

秦岭北麓小城镇群落与生态群落互馈的研究思考

刘冬¹, 崔轶杰¹, 彭建兵^{*, 2, 3}, 曹小曙⁴, 申艳军^{*, 2}, 邵龙¹, 李登辉¹

1. 西安科技大学 建筑与土木工程学院, 西安 710054

2. 长安大学 地质工程与测绘学院, 西安 710061

3. 中国地质大学 地质安全研究院, 北京 100083

4. 广州大学 建筑与城市规划学院, 广州 510006

摘要: 习总书记强调保护好秦岭生态环境具有十分重大而深远的意义。秦岭北麓区位独特、功能突出、人地关系复杂等特征, 致使趋于群网化发展的小城镇与生态结构单一、环境脆弱等矛盾日益突出, 成为制约秦岭生态文明建设与高质量发展最薄弱的环节。本文突破单一学科壁垒, 基于生态学“群落”的概念, 审视秦岭北麓小城镇群落与生态群落作为人地系统互馈的表征, 综合运用地理学、生态学、城乡规划学等学科理论及方法, 探索缓解小城镇发展与生态保护相冲突的机制和路径。研究表明: (1) 秦岭北麓小城镇群落与生态群落的互馈要素多元, 呈现出以地形地貌为核心的制力要素, 具有基础决定性和一般不发生较大变化的性状; 以小城镇群落为核心的动力要素, 是推动小城镇群落发展变化的传统物质性要素, 并决定群落发展水平和规模; 以生态群落为核心的潜力要素, 是推动小城镇群落发展变化的软性环境要素。(2) 秦岭北麓小城镇群落与生态群落相互作用是复杂的系统问题, 涉及人为活动和自然过程的双向互馈, 具有显著的从低级、简单向高级、复杂演替的层级递进特征; 且相互嵌套、相互牵制、相互促进的基本状态和非线性的互馈循环特性, 使得群落互馈的共存、共损与共荣 3 大关系能够演变和转移。秦岭北麓小城镇群落与生态群落“互馈共荣、动态平衡”策略的提出, 是对小城镇群落空间建设的灵活性, 以及生态群落保护治理本底性的有效回应, 通过识别“失衡”构建止损、补缺、调控的自愈和治愈机制措施。

关键词: 秦岭北麓; 群落; 互馈; 生态安全; 平衡

中图分类号: P901

收稿日期: 2024-11-17

Study on Mutual Feedback between Small Town Communities and Ecological Communities in the Northern Foothills of Qinling Mountains

LIU Dong¹, CUI Yijie¹, PENG Jianbing^{*, 2, 3}, CAO Xiaoshu⁴, SHEN Yanjun^{*, 2}, SHAO Long¹, LI Denghui¹

1. College of Civil and Architecture Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China

2. College of Geological Engineering and Geomatics, Chang'an University, Xi'an 710061, China

3. Institute of Geosafety, China University of Geosciences, Beijing 100083, China

4. College of Architecture and Urban Planning, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China

Abstract: President Xi has emphasized that protecting the ecological environment of the Qinling Mountains holds great and far-reaching significance. The northern slope of the Qinling Mountains is characterized by its unique location, prominent functions, and

基金项目: 国家自然科学基金专项项目 (42341101), 国家自然科学基金青年项目 (52108063), 2024年秦岭生态科学考察项目

第一作者: 刘冬 (1984-), 女, 山东济南人, 教授, 主要从事城乡空间韧性发展规划研究, E-mail: dongliu@xust.edu.cn, ORCID: 0000-0002-2580-3120

通讯作者: 彭建兵 (1953-), 男, 湖北麻城市人, 中国科学院院士, 教授, 主要从事工程地质与地质灾害研究, E-mail: dicexy_1@chd.edu.cn

申艳军 (1984-), 男, 河南安阳人, 教授, 主要从事工程地质与生态地质研究, E-mail: shenyj@chd.edu.cn

complex human-land relationships. As a result, the increasing contradiction between the trend of small towns developing in a clustered and networked manner and the single ecological structure with fragile environment has become the weakest link restricting the construction of ecological civilization and high-quality development in the Qinling Mountains. This paper breaks through the barriers of single disciplines and examines the small town clusters and ecological communities on the northern slope of the Qinling Mountains as manifestations of human-land system interactions, based on the concept of "community" in ecology. By comprehensively applying theories and methodologies from geography, ecology, urban and rural planning, and other disciplines, it explores mechanisms and pathways to alleviate conflicts between small town development and ecological protection. The research indicates that:(1) The interaction between small town clusters and ecological communities on the northern slope of the Qinling Mountains involves diverse feedback elements. These elements can be categorized as follows: control elements centered on topography and landforms, which are fundamentally decisive and generally do not undergo significant changes; driving elements centered on small town clusters, which are traditional material factors that promote the development and transformation of small town clusters and determine their development level and scale; and potential elements centered on ecological communities, which are soft environmental factors that drive the development and transformation of small town clusters.(2) The interaction between small town clusters and ecological communities constitutes a complex system involving bidirectional feedback between human activities and natural processes. It exhibits hierarchical and progressive characteristics, evolving from low-level and simple states to high-level and complex states. Furthermore, the basic states of mutual nesting, mutual restraint, and mutual promotion, along with nonlinear feedback cycles, enable the three major relationships of coexistence, common loss, and common prosperity in community feedback to evolve and shift. The proposal of the strategy of "mutual feedback and common prosperity, dynamic **equilibrium** " between small town clusters and ecological communities on the northern slope of the Qinling Mountains is an effective response to the flexibility in the spatial development of small town clusters and the foundational nature of ecological community protection and governance. By identifying "imbalances," it establishes self-healing and remedial mechanisms for stopping losses, filling gaps, and regulating the system.

Key words: the northern foothills of the Qinling Mountains; community; mutual interaction function; ecological security; equilibrium

秦岭，作为我国中央生态屏障的枢纽地带，其生态保护工作历来受到党中央、国务院的高度重视。习近平总书记针对秦岭生态环境保护 and 违建别墅对生态的严重破坏问题，先后六次作出重要批示指示，尤其聚焦于秦岭北麓这一关键区域。秦岭北麓，位于山前断裂带、洪积扇区及生态交错地带（彭建兵等，2023），自古以来便是人类活动的集中地带，见证了蓝田人、半坡母系氏族社会的兴起，秦汉文明的辉煌，以及唐朝的鼎盛（肖云儒，2018），直至今日的经济文化繁荣。广义上的秦岭北麓，其范围从秦岭分水岭延伸至渭河南缘，横跨西安、宝鸡、渭南三市的 16 个县区、219 个镇街，总面积达 97 万公顷。该区域不

