

新型城镇化促进水生态文明建设： 影响机制及空间效应

张胜武¹, 韩 日¹, 李小胜², 宋马林², 刘海猛^{3*}

(1. 安徽财经大学工商管理学院, 安徽 蚌埠 233030; 2. 安徽财经大学统计与应用数学学院, 安徽 蚌埠 233030;
3. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘 要:新型城镇化是生态文明建设的重要载体, 如何通过新型城镇化来推动水生态文明建设, 是淮河生态经济带打造人与自然和谐共生的现代化面临的重大现实问题。针对这一问题, 论文在解析城镇化影响水生态文明建设理论机制的基础上, 基于淮河生态经济带 2006—2020 年的城市面板数据, 运用空间计量模型实证检验了城镇化对水生态文明建设的影响机制及空间效应。研究结果表明: ① 淮河生态经济带综合城镇化、人口城镇化对水生态文明建设的影响均呈典型的环境库兹涅茨曲线, 即城镇化先抑制、达到一定阈值后转为促进水生态文明建设; ② 淮河生态经济带各城市的人口城镇化在 2014 年皆达到拐点值, 而综合城镇化水平尚未达到拐点值, 需要加快促进农业转移人口市民化、切实推进以人为核心的新型城镇化; ③ 淮河生态经济带城镇化对水生态文明建设具有显著的倒“U”型溢出效应, 同时, 在当前研究期内水生态文明建设具有负向外溢效应。论文为深入解析城镇化与水资源互动关系提供新的研究视角, 也为深化新型城镇化提升水生态文明建设提供了理论借鉴和经验证据。

关键词:城镇化; 水生态文明; “U”型曲线; 空间杜宾模型; 淮河生态经济带

城镇化是落后地区实现工业化和现代化的必由之路。20 世纪 50 年代以来, 伴随经济复苏和增长, 全球快速推进的城镇化对资源和生态环境形成巨大压力和挑战。在此背景下, 如何协调城镇化与生态环境之间的关系成为全球性的战略问题和科学难题, 也是国际人地系统研究的持续前沿领域。我国自改革开放以来城镇化迅速推进^[1], 传统的工业化城镇化发展模式在推动经济发展的同时, 也导致能源与水资源短缺、水污染等一系列生态环境恶化问题凸显^[2], 其引发的资源环境剥夺效应日益显著^[3]。而相比其他生态环境问题, 水危机的负面影响可能会更严重^[4]。水资源短缺是中国的基本国情^[5], 水消耗、水污染、水质性缺水更加剧了这一状况, 水

资源在为城镇化发展提供资源保障的同时也成为其重要制约与胁迫因素^[3]。

为缓解资源环境对城镇化的瓶颈制约日益加剧这一严峻形势, 党中央、国务院先后出台了一系列关于生态文明建设的重大决策部署。作为习近平生态文明思想的理论凝练和形象化表达, “两山论”为解决经济发展与生态环境保护之间的矛盾提出了新路径^[6], 强调在发展城镇化等生产力过程中应当把“绿水青山”的环境优势转化为“金山银山”的经济优势^[6]。城镇化和生态环境之间存在着复杂的交互耦合机制^[7], 《国家新型城镇化规划(2014—2020 年)》提出要把生态文明理念全面融入新型城镇化发展全过程。水生态文明是新型城镇化的基

收稿日期: 2023-07-02; 修订日期: 2023-10-26。

基金项目: 国家自然科学基金项目(71934001); 国家社会科学基金项目(20BJL103)。[Foundation: National Natural Science Foundation of China, No. 71934001; National Social Science Foundation of China, No. 20BJL103.]

第一作者简介: 张胜武(1983—), 男, 安徽肥东人, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事区域资源环境与经济研究。

E-mail: zswsky@163.com

*通信作者简介: 刘海猛(1989—), 男, 山东淄博人, 博士, 副研究员, 硕士生导师, 主要从事城市人地关系研究。

E-mail: liuhm@igsrr.ac.cn

引用格式: 张胜武, 韩日, 李小胜, 等. 新型城镇化促进水生态文明建设: 影响机制及空间效应 [J]. 地理科学进展, 2024, 43(1): 1-16. [Zhang Shengwu, Han Ri, Li Xiaosheng, et al. New urbanization promoting the construction of water ecological civilization: Mechanism of influence and spatial effects. Progress in Geography, 2024, 43(1): 1-16.] DOI: 10.18306/dlkxjz.2024.01.001

础保障,也是践行“两山理论”的重要内容。面对中国城镇化进入转型发展新阶段这一现实国情,深入研究新型城镇化与水生态文明建设之间的辩证关系与发展规律,全面认识新型城镇化对水生态文明建设的作用机制,有利于推进人与自然和谐共生的中国式现代化,对缓解中国水资源供需矛盾、促进城镇化与水资源环境协调发展具有重要的理论和现实意义。

如何协调城镇化与水资源环境之间的关系是学术界持续关注的焦点,相关研究主要聚焦在以下内容:① 城镇化发展对用水效率及用水量的影响。在城镇化能否提升用水效率方面学界观点尚不一致,有学者认为城镇化会提高水资源利用效率^[8],也有研究表明城镇化不利于用水效率提升^[9]。从不同维度考量的城镇化对用水效率的影响也不一,表现在工业与土地城镇化对用水效率有积极影响,社会城镇化则有消极影响,人口城镇化的影响不显著^[10]。关于城镇化是否带动用水量增长的研究结论也不尽相同,城镇化是用水量增长的格兰杰因^[8],也可能会抑制用水总量增长^[11],而其影响的阶段性特征^[12]及非线性关系无论是在发达国家^[13]还是在中国^[12]均得到证实。② 城镇化对水污染、水生态的干扰研究。有学者基于区域水质监测评估开展城镇化对水污染的影响研究,发现城镇化对地下水^[14]、地表水^[15]均具有负面影响,过快城镇化会引发区域水污染和生态退化^[16]以及水系统的脆弱性^[17],也有实证研究表明城镇化对污水处理会产生积极作用^[18]。此外,学界还探析了人口^[19-20]、土地^[21-22]、工业^[23-24]等细分维度的城镇化发展对水污染的不同影响效应。③ 城镇化与水资源环境的相互关系及耦合协调研究。水资源及其利用对城镇化有支撑和约束两种作用^[25],城镇化对水资源系统亦有胁迫和优化双重作用^[12],由此可见,水资源系统与城镇化系统存在着响应关系^[19],且两个复杂系统的内部要素之间同样存在着耦合作用关系^[4,26]。

总体来看,学术界围绕城镇化与水资源、水生态相互关系研究成果丰硕,但仍存在以下不足:① 从研究视角来看,鲜见开展城镇化对水资源系统以及水生态文明建设影响的理论机制探讨。此外,现有研究对新型城镇化这一综合系统的全面性把握不够,未能全面系统刻画新型城镇化带来的复合影响,这可能是现有研究结论存在分歧的重要原因之一。② 从研究内容来看,理论界对城镇化过程中的用水量及效率、水质、水资源承载力等水生态文明

建设的各子要素给予了充分关注,但鲜见文献涉及水生态文明建设本身这一整体系统。③ 从研究方法来看,非线性关系模型、耦合模型以及时空演化模型得到广泛运用,但对城镇化及水资源系统明显存在的外部性与溢出效应关注不足,研究结果可能会出现偏误。有鉴于此,本文以淮河生态经济带为研究对象,分别构建新型城镇化以及具有区域发展特色的水生态文明建设综合评价指标体系,从理论与实证两方面检验城镇化对水生态文明建设的作用机制与影响效应。本文贡献主要体现在以下三个方面:① 聚焦水生态文明建设,从新型城镇化的视角全面考察城镇化对水生态文明建设的影响机制及效应,进一步丰富城镇化与水资源相互关系的研究框架。② 理论阐释城镇化影响水生态文明建设的作用机制,揭示城镇化与水资源互动关系形成机理和潜在路径,进一步深化城镇化与生态环境耦合的分析范式。③ 运用空间计量模型检验城镇化对水生态文明建设的溢出效应,为国家将淮河生态经济带打造成“新型城镇化示范带”和“流域生态文明建设示范带”提供经验依据。

1 城镇化影响水生态文明建设的解释机制

城镇化是引发多尺度生态环境变化的重要驱动因素,二者之间存在复杂的非线性耦合关系^[3]。城镇化推进实践中与生态文明建设形成现实反馈,并对生态环境产生直接影响以及间接外溢效应^[27],且城镇化发展的阶段性与空间异质性导致该影响效应呈现动态性、非均衡性特征^[27]。水生态文明是生态文明建设的基础保障,遵循上述思路,接下来理论阐释城镇化对水生态文明建设的直接影响与间接外溢机制以及水生态文明建设的空间溢出机制。

1.1 城镇化直接影响水生态文明建设的理论机制

城镇化通过吸引人口集聚从而影响水生态文明建设。城镇化是伴随工业化发展,农村人口向城镇集中的自然历史过程,人口集聚为城镇带来巨大经济集聚效应的同时还产生一系列的拥挤效应,这两种效应相互作用且具有动态调整性^[28]。人口集聚初期带来的经济集聚效应虽快速增长,但拥挤效应不明显,对水生态文明建设的影响尚在承载能力范围内。人口快速集聚逼近甚至超出城镇承载力,其引发的拥挤效应快速增大将抵消经济集聚效应,从而对包括水生态文明在内的整个生态系统形成

