

云南喀斯特山区城乡建设用地开发适宜性及分区

赵筱青¹, 普军伟^{1,2}, 饶辉³, 李思楠¹, 卢飞飞¹, 顾泽贤⁴

(1.云南大学 资源环境与地球科学学院, 昆明 650500; 2.云南大学 国际河流与生态安全研究院,

昆明 650500; 3.云南高阳科技有限公司, 昆明 650100; 4.云南怒江傈僳族自治州 林业局, 云南 泸水 673100)

摘 要:城乡建设用地开发适宜性评价是保障人与环境协调发展的科学基础。在分析云南喀斯特山区特殊性的基础上,选取影响建设开发的重要因子构建指标体系,运用“木桶原理”和“反木桶原理”相结合的方法,以典型区域广南县为例,进行了城乡建设用地开发适宜性及分区研究。结果表明:(1)坡度、地质灾害、活动断层、岩溶塌陷、矿山占地、生态保护红线、永久基本农田、现状地类、地理和交通区位等是决定喀斯特山区城乡建设用地适宜性的重要因子,其中现状地类、坡度、岩溶塌陷、生态保护红线和永久基本农田是限制城乡建设开发的关键因子,而交通区位则是提高建设适宜度的关键因子;(2)广南县不适宜区面积最大,占全县总面积的 63.37%,潜在适宜区和适宜区居中,分别占 21.33%和 10.38%,最适宜区面积最小,仅占 4.91%。不适宜区主要分布在除县域北部和中北部外的区域,潜在适宜区主要分布在北部、中北部和西南部,最适宜区和适宜区主要分布在城镇附近及交通沿线;(3)在适宜性评价基础上把喀斯特山区分为城乡建设用地重点开发区、优化开发区、腾退整治区以及生态保护和农业保障区,提出建设开发的对策和建议。

关键词:喀斯特山区; 城乡建设用地; 影响因子; 适宜性评价; 建设开发分区

中图分类号:F301.2;TU984.2

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2020)01-0240-09

Development Suitability and Zoning of Urban-Rural Construction Land in Typical Karst Mountain Areas in Yunnan

ZHAO Xiaoqing¹, PU Junwei^{1,2}, RAO Hui³, LI Sinan¹, LU Feifei¹, GU Zexian⁴

(1.School of Resource Environment & Earth Science, Yunnan University, Kunming 650500, China; 2.Institute of International Rivers & Eco-security, Yunnan University, Kunming 650500, China; 3.Yunnan Gaoyang Technology Co., Ltd., Kunming 650100, China; 4.Forestry Bureau of Nujiang Lisu Autonomous Prefecture, Lushui, Yunnan 673100, China)

Abstract: The evaluation on suitability of urban-rural construction land is the scientific basis for ensuring the coordinated development between human and the environment. Taking Guangnan County as a typical example and selecting the important factors of construction development to establish the index system, we used the ‘barrel theory’ and ‘anti-barrel theory’ to carry out the evaluation on suitability of urban-rural construction land and divide the different development zones. The results show that: (1) slope, geological disaster, active fault, karst collapse, mining, ecological protection zone, basic farmlands, land types, geographical and traffic location are important factors determining the suitability of urban-rural construction land in karst mountain areas, the current land types, slope, karst collapse, ecological protection zone and basic farmlands are the main factors restricting the expansion of urban-rural construction, while the traffic location is the main factor to improve the suitability; (2) the area of unsuitable region is the largest in Guangnan County, accounting for 63.37% of the total area of the county; the potential suitable region and the suitable region are in the middle, accounting for 21.33% and 10.38%, respectively; the most suitable region is the smallest, only accounting for 4.91%; the unsuitable regions mainly distribute in the areas except the northern and central north of the county; the potential suitable regions mainly distribute in the north, central north and southwest area of the county; the most suitable regions and suitable regions mainly distribute near the towns and roads; (3) based on the result of suitability evaluation, the karst mountain areas are divided into impor-

收稿日期:2019-03-22

修回日期:2019-04-25

资助项目:云南省科技厅—云南大学“双一流”建设联合资助项目(2018FY001-017);云南大学研究生创新人才培养项目(C176230200);云南大学国际化与文化遗产创新—孔子学院转型建设与中外人文交流项目(C176250202);云南大学一流大学建设项目(C176210103, C176210215)

第一作者:赵筱青(1969—),女,云南大理人,教授,博士生导师,主要从事土地生态学及国土空间开发研究。E-mail:xqzhao@ynu.edu.cn

tant development zone, optimizing development zone, regulation zone, ecological protection zone and agricultural security zone, and some development suggestions are put forward for each zone.

Keywords: karst mountain areas; urban-rural construction land; driving factors; suitability evaluation; development zone of construction land

随着人口不断增加,世界各地都面临着如何平衡城乡发展与资源环境的问题^[1]。党的十九大报告提出了“山水林田湖草生命共同体”的系统观和生命观思想,“绿色发展”成为新时代我国土地资源保护与开发的主题。而目前土地资源不足已成为制约中国可持续发展的瓶颈之一,西南山区尤为突出^[2]。山区固有的生态环境脆弱性和资源利用不合理性,极易导致人地关系不协调,造成水土流失和生态退化,甚至酿成严重灾害^[3]。尤其在喀斯特山区,人类活动和自然因素的双重影响导致地表植被遭到破坏,城乡建设开发与生态保护、农业保障的矛盾突出,需在多方面综合协调的情况下进行建设开发^[4-5]。

