

DOI:10.19751/j.cnki.61-1149/p.2019.03.021

# 面向“三区三线”划定的城市群资源环境承载力 评价方法研究

——以关中平原城市群评价为例

丁月清<sup>1</sup>, 杨建华<sup>1</sup>, 洪增林<sup>1,2,3</sup>, 薛旭平<sup>2</sup>

(1. 西北工业大学自动化学院, 陕西 西安 710029; 2. 陕西省地质调查院, 陕西 西安 710054;  
3. 长安大学地球科学与资源学院, 陕西 西安 710054)

**摘要:**土地利用功能分区研究是优化国土空间开发格局、科学配置资源的过程;区域资源环境承载力评价是确定资源环境开发利用强度、土地利用功能分区的前提基础。以关中平原城市群重要节点城市为评价单元,将地下地质结构、地表资源环境、生态环境特征要素约束条件和系统承载饱和度作为影响分区的评价准则,构建地壳稳定性分级评价体系、生态敏感性分级评价体系和基于 CCPS 的资源环境承载力评价指标体系,采用动态加权求和法对各项指标综合集成,表征约束层、支撑层和压力层“三个维度”的国土空间开发适宜性综合评价价值,提出面向“三区三线”划定的资源环境承载力评价新思路,合理确定评价单元三大空间和三条控制线划定的层次化分级布局,为同期类似评价的深入研究提供科学的研究基础和系统的思路框架。

**关键词:**关中平原;城市群;资源环境承载力;三区三线

中图分类号: P66

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2019)03-0223-08

## Study on Evaluation Methods of Resource and Environmental Carrying Capacity of Urban Agglomerations based on the Definition of “Three Districts and Three Lines”: Example from Guanzhong Plain Urban Agglomeration Evaluation

DING Yueqing<sup>1</sup>, YANG Jianhua<sup>1</sup>, HONG Zenglin<sup>1,2,3</sup>, XUE Xuping<sup>2</sup>

(1. School of Automation, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710029, Shaanxi, China;  
2. Shaanxi Geological Survey Institute, Xi'an 710054, Shaanxi, China; 3. School of Earth  
Science and Resources, Chang'an University, Xi'an 710054, Shaanxi, China)

**Abstract:** Research on functional zoning of land use is a process of optimizing the pattern of land space development and allocating resources scientifically. The evaluation of regional resource and environment carrying capacity is the precondition and foundation to determine the intensity of resource and environment development and utilization and the functional zoning of land use. Taking the important node city of Guanzhong plain urban agglomeration as the evaluation unit, the con-

收稿日期: 2018-10-15; 修回日期: 2019-02-14

基金项目: 中国地质调查局西安地质调查中心“关中平原城市群资源环境承载力调查评价”(211527180141)

作者简介: 丁月清(1979-), 女, 陕西西安人, 西北工业大学自动化学院系统工程专业博士研究生, 主要研究领域为智慧城市建设、智能地质调查、资源环境评价等。E-mail: 342129843@qq.com

straint conditions of underground geological structure, surface resource environment and ecological environment characteristics, as well as the system bearing saturation have been taken as the evaluation criteria for influencing the zoning. And then, the grading evaluation system for crustal stability, the ecological sensitivity grading evaluation system and the evaluation index system of resource and environment bearing capacity based on CCPS have been established in this paper. The dynamic weighted summation method and the comprehensive evaluation value of the suitability of land space development representing the “three dimensions” of constraint layer, support layer and pressure layer have been used to integrate the indexes. Finally, a new idea of resource and environmental carrying capacity evaluation for “three districts and three lines” has been proposed to reasonably determine the hierarchical layout defined by the three Spaces and three control lines of the evaluation unit, which can provide scientific research foundation and systematic thinking frame for the in-depth study of similar evaluation in the same period.

