

中国工业母机产业基础能力、国家产业治理结构共同演化与“链创耦合”机理研究

高伟¹, 陈劲²

(1. 中国矿业大学经济管理学院, 江苏 徐州 221116;

2. 清华大学经济管理学院, 北京 100084)

摘要:作为工业母机的中国数控机床产业转型升级摆脱规模经济陷阱,是关乎中国制造业全球竞争力提升的重大问题。以中国数控机床产业竞争力为研究对象,从动态演化理论视角探索数控机床产业基础能力、国家产业治理结构共同演化与“链创耦合”机理。首先分析产业基础能力与国家产业治理结构演化关系,然后总结发达国家经验教训,最后提出中国数控机床产业创新链、产业链双螺旋耦合机理,分析中国数控机床产业创新链、产业链双螺旋耦合演化阶段,产业创新链、产业链双螺旋耦合演化阶段特征,并分阶段提出政策靶点选择。在此基础上,建立产业链、创新链、国家产业治理结构关系框架,重新构想了双链融合高度动态过程,从四个维度构建双螺旋耦合模型,从配对、结合、链接、吸引等方面分析双链耦合作用力。研究成果一方面可以用来研究产业创新和渐进式改进各项要素单独会对企业市场地位产生何种影响,以及各要素结合起来分别会对两类创新产生何种影响;另一方面可以用来探究两类创新各项要素如何耦合形成系统驱动力,识别政策靶点“作用路径”,从而建立中国数控机床产业治理新体系。

关键词:工业母机;产业基础能力;国家产业治理结构;链创耦合

中图分类号:F062.4;F062.9

文献标识码:A

文章编号:1005-0566(2023)12-0001-15

Mechanism research of “industry chain-innovation chain coupling” in the co-evolution of China’s industrial mainframe industry base capability and national industrial governance structure

GAO Wei¹, CHEN Jin²

(1. School of Economics and Management, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China;

2. School of Economics and Management, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: The transformation and upgrading of China’s CNC machine tool industry to break free from the scale economy trap is a significant issue related to the enhancement of China’s manufacturing industry’s international competitiveness. This paper focuses on the competitiveness of China’s CNC machine tool industry and explores the co-evolution of industry base capabilities and national industrial governance structures from the perspective of dynamic evolution theory

收稿日期:2023-10-08 修回日期:2023-10-30

基金项目:国家社会科学基金重点项目(22AJY022);国家自然科学基金委重点项目(72232004);国家自然科学基金面上项目(71774160)。

作者简介:高伟(1974—),男,江苏徐州人,中国矿业大学区域产业协同创新研究中心主任,教授,博士生导师,研究方向为产业组织、区域发展、科技创新政策。通信作者:陈劲。

and the “chain-creation coupling” mechanism. This study first analyzes the relationship between industry base capabilities and the evolution of national industrial governance structures, and then summarizes lessons from developed countries. Based on this, it proposes the mechanism of China’s CNC machine tool industry innovation chain and industry chain double-helix coupling, analyzes the evolution stages of China’s CNC machine tool industry innovation chain and industry chain double-helix coupling, and finally suggests policy target selection in stages. This paper establishes a framework for the relationship between industry chains, innovation chains, and national industrial governance structures, reimagines the highly dynamic process of double-chain integration, and constructs a double-helix coupling model from four dimensions to analyze the coupling forces in terms of pairing, integration, linkage, and attraction. The research results of this paper can be used to study how industrial innovation and incremental improvements of various elements separately affect a company’s market position, as well as how the combination of various elements affects two types of innovation. On the other hand, it can be used to explore how various elements of the two types of innovation couple to form a systemic driving force, identify the “action paths” of policy targets, and thereby establish a new governance system for China’s CNC machine tool industry.

Key words: industrial mother machine; industry base capabilities; national industrial governance structure; industry chain-innovation chain coupling

2023 年 7 月 5 日至 7 日,习近平总书记在江苏考察中指出,当前需要推动数字经济与先进制造业、现代服务业深度融合,全面提升产业基础高级化和产业链现代化水平,加快构建以先进制造业为骨干的现代化产业体系。作为工业母机^①的数控机床产业是设备制造业源头,其精度、效率直接影响机械设备水平,被喻为“制造业皇冠上的明珠”,其技术水平是衡量一国工业发展水平的重要标志。中国是机床生产和消费大国,当前产业链较为完整,在中低端机床产品已经基本实现国产化,但是高档数控机床国产化率仅约 6%,在基础零部件、基础材料、基础工艺和基础技术等方面,以及自动控制和感知硬件、核心软件、工业云和智能服务平台等方面,与德、美、日等国家存在较大差距。

新一轮国际分工将从“效率、利润和全球化”转向“效率与韧性、利润与安全、区域化与逆全球化”,分工协作的全球价值链面临“脱钩断链”威胁,而在这一进程中,工业母机成为制约中国制造业竞争力的重要因素。我们迫切需要了解:面对日益单边化的全球价值链新格局,中国制造业尤其是作为工业母机的数控机床产业国际竞争能力能否持续提升转型升级摆脱规模经济陷阱?产业转型升级的演化机理是什么?演化路径是什么?应该如何针对性制定产业政策?解答这一系列问

题,需要梳理产业基础能力、国家产业治理结构与产业全球竞争力演化关系,总结主要国家数控机床产业国家竞争力演进的经验教训,分析中国数控机床产业竞争力演化机理,从而提出中国制造业竞争力形成可能发展路径,这有助于对中国工业母机产业现状进行明晰定位,找出政策靶点,继而提出针对性具体对策。

明晰国家产业竞争力形成机理是制定产业发展政策基础。关于产业竞争力形成机理研究最早可追溯到技术推动机制模型、综合作用模型、五力模型、资源基础理论、核心竞争力理论、创新理论、社会资本等,这些理论基础为识别和评估产业竞争环境、构建竞争优势研究提供了坚实理论基础^[1]。同时,全球价值链(GVC)也从企业市场地位视角进行了大量研究,认为核心企业主导价值链不平等关系影响产业竞争力,产业架构则从生产结构因素研究竞争力来源^[2]。然而,这些方法并没有深入揭示创新衍生过程^[3-4],且大多研究具有静态特征,停留在量化指标分析层面,没有深入到产业链、创新链、国家产业治理关键要素间动态关系层面,没有回答国家产业竞争力演化的阶段及其结构演化特性和规律,因此无法揭示国家产业竞争力“缘起”到“正果”因缘演变机理,特别是无法对影响产业竞争力关键因素进行动态

^① 工业母机主要是指数控机床,国务院国资委、工业和信息化部等将工业母机作为中央企业产业链共链行动的重点领域。详见相关政府部门网站。

定位。

最新研究将产业竞争力来源从聚焦独立企业转向关注产业生态系统^[5]。文献多从互补性价值视角来分析产业生态系统^[6],认为具有较强创新能力的企业可以颠覆市场竞争态势并取代市场领导者,因此创新型追随企业可以打破产品改进型领导企业垄断地位^[7]。Thompson 等^[8]追踪了西雅图充满活力的社会如何影响创业生态系统出现,通过追踪 4 个层次(dyad、group、organizational、inter-organizational)互动,开发了一个生态系统演进的两阶段模型。以往研究提供了关于以产品为中心的企业如何提升能力适应以创建生态系统的有限洞察力。然而,到目前为止,我们还是对产业链基本能力和产业创新能力间相互关系了解甚少,现有文献将产业链基本能力和产业创新能力分开,忽视了国家产业治理结构如何应对双链相互依赖性,未能妥善将国家治理行为嵌入到产业系统变革过程中^[9]。

产业竞争能力的形成源于各种产业系统支撑,一个国家产业竞争力提升需要对国家产业基本运作模式进行根本性和协调一致的改变^[10-11]。特别是,工业母机业作为设备制造业源头,更需要研究产业系统根本性转变的前提条件、推动机制、可行模式和颠覆性转型路径。然而,除了模拟研究之外,关于政府等管理者如何重新配置活动系统以实现产业系统转向创新生态系统知识有限^[12-13],即使企业认识到需要改变其核心业务,通常也难以找到适当产业活动生态系统重新配置资源^[14]。

