

基于景观生态安全格局的县域建设用地的开发策略研究 ——以福建省永泰县乡村振兴实践为例

官紫玲¹, 陈顺和², 赵天予³

(1. 福建农林大学 东方学院, 福建 永泰 350715; 2. 福建农林大学 艺术学院, 福建 福州 350002; 3. 东北林业大学 文法学院, 黑龙江 哈尔滨 150040)

摘要: [目的] 在景观生态安全保护的基础上提出建设用地分区开发策略, 为缓解人地矛盾、协调经济社会生态持续发展, 以及乡村振兴战略实施提供科学依据。[方法] 以福建省永泰县为例, 借助 GIS 空间分析技术、景观安全格局理论方法, 选取地形地貌和土地景观利用类型为主要阻力因子, 构建不同安全水平的景观生态安全格局, 并获取不同乡镇的生态安全综合得分。此外, 结合主成分分析法, 以乡镇为评价单元, 选取合适的评价因子, 获得不同乡镇的经济发展需求能力得分。[结果] 综合考虑生态安全格局和经济发展需求能力二者的得分情况, 可将研究区土地分为优先、适度、控制和禁止 4 类建设发展区, 并提出建设用地发展方向与开发策略。[结论] 基于构建景观生态安全格局的思路方法, 弥补了传统空间发展布局仅考虑经济发展而轻视生态保护的缺陷, 可广泛应用于研究区的生态保护、空间规划管制以及防止建设用地无序蔓延等方面。

关键词: 景观生态; 安全格局; 建设用地; 开发策略; 乡村振兴

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2019)06-0199-06

中图分类号: P208

文献参数: 官紫玲, 陈顺和, 赵天予. 基于景观生态安全格局的县域建设用地的开发策略研究[J]. 水土保持通报, 2019, 39(6): 199-204. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2019.06.029; Guan Ziling, Chen Shunhe, Zhao Tianyu. Development strategy of county construction land based on landscape ecological security pattern [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019, 39(6): 199-204.

Development Strategy of County Construction Land Based on Landscape Ecological Security Pattern — A Case Study of Rural Revitalization in Yongtai County, Fujian Province

Guan Ziling¹, Chen Shunhe², Zhao Tianyu³

(1. Dongfang College, Fujian Agriculture Forestry University, Yongtai, Fujian 350715, China; 2. College of Arts, Fujian Agriculture Forestry University, Fuzhou, Fujian 350715, China; 3. Humanity and Law School of Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040, China)

Abstract: [Objective] Based on the protection of landscape ecological security, this paper put forward the development strategy of construction land division in order to provide scientific basis for alleviating the contradiction between man and land, coordinating the sustainable development of economic and social ecology, and implementing the strategy of rural revitalization. [Methods] Taking Yongtai County, Fujian Province as an example, GIS spatial analysis and the theory of landscape security pattern was used, to select the main resistance factors from landform and landscape of land use types. The landscape ecologic security pattern with different security levels was constructed, and the comprehensive scores of ecological security of different villages and towns were obtained. In addition, principal component analysis method was used, township was taken as the evaluation unit, and the appropriate evaluation factors were selected to obtain the demand ability scores of economic development of different towns and villages. [Results] Considering the score of ecological security pattern and economic development demand, the land in the study area could be divided into four

收稿日期: 2019-08-24

修回日期: 2019-11-04

资助项目: 福建省教育厅科技项目“乡村振兴战略下景观生态安全格局优化研究: 以福州地区为例”(JT180857); 福建省社科学重点研究项目“聚落文化景观活态遗存下乡村振兴的美学经济研究”(FJ2018MGCA0)

第一作者: 官紫玲(1977—), 女(汉族), 福建省永泰县人, 硕士, 高级工程师, 主要从事城乡土地规划设计研究。E-mail: 594225161@qq.com.

types of construction and development areas; priority, mode ration, control and prohibition. And the development direction and strategy of construction land was proposed. [Conclusion] The concept based on the construction of landscape ecological security pattern, makes up the defect of traditional spatial development layout, which only considers economic development while ignores ecological protection. This concept can be widely used in ecological protection, spatial planning control and the prevention of disordered spread of construction land.

