

城市空间理性增长研究：以北京亦庄新城为例

龙 瀛

【摘要】 本文在目前关于城市增长和城市增长边界研究的基础上，提出了一种集成二者的研究城市空间理性增长的方法，并将其应用于北京市亦庄新城规划中，给出了既符合城市自然增长规律，又充分考虑自然资源保护和环境灾难规避的城市增长方案，可以保证新城建设用地的理性增长，为亦庄新城的城市建设提供空间指引和时序支持。

【关键字】 城市增长；城市增长边界；理性增长；空间布局；亦庄新城

在北京城市快速发展的进程中，建设项目开发遍地开花，城市无序蔓延的趋势并没有得到有效遏制，非建设用地向建设用地的非科学演变仍呈上升之势。《北京城市总体规划（2004-2020 年）》（以下简称北京总规）中，明确确定了亦庄为北京要首先发展的重点新城，在亦庄新城空间布局中，如果处理不当，一方面会带来对自然资源的破坏和环境灾难，一方面还会造成城市建设过于分散、缺乏整体性。应该通过加强规划编制的科学性和市场的导向性来实现新城的理性增长，确定从新城空间布局上哪些地方应该优先开展城市建设，哪些地方应该不鼓励发展或者滞后发展，以引导城市建设向良性的方向发展。

为了提高新城城市建设用地的科学合理性，并为了保证城市建设的有序发展，开展针对城市无序蔓延的城市空间理性增长研究就显得尤为重要，通过本工作确定亦庄新城目前在空间上的可开发程度，保留一定的未开发土地，为未来留有弹性发展空间，促进城市及区域生态环境向可持续生态系统演变。在城市蔓延之前防范于未然，保护自然资源、预防环境灾难，可以保证新城建设用地的理性增长，为亦庄新城的城市建设提供时序支持。

1 研究背景

城市空间理性增长方面，国外、国内的研究主要是从两个方面进行，城市增长分析和城市增长边界分析。城市增长（Urban Growth, UG）方面，主要是从多年土地利用变化数据入手，识别指定区域内土地利用变化的驱动力，并基于此进行未来城市建设用地空间分布的预测，基本上本方面的研究较为成熟。

而城市增长边界（Urban Growth Boundary, UGB）是 1958 年在美国 Kentucky 州首次提出并得以应用^[1]，目前 UGB 在美国应用比较广泛，是一项应用日益广泛的有效规划工具，这一边界是指划定城市与农村地区之间的一条界线，用于限制城市地区的生长，作为分区管制和土地利用决策的依据，在 UGB 内当地政府支持城市高密度的开发，而在边界之外则明令控制，这将有助于保持 UGB 边界之外的乡村风貌，保护开敞空间与农田（应用前后示意图如图 1 所示）。在部分州（如 Oregon）UGB 一般每四年重新修订一次。在美国的 Oregon、Washington 和 Tennessee 州都要求划定 UGB，在 Portland、Oregon、Minneapolis、Minnesota、Virginia Beach、Virginia、Lexington 以及 San Francisco Bay Area 的部分社区，也已经采用了 UGB。UGB 针对不同的空间尺度，如在农村地区范围，环绕城镇和村庄，往往也设定类似的不同层次的边界。美国往往还有 UGA（Urban Growth Area）的概念，但相比 UGB，二者名字虽然不同，但内涵往往完全相同。

UGB 的作用并不只是划定一个固定的边界，而是在于让政府制订一项对城市无序蔓延所造成的长期损失的直接预测方案。UGB 实际上强制城镇承担一项采用复杂的长期结构方法来预测经济和社会活力，来防止城市蔓延的发生。在美国之外，类似的边界也存在于加拿大的 Vancouver、英国的 Columbia，早在 16 世纪，伦敦就划定了绿线用于保护绿色空间，以限制城市建设用地的扩张。20 世纪中期，伦敦在其周边部分地区划定边界，作为大都市区的绿带。

基金项目：亦庄新城规划（2005—2020 年）

国内相关研究中,并没有完全引入 UGB 的概念,但也启动了一些类似的工作,其侧重点和工作深度也不尽相同,如香港在《香港 2030 年规划远景与策略》中提出“我们会划出一些发展‘禁区’,从而保护一些拥有珍贵天然财产和甚具景观价值的地区”;重庆在 1998 年至今划定两批主城区内绿地保护区,以控制建设项目,保护园林绿地。在北京,也有相关的实践,如 2003 年《第二道绿化隔离地区规划》划定绿色限建区,以保证绿化面积,控制该区域内建设用地规模,以及北京中心城绿线、蓝线和紫线,都是 UGB 的一些初步尝试。