与此同时,在产业政策和创新政策领域,越来越多的研究者认识到产业系统转型需要新方法^[15]。在过去的 10 年中,相对侧重于基础科学与应用之间关系的第一代创新政策、侧重于创新速度的第二代政策,第三代政策在特定政策工具^[16]、政策要素、政策过程和政策组合特性^[17]不同治理模式、角色组合以及政策过程和系统变化间反馈环路规定方面取得了稳步进展^[18],强调设计、评估实施适当政策组合,以塑造社会技术系统方向性^[19]。

这些研究给本文带来了启示。政策制定不仅需要考虑产业生态系统互补性如何形成,更要进一步深入揭示产业链与创新链间如何嵌入,而后

者是前者运行的微观基础。然而,迄今为止,文献还没有系统地讨论产业多链嵌入过程的政策干预点这一主题,即产业系统应该如何嵌入国家产业治理机制,实现系统方向性变革^[20]。鉴于政策干预点识别在手段(特定政策工具组合)和总体目标(社会技术系统方向性变化)之间构成了一种中间步骤,这可能是一个潜在的重要疏忽。换句话说,现有文献在相对忽略“机理是什么”“如何做”的情况下,主要集中在“必要性”和“为什么”政策方面^[21]。

基于上述分析,本文以我国数控机床产业为研究对象,从动态演化理论视角探索数控机床产业规模导向和创新导向、产业链关系如何治理以及全球价值链地段锁定如何突破等,以打开产业竞争力演化的“黑箱”。本文具体包括以下 4 个方面:第一,产业基础能力与国家产业治理结构演化关系;第二,数控机床产业基础能力与国家产业治理结构共同演化,以发达国家为例;第三,中国数控机床产业创新链、产业链双螺旋耦合机理;第四,中国数控机床产业创新链、产业链双螺旋耦合演化阶段及政策靶点选择。

本文主要有以下几个方面的贡献:①在理论意义上丰富了产业国际竞争力研究理论内涵,建立了产业链、创新链、国家产业治理结构关系框架,这个框架将创新研究放在产业系统转型和国家产业治理结构变革的最新范式中,考虑到了产业链、创新链和国家产业治理结构相互交织关系。重要的是,演化框架为产业链、创新链、国家产业治理结构关系框架提供了一个元理论平台,加深了对产业生态系统分析,是对产业生态系统中观理论的微观深入探究。本文重新构想了双链融合高度动态过程,对过程中不同阶段和转折以及位于产业链和创新链转型过程之间的变化关系具有重要理论意义。②方法论上,提供了产业竞争力研究方法论体系。产业链、创新链、国家产业治理结构关系具有嵌入性、耦合力、过程动态和阶段性,本文基于创新可能对产业结构产生根本性影响,建立了产业基础能力和国家产业治理结构演化关系;从生态系统嵌入视角,构建了创新链和产业链双链耦合模型;基于产业创新和渐进式改进内涵,从 4 个维度构建双螺旋耦合模型。该方法体

系一方面可以用来研究产业创新和产业链渐进式改进各项要素单独会对企业市场地位产生何种影响,以及各要素结合起来分别会对两类进步产生何种影响;另一方面可以用来探究两类进步各项要素如何耦合形成系统驱动力,推进国家产业如何实现价值链攀升。③在实际意义上,本文将中国数控机床产业创新链、产业链双螺旋耦合分解为技术层面、产品层面、市场层面、政策层面等相互关联过程,这些过程动态分类和规范有助于更全面地理解双链耦合是一个复杂多层次现象,因此可以被看作是双链协同发展理论的重要进展。此外,进一步深入研究“双链链接耦合力”,这一耦合力是由产业创新和渐进式改进要素性质和要素间相互作用所决定的,是基于一些核心概念和机制,包括配对、结合、链接、吸引等耦合作用力。该模型一方面可以用来研究产业创新和渐进式改进各项要素单独会对市场结构产生何种影响,以及各要素结合起来分别会对两类创新产生何种影响;另一方面可以用来探究两类创新各项要素如何耦合形成系统驱动力,识别政策靶点“作用路径”,从而建立中国数控机床产业治理新体系。

一、产业基础能力与国家产业治理结构演化关系

世界各国数控机床产业发展路径迥然各异。有国家是通过数字技术和人工智能赋能产业制造能力,实现颠覆式创新;还有国家是对传统制造工艺不断改进,稳步提升产业竞争力。那么,这些不同类型发展路径将会如何影响数控机床产业地位?分别会有怎样的演化前景?不同发展路径背后所蕴含的内在机理是什么?厘清这些问题是制定我国在数控机床产业发展策略的逻辑依据,然而既有研究对此缺乏理论深度解释^[22]。这使得我国数控机床产业发展中,面临产业政策决策困境,包括数控机床产业规模导向和创新导向、产业链关系如何治理以及全球价值链地段锁定如何突破等。

国家经济体系创新反映了企业间关系质量以及与国内技术基础设施互动,建立并依赖于国内技术能力国家产业基础能力是国家产业实现全球价值链升级关键。产业升级具有动态演化属性,

产业基础能力与国家产业治理结构具有共同演化的逻辑^[23]。基于此,本文明确提出产业基础能力与国家产业治理结构的概念,并进一步认为我国数控机床产业全球价值链地位是产业基础能力与国家产业治理结构共同演化的结果。本文在竞争力要素研究基础上,从产业基础能力和创新能力关键核心要素的关系机理关系视角下展开研究。

(一) 产业基础能力的结构因素

1. 产业链能力

产业链能力涵盖产业链从原材料采购到产品销售和售后服务各个环节,包括供应链效率、成本、可靠性和稳定性,生产技术和质量控制、合作伙伴关系等。波特钻石模型解释了为什么某些国家在特定产业领域具有竞争优势,强调生产要素条件、需求条件、相关与支持产业、企业战略与结构,以及政策对产业竞争力的影响。这一框架基本涵盖了影响一个国家产业竞争力的所有因素,具有开拓性意义。但是显然也存在静态性条件因子和竞争优势等关键概念界定不清晰,存在主观解释竞争优势的缺陷性,更为重要的是用国际市场份额衡量国家产业竞争地位,显然是不符合数字化时代产业特征的。生产要素驱动、投资驱动、创新驱动和财富驱动阶段理论对于产业链能力演化研究具有基础意义,而且我国产业链能力提升政策也具有明显的渐进性^[24]。

2. 国家创新能力

国家创新生态系统包括政府、企业、学术界、研究机构、投资者、创业者、创新孵化器、加速器、社会组织和文化因素等各种主体和要素,行动者、行为、技术或产品、制度和关系(包括互补关系和替代关系)等构成不断演化的集合^[25],系统效力取决于要素之间相互作用和协调,是产业竞争力的关键。当前,数字化丰富了创新生态系统的要素组成,改善了多主体间的协同共生关系与价值共创方式,促使创新生态系统的行为逻辑发生变化^[26],系统内企业、学研机构、政府、社会公众等关联主体以及不同领域创新资源可以借助数字技术实现更加紧密整合。

(二) 国家产业治理结构

国家产业治理结构主要指国家制定和实施有关产业发展的支持、监管、创新、协调等政策,相关

机构平台以及运行机制,涉及政府角色、治理层级、产业类型、政策工具、国际因素等。产业治理涉及制度理论、资源依赖理论、价值链理论、创新体系理论等,这些理论可以在不同情境下相互交织和应用,以往研究过于依赖单一理论模型,而忽视了复杂现实情况和多样性的治理模式,以及针对具体国家或产业的深入案例研究,这可能导致对特定国家或产业的复杂情况缺乏深刻理解。

随着数字化技术快速发展,产业治理领域越来越关注产业治理挑战。张杰^[27]认为需要从一体化、协同化、系统化角度重新设计和组建中国特色新型产业政策体系,以便于消除产业体系之中的核心机制体制性障碍因素,促进全面实施创新驱动发

展战略。国家产业治理主要是涉及如何促进产业成长和激发创新活力。基于此,本文根据最新成果,将治理划分为4个维度:产业规模导向、国家创新能力导向、产业链治理机制、创新链治理机制(见表1)。

