

中国城镇化低碳发展的关联分析及对策研究

——以石家庄为案例

城镇是我国温室气体排放的主要来源。实现绿色低碳的城镇化模式是推动我国经济迈向高质量发展的必由之路，不仅如此，还能有效解决城镇化过程中凸显的资源和环境问题，提升居民生活质量，并带动我国产业模式、能源系统、消费方式的根本转型。为此，本研究选取了河北省石家庄作为典型案例，在对其城镇化和碳排放关联关系进行量化分析的基础上，分析了不同城镇化模式下的能源消费及碳排放情景，并据此提出了推动我国城镇化低碳发展的政策建议。

一、背景与意义

中国作为一个发展中大国，正经历着一个快速的城镇化进程，2011年我国城镇化率首次突破50%，2016年达到57.35%，“十二五”期间我国城镇化率年平均提高1.2个百分点。随着这一变化和城市规模的不断扩大，城镇化过程中的资源与环境问题不断显现。有研究显示，中国地级及以上的城市消耗的能源和碳排放约占全国总量的一半以上，而近年来国内大中城市普遍出现的环境污染加重问题更是成为全社会关注的焦点。对此，党中央提出，我国新型城镇化经济建设应坚持低碳发展、循环发展、绿色发展，借助产业结构优化调整、转变消费模式等方式实现城镇化的健康、可持续前进。《国家新型城镇化规划》进一步提出了以人为核心的新型城镇化，并强调将生态文明理

念全面融入城镇化进程，把生态文明、绿色低碳作为新型城镇化的核心原则之一。

从目前来看，对于如何实现城镇化的低碳发展还没有一个系统和清晰的认识，在相关规划和政策行动中也没有对二者进行很好的统筹协调，因此，开展本研究既具有现实意义，也具有长远意义。一是本研究以石家庄为案例，通过多情景比较探索得出有利于石家庄低碳发展的优化路径和城镇化模式，能为尽快推动京津冀地区的高质量发展和生态文明建设提供决策参考。二是石家庄当前仍处于经济水平快速增长和城镇化率快速提升的进程中，与国内很多城市都非常类似，通过研究分析石家庄的城镇化低碳发展模式，可以为其它城市和城市群的低碳发展转型提供有益借鉴，能为推动我国碳排放尽早达峰和长期低碳发展奠定坚实基础。三是本研究以统筹协调经济社会发展、空间布局与低碳转型为出发点，建立了一套城镇化与碳排放的量化关联分析方法，可以广泛应用于其它地区的相关分析中，能为国家和地方制订长期发展战略规划和相关政策措施提供有效的技术支撑。

二、石家庄不同城镇化模式与碳排放关联分析

石家庄市是河北省的政治、经济、文化、交通中心，也是京津冀都市圈的重要组成部分。过去十几年，石家庄经济快速持续增长，城镇化率不断提升，2015年城镇化率达到58.3%，高出全省平均水平约7个百分点。但与此同时，石家庄产业及能源结构仍较重，2014年工业贡献了全社会碳排放量总量的76%，而其中约3/4来自高耗能、高

排放工业；煤炭在能源消费中的占比为 67%，对全社会碳排放总量的贡献为 58%。受此影响，石家庄的碳排放增速远大于城镇化增速，据测算，从 2005 年到 2014 年石家庄碳排放增长了 83%，这意味着城镇化水平每提高 1 个百分点，碳排放增长约 4 个百分点。因此，未来要想有效控制石家庄的碳排放量，必须要从城市空间布局、产业结构、能源系统等多个角度出发，构建一种合理、低碳的城镇化发展模式。

（一）石家庄城镇化模式设定

石家庄城镇化既受到京津冀协同发展、雄安新区设立等区域发展政策的影响，也受到其自身城市空间政策和产业政策的影响。区域发展政策主要影响区域人口流动、集聚和扩散，进而影响城镇化总体水平，城市空间政策主要影响城市内部人口、产业、用地的空间布局，而产业发展政策则主要影响城市产业结构和土地利用结构等。基于对石家庄城镇化的历史趋势与未来影响城镇化的关键政策的分析，本研究设定了石家庄的三种城镇化模式，即延续城镇化模式、规划城镇化模式和低碳城镇化模式（图 1）

