

# 生态文明视角下喀斯特地区“双评价”研究 ——以生态敏感区宁远县为例

李 龙<sup>1</sup>, 吴大放<sup>1</sup>, 刘艳艳<sup>1</sup>, 滕 丽<sup>1</sup>, 吴志峰<sup>1</sup>, 冯兆华<sup>2</sup>

(1. 广州大学地理科学与遥感学院, 广州 510006; 2. 湖南省第二测绘院, 长沙 410000)

**摘要:** 精简“双评价”流程、融合评价机制, 基于生态文明视角构建具有喀斯特地区特色的指标体系, 刻画国土空间开发与保护格局特征, 对于生态敏感脆弱区可持续发展具有重要指导意义。分别从生态、农业与建设三个视角构建指标体系, 将资源环境承载力和国土空间开发适宜性评价指标整合, 从国土的用途功能出发, 提供一个全新的评价思路, 测算宁远县国土对于不同功能的适宜程度。结果表明: (1) 宁远县生态保护重要性总体较高, 不同等级、地区空间集聚和分异特征明显, 呈南北两侧高、中部和西部偏低的分布格局, 需重点加强南北两侧生态空间的保护力度, 满足国家提倡的生态文明建设要求; (2) 农业生产适宜性总体较低, 适宜生产区域主要以城区中心分割线为轴带, 呈东、西两侧对称分布格局, 和生态保护空间存在一定冲突, 需合理优化农业生产结构和布局, 保障区域粮食和生态的“双安全”; (3) 建设开发适宜性总体上较低, 中心外围分布格局特征显著, 以中心城区为核心并向四周辐射递减, 需节约集约利用国土资源, 适当调整和转变发展利用方式, 协调“三生空间”关系; (4) 以中心县城为核心, “三环带放射式”的国土开发与保护空间格局特征明显, 建设—农业—生态空间呈“同心圆”圈层结构分布; (5) 多宜、双宜、单宜与不宜空间面积依次为 36672.67 hm<sup>2</sup>、32276.11 hm<sup>2</sup>、181022 hm<sup>2</sup>、175.46 hm<sup>2</sup>, 分别占宁远县国土的 14.66%、12.90%、72.37%、0.07%。从生态文明视角开展喀斯特地区“双评价”研究, 更为精细地摸清特殊地貌的国土基数与空间基底, 提升了国土空间规划的科学性与操作性, 可为其他喀斯特生态脆弱区域“双评价”工作开展提供科学支撑。

**关键词:** 生态文明建设; “双评价”; 喀斯特地区; 国土空间规划; 生态敏感区; 宁远县

改革开放以来, 中国城镇化和工业化促进了经济迅速发展, 但付出了沉重的代价, 如人地矛盾愈加突出、土地利用格局变化剧烈、区域发展不均衡不充分、生态环境破坏严重以及生态、生产、生活空间冲突加剧等<sup>[1]</sup>, 这些问题在以喀斯特地貌为代表的生态脆弱敏感地区尤为突出。经济社会可持续发展正面临严重挑战, 生态文明建设、国土生态空间保护与区域协调发展是目前亟需解决的命题。党的十八大提出“大力推进生态文明建设”的战略决策, 十九大对生态文明建设提出更高要求, 要求建设人与自然和谐共生的现代化。生态文明建设关乎人民福祉与民族未来, 愈发受到国家与学术界重视<sup>[2]</sup>。各级各类规划对中国城镇化发展、生态文明建设推进、国土资源有效利用与保护产生积极作用。然而也存在规划类型多、流程复杂、周期过长、内容重复与工作效率低等问题<sup>[3]</sup>。建立全国统一、责权清晰、科学高效的国土空间规划体系, 协调人口、资源、环境、经济

收稿日期: 2020-02-05; 修订日期: 2020-04-23

基金项目: 国家重点研发计划 (2018YFB2100702); 国家自然科学基金项目 (41101078); 广东省研究生示范课程建设项目 (2017SFKC32)

作者简介: 李龙 (1995-), 男, 四川宜宾人, 硕士, 研究方向为耕地保护与土地整治。E-mail: 1277709794@qq.com

通讯作者: 吴大放 (1981-), 男, 湖南岳阳人, 博士, 副教授, 研究方向为土地资源开发利用与保护。

E-mail: wudaf2004@163.com

发展,科学划定“三区三线”,统筹优化“三生空间”布局,是目前亟需的重要举措。“双评价”是提升空间规划科学性和操作性的重要依据,同时也是实施生态文明建设的基础和手段,构建生态文明视角下喀斯特地区“双评价”指标体系,对于协调生态脆弱敏感区域可持续发展、促进资源节约集约利用、优化空间开发和保护格局具有重大意义。

资源环境承载能力评价和国土空间开发适宜性评价一直是国内外学者关注的重点,随着全球化进程加快,区域人口、资源与环境失衡等问题突出,国土空间规划体系进一步建立,愈发受到学术界与政府部门的关注与重视。目前,学者主要集中于评价视角、地域类型、尺度、单元、方法以及应用实践领域等方面的研究。从评价视角来看,从单一视角评价满足建设用地开发标准的适宜程度或承载人口极限规模转变为综合自然、社会、经济、区位<sup>[4]</sup>等复合视角的多元化评价,然而较少关注生态资源对建设开发的刚性约束,同时存在注重指标计算、轻内涵机理研究以及评价内容重复等问题<sup>[5]</sup>。地域类型主要包括平原地区、城镇周边区域的承载能力评价和建设适宜性评价<sup>[6]</sup>,逐渐向山地丘陵<sup>[7]</sup>、河湖岸带<sup>[8]</sup>、海岸空间<sup>[9]</sup>延伸。在研究尺度与评价单元方面,涵盖流域<sup>[10]</sup>、经济区<sup>[11]</sup>、省<sup>[12]</sup>、市<sup>[13]</sup>、区县<sup>[14]</sup>等宏观观尺度,主要采用网格<sup>[15]</sup>、图斑<sup>[16]</sup>、栅格<sup>[17]</sup>等评价单元,尺度互融、单元互补是未来研究趋势。随着GIS技术的持续应用与发展,评价方法与技术手段不断完善,结合GIS分析逐渐成为该领域的主流。国内外学者运用人工智能<sup>[18]</sup>、神经网络<sup>[19]</sup>、模糊数学<sup>[20]</sup>等方法进行深入评价,特别是基于GIS的多要素叠加<sup>[21]</sup>、生态位<sup>[22]</sup>以及综合指数评价方法<sup>[23]</sup>应用广泛,提高了评价的精确性和科学性。以往承载力和适宜性评价结果的实践应用较广泛,较多应用于灾区重建选址<sup>[24]</sup>、农村居民点整理<sup>[25]</sup>等方面,但鲜有运用于“三区三线”划定、“三生空间”统筹布局以及国土空间治理等现实需求中,难以为国土空间规划提供有效支撑。目前,各地区均已开展“双评价”工作,但对于资源环境承载能力评价和国土空间开发适宜性评价先后顺序存在一定争议。此外,“双评价”中的资源环境承载能力评价的复合思路与适宜性评价存在一定逻辑矛盾,二者存在重复指标,如何有效衔接和耦合仍是亟需解决的科学问题<sup>[26]</sup>。