(三)产业基础能力与国家产业治理结构的关联演化关系

共同演化视角是一种重要的组织研究框架,用来探索动态视角下组织演化过程与结果。借鉴Lewin等^[28]关于共同演化方法论的阐述,共同演化分析包括四个方面的内容:①多层次嵌入情境;②初始条件;③共同演化机理分析;④演化结果。据此,本文建立产业竞争力结构与国家产业治理结构的共同演化(见图1)。

表1 国家产业治理维度结构与主要内容

维度	定义	具体表现
产业规模导向政策	旨在通过扩大特定产业的规模来促进经济增长和发展	增加产业生产和市场份额,涉及到鼓励大规模生产、降低成本以提高竞争力,并可能通过国际扩张来追求全球市场份额
创新能力导向政策	旨在通过提高创新能力、推动科技研发和加强技术创新	将创新作为发展驱动力,鼓励企业、研究机构和政府部门合作
产业链治理机制	小规模、渐进性提升技术、产品或流程性能、效率和质量	小规模的变化和调整,以微调或优化现有技术或流程,不涉及大规模的技术重建或投资,不会彻底改变产品或流程
创新链治理机制	前所未有技术,改变现有产品或服务性能、成本结构或功能,改变市场格局,创造全新市场机会	降低成本,提高效率,全新市场机会,解决以前未解决问题,更便捷、互动性更强、个性化定制程度更高。供应链变革、新兴企业迅速崛起、新技术生态系统、技术快速演进

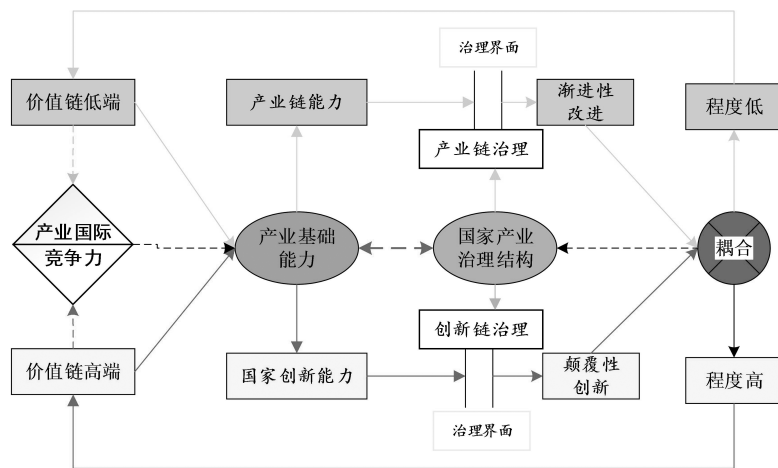


图1 产业基础能力与国家产业治理结构的共同演化分析框架

其核心逻辑为,规模导向下的国家产业治理结构,通过渐进性技术进步获取低成本生产线,并进一步强化产业规模优势。而创新导向下的国家产业治理结构,则通过鼓励研发获取颠覆性技术,进一步强化产业技术领先优势。

1. 产业基础能力、国家产业治理结构与国家产业国际竞争力的关联

从图1可以看出,产业基础能力和国家产业治

理结构相互影响共同塑造国家产业国际竞争力。产业基础能力是产业基础设施、教育体系、科研机构和技术能力等要素的综合体现,国家产业治理结构涉及政策、资金,以及促进跨部门和跨领域的协作,与产业基础能力一起影响产业国际竞争力,其中产业基础能力提高可以增强国家产业竞争力,而产业治理结构有效性和透明度可以提高国家国际声誉和吸引力,有效的国家产业治理结构

可以支持和促进基础能力的发展,从而推动产业的创新、增长和可持续发展。因此,产业基础能力和国家产业治理结构之间相互关联,共同塑造国家产业发展和经济竞争力。

2. 创新链治理与产业链治理的耦合程度与国家产业全球价值链地位

从国家产业基础能力对国际产业竞争力结果的影响和功效角度看,具有规模主导和创新主导两种类型。规模导向的产业基础,可能会造成过度依赖某一产业导致市场饱和,一旦需求下降,可能会对国家经济造成冲击,同时可能过于专注于现有技术而忽视新技术发展,这可能会影响长期竞争力。创新导向的产业基础,短期内增加企业成本、降低盈利能力、投资回报率低,而长期有助于国家在关键技术领域取得领导地位。在规模主导下,政府更加强调规模导向政策,重点放在降低成本、提高生产效率和扩大市场份额上。在创新主导型下,更加强调创新导向的政策,关注的重点是促进技术创新、研发活动和知识产权保护,虽然规模导向政策存在,但较不突出,重点是确保创新能够为企业带来市场优势。规模导向政策下产业链渐进性改进与创新导向政策下颠覆性创新的耦合程度,决定了国家产业在全球价值链中的地位。产业链基础、国家创新系统在不同水平的组合下,形成国家产业基础能力的不同结构和具体形态。

3. 不同发展阶段的产业政策重点

不同国家政府可能根据其经济状况、产业结构和发展目标采用不同的耦合方式。不同国家政府在产业不同发展阶段采用不同政策重点。在产业发展初期,新兴国家可能更侧重于规模导向政策,以建立产业市场份额和竞争力。随着时间推

移,政府可能逐渐转向创新导向政策,鼓励产业加强研发和创新。重要的是,政府需要在规模导向和创新导向政策间取得平衡,以促进产业的全面发展、竞争力提升和可持续经济增长。

(四)产业基础能力与国家产业治理结构的共同演化

产业链能力与国家创新能力的不同组合,构成区域产业基础能力。政策导向和全球价值链地位的不同组合,构成产业治理结构。区域产业基础能力具有 4 种基础,国家治理结构具有 4 种情景(见图 2)。

共同演化分析正是从产业基础条件与国家产业治理结构静止状态展开。产业基础和国家治理模式情景类型矩阵表明,存在 16 种阶段类型,根据现实情况,本文只研究其中四大类 8 种类型(见表 2)。

1. 基础 1:国家创新能力低、产业链能力低、全球价值链地位低

典型特征是,国家缺乏自主研发能力,依赖于外部技术和知识引进,国家在全球价值链地位较低,通常是在供应链下游环节从事组装或简单加工工作,而且对全球价值链的控制较少。

如果该国采取规模经济导向政策,鼓励扩大生产规模以降低成本并提高生产效率,短期内会促使国家产业链能力得到提升,提高国际市场份额,创造更多就业机会。但长期来看,缺乏创新和技术升级可能使国家难以与技术先进国家竞争,仍然可能受到创新和技术限制。国家会在原产业领域取得一定竞争力,但在高附加值和高技术领域可能仍然落后,而且会造成对低附加值产业和外部技术的依赖。如果其他国家也在追求类似的政策,这可能增加了竞争难度。

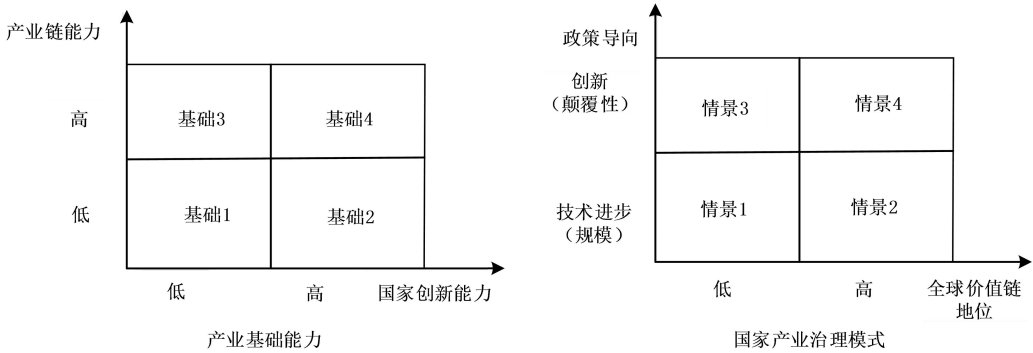


图 2 产业基础能力与国家产业治理结构

表2 产业基础和国家治理模式情景类型矩阵段类型

情景	模式			
	情景1	情景2	情景3	情景4
基础1	创新能力低、产业链能力低、全球价值链地位低;规模经济导向	—	创新能力低、产业链能力低、全球价值链地位低;创新导向	—
基础2	产业链能力低、国家创新能力高、全球价值链地位低;规模经济导向	—	产业链能力低、国家创新能力高、全球价值链地位低;创新经济导向	—
基础3	产业制造能力高、国家创新能力低,产业全球价值链地位低;规模经济导向	—	产业制造能力高、国家创新能力低,产业全球价值链地位低;创新导向	—
基础4	—	产业制造能力高、国家创新能力强、产业价值链地位高;规模经济导向	—	产业制造能力高、国家创新能力强、产业价值链地位高;创新导向

