

德国政府工业4.0融资政策框架评估及 对我国智能制造转型启示*

周旺旺^{1, 2} 丁 纯^{3, 4}

(1.深圳技术大学外国语学院德语系2.深圳技术大学德国工业文明研究中心, 广东 深圳 518118;
3.复旦大学世界经济研究所; 4.复旦大学欧洲问题研究中心, 上海 200433)

[摘 要]作为世界高端制造强国,德国对关乎国家战略利益的工业4.0技术和数字技术进行集中资助和统筹管理。当意识到德国的数字化落后问题后,联邦政府将对工业4.0技术研发的资助延伸到对德国企业的数字化转型资助上。为应对企业的融资挑战,德国经济部、德国复兴银行、私人银行及政府支持的风险投资工具共同构建了多层次融资体系,覆盖中小企业和初创企业在不同阶段的需求。一方面,联邦政府主导对工业4.0与数字化核心技术的集中研发资助;另一方面以政策支持的形式为德国企业尤其是中小企业和高新技术初创公司提供覆盖不同需求的数字化项目融资,培育市场力量。然而,在此过程中出现了数字化发展区域不均衡、银行贷款难以有效支持高风险科技产业的结构障碍、企业因追求独立性外部融资偏好下降、融资政策传导机制不畅以及德国风险投资市场薄弱等问题,这些都是联邦政府要应对的主要挑战。最后,德国工业4.0和数字化转型中的经验也为我国智能制造转型提供了一些分类别、有针对性的融资政策框架设计和推动先进制造业市场化转型的启示与借鉴。

[关键词] 德国联邦政府 工业4.0 数字化 智能制造 中小企业 融资政策

[中图分类号] F416 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 2096-983X (2025) 05-0104-12

一、引言

作为世界高端制造强国,德国早在十多年前提出了工业4.0概念。目前,对工业4.0的普遍定义是工业生产领域的网络连接和智能制造一体化。随着国际社会在工业4.0领域竞争升级,德国也加速了对工业4.0核心技术研

发和创新型商业模式的投资。德国联邦政府为了加速支撑工业4.0发展的核心技术,进行了大量投资。在这一过程中,政治决策者也意识到德国在数字基础设施和数字化方面的落后。联邦政府出台了一系列政策框架,例如2014年推出《数字议程2014—2017》(Digital Agenda 2014—2017),将经济和社会的数字

收稿日期: 2024-10-05; 修回日期: 2025-07-09

*基金项目: 国家社会科学基金重大研究专项项目(20VGQ012); 深圳市人文社科重点研究基地“深圳技术大学德国工业文明研究中心”课题

作者简介: 周旺旺, 政治学博士, 执行主任, 外国语学院德语系助理教授, 主要从事德国政治经济、中欧产业政策、数字平台、低空经济、智能制造等研究; 丁纯, 经济学博士, 让·莫内讲席教授, 复旦大学欧洲问题研究中心主任, 主要从事区域(欧洲)经济一体化、全球化与科技产业竞争、一带一路倡议等研究。

转型视作塑造经济和创新竞争力的一项重要内容;2016年颁布《数字战略2025》(Digitale Strategie 2025),提出未来十年德国数字化转型的十大愿景;2018年制定《塑造数字化》(Digitalisierung Gestalten),对德国社会教育、基础设施和经济等领域实施数字化战略,通过促进数字化转型,增强德国竞争力。

数字化在狭义上是指物体的数据化存在形式,广义的数字化指德国经济和社会的整体数字智能化转型;工业4.0则是数字化在德国工业领域的高阶形式。这对于理解工业4.0和数字化的关系十分必要。工业4.0和经济的数字化转型,因此成为德国政府议事日程中并驾齐驱的两条线,针对工业4.0升级和数字化转型的资金需求,联邦政府进行了双重政策安排。本文接下来将分为三个部分,首先,梳理联邦政府对工业4.0及企业数字化转型的融资政策安排;其次,对融资政策进行绩效评估;最后,提出对中国的借鉴与启示。

二、德国政府工业4.0融资政策框架

联邦政府的工业4.0融资政策框架可为两类。第一类是德国政府直接注资工业4.0重点技术项目。联邦通过项目征集方式遴选工业4.0核心技术研发和创新商业模式项目,对这些项目进行统一的管理和资金扶持,并将研发成果外溢至整个社会。在工业4.0倡议初期,政府大力推动核心技术研发,主动扶持关乎国家核心战略利益的关键技术,其特点是联邦政府的集中资助与管理。第二类是政府间接推动中小企业和初创企业的数字化升级。鉴于德国数字化在国际乃至欧洲处于落后水平,^[1]联邦政府对作为实体经济主力军的中小企业和高新技术初创公司(Hightech Start-ups)数字化融资困难进行多方位政策疏导。联邦政府主要采取政策引导和培育市场力量的方式,打通中小企业数字化转型融资渠道。其特点是多部

门如联邦经济部、联邦教育科研部、德国复兴信贷银行(KfW)等在其中发挥主要作用。

(一)政府直接注资工业4.0重点技术项目

1.工业4.0核心技术资助

早在2013年,联邦经济部针对工业4.0核心技术项目提供了集中资助,以政府集中统筹协调的方式推进早期工业4.0核心技术研发。两个代表性项目是工业4.0自主化(Autonomik für Industrie 4.0)和智能服务世界(Smart Services Welten)。

第一个资助项目是工业4.0自主化(2013—2017)。该项目脱胎于德国联邦经济部发起的“基于仿真系统的中型企业自主技术”项目,专注于工业生产、物流和组装的智能升级,联邦政府前后投资约4000万欧元。14家来自科学界的团队通过遴选获得资助资格,共有15个子项目得到资助。这些项目包括生产系统的网络连接工程、内部物流自主系统、工业机器人等类别。此外,该项目还对工业4.0的IT安全、法律、标准、规范、商业流程的可行性进行了相关评估研究。

第二个资助项目是智能服务世界(2016—2021)。包括智能服务世界I(2016—2019)和智能服务世界II(2018—2021)两个部分。“智能服务世界”的涵义是基于互联网的服务,类似中国的“互联网+”。智能服务世界I中有20个项目得到资助,涵盖了生产、移动、住房、生活与医学等领域;智能服务世界II有18个项目获得资助,覆盖建筑、就业、生活、能源和医学等领域。智能服务世界II尤其重视拓展适合中小企业和村镇的技术应用。加上项目成员的自有资金,实际上各有总计1亿欧元投入到这两个项目。在这两个计划中,项目管理机构都可以直接与德国联邦经济部直接沟通,以确保行政支持和资金资源的有效到位。

