

2022

Exploration on the structural dimension of digital empowerment and development of measurement scale: The case of high-end equipment manufacturing industry

Zi-biao LI

School of Economics and Management, Hebei University of Technology, China

Han LI

School of Economics and Management, Hebei University of Technology, China

Si-wei WANG

School of Economics and Management, Hebei University of Technology, China

Follow this and additional works at: <https://jstm.researchcommons.org/journal>

Recommended Citation

LI, Zi-biao; LI, Han; and WANG, Si-wei (2022) "Exploration on the structural dimension of digital empowerment and development of measurement scale: The case of high-end equipment manufacturing industry," *Journal of Science and Technology Management*. Vol. 24: Iss. 3, Article 4.

DOI: 10.16315/j.stm.2022.03.004

Available at: <https://jstm.researchcommons.org/journal/vol24/iss3/4>

This Digital innovation theory and method is brought to you for free and open access by Journal of Science and Technology Management. It has been accepted for inclusion in Journal of Science and Technology Management by an authorized editor of Journal of Science and Technology Management.

Creative Commons License



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-No Derivative Works 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

数字赋能结构维度探索与量表开发： 以高端装备制造业为例

李子彪, 李 晗, 王思惟

(河北工业大学 经济管理学院, 天津 300401)

摘要:数字赋能是随着数字技术的普及和发展而出现的新现象,是依托数字技术等资源赋予创新活动主体数字化能力,连接创新要素和创新主体,实现价值共创的过程。目前主要围绕数字赋能的概念内容开展研究,仍缺乏科学的测量工具。本研究以高端装备制造业为例,通过文献梳理和企业实践调查,参考数字化能力和赋能相关研究,提炼出数字赋能内涵及维度(资源赋能、结构赋能、平台赋能和生态赋能);开发相应的测量量表,并以探索性和验证性因子分析验证了这4个维度的内容信效度,最终确立包含24个题项的数字赋能量表。本研究可弥补数字赋能量化研究问题,以为高端装备制造业制造业数字化转型定量研究提供参考。

关键词:数字赋能;结构维度;量表开发

DOI:10.16315/j.stm.2022.03.004

中图分类号:F424.3 **文献标志码:**A

Exploration on the structural dimension of digital empowerment and development of measurement scale: The case of high-end equipment manufacturing industry

LI Zi-biao, LI Han, WANG Si-wei

(School of Economics and Management, Hebei University of Technology, Tianjin 300401, China)

Abstract: Digital empowerment is the new phenomenon with the popularity and development of digital technology. It is a process that relies on digital technology and other resources to efficiently connect innovative elements, promoting the enhancement of enterprise digital capability and the realization of value creation. As for digital empowerment, the current research is still in the concept discussion stage, and there is a lack of reliable and valid tools to measure this concept. Taking high-end equipment manufacturing industry as an example, the relevant literature was consulted and relevant enterprises were investigated basing on the theory of digital capability and empowerment. In this study, the connotation of digital empowerment and four dimensions of resource empowerment, structure empowerment, platform empowerment and ecological empowerment were extracted, and the corresponding measurement scale was developed. Furthermore, exploratory and confirmatory factor analysis were used to verify the content reliability and validity of these four dimensions, and the optimal measurement model of digital empowerment including 24-items was finally established. This study could make up for the deficiency of existing digital empowerment measurement scales and provide reference for the research on digital transformation of advance-equipment manufacturing industry.

Keywords: digital empowerment; structural dimension; scale development

收稿日期: 2022-03-02

基金项目: 河北省社会科学基金重大项目(HB19ZD03)

作者简介: 李子彪(1979—),男,教授,博士,博士生导师;

李 晗(1991—),女,博士研究生;

王思惟(1994—),女,博士研究生。

新一代数字技术推动制造业加速实现全面数字化转型。高端装备制造业技术含量较高、技术系统集成化程度较高、生产过程复杂且精密,对技术创新要素的依赖性较高等特征,加剧了数字化转型的难度^[1]。然而,我国的装备制造水平仍旧处于“大”而不“强”的阶段,尤其是新技术不断革新,提高了高端装备制造业的研发要求^[2]。由此,如何抓住高端装备制造业数字化转型机遇,发挥数字赋能作用,提高技术创新能力是亟待解决的问题。那么,如何理解数字赋能的本质内涵,数字赋能包含哪些维度,以及如何衡量数字赋能等问题是高端装备制造业数字化转型背景下技术创新管理领域的重要研究课题。

赋能起源于“授权赋能”,经历了积极心理学向管理学的学科演化过程。学者们关注赋能维度,普遍将其分为资源赋能、结构赋能和心理赋能3个关键维度^[3],在此基础上,已有人力资源管理领域学者开发关于领导授权赋能量表^[4],并实证检验领导授权赋能对员工创新行为^[5-6]、创新绩效^[7]等的影响作用。数字化时代赋予“赋能”新内涵,对赋能维度的适用性也提出了新的要求。国内外学者已经意识到数字平台赋能^[8]、数据赋能^[9-11]对于产业技术创新的重要促进作用,但已有研究仅仅将数字赋能看作产业数字化转型的工具,或简单理解为数字化能力的体现,未能深入解析数字赋能本身的影响因素,也无法进一步挖掘产业数字化转型的驱动因素;或以数字技术基础设施和应用等为工具实证检验数字赋能对企业技术创新、产业结构等的影响作用,缺乏对数字赋能内在作用力、作用途径等内容的深入探讨。基于此,本研究重点剖析数字赋能内涵本质,探析数字赋能维度,开发数字赋能量表,为阐释数字赋能产业技术创新作用机理提供参考。

鉴于数字赋能是依托数字技术的普及和发展的情境化概念,尤其是在高端装备制造业数字化转型机遇与挑战并存的重要战略时期,有必要以高端装备制造业为主要研究对象。首先,系统梳理数字赋能相关文献,分析国内外学者对赋能、数字化能力、数字赋能等相关概念界定和维度研究,通过半结构化访谈开发并修订各维度测量题项。随后,通过问卷调查进行实证检验。最后,说明研究局限性和研究展望。研究结论为理解数字赋能内涵和作用维度提供参考,并为数字赋能高端装备制造业发展相关实证分析提供测量工具和理论指导。

