doi: 10.12097/gbc.2023.03.002

自然资源–社会经济–生态环境的关联演化认知

王军[1], 孙雨芹[1], 赵财胜[1*], 杨智威[2], 彭建[2]
WANG Jun[1], SUN Yuqin[1], ZHAO Caisheng[1*], YANG Zhiwei[2], PENG Jian[2]

1. 自然资源部国土整治中心 (自然资源部土地科技创新中心), 自然资源部土地整治重点实验室, 北京 100035;
2. 北京大学城市与环境学院, 自然资源部生态系统一体化修复与可持续利用工程技术创新中心, 北京 100871
1. *Key Laboratory of Land Consolidation and Rehabilitation (Land Science and Technology Innovation Center)*, *Land Consolidation and Rehabilitation Center*, *Ministry of Natural Resources*, *Beijing* 100035, *China;*
2. *Technology Innovation Center for Integrated Ecosystem Restoration and Sustainable Utilization*, *Ministry of Natural Resources*, *College of Urban and Environmental Sciences*, *Peking University*, *Beijing* 100871, *China*

摘要: 探讨了人与自然生命共同体理念下, 自然资源、社会经济与生态环境三者之间的复杂关联及其演化机制。通过解析社会–生态系统的内涵, 构建了涵盖自然资源、社会经济与生态环境复合体, 旨在揭示三者间的相互作用与影响。进一步分析了从原始文明、农业文明、工业文明、生态文明的历史演进过程中, 自然资源、社会经济与生态环境要素的演化路径, 通过对历史阶段的深入分析, 阐述了从工业文明到生态文明转型时期的启示, 为人与自然和谐共生理念下研究三者耦合协调发展提供新的视角。
关键词: 人与自然生命共同体; 自然资源禀赋; 社会经济发展; 生态环境质量; 关联演化
中图分类号: F205; X141 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671−2552(2024)08−1289−08

Wang J, Sun Y Q, Zhao C S, Yang Z W, Peng J. Understanding the evolution of relationships among natural resource, social economy, and eco-environment. *Geological Bulletin of China*, 2024, 43(8): 1289−1296

Abstract: The concept of human−nature community of life emphasizes the interdependent relationship between human and nature, and its intrinsic elements are universally linked and mutually influential. In this study, the interconnections and evolutionary mechanisms among natural resource, social economy, and eco−environment were delved, and then the interrelationship among the elements of the complex system was explored. Further analysis of the evolutionary paths of the elements of natural resources, socio−economic factors, and the ecological environment from primitive civilization, agricultural civilization, and industrial civilization to ecological civilization provides theoretical support and practical guidance for current ecological civilization transformation. This study initially explores the evolving relationships between natural resource, social economy, and eco−environment, providing scientific cognition for the concept of community of life between human and nature and theoretical support for promoting the construction of ecological civilization and achieving the goal of sustainable development.
Key words: human and natural life community; natural resource; social economy; eco-environment; evolving relationship

人与自然生命共同体理念的提出, 体现了当代人类社会对于自然资源和生态环境的关注和认识的不断提升。新时期国土空间生态保护修复的对象是人与自然生命共同体, 面对日益紧迫的可持续发展挑战, 为推动人与自然和谐共生, 需要深入理解人与自然的关系 (彭建等, 2020; 王军等, 2020)。该理念强调人类与自然之间存在相互依存的关系, 其内在要素之间普遍存在联系, 并相互影响, 不可采取分割

收稿日期: 2023−03−02; **修订日期:** 2023−07−16
资助项目: 自然资源部科技战略研究项目《自然资源与生态系统关联耦合及影响机理研究》(编号: 2021-ZL-117)
作者简介: 王军(1970−), 男, 博士, 研究员, 从事景观生态学、国土整治与生态修复研究。E−mail: wangjun@lcrc.org.cn
*** 通信作者:** 赵财胜(1976−), 男, 博士, 副研究员, 从事土地复垦、国土整治与生态修复研究。E−mail: zhaocsh@126.com

式管理的方式进行处理 (彭建等, 2019; 王军等, 2019)。例如,人类的生产和消费活动对自然资源的开采和消耗,不仅可能改变自然环境的地貌、水文、土壤和大气特征,还可能引发生态系统的破坏和生物多样性的减少 (Hassan et al., 2019a);这些变化进而对人类的生产和生活方式产生反作用,如农业生产的稳定性、食品安全、气候变化等 (Ahmed et al., 2020; 王奕佳等, 2021)。因此,国土空间生态保护修复需要系统性探索资源环境在人和自然之间的关系,为科学开展生态保护修复推动人与自然和谐共生的现代化提供理论支持。

