数字经济与装备制造业高质量发展耦合协调研究

——以辽宁省为例

陈 娜，金宸羽

（大连交通大学经济与管理学院，大连 116028）

摘要：随着数字经济的快速发展，推动数字经济与制造业深度融合是必然趋势，也是实现装备制造业高质量发展的重要途径。以辽宁省为例，通过构建耦合协调度测算模型，并运用灰色关联模型深入探讨数字经济与装备制造业之间耦合协调关系的发展趋势及关键因素。研究发现：辽宁省数字经济与装备制造业的耦合协调度整体呈上升趋势；两者发展耦合协调度的预测值和真实值的拟合程度较好；代表创新驱动方面的“研究与试验发展经费内部支出”和“专利授权数”是促进耦合协调度提升的关键因素。

关键词：数字经济；装备制造业；耦合协调度；灰色关联度；辽宁省

中图分类号：F427 **文献标志码：**A **文章编号：**1671－1807(2026)03－0082－08

辽宁作为老工业基地，经过多年发展装备制造业已经形成了规模庞大、产业门类齐全的体系，在中国处于重要的战略布局地位。辽宁的基础及支柱产业之一就是装备制造业，极大地影响着辽宁省的经济发展[1]。但目前，辽宁省装备制造业仍存在技术含量低、研发投入不足、增速慢、转型难等问题[2]，需要寻求新动力来推动装备制造业的高质量发展。数字经济发展不仅为制造业发展提供了平台和途径，更是催生新业态、发展新理念、创造新技术、形成新产品市场竞争力的不竭动力[3]。中国信息通信研究院发布的《中国数字经济发展研究报告(2024年)》显示，2023年，中国数字经济规模达到53.9万亿元，数字经济占GDP比重达到42.8%，显然，数字经济已经成为促进中国经济发展的重要推力，为辽宁省装备制造业高质量发展带来了机遇。近年来，在东北全面振兴的目标指引下，辽宁数字基础设施建设日趋完善，数字经济与制造业融合度日益提升，数字化服务能力逐渐增强，数字经济规模逐年增加[4]。因此，要实现辽宁省装备制造业的高质量发展，推动制造业与数字经济耦合协调发展是必经之路。

1 文献述评

1.1 关于数字经济和装备制造业发展的关系研究

针对制造业发展的研究成果十分丰硕。近年来装备制造业的高质量发展引发了学者们的关注。推动高质量发展是今后确定发展思路、制定经济政策、实施宏观调控的根本要求。核心是发展的质量，要求是必须构建与之相适应的指标体系[5]。然而，人口老龄化对制造业高质量发展有显著的负面影响，只有发展新质生产力才能够更好地促进制造业高质量发展[6]。江小国等[7]以2004—2017年全国省级面板数据为依据，通过构建制造业高质量发展评价指标体系，涵盖经济效益、技术创新、绿色发展、质量品牌、两化融合、高端发展6大类共12项指标，提出了制造业高质量发展的有效路径。

在数字经济的内涵上，数字经济最早被定义为基于互联网平台广泛运用信息通信技术的经济系统[8]。在数字经济的发展现状上，中国数字经济的规模已经居于全球第2[9]。在数字经济的测度上，中国数字贸易发展水平评价指标体系由数字网络基础设施、数字技术水平、数字贸易方式、数字贸易对象、贸易潜力5个一级指标、16个二级指标构建而成[10]。数字经济具有大数据性、高效率性、强融合性、正外部性和广普惠性5大特性，与传统工业、农业经济存在显著差别，这决定了数字经济与经济高质量发展两者之间存在高度契合性。因此以数字经济推动传统经济将是中国实现高质量发展的战略选择[11]。

收稿日期：2025-08-15

基金项目：2023年度辽宁省社会科学规划基金(L23BJY025)

作者简介：陈娜(1981—)，女，山东菏泽人，硕士，副教授，研究方向为区域经济、技术创新管理、企业物流与供应链管理；金宸羽(2002—)，女，山东日照人，硕士研究生，研究方向为区域经济、物流与供应链管理、装备制造业供应链管理。