胁迫。高水平的经济集聚对人才及知识密集型产业具有更高吸引力^[28],人口集聚程度更高的城镇更易通过知识和人力资本来实现高质量发展^[29]。创新驱动是当前中国新型城镇化的践行路径之一^[30],对水生态文明建设具有显而易见的提升效应。中国过去长期依靠“土地城镇化”、非均等化基本公共服务压低成本来推动城镇化快速发展,这种粗放的数量型城镇化发展给水生态文明建设带来巨大压力,进而影响绿色发展福利^[31]。以人为核心的新型城镇化是一种节约创新、人地(水)和谐的质量提升型城镇化^[30],有助于建设绿水青山优美水生态文明,提高人民群众对水生态环境的获得感和幸福感。

城镇化通过吸引要素集聚从而影响水生态文明建设。城镇通过吸引邻近地区的劳动力、资本等生产要素不断集聚发展成为中心城市后,又因就业、教育等公共服务资源的集聚而进一步吸引人口与生产要素集聚^[32-33],可见,城镇化过程是要素集聚的过程^[33]。要素与经济集聚对生态环境通常具有正负两方面的双重影响效应,此双重效应的相互博弈致使两者关系是非线性或不确定的^[34]。在城镇化发展初期,与要素较分散的乡村相比,具有集聚经济性质的城镇空间单元的兴起更有利于提升要素使用效率,产生的节能与减排效应明显胜于拥挤效应,城镇化对水生态文明的正外部性初步显现。城镇化快速发展阶段的经济结构通常以高污染型重工业和能源密集型产业为主,要素消耗急剧增长与低效利用导致要素拥挤效应^[34]胜于其正外部性,城镇化对水生态文明的抑制影响更加明显。城镇化转型升级阶段,产业结构趋于绿色升级,要素集聚的规模经济效应以及共享、溢出、监管等各种正外部性显著凸显^[34],引发水资源配置与利用效率优化以及环境治理、生态文明得到更多重视,该阶段的城镇化进一步促进水生态文明建设。

城镇化通过吸引产业集聚从而影响水生态文明建设。作为经济集聚的重要表现,产业集聚通过要素与资源的空间集聚为城镇化提供发展动力^[35],尤其是工业集聚、服务业集聚会通过前向挤出效应来推动经济结构升级,从而决定城镇化发展阶段^[36]。产业集聚同样会产生正、负外部性^[37],不同的产业集聚水平会引发不同程度的外部性,且其外部性水平通常与经济发展阶段保持同步相关性^[34]。在城镇化规模扩张初期及快速发展期,尽管产业集聚会发挥出一定的规模经济进而改善水生态环境,但其所处的经济发展阶段决定了其工业与非农产业集

聚以“高资源消耗、高环境破坏、高碳排放”为主要表征,再加上用水效率低下及节水治污技术落后,基于传统工业化逻辑的城镇化模式不可避免地对包括水生态文明在内的环境、文化等造成不可持续的后果^[38]。资源依赖型和消耗型产业的逐步淘汰、高端产业的不断集聚推动产业结构绿色升级、城镇化发展至高质量阶段,传统的高耗能高耗水模式逐步向节能节水模式转变,此时,绿色生态产业集聚驱动下的新型城镇化显而易见地促进水生态文明建设。

1.2 城镇化影响水生态文明建设的溢出机制

在本地城市城镇化规模快速扩张阶段,其各类经济要素价格相对低廉,且地方政府为吸引流动性资源而降低环境规制强度,在资本逐利性和“虹吸效应”^[27,39]作用下,邻近城市高耗能、高污染的产业与经济要素向本地集聚,从而间接促进邻近城市的水生态文明建设。本地城市的城镇化进一步发展到转型升级阶段后,其更高水平的经济集聚效应和绿色技术创新效应吸引邻近城市高端产业前往,“强者愈强”的马太效应^[40]导致邻近城市的产业结构升级滞后,不利于邻近城市水生态文明建设。另外,基于污染天堂假说,在自由市场背景下,发达地区会将污染密集型产业逐渐向欠发达地区转移^[41]。为此,伴随地区产业体系的渐趋成熟和经济结构的不断优化,处于更高质量发展阶段的本地城市面对日益加剧的资源环境约束及环境规制造成的排污成本上升,不断迁移过滤出相对低端产业^[27],其高耗水、高污染排放产业可能就近向空间邻近城市转移。邻近城市一方面因承接城镇化高质量发展阶段的本地城市过滤的落后产能、过剩产能而发生污染避难效应,另一方面受财富示范效应诱导^[27],可能会忽略自身资源环境禀赋、降低环境规制要求而盲目追求经济体量及结构转型^[27],从而整体导致其水生态文明建设受到不利影响。

1.3 水生态文明建设的空间溢出机制

考虑区域经济社会发展对生态环境的影响以及流域具有要素禀赋的空间耦合性、内在联系的空间制约性^[42],水生态文明建设存在正反两方面的空间溢出效应。① 正向溢出效应。本地区加强水污染治理,会通过示范与警示效应^[35]提升邻近城市水生态文明建设关注度,强化对环境污染排放和环境规制执行的社会舆论监督作用,推动地方政府和企业更加积极开展水生态文明建设工作。与此类似,经济考核和晋升机制导向下地方政府在环境规制方面相互模仿或攀比竞争,流域内各城市环境规制

存在“逐底效应”,从而导致水生态文明建设水平同趋下。并且,水资源作为典型的公共资源,其自然流动导致上游地区加强水生态文明建设采取的治理措施也会有利于下游地区水生态文明发展,从而形成水生态文明建设中的“搭便车”效应^[43]。②反向溢出效应。水污染在流域内存在负外部性,即水污染只会影响下游却能为上游带来经济利益,在晋升锦标赛的竞争效应驱动下^[44],上游向下游超额排污推动污染扩散效应形成,水污染的负外部性导致跨行政区流域“公地悲剧”的发生;与此同时,水生态文明建设水平高的地区更加注重生态治理,面对本地区日益严格的环境规制,污染型产业为降低环境治理成本可能发生迁移,从而不利于周边地区水生态文明建设,这也就是前文所说的污染避难效应;此外,还存在经济政策调整、农业面源污染与降水等阵发性偶然事件引发的水生态文明建设影响的负向空间外溢。

上述城镇化对水生态文明建设的解释机制如图1所示。

2 研究区域、数据与方法

2.1 研究区概况与数据来源

《淮河生态经济带发展规划》(以下简称《规划》)

指出,淮河生态经济带以淮河干流、一级支流以及下游沂沭泗水系流经的地区为规划范围,包括湖北、河南、安徽、山东、江苏等5省25个地级市和4个县级市(县)。该区域交错叠加了长江三角洲一体化发展区、中原经济区、山东半岛蓝色经济区等重要国家战略规划,在中国经济社会发展全局中占据重要地位,但经济发展总体相对滞后,尤其面临产业创新发展的内生能力与动力不足、资源环境承载力有限、城镇化转型发展压力大等突出问题。随着经济规模总量的不断增长,其生态环境对经济社会发展的约束效应不断凸显,加快水生态文明建设、推动绿色发展转型愈加迫切。研究区内的河南省桐柏县、湖北省随县、广水市和大悟县等4个县级市(县)的水生态文明相关数据缺失较多,考虑数据的完备性、连续性以及空间单元层级的一致性,最终选定淮河流域流经的河南、安徽、山东、江苏等4省25个地级市作为研究对象(图2)。中国主要减排指标的属性自2006年开始由预期性改为约束性,研究期由此设定为2006—2020年^①。

2.2 构建综合评价指标体系

鉴于单一指标难以衡量新型城镇化与水生态文明建设这两个复杂系统的发展演变规律,在借鉴已有研究成果^[4,45-47]的基础上,遵循科学性、独立性等原则,采用理论分析法、频度分析法及专家咨询

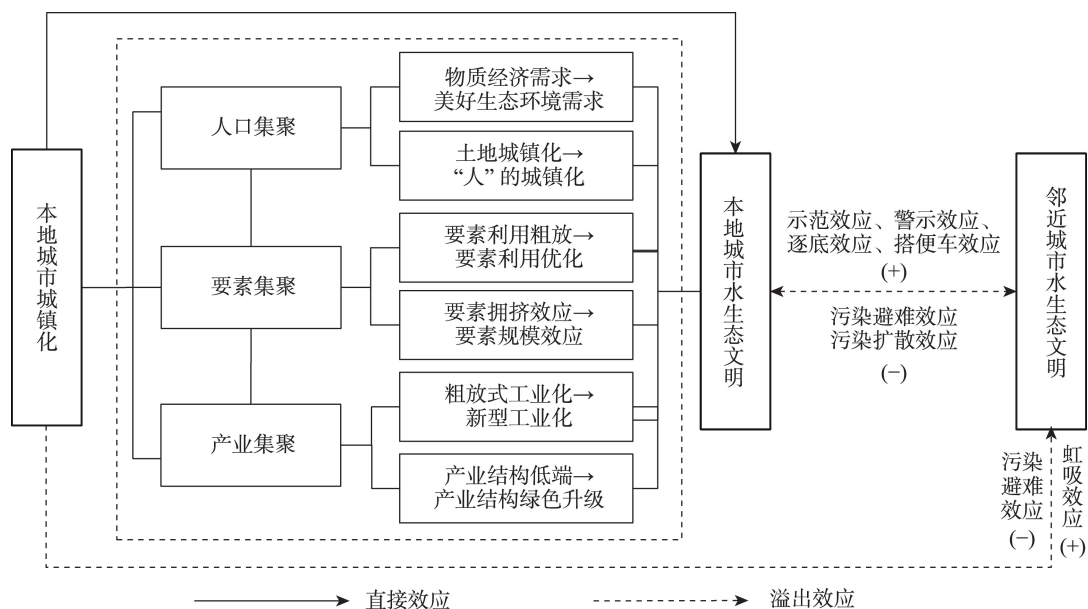


图1 城镇化影响水生态文明建设的影响机制

Fig.1 Mechanism of influence of urbanization on the water ecological civilization construction

