

# 资源-能力-环境框架下的人工 智能国际竞争力塑造组态<sup>\*</sup>

—基于 33 个国家的模糊集定性比较分析

黄振羽<sup>\*\*</sup>

**摘要：**人工智能已成为新一轮科技革命的核心技术，其国际竞争力与新的大国竞争格局紧密相关。本文以 33 个国家为样本案例，通过建立资源-能力-环境框架，采用模糊集定性比较分析方法实证研究了影响人工智能国际竞争力的不同因素组合，研究发现：数字资源、主导能力和营商环境是提升人工智能国际竞争力的必要条件；国家获得高人工智能国际竞争力的组态有 4 条，分别是数字资源-营商环境型、数字资源-主导能力-营商环境型、以数字资源-主导能力为核心的全面发展型、以数字资源-主导能力为核心的创新能力型；导致国家产生低人工智能国际竞争力的组态有 3 条，分别是数字资源-创新能力不足型、全面不足型、数字资源-能力-营商环境不足型。

**关键词：**人工智能 国际竞争力 资源-能力-环境框架 模糊集定性比  
较分析 竞争战略

## 一、引言

人工智能(artificial intelligence, AI)已成为新一轮科技革命的核心技术，

---

\* 本文系教育部人文社会科学研究青年基金项目“市场场域视角下的大科学市场演化机理与实现路径研究”（项目批准号：23YJC630060）、中央高校基本科研业务费项目“基于无标度网络的大科学市场建构机理研究”（项目批准号：3072024XJS1301）、哈尔滨工程大学文管学科科教融合育人项目“黑龙江构建国家战略科技市场的深化研究与教学应用”（项目批准号：3072024RHY1308）的阶段性研究成果。

\*\* 黄振羽，哈尔滨工程大学人文社会科学学院。

越来越多的国家把其作为衡量国家实力的重要指标，人工智能也因此成为新一轮全球科技竞争的焦点（戚凯，2023；夏立平、马艳红，2022）。各国纷纷制定了一系列战略规划和科技政策来发展人工智能技术，以提升本国的人工智能国际竞争力，塑造本国的国际竞争优势（阙天舒、张纪腾，2020）。然而，已有文献更多的是关注人工智能技术对本国企业能力、绿色创新、政府治理等方面的影响；对于一个国家如何塑造其人工智能国际竞争力，已有研究更多的是从国际政治的角度展开讨论，人工智能国际竞争力问题也由此变成了一个政治问题。对此，本文着重关注以下三个方面的问题：

1. 不同的人工智能强国在塑造本国的人工智能国际竞争力上是否存在独特之处？
2. 其他国家如何学习先行人工智能强国的独特做法？
3. 中国作为一个人工智能强国，如何在未来确保可持续的竞争优势？

在全球人工智能竞赛的背景下，这些问题不仅是重要的现实问题，也是亟待研究的科学问题。对此，已有研究多是从资源、能力和环境三个不同的角度探讨了影响人工智能竞争力的相关因素。

在资源方面，已有研究重点分析了人才、知识、数据、设施等资源对人工智能国际竞争力的直接影响。例如，顾国达等人（2021）基于人工智能相关的人才、论文、专利和企业等指标构建了人工智能评价指标体系，对中国、美国、欧盟等国家和地区的人工智能发展水平进行了量化评估；董天宇等人（2022）基于基础设施、人力资源、知识资源和资本资源等指标构建了评价指标体系，比较分析了中国、美国和英国等国家的人工智能产业竞争力；赖红波等人（2023）从全球视角对中国人工智能的发展做出了分析，发现丰富的数字资源是中国提升人工智能国际竞争力的一个重要原因。

在能力方面，已有研究主要关注了人工智能的创新能力和国际主导能力。例如，袁野等人（2021）从创新主体、创新环境和系统效益等3个维度对中国人工智能关键核心技术创新能力进行了测度，发现算力、算法和数据是

提升人工智能核心技术的显著性影响因素；郭朝先等人（2022）从创新链的角度分析了当前全球人工智能格局，指出知识创新缺失理论话语权、技术创新缺乏原创性等是影响中国人工智能创新链竞争力的重要因素；邓子纲（2020）、孙璇（2022）、史丹等人（2023）分别从不同角度论证了国际治理规则和国际技术标准等方面的主导能力，是一个国家获得人工智能竞争优势的重要因素。

在环境方面，已有研究重点关注了政策法规环境和创新生态环境对人工智能国际竞争力的影响。例如，沙德春等人（2021）比较分析了中美两国的人工智能政策差异和政策设计重点，为中国人工智能政策体系的优化提出了对策建议；刘晓麒（2023）认为，欧盟在制定全球人工智能道德标准、伦理规范和技术监管方式等方面处于领先地位，对人工智能开发和使用的道德准则的重视是欧盟获得人工智能国际竞争力的重要原因；张治河等人（2023）在俄乌冲突新型战争模式背景下，分析了有利于提升人工智能产业竞争力的创新生态环境。

已有文献揭示了影响人工智能国际竞争力的诸多因素，为本研究提供了重要理论基础。然而，已有文献存在三个明显局限：

1. 已有研究基于组合赋权法、主成分分析法等测度不同国家的人工智能创新资源投入效果，以此评价特定国家的人工智能发展情况。然而，这类研究未能充分考虑国家间差异，容易过度聚焦成功国家的投入模式，忽略不同国家的人工智能发展模式差异。
2. 对于影响人工智能国际竞争力的能力或环境，已有研究更多的是定性分析了相关因素的作用，注重探讨人工智能强国之间的科技竞赛、政治博弈或国家战略。在这类研究中，人工智能就如同一个嵌入国家间竞争的“黑箱”，似乎只要国家提升了国际话语权就能提升其人工智能国际竞争力。
3. 更重要的是，先前的研究一般侧重于分别分析资源、能力或环境维度及因素对人工智能国际竞争力的影响，但不同国家的因素禀赋及其对这些因

素的利用方式既不尽相同，且不同维度、不同因素也并非孤立存在。忽略了这些因素之间的交互作用，就难以理解不同国家的人工智能国际竞争力差异化发展特征和独特做法，各因素之间的交互作用与各个国家的人工智能国际竞争力差异化发展路径紧密相关。有鉴于此，本文尝试建立包含资源、能力、环境三个方面因素的整合框架，采用模糊集定性比较分析方法对 33 个国家进行分析，以期为中国的人工智能发展提供有益的战略启示。

