

监视器

创新/能源与资源

人工智能的物理竞赛

对电力、水和关键矿产的控制正成为人工智能领导地位的决定性因素

西蒙·恩格尔克斯 & 艾莉西亚·马卡热

人工智能与云计算驱动的数据中心扩张，正导致电力需求增长速度远超整体电力消耗。

在欧洲，缓慢的电网扩张已成为制约人工智能投资和数字竞争力的关键因素。

人工智能基础设施正越来越多地被要求接入可用电源（“数据流向电源”），尤其是在靠近可再生能源发电的地方。

大型数据中心需要大量的冷却水，这使得水资源压力成为未来人工智能选址的重要标准。

关键矿产对于人工智能硬件至关重要，因为铜、硅、镓、稀土和锂对于芯片、电源系统、冷却技术和电池都不可或缺。

数据中心在电力、电网和矿产方面，正日益与电气化、电动汽车、氢能生产、国防以及能源转型展开竞争。

人工智能领域的科技主权将越来越依赖于安全、廉价的电力供应、快速的基础设施部署、关键矿物的稳定供应以及充足的水资源。

目录

引言.....

人工智能的经济前景

人工智能与数据中心扩展的规模..... 3

 全球计算力竞赛..... 4

人工智能的物理基础：资源与基础设施..... 5

 数据中心能源供应..... 5

人工智能力量的新兴地理格局 11

 现任领导仍具优势..... 11

这对德国和欧洲意味着什么..... 12

将人工智能的物理竞赛转化为政策..... 13

 数字主权是资源安全的问题 13

 人工智能基础设施关乎产业竞争力和地方繁荣..... 13

 基于国内资源和价值链，建设欧洲“人工智能本土优势” 13

 发展“资源感知”型人工智能基础设施区 13

印记.....

引言

人工智能（AI）通常围绕算法和天才工程师来讨论。然而，AI基础设施和领导力并非仅仅是数字技术问题。每一个训练的模型和回答的提示都有一个物理基础作为前提：用于计算能力的可靠且经济的电力，用于冷却目的的充足水源，其技术组件所需的关键矿物，以及连接它们的设施。随着AI越来越融入整个经济体，问题已不再是谁能开发出最先进的系统，而是谁能保障其运行所需的资源。AI

因此，政策正与能源政策、水资源管理、基础设施规划以及关键物资供应安全紧密相连。

这些先决条件反过来又受到地理和地缘政治的影响。获取负担得起的能源、气候适应性强的水资源、充足的电网容量以及安全的矿产供应链在全球范围内分布不均。美国和中国等国家目前在大型语言模型和其他前沿人工智能系统的发展方面处于领先地位，但下一阶段的全球竞争可能更青睐那些能够比竞争对手更有效地利用电力、水、土地和矿产的国家。随着能源价格上涨，由于气候变化，许多地区的水资源变得更加稀缺，关键原材料也面临着来自国家和工业界日益激烈的竞争，人工智能领导权的竞争正在演变成一场围绕物理资源和数字创新的竞赛。无论谁能够最快、最便宜地满足人工智能的物理需求，或者能够开发并部署资源强度最低的人工智能模型，都将在未来人工智能权力格局中占据最有利的地位。

人工智能的经济前景

人工智能已成为经济政策辩论中最受关注的话题之一。其支持者认为，人工智能的采用将推动新一轮生产力增长，重塑产业结构，并成为提高国家竞争力的决定性因素。这一预期反过来又推动了政府、企业和投资者在全球范围内加速人工智能发展与部署。

更高的AI应用、投资和创新与更强的生产力和更现代化的产业结构相关联，因为AI将资源和人才转向更依赖技术的活动，同时通过更智能的生产流程升级传统产业。此外，AI越来越被期望成为一种“通用目的”技术，其经济影响可与之前的工业革命相媲美。据估计，到2030年，AI可能为全球GDP贡献高达13.5万亿欧元，使其成为未来十年经济价值创造的最大来源之一。国际货币基金组织表示，近40%的全球就业将受到AI的影响，在发达经济体中这一比例将上升到约60%，这意味着未来经济产出的大部分将是由AI赋能流程产生、支持或转变的。尽管这些预测因AI应用的速度和由此带来的生产力提升难以预测而仍然高度不确定，但它们已加强了政策制定者、经济学家和投资者对AI将在经济增长中发挥核心作用的预期。

鉴于其承诺，欧洲相当一部分企业，尤其是规模较大的企业，已将人工智能嵌入日常运营。根据欧洲统计局的数据，截至2024年，拥有十名或以上员工的欧盟企业中使用至少一种人工智能技术的比例约为13.5%，到2025年则增长至近20%——其中大部分仍基于文本的应用。⁵ 随着人工智能日益融入商业流程，业界普遍预期这将增加对开发和管理人工智能系统所需的计算基础设施的需求。