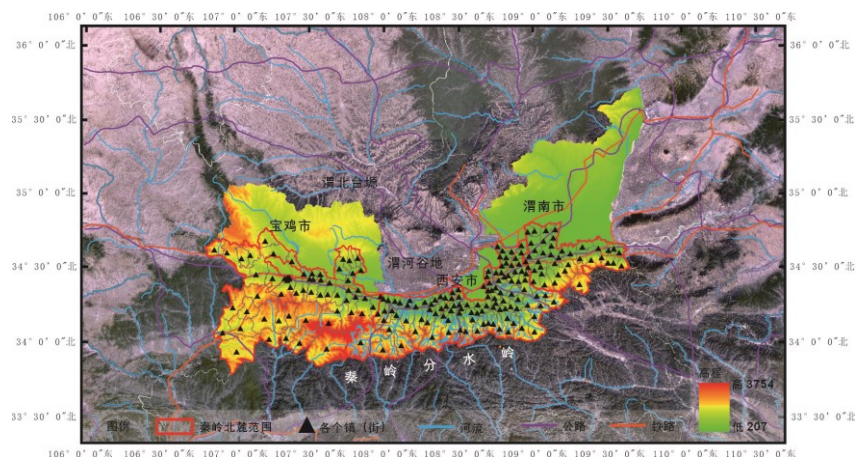


图 1 秦岭北麓镇街分布

Fig.1 Distribution of towns & streets in the northern foothills of Qinling Mountains

仅是关中城市群的山水门户、生态屏障和水源补给区（李君轶等，2021），更是秦岭生态安全的核心区域，小城镇密集分布且建设重点所在，影响着生产、生活、生态空间的融合发展（如图 1 所示）。

小城镇，作为城乡连接的桥梁，是推进新型城镇化和城乡融合发展的关键载体。随着新型城镇化战略在国土空间领域的深入实施，城市群、小城镇密集区等多层级城镇的整合成为趋势，小城镇逐渐由点状独立发展转向群体形态发展，承担起大都市区向外疏解的功能。然而，在秦岭生态保护专项工作取得显著成效的同时，“小城镇发展与生态保护”的矛盾依然突出。长期以来，“重城轻乡”的发展导致秦岭北麓小城镇在空间格局上呈现出“缩-并”、“聚集-衰落”交织的重构现象，特别是小城镇规模扩张带来的生态环境破坏、土地利用粗放导致的生态结构失衡、分布破碎造成的生态效能低下，以及微旅游、近郊游、乡村游等活动进一步恶化了生态关系。

鉴于小城镇群网化的发展趋势，本文在审视建制镇、小城镇、小城镇群等范畴基础上，引入生态学中的“群落”概念，首次提出“秦岭北麓小城镇群落”的学术范畴。该群落以地质地貌类型为基础，依托与生态群落的共生关系，以建制镇和行政村为聚居有机体，以服务生产和生活为主要功能，呈现出空间邻近、交通关联、生态互馈、文化相似等显著特征。与此同时，秦岭北麓的“生态群落”主要由山、水、林、田、湖、草等自然要素构成，为区域提供生态服务和农产品。秦岭北麓小城镇群落与生态群落之间相互依存、相互影响、相互制约。随着生态文明战略的深入实施和生态治理的逐步加强（黄守宏, 2021；杨志华等, 2022. ），秦岭北麓人地系统的要素、结构和功能正朝着多元化和立体化方向发展，过程、机理和格局正在向交互式和网络化方向转变。这一转变对小城镇群落与生态群落的协调发展提出了更高的要求。因此，本文在梳理小城镇群落与生态群落“互馈共生”本底特征的基础上，明确了要素构成、空间格局和关系效应，提出了互馈共荣的动态平衡策略，旨在为“共建”秦岭北麓小城镇群落生态安全格局提供科学的决策依据和理论支撑。与现有研究相比，本文从单一空间扩展到空间、生态、地理等综合范畴，有效融合学科交叉，为秦岭北麓乃至类似区域生态保护与城镇发展提供新的思路和路径。

1 秦岭北麓“互馈共生”的群落内涵要素

“互馈共生”是秦岭北麓小城镇群落与生态群落间相互吸引和依存的关系，它并非意味着自身状态和性质的丧失，而是继承与保留；也不是相互替代，而是相互补充和依赖。

1.1 已有研究启示

本文依托于 Cnki 和 Web of Science 数据库，利用 Cite Space 聚焦于地理学、生态学、城乡规划学、地质学等领域，特别是针对小城镇与生态群落的关系进行深入梳理。以 1 年为 1 个时间切片，选取 2001-2024 年的相关文献，通过剔除无效信息与查漏补缺后，得到有效文献 1966 篇。另外，主观补充 Ebenezer Howard、Lewis Mumford、吴良镛等权威学者在此领域的代表成果。通过提取聚类结果，形成了“小城镇”、

“生态系统”、“秦岭北麓”等关键词的共现网络，并进行了可视化呈现（如图2）。

关于小城镇的概念，各国行政区划存在差异，但普遍将其视为位于大都市或一般都市与乡村之间的

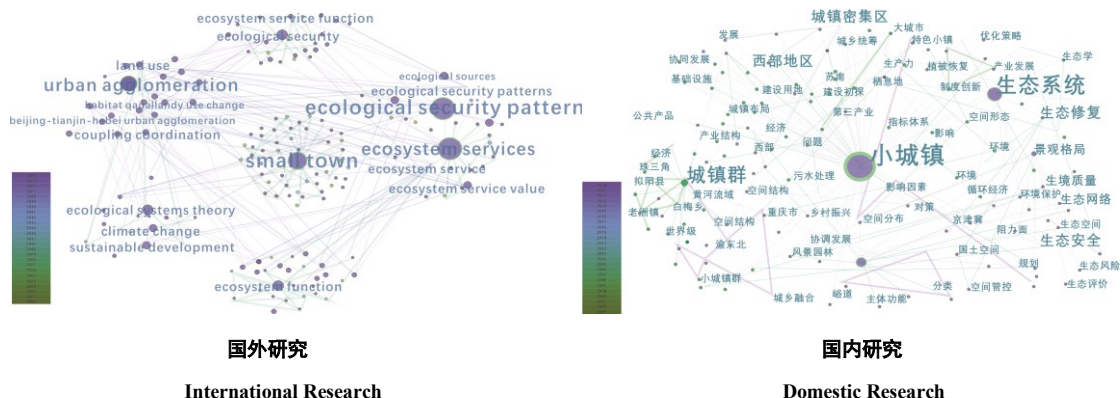


图2 小城镇群落“关键词”共现网络图

Fig.2 Co-occurrence network diagram of "keywords" for small town clusters

城镇，英文中常用 Town 或 Small Town 来表述。国外对于城镇群体的理论研究与规划实践开展较早，但由于“城镇”一词在国外涵盖范围广泛，既包括小城镇也包括大城市，因此严格意义上的小城镇群或群落研究体系尚未形成。其中，英国著名城市学家 Ebenezer Howard 最早提出了城镇群体（Town Cluster）的概念（Ebenezer.,1902），Lewis Mumford 高度赞同，认为以集结城镇为群体的空间布局策略，不仅突破了原有历史性城镇或者大都市在空间上所受到的发展限制，同时能有效阻止大都市的无限扩展和无序扩散（Lewis.,1961）。“城镇群落”是“生物群落”概念在城镇和区域研究中的应用，最早由美国芝加哥学派的 Park RE 开创性提出，认为城市并非简单的人工构筑物，而是由其所在的地域、人口、相应的机构和管理部门等构成互相联系的有机体（Park.,1915）。国内对于小城镇的研究最早缘起于费孝通（费孝通，1989），后续研究逐渐转向小城镇的空间影响要素、空间格局形态、发展演化机制（吴良镛，1995；王雪芹等，2020；张立等，2023）。随着小城镇的快速发展，研究对象由小城镇个体转为群体（刘荣增，2003；徐强和戴慎志，2006），并集中于经济较为发达地区的“小城镇群”、“小城镇密集区”和“城镇群落”（龚松青和厉华笑，2002；张新焕等，2006；刘碧含和彭震伟，2019）。然而，这些研究在探讨小城镇群落与生态群落关系方面仍显不足。