**Keywords:** Guanzhong plain; urban agglomeration; resource and environment carrying capacity; three districts and three lines

## 0 前言

近年国内众多学者研究了特定区域资源环境与社会经济发展的关系,为区域经济协调发展和空间规划提供了理论依据和可借鉴的技术思路(罗华艳等,2017;冉娜等,2018)。但是,城市群资源环境承载力研究却较为滞后,主要表现为测算和分析方法上忽视城市群特有空间联系。同时,还缺乏对承载力社会经济环境、经济社会发展水平分析等。以城市群为单元的区域资源环境承载力是由一定区域约束层子系统、支撑层子系统和压力层子系统等3个维度构成,通过社会、经济、资源环境子系统相互作用、相互影响、相互制约,是具有一定结构和功能的高度复杂的城市群资源承载力复合系统,也是一个更为复杂的空间系统。鉴于城市群资源环境承载力系统具有的复杂性、异质性、动态性等特点,对其测度不仅要体现资源环境构成的地理空间,也要考虑经济发展水平与效率关系(张学良,2014;刘晓丽,2008)。笔者从系统理论思想出发,尝试探索城市群城市边界、永久农田边界、生态保护红线(以下称“三区三线”)划定的资源环境承载力评价理论设想,重点研究科学合理划定“三区三线”的城市群资源环境承载力的评价方法,为构建土地利用功能分区的城市群资源环境承载力评价指标体系和技术方法提供科学依据。

## 1 理论设想

依据短板理论、边际理论、风险理论的基本原理,面向“三区三线”划定的城市群资源环境承载力系统,指在特定时空条件下,在约束要素、支撑要素和压力要素对资源环境承载力综合影响下,由资源空间、环境空间、经济社会空间等不同属性的子系统相互交织、相互渗透、相互作用,划定的生态系统、农业系统和城市系统边界和范围,反映在一定城市集合体范围内资源与环境能够支撑最大国土开发规模、强度和速度上的发展能力,是具有特定结构和功能的特殊的复杂巨系统。

从系统论角度看,城市群资源环境承载力系统是一种具有异质性、动态性等特点复杂巨系统。面向“三区三线”划定的城市群资源环境承载力系统构成以及主要反馈机制(王新华,2010),其形式可以记为:

$$U = \{S, G, R, C, O, M, F, E^*, T, L\}$$

..... (1-1)

式中:  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_i, \dots, S_{n-1}, S_n\}$ ——系统的子系统集合;

$G$ ——系统目标集;

$R$ ——系统间关联关系或子系统内各要素关系;

$C$ ——系统宏观、中观和微观的三种层次关系,即领属关系、从属关系和相互关系;

O——约束集;

M——支撑集;

F——压力集;

T和L——时间和空间变量。

其中,系统整体性可以表示为:

$$E^* = \max P(X \cdot R \cdot C); S_{opt} = \max P\{S/E^{**}\} \dots\dots\dots (1-2)$$

式中: $E^*$ ——在对应于目标集的条件下所获得的最大整数结合效果;

$P(X \cdot R \cdot C)$ ——整体结合效果函数,即系统要素集 X、系统要素关系集 R 和系统层次结构 C 的结合效果函数;

$E^{**}$ ——对应于系统目标集、环境约束集、资源支持集及压力集下系统最佳结合效果;

$S_{opt}$ ——具有最佳结合效果和最佳输出的系统。

## 2 实证研究

### 2.1 研究区概况

关中平原城市群发挥区位优势交通连接东西、经济发展承东启西、文化交流东西互鉴的独特优势,在引领和支撑西北地区开发开放和国家全方位开放格局中具有独特战略地位。研究区位于陕西省中部,西起宝鸡,东至渭南,南依秦岭,北抵北山,地理坐标为东经  $106^{\circ}20' \sim 110^{\circ}40'$ ,北纬  $33^{\circ}30' \sim 35^{\circ}50'$ ,横跨陕西、山西和甘肃三省,国土面积为 10.71 万  $\text{km}^2$ ,占全国的 1.12%,涵盖国家级和省级禁止开发区域和有必要严格保护的其他各类保护地。关中平原城市群中心城市和重要节点城市的国土空间开发研究,应加强划分评价与主体功能区一体性研究,结合中心城市和宝鸡、渭南等重要节点城市具体情况,将评价单元细到县一级单元,便于对各类功能区做出客观评价,保证评价范围与位置的一致性。

### 2.2 关中平原城市群资源环境承载力综合评价

笔者区别于国内常见资源环境承载力指数评价法,运用复杂系统分析方法,对区域地壳稳定性、生态环境敏感度和系统承载饱和度等影响要素进行系统分析和评价。首先,根据模糊系统分析的相对隶属理论,提取资源环境约束系统(约束力)地壳稳定性、生态敏感性要素,计算各单元的约束力指数,初步划定重点开发区域、限制开发区域和禁止开发区域三类功能区;进一步结合 GIS 等先进技术方法和