如果该国采取创新导向政策,包括政府支持研究、创新补贴以及鼓励私营部门增加研发投入,国家可以逐渐进入高附加值产业领域,开发新产品和服务,提高竞争力。随着创新能力提高,国家可能在国际市场上获得更有竞争力的地位。这有望在长期内提高国家产业竞争力,逐渐减少对外部技术的依赖。

两种情况相比,短期内,规模经济导向会促使经济快速增长,创新导向会面临投资高、产出低的挑战。然而,长期看,过度依赖规模经济政策可能会限制国家的创新能力和全球竞争力。因此,国家需要逐渐加强创新和技术升级,以确保可持续竞争力。创新导向政策国家产业国际竞争力可能会显著提高,成功的决定因素包括政府的承诺和支持、教育体系的发展、知识产权保护以及市场拓展策略的执行。失败可能出现在政府短期取向、人才流失、知识产权侵权等方面。

2. 基础2:产业链能力低、国家创新能力高、全球价值链地位低

典型特征是,国家在科技研发、知识产权和高技术领域拥有较高创新能力,但是国家产业链能力相对较低,国家在全球价值链中的地位较低,而且对全球价值链的控制较少。国家在科研、技术开发和创新方面表现出色,具有潜力在全球市场上推出新产品或服务,但由于产业链能力低,国内企业可能缺乏生产和交付高质量产品或服务的能力,国家可能依赖进口许多制成品或组件。

如果该国采取规模经济导向政策,可能鼓励企业扩大生产规模,以降低成本并提高生产效率。这可能导致国家的产业链能力得到提升,改善就

业,提高国际市场份额,但仍然面临价格竞争和技术限制。短期内提高了竞争力,长期缺乏特定产业技术创新和技术升级可能使国家在特定产业难以与技术先进国家竞争。政府需要支持国内企业将创新成果应用到产业链中,将创新成果与国际市场需求相结合,与国际合作伙伴建立合作关系,共同开展研发、技术创新和市场拓展。

如果这时候该国采取创新导向政策,加大研发和创新投入,国家可以逐渐进入高附加值的产业领域,在国际市场上获得更有竞争力地位,逐渐实现产业升级,减少对外部技术依赖,吸引更多的国际合作伙伴和客户。但是,创新导向政策通常需要大量的研发和创新投入,需要较长时间来实现成果,需要有足够的耐心等待创新成果的显现。

与采取规模经济导向政策相比,创新导向政策注重将创新成果整合到产业链中,提高技术含量和附加值。成功的创新政策强调技术整合、市场导向和国际合作,以提高产业竞争力。然而,失败可能源自产业链薄弱、市场风险、外部依赖性和政策不协调等多种原因。成功的政策需要长期承诺和协调的努力。

3. 基础3:产业制造能力高、国家创新能力低,产业全球价值链地位低

典型特征是,国家产业可能主要集中在传统制造业领域,但缺乏创新型产业,依赖于引进和采用国外技术而不是自主创新,在生产和制造方面具有较强的能力,但是产业位于全球价值链的低端。

如果这时候国家采取规模经济导向政策,就会促使产业通过扩大产量、提高效率和降低成本,

侧重于低成本竞争以吸引国际客户,尤其是在价格敏感的市场。但是会过度依赖规模经济政策可能导致创新投资不足,长期内无法提高竞争力。低附加值产业可能容易受到价格竞争和市场波动的影响,增加市场风险。缺乏自主创新可能使国内企业陷入技术陷阱,无法跃升到高附加值领域。

如果这时候国家采取创新导向政策,国家可能通过引进新技术、提高产品质量和创新产品设计等方式,逐渐提高产品附加值,与国际合作伙伴合作进行研发和技术创新,以提高技术水平和市场影响力。这一政策导向关键是,需要将创新成果与国际市场需求相结合,确保产品或服务满足客户期望,培养高水平的科学家和工程师,以支持创新活动。

两者不同在于政策目标和战略重点,创新导向政策注重技术创新和市场导向,而规模导向政策注重生产效率和成本竞争力。成功的创新政策需要更多的创新投资和人才培养,而规模导向政策侧重于生产效率提升。

4. 基础 4: 产业制造能力高、国家创新能力强、产业全球价值链地位高

典型特征是,国家在各个产业环节都有较强的能力,包括原材料获取、设计、生产、物流和销售等。在科技研发、知识产权和高技术领域拥有较高的创新能力,能够持续推出新产品和服务。国家在全球价值链中担任关键角色,掌握高附加值环节,对全球价值链的控制较大。

如果这时候国家采取规模导向政策,产业可能通过规模扩大、提高生产效率和降低成本,进一步提高产品竞争力,扩大其在国际市场上的份额。但是过度依赖规模导向政策可能导致创新投资不足,长期内无法提高技术水平。其他国家可能崛起并迅速提高竞争力,对国内产业构成威胁。

如果这时候国家采取创新导向政策,产业将继续投资于研发和技术创新,进一步开拓新市场,与国际合作伙伴合作进行研发、技术创新和市场拓展,以保持技术领先地位。政策关键在于将创新成果与国际市场需求相结合,培养和吸引高水平的科学家、工程师和研发人员,并足够投资于研发和创新活动。

两者的不同在于政策目标和战略重点。规模

导向政策注重成本竞争力,而创新导向政策注重技术和价值创造。成功的规模导向政策需要更多的生产效率提升,而创新导向政策侧重于技术和价值创新。

二、数控机床产业基础能力与国家产业治理结构共同演化实践:发达国家案例

(一) 颠覆技术创新提升产业链能力:美国模式

美国机床产业始于将高速钢技术融入设备制造,加上国防对高精密制造需求,产业逐渐走向全球价值链高端。20 世纪 70 年代,美国强调高精尖技术创新,但是创新链与产业制造衔接不足,逐渐失去全球价值链高端地位。自 21 世纪初开始,美国机床与拥有颠覆性技术的初创企业、研究机构和技术商紧密合作,将 3D 打印、增材制造、大数据分析、AI 和机器学习、虚拟增强现实,以及区块链、可视化和模拟复杂制造技术,嫁接到数控机床产业中,实现了全球数控产业颠覆性变革。

美国模式经验是将颠覆式创新嵌入到产业链制造环节,从商业模式、生产流程和产品设计等方面实现彻底变革,以颠覆现有全球产业链市场结构。这一模式短期内可能会面临一些挑战,但长期来看可能会显著提高国家综合竞争力,其成功条件是政府长期承诺、创新生态系统建设、人才培养和持续技术创新。

(二) 产业制造能力渐进性改进:德国模式

德国数控机床以悠久历史、高质量、高精度、高效率和高可靠性而闻名于世。20 世纪 50 年代到 20 世纪 90 年代,依靠引进美国和日本的先进技术和设备,德国数控机床产业实现从中端向高端突破。到了 21 世纪,产业过于依赖传统机械加工技术,缺乏对新兴技术如 3D 打印、人工智能、大数据、物联网等的开发和应用。

从根本上来说,德国产业能力演化现在是建立在工程师文化与技术传统基础之上的渐进式改进。这体现在机械工程、自动化技术、精密制造等领域拥有卓越的技术实力,注重细节,采用严格的质量控制标准,生产出稳定性、耐用性和精度高的产品。同时,工程师文化在特定领域内实现了专业化,如高速铣削、五轴加工等,但是面对产业数字化时代仍存在落后的风险。