延续城镇化模式，继续沿袭传统的低密度扩张模式，仅考虑“十二五”的城市规划、空间布局和产业发展政策，经济社会发展和城镇化延续“十二五”发展态势。**规划城镇化模式**，部分考虑紧凑型发展模式要求，以逐步实现经济结构和城镇发展的提质转型为主要目标，按照《石家庄市国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》《石家庄新型城镇化和城乡统筹发展规划（2016~2020 年）》及工业、建筑、交通等部门发展专项规划的设想，稳步推进经济社会增长并逐步

优化城市空间布局。**低碳城镇化模式**，严格遵从紧凑型发展模式，以实现城镇化低碳发展为核心目标，在城市规划和相关政策体系中充分考虑低碳发展需求，全面加大产业结构、城市空间结构、能源消费结构调整优化力度，实现城镇化和低碳发展的较好融合。





	2015年	2030年 延续模式	2030年 规划模式	2030年 低碳模式
城市空间结构				
建设用地面积	227km ²	336 km ²	314 km ²	296 km ²

图 1 2030 年石家庄三种城镇化模式下的空间结构

（二）石家庄碳排放情景设定

对应上述 3 种城镇化模式，本研究设定了石家庄的 3 种碳排放情景（主要情景指标对比见附表），分别是延续城镇化情景、规划城镇化情景和低碳城镇化情景（图 2-4），分别描述如下。

延续城镇化情景：在该情景下，工业部门的产业、能源结构仍延续传统发展模式，能源利用效率有所提升但不显著。交通部门继续延续宽马路、大街区的低密度扩张模式，公共交通发展滞后，私人汽车拥有率快速增长。建筑部门延续目前的建筑需求水平，人均居住建筑面积持续增加，在现有水平上次序推进建筑领域节能降碳。

规划城镇化情景：在该情景下，工业部门转型升级取得一定进展，工业集约化程度逐渐提升。交通部门遵循公交优先和紧凑的发展，逐

步推进小街区、密路网的城市发展理念，私人汽车保有量增速逐步放缓，以轨道交通为骨干的公交优先系统初步建成。建筑部门人均居住建筑面积增速有所控制，建筑节能标准逐步提升，因地制宜建设超低能耗建筑及近零碳建筑。

低碳城镇化情景：在该情景下，工业用地面积得到合理控制，高污染和高碳排放工业占比显著降低，工业用能结构和效率得到大幅优化和提升。交通部门遵循公交优先和紧凑的发展，全面推进小街区、密路网，轨道交通覆盖人口持续增加。建筑部门人均居住建筑面积增速得到有效控制，建筑节能标准和可再生能源建筑比例进一步提高，超低能耗建筑和近零碳建筑占比显著增加。

