

doi:10.3969/j.issn.1672-0598.2026.01.001

智能化、绿色化、融合化与现代化产业体系构建*

杨虎涛^{1,2},梅正³

(1. 中国社会科学院经济研究所,北京 100836;2. 中国社会科学院大学经济学院,北京 102488;

3. 国家数据发展研究院数据资源研究部,北京 100037)

摘要:现代化产业体系的构建需以智能化、绿色化、融合化为发展方向。针对智能化、绿色化、融合化的必然性和内在关系等问题,本文以马克思机器大工业理论为分析框架,阐释了智能化、绿色化、融合化方向发展的必然性,并揭示了三者相互支撑、融合化为落地载体的协同逻辑。结合使命导向型国家理论,分析了我国现代产业体系构建过程中面临的“有形制造强与无形知识控制弱并存”“高算力—高能耗—低排放的三角困局”等核心矛盾。在此基础上,基于有为政府和有效市场结合的原则,提出构建智能化、绿色化、融合化导向下的现代化产业体系的政策支持体系。政策建议聚焦于优化企业家型政府与多元主体协同网络、组合创新金融与技术标准等政策工具,以及完善动态评估与数据要素市场化等保障机制。

关键词:智能化;绿色化;融合化;现代化产业体系;新质生产力

中图分类号:F127 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-0598(2026)01-0001-13

一、引言

中国式现代化的推进离不开坚实的物质技术基础,而现代化产业体系正是这一基础的载体。《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》明确提出,要坚持把发展经济的着力点放在实体经济上,以智能化、绿色化、融合化为方向,加快建设制造强国、质量强国、航天强国、交通强国、网络强国,保持制造业合理比重,构建以先进制造业为骨干的现代化产业体系^[1]。这一部署既回应了全球

* 收稿日期:2025-11-25

基金项目:国家社科基金重大项目(23ZDA043)“促进数字经济与实体经济深度融合的政治经济学研究”;中国社会科学院习近平新时代中国特色社会主义思想研究阐释工程重点项目(2025XYZD08)“新质生产力与新型生产关系塑造研究”

作者简介:杨虎涛(1969—),男,湖北武汉人;经济学博士,中国社会科学院经济研究所、中国社会科学院大学经济学院教授,博士生导师,主要从事政治经济学和经济思想史研究。

梅正(1992—),男,湖北随州人;国家数据发展研究院数据资源研究部助理研究员,主要从事数字经济和数字社会研究。

本文引用格式:杨虎涛,梅正.智能化、绿色化、融合化与现代产业体系构建[J].重庆工商大学学报(社会科学版),2026,43(1):1-13.

产业变革的趋势,也契合我国经济高质量发展的内在需求。

当前,新一轮科技革命与产业变革加速演进,人工智能、大数据、清洁能源等技术突破重塑产业形态,全球产业竞争焦点从传统要素驱动转向创新驱动。同时,气候变化、资源约束等全球性挑战日益严峻,绿色低碳成为产业发展的刚性约束。我国产业体系虽已形成规模优势,但仍面临产业链价值链中低端锁定、核心技术对外依存度较高、高能耗与低碳目标矛盾等问题。在此背景下,以智能化、绿色化、融合化为抓手推动产业体系升级,成为破解发展难题、增强国际竞争力的关键抉择。

尽管在各国的发展战略中,智能化、绿色化均已经成为创新导向的“标配”术语,但对为什么在新一轮技术革命中,产业体系的现代化会以智能化、绿色化为特征这一问题仍缺乏理论解释。智能化、绿色化是技术发展方向的盲目漂移(blind drift),还是生产方式变革的必然逻辑?而中国为什么需要同时强调智能化、绿色化和融合化三者并行发展?三者的内在关系和影响机制是什么?以智能化、绿色化、融合化为导向构建中国的现代产业体系面临何种问题?需要如何应对?对这些理论与实践问题,仍需要从学理层面进行解释。

二、智能化、绿色化、融合化是现代产业体系的关键特征

中国提出构建现代产业体系的战略目标是在长期实践探索中逐步深化形成的。若以明确的政策表述为节点,中国现代产业体系的政策重点从早期强调以“信息化带动工业化,以工业化促进信息化”^[2],到强调工业化和信息化的“两化融合”,逐步拓展为以“四化同步”和高质量发展。在党的二十届三中全会形成“高端化、智能化、绿色化”^[3]的系统表述之后,二十届四中全会又进一步将实体经济的发展方向明确为“智能化、绿色化、融合化”^[4]。这一系列政策表述变化,不仅体现出对产业质量、效率与可持续性的全面要求,也体现出现代产业体系发展的内在发展逻辑与中国产业体系建构所依赖的基本国情。从世界各国关于产业竞争和技术高点的政策论述和战略部署看,数字化和绿色化已经成为共识,这也符合新一代技术革命浪潮的绿色技术—经济范式(Green Techno Economic Paradigm)的关键特征和智能绿色增长(Smart green growth)理念的基本要求^[5]。但融合化的提出,则是中国结合新一轮技术革命的变化之后,基于本国产业发展的基本国情所作出的重要方向判断。

联系生产力发展趋势,探寻与生产力发展相对应的现代产业体系变迁,需要一个基本的理论视角对现代产业体系的演进逻辑进行分析。这种理论解释应该超越一般性的产业分类或行业分类,不仅仅只是对不同时期产业体系的行业构成或产品构成进行罗列,而是要从生产方式变迁的底层逻辑出发,探寻劳动、劳动对象和劳动资料三者的变化。在这方面,马克思的论述机器大工业发展时提出的“发动机—传动机构—工作机(Working Machine)”^{[6]429-430}原理以及在此基础上拓展出的“能源—连接(信息连接、交通物流)和材料”等分析框架,可以提供对应的解释。

