

闽东地区生态安全格局及空间发展模式特征*

郑晓燕¹, 何东进¹, 游巍斌¹, 覃德华², 游惠明¹, 巫丽芸¹, 纪志荣¹

(1. 福建农林大学 林学院, 福州 350002; 2. 河南科技大学 农学院, 河南 洛阳 471003)

摘要: 闽东作为海西经济区最具发展潜力的滨海城市之一, 正面临着快速城市化建设带来的城市经济与生态环境发展的新挑战。以闽东地区资源优势、历史文化背景为基础, 运用 3S 技术平台, 从防洪、生物保护、文化遗产保护、水域保护、游憩安全格局等 5 个方面构建闽东地区复合生态安全格局, 并分析了该地区生态安全空间发展模式特征。结果表明, 在低、中、高等 3 个不同的安全水平下, 用于维持闽东地区生态安全格局的生态基础设施用地比例依次为 22.68%、55.22%、72.78%; 人均生态用地面积分别为 867、2 113、2 785 m²。生态基础设施主要分布于具有较多水域、自然及文化资源等生态源的闽东中南部地区, 东北部分布较少; 闽东中南部地区是实施自然资源及景观过程的保护以及维持区域生态安全格局可持续发展的重点区域。高安全水平下的生态安全空间发展模式特征为各生态系统很好地保证了各自功能的实现, 在长时间内正常提供各种自然服务, 且自然服务质量逐渐得到提高。

关键词: 生态安全格局; 生态基础设施; 空间发展模式; 闽东地区

中图分类号: Q149; P208

文献标志码: A

文章编号: 1672-6693(2013)02-0108-07

生态安全是人类赖以生存的环境处于健康可持续发展的状态^[1], 是人们在生产、生活与健康等方面不受生态破坏与环境污染等影响的保障程度^[2-3], 主要研究内容包括生态系统健康诊断、区域生态风险分析、景观生态安全格局、生态安全监测与预警以及生态安全管理和保障等方面^[4-7]。其中生态安全格局(Ecological security pattern)的研究是目前生态安全研究的重点和热点之一, 它被认为是实现区域或城市生态安全的基本保障和重要途径^[8-11]。生态安全格局强调区域尺度的生物多样性保护、退化生态系统恢复及其空间合理配置、生态系统健康的维持、景观生态安全格局的优化以及对社会经济发展需求的满足, 它更加强调整格局与过程安全及其整体集成, 将生态系统管理对策落实到具体的空间地域上, 实现管理效果的直观可视^[12]。构建生态安全格局是在有限的土地资源下进行生态基础设施建设(Ecological infrastructure)的有效方法。“生态基础设施”这一概念最早见于 1984 年联合国教科文组织“人与生物圈计划(MBA)”的研究^[13], 包含一切能提供自然服务的自然保护地、林业及农业系统、城市绿地系统、水系以及与之交融的文化遗产和生态游憩系统等, 需要作为非建设用地严格保护, 其核心理

念是通过维护整体自然系统的结构和功能的完整、健康, 使城市获得良好的、全面的生态服务^[14-15]。

近年来, 闽东作为海西经济区最具发展潜力的滨海城市之一, 在发挥显著的滨海地理区位优势、资源优势以及在温福高速铁路、沈海高速公路等城市基础设施的带动下, 地区经济得到了显著的发展, 但城市生态系统却遭到了一定程度的威胁和破坏, 导致该地在经济发展的同时也存在着环保基础设施建设滞后、生态环境质量较差、部分流域水质下降等问题。因此, 通过构建景观生态安全格局来建设闽东地区生态基础设施, 探讨城市空间发展模式, 对闽东地区的可持续发展具有重要现实意义。为此以闽东地区资源优势、历史文化背景为基础, 运用 3S 技术平台, 从防洪、生物保护、文化遗产保护、水域保护、游憩安全等 5 个方面入手构建闽东地区复合生态安全格局, 并分析了该地区生态安全空间发展模式特征, 为有关研究和实践提供一定的参考资料。

1 研究区概况

闽东地区即宁德市(东经 118°32' ~ 120°44', 北纬

* 收稿日期: 2012-10-18 修回日期: 2012-11-04 网络出版时间: 2013-03-16 13:37

资助项目: 国家自然科学基金(No. 30870435); 教育部博士学科点专项基金项目(No. 20103515110005); 福建省自然科学基金(No. 2011J01071; No. 2008J0116); 福建省科技厅重点项目(No. 2009N0009)

作者简介: 郑晓燕, 女, 硕士研究生, 研究方向为景观生态学与地理信息系统, E-mail: zheng_xiaoyan@sina.cn; 通讯作者: 何东进, E-mail: fjhdj1009@126.com

网络出版地址: http://www.cnki.net/kcms/detail/50.1165.N.20130316.1337.201302.108_024.html

26°18'~27°4'),地处福建省东北部,南连省会福州市,北接浙江省,西邻南平市,东面与台湾省隔海相望。全市现辖蕉城 1 区,福安、福鼎等 2 市,霞浦、柘荣、寿宁、周宁、屏南、古田等 6 县;总面积为 13 400 km²,总人口数为 337 万(图 1)。闽东具有以丘陵山地为主,兼有沿海小平原的地形特征,森林覆盖率为 62.7%,属中亚热带海洋性季风气候,年平均气温 13.4~20.2℃,年平均降雨量为 1 250~2 350 mm。

