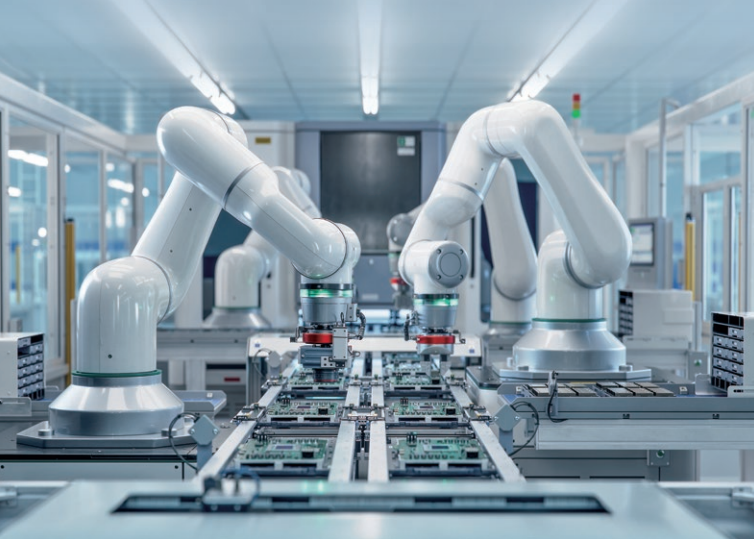


全球数智化指数（GDII）2025

智能跃迁：GDII与数智经济未来





07

执行概要

10

GDII 概览



65

行业洞察：趋势与案例

120

宏观洞察：
迈向可持续数智经济之路



目录

序言	01
执行概要	07
GDII 概览	10
国家数智化发展表现	20
国家洞察：关键发现、挑战与机遇	29
行业洞察：趋势与案例	65
宏观洞察：迈向可持续数智经济之路	120
行动建议	128
附录	131

序言



汪涛

量化数智化发展进程

当今世界，正经历一场以人工智能为核心驱动力的深刻变革。新一轮科技革命正在重塑全球经济格局，并持续为数字经济的发展注入强劲动能。据预测，到 2030 年，人工智能对全球经济的贡献将突破 22.3 万亿美元，约占全球 GDP 的 3.7%。随着全球超过 70 个国家和地区陆续推出人工智能相关战略，全面智能化已不再只是一道“可选项”，而是关乎国家未来竞争力的“必答题”。

为协助各国更好地把握人工智能与数字经济发展机遇，我们联合了来自经济学、社会科学及 ICT 产业等多领域的专家学者，共同将原有的“全球数字化指数（GDI）”升级为“全球数智化指数（GDII）”。旨在度量全球各国数智化发展进程，为政策制定者提供量化参考。

GDII 的理论根基源于古典经济学家让 - 巴蒂斯特·萨伊提出的“生产三要素”理论，即商品价值是由土地、劳动、资本这三个要素共同创造的，每个要素在生产过程中都提供“生产性服务”，协同创造价值。从这一经济学理论出发，我们将物理世界中的“土地、劳动、资本”映射至数智世界，进一步拓展出符合新时代特质的三大新要素：数据、ICT 人才和数智化生产工具。数据作为核心生产要素，其流通与利用效率直接关乎国家竞争力；以网络、计算、存储、人工智能和能源为代表的数智化技术，构成了关键的新型生产工具，推动数据转化为知识、赋能产业升级；高素质的 ICT 人才，则为数字经济的持续创新注入了根本动力。积极的 ICT 产业政策也在激发市场活力、培育数字生态方面发挥着不可替代的作用。

基于上述理念，GDII 构建了一套覆盖 ICT 基础设施、行业应用水平、人才生态等多维度的综合评估体系。本次研究覆盖全球 90 个国家，占比 94% 的 GDP 和 83% 的世界人口，能够反映出全球数智化发展的普遍规律与差异化路径。

研究显示，各国由于资源禀赋和发展阶段的不同，数智化发展道路呈现多元模式。有的国家依托先进基础设施推动技术普惠，有的则通过支柱产业的数智化转型实现跨越发展。我们期待通过 GDII 指数，帮助各国清晰定位自身现状，识别优势与短板，从而制定更加精准的产业策略，在数智化浪潮中稳健前行。

数智世界的未来，离不开全球各方的共同努力。华

为愿与业界多方合作，持续完善全球数智化评估体系，携手推动数字经济走向高质量、可持续的繁荣发展。



华为公司常务董事



Crawford del Prete

我们正在进入人工智能的大变革时代。人工智能不再是遥远的愿景。这项技术正在迅速重塑人们的生活、工作和交互方式，推动全球产业、经济和社会转型。人工智能的影响力有望超越前面几次技术革命，促进生产力提升，重新定义竞争力，开启全新的经济与社会价值增长路径。IDC 预测到 2030 年，人工智能将累积为全球带来近 22.3 万亿美元的经济收入，占全球 GDP 的 3.7%。

为帮助政策制定者、商业领袖和社会各界有效应对这场重大变革，IDC 与华为开展长期合作，共同开发了《全球数智化指数（GDII）2025》报告。GDII 源自两类前期指数，即十多年前开始发布的全球联接指数（GCI）以及近几年的全球数字化指数（GDI）。这些指数反映了从联接到数字化再到数智化的演进过程，并且 GDII 指明了下一个前沿领域：人工智能驱动的智能经济即将崛起。

在人工智能时代，数智化不仅将推动经济增长，还将促进社会进步与环境可持续发展。因此，GDII 提供了一个全面框架，用于评估全球 90 多个国家（合计占全球 GDP 的 94% 和世界人口的 83%）如何做好准备，在人工智能时代赢得竞争并实现繁荣发展。通过跟踪从数据生成到数据应用的全生命周期，GDII 为政策制定者、投资者和企业提供了可落地的洞察，用于识别发展瓶颈、确定投资优先级和评估进展。GDII 全新升级了“数字化成熟度”评估体系，不仅关注数智基础设施的建设本身，更聚焦于它所带来的应用价值，实现了从“技术投入”到“价值产出”的评估跃迁。

GDII 围绕以下七个关键支柱来评估各国的准备度和有效性：

» **数据生成**：宽带用户、移动网络、物联网设备

- 和智能终端产生的数据
- » **数据传输**：光纤、4G/5G 网络、骨干基础设施以及 IPv6 部署的传输和联接质量
 - » **数据处理与存储**：数据计算和存储基础设施及相关能力，包括云投资、人工智能 Token 消耗以及业务连续性能力
 - » **数据应用**：企业数字化、人工智能应用、电子商务和数字政府服务等多个领域的數據使用
 - » **数字能源**：支持数字系统的可持续能源基础设施，包括可再生能源投资和绿色发电的经济效率
 - » **政策**：支撑数智经济增长的国家监管、法律、投资和可持续发展框架
 - » **人才与生态**：涵盖 ICT 人才、STEM 毕业生、初创企业、开源贡献者以及在线社区参与度的人才与创新生态

我们希望向政策制定者传递以下明确信息：数据和

智能正在成为决定国家竞争力的关键因素。在基础设施、人才和数字化技术应用领域，敢于投资的国家将有能力挖掘新的增长机会，在全球智能经济中赢得一席之地。犹豫不决的国家可能将面临落后风险，不仅会失去经济发展动力，也难以获得数智化带来的更广泛的社会利益。

我衷心希望这份 GDII 报告中的洞察能启发全球领导者加快行动步伐，落地针对性的战略，牵引国家数智化发展，打造更具包容性和可持续性的未来。

Crawford DP

IDC 全球总裁



Peter Jarich

全球数智化指数旨在衡量一国 ICT 产业的发展水平及其与经济增长的关联性。为实现数智化带来的效益，我们需要推进高性能联接广泛覆盖，提供高可靠、低延迟特性，并融合通信卫星技术，以支持关键应用运行。5G 部署至今已超过五年时间，5G 独立组网和 5G-Advanced 已成为推动智能联接新时代的核心技术。

联接作为数智化转型的技术基础，通过满足时延、速度和网络能力的要求，支持云智融合、大规模物联网和边缘计算，将联接能力延伸至终端设备或网络边缘，实现本地智能。

联接在数智化中发挥以下两大关键作用。首先，在企业层面，85% 的企业认为 5G 对其数智化转型具有“非常重要”或“极其重要”的推动作用。联接将促进新产品开发，优化企业效率，提升各行业生产力水平。电子商务和直播便是其中的典型案例。

另外，联接对数智经济的支撑作用还体现在人工智能领域。作为政府、企业及消费者的共同关注重点，人工智能正重塑社会交互方式，其发展深度依赖于联接能力。运营商已率先将人工智能解决方案应用于客户服务与网络等场景。同时，基于自主决策能力的代理式人工智能（Agentic AI）正逐步成为新的营收增长点。

倘若技术进步主要集中于少数国家，数字鸿沟可能进一步加剧，从而拉大领先国家与其他国家之间的差距。然而，基于必要的投资支持，以及数智化能力为经济转型创造的有利经济条件，数智化转型同样为发展中国家提供了一条实现经济追赶的途径。通过为低收入群体和数字发展滞后地区提供网络连接，借助人工智能驱动的翻译应用和虚拟导师，可以有效提升当地教育水平。在医疗领域，医疗应用及远程医疗服务将为偏远地区带来便利。因此，各国政府应优先制定政策，促进投资、鼓励创新、保障市场竞争，并确保可以合理成本获得频谱资源，推动数智化成果惠及全球不同社会经济群体。

GSMA Intelligence 负责人



康重庆

开启能源行业数智化研究新篇章

能源是经济社会发展的基石。人类利用能量的方式从“被动获取”到“主动创造”、从“高碳依赖”到“清洁多元”持续升级，其形态的每一次迭代均深刻推动生产关系变革。当前，全球正加速从化石能源向清洁能源转型，这一进程不仅是应对气候变化的关键举措，更成为重塑国际竞争格局的核心变量。无论是工业生产的流水线，还是日常生活的照明与交通，能源的高效利用与技术创新，都直接决定着经济增长的质量与可持续性。在“碳达峰、碳中和”目标引领下，构建安全、绿色、智慧的能源体系，已成为各国实现能源高质量发展的核心议题。

人工智能作为引领未来的战略性技术，正深度融入能源转型进程，成为构建新型能源体系的关键力量。以电力行业为例，新一代 AI 技术（如大模型）与电力系统加速融合，依托大数据分析机器学习算法，可显著提升可再生能源发电预测精度、优化需求侧灵活性资源调度、实现电网故障智能预警与诊断，全方位增强电网运行的安全性与效率。

然而，电力数智化转型并非一蹴而就。当前各国发展水平差异显著：部分国家已启动面向未来的新型电力系统部署，部分国家仍停留在传统电网阶段。

为系统评估全球电力数智化进程，助力各国融入智能化浪潮，华为推出全球数智化指数（GDII）报告，选取 25 个代表性国家，从“感知、联接、平台、应用、服务、可持续发展”6 个维度，构建起电力行业智能化指标体系，清晰呈现各国发展现状与阶段性特征，并提出“传统电网—智能电网—新型电力系统”的演进路径，为全球电力行业转型升级提供参考依据和实施框架。

清华大学与华为长期保持深度合作，围绕电力 - 算力协同等前沿方向开展系列创新性研究。我们欣见华为在电力数智化领域再次推出具有引领性的理念与实践成果，期待未来双方进一步深化合作，共同推动电力系统智能化转型，为构建高质量、可持续的能源未来注入更多智慧动能。

IEEE Fellow

IEEE PES 中国专业分会联合会 (PCCC) 主席

清华大学电机工程与应用电子系主任

清华大学能源互联网创新研究院院长

清华四川能源互联网研究院院长

执行概要



执行概要

全球数智化指数（GDII）是一个强有力的框架，旨在评估和监测各国在向人工智能时代转型中的数字化进程。基于全球联接指数（GCI）和全球数字化指数（GDI）等早期模型，GDII 围绕七个关键支柱针对各国的表现进行评估。这些支柱代表了支撑人工智能成功所依赖的数据循环。

- » 数据生成
- » 数据传输
- » 数据处理与存储
- » 数据应用
- » 数字能源
- » 政策
- » 人才与生态

GDII 通过为政策制定者、投资者和企业提供切实可行的洞察，从而支持战略决策，推动可持续的数智化转型。

国家数智化发展差异化表现

- » 高收入国家
数据生成、应用和人才与生态方面表现卓越，但在扩展数据存储和增强处理方面仍旧面临挑战，其重点是加强可持续发展并建设先进的计算基础设施。
- » 中高收入国家
数字成熟度存在显著差异。部分国家在数据应用方面处于领先地位，但受制于政策碎片化和基础设施投资不均衡，许多国家在数据生成方面仍旧处于落后地位。

- » 中低收入国家
面临系统性阻碍，如基础设施薄弱、成本可承受性问题和人才短缺，导致其数智化发展普遍滞后，且缺乏差异化优势。

关键发现

1. 实施双轮驱动战略政策，积极推动投资与应用协同发展：政策必须搭配积极的投资和应用举措，推动经济成果落地。
2. 数据生成与数据应用双螺旋驱动价值增长：数据生成与数据应用相互交织，形成“双螺旋”结构，助力人工智能驱动增长。
3. 利用数据传输基础架构，释放算力潜能：解决结构性挑战，实现数据流无缝传输，释放数据计算基础设施潜力。
4. 移动产业规模增长：预计 2025 年至 2030 年间，移动经济的复合年均增长率将达 9%。2030 年，以 5G/5G-A 为代表的移动技术将为全球经济贡献 11 万亿美元，占全球 GDP 的 8.4%。
5. 缩小存储规模差距：数智经济的优势将不仅在于数据生成规模，更在于其数据的高效存储、保护与使用。
6. 发展人工智能是系统工程：人工智能开发不仅依赖于算力的提升，更是一项围绕统一战略，统筹计算、存储、数据和算法的系统性工程。
7. 可再生能源驱动可持续的数字增长：以可再生能源驱动的智能系统是可持续数智经济增长的关键。
8. 重视人才建设——人工智能时代的转变：随着重心从数字接入转向能力建设，推动初创企业和知识产权在人工智能时代创造更大的价值。

全球经济影响与行业转型

预计到 2025 年，数智经济规模将达到 **26.7 万亿美元**，占全球 GDP 的 **25%**。数智化转型（包括人工智能领域）**每投入 1 美元，预计能带来 9.55 美元的数字化产出**，回报率显著。

- » **电力**：实现清洁、智能和有韧性的能源系统转型，满足可持续发展和智能电气化的要求。
- » **金融**：通过敏捷运营和人工智能驱动的决定制定，适应数智化转型，覆盖从在线金融到自主金融等多个阶段。
- » **轨道交通**：依托人工智能与云平台，提升安全保障和运营效率，优化乘客体验，推动向自主运营转型。
- » **物流**：聚焦可视化、预测性分析以及绿色物流，开展人工智能优化，推进数字化生态建设。

行动建议

加快数智经济增长的举措包括：

- » 重视网络、计算、存储协同一体的数智基础设施建设。
- » 利用智能应用**赋能各行各业**。
- » 通过教育和跨学科平台**培养人才**。
- » **完善政策框架**，以提升治理水平，吸引投资。

为**消除数字鸿沟、推动转型，实现数智经济的持续增长**，针对不同经济层级的国家量身定制战略至关重要。



GDII 概览



GDII 概览

GDII 简介

定义

全球数智化指数（GDII）是一个综合框架，旨在衡量和追踪各国数智经济发展进程。华为联合 IDC 先后于 2014 年和 2024 年发布了全球联接指数（GCI）和全球数字化指数（GDI）。GDII 在此基础上进一步演进升级。这项持续研究凝聚了大量扎实的工作成果、前沿发现和稳定应用。立足于 GCI 和 GDI 的基础性洞察，GDII 融合了最新的数字技术和经济分析方法。在详细介绍 GDII 具体更新内容之前，本章将首先回顾过去一年全球范围内的重大变化，以及 IDC 与华为在此过程中获得的关键洞察。

新兴人工智能趋势与国家战略

1. 人工智能正在推动全球经济革命

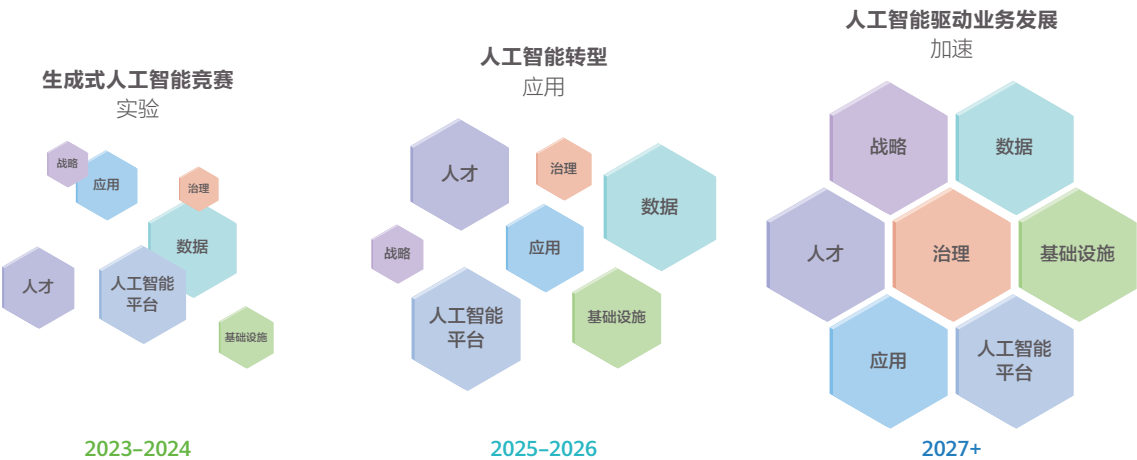
过去几年中，人工智能迅速成为全球经济增长的核心驱动力。IDC 预测，人工智能及其衍生技术将在 2025 年至 2030 年期间累计为全球经济贡献 22.3 万亿美元，预计到 2030 年占全球 GDP 的 3.7%。

自 2022 年生成式人工智能问世以来，该技术已成为行业快速从概念验证进入到广泛部署的典范。

2025 年已成为人工智能的转折点。许多前沿组织已从试点阶段迈向大规模应用，并采用基于人工智能驱动的商业模式。IDC 的人工智能应用模型（AI Adoption Model）描绘了人工智能从新兴技术发展为赋能引擎的演进路线，以便帮助我们更好地理解当前的战略转变和能力变化：

- » **第一阶段：实验期（2023 年 -2024 年）——生成式人工智能竞赛：**各组织开展碎片化人工智能实验，通常在战略、数据和工具方面各自为战。各项举措仍然处于探索阶段，缺乏统一的愿景，倾向于优先解决短期问题，而非实现系统性转型。
- » **第二阶段：应用期（2025 年 -2026 年）——人工智能转型：**各组织进行战略对标，推动人工智能平台、治理框架和数据管道的整合与建设。该阶段的特征是从临时性测试转向规模化人工智能整合。企业着手设计统一的系统，将人工智能融入核心运营。
- » **第三阶段：加速期（2027 年及以后）——人工智能驱动业务发展：**人工智能将成为许多企业 DNA 中不可或缺的一部分。通过建立统一的治理、面向人工智能的数据以及专项基础设施，实现端到端集成。从人工智能加持的工作流程到借助人工智能洞察塑造的战略，人工智能将从单纯的辅助工具转变为企业的核心竞争力。

图 1：人工智能应用模型



来源：2024 年人工智能应用模型，IDC

2. 人工智能正在重塑人们的生活方式和企业运作模式

人工智能广泛融入个人生活和企业技术领域，标志着数智经济正经历深刻变革。

个人层面：人工智能（尤其是生成式人工智能）正快速融入个人和家庭生活，成为日常生活的重要组成部分。随着技术门槛不断降低，智能设备日益普及，更多消费者将接受并采用生成式人工智能工具。到 2026 年，预计全球将有 50 亿¹ 消费者使用生成式人工智能；到 2028 年，三分之二的创作者将使用生成式人工智能进行视频制作。人工智能正逐渐融入家庭娱乐、教育、社交、内容创作等多个领域，让每个人都能获得人工智能的加持。

企业层面：超过一半（55%）的 CEO 将人工智能视为重塑商业模式的机会，并强调人工智能不仅应提高效率，还应创造新的商业价值。人工智能已广泛应用于招聘、供应链优化、研发环节的生成式

设计及超个性化营销，正深刻改变企业的运营方式。同时，人工智能也正从客服机器人和生成式人工智能内容创作等边缘应用场景，逐步向企业资源规划、产品生命周期管理和制造执行系统等企业核心系统拓展。咨询、法律和科研等服务行业正在开创“服务即产品”模式，提供人工智能支持的大规模专家服务。在其他行业，人工智能正在推动工作流变革。例如，在生命科学领域，IDC 预测，到 2027 年，65% 的新药研发将利用生成式人工智能进行分子建模和疗效预测。

3. 全球各国正在制定人工智能发展路线图

在国家层面，各国政府已经认识到人工智能的重要战略意义，并正在制定全面的国家人工智能发展路线图，优先考虑投资、生态系统发展、基础设施建设和治理框架，以加速数智经济转型。

数字治理领域也在快速发展，关于人工智能伦理、数据使用、隐私保护和算法透明度的新法规正迅

¹ 来源：《全球消费者预测 2025》，IDC FutureScape

速出台。例如，经合组织（OECD）于 2019 年首次发布《人工智能原则》，并在 2024 年 5 月对其进行更新，以应对最近人工智能技术的快速发展。《人工智能原则》强调创新、信任、人权、民主价值、透明、安全和责任等核心价值。迄今为止，这些原则已被 70 多个国家、地区和组织采纳，成为全球人工智能治理的主要参考框架之一。此外，许多政府也开始转变自身在人工智能治理中的角色，意识到他们有机会成为人工智能未来发展的“设计者”，而不仅仅是“裁判”。

德国：德国的《国家人工智能战略》于 2018 年发布。2020 年，德国将人工智能领域的预算从 30 亿欧元增加到 50 亿欧元，以支持 12 个人工智能研究中心和 GAIA-X 计划。该战略旨在建设可信的欧洲人工智能和数据基础设施，并加强该国的工业 4.0 和人工智能出口能力。²

中国：中国的《新一代人工智能发展规划》于 2017 年³发布，目标是在 2030 年使中国成为世界主要人工智能创新中心。自 2024 年以来，中国已在东数西算⁴等相关工程和智能计算中心等项目上投资超过 1000 亿元人民币。地方政府还设立了数百亿规模的人工智能产业基金，以支持制造业、能源和交通领域的数智融合。

阿联酋：阿联酋于 2017 年任命了全球首位人工智能部长，并发布了《2031 年人工智能战略》⁵，旨在推动人工智能在政府、教育和交通领域的应用。阿联酋已投资超过 100 亿迪拉姆（约合 27 亿美元）用于建设人工智能大学和数据中心，将人工智能定位为其后石油经济的核心引擎。

衡量人工智能时代进程的新框架

当前数智经济的深刻变革都源自一个重要趋势——数据正逐渐成为人工智能时代首要的生产要素。数据在数智经济中发挥核心作用，通过智能系统流动并推动创新。

数智经济中的新生产要素

根据法国经济学家让·巴蒂斯特·萨伊所述，传统经济理论的基础是三个核心生产要素：土地、劳动和资本。然而，当前人工智能的快速发展正在深刻重塑全球经济格局，推动人类文明超越物理生产要素的局限，迈入数智融合的新纪元。GDI 理论研究从经济学理论出发，将物理世界中的“土地、劳动、资本”映射至数智世界，进一步拓展出符合新时代特质的三大新要素：数据、ICT 人才和数智化生产工具。

- » **数据**成为数智经济中新的核心生产要素：数据被视为数智经济的“石油”和“引擎”。无论是国家还是企业，能否在未来竞争中取得优势，很大程度上取决于其获取、分析、利用和治理数据的能力。
- » **技术**成为新的**资本**：在数智世界中，从数据生成到数据应用的这一过程依赖于网络、算力与存储技术的协同支撑，这不仅能帮助个人与组织将数据转化为知识，还将推动新型商业模式和智能实体涌现，加速产业结构的转型升级。
- » **ICT 人才**成为新的**劳动**要素：ICT 人才是推动数智经济发展的核心引擎，已突破传统技术人员的边界，演变为涵盖战略、开发、管理和运营等领域的专业人才，日益成为国家一大关键的战略资源。

² 《联邦政府人工智能战略》，德国联邦研究、技术与太空部

³ 《国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知》，中国国务院

⁴ 东数西算投资超过 435 亿元，新华网

⁵ 《2031 年人工智能战略》，阿联酋政府内阁

图 2：生产要素模型



在人工智能驱动为数智经济中，数据凭借其催化效果在这些新要素中脱颖而出。不同于传统要素，数据既是人工智能系统的原料，也是其运行的燃料——用于模型训练，支持预测分析，以及使能自适应决策。在算法推荐和自主制造等新兴商业模式中，数据始终被视为价值创造的决定性基石，是驱动第四次工业革命的核心力量。

数智经济正重构数据流的定义

在数智经济背景下，价值创造已超越数据收集或传输，更在于通过智能系统将数据转化为洞察力和行动。这一过程构建了数据流的闭环，涵盖多个相互关联的阶段：

数据生成

数据来源：传感器、设备、用户交互、数字平台及交易系统

相关性：数据生成是智能数据流中的起点，也是最基础的环节。目前，数字基础设施由各类终端和泛在联接构成。然而，随着原始数据量、种类及生成速度的不断增长，实现持续、可靠的大规模数据生成将需要依托更具韧性和可持续性的数智基础设施，特别是在边缘计算层面。

数据传输

驱动因素：高速光纤网络、边缘计算节点和骨干系统

相关性：在数智系统中，数据必须从终端快速流向云端、边缘和核心系统，完成处理、训练和推理。具备高吞吐量、低时延和冗余数据通道的传输能力对于支持依赖设备、数据中心和云平台实时协同的人工智能工作负载来说至关重要。

数据处理与存储

支持系统：云平台、存储系统以及由人工智能驱动的数据清洗、标注和情景化工具

相关性：数据传输完成后，必须将其转化为结构化、高质量的数据格式，以供人工智能系统使用。这包括数据验证、增强、标注、规范化和元数据标记等众多环节。在此阶段，经验丰富的数据工程师、数据科学家和人工智能伦理学家将设计数据管道、管理数据质量，并基于领域特性进行情景化应用。在这一阶段，模型训练不仅推动了智能化进程，还有助于系统从历史数据和情景化数据中识别模式、学习行为，并提取洞察。

4. 数据应用

应用场景：人工智能驱动的决策推荐、业务自动化、适应性政策干预、客户个性化、批量数据分析，以及实时洞察、预测或响应生成。

相关性：在此阶段，智能洞察将转化为实际影响。与此同时，相关实际行动和结果将进一步推动新的行为、交易或系统级数据生成，从而形成闭环。这一循环对于维持自适应、自优化的智能系统至关重要。由结果产生的新行为和交易数据将回流至数字生成和处理阶段，支持模型重新训练，推动系统实现自适应与智能优化。

国家的数字化准备度及其数智化转型的能力，取决于其获取生成的数据，并将数据传输至处理和存储系统的能力，进而将这些数据转化为现实生产力。这已成为国家竞争力的关键要素，尤其在人工智能赋能的未来十年中，这一能力将至关重要。

人工智能时代亟需建立更加精细的进度衡量框架

过去十年中，全球数智经济经历了深刻变革，在此划分为以下三个阶段。每一阶段的技术和框架各有特点：

信息化时代（2014 年 -2019 年）

网络连接成为支撑信息技术的基础设施，构建起

“信息高速公路”。数字化的广泛采用意味着数字应用开始大规模落地。

全球联接指数（GCI）在这一时期发挥了重要作用。通过宽带可访问性、云服务和物联网的早期应用等在内的 40 项指标，对全球 79 个国家进行了评估。这一时期突显了网络连接在推动经济增长中的关键作用。

数字化时代（2020 年 -2024 年）

随着数智经济初具规模，数字化开始赋能各行各业，数据也逐渐成为一种关键资产。

全球数字化指数（GDI）通过 42 个指标对 77 个国家的数字化进程进行了评估。GDI 的结果表明，数字化与人均 GDP 之间存在显著的正相关关系，数字技术成为推动国家经济增长不可或缺的驱动力。

人工智能时代（2025 年及以后）

计算能力持续提升，以及深度推理模型和多模态融合的突破正加速推动数智化发展由量变提升迈向以人工智能驱动的质变飞跃。人工智能推理能力的快速普及正在推动核心工业生产流程变革，提升效率、创新水平以及能源可持续性。这意味着，在数智经济中，价值的产生不再局限于数据的收集或传输，更在于通过人工智能和智能系统实现数据向洞察和行动的转化。

GDII 方法论升级

GDII 评估范围覆盖全球 90 个国家，其经济总量占全球 GDP 的 94%，人口占全球的 83%。我们的研究团队与行业学者、客户和合作伙伴紧密合作，参考了联合国、GSMA、经合组织（OECD）等机构的数据、方法和洞察报告，结合技术和经济要素，制定出一套独特的方法论。IDC 负责收集并整理 GDII 数据，基于各国表现进行评分和排名，确保数据真实性，并对数据进行统计解读。

方法论升级

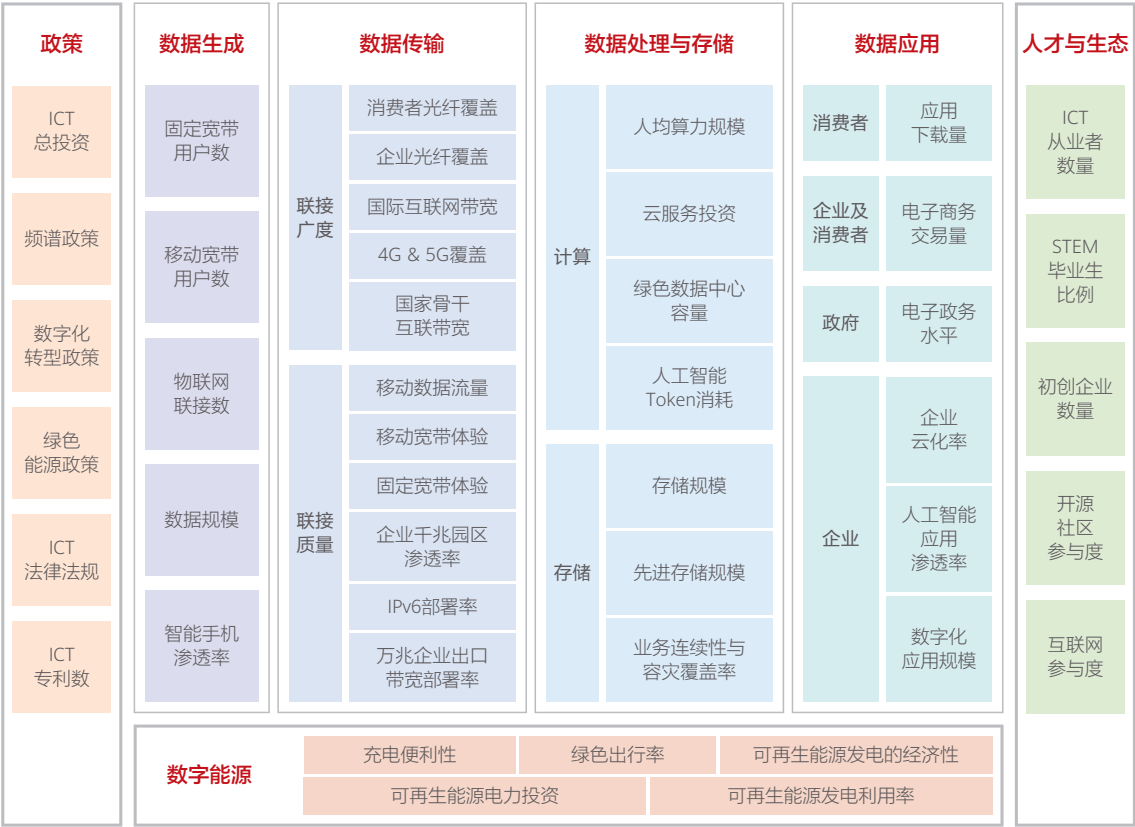
2024 年，华为联合 IDC 发布 GDI，通过泛在联接、数字底座、绿色能源、政策与生态使能要素（CDEP），评估各国的数字化准备度。该框架强调通过建设数智化能力推动需求增长的供给侧思维，并从宏观视角探讨了数字化供给如何驱动数智化转型与应用，进而带动对数字技术的相关需求。

随着数智经济不断发展，业界对精细化、结果导向型衡量体系的需求日益凸显，GDII 在此背景下应运而生。与 GDI 侧重于评估数字化准备度不同，GDII 构建了覆盖数字价值全生命周期的评估框架，不仅涵盖数据的生成、传输、处理与应用，更能衡量数字价值创造的完整闭环。该框架以数据为核心，围绕数智经济的关键环节，构建了七大支柱，分别是：

- » **数据生成**：宽带用户、移动网络、物联网设备和智能终端生成的数据
- » **数据传输**：光纤、4G/5G、骨干网和 IPv6 部署的数据传输与连接质量
- » **数据处理与存储**：基础设施和数据计算及存储能力，例如云服务投资、人工智能 Token 消耗以及业务连续性能力
- » **数据应用**：跨行业数据应用，涵盖企业数智化转型、人工智能应用、电子商务及电子政务
- » **数字能源**：支撑数智基础设施可持续发展的关键能源基础设施，包括可再生能源投资、绿色出行率、充电便利性以及可再生能源发电的经济效率
- » **政策**：国家层面的监管、法律、投资及可持续发展政策为数智经济增长提供结构性支持
- » **人才与生态**：国家的人才与创新生态，涵盖 ICT 从业者、STEM 毕业生、初创企业、开源贡献者及线上社区参与

GDII 框架升级反映了从宏观的数字准备度向微观的数智化的转变。该框架不仅强调了基础设施建设的能力，更突出了数字生态中实现运营落地、规模扩展以及价值提取的能力。GDII 更加全面地展现了各国如何将数字投入转化为智能产出，呼应了让·巴蒂斯特·萨伊提出的生产三要素理论，并在以数据驱动的人工智能时代背景下提供了全新的阐释。

图 3：GDII 指标框架



新指标

为引领 GDII 演进升级，我们在这七大支柱领域对部分指标进行了优化，并新增了多项指标。基于此，GDII 能够更精准地反映各国如何构建以数智基础设施为依托的智能价值创造生态。与此同时，指标升级有助于评估各国从基础的网络接入与带宽阶段，迈向借助人工智能放大数据全生命周期价值，步入信息化转型新时代的能力。

新指标开发遵循“4+1”原则：

- 1. 可代表性：新指标应具有前瞻性，必须全面、客观地反映数智化发展进程，体现人工智能转型能力。

- 2. 可量化性：新指标必须通过 IDC 的标准研究及数据报告量化，只能通过统计模型外推，或来自权威第三方机构及协会的数据补充。
- 3. 可继承性：新指标不得破坏核心指标或整体指标体系，需确保其评分结果与 GCI 和 GDI 保持可比性与一致性。具体要求如下：
 - 结构兼容性：兼容 GDI 结构设置（确保时间维度的可比性）；
 - 权重均衡性：新指标在整个体系中的权重应控制在 10%-15% 之间，避免过度强调智能化因素。
- 4. 可优化性：所有指标更新必须反映 ICT 行业的发展趋势或市场和技术趋势的变化。例如，原 GDI 中的“STEM 毕业生比例”指标已从“科学、技术、工程及数学领域毕业生比例”更

新为 GDII 中的“人工智能、机器学习、数据科学及相关领域毕业生比例”。

- » **+1. 业务相关性：**鉴于该指标体系对 ICT 行业具有指导意义，新指标纳入时充分考虑了其当前 ICT 市场技术与产品的关联性。

人工智能相关衍生指标

- » **人工智能 Token 消耗：**作为数据处理与存储支柱下的新增指标，该指标通过大规模追踪人工智能模型的交互量，评估一国在人工智能领域应用的强度与成熟度，同时反映模型的推理能力及持续训练活跃度。
- » **人工智能应用渗透率：**作为数据应用支柱下的新增指标，该指标衡量人工智能模型在生产环境中的普及程度，尤其聚焦金融、制造及公共服务等依赖长期持续学习的行业。
- » **国家骨干互联宽带：**作为数据传输支柱下的新增指标，该指标评估一国支持大规模数据流传输方面的技术准备度，该能力对于人工智能系统高效训练与运行至关重要。
- » **应用下载量：**作为数据应用支柱下的新增指标，该指标反映一国将数据价值转化为实际应用服务的能力，体现数字产品对多样化用户需求的覆盖广度，以及数据驱动应用在社会与经济生活各领域的渗透度。
- » **开源社区参与度：**作为人才与生态支柱下的新增指标，该指标通过鼓励模型共享优化、协同学习，推动系统在多元应用场景中快速迭代演进。
- » **STEM 毕业生比例：**作为人才与生态支柱下的

修订指标，该指标涵盖人工智能、机器学习、数据科学等相关领域的毕业生，反映一国在培养设计与治理智能系统人才方面的能力。此类智能系统涉及数据的生成、解读以及伦理合规处理。

投资范围之外的能力与可持续发展指标

- » **人均算力规模：**作为数据处理与存储支柱下的新增指标，该指标涵盖通用计算和智能计算两大方面，反映一国处理海量数据、支撑多类智能应用运行的能力，为人工智能创新与数智化转型提供技术支撑。
- » **绿色数据中心容量：**作为数据处理与存储支柱下的新增指标，该指标衡量国家在边缘与核心区域部署可持续高性能基础设施的能力，支撑构建始终在线、面向人工智能的数据环境。
- » **存储规模：**作为数据处理与存储支柱下的新增指标，该指标评估国家安全存储海量数据资源、实现数据资产长期复用与深入分析的能力，保障数据驱动型活动的连续性。
- » **先进存储规模：**作为数据处理与存储支柱下的修订指标，该指标以太字节（TB）为单位，衡量国家在数据管理领域支撑先进生产力的能力，聚焦全闪存系统及高性能人工智能存储等先进存储解决方案占总存储规模的比例。

上述指标新增及优化对标数据驱动型框架，全面反映了在人工智能时代下，各国在数据流全生命周期中所展现的数智化能力。

GDII 的价值与意义

GDII 通过追踪数据从生成到应用的全生命周期，呈现了数智经济的真实运行情况。GDII 方法论为政策制定者、投资者及企业提供了诊断发展瓶颈、明确投资方向、评估发展成效的系统工具。由此，GDII 全新升级了“数字化成熟度”评估体系，不仅关注数智基础设施的建设本身，更聚焦于它所带来的应用价值，实现了从“技术投入”到“价值产出”的评估跃迁。

1. 评估数据全生命周期闭环

通过构建数据生成、传输、处理与存储以及应用等关键支柱，GDII 框架不仅量化衡量国家的数字化准备度，更聚焦评估数据在国家数字化系统中参与经济活动时的流通效率。具体指标包括：

- » **数据生成**：宽带用户数、物联网连接数、数据规模等
- » **数据传输**：5G 覆盖率、IPv6 应用渗透率、骨干互联带宽等
- » **数据处理与存储**：存储规模、人均算力规模、人工智能 Token 消耗量、绿色数据中心容量等
- » **数据应用**：企业数字化应用水平、电子商务渗透率、电子政务水平等

2. 基础设施关联经济产出

不同于传统框架将数智基础设施或人工智能人才视为独立要素，GDII 将数据全生命周期嵌入数据驱动的价值创造链。这一双重视角涵盖从联接、云计算到企业应用的全链条，展现了数智基础设施如何转化为可衡量的数智能力。通过要素之间的关联设计，GDII 构建了一个更全面的框架，反映了数智

基础设施在支撑及提升经济产出方面的关键作用。

3. 催化可衡量的经济成果

GDII 创新性地将数据敏捷性与实际经济产出相连，以此量化数智经济成果。以数据应用支柱为例，该支柱涵盖多项企业层面指标，如：

- » **人工智能渗透率**：衡量人工智能模型在生产环境中的应用程度
- » **数字应用的行业溢出效应**：评估数字技术对各行业的广泛经济影响
- » **数字服务渗透率**：评估数字服务在多个行业中的融合程度

通过揭示数字要素如何转化为数智经济产出，GDII 确保数智化转型带来的经济效益具备可衡量性和可操作性，实现了从数字接入到实际行动力，从数智能力到生产力的转变。

4. 制定可行的政策和战略

基于数据流与产出，GDII 为决策者提供了可操作的诊断工具，可以用于：

- » **识别差距**：定位数据生成、传输、计算或应用环节中的瓶颈问题
- » **评估人才渠道**：评估国家的人才队伍能否有效支撑数字应用落地转化
- » **评估政策效果**：评估数字准备度，衡量政策对推动经济价值创造方面的实际作用

GDII 提供了一个清晰的结构化框架，助力政策制定者与企业理性决策、优化投资配置，实现可持续的数智化转型。

国家数智化发展表现



国家数智化发展表现

GDII 已应用于评估全球 90 多个国家数字化准备度，衡量这些国家如何为迎接人工智能时代积极筹备，构建竞争优势，并实现繁荣发展。

本报告引用世界银行基于人均国民总收入（GNI）的归类标准，国家类别分别为高收入国家、中高收入国家、和中低收入国家。

图 4：GDII 国家覆盖范围

高收入国家（42个国家）		中高收入国家（24个国家）		中低收入国家（24个国家）	
国家		国家		国家	
澳大利亚	卢森堡	阿尔及利亚	印度尼西亚	孟加拉国	黎巴嫩
奥地利	荷兰	阿根廷	伊拉克	玻利维亚	摩洛哥
巴林	新西兰	亚美尼亚	哈萨克斯坦	柬埔寨	尼加拉瓜
比利时	挪威	阿塞拜疆	马来西亚	喀麦隆	尼日利亚
保加利亚	阿曼	博茨瓦纳	墨西哥	刚果（金）	巴基斯坦
加拿大	波兰	巴西	蒙古	埃及	菲律宾
智利	葡萄牙	中国	纳米比亚	加纳	塔吉克斯坦
克罗地亚	卡塔尔	哥伦比亚	秘鲁	洪都拉斯	坦桑尼亚
捷克	罗马尼亚	哥斯达黎加	塞尔维亚	印度	突尼斯
丹麦	沙特	多米尼加	南非	约旦	乌干达
爱沙尼亚	新加坡	厄瓜多尔	泰国	肯尼亚	乌兹别克斯坦
芬兰	斯洛伐克	格鲁吉亚	土耳其	吉尔吉斯斯坦	越南
法国	斯洛文尼亚				
德国	韩国				
希腊	西班牙				
匈牙利	瑞典				
爱尔兰	瑞士				
意大利	阿联酋				
日本	英国				
科威特	美国				
立陶宛	乌拉圭				

注：对当前的 2026 财年的划分标准如下：低收入国家指 2024 年人均 GNI（根据世界银行阿特拉斯方法计算）为 1135 美元或以下的国家；中等偏低收入国家指人均 GNI 在 1136 美元至 4495 美元之间的国家；中高收入国家指人均 GNI 在 4496 美元至 13935 美元之间的国家；高收入国家指人均 GNI 超过 13935 美元的国家。⁶

⁶ 《世界银行国家分组和贷款分类》，世界银行

高收入国家：数字领导力及挑战不断升级

42 个高收入国家均展现出成熟且高度集成的数字生态，依托强有力的政策框架支持（政策得分：平均 73.5 分），鼓励创新与持续投资。这些国家在以下几个方面也处于领先地位：

- » 数据生成（63.1 分）：得益于广泛的宽带接入、物联网部署和智能系统。
- » 数据应用（65.8 分）：表现为企业数字化水平、人工智能应用率以及先进电子政务服务普及。
- » 人才与生态（65.2 分）：体现为 ICT 人才优势以及活跃的初创企业文化生态。