马克思在论述机器大工业发展时提出了“发动机—传动机构—工作机”原理:“所有发达的机器都由三个本质上不同的部分组成:发动机,传动机构,工具机或工作机。发动机是整个机构的动力。……传动机构……把运动分配并传送到工具机上。……由此工具机才抓住劳动对象,并按照一定的目的来改变它”^{[6]440}。在这一论述过程中,马克思特别强调了三者之间的紧密互动关系,并为机器大工业之后的生产体系变迁预留了空间,他写道:“只是在工具由人的有机体的工具转化为一个机械装置即工具机的工具之后,发动机才取得了一种独立的完全摆脱人力限制的形式,于是我们以上所考察的单个的工具机就降为

机器生产的一个简单要素了,现在一台发动机可以同时推动许多工作机,随着同时被推动的工作及数量的增加,发动机也在增大,传动机构也随着扩展为一个庞大的装置”^{[6]430-435}。在马克思看来,工具机的独立是起点,使发动机摆脱人力束缚,实现动力集中与规模化;传动机构随之扩展,成为连接动力与作业的循环系统。这一过程不仅描述了蒸汽时代,也对此后技术革新的核心范式进行了预判:任何时代的技术体系进化,都遵循着“作业单元(工具机)革新→驱动单元(发动机)革命→连接/控制单元(传动机构)系统化”的相互作用规律。

依据马克思的这一论述,有学者将“发动机—传动机构—工作机”改造为“能源—连接(信息连接、交通物流)和材料”,并通过这三者的变化,去区分历次技术革命浪潮中产业体系的发展^[7-9]。在国外学者的研究中,里夫金也用了类似的划分方法,但舍弃掉了工具机的对应变化。他最早用“能源+通讯”来刻画历次工业革命的关键内容,之后,又进一步将其拓展为“三网互联”:即,能源互联网、通信互联网和电子化的运输物流网络^[10-11]。而在中国学者的理论拓展中,马克思笔下的发动机往往被拓展为能源体系,传统机构则被拓展到空间—时间上的人—机—物的广泛连接,工作机则被拓展为材料或者制造。

这类提法之所以是对马克思的发动机—传动机构—工作机原理的拓展,原因在于:

第一,马克思的发动机主要指向动力来源,但并不涉及机械能的上一层动力来源。马克思之所以仅指向来源而不对来源进行体系化区分,是因为第一次工业革命并非基于科学而是基于经验技能驱动。随着人类发现、利用能源的科技进步,将发动机从动力来源提升到动力来源类型是必要的,也是可行的,这并不与马克思的原理相违背。

第二,马克思的传动机构主要指向机器体系的内部连接,也即生产过程本身的连接,但不涉及交换过程。而将连接从机器体系内部连接延伸到广义连接(信息连接、交通物流)虽然超越了机器体系本身,但与马克思的再生产理论吻合。尤其是信息连接,不仅可以涵盖存在于交换过程中的产—销—消主体间,而且也涵盖了机器体系的进化:随着机器体系的智能化发展,工业互联网和工业软件嵌入机器运行过程和生产流程管理过程,实际上是用信息连接替代了传统的链条、皮带的机械连接。

第三,马克思的工作机指向的是能替代或辅助人类手工劳动的机器,这是马克思最为重视的内容。不同于后来的经济史学家,马克思始终将工作机而非蒸汽机视为工业革命标志。“正是工具机的创造,才使蒸汽机的革命成为必要”^{[6]429-432}。之所以如此强调工作机,是因为马克思认为工作机直接介入使用价值的生产环节,通过刀具、针头、锤子等具体形态实现对人类劳动意向性的具象化替代。而随着工作机的发展从机器替代人手,到机器生产机器,再到机器控制机器,到机器生成指令,工作机的变迁历史,本质上是能源体系、连接方式与机器的物质构成和机器加工对象的系统性变化历史。由于材料在这一过程中发挥着极为重要的作用,因此,与其逐一用机器发展历史替代马克思笔下的工作机,不如用更为抽象和一般意义上的材料,它既可以指向制造本身,也可以指向工作机的关键变化。因为工作机的进化与材料革新是相互推动的:当加工作业从自然材料转向工业原料时,材料的新特性反过来要求工作机在设计与制造上实现突破。正如工业史展示的那样,工业革命以来的生产体系,经历了一个从铸铁、钢铁到合金乃至硅基革命的变化。

基于马克思关于机器大工业特征的“发动机—传动机构—工作机”论述,结合拓展之后的“能源—连接(信息连接、交通物流)和材料”分析框架,我们可以对工业革命以来的产业体系变化进行对应刻画(表1—表3)。从这些对应的刻画看,在机器大工业之后的技术变迁中,马克思的理论框架仍然具

有很强的拓展性和解释力。例如,在电力革命中,“电动机”作为新的发动机,其小型化与分布式特性,正是对流水线“传动机构”和自动化“工具机”的重塑。而当前的信息革命,则可视作以“数据”为新材料、以“算法”为新型传动控制逻辑、以“芯片”为核心工具机的再次演绎。计算能力(发动机)、网络(传动机构)与智能终端(工具机)构成了新的三位一体。因此,马克思的论述远非对 19 世纪工厂的静态描述,而是理解技术系统中能源、传导与执行功能之间动态的、层叠的相互作用关系的理论基础。发动机—传动机构—工作机的相互作用不断推动着产业体系从机械化、电气化走向数字化和智能化,使生产的社会化程度日益深化。

表 1 工业 1.0—工业 4.0 的能源变化与对应产业

工业时代	发动机	能源体系	对应的产业
工业 1.0	蒸汽机	煤炭	采掘、冶铁
工业 2.0	电力	煤炭、水力、石油	电网、电力设备制造、水电站、火电站
工业 3.0	电力	远程传输、智能调配	电子信息技术
工业 4.0	电力	清洁能源(天然气、氢能)、 可再生能源(风电、太阳能、核能)	高密度储能、风光电、可控核聚变

