



城市群系统演化与可持续发展的决策模拟
北京市重点实验室

京津冀国土空间中的增长 与收缩

吴康博士 副教授 博士生导师

城市群系统演化与可持续发展的决策模拟北京市重点实验室

首都经济贸易大学城市经济与公共管理学院

2019年5月

汇报提纲



1. 国土空间与新空间规划治理

2. 研究思路与分析框架

3. 京津冀国土空间中的增长与收缩格局

4. 规划启示

汇报提纲



1. 国土空间与新空间规划治理

2. 研究思路与分析框架

3. 京津冀国土空间中的增长与收缩格局

4. 规划启示

国土空间：概念与内涵

- 国土空间指国家主权权利管辖下的地域空间，是国民生存的场所和环境。作为一个复杂的地理空间，其包括土地资源、水资源、矿产资源、生态环境、社会经济等不同主题，若从提供产品类别的角度，国土空间则可以分为城市空间、农业空间、生态空间和其他空间（金贵等，2013）。
- 20世纪80年代以来，国土空间的内涵发生着不断演绎和变化，空间逐渐被意识到是经济、社会、文化、生态等在地理要素上的表达（王向东&刘卫东，2012），然而计划经济时期我国普遍重发展类规划、轻空间类规划（樊杰，2017）。

国土空间：概念与内涵

- 改革开放以来，随着人口增长和城市化发展，国土空间利用类型之间的竞争关系逐步增强、空间问题日益严重。
- 国土空间规划成为统筹区域国土空间禀赋及开发利用、经济与社会活动、生态环境治理与保护三者关系的总体方案，对改善国民生活质量、管理资源、保护环境、平衡地区间发展等具有重要作用。
- 国土空间规划是依据国家经济社会发展战略和国土自然条件、经济社会条件，统筹区域国土空间禀赋及开发利用、经济与社会活动、生态环境治理与保护三者关系的资源空间配置、开发利用管理和布局优化的总体方案，具有战略性、引导性和约束性。

职责扩张与对空间的争夺

- 经过多年的发展，我国形成较为庞杂的空间规划体系，一个行政层级存在由不同职能部门主导编制的空间规划（林坚等，2011）。



图 1 与空间相关的规划立法过程中各部门职责的扩张（袁奇峰，2018）

职责扩张与对空间的争夺

- 从部门职责出发的、为捍卫本位主义、加强部门权威的《中华人民共和国土地管理法》《中华人民共和国城乡规划法》等法规强化了各种规划的法定地位，使各部门在经济、城市建设、土地和环境等政府事权分立的情况下进行规划管理。但实际上，关于空间的规划必然是综合性与全局性的，这使得各部门的空间性规划常常需要协调超越部门职责的内容。
- 由于不同规划主体、技术标准、规划内容、数据基础、实施手段和监督机制，以及规划期限与目标、规划技术与功能定位等方面存在明显的差异（刘彦随等，2016），造成了“一个空间多个规划”且彼此冲突、各部门对规划空间权利争夺等问题，深刻影响了我国国土空间治理、发展的效率（顾朝林，2018）。

多规合一的探索

- 在这样的背景下，“多规合一”成为新型城镇化和生态文明体制改革背景下我国空间规划改革的战略要求。
- 一些特大城市率先将国土与城市规划部门合并，“多规合一”在提高审批效率、引导地方空间发展方面起到了重要作用，具有鲜明的中国本土性和根植性，单就其规划协调过程和综合特性而言，已接近空间规划的本质(张永姣和方创琳，2016)。
- 部门合并或编制一个“整合规划”只是表层的技术工作结果，这或许能帮助地方政府在短期内缓解规划之间的矛盾，但对于国家和省级政府而言，更重要的是如何找到一种可以实现相关部门利益协调的手段，而这事实上有赖于治理创新(张京祥，2014)

省级空间规划试点

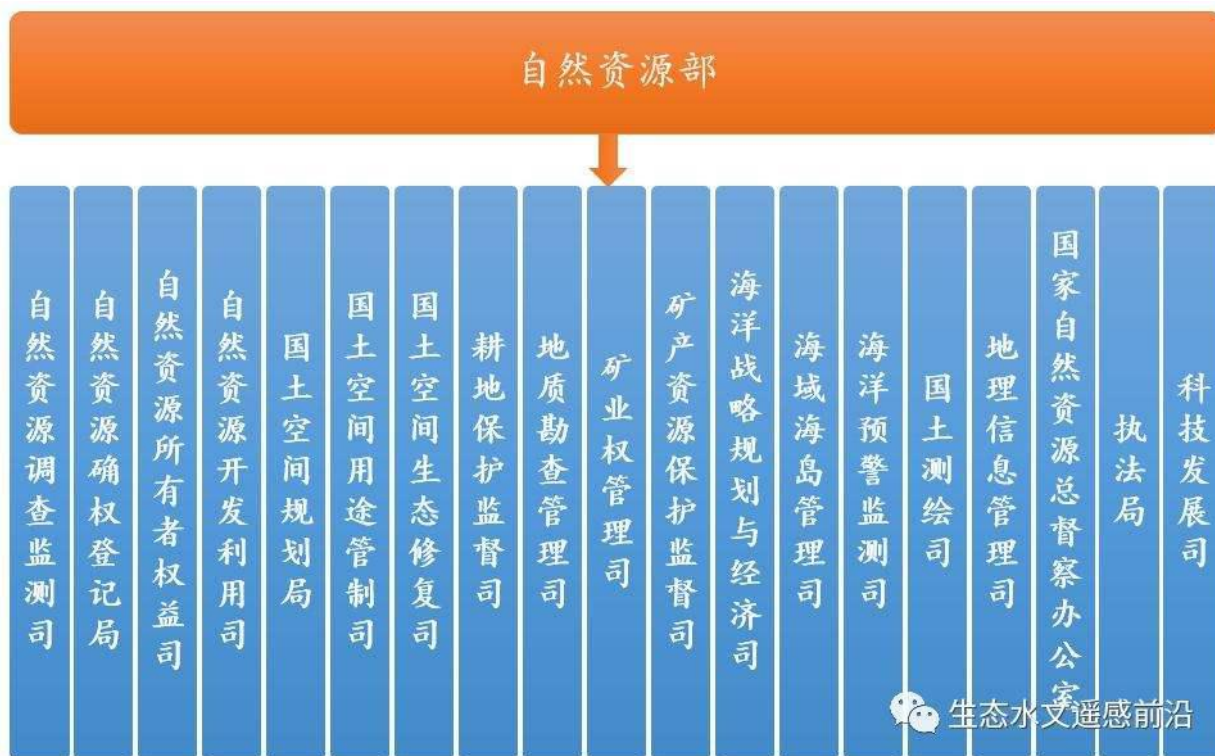
- 2017年1月，中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《省级空间规划试点方案》；
- 为贯彻落实党的十八届五中全会关于以主体功能区规划为基础统筹各类空间性规划、推进“多规合一”的战略部署，深化规划体制改革创新，建立健全统一衔接的空间规划体系，提升国家国土空间治理能力和效率，在市县“多规合一”试点工作基础上，制定省级空间规划试点方案。
- 以主体功能区规划为基础，全面摸清并分析国土空间本底条件，划定城镇、农业、生态空间以及生态保护红线、永久基本农田、城镇开发边界（以下称“三区三线”）；
- 注重开发强度管控和主要控制线落地，统筹各类空间性规划，编制统一的省级空间规划，为实现“多规合一”、建立健全国土空间开发保护制度积累经验、提供示范。
- 研究提出适用于全国的省级空间规划编制办法，资源环境承载能力和国土空间开发适宜性评价、开发强度测算、“三区三线”划定等技术规程，以及空间规划用地、用海、用岛分类标准、综合管控措施等基本规范。
- 9个试点省份：在海南、宁夏、吉林、浙江、福建、江西、河南、广西、贵州等；