要满足人类活动的需求,城乡建设用地空间必然不断扩张。土地利用适宜性评价的目的就是根据人类的需求和意愿确定合理的土地利用空间格局^[6],建设用地适宜性评价是土地资源优化的重要基础。目前建设用地适宜性评价的研究大多集中于平原地区^[7-9],对山区研究较少^[10-11],特别对生态环境脆弱的云南喀斯特山区的研究鲜有见到,所以有必要充实对云南喀斯特山区城乡建设开发的科学认知。适宜性评价的方法主要有结合 GIS 技术^[12]的多指标决策^[13]、模糊综合评价^[14]、遗传算法^[15]和元胞自动机^[16]等,这些“模型测算”方法虽然对平原地区应用性较强,但云南喀斯特山区情况复杂,许多关键因素会直接阻碍建设开发,而这些方法往往会忽略这种情况,所以有必要用更严格的“一票否决制”来确定适宜建设开发的区域。

因此,为了在城乡建设开发的同时保护优质耕地和生态用地,本研究以城乡建设用地合理开发、人与环境协调可持续发展为目的,分析影响喀斯特山区城乡建设开发的重要因子并构建评价指标体系,以云南典型喀斯特山区广南县为例进行城乡建设用地开发适宜性和分区研究,对喀斯特山区合理利用土地资源、保护区域粮食和生态安全具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

广南县位于云南省东南部(104°31′—105°39′E, 23°29′—24°28′N),总面积 773 009.86 hm²,是云南通往广东、广西的交通要道(图 1)。县域内地势由西南向东北呈阶梯状倾斜,海拔在 420~2 035 m,地貌类

型复杂多样,山区、半山区占全县总面积的 94.7%;其活动断层多向褶皱轴部发育,山区地形、岩溶地貌和雨季集中导致各种灾害频发,已有灾害点和隐患点达上百处。广南县属于滇桂黔石漠化连片地区,岩溶地貌广布,占县域总面积的四分之三,石漠化状况严重,承灾能力较差,是以农业为主的典型喀斯特边疆少数民族地区;2008 年以来国家加大石漠化治理力度,但是地质灾害频发、生态环境脆弱、耕地质量较差且后备资源缺乏,仍在一定程度上限制了区域的发展。

广南县境内有锑、铅、锌、磷、金等 24 个金属和非金属矿种,储量丰富且矿区较多,矿业是广南县的支柱产业。在积极融入“一带一路”建设、主动参与长江经济带和昆明—南宁—北部湾经济走廊建设的战略部署下,广南县形成了以建制镇为中心的快速城镇化发展,并建有铁路、高速公路、国道、省道、县道及乡道等多级交通网络;经济增长进入快车道,2017 年 GDP 突破百亿大关,达到 109.54 亿元。但随着社会经济的快速发展,资源利用逐渐紧张,城乡建设开发与生态、粮食保护的矛盾仍然存在。

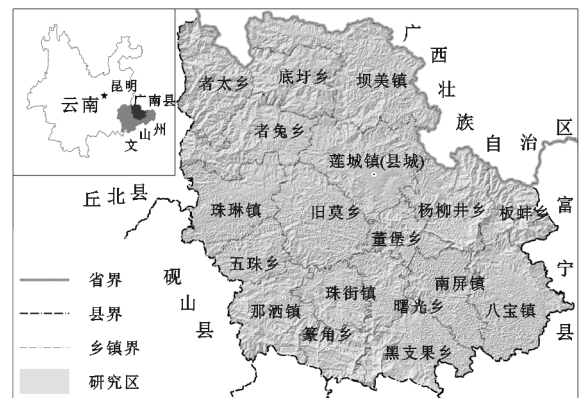


图 1 研究区区位

1.2 指标选择与数据说明

土地适宜性评价的关键环节之一是合理选取参评因子^[17]。本研究参考《省级国土规划编制要点》和已有相关研究^[18-19]的指标框架,从自然地理、生命安全、生态安全、粮食安全和区位资源 5 个方面构建城乡建设用地适宜性评价指标体系,并将影响喀斯特山区城乡建设开发的因子分为两类:限制因子和支撑因子(表 1)。

限制因子是决定区域可开发土地范围的基础,其将人类活动限制在某个特定的区域范围内,可反映城乡发

展建设过程中人类开发自然环境的能力,主要包括自然地理、生命安全、粮食安全和生态安全 4 个方面:

(1) 自然地理。地形地貌条件是大多建设用地适宜性研究中考虑的自然地理因子,主要包括海拔和坡度等^[20-21]。作为云贵高原的一部分,云南省平均海拔比平原地区高,但只要在人类宜居范围内,高海拔坝区仍可进行建设开发,因此海拔并非限制高原山区城乡建设开发的重要因子^[22];坡度则是限制山区城乡发展的主要因子,陡坡区域在建设过程中不仅投资成本高,且稳定程度低,潜在危险大^[23]。因此选用坡度作为自然地理方面的限制因子。

(2) 生命安全。山区地质灾害以滑坡、崩塌和泥石流为主,是影响山区人民群众生产生活和人生安全的重要因子^[24];断层活动加剧时可能会引发地震,其影响区是地震灾害频发的潜在区域^[25];岩溶塌陷会造成地面变形,易使建筑物产生不均匀沉降,伴随污水回灌也会造成地下水污染,因此土地开发利用时所需投资成本较大,同时人类活动还可能对岩溶侵蚀起到促进作用,影响土地利用的可持续发展^[26-27];矿山占用导致的塌陷地和废弃地等由于凹凸不平且终年积水,难以利用,不宜人类活动^[28-29]。因此选用地质灾害易发区、活动断层影响区、岩溶塌陷易发区和矿山占地 4 个指标作为生命安全方面的限制因子。

(3) 生态安全。生态保护红线作为生态环境安全的底线,是促进人口资源环境相均衡、经济社会生态效益相统一的重要标准,具有强制约束性,应避免红线内区域被其他用地占用^[30];同时,生态保护红线并未包括各生态用地的所有区域,而在“节约用地”的背景下,有必要限制对水域、沼泽、林地和草地等