宁远县属典型的喀斯特地貌,是湖南省十大旅游区之一、省级历史文化名城,属于中国重要的生态功能区,被纳入国家级重点生态保护区域。近年来,由于交通运输条件改善和旅游产业日益增进,资源约束趋紧、生态系统退化严重,生态资源、文化遗产保护与经济社会发展矛盾愈加突出。因此,基于生态文明角度,正确处理生态环境保护与区域经济发展的关系,保护当地文化遗产和底蕴,构筑独有的山水特色和文化遗产,实现国土空间格局优化和资源高效配置,促进生态文明建设和绿色发展将是宁远县亟需解决的科学命题。鉴于此,本文围绕建立统一国土空间规划体系的背景,针对“多规合一”需求和“双评价”工作要求,以生态敏感脆弱区宁远县为例,从生态文明角度强调生态重要、敏感区域对建设开发的刚性约束和生态保护重要性,构建具有喀斯特地区特色的“双评价”指标体系。同时,为尽量减少两个评价之间的耦合逻辑矛盾并削弱指标重复性问题,精简并整合目前的“双评价”指标体系和流程,从生态、农业、建设三方面对宁远县的资源环境本底和国土空间开发适宜性进行耦合评价,一定程度上解决了“双评价”先后顺序的争议,使其导向性更明确、操作性更可行,拓宽该领域的研究思路,以更好服务于国土空间规划与生态文明建设,可为其他喀斯特地区“双评价”工作推广与示范提供科学支撑,对于重点生态功能区“三区三线”科学划定、提升空间规划的科学性以及促进生态文明建设、国土空间治理现代化都具有重要意义。

## 1 研究方法与数据来源

### 1.1 研究区概况

宁远县位于湖南永州市南部，介于 $25^{\circ}11'39''\sim 26^{\circ}08'23''\text{N}$ 、 $111^{\circ}43'25''\sim 112^{\circ}15'10''\text{E}$ 之间，总面积为 $250146.21\text{ hm}^2$ （图1）。属南岭山脉的山地丘陵区，是典型的喀斯特地区，生态系统较为脆弱。森林覆盖率总体较高，生物多样性较为丰富，拥有较好的生态本底条件，是南岭重要的生态屏障保护区。截至2018年底，常住人口72.73万人，其中城镇人口为32.02万人，城镇化率为44.03%。2018年GDP为163.6亿元，比2017年增长8.9%，产业结构由2017年的18.1 : 31.2 : 50.7调整为2018年的17.4 : 30.8 : 51.8，第三产业的比例最大且提高了1.1%，经济发展速度虽有一定的提升，但总体经济状况较为落后，亟需建立国土空间规划体系，通过制定差异化空间政策提升其经济发展动力，因此开展宁远县“双评价”研究具有典型的代表意义。

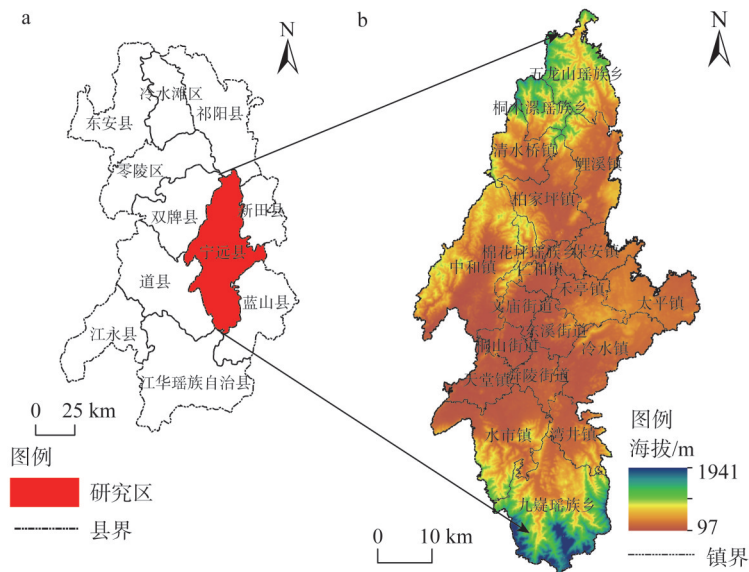


图1 研究区域

Fig. 1 The study area

### 1.2 数据来源

“双评价”是国土空间规划的前期基础，分别从生态、农业与建设三个维度选取指标，通过向宁远县各部门发函调研方式收取数据，数据来源与政府部门衔接紧密，为政府部门开展“双评价”工作提供有效参考。

空间数据：湿地公园、自然保护区等生态数据源于生态保护红线划定初步成果；水系、土地利用数据等来源于宁远县第二次调查数据；土壤数据来源于中国1 : 100万土壤数据库；高程、遥感数据来源于地理空间数据云；土壤质地、有机质含量、灌溉条件等耕地质量数据来源于2017年农用地分等定级数据库；降雨量等气象数据来源于中国气象科学数据共享服务网；地质灾害数据来源于地质灾害防治规划。

社会经济数据来源于《宁远县国民经济与社会发展报告》（2006—2018年）、2018年

《宁远县统计年鉴》；文字资料来源于《宁远县土地整治规划》(2016—2020年)文本与气象报告等。

### 1.3 评价思路

研究包括前期准备与基础研究、地区特色指标构建、综合分析三个重要环节。其中,本文注重解决国土空间规划“双评价”中资源环境承载能力评价和适宜性评价先后逻辑矛盾以及评价结果如何有效衔接等技术难题。同时,两个子评价的指标难以准确区分,两者边界较模糊,评价内容存在一定重复。此外,“双评价”所需数据较多,评价流程较为繁杂,不利于科学、高效、准确评估区域的国土基数和空间基底。因此,参考已有的“双评价”技术框架,将资源环境承载力要素作为生态保护重要性指标贯穿整个评价流程;其次在农业生产和建设开发适宜性评价中,将资源环境承载力要素纳入禁止性承载力指标,以更好地反映资源环境承载力限制性的突出特征;同时构建相应的农业和建设适宜性指标,重新将资源环境承载力和国土空间开发适宜性评价指标整合,从国土的用途功能出发,提供一个全新的评价思路。考虑到宁远县特殊的生态环境以及生态文明战略需求,文章单独评价生态保护的重要性,赋予其较高权重并贯穿整个评价流程,强调生态敏感脆弱区的生态保护重要性和生态环境本底条件制约。从县域尺度出发,构建具有喀斯特区域特色的“双评价”指标体系,最后开展空间格局特征综合分析,为“三区三线”划定和优化等成果应用提供科学的建议。技术路线如图2所示。

### 1.4 评价指标体系构建与确权

首先,从宁远县特有的自然、社会经济基础条件出发,基于“双评价”的科学内涵,遵照客观、科学、可行性等原则,从生态保护、农业生产、建设开发三个维度构建具有生态文明视角的评价指标体系(表1)。其次,利用层次分析法和熵权法分别计算农业和建设适宜性因子权重,再结合《湖南省资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价技术指南》(试行)(以下简称《试行指南》)<sup>[27]</sup>修正,同时考虑到生态文明战略强调生态的突出地位以及宁远县生态系统退化严重形势,因此赋予生态保护重要性指标更高的权重,权重赋值结果如表2、表3所示。此外,文章优先采用矢量数据叠加形成的图斑作为评价单元,最后统一成20 m 格网单元,以更好地表征数据表达的信息。

生态文明建设战略要求树立尊重、顺应与保护自然的理念,同时强调坚持保护优先的方针,因此选择保护物种分布区等7个生态重要性因子,强调其生态的重要性和生物多样的保护;宁远县属于典型的喀斯特地貌,生态系统退化严重,水土流失、石漠化现象普遍,因此选取降雨侵蚀力、碳酸盐岩露出面积百分比等7个指标综合测算生态敏感程度,更好推进该区域水土流失综合治理,满足生态文明建设的战略任务要求,具体指标见表1。这些指标均表现为资源环境承载力的约束特征,融入至生态保护重要性评价指标体系,能充分反映生态资源在农业生产和建设开发的制约性,更好地体现了生态突出地位和生态文明意义。

生态文明建设要求重点保护文化遗产和生态资产,提供更多优质的生态产品,满足人们增长的生态环境需求。考虑到宁远县历史文化底蕴深厚、旅游产业发达等特点,选取农业文化遗产等3个具有当地文化特色指标以及生态保护重要等5个指标作为禁止性承载力指标,对农业生产进行约束,形成具有保护环境和文化遗产特色的生产方式,再选取土壤质地、有效土层厚度等12个具体表征性指标测算农业生产的适宜性程度,合理优