闽东水产资源极为丰富,拥有 600 多种海洋生物;海域面积 4.46 万 km²,占全省海域面积的 1/3,其间分布岛屿 344 座,港湾 29 个,是开发滨海旅游业的理想场所。近年来,随着海西经济区建设的大力推进,闽东以自身优越的区位条件,成为经济发展最具活力的滨海城市之一。在快速城市化的背景下,闽东经济发展与生态环境保护严重失衡。“十二五”期间,闽东将建设低碳社会、生态文明社会的目标和任务列入编制的《环境保护与生态建设专项规划》中。

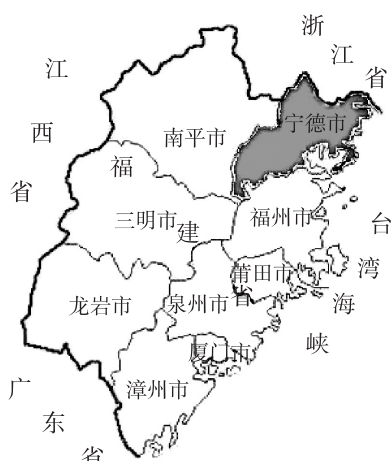


图 1 闽东地理区位图

2 研究方法

2.1 数据来源和预处理

以中国科学院国际科学数据服务平台获取的闽东地区高程图和 TM 遥感影像(2007 年)作为生态安全格局构建的基础数据。该 TM 遥感影像空间分辨率为 30 m×30 m,经过配准、剪裁,并应用 ERDAS 处理平台进行监督分类,将闽东地区土地利用类型划分为水域(包括河渠、湖泊、水库、坑塘、滩涂等)、建设用地(包括城镇建设用地、农村居民点等)、未利用地(包括沙地、裸土地、裸岩等)、耕地(包括水田、水浇地、旱地等)和林地(包括有林地、疏林地、火烧迹地等)^[16]。将采集得到的闽东地区文化遗产及游憩点视为点状要素,分别把各点经纬坐标数据导入 ArcGIS 处理平台中,获取文化遗产点图层以及游憩点图层。以上基础

数据均经过统一的配准、拼接及剪裁。

2.2 研究框架

景观中局部、点及位置对维护和控制某种生态过程有着重要意义,且构成了景观生态安全格局(Landscape ecological security pattern),它通过景观过程(包括城市的扩张、物种的空间运动、水和风的流动、灾害过程的扩散等)的分析和模拟,来判别对这些过程的健康与安全具有关键意义的景观格局^[17]。景观安全格局以景观生态学理论和方法为基础,能够更为科学的认识并解释大中尺度上生态安全的实质^[18]。

针对闽东地区生态环境现状,重点研究防洪安全格局、生物保护安全格局、文化遗产保护安全格局、水域保护安全格局以及游憩安全格局,形成具有可操作性的闽东地区生态安全格局总体研究框架(图 2)。构建每个过程的景观安全格局,首先分别确定源以及判别空间联系,即景观过程的分析和模拟,再综合各要素,得到 5 个单一过程的景观生态安全格局,叠加形成复合生态安全格局。

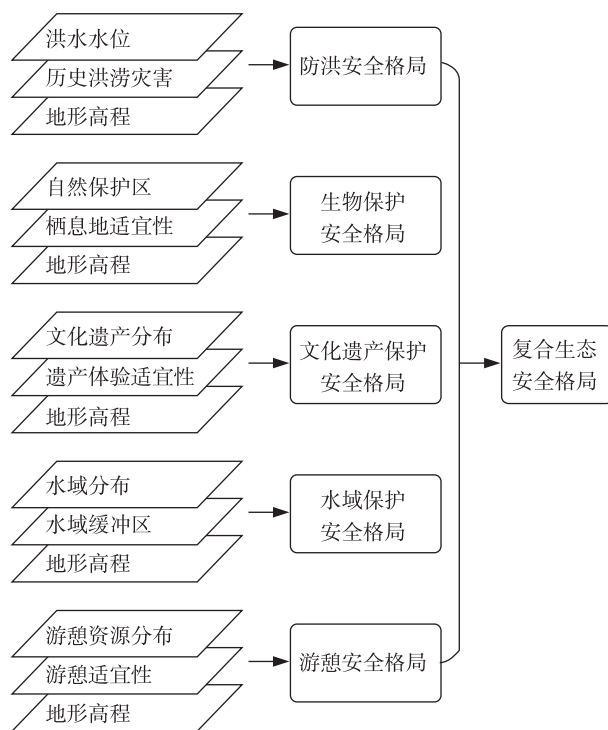


图 2 闽东地区生态安全格局研究框架

2.3 构建方法

运用最小费用距离模型(Minimum cost distance)来构建景观生态安全格局,将景观安全格局的构建与生态基础设施建设的理念结合起来研究生态安全格局的特征。最小费用距离是指从“源”经过不同阻力的景观所耗费的费用或者克服阻力所作的功,即物种在移动与扩散过程中,穿过不同景观要素或土地利用/覆盖类型所要克服阻力做的功的大小,反映的是一种可达

