

引用格式:吴艳娟,杨艳昭,杨玲,等.基于“三生空间”的城市国土空间开发建设适宜性评价——以宁波市为例[J].资源科学,2016,38(11):2072-2081. [Wu Y J, Yang Y Z, Yang L, et al. Land spatial development and suitability for city construction based on ecological-living-industrial space——take Ningbo City as an example[J]. Resources Science, 2016, 38(11): 2072-2081]. DOI: 10.18402/resci.2016.11.06

基于“三生空间”的城市国土空间开发建设适宜性评价 ——以宁波市为例

吴艳娟^{1,2}, 杨艳昭¹, 杨玲¹, 张超^{1,2}, 游珍¹

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要:三生空间的合理布局与有序开发对城市实体空间布局、土地功能组合、国土空间秩序开发、引导人口资源环境与社会经济可持续发展具有重要意义。本文从土地资源的三生功能视角出发,以宁波市为例,提出了基于三生空间的城市国土空间开发建设适宜性评价框架;运用GIS技术,采用国土空间综合分区“千层饼”方法,以30m×30m栅格为基本单元,定量评估了宁波市国土空间开发建设适宜性;从分类到综合,多尺度揭示了宁波市国土空间开发的建设适宜规模与开发潜力。研究表明:①2012年宁波市生态空间面积为5872.33km²,占宁波市总面积的60.35%,主要分布在宁波南部宁象片区;生产空间面积为2442.34km²,占宁波市总面积的25.10%,集中分布在宁波市中部与北部平原;生活空间面积为1415.78km²,占宁波市总面积的14.55%,多集聚在宁波市核心六区;②宁波市不适宜城市建设空间居多,达5655.34km²,生态、生产与生活空间占比约为34:9:1;临界适宜城市建设空间居中,为2279.84km²,以生态空间与生产空间为主,二者占比约为2:1;比较适宜空间为1526.71km²,以生产与生活空间为主,二者占比约为1:2;一般适宜空间居后列,为268.56km²,生态空间、生产空间与生活空间比约为2:1:13;③宁波市北部余慈与南部宁象板块开发潜力较大,未来可有序拓展开发空间;中心城区国土空间开发建设适宜性较好,但开发历史悠久,开发潜力有限,未来开发宜以盘活存量,提高效率为主要途径。

关键词:城市;三生空间;国土空间;建设适宜性;秩序开发;宁波

DOI: 10.18402/resci.2016.11.06

1 引言

国土空间开发适宜性理念源于土地适宜性思想,早期研究以农业适宜性评价为主。20世纪90年代石玉林等、封志明等从农业资源的限制性出发,建立了资源利用效率评价模型,提出了以提高资源综合利用效率为目标的农业资源高效利用优化模式^[1-3]。近年来随着经济社会的不断发展,城市建设用地供需矛盾不断加剧,针对建设用地的国土空间开发适宜性评价引起了广泛关注^[4]。从具体内容上看,建设用地适宜性评价已由初期探讨建筑建造地基条件、施工难易程度等微观层面,逐渐发展

为从宏观尺度对土地利用需求和建设用地潜在数量匹配程度的供需分析^[5,6]。从方法上看,近年来随着GIS技术的发展,基于GIS的适宜性分析方法逐渐成为该领域的主流,特别是叠加分析法、层次分析法等多指标决策方法应用广泛^[7]。就评价指标体系而言,有学者认为,国土空间开发建设适宜性主要受经济与生态因素的影响^[8];也有学者提出,国土空间开发建设适宜性受高程与坡度等自然因素、社会经济因素与生态因素共同作用的影响^[9]。

城市国土空间建设开发适宜性是指一定技术条件下的土地资源作为城市建设用地进行利用的

收稿日期:2016-01-10;修订日期:2016-09-20

基金项目:宁波市国土资源局国土规划课题。

作者简介:吴艳娟,女,内蒙古人,博士生,主要从事资源开发与区域可持续发展研究工作。E-mail: wuyj.11s@igsrr.ac.cn

通讯作者:杨艳昭, E-mail: yangyz@igsrr.ac.cn

2016年11月

适宜程度,即由其他功能空间转化为城市生产、生活空间的适宜程度。近年来,伴随工业化、城镇化的不断推进,导致城市空间结构失衡,生产、生活与生态空间(简称三生空间)相互挤占现象突出^[10-15]。《2015年中国国土资源公报》显示,近5年来,中国建设用地年均增加188万 hm^2 ,因建设占用、灾毁、生态退耕、农业结构调整等原因,耕地年均减少近40万 hm^2 ,虽通过土地整治、农业结构调整等方式使耕地年均增加33万 hm^2 ,但耕地总量仍趋于减少^[16]。由此,如何根据国土空间属性,在守住耕地保护红线、基本农田保护红线、生态保护红线的同时,明确城市发展边界,研究城市生产空间、生活空间与生态空间的国土空间开发建设适宜性,综合评估三生空间内建设用地的适宜与否、适宜程度,对于解决城市均衡地域开发、协调空间秩序具有深远意义^[17-21]。

三生思想的萌芽始于台湾三生农业方面的工作,其强调通过生态制约下的生产发展提高农业生产效率、农产品技术含量与价值,进而推动社会经济的协调发展^[22,23]。近年来,随着社会经济的高速发展,中国人地关系紧张,为兼顾粮食安全、经济发展和生态保护之间的关系,土地资源的多功能性引发了学者们对土地三生功能分类的存在形式及分类表达的探索^[24-28]。目前的三生功能分类方法主要有两种:一种为量化识别三生功能分类法,该方法通过在指标层对研究区的每一个评价单元构建评价体系,并对研究区统一计算,实现生产、生活与生态功能的量化识别^[29],由于这种方法不利于从功能空间进行多主体融合和多尺度集成表达,同时,在数据标准化方面也存在处理复杂等问题^[30],实践应用难度较大;另一种为功能空间分类法,其实质是对土地利用空间数据的归并与分类,该方法弥补了土地利用分类对土地生态功能考虑不足的缺点,并实现了土地功能分类与土地利用分类和城市用地分类等的衔接^[30],因此在土地功能调控、生态政绩考核与生态环境效应等领域应用广泛^[28,31]。就分类体系而言,早期将土地三生功能划分为生产、生态与社会功能居多,这种分类方式相对清晰地划清了土地的生产与生态功能,但社会功能涵盖内容相对较多,功能分类相对模糊。近年考虑土地的三生主体功能分类多将其划分成为生产功能、生活功能与生