省级空间规划的主要任务

- 明晰规划思路。遵循国土开发与承载能力相匹配、集聚开发与均衡发展相协调、分类保护与综合整治相促进、资源节约与环境友好相统一的理念和方法，健全国土空间用途管制制度，优化空间组织和结构布局，提高发展质量和资源利用效率，形成可持续发展的美丽国土空间；
- 统一规划基础。统一空间规划期限（2030年）、统一基础数据（坐标转换和数据库）、统一用地分类标准（《土地利用现状分类》+《城市用地分类与规划建设用地标准》）、统一目标指标、统一管控分区。
- 开展基础评价。陆海全覆盖的资源环境承载能力基础评价+针对不同主体功能定位的差异化专项评价，以及国土空间开发网格化适宜性评价。
- 绘制规划底图。根据不同主体功能定位科学测算城镇、农业、生态三类空间比例和开发强度指标。科学划定生态保护红线和生态空间；划定永久基本农田和农业空间；从严划定城镇开发边界，有效管控城镇空间。
- 编制空间规划。省级空间发展战略定位、目标和格局，需要分解到市县的三类空间比例、开发强度等控制指标，“三区三线”空间划分和管控重点，基础设施、城镇体系、产业发展、公共服务、资源能源、生态环境保护等主要空间开发利用布局和重点任务，各类空间差异化管控措施，规划实施保障措施等。
- 搭建信息平台。整合各部门现有空间管控信息管理平台，搭建基础数据、目标指标、空间坐标、技术规范统一衔接共享的空间规划信息管理平台，为规划编制提供辅助决策支持，对规划实施进行数字化监测评估，实现各类投资项目和涉及军事设施建设项目空间管控部门并联审批核准，提高行政审批效率。

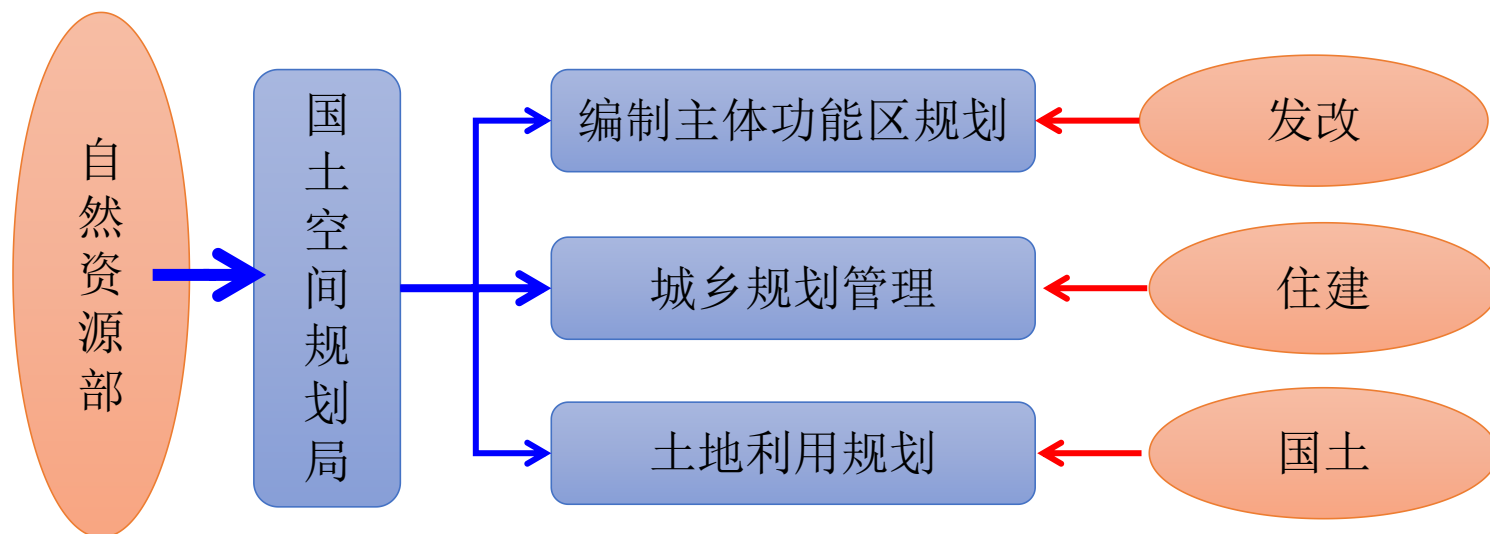
新空间规划治理

- 2018年3月，中共中央印发《深化党和国家机构改革方案》，组建自然资源部，将“建立空间规划体系并监督实施”作为其主要职责之一。此项改革整合了此前由多个部门负责的空间规划编制和管理职责，顺应了各界多年来关于推进“多规合一”的呼声，开启了中国空间规划和空间治理的新时代。
- 自然资源部三定方案与2018年8月正式公布。



新空间规划治理

- 2018年3月，中共中央印发《深化党和国家机构改革方案》，组建自然资源部，将“建立空间规划体系并监督实施”作为其主要职责之一。此项改革整合了此前由多个部门负责的空间规划编制和管理职责，顺应了各界多年来关于推进“多规合一”的呼声，开启了中国空间规划和空间治理的新时代。
- 自然资源部三定方案与2018年8月正式公布。



规划的逻辑：Planning for growth?

- 自1970年代以来，受新自由主义的影响，西方国家的规划逐渐走向“去管制化”的道路。我国的现代城市规划在形成之初很大程度地学习、包容了西方现代规划理论，在不一样的语境下“地方化”出越来越多的转型期特征。
- 作为建立在增长模式下的城镇化战略顶层设计，中国规划体系从政治经济学的视角看其本质为“**增长型规划**”（Wu, 2015）。在改革开放后的分权化、市场化、全球化转型过程中，地方和中央政府都在不断强化规划以促进增长，简而言之，其规划和发展逻辑是“**以空间换发展**”，**培育强大的产业基础**；“**以土地换财政**”，**配合地方政府经营城市土地，构筑了庞大的土地财政框架**（袁奇峰，2015），成为地方政府挖掘土地价值、增强财政能力的手段，“**为增长而规划**”成为改革开放后中国城市规划发展的基本逻辑与范式（张京祥等，2016）。

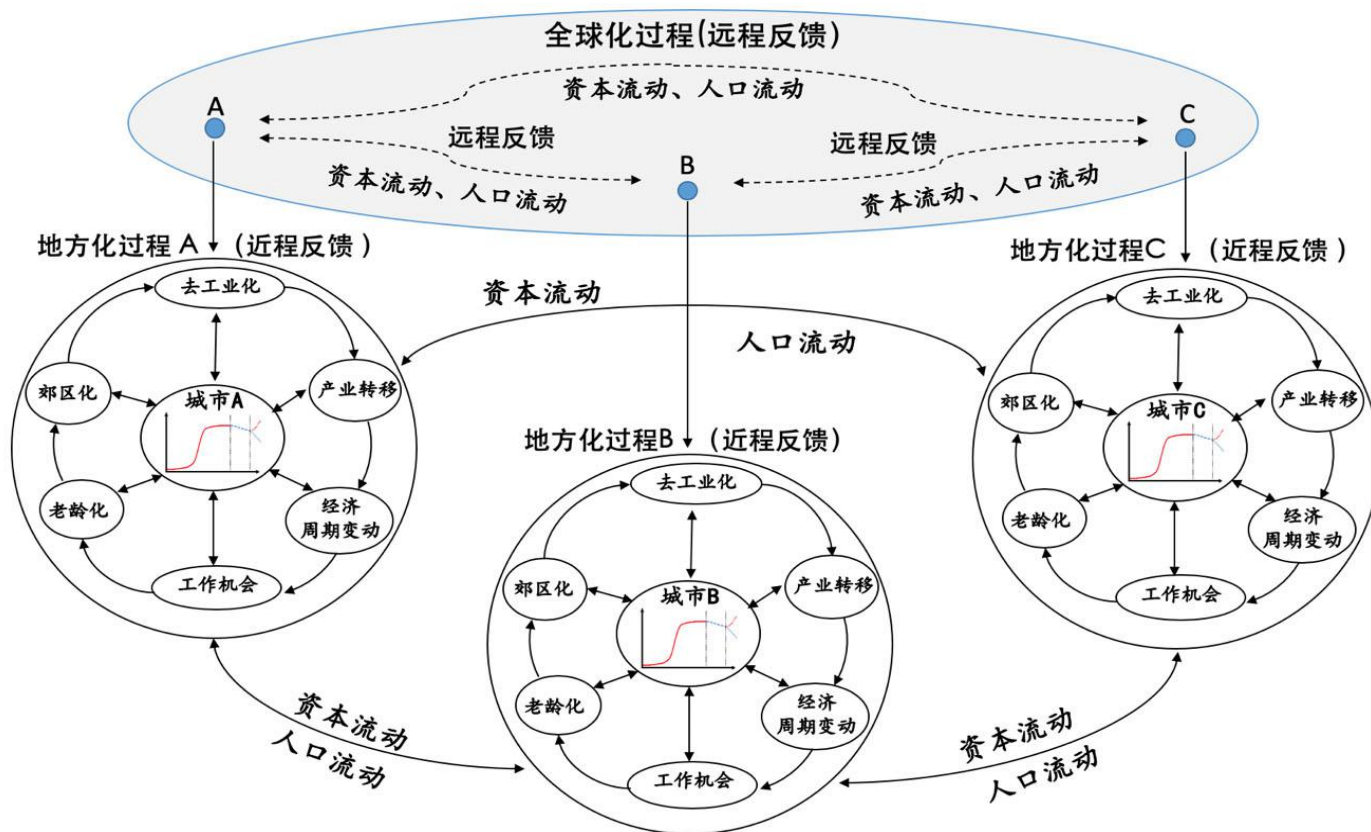
收缩：中国城市化的另一面

- 建立在增长模式下的中国城镇化顶层设计，**学界和政策界的关注点主要集中在城市的增长和扩张方面**；
- 对冒进式城镇化的警惕（陆大道, 2007; 2010）、高密度城镇化地区的资源环境压力（方创琳, 2009; Chen et al., 2010）；
- 不少城市相继出现“空城”、“鬼城”（Shepard, 2015; Batty, 2016），农村地区出现“空心化”（龙花楼等, 2009; 刘彦随等, 2009; 2010）等与**传统城市繁荣增长或城乡一体化理念相违背的“收缩”现象**。



