

数智时代背景下河北省高端制造业虚拟人才开发与集聚研究

柴博悦¹, 刘子傲²

(1. 河北工程大学 管理工程与商学院, 河北 邯郸 056038;
2. 河北工程大学 园林与生态工程学院, 河北 邯郸 056038)

[摘要]数智时代人才形态向虚拟型转型,虚拟人才成为破解河北省高端制造业实体人才供需错配、京津虹吸效应显著的关键要素。文章立足于京津冀协同发展背景,界定河北省高端制造业虚拟人才内涵与四个专属特征,运用扎根理论构建开发与集聚联动机制。研究发现,河北省高端制造业虚拟人才应用存在认知模糊、资源整合低效、技术支撑浅层化、协同制度缺失等问题,根源在于理念滞后、平台缺位、技术薄弱与保障不足。据此,文章提出搭建统一信息平台、制定产业导向策略、加强虚拟团队管理、完善激励机制、深化京津冀协同机制等路径,为河北省高端制造业突破人才瓶颈、实现数智化升级提供理论参考与实践支撑。

[关键词]数智时代;河北省;高端制造业;虚拟人才;开发与集聚

doi:10.3969/j.issn.1673-9477.2026.02.001

[中图分类号]F426.63

[文献标识码]A

[文章编号]1673-9477(2026)02-0001-10

数智技术重构全球制造业生产范式与要素配置逻辑,人工智能、工业互联网、数字孪生等技术深度渗透,推动人才形态从实体依附型向数字虚拟型加速转变,虚拟人才成为破解高端制造业跨区域协同不足、实体人才供需错配的新型核心生产要素。立足于京津冀协同发展战略布局,河北省作为北方先进制造业重要承载地,高端制造业规模持续扩容,已培育先进钢铁、高端装备2个万亿级产业集群,截至2024年底,已有6个集群入选国家级先进制造业集群。2024年全省规模以上高端装备制造业增速达9.8%,关键工序数控化率71.3%、工业设备上云率35.1%,均位居全国前列,产业数智化底座日趋坚实。但与之矛盾的是,河北省高端制造业实体人才供给端短板持续凸显。一方面,高端研发、数智运维、工艺仿真等核心领域人才存量不足。截至2025年底,全省高技能人才占技能人才总量比重仅为30.5%,低于全国平均水平,且受京津人才虹吸效应影响,高端人才引进难度大、本土人才流失率偏高。另一方面,现有人才治理体系仍局限于实体人才的引进、培养与管理,完全忽视数智时代虚拟人才的资源整合优势,尚未形成适配高端制造业的虚拟人才开发与集聚机制。理论研究与实践探索均处于空白状态,人才供给侧与产业升级需求侧严重脱节,这成为河北省高端制造业向高端化、智能化、集群化迈进的核心瓶颈。

梳理学术界已有成果,人才开发与集聚相关研究聚焦实体高端制造业人才培养、区域集聚与政策激励;虚拟人才相关研究则集中于服务业虚拟数字人、数字员工范畴。尚未有文献从虚拟人才视角回应河北省高端制造业实体人才短板与产业数智化升级的核心矛盾,既缺乏适配区域产业特色的虚拟人才内涵界定,也未厘清开发与集聚的内在因果机制,更无针对性的落地路径设计。当前,我国新型工业化扎实推进,制造业作为经济根基与提质增效主战场^[1],正加速“升级破圈”。河北省高端制造业作为区域经济重要引擎,虽地处环渤海圈、紧邻京津,人才储备较雄厚、产业发展迅猛,但在人才和产业结合的过程中,出现了脱节现象,人才链和产业链融合不充分是制约河北省经济腾飞的重要因素之一^[2]。传统高薪引才方式短期奏效,效果却难以持续,还会给企业带来较大压力。有效利用现有人才、发挥人才集聚效应、提高人才使用效率,成为企业实现可持续发展的关键。虚拟人才凭借灵活性、高效性和低成本的优势,为河北省高端制造业人才开发与集聚提供新路径。基于此,本文立足于数智时代背景,紧扣河北省高端制造业发展现实痛点,从虚拟人才开发与集聚联动这一全新视角,聚焦破解“实体人才不足、跨区域智力资源难以整合”的核心矛盾,重点回应三大核心问题,分别是适配河北省高端制造业的

[投稿日期]2025-07-01

[基金项目]2023年度河北省社会科学发展研究课题(编号:20230203097)

[作者简介]柴博悦(1988—),男,河北邯郸人,博士,副教授,研究方向:人力资源管理。

虚拟人才内涵与专属特征如何界定,河北省高端制造业虚拟人才开发与集聚的现实困境与制约机理是什么,如何构建开发与集聚协同联动的理论框架与地域化路径。

一、文献回顾

人才集聚对农业绿色全要素生产率的增长具有显著的直接和空间溢出效应,科技人才集聚对产业结构优化和经济高质量发展至关重要。不同地区间创新人才的集聚差异影响了农业创新效率,而科技人才的空间分布差异性对提升产业科技创新水平和推动产业结构优化起着关键作用。在高端制造业领域,人力资本投资对企业的韧性有正向影响,可持续创新战略对于高端制造业的绿色发展和竞争力提升同等重要。