① 2020年为可获得的最新数据时间。



注：本图基于自然资源部标准地图服务网站GS(2019)1822号标准地图制作，底图边界无修改。下同。

图2 淮河生态经济带研究区概况
Fig.2 Overview of the Huaihe River Eco-economic Belt

法分别构建城镇化与水生态文明建设综合评价指标体系。各指标的具体遴选步骤为：① 海选指标。考虑研究指标现状及发展趋势，海选出具有针对性与广泛性的新型城镇化与水生态文明建设指标。② 筛选指标。检索同类研究中的指标体系并提取使用频率高、认可度高的指标是确定二级指标的常用方法。为此，借鉴引用率较高相关研究成果来筛选确定二级指标；同时，借鉴水利部《水生态文明城市建设评价导则》(以下简称《导则》)做法，考虑研究区发展特色设置更有针对性的水生态文明建设二级评价指标。③ 检验指标。舍弃数据缺失严重或波动异常的指标，确定指标属性方向。最终确定的综合评价指标体系见表1。

2.3 研究方法

2.3.1 综合评价法

分别构建新型城镇化综合评价指数(其计算结果以下简称“综合城镇化(U)”)与水生态文明建设综合评价指数,并采用熵值法^[48-49]来确定各指标权重以保证评价结果的客观性和科学性。

2.3.2 空间计量模型

水污染等水生态问题并非某一地区单纯的局

部问题,多会通过水环流、水扩散等自然因素以及产业转移等经济机制影响到邻近地区^[50],忽略其固有的空间溢出效应的实证研究结果可能存在偏误。鉴于此,引入空间项建立适应各种空间效应的一般嵌套模型,并在实际计量检验中,通过科学的判定规则确定最终适用的空间计量模型^[31,34]。梳理文献发现,城镇化与用水效率、用水量等水生态文明建设系统的子维度之间并非简单的线性关系,为此将城镇化变量的二次项引入模型,以检验上述城镇化影响水生态文明建设的理论机制。同时,为避免遗漏变量而导致内生性,借鉴已有研究,选取经济发展水平(城镇居民人均可支配收入, A)^[51]、工业化水平(工业增加值占地区生产总值比重, I)^[52]、技术水平(专利授权万人拥有量, T)^[45,53]、对外开放水平(外商直接投资额占地区生产总值比重, $Open$)^[53]、环境规制强度(工业二氧化硫排放量万元工业增加值的倒数, ER)^[54]、水资源禀赋(人均水资源占有量, WT)^[45]等社会经济要素作为控制变量。

2.4 数据来源及处理

数据来自研究区各省统计年鉴及水资源公报、《中国城市建设统计年鉴》《中国区域经济统计年

表1 新型城镇化与水生态文明建设综合评价指标体系

Tab.1 Evaluation indicator system of the new urbanization and water ecological civilization construction

水生态文明建设			新型城镇化		
一级指标	二级指标	指标属性	一级指标	二级指标	指标属性
水安全	城市自来水普及率(%)	+	人口城镇化	城镇人口比例(%)	+
	地下水供水占比(%)	-		总从业人员数占常住人口比例(%)	+
水生态	用水超载率(%)	-	经济城镇化	人均GDP(万元)	+
	生活生态用水占比(%)	+		人均工业增加值(万元)	+
	自然生态保护力度 ^a (%)	+		第三产业增加值占GDP比例(%)	+
水环境	化肥施用强度(t/1000 hm ²)	-	社会城镇化	人均社会消费品零售总额(万元)	+
	市区万元GDP污水排放量(m ³ /万元)	-		城乡居民收入比例(%)	-
	万元工业增加值工业废水排放量(m ³ /万元)	-		城镇居民恩格尔系数(%)	-
	城市污水处理率(%)	+		万人拥有卫生技术人员数(人)	+
水节约	万元GDP用水量(m ³ /万元)	-	土地城镇化	万人在校大学生数(人)	+
	万元工业增加值用水量(m ³ /万元)	-		万人拥有图书册(册)	+
	农田灌溉亩均用水量(m ³ /亩)	-		万人拥有移动电话(部)	+
	节水灌溉面积占比(%)	+		人均城市道路面积(m ²)	+
	城市人均日生活用水量(L)	-		建成区面积占市辖区面积比例(%)	+
水监管	环境治理经费占财政支出比重(%)	+			
	水生态文明监管制度(个)	+			
水文化	建成区绿化覆盖率(%)	+			
	水生态文明城市(个)	+			
	水文化传承载体数量(个)	+			
水设施	城市建成区供水管道密度(km/km ²)	+			
	城市建成区排水管道密度(km/km ²)	+			
	城市供水综合生产能力(10 ⁴ m ³ /d)	+			

注:a.自然生态保护力度(%)=自然保护区面积/行政面积×100%。

鉴》《淮河片水资源公报》，并结合所在地级市的统计年鉴以及国民经济与社会发展公报进行补充。节水灌溉面积等极少部分缺失数据或通过所在城市数据涉及部门(如生态环境局、农业农村局、水利局等)政务网站上的网络咨询留言、政府信息公开申请等渠道获取，或用插值法处理补缺。为消除数据异方差性，对大于1的变量采用其自然对数处理以保证平稳^[55]。地区生产总值等经济发展类数据以2006年为基期进行消胀处理，外商投资数据以当年外汇均价进行换算。同时，指标量级采用地均、人均、百分比等单位，以确保数据之间的可比性，并将所有解释变量滞后一期^[56]以消除潜在的内生性。

3 实证分析

3.1 新型城镇化和水生态文明建设发展的时空特征

为对比淮河生态经济带城市间城镇化和水生态文明建设的时空差异及变化，分2006、2013和

2020年3个时间节点分别对其发展水平进行空间可视化表达(图3)。

新型城镇化方面。从时间尺度来看，城市间城镇化水平的发展差距逐渐缩小，最差一类的城市数量由2006年的21个减少到2020年的2个。从空间特征来看，城镇化水平总体呈“东高西低”特点，位于经济带东部的江苏、山东城镇化发展基础好、水平高。2006—2020年期间，城镇化中高水平连绵集聚态势在中下游逐渐形成，但中上游极少部分城市存在城镇化洼地现象。

水生态文明建设方面。从时间尺度来看，发展水平整体有明显提高，最差一类的城市数量由2006年的20个减少为2020年的5个，最好一类的城市数量由2006年的0个增加至2020年的6个。从空间特征来看，中下游水生态文明建设发展水平进步明显，尤其是江苏省表现突出。对比2006、2013年，2020年最差一类城市范围缩小并集中在经济带西北、东南区域的部分城市。

3.2 准结果分析

3.2.1 空间自相关性检验

空间自相关是揭示空间数据分布的一个重要概念^[57]。在进行因果识别之前,需要检验城镇化与水生态文明建设之间的空间自相关性。采用最为常用的邻接空间权重矩阵^[34]分别计算 2006—2020 年新型城镇化指数与水生态文明建设综合评价指数的全局空间自相关指数(Moran's I)。

由表 2 可知,新型城镇化与水生态文明建设综合评价指数的全局莫兰指数在 2006—2020 年期间均为正值且均通过显著性检验,说明淮河生态经济带新型城镇化与水生态文明建设具有显著的空间集聚性。

