



杨开忠. 以新质生产力引领工业文明向生态文明跃迁[J]. 中国人口·资源与环境, 2026, 36(1): 1-17. [YANG K Z. Leading the transition from industrial to ecological civilization with new quality productive forces[J]. China population, resources and environment, 2026, 36(1): 1-17.]

以新质生产力引领工业文明向生态文明跃迁

杨开忠^{1,2}

(1. 中国社会科学院大学应用经济学院, 北京 102400; 2. 中国社会科学院生态文明研究所, 北京 100010)

摘要 一部人类文明史,本质上就是一部人类社会与自然的共生关系演进史。工业文明是人类社会与自然系统“对抗性共生”的文明,生态文明是人类社会与自然系统“和谐共生”的文明新形态。人类正处于向生态文明跃迁的历史十字路口,何去何从已成为关乎人类命运的文明之问。该文基于中国实践,系统提出和论证了以新质生产力引领工业文明向生态文明跃迁这一重大命题。首先,提出内生系统演化范式,强调人类发展内生于价值偏好、制度质量、空间场域、科技创新、报酬递增、流动效率六维互动;其次,在梳理六维协同内生文明“依存—引导—对抗—和谐共生”顺序演替的基础上,系统概括和阐释了从工业文明向生态文明跃迁的核心内涵:价值重构破解认知危机的根源、制度重构破解增长悖论的规则保障、空间重构破解生产偏向的物理载体、科技重构破解“征服自然”的动力系统、报酬重构破解资源依赖的报酬模式、流动重构破解刚性脆弱的流动格局,并指出这一文明跃迁的本质特征集中体现为绿色化、智能化与韧性化的协同发展和深度融合;再次,在界定生产力作为人类社会与自然实现共生的实践能力和生产力质态作为生产力诸要素在价值、制度、空间、科技、报酬、流动六维属性上协同作用实现的“创造性破坏”和适配稳态的基础上,提出作为先进生产力质态的生产力范式概念并阐述了生产力范式革命特征和序列,揭示新质生产力是工业革命以来第六次生产力范式革命,它根植于“绿智韧共生律”,是绿色化、智能化、韧性化深度融合的生态文明第一次生产力范式革命,实现从工业文明向生态文明转变应以新质生产力为支撑引领。最后,从新质生产力以劳动者、劳动资料、劳动对象及其优化组合的跃升为基本内涵出发,创新性系统提出了新质生产力引领工业文明向生态文明跃迁的深度融合绿色、智能、韧性的七大基本路径,即:构建“生态智能体基础结构”、发展“自然资本本体业”、创新发展生态AI、构建新资本范式、系统提升碳生产率、培育生态智慧和生态智能体组织。

关键词 内生系统演化范式;生产力范式;新质生产力;生态文明;绿智韧协同范式;AI;智能体组织

中图分类号 F014.1 文献标志码 A 文章编号 1002-2104(2026)01-0001-17 DOI: 10.12062/cpre.20251001

从文明演进的底层逻辑来看,一部人类文明史,本质上就是一部人类社会与自然“挑战—应战”的互动史^[1],更是围绕“共生关系”持续调适的演进史。这种调适的核心动力,始终源于人类发展系统核心要素的协同演化^[2]。

回溯演进脉络,人类先后历经与自然系统“依存性共生”的原始文明、“引导性共生”的农业文明和“对抗性共生”的工业文明。工业文明虽然成功让人类从“自然依附者”升级为足以重塑地表形态的“地质级力量”,但也直接催生了“环境、认知、韧性”三重叠加危机的“核心挑战”,将人类推入“人类世”深层困境。工业文明的自身逻辑已无法回应这一系统性挑战,人类正站在文明的十字路口:一条路是沿着工业文明的惯性滑行,但即使披上AI的外衣,其内核仍是掠夺性的“无效应战”,最终可能导致文明的崩溃;另一条路是直面“人类世”深层困境,以根本性革新作出“创造性应战”,向生态文明实现跃迁,开启全新

的、可持续的文明纪元。何去何从,已成为关乎人类命运的文明之问。

生态文明正是人类对这一“文明之问”的核心答案,是对新时代诉求的创造性回应。它以人与自然和谐共生为元理念,以能动认识自然、尊重自然、顺应自然为准则,扬弃工业文明的掠夺性范式,创造性运用自然智慧,最终实现与自然系统的“和谐共生”。中国主动扛起引领人类实现从工业文明向生态文明的根本性跃迁的责任,率先正式提出建设生态文明社会,走向生态文明新时代,强调“促进人与自然和谐共生,推动构建人类命运共同体,创造人类文明新形态”。面对人类命运的文明之问和中国引领开创“生态文明”新纪元的战略担当,深入阐释从工业文明向生态文明跃迁的内涵、逻辑与实践路径,已成为具有全局性、战略性意义的重大课题。既有研究多聚焦单一维度解析转型路径,缺乏能整合核心维度的系统性

收稿日期:2025-05-14 修回日期:2025-10-25

作者简介:杨开忠,博士,教授,博导,主要研究方向为空间经济学、生态经济学,生态文明、城镇化与区域发展。E-mail: ykz@cass.org.cn。

注:本文为中国社会科学院“杨开忠学部委员工作室”建设阶段性成果。

分析工具,难以揭示跃迁的内生机理。鉴于此,本研究遵循“提出工具—应用工具—解答问题”的研究框架,首先系统阐释价值偏好、制度质量、空间场域、科技创新、报酬递增、流动效率的互动逻辑,提出六维协同内生范式,为解析文明跃迁提供系统性分析工具;继而基于该范式,解构工业文明向生态文明跃迁的深层内涵,揭示新质生产力引领生态文明跃迁的内在机理与实现路径,旨在为人类回应“环境、认知、韧性”三重挑战、开创“生态文明”新纪元提供坚实的学理支撑与可行的实践参考。

1 理论基础:内生系统演化范式及其本文应用定位

1.1 范式提出的理论背景:突破传统分析的局限

人类发展作为复杂系统的演化过程,其内在机理的解析长期受制于传统分析范式的双重困境。

其一,单因素决定论与二元或三元模型的认识桎梏。传统研究要么将发展归因于单一变量的主导作用,形成技术决定论、人口决定论、地理决定论、制度决定论等诸多“决定论”流派;要么将发展简化为二维或三维互动关系,形成多类二元或三元分析模型——如强调科技创新—知识外溢或人力资本积累—人力资本外溢互动的新增长理论,聚焦专业化分工报酬递增与流动效率互动的斯密—扬格定理(Smith-Young theorem)和杨小凯—博兰模型(Yang-Borland model),基于“挑战—应战”逻辑构建“人力—环境”二元互动的分析框架^[2],以及强调规模报酬递增—要素流动—运输成本互动的新经济地理学和技术经济范式强调的技术创新—资本流动—制度调整三元模型^[3]。这类研究的共同缺陷在于“维度局限”:仅聚焦单一或两三个核心维度,忽视了其他关键维度的系统性作用,导致理论解释力存在先天短板。

具体而言,单因素决定论的片面性尤为突出。技术决定论将技术创新视为发展的唯一动力,却忽视制度质量对技术研发的激励约束与价值偏好对技术方向的引导;地理决定论过度强调自然禀赋的先天性约束,弱化了人类通过制度创新、技术突破改造环境的能动性;制度决定论孤立凸显规则设计的核心性,却未能解释制度变革背后的价值根源与技术支撑条件。二元和三元模型虽突破了单一维度的局限,但仍未摆脱过度简化认知的桎梏。新增长理论与新经济地理理论聚焦规模报酬递增,却忽视了专业化分工带来的报酬递增效应;斯密—扬格定理与杨小凯—博兰模型侧重专业化分工报酬递增,又对规模报酬递增的作用有所忽略;更关键的是,各类二元和三元模型普遍缺失非经济价值偏好等核心维度的考量,其中,二元模型还忽视了制度维度,新经济地理学虽纳入了空间维但将之仅简化

为运输成本,难以完整刻画发展的复杂机理。这种维度局限必然导致传统研究无法解释“同质维度输入下发展结果异质”的现实——如同一套绿色技术标准,在生态价值导向明确、制度执行刚性强与价值导向模糊、制度约束宽松的两类环境中,落地效果呈现天壤之别。

其二,碎片化分析的逻辑缺陷。单因素决定论与二元和三元模型的认识桎梏,制约了共同的概念结构和分析框架研发,至今尚未有研究能整合各核心维度,揭示全域内生互动机理。这导致发展研究长期局限于分散的“维度碎片”:不同理论流派各自锚定某一或两三个维度构建分析框架,形成各自为战的碎片化格局,无法揭示各维度如何通过动态协同驱动发展系统演化的整体性规律,使发展的复杂本质难以被全面解析。亟待打破单因素决定论与二元和三元模型的认识桎梏,发展揭示全域内生互动机理的理论范式。

为突破上述困境,近年来新空间经济学拓展形成价值偏好、规模报酬递增、要素流动、人和物的运输成本、空间品质互动内生空间经济的框架^[4]。本研究超越以往研究,提出一个内生系统演化范式,并运用此范式分析人类文明演化和生产力演化,揭示迈向未来的绿智协同范式。内生系统演化范式认为,发展内生于系统内部“价值偏好、制度质量、空间场域、科技创新、报酬递增、流动效率”六大维度互动。与传统范式相比,这一范式既整合了单因素决定论与二元模型中的科技、要素流动、报酬递增、空间场域等关键变量,又补充了价值偏好、制度质量等被忽视的核心维度,更构建了各维度间“方向锚定—规则保障—空间承载—动力赋能—反馈强化—协同优化”的闭环互动机制,有助于从根本上超越传统分析范式。

1.2 内生系统演化范式的核心内涵

1.2.1 六大核心维度的界定

人类发展演化被视作一个由价值、制度、空间、科技、报酬、流动六大核心维度互动构成的系统性进程。各维度在其功能定位上既明确互补,又在互动中相互塑造,共同驱动发展的“量”与“质”——既推动规模的持续积累,又为系统质的跃升奠定结构性基础。其具体内涵如下。

价值偏好:作为发展的价值导向机制,它定义了发展的根本目标与价值排序,直接回应“发展为了什么”的元命题。例如,工业文明时期的“人类中心主义”导向催生了资源掠夺型发展模式,而生态文明所倡导的“人与自然是和谐共生”则引导系统转向绿色、包容的可持续发展路径。

制度质量:构成发展的“规则保障网”,为要素互动提供激励与约束的正式(如法律、政策)与非正式框架(如习俗、规范)。制度的有效性直接决定了协同效率,例如,健



全的产权制度可激励技术创新,而生态红线制度则能有效约束环境过度开发。

空间场域:扮演发展的载体,是要素在物理空间集聚与在多尺度关系网络中互动的统一体。它不仅包括自然基底与建成环境所构成的物理空间,更涵盖从本土到全球的多层次嵌套关系网络。一个高品质空间,如生态产业园区,既能高效整合本地绿色技术与资本,又能接入全球绿色价值链,实现内外协同。

技术创新:作为“核心动力源”,通过革新生产工具与优化工艺流程,不断提升要素转化效率并拓展系统互动的可能性边界。例如,光伏技术重塑能源结构,数字技术则彻底打破要素流动的时空限制。

