人机场三元协同驱动科技成果转化

——以唐山百川共享制造工厂为例

李 晗[1]，丁茹伟[2]，赵彩云[1]，王孟昭[3]

（1. 河北地质大学管理学院，石家庄 052161；2. 河北工业大学经济管理学院，天津 300130；
3. 西安交通大学管理学院，西安 710049）

摘要：为破解中国科技成果转化率长期低下问题，借鉴人机场三元协同和场景驱动科技成果转化相关研究，完善人-机-场三元协同驱动科技成果转化的新范式，系统剖析场景牵引、目标升维和动态闭环对科技成果转化的作用机理；并以唐山百川共享制造工厂为例，验证该理论框架的实践有效性。研究结果表明，人机场三元协同能有效整合创新要素，显著降低转化门槛与成本，并加速科技成果从概念到产品的迭代进程。据此，从企业、技术、人才和政策4个维度，提出构建跨组织协同创新网络、以数字技术全面赋能、培育复合型跨界人才、优化政策生态等实践路径。

关键词：科技成果转化；场景驱动；人机场三元协同

中图分类号：F273.1；F124.3 **文献标志码：**A **文章编号：**1671－1807(2026)01－0249－09

当前，中国正处在以科技创新引领现代化产业体系建设、加快形成新质生产力的关键时期。然而，科技成果向现实生产力转化的“最后一公里”问题依然严峻。目前，中国科技成果转化率长期不足10%，与发达国家平均40%～50%的水平存在显著差距[1]，具体表现为高质量成果较少、大量科技成果仍停留在实验室和示范工程、商业模式难持续等问题[2]。这一转化鸿沟的背后，是传统转化范式在数智时代的系统性失灵。传统研究视角往往简化为技术驱动或市场拉动的线性模型，忽视了创新过程中多元主体的动态互动、先进技术工具的赋能作用以及真实应用场景的影响作用，导致技术在诞生之初就与场景的复杂性、动态性相割裂。长期以来，面临供需双方的信息不对称、技术与市场的供需错配以及高昂交易成本等核心痛点，大量前沿技术因缺乏与产业需求的有效对接，陷入产业化悖论，即技术先进但商业价值难以实现的问题[3]。

科技成果转化的范式演进经历了从技术供给推动的线性范式，到强调多主体互动的平台范式，再到以需求为牵引的场景范式的跃迁。鉴于此，借鉴人类智慧、机器智能与场景需求的人机场三元协同理论框架，剖析破解当前科技成果转化困境的内在运行机理，并结合唐山百川共享制造平台的典型案例，为构建科技成果转化路径提供理论启示与实践参考。

1 人机场三元协同驱动科技成果转化机理分析

1.1 人机场三要素核心内涵

科技成果转化情境是一个由相互关联的多元参与者构成的复杂生态系统[4]，需要人（参与主体）、机（AI等技术）、场（场景）协同驱动。

在三元协同中，“人”是拥有创造力与隐性知识的人类智慧主体，是整个协同系统的发起者、引导者和价值判断者，核心价值在于其创造力、直觉判断、复杂问题解决能力和难以被编码的隐性知识。科技成果转化中的人类智慧主体的角色是多维度的，不仅包括从事基础研究的科研人员，还包括洞察市场、整合资源的企业家，在供需之间搭建桥梁、降低信息不对称的技术经纪人，引领前沿科学技术进步、服务国家战略需求、支撑社会经济发展中扮

收稿日期：2025-08-04

基金项目：2024年河北省社会科学基金青年项目（HB24GL005）；2024年河北省科技厅软科学面上项目（24455306D）；2024年河北省高等学校科学研究项目（BJ2025300，SQ2024290）

作者简介：李晗（1991—），女，河北保定人，博士，讲师，研究方向为科技成果转化与数字创新管理；丁茹伟（1990—），女，河北唐山人，博士研究生，研究方向为创新管理；通信作者赵彩云（1992—），女，河北邢台人，博士，讲师，研究方向为科技成果转化与区域创新管理；王孟昭（1990—），男，河北唐山人，博士研究生，研究方向为创新创业与战略管理。

演重要角色的科研机构组织[5-6]，乃至最终定义需求、反馈体验的用户。因此，多元主体的素质直接影响了技术供给的质量与动力[7]。

“机”代表以人工智能（AI）、工业机器人、工业互联网平台、大数据分析系统为代表的智能技术与设备集群，其核心作用并非简单替代人力，而是作为人类认知和能力的延伸与增强。AI等技术具备强大的计算能力、数据处理效率、精准的自动化执行、对海量信息进行模式识别与预测的能力，在推动科技研发与成果推广方面发挥了重要作用：驱动大学和科研院所的创新活动，充分释放技术溢出效应，通过人工智能所催生的合作模式，能够更加精细化地挖掘小微企业的技术成果。AI等数字化技术更加突出对数据要素的价值挖掘与对人类智能的数字化连接，通过信息搜集、风险研判、支撑服务和管理创新等直接作用路径，以及创新信息、协同创新、知识共享和组织结构等间接作用路径，促进人机协同的智能化互动[8]。尤其是在自动化处理烦琐的研发任务、模拟复杂的物理过程、预测市场趋势等方面表现出极大优势，提升创新效率、降低试错成本，并有效克服传统模式下的信息壁垒，以此优化供需匹配效率，提高科技成果市场化转化率[9-10]。