从世界范围看，较早意识到生态系统及其相关研究重要性的是美国学者 George Marsh（Marsh.,1965）。“生态系统”是由生物、物理、化学等多种因子共同作用而构成的一种稳定系统；其研究重点集中于生态系统的结构、功能和过程，以及它们如何受到人类活动的影响（Holling et al.,2001；Folke et al.,2014；Spyra.,2019；Fischer et al.,2021）。我国自 21 世纪以来，生态系统研究取得了重要进展，并聚焦于生物多样性与生态系统功能、生态系统管理、生态风险与生态安全、全球变化的生态响应与效应等（傅伯杰，2010；韩涛涛等，2021）。生态系统之间存在着此消彼长的权衡或彼此增益的协同关系，其在权衡和协调方面呈现出显著的时空尺度特征（马克明等，2004；戴尔阜等，2015；潘梅等，2020；冯漪等，2022）。关于秦岭北麓的研究有限，现有研究主要集中于秦岭生态地质系统研究（彭建兵和兰恒星等，2022；彭

建兵等，2023；申艳军等，2024；徐盼盼等，2024.）、秦岭生态文明建设（陈怡平，2019；李君轶等，2021）、乡村空间与规划管控（谢晖和周庆华，2016；岳邦瑞等，2022；刘冬等，2023）和生态治理修复（周霞等，2023）。然而，针对秦岭北麓小城镇群落与生态群落关系的研究仍显不足。

综上所述，国内外关于小城镇群落的研究大多聚焦于实体空间，并取得了一定的理论基础和有价值的结论。然而，在解决人地系统冲突中小城镇群体化发展生态保护的现实困境方面，仍需进一步探索。已有成果显示了通过生态群落优化小城镇群落的可行性，但亟待开展将小城镇群落实体空间从区域整体空间中剥离出来、强化其所处生态基底的研究，以探索小城镇群落与生态群落之间的相互影响及深层互动机理。进而，对秦岭北麓区域空间开展整体性和关联性研究，为诠释更为复杂的小城镇群落与生态群落的形成、演变、组成、结构、调节和管控等问题，提供理论支撑和技术方法。

1.2 群落要素构成

互馈即相互影响、相互作用，本质是各要素的变化组合；互馈关系则是各要素相互作用的表述；而要素的固有特征以及组合规律决定了互馈的基本性状。要素是群落的基本组成单元，群落互馈变化的本质是要素的组合变化；要素的固有特征以及结合规律决定了群落的基本性状。针对“面-线-点”分级调查的群落，基于遥感影像地物解译识别和格局指数计算方法，总结表征互馈共生和时空分异的群落要素，进而解决要素标准化与归一化，以及数据挖掘中不确定性等问题，这也是研究小城镇群落与生态群落演化关联、互馈作用、响应效应的基础。

秦岭北麓小城镇群落与生态群落的互馈要素多元、关系复杂、作用密切。本文以全要素覆盖且不重叠为原则，充分结合《国土空间调查、规划、用途管制用地用海分类指南》；同时，审视区划调整、政策调控等外部要素，通过分析多来源、多格式、多尺度的关联属性数据作为内部要素，并将其划分为3大类9中类（如表1）。其中，以地形地貌为核心的制力要素，具有基础决定性和一般不发生较大变化的特征，包括地形地貌和行政区划的规模、位置和区划。以小城镇群落为核心的动力要素，是推动小城镇群落发展变化的传统物质性要素，并决定群落发展水平和规模；主要包括居住、设施和工矿要素的规模、位置、分类、形状、密度和等级。以生态群落为核心的潜力要素，是推动小城镇群落发展变化的软性环境要素，并与小城镇群落相互依存、相互制约；主要包括耕地、林地、草地以及水域要素的形状面积、类型比例、斑块密度、边界密度、聚集指数和破碎度等。

表 1 群落互馈共生要素构成

Table 1 The composition of symbiotic elements of mutual feeding

构成类别 Constitutes category	大类要素 Major elements	要素特征 Element characteristics	中类要素 Elements of the class	量化指标 Quantitative indicators
地形地貌	制力要素	有基础决定性，一般不发生较大变化	地形地貌	规模、位置、区划
			行政区划	
小城镇群落	动力要素	推动小城镇群落发展变化的传统物质性要素，决定群落发展水平和规模	居住要素（建制镇、街道办、行政村、自然村）	规模、位置 分类、形状 密度、等级
			设施要素（交通、公共服务、商业、市政设施）	
			工矿要素（工业、矿产、仓储）	

生态群落	潜力要素	推动小城镇群落发展变化的软性环境要素，与小城镇群落相互依存、相互制约	耕地要素（旱地、水田、水浇地）	形状面积 类型比例 斑块密度 边界密度 聚集指数 破碎度等
			林地要素（乔木、竹林、灌木、其他等）	
			草地要素（天然牧、人工牧、其他等）	
			水域要素（河流、湖泊、水库、坑塘、沟渠等）	