人工智能与数据中心扩展规模

计算能力已成为人工智能生态系统中的关键因素，因为现代人工智能系统的能力不仅取决于数据和算法，很大程度上还取决于对大规模计算资源的使用。随着人工智能模型的复杂性不断增加，用于训练和部署的计算能力需求大幅增加，使得计算基础设施成为关键的决定因素。因此，世界各地的政府和公司已经开始

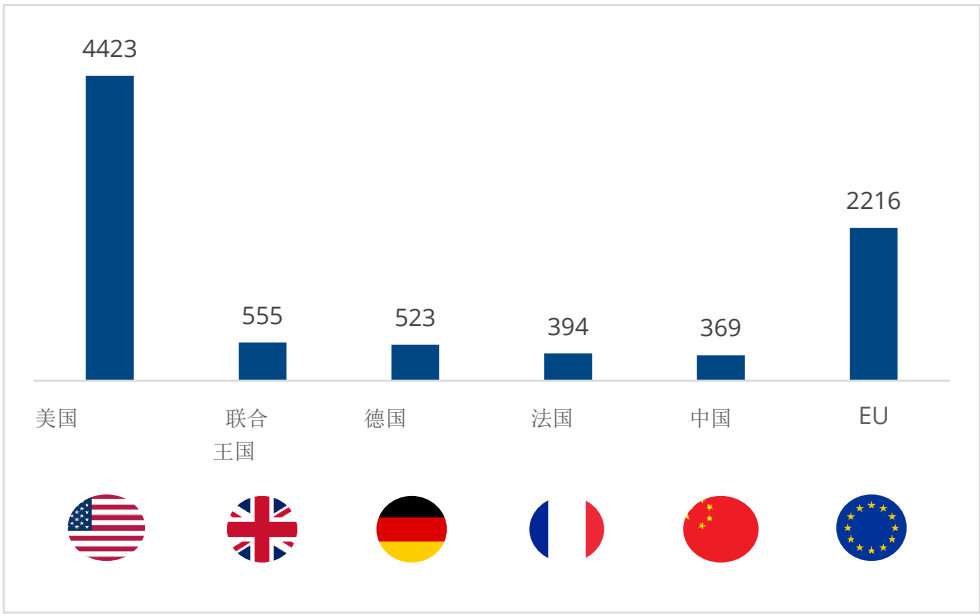
将数据中心和高性能计算设施作为战略资产，在全球人工智能竞赛中投资。

全球计算能力竞赛

人工智能产业的市场规模已迅速扩张。市场估计显示，到2025年全球人工智能市场规模约为2190亿欧元，预计到2030年将增长至超过1万亿美元，并且有望在2032年之前实现年复合增长率，使市场规模突破1.2万亿美元。⁶ 这一增长得益于用于训练和运行人工智能模型的物理基础设施——数据中心——的同步扩张。

截至2026年4月，美国在全球范围内拥有远超其他国家（超过4,400个）的数据中心，这反映了其在云基础设施和人工智能模型开发方面的长期主导地位。德国位列全球第三，英国排名第二，法国和中国则位列前五。这使得德国成为欧盟最重要的数据中心枢纽，这一地位既带来了经济机遇，也给基础设施带来了压力。

图1：截至2026年4月全球数据中心数量最多的前五名国家



全球数据中心数量（按国家/地区划分）。Statista（2026年）

德国数据中心繁荣

主要科技公司已宣布在德国投入巨额新投资。谷歌承诺投入55亿欧元，以扩大其在德国的云和人工智能基础设施，包括在法兰克福附近建设一个新的AI专用数据中心，以及扩展慕尼黑和柏林的设施。英伟达与德国电信合作，概述了在慕尼黑建设工业AI云的大约10亿欧元投资计划，而法国运营商Data4正在哈瑙建设其首个德国站点。这些声明都处于一个更广泛的区域集中模式之中。

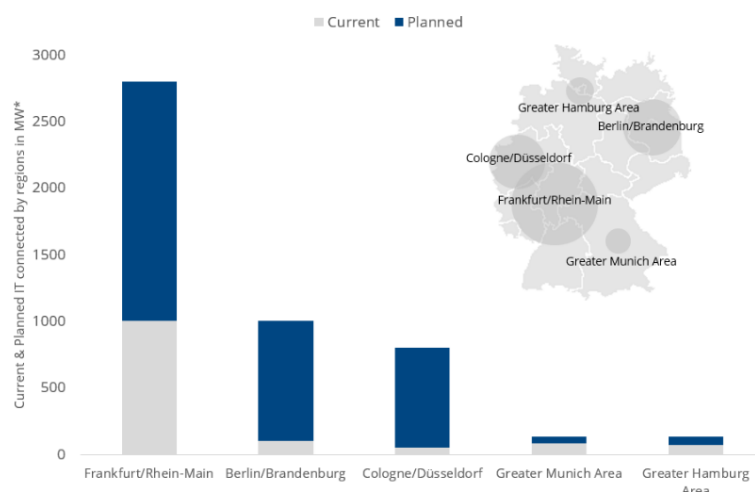
仅法兰克福/莱茵-美因地区就占目前和规划中下一大枢纽——柏林/勃兰登堡——容量的近三倍，这反映了其作为主要枢纽的既定地位。