“场”是技术从实验室走向市场的具体环境和情境，是连接技术供给与市场需求的连接器和试验场。场并非一个静态的背景板，而是一个动态演化的生态系统，融合了经济（产业链结构）、社会（用户需求）、政策（法规引导）、文化（用户使用习惯）等多维要素，为技术创新提供了明确的需求牵引和价值锚点，同时也塑造了人与机的协同方式与规则，将模糊的市场痛点具象化为明确的技术需求和产品规格，是连接技术供给与最终价值的桥梁，是整个协同过程的起点和归宿，加速技术验证和迭代。例如，国家层面的双碳战略、到产业层面的数字化转型、用户层面的智慧生活等都是驱动科技成果转化的具体场景。

1.2 科技成果转化相关研究

科技成果转化是新技术新发明等科研成果转化为生产力，实现产业化、市场化，并创造经济和社会价值的复杂的系统过程[11-12,2]。这一过程涉及多元创新主体（政府、高校、科研院所、企业、研发人员等）、多种创新要素（资金、技术、人才等），及其之间交互的复杂作用关系。国内外学者围绕科技成果转化的内外部影响因素展开丰富研究：技术创新[13]、研发投入[14]、大学创业导向[15]等内部因素，以及体制机制和政策制定[16]、市场需求[13,17]等外部环境变化都是影响科技成果转化率的重要因素。

科技成果转化的底层逻辑是知识系统向经济系统、认识论向实践论转化的核心纽带，本质是科研向现实生产力转化的桥梁，核心是解决创新链和产业链联结不畅的难题[18]。为解决这一难题，场景驱动型创新突破传统创新范式，体现出引领性、战略性、多样性、精准性、整合性、强韧性等特征[2]，为科技成果转化提供新方向。科技成果转化尤其会受到区域资源基础和创新能力的差异性[19]、市场环境的不确定性[20]、多元主体组织结构差异性和合作机制多样性[21]、产业链和创新链融合程度[22-23]、创新政策体系演变机制[1]等需求和问题导向的场景要素驱动影响。

1.3 人机场三元协同驱动科技成果转化的逻辑机理

人机协同理论在工业自动化和人工智能领域主要关注如何优化人与机器之间的交互界面，以提升生产效率。然而，随着人工智能，特别是生成式AI的崛起，其局限性也日益凸显。现有研究多聚焦于AI技术创新过程本身，而忽视了技术如何与产业场景深度融合，从而有效转化为现实生产力。人机场三元协同超越人机二元论，融合场景驱动创新理论，强调人类与机器、场景之间的深度互动，旨在以场景驱动人类与机器在复杂动态场景中高效协同，强化前瞻性和主动性战略引领[24]，以创造更高价值。

人机场三元协同理论范式的核心在于三元要素的协同效应与转化机理，其互动机制体现在要素协同、过程协同和生态协同3个层面。

（1）以场景为主动创新源头驱动要素协同，通过人机智能协作提升创新效率、“人-场”需求对接确保创新方向、“机-场”技术适配加速成果落地。在旧范式下，场景是研发流程的终点，技术成果被推向市场进行验证，这种模式下的错配风险极高。传统范式下，由于场的真实需求可能会在研发阶段被严重简化或忽略，会严重影响科技成果推广与应用效果。场景范式下，科技成果转化的关键在于以场景为牵引，科技研发创新过程即主动地、持续跟踪真实世界中复杂、动态且甚至隐性的需求。通过构建“场景问题凝练-场景化技术创新-场景化解决方案供给-场景化价值释放-场景拓展和新场景构建”的过程循环，形成供需双方高效衔接、关键核心技术

快速突破、高质量科技成果持续供给的科技成果转化飞轮模型[2]。

(2)将传统的线性转化模式转变为三元互动的网络化模式,驱动人机场三元协同促进科技成果持续迭代的过程。首先,源于真实应用场景暴露的各类问题,通过积累原始数据和需求等资源要素,向创新主体发出挑战。资源要素是实现科技成果转化的重要基础和支撑,推进全要素创新协同是提升科技成果转化效率的关键。通过搭建科技成果转化公共平台,充分发挥技术、人才、金融等创新要素作用,驱动科技成果迭代创新[25],释放科技成果转化和创新创业激情,打造成果转化平台高地[12]。然后,创新主体基于对场景的深刻认识,充分调用已有知识,将模糊的业务问题转化为清晰的技术任务,进行顶层设计,并运用 AI 等技术进行深度学习和分析;在强大算力支持下完成训练,形成解决方案并被部署到各种实体和虚拟场景中进行反复验证与优化。人机场三元协同能够推动产学研从传统的高校院所主导、松散协同向企业主导、深度融合的新模式转型,加快科技创新成果向产业链转化,形成科技创新与产业创新互促并进新格局[3]。最后,概念验证是将科研设想与基础科研项目转化为具有潜在商业价值的项目,并淘汰那些不具备商业开发前景的概念与设想,增强科研成果对风险资本的吸引[26]。真实环境将对技术性能进行验证,并将技术分析数据快速即时地反馈至创新主体,从而激活新一轮智能决策。

