

# 中国国土空间布局优化研究

董寅<sup>1,2</sup>, 金贵<sup>3</sup>, 邓祥征<sup>4,5</sup>

(1. 福建师范大学湿润亚热带生态地理过程教育部重点实验室, 福州 350007; 2. 福建师范大学地理科学学院, 福州 350007; 3. 中国地质大学(武汉)经济管理学院, 武汉 430074; 4. 中国科学院地理科学与资源研究所 中国科学院陆地表层格局与模拟重点实验室, 北京 100101; 5. 中国科学院大学资源与环境学院, 北京 101408)

**摘要:** 国土空间发展格局事关经济发展、社会福祉与生态安全, 而资源效率成为空间冲突加剧、资源约束趋紧背景下科学优化国土空间布局的基础支撑。本文基于全国市域国土资源效率值设计国土空间开发保护情景方案并评价不同偏好下的国土空间发展潜力, 进而定量刻画“点—轴—面”一体化的国土空间布局蓝图。结果表明: ① 中国国土资源效率稳步上升但整体水平偏低, 区域间发展不均衡。② 研究期内中国国土空间发展潜力持续提升, 开发导向下潜力水平相较更高, 且不同情景下潜力高值区围绕城市群地区向外轴向扩散。③ 中心点与发展轴线的分布格局经历了由“三足鼎立”向菱形结构演化的过程, 其中沿海通道、京哈—京广通道及沿江通道的主体地位突出。④ 战略点向关键轴线有序集聚, 优势区在胡焕庸线两侧呈明显分化。组合国土空间结构要素分别形成开发优先、维持现状与保护优先3类情景下“五横三纵, 八核三区”“四横三纵, 六核三区”与“三横四纵, 五核三区”的国土空间布局蓝图。本文研究结果可为实现高质量国土空间发展格局与美丽国土愿景提供技术依据和理论支撑。

**关键词:** 国土空间; 资源效率; 开发保护; 发展潜力; 布局蓝图; 中国

DOI: 10.11821/dlxb202403008

## 1 引言

中国共产党的“二十大”报告提出“优化国土空间发展格局”。国土空间兼具空间和资源属性, 其布局优化的关键在于实现城镇、农业与生态空间合理配置, 重点是以最少的资源消耗支撑经济社会持续发展。在空间冲突加剧、资源约束趋紧背景下, 国土资源效率成为决策部门对国土空间开发与保护整体谋划时考量的基本依据<sup>[1]</sup>。同时, 统筹开发和保护的关系始终是国土空间治理的核心命题, 也是管理机构权衡决策时的主要难点。因此, 在国土资源配置成效视域下科学权衡国土空间开发保护方案, 构建宜居适度的城镇空间、塑造集约高效的农业空间、保护山清水秀的生态空间成为国土空间布局优化的基本议题。

国土空间布局优化一直是地理学<sup>[2-3]</sup>、经济学<sup>[4]</sup>与生态学<sup>[5-6]</sup>等学科关注的热点, 近年来SDGs与生态文明建设进一步强调城镇、农业和生态空间的集约高效、统筹协调。国内外学界开始从多尺度对建设用地<sup>[7-8]</sup>、耕地<sup>[9]</sup>、土地利用生态效率<sup>[10]</sup>的测度及其驱动机制<sup>[11-12]</sup>

收稿日期: 2023-09-26; 修订日期: 2024-02-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(71974070, 72221002) [Foundation: National Natural Science Foundation of China, No.71974070, No.72221002]

作者简介: 董寅(1992-), 男, 湖北宜昌人, 博士, 讲师, 主要从事国土空间优化利用与管理研究。

E-mail: dongy\_simlab@163.com

通讯作者: 金贵(1986-), 男, 江苏邳州人, 博士, 教授, 研究方向为土地资源管理。E-mail: jingui@igsrr.ac.cn

672-687 页

进行探讨,为推动国土资源利用方式转变提供支撑。针对国土无序开发问题,西方学者尝试从城市规划、景观生态学等领域围绕绿带对城市扩张的抑制成效<sup>[13-14]</sup>及建立生态网络、生态基础设施协调人地关系<sup>[15-16]</sup>等主题开展研究。反观国内,部分学者逐步从“三生”空间视角寻求国土空间布局优化路径。在理论探讨层面,樊杰等强调通过调整“三生”空间比例关系与“点—轴”结构相互支撑,并建立了基于“双评价”的国土空间格局优化框架<sup>[17-19]</sup>;方创琳<sup>[20]</sup>和肖金成等<sup>[21]</sup>则分别提出了城市发展格局优化系统体系与国土空间开发格局设想。实践应用层面上,当前形成了以分区优化与情景模拟为代表的优化模式,前者按照“双评价”思路刻画空间本底特征,根据冲突调解机制实现综合分区与政策匹配<sup>[22]</sup>;后者延续传统土地利用模拟范式开展国土空间数量结构和空间布局的情景优化<sup>[23]</sup>。

综上所述,现阶段学者虽然已经注意到资源效率对未来国土空间利用方式、结构布局的关键影响,但缺少多类效率对国土空间发展作用成效的综合考察。“双评价”也未能考虑技术进步带来的效率改进及互竞权衡下的政策微调等弹性因素,增加了其对规划决策的不确定性风险<sup>[24]</sup>。此外,目前国土空间布局结构设计多偏重开发/保护单一指向,其局部最优的特性难以满足国土空间全域统筹的诉求。可见,基于资源效率评价国土空间发展潜力,构建体现开发保护权衡的布局蓝图对塑造美丽国土更为重要。金贵等<sup>[25]</sup>构建了从资源效率视角优化国土空间布局的理论框架,但其实践应用尚缺乏案例验证。因此,亟需面向优化国土空间发展格局的技术突破与决策需求开展针对性研究。鉴于此,本文基于“资源效率测算、发展潜力评价、布局蓝图刻画”的逻辑主线,测算中国357个地级行政区的城镇利用、农业生产和生态保护效率,并依据3类资源效率设计国土空间开发保护情景方案和指标体系,评价不同决策偏好下的市级国土空间发展潜力,刻画“点—轴—面”一体化的国土空间布局蓝图,以期丰富国土空间优化管理理论体系与实践框架,为新时期优化国土空间布局,推进高质量发展提供科学方案。

## 2 研究方法与数据来源

### 2.1 研究方法

**2.1.1 研究思路** 首先,从投入、产出角度选取城镇空间利用、农业空间生产和生态空间保护效率测算指标,采用全局非径向方向性距离函数(GNDDF)度量市域3类国土资源效率。其次,以效率值为基础设计体现国土空间开发与保护权衡的情景方案和评价指标体系,引入体现决策偏好差异的有序加权平均(OWA)算法评估多情景下各城市的国土空间发展潜力。再次,根据不同偏好情景下的发展潜力提取国土空间单元的中心点;基于土地利用类型、人类活动强度、交通通达度、农业生产及生态保护刚性约束等因素构建综合阻力面,利用MCR与电路理论模型提取发展轴线及战略点;依据发展潜力各维度属性的比较优势指数划分城镇建设、农业生产与生态保护潜力主导优势区。最后,整合中心点、发展轴、战略点与优势区得到不同情景方案下的国土空间布局蓝图,并提出对应的国土空间布局优化策略(图1)。

**2.1.2 全局非径向方向性距离函数(GNDDF)** 鉴于DEA框架下的GNDDF能同时考虑期望产出扩张和投入及非期望产出缩减,更符合决策者的生产需求。因此,本文采用该方法测算国土资源效率,具体计算见Xie等<sup>[26]</sup>的研究。评估指标的选取参考已有成果<sup>[27]</sup>,将土地、劳动和资本作为投入指标,并从国土资源利用的经济、社会与生态环境效益出发选择产出指标(表1)。