收缩：中国城市化的另一面

- 全球化和信息化的催化→中国城市发展已进入“流动空间”和“网络体系”时代
(吴康 等, 2013&2015) →城市竞合的不平衡(资本趋利性+人用脚投票)



城市收缩的全球化—地方化近远程循环反馈机制
(吴康, 2019)

增长与收缩的空间规划响应

- 高速交通网络的全覆盖、中国户籍制度改革的加速推进，刘易斯拐点中人口红利的日渐消失、人口老龄化等使得中国未来的人口结构和人口流动将发生重大而深刻的结构性变革；
- 全球经济放缓、房地产供给过剩、“炒楼”等潜在风险和不确定因素的存在；
- 城市收缩、甚至区域收缩是未来（国土）空间规划与空间治理需要正视和不可回避的大问题！
- 在这样的背景下，应将增长与收缩的基础研究置入更广阔的国土空间中，才能为下一步空间规划的编制提供基础性支持。



汇报提纲



1. 国土空间与新空间规划治理

2. 研究思路与分析框架

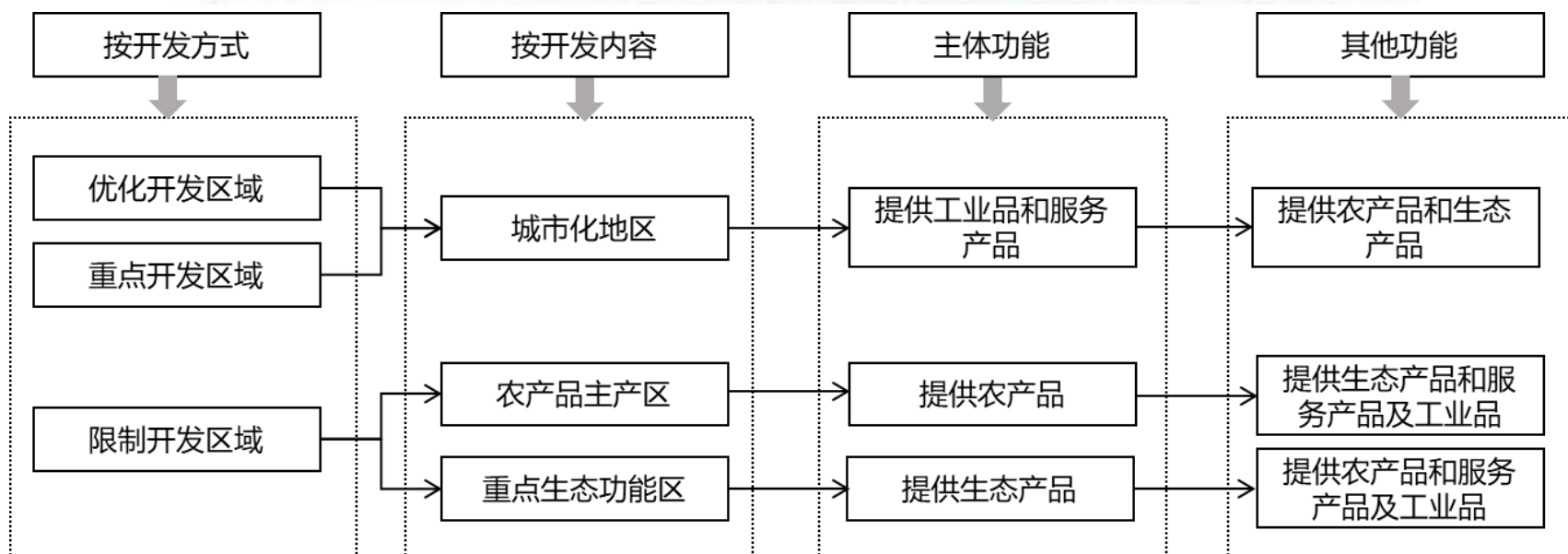
3. 京津冀国土空间中的增长与收缩格局

4. 规划启示

空间规划体系中的主体功能区规划

- 2011年6月，我国首个全国性国土空间开发规划《全国主体功能区规划》正式发布。随着之后各省级主体功能区规划编制工作的完成，国家和省区尺度进行空间管制的地域功能区域转化为4类主体功能区，其中优化开发、重点开发和限制开发区域原则上以县级行政区为基本单元，禁止开发区域以自然或法定边界为基本单元，分布在其他类型主体功能区中。

主体功能区分类及其功能



空间规划体系中的主体功能区规划

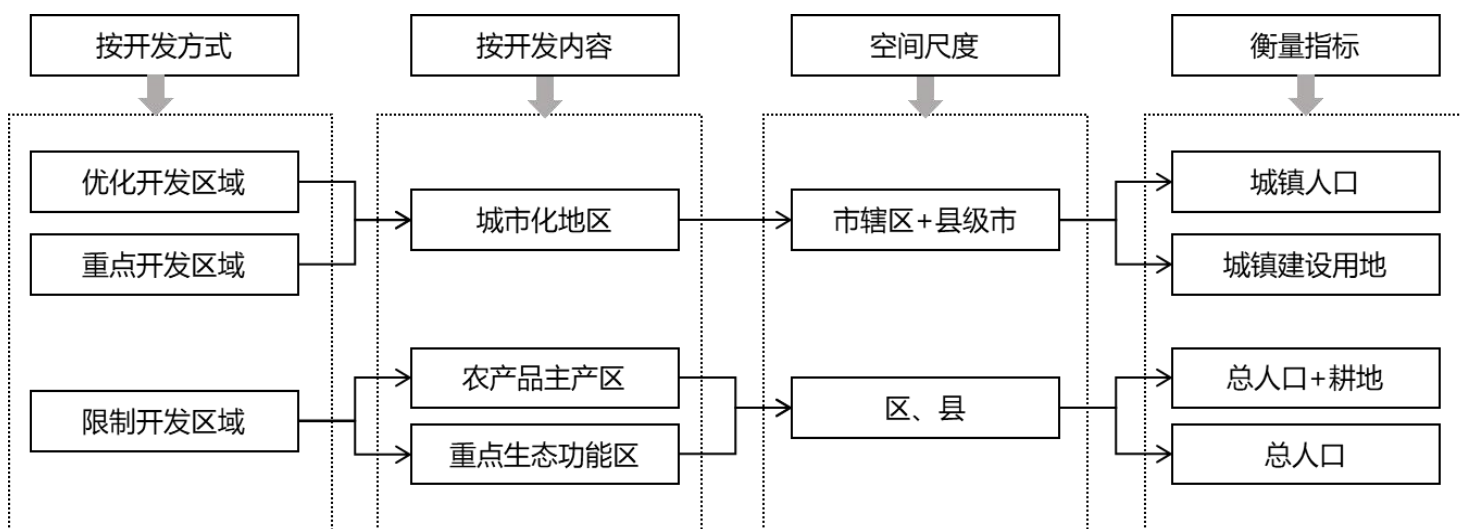
- 2015年党的十八届五中全会将主体功能区建设提高到作为我国国土空间开发保护基础制度的战略地位（盛科荣，樊杰等），而2017年1月《省级空间规划试点方案》中也提出要以主体功能区规划为基础，全面摸清并分析国土空间本底条件，划定城镇、农业、生态空间以及生态保护红线、永久基本农田、城镇开发边界（以下称“三区三线”）。
- 因此，作为刻画未来中国国土空间开发与保护格局的规划蓝图（樊杰，2015），主体功能区规划已上升为主体功能区战略和主体功能区制度，主体功能区规划是统筹各类空间性规划的基础，以其为空间载体，全面摸清并分析国土空间本底条件，划定“三区三线”，是下一步空间规划的前提基础和重要支撑。