3.2.2 模型遴选

基于对新型城镇化与水生态文明建设之间的空间关联特征更为稳健的考察,构建了两种空间权

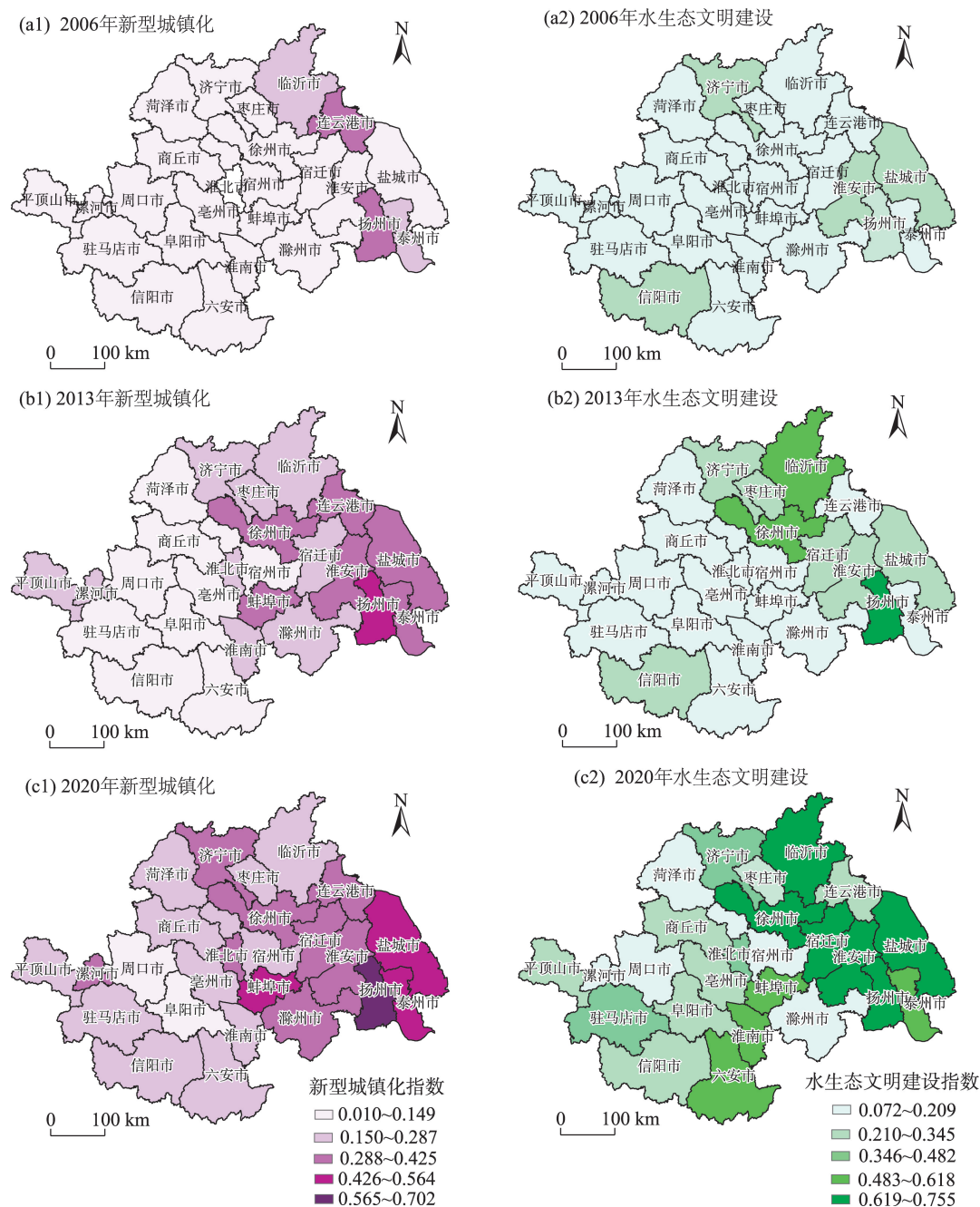


图3 淮河生态经济带新型城镇化和水生态文明建设发展情况(2006、2013及2020年)

Fig.3 Situation of new urbanization and water ecological civilization construction in the Huaihe River Eco-economic Belt in 2006, 2013 and 2020

重矩阵进行空间计量模型遴选。第一种是利用地图边界矢量数据、基于ROOK邻接规则构造的邻接权重矩阵(W_1),其元素 w_{ij} 在当城市 i 和 j 拥有共同边界时为1,无共同边界时为0;第二种为地理距离权重矩阵(W_2),其元素 w_{ij} 表示 i 地区与 j 地区地理距离平方的倒数。为保证模型遴选的科学性,采用LM以及Robust LM等一系列检验,对空间计量模型的具体形式进行遴选。模型检验结果见表3。

由表3可知,邻接权重矩阵下,空间自回归模型(spatial autoregression, SAR)和空间误差模型(spa-

tial error model, SEM)模型的LM和Robust LM统计量均通过显著性检验;地理距离权重矩阵下, SAR模型的LM和Robust LM统计量通过显著性检验; SEM模型仅Robust LM统计量通过显著性检验。在确认SAR模型要优于SEM模型的基础上,利用Wald检验和LR检验来进一步识别空间杜宾模型(spatial Dubin model, SDM),并检验其是否可以退化为SAR或SEM形式。结果显示,两种空间权重矩阵下,统计结果均显著拒绝原假设,表明SDM不可退化为空间计量模型的简化形式,SDM为最适合估计模型。此外, Hausman统计量通过显著性检验,因此固定效应模型要优于随机效应模型。综上,最终采用固定效应下的空间面板杜宾模型(spatial panel Durbin model, SPDM)来识别城镇化与水生态文明建设之间的因果关系。

3.3 估计结果

3.3.1 面板模型参数估计结果

表4同时列出了普通面板模型回归结果以及在两种空间权重矩阵下SPDM模型的回归结果,发现核心解释变量一次项和二次项系数均通过了显著性检验,且二次项的系数均为正数,说明城镇化与水生态文明建设之间存在显著的“U”型曲线关系。对比回归结果发现,空间面板模型调整后的拟合系数(Adj R^2)相较于普通面板模型估计结果更优,且二次项的回归系数在考虑空间效应后均明显变小,说明不考虑空间效应的普通面板模型会明显高估城镇化对水生态文明建设的影响效应。另外,由表4可知,不论采取哪种空间权重矩阵,核心解释变量二次项的影响方向与显著性水平完全一致。控制变量中,其影响方向除“水资源禀赋”溢出项外其余均一致;

表2 全局空间自相关指数统计值及其显著性
Tab.2 Results of global Moran's I and significance

年份	Moran's I	
	新型城镇化指数	水生态文明建设综合评价指数
2006	0.160*	0.181**
2007	0.203*	0.135*
2008	0.255**	0.189**
2009	0.327***	0.232**
2010	0.362***	0.225**
2011	0.408***	0.258*
2012	0.323***	0.289***
2013	0.390***	0.211**
2014	0.426***	0.227**
2015	0.442***	0.209**
2016	0.477***	0.206**
2017	0.489***	0.183**
2018	0.471***	0.186**
2019	0.471***	0.169**
2020	0.519***	0.176**

注:*,**,***分别表示通过10%、5%、1%的显著性水平检验。
下同。

表3 空间计量模型的选择检验
Tab.3 Tests of the spatial econometric model

统计量	邻接权重矩阵		地理距离权重矩阵	
	数值	P 值	数值	P 值
LM_spatial lag	4.662	0.031	6.061	0.014
Robust LM_spatial lag	17.403	<0.001	29.581	<0.001
LM_spatial error	17.380	<0.001	0.114	0.735
Robust LM_spatial error	30.120	<0.001	23.634	<0.001
Hausman	438.545	0.002	35.136	0.006
Wald_spatial_lag	68.047	<0.001	69.009	<0.001
LR_spatial_lag	70.300	<0.001	72.510	<0.001
Wald_spatial_error	49.061	<0.001	76.779	<0.001
LR_spatial_error	34.800	0.007	78.542	<0.001

其显著性除“环境规制强度”溢出项外其余皆均显著(显著性水平略有差异)。邻接权重矩阵下的模型拟合度相比更高,故接下来重点对邻接权重矩阵下的空间计量模型估计结果进行解读。

核心解释变量综合城镇化二次项的估计系数均为正向显著,说明本地城镇化对水生态文明建设具有稳健的非线性“U”型影响关系(图4),即城镇化处于初期快速发展阶段时,城镇化发展会抑制水生态文明建设水平提高,而城镇化水平超越拐点值、进一步发展到高质量发展阶段后,对水生态文明建设的影响扭转为促进关系,验证了前文理论机制中所阐释的城镇化与水生态文明建设之间存在非线性影响效应。进一步计算得出, W_1 、 W_2 权重下的综合城镇化指数的拐点值分别为0.901和1.142,而研究期内样本超过拐点的城市数为0,即样本观察值均处于“U”型的左侧区域,这说明当前淮河生态经济带的城镇化尚处于发展阶段,其对水生态文明的促进作用尚未体现,验证了前文理论机制中所阐释的城镇化对水生态文明影响效应的动态阶段性以及非均衡性特征。可能的解释是,淮河生态经济带尚未形成以城市群为基础的城镇等级结构,城市内部产业与经济集聚、城市之间要素共享与分工协作不

够,高度依赖要素投入的城镇化粗放发展模式导致其对水生态文明的抑制影响更加明显,这也是《规划》提出打造新型城镇化示范带和流域生态文明建设示范带这一战略定位的重要原因。另外,水生态文明建设的空间滞后项估计系数为负数,且通过显著性检验,这意味着本地水生态文明水平的提高受到邻近地区水生态文明建设的抑制影响,验证了前文理论机制里水生态文明建设存在的负向空间溢出效应,但由于其正向溢出效应不明显或者其负向

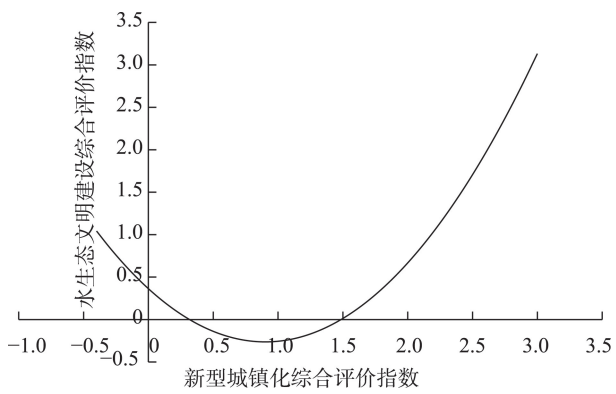


图4 新型城镇化对水生态文明建设影响的“U”型曲线
Fig.4 "U"-shaped impact curve of new urbanization on water ecological civilization