这些国家在数据传输基础设施（54.3 分，即 5G 和光纤网络）和数字能源（52.9 分，即数字基础设施的可再生能源）方面也取得了高分。然而，数据处理与存储（37.3 分）方面仍需重点改进，尤其涉及能效优化和数据存储方面。

虽然这些国家在引领下一代数字创新方面具备有利优势，但在实现可持续发展方面仍面临新的挑战。为保持竞争优势，高收入国家需加大网络、计算、存储、绿色能源的协同发展。

图 5：GDII 得分排名前 10 的高收入国家

国家	得分	排名
新加坡	77.4	1
美国	77.2	2
芬兰	70.6	3
瑞典	70.5	4
荷兰	69.3	5
瑞士	68.9	6
丹麦	68.7	7
爱尔兰	67.3	8
挪威	65.0	9
澳大利亚	64.9	10

中高收入国家：加速数智化转型

24 个中高收入国家普遍处于活跃的数智化发展阶段，致力于在快速增长与基础建设之间寻求平衡。这些国家的平均政策得分为 46.3 分，反映出政府层面正加大力度，推动数智化发展；数据应用（47.6 分）方面的进展得益于企业和公共部门对数字化技术的广泛采用；而人才与生态（平均 41.5 分）方面得分提升则主要归因于科学、技术、工程、数学（STEM）人才的增加和初创企业的活跃表现。这些国家在上述领域都展示了良好的发展势头。

然而，此类国家在以下方面仍存在差距：

- » 数据生成（平均 39.9 分）和数据传输（平均 35.4 分）的中等水平得分凸显了通过更广泛地部署 5G、光纤网络和物联网系统来改善联接基础设施的必要性。
- » 数据处理与存储的落后表现（平均 21.5 分）凸显了加大云计算和人工智能基础设施投入的迫切需求。
- » 数字能源得分（平均 36.3 分）略显落后，这与数字化可持续发展目标的实现进度缓慢相关，能源系统需进一步加强目标对齐。

针对上述支柱领域进行精准投资将加速中高收入国家的数智化转型，缩小其与高收入国家之间的差距。

图 6：GDII 得分排名前 10 的中高收入国家

国家	得分	排名
中国	67.8	1
马来西亚	51.2	2
泰国	47.4	3
巴西	46.7	4
墨西哥	42.7	5
哥伦比亚	39.7	6
土耳其	39.4	7
塞尔维亚	38.9	8
阿根廷	38.6	9
南非	37.9	10

中低收入国家：基础设施差距仍存，充分挖掘数字化潜力

24 个中低收入国家在数字基础设施和能力方面均面临重大挑战，但数智化发展潜力在所有国家类别中最为突出。其平均政策得分为 39.8 分，表明监管机构正逐渐加强对数智化的支持；而数据生成（28.4 分）和数据传输（24.4 分）的得分则表明，宽带、4G/5G 网络以及智能设备的普及程度仍十分有限。

尽管面临这些限制，这类国家仍在以下方面取得了进展：

- » 数字能源平均得分（36.4 分）与中高收入国家相当，表明可再生能源融入数智化发展存在重大机会。
- » 数据应用得分（平均 33.9 分）反映了多个行业在数字服务早期应用方面取得的显著成效。

为了实现进一步发展，这些国家需要优先考虑：

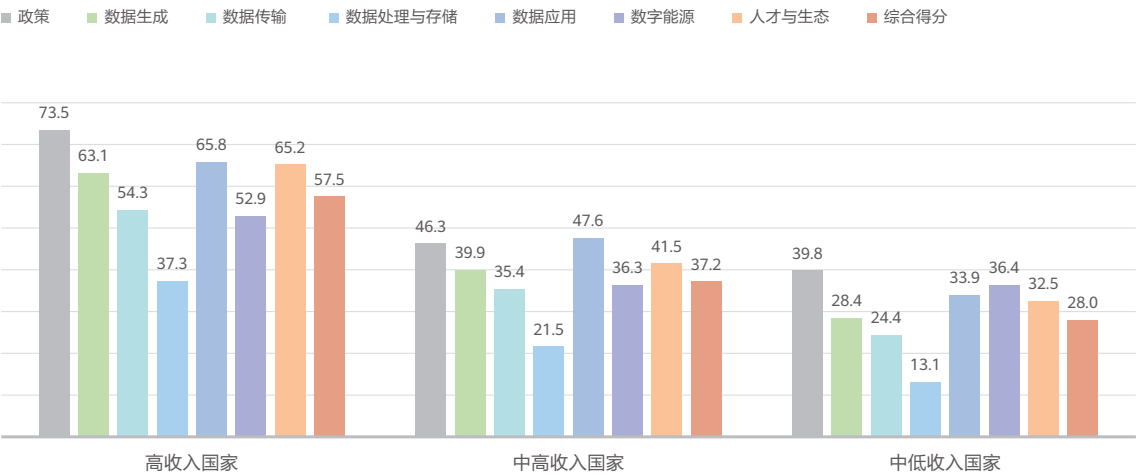
- » 普遍联接倡议
- » 吸引数字投资的政策改革
- » STEM 教育和人才发展

聚焦建设包容性基础设施并持续采用可持续能源模型有助于为实现公平的数字增长奠定坚实基础，逐步缩小全球数字鸿沟。

图 7：GDII 得分排名前 10 的中低收入国家

国家	得分	排名
越南	40.2	1
印度	39.2	2
摩洛哥	35.1	3
菲律宾	34.3	4
约旦	32.2	5
乌兹别克斯坦	31.6	6
突尼斯	30.7	7
肯尼亚	29.5	8
埃及	28.1	9
玻利维亚	27.9	10

图 8：各支柱平均得分（按国家类别）



各类国家的发展历程反映了其独特的优势与挑战，凸显了制定针对性策略以公平推进数智化发展的必要性。

类别	数字化进程	优势	挑战	关键得分
高收入国家	数智化成熟与创新驱动	具备完善的政策框架、领先的数据生成和应用及健全的人才生态	提高能效、建设计算和存储基础设施	政策：73.5 分 数据生成：63.1 分 数据应用：65.8 分 数据存储：37.3 分
中高收入国家	快速推进数智化进程	数字技术日益普及、STEM 领域和初创生态不断扩展	缩小联接差距、构建云和人工智能基础设施、推动能源协同发展	政策：46.3 分 数据应用：47.6 分 人才：41.5 分 数据存储：21.5 分
中低收入国家	数智化发展初期阶段	新兴政策支持、可再生能源潜力、数字化服务起步	弥合严峻的基础设施鸿沟（尤其在联接领域）	政策：39.8 分 数据生成：28.4 分 数据传输：24.4 分 数据存储：13.1 分

典型国家分析

高收入国家



新加坡

新加坡作为全球数智化转型的引领者，在 GDII 的所有支柱领域均表现出色。其政策得分为 88 分，人才与生态得分为 105.6 分，显示出政府强有力的政策支持以及雄厚的人才储备。数据应用方面，新加坡得分为 92 分，数据传输得分 76.4 分，凸显了其在人工智能应用领域的领先地位以及强大的联接基础设施。得益于新加坡对绿色数据中心的大量投资，该国数据处理与存储得分为 63.4 分，位居全球前列。

基于 2019 年《国家人工智能战略》(NAIS)，新加坡于 2023 年推出了 NAIS 2.0 战略，旨在通过“人工智能向善”(AI for the Public Good)倡议，打造全球人工智能中心。新加坡政府正在制定绿色数据中心发展路线图，以实现其宏大的净零目标。预计未来十年内，该国政府将对新型数据中心投资 75 亿至 90 亿美元。其 2023 年数字联接蓝图(2023 Digital Connectivity Blueprint)进一步强化了宽带和海底电缆基础设施建设。在全方位数字能源与创新战略的支持下，新加坡有望在人工智能时代继续保持其领先地位。



沙特阿拉伯

在“沙特 2030 年愿景”战略的推动下，沙特正在迅速推进数智化转型。其政策得分为 68 分，人才与生态得分为 57.6 分，表明该国致力于营造有利于人工智能发展和数字创新的环境。数据应用得分为 66 分，数据传输得分 64.9 分，表明沙特在人工智能应用和联接基础设施领域已取得显著进展。

作为沙特 2030 愿景的核心支柱，该国在 2024 年启动了 HUMAIN 人工智能倡议，并获得 1460 亿美元的投资支持。该倡议包括建设一个 1.9 GW 的数据中心(相当于 AWS 最高容量的 1.5 倍)，并在 2026 年前打造千亿参数级的阿拉伯语大模型 Allam 等措施。目前，沙特已提供 6000 多项电子政务服务(占有所有政府服务的 97%)，并在 84 个省实现了 5G 覆盖。通过大力投资人工智能和数据基础设施，沙特正致力于弥合数字鸿沟，推动智能价值创造。该国积极推出有效政策，并与人才发展相结合，为 2025 年到 2026 年实现可扩展的人工智能集成奠定了坚实基础。

中高收入国家



中国

作为全球数智大国，中国在数据应用（90 分）和数据生成（84 分）方面表现尤为突出。该国政策得分为 58 分，人才与生态得分为 50.4 分，反映了中国在推动创新和人才培养方面的平衡策略。中国的数据传输得分为 71.5 分，数据处理与存储得分为 44.6 分，展示了其先进的联接和基础设施能力。

《数字中国建设 2024 年工作要点清单》优先推进数字基础设施建设和数据市场改革。重点包括畅通数据流通、深化数智经济融合以及提升数字政府服务。其政策聚焦网络安全、绿色科技和数字化国际合作，旨在推动经济增长和社会治理现代化。根据国家人工智能路线图，中国正聚焦于绿色数据中心和可持续的数智化增长。中国正在从实验期向应用期转型，预计到 2025 年到 2026 年，各行业将实现可扩展的人工智能集成。中国在人工智能 Token 消耗和应用渗透率方面的领先地位，使其成为全球数智化转型的关键推动力量。



马来西亚

马来西亚正在稳步推进其数智化转型进程，政策得分为 68 分，人才与生态得分为 55.2 分。该国的数据传输得分为 66.5，数据应用得分为 58，突显了其日益增强的联接和人工智能应用能力。然而，数据处理与存储得分为 33.4，数字能源得分为 33，表明这些领域仍存在提升空间。

基于其数智经济蓝图，马来西亚于 2023 年启动了单一窗口计划，旨在推动 14 家初创企业支持机构协同合作，力争在 2025 年前扶持 5000 家初创企业。国家数字身份（IDN）项目正落实生物识别验证，以简化公共服务流程。此外，马来西亚还采取了补贴网络安全咨询服务等措施，以提高中小企业的数字化准备度。马来西亚高度重视人才培养和生态建设，致力于缩小数字化准备度方面的差距。政府同步积极提升数据传输和处理能力，构建可持续发展的数智经济。当前，马来西亚正迈入人工智能应用阶段，依托其充满活力的数字生态，加速经济增长。

中低收入国家



越南

越南在数智化转型方面取得了稳步进展，其政策得分为 34 分，人才与生态得分为 40.8 分。该国数据传输得分为 48.5，数字能源得分为 66，彰显了该国对联接和可持续发展的重视。然而，其数据处理与存储得分为 17.1，表明其基础设施仍存在较大短板。

越南的国家数字化转型计划（2020 年 -2025 年）的目标是到 2030 年跻身全球电子政务排名前 50 位。为实现这一目标，关键举措包括扩大数字基础设施、发展数据和加强网络安全。尽管面临数字认知水平有限等诸多挑战，该国在数字公共服务扩展等多个领域取得积极进展，并通过全国范围内的培训计划，推动数智经济在 GDP 中的占比提升。当前，该国正处于人工智能应用的实验阶段，依托其充满活力的数字生态以推动增长。越南正提升联接能力，缩小基础设施差距，迈上发展可持续数智经济的轨道。



摩洛哥

摩洛哥仍处于数智化转型初期，其政策得分 46 分，人才与生态得分 43.2 分。该国数据传输得分为 30 分，数据应用得分为 40 分，反映了摩洛哥在联接和人工智能应用方面取得的初步进展。然而，其数据处理与存储得分为 12 分，表明国家基础设施发展方面存在重大挑战。

根据“数字摩洛哥 2030”战略，该国在 2025 年实现了国家电子商务平台扩展，促成超过 12000 家企业在线注册。目前，该国已推出 600 多项数字化公共服务（占服务总数的 23%）。当前计划包括成立专门的人工智能机构，并力争到 2026 年实现每年培养 10 万名数字化人才。新的公民申请平台和统一行政门户旨在进一步简化治理，计划到 2030 年为 3000 家初创企业提供服务。目前，该国正处于人工智能应用的实验阶段，致力于缩小数字化准备度差距并提升智能价值创造能力。

国家洞察：关键发现、 挑战与机遇

关键发现、挑战与机遇

双轮驱动：通过政策与投资推动发展

几乎所有国家都围绕数智经济发展制定了 ICT 总体规划或数字政策。目前，已有 **70 多个国家**宣布了**人工智能投资与应用战略**。这些政策表明，各国政府正逐步达成共识：无论是居民、企业还是机构，所有利益相关方都需要额外的战略指引，以**造福经济、社会与环境发展**。

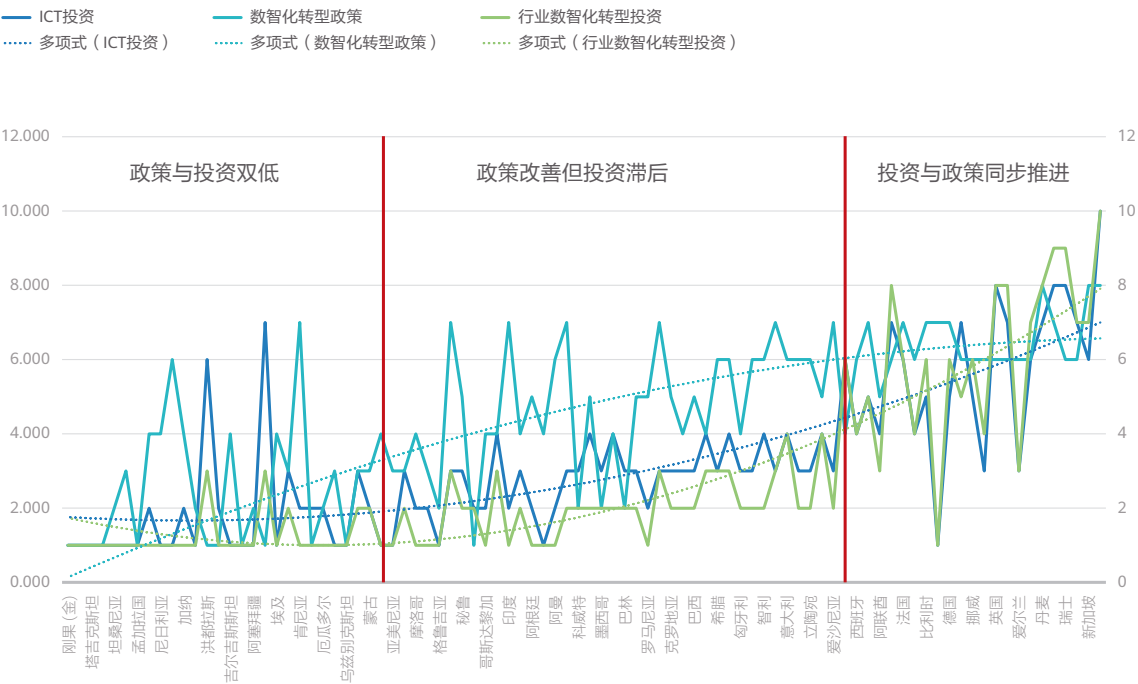
过去几年，尽管政策层面持续稳步推进，但实际成效开始放缓。显然，我们仍需加大努力，将政策框架转化为**实际投资与应用落地**。“双轮驱动”同时考虑了这两个维度，其核心特征在于：

- » “前轮”代表着**具有前瞻性的相关政策**，为数智经济发展指明方向并奠定坚实的基础；
- » “后轮”代表着**投资与应用举措**，加速政策落地。

GDII 数据清晰揭示了前轮驱动与双轮驱动两种模式之间的差异。许多已颁布 ICT 或数字化政策**的新兴国家**，在政策实施和政府主导的投资推动举措方面仍显滞后。相反，**领先国家**则在政策目标与实际投资之间形成协同，实现了均衡、高效的数字发展。投资覆盖政府、企业和个人三个层面。

各国必须确保**政策与投资**同步推进，才能有效加速数智化转型进程。

图 9：数智化转型政策 vs. ICT 投资及行业数智化



新兴国家的政策举措存在一个普遍的趋势：国家通常将重点放在推动早期的**数字服务**上，却忽视了基础设施的建设。在制定政策时若只关注数字化落地应用，往往会忽视**网络、计算、存储、能源等关键技术的部署**等关键使能要素。

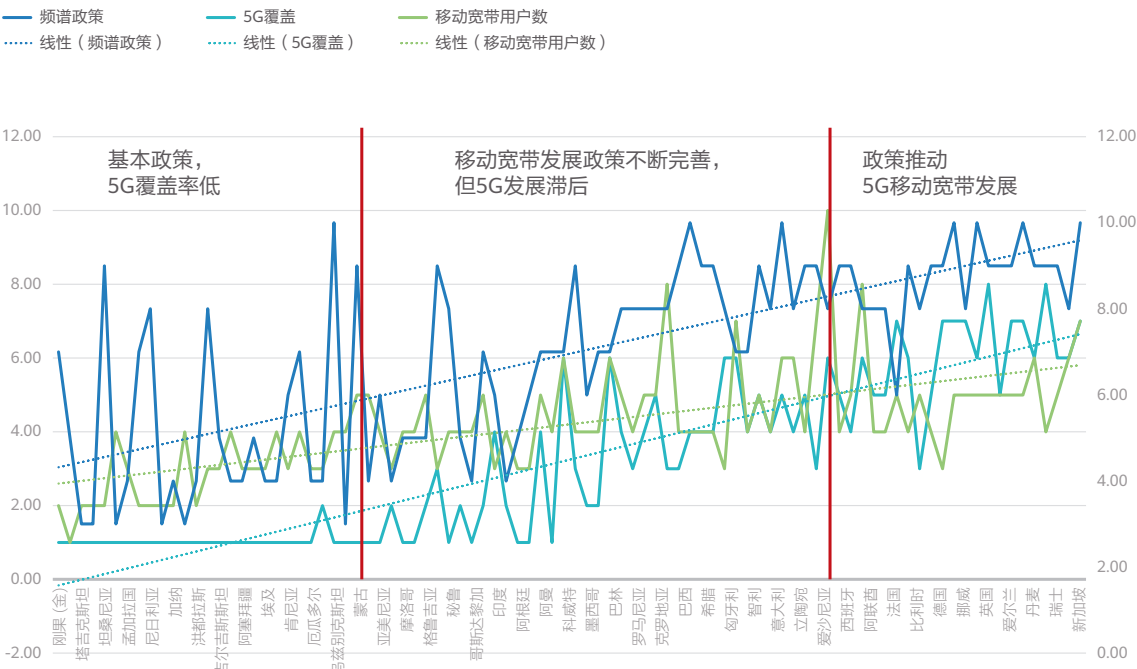
政策误区包括：

- » **服务优先**：在基础设施不够完善的情况下，追求通过电子政务平台、移动应用和中小企业数智化转型实现快赢。
- » **短期导向**：追求即时成果而非长期基础设施投资。

- » **能源转型滞后**：持续依赖传统能源，可持续发展未充分融入数字战略。
- » **碎片化发展**：发展不够系统和连贯，仅在部分领域取得进展。
- » **人才生态不成熟**：初期数字化落地应用由实际需求 and 新兴人才驱动，整体生态不够成熟。

在**频谱政策**方面也存在类似的差距。新兴国家的频谱战略与**高速移动宽带**（尤其是**5G**）的部署规划存在脱节，阻碍了数字化从消费和电子商务领域走向**规模化行业应用**。

图 10：频谱政策 vs. 移动宽带及 5G 覆盖



尽管几乎所有国家都拥有相对完善的**频谱政策**，但在**加速 5G 覆盖**方面各国推进力度存在较大差异。许多国家已经实现了较高的**移动宽带覆盖率**，但还未能成功推动电信运营商建设**高速 5G 网络**。这一差距需要重点关注。**5G 基础设施**通常被视为一种技术升级，但其真正价值在于其对数智化转型的推动作用。

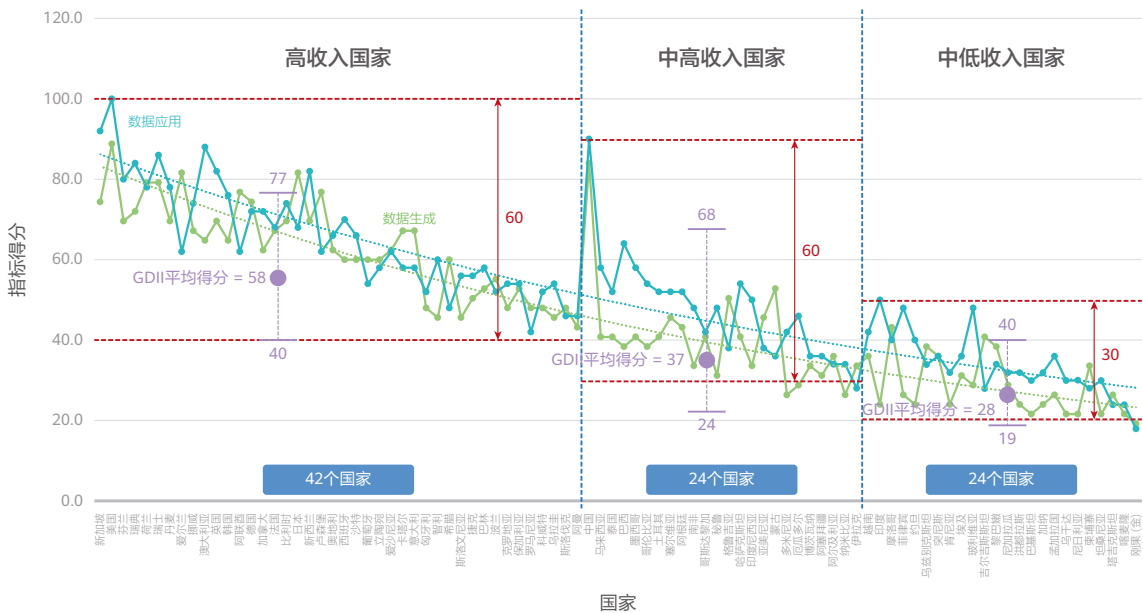
- » **数据生成并传输**至计算和存储系统，将原始数据转化为可执行的洞察；
- » **部署**能够创造经济价值、完善公共服务并提升居民体验的**人工智能应用和数字平台**；

- » **实时交易和视频互动等大带宽应用场景**；
- » **低时延应用**，包括自动化、人工智能系统和工业物联网。

许多新兴国家面临落后的风险，尽管已制定政策框架，但在基础设施和频谱方面的投资仍然不足。它们就像一辆**前轮驱动**的汽车，虽然能够引导增长，但缺乏强大基础设施所能提供的牵引力和动力。相比之下，那些采取**双轮驱动**的国家将**政策与持续投资和广泛应用相结合**，更有能力加速迈向全面的数智经济。

双螺旋结构：实现数据生成与数据应用之间的平衡

图 11：数据生成与数据应用之间的差距随经济发展水平提升而缩小



研究发现，数据指标与经济进步之间的关系通常是线性的。然而，仔细分析数字经济成熟度、数据生成、数据应用三者的 GDII 得分发现：数据生成与数据应用之间的关系如同一对“双螺旋”。数据应用能够将海量数据转化为实际的生产力和商业创新，推动社会经济的转型升级。与之同等重要的是，我们需要重视和培育高质量、多样化的数据。只有当数据生成与数据应用之间形成双向赋能的通道，实现良性互动与正向循环，才能真正释放数字经济的全部潜力，为经济社会的高质量发展注入强劲动力。

数字基础设施更完善，经济发展水平更高的国家，数据生成与应用之间的差距更小：随着国家经济水平的提升与数智基础设施的日益完善，数据生成与数据应用之间的差距逐步缩小。在发达国家，数据应用已基本追平数据生成水平，从而推动更高价值的

产出。在这些国家中，决定价值创造的关键因素不是数据生成的绝对规模，而在于数据应用的有效性。

1. 高收入国家

高收入国家在数据生成与数据应用方面呈现协同趋势，在资源、基础设施、技术和治理方面实力雄厚，特征包括：

- » 数字生态成熟，数据生成与数据应用得分仅存在微小差异；
- » 投资已从生成技术（物联网、传感器、平台）延伸至人工智能、数据分析和数据驱动的商业模式，确保数据应用能够跟上快速增长的数据量。

这种协同趋势有利于提升数字成熟度，实现均衡发展，促进数据生成与充分利用。

2. 中高收入国家

中高收入国家处于转型阶段，其数字成熟度差异最明显。

- » 部分快速发展的数字中心已在数据生成与数据应用方面取得显著成果；
- » 某些国家仅部分实现数字化，即在一方面的得分优势明显，但在另一方面表现薄弱；
- » 各国在政策、基础设施、投资重点与制度准备度等方面存在差异，进一步加剧了两极分化。

因此，在这类国家中，领先者正加速发展，而追随者则日益落后，两者的数字鸿沟逐渐加剧，最终形

成两极分化的格局。

3. 中低收入国家

另一方面，中低收入国家则普遍面临系统性障碍，数字化进程受到全面制约：

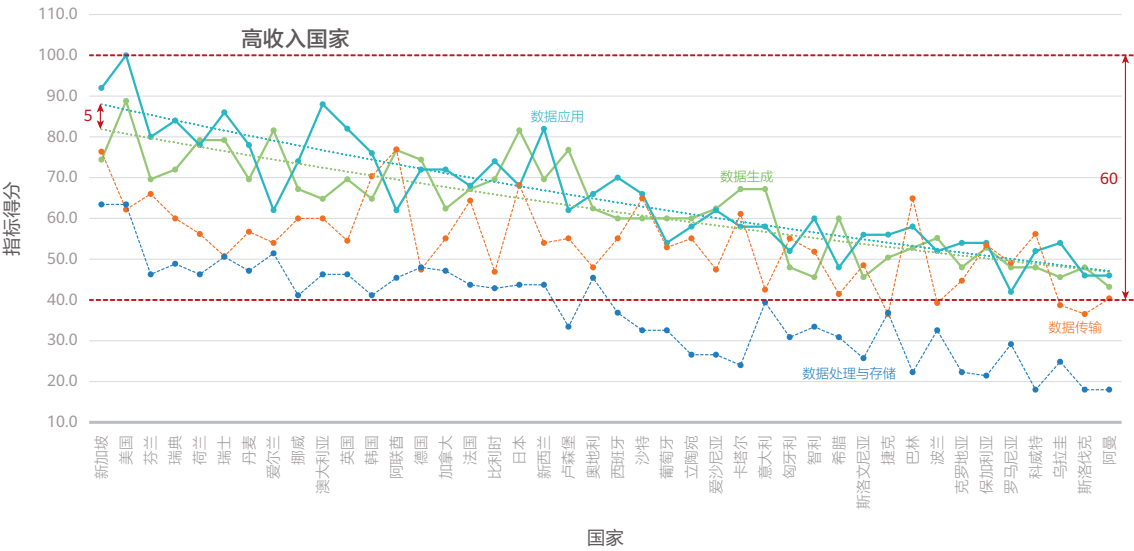
- » 这类国家在基础设施、生态系统成熟度、人才供给或成本可负担性方面普遍滞后；
- » 因此，各国在表现方面的差异较小；
- » 这类国家的数字化表现平平，与更高收入国家存在一定差距。

由此可见，这类国家受到全面制约，数据生成与数据应用两个指标的得分均较低，数智化发展受到限制。

高收入国家：数据生成与数据应用协同发展

图 12：数据生成与数据应用协同发展

数据应用 = 18.6 + 0.25 (数据传输) + 0.90 (数据处理与存储) R² = 0.74



数据双螺旋结构中的平衡

在高收入国家中，数据生成与数据应用之间的“双螺旋”关系最不明显，两者之间的差距也最小（见图 12），这表明，这类国家处于一个技术能力、治理体系和创新生态都相对较成熟的数字化阶段，经济发展由数据生成和有效的数据应用共同推动。

由于高收入国家拥有强大的数智基础设施、技能熟练的人才以及支持互操作性、数据隐私和全球数字贸易的先进政策和治理框架，因此在数据生成与数据应用方面实现了协同发展。这些国家拥有高度标准化且易于访问的人工智能平台、云服务、企业数据分析和网络安全应用。因此，即使是这一类国家中的小国也能采用最佳实践，与大国同步发展。这类国家彼此之间的差异是渐进的而非结构性的，这表明它们的数字成熟度到达了平稳的状态。

经济激励进一步强化了这种平衡。在高阶发展阶段，增长越来越依赖于生产力提升、创新和服务，而非工业产出。这带来了系统性的压力，数据应用的效果必须提升，以确保与数据生成同步推进。在较低收入国家中，领先者会突然崛起，将竞争对手

远远甩在身后，但在高收入国家中，这种差异并不明显。所有市场参与者都已达到较高的数字化水平，他们的竞争优势在于对领先能力的把握，而非在基础设施方面与其他国家拉开差距。

基础设施底层能力推动进步

图 12 还展示了数据价值链中的两个中间层：数据传输、数据处理与存储，它们是数据生成与数据应用之间的桥梁。通过回归分析可以看出它们的重要性，在高收入国家中数据处理与存储的能力是推动数据应用的另一个关键因素。这些都是基础设施底层能力，能够支持大规模的高级数据分析、自动化和人工智能的落地应用。相比之下，数据传输对进一步提升应用收益的贡献有限，这是因为电信和云标准已经高度标准化，这类国家的数据传输速度和质量相对一致。

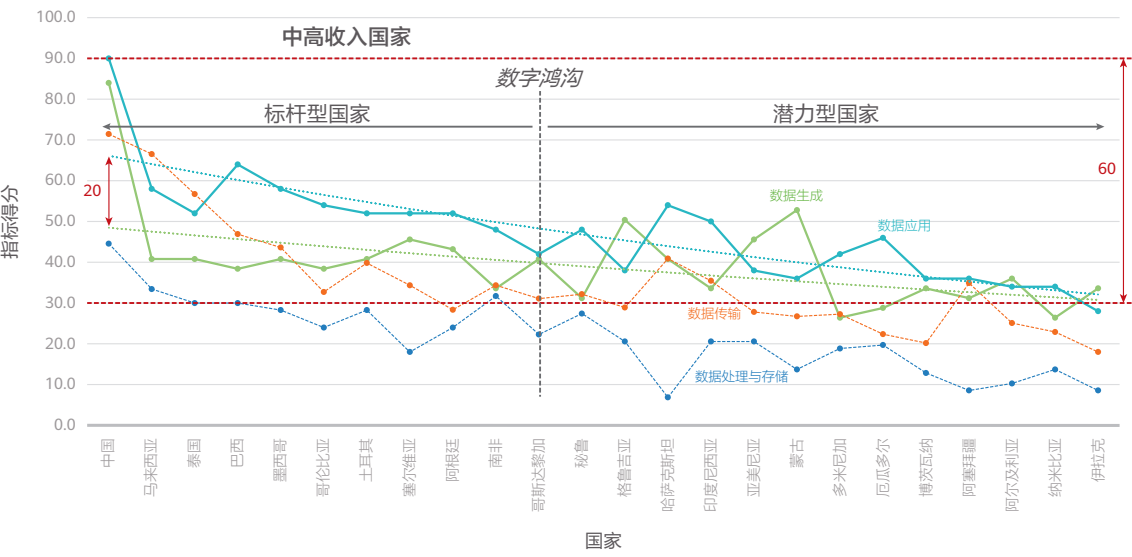
未来数据规模化应用面临的挑战

这揭示了高收入国家面临的一个关键制约因素：尽管数据应用与数据生成呈协同发展趋势，但未来的规模化应用将高度依赖数据处理和存储能力的提升。如果没有持续对这些底层能力进行投资，将会严重限制释放下一波数据驱动创新的能力。

中高收入国家：日益扩大的数字鸿沟

图 13：中高收入国家出现数字鸿沟

数据应用 = 17.4 + 0.51 (数据传输) + 0.55 (数据处理与存储) R² = 0.77



双螺旋结构的两极分化阶段

在数据生成与数据应用方面，与高收入国家呈现协同发展的情况不同，中高收入国家之间的差异最为明显（见图 13）。这类国家的指标评分跨度很大，从接近高收入国家的 90 分到略高于 30 分，有将近 60 分的跨度。

不同于高收入国家之间微小而渐进的分化，这类国家的分差反映出数字化标杆型国家与潜力型国家之间的巨大鸿沟。部分这类国家的数字成熟度已逼近高收入国家水平，而另一些国家的表现却更接近中低收入国家的基准线。

中高收入国家的另一显著特征在于数据生成与数据应用之间存在较大差距。平均而言，数据应用的得分比数据生成高约 20 分，而高收入国家在这方面仅有 5 分的差值。这种失衡表明，很多中高收入国家擅长部署和应用全球技术及外部平台，但在生成和管理自身数据资产方面能力不足。在这类国家

中，标杆型国家通常凭借较强的落地应用能力成为区域数字中心，但其数据生成能力仅处于中等水平。其他国家则因生态系统较弱和基础设施有限，数据应用成果相对有限。

这一现象源于发展的不均衡。快速工业化往往导致投资环境偏向应用层（即分析工具、人工智能解决方案和云技术应用），而忽视了本地平台建设和数据治理等有助于数据生成的底层要素。这使得许多国家不得不依赖进口平台和外部数据集。

政策与制度层面的碎片化进一步加剧了这种分化。高收入国家普遍采用统一的数字标准，而中高收入国家之间在政策方向、监管能力和执行方面存在显著差异。这类国家中的标杆型国家已建立起完善的政策体系和私营部门生态系统，而潜力型国家在这些领域仍举步维艰。这就形成了明显的“追赶”态势：领跑者加速迈向高收入国家的基线，而其他国家却停滞在接近中等偏下收入国家的水平。

回归分析印证了这种分化。国家表现与基础设施之间存在高度关联性 ($R^2 = 0.77$)，在联接已标准化的高收入国家中，这种关联性更强。两类国家中的标杆型国家都已将高效的数据传输能力与强大的数据存储和处理基础设施相结合，因此数据应用速度超越数据生成速度。反之，潜力型国家则受限于薄弱的基础设施，即使数据生成能力有所提升，仍无法实现数据的规模化应用。

其最终结果是，标杆型国家往往采用“应用优先”的模式：优先发展高级数据分析、人工智能工具和全球平台，以便释放现有数据的价值，即便可获取

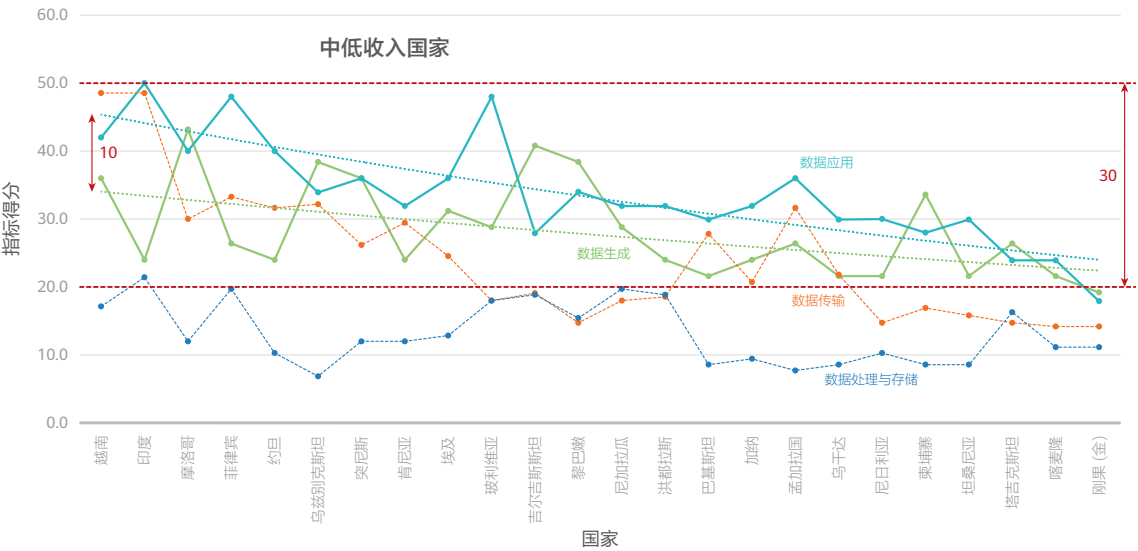
的本地数据规模并不大。而潜力型国家则始终受限于薄弱的网络联接、数据处理及存储基础设施。

中高收入国家呈现出“双螺旋”结构中两级分化最明显的发展形态。分化是这类国家的主要特征：部分国家凭借强大的“应用优先”模式成为数字领跑者，另一些则仍处于部分数字化阶段。与高收入国家呈现协同发展态势或中低收入国家呈现双低发展态势不同，中高收入国家的发展态势表明，基础设施投资特别是数据传输、处理与存储基础设施对于发展快慢起到关键作用。

中低收入国家：双低发展与结构性停滞

图 14：双低发展表明中低收入国家存在系统性制约

数据应用 = 14.5 + 0.50 (数据传输) + 0.54 (数据处理与存储) $R^2 = 0.58$



与高收入国家的协同发展态势和中高收入国家的两极分化发展态势不同，中低收入国家普遍面临**双低发展**与系统性制约问题，如基础设施薄弱、技能人才短缺和培养不足以及碎片化治理。这类国家普遍受到相似的影响，导致整体**表现欠佳**，且彼此之间**几乎不存在差异化特征**。

制约这类国家发展的因素贯穿数字价值链的各个环节：宽带普及率有限、云化率较低和物联网部署不足阻碍了数据生成；薄弱的人才储备和制度体系限制了数据应用。这类国家尚无任何一国实现突破并成为标杆型国家。

数据应用与数据生成之间的得分差距不大，但持续存在（见图 14），这反映出这些国家部署了一些全球工具。然而，由于缺乏可支持大规模数据生成、管理与存储的本国基础设施，它们无法将这种优势转化为实质性突破。实际上，这些国家都处于数字生态系统的初级阶段，依赖外部工具而非培养内部能力。

这类国家仅有少量表现突出者，但总体表现欠佳。

这表明，它们的重点不应局限于缩小数据生成与数据应用之间的差距，而需要全面提升两者的基础水平以推动发展。选择性投资是中高收入国家数据生成与数据应用出现分化的原因，而这类国家由于受到结构性停滞的影响，没有任何一个国家能够显著超越其它同类国家。

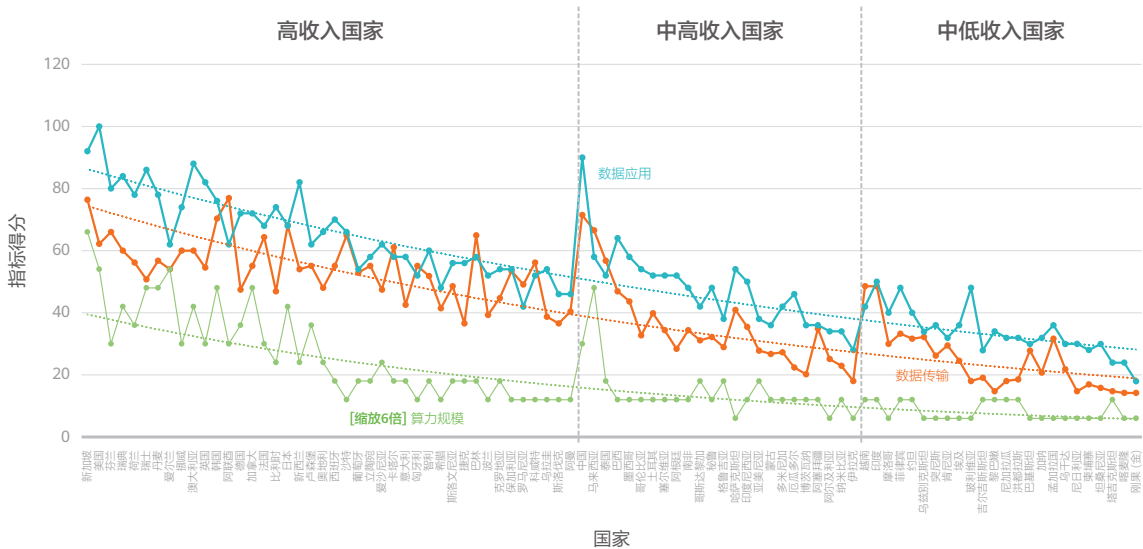
回归分析（ $R^2 = 0.58$ ）证实，中低收入国家的数据传输与数据处理及存储同样处于滞后状态，成为制约发展的双重瓶颈，而非差异化使能要素。与更高收入国家相比，这些国家的基础设施改善与应用成果之间的关联性较弱，这表明即使传输、处理和存储基础设施得到改进，技能、治理和生态系统成熟度等系统性障碍仍将持续制约它们的发展。

中低收入国家是“双螺旋”模式中受制约最严重的一类国家。其他收入群体国家需要关注减少两极分化或提升领先能力，而这类国家必须突破系统性障碍，因为这些障碍导致其在各方面的表现普遍欠佳。这些国家需同时开展联接、云基础设施、治理和人力资本的投资，才能积聚发展动能，实现差异化突破。

数据传输基础设施先行，算力随后

图 15：数据传输和算力在数据应用中的作用

数据应用 = 17.7 + 0.5 (算力规模) + 0.6 (数据传输) R² = 0.79



在各国的人工智能战略中，算力（如人工智能计算集群、GPU 和加速器）常被视为构筑数字竞争力的关键要素。然而，深入分析表明，数据传输基础设施的作用更为关键，其对整体数据应用效果的影响显著高于算力（见图 15）。实际上，回归分析结果表明，数据传输对数据应用的影响更大，其贡献系数为 +0.6，而算力的贡献系数仅为 +0.5。

这一发现印证了一个简单的道理：要想富，先修路。正如现代经济离不开高速公路和物流网络，人工智能生态的繁荣发展离不开强大的数字高速公路。数字高速公路是实现计算节点、数据中心、企业和用户之间高速、低时延互联的关键基础设施。

如果没有数字高速公路，再强大的单点算力也将难以充分发挥价值，无法支持分布式人工智能训练、云服务以及边缘与核心网络集成所需的高速数据传输需求。这一问题变得日益严峻，因为人工智能的发展亟需：

- » 存储与计算集群之间的大规模数据传输。
- » 边缘、云和数据中心生态之间的实时响应。
- » 跨境、跨行业互联，支持大规模训练和推理任务。

因此，政策制定者应优先考虑投资数据传输基础设施，然后再扩展算力资源。具体措施包括：

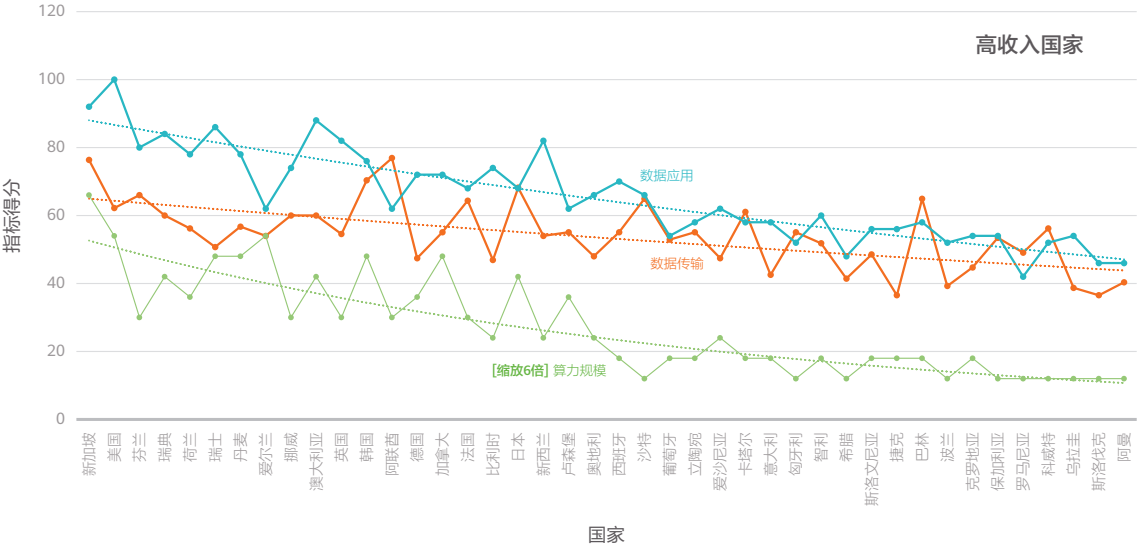
- » 加速部署高速光纤和海底电缆。
- » 打造高度互联的数据中心枢纽。
- » 部署低时延的边缘与核心互联的网络。
- » 支持标准和互操作性，实现无缝跨境数据交换。