2.从工业4.0到数字化核心技术资助

随着德国政府意识到德国数字化落后于国际乃至欧洲的事实,联邦不再将数字转型局限在工业领域,而是将眼光拓展到经济和社会的全面数字化转型。联邦政府先后出台了《数字议程

2014—2017》和《塑造数字议程》等纲领性政策文件,并重点资助数字经济转型的核心技术。

《数字技术研发》(Entwicklung digitaler Technologien, 2019—2022)资助框架是德国政府为进入市场之前的数字技术研发提供资金,促进技术的开发、孵化和商业试运行,为德国中小企业新产品、解决方案和商业模式的创新提供新起点。该项目的三个重点领域包括生产、应用和生态系统,具体涵盖数字化转型所涉及的多个核心技术,包括人工智能、安全数字身份展示、智能数据经济、电动汽车信息通信、智能制造图像通信与工程平台等。符合遴选资质的项目须处于前期研发阶段、具有旗舰性质,并汇集科学界和产业界研发群体的力量。其目的是要减少核心数字项目研发的风险,扩大技术研发成果的社会溢出效应。

该资助面向德国所有的大学、科研机构和企业申请者,要求以团队形式提交研究方案。资助等级按照项目类型可划分为:一是灯塔型项目;二是平台型项目;三是概念性项目。资助形式是无需偿还的参股融资(nicht-rückzahlbare Anteilsfinanzierung)。资助额度视该技术或解决方案的市场接近程度而定,一般可达到总费用的25%~50%。对于符合欧盟定义的中小企业,资助强度会更高。^[2]在实施此资助框架时(见表1),联邦政府非常注重保证项目透明性、社会对技术的接受度以及初创企业和中小企业的竞争公平性。

表1 《数字技术研发》资助框架资助项目

项目名称	人工智能 创新大赛	安全数字 身份展示	智能数据 经济	智能服务 世界II	智能制造图像 通信与工程平台	电动汽车 信息通讯
项目时间	2020-2023	2020-2024	2019-2022	2018-2021	2016-2021	2019-2025
项目数量	16	11/3*	20	18	18	30
项目伙伴	250	65	92	101	120	150
项目经费	1.6亿欧元	5500万欧元	4500万欧元	5200万欧元	5500万欧元	8000万欧元

资料来源:作者根据资料整理制作,参见BMW, Development of digital technologies, July 2020.

* 11/3指11是竞赛阶段项目数量,3是实施阶段项目数量

联邦经济部在2022年颁布了《数字技术研发资助框架2022—2026》,作为代替2019—2022年框架的后续文件。新框架资助的核心技术较之前略有调整(见表2),更聚焦对灯塔型项

目的资助,也就是那些对全社会都有益的项目。比如,第一种是应用和技术性项目;第二种是生态系统性项目;第三种是创新概念性项目。同时,还额外添加了对国际合作项目的资助说明,国际项目的周期一般不超过36个月,至少要有3~5个德国参与者。所有工商登记的德国企业、大学、公立研究机构和行业协会等均可申请。且研发工作原则上应在德国进行。资助额度为项目总费用的25%~50%,符合特殊要求的项目资助额度可达100%。^[3]

表2 联邦政府核心数字化技术资助项目

	《2019—2022数字技术研发项目》	《2022—2026数字技术研发项目》
资助领域	人工智能、安全数字身份展示、智能数据经济、电动汽车信息通信、智能制造图像通信与工程平台	量子计算机、人工智能、网络安全、区块链、机器人、5G/6G、数字孪生和数字基础设施等
资助细节	(1) 灯塔型项目,须由3~7名合格申请者组成,最多可获1000万欧元资助,不超过36个月;(2) 平台型项目,至少由10名合格申请者组队,最多1500万欧元资助,5年内完成;(3) 概念性项目,不少于3人,最多100万欧元,项目时间不超过12个月。	(1) 应用和技术性项目,100万~1000万欧元,不超过36个月;(2) 生态系统性项目,须由3~7个合作者联合完成申请,1000万~1500万欧元,周期36个月;(3) 创新概念性项目,小于100万欧元,可有2~3个合作者,周期6~12个月。
共同点	资助形式为不用偿还的补助金;向德国所有的大学、科研机构和企业申请者开放,尤其欢迎中小企业的参加;项目研究必须在德国境内完成;申请时项目工作尚未开始。	

资料来源:作者自制。

(二) 中小企业和高新技术初创企业融资支持

除了对工业4.0核心技术和重要数字化项目进行集中资助,联邦政府为推进均衡数字化转型,增强市场上弱小经济实体的实力,主要通过两种政策为弱势企业数字化项目融资纾困:第一种是为中小企业不同阶段数字化融资需求推出筹资组合;第二种是对高新技术初创公司的风险投资需求制定相应融资政策安排。

1. 中小企业数字化项目:政府补贴与信贷担保

德国中小企业作为德国经济中的命脉,联邦政府一直关注中小企业的数字化项目发展。为了照顾中小企业需求、降低中小企业数字投资的风险,德国经济部推出了数字项目补助和政府担保优惠银行信贷的政策组合。

第一,政府数字化项目补助。联邦政府针对中小企业数字化转型项目,推出了“进行数字化”(Go Digital)、“现在开始数字化”(Digital Jetzt)以及数字创新创意大赛(Gründungswettbewerb-Digitale Innovationen)。

“进行数字化”项目针对有数字化意愿但一筹莫展的中小企业以及手工业经营者,提供数字化咨询的政策补助通道。该项目联合咨询公司的力量,授权一些合格咨询公司,鼓励中小企业首先确定一家合适的咨询公司,并与之就数字化咨询方案协商达成一致,咨询方案敲定后再申请“进行数字化项目”经费。^[4]“现在开始数字化”项目专门针对中小企业的员工数字技能培训,提供政府补助。所有德国不同行业的中小企业都有申请资格,并在德国完成投资。项目须在资助开始之前尚未启动。^[5]每家公司的最高资助金额为5万欧元。联邦政府对来自经济结构薄弱地区的申请,补助额度也分别相应提高了5%和10%。对一些特殊项目如高附加值技术,每家公司最高还可申请获得10万欧元补助。^[6]此外,德国政府也通过举办创新创业大赛对有潜力的创业公司提供特别支持。比如,德国数字创新创业大赛(Gründungswettbewerb Digitale-Innovationen)邀请在德国的初创企业参赛团队分享商业创新理念、成功模式和数字业务特点,获胜的企业可以获得相应的奖励作为创业启动资金,所有参赛团队都会获得组织方的创业指导。

