

文章编号: 1008-2786-(2019)5-747-11

DOI:10.16089/j.cnki.1008-2786.000465

# 基于生态安全格局的山地河谷地区建设用 地空间管制研究 ——以福建省沙溪重点开发区为例

戴文远<sup>a,b,c</sup>, 江方奇<sup>a,b</sup>, 黄万里<sup>a,b,c</sup>, 廖李红<sup>a,b</sup>

(福建师范大学 a. 地理科学学院; b. 地理研究所; c. 湿润亚热带山地生态国家重点实验室培育基地, 福州 350007)

**摘 要:** 构建山地河谷地区的生态安全格局对协调生态脆弱区的人地关系, 指导建设用地空间管制, 推动山区经济社会可持续发展具有重要意义。本文以福建省沙溪重点开发区为例, 基于 1992 年、2000 年和 2015 年三期土地利用数据, 分析建设用地变化特点, 并通过识别地质灾害防护、乡土文化遗产保护、生物保护和洪水防范等四类生态源地, 应用 MCR 构建区域综合生态安全格局, 结合 DEM 开展建设用地空间管制分区研究。结果表明: 23 a 间研究区居住用地和工矿用地持续增长, 特别是工矿用地增长速度高达 264.63%, 但受河谷地形制约, 建设用地扩张的集聚性极强, 主要集中在沙溪干流 5 km 的缓冲区内, 区域人口、资源与环境的矛盾日益突出; 研究区综合生态安全格局以中、高安全格局区域为主, 分别占研究区总面积的 42.43% 和 41.47%, 而低安全格局面积仅占 16.10%, 生态安全格局与其重点开发区的主体功能定位基本吻合; 基于综合生态安全格局和山地河谷地形特点, 提出建设用地空间管制分区方案, 其中禁止建设区面积 1354.66 km<sup>2</sup>, 占 38.94%; 限制建设区面积最大, 为 1408.70 km<sup>2</sup>, 占 40.49%; 作为建设用地后备资源的允许建设区受地形制约显著, 面积 504.10 km<sup>2</sup>, 占 14.49%, 且分布离建成区较远。研究结果将为主体功能区的国土空间规划、土地资源利用与生态环境协调发展提供科学依据与参考。

**关键词:** 空间管制分区; 生态安全格局; 山地河谷; 沙溪重点开发区

**中图分类号:** F301.2

**文献标志码:** A

我国山地丘陵分布广泛, 地形复杂多变。山地河谷地区既是生态环境脆弱区, 又是山区人类活动和城镇建设发展的理想场所。近年来, 随着城镇化进程加快, 山地河谷型城市建设用地沿河谷不断对外扩展, 不仅引发区域土地利用结构改变, 而且挤占了生态用地, 对区域生态安全产生深刻影响, 这种现象日益受到政府部门和学界的重视<sup>[1-2]</sup>。因此, 对生态环境脆弱的山地河谷地区开展快速城镇化背景下的建设用地空间管制研究, 对科学合理确定建设用地空间布局、协调山地河谷地区人地关系、促进区

域可持续发展具有重要意义。

生态安全格局不仅是实现对区域生态环境问题有效控制和持续改善的空间格局, 也是支撑城镇生态系统健康发展的关键性格局<sup>[3-4]</sup>。20 世纪 80 年代以来, 生态安全成为国际生态系统研究的热点领域<sup>[5-6]</sup>。我国学者积极开展生态安全格局的理论基础和建构方法研究, 其中俞孔坚对生态安全格局理论和实践进行了开创性的研究<sup>[7-8]</sup>。此后, 众多学者运用景观生态学理论对不同尺度、不同区域的生态安全格局进行了构建, 研究区域主要包括生态保

收稿日期(Received date): 2019-02-01; 改回日期(Accepted date): 2019-08-31

基金项目(Foundation item): 福建省科技厅公益类重点项目(2017R1034-2); 福建省自然科学基金项目(2018J01741)。[Key Public Welfare Project of Fujian Science and Technology Department(2017R1034-2); Natural Science Foundation of Fujian Province(2018J01741)]

作者简介(Biography): 戴文远(1972-), 男, 福建莆田人, 副教授, 主要从事土地利用与城乡可持续发展研究。[DAI Wenyuan (1972-), male, born in Putian, Fujian province, associate professor, research on land use and urban and rural sustainable development] E-mail: dwygeo@fjnu.edu.cn

保护区<sup>[9]</sup>、风景名胜区<sup>[10]</sup>、生态脆弱区<sup>[11-12]</sup>、重大工程建设区<sup>[13]</sup>和城市化区域<sup>[14]</sup>等。研究热点主要集中在经济发达城市,如有学者构建了北京<sup>[15]</sup>、广州<sup>[16]</sup>等城市的生态安全格局,并分析了其对城市扩张的影响;也有学者利用该理论对快速城镇化地区的建设用地管制进行研究,如王思易等<sup>[17]</sup>以扬州为例探索构建了生态与经济发展兼顾的建设用地管制分区工作体系,左晓英等<sup>[18]</sup>研究了曹妃甸新区城镇扩张预警和管控等等。此外,我国“十二五”期间实施的主体功能区战略也为区域空间管制提供了有力支撑。但在具体实践中,对于不同主体功能区(特别是重点开发区)的内部如何实施空间管制还需进一步深入探讨。因此,将目前的主体功能区划实践与生态安全格局理论相结合开展研究,可为深化国土空间管制提供新思路。

沙溪河谷位于福建省中部,地处南方红壤丘陵山地生态脆弱区,同时又是《福建省主体功能区规划》确定的省级重点开发区。自 20 世纪 90 年代以来,随着沙溪干流水电站梯级开发和城镇化、工业化的推进,建设用地快速扩展强烈扰动了河谷地区的自然景观,造成土地利用景观破碎化、乡土景观被侵蚀、绿色空间缩小等生态环境问题。如何为生态脆弱的沙溪河谷地区布设生态安全屏障,从空间上优化建设用地布局,实现区域经济、社会和生态效益的

协调发展,已成为日益迫切的现实问题。本文运用生态安全格局理论和方法,探讨研究区建设用地空间管制,以期正确引导沙溪河谷建设用地空间布局,为其国土空间规划及区域经济社会健康持续发展提供科学依据与参考。