报酬递增:充当发展的正反馈机制,通过规模效应、网络效应与分工深化等方式强化系统协同。当六维互动协调时,会形成“投入优化—产出提升—收益增长—再投入”的正向增强回路;反之,则易陷入报酬递减、发展停滞的僵局。

流动效率:作为供需衔接机制,保障各类生产要素(数据、资本、人才、技术等)和产品能够高效、低成本地跨边界、跨时空配置。例如,数字基础设施大幅提升了绿色技术的扩散速度,推动优质要素向高效率场域快速集聚。

1.2.2 核心逻辑:互动内生的闭环演化

六维要素并非机械叠加,而是通过“方向锚定—规则保障—空间承载—动力赋能—反馈强化—协同优化”形成一个动态演化、自我强化的内生闭环。各维度在这一闭环中的角色与互动逻辑如下。

价值偏好是理念内核,界定“量”的边界并指引“质”的方向。其导向决定了制度设计与技术研发是否同向同行。若偏好偏向短期规模扩张,易导致质与量脱节;若以协同、可持续为导向,则能引导量的增长与质的提升相向而行。

制度质量是规则保障,为“量的积累”营造公平高效的配置环境,为“质的跃迁”构筑稳定可持续的协同机制。有效的制度既通过降低交易成本促进要素集聚与规模扩张,也通过激励约束引导结构优化与效率提升。

空间场域是物理载体,直接承载“量的集聚”并深刻影响“质的协同效率”。从农业村落、工业园到智慧生态城,场域形态的演进始终同步适配不同发展阶段对专业分工、规模集聚、协同效能的多重需求。

科技创新是核心动力,持续驱动“量的规模扩张”与“质的效率跃升”螺旋式上升。能源技术、数字技术等等的迭代,既带来产出的指数级增长,也通过流程再造与模式创新推动系统整体协同水平实现质的飞跃。

报酬递增是演化引擎,作为“量”与“质”适配程度的反馈循环机制,调节系统协同节奏。正反馈循环(量增—

质升—效提)与收益递减(倒逼系统优化),本质上都是报酬机制对发展质量与规模匹配度的动态校准过程。

流动效率是协同增效引擎,通过提升要素配置效率,既扩大“量的集聚范围”,也提升“质的协同水平”。数字网络与智慧物流等技术,在推动要素跨域流动、催生新业态的同时,也大幅提升了资源配置的精度与系统韧性。

总结而言,六维互动构成发展“量”与“质”协同演进的内生机理。在这一闭环中,价值锚定方向,制度与空间构筑保障,技术提供动力,报酬形成反馈,流动加速优化。人类文明的每一次进阶,均可视为六维要素持续优化,推动量的积累与质的提升从失衡走向更高层次协同的过程。这一分析范式不仅为理解历史发展提供系统视角,也为面向未来的可持续发展路径选择提供了核心理论遵循。

1.3 范式的分析价值与本文应用定位

从理论本质来看,内生系统演化范式具有“全域适配性”。其覆盖人类发展的价值导向、制度安排、空间载体、技术支撑、收益机制、供求互动等核心环节,可作为分析多尺度、多领域发展的通用工具:既可解析文明形态、生产力质态的演进规律,也可以解释经济增长和经济地理;既可以分析国家经济社会发展,也可以探讨城市和区域发展,还可以分析产业发展,展现“一范式多场景”的广谱分析潜力。这种“一范式、多场景”的特性,充分展现了其跨越不同空间尺度与治理领域的结构解释力,赋予其“理论透镜”与“分析框架”的双重功能。

基于本研究“工业文明向生态文明跃迁”的核心议题,将内生系统演化范式的应用聚焦于两大核心场景,形成“双重分析价值”的定位:其一,作为文明演进分析工具,揭示从原始文明到生态文明的形态跃迁机理,重点阐释六维协同如何塑造“依存—引导—对抗—和谐”的人与自然共生关系演化;其二,作为生产力演化的分析工具,解析生产力范式革命的深层机理,重点阐明六维互动如何推动生产力质态从工业时代“资源依赖—增长优先”模式向生态文明时代“绿智韧协同”范式的结构性重构。二者相互支撑,共同服务于“揭示文明跃迁与生产力升级的内在关联”的核心研究目标。

2 从工业文明到生态文明跃迁的内涵

从工业文明到生态文明的跃迁,本质是人类发展系统对工业文明六维协同失衡引发的“环境、认知、韧性”三重叠加危机的系统性回应,是价值偏好、制度质量、空间场域、科技创新、报酬递增、流动效率六大维度协同重构的结果。这一跃迁并非孤立的文明阶段更替,而是对原始文明“依存共生”、农业文明“引导共生”、工业文明“对抗共生”演化逻辑的继承与超越——核心是通过六维重构破解三

重挑战,实现从“对抗共生”到“和谐共生”的质变。

2.1 六维协同内生文明演替:依存—引导—对抗—和谐共生

人类文明形态的演替本质是价值偏好、制度质量、空间场域、科技进步、报酬递增、流动效率的协同模式迭代,核心表现为“依存—引导—对抗—和谐”四阶段递进的人与自然共生关系演进。在这种文明演替中,六大维度承担着恒定的核心定位。作为“方向锚定器”,价值偏好决定文明演进的根本导向,其偏差直接引发认知危机;作为“规则保障网”,制度质量为要素协同提供约束与激励框架,其缺陷会放大环境风险并削弱系统韧性;作为“物理载体”,空间场域支撑要素集聚与多尺度互动,其失衡是环境危机的空间表现,也会加剧韧性危机;作为“核心动力源”,科技创新突破效能瓶颈并拓展互动边界,其导向直接影响环境破坏程度、认知与风险应对的能力;作为反馈机制,报酬递增通过收益效应强化协同模式,其模式决定了生态保护的可持续性;作为“协同增效机制”,流动效率保障要素跨域配置的效能,其格局既会扩散环境危机,也影响认知能力和系统韧性。六维属性的定位不变,但工业文明阶段的协同失衡,直接催生“环境、认知、韧性”三重挑战,而生态文明的六维重构正是对这一症结的靶向破解。

2.1.1 原始文明:“依存性共生”

原始文明生产力水平极度低下,六维要素呈现被动适配的特征,直接决定了人类对自然的绝对依存关系。在价值偏好上,以“敬畏自然”为核心,将自然视为生存的主宰而非改造对象;制度质量体现为简单的部落习俗与分工规则,仅能保障基本生存协作;空间场域表现为“逐水草而居”的流动性物理空间,多尺度关系局限于部落内部的血缘关联;科技创新停留在石器工具、火的使用等初级阶段,仅能满足最基本的生存需求;报酬递增依赖简单的集体狩猎采集规模效应,收益极低且不稳定;流动效率局限于部落短距离迁徙,要素和产品流动几乎停滞。在这种六维低度协同模式下,人类无法突破自然的约束,只能被动适应自然节律,形成“人与自然浑然一体”的依存性共生关系。

2.1.2 农业文明:“引导性共生”

农业革命推动六维要素进入“主动引导”阶段,人类与自然形成“有限的人类引导、未破的生态边界”的共生关系。价值偏好转向“利用自然”,但仍保留“顺应天时”的生态认知;制度质量升级为土地产权、耕作规范、祭祀礼仪等复合规则体系,保障农业生产秩序;空间场域形成“定居农耕”的村落、农田等固定物理空间,多尺度关系拓展至区域内的村落协作与集市贸易;科技创新聚焦于犁、

水车等耕作工具以及育种技术的改良,显著提升农业生产效率;报酬递增依赖耕地规模扩张与耕作技术迭代的双重驱动,形成“深耕细作—收益提升—再投入耕作”的循环;流动效率表现为农产品与手工品的区域短途流通,要素流动范围有限。这一阶段的六维协同虽实现了对自然的有限引导,如开垦农田、驯化作物等,但因技术与制度约束,始终未突破自然承载力边界,形成“利用与敬畏并存”的引导性共生关系。

2.1.3 工业文明:“对抗性共生”

工业文明的核心特质体现为一种“对抗性共生”的发展范式,以“征服与改造自然”为核心逻辑。在此逻辑驱动下,工业文明通过持续的科技创新、专业化规模化生产与全球化流动,成功突破了农业文明的生产力局限,不仅使人类从依附自然的生存者跃升为能够重塑地表系统的“地质级力量”,更推动社会与自然系统在物质、能量与信息层面的交换达到全球性深度交织,最终形成二者“对抗性共生”的“行星级复杂巨系统”。

然而,该巨系统所具有的高度复杂性、多样性、不确定性与“抗解性”^[5],与工业文明“征服自然”的单一逻辑之间,构成了深刻的内在张力,并直接催生出“认知—环境—韧性”三重相互关联的根本性挑战。三者之间既在逻辑上存在“根源—表征—后果”传导路径,又在现实中构成相互锁定、互为因果的“危机循环”。

认知危机作为根源症结:工业文明所秉持的“线性还原、精确控制”的认知范式,既陷入“人类中心主义”的价值误区,又对人与自然共生的“行星级复杂巨系统”所具有的“抗解性”特质缺乏充分认知,从而在思想根源上造成了其发展困境。

环境危机作为物质性表征:认知偏差引导技术研发与实践模式朝“掠夺自然”方向演进,导致系统间物质与能量交换的严重失衡,最终外化为生态退化、资源枯竭与气候危机等多重问题的叠加爆发。

韧性危机作为系统性后果:环境危机的全域性蔓延与系统内在的高度不确定性相互交织,加之工业文明所形成的等级化、刚性治理结构,不仅削弱了生态系统的自我修复能力,也显著降低了社会经济系统应对突发冲击的适应性^[6]与弹性^[6]。

从六维协同的具体机制来看,上述矛盾的生成与传导路径具有明确的逻辑结构。

价值偏好层面彻底转向“人类中心主义”,将自然视为可无限攫取的资源库,既缺乏对自然内在价值的敬畏,亦对系统“抗解性”认知不足,直接导致认知危机。

制度质量层面构建以“物质财富增长”为核心导向的产权制度、市场机制与法律体系,普遍服务于资本积累与



科技创新,生态约束被系统性弱化,既纵容环境破坏行为,也因缺乏灵活的风险应对机制而加剧韧性危机。

空间场域层面形成“工业中心-农业外围”的等级化空间结构,城市与工业用地无序扩张侵占生态空间,产业布局忽视环境承载力,交通基础设施割裂自然廊道,同时“中心-外围”间的等级网络削弱整体空间韧性,使空间场域成为环境危机的物理载体。

科技创新层面发展以“征服自然”为取向的技术体系,虽在突破自然限制方面成效显著,却因违背生态规律而引发生态退化与资源耗竭等环境危机,且未能形成完善的风险预警与适应性技术体系。

报酬递增层面依赖资源粗放投入和专业化规模化扩张的积累模式,形成“资源消耗-专业化规模化-收益提升”的刚性循环,不仅强化对自然系统的掠夺强度,也因路径依赖而削弱系统应对不确定性的韧性。

流动效率层面依托交通与通信技术革新实现全球资源流动与配置,形成线性流动格局,使局部环境危机通过全球产业链迅速扩散为系统性风险,同时单一化、高强度的流动模式降低了系统整体的适应与恢复能力。