表 2 工业 1.0—工业 4.0 的传动—连接变化与对应产业

工业时代	萌生的标志性事件	高峰期事件	传动机-连接方式	对应的产业
工业 1.0	1785 年爱德蒙·卡特 莱特发明水力织布机	蒸汽动力机车“火箭 号”(1829)	工具机的内部连接	制革、轴承
工业 2.0	1870 年世界上第一条 生产线出现在美国辛 辛那提	基于电力的单元驱动 方式超过 90%(1930)	由动力机、传动机和工具机所组成 的机器体系整体连接程度的提高	精密轴承、电网、
工业 3.0	1969 年 PLC(可编程序 逻辑控制器) Modicon 084 诞生	20 世纪 90 年代互联网 的广泛使用,工厂全球 化时期	机电一体化、模块化生产电子生产 控制系统(EPCS)	电子信息技术
工业 4.0	博世和西门子的智能 工厂	万物互联	基于先进数字生产(ADP)的解决 方案,信息物理系统(CPS)、带数 据分析的 M2M 射频识别系统在形 成智能分析指令的过程中实现基 于数据实时反馈的智能决策系统	人工智能、云计算 与边缘计算、5G 技 术

表 3 工业 1.0—工业 4.0 的工具机变化

工业时代	工具机革命	时代	典型工具机
工业 1.0	机器制造商品	18 世纪 60 年代— 19 世纪中期	1764 年由詹姆斯·哈格里夫斯发明的珍妮纺纱机 1785 年由爱德蒙·卡特莱特发明的水力织布机
工业 2.0	机器制造机器	19 世纪末—20 世 纪中期	19 世纪末尼古拉·特斯拉发明的交流电动机和弗兰克·J· 斯普拉格发明的直流电动机、传统机床

续表3

工业时代	工具机革命	时代	典型工具机
工业 3.0	机器控制机器	20 世纪后半叶—21 世纪初	20 世纪 50 年代,美国麻省理工学院(MIT)发明的数控机床数控机床、1958 年 Unimate 工业机器人量产
工业 4.0	机器智能化、软件化、机器生成服务、知识和创意	2010 至今	3D 打印、ChatGPT

资料来源:根据联合国工业发展组织的《2020 年工业发展报告—数字化时代的工业化》等相关资料整理。

从文明演进的根本驱动力看,人类社会的每一次重大飞跃,都源于对能量利用方式的革新:既追求在单位时间内调用和转化能量的更高效率(功率),也追求能量来源与使用过程的更持久性(可持续性)。从工业 4.0 时代的能源体系、传统—连接和工具机的变化看,现代产业体系的发展正在围绕着智能生产乃至智能流通以及绿色能源体系而展开。绿色生产力强调资源的高效利用和环境的保护,而智能生产力则依赖于信息技术和自动化技术来实现生产过程的优化和管理的智能化。这两者的结合不仅能够提高生产效率,还能减少对自然资源的依赖,降低环境污染。

马克思当时所分析的“发动机—传动机构—工具机”体系的现代形态已发生根本性变化。首先,在能源体系(发动机)层面,绿色化方向实际上是对能量的“使用持久性”原则的体现。传统化石能源体系虽提供了巨大功率,但不可持续且排放高昂。现代产业体系正转向风、光、氢等可再生能源,其本质是构建一个熵增更慢、与环境更和谐的能量基础,确保发展的持久根基。其次,在连接与传动机构层面,智能化是通过信息网络(如工业互联网)和先进算法,实现了对能量转换、能量流动的精确调度。这直接提升了能量的“调用效率”,它将电力、数据、物料在恰当的时间、以最优的路径输送至所需节点,减少了传输与等待过程中的耗散与浪费。最后,在工具机(执行终端)层面,智能化的智能机床、机器人等装备,本身就是高效的“物质—能量”转换器。通过嵌入传感器和自适应控制系统,这些装备能根据实时工况动态调整能耗,以最少的能量完成高精度作业。从这一意义而言,现代产业体系的绿色化与智能化,并不是技术的盲目漂移,而是人类工业文明发展到一定高度之后的必然产物。绿色化和智能化的大范围应用,就会形成融合化,这一变化不仅极大地提高了生产效率,更从根本上降低了对有限自然资源的依赖与对环境容量的压力,标志着人类工业文明在能量利用上正走向一个更高效、更可持续的新阶段。

三、智能化、绿色化、融合化的核心内涵与协同逻辑

(一) 智能化、绿色化、融合化的核心内涵

制造业的机器生产之所以可以实现标准化、规模化和复杂化,是因为机器体系的整齐划一不同于千变万化、各不相同的人手劳动。机器通过“封装”复杂的信息指令,使生产环节具备如果有 A,必然有 B 的确定性。机器体系的高阶化,本质是不断“封装”更为复杂、更为系统的生产指令。在进入自动化阶段之后,人类工业文明又历经了计算机化和互联网化的催化,这使工业 3.0 时代的自动化不仅体现出替代劳动的自动化,而且也已经体现为“机器控制机器”的生产流程优化。

随着人工智能、大数据和云计算等新一代数字技术的发展,工业 4.0 时代的智能化,也超越了“机器控制机器”,已演进为以“机器读取世界、机器生成指令、机器反馈世界”的模式,工具机不仅仅是封装复

杂知识的工具机,也是生产复杂知识的工具机;生成式人工智能能够基于海量数据自主生成技术解决方案,复杂算法模型可对产业链各环节的决策进行动态优化。这种智能化变革不仅带来生产效率的量级提升,更从根本上重塑了产业竞争力和全球价值链的价值分配格局。掌握核心算法、关键技术标准、高端软件等无形资产资产的主体,实际上也是掌握了更为高级的知识型工具机,即便将实体制造环节向外转移,依然能够通过专利授权、版权保护等方式,牢牢掌控产业链的高端环节,主导价值分配和供应链布局。在全球产业分工中,拥有知识型工具机控制权的经济体,能够以更低的资源消耗获取更高回报,这一特征已成为衡量国家产业竞争力的关键。