## 二、理论分析与框架建构

### (一) 资源、能力与环境关系的理论分析

本文以资源基础和动态能力等主流企业战略管理理论为基础，结合现有文献有关制度与资源或制度与能力关系的研究，对资源、能力与环境三者的相互作用关系做出理论分析。

资源基础理论认为，企业核心竞争力优势来源于其拥有的有价值的、难以模仿或替代的稀缺性资源(Barney, 2022)。所谓“稀缺性资源”，是指企业控制的、能使企业选择和实施战略以提高其效率和效益的物质资本资源、人才资本资源和组织资本资源等(胡玲、郭凯琦、金钟文, 2023)。因此，企业的资源禀赋是其战略选择的起点和战略目标实现的关键(翟晓荣、刘云, 2023)。同样，对于国家而言，发展人工智能所需的资源不仅是国家制定人工智能战略规划的基础，更是国家形成人工智能国际竞争力的前提。缺失了资源基础，国家的人工智能战略规划就如同空中楼阁。

资源基础理论侧重分析企业的静态资源，未能有效解释企业在复杂多变的环境下如何利用资源及利用方式的演变，研究者进一步发展出了动态能力理论。动态能力是指企业整合和重构内外部基础资源，以迅速应对快速变化环境的能力(Teece & Pisano, 1994)。动态能力保障了企业的可持续竞争优势。

势，因为即便在资源禀赋相似的情况下，不同的企业也会因为动态能力差异而形成绩效差异(Oliver & Holzinger, 2008; Wollersheim & Heimericks, 2016; 李婧婧、李勇建、宋华等, 2021)。企业动态能力的理论洞见同样适用于国家。发展人工智能所需的资源是竞争力形成的基础，而一个国家将这些资源进行动态组合以实现战略目标的能力情况，决定了这个国家能否获得可持续的人工智能国际竞争力优势。

制度环境作为一个国家的宏观治理因素，激励和约束着企业行为，进而制约了企业资源的选择和获取，影响了企业能力的形成和价值(高波, 2023；杨帆、王满仓, 2020; La Porta, Lopez-de-Silanes & Shleifer et al., 2000; 周国富、林一鸣, 2023)。处于不同制度环境中的企业，需要根据特定的制度环境制定资源和能力的响应策略，形成适应该环境的发展模式(何小钢, 2019)。能否让独特的资源和能力适应诸如政府政策和市场环境等外部制度，对于企业的竞争优势获取有决定性的影响(Gans & Stern, 2003)。因此，制度环境同样构成了一个国家的人工智能发展能否在国际上占有优势竞争地位的重要因素，因为其能够影响该国的人工智能资源投资方式和投资偏好，而这些资源又构成了这个国家的人工智能发展能力基础。

由以上可见，资源、能力与环境相互之间彼此影响，资源是能力的基础，能力对资源进行动态组合和有效转化(米莉、苗馨, 2021)，而环境则构成了资源选择和能力形成的必要条件(杨帆、王满仓, 2020)。对于本文而言：一方面，资源丰富的国家往往有更大的能力来规划、执行和维持特定的人工智能发展战略，而资源匮乏的国家则会抑制其人工智能发展资源和能力的价值；另一方面，当一个国家的制度环境良好时，人工智能的研发主体能够根据战略规划和政策预期去进行资源选择和资源组合，形成有利于人工智能发展的相应能力，反之则相应主体的资源选择和能力发展就有可能受到约束。

## (二) 资源-能力-环境框架建构

本文采用 fsQCA 方法，而 fsQCA 方法要求条件数量与案例数量保持平衡(张明、杜运周, 2019)。参考现有研究(杜运周、刘秋辰、程建青, 2020; 冯立杰、闵清华、王金凤等, 2022; 文宇、姜春, 2023)，在不超过 50 个的中小样本量前提下，条件数量一般在 6 个左右。因此，结合文献综述和研究目的，本文以人工智能国际竞争力为结果，并从 6 个方面的条件变量来构建资源-能力-环境框架(图 1)。

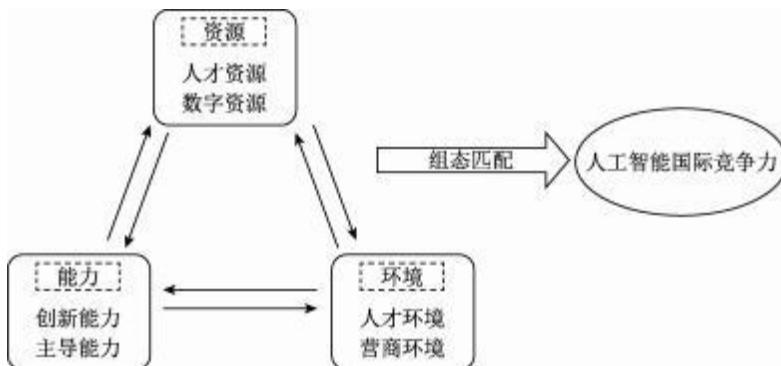


图 1 资源-能力-环境框架

第一，资源维度，包括人才资源和数字资源两个条件变量。人才资源是一种核心资源(Dowing & Gooderham, 2008; 毛蕴诗、林彤纯、吴东旭, 2016)，是知识创造、知识积累以及技术进步的源泉，而人才资源的差异是不同国家间技术创新差距的一个重要原因(Nelson & Phelps, 1966)。数字技术和数字基础设施等数字资源，是人工智能得以蓬勃发展的重要基础(赖红波、赵逸维, 2023; 陆九天、李泽浩、高娟, 2023)。在数字化时代下，人工智能是数字技术的核心内容之一(荆文君、刘倩、孙宝文, 2023)，而新型数字基础设施则构成了人工智能发展的重要物质基础(钞小静、刘亚颖, 2023)。进一步地，由于拥有高质量人才资源的国家能够更有效地将创新成果转化为发展动能(张