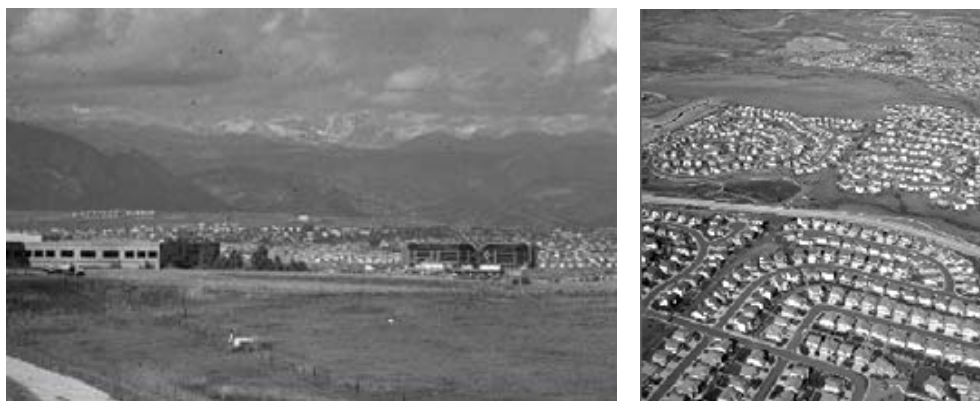


图 1 美国开展 UGB (左) 与未开展 UGB (右) 地区对比图

从以上国外、国内城市空间理性增长方面的研究可以看出,几乎所有关于城市空间理性增长方面的研究成果,都只侧重于城市增长或城市增长边界一个方面^[2],本研究拟对城市增长和城市增长边界进行综合分析,既考虑城市增长的动力因素(UG),又考虑城市增长的阻力因素(UGB),进而保证城市空间布局的可持续发展。

2 研究区域、基础数据与研究方法

研究区域

本研究的空间范围为亦庄新城 508.5km²,如图 2 所示。

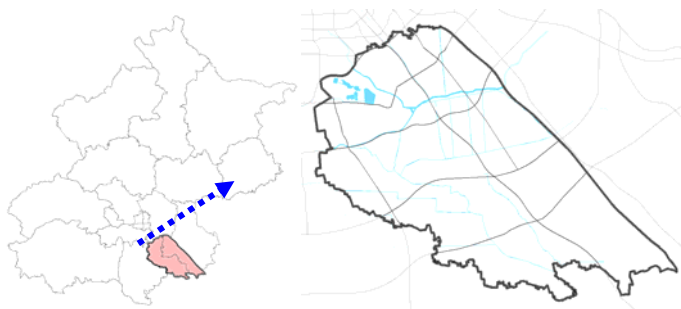


图 2 研究空间范围示意图

基础数据

开展亦庄城市空间理性增长研究,需要的基础数据主要包括地形数据(如区域道路、河流水系等)、边界数据、城市增长驱动力 UG 要素数据和城市增长边界 UGB 要素数据等,其中城市增长驱动力数据和城市增长边界数据是本研究开展的重要基础。

城市增长驱动力要素主要包括政府政策、总体规划、邻域、可接入条件、地形地貌和市政基础设施等六类;而城市增长边界数据,整体上可以将其分为两类——资源保护类和风险避让类,这两类又可以细化为相应的二级分类,如农业限建要素还分为基本农田和一般农地^[3]。二级分类层次的限建要素是本研究的基本出发点,UGB 要素空间分布确定的依据是《北京城市总体规划(2004—2020 年)》中的数据和相应行政管理部门所提供的数据。

研究方法

本研究从技术路线上主要分为两条主线——城市增长动力分析和城市增长阻力分析，每条主线在单一要素分析的基础上，结合相应的模型进行综合，给出相应的城市增长建议，最后基于城市增长的动力因素分析和阻力因素分析，给出亦庄新城可持续空间布局及建议时序。具体技术路线如图 3 所示。

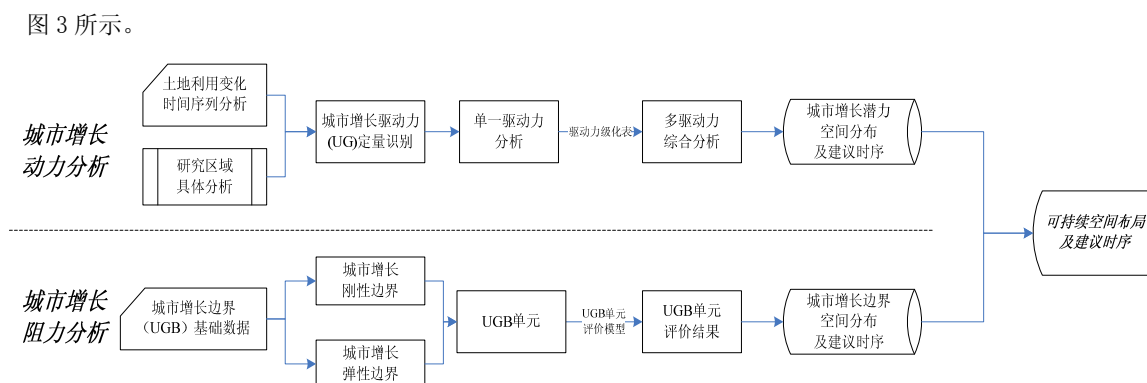


图 3 研究技术路线

城市增长分析（UG）

城市增长方面的研究，主要是结合模型进行，其中模型又分为经验模型和机理模型。经验模型主要采用的方法有空间数据回归、模糊数学、人工神经网络和遗传算法等，而机理模型主要有元胞自动机、马尔可夫链模型、概率模型和个体模型等。本次研究采用经验模型与机理模型结合的方式，具体步骤如下：