## 1 研究区概况

沙溪是福建母亲河闽江的主流,流域面积大,水力资源丰富。据《福建省主体功能区规划》选取沙溪流域的省级重点开发区部分作为研究区。该区主要分布于沙溪干流河谷两岸,地理位置  $25^{\circ}40' \sim 26^{\circ} 68'N$ ,  $117^{\circ} 7' \sim 118^{\circ} 3'E$ , 土地总面积  $3479.12 \text{ km}^2$ , 包括三明市区(三元区、梅列区)和永安市、沙县部分地区(图 1)。研究区处于福建省仅次于沿海发展轴的“南三龙”城市发展轴中段,基础工业较为雄厚,是福建最大的钢铁、水泥、化肥、煤炭生产基地。虽然研究区经济社会较为发达,但区内地形崎岖,土地资源缺乏,人口、城镇和工业主要集中分布于沙溪河谷地区,土地开发强度高;同时该区又是重要的水源涵养和生物多样性保护区,拥有世界最大的格氏栲自然保护区,是一个经济快速发展但人地矛盾突出的地区。

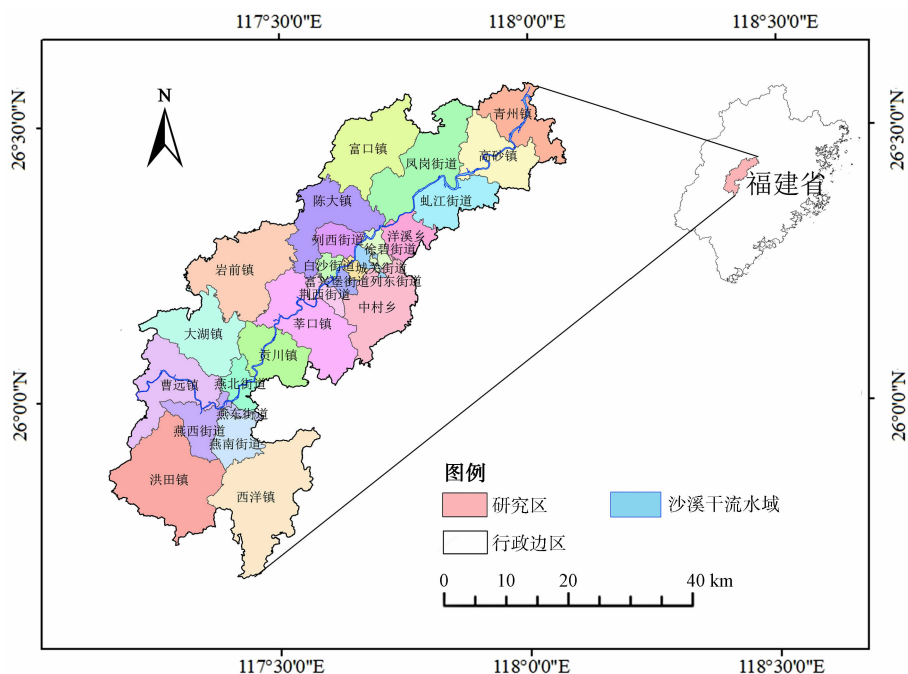


图 1 研究区地理位置及行政区划

Fig. 1 Geographical location and administrative divisions of the study area

## 2 数据来源与研究方法

### 2.1 数据来源及处理

研究以1992年、2000年和2015年的Landsat5 TM、Landsat7 ETM+和Landsat8 OLI影像为主要数据源。利用ENVI5.0软件对遥感数据进行几何校正与影像匹配,在eCognition9.0软件中,采用面向对象的监督分类方法获得研究区三个时期的土地利用数据。在此基础上,结合研究区2009年第二次全国土地调查结果,对三期数据与二调结果不一致的图斑进一步做人工判读修正,得到三期最终土地利用数据。每期数据利用ArcGIS随机生成300个精度样点,检验得出三期数据总体精度分别为84.53%、87.10%和86.41%,满足研究需要。DEM数据来源于地理国情监测平台数字高程产品(分辨率30 m×30 m),乡土文化遗产分布根据国家文物局的官网(<http://www.sach.gov.cn/>)数据矢量化得到,地质灾害分布数据源自三明市国土资源局发布的2015年地质灾害防治方案,自然保护区范围和研究区主要物种数据源自三明市环保局,历年洪水数据源自三明市人民政府防汛抗旱指挥部。其他社会经济、人口、资源等方面统计数据源自三明市相关统计年鉴。

### 2.2 研究方法

#### 2.2.1 土地利用变化分析方法

分析土地利用变化是实现区域生态格局构建的重要基础。研究采用土地变化幅度指标,以反映研究区一个时间段内某一类土地变化幅度的快慢<sup>[19-20]</sup>,公式为:

$$K_i = \frac{S_{i2} - S_{i1}}{S_{i1}} \times 100\% \quad (1)$$

式中, $K_i$ 为第*i*类土地利用类型变化幅度; $S_{i1}$ 和 $S_{i2}$ 为该土地研究初期和研究末期的面积。此外,引入土地图谱可视化反映土地转移特征。

#### 2.2.2 生态安全格局构建方法

(1)“源”的识别。“源”是生态水平过程发生的起点。本文分别针对地质灾害(以滑坡、崩塌为主)、乡土文化遗产保护(以古村落、古建筑、古人类遗迹为代表)、生物保护(以代表性留鸟和候鸟作为焦点物种)和防洪灾害(以河流、水库为主)四类生态源地进行识别,具体内容限于篇幅不再赘述。

(2)构建阻力面。应用最小累计阻力模型(Minimum Cumulative Resistance, MCR)建立阻力面,以反映物种空间运动的潜在可能与趋势。该模型由Knaapen提出,并经俞孔坚等修改<sup>[8,21]</sup>,可在ArcGIS软件的费用距离(Cost Distance)模块中实现,公式为:

$$MCR = f_{\min} \sum_{j=n}^{i=m} (D_{ij} \times R_i) \quad (2)$$

式中, $MCR$ 为最小累计阻力值; $D_{ij}$ 是物种从源*j*到达*i*点的空间距离; $R_i$ 是*i*种土地类型对物种运动的阻力系数。

参考相关研究<sup>[3-4,22]</sup>并结合区域实际,对不同生态过程阻力因子确定阻力系数和权重,详见表1。

(3)生态安全格局构建和建设用地管制分区。首先依据自然断裂法划分不同等级的阻力面,分别建立四个单一生态过程的安全格局;其次采用等权叠加得到综合生态安全格局;最后根据不同等级的安全水平,结合沙溪河谷地形特点,探讨区内土地差别化管理,并结合现有建设用地情况进行建设用地管制分区,研究框架如图2。

