产业智库

基于四链融合的辽宁装备制造业向上突破路径

宋 谦，崔瑞芸

（沈阳工业大学管理学院，沈阳 110870）

摘要：为探究辽宁装备制造业向上突破路径，基于四链融合视角，构建“要素耦合-系统协同-生态化”三阶段演进机理与综合评价体系，运用熵权TOPSIS(逼近理想解排序)法对2016—2023年数据进行测度。结果显示：辽宁装备制造业四链融合水平波动上升，目前处于由要素耦合向系统协同过渡阶段；创新链发展迅速，产业链与资金链协同改善，人才链滞后成为关键短板。由此提出以“强研发、优产业、活金融、聚人才”为核心的突破路径，以推动辽宁装备制造业实现向上突破。

关键词：四链融合；装备制造业；向上突破；辽宁振兴；路径研究

中图分类号：F426.4 **文献标志码：**A **文章编号：**1671－1807(2026)11－0081－08

在新一轮科技革命和产业变革纵深推进的背景下，全球装备制造业竞争格局正在发生深刻重构，智能化、绿色化、服务化成为产业演进的核心方向[1]。作为国家工业体系的脊梁，装备制造业的发展水平直接关系产业链供应链的安全与韧性[2]，更是培育新质生产力、构建现代化产业体系的关键着力点。在此过程中，如何突破传统发展模式的路径依赖，推动产业从低附加值向高附加值、从要素驱动向创新驱动、从链中低端向高端关键环节的根本性转变，实现“向上突破”，已成为中国从制造大国迈向制造强国亟待解决的重大课题。

辽宁作为中国重要的老工业基地和装备制造业集聚区，产业基础雄厚、体系完整，在重型机械、船舶海洋、轨道交通等领域具有重要战略地位。然而，与国内先进制造省份相比，辽宁装备制造业迈向高附加值、创新驱动和产业链高端环节的进程仍面临严峻挑战，产业链价值链处于中低端锁定状态，与高端攀升目标不匹配；关键技术对外依存度较高，创新驱动能力不足；创新成果产业化不畅，价值实现通道受阻；高端人才结构性短缺，智力支撑体系薄弱[3]。上述问题的本质在于支撑装备制造业“向上突破”所需的创新链、产业链、资金链、人才链之间，尚未形成高效协同、闭环增强的驱动机制[4]。

针对四链协同不畅这一制约产业升级的核心问题，现有研究已从多个视角展开探讨。早期研究主要聚焦于各链条内部的优化，如创新链的组织模式[5]、产业链的治理结构[6]等；随后逐渐拓展至两链或三链间的互动关系，对产学研合作[7]、科技金融结合[8]等进行了深入分析。近年来，随着系统性思维的发展，在对装备制造业发展的研究中，“四链融合”作为一个整体性理论框架日益受到重视[9]，为理解产业创新生态系统提供了新的范式[10]。然而，既有研究对区域特殊性的关注不足，尤其针对辽宁这类产业基础雄厚但转型压力突出的老工业基地，如何精准诊断其融合阶段、识别关键障碍，并据此设计契合“向上突破”目标的系统性路径，仍有待深入探索。

基于上述背景与研究缺口，以辽宁装备制造业为研究对象，深入探讨以下核心问题：装备制造业四链融合的作用机理是什么？辽宁装备制造业四链融合的现状如何，存在哪些制约“向上突破”的关键障碍？如何构建一个有效的系统性路径，促进四链深度融合，推动产业“向上突破”，实现从低附加值向高附加值、从要素驱动向创新驱动、从产业链中低端向高端关键环节的实质性攀升？

为回答上述问题，首先构建“要素耦合-系统协同-生态化”三阶段分析框架，以阐释四链融合的演进机理，并为评估融合水平提供阶段性标尺。然后

收稿日期：2026-01-24

基金项目：沈阳市科技创新智库决策课题(KXZK202416)；辽宁省2025年决策咨询和新型智库委托研究课题(20250430)

作者简介：宋谦(1978—)，男，辽宁沈阳人，博士，教授，硕士研究生导师，研究方向为科技创新与科技服务业；崔瑞芸(2001—)，女，山东潍坊人，硕士研究生，研究方向为科技创新与科技服务业。

建立涵盖装备制造业特征和四链的综合评价指标体系，运用熵权逼近理想解排序法（technique for order preference by similarity to ideal solution，TOPSIS）对辽宁装备制造业2016—2023年的数据进行实证测度与短板诊断，并提出促进四链深度融合、推动产业向上突破的系统性路径。通过上述研究，期望能清晰揭示辽宁装备制造业四链融合的阶段特征与关键瓶颈，并形成具有针对性的升级路径，为辽宁及同类地区的产业系统性升级提供理论依据与实践指引。