生态用地的建设开发^[31]。因此,选取生态保护红线和需保护的生态用地 2 个方面作为生态安全方面的限制条件。

(4) 粮食安全。坚持“要吃饭,二要建设”的土地利用方针,优先保护集中连片和高产稳定的耕地资源势在必行,基本农田保护区和其他农业用地都对区域内的建设开发起到限制作用,因此选取基本农田保护区和一般农用地作为粮食安全方面的限制条件,其中将一般农用地与需保护的生态用地合并为现状地类因子。

支撑因子主要指在社会经济发展过程中,随着基础设施的不断完善,为城乡建设发展带来优势条件的辅助因子,主要包括地理区位和交通区位 2 个方面:

(1) 地理区位。已有城镇对周围非城镇化地区具有明显的主导作用,周边区域的发展建设不仅方便快捷,且投资较小,越靠近中心城镇作用就越强^[6]。

(2) 交通区位。交通设施及网络是人类改造并利用自然环境的已有重要产物,改变了各区位的空间属性并塑造了各种优势,可以支撑各类功能区域的形成与发展,从而影响城乡建设用地布局^[18]。

总之,在参考和对比已有研究中指标体系及实地调查的基础上,考虑自然资源条件的限制以及社会经济发展的支撑作用,构建云南喀斯特山区城乡建设用地适宜性评价指标体系(表 1)。其中,指标采用的数据主要包括广南县 2015 年土地利用变更调查数据、生态保护红线划定成果、永久基本农田划定成果、地质灾害调查数据、城乡总体规划(来源:广南县各职能部门)、DEM 数字高程(来源:地理空间数据云)和道路数字化成果等,得到的因子分级情况如图 2 所示。

表 1 城乡建设用地适宜性评价指标体系

评价模块	准则层	因子层	无限制区/最适宜区	弱限制区/适宜区	限制区/潜在适宜区	强限制区/不适宜区	
城乡建设用地适宜性评价	限制评价	自然地理	坡度	0°~8°	8°~15°	15°~25°	25°以上
		生命安全	地质灾害易发区	非易发区	低易发区	中易发区	高易发区
			活动断层影响区	轻微或稳定区	一般影响区	—	严重影响区
			岩溶塌陷易发区	中低易发区及不易发区	高易发区	—	—
			矿山占地	非矿山占地及采矿用地	采场、中转场及矿山建筑用地	塌陷地、固体废弃物地	—
	安全及粮食安全	生态保护红线	非生态保护红线区	—	—	—	生态保护红线区
		永久基本农田	非永久基本农田保护区	—	—	—	永久基本农田保护区
		现状地类	采矿用地、村庄、风景名胜及特殊用地、公路用地、管道运输用地、城市、建制镇、铁路用地	旱地、水田、水浇地、茶园、果园、其他园地、灌木林地、其他林地、其他草地、裸地、坑塘水面、水工建筑用地、设施农用地、农村道路	内陆滩涂、有林地、天然牧草地、人工牧草地	湖泊水面、河流水面、水库水面、沼泽	
	支撑评价	城镇区位	距县城区 1000 m 以内	距县城区 1000~3000 m	县城区 3000 m 以外	—	
			距建制镇 1000 m 以内	距建制镇 1000~2000 m	距建制镇 2000 m 以外	—	
		交通区位	距交通干线 500 m 以内	距交通干线 500~2500 m	距交通干线 2500 m 以外	—	
			距交通支线 500 m 以内	距交通支线 500~1500 m	距交通支线 1500 m 以外	—	

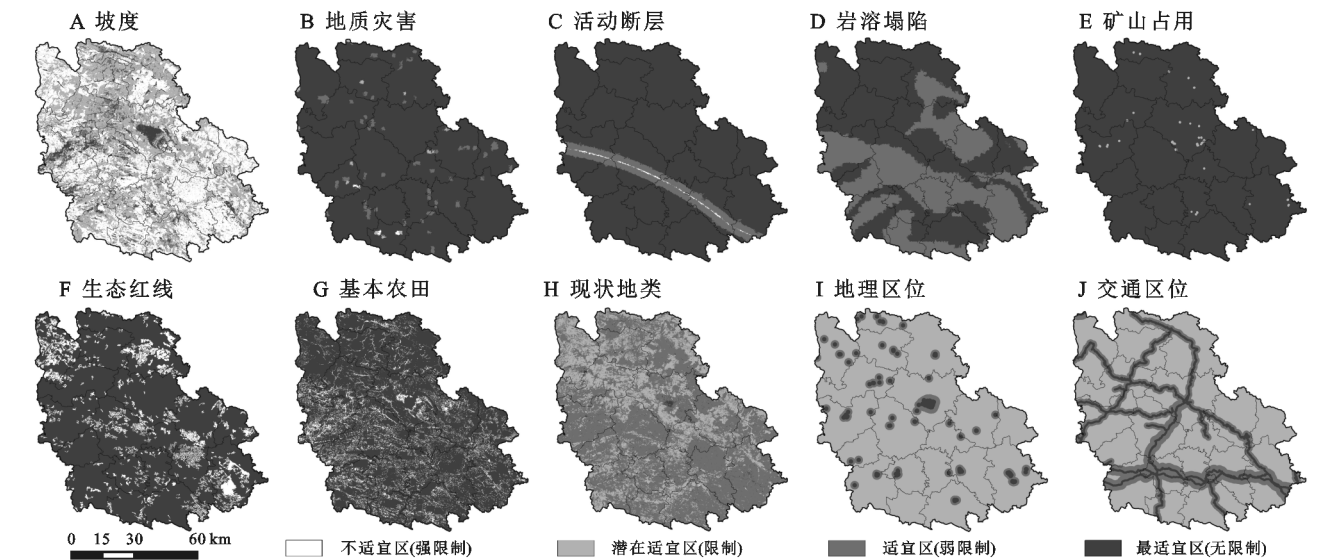


图2 城乡建设用地适宜性评价因子分级

1.3 研究方法

考虑到喀斯特山区生态环境脆弱、自然灾害频发、人类生存安全、粮食生产保障以及建设开发需求等情况,采用“木桶原理”和“反木桶原理”方法(图3),评定各图斑的城乡建设用地适宜等级:最适宜、适宜、潜在适宜和不适宜。

