{13}	正指标	13	
		人均年供气量 (m^3 /人) Y_{14}	正指标	14	
		人均公园绿地面积 (m^2 /人) Y_{15}	正指标	15	
		森林覆盖率 (%) Y_{16}	正指标	16	
		城市人均道路面积 (m^2 /人) Y_{17}	正指标	17	
		人均水资源量 (m^3 /人) Y_{18}	正指标	18	
		年均降水量 (mm) Y_{19}	正指标	19	
		平均气温 ($^{\circ}C$) Y_{20}	正指标	20	
		$\geq 10^{\circ}C$ 积温 ($^{\circ}C$) Y_{21}	正指标	21	
	经济发展及社会进步	单位土地产出值 (万元/ m^2) Y_{22}	正指标	22	
		人均地区生产总值 (元/人) Y_{23}	正指标	23	
		单位面积土地社会投资 (元/ m^2) Y_{24}	正指标	24	
		城镇居民人均可支配收入 (元) Y_{25}	正指标	25	
		农村居民人均纯收入 (元) Y_{26}	正指标	26	
		第三产业比重 (%) Y_{27}	正指标	27	
		城镇化率 (%) Y_{28}	正指标	28	
		单位面积卫生机构数 (个/千 hm^2) Y_{29}	正指标	29	
		环境支撑	单位 GDP 工业废水排放达标量 (t/百元) Y_{30}	正指标	30
			工业固体废弃物综合利用率 (%) Y_{31}	正指标	31
			单位面积生活垃圾清运量 (万 t/ hm^2) Y_{32}	正指标	32
平均坡度 ($^{\circ}$) Y_{33}	逆指标		33		
平均海拔 (m) Y_{34}	逆指标	34			

值。 Y_j 为指标数据, $Y_{j(\max)}$ 为指标数据的最大值, $Y_{j(\min)}$ 为指标数据的最小值; n 代表指标个数^[19-20]。则:

$$D = \sum_{i=1}^{n=11} Z_{ij} W (Y_j) \quad (1)$$

$$G = \sum_{i=12}^{n=34} Z_{ij} W (Y_j) \quad (2)$$

$$E = \frac{D}{G} \quad (3)$$

其中:

$$\text{正指标无量纲化值: } Z_{ij} = \frac{Y_j - Y_{j(\min)}}{Y_{j(\max)} - Y_{j(\min)}}$$

$$\text{逆指标无量纲化值: } Z_{ij} = \frac{Y_{j(\max)} - Y_j}{Y_{j(\max)} - Y_{j(\min)}}$$

$$\text{指标层权重值: } W(Y_j) = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n \left(Z_{ij} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_{ij} \right)^2}}{\sum_{i=1}^n \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(Z_{ij} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Z_{ij} \right)^2}}$$

3 结果与分析

3.1 资源环境压力分析

以陕西省及其 10 个地级市（不含杨凌示范区）2010—2017 年各指标均值为基础，依据综合评价法计算式（1）计算资源环境压力的准则层及目标层的各综合评价值，结果见表 2。表 2 中资源环境消耗压力、区域经济与人口压力、环境污染压力是资源环境压力准则层的 3 个评价指标，综合评价值是 3 个一级评价指标值的综合评价结果，其值表征了陕西省及各市资源环境压力的大小。

3.1.1 陕西省省域资源环境压力整体较小

陕西省省域资源环境综合压力值为 0.464 8

分（表 2）。用同样方法计算甘、宁、青、新和近邻的晋、内蒙古、豫、鄂、渝、川等省（区、市）资源环境压力综合评价值并编制柱状对比图 1。就比较省（区、市）而言，陕西省省域资源环境压力仅高于重庆市，较之其余省（区、市）相对较小，省域空间对区域经济的承载能力还有较大提升潜力。

3.1.2 陕西省内的资源环境压力具有显著的区域差异

依据计算式（1）和 2010—2017 年的各指标值计算 2009—2016 年历年陕西省地级市的资源环境压力综合得分，再用 ARCGIS 自然间断点分级法对资源环境压力进行分级，按照年度将陕西省各市分别归入高、中、低 3 个压力区并由大到小排序，结果见表 3。