多因素综合评价方法,通过支撑、压力和承载力模型,将其作为确定与关中盆地资源环境承载力相匹配的土地开发利用分区的依据;最后,采用动态加权法和法对各项指标综合集成,计算国土空间开发适宜性综合评价值,给出面向“三区三线”划定目标的关中平原城市群资源承载力进行全面性和系统性的综合评价,统筹考虑未来关中平原城市群国土利用的功能定位。

#### 2.2.1 评价指标体系构建

遵循建立指标体系的生态保护优先、空间识别、系统性、层次性、科学性和可操作性原则,构建面向“三区三线”划定的关中盆地城市群资源环境承载力评价指标体系,分别由约束层、支撑层和压力层 3 个维度构成。约束层指标体系按照各项评价指标进行定性分级和定量赋值,对资源环境承载力的约束程度分为极低约束力、低约束力、中约束力、高约束力 4 个级别分别赋值 4、3、2、1,将其作为比较适宜建设区、基本适宜建设区、限制建设区和禁止发展区用地的划分标准(表 1、表 2);基于此,构建支撑层和压力层指标体系(表 3),对适宜建设用地区域进行承载压力度测算。其中,支撑层指标表征资源量、环境容量、经济水平、社会能力等准则要素对城市群资源环境系统的支撑力,支撑力层的指标值越大越好;压力层指标由资源压力、人工环境和自然环境构成,表征由于资源-环境-经济社会系统引起的资源消耗、环境排放、人口增长等所加于弹性破坏的压力。

#### 2.2.2 确定权重

笔者所取数据来源于陕西环境状况公报、统计年鉴,以 2015~2018 年有关指标作为基础数据。根据数据来源,用以表示二级指标的关键因子分为 2 类:直接使用统计数据、使用经简单处理的数据或复合方法计算获取;通过专家打分法或问卷调查获取数据。根据层次分析法分析步骤,确定指标权重,由于层次分析法的专家打分主观性很强,打分矩阵经常出现不一致或漏填情况,采用粒子群优化算(PSO)法(倪庆剑等,2007),对专家打分矩阵进行修正,计算指标权重结果,公式如下。

$$V_i = V_i + c_1 \times \text{rand}(0 \sim 1) \times (pbest_i - x_i) + c_2 \times \text{rand}(0 \sim 1) \times (pbest_i - x_i) \dots\dots\dots (2-1)$$

$$x_i = x_i + V_i \dots\dots\dots (2-2)$$

式中: $i = 1, 2, \dots, M$ ,  $M$  是该群体中粒子的总数;

表 1 区域地壳稳定性分级与国土开发适宜性匹配标准表  
Tab. 1 Matching Criteria of Regional Crustal Stability Classification and Land Development Suitability

准则	编号	因素	稳定性程度与分级指数				权重值 $W_i$
			适宜开发区域		基本不适宜		
			稳定 4	较稳定 3	较不稳定 2	不适宜 1	
地壳稳定性	N1	地震活动性 (地震烈度 $I$ 、 震级 $M$ 、 峰值加速度 $a$ )	$I < VI$ $M < 5$ $a_{\max} < 0.10g$	$VI \leq I < VII$ $5 \leq M < 5.5$ $0.10g \leq a_{\max} < 0.2g$	$I = VIII$ $5.5 \leq M \leq 6.5$ $0.20g \leq a_{\max} \leq 0.30g$	$I > VIII$ $M > 6.5$ $a_{\max} > 0.30g$	0.15
	N2	地表特征 (地面沉降累计 沉降值)	$h < 300$	$300 \leq h < 1000$	$1000 \leq h < 3000$	大于 3000	0.1
	N3	断层活动性 (地壳升降速度 $V$ )	断裂分布少, 现今活动微 $V < 1$	断裂分布较少, 现今活动 $1 \leq V < 2$	滑动断裂较多, 现今活动较强 $2 \leq V \leq 3$	活动断裂密集, 现今活动强烈 $V > 3$	0.2
	N4	构造应力应变特征 (叠加断裂角)	介于 $0^\circ \sim 10^\circ$ 或 $70^\circ \sim 90^\circ$	介于 $11^\circ \sim 24^\circ$ 或 $51^\circ \sim 69^\circ$	介于 $25^\circ \sim 50^\circ$	大于 $50^\circ$	0.15
	N5	地球物理特征 (重、磁异常—— 梯度值)	分别小于 5m Gal / 10km 和 4n T/km	分别介于 5~15m Gal / 10km 和 4~10n T/km	分别大于 15m Gal / 10km 和 10n T/km	—	0.1
	N6	地质灾害 (外力力地灾)	外力力地灾不发育	外力力地灾少量发育, 类型单一,危害中等	外力力地灾分布较广, 类型较多,危害严重	—	0.1
	N7	岩土体类型	未风化至微风化带,花 岗岩类,岩体结构完整	中风化带,变质岩或火 山岩类,岩体结构中	强风化带,沉积岩类,较 软质碎屑岩组	软质碎屑岩组	0.1
	N8	构造地貌	地形较平缓, 以平原、准平原为主	地形有一定起伏, 以丘陵区为主	地形条件复杂, 以中、低山区为主	—	0.1