Keywords: landscape ecological security pattern; construction land; development strategy; rural revitalization

当前党的十九大“乡村振兴战略”的实施,是全国新农村发展的新动力,是现代化建设的必然要求,同时将“生态宜居”作为乡村发展五大要求之一。然而工业化城镇化建设突飞猛进,广大城乡自然基底逐渐破碎化、森林植被河流被蚕噬,景观生态环境退化,人地矛盾问题凸显。城乡生态安全研究早已成为热点,国内外诸多专家学者^[1-9]高度关注区域生态安全格局,尤其关注如何协调生态保护与建设用地扩张之间的关系^[10-13]。俞孔坚^[8,11]等基于景观安全格局理论,结合新农村建设规划,构建了马岗村的景观安全格局与北京市生态安全格局网络;方然^[10]等以武汉市为例探讨了城镇扩张适宜性与景观生态安全格局的时空耦合关系;苏冰娟^[12]等通过构建佛山市高明区的综合生态安全格局,对该区建设用地扩展提出最优方案;龚蔚霞^[13]等基于景观生态安全格局研究城镇空间的优化策略;储金龙^[14]等在城市生态安全格局构建基础上,提出有利于城市生态保护、空间规划的建设用地开发策略;彭文甫^[15]等进行不同生态安全水平的土地利用规划。

景观安全格局是评判与创建生态基础设施的重要途径,主要借助景观生态学的理论方法,分析生态过程与空间分布的关系,判断对这些过程的健康和安全具有重要意义的景观格局。Knaapen 的最小累积阻力模型 MCR 已广泛应用在土地利用变化、生物多样性保护、城市规划等领域。其研究目的在于设计合理有效的景观格局,确保有限的土地发展过程中的生态安全以及城镇空间发展安全。一般将不同水平安全格局范围,划分不同类型的空间管制区,以此控制城镇发展方向和合理增长边界,避免城镇建设用地无序扩张和地域景观特色丧失。

近年来,福建省永泰县经济建设日趋活跃,其母亲河大樟溪两岸开发迅猛,特色小镇如雨后春笋般拔地而起。乡村振兴建设热火朝天,全国首个县级乡村振兴研究院落地于永泰地区。目前针对永泰地区生态安全方面研究还是空白,为此本文以福建永泰为例,结合 GIS 空间分析和最小累积阻力模型等,以景观生态安全格局构建为切入点,探讨乡村振兴背景下永泰县域生态保护与建设用地扩张协调发展的新路径,旨在强调土地利用过程生态安全的重要性,

以期避免出现历史上其他地区只顾眼前经济利益而呈现生态退化污染严重等环境问题的深刻教训。这些对于全县生态保护、经济社会发展、空间规划管制、防止建设用地无序蔓延具有很强的实践意义,也为乡村振兴战略的实施提供有力的科学保障。

1 研究区概况

永泰县位于北纬 25°39′—26°05′、东经 118°23′—119°12′,处于福建省东部,福州市西南部,国土总面积 $2.23 \times 10^5 \text{ km}^2$ 。下辖 9 个镇 12 个乡,255 个行政村,12 个社区,户籍人口约 38 万人。以大樟溪为界,西南山势高大、东北缓和,其间为长廊式东西向盆地。处于亚热带季风气候,温和湿润,野生动植物繁多,水系发达,水资源丰富,是福建省首个温泉之乡。

永泰县有“九山带水一分田”之称,属戴云山脉森林生态功能区,历来有省会福州市“生态后花园”之美誉。它已列入国家重点生态功能区和福建省限制开发区^[16-17]。曾经为了保护山水自然生态,永泰县失去发展工业的许多机遇,经济停滞不前。但目前随着道路交通的改善,尤其高速高铁的畅通运行,永泰县的区位与资源优势日趋突出,使该县迎来了发展的春天,城镇化、全域旅游和经济建设迅猛推进。2018 年永泰县成立国内首家县级乡村振兴研究院。2019 年入选首批国家全域旅游示范区。

2 数据与研究方法

2.1 数据来源

本文主要利用福建省国土规划院提供的 2015 年永泰县土地利用现状图、现状数据库和其他规划图件文本,以及永泰县统计局提供的国民经济和社会发展“十三五”规划纲要、《永泰统计年鉴》等作为基础数据进行研究。其次,利用地理空间数据云上 2009 年 GDEM V230 m 分辨率高程数据,加载到 ArcGIS 中进行高程、坡度、坡向和地形起伏度等分析。为了确保一单位和计算结果的正确性,相关空间数据均经过高斯—克吕格投影处理,转换成 1980 西安坐标系。

2.2 景观安全格局理论方法

本文基于景观安全格局理论,利用 ArcGIS 空间分析法,运用 Knaapen 的最小累积阻力模型 MCR 建

立阻方面,主要考虑源、距离和景观特征,考虑生态过程与景观格局的相互作用,分析景观安全格局组分,从而判别该区域生态安全状况。最小累积阻力就是从“源”地出发克服各类阻力所做的最小功或所累积耗费的最小成本。本研究阻力值侧重反映某生态景观要素经过不同的土地景观单元所耗费的阻力大小,即生态阻力值,计算公式为:

$$MCR = f[\min_{j=n}^{i=m} (D_{ij} \cdot R_i)]$$

式中: D_{ij} ——物种从源 j 经过景观 i 到达空间某点的距离; R_i ——景观 i 对该运动的阻力。虽然函数 f 未知,但说明 MCR 与 $(D_{ij} \cdot R_i)$ 成正比,表明该物种运动的潜在可能或趋势^[18-22]。