性^[19-22]。最小费用距离的计算是生态安全格局建立的基础,而最小累积阻力(Minimum cumulative resistance)是反映最小费用距离的重要概念。最小累积阻力模型由 Knaapen 于 1992 年提出^[23],后经国内学者修改由下式表示

$$MCR = f_{\min} \sum_{j=n}^{i=m} (D_{ij} \times R_i)$$

式中, MCR 是最小累积阻力值, f 是某未知的正函数,反映空间中任一点的最小阻力与其穿越的某景观单元 i 的空间距离和景观单元特征的正相关关系; \sum 表示单元 i 与源 j 之间穿越所有单元的距离和阻力的累积; D_{ij} 是从源 j 到空间某一点所穿越的某景观单元 i 的空间距离; R_i 表示景观单元 i 对某物种运动的阻力系数。因此,计算最小累积阻力值,首先要确定“源”;其次确定阻力面,赋予每个阻力因子相应的阻力值;最后计算源与阻力面之间的最小累积阻力值。

2.4 权重确定方法

目前多采用主观赋权法来确定指标权重。主观赋权法包括层次分析法、Delphi 法等^[24],该方法分析得到的结果主观性很强,缺乏科学性。为得到严谨客观的分析结果,采用变异系数法来确定闽东地区各景观要素的权重指标。变异系数法是一种客观赋权法,它根据各个指标在所有被评价对象上观测值的变异程度大小,对其进行赋值^[25]。观测值变异程度大的指标,说明其影响力较大,赋予较大的权数;反之,则赋予较小的权数,即该方法得到的权重结果是由指标变量值来确定的。变异系数法确定指标权重的基本步骤^[26]如下。

1) 计算第 j 项评价指标的标准差。

$$D = \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{ij} - x_j) / (m - 1)}$$

式中, x_j 是第 j 项评价指标的平均值。

2) 计算第 j 项评价指标的变异系数。

$$c_j = D / x_j$$

3) 对各指标的变异系数进行归一化处理,得到各指标的权重。

$$w_j = c_j / \sum_{j=1}^n c_j$$

进而每个指标的权重向量为: $W = (w_1, w_2, \dots, w_m)$, $w_j > 0, j = 1, 2, \dots, m$ 。

3 闽东地区生态安全格局构建

3.1 针对单一景观过程的生态安全格局

3.1.1 防洪安全格局 大规模集中的降水是导致闽东地区发生洪涝灾害的主要原因。由于闽东特殊的地理位置,每年夏季都会遭受台风的侵袭,而台风往往带来

较大强度的降雨。由于城镇的扩张建设,大部分河道被侵占而逐渐变窄;市政基础设施建设中,不透水铺装面积不断增加等因素导致闽东的蓄洪防洪能力明显降低。构建闽东地区防洪安全格局,旨在将灾害转换成可利用的资源,即在不考虑防洪堤坝的情况下,根据地形高程数据,利用 ArcGIS 水文分析工具,找出具有调蓄洪水功能的低洼地、河流、水库等;并根据可获得的准确降水水位数据,确定了 5 年、50 年、100 年一遇的不同安全水平标准,通过洪水淹没分析,得到不同洪水风险频率下的淹没范围,并结合闽东历史洪涝灾害数据进行分析,形成了具有低、中、高安全水平的防洪安全格局(封三彩图 3)。在城市空间格局规划中,可针对以上 3 种安全格局,滞留出关键的防洪区域,建立合理的滞洪湿地系统,从而减轻洪涝灾害对闽东造成的威胁和损害。

3.1.2 生物保护安全格局 一般将生物的核心栖息地作为物种扩散和动物活动过程的源^[10],生物资源主要集中在自然保护区,即自然保护区可视为生物的核心栖息地。闽东具有 3 个自然保护区,分别是屏南宜洋鸳鸯猕猴自然保护区、福安瓜溪杪楞自然保护区以及宁德官井大黄鱼繁殖保护区。虽然生物资源主要集中在自然保护区,但是生物的扩散、活动等过程发生在更大范围内,在闽东地区市域范围内建立连通各栖息地斑块的景观格局将保证生物过程的连续性和完整性^[27]。

运用最小费用距离计算物种穿越不同景观要素所消耗的费用,建立最小阻力面。由于阻力面建立过程中涉及的阻力因子是陆地因子,而宁德官井大黄鱼繁殖保护区所在区域属海域,故将其包括在水域保护安全格局中进行研究。以具有屏南宜洋鸳鸯猕猴自然保护区和福安瓜溪杪楞自然保护区两个自然保护区的面状要素的图层作为最小费用距离计算的“源”图层,以土地利用类型、海拔、坡度 3 个景观要素作为阻力因子,采用变异系数法^[28]确定指标权重(表 1),经过权重叠加^[29]生成综合阻力面。通过 ArcGIS 空间分析(Spatial analyst)功能中的 Cost Weighted 模块计算得到最小费用距离图层;利用 1/2 标准方差分类法^[30-31],分级得到低、中、高安全水平的生物保护安全格局(封三彩图 4)。生物保护安全格局可为生物提供适宜的栖息地和活动区域,在各层次上维持生物的多样性。

3.1.3 文化遗产保护安全格局 通过采集闽东非物质文化遗产、文物保护单位、历史文化名村的经纬度坐标,导入 ArcGIS 中生成具有文化遗产分布的点图层。运用最小费用距离模型,以文化遗产分布图层作为“源”图层,计算出具有低、中、高安全水平的文化遗产