态功能,这种分类方式弥补了现存土地利用分类体系对生态功能层面表达的欠缺,并为新一轮土地利用总体规划中“三线一界”等需求提供了新的思路和研究方法。

由此,本文以守住耕地保护红线、基本农田保护红线、生态保护红线为主要原则,以浙江省宁波市为案例区,从国土空间的生产、生活与生态功能视角出发,构建了宁波市三生空间的国土空间开发建设适宜性框架;从分类到综合,系统评估了宁波市三生空间的国土空间开发建设适宜性;在此基础上,结合宁波市国土空间开发利用特点,多尺度揭示了其国土空间开发的建设适宜性规模与开发潜力,为城市国土空间的秩序开发与社会经济的可持续发展提供数据支撑与决策参考。

2 数据来源与研究方法

2.1 研究区概况

宁波市位于浙江省东部、长江三角洲南翼,北临钱塘江、杭州湾,西接绍兴,南靠台州,东与舟山隔海相望。现辖6个区(海曙、江东、江北、北仑、鄞州、镇海)、2个县(象山、宁海)、3个市(余姚、慈溪、奉化)。境内地势西南高、东北低,海拔50m以上的丘陵山地占陆地总面积的57%。它是全国5个计划单列市之一,是中国对外开放的14个沿海城市之一,也是长三角城市群重要城市之一。全市陆域总面积9730 km^2 ,2013年全市地区生产总值7128.9亿元。

随着经济社会发展对国土空间资源需求不断增加,宁波市土地空间资源供需矛盾日益显现。近10年间,宁波市建设空间增加了739.5 km^2 ,年均增幅达4.7%,远高于浙江省平均水平。到2013年,宁波市国土开发强度已达19.3%,10年间累计增加7.6个百分点,位居全国5个计划单列市前列。在生产、生活空间不断拓展的同时,生态空间相对萎缩,宁波市生产、生活和生态空间矛盾凸显。

2.2 三生空间分类体系

本文以守住耕地保护红线、基本农田保护红线、生态保护红线为主要原则,根据宁波市土地利用分类数据,在现有的土地利用分类体系的基础上^[32],依据土地三生主体功能分类,将国土三生空间分为生态空间、生产空间与生活空间(表1)。具体而言:

表1 宁波市“三生空间”的分类体系

Table 1 Ecological-living-industrial land classification system of Ningbo

一级	二级	说明
生态空间	重点调节生态空间	水源涵养、土壤保持、防风固沙、洪水调蓄、河岸防护及生物多样性保护用地,土地类型有林地、灌木林地、其他林地、其他草地、坑塘水面、沿海滩涂、内陆滩涂、沟渠与冰川及永久积雪
	一般调节生态空间	重点调节生态用地之外的有林地、灌木林地、其他林地、其他草地、坑塘水面、沿海滩涂、内陆滩涂、沟渠与冰川及永久积雪
	生态容纳空间	盐碱地、沼泽、沙地与裸地
生产空间	农业生产空间	水田、旱地、果园、茶园、其他园地、设施农用地与田坎
	工业生产空间	采矿用地
生活空间	城市生活空间	城市、建制镇、风景名胜及特殊用地、铁路、公路、机场、港口码头、管道运输、水库水面与水工建筑用地。
	农村生活空间	村庄、农村道路用地

生态空间包括重点调节生态空间、一般调节生态空间和生态容纳空间^[30]。其中,重点调节生态空间指生态红线范围内的重点功能区,是城市国土空间开发建设不可逾越的地区;一般调节生态空间指土地利用分类中除重点调节生态空间之外的林地、草地与水域,此类空间在国土空间建设开发的过程中仅需考虑开发难度与开发建设的可行性,较少考虑生态保护相关政策的制约;生态容纳空间指盐碱地、沼泽地、沙地与裸地等国土空间,此类空间开发难度较小,加之受到生态保护相关限制较小,其建设的可行性较大。

生产空间包括农业生产空间、工业生产空间与服务业生产空间^[26]。本文采用的土地利用数据分类为《土地利用现状分类》(GB/T 21010-2007),该分类将商服用地、工矿仓储用地、公共管理与公共服务用地与军事设施等特殊用地分别划分到城市、建制镇、村庄与风景名胜及特殊用地体系中,因此,服务业生产空间包含在城市生活空间中,不再做具体划分;农业生产空间包括耕地、园地与其他土地分类中的田坎与设施农用地,其中,耕地范围内涉及基本农田、永久基本农田等范畴;工业生产空间主要包括采矿用地。

生活空间包括城市生活空间与农村生活空间。其中,城市生活空间包括城市、建制镇、风景名胜、除农村道路之外的交通运输用地、水工建筑用地与水库水面;农村生活空间包括村庄用地与农村道路用地,农村道路之外的交通运输用地统一作为城市生活空间分类,不做具体区位拆分。