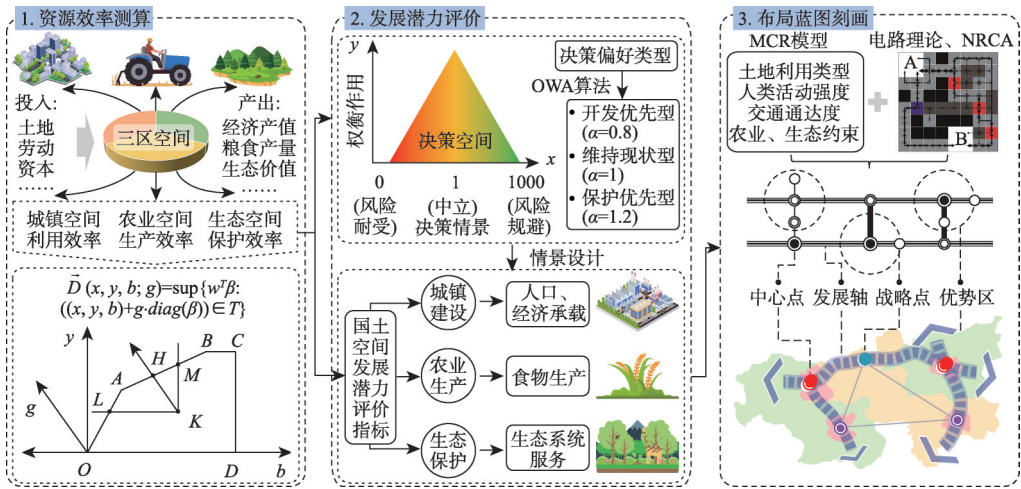


图1 中国国土空间布局优化研究思路

Fig. 1 Research ideas for the layout optimization of China's territorial space

表1 国土资源效率评估指标体系

Tab. 1 Evaluation indicator system of resource efficiency

效率类型	要素	指标类型	具体指标	单位	参考文献
城镇空间 利用效率	生产投入	土地投入	城市建设用地面积	km <sup>2</sup>	—
		劳动投入	非农从业人口	万人	—
		资本投入	固定资本存量	亿元	[28]
	期望产出	经济产出	非农产值	亿元	—
		社会效益	城镇职工平均工资	元	—
		非期望产出	污染排放	万t	—
	农业空间 生产效率	生产投入	工业废水排放量	万t	—
			工业二氧化硫排放量	t	—
			工业烟(粉)尘排放量	t	—
			农作物播种面积	千hm <sup>2</sup>	—
			农业从业人员	万人	—
			农业机械总动力	万kW	—
			有效灌溉面积	千hm <sup>2</sup>	—
生态空间 保护效率	生产投入	土地投入	化肥施用量	万t	—
		劳动投入	农药使用量	万t	—
		机械投入	农膜使用量	万t	—
		用水投入	农用柴油使用量	万t	—
		化肥投入	农业总产值	亿元	—
		农药投入	粮食产量	万t	—
		农膜投入	农业面源污染排放	万t	[29]
	期望产出	非期望产出	农业碳排放量	万t	[30]
			生态用地面积	km <sup>2</sup>	[31]
			水利、环境和公共设施管理业就业人数	万人	—
			水利、环境和公共设施管理业固定资产投资	万元	—
			农林水事务财政支出	万元	—
			园林绿化设施建设投资额	万元	—
			生态系统服务价值	亿元	[32]
			生态环境质量指数	—	[33]

**2.1.3 有序加权平均(OWA)算法** (1) 现实中城镇建设、农业生产与生态保护目标的互竞权衡是易于发生的，因此本文倾向于借助情景组合分析归纳出一个综合性的国土空间布局优化方案。OWA算法恰好满足情景组合与阈值变化的理论要求，其优点在于决策者偏好可以通过不同的情景方案反映，多情景组合也能有效衔接政策微调带来的不确定性。应用该方法时，选取正确的指标排序算法求解位序权重尤为重要，其中单调规则递增(RIM)法运用广泛，其计算公式如下<sup>[34]</sup>：

$$W_i = Q_{RIM}\left(\frac{i}{n}\right) - Q_{RIM}\left(\frac{i-1}{n}\right) \tag{1}$$

$$Q_{RIM}(r) = r^\alpha \tag{2}$$

式中： $W_i$ 为位序权重； $n$ 为指标数量； $r$ 为自变量； $\alpha$ 为决策风险系数。实践中决策者制定国土空间管理政策时往往需要在开发与保护间权衡，以满足人们对国土空间的多层次需求。本文基于预实验结果选择 $\alpha = 0.8、1、1.2$ 对3种偏好情景下的国土空间发展潜力进行模拟评估。 $\alpha = 0.8$ 时决策者认为区域耕地资源及生态系统在可承载范围，更加重视城镇开发建设与经济社会发展，对应开发优先型情景； $\alpha = 1$ 时决策者对风险持“无偏好”态度，表征维持现状型情景； $\alpha = 1.2$ 时意味着决策者认为区域粮食安全和生态环境面临较大风险，更为注重耕地红线与生态底线的硬性约束，即保护优先型情景。

(2) 国土空间发展潜力评价指标体系构建。区别于承载力研究单纯基于要素供给和环境容纳的评价思路，本文从“要素—功能”的关联性视角出发，重点关注国土资源要素禀赋和“三区空间”主导功能对人类需求的满足程度。资源效率既是区域国土资源优化配置成效的体现，也反映了技术进步对地区发展能力的调控作用。因此，本文以3类国土资源效率为基础建立国土空间发展潜力评价指标体系（表2）。准则层围绕城镇建设、农业生产与生态保护三大核心功能设置。其中，城镇建设潜力强调国土空间的人口和经济承载能力，选取人口密度、人均GDP、路网密度等指标构成城镇建设指标组。农业生产潜力关注国土空间对人类食物需求的满足，本文选取 $\geq 10\text{ }^\circ\text{C}$ 积温、年平均降雨量与有机质含量等表征农业生产必须满足的光、温、水、土等条件，并连同农业空间生产

表2 国土空间发展潜力评价指标体系  
Tab. 2 Evaluation indicator system of development capacity

准则层	要素层	指标层	单位	权重	性质层	参考文献
城镇建设	资源效率	城镇空间利用效率	—	0.083	+	—
	人口集聚	人口密度	人/km <sup>2</sup>	0.042	+	[35-36]
	经济发展	人均GDP	元	0.095	+	
	基础设施	每百人互联网宽带接入用户数	户	0.042	+	
	交通区位	路网密度	km/km <sup>2</sup>	0.072	+	
农业生产	资源效率	农业空间生产效率	—	0.084	+	—
	光热条件	$\geq 10\text{ }^\circ\text{C}$ 积温	$^\circ\text{C}$	0.084	+	[37-38]
	降水条件	年平均降雨量	mm	0.073	±	
	地形特征	平均坡度	°	0.037	—	
	土壤肥力	有机质含量	%	0.056	+	
生态保护	资源效率	生态空间保护效率	—	0.067	+	—
	生态系统服务	水源涵养功能	—	0.067	—	[39-40]
		土壤保持功能	—	0.067	—	
		防风固沙功能	—	0.067	—	
		生物多样性维持功能	—	0.067	—	



效率构成农业生产指标组。生态保护潜力注重为保障人类生存发展,国土空间所能提供生态系统服务的能力,选取水源涵养、土壤保持与防风固沙功能等指标构建生态保护指标组,具体测算参照了《生态保护红线划定指南(2017)》中生态系统服务功能重要性的评估方法。在此基础上,进一步采用AHP确定指标准则权重。

**2.1.4 MCR与电路理论模型** (1) MCR模型。该模型用于定量研究物体从源地经过不同斑块到达目的地所克服的最小阻力,公式表达如下<sup>[41]</sup>:

$$MCR = f_{\min} \sum_{i=m; j=n} D_{ij} \times R_i \quad (3)$$

式中:  $MCR$  为最小累积阻力值;  $f$  表示最小累积阻力与拓展过程的正相关函数;  $D_{ij}$  为要素从中心点  $i$  到单元  $j$  的距离;  $R_i$  为单元  $i$  对要素流动过程的阻力系数。根据国土空间单元最小累积阻力判断该单元与“源”单元的连通性和相似性,并通过横向比较提取要素从源地向目的地流动的潜在路径即发展轴线。

(2) 电路理论模型。将城市节点网络作为电路、规划单元按适宜性设置不同阻力值、用电阻距离度量地域单元连通性,因而电路理论模型可作为探索国土空间要素流动规律的有效手段。参考 Jin 等<sup>[42]</sup>的研究成果,本文引入电路理论模型测定发展轴线的流量中心性,并判别轴线上的战略点。此外,为实现国土空间差别化管控,进一步利用标准显性比较优势指数(NRCA Index)<sup>[43]</sup>识别城市国土空间发展潜力各维度属性的比较优势,划分发展潜力主导优势区。