在有关数字经济赋能装备制造业高质量发展的研究上,国内学者目前的研究集中在以某一个地区或省份为研究对象上。刘瑜婷[12]为探究数字经济发展给装备制造业高质量发展带来的直接影响,利用熵值法测量2010—2022年湖南省数字经济发展水平和装备制造业高质量发展水平,并使用固定效应模型进行回归分析,结果表明,数字经济对湖南省装备制造业的高质量发展起到了积极的促进作用。王瑞荣和李志彬[13]基于长三角地区面板数据,利用中介效应模型检验数字经济对高端装备制造业高质量发展的影响,结果发现,数字经济可以显著促进高端装备制造业高质量发展。王晓玲和韩平[14]通过设计计量模型分析影响二者融合程度的因素,结果表明,东北地区数字经济与装备制造业的融合发展受到经济发展水平、金融支持力度、政府参与程度和对外开放水平的正向影响。

1.2　关于耦合协调度测算的研究

关于耦合协调发展,中国当前数字经济发展的具体空间差异十分显著,东部地区断层性领先,数字基础设施及数字产业区域协调性相对较高,东部、中部多数省份已初具规模,但数字融合与数字发展环境除东部地区外仍有较大缺失[15]。中国当前存在着严重的数字鸿沟,目前中国数字经济与制造业尚处于中度融合阶段,并且融合程度呈现由东向西、由高等级城市向低等级城市逐渐递减的趋势[16]。长三角城市群41个城市的数字经济与制造业高质量发展的耦合协调度不断增强,不同区域数字经济与制造业耦合协调水平存在较大差异,提升空间较大[17]。黄河流域数字经济与制造业高质量发展的耦合协调度持续上升,且表现出“下游>中游>上游”的空间特征[18]。长江经济带各省份的耦合协调性不断增强,各省份间耦合协调度存在显著的空间效应,人才资源和基础建设对本地区耦合协调度存在促进作用,而政府干预对本地区及邻接地区均有促进作用[19]。

综上,现有研究对数字经济与制造业高质量耦合发展展开了较为丰富的探讨,但存在以下不足:①目前鲜少有文献将某一地区作为研究对象,国内的研究基本是基于全国视角展开的,不能贴合辽宁省发展的实际情况,对区域经济发展的现实参考价值不足;②目前的研究集中在数字经济的测度、装备制造业高质量发展的测度以及二者协同发展上,而研究二者耦合协同关系的较少。因此,构建数字经济与装备制造业高质量发展评价体系,考察辽宁省数字经济与制造业高质量发展的耦合协调关系,并通过测算灰色关联度,揭示影响耦合协调发展的主要因素,为辽宁省数字经济与制造业高质量发展提供经验证据。

2　研究设计

2.1　模型构建

2.1.1　耦合协调度模型

耦合这一概念起源于物理学中的容量耦合,此后经过多学科领域的研究和应用,现已广泛应用于定量分析各子系统的耦合发展程度评价。根据物理学中的容量耦合系数模型,得出评价N个因素间相互影响的耦合度的模型为

$$C=\{(U_1U_2\cdots U_n)/(U_1+U_j)\}^{\frac{1}{m}} \tag{1}$$

式中:C为耦合度,反映系统间耦合作用强度;U为系统的综合评价指数。

利用耦合度模型对数字经济与制造业高质量发展的耦合度进行测算。耦合度在反映辽宁省数字经济与装备制造业高质量发展的强度和时序区间的发展秩序方面具有重要意义。但耦合度只能反映两系统的耦合关联情况,并不能体现两系统之间的协调发展水平,只依靠耦合度判断会有局限性。故在此基础上,再构建耦合协调程度模型,数字经济与制造业高质量发展的耦合协调度计算公式为

$$D=\sqrt{CT} \tag{2}$$

$$T=\alpha U_1+\beta U_2 \tag{3}$$

式中:α、β为待估权重系数,两大系统同等重要,因此α与β取值均为0.5;T为综合评价指数,对协调度进行修正;D为两大系统的耦合协调度,D越大说明两大系统之间发展水平越协调,反之则说明两系统之间协同程度低。耦合协调度等级划分标准见表1,辽宁省数字经济发展水平指标体系和辽宁省装备制造业高质量发展指标体系见表2、表3。

表1　耦合协调度等级划分标准

耦合协调度D	耦合协调等级	耦合协调度D	耦合协调等级
(0.0,0.1)	极度失调	[0.5,0.6)	勉强协调
[0.1,0.2)	严重失调	[0.6,0.7)	初级协调
[0.2,0.3)	中度失调	[0.7,0.8)	中级协调
[0.3,0.4)	轻度失调	[0.8,0.9)	良好协调
[0.4,0.5)	濒临失调	[0.9,1.0)	优质协调