人与自然之间的相互影响构成了一个多层次的复杂系统,系统内部的交互过程涵盖人类活动、自然环境的物理、化学和生物学特征,以及人类的文化、价值观、行为方式等方面 (Soga et al., 2020)。这些要素之间的相互作用不仅对人类的生产、生活和发展产生影响,同时也对自然环境的演化产生重要影响。在该系统中,要素之间的关系呈现非线性和相互依存的特征,任何一个要素的变化都会引起其他要素和整个系统的相应变化,形成一个具有普遍联系特征的网络结构 (Zafar et al., 2019;Whitburn et al., 2020)。因此,科学理解人与自然关系的首要步骤是解析人与自然复杂系统中关键要素的关联和演化特征。本次研究将人与自然复杂系统中关键要素分为自然资源、社会经济和生态环境。其中,自然资源作为支撑人类生存和发展的基础,在人类的生产和消费活动中得到广泛利用,涵盖土地资源、水资源、矿产资源、森林资源等 (傅伯杰等, 2019);社会经济体现了人类在生产和消费活动中扮演的角色,包括人类的社会组织结构、政治制度、经济形态、文化传承等方面 (Shackleton et al., 2019);生态环境作为人类生存和发展的载体,对人类的生产和生活产生深远的影响 (Hassan et al., 2019b)。

自然资源、社会经济和生态环境三者之间的相互作用存在复杂多样的影响和反馈关系,由于作用关系复杂且变化多样,现有的认知体系难以有效解析这一复杂性。因此,本次研究以理论探索为主导,旨在探讨人类历史时期自然资源、社会经济和生态环境之间的关联演化过程,提出对当前工业文明到生态文明转型时期的启示,以期对推动生态文明建设和实现可持续发展目标有所启迪。

1 自然资源、社会经济与生态环境的要素关联

1.1 社会–生态系统衍生出自然资源–社会经济–生态环境复杂系统

社会–生态系统(Social-Ecological System, SES)由社会子系统、生态子系统及二者之间的交互作用构成。这些交互作用包括但不限于生态系统的生态过程、人类活动的社会经济过程,以及二者在不同时空尺度上的相互作用。社会–生态系统具有高度复杂性、动态性和不确定性。将社会系统和生态系统的相互作用视为一个整体,能够有效地研究和解决复杂的人地关系问题,被认为是研究可持续发展的理想方法之一 (Ostrom, 2009; McGinnis et al., 2014; Partelow, 2018)。

社会–生态系统中的生态子系统由多个组成部分构成。在这些部分中,自然资源和生态环境是对于社会–生态系统的可持续发展具有重要作用的关键要素。自然资源子系统和生态环境子系统之间存在紧密地相互作用和影响,例如,自然资源的开发和利用会对生态环境造成影响,而生态环境问题的存在也会限制自然资源的开发利用。因此,将生态子系统分解为自然资源子系统和生态环境子系统,并与社会子系统共同构成自然资源–社会经济–生态环境复杂系统,能够更明确和清晰地识别社会–生态系统中各个子系统之间及内部与外部的关联。这种划分有助于深入探究社会与生态之间的相互作用机制,探索实现二者良性互动的可持续发展路径。

1.2 自然资源–社会经济–生态环境复杂系统中的要素关联

自然资源–社会经济–生态环境复杂系统中的子系统之间相互关联且相互影响,由多种要素组成(表1)。其中,自然资源子系统通常包括土地、水、森林、矿产等各种自然资源要素,这些要素在社会经济的可持续发展中起着至关重要的作用;社会经济子系统包括人口、工业、农业、服务业、交通运输业等要素,这些要素与自然资源子系统和生态环境子系统密切联系且相互作用;生态环境子系统包括大气、水、土壤、动植物、生态系统服务等多种生态环境要素,这些要素对于维护生态平衡、保护生态环

表 1　自然资源–社会经济–生态环境复杂系统的子系统要素

Table 1　Subsystem elements of natural resource-social economy- eco-environment complex system

子系统	组成要素	要素构成
自然资源	能源资源	化石燃料(如石油、天然气、煤炭)、可再生能源(如太阳能、风能、水能、生物能源)
	水资源	河流、湖泊、地下水等供应给人类社会使用的水资源
	矿产资源	金属矿产(如铁、铜、铝等)、非金属矿产(如石灰石、盐、石膏等)
	土地资源	农田、森林、草地、城市用地等,供给农业、林业等
	生物资源	野生动植物、海洋生物等
社会经济	生产要素	劳动力、资本、技术等
	经济活动	农业、工业、服务业等各个领域的生产、交换和消费活动
生态环境	大气环境	空气质量、气候变化、温室气体排放等
	水环境	河流、湖泊、海洋等水体的质量和生态状况
	土壤环境	土壤质量、土地退化、土地污染等
	生物多样性	地球上各种生物的多样性和物种丰富度
	生态系统服务	生态系统为人类社会提供的服务,如水源保护、空气净化、景观游憩、食物生产等

