

刘霈珈, 吴克宁, 宋 文, 等. 基于安全利用的永久基本农田调控[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(9): 213–217.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.09.058

# 基于安全利用的永久基本农田调控

刘霈珈, 吴克宁, 宋 文, 李晨曦, 杨 敏

[中国地质大学(北京)土地科学技术学院/国土资源部土地整治重点实验室, 北京 100035]

**摘要:**“十分珍惜、合理利用土地和切实保护耕地”的基本国策, 要求在新常态下更要全面掌握耕地质量情况, 对永久基本农田进行划定、调控并实行永久保护。基于农用地分等成果、土地质量地球化学评估成果、土壤环境质量评价成果, 选用叠加法整合前 2 项成果, 运用潜在生态危害指数法进行土壤环境质量评价, 以河南省温县为例探讨基于安全利用的永久基本农田调控思路。研究表明, 划定后的永久基本农田不仅面积增加了 20.73 hm<sup>2</sup>, 调入的基本农田利用等、肥力、环境健康、地化综合质量都大幅提高, 总潜在风险危害程度则大幅降低。该思路不仅丰富了耕地综合质量的内涵, 突出强调了耕地的生态安全, 更为区域土地资源的安全、合理、高效、可持续利用提供科学依托。

**关键词:** 土地管理; 永久基本农田; 农用地分等; 土地质量地球化学评估; 土壤环境质量

**中图分类号:** F323.211 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)09-0213-04

“十分珍惜、合理利用土地和切实保护耕地”的基本国策, 要求在新常态下更要全面掌握耕地质量情况, 对永久基本农田进行划定、调控并实行永久特殊保护, 是适应、贯彻、落实“创新、协调、绿色、开放、共享”新发展理念的应有之义、应有之举、应尽之责。我国的基本国情使得如此泱泱大国必须实施最严格的耕地保护制度, 才能实现“碗里装自己粮食”。

2010 年国家正式启动了十七届三中全会首次提出的划定永久基本农田工作。党的十八大以来, 习近平总书记、李克强总理等中央领导同志在一系列重要批示指示中提出保障国家粮食安全的根本在耕地, 保护耕地最重要的是把基本农田保护好。2015 年 3 月 30 日国土资源部办公厅、农业部办公厅联合下发《关于切实做好 106 个重点城市周边永久基本农田划定工作有关事项的通知》, 要充分利用现有的第二次全国土地调查成果、地球物理化学调查、耕地质量等级更新和完善工作等一系列成果, 充分查清潜力、摸清家底、掌握耕地的“数量、质量、空间分布和构成”, 将永久基本农田划准划实。同时, 国土资源部也明确要求, 优质耕地要优先划入基本农田, 经由农业、环保等直管主管部门监测和评定严重污染无法治理的耕地或者不符划定要求的耕地应划出基本农田。“十三五”规划期间, 党中央、国务院要求划定城市周边永久基本农田, 充分做好结构调整, 做到“藏粮于地, 藏粮于技”, 既要有足够的耕地数量为基础, 也要有较好的耕地质量为保障, 这不仅仅是为满足保障国家粮食安全的需要, 还要保数量、保质量、保生态“三位一体”。

目前, 国内重要的土地质量评价工作有农用地分等(以

下简称分等)、全国土地质量地球化学评估(以下简称地化)和土壤环境质量评价(以下简称环评)。但这 3 项工作不论从评价角度还是评价对象都有较大区别。其中, 分等成果旨在综合评价农用地的自然本底质量、利用状况和社会经济投入; 地化成果旨在综合反映土壤有益元素、有毒有害元素和有机污染物含量水平等地球化学指标因素及其对土地基本功能的影响程度; 环评成果则是在全面掌握土壤及其环境特征、主要污染源、污染物、土壤背景值或本底值及土壤生态状况等资料的基础上综合反映土壤污染状况。尽管分等成果可全面反映农用地质量, 却未考虑农用地的污染情况, 而地化成果可全面反映土壤肥力、环境和健康状况, 却未能充分体现农用地的潜在生态风险。