1 数字赋能内涵与维度相关研究

1.1 数字赋能内涵

赋能研究关注对象包括赋能主体和赋能手段。从赋能主体来看,在积极心理学中,赋能强调通过言语行为、态度以及所处环境的变化给予他人正面能量,学者多从个人层面^[12-13]、组织层面进行研究^[14]。个人层面研究提出“授权赋能”,认为领导要下放权力,并研究授权赋能对员工自我效能感和个人工作效率,以及对组织绩效和组织创新的影响作用;组织层面研究,开始从“赋权”到“赋能”的激励演化过程,更强调发挥组织和个人的能力和创造力的行动授权。从赋能手段来看,随着平台经济的快速崛起,“平台赋能”应运而生^[15-16]。汪旭晖等^[17]提出平台应给予平台型电商企业更多的管理自主权、提高电商企业的环境控制力以适应快速发展的互联网商业模式。

在数字经济和制造业数字化转型背景下,已有学者开始探索数字赋能相关研究,围绕不同行业数字资源获取和数字创新过程进行探索性探究。郝金磊等^[8]通过案例研究方法,对分享经济下的互联网企业用户赋能、数据赋能和生态赋能3个阶段的赋能机理进行了深入研究^[18];孙新波等^[19]基于价值共创理论揭示数字赋能价值创造的作用机制。已有研究总体还是围绕增强数字化能力进行拓展研究的。因此,要阐释数字赋能内涵还要进一步梳理数字化能力相关研究。目前有关数字化能力定义与维度的研究主要集中在计算机科学与技术学科,从资源基础观和动态能力视角展开讨论。从资源基础观视角来看,数字化资源是数字化能力的前提,是获得竞争优势的关键内部因素^[20]。数字资源是指可以用0/1格式表达的资源,包括软件、数据、商业规则、过程、用户身份、算法等^[21-22],广义的数字资源包括数字化基础设施平台(基础设施平台、硬件云平台、软件平台以及运维平台)、数据本身(传统企业数据、机器与传感器数据、社交数据)、数字化人力资源与数字化思维。从动态能力视角看,数字化能力是“数字化驱动”的能力,即推动企业数字化转型的核心能力^[23]。数字化能力表现在应用自有技术体系助力不同客户机构数字化升级,以智能响应生产过程或外部客户需求^[24]。已有研究围绕大数据能力,将数字化能力视为包含大数据感知^[25-26]、大数据资源获取^[27]、大数据智能分析和管理的^[28-30]等在内的多维度系统能力。

在已有研究基础上,数字赋能是随着数字技术

的普及和发展而出现的新现象,本研究从赋能工具、过程和目标三方面界定数字赋能内涵,其中赋能工具即数字化资源的作用,赋能过程即连接创新要素,并将数字化资源运用到生产和研发过程的过程,赋能目标即实现多主体价值共创的目标。因此,数字赋能是依托数字技术等资源赋予创新活动主体数字化能力,连接创新要素和创新主体,实现价值共创的过程。具体地,从数字资源获取^[31]、数字化生产过程^[32-34]、数字化平台连接^[35-36]、数字化创新生态系统环境保障^[37-38]等方面界定数字赋能增强数字化能力,实现数字赋能价值创造的过程。

1.2 数字赋能维度

学者们关注赋能的过程,普遍将其分为结构赋能、心理赋能和资源赋能3个关键维度。而在数字化时代,数字赋能更加强调数字资源的连接和智能分析能力,逐渐弱化了心理赋能的作用。因此,基于资源基础观、动态能力理论和价值共创理论,以及数字化背景下数字赋能工具、过程和目标的内涵本质,本研究将数字赋能分为资源赋能(工具)、结构赋能和平台赋能(过程)、生态赋能(目标)4个维度。

1) 资源赋能。资源基础观假设企业具有不可模仿性、无可替代的异质性资源,并进一步转化为企业独具竞争优势的能力。在数字经济时代,资源赋能主要体现在数据赋能和数字技术赋能两方面。一方面,在制造业技术创新领域,数据赋能指的是通过创新数据的使用场景、技能与方法,将数据挖掘、数据分析技术应用于某一方面^[39],增强数字资源连接能力和数字感知能力^[40],提升数据分析能力和信息运用能力,减少庞大的数据流带给企业的不确定因素。另一方面,数字技术进步驱动了产业数字创新,并贯穿数字创新全过程。企业借助数字技术资源,充分运用数字技术的数据集成与分析优势,将数字技术应用到生产流程和制造工艺过程中,实现产品效能叠加^[41]。Kumar^[42]指出数字技术与产业资源融合可以催生相关产业实现数字科技改造。温湖炜等^[43]以2007—2017年我国制造业上市公司数据为依据,提出智慧城市登记处设施建设有助于促进数字技术在制造业领域的应用,数字技术推动了产品创新与商业模式创新的繁荣。

2) 结构赋能。随着数字技术迭代速度不断加快,技术创新环境充满动态性和不确定性,动态能力理论在解释动态环境下技术创新方面更具有说服力。依据动态能力理论,在掌握数字化资源的同时,如何通过海量数据资源提高需求动态分析能力,如何将数据资源转化为适应数字技术体系的生产能

力,是高端装备制造业研发设计和生产环节实现数字化转型不可避免的问题。通过结构赋能,数字化模糊了产业边界、组织边界、部门边界甚至产品边界^[44]。数字赋能的智能制造通过增强数字化供应能力和数字化应用能力^[45],重新定义了组织的运行模式及企业间的关系^[46]。打破了从“研发→售后”的已有流程,形成“需求→制造”的流程再造。从流程重塑的形式看,流程重塑改变传统制造业微笑曲线“两端高、中间低”的形态,制造环节同研发、设计、品牌、渠道、物流和售后等环节一样,都是重要的流程环节和高价值增值环节。

3) 平台赋能。数字赋能将“授权赋能”延伸到赋予主体更多数字化能力,显著增强主体的交互和连接能力,依托数字化平台实现资源重组,促进开放式创新。数字平台具有动态可塑性^[47]、更高处理能力和低成本^[48]等特征,具有数字基础设施的平台通过一系列业务功能布局和技术架构设计,能将多功能技术连接起来^[49],增强数字平台开发和发展能力。企业通过健全数字平台基础设施并充分发挥数字平台的作用,开展技术创新活动,实现无空间、时间边界的连接和触达,对创新活动进行全方位、多角度、全链条改造。同时,在多创新主体交互过程中,拓展了平台赋能空间,打破创新资源获取障碍,以适应迅速变化的外部环境变化来提高价值,加速其转型和变革进程^[50]。

