

装备制造业“双链”融合度的测度与评价

高琪诺

河北工程大学管理工程与商学院 河北省邯郸市 056038

摘要: 为了促进装备制造产业发展、实现持续创新,基于装备制造业产业链与创新链之间多节点联系和复杂网络结构,构建了包含4个一级指标和11个二级指标的“双链”融合度评价指标体系,并利用复合系统协同度模型测度了2015-2024年河北省“双链”融合度。结果显示:从总体上看,河北省“双链”融合度呈现出逐年上升的趋势,但仍相对较低;指标体系中R&D经费投入强度、专有权成交额、市场融合能力是“双链”融合度低的影响因素。因此,河北省装备制造业“双链”融合度的提升可从加强创新链引领性、注重产业链支撑性、整合资源优势多样性三个方面着手,提出促进河北省装备制造业“双链”融合发展的对策建议。

关键词: 装备制造业;“双链”融合度;复合系统协同度模型

1. 引言

在经济全球化、技术创新全球化、产业竞争国际化的时代背景下,以产业链为纽带、以创新为核心的产业链与创新链的融合成为企业实现可持续发展的必然选择。为此,我国政府相继出台了《中国制造2025》等一系列政策文件,不断推动装备制造业的发展。随着学者们对产业链、创新链、供应链等“单链”以及“双链”的研究逐步深入,相关理论逐渐形成体系且原理也日渐丰富。在“单链”的研究中,对产业链的研究主要集中在概念^[1]、结构类型^[2]、运行与治理机制^[3]等方面,对创新链的研究主要在概念与维度划分^[4]、链条模式与结构^[5]等方面。在“双链”的研究中,学者们主要集中在双链融合的理论机制^[6]、实践路径^[7-8]和实证分析^[9-10]等方面:产业链与创新链融合发展过程中需要创新链对产业链提供支撑和引导作用^[6],在此过程中不能缺少的是从国家战略、骨干企业、体制机制改革等方面进行的路径探索^[7],基于此来强化顶层设计、推动政产学研协同创新、构建创新资源共享机制^[8],能够为均衡地分配人才、资本、技术等要素提供坚实的基础^[9],提升资源要素的整合能力^[10],从而实现“双链”深度融合。综上所述,本文在研读“双链”融合相关文献的基础上,分析“双链”融合的机理,构建“双链”融合度模型并设计评价指标体系,运用复合系统协同度模型测量河北省“双链”融合度,以期对该地区装备制造业及相关企业的合作发展提供参考。

2. “双链”融合度模型构建及评价指标体系设计

河北省“双链”融合度测度属于区域指标的测算,综合已有的“双链”融合度测度方法,并结合河北省的发展特点,本文将“双链”融合看作一个复杂网状结构,并选取复合系统协同度模型来测度河北省地区“双链”融合度。

2.1 模型构建

本研究中,所建立的“双链”复合系统包含两个子系统 $\{S_1, S_2\}$,其中 S_1 和 S_2 分别是产业链和创新链。在子系统中包含着 n 个序参量,可以表示为 $e_j = (e_{j1}, e_{j2}, \dots, e_{jn})$, $j=1, 2$, $n \geq 2$,序参量分量 $e_{ji} \in [\beta_{ji}, \alpha_{ji}]$,其中 β_{ji} 为 e_{ji} 的下限, α_{ji} 为 e_{ji} 的上限。

复合系统有序度的测算过程中包括三部分测算,首先是序参量有序度的测算,用 $\mu_j(e_{ji})$ 来表示序参量分量的有序度:

$$\mu_{ji}(e_{ji}) = \begin{cases} \frac{e_{ji} - \beta_{ji}}{\alpha_{ji} - \beta_{ji}}, i \in [1, l] \\ \frac{\alpha_{ji} - e_{ji}}{\alpha_{ji} - \beta_{ji}}, i \in [l+1, n] \end{cases} \quad (1)$$

在上式中假设:序参量分量 $e_{j1}, e_{j2}, \dots, e_{jl}$ 与其序参量有序度成正比;序参量分量 $e_{j,l+1}, e_{j,l+2}, \dots, e_{jn}$ 与其序参量有序度成反比。

其次,测算各子系统 S_j 有序度。本文采用线性加权法进行计算,各子系统 S_j 的有序度测算公式为:

$$\mu_{ji}(e_{ji}) = \prod_{i=1}^n \lambda_i \mu_i(e_{ji}), \lambda_i \geq 0, \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \quad (2)$$