第二,政府担保优惠银行贷款。欧洲复兴项目数字化和创新信贷项目(ERP-Digitalisierungs-und Innovationskredit),是德国复兴银行(KfW)支持中小企业数字化融资的通道。KfW是联邦政府的直属机构。该项目重点支持德国企业与工业4.0相关的产品、生产流程、工艺的数字化升级和创新型产品、项目、生产流程开发的融资。融资形式是低息贷款,年利息最低为2.76%,周期一般为24个月。申请者须先找到合作银行,然后由申请者和合作银行协商贷款细节准备申请材料,之后由合作银行提交申请材料,KfW审核材料,最后由合作银行放款。这一项目的特点是贷款来自私人银行,而KfW承担风险。贷款利率则是由开户行根据申请公司的经济状况和抵押品质量综合确定。根据2023年12月更新,贷款

利率最低为2.72%,在经济薄弱地区的贷款项目按规定可获得更优惠利息。^[7]这个项目对中小企业数字化转型而言是雪中送炭。一般情况下,鉴于中小企业实力有限、数字项目的不确定性和风险评估难度,银行在大多数情况下并不愿意向中小企业的数字化转型提供融资。而欧洲数字化和创新信贷项目因为有联邦政府和KfW的背书,降低了合作银行的放款压力,改善了德国中小企业数字化项目在市场中的融资处境。

而数字化和创新项目大额贷款(KfW Kredit für Wachstum)是KfW专门针对国内外大企业的数字化和创新项目的融资措施。KfW每个投资项目的风险承担和融资资金总额不超过1亿欧元。^[8]这项措施的特别之处在于,将那些致力于开拓海外市场的德国企业和能够加快德国境内数字化转型的在德外国公司的融资需求也考虑在内。表3是对德国政府针对中小企业数字化项目融资政策的总结。

表3 中小企业数字化项目:政府补贴与信贷担保

名称	政府数字化项目资助		政府担保优惠银行贷款	
	进行数字化项目	现在开始数字化项目	欧洲复兴项目数字化和创新信贷项目	数字化和创新项目大额贷款
申请资质	· 雇员须少于100人,一年营收不超过2000万欧元,常设营业机构或分公司在德国	· 雇员在3~499人之间,公司总部或分支机构在德国,并在德国完成投资	· 针对企业: 1. 创新型公司; 2. 有数字化及创新项目的公司	· 针对企业: 1. 德国母公司或子公司的海外项目,外国公司的德国境内项目; 2. 集团营业额须高达20亿欧元的德国企业或在德外资企业
资助明细	· 条件: 审批通过后六个月内完成合同中的咨询项目; · 领域: 制定数字化战略; 提高IT安全; 实现数字化商业流程; 提高数字竞争力; 数字市场发展和线上营销。 · 额度: 可达咨询费用的50%,总额不超过1.65万欧元。	· 条件: 项目在资助开始之前尚未启动,审批通过后在12个月内完成; · 流程: 首先企业提交申请,联邦经济部审核材料通过后企业完成项目,并提交费用材料向经济部获得补助。	· 领域: 企业的投资、运营或创新公司的整体融资需求; · 额度: 每个项目的金额在2.5万~2500万欧元之间。	· 条件: KfW仅在私人投资者参与的情况下才会应私人投资者邀请参与共同出资; · 额度: 所占投资份额最高50%,承担最高风险为750万到1亿欧元。

资料来源:作者自制。

2. 高新技术初创公司数字化项目:风险投资组合

高新技术初创公司(High-tech startup)作为数字技术增长浪潮中的引擎,德国联邦政府非常注重对该类企业风险投资市场的培育。KfW在2018年成立了子公司德国复兴银行资本(KfW Capital),针对初创公司建立了多种风险投资工具箱,并通过多种手段培育风投市场,例如,成立风险投资机构、设立基金中的

基金、为商业天使提供投资补助、与其他欧盟投资机构合作设立的基金以及为市场主体的融资提供政府担保及再担保。

第一,建立直接风险投资机构。高科技建设基金(High-Tech Gründerfonds, HTGF),其参与主体包括联邦经济部、KfW和45家公司。这支基金首次发行于2005年,截至当前基金总额达到13.893亿欧元。目前是第4期基金,发起于2021年,为期5年,共计4.938亿欧元,主要投资化学、工业科技、数字技术及生命科学领域,基金主要面向高科技初创公司。在种子轮融资阶段,HTGF为初创公司提供高达100万欧元资金,每家公司累计可获得高达300万欧元投资。此外,HTGF还为初创企业的成长和后续融资提供长期支持。共同投资基金(Ko-Investitionsfonds coparion)由KfW和联邦经济部于2016年共同建立。其资金主要来自欧洲复兴项目专项基金(European Recovery Program-Sondervermögen)、KfW Capital和欧洲投资银行。基金规模达到2.75亿欧元,向德国所有高新技术行业的初创公司开放,多轮投资最多可达1500万欧元,每轮大约0.5~80万欧元。^[9]

第二,政府设立基金中的基金。欧洲复兴项目风险投资基金(ERP-Venture Capital-Fondsinvestment),其目标是投资德国和欧洲市场上的风险投资机构,通过增加风险投资者的数量和资金额度,改善德国高新技术初创企业的风险资本供应。该基金采取股权融资形式,每支基金的认购量原则上不超过2500万欧元,每次投资占比不得超过19.99%。申请者可直接联系KfW Capital完成申请。未来基金(Zukunftsfonds)是德国经济部结合ERP专项基金(ERP-Sondervermögen)设立的风投基金。经KfW Capital与联邦经济部、联邦财政部协商在2021年推出。未来基金目标为德国风险投资市场募集100亿欧元资本,计划在2030年和私人投资者及公共投资者一起为德国企业额外筹集300亿欧元资金。该基金旨在扩大德国风投市场上的投资者群体,改善高科技