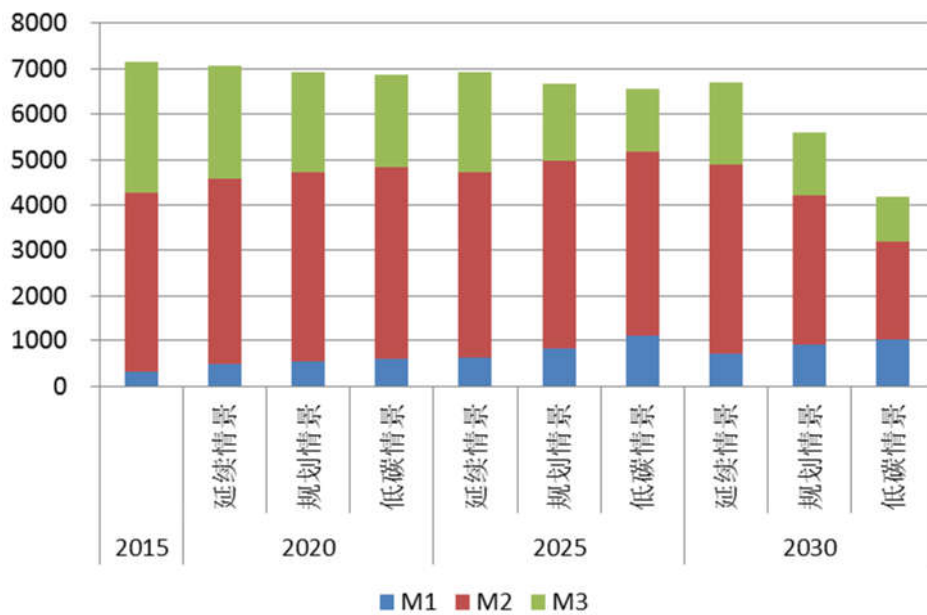


图2 不同情景下石家庄三类工业行业¹用地面积对比（万平方米）

¹ 本文所提及的三类工业用地，指的是按照《城市用地分类与规划建设用地标准》将工业分成的三种类型，包括基本无污染且能耗较低（M1）、对环境有一定干扰和污染且能耗相对较高（M2）、对环境有严重干扰和污染且高能耗（M3）的工业行业。