(一) 人才集聚与高端制造业人才培养机制研究现状

人才集聚作为实现人才价值、激发集聚效应及推动区域优先发展的核心要素,始终是学术界与实践领域的关注焦点。^[3]从作用机制来看,创新人才的空间集中不仅直接驱动农业绿色全要素生产率提升,其产生的空间溢出效应更表现出显著正向作用;尤其在经济带内,因创新人才集聚存在显著省际差异,这种空间溢出效应被进一步强化,甚至超过其直接效应。科技人才作为推动科技创新不可或缺的元素,是推动产业结构优化、实现经济高质量发展的核心驱动力。^[4]科技人才的集聚,是科技人才流动过程中形成的一种独特现象,它涉及科技人才在外部与内部多重因素的影响下,从各地或各行业向特定地区或行业汇聚,并最大限度地发挥其集聚优势的过程。产业结构优化是实现经济高质量发展的基石,也是地区经济持续稳定快速发展的关键所在。这一过程通常从产业结构的合理化和高度化两个维度进行考量。^[5]而科技人才集聚所展现出的空间差异性,对于提升产业科技创新水平、推动产业结构优化具有至关重要的作用。在高端制造业人才培养机制方面,赵靖芝(2020)^[6]从北京市高端制造业人力资本现状分析入手,指出当前高端制造业人才队伍存在的现实困境,提出加大对高端制造业的扶持力度、完善人才培养体系、创新人才评价机制和优化技能使用制度等路径,系统地培养高素质复合型技术技能人才,以精准对接高端制造业人才需求。荣长海等(2016)^[7]提到充分利用京津冀地区现有职业院校的优势与资源,尽快满足三地现阶段对高技术技能型人才大量需求,是我们必须认真研究的重要问题。张

尔升等(2023)^[8]基于驻校工程师的现实,构造了驻校工程师—产教融合—工匠型人才培养的分析框架,探索工匠型人才培养的实现机理。Chao等(2025)^[9]研究结果表明,人力资本投资正向影响高端制造业企业的韧性,突破性创新和渐进性创新发挥了中介作用,建议高端制造企业应加强战略重点,持续加大对人力资本和技术创新的投资;同时,优化人力资本投资结构,引进和培养顶尖人才。

(二) 高端制造业的可持续创新与绿色发展路径研究现状

可持续创新伴随可持续发展理念应运而生,作为企业持续获取竞争优势的战略选择,其核心在于探索创新活动的可持续开展与动态优化路径。^[10]从内涵来看,可持续创新涵盖经济、社会、生态多维度的协同可持续,强调创新活动在创造经济价值的同时,需兼顾社会价值与生态效益。^[11]针对高端制造业的可持续发展,相关研究聚焦于路径探索与机制构建。赵恩燊等(2024)^[12]提到未来,应借力新质生产力带来的数智化发展路径模式,加快高端制造业内涵式增长,加快高端制造业绿色低碳技术发展和提高生产制造精益化水平,促进高端制造业产品全生命周期绿色化,并筑牢高端制造业绿色发展保障体系。江育俊(2024)^[13]通过系统地界定高端制造业和供应链可持续性的相关概念,以及运用AHP方法构建评估模型,旨在量化供应链管理中的关键可持续性指标,以期通过提供科学的评估工具和决策支持,促进企业在全球竞争中实现可持续发展。

纵观已有文献,研究缺口可归纳为以下三点:一是缺乏高端制造业虚拟人才的统一学术界定,未形成开发与集聚的基础理论框架;二是鲜有研究将虚拟人才与区域高端制造业绑定,更无针对河北省的研究;三是未厘清虚拟人才开发与集聚的因果逻辑、联动关系,研究深度不足。基于此,本文进一步明确核心研究命题,即跳出传统实体人才培育思维局限,搭建契合河北省高端制造业发展实际的虚拟人才理论框架,深度探究虚拟人才开发集聚内在运行机理,依托河北省产业发展现状与地域特色制定特色化发展路径,有效化解本地高端制造业人才供需失衡现实困境。

二、理论基础

(一) 数智时代高端制造业的特征与趋势

数智时代以数字化、网络化、智能化为核心特

征,数据成为关键生产要素,人工智能、大数据、云计算等新技术不断涌现并广泛应用于各个领域。数智时代的发展趋势表现为技术融合加速、产业升级加快、商业模式创新等。这些趋势为河北省高端制造业的转型升级提供了新的机遇和挑战。高端制造业通过数字化转型、提升企业声誉、降低融资成本等中介效应来促进绿色创新。^[14]

(二) 河北省虚拟人才的概念及其特征

虚拟人才的地域专属特征并非主观定性界定,

而是由区域高端制造业产业基础、数智化水平、实体人才禀赋、区位协同条件等核心客观要素共同决定。^[9]本文首先梳理河北省高端制造业产业发展、数智化建设、人才储备、区位协同四大核心维度的数据,形成基础数据支撑体系,再通过数据关联分析,逐步推导提炼出河北省虚拟人才专属特征,具体如下 1 所示。

本文基于产业集群基础数据展开演绎推导,即河北省拥有 2 个万亿级、6 个国家级高端制造业集群,产业布局聚焦先进钢铁、高端装备、新能源装备等

表 1 河北省高端制造业产业与人才核心数据支撑

核心维度	具体指标	河北省核心数据	数据来源
产业集群基础	万亿级高端制造业集群数、国家级先进制造业集群数、高端装备制造制造业增加值占比	2 个万亿级集群、6 个国家级集群、高端装备制造制造业增加值占比 21.2%	河北省工业和信息化厅(2025)、河北省统计局(2026)
数智化水平	关键工序数控化率、工业设备上云率、工业互联网平台数	71.3%(全国第 4)、35.1%(全国第 1)、累计培育 329 个	河北省工业和信息化厅(2024、2025)
实体人才禀赋	技能人才总量、高技能人才占比、高端研发人才密度	1430 万人(2025 年预计)、30.5%、低于全国平均水平	河北省人力资源和社会保障厅(2025)、河北省统计局(2026)
区位协同条件	毗邻京津高校院所数、京津冀产学研合作项目数、跨省智力资源流动壁垒	京津“双一流”高校 26 所、京津冀产业链协同项目 68 个、实体人才跨省流动壁垒较高	河北省发展改革委(2025)、《京津冀协同发展报告》(2025)