2 秦岭北麓“互馈共演”的群落效应关系

秦岭北麓小城镇群落与生态群落相互作用是复杂的系统问题，涉及人为活动和自然过程的双向互馈，具有显著的阶段性演化特征和持续性互馈关系，即为“互馈共演”（如图3）。

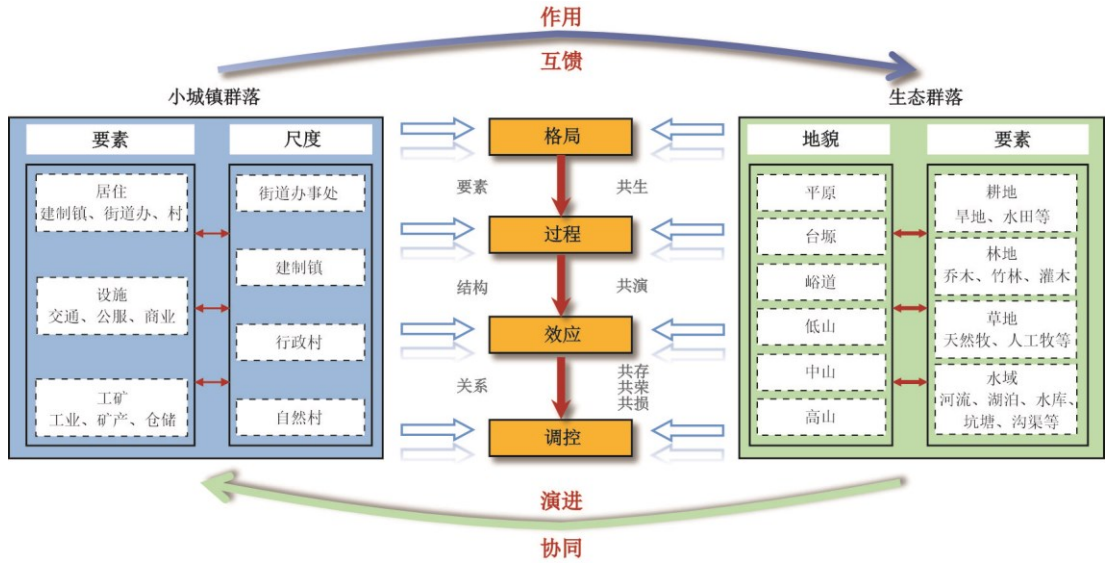


图3 秦岭北麓群落互馈路径及其关系
Fig.3 Mutual feeding paths and relationships of communities in the northern foothills of Qin Mountains

2.1 群落空间格局划分

小城镇群落作为秦岭北麓人类生产、生活的基本空间单元和重要场所。因长期复杂的地质地貌演化，造就了秦岭北麓小城镇群落呈现出分布不匀、规模偏小、空间差异明显等特征；而地质地貌既是形成群落的要素，同时也是群落存在的基础，其分类能有效地描述地表形态、地表特征并反映生态群落的构成，与空间格局具有高相关性。审视秦岭北麓小城镇“单核分散—组团过渡—向心成型—群落协同”的空间演变格局，本文以秦岭北麓地理实体作为小城镇群落空间格局形成过程、类型属性和地理现象等抽象的载体，依托长期复杂的地貌演化规律，分析地貌类型与小城镇空间格局逻辑，呈现出小城镇群落与生态群落不完全有序但一体化发展的特征，进而形成了“地貌—群落”一体化的空间格局架构。

小城镇群落与生态群落的空间格局既是发展历史与现状的体现，又决定着未来的发展方向和趋势。基于群落水平结构、垂直结构及圈层结构，依托空间网络要素，分析秦岭北麓地貌、高度、坡度、自然资源环境对小城镇群落构成、建设条件、生态适宜性等影响；以秦岭

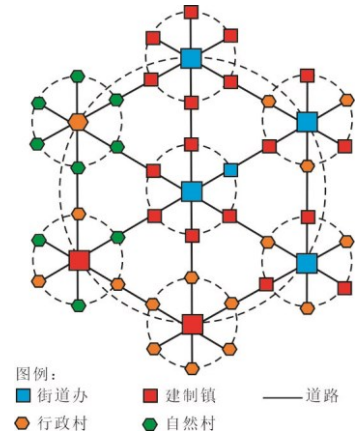


图4 小城镇群落空间单元
Fig.4 Small Town community space unit

北麓地貌基本形态为基础，以与生态群落的共生关系为依托，以建制镇和行政村为主要承载（如图 4），将群落空间格局划分为 5 类：平原区群落、台塬区群落、峪道区群落、低山区群落、中高山区群落。由于秦岭北麓小城镇群落与生态群落空间格局并非某一单体空间形态，通过尺度累加以及层级递进，形成以“地貌类型”为基础的空间格局体系，且呈现出“侵移与消融、聚核与分异、组合与系统、消解与空心”的共演关系，从而构建出具有“类型整体性和尺度层次性”的小城镇群落空间格局。（如表 2）

表 2 秦岭北麓群落空间格局类型与单元构成

Table 2 Spatial pattern and unit composition of communities in the northern foothills of Qin Mountains

空间单元 Space units 格局类型 Pattern type	街道办 Subdistrict offices	建制镇 Administrative town	行政村 Administrative village	自然村 Nature village
平原区群落	■	■	●	○
	■	■	○	○
	○	■	●	○
台塬区群落	■	■	●	○
	■	■	○	○
	○	■	●	○
峪道区群落	○	■	●	○
	○	■	●	●
低山区群落	○	■	●	●
	○	○	●	●
中高山区群落	○	○	○	●

注：■为街道办、■为建制镇、●为行政村、●为自然村、○为无。

2.2 群落互馈关系构成

审视秦岭北麓多群落圈层、多历时过程、多互馈要素等特征，小城镇群落与生态群落呈现出从低级、简单向高级、复杂演替的层级递进历程；同时，梳理群落间相互嵌套、相互牵制、相互促进的基本状态和非线性的互馈循环特性，提出小城镇群落与生态群落互馈的 3 大关系，即共存、共损与共荣（如表 3）。

表 3 群落互馈关系

Table 3 Community-feeding relationship

互馈关系 Reciprocal feedback	关系细化 Relationship refinement	特征描述 Feature description
共存	-	两个群落之间互不影响
共损	同步共损	两个群落之间互相抑制
	偏离共损	①一方受抑制，一方无影响；分开时皆无影响； ②一方有利，一方无影响；分开时一方有害，一方无影响
	寄生共损	一方有利，一方受抑制；分开时一方受抑制，一方无影响
共荣	-	两个群落彼此有利；如果没有对方，均不能存在

首先，小城镇群落与生态群落虽存在着此消彼长的关系，但共同构成了人类活动“场所”，即为共存。其次，生态群落是小城镇群落的“屏障”，生态群落圈层脆弱会导致小城镇群落圈层的恶化，因此，小城镇群落受控于生态群落，即为共损。同时，根据小城镇群落与生态群落受损的差异性，将互馈共损关系细分为两个群落之间互相抑制的同步共损；一方受抑制，一方无影响或者一方有利，一方无影响的偏离共损；一方有利，一方受抑制的寄生共损。另外，小城镇群落是生态群落的“载体”，小城镇群落环境提升会保护生态群落环境，即小城镇群落与生态群落彼此有利，且如果没有对方均不能存在，即为共荣。共演的内在本质是主体间的耦合，且主体间为了实现更稳固的共生关系，会激发共生结构与形态的演变与转移，而明确互馈关系是递进演化驱动的关键；因各关系可相互转化，从而形成秦岭北麓小城镇群落与生态群落互馈关系的演替矩阵（如图 5）。

