

主体功能区约束与区域发展协同决策:逻辑与机制

王亮¹, 顾伟男², 陈沛然³

(1. 清华大学公共管理学院, 北京 100084; 2. 南京信息工程大学地理科学学院, 南京 210044;

3. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要: 实现主体功能区约束与区域发展协同决策是构建国土空间开发保护新格局的重要议题。以北京市为例, 以“空间生产”和资源环境承载力“最大负荷”为主线, 探讨主体功能区约束与区域发展协同决策的逻辑与机制。研究发现: (1) 2008—2015年, 区域创新改造能力不足, 与其优化开发区域目标冲突; 2016—2020年, 关键发展要素的匮乏约束了区域发展。(2) 人口规模、水、土地、能源、环境污染和水土流失治理等问题是区域发展在要素尺度上触发主体功能区约束预警的表现。(3) 关键发展要素不足牵制了区域发展, 需倒逼空间生产转向“节源型”方向; 持续推进区域发展是未来协同决策的基调, 需将“优化目标”的约束性指标分解到要素尺度。本文为构建国土空间开发保护新格局提供了行动参考。

关键词: 主体功能区战略; 可持续发展; 国土空间开发保护新格局; 协同机制; 北京市

作为扎根中国国情的一种创新性国土空间治理模式, 主体功能区以资源环境承载力为原则, 通过分区、分类约束来推动区域发展与生态平衡、环境保护协同, 是中国国土空间治理思想与高质量发展的重要组成部分^[1-5]。然而, 从已有的实践经验来看, 区域发展与要素系统传导机制的模糊性^[6], 空间生产与保护效益的博弈^[7]、主体功能区约束在空间上量化要求的缺乏^[8,9]等都阻碍了主体功能区约束与区域发展协同决策系统的形成。实际上, 尽管主体功能区划将国土空间划分为开发型与保护型^[3], 但这种二元分类并不能完全反映主体功能区约束与区域发展之间真实的交互关系。那么, 主体功能区约束如何传导到区域发展决策? 如何识别区域发展过程中触发主体功能区约束预警的行为策略? 主体功能区约束与区域发展协同决策的逻辑是什么? 厘清上述问题, 既有助于从理论角度为国土空间开发保护新格局的研究提供新的学术增量, 也能为主体功能区约束与区域发展协同决策实践提供参考。

已有关于主体功能区与区域发展的相关研究主要关注两个主题: 一是主体功能区约束如何传导到区域发展决策? 从覆盖了五级行政区划尺度的“三生空间”分类探索^[10,11], 到侧重红线管控的“三区三线”优化分区评估^[12,13], 再到以划定地域功能格网单元为目标的资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价(简称“双评价”)^[14,15]等指出, “分区管制”与“分类管制”手段是主体功能区约束传导到区域发展决策的重要途径。二是如何监测预警区域发展过程中触发主体功能约束的行为策略? 作为判断主体功能的原则和

收稿日期: 2022-10-31; 修订日期: 2023-03-27

基金项目: 中国博士后科学基金项目(264578); 国家自然科学基金项目(42001128)

作者简介: 王亮(1989-), 女, 湖南娄底人, 博士, 助理研究员, 研究方向为区域可持续发展。

E-mail: liangwang1899@tsinghua.edu.cn

通讯作者: 陈沛然(1991-), 男, 山西忻州人, 博士, 助理研究员, 研究方向为经济地理。

E-mail: 314214107@qq.com

支撑区域发展的实物载体，资源环境承载力监测预警机制成为间接观察二者协同决策的重要媒介^[16]。研究者提出了“压力—状态—响应”机制、“驱动力—压力—状态”机制、“驱动力—压力—状态—影响—响应”机制、“驱动力—压力—状态—影响—响应—管理”机制^[17-19]，借由判断资源环境承载力承载状态变化来分析区域发展触发主体功能区约束预警的行为策略。上述研究为理解主体功能区约束与区域发展目标协同提供了有益的经验与启示，但现有研究普遍忽视了主体功能区约束与区域发展在要素尺度上的传导机制，对主体功能区约束与区域发展的协同逻辑也缺乏关注，这将不利于推进二者协同决策落地实践。

综上所述，厘清主体功能区约束与区域发展协同决策的逻辑与机制，对推动实现“主体功能约束有效、国土开发有序”的空间发展新格局^[1]具有重要意义。本文从理论和实证两个方面分析主体功能区约束与区域发展协同决策的逻辑与关系演变，以期形成国土空间治理体系提供参考。

1 理论框架

1.1 主体功能区约束与区域发展协同决策的逻辑框架

水、土地、能源、资本、技术、人口等发展要素由特定区域承载，而资源、环境、生态等要素子系统的集成表达决定了区域的主体功能，不同区域主体功能促使形成多元空间，多元空间的异质性促进要素流动与交换，而要素流动与交换则又反向塑造区域经济社会与自然环境，主体功能区约束与区域发展在要素尺度上联系紧密。考虑到表征区域发展的资源开发、产业组织与结构优化等经济社会活动实际上是在特定地域空间（自然环境）上的政府、市场（产业/行业）、公民社会多主体互动和实物资源、信息、知识、技术、创新等多要素流动与交换构成，而主体功能区本质上是一种事关战略发展全局的空间生产，本文以空间生产为切入点设计主体功能区约束与区域发展协同决策的逻辑框架，形成了特定地域空间下的“社会系统—政治系统—主体功能区—经济系统—创新系统”的循环运行模式（图1）。

从要素系统与主体功能区之间的循环关系来看，一方面，区域自然环境给经济系统提供生产资料时，空间生产会创造新的生产资料和积累经济资本给科研机构（人员）提供新的研究原料等，进而促进创新系统创造出更多的技术、智力资本输入经济系统；技术与创新带来的创新意识与价值观不断传递给社会公众，影响公民社会对周围环境的认知与反馈；社会系统中人们的美好生活需要、愿景和问题反馈给政府部门，成为政治系统制定政策、制度和法律推动区域可持续发展的重要参考。另一方面，主体功能区的分区、分类管制理念将约束空间生产规模与强度，与之相对的是，创新系统则可以通过改造限制区域当前或未来适应能力（创新改造能力）来降低主体功能区约束力度；社会系统中社会多元主体通过参与区域发展治理与决策（如环保社会组织、专业协会倡导与公益诉讼），将从微观上强化对主体功能区约束的监督，政治系统则将从宏观上明确主体功能区的政策意义与法律地位。

1.2 主体功能区约束与区域发展双向预警机制

资源环境承载力作为判断主体功能分类的原则与支撑区域发展的实物载体，其所关注的“最大负荷”问题也是主体功能区约束与区域发展协同决策的底层逻辑。主体功能区约束与区域发展协同决策反映在资源环境承载力“最大负荷”维度上具有两种效应。

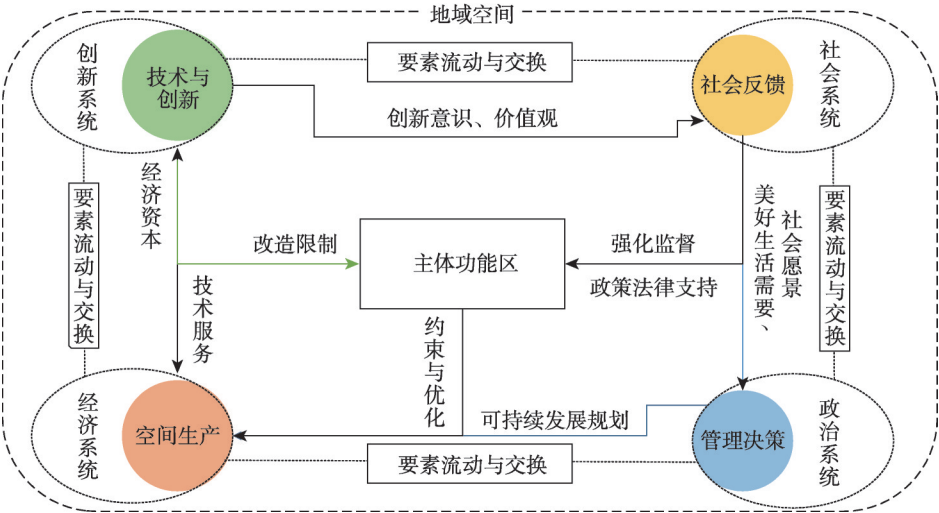


图1 主体功能区约束与区域发展协同决策的逻辑框架

Fig. 1 The logical framework of synergistic decision-making in Main Function Zoning constraints and regional development