宽、黄凌云,2022),这使得人才资源为数字资源转化为人工智能竞争力提供了潜在的可能性。

第二,能力维度,包括创新能力和主导能力两个条件变量。借鉴关于动态能力的研究,本文中的“能力”是指国家动态整合和重构内外部资源的能力。一方面,根据熊彼特(2000:74-75)对“创新”的定义,国家动态整合和重构内外部人才、数字以及知识或技术资源的能力,表现为创新能力。值得指出的是,人工智能是一种赋能(enabling)技术,需要通过与不同行业融合的方式来实现其技术价值(Fatima, Desouza & Denford et al., 2021;胡安俊,2022)。因此,本文并没有使用“人工智能创新能力”这一概念,而是指向一般意义上的“创新能力”。拥有高创新能力的国家,不仅能够创新性地组合与人工智能直接相关的资源,更能创新性地将这种资源与不同行业的资源进行组合,进而创造出丰富多样的人工智能应用场景。另一方面,人工智能的国际竞争不再是单纯的创新能力竞争,更是国际规则的主导能力竞争。例如,邓子纲(2020)指出,西方国家正在将人工智能伦理价值观的主导与技术垄断相结合,强调中国应加强其在全球人工智能规则制定与实际应用中的影响力和话语权;孙璇(2022)分析了美国利用国际组织中主导人工智能国际基准的策略和手段,建议中国推动完善人工智能国际治理体系。若国家的主导能力弱,其选择和利用国外人工智能资源和国际规则的能力必定不足。因此,国家的创新能力和主导能力共同影响其人工智能国际竞争力。

第三,环境维度,包括人才环境和营商环境两个条件变量。人才环境影响着人才资源的积累及其质量的提升。在知识经济时代,人才跨国流动已成为常态,能够吸引全球人才流向和集聚的国家或地区,往往具备良好的人才政策和较大的人力资本增值机会(姜乾之,2020)。人才环境完善的国家或地区,通常会更加重视专业技能人才的培育和引进,注重激发人才的创新活力(周国富、林一鸣,2023)。营商环境反映了市场机制的运作水平,良好的营商环境能够实现各类资源的高效配置(戴魁早、李晓莉、骆碧函,2020),有效破

除影响创新驱动发展的体制机制障碍(徐浩, 2018)。换言之, 良好的人才环境更有可能吸引人工智能领域的高端人才, 而优质的营商环境不仅能够吸引国外人工智能企业“落户”, 更有利于国内人工智能企业的培育、发展和壮大。

### 三、方法与数据

#### (一) 模糊集定性比较分析方法

在组态视角看来, 引发特定社会现象的多重原因往往是相互依赖的, 需要采用组态分析方法来探讨(杜运周、贾良定, 2017)。本文关注的多重因素与人工智能国际竞争力的关系, 是一个组态问题。一方面, 文献分析表明, 人工智能国际竞争力受到多种因素的影响, 然而不同国家有其各自的因素组成特点和因素利用方式, 仅关注某种因素难以解释不同国家的人工智能国际竞争力差异; 另一方面, 资源-能力-环境框架揭示, 资源、能力和环境及其所包含的因素是相互依赖、相互影响的, 有可能通过差异化的组态匹配来作用于特定结果。

本文适用于模糊集定性比较分析方法。基于集合理论分析的定性比较分析(qualitative comparative analysis, QCA)是一种适用于组态问题的研究方法, 能够直接处理多重原因条件变量之间的相互依赖关系(Fiss, 2007)。QCA 包括清晰集定性比较分析(csQCA)、多值集定性比较分析(mvQCA) 和模糊集定性比较分析(fsQCA)3 个基本类别。csQCA 和 mvQCA 只适合处理类别问题, 而 fsQCA 能够进一步处理有关程度变化和部分隶属的问题(杜运周、贾良定, 2017)。因此, fsQCA 在近年来的相关实证研究中被广泛使用。此外, fsQCA 对数据样本量的要求比较灵活, 本文所分析的 33 个国家数量符合 fsQCA 的中等规模样本要求(张明、杜运周, 2019)。

## (二) 变量测量与数据来源

由于条件变量的数量受到 fsQCA 方法的约束，已有研究大多采用主成分分析或因子分析等变量降维方法，尝试使得变量能够容纳更多的信息。然而，由于原始数据的选择受到研究成本的约束，通过上述方法获得的变量所容纳的信息仍然有限。基于此，本文的变量数据均选择了权威机构针对某一特定领域定期发布的综合评价指数来测量，这不仅能够极大增加相应变量所涵盖的数据信息，且由此获得的研究结果更具推广价值。表 1 是各变量的测量指标和数据来源。

表 1 结果与条件变量的测量指标和数据来源

类型	名称	指标	来源
结果变量	人工智能国际竞争力	全球人工智能创新指数	中国科学技术信息研究所等《2022 全球人工智能创新指数报告》
条件变量	人才资源	人才规模指数	全球化智库等《全球人才流动趋势与发展报告(2022)》
	数字资源	全球数字经济发发展指数	中国社会科学院金融研究所等《全球经济发展指数报告(TIMG2023)》
	创新能力	全球创新指数	世界知识产权组织《2023 年全球创新指数》
	主导能力	国家影响力排名分数	美国新闻与世界报道周刊(U. S. News)全球最具影响力国家排名
	人才环境	人才环境指数	全球化智库等《全球人才流动趋势与发展报告(2022)》
	营商环境	营商便利分数	世界银行《2020 营商环境报告》

(1) 结果变量。人工智能国际竞争力采用全球人工智能创新指数测量。在 2023 年 7 月 6 日举办的 2023 世界人工智能大会产业发展论坛上，中国科学技术信息研究所联合北京大学编写的《2022 全球人工智能创新指数报告》发布。该报告所指向的全球人工智能创新指数研究已经连续开展 4 年，通过构建科学合理的指标体系，对全球主要国家的人工智能创新发展情况做出了

客观评估。

(2) 资源条件变量。人才资源采用人才规模指数测量。2022年11月7日，在由中国商务部主办、全球化智库(CCG)与中国国际进口博览局联合承办的“全球人才流动与发展论坛”上，发布了由全球化智库课题组编写的《全球人才流动趋势与发展报告(2022)》，该报告用人才规模指数测量了各国的高层次人才资源情况。数字资源采用全球数字经济发展指数测量。2023年5月30日，中国社会科学院金融研究所、国家金融与发展实验室与中国社会科学出版社联合发布了《全球数字经济发展指数报告(TIMG2023)》，该报告从全球视角出发，选取数字技术、数字设施、数字市场和数字治理四个维度构建指数，评价了全球主要国家的数字经济发展情况。