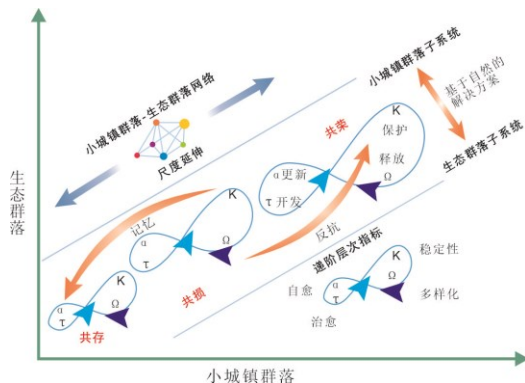


图 5 群落互馈共演矩阵

Fig.5 Community mutual feed co-evolution matrix

2.3 群落效应识别路径

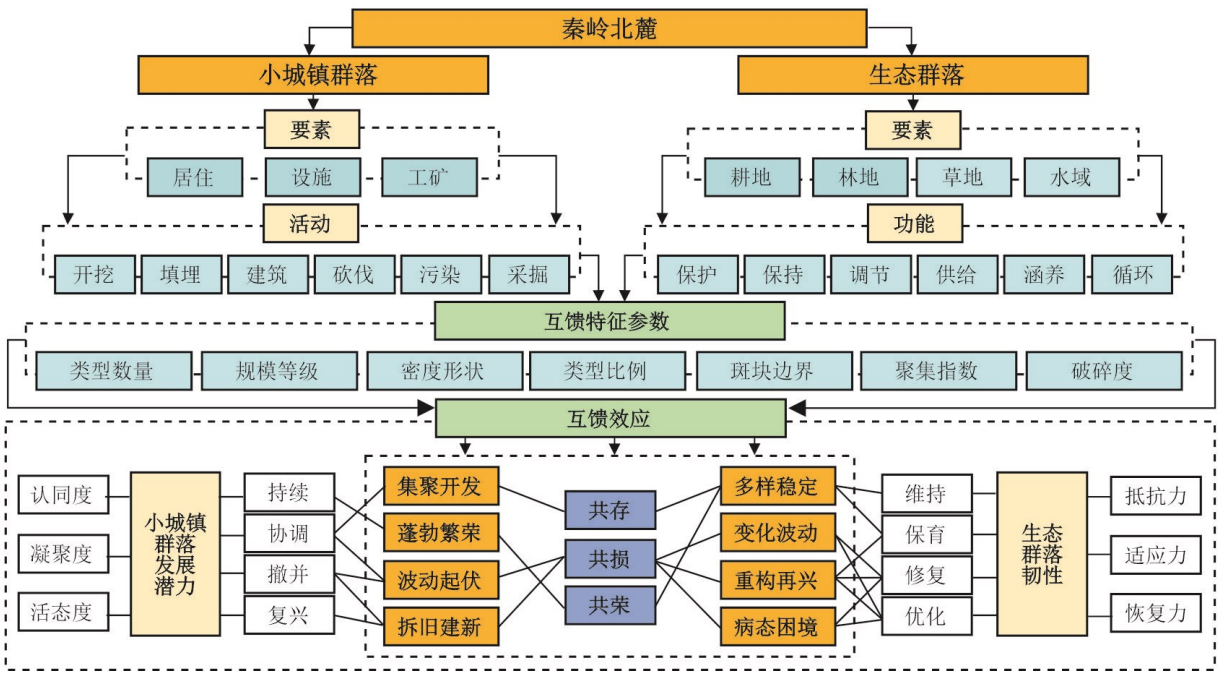


图 6 秦岭北麓群落互馈效应识别构架

Fig.6 The identification framework for the reciprocal effects of communities in the northern foothills of Qin Mountains

秦岭北麓小城镇群落与生态群落的互馈关系是其互馈效应的根本动力，基于“压力—状态—响应”理论，群落互馈效应通过外显的空间格局直观反映出来。本文以小城镇群落与生态群落 3 大互馈关系为媒介，从群落空间格局分布密度（密度、核密度）、布局形态（团状聚集、带状沿线、点状分散）、结构类型（均衡、非均衡）进行系统架构，针对制力要素、动力要素和潜力要素的提取类型数量、规模等级、密度形状、类型比例、斑块边界、聚集指数和破碎度等特征参数，建立小城镇群落动态多智体模型，即

群落互馈效应测度模型。评价小城镇群落与生态群落正、负向反馈效应（如图 6），为量化小城镇群落中“生态群落保护修复及生态格局安全”的偏离与盲区提供技术依据，并重点识别生态群落损害的过程、边界与机制，以及如何引发互馈关系的演变和转移。

通过小城镇群落动态多智体模型，直观测度出小城镇群落与生态群落的相关性，进而有效判断小城镇群落生态风险的类型。基于群落互馈共演矩阵（如图 5），利用 Logistic 元胞自动机模型对其生态群落的类型、数量、功能与规模等要素进行“补偏救弊”的合理研判。从互馈关系演替和风险识别两个方面，对小城镇群落与生态群落互馈效应进行格网综合评价，进而划定生态安全格局的 4 类分区（如图 7），即生态维持区、生态保育区、生态修复区和生态优化区。

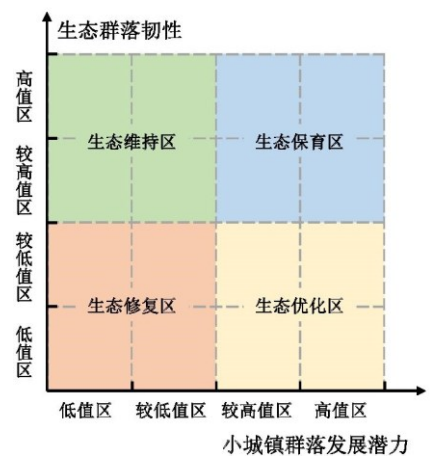


图 7 群落生态安全格局分区

Fig.7 Division of community ecological security

3 秦岭北麓“互馈共荣”的群落动态平衡策略

秦岭北麓小城镇群落与生态群落存在着动态、非线性的作用关系；“互馈共荣”既代表了各群落、各层次、各要素的合作共存、互惠互利；也代表了群落间联系紧密的正向互馈。为实现秦岭北麓小城镇群落与生态群落的“互馈共荣”，本文提出基于群落共荣模式、分区动态施策和平衡调控的机制策略。

3.1 群落共荣模式构建

基于“要素—关系—效应”的研究路径，突破传统物质空间单一优化的局限，提出构建秦岭北麓小城镇群落与生态群落互馈的共荣关系结构，即共荣模式。共荣模式强化了群落间的适应度，使群落构成有序的组合，也是群落形成具有一定功能的自组织结构的基础。因此，通过秦岭北麓小城镇群落与生态群落的要素整合、群落空间互馈的格局优化和效应评估，确保共荣模式的持续优化和发展。

（1）要素整合：秦岭北麓小城镇群落生态关联结构，即为其内在联系，是各要素的空间分布和相互作用的关系，以及要素的组织分布。全面剖析和挖潜小城镇群落与生态群落互馈作用机制，明确关键要素及其相互作用关系；通过整合居住、设施、交通、公服、商业、工矿等小城镇群落要素，以及耕地、林地、草地、水域等生态群落要素，进而形成互馈共荣模式的要素基础，探索共荣模式内涵及其关联要素的适宜性机理，这也是对互馈机制中关系特征参数体系以及演替矩阵的反馈与修正。。