各市在压力区分布变化集中表现为 4 个方面的空间特征：第一，高压力区的市域稳定，铜川市、渭南市和榆林市一直为高压力区，压力排序无变化，铜川市资源环境压力一直居于陕西省首位，渭南市居第二，榆林市居第三。第二，西安市和咸阳市一直处在中等压力区，排序在变化，咸阳市的资源环境压力

表 2 2010—2017 年陕西省资源环境压力值

省市	准则层			目标层 资源环境压力	序位
	资源环境 消耗压力	区域经济与 人口压力	环境污染 压力		
陕西省	0.182 5	0.110 9	0.171 4	0.464 8	/
铜川市	0.357 3	0.159 6	0.140 9	0.657 8	1
渭南市	0.256 7	0.109 7	0.233 8	0.600 2	2
榆林市	0.241 1	0.145 8	0.141 7	0.528 6	3
咸阳市	0.086 7	0.177 8	0.103 3	0.367 8	4
西安市	0.053 2	0.248 8	0.027 4	0.329 4	5
宝鸡市	0.081 5	0.081 6	0.133 5	0.296 6	6
延安市	0.141 0	0.073 1	0.054 4	0.268 5	7
商洛市	0.047 8	0.074 0	0.109 9	0.231 7	8
汉中市	0.110 9	0.021 8	0.086 2	0.218 9	9
安康市	0.086 1	0.033 5	0.007 9	0.127 5	10

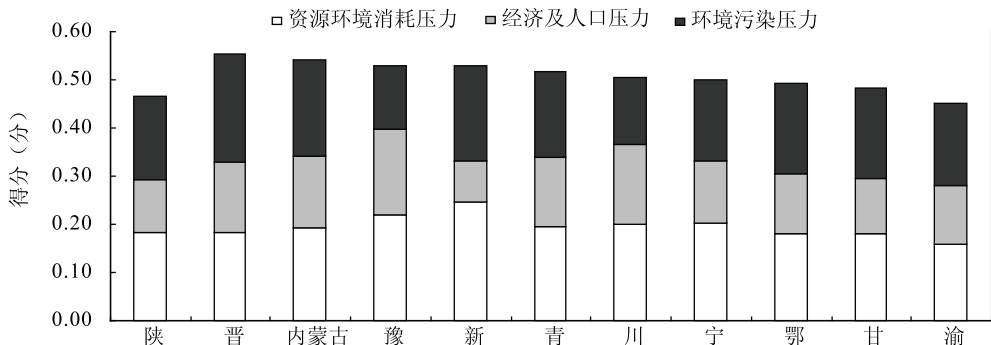


图 1 陕西省与近邻省（区、市）的资源环境压力比较

表3 2009—2016年陕西省地级市资源环境压力分级

年份	高压区	中压区	低压区
2009	铜川市 > 渭南市 > 榆林市	西安市 > 咸阳市	宝鸡市 > 商洛市 > 汉中市 > 延安市 > 安康市
2010	铜川市 > 渭南市 > 榆林市	西安市 > 咸阳市 > 宝鸡市	延安市 > 商洛市 > 汉中市 > 安康市
2011	铜川市 > 渭南市 > 榆林市	西安市 > 咸阳市	宝鸡市 > 汉中市 > 延安市 > 商洛市 > 安康市
2012	铜川市 > 渭南市 > 榆林市	西安市 > 咸阳市	宝鸡市 > 延安市 > 汉中市 > 商洛市 > 安康市
2013	铜川市 > 渭南市 > 榆林市	咸阳市 > 西安市 > 延安市 > 宝鸡市	商洛市 > 汉中市 > 安康市
2014	铜川市 > 渭南市 > 榆林市	咸阳市 > 西安市 > 宝鸡市 > 延安市	商洛市 > 汉中市 > 安康市
2015	铜川市 > 渭南市 > 榆林市	咸阳市 > 西安市 > 宝鸡市	延安市 > 商洛市 > 汉中市 > 安康市
2016	铜川市 > 渭南市 > 榆林市	咸阳市 > 西安市	宝鸡市 > 商洛市 > 延安市 > 汉中市 > 安康市