在此六维协同严重失衡的作用下,人类对自然系统的干预强度已远超其生态承载阈值,认知、环境与韧性三重危机相互嵌套、共振放大,最终使工业文明陷入“对抗性共生”的深层次结构性困境。

2.2 工业文明向生态文明跃迁的内涵:六维重构与和谐共生塑造

工业文明向生态文明的跃迁,本质上是针对由六维协同失衡所引发的“环境-认知-韧性”三重系统性挑战的深度回应与结构性重构。该过程通过推动价值、制度、空间、科技、报酬与流动六大维度的智能化、绿色化与韧性化转型,实现系统性的协同升级,旨在从根本上破解“对抗性共生”的发展困境,进而塑造“人与自然和谐共生”的文明新形态。其中,人工智能作为关键的赋能与增强工具,其深度融入与系统性应用,为六维重构提供了前所未有的精准性、预见性与整体协同能力。

2.2.1 价值重构:从“人类中心”到“共生优先”的方向校准

工业文明“人类中心主义”的价值取向,构成认知危机的思想根源。生态文明的价值重构,核心在于确立“人与自然和谐共生”的元理念。人工智能的介入,为这一认知飞跃提供了关键的技术支撑。一方面,通过AI对复杂生态系统进行大规模模拟与推演,能够以前所未有的深度揭示行星级复杂巨系统的运行规律与“抗解性”本质,从而以可计算、可感知的方式破除人类中心主义的认知盲区,为“命运共同体”理念提供坚实的科学基底。另一方面,AI

驱动的环境监测与舆情分析,能够实时追踪公众认知动态,精准评估并引导社会价值导向的转变,确保“共生优先”理念的有效传导,从而系统性地校准六维协同方向。

2.2.2 制度重构:从“增长优先”到“绿色-智能-韧性”协同治理

工业文明的制度困局,源于其“增长优先”范式难以约束生态代价、预见系统性风险,更无法实现多重发展目标的协同。生态文明时代的制度重构,旨在构建一个智能自适应的规则体系,推动治理范式实现从单一增长维度,向“绿色为基、智能驱动、韧性兜底”深度融合的根本性转变。

绿色为基:制度的核心是确立增长的生态刚性边界、坚持基于自然的解决方案、创设“自然监护人”或“生态公益诉讼人”制度,确立自然作为治理主体的地位,形成“有道自然、有机社会、有效市场、有为政府”的规则体系^[7-8]。借助AI赋能的动态监测平台,对“双碳”目标与生态红线进行动态监测,实施精准监管与预警,确保发展约束的刚性落地。

智能驱动:利用AI模型前瞻模拟复合型风险,并深度优化碳交易、生态补偿等政策工具,实现从经验决策到精准治理与动态调控的跨越,引导社会行为体形成可持续的运行范式。

韧性兜底:通过构建环境-经济-社会耦合模型,建立基于AI预警的应急响应与自适应调节体系,增强系统整体的免疫力与恢复力,实现治理从被动应对向主动免疫的前移。

这一重构将驱动制度体系从静态、被动的管控,升级为智能、前瞻的适应性治理,为六维协同提供坚实的规则保障。

2.2.3 空间重构:从“生产偏向”到“三生协同”的空间优化

工业文明“生产偏向”的地理逻辑,塑造了“中心-外围”的等级结构与高碳排放、高耗能的刚性空间,导致生态功能退化、生产效益递减与生活品质异化。生态文明的空间场域重塑,旨在超越单一生产逻辑,构建一个以生态为基,“三生(生产、生活、生态)协同”的绿色-智能-韧性融合型空间格局。

生态适配为基,强化本底韧性:以自然地理单元为基础实施全域治理^[6],通过AI模拟辅助生态廊道修复与生物多样性保护规划,强化国土空间的生态连通性与本底稳定性,为发展设定智能化的刚性底线。

生产有效循环,注入绿色智能:在生态承载力范围内,依托物联网与大数据优化产业布局与物质能量代谢,发展智慧循环园区,推动生产要素的低碳化、循环化与智能化配置,在提升资源效率的同时,降低对生态本底的压力。

生活宜居赋能,提升空间韧性:以人的福祉为中心,构建绿色基础设施全覆盖的宜居空间。应用智能系统动态优化能源、交通与公共服务网络,建设海绵城市、智慧社区,使生活空间兼具气候适应性、低碳性与高品质服务能力。

三生空间融合,实现协同增益:通过数字孪生平台对三生空间进行协同模拟与优化,打破功能隔离。例如,在生态农业区嵌套休闲康养功能,在都市功能区嵌入垂直农业与分布式能源,形成功能混合、弹性适应的共生单元和流动空间,系统性提升空间系统的经济活力、生态魅力与综合韧性。

这一重构旨在将空间从被动承载经济发展的容器,转变为主动赋能绿色化、智能化、韧性化文明形态的有机生命体。

2.2.4 科技重构:从“征服自然”到“绿色、智能、抗扰”的范式转型

工业文明“征服自然”的技术导向,塑造了“高碳、线性、掠夺性”的技术体系,在引发生态退化与资源枯竭的同时,也因技术系统自身的脆弱性而加剧了韧性危机。生态文明的技术转型,核心在于构建“绿色为基、智能驱动、抗扰为本”的技术体系,系统性回应环境、认知、韧性三重挑战。

绿色技术奠定可持续基础:大力发展光伏、风电、氢能等可再生能源技术,从根本上破解能源碳排放危机;推进循环利用与清洁生产技术,实现“资源-产品-再生资源”的闭环代谢,从生产端系统性降低环境压力。

智能技术赋能精准调控:深度应用数字孪生、生态AI等智能感知与决策工具,构建全球生态监测与模拟网络,实现对气候突变、生态退化等风险的超前感知与动态调控,将应对不确定性的能力提升至新高度。

抗扰技术筑牢系统韧性:重点发展智能储能、快速修复与自适应基础设施等抗扰与恢复技术,确保关键系统在冲击下保持核心功能,并能快速恢复,从“刚性防御”转向“柔性适应”。

技术融合实现协同增益:推动绿色、智能、抗扰三大技术路线深度融合。例如,智能电网在高效消纳绿色能源的同时,能通过负荷调节与孤岛运行等方式应对极端天气冲击,实现能源清洁化、系统韧性化与智能化的统一。

这一技术范式的根本性转型,将为生态文明的价值落地、制度运行与空间优化提供核心驱动力,使环境改善、智能增强、风险应对与复杂系统治理形成强大的协同效应。

2.2.5 报酬重构:从“资源依赖”到“生态增值+韧性收益+智能增强”的反馈升级

工业文明“资源粗放投入”的报酬机制形成了“资源

消耗-专业化规模化-收益增长”的线性循环,既加剧了对自然的掠夺式开发,也因路径依赖削弱了系统韧性。生态文明的报酬机制升级,核心是构建人类主导价值创造、机器智能赋能协同增效、自然系统提供本底的新型三维反馈体系。

人类主导价值创造:通过制度设计和创新活动,建立生态产品价值实现机制,将自然资源资产纳入经济核算体系。同时依托分布式网络搭建多元主体参与的生态价值交易平台,借助平台的资源整合能力,打通生态资产供需匹配的堵点。政策制定者完善绿色金融和生态补偿制度,企业家推动循环经济模式创新,消费者形成绿色消费偏好,共同构建“保护者受益、使用者付费”的市场环境。

机器智能赋能增效:运用区块链技术建立可信的生态资产账本,通过AI算法结合分布式网络实现生态资产的去中心化确权,跨主体协同调配,平台则基于可信数据,提供智能定价、风险管控等增值服务。智能合约依托分布式节点实现生态补偿的自动执行,大数据分析精准匹配资源供需,数字孪生技术为生态投资提供决策支持,显著提升资源配置和风险定价的效率。

自然系统提供本底:依托生态系统的供给、调节和文化服务功能,为价值创造提供物质基础。森林碳汇、水源涵养、生物多样性等自然资本成为新型生产要素,通过生态产业化路径实现价值转化,同时通过系统韧性为经济发展提供稳定性保障。

这种新型报酬机制通过人机自然协同,实现了从“索取-消耗”到“投入-增值”的范式转变:人类负责制度设计和价值发现,机器智能结合分布式网络扩展生态价值的协同范围与调配效率,平台则发挥集中整合优势放大价值转化效能,自然系统提供可持续的本底服务,三者各司其职又相互增强,共同构建“生态保护-分布式网络扩展-收益增长-再投入”的良性循环。

2.2.6 流动重构:从物质主导的刚性配置向智能主导的韧性适配优化

工业文明形成的线性流动格局,不仅导致资源过度消耗和污染全球扩散,更因其刚性结构而在系统风险面前表现出“牵一发而动全身”的脆弱性。生态文明所需的流动优化,核心是构建以人的智慧为引领、数据为驱动、算力为基础、算法为协调的新型网络化循环流动体系,实现从物质主导的刚性配置向智能主导的韧性适配的根本转变。

人的智慧引领价值流向:通过制度设计和战略规划,引导要素向绿色低碳领域集聚。政策制定者建立碳关税、生态补偿等规则体系,企业家推动绿色技术和循环经济模式创新,消费者通过绿色选择影响市场方向,共同塑



造“保护者受益、污染者付费”的流动环境。

数据资源驱动精准配置:构建全球生态监测网络和资源数据平台,实时追踪碳足迹、生态承载力和风险分布。通过数据共享和分析,为要素流动提供精准的“生态导航”,实现资源供需的动态匹配和全域协同的高效衔接。

算力基础设施支撑智能调度:依托云计算和边缘计算能力,构建分布式、多路径的智能物流网络。在应急情况下快速生成最优调配方案,保障关键物资流动不中断,显著提升系统应对突发冲击的韧性能力。

算法协同优化网络效能:开发智能算法平台,协调多维度流动关系。既能优化“本土-区域-全球”多尺度流动路径,降低流动的生态代价;又能通过风险预警和动态调适,增强网络整体的抗干扰和自我恢复能力。

这种新型流动体系通过人机自然协同的智能治理,将原本线性的物质流动,转变为循环的价值网络,使要素配置既符合生态约束又具备韧性特征,为全域危机的系统性应对提供强有力的支撑。

2.2.7 跃迁的核心特征:六维协同塑造“绿智韧”文明新形态

从工业文明向生态文明的演进,是一场针对“环境-认知-韧性”三重危机的系统性文明重构。在此过程中,价值、制度、地理、技术、报酬与流动六大维度并非孤立变革,而是通过深刻的协同逻辑,形成了内在闭环的有机整体:价值维度破除认知迷雾,制度维度构筑治理防线,地理维度夯实空间基底,技术维度驱动绿智韧,报酬维度激活循环活力,流动维度实现全域协同。

这一文明跃迁的本质特征,集中体现为绿色化、智能化与韧性化的深度交融与相互增强。具体而言,绿色化是文明转型的底色与方向,旨在从根本上破解环境危机,实现发展与地球生态承载力的和谐;智能化是转型的关键赋能器,通过提升系统认知、决策与执行效率,为绿色转型与韧性建设提供核心支撑;韧性化是文明存续的基石,通过增强系统应对冲击、适应变化与自我修复的能力,确保发展进程在复杂巨系统的不确定性中保持稳定。三者并非简单叠加,而是构成一个相互渗透、协同共进的共生体系,共同催生了一种全新的“绿智韧”文明形态。这标志着人类文明范式完成了一次根本性转向:从企图“征服自然”的盲目傲慢,迈向致力于“协同自然、抵御风险”的绿智韧协同共生。