(3)生态协同视角下,以三元协同为纽带的创新生态系统实现价值创造的目标升维。人机二元传统交互模式下的科技创新过程聚焦于技术本身性能指标改善的任务完成。然而,高技术指标并不直接等同于高市场价值。人从埋头于代码和算法的技术工匠,转变为需要洞察业务、理解场景、设计整合方案的价值架构师;而 AI 等技术也不再是简单的执行工具,而是通过分析场中海量数据,拓展市场范围进而提升科技成果与市场需求对接的精准度、降低寻求应用场景的成本,帮助人洞察规律、精准定义问题的认知伙伴,有助于实现科技成果快速转化[27];且创新成果的集群效应也会将资本、人才、信息、服务机构等资源高度集中,降低成果转化的成本和风险并为其提供专业支持[28]。人机场框架通过将市场需求、用户痛点、商业模式等具体场景要素深度融入技术研发初始阶段,人与机的角色也随之升维,科技成果转移转化以各主体需求的精细化服务提升为目标导向,以方法工具为赋智手段,尝试构筑起以创新方法为主要媒介并能联结多主体政产学研用创新服务支撑体系[29]。

2　案例分析:河北百川共享制造工厂的实践探索

人机场三元协同范式并非单一模式,它在不同维度和层级的应用中呈现出多样化的特点。为了验证并深化人机场三元协同驱动科技成果转化的框架,以河北省唐山市的百川机器人共享制造工厂(以下简称"共享工厂")为例进行深入剖析。

2.1　案例简介

百川依靠自主创新,在新技术、新产品、新工艺等方面不断突破,在机车检修设备的生产、制造上充分体现智能化、数字化、信息化,以"唐山智造"赋能项目建设,行业地位不断攀升,《2024 中国城市轨道交通建设市场发展报告》显示,公司中国城市轨道交通机车车辆段设备市场中的份额排名第 1,已跻身中国轨道交通检修检测机器人领域第 1,全球前 3。特别针对京津冀地区人工智能与机器人领域的中小企业、高校科研团队普遍面临的设备投资大、创新风险高、技术积累薄弱、产业化能力不足等核心痛点而设立共享工厂。共享工厂拥有强大的硬件和软件实力,包括占地 11.7 万 m^2 的厂房,配备了激光切割机、机器人焊接工作站等 800 余台(套)先进设备,并汇聚了超过 1 000 名专业技术人员,采用线下共享制造工厂和线上公共服务平台的双轮驱动模式,通过整合唐山百川集团自身在设计研发、生产制造、供应链及市场开拓等方面的资源,为创新主体提供从创意到产品落地的拎包入住式创新,风险共担与成本分摊、大中小企业融通发展的全链条一站式服务机制。

2.2　人机场三要素在百川模式中的具体体现

2.2.1　人:多元智慧主体的协同网络

在共享工厂模式中,人并非单一角色的集合,而是一个跨组织、跨领域的智慧共同体。这个共同体通过共享工厂这一物理与数字平台,实现了知识、创意与经验的高效协同与价值共创。共享工厂汇聚了平台专家、产业工人(工程师)、创新创业主体及高校科研院所等创新力量,形成了创新链上强大的智慧合力。百川集团自身积累的 1 000 多名工程师和技术人员,拥有丰富的非标产品定制和工程化经验,能为创新方案提供关键的工艺优化和工程设计支持,不仅提供技术底座和制造保障,更重要的是扮演着翻译官和架构师的角色,将外部创新主

体的模糊需求转化为精准的工程方案，是不断补充丰富的平台专家团队，是协同创新的组织者和实施者；产业工人是形成技术落地的协同创新者，通过智能设备操作、产线数据反馈等实践场景反哺技术迭代。双方通过共享平台实现知识流动：研发者将理论转化为可执行工艺，工人以实操经验推动技术适配性改进。创新创业主体是产品应用场景的定义者和产品最终形态的构想者，主要由中小企业构成，通过需求端人才供给做好场景创新环节，目前已获得多个原研原创产品。例如，共同研制了国内第一家日用陶瓷5G智慧工厂自动化生产线、国内首套能够实时扫描追溯码的智慧药房。2024年帮助130多个创新主体完成了科技成果的转化落地，产值超1亿元。百川平台聚焦“脑力枢纽”的功能，汇集高校及科研院所，一方面，辅助科研院所做科技成果转化落地，负责0～0.8研发环节，让更多科研成果从“书架”摆上“货架”。除此，其外脑也充分辅助百川科研团队，截至2024年底已经和全国67所高校、428家科研院所合作发挥其尖端研发优势。平台与科研院所构成了很好的协同创新体，此外，围绕在平台周围的政府人员、技术经纪人、投资人等，构成了协同生态的催化剂和润滑剂。特别是唐山高新区政府，通过推出创制券等创新政策，精准地降低了创新主体的试错成本，有效激励了人的参与和互动。