(3) 能力条件变量。创新能力采用全球创新指数测量，数据来源于世界知识产权组织(WIPO)发布的《2023年全球创新指数》，该指数使用80个指标来跟踪130多个经济体的全球创新趋势，为世界各地的政策制定者提供了丰富且值得信赖的数据和信息来源。主导能力采用国家影响力排名分数测量。美国新闻与世界报道周刊(U. S. News)公布了全球最具影响力国家排名，认为世界上最强大的国家是那些一直占据新闻头条、政策制定者关注和塑造全球经济模式的国家，当这些国家做出承诺时，至少国际社会中的一些人相信(或者担心)它们会信守承诺。

(4) 环境条件变量。人才环境采用人才环境指数测量，该数据同样来源于全球化智库课题组编写的《全球人才流动趋势与发展报告(2022)》。营商环境采用营商便利分数(ease of doing business score)测量。2019年，世界银行(World Bank Group)发布了《2020营商环境报告》，对全球190个经济体的营商环境便利度进行了评估。需要说明的是，《2020营商环境报告》是世界银行上一代的营商环境评估体系，这个体系自2004年启用，2020年停止；而Business Enabling Environment报告是世界银行新一代营商环境评价体系，但截至本文完成时尚未发布。考虑到《2020营商环境报告》的权威性及相应的

间隔时间并不足以使得各国的营商环境及排名发生根本性转变，本文采用了该报告的评估结果。

(5) 样本选择。一方面，由于本文的数据来源于权威机构针对某一特定领域定期发布的综合评价指数报告，因此能够收集到的最大案例样本数量受制于这些报告的最小样本数量。例如，《2022 全球人工智能创新指数报告》的案例样本是 46 个国家，而《2020 营商环境报告》的案例样本是 190 个国家，本文的初始案例样本数量以《2022 全球人工智能创新指数报告》为准。另一方面，通过综合比较多项报告的案例样本数据，删除在国际影响力、人才资源、数字资源、人才环境和营商环境等多项变量上存在数据缺失的 13 个国家，最终剩下 33 个国家作为本研究的案例样本。

### (三) 数据校准

本文的条件与结果数据来源于权威研究报告，数据有较高的可靠性和广泛的使用价值，但缺乏校准的外部依据和理论标准。为了确定案例的集合隶属，参考杜运周等人(2020)的研究，本文采用直接校准法来校准初始数据，将变量的完全隶属、交叉点、完全不隶属 3 个锚点分别设置为样本描述性统计值的 75%、50% 和 25%，进而将初始数据转化为从 0 到 1 的集合隶属值。各变量的校准锚点如表 2 所示。

表 2 结果变量与条件变量的校准锚点

变量	校准锚点		
	完全隶属	交叉点	完全不隶属
人工智能国际竞争力	40. 55	32. 32	18. 36
人才资源	2. 58	0. 97	0. 35
数字资源	81. 19	75. 91	68. 66
创新能力	58. 75	49. 90	37. 60
主导能力	60. 30	26. 20	12. 05

(续表)

变量	校准锚点		
	完全隶属	交叉点	完全不隶属
人才环境	6. 95	5. 60	5. 05
营商环境	79. 95	76. 80	72. 65

本文采用软件 fsQCA 4. 0 处理数据。由于存在样本交叉点的值校准后正好是 0. 5 的情况，本文根据交叉点值的“偏隶属”情况，通过±0. 001 的方式（谢智敏、王霞、杜运周等，2022），将 0. 5 调整为 0. 499 或 0. 501，表 3 展示了校准后的数据情况。

表 3 33 个国家的数据校准情况

国家	人才资源	数字资源	创新能力	主导能力	人才环境	营商环境	人工智能国际竞争力
美国	0. 990	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000	1. 000
中国	0. 860	1. 000	1. 000	0. 960	1. 000	0. 740	1. 000
英国	0. 990	0. 990	0. 970	1. 000	1. 000	1. 000	0. 990
德国	0. 950	0. 990	0. 970	1. 000	1. 000	0. 940	0. 990
新加坡	0. 980	0. 220	0. 040	1. 000	0. 030	1. 000	0. 990
加拿大	0. 790	0. 80	0. 830	0. 930	0. 000	0. 940	0. 990
日本	0. 830	0. 960	1. 000	0. 980	1. 000	0. 760	0. 980
韩国	0. 950	0. 960	0. 980	0. 950	0. 040	1. 000	0. 970
以色列	0. 820	0. 900	0. 120	0. 501	0. 120	0. 480	0. 930
瑞典	0. 990	0. 250	0. 090	0. 920	0. 950	0. 990	0. 920
法国	1. 000	0. 960	0. 880	0. 970	1. 000	0. 499	0. 890
澳大利亚	0. 490	0. 630	0. 501	0. 900	0. 000	0. 990	0. 890
荷兰	0. 970	0. 180	0. 250	0. 990	0. 780	0. 380	0. 760
丹麦	0. 950	0. 080	0. 040	0. 740	0. 720	1. 000	0. 690
芬兰	0. 980	0. 030	0. 030	0. 940	0. 460	0. 960	0. 610
比利时	0. 499	0. 110	0. 060	0. 580	0. 200	0. 210	0. 510

(续表)