农用地分等成果在土地利用总体规划<sup>[1]</sup>、土地整治<sup>[2-4]</sup>、基本农田划定<sup>[5-6]</sup>、耕地产能核算及占补平衡潜力评价<sup>[7-8]</sup>、耕地质量评价及监测<sup>[9-12]</sup>、农业结构调整<sup>[13]</sup>、土地复垦适宜性评价<sup>[14]</sup>等方面得到了应用, 全国土地质量地球化学评估成果也在农产品产地适宜性评价<sup>[15]</sup>、矿床地质学研究<sup>[16]</sup>、生态风险评估<sup>[17]</sup>、土壤环境污染程度评定<sup>[18]</sup>等方面得到广泛应用。分等与地化的整合成果也在耕地质量监测<sup>[19]</sup>、新增建设用地调整<sup>[20]</sup>、基本农田划定<sup>[21]</sup>和高标准基本农田建设<sup>[22]</sup>等方面得到了初步应用。分等与环评的整合成果在耕地综合质量评价<sup>[23-24]</sup>等方面也得到了初步应用。许多基本农田划定调整方法的研究中, 都会用定性与定量的方法结合耕地自然本底质量、行政政策和区位等因素, 却往往对耕地环境健康质量和潜在风险的讨论少之又少。因此为适合新常态下的耕地保护要求, 全面掌握耕地综合质量状况, 就必须有效、充分地整合多源数据, 取长补短。

综上所述, 本研究选用叠加法充分整合农用地分等成果和土地质量地球化学评估成果, 运用潜在生态危害指数法对研究区进行土壤环境质量评价, 以河南省温县优质耕地为例, 综合探讨基于安全利用的永久基本农田调控思路。这不仅集中探讨了耕地的生产能力, 还突出强调了耕地的生态安全, 补充了永久基本农田的内涵, 完善了永久基本农田的划定方法。

收稿日期: 2016-04-27

基金项目: 国土资源部公益性行业科研专项(编号: 201511082-2)。

作者简介: 刘霈珈(1989—), 女, 甘肃庆阳人, 博士研究生, 主要从事土地评价与土地规划研究。E-mail: cugbliupj@163.com。

通信作者: 吴克宁, 教授, 博士生导师, 主要从事土地评价与土地规划。E-mail: wukening@cugb.edu.cn。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

温县地处河南省焦作市南部,地理坐标 112°51′~113°13′E、34°52′~35°02′N,东邻武陟县,南与荥阳市、巩义市隔黄河相望,西邻孟州,西北与沁阳市接壤,东北隔沁河与博爱县交界。温县辖 7 个镇、3 个乡、共有 262 个行政村。县域东西长 32.5 km,南北宽 24 km,面积 473.89 km<sup>2</sup>,人口 44.64 万人,人口密度 942 人/km<sup>2</sup>,是一个人多地少、人口稠密的平原农业旅游县。

温县是黄河以北第一个吨粮县,其自然等主要为 11~14 等;利用等主要为 9~13 等;经济等主要为 7~9 等。全县肥力质量中等,环境质量中下等,地化综合质量中等,其中优良(Ⅱ等)、良好(Ⅲ等)、中等(Ⅳ等)、差等(Ⅴ等)的土地面积分别占总面积的 63.37%、5.16%、16.71%、14.76%;差等土地集中分布在祥云镇、岳村乡、温泉镇的南部。

1.2 研究方法

1.2.1 叠加整合分析法 本研究基于 GIS 空间分析法,以分等单元为评价单元,将地化成果中的肥力、环境和综合质量的相关信息与分等成果进行有效整合,进行耕地整合质量评价,分为肥力整合质量、环境整合质量、地化整合质量 3 个方面(表 1)。方法的根本目的是要在掌握农用地的实际生产能力和农田保护目标的同时突出对其土壤肥力、生态环境污染状况的特别关注。