(三)从模仿创新到自主创新:日本模式

日本数控机床始于20世纪50年代从法国和美国引进的通用机床技术、20世纪60年代从美国引进的内置电脑数值控制技术。20世纪70年代到20世纪90年代,引进了高精度运动控制、多轴同步等技术,并实现了技术引进和自主研发结合。自2010年开始,日本数控机床产业实现智能化和数字化,达到可向海外提供技术的阶段。

从根本上来说,日本数控机床体现在技术引进基础之上的自主创新。一方面通过法规鼓励拥有独特技术的小型制造商开发专利技术,另一方面提供充足研发经费鼓励科研机构、零部件、整机和下游汽车产业一体化发展,避免了美国数控机床企业争夺行业标准而导致的内部斗争。日本机床产业在人才培养和零部件制造工艺方面向德国学习,在质量管理和数控机床技术方面向美国学习,通过结合,形成了自己独有的特色,后来者居上。但是在颠覆性技术开发和运用方面却不及美国。

(四)产业链关键环节形成隐形冠军:瑞士模式

瑞士数控机床产业以其高精度、高可靠性、高灵活性和高环保而闻名于世。

瑞士机床产业始于精密机械制造与钟表、珠宝等产业的结合,20世纪70年代开始涉足航空、航天、医疗器械、汽车和电子等多个行业,自2010年以来在高级技术、自动化和智能制造方面取得了进展,Victorinox、ABB等隐形冠军企业不断成长。同时,GF是世界最大精密主轴制造商之一,Ibeg IBAG从事高速电主轴制造和研究已有30多年,MCT是世界领先的PCB钻孔机电主轴制造商等。

总体来看,瑞士数控机床是产业链制造能力渐进式改进为主,这是由瑞士产业生态特征决定的。瑞士高劳动成本迫使企业更注重成本控制,减少了可用于研发资源。瑞士拥有高素质劳动力,但缺乏数控机床产业需要的高度专业化技术人才。创新通常需要跨界合作和知识共享,瑞士企业文化可能较为保守,合作不足,导致了创新机会的浪费。稳定政治和经济环境在某种程度上减少企业创新动力。

(五)产业能力与创新能力的交替提升:发达国家的经验

发达国家经验表明,一个国家要从产业制造

能力低、国家创新能力低、产业全球价值链地位低的状态成长为产业制造能力高、国家创新能力高、产业全球价值链地位高,通常需要经历多个阶段,每个阶段都有决定成败的关键因素。

从“国家创新能力低、产业链能力低、全球价值链地位低”,到“国家创新能力低、产业链能力提升、全球价值链地位低”阶段。在这一阶段,国家需要集中力量改善基础建设和教育体系,以奠定后续发展的基础。需要引进外国技术、设备和管理经验来提高制造水平。培训工程师和技术专家,提高生产技能。改善商业环境,减少官僚主义和贸易壁垒,吸引外国投资和技术合作。

从“国家创新能力低、产业链能力提升、全球价值链地位低”,到“国家创新能力提升、产业链能力高、全球价值链地位低”阶段。在这一阶段,国家应该着眼于提高创新能力,以便自主开发和改进产品和技术。增加国内研发投资,鼓励企业进行创新活动。促进大学、研究机构和企业之间的技术转移和合作。建立有效的知识产权法律和体系,鼓励创新。

从“国家创新能力提升、产业链能力高、全球价值链地位低”,到“国家创新能力高、产业链能力高、全球价值链地位提升”阶段。在这一阶段,国家应该积极参与全球价值链,提高产业的国际竞争力。积极参与国际产业合作和全球价值链,与国际企业建立合作关系。通过签署贸易协定和降低贸易壁垒,扩大出口市场。提高国内企业的品牌知名度和国际市场份额。

持续创新和升级阶段。在这一阶段,国家应该不断创新,不断升级产业,以保持竞争力。这个过程可能需要几十年,取决于国家的资源、政策和执行力。成功的关键因素包括政府支持、教育体系改进、技术引进、创新投资、市场开拓和国际合作。失败的原因可能包括政策不稳定、资源浪费、官僚主义、市场风险和竞争压力。

从根本上来说,发达国家数控机床产业发展的经验和教训,都体现在产业链制造能力提升和国家创新能力提升是否可以协同共进。一方面,在产品设计、制造和质量控制方面保持严格标准,高品质和稳定性赢得市场信任,使产品在全球市

场上有竞争力,重视工程师文化,强调技术人才的培养。另一方面,注重技术创新,不断推陈出新,投入大量资金和资源用于研发。只有两方面结合得好的国家,才能持续占据全球价值链高端地位。

三、中国数控机床产业创新链、产业链双螺旋耦合机理

中国数控机床产业发展经历了技术引进、模仿创新和重点领域示范应用 3 个阶段,已具备生产或销售数控机床的企业超过 2 000 家。但是,国内数控机床企业规模较小,单一企业无法投入大量资本进行技术研发,中国本土企业设立研发机构,在很大程度上体现出的是一种策略性创新行为动机,而非真实性创新行为动机^[29]。

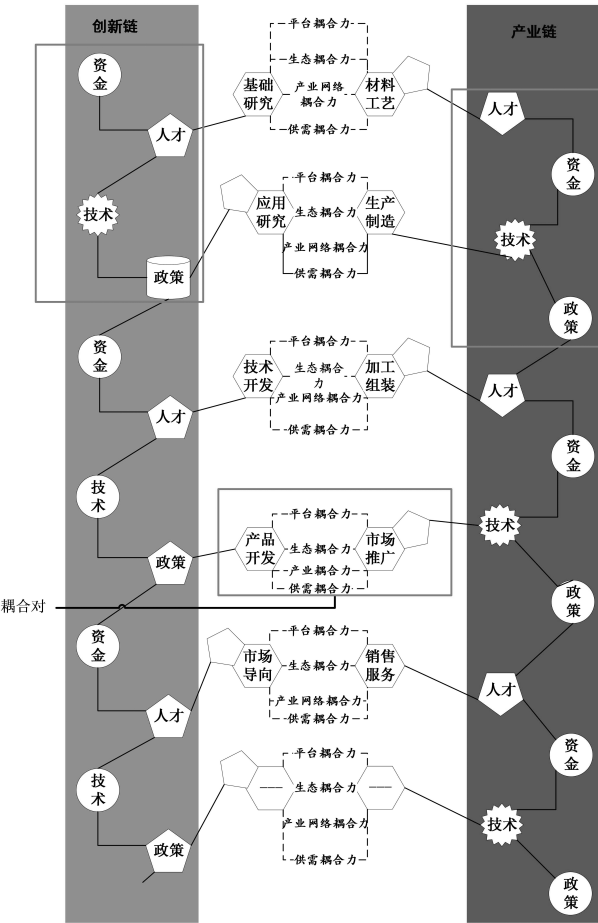
针对中国数控机床产业能力低、国家创新能力低、产业全球价值链地位低等现状,本文认为国家创新能力提升和产业链渐进式改进相结合,才有可能实现中国数控机床产业全球价值链的攀升。产业创新和渐进式改进并不是相互排斥或取代的,而是相互补充或促进的。产业创新可以为渐进式改进提供新的方向和动力,渐进式改进可以为产业创新提供稳定的基础和支撑。产业创新和渐进式改进相结合,可以实现产业发展的持续性和跨越性。这一部分基于产业创新和渐进式改进内涵,从 4 个维度构建双螺旋耦合模型,这一双螺旋结构是由产业创新和渐进式改进要素性质和要素间相互作用所决定的,结构形成是基于一些核心概念和机制,包括配对、结合、链接、吸引等耦合作用力,如图 3 所示。

一方面,该模型可以用来研究产业创新和渐进式改进各项要素单独会对企业市场地位产生何种影响,以及各要素结合起来分别会对两类创新产生何种影响;另一方面,该模型可以用来探究两类创新各项要素如何耦合形成系统驱动力,推进中国数控机床产业未来发展。

(一)研发制造平台耦合力:原创基础理论研究

产业链与创新链就像是 DNA 双螺旋结构,相互依存、彼此融合、共同演进。原创基础理论是产业创新发展动力源,提供产业链价值增值基础,产业链如果缺少原创基础理论支撑,会出现断点、堵

