

基于生态补偿的低丘岗地改造与景观生态设计

钟学斌, 刘成武, 陈锐凯

(湖北科技学院 资源与环境科学学院, 湖北 咸宁 437100)

摘 要:低丘岗地改造是对景观单元的空间结构进行调整和重新构建。以湖北省红安县盐店河村为例,在完成生态调查和景观生态分区的基础上,制定了两个景观设计方案,并结合景观空间格局分析、景观稳定性评价以及生态服务价值测算,对两个景观生态设计方案进行了比较。结果显示:以增加耕地为目标的土地整理设计思路制定的方案,虽然采用了各种农田水利和护坡工程措施,但由于加大了对荒草地的开发,进一步减少了景观组分,降低了景观生态的稳定性,由原来的 0.546 下降为 0.340,而生态服务价值为 109.85 万元/a,略有提高;以生态补偿为目标制定的方案,引进了新的景观组分,坡旱地改造为生态林地和经济林地,因而景观生态稳定性得到较大提升,达到 0.66,生态服务价值也得到较大提高,达到 139.65 万元/a。

关键词:景观生态设计;低丘岗地改造;盐店河村

中图分类号:F205;F301.23

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)04-0147-06

Landscape Ecology Design in Reconstruction Project of Low Hill and Hillock Area

ZHONG Xue-bin, LIU Cheng-wu, CHEN Rui-kai

(Department of Resources and Environmental Science, Hubei University of Science and Technology, Xianning, Hubei 437100, China)

Abstract: The spatial pattern of landscape must be adjusted and reconstructed by the reforming project in the low hilly land. With a case of Yandianhe Village in Hong'an County, Hubei Province, two programs of landscape ecological design was proposed based on the ecology investigation and the landscape ecology district of function. And that, this research compared with the two programs by landscape spatial pattern analysis, landscape stability appraisal and ecology service value reckoning. The results showed that the landscape ecological stability reduced with the program 1 although a variety of water conservancy and slope protection engineering measures were used. And the evaluation value of ecological stability was down from 0.546 to 0.340, in spite that the ecosystem service value increased by 1.0985×10^6 Yuan/a; compared with program 1, program 2 was in order to ecological compensation, which made the landscape ecological stability improve greatly with introduction of some new landscape components. The evaluation value of ecological stability was up to 0.66, and the ecosystem service value increased by 1.3965×10^6 Yuan/a.

Key words: landscape ecological design; reconstruction of low hilly land; Yandianhe Village

对于生态补偿,国内外至今没有一个明确的定义^[1],目前一般把生态补偿理解为一种资源环境保护的经济手段。20 世纪五六十年代的以粮食为纲农业政策下,南方低丘岗地地区坡地过度垦荒,生态环境遭到破坏,水土流失成为主要的不稳定因素,严重制约了农业生产与区域社会经济的可持续发展。我国国土资源部加大了对这一类型区的资金投入,着力于土地整治和改造,以修复受损的生态系统,改善农业生产条件,提高土地生产力。这种以土地整治的形式

对项目区进行的资金投入实际上可看作是一种生态补偿措施。

景观生态规划与设计,是以景观单元的空间结构调整和重新构建为基本手段,改善受胁迫或受损伤生态系统的功能,大幅度提高景观系统的总体生产力和稳定性,将人类活动对景观演化的影响导入正向的良性循环^[2]。然而,如何抓住对景观内的生态流有控制意义的关键部位或战略性组分,通过景观斑块的引入或改变,以最少用地和最佳格局来维护景观生态过程

的健康与安全,是当前土地规划、区域和景观尺度生态建设所面临的共同难题^[3]。低丘岗地改造就是在小尺度的农业景观范围内,改变项目区内原有的景观格局,对项目区的农业景观进行重新优化和配置,形成新的景观格局的过程。亚热带丘陵岗地在我国土地资源结构中占有较大比重,本文以地处亚热带丘陵地区的红安县盐店河村为例,对低丘岗地改造与景观生态设计的问题进行实践探索,以期对同类型区的农业生态建设和规划提供借鉴。

1 数据与处理

1.1 研究区概况

湖北省红安县盐店河土地整理项目区位于红安县七里坪镇,倒水河上游,涉及七里坪镇的两个村:盐店河村和罗畈冲村。地理位置为东经 $114^{\circ}36'3''$ — $114^{\circ}37'30''$,北纬 $31^{\circ}27'48''$ — $31^{\circ}29'8''$ 。项目区面积为 189 km^2 。