表 1 耕地整合质量评价表

利用等	地化质量		
	肥力质量	环境质量	地化综合质量
1	Ⅰ	Ⅰ	Ⅰ
2	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
3	Ⅲ	Ⅲ	Ⅲ
4			Ⅳ
∴			Ⅴ

1.2.2 潜在生态危害指数法 潜在生态危害指数是瑞典科学家 Hakanson 提出的沉积物中重金属危害性的评价方法,可使区域质量评价更具代表性和可比性。潜在生态危害指数法考虑了各元素的潜在生态危害系数及各重金属元素的毒性效应,其评价结果可反映重金属污染的潜在生态危害,是土壤环境质量评价的根本目的。其计算式如下:

表 4 耕地整合质量变化趋势

整合质量	北部		南部		空间分布描述
	地化等别	利用等别	地化等别	利用等别	
肥力整合	Ⅰ	13	Ⅲ	9	由北向南质量逐渐降低,北部番田镇、黄庄镇、北冷镇较优,北部的武德镇和南部各镇较差
环境整合	Ⅱ	13	Ⅲ	9	由北向南质量逐渐降低,北部各镇优,中部地区较差,南部地区最差
综合整合	Ⅱ	13	Ⅴ	9	分布较均匀,但中北部地区耕地地化综合质量多为Ⅲ等和Ⅳ等,南部地区存在较多地化综合质量Ⅴ等的耕地

2.2 潜在生态危害指数法评价结果及分析

通过对潜在生态危害指数法评价结果进行分析发现,以河南省土壤环境背景值(PS)为评价标准时总污染参数 C<sub>d</sub> 平均为 20.21,平均污染程度为重度污染;总潜在生态危害指数 RI 平均

$C_f^i = C_{f\text{表层}}^i / C_n^i, C_d = \sum C_f^i, E_f^i = T_f^i \times C_f^i, RI = \sum E_f^i = \sum T_f^i \times C_f^i$ 。式中: C<sub>f</sub><sup>i</sup> 为某一金属的污染参数(单因子污染参数); C<sub>f 表层</sub><sup>i</sup> 为沉积物中污染物的实测参数; C<sub>n</sub><sup>i</sup> 为全球工业化前的沉积物中污染物含量最大值,本研究分别以河南省土壤环境背景值(primary standard, PS)为一级标准和筛选值(secondary standard, SS)为二级标准作参比(表 2); C<sub>d</sub> 为多种污染物的污染参数之和(多因子污染参数); E<sub>f</sub><sup>i</sup> 为潜在生态危害系数; T<sub>f</sub><sup>i</sup> 为单个污染物的毒性响应参数(As-10, Cd-30, Cr-2, Hg-40, Pb-5, Zn-1); RI 为潜在生态危害指数(多因子生态危害指数)。污染程度 C<sub>d</sub> 和潜在生态风险指数 RI 值相对应的污染程度和潜在生态风险程度<sup>[28-29]</sup>(表 3)。

表 2 土壤环境质量评价标准

污染物	一级标准 PS (背景值, mg/kg)	二级标准 SS (pH 值>7.5, mg/kg)
As	11.4	25
Cd	0.07	0.6
Cr	63.8	250
Hg	0.03	1
Pb	19.6	80

表 3 土壤重金属潜在生态危害指数法分级标准

C <sub>d</sub> 范围	总污染程度	RI 范围	总潜在生态风险程度
C <sub>d</sub> <5	低	RI<65	低
5≤C <sub>d</sub> <10	中	65≤RI<130	中
10≤C <sub>d</sub> <20	较高	130≤RI<260	较高
C <sub>d</sub> ≥20	很高	RI≥260	很高