正如修路能推动商业繁荣，建设数据传输基础设施有助于释放算力的价值。率先投资互联基础设施的国家将能充分释放算力的价值；而只关注算力的国家则可能面临“数字孤岛”的风险，导致算力资源无法充分利用。

高收入国家：算力是关键差异化因素

图 16：算力是高收入国家数据应用的强大引擎

数据应用 = 36.5 + 0.7 (算力规模) + 0.2 (数据传输) R² = 0.64



在高收入国家中，算力和数据传输基础设施对数据应用效果均有重大影响，但算力的影响更为显著。这是因为这些国家已受益于强大的光纤骨干网、丰富的互联网交换点、电缆登陆站和先进的云互联枢纽所构成的密集互联生态。这些国家的数据传输基础设施已经非常完善，因此算力有机会脱颖而出，成为关键的差异化因素。

然而，为保持领先地位，这些国家不能只依赖传统的互联基础设施，还应加速 5G 及 5G-A 网络的部署，将高带宽、低时延的联接进一步延伸至边缘环境，因为这些网络是支持分布式人工智能训练、实

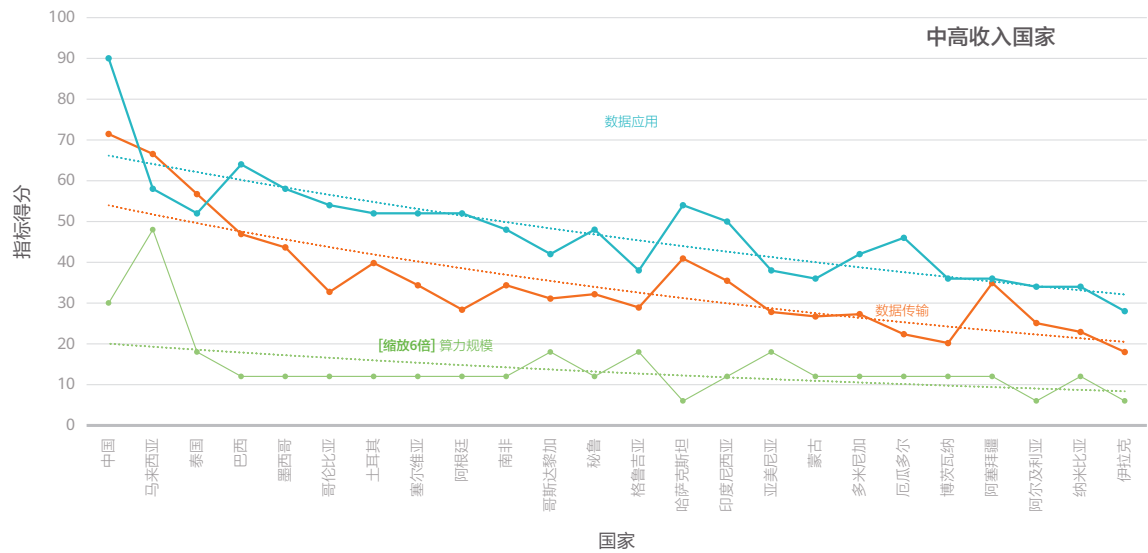
时分析、沉浸式应用及大规模跨境数据流动的关键。如果不继续投资建设先进的移动网络基础设施，这些国家可能在边缘环境遇到瓶颈，导致其无法充分利用先进算力。

因此，高收入国家不仅要平衡超强算力与现有互联基础设施之间的关系，还要在发展光纤和云骨干网的基础上，推进下一代无线网络的建设。通过这一系列举措，高收入国家可确保数据流动性、云边集成及全球人工智能协作与计算增长同步，从而巩固其在全球数字创新领域的领先地位。

中高收入国家：先建数据传输基础设施，再发展算力

图 17：数据传输是中高收入国家数据应用的主要驱动力

数据应用 = 19.0 - 0.4 (算力规模) + 1.0 (数据传输) R² = 0.73



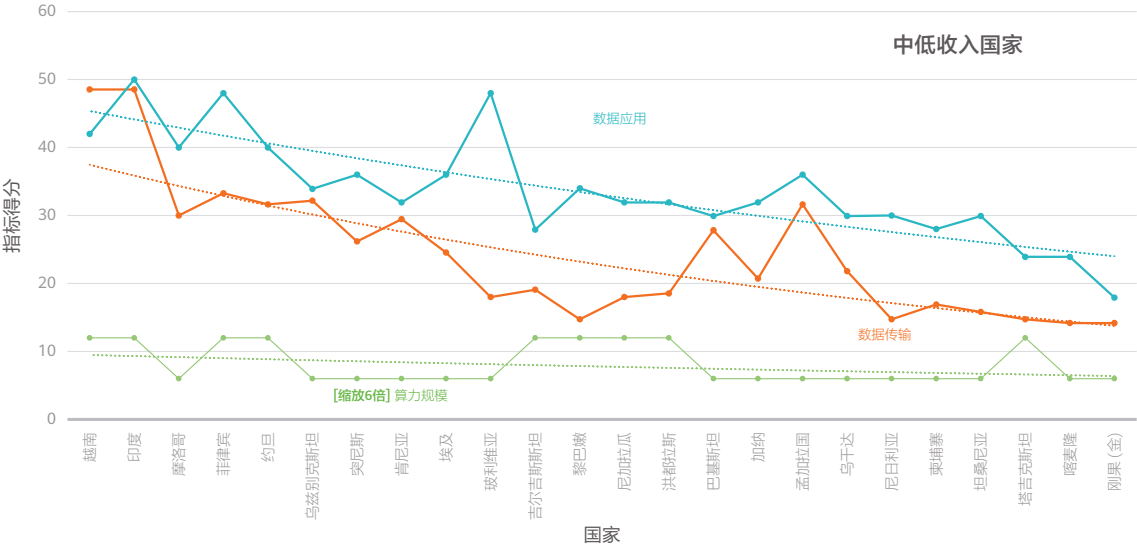
研究表明，中高收入国家的情况与高收入国家截然相反。在中高收入国家，数据传输已成为数据应用的主要驱动力，而算力与数据应用呈现负相关关系。这凸显了一种结构性失衡：虽然中高收入国家正在建设数据中心集群，但由于缺乏数字高速公

路，大量建成的算力资源处于闲置状态。因此，中高收入国家应优先投资建设国内骨干网、区域互联网络及海底电缆。只有当数字高速公路建成后，算力投资才能真正实现其预期价值。

中低收入国家：夯实基础底座

图 18：中低收入国家的算力和数据传输基础设施均有待完善

数据应用 = 18.5 + 0.3 (算力规模) + 0.5 (数据传输) R² = 0.50



在中低收入国家，计算和数据传输基础设施均不够完善，但数据显示，联接对数据应用的边际效应更为显著。在此阶段，重点不应放在建设高性能集群上，而是要打造基础底座，如可负担的宽带、跨境联接和初级互联网交换设施。若缺乏这些基础要素，无论建设多少算力基础设施，人工智能的应用将局限于零散的试点项目，难以实现规模化落地。

构筑联接，释放算力的乘数效应

在所有国家中，释放算力投资潜力的关键均在于推进数据传输基础设施的建设。光纤网络、海底联接、区域对等互联以及边缘与核心网络的集成构成了全球数据流通的骨干网络，而 5G/5G-A/F5G 正逐渐成为边缘网络发展的关键使能技术。

5G 凭借其高带宽、低时延的联接特性，能够将先进的数字服务从核心枢纽延伸至更广泛的区域，为移动应用、工业自动化和实时数据分析提供强大支撑。而 5G-A 则更进一步，以更强大的上行链路容量、确定性时延和大规模物联网扩展能力，为分布式人工智能训练、沉浸式应用和云边集成提供了坚实的技术基础。

这些技术将确保算力全面互联，而非孤立存在，从而将原始算力转化为实际生产力。忽视有线和无线数据传输重要性的国家可能成为“数字孤岛”，尽管拥有强大的算力，但却难以充分释放其潜能。反之，那些将强大的骨干网与 5G 及 5G-A 网络相结合的国家，将在实现无缝数据流动、实时智能及全球数字竞争力提升等方面占据领先地位。

数据传输需求增长

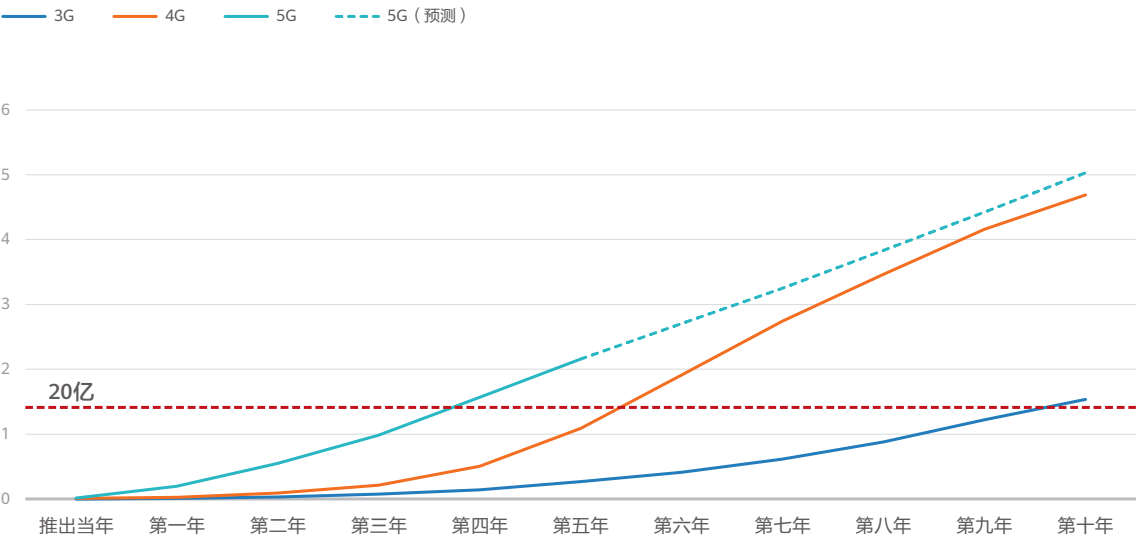
联接是数智化转型的引擎

高性能移动联接是数智化转型的基石。随着全球 4G 覆盖率接近 95%，全球的关注点已转向 5G 及其演进趋势。截至 2024 年底，5G 连接数突破 20 亿大关，覆盖了全球一半人口，其中北美、中国、亚太地区发达国家和海湾阿拉伯国家合作委员会国家处于领先水平（见图 19）。与前几代移动通信技术不同，5G 专为工业环境设计，提供超低时延、

支持海量设备联接和网络智能。此外，而 5G 的演进版——5G-A 集成了人工智能、卫星通信和高级自动化技术，从而在消费者和企业应用中解锁了新的可能。⁷

5G 独立组网（SA）将成为未来转型的核心，因为它支持网络切片、自动化、物联网部署和超高可靠性通信。对消费者而言，5G 独立组网支持带宽密集型应用，如增强现实（AR）、虚拟现实（VR）和游戏；对企业来说，5G 独立组网是实现人工智能驱动运营、实时分析和跨行业数字化的基础。

图 19：全球 3G、4G 和 5G 自推出以来的连接数增长趋势（单位：十亿）



资料来源：GSMA 智库

⁷ 《5G-A 时代：5G 演进对移动核心网的重要意义》，GSMA 智库，2024，
<https://www.gsmainelligence.com/research/research-file-download?reportId=50831&assetId=7586>

5G 与人工智能之间的协同效应

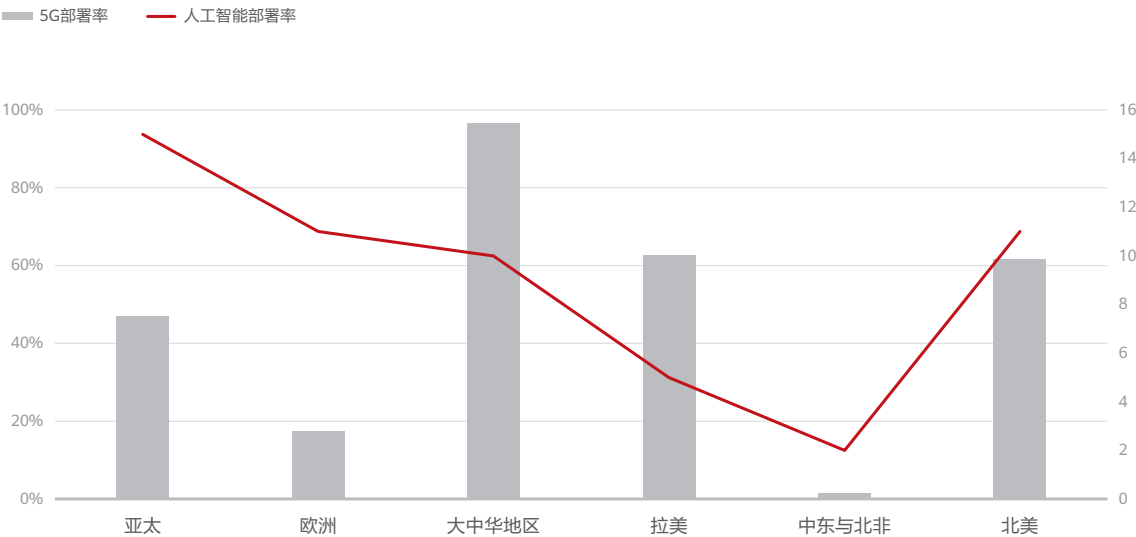
5G 和人工智能相辅相成：先进的联接助力人工智能规模化发展，而人工智能助力打造更加智能、高效的电信网络。

人工智能对电信行业的作用与其对其他行业的作用同样重要。全球已有 37 家运营商开始部署人工智能解决方案。早期的关注焦点是客户关怀，占 GSMA 智库所跟进的运营商人工智能方案部署的一半。网络则是另一大重点领域，约占所有方案的 20%。人工智能通过优化网络性能、降低运营成本（Opex）和

资本支出（Capex），极大提升效率，实现网络自动化运营。例如，人工智能可用于优化无线接入网，确保其在同样的吞吐量和服务水平下，大力节约资源。⁸

在初期阶段，大多数电信行业的人工智能举措主要用于节约成本。然而，新的收入模式正在逐渐显现，如 GPU 即服务（GPUaaS）和代理式人工智能平台。随着人工智能应用进入深水区和不断成熟，运营商有望解锁全新的服务类型。⁹2024 年，代表全球 5G 连接总数 68% 的运营商已将人工智能纳入其商业模式，这凸显了人工智能与先进联接技术之间日益紧密的关系（见图 20）。

图 20：2024 年各地区 5G 部署率和人工智能部署率



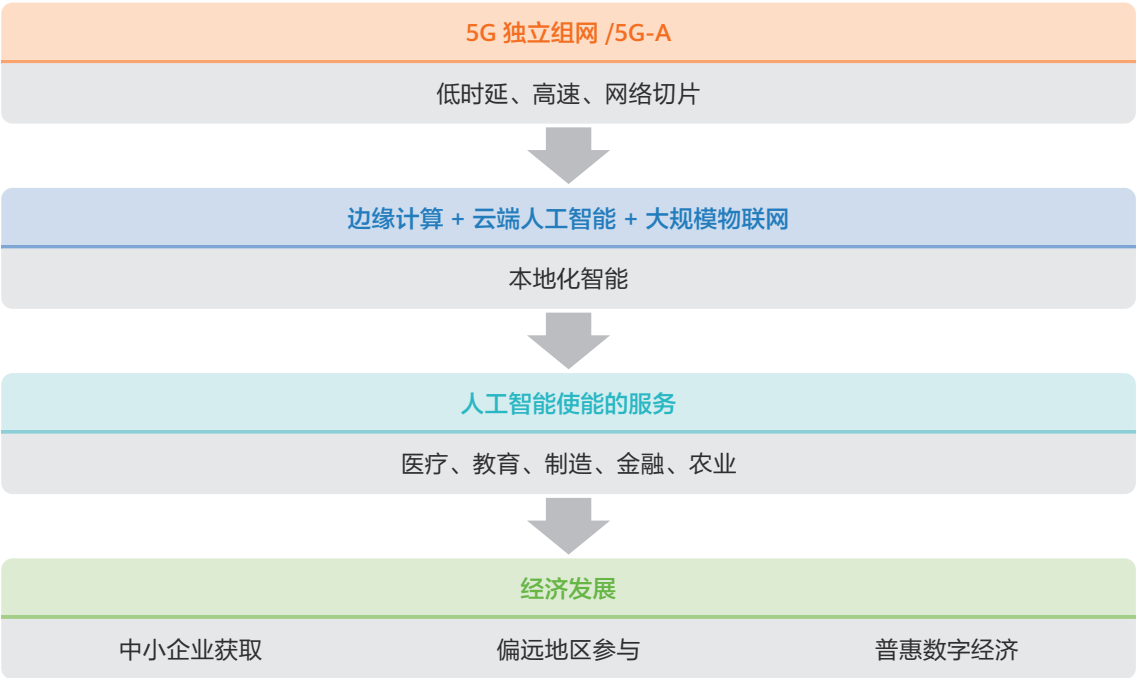
资料来源：GSMA 智库

⁸ 《移动人工智能时代：对移动网络的深远影响》，GSMA 智库，2025，
<https://www.gsmainelligence.com/research/the-mobile-ai-era-what-it-means-for-mobile-networks>
⁹ 《电信 AI：2025 年第二季度市场现状》——人工智将创造全新可能，GSMA 智库，2025，
<https://www.gsmainelligence.com/research/telco-ai-state-of-the-market-q2-2025>

人工智能模型大多依赖云和强大的算力支持，需要快速、低时延的联接才能高效运行。5G 独立组网和 5G-A 作为关键使能技术，助力打造“数字高速公路”，为人工智能任务的大规模、实时交付提供了坚实保障。这些网络对将人工智能服务扩展到低

收入或偏远地区尤为重要，否则这些地区可能面临在数智经济中被边缘化的风险。例如，语言翻译应用促进了教育的普及，远程医疗服务为农村地区提供医疗保障，而移动应用则为农民提供了基于人工智能的害虫诊断服务（见图 21）。

图 21：缩小人工智能时代的数字鸿沟



展望未来，5G-A 将通过增强移动性、高可靠性和沉浸式用户体验的应用（如扩展现实（XR）、卫星集成和多播服务），进一步提升 AI 部署的价值。5G-A 的部署自 2024 年初在中国大陆启动，目前已扩展至芬兰、印度、科威特、中国澳门和美国。据 GSMA《2025 年网络转型调研》报告，79% 的运营商计划在未来两年内部署 5G-A，四年内这一

比例将升至 93%。运营商认为，网络性能优化、效率提升和网络管理强化是主要应用场景。¹⁰

这些趋势凸显了强大的乘数效应：人工智能助力打造更灵活、高效的电信网络，而新一代 5G 基础设施则确保人工智能的广泛、大规模普及。数据传输与智能之间的协同作用将成为下一波数字化浪潮的核心。

¹⁰ 《聚焦运营商：2025 年网络转型调研仪表盘》报告，GSMA 智库，
<https://www.gsmaintelligence.com/research/operators-in-focus-network-transformation-survey-dashboard-2025>

经济影响和案例

移动技术已成为全球经济增长的重要引擎，2024 年贡献了 6.5 万亿美元（占全球 GDP 的 5.8%），预计到 2030 年将增加至 11 万亿美元。这一增长不仅反映了移动服务在消费者人群中的广泛普及，还体现了数字化对企业及各个行业的深远影响。¹¹

移动技术的总体经济贡献通常可以归为以下三种类型的影响：直接影响、间接影响和生产力影响。首先，直接影响源自移动生态本身，涵盖运营商、基础设施和设备供应商以及内容和服务提供商。其次，间接影响体现在行业在供应链中的采购活动，促进了相邻行业的销售和价值创造。最后，生产力影响源于联接所带来的信息获取改善、效率提升、创新驱动和新商机等革命性变化。生产力影响反映了移动技术给电信行业之外的其他领域带来的不可量化

的增长收益，如技术进步，管理优化及环境影响。

数智化转型的效益在企业层面最为显著，5G 将成为新收入来源，为流程创新和重大生产力提升奠定基石。通过支撑实时响应和自动化，5G 重新定义了联接的价值，从后台支持转变为竞争力提升的核心引擎。

以电商和直播为例，借助 5G 独立组网，线上零售从简单的交易升级为完全沉浸式、互动的体验。通过超高清流媒体、低时延互动和 AR/VR 产品试用等功能，5G 不仅将数字商务转变为强大的增长引擎，能够同时触达数百万用户，也为小型创业者和农村地区的创业者开拓了新的市场。同样，在制造业，西门子利用远程虚拟工厂检查，展示了 5G 如何降低运营成本、加速项目交付，并扩大先进服务的跨境覆盖范围。

案例：5G 驱动的中国直播电商繁荣

中国在电商直播和 5G 独立组网领域均处于全球领先地位，两者相辅相成：

- » 大规模超高清流媒体：在“双十一”等大型购物节期间，数百万用户同时观看 4K 直播。5G 独立组网确保了稳定、高质量、零时延的视频传输，这对产品展示至关重要。
- » 实时互动：卖家能够即时响应用户提问。低于 10 毫秒的时延确保了对话的流畅性，避免了因时延导致的信任流失或转化率下降。
- » AR/VR 产品试用：借助 5G 高速度和边缘计算，平台开始在直播中引入 AR 试穿、试用功能（如化妆品、服装）。

中小企业普惠：农村创业者和小型商家现在可以通过手机直播触达全国观众，突破传统零售的限制。



¹¹ 《移动技术对经济的影响预测》，GSMA 智库，2025，
<https://www.gsmaintelligence.com/research/research-file-download?reportId=63284&assetId=63735>

移动技术的效益分配出现明显分化。展望 2030 年，5G 在高收入国家的渗透率有望突破 120%，而在中低收入国家仅为 55%，进一步确立了 5G 在全球移动技术领域的主导地位。这一差距将深刻影响各区域间利益的分配格局。

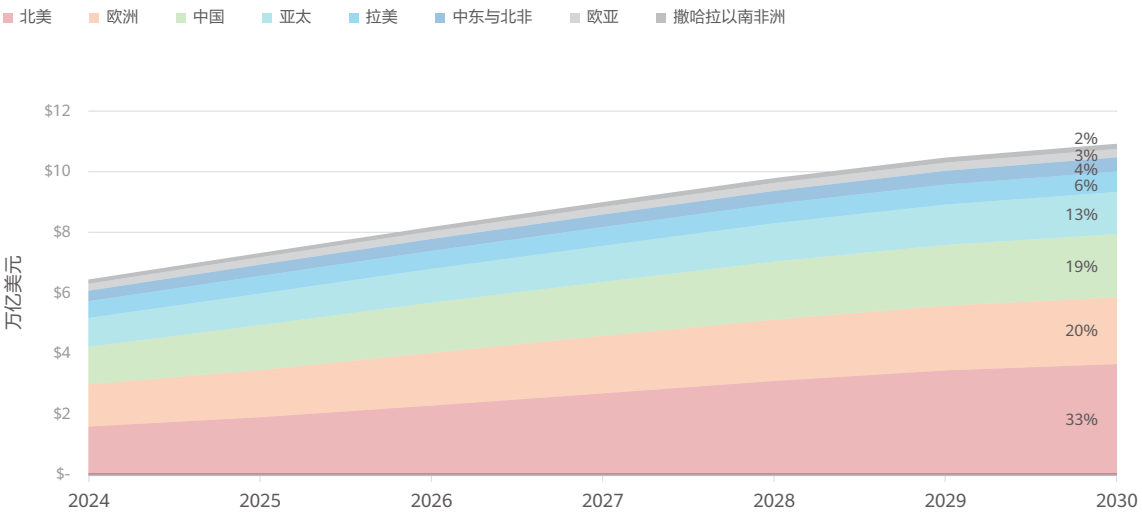
在区域层面，北美的移动经济对 GDP 的贡献度将从 2024 年的 25% 攀升至 2030 年的 33% 左右，紧随其后的是欧洲（22%）与中国（19%）。相比之下，由于 5G 部署滞后，撒哈拉以南非洲和欧亚地区移动经济对 GDP 贡献的份额较低（见图 22）。

产业维度同样彰显地域特色。在撒哈拉以南非洲，四分之一的移动经济红利惠及农业，反观欧洲和北美，该比重仅为 1%-2%。在中国，制造业成为最

大受益者，份额高达 40%。拉丁美洲的服务业异军突起，创造了当地三分之一的移动经济价值（见图 22）。这不仅折射出各地联接水平的差异，更深刻映射出其独特的产业结构特征。

移动技术在全球各区域和各行业间的普及程度参差不齐，这种不平衡既孕育着巨大变革机遇，也暗藏风险。发达国家凭借其完善的互联网生态占据先机，坐享数智化发展红利；相比之下，众多发展中国家仍停留在数字技术消费端的角色，难以实现向数字创新生产者的跨越式转变。要弥合这道“数字鸿沟”，必须聚焦三大核心领域：夯实数据传输基础设施建设、提供经济实惠的频谱资源、完善产业生态布局。唯有如此，才能让移动技术创新真正转化为普惠全球的生产力引擎。

图 22：各地区移动技术对经济的贡献（2024-2030）



来源：GSMA 智库

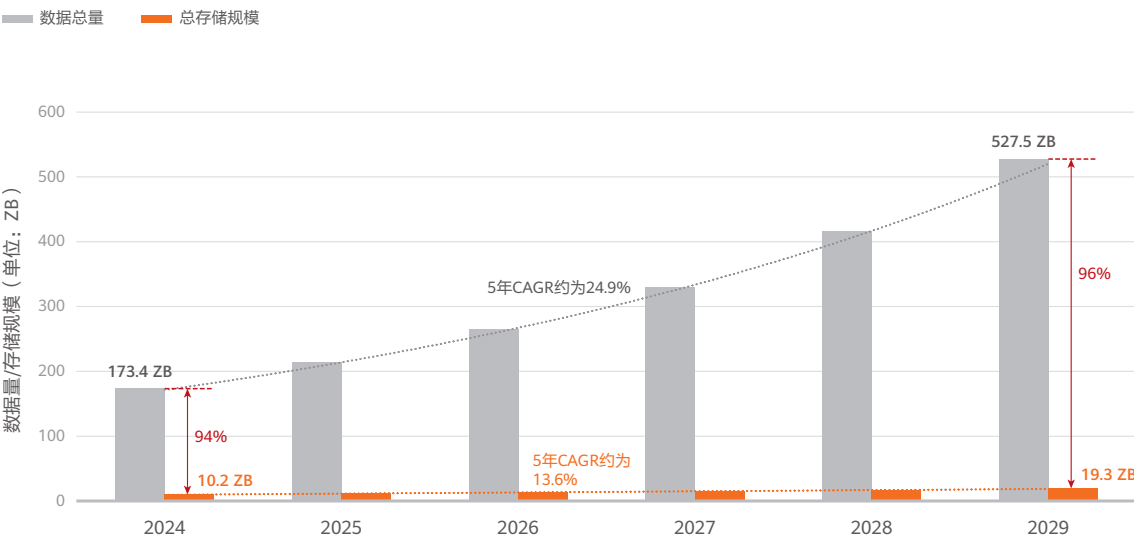
风险与政策优先事项

发达国家在 5G 和 AI 领域突飞猛进，但众多发展中国家却面临掉队风险，进一步拉大数字鸿沟。若不能大

力投入建设“数字高速公路”，发展中国家或将沦为技术的被动接受者，错失积极参与全球数字化浪潮的良机。为此，政策制定者亟需打造有利生态：吸引投资、保障频谱资源可负担得起、鼓励创新与良性竞争。

数据存储至关重要

图 23：IDC 全球数据圈（DataSphere）和存储圈（StorageSphere）：数据生成总量 vs. 存储装机总容量



全球数据生成量与存储规模装机量之间的差距不断扩大（见图 23），这不仅反应了基础设施的不完善，更突显了与数据价值挖掘、管理和保存相关的结构性挑战。IDC 预测，全球数据生成量（包括新生成和复制的数据）将从 2024 年的 173 ZB 增加到 2029 年的 527 ZB，而存储规模的增长仅从 10 ZB 增长至 19 ZB，远低于数据增长速度的一半。到 2030 年，全球将有超过 94% 的已生成数据面临废弃或丢失风险，进一步凸显了在数据存储领域加大投资和制定新策略的紧迫性。

但问题远不止存储规模。决定数据去留的关键在于其性质、价值和生命周期。

- » 大量数据是临时数据，在消费后即被丢弃，如流媒体视频、游戏和物联网终端产生的数据。
- » 企业数据中有 60% 到 80% 属于“暗数据”，这些数据生成后从未被分析或利用，最终在未创造任何商业价值的情况下逐渐遗失。
- » 经济和合规因素也决定了企业数据留存的时间。

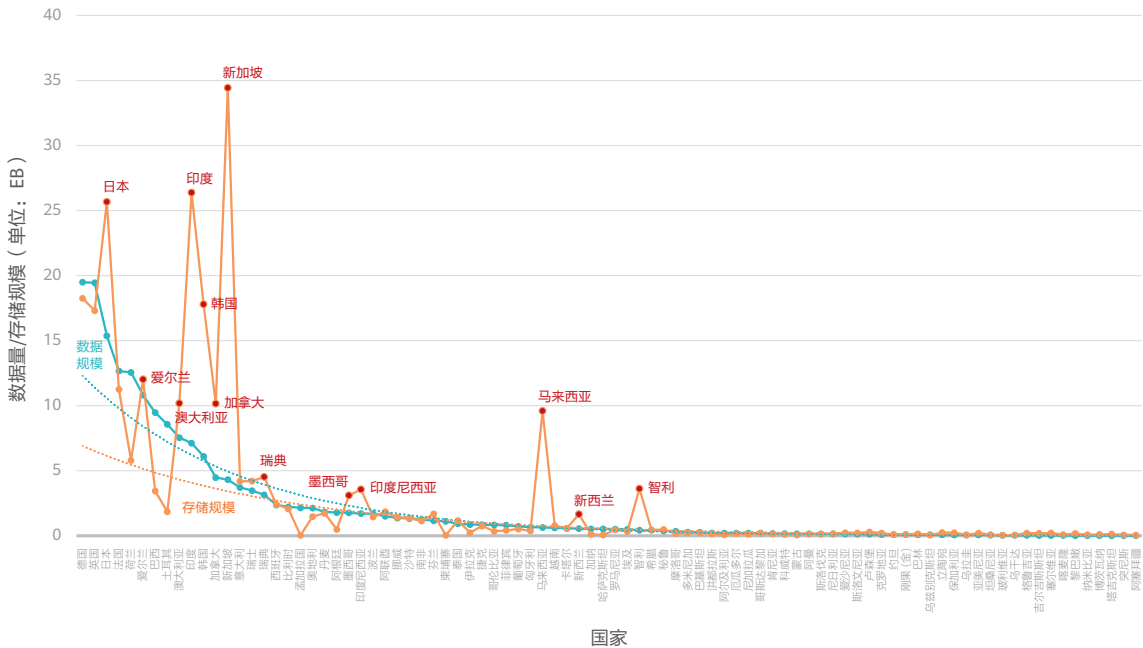
长。企业往往需要在规定期限后主动删除相关数据。

- » 从数据生成、加工到选择性存储和归档 / 删除，这整个生命周期本身就是一个筛选过程，决定了哪些数据会被留存。

以上因素解释了为何目前仅有极少数数据得以长期保存。然而，随着人工智能、预测分析和数智化转型不断加速，数据的价值正被重新定义。随着大模型不断优化和监管要求的变化，曾经被视为可丢弃的“暗数据”如今可能变为战略性资源。

若不加大对可扩展、高性价比存储解决方案的投资，企业将面临错失宝贵的数据资产、拖累人工智能的发展步伐，甚至触碰合规监管红线。如果解决结构性存储鸿沟问题，企业不仅会在技术创新上举步维艰，还将在以数据为核心的市场中逐渐失去竞争力。只有未雨绸缪，构建兼顾经济效益、合规遵从和技术创新的强有力存储战略，企业才能充分利用数据资源，并从中获取长期价值。

图 24：各国数据规模 vs. 各国存储规模



如图 24 所示，数据生成量与存储规模之间的关系跨越了地理边界，直接反映了全球数智基础设施的整体发展水平。从 90 个样本国家中，我们可以看出一个明显趋势，绝大多数国家的数据生成量远超本土存储装机容量，这表明存储缺口已成为全球性挑战。

然而，也有部分国家的存储规模装机量超过了本土数据生成量。但这些特例主要是因为这些国家扮演着区域乃至全球化数据中心枢纽的特殊角色。这些国家的基础设施不仅要满足本国企业的存储需求，还要承担辐射周边国家和跨国企业的重任。

例如：

- » **新加坡、爱尔兰、日本**：凭借全球领先的数据中心枢纽地位，吸引了大量投资，业务辐射周边整个区域。
- » **瑞典、加拿大、澳大利亚**：凭借得天独厚的绿色能源资源、战略性地理位置和先进的联接基

础设施，已成为区域性数据中心的重要节点。

- » **马来西亚、印度尼西亚、智利、印度**：作为新兴的数据中心市场，已提前布局存储设施以满足未来的消费需求。其中，印度的潜在市场规模远超现有数据体量，预计相关领域投资将迎来爆发式增长。

在现实中，一个国家生成的数据并非都存储在本国境内。拥有成熟数据中心生态的国家能向外输出其存储容量，为更大范围乃至全球提供服务。而众多数据规模大但本地设施匮乏的国家则成为存储服务净进口国，依靠跨境存储服务来满足数字化需求。

这种失衡将造成多方面的深远影响：

- » **选择性留存数据势在必行**：企业在权衡成本、合规与战略价值后，不得不作出数据去留的取舍。
- » **边缘处理增加**：更多数据在进入核心存储系统前会经过筛选和分析，这可能造成原始数据的丢失，而这些数据对未来人工智能和分析技术

的发展非常重要。

- » **可持续发展挑战加剧**：激增的存储需求将推升成本和能耗（数据压缩、去重及分层），需持续在能效技术上寻求突破。
- » **无可挽回的机会成本**：数据一旦被丢弃，就无法复原用于分析，这将影响人工智能的效果，阻碍创新，进而削弱市场竞争力。

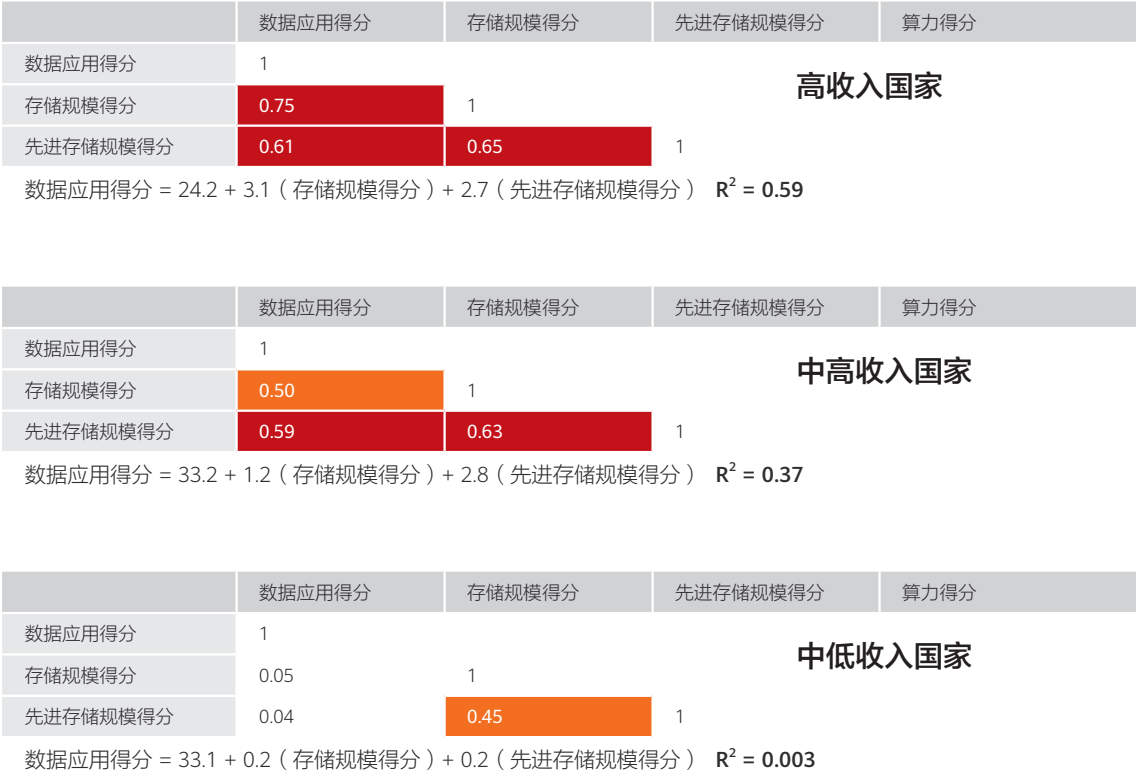
要解决全球存储缺口问题，单纯扩大存储规模远远不够。我们亟需加大对下一代基础设施的定向投

资，如超大规模数据中心、边缘计算设施和云原生存储系统。同时，还应通过人工智能驱动的数据管理和先进数据生命周期策略，最大化存储数据的价值并降低损耗。

长远来看，数据存储地与数据生成地的地理界限将进一步模糊。对此，企业、政府和相关服务提供商需制定涵盖国内外基础设施的整体布局策略，确保即便在全球存储资源紧张且分布不均衡的情况下，仍能实现关键数据高效、安全、可靠获取。

存力释放数据应用潜能

图 25：存储规模和先进存储规模与数据应用之间的相关性和回归分析



各国因收入水平差异，存储设施对数据应用的促进作用大相径庭（见图 25）。无论是基础存储规模与先进存储规模，都是实现数字化目标不可或缺的基石。

高收入国家：存储规模与质效齐发力

在高收入国家，基础存储规模（相关系数 0.75）和先进存储规模（相关系数 0.61）均与数据应用得分密切相关。回归分析（ $R^2 = 0.59$ ）进一步验证了两者均为影响数据应用得分的关键要素。这表明，在发达地区，凭借成熟可靠的存储底座，企业可以高效地收集、留存并重复利用数据。此外，分布式、分层云原生先进存储架构则进一步提升了存储效率和可靠性。

IDC 洞察：“充足的存储资源和尖端存储技术结合，不仅能确保数据应用的高效扩展，更能全面挖掘数据价值，最大限度降低损失。”

中高收入国家：先进存储规模是关键差异化因素

在中高收入国家中，虽然基础存储规模的作用不容忽视（相关性 0.50），但先进存储规模对数据应用的影响更为显著（相关性 0.59）。回归分析结果（ $R^2 = 0.37$ ）显示，相比基础存储规模，先进存储规模对数据应用的推动作用更明显。这表明，随着数据密度的持续增长，单纯扩大存储规模已无以为继。

此时，引入高性能全闪存存储系统成为破局之道。

此类系统能为数据密集型应用（人工智能、实时分析和数字化服务）提供所需的高性能、低时延和高可靠性。全闪存基础设施不仅有助于解决大规模服务的性能瓶颈问题，还能确保系统的稳定运行和迅捷反应。对于需求快速增长的国家而言，全闪存存储是一项基础性投资，不仅有助于充分释放数据应用的潜能，还能最大限度地弥补数据和性能上的不足。

IDC 洞察：“投资先进存储规模，尤其是全闪存架构，是确保数据安全与释放应用价值的关键。缺乏这类投资将显著削弱数据可靠性和完整性，进而影响数据分析、人工智能和自动化技术的发展。”

中低收入国家：存储规模是一项制约因素

在中低收入国家，基础存储规模（相关系数 0.05）和先进存储规模（相关系数 0.04）对数据应用的影响都微乎其微。回归分析（ $R^2 = 0.003$ ）证实了这一结论，表明这两种存储规模都难以支撑应用的发展。这反映出这些国家的存储基础设施尚不完善，存储规模有限，而先进的存储技术要么缺失要么尚未成熟。这种状况导致数据分散且不可靠，削弱了对数字化方案的信心，进而影响了数据应用的普及。

IDC 洞察：“没有坚实的存储底座，再先进的应用也只是空中楼阁。数据碎片化和缺失会严重阻碍数智化转型进程。”

数据生成规模与存储规模成熟度

图 26：存储规模和先进存储规模与数据生成之间的相关性和回归分析

	数据生成得分	存储规模得分	先进存储规模得分	算力得分
数据生成得分	1.00			
存储规模得分	0.73	1.00		
先进存储规模得分	0.78	0.65	1.00	

高收入国家

数据生成得分 = 11.7 + 1.7（存储规模得分）+ 5.7（先进存储规模得分） R² = 0.70

	数据生成得分	存储规模得分	先进存储规模得分	算力得分
数据生成得分	1.00			
存储规模得分	0.73	1.00		
先进存储规模得分	0.49	0.63	1.00	

中高收入国家

数据生成得分 = 26.0 + 3.3（存储规模得分）+ 0.3（先进存储规模得分） R² = 0.54

	数据生成得分	存储规模得分	先进存储规模得分	算力得分
数据生成得分	1.00			
存储规模得分	0.44	1.00		
先进存储规模得分	0.36	0.45	1.00	

中低收入国家

数据生成得分 = 22.0 + 2.2（存储规模得分）+ 1.5（先进存储规模得分） R² = 0.23

不同收入国家在获取和留存新生成数据方面的能力存在明显分化（见图 26），反映出各国在存储基础设施成熟度与先进存储规模部署水平上的差距。通过深入分析高收入、中高收入和中低收入国家的相关性与回归分析结果，我们发现充足的存储资源是将生成数据转化为可用且可留存数据集的关键作用。

高收入国家：先进存储规模具有乘数效应

在高收入国家，数据生成与存储之间表现出强相关性。存储规模与数据生成的相关系数为 0.73，

而先进存储规模与数据生成的相关性更强，达到 0.78。回归分析进一步表明，先进存储规模是最关键的驱动因素（系数 5.7），其次是存储规模（系数 1.7），模型具有较高的解释力（R² = 0.70）。这些结果说明，高收入国家不仅生成大量数据，还能够可靠地获取和留存这些数据。随着先进存储系统的不断成熟，不仅能确保数据丢失最小化，形成了一种良性循环：更多数据生成推动更可靠的存储，进而增强数据的复用与变现能力。这一机制支撑了这些国家扩展高级应用场景的能力，如人工智能、数据分析和自动化。

中高收入国家：具备基础存储规模，但先进存储规模不足

在中高收入国家中，存储规模与数据生成之间存在强相关性（系数 0.73），但先进存储规模与数据生成的相关性较弱（系数 0.49）。回归分析结果显示，存储规模仍是主要驱动因素（系数为 3.3），而先进存储规模仅表现出边际效应（系数 0.3）。这表明，尽管基础存储能力支撑了数据生成的持续增长，但由于缺乏广泛应用的先进存储技术——如全闪存系统、分层架构和可扩展云平台——大量数据面临碎片化、丢失或被闲置的困境。这些国家正面临从单纯规模扩张向更复杂化的先进存储规模转型的挑战，亟需加强对先进存储规模的投入，以有效将生成数据转化为可靠、可用的数据集。