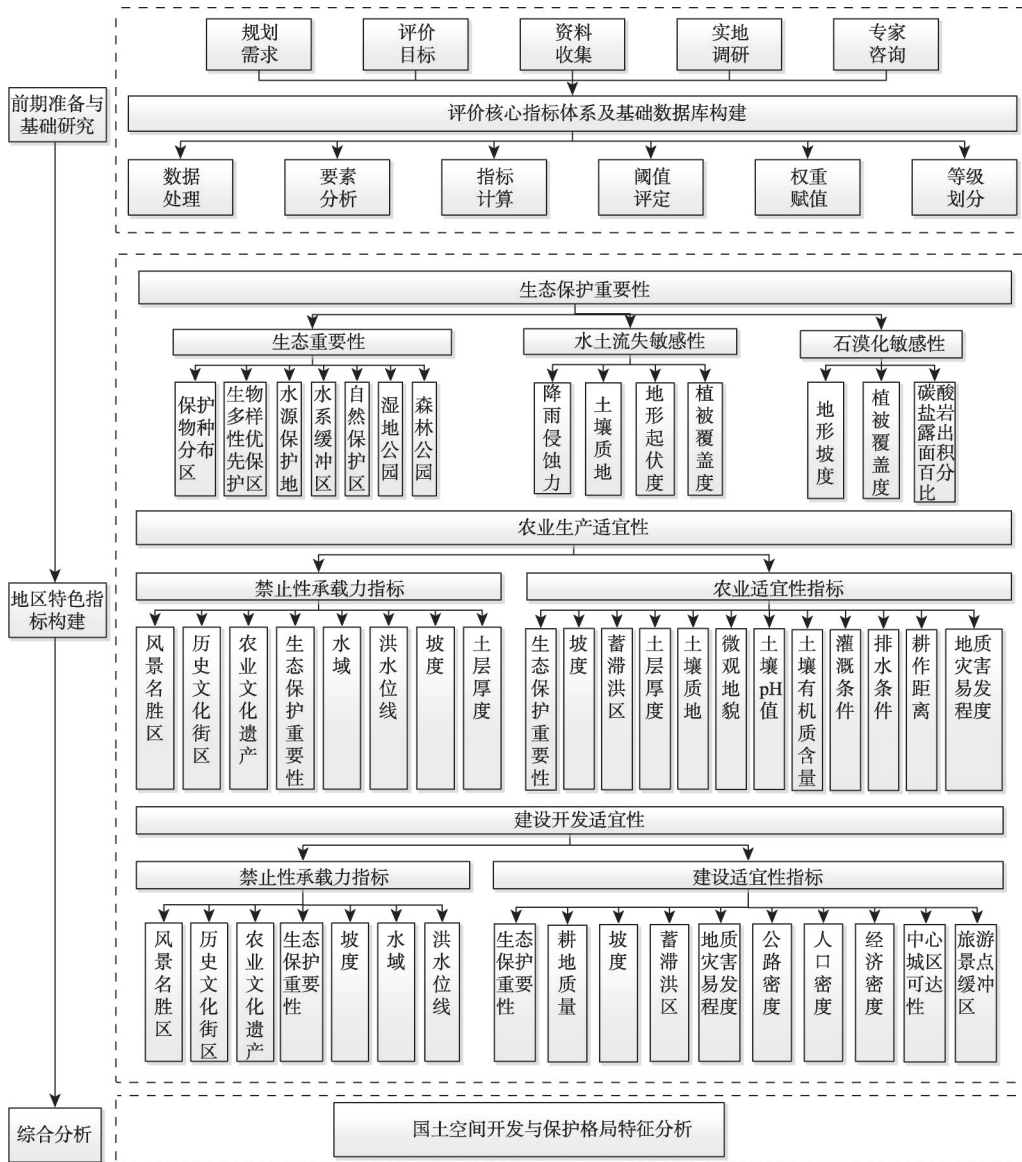


图2 评价技术路线

Fig. 2 Evaluation technical route

化生产结构，具体指标见表2。

与上述农业生产禁止性承载力指标相似，基于生态文明角度考虑，选取风景名胜区分区等7个禁止指标限制国土资源开发。资源开发与利用通过人类活动更大程度影响国土的数量、结构和功能，因此建设开发适宜性评价与“人—地”系统关系更为密切，除了选择坡度等自然因素之外，还选取了人口密度、经济密度等社会、经济与人口因素更为精准评估当地资源承载状况和开发适宜性程度，以达到促进人民福祉增长的目的。同时依据交通建设引导区域开发理论，将公路密度纳入指标体系，表征对区域未来开发的先导性和支撑能力。此外，生态文明要求推进绿色发展并正确处理经济发展与环境保护关系，考虑到宁远县旅游产业较为发达，因地制宜选取了旅游景点缓冲区这一评价因子，

以期能更好地满足当地旅游开发需求,实现绿色经济可持续发展,具体指标见表3。

### 1.5 评价指标分级

从宁远县实际条件出发,参考学术界已有的评价指标分级方法<sup>[28]</sup>与《试行指南》的技术方法,对指标进行分级赋值。以生态文明建设与保护为切入点,选取水源保护地、自然保护区等因子,并对其赋值分为I~V级,级别越高,说明该区域生态保护重要性越高,越需要保护。农业生产、建设开发的禁止性承载力指标采用0和1赋值,如评价单元在水域范围内或者坡度大于25°,则属性赋值为0,其余适宜开发区域则为1,以“一票否决制”为原则进行分级赋值。农业和建设适宜性指标分级赋值为20~100,值越高,说明该属性对农业生产或建设开发适宜程度越高。指标分级结果如表4、表5所示:

### 1.6 评价方法

#### 1.6.1 生态保护重要性评价

在生态文明建设背景下,应更重视生态敏感脆弱区生态资源的保护以及生态环境对建设开发的刚性约束。基于资源环境承载力的短板效应原理,采用木桶原理和逆向扣除法,生态保护重要性等级与各指标等级最高的相同,如式(1)所示:

$$f(x) = \max(x_1, x_2, \dots, x_{13}) \quad (1)$$

式中: $f(x)$ 为评价单元的生态保护重要性等级; $x_1, x_2, \dots, x_{13}$ 为各指标的重要性等级。级别越高,该区域生态保护重要性越高,越需要保护。

#### 1.6.2 农业生产适宜性评价

利用线性加权综合指数法测算农业生产适宜性,并基于《试行指南》分级结果,从高到低划分为高适宜

表1 生态保护重要性评价指标体系

Table 1 Evaluation index system of ecological protection importance

目标层	准则层	要素层
生态保护重要性	生态重要性	保护物种分布区 (x1)
		生物多样性优先保护区 (x2)
		水源保护地 (x3)
		水系缓冲区 (x4)
		自然保护区 (x5)
		湿地公园 (x6)
	水土流失敏感性	森林公园 (x7)
		降雨侵蚀力 (x8)
		土壤质地 (x9)
	石漠化敏感性	地形起伏度 (x10)
		植被覆盖度 (x11)
地形坡度 (x12)		
碳酸盐岩露出面积百分比 (x13)		
		植被覆盖度 (x11)

表2 农业生产适宜性评价指标体系

Table 2 Evaluation index system of agricultural production suitability

目标层	准则层	要素层	权重	
农业生产适宜性	禁止性承载力指标	风景名胜 (i1)	—	
		历史文化街区 (i2)	—	
		农业文化遗产 (i3)	—	
		生态保护重要性 (i4)	—	
		水域 (i5)	—	
		洪水位线 (i6)	—	
		坡度 (i7)	—	
		土层厚度 (i8)	—	
		农业适宜性指标	生态保护重要性 (j1)	0.1125
			坡度 (j2)	0.0872
			蓄滞洪区 (j3)	0.0756
			土层厚度 (j4)	0.0963
		土壤质地 (j5)	0.0854	
		微观地貌 (j6)	0.0768	
		土壤pH值 (j7)	0.0825	
		土壤有机质含量 (j8)	0.0923	
		灌溉条件 (j9)	0.0752	
		排水条件 (j10)	0.0695	
		耕作距离 (j11)	0.0962	
		地质灾害易发程度 (j12)	0.0505	