3 新质生产力是支撑引领生态文明跃迁的基石

习近平明确指出:“新质生产力是创新起主导作用,摆脱传统经济增长方式、生产力发展路径,具有高科技、

高效能、高质量特征,符合新发展理念的先进生产力质态。它由技术革命性突破、生产要素创新性配置、产业深度转型升级而催生,以劳动者、劳动资料、劳动对象及其优化组合的跃升为基本内涵,以全要素生产率大幅提升为核心标志,特点是创新,关键在质优,本质是先进生产力”,“本身是绿色生产力”^[9]。这一重要论述为学理层面界定生产力、生产力质态、生产力范式、新质生产力作为生态文明生产力^[10]提供了根本遵循。

3.1 生产力、生产力质态与生产力范式

3.1.1 生产力再定义:基于共生关系演进的本质回归

生产力作为文明的基石,在文明演进中起决定性作用。传统上通常将其界定为“人类改造和征服自然的实践能力”。这一认知存在双重局限:一方面,仅适配工业文明的“对抗性共生”逻辑,无法涵盖原始文明、农业文明的生产力本质,更与生态文明的发展要求相悖;另一方面,实践中导向资源掠夺与生态破坏,难以支撑“人与自然和谐共生”的文明目标。

立足“人类文明史是人与自然共生关系演进史”的核心认知,生产力可被一般化定义为:人类社会与自然生态系统之间实现共生的实践能力。这一定义贯穿文明演进全程,呈现鲜明的阶段特征:原始文明生产力是人类以“绝对依附自然”方式实现“依存性共生”的实践能力;农业文明生产力是人类以“遵循自然节律、有限引导”方式实现“引导性共生”的实践能力;工业文明生产力是人类以“征服改造自然”方式形成“对抗性共生”的实践能力;生态文明生产力则是对工业文明生产力的扬弃,是以“顺应自然、运用自然智慧”方式实现“和谐共生”的先进实践能力。

从内生系统演化范式看,生产力的“量的积累”与“质的提升”,本质是价值偏好、制度质量、空间场域、科技进步、报酬递增、流动效率六大维度动态协同的结果——六维协同既为生产力规模扩张提供支撑,又通过革命性系统重构推动生产力质态跃迁,构成生产力发展的完整内生机理。

3.1.2 生产力质态的六维界定:突破传统认知局限

生产力质态,绝非生产要素的简单叠加。传统上对生产力质态的认知,多聚焦于生产力系统诸要素在物质技术属性层面的互联互通状态;笔者此前亦曾强调技术与组织二维属性的协同作用^[10],佩雷兹的技术-经济范式理论^[3]则实质将其拓展至技术-资本-制度三维属性的互动关系。但从六维协同内生范式视角审视,这些认知存在明显局限:既忽视了价值偏好、制度质量、空间场域、流动效率等关键维度的支撑作用,其中仅强调物质技术属性的单一维度认知,更易陷入“技术决定论”的理论窠臼。反观习近平总书记关于新质生产力的重要论

述,创新“既包括技术和业态模式层面的创新,也包括管理和制度层面的创新”,发展“路径”既涵盖技术、制度、流动路径,也包含作为“因地制宜发展新质生产力”基础的空间路径,而“新发展理念”更直指价值意义系统的核心。显然,传统认知难以全面支撑新质生产力的学理阐释,亟须进行理论拓展。

基于内生系统演化范式,可将生产力质态系统性界定为:生产力诸要素构成系统时,在价值偏好、制度质量、空间场域、科技创新、报酬递增、流动效率六大属性维度上,通过深度协同作用实现的质的突破性跃升以及由此形成的动态适配稳态。其核心特征集中体现为4个方面:一是有机整体性,生产力质态是系统各要素在六维属性上相互关联、相互赋能的产物,反映的是生产力系统作为有机整体的综合特征与运行状态;二是协同增效性,核心在于通过价值偏好、制度质量、空间场域、科技创新、报酬增减、流动效率的全域互联互通,突破要素叠加的线性效应,实现“1+1>2”的系统增值;三是动态稳定性,并非要素关系的静态固化,而是各维度在动态调整中形成的相对平衡状态,具备对外部环境的基础适配能力;四是稳态跃升性,本质是六维系统中特定挑战触发系统性应战后,实现的生产力系统稳态能级的迭代升级,六维协同内生是文明演进中生产力质态跃迁的核心逻辑。

3.1.3 生产力范式:先进生产力质态的系统性呈现

生产力质态的形成具有鲜明的时代烙印,特定历史阶段内可能并存多种生产力质态,而其中效能最高、适应性最强、最具变革驱动力的先进生产力质态,即为生产力范式^[10]。“范式”概念源于托马斯·库恩的科学革命理论,特指一套共享的信念、价值、技术与方法体系,它界定了特定时期内“值得研究的科学问题”及“问题的解决路径”^[11];将其与生产力质态结合形成“生产力范式”,核心指向“先进生产力质态”的系统性呈现——它绝非单一或几种先进技术的简单集合,而是在价值偏好、制度质量、空间场域、科技创新、报酬递增、流动效率六维上深度协同的“生态系统”或“操作系统”最佳模式,实现了对生产力质态从“静态特征描述”到“动态运行规则”的理论升华。

生产力范式的核心特征具体表现为:①历史先进性,代表特定时代最先进、最高效、最能驱动生产力发展的运行模式,在特定历史窗口期内实现综合效能最大化,成为该时代的主导性生产力形态;②系统竞争性,凭借六维协同的先进性形成强大竞争优势,呈现“顺之则昌、逆之则亡”的“包容-排斥”机制,推动社会资源向先进生产力形态集中;③行动导向性,依托其最佳适配性与系统竞争性,对经济社会发展的方向、目标与行动逻辑形成决定性引领,成为指导时代发展的通用性行动框架。

3.2 生产力范式革命

3.2.1 内涵与特征

作为生产力质态实现系统性重构的关键进程,生产力范式革命绝非单一技术的局部突破,而是社会生产“底层操作系统”的根本性重塑。其本质是价值偏好、制度质量、空间场域、科技创新、报酬递增、流动效率六大核心维度经长期协同演化达至“临界点”后,由任一或多个维度遭遇的突破性挑战触发全维度连锁互动与内生重构,最终以新的先进生产力范式扬弃旧范式的整体“创造性破坏”过程,是生产力系统从旧稳态失衡到新稳态确立的质变跃迁。

这一革命性进程具备三大核心特征:①整体性颠覆。范式革命的触发以六维协同演化至临界点为前提,其成果更是六维深度重构的系统性产物,具体表现为:劳动者技能结构、劳动资料技术属性、劳动对象形态边界的质性升级,以及三者优化组合方式的系统性革新,不存在脱离六维协同的“孤立式革命”。②效能跃升性。范式革命的核心功能是通过回应临界状态下的维度挑战,重构生产函数,大幅拓展六维要素的协同增效边界,进而“涌现”出颠覆性的结构性红利——这正是新质生产力以“全要素生产率大幅提升”为核心标志的深层机理。③生命周期性。结合技术革命触发的历史经验^[11]与六维协同演化规律,作为创造性转化过程,生产力范式革命遵循可观测的生命周期:新范式从“旧范式中萌芽”起步,经核心维度积累达至“临界点”后实现爆发式突破形成变革势能,在新旧范式的价值冲突、制度博弈与空间适配矛盾中触及关键转折,最终通过“六维全域动态适配”在社会再生产系统层面全面确立主导地位,清晰呈现“协同积累—临界突破—冲突迭代—适配定型”的固有节奏与战略窗口期。

3.2.2 工业革命历史上的五次范式革命

从历史演化经验来看,技术创新引发的“维度挑战”是推动六维互动达至临界点、触发生产力范式革命最普遍、最核心的驱动源。工业革命以来,技术突破驱动六维每约50年完成一次“协同积累—临界突破”的循环,至今已历经5次生产力范式革命。每次革命均以特定技术突破引发的维度挑战为引爆点,围绕特定轴心方向,牵引生产力系统诸要素在六维属性上实现革命性协同重构。第一次以机械化技术突破引发生产效率挑战为轴心,推动六维协同达至临界状态,奠定工业文明初始范式;第二次以蒸汽动力与铁路技术突破引发要素流动挑战为轴心,驱动六维重构并推动经济形态从商业向工业转型;第三次以电气化技术突破引发规模化生产挑战为轴心,牵引六维协同重构并推动市场经济迈入垄断阶段;第四次以流水线技术突破引发消费适配挑战为轴心,促成六维再平衡并形成消费主导型范式;第五次以信息-通信技术



(ICT)突破引发全球协同挑战为核心,推动六维全域联动并催生知识经济范式。以第二至第四次范式革命为典型,已完成的五次范式革命均因价值偏好维度固守“人类中心主义”,始终存在内在蕴含的环境不可持续性特征,可统一界定为工业文明生产力范式。由表1可知,工业文明生产力呈现5次范式革命序列。

3.3 新质生产力——新一轮生产力范式革命

3.3.1 新一轮生产力范式革命启幕

新质生产力是工业革命以来第六次生产力范式,是生态文明第一次生产力范式,其革命于21世纪10年代启幕。一方面,这表现在第五次生产力范式革命进入尾声。此次革命的本质,在于以微处理器、互联网及数字基础设施为驱动,对经济社会系统进行系统性重构,其实质是将物理与社会活动转化为可记录、可连接、可计算的数字形态,以“在线化、网络化、柔性化”重塑传统集中式大规模生产,从而实现全链条效能跃升与全球协同。然而,到21世纪10年代,该范式动能渐衰。其标志是核心市场的全面饱和,个人电脑与移动互联网的普及红利见顶,对全要素生产率的拉动效应显著减弱,信息通信技术作为通用目的技术的结构性价值已基本释放完毕。另一方面,表现在三大突破协同触发。一是应对气候变化突破。以2015年《巴黎协定》为重大转折,推动碳中和、实现“人与自然和谐共生”成为全球共识。碳定价、绿色金融等制度设计,推动新能源与循环经济从边缘走向中心,使“绿色化”从外部成本内化为新范式的核心竞争力。二是人工智能技术突破。自2012年深度学习突破至2017年Transformer架构成熟,生成式人工智能实现从专用工具向通用生产要素的质变,日益深刻重构人机协作模式、数据流动逻辑与价值创造机制,加速成为社会再生产效能核心。三是应对高度不确定性突破。面对高度不确定性时代的到来,认知框架从“工程韧性”转向“演化韧性”,企业、城市、国家、国际社会等主体从静态效率优化转向动态适应能力建设,重塑能源网络、供应链生态环境保护等关键场域的底层逻辑,韧性加速成为生存和发展的法则。