特色细分领域,且高端装备制造业增加值占比超两成,主导产业优势鲜明,决定了当地虚拟人才必须紧密贴合区域主导产业需求,聚焦细分产业核心环节发力,由此提炼出第一个核心特征——产业导向性。该特征彻底区别于通用型虚拟人才,不覆盖全行业泛化场景,仅针对河北省优势高端制造业的工艺仿真、智能运维、技术研发、质量检测等核心生产环节,实现虚拟人才供给与产业集群需求的精准适配。结合数智化水平数据进一步推导,河北省关键工序数控化率、工业设备上云率均位居全国前列,工业互联网平台数量充足,数字基础设施建设水平领先,具备虚拟人才数字化拆解、模块化调用、跨地域协同作业的完备技术条件。这意味着河北省虚拟人才的运行高度依托区域数智化底座,进而形成第二个核心特征——数智技术依附性。依托全国领先的工业上云率与数控化水平,河北省虚拟人才可直接与本地制造业产线实现无缝对接,无需额外搭建基础技术载体,落地可行性与运行效率显著高于其他制造业欠发达地区。立足实体人才禀赋数据深入分析,河北省技能人才总量虽较为庞大,但高技能人才占比偏低、高端研发人才密度不足,叠加京津地区的人才虹

吸效应,实体高端人才引进与留存难度极大,单纯依靠本土实体人才培养模式完全无法满足高端制造业升级需求,必须借助虚拟人才打破地域限制,整合外部优质智力资源,由此提炼出第三个核心特征——京津冀协同性。这一特征是河北省虚拟人才最具地域辨识度的核心属性,能够有效打破实体人才跨省流动壁垒,将京津优质高校、科研院所、龙头企业的高端智力资源数字化整合,精准弥补河北省本土实体高端人才存量短板,形成“京津智力供给+河北产业转化”的独特发展模式。结合产业结构与企业规模数据推导,河北省高端制造业涵盖大型龙头企业与大量专精特新中小企业,企业规模差异显著、需求呈现多元化特征,且产业集群呈区域化分散布局,需要灵活适配的人才供给模式,由此形成第四个核心特征——模块化与动态适配性。这个模式可将分散的智力资源拆解为独立功能模块,根据不同区域、不同规模企业、不同产业环节的差异化需求动态组合调配,既能适配唐山先进钢铁、保定高端装备、廊坊智能制造等不同区域集群的专属需求,又能兼顾大型企业规模化应用与中小企业个性化适配的双重需求,灵活性与实用性兼具。

三、河北省高端制造业虚拟人才开发与集聚现状、主要问题及原因

(一) 河北省高端制造业虚拟人才开发与集聚现状

1. 虚拟人才开发与集聚产业基础与政策环境支撑

河北省高端制造业在装备制造、新能源汽车、航空航天、智能轨道交通等领域发展迅速,已形成石家庄通用装备、唐山动车制造、保定新能源装备等特色产业集群,并在新能源汽车研发制造领域构建较完整产业链。为推动产业升级,河北省出台《制造业高端化智能化绿色化发展行动计划(2023—2025)》,重点实施数字人才培育工程,推动企业与京津高校、科研机构协同创新,促进高端制造人才共享。在政策支持下,邯郸等地积极探索产教融合模式,通过“赵都数字工匠”等人才培养体系,推动专业人才、技术资源与产业需求精准对接,加强科技成果转化和技术合作,为制造业智能化转型和高质量发展提供支撑。

2. 虚拟人才开发与集聚应用实践与典型案例

省内龙头企业围绕虚拟人才协同模式开展积极探索,为高端制造业创新发展提供支撑。长城汽车依托虚拟技术协作平台,整合国内外高校、科研机构及行业专家资源,在新能源汽车电池研发领域实现跨区域协同攻关,有效缩短研发周期、降低创新成本。河钢集团搭建“钢铁虚拟专家库”,通过专家技能数字化整合,实现跨基地技术资源共享,提高复杂生产问题解决效率。中车唐山公司联合高校及国际企业组建虚拟研发团队,围绕高速磁浮列车关键技术开展联合研发,依托数字化平台完成设计优化与技术攻关。相关实践表明,虚拟人才模式能够突破空间限制,推动创新资源高效配置,实现企业、高校、科研机构之间优势互补,为河北省制造业转型升级提供新路径。

3. 虚拟人才开发与集聚数智技术支撑体系建设

河北省持续推进数字基础设施建设,为虚拟人才协作提供重要支撑。依托工业互联网平台、5G网络等数字基础设施建设,高端制造企业在数据采集、云端设计、远程协同等方面的数字化能力不断提升,为跨区域技术合作创造了条件。在应用层面,省内企业积极利用5G、AR、云计算等技术推动智力资源共享,如航空制造企业通过远程协同提升研发和装配效率,创新平台依托虚拟算力资源降低企业研发成本。数字技术的深度应用突破了传统人才协作的空间限制,推动专家资源、技术能力与产业需求高效