中低收入国家：存储规模瓶颈制约数据生成

在中低收入国家，数据生成与存储规模之间的关联显著减弱。存储规模与数据生成仅呈现中等相关性（0.44），而先进存储规模的相关性更弱（0.36）。回归结果同样显示，存储规模虽具有一定影响（系数 2.2），但先进存储规模的影响非常有限（系数 1.5），整体模型的解释力较低（ $R^2 = 0.23$ ）。这一状况反映出这些国家内部存储基础设施薄弱且可靠性不足。即便数据生成量有所增长，因基础设施支撑不够，大量数据无法被有效存储，从而导致数据丢失、碎片化及利用价值丧失。若不持续扩大对基础存储规模和先进存储规模的投入，这些国家将在数字经济中面临进一步落后的风险。

发展基础存储规模和先进存储规模势在必行

数智经济的发展离不开两大支柱：充足的存储资源和尖端存储技术。前者是数据的生成与留存的基础，后者以全闪存存储系统为核心，是充分释放数据应用潜能的关键。

充足的存储资源是所有国家获取和留存新生成数据的基本前提。若存储资源不足，大量生成的数据将面临丢失或碎片化的风险，创新能力也随之受限。这一挑战在中低收入国家尤为严峻，基础设施短板已成为数字化持续发展的最大瓶颈。

而先进存储规模则是将原始数据转化为可执行洞察和应用的关键引擎。高性能、低时延、高可靠的全闪存存储架构，对运行人工智能、数据分析和自动化等先进应用至关重要。高收入国家广泛部署全闪存系统，不仅保障数据集的完整保存，还随时支撑各类应用发展，为可持续创新提供坚实基础。中高收入国家也正逐渐从基础存储规模建设转向投资全闪存等先进存储解决方案，以提升数据应用结果的可靠性、完整性和效率。

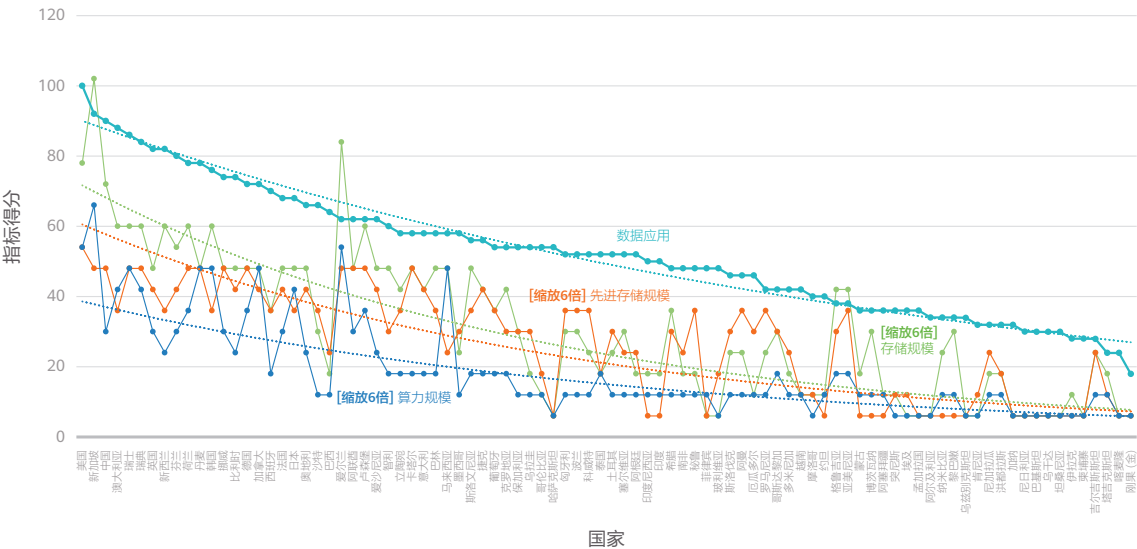
放眼全球，基础存储规模已不足以应对当前需求。虽然充足的存储资源可促进数据生成，但唯有依托以全闪存为核心的先进存储规模架构，才能确保数据持续可用、高性能运行并实现价值转化。随着合规要求趋严、可持续发展压力增大以及竞争加剧，部署先进全闪存存储已成为各国抢占数字价值链中制高点的战略必需。

归根结底，数智经济的真正较量不仅在于数据规模，更取决于其存储、留存并有效激活数据的能力。因此，建设充足的存储规模以支持数据生成，并部署以全闪存为代表的先进存储规模系统以赋能数据应用，已不仅仅是单纯的技术选择，它更是关乎数字竞争力、韧性和长期经济增长的战略要务。

人工智能的发展需要算力与存力的协同

图 27：存储规模和算力对数据应用的推动作用

数据应用 = 26.0 + 0.14 (存储规模) + 0.49 (先进存储规模) + 0.48 (算力规模) R² = 0.76



尽管基础存储规模的规模为数据留存提供了基本保障，但其对数据应用结果的直接影响较为甚微（系数：+0.14）。盲目扩大基础存储规模并不能实现数据价值最大化，因为大量数据可能处于未充分利用或碎片化状态。

相比之下，先进存储规模的规模对数据应用成效的影响更为显著（系数：+0.49）。高性能全闪存系统、分布式云存储架构、智能分层技术与可扩展存储方案等先进能力，是人工智能、数据分析和实时任务有效运行的关键基础。这些技术不仅解决存储规模问题，更通过提升速度、可靠性与韧性，确保数据始终保持“即取即用”的最佳状态。

算力与先进存储规模在推动数据应用方面影响力相

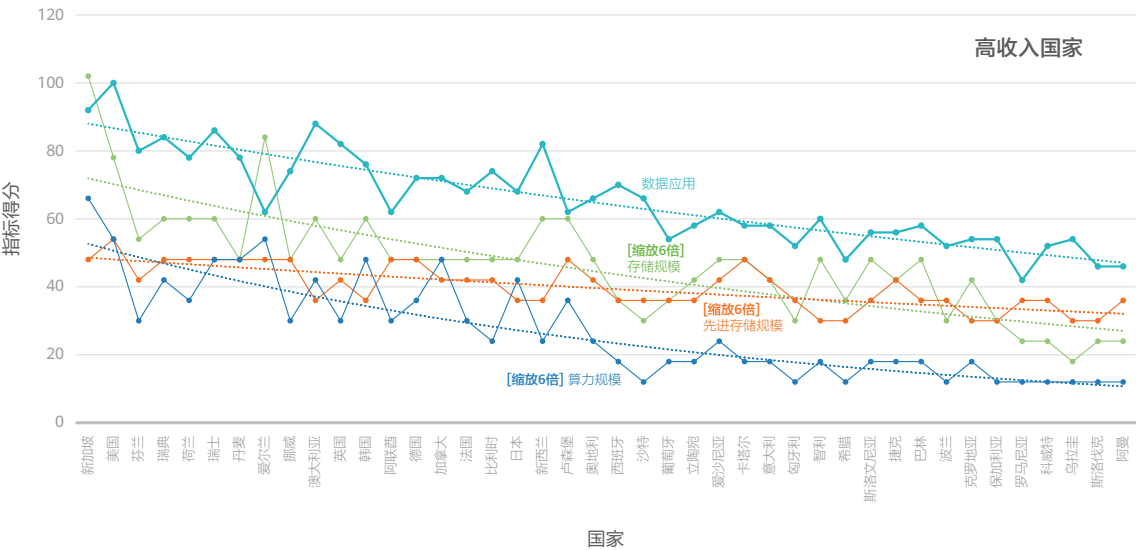
当，发挥着同样关键的作用（系数：+0.48）。即便具备先进存储规模，若缺乏高性能计算（HPC）集群和人工智能加速器等处理能力，各国仍难以实现高效的数据洞察获取、模型训练或数字应用扩展。因此，算力是确保被妥善存储和管理的数据能够转化为可执行洞察不可获缺的因素。

上述发现进一步表明，从基础数字服务迈向先进人工智能应用时代，关键在于推动先进存储规模与算力的协同发展，而非单纯扩展基础存储规模。过度关注基础存储规模扩张的国家，可能面临数据资产利用不足的困境；相反，在先进存储规模与强大算力结合的人工智能生态系统中进行大力投资的国家，将更有可能充分释放数据价值，引领数字创新进程。

高收入国家：聚焦先进算力和先进存储规模的协同发展

图 28：高收入国家应注重高性能计算与先进存储规模的协同发展

数据应用 = 34.9 + 0.19 (存储规模) + 0.21 (先进存储规模) + 0.50 (算力规模) R² = 0.65



高收入国家处在数据应用广泛普及的前沿，凭借其先进的数字生态和强大的基础设施支撑，已经跨越了基础存储规模的限制。如今，真正的挑战在于如何平衡先进算力与先进存储规模的投入，以推动持续进步。回归分析表明，算力对数据应用的影响最为显著（系数 +0.50），而先进存储规模同样举足轻重（系数 +0.21），共同确保高性能计算系统能够实现最优效能。相比之下，基础存储规模仅提供基础性支撑（系数 +0.19）。

随着 GPU 集群、高性能计算系统及人工智能加速

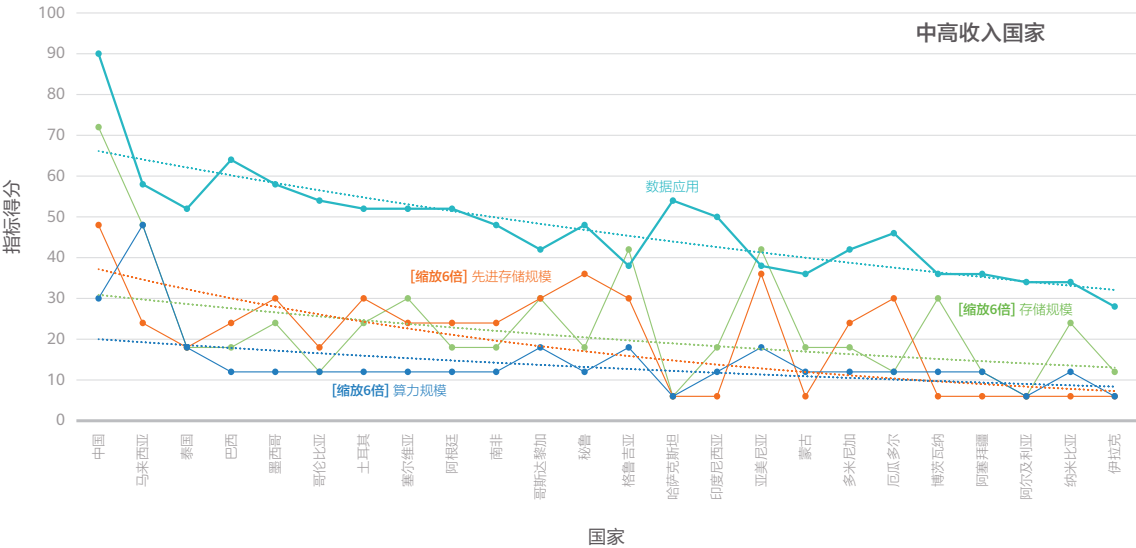
器的广泛应用，这些国家也在加大对全闪存存储架构的投入。这类架构可提供超低时延、高吞吐量与高可靠性，适配先进算力的需求。若缺乏先进存储规模，即便拥有最强大的算力资源，仍可能因数据瓶颈、碎片化和时延等问题而导致低效。

因此，提升数智化发展水平的关键在于高性能计算与全闪存存储生态的协同发展。这种协同效应将有助于高收入国家实现从“数据丰富”向“人工智能驱动”的根本转型，巩固其在全球创新、先进数字服务及数据经济中的领导地位。

中高收入国家：先进存储规模是提升数字化成熟度的关键推动力

图 29：对中高收入国家而言，先进存储规模是提升数字化成熟度的关键推动力

数据应用 = 31.7 + 0.04 (存储规模) + 0.49 (先进存储规模) + 0.33 (算力规模) R² = 0.39



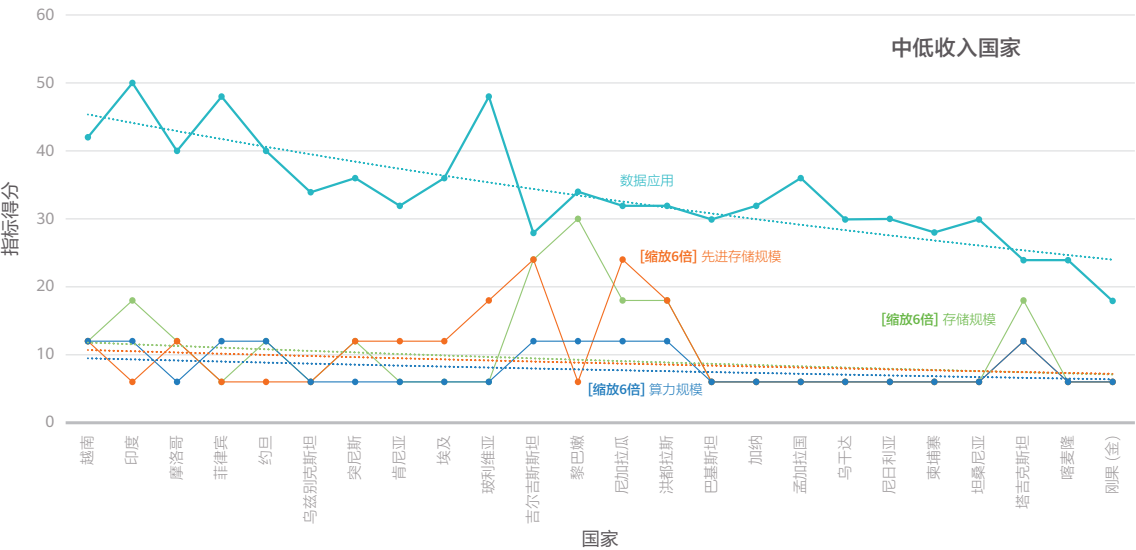
中高收入国家在数据应用方面的表现存在显著差异。例如，中国和马来西亚在基础设施投资方面表现出色，而其他国家的发展则相对滞后。回归分析表明，先进存储规模是推动数据应用水平提升的最关键因素（系数 +0.49），算力紧随其后（系数 +0.33）。相比之下，基础存储规模的影响微乎其微（系数 +0.04），这表明单纯扩大存储规模并不能直接转化为更高的应用成熟度。

研究结果明确显示：这些国家需要将基础设施建设的重点从规模扩张转向质量提升。仅仅增加存储规模已不足以满足发展需求，当务之急是采用先进的存储架构，并同步扩展算力基础设施，以支持数据分析、人工智能和其他高价值数字应用。这一战略转型，是中高收入国家在数字成熟度道路上追赶高收入国家的必经之路。

中低收入国家：优先推动基础算力的普及，并发展与实际需求相匹配的存储规模

图 30：中低收入国家应优先推动基础算力的普及，并发展与实际需求相匹配的存储规模

数据应用 = 26.1 - 0.45 (存储规模) + 0.01 (先进存储规模) + 1.52 (算力规模) R² = 0.14



中低收入国家当前面临的挑战最为严峻，其数据应用水平在全球范围内处于最低梯队。回归分析结果显示，回归模型的整体解释力度较弱（ $R^2 = 0.14$ ）。研究表明，算力是推动数据应用水平提升的唯一显著驱动因素（系数 +1.52），而先进存储规模的影响极为有限（系数 +0.01），基础存储规模甚至呈现负相关关系（系数 -0.45），反映出当前存储规模普遍未能得到有效利用，或与实际需求严重脱节。

这些国家应避免盲目过度投资于传统基础设施建设，而应优先通过采用成本效益高、易于获取的云服务，以及建立区域级超大规模计算合作伙伴关系等方式来补充本地算力资源。在存储规模方面，也应因地制宜，积极采用灵活、可扩展的云存储或边缘存储解决方案，而不是盲目扩充基础存储规模。对这些国家而言，当前最迫切的是要广泛普及算力和基本数字服务，逐步提升数字化水平，为未来迈向更先进的数据应用奠定坚实基础。

克服人工智能发展瓶颈：推动算力和存储协同发展

综上所述，推进人工智能发展绝非简单的算力比拼，更是一项系统工程。算力固然重要，但若缺乏先进的存储架构、智能化的数据管道以及强大的算法开发能力，算力也难以发挥作用。人工智能发展领先国家并非仅依赖单一能力，而在于善于统筹计算、存储与数据资源，构建无缝协同的生态。因此，以下六大能力缺一不可：

- » **算力**：支持大规模模型训练与实时推理任务。
- » **先进存储系统（如全闪存）**：提供超低时延与高吞吐量，充分释放 GPU 及人工智能加速器性能，确保数据吞吐与计算速率匹配。
- » **可扩展存储架构**：实现分布式环境下海量多样化数据的高效管理与访问，支持多节点人工智

能训练及从边缘到云的全场景协同。

- » **智能存储功能**：包括分层存储、数据去重与自动化数据布局等，可提升效率，保障高价值数据实时可用，满足计算系统需求。
- » **数据管道机制**：确保数据治理、质量控制与流畅流转，为可靠人工智能输出奠定基础。
- » **算法**：将算力与优质数据转化为智能。

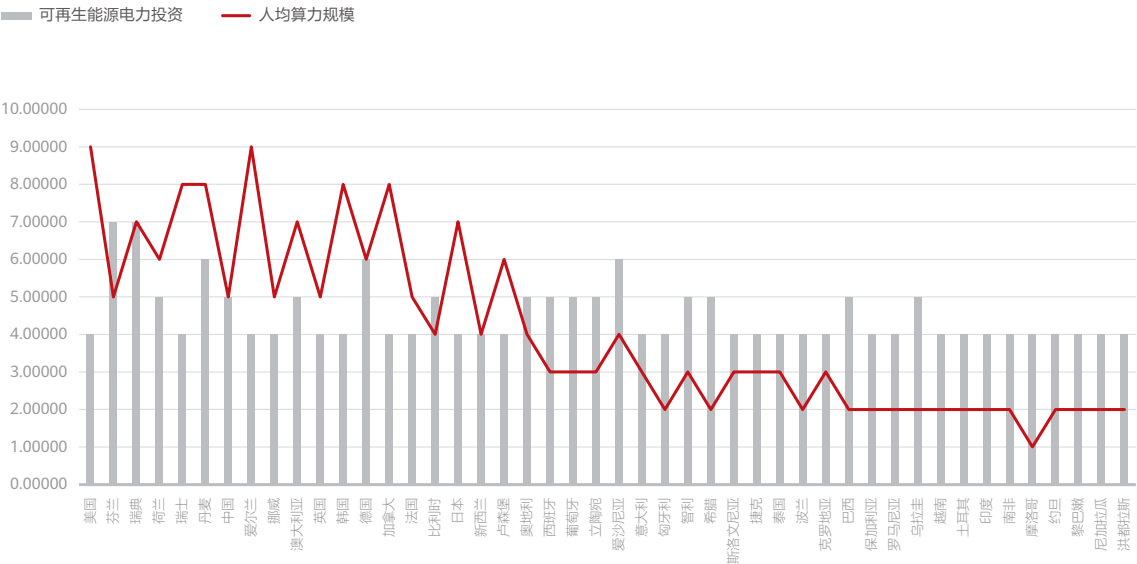
这对国家与企业的启示：过分侧重某一方面而缺乏整体协同，只会造成短板和资源浪费。全闪存及智能存储架构已成为先进算力体系不可或缺的组成部分，它们保障了数据的无缝流动、系统的弹性扩展与持续稳定运行。此外，要实现真正的数字化进阶，还需依托严谨的工程规范，使计算、存储、数据处理及算法设计能服务于统一的战略愿景。只有在这些要素间做到均衡发展的国家，才能在人工智能驱动的创新浪潮和全球数字竞争格局中占据领先地位。

算电协同：利用数字能源推动共同进步

全球各国正加速数智化转型，同时应对可持续发展的挑战。为数智系统提供动力的数据中心能源消耗量

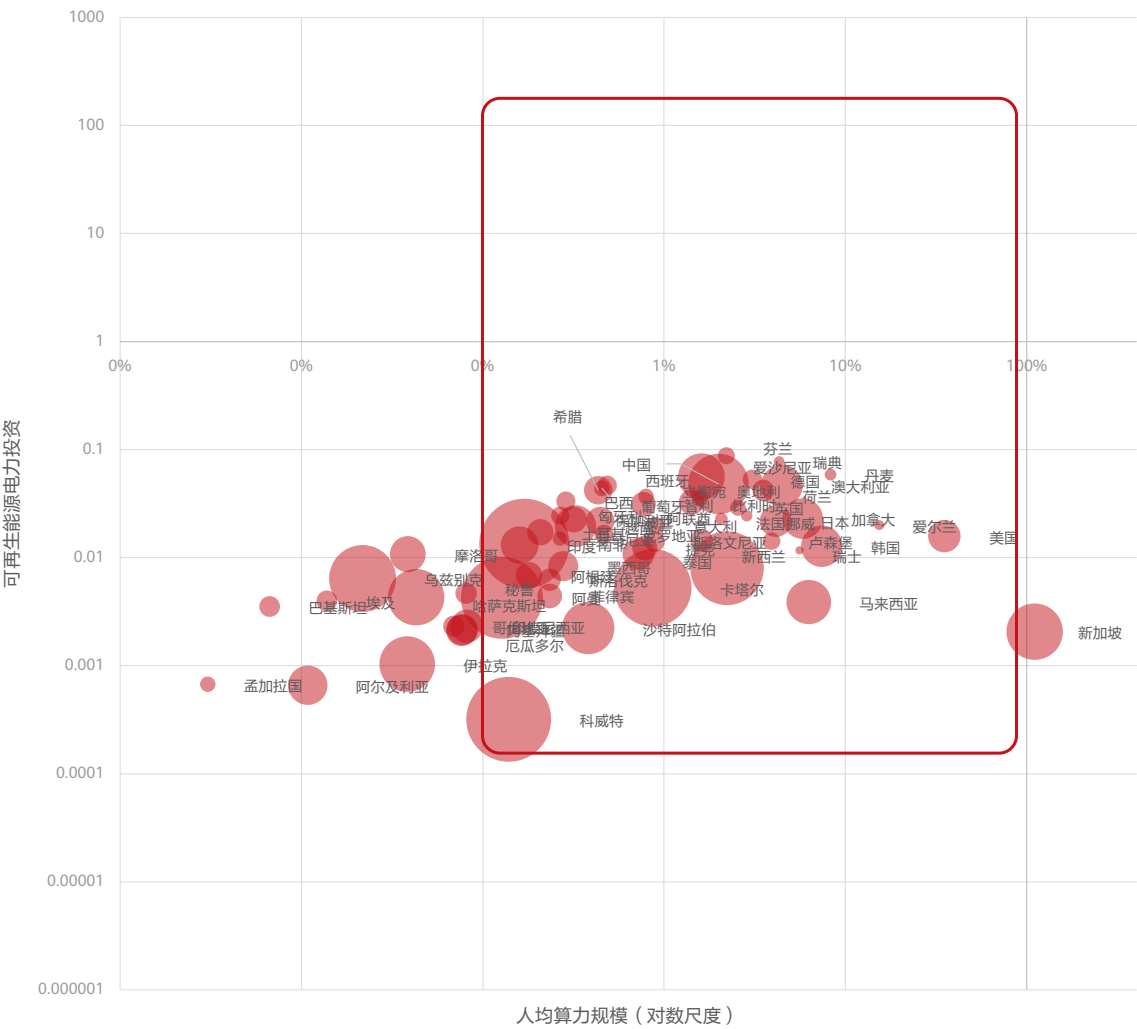
巨大。IDC 预测，未来五年，人工智能将推动算力投资每年增长超过 40%。如果不将可再生能源发电用于数据中心，各国的碳足迹在不久的将来将呈现指数级增长。确保可再生能源电力投资与算力规模增长相匹配，是实现数字化环境可持续发展的唯一途径。

图 31：可再生资源电力投资 vs. 算力规模



这点已在许多 GDII 表现优异的国家中得以体现。这些国家具备强大的算力规模，但可再生能源电力投资却相对滞后，其碳足迹也随着正在进行的数据中心建设而稳步增加。

图 32：基于算力规模和可再生能源电力投资的单位 GDP 二氧化碳排放量



上图显示，人均算力规模较大且可再生能源电力投资较高的国家，每单位 GDP 的二氧化碳足迹较小。可再生能源政策通常与数智经济政策分别规划，但统筹战略制定将是未来温室气体排放管理与减少的关键。

这一领域目前正探索多种政策方法。其中，邻国战略合作最具前景，能够促进可再生电力贸易。

通过该战略，各国能将可再生能源产生的多余电力出售给能源资源匮乏或计算资源丰富的国家，对新兴国家颇有益处。许多国家虽然在算力规模方面存在差距，但在可再生能源电力投资方面已取得显著进展。中国已通过东数西算工程开始尝试实施这一战略。通过该工程，资源丰富的西部省份所产生的可再生能源将输送到计算密集的东部地区，通过协调能源与算力，减少排放并加速数智化增长。对于

拥有更先进 ICT 基础的邻国，该战略的优势显而易见：购买剩余电力能帮助它们更高效地实现可持续数智化突破。这种能源交换也为新兴国家创造了独特机遇。即使其数智基础设施仍旧落后，它们可以利用当前的可再生能源发展势头，实现 GDP 增长，

并让它们有效管理人工智能发展与可持续发展目标之间日益加剧的冲突。

以下是不同国家在算力规模与可再生能源电力投资方面的示例。

表 1：可再生电力贸易潜在受益国家示例

可再生电力出口国			可再生电力进口国		
国家	算力规模	可再生能源电力投资	国家	算力规模	可再生能源电力投资
柬埔寨	*	*****	新加坡	*****	**
越南	**	*****	马来西亚	**	***
摩洛哥	**	*****	爱尔兰	*****	*****
肯尼亚	*	****	南非	**	***
乌拉圭	**	*****			

案例：摩洛哥

摩洛哥对太阳能和风能等可再生能源基础设施进行了大量投资。该国的旗舰项目 Noor Ouarzazate 太阳能发电站是全球最大的聚光太阳能发电站之一。摩洛哥的能源战略是其《数字摩洛哥 2030》战略的一部分，旨在助力国家实现现代化和可持续发展，并在区域内确立领导地位。摩洛哥制定了一个宏大的目标：到 2030 年，52% 的电力将来自可再生能源。这一目标让摩洛哥成为全球能源转型的重要参与者。

摩洛哥地理上靠近欧洲，其电力系统可与西班牙电力系统互联，从而在可再生能源发电高峰期向欧洲市场出口多余电力。连接摩洛哥与西班牙的海底电缆助力实现无缝跨境能源传输。同时，摩洛哥还对能源储存和智能电网解决方案进行了大量投资，以应对可再生能源的间歇性波动，从而确保向欧洲提供稳定可靠的电力。

过剩电力出口已为摩洛哥创造了经济收益，带来了新的收入来源，并在可再生能源领域创造了更多就业机会。这也有助于减少其国内及邻国的碳排放。

人才循环：让人才与生态实现良性自我循环

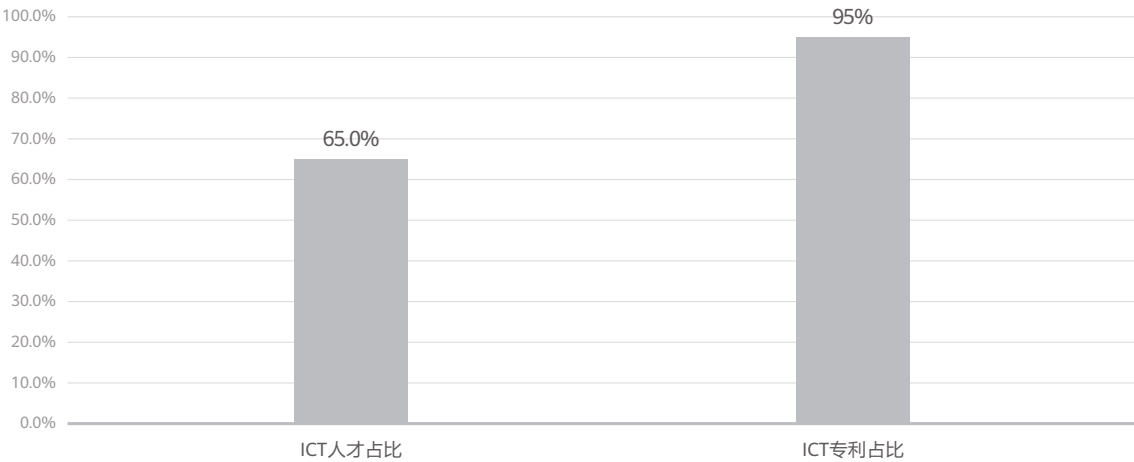
过去几年，对数字技能和人才的需求急剧增加。人工智能创造了许多新的就业市场，全球企业和政府都在争夺稀缺的人才资源，希望在即将到来的人工智能时代获得竞争优势。然而，大多数技能和人才发展战略仍未与人工智能带来的机遇与挑战充分对齐。确定如何构建可扩展、可持续的人工智能人才队伍将是释放更大经济和社会价值的关键。

ICT 专利数是衡量 ICT 人才技能和实力的一个指标。规模更大、能力更强的 ICT 人才队伍能够开展更多的研究、开发和创新，从而推动 ICT 领域更多专利

的申请和授权，而专利则有助于加强 ICT 企业的增长和竞争优势，扩大其市场份额、生产力和规模，而这又进一步创造了更多的 ICT 人才需求。

实现“能力鸿沟”的跨越，掌握智能工具的国家 / 个体将获得指数级优势。如图 33 所示，GDII 得分排名前 20 位的国家拥有全球 65% 的 ICT 人才以及 95% 的 ICT 专利。ICT 人才规模是通过从事知识密集型 ICT 活动的就业人数来定义的。整体劳动力中，这类人才比例较高的国家通常有更多的 ICT 专利产出。尤其是在亚洲等地区，拥有数千名员工的大型企业是该地区最大的新专利申请来源。ICT 专利表明创新活动取得了成功，并推动了行业人才工资的增长。

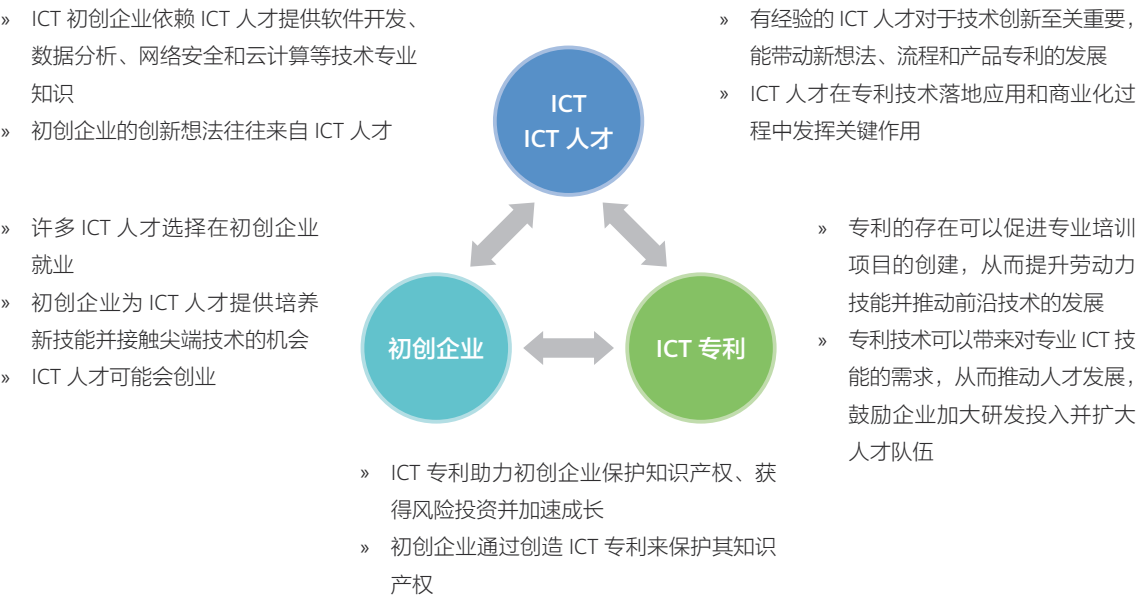
图 33：GDII 排名前 20 国家的 ICT 人才和 ICT 专利



ICT 人才、ICT 专利与 ICT 初创企业之间的关系相辅相成。ICT 人才推动技术创新，负责专利技术的实际应用和商业化，并推动新知识产权的创造。与此同时，专利产生了对专业 ICT 技能的需求，并进

一步加强了对高素质人才的需求。ICT 初创企业则连接了这两者：企业家开创新企业，为 ICT 人才创造就业机会，引导人才能力提升，并通过专利保护其创新成果及获取融资。（见图 34）

图 34：ICT 人才、专利与初创企业相辅相成，推动经济和就业增长



而这一循环需要强有力的政策支持。针对性人才培养和技能提升政策至关重要，而与初创企业和知识产权相关的政策则确保了就业机会的创造和经济价值的产生。

行业洞察： 趋势与案例



趋势与案例

行业数智化的发展路径虽然各不相同，但也存在共性特征。首先，通过识别行业面临的共性与挑战，寻找推动各行业数智化转型的关键因素。在此基础上，结合分析师的调研，按如下四个步骤进行评估：

- 1. 行业数智化：定义行业生态的成熟度水平及进展指标。
- 2. 数智化能力（5+1）：识别 5 大核心能力域和 1 项可持续发展使能要素。
- 3. 数智化指标：选择可量化指标，用以跟踪进展。
- 4. 25 国行业数智化评估：基于选定的指标生成对比分析结果。

该评估框架不仅可用于电力、金融、轨道交通和物流行业的数智化评估，也可推广至其他行业，为政府、投资者及行业利益相关方提供洞察，帮助他们了解各国数智化转型的现状和亟需取得进展的领域。





电力

行业需求

从电力作为公共服务，供给家庭和企业，这通常是通过政府的直接介入实现的。供电方可以是国有电力企业，也可以是通过政府特许经营或相应立法取得供电权的私营电力企业。多年来，电力行业的这一角色不断演变与拓展，日益紧密地与国民经济增长规划、长远发展蓝图以及社会经济目标（如可持续性目标）相契合。

随着电力企业的角色从供电方演变为社会经济增长的关键推动者，如今一家高效的电力企业需要在以下领域采取果断行动：

1. 清洁低碳能源系统：加快风电、光伏等可再生能源对传统能源的替代，推进以清洁能源为主导的新型电力系统的建设。通过绿色电力交易和碳排放监测，支撑碳达峰和碳中和目标，实现供用电双方的绿色转型。

- 2. 安全可控的电力系统：**建立覆盖全电力系统的安全保障机制，增强应对自然灾害、网络攻击等重大风险的能力。加强核心设备本土化和数据安全防护，确保能源系统稳定运行及关键环节自主可控。
- 3. 灵活高效的电网：**构建源网荷储协调机制，提高电力系统对新能源波动和负荷多元化的适应能力。通过智能调度与柔性输配电技术，实现资源的精准高效配置，增强电力系统的响应和调节能力。
- 4. 智能人性化的电气化方案：**融合人工智能、大数据等技术，推动设备智能化运维，优化系统运行。为用户提供分时电价、能效分析、个性化用能建议等服务，提升服务体验，实现从“用电”到“智慧用能”的转变。
- 5. 开放互动的电力行业协作：**构建多方参与、资源共享的能源生态体系，打破源网荷储环节之间的信息壁垒。通过虚拟发电厂和需求响应等机制，提高用户侧参与度和系统运营的整体灵活性与协同性。

数智化转型趋势

如今，数智化转型在应对上述所有电力行业需求方面发挥着至关重要的作用。然而，各国电力行业推进数智化转型的速度却不尽相同。我们的全球研究表明，电力行业的数智化进程通常分为三个阶段：

- » **传统电网（TG）**：在这一阶段，数智化转型已起步，但仅限于行业的某些部分（孤岛式的行业数智化转型）。例如，一两家电力企业已经开始数智化转型，但其他同行仍尚未开始，或者一家输电企业已经完成数智化转型，但发电站基本上还停留在传统的 IT 系统。传统电网的一些特性包括集中数据管理、实时信息共享、在线运维监控以及弹性基础设施。
- » **智能电网（IG）**：在这一阶段，数智化转型已开始普及（尽管不是以层次化或系统化的方式），几乎覆盖电力行业的所有环节，从发电

与输电，到配电与用电。电力行业的各个环节尚未完全整合，但行业已具备执行预测性智能维护、高效能源调度、自动设备优化以及提供个性化用户服务的能力。

- » **新型电力系统（FPS）**：这是理想的阶段。在这一阶段，电力基础设施面向未来，领先于电力需求曲线，并与国民经济的宏伟目标保持同步。在这一阶段，电力行业已实现上下游电力部门的无缝整合，即发电、输电、配电以及电网储备能够根据实时电力需求和供电自动适应负荷波动；实现可再生能源的容量最大化与优先调度；并提供关于一个国家的电力容量和电网健康状态的唯一真实信息源。在这一阶段，电力行业可以在面对任何不利情况时维持核心经济领域的电力服务，且这种能力在整个电力行业都是一致的。

各个阶段特征的定义详见图 36。

图 36：全球电力行业数智化转型的三个阶段

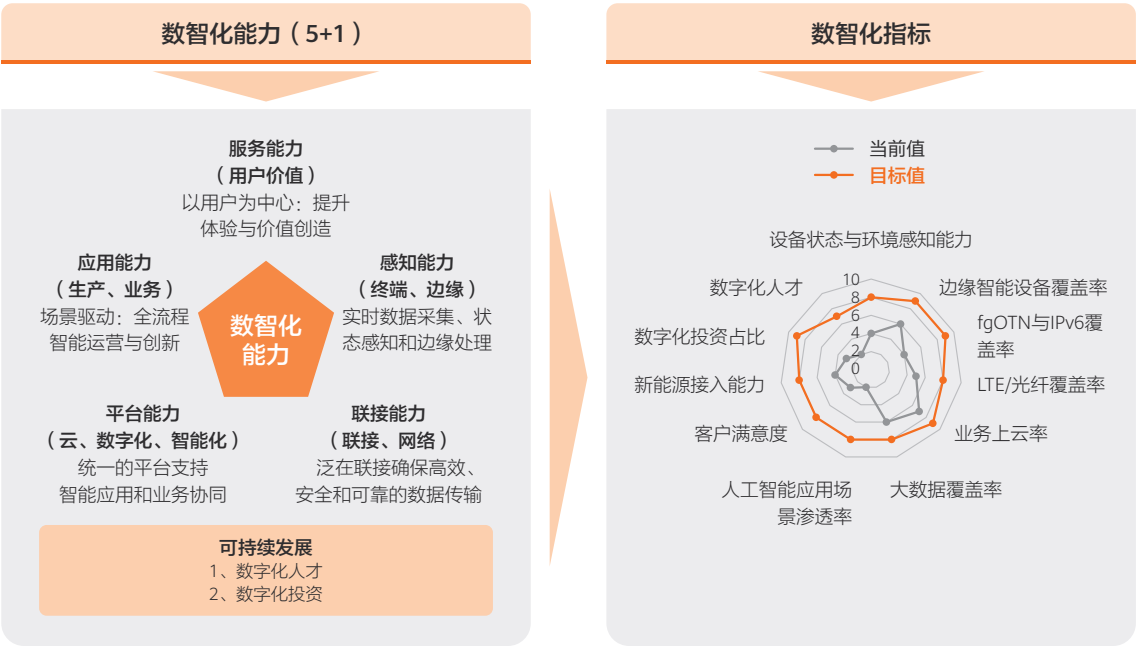


此外，针对国家数智化的三个阶段的研究表明，尽管电力企业的数智化转型至关重要，但这一过程需以整体协同的方式进行，即必须确保电力系统各环节均达到较高的数智化水平。

GDII 电力数智化评价指标

图 37 展示了电力行业的数智化能力框架，帮助各国了解自身所处的数智化转型阶段。

图 37：电力行业数智化框架



基于这个框架，有五个关键的维度需要特别注意：服务、感知、应用、联接以及平台。

服务能力

指使用数字和人工智能工具来提高客户满意度，并提供获取可再生能源的途径。

感知能力

指监控和实现决策的设备、传感器和边缘终端。

应用能力

指云数字平台和数据解决方案的部署与使用。

联接能力

指覆盖整个电力行业环境的高速、低延迟网络。

平台能力

指数字云和数据 / 人工智能平台。

可持续发展（“+1”）

指确保数智化有助于实现长期可持续性目标（包括脱碳、能效和绿色出行）的推动因素。

表 2 对各个维度中的指标进行了细化和定义。

表 2：电力行业数智化进程指标

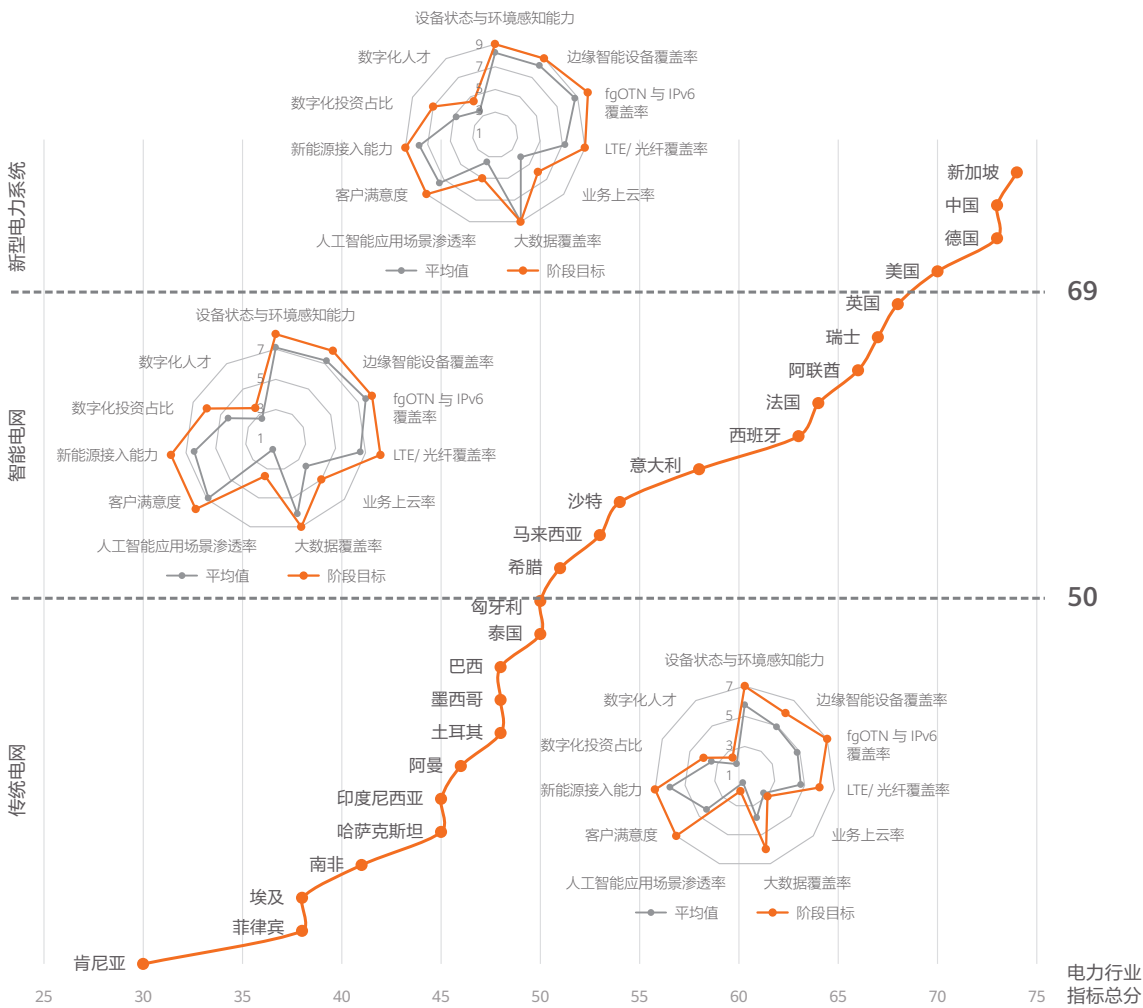
序号	能力	指标	指标定义
1	感知能力	设备状态与环境感知能力	指通过传感器对各种电力设备的运行状态和周边环境进行实时监控和感知的能力。这些感知数据通过物联网网络（无线或有线）上传到云平台或监控系统，支持智能分析和预警，保障系统稳定运行，提升运维能力的自动化程度。主要衡量物联网设备的装机量和在线率。
2	感知能力	边缘智能设备覆盖率	衡量边缘计算终端在配电室、变电站、线路终端等场景的部署程度，旨在增强本地计算、事件响应和自适应控制能力。
3	联接能力	fgOTN 与 IPv6 覆盖率	指主电网是否提供冗余网络连接，是否采用细颗粒光传送网（fgOTN），以及是否支持 IPv6 通信协议。反映电力企业通信基础设施的现状，以及其在先进通信技术出现时适应未来升级的能力。
4	联接能力	LTE/ 光纤覆盖率	衡量中压配电网通信基础设施的现代化水平，反映站点和设备间的本地光纤接入和无线专网（LTE/5G）在偏远地区的覆盖情况。支持配电自动化、故障定位、远程运维能力的提升。
5	平台能力	业务上云率	衡量电力企业业务系统的集中数字化运营管理能力，重点关注云化程度、智能运营中心（IOC）建设、平台集成程度以及对生产、调度、巡检、运维等核心流程的支撑能力。体现运营效率和灵活性。
6	平台能力	大数据覆盖率	衡量企业在建设统一的大数据平台、数据中台、数据仓库方面的投入和效果，重点关注大数据平台的部署率和数据仓库的渗透率。反映数据可用性、标准化及决策支持能力。
7	应用能力	人工智能应用场景渗透率	衡量人工智能应用在故障识别、负荷预测、图像识别、无人巡检等业务场景中的占比。反映企业的智能决策与智能运维水平，以及如何实现全流程智能生产运营与创新。
8	服务能力	客户满意度	客户满意度通过系统平均中断持续时间指数（SAIDI）和系统平均中断频率指数（SAIFI）来衡量。这两个指标值越低，说明系统越稳定，客户满意度越高。
9	服务能力	新能源接入能力	衡量清洁能源（如风电与光伏发电）占总电力装机容量或发电量的比例，以及电力行业持续向电力消费者输送可再生能源的能力。
10	可持续发展	数字化投资比例	指电网企业每年在数字化、自动化、智能化等相关领域的投资占总投资的比例，是衡量企业推进数智化转型意愿和力度的核心指标。
11	可持续发展	数字化人才	指行业内国家 ICT 供应与管理从业者的人数，包括直接受雇于 ICT 行业内的 ICT 硬件制造商、软件供应商、服务提供商和渠道合作伙伴的员工，以及受雇于用户 ICT 部门的负责技术方案管理、部署、支持和战略执行的 ICT 人员。