表4 面板模型参数估计结果
Tab.4 Regression results based on panel data

解释变量	普通面板模型	SPDM		解释变量	SPDM	
		邻接权重矩阵	地理距离权重矩阵		邻接权重矩阵	地理距离权重矩阵
U	-1.260*** (-3.248)	-1.390*** (-3.440)	-1.374*** (-3.511)	$W \times U$	-0.330 (-0.401)	-0.007 (-0.005)
U^2	0.919** (2.257)	0.771* (1.904)	0.600* (1.494)	$W \times U^2$	-1.450* (-1.909)	-3.775*** (-3.028)
$\ln A$	-0.044 (-1.027)	-0.055* (-1.138)	-0.069* (-1.720)	$W \times \ln A$	-0.178* (-1.920)	-0.461*** (-3.090)
I	-0.154** (-2.376)	-0.211*** (-3.023)	-0.291*** (-4.391)	$W \times I$	-0.093 (-0.715)	-0.212 (-1.078)
T	0.010*** (5.578)	0.008*** (4.571)	0.007*** (3.823)	$W \times T$	0.016*** (4.961)	0.027*** (5.137)
Open	-0.002 (-0.506)	0.005 (1.190)	0.002 (0.423)	$W \times \text{Open}$	-0.027*** (-2.827)	-0.040*** (-2.853)
$\ln ER$	-0.033*** (-2.704)	-0.032*** (-2.616)	-0.036*** (-3.026)	$W \times \ln ER$	-0.070*** (-2.900)	-0.046 (-1.379)
$\ln WT$	0.033** (2.149)	0.027 (1.590)	0.028 (1.601)	$W \times \ln WT$	-0.013 (-0.416)	0.021 (0.282)
Adj R^2	0.276	0.879	0.877	ρ	-0.372*** (-4.561)	-0.128* (-2.181)
对数似然值		462.935	464.842			

注:括号内为t值。下同。

溢出效应强于正向溢出效应,研究区水生态文明建设的正向溢出效应未得到验证。可能的解释是:一方面该经济带水生态治理缺乏协同合作,水污染扩散效应导致上下游之间水生态文明“公地悲剧”的发生;另一方面,受新型城镇化转型升级传导机制影响,本地为加强水生态文明建设而迁移扩散污染型产业,从而不利于周边地区水生态文明建设。

3.3.2 空间效应分解

研究期内,城镇化通过直接和间接效应对水生态文明建设产生共同影响,其二次项的直接效应与间接效应均显著,其中直接效应显著为正(W_2 权重矩阵下的直接效应只通过了0.13的显著性检验,但仍然可以认为存在显著的正向效应^[58]),间接效应显著为负,两种效应正好相反(表5)。这表明某一城市城镇化对其本身水生态文明建设具有“U”型曲线影响,但对邻近城市水生态文明的影响呈现倒“U”型非线性关系。依据前文揭示的理论影响机制,某一城市城镇化由快速发展阶段向高质量阶段发展过程中,其人口不断集聚促进土地城镇化转向“人”的城镇化、要素不断合理化集聚促进拥挤效应转向规模经济效应、高端产业不断集聚促进经济结构优化,从而引发城镇化先抑制、后促进其自身水生态文明建设。另外,该城市在城镇化快速发展初期,由于虹吸效应吸引周边地区各类要素及高污染产

业向其集聚,从而间接促进周边地区水生态文明;伴随该城市综合城镇化水平提高并跨过拐点值,对周边落后地区的人才、资金等要素发挥更强的集聚与虹吸效应,并由于自身环境规制趋严而向邻近城市迁移落后产能,从而间接阻碍周边地区水生态文明建设。此外,进一步比较间接效应与直接效应的系数估计值可知,当前城镇化对水生态文明的负向空间溢出效应要强于正向直接效应。

从控制变量来看,经济发展水平对水生态文明的总效应显著为负,表明当前淮河生态经济带总体落后的经济发展方式不利于水生态文明建设。工业化的总效用与直接效应均显著为负,研究区当前粗放的工业化不利于水生态文明建设。技术进步的总效应、直接效应与溢出效应均为正向显著,验证了创新与技术进步对生态环境的提升效应。对外开放水平不论总效应还是溢出效应均显著为负,表明欠发达地区需要吸引高质量的外商投资来摆脱“污染避难所”效应。环境规制强度的总效应、直接效应与溢出效应均为负向显著,这可能是地方政府为发展经济需要而在环境规制方面“逐底竞争”,宽松的环境规制水平不利于水生态文明建设。水资源禀赋对水生态文明的空间效应皆为正,但均不显著。

3.4 稳健性检验

为保证核心结论的稳健性,本文从以下两个方

表5 空间面板杜宾模型效应分解结果
Tab.5 Results of decomposed effects of the SPDM

解释变量	邻接权重矩阵			地理距离权重矩阵		
	总效应	直接效应	间接效应	总效应	直接效应	间接效应
U	-0.775 (-1.332)	-1.470*** (-3.375)	0.695 (1.004)	-1.375 (-1.156)	-1.374*** (-3.593)	-0.001 (-0.001)
U^2	-0.498 (-0.895)	0.939** (2.221)	-1.437** (-2.211)	-3.129** (-2.452)	0.593 (1.534)	-3.722*** (-2.900)
$\ln A$	-0.162** (-2.160)	-0.032 (-0.775)	-0.130 (-1.630)	-0.524*** (-3.293)	-0.070 (-1.687)	-0.454*** (-2.940)
I	-0.219** (-2.367)	-0.204** (-2.679)	-0.016 (-0.135)	-0.491** (-2.456)	-0.290*** (-4.369)	-0.200 (-1.015)
T	0.018*** (7.407)	0.007*** (3.852)	0.011*** (3.898)	0.034*** (6.275)	0.007*** (3.778)	0.026*** (4.919)
Open	-0.016** (-2.345)	0.007 (1.462)	-0.023** (-2.750)	-0.034** (-2.643)	0.002 (0.461)	-0.039*** (-2.832)
$\ln ER$	-0.074*** (-3.969)	-0.027** (-2.086)	-0.047** (-2.407)	-0.079** (-2.375)	-0.035*** (-3.088)	-0.044 (-1.397)
$\ln WT$	0.010 (0.506)	0.030 (1.598)	-0.020 (-0.733)	0.005 (0.136)	0.028 (1.650)	0.022 (0.478)

面进行检验：一是选择地理距离空间权重矩阵替换邻接空间权重矩阵，其计算结果与上述核心结果并无显著差异(详见表4、表5)；二是更换核心解释变量。考虑到城镇化的重要表现形式之一是人口集聚，选取城镇人口比例(P)这一指标替换综合城镇化指数重新纳入空间杜宾模型进行回归(表6)。

从表6可知，更换为城镇人口比例后的核心解释变量二次项的方向与显著性水平均与前文结果保持一致，有87.5%的解释变量显著性结果一致，仅控制变量中工业化水平与技术进步的空间溢出项的模型回归结果方向与显著性水平略有差异，且核心解释变量人口城镇化的空间效应分解结果除显著性水平略有差异外、其余均与前文保持一致，控制变量的空间效应分解结果也基本与前文保持一致^②，充分验证本文研究结果的有效性与稳定性。值得特别关注的是，通过计算得出人口城镇化的拐点值为0.352，即当城镇人口比例达到35.2%时，其开始对水生态文明建设产生正向促进作用。经比对，自2014年起所有样本城市均达到该拐点值。表明自2014年起，淮河生态经济带人口城镇化水平的不断发展带动促进了水生态文明建设。这与前文得到的综合城镇化超过拐点值的样本数为0这一研究结果并不冲突，反而说明淮河生态经济带集聚城镇的常住人口规模已达到拐点值，接下来的重点工作是推进以人为核心的新型城镇化，尤其是促进有能力在城镇稳定就业和生活的农业转移人口市民化，提高户籍人口城镇化水平，促进综合城镇化有序进入“U”型曲线右半段，实现经济社会与水生态文明建设协调发展。

4 结论及政策建议

4.1 主要结论

本文在厘清城镇化对水生态文明建设影响机理的基础上，采用空间面板杜宾模型实证检验淮河生态经济带城镇化对水生态文明建设的非线性影响效应及作用机制。研究结果表明：

(1) 淮河生态经济带城镇化与水生态文明之间存在典型的环境库兹涅茨曲线关系。不论是综合城镇化还是单一的人口城镇化，其对水生态文明建设的影响均呈现为典型的“U”型曲线，即城镇化发展初期会抑制、在达到一定阈值后转为促进水生态