绿色化的本质是将生产和消费过程中的环境约束转化为经济价值。在传统发展模式,绿色化往往被视为增加成本的额外负担,而绿色化经济,通过“绿色创造效应”与“绿色修复效应”的双重作用,可以实现环境效益与经济效益的统一。绿色创造效应聚焦于培育全新的绿色产业赛道,如,氢能制备、碳捕捉利用与封存、生物制造、智慧储能等新兴领域,成为经济增长的新动力源。这些新兴产业不仅规避了传统产业的高排放路径,更创造了全新的产品与服务需求,推动产业结构向低碳化转型。绿色修复效应则体现在对传统高耗能、高污染产业的技术改造与模式升级,通过新型生产工艺、节能装备的应用,以及资源循环利用体系的构建,让传统产业在降低环境影响的同时,实现生产效率与产品质量的提升。绿色化不再是局限于生产末端的一种治理,而是贯穿生产、流通、消费全链条的系统性变革,是经济活动可持续发展的核心支撑,也是企业参与市场竞争的重要优势来源。尤其是,当工业生产的绿色化、低排放和低废弃的要求成为人类经济生活的共识之后,生产过程和最终产品的绿色化就必然成为一种国际贸易和国际分工的强制性约束,必然深刻体现在现代产业体系的底层逻辑中。

融合化的提出,既有坚实的理论支撑,也深刻契合中国产业发展的现实国情。智能化与绿色化的发展并非孤立存在,它们不仅会催生出新部门、新技术、新行业,更需要向传统非智能、非绿色部门进行深度渗透与改造,这一过程本身就是技术扩散与产业结构重构的必然结果,是融合化必然成为现代产业体系特征的根本原因。技术扩散的历史和理论表明,重大颠覆性技术的价值实现,离不开在全产业范围内的广泛应用,这就要求产业结构重构过程中要打破传统产业边界,实现资源的优化重组。从中国国情来看,作为“世界工厂”,我国拥有门类齐全、体系完整的产业部门,既有技术密集型的高端制造业,也有劳动密集型的传统产业,不同产业的技术水平、发展阶段差异显著。在产业升级与新旧动能转换的关键时期,单纯依靠新兴产业的单兵突进难以实现整体产业水平的跃升,传统产业的智能化、绿色化转型同样是高质量发展的重要支撑。因此,融合化应成为衔接新兴产业与传统产业、推动技术扩散与结构优化的关键路径,这也是中国既有产业体系向智能化、绿色化升级转型的必然现象。

值得一提的是,“融合化”与“一体化”“协同化”等概念存在差异。一体化通常侧重于统一标准、消除隔阂,强调消除壁垒达到一个预设状态;协同化(Synergization)则强调不同主体或要素之间产生增效作用,常指 $1+1>2$ 的效果;而本文所强调的融合化,强调的是技术、产业、要素的深度交叉与边界模糊化,它不仅是智能化与绿色技术的协同效果,更是这种协同在全产业范围内深度渗透、导致产业边界模糊化和资源要素跨界重组(如制造业服务化、数实融合)的结构性变革过程。

从实践形态来看,随着新一代数字技术的发展,融合化的突出表征之一,就是产业、产品的边界模糊化。如制造业服务化、服务业制造化;虚拟产品实体化,实体产品虚拟化,数字产品虚拟化,实体经济数字化等,都是产业、产品边界模糊化的直接体现。从生产和流通的全环节考察,智能化、绿色化的发展,也会使各种行业、产品的生产环节和服务环节发生交叠,而数字化技术的广泛应用,又极大降低了企业间的搜

寻成本、交通成本与管理成本,为多主体、跨领域、跨区域的物质信息流动和资源整合提供了技术支撑。这就必然使现代产业体系呈现出一种多元共生的融合形态:产业内融合体现为单一产业的全链条升级,如汽车产业从传统制造向“电动化+智能化+服务化”的综合形态转型,实现了产品形态、生产模式与商业模式的全面革新;产业间融合表现为不同产业领域的技术交叉与业态创新,如低空经济将航空制造、智能控制、新能源技术、现代服务等多个领域深度整合,形成全新的产业生态;区域间融合则聚焦于打破地理空间限制,通过产业链上下游的协同布局,实现区域比较优势的互补与资源的高效配置,等。

从实现路径来看,在较长一段时间里,中国产业体系的融合化主要通过数字产业化与产业数字化双轮驱动来发展。数字产业化聚焦于数字技术本身的产业化发展,培育壮大人工智能、大数据、云计算等数字产业,不断提升产业结构的高度,强化产业之间的协作效率;产业数字化则侧重于数字技术向传统产业的渗透融合,通过要素融合、技术融合、流程融合,推动农业、工业、服务业的转型升级,最终形成“数实融合”的新型产业形态。这种融合化进程,既让新兴技术找到了广阔的应用场景,也让传统产业获得了转型升级的强大动力,成为推动产业体系整体跃升的核心纽带。

(二) 智能化、绿色化、融合化的协同逻辑

智能化为绿色化提供关键技术赋能,是绿色化规模化实现的重要支撑。绿色化目标的达成,离不开精准的资源调控、高效的流程优化与透明的监管体系,而这些都需要智能化技术的深度介入。也正因如此,国际能源署(IEA)2025年4月11日发布的《能源和人工智能:世界能源展望特别报告》特别指出,负担得起、可靠和可持续的电力供应将是人工智能发展的关键决定因素^[12]。在能源领域,智能电网能够根据清洁能源的发电波动与终端用户的负荷变化进行动态匹配,有效解决风能、太阳能等可再生能源的间歇性、不稳定性问题,显著提升清洁能源的消纳效率,为能源结构转型提供保障。在工业生产领域,工业互联网平台能够实时采集生产过程中的能耗、排放数据,通过算法模型进行精准分析与优化调度,帮助企业识别节能潜力,优化生产流程,在不影响生产效率的前提下降低环境影响。提高物质利用率。在资源循环领域,区块链技术凭借其不可篡改、可追溯的特性,能够构建起资源回收利用的全流程追溯体系,确保各类废弃物的规范回收、高效处理与循环利用,为循环经济体系的构建提供信任支撑。因此,缺乏智能化技术在数据采集、分析决策、流程调控等方面的精准赋能,绿色化转型将难以突破“成本高、效率低、监管难”的瓶颈,难以实现规模化、可持续推进。