2013年以来超过西安市，西安市的资源环境压力值在相对减小，而咸阳市却在相对增加。第三，宝鸡市和延安市一直在中等压力区和低压力区间徘徊，比较两市的资源环境压力，宝鸡市大于延安市。第四，低压力区在变化中存在稳定性，突出表现为商洛市、汉中市、安康市一直处于低压力区，且总是商洛市 > 汉中市 > 安康市。

3.1.3 资源环境压力区域差异的机理不同

高压区区的铜川市、渭南市和榆林市，其资源环境压力机理有共性也有差异性。表2表明，铜川市、渭南市的资源环境压力皆大于0.6，超过了全省综合评价值的29%以上，资源环境消耗和环境污染压力大是其共同特征；榆林市的资源环境压力高达0.5286，超过了全省综合评价值的13.7%，但其资源环境压力值的结构特征与铜川市具有相似性，即资源消耗压力为第一位，环境污染压力与经济及人口压力值均较高。铜川市的资源环境压力值为0.6578分，居陕西省首位，但市域面积是陕西省面积最小的，而其2009—2016年的单位面积GDP平均值约为681.35万元/km²，位居陕西省第五，经济的快速发展，使其资源消耗过多，环境污染压力过大，因此资源环境压力较高；渭南市的资源环境压力值为0.6002，居陕西省第二位，环境污染压力评价值为0.2338分，居陕西省首位，资源消耗压力评价值为0.2567，居陕西省第二，其污染物排放量较多的是SO₂和COD，2009—2016年单位GDP的SO₂排放量平均值约为93.65t/亿元，单位GDP工业能源消费量平均值约为1.15万t标煤/亿元，居陕西省第一，资源过度消耗，而污染治理技术尚未跟上，导致其资源环境压力值较高。2009—2016年榆林市单位GDP能源消耗总量平均值约为1.041t标煤/万元，单位GDP用水量平均值约为338元/m³，单位GDP的SO₂排放量平均值约为51.78t/亿元，居陕西省第二，资源过度消耗且在发展经济时未注意污染物排放是否达标，因此资源环境压力也较高。所以，铜川市、渭南市和榆林市应该限制发展资源环境消耗大和环境污染压力大的产业项目。

中压区区的咸阳市、西安市，其资源环境压力分别为0.3678和0.3294，较全省的资源环境压力分别低20.7%和29.1%，经济及人口压力值高居第一位是两市的共同特征。其中，西安市的经济及人口压力值为0.2488，居陕西省首位，由于2016年西安市的人口密度高达873.93人/km²，2009—2016年的单位面积GDP年增长率平均值为10.80%，作为陕西省省会城市，人口过快增长，经济高速发展都给西安市的资源环境带来了较大的压力；咸阳市的经济及人口压力值为0.1778，居陕西省第二，由于2016年咸阳市的人口密度为489.39人/km²，2009—2016年的单位面积GDP年增长率平均值为13.50%，2009—2016年的单位土地产出值平均值为1643.41万元/km²，居陕西省第二，经济发展和人口增多成为咸阳市资源环境压力值较大的重要因素。

宝鸡市、延安市、商洛市、汉中市及安康市的资源环境压力值仅及全省的27.4%~63.8%。其中，宝鸡和商洛的环境污染压力值相对较高，延安和汉中的资源消耗压力值相对较高。宝鸡市的环境污染压力值为0.1335分，居陕西省第四，污染物排放量较大的是工业废水排放总量和COD排放总量；延安市的资源

环境消耗压力值为 0.141 0, 居陕西省第四, 2009—2016 年的单位 GDP 用水量平均值为 468 元/m³, 居陕西省首位, 而延安市面积大, 人口少, 经济、人口对资源和环境带来的压力较小。低压力区为陕西省的区域经济发展提供了广阔的承载空间, 其资源消耗、环境对排放物的消纳能力、经济发展区域密度等对经济发展的制约相对省内其他区域更小。

3.2 资源环境承载力

根据指标体系 (表 1) 的要求, 以陕西省及其 10 个地级市 (不含杨凌示范区) 2010—2017 年各指标均值为基础, 依据综合评价法式 (2) 计算陕西省及各市资源环境承载力准则层的资源丰度、经济发展及社会进步、环境支撑