对于新质生产力的轴心,绿色生产力范式、智能生产力范式、韧性生产力范式分别强调绿色化、智能化、韧性化,“绿智协同”范式^[10]强调绿色化、智能化协同。新质生产力既不是单一维度的绿色生产力范式、智能生产力范式、韧性生产力范式或者三者简单叠加,也不完全是“绿智协同”范式,而是以绿色化、智能化、韧性化三维协同发展、深度融合为轴心的新型生产力范式,可称之为“绿智韧生产力范式”,因其内在可持续性而被称为生态文明生产力范式。需要特别指出的是,新质生产力本身是绿色生产力、智能生产力、韧性生产力,但正如上面已经指出

的,仅单一维度的绿色生产力、智能生产力、韧性生产力或三者简单叠加并非新质生产力,因而这一命题的逆定理并不成立。

3.3.2 新质生产力底层逻辑:绿智韧共生律

作为绿智韧生产力范式,新质生产力根植于“绿智韧共生律”,即在可持续发展中绿色化、智能化、韧性化构成不可分割的有机整体(可称为“绿智韧协同共生体”),它们互为条件、互为目标、互为手段、协同共进,是实现可持续发展的根本性规律与通用法则。

首先,绿色赤字、认知失灵与韧性脆弱三重挑战的深度纠缠是气候变化、疫情、供应链断裂等全球性危机的本质。这就决定绿色生产力、智能生产力或韧性生产力范式等单一维度解决方案最终都必然失灵,必须以绿智韧生产力范式系统应对。例如,气候变化既是绿色缺失的环境危机和高消耗、高碳、高污染发展方式危机,也是适应极端气候事件频发冲击的经济和社会韧性危机,还是关于人类中心主义认知盲区和应对气候变化的复杂性、抗解性认知不足的认知危机,是人类中心主义认知盲区和绿、智、韧三维不足的深度纠缠体。显然,应对治理这一纠缠体,任何割裂的绿色生产力、智能生产力、韧性生产力范式等单一维度的解决方案都将顾此失彼,唯有通过“绿智韧”深度融合,构建既能实现近零排放(绿)、又能通过智能算法优化资源配置(智)、还能在冲击下保持核心功能(韧)的系统性方案,才能有效应对。再如全球疫情防控,仅靠单一维度的医疗技术远远不够,必须是结合人-动物-环境一体化健康(也称“同一健康”(One Health))、数智溯源和供应链韧性的系统性响应。

其次,可持续的绿色化、智能化、韧性化内在互补。绿智韧任一或两维的割裂发展都将因其余维度的制约而不可持续。这具体表现为三大核心关系。一是可持续的绿色化与智能化内在互补。智能化通过精准计量、高效配置、动态适配,破解传统绿色化“成本高、效率低、缺韧性”瓶颈,推动绿色转型从“被动减排”升级为“绿智协同增效”,是绿色化落地见效、可持续推进的唯一可行路径。但生成式AI与大规模AI算力集群呈现高能耗、高耗水等特征,若不加以绿色约束,这一“灰色智能”路径将成为可持续发展严峻的挑战^[12-13],显然是不可持续的。可持续之道在于智能化的绿色化,通过算法优化、液冷技术、绿电供能等创新,使智能化本身走上绿色低碳转型之路。二是可持续的智能化与韧性化内在互补。智能化为韧性化提供“精准、高效、协同”的技术路径,让韧性从“被动防御”升级为“主动适配”,但AI在提升预测精度和运营效率的同时,其算法黑箱、模型脆弱性及伴随的网络攻击和伦理挑战,亦会引入新型系统性风险。2020年云服务提供



表1 技术革命催生的工业文明生产力范式革命

范式 序号	技术革命启动时 间、核心国家 ^[1]	价值偏好	制度质量	空间场域	科技创新	报酬递增	流动效率
第一次	水力-机械化革命 (1771年, 英国)	理性主义兴起, 破除封建桎梏; 推崇“勤奋节俭”的新教伦理; 以机械化生产创造国家财富为核心目标; 守时观念与纪律意识成为工业文化基础	专利保护: 英国1624年《垄断法》深化应用; 保障机械发明权益; 市场制度: 行会特权废除, 自由雇佣制度确立; 产权制度: 土地流转市场化, 工业用地确权规范化	区位特征: 沿河流、瀑布布局的工业村庄崛起(如克罗斯福德等); 交通网络: 运河系统与改良道路构建国内物流骨架; 集聚形态: 曼彻斯特等工业城镇初步形成, 生产与居住混合布局	核心技术集群: 水力纺纱机(阿克莱特, 1769)、骡机(克朗普顿, 1779)、熟铁冶炼技术、机械化纺织设备; 配套技术: 木工机械、制陶机械	工厂制取代手工作坊, 实现“集中化生产+纪律化管理”的组织创新; 工细化提升生产效率, 形成规模经济的初始形态; 核心产业为机械化棉纺织业, 带动熟铁冶炼、木工机械配套发展; 企业家主导的单一业主制与合伙制企业为主	物质流动: 运河运输煤炭、棉花等原料, 改良道路输送成品; 劳动力流动: 农村劳动力向工业城镇迁移, 形成初始劳动力市场; 市场范围: 英国国内统一市场初步形成, 跨区域贸易扩大
第二次	蒸汽与铁路时代——以利物浦-曼彻斯特铁路通车为标志	崇尚“速度与功率”的技术崇拜; 民族主义觉醒, 以铁路建设彰显国家实力; “征服地理距离”成为时代口号; 商业冒险精神与资本积累意识强化	公司制度: 1844年英国《合股公司法》确立注册制与法人地位; 1855年《有限责任公司法案》引入股份公司有限责任; 行业规制: 铁路技术标准统一制度、铁路运营监管法规出台; 贸易制度: 1846年废除《谷物法》, 自由贸易政策确立	枢纽崛起: 铁路枢纽城市形成(如伯明翰、利兹), 成为区域物流中心; 网络构建: 铁路连接内陆矿区与沿海港口, 形成全国性交通网络; 城市扩张: 工业城镇沿铁路线延伸, 生产区与生活区开始分离	核心技术集群: 瓦特改良蒸汽机(1781)、斯蒂芬森“火箭号”蒸汽机车(1829)、蒸汽牵引钢铁冶炼、机车研发配套技术: 铁轨制造、隧道工程技术、蒸汽锤	股份制公司大规模兴起, 解决铁路、运河等重点资产项目融资难题; 核心产业为铁路运输业, 牵引钢铁冶炼、机车研发配套集群; 专业经理人阶层萌芽, 实现“所有权与经营权”初步分离; 扩展: 蒸汽船推动企业内部层级制管理模式形成	人员流动: 铁路实现人员跨区域快速移动, 催生通勤现象; 货物流动: 铁路降低运输成本, 实现大宗商品全国性调配; 贸易: 蒸汽船推动跨大西洋贸易, 全球初级产品供应链初步形成
第三次	钢铁-电力-重工业革命 (1875年, 美国、德国)	“科学即生产力”的信念确立; 推崇“大即美”的规模崇拜; 帝国主义竞争下的“国家实力优先”理念; 技术乐观主义与进步主义思潮主导	企业制度: 德国1892年《有限责任公司法》(GmbH)确立, 美国1899年《信托法》规范垄断组织; 创新制度: 工业研究实验室制度建立(爱迪生, 1876; 西门子, 1886); 贸易制度: 德国1879年保护性关税政策实施, 美国“门户开放”贸易主张	工业集群: 巨型工业城市形成(德国鲁尔区、美国匹兹堡), 产业高度集聚; 全球网络: 帝国主导的“原料产地-工厂-市场”全球空间分工体系; 城市形态: 功能分区明确, 工业区、商业区、居住区分离	核心技术集群: 瓦特改良蒸汽机(1856)、西门子-马丁炉(1865)实现廉价钢材量产, 爱迪生白炽灯(1879)与电站(1882)推动电力商业化, 奥托四冲程内燃机(1876); 配套技术: 合成染料、电机、重型机械	托拉斯、卡特尔等垄断组织兴起, 实现垂直一体化与水平整合; 核心产业形成“电力-钢铁-内燃机”三角, 带动机械、合成染料配套; 泰勒制科学管理推行, 提升生产效率; 巨型企业主导, “所有权与经营权”完全分离, 专业经理人制度成熟	能源流动: 电力通过城市电网传输, 支撑工业生产与城市照明; 原料流动: 蒸汽船主导全球铁矿石、石油等重工业原料运输; 资本流动: 跨国资本开始涌现, 支持全球生产网络布局
第四次	石油-汽车-大规模生产革命 (1908年, 美国)	消费主义兴起, “美国生活方式”成为全球向往; 推崇标准化、同质化理念; 郊区化生活理想萌芽; 个人主义与社会流动性意识增强	市场规制: 美国1890年《谢尔曼反托拉斯法》、1914年《克莱顿法》规范市场竞争; 社会制度: 福利国家制度初步建立, 劳工权益保障法规完善(如8小时工作制); 标准化制度: 工业产品标准体系确立, 汽车等零部件标准化推行	城市扩张: 郊区化启动, 城市沿公路线蔓延; 交通网络: 国家高速公路网规划建设(美国1916年《联邦援助公路法》); 空间形态: “阳光地带”新兴工业城市崛起, 功能分区极致化	核心技术集群: 福特T型车(1908)与流水线生产(1913), 石油开采与炼制技术, 内燃机小型化; 配套技术: 家用电器(冰箱、洗衣机), 塑料(酚醛树脂, 1907), 无线电信	事业部制(M型结构)取代单一制, 适配多元化经营; 寡头垄断竞争格局形成; 企业注重品牌与营销; 核心产业为汽车制造与石油产业, 带动零部件、塑料加工配套; 职能专业化分工深入, 金字塔型等级制成熟	能源流动: 石油成为全球核心能源, 跨国石油运输网络形成; 人员流动: 汽车带来个人机动性, 郊区通勤成为常态; 商品流动: 大规模分销体系建立(超市、连锁店), 消费品全球流通
第五次	信息-通信革命 (1971年, 美国)	信息自由与互联互通理念主导; 个人主义与自我实现需求凸显; 推崇灵活性、多样性与创新精神; 全球化与地方化互动的价值观形成	知识产权: 全球知识产权保护体系强化(TRIPS协议, 1994); 规制改革: 电信、金融领域放松管制(美国1996年《电信法》); 全球规则: WTO成立(1995), 新自由主义全球化制度框架确立	集群形态: 产业集群兴起(如硅谷、波士顿128号公路), 规制改革: 电信、金融领域创新网络密集; 全球布局: “全球-地方”互动的生产网络形成, 离岸外包普及; 虚拟空间: 数字空间成为新型生产与交易场域, 突破物理限制	核心技术集群: 英特尔4004微处理器(1971), 个人计算机(IBM PC, 1981), 互联网(ARPANET, 1969; 1991年商业化), 移动通信技术(1G-5G迭代)	网络化组织取代层级制, 扁平化管理、外包与生态系统合作成为主流; 平台型企业崛起, 实现“规模经济与范围经济”融合; 核心产业为计算机与通信技术产业, 带动“数字+制造”跨界融合; 开源社区等新型创新组织出现	数据流动: 信息、数据即时全球传输, 突破时空限制; 资本流动: 金融全球化加速, 资本跨境即时配置; 生产流动: 即时生产(JIT)与全球供应链管理普及, 要素精准匹配