## 2.2 数据来源

本文研究年份为2000年、2005年、2010年、2015年和2020年。积温、降雨、DEM、行政边界和土地利用数据等来源于中国科学院资源环境科学数据中心(<https://www.resdc.cn>); 土壤数据来自世界土壤数据库(HWSD); 道路数据是以北京大学地理数据平台(<https://geodata.pku.edu.cn/>)提供的路网数据为基础,参照《中国道路交通地图集》及1:100万全国基础地理信息数据修正得到。GDP、就业、财政等社会经济数据来源于《中国城市统计年鉴》《中国城市建设统计年鉴》及各省市统计年鉴等。国民经济发展规划、国土规划及生态环境规划等决策信息数据来自政府部门网站公开信息。

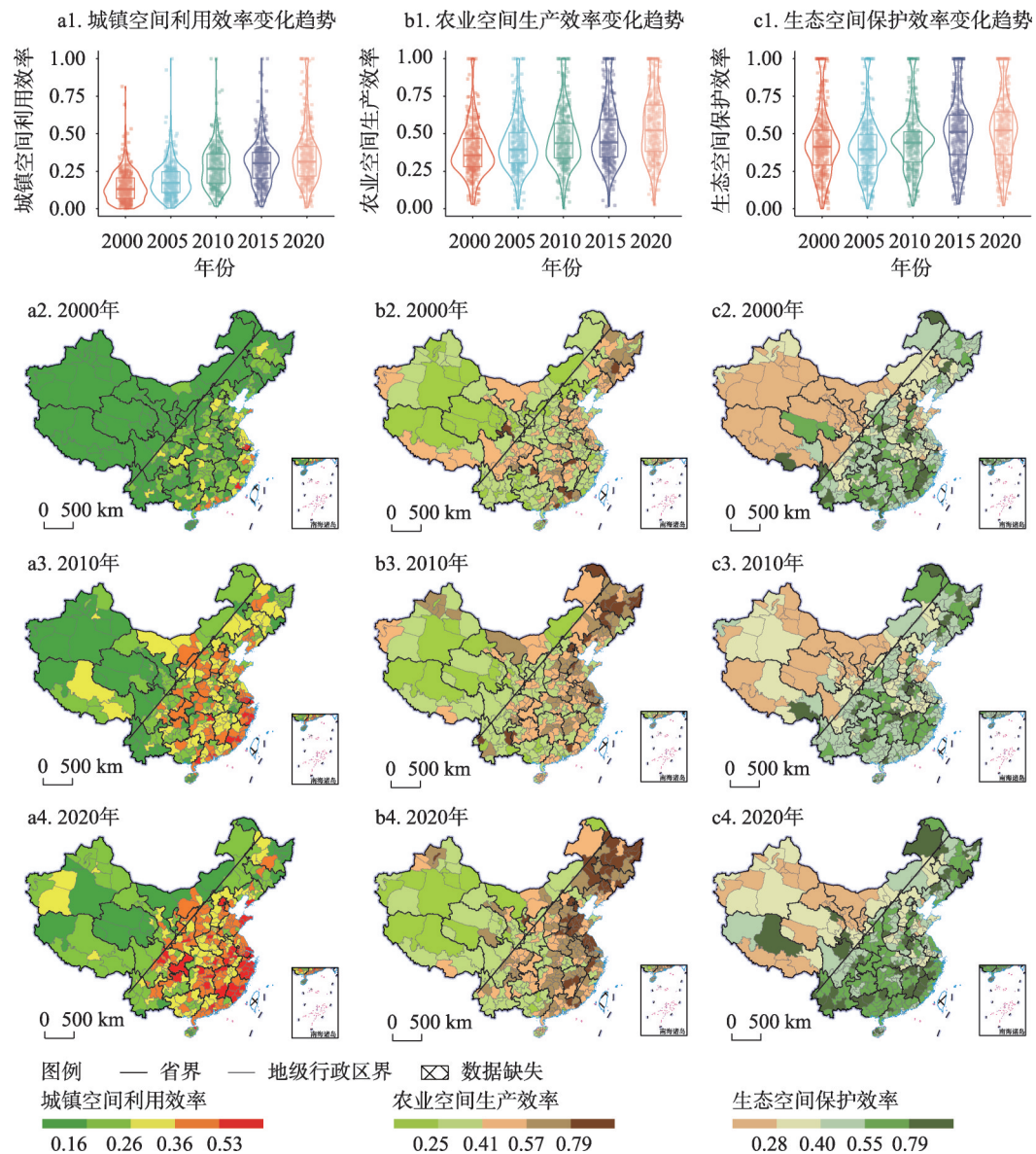
# 3 结果分析

## 3.1 国土资源效率时空演变特征

2000—2020年中国市级城镇空间利用效率增幅达130.89%,但整体上仍处于较低水平(图2a1)。高值区由长三角、珠三角及粤闽浙沿海的零散分布发展至京津冀、山东半岛、长江中游、成渝、呼包鄂榆地区连片发展态势,与樊杰等<sup>[44]</sup>提出的中国区域发展菱形结构基本吻合。2000—2020年中国农业空间生产效率由0.385上升至0.549,较城镇空间利用效率表现出基数大、增幅小的特征。结合地势三级阶梯分布可以发现,大部分高值单元集中在第二、三级阶梯的平原、河谷地带。表明农业生产对自然环境具有高度依赖性,效率水平不可避免受到地形、水热条件等地域分异规律的深刻影响。由图2c1可知,考察期内中国生态空间保护效率呈先降后升的波动态势。其中,2010—2020年效率累计增长17.62%,这印证了中国在生态文明建设方面取得的显著成效。在空间维度上,效率水平呈现“东高西低、南高北低”的总体格局,与中国年降水量的分布总体一致。

## 3.2 基于OWA的国土空间发展潜力情景模拟

为探析国土空间发展潜力的时序演变规律,对基于OWA算法得到的评价结果进行核



注：基于自然资源部标准地图服务网站GS(2023)2767号标准地图制作,底图边界无修改。

图2 2000—2020年中国市域国土资源效率时空演变特征

Fig. 2 Spatio-temporal evolution characteristics of resources efficiency of cities in China from 2000 to 2020

密度估计分析(图3)。从图3中可知,不同偏好情景下核密度曲线随时间变化整体呈现右移,且在相同年份曲线中心位置自右向左依次为开发优先型、维持现状型和保护优先型,表明中国国土空间发展潜力稳步上升,且开发优先型情景下发展潜力高于其他情景。分布形态上,曲线主峰高度持续降低,宽度有所扩张,说明区域间发展潜力水平差异不断扩大。这是由于不同城市的区位条件与社会经济基础等本底特征各不相同,在地域功能分工指向下加剧了潜力水平不均衡的“马太效应”。从延展性来看,分布曲线均存在明显的右拖尾特征,说明大部分城市国土空间发展潜力在低值集聚,少数城市向高值靠拢。

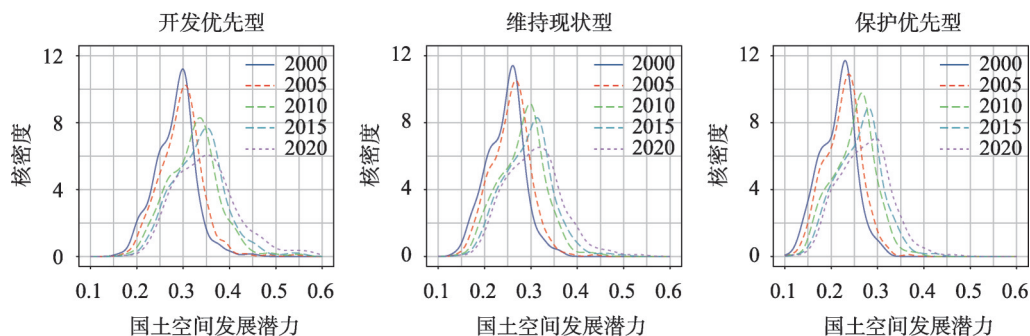


图3 不同情景下中国国土空间发展潜力核密度估计结果

Fig. 3 Kernel density estimation results of China's development capacity under different scenarios