(85, 100]、中适宜 (65, 85]、低适宜 (0, 65] 和不适宜0四个等级。农业生产适宜性得分计算方法见下式：

$$L_n = \prod_{i=1}^m f_i \times \sum_{j=1}^n w_j X_j \quad (2)$$

式中： $L_n$ 为农业生产适宜性得分； $i$ 、 $m$ 、 $f_i$ 分别为禁止性承载力指标编号、个数、得分； $j$ 、 $n$ 、 $w_j$ 、 $X_j$ 为农业适宜性指标编号、个数、权重、得分。 $L_n$ 分值越高，区域越适宜农业生产。

1.6.3 建设功能指向的开发适宜性评价  
与农业生产适宜性评价方法一致，将建设开发适宜性由高到低划分为高适宜 (85, 100]、中适宜 (75, 85]、低适宜 (0, 75]、不适宜0四个等级。建设开发适宜性得分计算方法见下式：

$$L_j = \prod_{i=1}^m f_i \times \sum_{k=1}^n w_k X_k \quad (3)$$

式中： $L_j$ 为建设开发适宜性得分； $i$ 、 $m$ 、 $f_i$ 分别为禁止性承载力指标编号、个数、得分； $k$ 、 $n$ 、 $w_k$ 、 $X_k$ 分别为建设适宜性指标编号、个数、权重、得分。 $L_j$ 分值越高，区域越适宜建设开发。

表3 建设开发适宜性评价指标体系

Table 3 Evaluation index system of construction and development suitability

目标层	准则层	要素层	权重
建设开发适宜性	禁止性承载力指标	风景名胜区 ( $i1$ )	—
		历史文化街区 ( $i2$ )	—
		农业文化遗产 ( $i3$ )	—
		生态保护重要性 ( $i4$ )	—
		水域 ( $i5$ )	—
		洪水位线 ( $i6$ )	—
		坡度 ( $i7$ )	—
建设适宜性指标		生态保护重要性 ( $k1$ )	0.1222
		耕地质量 ( $k2$ )	0.1054
		坡度 ( $k3$ )	0.0854
		蓄滞洪区 ( $k4$ )	0.0872
		地质灾害易发程度 ( $k5$ )	0.0785
		公路密度 ( $k6$ )	0.1002
		人口密度 ( $k7$ )	0.1158
		经济密度 ( $k8$ )	0.1225
		中心城区可达性 ( $k9$ )	0.0925
		旅游景点缓冲区 ( $k10$ )	0.0903

表4 生态保护重要性指标分级赋值

Table 4 Index classification and valuation of ecological protection importance

生态保护重要性指标	度量阈值区间				
	I	II	III	IV	V
保护物种分布区 ( $x1$ )	其他	—	县级	省级	国家级
生物多样性优先保护区 ( $x2$ )	其他	—	县级	省级	国家级
水源保护地 ( $x3$ )	范围外	—	—	—	范围内
水系缓冲区 ( $x4$ ) /km	其他	干流两侧6~8缓冲区	干流两侧4~6缓冲区	干流两侧2~4缓冲区	干流两侧2缓冲区
自然保护区 ( $x5$ )	其他	—	县级	省级	国家级
湿地公园 ( $x6$ )	其他	—	县级	省级	国家级
森林公园 ( $x7$ )	其他	—	县级	省级	国家级
降雨侵蚀力 ( $x8$ )	$\leq 25$	(25, 100]	(100, 400]	(400, 600]	> 600
土壤质地 ( $x9$ )	黏壤土	砂质壤土、砂质黏土	壤土	沙壤土	沙土
地形起伏度 ( $x10$ ) /m	[0, 20]	(20, 50]	(50, 100]	(100, 300]	> 300
植被覆盖度 ( $x11$ )	$\geq 0.8$	[0.6, 0.8)	[0.4, 0.6)	[0.2, 0.4)	< 0.2
地形坡度 ( $x12$ ) /( $^{\circ}$ )	$\leq 5$	(5, 8]	(8, 15]	(15, 25]	> 25
碳酸盐岩露出面积百分比 ( $x13$ ) /%	$\leq 10$	(10, 30]	(30, 50]	(50, 70]	> 70

表5 农业生产和建设开发适宜性指标分级赋值

Table 5 Index classification and valuation of suitability of production and development

禁止性承载力指标	度量阈值区间				
	0	—	—	—	1
风景名胜区 ( <i>i1</i> )	范围内	—	—	—	范围外
历史文化街区 ( <i>i2</i> )	范围内	—	—	—	范围外
农业文化遗产 ( <i>i3</i> )	范围内	—	—	—	范围外
生态保护重要性 ( <i>i4</i> )	V	—	—	—	I~IV
水域 ( <i>i5</i> )	范围内	—	—	—	范围外
洪水水位线 ( <i>i6</i> )	位线以下	—	—	—	位线以上
坡度 ( <i>i7</i> ) /( $^{\circ}$ )	> 25	—	—	—	$\leq 25$
土层厚度 ( <i>i8</i> ) /cm	< 30	—	—	—	$\geq 30$

农业或建设适宜性指标	度量阈值区间				
	20	40	60	80	100
生态保护重要性 ( <i>j1</i> 、 <i>k1</i> )	V	IV	III	II	I
坡度 ( <i>j2</i> 、 <i>k3</i> ) /( $^{\circ}$ )	> 25	(15, 25]	(8, 15]	(2, 8]	$\leq 2$
蓄滞洪区 ( <i>j3</i> 、 <i>k4</i> )	重要蓄滞洪区	—	一般蓄滞洪区	蓄滞洪保留区	非蓄滞洪区
土层厚度 ( <i>j4</i> )	< 30	—	[30, 60)	[60, 90)	$\geq 90$
土壤质地 ( <i>j5</i> )	沙土	沙壤土	壤土	砂质壤土、砂质黏土	黏壤土
微观地貌 ( <i>j6</i> )	山肩、山顶	背坡	麓坡	趾坡、岗地	平原、台地
土壤pH值 ( <i>j7</i> )	$\leq 4.9$ 或 $\geq 9$	5~8	5.0~5.4或8.5~8.9	5.5~5.9或7.9~8.4	6~7.8
土壤有机质含量 ( <i>j8</i> )	<1	—	[1, 3)	—	$\geq 3$
灌溉条件 ( <i>j9</i> )	—	无条件	一般满足	基本满足	—
排水条件 ( <i>j10</i> )	—	不健全	一般健全	基本健全	—
耕作距离 ( <i>j11</i> )	>89.34	(68.03, 89.34]	—	(36.07, 68.03]	$\leq 36.07$
地质灾害易发程度 ( <i>j12</i> 、 <i>k5</i> )	高易发区	中易发区	低易发区	—	其他
耕地质量 ( <i>k2</i> )	低于平均 利用等	—	—	高于平均利用等	非耕地
公路密度 ( <i>k6</i> ) /( $\text{km}/\text{km}^2$ )	$\leq 0.1$	(0.1, 0.3]	(0.3, 0.6]	(0.6, 0.8]	> 0.8
人口密度 ( <i>k7</i> ) /( $\text{人}/\text{km}^2$ )	$\leq 100$	(100, 300]	(300, 500]	(500, 900]	> 900
经济密度 ( <i>k8</i> ) /( $\text{万元}/\text{km}^2$ )	$\leq 100$	(100, 400]	(500, 1000]	(1000, 2500]	> 2500
中心城区可达性 ( <i>k9</i> ) /分钟	车程>120	90<车程 $\leq$ 120	60<车程 $\leq$ 90	30<车程 $\leq$ 60	车程 $\leq$ 30
旅游景点缓冲区 ( <i>k10</i> ) /km	其他	6~8缓冲区	4~6缓冲区	2~4缓冲区	2缓冲区内