此公式中 $\mu_i(e_{ji}) \in [0, 1]$, 该值越大则说明序参量分量对 $\mu_i(e_{ji})$ 的贡献越大。

最后, 测算“双链”复合系统有序度。设初始时刻 t^0 及复合系统发展演变过程中的时刻 t_j 所对应的子系统有序度分别为 $\mu_j^0(e_j)$ 和 $\mu_j^1(e_j)$, 则“双链”复合系统协同度的测算公式为:

$$SSD = \theta \sqrt{\sum_{j=1}^2 |\mu_j^1(e_j) - \mu_j^0(e_j)|} \quad (3)$$

其中 $\theta = \frac{\min_j [\mu_j^1(e_j) - \mu_j^0(e_j)]}{|\min_j [\mu_j^1(e_j) - \mu_j^0(e_j)]|}, j = 1, 2, 3$, 此时若 SSD 数值

越接近 1 则协同度越高; 越接近 -1 则协同度越小。

2.2 指标体系设计

装备制造业是集研发、生产、营销为一体的综合性产业, 其涉及范围较广。因此, 本文首先基于产业融合力与发

展力两个角度来构建产业链的评价指标体系; 其次, 对于创新链主要是将其所包含的环节分为两阶段: 投入阶段和成果转化阶段, 本文用 R&D 经费投入强度、发明专利申请数等四个指标来衡量研发投入与产出的衡量指标; 用新产品销售收入、专有权成交额等三个指标来作为创新链成果转化效率的衡量指标。基于此, 本文选取 4 个一级指标和 11 个二级指标作为“双链”融合度测度的指标体系, 如表 1 所示。

3. 实证分析

3.1 数据处理

本文研究数据中, 数据来源于《中国科技统计年鉴》、《全国技术市场统计年度报告》、国家统计局以及科技部的相关公开数据。对以上原始数据进行处理, 最终获得了“双链”评价指标体系 11 个序参量 2015-2024 年的数据, 并运用熵权法计算各指标所占权重, 如表 1 所示。经标准化处理后, 按照相邻基期和相同基期分别计算出“双链”融合度, 结果见表 2。

表 1 装备制造业“双链”融合度各指标权重

总系统	子系统	一级指标	二级指标	序参量	指标权重
装备制造业“双链”复合系统	产业链 S1	融合力	技术融合能力	e11	0.063
			市场融合能力	e12	0.066
		发展力	装备制造企业数量 / 个	e13	0.025
			装备制造业营业收入 / 亿元	e14	0.057
	创新链 S2	投入阶段	R&D 经费投入强度 / 亿元	e21	0.229
			发明专利申请数 / 件	e22	0.037
			科研机构数 / 家	e23	0.033
		转化阶段	研发人员数 / 规上总研发人员数 / %	e24	0.045
			新产品销售收入 / 亿元	e25	0.036
			新产品销售收入 / 装备制造业主营业务收入 / %	e26	0.031
			专有权成交额 / 万元	e27	0.085

表 2 “双链”相同基期及相邻基期融合度

年份	子系统有序度		相同基期“双链”融合度	相邻基期“双链”融合度
	S1	S2		
2015	0.0194	0.0000	0.0719	null
2016	0.0378	0.2796	0.0674	0.0719
2017	0.0685	0.0924	0.0566	-0.0758
2018	0.0475	0.1139	0.0742	-0.0213
2019	0.0564	0.1486	0.1327	0.0176
2020	0.1234	0.1693	0.1351	0.0372
2021	0.1075	0.2072	0.1419	-0.0245
2022	0.1170	0.2063	0.2875	-0.0029
2023	0.1622	0.2357	0.1835	0.0365
2024	0.2121	0.2785	0.2317	0.0462

3.2 实证结果分析

就产业链、创新链的“单链”有序度而言，总体呈上升趋势。其中，在产业链有序度总体上升的过程中存在小幅度波动，呈现出不稳定增长的状况，究其原因可能是河北省装备制造产业群不断扩大和产业间融合发展的结果；创新链有序度总体呈上升趋势，在2015–2016年有序度升至近十年来的峰值，而在2016–2017年出现大幅回落现象，但仍然高于本研究所涉及的最初时间点（2015年）的数值，其主要原因可能是2016年R&D经费投入增长过快；2017年后创新链有序度逐年平稳增长，说明河北省装备制造业历年来的创新投入与产出呈现出逐年增加的现象。