由图4可知,在开发优先型情景下,潜力较高与高值区表现出由研究期初依托沿海、京哈—京广等轴线向两侧延伸演化为以“两横三纵”轴带为骨架,呈多中心圈层式拓展的格局特征,至2020年其范围已覆盖“胡焕庸线”东南侧的大部分地区。维持现状型情景下,潜力较高与高值区同样经历了由京津冀、长三角、珠三角、长江中游等城市群核心城市点状发散再到围绕城市群组团状延伸,最后相对连片的拓展过程。相较而言保护优先型情景下较高与高等级降级数量明显,范围不断向京津冀、长三角、珠三角、成渝、长江中游、粤闽浙沿海等城市群收缩,中等及以下等级城市占据主体地位,至2020年占比达59.94%。尽管3种偏好情景下各潜力等级城市分布范围表现出显著差异,但潜力较高及高值区的分布呈现高度相似性,即以主要城市群为中心向外围轴向扩散。受社会经济发展与自然环境条件制约,“胡焕庸线”西北侧成为发展潜力低值聚集区,如何明确开发与保护的地区分工,统筹形成大保护、大开发、高质量发展的国土空间格局成为该区域空间治理的首要工作。

### 3.3 国土空间布局蓝图定量刻画

**3.3.1 中心点判定与发展轴线提取** 由于当前学界对中心点识别的阈值设置仍未形成统一方法,本文参照已有文献<sup>[45]</sup>的一般做法,以2010年维持现状型情景下的国土空间发展潜力为基准,选取6%作为中心点判定的阈值,提取得到中心点与发展轴线,并依据轴线的中心性将其由高至低划分为核心轴、辅助轴与一般轴(图5)。由图5可知,不同情景下中心点与发展轴线的空间演化趋于一致,大多集中在“胡焕庸线”东南侧,王亚飞等<sup>[46]</sup>对中国主体功能区点—轴结构的解析也呈现类似特征。具体来看,京津冀、长三角、珠三角等地早期凭借区位、政策优势成为驱动中国国土空间组织演化的动力引擎,从而奠定了“三足鼎立”的发展格局。2010年以后成渝地区快速崛起使“三足鼎立”格局逐渐被以京津冀、长三角、珠三角和成渝地区为顶点、长江中游核心城市为中心的菱形网络结构取代。近年来人口、资金、产业等发展要素不断向菱形顶点集聚,在“极化—扩散”效应作用下,菱形区域成为长沙、西安等新兴中心点的“孵化器”,中心点在菱形内部呈簇状分布,空间结构由放射状向蛛网状有序转变。总体来看,全局尺度下国土空间形态表现出特征一致性和时间延续性,因此以可获取的最新数据年份2020年为基期定量刻画多情景国土空间布局蓝图方案与当前国土空间治理的战略性和前瞻性要求更为契合。

对比3种情景2020年结果可以发现,尽管不同情景下中心点、发展轴线的数量和分布存在明显差异,但核心轴及辅助轴的分布与《全国主体功能区规划》、《全国国土规划纲要(2016—2030年)》等文件中明确的“两横三纵”国土开发轴带整体上保持一致。其中沿海通道、京哈—京广通道及沿江通道始终是中心点、核心轴与辅助轴分布最集



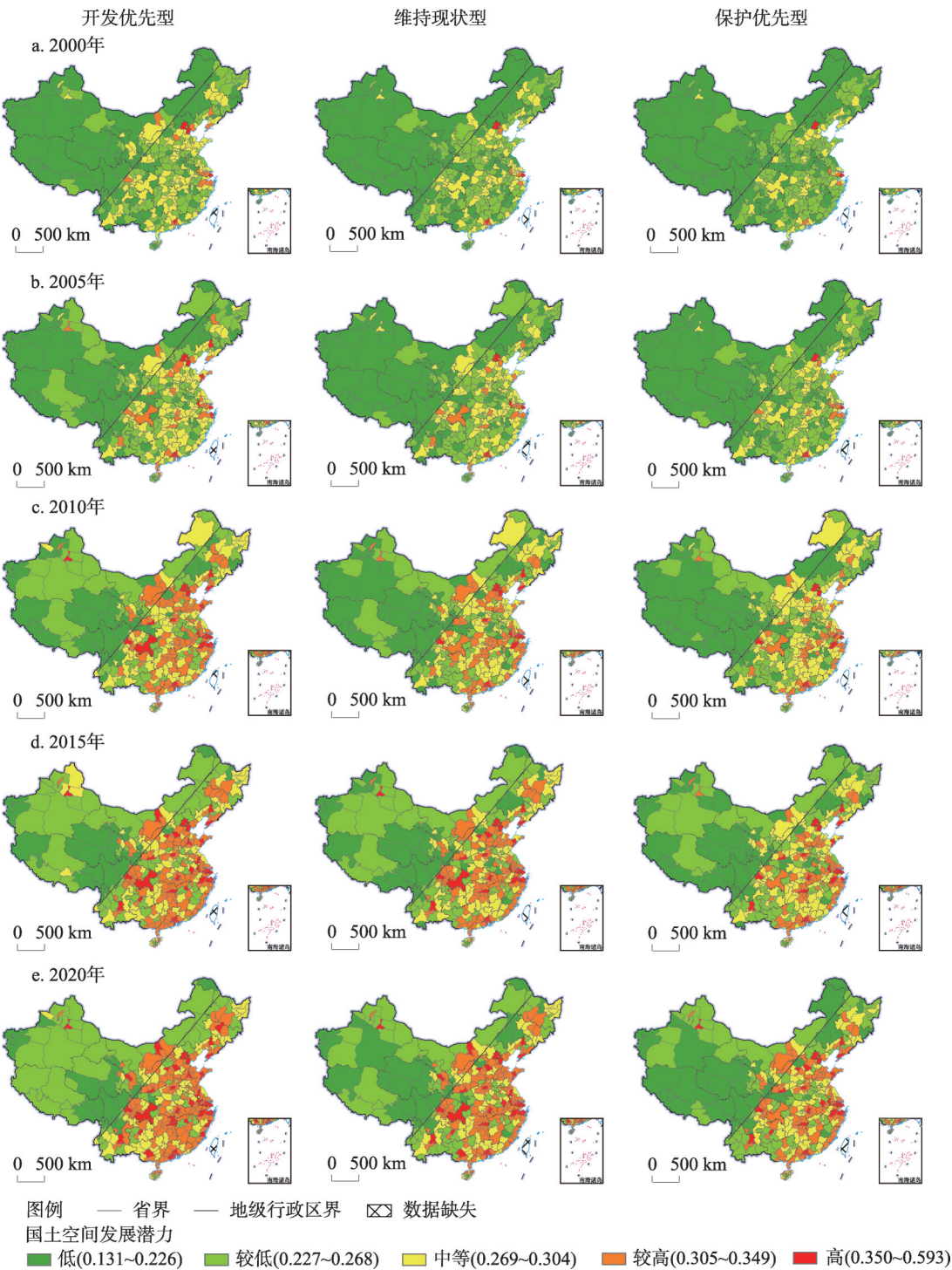
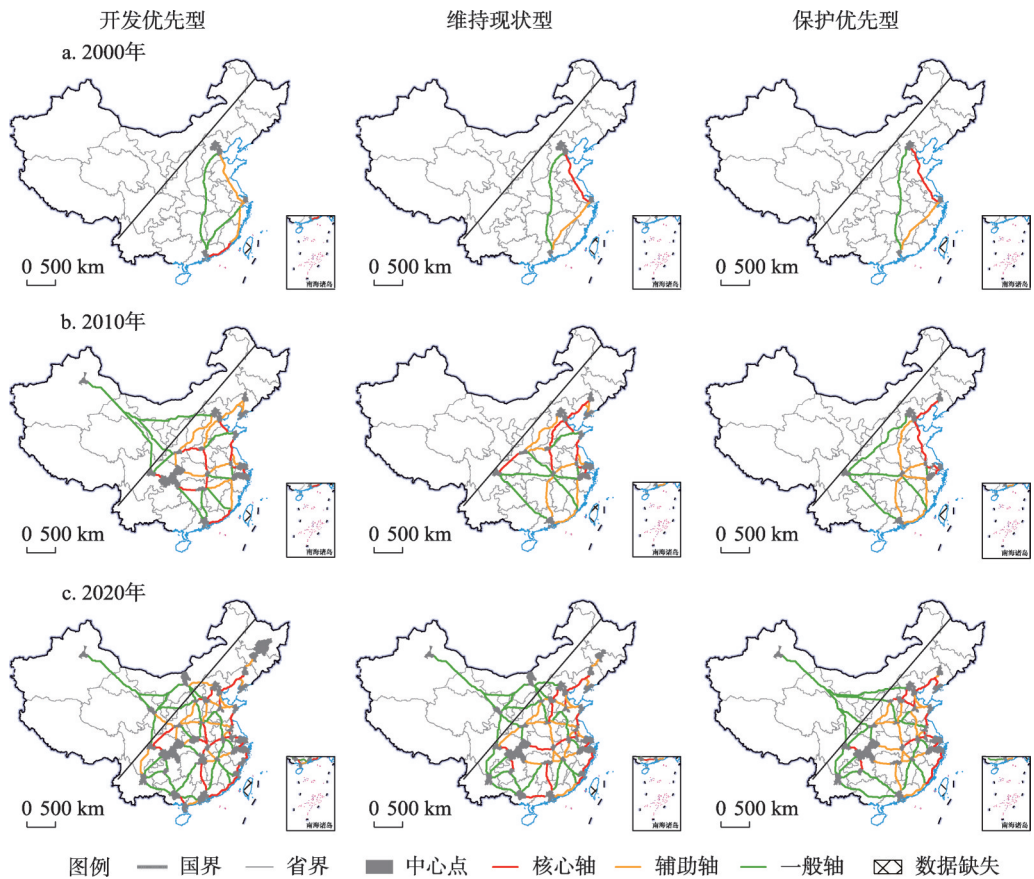