境、确保人类的生存和发展具有重要意义。因此,自然资源禀赋、社会经济发展和生态环境质量均处于不断动态演变的过程中,彼此之间相互作用和影响(图 1)。

自然资源禀赋和生态环境质量在社会经济发展中扮演着至关重要的角色。自然资源系统为人类提供着各种必要的资源,包括水、食物、能源、原材料等。同时,生态环境系统具备自净和调节的功能(Chen et al., 2019),能够维持生态平衡 (魏嘉琪等, 2023),并为生态旅游、生态农业等经济发展提供机遇 (傅伯杰, 2021; Xu et al., 2023)。然而,过度开发和

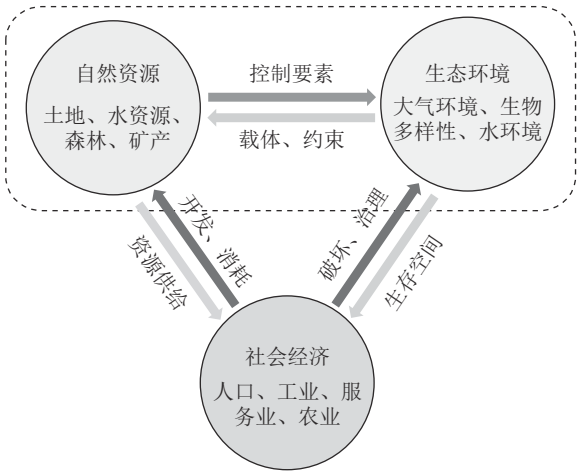


图 1　自然资源–社会经济–生态环境复杂系统的要素关联

Fig. 1　Element correlation of natural resource-social economy- eco-environment complex system

利用自然资源会对生态环境造成不可逆转的影响,如土地退化 (Goldberg et al., 2020)、水污染、气候恶化等 (de Mello et al., 2020; Yang et al., 2021)。此外,生态环境是自然资源存在的媒介,对资源的利用或消耗形成了约束 (付宇佳等, 2022)。因此,必须在保护生态环境的前提下,合理开发和利用自然资源,实现社会经济的可持续发展与生态环境保护的平衡。

自然资源和生态环境为人类社会提供了必要的资源和生存环境,促进了经济发展和社会进步 (彭建等, 2020; 葛建平等, 2023)。然而,随着经济的增长和人类社会的扩张,人类也在不断地对自然环境产生影响。经济增长带来了物质享受的提升,但同时也带来了更多的污染物和资源消耗,导致环境质量下降、资源短缺甚至出现负面影响 (Nathaniel et al., 2021; 郑子豪等, 2021)。当经济发展超出自然资源和生态环境的承载能力时,自然资源和生态环境系统将遭受严重破坏,最终将限制人类社会的经济增长和可持续发展 (Ahmed et al., 2020; 孔凡斌等, 2023)。因此,必须确保自然资源、社会经济和生态环境的协调发展,实现社会经济发展和生态环境保护之间的平衡。

2　自然资源、社会经济与生态环境的要素关联演化

在发展过程中,自然资源–社会经济–生态环境复杂系统的各种内外因素相互作用,导致系统结构、

功能发生显著变化。概略看,从原始文明到农业文明、工业文明和生态文明的人类文明演替过程中,自然资源禀赋、社会经济发展及生态环境质量相互影响、动态演化,并在时序上展现出不同的宏观表象(图2)。

2.1 自然资源子系统演化过程

在原始文明时期,人类的生产活动主要依赖于自然环境,对资源的利用程度较低。然而,随着人类意识的觉醒,开始尝试对自然资源进行开发利用。受限于技术手段的限制,人类在这个时期只能采集一些易于获得的自然资源,如木材、石材等,对其他类型的自然资源几乎没有探索了解。

进入农业文明时期,人类逐渐掌握了基本的农业技术,如种植和畜牧,实现了粮食等基本农产品的自给自足。这为人类的生产和生活奠定了基础,并推动了生产规模的逐渐扩大,可利用的自然资源略有下降趋势。然而,由于技术方法的限制,人类仍无法全面开发和利用自然资源,自然资源的探明储量未得到充分开发,因此自然资源的利用程度相对较低。

随着工业文明时期的到来,人类经历了一场前所未有的工业革命,技术手段大幅提升,生产能力极大增强,同时对自然资源的开发利用程度也显著提高。许多自然资源的探明储量也明显增长,如石油、煤炭等化石燃料的发现和利用极大推动了工业的发展。因此,自然资源的可利用量变化复杂多样。