国家	人才资源	数字资源	创新能力	主导能力	人才环境	营商环境	人工智能国际竞争力
爱尔兰	0. 540	0. 020	0. 020	0. 530	0. 499	0. 940	0. 501
意大利	0. 310	0. 630	0. 530	0. 290	0. 930	0. 060	0. 290
奥地利	0. 750	0. 040	0. 040	0. 501	0. 450	0. 860	0. 200
西班牙	0. 270	0. 501	0. 670	0. 370	0. 950	0. 740	0. 150
印度	0. 050	0. 800	1. 000	0. 180	0. 070	0. 010	0. 100
葡萄牙	0. 230	0. 030	0. 050	0. 060	0. 820	0. 450	0. 090
波兰	0. 050	0. 040	0. 430	0. 030	0. 020	0. 430	0. 080
捷克	0. 220	0. 010	0. 030	0. 020	0. 010	0. 410	0. 060
希腊	0. 050	0. 020	0. 040	0. 000	0. 440	0. 000	0. 050
沙特阿拉伯	0. 020	0. 950	0. 470	0. 090	0. 000	0. 020	0. 050
巴西	0. 020	0. 540	0. 940	0. 020	0. 980	0. 000	0. 040
南非	0. 010	0. 090	0. 030	0. 000	0. 030	0. 000	0. 030
墨西哥	0. 010	0. 150	0. 540	0. 000	0. 850	0. 040	0. 020
印度尼西亚	0. 010	0. 050	0. 820	0. 020	0. 930	0. 010	0. 020
土耳其	0. 060	0. 660	0. 610	0. 080	0. 050	0. 499	0. 020
俄罗斯	0. 020	1. 000	1. 000	0. 140	0. 070	0. 790	0. 020
阿根廷	0. 000	0. 020	0. 070	0. 000	0. 870	0. 000	0. 010

## 四、研究结果

### (一) 必要性分析

根据 fsQCA 的分析步骤，在进行充分性分析之前，需要检验单个条件变量是否构成高人工智能国际竞争力（以下简称“高竞争力”）或低人工智能国际竞争力（以下简称“低竞争力”）的必要条件。一致性是检验单个条件变量

是否构成必要条件的重要指标，当某个条件变量一致性值大于 0.90 时，则可认为该条件变量构成了结果变量的一个必要条件（张明、杜运周，2019）。由表 4 可见，高竞争力的必要性分析表明，数字资源和创新能力的一致性均大于 0.90，是高竞争力结果的必要条件；低竞争力的必要性分析表明，低数字资源的一致性大于 0.90，是低竞争力的必要条件。

表 4 必要性分析结果

条件变量	高竞争力	低竞争力
	一致性	一致性
人才资源	0.61	0.47
~人才资源	0.49	0.63
数字资源	0.95	0.24
~数字资源	0.21	0.90
创新能力	0.92	0.26
~创新能力	0.23	0.88
主导能力	0.69	0.37
~主导能力	0.42	0.73
人才环境	0.67	0.53
~人才环境	0.48	0.61
营商环境	0.84	0.37
~营商环境	0.26	0.71

注：“~”表示非集，意思是不高、低或弱。例如，“~人才资源”表示人才资源不足。

## （二）充分性分析

充分性分析也称组态分析，目的是获得导致结果产生的多个条件所构成的不同组态。参考张明等人（2019）的研究，软件的参数设置和分析选项设置如下。

（1）基本参数设置。为区分组态是否通过模糊集合理论的一致性检验，

将一致性阈值设定为 0.8; 频数阈值的设定应当至少包含 75% 的观察案例, 考虑到本研究的案例总数为 33 个, 将频数阈值设定为 1; 为降低潜在的矛盾组态, 将 PRI 一致性(proportional reduction in inconsistency) 值设定为 0.75。

(2) 标准化分析的选项设置。一方面, 在进行高竞争力的标准化分析时, 由于高数字资源和高创新能力是必要条件, 在反事实分析程序中选择 present 选项; 其他条件与结果之间的关系尚未达成一致结论或缺乏明确的理论预期, 在反事实分析程序中均选择 present or absent 选项。另一方面, 在进行竞争力的标准化分析时, 由于低数字资源是必要条件, 在反事实分析程序中选择 absent 选项; 其他条件与结果之间的关系未达成一致结论或缺乏明确的理论预期, 在反事实分析程序中均选择 present or absent 选项。

(3) 基于标准化分析分别得到高竞争力与低竞争力的复杂解、简约解和中间解。同时出现在中间解和简约解的条件是核心条件, 仅出现在中间解而未出现在简约解的条件是边缘条件(张明、杜运周, 2019)。充分性分析结果的解读主要是看简约解和中间解。本文采用拉金等人(Ragin & Fiss, 2008)的结果呈现形式(表 5), 其中, “●” 表示核心条件存在, “·” 表示边缘条件存在, “⊗” 表示核心条件不存在, “⊗” 表示边缘条件不存在, 空白表示条件存在与否对结果无关紧要。

表 5 充分性分析结果

条件维度	条件变量	高竞争力				低竞争力		
		H1	H2	H3	H4	L1	L2	L3
资源	人才资源	⊗			⊗		⊗	
	数字资源	●	●	●	●	⊗	⊗	⊗
能力	创新能力					⊗	⊗	⊗
	主导能力	⊗	●	●	●			⊗
环境	人才环境		⊗		⊗		⊗	
	营商环境	●	●		⊗		⊗	⊗

(续表)

条件维度	条件变量	高竞争力				低竞争力			
		H1	H2	H3	H4	L1	L2	L3	
原始覆盖度		0.33	0.20	0.43	0.08	0.30	0.29	0.32	
唯一覆盖度		0.23	0.11	0.36	0.02	0.14	0.14	0.16	
一致性		0.86	0.94	0.98	0.97	0.97	0.97	0.99	
解覆盖度		0.82			0.65				
解一致性		0.93			0.98				

### (三) 组态解析

#### 1. 高竞争力组态

表 5 呈现了用以解释高竞争力的 4 条组态。解一致性为 0.93，即在所有满足这 4 类组态的样本案例中，有 93% 的国家的人工智能国际竞争力较高；解覆盖度为 0.82，即这 4 条组态可以解释 82% 的高竞争力样本案例。

##### (1) 数字资源-营商环境型

组态 H1 表明，高数字资源和高营商环境为核心条件，低人才资源、高创新能力和低主导能力为边缘条件，这些条件的组合能够产生高竞争力。根据条件组合情况，H1 可命名为“数字资源-营商环境型”。该组态能够解释约 33% 的高竞争力样本案例，其中约 23% 的高竞争力案例仅能被这条组态解释。