## 3 结果与分析

### 3.1 建设用地变化特征

据1992年、2000年和2015年土地利用结构(表2)及式(1)计算,结果表明:研究区景观基质为林地,三个年份林地约占土地总面积的80%。随着城镇化进程加快,23 a间居住用地和工矿用地持续快速增长,增长速度分别达87.65%和264.63%。沙溪河谷地区发展成为福建内陆最为重要的工业走廊。结合图3分析,研究区居住用地、工矿用地增加主要通过占用林地和耕地等重要生态用地实现,但受河谷地形制约,建设用地扩张的集聚性极强,主要集中在沙溪干流两岸5 km的缓冲区内;重点扩张区域主要分布在沙县城区外围、三明城区北部和南部、永安城区的东部和南部以及曹远镇等地,主要是因各城市新城和工业园区建设所致,如沙县虬江街道、三明白沙街道的新城建设,沙县金沙工业园区、永安尼葛工业园等扩展明显。因此,研究区23 a间建设用地扩张显著,人口、资源与环境的矛盾日益突出。

表 1 研究区重要生态过程阻力因子及系数的确定

Tab.1 Identification of resistance factors and coefficients during the major ecological process of the study area

生态过程类型	阻力因子	因子	阻力系数	单一生态过程权重	综合生态过程权重	
地质灾害防护	土地利用类型	工矿用地	10	0.60	0.25	
		耕地、未利用地	20			
		草地、园地	50			
		居住用地	100			
		林地	200			
		水域	500			
	坡度	> 25°	10	0.40		
		15 – 25°	100			
		< 15°	500			
乡土文化遗产保护	土地利用类型	水域	0	0.25		
		草地	10			
		林地	20			
		园地	30			
		耕地	50			
		未利用地	100			
		居住用地	200			
		工矿用地	500			
生物保护	环颈雉栖息	林地	0	0.50	0.25	
		水域	20			
		草地	30			
		园地	100			
		耕地、未利用地	200			
		居住用地	400			
		工矿用地	500			
		大白鹭栖息	以大白鹭生活习性为依据,以土地利用类型(权重 0.50)、距离城镇和乡村距离(权重 0.30)和坡度(权重 0.20)三个指标构建适宜性评价因子,得出大白鹭生境适宜性			0.50
	洪水防范	缓冲区分析	对洪水防范源分别建立 0 ~ 50 m、50 ~ 80 m、80 ~ 150 m 的三级缓冲区			0.50
		“无源淹没”分析	建立五十年一遇、二十年一遇和十年一遇三级风险频率的洪水淹没区			0.50

表 2 1992 年、2000 年和 2015 年年研究区土地利用结构

Tab.2 Land use structure in the study area from 1992,2000 and 2015

类型	面积/km <sup>2</sup>			比例/%		
	1992	2000 年	2015 年	1992	2000 年	2015 年
林地	2883.78	2868.74	2744.51	82.89	82.46	78.89
草地	24.94	23.66	42.41	0.72	0.68	1.22
水域	53.34	54.62	56.37	1.53	1.57	1.62
耕地	294.41	271.37	267.36	8.46	7.80	7.68
园地	127.27	135.93	150.11	3.66	3.91	4.31
居住用地	64.63	83.13	121.27	1.86	2.39	3.49
工矿用地	24.79	37.52	90.39	0.71	1.08	2.60
未利用地	5.96	4.15	6.70	0.17	0.12	0.19
总计	3479.12	3479.12	3479.12	100.00	100.00	100.00