2.3 数据来源与处理

本文以宁波市国土资源局提供的2009年土地

利用数据为基础数据,采用2010-2012年Landsat TM/ETM+影像资料(条带号为:Path/Row 118/39与Path/Row 118/40),选取宁波上空无云或少云影像的13期、26景进行土地利用现状数字化解译,获取宁波市2012年土地利用现状矢量数据。在此基础上,结合宁波市国土资源局提供的2012年宁波市基本农田矢量数据、综合生态功能区划的重点功能区矢量数据,依据三生空间分类体系进行图像融合与叠加处理,得到宁波市三生空间分类矢量数据。研究DEM数据采用中国科学院计算机网络信息中心科学数据中心ASTER GDEM 30m分辨率系列数据,地质灾害相关资料源于宁波市地质灾害防治规划矢量化数据。

宁波市三生空间分类过程具体分为三步:①重点调节生态空间提取,依照宁波市综合生态功能区划的重点功能区分布矢量数据,对土地利用数据对应空间进行提取;②一般生态调节空间提取,在步骤一的基础上,分别提取林地、草地与水域范围;③在步骤一、二的基础上,参照宁波市三生空间分类体系与土地利用分类体系的对照关系,进行归类、提取与重命名。

2.4 研究方法与流程

本文遵循从本底约束因素建设适宜性评价、到单一空间的城市国土空间开发建设适宜性评价,再到基于三生空间的国土空间开发建设适宜性综合评价的总体思路(图1)。其中,本底约束因素主要考虑了地形与地质条件;单一空间的城市国土空间开发建设适宜性在本底约束的基础上,叠加单一空间不同用地转移梯度确定城市建设适宜程度;三生

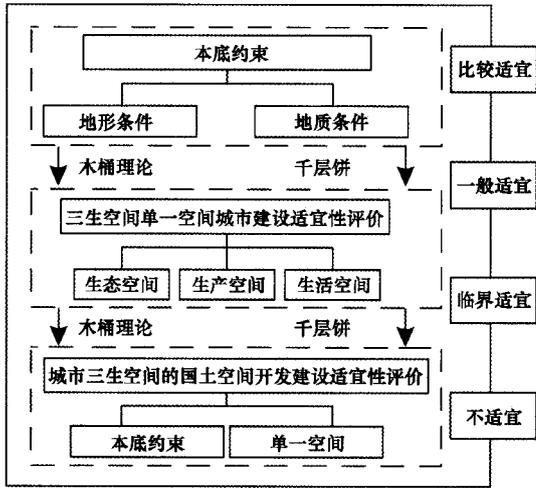


图1 城市国土空间开发建设适宜性评价技术路线

Figure 1 Technical routes for spatial development suitability for city construction land

空间的国土空间开发适宜性为三生单一空间适宜性与本底约束条件的叠加结果。论文将国土空间开发建设适宜性等级划分为比较适宜、一般适宜、临界适宜与不适宜四级。其中,比较适宜是指该类型对建设用途的适宜程度较高,一般不经改造即可用于开发建设;一般适宜是指对建设用途的适宜程度一般,适当改善后可用于建设用途;临界适宜说明对建设用途的适宜程度低,改善建设相对困难;不适宜是指对建设用途的适宜程度较低,或受政策限制,不适宜建设开发。

本文的叠加方法采用国土空间综合分区的“千层饼”模型^[26,27]。“千层饼”横向每一层表示某一功能转化的难易程度,纵向表达某一板块在每种约束条件(或单一空间)上的转换难易程度,在整体转换梯度均建立与评估后,国土空间综合分区按照区内程度相似、区间程度差异的分区原则对“千层饼”进行切分,叠加依据“木桶理论”取梯度最大、适宜性最差为叠加结果。在此基础上通过定性定量相结合的方式,进行“自下而上”“自上而下”反复推敲并最终确定每个评价单元的国土开发建设适宜性。

地形条件是制约城市国土空间开发建设适宜程度的重要因素之一,本文将其纳入本底约束条件。根据《城市用地竖向规划规范(CJJ83-99)》坡度分级^[33],坡度低于 15° 可用于建设用地的国土空间, $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 之间为经过改造可用于建设的区域。据

此,论文设定宁波市国土空间开发坡度适宜性等级的阈值,即小于 5° 为比较适宜建设区, $5^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 为一般适宜建设区, $15^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 为临界适宜区,大于 25° 为不适宜区。保障社会安全为所有开发与建设之首要考虑因素,城市国土空间开发建设要避免在灾害风险区布局,因此本文将地质灾害易发程度纳入城市国土空间开发建设适宜程度约束本底条件,其易发程度的不易发区、低易发区、中易发区与高易发区,即为城市开发建设的比较适宜、一般适宜、临界适宜与不适宜(表2)。

在本底约束条件评价的基础上,本文将定性与定量评价相结合,基于国土空间三生功能空间分类体系,构建了宁波市国土空间开发适宜性评价体系(表3)。城市国土空间开发建设适宜程度受功能类型差异、政策因素及经济效率等限制因素的影响。本文通过构建不同用地转移梯度确定了宁波市生态空间、生产空间和生活空间的城市建设适宜程度梯度。用地转移梯度的0、1、2、3即为城市建设适宜程度的比较适宜、一般适宜、临界适宜与不适宜4种类型。涉及到具体研究单元的功能转换梯度,如城市生活空间转换为城市国土空间建设空间,转换梯度为0;农村生活空间转换为城市国土空间建设空间,功能类型转换了1个梯度;耕地作为城市国土建设空间,则需要考虑是否为基本农田,是否为永久性基本农田,因此转换过程同时涵盖了政策导向因素,实为根据国家粮食安全划定的耕地红线,可视为功能类型转换了2~3个梯度;由园地转换为城市国土建设空间,在考虑功能类型转换的同时,需考虑土地条件对工程成本的影响,属经济效率考虑范畴^[34],可视为转换了2个梯度。