虽然该模型受到生态源地、阻力因子选取、权重设置以及数据获取等影响,安全格局等级划分界线存在一定主观局限性,但模型效果总体上有利于景观安全格局优化,有利于实施生态安全空间保障方案,能维护区域生态安全和提升人类福祉。

2.3 景观生态安全格局构建

2.3.1 保护源地确定

本文景观生态安全格局研究的目的是为了保护生态用地和生物多样性,特别保护连片大面积分布的林地和水源。生态保护源是指一些连续分布的自然斑块,具有调节环境气候、减少环境污染、提升环境质量和维护生物多样性等多种景观生态功能。因此,生态保护源一般选择省级饮用水源一级、二级保护区、自然保护区和风景名胜区核心区。永泰境内树枝状水系发达,溪网密集,大樟溪干流由西向东长 127 km,并设有三处饮用水取水口:南区水厂、青云山水厂、葛岭东部新城;其次永泰地区森林资源和旅游景观丰富,藤山省级自然保护区及福州最高峰永泰东湖尖,广泛分布南亚热带季风常绿阔叶林和珍稀动植物。

根据研究区实际分析,永泰县级水源保护区连续规模较小,不能纳入源地选取范围。但森林资源分布广泛,故而借助 ArcGIS 10.5 软件由属性提取面积超过 1 000 hm² 集中连片的核心林地斑块作为生态保护源地。“源”地面积合计 408.89 km²,占研究区总面积的 18.34%。

2.3.2 阻力因子与阻力系数

林地是提高生态环境质量的重要土地资源,又是丰富生物多样性的重要栖息场地。栖息林地中的各种生物等(“运动流”)在向外扩散过程主要受到地形地貌和地表景观类型的阻力。因此,本文选取了坡度、高程、地形起伏度和土地利用覆盖景观类型作为阻力因子,同时赋予相对阻力值(表 1)。

① 地表景观类型分析。相关研究表明,生态“源”与地表景观类型越相近,运动耗费阻力越小,反之亦然。依据土地调查及研究需要,永泰土地利用分为耕地、园地、林地、草地、水域、建设用地和其他土地等 7 类。② 地形因子分析。利用 ArcGIS 10.5 软件,由永泰地区 DEM 数据生成坡度、坡向、地表起伏度,并进行相应分级。为了突出土地利用随海拔变化的特点,将永泰高程(5~1 681 m)分为 4 级:0~200 m 平原,200~500 m 丘陵,500~1 000 m 低山,>1 000 m 中山;参照“二调”对坡度分级的标准,共分 5 级:0°~6°,6°~15°,15°~25°,25°~35°,>35°;参考相关研究^[15],永泰地形起伏度 0~510 m,可分 4 级:0~30 m,30~70 m,70~200 m,>200 m。

针对以上阻力因子分级,通过结合专家打分和前人研究成果^[15]获得各相对阻力值(表 1)。值得强调的是,这些阻力值是用来反映物种穿过不同景观要素时的相对能力强弱程度,但在实际中很难获得绝对阻力值。阻力大小只是依据不同的高程、坡度、地形起伏度和景观类型进行相对赋值。阻力值(相对阻力系数)介于 1~100 之间,数值越大表示相对阻力越大,否则相反。

表 1 研究区阻力因子与阻力系数

阻力因子	权重	阻力等级	相对阻力系数
坡度	0.15	0~6°	1
		6°~15°	10
		15°~25°	30
		25°~35°	80
		>35°	100
高程	0.15	0~200 m	1
		200~500 m	30
		500~1 000 m	70
		>1 000 m	100
地形起伏度	0.15	0~30 m	1
		30~70 m	30
		70~200 m	70
		>200 m	100
土地利用类型	0.55	林地	1
		水域	10
		草地	30
		耕地、园地	50
		其他土地	80
		建设用地	100

3 结果与分析

3.1 景观生态安全格局构建结果分析

本文利用 ArcGIS 10.5 软件空间分析的 Weighted

Overlay 工具,进行不同阻力因子叠加分析,得到保护“源”地向外扩张的生态阻力加权成本;再通过空间分析 Cost distance,获得最小累积阻力分布图(图 1);在获得阻力面基础上,根据自然断裂法获得最小累积阻力值的分级阈值,从而建立永泰县低、中、较高、高等 4 种水平的景观生态安全格局(图 2)。研究表明总体上,从生态保护源地出发的物种(或生态流)向外迁徙(或扩散)过程阻力加大,越往外围的区域生态保护压力减小,生态安全格局水平越高,相对比较适宜经济建设活动。