匹配,为河北省高端制造业虚拟人才模式推广和产业智能化升级奠定了基础。

(二) 河北省高端制造业虚拟人才开发与集聚的主要问题及原因

1. 理论与实践脱节,需求认知模糊

当前部分企业对虚拟人才的认识仍停留在“灵活用工”层面,尚未形成基于产业需求的人才协同配置体系,影响了虚拟人才价值发挥。究其原因,一方面,受传统人才管理模式影响,河北省高端制造业长期形成了以实体人才引进、培养和内部管理为核心的发展路径,企业和管理部门更加关注本地化、固定化的人才储备,对跨区域、平台化、虚拟化人才资源配置模式的理解不足,导致人才治理理念存在一定路径依赖。另一方面,虚拟人才作为数智时代催生的新型智力资源,其价值评价标准、协作机制和管理体系尚未完全成熟,部分企业难以准确衡量虚拟人才在技术攻关、研发创新、数字转型等环节中的实际贡献,进而将其简单等同于临时用工、外包服务或数字员工。同时,由于虚拟人才应用涉及组织管理模式调整、数字平台建设以及协同机制创新,短期投入成本较高,而价值转化具有一定滞后性,使企业参与积极性不足。上述因素共同导致虚拟人才开发缺乏系统规划和持续投入,限制了其在河北省高端制造业创新升级中的深层次应用。

2. 资源整合低效,集聚效应不足

当前河北省虚拟人才发展仍存在信息平台建设不足、资源整合效率不高等问题,导致高端人才资源分散,难以形成有效协同。主要原因是河北省尚未搭建省级统一、面向高端制造业、聚焦数智技能的虚拟人才信息平台、技能数据库与协同作业载体,人才资源分散于企业、高校、科研院所、第三方机构,形成大量“信息孤岛”与“数据壁垒”。一方面,省内企业难以精准检索、匹配所需虚拟智力资源;另一方面,毗邻京津的优质研发、技术、工艺人才资源缺乏标准化对接通道与常态化协作机制,人才集聚的空间溢出效应无法释放,跨区域、跨主体、跨领域的智力整合难以高效实现。

3. 技术应用浅层化,支撑能力有限

虚拟人才管理依赖基础办公工具,未应用AI技能匹配算法与知识共享系统,这一问题违背了数智时代“技术驱动人才集聚”的核心逻辑。河北省多数企业的虚拟人才管理仍停留在“信息传递”层面,未实现“虚拟人力资源开发”核心功能——即通过技术工具实现“个人/团队学习、知识共享与绩效改进”。

主要原因是尽管河北省高端制造关键工序数控化率、工业设备上云率位居全国前列,但虚拟人才开发与集聚的技术应用仍停留在浅层沟通,多数企业仅使用基础办公软件、即时通讯工具开展协作,未部署AI智能技能匹配、数字孪生仿真、知识图谱管理、云端协同设计等核心技术。数字化拆解不充分、模块化重组能力弱、精准匹配效率低、经验知识无法沉淀复用,导致虚拟人才难以与产线、研发、运维等场景深度融合,技术底座无法支撑全流程、高效率、规模化的开发与集聚。

4. 制度文化障碍,协同机制缺失

当前企业仍然存在关注全职高素质人才,忽视虚拟人才的应用倾向,这与可持续创新理论所强调的“制度—文化软环境支撑”要求直接冲突。主要原因是省级层面尚未出台针对高端制造业虚拟人才的专项政策与实施细则,知识产权归属、项目收益分配、税收优惠、信用评价、争议解决等关键制度存在空白,企业应用虚拟人才面临合规风险与合作顾虑。同时,京津冀三地人才资格互认、标准互通、项目共建、利益共享机制尚未落地,政企校协同松散、绩效评估体系缺失、多元化激励不足,虚拟人才开发与集聚缺乏稳定的政策保障、制度规范与长效动力。

四、河北省高端制造业虚拟人才开发与集聚机制研究

(一) 河北省高端制造业虚拟人才开发要素

信息技术基础设施、人才资源储备、政策支持与引导,以及企业文化与氛围是实现高端制造业虚拟人才开发的四大关键成功要素,其中信息技术基础设施是前提,如达不到一定规模的信息技术基础设施,很难进行虚拟人才的开发。虚拟人力资源开发(Virtual HRD)是虚拟人力资源(Virtual HR)的一个分支,它与虚拟人力资源管理(Virtual HRM)共存且有时存在冲突。虚拟人力资源兼具管理特征与人力资源开发理念,见图1。管理特征通常属于人力资源信息系统的一部分,主要包括虚拟人力资源管理、政策和合规、绩效评估、在线招聘、电子授权、自助服务福利、合规培训、员工分析、企业沟通以及法律和财务问题;图1右侧的活动则更符合人力资源开发的理念,主要包括虚拟人力资源、个人或团队学习、绩效改进、社交专业网络、教学技术、虚拟团队、职业指导、知识共享及行动学习技术。在河北省高端制造业的虚拟人才开发流程中,本文将虚拟人力资源开发的理念融入其中。