图4 不同偏好情景下中国国土空间发展潜力评价结果

Fig. 4 Evaluation results of China's development capacity under different preference scenarios





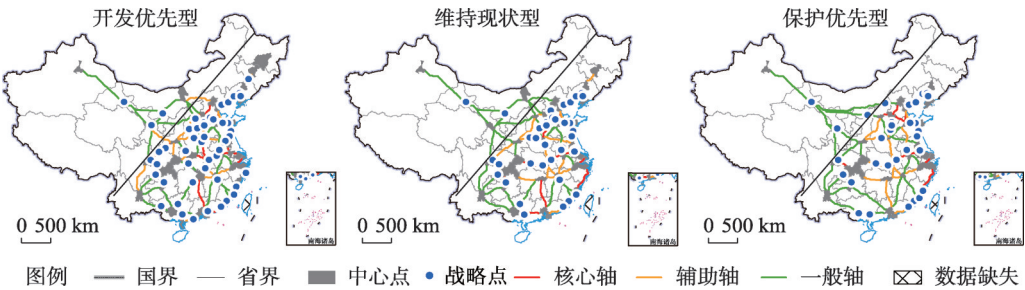
注：基于自然资源部标准地图服务网站GS(2023)2767号标准地图制作,底图边界无修改。

图5 不同情景下中心点与发展轴线提取结果

Fig. 5 Extraction results of the core point and the development axis under different scenarios

中、发展轴线发育最密集的区域。陆桥通道中自西安经兰州至乌鲁木齐段及包昆通道中自包头经兰州至成都段均为一般轴，由于轴线两端距离较远且位于内陆边缘地区，人员、资金、信息等要素的流动性较差。同时，京昆通道、沪昆通道与青银通道等由东部向西南、西北延伸的发展轴线主体地位逐渐凸显，但应当注意到部分轴线或仍为一般轴（如维持现状型情景下的京昆通道中成都至昆明段），或出现中断（如沪昆通道中长沙至贵阳段）。此外，不同情景也会显现新的发展轴线，如开发优先型情景下的京兰通道中北京至包头段、保护优先型情景下的京沪通道，这为不同决策偏好下发展轴线的谋划布局提供了候选方案。

**3.3.2 战略点识别及主导优势区划分** 对2020年不同情景下的战略点（图6）进行对比，结果显示开发优先型情景下的战略点数量最多，布局相对均匀，维持现状型与保护优先型情景下核心轴及辅助轴上的战略点数量占比分别达82.05%、76.47%，分布更为集中。从整体分布来看，核心轴与辅助轴集中了65%以上的战略点，显现出发展轴线强有力的空间集聚效应与辐射带动作用，在引导人口、产业向轴线两侧集聚过程中催生出新的增长中心。进一步对主要发展轴线上的战略点数量进行统计发现（表3），3种情景下沿海通道均是战略点分布数量最多的轴线，其次为沿江通道，表明“沿海一纵”与“沿江一横”构成的“T”型架构在国土空间发展格局中具有长期主导性与稳定性。



注：基于自然资源部标准地图服务网站GS(2023)2767号标准地图制作,底图边界无修改。

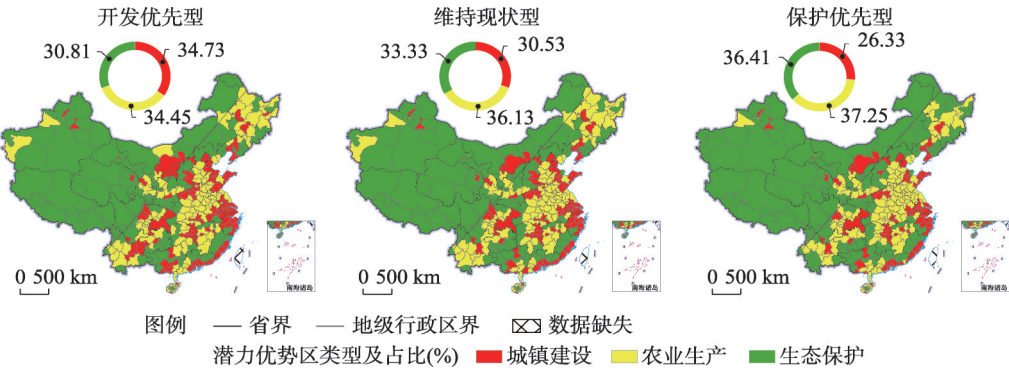
图6 不同情景下2020年中国国土空间发展战略点识别结果

Fig. 6 Identification results of strategic points in 2020 under different scenarios

由图7可知,各情景下3类国土空间发展潜力主导优势区的空间结构总体一致,即绝大部分城镇建设与农业生产潜力优势区集中在胡焕庸线东南侧,而西北侧主要为生态保护潜力优势区。具体来看,城镇建设潜力优势区与中国主要城市群的分布高度重合。农业生产潜力优势区大多位于东北三省、东部的河北、山东和江苏、中部的河南、湖北与江西及西部的四川等地。上述区域耕地资源禀赋优越,是传统的粮、棉、油等基本农产品主产区。从数量上来看,新疆、内蒙古、西藏、甘肃与青海等省区构成了中国生态保护潜力优势区的主体。由于城镇建设、农业生产与生态保护存在空间交织重叠的矛盾,在决策者偏好及政策因素影响下,国土空间发展潜力的主导优势类型往往容易发生转换。例如随着政策导向由开发向保护过渡,城镇建设潜力优势区分布范围出现了8.40%的缩减,而农业生产、生态保护潜力优势区分布范围则表现出扩张趋势。

表3 2020年不同情景下主要发展轴线上战略点数量(个)  
Tab. 3 Number of strategic points on the main development axis in 2020 under different scenarios

发展轴线名称	开发优先型	维持现状型	保护优先型
沿海通道	14	10	11
沿江通道	5	7	5
京哈—京广通道	5	4	3
京昆通道	5	1	2
陆桥通道	4	4	4
京沪通道	2	2	2
包昆通道	2	1	0
沪昆通道	1	0	0
青银通道	1	1	0
其他	12	9	7