（2）格局优化：小城镇群落空间格局是内在联系的直接表现；内在联系是小城镇得以成群落的基础，是小城镇群落形成与发展的重要条件。考虑群落内部多样构成和外部边缘效应，打破单一化的功能限制，针对群落互馈组织模式由单核群落向双核群落演变的特征，探索单核主导下的双核格局、普通的多核模式、单核主导下的多核格局、双核主导下的平行多核格局，进而形成复合多样的群落共荣的空间格局。

（3）效应评估：通过小城镇群落生态结构关联的多空间格局，激发与生态群落的协同“共荣”效应，建立小城镇群落与生态群落互馈效应的评估体系，进而对共荣模式的实施效果进行定期评估。根据评估

结果，通过增强正向互馈，减弱负反馈效应的调整策略，优化小城镇群落与生态群落之间的相互作用关系。群落间由于始终有负反馈效应存在，使小城镇群落与生态群落彼此牵制，遏制了其无序扩张，以有效控制小城镇群落与生态群落紧密结合的适度发展规模。

3.2 群落分区动态施策

小城镇群落与生态群落的互馈必然走向从低级到高级、最终形成动态平衡的状态。小城镇群落化的过程也是动态的，本文为适应这类变化的确定性和构建互馈共荣模式的不确定性，针对群落空间格局划分的5种类型，提出构建秦岭北麓小城镇群落与生态群落互馈的分区动态平衡策略。通过小城镇群落与生态群落“刚弹结合”的动态平衡策略，探索小城镇群落空间建设的灵活性，以及生态群落保护治理的本底性。

（1）平原区群落：加强耕地保护和生态修复。建立严格的耕地保护制度，确保耕地面积不减少、质量不降低；定期开展平原区生态群落环境评估，重点治理水土流失、土壤污染等问题。通过植树造林、湿地恢复等措施，提升平原区的生态功能。同时，优化小城镇布局，避免无序扩张，并依托平原区的交通和资源优势，发展现代农业和特色产业，促进小城镇群落与生态群落的协调发展。

（2）台塬区群落：注重水土保持和地质灾害防治。建立地质灾害监测预警系统，重点治理水土流失、滑坡等地质灾害。通过修建梯田、水土保持林等措施，提升台塬区群落的生态稳定性。同时，合理规划小城镇建设用地，并依托台塬区的自然风光和人文资源，发展生态旅游和文化产业，提升小城镇群落的生态品质和生态内涵。

（3）峪道区群落：加强峪道水资源的保护和合理利用，以及生态修复与保护工作，重点治理生态破坏、水土流失等问题。通过修建水库、治理水污染、植树造林、生态修复工程等措施，提升峪道区的生态功能。同时，严格控制峪道区小城镇的开发强度，依托峪道区的自然景观和生态优势，发展生态旅游和休闲产业，促进小城镇群落与生态群落的融合发展。

（4）低山区群落：实施严格的生态保护措施，限制小城镇建设活动。通过划定生态保护红线、建立自然保护区等措施，保护低山区的生态资源。在保护生态环境的前提下，通过推广生态农业技术、发展林下经济，以及适度开发生态旅游资源等措施，提升低山区的经济效益和生态效益，保障小城镇群落与生态群落的平衡发展。

（5）中高山区群落：加强高山草甸和森林资源的保护，严禁无序开发和破坏，严禁小城镇扩张并合理外迁。通过划定高山生态保护区、实施生态补偿机制等措施，保护中高山区的生态资源。同时，建立生态补偿机制，如政府补贴、生态补偿基金等措施，对保护生态环境而限制发展的中高山区进行补偿。

3.3 群落平衡调控机制

通过复杂的相互作用，可以加速达到稳定的动态平衡状态即为调控；韧性调控是动态平衡的重要保障。基于秦岭北麓小城镇群落与生态群落互馈关系效应，识别失衡过程、演替关系和关键要素，量化互

馈的“放大”与“消减”效应，揭示失衡机制。同时，形成在人为正向干预下（如生态补偿、生态系统服务付费、生态产品价值实现）的系统再平衡机制，即系统治愈机制。综合生态群落失衡机制和治愈平衡机制，基于主动抵御、适应或转化的方法与对策，构建秦岭北麓小城镇群落与生态群落动态平衡的协同优化策略，以及韧性适应和韧性恢复等止损、补缺、调控措施。

（1）“止损”调控机制：侧重秦岭北麓小城镇群落与生态群落面临外部冲击或内部扰动时，通过采取限制损失的措施，保持群落的韧性和恢复能力；该机制不仅强调控制当前损失，更考虑未来的可持续和适应性。

（2）“补缺”调控机制：侧重秦岭北麓小城镇群落与生态群落遭受冲击或破坏时，通过利用自身或外部资源，快速恢复并弥补损失，同时增强对未来冲击的抵抗能力；该机制不仅强调提升群落的恢复力和适应性，更能弥补因冲击或破坏造成的损失。

（3）“调控”调控机制：侧重秦岭北麓小城镇群落与生态群落面对不确定性和变动性时，通过采取措施灵活调整、优化群落的结构和功能；该机制不仅强调增强群落适应性和恢复力，更需要不同群落间的协作与合力共同应对挑战，是动态和持续的过程性机制。

4 结论

秦岭，坐落于华夏腹地，不仅是南北地理的天然分界，更承载着自然生态与中华文明的深厚底蕴。其北麓地区，生态环境脆弱与人类活动频繁交织，构成了一个人地系统复杂多变、研究价值极高的独特区域。本研究致力于跨越单一学科的界限，深入探索秦岭北麓小城镇群落与生态群落的互馈作用及协同演进机制，这不仅是对秦岭地区研究视野的拓展，更是学科交叉融合在服务国家战略与发展决策中的重要实践。

在理论层面，秦岭北麓作为人类文明演进的历史舞台，历朝历代均为人类生产生活的聚集地。如今，这里已成为小城镇密集区、关中城市群的核心部分，以及黄河流域中游的生态屏障。本研究依托秦岭北麓这一独特背景，明确了小城镇群落与生态群落的要素构成，剖析了群落互馈的空间格局、关系特征及其效应识别路径。因此，为构建以生态群落安全为前提的小城镇群落提供坚实的理论基础，有助于推动秦岭北麓地区小城镇的可持续发展与生态保护。

在实践层面，秦岭北麓的生态环境与小城镇群落之间存在着密切的互动关系。生态环境的变迁持续影响着小城镇群落的形成、发展与重构，而小城镇群落的发展又反过来不断改变着生态环境。失衡与协调的矛盾始终制约着秦岭北麓地区的社会经济发展。基于秦岭北麓生态保护与修复的现实需求，本研究探究小城镇群落与生态群落之间的互馈关系，提出群落互馈共荣模式和动态平衡策略。这些策略旨在为推动小城镇的组团发展与串珠发展、优化小城镇群落的三生空间格局提供有效的组织模式与韧性策略，有助于为秦岭北麓地区的可持续发展注入新的活力。