创新主体作为原始创新技术的源头，带来了实验室阶段的0～0.8的成果。其中，河北佳定舒科技公司5人组成的初创团队提供了核心的产品创意和对养老场景的深刻理解，研发全自动助浴机器人；此外，还聚集了来自北京科技大学等高校科研人员，退休教授钟延炯智能炒菜机的设计想法在共享平台，产出了高速小炒的出餐机器人。百川作为龙头企业，在为中小企业提供服务的过程中，也倒逼自身在产线布局、加工工艺、柔性制造能力等方面不断优化升级，形成了大企业与中小企业共生共赢、融通发展的良好生态。

2.2.2 机：虚实融合的智能技术与制造集群

共享工厂将昂贵的机器资源化、服务化，并积极嫁接协同工厂形成平台接单、按工序分解、多工厂协同的共享制造模式。百川共享工厂模式的“机”远超传统生产工具的范畴，是通过数字化、网络化技术将物理设备与信息流、知识流深度融合的智能增强体，其构成兼具硬实力与软能力。共享工厂的硬件基础设施核心物理支撑是其占地11.7万m^2的厂房内，配备的800余台(套)先进设备集群，包括五轴加工中心、机器人焊接工作站、全自动等离子切割机、高端3D打印机和智能立体库等，为实现从创意到产品的快速物化提供了坚实基础。这些设备的高度柔性化和精密化，是满足非标、小批量定制需求的前提。

在软件服务方面，共享工厂扮演着虚拟工厂和数字大脑的角色，实现了从需求提报、方案协同设计、线上接单、生产过程监控到质量追溯的全流程数字化管理。线上机器人共享制造公共服务平台实现了需求对接、合同签约、项目管理、政府创制券申领等流程的数字化，提升了协同效率；此外，平台广泛应用AI技术，如通过先进的监控与数据分析系统实时掌握生产状态；通过机器学习和深度学习技术提升机器人的自主决策与作业优化能力；通过基于自然语言处理(NLP)的用户交互界面，降低操作门槛，使非专业用户也能快速上手。通过线上全球协作地图，一份来自德国的设计图纸在唐山完成数据处理，上海团队同步进行软件调试，最终产品在天津汽车生产线落地，实现多环节的跨区域协同生产。共享工厂通过整合MES(制造执行系统)和ERP(企业资源计划)等功能，高效地将分散的创新需求与庞大的制造能力进行匹配，并借助大数据和AI技术辅助决策，显著提升了机器协同效率。

2.2.3 场：被激活的产业创新策源地

在百川共享工厂模式中，场不再是被动的应用背景，而是被主动识别、构建和服务的核心要素，是连接技术供给与市场需求的连接器和试验场。百川共享工厂模式的成功，关键在于它始终围绕具体的应用场景来组织和驱动所有活动。针对助浴机器人这一养老场景，百川不仅提供了制造设备，其工程师团队还与创业团队共同完善设计图纸，在材料选择、零件规格上提供专业建议，最终帮助其在短短3个月内实现1.0样机落地，并快速迭代至3.5代，实现了初创企业产品从0到1的转化；针对出餐机器人这一快餐服务场景，共享工厂研发团队帮助钟教授解决了从人设计图纸到可制造产品的工程化鸿沟，协同完善设计方案，打通了成果转化的关键堵点，实现高校科研成果转化；针对唐山四维智能科技有限公司承接的装瓶机器人项目，由于技术要求高、难度大，百川专门组建研发团队，提供技术支持，帮助其攻克难题，确保项目顺利进行，助力了中小企业非标定制与协同研发。

场景驱动贯穿唐山百川共享工厂科技成果转化的全过程。共享工厂模式构建的逻辑起点源于对京津冀地区机器人与人工智能领域普遍存在共性挑战的精准识别。中小企业与高校研究团队普遍面临关键设备投入成本高昂、研发成果向产业化转化的风险显著、工程化与中试能力不足等系统性障碍;针对人工智能领域科技成果转化瓶颈,百川共享工厂构建了一个覆盖研发成果转化为成熟产品的全链条、集成化服务平台。该模式将科技成果转化的抽象需求,系统性地解构为一系列可操作、可交付的具体服务模块,如非标零部件定制化加工、首台(套)工程样机的试制与功能验证、小批量试产阶段的工艺验证与产品定型,以及产品性能检验检测与质量认证等,其核心机制在于通过物理空间、高端设备、专业技术与服务流程的集约化共享与标准化管理,有效整合分散的创新要素资源,显著降低技术验证、产品迭代和初期产业化过程中的试错成本与不确定性风险;共享工厂模式的价值最终通过科技成果在具体应用场景中的成功落地得以验证与实现。经由该平台转化的技术成果,直接服务于特定的社会经济需求领域。北京科技大学退休教授领衔研发的炒菜机器人,针对生产实验过程中遇到的各种问题,研发团队与工厂密切合作,边实验边改进。截至 2025 年 5 月 26 日,已有包括交通管理机器人、瓶装机器人在内的 50 余项产品,成功实现了从概念到市场的转化。以唐山融创智能科技有限公司为例,这家仅由 9 人组成的小型科技企业,借助共享工厂资源,成功研制出自动化铝型材喷涂上料机器人样机,成功打开了市场的大门。基于前期的市场调研,该样机在中试阶段取得成功后,预计每年将带来数百台的订单量。佳定舒科技的助浴机器人,在完成样机制造与性能测试后,应用于智慧康养领域,提升失能老人护理效能;四维智能科技的高速拆垛机器人,解决了关键部件试制问题后,应用于智能物流场景,优化仓储分拣效率。这些终端应用场景是检验科技成果商业化潜力与社会经济效益的核心依据。由此产生的用户采纳度、运营效率提升幅度、成本节约效果等市场反馈数据及市场份额变化,不仅客观评估了本次转化的成效,更为后续技术迭代、需求挖掘与协同创新提供了关键输入,由此形成以市场价值为驱动、具有自我强化特征的产业创新循环系统。共享工厂由此从设施载体升级为支撑区域产业创新生态持续演进的核心。