1 文献综述

目前学者们围绕“四链融合”的理论内涵、测度方法与实践路径展开了持续探索。王海南等[11]指出四链融合的本质是实现知识、技术、资金、人才、政策等多种要素集聚及互联互通。陈敏灵等[9]聚焦装备制造业，将四链融合划分为初融期、整合期、拓展期、成熟期4种模式，并揭示各阶段的核心特征。随着新质生产力理论的提出，学界对四链融合的阐释更加系统化。聂常虹等[12]从复合系统视角出发，将四链融合界定为技术、生产、资本与人力要素的系统性耦合，提出其遵循“创新驱动产业、资本催化创新、人才赋能全局”的互动逻辑，并构建了涵盖创新链、产业链、资金链、人才链的省域融合水平测度体系，指出中国四链融合水平呈现“东高西低”的空间格局，东北地区处于全国中后游位置。

学术界对装备制造业展开了较多研究，国内学者对装备制造业的研究主要集中在装备制造业高质量发展、转型升级、产业融合等方面。孙忠悦[2]系统阐述了数字经济赋能装备制造业高质量发展的作用机制，指出数字经济可以推动装备制造业提高经济效益、提升产业创新能力、助力绿色化转型升级和提升开放水平。操友根等[13]研究发现，外部环境、内部能力、战略与组织均对装备制造业企业升级具有路径影响，并将升级路径划分为内部推动、外部促进、内外部融合3种类型。现有文献从不同视角探讨了装备制造业与相关产业的互动关系。其中李秋香等[14]对生产性服务业与制造业融合发展进行了系统梳理，提炼出政策与制度、技术创新、价值链升级、产业协同4个核心研究视角，并厘清了两业融合发展研究脉络，相关研究已从探讨生产性服务业对制造业的影响，逐步深入到融合机制与实现路径层面。国外学者则主要围绕制造业产业发展的影响因素进行研究。Nkoua等[15]基于政策文本分析和政策评估指数结果，提出了推动国家先进制造业高质量发展的最佳路径。Bai[16]从生产设备升级和生产工艺升级两个维度，探讨了信息技术驱动装备制造业升级的路径机制。Yang等[17]从经济、社会、资源、环境四维目标出发，构建了制造业可持续发展评价指标体系，并测度中国制造业协调发展水平，研究发现耦合度是影响协调发展的关键因素。Bai和Wan[18]在工业4.0浪潮背景下，系统分析了制造业可持续发展的影响因素，研究发现环境因素、投资因素和资源因素对制造业可持续发展具有显著影响。

部分学者开始将四链融合框架应用于装备制造业领域。陈敏灵等[9]对装备制造业“四链融合”机理的系统研究最具代表性，该研究从构成要素、演化过程、反馈机制3个方面进行机理分析，并基于双效测度揭示了装备制造业四链融合的结构性特征，创新链与产业链呈协同改善态势，但资金链与人才链支撑不足，导致融合效果与单链发展水平不匹配。钟俏婷等[19]以广东省海洋工程装备产业为案例，采用专利计量分析与政策文本分析方法，诊断发现该产业存在产业高端技术储备不足、创新合作网络失衡、高层次创新人才缺乏、财政研发资金能效待提升等制约因素，这与四链融合框架中创新链、产业链、资金链、人才链之间的协同要求形成对照，反映出沿海发达地区装备制造业同样面临融合深度不足的结构性问题。

既有研究从不同维度揭示了装备制造业升级的关键影响因素与实现路径，为后续研究提供了重要的理论参照。然而，现有研究视角多聚焦于单一要素或产业链与创新链的“双链”互动，将创新链、产业链、资金链与人才链纳入统一框架进行系统性考察的文献仍较为有限。同时装备制造业领域的四链融合研究仍处于探索阶段，虽有陈敏灵等[9]的开创性探索，但作为全国层面的整体性分析，未能揭示辽宁这一装备制造业大省的特殊矛盾与突破方向，区域异质性关注不足。上述研究缺口，为本文的研究提供了明确的理论切入点与创新空间。

2 辽宁装备制造业发展现状

“十四五”以来，辽宁省装备制造业在宏观政策支持和内生变革驱动下，整体呈现稳中向好、质效双升的积极态势，为老工业基地的全面振兴注入了强劲动能。从核心数据看，产业规模实现稳健扩张，支柱地位更加巩固。根据《辽宁统计年鉴》数据，2020—2024年，高端装备制造业产值从800亿元增长至1 330亿元，累计增幅达66%，年均增速保