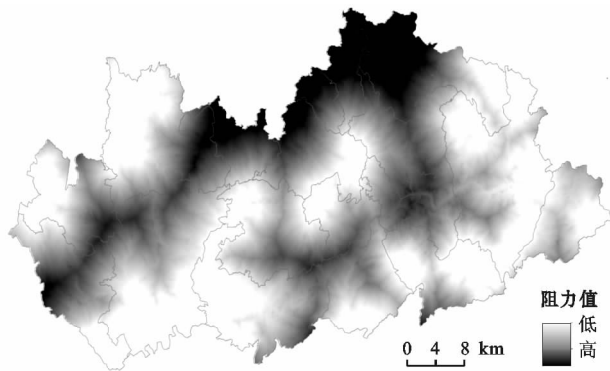


图 1 永泰县景观生态阻力面分布

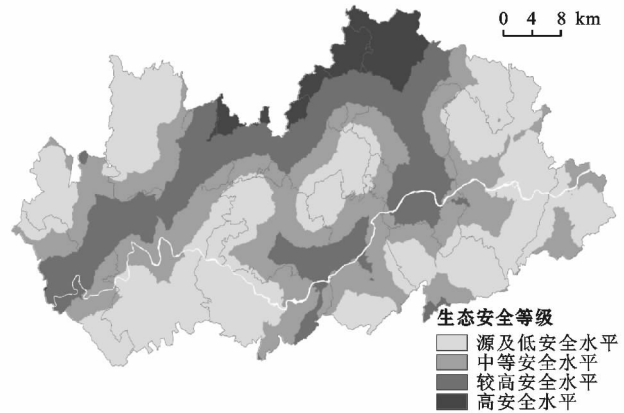


图 2 永泰县景观生态安全格局

3.2 景观生态安全格局与土地利用现状叠加分析

将不同水平景观生态安全格局与现状土地利用进行空间叠加分析(表 2),结果表明源及低水平生态安全用地规模为 962.82 km², 占全县土地的 43.18%, 是保障全县生态系统服务的核心, 应严格加强此区域的生态资源保护, 禁止一切不利于生态保护的人类建设开发活动; 其余土地 1 267.07 km² (占 56.82%), 为中高等水平生态安全用地, 该区域可作为未来城镇规划发展备用地, 亦是限制建设区, 所以也应控制该区域土地的用地性质与开发强度^[14]。

表 2 永泰县土地资源开发安全级别统计

安全等级	建设用地/ hm ²	林地/ hm ²	水域/ hm ²	草地/ hm ²	耕地、 园地/hm ²	其他土地/ hm ²	合计/ hm ²	占全县 比例/%
源及低安全水平	1 436.22	81 800.91	1 613.07	1 082.43	10 225.2	123.75	96 281.55	43.18
中等安全水平	2 078.91	49 539.87	1 542.06	426.06	14 244.6	85.14	67 916.61	30.46
较高安全水平	2 321.55	31 096.53	827.73	180.72	12 199.3	93.06	46 718.91	20.95
高等安全水平	293.22	8 433.36	67.86	55.17	3 207.6	13.95	12 071.16	5.41

3.3 基于景观生态安全格局的综合发展分区

以往建设用地开发大多依据经济发展需求, 而本文首先考虑生态安全格局的构建, 确定源及低安全格局范围为禁止开发区。其次, 以乡镇为评价单元, 结合生态安全影响和经济发展需求来确定各乡镇建设发展类型。该评价方法具有很强的科学性、可操作性, 对于城镇建设空间布局与特色风貌塑造有较好的参考依据; 同时也弥补了传统空间发展布局仅考虑经济发展而轻视生态保护的缺陷^[23]。①生态安全格局得分。即选择生态安全格局 4 个等级从低到高打分 1, 2, 3, 4, 结合各等级面积比重, 加权累计获取各乡镇生态安全格局得分(见表 4), 以此表达各乡镇的生态环境影响力。这里得分越高, 生态安全格局水平越高, 而生态环境影响力越小, 否则相反。②经济发展需求能力。借助数学统计方法——主成分分析法, 参考前人^[14]研究相关成果, 选取与经济发展需求紧密相关的主成分因子、获取各因子各乡镇数据(来源

2017 年永泰县统计年鉴, 现状空间数据)(表 3), 计算主成分综合得分(表 4), 用以反映各乡镇经济发展需求能力大小。最后获得永泰县各乡镇综合发展分级矩阵(表 5)。