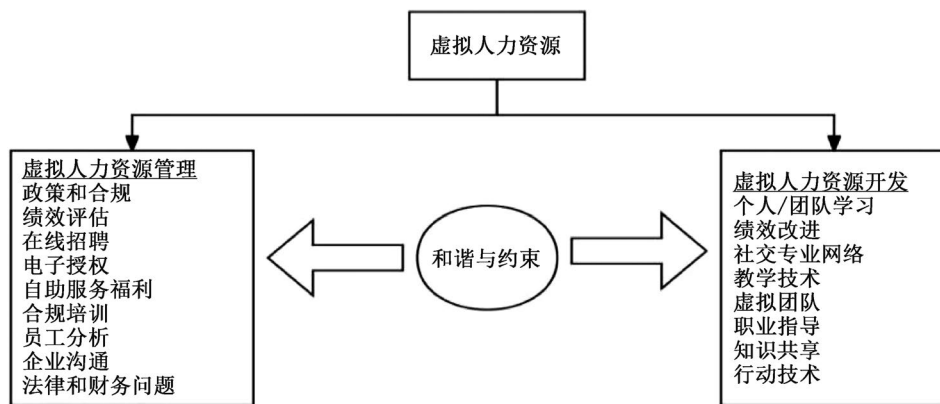


图1 虚拟人力资源开发分支

(二) 虚拟人才集聚机制质性分析

基于以上内容,本文通过访谈,采用质性研究中的扎根理论研究方法,遵循“经验资料搜集—开放式编码—主轴编码—选择性编码—理论饱和度检验—核心机制模型构建”的规范流程,摒弃预设理论框架,从原始调研资料中提炼核心范畴、梳理逻辑关联,构建适配河北省高端制造业场景的虚拟人才开发与集聚机制模型,为后文路径优化与对策提出提供扎实的质性研究支撑。

1. 扎根理论研究设计与资料来源

本次扎根理论研究严格遵循学术规范,研究对

象聚焦河北省高端制造业虚拟人才开发与集聚相关主体,覆盖政府人才管理部门、高端制造业龙头企业、专精特新中小企业、高校与科研院所、工业互联网平台服务商5类群体,确保调研样本覆盖全链条、多元化,最大限度还原真实场景与核心诉求。调研方式采用半结构化深度访谈结合实地调研,访谈提纲围绕虚拟人才认知、开发现状、集聚难点、制约因素、实践需求、联动逻辑6个核心维度设计,提前预调研优化提纲内容,保证访谈有效性。

调研周期为2025年6—12月,共计选取有效访谈对象12名,其中河北省工业和信息化厅、人力资

源与社会保障厅人才管理科室负责人2名,河钢集团、长城汽车、中信戴卡等龙头企业人力资源总监、数字化部门负责人3名,专精特新中小企业负责人1名,京津冀高校制造业相关专业导师、科研院所研发人员4名,工业互联网平台运营专家2名,样本覆盖唐山、保定、廊坊、石家庄、邯郸等河北省高端制造业核心集聚区域,具备极强的地域代表性与行业针对性。访谈全程录音并同步转化为文字资料,剔除表述模糊、重复冗余的内容后,形成有效原始文本资料共计约8.6万字,采用Nvivo12软件辅助编码分析,严格遵循扎根理论三级编码流程,避免主观预判,保证编码客观性与信效度。

2. 开放式编码:初始概念与范畴提炼

开放式编码是扎根理论的基础环节,核心是对原始文本资料进行逐句拆解、标签化提炼,将碎片化表述转化为标准化初始概念,再对同类概念进行归并,形成初始范畴,全程采用“悬置预设”原则,不加入主观理论预判。首先对8.6万字原始资料逐行梳理,提炼出“数智基础设施薄弱”“京津智力资源整合难”“缺乏开发标准”“政策扶持空白”“企业认知不足”“产学研协同松散”等初始概念共计217个,剔除重复、交叉、表述模糊的无效概念,剩余有效初始概念142个。在此基础上,对同类初始概念进行归纳整合,按照概念内涵、逻辑关联进行归类,最终提炼形成信息技术基础设施、人才资源储备、政策支持引导、企业文化氛围、区域协同壁垒、开发流程缺失、集聚载体空白、绩效评估缺位、数智技术支撑、产业需求导向、资源数字化拆解、模块化重组、跨区域智力共享、政企校协同、认知理念滞后等19个初始范畴。这一环节严格贴合河北省高端制造业实际,初始概念与范畴均源自一线调研资料,全面覆盖虚拟人才开发与集聚的核心要素、痛点难点、关联条件,为后续主轴编码奠定扎实基础,同时呼应前文第三部分剖析的开发与集聚四大核心问题,实现质性资料与现状分析的相互印证。

3. 主轴编码:主范畴挖掘与逻辑关联梳理

主轴编码以开放式编码提炼的初始范畴为基础,核心是挖掘范畴之间的内在逻辑关联,按照“因果条件—现象—情境—中介条件—行动策略—结果”的典范模型,将分散的初始范畴进行聚类,提炼出具有统领性的主范畴,厘清各要素之间的作用关系。通过对19个初始范畴的反复比对、逻辑梳理,结合高端制造业虚拟人才开发与集聚的内在运行规律,最终归并形成5个核心主范畴,分别为基础支撑

条件、核心开发要素、集聚驱动因素、协同保障机制、理念认知壁垒。其中,基础支撑条件主范畴涵盖信息技术基础设施、产业数智化水平、区域产业集群基础3个初始范畴,对应虚拟人才开发集聚的硬件与产业前提;核心开发要素主范畴涵盖人才资源储备、资源数字化拆解、模块化重组、开发流程标准化4个初始范畴,聚焦虚拟人才从资源到成型的核心环节;集聚驱动因素主范畴涵盖政策引导、产业需求牵引、跨区域资源共享、载体平台搭建4个初始范畴,明确虚拟人才集聚的核心动力;协同保障机制主范畴涵盖政企校协同、绩效评估、法律合规、知识共享4个初始范畴,构建长效运行保障体系;理念认知壁垒主范畴涵盖企业认知滞后、传统人才思维固化、协同意识薄弱3个初始范畴,直指前文剖析的核心痛点根源。5个主范畴相互关联、层层递进,完整覆盖虚拟人才开发与集聚的全流程逻辑。