2.1.2　耦合协调度的预测

为进一步把握辽宁省数字经济和装备制造业高质量发展未来的耦合协调发展趋势,采用灰色预测模型GM(1,1)预测未来数字经济与装备制造业

表 2　辽宁省数字经济发展指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
数字基础设施	硬件设施	光缆线路长度
		互联网宽带接入端口
	网络资源	移动电话普及率
		全年移动互联网接入流量
		互联网域名数
数字产业发展	电信业务	电信业务总量占 GDP 比重
		信息传输、计算机服务、软件业固定资产投资比率
	产业规模	数字核心产业企业数量
		数字核心产业利润总额
融合应用水平	个人应用	数字电视用户数占总户数比重
		实物商品网上零售额
研发创发能力	创新能力	RD 经费
		信息传输、软件和信息技术服务业研发人员
研发创新能力	创新能力	技术市场成交额
	机构支持	科研机构数

表 3　辽宁省装备制造业高质量发展指标体系

一级指标	二级指标	三级指标
创新驱动	研发创新	研究与试验发展经费支出占生产总值比重
		研究与试验发展经费内部支出
		专利授权数
创新驱动	经费支持	财政科学技术支出
协调发展	产业发展	装备制造业利润总额
	生产制造	装备企业数量
绿色发展	环保投入	财政节能环保支出
	三废排放	工业废水排放量
		工业废气排放量
		一般工业固体废弃物产生量
开放水平	外商投资	制造业外商投资额
	出口水平	进出口总额
共享成果	人员就业	装备制造业就业人数
	社会贡献	制造业在岗职工平均工资
		装备制造业主营业务收入

高质量发展的耦合协调度。预测基本原理如下。

原序列 $X_0=\{X(0)(t)\mid t=1,2,\cdots,n\}$，累加生成新序列 $X_1=\{X_1(1),X_1(2),\cdots,X_1(n)\}$，GM(1,1)的微分方程式为

$$\frac{\mathrm{d}X^{(1)}(1)}{\mathrm{d}t}+aX^{(1)}=b \tag{4}$$

式中：a 为发展灰数；b 为内生控制灰数。

利用最小二乘法求 $\hat{a}=\begin{bmatrix}a\\b\end{bmatrix}$，$\hat{a}=(\boldsymbol{B}^{\mathrm{T}}\boldsymbol{B})^{-1}\boldsymbol{B}^{\mathrm{T}}\boldsymbol{Y}$。

$$\boldsymbol{B}=\begin{bmatrix}-\frac{1}{2}[X^{(1)}(1)+X^{(1)}(2)] & 1\\ -\frac{1}{2}[X^{(1)}(2)+X^{(1)}(3)] & 1\\ -\frac{1}{2}[X^{(1)}(n-1)+X^{(1)}(n-2)] & 1\end{bmatrix};$$

$\boldsymbol{Y}=\begin{bmatrix}X_0(2)\\X_0(3)\\X_0(n)\end{bmatrix}$，方程如下：$\hat{X}^{(1)}(k+1)=\left[X^{(0)}(1)-\frac{b}{a}\right]\mathrm{e}^{-ak}+\frac{b}{a}$，$k=1,2,\cdots,n-1$。

模型预测之前先进行精度检验，如果后验差比值和小误差概率都在允许的精度范围内，则可以进行预测。精确度分级见表 4。

表 4　灰色预测模型精度等级

精度等级	小误差概率	后验差比
1 级(好)	＞0.95	＜0.35
2 级(合格)	＞0.80	＜0.50
3 级(勉强)	＞0.70	＜0.65
4 级(不合格)	≤0.70	＞0.65

2.1.3　耦合协调发展的关键因素

根据灰色关联系数 $r[y'(k)]$、$x_i'(k)$ 及灰色关联度 $r(y,x_i)$ 的计算公式，分别计算出数字经济与装备制造业高质量发展各指标间的灰色关联系数：

$$\xi[y_j(k),x_i'(k)]=[\min_i\min_k|y_j'(k)-x_i'(k)|+\rho\max_i\max_k|y_j'(k)-x_i'(k)|]\Big/[|y_j'(k)-x_i'(k)|+\rho\max_i\max_k|y_j'(k)-x_i'(k)|] \tag{5}$$