公司的增长融资,提供更多可供资本密集型初创企业融资的风投资本。该基金由四个模块组成,包括ERP/未来基金增长基金(ERP/Zukunftsfonds-Wachstumsfazilität)、GFF EIF增长基金(GFF EIF-Wachstumsfazilität)、深度科技与气候基金(DeepTech & Climate Fonds)和风险科技成长融资(Venture Tech Growth Financing,VTGF)。

第三,政府补助天使投资者。补助风险投资项目(INVEST-Zuschuss für Wagniskapital),是德国经济部自2013年起为德国市场上投资高新技术初创公司的天使投资者或商业天使(Business Angels)提供的补助。具体而言,合格的商业天使投资者能够获得其投资金额的25%作为补贴,只有初次投资才能申请补贴。如果天使投资人持有股票至少三年,也会获得一定的退出补贴,作为对出售所购股份利润的一次性退税(金额上限为投资额的25%)。投资者须为自然人或者是通过一定的天使投资人公司进行投资。该项目的具体申请流程是,首先初创公司向联邦经济和出口管制办公室(Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, BAFA)提出申请,BAFA认证其资质,之后投资者提交申请,最后BAFA审查并做最终决定。^[10]

第四,政府与其他欧盟机构合作设立的基金。德国政府还与其他欧盟机构如欧洲投资银行合作,建立了众多针对德国高新技术初创公司的风险投资基金。比如,夹层基金(MDD)、德国欧洲天使基金(EAF)、德国增长基金(Wachstumsfonds Deutschland, WFD)、欧洲技术冠军倡议(European Tech Champions Initiative, ETCI)、ERP/EIF顶层基金(ERP/EIF-Dachfonds)。

第五,政府为融资提供担保和反担保。专门银行出具的违约担保(Ausfallbürgschaften der Bürgschaftsbanken),使各联邦州的专门银行(Bürgschaftsbanken或Spezialbanken)可为缺少抵押品的德国企业提供最高保额

为200万欧元的担保。联邦和州政府的反担保(Rückgarantien des Bundes und der Länder)为进行特殊股权融资的投资者提供银行担保(Garantien durch Bürgerschafts-bzw.Garantiebanken),而进行担保的银行又会获得联邦或州政府的担保作为保障(durch eine Bund-Ländergarantie rückgarantiert)。

除了直接的融资工具,联邦政府还搭建了很多辅助融资的平台:所有符合条件的申请者均可直接登录联邦经济部官网的资助数据银行(Förderdatenbank)寻找契合自身情况的融资方案。德国政府还设立了多个咨询和网络中心,包括中型企业4.0竞争力中心、联邦经济部中小企业数字网站和工业4.0平台,旨在帮助中小企业和手工业企业交流数字化经验、获取关键信息和技术支持。此外,德国加速器为具有潜力的初创公司提供全球创新创业中心的学习机会,数字港倡议通过建立行业和技术中心促进数字创新。“经济中的IT安全倡议”通过培训和研讨会普及中小企业IT安全的重要性。

总结而言,德国联邦政府为实现全国的数字经济转型,重点关注解决中小企业和高科技初创公司的资金需求和融资困难。中小企业作为德国经济的中流砥柱,因规模小、资产有限,往往难以追赶数字化转型的领先者。为此,德国政府通过数字项目补贴、政府担保优惠信贷等政策框架,为中小企业的转型提供支持。同时,高新技术初创企业因其创新能力和规模化潜力,也成为政策重点。联邦政府通过德国复兴银行(KfW)等机构,推出多种政策组合,增加风险投资主体,并对现有风投机构注资或提供补助,助力初创企业成长。为应对融资挑战,德国经济部、KfW、私人银行及政府支持的风险投资工具共同构建了多层次融资体系,覆盖中小企业和初创企业在各个阶段的需求。简言之,德国政府既在核心技术孵化初期发挥主导作用,又通过多维度的政策安排培育市场融资环境,为中小企业和高新技术初创

企业提供了有力支持(见图1)。

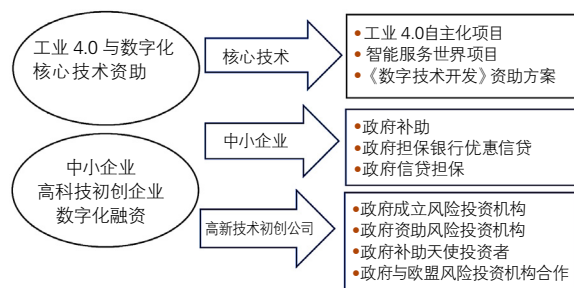


图1 德国政府工业4.0融资政策框架

资料来源:作者自制。

三、德国政府工业4.0融资绩效评估

德国政府对工业4.0融资与数字化升级所部署的一系列政策安排有效缓解了德国中小企业与高新技术初创公司的融资困境。从数字化转型的实际进展来看,根据2022年统计,中小企业的数字化项目总开支是230亿欧元,大大超过2019年的175亿欧元。而那些较大的企业和有研发活动的公司较之以前对数字化项目投资更高,分别从13.9万上升到17.4万欧元和从4.3万欧元提高到7.3万欧元。^[11]大公司不仅十分看重工业4.0和数字转型,还在数字扩张中体现了更明显的资本密集特性,对于拥有500名或更多员工的大公司来说尤其如此。数字化对于企业很重要,而且未来重要性将继续增加。^[12]超过九成德国公司认为工业4.0对于获得国际竞争力是不可或缺的。^[13]另外,高科技初创产业也有显著进展,德国市场上出现了31家市场估值至少10亿美元的独角兽,位列全球第五位。^[14]2022年德国创业公司中的数字技术公司、互联网公司分别占到三分之一,从2016年的21%、26%分别上升到2022年的29%、35%,并且仍有上升潜力。^[15]这些数据说明政府融资工具一方面刺激了企业的数字项目投资积极性,另一方面也加速了市场上的数字化竞争,转型升级得以快速发展。