4) 生态赋能。生态赋能关注主体共生关系,是个体与跨界系统行为之间的相互作用。生态赋能融合技术网络、知识网络和社会网络^[51],发挥大数据、数字技术、多主体协同创新作用,将数字创新生态系统概念化为异质元素的复杂网络^[52]。技术网络是数字技术在生态系统内相互作用,并随着时间的推移而改进演变以适应其应用功能,支持创新生态系统发展。知识网络连接着不同类型知识和主体,生态赋能突破知识传播边界,促进知识资源在生态系统内广泛流动、扩散和共享^[53],促进价值共创。社会网络能够显著增强相互关联的多远主体间联系的方向和强度^[54]。生态赋能通过连接数字化创新要素和主体,改变个体行为者间相互依赖关系,将传统的价值链转变为价值网络,在非线性、跨层次的动态过程中创造价值,助力创新生态系统内主体、结构、制度、功能和演进的数字化转型,实现生态赋能价值创造目标。

基于以上分析,本文基于我国制造业数字化转型情境下的数字赋能分为资源赋能、结构赋能、平台赋能和生态赋能4个关键维度。

2 数字赋能量表开发

本文参考已有关于量表开发的研究方法^[55-56],首先,梳理相关文献,提炼出数字赋能内涵、维度及相关题项,确定数字赋能包含资源赋能、结构赋能、平台赋能和生态赋能4个维度。其次,通过半结构化访谈深入探讨数字赋能不同维度内容,并翻译、修订和完善已有测量题项,形成初始量表。最后,通过检验量表信效度,形成最终量表。

2.1 文献研究

已有研究还未明确界定“数字赋能”内涵。基于以上分析,梳理数字化能力、数字赋能相关测度文献,具体步骤如下:

1)初步检索包含“数字化能力”的相关研究。主要从CNKI和WOS 2个数据库进行检索,其中CNKI检索,在“经济与管理科学”领域,按照主题词检索为主,主题=“数字能力”OR“数字化能力”,来源=“SCI、EI、CSSCI、CSCD、核心期刊”,得到111篇文献;WOS检索,Title=“digital capability”,剔除“专利、新闻、临床试验、社论材料”等不相关内容,最终获得332篇文献(检索时间为2021年11月)。

2)补充检索包含“数字赋能”的相关研究,筛选其中包含测量量表的研究文章。CNKI检索:主题=“数字赋能”OR“数据赋能”OR“数字技术赋能”,来源=“SCI、EI、CSSCI、CSCD、核心期刊”,得到411篇文献;WOS检索:主题=digital empowerment,剔除医学、生物学等学科,剔除“专利、新闻、临床试验、社论材料”等不相关内容,得到659篇文献。

3)初步阅读步骤1、2检索结果的摘要内容,检查和筛选包含数字化能力核心构建和测量、数字赋能界定和维度的相关文章,以实证研究文章为主。得到包含核心构建界定内容的文献128篇,其中英文73篇,中文55篇。进一步阅读后,可以借鉴的增强数字化能力的相关核心构念和和题项的文章有31篇,其中中文17篇,英文14篇。

4)按照数字赋能维度划分,初步凝练数字赋能测量量表和题项,经过文献梳理,初步形成30个测量题项:资源赋能9个、结构赋能7个、平台赋能6个、生态赋能8个。

2.2 开放式调查问卷

在文献梳理和初步内涵界定基础之上,设计了开放式调查问卷,对小样本($N=50$)发放调查问卷,调查对象主要是机械装备领域、医疗器械领域、智能制造和能源设备制造领域的工程师、研发人员。

研究人员向被试发放问卷,要求被试根据给定

的“数字赋能”的定义,分别对数字赋能的4个维度进行描述和举例(每个维度至少给出3条具体行为或示例)。最后回收问卷29份,相关描述15条。

2)从原始数据中进行初始题项提取。提取原则:对于句式简练、含义单一、清晰明了的描述,直接将其作为有效题项予以保留;对于句式较长,具有多重含义的描述,研究者和其上述两名合作者共同讨论,对其进行精简、拆分或剔除;对于模糊不清,与数字赋能内涵结构联系不紧密的描述,直接予以删除;对于案例描述,经过反复阅读和理解,将其重要含义提炼成初始题项;对于含义重复的题项仅保留一个。根据上述5项原则,删除题项5个,保留题项10个。

3)将归纳法得到的10个初始题项与文献法翻译的32个题项进行合并。合并原则:含义相同的题目保留文献法获得的题项;含义交叉的题项,和其他研究者进行讨论和重新编写;归纳法获得的新题项直接予以保留;为了保持构念结构的均衡性,尽量保持每个维度题项数目相等或接近。根据这4项原则,合并结果为36个题项,其中资源赋能14个题项、结构赋能7个题项、平台赋能7个题项、生态赋能8个题项。

2.3 量表优化

为确保原始量表的内容效度,由数字创新、制造业数字化转型、积极心理学等领域具有一定研究基础的博士研究生、讲师、副教授和教授组成的专家组,通过小组讨论、头脑风暴等方式,对之前文献研究和开放式问卷得到的36个数字赋能题项进行润色与修订,删除资源赋能2个题项(RE06和RE14)、结构赋能1个题项(SE03)、平台赋能1个题项(PE07),保留32个题项。

3 量表的有效性检验

3.1 数据收集与样本特征

本研究第1阶段通过电子邮件、微信推送方式进行,共发放调查问卷150份;第2阶段扩大了调查对象,借助网络发放平台,限制答卷者可信度,可根据作答时间、问卷质量进行初步筛选,共发放调查问卷299份。两阶段累计发放449份调查问卷,回收349份,剔除其中不合格问卷50份,有效回收率66.59%。其中,研究对象职位中产品或技术研发人员占37.8%,基层或中层管理者占72.3%;年龄主要为26~40岁,其中26~30岁占到38.8%,31~40岁占到58.9%,具有一定的工作经历;具体行业领域以智能制造装备为主,占到47.8%。

本调研问卷采用数字赋能预试量表,量表共包含32个题项,采用李克特5级量表进行测量。

3.2 探索性因子分析

本研究收集数据的KMO值为0.929,说明数据取样适当。同时,进行Bartlett检验($\chi^2 = 5194.761$, $P < 0.001$),说明变量适合进行因素分析。运用最大方差法从数字赋能的32个题项中抽取特征值大于1的因素,共抽取了4个因素,累计方差解释率为59.766%,大部分题项的因素负荷介于0.596~0.894,其中有8个题项(RE1; RE7; RE8; RE9; RE10; SE4; PE5; EE5)因素负荷低于0.5。删除这8个题项后重新选取最大方差法进行分析,如表1所示。结果显示各个条目相应因素载荷大于0.7,累计方差解释率为68.730%,说明因素结构较为理想。经过探索性因子分析得到的24个题项的新量表的Cronbach's α 系数为0.929,说明量表具有良好的稳定性,如表2和表3所示。