1.2 数据与处理

数据来源:数据来源于 2006 年盐店河村 1:2 000 实测地形图和土地利用现状图,自然地理和社会经济统计资料由七里坪镇政府提供。

数据处理:(1) 先将 1:2 000 实测地形图和土地利用现状图(AutoCAD 2007)进行格式转换,生成 .dxf 格式并导入 GIS 软件平台(Supermap deskpro 5.3),随后在 Supermap deskpro 5.3 环境中完成 2006 年土地利用现状图图斑属性的录入,其中地类代码采用 2007 年《土地利用分类》国家标准进行分类和编码;(2) 借助 Supermap deskpro 5.3 技术平台完成景观生态规划和设计的制图,不同方案下的土地利用调整均通过图斑属性编辑来进行,最后各自生成规划专题图。(3) 将上述数据库依次进行格式转换生成 shape 格式文件并导出,借助 ArcView 3.2 将 shape 文件转换为 grid 格式,再运用 Fragstats 3.3 计算空间格局指数。

2 研究方法

2.1 技术路线

以景观生态优化利用和提高土地生产功能为主要目的的低丘岗地改造项目区景观生态规划与设计的程序主要分为项目区景观生态现状调查、项目区规划与设计、设计方案评价与调整 3 方面^[4],详细流程见图 1。

景观生态调查就是在确定项目区范围后,首先分析项目区土地利用的背景,包括自然条件、社会经济状况等。在此基础上对项目区进行实地踏勘和景观

生态调查,并进一步分析区域的生态环境问题和生态约束因子。景观生态规划设计首先对项目区进行分区,依据项目区景观生态存在的问题、解决途径和可持续景观体系建设的原则,将项目区分为保护区、整治区、恢复区和建设区。随后,根据不同的规划设计目标和原则编制两个或多个方案,由于不同的设计方案和措施会带来不同的经济、社会和生态效益,因此需要对预选方案进行分析比较,以选择综合效益好的方案。

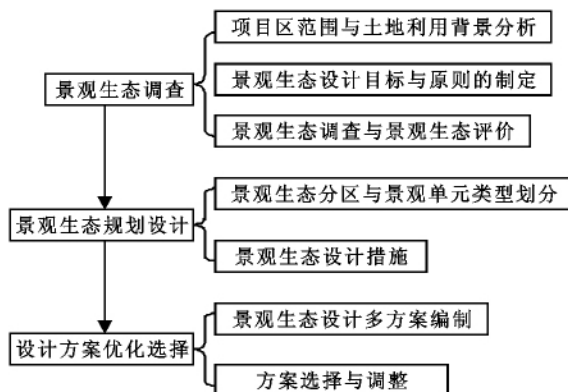


图 1 景观生态设计技术路线

2.2 景观生态评价

2.2.1 景观稳定性评价 景观稳定性评价主要是评价景观生态系统在开发利用中维持自身特点的能力^[5]。景观类型稳定程度的强弱既影响其利用现状,又影响景观生态系统的演变方向和未来利用程度。

景观稳定性包括景观功能的稳定性与空间结构的稳定性,功能稳定性是以景观格局的空间异质性为基础,因此采用反映景观异质性的景观均匀度、景观破碎度等指标来衡量,各指标的计算方法和生态学意义参见参考文献^[6]。

指标无量纲化。指标体系中有正作用和负作用两种类型的指标,为了突出景观的地域差异性,采取不同极差标准化进行处理:(1) 对景观稳定性起正作用的指标,这类指标越大越好,采用 $A_i = (X_i - X_{i,\min}) / (X_{i,\max} - X_{i,\min})$ 进行量化;(2) 对景观稳定性起负作用的指标,如景观破碎度,该类指标越小越好,则采用 $A_i = (X_{i,\max} - X_i) / (X_{i,\max} - X_{i,\min})$ 进行量化。