但在这一过程中,问题也逐渐凸显。整体

上看,德国工业4.0和数字化转型融资出现了地域不均、大小企业差距拉大、高新技术风险投资不足的现象。

(一) 不同地域和不同企业之间数字化进程分化明显

首先,德国南部和北部数字化项目密度差异很大。德国南部的数字化项目密度较之北部更高,尤其巴登符腾堡州数字化与工业4.0项目很多。在北部,除了人口稠密的北莱茵—威斯特法伦州,其他地区的数字项目看起来相当匮乏。^[16]其次,在数字化资助方面,南北各州差距巨大。南部工业大区巴登符腾堡州以绝对优势位列第一,数字创新项目资金达1.291亿欧元,数字基础设施信贷数量金额达300万欧元;南部巴伐利亚州紧随其后位列第二,金额达5310万欧元;随后是北威州、下萨克森州、莱茵兰州和黑森州;剩下各州目前难以追赶南部两个州。而在数字基础设施投资信贷方面,只有巴登符腾堡州和北莱茵州有数百万欧元投资,其他地区似乎没有动静(见表4)。

表4 欧洲复兴项目—数字化和创新贷款
ERP-DIGITALISIERUNGS UND INNOVATIONSKREDIT

	数量(个)	金额(百万欧元)
巴登符腾堡州	752	129.1
巴伐利亚州	132	53.1
柏林	*	0.0
勃兰登堡州	-	-
不来梅	*	0.4
汉堡	*	24.2
黑森	11	1.1
梅堡州	-	-
下萨克森州	15	4.5
北莱茵州	49	6.4
莱茵兰州	12	1.3
萨尔州	-	-
萨克森州	*	1.8
萨克森—安哈尔特	-	-
石荷州	*	1.5
图林州	*	0.3

资料来源:作者根据KfW Bankengruppe, Förderreport, 31. März 2021, S.46—57 整理制作。

- 表示没有此项融资

* 表示小于10的数字,出于数据保护原因未显示

其次,先行企业与后发企业实力差距拉大。虽然政府给予了大量政策支持,但小企业与大企业之间的数字化差距依然非常大。2019年的调查显示,尽管小企业的数字平均支出比上年略有上升,但中小企业的平均支出有所下降,而大企业在数字化方面的支出是小企业的17倍左右,这足以体现了两者在投资数字项目的实力和实际数字化进程上的差距。此

外,由于小企业的年营业额基本低于大企业,小企业在数字化方面的投资相对其经济规模而言高于平均水平。这从侧面反映了较之大企业,数字化投资给小企业带来了更高的成本负担。大小企业之间的数字化差距也进一步拉大。2023年的调研结果显示,有数字化项目的大公司是有数字化项目小公司的2.4倍。大公司在数字化项目上的开支是小公司的21倍。^[11]

此外,新冠病毒(Covid-19)大流行也加速了数字化竞争,并造成了德国数字化发展的两极分化,大约一半的数字化项目(47%)因新冠进入启动执行状态,而另一半(52%)却因为新冠被搁置推迟了。^[17]先行者和落后者之间差距拉大,接近三分之二的德国中小企业将自身视作工业4.0的后来者,超过三分之一的大公司认为自己是工业4.0的领先者。^[13]

简言之,在数字化与工业4.0投入方面,德国大企业和中小企业在实力、IT基础设施、人员配备和融资渠道上存在明显差距。先行者和后来者数字化融资差距如果一直存在或持续扩大,会威胁整个德国的数字化平衡。

(二) 中小企业数字化项目融资与银行贷款的结构性障碍依然存在

相比于大公司,中小企业自身实力有限,较之大公司难以向银行证实其信誉度和提供优质抵押资产,这注定了小企业从银行获得贷款更难。同时中小企业需要贷款的又是数字化项目,数字化意味着更高的风险、法律不确定性和难以进行的第三方评估,这些导致银行大多数情况下不愿向小公司的数字项目放贷。2016年调查显示,德国中小企业数字项目资金来源更多是依赖流动资金或公司收入达92%,其次是融资租赁和租金27%、短期银行贷款有9%,而长期银行贷款只占3%,而只有5%的公司会获得公共补助。^[18]这凸显了德国中小企业数字项目融资受内部资本驱动、外部融资和补助不足的特点。

许多中小企业表示,高投资成本和数据保护、数据安全以及缺乏足够专业IT人才一起连

续多年成为阻碍工业4.0发展的三大因素。^[13] 2008—2022年德国众多初创公司依然使用的多是自有资本和创始人自己的资金,来自第三方的资金只有18%。^[15]这些都说明德国政府政策工具依然有很大作为空间,只有解决中小企业银行贷款的结构性矛盾,才能促进融资市场的良性循环。

(三) 初创企业因重视自身独立性外部融资吸引力下降

当前德国数字初创企业的融资形式,包括使用创始人自有资本、商业天使投资、风险投资、项目众筹、股权融资、商业银行贷款等几

种方式。初创企业一直高度依赖自有资金,其次是商业天使投资和风险投资。对于初创企业来说,保持自主性和独立性非常重要。在此背景下,外来融资渠道如商业银行贷款、股权众筹、项目众筹等似乎失去了吸引力。此外,利率上升也加剧了资本成本,外部融资更加不受青睐。因此融资市场上出现了一个较为矛盾的现象,近一半的数字初创企业(digital start-up)渴望未来获得风险投资,而另外一半为了保持公司独立性并不谋求获得风投的青睐。^[19]因此,政府在设计融资政策框架时也需要更细致考虑企业的融资偏好和内在需求。