1.3 数据来源

农田基础设施条件、外部水源保证率、各乡镇村农业经济报表数据主要参考《温县统计年鉴(2001—2011 年)》;土地质量地球化学评估成果主要来源于《河南省典型市县(温县)土地质量地球化学评估报告(2010 年)》;农用地分等成果主要来源于《温县农用地分等报告(2005 年)》。

2 实证分析

2.1 叠加整合成果分析

利用 ArcGIS 空间分析平台,将地化肥力质量、环境健康质量、地球化学综合质量与分等利用等进行物理叠加分析,整合质量均大致呈现从北向南逐渐降低的变化趋势(表 4 和图 1)。

为 302.22,平均潜在生态危害程度很高。以二级标准(SS)为评价标准时总污染参数 C<sub>d</sub> 平均为 14.87,平均污染程度为中度污染;总潜在生态危害指数 RI 平均为 106.61,平均潜在生态危害程度较高,各项结果均表明潜在生态危害有所降低(表 5)。

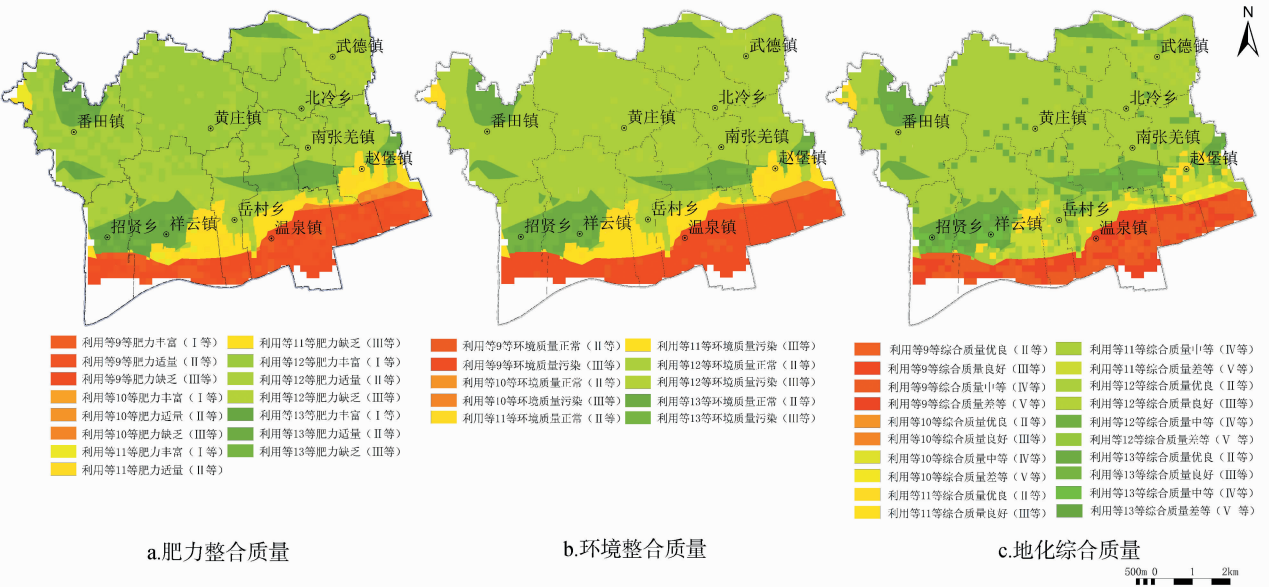


图1 温县耕地整合质量评价

表5 土壤重金属总污染程度  $C_d$  和总潜在生态危害指数  $RI$  统计结果

重金属	以二级标准为评价标准				以河南省土壤环境背景值为评价标准			
	最大值	最小值	平均值	标准差	最大值	最小值	平均值	标准差
$C_d$	21.06	8.68	14.87	8.75	38.03	2.39	20.21	25.20
As	0.67	0.14	0.41	0.37	0.3	1.47	0.89	0.83
Cd	6.58	0.15	3.37	4.553	16.11	1.23	8.67	10.52
Cr	0.38	0.14	0.26	0.17	1.5	0.53	1.02	0.69
Hg	0.95	0.01	0.48	0.67	31.69	0.37	16.03	22.15
Pb	0.60	0.17	0.385	0.30	2.43	0.7	1.57	1.22
$RI$	205.29	7.92	106.61	139.56	572.42	32.02	302.22	382.12

