

DOI:10.16788/j.hddz.32-1865/P.2022.04.008

引用格式:王继龙,林丰增,彭博,等. 东南沿海火山岩区城镇建设适宜性评价与实践——以福建省宁德市为例[J]. 华东地质, 2022, 43(4):490-502. (WANG J L, LIN F Z, PENG B, et al. Evaluation and practice of urban construction suitability in coastal volcanic areas of southeast China: a case study of Ningde City, Fujian Province[J]. East China Geology, 2022, 43(4):490-502.)

东南沿海火山岩区城镇建设适宜性评价与实践 ——以福建省宁德市为例

王继龙¹, 林丰增², 彭博¹, 曾剑威¹, 武彬¹, 张艺武¹, 林韶恺³,
孙作勇², 张振国², 于俊杰¹

(1. 中国地质调查局南京地质调查中心, 江苏 南京 210016; 2. 宁德市自然资源局, 福建 宁德 352100;
3. 福建船政交通职业学院, 福建 福州 350007)

摘要: 城镇建设适宜性评价是资源环境承载能力和国土开发适宜性评价的重要内容,也是国土空间规划和管理工作的基础。以东南沿海火山岩区具有代表性的福建省宁德市为例,基于“双评价”指南构建了城镇建设适宜性评价体系,对城镇建设的适宜性及潜力进行评价分析,进而对城市未来发展方向及格局提出建议。宁德市城镇建设适宜区面积 2 682.88 km²,占全区陆地面积的 19.98%;城镇建设不适宜区面积 5 979.06 km²,占全区陆地面积的 44.53%。火山岩区受典型地貌影响,城镇建设适宜区连片性较差,分布相对零散,花岗岩区城镇建设适宜区连片度较好。适宜区展布特征及连片度整体受不同岩性区地形地貌控制,各县(区、市)差异较明显,潜力区内生态功能用地类型偏多,农村宅基地、茶园及果园地等具备城市扩展建设供给潜力。建议加强“沿东发展,向西推进”的发展方向,形成“一核-三轴-多组团”的城市发展格局,达成山海协调发展局势。

关键词: 城镇建设适宜性;建设潜力;国土空间规划;福建省宁德市;东南沿海火山岩区

中图分类号: F061.6

文献标识码: A

文章编号: 2096-1871(2022)04-490-13

资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价(以下简称“双评价”)旨在分析区域资源禀赋与环境条件,在生态保护的基础上,探索、识别农业生产、城镇建设各自适宜空间和合理规模,强调发展性与约束性^[1]。“双评价”是国土空间规划的前提和基础,可使国土空间规划更加科学化、系统化,城镇建设适宜性评价作为“双评价”的组成部分,可识别城镇建设适宜区及存在的现状问题,研判城市未来建设用地供给方向及发展空间,对规划城镇发展结构及格局起到有效的支撑作用^[2-4]。

城市建设过程中,资源的不合理利用将造成生态环境恶化、土地资源短缺、挤占其他用地空间等

问题^[4-8]。随着城镇开发边界划定等空间管制工作的持续推进,城镇建设适宜性评价在国土空间规划中越来越受到重视^[9]。目前,城镇建设适宜性评价主要集中在第四系覆盖区重要经济带、城市群^[9-13]及西南山区城市^[14-16],针对中国东部大面积火山岩区城市开展的建设适宜性评价相对较少,且由于研究区及研究问题差异导致前人选择的评价指标体系还不够完善,这不利于不同区域资源环境禀赋差异性的对比^[14-21]。自然资源部发布的《资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价指南(试行)》^[22](以下简称“指南”)从评价原则、成果应用等方面为各地开展“双评价”工作做出指导,保证了评价成果

* 收稿日期:2022-05-07 修订日期:2022-09-23 责任编辑:谭桂丽

基金项目: 中国地质调查局“长江下游及东南沿海生态地质调查(编号:DD20221778)”、现代古生物学和地层学国家重点实验室开放基金“福建宁德沿海地区全新世海平面波动对环境变化的影响(编号:223129)”项目联合资助。

第一作者简介: 王继龙,1992年生,男,助理工程师,研究生,主要从事第四纪地质、国土综合研究工作。Email: wangjilong@mail.cgs.gov.cn。

通信作者简介: 于俊杰,1983年生,男,高级工程师,本科,主要从事第四纪地质、国土综合研究及环境地质工作。Email: yunjie@mail.cgs.gov.cn。

的规范性,有利于相同层级的区域对比。

东南沿海火山岩区城镇众多、人口密集、经济发达,在中国东部火山岩区“双评价”工作中可发挥重要的示范与引领作用。本文选择东南沿海火山岩区发育典型火山岩地貌的城市——福建省宁德市为研究对象,系统梳理城市区域资源环境禀赋特征,以“指南”为基础,对城镇建设适宜性进行评价,结合用地类型分析城镇建设潜力,依据分析结果对城镇建设用地供给与空间发展发向、城镇发展结构与格局提出建议,为宁德市国土空间格局优化及未来城市建设部署提供支撑,也为其他市级城市开展评价研究提供参考。

1 研究区概况

中国东南沿海地区在印支期普遍褶皱上升成陆,燕山期受到古太平洋板块俯冲作用,区域构造-火山岩浆活动强烈,历经上亿年自然演变与人类开发,形成了现今火山岩-侵入岩丘陵及一系列断陷盆地(红盆)构成的“盆岭相间”地貌格局^[23-25]。福建省以大规模出露晚中生代流纹质火山岩为特色,被称为“长英质大火成岩省”^[26-27],与浙江省、江西省

地貌相似,多以陡峻的峰柱和延展如屏的陡崖为主^[28],造就了许多奇特火山岩地质遗迹,如福建光泽地质公园、福建宁德地质公园、华东地区最高峰——黄岗尖等。

宁德市位于福建省东北部,全市土地面积 1.34 万 km²,地理坐标:118°32′~120°43′ E、26°18′~27°40′ N,东临东海,南接福州,西连南平,北与浙江省温州市接壤。宁德地区以晚侏罗世—早白垩世长林组、南园组、小溪组以及白垩纪晚期石帽山群火山-沉积岩系分布最为广泛;侵入岩以酸性、偏酸性岩类为主,其次为偏碱性岩类(图 1)。沿海发育海积平原及冲积平原,地势西部和北部高,东部和南部低,中部隆起,大致呈“门”型梯状,构成了“九山半水半分田”地貌格局。研究区地貌是地球内、外动力共同作用的结果,在燕山期形成火山岩及侵入岩之后的强烈构造活动使区内构造体系及轮廓基本定型,在初始地貌上河流重新配置并开始侵蚀、剥蚀、堆积,形成了千米以上的山脊、山峰。喜山期,区内表现为断裂、断块抬升及小规模中基性岩浆侵入活动。第四系主要表现为新构造垂直的升降运动,同时受气候变化造成的海平面波动影响,形成了几套海相沉积。