欧洲互联网交换中心的位置及其现有的电网和光纤基础设施。虽然这种聚集在某些方面是有效的，因为它建立在现有优势之上，但它也集中了风险。该地区的电网和能源生产能力可能成为德国大量人工智能雄心壮志的一个潜在故障点。因此，能源生产和电网基础设施构成了人工智能经济的第一个和第二个物理基础，它们设定了其进一步扩张的限制。

人工智能的物理基础：资源与基础设施

人工智能通常被视为由代码和模型驱动的数字现象。然而，在实践中，它也是一个与物理世界紧密相关的领域：每一次模型训练和每一个查询响应都需要消耗电力、水资源、土地以及特定的矿产和金属。因此，要理解人工智能的基础，就必须审视支撑其发展的物质资源和结构。

图2：德国各区域当前及计划数据中心容量（兆瓦）



德国数据中心格局。德国投资促进署（2025）

数据中心能源供应

人工智能的扩张对能源系统具有重大影响。自2022年以来，全球对数据中心设施的投资翻了一番，单个设施的规模也随之增长。一个大型数据中心已经可以消耗相当于10万户家庭的电力，而目前正在建造的最大设施可能需要高达200万户家庭那么多的电力。

2024年，数据中心约占全球电力消耗的1.5%，约为415太瓦时（TWh）。美国占这部分消耗的最大份额（45%），其次是中国（25%）和欧洲（15%）。自2017年以来，全球数据中心电力消耗每年增长约12%，远超一般电力消耗的增长速度。以人工智能为重点的设施目前耗电量已达到与铝冶炼等高耗能重工业相当的水平，但其地理分布却远更集中。

增长轨迹呈急剧上升趋势。预计到2030年，全球数据中心电力消耗将超过翻倍，达到约945太瓦时，略高于日本目前的总电力消耗。国际能源署估计，到2035年，消耗量可能进一步上升到1,200太瓦时。美国预计将占这部分增长的最大份额；到本世纪末，预计美国数据中心的电力消耗将超过该国所有数据中心的总和。

铝、钢、水泥、化工及其他高耗能产品的生产。11 在德国，与人工智能相关的电力需求预计将从2015年的约120亿千瓦时上升至2025年的约213亿千瓦时，相当于目前约占全国电力消费总量的4%。12 因此，未来的挑战不仅在于生产更多电力，还在于确保在需求日益集中的地点和时段提供充足电力。

争夺同一电子

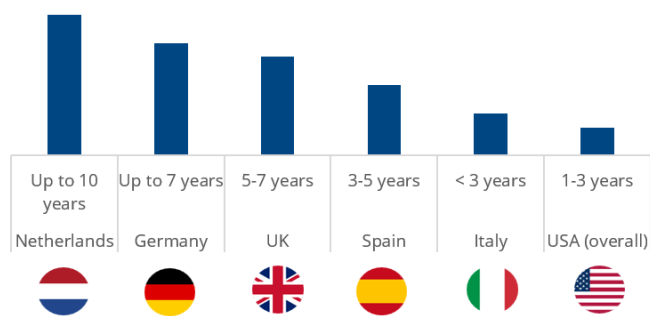
随着人工智能成为日益增长的电力需求来源，它已进入一个本已拥挤的能源格局。挑战不再仅仅是发电量要增加，而是要决定未来如何分配日益稀缺且竞争激烈的基建资源。其基建正与工业电气化、电动汽车部署、氢气生产以及更广泛的脱碳努力直接竞争。投入到新建数据中心容量的每一吉瓦，都是无法同时用于支持其他战略优先事项的每一吉瓦。

这引发了一个新的政策困境。数十年来，能源政策主要关注可负担性、可靠性和可持续性这三个方面。人工智能引入了第四个目标：战略配置。政府将越来越面临在电力、电网容量和关键矿产的替代用途之间进行选择的困境。管理这些权衡的能力可能成为决定国家人工智能竞争力的关键因素。在德国等联邦制国家，这些权衡也可能在不同层级的政府间出现，其中国家层面扩大人工智能能力的雄心可能与州级和地方层面反对支持其所需的基础设施产生冲突。

网络瓶颈

仅靠发电能力无法解决欧洲的AI能源挑战。将电力输送至AI基础设施建设地点需要输配电能力，而目前最尖锐的制约就在于此。德国新建数据中心的电网接入等待时间可能长达七年，这种延误直接威胁着该国的数字竞争力，因为如果没有及时的电网接入，投入到数据中心项目中的资本价值有限。