产业链与创新链之间的复合系统协同度采用两种方法计算：相邻基期系统协同度和相同基期系统协同度。本文的基期时刻为2015年，首先从相同基期系统融合度来看，其变化趋势明显大于相邻基期的“双链”融合度，整体数值均为正且呈现出上升的趋势，虽然在上升过程中部分年份的测算结果存在波动，但其整体趋势仍然能说明近年来“双链”融合度整体向好发展；其次，从相邻基期系统融合度来看，“双链”的融合度在2017年大幅下降，而在未来三年又呈现出增长趋势；随后再次出现下降及回升现象；整体来看有五年为正值五年为负值，说明其融合度并不理想，仍需改善。

从以上分析结果可以看出，装备制造业产业链与创新链的融合度虽有向好发展的趋势，但仍然不稳定、不理想，究其原因可能在于子系统有序度的波动，因此需要重点完善双链的相互支撑作用。此外，仍可以发现“双链”融合在一定程度上依赖于创新链的推动作用，因此应当充分发挥创新链上各主体及要素对装备制造业“双链”融合的引领作用，推动产业链向上下游延伸，从而形成科技创新促进产业发展的良好局面。

4. 结论与建议

本文以河北省装备制造业为研究对象，采用复合系统协同度模型对其“双链”的融合度进行了实证分析。研究发现，河北省装备制造业“双链”融合度较低，仍然存在许多不足之处，主要原因可能是受到“双链”子系统有序度变化幅度和序参量变化的影响。因此，为促进河北省装备制造业“双链”有效融合，本文提出以下建议：

4.1 加强创新链引领性，促进“双链”融合度提升

基础研究是创新的起点，应用研究是关键环节，产业

化则是成果转化和规模化生产。重视创新链的系统性和全面性建设，明确各环节的相互影响和网络关系，区分不同层次和内容的创新作用，以强化创新体系；加强基础研究到应用研究的过程，完善创新系统的目标导向和协同发展，提升创新链效率；推动创新链延伸，提高科技成果产业化和转化效率，促进创新链与产业链的融合。

4.2 注重产业链支撑性，强化“双链”融合能力

产业链是推动产业发展的关键，需强化其技术创新、市场融合和核心竞争力。应深入分析装备制造产业链各环节，优化结构，为各攻关环节定制发展策略；同时，关注产业链技术的关联与融合，促进各环节有效衔接，提升资源配置效率和产业发展，增强产业链与供应链的融合。

4.3 整合资源优势多样性，构建“双链”融合体系

资源优势的获取对链条中多个环节的融合效应至关重要，提高资源流动性，减少错配，为“双链”融合发展打下坚实基础。完善专业人才选拔方案，确保精准引才；合理分配R&D经费，增强基础研究支持；引导创新资源服务于产业链，构建新型分工体系，建设企业科技研发机构；强化企业与高校、科研院所合作，实现创新要素合理分配，形成“双链”资源互补体系。

参考文献：

- [1] 王兴荣. 产业链下游企业转型升级影响因素研究——基于不同最终产品市场的视角[J]. 中国管理科学, 2021, 29(03): 71–79.
- [2] 刘明宇, 翁瑾. 产业链的分工结构及其知识整合路径[J]. 科学学与科学技术管理, 2007, 29(07): 92–96.
- [3] 李春发, 李冬冬, 周驰. 数字经济驱动制造业转型升级的作用机理——基于产业链视角的分析[J]. 商业研究, 2020, (02): 73–82.
- [4] 王超, 武华维, 赵燕清等. 基于创新全过程的知识内容扩散强度分析模型研究[J]. 情报理论与实践, 2018, 41(10): 137–142+65.
- [5] 郭栋, 曲冠楠. 面向高水平科技自立自强的新型研发机构布局模式研究——基于创新链管理的视角[J]. 科学学与科学技术管理, 2023, 44(07): 21–32.
- [6] 高洪玮. 推动产业链创新链融合发展：理论内涵、现实进展与对策建议[J]. 当代经济管理, 2022, 44(05): 73–80.

- [7] 孙琴,刘戒骄,胡贝贝.中国集成电路产业链与创新链融合发展研究[J].科学学研究,2023,41(07):1223-1233+1281.
- [8] 刘婧玥,吴维旭.产业政策视角下创新链产业链融合发展路径和机制研究:以深圳市为例[J].科技管理研究,2022,42(15):106-114.
- [9] 王荣.基于要素视角的产业链与创新链耦合发展研究[J].管理现代化,2021,41(6):12-14.
- [10] 李晓锋.“四链”融合提升创新生态系统能级的理论研究[J].科研管理,2018,39(9):113-120.