表 3 永泰县经济发展需求能力评价因子

评价要素	评价因子
城镇建设与经济发展	城镇道路面积比重/%
	现状城镇建设用地规模/km ²
	与县城交通距离/km
	人均固定资产投资/元
经济效率与人口集聚	人均财政支出/元
	地均工农业总产值(万元/km ²)
	人均工农业总产值(万元/人)
	城镇化水平/%
	人口密度(人/km ²)
对外交通条件	公路总长度/km 高速公路铁路的出入口数量/个

表4 永泰县各乡镇生态安全影响与经济发展需求能力排名

乡镇名称	生态安全格局综合得分	排名	乡镇名称	经济发展需求能力	排名
白云乡	3.60	1	城峰镇	3.44	1
红星乡	3.34	2	樟城镇	1.76	2
盘谷乡	3.09	3	葛岭镇	1.55	3
樟城镇	3.00	4	清凉镇	0.87	4
霞拔乡	2.92	5	梧桐镇	0.53	5
东洋乡	2.83	6	塘前乡	0.43	6
城峰镇	2.38	7	富泉乡	0.18	7
清凉镇	2.34	8	嵩口镇	0.04	8
湫口乡	2.08	9	赤锡乡	0.01	9
大洋镇	2.05	10	岭路乡	-0.08	10
富泉乡	1.77	11	红星乡	-0.33	11
盖洋乡	1.75	12	白云乡	-0.41	12
同安镇	1.74	13	大洋镇	-0.48	13
赤锡乡	1.70	14	同安镇	-0.52	14
嵩口镇	1.68	15	丹云乡	-0.68	15
梧桐镇	1.54	16	盘谷乡	-0.73	16
丹云乡	1.41	17	霞拔乡	-0.96	17
岭路乡	1.40	18	长庆镇	-1.04	18
长庆镇	1.38	19	东洋乡	-1.08	19
塘前乡	1.37	20	湫口乡	-1.18	20
葛岭镇	1.26	21	盖洋乡	-1.30	21

3.4 基于景观生态安全格局的建设用地开发策略

基于上述综合发展分级矩阵,将永泰县国土建设

开发划分为4个区(附图4),并提出建设发展策略:
 ①优先建设发展区。包括主城区樟城镇、城峰镇、清凉镇、富泉乡、赤锡乡、嵩口镇,这些乡镇经济建设活跃、发展需求量大,然而生态资源一般、环境影响力小,恰是城镇化发展重点区域,提倡发展较大规模工业和承受高强度开发。
 ②适度建设发展区。包括葛岭镇、塘前乡、梧桐镇、岭路乡,这些乡镇经济活力和建设发展需求都大,但生态资源丰富、环境影响力大。所以应努力控制它们的建设发展规模和速度,适当发展无污染工业和高新技术产业。
 ③控制建设发展区。包括大洋镇、同安镇、白云乡、红星乡、盘谷乡、霞拔乡、东洋乡、湫口乡,这些乡镇经济建设发展需求一般或较低,生态环境影响也不高,但地处较高海拔山区,水土流失、土壤酸化问题较严重,属于生态恢复区,是主要农作物耕作区、李果茶叶经济种植区。因此这些区域应控制开发强度和规模,多开垦耕地、开展种植业,发展现代生态农业和休闲度假生态旅游业,从严控制资源超载破坏与维护生态平衡。
 ④禁止建设发展区。包括长庆镇、丹云乡、盖洋乡等,主要是历史文化遗存保护区、自然保护林区和陡坡地带,各乡镇生态林地占比78%~85%。这些乡镇经济活力不足、建设发展需求低,但生态资源丰富、环境影响力大,所以应加强严格保护生态、禁止一切不符合功能定位的人类建设开发活动。

表5 永泰县综合发展分级矩阵

生态影响力等级	经济发展需求等级			
	高等	较高等	中等	低等
低等	城峰镇、樟城镇、清凉镇		白云乡、红星乡、盘谷乡	霞拔乡、东洋乡、湫口乡
中等		富泉乡、赤锡乡、嵩口镇	大洋镇、同安镇	
较高等	梧桐镇		丹云乡	盖洋乡
高等	葛岭镇、塘前乡	岭路乡		长庆镇

上述综合发展分区与实际情况相符,但以乡镇为单元的划分法存在一定局限性,一些乡镇的局部地区,例如藤山自然保护区、大樟溪水源涵养区以及易发生水土流失和地质灾害区,这些区域也应纳入生态保育区,应加强严格保护。

4 结论与建议

4.1 结论

(1) 本文通过构建由低至高不同等级的景观生态安全格局,一般可以划分低安全格局为生态底线即禁建区,中安全格局为生态缓冲区即限建区,较高、高等安全格局为生态边缘区即宜建区。低安全格局占该县土地的43.18%,主要为集中连片的大面积有林地,其余占比56.82%,为中高等安全格局用地。这