一方面，在具有边界和范围的地域空间上，部分发展要素无法完全突破边界实现自由流动与配置，特定区域的发展潜力受其自然本底限制；同时，城市大规模开发带来的热岛效应、生物多样性下降、环境污染等负面效应可能触发主体功能区约束预警和限制关键发展要素表达，从而反向制约区域发展方向。这种双向制约将影响资源环境承载力的最低极限区间变化范围。参考中国主体功能区划方案^[3]，本文选取区域开发强度作为评断这种最低极限的衡量标准。另一方面，任何区域都不是一个完全封闭的系统，区域可以与外部进行要素交换以弥补关键发展要素的不足，在一定程度上改造区域自身发展的脆弱性与功能固化等问题；同时，区域可以通过技术与创新等手段来提高关键发展要素利用效能和触发主体功能区约束预警的门槛，从而增强区域发展的可持续性。这种双向促进关系将影响区域资源环境承载力的最高极限区间变化范围，区域要素交换能力和创新改造能力上限有赖于区域发展水平。参考联合国开发计划署（UNDP）对人类发展的界定“人类发展是为了扩大人们的选择……，如果这些基本选择不能得到，别的机会也很难得到”^[20]，本文选择人类发展指数作为这种最高极限的衡量标准。由此，构建了资源环境承载力维度上的区域发展触发主体功能区约束的双向预警机制（图2）。

考虑到区域承载能力在不同发展阶段的阈值具有阶段性，参考领域经典文献^[16,21]，通过资源环境承载状态来间接判断区域承载能力高低变化。图2表示，某区域在长期发展过程中资源环境承载能力达到当时发展条件下的临界转折（A）的状态，此阶段区域获取的外部支持力度（或创新改造能力）难以抵抗主体功能区约束强度（或区域负面效应强度），从而回落至较低水平（B）；在经济社会与创新持续发展过程中，对资源环境承载能力的促进提升作用逐渐高于制约强度，区域再次达到较高的承载水平（C）；在促进作用与制约作用相互拉锯的过程中，“A→B→C”阶段可能在长时间尺度内多次反复循环，但也可能产生另外两种情况。一是经多次人为破坏、自然变迁后，区域经济社会活动带来的负外部效应全面超过经济技术进步产生的正外部性效应，区域资源环境承载能力不断下落至最低极限区间（F），区域发展触发主体功能区约束预警最高级别，最终变为无

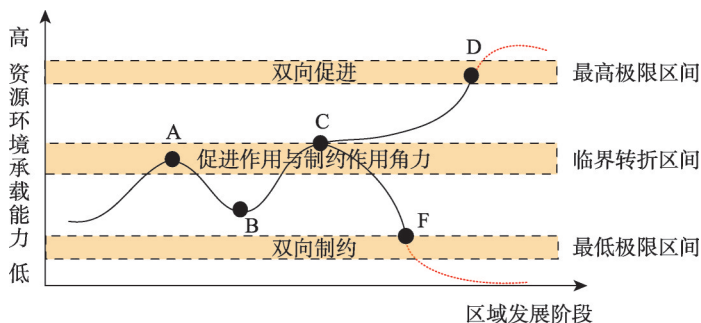


图2 主体功能区约束与区域发展双向预警机制

Fig. 2 The mechanism of regional development behavior triggering the Main Function Zoning constraints

法支撑人类生存与发展的地域空间。这一过程主要演绎了主体功能区约束对区域资源环境承载力下限的主导。二是受经济资本支撑与技术创新的加持，区域创新改造能力得到提升，区域资源环境承载力从(C)持续上升至(D)，但在可预期的经济技术条件下，区域从外部获取关键发展要素和改造自然本底容量的能力有限，难以持续维持区域发展所需的规模与强度，区域发展触发主体功能区约束预警最低级别。这一过程主要演绎了区域发展水平对区域资源环境承载力上限的主导。

1.3 主体功能区约束与区域发展协同决策模型

上述分析表明，如何妥善处理开发与保护之间的辩证关系是促进主体功能区约束与区域发展协同决策的关键。那么，对于一个特定的区域，采取何种方式可以实现主体功能区约束与区域发展协同决策，其具体运作机制又是怎样？本文首先考虑到区域开发与保护功能在空间维度上无法有效区分的问题，引入一组描述资源环境承载力在时间维度上的状态变量——超载与盈余，并引入中国地区人类发展指数(CHDI)^①与国际公认的国土开发强度警戒线(30%)^[22]分别作为定量判断依据，为区域处理开发与保护关系提供判断框架；其次，考虑到各类单一要素无法反馈区域整体性特征的问题，将各类要素归类为资源、环境、生态三大要素系统并利用要素系统的供需变化来表达主体功能区约束与区域发展在要素尺度上的制约作用和促进作用之间的角力，为区域处理开发与保护关系提供系统性信息反馈；最终构建一个四象限类型学分析框架来探讨主体功能区约束与区域发展协同决策的运作机制，具体如图3所示。

图3中，主体功能被定位为保护型的区域，在其要素系统存在盈余的情境下，以要素系统盈余程度作为判定区域接受功能变化的能力大小的基础，在坚持主体功能区约束主导的前提下，探索盈余要素系统除保护功能以外的经济、社会价值转化路径与空间生产活动的可能，以便为区域发展提供新的生产资料，进而促进技术改革与创新，然后循环改造约束区域功能的条件，达到主体功能区约束与区域发展协同决策的目标。在其要素系统超载的情境下，则需要强化空间保护功能对空间生产活动的全面优先与覆盖。主体功能被定位为开发型的区域，在其要素系统承载盈余优势均较为明显时，在继续以开发为主的前提下，强调以区域发展需求来指导要素的协调配置，同时关注主体功能区约束的最低级别预警；当某类要素系统超载时表明该类区域已存在（部分）功能衰

① 该数据来源于国家社会科学基金重大项目“中国各地人类发展指数的编制和研究”，测算数据与UNDP公布的数据相近且符合中国国情，近年数据则由UNDP公布的非连续年份报告数据补充。

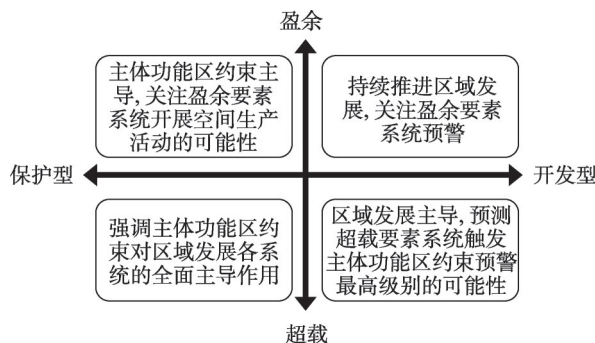


图3 主体功能区约束与区域发展协同决策类型

Fig. 3 Synergistic decision types of Main Function Zoning constraints and regional development