进入生态文明时期,对自然资源的开发利用提出了更高的要求。传统的能源开采方式对环境和人类健康产生巨大影响,因此需要推广清洁、可再生的新能源,如太阳能、风能、水能、核能等。这些可再生能源不仅具有环保优势,还能有效避免能源短缺问题。同时,开始积极探索新的资源开发方式,如海洋能、生物质能等,自然资源的可利用量将呈现新的增长趋势,为人类未来的可持续发展奠定更坚实的基础。

2.2 社会经济子系统演化过程

在原始文明时期,人们的生产活动主要依赖于狩猎、采集、捕鱼等方式。由于生产手段和技术相对简单,人类社会的发展存在较大的不确定性,生产和生活受到自然资源和自然灾害的强烈影响。由于资源的不可再生性,当自然环境恶劣时,人类社会常遭受严重打击,这也是原始社会生产方式的局限性。

随着农业文明的兴起,人类开始进行以农耕和畜牧为主的生产活动。这种生产方式解决了人们的温饱问题,促进了人口数量的增长和社会财富的积累。然而,由于生产方式相对传统,缺乏根本性的变革,因此社会经济的发展较缓慢。同时,农业生产也面临自然灾害、种植技术、耕地资源等方面的限制。

工业革命的出现为人类社会带来了巨大的变革。依托自然资源的大规模开发和利用,人口数量大量增加,经济蓬勃发展,社会经济形态开始向工业化转型。然而,随着时间的推移,生态环境逐渐恶化,对公众健康造成损害,引发自然灾害,并且部分自然资源面临耗竭的预警。这给人类社会带来了严重的环境问题和资源瓶颈问题,阻碍了人类社会的发展并潜藏着停滞的风险。

在生态文明时期,社会经济发展模式迎来了转型,实施新型工业化战略,践行“绿色经济”的发展理念,经济建设持续向好,人民生活水平逐步提升。在这一时期,人类更加注重环境保护和可持续发展,以实现经济、社会和环境的协调发展。在经济发展的同时,人们也更加重视生态环境的保护和自然资源的可持续利用,采取可持续发展的方式,以使人类社会的发展更加健康、可持续。

2.3 生态环境子系统演化过程

在原始文明时期,人类的生产和生活方式相对简单,人口数量有限,因此对生态环境的干扰非常微弱。主要依靠自然环境获取资源,这种方式不会对生态环境造成长期的破坏。在这一时期,人类与生态环境之间的关系相对平衡,生态环境也能够通过自我调节维持相对稳定的状态。

随着农业文明的到来,人类的生产能力显著提升。开始采用种植、畜牧等方式生产食物,这对土地和水资源施加了更大的压力。然而,在这一阶段,废弃物排放量较低,大部分废弃物也是可自然降解的,因此对生态环境的干扰相对较小。

工业革命以后,大规模的工业化生产带来了经济的巨大发展和人口的快速增长,但同时也对环境造成了巨大破坏。随着工业活动的增加,大量废水、废气和固体废物排放到大气、水体和土壤中,破坏了生态环境的平衡和稳定。此外,城市的迅速扩张也导致透水地表的严重破坏,生态环境遭受了严重的损害。

随着生态文明建设的兴起,强调对生态环境的保护与治理。政府和社会采取一系列措施来减少污

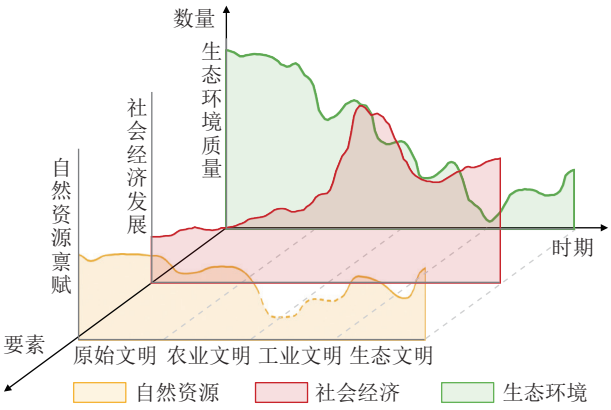


图 2　自然资源–社会经济–生态环境复杂系统的要素演化

Fig. 2　Evolution of elements of natural resource-social economy- eco-environment complex system

染、节约资源和保护生态, 生态环境在这一阶段得到了恢复和改善。一方面, 通过采取措施减少人类活动对生态系统的干扰和对环境的破坏, 同时加强对良好生态环境的保护; 另一方面, 针对已经受到损害的生态环境进行修复或重建。

2.4　自然资源–社会经济–生态环境关联演化

在历史发展过程中, 社会经济的演进离不开对自然资源与生态环境的依赖与影响 (Adams et al., 2019)。然而, 由人类活动引发的社会经济发展对自然资源禀赋和生态环境质量产生了深远的影响, 自然资源的过度开采与生态环境的破坏反过来加剧了对社会经济可持续发展的负面影响 (马国霞等, 2019; 王娇月等, 2021)。在这一动态演变过程中, 自然资源、社会经济和生态环境之间存在复杂而密切的相互影响(图 3)。