与永泰实际情况相符,构建景观生态安全格局对于落实与保护生态用地提供了有效途径,也为全县建设开发提供充足的发展备用地。

(2) 与以往研究不同,本文基于景观生态安全格局综合考虑乡镇生态安全得分与经济建设发展需求能力,由此划分全县国土建设综合发展分区并提出发展策略。其结果既符合当地乡镇经济发展需求,又考虑了生态保护优先的原则,为防止建设用地无序蔓延,建立和完善空间开发管控制度提供科学依据和实践意义;同时,对于管理政策启示更具有针对性,将国家的生态安全战略真正落到实处,也为实施乡村振兴战略提供科学有力的生态保障。

(3) 虽然目前永泰县是国家级生态县,但生态安全的研究意义不是在生态退化后开始,而应该在建设

用地迅猛扩张初始或更早些时候,人们就应该有生态安全或危机意识。当前许多地方已经存在城乡建设用地占用生态保护压力等级较高地块的现象。由此表明,为了促进经济社会生态效益的综合平衡,基于经济发展和生态安全双重约束的建设用地开发,将是未来城镇发展的最优化模式;强调在土地利用规划过程中充分考虑景观生态安全,必然是当前和未来土地利用规划的基本要求,值得深入思考与研究。

4.2 建议

(1) 合理划分景观生态功能区,牢固守住青山绿水。生态乃永泰最大的优势,守护好绿水青山,努力建设山水优美、生态宜居的美丽乡村。保护好大樟溪水源、南部藤山山脉、北部山地脆弱区,并且划定这些源地及低安全格局区为生态保育区,中安全格局区为生态恢复区,较高、高安全格局区为生态建设区。

(2) 优化县域空间发展布局,加快特色小镇建设。发展是国土空间规划的重中之重,为了实现高质量、可持续的发展,未来永泰应立足青山绿水、优先保护生态,应按照综合发展分区优化与管制空间布局;融合产业发展与特色小镇建设(如嵩口古镇、青云小镇、温泉小镇、康养小镇等),做大做强李果青梅采摘等现代农业;加快重点城镇建设,优化生产生活生态空间配置,促进经济社会与生态保护协调持续发展。

(3) 创新开发全域旅游,助力乡村全面振兴。永泰县青山绿水环境优美,古村落古庄寨传统文化凸显,旅游景观资源得天独厚,处于生态缓冲区的可建设土地广阔。针对永泰县在创建国家全域旅游示范区的总体建设中,应优先考虑生态安全,保护生态源地、构建生态遗产廊道,优化用地布局与创新开发全域旅游,更快更好地促进乡村振兴全面实现。

[参 考 文 献]

[1] 谢花林,李秀彬. 基于 GIS 的农村住区生态重要性空间评价及其分区管制:以兴国县长岗乡为例[J]. 生态学报,2011,31(1):230-238.

[2] 潘竟虎,刘晓. 基于空间主成分和最小累积阻力模型的内陆河景观生态安全评价与格局优化:以张掖市甘州区为例[J]. 应用生态学报,2015,26(10):3126-3136.

[3] 张丽芳,廖雨,杨存建,等. 基于景观安全格局理论的寿城自然保护区人类活动用地评价[J]. 水土保持通报,2019,39(3):217-222.

[4] 刘艳芳,郭晓慧,方然,等. 基于景观生态安全格局的土地利用总体规划环境影响评价[J]. 重庆师范大学学报:自然科学版,2015,32(6):120-126,153-153.

[5] 李国煜,林丽群,罗栋桑,等. 福州市生态用地保护格局的优化途径[J]. 水土保持通报,2019,39(2):234-241.

[6] 钱达. 尊重传统生态安全格局的村镇发展:以苏南地区

为例[J]. 绿色科技,2017,23(12):80-85.

[7] 李剑,李长安,蔡松. 基于 GIS 的山地区土地生态安全格局构建[J]. 地理空间信息,2018,16(12):49-52.

[8] 俞孔坚,乔青,李迪华,等. 基于景观安全格局分析的生态用地研究:以北京市东三乡为例[J]. 应用生态学报,2009,20(8):1932-1939.

[9] 罗玮祥. 永泰县生态用地评价与优化研究[D]. 福建福州:福建师范大学,2017.

[10] 方然,孔雪松. 武汉市城镇扩张适宜性与景观生态安全格局的时空耦合关系研究[J]. 测绘与空间地理信息,2018(7):29-33.

[11] 俞孔坚,李迪华,韩西丽,等. 新农村建设规划与城市扩张的景观安全格局途径:以马岗村为例[J]. 城市规划学刊,2006,165(5):38-45.

[12] 苏泳娴,张虹鸥,陈修治,等. 佛山市高明区生态安全格局和建设用地扩展预案[J]. 生态学报,2013,33(5):1524-1534.