持稳健。特别是2023年,全省装备制造业增加值同比增长9.1%,增速显著,2024年其经济占比进一步提升,充分体现了其对区域工业经济的核心拉动作用。

在规模扩张的同时,产业技术创新取得一系列标志性突破,关键领域自主可控能力显著增强。在代表未来方向的航空动力领域,成功自主研制四座氢燃料内燃机飞机验证机并实现首飞,在新能源航空技术前沿占得先机。在奠定工业基础的母机领域,不仅突破了高端主机、数控系统、功能部件等长期受制于人的关键核心技术,沈大工业母机集群更是成功入选国家先进制造业集群[20]。这些成果表明,辽宁装备制造业的创新活动正从渐进式改进转向对产业制高点的战略性突破。

产业集群化发展态势日益凸显,协同创新的产业生态初步成形。全省重点培育的航空装备、工业母机、机器人及智能制造、船舶与海工装备等领域均有突破性进展,构建了"龙头引领、链条协同"的发展格局。重点产业集群建设成效显著,截至2024年底,22个集群集聚规模以上工业企业5 800余家,专精特新"小巨人"企业322家,制造业单项冠军38家,集群营收规模占全省规模以上工业的61%,以链主企业为核心、配套企业为基础、科研机构为支撑的协同创新体系正在加速完善[21]。

产业的数字化转型步伐全面加快,智能制造已成为提质增效的关键路径。2024年底,全省规上工业关键工序数控化率、数字化研发设计工具普及率分别达到64.8%、82.2%,均高于全国平均水平,数字技术在生产与研发环节的渗透率大幅提高。新型基础设施支撑有力,新增省级5G工厂25家、数字化车间和智能工厂212家[22],表明智能制造的新模式正在从标杆示范走向规模化推广,为产业整体能级跃升奠定了坚实的数字化基础。

然而,尽管取得了上述进展,辽宁装备制造业实现根本性"向上突破"仍面临深层次的结构性约束。当前产业形态呈现出"三多三少"特征,与"向上突破"目标不适配,具体表现为传统产品多,高附加值、智能化的高端产品少;单机设备多,具备全球竞争力的成套系统解决方案少;中间制造环节多,掌控价值链核心的前端研发与后端服务环节少。这反映出创新成果向高附加值产业端转化的机制仍不畅通,创新链与产业链之间存在"断点";产业集群的物理集聚效应明显,但基于知识共享与风险共担的深度协同创新网络生态尚未完全形成,制约了产业链的整体攀升能力;数字化转型在"硬件"普及上成效显著,但创新作为核心要素驱动全流程价值再造的"软性"融合机制尚未确立,资金与人才要素的配置也尚未完全适应这一变革趋势。因此,破解辽宁装备制造业发展困局、实现系统性"向上突破",关键在于打破要素间的隔阂,推动创新链、产业链、资金链、人才链从相对独立运行走向深度融合与良性互动,从根本上打通从技术突破到产业价值实现的通道、构建从单点优势到系统优势的路径。

3　装备制造业四链融合机理分析

四链融合并非简单叠加,而是一个动态、非线性、自增强的复杂系统过程[12]。其理论框架可解释为,以产业链向高附加值、高端环节攀升的需求为目标牵引,以创新链的技术突破与知识创造为核心驱动,以资金链的风险共担与精准灌溉为能量保障,以人才链的智力供给与技能支撑为根本基石。装备制造业四链融合作用图如图1所示。

四链融合的作用机理主要体现为两个方面:①目标导向的正向循环。人才链支撑创新链产出高价值成果,资金链催化这些成果在产业链上实现商业化并获取高附加值回报,而产业链的增值收益又能反哺更高水平的人才集聚与创新活动,同时吸引更多耐心资本进入,由此构成一个以"向上突破"为方向的良性增强回路。②基于关键载体的耦合。要素的深度融合往往发生在新型研发机构、产业创新联盟、"揭榜挂帅"项目等具体载体上[23],这些载体为四链围绕特定突破目标进行有效互动提供了组织与制度平台。在融合层次方面,面向"向上突破"的四链融合进程可依据其协同深度与系统复杂性,划分为3个递进式阶段:①要素耦合阶段,主要表现为创新链、产业链、资金链与人才链内部及链间的基础要素集聚与初步关联互动;②系统协同阶段,意味着围绕明确的产业升级场景与突破目标,四链要素开始发生深度交互,系统结构与功能发生优化重组,实现协同创新与价值共创;③生态化阶段,则代表形成了一个具备自组织、自适应与持续进化能力的开放创新生态系统,能够内生地驱动产业向更高层级突破。