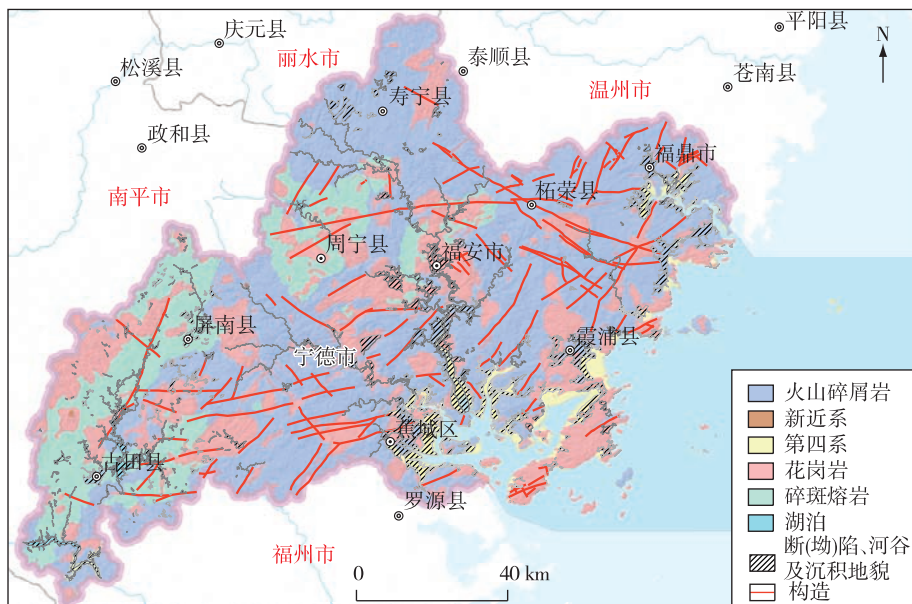


图 1 宁德市地质简图

Fig. 1 Geological sketch of Ningde City

宁德市现辖 9 县(市)共 124 个乡镇、街道办事处,建成区面积不足 0.6 km²,低于全国平均镇建成区(0.81 km²)水平^[29]。1997 年前,该市城镇化水平为 30% 以下,处于城镇化建设初级阶段;1997 年

后,城镇化建设加速,2020 年常住人口城镇化率为 60.99%^[30]。从城镇人口数量看,城镇人口逐年增加,城镇化水平逐年提高;从人口流动趋势看,人口主要由乡村流入城镇,符合我国现阶段城镇化总体

趋势^[31]。近年来,受宁商回归、龙头企业带动影响,该市经济发展进入快速发展期,连续几年 GDP 增速全省第一^[32],未来还将迎来城镇化持续高速增长期。然而土地资源短缺,城镇拓展空间受限一直是该市发展的“卡脖子”问题^[33],明确高质量发展方向,构建高效、协调、可持续的国土空间格局,是解决上述问题的有效途径^[34-36]。

2 研究方法

2.1 数据来源

本次城镇建设适宜性评价采用的数据,DEM 由 1:5 万数字地形图构建,精度 10 m×10 m;可利用水资源总量由福建省“十三五”水资源管理“三条红线”各地控制目标确定^[37];月均温度、月均空气相对湿度数据来自宁德市气象局提供各县市气象站点月均温度、月均空气相对湿度数据;空气质量综

合指数数据来自《宁德市 2018 年度环境质量状况》^[38];河段水质数据由宁德市水利局提供;道路、交通枢纽等数据来自地理国情监测数据。数据类型主要为统计数据、矢量和栅格数据,统计数据与县级行政区划单元属性匹配,矢量和栅格数据坐标系为 CGCS2000 坐标系,再统一转为 10 m 空间分辨率的栅格数据。

2.2 评价体系的构建

本次评价以“生态优先、底线约束”为导向,在确定生态极重要区、永久基本农田区域的前提下,基于“双评价”技术指南(图 2)提出的各项单指标评价进行归类(表 1),主要分为强限制指标、非强限制指标及适宜性指标。本文选取地形地貌条件、水资源条件、气候条件、环境条件及灾害条件等对城镇建设、人居环境影响较大的因素,构建适宜性评价指标体系(表 2)。

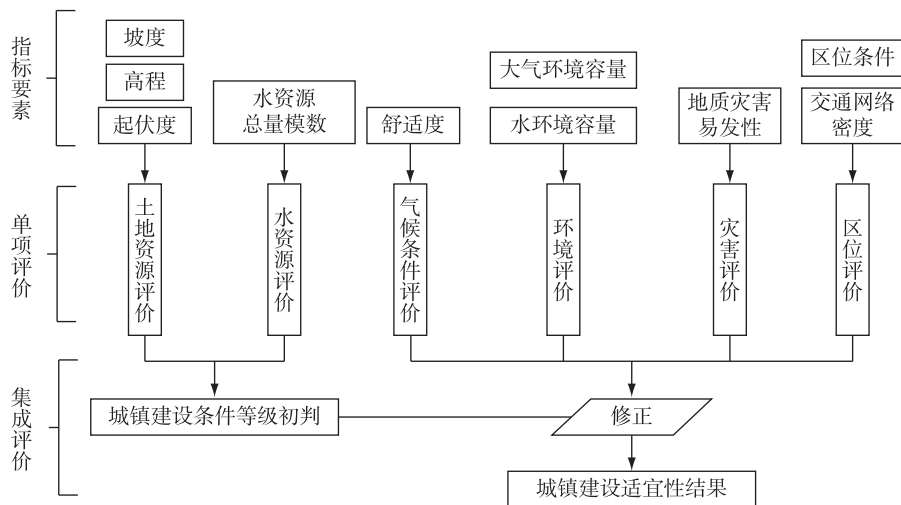


图 2 城镇建设适宜性评价技术流程图^[22]

Fig. 2 Evaluation technical flow chart of urban construction suitability^[22]

表 1 城镇建设适宜性评价指标体系^[22]

Table 1 Evaluation index system of urban construction suitability^[22]

评价体系	评价要素	具体指标
强限制指标	生态保护重要性	生态保护极重要区
	永久基本农田	—
非强限制指标	土地	坡度、起伏度
	水资源	供水资源总量模数
	气候	舒适度
	环境	大气环境容量、水环境容量
适宜性指标	灾害	地质灾害
	区位优势度	区位条件、交通网络密度

3 评价结果与分析

宁德市城镇建设不适宜区面积 5 979.06 km²,占全域陆地面积的 44.53%;城镇建设适宜区面积 2 682.88 km²,占全域陆地面积的 19.98%(表 3),但整体连片度较差,分布相对零散。城镇建设适宜区多集中于沿海区域,以福安—蕉城为界,东部城镇建设适宜区相对较大,西部分布面积相对较小。在城镇建设适宜区分布位置上,沿海县(市、区)城镇适宜区以海积平原为主,内陆县(市、区)城镇适宜区以冲积平

原地貌为主。全市城镇建设适宜区主要分布在福安 市交溪两侧、蕉城区及福鼎—霞浦沿岸(图 3)。

表 2 宁德市城镇建设适宜性评价体系^[22]
Table 2 Evaluation for Ningde urban construction suitability^[22]