2.3　人机场三元协同驱动科技成果转化过程

2.3.1　场景牵引实现人机场三元交互的价值倍增效应

在传统模式下,科技成果转化多为技术推动,即先有技术再找市场,而在人机场协同模式中,场景是起点,科技成果转化是从抽象概念到物理实体的复杂过程,人机场共创加速创意-图纸-样品-产品的转化进程:人-机互动实现知识与能力的双向赋能,科研人员和创业者(人)利用共享的先进设备(机),将抽象的创意和图纸快速物化为可测试的样机。同时,百川的工程师团队(人)在制造过程中,会反向为创新者的设计提供可制造性的反馈,帮助他们优化方案,避免不切实际的设计,从而加速产品迭代;人-场交互实现需求与资源的精准对接,产业和市场的真实需求(场)牵引着创业者和科研团队(人)的创新方向。其中,百川作为平台(场的一部分),为创新者(人)提供了超越技术之外的关键资源,唐山高新区设立的“创制券”每年为符合条件的企业提供最高 10 万元的补贴,用于样机试制等活动。同时,平台还对接银行,为企业提供近10 亿元的综合金融支持,有效降低了创新创业的风险;机-场协同实现能力与生态的相互构建,共享工厂的制造能力(机)为区域机器人产业生态(场)的形成和壮大提供了坚实的物理基础,数字化平台(机)将供需对接的范围从本地扩展到全国(场),吸引了更广泛的创新资源汇集于此,使得京津研发成果能够在河北快速转化落地,进一步繁荣本地产业生态。

百川共享工厂模式的核心理论价值在于,其将真实应用场景从传统研发流程的终点前置为创新的逻辑起点,使现实世界中存在的复杂痛点取代实验室的理想化假设,成为驱动高质量创新的来源。该模式的实践运作深刻体现了场景驱动创新是源于对区域内中小企业和高校创新主体在非标产品定制、样机试制等高不确定性、小批量早期转化场景中面临困境的深度洞察,进而反向设计与提供共享制造解决方案的过程。例如,河北佳定舒科技有限公司依托共享工厂资源,将老人洗澡难这种模糊的市场痛点转化为清晰、可量化、可执行的技术指标和工程参数,对此,围绕机器人的承重、防水等级、运动范围、成本控制等技术指标进行修正,“场”扮演了翻译器和定义者的角色,为“人”与“机”的协同创新提供了明确的目标和约束条件。同时,百川共享工厂通过共享工厂将重资产转化为按需购买的弹性服务,降低中小企业和科研团队的创新门

槛，解决大企业不愿接小批量非标订单、小作坊无法胜任高精度复杂工艺的结构性矛盾，通过数字化手段高效匹配创新需求与制造能力，实现资源优化配置。截至2024年，共享工厂为160余家单位提供全流程共享服务，为其新增产值超1亿元，帮助中小企业单位产品成本降低8%以上，产品研制周期缩短15%以上，产品不良品率降低10%以上。

2.3.2 人机场共生演化的生态构建过程

百川共享工厂作为智能制造领域的共享平台，为促进科技成果转化方面持续发力提供重要支撑[30]。共享工厂模式的核心创新在于构建了一个基于人(创新主体与服务提供者)、机(智能化设备与数字平台)、场(应用场景与产业环境)三要素持续交互反馈、协同迭代的动态闭环生态系统，从而将科技成果转化从传统的一次性交付模式转变为持续性的共创演化过程。应用场景(场)的实际测试与用户反馈生成新需求与数据，通过智能化平台(机)实现信息的高效传递与分析，进而驱动创新主体与平台工程师(人)进行下一轮的产品优化与技术升级。共享工厂工程师协助佳定舒科技团队优化图纸，提出材料和配件建议，缩短研发周期。3个月内，首台便携式助浴机器人1.0样机成功下线。一年内经过4次迭代优化，该产品能够在2 min内高效地将行动不便的老人从床上平稳转移到浴缸。每一次样机在养老场景(场)的测试和用户反馈，都生成了新的数据和需求，这些信息通过百川的线上平台(机)快速传递给佳定舒的研发团队和百川的工程师(人)，激活新一轮的智能分析与决策，驱动产品和技术的优化升级。在共生演化过程中，人机场协同进化，其中，平台所集成的制造设备与工艺因持续应对前沿、非标需求而提升其柔性与智能化水平；创新主体对目标应用场景的认知深度与产品定义、商业化能力得到增强；区域产业生态场景也因技术持续融入与成功案例示范效应而获得结构优化，并催生更高级别的需求。这不仅解决了当下的技术难题，更是知识溢出和能力共进的过程，确保了技术在落地后能持续适应环境变化、创造新价值，将一次性交付转变为长期合作伙伴的价值共生关系。