空间规划体系中的主体功能区规划

- 当前，“三线”中尚有城镇开发边界没有形成国家层面的划定规程和技术指南，许多地方开发边界划定的合理性和应用的有效性均受到质疑（吴若谷等，2018）。而土地、人口作为“三区三线”的核心依据指标，**据此厘清我国城市化过程中两者增长与收缩的规模、速度、方向等，明晰我国主体功能区中的增长区与收缩区空间分布及演化特征，对于城镇开发边界的科学划定，协调城市建设、生态保护、耕地保护之间的关系以及合理引导城市空间有序发展均具有十分重要的意义。**

分析框架

- 从城市研究扩展到国土空间研究，在已有城市研究的基础之上，针对不同主体开发内容的区域，设置不同的空间尺度、统计指标研究。
- 对于城市化地区，即优化开发区域和重点开发区域，其主要研究单元为市辖区和县级市，以城镇人口和城镇建设用地作为衡量指标。
- 对于限制开发区中的农产品主产区和重点生态功能区，其空间尺度为县级单元，以总人口和耕地（仅限于农产品主产区）为指标。



相关数据

- 2000年第五次全国人口普查分区县级统计数据
- 2010年第六次全国人口普查分区县级统计数据
- 京津冀三省市主体功能区规划
- 2000年100m格网土地利用数据
- 2010年100米格网土地利用数据
- 京津冀县级行政区界矢量数据

$$C_u = \frac{(P_{u2010} - P_{u2000})}{P_{u2000}}$$

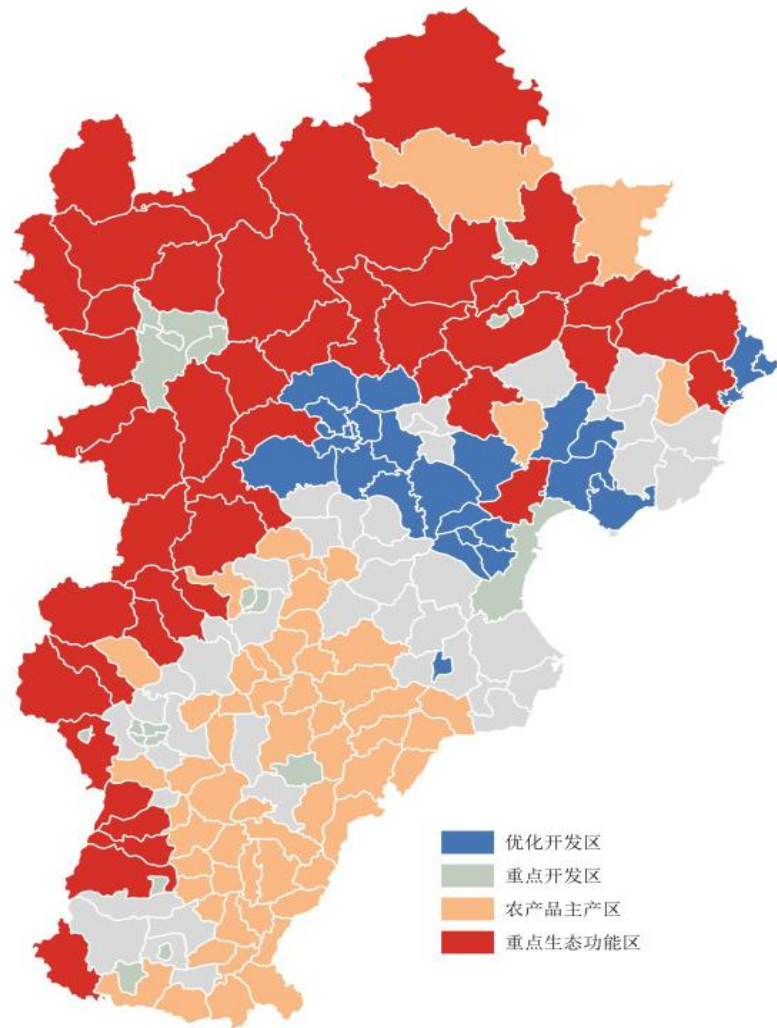
$$C_s = \frac{(P_{s2010} - P_{s2000})}{P_{s2000}}$$

$$S_u = \frac{(L_{u2010} - L_{u2000})}{L_{u2000}}$$

$$S_f = \frac{(L_{f2010} - L_{f2000})}{L_{f2000}}$$

京津冀主体功能区人口变化概况

● 京津冀主体功能区共包括146个区县级行政单元，其中优化开发区27个，重点开发区17个，农产品主产区58个，重点生态功能区46个。京津冀主体功能区形成了以“**京津为优化开发区、各地级市中心城区为重点开发区、冀中南地区为农产品主产区、冀北及沿太行山脉为重点生态功能区**”的主体功能格局。北京市房山、昌平两区核心区属于优化开发区，外围乡镇属于重点生态功能区，故分别计入主体功能区。



京津冀主体功能区人口变化概况

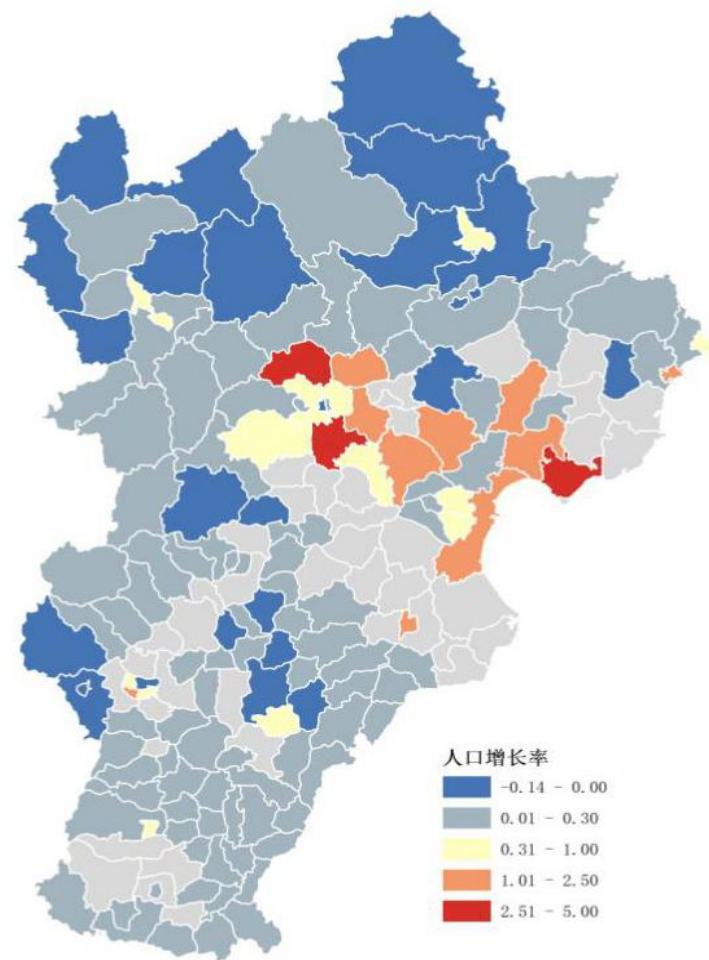
- 京津冀四类主体功能区总人口数由2000年的6363万增至2010年的7732万人，年均增长速度为1.97%。其中，城市化地区城镇人口占总人口比重由2000年的39.26%增至47.85%，且城市化地区与非城市化地区人口年均增长速度有着显著差异，京津冀重点开发区增长最快，年均增长速度高达4.17%，优化开发区年均增长速度达到3.95%；而重点生态功能区和农产品主产区总人口增长速度仅0.35%和0.47%。

表 2 京津冀主体功能区划基本情况表

功能区类型	区县个数		人口（万人）		土地面积（km ² ）	
	数量	百分比（%）	2000 年	2010 年	2000 年	2010 年
优化开发区	27	18.24	18115991	26674693	1639.28	2952.67
重点开发区	17	11.49	6863843	10326253	639.44	1184.82
农产品主产区	58	39.19	23382671	24504197	33603.25	32273.28
重点生态功能区	46	31.08	15268011	15816210	-	-

京津冀主体功能区人口变化概况

● 京津冀四类主体功能区总人口数由2000年的6363万增至2010年的7732万人，年均增长速度为1.97%。其中，城市化地区城镇人口占总人口比重由2000年的39.26%增至47.85%，且城市化地区与非城市化地区人口年均增长速度有着显著差异，京津冀重点开发区增长最快，年均增长速度高达4.17%，优化开发区年均增长速度达到3.95%；而重点生态功能区和农产品主产区总人口增长速度仅0.35%和0.47%。