在宁波市国土空间单因素开发建设适宜性评价的基础上,本文应用GIS技术与国土空间综合分区“千层饼”方法,对宁波市国土空间开发建设适宜性进行多因素综合评价。在以栅格为研究单元的基础上,本文从分县到地市,揭示了宁波市国土空间建设开发适宜性,定量计算国土开发强度与空间存量。

3 结果与分析

3.1 宁波市国土空间开发建设适宜性单因素评价

在对宁波市地质、地形约束进行本底因素评估

表2 国土空间开发适宜性本底约束因素指标体系

Table 2 Classification criteria of spatial development suitability for city construction land of original restriction

本底约束		适宜性级别			
		比较适宜	一般适宜	临界适宜	不适宜
地形条件	坡度	<5°	5°~15°	15°~25°	>25°
地质条件	地质灾害易发性	地质灾害不易发区	地质灾害低易发区	地质灾害中易发区	地质灾害高易发区

表3 基于“三生空间”的国土空间开发建设适宜性指标体系

Table 3 Classification criteria of spatial development suitability for city construction land based on ecological-living-industrial land

空间类型		适宜性级别			
		比较适宜	一般适宜	临界适宜	不适宜
生态空间	-	盐碱地、沼泽、沙地与裸地	其他草地、坑塘水面、沿海滩涂、内陆滩涂、沟渠与冰川及永久积雪	水源涵养、土壤保持、防风固沙、洪水调蓄、河岸防护及生物多样性保护地、有林地、灌木林地、其他林地	水田与旱地(永久基本农田范围之外)、设施农用地与田坎
生产空间	工矿用地	水田与旱地(基本农田范围之外)、设施农用地与田坎	水田与旱地(永久基本农田范围之外的基本农田)	水田与旱地(永久基本农田)、果园、茶园、其他园地	-
生活空间	城市、建制镇、铁路、公路、机场、港口码头、管道运输与水利建筑用地。	村庄、农村道路用地	-	风景名胜及特殊用地、水库水面	-

的基础上,对单一功能空间城市国土空间开发建设适宜性进行了统计分析。

2012年宁波生态空间、生产空间与生活空间分别为5872.33km²、2442.34km²和1415.78km²,依次占国土空间的60.35%、25.10%和14.55%。由此可见,宁波市各类用地面积存在明显差异,承担生态功能的空间比重较大,生活空间比重较小。从空间分布来看,宁波市生态空间主要分布在宁波南部宁海、象山片区;生产空间以耕地类型为主,集中分布在宁波市中部与北部平原;生活空间则更多集聚在宁波市核心六区(图2)。

宁波市生态空间的国土空间开发建设适宜性不适宜区面积达4378.7km²,占生态空间的74.57%,以南部较大范围连片、中部与北部小范围分布为主要特征,集中分布于西南丘陵山区及北部地质灾害高易发区(中北部5县毗邻区),以生态红线划定区域和林地为主要类型;一般适宜区面积为26.27km²,占生态空间的0.45%,零星分布于宁波各县盐碱地等生态容纳空间;临界适宜区占生态空间的24.99%,占地面积为1467.35km²,主要类型为生态红线范围之外的水域与草地,宁波市各县均有分布,以象山南部边区范围最大(图3a、表4)。

宁波市生产空间的国土空间开发建设适宜性

表4 宁波市单一空间国土空间开发建设适宜性结构

Table 4 Suitability structure for city construction land based on

	one kind of land in Ningbo City (%)			
	比较适宜	一般适宜	临界适宜	不适宜
生态空间	0.00	0.45	24.99	74.57
生产空间	19.08	0.72	33.27	46.93
生活空间	74.91	15.88	0.00	9.21

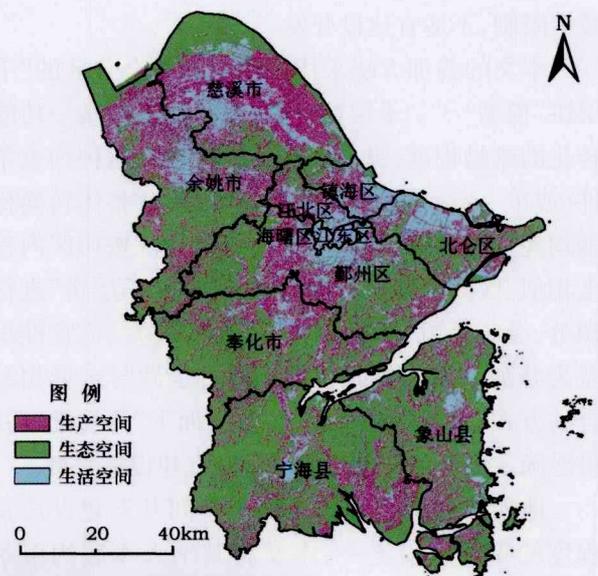


图2 2012年宁波市“三生空间”格局分布

Figure 2 Spatial distribution of ecological-living-industrial land in Ningbo City