- (1) 根据国内外研究成果，初步选择亦庄土地利用变化的驱动力（UG 要素）；
- (2) 根据研究区域多年土地利用情况（1986 年、1991 年、1996 年、2001 年四个序列数据，篇幅有限，图略），识别土地利用变化的驱动力，并进行各类驱动力对土地利用变化的定量分析，对筛选的驱动力进行灵敏度分析；
- (3) 选取有效的驱动力，逐一利用机理模型（个体模型）分析其对城市增长的影响；
- (4) 对各驱动力对城市增长的影响进行综合分析，预测亦庄新城增长方向，给出建议方案。

驱动力选择及分析

根据研究区域土地利用变化的驱动力分析，初步确定如下的城市增长驱动力（即 UG 要素）：政府政策、总体规划、邻域、可接入条件、地形地貌和市政基础设施。

国家政策

北京市经济技术开发区位于亦庄，国家对该开发区的政策是亦庄新城增长的驱动力之一，在亦庄享受国家高新技术开发区政策的区域主要如图 4 所示，该区域被认为更适合发展为城市建设用地。

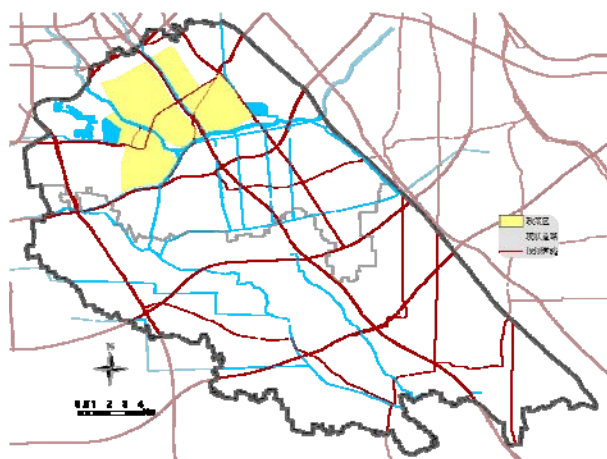


图 4 亦庄国家高新技术开发区范围

城市规划

在北京总规中，明确了亦庄重点新城的定位，也对其建设用地的分布作了整体规划。在总体规划中划定为建设用地的区域，将对亦庄新城的空间布局起到较大的作用。北京总规划定的亦庄新城建设用地范围如图 5 所示。

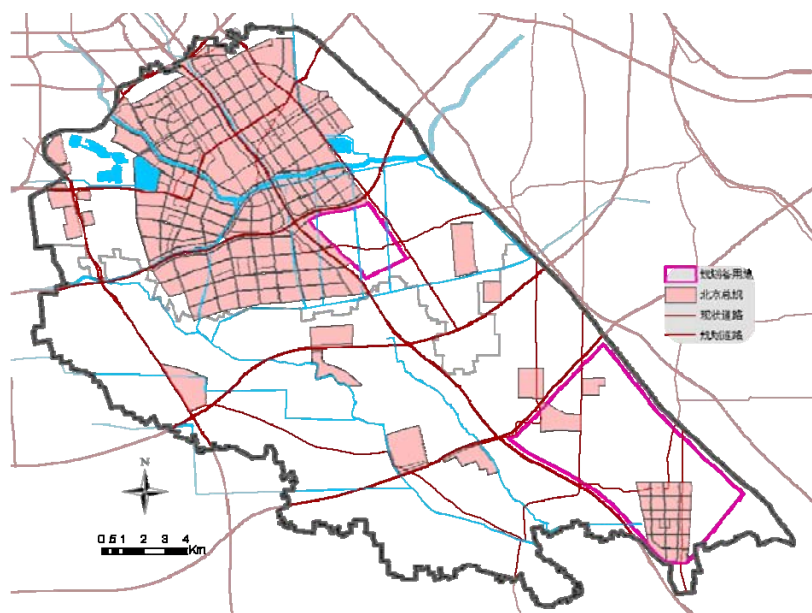


图 5 北京总规确定的亦庄新城建设用地空间分布图

邻域分析

在周边公共设施配套比较完善区域的周边（即邻域），一般更适于也更易于城市建设用地的增长，该驱动力是城市增长的主要驱动力之一。利用亦庄的土地利用现状图和每种土地利用类型对邻域的吸引力值（表 1），确定现状用地的吸引力图，结合吸引力模型，计算亦庄新城地区各区域的开发潜力，计算结果如