在原始文明时期, 人类对自然环境的认知相当有限, 因此对自然资源的开发和生态环境的干扰都相当有限。在这个时期, 人类尚未意识到自然资源和生态环境的重要性, 因此并没有采取积极的措施保护和维护自然环境。同时, 社会经济子系统的发展缓慢, 生产和生活活动对自然资源的消耗和污染排放都在自然资源子系统和生态环境子系统的可承载范围内。在这一阶段, 3 个子系统之间的相互关联较弱, 保持着相对稳定的状态, 属于低水平的协调阶段。

进入农业文明后, 人类的生产活动不再局限于采集和狩猎, 而逐渐转向农业、畜牧和捕鱼, 促进了社会经济子系统的进一步发展。同时, 随着贸易往来的增加, 社会经济系统对自然资源的利用和改造范围也不断扩大, 对生态环境的影响逐渐增大。尽管如此, 生态环境子系统的容纳能力并未被突破, 对社会经济子系统的负面反馈效应尚未完全显现, 存在时间滞后效应。在这一阶段, 社会经济子系统与自然资源子系统之间呈现负相关, 而与生态环境子系统之间的相关性不明显, 自然资源子系统与生态环境子系统之间的关联也较弱。总体而言, 这一阶段 3 个子系统之间的矛盾开始显现, 表现为低阶失衡。尽管农业文明时期人类对自然资源的利用和干扰有所增加, 但由于人口规模和生产力水平相对较低, 对环境的影响还不足以引起严重的生态破坏和资源枯竭。

随着工业革命的兴起, 人类开始了掠夺性的资源开发。人口迅速增长和城市规模不断扩大, 加速

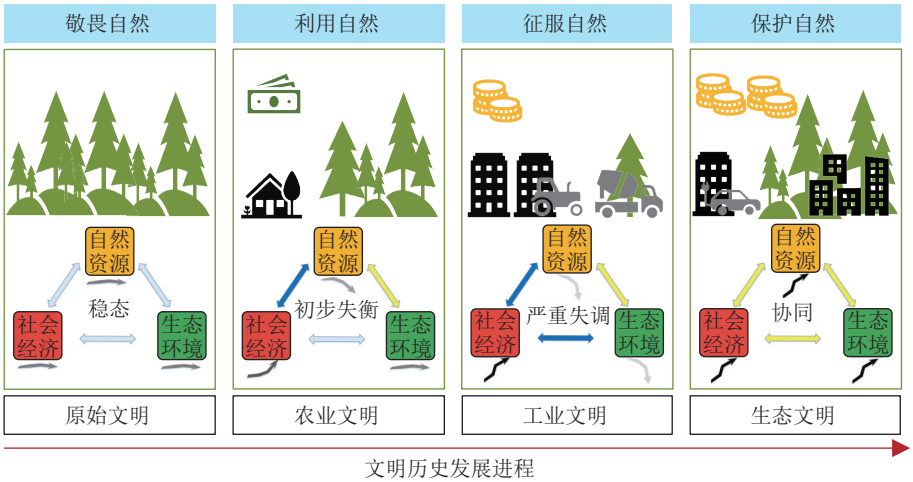


图 3　自然资源–社会经济–生态环境复杂系统发展阶段的关联演化

Fig. 3　Evolution of natural resource-social economy- eco-environment complex system in different stages

了社会经济子系统的发展，经济发展速度连年保持较高水平 (Mahtta et al., 2022)。然而，这种快速发展付出的代价是不可再生资源的耗竭，同时也严重破坏了生态系统的平衡，导致极端天气事件频发，生态环境问题不断增加 (Liu et al., 2021)。例如，全球变暖导致海平面上升、极端天气事件、干旱和洪涝等气候变化现象正在威胁人类社会的可持续发展 (杨智威等, 2018; Yang et al., 2019)。在这一阶段，3 个子系统之间的矛盾进一步加剧，社会经济子系统与自然资源子系统、生态环境子系统之间都表现出强烈的负相关。总体而言，这种以自然资源可利用量减少和生态环境质量下降为代价的社会经济发展关系属于高阶失调状态。