(1) 限制评价。运用“木桶原理”,根据一票否决制对广南县各因子的图斑进行城乡建设用地限制评价。通过 ArcGIS 10.2 软件给各个限制指标字段赋分,构建“多字段最小值”Python 语句,运用字段计算器工具获取 8 个限制指标的最低分值,得到限制评价结果;

(2) 支撑评价。运用“反木桶原理”,根据最长木板决定特色优势的原则,对广南县各因子的图斑进行城乡建设用地支撑评价。同理赋分并提取出限制评价中的弱限制区和限制区,获取区域内 2 个支撑指标和限制评价结果的最高分值,得到支撑评价结果;

(3) 适宜性综合评价。通过“叠加分析”,将城乡建设用地支撑评价后得到的最适宜区、适宜区和潜在适宜区与限制评价中无限制区(最适宜区)和强限制区(不适宜区)叠加,归并细碎图斑后,即为城乡建设用地适宜性评价结果。

2 结果与分析

2.1 城乡建设用地开发适宜性评价结果

2.1.1 适宜性评价数量结构 广南县大部分区域建设开发都受到限制,最适宜区面积最小,仅有 37 989.71 hm², 占全县总面积的 4.91%;适宜区面积为 80 263.29 hm², 占 10.38%;潜在适宜区面积为 164 904.27 hm², 占 21.33%;不适宜区面积最大,达到 489 852.58 hm², 占 63.37%,超过了总面积的一半。其中,县城所在地莲城

镇以及者兔乡、坝美镇的最适宜区和适宜区面积较大,进行建设开发的条件较好(表 2)。

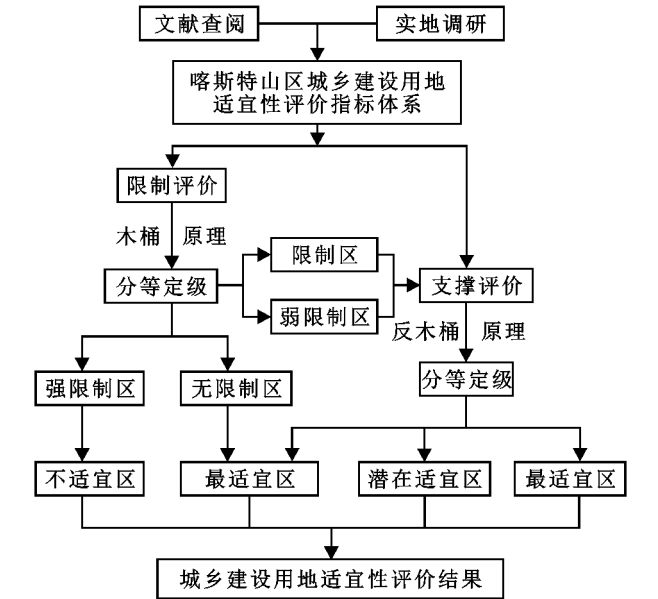


图3 城乡建设用地适宜性评价方案框架

2.1.2 适宜性评价空间分布 广南县最适宜区和适宜区主要分布在城镇附近以及交通沿线,其他区域则零星分布;潜在适宜区主要分布在广南县的北部、中北部和西南部;不适宜区面积较大,除北部和中北部地区分布较少外,其他区域都大面积分布,这些区域喀斯特石漠化面积较大,限制较强(附图 4A)。

2.2 城乡建设用地开发分区结果

结合适宜性评价空间分布结果,根据城乡建设开发潜力、区域连片度及现状建设用地合理性,将喀斯特山区广南县分为 5 个城乡建设开发分区(附图 4B)。

(1) 城乡建设用地重点开发区和优化开发区。从开发潜力入手,广南县的最适宜区和适宜区除现有建设用地外,可开发土地面积为 111 201.96 hm² (表

3),其通达性、连片度等条件均较好,能提供较优质的城乡建设开发空间,因此将最适宜区和适宜区划入城乡建设用地重点开发区,在进行城乡建设扩展时应优先考虑;潜在适宜区面积较大,但由于这些区域通达性较差,开发条件不够成熟,建设成本相对较高,因此

有必要集中连片开发以减少投资、利于管理及节约集约利用国土资源。根据喀斯特山区特点筛选连片度 30 hm² 以上的区域作为城乡建设用地优化开发区,面积为 149 796.16 hm²,建设开发时应先实施土地平整、公路搭建和安全防护等工程。

表 2 城乡建设用地适宜性评价结果

行政区	最适宜区		适宜区		潜在适宜区		不适宜区		总面积/ hm ²
	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	
莲城镇	5998.13	15.79	9715.80	12.10	18859.19	11.44	29513.90	6.03	64087.04
者太乡	1414.42	3.72	2561.21	3.19	6128.07	3.72	37039.06	7.56	47142.79
者兔乡	4486.55	11.81	7587.30	9.45	13787.31	8.36	21590.85	4.41	47451.98
那洒镇	2146.63	5.65	6699.57	8.35	8631.39	5.23	27613.79	5.64	45091.34
旧莫乡	2259.43	5.95	6862.77	8.55	9296.96	5.64	36067.18	7.36	54486.35
篆角乡	445.08	1.17	1115.52	1.39	3079.66	1.87	17913.40	3.66	22553.66
曙光乡	1257.35	3.31	3081.86	3.84	5475.70	3.32	16425.10	3.35	26240.02
板蚌乡	11.80	0.03	502.23	0.63	4255.58	2.58	22285.84	4.55	27055.46
南屏镇	762.69	2.01	1906.39	2.38	3039.12	1.84	32343.99	6.60	38052.20
坝美镇	3854.03	10.14	9215.67	11.48	28103.62	17.04	41802.17	8.53	82975.46
底圩乡	2660.37	7.00	6000.29	7.48	15805.28	9.58	14896.63	3.04	39362.56
五珠乡	497.84	1.31	1622.40	2.02	5860.95	3.55	17047.25	3.48	25028.44
珠琳镇	3669.63	9.66	5615.48	7.00	7503.61	4.55	33625.49	6.86	50414.22
珠街镇	2871.11	7.56	5383.90	6.71	2935.07	1.78	15626.54	3.19	26816.65
董堡乡	497.20	1.31	1365.61	1.70	4384.46	2.66	17617.75	3.60	23865.02
杨柳井乡	1740.56	4.58	2987.20	3.72	9574.20	5.81	32687.58	6.67	46989.54
黑支果乡	1019.13	2.68	3674.54	4.58	8956.48	5.43	31307.67	6.39	44957.82
八宝镇	2397.76	6.31	4365.55	5.44	9227.64	5.60	44448.38	9.07	60439.33
总计	37989.71	100.00	80263.29	100.00	164904.27	100.00	489852.58	100.00	773009.86