数据分析与案例

基于电力行业的数智化框架，我们通过分析师调研，并参考了业界数据，评估了 25 个国家，得出了 5 个关键发现：

在拥有电力企业且每年至少在人工智能、云计算、边缘计算及网络等数智技术领域投入 1% 资金的国家中，电力系统具备韧性及稳定性，不仅满足了经济发展的步伐，还始终领先于电力需求。

图 38：25 国电力行业数智化转型进展



在处于新型电力系统阶段的国家中，集中投资对数智技术的影响是显而易见的。目前，只有 4 个国家处于新型电力系统阶段，其电力行业具有以下特点：

- » 通过利用边缘智能终端、点位设备、物联网等智能设备，电网的可视度达到至少 80%
- » 电力企业的云化率达 10%
- » 至少 50% 的电力系统能够相互通信并交换实时数据
- » 大数据分析（如数据平台、数据仓库）是电力企业的优先投资方向
- » 至少 7% 的电力企业使用人工智能应用进行场景分析

在**新型电力系统阶段**，电力企业将至少 1% 的年收入投入数智化转型。以中国为例，国有电力公司国家电网（SGCC）在 2016 年至 2020 年期间，将约 1.6% 的可支配资本投资于数智技术，以使电网更

加智能化。而在新加坡，据估计，电力企业的 IT 支出平均占年收入的 2%。相比之下，处于智能电网阶段的国家，其电力企业在数字技术上的资本支出约占收入的 0.5% 至 0.8%；而在处于传统电网阶段的国家，电力企业在 IT 上的资本支出占比平均仅为 0.1%。

我们发现，有 9 个国家处于第二阶段，即**智能电网**，其特征是电力企业对通信和连接基础设施、云和人工智能的投资（相比前述阶段）较低。这进而影响了电力系统运用大数据分析以满足用电增长需求、在不利条件下灵活调配电力供应以及紧跟经济增长步伐的能力。

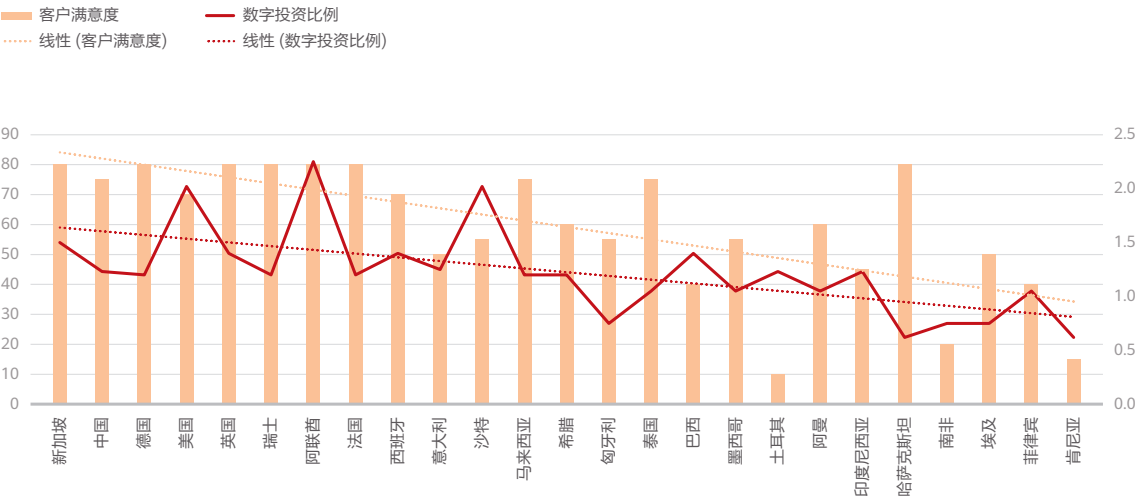
大多数国家仍处于第三阶段，即**传统电网**，其特征是电力企业对数字智能、人工智能、云和边缘技术的使用率较低，且缺乏弹性、低延迟通信和连接基础设施来支撑电网系统。

关键发现 1：数字化投资，特别是人工智能领域的数字化投资，可以使客户对电力企业服务的满意度翻倍

数字化投资对电力企业服务的客户满意度有积极的影响。这点在处于新型电力系统阶段的国家中尤为明显。这些国家对数智技术的投资最高，且电力行业的客户满意度得分超过 80 分（满分 100 分）。在智能电网阶段，电力企业现有处于运营状态的人工智能应用的平均渗透率为 7%；在传统电网阶段，这一数值仅为 3%；而在新型电力系统阶段，该数值达到了 15%，是智能电网阶段的两倍多。

数智技术的投资与客户满意度之间之所以有这种积极关联，是因为数智技术能将数据转化为洞察，进而转化为行动。例如，处于新型电力系统阶段的国家使用边缘智能终端，并利用 LTE/ 光纤等现代连接技术实时收集更多关于电网健康和发电的数据，然后运用云、大数据分析和人工智能来分析用电功率曲线。此外，他们还会利用现代通信技术 fgOTN 和 IPv6，根据数据分析的结果对电网进行调整。

图 39：客户对数字化投资的满意度



然而，对于电力行业而言，数智技术的投资类型非常重要。以仍处于传统电网阶段的国家为例，哈萨克斯坦的电力企业将人工智能应用于场景分析，因此该国客户对数字化投资的满意度能够与处于新型电力系统阶段的国家相当。具体而言，哈萨克斯坦的电力企业利用“Python 电力系统分析（PyPSA）”框架中的人工智能技术，规划国

家摆脱化石燃料依赖（如煤炭），并实现全面可再生能源转型的路径。该 PyPSA 框架整合了全球电力系统数据及 PyPSA-Earth 的建模能力。通过将人工智能应用于能源转型规划，哈萨克斯坦在逐步淘汰煤电厂的同时，保障了家庭和企业电力服务的连续性，从而维持了电力行业的高客户满意度。

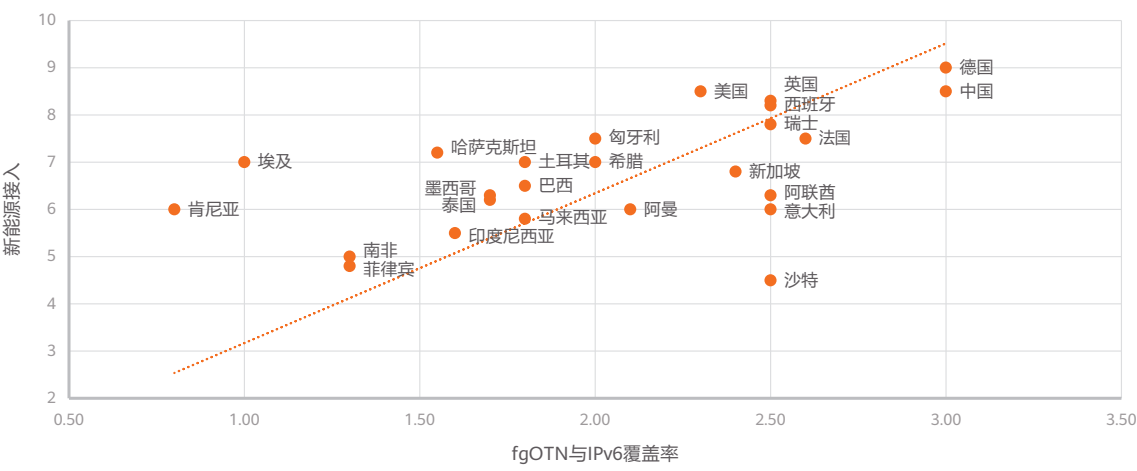
关键发现 2：向 fgOTN 与 IPv6 的迁移，至少能够将电网接纳新能源容量的能力提升一倍，并实现更强的电网安全性与韧性

处于新型电力系统阶段的国家，其中 fgOTN 与 IPv6 的覆盖率较高的，新能源接入能力也较强，达到平均 8.75 分，这表明这些先进通信技术在电力行业中得到了广泛应用。相比之下，智能电网和传统电网阶段的公共事业企业该项指数平均值分别为 7.56 分和 4.83 分。

在传统电网阶段的国家，电力企业若沿用传统的通信与联接基础设施，往往会阻碍更多可再生能源（RE）接入电网。这主要是由于可再生能源发电能力固有的波动性。当可再生能源供电突然下降，而

电力系统运营商又缺乏对供电情况的实时可视能力，从而无法与电网快速通信以迅速引入备用电源填补缺口时，停电事故便会发生。这种对电网稳定性的风险抑制了对可再生能源的投资意愿，也降低了电网运营商接纳可再生能源容量的积极性。而采用如 fgOTN 和 IPv6 等数智技术，可使电网具备边缘智能，变电站和控制中心能够对可再生能源输出的波动做出即时响应。因此，这两种技术的部署通常会提升电网运营商（及监管机构）对电网韧性的信心，进而为引入更多新能源容量创造有利条件。

图 40：电力企业 fgOTN 与 IPv6 覆盖与新能源接入能力的关联性



输配电企业需实时掌握电网运行状态、设备健康状况及发电厂工况，以实现 100% 电气化并保障可靠供电。同时，通过视频监控与物联网技术对电力基础设施进行可视化监管，也是保障实体电网安全的关键环节。然而，传统的 SDH 等通信基础设施速率过低，无法支撑物联网和视频监控这些监测电网健康、实现快速数据传输的必要数字化工具。相比之下，IPv6 协议能够实现智能电网中设备（如

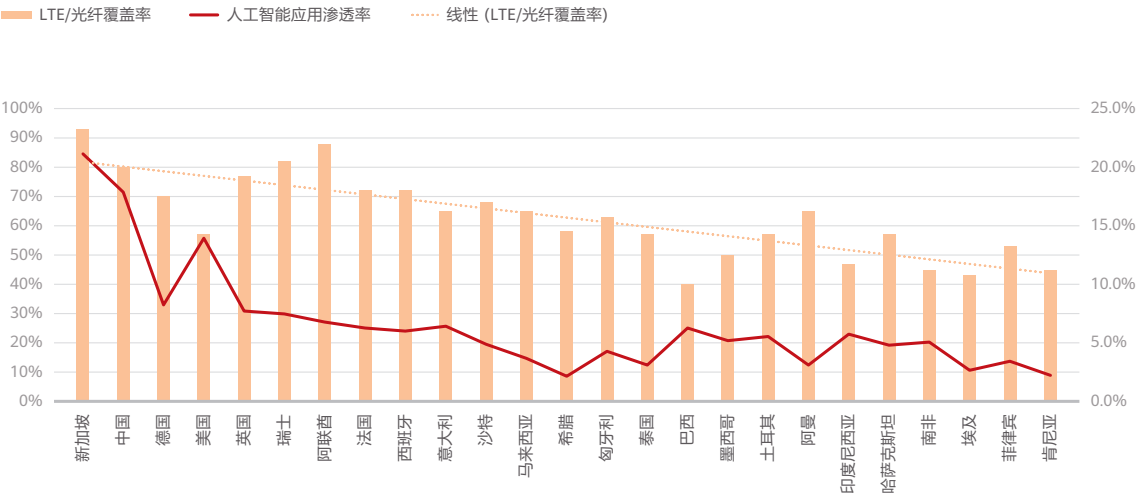
智能电表）的端到端连接，使电网中各类电力系统相互通信，并建立失效安全协议，从而保障持续供电。若依赖 IPv4 协议，电力企业将无法充分发挥电网中已有的智能设备的效能，也难以实现更高效的电网管理。此外，若控制中心无法与变电站及电网其他环节的工作人员实时通信，监控电网安全与健康状况的配电和输电人员在面对针对电网的有害物理威胁（如蓄意破坏）时也难以快速响应。

关键发现 3：电力企业的高 LTE/ 光纤覆盖率可使其人工智能应用速度提升一倍，从而增强电网响应能力，并降低系统损耗与故障发生率

处于新型电力系统阶段的国家，其电力企业 LTE/ 光纤覆盖率平均达到 65%，而处于智能电网阶段的国家该数值为 50%，传统电网国家则仅为 40%。高速通信网络不仅助力人工智能技术的应用，更显著增强了电力行业从人工智能投资中获得的效益。高速联接实现了电力网络数据的实时交互，使电力企业能够高效实施协同的预测性维护、负载均衡、可再生能源并网及备用能源调度计划。以德国为例，其高 LTE/ 光纤覆盖率实现了电力系统全域的高速接入，为数据互联方案提供了基础，

进而支撑了智能电网和能源领域的数据分析。由于电力系统大部分环节接入高速低延迟网络，人工智能可实时获取全网数据，快速处理并响应电网故障及发电厂非计划停运风险，并在负荷失衡时迅速干预。这种“联接 + 人工智能”的模式极大地提升了电网响应能力，有效减少了容量损失、电网停运及停电事故的发生。例如，当控制中心接收到电网数据，显示非高峰时段出现电力需求激增时，操作人员可远程启动调峰电厂或备用容量，从而避免系统故障。

图 41：电力企业 LTE/ 光纤覆盖率 vs. 人工智能应用水平



处于新型电力系统阶段的国家，其电力系统普遍接入了低延迟、高速率的通信网络，且覆盖率较高。这些系统中 LTE/ 光纤的覆盖率至少达到 70%，同

时人工智能应用率较高。由于电力系统故障事件显著减少，用户满意度也维持在较高水平。

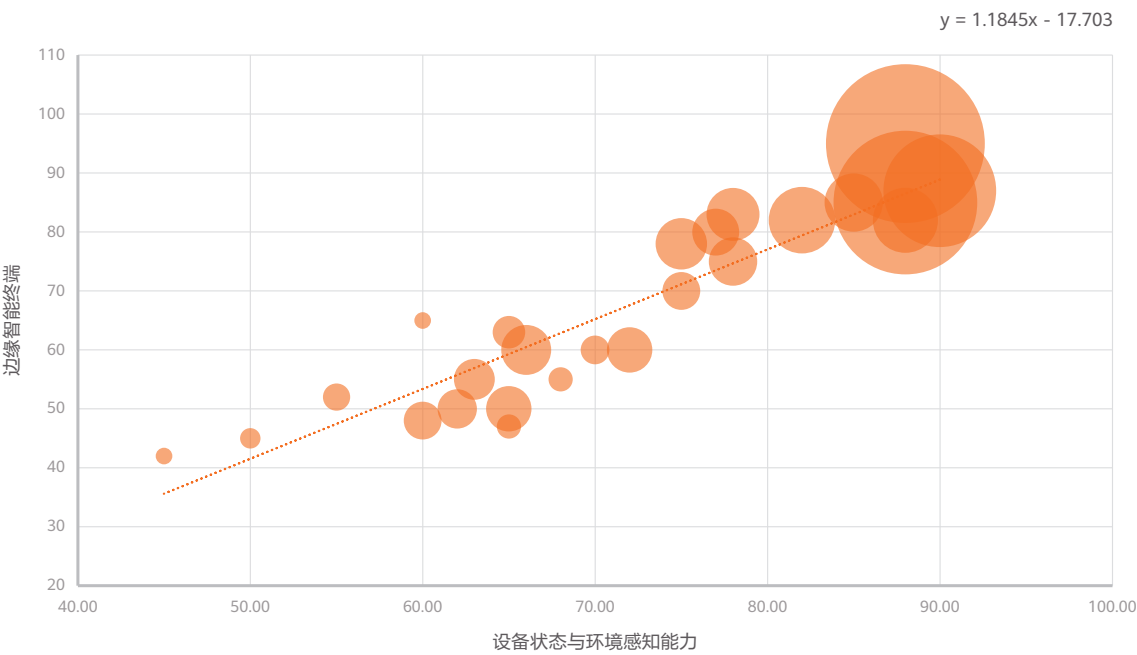
关键发现 4：边缘智能终端覆盖率每提升 1%，电力企业的电网实时监控能力即同步增强 1%。该覆盖水平与高度人工智能应用相结合，可使电网整体韧性提升一倍，能源结构中可再生能源占比扩大，同时客户满意度提升 20%

目前已处于新型电力系统阶段的国家，包括德国、中国、新加坡和美国，这些国家有两个共同特点：一是投资部署了边缘智能终端与人工智能应用，二是实现了对超过 80% 电网物理设施、运行状态及健康水平的实时可视。新型电力系统阶段国家的边缘智能终端覆盖率平均超过 85%，较智能电网阶段的公共事业企业高出 20 个百分点，更是传统电网阶段覆盖率的两倍以上。

这种高度的可视性意味着，这些国家的电力企业能够统筹管理多种发电来源与波动性发电输出，同时减少对高基数负载电厂、备用容量需求以及通常以化石燃料为驱动的昂贵备用电源的依赖。边缘智能终端与人工智能应用的引入，还使电力企业能够在光伏辐照水平中等的地区进一步提高

太阳能并网比例。瑞士虽尚未迈入新型电力系统阶段，但其“SWEET EDGE 计划”正是一个范例：该计划利用边缘智能技术，实现基于人工智能技术的可再生能源预测，提升太阳能在全国电网中的并网程度，并增加微电网和离网系统中的可再生能源占比。瑞士多数地区年光伏辐照量中等，约为每年 1,100 至 1,300 千瓦时。然而，通过将人工智能应用于太阳能发电，电力企业可自动调整光伏板以最大化捕捉日照，同时为边缘智能终端提供更有用的支持，实时收集并分析影响发电效率的因素数据。这使得在主电网中扩大太阳能应用，以及管理包含风电、光伏和水电等多能源类型的微电网变得更加容易。自该计划启动以来，瑞士太阳能发电量快速增长，预计到 2035 年，太阳能发电将达到 25 太瓦时。

图 42：电力企业人工智能应用渗透率



电网中可再生能源比例的提高往往有助于提升电力行业的客户满意度。这既源于消费者对绿色电网的普遍偏好，也因为此类能源能够实现全天候供电，即便在国家最偏远的地区也不例外。

案例

我们可以以中国的电网公司 S 的真实案例为例。该公司通过对人工智能等数智技术的战略性投入，成功赋能电力企业，为经济和社会发展做出了显著贡献。

作为国家电网企业，S 电网公司肩负着落实配电系统数字化国家战略的重任，同时还需保障终端用户的持续电力供应，并确保整个电网具备承载新增负荷以支撑经济增长的能力。S 电网公司与华为合作，成功履行了这一使命，通过利用物联网管理平台、柔性物联网应用开发平台及边缘计算单元（ECU），共同开发出实时电网监控平台和物联网电力应用，已成为配电企业数智化转型的解决方案。

多家配电企业已受益于 S 电网公司的电网监控平台，以供电中心 Y 为例，其获益主要体现在以下方面：

- » 更快的决策过程：供电站长和台区经理能够及时获取信息，提升决策效率。
- » 更强的故障检测能力：该平台可主动感知供电站内配电与变电设备故障，从而提升设备智能化管理水平，保障配电网安全运行。
- » 更高的客户满意度：前述优势最终转化为用户满意度的提升。

供电中心 Y 的张副主任表示：“刚入行时，我得挨家挨户抄电表，维护工作也主要依靠用户报修……如今，我管辖范围内一千多户的电表数据、用户信息和供电异常情况，通过手机就能一览无余。停电三分种内，我就能联系受影响用户并迅速处理故障。”

截至目前，该电网监控平台已接入全省 11 个市的 136,495 个配电台区，覆盖 1,220 个供电站及 7,183 条万伏线路。

此外，S 电网公司还承担着扩大可再生能源在电网中的应用，支持国家向清洁绿色经济转型的目标。然而，由于大量家庭和企业已在电网中接入并使用自有的光伏发电系统，这一问题可能对电网稳定性和配电质量构成威胁。为了在化解该难题的同时仍鼓励用户使用可再生能源，S 电网公司与华为合作，采用云编排技术，实现了对低压分布式光伏组件的接入管理和数据转发。该技术使边缘计算单元能够与任何台区内的光伏逆变器等终端设备通信并实施控制，从而为接入国家或大型配电网的光伏微电网提供技术支撑。能够高效处理复杂数据并求解复杂问题的人工智能算法，也被用于光伏发电的预测中。

建议

处于新型电力系统阶段国家的核心挑战在于：如何在国家战略调整与经济加速发展的同时，持续保持数智化的既有优势。为巩固领先地位，这些国家应致力于持续采纳新兴技术，并至少确保以下方面得以落实：整个电网系统（输电、配电、微电网）中至少 80% 的部分保持实时可视；着力推进互联互通的集成化电力系统建设（打破电力行业内的孤岛）；在所有电力企业中全面应用大数据分析技术；以及在整个电力系统内实现人工智能的高水平普及。

处于智能电网阶段的国家，建议制定统一的电力行业发展规划，并以此为依据协调数字化与人工智能的应用步伐。这些国家必须着力于协作与互助，确保电力行业的各个环节——从发电、输电到配电和最终消费——都能应用数智技术，从而实现全电力系统的整合贯通。因此，对数智技术的投资应重点关注：提升电网一体化水平（例如通信技术）、发展互联发电（电力企业中的联接技术），以及拓展人工智能在故障检测和维护以外的应用，以支持更高层级的规划与场景分析。

仍处于传统电网阶段的国家，应着力打破电力企业在数字化和人工智能应用过程中普遍存在的孤岛现象。这些国家需要对数智技术进行大量投资，但也可通过分析其在“电力行业数智化框架”五个维度中的滞后领域，从而加速发展进程。



金融

行业需求

银行业正处于发展的关键阶段，数字化投资对于充分释放人工智能驱动增长的潜能至关重要。为确保投资的有效性，需要采取多维度策略，重点关注四个领域：韧性管理、敏捷响应、生态合作和智能决策。

韧性管理

过去，银行业的韧性主要指财务韧性，尤其是在全球金融危机之后。各国央行重点通过压力测试来评估和验证银行抵御金融冲击的能力。虽然这一定义在全球金融危机发生后的若干年里行之有效，但已不再适用于现代银行业。如今，韧性涵盖的风险范围更广，包括运营风险和 IT 风险。压力测试的范围从资本充足率和一级资本，延伸至系统故障的预计平均恢复时间；金融风险的评估对象拓展至复杂的数字衍生品和数字货币。API 集成和开源软件也扩大了网络攻击面，导致银行更容易遭受恶意攻击。为应对这些问题，新的监管框架如《数字运营

韧性法案》(DORA) 相继出台。然而，银行自身也必须持续强化风险管理，否则任何重大失误都可能构成生存威胁。

敏捷响应

过去，银行业转型是一个长期的过程，成效只有转型完成后才会显现。然而，在当前由金融科技和传统市场竞争共同推动的激烈竞争环境下，敏捷响应成为必然要求。银行需要投资低代码架构，但仅靠这些“低悬果实”还不够。持续创新和复杂项目应对将是整个行业未来几年需要解决的挑战。

生态合作

人工智能是银行业转型的关键驱动因素，但人工智能需要强大的数据支撑。然而，许多银行缺乏训练人工智能模型所需的场景化数据。通过生态合作，将各银行数据进行汇聚，有助于解决这一挑战。汇聚的数据可用于算法开发，从而构建以人工智能为主要决策工具的数据驱动型框架。这种合作模式还可以扩展至跨行业融合：银行与政府、产业、园区及商业机构合作，通过 API 和开放平台打造共享、共赢的协同服务网络。

智能决策

人工智能、大模型与知识图谱构成银行智能决策的核心技术。这些技术能实现数据驱动型分析、预测与建议，支持信贷审批、风控、营销等关键流程的自动化与智能化转型。借助人工智能，银行能更科学更高效地决策，从而提升整体业绩和竞争力。

总体来看，银行业在这四个领域的主要关注点如下：

韧性管理：提升资本充足率、流动性覆盖率及不良贷款识别与处置能力；强化压力测试机制和多场景模拟；增强应对黑天鹅事件风险及快速恢复的能力。

敏捷响应：建立灵活的组织架构和中台系统；利用低代码平台和数据驱动能力，实现产品快速迭代、战略实时调整以及风险预警与响应的闭环联动。

生态合作：构建以客户为中心的跨行业融合平台；通过 API 和开放平台，整合政务、产业、园区、商业等生态资源，打造共享、共赢的协同服务网络。

智能决策：利用人工智能、大模型和知识图谱，推动数据驱动的智能分析、预测与建议；支持信贷审批、风控、营销等关键流程的自动化与智能化转型。

数智化转型趋势

如前所述，银行业正在经历重大转型，这一转型主要由新兴趋势推动，其核心特征在于数据驱动型框架、技术创新以及人工智能的融合。当前的趋势包括：

- » 改变技术采购决策以寻求平衡，既满足创新需求，又确保持续支持；
- » 投资供应商融资、央行数字货币（CBDC）、贸易融资等特定产品组；
- » 新型银行产品创新需求不断增长，这些新产品可成为新的收入增长点；
- » 数字银行导致竞争压力持续上升，对敏捷性不

足的零售银行形成挑战。

这些变化要求银行更加深入地部署人工智能，同时需要新的量化指标来衡量银行人工智能的部署水平。新指标可作为规划指南，助力银行推进数智化发展。总体来看，银行的数智化发展大致可分为三个阶段。

在线金融

在线金融是银行数智化发展的第一阶段。超过 90% 的银行已实现这一点，其主要特征包括互联网与移动银行的引入、基础交易处理线上化以及精心规划的自助服务战略。在线金融的早期，银行主要关注成本优化。例如，1967 年巴克莱银行推出自动取款机，初步探索数字化渠道；21 世纪初，全球大多数银行推出网上银行，降低了成本。当进入在线金融的中后期，银行聚焦提供更加友好的界面和服务，为客户带来更好的体验。

数字金融

数字金融是银行数智化发展的第二阶段，银行将人工智能的初步应用场景融入数字化渠道，包括在呼叫中心部署聊天机器人，基于客户消费模式提供个性化推荐。在这些人工智能应用场景中，通过预测分析来减少流程摩擦，从而提升客户体验。例如，呼叫中心的聊天机器人不再只是处理交易咨询，还可以进行双向对话，为用户提供更加全面的支持。在数字金融阶段，成本优化依然是银行发展的关键驱动力，与此同时银行也开始重视客户满意度提升。此外，银行开始将人工智能用于风险分析，但整体应用仍处于相对基础的层面。

自主金融

自主金融是银行数智化转型的最高阶段，但自主金融刚刚起步。人工智能最终将深入银行业务流程，通过代理金融、互联金融等技术助力银行实现效率最优。在这一阶段，银行将实现复杂业务流程的自动化，并基于数据进行实时决策，从而构建更加自主、高效的金融生态。

下图展示的是这三个阶段的典型应用场景：

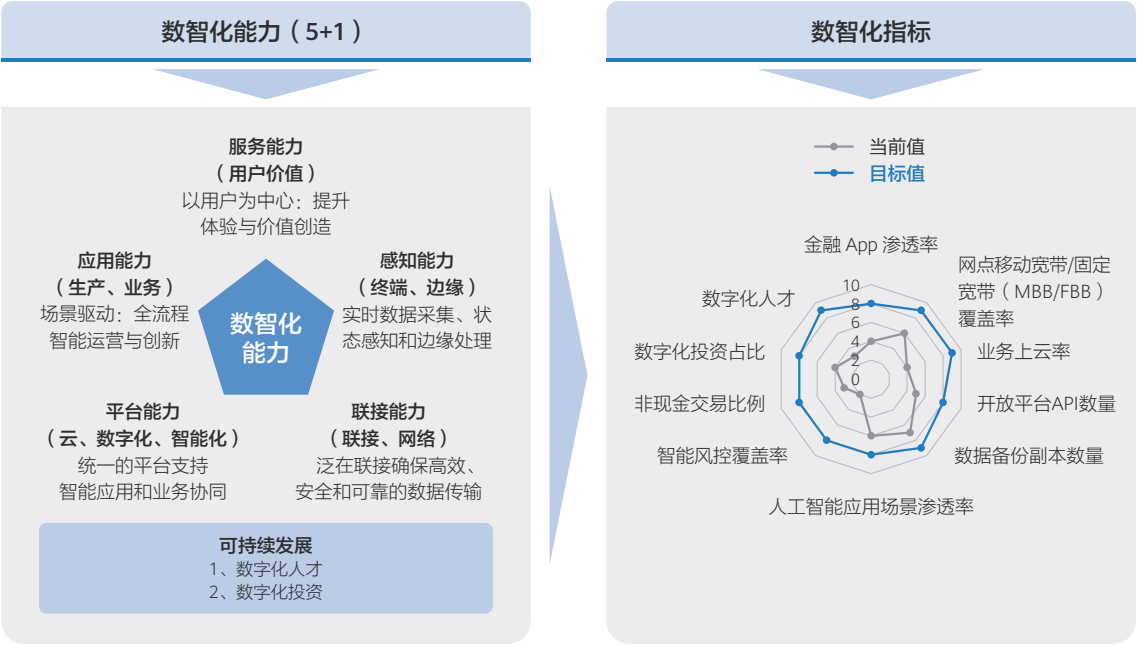
图 43：全球银行业数智化转型的三个阶段



GDII 银行数智化评价指标

评估一国银行业的数字化成熟度，需要基于上述三个发展阶段制定评估指标。这些指标需要可量化，能反映出银行的数智化能力。

图 44：银行业数智化框架



GDII 通过评估五项关键能力来衡量银行的数字化进展。此外，因变量“预期结果”也作为第六项因素纳入了本报告的评估范围。

服务能力

服务能力以用户为中心，衡量的是提升客户体验的技术能力，衡量指标包括金融应用渗透率。为了在服务能力上保持领先，银行需审视客户旅程，采用能够提升客户体验的新技术，例如自动化客户身份验证（KYC）、视频 KYC 等。通过提升服务能力，银行不仅可以实现增收，还能提高客户忠诚度。

感知能力

感知能力是实现数字化的基础能力，可帮助银行构建数据与分析底座，支撑银行实现高度个性化服务和业务优化。感知能力还包括通过 API 及开放的生态接口获取第三方数据。

态接口获取第三方数据。

平台能力

银行通过感知能力收集数据，但还需依托平台能力对数据进行有效解读。平台本质上是支撑数据解读的基础设施，例如云计算基础设施或用于处理第三方数据的 API。

联接能力

感知能力负责收集数据，平台负责解读，而数据分析需要联接能力。联接能力助力银行网点互联互通，从而实现数据共享。

应用能力

仅有数据收集渠道而不对收集的数据进行处理，则无法产生有价值的洞察。应用能力本质上是端到

端的智能处理能力，将数据分析成果应用到前端服务。

数字化投资。这些能力被统称为“可持续发展”能力，并作为赋能能力分别进行跟踪。

可持续发展（“+1”）

建设这五项关键能力既需要数字化人才，也需要数

这些能力全部通过定量指标进行评估。以下 10 个指标用于量化 5+1 能力在 25 个国家的影响：

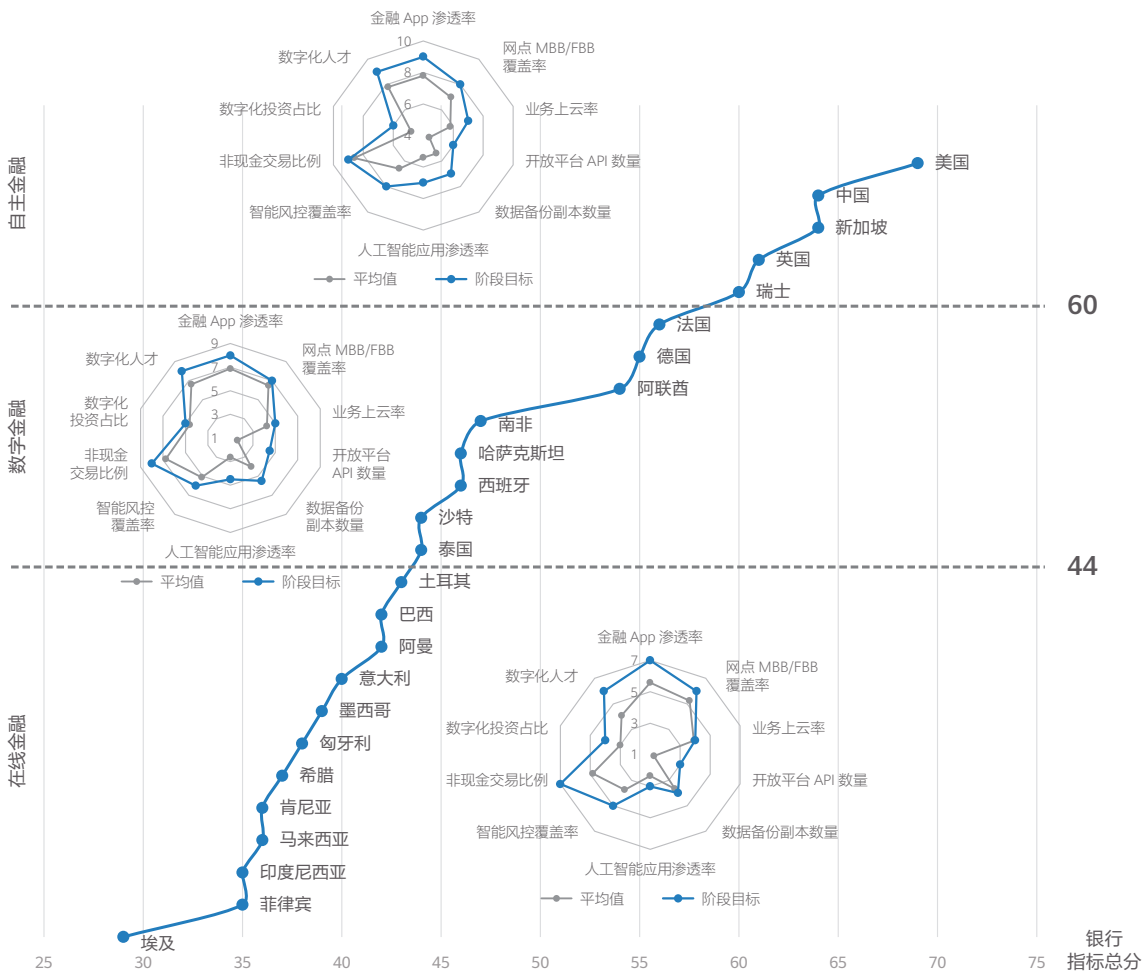
表 3：银行业指标定义

序号	能力	指标	指标定义
1	感知能力	金融 App 渗透率	指金融机构官方 App 活跃用户占全部客户的比例。反映金融机构在移动端的覆盖能力、客户的数字化迁移程度以及线上渠道的主导地位，是衡量金融机构数字化感知与客户触达运营效率的关键指标。
2	联接能力	网点移动宽带 / 固定宽带（MBB/ FBB）覆盖率	指线下网点接入高速移动宽带（MBB）或固定宽带（FBB）的比例。反映网点数智基础设施的完备性，是保障远程视频、智能终端及物联网设备正常运行的关键。
3	平台能力	业务上云率	指各类业务系统部署在云端的比例，包括私有云、公有云及混合云。反映金融机构 IT 架构的现代化水平、资源弹性以及数智基础设施转型进展。
4	平台能力	开放平台 API 数量	指金融机构内外部开放的 API 数量，涵盖账户、支付、身份等服务。反映平台的开放能力、技术集成效率以及构建“开放银行”或金融生态的能力。
5	平台能力	数据备份副本数量	指核心业务数据在异地或多个节点的安全备份副本数量。反映数据容灾能力、业务连续性及安全合规能力，是应对系统故障、网络攻击和灾难事件的重要技术保障。
6	应用能力	人工智能应用场景渗透率	指人工智能技术在金融业务场景中的应用比例，例如智能客服、信贷审批、反欺诈和机器人投顾。反映人工智能融入业务流程的程度以及数智化转型的深度。
7	应用能力	智能风控覆盖率	指风险管理流程中采用算法模型、知识图谱等智能手段进行风险识别、监控和干预的业务场景比例。衡量的是金融机构风控智能化水平以及对潜在风险的响应和预警能力。
8	服务能力	非现金交易比例	指通过非现金方式（例如移动支付、在线转账及 POS 支付）完成的交易占总交易的比例。反映客户数字化行为的成熟度，以及金融机构在推动普惠金融和线上业务发展方面的成效与深度。
9	可持续发展	数字化投资占比	指金融机构每年用于数字化建设（例如人工智能、大数据、云计算及安全）的资本投入占总投资（或收入）的比例。反映金融机构对数智化战略的重视程度以及资源配置方面的倾斜。
10	可持续发展	数字化人才	指行业内 ICT 供应与管理从业人员的数量，包括直接受雇于 ICT 行业硬件厂商、软件厂商、服务供应商及渠道合作伙伴的员工，以及用户侧 ICT 部门负责技术方案管理、部署、支持和战略执行的人员。

数据分析与案例

基于上述 10 项指标，我们基于分析师调研与业界机构数据参考，对代表银行数智化转型三个不同阶段的 25 个国家进行了分析，旨在为银行的数智化转型提供新的洞察和指引。这些分析洞察有助于理解为何有些国家能够成为自主金融的先行者，而有些国家则仍停留在在线金融或数字金融阶段。

图 45：25 国银行业数智化转型进展



基于这 10 项指标和 5+1 能力，我们将国家划分为三大类别：

金融自主化（5 个国家，得分 ≥ 60 ）

- » 数字化与人工智能的先行者；
- » 云、人工智能、数字化人才、备份等数字技术领域投资水平高；
- » 风险管理框架完善；
- » 可通过加大投资提升人工智能渗透率及金融应用水平。

金融数字化（8 个国家， $44 \leq \text{得分} < 60$ ）

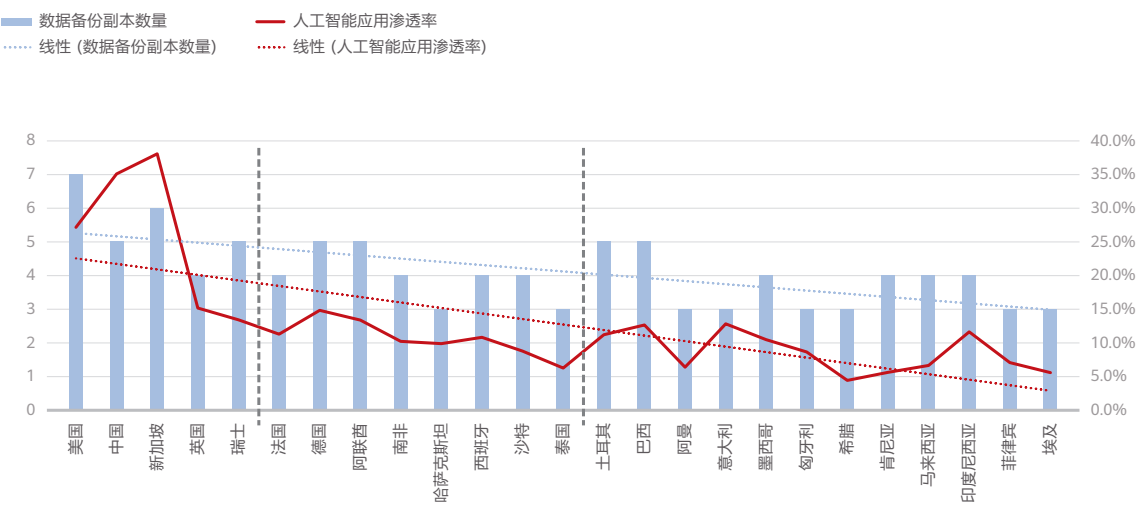
- » 数字化投资加速，需对云、人才、人工智能和开放平台采取一致的投资策略；
- » 需进行针对性的投资，以加速迈向自主金融阶段。

金融在线化（12 个国家，得分 < 44 ）

- » 云、人工智能、数字化人才方面投资水平低；
- » 数字化和人工智能成熟度处于初期阶段，高度依赖人工流程；
- » 金融服务 ICT 支出中数字化支出占比低于 3%。