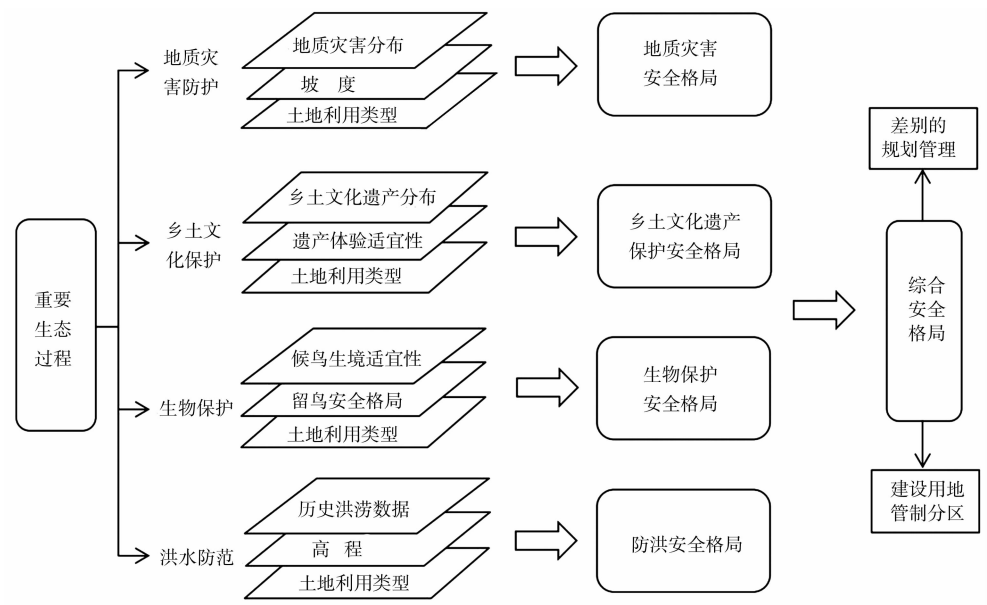
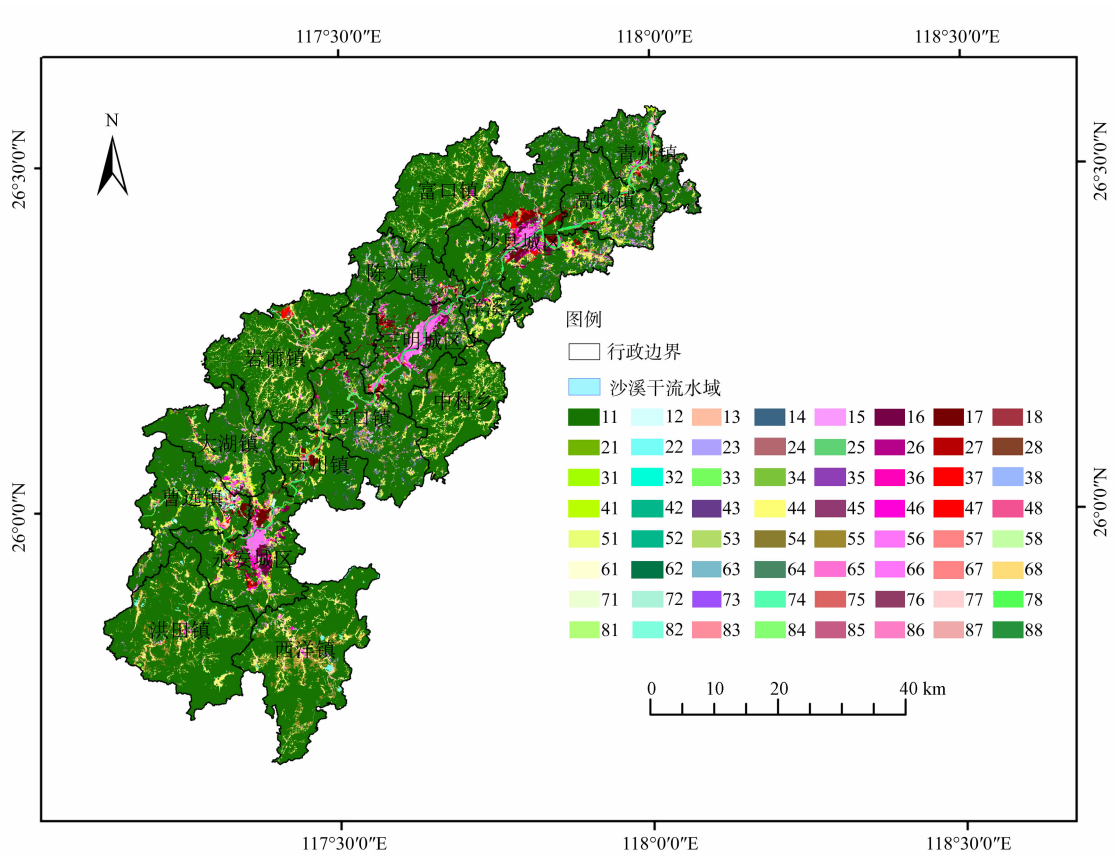


图 2 区域生态安全格局研究框架

Fig. 2 Research framework of regional ecological security pattern



注:1~8 分别表示林地、草地、水域、耕地、园地、居住用地、工矿用地和未利用地;11 表示林地保持不变;12 表示林地转为草地;13 表示林地转为水域;14 表示林地转为耕地;15 表示林地转为园地;16 表示林地转为居住用地;17 表示林地转为工矿用地;18 表示林地转为未利用地;后面以此类推。

图 3 1992—2000 年研究区土地利用转移

Fig. 3 Land use transfer of the study area from 1992 - 2000

### 3.2 生态安全格局构建

#### 3.2.1 单一生态安全格局构建

(1)地质灾害安全格局。本文共确定 19 处重要的滑坡、崩塌地质灾害源地,据此“源”和各阻力系数(表 1),利用式(2)和 ArcGIS,并以自然断裂法将阻力面分为三个等级得到研究区地质灾害安全格局(图 4a),结果表明:地质灾害低安全格局面积  $143.41 \text{ km}^2$ ,占研究区总面积的 4.12%。其中,三明城市建成区边缘人类活动干扰严重,是低安全格局的最大分布区,几乎包围了整个三明城区,反映出其城市建设受河谷地形制约面临的突出地质灾害问题;中安全格局分布在三明城区低安全格局的外围、永安城区的东部和西部,面积  $1240.58 \text{ km}^2$ ,占 35.67%;上述之外的区域为高安全格局,面积  $2093.93 \text{ km}^2$ ,占 60.21%,主要分布在生态环境较好的山地丘陵林区。

(2)乡土文化遗产安全格局。以永安市吉山村、贡川古城墙,三元区万寿岩遗址等 29 处古村落、古建筑和古人类遗迹为“源”,结合阻力因子系数得到研究区乡土文化遗产保护安全格局(图 4b),结果表明:低安全格局面积  $548.76 \text{ km}^2$ ,占研究区总面积的 15.78%,主要分布在沙溪干流两岸人类活动

频繁的河谷地区,是乡土文化遗产体验和保护的 key 区域;中安全格局主要分布在低安全格局的外围,并沿沙溪支流向外延伸,面积  $1453.63 \text{ km}^2$ ,占 41.80%;高安全格局面积  $1475.41 \text{ km}^2$ ,占 42.42%,主要分布在城区工业用地、交通用地集中的区域,以及远离人类活动的林地地区,文化遗产体验性一般。

(3)生物保护安全格局。环颈雉和大白鹭是研究区典型留鸟和候鸟,能很好反映其生物保护情况。前者主要栖息于山地丘陵森林茂密地区,本文以三明格氏栲自然保护区等 8 处森林生态系统为源地;后者冬半年多分布在沙溪沿岸、湖泊湿地和存有水量的稻田中,故以其生境适宜性构建安全格局。将两种焦点物种安全格局等权叠加得到生物保护安全格局(图 4c)。其中,低安全格局主要分布在研究区中部的富口镇、陈大镇、中村乡和莘口镇,面积  $1194.47 \text{ km}^2$ ,占研究区总面积的 34.35%,是适合生物栖息良好区域;中安全格局分布在低安全格局的外围,面积  $1019.74 \text{ km}^2$ ,占 29.32%,生态功能较为显著;高安全格局主要分布在研究区东北、西南两端以及城市建成区,生物保护重要性一般。