References

- Chen, Y. P., 2019. Significance and Strategies on the Ecological Civilization Construction at Qinling Mountains. *Journal of Earth Environment*, 10(01):1-11(in Chinese with English abstract).
- Dai, E. F., Wang, X. L., Zhu, J. J., et al., 2015. Progress and Perspective on Ecosystem Services Trade-offs. *Advances in Earth Science*, 30(11):1250-1259(in Chinese with English abstract).
- Ebenezer, H., 1902. Garden Cities of Tomorrow. *London: Swan Sonnenschein & Co.*
- Feng, Y., Cao, Y. G., Li, S. P., et al., 2022. Trade-offs and Synergies of Ecosystem Services: Development History and Research Characteristics. *Journal of Agricultural Resources and Environment*, 39(01):11-25. doi:10.13254/j. jare. 2021. 06-40(in Chinese with English abstract).
- Fischer, J., Riechers, M., Loos, J., et al., 2021. Making the Un Decade on Ecosystem Restoration a Social Ecological Endeavour. *Trends Ecology*, 36(1):20-28. doi:10.1016/j. tree. 2020. 08. 018
- Folke, C., Hahn, T., Olsson, P., et al., 2005. Adaptive Governance of Social-Ecological Systems. *Annual Review of Environment and Resources*, 30(1):441-473. doi:10.1146/annurev. energy. 30. 050504. 144511
- Fu, B. J., 2010. Trends and Priority Areas in Ecosystem Research of China. *Geographical Research*, 29(03):383-396(in Chinese with English abstract).
- Fu, X. T., 1989. Research on Urban-Rural Development: Urban-Rural Relations, Small Towns, and Development of Border Areas. *Changsha: Hunan People's Publishing House*. 1-17
- Groffman, P. M., CavenderBares, J., Bettez, N. D., et al., 2014. Ecological Homogenization of Urban USA. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(1):74-81. doi:10.1890/120374
- Gong S. Q., LI H. X., 2002. The Discussion on the Development of Small Town Cluster in Developed Provinces with Small Town Cluster in Zhe Jiang Province as An Example. *City Planning Review*, (04):32-37(in Chinese with English abstract).
- Han, T. T., Tang, X., Ren, H., et al., 2021. Community/Ecosystem Functional Diversity: Measurements and Development. *Acta Ecologica Sinica*, 41(08):3286-3295(in Chinese with English abstract).
- Holling, S. C., 2001. Understanding the Complexity of Economic, Ecological, and Social Systems. *Ecosystems*, 4(5):390-405. doi:10.1007/s10021-001-0101-5
- Huang, S. H., 2021. The Construction of Ecological Civilization is a Fundamental Plan Related to the Sustainable Development of the Chinese Nation. *People's Daily*, 2021-12-14(9). doi:10.28655/n.cnki.nrmrb. 2021. 013118(in Chinese).
- Lewis, M., 1961. The City in History: Its Origins, Its Transformations, and Its Prospects. *Harcourt Brace Janovich, Inc.*
- Liu, D., Peng, J. B., Ye, W. J., et al., 2023. The Systematic Architecture of Livable countryside in Qinling Mountainous. *Journal of Xi'an University of Science and Technology*, 43(04):743-751. (in Chinese with English abstract).
- Li, J. Y., Fu, B. J., Sun, J. L., et al., 2021. Ecological Civilization Construction at Qinling Mountains in the New Era. *Journal of Natural Resources*, 2021(10):2449-2463(in Chinese with English abstract).
- Liu, B. H., Peng, Z. W., 2019. Research on the Spatial Evolution and Mechanism of Small Town Agglomeration in Metropolitan Area: A Case Study of Fengcheng Area in Shanghai. *Shanghai Urban Planning*, 2019(05):8-15(in Chinese with English abstract).
- Liu, R. z., 2003. Review and Rethinking of the Study of City-And-Town Concentrated Area and Interrelated Concepts. *Human Geography*, 2003(03):13-17+51(in Chinese with English abstract).
- Ma, M., Fu, B. J., Li, X. Y., et al., 2004. The Regional Pattern for Ecological Security (RPES): the Concept and the Theoretical Basis. *Acta Ecologica Sinica*, 24(04):761-768(in Chinese with English abstract).
- Marsh, G. P., 1965, Man and Nature: Or, Physical Geography as Modified by Human Action. *The John Harvard Library*.
- Park, R. E., 1915. The City: Suggestions for the Investigation of Human Behavior in the City Environment. *American Journal of Sociology*, 20(5):577-612.
- Pan, M., Chen, T. W., Huang, L., et al., 2020. Spatial and Temporal Variations in Ecosystem Services and its Driving Factors Analysis in Jing-Jing-Ji Region. *Acta Ecologica Sinica*, 40(15):5151-5167(in Chinese with English abstract).
- Peng, J. B., Lan, H. X., 2022. Ecological Geology and Eco-geological Environment System. *Journal of Earth Sciences and Environment*, 44(6):877-893(in Chinese with English abstract).
- Peng, J. B., Shen, Y. J., Jin, Z., Liu, T. M., Li, Y. H., Zhuang, J. Q., Wang, Z. H., Yu, C., Cheng, Y. X., Ma, P. H., Gao, S., Li, Z. H., 2023. Key