为进一步检验问卷题项质量,采用27%的分组标准采取进行分析,结果表明由24个条目组成的总量表克隆巴赫Alpha系数为0.937,根据分析结果得出,删除任意一个条目,总量表的Cronbach's α 系数均低于0.937,因此这24个条目都应保留。同时,“项与总计相关性”和“鉴别度”均达到0.001的显著性,说明数字赋能量表具备较高的效度,如表4所示。

表1 探索性因子分析结果($n = 299$)

Tab. 1 The results of exploratory factor analysis($n = 299$)

条目	因素负荷			
	1	2	3	4
EE01	0.820			
EE06	0.797			
EE04	0.793			
EE08	0.792			
EE07	0.785			
EE03	0.782			
EE02	0.753			
RE02		0.831		
RE12		0.788		
RE11		0.785		
RE13		0.767		
RE03		0.757		
RE04		0.745		
RE05		0.740		
PE01			0.854	
PE06			0.801	
PE04			0.799	
PE02			0.781	
PE03			0.760	
SE01				0.824
SE02				0.802
SE05				0.785
SE06				0.773
SE07				0.747
特征根(非旋转值)	9.095	3.087	2.261	2.051
解释率%(总68.730%)	19.707	19.259	15.085	14.680

表2 数字赋能的测量题项及量表来源

Tab. 2 Scale and source of digital empowerment measurement

变量	题项内容	题项依据
资源赋能(RE7)	企业能够识别出满足技术需求的大数据来源(RE02)	Lin&Kunnathu
	企业能够依靠大数据来识别新的技术发展机会(RE03)	
	企业具有通过无线网络连接数字化产品的能力(RE04)	Lenka
	企业越来越多地使用数字技术来连接人、系统、公司、产品和服务(RE05)	开放式调查问卷
	企业能够将数据运用到研发环节,自动收集存储设备参数(RE11)	Gunther等
	企业能够将数据运用到设备生产制造环节,实时监控设备运行状态(RE12)	
	企业通过数字工具和组件提高了商业智能决策的效率(RE13)	易加斌等
结构赋能(SE5)	企业能够抽象分析数字信息进行精准市场定位(SE01)	易加斌等
	企业能够利用数字化手段来优化生产流程或资源配置(SE02)	Yoo等
	企业能够实现产品质量追溯(SE05)	吉峰等
	企业能够实现产品故障预警与诊断(SE06)	
	企业能够进行预测性远程维修服务(SE07)	
平台赋能(PE5)	企业会自行研发或自主搭建数字平台与基础设施(PE01)	杨震宁等
	企业应用了支撑数字产品和服务的数字平台(PE02)	
	企业拥有的数字平台基础设施在连接性方面充分满足了当前的生产需求(PE03)	Li&Chan
	企业拥有的数字平台基础设施在可靠性方面充分满足了当前的生产需求(PE04)	
	企业拥有的数字平台基础设施在速度方面充分满足了当前的生产需求(PE06)	

续表 2

变量	题项内容	题项依据
生态赋能(EE7)	企业能够将外部数据与内部数据集成,以促进对技术发展环境的高价值分析(EE01)	Gupta&George
	数据驱动合作伙伴之间形成的相互促进、互利共赢的价值关系(EE02)	张明超等
	数字化技术驱动各流程节点实现最大协同作用,在周期方面实现价值突破(EE03)	张明超等
	数字化技术驱动各流程节点实现最大协同作用,在成本方面实现价值突破(EE04)	
	企业通过数字技术系统构建了企业内部价值网络(EE06)	吉峰等
	企业通过数字技术系统实现了上游供应商、下游客户、全行业合作伙伴的全价值链集成(EE07)	
	企业通过数字技术系统构建了跨行业、跨领域的工业互通生态链(EE08)	

表 3 量表的信度检测($n=299$)Tab. 3 The results of reliability test of the scale($n=299$)

因素	标准化的 Cronbach's Alpha 系数
资源赋能	0.916
结构赋能	0.894
平台赋能	0.898
生态赋能	0.917
总体信度	0.929

表 4 量表的项目分析结果($n=299$)Tab. 4 The results of the item analysis results of the scale($n=299$)

条目	项与总计相关性	删除项后的克隆巴赫系数	鉴别度
RE02	0.797***	0.921	22.437
RE03	0.573***	0.926	11.472
RE04	0.567***	0.926	11.866
RE05	0.552***	0.926	11.202
RE11	0.569***	0.926	12.289
RE12	0.522***	0.926	11.278
RE13	0.572***	0.926	11.735
SE01	0.552***	0.926	13.348
SE02	0.556***	0.926	11.870
SE05	0.579***	0.926	12.311
SE06	0.627***	0.925	14.073
SE07	0.532***	0.926	11.192
PE01	0.575***	0.926	13.987
PE02	0.548***	0.926	12.415
PE03	0.572***	0.926	14.310
PE04	0.522***	0.926	12.075
PE06	0.551***	0.926	13.382
EE01	0.592***	0.925	13.204
EE03	0.555***	0.926	11.989
EE04	0.554***	0.926	12.349
EE06	0.532***	0.926	10.540
EE07	0.552***	0.926	10.926
EE08	0.509***	0.927	10.041

3.3 验证性因子分析

本研究使用 Amos24.0 对以上题项进行验证性因子分析,同时采用平均方差抽取量(AVE)、组合信度(CR)和区分效度检验其聚敛效度。

在进行聚敛效度检验前,先检验量表整体拟合优度。根据 Bentler 的建议标准^[57], $\chi^2/DF \leq 3$ 、 $TLI \geq 0.9$ 、 $CFI \geq 0.9$ 、 $GFI \geq 0.9$ 、 $AGFI \geq 0.9$ 、 $RMSE \leq 0.05$,则表明该模型的拟合程度是可接受的,如表 5 所示。

邱皓政^[58]认为当指标载荷值大于 0.55 时代表情况良好。根据以上标准,本研究所做的数字赋能条目都能解释 50% 以上的变异量,说明本研究开发的数字赋能量表题项质量优良。根据 Fornell 等^[59]的建议,本文通过 AVE 值来判定量表的收敛效度,数字赋能量表的 AVE 值大于 0.5,数字赋能的 4 个因素的组合信度大于 0.7^[60],说明量表具有较高的可信度和稳定性,如表 6 所示。