点和短板,不但会阻碍产业链升级,而且会影响国家产业安全和产业链正常运转。同时,产业链是创新链落地生根载体,带动创新成果工程化和落地应用,也会对创新链发展提出新需求,进而推动创新链升级并催生新的创新链。



说明:资金、人才、技术和政策,是创新链和产业链中的关键要素;在创新链中,这 4 个要素体现在基础研究、应用研究、技术开发、产品开发、市场导向研究等环节;在产业链中,这 4 个要素体现在材料工艺、生产制造、加工组装、市场推广和销售服务等环节;创新链和产业链耦合,体现在平台、生态、产业网络和供需等 4 种耦合力作用。

图 3 创新链和产业链耦合结构

规模经济导向下的技术渐进式改进与创新导向下颠覆式创新的双螺旋耦合,体现在创新主体与生产主体的融合、科技创新和产业融合的融合、原始创新与产业化应用的融合。为了实现这一目标,需要设立研发协同平台,形成基础科学家、工程师和制造专家组成的,涉及材料科学、机械工程、电子技术等专业的综合研究团队,共同探索理论和实践之间的联系,促进科学家和工程师之间

的知识共享和技术转移。

数字化发展新形势下,中国数控机床产业发展需要不同于传统治理方式的数字化平台治理机制。一种情况是核心企业构建的数字化平台,这些核心企业将跨区域多种类型的产业主体基于产业链关系链接起来,形成相互依赖、共生共赢,并且具有一定稳定性、独立性的一种组织体系,这使得产业生态治理具有部分“科层”威权治理的特征。另一种情况是范围更大的产学研联盟平台,这类平台通过整合科研、技术及应用三大类主体,整合专业性联盟、产业性联盟和区域性联盟,搭建各类主体间有效沟通平台^[30],打破当前平台功能单一性壁垒,实现专业与产业的深度融合。这两种情况都需要明晰以下3个层面的机理:一是数字化平台层面,如何依靠跨界创业搭建平台,完成价值创造和价值获取,建立起自身竞争优势;二是产业链关系层面,如何依靠数字化平台跨界延伸产业链环节,搭建产业链平台架构,带动产业整体升级,其背后的机理是什么;三是数字化平台培育起产业生态后,如何处理多主体激励相容问题,其中的治理机制与传统市场和科层治理有何区别等。

(二)产业生态耦合力:“核心企业”“隐形冠军”及“独角兽”企业的链接

产业生态系统功能是通过异质性主体来实现的,异质性主体数量越丰富、功能特征值变异系数越大,就越有可能出现颠覆性创新。生态系统耦合是指参与者追求共同或至少兼容的目标,同时分享和交换资源,并参与联合活动。产业生态耦合可以成为现有优势的来源,不仅核心企业与“隐形冠军”“独角兽”企业之间可以实现非通用互补性,“隐形冠军”“独角兽”企业之间也实现互补性。产业生态耦合力可以协调产品创新和生态系统创新来识别这些互补关系,以优化相互依赖关系。

数控机床产业本质是机电一体化产业链,需要机械、材料、电气、软件等多行业发展支持,具有产业链长、技术要求高特点,属于资金技术密集型产业,都需要规模大、实力强、带动作用明显的大企业、大集团,再通过延伸产业链条,发展相关配套产业,才能有效地带动数控机床产业的集聚发展。产业内上下游企业抱团,打造一体化国际竞

争力至关重要,如日本机床数控系统发那科、丝杠导轨 THK、整机制造天田/山崎马扎克/大隈/森精机/兄弟、刀具 OSG 等。在我国,台湾地区机床产业发展优势在于已经形成配套完善、品种齐全的机床零部件(配套件)产业,这些零部件厂商都集中在机床厂周围不到百公里的范围内,部件供应准时、齐全。发达的机床零部件工业和便捷完善的供应链,是台湾地区机床产业优势和骄傲,在获取零部件便捷性上甚至优于日本和德国。云南玉溪数控机床产业园,通过引进中国机械 500 强的正成工集团作为龙头企业,吸引国内外相关配套企业或项目入驻园区,目前已集聚了 80 余家机床制造及关联企业。

中国数控机床产业新发展局面,要有聚焦主营业务、旗舰产品的大企业,这是国家产业系统的基础。如果没有这些核心大企业,就看不到产业发展新机会,缺乏对用户需要产品功能和体验需求。但是传统制造核心企业其在市场结构中的地位,天然会对源自新兴市场破坏性创新自我遮蔽,往往会错过嵌入新兴产业价值链和新兴市场,丧失破坏性创新小机会引发的大市场。因此,中国产业生态系统特别需要大量聚焦于关键零部件的中小型企业,即所谓“隐形冠军”,以及小微型“独角兽”企业,破坏性创新通常出现在这类企业中,这类破坏性创新会带来全新市场、全新价值网和全新制造方式。种类繁多的异质性企业耦合生态,才是原生、颠覆性创新的摇篮。引导中小企业向“专精特新”方向发展和成长,通过税收优惠或金融支持鼓励其深耕核心零部件、材料、元器件、传感器、各类工业软件以及专用数控机床等细分领域,实现差异化发展,提升产业上下游协作配套能力,延长、补齐产业链条。

(三)产业链纵横向网络耦合力:产业链纵向与产业间横向的链接

产业链网络耦合力关键条件是建立链接,培育从下至上关系,从中发展出共享含义和规范,为随后更为结构化的活动和关系奠定基础^[31]。在产业链纵向链接方面,体现在原材料供应链协调,数控机床设计和研发团队建立紧密联系,建立高效的生产流程,实施精益生产和自动化技术,提高生

产效率和质量,建立严格的质量控制体系,确保产品质量达标,减少次品率,协调销售和市场营销团队,根据市场需求调整生产计划,确保产品有市场竞争力。在产业链横向链接方面,体现在跨行业合作,如汽车制造、航空航天等,以拓展市场,推动技术创新,建立创新和研发中心,共同推动技术创新。

德、美、日等数控机床强国发展经验表明,产业链渐进式改进和颠覆式创新相结合是制胜法宝。数控机床属于投资见效慢、长久沉淀的产业,德国、日本从后发到引领,与建立零部件和机床整机唇齿相依关系、下游产业需求拉动产业链纵向网络耦合力有关。尽管美国最早诞生了数控机床,但却疏于产业间横向链接,没有及时将体现国家创新能力的计算机技术嵌入数控产业链,结果到 20 世纪 80 年代后美国龙头地位被德国及日本取代。

数字化新形势下,中国需要发挥数字化虚拟空间的顶层系统设计作用,整合区域产业链资源,进行系统优化和协同创新。在区域产业基础异质性基础上,注重新兴企业衍生、成长、升级和创新,通过产业链、价值链、创新链和人才链等螺旋发展所形成的关联,从局部空间“点一线一面”不断拓展到重大战略布局层面,形成数字化产业链链接网络,形成匹配、耦合和灵活嵌入的数字化跨区域多链融合系统。

(四)需求与供给耦合力:市场吸引

发达国家经验表明,产业链上下游专业化分工至关重要。数控机床核心部件包括主轴、滚珠丝杠、刀具、数控系统等。日本通过吸收引进德国、英国、美国的技术,并在原有基础上不断改进,使得其零部件技术水平有了质的飞跃,涌现出了一大批优秀零部件生产企业,比如 NSK, NTN, BIG, Fanuc 等,分工合作提高了日本数控机床行业的效率,避免了美国数控机床行业由于各厂家都想成为行业标准而引发的内部争斗,从而保存了对外竞争力。

中国拥有新型电力装备、软件和信息服务、物联网、工程机械、新型碳材料、纳米新材料、生物医药和高端医疗器械、高端纺织、海工装备和高技术船舶等先进制造业,对数控机床产业有强大的市