(2) 城乡建设用地腾退整治区。从建设用地合理性入手,广南县不适宜区的建设用地面积为 1 965.12 hm²(表 3),接近现有城乡建设用地总面积的 20%,这部分城乡建设用地以偏远地区的农村居民点为主,其对外通达性较差、地形坡度较陡、岩溶塌陷严重、地质灾害频发,安全难以得到保障,因此将这部分城乡建设用地及周边区域划为腾退整治区。应加快区域内城乡建设用

地增减挂钩的实施进度、加大农村建设用地腾退的实施力度,以保护生态环境和保障粮食安全为主,从适宜性角度科学引导城乡建设用地的优化布局。

(3) 生态安全保护及农业耕作保障区。包括不适宜区以及连片度较低的潜在适宜区,根据现状地类分为生态安全保护及农业耕作保障区,区域内禁止建设开发。

表 3 城乡建设用地适宜性等级与现状地类对照

现状地类及各等级面积						hm ²
		最适宜区	适宜区	潜在适宜区	不适宜区	总面积
农用地		31733.26	71092.08	153717.31	398419.59	654962.25
其中:	耕地	6627.43	9503.19	8084.03	133852.37	158067.01
	园地	4745.77	10503.81	13083.72	12287.48	40620.78
	草地	2853.53	9144.70	14459.93	38267.16	64725.32
	林地	17506.54	41940.39	118089.63	214012.58	391549.14
现状建设用地		4055.41	3045.63	2001.52	4334.18	13436.74
其中:	城乡建设用地	3490.02	2637.74	1914.26	1965.12	10007.14
	其他建设用地	565.39	407.89	87.26	2369.05	3429.60
其他土地		2201.03	6125.58	9185.44	87098.82	104610.87
合计		37989.71	80263.29	164904.27	489852.58	773009.86

2.3 影响城乡建设开发的关键因子

喀斯特山区的大部分区域都不适宜建设开发,进一步分析各适宜性等级区域的关键影响因子是科学引导建设开发的重要基础,不仅可以明晰社会经济发展为建设开发带来的支撑优势,也能了解开发时所需克服的主要限制条件。

从支撑优势看,广南县无限制区和弱限制区面积占全县土地总面积的比例不足 5%,叠加考虑区位资

源后最适宜区和适宜区面积比例超过全县土地总面积的 15%,从原来的 4.84%增加到 15.29%,说明社会经济发展和基础设施完善能为广南县提供额外 10%建设条件较好的空间。其中,交通区位优势比地理区位支撑建设开发条件的区域面积更大、比例更高,说明交通优势能为城乡建设开发提供良好的基础,符合“要致富,先修路”的客观规律(表 4)。

表 4 限制评价结果和适宜性综合评价结果对比

评价步骤	无限制区/最适宜区		弱限制区/适宜区		限制区/潜在适宜区		强限制区/不适宜区	
	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%
限制评价结果	1723.81	0.22	35737.35	4.62	245695.92	31.78	489852.58	63.37
综合评价结果	37989.71	4.91	80263.29	10.38	164904.27	21.33	489852.58	63.37
其中:地理区位优势面积	12557.36	1.62	16065.30	2.08	—			
交通区位优势面积	30687.32	3.97	55816.06	7.22	—			

从限制条件看,最适宜区、适宜区和潜在适宜区都主要受到现状地类、坡度和岩溶塌陷的限制,限制区域面积占各等级区域总面积的比例均达到 30%以上,尤其现状地类和坡度的限制比例达到 90%左右,说明建设开发时仍需重点关注现状地类、坡度和岩溶塌陷等因子的

影响;不适宜区主要受到坡度的影响,限制面积占不适宜区总面积的 76.97%,基本农田和生态红线因子也有较强的限制作用,比例达到 24.26%和 22.35%,说明广南县大部分不适宜区主要受到陡坡及粮食和生态安全的约束,不宜进行城乡建设用地开发(表 5)。

表 5 城乡建设开发关键限制因子

主要影响	坡度		地质灾害易发区		活动断层影响区		岩溶塌陷易发区		矿山占地	
	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%
因子分析										
最适宜区	30073.16	79.16	1148.30	3.02	1842.99	4.85	13378.66	35.22	23.15	0.06
适宜区	72264.48	90.03	2827.57	3.52	3679.96	4.58	30398.64	37.87	22.99	0.03
潜在适宜区	163873.72	99.38	4697.46	2.85	9034.11	5.48	53846.12	32.65	8.43	0.01
不适宜区	377038.07	76.97	1223.79	0.25	3332.77	0.68	—	—	—	—
主要影响	生态保护红线区		永久基本农田保护区		现状地类		各等级总面积/hm ²			
因子分析	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%	面积/hm ²	比例/%				
最适宜区	—	—	—	—	34079.02	89.71	37989.71			
适宜区					77583.20	96.66	80263.29			
潜在适宜区					162981.05	98.83	164904.27			
不适宜区	109469.45	22.35	118817.14	24.26	1908.30	0.39	489852.58			