AVE 的平方根大于子维度之间的相关性,表明各变量具有中度或中度偏低的相关性,既具有共同属性,同时又具有各自的独立性,说明组成数字赋能的各维度之间既具有一定关联同时又有着较好的区分效度,从而形成了一个有机整体,如表 7 所示。

表 5 量表拟合优度

Tab. 5 The goodness of fit of the scale

	卡方自由度比 CMIN/DF	TLI	CFI	GFI	AGFI	RMSEA
实测值	1.077	0.995	0.936	0.932	0.918	0.016
适配值	<3	≥ 0.9	≥ 0.9	≥ 0.9	≥ 0.9	<0.05

表6 组合信度检验结果

Tab. 6 The results of convergent validity test

路径	Estimate	指标载荷	AVE CR	
			>0.5	>0.6
RE13 ← 资源赋能	0.742	0.767		
RE12 ← 资源赋能	0.731	0.788		
RE11 ← 资源赋能	0.779	0.785		
RE05 ← 资源赋能	0.720	0.740	0.599	0.788
RE04 ← 资源赋能	0.735	0.745		
RE03 ← 资源赋能	0.746	0.757		
RE02 ← 资源赋能	0.970	0.831		
SE01 ← 结构赋能	0.818	0.824		
SE02 ← 结构赋能	0.796	0.802		
SE05 ← 结构赋能	0.799	0.785	0.619	0.810
SE06 ← 结构赋能	0.823	0.773		
SE07 ← 结构赋能	0.726	0.747		
PE01 ← 平台赋能	0.876	0.854		
PE02 ← 平台赋能	0.777	0.781		
PE03 ← 平台赋能	0.775	0.760	0.639	0.831
PE04 ← 平台赋能	0.775	0.799		
PE06 ← 平台赋能	0.797	0.801		
EE01 ← 生态赋能	0.833	0.820		
EE02 ← 生态赋能	0.772	0.753		
EE03 ← 生态赋能	0.777	0.782		
EE04 ← 生态赋能	0.784	0.793	0.623	0.814
EE06 ← 生态赋能	0.774	0.797		
EE07 ← 生态赋能	0.778	0.785		
EE08 ← 生态赋能	0.761	0.792		

表7 区分效度检验结果

Tab. 7 The results of discriminant validity test

	平均值	标准差	资源赋能	结构赋能	平台赋能	生态赋能
资源赋能	3.160	0.917	0.774			
结构赋能	3.190	0.924	0.542 **	0.787		
平台赋能	3.215	0.935	0.523 **	0.455 **	0.799	
生态赋能	3.238	0.891	0.437 **	0.435 **	0.387 **	0.789

注:对角线为AVE平方根,**表示 $P < 0.01$ 。

4 结论与启示

4.1 研究结论

1) 研究结果。通过梳理数字赋能相关内涵和维度研究,开发并验证了数字赋能量表。实证结果表明,我国装备制造业数字化转型情境下,从赋能工具、过程和目标三方面较为全面地界定了数字赋能

内涵,进一步将数字赋能划分为资源赋能、结构赋能、平台赋能、生态赋能4个维度。在借鉴已有关于数据赋能、数据能力、数字化能力、数字化生产制造能力等测量指标,遵循量表开发步骤,综合文献研究和开放式调查问卷,形成了包含24个题项的数字赋能测量量表。该量表累计方差解释率近70%,四个子维度的内部一致性信度均高于0.8,说明数字赋能量表四维度的各题项间具有较好的异质性。此外,通过验证性因子分析,采用CR和AVE指标检验了数字赋能量表具有较好的聚合效度和区分效度。弥补了已有仅停留在对数据赋能测量层面的不足^[19],促进了数字赋能由概念探索向实证分析转变,为开展制造业数字化转型背景下数字赋能的作用机制提供了工具。同时,也为高端装备制造业数字化转型如何充分挖掘数字化创新要素,提高数字化创新能力具有重要的实践指导意义。

2) 理论贡献。理论上,为阐释数字赋能的作用力和作用途径等问题提供了量化指标,为数字赋能技术创新、产业战略转型提供了理论指导和可操作性测量工具;从赋能工具角度,资源赋能通过海量数据资源和新兴数字化技术手段,为企业精准识别数据来源,判断数字技术发展机会,挖掘数字技术创新能力提供更多可能;从赋能过程看,一方面结构赋能更多是依靠研发环节和生产制造流程信息化、自动化和智能化的外在变化,有助于增强资源优化配置能力,为实现质量追溯、故障预警与诊断、预测性远程维修服务提供工具,增强数字化生产能力;另一方面,平台赋能是增强主体之间连接关系的重要因素,通过开发数字化平台相关基础设施,增强数字平台基础设施在连接性、可靠性和速度等方面的能力,提高数字平台开发和发展能力;从赋能目标角度,生态赋能突破时空界限,增强内外部数据集成能力、数字化技术协同创新能力,为打造跨行业跨领域的工业互通生态链创造力数字技术共振价值和数字化生产共生价值,实现价值共创。综上,数字赋能不同维度测量指标为企业从数字化资源投入、挖掘数字生产潜力、增强数字化平台连接能力、共创数字化生态协同创新能力,提供了理论指导。

4.2 管理启示

当前,我国高端装备制造业处于大而不强阶段,在充满不确定性的技术变革环境下,唯一确定的就是必须抓住数字化变革的机遇,充分挖掘数字赋能作用机制,以准确识别技术创新变革时机和方向,迅速实现数字化转型。本研究通过界定数字赋能内涵

及其维度,为高端装备制造业数字赋能价值共创、数字赋能提高技术创新效率,实现数字化转型提供了借鉴意义:

1) 基于数字赋能工具,既要注重数字化创新要素投入,充分挖掘当前已有的数字资源,又要不断拓展数字化资源创新场景和适用性,以保证持续提高创新绩效。

2) 基于数字赋能过程,一方面要尽快打造完善的数字生产流程,包含数字化设计、功能仿真以及原型制造技术等变革,以提高加工对象尺度精准度技术;以数字的生成、加工、传输、修改和储存为基础,在设计、制造和试验过程中用数字量化取代模拟量,用数字技术取代传统技术,逐渐形成以数字量化作为设计、制造和试验的唯一依据,使其向更加智能的阶段演进。另一方面,由于数字创新资源要素的广泛流动和产业链分工边界的无限拓展,要充分考虑数字技术与其它数字资源和数字创新主体协同创新关系,处理好创新环节高度分化、高度综合化和极端精细化的发展趋势,最大化发挥数字平台连接作用,尽可能减少数字创新的风险,提高数字创新绩效。