表6 核心解释变量更换后的空间面板杜宾模型
参数估计结果

Tab.6 Estimation results of SPDM with
alternative kernel variable

解释变量	回归系数	解释变量	回归系数
P	-0.741** (-2.237)	$W \times P$	-2.141*** (-2.237)
P^2	1.053** (2.545)	$W \times P^2$	-2.178** (2.536)
$\ln A$	-0.013 (-0.320)	$W \times \ln A$	-0.073 (-0.793)
I	-0.245*** (-3.722)	$W \times I$	0.280** (2.323)
T	0.006*** (3.612)	$W \times T$	0.004 (1.270)
Open	0.005 (1.022)	$W \times \text{Open}$	-0.022** (-2.323)
$\ln ER$	-0.035*** (-2.844)	$W \times \ln ER$	-0.076*** (-3.117)
$\ln WT$	0.026 (1.495)	$W \times \ln WT$	-0.001 (-4.385)
ρ	-0.358*** (-4.385)		

注：模型调整 $R^2=0.877$ ，对数似然值为459.419。

文明建设。该结论在替换空间权重矩阵与核心解释变量这两种稳健性检验后仍然成立。

(2) 淮河生态经济带人口城镇化早在2014年越过拐点值，而综合城镇化尚在“U”型曲线左半部分。这意味着淮河生态经济带城镇化接下来的重点工作是推进以人为核心的新型城镇化，在吸引农业人口加快集聚的同时要大力促进农业转移人口市民化，促进综合城镇化有序进入“U”型曲线右半段，发挥城镇化对水生态文明建设的提升作用。

(3) 城镇化对水生态文明建设表现出显著的直接促进作用和间接溢出效应，且溢出效应要强于直接效应。本地城镇化发展对该地本身的水生态文明建设具有正“U”型非线性关系，而对邻近城市的水生态文明建设产生倒“U”型曲线影响。

(4) 淮河生态经济带水生态文明建设呈负向空间溢出效应。受经济发展阶段影响，淮河生态经济带放宽环境规制标准、发展或承接转移污染性产业从而导致污染扩散效应与污染避难效应发生，再加上缺乏水生态文明协同治理，使得水生态文明建设呈负向外溢效应。

② 鉴于篇幅，该效应分解部分未展示具体回归结果，如有需要可向作者索取。

4.2 政策建议

(1) 加快推进新型城镇化步伐,尽早发挥其对水生态文明建设的内在提升效应。本文的研究显示,淮河生态经济带城镇化对水生态文明建设呈典型的“U”型曲线影响,说明城镇化发展到一定程度后,其对水生态文明建设具有提升作用。尽管在城镇化推进过程中因为城市高能耗、高污染的粗放模式而导致水污染、水生态恶化等问题,但这也说明当前城镇化尚处在未到拐点的低级阶段。可以预期的是,随着城镇化水平的不断提升,其对水生态文明建设的内在提升效应将会在更广区域范围内得以实现。为此,淮河生态经济带仍要创新城镇联动发展机制,大力推进城市群经济,促进市场一体化,加快推进新型城镇化步伐,尽快达到其带动提升水生态文明建设的理想阶段。针对人口城镇化已越过而综合城镇化未达到拐点值这一研究发现,淮河生态经济带接下来需要重点推进人的城镇化。淮河生态经济带是全国重要的粮食生产基地,人口密度较高,就近城镇化模式是新型城镇化的重点。要充分发挥新型城镇化综合试点和中小城市综合改革试点政策优势,进一步放宽农业转移人口在城市落户条件,推进跨区域农业流动人口市民化,促进农民工、新产业工人等新市民群体能共享城市各项基本公共服务。

(2) 提升新型城镇化发展质量,加强水生态文明协同建设。本文的研究显示,城镇化对邻近城市水生态文明建设具有倒“U”型溢出效应。为此,一方面要深化供给侧结构性改革,加大产业转型升级力度,推进传统产业绿色化改造,尽快淘汰落后产能和高污染产能,严控高耗水和资源密集型产业发展;另一方面要立足各地产业基础和比较优势,发挥皖北承接产业转移集聚区政策优势,积极承接符合环境标准的先进产业转移项目,打造绿色产业带,为新型城镇化注入新业态和新动力。针对水生态文明建设具有负向空间外溢效应这一研究发现,一方面需要充分发挥现有流域水资源保护机构对水生态文明建设的协调推进作用,加快推进水生态文明建设方面的区域联动机制和市场化的水生态补偿机制;另一方面需要全面落实“纳污红线”等三条红线,因地制宜完善环境规制手段和节水减排内在动力机制,发挥“水生态文明城市”等先进地区的示范带头作用,更多利用技术外溢推动水生态文明协调发展,打造人水和谐的生态示范带。

需要指出的是,囿于数据可得性,本文构建的水生态文明建设评价指标体系与《导则》中提出的指标体系存在一定差异,其全面性和代表性有待进一步完善。另外,受样本城市数量限制,上中下游不同区域以及土地城镇化、经济城镇化等细分维度城镇化对水生态文明建设的异质性影响效应未进行实证检验,这些不足也是后续研究需要跟进的方向。

参考文献(References)

- [1] 刘天宝, 马嘉铭. 空间生产理论在中国城镇化研究中的应用进展与展望 [J]. 地理科学进展, 2023, 42(5): 998-1011. [Liu Tianbao, Ma Jiaming. Progress and prospect of the application of the theory of production of space in the study of urbanization in China. Progress in Geography, 2023, 42(5): 998-1011.]
- [2] 孙黄平, 黄震方, 徐冬冬, 等. 泛长三角城市群城镇化与生态环境耦合的空间特征与驱动机制 [J]. 经济地理, 2017, 37(2): 163-170, 186. [Sun Huangping, Huang Zhenfang, Xu Dongdong, et al. The spatial characteristics and drive mechanism of coupling relationship between urbanization and eco-environment in the pan Yangtze River Delta. Economic Geography, 2017, 37(2): 163-170, 186.]
- [3] 崔学刚, 方创琳, 刘海猛, 等. 城镇化与生态环境耦合动态模拟理论及方法的研究进展 [J]. 地理学报, 2019, 74(6): 1079-1096. [Cui Xuegang, Fang Chuanglin, Liu Haimeng, et al. Dynamic simulation of urbanization and eco-environment coupling: A review on theory, methods and applications. Acta Geographica Sinica, 2019, 74(6): 1079-1096.]
- [4] 刁艺璇, 左其亨, 马军霞. 黄河流域城镇化与水资源利用水平及其耦合协调分析 [J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2020, 56(3): 326-333. [Diao Yixuan, Zuo Qiting, Ma Junxia. Urbanization, water use level and their coupled coordination in the Yellow River Basin. Journal of Beijing Normal University (Natural Science), 2020, 56(3): 326-333.]
- [5] 刘海猛, 石培基, 杨雪梅, 等. 人水系统的自组织演化模拟与实证 [J]. 自然资源学报, 2014, 29(4): 709-718. [Liu Haimeng, Shi Peiji, Yang Xuemei, et al. Self-organization evolution simulation and empirical study of human-water system. Journal of Natural Resources, 2014, 29(4): 709-718.]
- [6] 郝兆印, 王成新, 白铭月, 等. “两山论”: 人地关系理论的中国实践与时代升华 [J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(3): 136-144. [Hao Zhaoyin, Wang Chengxin, Bai Mingyue, et al. 'Two Mountains' theory: Chinese practice and