图3：数据中心估算的电网连接延迟

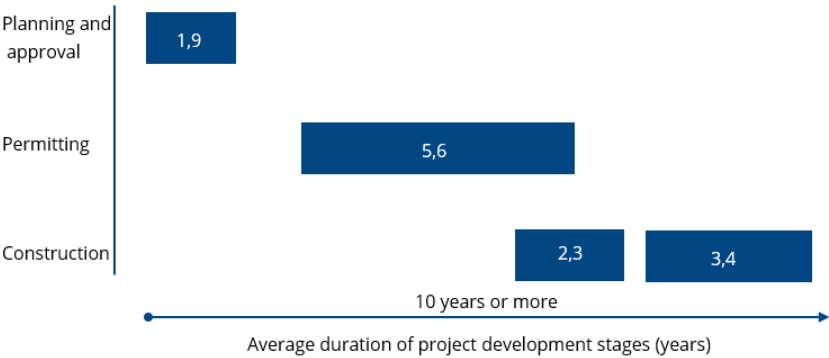


能源与人工智能。国际能源署（2025）

在整个欧盟范围内，新的电网基础设施项目从构思到完成通常需要超过十年时间。规划和许可阶段，而非建设本身，占用了这个时间表的大部分，平均而言，它们消耗了项目总时长的超过一半。

这是一个结构性、主要是自我施加的瓶颈。由于主要障碍并非技术、资本或工程能力不足，而是行政和监管程序，因此可以通过政策改革来缓解。为解决这些日益增长的瓶颈问题，德国联邦经济和能源部（BMWE）已启动改革，旨在加速输电网扩张，并简化大型电力消费者（如联邦需求计划法案（Bundesbedarfsp langesetz）和新的电网连接包（Netzanschlusspaket））的电网接入流程。拟议的改革措施，包括提高可用容量的透明度以及转向“先到先得”的原则，有望减少人工智能数据中心的建设延误，并增强德国作为人工智能基础设施投资地的吸引力。连同最近出台的数据中心战略（Rechenzentrumsstrategie），这些改革表明了该国致力于改善人工智能和数据中心投资框架条件的更广泛努力。

图4：欧盟电网基础设施项目平均时间表



欧洲议会研究服务局（2025年）

然而，电网扩张并非唯一可行的手段。一种更偏向数字化的方法——即“数据驱动电力”——目前正逐渐兴起。该方法并非将大量电力长途输送到人工智能计算需求集中的地区，而是将数据本身传输到靠近能源（尤其是可再生能源）发电地点的去中心化数据中心集群。并非所有人工智能相关工作负载都需要靠近城市需求中心。人工智能训练、大规模数据分析、模拟和备份可以在任何有电力供应的地方灵活处理。这可以将数据中心的角色从电网的额外负担转变为潜在的“服务电网”资产，从而吸收可再生能源的过剩产量。这并不能替代电网扩张，但在新建输电能力的同时，它可以减轻输电基础设施的压力。

尽管当前德国政府正尽其所能改善这些条件，但进一步的延误可能会将欧洲相当一部分人工智能基础设施建设推迟至2030年代，从而让美国、海湾国家以及中国等竞争对手在更快的许可和并网程序中进一步拉开差距。

用水量

水是人工智能价值链中一个不易察觉但同样重要的投入要素。即便配备高效的冷却系统，一个约130兆瓦（MW）的单个超大规模数据中心每年也可能消耗约1.71亿升水。然而，数据中心只是人工智能更广泛足迹中最显眼的部分，其还包括半导体制造以及为整个行业供电的发电环节，共同构成了可被描述为“人工智能经济”的水需求。

当前估算，人工智能经济带来的总用水量约为每年2300亿立方米，预测到2050年可能增至超过5400亿立方米。¹⁶ 这相当于今天全球总人口每天约18升。然而，人们担心的不仅是所需水量的大小，还包括其地理位置和发生时间。全球约40%的数据中心位于已面临高或极高水压力的地区——美国沙漠西南部、中东、地中海欧洲以及拉丁美洲的干旱多发地区——而冷却需求往往在夏季达到峰值，恰逢当地社区和农业用户面临最大短缺的时候。¹⁷

然而，水资源短缺已不再局限于世界上的干旱沙漠。2026年夏季，欧洲大部分地区经历的严重热浪和干旱导致莱茵河和多瑙河等主要河流水位异常低落，中断了内河航运，并对依赖河水进行发电、冷却和运输的欧洲能源系统造成了压力。

电力和水资源的可用性并不总是地理上重合。拥有丰富可再生能源潜力的地区可能面临日益增长的水资源压力，而拥有可靠水资源的地区则可能缺乏廉价的电力。因此，未来的AI基础设施建设规划将越来越需要政策制定者在多个资源约束下同时进行优化。