式中：ρ 为分辨系数，一般取 $\rho=0.5$。x_i 对 y_j 的灰色关联度表达式为

$$\gamma(y_j,x_i)=\frac{1}{n}\sum_{k=1}^{n}\gamma[y_j'(k),x_i'(k)] \tag{6}$$

式中：γ_i 为关联度，γ_i 越接近 1，说明关联性越高，耦合作用越强，即该指标对另一系统的影响程度较大，是能够决定两系统能否耦合协同发展的具有关键作用的因素。根据相关研究，对灰色关联水平的判定标准界定见表 5。

表 5　灰色关联度界定

灰色关联度范围	关联程度
$0<\gamma_{ij}\leqslant0.35$	低度关联
$0.35<\gamma_{ij}\leqslant0.45$	较低度关联
$0.45<\gamma_{ij}\leqslant0.65$	中等关联
$0.65<\gamma_{ij}\leqslant0.85$	较高度关联
$0.85<\gamma_{ij}\leqslant1$	高度关联

2.2　数据来源

样本选取 2018—2022 年辽宁省数字经济核心产业和重点装备制造业。其中，数字经济产业涵盖

计算机通信和其他电子设备制造业,电信、广播电视和卫星传输服务,互联网和相关服务,软件和信息技术服务业等;装备制造业包括汽车制造,仪器仪表,通用设备,专用设备,金属制品,铁路、船舶、航空航天和其他运输设备制造,电器机械和器材制造,计算机、通信和其他电子设备制造 9 大产业。从《辽宁统计年鉴》以及辽宁省统计局和各市统计公报等获取相关数据。

3　实证分析

3.1　耦合协调度测算

根据得出的辽宁省数字经济与装备制造业高质量发展的综合指数,代入耦合协调模型,计算得出 2018—2022 年辽宁省两系统耦合度和耦合协调度,见表 6。

辽宁省数字经济与装备制造业高质量发展之间处于高水平耦合,说明两系统之间存在关联。然而,耦合度无法识别两系统间协调水平的高低,所以在此基础上观察两系统耦合协调度。由图 1 可知,从 2018 年开始,两系统耦合协调度从 0.408 发展到 0.816,协调发展趋势明显。2018—2022 年辽宁省数字经济与装备制造业高质量耦合协调发展的协调等级和类型见表 7。

表 6　2018—2022 年辽宁省数字经济与装备制造业高质量发展的耦合度和耦合协调度

年份	耦合度	综合评价指数	耦合协调度
2018	0.890	0.187	0.408
2019	0.998	0.386	0.621
2020	0.982	0.479	0.686
2021	1.000	0.590	0.768
2022	0.999	0.666	0.816

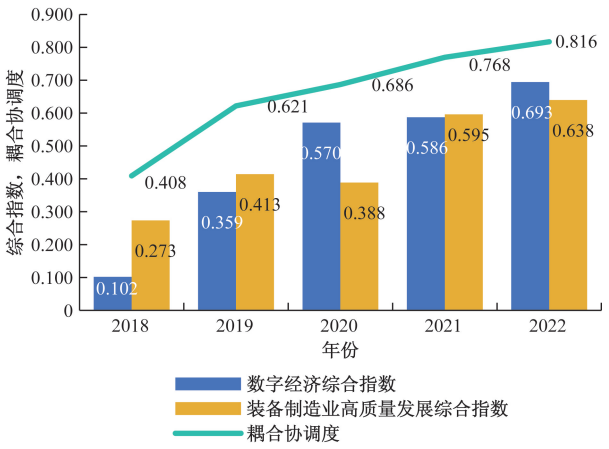


图 1　辽宁省数字经济和装备制造业高质量发展指数及耦合协调关系

表 7　2018—2022 年辽宁省数字经济与装备制造业高质量耦合协调发展类型

年份	耦合协调度	协调等级
2018	0.408	濒临失调
2019	0.621	初级协调
2020	0.686	初级协调
2021	0.768	中级协调
2022	0.816	良好协调

由表 7 可知,2018—2022 年耦合协调度值范围为 0.408～0.816,表明辽宁省数字经济与装备制造业高质量发展之间的耦合协调 发展类型从濒临失调向良协调方向转变。2018—2022 年辽宁省数字经济与装备制造业高质量发展耦合协调度变化情况如图 2 所示。

从图 2 可以看出,耦合协调度的总体变化呈现上升趋势。从同比增长率来看,在 2020 年之前,辽宁省数字经济与装备制造业高质量发展的耦合协调度是增速减小的上升阶段,耦合协调度从 0.408 发展到 0.686;2020 年开始,是增速增加的上升阶段,从 0.686 上升到 0.816。按照耦合协调度类型的分类标准,大致可以分为以下阶段。