以二级标准为评价标准与以河南省土壤环境背景值为评价标准得到的结果进行对比可以看出,虽然以二级标准为评价标准时平均污染程度为中度污染,平均潜在生态危害程度较高,但中度污染和中度潜在生态风险的面积比例极小(图2)。通过对比分析发现,研究区的耕地整合成果虽显示部分地区地球化学综合质量较差(Ⅳ或Ⅴ等),但在土壤环境质量评价成果中却大多处于中低污染。这也又一次印证:土地质量地球化学评估成果中的地球化学综合质量是一个相对质量,是肥力质量和环境质量的综合划分,而本研究区地球化学综合质量受肥力质量的影响较大。因此在进行永久基本农田调控时,不仅要考虑耕地整合质量,还要结合土壤环境质量评价成果。

2.3 调控分析

(1) 调控方案。首先,明确本轮永久基本农田划定工作要坚持“法律依据、基本原则、数据基础”三不变,强调要将城镇周边、交通沿线现有易被占用的优质耕地和已建成的高标准农田作为“两个优先”划入。通过分析原有基本农田保护区耕地质量确定需要调出的基本农田。通过分析发现有占总基本农田面积比例高达24%的6 479.69  $hm^2$  耕地环境污染,在实际调控中无法理想化实现。故在此范围内抽选利用等别为9等、肥力质量为Ⅲ等、环境质量为Ⅲ等、地化综合质量为Ⅴ等、总潜在生态危害程度(以PS为评价标准)较高的230.12  $hm^2$  耕地调出基本农田。然后从一般农田和规划新

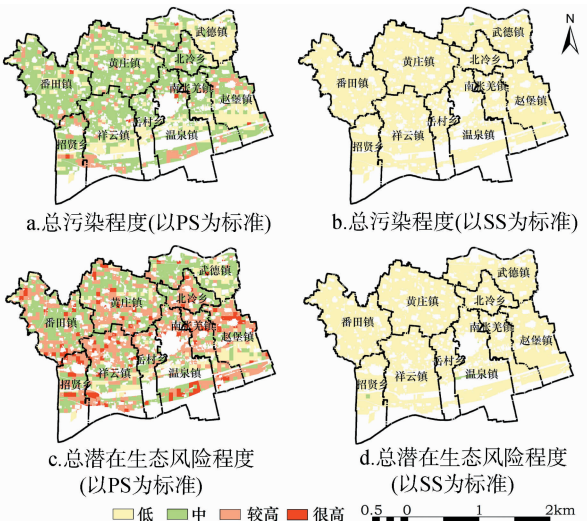


图2 基于PS和SS评价标准的总污染程度和总潜在生态风险

增建设用地中挑选耕地整合质量优、总潜在生态危害程度(以PS为评价标准)低的土地划入永久基本农田。通过比较分析,确定从城镇周边、交通沿线的一般农田中调入集中连片、环境Ⅱ等、肥力Ⅰ等、地化综合质量Ⅱ等的耕地237.12  $hm^2$ ,确定从规划新增建设用地中调入环境Ⅱ等、肥力Ⅰ等、地化综合质量Ⅱ等的土地13.73  $hm^2$ 。

(2) 调控结果。在原有基本农田基础上,根据划定方案

划定的永久基本农田不仅在数量上增加了 20.73 hm<sup>2</sup>,利用等别、肥力等别、环境等别、地化综合等别均有大幅提高,总潜在生态危害程度也大幅降低:调入占调入总面积的 54.06% 的利用等别 11~13 等农用地,调入占调入总面积的 75.07%