3) 基于数字赋能目标,数字技术的快速发展改变了传统的竞争格局,在这种新的竞争格局中,价值创造活动并不依赖于单个企业,而是依赖于整个生态系统。因此,要从环境适应性和变革灵活性等方面做好数字生态系统协同创新的环境保障,以帮助企业更好地适应和应对高度不确定性、动态性和复杂性的创新环境等,为更精准识别数字转型痛点和变革机遇,突破关键核心技术,实现产业变轨超车提供可靠支撑。

4.3 研究局限与展望

本文存在一定的局限性:首先,数字赋能本身是一个复杂的过程,不同行业的数字赋能阶段和具体实践活动可能存在差异。本研究样本主要集中在高端装备制造业,作为数字化转型最为困难的行业,具有一定的局限性,未来研究可对其他行业企业进一步验证,增强数字赋能量表的普适性。因此,未来可使用案例分析、扎根理论等研究方法收集更多、更加可靠的数据资料,使研究结论更加严谨、更具说服力,进一步挖掘数字赋能特征,以丰富补充数字赋能理论,并为增强数字赋能技术创新、促进产业数字化转型提供指导方法。

参考文献:

- [1] 孟凡生,赵刚,徐野. 基于数字化的高端装备制造企业智能化转型升级演化博弈研究[J]. 科学管理研究,2019,37(5):89.
- [2] MENG F S,ZHAO G,XU Y. Research on intelligent transformation and upgrading evolution game of high-end equipment manufacturing enterprises based on digitalization[J]. Scientific management research,2019,37(5):89.
- [3] 李坤,于渤,李清均.“躯干国家”制造向“头脑国家”制造转型的路径选择:基于高端装备制造产业成长路径选择的视角[J]. 管理世界,2014(7):1.
- [4] LI K,YU B,LI Q J. The path selection of transition from “Body Country” to “Mind Country” manufacturing:Based on the perspective of high-end equipment manufacturing industry growth path selection[J]. Journal of management world,2014(7):1.
- [5] LING C L M,PAN S L,RACTHAM P, et al. ICT-Enabled community empowerment in crisis response: Social media in Thailand flooding 2011 [J]. Journal of the Association for Information Systems,2015,16(3):174.
- [6] 王辉,武朝艳,张燕,等. 领导授权赋能行为的维度确认与测量[J]. 心理学报,2008,40(12):1297.
- [7] WANG H,WU C Y,ZHANG Y. The dimensionality and measure of empowering leadership behavior [J]. Acta psychologica sinica, 2008,40(12):174.
- [8] 李伟,梅继霞. 领导授权赋能对员工创新行为影响研究:一个有调节的中介模型[J]. 软科学,2018,32(12):75.
- [9] LI W,MEI J X. Research on influence of leader empowerment on employee innovation behavior: A moderated mediation model [J]. Soft science,2018,32(12):75.
- [10] 周劲波,宋站阳. 领导授权赋能对员工创新行为的影响机制:不确定性规避和差错管理氛围的调节作用[J]. 科技管理研究,2020,40(14):1408.
- [11] ZHOU J B,SONG Z Y. Influencing mechanism of leadership empowerment on employees' innovative behavior: The regulating role of uncertainty avoidance and error management atmosphere [J]. Science and technology management research, 2020,40(14):1408.
- [12] 侯曼,张珮云,王倩楠. 领导授权赋能对员工创新绩效的影响:隐性知识共享与情绪智力的作用[J]. 软科学,2021,35(12):113.
- [13] HOU M,ZHANG P Y,WANG Q N. The influence of empowering leadership on employee innovative performance: The role of tacit knowledge sharing and emotional intelligence [J]. Soft science, 2021,35(12):113.
- [14] 宋华. 数字平台赋能的供应链金融模式创新[J]. 中国流通经济,2020,34(7):17.
- [15] SONG H. Pattern innovation of the supply chain finance enabled by the digital platform [J]. China business and market,2020,34(7):17.
- [16] 周文辉,邓伟,陈凌子. 基于滴滴出行的平台企业数据赋能促进价值共创过程研究[J]. 管理学报,2018,15(8):1110.
- [17] ZHOU W H,DENG W,CHEN L Z. Digital empowerment on value co-creation process in platform enterprise of DiDi Chu Xing [J]. Chinese Journal of Management,2018,15(8):1110.
- [18] 孙新波,苏钟海. 数据赋能驱动制造业企业实现敏捷制造案