- Thoughts on the Study of Eco-Geological Environment System in Qinling Mountains. *Acta Ecological Sinica*, 43(11):4344-4358 (in Chinese with English abstract).
- Shen, Y. J., Chen, X., Peng, J. B., et al., 2024. Background Characteristics of Ecological Geological Environment System in Qinling Mountains and Assumption of Its Theoretical System. *Earth Science*, 49(6):2103-2119(in Chinese with English abstract).
- Spyra, M., Kleman, J., Cetin, N. I., et al., 2019. The Ecosystem Services Concept: a New Esperanto to Facilitate Participatory Planning Processes? *Landscape Ecology*, 34(7):1715-1735. doi:10.1007/s10980-018-0745-6
- Wang, X. Q., Qi, W., Liu, S. G., 2020. Spatial Distribution and Driving Factors of Small Towns in China. *Geographical Research*, 39(02):319-336(in Chinese with English abstract).
- Wu, L. Y., 1995. Development Model of Urban High Density Space: A Case Study of the Yangtze River Delta. *Urban Development Research*, 1995(02):8-14+62(in Chinese with English abstract).
- Xiao, Y. R., 2018. Seventy Two Valleys of the Qinling Mountains. *Western Development*, (8):138-139(in Chinese with English abstract).
- Xiao, Z. T., Hao, L. J., He H. X., 2014. A Study on the Adaptive Protection and Utilization of Ecological Environment along the Northern Foot of Qinling Mountains in Xi' an Section. *Ecological Economy*, 30(06):187-192(in Chinese with English abstract).
- Xie, H., Zhou, Q. H., 2016. Preliminary Discussion on the Distribution of Traditional Villages in Alluvial-Diluvial Fan in the Northern Foot of Qinling Mountains. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2016(12):66-72. doi:10.13448/j.cnki.jalre.2016.385(in Chinese with English abstract).
- Xu, P. P., Shen, Y. J., Peng, J. B., et al., 2024. Typed Architecture of Valley Road in the Northern Foothills of Qinling Mountains Based on the Concept of Ecological-Economic-Social Collaborative Development. *Earth Sciences*, 1-14(in Chinese with English abstract).
- Xu, Q., Dai, S. Z., 2006. Small Towns Agglomerations: A Case Study of Wenzhou. *Urban Planning*, 2006(07):37-41+47(in Chinese with English abstract).
- Xiao, Y. R., 2018. Seventy two valleys of the Qinling Mountains. *Western Development*, (8):138-139(in Chinese).
- Yang, Z. H., Xiu, H. S., Bao, H. R., 2022. On Theoretical System of Xi Jinping's Ecological Civilization Thought. *Journal Nanjing Tech University(Social Science Edition)*, 21(3):1-11(in Chinese with English abstract).
- Yue, B. R., Pan, W. T., Hao, W. H., 2022. Research on Influential Factors of Spatial Management and Control in Foothill Area Based on Grounded Theory: A Case Study of the Northern Foot of Qinling Mountains in Xi' an. *Landscape Architecture*. 2022(08)108-113. doi:10.14085/j.fjyl.2022.08.0108.06(in Chinese with English abstract).
- Zhang, L., Yang, M. J., Bai, Y. X., Pang, L., 2023. Main Progress and Important Issues in Research of Small Towns in China: A Development and Planning. *Perspective Urban Planning*, 47(08):114-122 (in Chinese with English abstract).
- Zhou, X., Lv, H. L., Zhu, T. L., et al., 2023. The Implementation Path of Ecological Preservation and Recovery Based on "Watershed, Function, and Geography": The Northern Qinling Mountains of Xi' an Section. *Planners*, 39(06):127-133(in Chinese with English abstract).
- Zhang, X. H., Xu, J. G., Ma, X. D., 2006. A Study on Integrated Development Modes of Small Town Clusters in the Fringe of Metropolis- The Case of the Region in the East of Wujiang near Shanghai. *Area Research and Development*. 2006(04):25-29(in Chinese with English abstract).

中文参考文献

- 陈怡平, 2019. 大秦岭生态文明建设的意义与对策. *地球环境学报*, 10(01):1-11.
- 戴尔阜, 王晓莉, 朱建佳, 等, 2015. 生态系统服务权衡/协同研究进展与趋势展望. *地球科学进展*, 30(11):1250-1259.
- 傅伯杰, 2010. 我国生态系统研究的发展趋势与优先领域. *地理研究*, 29(03):383-396.
- 费孝通, 1989. 城乡发展研究: 城乡关系、小城镇、边区开发. 长沙: 湖南人民出版社. 1-17
- 冯漪, 曹银贵, 李胜鹏, 等, 2022. 生态系统服务权衡与协同研究: 发展历程与研究特征. *农业资源与环境学报*, 39(01):11-25.
- 龚松青, 厉华笑, 2002. 经济发达地区小城镇群发展初探——浙江省小城镇群规划示例. *城市规划*, (04):32-37.

-
- 黄守宏, 2021. 生态文明建设是关乎中华民族永续发展的根本大计. 人民日报, 2021-12-14(9)
- 韩涛涛, 唐玄, 任海, 等, 2021. 群落/生态系统功能多样性研究方法及展望. 生态学报, 41(8):3286-3295
- 刘荣增, 2003. 城镇密集区及其相关概念研究的回顾与再思考. 人文地理, 2003(03):13-17+51.
- 刘碧含, 彭震伟, 2019. 大都市地区小城镇群的空间演进及其机理研究——以上海市奉城地区为例. 上海城市规划, 2019(05):8-15.
- 刘冬, 彭建兵, 叶万军, 等, 2023. 秦岭山区宜居乡村架构思考. 西安科技大学学报, 43(04):743-751.
- 李君轶, 傅伯杰, 孙九林, 等, 2021. 新时期秦岭生态文明建设:存在问题与发展路径. 自然资源学报, 2021(10):2449-2463.
- 马克明, 傅伯杰, 黎晓亚, 等, 2004. 区域生态安全格局:概念与理论基础. 生态学报, 24(4):761-768
- 彭建兵, 兰恒星, 2022. 略论生态地质学与生态地质环境系统. 地球科学与环境学报, 44(6):877-893.
- 彭建兵, 申艳军, 金钊, 等, 2023. 秦岭生态地质环境系统研究关键思考. 生态学报, 43(11):4345-4358.
- 潘梅, 陈天伟, 黄麟, 等, 2020. 京津冀地区生态系统服务时空变化及驱动因素. 生态学报, 40(15):5151-5167
- 申艳军, 陈兴, 彭建兵, 等, 2024. 秦岭生态地质环境系统本底特征及研究体系初步构想. 地球科学, 49(6):2103-2119.
- 吴良镛, 1995. 城镇密集地区空间发展模式——以长江三角洲为例. 城市发展研究, 1995(02):8-14+62.
- 王雪芹, 戚伟, 刘盛和, 2020. 中国小城镇空间分布特征及其相关因素. 地理研究, 39(02):319-336.
- 谢晖, 周庆华, 2016. 秦岭北麓冲洪积扇区环境影响下传统村落布点特征初探. 干旱区资源与环境. 2016(12):66-72.
- 徐强, 戴慎志, 2006. 小城镇密集地区整合发展探索——以温州市鳌江流域为例. 城市规划, 2006(07):37-47.
- 徐盼盼, 申艳军, 彭建兵, 等, 2024. 基于生态—经济—社会协同发展理念的秦岭北麓峪道类型化架构思考. 地球科学:1-14.
- 肖云儒, 2018. 秦岭七十二峪. 西部大开发(08), 138-139.
- 岳邦瑞, 潘卫涛, 郝旺奂, 2022. 基于扎根理论的浅山区空间管控影响因素研究——以西安市秦岭北麓为例. 风景园林, 2022(08):108-113.
- 杨志华, 修慧爽, 鲍浩如, 2022. 习近平生态文明思想的科学体系研究. 南京工业大学学报(社会科学版), 21(3):1-11
- 张新焕, 徐建刚, 马晓冬, 2006. 大都市边缘区小城镇整合发展模式研究——以吴江东部临沪地区为例. 地域研究与开发, 2006(04):25-29.
- 张立, 杨明俊, 白郁欣, 等, 2023. 我国小城镇研究的主要进展及重要议题. 城市规划, 47(08):114-122.
- 周霞, 吕红亮, 朱天琳, 等, 2023. 基于“流域-功能-地貌”框架的生态保护修复实施路径——以秦岭北麓(西安段)为例. 规划师, 39(06):127-133.