表2 区域生态敏感性分级评价体系表  
Tab. 2 Regional Ecological Sensitivity Grading Evaluation System

编号	要素	指标	生态敏感性与分级指数				权重值 $W_i$		
			比较适宜	基本适宜	临界适宜	不适宜			
			不敏感	轻度敏感	中度敏感	高度敏感			
			4	3	2	1			
N1	土壤环境因子	pH值	>7.5	6.5~7.5	<6.5	-	0.10		
		机质	>4	3~4	2~3	1~2	0.10		
N2	地形环境因子	高程(m)	<20	20~50	50~100	100~300	0.14		
		坡度(°)	<15	10~15	15~25	15~25	0.14		
N3	水域因子(m)	—	非缓冲区	—	湖泊及湿地: 129~276; 水库及山塘: 10~20	湖泊及湿地: 水域内-129 m; 水库及山塘: 水域内-10 m	0.12		
N4	植被类型因子	—	建成区、 水体、 沼泽、 稻田	阔叶林、 针叶林、草甸、 灌木、丛	稀疏灌木草原	荒漠、 一年一熟粮作物	0.14		
N5	水土流失因子	P(mm)	<375	375~425	425~550	>550	0.14		
		pm(mm)	<175	175~250	250~400	>400			
		S(°)	0~8	8~15	15~35	>35			
		NDVI	0.29~1	-0.08~0.29	-0.11~-0.6	-1~-0.6			
		I	建设用地、 水面	林地、设施 农业、园地	耕地、牧草地、 滩涂、未利用地、 盐碱地	沙土、裸土、 裸岩			
N6	用地类型因子		建成区、 一般农田	林区、 基本农田	水库、山地、 河流、湖泊	湿地	0.12		

$V_i$ ——粒子的速度;  
 $P_{best}$ ——个体最优值;  
 $G_{best}$ ——全局最优值;  
 $rand(0\sim 1)$ ——介于(0,1)之间的随机数;  
 $X_i$ ——粒子的当前位置。

$c_1$ 和 $c_2$ 是学习因子,通常取 $c_1 = c_2 = 2$ 在每一维,粒子都有一个最大限制速度 $V_{max}$ ,如果某一维的速度超过设定的 $V_{max}$ ,那么这一维的速度就被限定为 $V_{max}$ 。

按照构造判断矩阵、计算重要性排序、一致性检

验步骤和粒子群优化算法修正,计算评价指标体系的权重。

### 2.2.3 基于“木桶理论”的约束系统承载力评价

基于GIS的评价方法(廖顺宽等,2016),将木桶理论与最大隶属度法相结合(刘明,2016),依据风险厌恶效用函数,选择 $M(\cdot, V)$ 算子将模糊权向量 $W$ 与模糊关系矩阵 $R$ 合成得到模糊综合评价结果向量,获得不同评价单元资源环境约束系统承载力综合指数。根据地壳稳定性和生态敏感性评价要素的分级标准(表1、表2),确定区域地区稳定性和

表3 关中盆地国土空间开发适宜性综合评价指标体系表

Tab. 3 Comprehensive Evaluation Index System of Spatial Development Suitability of Guanzhong Basin