2.3.3 人机场共创科技成果转化的价值跃迁

百川共享工厂模式的核心价值跃迁体现为其将合作目标从单纯完成特定制造任务的技术性能指标达成，系统性提升至与创新主体共同创造可衡量的经济与社会效益。该模式的价值远超出基础加工服务范畴，通过提供覆盖设计研发、生产制造、供应链整合及市场开拓的全链条赋能服务体系，实现目标升维。当创新主体携初步构想进入平台时，百川工程师团队依托专业知识和智能化设计工具，与其协作进行需求分析与工程转化，将模糊概念迭代为兼具技术可行性与成本效益的制造方案。例如，在与唐山四维智能科技合作开发特种机器人过程中，百川共享工厂研发团队深度参与方案设计优化，显著提升了开发效率。唐山高新区政府推行的创制券政策进一步制度化和强化了这一价值共创机制。唐山高新区每年安排2 000万元资金，在共享工厂设立“创制券”，符合条件的企业每年可申领最高10万元，用于产品样机及首台套首批次加工、产品检验检测等环节。此外，该政策还为初创团队缴纳中试综合保险，确保科技成果转化过程中零风险、无负担。有效激励平台与创新主体共同聚焦最终商业价值的实现，而非仅仅停留在简单的加工交付层面。截至2024年底，唐山机器人相关企业的主营业务收入达到84.2亿元，同比增长25.5%。这种模式确保了科技成果在其开发早期即融入商业规划与应用导向，其价值评估由市场潜力与综合效益主导，而非单一技术参数，从而缓解了高技术、低价值的产业化困境，并显著降低了创新主体在转化过程中涉及资源搜寻、谈判协调与整合的交易成本。

这一价值跃迁最终体现为科技成果转化效率与质量的全面提升。通过人机场三元协同，百川构建了覆盖资源、能力与市场的转化加速器。以北京科技大学快速出餐机器人为例，科研团队(人)凭借先进技术但缺乏工程经验，在京津冀协同战略与餐饮自动化需求(场)的牵引下，通过百川共享工厂(机)的精密设备和线上平台完成样机快速试制。共享平台数据显示，技能人才主导的工艺问题解决效率比传统模式快5～8倍，该模式不仅带来生产效率提升10%、产品周期缩短15%等量化成效，更形成了北京设计、唐山制造、行业应用的可复制范本，真正推动科技成果“落地生金”，实现从技术潜能到市场价值的跨越。

3 人机场三元协同促进科技成果转化实践路径

3.1 企业以场景为导向，构建跨组织协同创新网络

企业角色转变核心在于实现从“找技术”到“给场景”的跨越，尤其是在人机场三元协同驱动模式下，企业应以更开放的心态，开放自身生产线、供应链、服务流程等真实应用场景，将真实的

业务场景作为创新试验田向科研界开放,构建高质量的数据资产,并从单纯的技术购买方转变为价值共创方。

同时,企业必须打破研发、市场、销售等部门间的壁垒,主导构建多元化的协同创新网络,这并非简单的项目合作,而是通过聚焦智能制造等重大应用场景,组建以场景为核心的跨学科、跨职能创新团队,明确技术方、平台方、市场方的角色与利益分配,建立长期、稳定的制度化链接。企业可以通过与高校共建联合实验室,将研发活动嵌入企业内部;设立博士后工作站,吸引高层次人才解决一线技术难题;牵头发起产业技术创新联盟,围绕产业链共性技术进行联合攻关,确保技术研发始终瞄准产业需求,以实现产学研的良性循环,使企业真正成为创新决策、研发投入、科研组织和成果转化的主体。

3.2　以数字为引擎,赋能协同转化新范式

大数据、人工智能等数字技术为解决转化过程中长期存在的信息不对称、协同效率低下等难题提供了革命性工具。将数字化全面融入人机场三元协同的各个环节,能够极大地提升转化体系的运行效率与决策精准度。

企业以数字技术为核心引擎。①通过数字基座打通研发壁垒。企业可以积极部署云端协同研发平台与分布式知识库,无缝连接跨部门、跨地域、跨组织的研发力量,实现知识共享与流程贯通,彻底弥合研发与生产间的数字数据鸿沟;②企业基于数字孪生与仿真技术,在物理中试前构建产品、产线及场景的虚拟模型,利用 AI 深度扫描全球专利、文献与初创数据库,精准匹配战略所需的技术与伙伴,大幅压缩研发周期,变被动等待为主动发掘,拓展技术边界,实现低成本、高效率的测试优化;③对于链主和龙头企业而言,要充分发挥自身优势,主动参与行业协会、产业联盟、标准组织,投入共性技术平台建设与运营,协同维护并繁荣创新生态。通过开放供应链、共享实验室、设立产业基金,赋能带动产业链上下游中小企业共同成长,为生态内早期科技项目注入资金、经验与人脉,释放全要素创新动能,激活产业生态,重塑产业竞争力根基,推动科技成果跨越转化鸿沟。