城镇建设的 水土资源基础	土地资源评价	坡度	根据 DEM 数据,以 $\leq 3^\circ$ 、 $3^\circ\sim 8^\circ$ 、 $8^\circ\sim 15^\circ$ 、 $15^\circ\sim 25^\circ$ 、 $> 25^\circ$ 生成坡度分布图,以此分级结果将城镇建设功能指向的土地资源划分为平地、平坡地、缓坡地、缓陡坡地、陡坡地共 5 级
		地形起伏度	采用 45×45 个 $10\text{ m}\times 10\text{ m}$ 栅格作为邻域,计算地形起伏度,并以地形起伏度 $\leq 100\text{ m}$ 、 $100\sim 200\text{ m}$ 、 $> 200\text{ m}$ 分成 3 级
	水资源评价	供水资源 总量模数	选择各区县 2020 年用水总量控制数与该区县面积之比作为供水资源总量模数,按照《指南》中总量模数 $\geq 25\text{ 万 m}^3/\text{km}^2$ 、 $13\sim 25\text{ 万 m}^3/\text{km}^2$ 、 $8\sim 13\text{ 万 m}^3/\text{km}^2$ 、 $3\sim 8\text{ 万 m}^3/\text{km}^2$ 、 $< 3\text{ 万 m}^3/\text{km}^2$ 的分级标准,划分为好、较好、一般、较差、差 5 个等级
对水土资源 基础修正	气候评价	舒适度	采用温湿指数表征,分别计算各站点 12 个月多年平均的月均温度和月均空气相对湿度,通过温湿指数,划分舒适度等级
	环境评价	大气环境容量	空气环境容量(无量纲)=对应标准空气质量综合指数-现状空气质量综合指数,然后按照自然断点法分 5 级
		水环境容量	结合 DEM,提取小流域,建立“河段-流域”的水陆响应关系,以河段水质等级表征小流域水环境容量大小,分别将Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类、Ⅳ类、Ⅴ类之下水流域划分为高、较高、一般、较低、低 5 个等级
	灾害评价	地质灾害易 发性评价	采用坡度、起伏度、地貌类型、断裂、工程地质岩组、降雨量、工程建设等主要指标,采用信息量模型方法,将易发性分为不易发、低、中、高 4 个等级
	区位评价	区位条件	综合考量交通干线可达性(以国道、省道、乡道距离作为分级)、交通枢纽可达性(调整阈值为 10 km 临界点)以及中心城市可达性(阈值调整为 1 h 、 2 h 、 3.5 h 及 5 h)各项指标的评价结果,对各指标进行求和集成后,将区位条件由高到低分为高、较高、中、较低、低 5 个等级
		交通网络密度	将公路网作为交通网络密度评价主体,采用线密度分析方法计算,由高到低分为高、较高、中、较低、低 5 个等级

表 3 宁德市城镇建设适宜性评价统计结果
Table 3 Statistics of the suitability evaluation for Ningde urban construction

适宜性	面积/ km^2	占比/%
城镇建设不适宜区	5 979.06	44.53
城镇建设适宜区	2 682.88	19.98
河流	157.74	1.17
生态极重要区	4 607.48	34.31
合计	13 427.17	100.00

3.1 城镇建设用地适宜区潜力分析

用城镇建设适宜区范围扣除现状建设用地类型后,与现状用地类型(果园、茶园、旱地、设施农用地、盐碱地、沙地、裸地、灌木林、其他草地、其他园地及采矿用地)进行叠加分析,得到城镇建设适宜区的主要潜力用地类型(表 4)。若不考虑现状用地类型具有限制性开发因素的影响,全市城镇建设潜力区面积为 $2\,094.1\text{ km}^2$;若将乔木林地、竹林地、其他林地等具有生态功能的用地扣除,全市城镇建

设潜力区面积为 887.62 km^2 。未扣除前,城镇建设潜力区在古田县分布面积最大,为 507 km^2 ;其次为霞浦县、福鼎市、福安市;而柘荣县城镇建设潜力区面积最小,为 60.9 km^2 ,其次为周宁县、寿宁县。扣除部分具有生态功能用地类型后,福鼎市城镇建设潜力区面积最大,为 169.46 km^2 ,其次为古田县、霞浦县、福安市;而柘荣县城镇建设潜力区面积仍最小,为 27.35 km^2 ,其次为周宁县、屏南县。从总潜力区用地类型来看,该市主要潜力用地类型为乔木林地、茶园、果园及其他林地,总体生态功能性用地类型占比较大。除乔木林地及其他林地外,蕉城区、霞浦县城镇建设潜力区主要以养殖坑塘、茶园、农村宅基地为主,福安市城镇建设潜力区主要以茶园、果园、农村宅基地为主,福鼎市城镇建设潜力区主要以茶园、竹林地、其他园地为主,古田县、屏南县城镇建设潜力区主要以果园、竹林地、农村宅基地为主,寿宁县、周宁县城镇建设潜力区主要以茶园、竹林地、农村住宅用地为主,柘荣县城镇建设潜力区主要以茶园、竹林地、其他草地为主。

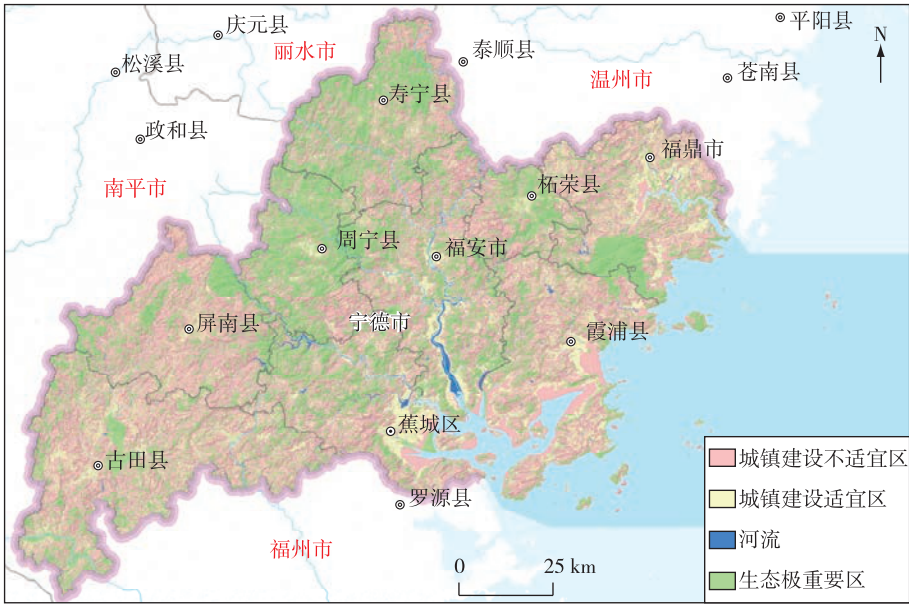


图 3 宁德市城镇建设适宜性评价图

Fig. 3 Suitability evaluation map for Ningde urban construction

表 4 宁德市城镇建设适宜区的主要潜力用地类型

Table 4 Main potential land use types in suitable areas for Ningde urban construction