## 2 结果分析

### 2.1 生态保护重要性

生态保护重要性表征区域的资源禀赋、本底条件以及国土生态空间保护重要程度,强调对建设开发的刚性约束以及对生态文明建设的支撑程度,也是国土空间开发与保护决策的基础,起“一票否决”的决定性作用。从图3可知,宁远县生态保护重要性总体较高,不同等级、不同地区空间集聚和分异特征明显,整体呈南北两侧高、中部和西部偏低的分布格局。生态保护重要性从高到低为V、IV、III级,依次为162040.20  $\text{hm}^2$ 、78922.11  $\text{hm}^2$ 、9183.90  $\text{hm}^2$ ,分别占宁远县国土面积的64.78%、31.55%、3.67%。生态保



护重要性V级用地的生态条件较为脆弱、敏感，是重点的生态保护空间，对农业生产和建设开发约束极强；IV级用地集中分布于V级外围以及宁远东部区域，石漠化和水土流失现象较为普遍，需要适当加强其生态保护力度；III级用地主要分布于中心县城区，没有重要生态资源限制和约束；城镇中心外围的III、IV级空间交错分布，是国土空间开发与生态保护矛盾最突出的区域。

### 2.2 农业生产适宜性

农业生产适宜性衡量区域农业资源禀赋以及生产潜力，反映本底条件对农业生产的支撑能力，表征该区域农业生产的适宜程度。从图4可知，宁远县农业生产适宜性总体较低，不同等级、区域的空间集聚分异特征差异明显，适宜生产区域主要以城区中心分割线为轴带东、西对称分布。农业生产适宜性从高到低为中适宜、低适宜、不适宜，依次为4375.88 hm<sup>2</sup>、34732.38 hm<sup>2</sup>、211037.94 hm<sup>2</sup>，分别占宁远县国土面积的1.75%、13.88%、84.37%。中适宜用地以破碎化、小斑块空间形态遍布于低适宜生产区域周围，拥有较高的生产潜力；低适宜用地主要沿宁远河等主要干支流两侧分布，比较适宜农业生产；不适宜用地集中分布于南北两侧山区以及宁远县中部城区范围，具有较强的生态资源约束，而中心城区已进行一定规模和强度开发，拥有较低生产潜力。

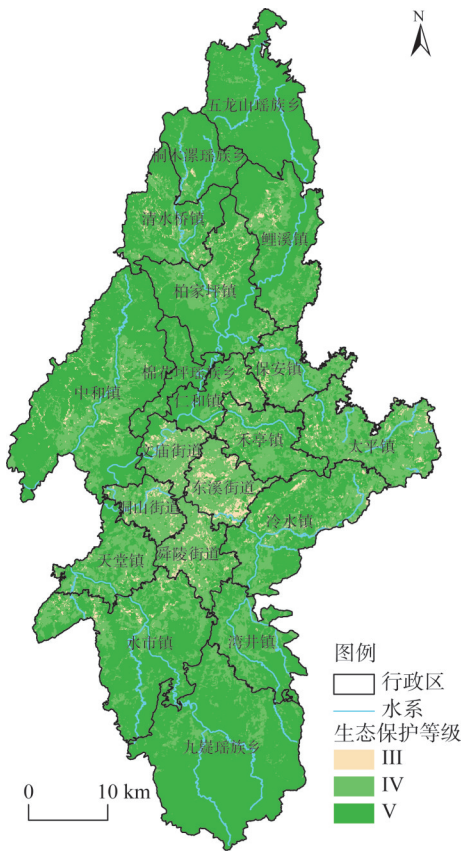


图3 宁远县生态保护重要性评价  
Fig. 3 Evaluation of importance of ecological protection in Ningyuan

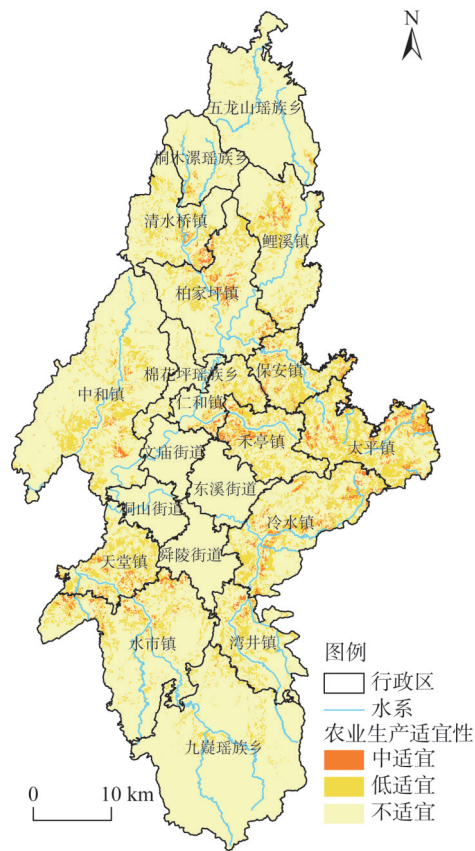


图4 宁远县农业生产适宜性评价  
Fig. 4 Evaluation of suitability of agricultural production in Ningyuan

### 2.3 建设开发适宜性

建设开发适宜性表征区域经济社会发展水平和国土空间开发潜力，反映本底条件、资源禀赋以及环境容量对建设的支撑能力与建设开发适宜程度。从图5可知，宁远县建设开发适宜性总体上较低，中心外围分布特征显著，以中心城区为核心并向四周辐射递减。建设开发适宜性从高到低为高适宜、中适宜、低适宜、不适宜，依次为2933.35 hm<sup>2</sup>、2200.09 hm<sup>2</sup>、62481.21 hm<sup>2</sup>、182531.56 hm<sup>2</sup>，分别占宁远县国土面积的1.17%、0.88%、24.98%、72.97%。高适宜用地零散分布于中心城区四个街道，十分适合建设开发；中适宜用地分布与高适宜区域交错分布，拥有较好的建设条件；低适宜用地集中分布中心城区及其外围周边区域，仅次于高、中适宜区的人口、交通与经济情况，拥有较好的开发潜力；不适宜用地集中分布于南北两侧生态敏感脆弱区域，建设开发潜力极小。

### 2.4 国土空间开发与保护格局特征

#### 2.4.1 生态—农业—建设空间格局

国土空间开发与保护格局集成生态、农业与建设三个功能指向的评价结果，是对国土空间用途进一步的剖析与认识。整体来看，宁远县以中心县城为核心，“三环带放射式”的国土开发与保护空间格局特征明显，建设—农业—生态空间呈“同心圆”圈层结构分布。从图6可知，建设开发空间集中分布于宁远县中部城区；农业生产空间集中分



图5 宁远县建设开发适宜性评价  
Fig. 5 Evaluation of suitability of construction and development in Ningyuan

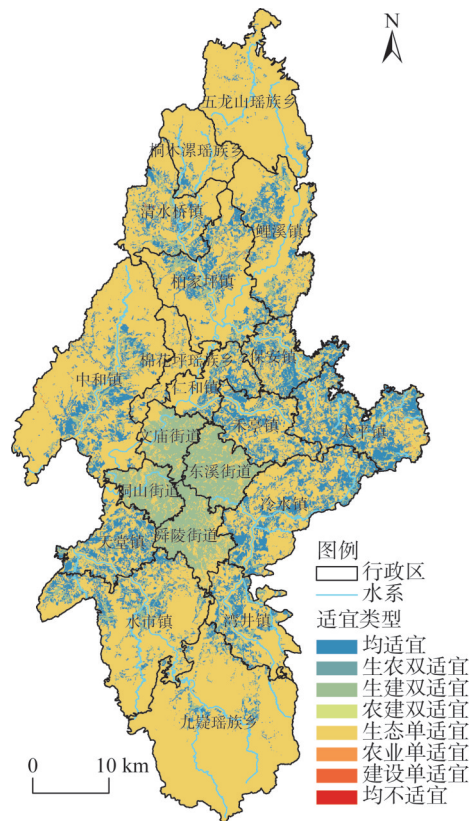


图6 宁远县国土空间开发与保护格局  
Fig. 6 Pattern of land space development and protection in Ningyuan