4　辽宁装备制造业四链融合的实证测度与分析

4.1　评价体系构建

为科学评估辽宁装备制造业四链融合发展水平,借鉴陈敏灵等[9]提出的四链融合分析框架,构建一套综合评价指标体系,全面涵盖"四链"核心要素

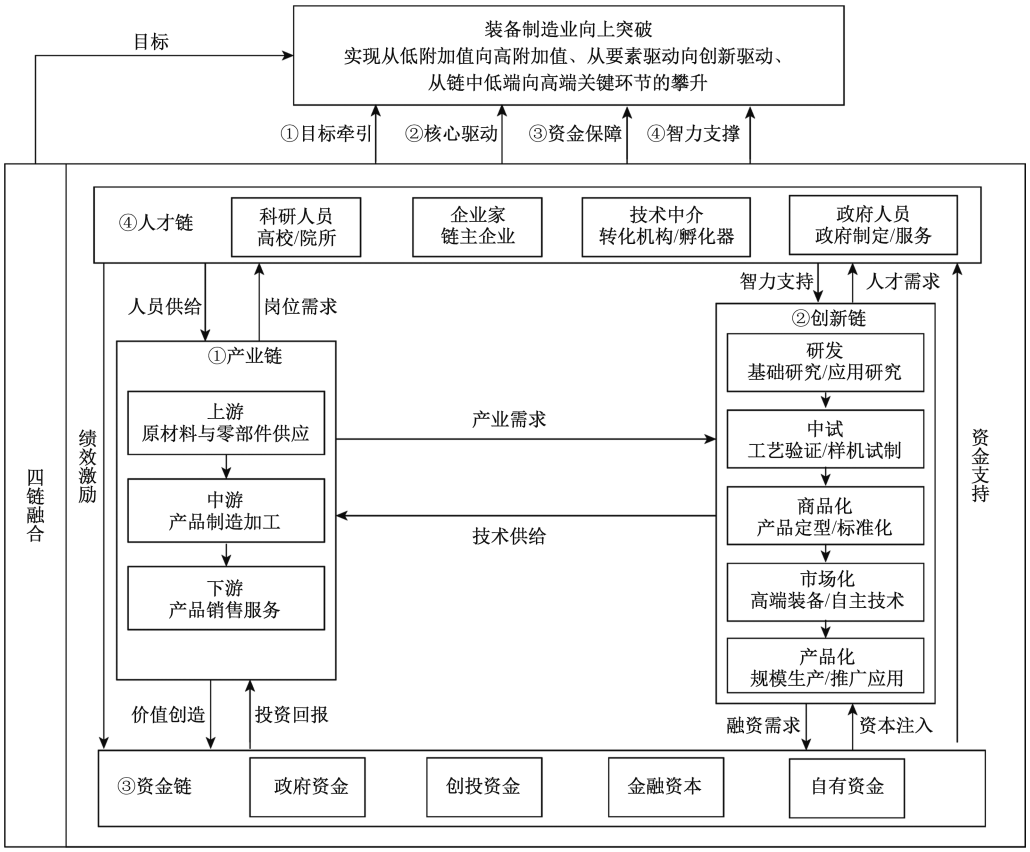


图 1　装备制造业四链融合作用图

及其互动关系，并选取最能反映装备制造业特质的核心指标。本文的样本区间为 2016—2023 年，数据主要来自《中国统计年鉴》《辽宁统计年鉴》《中国科技统计年鉴》等。对于个别年份的缺失数据，采用线性插值法或基于相邻年份增长趋势进行合理估算补齐。

鉴于现行统计体系未直接设立装备制造业统计门类，采用学术研究中通行的“代表性子行业加总估算”法来界定数据范围。参考《国民经济行业分类》及辽宁产业实际，将装备制造业具体界定为 8 个工业大类，包括金属制品业，通用设备制造业，专用设备制造业，汽车制造业，铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造业，电气机械和器材制造业，计算机、通信和其他电子设备制造业，仪器仪表制造业。后续指标数据通过加总上述 8 个子行业在辽宁省的对应统计数据获得，以此作为辽宁装备制造业整体水平的近似估计，并在分析中予以明确说明。基于以上原则与方法构建的评价指标体系见表 1。