落的情况, 在以区域发展为主导时, 适宜强调对超载要素系统触发主体功能区约束预警最高级别的监测与预判, 并据此优化区域既有发展决策与方向。

2 研究方法与数据来源

2.1 要素系统供需变化定量评估

在特定区域的开发方式已经明确的情境下, 实现资源环境承载力视域下的要素系统供需变化定量评估是推动主体功能区约束与区域发展协同决策落地的重要环节。综合已有经典文献, 本文选取在资源环境承载力评价中应用广泛的指标体系法^[23,24], 同时借鉴供需平衡法的“供—需”平衡原则, 将资源环境承载力定义为资源、环境、生态三类要素系统的供给能力(正向)与区域发展对其的消耗水平(负向)之间的差量。假设评价资源、环境、生态系统的供给能力(消耗能力)包括 N 个指标, 标准化后的指标数值分别为 $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, 连线建立不规则 N 多边形, 第1次, 第2次, 第3次, \dots , 第 $n-1$ 次单向循环运算获得的乘积之和即为各个不规则多边形的面积 $s_1, s_2, s_3, \dots, s_{n-1}$, 该方法利用对某一数组进行循环相乘、累加的运算方式替代权重赋值^[25,26], 从而降低指标体系法对结果的主观影响, 其基本运算流程如图4所示。其中:

$$s_1 = x_1 \times (x_2 + x_3 + x_4 \cdots + x_n) \quad (1)$$

$$s_2 = x_2 \times (x_3 + x_4 + x_5 \cdots + x_n) \quad (2)$$

$$s_3 = x_3 \times (x_4 + x_5 + x_6 \cdots + x_n) \quad (3)$$

\dots

$$s_{n-1} = x_{n-1} \times x_n \quad (4)$$

本文定义不规则 N 多边形面积的均值与理想的正 N 多边形的面积之比为各子系统的供给指数或消耗指数, 用 S 表示, 其表达式如下:

$$S = \frac{s_1 + s_2 + s_3 \cdots + s_{n-1}}{N(N-1)} \quad (5)$$

同时, 本文定义某一区域供给指数为资源、环境、生态等要素系统的供给指数之和, 区域发展消耗指数为资源、环境、生态等要素系统的消耗指数之和。

本文设定各类要素系统供给指数与消耗指数的比值(Ratio, R)作为评价系统超载与否的标准, 以区域 $CHDI$ 与开发强度警戒线(30%)为衡量标准, 将资源、环境、生态

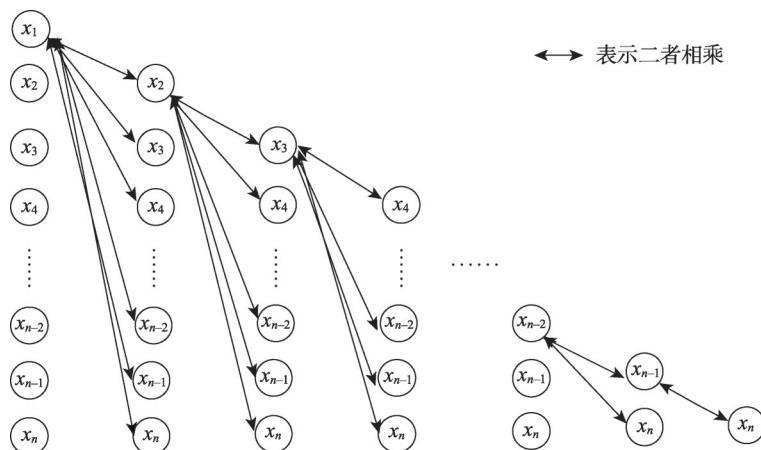


图4 单向循环相乘基本运算流程

Fig. 4 The operation process of one-way cycle multiplication

等要素系统承载状态分为不可逆超载 ($0 \leq R < 0.3$)，这种承载状态表明区域发展已经触发了主体功能区约束预警的最高级别，区域极有可能变为无法支撑人类生存与发展的地域空间；临界超载 ($0.3 < R \leq CHDI$)，这种承载状态侧重表达区域自然本底容量或创新改造能力不足，适用于预警区域承载更大的社会经济规模（空间生产强度）可能触发的主体功能区约束；盈余 ($R > CHDI$)，表明在这种承载状态下要素系统具备支撑继续扩大人们的选择和得到更高发展机会的余量空间，在考虑不触发主体功能区约束预警的情况下，应当优先推进区域发展。

2.2 障碍因子模型

明确哪些要素是导致区域发展触发主体功能区约束预警的关键因素十分重要。本文引入广泛应用于生态安全等领域的障碍度模型^[27]对此展开延伸研究，根据障碍度的大小排序来确定各个指标影响综合系统变化的主次关系。具体计算公式如下：

$$O_i = (1 - x_{i\omega}) / \sum_{i=1}^n (1 - x_{i\omega}) \quad (6)$$

$$\rho = \sum O_i \quad (7)$$

式中： O_i 表示第 ω 年的第 i 单项指标的障碍度； x_i 为标准化后的单项指标； ρ 为单个维度的阻碍度，对于供给层面的单项指标， O_i 值越大，表明该项指标对于提升区域承载能力的阻力越强；对于消耗层面的单项指标， O_i 值越大，其阻力越小。

2.3 灰色马尔科夫预测模型

由于区域发展与主体功能区约束受到众多的不确定性因素影响，单一的预测方法很难实现对该类事物发展的中长期预测。本文根据已有研究文献^[28]，选择灰色马尔科夫模型（简称灰马预测）来克服上述问题。一方面，马尔科夫模型可以实现对随机波动数据序列的长期预测，弥补GM(1, 1)模型动态预测能力较弱的局限，而GM(1, 1)模型对建模所需的信息量要求较为简单，可避免马尔科夫模型因样本量不足而无法保证预测精度的问题。该方法主要步骤如下：

(1) GM(1, 1) 建模与运算

假设原始序列 $X^{(0)}$ 有 n 个指标, $X^{(0)} = \{x_1^{(0)}, x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}\}$, 对原始序列进行累加处理得到 $x_i^{(0)} = \sum_{j=1}^i x_j^{(0)}$, ($i=2, 3, \dots, n$), 生成新序列 $X^{(1)}$, $X^{(1)} = \{X_1^{(1)}, X_2^{(1)}, \dots, X_n^{(1)}\}$, 实现减弱原始数据随机波动性目的。利用新序列获得 GM(1, 1) 的白化微分方程如下:

$$\frac{dX^{(1)}}{dt} + \beta X^{(1)} = b \quad (8)$$

式中: β 和 b 分别为待测的预测对象的发展趋势系数和灰色作用量。

运用最小二乘法估计, 求解 β 、 b , 获得原始数据的灰色预测值 $\hat{x}_i^{(0)}$:

$$\hat{x}_i^{(0)} = \left(x_1^{(0)} - \frac{b}{\beta} \right) e^{-\beta i} + \frac{b}{\beta}, i=2, 3, \dots, n \quad (9)$$

(2) 模型检验

利用后验差检验方法中的后验比 c 和小误差概率 p , 对所建模型的可信度与精度进行检验 (表1)。

表1 灰色模型精度等级判断标准

Table 1 Classifications of grey model accuracy

精度等级	p 值区间	c 值区间
优	$p \geq 0.95$	$c \leq 0.35$
合格	$0.80 \leq p < 0.95$	$0.35 < c \leq 0.50$
勉强合格	$0.70 \leq p < 0.80$	$0.50 < c \leq 0.65$
不合格	$p < 0.70$	$c > 0.65$

$$c = \frac{s_1}{s_2} \quad (10)$$

$$p = \left\{ \left| \Delta_i^{(0)} - \overline{\Delta}^{(0)} \right| < 0.6745s_1 \right\} \quad (11)$$

式中: s_1 、 s_2 分别为原始数据、残差的标准差。

(3) 马尔科夫修正

根据马尔科夫原理, 采用残差修正法对

比真实值与预测值, 建立残差序列 E_0 , $E_0 = \{\varepsilon_1^{(0)}, \varepsilon_2^{(0)}, \dots, \varepsilon_n^{(0)}\} = \{x_2^{(0)} - \hat{x}_2^{(0)}, \dots, x_i^{(0)} - \hat{x}_i^{(0)}\}$, 得到修正后的值 $\hat{x}_i^{(0)}$, $\hat{x}_i^{(0)} = \hat{x}_i^{(0)} + \varphi_i^{(0)} \varepsilon_{i+1}^{(0)}$, 并根据残差序列划分正负两种状态, 当 $x_i^{(0)}$ 大于 $\hat{x}_i^{(0)}$ 时, $\varphi_i^{(0)}$ 取值1, 反之则取值-1。

经过状态划分得到 K 个的状态, 假定从状态 K_i 转移到状态 K_j 的概率为 P_{ij} , 则:

$$P_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_i} (i=1, 2; j=1, 2) \quad (12)$$