的肥力Ⅰ、Ⅱ等农用地,调入占调入总面积 75.07% 的地化综合质量Ⅱ等农用地,调入占调入总面积 75.07% 的中度总潜在生态危害程度的农用地(表 6、图 3)。

表 6 调控前后永久基本农田的综合质量对比

优化情况	利用等别	肥力等别	环境等别	地化综合等别	总潜在生态危害程度	面积 (hm <sup>2</sup> )	比例 (%)
调出	9	3	3	5	较高	230.12	100
调入	9	2	2	2	中	70.42	28.07
		3	2	3	较高	44.82	17.87
		2	2	2	中	1.6	0.64
		1	2	2	中	14.83	5.91
	12	1	2	2	中	3.15	1.26
		2	2	2	中	28.1	11.20
	13	1	2	2	中	41.32	16.47
		2	2	2	中	28.9	11.52
		3	2	3	较高	17.71	7.06

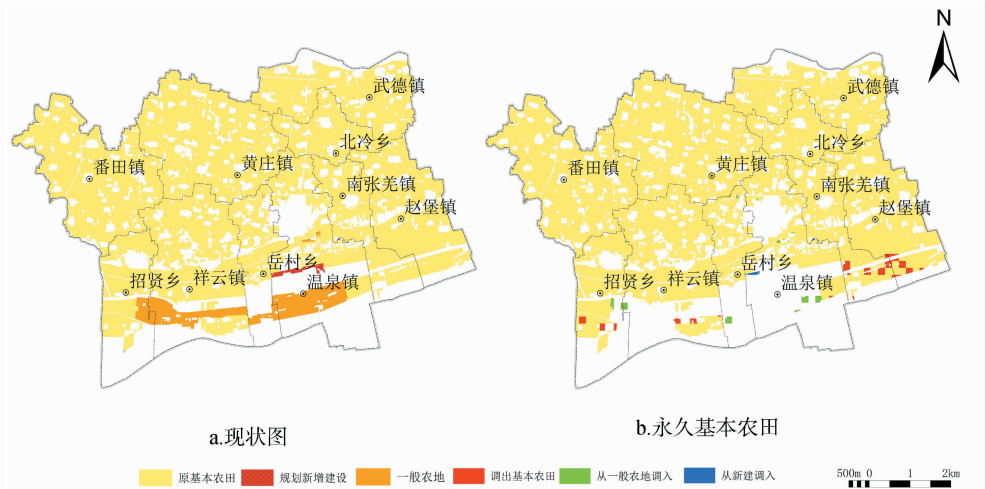


图3 永久基本农田保护区

3 结论与讨论

本研究整合农用地分等、土地质量地球化学评估、土壤环境质量评价 3 项工作的核心思路与成果。基于叠加法整合前 2 项成果,运用潜在生态危害指数法进行土壤环境质量评价,充分分析土地利用的自然、社会经济状况,突出强调其潜在生态风险的同时,探讨基于安全利用的永久基本农田调控思路。这不仅有效利用了现有的数据基础,进一步稳定和提升了耕地综合质量的含义,也补充了在新常态下永久基本农田的新内涵约束了城市的发展边界,还为永久基本农田的划定和土地利用总体规划的调整完善提供了科技支撑。

需要指明的是,本研究区属于粮食主产区,土壤环境良好,所以在划定时考虑了以河南省土壤环境背景值(PS)为评价标准时的总潜在生态危害程度,以期“优中取优”。但在土壤环境污染严重的地区,进行永久基本农田划定时,不仅要“优中取优”,还要考虑以二级标准(SS)为评价标准时的总污染程度和总潜在生态危害程度,做到“劣中去劣”。

参考文献:

[1]张凤荣,徐 艳,安萍莉,等. 农用地分等成果在土地利用总体规划

划中的应用探讨[J]. 中国土地科学,2006,20(6):21-25.