图 6 所示。

表 1 各类土地利用对邻域的吸引力值

土地利用类型	吸引力	土地利用类型	吸引力
公用设施用地	9	鱼塘	0
城市绿地	9	林地	0
交通道路广场用地	8	水域	0
工业用地	7	特殊用地	0
仓储用地	7	园地	0
居住用地	6	耕地	0
市政公用设施用地	4	草地	0
村镇建设用地	2	弃置地	0

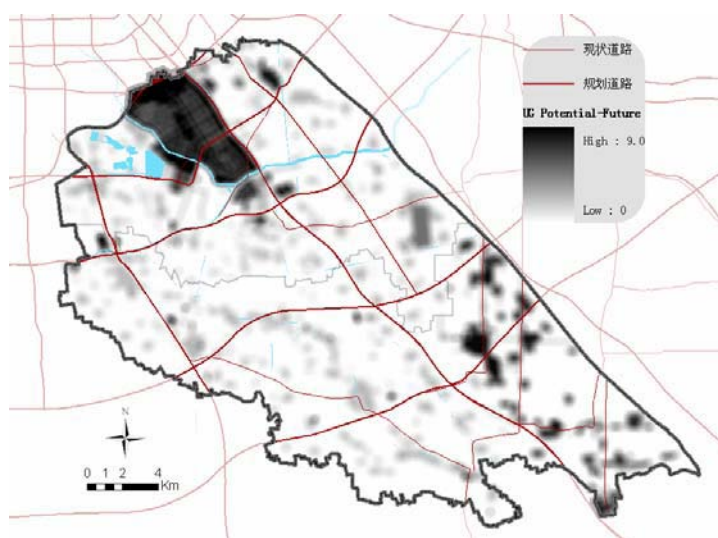


图 6 吸引力模型计算结果

接入条件分析

在交通条件比较好的区域，一般更适用于城市增长。交通实体系统主要包括场站和路网，场站主要包括铁路车站、轨道交通换乘站、货运枢纽、快速公交走廊新城枢纽、公路长途客车站、公交换乘站和停车换乘设施等，路网主要包括铁路走廊、轨道交通、快速公交线走廊、市郊铁路、主要货运交通走廊和一级公路等。在亦庄新城场站和路网分析的基础上，以距离场站 2000m 以内和距离路网 500m 以内为较好接入条件的原则，确定了如图 7 所示的亦庄新城可接入地区的空间分布。

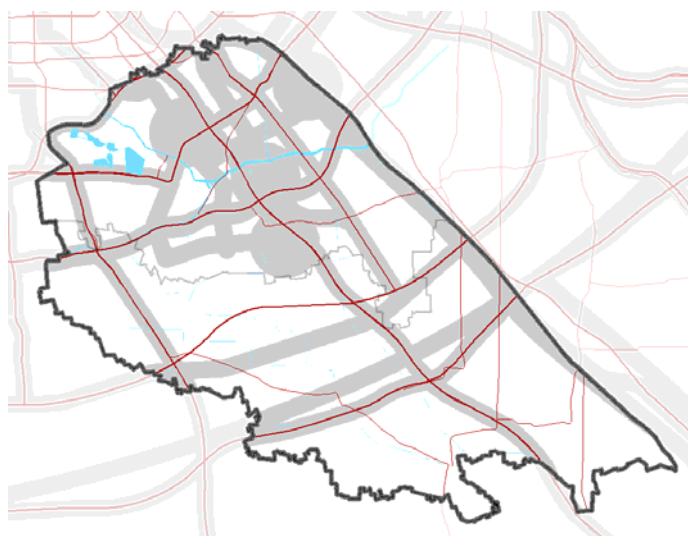


图 7 亦庄新城可接入地区分布图

地形地貌

地形地貌历来对城市空间布局都有较为严格的限制，我国古代就有朴素的城市建设选址的理想模式：“背有靠、前有照，负阴抱阳；左青龙右白虎；明堂如龟盖；南水环抱如弓”。如坡度在 3~5 度及以下较为适合城市增长，朝阳的地区更适合城市增长，距离水体较近的区域更适合城市增长。