式中: N_{ij} 为状态 K_i 转移到状态 K_j 的频次; N_i 为状态 K_i 出现的总频次, 据此建立状态转移概率矩阵 P :

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{bmatrix} \quad (13)$$

最后对灰色预测值进行修正, 假定真实值与预测值的相对误差变化区间为 $[M, L]$, 修正值为 Y , 则:

$$Y = \hat{x}_i^{(0)} / (1 \pm 0.5(M_{ij} + L_{ij})) \quad (14)$$

其中“ \pm ”的确定取决于真实值与预测值的大小差异, 当真实值大于预测值时, 取“-”, 反之则取“+”, 二者值相等时则不用修正。

2.4 评价指标体系与数据来源

2.4.1 要素系统供需变化评估体系

本文在遵循科学性、代表性和区域特征的基础上, 借鉴已有的普适性指标或控制性

参数^[4]和相关区域研究文献^[26,29-31]，建立了资源、环境、生态要素系统供给能力与消耗水平之间呈映射关系的评价体系（表2）。将人口、水资源、能源等流动性因素与土地、空间等地方性因素纳入考虑，将17个影响区域发展的关键性资源指标纳入资源系统。将18个涉及自然环境（大气、水、土壤等）危害与防治的指标以及涉及人类生存危机与应对（突发灾害、流行病等）的关键性环境指标纳入环境系统。将土地沙漠化、森林危害、水土流失等11个涉及生态危害与防治的指标纳入生态系统。此外，考虑到创新系统对改变主体功能区约束的作用较难直接衡量，采用单位GDP能耗、全社会劳动生产率、环境污染处理能力、生物防治、水土流失治理等作为间接衡量指标。

2.4.2 研究区域与数据来源

《北京城市总体规划（2016—2035年）》提出了以2300万人为北京市2035年常住人口规模的调控目标，引发了社会广泛的关注——北京坚持约束区域人口规模的科学依据是什么？此外，第七次全国人口普查公布数据显示中国城镇常住人口比例占63.89%，中国“大城市化”趋势更加明显^[32]，作为开发型区域的城市又该如何平衡主体功能区约束与区域发展？本文选择既存在资源环境紧张等问题^[33]又对人口、经济具有强大吸引力的北京（优化开发区域），作为主体功能区约束与区域发展协同决策研究的样本，具有较强的典型性。

数据主要来源于2009—2021年间的《中国统计年鉴》《北京统计年鉴》，第三次、第四次、第五次全国荒漠化和沙化监测结果^②以及北京市政府各部门的公开信息及年度分析报告。北京市人类发展指数数据来源于已有文献^[20]。个别数据缺失补充方式如下：2018—2020年耕地流入与流出数据采用北京市第二次到第三次全国土地调查相关数据的年平均值；2018—2020年环境污染治理投资从《中国生态环境统计年报》公布的31省（市、自治区）柱状图提取近似值；2008—2010年水土流失面积采用2011年北京市第一次

表2 要素系统供需定量评估指标

Table 2 Metrics of supply index and consumption index of factor systems

目标层	准则层	要素层
资源系统	消耗指数	人均用水量；耕地流出面积；城镇村及工矿用地面积 能源消费总量；单位GDP能耗 人口密度；常住人口规模；人口自然增长率；地区生产总值
	供给指数	人均水资源量；耕地流入面积；耕地面积；粮食产量；能源生产量 全社会劳动生产率；城市居民人均可支配收入；农村居民人均可支配收入
环境系统	消耗指数	二氧化硫排放量；可吸入颗粒物年均浓度；废水排放总量；危险废物产生量；工业一般固体废弃物产生量；生活垃圾产生量 甲乙类传染病发病率；自然灾害受灾人口；突发环境事故次数
	供给指数	环境污染治理投资；危险废物处置量；工业一般固体废物处置量； 生活垃圾无害化处理能力；污水处理能力 医疗卫生机构床位数；卫生技术人员；人身财产保险投保金额；应急避难场所面积
生态系统	消耗指数	土地沙漠化面积；林业有害生物发生面积；森林火灾受灾面积；水土流失面积；坡地流失总氮
	供给指数	新增封山育林面积；林业有害生物防治面积；城市绿化覆盖率；湿地面积；自然保护区面积；新增水土流失治理面积

② 指标排序不影响计算结果。

水务普查数据。为避免因数据量纲影响计算结果的客观性与准确度,本文利用Min-Max方法对原始数据进行标准化。

3 结果分析

3.1 主体功能区约束与区域发展作用现状分析

分析北京市主体功能区约束与区域发展反映在资源、环境、生态等要素系统尺度上的协同现状,结果如图5所示。

由图5可知,2008—2020年综合系统经历了由临界超载向盈余过渡的两个发展阶段。2008—2015年,综合系统处于临界超载状态,在这一过程中,区域创新改造能力提升但仍不足以抵消区域大规模经济社会活动带来的负外部效应;2016—2020年,综合系统逐渐转为盈余状态。环境系统、生态系统供需变化与综合系统基本一致,以2015年(2016年)为转折点,从濒临不可逆超载转变为显著盈余,这一过程符合北京市近年来社会反馈、政府治理措施全都指向强化主体功能区约束,主体功能区将约束与优化目标传导到空间生产的循环逻辑。资源系统则表现出截然相反的由盈余转向临界超载的特征,资源要素系统逐渐难以支撑区域发展日益增长的需求。

三大要素系统“供—需”变化也存在差异(图6)。从资源系统来看,2008—2020年,资源供给指数浮动幅度较小;资源消耗指数在2008—2016年表现为波动上升,2016—2020年则表现出波动下降趋势,但资源消耗指数始终大于供给指数,且消耗指数年均增速远高于供给指数,显露出资源要素匮乏对区域发展潜力的限制。此外,实证结果显示资源系统“供—需”变化趋同,这种变化可能包含两层含义:一方面,区域发展需求提升迫使寻求更多的资源供给;另一方面,自然本底的限制倒逼区域采取降低资源消耗强度的发展方式,区域发展与主体功能的促进作用与制约作用的角力过程得到验证。从环

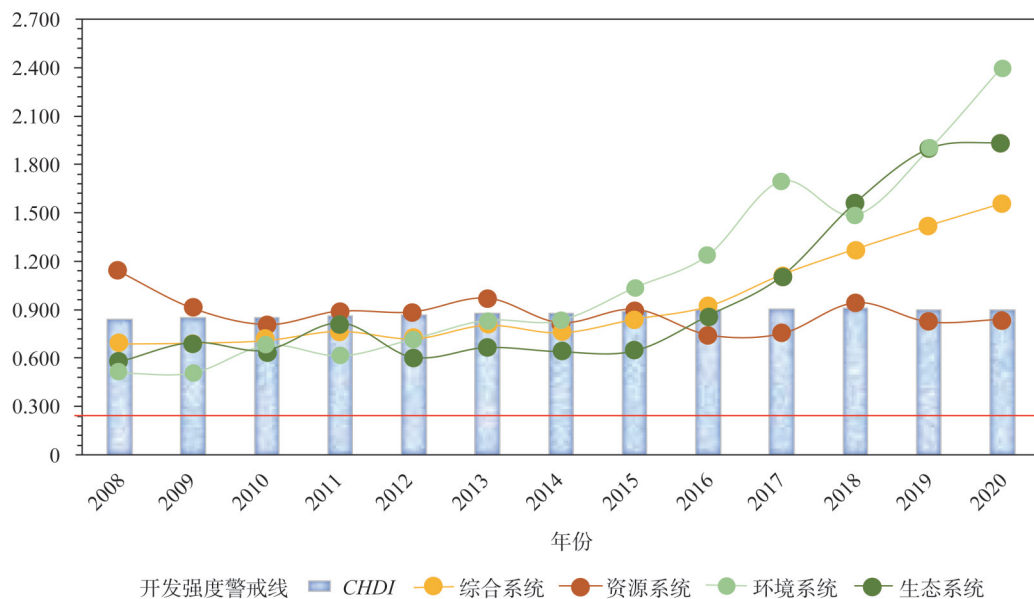


图5 2008—2020年北京市要素系统承载状态评估

Fig. 5 The dynamic changes of carrying state of factor systems in Beijing from 2008 to 2020