绿色化为智能化设定合理发展边界,引导智能化向可持续方向演进。智能化的发展离不开算力、算法、数据等核心要素的支撑,其中高算力需求带来的能源消耗问题日益突出。大规模数据中心、人工智能模型训练等环节需要消耗大量电力,若缺乏有效的约束机制,将加剧能源短缺压力,与绿色经济的低碳发展趋势相悖。这就要求智能化发展必须以绿色化为前提,在追求技术进步的同时,兼顾环境可持续性。一方面,需要大力发展低能耗硬件技术,推动服务器、芯片等核心硬件向节能化方向迭代,通过材料创新、结构优化等方式降低单位算力的能耗;另一方面,需要优化算力资源的空间布局与调度机制,结合不同区域的能源禀赋差异,引导高算力需求向清洁能源富集地区集聚,实现算力与能源的高效匹配。绿色化通过设定“碳约束”“能耗约束”等刚性指标,倒逼智能化技术在研发、应用、推广的全流程中融入低碳理念,避免陷入“技术进步带来能源消耗同步增长”的杰文斯悖论^[13],确保智能化发展与可持续发展目标相一致。

融合化可以为智能化与绿色化提供落地载体,是二者协同效应充分释放的关键路径。智能化与绿色

化的技术创新本身具有一定的抽象性,若脱离具体的产业场景,难以转化为实际的经济价值与社会价值。融合化通过打破产业边界、场景壁垒与区域限制,为智能化与绿色化的协同应用搭建了广阔平台,让技术创新能够在具体场景中落地生根、发挥实效。例如:在农业领域,融合物联网技术(智能化)与生态种植技术(绿色化)形成的数字农业,通过智能灌溉系统根据土壤墒情、作物需水规律精准供水,利用智能监测设备实时掌握病虫害情况并进行精准防治,既提升了农业生产的效率与质量,又减少了水资源浪费与农药化肥的过量使用,实现了农业生产的降本增效、生态保护和农产品的绿色化。在交通领域,自动驾驶技术(智能化)与新能源技术(绿色化)的融合催生了智能网联汽车这一新型业态,车辆通过感知设备与算法模型实现自主安全行驶,以电力、氢能等清洁能源替代传统石化能源,减少了交通运输领域的碳排放。同时,智能网联汽车与城市交通系统的进一步融合,还能实现交通流量的动态优化,缓解交通拥堵,提升交通运输的整体效率,等。

从更广泛的产业层面来看,融合化的深入推进,让智能化与绿色化的技术创新能够穿透产业边界,在传统产业与新兴产业中广泛应用。对于传统产业而言,融合化意味着通过数字技术改造生产流程,通过绿色技术优化发展模式,实现从“高耗能、低效率”向“低耗能、高效率”的转型;对于新兴产业而言,融合化意味着获得更多元的应用场景,加速技术成熟与产业化进程,形成新的经济增长点。这种全方位、多层次的融合,让智能化与绿色化可以转化为更大范围的产业实践,推动产业体系向更高质量、更可持续的方向演进。易言之,融合化就是智能化和绿色化不断在应用场景中找到结合点,形成增长点,无论这种应用场景之前是否存在,都能加速智能化和绿色化技术的扩散和对应的产业发展。

中国作为世界工厂,拥有全面而复杂的产业部门,不同产业的技术水平、发展阶段差异较大,而且中国的能源供给尤其是电力供给方面仍然是煤电主导,智能化和绿色化之间的协同难度并不具备天然优势。只有通过智能化、绿色化、融合化的协同推进,以智能化提供技术支撑,以绿色化明确发展方向,以融合化创建更多的需求场景,通过大规模需求滋养、拉动绿色化和智能化发展,才能更好推动传统产业转型升级与新兴产业加速崛起,形成全方位、多层次的产业升级格局。在这一过程中,技术创新的扩散效应与产业结构的重构效应充分释放,不仅能够提升单个产业的竞争力,更能优化整个产业体系的质量与效率,推动中国产业从规模扩张向质量提升转型,从价值链低端向中高端攀升,在全球产业竞争中占据有利地位。

从长期发展来看,智能化、绿色化、融合化的协同逻辑,本质上是技术进步、环境约束与产业发展三者动态平衡的体现。智能化提供了产业升级的技术动力,绿色化设定了产业发展的可持续边界,融合化则构建了三者协同的实现路径,使智能技术与绿色技术在更广泛领域落地。三者相互支撑、相互促进,形成“技术创新—绿色转型—产业融合—再创新”的良性循环,推动产业体系不断向更高层次演进。智能化、绿色化、融合化共同构成现代化产业体系的强力支撑。智能化解决“效率提升”问题,绿色化解决“可持续发展”问题,融合化解决“系统协同”问题。三者相互促进、互为条件,共同推动产业体系从规模扩张向质量效益转型,从要素驱动向创新驱动升级。

四、我国现代化产业体系构建中的主要问题

新中国成立以来,中国产业体系的演进历程可划分为三个主要阶段:

新中国成立至改革开放前这段时间可以视为第一阶段,其主要任务是初步建立了以重工业为核心的独立完整工业体系雏形,为后续发展奠定了必要基础。改革开放至2010年中国成为世界产出第一的制