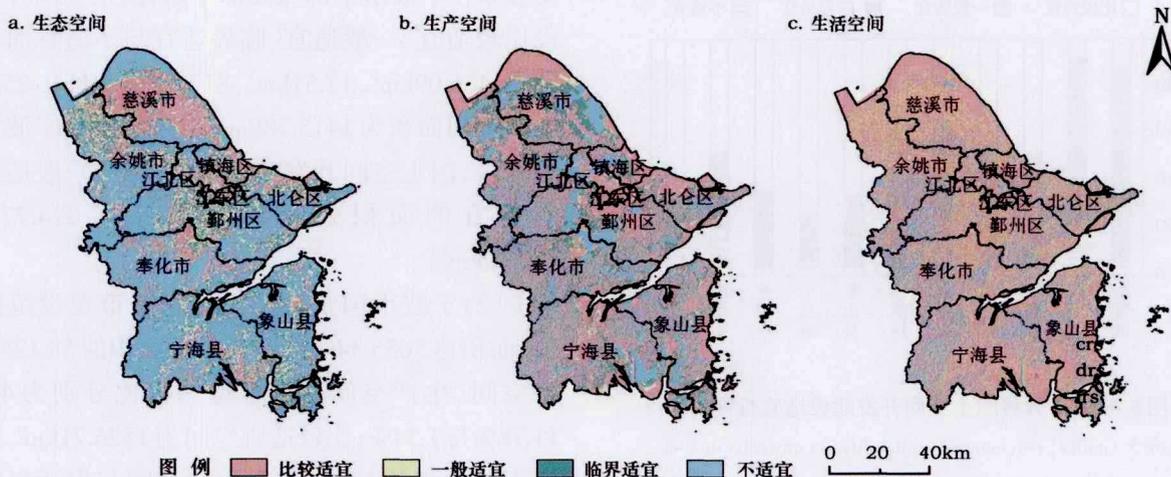


图3 宁波市国土空间开发建设适宜性单一空间评价

Figure 3 Suitability evaluation for city construction land based on one kind of land in Ningbo City

不适宜区面积为 1146.25km², 占生产空间的 46.93%, 土地利用类型多为果园与永久基本农田; 临界适宜区居中, 面积为 812.49km², 占生产空间的 33.27%, 主要类型为永久基本农田范围之外的基本农田; 比较适宜区主要为工矿用地, 面积为 466.09km², 占生产空间的 19.08%; 一般适宜区位居后列, 面积为 17.51km², 不足生产空间的 1% (图 3b)。

宁波市生活空间的国土空间开发建设适宜性比较适宜区面积为 1060.62km², 占生活空间的 74.91%, 主要分布于城市建成区; 一般适宜区面积为 224.77km², 占生活空间的 15.88%, 主要为农村生活空间; 不适宜区面积 130.39km², 占生活空间的 9.21%, 主要为水库水面、风景名胜及特殊用地等类型 (图 3c)。

3.2 宁波市国土空间开发建设适宜性综合评价

在宁波市单一空间的国土空间开发建设适宜性研究的基础上, 通过国土空间综合分区“千层饼”方式, 利用GIS技术的空间叠加分析方法, 对基于宁波市三生空间的国土空间开发建设适宜性进行综合评价分析表明:

宁波市国土空间不适宜城市建设空间居多, 面积为 5655.34km², 占宁波市总面积的 58.12%, 以重点调节生态空间与永久基本农田为主; 比较适宜空间为 1526.71km², 占宁波市总面积的 15.69%, 主要为建成区范围; 一般适宜空间为 268.56km², 占宁波

市总面积的 2.76%, 以农村生活空间与农业生产空间为主; 临界适宜空间为 2279.84km², 占宁波市总面积的 23.43%, 以基本农田与一般调节生态空间的水域为主要类型, 进行国土空间开发建设需考虑政策与投入等多方面因素 (图 4)。

从分县尺度来看, 宁波市各县市国土空间开发建设适宜性差异显著 (图 5)。其中, 江东区、海曙区、镇海区、慈溪市、北仑区与江北区 6 分市 (区) 比

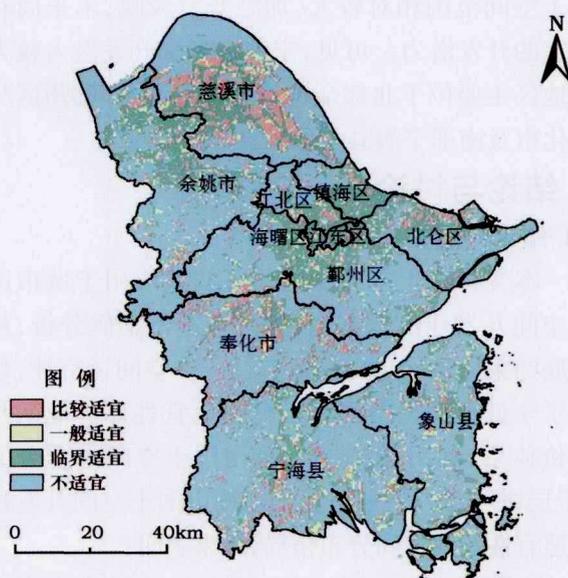


图4 宁波市三生空间国土空间建设开发适宜性评价

Figure 4 Evaluation of land spatial development suitability for city construction land of Ningbo City based on ecological-living-industrial land

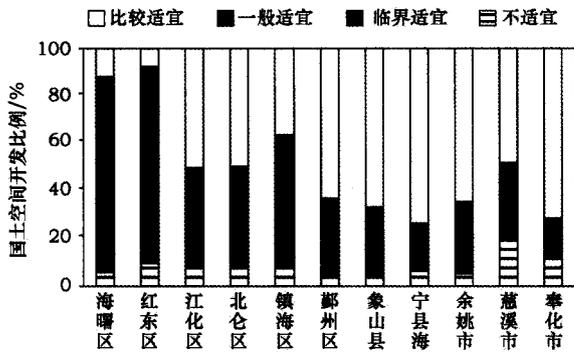


图5 宁波市分县国土空间开发建设适宜性评价

Figure 5 Grades' percentage of suitability for city construction land evaluation at county level in Ningbo City

较适宜、一般适宜与临界适宜等经不同程度改造、可作为建设用地的国土空间开发比例高于50%，适宜区比例相对较高，特别是江东区与海曙区适宜地区高达80%；鄞州区、余姚市、象山县、奉化市与宁海县五个县(市)国土开发适宜程度在50%以下，特别是奉化市与宁海县适宜面积占比仅为28.50%与26.34%。就开发潜力来看，海曙区、镇海区、北仑区与江北区虽然适宜比例较高，但由于国土范围相对较小，加之开发历史较早，未来开发潜力较小；尽管余姚市、象山县与宁海县以不适宜为主，但由于其国土空间范围相对较大，加之开发较晚，未来尚有一定的开发潜力。可见，宁波市未来开发潜力较大的地区主要位于北部余姚与慈溪市、中部鄞州区与奉化市及南部宁海县与象山县。