表 1　装备制造业四链融合评价指标体系及指标权重

要素	一级指标	二级指标	单位	权重/%
产业链	产业规模	装备制造业营业收入	亿元	6.349
		产业总产值	亿元	4.531
	聚集能力	装备制造业企业数量	个	5.237
		装备制造业就业人数	人	3.535
	产业关联	市场占有率(装备制造业营业收入/制造业总营业收入)	%	8.896
		就业贡献率(装备制造业就业人数/总人数)	%	2.756
创新链	创新投入	R&D 经费支出	亿元	3.815
		专利授权数	件	6.049
	创新产出	R&D 人员折合当时全量	万人年	6.059
		技术市场合同成交金额	亿元	5.902
	创新环境	科学技术支出	亿元	3.085
		科学研究与技术服务业就业人数	人	4.953
资金链	融资能力	资产负债率	%	2.755
	周转能力	流动资产周转率	次/年	3.087
	增值能力	成本费用利润率	%	3.982
		总资产贡献率	%	3.154
人才链	培养能力	教育经费占 GDP 比重	%	4.115
		高等学校专任教师数量	人	5.223
	用人能力	装备制造业从业人员平均工资	元	13.555
		人才密度(装备制造业就业人数/第二产业总人数)	%	2.961

4.2　测度方法与结果

为科学测度辽宁装备制造业四链融合水平，采用熵权法与 TOPSIS 法相结合的综合评价方法。该

方法通过熵权法客观确定各指标权重,避免了主观赋权的偏差,再运用 TOPSIS 法计算各评价对象与理想解的距离,从而得到综合评价结果,确保了测度过程的科学性与客观性。

4.2.1　测度方法与数据处理

1)数据标准化处理

为消除原始指标数据的量纲与量级差异,采用极差标准化法进行预处理。对于正向指标和负向指标分别采用相应的标准化公式,使所有指标值映射至[0,1]区间,计算公式如下。

正向指标:

$$x'_{ij}=\frac{x_{ij}-\min x_j}{\max x_j-\min x_j} \tag{1}$$

负向指标:

$$x'_{ij}=\frac{\max x_j-x_{ij}}{\max x_j-\min x_j} \tag{2}$$

式中:x_{ij}为原始数据;x'_{ij}为标准化后的数值;$\min x_j$、$\max x_j$分别为指标的最小值和最大值。

2)基于信息熵的指标权重确定

计算第 j 项指标的信息熵值 e_j。

$$e_j=-\frac{1}{\ln m}\sum_{i=1}^{m}p_{ij}\ln p_{ij},\ p_{ij}=\frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^{m}x'_{ij}} \tag{3}$$

式中:m 为评价年份数。进而计算信息效用值 $d_j=1-e_j$ 及各指标权重 $w_j=d_j/\sum_{j=1}^{n}d_j$。

3)TOPSIS 综合评价

构建加权规范化决策矩阵 $\boldsymbol{V}=(v_{ij})_{m\times n}$,其中 $v_{ij}=w_j x'_{ij}$。确定正理想解 $A^+=(v_1^+,v_2^+,\cdots,v_n^+)$ 与负理想解 $A^-=(v_1^-,v_2^-,\cdots,v_n^-)$,其中:

$$v_j^+=\max v_{ij},\ v_j^-=\min v_{ij} \tag{4}$$

计算各年份与正、负理想解的欧氏距离 D_i^+、D_i^-。

$$D_i^+=\sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij}-v_j^+)^2},\ D_i^-=\sqrt{\sum_{j=1}^{n}(v_{ij}-v_j^-)^2} \tag{5}$$

最终计算各年份四链融合综合得分指数 C_i。

$$C_i=\frac{D_i^-}{D_i^++D_I^-} \tag{6}$$

式中:$C_i\in[0,1]$,C_i越大表明该年份装备制造业四链融合水平越高。

4.2.2　四链融合测度结果

1)四链子系统发展水平分析

为进一步揭示装备制造业四链融合的内部结构特征,结合产业链、创新链、资金链、人才链对应指标数据,对各子系统分别进行评价。2016—2023 年辽宁装备制造业四链各子系统的发展水平如图 2 所示。

辽宁装备制造业创新链水平在 2016—2023 年实现了跨越式发展,其综合评价得分从 0.186 2 大幅提升至 0.788 0,增幅达 323.4%,年均增长率达 27.3%,在四链中的排序由末位稳步提升至前列。这主要得益于 R&D 经费支出、专利授权数、技术市场合同成交金额等指标持续增长,反映出区域创新投入与产出能力的显著增强。但值得注意的是,科学研究与技术服务业就业人数在观测期内呈收缩趋势,表明技术成果产业化服务的支撑能力未见同步提升。这构成了制约向上突破的创新转化瓶颈,凸显了将研发活动从技术导向转向产业需求导向的紧迫性。