[13] 龚蔚霞,苏泳娴. 基于生态安全格局的城镇空间优化策略研究:以广东省为例[J]. 城市建筑,2018(12):38-41.

[14] 储金龙,王佩,顾康康,汪勇政. 山水型城市生态安全格局构建与建设用地开发策略[J]. 生态学报,2016,36(23):7804-7813.

[15] 彭文甫,周介铭,徐新良,等. 基于景观生态安全格局的成都平原与龙门山脉过渡带土地资源开发利用[J]. 水土保持通报,2017,37(2):65-74.

[16] 林坚,文爱平. 重构中国特色空间规划体系[J]. 北京规划建设,2018(4):184-187.

[17] 王佳韡. 基于重点生态功能区的永泰绿色产业发展研究[D]. 福建福州:福建师范大学,2015.

[18] Yu Kongjian Ecological security patterns in landscape and GIS application[J]. Geographic Information Sciences, 1995,1(2):88-102.

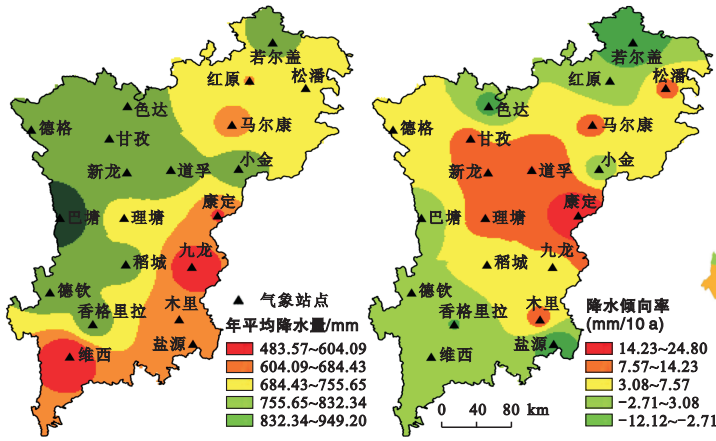
[19] Adriaensen F, Chardon J P, DE Blust G, et al. The application of 'least-cost' modeling as a functional landscape model[J]. Landscape and Urban Planning, 2003, 64(4):233-247.

[20] Li Fu, Ye Yongping, Song Bowei, et al. Evaluation of urban suitable ecological land based on the minimum cumulative resistance model: A case study from Changzhou, China[J]. Ecological Modelling, 2015,318(24):194-203.

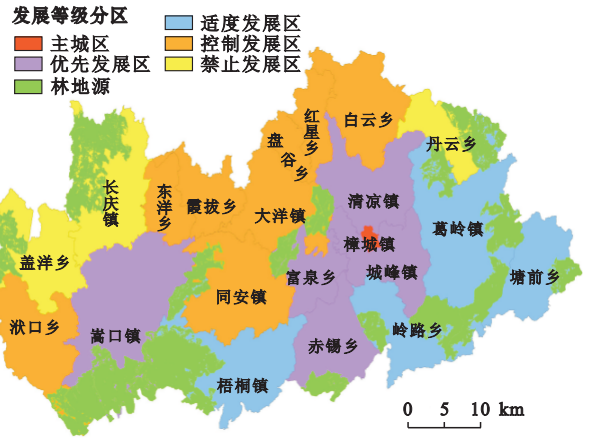
[21] Yu Kongjian. Security patterns and surface model in landscape ecological planning[J]. Landscape and Urban Planning, 1996,36(1):1-17.

[22] 闫王玉,曹宇,谭永忠. 基于景观安全格局的县域生态用地保护研究:以浙江省青田县为例[J]. 中国土地科学,2016,30(11):78-85.