布于生态保护与建设开发空间之间,圈内东、西两侧农业生产适宜性较高;生态空间主要位于农业空间圈外,位于宁远县外围区域。建设、农业、生态三类圈层边界并不显著,圈层之间交错分布的区域人地关系较为复杂、国土空间用途矛盾尤为突出。

#### 2.4.2 单宜、双宜与多宜空间划分结果

单宜空间指的是仅适宜生态保护、农业生产、建设开发三者其中一种功能指向的区域。生态、农业、建设单适宜用地面积依次为 180839.81 hm<sup>2</sup>、55.89 hm<sup>2</sup>、126.26 hm<sup>2</sup>,分别占宁远县国土面积的 72.29%、0.02%、0.05% (表6)。其中,仅适宜于生态保护的空间面积最大,集聚分布特征显著,集中分布于南北两侧的九嶷瑶族乡、五龙山瑶族乡以及西部的中和镇、水市镇等乡镇;其余两类用地数量极少,零散分布在中和镇、柏家坪镇、清水桥镇以及太平镇等乡镇。双宜空间指的是适宜生态保护、农业生产、建设开发中的两种功能指向的区域。生态—农业、生态—建设、农业—建设双适宜用地面积依次为 1460.40 hm<sup>2</sup>、29896.40 hm<sup>2</sup>、919.31 hm<sup>2</sup>,分别占宁远县国土面积的 0.58%、11.95%、0.38%。其中,生态—建设空间用地面积最大,用地矛盾较为突出,集中分布于五龙山瑶族乡南部、九嶷山瑶族乡北部,位于风景名胜区内。多宜空间指的是同时适宜三种功能指向的区域,面积为 36672.67 hm<sup>2</sup>,占宁远县国土面积的 14.66%,主要分布在太平镇、冷水镇、和亭镇、柏家坪镇、鲤溪镇以及保安镇等乡镇,呈高密度、组团状聚集形态特征。该类空间主要位于生态功能重要区和中心县城之间,交通条件较好,坡度、高程等地形条件和地质灾害等限制较小,资源禀赋、环境本底条件适应多种用途,且多数位于生态、农业、建设空间的交错地带,是宁远县未来国土空间开发与保护格局优化的重点关注对象,也是土地用途决策最难抉择的区域。

表6 多功能指向的国土空间适宜性分区统计表

Table 6 Statistics of multifunctional spatial suitability zoning

适宜区	均不适宜	生态单适宜	农业单适宜	建设单适宜	生态、农业双适宜	生态、建设双适宜	农业、建设双适宜	三类均适宜
面积/hm <sup>2</sup>	175.46	180839.81	55.89	126.26	1460.40	29896.40	919.31	36672.67
比例/%	0.07	72.29	0.02	0.05	0.58	11.95	0.38	14.66

## 2.5 结果分析

(1) 宁远县生态保护重要性总体较高,不同等级、地区空间集聚和分异特征明显,整体呈南北两侧高、中部和西部偏低的分布格局。拥有较好的国土空间自然本底条件,需重点加强南、北两侧生态空间的保护力度,满足国家提倡的生态文明建设要求。

(2) 宁远县农业生产适宜性总体较低,适宜生产区域主要以城区中心分割线为轴带,呈东、西两侧对称分布格局。农业生产与生态保护矛盾尤为突出,未来需合理优化农业生产结构和布局,适当调整和转变发展利用方式,同时在维持生态红线的基础上,适当维持耕地和永久基本农田等适宜生产用地数量稳定,保障区域粮食与生态的“双安全”。

(3) 宁远县建设开发适宜性总体上较低,中心外围分布格局特征显著,以中心城区为核心并向四周辐射递减。中心城区及周边区域适宜建设的空间较大,可适当向中心城区集聚建设开发,发挥区域内交通廊道和枢纽发达的优势,联合统筹各类经济、文化产

业,提升区域经济吸引力和国土空间集约利用效率,优化配置“三生空间”的布局。

(4) 宁远县以中心县城为核心,“三环带放射式”的国土开发与保护空间格局特征明显,建设一农业一生态空间呈“同心圆”圈层结构分布。其中,生态一建设双宜用地与多宜用地是未来国土空间开发与保护格局优化重点对象,加强引导农业生产、建设开发空间向中心城区周围集聚,同时与旅游业相关的用地可适当向风景名胜区外围延伸,提高国土开发质量与效率,优化国土空间结构与格局。

### 3 讨论

本文目的是基于生态文明视角构建一个具有喀斯特地貌特色的“双评价”指标体系并精简评价流程和机制,在一定程度上解决了“双评价”中指标重复性等问题并弥补目前“双评价”工作缺乏区域特色的不足,为“三区三线”划定工作提供更为明确的方向。然而,研究仍存在若干客观限制、问题需加以讨论。

#### (1) 进一步提升“双评价”科学性与合理性

在开展“双评价”研究的过程中,指标构建、分级、确权等重要环节,参考已有研究成果的标准并结合当地实际修正,提升其结果的科学性和客观性,但存在一定的主观成分,如指标分级标准主要基于数据分布特征和自然断点法划分,修正过程中仍受到主观判断影响。由于“双评价”的科学内涵未能统一且指标体系各有侧重,评价结果阈值划分仍是难以解决的科学问题,需要深入理解“双评价”的科学内涵从而划分等级。研究参照《试行指南》等级分类以更符合湖南实际情况,但存在评价结果没有某一适宜性等级的问题,因此等级划分需依据当地实际情况修正。指标体系增加了人口、经济、交通等因素以尽可能替代社会公众参与,并兼顾了生态、粮食、地质安全、建设保障、社会经济等因素,虽然仍难以完全表征区域综合的国土空间开发适宜情况以及人地复杂关系,但在一定程度上反映区域资源开发利用情况。其次,以往研究虽然对承载状况进行综合评判,然而缺乏地域特色,理论与实践应用存在脱节<sup>[29]</sup>,难以指导区域精细化发展<sup>[30]</sup>。本文基于实践的思考,将资源环境承载力指标融入了适宜性评价,具有较好的落地性,为目前“双评价”耦合协调、顺序先后、指标重复等问题解决提供参考,进一步提高“双评价”科学性与合理性,同时对于其他区域开展“双评价”实践工作对有一定的指导意义。

#### (2) 进一步解决时空尺度转化与衔接问题

受到地方实际的社会经济条件、政策调整以及科技进步等因素影响,国土对于特定用途的适宜程度和承载状态处于动态变化中,因此需要强调“双评价”未来的动态性和潜在性,但受到历史数据可得性低等客观因素限制以及本文目的侧重于喀斯特地区“双评价”机制构建,未能进行必要的动态预警分析,静态的评价结果存在滞后性,造成一定程度夸大或缩小,但仍丰富了评价指标体系并扩大其应用领域,对“三区三线”划定等工作有一定借鉴作用。同时,“双评价”的空间尺度效应研究及不同尺度评价结果衔接也是值得深入的问题。选取不同的研究尺度、评价单元,评价结果具有较大差异。由于本次“双评价”研究是基于县域尺度进行分析,同时数据来源、类型多样,因此优先选择图斑作为评价单元,最终统一到格网单元,实现单元互补、相互融合,以尽可能表征