(1)濒临失调阶段-初级协调阶段(2018—2020 年)。2018 年,辽宁省数字经济与装备制造业高质量发展的耦合协调关系濒临失调,其中主要原因是数字经济发展滞后,其次装备制造业也处于转型期。2019 年,二者的耦合协调关系步入初级协调阶段。分析其原因在于,2019 年数字经济产业规模的扩大,同时,装备制造业也逐步发展起来,两系统综合指数均有提高,这也标志着数字经济与装备制造业高质量发展系统正在向良性方向发展。

(2)初级协调-初级协调阶段(2020—2021 年)。2020—2021 年,辽宁省数字经济与装备制造业高质量发展的耦合协调程度维持在初级协调阶段。装

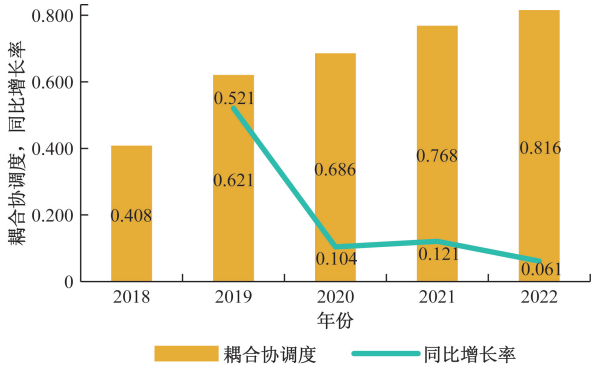


图 2　2018—2022 年辽宁省数字经济与装备制造业高质量发展耦合协调度变化情况

备制造业高质量发展多个指标增速变慢，有些三级指标甚至出现负增长。同时，数字经济发展速度也大大降低，因此维持在初级协调状态。

（3）初级协调-良好协调阶段（2021—2022 年）。2021 年，辽宁省数字经济与装备制造业高质量发展的耦合协调关系发展至良好协调阶段。分析其原因在于，汽车制造业等新兴行业占据更大利润份额，装备制造业进入高速发展阶段。同时，数字产业规模与研发创新能力提高，数字经济也进入蓬勃发展的时期，二者的耦合协调程度进入良好协调阶段。

3.2　耦合协调发展趋势预测

3.2.1　精度检验

首先进行精度检验，根据结果判断辽宁省数字经济与装备制造业耦合协调度是否适合用 GM(1,1)模型进行预测。模型构建和精度检验的结果见表 8。

后验差比用于模型精度等级检验，小于 0.35 则模型精度等级好，小于 0.5 说明模型精度合格，小于 0.65 说明模型精度勉强合格，大于 0.65，则说明模型精度等级不合格。本文后验差比为 0.060 5＜0.35，意味着模型精度非常好。

小误差概率小于 0.8 则说明模型勉强合格，小于 0.95 说明模型合格，大于 0.95 则说明模型精度很好。本文中小误差概率为 1＞0.95，意味着模型精度很好。根据软件计算得出 $a=-0.091\ 7$，$b=0.560\ 3$。

根据软件模拟出辽宁省 2018—2025 年数字经济与装备制造业高质量发展的耦合协调度（表 9），预测两系统的耦合协调度将在 2023 年进入优质协调阶段。

表 8　模型构建结果

a	b	小误差概率	后验差比
−0.091 7	0.560 3	1	0.060 5

表 9　模型预测值

年份	耦合协调度	
	原始值	预测值
2018	0.408	0.408
2019	0.621	0.626
2020	0.686	0.686
2021	0.768	0.752
2022	0.816	0.824
2023	—	0.903
2024	—	0.990
2025	—	1.085

3.2.2　残差检验

表 10 显示，GM(1,1)模型的平均相对误差为 0.8%，计算精度较高（平均相对误差≤1%时精度达到一级）。

将 2018—2022 年辽宁省数字经济与装备制造业高质量发展的耦合协调度与运用 GM(1,1)模型测算出的 5 年的耦合协调度实际值和预测值制成散点图，如图 3 所示。

表 10　GM(1,1)模型预测结果

年份	耦合协调度		残差	相对误差/%
	原始值	预测值		
2018	0.408	0.408	0	0.000
2019	0.621	0.626	−0.005	0.833
2020	0.686	0.686	0.000	0.073
2021	0.768	0.752	0.016	2.138
2022	0.816	0.824	−0.009	1.060