产业链综合得分呈现阶段性波动特征,2016—2019 年处于低位调整,2020 年后逐步回升。营业收入与总产值均突破千亿元,产业规模指标稳步增长;高端装备产值占比逐年提升,反映产业结构向技术密集型方向演进。但市场占有率、就业贡献率等产业关联类指标增长平缓,表明产业规模扩张尚未同步带动区域经济贡献份额的显著提升,产业整体在价值链中的收益能力与规模扩张之间存在一定偏离,向高附加值环节的持续迈进存在明显阻碍,制约了装备制造业“向上突破”进程。

资金链综合得分自 2018 年起持续位居四链首位,主要得益于成本费用利润率、总资产贡献率、流动资产周转率等效益与运营类指标的持续改善,为产业可持续发展提供了基础性保障。同时企业盈利能力与资金使用效率稳步增强,为产业运行提供了基础性财务保障。

人才链综合得分在观测期内整体偏低,2018—2020 年连续处于四链末位,2021 年后虽有回升,但与创新链、资金链仍存在明显差距。从分项指标看,装备制造业从业人员平均工资虽呈现逐年增长

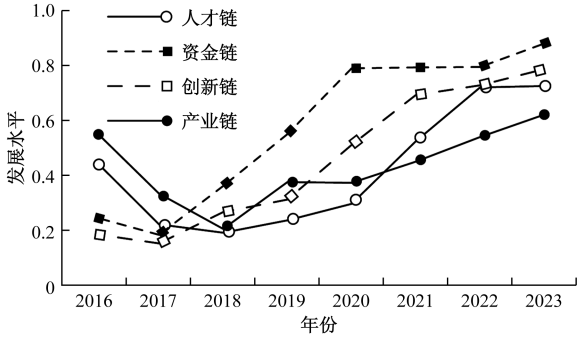


图 2　2016—2023 年辽宁装备制造业四链子系统发展水平

态势，但增速相对平缓；人才密度指标长期在低位波动，教育经费占GDP比重、高等学校专任教师数等培养类指标增长有限。上述变化趋势表明，人才要素在规模与报酬水平上的提升速度，尚未与产业扩张及创新活跃度的跃升形成同步匹配。

2）四链融合总体水平分析

表2显示，2016—2023年辽宁装备制造业四链融合综合得分指数呈波动上升趋势，2016—2019年，融合水平相对较低，在0.30～0.44区间波动；2020年后进入快速提升阶段，综合得分从2020年的0.458 6持续上升至2023年的0.635 8，达到观察期内的最高水平。这一趋势表明，辽宁省在推动四链融合方面取得了实质性进展，支撑四链融合的要素基础与环境条件得到系统性改善，整体进程已超越了要素初始堆积的静态阶段，具备了向更高层次演进的总体态势。

尽管融合水平持续提升，但四链之间的协同效能尚未充分释放。创新链与产业链衔接不畅，导致技术成果向高附加值环节转化的效率偏低，阻碍产业向价值链高端攀升；资金链与创新活动、人才发展的适配性不足，金融资源配置仍存在结构性错配，难以有效支撑创新驱动转型；人才链发展相对滞后，在规模、结构与质量上均未形成对产业升级的强有力支撑，成为系统整体效能提升的关键短板。同时观测期内，创新链发展水平已跃居前列，而人才链则长期处于相对滞后状态，资金链与产业链虽同步发展，但与创新链的协同水平存在波动。这种“强链突出、弱链明显”的非均衡结构，反映出目前更注重各链自身发展，而非强调链间均衡互动，正是系统从初级“要素耦合”向高级“系统协同”演进过程中的典型特征。这表明当前四链融合的驱动力仍主要来源于单一链条的强势拉动，而各链条间尚未形成稳定、高效的协同网络，整体上正处于从要素耦合阶段向系统协同阶段演进的过渡期。

表2　2016—2023年辽宁装备制造业四链融合综合测度结果

年份	正理想解距离 D^+	负理想解距离 D^-	综合得分指数 C	排序
2016	0.760 5	0.584 6	0.434 6	5
2017	0.812 8	0.350 2	0.301 1	8
2018	0.799 4	0.345 1	0.301 5	7
2019	0.708 3	0.434 0	0.379 9	6
2020	0.602 3	0.510 2	0.458 6	4
2021	0.525 4	0.670 5	0.560 7	3
2022	0.438 2	0.738 2	0.627 5	2
2023	0.476 3	0.831 4	0.635 8	1

5　向上突破路径

围绕装备制造业“向上突破”目标，以四链融合关键瓶颈为切入点，以链间协同联动为机制保障，提出以产业链升级需求为牵引、以创新链突破为核心驱动、以资金链精准配置为保障、以人才链优化为根基的关键突破路径，旨在推动产业能级与核心竞争力实现整体跃迁。