[2]唐秀美,任艳敏,潘瑜春. 基于景观格局与限制性因素分析的土地整治规划设计[J]. 北京大学学报(自然科学版),2015,51(4):677-684.

[3]徐 康,金晓斌,吴定国,等. 基于农用地分等修正的土地整治项目耕地质量评价[J]. 农业工程学报,2015,31(7):247-255.

[4]魏洪斌. 基于土地整治的耕地质量评价与提升研究[D]. 北京:中国地质大学(北京),2015.

[5]郑新奇,杨树佳,象伟宁,等. 基于农用地分等的基本农田保护空间规划方法研究[J]. 农业工程学报,2007,23(1):66-71,后插2.

[6]邱淑琴,娜仁图雅. 农用地分等成果在基本农田保护区划定中的应用[J]. 内蒙古科技与经济,2016,31(6):265-274.

[7]许 妍,吴克宁,程先军,等. 东北地区耕地产能空间分异规律及产能提升主导因子分析[J]. 资源科学,2011,33(11):2030-2040.

[8]李 陈,靳相木. 基于质量提升的规划期内县域耕地产能占补平衡潜力评价[J]. 自然资源学报,2016,31(6):265-274.

[9]胡伟静. 基于 LESA 体系的耕地质量评价及其应用研究[D]. 北京:中国地质大学(北京),2014.

[10]周子健,吴克宁,马建辉,等. 耕地质量等级监测中县域土地利用系数更新方法研究——以北京市大兴区为例[J]. 中国农业资源与区划,2013,34(3):66-72.

余晓芳,安裕伦,安 宁,等.喀斯特山区都市土地利用变化与 ESV 关系研究——以贵州省贵阳市为例[J].江苏农业科学,2017,45(9):217-222.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.09.059

# 喀斯特山区都市土地利用变化与 ESV 关系研究 ——以贵州省贵阳市为例

余晓芳<sup>1,2</sup>, 安裕伦<sup>1,2</sup>, 安 宁<sup>3</sup>, 姜海峰<sup>1,2</sup>

(1. 贵州师范大学地理与环境科学学院, 贵州贵阳 550001; 2. 贵州省山地资源与环境遥感应用重点实验室, 贵州贵阳 550001;  
3. 贵州省第三测绘院, 贵州贵阳 550001)

**摘要:**为合理利用喀斯特山区的土地,选取贵州省贵阳市作为研究区域,基于 Logistic-CA-Markov 模型预测不同情境下 2020 年贵阳市土地利用情况并对土地利用变化驱动下的生态系统服务价值(ESV)进行评估。结果表明,贵阳市在 2000—2010 年年间,草地、耕地、林地均有向居民工矿用地转移的趋势,居民工矿用地面积增加 202.53 km<sup>2</sup>,耕地面积减少了 452.90 km<sup>2</sup>,ESV 呈上升趋势,林地生态系统服务价值贡献最大;借助 Logistic-CA-Markov 模型模拟出贵阳市 2010 年土地利用格局,得到其 Kappa 系数约为 0.78,说明模拟的效果较好,经济快速发展情境下的贵阳市 2020 年居民工矿用地较自然情境下的面积增加更多,林地、草地、耕地均有所减少,在空间上主要以城区为中心扩展;基于预测结果评估土地利用变化驱动下的 ESV,2010—2020 年年间各土地利用类型服务价值均有所下降,情境 II 中 ESV 下降了 87.93 千万元,经济建设对生态环境已经产生了负面影响,喀斯特山区都市的生态环境形势仍然严峻。

**关键词:**土地利用变化预测;Logistic-CA-Markov 模型;生态系统服务价值(ESV);喀斯特山区

**中图分类号:** F301.24 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)09-0217-06

20 世纪以来,人类可利用的土地资源随着人口的加剧而变得越来越少,尤其是人地矛盾日益深化,土地利用的合理性与否逐渐引起世界关注。土地利用/土地覆被变化在全球环境变化和可持续发展中占有重要的地位<sup>[1]</sup>。土地利用的变