商 Fastly 宕机事件导致全球多国服务中断,即是“智能脆弱性”的表现。韧性化可为智能化提供“稳定、可持续、低风险”的落地保障,让智能从“技术突破”升级为“系统价值”。可持续的智能化必须通过可信AI设计、冗余备份和对抗性训练,使AI在增强系统韧性的同时,其自身也具备抗攻击、可解释和快速恢复的韧性特质。三是可持续的绿色化与韧性化内在互补。韧性化让绿色转型“稳得住、走得远”,避免因风险中断而前功尽弃。无韧性的绿色化是“脆弱的绿色化”,即便短期达成减排、降耗目标,也会因风险抵御能力弱而难以持续,最终无法实现可持续的长期愿景。湿地公园、海绵城市等绿色化让韧性建设“低代价、高价值”,摆脱传统高碳韧性的路径依赖。无绿色的韧性化是“不可持续的韧性化”——虽能短期抵御风险,但以消耗生态资源、加剧环境压力为代价,最终会因生态根基崩塌而丧失长期韧性。

事实上,因应“绿智韧共生律”,绿智韧协同融合已开始全面走向全球治理、国家战略与市场竞争的核心场域,成为不可逆转的刚性约束与发展共识。在市场层面,智能化、绿色化、韧性化共同构成了企业未来的核心竞争维度。全球市场竞争维度已从单一的成本效率,拓展至“碳效率(绿)+数字化程度(智)+供应链韧性(韧)”的三元评价体系。全球产业领军者已将其对供应商的要求体系化升级,明确要求披露碳足迹、数智化成熟度及业务连续性计划,形成覆盖绿色、智能、韧性三大维度的供应链管理新标准。与此同时,国际资本已将企业的“绿智韧”协同能力纳入核心投资评估框架,将其视为衡量企业长期价值与风险韧性的关键指标。根据波士顿咨询2023年对全球759名企业高管的调研,大多数企业高管一致把通胀和经济不确定性视为未来最大的风险,而把数字化智能化技术的发展与气候和可持续性视为企业未来稳定发展的关键抓手。这些行动共同表明,“绿智韧”深度融合已从企业战略倡议全面落地为全球产业链重构与资本配置的刚性规则,成为市场主体面向未来竞争的准入许可。

作为联合国《我们的共同议程》进程中的一个关键成果,2024年联合国会员国协商一致通过的《未来契约》把可持续发展与发展筹资(绿)、国际和平与安全(韧)、科学、技术和创新与数字合作(智)、青年和子孙后代、变革全球治理作为五大核心领域。欧盟通过“碳边境调节机制”将绿色标准强制嵌入贸易体系,通过里程碑式的《人工智能法案》构建全域智能治理框架,并通过“下一代欧盟”复苏基金系统性强化经济与社会韧性。这标志着欧盟客观上正以制度性力量引领驱动绿色化、智能化与韧性化深度融合。

在中国,《中共中央关于制定国民经济和社会发展第

十五个五年规划的建议》把绿智韧三维结合作为以新发展安全理念为引领、发展新质生产力、构建新发展安全格局的内核,强调增强经济和社会韧性,坚持智能化、绿色化、融合化方向。

综上,作为绿智韧生产力范式,新质生产力是生态文明生产力范式,它根植于“绿智韧共生律”,其产生与发展是基于应对系统性危机的客观需要、遵循绿智韧内在协同规律的必然选择,这是适应全球规则体系深刻重构的必由之路。和工业文明一样,生态文明势必呈现若干次生产力范式的深化与飞跃,绿智韧生产力范式无疑只是开启生态文明生产力这一伟大序列的“第一次生产力范式革命”,但它首次清晰地展示了生态文明相对于工业文明的优越性和根本不同,无情地宣告工业文明生产力范式正在过时。实现工业文明向生态文明跃迁,应顺应生产力决定文明演进的规律,以新质生产力为支撑引领。

4 新质生产力引领生态文明跃迁的关键路径

以新质生产力引领工业文明向生态文明跃迁,应锚定“绿智韧融合”这个轴心,遵循绿智韧协同共生律,实现劳动者、劳动资料、劳动对象及其组合向绿智韧协同共生体的质态跃迁,其核心路径在于以下7个方面。

4.1 构建“生态智能体基础结构”

工业文明建立在化石能源、通信技术与交通网络的动态结合之上^[10],而面向未来的生态文明,则需构建以绿电技术、算力技术与交通生命体深度融合为特征的生态智能体基础结构。

作为重塑“绿智韧”深度融合的生态文明基石,生态智能体基座以绿电为能量基础、以算力为智能核心、以交通生命体为承载网络,是支撑生产力系统实现绿色化、智能化与韧性化全面跃迁的核心物质技术载体。其内部形成一个闭环增强回路:绿电驱动算力与交通,算力优化绿电与交通,交通反馈数据并调节能源,三者双向赋能、动态协同,构成一个持续自我学习、自我优化的技术共生体。该共生体的核心构成如下。

(1)绿电系统——生态智能体基础结构的“心脏”。超越单一供能角色,构建以新能源为主体的新型电力系统,融合能源互联网与分布式储能,实现清洁能源的高效、灵活配置与跨时空调度。作为“清洁血液”,绿电系统从源头实现能源系统的近零碳化,奠定生态文明的能源基础。

(2)算力系统——生态智能体基础结构的“神经中枢”。作为智能的承载与驱动核心,它将数据转化为信息,将信息升华为知识,将知识转化为优化全局的智能决策与执行动作。算力系统承担绿电预测与电网优化、交

通系统协同控制、全域资源调配等任务,是实现系统从“联通”走向“智慧”的关键。作为“数字大脑”,其能够通过能量与物质流动的精准感知、智能决策与全局优化,为绿智韧协同提供核心智能支撑。

(3)交通生命体——生态智能体基础结构的“循环系统”。以智能网联汽车、智慧道路、低空物流等为载体,形成可感知、可决策、自适应的立体交通网络。其不仅是能源消费端,还可通过车网互动(V2G)成为分布式储能节点,通过全时数据反馈支撑系统优化,通过多模协同实现能量、物质与信息的高效流转。

绿电系统、算力系统、交通生命体的自适应与协同能力,三者分别对应绿色化、智能化、韧性化的核心诉求,共同构成“绿智韧”深度融合的物质技术载体,支撑生产力系统的质态跃迁。构建这一基础结构需采取系统推进、重点突破的实施策略。

(1)强化顶层设计,打破系统壁垒。将基地建设纳入国家中长期科技与产业规划,建立跨部门协调机制,推动能源、算力、交通在网络规划、数据接口与标准体系上的统一。

(2)攻坚关键核心技术,筑牢自主根基。聚焦绿色氢能、先进核能、人工智能大模型、全固态电池、车路云一体化等前沿方向,实现核心技术自主可控与技术体系迭代领先。

(3)推动融合型基础设施建设。统筹布局绿色能源网络、一体化算力网与智慧交通网,推动三者在场地质耦合、数据互通与功能协同上的深度耦合。

(4)创新体制机制,培育绿智韧融合发展生态。建立支持数据开放、算力并网、绿电交易的政策与市场环境,设立跨域创新“监管沙盒”,引导长期资本投入生态智能体基座相关领域。

(5)开展集成应用示范,探索可推广模式。在重点城市群、交通能源算力融合廊道等区域开展生态智能体基座级综合示范,在实践中验证技术路径、磨合系统接口、培育新兴业态。

4.2 发展“自然资本体业”

“绿水青山就是金山银山”“保护环境就是保护生产力,改善环境就是发展生产力”。自然资本体是地球生命系统作为生命母体、智慧源泉与价值资本三位一体的复合系统,是人类社会永续发展必须依赖和运营的根本性资本。“自然资本体业”的核心使命,在于运营并增益自然资本体,推动自然实现三重跃升:从外在于经济系统的静态“资源”,转变为内嵌并支撑经济系统的生命“母体”;从被征服和改造的“对象”,转变为可学习、可模仿、可合作的“伙伴”;从经济发展的“成本项”,转变为驱动经济发展

的“资本项”。

作为新型战略产业,“自然资本体业”的核心特征集中体现在3个维度。

(1)构成多元性。该产业涵盖生态修复产业、生物多样性保育产业、地质遗产保护与利用产业、矿产资源循环利用产业、生态资产运营产业、仿生气候调节技术服务产业(含仿生型CCUS等)及生态再生产技术与咨询产业。各细分领域既相对独立又协同互补,形成覆盖自然资本“修复—保育—运营—增值”全生命周期的产业体系。

(2)地位基石性。自然资本体是整个“生态智能体经济”的价值源泉与生存根基,其供给的生态产品与服务是经济社会活动的前提条件。“自然资本体业”通过对这一核心资本的系统性修复、科学保育、精细化管理与市场化经营,为所有产业部门提供不可或缺的生态承载力与环境容量,是支撑生态文明形态的基础性、保障性产业。

(3)范式创新性。作为“绿智韧”深度融合的自然维度的实践场域,产业以“绿”为价值根基,构建“投资自然—产出生态产品—反哺经济社会”的良性价值循环,契合生态资本增值逻辑;以“智”为技术引擎,依托生态感知网络、数字孪生、AI模型等技术,实现从经验驱动向数据驱动的精准化运营转型,提升生态资本配置效率;以“韧”为发展目标,通过培育健康稳定的生态系统,构建关键矿产供应链韧性、气候调节韧性等多重支撑,为经济社会可持续发展提供可靠的“生态保险”。

系统性将“绿智韧”深度融合于自然资本运营全过程,发展“自然资本体业”,需从四大维度协同推进。

(1)健全核算与市场体系。建立“自然资本体业”统一的统计分类标准,科学化产业规模、生态贡献与经济价值;深化全国碳市场、水权交易、生态信用、排污权交易等平台建设,完善生态产品市场化定价机制,为产业价值实现提供稳定出口与回报闭环。

(2)创新金融支持模式。设立国家自然资本体投资基金,推广政府与社会资本合作(PPP)模式;创新以未来生态收益权、碳汇资产、矿产循环收益等为质押的绿色信贷、债券产品,构建“基金引导+信贷支撑+市场激励”的多元资本投入机制,引导社会资本持续涌入。

(3)强化科技人才支撑。聚焦生态修复智能化、仿生气候调节、关键矿产高效回收、低成本碳捕集利用等核心技术攻关,突破产业发展瓶颈;培育“生态工程师”“自然资本运营官”“矿产循环工程师”等新型专业队伍;构建“大学—产业—政府—公众—自然”五螺旋创新体系^[11],推动产学研用与自然价值协同创新。

(4)完善制度保障框架。进一步明晰自然资产产权归属与权责划分,健全生态产品价值评估国家标准;建立



覆盖地表、地下、大气多维度的自然资本全生命周期管理制度体系,为产业规范发展提供法治保障。针对仿生地球工程等领域,需建立严格的伦理审查、风险评估与动态监管机制,防范潜在生态安全风险。

4.3 创新发展生态AI

生态AI是超越绿色AI^[14]的新型人工智能范式,以人本为元价值、以“价值协同”为核心方法论,是深度融合绿色化、智能化、韧性化的AI系统形态。它通过赋能价值偏好、制度质量、空间场域、科技创新、报酬递增、流动效率六大维度,推动各维度以绿智韧深度融合为轴心实现协同互动、内生催生新质生产力,成为推动人类文明从工业文明向生态文明跃迁、实现行星健康与人类福祉辩证统一的核心驱动力,堪称支撑生态文明转型的“智能新兴物种”。其核心内涵是聚焦“绿智韧三维融合+价值协同”的有机统一。