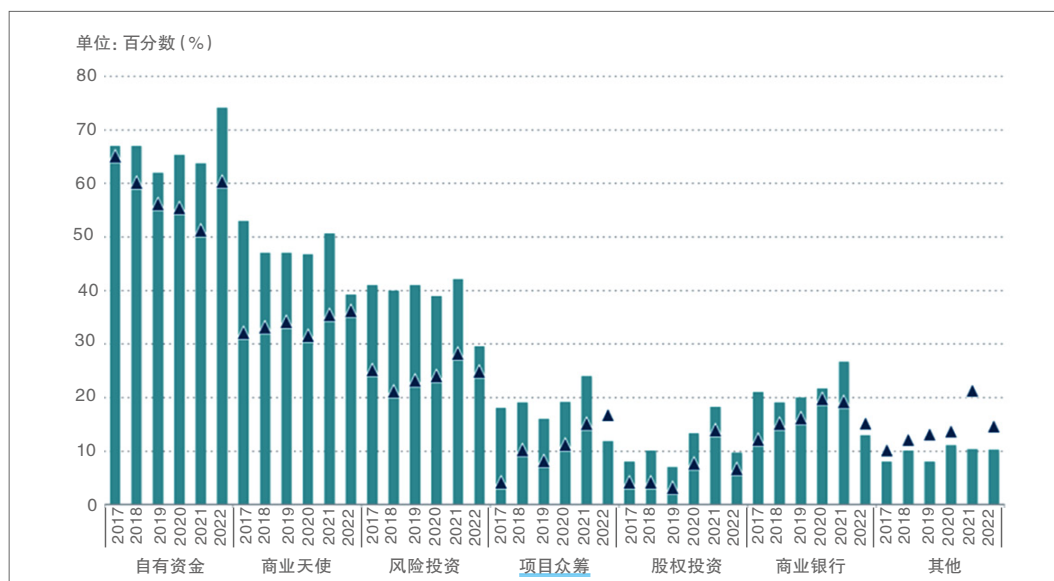


图2 2017—2022年德国数字初创企业融资来源统计

数据来源: BMWK, Trendbarometer junge Digitalwirtschaft 2022. Kurzstudie zum Gründungswettbewerb—Digitale Innovationen, November 2022, S.20.

(四) 融资政策传导机制不畅

技术导向型的创业公司其发展特点如技术快速迭代更新、快速规模扩张等决定了其成长阶段对大量资本的长期需求。针对德国互联网创业公司的调查显示, 建立于2016—2018年间的创业公司, 融资缺口平均达到320万欧元。2008—2019年超过一半的公司依然使用的是自有资本创业。创业者对当前融资渠道、借贷可用性以及政策工具实用性的评价处于中等水平。^[20]2022年有81%的受访公司认为缺少资金是实施工业4.0的主要障碍。^[13]同时, 如前所述, 近一半数字初创企业由于担心外部资

金会稀释股份、降低公司独立性, 因而对谋求外部融资持警惕态度。

联邦政府目前着重推出的未来基金包括风险投资和风险债务基金。尤其风险债务基金既能满足初创企业的融资需求, 又能消除企业对独立性的担忧。然而, 尽管政府一直在努力宣传这支基金, 但76%的德国初创企业并不知道“未来基金”这种融资渠道, 仅13%德国企业成功申请并使用了这笔基金, 而高达60%的德国企业认为只靠未来基金对于德国可持续的增长融资是不够的。^[19-22]针对创业者表示难以获得政府的广泛支持, 德国政府需要进一

步优化政策传导机制。

(五) 德国风险投资市场依然薄弱

在对数字初创企业进行投资时,创业者和投资者存在明显的信息不对称,导致风投机构会因为对商业模式掌握不明、企业模式没有信心而不愿投资。而数字初创企业面临快速扩张的压力,需要多轮、数额庞大的风险投资资金。2017—2019年,德国风险投资市场规模约为47亿欧元,其中近一半投入信息通信技术(45%),剩余部分则流向生物技术/医疗保健、消费品/服务和金融/保险等。

此外,较之发达的英美风投市场,德国风险投资市场依然较为薄弱,风险投资的方式没有标准化,贷款申请周期太长,资本覆盖较之国际水平也不全面。这些导致了德国长期无法满足增长融资和数字融资的需求。2017—2019年,德国风险投资占GDP的0.047%,欧盟28国的风投平均占GDP的比重为0.053%。这导致越是大额的风险投资越离不开外国投资者的参与,比如超过5000万欧元的风投交易中,90%都有外国投资者的参与。^[21]外国投资者对增长型融资的高度参与,会增加此类初创企业离开本国的风险,导致本国核心技术和竞争力的流失。这对联邦政府来说还意味着失去就业、技术传播和税收等形式的回报。尽管在2022年的欧洲排名中,德国风投市场规模已上升到第3位,排在英、法之后。^[22]德国在全球排名第6,风投规模达到120亿美元。但是,体量上依然远远落后于全球排名第1的美国2480亿美元、第2名中国600亿美元、第3名英国310亿美元,也低于第4名印度240亿美元、第5名法国160亿美元。^[23]

毫无疑问,德国风投市场发展和风险资本获得依然有很大上升空间。2022年高达83%的企业认为德国风投市场潜力没有释放出来。尽管政府也采取了诸多政策利好,但企业表示依然难以接触到风险投资。对于数字初创企业而言,获得风险投资的青睐对于实现增长是必要的,而仅20%的企业认为德国市场条件在改善。^[19-21]

综上,德国要实现的必然是同步、均衡的数字化转型。数字化融资直接决定着企业对数字项目的投资,从而决定着单个经济体乃至整个宏观经济数字转型的快慢与稳健。2021年德国中小企业在数字化上的开支达到历史最高230亿欧元。然而这些企业的其他工业投资开支如机器、厂房、设备等却同期达到2150亿欧元,后者是前者的9倍。^[11-12]结论是,德国中小企业数字化转型获得的资源和重视依然不够。

德国作为银行主导的金融体系,要形成市场主导的数字经济转型,德国政府仍然需要在银行贷款和风投市场培育上多下功夫。市场化导向的融资途径应成为德国企业数字转型的主要途径。鉴于数字创新、数字创业和高科技初创公司对风险投资及风险债务的依赖,联邦政府有必要加大政策激励,鼓励德国私人投资者对德国风险投资市场的参与和作为。同时,决策者任何时候都需要及时了解政策目标群体的需求,以便实时评估政策框架有效性和及时进行政策调整,保证政策传导机制的畅通。

四、政策启示与借鉴

德国作为全球先进制造的领军者,在工业4.0和数字化转型方面积累了丰富经验,其融资政策框架和实践对我国推进智能制造和企业数字化转型也具有重要借鉴意义。

我国在2016年发布《中国制造2025》,提出要成为“制造强国”,并自2017年相继推出《国务院关于深化“互联网+先进制造业”发展工业互联网的指导意见》《关于推动工业互联网加快发展的通知》等政策,也就是从国家层面要将互联网等新兴技术纳入到工业制造中,推动企业上云,实现生产的数字化、自动化和智能化转型,以增强我国制造业在全球的竞争力。