化时刻改变着区域乃至全球生态环境的变化<sup>[2]</sup>,研究土地利用变化对生态系统服务价值的影响及相互作用关系具有重要意义<sup>[3]</sup>。国外学者 Kumar 等结合 Markov 模型和遥感技术预测 Tamil Nadu 的土地利用结构<sup>[4]</sup>;Xia 等基于元胞自动机(cellular automate, CA)和神经网络(neural-network, NN)模型预测土地利用动态变化<sup>[5]</sup>;Yang 等将人工神经网络—元胞自动机(artificial neural network—cellular automata, ANN-CA 模型)和景观格局指数(landscape pattern indice, LPI)结合起来预测未来土地利用情况<sup>[6]</sup>。国内学者对于喀斯特山区土地利用变化的研究主要有王磊等采用人工神经网络与元胞自动机的耦合模型对喀斯特地区的土地利用格局变化进行模

收稿日期:2016-10-14

基金项目:国家自然科学基金(编号:41161002);贵州省省长基金[编号:黔省专合字(2011)46号]。

作者简介:余晓芳(1994—),女,江西上饶人,硕士研究生,研究方向为地理信息系统与遥感应用。E-mail:1528525436@qq.com。

通信作者:安裕伦,硕士,教授,研究方向为自然地理学、GIS 和环境遥感。E-mail:anyulun@126.com。

[11]宋 芊.耕地质量等别变化监测分区选取研究[D].北京:中国地质大学(北京),2014.

[12]吕慧敏,吴克宁,周 勇,等.基于农用地分等的耕地质量主导限制型研究[J].中国农业资源与区划,2015,36(7):11-18.

[13]覃靖骅,王观松,刘 洋,等.农用地分等成果在农业结构调整中的应用——以广东省连州市为例[J].广东农业科学,2007(3):96-98.

[14]罗光花.井工煤矿区土地复垦研究[D].昆明:昆明理工大学,2015.

[15]葛 文.山东烟台地区土壤地球化学环境与优质苹果生产的适应性评价[D].北京:中国地质大学(北京),2013.

[16]高军波,杨瑞东,陶 平,等.贵州镇宁泥盆系大型重晶石矿床地球化学特征及其成因研究[J].现代地质,2013,27(1):46-55.

[17]魏 敏,冯海艳,杨忠芳.北京市大气颗粒物中 Cd 的地球化学分布特征及其生态风险评估[J].现代地质,2012,26(5):983-988.

[18]高 宇,杨忠芳,张玲燕,等.运用地球化学调查数据研究银川盆地土壤环境污染程度[J].现代地质,2012,26(5):972-974.

[19]刘需珈,吴克宁,赵华甫.基于农用地分等与土地质量地球化学评估的耕地质量监测类型研究[J].资源科学,2015,37(1):37-44.

[20]刘需珈,吴克宁,高 硕.基于耕地综合质量的新增建设用地布局优化[J].江西农业大学学报,2014,36(3):692-698.

[21]刘需珈,吴克宁,赵华甫,等.基于耕地综合质量的基本农田布局优化——以河南省温县为例[J].中国土地科学,2015,29(2):54-59.

[22]刘需珈,吴克宁,赵华甫.河南省温县吨粮田高标准基本农田选址研究[J].中国农业资源与区划,2015,36(3):10-17.

[23]路 婕,李 玲,吴克宁,等.基于农用地分等和土壤环境质量评价的耕地综合质量评价[J].农业工程学报,2011,27(2):323-329.

[24]史文娇,汪景宽,边振兴,等.黑龙江北部土壤中主要重金属和微量元素状况及其评价[J].土壤通报,2005,36(6):880-883.