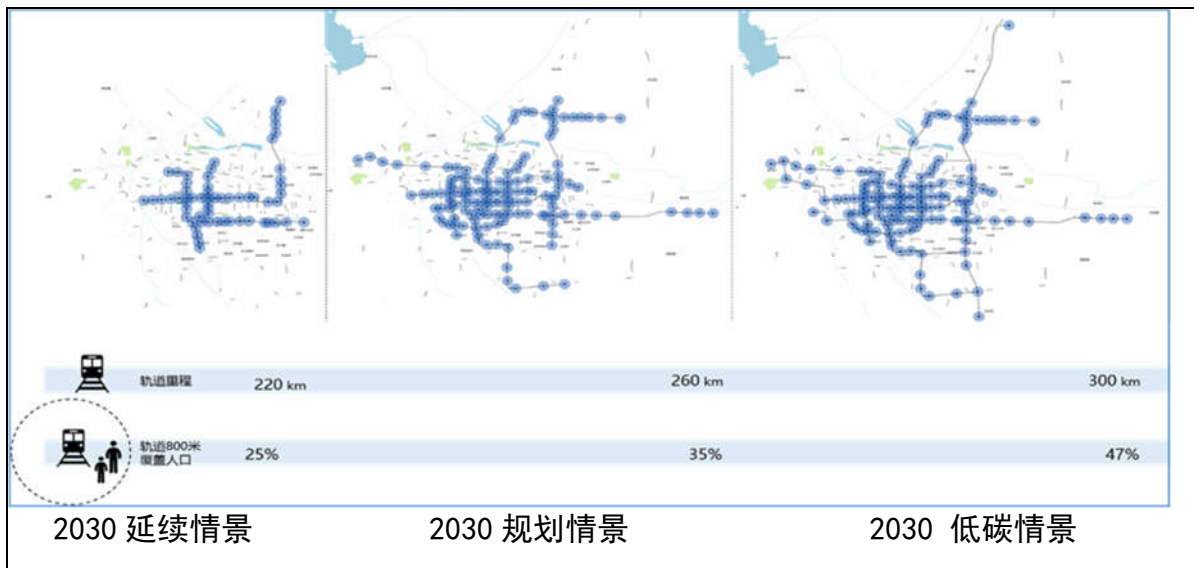


图3 2030年不同情景下石家庄轨道基础设施状况

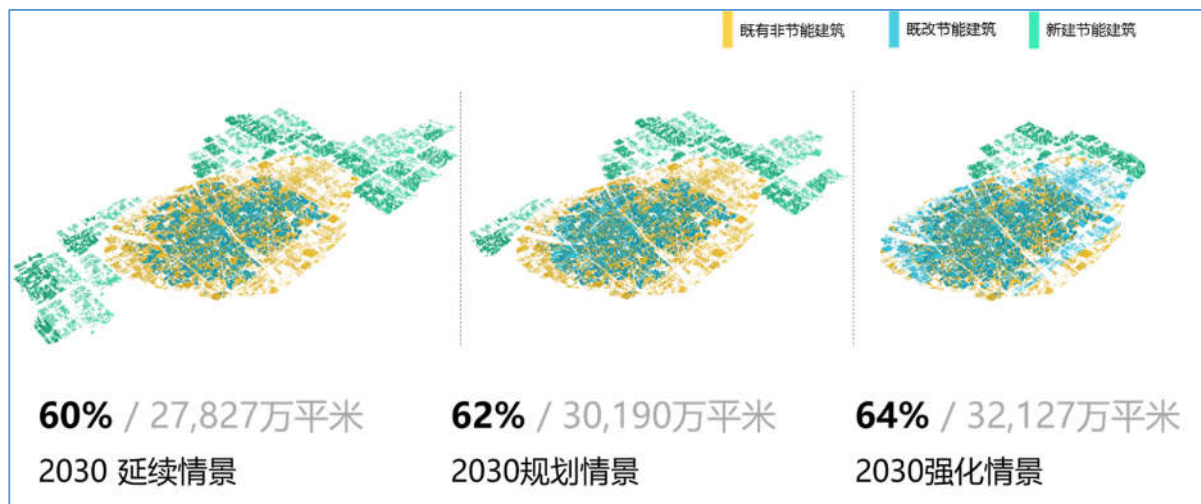


图4 2030年不同情景下石家庄节能建筑占比

(三) 石家庄不同城镇化模式下的碳排放情景分析

在不同的城镇化模式下，石家庄能源消费和碳排放将呈现出不同的变化趋势（图5）。在延续城镇化情景下，能源消费和碳排放呈现快速增长态势，到2030年碳排放量将达到3.36亿吨CO₂；在规划城镇化情景下，能源消费和碳排放的增长趋势整体放缓，但均未达到峰

值,到 2030 年碳排放量将达到 2.63 亿吨 CO₂;在低碳城镇化情景下,能源消费和碳排放得到了有效控制,碳排放总量在 2025 年左右可达到峰值 2.22 亿吨 CO₂,到 2030 年下降为 2.16 亿吨 CO₂,相比延续城镇化情景和规划城镇化情景分别减少 36%和 17.9%,其中工业、建筑、交通部门的碳排放分别占 2030 年全市碳排放总量的 65%、18%和 17%。

就工业部门来说,在延续城镇化情景下,工业部门能源消费和碳排放仍将呈继续增长态势,到 2030 年将分别达到 5650 万吨标煤和 2.14 亿吨 CO₂,相比 2015 年分别增长 63.4%和 50.5%。在低碳城镇化情景下,工业部门碳排放到 2025 年达到峰值,到 2030 年工业能源消费和碳排放分别为 3693 万吨标准煤和 1.4 亿吨 CO₂。

就交通部门来说,在延续城镇化情景下,交通部门能源消费和碳排放呈现快速增长态势,到 2030 年分别达到 2599 万吨标煤和 0.56 亿吨 CO₂,相比 2015 年分别增长 84.7%和 80%。在低碳城镇化情景下,交通能源消耗和碳排放增速得到有效控制,到 2030 年交通部门能源消费和碳排放分别为 1720 万吨标煤和 0.38 亿吨 CO₂。

就建筑部门来说,在延续城镇化情景下,能源消费和碳排放量呈现快速增长态势,到 2030 年分别达到 2358 万吨标煤和 0.66 亿吨 CO₂,相比 2015 年分别增长 120%和 107%。在低碳城镇化情景下,建筑部门碳排放将在 2025 年左右进入到平台期,到 2030 年建筑部门能源消费和碳排放分别为 1540 万吨标煤和 0.38 亿吨 CO₂。

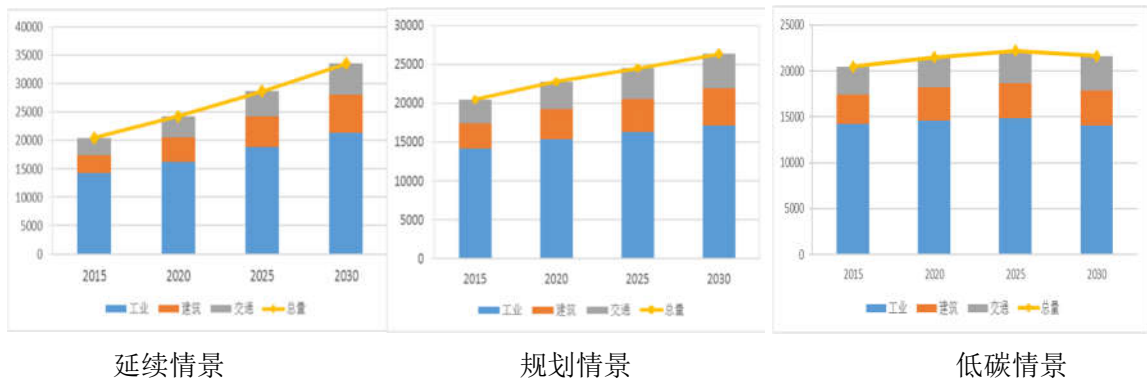


图 5 不同情景下的石家庄碳排放量 (单位: 万吨 CO2)