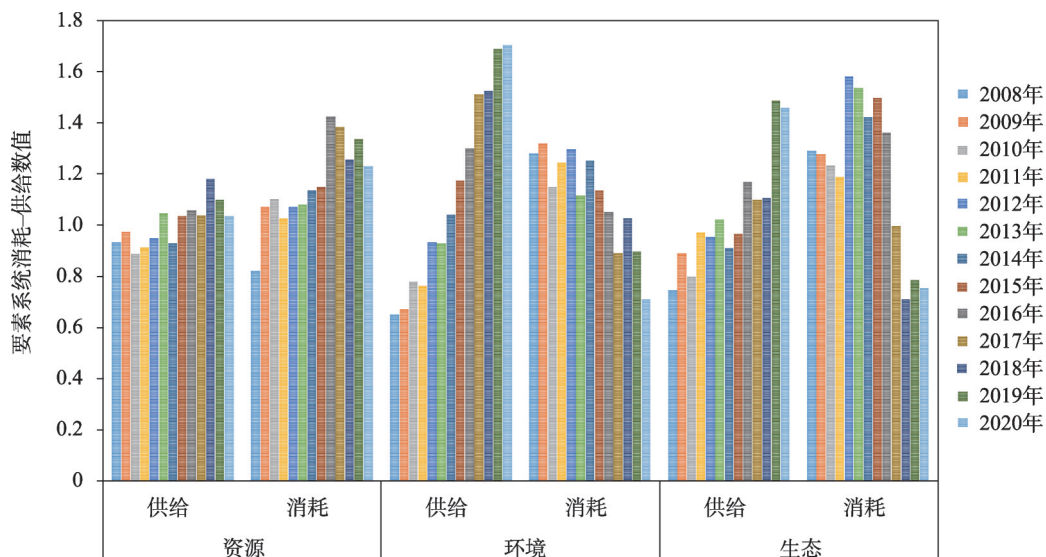


图6 2008—2020年北京市要素系统供需变化

Fig. 6 Variations of supply-consumption in factor systems in Beijing from 2008 to 2020

境系统来看, 2008—2020年, 环境系统供给指数变化表现为正S增长曲线, 环境消耗指数则基本呈波动下降趋势, 2015年之后供给指数反超消耗指数, 且这种正向差距不断增大, 这种变化可能与区域创新改造能力提升、社会多元主体参与治理、政府管理绩效需求等叠加效应^[34-36]从宏观和微观层面促进提升了环境系统的供给能力(如, 环境规制、技术创新和治理投入)有关。此外, 2020年, 环境消耗指数明显降低则可能与疫情降低了相关环境污染活动频率有关^[37]。2008—2020年, 生态系统“供—需”变化则表现出较长时间内在某区间徘徊之后再突升或突降的特征。这种变化过程与资源、环境系统大部分要素变化(如, 生产资料短缺、人们对大气污染的感知)即时性反馈不同, 这可能与区域发展反映在生态系统上的变化通常表现为长期的累积性反馈, 生态问题具有滞后效应, 技术与创新也难以瞬时改造和突破生态脆弱性有关^[38]。

3.2 区域发展触发主体功能区约束预警与趋势分析

分析影响区域承载能力的障碍因子是间接判断区域发展触发主体功能区约束预警的行为策略的重要途径, 本文对46个三级指标及资源、环境、生态3个子系统进行障碍度测算(图7)。选取供给视角累计障碍度排序前5, 消耗视角累计障碍度后5的因子进行统计分析(表3)。由图7可知, 2008—2015年, 区域承载压力主要来源于生态系统退化问题与环境系统的治理能力不足, 即过度经济社会活动造成的生态、环境负外部性效应是触发主体功能区约束预警的主要原因; 2016—2020年, 在其他维度对区域承载能力的阻力相对降低的情况下, 资源供给不足和消耗过大问题的叠加, 导致资源系统成为影响区域承载能力的第一大障碍来源; 自然本底限制与区域创新改造能力不足是触发主体功能区约束预警的成因。表3则具体地说明: 一是土地(空间)无法实现完全自由流动与配置, 牵制了区域发展; 二是水资源、能源等可交换要素大规模流动带来的负外部性效应也将制约区域发展方向; 三是环境治理能力与水土流失治理能力不足反映了区域创新改造能力仍不足以抵消区域开发带来的负面效应。此外, 常住人口规模直接成为预警要

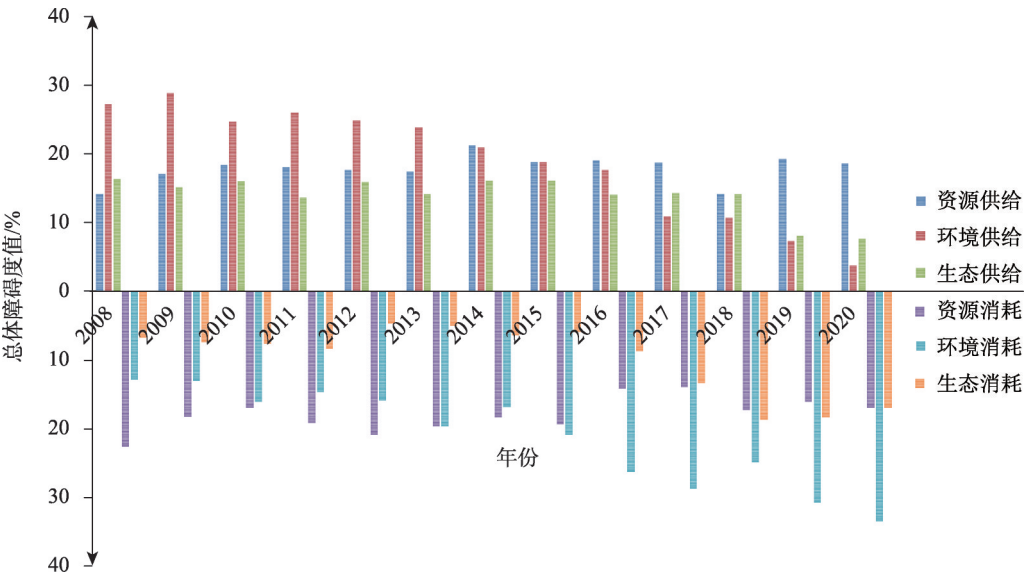


图7 2008—2020年北京市要素系统各维度障碍度对比

Fig. 7 Comparison of obstacle degrees in factor systems in Beijing from 2008 to 2020

素，则在一定程度上给北京市“以水定人”调控常住人口规模政策提供了实证证据。

为了进一步观察北京市主体功能区约束与区域发展协同决策在要素尺度上的演变趋势，本文利用通过检验的灰色马尔科夫预测模型（ p 均为1， c 均小于0.35），预测了北京市2021—2026年的各类指数变化（图8）。结果显示，灰马预测值与真实值的波动基本一致，表明其结果可信度高。总体上，资源消耗指数与供给指数均呈平缓递增趋势，且资源消耗指数速率大于供给指数；环境消耗指数呈平缓下降趋势，而环境供给指数则持续保持快速增长；生态消耗指数波动下降，生态供给指数增长较快。结合上述预测值可知，在未来较长一段时间内，北京市区域总体承载力将保持盈余，环境、生态系统承载力将得到显著改善，但资源供需不平衡问题将进一步加剧。这一预测结果呼应了本文分析认为资源系统将在较长一段时间内成为区域发展触发主体功能区约束预警来源的观点，也强调了主体功能区约束与区域发展协同决策的关注点主要在于空间生产规模与强度如何适应主体功能区约束和区域创新改造能力如何降低主体功能区约束之间的角力。

3.3 主体功能区约束与区域发展协同决策解析

由要素系统供需变化反映的主体功能区约束与区域发展之间的相互作用关系展示了

表3 2008—2020年北京市区域承载能力主要障碍因子

Table 3 Major obstacles of regional carrying capacity in Beijing from 2008 to 2020