指标权重。采用均方差决策方法确定指标的权重^[7],其思路是:设多指标综合评价的方案集为 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$; 指标集为 $G = \{G_1, G_2, \dots, G_m\}$,评价指标权向量为 $W = \{W_1, W_2, \dots, W_m\}^T > 0$,且满足 $\sum W_i = 1$,方案集 A 对指标集 G 的经过无量纲化后的属性矩阵为 $Z = (Z_{ij})_{n \times m}$,表示方案 A 对指标集 G 的“属性矩阵”。以各评价指标为随机变量,各方案 A_i 在指标 G_i 下的无量纲化的属性值为该随机变量

的取值,求出这些随机变量的均方差归一化,其结果即为各指标的权重系数。根据这一方法计算出各指标的权重,求得景观多样性指数、景观均匀度和景观破碎度 3 个指标的权重分别为:0.33,0.33,0.34。

2.2.2 景观生态服务功能评价 根据生态系统服务价值理论^[8],每一类生态系统(景观单位)均具有多种生态服务功能,Costanza 等提出了 17 种功能^[9],其中包括生物有机质生产、水土保持、固定 CO₂ 和调节气候等主要服务功能,因此每一类土地利用(生态系统)的生态服务功能中均体现了经济、社会 and 生态的功能。由于 Costanza 等人的估算是 在全球尺度上进行的,因此为了减少将此应用于研究区所产生的误差,

本文使用谢高地等^[10]的 2007 年中国陆地生态系统单位面积生态服务的平均值来进行计算。

3 结果与分析

3.1 生态分区

根据研究区景观生态格局和土地利用现状(图 2—3),可将研究区分为保护区、恢复区、整治区和建设区 4 类(表 1)。其中保护区主要为植被覆盖较好的林地,恢复区为受人类活动干扰的残次林、荒草地,整治区为受人类过度开垦的水土流失较严重的坡旱地,建设区为居民点、农田和缓坡经济林以及沟谷观光生态区。

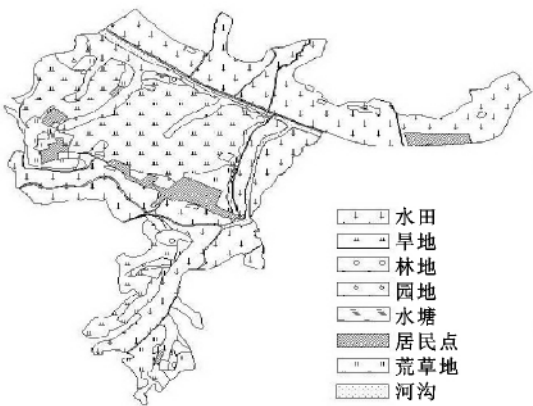


图 2 盐店河村土地利用现状

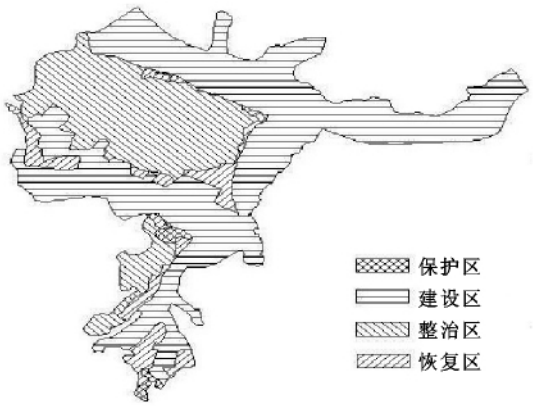


图 3 景观生态分区

表 1 盐店河村景观生态现状与生态分区

生态分区	面积/ hm ²	景观构成	平均坡度/(°)	海拔范围/ m	土壤侵蚀程度	有机质 含量/%	植被类型
保护区	2.01	次生林	13.07	95.98~115.88	弱	1.2~2.0	常绿阔叶
恢复区	15.31	残次林	21.89	95.24~120.00	中度	0.8~1.1	灌丛
		灌草地	18.12	102.28~129.37	中度	2.0~3.0	草灌丛
整治区	57.82	坡旱地	19.60	93.04~124.73	强	1.1~1.2	旱作
		水田	1.34	89.56~100.01	弱	2.1~3.0	水稻、油菜
建设区	113.86	居民点	0	86.33~112.29	—	—	—
		山塘	—	96.25~113.66	—	—	—

3.2 景观生态设计

目前国内普遍开展的土地整理规划设计主要以增加耕地为目标,通过土地平整、未利用地的开发以及居民点的迁并来获得新增耕地面积,建设资金主要用于土方工程、水利设施和道路等。