三、结论与建议

(一) 总体结论

一是石家庄的碳排放与其城镇化发展模式密切关联。随着城镇化发展模式由传统的低密度扩张向紧凑型发展模式的转变,并结合工业、建筑和交通部门节能降碳力度的增强,石家庄在经济水平持续增长和城镇化率不断提升的同时,碳排放量能得到有效控制。在延续城镇化模式和规划城镇化模式下,石家庄的碳排在 2030 年前均呈增长态势,而在低碳城镇化模式下,到 2025 年左右可达到碳排放峰值。与延续城镇化模式相比,在低碳城镇化模式下,从 2015 年到 2030 年,在城镇化率同样提升 18.7%的同时,碳排放的年均增速由 4.3%下降至 0.4%,碳减排效果非常显著。

二是优化产业结构是推动石家庄碳排放达峰的关键所在。作为一个产业结构偏重的城市,如果延续目前的城镇化和产业发展模式,石家庄的工业碳排放仍将保持增长态势,但通过优化产业布局和进行科学的产业选择,可以大幅减少高耗能和高碳工业占比,同时提升工业

用地集约化水平，在提高单位工业用地面积的经济产出的同时，大幅降低单位工业用地面积的碳强度，使工业碳排放在 2025 年达峰，并推动石家庄全社会碳排放在 2025 年左右达峰。

三是合理的城镇化发展模式有助于控制交通和建筑部门碳排放增速。在传统的低密度扩张的城镇化模式下，石家庄交通和建筑部门碳排放均呈现快速增长态势，但在紧凑型低碳城镇化发展模式下，交通和建筑部门碳排放增速将得到有效控制。到 2030 年，低碳城镇化模式与延续城镇化模式相比，石家庄交通碳排放量可减少 0.18 亿吨 CO₂，减排率达到 33%；建筑碳排放可减少 0.28 亿吨 CO₂，减排率达到 42%。

四是通过加大低碳转型力度能推动石家庄碳排放更早达峰。本研究主要从城镇化模式的角度分析了石家庄的碳减排潜力和空间，但没有充分考虑大气污染防治、工艺技术革新、可再生能源大规模利用等措施所带来的碳减排效果。因此，对石家庄来说还存在进一步的降碳潜力，如能够从供应侧和需求侧采取多种措施，特别是那些具有较高经济性、社会环境效益的措施，还可进一步提升各领域的低碳转型力度，推动石家庄碳排放更早达峰。

（二）对石家庄城镇化低碳发展的几点建议

一是加快建立完善低碳城市规划体系。目前石家庄市的“十三五”规划对城镇化低碳发展的指导力度尚显不足，建议石家庄在开展城市总规修编工作中以及制定“十四五”行业专项规划时，结合《石家庄低碳发展促进条例》，对城市的土地、交通、建筑、工业园区等进行

科学部署，在用地规划、工业区规划、道路交通规划、建筑行业发展等规划中引入碳排放控制指标，加快建立符合其城市特征的科学、合理的低碳城市规划体系。

二是加强碳排放控制与大气污染防治的协同推进。石家庄作为全国污染严重的城市之一，近年来不断强化大气污染防治力度，出台了《石家庄市出台打赢蓝天保卫战三年行动计划（2018-2020年）》等一系列大气污染防治政策和文件，从优化能源结构、调整产业结构、发展绿色交通等方面提出多项措施。未来应充分重视碳排放控制与大气污染防治的协同作用，更加重视源头治理，以更具经济性的方式推动产业、能源和消费体系的低碳转型，在实现碳排放更早达峰的同时，从根本上为提升空气质量奠定坚实基础。

三是加强对工业布局的优化和行业结构的转型升级。建议石家庄要严格控制工业用地规模，提高工业用地效率，加大高耗能和高碳排放的传统产业的控制和升级转型力度，大力发展生物医药、装备制造、电子信息、循环制造业等低碳型产业，同时要不断加强产业集聚，通过政策推动、重点支持等方式，使新兴产业在集聚中成长。