而在生态文明时期，人类逐渐认识到可持续发展的重要性。社会经济子系统的发展已经从前一阶段的高投入、高消耗、高能耗模式转变为高效、低碳、绿色发展模式，实现了资源和能源的集约节约和循环利用 (Gu et al., 2020; Meng et al., 2021)。同时，生态环境保护成为长期任务，政府加大环境治理投入，推行绿色生产和消费，鼓励可再生能源的开发利用 (Testa et al., 2021)。在这种情况下，社会经济子系统、自然资源子系统和生态环境子系统之间实现了新的平衡，形成和谐共生关系。生态环境子系统的负反馈效应发挥作用，形成了自我调节的生态系统，减少了环境污染和自然灾害的发生。社会经济子系统和自然资源子系统之间也实现了正向关联及可持续利用。总体而言，这一阶段 3 个子系统持续改善，三者之间形成了高水平的协调关系，推进实现人与自然和谐共生的目标。

3 对中国当前工业文明到生态文明转型时期的启示

自然资源、社会经济和生态环境的相互作用构成了一个关联系统，其发展应基于自然规律和经济规律，匹配自然资源、社会经济和生态环境的格局。当前，中国正处于工业文明到生态文明的转型时期，资源的过度利用、生态环境破坏和环境污染问题已经在一定程度上制约了社会经济的发展 (Xiao et al., 2022)。因此，迫切需要引导自然资源−社会经济−生态环境复杂系统的关系从失调逐渐过渡到协调。社会经济子系统应该发挥主观能动性，优化各子系统的内部结构，调节子系统之间的关系，促进自然资源生态的良性循环，保障生态环境的正常功能，减少社会经济发展对自然资源的占用，减轻对生态环境子系统的压力 (Zhang et al., 2021; Lin et al., 2022)。

要实现自然资源−社会经济−生态环境复杂系统的耦合协调，需采取多种手段和措施，尤其是政府、企业、科研机构、公民等各方的共同合作和积极参与：①加强政策引导，制定和完善相关政策，引导社会经济系统向着可持续方向发展，鼓励技术革新和新能源的应用，加强生态保护和环境治理等；②推动技术进步，促进技术创新和研发，开发新技术和新产品，提高资源利用效率和环境保护能力，推动社会经济系统向着绿色、低碳、循环发展的方向转型；③实现资源集约节约，鼓励资源循环利用，发展节能环保产业，推广可再生能源和节能技术，实现资源的有效利用；④加强生态环境保护和治理，控制污染物排放，提高环境监测和管理能力，积极推进生态保护修复工程，保障生态系统的稳定和健康发展。

4 结 语

探究自然资源、社会经济、生态环境三者之间的关联演化是当前生态文明建设和可持续发展的重要研究方向。然而，这三者之间的相互作用关系十分复杂，呈现多样化的变化模式，现有的认知体系未能对其进行有效解析。本次研究旨在探索自然资源、社会经济和生态环境之间的关联机制和演化过程。基于概念及内涵解析，提出由社会−生态系统衍生得到，有助于深入探究社会与生态交互作用的自然资源−社会经济−生态环境复杂系统；进一步探究了自然资源−社会经济−生态环境复杂系统中各要素之间的关联关系，并强调确保自然资源禀赋、社会经济发展和生态环境质量的协调发展，以实现社会经济发展和生态环境保护之间的平衡。在理论辨析和逻辑推导的基础上，明晰了原始文明、农业文明、工业文明、生态文明等历史阶段自然资源、社会经济和生态环境的要素演化过程，并据此总结了对当前工业文明向生态文明转型时期的启示。

References

Adams D, Adams K, Ullah S, et al. 2019. Globalisation, governance, accountability and the natural resource ‘Curse’: Implications for socio−economic growth of oil−rich developing countries[J]. Resources Policy, 61: 128−140.

Ahmed Z, Asghar M M, Malik M N, et al. 2020. Moving towards a sustainable environment: The dynamic linkage between natural resources, human capital, urbanization, economic growth, and ecological footprint in China[J]. Resources Policy, 67: 101677.

Chen C, Tabssum N, Nguyen H P. 2019. Study on ancient Chu town urban green space evolution and ecological and environmental benefits[J]. Nature Environment & Pollution Technology, 18(5): 1733−1738.

de Mello K, Taniwaki R H, de Paula F R, et al. 2020. Multiscale land use impacts on water quality: Assessment, planning, and future perspectives in Brazil[J]. Journal of Environmental Management, 270: 110879.

Fu B. 2021. Several Key Points in Territorial Ecological Restoration[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 36(1): 64−69 (in Chinese with English abstract).

Fu B, Liu Y X. 2019. The theories and methods for systematically understanding land resource[J]. Chinese Science Bulletin, 64(21): 2172−2179(in Chinese with English abstract).

Fu Y J, Tan C H, Liu X H, et al. 2022. Definition, classification, observation and monitoring of natural resources and their application in territorial planning and governance[J]. Geology in China, 49(4): 1048−1063 (in Chinese with English abstract).