低丘岗地改造与平原地区的土地整理相比较具有新的特点,即:不再强调出地率机械化作业,而是要恢复受损的生态系统,重新构建一个半自然的农业生态系统——一种景观尺度的生态农业模式。作为一种自然生态补偿的形式,低丘岗地改造的景观生态设计应遵循如下原则:(1)景观总体生产力保持较高水平,维持较高的景观生产力才能保证持续土地利用的经

济可行性和生产力目标,也保证了生态系统为人类提供持续稳定的生态服务功能;(2)景观生态稳定性原则,维持景观生态系统的稳定,尤其是农业景观生态系统的稳定对于抗干扰能力的增强至关重要,如防止水土流失、病虫害等;(3)生态修复原则,原有自然生态系统大多遭受人为破坏,景观设计要通过引入新的景观组分(斑块、廊道)以改善景观生态流,并对受损的部位进行修复,或采用生态工程措施。

为了比较,本研究编制了两套设计方案,方案 1 以目前一贯的土地整理规划设计思路来组织设计(图 4),方案 2 依据上述生态补偿的规划设计原则,在景观生态学格局与过程原理的指导下编制完成(图 5)。

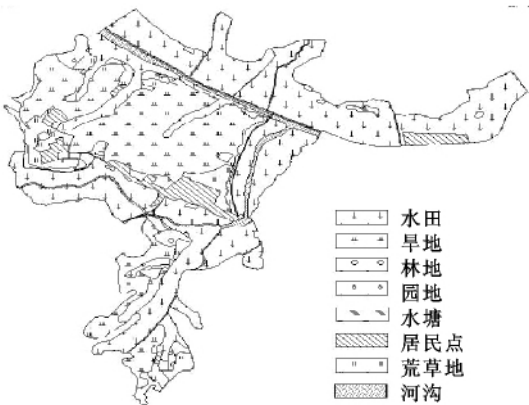


图 4 方案 1

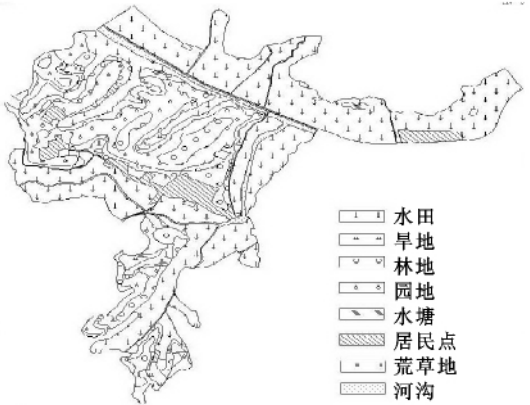


图 5 方案 2

3.3 方案比较

采用空间格局指数分析的方法,计算了项目区现状和两套方案的景观结构变化和景观异质性特征(表 2—3)。

方案 1 以增加耕地为目标,完全不考虑生态分区的要求,而统一将区内现有荒草地进一步开发为旱地,虽未增加旱地斑块数,但小块变成了大块,而其他地类均保持不变(表 2)。该方案也考虑了水土流失加剧的问题,主要采用护坡和坡改梯工程来解决,但工程资金占较大比重。

方案 2 在以上生态分区的基础上进行,首先将整治区的坡顶旱地、坡麓旱地和荒草地均转变为林地,

使林地斑块数增加,而坡腰旱地转变为园地或保留为旱地,因而旱地斑块数量增加,但总面积减少,林地和园地斑块数量和面积均增加,其结果是使景观连通性大大增加,有利于生态流的进行、系统内部物质和信息交换量可大大提高。其次,恢复区原有景观斑块主要为灌草和残次林,是经常性干扰的结果,因此,在生态补偿资金投入的情况下恢复为人工林地是有保障的。对于建设区的农田和居民点,主要采用农田水利工程,而保护区是小片林地可基本不动。另外该方案除了进行景观结构的调整,还引入新的景观组分(斑块和廊道),即增加了山塘的数量以及截留沟渠和防护林。