关键发现 1：自主金融需大量投资人工智能应用和数据备份资源

图 46：数据备份副本数量 vs. 人工智能应用场景渗透率



为进入自主金融阶段，国家需要对银行业人工智能应用进行大量投资。在这一领域，人工智能投资力度直接影响数智化发展曲线；人工智能应用率越高意味着市场发展水平越高。

发展水平较高的国家在人工智能方面的投资比例超过 20%（人工智能应用场景渗透率），较其他国家高出约 3 到 5 个百分点。具体而言：

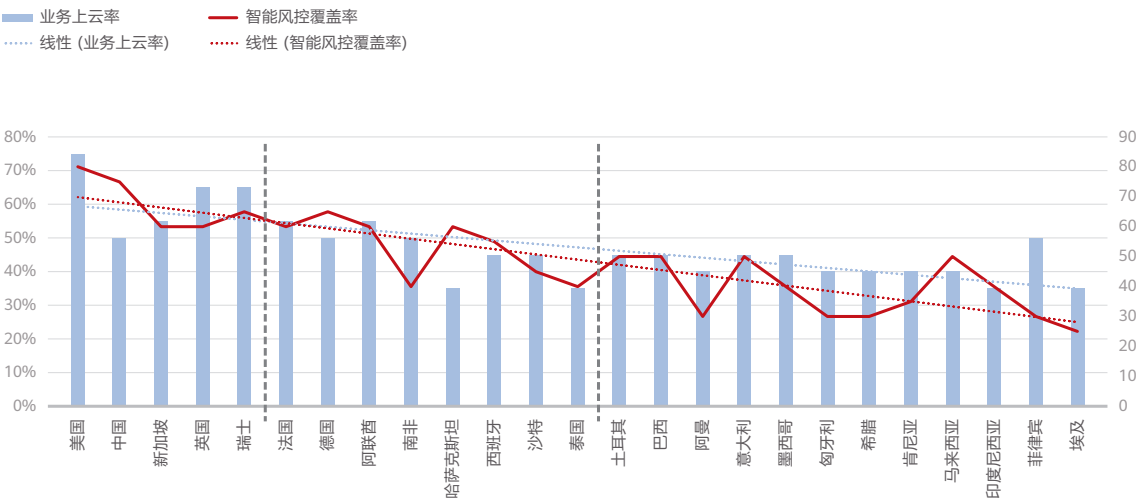
- » 与处于其他阶段的国家相比，处在金融自主化阶段的国家的数字化投资占比平均高出 18%，

人工智能应用场景渗透率高出 27%。

随着银行加大对人工智能应用的投资，其韧性与数据控制风险也随之上升，因而对备份资源的数量和质量提出更高要求。金融自主化国家的银行通常会保留超过 5 份数据副本，而金融数字化国家和金融在线化国家的银行则分别保留 4 份和 3 份。人工智能的部署极度依赖数据，所以增加备份数量成为必要举措。银行业的算法也在不断调整，意味着版本控制和数据完整性维护也需要更为频繁的备份支持。

关键发现 2：业务上云显著提升智能风控覆盖率

图 47：智能风控覆盖率 vs. 业务上云率



处在金融自主化阶段的国家，业务上云率为 86%，智能风控覆盖率为 74%。处在金融数字化阶段的国家，业务上云率为 84%，智能风控覆盖率为 61%。处在金融在线化阶段的国家，业务上云率为 69%，智能风控覆盖率为 41%。

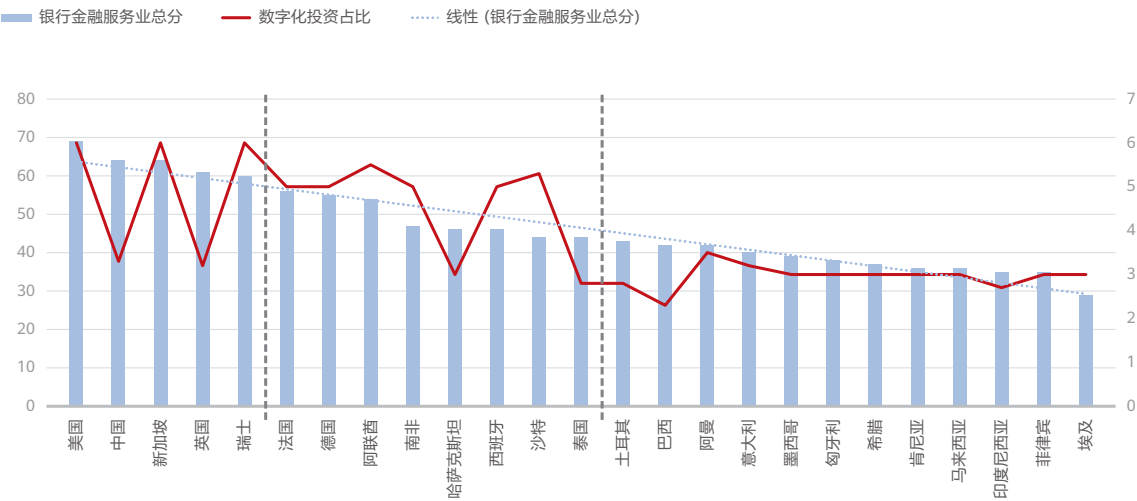
在银行业中，“安全左移”通常指主动强化安全管控。随着时间的推移，“安全左移”这一概念也逐渐扩展为增加额外的监督层，这也是云环境日益受到认可的原因。虽然安全工作负载的案例能够说明这一点，但业务上云与智能风控覆盖之间的关联并不仅限于安全领域。

例如，具备人工智能能力的数据密集型应用同样能够通过业务上云获益。这些应用通常需要能够支持数据共享的生态才能有效运行。以金融犯罪防控应用为例，在数据共享和人工智能的加持下，防控效果显著提升。

此外，业务上云还能够使银行的数据中心与 IT 运维受益。近期研究显示，大多数系统宕机并非由网络攻击引起，而是运维问题所致。通过业务上云，银行能够实现数据中心与 IT 运维的自动化，从而降低宕机风险。

关键发现 3：金融自主化阶段的国家在数字化投资方面处于领先地位

图 48：数字化投资助力银行业绩提升



数字化投资与银行数字化进程之间存在直接关联。平均而言，25 个代表性国家的银行将收入的 3.9% 用于金融服务的 ICT 投资。处在金融自主化阶段的国家，数字化投资比例较平均水平高出 1%；处在金融数字化阶段的国家，数字化投资比例为 4.58%，

略高于平均水平；处在金融在线化阶段的国家，数字化投资比例为 2.96%，低于平均水平。金融自主化国家将更多的收入用于投资云、人工智能、备份、存储及大数据领域。若规划合理并有效执行，增加 ICT 投资能够推动银行数字化成熟度的提升。

案例

自 2016 年起，H 银行积极投资数智化转型，其明确目标是实现交易量增长 3 倍并服务 1000 万客户。为达成这一战略目标，该行将客户体验、运营效率与收入增长作为投资重点，以技术作为整体支撑。为加速转型进程。

在助力 H 银行实现数智化转型的过程中，数智基础设施以及生态网络，帮助 H 银行大幅缩短了决策周期，与其他行业伙伴实现高效协同。

始终坚持“人性化”的服务理念是 H 银行转型过程中的一大亮点。在大力推进数字创新的同时，H 银行同样注重“线上线下融合体验”，以此全面提升客户参与度。此外，H 银行高度重视人才培养，尤其是数字化与人工智能学习领域。

建议

在当前市场环境中，人工智能与数字化投资的重要性日益凸显。本次银行业研究不仅验证了这一趋

势，还得出了如下几项关键洞察：

- » **投资核心基础设施：**若缺乏对支撑数据处理并推动人工智能应用迈向更高水平的核心基础设施的投入，人工智能投资将难以发挥真正价值。核心基础设施投入包括云计算、备份存储方案、金融应用以及开放 API 的开发。
- » **培养软技能与人才：**仅投资技术而忽视对技能与人才的必要投入，不足以推动转型。银行必须同步加大对软技能与人才培养的投入，打造能够熟练运用先进技术的人才队伍。
- » **拥抱云计算：**云计算正逐步成为众多技术栈的关键组成部分，尤其在运营风险管理领域。银行应整合云解决方案，提升风险管理能力与运营效率。
- » **迈向自主金融：**各国市场和银行有望逐渐步入自主金融阶段，充分释放技术投资带来的价值。通过战略性推进数智化能力建设，银行能实现更高水平的自动化和智能化，显著提升运营效率和客户体验。



轨道交通

行业需求

轨道交通的数智化转型最终是由业务需求驱动。此类需求不仅能反映运营重点，也能体现经济和社会整体期望，从而确保数智化转型的成果可衡量。

- » 安全保障：建设具备综合控制和预警能力的安全体系是重中之重，而该体系必须覆盖从设备和运营到乘客和应急响应。总体目标是要保证内生安全和轨道交通的持续、稳定运行。在此基础上，数字安全保障越来越需要智能监测、人工智能异常检测和预测分析，从而在业务异常中断前规避风险。
- » 运营效率：智能调度、资源优化和系统协调都是效率提升的关键，包括提高列车运力、降低运营成本和缩短调度时间。此外，数字化平台和高级分析技术可助力轨道交通运营商实现铁

路与港口、卡车运输和其他物流节点同步，进而实现供应链无缝协同和吞吐量提升，运营效率将进一步提升。

- » 乘客便利性：打造智慧出行体验是轨道交通数字化的核心，涉及在线票务、无缝换乘、个性化行程规划等功能。除了便利性之外，智慧轨道系统还要让不同人群都能无障碍使用。数字化技术使多式联运更简便，让乘客能更灵活、更安心地将轨道交通作为出行首选。
- » 绿色低碳：该领域的重点是减少能源消耗，迈向碳中和。轨道交通领域正不断加强高能效技术融合，应用人工智能监测技术，并通过部署可再生能源系统来降低排放。将可持续发展理念融入数智化，不仅能助力轨道交通运营商削减成本，还能为国家气候目标的实现和全球低碳转型做出贡献。

总之，这些核心需求为数智化转型指明了方向，将技术投资转化为更安全的运营、更高效的物流、更好的乘客体验和更绿色的发展成果。

数智化转型趋势

全球产业数智化趋势

轨道交通数字化是为了应对商业和经济层面的迫切需求而提出的一种技术方案。以下列出了全球的主要趋势及其潜在的业务需求：

» 云网融合

趋势：轨道交通沿线的光纤宽带和 LTE/5G 覆盖逐渐与替代零散 IT 系统的云平台进行协同。
业务驱动因素：轨道交通运营商需要通过全网实时可视来消除瓶颈，与物流枢纽融合，并提高资产利用率。此外，云化协同可将多个现有系统整合为可扩展平台，降低长期 IT 成本。

» 大规模人工智能辅助运营

趋势：从驾驶员咨询系统（DAS/C-DAS）到预测性维护、自动化调度和能源优化，人工智能已开始辅助运营。
业务驱动因素：轨道交通面临减少故障停机和运营成本的双重压力。预测性分析技术可将计划外维护需求最高减少 30%，而基于人工智能的策略能实现显著能源节约，直接提升盈利，进一步提高载客流量。

» 以乘客为中心的数字化服务

趋势：在领先市场，无缝数字票务、移动支付和多模式行程规划现已成为基础性需求。
业务驱动因素：为了提高客运量和收入，轨道交通运营商需要提供顺畅的端到端乘坐体验。除了吸引更多用户之外，数字化平台还能生成高价值行为数据，可用于需求预测和服务优化。

» 轨道交通融入国家供应链

趋势：数字化轨道交通被定位为货运骨干，并通过数据驱动的切换和自动化技术，与港口、机场和卡车运输紧密融合。

业务驱动因素：政府和企业都需要降低物流成本、增强贸易竞争力。可靠的数字化轨道交通系统能缩短换乘时间、降低物流成本的 GDP 占比，提升出口市场的竞争力。

» 可持续发展与低碳势在必行

趋势：轨道交通系统将通过人工智能能源优化、可再生能源的采用和碳监测等举措履行环保责任。
业务驱动因素：投资者和监管机构期望在碳减排和能源效率方面取得显著进展。数智化助力轨道交通运营商在实现上述目标的同时，削减燃料和能源成本，从而同步推进经济创收与可持续发展目标。

从早期的基础数字化工具使用，到人工智能生态全集成，轨道交通数智化一直在分阶段推进。下文将介绍各个阶段的具体情况，包括技术的部署，以及数据、运营和人员能力如何同步发展。

新兴数字化轨道交通

在此阶段，轨道交通正通过初步的系统建设，为数字化奠定基础。票务、调度和监控等环节实现了基础应用部署，同时在信号、闸机和检票等环节逐步实现了局部的设备自动化。然而，这一阶段的数据仍然是分散而孤立的，每个系统各自为政，缺乏集成。此外，运营和维护仍然以人工操作为主，需要有经验的人员进行定期检查。因此，此阶段的业务重点是提高员工对数字化系统的熟悉度、优化安全监控、降低对纸质或手动流程的依赖。

数字化集成轨道交通

在这个阶段，轨道交通已实现数据集中整合，多个信息源汇聚至统一平台，从而实现多源融合，为协同运营奠定了基础。这也推动轨道交通运营商加强业务协同，推动数字化平台与作业巡查、调度、客运等核心环节深度融合。该阶段还开始应用数据分析技术，利用商业智能（BI）和大数据实现初步的

智能决策，支持运营管理。同时也引入智能安全监控，利用人工智能等技术进行设备故障检测和预警。此阶段的关键业务成果是打破孤岛，从而提升效率、优化决策、提高客运服务可靠性。

面向未来的智能化轨道交通

这是轨道交通数智化的最高阶段，其特征是人工智能深度融入所有作业环节（预测、优化和控制），从而实现智能化自主运营，包括列车自动运行、人工智能调度和高级流量优化。此外，在这一阶段，通过数字孪生技术，实现实时系统映射，从而构建一套能实时映射和优化物理轨道交通的虚拟系统。此阶段的核心特征是更深度的人机协作，操作人员

与人工智能系统协同完成调度和预测性维护等工作。轨道交通系统开始具备全面智能、弹性和自适应能力，通过降低物流成本、改善乘客体验和实现低碳目标，促进国民经济发展。

从新兴数字化轨道交通到数字化集成轨道交通，再到面向未来的智能化轨道交通，这一演进过程呈现出一条清晰的成熟度曲线。每个阶段都是前一个阶段的深化：从最初的基础联接和自动化，到集成平台和早期人工智能应用，再到预测性、自主性和多模态智能生态。对各国而言，三个阶段的逐级跨越不仅是技术的升级，更是经济竞争力、运营效率和可持续性的全方位提升。

图 49：全球轨道交通行业数智化转型的三个阶段



GDII 轨道交通数智化评估指标

此架构的核心是“5+1”数智能力模型（见图 50）。该模型提出了反映数智化能力的五个基本要素，以及实现可持续发展的一个要素：

应用能力

在轨道交通系统运营中部署和扩展数字应用的能力，例如票务平台、资产监控系统和预测性维护应用。

平台能力

利用统一、互通平台支持数据集成、分析和跨系统协同的能力。此能力使轨道交通系统运营从相互孤立的系统走向全面、互联的数字化中枢。

联接能力

部署强大的数智基础设施（特别是轨道沿线光纤干线、LTE 和 5G 覆盖）的能力。网络联接是实现移动作业、实时协同和先进通信系统（如未来铁路移

动通信系统）的先决条件。

数据能力

数据采集、存储、处理和治理机制相关的能力。包括打破孤岛、保障数据质量，并为运营性和战略性应用提供安全、可共享数据集的能力。

服务能力（用户价值）

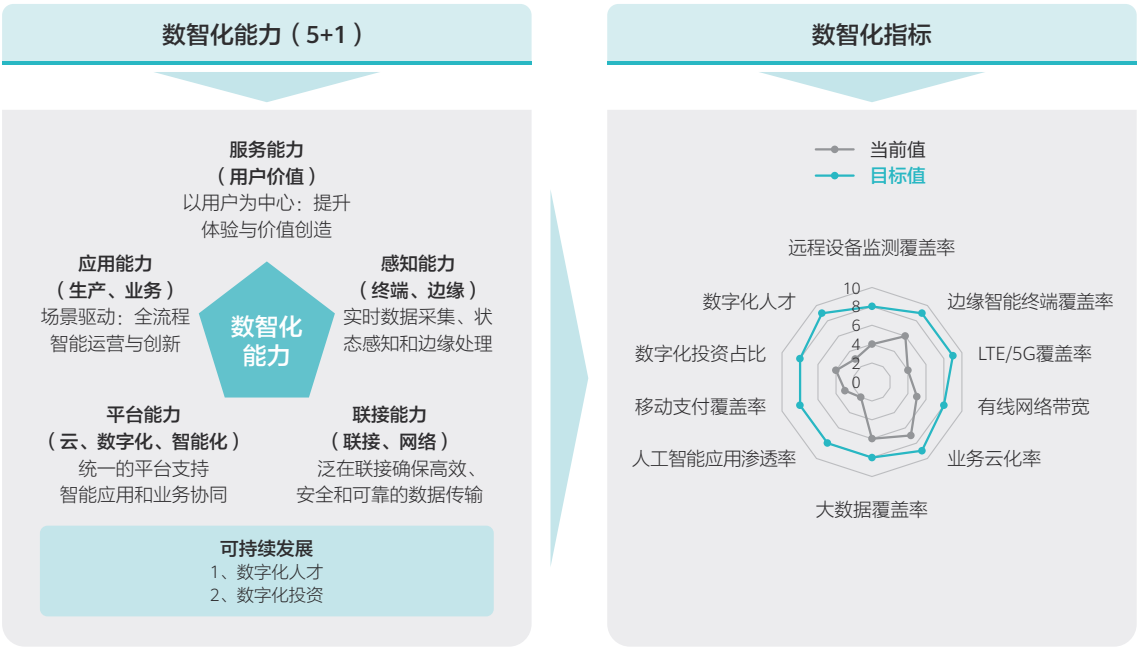
将数字化投资转化为真正的用户价值的能力，既包括运营（效率、安全、弹性）能力，也包括面向乘客（无缝出行、移动支付、多式联运）的能力。

可持续发展（“+1”）

确保数智化有助于实现长期可持续发展目标，包括脱碳、能效和绿色出行。

这六个维度共同构成了衡量轨道交通系统数智化的整体框架，涵盖基础设施、应用、数据和最终结果。

图 50：轨道交通行业数智化框架



该方法的第三个要素涉及**轨道交通数智化指标**（见数智化指标表）。这些数智化指标具体、可衡量，与 5+1 能力保持一致。例如：

- » **联接能力指标**：轨道沿线 LTE/5G 覆盖、有线宽带可用率、大数据覆盖率。
- » **应用能力指标**：预测性维护系统部署、人工智能运营渗透率、乘客移动支付覆盖率。
- » **数据能力指标**：云平台使用率、多模态数据集

成率、是否具备实时协同系统。

- » **服务能力指标**：数字服务带来的客运量提升、人工智能驾驶员咨询系统带来的能耗降低、物流成本效益提升。
- » **可持续发展指标**：碳减排量、能效提升、与国家绿色出行目标一致性。

上述指标将抽象的数智化能力转化为可衡量的结果，从而能对处于不同阶段的各国进行基准评估。

表 4：轨道交通数智化进度指标

序号	能力	指标	指标定义
1	感知能力	远程设备监控覆盖率	指具备远程监控功能的关键设备（如信号、动力、环境相关设备）占比。能反映出轨道交通系统的感知能力和智能化运维水平，有助于保障运营安全、减少故障停机。
2	感知能力	边缘智能终端覆盖率	衡量边缘计算终端在列车、车站、轨边等关键场景的部署情况。能反映出轨道交通系统的实时处理和现场决策能力，可用于安全、监控、告警等环节。
3	联接能力	LTE/5G 覆盖率	指在沿线和站区实现高速无线通信的范围。能反映出轨道交通系统提供高带宽、低时延连接的能力，能支持列车控制、车地通信、乘客信息等核心应用。
4	联接能力	有线网络带宽	指在轨道沿线、车站等重点区域部署的网络的信号传输带宽。能反映出系统保证大容量数据传输和高可靠性通信的能力，是智能信号系统的基础。
5	平台能力	业务上云率	指调度指挥、资产管理、票务系统等业务迁移至云平台的比例。能反映出运营平台的弹性能力和 IT 架构的现代化水平，支持跨域协同和集中管控。
6	平台能力	大数据覆盖率	衡量具备数据共享、数据治理等能力的平台的部署情况。能反映出运营效率优化和智能决策能力，特别适用于高密度、多线路的复杂调度场景。
7	应用能力	人工智能应用渗透率	指人工智能技术在安全识别、能耗管理、客流预测等场景中的应用水平。能反映出轨道交通系统的业务智能化水平和有效利用数据资产的能力。
8	服务能力	移动支付覆盖率	衡量数字支付在地铁、轻轨、地上轨道等车站的使用比例。能反映出乘客服务自动化水平的提升情况，主要体现轨道出行数字化支付水平。

序号	能力	指标	指标定义
9	可持续发展	数字化投资占比	指在 ICT 系统、人工智能、大数据、云平台等方面的投资占比。能反映出企业在推进数智化转型时表现出的战略执行水平和资源投入强度。
10	可持续发展	数字化人才	指该国在轨道交通行业 ICT 供应和管理从业者的数量，既包括 ICT 行业硬件制造商、软件供应商、服务提供商和渠道商直接聘用的员工，也包括用户 ICT 部门聘用的负责技术方案管理、部署、支持和战略执行的 ICT 人员。

在最终阶段，上述指标被用于**评估 25 个国家轨道交通系统的数智化成熟度**，根据每个国家在轨道交通领域的表现，对照 5+1 能力进行评分，从而得出总体的**轨道交通系统数智化得分**。

如上图所示，该评估会同时得出**阶段划分**和**表现排名**：

- » **阶段划分**：国家被划分为“新兴数字化轨道交通”、“数字化集成轨道交通”和“面向未来的智能化轨道交通”三类。这些阶段反映了数字化成熟度的逐级提高，从早期的联接和基础应用，到全面自动化、人工智能运营和多式联运生态整合。
- » **表现排名**：从各国的相对得分可看出，新加坡、德国、中国和美国表现最为突出。这几个国家将较高比例的基础设施预算投入了数字化行动（例如，处于面向未来的智能化轨道交通阶段的国家平均为 1.65%，而处于新兴数字化轨道交通阶段的国家为 0.80%）。

通过比较型评估，我们得出了两点关键结论。首先，数字化投资是影响轨道交通系统效率和竞争力差异的有力因素。其次，各国间存在显著差距。在 25 个基准国家中，有 18 个低于全球平均水平，这也说明存在巨大的改善空间。

行业数智化方法论为轨道交通领域的数字化成熟度评估提供了一套系统性的框架。整体的思路是进行

基于 5+1 能力的分析，借助轨道交通数智化指标对其进行标准化，然后将指标应用于 25 个国家，从而输出诊断性和战略性建议。这不仅为各国的当前状态建立了基准，也为其指明了提升路径：改善基础联接、实现数据集成或追求高级自动化。

最终，该框架表明，数字化轨道交通不仅涉及技术部署，更能释放显著的经济、社会和可持续发展效益。通过对 5+1 能力进行战略投资，各国可加速从新兴数字化轨道交通迈向面向未来的智能化轨道交通，推动竞争力、效率和韧性的全面提升。

数据分析与案例

对各国而言，只要轨道交通运营商每年将至少 1% 的资本投入智能轨道交通基础设施（包括人工智能、自动化、分析、物联网和高速通信）建设，就能创造显著的经济效益。能做到这一点的国家，就能实现更高的货运输和客运量，从而促进了旅游业发展，并提升物流对 GDP 的贡献。因此，智能轨道交通系统不仅是运输载体，更是国家竞争力的助推器。

从 25 个基准国家的成熟度曲线可以看出，各国间差距明显。在曲线的顶端，中国、新加坡和德国等**面向未来的智能化轨道交通**国家拥有自动化、数据驱动的弹性网络。这些轨道交通系统同时具有 80% 以上的 LTE/5G 和有线宽带覆盖，以及现代化的信号系统、云端流量管理系统和大规模预测性维

护。因此，信号处理、轨道车辆和运营都能无缝集成至统一的数字化平台。

这样的网络能创造可观的经济红利。每条轨道线路都能承载更大的货运量，从而提升供应链效率，实现及时生产并降低库存成本。可靠的客运服务能进一步扩大通勤范围，刺激区域经济、促进旅游业发展。从总的结果来看，物流和出行实现了更高的 GDP 占比。需要强调的是，产生红利的方式并不是非线性的。网络成熟度达到面向未来的智能化轨道交通后，货运、客运、旅游和物流领域将产生协同效应，其创造经济效益的方式不是逐渐递增，而是指数级增长。

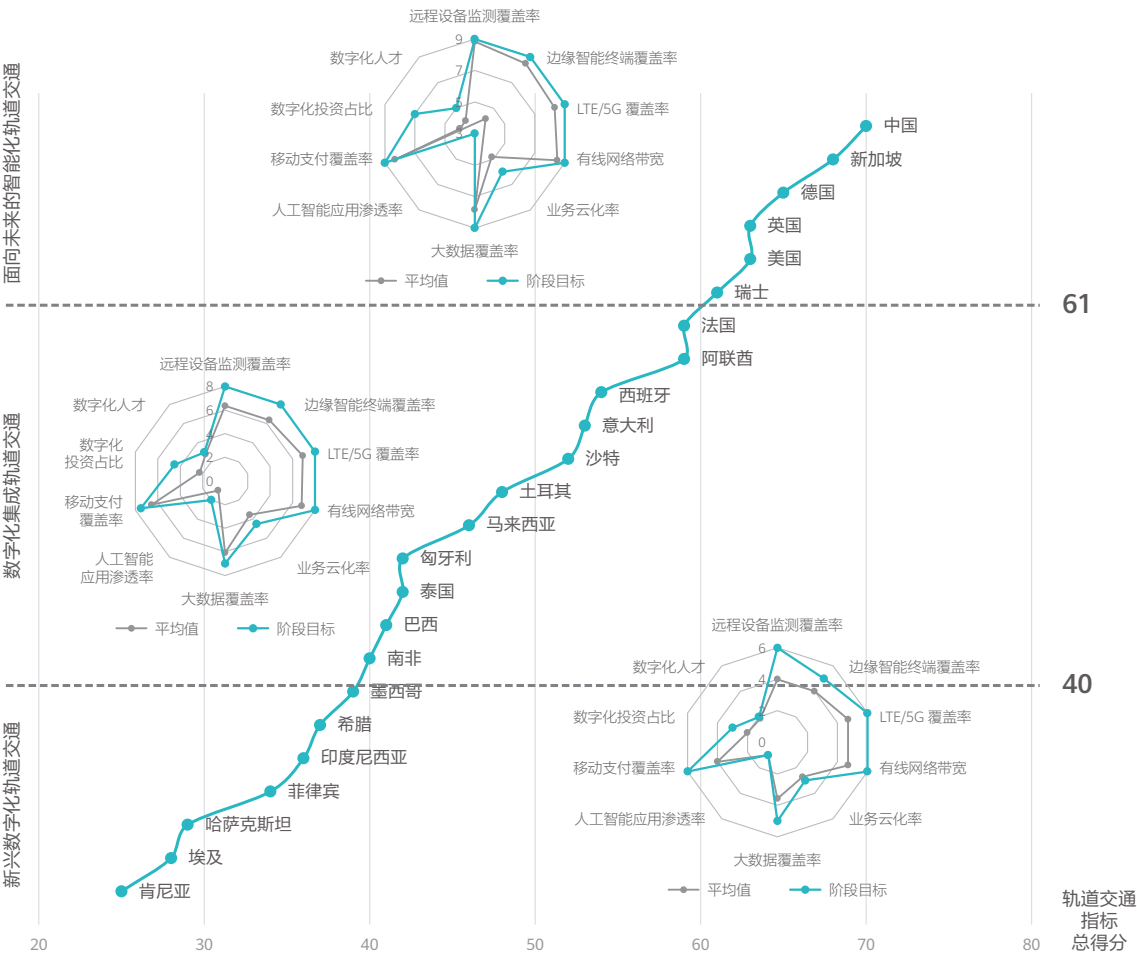
相对而言，大多数国家仍处于数智化的第二阶段——**数字化集成轨道交通**。这些国家在联接和系统集成方面取得了进步，但在全面自动化和高级预测性能力方面仍有差距。这些国家的网络效率高于

处于第一阶段的国家，但缺乏实现跨轨道沿线运营所需的协调能力。因此，轨道交通对经济的贡献有所提升，但仍受到制约。

曲线的底部是处于第一阶段——**新兴数字化轨道交通**的国家，这些国家仍严重依赖人工操作和各自为政的系统。虽然他们可能具备一定的智能信号处理和资产监控能力，但有限的自动化和数据流通的碎片化阻碍了运力的大幅提升。因此，这种处于早期阶段的网络对物流促进 GDP 增长的贡献不大，且在全球货运和客运市场上的竞争力有限。

智能轨道交通基础设施的长期投资是国家经济增长的催化剂。国家只要每年将至少 1% 的轨道交通资本投入数字化、自动化和数据密集型系统，就能在货运效率、乘客出行和旅游业方面创造可观的效益，同时促进物流发展，使其成为 GDP 增长的重要动力。

图 51：25 国轨道交通数智化转型进展



关键发现 1：轨道沿线的有线和无线宽带覆盖是吸引外国直接投资的关键驱动力。

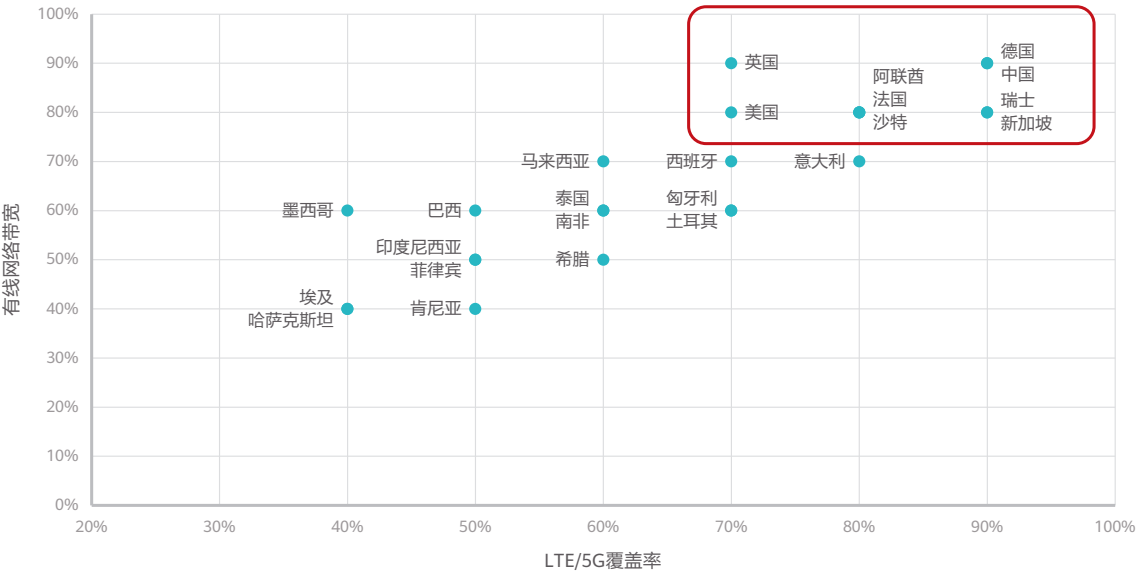
对轨道交通基础设施数字骨干（尤其是大容量有线和无线宽带网络）的战略投资，能够显著提升国家竞争力。致力于发展有线和无线宽带网络的国家将更有优势吸引来自私营领域的资本、加速产业发展并增强其在全球价值链中的地位。

数据显示，在轨道交通宽带领域处于领先地位的国家的轨道沿线带宽超过 400G，而处于中等发展阶段的市场平均带宽为 100G，处于早期发展阶段的国家带宽为 80G，这一差距凸显出巨大的增长潜力。这些数据表明，轨道沿线的宽带连接已成为国家投资战略中的关键差异化因素。大容量宽带网络可减少瓶颈，支持先进的物流体系，并为轨道沿线工业区的数

字化转型提供基础设施，从而吸引更多高价值投资。

基础设施双重性这一概念可以很好地诠释这一点。该概念强调，数字化轨道交通基础设施具有双重功能：同一光纤骨干网和沿线 5G 网络不仅可以支撑先进的轨道交通运营，还能作为国家级数字化走廊。这种双重功能大幅降低了制造商、物流服务提供商和数据密集型行业的准入门槛。企业可以利用这些连接，建立智慧工厂、自动化仓库和工业 4.0 枢纽，而无需在核心基础设施上进行大规模投资。这些举措不仅可以支持预测性维护、实时资产跟踪和自动化作业，更为建设更高效的轨道交通和更强大的周边产业生态奠定了基础。

图 52：轨道交通有线网络带宽



宏观经济影响不容忽视。当高速联接与新轨道交通发展相结合时，吸引外国直接投资的可能性将提高 5% 至 10%，项目估值在三到五年内可增加 10% 至 25%。此外，行业分析数据显示，项目估值提升中有 10% 至 20% 可直接归因于确定性光纤

骨干网的建设。这些骨干网还为 5G 专网提供回传服务。

在评估不同类型的国家时，处于面向未来的智能化轨道交通阶段的国家，LTE/5G 平均覆盖率为 85%

至 95%，处于数字化集成轨道交通阶段的国家，覆盖率为 55% 至 75%，而处于新兴数字化轨道交通阶段的国家，覆盖率仅为 35% 至 50%。处于面向未来的智能化轨道交通阶段的国家处于新兴数字化轨道交通阶段的国家之间的差距高达 40 个百分点以上，这表明不同国家在实现基于移动网络的高可靠性轨道交通运营方面存在明显的能力差距。

这一轨道交通 5G 红利可产生显著的经济影响，预计每年为 GDP 贡献 0.5% 的增长。这一增长由多个因素驱动，包括超高效的供应链、轨道沿线联网

地区的工业 4.0 制造以及物流、出行和数据分析领域的新型数字服务经济。在高覆盖率的国家中，通过将未来轨道交通移动通信系统（FRMCS）与基于人工智能的轨道监测系统相结合，事故响应时间缩短了高达 30%，同时优化了维护计划，减少了列车和基础设施的故障停机时间。

因此，轨道交通在宽带网络的加持下，可以成为国家产业发展的平台。通过将通行权转化为数字走廊，为政府持续吸引投资、建立更强大的产业生态和保持长期经济韧性奠定基础。

关键发现 2：云技术支持的轨道交通能更快应对需求波动

一个国家轨道交通部门的业务云化率不仅是一项技术指标，更是经济活力的体现。云化率高的国家能够更灵活地应对货运、客运及多式联运的需求变化。通过将分散的传统系统中的数据与应用整合至统一的云平台，这些网络推出新服务的速度比依赖孤立 IT 系统的网络要快 60%。

云技术的使用能够产生显著的经济效益。研究表明，对于运输密集型国家而言，轨道交通云化率每提升 10 个百分点，行业生产效率预计将提高 0.2% 至 0.3%。当这一效应延伸至货运物流、客运服务和地区贸易流动时，每年可为 GDP 带来约 0.4% 至 0.6% 的增长。这一增长的根本原因在于：云平台能够缩短服务部署时间，降低运营成本，并提供管理需求波动所需的弹性，避免对固定资产过度投资。

由此带来的敏捷性还体现在财务与运营模式转型方面。传统 IT 模式依赖资本支出，通常需要多年的采购周期和大量的前期投入来建设大型系统。而采用云技术的轨道交通则转向了按需订购服务和增量扩展的运营支出模式，这降低了创新门槛，让轨道交通运营商在大规模部署前，能够先小范围试验预

测性维护、AI 辅助调度和动态乘客信息系统等服务。这种先试验再快速扩展的能力，可缩短创新周期并显著提升效率。

在需求激增时，这一优势更为突出。无论是商品出口量突增还是季节性客运高峰，云化系统都能通过动态扩展计算和分析资源来有效应对。相反，依赖传统硬件的轨道交通则因硬性的运力限制而面临瓶颈，错失收入机会且竞争力被削弱。

通过对处于不同阶段的国家进行对比，我们发现存在显著差距：

- » 处于面向未来的智能化轨道交通阶段的国家广泛运用云技术，结合工业物联网、自动化信号处理和沿轨道沿线交通管理，可实现效率的显著提升与无缝集成。
- » 处于数字化集成轨道交通阶段的国家虽部分采纳云技术，但不均衡的应用限制了其大规模部署领先服务的能力。
- » 处于新兴数字化轨道交通阶段的国家仍受限于老旧系统，难以快速提供新功能，导致轨道交通对 GDP 的贡献保持不变。

新兴数字化轨道交通	数字化集成轨道交通	面向未来的智能化轨道交通
云化率较低、孤立的老旧 IT 系统占据主流。	局部或零散地采用了云技术，老旧系统和云化系统并存。	轨道交通运营中广泛运用云技术。
严重依赖固定运力，缺乏灵活性。	具备一定的灵活性，但仍存在差距，阻碍无缝协调。	实现了全面的灵活性，能够根据需求波动灵活调整计算和分析资源。
快速部署新型数字服务的能力有限。	虽然已经部署了数字服务，但由于云化进度不统一，部署速度仅为中等水平。	相比孤立的 IT 系统，新服务的部署速度提升 60%。
货运和客运高峰期面临瓶颈。	虽然效率有所提升，但影响依然逐步显现。	集成了物联网、自动化信号处理及轨道沿线交通管理系统。
轨道交通对 GDP 的贡献保持不变。	效率提升为 GDP 带来了额外的增长。	生产力和韧性的提升带来显著的 GDP 收益。
支持更广泛的产业和物流生态的能力不足。	局部对齐工业 4.0，但在大规模应用中缺乏韧性。	成为工业 4.0 生态和物流韧性的强大推动力量。

采用云技术实现敏捷性不仅仅只是一个显著影响宏观经济战略执行能力的 IT 决策。采用云技术的轨道交通系统能够更好地应对需求波动，增强物流韧性，并在生产力和增长方面实现持续提升。

关键发现 3：轨道交通智能化水平由人工智能驱动的运营和数字化乘客服务推动

轨道交通系统的智能化水平取决于两大领域的同步发展：人工智能驱动的运营效率提升以及依托数字服务的乘客体验。轨道交通行业的这两大关键要素相辅相成，可共同创造显著的经济红利。在这两方面均处于领先地位的国家，不仅能够打造更加可靠和高效的轨道交通网络，还在吸引乘客和投资方面展现出更强的竞争力。

人工智能应用普及率与移动支付覆盖率之间存在密切关联。根据我们的统计数据，二者的关联系数为 0.65，但其带来的经济效应却十分显著。领先国家的轨道交通在大规模采用人工智能技术后，能耗最高降低了 18%，运营成本和维护费用也显著降低。这主要得益于驾驶员咨询系统及联网驾驶员咨询系统的应用，这些系统作为智能助手，分析列车位置、线路坡度、限速和时间表等实时信息，制定最优行驶方案。通过指导驾驶员适时加速、巡航、滑行或制动，这些系统能够降低能耗，减少制动损

耗，延长部件使用寿命，并提升列车准点率。

在乘客方面，移动支付和行程规划应用等数字服务同样带来了可观的收益，包括客流量和收入的增长。移动支付广泛覆盖的轨道交通系统，其客流量增幅可达 15%。以下两个国家的案例充分展示了这一点：

- » 在中国，移动支付覆盖率接近 90%，地铁和公交车系统已全面接入支付宝和微信支付平台，使用手机扫二维码是数百万上班族的主要交通支付方式。这种非接触式体验是推动国家城市交通客流量屡创新高的重要因素。
- » 荷兰于 2023 年推出了名为 OVpay 的全国性开放支付体系。据 Visa 统计，2023 年 4 月至 12 月间，该国轻触支付交易量从 730 万次激增增至 2,200 万次，这反映了公众对这一一体化、全境覆盖系统的需求和使用率都很高。

表 5：智能化轨道交通的两大核心要素

要素	关键使能因素	经济影响	示例
人工智能驱动的运营	驾驶员咨询系统、联网驾驶员咨询系统、预测性维护、实时优化	最高可节省 18% 的能耗，降低运营成本，减少维护需求，延长资产使用寿命。	在欧洲和亚洲广泛应用，助力提升准点率和降低成本。
数字化乘客服务	移动支付、行程规划应用、多式联运票务	客流量增长高达 15%，增加票务收入，丰富乘客数据。	在中国，支付宝和微信支付覆盖率达 90%；在荷兰，OVpay 迅速普及。

同时推进这两个领域发展的国家能实现多重效益：降低运营成本并延长资产生命周期，同时提高客流量和收入。

两大领域同步推进还会产生飞轮效应。在运营上使

用人工智能技术不仅能够提高可靠性和准点率，降低成本，还有助于赢得乘客的信任。随着乘客逐渐开始采用数字服务，他们所产生的行为数据可用于不断优化人工智能模型，从而有助于提供更精准的规划、预测性维护和个性化服务，从而实现持续改

进的良性循环：更低的成本促进更高的使用率，更高的使用率带来更多数据，而更丰富的数据又能够推动运营效率的提升。

相反，只在一个领域取得进展的国家则将面临收益递减的问题。只有对人工智能驱动的运营和面向乘

客的服务进行均衡投资，才能获得最佳收益，包括降低成本、延长资产寿命、增加收入，并通过支持旅游业、物流业和劳动力流动带来 GDP 显著提升。因此，未来的轨道交通智能化只有建立在卓越运营和乘客信任的基础之上，才能为国家的可持续发展奠定坚实基础。

关键发现 4：数智基础设施投资降低物流成本

国家物流效益分析数据显示，轨道交通领域的高数字化投资水平与低物流成本之间存在明显关联。在国家基础设施（如轨道交通）预算中，数字化投资每增加 1%，整体物流成本最多可降低 0.5%，从而提升出口竞争力，并让国内商品更加实惠。这种关联关系凸显了轨道交通数字化投资对于提高贸易竞争力和供应链效率的重要作用。

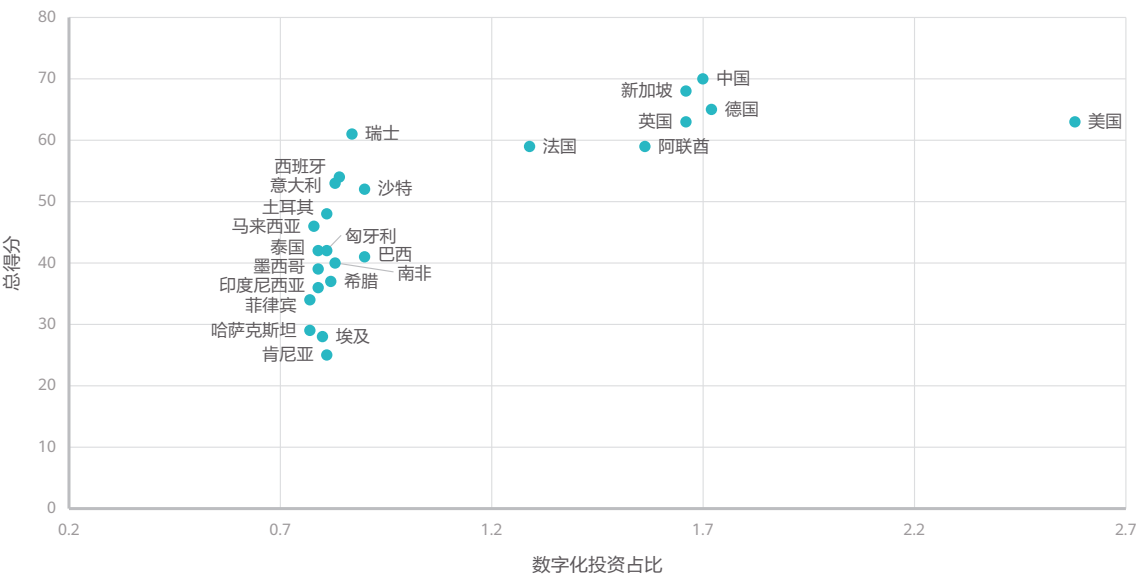
阶段分析表明，各国轨道交通预算中对数字化投资的优先级存在显著差异。在选定的 25 个国家中，轨道交通数字化投资的平均占比为 1.08%。其中，处于面向未来的智能化轨道交通阶段的国家的平均占比为 1.65%，而处于数字化集成轨道交通阶段的国家约为 0.83%，处于新兴数字化轨道交通阶段的国家为 0.80%。有 18 个国家低于全球平均水平，这表明大多数市场的数字化投资水平相对于表现最突出的国家仍显不足。图 53（数字化投资 vs. 轨道交通效益）展示了这一差距，其中处于面向未来的智能化轨道交通阶段的国家，如新加坡、德国、中国和美国等，数字化投资水平更高，轨道交通效益也更好，而投资不足的国家则在这两方面均受限。加大数字化投资水平能够推动人工智能、物联网和 5G 技术的快速普及，进一步增强轨道交通、港口和卡车运输之间的协同，通过预测性维护减少成本高昂的故障停机，并借助共享数字平台支持实时多式联运协调。