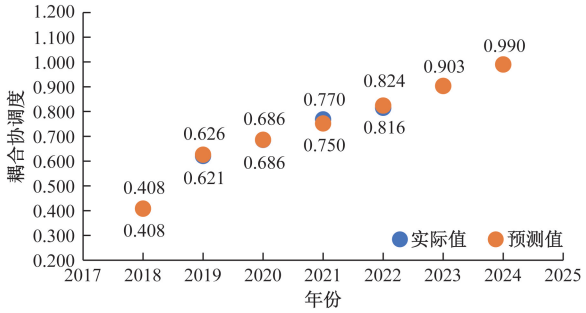


图 3　2018—2024 年耦合协调度实际值与预测值对比

由图 3 可以看出，辽宁省数字经济与装备制造业高质量发展的耦合协调度的预测值和真实值的拟合程度较好。为早日使数字经济与装备制造业高质量发展的耦合协调关系达到优质协调阶段，就要识别能够促进两系统耦合协调发展的因素，针对关键因素，提出切实可行的对策，促进辽宁省数字经济和装备制造业高质量发展的耦合协调水平达到优质协调状态。

3.3　耦合协调发展的关键因素探究

通过对灰色关联度 γ 的大小进行排序，可以得到两大系统各指标间的相互影响程度。经过计算，得出辽宁省数字经济与装备制造业高质量发展各项指标之间的灰色关联度均处在中等关联强度范围以上，表明本文所选取的各指标比较合理，体现了数字经济与装备制造业高质量发展两系统之间的联系比较紧密，存在较强的关联性。

3.3.1　灰色关联度测算

计算出装备制造业高质量发展与数字经济系

统各指标之间的灰色关联度,从而得到辽宁省装备制造业高质量发展与数字经济两系统间的灰色关联矩阵,并通过对灰色关联度矩阵中行、列数据取平均值,得到辽宁省数字经济和装备制造业高质量发展指标间灰色关联度。具体计算结果见表 11、表 12。

表 11　辽宁省数字经济-装备制造业高质量发展灰色关联度

一级指标	数字经济-装备制造业高质量发展灰色关联度
数字基础设施	0.684
数字产业发展	0.635
融合应用水平	0.674
研发创新水平	0.689

表 12　辽宁省装备制造业高质量发展-数字经济灰色关联度

一级指标	装备制造业高质量发展-数字经济灰色关联度
创新驱动	0.696
协调发展	0.743
绿色发展	0.639
开放水平	0.607
共享成果	0.673

从表 11、表 12 可以看出,辽宁省装备制造业高质量发展与数字经济两系统整体的灰色关联水平较强,两系统各指标间的灰色关联度均处于中等关联度及以上水平。较高的灰色关联度表明两系统间耦合协调性较强,也印证了本文中选取的指标是相对合理的,构建的指标体系可以较好地反映辽宁省数字经济和装备制造业高质量发展的关联情况,各因素对整体的变化影响都比较突出。具体来说灰色关联度值从 0.416 到 0.958,差异较大。为了判断促进两系统协调发展的关键因素,分别从数字经济和装备制造业高质量发展两系统视角分析上述灰色关联度矩阵的结果。

3.3.2　关键因素识别与分析

通过分析两系统中灰色关联度最高的指标,可以得出影响辽宁省数字经济与装备制造业高质量发展两系统耦合协调关系的主要因素。具体分析两系统三级指标中灰色关联度最高的 5 个指标,见表 13、表 14。

表 13　辽宁省数字经济对装备制造业高质量发展影响因素排序

一级指标	数字经济对装备制造业高质量发展影响因素排序	灰色关联度
数字基础设施	全年移动互联网接入流量	0.752
研发创新能力	R&D 经费	0.745
数字基础设施	光缆线路长度	0.735
融合应用水平	实物商品网上零售额	0.727
数字产业发展	数字核心产业企业数量	0.713

表 14　装备制造业高质量发展对数字经济影响因素排序

一级指标	装备制造业高质量发展对数字经济影响因素排序	灰色关联度
创新驱动	研究与试验发展经费内部支出	0.751
创新驱动	专利授权数	0.747
共享成果	装备制造业主营业务收入	0.747
共享成果	制造业在岗职工平均工资	0.746
协调发展	利润总额	0.745