由于最适宜区、适宜区和潜在适宜区受现状地类的限制比例较高,有必要分析广南县现状地类对城乡建设开发的具体限制情况。从适宜性等级与现状地类对照表看(表 3),全县最适宜区、适宜区和潜在适宜区的总面积共 283 157.28 hm²,其中农用地面积为 256 542.66 hm²,占 3 个区域总面积的 90.60%;其他土地面积为 17 512.06 hm²,占 6.19%。在农用地中,林地面积最大,为 177 536.56 hm²,占 3 个区域总面积的 62.70%,其余园地、草地和耕地面积相差不大,分别为 28 333.30 hm²、26 458.16 hm² 和 24 214.65 hm²,占 10.01%,9.34%和 8.55%。说明林地和园地等是限制广南县城乡建设开发的主要现状地类,在建

设开发时还应综合考虑生态安全和粮食安全等问题。

总之,广南县城乡建设开发主要受到林地和园地等现状地类、坡度及岩溶塌陷等因子的限制,不适宜区还主要受到生态保护红线和永久基本农田等因子的限制;而交通条件因子则是提高城乡建设用地开发适宜度的关键因子。

3 讨论与结论

3.1 讨 论

目前适宜性评价大多采用“模型测算”方法^[32],此类方法虽然易于掌握、便于应用,但会出现评价图斑上某一指标表明该图斑不适宜作为建设用地、而最

终又位于适宜建设用地范围内的情况,甚至出现地质灾害高易发区和陡坡区成为宜建区的悖论^[2]。

针对这种情况,杨子生等^[2]采用“木桶原理”与“模型测算”有机结合的方式,虽然能最大限度地吸收两种方法的优点,避免传统评价方法的缺陷,但两种方法处理参评因子时不对等的相互关系导致在突出限制条件的前提下弱化了支撑优势,不能较好地反映社会经济发展为山区建设开发提供的基础条件;同时喀斯特山区可开发空间有限,无限制区和弱限制区面积很小,不能较好地识别有开发优势的区域,不利于腾退整治区城乡建设用地的整理。因此本研究采用“木桶原理”与“反木桶原理”结合的研究方法,平衡城乡建设开发限制条件与支撑条件之间的关系,能在严格规避坡度较陡、安全性较差以及需生态保护和粮食保障等区域的同时,突出社会经济发展、基础设施完善带来的支撑作用,为山区建设用地留足发展空间。相对而言,这种方法简单易行,可操作性和实用性较强。但该方法也存在一定的不足,在支撑因子辐射范围的确定方面需要查阅大量研究区的相关文献,并以实地调查为基础,综合考虑后方可确定。

同时,目前对城乡建设开发引导分区的研究大多停留在适宜性分区方面,即直接采用各适宜性等级空间分布结果^[33-34],这种方式能较好地用于平原、盆地等可开发空间较大的区域,却不能较好地用于云南省喀斯特山区。喀斯特山区景观破碎程度高,宜建区小片、多点分布的情况明显,而开发这些连片度较低的区域并不利于城乡建设用地的整理,也不利于需腾退居民点的移民搬迁。因此,只有在适宜性评价的基础上综合考虑城乡建设开发潜力、区域连片度及现状建设用地合理性等条件,方能找准良好的建设开发空间,为喀斯特山区城乡建设开发、建设用地整治提供指引。在连片度分析方面,广南县各村民委员会的平均面积为 39 hm²,因此针对其景观破碎度较高的情况,本研究设定 30 hm² 以上潜在适宜区为优化开发区,能更好地引导喀斯特山区完成农村居民点腾退、土地整理等工作。

云南喀斯特山区快速城市化导致了城乡建设用地盲目扩张,不仅造成土地资源的浪费,还会给当地的生态和粮食安全带来威胁。在建设开发的影响因子方面,云南喀斯特山区的城乡建设用地适宜性评价主要考虑自然资源条件的限制作用以及经济社会发展的支撑作用,需在严格认识区域立地条件的基础上进行建设开发。喀斯特山区的评价指标与平原地区

相比更复杂、更严格,其中限制因子需突出喀斯特岩溶状况和高原山区特点两个方面,喀斯特地区岩溶石漠化广布、优质良田较少、生态环境脆弱,在进行城乡建设开发时必须考虑岩溶塌陷、生态红线和基本农田等因子,同时高原地区山地多、平坝少、自然灾害频发的特点也决定了建设开发时必须考虑地形坡度、地质灾害和活动断层等因子,大部分平原地区则不需要考虑这些限制因子;另一方面,只强调自然资源条件限制会导致喀斯特山区可建设开发空间不足,不利于未来的城乡发展,因此也有必要突出已有发展基础对建设开发的支撑情况,考虑已有建成区和交通条件带来的优势作用,并且由于山区道路建设的困难性,其支撑作用往往比平原地区更加显著。此外,部分平原地区的建设用地适宜性研究也考虑了高程、空气质量、水源管理或地面沉降等因子^[35-37]。其中,高程在前文中已有讨论,其并非山区建设用地布局的重要限制因子;而与平原城市相比,云南省喀斯特山区的常住人口较少、社会发展较滞后,空气和水污染等环境问题并不明显,且河流等重要水域及周边区域也已作为生态保护区限制开发,所以并非影响区域内城乡建设发展的突出因子;同时,我国以地面沉降为主的自然灾害区主要集中于东部沿海,西南山区反而影响较小。所以,与平原地区相比,喀斯特山区城乡建设用地适宜性评价需主要考虑地理环境、地质灾害、资源条件、生态安全、粮食安全和基础设施等方面的立地基础,环境污染等指标的重要性则较平原地区弱。