(1)内在绿色:生态AI在全生命周期中以低耗高效为核心特征,拒绝算力堆叠的“规模暴力”,通过算法优化、数据高效利用、算力适配绿电等方式,实现资源消耗与碳足迹最小化的固有属性。这是生态AI区别于传统AI的绿色标识。

(2)智能化:生态AI依托算法革新、数据处理、数字孪生、智能决策等核心技术能力,为绿色化落地、韧性化保障提供精准支撑,同时为价值协同提供高效载体。这是贯穿生态AI全生命周期的技术内核。

(3)内在韧性:生态AI兼具技术层面的鲁棒性、适应性与可恢复性,及社会-产业层面的包容性、风险预判能力,能够借助智能化手段增进社会公平、维护系统稳定、降低发展不确定性,而非催生新型风险。这是生态AI的重要本质特征。

(4)价值协同:生态AI以“人与自然共同繁荣”为终极目标,践行以人民为中心的发展思想,将公平约束与生态逻辑通过智能化手段内化为技术与制度内核,实现经济效率、社会公平、生态安全三维统一的固有价值。这是绿智韧三维融合的最终归宿。

以新质生产力推动工业文明向生态文明转型,必须以高度责任感系统推进生态AI建设,通过全链条创新将绿智韧深度融合贯穿AI研发、部署、运行、退出全生命周期,推动生态AI四大本质属性落地见效。其发展需实现四大系统性转型。

(1)技术路径转型:锚定内在绿色属性,构建低耗低碳高效技术体系。从算力堆叠的粗放模式,转向算法精密化、数据高效化、能源协同化的可持续路径,建立覆盖AI全生命周期的低碳管理机制,推广计算效率优化、绿电适配、液冷降耗等技术方案,推动AI系统实现资源消耗

与碳足迹最小化,夯实内在绿色底色。

(2)智能赋能升级:锚定智能化属性,强化精准支撑能力。攻关算法革新、数据治理、数字孪生、智能调度等核心技术,构建高效算力网络与数据安全体系,提升AI对绿色化落地、韧性化保障、价值协同实现的精准赋能效率,筑牢生态AI的技术支撑内核。

(3)治理框架重构:锚定韧性化属性,筑牢安全抗扰保障体系,实施算力碳预算管理,与数据生态保护红线制度,推行产业循环设计标准;强化AI系统鲁棒性、可恢复性技术管控,完善包容性应用规范与智能风险预判机制,改革项目评审中能源效率、数字包容度考核维度,通过监管沙盒探索创新治理工具,确保AI系统兼具技术韧性与社会-产业韧性。

(4)价值内核植入:锚定价值协同属性,实现多维价值统一。构建全频谱需求感知体系,在算法底层深度嵌入公平约束与生态逻辑,建立“效能-伦理-生态”三维评估标准,通过激励相容设计,推动AI系统实现经济效率、社会公平、生态安全相统一的价值导向,践行“人与自然共同繁荣”的终极目标。

4.4 构建新资本范式

工业文明下生产资本与金融资本的互动,在驱动发展的同时,也深陷“周期性离合”与“脱实向虚”的双重困境。新资本范式即新资本互动范式的核心诉求,在于打通金融资源与实体创新的精准对接通道,破解工业文明积淀的资本痼疾,促使金融回归服务实体经济本源,实现生产资本与金融资本的互动逻辑从“博弈对立”向“共生融合”根本转变,为生态文明建设提供可持续、有耐心的资本支撑,筑牢生态文明繁荣的价值循环根基。其具体目标内涵聚焦三大维度。

(1)目标函数重构。从单一财务收益最大化,转向碳足迹管控、生态服务贡献、供应链韧性及数据赋能等多维价值的综合优化,构建绿智韧深度融合的环境(E)、社会(S)、治理(G)与智能(I)“ESGI复合绩效评估体系”,实现资本价值与生态价值的协同提升。

(2)互动逻辑转变。从周期性投机博弈转向持续共生演化,重塑金融服务实体经济的核心逻辑。金融资本深度嵌入研发创新、生产制造与循环利用全链条,与生产资本形成“共同学习-协同进化”的绑定关系,通过长期主义导向构建系统韧性,消解因短期投机引发的周期波动风险。

(3)角色定位升级。金融功能从单一“输血式”支持,升级为涵盖资源匹配、风险管控、生态催化的综合“赋能式”驱动,超越传统资金供给角色,成为精准识别技术路线、催化产业生态聚合、前瞻性管理转型风险的战略伙

伴,赋能实体经济绿色智能韧性转型。

为推动资本互动范式转型,需构建“顶层设计-技术赋能-市场建设”三维协同框架,着力打造三大支柱性机制。

(1)建立绿智韧深度融合的定价与信息披露体系。以ESGI(环境-社会-治理-智能)为核心,完善强制性信息披露框架,健全配套法律法规与标准体系,打通资本流向可持续领域的制度通道;运用区块链、物联网、生态AI等技术,实现碳足迹、资源循环率、供应链韧性、数据资产价值等关键指标的可测量、可报告、可验证,为资本精准配置奠定可信信息基础。

(2)创新“韧性导向”的绿色智能金融工具与市场体系。培育生态价值市场化载体,加快建设绿色票据、数据资产交易等专业化平台,完善生态价值实现的市场基础设施;创新服务新质生产力的金融工具矩阵,包括挂钩项目韧性表现的“韧性债券”,共享企业生态正外部性的“价值共享证券”,以算力配额、数据集、AI模型为标的的“算力与数据资产金融产品”;鼓励金融机构运用大数据与人工智能构建新型信用评估与风险定价模型,提升资本配置效能,激活新型生产要素的金融化潜能。

(3)构建“主动-智能-包容”的协同治理生态。推动监管模式从滞后被动向嵌入前瞻的“智慧治理”转型,通过监管沙盒为生态AI、生物合成等前沿技术融资提供容错空间;依托生态AI平台开展实时气候风险压力测试、技术路线预警与ESGI绩效动态监测;强化公共资本“战略引导+耐心资本”双重功能,撬动社会资本向国家战略领域集中,形成“有道自然、有机社会、有效市场、有为政府”的协同治理格局。

4.5 系统提升碳生产率

碳生产率即单位碳排放所创造的经济社会福祉,是衡量碳要素投入产出效率的核心指标。它综合反映绿色低碳发展的整体水平,更是衡量社会从工业文明向生态文明演进程度的关键量化标尺。碳生产率作为转型导向仪,要求从根本上摒弃“资源—产品—废弃”的线性流程,转向“资源—产品—再生资源”的闭环体系,力求每个碳元素在经济系统中实现“价值最大化、循环最长化”,驱动“自然资本体业”实现生态增值,赋能“生态智能体基础结构”提升能效,支撑“生态AI”优化算法,进而指引创新要素向循环型、低碳化领域集聚,推动高质量发展与高水平保护协同并进;作为协同枢纽点,内在要求多重目标系统集成,通过协同推进降碳、减污、扩绿、增长,依托资源循环利用强化集约节约,最终实现经济社会发展与碳排放、污染排放的彻底脱钩,尤其驱动“生态智能体基础结构”形成“绿电—高效算力—低碳交通”的能效闭环,助力各

领域在多重目标中寻求系统最优解;作为创新引擎,通过构建碳定价、绿色金融等市场化机制,为新质生产力的技术创新、制度创新提供核心牵引与持续动力,成为推动生产关系适配新质生产力、引领系统性变革的关键支点。

系统提升碳生产率是新质生产力文明范式跃迁的关键抓手。要紧紧围绕从“线性模式”到“循环模式”这一根本转变,聚焦以下关键环节。

(1)构建“碳—物质流”智慧监测系统。依托“生态智能基座”的算力网络,建立覆盖关键物质与碳流的动态监测体系。运用物联网、区块链与生态AI技术,实现碳足迹精准核算、物质流向全程追踪与效能动态预警,为资源循环优化、责任精准界定与绩效科学评估提供坚实数据基础,夯实精细化治理根基。

(2)推进全链条循环转型。以“设计—生产—消费”全流程再造为主线,系统推动降碳、减污与集约增长。一是生态设计引领。在产品与工艺设计源头嵌入循环性、低碳化与韧性化要求,从起点削减资源消耗、污染排放与转型风险。二是产业循环耦合。依托“自然资本体业”与“生态AI”,强化生态修复增汇,赋能产业共生、废物资源化与产业链韧性提升,发展“产品即服务”等高碳生产率新模式,实现资源保值增值与系统韧性增强。三是金融精准赋能。将碳生产率、循环效率与韧性表现等指标深度融入资本配置流程,创新与多维绩效挂钩的金融工具,引导资本精准流向绿色低碳循环领域。

(3)培育“循环理性”协同治理体系。完善碳定价、生产者责任延伸与ESGI信息披露等政策工具,建立“奖优罚劣”的激励约束机制,构建“有道自然、有机社会、有效市场、有为政府”的协同共治格局,为协同推进降碳、减污、扩绿、增长提供坚实制度保障。

4.6 培育发展生态智慧人

“生态智慧人”是深度内化绿智韧的人类个体形态。他们以创造性生产回应生态约束,以理性消费引导价值循环,最终在个人价值实现与生态福祉提升的协同共生中,成为人与自然和谐共生的能动建构者。其具备三大核心素养。

(1)绿色素养:深刻认知生态系统整体性与承载力规律,具备“碳直觉”、碳生产率意识与生态伦理自觉,能够将个体与集体行为置于地球生命支持系统的整体框架中审慎考量,实现行为与生态边界的动态适配。

(2)智能素养:超越基础数字操作技能,具备与生态AI高效协同、批判性解构与运用数据、驾驭数字孪生系统等高级能力,依托智能技术实现对复杂问题的精准分析与科学决策。

(3)韧性素养:具备动态系统思维与网络协同意识,



能够理解社会-技术-经济-环境的复杂关联与非线性反馈,善于设计和应用抗扰适配的韧性方案,推动跨学科、跨文化、跨主体的协同行动。

以新质生产力引领工业文明向生态文明跃迁,核心是推动人从工业文明的“工具人”“经济人”升华为生态文明的“生态智慧人”,这一升华体现为三大根本转变。

(1)价值定位从“标准化齿轮”到“价值共创者”。“工具人”和“经济人”是社会生产的“标准化齿轮”,其价值主要集中在流程执行效率上。生态智慧人是与生态 AI 协同共生的意义赋予者、价值共创者,生态 AI 承接常规重复性任务,人类核心价值转向创造力、情感洞察与复杂问题解构。

(2)行为逻辑从“物质占有”到“生态调节者”。“工具人”“经济人”陷入“物质占有至上”误区,“生态智慧人”则明确自身生态网络关键节点定位,以消费者投票(消费选择)为驱动、串联“服务供给—体验反馈—资源循环”的生态模式,实现从资源榨取者到生态调节者、生态价值增值者的转变。

(3)存在形态从“生物态个体”到“智能增强型人”。人类从依赖生物感知与经验的自然状态,转向与泛在智能技术深度融合的新形态,借助生态 AI、数字孪生等技术突破认知与行动局限,精准感知、调控复杂自然系统,形成技术赋能、生态向善、适应韧性的全新存在范式。