亦庄新城坡度参数和朝向参数分布如图 8 所示。

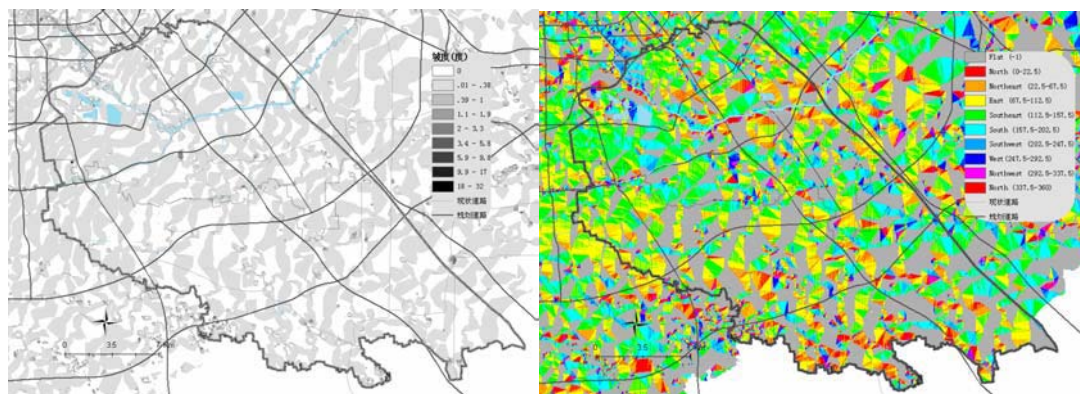


图 8 亦庄新城坡度及朝向参数分布图

市政基础设施

市政基础设施主要包括水系统（供水系统、排水系统、污水处理系统和雨水系统等）、动力系统（天然气、供热、供电等）等，在市政基础设施配套比较完善的区域，城市增长的成本将更低，即更适于城市增长。

综合分析

根据多年土地利用变化数据，结合亦庄新城的实际情况，进行亦庄新城增长驱动力（UG 要素）的敏感性分析，分析结果显示：政策、总体规划、邻域和可接入条件较为敏感，而地形地貌、市政基础设施则较不敏感。最终确定用于城市增长计算的 UG 要素为国家政策、城市规划、邻域和可接入条件。

为了确定最终的城市增长方案，需要在各 UG 要素独立分析的基础上进行综合分析。各 UG 要素的分级标准如表 2 所示。在此基础上利用城市增长模型计算城市增长潜力的空间分布（图 9），可以看出现有工业区、路东新区、奔驰厂区及配套区等地具有较高的城市增长潜力，而采育南部区域城市增长潜力最低。

表 2 UG 要素分级标准表

序号	驱动力	高(9 分)	较高(7 分)	一般(5 分)	较低(3 分)	很低(1 分)	权重
1	国家政策	有		无			0.3
2	总体规划	规划建设用地	规划备用地	无规划			0.2
3	邻域	6.5-9	4.3-6.5	2.1-4.3	0.6-2.1	0-0.6	0.25
4	可接入条件(场站, m)	0-1000	1000-2000	2000-3000	3000-5000	>5000	0.1
	可接入条件(路网, m)	0-200	200-500	500-2000	2000-4000	>4000	0.15

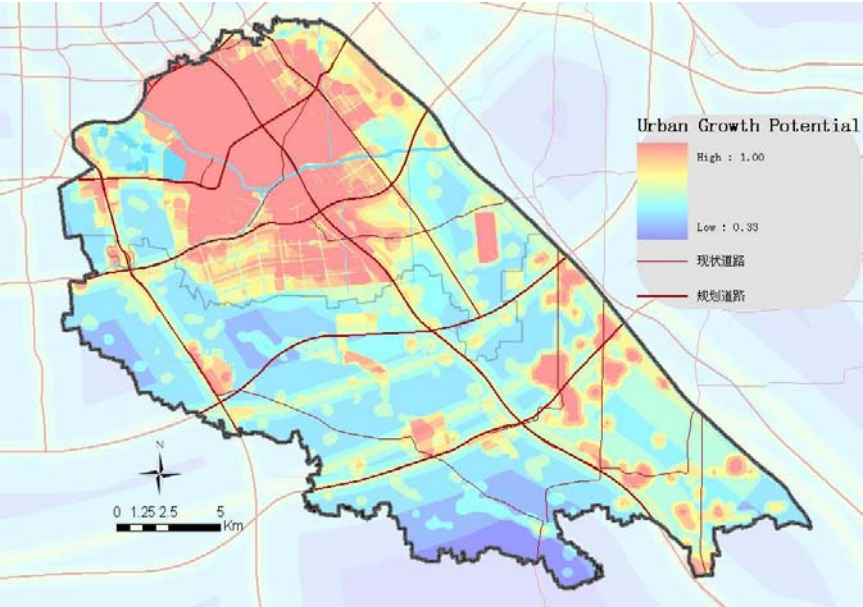


图 9 亦庄新城城市增长潜力空间分布图

城市增长边界分析（UGB）

“城市增长分析”部分主要从城市增长的动力因素出发给出城市增长方案，而城市增长往往要受到阻力因素的限制，否则将造成自然资源的破坏和较为严重的环境灾难。本部分主要侧重于从城市增长的阻力因素出发给出城市增长的建议方案，包括城市增长刚性边界分析、城市增长弹性边界分析以及基于此进行的综合分析。

数据获取

城市增长边界数据是本部分分析的重要基础，往往城市增长边界数据的行政管理和界定分布在多个政府部门，项目组与北京市勘察设计院、市国土房管局、市环保局、市园林局、市林业局、市水利局、市文物局等相关单位积极协调，由其委托科研单位负责多数城市增长边界数据的空间定位与其对城市建设的限制要求。城市增长边界数据主要分为两类——城市增长刚性边界和城市增长弹性边界。