汇报提纲



1. 国土空间与新空间规划治理

2. 研究思路与分析框架

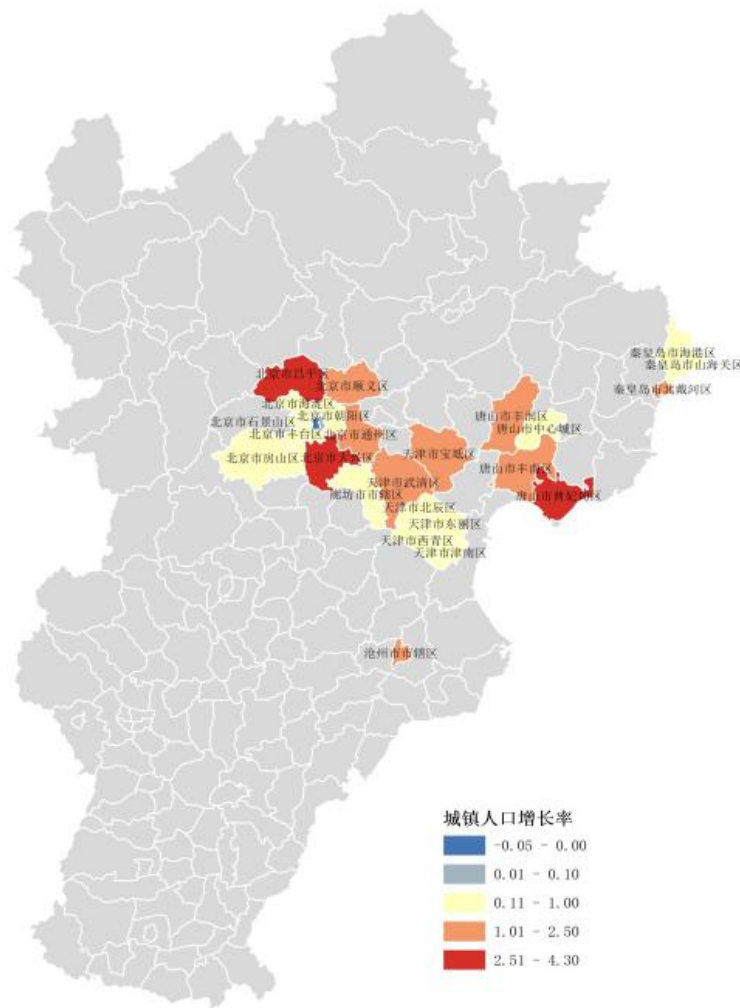
3. 京津冀国土空间中的增长与收缩格局

4. 规划启示

优化开发区域的城镇人口与建设用地变化特征

优化开发区域：城镇人口

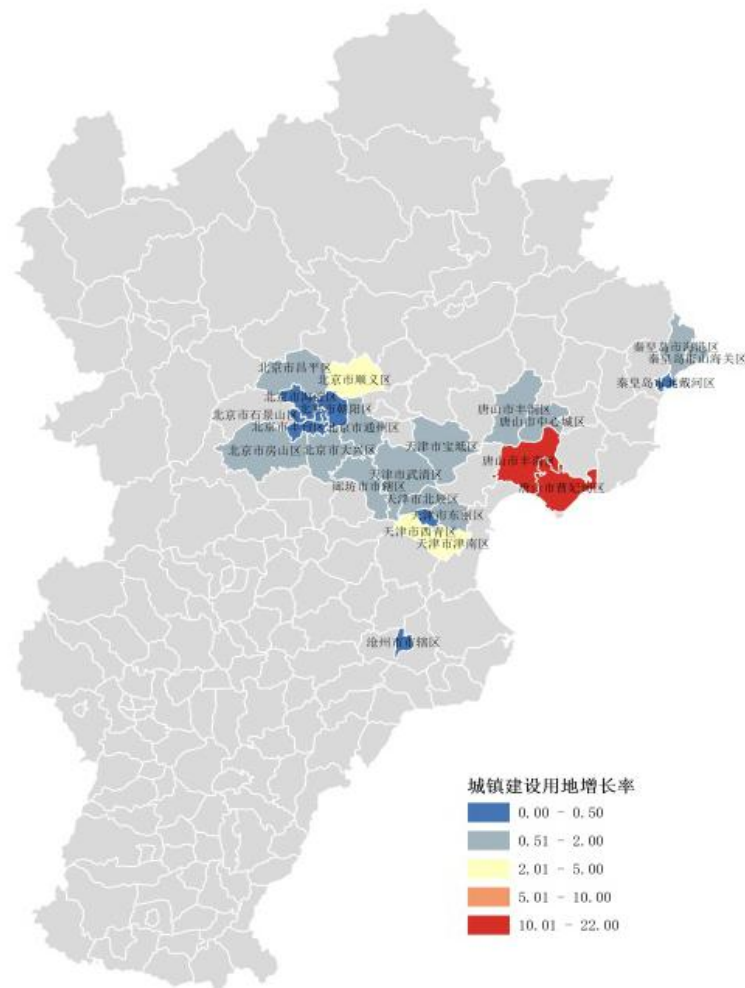
- 在京津冀27个优化开发空间单元中，城镇人口发生收缩的区域仅有**北京市西城区**，其余地区均出现不同程度的增长。但不同增长区增长速度差异较大，其中**人口增长速度最快的区域集中在北京市郊区**，其中**昌平区和大兴区**增长速度最快、指数最大，分别是4.21、4.13；
- 唐山市曹妃甸区于2012年设区，原为唐海县，在十年间城镇人口也急剧增加。
- 随着京津冀地区进一步的融合发展，天津市的**武清区和宝坻区**、北京市的**通州区和顺义区**、唐山市的**丰南区和丰润区**均成为了城镇人口快速增长区，而各城市市辖区总体而言增长指数不甚明显。总体而言，呈现出“**城市外围郊区增长迅速、核心区较为缓慢**”的态势。