	排序	障碍因子	累计障碍度/%
供给视角	1	自然保护区面积	42.60
	2	新增水土流失治理面积	39.57
	3	工业一般固体废物处置量	38.88
	4	能源生产量	34.40
	5	人均水资源量	33.28
消耗视角	1	城镇村及工矿用地面积	5.43
	2	水土流失面积	12.76
	3	常住人口规模	13.83
	4	林业有害生物发生面积	18.12
	5	可吸入颗粒物年均浓度	20.50

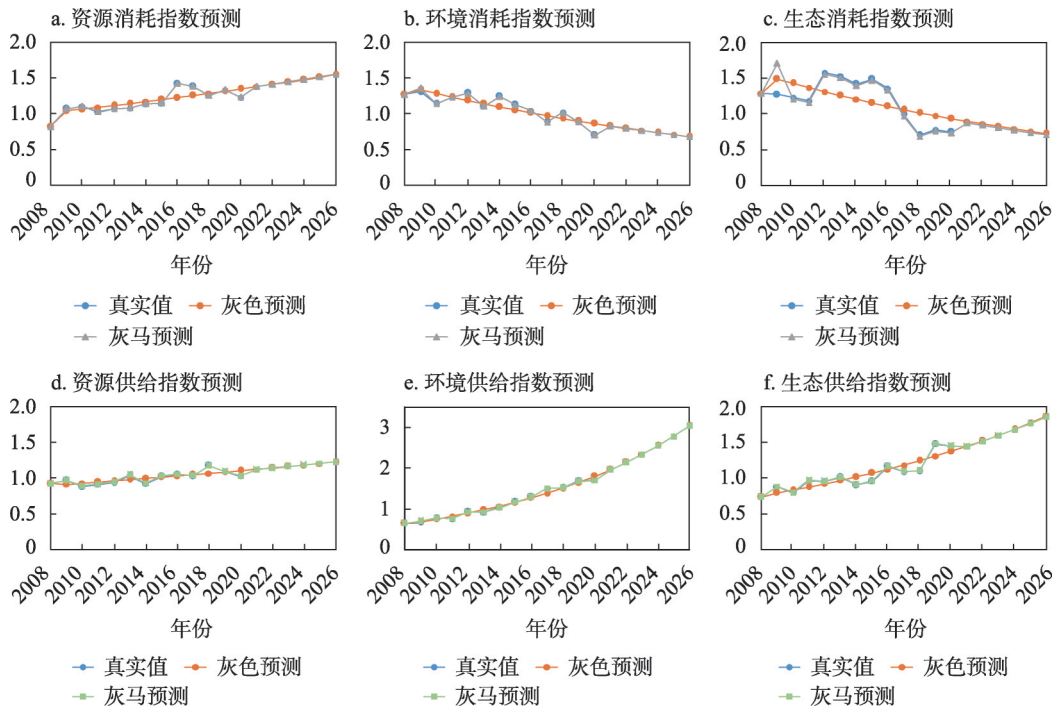


图8 2008—2026年北京市要素系统供需预测与对比

Fig. 8 Expecting changes of supply-consumption in factor systems in Beijing from 2008 to 2026

社会系统、政治系统、主体功能区、经济系统与创新系统在要素尺度上循环的运行逻辑。由区域承载能力障碍因子反馈的区域发展触发主体功能区约束预警与预测分别显示了环境、生态系统负面效应触发主体功能区约束预警的制约机制，自然本底限制与区域创新改造能力之间的角力机制，主体功能区约束与区域发展协同决策逻辑与机制得到验证。那么，北京市应当如何实现主体功能区约束与区域发展协同决策？

由2008—2020年要素系统供需变化可知，2008—2015年，北京市资源环境承载力处于“B→C”的变化过程，这一时期，区域创新改造能力不足以匹敌强烈的生态、环境负面效应，但区域空间生产规模与强度仍在增长，显示了“开发型”促使区域发展占据支配地位的过程。以2016年为转折点，北京市资源环境承载力转向“C→D”的过程，这一时期，以“雾霾”一词首次被纳入2013年自然灾害进行通报为标志^[36]，社会反馈、政策法律支持与监督、环境规制与治理技术创新合力逐渐扭转了生态、环境系统的供需失衡问题，这一过程主要显示了“优化目标”促使主体功能区约束逐渐主导的过程。结合2021—2026年的灰马预测结果来看，资源要素系统供需比例持续保持在将近4：5的局面，在较长一段时间内，区域交换外部资源的能力与创新改造能力的合力仍然无法完全抵消区域自然本底对区域发展潜力的限制，在未来发展中如何缓和甚至解决这种矛盾的具体运作方式成为讨论焦点。

基于上述，北京市适用于“强调超载要素系统对区域发展的约束”和“持续推进区域发展，关注盈余要素预警”的交叉决策模式。一方面，尽管北京市可以通过外部交换或技术改革获得关键资源要素以满足区域发展需求，但这种行为策略同时存在实践困难与内外部风险。首先，以影响北京市区域承载能力的重要障碍因子——人均水资源量为

例,如果利用南水北调中线工程继续增加人均水资源量,可能会加剧华北地区局部生态问题和水源地水土流失问题^[39],而大规模海水淡化工程则尚未解决成本较高和技术差距等问题。其次,以能源为例,增加能源供给在提高经济社会生产力的同时也极可能造成环境破坏与生态损害积累,降低城市满足人们宜居需求的能力^[40]。基于上述,遵循主体功能区约束与区域发展的双向制约机制,明确资源要素系统制约北京市区域发展的优先级,将既有利于缓解其在较长一段时间内存在的资源紧张矛盾,也有利于通过主动降低潜在的风险来促进主体功能区约束与区域发展协同决策。另一方面,从“持续推进区域发展,关注盈余要素系统预警”的准则来看,尽管当前与中长期未来预测显示北京市的环境、生态要素系统整体表现为盈余状态,但筛选出的前10个影响区域承载能力的障碍因子中,环境、生态系统要素占据6个,其问题的严峻性并不容忽视。以“优化目标”为准则,明确北京市阶段性的环境、生态要素系统的供给能力下限与区域发展消耗水平上限的要求应当具有更高的优先级。以涉及水土保持、污染防治、生态资源的各单项障碍因子为例,讨论将优化开发区域中关于环境容量、生态系统脆弱性、生态重要性和自然灾害危险性^[2,3]等指导性的功能指标分解为与这些指标相关的正向、负向约束性要素层面的指标,强调对负向约束性要素指标的底线管理和动态监测具有重要意义。

4 结论与讨论

本文从主体功能区的“空间生产”本质与区域发展的关联为切入点,构建了“社会系统—政治系统—主体功能区—经济系统—创新系统”循环运行的逻辑框架;以资源环境承载力“最大负荷”为底层逻辑,构建了“双向制约—双向促进”的主体功能区约束与区域发展双向预警机制;运用类型学分析解构了主体功能区约束与区域发展协同决策的四种模式。在此基础上,利用指标体系法、障碍度模型、灰马预测模型,分析了北京市主体功能区约束与区域发展之间的相互作用关系现状、预警与趋势和协同决策模式。实证结论如下:

第一,北京市主体功能区约束与区域发展协同决策具有阶段性。2008—2015年,表现为区域具备较强的外部资源交换能力,但区域创新改造能力不足以匹配主体功能针对环境与生态系统的“优化目标”。2016—2020年,表现为主体功能区透过社会参与、治理政策与法律支持、技术创新不断强化对空间生产的约束和优化,从而影响了区域发展的模式与方向。

第二,城市土地利用、人口规模、能源与水资源、大气污染与固废治理、水土流失治理等问题是区域发展触发主体功能区约束预警的主要因子。其中,2008—2015年,主要表现为环境污染治理与生态保护能力不足触发了主体功能区约束预警。2016—2020年,区域持续增长的空间生产所需的水、土地、能源等资源要素难以完全获取和自由流动是触发主体功能区约束预警的主要原因。预测分析表明,2021—2026年,北京市资源要素短缺程度将持续加深,极有可能引发其他问题。