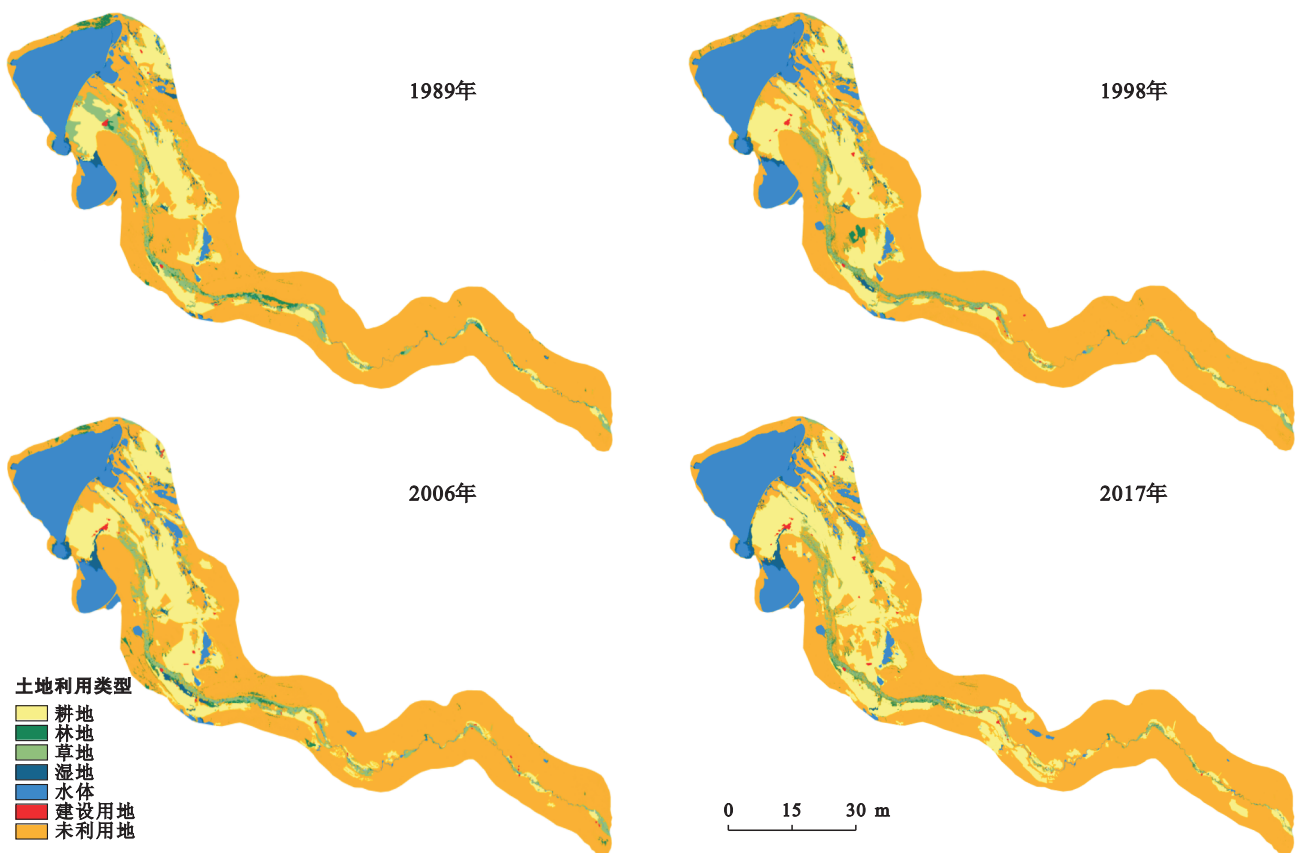
[23] 李宗尧,杨桂山. 经济快速发展地区生态环境竞争力的评价方法:以安徽沿江地区为例[J]. 长江流域资源与环境,2008,17(1):124-128.



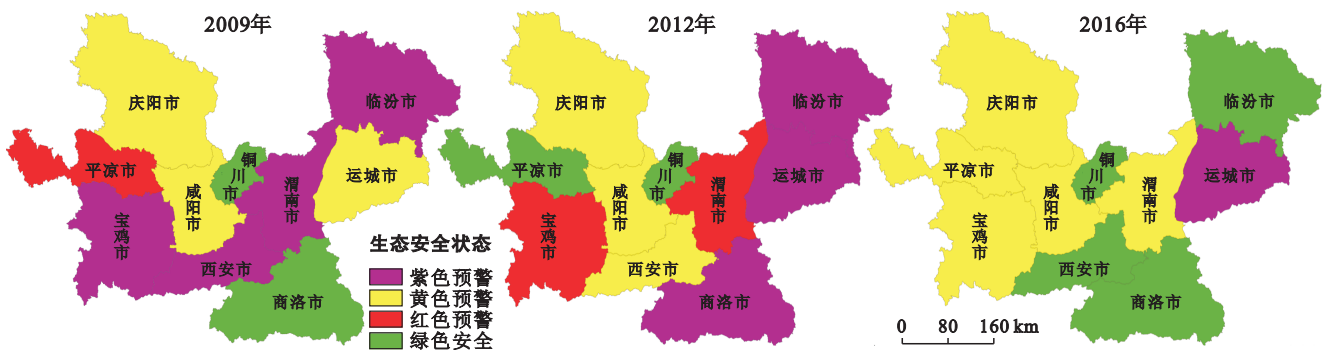
附图3 南方农牧交错带年均降水量及变化倾向率空间分布(第186页)



附图4 福建省永泰县综合发展等级分布(第203页)



附图5 乌伦古河流域1989—2017年土地利用类型空间分布(第226页)



附图6 陕西省关中平原城市群生态安全格局(第236页)