优化开发区域的城镇人口与建设用地变化特征

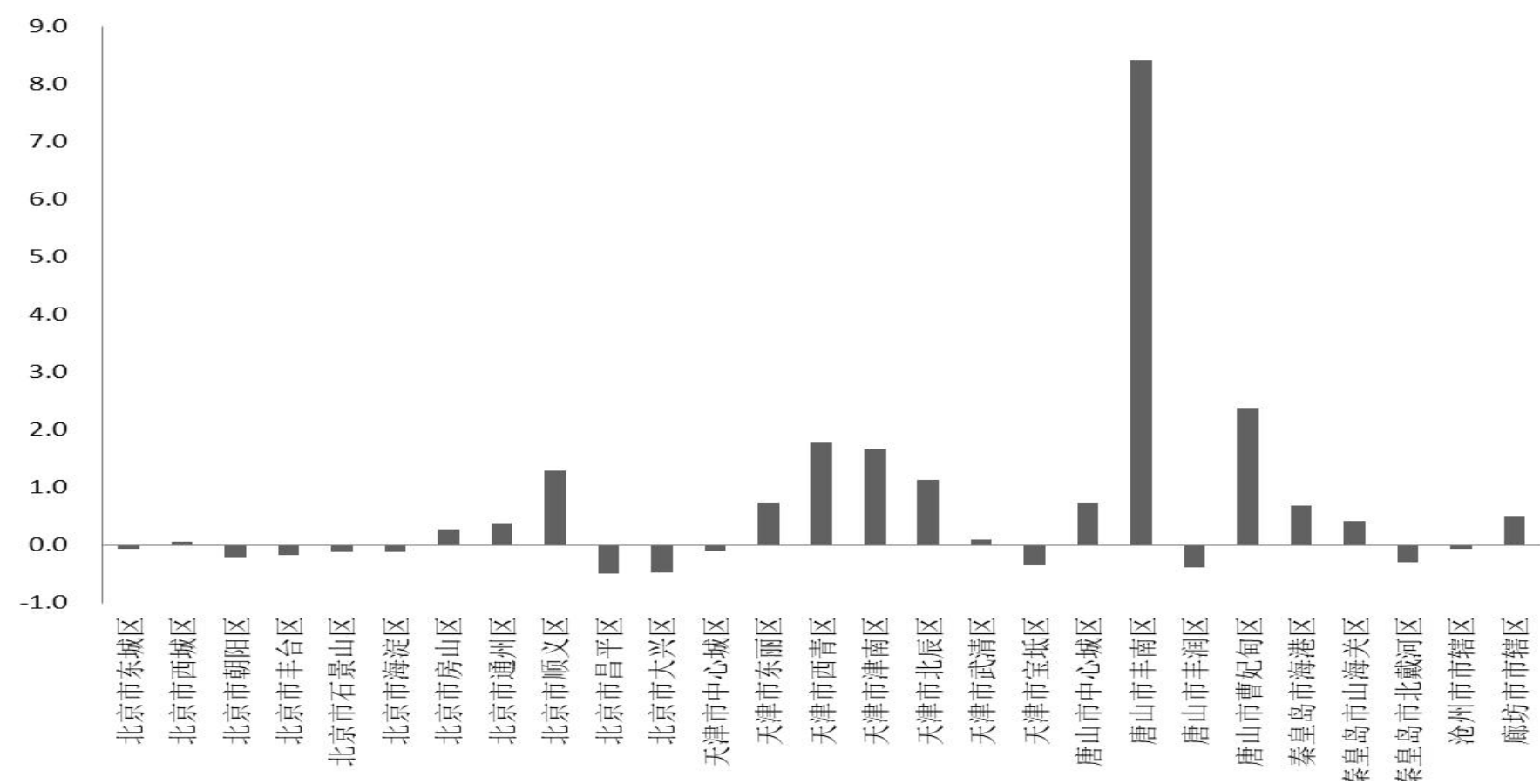
优化开发区域：建设用地区

- 京津冀优化开发区27个行政单元均为增长区。唐山市十余年间城镇建设用地急剧扩张，其中丰南区从2000年的1.5km²增至2010年的33.53 km²，增长指数为21.35，年均增长率高达32.63%，曹妃甸区增长指数为11.63，年均增长率高达25.93%，远远高于其他研究单元。
- 北京市顺义区、天津市西青区和津南区城镇建设用地扩张也相对明显。但北京市城六区、天津市城六区、沧州市市辖区等基本没有变化。



优化开发区域的城镇人口与建设用地变化特征

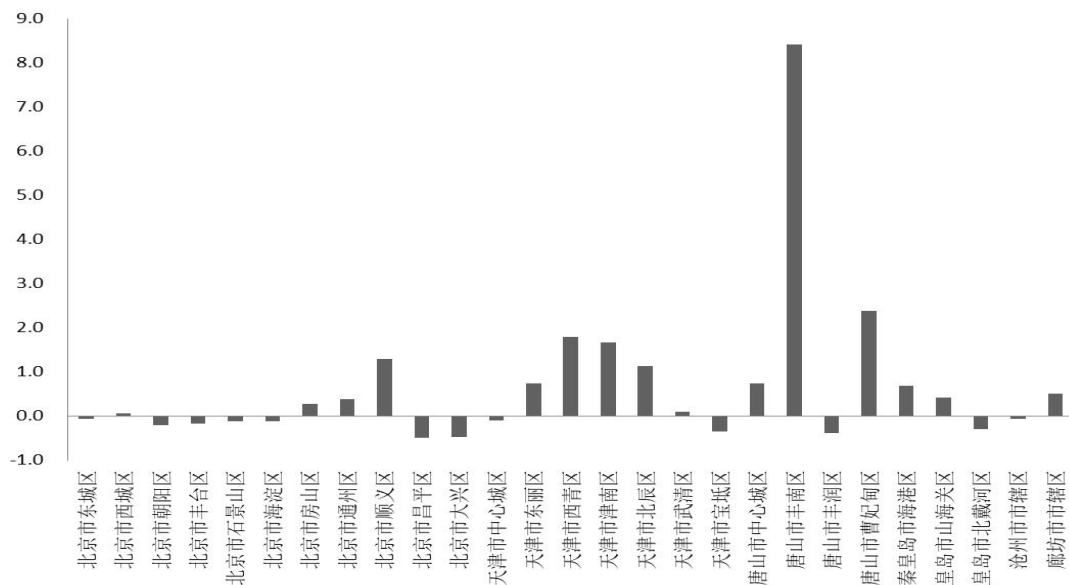
优化开发区域：人均城镇建设用地



优化开发区域的城镇人口与建设用地变化特征

优化开发区域：人均城镇建设用地

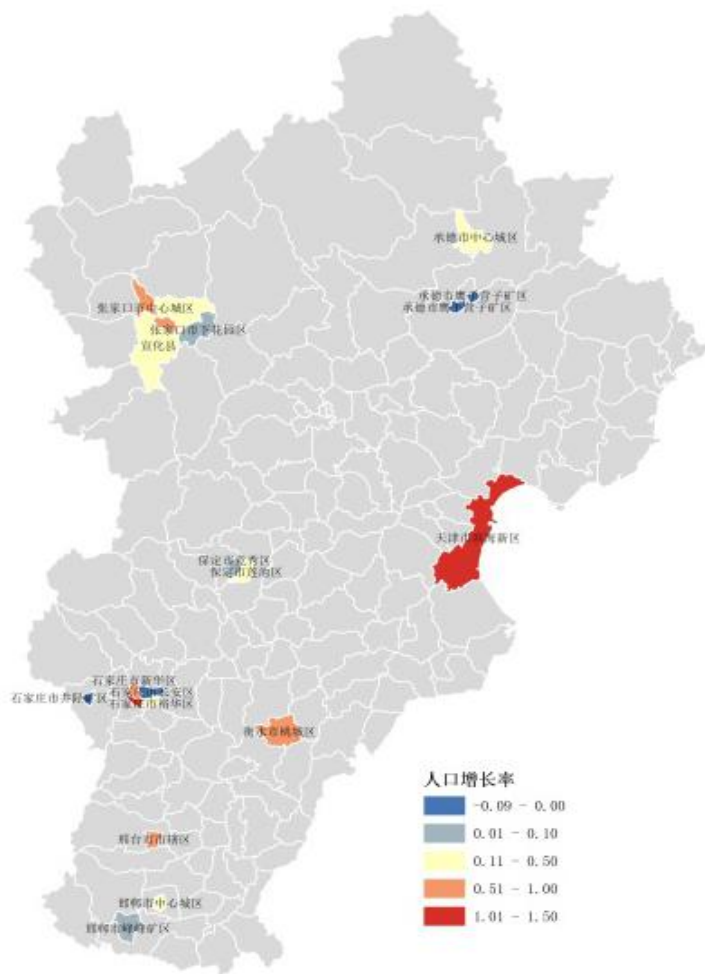
- 15个县区研究单元出现不同程度的人均城镇建设用地指数增大。这从某种程度上说明，虽然京津冀优化开发区域城镇建设用地在不断增长，但近56%的县区城镇建设用地增长幅度超过城镇人口增长幅度。
- 人均城镇建设用地指标的增长区主要分布在天津和唐山，特别是唐山市丰南区，其增长指数高达8.42，城镇建设用地利用极为粗放。河北省有6个“相对收缩区”，占河北省全部优化开发区的2/3。
- 北京市除了顺义区、通州区、房山区和西城区之外，其他7个辖区建设用地增幅多略小于人口增幅，呈现相对集约的态势。



重点开发区域的城镇人口与建设用地变化特征

重点开发区域：城镇人口

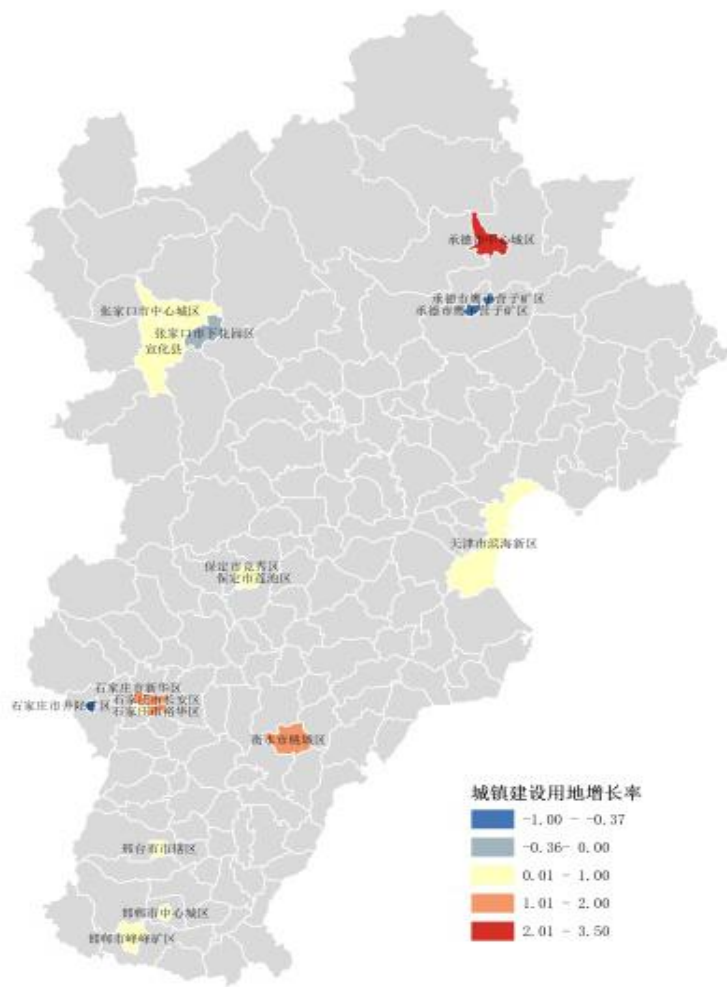
- 17个京津冀重点开发区域中城镇人口收缩区有3个，城镇人口收缩区占全部区域的17.7%，收缩比例高于优化开发区域。
- 收缩区主要集中在矿区，如石家庄市井陉矿区和承德市鹰手营子矿区。
- 在其余的14个增长区中，天津市滨海新区城镇人口由103.8万人增至231.3万人，增长指数最大。
- 总体而言，在该十年中，除天津滨海新区重大发展战略区成为耀眼的增长区之外，河北普通地级市的市辖区亦开始崛起，而矿区则开始走上收缩之路。