- promotion of the theories about human-environment relationship. *China Population, Resources and Environment*, 2022, 32(3): 136-144.]
- [7] 刘海猛, 方创琳, 李咏红. 城镇化与生态环境“耦合魔方”的基本概念及框架 [J]. *地理学报*, 2019, 74(8): 1489-1507. [Liu Haimeng, Fang Chuanglin, Li Yonghong. The coupled human and natural cube: A conceptual framework for analyzing urbanization and eco-environment interactions. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(8): 1489-1507.]
- [8] 马海良, 徐佳, 王普查. 中国城镇化进程中的水资源利用研究 [J]. *资源科学*, 2014, 36(2): 334-341. [Ma Hailiang, Xu Jia, Wang Pucha. Water resource utilization and China's urbanization. *Resources Science*, 2014, 36(2): 334-341.]
- [9] 阚大学, 吕连菊. 中国城镇化对水资源利用的影响 [J]. *城市问题*, 2018(7): 4-12. [Kan Daxue, Lv Lianju. Empirical study on influence of urbanization on water resources utilization. *Urban Problems*, 2018(7): 4-12.]
- [10] Zhou Q X, Tong C F. Does rapid urbanization improve green water-use efficiency? Based on the investigation of Guangdong Province, China [J]. *Sustainability*, 2022, 14 (12): 7481. doi: 10.3390/su14127481.
- [11] 张强, 王本德, 曹明亮. 基于因素分解模型的水资源利用变动分析 [J]. *自然资源学报*, 2011, 26(7): 1209-1216. [Zhang Qiang, Wang Bende, Cao Mingliang. Analysis of water resource utilization change based on factor decomposition model. *Journal of Natural Resources*, 2011, 26(7): 1209-1216.]
- [12] 秦腾, 章恒全, 佟金萍, 等. 城镇化进程中用水量增长的门槛效应与动态作用机制分析 [J]. *中国人口·资源与环境*, 2017, 27(5): 45-53. [Qin Teng, Zhang Hengquan, Tong Jinping, et al. Analysis on threshold effects and dynamic mechanism of water consumption growth in the process of urbanization. *China Population, Resources and Environment*, 2017, 27(5): 45-53.]
- [13] Marques R C, De Witte K. Is big better? On scale and scope economies in the Portuguese water sector [J]. *Economic Modelling*, 2011, 28(3): 1009-1016.
- [14] Graniel C E, Morris L B, Carrillo-Rivera J J. Effects of urbanization on groundwater resources of Merida, Yucatan, Mexico [J]. *Environmental Geology*, 1999, 37(4): 303-312.
- [15] He H M, Zhou J, Wu Y, et al. Modelling the response of surface water quality to the urbanization in Xi'an, China [J]. *Journal of Environmental Management*, 2008, 86(4): 731-749.
- [16] Burak S, Doğan E, Gazioğlu C. Impact of urbanization and tourism on coastal environment [J]. *Ocean & Coastal Management*, 2004, 47(9/10): 515-527.
- [17] Srinivasan V, Seto K C, Emerson R, et al. The impact of urbanization on water vulnerability: A coupled human-environment system approach for Chennai, India [J]. *Global Environmental Change*, 2013, 23(1): 229-239.
- [18] Sun Y N, Ren F R, Liu J W, et al. Evaluation of wastewater pollution and treatment efficiencies in China during urbanization based on dynamic exogenous variable data envelopment analysis [J]. *Frontiers in Environmental Science*, 2021, 9: 585718. doi: 10.3389/fenvs.2021.585718.
- [19] 章恒全, 李一明, 张陈俊. 人口、经济、产业城镇化对水资源消耗影响的动态效应及区域差异 [J]. *工业技术经济*, 2019, 38(1): 83-90. [Zhang Hengquan, Li Yiming, Zhang Chenjun. Dynamic effects and regional disparity of population, economy and industrial urbanization on the water consumption. *Journal of Industrial Technological Economics*, 2019, 38(1): 83-90.]
- [20] 徐辉, 杨烨. 人口和产业集聚对环境污染的影响: 以中国的100个城市为例 [J]. *城市问题*, 2017(1): 53-60. [Xu Hui, Yang Ye. Influences on the environment pollution by population and industrial agglomeration: Taking 100 cities of China for example. *Urban Problems*, 2017 (1): 53-60.]
- [21] Tu J. Spatially varying relationships between land use and water quality across an urbanization gradient explored by geographically weighted regression [J]. *Applied Geography*, 2011, 31(1): 376-392.
- [22] 王蕊, 姚治君, 刘兆飞. 西北干旱区气候和土地利用变化对水沙运移的影响: 以小南川流域为例 [J]. *应用生态学报*, 2018, 29(9): 2879-2889. [Wang Rui, Yao Zhi-jun, Liu Zhao-fei. Impacts of climate and land use change on water and sediment load in the northwest arid region, China: With Xiaonanchuan River Basin as a case. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2018, 29(9): 2879-2889.]
- [23] 谢红彬, 刘兆德, 陈雯. 工业废水排放的影响因素量化分析 [J]. *长江流域资源与环境*, 2004(4): 394-398. [Xie Hongbin, Liu Zhaode, Chen Wen. Quantitative analysis on the influential factors of industrial waste drainage. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2004(4): 394-398.]
- [24] 周静, 杨桂山. 江苏省工业废水排放与经济增长的动态关系 [J]. *地理研究*, 2007, 26(5): 931-939. [Zhou Jing, Yang Guishan. Study on the evolvement of the relationship between industrial wastewater discharge and economic growth in Jiangsu Province. *Geographical Research*, 2007, 26(5): 931-939.]
- [25] 鲍超, 方创琳. 城市化与水资源开发利用的互动机理及

- 调控模式 [J]. 城市发展研究, 2010, 17(12): 19-23, 65. [Bao Chao, Fang Chuanglin. Interaction mechanism and control modes on urbanization and water resources exploitation and utilization. *Urban Development Studies*, 2010, 17(12): 19-23, 65.]
- [26] 钞锦龙, 李乐乐, 杨朔, 等. 汾河流域城市化与水资源耦合协调关系研究 [J]. 地理科学, 2022, 42(3): 487-496. [Chao Jinlong, Li Lele, Yang Shuo, et al. Coupling and coordination relationship between urbanization and water resources in the Fenhe River Basin. *Scientia Geographica Sinica*, 2022, 42(3): 487-496.]
- [27] 蒋正云, 宋金平, 赵晓迪. 新型城镇化高质量发展生态效应的空间溢出及门槛特征 [J]. 经济问题探索, 2023(5): 97-112. [Jiang Zhengyun, Song Jinping, Zhao Xiaodi. Spatial spillover and threshold characteristics of ecological effects of high-quality development of new-type urbanization. *Inquiry into Economic Issues*, 2023(5): 97-112.]
- [28] 杨东亮, 任志超, 李朋骞. 中国省会城市人口密度对人才集聚的影响研究 [J]. 人口学刊, 2020, 42(4): 82-92. [Yang Dongliang, Ren Zhichao, Li Peng'ao. Studies on the influence of population density of China's provincial capital cities on high skill labors agglomeration. *Population Journal*, 2020, 42(4): 82-92.]
- [29] 陈乐, 李郇, 姚尧, 等. 人口集聚对中国城市经济增长的影响分析 [J]. 地理学报, 2018, 73(6): 1107-1120. [Chen Le, Li Xun, Yao Yao, et al. Effects of population agglomeration on urban economic growth in China. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(6): 1107-1120.]
- [30] 方创琳. 中国新型城镇化高质量发展的规律性与重点方向 [J]. 地理研究, 2019, 38(1): 13-22. [Fang Chuanglin. Basic rules and key paths for high-quality development of the new urbanization in China. *Geographical Research*, 2019, 38(1): 13-22.]
- [31] 袁华锡, 封亦代, 罗翔勇, 等. 制造业集聚如何影响区域绿色发展福利? [J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(5): 68-83. [Yuan Huaxi, Feng Yidai, Luo Xiangyong, et al. How does manufacturing agglomeration affect regional green development welfare? *China Population, Resources and Environment*, 2022, 32(5): 68-83.]
- [32] 田成诗, 陈雨. 人口虹吸、集聚与城市能源效率: 以沪苏浙皖地区为例 [J]. 统计研究, 2022, 39(5): 93-106. [Tian Chengshi, Chen Yu. Population siphoning, agglomeration and urban energy efficiency: Take the Shanghai-Jiangsu-Zhejiang-Anhui as an example. *Statistical Research*, 2022, 39(5): 93-106.]
- [33] 马海涛, 卢硕, 张文忠. 京津冀城市群城镇化与创新的耦合过程与机理 [J]. 地理研究, 2020, 39(2): 303-318. [Ma Haitao, Lu Shuo, Zhang Wenzhong. Coupling process and mechanism of urbanization and innovation in Beijing-Tianjin-Hebei urban agglomeration. *Geographical Research*, 2020, 39(2): 303-318.]
- [34] 邵帅, 张可, 豆建民. 经济集聚的节能减排效应: 理论与中国经验 [J]. 管理世界, 2019, 35(1): 36-60, 226. [Shao Shuai, Zhang Ke, Dou Jianmin. Effects of economic agglomeration on energy saving and emission reduction: Theory and empirical evidence from China. *Management World*, 2019, 35(1): 36-60, 226.]
- [35] 伍骏骞, 何伟, 储德平, 等. 产业集聚与多维城镇化异质性 [J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(5): 105-114. [Wu Junqian, He Wei, Chu Deping, et al. Industrial agglomeration and multidimensional urbanization heterogeneity. *China Population, Resources and Environment*, 2018, 28(5): 105-114.]
- [36] 杨仁发, 李娜娜. 产业集聚能否促进城镇化 [J]. 财经科学, 2016(6): 124-132. [Yang Renfa, Li Nana. Whether industrial agglomeration can promote urbanization or not. *Finance & Economics*, 2016(6): 124-132.]
- [37] 傅为一, 段宜嘉, 熊曦. 科技创新、产业集聚与新型城镇化效率 [J]. 经济地理, 2022, 42(1): 90-97. [Fu Weiyi, Duan Yijia, Xiong Xi. Technological innovation, industrial agglomeration and efficiency of new urbanization. *Economic Geography*, 2022, 42(1): 90-97.]
- [38] 张永生. 基于生态文明推进中国绿色城镇化转型: 中国环境与发展国际合作委员会专题政策研究报告 [J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(10): 19-27. [Zhang Yongsheng. Promoting China's green urbanization based on ecological civilization: CCICED report of 'Green urbanization strategy and pathways towards regional integrated development' (SPS). *China Population, Resources and Environment*, 2020, 30(10): 19-27.]
- [39] 谢欣然. 从“资本逻辑”走向“人本逻辑”: 当代城市空间生产的伦理演变及其中国实践 [J]. 人文杂志, 2021(1): 70-78. [Xie Xinran. From "Capital Logic" to "Human Logic": The ethical evolution of contemporary urban space production and its practice in China. *Journal of Humanities*, 2021(1): 70-78.]
- [40] 刘伟, 吕婷, 陈阳. 新型城镇化对推进共同富裕的影响研究: 基于微观家庭数据的经验分析 [J]. 城市问题, 2023(3): 92-103. [Liu Wei, Lv Ting, Chen Yang. The impact of New Urbanization on promoting common prosperity: Empirical evidence from micro household data in China. *Urban Problems*, 2023(3): 92-103.]
- [41] 周亮. 淮河流域经济发展的水资源环境支撑力研究 [D]. 南京: 南京大学, 2015: 202. [Zhou Liang. Research on water resources and environmental support of economic development in Huaihe River Basin. Nanjing, China: Nanjing University, 2015: 202.]