- 例研究[J]. 管理科学,2018,31(5):117.
- SUN X B, SU Z H. Data enabling drives manufacturing enterprise for achieving agile manufacturing: A case study [J]. *Journal of management science*, 2018, 31(5): 117.
- [11] 张明超, 孙新波, 王永霞. 数据赋能驱动精益生产创新内在机理的案例研究[J]. 南开管理评论, 2021, 24(3): 102.
- ZHANG M C, SUN X B, WANG Y X. A case study on the internal mechanism of data enablement driving lean production innovation[J]. *Nankai business review*, 2021, 24(3): 102.
- [12] THOMAS K W, VELTHOUSE B A. Cognitive elements of empowerment: An “interpretive” model of intrinsic task motivation[J]. *Academy of Management Review*, 1990, 15(4): 666.
- [13] SPREITZER G M. Social structural characteristics of psychological empowerment [J]. *The Academy of Management Journal*, 1996, 39(2): 483.
- [14] PERKINS D, ZIMMERMAN M A. Empowerment theory, research, and application[J]. *American Journal of Community Psychology*, 1995, 23(5): 569.
- [15] 朱勤, 孙元, 周立勇. 平台赋能、价值共创与企业绩效的关系研究[J]. 科学学研究, 2019, 37(11): 2026.
- ZHU Q, SUN Y, ZHOU L Y. The study of the relationship among platform empowerment, value co-creation and enterprises performance[J]. *Studies in Science of science*, 2019, 37(11): 2026.
- [16] 罗仲伟, 李先军, 宋翔, 等. 从“赋权”到“赋能”的企业组织结构演进: 基于韩都衣舍案例的研究[J]. 中国工业经济, 2017(9): 174.
- LUO Z W, LI X J, SONG X, et al. Evolution of enterprise organization structure based on the hypothesis of “empower” to “enable”: Based on the case study of Handu Group’s practice[J]. *China Industrial Economics*, 2017(9): 174.
- [17] 汪旭晖, 张其林. 平台型电商企业的温室管理模式研究: 基于阿里巴巴集团旗下平台型网络市场的案例[J]. 中国工业经济, 2016(11): 108.
- WANG X H, ZHANG Q L. Research on greenhouse management model of e-commerce platform: A case study on platform-mediated network markets of Alibaba [J]. *China Industrial Economics*, 2016(11): 108.
- [18] 郝金磊, 尹萌. 分享经济: 赋能、价值共创与商业模式创新: 基于猪八戒网的案例研究[J]. 商业研究, 2018(5): 31.
- HAO J L, YIN M. Sharing economy: Empowerment, value co-creation and business model innovation: A case study of Zhu Bajie [J]. *Commercial Research*, 2018(5): 31.
- [19] 孙新波, 苏钟海, 钱雨, 等. 数据赋能研究现状及未来展望[J]. 研究与发展管理, 2020, 32(2): 155.
- SUN X B, SU Z H, QIAN Y, et al. Research review and prospects of data empowerment[J]. *R & D Management*, 2020, 32(2): 155.
- [20] COREYNEN W, VANDERSTRAETEN J, WITTELOOSTUIJN A V, et al. What drives product-service integration? An abductive study of decision-makers’ motives and value strategies[J]. *Journal of Business Research*, 2020, 117: 189
- [21] DU K. Research note-parenting new acquisitions: Acquirers’ digital resource redeployment and targets’ performance improvement in the U. S. hospital industry[J]. *Information Systems Research*, 2015, 26(4): 829.
- [22] BHARADWAJ A, EL SAWY O A, PAVLOU P A, et al. Digital business strategy: Toward a next generation of insights [J]. *MIS Quarterly*, 2013, 37(2): 471.
- [23] 王文京, 陈强兵, 谢志华, 等. 企业数字化: 目标、路径与实践[M]. 北京: 中信出版社, 2019: 1.
- WANG W J, CHEN Q B, XIE Z H, et al. Enterprise digitization: Goal, path and practice [M]. Beijing: CITIC Press, 2019: 1.
- [24] 苏敬勤, 孙悦, 高昕. 连续数字化转型背景下的数字化能力演化机理: 基于资源编排视角[J/OL]. 科学学研究; 1 [2022-03-02]. <https://doi.org/10.16192/j.cnki.1003-2053.20220114.001>.
- SU J Q, SUN Y, GAO X. The evolution mechanism of digital capability in continuous digital transformation: A resource orchestration perspective [J]. *Studies in Science of science*; 1 [2022-03-02]. <https://doi.org/10.16192/j.cnki.1003-2053.20220114.001>.
- [25] 易加斌, 张梓仪, 杨小平, 等. 互联网企业组织惯性、数字化能力与商业模式创新: 企业类型的调节效应[J/OL]. 南开管理评论; 1 [2021-12-05]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/12.1288.F.20211111.1430.004.html>
- YI J B, ZHANG Z Y, YANG X P, et al. Internet enterprise organizational inertia, digital capability and business model innovation [J]. *Nankai Business Review*; 1 [2021-12-05]
- [26] 杨震宁, 侯一凡, 李德辉, 等. 中国企业“双循环”中开放式创新网络的平衡效应: 基于数字赋能与组织柔性的考察[J]. 管理世界, 2021, 37(11): 184.
- YANG Z N, HOU Y F, LI D H, et al. The balancing effect of open innovation networks in the “dual circulation” of Chinese enterprises: An investigation based on digital empowerment and organizational flexibility [J]. *Journal of management world*, 2021, 37(11): 184.
- [27] 谢卫红, 刘高, 王田绘. 大数据能力内涵、维度及其与集团管控关系研究[J]. 科技管理研究, 2016, 36(14): 170.
- XIE W H, LIU G, WANG T H. Study on the concept, dimension of big data capacity, the relationship between group control [J]. *Science and Technology Management Research*, 2016, 36(14): 170.
- [28] AKTER S, WAMBA S F, GUNASEKARAN A, et al. How to improve firm performance using big data analytics capability and business strategy alignment? [J]. *International Journal of Production Economics*, 2016, 182(12): 113.
- [29] WAMBA S F, GUNASEKARAN A, Akter S, et al. Big data analytics and firm performance: Effects of dynamic capabilities [J]. *Journal of Business Research*, 2017, 70(1): 356.
- [30] JANSSEN M, VAN DER VOORT H, WAHYUDI A. Factors influencing big data decision-making quality [J]. *Journal of Business Research*, 2017, 70: 338.
- [31] GUNTHER W A., MEHRIZI M H R., HUYSMAN M. Debating Big Data: A literature review on realizing value from Big Data [J]. *The Journal of Strategic Information Systems*, 2017, 26(3):