这一系统性转型是“价值重塑—价值实践—能力再造—制度激励”四螺旋演进的过程。

(1)价值重塑。以绿智韧“生态文明启蒙”凝聚共识,推动成功与幸福标准从物质占有转向个人成长、社群与生态贡献;塑造“人机协同生态文明价值观”,提升智能增强型人与自然共生能力,坚守“负责任增强”伦理。

(2)实践浸润。数字平台实现碳足迹等可视化,并建立“绿色信用”反馈;打造创新孵化器、循环社区等场景,结合数字孪生等技术构建人机协同沉浸环境,让个体体悟共生。

(3)能力再造。推进教育生态系统变革,基础教育培养绿智韧核心素养,高等教育构建生态文明交叉学科,终身学习体系以“技能银行”认证能力,将“人机协同”列为关键模块。

(4)制度激励。聚焦生态智慧人发展,构建“绿色信用—权益兑换”、能力保障、风险防控及导向信号强化机制,形成激励相容环境。

4.7 发展生态智能体组织

与传统单纯强调智能的智能体组织不同,生态智能体组织是深度融合绿智韧的智能体组织,是智能体组织发展的前瞻性方向和目标。它由生态智慧人与生态智能

体在共同目标驱动下形成,具备自主感知、决策、行动与自我演进能力的类生命型协同共生体,是生态文明建设的组织载体。其核心内涵聚焦三大相互增强的支柱。

(1)生态理性。将自然智慧内化为核心算法,组织战略与运营兼具商业理性与“生态理性”,能够尊重并模拟自然规律,精准识别、创造与量化生态产品价值,通过创新商业模式与分配机制,实现“绿水青山”向惠及广泛利益相关者的“金山银山”转化。

(2)人机共生。组织架构从“人类主导+工具辅助”转向“生态智慧人+生态 AI”协同共生。人类聚焦价值判断、伦理审视与创造性突破;生态 AI 承担大规模数据感知、模拟推演与自动化执行,全域优化能源、物流与生产,兼顾效率提升、环境足迹降低和公平正义,二者形成优势互补、责任共担的共生格局。

(3)动态韧性:摒弃刚性固化结构,成为适配内外部生态与市场信号的“活性网络”,可动态重组、自适应调整,提前预警并灵活应对气候冲击、供应链中断等风险,具备抗冲击、快恢复、能进化的特性,在不确定性中保持持续生命力,保障社会再生产稳定运行。

发展生态智能体组织,为新质生产力引领生态文明跃迁,构建兼具智能、绿色与韧性的核心能动载体,需从4个维度协同推进。

(1)重塑组织认知范式。确立“自然-社会-生态复合系统生命节点”的自我定位,将维护系统健康作为自身长期繁荣的前提,实现认知层面从“机械占有者”到“有机参与者”的根本转变。

(2)构建技术赋能框架。部署融合“绿智韧”的生态智能体集群,内嵌环境成本核算、碳足迹追踪与生态伦理、公平正义约束,确保其自主决策与行动天然契合可持续发展方向。

(3)创新治理激励机制。推行涵盖财务、生态、韧性的“多维价值账户”,将自然资本增值、组织韧性增强纳入考核;通过智能合约实现价值精准分配,形成“可核算(E)、可感知(S)、可执行(G)、可驱动(I)”的运行机制,推动从静态 ESG 向智能主动的 ESGI 演进。

(4)培育协同进化文化。打破部门与组织边界,搭建与外部生态(供应商、社区、自然等)的物质、信息、价值互动接口,培育开放共生文化,推动组织与全域生态协同进化。

5 结论

生态文明是扬弃工业文明的人类文明新形态。本研究提出内生系统演化范式,系统深刻阐释了工业文明向生态文明跃迁的核心内涵、内在逻辑与实践路径。研究

表明,内生系统演化范式具有多元分析价值,可以有效分析从原始文明到生态文明的形态跃迁机理和生产力演化,解析生产力范式革命的深层机理,揭示生态文明跃迁内涵和新质生产力革命的特征;从工业文明向生态文明跃迁的内涵包括:价值重构破解认知危机的根源、制度重构破解增长悖论的规则保障、空间重构破解生产偏向的物理载体、科技重构破解“征服自然”的动力系统、报酬重构破解资源依赖的报酬模式、流动重构破解刚性脆弱的流动格局,其本质特征集中体现为绿色化、智能化与韧性化的协同发展与深度融合。

本研究在重新界定生产力和生产力质态的基础上,创新性提出生产力范式及其革命,指出作为工业革命以来的第六次生产力范式革命,新质生产力与工业文明生产力范式根本不同,它以“绿智韧”协同发展、深度融合为轴心,是生态文明第一次生产力范式,提出并论证了其兴起根植于“绿智韧共生律”,指出实现工业文明向生态文明跃迁应以新质生产力为支撑引领。在此基础上,本研究系统构建了以新质生产力引领工业文明向生态文明跃迁、深度融合绿智韧的七大基本路径,即:构建“生态智能体基础结构”、发展“自然资本本体业”、创新发展生态AI、构建新资本范式、系统提升碳生产率、培育生态智慧人和发展生态智能体组织。

本研究构建的理论范式可通过量化指标开发和案例研究等方式进一步应用和验证。后续研究可着重进行内生系统演化范式、绿智韧共生律、绿智韧协同范式理论建模与应用验证研究,探索将七大基本路径转化为可操作、可审计的技术标准与治理规则,推动其从理论范式向社会行动转化。

总之,以新质生产力引领文明跃迁是一个宏大的历史过程,需要以整体性思维统筹价值偏好、制度质量、空间场域、科技创新、报酬递增和流动效率,走出一条以“绿智韧”协同发展、深度融合为轴心的新质生产力引领生态文明跃迁的新路,最终迈入人与自然和谐共生的生态文

明社会。

参考文献

- [1] 汤因比. 历史研究(全12卷)[M]. 刘北成,郭小凌,等译. 上海:上海人民出版社,2010.
- [2] GUO R X, YANG K Z, LIU Y H. Explaining the human and cultural puzzles: a new development theory[J]. *Technological forecasting and social change*, 2020, 155: 119971.
- [3] 佩蕾丝. 技术革命与金融资本:泡沫与黄金时代的动力学[M]. 田方萌,胡叶青,刘然,等译. 北京:中国人民大学出版社,2007.
- [4] 杨开忠,刘威,董亚宁,等. 区域经济发展新逻辑:纳入旅行成本的新空间经济学[J]. *世界经济*, 2024, 47(1): 30-56.
- [5] SUN J Z, YANG K Z. The wicked problem of climate change: a new approach based on social mess and fragmentation[J]. *Sustainability*, 2016, 8(12): 1312.
- [6] 里夫金. 韧性时代:重新思考人类的发展和进化[M]. 郑挺颖,阮南捷,译. 北京:中信出版集团,2022.
- [7] 李强,肖劲松,杨开忠. 论生态文明时代国土空间规划理论体系[J]. *城市发展研究*, 2021, 28(6): 41-49.
- [8] CARAYANNIS E G, BARTH T D, CAMPBELL D F. The quintuple helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation[J]. *Journal of innovation and entrepreneurship*, 2012, 1(1): 2.
- [9] 习近平. 发展新质生产力是推动高质量发展的内在要求和重要着力点[J]. *求是*, 2024(11): 4-14.
- [10] 杨开忠. 以优化新质生产力布局为中心推动新区域协调发展:新发展阶段和十五五时期区域协调发展战略思路[J]. *区域经济评论*, 2024(3): 37-45.
- [11] 库恩. 科学革命的结构[M]. 金吾伦,胡新和,译. 北京:北京大学出版社,2003.
- [12] ROLNICK D, DONTI P L, KAACK L H, et al. Tackling climate change with machine learning[J]. *ACM computing surveys*, 2023, 55(2): 1-96.
- [13] International Energy Agency (IEA). Electricity market report 2023: analysis and forecast to 2025 [R]. Paris: IEA, (2023-07-19)[2025-09-20]. <https://www.iea.org/reports/electricity-market-report-2023>.
- [14] SCHWARTZ R, DODGE J, SMITH N A, et al. Green AI[J]. *Communications of the acm*, 2020, 63(12): 54-63.



Leading the transition from industrial to ecological civilization with new quality productive forces

YANG Kaizhong^{1,2}

(1. Faculty of Applied Economics, University of Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 102400, China;

2. Research Institute for Eco-civilization, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100010, China)

Abstract The history of human civilization is, in essence, a history of the evolving symbiotic relationship between human society and nature. Industrial civilization represents a form of “confrontational symbiosis” between human society and the natural system, while ecological civilization constitutes a new form of civilization characterized by harmonious symbiosis. Humanity now stands at a critical historical crossroads in its transition toward ecological civilization, facing a choice determining its future trajectory. Drawing on China’s practical experience, this study systematically proposes and examines the pivotal proposition that new quality productive forces can lead the transition from industrial to ecological civilization. First, the study advances the endogenous systemic evolution paradigm, emphasizing that human development arises from the interaction of six dimensions: value preferences, institutional quality, spatial field, technological innovation, increasing returns, and flow efficiency. Second, by tracing the sequential evolution of civilizations through stages of “dependence–guidance–confrontation–harmonious symbiosis,” this study systematically outlines and interprets the core implications of the transition from industrial to ecological civilization. These include value preferences to address the roots of cognitive crises, institutional reform to provide rule-based guarantees for resolving growth paradoxes, spatial configuration to overcome production-biased spatial carriers, technological innovation to shift from “conquering nature” to sustainable dynamics, increasing returns redesign to break resource-dependent reward models, and flow efficiency optimization to transform rigid and fragile flow patterns. The transition is fundamentally characterized by the deep integration and mutual reinforcement of greening, intellectualization, and resilience (GIR). Third, the study defines productivity as the practical capacity for human society to achieve symbiosis with nature, and the “quality state of productivity” as a form of “creative destruction” and adaptive stability realized through the synergistic interaction of productive elements across the six dimensions. Building on this, this study proposes the concept of “productivity paradigm” as an advanced quality state of productivity, with an analysis of the features and sequence of productivity paradigm revolutions. It reveals that new quality productive forces represent the sixth productivity paradigm revolution since the Industrial Revolution. Rooted in the “Law of GIR Symbiosis”, new quality productive forces constitute the first productivity paradigm revolution of ecological civilization marked by the deep integration of GIR. The study emphasizes that new quality productive forces should lead and support the shift from industrial to ecological civilization. Finally, based on the core implications of new quality productive forces—comprising the upgrading of laborers, means of labor, objects of labor, and their optimal combinations—this study innovatively proposes seven integrated GIR pathways to facilitate this transition. These include building an ecological-agent infrastructure, developing natural capital industries, advancing ecological AI (Eco-AI), establishing a new capital paradigm, systematically improving carbon productivity, cultivating eco-intelligent individuals, and developing eco-intelligent agent organizations.

Key words endogenous systemic evolution paradigm; productivity paradigm; new quality productive forces; ecological civilization; GIR Synergistic Paradigm; eco-AI; eco-ecological-agent organization

(责任编辑:田 红)