具体而言,作为智能制造的主管部门,工信部的策略是一方面定期遴选、支持和培育国

内标杆性工业互联网平台,例如每年都会发布跨行业、跨领域的双跨平台名单。因为只有大平台先起来了,小企业才有机会接入云,实现生产的智能化升级。另一个是在2016年成立的半官方性质的行业协会,即工业互联网产业联盟,连接企业、汇集市场先行者智慧,以教育市场后来者,引导市场转型。作为政府和企业之间的桥梁,产业联盟既连接政府和企业,也连接不同行业的企业。帮助政府收集市场上具有丰富转型经验的企业的信息和专业知识,以支持政府决策。同时,又将来自企业的丰富案例、知识、经验汇编成数百份工业互联网转型指南,科普工业互联网基本概念、架构,统一工业互联网标准,导航市场的转型。^①

当然,目前国内的工业互联网转型也出现了一些类似德国的特点,比如转型进程不一致、资源分配不均和区域差异的问题。简言之,转型进程不一致是指市场上实力和资源丰富的大企业大多属于升级的先锋,而能力和资本有限的小企业成为转型的拖后腿者;资源分配不均是指大企业和尤其国企获取资源的先天优势将大批资源不足的中小企业甩在其后;区域差异是指制造业水平分化造就了东部长三角地区、南部珠三角地区和技术人才发达的北京的先锋优势,而中部地区和制造业更加薄弱的西部地区的智能制造升级则继续面临长期落后和追赶的落差。因此,很多中小企业的数字化升级之路大多是通过链主企业、或接入大工业互联网平台、或通过所在的工业互联网产业园来踏上转型升级之路。^[24]

本文重点探讨的德国工业4.0融资框架安排,体现了德国政府对企业智能制造转型融资较为科学、合理而全面的政策制度设计。其最突出的亮点是,联邦政府的政策资助体系将处于不同阶段、需求层次差异大的不同类型企业的数字化升级的融资需求都考虑在内。在参考德国路径之时,我们不能完全照搬德国经验,而是应根据实际情况有所选择的借鉴。在

进行中国的数字化升级融资政策体系设计时,我国的主管部门需要考虑三方面的因素:第一,调研清楚市场上不同行业、不同规模和不同数字化升级阶段的各类企业的具体融资需求;第二,在调研基础上设计出问题导向、需求导向和市场导向的资助框架,并同时考虑政策框架在市场上的传导机制畅通性,让利好政策高效直通市场上的目标个体;第三,中国在进行融资政策框架设计时,应提前考虑到大小企业融资实力差异、资源分配不均以及地区差异等现存挑战。并有效激活资本市场上各类投资主体的活力,避免出现类似德国风投市场力量不足、银行体系无力或无意满足融资企业的迫切需求的情况。

首先,针对国内支撑智能制造转型的云计算、工业数字平台、人工智能、区块链、工业软件设计等领域的支柱性企业,应邀请权威专家学者和业界领袖评审、遴选优质企业建立国家数字核心技术研发项目,政府进行集中资助、集中管理,并参照德国,邀请国家实验室、高校、研究所和技术成果转化机构参与项目全流程的指导、评估、管理和监督,避免不合资质的企业混杂其中。同时,政府部门应密切关注数据安全和技术监督问题,并高效实现研究成果的技术外溢。

其次,针对市场上大批待上云的中小制造企业,通过行业协会如工业互联网产业联盟组织对这类企业的数字化转型难点和融资需求进行分类调研,设计出覆盖每类企业在起步期、执行期和规模期需求的融资政策工具组合,并注重中央和地方政策配套的协同,以及保证对国企与民营企业的融资支持额度和比例的平衡,避免像德国一样出现政策工具充足却不能高效惠及目标企业的问题。

最后,针对高新科技初创公司,可借鉴德国政策模式,结合市场上风投机构的力量,一方面联合风投机构与公共部门一起筛选有潜力的初创公司重点培养和资助,规避行政部门

^①根据笔者统计,工业互联网产业联盟官网上不同主题的工业互联网指南已出版了约七百册。

对专业领域判断不准而错投、甚至浪费公共资金的现象。另一方面,中央政府可通过一系列政策继续保持和扩大我国风投市场规模与潜力,鼓励国内风投机构积极投资国内高科技初创企业,激活市场创新,发掘潜在的新质生产力,创造新的经济增长点。

参考文献:

- [1]World Competitiveness Center. World digital competitiveness ranking 2024[EB/OL]. (2024-11) [2025-07-08].<https://www.imd.org/centers/wcc/world-competitiveness-center/rankings/world-digital-competitiveness-ranking/>.
- [2]BMWi. Bekanntmachung zum Förderrahmen, Entwicklung digitaler Technologien“2019 bis 2022[EB/OL]. (2019-02-26)[2025-07-08]. https://www.hu-berlin.de/de/wirtschaft/wtt_anfragen_foerderung/bmw-digitale-technologien-2019bis2022.
- [3]BMW K. Bekanntmachung Förderprogramm, Entwicklung digitaler Technologien“ (2022 bis 2026)[EB/OL]. (2022-07-01)[2025-07-08]. https://www.digitale-technologien.de/DT/Redaktion/DE/Downloads/Publikation/edt_bekanntmachung_foerderprogramm.pdf?__blob=publicationFile&v=1.
- [4]BMW K. Förderprogramm go-digital Digitalisierung leicht gemacht[EB/OL]. (2022-05) [2025-07-08]. <https://www.wfm-muenster.de/wp-content/uploads/foerderprogramm-go-digital.pdf>.
- [5]BMW K. Digital Jetzt–Förderung für die Digitalisierung des Mittelstands[EB/OL]. [2025-07-08]. <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Dossier/digital-jetzt.html>.
- [6]BMWi. Änderung der Richtlinie zum Förderprogramm, Digital jetzt – Investitionsförderung für KMU[EB/OL]. (2021-08-04)[2025-07-08].https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Downloads/P-R/aenderung-zur-richtlinie-zum-foerderprogramm-digital-jetzt-investitionsfoerderung-kmu.pdf?__blob=publicationFile&v=12.
- [7]KfW.ERP-Digitalisierungs-und Innovationskredit [EB/OL]. [2025-07-08]. [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Innovation/F%C3%B6rderprodukte/ERP-Digitalisierungs-und-Innovationskredit-\(380-390-391\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Innovation/F%C3%B6rderprodukte/ERP-Digitalisierungs-und-Innovationskredit-(380-390-391)/).
- [8]KfW capital. Konsortialfinanzierung für großvolumigere Finanzierung mit den Schwerpunkten

Digitalisierung und Innovation: KfW Kredit für Wachstum[EB/OL]. [2025-07-08]. [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Innovation/F%C3%B6rderprodukte/KfW-Kredit-f%C3%BCr-Wachstum-\(290\)/](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Unternehmen/Innovation/F%C3%B6rderprodukte/KfW-Kredit-f%C3%BCr-Wachstum-(290)/).