总体而言，欧洲大陆在水资源可用性和气候条件方面差异较大，为人工智能相关的基础设施创造了不同的运营环境。特别是北欧国家和荷兰处于一个极端：可靠的降雨、丰富的淡水储备和凉爽的气候使得“免费冷却”技术几乎不触及当地地下水位，这正是大型云服务/AI提供商（如谷歌、微软、亚马逊、Meta）在欧盟环保法规收紧前集中在此设厂的原因。法国的情况则更为复杂。其核电站提供的廉价低碳电力使其成为能源密集型人工智能集群的明显候选地，但同一核电站群却依赖河流进行冷却，而公众对取水问题的反对声浪随着一次接一次的热浪夏季而日益高涨。¹⁸

更尖锐的压力点位于更南端。西班牙、意大利、希腊和地中海沿岸法国已经面临严重的季节性干旱，含水层的补给率可能降至正常水平的五分之一以下，而灌溉用水仅占该地区大部分用水量。向这一地区增加耗水量的设施并不能解决问题。即使是中等规模的数据中心，每年也可能消耗数十万立方米的水，这远远超出了当地河流和地下水的承载能力。对于政策制定者而言，这使得南欧成为人工智能基础设施与现有用水者最可能发生直接冲突的地区。

这种水资源压力的地理格局伴随着一种独特的空间动态：欧洲的产能高度集中在密集的都市中心：法兰克福、伦敦、阿姆斯特丹、巴黎和都柏林。这些被称为FLAP-D的城市中心，仅2024年就吸纳了新增欧洲产能的85%。

与常见于美国西南部的郊区沙漠选址模式不同，欧洲的设施倾向于集中在这些大都市区域，因为靠近互联网基础设施、金融中心和商业需求比土地成本更重要。因此，对水、电和土地的需求集中在已经拥有密集住宅和市政用户的地区，而不是分散到人口稀疏的区域。

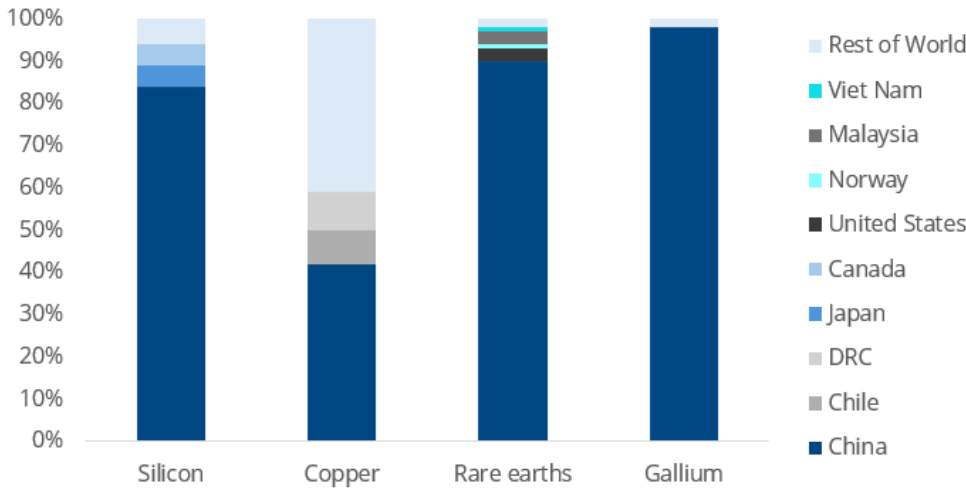
半导体制造面临一个相关挑战。全球近三分之一的制造工厂位于水资源短缺地区，而芯片生产所需的每一升超纯水在加工过程中可能消耗高达四升的淡水。随着芯片复杂性的提高，即使不计锂、铜等材料提取的水资源强度，预计到2050年，芯片行业的水需求也将增加600%以上。

从绝对值来看，人工智能的水足迹仍小于许多重工业以及农业。然而，使该行业与众不同的，是多种因素的叠加：在水资源本就稀缺的特定地区，需求正在出现；极端天气导致供水变得不可预测，水资源竞争日益激烈；而且，许多地区现有的水系统早已因数十年的投资不足而承受着压力。这对德国和欧洲政策制定者而言意味着，数据中心选址决策不能仅仅被视为一个纯粹的能量和连接性问题，而水资源可用性也必须从一开始就纳入许可标准。

关键矿产

在代码背后，在计算能力被投入使用之前，人工智能所需的硬件依赖于一个错综复杂且地域集中的供应链。除了钢铁和混凝土等大宗建筑材料外，数据中心还需要大量铜、铝、硅、镓、稀土元素（REE）和电池矿物。在此，人工智能基础设施正日益与清洁能源技术、国防制造业、电动交通和工业电气化争夺有限的矿物资源。