第三,北京市适用于“强调超载要素系统对区域发展的约束”和“持续推进区域发展,关注盈余要素预警”的交叉决策模式。一方面,受到主体功能区约束,关键发展要素难以完全获取和自由流动,区域适用于以资源要素限制倒逼空间生产向“节源型”方向发展的模式;另一方面,区域未来具备提高主体功能区约束预警门槛的创新改造能

力,持续推进区域发展是未来协同决策的基调,但必须关注主体功能区“优化目标”约束性指标对区域发展的指导,应当将生态脆弱性、生态重要性和自然灾害危险性等约束性指标分解为水土保持、污染防治、生态资源等要素尺度指标。

本文的创新点主要表现为:一是围绕“空间生产”探讨了主体功能区约束与区域发展协同决策关系,构建了“社会系统—政治系统—主体功能区—经济系统—创新系统”逻辑框架,丰富了国土空间开发保护新格局的理论研究成果;二是基于资源环境承载力“最大负荷”视角,以人类发展指数与国土开发警戒线为衡量标准,提出主体功能约束与区域发展之间存在的双向制约、双向促进机制,为国土空间开发保护实现量化评估提供了参考;三是提出了区域发展行为策略与主体功能区约束在要素尺度上相互传导的研究视角。

囿于研究方法与数据资料的限制,本文的研究也存在不足之处。一是仅选择北京市开展个案研究,所发现的研究结论可能存在片面性;二是提出的主体功能区约束与区域发展协同决策逻辑框架主要关注区域发展与主体功能区约束围绕空间生产展开的关系,没有涉及子系统内部之间的联合作用。未来需要丰富区域发展与主体功能区约束循环关系的研究,以提高结论的效度。

参考文献(References):

- [1] 邹利林,章丽君,梁一凡,等.新时代国土空间功能的科学认知与研究框架.自然资源学报,2022,37(12): 3060-3072. [ZOU L L, ZHANG L J, LIANG Y F, et al. Scientific cognition and research framework of territorial space function in the New Era. Journal of Natural Resources, 2022, 37(12): 3060-3072.]
- [2] 樊杰.我国主体功能区划的科学基础.地理学报,2007,62(4): 339-350. [FAN J. The scientific foundation of major function oriented zoning in China. Acta Geographica Sinica, 2007, 62(4): 339-350.]
- [3] 樊杰.中国主体功能区划方案.地理学报,2015,70(2): 186-201. [FAN J. Draft of major function oriented zoning of China. Acta Geographica Sinica, 2015, 70(2): 186-201.]
- [4] 刘合林,聂晶鑫.2006—2018年中国省级以上开发区的空间分布特征变化.自然资源学报,2020,35(9): 2229-2240. [LIU H L, NIE J X. The changes of the spatial distribution of China's national and provincial development zones from 2006 to 2018. Journal of Natural Resources, 2020, 35(9): 2229-2240.]
- [5] 吴桐,岳文泽,夏皓轩,等.国土空间规划视域下主体功能区战略优化.经济地理,2022,42(2): 11-17, 73. [WU T, YUE W Z, XIA H X, et al. Optimization of major function zoning strategy from the perspective of territorial spatial planning. Economic Geography, 2022, 42(2): 11-17, 73.]
- [6] 丁四保.中国主体功能区划面临的基础理论问题.地理科学,2009,29(4): 587-592. [DING S B. Some basic theoretical issues faced with plan of essential function region system. Scientia Geographica Sinica, 2009, 29(4): 587-592.]
- [7] 叶海涛,沈利华.我国主体功能区规划的空间政治学解析.学海,2022,(4): 80-85. [YE H T, SHEN L H. On major function-oriented zone planning in China from the perspective of space politics. Academia Bimestris, 2022, (4): 80-85.]
- [8] 杨凌,林坚,李东.辨析主体功能区:基于区域和要素视角的探讨.西部人居环境学刊,2020,35(1): 1-6. [YANG L, LIN J, LI D. Understanding the major function zoning: An analysis based on regional and elemental perspectives. Journal of Human Settlements in West China, 2020, 35(1): 1-6.]
- [9] 黄征学,潘彪.主体功能区规划实施进展、问题及建议.中国国土资源经济,2020,33(4): 4-9. [HUANG Z X, PAN B. Progress, problems and suggestions on the implementation of main functional area planning. Natural Resource Economics of China, 2020, 33(4): 4-9.]
- [10] 张红旗,许尔琪,朱会义.中国“三生用地”分类及其空间格局.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. Resources Science, 2015, 37(7): 1332-1338.]
- [11] 邹利林,王建英,胡学东.中国县级“三生用地”分类体系的理论构建与实证分析.中国土地科学,2018,32(4): 59-66.

- [ZOU L L, WANG J Y, HU X D. A classification systems of production-living-ecological land on the county level: Theory building and empirical research. *China Land Science*, 2018, 32(4): 59-66.]
- [12] 郑华, 欧阳志云. 生态红线的实践与思考. *中国科学院院刊*, 2014, 29(4): 457-461, 448. [ZHENG H, OUYANG Z Y. Practice and consideration for ecological redlining. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2014, 29(4): 457-461, 448.]
- [13] 钱凤魁, 张琳琳, 贾璐, 等. 基本农田划定中的耕地立地条件评价研究. *自然资源学报*, 2016, 31(3): 447-456. [QIAN F K, ZHANG L L, JIA L, et al. Site condition assessment during prime farmland demarcating. *Journal of Natural Resources*, 2016, 31(3): 447-456.]
- [14] 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. [WANG Y F, FAN J, ZHOU K. Territorial function optimization regionalization based on the integration of "Double Evaluation". *Geographical Research*, 2019, 38(10): 2415-2429.]
- [15] 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. [HAO Q, DENG L, FENG Z M. The "Double Evaluation" under the context of spatial planning: Wicked problems and restricted rationality. *Journal of Natural Resources*, 2021, 36(3): 541-551.]
- [16] 樊杰, 周侃, 王亚飞. 全国资源环境承载力预警(2016版)的基点和技术方法进展. *地理科学进展*, 2017, 36(3): 266-276. [FAN J, ZHOU K, WANG Y F. Basic points and progress in technical methods of early-warning of the national resource and environmental carrying capacity (V 2016). *Progress in Geography*, 2017, 36(3): 266-276.]
- [17] 吕一河, 傅微, 李婷, 等. 区域资源环境综合承载力研究进展与展望. *地理科学进展*, 2018, 37(1): 130-138. [LYU Y H, FU W, LI T, et al. Progress and prospects of research on integrated carrying capacity of regional resources and environment. *Progress in Geography*, 2018, 37(1): 130-138.]
- [18] 徐美, 刘春腊. 湖南省资源环境承载力预警评价与警情趋势分析. *经济地理*, 2020, 40(1): 187-196. [XU M, LIU C L. Early warning evaluation and warning trend analysis of resource and environment carrying capacity in Hunan province. *Economic Geography*, 2020, 40(1): 187-196.]
- [19] 郭倩, 汪嘉杨, 张碧. 基于DPSIRM框架的区域水资源承载力综合评价. *自然资源学报*, 2017, 32(3): 484-493. [GUO Q, WANG J Y, ZHANG B. Comprehensive evaluation of the water resource carrying capacity based on DPSIRM. *Journal of Natural Resources*, 2017, 32(3): 484-493.]
- [20] 任栋, 吴翔, 曹改改. 中国各地人类发展水平的测度与影响因素分析. *中国人口科学*, 2020, (1): 41-52, 127. [REN D, WU X, CAO G G. Measurement of human development level in China and its influencing factors. *Chinese Journal of Population Science*, 2020, (1): 41-52, 127.]
- [21] 封志明, 游珍, 杨艳昭, 等. 基于三维四面体模型的西藏资源环境承载力综合评价. *地理学报*, 2021, 76(3): 645-662. [FENG Z M, YOU Z, YANG Y Z, et al. Comprehensive evaluation of resource and environment carrying capacity of Tibet based on a three-dimensional tetrahedron model. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(3): 645-662.]
- [22] 段佩利, 刘曙光, 尹鹏, 等. 中国沿海城市开发强度与资源环境承载力时空耦合协调关系. *经济地理*, 2018, 38(5): 60-67. [DUAN P L, LIU S G, YIN P, et al. Spatial-temporal coupling coordination relationship between development strength and resource environmental bearing capacity of coastal cities in China. *Economic Geography*, 2018, 38(5): 60-67.]
- [23] DUMANSKI J, PIERI C. Land quality indicators: Research plan. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2000, 81(2): 93-102.
- [24] HAZEU G W, METZGER M J, MÜCHER C A, et al. European environmental stratifications and typologies: An overview. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2011, 142(1-2): 29-39.
- [25] 吴琼, 王如松, 李宏卿, 等. 生态城市指标体系与评价方法. *生态学报*, 2005, 25(8): 2090-2095. [WU Q, WANG R S, LI H Q, et al. The indices and the evaluation method of eco-city. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(8): 2090-2095.]
- [26] 王亮, 刘慧. 基于PS-DR-DP理论模型的区域资源环境承载力综合评价. *地理学报*, 2019, 74(2): 340-352. [WANG L, LIU H. The comprehensive evaluation of regional resources and environmental carrying capacity based on PS-DR-DP theoretical model. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(2): 340-352.]
- [27] FAN, Y P, FANG, C L G. Evolution process and obstacle factors of ecological security in Western China: A case study of Qinghai province. *Ecological Indicators*, 2020, 117: 106659, Doi: 10.1016/j.ecolind.2020.106659.