城市增长刚性边界

城市增长的刚性边界，是指在城市增长中，应该严格控制的边界，在此范围内禁止大规模城市开发。结合亦庄

的实际情况，确定的刚性边界主要有河湖湿地、变电站防护区、高压线防护区、森林公园和风景名胜区等。

在确定以上各类城市增长刚性边界的基础上，经过空间叠加、汇总，确定了如图 10（左）所示的亦庄新城城市增长刚性边界，在该边界内严格限制城市建设，城市增长严格控制在该边界之外。

城市增长弹性边界

城市增长的弹性边界，是指在城市增长中，应该有相应政策控制的边界，在此范围内限制大规模城市开发，如果进行城市开发，则应该按照相应的控制要求进行。结合亦庄的实际情况，确定的弹性边界主要有垃圾处理厂环境敏感区、隔离地区绿地、污水处理厂敏感区、公益林、地质环境限建区、第二道绿化隔离带、农田、农田林网、大型广播电视电磁辐射区、地下水环境限建区和地下水严重超采区等。

在确定以上各类城市增长弹性边界的基础上，经过空间叠加、汇总，确定了如图 10（右）所示的亦庄新城城市增长弹性边界，在该边界内限制开展城市建设。

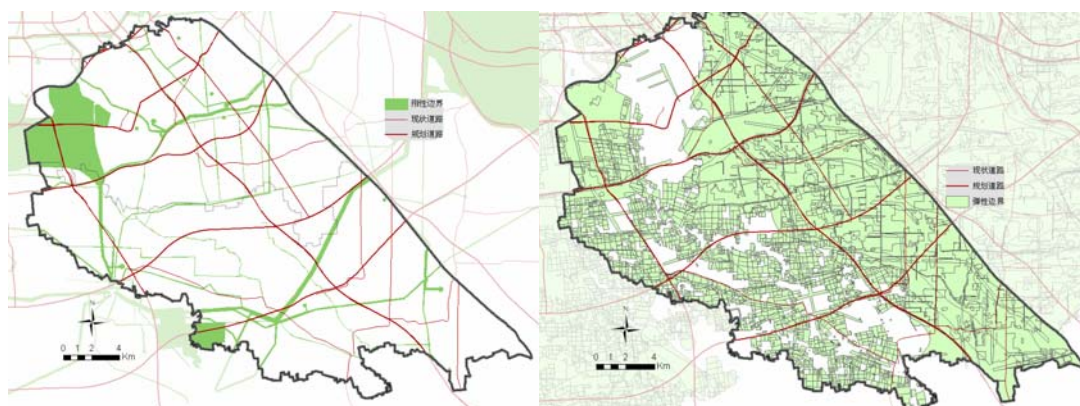


图 10 亦庄新城城市增长刚性边界（左）和弹性边界（右）分布图

3 综合分析

新城发展空间的极限情景分析

综合亦庄新城城市增长的刚性边界与弹性边界，得到亦庄新城增长边界，如图 11 所示。

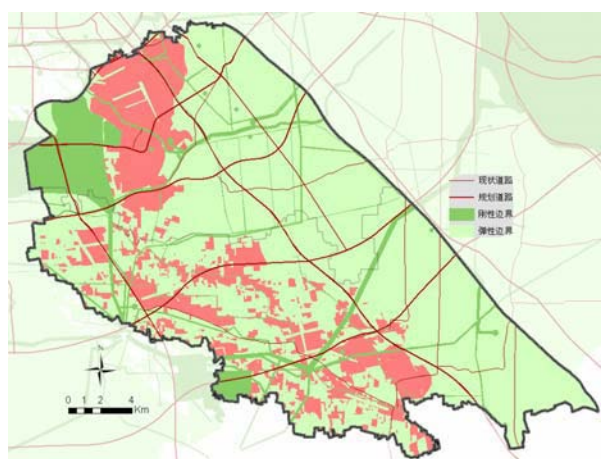


图 11 亦庄新城城市增长刚性边界与弹性边界汇总图

在亦庄新城空间布局中，如果城市增长的刚性边界和弹性边界都不被突破，即完全从保护自然资源和避免环境灾难出发，亦庄新城的可开发用地分布如图 12（左）所示，该情况是亦庄新城的城市增长最为理想的方案，表示

其最小发展空间，图 12（右）为扣除现状建设用地之后，亦庄新城的最小新增发展空间分布。

在亦庄新城空间布局中，如果城市增长的刚性边界不被突破，而弹性边界全部被突破，亦庄新城的可开发用地分布如图 13（左）所示，该情况是亦庄新城的最大发展空间。图 13（右）为扣除现状建设用地之后，亦庄新城的最大新增发展空间分布。

弹性边界权重分析

各刚性边界对城市建设的限制是一致的，即严格禁止城市建设。而各弹性边界对城市建设的限制是不一致的，甚至有较大的差别，这就需要对各类弹性边界的限制级别进行量化，本规划主要采取专家调查和理论分析的方法确定各弹性边界的权重，具体结果如图 14 所示，R1 表示对城市建设的限制及其严格，而 R9 表示对城市建设有微弱的限制要求。