4 结论与讨论

4.1 结论

本文将三生空间功能体系实践应用于城市国土空间开发建设适宜性评价，并进行案例分析，从本底约束条件—单空间适宜性—多空间适宜性，建立了宁波市国土空间开发建设适宜性评价框架与评价体系；利用GIS技术，采用国土空间综合分区“千层饼”方式，定量揭示了宁波市国土空间开发建设适宜性及其空间分布格局，结果表明：

宁波市生态空间约为5872.33km²，分布在宁波南部宁海、象山片区，国土空间开发建设一般适宜、临界适宜与不适宜面积分别为26.27km²、1467.35km²、4378.7km²；生产空间为2442.34km²，主

要分布在宁波市中部与北部平原，国土空间开发建设比较适宜、一般适宜、临界适宜与不适宜面积分别为466.09km²、17.51km²、812.49km²、1146.25km²；生活空间面积为1415.78km²，更多集聚在宁波市核心六区，国土空间开发建设比较适宜、一般适宜与不适宜的面积分别为1060.62km²、224.77km²、130.39km²。

(2)宁波市国土空间不适宜城市建设范围居多，面积达5655.34km²，占全市总面积的58.12%，生态空间、生产空间与生活空间占比分别为45%、11.78%与1.34%；比较适宜空间为1526.71km²，占宁波市总面积的15.69%，以生产空间与生活空间为主，二者之比约为1:2；一般适宜空间为268.56km²，占宁波市总面积的2.76%，生态空间、生产空间与生活空间比约为2:1:13；临界适宜空间为2279.84km²，占全市总面积的23.43%，以生态空间与生产空间为主，比例约为2:1。

(3)江东区、海曙区、镇海区、慈溪市、北仑区与江北区6分市(区)国土空间开发建设适宜性比较适宜、一般适宜与临界适宜等经不同程度改造、可作为建设用地的国土空间开发比例高于50%，适宜区比例相对较高；鄞州区、余姚市、象山县、奉化市与宁海县五个县(市)国土开发适宜程度在50%以下，适宜区占比国土空间相对较低。

4.2 讨论与建议

科学、合理的评价指标体系构建及其量化表达是国土空间开发适宜性评价的关键环节。本文参照已有研究及相关规定的评价标准，采用国土空间综合分区“千层饼”方式，定性与定量相结合，对宁波市国土空间开发适宜性的各项指标进行了评价，考虑到国土开发的区域特征，未来宜进一步结合研究区实际情况，深入研究功能分类空间各项指标的转化梯度与量化方法。

随着经济社会的发展，国土空间开发建设将逐渐受限于宁波市国土空间开发潜力。因此，从全局出发，统筹优化配置宁波市三生空间，对盘活国土存量并秩序开发，保障宁波市土地资源的可持续利用和社会经济的可持续发展具有重要意义。宁波市的海曙区、镇海区、北仑区与江北区适宜区比例较高，但由于国土范围相对较小，加之开发历史较

2016年11月

早,未来开发潜力较小;余姚市、象山县与宁海县不适宜范围居多,但其国土空间范围相对较大,加之开发较晚,未来开发潜力较大。由此可以认为,宁波北部余慈与南部宁象板块开发潜力较大,未来可规范开发秩序的基础上有序拓展开发空间;宁波市中心城区国土资源空间适宜性较好,但开发历史悠久,开发潜力有限,未来国土空间开发宜以盘活存量,提高效率为主要途径。

需要强调指出的是,宁波市国土空间开发不适宜区仍零星分布有村庄与工矿用地等生活空间和生产空间,特别是南部与西北部山区,存在崩塌、滑坡与泥石流等地质灾害,甚至是地质灾害高易发区,亟需加大地质灾害隐患工程治理和避让搬迁力度。此外,中部中心城区存在地面沉降等问题,也需加强重点防范。

参考文献(References):