当地实际情况。但国家、省、市级等研究尺度更为宏观, 较多以行政辖区为评价单元, 研究目的、战略思想更具有前瞻性与导向性。宏、微观尺度“双评价”结果的有效衔接, 有利于国土空间格局统筹与优化、区域内部差异化政策制定和实施。由于湖南省目前省、市级“双评价”工作尚未完成, 难以获取宁远县其他尺度的“双评价”结果, 因此探究“双评价”的尺度效应和多尺度结果衔接, 进一步论证并提高“双评价”结果的科学性和合理性也是后续关注的重点。

### (3) 亟需支撑“三区三线”等国土空间规划新需求

“双评价”是国土空间规划的前期基础, 通过精简“双评价”流程、增减指标, 构建喀斯特特色的指标体系, 弥补当前“双评价”研究缺乏区域特色的不足, 深化县域尺度资源环境本底认识。但目前评价结果应用仍有一定局限性, 如何更有效支撑“三区三线”优化是目前亟需的现实需求。生态保护红线的优化可通过对比“双评价”结果和初步划定红线进行相应调整、补划, 重点关注高海拔、陡坡、高植被覆盖等区域; 永久基本农田调整优化可通过对比评价结果和已有的基本农田规模、布局, 适当将农业生产适宜性高的耕地划入, 并调出坡度过高的基本农田, 降低生态和灾害危险; 城镇开发边界需因势利导划定, 以“双评价”结果为基础, 并考虑城市发展的延续态势、依托的交通优势以及整体的建设布局等因素。同时, 满足生态修复、建设项目时序安排等现实需求, 构建科学有效的“双评价”一人地作用—空间规划—空间治理—生态文明建设等应用传导机制也是后续研究方向之一。

**致谢:** 感谢湖南省自然资源厅以及湖南省第二测绘院在论文研究中给予的帮助与支持。

### 参考文献(References):

- [1] 卫思夷, 居祥, 荀文会. 区域国土开发强度与资源环境承载力时空耦合关系研究: 以沈阳经济区为例. 中国土地科学, 2018, 32(7): 58-65. [WEI S Y, JU X, XUN W H. Spatial-temporal coupling relationship between regional land development intensity and resource and environment bearing capacity: A case study of Shenyang Economic Zone. China Land Science, 2018, 32(7): 58-65.]
- [2] 李龙, 吴大放, 刘艳艳, 等. 基于CA-Markov模型的惠州市生态与经济协调度时空演变特征及模拟预测. 生态与环境学报, 2020, 36(2): 161-170. [LI L, WU D F, LIU Y Y, et al. Spatial and temporal evolution characteristics and simulation prediction of ecological and economic coordination degree in Huizhou city based on CA-Markov model. Journal of Ecology and Rural Environment, 2020, 36(2): 161-170.]
- [3] 中共中央国务院. 关于建立国土空间规划体系并监督实施的若干意见. [http://www.gov.cn/zhengce/2019-05/23/content\\_5394187.htm](http://www.gov.cn/zhengce/2019-05/23/content_5394187.htm), 2019-05-23. [The Central Committee of the Communist Party of China and the State Council. Several opinions on the establishment and supervision of the land space planning system. [http://www.gov.cn/zhengce/2019-05/23/content\\_5394187.htm](http://www.gov.cn/zhengce/2019-05/23/content_5394187.htm), 2019-05-23.]
- [4] 沈春竹, 谭琦川, 王丹阳, 等. 基于资源环境承载力与开发建设适宜性的国土开发强度研究: 以江苏省为例. 长江流域资源与环境, 2019, 28(6): 1276-1286. [SHEN C Z, TAN Q C, WANG D Y, et al. Research on land development intensity based on resource and environment carrying capacity and suitability of development and construction: A case study of Jiangsu province. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2019, 28(6): 1276-1286.]
- [5] 郝庆, 邓玲, 封志明. 国土空间规划中的承载力反思: 概念、理论与实践. 自然资源学报, 2019, 34(10): 2073-2086. [HAO Q, DENG L, FENG Z M. Reflection on carrying capacity in territorial space planning: Concept, theory and practice. Journal of Natural Resources, 2019, 34(10): 2073-2086.]

- [6] 吴大放, 胡悦, 刘艳艳, 等. 城市开发强度与资源环境承载力协调分析: 以珠三角为例. 自然资源学报, 2020, 35(1): 82-94. [WU D F, HU Y, LIU Y Y, et al. A coordinated analysis of urban development intensity and resource and environmental carrying capacity: A case study of the Pearl River Delta. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(1): 82-94.]
- [7] 蒋佳佳, 邵景安, 谭少军, 等. 重庆两江新区低丘缓坡开发建设生态适宜性评价. 地理研究, 2019, 38(6): 1403-1419. [JIANG J J, SHAO J A, TAN S J, et al. Ecological suitability evaluation for the development and construction of low hills and gentle slopes in Liangjiang new area of Chongqing. *Geographical Research*, 2019, 38(6): 1403-1419.]
- [8] 李晓东, 塔西甫拉提·特依拜, 范卓斌, 等. 基于适宜性和安全性评价的干旱区绿洲后备耕地资源开发: 以渭干河—库车河三角洲绿洲为例. 地理研究, 2016, 35(1): 163-172. [LI X D, TASI F T, FAN Z B, et al. Development of reserve cultivated land resources in oasis in arid areas based on suitability and safety evaluation: A case study of Weigan-Kuqa River Delta Oasis. *Geographical Research*, 2016, 35(1): 163-172.]
- [9] 崔昊天, 贺桂珍, 吕永龙, 等. 海岸带城市生态承载力综合评价: 以连云港市为例. 生态学报, 2020, 40(8): 1-10. [CUI H T, HE G Z, LYU Y L, et al. Comprehensive evaluation of ecological carrying capacity of coastal cities: A case study of Lianyungang city. *Acta Ecologica Sinica*, 2020, 40(8): 1-10.]
- [10] 唐常春, 孙威. 长江流域国土空间开发适宜性综合评价. 地理学报, 2012, 67(12): 1587-1598. [TANG C C, SUN W. Comprehensive evaluation of the suitability of land space development in the Yangtze River Basin. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(12): 1587-1598.]
- [11] 谭欣, 杨晓青, 黄大全, 等. 沈阳经济区建设用地上开发适宜性评价. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2017, 53(5): 559-566. [TAN X, YANG X Q, HUANG D Q, et al. Suitability evaluation of construction land development in Shenyang Economic Zone. *Journal of Beijing Normal University: Natural Science*, 2017, 53(5): 559-566.]
- [12] 车冰清, 孟德友, 陆玉麒, 等. 江苏省空间开发适宜性与土地利用效率的协调性分析. 中国土地科学, 2017, 31(5): 20-30. [CHE B Q, MENG D Y, LU Y Q, et al. Analysis on the coordination between spatial development suitability and land use efficiency in Jiangsu province. *China Land Science*, 2017, 31(5): 20-30.]
- [13] 吴艳娟, 杨艳昭, 杨玲, 等. 基于“三生空间”的城市国土空间开发建设适宜性评价: 以宁波市为例. 资源科学, 2016, 38(11): 2072-2081. [WU Y J, YANG Y Z, YANG L, et al. Suitability evaluation of urban land space development and construction based on "three living spaces": A case study of Ningbo city. *Resources Science*, 2016, 38(11): 2072-2081.]
- [14] 李靖, 廖和平, 蔡进. 基于风险评价的低丘缓坡土地开发建设适宜性情景模拟: 以重庆市巴南区为例. 资源科学, 2018, 40(5): 967-979. [LI J, LIAO H P, CAI J. Scenario simulation of land development and construction suitability of low hill and gentle slope based on risk assessment: A case study of Banan district, Chongqing. *Resources Science*, 2018, 40(5): 977-979.]
- [15] 冯雨豪, 王瑾, 毕如田, 等. 基于GIS网格模型的亳清河经济区产业开发空间适宜性评价. 地域研究与开发, 2018, 37(6): 39-45. [FENG Y H, WANG J, BI R T, et al. Evaluation of spatial suitability of industrial development in Boqinghe Economic Zone based on GIS grid model. *Areal Research and Development*, 2018, 37(6): 39-45.]
- [16] 叶英聪, 孙凯, 匡丽花, 等. 基于空间决策的城镇空间与农业生产空间协调布局优化. 农业工程学报, 2017, 33(16): 256-266. [YE Y C, SUN K, KUANG L H, et al. Coordinated layout optimization of urban space and agricultural production space based on spatial decision-making. *Transactions of the CSAE*, 2017, 33(16): 256-266.]
- [17] 陆张维, 徐丽华, 吴亚琪. 基于适宜性评价的中心城区建设用地上布局: 以杭州市为例. 长江流域资源与环境, 2016, 25(6): 904-912. [LU Z W, XU L H, WU Y Q. Construction land layout in central urban areas based on suitability assessment: A case study of Hangzhou. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2016, 25(6): 904-912.]
- [18] ARABSHEIBANI R, SADAT Y K, ABEDINI A. Land suitability assessment for locating industrial parks: A hybrid multi criteria decision-making approach using geographical information system. *Geographical Research*, 2016, 54(4): 446-460.
- [19] AHMADI F F, LAYEGH N F. Integration of artificial neural network and geographical information system for intelligent assessment of land suitability for the cultivation of a selected crop. *Neural Computing and Applications*, 2015, 26(6): 1311-1320.