H1 的代表国家有芬兰、新加坡和瑞典等。以芬兰为例，芬兰虽然在人才资源和国家影响力上不占优势，但其全球数字经济发展指数、营商便利分数和全球创新指数均排名前列。芬兰多次被评为世界上最稳定的国家之一，拥有较好的营商环境，无论是科技产业还是传统产业均处于世界领先水平。随着 2020 年启动人工智能 4.0 计划，芬兰加快了人工智能技术的引进和研发，并致力于进一步加强芬兰的国际地位和国际影响力。

##### (2) 数字资源-主导能力-营商环境型

组态 H2 表明，高数字资源、高主导能力和高营商环境为核心条件，高人

才资源和低人才环境为边缘条件，这些条件的组合能产生高竞争力。根据条件组合情况，H2 可命名为“数字资源-主导能力-营商环境型”。该组态能够解释约 20% 的高竞争力样本案例，其中约 11% 的高竞争力案例仅能被这条组态解释。

H2 的代表国家有韩国、加拿大和澳大利亚等。以韩国为例，韩国的创新能力虽然排名靠前，但这并非影响韩国人工智能国际竞争力提升的关键因素。韩国数字经济发达，全球影响力紧随德国、英国等老牌资本主义国家，营商环境排名前五。自 2019 年以来，韩国将发展人工智能确定为国家战略，并发挥韩国产学研合作优势，全方位推动人工智能的商业化进程；与此同时，韩国与中国、美国、新加坡、以色列等国家开展人工智能领域的研究合作，有力推动了人工智能竞争力进入国际前列（武琼，2021）。

### （3）以数字资源-主导能力为核心的全面发展型

组态 H3 表明，高数字资源和高主导能力为核心条件，高人才资源、高创新能力和高人才环境为边缘条件，这些条件的组合能产生高竞争力。根据条件组合情况，H3 可命名为“以数字资源-主导能力为核心的全面发展型”。该组态能够解释约 43% 的高竞争力样本案例，其中约 36% 的高竞争力案例仅能被这条组态解释。

H3 的代表国家有美国、中国和英国等。根据 2022 年全球人工智能创新指数评分排名，在包含 46 个参评国家的四个梯队中，第一梯队的国家只有美国和中国。实际上，近三年来，美国和中国的全球人工智能创新指数评分一直保持在第一名和第二名的领先位置，两个国家采用的全面发展型路径为人工智能国际竞争力注入了强劲动力。值得注意的是，相较于以往的报告，2022 年的评分体系加入了国际化指标后，美中两国的分数差距开始拉大，这与美国为防范中国在人工智能等高科技领域崛起所采取的诸如“小院高墙”政策、“小圈子”外交、技术封锁等一系列手段紧密相关。

#### (4) 以数字资源-主导能力为核心的创新能力型

组态 H4 表明，高数字资源和高主导能力为核心条件，低人才资源、高创新能力、低人才环境和低营商环境为边缘条件，这些条件的组合能产生高竞争力。根据条件组合情况，H4 可命名为“以数字资源-主导能力为核心的创新能力型”。该组态能够解释约 8% 的高竞争力样本案例，其中约 2% 的高竞争力案例仅能被这条组态解释。

H4 的代表国家有以色列等。尽管人才资源、人才环境和营商环境不佳，但以色列的全球数字经济发展水平排名第二十，全球影响力排名第十一，全球创新能力排名第十四；同时，据斯坦福大学发布的《人工智能指数报告（2023）》，以色列在人工智能领域的私人投资全球排名第四，这使得以色列既有能力利用数字资源，又具备国际规则的主导能力。据美国公司 CB Insights 分析，以色列拥有仅次于美国的人工智能初创企业数量，谷歌、亚马逊、苹果等国际科技头部公司在以色列均建有重要研发基地（裴阳、史丽英、彭春燕，2021）。

### 2. 低竞争力组态

表 5 呈现了用以解释低竞争力的 3 条组态。解一致性为 0.98，即在所有满足这 3 类组态的样本案例中，有 98% 的国家的人工智能国际竞争力较低；解覆盖度为 0.65，即 3 类条件组态可以解释 65% 的低竞争力样本案例。

#### (1) 数字资源-创新能力不足型

组态 L1 表明，低数字资源为核心条件，高人才资源、低创新能力高主导能力为边缘条件，这些条件的组合会导致低竞争力。根据条件组合情况，L1 可命名为“数字资源-创新能力不足型”。该组态能够解释约 30% 的低竞争力样本案例，其中约 14% 的低竞争力案例仅能被这条组态解释。L1 的代表国家有俄罗斯、印度和土耳其等。

#### (2) 全面不足型

组态 L2 表明，低数字资源为核心条件，低人才资源、低创新能力、低人才

环境和低营商环境为边缘条件，这些条件的组合会导致低竞争力。根据条件组合情况，L2 可命名为“全面不足型”。该组态能够解释约 29% 的低竞争力样本案例，其中约 14% 的低竞争力案例仅能被这条组态解释。L2 的代表国家有南非、捷克和沙特阿拉伯等。

### (3) 数字资源-能力-营商环境不足型

组态 L3 表明，低数字资源为核心条件，低创新能力、低主导能力、高人才环境和低营商环境为边缘条件，这些条件的组合会导致低竞争力。根据条件组合情况，L3 可命名为“数字资源-能力-营商环境不足型”。该组态能够解释约 32% 的低竞争力样本案例，其中约 16% 的低竞争力案例仅能被这条组态解释。L3 的代表国家有印度尼西亚、阿根廷和葡萄牙等。

## 五、结论与启示

### (一) 研究结论

本文通过建立资源-能力-环境框架，采用 fsQCA 方法实证分析了 33 个国家的人工智能国际竞争力影响因素。研究发现：

1. 国家的人工智能国际竞争力受到资源、能力和环境等多种因素的共同影响，其中数字资源、主导能力和营商环境是提升人工智能国际竞争力的必要条件。
2. 国家获得高人工智能国际竞争力的组态有 4 条，分别是数字资源-营商环境型、数字资源-主导能力-营商环境型、以数字资源-主导能力为核心的全面发展型、以数字资源-主导能力为核心的创新能力型。
3. 导致国家产生低人工智能国际竞争力的组态有 3 条，分别是数字资源-创新能力不足型、全面不足型、数字资源-能力-营商环境不足型。