值得注意的是，加大数字化投资所带来的经济回报远不止于轨道交通部门。数字化系统可以减少意外停机，提高资产利用率并降低维修成本。当数字化系统大规模部署实现效率提升后，还可缩短港口交接时间，减少瓶颈，并使轨道货运成为卡车运输的更可靠替代方案，从而构建一个高效、数字化集成的轨道交通网络。这一网络将成为国家更广泛物流生态的“成本之锚”，其成本节省效应将沿供应链传递，进而降低出口成本并提高国内市场的交付可靠性。

有 18 个国家的数字化投资水平低于全球平均水平，缩小这一差距对于提升供应链效率至关重要，因为效率提升将直接转化为国家贸易优势，新加坡、德国和中国等国已经展示了这一潜力。例如，在 2010 年至 2022 年间，中国的物流成本占 GDP 的比例从约 18% 降至 14.6%。尽管这一成本的降低由多个因素驱动，但对人工智能、物联网、云计算和 5G 的持续投资在提高轨道货运效率方面发挥了重要作用，进而巩固了中国作为全球最大货物出口国的地位。

数字轨道交通投资有助于国家战略的实施，包括降低物流成本、增强贸易竞争力和实现效率显著提升。对于数字化投资低于全球平均水平的国家而言，仍有大量机会缩小与领先国家的差距。

图 53：轨道交通数字化投资 vs. 轨道交通效益



案例

地铁集团 W 从“一线一系统”的建设模式转向了共享数字架构，以跟上轨道网络快速扩大的步伐。该系统于 2021 年 12 月实现了全城覆盖，截至 2023 年初，总覆盖长度约为 460 公里，至 2024 年已增至 12 条线路、312 个车站，总覆盖长度达 518 公里。从 2012 年到 2021 年，该地铁系统共运送乘客 68.19 亿人次，2021 年地铁出行占城市所有公共交通出行的一半以上。2023 年，年客流量达到了约 13.5 亿人次。

每条新建线路均需部署超过 20 个独立的业务系统，导致 ICT 重复建设，资本支出高昂，IT 资源利用率低于 50%，数据碎片化限制了数据分析和跨线路运营的效果，并对车站机房空间造成压力。同时，该地铁运营商需要可靠、低时延的车地回传，以支持基于通信的列车控制、乘客信息系统和列车控制与监控系统。此外，该地铁运营商还需更高带宽的运维和视频监控服务，而无需在每条线路部署专用无线网络。

为了应对这些调整和需求，该地铁运营商在多线城市轨道交通云上整合了计算、存储和网络资源，启

动了 5G 计划。该计划包含运营线路的全面覆盖以及建设一张 4.9 GHz EasyMacro 专用网络。该网络通过切片技术承载基于通信的列车控制、乘客信息系统和列车控制与监控系统的流量、应急视频对讲和 5G 集群通信，同时实现智能运维和提供乘客服务。截至 2021 年 10 月，运营线路实现了 5G 信号全覆盖。到 2021 年底，覆盖范围扩展至现有的全部 11 条线路。2023 年，该地铁运营商完成了 4.9 GHz EasyMacro 专用切片网络的部署，并对其承载的基于通信的列车控制、乘客信息系统和列车控制与监控系统、应急视频对讲和集群通信的功能进行了验证。该项目的商业模式依赖于 5G 公网专用，地铁运营商选择租赁电信运营商网络中有服务保障的切片，而非建设每公里成本超过 100 万元人民币的专用无线网络。这一模式为地铁运营商节约了巨额资本支出，并实现了运营支出可预测。

在三年的部署过程中，地铁集团 W 取得了以下成果：

- » 通过部署集中式云服务，新增线路的车站机房建设成本降低了约 50%。
- » 通过共享算力和存储资源，IT 资产利用率提高了约 50%，在新增投资前充分利用了现有运力。

- » 通过合并重复的线路系统，人力需求减少了 10% 以上。
- » 消除了数据孤岛并实现了集团范围内的安全数据共享，实现了全网规划、预测和效益报告。
- » 到 2021 年底，全市运营线路实现 5G 全覆盖，提高了员工通信和乘客网络连接质量，支持更顺畅的高峰管理和突发事件应对。
- » 2023 年，获得国家认可，证明了该运营模式可行且可向其他地铁系统复制。

这一转型还对整个城市产生了深远影响：

- » 通过提高效率，释放了大量资本和人力资源，这些资源可投入到服务拓展中，形成了网络与城市的投资飞轮效应。
- » W 市靠近车站的房产价值显著提升。数据显示，距地铁站 100 米范围内的商业地产溢价约为 16.7%，100 至 400 米范围内的地产溢价约为 8.0%，而一个更加可靠和高效的地铁系统有助于维持这一趋势。
- » 统一的数字化平台为未来的服务（如非高峰时段利用地铁进行城市物流配送）奠定了基础，提高了最后一公里的效率和韧性。
- » 经过验证的成功案例和交付模式大大降低了其他城市采用新技术的风险，加速了城市交通的全面现代化进程。

建议

轨道交通数字化没有统一的路径，各国可以根据自身基础设施的成熟度、投资重点和市场需求，以不同的速度推进。但国家若想实现轨道交通数字化带来的收益，须采取适合其自身发展阶段的策略，而非套用通用模式。

第一阶段：新兴数字化轨道交通

该阶段的重点是建立可靠的数智基础设施，从而降低长期系统集成成本。

- » 优先考虑轨道沿线联接：在主要的货运和客运

线路上扩大光纤主干网和 LTE/5G 覆盖范围，确保数字化轨道交通运营的基本需求得到满足。

- » 尽早实现系统标准化：避免分散部署信令、票务和监控系统，实现互联互通，从而降低未来成本。
- » 提升数字技能：加大人员培训力度，帮助其掌握基础数据操作并提升其安全意识和数字素养，为操作更先进的系统做好准备。

第二阶段：数字化集成轨道交通

打破信息孤岛，利用数字技术实现效率提升和业务增长。

- » 统一数据平台：在基于云的系统中整合运营与业务数据，支持实时决策和灵活扩展。
- » 聚焦高影响力的试点项目：人工智能和分析试点项目首先聚焦预测性维护、需求预测及客流优化等更易实现投资回报的领域。
- » 强化数据治理：制定数据访问、安全和共享标准，确保数据作为国家资产（而非部门壁垒）得到有效管理和利用。

第三阶段：面向未来的智能化轨道交通

利用数智化成熟度优势实现指数级效益增长，持续保持竞争力。

- » 扩大自动化应用范围：推进自动化列车运行、人工智能调度以及预测性维护的大规模落地，提升轨道交通网络运力与韧性。
- » 构建多式联运生态：将轨道交通作为连接港口、机场、卡车运输和公共交通的数字化中枢，通过应用程序接口和数据共享标准实现无缝对接。
- » 发挥基础设施双重功能的优势：通过与周边行业（如物流中心、工业 4.0 园区等）共享基础设施资源，实现宽带轨道沿线和云平台经济效益的最大化。

各国可以通过将数字化投资与自身发展阶段相匹配，提升效率，降低物流成本，并提升其在全球贸易中的竞争力。从基础联接向高阶自动化的升级，必将助力各国提升轨道交通系统智能化水平和经济韧性。



物流

行业需求

随着人们对安全、效率、透明性和可持续性的需求越来越高，物流向数智化生态的转型之路也正在重塑。供应链愈加趋向复杂和多模式，要满足这些需求，必须解决长期存在的结构性和技术性挑战。

- » 安全保障——物流行业需要覆盖所有运输方式及整个供应链的安全系统，包括人员、车辆、货物和站点。智能监控、异常检测、预警和追溯系统均需到位，以保障人员安全、货物完整以及运营稳定。在这方面，存在一个主要的挑战：由于各运输领域（如机场、港口、铁路和货运集散地）都保持各自独立，其安全数据通常呈碎片化状态。这种碎片化会导致不可接受的可视化缺口。实时、跨模式的安全保障要依赖于兼容协作的平台及安全的数据共享机制。
- » 运营效率——提高仓储、运输和配送效率是物流数智化转型的核心需求。要降低运营成本并提高吞吐量，智能调度、自动化分拣、路线优化、多系统协调都是必不可少的。然而，物流

存在多模式的特性，这对于运营效率有着原生障碍：各物流流程都有各自的基础设施、规范和 IT 系统，会导致延迟且需要人工交接。要打破这些孤岛，需要有能够跨流程和运输方式实时协调资产的数字平台。

- » 端到端可视化——企业对整个物流链的实时可视化需求越来越高，从订单生成、仓储、运输到最终配送。集成化的数据平台能够让运营商跟踪货物流转、检测异常并快速响应任何中断，这对于满足企业的实时可视化需求是必不可少的。然而，由于数字化工具的采用情况参差不齐（尤其是小型卡车运输车队和最后一公里配送服务商）以及缺乏标准化的数据模型，可视化程度持续受限。没有统一的平台，不同运输方式之间的透明度和优化程度仍十分有限。
- » 低碳和绿色发展——可持续发展已成为当前物流转型中不可或缺的要求。因此，行业必须拥抱新能源汽车、智能仓储、绿色包装和可再生能源整合，以减少能源消耗和碳排放。由于不同运输方式之间去碳化的进度和速度不一，要实现这一目标存在难度：空运和海运仍然严重依赖化石燃料，公路货运在充电和加油方面面临基础设施不足。更宽泛而言，绿色升级的成

本很高。因此，要在这方面实现可衡量的成果，协调投资和应用数字化系统以实现更有效的能源监控和优化，这一点至关重要。

最终，要满足这些需求，需要克服一系列问题，包括碎片化系统、孤岛式运营和不均衡的数字化水平。而数智化提供了一个通用平台，能够实现更安全、更高效、更透明和更可持续的物流。

数智化转型趋势

供应链越来越强调安全、高效、透明及可持续，随着运营商响应此需求，物流数字化正在全球范围内加速。目前，主要的全球趋势及企业的关键任务包括：

» 联接和云的融合

趋势：物流网络越来越多地建立在集成的数字主干线上，将光纤、5G 和卫星连接与云平台相结合，以取代孤岛式 IT 环境。

业务驱动因素：全球供应链需要在不同运输领域（从港口、机场、铁路车场到货车运输枢纽）实现实时可视。云化平台支持数据融合，可通过整合旧系统降低 IT 成本，并提供管理需求波动的扩展能力。

» 人工智能驱动的智能运营

趋势：人工智能正被部署在物流运作过程的各个环节，以促进预测性维护、自动化仓储、需求预测和动态路线优化。这意味着诸如联网驾驶员咨询系统（适用于铁路运输）和基于数字孪生的车队管理（适用于公路运输、海运和空运）这样的先进系统正变得越来越普遍。

业务驱动因素：运营商面临着巨大的压力，要减少服务中断时间、能源使用及单次运输成本。这使得基于人工智能的分析结果变得极其宝贵，因为这些结果可以帮助将维护成本降低 30%，通过优化驾驶 / 飞行 / 航运策略降低能耗，并提高跨车队和终端的资产利用率。

» 端到端可视化和数据共享

趋势：平台当下的设计旨在提供端到端连续性及多模式可视化，包括订单创建、仓储、长途运输、配送及最后一公里交付。区块链、物联网传感器和数字孪生正越来越多地用于货物追溯和状态监控。

业务驱动因素：企业和政府要求供应链更透明、更快且更可靠。因此，端到端可视化是一个理想的解决方案，可以减少延迟，提高预测准确性，并且让运营商快速响应诸如港口拥堵或空域限制等服务中断。

» 面向客户和合作伙伴的无缝体验

趋势：数智化转型正在扩展到面向客户和合作伙伴的服务，例如集成预订平台、移动支付以及托运人、货运代理和承运人之间基于 API 的数据交换。

业务驱动因素：为了保持竞争力，物流提供商必须为客户和供应链合作伙伴提供零障碍的体验。在这方面，数字服务层不仅可以提高满意度和忠诚度，还可生成高价值行为数据，促进运营的优化。

» 可持续发展和低碳物流

趋势：物流运营商正在逐步采用电动卡车、替代燃料货船、智能仓储和能源优化系统。基于人工智能的碳监测和优化引擎等数字化工具正逐步融入系统，从而帮助实现 ESG 目标。

业务驱动因素：来自监管机构、投资者和客户的压力意味着在当下，碳减排是关键业务要求。数智化在这方面至关重要，因为它能帮助物流提供商实现可持续发展目标，同时降低能源成本，提高效率，并确保低碳贸易网络的长期竞争力。

通常，物流向数智化系统的转型，可分为 3 个成熟阶段。每一阶段都反映了系统、数据和智能能力的不断融合，最终形成一个全联接、全自动化、可持续发展的物流生态。

第一阶段：新兴数字化运输

在这一阶段，企业首先**推出部分系统**，通常聚焦

于基础仓库管理系统（WMS）和运输管理系统（TMS）。这些系统作为数字化的起点，但在很大程度上是独立运行的。相关流程受限于**初步标准化**，可视化和报告能力有限，缺乏针对整个物流链的真正集成。在这个阶段，大部分数据仍是**手动输入**的，且**容易出错**，限制了准确性和扩展性。此外，运营结构通常是**分散且独立**的，仓储、运输和配送节点之间的协调水平低。这一阶段为转型奠定了基础，但面临着孤岛式运营和数据驱动决策能力有限的两大挑战。

第二阶段：数字化集成运输

在第二阶段，数据开始**渗透到整个物流链**中，将采购、仓储、运输和配送功能串联起来。这一点可通过创建**统一平台**来实现，平台需能够整合信息流，并实现跨节点和运输方式的协调。在这一阶段，通过**云调度平台**，物流作业的效率得到提升，从而优化路线、车辆利用率和仓库布局。随着大数据和数据分析应用于运营管理，**智能辅助决策**也得以实

现。此外，包括订单、车辆和库存在内的整链**可视化跟踪**也提高了透明度和响应速度。这减少了物流各环节之间的摩擦，提高了资源利用率，还增强了预测和解决服务中断的能力。

第三阶段：面向未来的智能化运输

在第三个阶段，也是最高级的阶段，物流真正地实现了智能，**人工智能优化协调**多个物流代理和节点，可支持跨复杂供应链网络的无缝、多模式编排。在这一阶段，自动化仓库、无人驾驶汽车、无人机等无人系统广泛使用，实现**深度自动化**。同时，物流活动可实现**实时智能决策**，可动态调整路线、库存水平和人力调配，以满足不断变化的需求。可持续性也是这一阶段的另一决定性特征。通过**绿色低碳举措**，物流网络可实现碳足迹监测和智能能源管理系统的部署，从而将运营效率与可持续发展目标对齐。在这一阶段，物流真正转变为具有适应性、韧性和可持续性的支柱，支撑全球 / 国内贸易和经济增长。

图 54：全球物流业数智化的三个阶段



从**新兴数字化运输**到**数字化集成运输**，再到**面向未来的智能化运输**，成熟度曲线展现了明确的进展：从碎片化、手动的系统到全智能、低碳的生态。每

个阶段都基于上一个阶段，确保在联接化、集成化和智能化方面的增量投资，以实现国内和全球物流网络的长期竞争优势。

GDII 物流数智化评估指标

方法论的核心是“5+1”数智化能力模型。该模型定义了体现数智化能力的五个基本要素，以及实现可持续发展的一个使能要素：

应用能力

在物流活动中部署和扩展数字化应用的能力，例如仓储自动化、路线优化、货物监控和预测性车队维护。

平台能力

统一的、兼容协作平台支持采购、仓储、运输和配送的数据集成的能力。一个强大的平台底座可确保物流运输超越碎片化系统，走向协调的多式联运。

联接能力

稳健数智基础设施的部署，包括跨端口、终端和车队的宽带光纤、LTE/5G 和支持物联网的设备。联接性是实时协调和跨模态可视性的前提。

数据能力（感知）

大规模收集、处理和治理数据的能力，包括物联网传感器、射频识别（RFID）、货物可视化系统和边缘分析。这一能力可确保信息的准确性和实时性，用于运营优化和战略决策。

服务能力（用户价值）

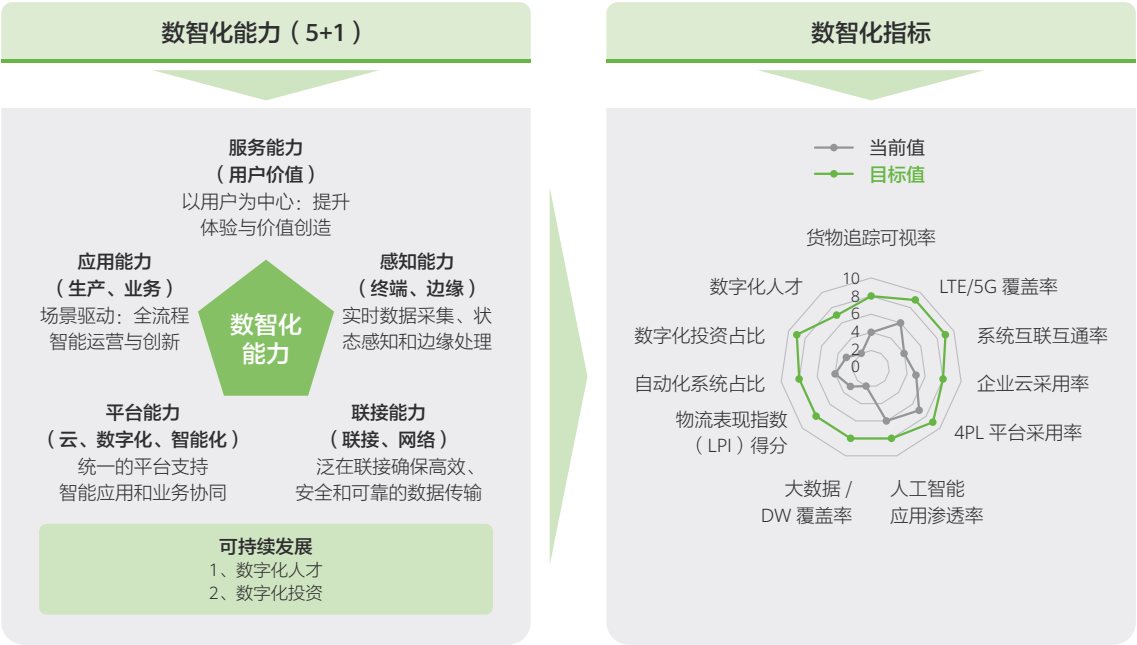
通过数字化投资为托运人、货运代理和最终客户创造价值的的能力，包括无缝的多式联运预订、数字支付、可靠交付和透明的物流表现。

可持续发展（“+1”）

通过能源优化、排放跟踪以及可再生动力运输和仓储，确保数智化为低碳物流作出贡献。

这六个维度共同构成了衡量物流智能的全面框架，涵盖了技术基础设施和可衡量的业务成果。

图 55：物流行业数智化框架



数智化指标为“5+1”模型提供了与各能力对标的衡量标准，使模型得以运转。如：

- » **联接能力指标：**物流枢纽 LTE/5G 覆盖率、系统互联互通率、大数据 / 数据仓库覆盖率。
- » **应用能力指标：**人工智能渗透率（车队和仓库运营活动）、自动化系统部署，以及预测性维护工具的使用。
- » **平台能力指标：**云采用率、平台兼容协作性，以及第四方物流（4PL）调度平台的使用率。

- » **感知能力指标：**货物跟踪可视率、数字孪生采用率、多式联运数据集成化。
- » **服务能力指标：**面向客户的物流表现指标（准时交付、成本效率、透明度）和移动 / 数字支付采用情况。
- » **可持续性指标：**专门用于物流的数字化投资、数字化人才发展，以及可量化的碳减排。

这些指标将抽象的能力转换为可跟踪的结果，从而实现跨物流网络、跨运营商和跨国家的对标。

表 6：物流领域数智化进展的指标

序号	能力	指标	指标定义
1	感知能力	货物跟踪可视率	指在整个物流过程中，从仓储到运输、配送，能够实现位置和状态实时跟踪的物流订单的比例。该指标反映了企业对货物流通透明度的管理能力，是提高客户满意度和异常情况响应效率的关键指标。
2	联接能力	LTE/5G 覆盖率	指仓储园区、运输路线、车辆终端等关键物流场景的高速无线网络（LTE 或 5G）覆盖率。该指标体现了智能终端接入、实时数据回传、远程控制等能力，是实现数字化、智能化物流的基础。
3	联接能力	系统互联互通率	指物流企业内部系统（如 TMS/WMS/OMS 等）与客户、供应商系统之间的数据联接程度。该指标还涵盖了不同运输模式（多式联运、独立订单系统）之间、通道与枢纽之间、枢纽与枢纽之间的联接能力。该指标反映了供应链上下游信息流共享和协同的水平，直接影响到履行效率和服务一致性。
4	平台能力	企业云采用率	衡量企业核心业务系统部署在云平台上的比例，如订单系统、调度系统、客服系统等。该指标体现了企业 IT 架构、系统灵活性和统一数据管理能力的现代化程度，是实现数字化运营的基础。
5	平台能力	4PL 平台采用率	衡量物流企业与上下游合作伙伴进行标准化、结构化数据共享和交换的能力，重点关注数据格式的统一性、接口的开放性、实时交互的水平。该指标通过采用 4PL 或平台型物流模式的企业比例来衡量。
6	应用能力	人工智能应用渗透率	指在路线优化、需求预测、客服机器人、货损识别等关键物流环节应用人工智能算法的比例。该指标反映了智能决策能力提升的广度，也是衡量企业迈向智能运营进展的关键。

序号	能力	指标	指标定义
7	应用能力	大数据/数据仓库（DW）覆盖率	衡量企业是否将数据分析结果有效地集成到业务决策和现场运营过程中，实现预测性调度、智能订单分发、运营优化等功能，从而提升整体效率和响应速度。该指标通常用大数据平台或数据仓库的覆盖率来衡量。
8	服务能力	物流表现指数（LPI）得分	衡量在物流企业的订单、仓储、运输、配送、签收、售后服务等关键节点信息中可视化服务的覆盖率，即客户是否能实时查看物流全过程。该指标反映了物流系统的一站式服务能力，也反映了物流、信息流、资金流、业务流的整合水平。
9	服务能力	自动化系统占比	衡量物流企业中由自动化设备或系统（如自动分拣线、AGV 机器人、无人叉车、自动包装、无人配送等）完成的作业任务量占总作业任务量的比例。该指标反映了企业在仓储、运输、配送等物流链条各个环节的智能化水平、运营效率和综合服务能力。
10	可持续发展	数字化投资占比	指企业每年在数字化、智能化、平台化方面的投入占其资本支出总额或收入总额的比例。该指标反映了企业对推进数字化、智能化战略的重视程度和资源投入强度，是衡量数智化转型战略执行情况的核心指标。
11	可持续发展	数字化人才	指行业内 ICT 供应和管理从业者的数量，不仅包括 ICT 行业硬件厂商、软件供应商、服务提供商和渠道商直接雇佣的员工，也包括用户 ICT 部门雇佣的负责技术解决方案的管理、部署、支持和战略执行的 ICT 人员。

最后，我们使用以上指标评估了 **25 个国家**的数智化成熟度，覆盖欧洲、亚洲、非洲和美洲。我们根据 5+1 能力评估了每个国家在物流领域的表现，从而得出各国家的**总体物流数智化得分**。

此评估产生以下两项结果：

- » **阶段分类：**我们将国家分为**新兴数字化运输、数字化集成运输或面向未来的智能化运输**，这几个不同的阶段反映了各国家物流领域的成熟程度，从孤立的系统到全智能、人工智能驱动的多模式生态系统。
- » **表现排名：**各个国家的相对得分凸显出，与基

础阶段国家相比，领导者国家（如新加坡、德国、中国、美国）将更高比例的物流预算投入到了数字化举措中。

行业数智化所涉及的方法论提供了一种结构化的方法来评估和比较各国之间的物流成熟度。该方法论评估 5+1 能力，通过可衡量的指标评估它们在场景中的实施，并将其应用于 25 个国家，这一方法提供了同时具备诊断性和战略性的洞察。该方法论不仅凸显了各国家当前的物流数智化程度，也展示了它们的投资路径，从基础互联到先进的自动化和可持续性，从而定义下一个全球物流时代。

数据分析与案例

关键发现 1：数字化平台通过降低物流成本和提升出口竞争力，加速贸易竞争力提升

数字平台可联接港口、机场、铁路码头、仓库和卡车车队，减少协同面临的问题，并缩短整个物流链的闲置时间。场景分析表明，对运输基础设施的数字化投资每增加 1%，可降低 0.5% 的物流总成本，从而提高出口价格竞争力和国内商品的可负担性。虽然这一趋势是变化的，不是固定的规则，但是这种模式在多个国家的实践中已被多次证明。

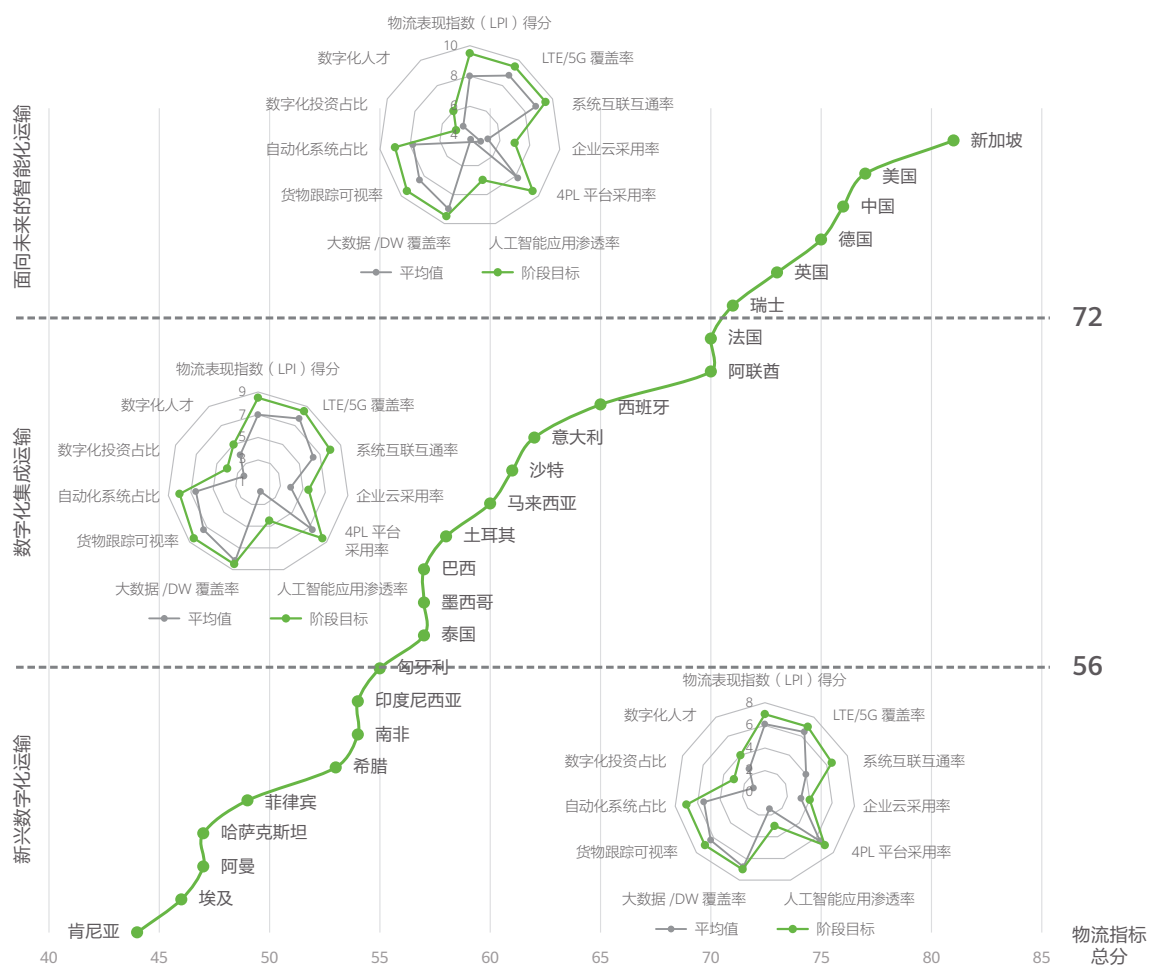
- » 中国已将物流成本占 GDP 的比例从 2010 年的 18% 左右降低到 2022 年的 14.6% 左右，并有望在 2025 年将这一比例降至 14%。这些成果与快递网络、港口自动化和铁路货运平台的大规模数字化相吻合。
- » 新加坡展示了如何利用数字化巨型港口提升竞争力。在大士港，新加坡通过 digitalPORT@SG 系统实现了自动化操作和及时化调度，从而缩短了船只停留时间，该系统已高效处理数百万个集装箱。更快的船舶周转率也直接降低了海运成本和下游物流费用。
- » 美国商业物流成本占其 GDP 的 8.7% 左右，达

到了新的物流效率水平。这得益于货运铁路、码头和全国性承运商广泛采用数字技术。此外，与重型卡车运输系统相比，铁路拥有较低的能源强度和较高的数字集成度，可以实现更高的成本效率。

如图 56 所示，在高级阶段，具备面向未来智能化运输的国家结合了高速联接、人工智能辅助平台、预测性维护和自动化堆场，推动更高的可靠性和吞吐量。实现了数字化集成运输的国家拥有强大的基础设施和平台，但不均衡的采用率限制了其进一步优化。与此同时，处于新兴数字化运输阶段的国家仍然受人工交接、IT 孤岛和数据流不一致的困扰，导致物流成本相对较高。

当各国增加对目标物流要点运输投资的比例时，如港口到铁路接驳点、卡车预约系统或多式联运调度平台，就能加快周转时间和降低物流成本。由此实现的成本降低可以带来更强的出口竞争力、更高的国内商品可负担能力，以及奠定可支持长期贸易增长的结构基础。

图 56：25 国物流行业数智化转型进展



关键发现 2：物流领域的 IT 现代化为经济注入活力

通过将运输管理、货物跟踪、仓库协调和网络优化等核心物流功能迁移到云平台，可实现效率可衡量和敏捷性提升。通过从孤岛式的传统 IT 系统转向可扩展的数字平台，各国家可以为人工智能驱动的调度、预测性维护和实时多模式协调奠定基础。这些能力可以缩短响应时间，减少停机时间，并加强国家运输系统的韧性。

这些变化可带来的经济影响远远超出了眼前的成本节约。物流 IT 系统的现代化将创造一个再投资周期，在这个周期中，效率提升的重点将从替换老旧系统和减少停机时间转向实现高级分析、自动化和跨模式集成。例如，由集成数据平台提供支持的预测性维护不仅可以减少计划外停机，还可以提高跨车队和终端的资产利用率。云化的调度系统支持货运公司动态匹配运力与需求，从而减少关键物流通道的空载回程和拥堵。

这种再投资将推动更大范围的经济韧性和敏捷性。通过提高吞吐量和可预测性，物流提供商使制造商和出口商能够采用更精简的库存策略和准时生产模式。对于进口商来说，提高可见性和协调性可以减少延误，缩小供应链不可靠性引入的“隐形成本”。其结果是形成一个生态系统，其中运输成为**成本锚点**而不是成本负担，从而支持贸易增长，同时稳定国内的消费者价格。

在宏观经济层面，物流成本占 GDP 比重的降低可直接提升出口竞争力和国内商品的可负担性。成功实现物流 IT 现代化的国家通常可获得关键的复合效益：更具竞争力的出口产品吸引更多来自国外的投资 and 市场份额，同时更低的运输成本可以保持价格稳定进而支持国内消费。通过这种方式，物流 IT 现代化促进了经济活力的循环——同时驱动对外贸易扩张和内部市场效率。

表 7：阶段之间存在明显差距

阶段	云采用特征	经济成果	例子
面向未来的智能化运输	物流业务云化程度高；多式联运一体化平台；人工智能、数字孪生、自动化等先进应用	物流成本占 GDP 的比重降低（约 8%–9%）；加快贸易流动；有弹性的供应链	新加坡、美国
数字化集成运输	超过一半的物流功能完成云化迁移；各区域 / 模式采用不均衡；全国范围内优化有限	物流成本适中（约占 GDP 的 10%–12%）；一些物流通道的效率提高，但瓶颈依然存在	沙特阿拉伯、马来西亚
新兴数字化运输	严重依赖老旧 IT；数字化采用零散和孤立；云渗透率不到面向未来的智能化运输的一半	更高的物流成本（占 GDP 的 14%–15% 或以上）；较慢的响应速度；较弱的贸易竞争力	菲律宾、南非

这些不同的发展阶段说明了物流领域的数字化、现代化会如何直接影响经济结果。通过加速迁移到基于云的物流平台，各国可以实现更低的物流成本率、更高的贸易效率和更强的抵御全球供应链中断的韧性。相比之下，那些仍处于早期阶段的企业面临着制约其竞争力的结构性成本负担。

关键发现 3：人工智能驱动贸易服务推动外商投资

人工智能驱动的海关和边境管理自动化正逐渐成为贸易竞争力的决定性因素。通过数字化的文档验证、风险分析和合规性检查，人工智能减少了瓶颈，降低了交易成本，并增强了贸易流的可预测性。在物流领域采用人工智能程度较高的国家，在贸易便利化指标方面以及吸引外国直接投资（FDI）方面的表现也更加强劲。

基于对不同国家的人工智能应用渗透率的分析，我们发现不同国家之间存在明显的鸿沟。在新加坡和中国等已处于面向未来的智能化运输阶段的国家，人工智能在物流领域的渗透率超过 20%，支持实时清关、物流与港口和机场调度系统集成以及自动化合规。这些功能缩短了交货时间，并为全球投资者提供了他们在寻找制造工厂、物流枢纽或配送中心时所需的可预测性。人工智能渗透率略高于 10% 的德国也利用人工智能加强了其作为欧洲物

流骨干的作用。

相比之下，处于数字化集成运输阶段的国家，人工智能渗透率平均约为 8%–12%。在这些国家中，人工智能的采用往往集中在旗舰物流通道或特定的运输方式中，这虽带来了部分收益，但在次要的物流网关中留下了瓶颈。虽然当前这样的采用率确实可以改善某些地区的通关时间，但人工智能的不均衡应用削弱了投资的整体作用。

与此同时，处于新兴数字化运输阶段的国家仍然严重依赖人工流程，并且人工智能渗透率通常低于 5%。这些国家的海关业务仍以纸质系统和人工验证为主，这意味着更长的周转时间和更高的交易成本。此类结构性的低效率限制了出口导向型领域的竞争力，使其对时间敏感型外国直接投资的吸引力降低。

表 8：人工智能在物流领域的渗透率及其对贸易便利化和外国直接投资的影响

阶段	人工智能应用渗透率	对贸易便利化的影响	对外国直接投资的影响	例子
面向未来的智能化运输	>20%	实时通关，自动化合规，与港口 / 机场调度集成；可预测性高，效率高	制造业和物流中心吸引外国直接投资强劲流入；对时间敏感的行业具有吸引力	新加坡、中国
数字化集成运输	约 8%–12%	关键物流通道局部改进；采用不均衡导致次要物流网关成为瓶颈	外国直接投资吸引力参差不齐；收益仅限于特定地区或行业	德国、马来西亚
新兴数字化运输	<5%	海关以手工和纸质流程为主；交货时间长，交易成本高	吸引外国直接投资的能力弱；出口导向型领域的竞争力受限	埃及、肯尼亚

随着各国家对人工智能的采用增加，人工智能对贸易便利化的影响从一个结构性瓶颈转变为竞争优势。这可以进一步推动更快、更可预测的贸易流动，实现对高价值投资更强的吸引力，以及在面对全球供应链中断时具备更强的韧性。

关键发现 4：系统互联互通性推动成本降低和效率提升

现代物流网络的强大程度取决于它们在不同模式和运营商之间交换数据的能力。**系统互联互通性是所有数字物流的关键因素**，它使港口、机场、铁路、卡车运输队和仓库能够作为统一生态系统的一部分而不是分散的孤岛发挥作用。如果没有系统互联互通，即使是最先进的资产也无法发挥其运营潜力，而会受手工流程、重复劳动和代价高昂的延迟所拖累。

25 个被评估的国家的平均系统互联互通率是 60%，但存在巨大的地区差距。**东南亚国家（不包括新加坡）的系统平均互联互通率仅为 48%**，而欧洲国家的系统互联互通水平超过 70%。这一差距凸显出部分区域仍存在巨大的改进空间，并直接转化为在成本效率、可靠性和竞争力方面的区域贸易差异。

处于面向未来的智能化运输阶段的国家（如德国、荷兰和新加坡），其系统互联互通率位于 70% 的阈值之上，互联互通系统支持实时调度、预测性货物管理和集成海关流程。这些国家因此得以实现更快的吞吐量、降低物流成本占 GDP 的比重，以及持续吸引高额外国直接投资进入物流和制造业。

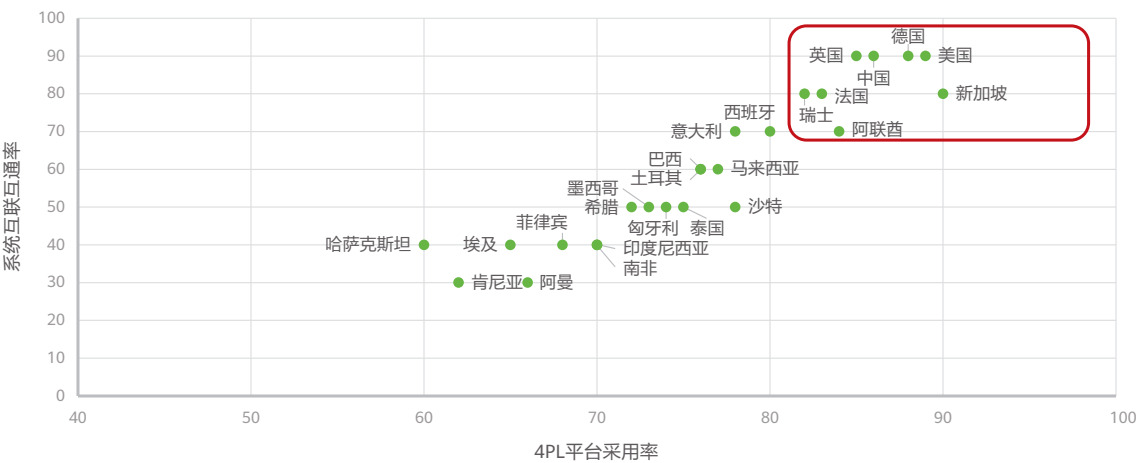
包括马来西亚、土耳其和巴西在内的**处于数字化集成运输阶段的国家**，其系统互联互通率徘徊在

60% 的全球平均水平附近。在这些市场中，某些港口和贸易走廊取得了进展，但全国范围内的互联互通水平仍然不平衡。因此，出口商虽得以从主要枢纽更顺畅的运输流通中受益，但他们在内陆或二级门户仍遇到瓶颈。这种不平衡的体系限制了整个国家所能实现的效率收益。

埃及、肯尼亚、菲律宾和哈萨克斯坦等**处于新兴数字化运输阶段的国家**，其系统互联互通率仍徘徊在 40% 至 50%。在这些国家，手工数据录入、纸质文档和碎片化的 IT 平台仍然占据主导地位，这增加了物流周期，并推高了交易成本。这种结构性的低效率限制了该国家在全球价值链的参与程度，特别是这些国家中的中小企业无力承担复杂、脱节流程的管理成本。

弥合互联互通方面的差距是降低成本和提高竞争力的最明确路径之一。如果东南亚的平均水平能从 48% 提高到欧洲的 70%，将减少重复工作，缩短贸易周期，并在可承受性和韧性方面实现可衡量的改善。对出口商来说，更强的系统互联互通可转化为更快的现金周期和更可预测的交货能力。对于整个国家来说，这样的进步将创造一个可以支撑长期贸易增长和增强其全球竞争力的物流支柱。

图 57：物流 4PL 平台和系统互联互通增强物流优势



关键发现 5：4PL 平台的普及增强出口潜力

第四方物流（4PL）平台将承运商、仓库和多式联运系统集成到统一的数字环境中，不断重塑全球贸易格局。通过降低中小出口商进入市场的门槛，4PL 平台可扩大各国出口商数量、促进贸易组合多元化，以及增强各国应对全球供应链冲击的韧性。在 4PL 平台采用率较高的国家，中小企业融入国际市场的程度更深，这直接推动了出口增长、提高了贸易在 GDP 中所占的份额，并为国家经济发展注入了更多活力。

经分析，在 25 个调查国家，**4PL 平台的平均采用率为 76%**，但区域差异仍然显著。**欧洲以 81% 的采用率领先，亚洲以 77% 紧随其后，非洲则比较落后，采用率为 60% 左右。**这些数字凸显出各区域在数字化集成方面的差异，而其在全球经济中的物流竞争力也因此受到影响。更高的采用率意味着清关速度更快、货物可视化程度更高、交付表现的可预测性更强——这些优势可直接增强相关国家在全球贸易网络中的地位。

在处于**面向未来的智能化运输阶段**的国家，如新加坡、德国和美国等，4PL 平台的广泛采用实现了顺畅的清关程序、货物可视化、数据驱动的高效调度。中小企业可直接从中受益，因为他们可以访问集成平台，而无需花费高昂成本构建内部系统。例如在新加坡，通过数字货运代理生态，服装和易腐品行业的小型出口商也可以获得与大型跨国货运公司同等水平的预测性调度和货物跟踪能力。在德国，通过接入全国 4PL 网络，中小企业制造商可以确保全欧洲范围内的准时出口，显著提升效率和竞争力。

在处于**数字化集成运输阶段**的国家，如中国、马来西亚和土耳其等，4PL 平台的平均采用率约为 70%。在这些国家中，4PL 平台通常为大型出口商和主要贸易通道提供了优良服务，但对内陆或其他偏远地区的中小型企业则覆盖不均。这造成了市场分化：接入数字平台的出口商获益颇多，可降低成本和预测交付窗口，而其他出口商则只能继续依赖货运代理和中介，致使其成本基础增加及竞争力减弱。这稀释了“出口乘数”效应，导致收益集中在大型出口商手中。

在处于**新兴数字化运输阶段**的国家，如埃及、肯尼亚和哈萨克斯坦等，4PL 平台的平均采用率仅略高于 60%。这些国家的中小企业在进入市场时面临较高的壁垒。没有集成平台，他们必须依赖中介来管理货物运输、清关和物流调度，使得每批货物的物流成本增加 10%–15% 且交付周期延长，这进一步导致本地出口商数量较少且在全球贸易中的参与度也较低。这些国家在 4PL 平台采用率上的差距直接限制了其工业基础的多元化发展，并阻碍了电子产品、农业和纺织品等时间敏感型行业的增长。

加快应用 4PL 平台将创造一条结构性发展通道，推动出口商数量增加 10% 以及总出口量提升 2%–3%。采用率领先的欧洲已经展示了统一的采用标准和共享平台对促进贸易参与的作用。对于非洲和亚洲部分国家，将采用率提高到与欧洲相当的水平将释放大量尚未开发的出口潜力、促进贸易多元化、增强本国应对全球供应链冲击的韧性。

表 9：不同阶段国家的 4PL 平台采用率及其经济影响

阶段	采用率	特点	经济影响	示例
面向未来的智能化运输	75%–85%	4PL 融合生态、中小企业广泛接入、预测性调度	物流成本占 GDP 比例较低、出口量较高、中小企业广泛参与	新加坡、德国、美国
数字化集成运输	~70%	采用率不均：经济中心地区覆盖强、内陆地区覆盖弱	大型出口商效率提升、中小企业面临成本增加和可靠性表现不一等问题	中国、马来西亚、土耳其
新兴数字化运输	60%–65%	分散式采用、依赖中介、自动化程度有限	每批货物运输成本上升（增加 10%–15%）、出口商数量较少、多元化程度较低	埃及、肯尼亚、哈萨克斯坦