用地类型	面积/km ²									
	蕉城区	福安市	福鼎市	霞浦县	古田县	屏南县	寿宁县	周宁县	柘荣县	合计
乔木林地	123.21	104.72	132.85	175.33	310.41	138.46	35.21	41.62	28.16	1 089.97
茶园	15.15	47.65	87.14	27.54	3.06	2.71	23.77	9.02	8.61	224.65
其他林地	17.22	19.76	27.1	26.64	74.63	18.94	17.57	11.5	9.31	222.67
果园	13.88	22.22	6.35	18.14	50.69	7	2.02	0.59	0.36	121.25
竹林地	11.76	8.83	22.12	13.1	29.22	8.26	5.39	4.27	5.09	108.04
农村住宅用地	14.21	23.58	7.26	18.93	14.45	7.22	5.47	5.65	1.93	98.7
养殖坑塘	25.64	4.25	10.86	42.38	0.15	0.01	0.02	0.02	0	83.33
坑塘水面	4.38	12.32	8.34	11.33	1.18	0.08	0.07	0.07	0.08	37.85
其他园地	0.68	0.21	12.86	0.62	1.69	5.9	0.61	3.59	2.28	28.44
其他草地	4.93	2.45	4.03	6.29	3	1.28	0.56	0.82	3.93	27.29
农村道路	2.23	3.13	4.67	3.09	3.22	1.31	1.2	0.55	0.76	20.16
设施农用地	1.14	0.34	0.28	0.89	10.44	2.66	0.18	0.13	0.08	16.14
灌木林地	0.41	0.45	1.03	1.1	2.54	0.14	0.27	2.23	0.3	8.47
可调整果园	0.09	0.27	0	0	2.25	0.23	0.04	0	0	2.88
其他地类	0.68	0.31	0.57	2.02	0.07	0.05	0.51	0.04	0.01	4.26
合计	235.61	250.49	325.46	347.4	507	194.25	92.89	80.1	60.9	2 094.1
合计(扣除生态功能地类)	100.23	136.49	169.46	157.87	164.83	47.39	52.02	31.98	27.35	887.62

注:其他地类包含裸岩石砾地、可调整茶园、空闲地、可调整养殖坑塘、盐碱地、裸土地、可调整其他林地、可调整其他园地

3.2 城镇建设用地适宜区与现有建设用地冲突分析

利用城镇建设适宜性评价数据与土地利用成果进行空间分析,发现城镇建设不适宜区的面积约

95.7 km²,占现状建设用地面积的 19.9%。城镇建设不适宜区内的建设用地类型主要为公路用地、工业用地、工矿用地及农村宅基地(表 5)。由于公路、工业用地以及工矿用地区域具有一定的特殊性,综

合来看,宁德市城镇建设主要矛盾在于农村宅基地在建设不适宜区占比最高,其中福安市农村宅基地面积(5.74 km^2)最大。寿宁县农村宅基地面积为

4.18 km^2 ,古田县、霞浦县、福鼎市、蕉城区农村宅基地面积为 $2.53\sim 2.95\text{ km}^2$ 。屏南县、柘荣县、周宁县农村宅基地的面积相对较小,均 $<2\text{ km}^2$ 。

表 5 宁德市城镇建设不适宜区内主要建设用地类型及面积

Table 5 Major types and surface areas of construction land in Ningde unsuitable urban construction areas

主要用地类型	面积/ km^2									
	蕉城区	福安市	福鼎市	霞浦县	古田县	屏南县	寿宁县	周宁县	柘荣县	合计
公路用地	3.11	4.68	3.74	2.6	6.44	5	5.21	3.13	2	35.91
农村宅基地	2.53	5.74	2.65	2.84	2.95	1.93	4.18	1.06	1.17	25.05
采矿用地	0.78	0.6	1.55	1.22	5.4	0.86	0.75	0.32	0.25	11.73
特殊用地	1.66	1.17	1.35	2.24	0.64	0.28	0.61	0.35	0.31	8.61
工业用地	0.33	1.31	0.72	0.29	0.66	0.56	0.72	0.09	0.1	4.78
城镇住宅用地	0.53	0.44	0.38	0.4	0.41	0.53	1	0.18	0.01	3.88
铁路用地	0.17	0.13	0.08	0.04	0.17	0.38	0	0.24	0	1.21
合计	9.11	14.07	10.47	9.63	16.67	9.54	12.47	5.37	3.84	91.17

注:不适宜区内面积分布较少的用地类型未罗列。

3.3 城镇建设用地适宜区主要影响因素分析

全域适宜区内坡度 $\leq 8^\circ$ 的平坡地及平地占比约 58%, $\leq 15^\circ$ 的缓坡地、平坡地及平地占比约 85%。从土地坡度分布特征(图 4)看,平坡地主要集中在沿海冲积海积平原区以及中西部山间沟谷、盆地区域,内陆山区以缓陡坡及陡坡为主。陡坡地($>25^\circ$)多数分布于火山岩区,花岗岩区分布较零散。将城镇建设功能指向地形坡度分级与现状土地利用类型对比,发现现状城镇建设用地分布于平地、平坡地、缓坡地、缓陡坡地和陡坡地的比例分别为 72.65%、9.49%、8.52%、7.18% 和 2.16%。在地形起伏度(图 5)方面,主要受控于抗风化能力强的酸性火山岩空间分布以及火山岩区、花岗岩区与红层区之间的差异风化程度;受火山岩地貌发育控制,全域起伏度 $\leq 100\text{ m}$ 的区域约 28.05%,主要分布在蕉城区、霞浦县、福鼎市等东部沿海冲积平原、海积平原区域以及与其相邻的基岩-第四系过渡区,其次分布在西部山间盆地,花岗岩区山间盆地面积较大,呈片状分布,火山岩区呈线状分布,可能由于花岗岩区易风化以整体剥蚀为主,而火山岩区则是受局部发育的河流侵蚀导致的。起伏度 $100\sim 200\text{ m}$ 区域占比 48.49%,主要分布在各县台地、低丘地带;起伏度 $>200\text{ m}$ 区域占比 23.46%,主要分布在周宁、寿宁等高丘-低山地带,多在火山岩区集中分布,与火山岩区发育高陡地貌特征相对应。城镇建设适宜区内起伏度 $\leq 100\text{ m}$ 区域占比 64%,起

伏度 $\leq 200\text{ m}$ 区域占比 98%。区位优势度方面(图 6),宁德市区区位优势度分布空间差异明显,东部沿海蕉城区、福安、霞浦、福鼎等环三都湾及沿海地区,优势度高,西部、北部地区丘陵地区普遍偏低,与城镇建设适宜区分布特征相似。

城镇人居舒适度方面,全市城镇居住舒适度总体较好,内陆屏南县、古田县、寿宁县城市舒适度相对优于东南沿海城市,城镇建设功能指向的供水条件、空气环境容量以及水环境容量总体较好,地质灾害易发性,与地形、地貌关系密切,受地质构造、岩性等影响明显,具有“点多面广”特点。

总体来看,由于第四系覆盖平原区以及花岗岩风化形成的洼地地貌,地形相对平坦,区内城镇建设的适宜区连片度较好,分布面积较大,火山岩丘陵区受地质外力控制,适宜区分布相对零散、狭窄。供水条件、环境容量等指标起到一定调节作用,使部分缓坡地被纳入城镇建设适宜区范围,而区位优势度高的地区与城镇建设适宜性形成相互耦合的形式。由于宁德市广泛发育火山岩,经长期构造切割、风化剥蚀和流水侵蚀,发育火山岩峰丛、石墙等山峰、山体,线谷、围谷、峡谷等谷地以及流水侵蚀地貌,形成以缓陡坡地、陡坡地为主,起伏度变化较大的火山岩地貌景观,坡度、起伏度要素与城镇适宜性评价结果一致性较强,对城镇建设适宜性分布格局起到重要的控制作用。