(4)洪水防范安全格局。沙溪干流河道较窄,

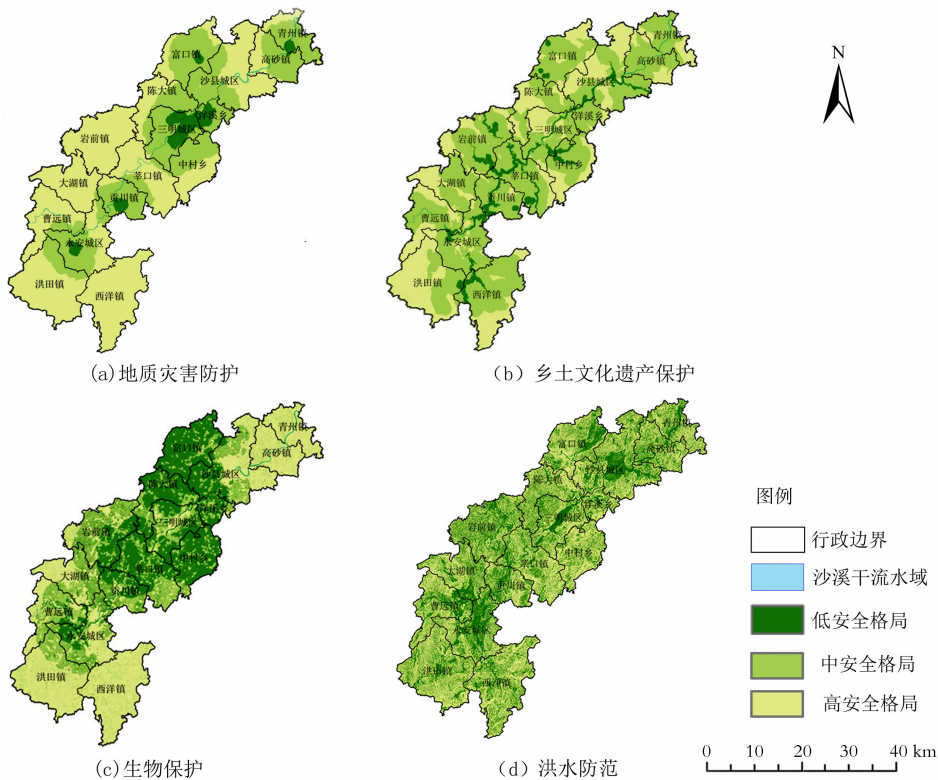


图 4 单一生态安全格局构建结果

Fig. 4 Result of single ecological security pattern construction



河谷盆地又是人类建设活动集中区,防洪形势严峻。以主要行洪水域作为洪水防范源,据不同风险级别洪水对缓冲区宽度的要求,对防洪源分别建立 0 ~ 50 m、50 ~ 80 m、80 ~ 150 m 缓冲区。据研究区历年洪水资料和 DEM 数据,采用“无源淹没”方式建立十年一遇、二十年一遇和五十年一遇三种风险频率的洪水淹没区,得到研究区高、中、低三级防洪安全格局(图 4d)。其中,防洪安全格局以中安全格局为主,面积 2200.59 km<sup>2</sup>,占研究区总面积 63.27%,而低安全格局面积虽然仅有 183.40 km<sup>2</sup>,占 5.27%,但基本覆盖了研究区内主要的城镇建成区,主要分布在防洪源和 50 米缓冲区之内;高安全格局区主要分布在东部和南部的海拔较高的山地和林地覆盖地区,面积占 31.46%。

3.2.2 综合生态安全格局

上述分析的地质灾害防护、乡土文化遗产保护、生物保护和洪水防范安全格局分别从不同面向为区域生态服务功能提供保障,四者相辅相成,同等重要。因此,本文将四种单一生态安全格局在 ArcGIS 中等权(权重各 0.25)叠加计算,并以自然断裂法分为高、中、低 3 个级别,得到研究区综合景观安全格局(图 5、表3)。结果表明:以地质灾害多发点、乡土

表 3 不同等级综合生态安全格局及利用原则

Tab.3 Comprehensive ecological security pattern and utilization principles at different levels

生态安全格局	面积/km <sup>2</sup>	比例/%	利用原则
低安全格局	559.94	16.10%	生态保育为主,禁止建设
中安全格局	1476.26	42.43%	加强生态建设,限制建设
高安全格局	1442.91	41.47%	因地制宜,开展城乡建设

文化遗产集中区、自然保护区为生态源地,山林地、水库、坑塘和水田等为重要生态斑块,河流、沟渠和绿化带等线状要素为生态廊道,在研究区构成了较为连续的生态屏障,为区域生态健康和可持续发展提供保障。其中,低安全格局面积为 559.94 km<sup>2</sup>,占全区总面积 16.10%,沿沙溪河谷呈三个组团分布在富口镇、陈大镇、洋溪乡、中村乡、莘口镇、贡川镇和永安城区西部等地,区内生态功能显著,是研究区生态安全格局的核心区,应禁止建设用地扩张;中安全格局分布在低安全格局外围,面积最大,共计 1476.26 km<sup>2</sup>,占 42.43%,是低安全格局的缓冲带,应加强生态建设,不宜大规模开发利用;高安全格局主要是已建成区域及其周边区域,面积 1442.91 km<sup>2</sup>,占