图5：数据中心建设关键矿产的精炼供应地理集中度，2024年



全球关键矿产展望。国际能源署（2024）

每种矿物都在人工智能领域扮演着独特的角色。铜是电力分配、高性能网络和冷却基础设施的基础。超高纯度的硅仍然是处理器和存储器的核心半导体材料。氮化镓或砷化镓形式的镓越来越多地用于高效能电力元件。铝广泛应用于结构元件和冷却系统，而稀土元素（特别是钕、镨、镱和铽）对于冷却风扇和精密元件中使用的高性能磁铁至关重要。与此同时，锂等电池矿物支持备用电源系统，确保数据中心在断电时仍能运行。²¹

尽管数据中心目前并非这些矿物中任何一种的最大需求来源，但预计到2030年的产能扩张可能占据相当一部分总需求增长。这预计将占铜总需求的2%，稀土元素总需求的3%以上，以及镓总需求的11%。从绝对值来看，这意味着到2030年，数据中心对这些矿物（铜和硅）的需求将达到数百万吨和数十万吨，而届时数据中心将同国防、清洁能源和建筑行业竞争这些相同的矿物。

在此方面，供应的地域集中是主要问题。2024年，近60%的精炼铜供应和超过90%的精炼铝、硅、磁性稀土元素和镓，均源自仅有的前三个生产国，其中中国几乎在所有类别中都占据主导地位。这种事实上的垄断已经转化为地缘政治风险。2024年12月，中国限制了对美国的镓、锗和锑出口，这被广泛视为对美国扩大先进芯片及芯片制造设备出口管制的报复。随后，北京将石墨加入限制名单，并在2025年2月再次扩大管制范围，涵盖钨、黄铜矿、铋、铟和钼。其中几种材料直接用于驱动数据中心的服务器和二极管，这使得限制措施也直接关系到人工智能基础设施，而不仅仅是对最初瞄准的芯片和国防领域。对于欧洲政策制定者而言，这表明矿产供应安全现在是一个现实的风险，而不仅仅是一个假设，并对人工智能基础设施的建设成本和速度产生后果。

能源、水、矿产和基础设施：新的咽喉要道

如果电力、水和矿产是人工智能的物质基础，那么谁控制和保障这些资源的问题现在已成为地缘政治问题。主要大国正通过不同的模式参与这场竞争：中国采取国家主导模式，美国以私营部门引领，欧盟则倾向于公私混合模式，而海湾国家则以资本驱动。在所有情况下，电力、水和矿产的限制不仅是要解决的工程问题，更在塑造主要大国在全球人工智能能力竞赛中的定位。

这些资源限制对地缘政治竞争而言并非小事，而是演变成了其核心战场之一。拥有丰富多样能源供应、先进电网基础设施，并能确保关键矿产和水资源安全的国家，最能将人工智能的雄心转化为实际能力。另一方面，那些资本或人才丰富但资源有限的国家，将难以按照其战略期望的速度扩展人工智能基础设施。

这重新定义了若干政策辩论。对关键矿物的出口管制，主要在国防和清洁能源供应链的背景下讨论，也直接关系到人工智能基础设施规划。电网扩张和官僚体系改革，传统上被视为能源转型的核心议题，同样关乎未来的数字竞争力和国家安全。最后，数据中心选址的决定，此前主要被视为地方经济发展的问题，现在则涉及水资源安全及区域资源竞争。

人工智能力量的新兴地理格局

人工智能革命的第一个阶段主要是由数据和软件能力塑造的。领导力取决于对人才、风险资本、研究机构以及先进半导体技术的获取。美国、中国和台湾等国家占据了主导地位，因为它们控制了数字生态系统中的关键部分，从模型开发到云基础设施，再到半导体制造。

人工智能发展的下一阶段可能将由一套不同的条件来定义。随着人工智能系统变得更大、计算密集度更高，对其资源的需求获取正成为一种战略优势。在规模上构建和运营人工智能基础设施的能力越来越依赖于传统上与能源政策及资源安全相关联的因素，而不仅仅是数字创新。这为政策制定者和投资者 alike 提出了一个重要的问题：未来的人工智能领导地位是否会仍然集中在当今的“科技强国”之中，或者我们是否正在见证一个基于资源丰富性和基础设施能力的新型人工智能地理格局的崛起？

现任领导仍具优势

美国仍然是全球人工智能生态系统的主导力量。它结合了模型开发领域的领导地位、对风险投资的独特优势、全球最大的超大规模云服务提供商以及深厚的半导体生态系统。它还继续吸引着不成比例份额的全球人工智能投资和数据中心建设。

中国采取了不同的发展路径。通过大规模的国家干预、战略产业政策以及政府与私营企业之间的密切协调，北京已建立起显著的国内人工智能能力。中国还拥有日益重要的优势：在处理和提炼许多对数字基础设施、清洁能源系统和先进制造业至关重要的关键矿产方面占据主导地位。