造大国这段时间可以视为第二阶段,这一时期主要通过承接国际产业转移、发展劳动密集型产业,成功融入全球分工体系,迅速成长为“世界工厂”,但整体处于全球价值链中低端。2010 年至今可以视为第三阶段,总体目标是完成从大到强的转变,是从“有没有”和“多不多”转向“好不好”的阶段。这一阶段,构建现代化产业体系成为推进中国式现代化的关键任务。其核心内涵是摆脱传统路径依赖,推动产业体系向智能化、绿色化、融合化转型。这不仅要求在前沿技术领域实现突破,掌握关键核心技术,更需提升全要素生产率,构建以实体经济为支撑、科技创新为引领、现代金融与人力资源协同发展的先进产业生态,最终实现由全球价值链的参与者向重要驱动者和引领者的转变。

从第三阶段这十余年的发展看,中国现代化产业体系的构建呈现出从规模扩张到质量提升、从要素驱动到创新驱动的转型。一是产业结构的优化升级方面成就显著。基本实现了从以劳动密集型产业为主导向资本与技术密集型产业为主导的跨越。在电子信息、高端装备制造等领域,不仅形成了全球最完整的产业链条,更在 5G 通信、高速铁路等部分细分领域实现了全球并跑甚至领跑。二是科技创新逐步成为产业体系升级的核心引擎。研发经费投入强度(R&D 占 GDP 比重)持续上升,在解决关键核心技术“卡脖子”问题上取得了若干实质性突破。三是产业体系的韧性与安全性得到系统性增强。面对复杂的国际环境和全球产业链重构挑战,中国着力提升了产业链供应链的自主可控能力。尽管取得了巨大的成就,但现代化产业体系的发展进程是一项长期的、复杂的、巨大的系统工程。必须认识到,当前我国在推进现代化产业体系方面还存在若干明显不足:

(一)有形制造升级强与无形知识控制弱并存

智能化的关键特征是工具机的知识化。然而,我国产业体系转型仍面临“重有形设备、轻无形知识”的问题。一方面,工业机器人和智能生产线等有形设备的普及速度较快,如“十四五”以来工业机器人新增装机量占比超全球 50%;另一方面,生成式 AI 算法、核心技术标准、高端工业软件等“知识型工具机”仍高度依赖进口。国外企业垄断高端工业软件市场,国内 CAD、工业控制系统等自主性较弱。这种脱节导致我国产业体系陷入“制造强、控制弱”的困境。

(二)高算力、高能耗、低排放的三角困局

数字时代高度依赖算力,但算力依赖于能源,绿色和智能两者的并行协调发展首先要克服杰文斯悖论。在算力能源的绿色化方面,根据国家互联网信息办公室发布的《数字化绿色化协同转型发展报(2024)》,国家绿色数据中心可再生能源电力平均利用率由 2018 年的 15% 提升到 2024 年的 50% 以上,个别数据中心已实现 100% 清洁能源供电。基站共建共享继续深入推进。截至 2023 年底,我国 5G 基站数量为 337.7 万个,共建共享率超 90%。5G 基站单站址能耗较商用初期降低超 20%^[14]。由于碳达峰、碳中和的时间节点已经确定,随着智能化的深入推进,我国产业体系长期内仍会面临“算力需求激增—总能耗上升—低碳目标约束”的矛盾。据中国信通院测算,2023 年,中国算力中心耗电量约为 1 500 亿千瓦时,同比增长 15.4%,约占全社会用电量的 1.6%。到 2030 年,在高、中、低不同情景预测下,中国算力中心用电预计将分别超过 7 000 亿千瓦时、4 000 亿千瓦时和 3 000 亿千瓦时,占全社会用电量的比例分别为 5.3%、3% 和 2.3%^[12],这一比例占全社会用电量的占比不大,但增速带来的压力,尤其是对能源结构的调整压力亟待应对。这种困局若不破解,将制约智能化与绿色化的协同发展,使现代化产业体系构建陷入智能—绿色的两难。

(三) 融合化发展的制度壁垒与要素约束

融合化作为智能化、绿色化的落地载体,其推进面临多重障碍:从制度层面看,产业间标准不统一、监管体系分割制约融合发展。例如,低空经济涉及航空、交通、通信等多个领域,但目前缺乏统一的低空飞行管理标准,导致无人机物流、eVTOL等应用场景难以规模化;智能网联汽车的道路测试需跨部门审批,不同地区的测试标准不统一,制约了技术推广。从要素层面看,数据、人才等融合要素的流动存在壁垒:数据要素的产权界定、交易规则尚未明确,数据入表、数据资产化进展缓慢,这些制度短板无疑会制约融合的进程。

从主体结构看,我国传统制造业占比仍超过60%,相当一部分当前正处在低利润、高强度的内卷式竞争压力中,部分企业缺乏转型升级的意愿与能力,对智能化、绿色化技术的采纳率较低。新兴产业虽然增速快,但规模较小,以无人飞行器为例,2021—2023年,中国智能无人飞行器制造、服务消费机器人制造领域的行业资产规模尚还在百亿级别,服务消费机器人制造领域就业人员不过万人,且长期处于亏损状态^[15]。难以带动传统产业转型。融合滞后导致智能化与绿色化技术难以渗透到产业深处,现代化产业体系的整体效能难以发挥。

五、使命导向型理论与现代产业体系构建的政策供给

现代产业体系构建的本质是产业发展方向的调整 and 现代产业的孵化培育。由于这一过程的高度复杂性,如技术链长、投资风险高、需长期战略定力,且需要多重政策的有效组合,真正顺应技术革命浪潮,成功实现产业升级的国家并不多见,这也是许多研究将中等收入陷阱归结为中等技术陷阱的原因。如何充分发挥国家作用,成为决定产业体系现代化高级化的关键。从政策实践来看,强调有为政府与有效市场结合是政策供给的基本原则,但如何有为、何谓有为,在政策判断上往往存在模糊地带。