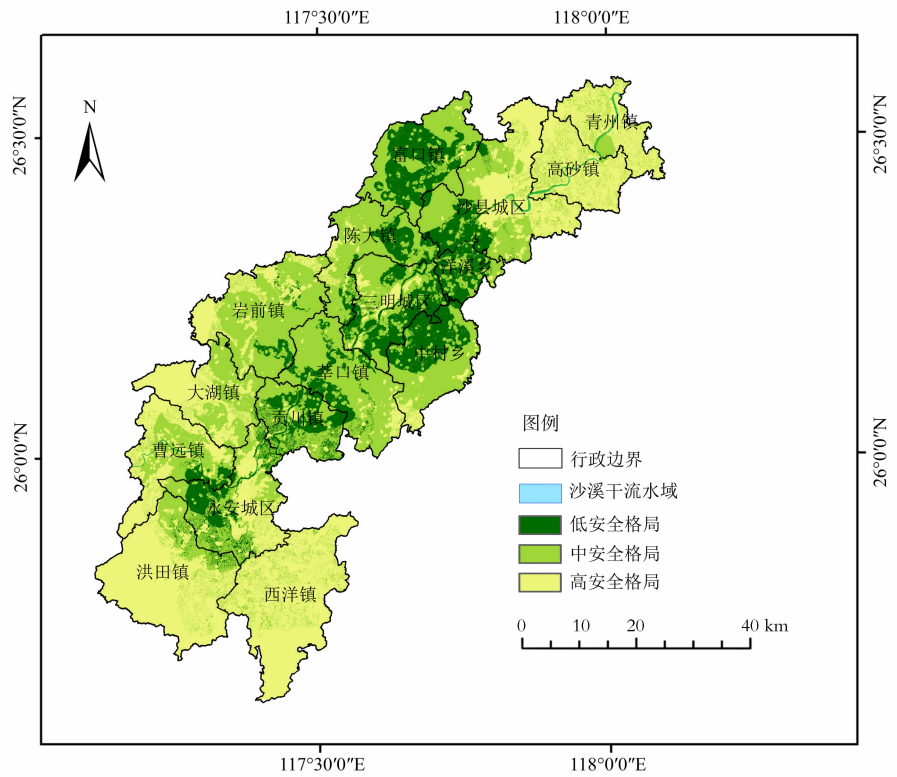


图 5 综合生态安全格局构建结果

Fig.5 Result of comprehensive ecological security pattern construction

41.47%,对研究区的生态安全影响没有前两种格局显著,是区内可供建设的潜在用地区。因此,研究区的生态安全格局与其重点开发区的主体功能定位基本吻合,但高安全格局区内仍有大量山地,坡度较陡,海拔较高,如何开发利用有待进一步研究。

### 3.3 建设用地管制分区

#### 3.3.1 建设用地管制分区的依据

研究区作为福建省重点开发区,其城镇化进程仍在持续,加强城乡建设用地空间管制对促进区域科学发展意义重大。基于“反规划”理论,以研究区综合生态安全格局为依据,结合沙溪河谷 DEM 分析和《中华人民共和国水土保持法》要求,按先划分禁止建设区,后允许建设区的顺序,将研究区建设用地管制分为四个区域(图 6):①禁止建设区以低安全格局区为主,加上中、高安全格局中坡度  $>25^\circ$  的土地构成;②限制建设区以中安全格局区为主(扣除坡度  $>25^\circ$  的土地),并加上高安全格局区中未划入其他管制分区的土地构成;③允许建设区以高安全格局中坡度  $<25^\circ$ ,且海拔  $<500\text{ m}$ 、斑块面积  $>2\text{ hm}^2$  的低丘缓坡土地构成;④已建成区以本研究遥感解译的 2015 年现状城乡建设用地构成。

结果显示:①受山地河谷复杂地形影响,禁止建设区面积  $1354.66\text{ km}^2$ ,占研究区总面积的 38.94%,比低安全格局区面积大了 1 倍。主要分布

在沙县的富口镇和城区西南部,三明市洋溪乡、中村乡、城区东南部和莘口镇东南部,永安市城区西部和洪田镇西部。该区包括了研究区内的自然保护区、乡土文化遗产地、地质灾害多发点、重要水田和坡度  $>25^\circ$  的崎岖山地,应以生态与环境保护空间为主导用途、严格禁止各类建设为管制方向。②限制建设区面积  $1408.70\text{ km}^2$ ,占 40.49%,以中安全生态格局区为主体,主要分布在三明市的岩前镇、莘口镇西北部、城区与陈大镇结合部,沙县城区西北、东南两侧,永安城区南部。区内应以限制城镇村建设、控制各类基础设施建设和独立选址建设项目用地为管制方向。③允许建设区面积  $504.10\text{ km}^2$ ,占 14.49%。主要分布在沙县城区东北部和高沙镇、永安市大湖镇、洪田镇和西洋镇。该区主要以低丘缓坡构成,但土地破碎且空间分布离城市建成区较远,将极大限制城市未来的建设发展。④已建成区面积  $211.65\text{ km}^2$ ,占 6.08%,空间分布上呈串珠状分布在沙溪河谷,未来应优化区内生态环境,打造山水宜居城市。

## 4 讨论与结论

### 4.1 讨论

沙溪河谷地区作为一个生态脆弱的省级重点开发区,随着城镇化的发展,既要承担带动闽西内陆发

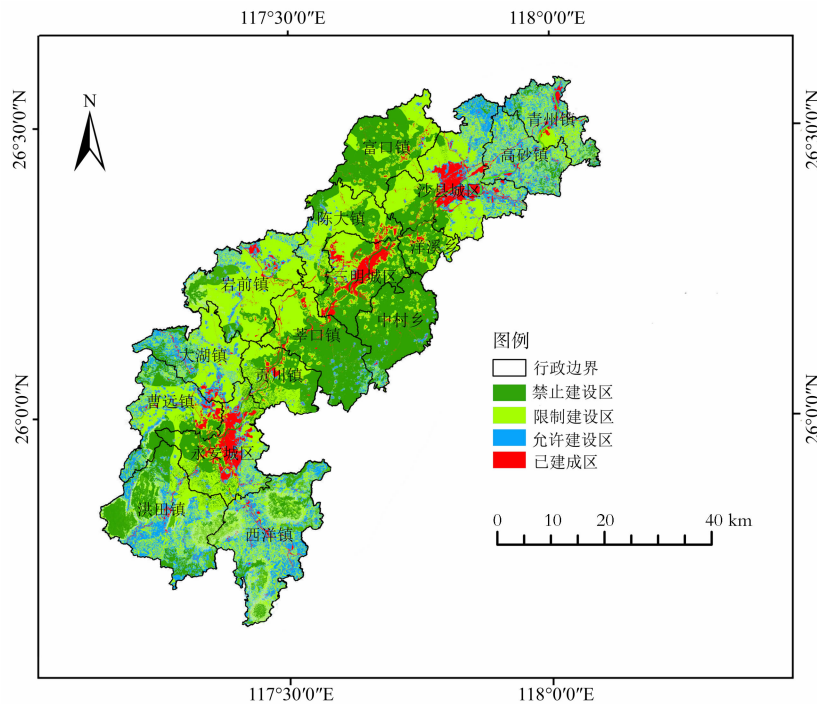


图 6 沙溪重点开发区建设用地管制分区

Fig. 6 Construction land division in Shaxi Key Development Area



展的重任,又要保护好区域生态环境,因此如何进一步管控好建设用地,避免其无序蔓延,是今后土地开发利用与管理的重要工作。本研究基于生态安全格局理论,为沙溪河谷地区建设用地的空间管制提出了初步方案,其目的是破除行政和利益藩篱,从区域整体上探求协调经济发展和生态保护的路径,研究表明该方案具有较好的科学性和可行性,但由于数据收集的限制,研究仅限于四个生态过程构建生态安全格局,考虑的因素还不够全面,得到的建设用地空间管制分区还比较粗放,与实际难免存在差异,应在具体实践中进一步根据沙溪河谷地区自身的生态环境特点和经济社会发展需求,提出更有针对性的空间管制分区方案,采取更切实可行的规划和建设途径,促进区域生态保护和经济社会的全面协调与可持续发展。