- [20] WANG Q, XU J G, XU W W. A GIS approach to the urban land suitability evaluation. *Progress in Geophysics*, 2015, 20(3): 877-880.
- [21] 邱建. 四川天府新区规划的主要理念. *城市规划*, 2014, 38(12): 84-89. [QIU J. The main concept of Sichuan Tianfu new area planning. *City Planning Review*, 2014, 38(12): 84-89.]
- [22] 张荣群, 王大海, 艾东, 等. 基于生态位和“反规划”思想的城市土地开发适宜性评价. *农业工程学报*, 2018, 34(3): 258-264. [ZHANG R Q, WANG D H, AI D, et al. Evaluation of suitability of urban land development based on ecological niche and "negative planning". *Transactions of the CSAE*, 2018, 34(3): 258-264.]
- [23] 迪力沙提·亚库甫, 严金明, 李强. 基于生态导向与自然条件约束的青海省国土空间开发适宜性评价研究. *地理与地理信息科学*, 2019, 35(3): 94-98. [DELISATI Y, YAN J M, LI Q. Evaluation of suitability of Qinghai province's territorial space development based on ecological orientation and natural conditions constraints. *Geography and Geo-Information Science*, 2019, 35(3): 94-98.]
- [24] 王成金, 张岸. 基于交通优势度的建设用地适宜性评价与实证: 以玉树地震灾区为例. *资源科学*, 2012, 34(9): 1688-1697. [WANG C J, ZHANG A. Evaluation and demonstration of the suitability of construction land based on traffic dominance: A case study of Yushu earthquake stricken area. *Resources Science*, 2012, 34(9): 1688-1697.]
- [25] 洪步庭, 任平. 基于最小累积阻力模型的农村居民点用地生态适宜性评价: 以都江堰市为例. *长江流域资源与环境*, 2019, 28(6): 1386-1396. [HONG B T, REN P. Evaluation of ecological suitability of land use for rural residential areas based on minimum cumulative resistance model: A case study of Dujiangyan city. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019, 28(6): 1386-1396.]
- [26] 岳文泽, 王田雨. 资源环境承载力评价与国土空间规划的逻辑问题. *中国土地科学*, 2019, 33(3): 1-8. [YUE W Z, WANG T Y. Logical problems on the evaluation of resources and environment carrying capacity for territorial spatial planning. *China Land Science*, 2019, 33(3): 1-8.]
- [27] 湖南省自然资源厅. 湖南省资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价技术指南(试行). 2019. [Hunan Provincial Department of Natural Resources. Technical guide for evaluation of the bearing capacity of resources and environment and the suitability of land space development in Hunan province (trial). 2019.]
- [28] 纪学朋, 黄贤金, 陈逸, 等. 基于陆海统筹视角的国土空间开发建设适宜性评价: 以辽宁省为例. *自然资源学报*, 2019, 34(3): 451-463. [JI X P, HUANG X J, CHEN Y, et al. Evaluation of suitability of land space development and construction based on the perspective of land-sea coordination: A case study of Liaoning province. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(3): 451-463.]
- [29] 黄贤金, 宋娅娅. 基于共轭角力机制的区域资源环境综合承载力评价模型. *自然资源学报*, 2019, 34(10): 2103-2112. [HUANG X J, SONG Y Y. Evaluation model of comprehensive carrying capacity of regional resources and environment based on conjugate wrestling mechanism. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(10): 2103-2112.]
- [30] 牛方曲, 封志明, 刘慧. 资源环境承载力综合评价方法在西藏产业结构调整中的应用. *地理学报*, 2019, 74(8): 1563-1575. [NIU F Q, FENG Z M, LIU H. Application of comprehensive evaluation method of resource and environmental carrying capacity in the adjustment of industrial structure in Tibet. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(8): 1563-1575.]

## "Double evaluations" of karst area from the perspective of ecological civilization: A case study of Ningyuan in ecologically sensitive area

LI Long<sup>1</sup>, WU Da-fang<sup>1</sup>, LIU Yan-yan<sup>1</sup>, TENG Li<sup>1</sup>, WU Zhi-feng<sup>1</sup>, FENG Zhao-hua<sup>2</sup>

(1. School of Geography and Remote Sensing, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China;

2. Hunan Second Surveying and Mapping Institute, Changsha 410000, China)

**Abstract:** The purpose of this paper is to simplify the "double evaluations" mechanism and evaluation process, build an index system with karst characteristics from the perspective of ecological civilization to identify the advantages and disadvantages of the local resource background, and depict the characteristics of the spatial pattern more accurately. The evaluation index system was constructed from three perspectives including ecology, agriculture and construction. And we integrated the "barrel short board effect", weighted linear summation and multi-factor spatial overlap analysis to calculate the suitability degree of different functions in Ningyuan. The results show that the importance of ecological protection in the study area is relatively high, and the characteristics of spatial agglomeration and differentiation are obvious. The suitability of agricultural production is generally low. The areas suitable for production mainly take the central dividing line of the city as the axis belt, which shows a symmetrical distribution pattern on the east and west sides. On the whole, the suitability of construction and development is low, and the distribution pattern is remarkable. The pattern of land development and protection of "three-ring belts radiating" is obvious, and the construction-agriculture-ecological space is distributed in concentric circles. Areas of multiple, double, single and inappropriate spaces are 36672.67 hm<sup>2</sup>, 32276.11 hm<sup>2</sup>, 181022 hm<sup>2</sup> and 175.46 hm<sup>2</sup>, accounting for 14.66%, 12.90%, 72.37% and 0.07%, respectively. The conclusion is that Ningyuan has good natural conditions, but it still needs to strengthen the protection of ecological space in the south and north to meet the requirements of ecological civilization construction. There are some conflicts between agricultural production and ecological protection space, so it is necessary to rationally optimize the structure and distribution of agricultural production to ensure the "double security" of regional food and ecology. There is less space suitable for construction and development, so we need to use land resources intensively, adjust and change the mode of development properly, and coordinate the relationship between "three living spaces". Double- and multi-suitable land for ecological construction is the key goal of the future development and protection pattern. This will give us a better understanding of the base of land space, and improve the scientificity and operability, which can provide reference and scientific support for the "double evaluations" work in ecologically fragile and sensitive areas, such as Southwest China.

**Keywords:** ecological civilization construction; "double evaluations"; karst region; territorial space planning; ecologically sensitive area; Ningyuan county