在城乡建设用地适宜性评价方面,吴海燕^[38]、杨子生^[39]等运用不同的方法对建设用地适宜性进行评价,均指出由于坡度、土地利用及地质灾害等因子的限制,山区大部分空间都不适宜建设开发,本研究这方面的结论与其基本一致,喀斯特山区建设开发时限制条件较多,应在正确认识区域本底条件的基础上进行合理的建设发展。但韩会庆等^[11]将喀斯特地区怀仁市的建设用地适宜性分为适宜、比较适宜、有条件限制和不适宜 4 个等级,其中有条件限制建设区面积最大,不适宜区和比较适宜区次之,适宜区面积最小;张雁^[32]将喀斯特地区贵阳市花溪区建设用地适宜性分为高度、中度、勉强和不适宜 4 个等级,并得出高度适宜类面积最大,中度和勉强适宜类次之,不适宜类面积最小的结论。这些结论与本研究不同,一方面,是由于所选评价指标存在差别,其指标体系或是没有关注喀斯特地区比较突出的岩溶塌陷状况,或是忽略了山区地质灾害频发的情况,亦或是忽略了生态保护与粮食保障对建设

开发的限制,因此低适宜等级的面积都较小;另一方面,是因为研究方法不同,本研究直接采用“木桶原理”的极限条件限制,约束力度更强,因此低适宜等级的面积较小。总之考虑突出的影响因子来建立评价指标体系,以及采用一票否决制的评价方法,能更科学、直观地分析喀斯特山区城乡建设开发的适宜性程度,为建设开发提供更实际、更合理的支撑。

在主要影响因子分析中,本研究结论基本与其他喀斯特山区城乡建设用地研究^[11]相似,地形条件是决定山区城乡建设开发的基础条件,其次土地利用现状、地质灾害都对建设开发有限制作用;同时交通条件及已有建成区能为建设开发带来良好的优势。也有部分研究^[11]指出城镇区位对建设开发的支撑作用比交通条件强,与本研究结论不一致,这与研究区实际情况有关,如交通干线沿水域修建等情况会减少其辐射面积,从而降低支撑作用。

3.2 结论

(1) 云南喀斯特山区地质灾害频发、生态环境脆弱、农业生产条件苛刻、社会经济发展滞后,多方面限制了该区域的建设开发。坡度、地质灾害、活动断层、岩溶塌陷、矿山占地、生态红线、基本农田、现状地类、地理和交通区位等因子可以反映喀斯特山区自然地理、生命安全、生态安全、粮食安全和区位资源等状况,是决定区域城乡建设用地开发适宜性的重要因子;其中,林地和园地等现状地类、坡度、岩溶塌陷、生态红线和基本农田是限制喀斯特山区建设开发的关键因子,而交通条件则是提高城乡建设用地开发适宜度的关键因子。建设开发时应综合考虑这些关键因子的情况,合理地开发农用地及其他土地。

(2) 喀斯特山区的建设条件苛刻,大部分区域不适宜建设开发。滇东南典型喀斯特山区广南县的不适宜区面积最大,占全县土地总面积的63.37%,其次潜在适宜区和适宜区占21.33%和10.38%,最适宜区面积最小,仅占4.91%;其中,莲城镇、坝美镇和者鬼乡的城乡建设开发条件较好,应着重发挥这3个乡镇在区域发展中的核心和先导能力,其余乡镇则应注重生态环境保护、粮食安全保障等问题。空间上,广南县最适宜区和适宜区主要分布在交通沿线以及城镇附近,其他区域则零星分布,建设开发时应把握区域的交通及建成区优势;潜在适宜区主要分布在广南县的北部、中北部和西南部,通过社会经济发展、基础设施建设可以促进这一区域土地资源的有效开发利用;不适宜区面积较大,除北部和中北部地区分布较少

外,其他区域都大面积分布,这些区域应多考虑土地资源的生态及农业生产功能。

(3) 在适宜性评价的基础上综合考虑城乡建设开发潜力、区域连片度及现状建设用地合理性等条件,将喀斯特山区分为城乡建设用地重点开发区、优化开发区、腾退整治区以及生态保护和农业保障区,能进一步有效引导区域的城乡建设开发,为喀斯特山区土地资源利用、生态环境保护、粮食安全保障及区域可持续发展提供科学依据。

参考文献:

- [1] Mansouri Daneshvar M R, Khosravi S, Rezayi S. Ecological evaluation of landscape using Feng-shui theory at Shandiz urban region, NE Iran[J]. *Int J Environ Protect Policy*, 2013,1(2):32-37.
- [2] 杨子生.山区城镇建设用地适宜性评价方法及应用:以云南省德宏州为例[J]. *自然资源学报*, 2016,31(1):64-76.
- [3] He Y M, Yang Z S, Zhang B S, et al. Study on urban construction land suitability evaluation in China's south-western frontier mountainous area: A case study in Longchuan county, Yunnan province [C] // Atlantis Press, 3rd International Conference on Material, Mechanical and Manufacturing Engineering, 2015.
- [4] Yan X, Cai Y L. Multi-scale anthropogenic driving forces of karst rocky desertification in Southwest China[J]. *Land Degradation & Development*, 2015,26(2):193-200.
- [5] Fan Z, Li J, Yue T, et al. Scenarios of land cover in Karst area of Southwestern China[J]. *Environmental Earth Sciences*, 2015,74(8):6407-6420.
- [6] Collins M G, Steiner F R, Rushman M J. Land-use suitability analysis in the United States: historical development and promising technological achievements[J]. *Environmental Management*, 2001,28(5):611-621.
- [7] Xu L, Huang Q, Ding D, et al. Modelling urban expansion guided by land ecological suitability: A case study of Changzhou City, China [J]. *Habitat International*, 2018,75:12-24.
- [8] Ullah K M, Mansourian A. Evaluation of land suitability for urban land-use planning: Case study Dhaka city [J]. *Transactions in Gis*, 2016,20(1):20-37.
- [9] Liu R, Zhang K, Zhang Z, et al. Land-use suitability analysis for urban development in Beijing[J]. *Journal of Environmental Management*, 2014,145:170-179.
- [10] Liu Y S, Wang J Y, Guo L Y. GIS-based assessment of land suitability for optimal allocation in the Qinling mountains, China[J]. *Pedosphere*, 2006,16(5):579-586.
- [11] 韩会庆,杨广斌,郜红娟,等.仁怀市喀斯特地区建设用