台湾在全球人工智能生态系统中占据着独特地位。该岛的半导体产业对于先进芯片的生产仍然不可或缺。然而，台湾也凸显了人工智能竞争力方面的一个新兴悖论：技术领导地位并不必然转化为基础设施安全。能源限制和地缘政治紧张局势持续暴露出这个世界最具战略重要性技术枢纽之一的脆弱性。

这对德国和欧洲意味着什么

德国和欧盟在这个全球竞争中拥有真正的优势：一个庞大而成熟的经济体、日益普及人工智能知识的企业界、世界一流的研究机构以及在数据中心投资方面的强劲势头。德国尤其处于关键地位。法兰克福/莱茵-美因地区已成为欧洲最大的数据中心枢纽之一，为云服务和人工智能应用提供了所需数字基础设施的重要份额。

与此同时，欧洲的定位正日益受到基础设施规划碎片化以及审批程序冗长的限制。尽管欧洲仍然是人工智能技术的重要开发者、消费者和采纳者，但其承载大规模人工智能基础设施的能力正越来越取决于其加速物理基础设施部署的能力。

与美利坚合众国或中国不同，德国和欧盟无法主要依靠动员资本规模或国家主导的产业发展速度来竞争。它们的优势将取决于能否将现有的经济和技术优势转化为更快的基建交付。

能源很可能是检验这项能力的关键。德国目前正面临电力价格高昂、电网瓶颈以及电气化和工业转型带来的电力需求增长等问题。对于大型数据中心等高耗能活动而言，电费和供电可靠性是核心的区位因素。因此，欧洲的数字化雄心和未来竞争力将越来越依赖于能源转型取得成功，从而实现大规模的、价格可承受的电力供应。

专家们还建议设立“人工智能基础设施优先区”，这些区域将结合电网接入、可再生能源发电、光纤连接、充足的水资源以及合适的土地。这种做法将使计算能力能够跟随可用电力，减轻现有枢纽的压力，并增强德国数字基础设施的韧性。

总之，政策制定者应开始通过另一个视角来看待这些政策挑战。能源价格、电网、许可程序、水资源和关键矿产已不再仅仅是能源、环境或产业政策的问题。它们正日益成为决定未来人工智能能力建设地点以及谁将受益于其创造的经济价值的决定性因素。人工智能竞赛第一阶段赢家是算法最好的国家。第二阶段的赢家可能是那些能有效结合廉价电力获取、快速电网连接、最安全的矿产供应链以及快速建设基础设施的能力，并能开发部署资源效率越来越高的人工智能系统的国家。

最后，这场辩论不仅关乎竞争力，也关乎主权。即使欧洲的数据中心能力成功扩张，如果其底层的AI模型、云服务和关键技术仍然主要由大陆以外的地方控制，它也可能变得脆弱。同时，确保关键计算基础设施位于欧洲可能会变得

一项日益重要的政策目标，真正的技术主权不仅需要托管服务器，还必须建立并保留自身能力，以开发、训练和部署先进的AI系统。否则，欧洲将面临沦为AI基础设施的物理地点，而非AI价值创造和战略影响力领域中的主要参与者的风险。

将人工智能物理竞赛转化为政策

本文重申了若干既定的经济和产业政策重点——不仅限于，而且关乎未来人工智能发展的问题——其中包括加快基础设施规划、许可和并网；确保经济实惠且可靠的能源供应；保障水资源可用性；以及加强关键资源和原材料供应链的韧性。虽然这些重点本身并非特别新的发展，但它们往往在人工智能辩论中被忽视，且不能再被视为独立的政策领域。除了这些基础性重点之外，本文还指出了德国政策辩论中值得更多关注的若干更广泛的战略影响。

数字主权关乎资源安全

数字主权通常围绕云基础设施、半导体、网络安全和技术能力等议题展开讨论。然而，这些能力最终依赖于能源、水资源、土地和关键原材料的获取。因此，德国应推动对数字主权的更广泛理解，明确将能源安全、水安全和资源安全纳入其中。这将使讨论超越可持续性考量，并将其日益置于经济与国家韧性的大背景下。真正的数字主权并不仅仅是拥有或控制数字技术。因此，所讨论的“物理维度”应成为未来关于技术主权和产业竞争力的讨论中不可或缺的组成部分。

人工智能基础设施关乎产业竞争力和地方繁荣

政治沟通应强调人工智能有潜力成为未来经济安全与价值创造的关键基础设施，尤其是在地方层面。资源的可用性与基础设施将日益决定公司投资、纳税以及潜在新工作岗位的创造地点。通过经济机遇的棱镜来阐述这一问题，比仅聚焦于规则、创新和软件开发等问题的辩论，更有可能引起公民的强烈共鸣。

基于本土资源和价值链，打造欧洲“AI居家优势”

德国应制定人工智能基础设施战略，立足自身优势，即可再生能源发电，同时将人工智能价值链的关键环节锚定在欧洲。这包括提升欧洲在战略原材料加工、精炼和回收方面的能力。虽然德国永远不会在关键矿产上完全自给自足，但应更广泛地利用全国范围内的锂、铜、镍和钴等现有国内资源。此处的目标应是战略韧性，通过减少关键依赖并提高自给率来实现。