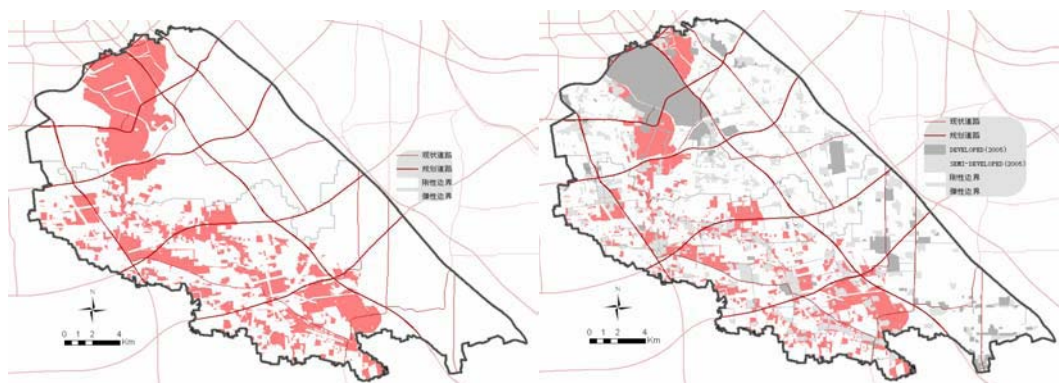


图 12 亦庄新城最小发展空间（左）及最小新增发展空间（右）分布图



图 13 亦庄新城最大发展空间（左）及最大新增发展空间（右）分布图

- R1垃圾处理厂敏感区
- R2隔离地区绿地
- R2污水处理厂敏感区
- R3地质环境限建区
- R3第二道绿化隔离带
- R3公益林
- R4农田
- R4平原农田林网
- R5大型广播电视电磁辐射区
- R7地下水环境限建区
- R9地下水严重超采区

图 14 弹性边界分级图

弹性单元计算

从以上的分析可以看出弹性边界的重叠现象比较普遍。为了识别亦庄新城弹性边界分布的主要特征，需要对亦庄新城范围内的所有弹性边界进行综合，按照“弹性边界分布情况最大相同范围”的原则，对所有弹性边界利用规划支持系统采用 UNION 的算法，进行弹性单元的空间计算，生成弹性单元图层（某区域利用弹性边界计算弹性单元的示意图如图 15 所示）。最终确定的弹性单元在亦庄新城范围内为 20153 个。

在生成弹性单元空间分布图层的基础上，需要根据弹性边界的限建导则确定每一个弹性单元的限建导则。基于所确定的各类弹性边界的权重，采用弹性单元计算模型对个弹性单元的弹性指数（用于表征其对城市建设的限制程度，指数越大，限建等级越高）进行计算。

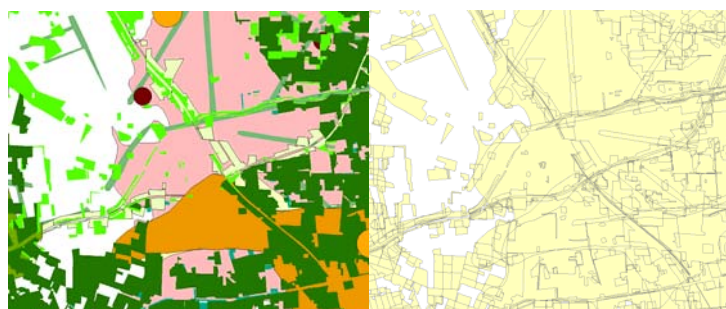


图 15 弹性要素（左）及相应弹性单元（右）示意图（局部）

本研究主要采用了 SUM 级化模型和 MAX 级化模型进行了各弹性单元弹性指数的计算，最终计算结果如图 16 所示。

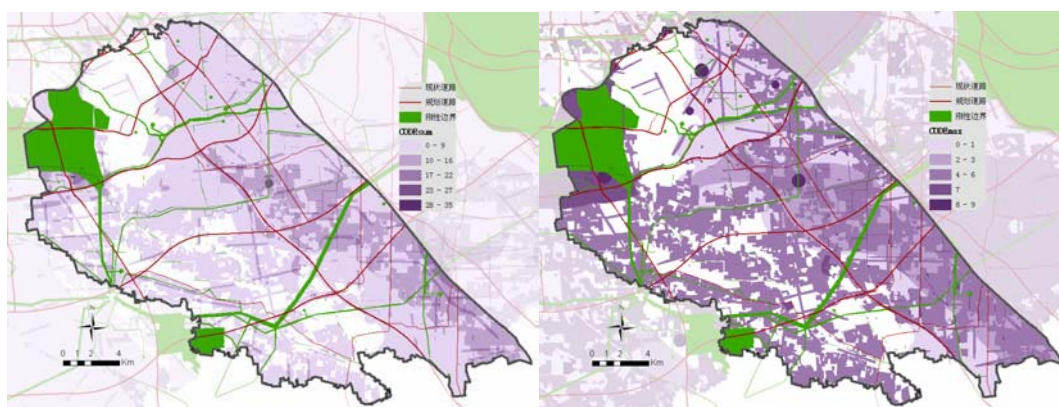


图 16 亦庄新城弹性单元及其弹性指数分布图（左：SUM 级化模型；右：MAX 级化模型）

研究结论

本研究所提出的城市空间理想增长，主要侧重于城市建设用地的空间布局，是指在城市空间布局过程中，既符合城市自然增长规律，又满足城市增长边界，即在充分尊重城市自然增长的前提下，控制城市增长的边界，保护自然资源、避免环境灾难。