[9]Coparion. Offizielle Website[EB/OL]. [2025-07-08]. <https://www.coparion.vc/>.

[10]Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle. INVEST–Zuschuss für Wagniskapital[EB/OL]. [2025-07-08]. https://www.bafa.de/DE/Wirtschaft/Beratung_Finanzierung/Invest/invest_node.html.

[11]KfW. KfW SME Digitalisation Report 2022[R/OL]. (2023-03) [2025-07-08]. <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Digitalisierungsbericht-Mittelstand/KfW-Digitalisierungsbericht-EN/KfW-SME-Digitalisation-Report-2022.pdf>: 2.

[12]Bitkom. Industrie 4.0: Status Quo und Perspektiven: Ergebnisse einer repräsentativen Unternehmensbefragung in Deutschland und der Schweiz[R/OL]. (2016-04-21)[2025-07-08]. <https://www.bitkom.org/sites/main/files/file/import/160421-LF-Industrie-40-Status-und-Perspektiven.pdf>: 6.

[13]Bitkom. Industrie 4.0–so digital sind Deutschlands Fabriken, Ein Bitkom-Studienbericht[R/OL]. (2022-09)[2025-07-08]. <https://www.bitkom.org/sites/main/files/2023-01/221125StudieIndustrie-40-1.pdf>: 10.

[14]BMW K. Digitalisierung: Den digitalen Wandel gestalten[EB/OL]. (2022-12-09)[2025-07-08]. <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Dossier/digitalisierung.html>.

[15]KfW. KfW Entrepreneurship Monitor 2023[R/OL]. (2023-05) [2025-07-08]. https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Gr%C3%BCndungsmonitor/Gr%C3%BCndungsmonitor-englische-Dateien/KfW-Entrepreneurship-Monitor-2023_EN.pdf: 6.

[16]HENKEL M. Industrie 4.0–die digitale Karte der Bundesregierung[EB/OL]. [2025-07-08]. <https://www.plattform-i40.de/IP/Navigation/DE/Angebote-Ergebnisse/Industrie-4-0-Landkarte/industrie-4-0-landkarte.html>.

[17]BITKOM. Digital-Gipfel-Event der Bundesregierung macht Bedeutung der Digitalisierung deutlich[EB/OL]. (2021-05-18)[2025-07-08]. <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Digital-Gipfel-Event-der-Bundesregierung-macht->

Bedeutung-der-Digitalisierung-deutlich.

[18]SAAM M, VIETE S, SCHIEL S. Digitalisierung im Mittelstand: Status Quo: aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen[R/OL].(2016-08-18)[2025-07-08]. <https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Studien-und-Materialien/Digitalisierung-im-Mittelstand.pdf>: 44.

[19]BMWK.Trendbarometer junge Digitalwirtschaft 2022: Kurzstudie zum Gründungswettbewerb -Digitale Innovationen[R/OL].(2022-11)[2025-07-08]. <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/trendbarometer-junge-digitalwirtschaft-2022.html>: 21.

[20]KfW. KfW Entrepreneurship monitor 2020[R/OL]. (2020-07)[2025-07-08].https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Gr%C3%BCndungsmonitor/Gr%C3%BCndungsmonitor-englische-Dateien/KfW-Entrepreneurship-Monitor-2020_EN.pdf: 7-9.

[21]KfW. KfW Venture capital study 2020 VC market Germany: Ready for the next development stage[R/OL]. (2020-09) [2025-07-08]. [https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Studien-und-Materialien/PDF-Dateien-Paper-and-Proceedings-\(EN\)/KfW-Venture-Capital-Studie-2020_EN.pdf](https://www.kfw.de/PDF/Download-Center/Konzernthemen/Research/PDF-Dokumente-Studien-und-Materialien/PDF-Dateien-Paper-and-Proceedings-(EN)/KfW-Venture-Capital-Studie-2020_EN.pdf): 2-9.

[22]Chambers and Partners. Venture capital 2025 [EB/OL]. (2025-05-13)[2025-07-08]. <https://practiceguides.chambers.com/practice-guides/venture-capital-2025/germany/trends-and-developments>.

[23]Dealroom.Co.The State of global VC by geography [EB/OL]. [2025-07-08]. <https://dealroom.co/guides/global>.

[24]工业互联网产业联盟.中小企业数字化转型研究报告[R/OL]. (2024-04-01) [2025-04-21]. <https://www.aai-alliance.org/uploads/1/20240508/bb198e74ef7147debda303c3c834e781.pdf>: 5-10.

【责任编辑 史 敏】

Evaluation of the German Government's Industry 4.0 Financing Policy Framework and Its Implications for China's Intelligent Manufacturing Transformation

ZHOU Wangwang & DING Chun

Abstract: As a leading nation in high-end manufacturing, the German government initially focused on centralized funding and coordinated management of Industry 4.0 and digital technologies that are crucial to national strategic interests. When the federal government recognized Germany's lag in digitalization, it extended its funding for Industry 4.0 research and development to include support for the digital transformation of German enterprises. On one hand, the federal government spearheaded centralized funding for the core technologies of Industry 4.0 and digitalization. On the other hand, it provided policy support to facilitate financing for digital projects in German companies, thereby fostering market forces. However, during this process, Germany encountered several challenges, including uneven digital development, structural obstacles in bank lending, a decline in external financing preferences among enterprises, inefficiencies in policy transmission mechanisms, and a weak venture capital market. These issues represent the key challenges that the federal government must address in the future. Finally, the experiences from Germany's Industry 4.0 and digital transformation offer valuable insights for China as well.

Keywords: the federal government of Germany; Industry 4.0; digitalization; intelligent manufacturing; SMEs; financing policy