表 1 闽东地区景观要素阻力值

阻力因子	权重	阻力等级	相对阻力值
土地利用类型	0.4	水域	100
		建设用地	60
		未利用地	40
		耕地	30
		林地	5
海拔/m	0.3	1 200~1 600	5
		1 000~1 200	10
		500~1 000	30
		200~500	50
		100~200	60
		10~100	100
坡度/(°)	0.3	0~10	5
		10~20	10
		20~30	30
		>30	50

保护安全格局(封三彩图 5)。3 个不同等级的安全水平,依次从高安全水平到低安全水平,其采取的保护措施是逐渐增强的,以此来确保文化遗产的完整性和尽可能地保存源面貌,既能保存文化遗产的价值,又能使之在旅游开发过程最大限度地体现旅游价值。

3.1.4 水域保护安全格局 《城镇生活饮用水水源环境保护条例》规定:江河生活饮用水水源一级保护区为自取水口上游 500 m 至下游 200 m 的水域及其两侧纵深各 200 m 的陆域,禁止在饮用水水源一级保护区内新建、改建、扩建与供水设施和保护区无关的建设项目。以闽东水域分布的图层作为缓冲源,以 500 m 为单倍缓冲半径,利用 ArcGIS 空间分析(Spatial analyst)功能中的 Allocation 模块分别进行面状的 3 等级缓冲区分析,通过叠加,生成具有低、中、高安全水平的水域保护安全格局(封三彩图 6),为水域的保护提供了确切的地理空间范围。

3.1.5 游憩保护安全格局 闽东地区风景名胜区、公园、乡土文化遗产以及林地、水系、山体等自然景观具有较高的游憩价值,将以上自然景观视为游憩过程的“源”,进行最小费用距离的计算,生成具有低、中、高 3 种安全水平的游憩保护安全格局(封三彩图 7)。构建游憩保护安全格局,旨在低、中、高 3 种安全水平下,针对各个旅游景点的实际情况,规划保护策略,确保游憩活动的正常有序进行,保证游憩景点生态系统的正常运行。

3.2 闽东地区复合生态安全格局

防洪安全格局、生物保护安全格局、文化遗产保护

安全格局、水域保护安全格局、游憩保护安全格局这 5 个景观安全格局在闽东地区生态过程中的重要性存在差异,采用变异系数法确定指标权重,将 5 个格局进行叠加,再以 1/2 标准方差法划分等级,生成具有低、中、高 3 个安全水平的闽东复合生态安全格局(封三彩图 8),也称为闽东生态基础设施。闽东复合生态安全格局主要分布在闽东中南部,东北部分布较少。中南部拥有闽东大部分水域、自然与文化资源等生态源,是实施自然资源及景观过程的保护以及维持区域生态安全格局可持续的重点区域;而东北部地势高、无明显水域,且无游憩与文化资源等资源分布,因而生态安全格局的分布较少。

闽东生态基础设施综合了各单一格局的要素和结构,包含各单一格局的“源”斑块,即文化遗产点、游憩点、水域以及自然保护区等,具有低、中、高 3 个安全水平。这些“源”斑块都发挥着各自的生态功能,缺一不可。低洼地、河流、湖泊等具有调蓄洪水的功能;自然保护区具有维持生物多样性以及保护地区特有物种的功能;文化遗产点和游憩点具有提供文化及游憩体验的功能。通过构建闽东生态基础设施建设,为保护以上“源”斑块的生态保护决策提供了 3 个等级的实施范围,从而对城市空间发展格局的规划提供了基础依据。低安全水平生态基础设施建设是重点保护的生态空间,每个“源”斑块个体都能在该范围内得到关键性的保护;中安全水平生态基础设施建设是在保护“源”斑块的基础上,同时建立“源”斑块与外围空间联系的主要生态空间,具有明显的过渡作用;高安全水平生态基础设施建设是在具备前两个安全水平的内容的基础上,更加协调地建立与整个地区的联系,从更宏观的角度来决定空间建设的布局。以上 3 个水平的生态基础设施建设,通过优先保护重点生态空间,避免因经济发展对闽东生态环境所造成的负面影响,为闽东可持续发展提供保障。不同安全水平下生态安全格局的面积与比例见表 2。

表 2 不同安全水平下生态安全格局的面积与比例

生态安全格局等级	生态安全格局面积/km ²	生态安全格局用地比例/%	人均生态用地面积/m ²
低安全水平格局	2 925	22.68	867
中安全水平格局	7 121	55.22	2 113
高安全水平格局	9 385	72.78	2 785

3.3 基于生态基础设施建设的闽东地区生态安全空间发展模式特征

3.3.1 低安全水平生态基础设施建设的生态安全空间发展模式特征 各生态系统在最低限度上保持了物质

循环与能量流动的正常进行,能在短期内正常提供新鲜空气、食物、休闲娱乐、安全庇护以及审美等自然服务。在抵抗洪涝灾害方面,该安全水平生态基础设施建设防洪成本相对比较高,需要一定的市政基础设施辅助天然的具有调蓄洪水的低洼地进行防洪。在生物保护方面,最低限度上保证了闽东生物的多样性以及对闽东桫欏、鸳鸯、猕猴等的保护。在水域保护方面,确保居民安全饮水的前提下,杜绝任何与供水设施和保护水源无关的建设项目。在文化遗产保护和游憩体验方面,各文化遗产点和游憩点最低限度上得到保护,各点之间具有基本的联系,形成一定的网络系统。