四是构建紧凑、高效、公共交通主导的低碳城市交通体系。建议石家庄坚持走高效的“紧凑型”城市的发展道路，推动城市土地混合使用和密集开发，实现交通与土地利用整合发展。同时，在城市规划阶段重视利用公共交通引导城市土地利用，加强在政策上支持发展公共交通系统，尽快建立与公共交通一体化、无缝衔接的慢行交通系统，合理控制小汽车的增长和使用。

五是从全方位提升建筑部门的节能低碳水平。建议石家庄应进一步完善低碳建筑的相关政策法规，建立从低碳建筑的设计直到使用等各个环节的标准体系，在加强对既有建筑节能改造的同时，进一步提升新建建筑节能标准，并不断加大地热能、太阳能在建筑中的利用规模和水平。

（三）对推进我国城镇化低碳发展的政策建议

一是积极推动城市碳排放尽早达峰。我国区域差异性较大，城市类型多样，对不同发展阶段和类型的城市来说，应充分认识到在城镇化进程中必须走低碳发展的道路，这样才能确保城市的可持续发展。各城市应综合考虑其在经济社会发展和环境质量改进等方面的需求，并结合城市在资源、产业、基础设施、技术水平等方面的条件，以推动碳排放尽早达峰为目标和导向，研究提出适合本城市特点的城镇化低碳发展路线图及时间表。

二是将低碳发展充分融入城市规划当中。各城市在制定中长期经济社会发展规划和国土空间规划时，要把绿色低碳发展理念充分融入其中，结合城市自身资源、区位、发展等状况进行合理规划和设计，大力提倡紧凑型城镇发展模式，避免摊大饼式的低密度扩张，建立科学合理的功能分区，注重产业、商业、居住、生态、交通等不同功能间的互补与协调，全方位构建低碳产业、能源和消费体系。

三是建立城镇化重点碳排放识别机制和体系。建议在城市层面建立碳核算和评估数据库，摸清城市碳排放总量、结构、空间分布等基本情况，识别重点碳排放源的空间分布，评估城市空间规划的碳排放

影响，并结合情景分析和大数据分析等方法和技术手段，精准识别减排的重点区域、企业、建筑等，进而制订城市减排策略。

（曹颖、刘强、郑晓奇供稿）

附表 石家庄 3 种碳排放情景的主要指标设定

		2020	2025	2030
延续城镇化情景	GDP (亿元, 2015 年价)	7535.9	9849.1	12570.2
	城镇化率 (%)	63.7	70.4	77.7
	第一产业占比 (%)	6.5	6.4	7.3
	第二产业占比 (%)	45.9	44.8	42.7
	第三产业占比 (%)	47.6	48.8	50
	单位工业增加值能耗强度 (吨标准煤/万元, 2015 年价)	1.57	1.37	1.22
	小汽车人均拥车数 (辆/人)	0.26	0.32	0.4
	建筑节能标准	城镇居民建筑	65%	65%
	公共建筑	50%	50%	50%
规划城镇化情景	GDP (亿元, 2015 年价)	7535.9	9848	12872.3
	城镇化率 (%)	63.7	70.4	77.7
	第一产业占比 (%)	9.1	5.1	7.0
	第二产业占比 (%)	45.1	44.0	41.0
	第三产业占比 (%)	45.8	50.9	52.0
	单位工业增加值能耗强度 (吨标准煤/万元, 2015 年价)	1.40	1.13	0.93
	小汽车人均拥车数 (辆/人)	0.25	0.3	0.36
	建筑节能标准	城镇居民建筑	75%	78%
	公共建筑	60%	75%	79%
低碳城镇化情景	GDP (亿元, 2015 年价)	7535.9	9895.7	12933.3
	城镇化率 (%)	63.7	70.4	77.7
	第一产业占比 (%)	5.4	6.8	6.8
	第二产业占比 (%)	42.7	38.8	38.3
	第三产业占比 (%)	51.9	54.4	54.4
	单位工业增加值能耗强度 (吨标准煤/万元, 2015 年价)	1.27	1.03	0.80
	小汽车人均拥车数 (辆/人)	0.25	0.28	0.3
	建筑节能标准	城镇居民建筑	78%	80%
	公共建筑	65%	78%	80%