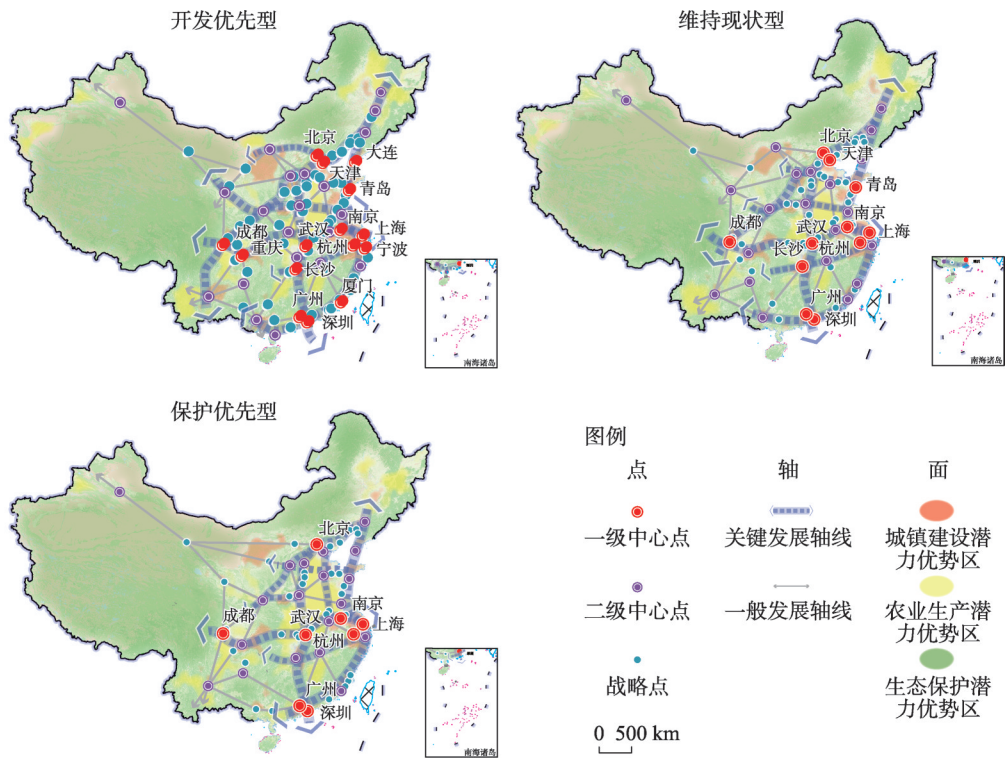
注：基于自然资源部标准地图服务网站GS(2023)2767号标准地图制作,底图边界无修改。

图7 不同情景下2020年中国国土空间发展潜力主导优势区划分结果

Fig. 7 Division results of development capacity dominant areas in 2020 under different scenarios

**3.3.3 国土空间布局蓝图构建与优化** 通过整合上述结构要素得到多情景国土空间布局蓝图。为构建具备层次性的国土空间发展体系,本文依据中心点的发展潜力利用自然断点法将其由高至低划分为一、二级中心点,并将轴线归并为关键、一般发展轴线,其中关键发展轴线包括核心轴与辅助轴(图8)。

本文将开发优先型、维持现状型与保护优先型情景下的布局蓝图分别凝练为“五横三纵,八核三区”、“四横三纵,六核三区”与“三横四纵,五核三区”。开发优先型情景下的“五横”由北向南依次为京兰通道(北京—包头段)、青银通道(青岛—太原段)、陆桥通道(淮安—兰州段)、沿江通道与沪昆通道(上海—长沙段),上述轴线构成了沿海向内陆开放、东西间要素流动的主动脉。“三纵”自东向西分别为沿海通道、京哈—京广通道与京昆通道,以上轴线均为实现南北经济联系深化的战略要道。“八核”即以一级中心点为代表的八大城市群,包括京津冀、长三角、珠三角、成渝、长江中游、辽中南、山东半岛、粤闽浙沿海等。“三区”是指3类主导优势区。相较而言,维持现状型情景下横向轴线发育并不成熟,京兰通道仅为一般发展轴线,陆桥通道(淮安—西安段)、京昆通道(北京—成都段)长度相对较短。这表明突破西部地区与外部环境进行物质、能量和信息交换的现实障碍仍是推进西部大开发战略的关键点。进一步观察保护优先型情景下的布局蓝图能够看出,发展格局呈现东北、西北与西南方向上的收缩,关键发展轴线的数量、长度明显减少,京沪通道地位突出,南北纵向上要素交换更加频繁,发展重心向东、中部偏移的趋势明显。



注: 基于自然资源部标准地图服务网站GS(2023)2767号标准地图制作,底图边界无修改。

图8 不同情景下的中国国土空间布局蓝图

Fig. 8 The blueprint of China's territorial space in different scenarios



通过对比发现,不同情景下布局蓝图的差异主要体现在自东部沿海向西部内陆开放开发的广度及深度上。开发优先型情景下国土空间布局呈现出向西部地区梯次、纵深推进的发展态势,伴随政策导向由开发向保护过渡,国土空间发展格局逐步围绕菱形结构由离心扩散转向向心集聚,沿海向内陆枝状延伸的势头减弱,核心—边缘结构愈发突显。这与保护偏好下决策者对农业生产与生态安全的考虑有关,也可能会加剧东、西部间发展不平衡的矛盾。整体而言,定量刻画的“中心点—发展轴—战略点—优势区”一体化国土空间布局蓝图与黄征学等<sup>[47]</sup>提出的多极网络空间发展格局总体一致,更加突出多层次空间结构、多功能竞争协同与多情景优化组合,对现有国土空间布局方案形成了有益补充。

基于此,本文针对不同情景下的国土空间布局蓝图提出如下优化策略。开发优先型情景下西部、东北地区应紧抓推进西部大开发、东北全面振兴等战略实施与承接产业梯度转移的发展机遇,深化东西合作,加强与国际开放通道对接,促进国土空间开放开发由沿海向沿边及内陆地区拓展延伸。维持现状型情景下应积极引导要素配置与生产力布局向发展轴线尤其是青银通道、沪昆通道等集中,强化沿轴线地区的横向联系与分工协作,提升轴线集聚效益及战略点的连接支撑能力。保护优先型情景下应注重依据区域比较优势与分工定位完善地域功能的空间组合,促进生产要素向优势地区集聚,进一步提高基本公共服务均等化程度,建立市场一体化发展及横向补偿机制,促进区域间利益协调平衡。

## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

本文以国土资源效率测算为逻辑起点,构建了国土空间开发保护多情景方案和评价指标体系,评估了不同情景下中国市域国土空间发展潜力,进而定量刻画了“点—轴—面”一体化的国土空间布局蓝图,提出了国土空间优化的基本策略。主要结论如下:① 2000—2020年中国国土资源效率呈上升趋势,但整体水平偏低。城镇空间利用效率高值区集中在“胡焕庸线”东南侧的大都市区。农业空间生产效率高值单元多分布在地势第二、三级阶梯的平原、河谷。生态空间保护效率表现出“东高西低、南高北低”的空间非均衡特征。② 研究期间中国国土空间发展潜力持续提升,且开发优先型情景下潜力水平高于其他两种情景。不同偏好情景下潜力较高及高值区的空间分布呈现高度相似性,即以主要城市群为中心向外围轴向扩散,“胡焕庸线”西北侧成为潜力低值单元的聚集区。③ 不同情景下中心点与发展轴线的空间演化特征趋于一致,研究期间其分布经历了由“三足鼎立”格局向菱形网络结构演替的过程。其中沿海通道、京哈—京广通道以及沿江通道始终是中心点、核心轴与辅助轴分布最集中的区域,京昆通道、沪昆通道与青银通道作为关键轴线主体地位逐渐凸显。④ 战略点向核心轴、辅助轴集聚的态势明显。大部分城镇建设与农业生产潜力优势区集中在“胡焕庸线”东南侧,而西北侧主要为生态保护潜力优势区。整合国土空间结构要素,凝练出开发优先型、维持现状型与保护优先型情景下“五横三纵,八核三区”“四横三纵,六核三区”与“三横四纵,五核三区”的国土空间布局蓝图。

### 4.2 讨论

作为以资源效率为出发点开展国土空间布局优化研究的有益探索,本文存在以下待改进之处:首先,随着总体国家安全观及区域协调发展战略的确立,安全与发展、效率

与公平问题逐步凸显。尽管本文已经涵盖对生产、生活及生态安全的考量,关注到国土空间发展潜力的空间差异,并提供了国土空间布局蓝图的多情景方案,但未来仍需继续深化资源效率与国家安全、发展公平的关联研究,探索构建国家安全与有序发展、经济效率与社会公平兼顾的国土空间发展格局。其次,目前学界多采用经验阈值法识别中心点,本文提取中心点时依旧沿用了该方法,这可能会造成识别结果的不确定性。下一阶段需进一步探索定性定量结合的方法率定识别阈值,减少人为设定参数造成的误差。最后,蓝图是管理部门落实空间治理的政策工具,而任何政策落实都可能存在偏离预期的风险。因此,未来需要在蓝图刻画过程中构筑政策施行效用评估框架,分析多主体行为博弈下蓝图方案对社会经济发展的影响,为国土资源管理和可持续发展提供全局优化的管理决策支撑。