Ge J P, Wang Y B, Zhang H T, et al. 2023. Theoretical Analysis and System Reconstruction of Natural Resource Classification[J], Natural Resource Economics of China, 36(6): 4−13 (in Chinese with English abstract).

Goldberg L, Lagomasino D, Thomas N, et al. 2020. Global declines in human - driven mangrove loss[J]. Global change biology, 26(10): 5844−5855.

Gu Y, Wu Y, Liu J, et al. 2020. Ecological Civilization and Government Administrative System Reform in China[J]. Resources, Conservation and Recycling, 155: 104654.

Kong F B, Yang W C, Xu C Y, 2023. Coordinated relationship and influencing factors of ecological environment and socio−economic coupling of urban agglomeration around Hangzhou Bay in China[J]. Acta Ecologica Sinica, 43(6): 2287−2297 (in Chinese with English abstract).

Hassan S T, Baloch M A, Mahmood N, et al. 2019a. Linking Economic Growth and Ecological Footprint through Human Capital and Biocapacity[J]. Sustainable Cities and Society, 47: 101516.

Hassan S T, Xia E, Khan N H, et al. 2019b. Economic growth, natural resources, and ecological footprints: Evidence from Pakistan[J]. Environmental Science and Pollution Research, 26: 2929−2938.

Lin B, Zhou Y. 2022. Measuring the green economic growth in China: Influencing factors and policy perspectives[J]. Energy, 241: 122518.

Liu C, Yang M, Hou Y, et al. 2021. Spatiotemporal evolution of island ecological quality under different urban densities: A comparative analysis of Xiamen and Kinmen Islands, Southeast China[J]. Ecological Indicators, 124: 107438.

Ma G X, Zhou X F, Peng F, et al. 2019. Cost of ecological degradation accounting in China in 2015[J]. Scientia Geographica Sinica, 39(6): 1008−1015 (in Chinese with English abstract).

Mahtta R, Fragkias M, Güneralp B, et al. 2022. Urban land expansion: The role of population and economic growth for 300+ cities[J]. Npj Urban Sustainability, 2(1): 5.

Mcginnis M D, Ostrom E. 2014. Social−ecological system framework: Initial changes and continuing challenges[J]. Ecology and Society, 19(2): 374−386.

Meng F, Guo J, Guo Z, et al. 2021. Urban ecological transition: The practice of ecological civilization construction in China[J]. Science of The Total Environment, 755: 142633.

Nathaniel S P, Yalçiner K, Bekun F V. 2021. Assessing the environmental sustainability corridor: Linking natural resources, renewable energy, human capital, and ecological footprint in brics.[J]. Resources Policy, 70: 101924.

Ostrom E. 2009. A general framework for analyzing sustainability of social−ecological systems[J]. Science, 325(5939): 419−422.

Partelow S. 2018. A review of the social−ecological systems framework[J]. Ecology and Society, 23(4): https://www.jstor.org/stable/26796887.

Peng J, Li B, Dong J Q, et al. 2020. Basic logic of territorial ecological restoration[J]. China Land Science, 34(5): 18−26 (in Chinese with English abstract).

Peng J, Lü D N, Zhang T, et al. 2019. Systematic cognition of ecological protection and restoration of mountains−rivers−forests−farmlands−lakes−grasslands[J]. Acta Ecologica Sinica , 39(23): 8755−8762 (in Chinese with English abstract).

Shackleton C M, Mograbi P J, Drimie S, et al. 2019. Deactivation of field cultivation in communal areas of south Africa: patterns, drivers and socio−economic and ecological consequences[J]. Land Use Policy, 82: 686−699.

Soga M, Gaston K J. 2020. The ecology of human–nature interactions[J]. Proceedings of the Royal Society B, 287(1918): 20191882.

Testa F, Pretner G, Iovino R, et al. 2021. Drivers to green consumption: A systematic review[J]. Environment, Development and Sustainability, 23: 4826−4880.

Whitburn J, Linklater W, Abrahamse W. 2020. Meta - analysis of human connection to nature and proenvironmental behavior[J]. Conservation Biology, 34(1): 180−193.

Wang J, Ying L X, Zhong L N. 2020. Thinking for the transformation of land consolidation and ecological restoration in the new era[J]. Journal of Natural Resources, 35: 26−36 (in Chinese with English abstract).

Wang J, Zhong L N. 2019. Application of ecosystem service theory for ecological protection and restoration of mountain−river−forest−field−lake−grassland[J]. Acta Ecologica Sinica, 39(23): 8702−8708(in Chinese with English abstract).

Wang J Y, Bing L F, Yin Y, et al. 2021. Accounting for the cost of ecological degradation in Fuzhou City, China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 32(11): 3781−3792 (in Chinese with English abstract).

Wang Y J, Liu Y X, Song S, et al. 2021. Research progress of the Water−Food−Energy−Ecosystem Nexus[J]. Advance in Earth Science,

36(7): 684−693 (in Chinese with English abstract).