3.3.2 中安全水平生态基础设施建设的生态安全空间发展模式特征 各生态系统能相对较好地保持各自生态功能的实现,并在相对较长的时期内正常提供各种自然服务。在防洪方面,具备了相对较高的防洪安全标准体系,仍需要一定的市政基础设施辅助天然的具有调蓄洪水功能的低洼地等进行防洪,但投入的防洪成本相对较低。在生物保护方面,确保了生物多样性的逐渐提高,相对较好地保护了生物的关键栖息地。在水域保护方面,可适当允许少数无污染或低污染行业的建设项目。在文化遗产保护和游憩体验方面,较全面地保护了闽东的非物质文化遗产、文物保护单位以及历史文化名村,旅游资源得到较好的保护与利用。

3.3.3 高安全水平生态基础设施建设的生态安全空间发展模式特征 各生态系统很好地保证了各自功能的实现,并在长时间内正常提供各种自然服务,且自然服务质量能够逐渐得到提高。在防洪方面,具备很高的防洪安全标准体系,防洪投入成本最低,基本以低洼地等具有调蓄洪水功能的天然区域作为防洪区。在生物保护方面,闽东特有物种得到了很好的保护,生物多样性得到显著提高,生物栖息地得到良好的改善。在水域保护方面,各港湾、河流、湖泊等拥有良好的水资源,水生生物拥有很好的生活环境。在文化遗产保护与游憩体验方面,闽东的非物质文化遗产、文物保护单位以及历史文化名村等文化遗产得到全面的保护,旅游资源保护完好,均创造了良好的经济效益,同时也保证了文化遗产、游憩资源的完整与连续性。

4 讨论与结论

景观和区域尺度上的生态安全具体包括了区域生态系统的完整性和健康度,生态过程的连续性和稳定度,生态灾害的风险性和安全度^[32],因而针对闽东地区生态问题,本研究重点研究防洪安全格局、生物保护安全格局、文化遗产保护安全格局、水域保护安全格局以及游憩安全格局,揭示了如何在有限的土地资源下,

以最高效的景观格局维护历史文化与游憩等过程的安全与健康问题的可能性。在闽东复合生态安全格局的基础上,让城市决策及规划者明确哪些地方是不适宜进行城市建设的,哪些地方仍需要最大限度地进行保护。这一研究理念揭示了闽东城市的空间发展格局应以合理的生态安全过程和格局为依据,先进行不建设规划,再根据闽东社会经济发展的需要进行城市建设用地的规划。

利用 3S 技术,综合 5 个单一过程的景观生态安全格局,生成闽东地区生态基础设施,并分别对处于低、中、高安全水平生态基础设施建设下的空间发展格局进行分析,探讨闽东地区生态空间的规划,对于闽东地区空间的优先建设以及空间的连续性和完整性具有重要的现实意义。通过探讨低、中、高 3 个安全水平生态基础设施建设下的城市空间发展格局,可证明生态安全格局是闽东在海西经济区快速发展过程中实现快速发展的有效保障,能较好地协调经济发展与生态环境保护工作。

虽然景观安全格局从大范围尺度上能够很好地体现符合生态需求的范围,但从精度方面看,其范围确定依据值得继续探讨与完善。同时,对于低、中、高安全水平生态基础设施建设下的空间发展模式的探讨有待进一步深入。

参考文献:

- [1] Costanza R. Social goals and the valuation of ecosystem services [J]. *Ecosystems*, 2000, 3(1): 4-10.
- [2] 崔胜辉,洪华生,黄云凤,等.生态安全研究进展[J]. *生态学报*, 2005, 25(4): 861-869.
Cui S H, Hong H S, Huang Y F, et al. Progress of the ecological security research [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(4): 861-869.
- [3] Hodson M, Marvin S. Urban ecological security: a new urban paradigm [J]. *International Journal of Urban and Regional Research*, 2009, 33(1): 193-215.
- [4] Portielje R, Jacobsen T H, Jensen K S. Risk analysis using stochastic reliability methods applied to two cases of deterministic water quality models [J]. *Water Resources*, 2000, 34(1): 153-170.
- [5] 肖笃宁,陈文波,郭福良.论生态安全的基本概念和研究内容[J]. *应用生态学报*, 2002, 13(3): 354-358.
Xiao D N, Chen W B, Guo F L. On the basic concepts and contents of ecological security [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(3): 354-358.
- [6] 龚建周,夏北城,陈健飞,等.基于 3S 技术的广州市生态安全景观格局分析[J]. *生态学报*, 2008, 28(9): 4323-4334.
Gong J Z, Xia B C, Chen J F, et al. Dynamic analysis of