## 4.2 结论

本文基于景观安全格局理论,以生态脆弱的典型丘陵山地河谷重点开发区为例,探讨了土地利用变化和建设用地管制分区方案,研究表明:

(1)研究区景观基质为林地,约占80%,23 a间居住地和工矿用地持续快速增长,特别是工矿用地,增长幅度达264.63%,主要是由于新城和工业园区建设所致。但受丘陵山地河谷地形制约,建设用地扩张的集聚性极强,集中在沙溪干流两岸5 km的缓冲区内,区域人口、资源与环境的矛盾日益突出。

(2)根据地质灾害防护、乡土文化遗产保护、生物保护、洪水防范等四个生态安全格局等权叠加,构建研究区综合景观生态安全格局,其特征为:低安全格局面积为559.94 km<sup>2</sup>,占16.10%,区内生态功能显著,是生态安全格局的核心区;中安全格局面积最大,为1476.26 km<sup>2</sup>,占42.43%,是核心区的缓冲带;高安全格局对区域生态安全影响较弱,面积占41.47%。

(3)基于研究区综合景观生态安全格局提出了不同安全格局区土地利用的原则,并结合沙溪河谷DEM分析划分了研究区建设用地空间管制分区,其中禁止建设区是研究区重要生态屏障,面积1354.66 km<sup>2</sup>,占38.94%;限制建设区面积最大,为1408.70 km<sup>2</sup>,占40.49%;允许建设区是研究区建设后备土地资源,面积504.10 km<sup>2</sup>,占14.49%,但土地较为破碎且空间分布距建成区较远,将限制区内城市未来的建设发展。

## 参考文献(References)

- [1] 陈吉煜,刘勇,何东.山地城市的蔓延特征分析——以重庆主城区为例[J].山地学报,2018,36(3):432-440. [CHEN Jiyu, LIU Yong, HE Dong. Characteristics of urban sprawl in mountainous cities: a case of central Chongqing [J]. Mountain Research, 2018, 36(3): 432-440]
- [2] 罗瑾,刘勇,岳文泽,等.山地城市空间结构演变特征:从沿河谷扩展到多中心组团式扩展[J].经济地理,2013,33(2):61-67. [LUO Jin, LIU Yong, YUE Wenzhe, et al. Evolution of urban spatial structure in mountainous cities: transforming from linear expansion along valley to polycentric urban development [J]. Economic Geography, 2013, 33(2): 61-67]
- [3] 彭建,郭小楠,胡熠娜,等.基于地质灾害敏感性的山地生态安全格局构建——以云南省玉溪市为例[J].应用生态学报,2017,28(2):627-635. [PENG Jian, GUO Xiaonan, HU Yina, et al. Constructing ecological security patterns in mountain areas based on geological disaster sensitivity: a case study in Yuxi city, Yunnan province, China [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2017, 28(2): 627-635]
- [4] 丛佃敏,赵书河,于涛,等.综合生态安全格局构建与城市扩张模拟的城市增长边界划定——以天水市规划区(2015-2030年)为例[J].自然资源学报,2018,33(1):14-26. [CONG Dianmin, ZHAO Shuhe, YU Tao, et al. Urban growth boundary delimitation method integrating comprehensive ecological security pattern and urban expansion simulation: a case study of planning areas in Tianshui City (2015-2030) [J]. Journal of Natural Resources, 2018, 33(1): 14-26]
- [5] STEFFEN W, RICHARDSON K, ROCKSTROM J, et al. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet [J]. Science, 2015, 347(6223): 736-747.
- [6] WU Jianguo. Urban ecology and sustainability: the state-of-the-science and future directions [J]. Landscape and Urban Planning, 2014, 125(2): 209-221.
- [7] YU Kongjian. Security patterns and surface model in landscape ecological planning [J]. Landscape and Urban Planning, 1996, 36(1): 1-17.
- [8] YU Kongjian. Landscape ecological security patterns in biological conservation [J]. Acta Ecologica Sinica, 1999, 19(1): 8-15.
- [9] 俞孔坚,黄刚,李迪华,等.景观网络的构建与组织——石花洞风景名胜区景观生态规划探讨[J].城市规划学刊,2005(3): 80-85. [YU Kongjian, HUANG Gang, LI Dihua, et al. Construction and organization of the landscape networks: discussion on the landscape ecological planning of the Beijing Shihua cave scenic area [J]. Urban Planning Forum, 2005(3): 80-85]
- [10] 游巍斌,何东进,洪伟,等.基于景观安全格局的武夷山风景名胜旅游区旅游干扰敏感区识别与保护[J].山地学报,2014,32(2):195-204. [YOU Weibin, HE Dongjin, HONG Wei, et al. Identification for tourism disturbance sensitive areas and their protection based on landscape security pattern in world mixed heritage site Wuyishan scenery district [J]. Mountain Research, 2014, 32(2): 195-204]
- [11] 郭明,肖笃宁,李新,等.黑河流域酒泉绿洲景观生态安全格局