3.3　培育复合型人才,激发人的主体活力

科研机构与人才应大力倡导场景驱动的科研文化,鼓励科研人员走出实验室,深入产业一线。同时,着力培养兼具技术深度与场景洞察力的复合型、跨界人才。①培育复合型人才的核心在于打破学科与产业壁垒,激发主体活力驱动科技成果转化的系统路径。科研机构需大力推动研究人员走出实验室,深入产业一线洞察真实需求,从源头确保科研与产业价值的无缝对接。高校应联合企业共建场景创新实验室,改革人才培养模式,重点强化技术研发与市场应用的双重能力。政府可支持领军企业组建场景创新联合体,强化其“出题人”角色,使技术研发始终锚定市场需求。②构建多层次人才协同培养机制,打造产教融合生态。通过设立博士后工作站、研究生联合培养基地,让学生在解决企业真实问题中成长;同步推行产业教授制度,选派资深工程师和管理者将产业经验反哺教育。在组织架构层面,专设既精通技术语言,又能转化为商业价值评估的技术产品经理,全程推动项目从实验室走向市场,同时加强技术经纪人、知识产权师等专业队伍建设,系统性提升成果转化专业化水平。③构建多元化激励体系,释放人才活力。除传统薪酬外,推行项目跟投、股权期权、虚拟股份及超额利润分红等长期激励措施,让核心人才共享转化收益。借鉴“华工十条”[①]经验,建立知识价值导向的分配机制,让核心技术人才和管理人才共享成果转化的长远收益,为科技成果转化提供可持续保障。

3.4　强化政策精准引导,优化三元协同生态

政策制定者应兼顾顶层设计和精准施策原则,构建三元协同生态驱动科技成果转化的系统路径。

在顶层设计方面,政策需从宏观层面破除体制壁垒,为“百川模式”的涌现和推广提供政策保障。①借鉴唐山百川集团与高新区政府的合作经验,鼓励各地围绕优势产业,建立由链主企业牵头、政府搭台、多部门协同的常态化工作机制,以统筹区域内共享平台建设、场景开放、金融支持等政策的制定与落实,打破部门壁垒,形成政策合力;②针对共享制造模式下的新问题,制定清晰的知识产权归属与利益分配举措,尤其是在多方参与的成果转化项目中,明确科研团队、平台方、使用方等的权益;③建立以科技成果实际转化率、中小企业孵化成功率、产业链本地配套率为核心的动态评估体系,确

①华南理工大学推出的科技成果转化奖励政策,其核心内容为将科研成果转化收益的 70%～95%奖励给研发团队,该政策显著提升了科研创新活力。

保政策支持能精准贯穿成果转化的关键环节，为人机场三要素汇聚提供载体和制度保障。

在精准施策方面，应将唐山百川的实践经验具体化，重点打造场景牵引、要素保障和服务赋能3大支撑体系。①构建从普惠补贴到按效付费的场景牵引体系，推广“创制券”的实践经验，设立用于在共享工厂进行产品样机试制、首台(套)加工和检验检测等场景创新专项基金，以按成果付费的后补助方式替代效果不明确的普惠性补贴；②构建从要素孤岛到平台共享的要素保障体系，整合设备、人才、算力、数据、订单等创新要素，支持共享工厂构建人机场协同数字平台，降低中小企业创新门槛，借鉴百川联合多家银行推出AI贷、无抵押贷款等金融产品的做法，引导耐心资本流向硬科技早期项目；③构建从中介撮合到管家服务赋能体系，推广百川孵化器“博士经纪人”和“管家式”服务模式，为入驻企业提供从技术路线规划、市场渠道对接到融资方案设计的全流程深度辅导，推动共享工厂内嵌“一站式”创新服务中心，实现产学研用金的无缝对接和人才知识的无障碍流动。

参考文献

[1] 胡文静，马建霞，谢珍. 经济发展新常态与技术封锁并存情景下如何促进科技成果转化：政策选择的视角[J]. 中国科技论坛，2022(7)：32-43.

[2] 尹西明，钱雅婷，武沛琦，等. 场景驱动科技成果转化：理论逻辑与过程机理[J]. 科学学研究，2024，42(11)：2286-2294，2317.

[3] 尹西明，武沛琦，钱雅婷，等. 人机场三元协同如何赋能新质生产力：范式逻辑与实践进路[J]. 科研管理，2025，46(2)：43-52.

[4] SIEGEL D S，WRIGHT M. Academic entrepreneurship：time for a rethink? [J]. British Journal of Management，2015，26(4)：582-595.

[5] 姜新华，肖冰，刘海波，等. 科技成果转化服务与科研机构技术转移绩效：以中国科学院为例[J/OL]. 科学学研究，1-16[2025-07-24]. http://doi.org.https.hebutlib.proxy.hebut.edu.cn/10.16192/j.cnki.1003-2053.20250715.001.

[6] 杨斌，肖尤丹. 国家科研机构硬科技成果转化模式研究[J]. 科学学研究，2019，37(12)：2149-2156.

[7] 张亚明，赵科，刘海鸥，等. 协同创新驱动科技成果转化效率提升的多元路径与异质性研究[J]. 中国科技论坛，2024(10)：42-52.

[8] 俞立平，朱莹，金鹏，等. 数字化转型、高技术产业技术创新与成果转化[J]. 中国科技论坛，2023(12)：72-83.