- the Guangzhou landscape eco-security pattern based on 3S technology[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(9): 4323-4334.
- [7] 高宾, 李小玉, 李志刚, 等. 基于景观格局的锦州沿海经济开发区生态风险分析[J]. *生态学报*, 2011, 31(12): 3441-3450.
- Gao B, Li X Y, Li Z G, et al. Assessment of ecological risk of coastal economic developing zone in Jinzhou bay based on landscape pattern[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(12): 3441-3450.
- [8] 高启晨, 陈利顶, 吕一河, 等. 西气东输工程沿线陕西段区域生态安全格局设计研究[J]. *水土保持学报*, 2005, 19(4): 164-168.
- Gao Q C, Chen L D, Lü Y H, et al. Regional pattern for ecological security in Shanxi section along west-east gas pipeline project[J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2005, 19(4): 164-168.
- [9] 李宗尧, 杨桂山, 董雅文. 经济快速发展地区生态安全格局的构建—以安徽沿江地区为例[J]. *自然资源学报*, 2007, 22(1): 106-113.
- Li Z Y, Yang G S, Dong Y W. Establishing the ecological security pattern in rapidly developing regions—a case in the AYRAP[J]. *Journal of Natural Resources*, 2007, 22(1): 106-113.
- [10] 俞孔坚, 王思思, 李迪华, 等. 北京市生态安全格局及城市增长前景[J]. *生态学报*, 2009, 29(3): 1189-1203.
- Yu K J, Wang S S, Li D H, et al. The function of ecological security patterns as an urban growth framework in Beijing[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(3): 1189-1203.
- [11] Jogo W, Hassan R. Balancing the use of wetlands for economic well-being and ecological security: The case of the Limpopo wetland in southern Africa[J]. *Ecological economics*, 2010, 69(7): 1569-1579.
- [12] 马克明, 傅伯杰, 黎晓亚, 等. 区域生态安全格局: 概念与理论基础[J]. *生态学报*, 2004, 24(4): 762-768.
- Ma K M, Fu B J, Li X Y, et al. The regional pattern for ecological security (RPES): the concept and the oretical basis [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(4): 762-768.
- [13] Bohemen H D V. Habitat fragmentation, infrastructure and ecological engineering [J]. *Ecological engineering*, 1998, 11(1): 199-207.
- [14] 秦趣, 冯维波, 苏维词, 等. 三峡库区重点城市生态基础设施品质演化及对策[J]. *重庆师范大学学报: 自然科学版*, 2009, 26(3): 40-44.
- Qin Q, Feng W B, Su W C, et al. Study of evaluation characteristics of ecological infrastructure and countermeasure in pivot cities of three gorges reservoir region[J]. *Journal of Chongqing Normal University: Natural Science*, 2009, 26(3): 40-44.
- [15] 俞孔坚, 韩西丽, 朱强. 解决城市生态环境问题的生态基础设施途径[J]. *自然资源学报*, 2007, 22(5): 809-813.
- Yu K J, Han X L, Zhu Q. Ecological infrastructure as a synthetic solution to urban environmental problems[J]. *Journal of Natural Resources*, 2007, 22(5): 809-813.
- [16] 覃德华. 闽东土地利用/覆盖变化的时空分异规律及其区域生态安全综合评价[D]. 福州: 福建农林大学, 2010.
- Qin D H. Research on the Spatio-temporal distribution laws of LUCC and regional eco-security comprehensive assessment in Mindong [D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2010.
- [17] 俞孔坚. 生物保护的景观生态安全格局[J]. *生态学报*, 1999, 19(1): 8-15.
- Yu K J. Landscape ecological security patterns in biological conservation[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, 19(1): 8-15.
- [18] 游巍斌, 何东进, 巫丽芸, 等. 武夷山风景名胜区景观生态安全度时空分异规律[J]. *生态学报*, 2011, 31(21): 6317-6327.
- You W B, He D J, Wu L Y, et al. Temporal-spatial differentiation and its change in the landscape ecological security of Wuyishan scenery district[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(21): 6317-6327.
- [19] Adriaensen F, Chardon J P, De B 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] Nikolakaki P. A GIS site-selection process for habitat creation: estimating connectivity of habitat patches [J]. *Landscape and Urban Planning*, 2004, 68(1): 77-94.
- [21] 曲艺, 栾晓峰. 基于最小费用距离模型的东北虎核心栖息地确定与空缺分析[J]. *生态学杂志*, 2010, 29(9): 1866-1874.
- Qu Y, Luan X F. Core habitat identification and gap analysis for Amur tiger (*Panthera tigris altaica*) based on least-cost distance model [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2010, 29(9): 1866-1874.
- [22] 李平星, 陈东, 樊杰. 基于最小费用距离模型的生态可占用性分析—以广西西江经济带为例[J]. *自然资源学报*, 2011, 26(2): 227-237.
- Li P X, Chen D, Fan J. Research of ecological occupiability based on least-cost distance model—a case study on Xijiang river economic belt in Guangxi [J]. *Journal of Natural Resources*, 2011, 26(2): 227-237.
- [23] Knappen J P, Scheffer M, Harms B. Estimating habitat isolation in landscape planning [J]. *Landscape and Urban Planning*, 1992, 23(1): 1-16.
- [24] 储莎, 陈来. 基于变异系数法的安徽省节能减排评价研究[J]. *中国人口·资源与环境*, 2011, 21(3): 512-516.
- Chu S, Chen L. Evaluation of energy saving and emission