重点开发区域的城镇人口与建设用地变化特征

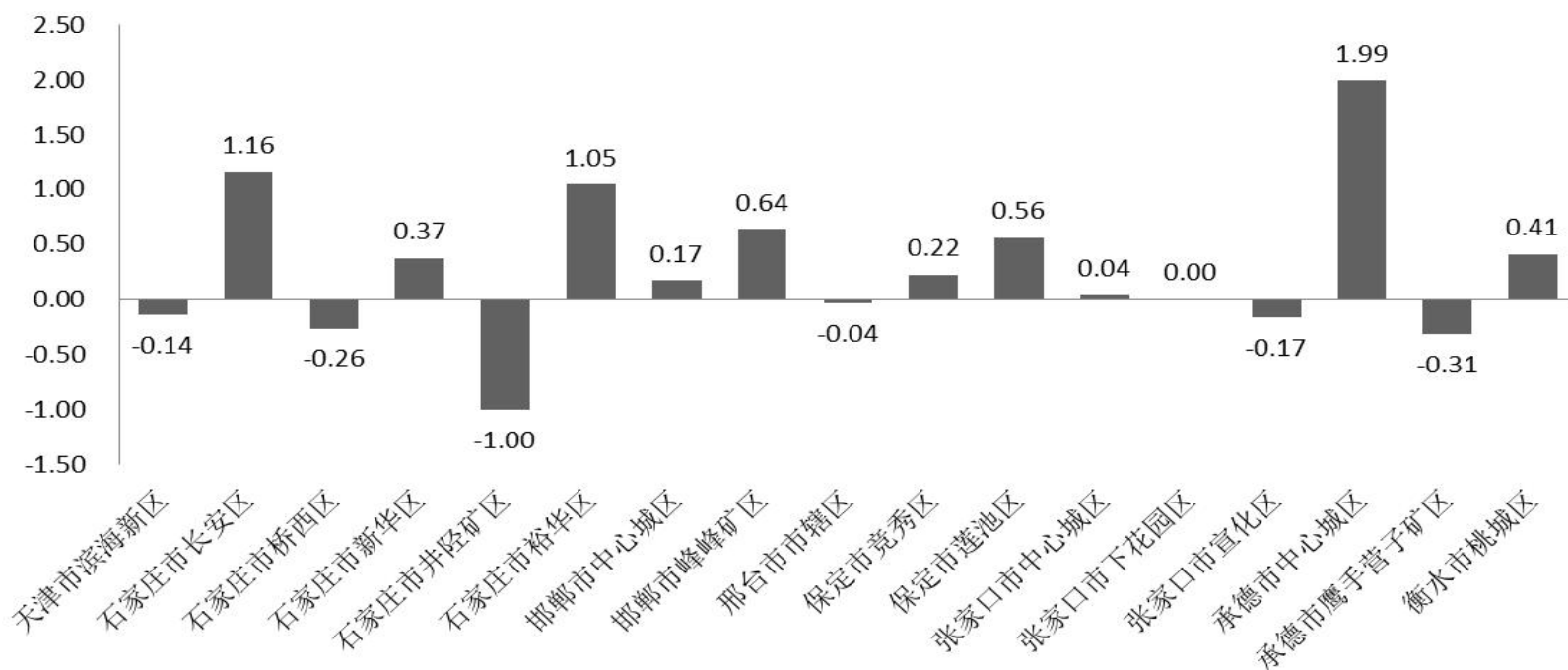
重点开发区域：建设用地

- 与城镇人口收缩区域类似，重点开发区域**城镇建设用地的收缩区同样集中在矿区**，即鹰手营子矿区和井陉矿区。其中，井陉矿区收缩程度最大，其收缩指数为1，鹰手营子矿区收缩指数为0.3。
- 在15个城镇建设用地增长区中，**承德市中心城区土地扩张最为迅速**，增长指数为3.46，远远高于其他增长区。
- 在增长区的第二梯度，**石家庄市辖区**（裕华区、新华区和长安区）和衡水市桃城区位列其中，同样经历了较为快速的建设用地扩张过程。



重点开发区域的城镇人口与建设用地变化特征

重点开发区域：人均城镇建设用地

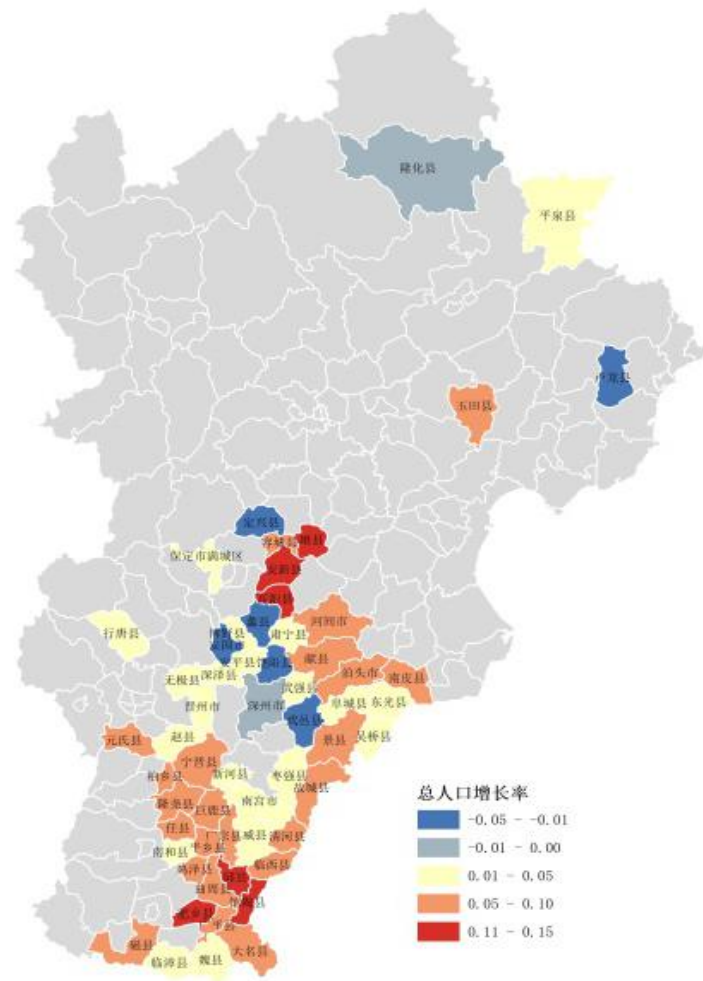


- 京津冀重点开发区域人均建设用地上升的县区有10个，占全部区域的58.8%，**比例相对优化开发区较高**，其中最明显的是承德市中心城区，其次是石家庄市的长安区和裕华区。其他6个人均建设用地降低的则分别是两大矿区、张家口宣化区、石家庄桥西区、天津滨海新区及邢台市市辖区。