## (二) 战略启示

总体而言，本文的一个基本启示是：一个国家的人工智能国际竞争力不仅受到该国资源与能力禀赋制约和环境的约束，在系统评估及补齐禀赋不足和优化环境的基础上，更应该制定符合本国国情的政策，以推动资源、能力与环境的有效匹配，进而驱动多种要素之间产生组态效应，形成差异化的高竞争力提升路径。进一步地，本文关于数字资源、主导能力和营商环境这三个核心条件的发现，对于中国的人工智能国际竞争力提升具有三个方面的战略启示。

一是继续加强数字资源投资。表 4 的 7 个组态清楚展示了数字资源之于人工智能国际竞争力的重要性，在全球进入快速数字化转型和各国数字经济占比不断攀升的背景下，数字资源已经成为国家战略资源。然而，《全球数字经济发展指数报告 (TIMG2023)》指出，中国的整体数字经济发展水平与美国、新加坡、英国、德国等国家相比还存在一定的差距，美国在数字技术、数字基础设施等方面的评估分数仍然显著领先。《2022 全球人工智能创新指数报告》印证了上述发现，认为中国在数字和信息化上的基础资源建设水平还有待提高。基于此，中国必须继续从技术、基础设施、人才和制度等方面加强数字资源投资。

二是加快提升人工智能领域的国际主导能力。2023 年 10 月 30 日，美国发布了《关于安全、可靠和值得信赖的人工智能的行政命令》，目的是“提升美国人工智能领域海外领导力”。11 月 1 日，英国在布莱切利庄园主办了首届全球人工智能安全峰会，包括中国在内的 28 个国家和欧盟共同签署了《布莱切利宣言》，该宣言既强调了国际人工智能合作的包容性和责任制，也加剧了国际人工智能治理规则的话语权竞争，试图建立一个包含不同国家或地区现有规则并对其做出补充的合作治理框架——美国的规则显然被包含在其中。这表明，未来掌握人工智能治理与监管等领域国际话语权的国家，将获得更

大的主导能力。2023 年 10 月 18 日，中国发布了《全球人工智能治理倡议》，围绕人工智能发展、安全、治理三方面系统阐述了人工智能治理的中国方案。对此，中国必须加快制定《全球人工智能治理倡议》的实施方案和具体细则，在全面贯彻中美两国元首旧金山会晤精神和共识的同时，积极利用双边、多边机制，全力推动成立联合国国际人工智能治理机构，在“以人为本”和“智能向善”的理念下，参与乃至主导制定全球人工智能治理规则，进而加快提升中国在人工智能领域的国际主导能力。

三是坚定不移地推动营商环境的持续优化和深化改革。营商环境是组态 H1 和 H2 的核心条件，而对于中国所属的组态 H3，营商环境的存在与否并不影响结果。然而，对于当前的人工智能发展而言，营商环境有其独特意义。根据《人工智能指数报告(2023)》，2022 年有 32 个重要的深度学习系统是工业部门发布的，而仅有 3 个是学术界发布的，这表明工业部门已真正成为前沿人工智能技术的创新主体。在世界银行于 2020 年发布的全球营商环境评价报告中，中国仅排名第 31 位，而美国、韩国、英国和新加坡等国家均位列前十。有鉴于此，在工业部门成为前沿人工智能创新主体的趋势下，若中国能够坚持深化改革和优化营商环境，将能够为工业部门的创新主体地位提供有力的制度保障，增强中国人工智能的创新活力，进而强化中国在人工智能国际竞争中的有生力量。

### (三) 贡献与不足

本文有三个方面的主要贡献：

1. 理论方面，在已有文献关于人工智能国际竞争力的影响因素研究基础上，构建了资源-能力-环境框架，丰富了人工智能领域的研究视角，揭示了不同国家的差异化人工智能国际竞争力组态。
2. 方法与数据方面，相较于以往的诠释性研究，本文利用权威机构发布的年度报告数据，采用模糊集定性比较方法实证检验了主导能力（国家影响

力或国际规则话语权)对于人工智能国际竞争力的重要性。

3. 应用方面，除了提出普遍意义上的政策启示外，揭示了投资数字资源、增强主导能力和优化营商环境对于中国提升人工智能国际竞争力的重要战略意义。

最后，本文有两方面的不足：一方面，本文采用了世界银行于 2020 年发布的营商环境数据，虽然制度环境不可能在两三年时间内发生根本性变化，但这一数据仍然相对滞后，未来可以用世界银行的新数据来做进一步验证；另一方面，本文主要基于资源-能力-环境框架对人工智能国际竞争力做出了静态的组态分析，后续将尝试在本文基础上，运用多案例比较方法深入探讨多种条件协同作用于人工智能国际竞争力的动态演化机制。

## 参考文献

- 钞小静、刘亚颖，2023，《新型数字基础设施建设与中国经济高质量发展——基于“条件-过程-结果”协同联动的视角》，《贵州财经大学学报》第 4 期。
- 戴魁早、李晓莉、骆碧函，2020，《人力资本结构高级化、要素市场发展与服务业结构升级》，《财贸经济》第 10 期。
- 邓子纲，2020，《人工智能的全球治理与中国的战略选择》，《求索》第 3 期。
- 董天宇、孟令星，2022，《双循环战略提升中国人工智能产业竞争力途径》，《科学学研究》第 2 期。
- 杜运周、贾良定，2017，《组态视角与定性比较分析(QCA)：管理学研究的一条新道路》，《管理世界》第 6 期。
- 杜运周、刘秋辰、程建青，2020，《什么样的营商环境生态产生城市高创业活跃度？——基于制度组态的分析》，《管理世界》第 9 期。
- 冯立杰、闵清华、王金凤等，2022，《中国情境下企业创新绩效要素协同驱动路径研究》，《科技进步与对策》第 17 期。
- 高波，2023，《城市创新质量、制度环境与区域一体化》，《河北学刊》第 6 期。
- 顾国达、马文景，2021，《人工智能综合发展指数的构建及应用》，《数量经济技术经济研究》