- reduction of Anhui based on variance coefficient approach [J]. *China Population, Resources and Environment*, 2011, 21(3): 512-516.
- [25] 屈卫军. 基于变异系数法的灰色关联决策模型在节水工程方案优选中的应用[J]. *地下水*, 2010, 32(5): 50-51.
- Qu W J. Application of gray correlative decision-making model for optimization of water-saving project scheme based on the variation coefficient method[J]. *Ground Water*, 2010, 32(5): 50-51.
- [26] 张小泓. 基于变异系数法的灰色关联模型在节水灌溉工程投标方案优选中的应用[J]. *节水灌溉*, 2009(8): 54-56.
- Zhang X H. Application of gray correlative decision-making model based on variation coefficient method in bid decision optimization of water-saving irrigation project[J]. *Water Saving Irrigation*, 2009(8): 54-56.
- [27] 俞孔坚, 李博, 李迪华. 自然与文化遗产区域保护的生态基础设施途径—以福建武夷山为例[J]. *城市规划*, 2008, 32(10): 88-96.
- Yu K J, Li B, Li D H. Ecological infrastructure way of natural and cultural heritage regional protection—a case study on Fujian Wuyi mountain[J]. *City Planning Review*, 2008, 32(10): 88-96.
- [28] 王薇, 陈为峰. 区域生态系统健康评价方法与应用研究[J]. *中国农学通报*, 2006, 22(8): 440-444.
- Wang W, Chen W F. Ecosystem health evaluation methodologies and application research on regional dimension[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2006, 22(8): 440-444.
- [29] 李咏华, 赵宁. 生态敏感区建筑遗产群保护规划方法探索—以浙江大学之江校区为例[J]. *浙江大学学报*, 2008, 35(6): 707-713.
- Li Y H, Zhao N. Conservation planning method of architectural heritage groups in ecologically sensitive areas: the conservation planning study of Zhijiang campus[J]. *Journal Zhejiang University*, 2008, 35(6): 707-713.
- [30] 李纪宏, 刘雪华. 基于最小费用距离模型的自然保护区功能分区[J]. *自然资源学报*, 2006, 21(2): 217-225.
- Li J H, Liu X H. Research of the nature reerve zonation based on the least-cost distance model[J]. *Journal of Natural Resources*, 2006, 21(2): 217-225.
- [31] 张玉虎, 于长青, 塔西甫拉提·特依拜, 等. 风景区生态安全格局构建方法研究—以北京妙峰山风景区为例[J]. *干旱区研究*, 2008, 25(3): 420-425.
- Zhang Y H, Yu C Q, Taxipulati T, et al. Methodology for constructing the landscape ecological security pattern in scenic area—a case study in the scenic area in the Miaofeng mountain, Beijing[J]. *Arid Zone Research*, 2008, 25(3): 420-425.
- [32] 刘勇生, 洪滔, 何东进, 等. 武夷山风景名胜区生态安全分析[J]. *安全与环境学报*, 2006, 6(6): 78-81.
- Liu Y S, Hong T, He D J, et al. Analysis on situation of ecological security in Wuyishan scenery district[J]. *Journal of Safety and Environment*, 2006, 6(6): 78-81.

Ecological Security Pattern and Spatial Development Pattern in Mindong Region

ZHENG Xiao-yan¹, HE Dong-jin¹, YOU Wei-bin¹, QIN De-hua²,
YOU Hui-ming¹, WU Li-yun¹, JI Zhi-rong¹

(1. College of Forestry, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002;

2. College of Agronomy, Henan University of Science and Technology, Luoyang Henan 471003, China)

Abstract: Mindong is one of the most prospective coastal cities in the west-strait economic zone. It faces a challenge of urban economy and ecological environment development on the background of rapid urbanization. On the basis of Mindong resource advantage and historical cultural background, landscape ecological security patterns of flood control, biological conservation, cultural heritage protection, waters protection and recreation were constructed by using 3S technology. And these patterns were stacked into a comprehensive ecological security pattern. This paper analyzed features of spatial development patterns. The results showed that in low, medium and high levels, the land use proportion of ecological infrastructure which is used to maintain ecological security pattern was 22.68%, 55.22%, 72.78%. Ecological land area per capita was 867, 2 113, 2 785 m². Ecological infrastructure was mainly distributed in middle-south region which has more waters, natural and cultural resources in Mindong, but it was contrary in northeast. Middle-south region was key region to implement protection for natural resources and landscape process, and maintain ecological security pattern sustainably. Spatial development patterns features of ecological security in high level are each ecosystem ensures the implementation of function commendably, it provides various natural service normally in the long time. And quality of natural service improves gradually.

Key words: ecological security pattern; ecological infrastructure; spatial development pattern; Mindong region

(接正文110页)