在这一问题上,以马祖卡托等人为代表的使命导向型国家理论与有为政府与有效市场结合这一命题高度契合,并有助于廓清两者结合的边界。使命导向型国家理论的核心在于强调国家在推动突破性创新和应对全球化危机中的核心作用。在马祖卡托等人看来,国家并非仅是市场失灵的修补者,而是通过设定明确目标(如能源转型、气候治理)进行任务导向型投资,引导资源向关键领域集中,弥补私营部门对长期风险的规避。相较于自由市场理论将国家视为被动调节者,使命导向型国家理论赋予国家“第一推动者”的能动角色^[16]。

传统创新政策的理论基础主要是市场失灵理论,仅聚焦研发补贴等修补手段,在引导产业向战略性新兴产业升级方面往往效率不高。使命导向型国家理论则要求通过设定明确目标,推动产业体系从低端制造向高附加值环节跃迁。与此同时,现代产业体系构建往往需跨部门协同,使命型国家理论要求政策以“使命导向型创新系统(MIS)”为框架,整合企业、科研机构与政府,强化技术—产业—制度协同^[17],避免碎片化发展。在使命导向型的目标设定、组织与政策合力下,政策通过“顶层设计—动态评估”机制,确保资源持续投入与里程碑管理,从而可以有效应对产业升级的长期性、复杂性和不确定性^[18],与此同时,由于单一政策工具难以驱动系统变革,使命导向型国家理论强调政策需要融合需求侧与供给侧,契合产业体系对政策协同的内在要求。从实践看,使命导向型政策不仅在创新英国的“知识合作伙伴”计划中起到了很好的效果^[19],也在中国国有企业数字化变革中发挥了显著的推动作用^[20]。简言之,在使命导向型创新国家理论中,政策供给兼具方向引领、风险共担和系统协同功能。

我国已出台一系列支持智能化、绿色化、融合化发展的政策措施,形成了连贯性的政策框架。在智能化领域,先后出台《新一代人工智能发展规划》《“十四五”数字经济发展规划》,并通过专项基金、试点示范、标准制定等方式,推动工业互联网、人工智能、大数据等技术的产业化应用;在绿色化领域,以“双碳”目标为引领,出台了包括《2030年前碳达峰行动方案》《绿色产业指导目录》等一系列政策,构建了涵盖能源、工业、交通等领域的绿色转型政策体系;在融合化领域,发布了《关于加快传统制造业转型升级的指导意见》《促进数字经济和实体经济深度融合的意见》等一系列政策,旨在推动产业间、区域间、技术间的融合发展。这些政策实施以来取得了显著成效,为智能化、绿色化、融合化协同与产业体系升级奠定了基础。但鉴于现代产业体系构建的复杂性和长期性,政策绩效和政策供给仍有待优化和提高。

1. 政策目标碎片化,缺乏系统性使命引领:现有政策多聚焦单一领域,智能化、绿色化、融合化政策各自为战,缺乏统一的战略愿景与协同目标。例如,部分智能化政策侧重效率提升而忽视能耗约束,绿色化政策强调减排却未能与智能化有效衔接,导致高算力与低排放、技术升级与绿色转型的矛盾日益突出,难以形成政策合力。

2. 政府角色定位模糊,企业家型政府职能发挥不足。有效的使命导向创新政策和产业政策都需要政府主动承担风险、引领创新,但我国部分政策仍停留在后期的补贴扶持、市场监管的传统角色,缺乏对关键核心技术的前期的长期布局与风险投资。例如,在高端工业软件、低碳算力技术等“卡脖子”领域,公共资金的早期投入不足,私营部门因风险过高而不敢涉足,技术突破进展缓慢。

3. 多元主体协同不足,价值共创机制缺失。现有政策在有效构建公私部门协同的共生网络方面仍然协同性不足,政府、企业、科研机构之间仍然存在信息壁垒和利益壁垒。企业作为创新主体,与科研机构的技术转化衔接不畅;政府的政策设计与企业的实际需求脱节,导致部分政策难以落地;社会组织参与度低,未能形成协同的合力。

4. 政策工具单一,缺乏动态调整能力。当前政策多依赖财政补贴、税收优惠等传统工具,对政策金融、技术标准、数据共享、风险补偿等创新工具运用不足。同时,政策执行缺乏动态评估与调整机制,难以根据产业发展的新情况、新问题及时优化,政策的灵活性与适应性不足,缺乏应对智能化、绿色化和融合化的动态政策调整能力。

基于使命导向型政策的目标设定原则,结合我国发展阶段,首先对智能化、绿色化和融合化目标进行分解和量化。如,工业互联网平台普及率、核心工业软件国产化率、单位GDP能耗、非化石能源消费占比、数实融合规模占比,等。在政策供给上:

第一,优化主体协同,构建“企业家型政府+多元主体”的协同网络。一要强化企业家型政府职能。国家要统筹跨部门协调,扩大国家创新基金规模,重点投入核心技术研发和绿色低碳技术,承担早期风险,并提供市场应用场景。二要激活企业的创新主体作用。鼓励企业参与目标设定,对参与技术攻关和绿色转型的企业给予税收、融资支持;培育“专精特新”和创新型龙头企业,形成“大企业引领、中小企业协同”的生态。三要发挥科研机构的支撑作用。支持高校、院所与企业共建联合实验室,聚焦关键技术攻关;完善成果转化机制,将转化效率纳入科研评价。

第二,组合创新政策工具,构建系统性的政策支持体系。一是创新金融工具,扩大政策性金融规模,设立绿色智能产业专项贷款,实行优惠利率;推广政府引导基金+社会资本的股权投资模式,重点支持初创期、成长期的创新企业。二是制定智能化、绿色化、融合化的统一技术标准与认证体系,如智能工厂评价标准、绿色产品认证标准、跨产业数据共享标准等;建立标准动态更新机制,适应技术创新与产业发展