准则	要素	指标	指标属性	权重	
支撑层 Q	土地资源	人均森林面积	+	0.050 4	
		人均耕地面积	+	0.055 4	
	自然资源	水资源	人均水资源	+	0.052 2
		能源资源	一次能源供给指数	+	0.032 3
	生物资源	生物多样性指数	+	0.033 2	
		区域养殖物种优势度	+	0.021 6	
	环境质量	大气环境日平均值(SO <sup>2</sup> 、TSP)		+	0.017 7
		饮用水水源水质达标率		+	0.023 4
		功能区环境噪声达标率		+	0.016 7
		大气污染治理		+	0.021 7
		水污染治理		+	0.029 3
		噪声治理		+	0.018 4
	环境建设	固体废弃物治理		+	0.019 3
		经济社会水平	经济规模	人均 GDP	+
经济结构			第三产业占 GDP 比重	+	0.042 1
生活质量			人均住宅面积	+	0.034 2
社会经济环境	经济公平	恩格尔系数	-	0.047 7	
		基尼系数	-	0.045 6	
	人口规模	人口自然增长率	-	0.049 2	
		人口密度	-	0.043 3	
		压力层 P	自然环境	水体污染物排放量	-
大气污染物排放量	-			0.035 4	
固体废弃物排放量	-			0.039 3	
噪声污染	-			0.038 3	
震动污染	-			0.023 2	
自然资源	资源强度	单位 GDP 能耗	-	0.042 7	
		单位 GDP 水耗	-	0.046 2	
		单位 GDP 建设用地面积	-	0.033 1	

生态敏感性分区级别,分别赋值 4、3、2、1,再按分配的权重值分别计算各单元的约束力指数。

$$R = \sum L_i * W_i (i=1, 2, \dots, 6) \dots\dots\dots (2-3)$$

依据地震活动性、断层活动性地壳稳定性,高程、坡度、用地类型等因子敏感性的单因子评价价值反映约束因子对整个资源环境承载力的不同限制水平,结合国土空间主体功能区开发方式,选定主要因子作为限制因素,同时结合水桶理论叠加的多因子

综合评价,确定评价因子适宜度属性值。首先,根据地质稳定性评价因子适宜度属性值,初步划定重点开发区域、限制开发区域和禁止开发区域三类功能区;基于此,进一步根据生态敏感性评价因子适宜度属性值对一级管制分区成果细化,将适宜开发区域(城镇空间)分为 2 个亚类:即比较适宜开发分区、基本适宜开发分区;同时,将临界适宜开发分区(限制建设区)和不适宜开发分区(禁止建设区)分别划定

农业空间和生态空间 2 个亚类,据此得到二级管制分区方案。

### 2.2.4 基于生态承载力模型的承载力测算

在适宜性分区评价的基础上,参考生态承载力模型(高吉喜,2001),采用多因素(以支撑层与压力层的单要素评价为基础)(表3)承载饱和度评价方法,通过支撑、压力和承载力模型,测算模型表达式为:

$$CCF = 1 - CCPS = 1 - \frac{P}{Q} = 1 - \frac{\sum P_j W_j}{\sum Q_m W_m} \dots\dots\dots (2-4)$$

式中: $P$  和  $Q$ ——支撑要素的支撑能力大小和相应压力要素的压力大小;

$CCPS$ ——承载压力度;

$CCF$ ——承载力;

$W_j, W_m$ ——压力层和支撑力层的准则权重。

$$P = \sum P_j W_j = W_{j1} \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i Pr_i \right) + W_{j2} \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i Pe_i \right) + W_{j3} \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i Ps_i \right) \dots\dots\dots (2-5)$$

其中: $\alpha = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i Pr_i$ ;  $\beta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i Pe_i$ ;

$$\chi = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i Ps_i$$

式中: $\alpha$ ——资源压力指数;

$\beta$ ——自然环境质量指数;

$\chi$ ——社会经济环境指数。

$$Q = \sum Q_m W_m = W_{m1} \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i Qr_i \right) + W_{m2} \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i Qe_i \right) + W_{m3} \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i Qs_i \right) \dots\dots\dots (2-6)$$

其中: $\delta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i Qr_i$ ;  $\epsilon = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i Qe_i$ ;

$$\varphi = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n W_i Qs_i$$

式中: $\delta$ ——自然资源弹性指数;