场需求推动作用。制定市场准入政策,采用采购等方式对本国制造商进行持续性创新政策支持^[32],鼓励企业采用新技术和设备,推动数控机床的市场升级。

四、中国数控机床产业创新链、产业链双螺旋耦合演化阶段特征

中国数控机床产业在过去几十年里取得了显著进步,技术创新经历“基础技术积累→基础技术升级→技术集成化→技术生态化”的 4 个主要阶段^[33]。在这一过程中,渐进式改进发挥了重要作用,提升了中低端产品在国内外市场上的竞争力和影响力。当前,中国数控机床产业已经具备了相当的自主研发和创新能力,在国内外市场上具有竞争力。未来,这一演化过程仍然会持续不断,以保持竞争优势并推动产业链更进一步演化(见图 4)。

(一)双螺旋结构初级耦合阶段:产业链能力提升

这一阶段是双螺旋结构耦合系统的起始期,主要是通过建立基本的产业链和创新链,实现颠覆式创新和渐进式改进之间的初步联系和协调。这一阶段主要依靠引进外国技术和设备,进行产品的仿制和组装,主要生产低端、低附加值、低技术含量的产品,无法满足国内高端市场的需求,与国外先进企业存在巨大的竞争差距。关键是国家对数控机床产业的扶持政策,如税收优惠、财政补贴、信贷支持等,但缺乏针对创新能力提升的有效激励机制。

(二)双螺旋结构中级耦合阶段:创新能力提升

这一阶段是产业链创新链耦合系统发展期,数控机床产业开始形成完整的产业链,企业逐渐开始合作,形成一定的技术创新和产业协同效应。需要解决的关键问题是如何加强产业链上下游的协同合作,提高产品性能和质量,减少生产成本,建立技术创新平台,促进企业之间的技术共享和资源整合,产业创新生态系统的整体跃迁与产业链安全层面需要建立健全面向“卡脖子”技术的产业共性技术创新支撑体系^[34],提高创新链对产业链的协同支撑力度,实现颠覆式创新和渐进式改进之间的中级耦合。

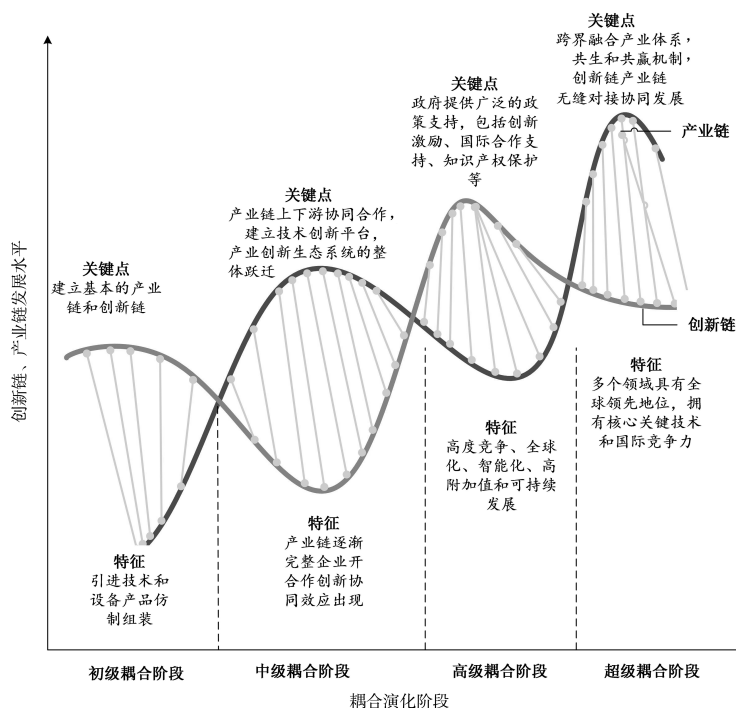


图4 中国数控机床产业创新链、产业链双螺旋耦合的可能演化阶段

(三) 双螺旋结构高级耦合阶段: 产业链创新链耦合

这一阶段是产业链创新链耦合系统的转型期,主要是通过优化产业链和创新链,实现颠覆式创新和渐进式改进之间的全面联系和协同。这一阶段典型特征包括高度竞争、全球化、智能化、高附加值和可持续发展,产业在部分领域具有国际领先地位,拥有自主核心技术和知识产权,其产品线涵盖高附加值、高性能、高精度的数控机床,包括智能制造和高级特种机床。数控机床产品在国际市场上占有一定份额,国际合作伙伴密切,拥有全球化布局。关键是政府提供广泛的政策支持,包括创新激励、国际合作支持、知识产权保护等。

(四) 双螺旋结构超级耦合阶段: 持续提升

这一阶段实现颠覆式创新和渐进式改进的无缝联系和共赢,形成了一些具有颠覆性的创新成果。产业特征是在多个领域具有全球领先地位,拥有核心关键技术和国际竞争力。数控机床产品将高度智能化,包括自动化生产、人工智能应用、大数据分析等。产品将占据全球市场主导地位,国际竞争力强大。这一阶段需要解决的关键问题,是通过跨界融合,拓展产业领域和范围,形成多元化、复合化、综合化的产业体系,形成跨学科、

跨领域、跨行业的技术体系,实现技术的颠覆和超越,构建技术共生和共赢机制,实现技术在产业链中的无缝对接和协同发展,实现技术的共享和共赢。

当前,中国数控机床产业处于创新能力提升的双螺旋结构中级耦合阶段。中国数控机床制造商已经具备了相当的自主研发和创新能力,不仅在国内市场占有重要地位,还在国际市场上竞争激烈。中国数控机床产业在技术、市场和产业链方面都有了显著进步,未来仍然需要不断努力,持续提升创新能力,以维持竞争优势并推动产业链更进一步演化。

五、结论和政策建议

中国数控机床产业创新链产业链双螺旋耦合结构,不同于依赖于“引进—模仿”模式下传统产业创新系统,更需要政府有形之手来引导、支持、规范和约束市场无形之手更好发挥作用,从技术层面、产品层面、市场层面、政策层面等方面进行分析,更加需要基于合作和地点敏感的政策^[35]。

第一,在双螺旋耦合结构初级阶段,典型特征可能包括产业刚刚起步、技术相对滞后、市场需求逐渐增长、政策支持尚不充分等。在初级阶段,中国数控机床产业需要集中力量解决技术、产品、市场和政策层面的问题,以建立稳健的产业基础。

在技术层面,需要克服技术水平相对滞后的问题,推动核心技术的研发和创新,提高数控机床的性能和精度,寻求国际合作和技术引进机会,吸收先进技术和经验,以快速提升产业水平。在产品层面,提高产品质量和可靠性,批量生产和工艺改进。在市场层面,发展国内市场,寻找新的应用领域和行业,满足国内企业对数控机床的需求。在政策层面,制定政策以鼓励技术创新和产业发展,提供研发资金和税收激励,支持企业进行数控机床生产。制定有利于出口的贸易政策,以拓展国际市场份额,寻求国际贸易机会。政府支持和国际合作可能是推动产业发展的关键要素,有助于提高技术水平、降低生产成本、扩大市场份额,并为未来的发展奠定基础。

第二,在中级阶段,政府、企业、研究机构和国际合作伙伴之间的密切协作和创新投入将是取得成功的关键要素。在技术层面,需要解决关键技术难题,涉及新材料、新工艺、新控制算法等方面的研究和创新。在产品层面,定制化、柔性制造、高附加值服务,提升数控机床高精度、高速度、多功能等特点。在市场层面,开拓新兴市场、增强品牌影响力、提供多元化解决方案,提高国际竞争力。在政策层面,提供更多研发资金、税收政策、知识产权保护等,以鼓励企业进行颠覆性创新。

第三,双螺旋结构高级耦合阶段,政府、企业、研究机构和国际合作伙伴之间的密切协作和创新投入将是取得成功的关键要素。在技术层面,推动前沿颠覆性技术如人工智能、新材料等在数控机床产业中的应用,以提高生产效率、产品质量和智能化水平。进一步提高数控机床的精度、速度和可靠性,以满足高端市场需求,如航空航天和汽车制造。在产品层面,开发高附加值的数控机床产品,包括定制化解决方案、高级自动化系统、智能设备等,集成智能制造系统。在市场层面,加强全球市场拓展,包括进一步开拓新兴市场、提升品牌知名度、建立全球销售网络等。在政策层面,提供更多的创新政策支持,包括研发资金、税收政策、知识产权保护等,促进数控机床产品的国际化。