(1)数字经济指标对装备制造业高质量发展的关键因素分析。从数字经济视角展开,对装备制造业高质量发展起主要影响作用的因素有:①“全年移动互联网接入流量”是与装备制造业高质量发展相关的最关键因素,灰色关联度为 0.752,“光缆线路长度”灰色关联度为 0.735,这两个指标代表数字基础设施。在装备制造业高质量发展过程中,互联网推动装备制造业实现信息化发展,实现无纸化、流程标准化操作,使信息得以及时传输,减少时间成本。②“R&D 经费”是与装备制造业高质量发展相关的次关键因素,灰色关联度为 0.745,代表研发创新能力。充足的 R&D 经费可以为数字经济和装备制造业发展提供了良好的科研支持和高技术人才储备。装备制造企业可以将科研成果转化为实际效益,提高装备制造企业生产效率和共享效率,驱动整体行业发展,从而促进两系统的耦合协调发展。③“数字核心产业企业数量”是与装备制造业高质量发展相关的第三关键因素,灰色关联度为 0.713,代表数字产业发展水平。数字核心企业数量增加不仅体现出数字经济规模的扩大,还体现了提升领域内相关企业的集聚效应。

(2)装备制造业高质量发展指标对数字经济的影响因素分析。从装备制造业高质量发展视角展开,对数字经济起到主要影响作用的因素有:①与数字经济相关的最大的影响因素是“研究与试验发展经费内部支出”和“专利授权数”,灰色关联度分别为 0.751 和 0.747,代表创新驱动方面的指标。技术创新促进了装备制造企业生产效率以及实际收益的提高,推动装备制造业整体行业发展,从而促进两个系统的耦合协调发展。②与数字经济相关的次关键影响因素是“装备制造业主营业务收入”和“制造业在岗职工平均工资”,关联度分别为 0.747 和 0.746,代表共享成果指标。主营业务收入增加体现了装备制造业劳动力水平的提高、产业规模的扩大,表明装备制造业发展的趋势向好。③“装备制造业利润总额”的灰色关联度为 0.745,代表协调发展方面的指标。利润总额的增加体现

了制造业产业规模的扩大，装备制造业产业规模的扩大会给数字经济的发展提供基础支撑，有利于两系统耦合协调程度的提高。

4 研究结论及建议

（1）提高装备制造业创新能力。装备制造企业首先要推动研发、生产及流通等多个环节的数字化转型，借此提升运营效率与市场竞争力。政府层面需积极拓宽融资渠道，帮助众多中小型制造企业吸引投资，构建一个政府引导与企业投入相结合的多元化融资体系，逐步提高研发经费在企业销售收入中的占比。同时，政府应引导银行加大对装备制造企业的支持，特别是新兴装备制造领域，以促进装备制造业的转型升级。

（2）提高数字经济创新研发能力。政府需加大对数字技术研发的重视度，通过提供补贴及政策优惠，为数字研发企业营造良好的发展环境。此外，政府应积极推动数字技术平台的建立，鼓励申报数字科技项目和信息技术新兴产业创新项目，以此提升数字经济的整体创新能力。除了技术研发与应用层面，提升数字经济创新能力还需深化产学研结合。政府应鼓励数字经济企业及有数字化转型需求的产业与高校、科研机构建立合作，构建数字平台，促进数据的开放与共享。

（3）完善数字基础设施建设。辽宁省需践行数字辽宁战略，全力推进5G网络基站的建设。同时，全面深化大数据、区块链及人工智能领域的布局，力求在数字化融合创新上取得突破，加速产业数字化的转型步伐。在具体实施上，可以将5G等数字经济产业在制造业的应用作为突破口，进行科学合理的布局规划，以促进区域内的协调发展。同时，积极引导装备制造业企业加大基础设施建设投入，提升沈阳、大连等核心城市的基站与宽带覆盖率，为工业互联网平台的搭建提供可靠的网络支撑。

（4）加大人才培养和引进力度。针对数字经济与装备制造业的人才需求，政府应当结合辽宁省的实际情况，同时借鉴数字经济与制造业发达地区的先进经验，构建一套具有辽宁特色的人才培养与发展体系。在资金层面，政府可给予引进创新型人才的企业补贴支持，以减轻其经济负担，激发其引才积极性。在高校教育领域，传统理论型人才难以满足当前对实践型人才的迫切需求，因此实践型高级人才的培养同样重要。高校教育必须向多元化转型，政府应积极倡导并支持开设数字经济相关专业的高校与企业建立合作，着重培育兼备前沿理论与丰富实践经验的复合型数字化创新人才。

参考文献

[1] 翟丹鸣. 数字经济背景下辽宁装备制造业竞争力比较研究[D]. 沈阳：沈阳师范大学，2023.