### 参考文献(References)

- [1] Deng Xiangzheng, Jiang Sijian, Li Xing, et al. Dynamics of regional land uses affecting spatial heterogeneity of surface CO<sub>2</sub> concentration. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77(4): 936-946. [邓祥征, 蒋思坚, 李星, 等. 区域土地利用影响地表CO<sub>2</sub>浓度异质性特征的动力学机制. *地理学报*, 2022, 77(4): 936-946.]
- [2] Lu Dadao. An analysis of spatial structure and optimal regional development. *Acta Geographica Sinica*, 2001, 56(2): 127-135. [陆大道. 论区域的最佳结构与最佳发展: 提出“点—轴系统”和“T”型结构以来的回顾与再分析. *地理学报*, 2001, 56(2): 127-135.]
- [3] Song Jiatai, Gu Chaolin. Theory and methodology of urban system planning. *Acta Geographica Sinica*, 1988, 43(2): 97-107. [宋家泰, 顾朝林. 城镇体系规划的理论与方法初探. *地理学报*, 1988, 43(2): 97-107.]
- [4] Perroux F. Economic space: Theory and applications. *The Quarterly Journal of Economics*, 1950, 64(1): 89-104.
- [5] Forman R T, Godron M. Patches and structural components for a landscape ecology. *BioScience*, 1981, 31(10): 733-740.
- [6] Yu Kongjian, Li Hailong, Li Dihua, et al. National scale ecological security pattern. *Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(10): 5163-5175. [俞孔坚, 李海龙, 李迪华, 等. 国土尺度生态安全格局. *生态学报*, 2009, 29(10): 5163-5175.]
- [7] Jin Gui, Deng Xiangzheng, Zhao Xiaodong, et al. Spatio-temporal patterns of urban land use efficiency in the Yangtze River Economic Zone during 2005-2014. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(7): 1242-1252. [金贵, 邓祥征, 赵晓东, 等. 2005—2014年长江经济带城市土地利用效率时空格局特征. *地理学报*, 2018, 73(7): 1242-1252.]
- [8] Koroso N H, Urban land policy and urban land use efficiency: An analysis based on remote sensing and institutional credibility thesis. *Land Use Policy*, 2023, 132: 106827. DOI: 10.1016/j.landusepol.2023.106827.
- [9] Patle P, Singh P K, Ahmad I, et al. Spatio-temporal estimation of green and blue water consumptions and water and land productivity using satellite remote sensing datasets and WA + framework: A case study of the Mahi Basin, India. *Agricultural Water Management*, 2023, 277: 108097. DOI: 10.1016/j.agwat.2022.108097.
- [10] Deng Xiangzheng. Space Utilization Optimization of Land Resources: Theory, Method and Practice. Beijing: Science Press, 2021: 215-225. [邓祥征. 国土空间优化利用: 理论、方法与实践. 北京: 科学出版社, 2021: 215-225.]
- [11] Song Yang, He Canfei, Yeung Godfrey, et al. Industrial structure upgrading and urban land use efficiency: Evidence from 115 resource-based cities in China, 2000-2019. *Geographical Research*, 2023, 42(1): 86-105. [宋洋, 贺灿飞, Godfrey Y, 等. 中国资源型城市产业结构升级对土地利用效率的影响. *地理研究*, 2023, 42(1): 86-105.]
- [12] Britos B, Hernandez M A, Robles M, et al. Land market distortions and aggregate agricultural productivity: Evidence from Guatemala. *Journal of Development Economics*, 2022, 155: 102787. DOI: 10.1016/j.jdeveco.2021.102787.
- [13] Pourtaherian P, Jaeger J A G. How effective are greenbelts at mitigating urban sprawl? A comparative study of 60 European cities. *Landscape and Urban Planning*, 2022, 227: 104532. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2022.104532.
- [14] Han A T, Daniels T L, Kim C. Managing urban growth in the wake of climate change: Revisiting greenbelt policy in the US. *Land Use Policy*, 2022, 112: 105867. DOI: 10.1016/j.landusepol.2021.105867.
- [15] Kosma M, Laita A, Duflot R. No net loss of connectivity: Conserving habitat networks in the context of urban expansion. *Landscape and Urban Planning*, 2023, 239: 104847. DOI: 10.1016/j.landurbplan.2023.104847.
- [16] Donati G F A, Bolliger J, Psomas A, et al. Reconciling cities with nature: Identifying local Blue-Green Infrastructure interventions for regional biodiversity enhancement. *Journal of Environmental Management*, 2022, 316: 115254. DOI: 10.1016/j.jenvman.2022.115254.
- [17] Fan Jie. Draft of major function oriented zoning of China. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(2): 186-201. [樊杰. 中国

- 主体功能区划方案. 地理学报, 2015, 70(2): 186-201.]
- [18] Wang Yafei, Fan Jie, Zhou Kan. Territorial function optimization regionalization based on the integration of "Double Evaluation". *Geographical Research*, 2019, 38(10): 2415-2429. [王亚飞, 樊杰, 周侃. 基于“双评价”集成的国土空间地域功能优化分区. 地理研究, 2019, 38(10): 2415-2429.]
- [19] Jia Kejing, He Hongfei, Zhang Hui, et al. Optimization of territorial space pattern based on resources and environment carrying capacity and land suitability assessment. *China Land Science*, 2020, 34(5): 43-51. [贾克敬, 何鸿飞, 张辉, 等. 基于“双评价”的国土空间格局优化. 中国土地科学, 2020, 34(5): 43-51.]
- [20] Fang Chuanglin. The scientific basis and systematic framework of the optimization of Chinese urban development pattern. *Economic Geography*, 2013, 33(12): 1-9. [方创琳. 中国城市发展格局优化的科学基础与框架体系. 经济地理, 2013, 33(12): 1-9.]
- [21] Xiao Jincheng, Dong Hongyan, Li Ruipeng. Connotation, tasks and countermeasures of high-quality development of China's land economy. *Journal of Hebei University of Economics and Business*, 2021, 42(4): 84-90. [肖金成, 董红燕, 李瑞鹏. 我国国土经济高质量发展的内涵、任务与对策. 河北经贸大学学报, 2021, 42(4): 84-90.]
- [22] Qu Y B, Dong X Z, Su D S, et al. How to balance protection and development? A comprehensive analysis framework for territorial space utilization scale, function and pattern. *Journal of Environmental Management*, 2023, 339: 117809. DOI: 10.1016/j.jenvman.2023.117809.
- [23] Fu Jingying, Gao Qiang, Jiang Dong, et al. Optimal regulation of spatial planning in the context of black soil preservation and food security in Qiqihar. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77(7): 1662-1680. [付晶莹, 郜强, 江东, 等. 黑土保护与粮食安全背景下齐齐哈尔市国土空间优化调控路径. 地理学报, 2022, 77(7): 1662-1680.]
- [24] Hao Qing, Deng Ling, Feng Zhiming. The "Double Evaluation" under the context of spatial planning: Wicked problems and restricted rationality. *Journal of Natural Resources*, 2021, 36(3): 541-551. [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. 自然资源学报, 2021, 36(3): 541-551.]
- [25] Jin Gui, Guo Baishu, Cheng Jinhua, et al. Layout optimization and support system of territorial space: An analysis framework based on resource efficiency. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77(3): 534-546. [金贵, 郭柏枢, 成金华, 等. 基于资源效率的国土空间布局及支撑体系框架. 地理学报, 2022, 77(3): 534-546.]
- [26] Xie H L, Chen Q R, Lu F C, et al. Spatial-temporal disparities, saving potential and influential factors of industrial land use efficiency: A case study in urban agglomeration in the middle reaches of the Yangtze River. *Land Use Policy*, 2018, 75: 518-529.
- [27] Yang B, Yang J, Tan L, et al. Understanding the change of land space utilization efficiency with different functions and its coupling coordination: A case study of Urban Agglomeration in the Middle Reaches of the Yangtze River, China. *Journal of Geographical Sciences*, 2023, 33(2): 289-310.
- [28] Zhang Jun, Wu Guiying, Zhang Jipeng. The estimation of China's provincial capital stock: 1952-2000. *Economic Research Journal*, 2004, 39(10): 35-44. [张军, 吴桂英, 张吉鹏. 中国省际物质资本存量估算: 1952—2000. 经济研究, 2004, 39(10): 35-44.]
- [29] Hou Mengyang, Yao Shunbo. Convergence and differentiation characteristics on agro-ecological efficiency in China from a spatial perspective. *China Population, Resources and Environment*, 2019, 29(4): 116-126. [侯孟阳, 姚顺波. 空间视角下中国农业生态效率的收敛性与分异特征. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(4): 116-126.]
- [30] Li Bo, Zhang Junbiao, Li Haipeng. Research on spatial-temporal characteristics and affecting factors decomposition of agricultural carbon emission in China. *China Population, Resources and Environment*, 2011, 21(8): 80-86. [李波, 张俊彪, 李海鹏. 中国农业碳排放时空特征及影响因素分解. 中国人口·资源与环境, 2011, 21(8): 80-86.]
- [31] Gao Jixi, Liu Xiaoman, Wang Chao, et al. Evaluating changes in ecological land and effect of protecting important ecological spaces in China. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(7): 1708-1721. [高吉喜, 刘晓曼, 王超, 等. 中国重要生态空间生态用地变化与保护成效评估. 地理学报, 2021, 76(7): 1708-1721.]
- [32] Xie Gaodi, Zhang Caixia, Zhang Leiming, et al. Improvement of the evaluation method for ecosystem service value based on per unit area. *Journal of Natural Resources*, 2015, 30(8): 1243-1254. [谢高地, 张彩霞, 张雷明, 等. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进. 自然资源学报, 2015, 30(8): 1243-1254.]
- [33] Xu D, Yang F, Yu L, et al. Quantization of the coupling mechanism between eco-environmental quality and urbanization from multisource remote sensing data. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 321: 128948. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.128948.
- [34] Liu Yanxu, Wang Yanglin, Peng Jian, et al. Urban landscape ecological risk assessment based on the 3D framework of adaptive cycle. *Acta Geographica Sinica*, 2015, 70(7): 1052-1067. [刘焱序, 王仰麟, 彭建, 等. 基于生态适应性循环三