表 4 2010—2017 年陕西省资源环境承载力

省市	准则层			目标层	序位
	资源丰度	经济发展及社会进步	环境支撑	资源环境承载力	
陕西省	0.256 8	0.210 9	0.073 0	0.540 7	/
西安市	0.154 4	0.298 7	0.228 7	0.681 8	1
咸阳市	0.106 1	0.140 7	0.207 1	0.453 9	2
宝鸡市	0.143 2	0.124 1	0.136 8	0.404 1	3
安康市	0.151 6	0.031 4	0.220 6	0.403 6	4
渭南市	0.077 4	0.091 7	0.224 5	0.393 6	5
铜川市	0.104 4	0.114 2	0.167 9	0.386 5	6
榆林市	0.127 7	0.101 5	0.142 2	0.371 4	7
汉中市	0.126 0	0.039 7	0.196 3	0.362 0	8
商洛市	0.101 6	0.058 6	0.139 1	0.299 3	9
延安市	0.083 9	0.093 5	0.099 3	0.276 7	10

指标得分及目标层的资源环境综合承载力得分, 结果见表 4。表 4 中, 资源丰度、经济发展及社会进步、环境支撑是资源环境承载力的 3 个评价指标, 资源环境综合承载力是基于 3 个一级指标值的综合评价结果, 其值大小表征了陕西省及各地区资源环境承载力的大小。

3.2.1 陕西省省域资源环境承载力整体较大

陕西省省域资源环境承载力的评价值为 0.540 7 分 (表 4)。用同样的方法计算出西北地区的甘、宁、青、新和陕西省近邻的晋、内蒙古、豫、鄂、渝、川等省 (区、市) 的资源环境承载力并编制柱状对比图 2。

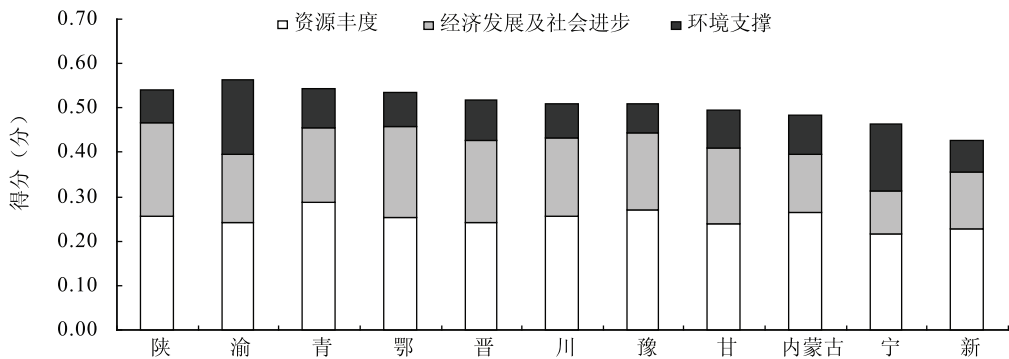


图 2 陕西省与近邻省 (区、市) 的资源环境承载力比较

陕西省资源环境承载力尽管较大 (图 2) 但是支撑承载能力的因素结构并不好 (表 4), 环境支撑评价价值仅为 0.073 0, 对综合评价值的贡献率仅约为 14%, 这充分说明了陕西省资源环境承载力属于资源主导型, 经济发展及社会进步的惯性作用, 而环境支撑较为脆弱, 可见环境支撑是陕西省区域未来发展中的一块短板, 在经济发展过程中应把保护环境放在首位。除重庆外的陕西省近邻省和除宁夏回族自治区外的西北省 (自治区) 与陕西省一样, 资源丰度与经济社会进步对其综合评价值的贡献率均高, 而环境支撑属于其发展中的短板。

3.2.2 资源环境承载力的区域差异

依据计算公式 (2) 和 2010—2017 年的各指标值, 计算 2009—2016 年陕西省各地级市资源环境承载力得分, 并采用 ARCGIS 自然间断点分级法分级, 结果见表 5。省域南部地区的资源环境承载力明显低于北部。