图 4 宁德市坡度分级图

Fig. 4 Slope grading map of Ningde City



图 5 宁德市起伏度分级图

Fig. 5 Undulation grading map of Ningde City

4 讨论

4.1 城市建设用地供给与空间发展发向

从总潜力区用地类型来看,宁德市潜力用地类型多数为具有一定生态功能的乔木林地、其他林地及竹林地,这与该市森林覆盖率相对较高有关。在

古田县、屏南县潜力区,茶园用地相对其他县(区、市)较低,这是因为古田县被誉为“食用菌之乡”,屏南是“夏季菇之乡”,两地茶园面积十分有限;潜力区果园用地在福安市、古田县、屏南县分布较广;潜力区内农村住宅用地在福鼎市及柘荣县占比相对较低,可能与福鼎市城镇化比例较高、柘荣县常住

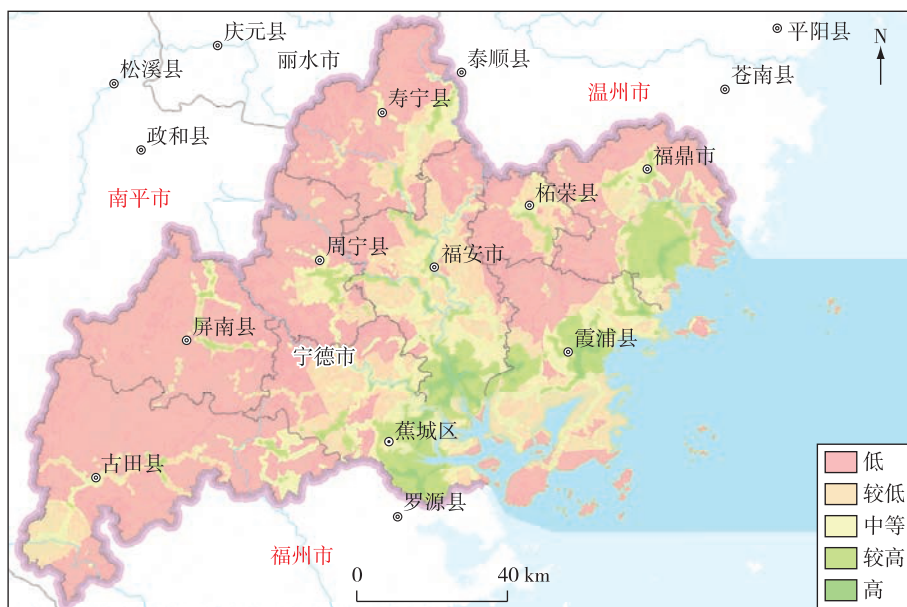


图 6 宁德市区位优势评价图

Fig. 6 Location advantage evaluation map of Ningde City

人口相对较少有关;相对其他县(区、市),养殖坑塘在蕉城区及霞浦县潜力区用地类型中占比较高,这与当地沿海围垦养殖池塘有关。

通过对面积 $>0.1\text{ km}^2$ 城镇建设适宜区展布特征进行分析(图 7),发现市域城镇建设适宜性差异明显,东南沿海多分布在受新生代沉陷影响的海积平原区,西北内陆多分布在受地壳运动、构造、岩性、气候、流水等因素的综合影响的山谷平原区。火山岩区与花岗岩区相比,整体花岗岩区分布较集中,可能由于花岗岩易风化导致的。宁德主城区以连片度较好的适宜区为主,主要分布在蕉城区东部,屏南县、寿宁县、周宁县、柘荣县主要以相对分散的适宜区为主,这与目前福建省主体功能区规划中将屏南县、寿宁县、周宁县、柘荣县划定为重点生态功能区相一致。虽然古田县城镇建设适宜区及建设潜力相对较大,城镇建设潜力规模达 507 km^2 ,去除具备生态功能用地类型后城镇建设潜力规模达 164.83 km^2 ,但与环三都澳海湾及沿海地区相比,连片度相对较低,这是因为环三都澳周边及沿海是城镇建设用地承载力高值区,地貌类型主要为沿海冲积平原及交溪等冲积平原。根据宁德市未来对外联系和现状内部适宜性,确定宁德市向“东发展、向西推进”的空间方向。向东发展,以环三都澳区域及宁德沿海作为城镇建设区域,有助于深入

融合福州都市发展圈,强化滨海城市带。向西推进,不仅能发挥古田县资源优势,加强西部与东部的联系,加快陆海一体化发展进程,而且可以为西部长远发展留余地。

4.2 城镇发展结构与格局

根据宁德市城镇建设适宜性分布特征,提出以三都澳海湾为核心、多中心组团支撑,形成“一核-多轴-组团”式城市发展格局(图 8)。“一核引领”即以三都澳为核心,城镇建设适宜区面积较大,且连片度 $>0.1\text{ km}^2$ 适宜区相对较高,潜力区用地类型主要以农村住宅用地及养殖池塘为主,主要位于滨海平原区。未来发展要形成集约式、紧凑式发展模式,实施宁德市中心城市发展和新兴产业集聚战略,解决宁德市目前城市集聚功能不强和空间结构不紧凑等问题,大力发展以先进制造业、高端服务业、文化旅游业为重点的多元化现代产业体系,进一步提升经济密度、人居环境和公共服务水平,实现经济总量、空间面积、人口规模倍增式扩张,打造兼具行政中心、经济中心、文化中心、服务中心等多重功能的强劲极核。

“三轴辐射”即“蕉城—古田、蕉城—福安、蕉城—霞浦—福鼎发展轴”,沿线城镇建设适宜区分布相对集中,连片度 $>0.1\text{ km}^2$ 的适宜区在两侧分布,主要由沟谷冲积平原及沿海滨海平原构成。未