5.1　强化需求导向研发体系，畅通成果转化应用渠道

推动研发体系从技术导向转向产业需求牵引，打通“场景识别-协同攻关-中试熟化-产业应用”的一体化转化通道。具体而言，可依托重点产业链的“链主”企业，联合高校及科研机构组建体系化、任务型的创新联合体，围绕高端装备、智能制造等关键领域实施“揭榜挂帅”式联合攻关。同时，应系统性布局建设专业化中试基地与科技成果转化平台，为重点产业集群提供涵盖工艺验证、样机试制与市场测试的全链条支撑服务，显著降低创新成果产业化的风险与周期成本。着力实施高价值专利培育与组合运营策略，通过专利导航与知识产权金融化等手段，提升创新成果的市场价值实现效能。该路径的核心在于，打通从技术研发到产业价值的转化通道，显著提升创新成果向高附加值环节的转化效率，为产业从要素驱动向创新驱动的根本性转变提供关键技术支撑。

5.2　推动产业链价值升级，构建现代化产业体系

推动产业链从规模扩张转向质量效益升级，增强关键环节把控力与价值捕获能力。实施重点产业链竞争力提升工程，支持“链主”企业牵头攻克核心基础零部件、关键材料及先进工艺等短板，增强产业链自主可控能力与韧性。同时，推动先进装备制造产业集群从物理集聚向创新协同跃升，支持集群内企业共建研发平台、共享检测设施、共同制定标准，构建基于知识溢出与能力互补的创新网络。大力发展生产性服务业，支持骨干企业向“产品＋服务”综合解决方案提供商转型，推动产业价值向微笑曲线两端延伸。通过这一系列系统化升级举措，旨在提升产业链关键环节的把控力和附加值创造能力，推动产业整体突破价值链中低端锁定，实现向高端环节的实质性攀升，增强产业整体竞争优势。

5.3　优化资金链供给结构，增强金融服务适配性

构建多元化、长周期、风险适配的科技金融体系，为转化通道打通与价值能力提升提供精准资金保障。①发展“耐心资本”，设立专注于装备制造业

基础研究、应用研究和早期技术开发的长期投资基金,并建立符合创新规律的容错与风险补偿机制;②创新金融产品与服务,大力发展知识产权质押融资、产业链融资、投贷联动等业务,开发适应科技型企业轻资产、高成长特点的信贷产品;③引导金融资源精准配置,通过设立科技创新再贷款、科技型企业信贷风险补偿资金池等政策工具,引导银行、担保、保险等机构加大对关键技术研发、成果转化和高端人才创业的支持力度。这一路径的突破指向在于,通过优化金融资源配置结构,为创新活动提供与其风险特征相匹配的长期稳定资本支持,有效支撑产业从要素驱动向创新驱动转型过程中的高风险技术攻关和人才集聚需求。

5.4　补齐人才链关键短板,构建系统性支撑体系

实施全方位、系统化的人才发展战略,实现人才要素规模、结构与产业升级进程的同步匹配。首要任务是围绕装备制造业向上突破目标,精准引进一批掌握核心技术、具备产业经验的科技领军人才与创新团队,并给予充分的创新自主权。同时深化产教融合与校企协同育人,支持高校、职业院校与龙头企业共建现代产业学院、工程师学院,实施“双导师制”和项目化教学,强化学生的工程实践与创新能力。并系统优化人才发展环境,构建以创新价值、能力、贡献为导向的人才评价与激励机制,提高科研人员科技成果转化收益分享比例,并在薪酬待遇、生活保障等方面提供具有区域竞争力的保障措施,增强人才的归属感与创造力。通过构建与产业发展适配的人才生态,能够有效破解产业向上突破过程中的高端人才结构性短缺问题,为产业向高附加值、高端关键环节攀升提供坚实的人才保障。

参考文献

[1] 王燕梅. 装备制造业高质量发展与现代化产业体系建设[J]. 理论学刊, 2024(2): 103-111.

[2] 孙忠悦. 数字经济赋能装备制造业高质量发展的作用机制与实现路径[J]. 科技和产业, 2025, 25(23): 171-178.

[3] 黄东晶. 东北地区装备制造业高端化发展水平及效应评价研究[J]. 工业技术经济, 2023, 42(4): 34-42.

[4] 鲁邦克, 汤渌洋. 基于复合系统协同度的“四链”融合发展水平测度及空间演进研究[J]. 统计与决策, 2025, 41(22): 67-72.

[5] ZHOU J L, LANS L, LIU T, et al. Research on the relations between cognition and intelligent transformation of executive teams in small and medium-sized manufacturing enterprises[J]. Advanced Engineering Informatics, 2022, 52: 77-89.