- [28] 陈焕珍. 基于灰色马尔科夫模型的青岛市粮食产量预测. 计算机仿真, 2013, 30(5): 429-433. [CHEN H Z. Grain production prediction in Qingdao city based on grey-markov model. Computer Simulation, 2013, 30(5): 429-433.]
- [29] 毛汉英, 余丹林. 环渤海地区区域承载力研究. 地理学报, 2001, 56(3): 363-371. [MAO H Y, YU D L. Regional carrying capacity in Bohai Rim. Acta Geographica Sinica, 2001, 56(3): 363-371.]
- [30] 郭軻, 王立群. 京津冀地区资源环境承载力动态变化及其驱动因子. 应用生态学报, 2015, 26(12): 3818-3826. [GUO K, WANG L Q. Change of resource environmental bearing capacity of Beijing-Tianjin-Hebei region and its driving factors. Chinese Journal of Applied Ecology, 2015, 26(12): 3818-3826.]
- [31] 汪自书, 苑魁魁, 吕春英, 等. 资源环境约束下的北京市人口承载力研究. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(s1): 351-354. [WANG Z S, YUAN K K, LYU C Y, et al. Research of population carrying capacity of Beijing based on the resources & environment constraints. China Population, Resources and Environment, 2016, 26(s1): 351-354.]
- [32] 王桂新. 中国人口流动与城镇化新动向的考察: 基于第七次人口普查公布数据的初步解读. 人口与经济, 2021, (5): 36-55. [WANG G X. New trends in migration and urbanization in China: A preliminary investigation based on the Seventh Census Data. Population & Economics, 2021, (5): 36-55.]
- [33] 左玉辉. 环境学. 北京: 高等教育出版社, 2002. [ZUO Y H. Environment Science. Beijing: Higher Education Press, 2002.]
- [34] LIU J, LI W, WU J. A framework for delineating the regional boundaries of PM_{2.5} pollution: A case study of China. Environmental Pollution, 2018, 235: 642-651.
- [35] 李云燕, 孙桂花, 邸鹏. 北京市雾霾污染治理政府绩效评估与优化路径研究. 城市与环境研究, 2020, (1): 20-33. [LI Y Y, SUN G H, DI P. Study on government performance evaluation and optimization path of haze pollution control in Beijing. Urban and Environmental Studies, 2020, (1): 20-33.]
- [36] 张小曳, 孙俊英, 王亚强, 等. 我国雾—霾成因及其治理的思考. 科学通报, 2013, 58(13): 1178-1187. [ZHANG X Y, SUN J Y, WANG Y Q, et al. Factors contributing to haze and fog in China. Chinese Science Bulletin, 2013, 58(13): 1178-1187.]
- [37] BAUWENS M, COMPERNOLLE S, STAVRAKOU T, et al. Impact of coronavirus outbreak on NO₂ pollution assessed using TROPOMI and OMI observations. Geophysical Research Letters, 2020, 47(11): e2020GL087978, Doi: 10.1029/2020GL087978.
- [38] 段昌群, 杨雪清, 等. 生态约束与生态支撑: 生态环境与经济社会关系互动的案例分析. 北京: 科学出版社, 2006. [DUAN C Q, YANG X Q, et al. Ecological Constraint and Support: Case Studies of the Interaction between Ecological Environment and Economic Society. Beijing: Science Press, 2006.]
- [39] 楼晨笛, 方晓, 王东. 南水北调中线一期工程对生态环境的影响分析. 陕西水利, 2019, (9): 83-86. [LOU C D, FANG X, WANG D. Analysis on influences of the first phase of the South-to-North Water Transfer Project on the ecological environment. Shaanxi Water Resources, 2019, (9): 83-86.]
- [40] 林坚, 刘松雪, 刘诗毅. 区域—要素统筹: 构建国土空间开发保护制度的关键. 中国土地科学, 2018, 32(6): 1-7. [LIN J, LIU S X, LIU S Y. Region-element coordination: The critical issue concerning the construction of the system for developing and protecting territorial space. China Land Science, 2018, 32(6): 1-7.]

Understanding the synergistic decision-making in Main Function Zoning constraints and regional development: Logic and mechanism

WANG Liang¹, GU Wei-nan², CHEN Pei-ran³

(1. School of Public Policy and Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. School of Geographical Sciences, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China; 3. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: How to achieve synergistic decision-making in Main Function Zoning constraints and regional development becomes a prerequisite for determining whether China's space governance strategy is effective. To demonstrate the synergetic logic between Main Function Zoning constraints and regional development, we first design a cyclic operation mode of "social system-political system-Main Function Zoning-economic system-innovation system" in this work. Second, we notice that the "maximum load" principle of resource and environmental carrying capacity serves as the foundation for Main Function Zoning classification. As a result of this methodology, we examine the early warning mechanism between Main Function Zoning constraints and regional development. Third, we deconstruct the synergetic decision-making mode of Main Function Zoning constraints and regional development into four types: "protection- surplus" "protection- overload" "development- surplus" and "development-overload". Finally, Beijing was chosen as the research sample because it is a typical preferred development zone with a tight human-land relationship. Some conclusions can be drawn as follows: (1) there are two stages for the synergistic interaction between regional growth in Beijing and Main Function Zoning restrictions. Beijing amassed enough wealth to exchange resources with other regions from 2008 to 2015, but its capacity for transformation falls short of the "optimization target" of Beijing's Main Function Zoning. From 2016 to 2020, Main Function Zoning constraints optimized Beijing's spatial production through social participation, government governance and technological advancement, thus impacting the direction of regional development. (2) The behavioral strategy of regional growth that triggers the Main Function Zoning warning at the factor scale includes urban land use, population size, energy and water resources, air pollution and solid waste management, and soil erosion management. In particular, the detrimental effects of excessive socioeconomic activity almost resulted in an irreversible overloading of the environmental system from 2008 to 2015. From 2016 to 2020, The key factors for regional development triggering the warning of Main Function Zoning restrictions are the scarcity of water, land, and energy. Furthermore, this conflict can worsen if the current rate of spatial production growth is maintained from 2021 to 2026. (3) Given to its synergistic state, a cross-decision model is suitable for Beijing. Specifically, the Main Function Zoning constraints limit the possibilities for regional development and force the city to turn into a "resource- efficient society", making it harder to fully access important development aspects. Regional growth should be given priority in the future by taking into account the potential to change Main Function Zoning restrictions. Meanwhile, those binding metrics that are necessary to achieve the "optimization target", such as ecological fragility, ecological significance and natural disaster risk, must be subdivided into components that are connected to the regional development's behavioral approach. For the new pattern of land and space development in China, we think the results presented above can serve as a useful action guide.

Keywords: Main Function Zoning strategy; sustainable development; new pattern of land and space development; synergistic development; Beijing