需求。三是进一步完善市场激励工具,包括碳市场交易机制完善和覆盖范围的进一步扩大,将融合水平与碳配额分配挂钩;推行绿色采购政策,要求政府部门优先采购智能绿色产品与服务。四是丰富和完善区域协同工具。结合“东数西算”等国家战略,推动区域间智能化、绿色化、融合化资源互补与产业协同。

第三,完善保障机制,确保使命导向型政策的执行。一是建立动态评估机制,组建由政府、专家、企业代表组成的第三方评估机构,对使命推进情况、政策执行效果进行评估。二是优化政策调整机制,根据评估结果与产业发展新动态,及时调整政策目标、政策工具与资源配置,确保政策的灵活性与适应性,建立政策反馈渠道,畅通企业、科研机构等主体的意见表达路径,形成“评估—反馈—调整”的闭环机制。三是强化制度保障,重点推进数据要素市场化改革,明确数据产权界定与交易规则,为融合化发展提供要素支撑。

使命导向型政策为现代产业体系构建提供了全新的理论视角与实践路径。这一政策模式通过公共目的引领、多元主体协同、系统创新驱动,能够有效破解我国现有政策碎片化、协同不足、创新乏力等问题。需要注意的是,使命导向型政策的落地并非一蹴而就,需要长期保持战略定力,平衡好短期成效与长期目标、政府引领与市场活力、局部利益与全局利益的关系。未来还需持续跟踪使命推进过程中的新问题、新挑战,不断优化政策设计,确保现代化产业体系构建行稳致远。

参考文献:

- [1] 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[N].人民日报,2025-10-29(1).
- [2] 江泽民.全面建设小康社会 开创中国特色社会主义事业新局面——在中国共产党第十六次全国代表大会上的报告[J].共产党员,2002(12):2-16.
- [3] 中共中央关于进一步全面深化改革、推进中国式现代化的决定[R].北京:中国共产党第二十届中央委员会第三次全体会议,2024.
- [4] 中国共产党第二十届中央委员会第四次全体会议公报[R].北京:中国共产党第二十届中央委员会第四次全体会议,2025.
- [5] PEREZ C. Second Machine Age or Fifth Technological Revolution? Different Interpretations Lead to Different Recommendations: Reflections on Erik Brynjolfsson and Andrew McAfee's book *The Second Machine Age*[EB/OL]. (2014-04-03)[2025-11-13].
- [6] 马克思恩格斯文集:第5卷[M].北京:人民出版社,2009.
- [7] 胡乐明,杨虎涛.产业发展战略选择的内在逻辑——一个连接演进的解析框架[J].经济研究,2022(6):45-63.
- [8] 刘刚.工业发展阶段与新质生产力的生成逻辑[J].马克思主义研究,2023(11):111-125.
- [9] 杨虎涛.数字经济的增长效能与中国经济高质量发展研究[J].中国特色社会主义研究,2020(3):21-32.
- [10] 里夫金 J.第三次工业革命:新经济模式如何改变世界[M].北京:中信出版社,2012.
- [11] 里夫金 J.韧性时代:重新思考人类的发展和进化[M].北京:中信出版社,2022.
- [12] 徐沛宇.中美电力大 PK,谁将占领人工智能先机?[J].财经,2025-05-15.
- [13] 杨虎涛,唐瑜.数字经济时代的杰文斯悖论:人工智能竞争与双碳目标[J].企业经济,2025(7):15-25.
- [14] 苏竣.加快数字化绿色化深度融合推动智能社会高质量发展[EB/OL]. (2024-11-30)[2025-11-13]. https://www.cac.gov.cn/2024-11/30/c_1734685876270207.htm.
- [15] 国家统计局.中国工业统计年鉴 2021-2023[M].北京:中国统计出版社,2021-2023.
- [16] 马祖卡托(Mazzucato).创新型政府:构建公共与私人部门共生共赢关系[M].北京:中信出版社,2019.
- [17] P M H, J M J, H J W, et al. Mission-oriented innovation systems[J]. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 2020,34:76-79.

- [19] 诚然,季宇.超越市场失灵:创新英国与使命导向型创新组织[J].中国科技论坛,2016(4):134-139.
- [20] 戚聿东,杜博,温馨.国有企业数字化战略变革:使命嵌入与模式选择——基于3家中央企业数字化典型实践的案例研究[J].管理世界,2021(11):137-158,10.

Building a Modern Industrial System: Smart-Oriented, Eco-Friendly, and Integrated Development

YANG Hutao^{1,2}, MEI Zheng³

(1. Institute of Economics, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100836, China;

2. School of Economics, University of Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 102488, China;

3. Data Resources Research Department, National Academy of Data Development, Beijing 100037, China)

Abstract: Constructing a modern industrial system requires development to be smarter, more eco-friendly, and more integrated. Addressing the imperatives and interrelationships of these three directions, this paper employs Marx's theory of large-scale machine industry as an analytical framework to explain their developmental necessity and reveal their synergistic logic—where all three mutually reinforce one another, with integration serving as the practical vehicle for implementation. Drawing on mission-oriented state theory, this paper analyzes the core contradictions in China's modern industrial system development, notably the coexistence of “strong tangible manufacturing and weak intangible knowledge control” and the “trilemma of high computing power, high energy consumption, and low emissions”. Building on this foundation and in accordance with the principle of integrating a capable government with an efficient market, this paper proposes a policy support system for developing a modern industrial system under these three orientations. The policy recommendations focus on optimizing collaborative networks between entrepreneurial governments and diverse actors, combining policy tools such as innovation finance and technical standards, and improving safeguard mechanisms including dynamic evaluation and the marketization of data factors.

Keywords: smart-oriented development; eco-friendly transformation; integrated advancement; modern industrial system; new quality productive forces

(责任编辑:杨 睿)