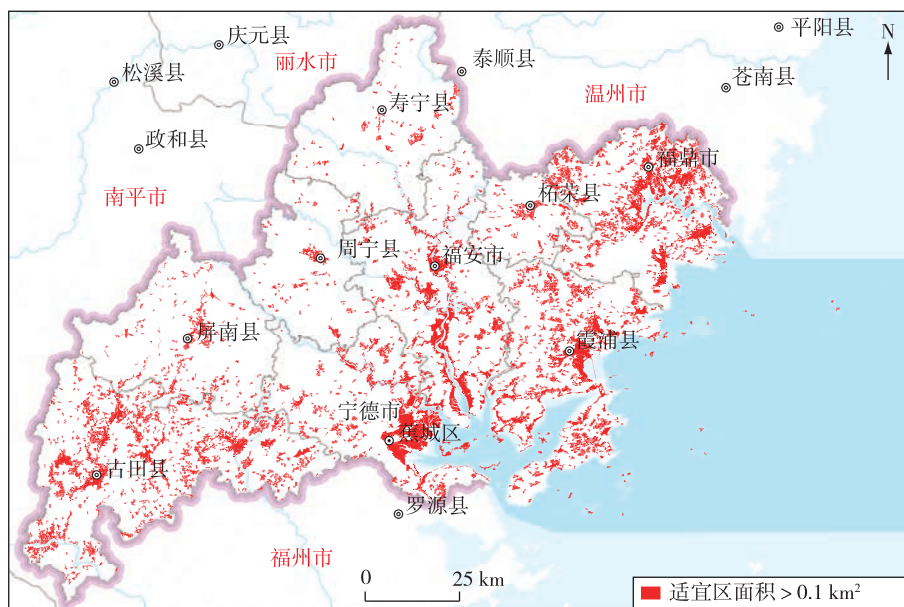


图 7 宁德市连片适宜区分布图

Fig. 7 Contiguous suitable areas of Ningde City

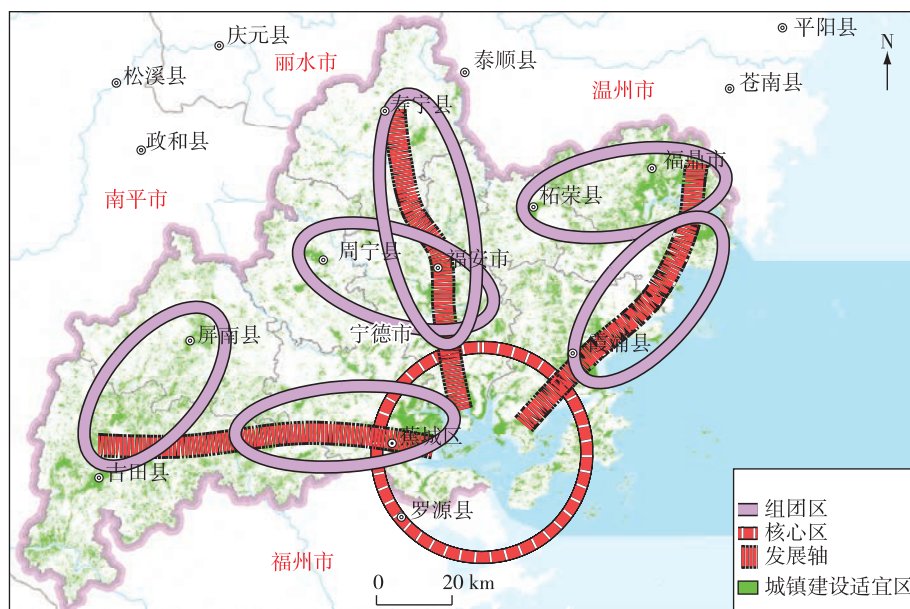


图 8 宁德城镇建设适宜区分布与发展格局图

Fig. 8 Distribution and development pattern of suitable areas for Ningde urban construction

来可依托铁路、高速公路和国省干线等快速交通网络,串联沿线各类产业园区和产业平台,构筑三都澳—古田、寿宁、福鼎 3 条发展轴,形成“辐射”效应,支撑中心城区以及各节点城市发展,缓解用地紧张,释放“一核”辐射力,打通“脉络”连接,促进沿海与山区资源要素高效流动、产业链条有机衔接,实现山海并进、携手共赢。

以西部山区小城镇相互结合、中部向湾、海城市靠拢形成多组团,考虑西部内陆地区当地可扩展空间相对较弱、城镇建设适宜区分布面积较小、适宜区连片度不高等特征,适当调整和优化产业布局,以改善生态功能与支撑条件为主。以沿海重点园区、特色小镇为节点,加快打造世界知名的新能源新材料产业带和我国东南沿海重要的海洋经济产业带。山区绿色

小镇组团模式,充分发挥山区生态资源优势,积极承接沿海新兴产业链项目,大力发展特色现代农业、生态工业、绿色金融、休闲旅游、生物医药等产业,着力打造绿色高质量发展示范带、文旅康养休闲目的地,做强高效益可持续发展的引擎。

本次城镇建设适宜性评价主要依据了“双评价”技术指南评价体系,由于数据、区域指标标准等存在不足,在阈值界定与关键参数确定、体现区域特色、支撑差异化国土空间需求方面仍有待进一步探索。“双评价”理论或方法特别强调了“问题导向”、“因地制宜”等评价原则,要求充分体现区域差异,结合评价区资源禀赋与环境条件,识别存在的问题与风险。本次以“指南”为基础的城镇建设适宜性评价,发现地质基础条件(构造、岩性、第四纪地层、水文环境等)对适宜区的重要控制作用,建议后期“双评价”工作应认识地质条件是城市生态环境存在与稳定的基本因素,是城市建设的基础,突出地质条件因素在评价中的主导作用,按照不同的地质条件(不同岩类区、不同类型构造复杂区等)采用分类评价的方法开展城镇建设适宜性评价。

5 结论

(1)宁德市城镇建设适宜区面积 2 682.88 km², 占全域陆地面积的 19.98%;城镇建设不适宜区面积 5 979.06 km², 占全域陆地面积的 44.53%。受火山岩地貌影响,城镇建设适宜区连片度较差,分布相对零散,面积较大的城镇建设潜力区受新生代沉陷影响,多数分布在沿海积平原区,少数分布在易风化的花岗岩区。火山岩区受地壳运动、构造、岩性、气候、流水等影响,主要沿线谷、围谷等谷地分布,适宜区展布及连片度主要受地形地貌格局控制。

(2)宁德市城镇建设潜力区涵盖了具备生态功能的用地类型,未来城市建设用地供给多数以农村宅基地、茶园及果园地类为主,现主要矛盾在于城镇建设不适宜区内的农村宅基地占比较高。

(3)宁德市未来国土空间发展方向为“沿东发展、向西推进”,形成“一核-三轴-多组团”的城市发展格局,达成山海协调发展局势。

参考文献

[1] 吴次方,叶艳妹,吴宇哲.等.国土空间规划[M].北京:地质出版社,2019.

- WU C F, YE Y M, WU Y Z, et al. Territorial spatial planning [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2019.
- [2] 张景,陈国光,张定源,等.基于陆海统筹理念的闽江口生态格局探讨[J].华东地质,2022,43(1):61-71.
ZHANG J, CHEN G G, ZHANG D Y, et al. Study on the ecological pattern of Minjiang Estuary based on the concept of land-sea coordination[J]. East China Geology, 2022, 43(1): 61-71.
- [3] 杜海娥,李正,郑煜.资源环境承载能力评价和国土空间开发适宜性评价研究进展[J].中国矿业,2019,28(S2):159-165.
DU H E, LI Z, ZEHNG Y. Research progress on assessment of resources and environment bearing capacity and suitability of land space development[J]. China Mining Magazine, 2019, 28(S2): 159-165.
- [4] 张定源,张景,牛晓楠,等.双评价理论探索与福建实践[J].华东地质,2021,42(4):419-428.
ZHANG D Y, ZHANG J, NIU X N, et al. Exploration on dual evaluation theory and the practice in Fujian Province[J]. East China Geology, 2021, 42(4):419-428.
- [5] LI R M, YIN Z Q, WANG Y, et al. Geological resources and environmental carrying capacity evaluation review, theory, and practice in China[J]. Geology in China(English), 2018, 1(4): 10.
- [6] 方创琳,马海涛.新型城镇化背景下中国的新区建设与土地集约利用[J].中国土地科学,2013,27(7):4-9.
FANG C L, MA H T. New City District Development and Intensive Land Use in the Context of New-type Urbanization[J]. China Land Sciences, 2013, 27(7): 4-9.
- [7] 程玉鸿,卢婧.城市蔓延研究述评[J].城市发展研究,2016,23(4):45-50.
CHENG Y H, LU J. The Review of Urban Sprawl[J]. Urban Development Studies, 2016, 23(4): 45-50.
- [8] 孔伟,郭杰,欧名豪,等.中国建设用地集约利用变化及分区管控研究[J].中国土地科学,2016,30(4):13-20.
KONG W, GUO J, OU M H, et al. Study on Constructed Land Intensive Use Change and Regional Differentiated Control in China[J]. China Land Sciences, 2016, 30(4): 13-20.
- [9] 张伶俐,张文选.基于城镇开发功能导向的国土空间开发适宜性评价——以张家口市崇礼区为例[J].小城镇建设,2019,37(11):46-52.
ZHANG L L, ZHANG W X. Suitability Evaluation of Land Space Development Based on Urban Development