表 2 不同设计方案的盐店河村景观生态系统结构

斑块特征		水田	旱地	园地	林地	居民地	河沟	荒草地	坑塘	道路
斑块数	现状	8	5	4	4	8	5	14	14	9
	方案 1	8	5	4	4	8	5	10	14	9
	方案 2	8	12	7	15	8	5	3	15	9
斑块总面积/%	现状	52.07	25.56	1.26	1.29	4.80	3.02	10.24	1.02	0.73
	方案 1	52.07	29.27	1.26	1.29	4.80	3.02	6.53	1.02	0.73
	方案 2	52.07	4.21	14.77	18.48	4.80	3.02	0.83	1.10	0.73
平均斑块面积/hm ²	现状	12.303	9.66	0.597	0.612	1.133	0.147	1.382	0.138	0.017
	方案 1	12.303	13.83	0.597	0.612	1.133	0.147	1.234	0.138	0.017
	方案 2	12.303	0.663	3.987	2.328	1.133	0.147	0.523	0.138	0.017
平均斑块周长/m	现状	1271.59	1928.98	345.68	373.01	532.69	1854.02	723.73	151.41	811.88
	方案 1	1271.59	1301.50	345.68	373.01	532.69	1854.02	741.48	151.41	811.88
	方案 2	1271.59	396.53	1012.81	703.65	532.69	1854.02	518.17	153.41	811.88
平均斑块分维数	现状	1.227	1.145	1.091	1.154	1.143	1.391	1.180	1.076	1.366
	方案 1	1.227	1.150	1.091	1.154	1.143	1.391	1.206	1.076	1.366
	方案 2	1.227	1.130	1.235	1.248	1.143	1.391	1.279	1.077	1.366

表 3 不同方案的盐店河村景观空间格局指数

项目	总面积/hm ²	斑块数	平均分维数	多样性指数(SHDI)	均匀度指数(SHEI)	破碎度指数(LDI)
现状	189	71	1.199	1.368	0.622	0.890
方案 1	189	66	1.201	1.323	0.602	0.889
方案 2	189	82	1.229	1.444	0.657	0.904

采用景观格局分析工具 Fragstats 3.3,对项目区现状和两套方案的景观空间异质性特征进行计算,结果显示(表 3),现状平均斑块分维数最低,反映斑块形状规则,而景观破碎度指数较大,说明人类土地利用对景观干扰较大,使景观单位面积斑块数增大,如坡地过度开垦,林地被分割破碎化或退化为荒草地。方案 1 平均斑块分维数变化较小,并未过多改变斑块形状,但由于土地利用类型的调整使景观多样性指数和均匀度指数均明显减少,而破碎度指数几乎没有变化。方案 2 平均分维数有较大增加,反映调整后斑块形状趋于复杂化,由于引入了新的斑块组分,使得景观多样性指数和均匀度指数均有较大幅度提高,而破碎度指数略有增大。采用上述无量纲化方法,首先对评价指标进行标准化处理,然后乘以各自权重并求和,分别计算了项目区现状和两个不同方案的景观稳定性评价(表 4)。按评价结果并根据研究区实际,将景观稳定性分成 3 个等级^[5,11]:稳定(>0.65)、亚稳定($0.45\sim0.65$)和不稳定(<0.45)。结果显示,项目区现状生态稳定性评价为 0.54,处于亚稳定状态,方案 1 对景观结构进行调整后,荒草地被开发利用,斑块数量减少,生态稳定性评价降低,变得不稳定。方案 2 改善了景观结构并引入新的组分后,生态稳定性有了较大提高,基本处在稳定状态。

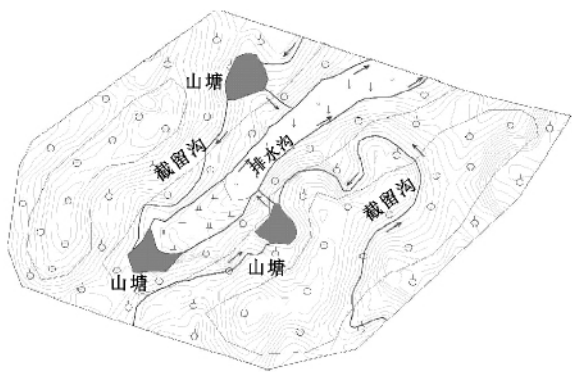


图 6 蓄水—灌排水工程设计(局部)