$\epsilon$ ——环境容量指数;

$\varphi$ ——经济社会发展水平指数;

$Pr, Pe, Qe, Qs$ ——各层次的指标值与标准值之比;

$W_i$ ——指标权重和要素层权重的乘积。

当  $CCPS = 1$  时,资源环境系统处于平衡状态;当  $CCPS > 1$  时,系统处于超载状态;当  $CCPS < 1$  时,系统处于低载状态。当  $CCPS$  以饱和度表示,即  $CCF$  分值越大,表示承载饱和度越高;反之,饱和度越低。参照承载饱和度分级标准,划分的极低承载、低载、平衡、超载 4 个等级。利用 ArcGIS 空间分析模块,计算评价单元各个评价因子,综合分析服务于生态安全、耕地保护、建设开发的主导限制性因素,科学确定与关中平原城市群资源环境承载力相匹配的土地开发利用分区。

### 2.2.5 国土空间开发适宜性综合评价

国土空间开发适宜性综合评价既能反映出区域开发适宜性的总体特征,也能突出生态敏感性和资源环境压力等限制性因素作用,指标体系的构建见表1、表2和表3。在准则层中将地壳稳定性、生态敏感性和资源环境压力等开发约束作为负向指标,将资源弹性、环境容量、经济社会水平等支撑要素作为正向指标,同时结合区域地壳稳定性、生态敏感性定性分级系数,采用动态加权求和法对各项指标综合集成,计算国土空间开发适宜性综合评价值,模型公式如下。

$$G = \prod_{j=1}^{L_1} s_j(x_j) \prod_{e=1}^{L_2} r_e(y_e) \sum_{i=1}^N w_i d_i \dots\dots\dots (2-7)$$

式中: $G$ ——国土空间单元适宜性综合评价值;

$L_1$ ——约束系统承载力地壳稳定性限制因素数;

$L_2$ ——约束系统承载力生态敏感性约束因素数;

$N$ ——准则层因素数;

$s_j(x_j)$ —— $j$  资源环境约束系统稳定性分级指数;

$r_e(y_e)$ ——资源环境约束系统生态敏感性约束力指数。 $0 \leq s_j(x_j) \leq 1, 0 \leq r_e(y_e) \leq 1, s_j(x_j)$  值越小,稳定性越弱; $s_j(x_j) = 1$  时不稳定。同理, $r_e(y_e) = 1$  时具有极高约束力。

$w_i$ ——准则层因素  $i$  的权重系数;

$d_i$ ——基于  $CCPS$  的各因素  $i$  承载饱和度的评价值。

根据国土空间单元适宜性综合评价值,利用 ArcGIS 软件中的分级模块选取分值  $\leq 1.0$  (不适宜)、 $1.0 \sim 1.5$  (临界适宜开发分区)、 $1.5 \sim 2.5$  (基本适宜开发性分区)、 $\geq 2.5$  (比较适宜开发分区)为分值区间,对关中盆地进行等级划分,适宜性程度和级别与分级分值高低成正比,分级分值越高其适宜性程度和级别越高。结合生成栅格分级图,运用聚类分析方法进一步对评价单元进行分析和调整,最终给出国土空间开发适宜性评价结果,将其作为分区划线依据。

### 3 结论

根据关中平原城市群重要节点城市国土空间所处区域的主体功能、城市发展条件及城市发展定位研究,考虑西安市、宝鸡市、渭南市等重要节点城市的地壳稳定性、生态环境敏感性、资源环境状况和社会经济条件等评价要素,综合集成资源环境约束系统的稳定性分级指数、生态敏感性指数和基于CCPS的各因素承载饱和度的评价价值,通过面向“三区三线”划定的资源环境承载力分级综合评价结果,科学划定“三区三线”层次化分级布局。

从空间分布看,西安市划定城镇空间、农业空间、生态空间、生态保护红线、永久基本农田保护红线和城市(镇)开发边界面积分别为 158 319 ha、301 352 ha、545 529 ha、158 319 ha、187 385 ha 和 158 319 ha,分别占国土空间总面积的 15.75%、29.98%、54.27%、65.61%、18.64%和 15.75%;宝鸡市三区三线划定面积依次为 85 534.88 ha、395 076 ha、1 323 922 ha、85 534.88 ha、277 221 ha 和 85 534.88 ha,分别占国土空间总面积的 4.74%、21.89%、73.37%、79.9%、15.36%和 4.74%;渭南市三区三线划定面积依次为 130 542.7 ha、747 369.2 ha、417 154.61 ha、663 469.8 ha、501 054 ha 和 130 542.7 ha,分别占国土空间总面积的 10.08%、57.71%、32.21%、51.23%、38.69%和 10.08%。