4. 选择性编码:核心范畴提炼与理论框架成型

选择性编码是扎根理论的核心环节,核心思想是在主轴编码提炼的主范畴基础上,挖掘能够统领所有范畴、贯穿全流程的核心范畴,梳理核心范畴与其他主范畴之间的逻辑脉络,构建完整的理论逻辑链条,形成初步理论框架。本文通过对5个主范畴的深度剖析,结合河北省高端制造业虚拟人才开发与集聚的核心目标与现实痛点,确定核心范畴为“数智赋能下京津冀协同型虚拟人才开发与集聚联动机制”。这一核心范畴既贴合数智时代背景,又突出京津冀协同的地域特色,同时紧扣开发与集聚双向联动的核心逻辑。围绕核心范畴,梳理形成清晰的逻辑脉络:以基础支撑条件为前提保障,以理念认知突破为内在动力,通过核心开发要素落地虚拟人才标准化、模块化开发流程,依托集聚型驱动因素推动跨区域虚拟人才网络化集聚,借助协同保障机制实现开发与集聚的双向联动、闭环优化,最终破解河北省高端制造业实体人才短缺、供需错配的核心难题。

基于扎根理论3级编码结果与理论饱和度检验,结合前文核心概念界定、地域专属特征与现实问题剖析,构建河北省高端制造业虚拟人才开发与集聚联动机制模型。模型整体分为5个模块,形成“基础支撑—开发运行—集聚驱动—协同保障—闭环优化”的完整运行体系,贴合河北省地域特色与产业需求,区别于通用型虚拟人才机制模型。第一模块为基础支撑机制。该机制作为整个模型的前提保障,由信息技术基础设施、产业集群基础、数智化水平3个要素构成,依托河北省现有工业互联网平台、上云

表2 河北省高端制造业场景的虚拟人才开发与集聚机制三级编码表

编码层级	范畴名称	对应下级范畴/初始概念	范畴核心内涵与研究指向
开放式编码 (初始概念→初始范畴)	共19个初始范畴	①信息技术基础设施、②人才资源储备点、③政策支持引导、④企业文化氛围、⑤区域协同壁垒、⑥开发流程缺失、⑦集聚载体空白、⑧绩效评估缺失、⑨数智技术支撑、⑩产业需求导向、⑪资源数字化拆解、⑫模块化重组、⑬跨区域智力共享、⑭政企校协同、⑮认知理念滞后、⑯产业数智化水平、⑰区域产业集群基础、⑱法律合规、⑲知识共享	由8.6万字原始访谈资料逐行提炼,剔除重复无效概念后,归并形成19个初始范畴,全面覆盖河北省高端制造业虚拟人才开发与集聚的基础条件、核心环节、痛点难点、驱动因素、保障要素与制约瓶颈,贴合区域产业实际与调研场景
		基础支撑条件	虚拟人才开发集聚的硬件与产业前提,依托河北省数智化底座与产业集群优势,对应虚拟人才数智技术依附性特征,是整个机制运行的物质保障
		核心开发要素	聚焦虚拟人才从智力资源到成型模块的全开发流程,贴合河北省产业导向性与模块化适配特征,明确虚拟人才标准化开发的核心环节
		集聚驱动因素	破解虚拟人才集聚零散难题的核心动力,突出京津冀协同地域优势,推动跨区域智力资源向河北省产业集群高效集聚
		协同保障机制	构建开发与集聚双向联动的长效保障体系,弥补评估缺失、协同不足的短板,实现全流程规范化运行
主轴编码 (初始范畴→主范畴)	理念认知壁垒	认知理念滞后、企业文化氛围、传统人才思维固化	直指虚拟人才推广落地的内在观念障碍,呼应前文现实痛点根源,明确理念突破的核心方向
		核心范畴:数智赋能下京津冀虚拟人才开发与集聚联动机制	贯穿全流程的核心逻辑主线,兼顾数智赋能底色、京津冀协同地域特色与开发—集聚双向联动内核,统领所有范畴,形成完整理论框架,精准适配河北省高端制造业发展需求
选择性编码 (主范畴→核心范畴)		统筹整合上述5个主轴编码主范畴	

企业规模、数控化率等硬件基础,为虚拟人才数字化拆解、跨地域调用提供技术载体,呼应前文提炼的数智技术依附性特征。第二模块为核心开发机制。该机制遵循“资源筛选—数字化拆解—标签化分类—模块化整合—测试优化”流程,以河北省高端制造业产业需求为导向,整合本土与京津智力资源,打造适配主导产业的虚拟人才模块,落实产业导向性与模块化适配特征。第三模块为集聚驱动机制。该机制以政策引导、产业牵引、载体搭建、京津冀协同为核心动力,打破地域人才流动壁垒,推动虚拟人才向6个国家级先进制造业集群集聚,凸显京津冀协同性核心地域特征。第四模块为协同保障机制。该机制

涵盖政企校协同、绩效评估、政策扶持、数据支撑4部分内容,破解开发与集聚脱节、保障缺失的痛点,实现双向联动闭环。第五模块为理念突破机制。该机制扭转传统实体人才治理思维,强化虚拟人才价值认知,扫清机制运行的内在障碍。5个机制相互作用、互为支撑,共同构成适配河北省高端制造业的系统化开发集聚体系,为后文路径优化提供直接的理论模型支撑。

在河北省高端制造业虚拟人才开发机制层面,本文构建了“产业需求画像—智力资源筛选—数字化拆解—标签化存储—模块化整合”5阶开发机制。前期精准梳理河北省先进钢铁、高端装备、新能源装