图 6 中截流蓄水—排灌水工程的设计由截留沟、山塘和排水沟组成。截流沟沿等高线开挖,可根据资金情况采用硬化或防渗处理,截流沟主要功能是蓄积山林涵养的水源,同时在暴雨时拦截坡面径流,减缓水土流失,沟截面可按梯形开挖;沟底宽 0.5 m、沟面宽 1.2 m、沟深 1 m,水深 0.8 m,设计流速 0.45 m/s,比降为 0.001。截流沟与两端的山塘相连,通过截流输送使山塘的水量得以保证,两者保持一种动态平衡。灌排水沟与山塘相连,起着排水和灌溉的双重作用。

图 7 中梯地改造工程是坡地利用的主要方

根据上述生态系统生态服务价值的理论和计算方法,计算了项目区现状和两个不同方案的生态服务价值量。结果显示,项目区现状生态系统服务价值量为 109.24 万元/a,对现状景观结构进行调整后,两个方案的生态服务价值均得到提升,其中方案 1 的生态系统服务价值略有上升,为 109.85 万元/a,而方案 2 有更大提升,达到 139.65 万元/a。

通过方案的比较可以看出,方案 2 无论从景观生态稳定性还是生态服务价值总量来看,均较方案 1 要高,因此,本研究区的景观生态设计最终确定为方案 2。

表 4 不同方案的景观生态系统稳定性评价结果

项目	多样性指数(SHDI)	均匀度指数(SHEI)	破碎度指数(LDI)	综合评价得分	稳定等级
现状	0.121	0.120	0.304	0.546	亚稳定
方案 1	0.000	0.000	0.340	0.340	不稳定
方案 2	0.330	0.330	0.000	0.660	稳定

3.4 景观生态工程设计

研究区为低丘岗地,坡地面积较大,生态流进行较为迅速,尤其是水和养分的流动过程。方案 2 作为最终方案,通过对植被的恢复使植被面积大大增加,对涵养水源和保土保肥意义重大。但由于农地斑块也占有较大比重,其抗干扰能力较差,因此必须引入新的景观组分以维持其稳定性,主要是引入防护林、布设截流沟蓄水和排水系统以及梯地改造工程(图 6—7)。

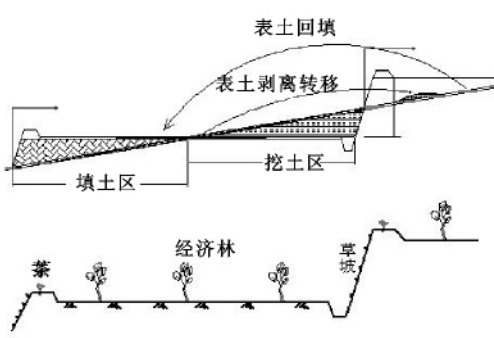


图 7 坡地改梯地工程措施设计

式^[12],根据本研究区的地形地质和生物土壤的构成,梯地设计采用生物篱技术,既可保持水土又可改善系统的生物流,因此,梯地护坡以灌草为主,坡高保持在 1~1.5 m,田埂宽保持在 0.3 m,坡比 1:0.5。梯田埂种植茶树以维持坡面稳定。梯田面种植经济作物或果木,本地区适宜发展油桐,一旦形成规模,既可产生可观的经济效益,也可产生较高的生态效益。

4 讨论

关于景观结构稳定性评价指标的选取,不同学者采用了不同的指标,主要有景观多样性、景观优势度、

景观均匀度、景观破碎度、聚集度指数、廊道连通度等指标^[13],本研究对景观稳定性的评判,主要采用反映景观异质性的景观均匀度、景观破碎度以及景观多样性指数等指标来衡量,同类研究中已有一定的进展,但目前仍然有待进一步深入和完善。

对于景观生态系统功能的测算,本研究采用的是生态服务价值法,由于单位生态服务价值量选用谢高地等研究中的全国平均值,必然与本区域的实际状况存在一定的差异,因此需要进行单位价值量的校正,但作为相对价值量进行方案比较,一定程度上也可以反映两者差别。

南方低丘岗地改造主要在镇政府和土地管理部门的指导下以村为行政单位划分项目区并推行,主要考虑到村级行政单位相对独立有利于资金分配以及施工组织,而改造过程中土地利用类型的转变由村委统一协调相对容易实现。对村级尺度的景观生态格局调整所引起的生态稳定性状态,因尺度较小其表现并不一定突出,但作为规划的指导,具有一定的实际意义。本研究作为一种尝试,需进一步深入探讨。