- Function Orientation: Taking Zhangjiakou City, Chongli District as an Example[J]. *Development of Small Cities & Towns*, 2019, 37(11):46-52.
- [10] 杨帆, 宗立, 沈珏琳, 等. 科学理性与决策机制: “双评价”与国土空间规划的思考[J]. *自然资源学报*, 2020, 35(10):2311-2324.
- YANG F, ZONG L, SHEN Y L, et al. Scientific rational orientation and decision-making support orientation: The thinking of “double evaluation” and territorial spatial planning[J]. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(10): 2311-2324.
- [11] 姜月华, 周权平, 陈立德, 等. 长江经济带地质环境综合调查工程进展与主要成果[J]. *中国地质调查*, 2019, 6(5):1-20.
- JIANG Y H, ZHOU Q P, CHEN L D, et al. Progresses and main achievements of geological environment comprehensive survey project in the Yangtze River Economic Zone[J]. *Geological Survey of China*, 2019, 6(5):1-20.
- [12] 沈春竹, 谭琦川, 王丹阳, 等. 基于资源环境承载力与开发建设适宜性的国土开发强度研究——以江苏省为例[J]. *长江流域资源与环境*, 2019, 28(6):1276-1286.
- SHEN C Z, TAN Q C, WANG D Y, et al. Research on Land Development Intensity Based on Carrying Capacity of Resources and Environment and Suitability of Development and Construction: A Case Study of Jiangsu[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019, 28(6): 1276-1286.
- [13] 韩鹏, 李涛. 资源环境承载力综合评价方法研究——以中原经济区为例[J]. *应用基础与工程科学学报*, 2015, 23(S1):88-101.
- HAN P, LI T. Integrated Method for the Assessment of Carrying Capacity of Environment and Resources: A Case Study in CPER of China[J]. *Journal of Basic Science and Engineering*, 2015, 23(S1): 88-101.
- [14] 孙凌蔚, 李月臣, 朱康文, 等. 生态视角下的山区城镇建设用地适宜性评价[J]. *重庆师范大学学报(自然科学版)*, 2017, 34(3):121-127.
- SUN L W, LI Y C, ZHU K W, et al. Land Suitability Evaluation of Mountain Towns from Ecological Perspective[J]. *Journal of Chongqing Normal University (Natural Science)*, 2017, 34(3): 121-127.
- [15] 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.
- YANG Z S. Analysis on the Special Factors for Evaluating Mountainous Urban Construction Land Suitability in Yunnan Province[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2015, 22(4): 269-275.
- [16] 任平, 兰亭超, 周介铭. 城乡建设用地增减挂钩区域适宜性评价与空间布局规划研究——以成都龙泉驿区为例[J]. *水土保持研究*, 2014, 21(1):272-282.
- REN P, LAN T C, ZHOU J M. Study on Suitability Evaluation and Planning of Spatial Distribution of Pot-hook of City Construction Land Increase and Rural Residential Land Decrease-A Case Study of Longquanyi District in Chengdu City[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2014, 21(1): 272-282.
- [17] 张楠, 郭鑫, 林富明. 哈尔滨市资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价研究[J]. *测绘与空间地理信息*, 2021, 44(S1): 1-4.
- ZHANG N, GUO X, LIN F M. Study on Evaluating Resources and Environment Carrying Capacity and Territorial Development Suitability of Harbin[J]. *Geomatics & Spatial Information Technology*, 2021, 44(S1): 1-4.
- [18] 封林波, 黄迅, 董毓. 丰城市城镇周边规划建设地质适宜性评价研究[J]. *国土与自然资源研究*, 2017(3): 13-15.
- FENG L B, HUANG X, DONG Y. The geological suitability evaluation of the planned urban construction land around town in Fengcheng City[J]. *Territory & Natural Resources Study*, 2017(3):13-15.
- [19] 文浩帆. 基于 GIS 的黄土丘陵沟壑区城市建设用地适宜性评价研究[D]. 西安: 西北大学, 2010.
- WEN H F. GIS-based evaluation of the suitability of urban construction land in loess hills and ravines[D]. Xi'an: Northwestern University, 2010.
- [20] 招晖, 陈昌勇. FLUS 模型对佛山城镇建设适宜性评价的验证与修正分析[J]. *规划师*, 2020(3): 86-92.
- ZHAO H, CHEN C Y. A Positive Study of Urban Construction Suitability Evaluation Based on FLUS Model[J]. *Planners*, 2020(3): 86-92.
- [21] 邵丽亚, 陈荣蓉, 侯俊国, 等. 城镇建设用地生态适宜性评价研究——以重庆市荣昌县为例[J]. *中国农业资源与区划*, 2013, 34(6): 86-92.
- SHAO L Y, CHEN R R, HOU J G, et al. Suitability Assessment on Urban Construction Land Use: A Case Study in Rongchang of Chongqing City[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2013, 34(6):86-92.
- [22] 自然资源部. 资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价指南(试行)[EB/OL]. http://gi.mnr.gov.cn/202001/t20200121_2498502.html, 2020-01-19.
- Ministry of Natural Resources of PRC. Guidelines for the Evaluation of the Carrying Capacity of Resources and Environment and the Suitability of Territorial