- [1] 石玉林,封志明.开展农业资源高效利用研究[J].自然资源学报,1997,12(4):2-7.[Shi Y L, Feng Z M. Developing the study of high efficient utilization of agricultural resources[J]. *Journal of Natural Resources*, 1997, 12(4): 2-7.]
- [2] 封志明,李飞,刘爱民,等.农业资源高效利用研究中的若干问题[J].资源科学,1998,20(5):4-9.[Feng Z M, Li F, Liu A M, et al. Some problems in the study of efficient utilization of agricultural resources[J]. *Resources Science*, 1998, 20(5): 4-9.]
- [3] 封志明,李飞,刘爱民,等.农业资源高效利用的优化模式与技术集成[M].北京:科学出版社,2002.[Feng Z M, Li F, Liu A M, et al. *Technique Integration on Efficient Utilization of Agricultural Resources*[M]. Beijing: Science Press, 2002.]
- [4] 焦胜,李振民,高青,等.景观连通性理论在城市土地适宜性评价与优化方法中的应用[J].地理研究,2013,32(4):720-730.[Jiao S, Li Z M, Gao Q, et al. The application of landscape connectivity theory in urban ecology suitability assessment and optimization[J]. *Geographical Research*, 2013, 32(4): 720-730.]
- [5] 孙伟,陈雯.市域空间开发适宜性分区与布局引导研究-以宁波市为例[J].自然资源学报,2009,24(3):402-413.[Sun W, Chen W. Regionalization of spatial potential development and distribution guidance: A case study of Ningbo City[J]. *Journal of Natural Resources*, 2009, 24(3): 402-413.]
- [6] 何丹,金凤君,周璟.资源型城市建设用地适宜性评价研究-以济宁市大运河生态经济区为例[J].地理研究,2011,30(4):655-666.[He D, Jin F J, Zhou J. Urban construction land suitability evaluation in resource-based cities: Taking the grand canal ecologic and economic area as an example[J]. *Geographical Research*, 2011, 30(4): 655-666.]
- [7] 何英彬,陈佑启,杨鹏,等.国外基于GIS土地适宜性评价研究进展及展望[J].地理科学进展,2009,28(6):898-904.[He Y B, Chen Y Q, Yang P, et al. An overview and perspective of alien land suitability evaluation study based on GIS technology[J]. *Progress in Geography*, 2009, 28(6): 898-904.]
- [8] 宗跃光,王蓉,汪成刚,等.城市建设用地生态适宜性评价的潜力-限制性分析-以大连城市化区为例[J].地理研究,2007,26(6):1117-1126.[Zong Y G, Wang R, Wang C G, et al. Ecological suitability assessment on land use based on potential-constrain approach: The case of urbanized areas in Dalian city, China[J]. *Geographical Research*, 2007, 26(6): 1117-1126.]
- [9] 孔雪松,刘耀林,邓宣凯,等.村镇农村居民点用地适宜性评价与整治分区规划[J].农业工程学报,2012,28(18):215-222.[Kong X S, Liu Y L, Deng X K, et al. Suitability evaluation and consolidation division of rural residential areas in villages and towns[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2012, 28(18): 215-222.]
- [10] 陈逸,黄贤金,陈志刚,等.中国各省域建设用地开发空间均衡度评价研究[J].地理科学,2012,32(12):1424-1429.[Chen Y, Huang X J, Chen Z G, et al. The spatial balance degree evaluation of construction land in China[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2012, 32(12): 1424-1429.]
- [11] 桑玉昆,赵丹丹,蒋金亮,等.基于功能用地适宜性的农业科技园区规划方案评价[J].农业工程学报,2014,30(10):217-224.[Sang Y K, Zhao D D, Jiang J L, et al. Evaluation of agricultural science park planning based on suitability of function land[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2014, 30(10): 217-224.]
- [12] 赵亚莉,刘友兆.城市土地开发强度差异及影响因素研究-基于222个地级及以上城市面板数据[J].资源科学,2013,35(2):380-387.[Zhao Y L, Liu Y Z. Diffidence and influencing factors of urban land development intensity across 222 cities in China [J]. *Resources Science*, 2013, 35(2): 380-387.]
- [13] 关小克,张凤荣,李乐,等.北京市耕地后备资源开发适宜性评价[J].农业工程学报,2010,26(12):304-310.[Guan X K, Zhang F R, Li L, et al. Suitability evaluation of reserve resources of cultivated land development in Beijing[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2010, 26(12): 304-310.]
- [14] 金贵,王占岐,胡学东,等.基于模糊证据权模型的青藏高原区土地适宜性评价[J].农业工程学报,2013,29(18):241-250.[Jin G, Wang Z Q, Hu X D, et al. Land suitability evaluation in Qinghai-Tibet Plateau based on fuzzy weight of evidence model [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2013, 29(18): 241-250.]
- [15] 丁建中,陈逸,陈雯.基于生态-经济分析的泰州空间开发适宜