[2] 张钰. 辽宁省数字经济与装备制造业高质量发展耦合协调研究[D]. 沈阳：沈阳大学，2022.

[3] 王霞，毛晓蒙，刘明. 中国数字经济与制造业耦合协调关系：高质量发展视角[J]. 统计与信息论坛，2024，39(12)：41-55.

[4] 张家鹤. 支持数字经济发展的财政政策研究：以辽宁为例[J]. 地方财政研究，2024(5)：96-102.

[5] 田秋生. 高质量发展的理论内涵和实践要求[J]. 山东大学学报(哲学社会科学版)，2018(6)：1-8.

[6] 王青，赵胤宏，金刚. 人口老龄化、新质生产力与制造业高质量发展[J]. 工业技术经济，2024，43(11)：13-21.

[7] 江小国，何建波，方蕾. 制造业高质量发展水平测度、区域差异与提升路径[J]. 上海经济研究，2019(7)：70-78.

[8] TAPSCOTT D. The digital economy：promise and peril in the age of networked intelligence[M]. New York：McGraw-Hill，1996.

[9] 许宪春，张美慧. 中国数字经济规模测算研究：基于国际比较的视角[J]. 中国工业经济，2020(5)：23-41.

[10] 张卫华，梁运文. 中国数字贸易发展水平省域分异与空间效应[J]. 贵州社会科学，2020(12)：129-138.

[11] 何枭吟，成天婷. 数字经济推动经济高质量发展的战略抉择[J]. 商业经济研究，2021(10)：189-192.

[12] 刘瑜婷. 数字经济赋能装备制造业高质量发展的实证研究：以湖南省为例[J]. 中阿科技论坛(中英文)，2024(12)：30-34.

[13] 王瑞荣，李志彬. 长三角地区数字经济对高端装备制造业高质量发展的影响研究：基于有调节的中介效应分析[J]. 企业经济，2024，43(3)：103-113.

[14] 王晓玲，韩平. 数字经济与装备制造业融合发展研究：以东北地区为例[J]. 技术经济与管理研究，2022(5)：105-110.

[15] 赵放，刘一腾. 我国数字经济发展及其与制造业融合发展的空间差异研究[J]. 贵州社会科学，2022(2)：144-152.

[16] 阳立高，许调蓉，韩峰. 中国数字经济与制造业融合发展水平测度及其时空特征[J]. 财经理论与实践，2023，44(2)：81-87.

[17] 颜平，周闻宇，王瑞荣，等. 长三角城市群数字经济与制造业高质量发展耦合协调时空演化及影响因素[J]. 经济地理，2024，44(7)：87-95.

[18] 赵瀚穹，刘亚丽. 数字经济与制造业高质量发展耦合协调研究：基于黄河流域的实证分析[J]. 中北大学学报(社会科学版)，2024，40(2)：31-45.

[19] 卢瑞辰，王有远，闫高尚. 数字经济与制造业高质量发展耦合协调研究：以长江经济带为例[J]. 科技广场，2024(1)：30-38.

Research on Coupling Coordination of Digital Economy and High-quality Equipment Manufacturing: Liaoning Province

CHEN Na, JIN Chenyu

(School of Economics and Management, Dalian University of Transportation, Dalian 116028, China)

Abstract: With the rapid development of the digital economy, promoting its deep integration with manufacturing has become an inevitable trend and a crucial pathway to achieving high-quality development in the equipment manufacturing industry. Taking Liaoning Province as a case study, a coupling coordination degree measurement model was constructed and a grey relational model was employed to explore the evolutionary trends and key factors influencing the coupling coordination between the digital economy and equipment manufacturing. The findings reveal that the coupling coordination degree between the digital economy and equipment manufacturing in Liaoning Province exhibits an overall upward trend. The predicted and actual values of their coupling coordination degree demonstrate a strong fit. Key factors driving the improvement of coupling coordination include "internal expenditure on research and experimental development" and "number of patents granted," which represent innovation-driven aspects.

Keywords: digital economy; equipment manufacturing industry; coupling coordination degree; grey relational; Liaoning Province