表5 2009—2016年陕西省地级市资源环境承载力分级

年份	高值区	中值区	低值区
2009	西安市	咸阳市 > 安康市 > 宝鸡市 > 渭南市 > 汉中市 > 铜川市 > 商洛市	延安市 > 榆林市
2010	西安市	安康市 > 宝鸡市 > 咸阳市 > 汉中市 > 渭南市 > 铜川市	商洛市 > 榆林市 > 延安市
2011	西安市	咸阳市 > 宝鸡市 > 渭南市 > 安康市 > 铜川市 > 汉中市	榆林市 > 商洛市 > 延安市
2012	西安市	咸阳市 > 宝鸡市 > 渭南市 > 安康市 > 铜川市 > 汉中市 > 榆林市	商洛市 > 延安市
2013	西安市	咸阳市 > 宝鸡市 > 铜川市 > 榆林市 > 渭南市 > 安康市 > 汉中市	延安市 > 商洛市
2014	西安市	咸阳市 > 渭南市 > 安康市 > 铜川市 > 榆林市 > 宝鸡市 > 汉中市	商洛市 > 延安市
2015	西安市	咸阳市 > 榆林市 > 铜川市 > 渭南市 > 安康市 > 宝鸡市 > 汉中市	商洛市 > 延安市
2016	西安市	咸阳市 > 榆林市 > 铜川市 > 渭南市 > 安康市 > 宝鸡市	汉中市 > 延安市 > 商洛市

各市的资源环境承载力在2009—2016年的动态变化特征为：第一，高值区稳定无变化，西安市在研究期内均为资源环境承载力高值区。第二，除商洛市在2009年后退出中值区，咸阳市、安康市、宝鸡市、铜川市、渭南市一直处在中值区，但排序在发生变化，其中，咸阳市除2010年一直居于中值区首位；安康市在中值区的排位不稳定；宝鸡市处于逐年下降之中；汉中市几乎均居于中值区末位，且在2016年退出中值区。第三，低值区的榆林市在2011年后退出低值区，商洛市、延安市一直位于资源环境承载力低值区，总体，商洛市 > 延安市。

3.2.3 资源环境承载力区域差异的形成机理不同

经济发展及社会进步、环境支撑是西安市成为省域内资源环境承载力高值区的两个决定性因素，其评价价值分别为0.2987分和0.2287分，对综合承载力评价价值0.6818分的贡献率分别约为43%和34%，而环境支撑评价价值仅为0.1544分，其对综合评价价值的贡献率为23%，这充分说明了资源丰度是西安市的区域经济发展中的短板。西安市作为陕西省的省会城市，基础设施完善，经济发展水平高于省内其余城市，资源环境承载力也高于省域及省内其余城市。

咸阳市、安康市、宝鸡市、渭南市、铜川市、榆林市和汉中市为省域内的资源环境承载力中值区。从影响强度看，咸阳市、铜川市的资源环境承载力均受资源丰度、环境支撑的影响，两者对其资源环境承载力评价价值贡献率之和均 > 70%；安康市、榆林市、汉中市主要受资源丰度和环境支撑影响，两者对其资源环境承载力评价价值贡献率之和均 > 80%；宝鸡市则受资源丰度、经济发展及社会进步、环境支撑三者共同的影响；渭南市则主要受环境支撑的影响，对其资源环境承载力评价价值贡献率约为60%。咸阳市资源丰富，经济发展较快，同时有环境保护的支撑，使其资源环境承载力略低于省域资源环境承载力；安康市和汉中市均位于陕西省南部，资源较丰富，但是受经济发展与环境支撑的影响，资源环境承载力低于省域；宝鸡市资源丰富，但是受到短板因素—环境支撑的影响，资源环境承载力也低于省域；渭南市主要由于经济发展及社会进步评价价值较低，因此其资源环境承载力较低于省域；铜川市位于陕西省中部，城市基础设施完善，经济发展较快，但受面积较小因素影响，其资源环境承载力也低于省域；榆林市是西北5省的接壤地带，矿产资源尤为丰富，经济的发展与近邻省份城市资源共享，其资源环境承载力较低于省域。