从分级管控建议看,在“三区三线”划定架构下,应遵循国土开发与承载能力匹配、分类保护与综合整治相促进的理念和方法,建立分级管控的空间管控体系,根据“三区”主体功能定位和“三线”制约作用,协调解决城镇、农业、生态等三类空间范围的现状数据重叠和各类规划差异,统筹国土资源开发利用和保护,整合形成协调一致的空间管控分区,将城镇体系、乡村发展、能源资源、生态保护、产业发展和公共服务等空间开发差异化管控措施和国土空间开发行为限制在资源环境承载能力之内,为统一用地分类布局、科学界定开发与保护边界奠定基础。

### 参考文献(References):

罗华艳,陆家赋. 基于永久基本农田保护红线、生态保护红线和城镇开发边界三线划定的钦州市土地资源承载力评价研究[J]. 大众科技,2017,19(10):10-16.

- LUO Huayan, LU Jiafu. Evaluation research on the bearing capacity of land resources in qinzhou city based on the demarcation of the red line of permanent basic farmland protection, the red line of ecological protection and the third line of urban development boundary [J]. Popular Science and Technology,2017,19(10):10-16.
- 冉娜,金晓斌,范业婷,等. 基于土地利用冲突识别与协调的“三线”划定方法研究——以常州市金坛区为例[J]. 资源科学,2018,40(02):284-298.
- RAN Na, JIN Xiaobin, FAN Yiting, et al. Research on the “three lines” demarcation method based on the identification and coordination of land use conflicts—a case study of jintan district, changzhou city [J]. Resources science,2018,40(02):284-298.
- 刘晓丽,方创琳. 城市群资源环境承载力研究进展及展望[J]. 地理科学进展,2008,27(05):35-42.
- LIU Xiaoli, FANG Chuanglin. Research progress and prospect of resource and environment carrying capacity of urban agglomeration [J]. Progress in Geographical Science,2008,27(05):35-42.
- 张学良,杨朝远. 论中国城市群资源环境承载力[J]. 学术月刊,2014,46(09):64-70.
- ZHANG Xueliang, YANG Chaoyuan. On resource and environmental carrying capacity of urban agglomerations in China [J]. Academic Journal,2014,46(09):64-70.
- 王新华,李堂军,丁黎黎. 复杂大系统评价理论和技术[M]. 济南:山东大学出版社,2010.
- WANG Xinhua, LI Tangjun, DING Lili. Theory and technology of complex large system evaluation [M]. Jinan: Shandong University Press,2010.
- 倪悦剑,邢汉承,张志政,等. 粒子群优化算法研究进展[J]. 模式识别与人工智能,2007,20(03):349-357.
- NI Qingjian, XING Hancheng, ZHANG Zhizheng, et al. Research progress on particle swarm optimization algorithm [J]. Pattern Recognition and Artificial Intelligence,2007,20(03):349-357.
- 廖顺宽,杨焰,王静,等. 基于GIS的区域资源环境承载力评价——以河口县为例[J]. 地矿测绘,2016,32(02):5-11.
- LIAO Shunkuan, YANG Yan, WANG Jing, et al. Gis-based evaluation of regional resource and environmental carrying capacity—a case study of hekou county [J]. Geology and Mineral Surveying and Mapping, 2016, 32 (02):5-11.
- 刘明. 丘陵山区资源环境承载力评价与土地利用功能区研究[D]. 重庆:西南大学,2016.
- LIU Ming. Evaluation of resource and environmental carrying capacity and study on functional zoning of land use in hilly and mountainous areas [D]. Chongqing:Southwest University,2016.
- 高吉喜. 可持续发展理论探索:生态承载力理论、方法与应用[M]. 北京:中国环境科学出版社,2001.
- GAO Jixi. Exploration of sustainable development theory: theory, method and application of ecological carrying capacity [M]. Beijing: China Environmental Science Press,2001.