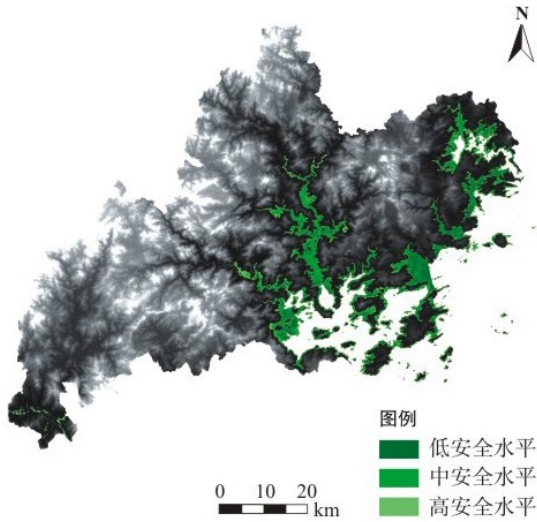


图 3 防洪安全格局图

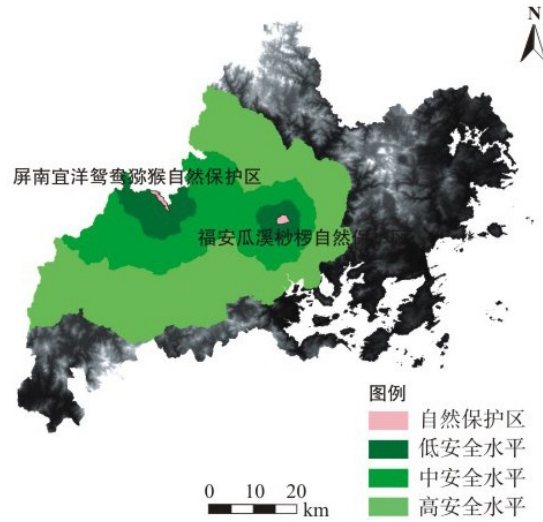


图 4 生物保护安全格局

(接正文111页)

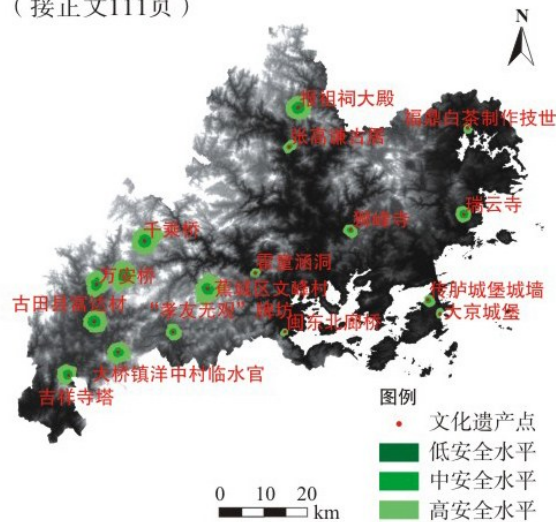


图 5 文化遗产保护安全格局

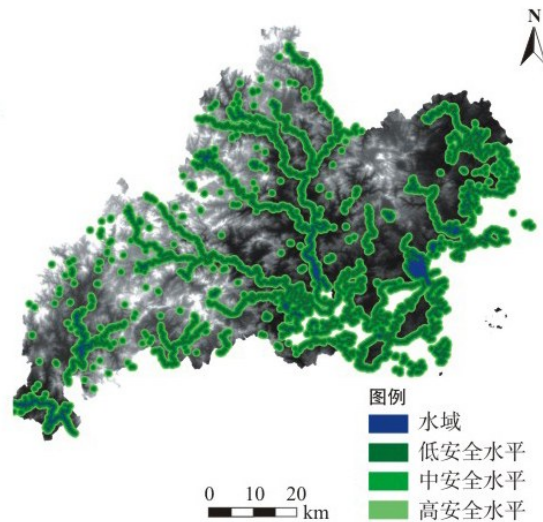


图 6 水域保护安全格局

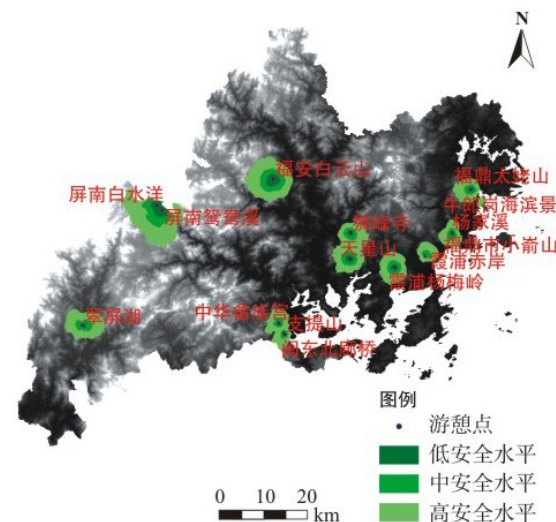


图 7 游憩安全格局

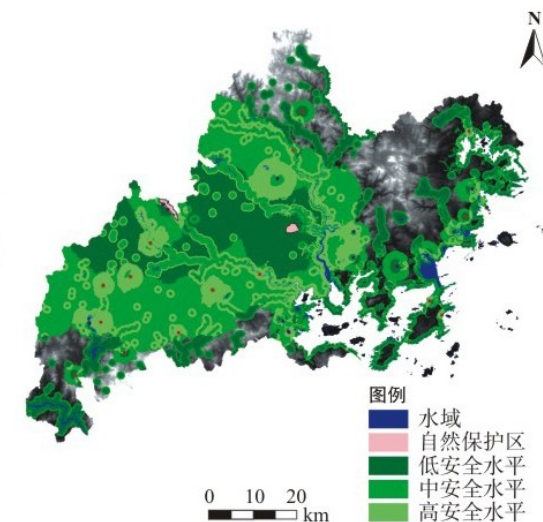


图 8 闽东生态基础设施建设