不同阶段的采用率对应着截然不同的经济成果。已实现面向未来的智能化运输的国家能够将高采用率转化为国家优势，广泛扩展平台接入，并提升效率和贸易竞争力。已实现数字化集成运输的国家在主要贸易通道中取得了实质性进展，但其规模较小的出口商却处于不利地位，这削弱了乘数效应。处于新兴数字化运输阶段的国家面临着持续阻碍，许多企业仍依赖中介，无法充分参与国际贸易。

展望未来，4PL 平台的普及将日益影响各国在全球价值链中的定位。采用率高的国家已利用这些平台提升可靠性并赢得投资者信心，而采用率落后的地区在电子产品、时尚和易腐品等时间敏感型行业则面临被排除在外的风险。不断扩大 4PL 平台的采用并广泛扩展出口商接入的国家，不仅能在短期内提升效率，还能在全球贸易中占据更具竞争力的地位。

关键发现 6：供应链转型增强经济韧性

通过在供应链中部署大数据分析技术，各国可实现端到端供应链可视化，更快地应对供应链中断带来的冲击，提升供应链恢复的可预测性，以及增强贸易韧性。可视化正日益成为一种宏观经济优势，可减少供应链冲击对生产、物流和零售系统的影响规模和时间。

在处于第三阶段的国家，大数据 / 数据仓库的平均覆盖率接近 **85%–90%**，处于领先地位，这使其能够对供应商、生产地和分销渠道进行近乎实时的监控。大数据支撑的可视化有助于主动缓解风险、精准调整库存和协调跨行业响应。第二阶段国家的平均覆盖率约为 **70%**，处于中低水平，这意味着其核心

枢纽的可视化程度较高，但次要市场的情况则不平衡。第一阶段国家的平均覆盖率在 **60%–68%** 之间，面临显著盲点，导致其通常在供应链冲击蔓延后才能做出反应，致使供应链恢复时间更长、成本更高。

下表为各阶段国家的进展一览，其中处于第一阶段的国家主要依赖碎片化的人工流程，第二阶段国家实现了预测性集成，第三阶段国家则已拥有近乎实时的应对能力。跨越到更先进的阶段需要具备关键使能因素，从数智基础设施和通用数据标准，到全国范围内多式联运物流节点的集成，再到利用先进的人工智能 / 机器学习技术开发供应链中断风险预测模型。

表 10：各阶段国家的供应链韧性

阶段	限制	关键使能因素	预期成果
第一阶段：新兴数字化运输（60%–68% 覆盖率）	数据碎片化、依赖人工流程、次要物流节点存在盲点	投资数智基础设施（光纤、物联网传感器等）、推广通用数据标准、扩大主要枢纽之外的覆盖范围	缩短供应链恢复时间、减少中断造成的连锁反应、提高出口商可靠性
第二阶段：数字化集成运输（70–75% 覆盖率）	可视化集中于主要枢纽，内陆和跨境贸易通道存在断点	将大数据平台扩展至全国、集成多式联运节点（铁路、公路、港口、航空等）、激励行业间数据共享	实现预测性风险管理、优化库存、增强制造业供应链韧性
第三阶段：面向未来的智能化运输（85%–90% 覆盖率）	高度可视化，但仍需持续提升以应对复杂的全球冲击	利用人工智能 / 机器学习技术开发供应链中断风险预测模型、部署数字孪生、将韧性指标纳入国家贸易战略	实现对供应链中断的近乎实时响应、在全球价值链中取得竞争优势、增加外国直接投资流入

实践证明，实现更先进阶段的运输可带来诸多益处。在**新加坡**，依托全国数据共享平台支撑的预测性物流，港口和机场枢纽能够迅速从天气等因素导致的运营中断中恢复过来，最大限度地减少贸易流

中断。**中国**通过集成数据可视化来确保大规模制造业供应链的稳定，并利用实时监控优化物料供应，以减少停工次数和损失。在**美国**，货运分析框架被积极用作国家级数据集成工具，帮助交通规划组织

和物流利益相关方模拟货运流量、预测拥堵和优化投资。该系统通过指导港口、卡车车队和一级铁路的多式联运协调，增强供应链韧性，确保农产品和能源出口的可靠性，包括在全球供应链中断期间。即使面临外部压力的加剧，这些系统也能共同保障制造业的连续性和贸易流的稳定性。

相比之下，许多非洲和东南亚国家仍处于第一阶段，数据可视化不充分、不平衡，使得内陆地区和次要运输通道面临瓶颈。如果无法增强数据集成，供应链中断会造成更广泛的连锁反应，导致恢复时间延长和成本增加，限制国家的竞争力并损害投资者信心。

缩小可视化差距将为国家带来“韧性红利”，使其能够更快地从经济冲击中恢复，并降低物流成本和提高出口竞争力。更广泛地说，面对全球经济波动，实现第三阶段可视化的国家更有能力吸引外国投资并维持长期的经济韧性。

建议

为了构建有竞争力、有韧性和可持续的物流生态，各国必须采取与其当前数智化成熟度相匹配的战略。下文概述了数智化各阶段的特点，并提供了从基础数字化运营向智能化运营转型的清晰路径。

第一阶段 – 新兴数字化运输

处于第一阶段的国家受到人工流程、IT 系统孤立和高物流成本的制约。此阶段的主要目标是建立数字化基础，以克服结构性低效并提升贸易竞争力。这可以通过以下方式实现：

» 弥合联接差距

优先投资光纤和 LTE/5G 等数智基础设施，特别是在物流枢纽，以便将全国系统互联互通率从 40% 提升至 50%。这是实现实时协调和可视化的前提条件。

» 通过 4PL 平台降低中小企业门槛

通过出台政府支持举措，创建易访问的共享物流平台，解决 4PL 采用率低（约 60%-65%）的问题。这将减少中小企业对昂贵中介的依赖，并提升全国出口商的数量。

» 推动基础系统的普及和标准化

推出激励措施，以促进基础仓库管理系统（WMS）和运输管理系统（TMS）的普及。同时推广文档和关键流程的通用数据标准，以减少阻碍并初步实现流程可视化。

» 投资培养数字素养以提高数据质量

推出有针对性的劳动力培训计划，以解决手动输入数据准确率低的问题。重点投资培养相关人员的数字素养，以确保他们正确使用基础物流系统，让数据成为可靠资产。

第二阶段 – 数字化集成运输

处于第二阶段的国家已经建立了数字系统，但仍面临采用率不均衡和碎片化运营的挑战，导致物流成本处于中等水平，并持续面临瓶颈。此阶段国家的战略重点应是实现全国系统的无缝集成，这可以通过以下方式实现：

» 扩展数据平台以实现全国可视化

基于主要枢纽的成功更进一步，将大数据平台的覆盖范围扩展至内陆地区和跨境贸易通道。这对于缩小可视化差距并实现预测性风险管理和最佳库存控制至关重要。

» 建立全国系统互联互通框架

倡导创建全国数据标准和开放 API，以推动平均系统互联互通率从约 60% 提升到 70%，达到领先国家的水平。这将推动信息在整个生态的不同模式和运营商之间顺畅流动。

» 激励云迁移和人工智能应用

使用政策杠杆，如拨款或税收激励，加快从传统 IT 系统向云平台的迁移。这将提供必要的可扩展基础，以将人工智能应用的渗透率从当前的 8% 提升至 12%，并提高需求预测和路线优化效率。

» **推动 4PL 平台普及**

鼓励偏远和内陆地区采用 4PL 平台，以提高其采用率（目前约为 70%）。这将帮助贸易生态中的所有中小企业降低成本并享有可预测的交付窗口，而不仅仅是有助于大型出口商。

第三阶段 – 面向未来的智能化运输

处于第三阶段的领先国家具有低成本、高集成的物流系统，必须专注于利用先进技术巩固其竞争优势，并通过以下方式设定新的全球标准：

» **引领人工智能辅助的协调和自动化发展**

培养公私合作生态，加速人工智能和多智能体系系统的应用，以优化复杂的多式联运供应链网络。积极制定明确的监管框架，广泛部署无人仓库、自动驾驶汽车和无人机，以进一步增加投资。

» **部署数字孪生以增强国家韧性**

利用广泛覆盖的大数据 / 数据仓库（85%–90%），

在港口、铁路网络和配送枢纽等关键物流基础设施部署数字孪生。这将助力开发供应链中断预测模型，并增强本国应对全球市场冲击的韧性。

» **将可持续要求融入数字平台**

除了部署基础的监控系统，还可直接在全国物流平台中嵌入智能能源管理和碳足迹跟踪系统。推出具有明确指标和激励措施的全国“绿色物流”倡议，以促进可再生能源交通工具的普及，并确立本国在可持续贸易领域的领导地位。

» **增强能力以提供高度个性化服务**

利用先进的数据分析技术，将数智化能力转化为卓越的用户体验。专注于打造无缝集成、零障碍的预订平台和基于 API 的数据交换，为托运人、货运代理和客户提供流畅的体验，从而生成有价值的数据，并利用这些数据进一步优化运营。

宏观洞察： 迈向可持续数智经济 之路



迈向可持续数智经济之路

上一章中，我们深入探讨了各行业的多元化发展路径，以及推动数智化转型的基础设施。本章将分析范围扩展至整个数智经济，探讨其对全球经济格局产生的深远影响。通过了解这些趋势和动态，我们能更好地把握各领域实现可持续经济增长的所需路径。

新技术的影响

数智经济是数字技术与经济活动的深度融合，不仅涵盖技术本身，还涉及如何运用技术，重塑企业运营模式，政府运作机制以及个人互动模式。过去十年间，我们愈发清晰地看到，技术进步推动数智经济在实体经济中的作用与影响不断深化。

信息化时代

数智经济的第一阶段以“联接”为核心，推动新一代信息技术基础设施崛起。数字应用的大规模部署夯实了“信息高速公路”的基础。我们用 GCI 衡量宽带接入、云服务的早期应用以及新兴物联网所带来的经济影响。在这一阶段，联接在推动经济增长中发挥关键作用。

数字化时代

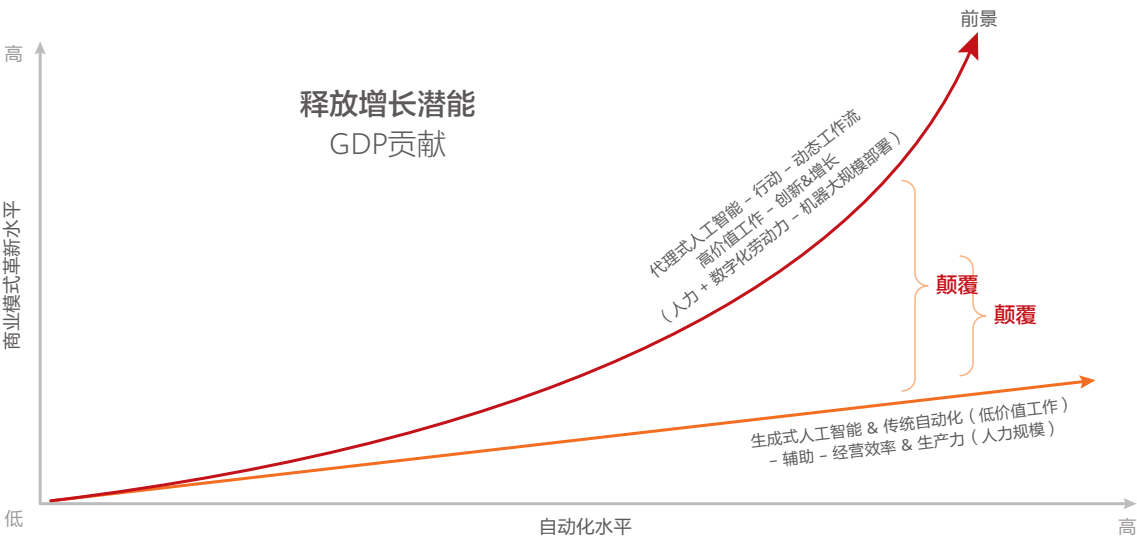
随着数智经济的演进，数据成为关键业务资产，数字技术开始全面赋能各行各业。GDI 揭示了国家数字化水平与人均 GDP 之间存在显著正相关关系，表明数字技术正日益成为国家经济增长不可或缺的驱动力。

人工智能时代

当前，人工智能技术的快速普及正深刻变革核心产业的生产流程，显著提升效率、推动创新，并促进能源的可持续发展。经济价值创造不再局限于数据的收集或传输，而在于通过人工智能与智能系统实现的洞察与行动。

数智技术提升了企业与政府的运营效率和生产力，助力简化流程、降低成本，并提升服务质量。这些技术不仅推动了创新，也催生了新的收入来源和商业模式。通过实现企业与政府之间的无缝互动，数智技术满足了市场对提升客户体验的广泛诉求。在环境管理不善和不可持续商业行为持续数十年后，数智技术为实现可持续发展和提升能源效率开辟了新路径。IDC 通过 GDII 研究进一步指出，数智经济正日益成为重新定义行业运作与价值链互动的关键力量。

图 58：人工智能推动全球数智经济的指数级增长



来源：IDC《代理式人工智能：企业创新指南》

数智经济影响

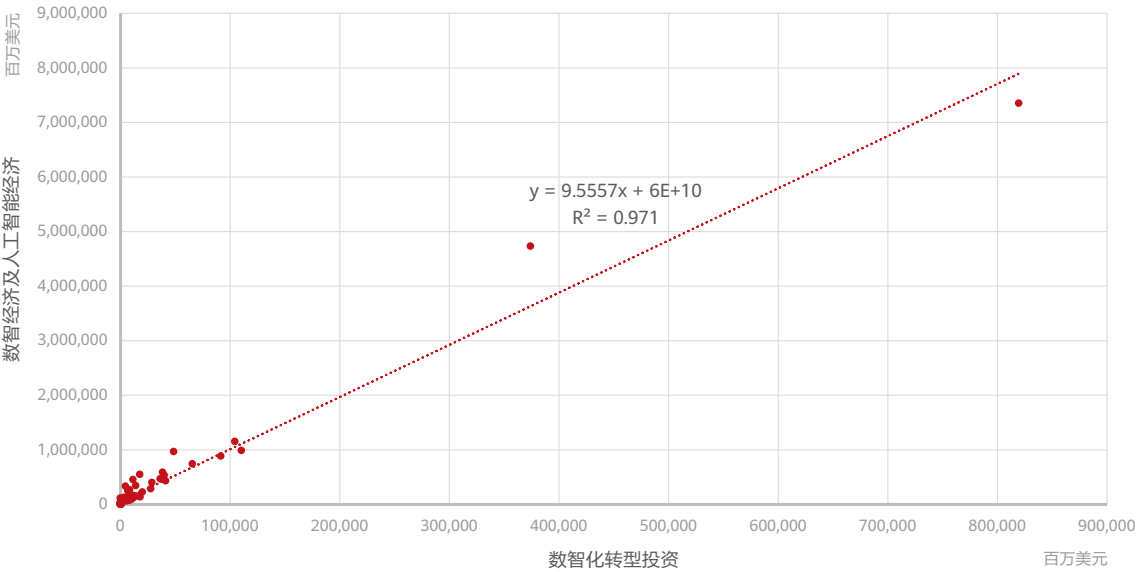
我们可以通过多种方式量化技术驱动的转型所创造的价值。IDC 预测，到 2025 年底，全球数智经济规模有望达 26.7 万亿美元，占全球 GDP 的 25%。

如前所述，数智经济正重塑传统生产要素。数据已成为数智经济中的新生产要素。人工智能和云服务新兴技术正赋能数据生成、传输、处理、存储与

应用的全生命周期闭环，发挥杠杆作用，为推动经济发展注入强劲动能。

依托创造新增收入来源的能力及对经济效益的广泛影响，在过去一年中，人工智能促进创新发展和生产力提升。通过对 90 个国家进行分析，我们发现，在数智化转型投资¹³（包括人工智能投资）1 美元，能够带来 9.5 美元的数智经济产值¹⁴，高于 2024 年的 8.3 美元。

图 59：数智经济 vs. 数智化转型投资（包含人工智能）



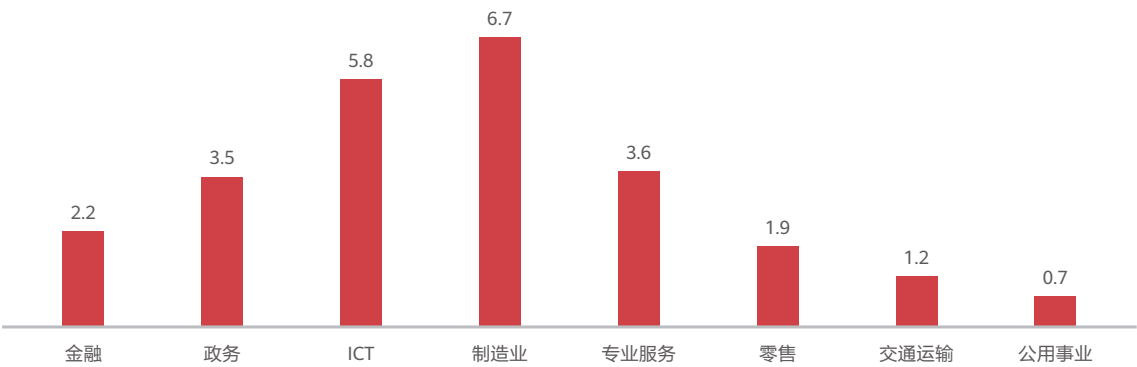
来源：《全球数智化转型支出指南》，IDC；IDC 卓越宏观经济中心（Macroeconomic Center of Excellence）；《数字溢出——衡量数字经济的真正影响力》，牛津经济研究院、华为

¹³ 数智化转型投资：数智化转型支出统计的是企业利用数智化以及人工智能能力创新新业务解决方案，提高运营效率和组织绩效产。
（来源：《全球数智化转型支出指南》，IDC；IDC 卓越宏观中心；《数字溢出——衡量数字经济的真正影响力》，牛津经济研究院、华为）
¹⁴ 数智经济产值：数智经济规模占比乘以名义 GDP，包括直接、间接和诱发的经济影响。
（来源：《全球数智化转型支出指南》，IDC）

重点行业

数智化转型的经济效益因行业而有所不同，显著的结构性差异影响各行业的技术应用及数智化转型进程。以下是对本次评估的 90 个国家中主要经济产业如何将数字技术融入经济活动的简要分析。

图 60：2025 年数智经济（按行业）



来源：《数字溢出——衡量数字经济的真正影响力》，牛津经济研究院、华为；IDC



在金融科技的推动下，金融行业正从在线和数字金融向自主金融转型。领先的银行通过深化数智化转型，提升了数据创建、传输、处理与存储能力，构建了强大的数据应用。银行在获取关于客户行为、市场趋势和风险特征等详尽、纵深数据方面的资源优势远超其他行业。依托先进技术，银行能够将交易数据转化为预测性洞察和新的收入增长点，强化了其自身的经济影响，并助力其他行业发展。



政府

数智化转型已成为政府领域的重要变革。近年来，公共服务加速数智化进程，简化了行政流程，大幅提升了公众服务体验。政府通过推动大数据分析在政策制定中的应用，有助于实现科学、精准决策。人工智能在社会保障项目欺诈防范及公民自助咨询等领域的应用，有效提升了工作效率和服务准确性。



制造

制造业是数智化转型中规模最大且起步最早的重点领域。其数智化转型涵盖离散制造与流程制造两大类。当前，工业 4.0、数字孪生、人工智能和大数据等先进技术已广泛应用于生产管理、质量控制、设备预测性维护及供应链优化等环节。制造企业加快智能工厂建设步伐，推动传统生产模式向智能制造转型，实现生产过程的自动化与智能化升级。



专业服务行业及其从业者也受到数智化转型的深刻影响。咨询公司、律所和会计事务所不断加快数字工具的应用，以提升服务交付能力。咨询顾问借助人工智能实时分析海量市场数据、客户行为模式及行业趋势，从而提供更具战略意义和前瞻性的建议。律师事务所通过文档自动化软件优化合同起草与审查流程，显著降低相关环节的时间与成本。



数智化转型正在零售行业加速推进，推动线上购物向全渠道融合发展，传统营销模式向精准化、个性化推荐转型，重塑零售生态格局。零售企业广泛应用云计算、大数据、人工智能以及增强现实 / 虚拟现实等沉浸式技术，全面提升库存管理、客户服务体验与供应链效率，同时基于移动支付与智能推荐算法应用，为客户提供更加流畅的服务体验。



交通运输

交通运输行业涵盖航空、铁路、物流等多个领域，其数智化转型聚焦智能调度、实时监控、路线优化及客户体验提升。物联网、边缘计算、5G 与人工智能等技术的深度融合推动交通运输朝着更加安全、高效的方向发展，并提供个性化灵活服务。数字技术将助力面向未来的智能交通，提升运营效率与安全水平，降低成本，增强行业竞争力，促进物流与供应链系统的全面升级。



公用事业

电力、天然气、水务等公用事业领域的数智化转型成熟度存在显著差异。电力行业已推进传统电网向智能电网转型，构建新型电力系统，成为数字化领跑者。公用事业作为关键服务行业，始终将安全可靠放在首位。不同于以客户体验（如零售业）或敏捷运营（如物流业）为驱动力的行业，公用事业部门的核心职责是保障服务连续性。先进技术伴随的风险在一定程度上制约了其在公用事业领域的应用，但从长远来看，公用事业企业仍可凭借后发优势，通过数智化转型获得切实的经济效益。尤其是在当前能源革命加速、清洁与绿色能源需求不断增长的背景下，行业未来发展前景更加广阔。

行动建议



行动建议

在快速演进的数智化转型浪潮中，保持领先地位至关重要。根据 IDC 的人工智能应用模型，2025 年是人工智能转型期的起点——在这一阶段，对人工智能的实验将逐渐过渡到实际应用，并最终实现加速发展。我们正迈入一个充满不确定性的人工智能时代。然而，凭借持续研究和分析，我们在战略行动方面获得的宝贵洞察，将助力我们在新形势中取得成功。

以下建议可为高收入、中高收入以及中低收入国家提供指导：

建议 1：夯实数智基础设施

数智经济的发展离不开强大的基础设施。为在人工智能时代实现蓬勃发展，所有国家都需要构建高速、稳定且绿色的数智基础设施，并充分利用先进的宽带网络、5G、6G、骨干网络连接以及云边协同计算能力。为保障能源效率和可持续发展，绿色数据中心还需满足智能计算需求。

鉴于当前的发展状况，高收入国家通常需要专注于计算和存储基础的迭代升级。中高收入国家需要缩小现有基础设施层面的差距，并提升区域网络连接覆盖。中低收入国家仍需聚集构建基础网络接入能力，以支持数智经济增长。

建议 2：赋能行业转型

行业转型是数智经济中价值创造的主要驱动力，各国各行业的准备程度与需求存在显著差异。

当前，高收入国家需推动智能技术在智慧制造、精准医疗和智能能源管理等领域的深层应用，以提升效率并促进创新。中高收入国家需要在采纳现有

应用与实现本土创新之间寻求平衡，以强化本地生态，并重点推进从“技术进口”向“自主创新”的转型。低收入国家应聚焦布局快速部署的解决方案，如智慧农业、电子政务和普惠金融，通过国际合作来加速包容性增长。

建议 3：锻造明日之才

人才是创新和可持续增长的核心驱动力。全球人才缺口仍是各国面临的重大挑战，所有国家都必须制定全方位战略，不仅要吸引和留住关键人才，还要构建健全的人才培养机制，以培育更多专业人才。

高收入国家应加强多学科人才体系，推动产学研合作，促进创新。中高收入国家正加大力度培养人工智能、数据科学和云计算领域人才，构建产学研合作平台。中低收入国家需继续致力于提升基本的数字素养，借助国际资源和区域协作，建立涵盖各能力层级的开放共享型人才通道。

建议 4：加强政策引导

政策是推动数智经济实现高质量发展的引导力量。随着技术不断进步，政府必须调整其监管框架，在促进创新的同时，确保技术伦理合规遵从与负责任的技术应用。

高收入国家应对齐全球标准，着力优化数据治理、人工智能伦理以及数据跨境流动监管，提升自身竞争力。中高收入国家需制定具有前瞻性的、灵活的政策，以吸引投资并增强本地生态。中低收入国家应注重基础政策构建，通过财政激励、国际援助和政策培训协同发力，实现政策有效落地。所有国家都应该统筹政策和投资，推动计划从设计到执行的全过程，推动数智经济快速增长。

表 11：具体建议（按国家类别）：

	高收入国家	中高收入国家	中低收入国家
夯实数智基础设施	引领基础设施升级 推进网络、计算、存储、能源的协同，支撑大规模人工智能应用。 扩大绿色数据中心容量，平衡能效，实现可持续增长。 完善跨境数智基础设施，实现全球数据无缝流动和创新。	缩小差距提升质量 加快 5G、光纤和物联网部署，增强联接和传输。 投资本地云和人工智能数据中心，支撑行业数智化发展。 集成绿色能源与数智基础设施，打造安全高效的基础支持。	建设普惠联接 优先发展宽带和 4G/5G 网络连接，实现泛在联接。 通过国际合作获得经济实惠、可扩展的云服务和计算资源。 通过可再生能源驱动的基础设施，增强可持续发展。
赋能行业转型	深化价值创新 深化人工智能在制造、医疗和能源领域的应用，推动创新驱动的增长。 促进跨行业融合，探索数字孪生和智能协同等模式。 建立行业标准和开放生态，加速全球市场扩展。	实现技术应用与创新的平衡 在构建自主创新能力的同时，推进重点行业数智化转型。 通过数智化转型，支持制造业、物流业和金融业等高增长行业发展。 加强区域合作，采用符合本地需求的全球技术。	聚焦普惠应用 加速推进智能农业、普惠金融和数字政府解决方案的应用。 部署经济高效的即用型数字化解决方案，支持市场快速应用。 与全球技术提供商合作，共同开发本地化平台。
锻造明日之才	构建多元化人才生态 开发融合人工智能、量子计算和行业专业知识的跨学科教育项目。 加强产学研合作，加快应用型人才输送渠道建设。 推动全球人才流动与合作，打造充满活力的人才生态，推动尖端技术创新。	构建创新环境 扩大 STEM 教育和职业培训，满足多样化行业需求。 创建产学研合作平台，加快技能应用和转化。 培育创业生态，实现创新型初创企业的规模化发展。	夯实数智基础 推进数字素养提升计划，确保基本数字技能的广泛普及。 借助在线教育和国际项目迅速提升本地能力。 建立区域人才共享机制，促进协同学习和创新。
加强政策引导	加强战略政策领导力 持续完善数字治理和跨境数据政策，推进标准化工作。 通过财政激励和监管创新，培育高质量数智经济。 完善执行框架，将战略规划与高效落地相结合。	协调和优化框架 加强数字监管框架，推动投资和创新。 政策举措对齐行业重点，提高转型效率。 推动跨境数字治理合作，统一区域标准。	奠定战略基础 建立基础数字框架，指导并制定治理标准。 吸引全球投资及援助，推进数智经济试点项目。 加强政策执行力度，确保战略举措有效实施，推动成果量化体现。

附录

附录

指标评分与总分

各国指标评分采用 10 分制（1 分最低，10 分最高）。根据领先国家的市场渗透率预测、历史市场表现以及专业分析师的预测，每个指标都有一个符合实际的 2030 年目标值。通过对比各指标的实际值与目标值，我们可以得出每个指标所对应的区间值。然后我们会根据该区间值对原始数据进行标准化换算，从而得出该指标的得分。通常情况下，如果实际值不到目标值的 10%，则指标得分为 1 分；如果实际值在目标值的 11% 到 20% 之间，则指标得分为 2 分，以此类推。当指标得分超过 10 分时，代表该指标的目标值已实现。具体详情，请见下表。

表 12：GDII 得分

取值范围（% 目标值）	GDII 得分
1-10 %	1
11-20 %	2
21-30 %	3
31-40 %	4
41-50 %	5
51-60 %	6
61-70 %	7
71-80 %	8
81-90 %	9
91-100%	10

在此基础上，我们将各指标的得分进行汇总，并得出一国在数据生成、数据传输、数据处理与存储、数据应用、数字能源、政策，以及人才与生态这七大 GDII 支柱上的得分。

各国 GDII 最终得分中，各支柱的权重基于因子分

析确定。在进行因子分析时，我们通过对各支柱进行最优加权线性组合得出一个索引变量，即因子得分，并根据其因子负荷量为各支柱分配相应的权重，以此来反映该支柱与因子（GDII）的关系。经过计算，数据生成权重为 20%，数据传输为 25%，数据处理与存储为 15%，而数据应用、政策、人才与生态以及数字能源权重各为 10%。

最后，我们基于七大支柱的得分计算出各国的 GDII 得分：

$GDII = \sum_{i=1}^7 (\frac{\alpha_i}{n_i} \times \sum_{j=1}^{n_i} Score_j)$ ，其中

- i = 代表支柱编号
 - ni = 代表各支柱的指标数量
 - j = 代表各支柱的指标
 - α i = 代表各支柱的权重
- 请参阅“GDII 定义”查看完整的数据类别定义和来源。

附加说明

在根据 GDP 对变量进行加权计算时，我们采用的是根据购买力平价（PPP）计算的 GDP。由于这种计算方式考虑了各国生活成本的差异，因此通常是衡量一国购买力的最佳方式。具体而言，它通过衡量一国在国民经济中购买商品和服务的能力来衡量该国的相对财富。GDII 参考了经济合作与发展组织（OECD）、国际电信联盟（ITU）、GSMA、世界经济论坛（WEF）、世界银行（World Bank）、联合国、Ookla、IDC、华为等来源的最新数据。对于缺失的数据，我们基于相似地理区域内的情况进行了估算。图表中的数据，由于做了舍入调整，显示结果跟实际计算结果可能存在差别。

指标定义

支柱一：数据生成

固定宽带用户数

下行速率大于等于 256 Kbit/s 的高速公共互联网接入（TCP/IP 连接）的固定宽带用户总数。

计算口径：每百人

移动宽带用户数

允许访问互联网的所有活跃手机端和计算机端（USB/网卡）移动宽带用户总数。

计算：每百人

物联网联接数

物联网连接总数占总人口的比例。物联网联接指智能终端设备通过 IP 地址等唯一标识符远程接入公共蜂窝网络或专用 IP 网络 / 互联网、xDSL、无线网络（低功率广域网络）、NFC 设备、微波无线电或 DVB-S2X 卫星系统。例如，火车、卡车和公共汽车等交通系统使用的传感器、IP 摄像头等设备均可进行远程访问，并且每一个设备都可视为物联网终端连接。

计算口径：人均

数据规模

人工智能平台和分析工具可利用的数据总量，依据目标数据的丰富性和可操作性进行估算，以提升组织投资部署人工智能解决方案的体验与投资回报率。为提升技术体验，所生成数据的可扩展性也纳入考量。

计算口径：人均

智能手机渗透率

使用智能手机的人口数占总人口的比例。智能手机定义为具备高级互联网服务访问能力和计算功能的移动手持设备。

计算口径：人均

支柱二：数据传输

消费者光纤覆盖

直接基于光纤或标准以太网局域网（LAN）的互联网连接总数。连接直接延伸到驻地，且无需依赖数字用户线（DSL）或电缆调制解调器等其他技术。此类连接包括无源光网络和点对点以太网连接，但不包括互联网专线。互联网专线属于专用互联网接入，提供独享带宽且上下行速率对称。此场景下的网络支出由家庭或住宅用户支付。

计算：人均

企业光纤覆盖

直接基于光纤或标准以太网局域网（LAN）的互联网连接总数。连接直接延伸到驻地，且无需依赖数字用户线（DSL）或电缆调制解调器等其他技术。此类连接包括无源光网络和点对点以太网连接，但不包括互联网专线。互联网专线属于专用互联网接入，提供独享带宽且上下行速率对称。此场景下的网络支出由企业或政府组织支付。

计算口径：GDP 占比

国际互联网带宽

指以每秒兆比特（Mbit/s）计算的已使用的国际互联网带宽总量。已使用的国际互联网带宽是指用于承载互联网流量的国际光纤网络和无线链路的平均流量负载。该平均值基于统计年份 12 个月的数据计算，并考虑了所有国际互联网链路的流量。互联网用户人均国际互联网带宽（换算成 bit/s）= 国际互联网带宽 / 互联网用户总数。

计算口径：互联网用户人均

4G & 5G 覆盖

使用 4G 或 5G 连接的移动设备连接比例。

计算口径：占总连接数的比例

国家骨干互联带宽

国家骨干基础设施各方向的负载，以平均数据传输速率（单位：太比特每秒，Tbps）计算，衡量国家核心 IP 骨干网络在一个流量方向（入站或出站）上的数据传输速率。该指标反映了通过核心路由器传输的国内汇聚流量总量。

计算口径：太比特每秒

移动数据流量

指一段时间内每个月、每个连接通过移动网络传输的总数据流量，以兆字节（MB）为单位。

计算口径：每个连接的移动数据流量

移动宽带体验

指各国平均上传和下载速度。这些指标基于数十亿移动网络测试得出，用于了解和分析移动宽带速度。

计算口径：兆比特每秒

固定宽带体验

指各国平均上传和下载速度。这些指标基于数十亿固定网络测试得出，用于了解和分析固定宽带速度。

计算口径：兆比特每秒

企业千兆园区渗透率

该指标衡量的是企业级 Wi-Fi 6 设备出货量占 WLAN 网络设备总出货量的比例。企业级接入设备是专为多接入点（AP）系统而设计的 WLAN 接入设备，其功能丰富且支持升级。企业级接入设备分为独立型（传统）和依赖型两类，可部署在室内或室外。

计算口径：WLAN 网络设备总出货量

IPv6 部署率

指一国使用 IPv6 访问互联网的用户比例。互联网协议第六版（IPv6）已取代 IPv4 成为下一代互联网协议。IPv4 仅能提供 37 亿个唯一 IP 地址，但 IPv6 理论上可提供 340 万亿万亿个地址。IPv6 地址由 128 位组成，通常以十六进制数字序列显示，由冒号字符（:）分隔。

IPv6 地址样例：2001:0db8:85a3:0000:0000:8a2e:0370:7334

计算口径：互联网用户数占比

万兆企业出口带宽部署率

该指标衡量的是万兆以太网交换机的出货量占全国以太网交换机总出货量的比例。衡量一国的企业无线网络带宽是企业数字化的重要评估指标。我们根据以太网交换机的外形规格（固定和模块化）和速度（100 Mb、1,000 Mb、2.5 GE、5 GE、10 GE、25 GE、40 GE、50 GE、100 GE、200 GE 和 400 GE）对这些交换机进行了分类。

计算口径：占以太网交换机总出货量的比例

支柱三：数据处理与存储

人均算力规模

算力由高端、中端和大容量服务器等多类型服务器支持。此类设备包括通过网络访问和提供服务的多用户计算设备。典型的服务器系统通常包括一个或多个处理器、主板、内存、内部磁盘或闪存存储、预装操作系统、电源单元及网络接口。

计算口径：人均

云服务投资

指最终用户在公有云服务上的总支出，既包括基础设施即服务（IaaS）、平台即服务（PaaS）、软件即服务（SaaS）和系统基础设施软件即服务（SIaaS）等服务方面的投资，也包括云环境下所有计算、存储和软件应用资源的投资。该指标基于 GDP 计算得出，直接反映了最终用户对云服务提供商提供的云服务需求。

计算口径：GDP 占比

绿色数据中心容量

指一国中符合可持续发展和能效标准的数据中心占有所有数据中心基础设施的比例，重点关注低碳和环境友好型运营。数据中心中部署的绿色 IT 总容量（兆瓦）的标准包括：能效（PUE <1.3）、可再生能源整合与余热回收技术的应用，以及采用现代生态设计（如废热利用和液冷技术）。

计算口径：不涉及

人工智能 Token 消耗

该指标用于估算全国范围内的人工智能需求，通过将 IDC 公有云服务追踪器中 GPU 或加速计算即服务（Accelerated Compute as a Service）市场细分下的基础设施即服务（IaaS）收入，除以人工智能 Token 均价。通常，每千 Token 价格介于 0.004 至 0.008 美元，计算时采用均价为每千 Token 价格 0.006 美元。该指标用于衡量一国在公有云人工智能基础设施上运行人工智能工作负载的使用强度，以 GDP 为基准评估。

计算口径： $(GPU \text{ 或加速计算即服务的收入} / \text{人工智能 Token 均价}) / GDP$

存储规模

指企业存储系统用于数字数据的处理、管理和存储的总容量，涉及电源、冷却系统、存储控制器等组件以及硬盘驱动器和闪存等介质，计算单位是千兆字节（GB）。

计算口径：人均

先进存储规模

指先进存储解决方案（如全闪存系统和高性能 AI 存储）占总数据存储容量的比例，反映了一国在数据管理方面支持先进生产力的能力，计算单位是千兆字节（GB）。

计算口径：人均

业务连续性与容灾覆盖率

该指标用于衡量业务连续性与容灾功能上的投资占所有软件应用投资的比例，涵盖提供数据迁移、保护和 / 或复制（又称在线备份或备份即服务）功能的订阅式软件和云服务。

计算口径：软件投资占比

支柱四：数据应用

应用下载量

指在一个日历年内，所有主流移动平台（包括安卓和 iOS）中移动应用的新增总下载次数。该指标基于人口规模统计应用的新增下载量，而非已有安装量。

计算口径：人均

电子商务交易量

电子商务指买家通过互联网在线下单购买商品或服务。该指标统计 B2B 侧和 B2C 侧（包括批量采购）的电子商务交易总量。

计算口径：人均

电子政务水平

该指标直接取自联合国电子政务调查，以评估联合国各成员国的电子政务发展情况。

计算口径：不涉及

企业云化率

该指标衡量了企业基础设施的上云速度，同时也反应了企业基础设施的云化率（公有云和私有云）。

计算口径：不涉及

人工智能应用渗透率

指一国中采用人工智能工具（包括自动化、预测分析、智能服务等）的企业应用系统数量占该国企业应用系统市场总规模的比例。

计算口径：不涉及

数字化应用规模

数智化转型是企业持续适应或引领市场变革的过程。企业通过利用数智化能力，打造融合数字与实体体验的创新业务解决方案，从而提升运营效率和组织绩效。

计算口径：GDP 占比

支柱五：政策

ICT 总投资

指传统 ICT 市场的总体规模，即最终用户在 IT 硬件（服务器、存储、个人电脑、设备、配件、网络设备）、软件、IT 服务和电信服务上的支出总额。传统 ICT 市场总规模在本国 GDP 中的占比衡量了该国 ICT 市场的供应成熟度。

计算口径：GDP 占比

频谱政策

指根据各国给运营商分配的频谱总量（而非每个运营商的平均频谱量）计算得出的综合得分。该指标中频谱包括低于 1 GHz、1–3 GHz、3–6 GHz 以及毫米波段频谱。

计算口径：不涉及

数字化转型政策

指国际电联第五代数字协同监管基准（ITU G5 Benchmark）支柱四：数字经济政策议程的综合得分。数字经济政策议程涵盖促进数字经济、创业和投资的国家政策和干预措施。

计算口径：不涉及

绿色能源政策

指一国在某财年内启动并实施的电力政策和绿色政策数量，包括净零目标、可再生能源目标、固定上网电价 / 上网电价溢价，以及净电量结算 / 净电量计费。

计算口径：项

ICT 法律法规

国际电联 ICT 监管跟踪机制（ICT Regulatory Tracker）追踪各国的 ICT 监管环境，有助于用户对比各国 ICT 法律和监管框架，了解其发展趋势。

计算口径：分值

ICT 专利数

发明人所在国 ICT 领域的专利总数。

计算口径：人均

支柱六：人才与生态

ICT 从业者数量

指供应及管理 ICT 产品和服务的从业者数量，既包括 ICT 行业硬件厂商、软件供应商、服务提供商和渠道商直接雇佣的员工，也包括用户 ICT 部门雇佣的负责技术解决方案管理、部署、支持和战略执行的 ICT 人员。

计算口径：人均

STEM 毕业生比例

指 STEM 专业中涉及人工智能、机器学习、数据科学及相关专业毕业生占总毕业生的比例。

计算口径：STEM 毕业生占比

初创企业数量

指初创企业数量。初创企业指应用创新技术解决方案并有可能实现规模化发展的企业。

计算口径：每千人

开源社区参与度

指一个国家内用户、组织及项目在 GitHub 平台上开源代码库的积极创建、维护、贡献及互动。本指标依据 GitHub Octoverse 报告统计相关国家的公共及私有开源贡献数量。未报告的国家不计入评分。该指标根据人口规模进行相对评估。

计算口径：人均

互联网参与度

指过去一年内，通过有线和 / 或移动网络至少访问一次互联网的总人口数。

计算口径：人均

支柱七：数字能源

可再生能源电力投资

指可再生能源技术每千瓦 / 兆瓦的总安装成本，包括人工成本、材料成本（沼气 / 生物质的原料等物料采购费）、土地成本、电力线宽带（BPL）成本和当地货币对美元的汇兑成本等支出，但不包括制造零部件的成本。

计算口径：GDP 占比

绿色出行率

指全国路上电动汽车数量占路上汽车总量的比例。

计算口径：不涉及

充电便利性

指充电点数量占路上电动汽车数量的比例。

计算口径：每个充电点平均覆盖的电动车数量

可再生能源发电利用率

可再生能源发电利用率 = 可再生能源发电量的绝对值 / 根据电气化率进行加权计算得出的全国总发电量的绝对值

计算口径：不涉及

可再生能源发电的经济性

通过比较特定地区光伏和风能每千瓦时的发电成本和该地区燃煤发电（或石油、天然气发电）的成本评估。

计算口径：不涉及

致谢

华为在《全球数智化指数（GDII）》报告的研究与编制过程中，荣幸地得到了来自经济学、社会科学、ICT 产业等众多领域专家的鼎力支持。诸位专家从经济发展与未来产业的双重视角，与我们进行了深度探讨，共同构建了衡量全球数智化发展水平的综合指标体系。

感谢您在模型构建、指标论证、趋势洞察与观点提炼等环节所贡献的卓越智慧。您的真知灼见是本研究不可或缺的核心价值所在。

在此，特别向为本报告作出重要贡献的各位专家与学者致以诚挚的感谢（按姓氏首字母排序）：

曹晓阳	中国工程科技创新战略研究院颠覆性技术战略研究中心 主任
戴 璟	清华大学能源互联网创新研究院能源治理研究中心 副主任
高文胜	清华大学能源互联网创新研究院 常务副院长
郝 飞	对外经济贸易大学国际商学院 讲师
李 万	上海科学院科技发展部 部长
栗 蔚	中国信息通信研究院云计算与大数据研究所 副所长
孟 珪	清华大学能源互联网创新研究院能源治理研究中心 副研究员
戎 珂	清华大学社会科学学院经济学研究所 所长
沈 鸿	北京大学新结构经济学研究院国内发展合作部 主任
王 勇	北京大学新结构经济学研究院 副院长
张梓桐	北京大学新结构经济学研究院 博士后
周 迪	同济大学经济与管理学院公共管理系 副研究员

展望未来，我们期待继续与学术界、产业界保持开放合作，携手深化数智化领域的研究，共同推动全球数字经济的高质量发展。



商标声明

 HUAWEI, HUAWEI,  是华为技术有限公司商标或者注册商标，在本手册中以及本手册描述的产品中，出现的其它商标，产品名称，服务名称以及公司名称，由其各自的所有人拥有。

免责声明

本文档可能含有预测信息，包括但不限于有关未来的财务、运营、产品系列、新技术等信息。由于实践中存在很多不确定因素，可能导致实际结果与预测信息有很大的差别。因此，本文档信息仅供参考，不构成任何要约或承诺，华为不对您在本文档基础上做出的任何行为承担责任。华为可能不经通知修改上述信息，恕不另行通知。

版权所有 © 华为技术有限公司 2025。保留一切权利。

非经华为技术有限公司书面同意，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本手册内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