- Space Development (Trial) [EB/OL]. http://gi.mnr.gov.cn/202001/t20200121_2498502.html, 2020-01-19.
- [23] 黄家厅, 苏世川, 洪尧萍. 中国东南沿海中生代火山岩地质及火山作用[J]. 福建地质, 1985(4): 1-101.
HUANG J T, SU S C, HONG Y P. Geology and Volcanism of Mesozoic Volcanic Rocks along the Coast of Southeast China [J]. Geology of Fujian, 1985 (4): 1-101.
- [24] 陈润生, 林东燕. 福建早中生代火山作用研究进展[J]. 福建地质, 2006, 25(4): 4-14.
CHEN R S, LIN D Y. On Research of Early Mesozoic volcanism in Fujian Province [J]. Geology of Fujian, 2006, 25(4): 4-14.
- [25] 舒良树, 周新民, 邓平, 等. 中国东南部中、新生代盆地特征与构造演化[J]. 地质通报, 2004, 23(9/10): 876-884.
SHU L S, ZHOU X M, DENG P, et al. Geological features and tectonic evolution of Meso-Cenozoic basins in southeastern China [J]. Geological Bulletin of China, 2004, 23(9/10): 876-884.
- [26] 段政, 邢光福, 余明刚, 等. 浙闽边界区晚中生代火山作用时序与过程分析[J]. 地质论评, 2013, 59(3): 454-469.
DUAN Z, XING G F, YU M G, et al. Time sequence and geological process of Late Mesozoic volcanic activities in the area of Zhejiang-Fujian boundary [J]. Geological Review, 2013, 59 (3): 454-469.
- [27] 段政. 浙闽相邻区白垩纪上下火山岩系成因与壳幔作用对比研究[J]. 地质学报, 2015, 89(2): 20.
DUAN Z. Comparison Study of Petrogeneses and Crust-Mantle Interactions between Cretaceous Lower and Upper Volcanic Series in the Adjacent Area of Zhejiang-Fujian Provinces [J]. Acta Geologica Sinica, 2015, 89(2): 20.
- [28] 段政, 张翔, 卢琴飞, 等. 浙江晚中生代雁荡山地貌成因及其与火山构造协同性演化规律[J]. 地质学报, 2022, 96(6): 2021-2038.
DUAN Z, ZHANG X, LU Q F, et al. Late Mesozoic geomorphic origin of Yandangshan and its synergistic evolution with volcanic structures in Zhejiang Province [J]. Acta Geologica Sinica, 2022, 96(6): 2021-2038.
- [29] 李宪建. 城镇化对欠发达地区经济发展的推动及对策——以福建省宁德市为例[J]. 江西农业学报, 2007, 19(2): 151-154.
LI X J. The promotion of urbanization on the economic development of less developed areas and countermeasures: the case of Ningde City, Fujian Province [J]. Jiangxi Journal of Agriculture, 2007, 19(2): 151-154.
- [30] 宁德市统计局. 宁德市第七次全国人口普查公报[R/OL]. 2021-06-15 [2022-06-08]. http://tjj.ningde.gov.cn/xXgk/tjgb/pcgb/202106/t20210615_1486335.html.
Ningde Bureau of Statistics. Ningde Seventh National Population Census Bulletin [R/OL]. 2021-06-15 [2022-06-08]. http://tjj.ningde.gov.cn/xXgk/tjgb/pcgb/202106/t20210615_1486335.html.
- [31] 郑丽庄. 创新城镇化建设的体制机制——以宁德市为例[J]. 经济论坛, 2018(5): 50-55.
ZHENG L Z. Institutional mechanism of innovative urbanization construction-taking Ningde City as an example [J]. Economic Forum, 2018(5): 50-55.
- [32] 林晓皓, 吴双品, 黄鑫毅, 等. 宁德市“三生”空间动态变化与空间剥夺研究[J]. 山西师范大学学报: 自然科学版, 2021, 35(1): 101-109.
LIN X H, WU S P, HUANG X Y, et al. Study on the Dynamic and Spatial Deprivation of Production-living-ecology Space in Ningde City [J]. Journal of Shanxi Normal University (Natural Science Edition), 2021, 35(1): 101-109.
- [33] 占纪文. 生态文明视野下城镇化与耕地保护协调发展研究——以福建省宁德市为例[J]. 中国农业资源与区划, 2014, 35(4): 13-19.
ZHAN J W. Study on the Coordination Between Urbanization and Preservation of the Cultivated Land Under the Perspective of Ecocivilization——A Case Study in Ningde City, Fujian Province [J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2014, 35(4): 13-19.
- [34] 刘小波, 王玉宽, 李明. 国土空间开发适宜性评价的理论、方法与技术应用[J]. 地球信息科学学报, 2021, 23(12): 2097-2110.
LIU X B, WANG Y K, LI M. Theory, method and technological application of territorial spatial development suitability evaluation [J]. Journal of Geo-information Science, 2021, 23(12): 2097-2110.
- [35] 郝庆, 邓玲, 封志明. 面向国土空间规划的“双评价”: 抗解问题与有限理性[J]. 自然资源学报, 2021, 36(3): 541-551.
HAO Q, DENG L, FENG Z M. The “Double Evaluation” under the context of spatial planning: Wicked problems and restricted rationality [J]. Journal of Natural Resources, 2021, 36(3): 541-551.
- [36] 张茂省, 王尧, 薛强. 资源环境承载力评价理论方法与实践[J]. 西北地质, 2019, 52(2): 1-11.
ZHANG M S, WANG Y, XUE Q. Evaluation of Resource Environment Carrying Capacity: Theoretical Method and Practice [J]. Northwestern Geology, 2019, 52(2): 1-11.

- [37] 福建省人民政府. 关于下达“十三五”期间水资源管理“三条红线”各地控制目标的通知(闽政文[2017]114号)[EB/OL]. 2017-03-17 [2022-06-08]. http://fujian.gov.cn/yy/wxym/zfgbwxts/201703/t20170317_1117771.htm.
Fujian Provincial People's Government. Notice on the Issuance of the Control Targets of the “Three Red Lines” for Water Resources Management during the Thirteenth Five-Year Plan Period (Min Zhengwen [2017]No. 114) [EB/OL]. 2017-03-17 [2022-06-08]. http://fujian.gov.cn/yy/wxym/zfgbwxts/201703/t20170317_1117771.htm.
- [38] 宁德市生态环境局. 宁德市 2018 年度环境质量状况[EB/OL]. 2019-02-18 [2022-06-08]. https://sthjj.ningde.gov.cn/zwgk/hjzl/hjzljbg/201906/t20190610_1056309.htm.
Ecological Environment Bureau of Ningde city. Environmental quality status of Ningde City in 2018[EB/OL]. 2019-02-18 [2022-06-08]. https://sthjj.ningde.gov.cn/zwgk/hjzl/hjzljbg/201906/t20190610_1056309.htm.

Evaluation and practice of urban construction suitability in coastal volcanic areas of southeast China: a case study of Ningde City, Fujian Province

WANG Jilong¹, LIN Fengzeng², PENG Bo¹, ZENG Jianwei¹, WU Bin¹, ZHANG Yiwu¹,
LIN Shaokai³, SUN Zuoyong², ZHANG Zhenguang², YU Junjie¹

(1. Nanjing Center, China Geological Survey, Nanjing 210016, Jiangsu, China;

2. Ningde Natural Resources Bureau, Ningde 352100, Fujian, China;

3. Fujian Shipbuilding and Transportation Vocational College, Fuzhou 350007, Fujian, China)

Abstract: The suitability of urban construction is an important element in evaluating resources and environment carrying capacity and suitability of national land utilization, and also a basis for national spatial planning and management. Based on the “Double Evaluation” guidelines, an evaluation system for the suitability and potential of urban construction was set up for Ningde City, one of the coastal volcanic areas in southeast China, and relevant suggestions on future development direction and pattern of the city were put forward. The results show that the suitable zone for urban construction in Ningde covers an area of 2 682.88 km², accounting for 19.98% of the total regional land; while the unsuitable zone covers an area of 5 979.06 km², accounting for 44.53%. Due to the typical geomorphology of the volcanic area, the suitable areas for urban construction in the region is poor in contiguity with relatively scattered distribution, while the contiguity of the suitable zone for granite area urban construction is better. The distribution characteristics and contiguity of the suitable areas are generally controlled by the topographies and geomorphological patterns of different lithology, with obvious differences among counties (districts and cities). There are more ecological function types land in the potential area including rural residential land, tea plantations and orchards, all of which constitute the potential for urban expansion and construction. It is suggested to strengthen “developing along the east and advancing westward” as a future development direction, and that the urban development pattern of “one core-three axes-multiple clusters” should be formed to achieve a coordinated development situation among the mountains and the sea.

Key words: suitability of urban construction; construction potential; territorial spatial planning; Ningde City, Fujian Province; coastal volcanic area of southeast China