[9] 周亚虹，冯树辉，邱静，等. 数字经济发展赋能科技成果市场化转化：理论逻辑与机制设计[J]. 学术月刊，2024，56(6)：48-62，88.

[10] 王泽芸，吴福象. 创新链治理视角下数智融合促进科技成果转化效率的机制研究[J]. 现代经济探讨，2025(6)：66-79.

[11] 胡凯，王炜哲. 如何打通高校科技成果转化的“最后一公里”？基于技术转移办公室体制的考察[J]. 数量经济技术经济研究，2023，40(4)：5-27.

[12] 段永彪，董新宇. 促进科技成果转化的核心要素与激励机制：基于“三项改革”的多案例研究[J]. 科研管理，2024，45(5)：143-152.

[13] 杜宝贵，张鹏举. 科技成果转化政策的多重并发因果关系与多元路径：基于上海等22个省市的QCA分析[J]. 科学学与科学技术管理，2019，40(11)：3-14.

[14] 邓向荣，羊柳青，冯学良. 企业国际合作研发能否促进科技成果转化：从知识创新到产品创新[J]. 中国科技论坛，2022(8)：107-118.

[15] ADOMAKO S，NGUYEN N P. Digitalization，inter-organizational collaboration，and technology transfer[J]. The Journal of Technology Transfer，2024，49：1176-1202.

[16] 林青宁，毛世平. 自主创新与企业科技成果转化：补助亦或政策[J]. 科学学研究，2023，41(1)：70-79.

[17] 吴寿仁. 中国科技成果转化40年[J]. 中国科技论坛，2018(10)：1-15.

[18] 米磊，赵瑞瑞，侯自普，等. 中国科技成果转化体系存在的问题及对策：从科技创新的底层逻辑出发[J]. 科技导报，2023，41(19)：96-102.

[19] 方齐，谢洪明. 科技成果转化政策供给与政策协调的组态效应[J]. 科学学研究，2022，40(6)：991-1000.

[20] 王宏起，吕建秋，王珊珊. 科技成果转化的双边市场属性及其政策启示：基于成果转化平台的视角[J]. 科学学与科学技术管理，2018，39(2)：42-51.

[21] 杨世攀. 科技成果转化多元主体的价值共创过程与实现机制[J]. 中国科技资源导刊，2023，55(2)：10-16，23.

[22] 屈晓东. “两链”融合视角下秦创原科技成果转化的瓶颈及破解路径[J]. 新西部，2022(6)：221-224.

[23] 黄宇. 双链融合视角下促进成果转化的机制研究[J]. 产业创新研究，2022(20)：28-30.

[24] 吴小龙，肖静华，吴记. 当创意遇到智能：人与AI协同的产品创新案例研究[J]. 管理世界，2023，39(5)：112-126.

[25] 陈柏强，母璇，刘畅. 科技成果转化加速新质生产力发展的内在机理及实践路径研究[J]. 北京理工大学学报(社会科学版)，2025，27(2)：57-68.

[26] 许强. 分阶段体系化概念验证是科技成果转化的“牛鼻子”[J]. 中国软科学，2024(3)：174-178.

[27] 谭涛，李俊龙. 我国高校科技成果转化与区域高技术产业发展水平测度以及耦合协调度研究[J]. 中国科学基金，2023，37(4)：682-691.

[28] 张天雪，许志通，马银琦. 新质生产力跃迁之钥：高校科技成果转化的驱动路径与门槛效应[J]. 中国高教研究，2025(1)：83-91.

[29] 朱育彬，梁雪梅，封春生，等. 基于创新方法的科技成

果转移转化服务模式研究[J]. 科技管理研究，2025，45(13)：146-154.

[30] 杜传忠，李钰葳. 科技创新与产业创新深度融合：机制、模式与路径选择[J]. 社会科学战线，2025(4)：21-34.

Human-machine-context Collaboration Driving Technology Transfer: Tangshan Baichuan Shared Manufacturing Factory

LI Han[1], DING Ruwei[2], ZHAO Caiyun[1], WANG Mengzhao[3]

(1. School of Management, Hebei Geo University, Shijiazhuang 052161, China;
2. School of Economics and Management, Hebei University of Technology, Tianjin 300130, China;
3. School of Management, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: Based on the research on the human-machine-context collaboration and context-driven innovation theory, a new paradigm was proposed of the human-machine-context collaboration in driving the technology transfer, aiming to address the long-term issue of the low technology transformation rate in China. The mechanisms was analyzed of the context-driven, target elevation and dynamic closed loop on the technology transfer systematically. Furthermore, taking Tangshan Baichuan Shared Manufacturing Factory as a case study to verify the practical effectiveness of this theoretical framework. The research findings show that the human-machine-context collaboration integrates innovation elements effectively, lowers threshold and cost of technology transfer significantly, and accelerates the iterative process of technological achievements from concepts to products. Finally, the study proposes practical paths in terms of enterprises, technology, talents, and policies, such as building a cross-organizational collaborative innovation network, comprehensively empowering by digital technology, cultivating compound cross-border talents, and optimizing the policy ecosystem.

Keywords: technology transfer; context-driven innovation; human-machine-context collaboration