- 性分区研究[J]. 地理科学, 2008, 28(6): 842-848. [Ding J Z, Chen Y, Chen W. Regionalization of spatial feasible development on based analysis of eco-economy in Taizhou City[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2008, 28(6): 842-848.]
- [16] 中华人民共和国国土资源部. 中国国土资源公报 2015[EB/OL]. (2016-04) [2016-04-21]. <http://www.mlr.gov.cn/zwgk/tjxx/201604/P020160421532279160618.pdf>. [Ministry of Land and Resources of the People's Republic of China. China Land and Resource Bulletin in 2015[EB/OL]. (2016-04) [2016-04-21]. <http://www.mlr.gov.cn/zwgk/tjxx/201604/020160421532279160618.pdf>.]
- [17] 唐常春, 孙威. 长江流域国土空间开发适宜性综合评价[J]. 地理学报, 2012, 67(12): 1587-1598. [Tang C C, Sun W. Comprehensive evaluation of land spatial development suitability of the Yangtze River Basin[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(12): 1587-1598.]
- [18] Hopkins L. Methods for generating land suitability maps: A comparative evaluation[J]. *Journal for American Institute of Planners*, 1997, 34(1): 19-29.
- [19] 石玉林, 于贵瑞, 王浩, 等. 中国生态环境安全态势分析与战略思考[J]. 资源科学, 2015, 37(7): 1305-1313. [Shi Y L, Yu G R, Wang H, et al. Assessment of China's ecological environment and strategic thinking[J]. *Resources Science*, 2015, 37(7): 1305-1313.]
- [20] 念沛豪, 蔡玉梅, 谢秀珍, 等. 基于生态位理论的湖南省国土空间综合功能分区[J]. 资源科学, 2014, 36(9): 1958-1968. [Nian P H, Cai Y M, Xie X Z, et al. Geographical space comprehensive function zoning in Hunan Province based on Niche Theory[J]. *Resources Science*, 2014, 36(9): 1958-1968.]
- [21] 蒙吉军, 周平, 艾木入拉, 等. 鄂尔多斯主体功能区划分及其土地可持续利用模式分析[J]. 资源科学, 2011, 33(9): 1674-1683. [Meng J J, Zhou P, Amrulla, et al. A study on major function-oriented zoning and sustainable land use patterns of Ordos[J]. *Resources Science*, 2011, 33(9): 1674-1683.]
- [22] 郑百龙, 翁伯琦, 周琼. 台湾“三生”农业发展历程及其借鉴[J]. 中国农业科技导报, 2006, 8(4): 67-71. [Zheng B L, Weng B Q, Zhou Q. Development course and revelation of production-life-ecology agriculture in Taiwan[J]. *Review of China Agricultural Science and Technology*, 2006, 8(4): 67-71.]
- [23] 龙花楼. 论土地整治与乡村空间重构[J]. 地理学报, 2013, 68(8): 1019-1028. [Long H L. Land consolidation and rural spatial restructuring[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(8): 1019-1028.]
- [24] 刘沛, 段建南, 王伟, 等. 土地利用系统功能分类与评价体系研究[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2010, 36(1): 113-118. [Liu P, Duan J N, Wang W, et al. Study on systems of the land-use system functional classification and evaluation[J]. *Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences)*, 2010, 36(1): 113-118.]
- [25] 陈婧, 史培军. 土地利用功能分类探讨[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2005, 41(5): 536-540. [Chen J, Shi P J. Discussion on functional land use classification system[J]. *Journal of Beijing Normal University (Natural Science)*, 2005, 41(5): 536-540.]
- [26] 金贵. 国土空间综合功能分区研究[D]. 武汉: 中国地质大学, 2014. [Jin G. Study on Comprehensive Function Regionalization of National Spatial Territory: A Case Study of Wuhan Metropolitan Area[D]. Wuhan: China University of Geosciences, 2014.]
- [27] 马世发, 黄宏源, 蔡玉梅, 等. 基于三生功能优化的国土空间综合分区理论框架[J]. 中国国土资源经济, 2014, (11): 31-34. [Ma S F, Huang H Y, Cai Y M, et al. Theoretical framework with regard to comprehensive sub-areas of China's land spaces based on the functional optimization of production, life and ecology [J]. *The Resources Administration and the Legal System*, 2014, (11): 31-34.]
- [28] 毕海洋, 李波, 南笛, 等. 土地功能调控与生态政绩考核研究—以华阳河湖群地区为例[J]. 水土保持研究, 2015, 22(2): 171-177. [Bi H Y, Li B, Nan B, et al. Study on land function regulation and ecological performance evaluation system of Huayang Lake group[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2015, 22(2): 171-177.]
- [29] 李广东, 方创琳. 城市生态-生产-生活空间功能定量识别与分析[J]. 地理学报, 2016, 71(1): 49-65. [Li G D, Fang C L. Quantitative function identification and analysis of urban ecological-production-living spaces[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(1): 49-65.]
- [30] 张红旗, 许尔琪, 朱会义. 中国“三生用地”分类及其空间格局[J]. 资源科学, 2015, 37(7): 1332-1338. [Zhang H Q, Xu E Q, Zhu H Y. An ecological-living-industrial land classification system and its spatial distribution in China[J]. *Resources Science*, 2015, 37(7): 1332-1338.]
- [31] 吕立刚, 周生路, 周兵兵, 等. 区域发展过程中土地利用转型及其生态环境响应研究—以江苏省为例[J]. 地理科学, 2013, 33(12): 1442-1449. [Lv L G, Zhou S L, Zhou B B, et al. Land use transformation and its eco-environmental response in process of the regional development: A case study of Jiangsu Province[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2013, 33(12): 1442-1449.]
- [32] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB/T 21010-2007 土地利用现状分类[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007. [General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. GB/T 21010-2007 Land Use Classification[S]. Beijing: Standards Press of China, 2007.]
- [33] 中华人民共和国建设部. CJJ83-99 城市用地竖向规划规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1999. [Ministry of Housing and

Urban-Rural Development of the People's Republic of China.
CJJ83-99 Code for Vertical Planning on Urban Field[S]. Beijing:
China Building Industry Press, 1999.]

[34] 喻忠磊, 张文新, 梁进社, 等. 国土空间开发建设适宜性评价研

究进展[J]. 地理科学进展, 2015, 34(9): 1107-1122. [Yu Z L,
Zhang W X, Liang J S, et al. Progress in evaluating suitability of
spatial development and construction land[J]. *Progress in
Geography*, 2015, 34(9): 1107-1122.]

Land spatial development and suitability for city construction based on ecological-living-industrial space ——take Ningbo City as an example

WU Yanjuan^{1,2}, YANG Yanzhao¹, YANG Ling¹, ZHANG Chao^{1,2}, YOU Zhen¹

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The reasonable and orderly development of ecological-living-industrial spaces is of great significance for land function combination, ordering spatial development, guiding population resource environments and ensuring socio-economic sustainable development in urban areas. In this study, a set of frameworks for the suitability evaluation of spatial development suitability for city construction was built, from the perspective of the ecological-living-industrial function of land resources. The spatial suitability method was applied to evaluate spatial suitability for city construction in Ningbo city, using GIS technology with comprehensive territory spatial partition of 'puff pastry' means. The results show that in 2012, the ecological space of Ningbo covered 5872 km², which accounted for 60.35% of the total area, and the distribution was mainly in Ningxiang in southern Ningbo. Industrial space covered an area of 2442km², accounting for 25.10% of the total area, and the distribution was concentrated in central and northern plains in Ningbo. Living space covered an area of 1415.78km², accounting for 14.55% of the total area and concentrated in six core areas of Ningbo. There was more unsuitable region for city construction space than other types in Ningbo in 2012; the unsuitable area was 5655km² and the rate of ecological, industrial and living spaces was 34 : 9 : 1. The critical suitable space area was 2279km², and the ecological and industrial space rate was 2 : 1. More suitable space was 1526km², and the industrial and living space ratio was 1 : 2. Generally suitable space was last at 268km². The development potential is larger in Yuci in the north and Ningxiang in the south. Even though the territory spatial development suitability for construction was better in the center, it has a long history of development and the development potential was limited. It would be appropriate to revitalize this stock and improve its efficiency.

Key words: city; ecological-living-industrial space; territory; construction suitability; ordered development; Ningbo City