Wei J Q, Zheng C, Cui M Y, et al. 2023. Analysis on the relationship between biodiversity and ecosystem function in loess hilly region[J]. Acta Agrestia Sinica, 31(5): 1490−1500(in Chinese with English abstract).

Xiao Y, Wang R, Wang F, et al. 2022. Investigation on spatial and temporal variation of coupling coordination between socioeconomic and ecological environment: A case study of the loess plateau, China[J]. Ecological Indicators, 136: 108667.

Xu L, Ao C, Liu B, et al. 2023. Ecotourism and sustainable development: A scientometric review of global research trends[J]. Environment, Development and Sustainability, 25(4): 2977−3003.

Yang Z, Chen Y, Guo G, et al. 2021. Characteristics of land surface temperature clusters: Case study of the central urban area of Guangzhou[J]. Sustainable Cities and Society, 73: 103140.

Yang Z, Chen Y, Qian Q, et al. 2019. The coupling relationship between construction land expansion and high−temperature area expansion in China's three major urban agglomerations[J]. International Journal of Remote Sensing, 40(17): 6680−6699.

Yang Z, Chen Y B, Wu Z F, et al. 2018. The coupling between construction land expansion and urban heat island expansion in Guangdong−Hong Kong−Macao Greater Bay[J]. Journal of Geo−information Science, 20(11): 1592−1603 (in Chinese with English abstract).

Zafar M W, Zaidi S A H, Khan N R, et al. 2019. The impact of natural resources, human capital, and foreign direct investment on the ecological footprint: The case of the United States[J]. Resources Policy, 63: 101428.

Zhang D, Mohsin M, Rasheed A K, et al. 2021. Public spending and green economic growth in Bri region: Mediating role of green finance[J]. Energy Policy, 153: 112256.

Zheng Z H, Wu Z F, Chen Y B, et al. 2021. Analyzing the ecological environment and urbanization characteristics of the Yangtze River delta urban agglomeration based on Google Earth Engine [J]. Acta Ecologica Sinica, 41(2): 717−729 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

傅伯杰. 2021. 国土空间生态修复亟待把握的几个要点[J]. 中国科学院院刊, 36(1): 64−69.

傅伯杰, 刘焱序. 2019. 系统认知土地资源的理论与方法[J]. 科学通报, 64(21): 2172−2179.

付宇佳, 谭昌海, 刘晓煌, 等. 2022. 自然资源定义、分类, 观测监测及其在国土规划治理中的应用[J]. 中国地质, 49(4): 1048−1063.

葛建平, 王艺博, 张洪涛, 等. 2023. 自然资源分类的学理解析与体系重构[J]. 中国国土资源经济, 36(6): 4−13.

孔凡斌, 杨文才, 徐彩瑶. 2023. 环杭州湾城市群生态环境与社会经济耦合协调关系及其影响因素[J]. 生态学报, 43(6): 2287−2297.

马国霞, 周夏飞, 彭菲, 等. 2019. 2015 年中国生态系统生态破坏损失核算研究[J]. 地理科学, 39(6): 1008−1015.

彭建, 李冰, 董建权, 等. 2020. 论国土空间生态修复基本逻辑[J]. 中国土地科学, 34(5): 18−26.

彭建, 吕丹娜, 张甜, 等. 2019. 山水林田湖草生态保护修复的系统性认知[J]. 生态学报, 39(23): 8755−8762.

王军, 应凌霄, 钟莉娜. 2020. 新时代国土整治与生态修复转型思考[J]. 自然资源学报, 35(1): 26−36.

王军, 钟莉娜. 2019. 生态系统服务理论与山水林田湖草生态保护修复的应用[J]. 生态学报, 39(23): 8702−8708.

王娇月, 邴龙飞, 尹岩, 等. 2021. 福州市生态系统破坏损失评估[J]. 应用生态学报, 32(11): 3781−3792.

王奕佳, 刘焱序, 宋爽, 等. 2021. 水−粮食−能源−生态系统关联研究进展[J]. 地球科学进展, 36(7): 684−693.

魏嘉琪, 郑诚, 崔梦莹, 等. 2023. 黄土丘陵区生物多样性与生态系统功能响应关系的分析[J]. 草地学报, 31(5): 1490−1500.

杨智威, 陈颖彪, 吴志峰, 等. 2018. 粤港澳大湾区建设用地扩张与城市热岛扩张耦合态势研究[J]. 地球信息科学学报, 20(11): 1592−1603.

郑子豪, 吴志峰, 陈颖彪, 等. 2021. 基于 Google Earth Engine 的长三角城市群生态环境变化与城市化特征分析[J]. 生态学报, 41(2): 717−729.