- 维框架的城市景观生态风险评价. 地理学报, 2015, 70(7): 1052-1067.]
- [35] Ji Xuepeng, Huang Xianjin, Chen Yi, et al. Comprehensive suitability evaluation of spatial development and construction land in the perspective of land-ocean co-ordination: A case study of Liaoning province, China. *Journal of Natural Resources*, 2019, 34(3): 451-463. [纪学朋, 黄贤金, 陈逸, 等. 基于陆海统筹视角的国土空间开发建设适宜性评价: 以辽宁省为例. 自然资源学报, 2019, 34(3): 451-463.]
- [36] Liu Chao, Huo Yixin, Li Siying, et al. Method and technology path optimization of urban construction 'double evaluation': A case study of Jiaxing city, Zhejiang province, *Journal of Natural Resources*, 2023, 38(3): 618-630. [刘超, 霍逸馨, 李思颖, 等. “双评价”中面向城镇开发的方法与技术优化: 以浙江省嘉兴市域为例. 自然资源学报, 2023, 38(3): 618-630.]
- [37] Du Guoming, Zhang Luyang, Xu Xinliang, et al. Spatial-temporal characteristics of maize production potential change under the background of climate change in Northeast China over the past 50 years. *Geographical Research*, 2016, 35(5): 864-874. [杜国明, 张露洋, 徐新良, 等. 近50年气候驱动下东北地区玉米生产潜力时空演变分析. 地理研究, 2016, 35(5): 864-874.]
- [38] Jin G, Li Z H, Deng X Z, et al. An analysis of spatiotemporal patterns in Chinese agricultural productivity between 2004 and 2014. *Ecological Indicators*, 2019, 105: 591-600.
- [39] Ouyang Z Y, Zheng H, Xiao Y, et al. Improvements in ecosystem services from investments in natural capital. *Science*, 2016, 352(6292): 1455-1459.
- [40] Zhang Liwei, Fu Bojie, Lv Yihe, et al. The using of composite indicators to assess the conservational effectiveness of ecosystem services in China. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(5): 768-780. [张立伟, 傅伯杰, 吕一河, 等. 基于综合指标法的中国生态系统服务保护有效性评价研究. 地理学报, 2016, 71(5): 768-780.]
- [41] He Dawei, Jin Gui, Wang Xinsheng, et al. Optimization of development and protection pattern of territorial space in the Yangtze River Economic Belt. *Acta Ecologica Sinica*, 2023, 43(14): 5776-5787. [贺大为, 金贵, 王新生, 等. 长江经济带国土空间开发与保护路径优化. 生态学报, 2023, 43(14): 5776-5787.]
- [42] Jin G, Shi X, He D W, et al. Designing a spatial pattern to rebalance the orientation of development and protection in Wuhan. *Journal of Geographical Sciences*, 2020, 30(4): 569-582.
- [43] Xia Siyou, Yang Yu. Spatio-temporal differentiation of carbon budget and carbon compensation zoning in Beijing-Tianjin-Hebei Urban Agglomeration based on the plan for major function-oriented zones. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77(3): 679-696. [夏四友, 杨宇. 基于主体功能区的京津冀城市群碳收支时空分异与碳补偿分区. 地理学报, 2022, 77(3): 679-696.]
- [44] Fan Jie, Wang Yafei, Liang Bo. The evolution process and regulation of China's regional development pattern. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(12): 2437-2454. [樊杰, 王亚飞, 梁博. 中国区域发展格局演变过程与调控. 地理学报, 2019, 74(12): 2437-2454.]
- [45] Zhao Chengcheng, Pan Jinghu. Ecological safety pattern identification and optimization based on the ecological supply and demand in Gansu section of the Yellow River Basin. *Acta Ecologica Sinica*, 2022, 42(17): 6973-6984. [赵诚诚, 潘竞虎. 基于供需视角的黄河流域甘肃段生态安全格局识别与优化. 生态学报, 2022, 42(17): 6973-6984.]
- [45] Wang Yafei, Fan Jie. Spatial analysis of national-provincial pole-axis structure based on major function zoning in China. *Geographical Research*, 2019, 38(7): 1651-1663. [王亚飞, 樊杰. 基于中国主体功能区划的国家与省级点—轴结构解析. 地理研究, 2019, 38(7): 1651-1663.]
- [47] Huang Zhengxue, Qin Chenglin, Li Zhengtu, et al. Regional development in the 14th Five-Year Plan period. *Regional Economic Review*, 2019(6): 1-12, 165. [黄征学, 覃成林, 李正图, 等. “十四五”时期的区域发展. 区域经济评论, 2019(6): 1-12, 165.]

## Optimization of territorial space layout in China

DONG Yin<sup>1,2</sup>, JIN Gui<sup>3</sup>, DENG Xiangzheng<sup>4,5</sup>

(1. Key Laboratory for Humid Subtropical Eco-geographical Processes of the Ministry of Education, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China; 2. School of Geographical Sciences, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China; 3. School of Economics and Management, China University of Geosciences, Wuhan 430079, China; 4. Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 5. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 101408, China)

**Abstract:** The evolution of territorial space is intrinsically linked to economic growth, societal welfare, and ecological preservation. In the context of escalating spatial conflicts and stringent resource limitations, resource efficiency has emerged as a fundamental pillar for the scientific optimization of territorial space layout. Drawing upon resource efficiency metrics from cities nationwide, this study constructs scenarios for territorial space development and conservation. It assesses developmental capacity under varying preferences and subsequently delineates strategic blueprints using an integrated "point-axis-area" approach. The findings reveal that: (1) Resource efficiency in China has witnessed a consistent uptick, yet remains modest overall, with marked regional disparities. (2) Throughout the investigation period, developmental capacity has seen progressive enhancement, with a pronounced capacity in scenarios favoring development, radiating axially from urban conglomerates. (3) The layout of pivotal points and developmental axes has transitioned from a "tri-pillar" to a diamond configuration, with the coastal corridor, the Harbin-Beijing-Guangzhou corridor and the corridor along the Yangtze River standing out. (4) Strategic points progressively converge along key axes, while dominant regions exhibit clear differentiation on either side of the Hu Huanyong Line. By integrating elements of the territorial spatial structure, this paper proposes blueprints for "five horizontal and three vertical zones with eight cores and three areas", "four horizontal and three vertical zones with six cores and three areas" and "three horizontal and four vertical zones with five cores and three areas", corresponding to scenarios prioritizing development, status quo maintenance, and conservation, respectively. The outcomes of this research offer a technical foundation and theoretical guidance for the pursuit of high-quality territorial space development and the vision of a picturesque landscape.

**Keywords:** territorial space; resource efficiency; development and conservation; developmental capacity; territorial space blueprints; China