- 分析[J]. 生态学报, 2006, **26**(2): 457 – 466. [GUO Ming, XIAO Duning, LI Xin, et al. Changes of landscape pattern between 1986 and 2000 in Jiuquan oasis, Heihe river basin [J]. Acta Ecologica Sinica, 2006, **26**(2): 457 – 466]
- [12] 李晖, 易娜, 姚文璟, 等. 基于景观安全格局的香格里拉县生态用地规划[J]. 生态学报, 2011, **31**(20): 5928 – 5936. [LI Hui, YI Nan, YAO Wenjin, et al. Shangri-La county ecological land use planning based on landscape security pattern [J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, **31**(20): 5928 – 5936]
- [13] 陈利顶, 吕一河, 田惠颖, 等. 重大工程建设中生态安全格局构建基本原则和方法[J]. 应用生态学报, 2007, **18**(3): 674 – 680. [CHEN Liding, LU Yihe, TIAN Huiying, et al. Principles and methodology for ecological rehabilitation and security pattern design in key project construction [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2007, **18**(3): 674 – 680]
- [14] 温小乐, 林征峰, 唐菲. 新兴海岛型城市建设引发的生态变化的遥感分析——以福建平潭综合实验区为例[J]. 应用生态学报, 2015, **26**(2): 541 – 547. [WEN Xiaole, LIN Zhengfeng, TANG Fei. Remote sensing analysis of ecological change caused by construction of the new island city: Pingtan comprehensive experimental zone, Fujian province [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2015, **26**(2): 541 – 547]
- [15] 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 – 1204. [YU Kongjian, WANG Sisi, LI Dihua, et al. The Function of Ecological security patterns as an urban growth frame work in Beijing [J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, **29**(3): 1189 – 1204]
- [16] 龚建周, 夏北成, 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 – 4333. [GONG Jianzhou, XIA Beicheng, CHEN Jianfei, et al. Dynamic analysis of the Guangzhou landscape eco-security pattern based on 3S technology [J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, **28**(9): 4323 – 4333]
- [17] 王思易, 欧名豪. 基于景观安全格局的建设用地管制分区[J]. 生态学报, 2013, **33**(14): 4425 – 4435. [WANG Siyi, OU Minghao. Zoning for regulating of construction land based on landscape security pattern [J]. Acta Ecologica Sinica, 2013, **33**(14): 4425 – 4435]
- [18] 左晓英, 王洪新, 门明新, 等. 基于景观安全格局的曹妃甸新区城镇扩张研究[J]. 土壤通报, 2014, **45**(2): 297 – 302. [ZUO Xiaoying, WANG Hongxin, MEN Mingxin, et al. Urban expansion planning of Caofeidian new district based on the landscape security pattern [J]. Chinese Journal of Soil Science, 2014, **45**(2): 297 – 302]
- [19] 吴琳娜, 杨胜天, 刘晓燕, 等. 1976 年以来北洛河流域土地利用变化对人类活动程度的响应[J]. 地理学报, 2014, **69**(1): 54 – 63. [WU Linna, YANG Shengtian, LIU Xiaoyan, et al. Response analysis of land use change to the degree of human activities in Beiluo River basin since 1976 [J]. Acta Geographica Sinica, 2014, **69**(1): 54 – 63]
- [20] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥, 等. 20 世纪 80 年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报, 2014, **69**(1): 3 – 14. [LIU Jiyuan, KUANG Wenhui, ZHANG Zengxiang, et al. Spatiotemporal characteristics, patterns and causes of land use changes in China since the late 1980s [J]. Acta Geographica Sinica, 2014, **69**(1): 3 – 14]
- [21] 黎晓亚, 马克明, 傅伯杰, 等. 区域生态安全格局: 设计原则与方法[J]. 生态学报, 2004, **24**(5): 1055 – 1062. [LI Xiaoya, MA Kemin, FU Bojie, et al. The regional pattern for ecological security (RPES): designing principles and method [J]. Acta Ecologica Sinica, 2004, **24**(5): 1055 – 1062]
- [22] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报, 2003, **18**(2): 189 – 196. [XIE Gaodi, LU Chunxia, LENG Yunfa, et al. Ecological assets valuation of the Tibetan Plateau [J]. Journal of Natural Resources, 2003, **18**(2): 189 – 196]

## Study on Spatial Control of Construction Land in Mountain and Valley Areas Based on Ecological Security Pattern: A Case Study of Shaxi Key Development Area, Fujian Province, China

DAI Wenyuan<sup>a,b,c</sup>, JIANG Fangqi<sup>a,b</sup>, HUANG Wanli<sup>a,b,c</sup>, LIAO Lihong<sup>a,b</sup>

(a. School of Geographical Sciences, b. Institute of Geography, c. State Key Laboratory for Subtropical Mountain Ecology of the Ministry of Science and Technology and Fujian Province, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

**Abstract:** Ecological security pattern construction in mountain and valley areas is significant for harmonizing the human-land relationship in ecological fragile areas, providing guidance for spatial control of construction land as well as promoting sustainable development of economies and society in mountain areas. Taking Shaxi Key

Development Area as a case study area, the paper studied features of change on construction land, constructed regional comprehensive ecological security pattern with MCR by identifying four types of ecological sources, namely geological disaster precautions, rural cultural heritages protection, biological protection and flood control as well as space partition on construction land based on DEM, according to the data of land use in the years of 1992, 2000 and 2015. Results showed that: Use of residential and industrial land in the study area continued to grow in the past 23 years, especially the latter, with a growth rate of 264.63%. With the limitation of valley landform, increasing use of construction land developed a tendency of clustering, 5 kms along the main stream of Shaxi River within the buffer zone, which underlined the regional conflicts among population, resources and environment gradually. The areas of moderate and high levels ecological land dominated the comprehensive ecological security pattern in the study area, accounting for 42.43% and 41.47%, respectively, while the area of low level ecological land accounted for 16.10%. Therefore, the ecological security pattern matched with the functional positioning of the key development area. Under the features of the valley landform, the project of space partition for construction land is proposed according to the comprehensive ecological security pattern. The area of prohibited construction land covered 1354.66 km<sup>2</sup>, accounting for 38.94% of the study area while the area of restricted construction land, as the biggest part, covered 1408.70 km<sup>2</sup>, accounting for 40.49%. Limited by landform, the area of permitted construction land, being as the reserved resource, covered 504.10 km<sup>2</sup>, accounting for 14.49%, which was far away from the built-up area. The research provides scientific basis and reference for the land use planning, use of land resources and harmonious development of ecological environment in the main functional area.

**Key words:** space partition; ecological security pattern; mountain and valley; Shaxi Key Development Area