[6] 周焱荣, 闫文, 席增雷, 等. 京津冀装备制造业技术创新对企业绩效的影响: 基于企业成长性和公司治理结构调节作用的分析[J]. 宏观经济研究, 2025(6): 89-100.

[7] HANG Z, ZHONG Y A. Digital transformation and technology innovation: evidence from Chinese manufacturing listed enterprises[J]. Technology Analysis & Strategic Management, 2025, 37(12): 3345-3362.

[8] 王欢芳, 李慧芳, 向飞云. 金融科技对制造业产业链现代化的影响: 新质生产力视角[J]. 财经理论与实践, 2026, 47(1): 17-24.

[9] 陈敏灵, 路子盈, 薛静. 装备制造业“四链”融合机理与双效测度研究[J]. 财会月刊, 2025, 46(6): 121-129.

[10] 李梅芳, 刘雨菁. 数字创新生态系统构成因素对高端装备制造智能化发展的影响分析[J]. 科研管理, 2025, 46(3): 28-37.

[11] 王海南, 王礼恒, 周志成, 等. “四链”深度融合下战略性新兴产业高质量发展战略研究[J]. 中国工程科学, 2024, 26(1): 1-12.

[12] 聂常虹, 何雨轩, 李钏. 中国“四链”融合发展的水平测度、问题分析与对策[J]. 中国科学院院刊, 2026, 41(1): 177-193.

[13] 操友根, 黄坤耀, 杜梅. 数字经济背景下中国装备制造业升级路径研究[J]. 中国科技论坛, 2024(2): 94-104.

[14] 李秋香, 齐二石, 王宗宪, 等. 生产性服务业与制造业融合发展研究动态[J]. 技术经济与管理研究, 2026(1): 17-24.

[15] NKOUA N, GUILISSE L F, XIA Y Q. Quantitative evaluation and optimization path of advanced manufacturing development policy based on the PMC-AE index model[J]. International Journal of Global Business and Competitiveness, 2022, 17: 1-11.

[16] BAI X Q. Research on promoting the upgrading path development of the equipment manufacturing industry by using information technology[J]. International Journal of Decision Support System Technology, 2024, 16(1): 1-14.

[17] YANG J, WANG T, ZHANG M, et al. The coordinated development and identification of obstacles in the manufacturing industry based on economy-society-resource-environment goals[J]. Systems, 2025, 13(2): 78.

[18] BAI X, WAN Y. Analysis of the factors influencing the sustainable development of the manufacturing industry under the wave of Industry 4.0[J]. International Journal of Manufacturing Technology and Management, 2025, 39(1/2): 1-18.

[19] 钟俏婷, 董星, 陈敏. “四链融合”视角下广东省海工装备产业高质量发展路径探析[J]. 科技管理研究, 2025, 45(21): 99-109.

[20] 黄超. 沈大工业母机集群搭建产业链融通“朋友圈”[N]. 沈阳日报, 2025-06-03(6).

[21] 看辽宁如何集“链”成“群”[N]. 辽宁日报, 2024-12-27

(8).

[22] 2024年全省经济运行情况及2025年重点工作安排系列新闻发布会(第二场)[EB/OL]. (2025-02-08)[2025-10-28]. https://www.ln.gov.cn/web/spzb/2025nxwfbh/20250208143242420 41/.

[23] 陈敏，董星，钟俏婷. 创新链产业链资金链人才链“四链”融合的着力点与实现路径[J]. 科技管理研究，2024，44(23)：1-9.

Upward Breakthrough Path of Liaoning Equipment Manufacturing Industry Based on Integration of Four Chains

SONG Qian, CUI Ruiyun

(School of Management, Shenyang University of Technology, Shenyang 110870, China)

Abstract: To explore the upward breakthrough path for Liaoning's equipment manufacturing industry, a four-chain integration perspective was adopted. A three-stage evolution mechanism encompassing "element coupling, system coordination, and ecologicalization" was constructed, together with a comprehensive evaluation system. Data from 2016 to 2023 were measured using the entropy weight TOPSIS (echnique for order preference by similarity to ideal solution) method. It is found that the integration level of the four chains in Liaoning's equipment manufacturing industry has fluctuated with an upward trend, currently in a transition stage from element coupling to system coordination. The innovation chain is found to have developed rapidly, and synergy between the industrial chain and the capital chain has shown improvement. However, the talent chain lags behind, constituting a key bottleneck. Based on these findings, a breakthrough path centered on "strengthening R&D, optimizing industry, activating finance, and gathering talent" is proposed to facilitate the upward breakthrough of Liaoning's equipment manufacturing industry.

Keywords: four-chain integration; equipment manufacturing industry; upward breakthrough; Liaoning revitalization; path research