- 191.
- [32] NAMBISAN, et al. Digital innovation management: Reinventing innovation management research in a digital world[J]. MIS Quarterly, 2017.
- [33] YOO Y, BOLAND R J., LYTTINEN K, MAJCHRZAK A. Organizing for innovation in the digitized world[J]. Organization Science. 2012, 23: 1398.
- [34] 焦勇, 刘忠诚. 数字经济赋能智能制造新模式: 从规模化生产、个性化定制到适度规模定制的革新[J]. 贵州社会科学, 2020(11): 148.
- JIAO Y, LIU Z C. Digital economy enables new modes of intelligent manufacturing: From large-scale production, personalized customization to moderate scale customization[J]. Guizhou Social Sciences, 2020(11): 148.
- [35] 谭建荣, 刘达新, 刘振宇, 等. 从数字制造到智能制造的关键技术途径研究[J]. 中国工程科学, 2017, 19(3): 39.
- TAN J R, LIU D X, LIU Z Y, et al. Research on key technical approaches for the transition from digital manufacturing to intelligent manufacturing[J]. Strategic Study of CAE, 2017, 19(3): 39.
- [36] 吉艳平, 韩明华, 郑大亮. 制造企业智能化升级路径选择研究: 基于企业主体的视角[J]. 经济体制改革, 2018(6): 89.
- JI Y P, HAN M H, ZHENG D L. Research on intelligent upgrading path selection of manufacturing enterprises: From the perspective of enterprise entity[J]. Reform of the Economic System, 2018(6): 89.
- [37] 张超, 陈凯华, 穆荣平. 数字创新生态系统: 理论构建与未来研究[J]. 科研管理, 2021, 42(3): 1.
- ZHANG C, CHEN K H, MU R P. The digital innovation ecosystem: Theory building and a research agenda[J]. Science Research Management, 2021, 42(3): 1.
- [38] 宁连举, 刘经涛, 肖玉贤, 等. 数字创新生态系统共生模式研究[J/OL]. 科学学研究; 1 [2022-02-24]. <https://doi.org/10.16192/j.cnki.1003-2053.20211216.001>.
- NING L J, LIU J T, XIAO Y X, et al. Research on symbiosis model of digital innovation ecosystem[J]. Studies in Science of science; 1 [2022-02-24]. <https://doi.org/10.16192/j.cnki.1003-2053.20211216.001>.
- [39] 刘平峰, 王雨婷, 苏超超. 大数据赋能企业知识管理创新机理与路径研究: 基于华为案例[J]. 科技进步与对策, 2021, 38(1): 122.
- LIU P F, WANG Y T, SU C C. Research on the mechanism and path of big data empowering enterprise knowledge management innovation: Based on the case of Huawei's practice[J]. Science & Technology progress and Policy, 2021, 38(1): 122.
- [40] LIN C, KUNNATHUR A. Strategic orientations, developmental culture, and Big Data capability[J]. Journal of Business Research, 2019, 105(12): 49.
- [41] 刘启雷, 张媛, 雷雨嫣, 等. 数字化赋能企业创新的过程、逻辑及机制研究[J]. 科学学研究, 2022, 40(1): 150.
- LIU Q L, ZHANG Y, LEI Y Y, et al. Research on process, logic and implementation mechanism of digital enabling enterprise innovation[J]. Studies science of science, 2022, 40(1): 150.
- [42] KUMAR S P L. State of the art-intense review on AI systems application in process planning and manufacturing[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2017; 65: 294.
- [43] 温湖炜, 王圣云. 数字技术应用对企业创新的影响研究[J/OL]. 科研管理; 1 [2022-03-02]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1567.g3.20210909.1345.006.html>
- WEN H W, WANG S Y. Research on the effect of digital technology application on enterprise innovation[J]. Science Research Management; 1 [2022-03-02]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1567.g3.20210909.1345.006.html>
- [44] NAMBISAN et al. Digital innovation management: Reinventing innovation management research in a digital world[J]. MIS Quarterly, 2017, 41(1): 223.
- [45] 吉峰, 贾学迪, 林婷婷. 制造企业数字化能力的概念及其结构维度: 基于扎根理论的探索性研究[J/OL]. 中国矿业大学学报(社会科学版); 1 [2022-03-02]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1593.C.20210709.0924.002.html>.
- JI F, JIA X D, LIN T T. The concept and structural dimension of digital capability of manufacturing enterprises: An exploratory research based on grounded theory[J]. Journal of China University of Mining and Technology (Social Sciences); 1 [2022-03-02]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/32.1593.C.20210709.0924.002.html>.
- [46] 许恒, 张一林, 曹雨佳. 数字经济、技术溢出与动态竞合政策[J]. 管理世界, 2020, 36(11): 63.
- XU H, ZHANG Y L, CAO Y J. Digital economy, technology spillover and dynamic competition policy[J]. Journal of management world, 2020, 36(11): 63.
- [47] ZITTRAIN J L. The generative Internet[J]. Harvard Law Review, 2006, 119(7): 1974.
- [48] NYLEN D, HOLMSTROM J. Digital innovation strategy: A framework for diagnosing and improving digital product and service innovation. Business Horizons, 2015. 58(1): 57.
- [49] RAI A., TANG X. Leveraging IT capabilities and competitive process capabilities for the management of interorganizational relationship portfolios[J]. Information Systems Research, 2010, 21(3): 516.
- [50] 陈剑, 黄朔, 刘运辉. 从赋能到使能: 数字化环境下的企业运营管理[J]. 管理世界, 2020, 36(2): 117.
- CHEN J, HUANG S, LIU Y H. Operations management in the digitization era: From empowering to enabling[J]. Journal of management world, 2020, 36(2): 117.
- [51] NACHIRA F, DINI P, Nicolai A. A network of digital business ecosystems for Europe: Roots, processes and perspectives. 2007.
- [52] 张璐阳, 戚聿东. 数字技术背景集成电路产业颠覆创新模式构建[J]. 科学学研究, 2021, 39(5): 920.
- ZHANG L Y, QI Y D. Disruptive innovation model of integrated circuit industry based on digital technology background[J]. Studies science of science, 2021, 39(5): 920.
- [53] CAPONE F, LAZZERETTI L, INNOCENTI N. Innovation and diversity: The role of knowledge networks in the inventive capacity of cities[J]. Small Business Economics, 2021, 56(7).

- [54] GUPTA R, MEJIA C, KAJIKAWA Y. Business, innovation and digital ecosystems landscape survey and knowledge cross sharing [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2019, 147.
- [55] 单标安, 蔡莉, 鲁喜凤, 等. 创业学习的内涵、维度及其测量 [J]. *科学学研究*, 2014, 32(12):1867.
- SHAN B A, CAI L, LU X F, 等. The definition, dimensions and measurement of entrepreneurial learning [J]. *Studies in Science of science*, 2014, 32(12):1867.
- [56] 张秀娥, 滕欣宇. 组织韧性内涵、维度及测量 [J]. *科技进步与对策*, 2021, 38(10):9.
- ZHANG X E, TENG X Y. The connotation, dimensions and measurement of organizational resilience [J]. *Science & Technology progress and Policy*, 2021, 38(10):9.
- [57] BENTLER P M. Comparative fit indexes in structural models [J]. *Psychological Bulletin*, 1990, 107(2):238.
- [58] 邱皓政. 量化研究与统计分析: SPSS 资料分析范例解析 [M]. 五南图书出版社, 2010.
- QIU H Z. Quantitative research and statistical analysis: The examples of SPSS data analysis [M]. Wunan Book Press, 2010.
- [59] FORNELL C, LARCKER D F. Structural equation models with unobservable variables and measurement error: Algebra and statistics [J]. *Journal of Marketing Research*, 1981, 18(1):39.
- [60] HAIR J F, ANDERSON R E, TATHAM R I, et al. *Multivariate data analysis* [M]. NJ: Prentice-Hall Inc, 1998:1.

[编辑:刘素菊]