第1期。

郭朝先、方澳,2022,《全球人工智能创新链竞争态势与中国对策》,《北京工业大学学报(社会科学版)》第4期。

何小钢,2019,《核心资源、动态能力与跨产业升级—基于科技企业的跨案例研究》,《科学学与科学技术管理》第10期。

胡安俊,2022,《人工智能、综合赋能与经济循环》,《当代经济管理》第5期。

胡玲、郭凯琦、金钟文,2023,《区域孵化机构资源对在孵企业绩效的影响—基于资源基础理论的视角》,《科技管理研究》第4期。

姜乾之,2020,《构建全球人才流动与集聚的新范式》,《探索与争鸣》第5期。

荆文君、刘倩、孙宝文,2023,《数字技术赋能经济高质量发展:一种改进的“技术-经济”分析范式》,《电子政务》第10期。

赖红波、赵逸维,2023,《全球视角下中国人工智能研究可视化分析》,《科研管理》第1期。

李婧婧、李勇建、宋华等,2021,《资源和能力视角下可持续供应链治理路径研究—基于联想全球供应链的案例研究》,《管理评论》第9期。

刘晓麒,2023,《中国在人工智能国际竞争中所处地位与优势塑造》,《陕西师范大学学报(哲学社会科学版)》第5期。

陆九天、李泽浩、高娟,2023,《全球数字经济典型战略布局概况》,《数字经济》第8期。

毛蕴诗、林彤纯、吴东旭,2016,《企业关键资源、权变因素与升级路径选择—以广东省宜华木业股份有限公司为例》,《经济管理》第3期。

米莉、苗馨,2021,《资源行动演化下动态能力对战略绩效的影响—以亿利集团为例》,《管理案例研究与评论》第1期。

裴阳、史丽英、彭春燕,2021,《以色列人工智能发展现状分析及政策举措》,《今日科苑》第3期。

戚凯,2023,《ChatGPT与数字时代的国际竞争》,《国际论坛》第4期。

阙天舒、张纪腾,2020,《美国人工智能战略新动向及其全球影响》,《外交评论(外交学院学报)》第3期。

沙德春、荆晶,2021,《中美人工智能产业国家顶层政策比较研究》,《科学管理研究》第3期。

史丹、聂新伟、齐飞,2023,《数字经济全球化:技术竞争、规则博弈与中国选择》,《管理世界》

第 9 期。

- 孙璇, 2022, 《美国人工智能发展策略与大国科技竞争格局》, 《中国科技论坛》第 6 期。
- 文字、姜春, 2023, 《注意力再分配、外部资源依赖与数字乡村治理绩效——基于 TOE 框架的组态分析》, 《中国行政管理》第 7 期。
- 武琼, 2021, 《韩国人工智能战略的实施路径及发展前景研究》, 《情报杂志》第 4 期。
- 夏立平、马艳红, 2022, 《拜登政府与特朗普政府人工智能战略比较研究》, 《太平洋学报》第 8 期。
- 谢智敏、王霞、杜运周等, 2022, 《制度复杂性、创业导向与创新型创业——一个基于跨国案例的组态分析》, 《科学学研究》第 5 期。
- 熊彼特, 2000, 《经济发展理论》, 何畏、易家详、张军扩等译, 北京: 商务印书馆。
- 徐浩, 2018, 《制度环境影响技术创新的典型机制: 理论解读与空间检验》, 《南开经济研究》第 5 期。
- 杨帆、王满仓, 2020, 《融资结构、制度环境与创新能力: 微观视阈下的数理分析与实证检验》, 《经济与管理研究》第 10 期。
- 袁野、汪书悦、陶于祥, 2021, 《人工智能关键核心技术创新能力测度体系构建: 基于创新生态系统视角》, 《科技进步与对策》第 18 期。
- 崔晓荣、刘云, 2023, 《国际化战略、资源基础与新能源汽车企业创新绩效——基于模糊集定性比较分析》, 《中国科技论坛》第 10 期。
- 张宽、黄凌云, 2022, 《结构的力量: 人力资本升级、制度环境与区域创新能力》, 《当代经济学》第 6 期。
- 张明、杜运周, 2019, 《组织与管理研究中 QCA 方法的应用: 定位、策略和方向》, 《管理学报》第 9 期。
- 张治河、高中一, 2023, 《人工智能产业创新生态系统模型的构建与分析》, 《科研管理》第 10 期。
- 周国富、林一鸣, 2023, 《数字经济、制度环境与区域创新效率》, 《现代经济探讨》第 11 期。
- Barney, J. 2022, "Strategic Management: From Informed Conversation to Academic Discipline." *Academy of Management Perspectives* 16(2).
- Doving, E. & P. Gooderham 2008, "Dynamic Capabilities as Antecedents of the Scope of Re-

- iated Diversification: The Case of Small Firm Accountancy Practices. ” Strategic Management Journal 29 (8).
- Fatima, S. , K. Desouza & J. Denford et al. 2021, “What Explains Governments Interest in Artificial Intelligence? A Signaling Theory Approach. ” Economic Analysis and Policy 71 (5).
- Fiss, P. 2007, “A Set-Theoretic Approach to Organizational Configurations. ” Academy of Management Review 32 (4).
- Gans, J. & S. Stern 2003, “The Product Market and the Market for Ideas: Commercialization Strategies for Technology Entrepreneurs. ” Research Policy 32(2).
- Ia Porta, R. , F. Lopez-de-silanes & A. Shleifer et al. 2000, “Investor Protection and Corporate Governance. ” Journal of Financial Economics 58(1–2).
- Nelson, R. & E. Phelps 1966, “Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth. ” American Economic Review 56(1/2).
- Oliver, C. & I. Holzinger 2008, “The Effectiveness of Strategic Political Management: A Dynamic Capabilities Framework. ” Academy of Management Review 33(2).
- Ragin, C. & P. Fiss 2008, “Net Effects Analysis Versus Configurational Analysis: An Empirical Demonstration. ” in C. Ragin ed. , Redesining Social Inquiry: Fuzzy Set and Beyond, Chicago: University of Chicago Press.
- Teece, D. & G. Pisano 1994, “The Dynamic Capabilities of Firms: An Introduction. ” Industrial and Corporate Change 3(3).
- Wollersheim, J. & K. Heimericks 2016, “Dynamic Capabilities and Their Characteristic Qualities: Insights from a Lab Experiment. ” Organization Science 27(2).