延安市和商洛市为省域资源环境承载力低值区。从影响因素来看，延安市的资源环境承载力受资源丰度、经济社会进步、环境支撑共同的影响，三者对其资源环境承载力贡献率均约为33%；资源丰度和环境支撑是商洛市的资源环境承载力的决定性因素，两者对其资源环境承载力评价价值贡献率之和约为80%，经济发展及社会进步是商洛市经济发展中的短板。延安市和商洛市的资源丰度、经济社会进步及环境支撑评价价值均较低，因此其资源环境承载力低于省域。

3.3 资源环境承载率的空间分异与机理

资源环境承载状态是承载压力与承载能力的对比，用资源环境承载率来表示。定义资源环境承载力与资源环境压力之差为资源环境承（载力）压（力）差，用来配合资源环境承载率指标，综合分析资源环

境承载状态。根据齐亚彬^[10] (2005) 的资源环境承载状态划分方法 (资源环境承载率 ≤ 0.8 为富余状态、资源环境承载率介于 $0.8 \sim 1$ 之间且资源环境承压差大于 0 为平衡状态、资源环境承载率 ≥ 1 且资源环境承压差小于 0 为超载状态), 西北及陕西省近邻省份的资源环境承载率、资源环境承(载力)压(力)差、承载状态见表6, 陕西省及其各市的资源环境承载率、资源环境承(载力)压(力)差、承载状态见表7。显然, 陕西省域资源环境承载状态为平衡状态, 但省内地区之间具有差异性。

表6中, 西北及陕西省近邻省(自治区、直辖市)资源环境承载率多处于平衡和超载状态, 渝、陕、鄂、青、甘和川的资源环境承载率为平衡状态, 豫、晋、宁、内蒙古和新的资源环境承载率为超载状态, 在未来发展中应更多地注重资源节约、集约利用和环境保护。

西安市、安康市、宝鸡市、汉中市和商洛市的资源环境承载率处于富余状态。西安市城市发展的综合条件较优越, 其资源环境承载力较高, 在发展经济的同时, 注重科学技术的运用及环境的保护, 走节约集约型发展道路, 使得西安市的资源环境压力较小; 安康市是陕西省第二大综合交通枢纽, 资源丰富, 地多人少, 经济发展和人口压力较小, 且注重环境保护, 资源环境承载率较低; 宝鸡市工业基础雄厚, 且紧邻西安市, 与西安市资源共享, 经济发展较快, 资源环境承载力较高; 汉中市矿产资源丰富, 经济发展较快, 但是环境支撑稍弱; 商洛市自然资源丰富, 经济发展潜力较大, 但环境保护支撑较弱。这5个城市资源环境承载率处于富余状态, 今后的发展应健康有序持续发展, 在保护中开发。

咸阳市和延安市的资源环境承载率处于平衡状态。延安市地多人少, 人口压力较小, 依托红色旅游资源、特色文化发展轻工业园区, 一定程度上促进了延安市经济的发展; 咸阳市工业基础雄厚, 经济发展较快, 资源环境压力较高。这2个城市资源环境承载率处于平衡状态, 今后应更注重在保护环境的前提下发展经济。

榆林市、渭南市和铜川市的资源环境承载率处于超载状态。榆林市经济发展模式从单一的农业模式转为综合型发展模式, 经济发展较快的同时资源过度消耗, 环境污染压力较大; 2009—2015年渭南市单位土地产出值增加了124.57%、人均地区生产总值增加了127.91%, 经济的过快增长, 而环境支撑未同步跟上, 导致其环境污染压力较大, 资源环境承载率处于超载状态; 铜川市是陕西省面积最小的地级市, 资源有限, 且环境污染较严重, 资源、环境的过度消耗, 使得其资源环境处于超载状态。这3个城市资源环境承载率处于超载状态, 今后的发展, 应更着力于环境的保护, 寻找资源、环境、人口和谐发展的方式, 而不以牺牲环境为代价。

研究结果陕西省各地级市的发展方向与陕西省“十三五”规划中提出的, “坚持强关中、稳陕北、兴陕南”的思路是保持一致的, 打造关中城市群, 以西安为核心、宝鸡为副中心, 推进西安、咸阳规划建