备3个主导产业需求,优先开发钢铁智能制造、新能源装备、轨道交通装备3个核心领域虚拟人才模块,全程贴合河北省产业导向性特征,依托河北省工业上云率、数控化率全国领先的数智基础,实现虚拟模块与产业场景的无缝对接。

在河北省高端制造业虚拟人才集聚机制层面,本文构建了“平台载体集聚—产业集群牵引—京津冀协同集聚—政策引导集聚”4维集聚机制,依托河北省6个国家级先进制造业集群搭建省级虚拟人才集聚专属平台,深度对接京津优质智力资源,打破实体人才跨省流动壁垒,打造“京津研发+河北转化”的特色集聚模式,充分发挥京津冀协同性核心优势,推动虚拟人才向重点产业区域高效集聚,破解本地高端人才存量不足、引进困难的核心痛点。

五、河北省高端制造业虚拟人才开发与集聚联动路径

针对河北省高端制造业在虚拟人才开发与集聚方面存在的问题与不足,本文提出了以下具体的路径选择,旨在通过系统化的措施推动虚拟人才的有效开发与集聚,进而提升企业的创新能力和竞争力。

(一) 构建虚拟人才信息平台

基于人才集聚理论的空间整合逻辑,政府牵头搭建统一平台,整合全球人才信息,提供技能匹配、信用评估等服务,打破信息孤岛,强化空间溢出效应。为了高效整合和利用全球优质人才资源,河北省高端制造业应建立统一的虚拟人才信息平台。该平台整合发布来自全球各地的高端人才资源信息,包括专业技能、工作经验、项目成果等,为企业提供便捷的人才搜寻和匹配服务。通过这一平台,企业可以快速找到符合自身业务需求的虚拟人才,实现人才资源的优化配置。同时,平台还可以提供人才评估、信用评级等服务,帮助企业降低人才引进风险,提高人才利用效率。

(二) 制定虚拟人才开发与集聚策略

结合高端制造业细分领域特征,如装备制造业聚焦“智能运维”虚拟团队,新能源产业打造“风光储一体化”虚拟研发高地,“产业需求—人才供给”实现精准对接。高端制造企业应根据自身的发展战略和人才需求,制定系统的虚拟人才开发与集聚策略。这一策略应明确目标、任务和实施步骤,包括人

才引进计划、人才培养方案、人才激励机制等。通过制定科学的策略,企业可以有针对性地吸引和集聚虚拟人才,形成具有竞争力的人才团队。同时,策略还应注重动态调整和优化,以适应市场变化和企业发展的需要。

(三) 加强虚拟团队建设与管理

虚拟团队是虚拟人才开发与集聚的重要形式。为了提升虚拟团队的效率 and 创新能力,企业应建立虚拟团队建设与管理机制。这一机制应明确团队成员的职责和任务,加强沟通与协作,确保团队目标的顺利实现。高端制造企业可以通过定期召开线上会议、建立项目协作平台、实施团队绩效评估等方式,加强虚拟团队的管理和协作。此外,企业建立“异步+同步”沟通模式与三维绩效评估体系,合理评估任务完成度、协作效率、知识贡献,借鉴可持续创新理论中过程优化对创新效率的提升作用路径,增强团队协同性。同时,企业还应注重团队文化的建设,营造积极向上的工作氛围,激发团队成员的创新活力和创造力。

(四) 完善人才激励机制

为了激发虚拟人才的创新活力和创造力,企业应建立完善的人才激励机制。例如,企业可坚持短期采用项目提成与快速结算、长期实施股权激励与优先入职通道的方式,结合政策细则明确权益归属,构建“物质+精神”双重激励,契合人力资本投资理论对回报机制的要求。这一机制应包括薪酬激励、职业发展激励、精神激励等多个方面。高端制造企业可以通过提供具有竞争力的薪酬待遇、设立明确的晋升通道、给予精神表彰和奖励等方式,激励虚拟人才为企业创造更大的价值。同时,企业还应注重个性化激励,根据虚拟人才的不同需求和特点,制定差异化的激励措施,提高激励效果。

(五) 深化京津冀协同机制

政府有关部门建立人才资格互认清单与跨区域项目池,利用地理邻近优势强化人才集聚的空间关联性,推动三地虚拟人才资源自由流动与高效配置。深化京津冀协同机制,关键在于促进区域内高端制造业虚拟人才开发与集聚的协同合作。政府有关部门通过构建统一的虚拟人才市场和信息平台,实现人才资源的共享和高效匹配。此外,建立人才资格互认机制,确保京津冀三地虚拟人才在职业发展、福利待遇等方面享有同等待遇,有助于消除地域壁垒,促进人才流动。同时,设立跨区域项

目池,鼓励三地企业联合开展技术创新和产业升级项目,共同培养高端虚拟人才,提升区域整体竞争力。通过深化京津冀协同机制,将有效推动区域内虚拟人才资源的优化配置和高效利用。

六、研究结论

本文通过对数智时代背景下河北省高端制造业虚拟人才开发与集聚的深入研究与分析得出如下结论:一是虚拟人才在高端制造业中的应用具有广阔的前景和潜力;二是河北省高端制造业在虚拟人才开发与集聚方面已取得一定进展但仍存在诸多不足;三是构建虚拟人才信息平台、制定系统策略、加强团队建设与管理、完善人才激励机制,以及对虚拟人才绩效评估方案的初步探讨等是推动河北省高端制造业虚拟人才开发与集聚的关键路径。此外,本文还强调了深化京津冀协同机制的重要性,通过人才资格互认和跨区域项目合作,进一步促进了区域内虚拟人才资源的优化配置和高效利用。综上所述,河北省高端制造业应把握数智时代的发展机遇,加大虚拟人才开发与集聚的力度,不断提升自身的创新能力和竞争力,以适应未来产业发展的需要。