城市建设用地空间布局的理性增长，具有以下的作用：

- (1) 通过对生态敏感地区的保护和对建设地区的生长约束，实现对自然资源的保护；
- (2) 通过对土地开发的适宜性分析，从现状建设用地、成熟的交通及市政基础设施条件等分析，通过经济性分析，实现对土地、基础设施等资源高效、集约利用；
- (3) 通过对环境和人居环境产生伤害和干扰的因素的分析，建设尽可能避让，达到减少对环境伤害的目的。

综合考虑城市增长的动力因素和阻力因素，采用如下的城市理性增长集成模型进行亦庄新城理性增长方案的计算：

$$P_{SG} = P_{UG} - K * P_{UGB}$$

其中：

- P_{SG} ——理性增长潜力，表示该格网转化为城市建设用地的潜力；
- P_{UG} ——城市增长潜力，表示该格网仅考虑城市增长动力因素情况下转化为城市建设用地的潜力；
- P_{UGB} ——弹性系数，表示该格网所在的限建单元的弹性系数（对于刚性边界， P_{SG} 直接赋值 0）；
- K ——集成系数。

P_{UG} 和 P_{UGB} 通过前两部分的分析已经确定，对于集成系数 K ，可以利用现状经过评估布局较为科学的建设用地作为校核，对 K 进行优化，确定的 K 值为 0.45。最终得到城市理性增长方案，如图 17 所示。在亦庄新城理性增长方案计算的基础上，可以给出亦庄新城的空间建设时序（即不同时期的新城建设用地的空间增长方向）。

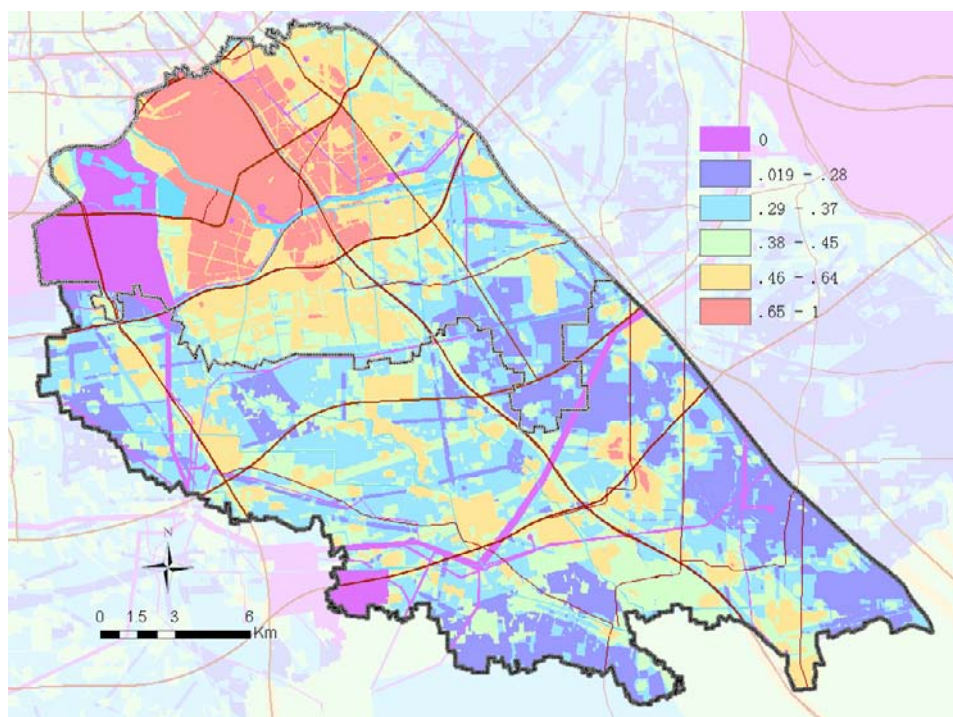


图 17 亦庄新城理性增长方案图

参考文献

- [1] Urban Growth Boundary: A Policy Brief for the Michigan Legislature. Urban and Regional Planning Program. 2002, 12
- [2] LONG Ying. Beijing Urban Growth Control Planning. EcoCITY6. 2006, 12
- [3] 北京市限建区规划: 制定城市扩展的边界. 城市规划. 2006, 12

作者简介:

龙 瀛: 男, (1980-), 吉林四平人, 硕士, 北京市城市规划设计研究院, 工程师, 中国城市规划学会会员。主要研究方向为区域及城市生态环境规划、水集成系统规划和规划支持系统。