表6 西北6省及陕西省近邻省(区、市)资源环境承载状态

省市	资源环境承载率	资源环境承(载力)压(力)差	承载状态
渝	0.801 2	0.112 2	平衡
陕	0.859 6	0.075 9	平衡
鄂	0.921 4	0.042 1	平衡
青	0.949 6	0.027 4	平衡
甘	0.975 5	0.012 1	平衡
川	0.993 1	0.003 5	平衡
豫	1.041 1	-0.020 9	超载
晋	1.071 9	-0.037 2	超载
宁	1.078 8	-0.036 5	超载
内蒙古	1.119 6	-0.057 7	超载
新	1.240 7	-0.102 5	超载

表7 陕西省的资源环境承载状态及内部差异

省市	资源环境承载率	资源环境承(载力)压(力)差	承载状态
陕西省	0.859 6	0.075 9	平衡
安康市	0.314 0	0.278 6	富余
西安市	0.483 1	0.352 4	富余
汉中市	0.597 6	0.147 4	富余
宝鸡市	0.732 5	0.108 3	富余
商洛市	0.771 8	0.068 5	富余
咸阳市	0.810 3	0.086 1	平衡
延安市	0.967 2	0.009 1	平衡
榆林市	1.420 2	-0.156 4	超载
渭南市	1.524 9	-0.206 6	超载
铜川市	1.700 6	-0.271 0	超载

设一体化,发展汉中市为循环经济聚集区,加快安康城市基础设施建设,提升渭南集聚辐射功能,支持榆林发展现代农业、可再生能源等产业,加快铜川市资源型城市转型发展。

4 结论与启示

通过研究陕西省及其10个地级市的资源环境承载能力,得出了以下结论与启示。

(1) 陕西省较西北5省的其他省区、近邻省(区、市)相比,其资源环境压力相对较小、资源环境承载力相对较大,处于平衡的资源环境承载状态;但是同时又要看到资源环境承载力三要素中的环境支撑可能是影响陕西省区域经济未来发展中的一块短板,可能因自2012年以来经济快速发展,资源、环境、人口3方面协调发展出现了矛盾,未来在经济发展中,需要更注重对环境的保护,走绿色发展之路。

(2) 陕西省的铜川、渭南、榆林3市,受资源过度消耗以及由此带来的环境压力因素影响,资源环境压力一直处于高压状态,要破解高压对经济可持续发展的影响,关键在于在产业规划、发展中要列出负面清单,通过调结构、注重发展资源节约集约利用型及环境友好型产业等手段实现资源与环境保护的优化和升级。咸阳市、西安市的资源环境压力主要来自经济及人口压力增长因素,疏解人口、产业向外转移是今后发展中应倾向的方向。

(3) 西安市资源环境承载力远高于全省水平而其资源环境压力处于中值区,前者成为西安市吸纳、集聚产业经济的重要引擎,后者要求西安市应注重疏解资源消耗较大或者对环境影响较大的产业。为此,只要西安市坚持注重环境友好型、资源节约型产业布局,则是陕西省未来经济发展最具有潜力的区域。此外,尽管安康、宝鸡、汉中、商洛也处于富余的资源环境承载状态,但是需要适度发展。