本文仍存在一定局限性。一是本文采用扎根理论开展质性研究,调研样本以河北省重点城市高端制造企业、政府部门、高校及科研院所为主,虽覆盖主要产业集群,但样本数量有限、地域分布不够均衡,对县域特色产业集群、中小微企业的关注不足,研究结论的普适性有待进一步验证。本文以截面数据与访谈资料为主,缺乏长期追踪面板数据,难以动态揭示虚拟人才开发与集聚的演化规律。二是本文聚焦河北省高端制造业单一行业与京津冀区域场景,研究结论具有较强地域针对性,但未将虚拟人才置于全国先进制造业集群、跨省份协同发展等更宏观视角进行比较分析,对不同产业类型、不同区域发展水平虚拟人才开发模式的差异性探讨不足。未来可进一步扩大调研样本范围,增加县域集群与中小企业案例,结合量化模型对理论机制进行实证检验;可拓展至全国多区域、多产业开展比较研究,增强结论的普适性;可长期追踪虚拟人才应用效果,动态分析其开发与集聚的演化规律,并加强数据安全、

知识产权、利益分配等风险防控机制研究,为虚拟人才规模化、规范化应用提供更完善的理论与实践支撑。

参考文献

- [1] 孙洪哲,魏岚,韩光辉. 基于“双碳”目标的我国制造业绿色转型优化路径探析[J]. 河北工程大学学报(社会科学版),2022,39(4):11-17.
- [2] 程亮,刘杰,梁婷婷. 河北省人才链与产业链“双链”融合制度完善研究[J]. 河北工程大学学报(社会科学版),2022,39(2):34-39.
- [3] 朱杏珍. 浅论人才集聚机制[J]. 商业研究,2002(15):65-67.
- [4] 陈亮,李雪梅,马良英,等. 欠发达地区创新乡村人才集聚机制研究[J]. 农业技术与装备,2023(8):95-96.
- [5] 韩占兵. 乡村科技人才集聚、农业科技创新与农业经济发展:耦合协调及时空演化——基于河南省面板数据的实证分析[J]. 中州大学学报,2022,39(4):19-26.
- [6] 赵靖芝. 经济新常态下北京市高端制造业人才培养研究[J]. 科学管理研究,2020,38(1):89-93.
- [7] 荣长海,任凯,王凤慧,等. 关于京津冀高端制造业与高技术技能人才培养问题[J]. 理论与现代化,2016(1):42-46.
- [8] 张尔升,曹长芳,承友慧. 驻校工程师与工匠型人才培养机制探析——以A学院应用型人才培养为例[J]. 河北工程大学学报(社会科学版),2023,40(1):101-109.
- [9] CHAO K, WANG S X, WANG M J. Human capital investment, technological innovation, and resilience of Chinese high-end manufacturing enterprises[J]. Sustainability, 2025, 17(1):247.
- [10] SOUSA D C M. The sustainable innovation engine[J]. VINE: The Journal of Information and Knowledge Management Systems, 2006, 36(4):398-405.
- [11] KEMP R. Eco-innovation: Definition, measurement and open research issues[J]. Economia Politica, 2010(3):397-420.
- [12] 赵恩嫒,杨森. 新质生产力发展对我国高端制造业绿色创新的影响[J]. 财会月刊,2024,45(20):123-129.
- [13] 江育俊. 高端制造业供应链可持续性指标评估及分析[J]. 物流科技,2024,47(16):142-145.
- [14] 苏占才. 制造业上市企业 ESG 表现对绿色创新的影响研究[J]. 河北工程大学学报(社会科学版),2024,41(4):16-25.

[责任编辑 李 新]

Research on Virtual Talent Development and Agglomeration in Hebei's High-End Manufacturing Industry in the Digital Intelligence Era

CHAI Boyue¹, LIU Ziao²

(1. School of Management Engineering and Business, Hebei University of Engineering, Handan, Hebei 056038, China;

2. School of Landscape and Ecological Engineering, Hebei University of Engineering, Handan, Hebei 056038, China)

Abstract: The digital-intelligent era is driving the transformation of talent models toward virtualization, with virtual talents emerging as a critical factor in addressing the supply-demand mismatch of physical talents in Hebei Province's high-end manufacturing sector and the pronounced Beijing—Tianjin agglomeration effect. Grounded in the context of coordinated development in the Beijing—Tianjin—Hebei region, this paper defines the connotation and four distinctive characteristics of virtual talents in Hebei's high-end manufacturing sector, employing grounded theory to establish development-agglomeration linkage mechanisms. It is found that the utilization of virtual talent in Hebei's high-end manufacturing industry is confronted with issues such as cognitive ambiguity, inefficient resource integration, superficial technical support, institutional coordination deficiencies, etc. It is considered that the root causes lie in outdated concepts, lack of platforms, technological weaknesses, and inadequate safeguards. Accordingly, the study proposes solutions such as establishing unified information platforms, formulating industrial guidance strategies, strengthening virtual team management, and improving incentive mechanisms, and enhancing the mechanism of Beijing—Tianjin—Hebei coordination. In this sense, this paper may provide theoretical references and practical support for Hebei's high-end manufacturing sector to break through talent bottlenecks and achieve digital-intelligent upgrades.

Key Words: digital intelligence era; Hebei Province; high-end manufacturing; virtual talent; development and agglomeration