- 地适宜性评价[J].测绘科学,2014,39(11):76-79.
- [12] Singha C, Swain K C. Land suitability evaluation criteria for agricultural crop selection: A review[J]. Agriculture Research Communication Centre, 2016,37(2): 125-132.
- [13] Quinn B, Schiel K, Caruso G. Mapping uncertainty from multi-criteria analysis of land development suitability, the case of Howth, Dublin[J]. Journal of Maps, 2015,11(3): 487-495.
- [14] Qiu F, Chastain B, Zhou Y H, et al. Modeling land suitability/capability using fuzzy evaluation[J]. Geojournal, 2014,79(2):167-182.
- [15] Mansor S B, Pormanafi S, Mahmud A R B, et al. Optimization of land use suitability for agriculture using integrated geospatial model and genetic algorithms [R]. Isprs Annals of the Photogrammetry, 2012.
- [16] Zheng Q, Yang X, Wang K, et al. Delimiting urban growth boundary through combining land suitability evaluation and cellular automata [J]. Sustainability, 2017,9(12):1-22.
- [17] Momanyi O G. Use of geographic information system (GIS) in land suitability analysis for urban development; Case study of Kisii town, Kenya[D]. Nairobi, Kenya: University of Nairobi, 2014.
- [18] 王成金,张岸.基于交通优势度的建设用地适宜性评价与实证:以玉树地震灾区为例[J].资源科学,2012,34(9):1688-1697.
- [19] 杨子生.云南山区城镇建设用地适宜性评价中的特殊因子分析[J].水土保持研究,2015,22(4):269-275.
- [20] He Y M, Yang Z S, Zhang B S, et al. Study on urban construction land suitability evaluation in southwestern mountainous areas of Yunnan Province based on the strategy of 'protecting farmland in flatland areas and constructing mountainous cities': A case in Lianghe County[J]. Agricultural Science & Technology, 2014, 15(10):1774-1777,1780.
- [21] Xu K, Kong C, Li J, et al. Suitability evaluation of urban construction land based on geo-environmental factors of Hangzhou, China[J]. Computers & Geosciences, 2011,37(8):992-1002.
- [22] 许尔琪,张红旗.喀斯特山地土地利用变化的垂直分布特征[J].中国生态农业学报,2016,24(12):1693-1702.
- [23] 杨子生.山区城镇建设用地适宜性评价中的坡度因子分析[C]//中国土地资源开发整治与新型城镇化建设研究,2015.
- [24] 陈红军,孙斌,王桂林.基于地灾风险的山区村镇建设用地适宜性评价方法[P]. CN201310473930.4,2014.
- [25] Chen L C, Ran Y K, Wang H, et al. The Lushan Ms 7.0 earthquake and activity of the southern segment of the Longmenshan fault zone[J]. Chinese Science Bulletin, 2013,58(28/29):3475-3482.
- [26] 黄河,严家平,朴春德.淮南大通浅覆盖岩溶区塌陷分布及土地利用可行性[J].自然灾害学报,2012,21(2):112-117.
- [27] 章程,谢运球,吕勇,等.不同土地利用方式对岩溶作用的影响:以广西弄拉峰丛洼地岩溶系统为例[J].地理学报,2006,61(11):1181-1188.
- [28] 寇晓蓉,白中科,杜振州.国内外矿山土地复垦质量管理对比研究[J].中国农业大学学报,2017,22(5):128-136.
- [29] Yang D B, Zhang W X, Yao Q. Research of mining subsided land reclamation system based on GIS[C]// Trans Tech Publications: Applied mechanics and materials, 2012.
- [30] Liu X H, Liu L, Peng Y. Ecological zoning for regional sustainable development using an integrated modeling approach in the Bohai Rim, China[J]. Ecological Modelling, 2017,353(10):158-166.
- [31] 唐双娥.生态用地的保护对我国建设用地总量控制制度的反思[R].2009年全国环境资源法学研讨会,2011.
- [32] 刘明.丘陵山区资源环境承载力评价与土地利用功能分区研究[D].重庆:西南大学,2016.
- [33] 张宸睿.基于生态—经济导向的城镇建设用地开发适宜性分区研究[D].南京:南京农业大学,2016.
- [34] 王琳,朱天明,杨桂山,等.基于 GIS 空间分析的县城建设功能空间分区研究:以江苏省昆山市为例[J].长江流域资源与环境,2010,19(7):725-731.
- [35] 肖莉,李韦,冯长春,等.湖南湘江新区建设用地适宜性评价研究[J].地域研究与开发,2016,35(4):131-136.
- [36] Zhang X, Fang C, Wang Z, et al. Urban construction land suitability evaluation based on improved multi-criteria evaluation based on GIS(MCE-GIS): Case of new Hefei city, China[J]. Chinese Geographical Science, 2013,23(6):740-753.
- [37] 韦仕川.土地利用规划的地质环境分析及应用研究[D].杭州:浙江大学,2008.
- [38] 吴海燕,刘方,杨莉,等.喀斯特地区低丘缓坡资源适宜性评价与研究[J].四川农业大学学报,2013,31(3): 328-334.
- [39] 杨子生,王辉,张博胜.中国西南山区建设用地适宜性评价研究:以云南芒市为例[C]//中国土地开发整治与建设用地上山研究,2014.