第四,在超级耦合阶段,中国数控机床产业将面临更高的挑战和机遇。持续的技术创新、高度智能化产品、全球市场领导以及政府的全方位支

持将是实现成功的关键因素。同时,与国际合作伙伴深化合作,实现全球价值链的高度整合也将助力中国数控机床产业的长期发展。在技术层面,深度整合人工智能、大数据、云计算等技术,推动智能制造的深度融合。在产品层面,进一步提供高度智能化、自动化的数控机床产品,提供高度个性化的解决方案,满足复杂生产需求。在市场层面,巩固全球市场领导地位,与全球客户和伙伴建立战略合作关系,共同推动全球价值链。在政策层面,需要提供全面支持的创新政策,包括大规模研发投入、知识产权保护和技术标准制定等。政策组合通过政策战略与政策工具组合发挥驱动作用,政策战略通过明确产业生态系统演进方向、规划演进路线形成颠覆性创新轨迹,政策工具组合则逐层驱动创新生态系统各子系统协同演进,促进产业颠覆性创新全过程实现^[36]。

参考文献:

- [1] KANO L, TSANG E W K, YEUNG H W. Global value chains: a review of the multi-disciplinary literature [J]. *Journal of international business studies*, 2020(51): 577-622.
- [2] JACOBIDES M G, KNUDSEN T, AUGIER M. Benefiting from innovation: value creation, value appropriation and the role of industry architectures [J]. *Research policy*, 2006, 35(8): 1200-1221.
- [3] CHAMINADE C, DE FUENTES C, HARIRCHI G, et al. The geography and structure of global innovation networks: global scope and regional embeddedness [J]. *Handbook on the geographies of innovation*, 2016: 370-381.
- [4] JUROWETZKI R, LEMA R, LUNDVALL B Å. Combining innovation systems and global value chains for development: towards a research agenda [J]. *The european journal of development research*, 2018(30): 364-388.
- [5] STONIG J, SCHMID T, MÜLLER-STEWENS G. From product system to ecosystem: how firms adapt to provide an integrated value proposition [J]. *Strategic management journal*, 2022, 43(9): 1927-1957.
- [6] JACOBIDES M G, CENNAMO C, GAWER A. Towards a theory of ecosystems [J]. *Strategic management journal*, 2018, 39(8): 2255-2276.
- [7] SNIHUR Y, THOMAS L D W, BURGELMAN R A. An ecosystem-level process model of business model disruption: the disruptor's gambit [J]. *Journal of management studies*, 2018, 55(7): 1278-1316.
- [8] THOMPSON T A, PURDY J M, VENTRESCA M J. How

- entrepreneurial ecosystems take form: evidence from social impact initiatives in Seattle [J]. *Strategic entrepreneurship journal*, 2018, 12(1): 96-116.
- [9] BORRÁS S, EDLER J. The roles of the state in the governance of socio-technical systems' transformation [J]. *Research policy*, 2020, 49(5): 103971.
- [10] SCHOT J, KANGER L. Deep transitions: emergence, acceleration, stabilization and directionality [J]. *Research policy*, 2018, 47(6): 1045-1059.
- [11] LUNDVALL B Å, RIKAP C. China's catching-up in artificial intelligence seen as a co-evolution of corporate and national innovation systems [J]. *Research policy*, 2022, 51(1): 104395.
- [12] ALTMAN E J, NAGLE F, TUSHMAN M L. The translucent hand of managed ecosystems: engaging communities for value creation and capture [J]. *Academy of management annals*, 2022, 16(1): 70-101.
- [13] JOSEPH J, GABA V. Organizational structure, information processing, and decision-making: a retrospective and road map for research [J]. *Academy of management annals*, 2020, 14(1): 267-302.
- [14] THOMAS L D W, RITALA P. Ecosystem legitimacy emergence: a collective action view [J]. *Journal of management*, 2022, 48(3): 515-541.
- [15] 黄鲁成, 苗红, 李欣, 等. 使命导向创新政策与中国情景 [J]. *中国软科学*, 2021(1): 44-55.
- [16] KIVIMAA P, VIRKAMÄKI V. Policy mixes, policy interplay and low carbon transitions: the case of passenger transport in Finland [J]. *Environmental policy and governance*, 2014, 24(1): 28-41.
- [17] ROGGE K S, REICHARDT K. Policy mixes for sustainability transitions: an extended concept and framework for analysis [J]. *Research policy*, 2016, 45(8): 1620-1635.
- [18] EDMONDSON D L, KERN F, ROGGE K S. The co-evolution of policy mixes and socio-technical systems: towards a conceptual framework of policy mix feedback in sustainability transitions [J]. *Research policy*, 2019, 48(10): 103555.
- [19] SCHOT J, STEINMUELLER W E. Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change [J]. *Research policy*, 2018, 47(9): 1554-1567.
- [20] MÄKITIE T, HANSON J, STEEN M, et al. Complementarity formation mechanisms in technology value chains [J]. *Research policy*, 2022, 51(7): 104559.
- [21] KANGER L, SOVACOOOL B K, NOORKÖIV M. Six policy intervention points for sustainability transitions: a conceptual framework and a systematic literature review [J]. *Research policy*, 2020, 49(7): 104072.
- [22] GRAEBNER M E, KNOTT A M, LIEBERMAN M B, et al. Empirical inquiry without hypotheses: a question-driven, phenomenon-based approach to strategic management research [J]. *Strategic management journal*, 2023, 44(1): 3-10.
- [23] STURGEON T J. Modular production networks: a new American model of industrial organization [J]. *Industrial and corporate change*, 2002, 11(3): 451-496.
- [24] 林晨, 陈荣杰, 徐向宇. 渐进式市场化改革、产业政策与经济增长: 基于产业链的视角 [J]. *中国工业经济*, 2023(4): 42-59.
- [25] GRANSTRAND O, HOLGERSSON M. Innovation ecosystems: a conceptual review and a new definition [J]. *Technovation*, 2020(90): 102098.
- [26] AGUI A, ROSLI A, CANDI M. Exaptation in a digital innovation ecosystem: the disruptive impacts of 3D printing [J]. *Research policy*, 2020, 49(1): 103833.
- [27] 张杰. 中国全面转向全产业链政策的重大价值、关键内涵与实施途径研究 [J]. *学海*, 2023(1): 82-93.
- [28] LEWIN A Y, VOLBERDA H W. Prolegomena on coevolution: a framework for research on strategy and new organizational forms [J]. *Organization science*, 1999, 10(5): 519-534.
- [29] 张杰, 陈容, 郑姣姣. 策略性创新抑或真实性创新: 来自中国企业设立研发机构的证据 [J]. *经济管理*, 2022, 44(3): 5-23.
- [30] 郑江淮, 师磊. 本地化创新能力、区域创新高地与产业地理梯度演化路径 [J]. *中国工业经济*, 2023(5): 43-60.
- [31] 武建龙, 鲍萌萌, 陈劲, 等. 产业联盟创新生态系统升级路径研究 [J]. *科研管理*, 2022, 43(9): 20-31.
- [32] 寇宗来, 孙瑞. 技术断供与自主创新激励: 纵向结构的视角 [J]. *经济研究*, 2023, 58(2): 57-73.
- [33] 贺远琼, 刘路明, 田志龙, 等. “政产学研”如何驱动“卡脖子”技术的双核创新: 基于华中数控的纵向案例研究 [J/OL]. *南开管理评论*: 1-38 [2023-11-05]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/12.1288.f.20220909.1130.004.html>.
- [34] 陈劲, 阳镇. 新发展格局下的产业技术政策: 理论逻辑、突出问题与优化 [J]. *经济学家*, 2021(2): 33-42.
- [35] HERVÁS-OLIVER J L, PARRILLI M D, RODRÍGUEZ-POSE A, et al. The drivers of SME innovation in the regions of the EU [J]. *Research policy*, 2021, 50(9): 104316.
- [36] 武建龙, 鲍萌萌, 杨仲基. 新兴产业颠覆性创新政策组合作用机制研究: 基于创新生态系统视角 [J]. *中国软科学*, 2023(7): 44-55.

(本文责编: 润泽)