限制开发区域的城镇人口与建设用地变化特征

农业空间：总人口

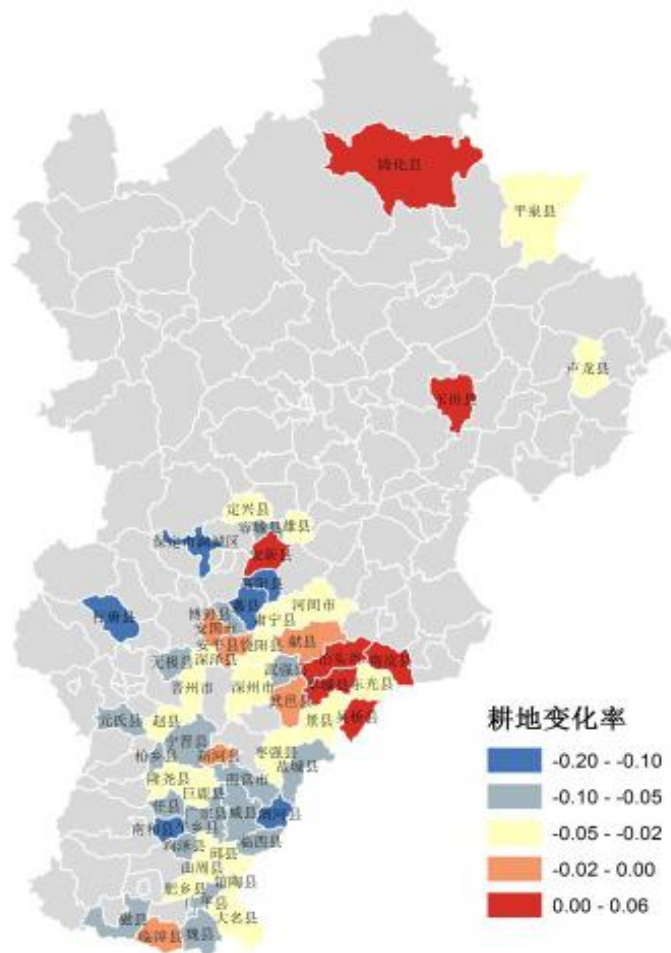
- 京津冀农产品主产区中有8个研究区县出现收缩，占全部农产品主产区的13.8%。且大部分均分布在冀中地区，如保定市的定兴县、蠡县、安国市以及衡水市的饶阳县、武邑县、深州市；剩余两县位于冀北地区。
- 在其他50个总人口增长区中，增长最为迅速的集中在保定、邯郸两市，共有6个县级单元其增长指数超过0.1；有21个县市单元人口相对稳定，其增长指数小于0.5；
- 其余23个县市总人口处于缓慢增长过程当中。此外，相比城市化地区城镇人口增长速度，农产品主产区总人口增速明显降低。



限制开发区域的城镇人口与建设用地变化特征

农业空间：耕地急剧减少

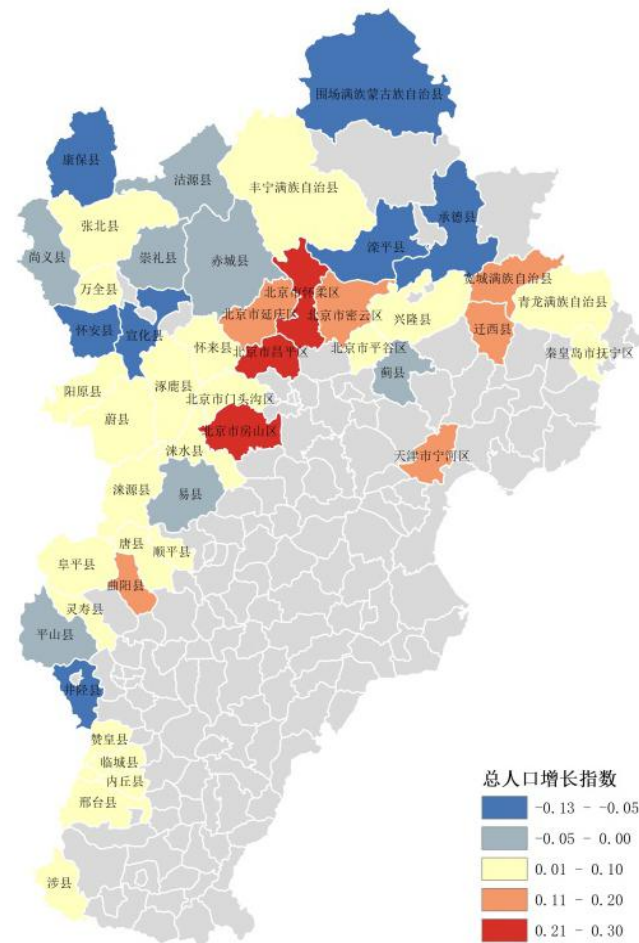
- 在京津冀2000-2010年快速城市化进程中，耕地面积急剧减少。在58个农产品主产区研究单元中，51个县出现收缩，收缩区占比高达87.9%，仅有7个耕地增长区。收缩最严重的区域是清河县、高阳县、保定市满城区、南和县及行唐县等6县区，收缩指数均在0.1以上。



限制开发区域的城镇人口与建设用地变化特征

生态空间：总人口

- 在京津冀重点生态功能区的46个研究单元中有14个总人口收缩区，占全部区域的30.4%，收缩比例远远高于其他三类主体功能区。
- 收缩区主要分布在冀北地区，即张家口7县和承德3县，其他则零星分布于天津市蓟县和石家庄平山、井陉两县以及保定市易县。
- 北京怀柔区、昌平区、房山区作为北京市的远郊区，随着首都的快速发展其人口集聚能力不断增强，在32个增长区中增长指数最大，均超过0.2。北京的延庆县、天津蓟县其增长指数仅次于北京三区，唐山市迁西县及承德宽城满族自治县、保定市曲阳县的人口增长也较为明显。



汇报提纲



1. 国土空间与新空间规划治理

2. 研究思路与分析框架

3. 京津冀国土空间中的增长与收缩格局

4. 规划启示

主要特征结论

- 总体而言，重点生态功能区人口收缩比例远远高于其他三类主体功能区，且相比城市化地区城镇人口增长速度，农产品主产区总人口增速明显降低；
- 在城市化地区中，重点开发区城镇人口收缩比例亦高于优化开发区，这与我国对地区的战略定位与要求是一致的。
- 从数据层面进一步印证了我国耕地面积不断减少、城镇建设用地不断扩张的现状。从表征“相对收缩”的人均城镇建设用地增长指数分析中得出，京津冀重点开发区域“相对收缩区”比例高于优化开发区较高。

空间规划启示

- 转变“为增长而规划”的传统理念。长期以来，我国各类主体功能区的城市规划模式均以城市增长理论为基本原则的“为增长而规划”，尽管我国已经出现城市、乡村人口收缩的现状，但城市规划者、政府决策者等并未重视和将其纳入规划体系中。在未来的空间规划中，应转变“增长主义”导向的传统价值观念，倡导多元的、多目标的规划价值取向。正视人口收缩、经济收缩等现状或趋势，积极出台回应城市收缩的发展规划；

空间规划启示

- 在部分地区倡导“精明收缩”策略。“精明收缩”最早是欧美国家一些矿区城市、工业城市为应对“后工业化”转型而提出的一种城市发展策略（赵民等，2015）。该策略倡导的是“为更少的规划——更少的人、更少的建筑、更少的土地利用”，源于城市应对不断流失的人口和日益衰败的经济及物质环境，并在欧洲、北美等国家实践的过程中，取得了丰硕的成果。将精明收缩作为城市规划策略，首先要正视城市正在面临收缩的现状，其次要致力于解决在人口收缩的情境下保持城市可持续发展，最终通过相应的保障机制，如土地银行（美国）等，来促进规划的实施。

空间规划启示

- 强化存量规划方法。当下，我国城镇化进入后半程，基于土地财政的增量规划成功的模式已然走到尽头，存量规划甚至减量规划的反思越来越多，国家要求城市划定增长边界，“三区三线”成为新一轮国土空间规划法的核心内容，也是实现主体功能区战略精准落地的重要手段。在未来的空间规划中，要进一步优化土地利用格局，对存量用地进行结构调整和功能提升。

空间规划启示

- 注重发展内容的多元性。在未来的国土空间规划中，应更加注重根据不同主体功能发展多元化的产业结构，提升城镇的抗风险能力；在生态文明和文化复兴背景下，城镇建设应更加注重生态价值和文化内涵，创造绿色宜居、富有活力的文化生活，建立有效应对城镇收缩的机制。

不足与展望

- 研究从主体功能区的视角对京津冀国土空间的增长和收缩做了初步研究，拓展了国土空间和城市增长与收缩的研究，并对未来国土空间的研究及规划提供了更加多元的视角。
- 2010年以来我国城镇化进入下半程，区域人口和用地发展呈现出新的变化，但受到研究数据所限，这一方面的研究并未有所体现，后续的研究将进一步拓展时空维度，在格局分析的基础上，揭示国土空间开发利用的动力机制，为各级空间规划提供借鉴。

谢谢！
敬请批评指正！

- 国家自然科学基金面上项目“**中国城市收缩的空间格局与演化机理研究**”（41671161）
- 国家自然科学基金重点项目“**我国产业集聚演进与新动能培育发展研究**”（71733001）
- 北京高校青年拔尖人才培养项目“**新数据环境下巨型区域城市网络的演化模拟及其空间绩效评估**”（CIT&TCD201804097）共同资助。