- na: Nanjing University, 2015: 202.]
- [42] 郭付友, 佟连军, 仇方道, 等. 黄河流域生态经济走廊绿色发展时空分异特征与影响因素识别 [J]. 地理学报, 2021, 76(3): 726-739. [Guo Fuyou, Tong Lianjun, Qiu Fangdao, et al. Spatio-temporal differentiation characteristics and influencing factors of green development in the eco-economic corridor of the Yellow River Basin. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(3): 726-739.]
- [43] 杨悦, 刘翼, 卢全莹, 等. 河流污染跨区域合作治理机制研究: 基于三方演化博弈方法 [J]. 系统工程理论与实践, 2023, 43(6): 1815-1836. [Yang Yue, Liu Yi, Lu Quanying, et al. Research on transboundary cooperative mechanisms for river pollution governance: Based on the tripartite evolutionary game theory. *Systems Engineering—Theory & Practice*, 2023, 43(6): 1815-1836.]
- [44] 龙文滨, 胡珺. 节能减排规划、环保考核与边界污染 [J]. 财贸经济, 2018, 39(12): 126-141. [Long Wenbin, Hu Jun. Energy-saving, and emission-reduction plan, environmental assessment and boundary pollution. *Finance & Trade Economics*, 2018, 39(12): 126-141.]
- [45] 苏聪文, 邓宗兵, 李莉萍, 等. 中国水生态文明发展水平的空间格局及收敛性 [J]. 自然资源学报, 2021, 36(5): 1282-1301. [Su Congwen, Deng Zongbing, Li Liping, et al. Spatial pattern evolution and convergence of water eco-civilization development index in China. *Journal of Natural Resources*, 2021, 36(5): 1282-1301.]
- [46] 周亮, 车磊, 孙东琪. 中国城镇化与经济增长的耦合协调发展及影响因素 [J]. 经济地理, 2019, 39(6): 97-107. [Zhou Liang, Che Lei, Sun Dongqi. The coupling coordination development between urbanization and economic growth and its influencing factors in China. *Economic Geography*, 2019, 39(6): 97-107.]
- [47] 赵建吉, 刘岩, 朱亚坤, 等. 黄河流域新型城镇化与生态环境耦合的时空格局及影响因素 [J]. 资源科学, 2020, 42(1): 159-171. [Zhao Jianji, Liu Yan, Zhu Yakun, et al. Spatiotemporal differentiation and influencing factors of the coupling and coordinated development of new urbanization and ecological environment in the Yellow River Basin. *Resources Science*, 2020, 42(1): 159-171.]
- [48] 李静芝, 朱翔, 李景保, 等. 洞庭湖区城镇化进程与水资源利用的关系 [J]. 应用生态学报, 2013, 24(6): 1677-1685. [Li Jingzhi, Zhu Xiang, Li Jingbao, et al. Relationships between urbanization and water resource utilization in Dongting Lake District of South-central China. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2013, 24(6): 1677-1685.]
- [49] 魏素豪, 李晶, 李泽怡, 等. 中国农业竞争力时空格局演化及其影响因素 [J]. 地理学报, 2020, 75(6): 1287-1300. [Wei Suhao, Li Jing, Li Zeyi, et al. Spatio-temporal evolution and its influencing factors of China's agricultural competitiveness. *Acta Geographica Sinica*, 2020, 75(6): 1287-1300.]
- [50] 丁绪辉, 高素惠, 吴凤平. 环境规制、FDI集聚与长江经济带用水效率的空间溢出效应研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(8): 148-155. [Ding Xuhui, Gao Suhui, Wu Fengping. Study on the spatial spillover effect of environmental regulation, FDI agglomeration and water utilization efficiency in the Yangtze River Economic Belt. *China Population, Resources and Environment*, 2019, 29(8): 148-155.]
- [51] 包群, 彭水军. 经济增长与环境污染: 基于面板数据的联立方程估计 [J]. 世界经济, 2006(11): 48-58. [Bao Qun, Peng Shuijun. Economic growth and environmental pollution: Joint cube estimation based on panel data. *The Journal of World Economy*, 2006(11): 48-58.]
- [52] 李斌, 彭星, 欧阳铭珂. 环境规制、绿色全要素生产率与中国工业发展方式转变: 基于36个工业行业数据的实证研究 [J]. 中国工业经济, 2013(4): 56-68. [Li Bin, Peng Xing, Ouyang Mingke. Environmental regulation, green total factor productivity and the transformation of China's industrial development mode: Analysis based on data of China's 36 industries. *China Industrial Economics*, 2013(4): 56-68.]
- [53] 肖攀, 苏静. 城镇化对生态环境质量影响的实证研究: 以环洞庭湖区为例 [J]. 财经理论与实践, 2019, 40(1): 150-155. [Xiao Pan, Su Jing. An empirical analysis on the effect of urbanization on eco-environmental quality: Taking Dongting Lake Region as an example. *The Theory and Practice of Finance and Economics*, 2019, 40(1): 150-155.]
- [54] 范丹, 孙晓婷. 环境规制、绿色技术创新与绿色经济增长 [J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(6): 105-115. [Fan Dan, Sun Xiaoting. Environmental regulation, green technological innovation and green economic growth. *China Population, Resources and Environment*, 2020, 30(6): 105-115.]
- [55] 陈晓艳, 徐冬, 黄睿, 等. 浙江省县域旅游经济增长的空间溢出效应 [J]. 地理科学进展, 2020, 39(9): 1512-1521. [Chen Xiaoyan, Xu Dong, Huang Rui, et al. Spatial spillover effects of county-scale tourism economic growth in Zhejiang Province. *Progress in Geography*, 2020, 39(9): 1512-1521.]
- [56] 刘修岩, 李松林, 秦蒙. 城市空间结构与地区经济效率: 兼论中国城镇化发展道路的模式选择 [J]. 管理世界, 2017(1): 51-64. [Liu Xiuyan, Li Songlin, Qin Meng. Urban spatial structure and regional economic efficiency: A

- model choice of China's urbanization development path. *Management World*, 2017(1): 51-64.]
- [57] 方叶林, 苏雪晴, 黄震方, 等. 城市韧性对旅游经济的空间溢出效应研究: 以长三角城市群为例 [J]. *地理科学进展*, 2022, 41(2): 214-223. [Fang Yelin, Su Xueqing, Huang Zhenfang, et al. Spatial spillover effect of urban resilience on tourism economy: A case study of the Yangtze River Delta urban agglomeration. *Progress in Geography*, 2022, 41(2): 214-223.]
- [58] 王龙杰, 曾国军, 毕斗斗. 信息化对旅游产业发展的空间溢出效应 [J]. *地理学报*, 2019, 74(2): 366-378. [Wang Longjie, Zeng Guojun, Bi Doudou. Spatial spillover effects of ICT on tourism industry growth. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(2): 366-378.]

New urbanization promoting the construction of water ecological civilization: Mechanism of influence and spatial effects

ZHANG Shengwu¹, HAN Ri¹, LI Xiaosheng², SONG Malin², LIU Haimeng^{3*}

(1. College of Business Administration, Anhui University of Finance & Economics, Bengbu 233030, Anhui, China;

2. College of Statistics and Applied Mathematics, Anhui University of Finance & Economics, Bengbu 233030, Anhui, China;

3. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

Abstract: New urbanization is an important carrier of ecological civilization construction. How to promote the construction of water ecological civilization through new urbanization is a major practical problem facing the Huaihe River Eco-economic Belt in the process of modernization in which people and nature live together in harmony. This study empirically examined the mechanism of influence and spatial effects of urbanization on the construction of water ecological civilization using a spatial econometric model based on the urban panel data of the Huaihe River Eco-economic Belt from 2006 to 2020. The results are as follows: 1) The impact of comprehensive urbanization and population urbanization on the construction of water ecological civilization in the Huaihe River Eco-economic Belt follows a typical environmental Kuznets curve, exhibiting a "U"-shaped relationship. The urbanization restrains the construction of water ecological civilization in its early stage of development. Once the level of urbanization reaches a certain threshold, this effect will become positive. 2) The urbanization of population in each city has reached the inflection point value in 2014, while the comprehensive urbanization level has not yet reached the inflection point, therefore it is necessary to speed up the conversion of the transferred agricultural population into urban residents and effectively promote the new urbanization with people as the core. 3) The urbanization of the Huaihe River Eco-economic Belt has a significant inverted "U"-shaped spillover effect on water ecological civilization construction. Meanwhile, water ecological civilization construction in the region exhibits a negative spatial spillover effect. Therefore, the Huaihe River Eco-economic Belt should establish a sound system for the protection of water ecological civilization and strengthen the coordinated construction of urbanization and water ecological civilization in order to enhance the quality of new urbanization development and create an ecological demonstration belt that is harmonious between humans and water. This study offers a new perspective for analyzing the interplay between urbanization and water resource, and provides theoretical reference and empirical evidence for leveraging the new urbanization to promote the construction of water ecological civilization.

Keywords: urbanization; water ecological civilization; "U"-shaped curve; spatial Durbin model; Huaihe River Eco-economic Belt