参考文献

- [1] 中国共产党第十九次全国代表大会文件汇编.北京:人民出版社,2017.
- [2] Park R F, Burgess E W. An introduction to the science of sociology. Chicago, Illinois: University of Chicago Press, 1921.
- [3] Price D. Carrying capacity reconsidered. *Population and Environment*, 1999, 21 (1): 5-26.
- [4] 傅鸿源,胡焱.城市综合承载力研究综述.城市问题,2009(5):27-31.
- [5] 任建兰,常军,张晓青,等.黄河三角洲高校生态经济区资源环境承载力研究.山东社会科学,2013,209(1):140-145.
- [6] 陈明曦,杨玫贤,孙东东.矿产资源总体规划对四川省甘孜州资源——环境承载力影响分析研究.四川环境,2011,30(3):128-132.
- [7] 冯欢,谢世友,柳芬,等.基于灰色关联定权Topsis和GIS的重庆市资源环境承载力研究.西南大学学报,2017,39(2):92-99.
- [8] Zhuwei Jing, Youhua Ma, Guiyou ZHANG, et al. Research on resources and environmental carrying capacity. *Agricultural Science & Technology*, 2014, 15 (10): 1789-1792.
- [9] 邓伟.山区资源环境承载力研究现状与关键问题.地理研究,2010,29(6):959-969.
- [10] 齐亚彬.资源环境承载力研究进展及其主要问题剖析.中国国土资源经济,2005(5):7-12.
- [11] 唐凯,唐成丽,赵婷婷,等.基于集对分析法的长株潭城市群资源环境承载力评价.国土资源科技管理,2012,29(1):46-53.
- [12] 王雪军,付晓,孙玉军,等.基于GIS赣州市资源环境承载力评价.江西农业大学学报,2013,35(6):1325-1332.
- [13] 陈兆荣.安徽省资源环境承载力动态趋势与预测研究.重庆文理学院学报,2014,33(6):104-108.
- [14] 吕敬堂,吕大明,刘海萍.贵阳市生态环境资源承载能力分析.中国农业资源与区划,2014,35(2):24-28.
- [15] 杨渺,甘泉,叶宏,等.四川省资源环境承载力预警模型构建.四川环境,2017,36(1):144-151.
- [16] 樊杰,周侃,王亚飞.全国资源环境承载能力预警(2016版)的基点和技术方法进展.地理科学进展,2017,36(3):266-276.
- [17] 何秋萍.珠江资源环境承载力指标体系构建.中国农业资源与区划,2018,39(7):99-105.
- [18] 张燕,徐建华,曾刚,等.中国区域发展潜力与资源环境承载力的空间关系分析.资源科学,2009,31(8):1328-1334.
- [19] 郭艳红.基于均方差分法的北京市土地资源承载力评价.资源与产业,2011,13(6):62-66.
- [20] 邱东.多指标综合评价方法的系统分析.北京:中国统计出版社,1991.

EVALUATION AND INDICATION OF THE RESOURCE ENVIRONMENT CARRYING STATE OF SHANNXI PROVINCE BASED ON THE METHOD INTEGRATION *

Liu Meng^{1,2}, Ran Qinghong^{3**}

(1. Chong Qing Survey Planning and Design Co. , Ltd, Chongqing 401120, China;

2. Chongqing Xin Rong Land Housing Survey Technology Institute Co. , Ltd, Chongqing 401120, China;

3. College of History and Tourism, Chengdu Normal College, Chengdu, Sichuan 611130, China)

Abstract The study integrated the polar transform method, mean square error method and the comprehensive evaluation method, selected 34 indexes from resource and environment pressure, resource environmental carrying capacity to form the evaluation systems, and used the data from 2009 to 2016 to evaluate the resource and environment carrying status of Shaanxi province and its prefecture level cities. The results showed that: (1) The resource and environment pressure: the comprehensive evaluation of Shaanxi province was small, Tongchuan city, Weinan city and Yulin city belonged to the high pressure area, Xianyang city and Xi'an city belonged to the middle pressure area, Baoji city, Yan'an city, Shangluo city, Hanzhong city, and Ankang city belonged to the low pressure area. (2) The resource environmental carrying capacity: the comprehensive evaluation of Shaanxi province was larger, Xi'an city belonged to the high value area, Xianyang city, Ankang city, Yulin city, Weinan city, Hanzhong city Baoji city and Tongchuan city belonged to the middle value area, Yan'an city, and Shangluo city belonged to the low value area. (3) The resources and environment carrying state: Xi'an city, Ankang city Baoji city, Hanzhong city and Shangluo city belonged to the surplus state, Xianyang city and Yan'an city belonged to the critical state, Yulin city, Tongchuan city and Weinan city belonged to the overload state. Conclusions and recommendations are showed as follows. (1) Environmental support is a short board in the economic development of Shaanxi province, and the development needs to pay more attention to environmental protection. (2) The cities that affected by excessive resource consumption and environmental pollution pressure, like Tongchuan city, Weinan city, and Yulin city, its industrial development should focus on resource conservation and intensive utilization and the environment protection, the cities that affected by economic and population pressure growth like should tend to dissociate the population and industrial relocation. (3) The cities belong to surplus state like Ankang city, Baoji city, Hanzhong city and Shangluo city, should attention to speed and avoid the weak factors.

Keywords resource and environment pressure; resource environment carrying capacity; resource and environment carrying rate; integration method; Shaanxi province