参考文献:

- [1] 毛显强,钟瑜,张胜.生态补偿的理论探讨[J].中国人口·资源与环境,2002,12(4):38-41.
- [2] 肖笃宁,解伏菊,魏建兵.区域生态建设与景观生态学的使命[J].应用生态学报,2004,15(10):1731-1736.
- [3] 钟学斌,喻光明,张敏,等.丘陵山区土地利用的景观空间格局与农业景观生态设计[J].山地学报,2008,26(4):473-480.
- [4] 黄霄羽,毕银丽,张占录.土地整理中景观生态规划设计系统构建[J].资源与产业,2008,10(5):125-129.
- [5] 任志远,张艳芳.土地利用变化与生态安全评价[M].北京:科学出版社,2003:105-107.
- [6] Hargis C D, Bissonette J A, David J L. The behavior of landscape metrics commonly used in the study of habitat fragmentation[J]. Landscape Ecology,1989,13(3):167-186.
- [7] 庞彦军,刘开第,张博文.综合评价系统客观性指标权重的确定方法[J].系统工程理论与实践,2001(8):37-42.
- [8] 赵景柱.生态系统服务的物质质量与价值量评价方法的比较分析[J].应用生态学报,2002,11(2):290-292.
- [9] Costanza R. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature,1997,387:253-260.
- [10] 谢高地,甄霖,鲁春霞,等.生态系统服务的供给、消费和价值化[J].资源科学,2008,30(1):93-99.
- [11] 卢远,华瑾,邓兴礼.丘陵地区土地可持续利用的景观生态评价[J].山地学报,2004,22(5):533-538.
- [12] 刘秀花,李林.庄浪县梯田化建设对生态—经济—社会协调发展的作用[J].水土保持研究,2007,14(2):65-67.
- [13] 刘勇,吴次芳,岳文泽.土地整理项目区的景观格局及其生态效应[J].生态学报,2008,28(5):2261-2269.
- [14] Yuan D, Yang D, Wade T L, et al. Status of persistent organic pollutions in the sediment from several estuaries in China[J]. Environment Pollution,2001,114(1):101-111.
- [15] 游静,陈云霞,陈淑莲,等.太湖水体中有机污染物的分析[J].分析测试与技术,1999(4):213-218.
- [16] 张宗雁,郭志刚,张干,等.东海泥质区表层沉积物中多环芳烃的分布特征及物源[J].地球化学,2005,34(4):379-386.
- [17] Ma M, Feng Z, Guan C, et al. DDT, PAH and PCB in sediments from the Intertidal Zone of the Bohai Sea and the Yellow Sea[J]. Marine Pollution Bulletin,42(2):132-136.
- [18] 田蕴,郑天凌,王新红,等.厦门马銮湾养殖海区多环芳烃的污染特征[J].海洋环境科学,2003,22(1):29-33.
- [19] 林建清,王新红,洪华生,等.湄洲湾表层沉积物中多环芳烃的含量分别及来源分析[J].厦门大学学报,2003,42(5):633-637.
- [20] Anna Smirnov, Teofilo A, A Alex Smimov, et al. Distribution and sources of polycyclic aromatic hydrocarbons in the sediments of Lake Erie, Part 1. Spatial distribution, transport and deposition [J]. Org. Geochem.,1998,29(5/7):1813-1828.
- [21] Ristila T, Pellinen J, Patricia L, et al. Characterization of Lake Ladoga Sediments. II: Toxic Chemicals [J]. Chemosphere,1996,32(6):1179-1192.
- [22] Frignani M, Bellucci L G, Favotto M, et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in sediments of the Vwnice Lagoon[J]. Hydrobiologia 2003,494(1/3):283-290,.
- [23] Viguri J, Verde J, Irabien A. Environment assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in surface sediments of the Santander Bay, Northern Spain [J]. Chemosphere,2002,48(2):157-165.
- [24] Rogers H R. Assessment of PAH contamination in estuarine sediments using the equilibrium partitioning-toxic unit approach[J]. Science of the Total Environment,2002,290(1/3):139-155.

(上接第 146 页)