发展“资源感知”型人工智能基础设施区

尽管国家数据中心战略已旨在提高新设施的站点可用性和能源获取能力，德国应识别并积极推广那些关键使能资源已具备或易于获取的地点。这种集成资源规划方法将有助于避免未来瓶颈，提高规划确定性，并确保人工智能基础设施在物理条件有利的地区发展。

阿塔里, S. A., 萨辛, M. E., 阿格耶曼格, E. T., 与 萨利巴, C. (2026)。德国人工智能投资与经济增长的非线性动力学: 来自NARDL方法的证据。经济, 14(1), 文章31。https://doi.org/10.3390/economies14010031 (访问于2026年8月28日)。

冈萨雷斯, J. T. (2023)。人工智能创新对经济增长的影响: 一项面板数据分析。经济结构杂志, 12(1), 文章13。https://doi.org/10.1186/s40008-023-00307-w (访问于2026年8月28日)。

然而, 一些研究仅估计了适度的生产率提升, 而非大规模转型, 参见Acemoglu, D. (2024)。人工智能的简单宏观经济学。经济政策, 40 (121), 13 - 58。https://doi.org/10.1093/epolic/eiae042 (访问于2026年8月28日)。

2 范丹, 刘凯 (2021)。人工智能与中国可持续经济增长的关系: 聚焦产业结构变迁的中介效应。可持续性, 13(20), 文章11542。https://doi.org/10.3390/su132011542 (访问于2026年8月28日)。

3 PwC (2023)。全球人工智能研究: 衡量价格。https://www.pwc.co.nz/insights-and-publications/2023-publications/artificial-intelligence-study.html (访问于2026年8月28日)。

4 乔治娃, K. (2024)。人工智能将重塑全球经济。让我们确保其惠及人类。https://www.imf.org/en/blogs/articles/2024/01/14/ai-will-transform-the-global-economy-lets-make-sure-it-benefits-humanity (访问于2026年8月28日)。

5 欧洲统计局 (2025年)。企业中人工智能的使用。欧洲委员会。https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Use_of_artificial_intelligence_in_enterprises (访问于2026年8月28日)。

6 Statista (2026)。人工智能, 全球市场展望与关键指标。statista.com/outlook/tmo/artificial-intelligence/worldwide (访问于2026年8月28日)。

Statista (2026)。全球数据中心数量 (按国家/地区划分)。www.statista.com/statistics/1228433 (访问于2026年8月28日)。

8 数据中心动态 (2025)。谷歌将在德国投资55亿欧元用于数据中心和办公室。https://www.datacenterdynamics.com/en/news/google-to-invest-55bn-in-data-centers-and-offices-in-germany/ (访问于2026年8月28日)。

路透社 (2025)。德意志电信与英伟达将面向工业客户推出12亿美元的AI云服务。可在以下网址获取: https://www.reuters.com/business/media-telecom/deutsche-telekom-partners-with-nvidia-ai-cloud-ql-2026-2025-11-04/ (访问于2026年8月28日)。

9 国际能源署 (2025)。不断加剧的地缘政治紧张局势凸显了加强关键矿产安全行动的必要性。国际能源署评论。https://www.iea.org/commentaries/growing-geopolitical-tensions-underscore-the-need-for-stronger-action-on-critical-minerals-security (访问于2026年8月28日)。

10 同前注。

11 国际能源署 (IEA) (2025)。能源与人工智能。https://iea.blob.core.windows.net/assets/de9deal3-b07d-42c5-a398-d1b3ae17d866/EnergyandAI.pdf (访问于2026年8月28日)。

12 Paulsen, N. & Wagner, K. (2025)。德国数据中心: AI 驱动增长 Bitkom。https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Rechenzentren-Deutschland-KI-treibt-Wachstum (访问于 2026 年 8 月 28 日)。

13 欧洲议会研究服务局（2025）。欧盟电网。欧洲议会。[https://www.europarl.europa.eu/Reg-Dat/etudes/BRIE/2025/772854/EPRS_BRI\(2025\)772854_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/Reg-Dat/etudes/BRIE/2025/772854/EPRS_BRI(2025)772854_EN.pdf)（访问于2026年8月28日）。

17法规，J. 与 奥尔顿，D.（2026）地图显示数据中心正在干旱地区建设。新闻周刊。<https://www.newsweek.com/map-data-centers-built-drought-hit-areas-11997520>（访问于2026年8月28日）。

²² IEA (2025) Energy and AI.

印模

西蒙·恩格尔克斯

西蒙·恩格尔克斯（Simon Engelkes）是康拉德·阿登纳基金会柏林分析咨询部能源与资源政策顾问。2017年至2026年期间，他在康拉德·阿登纳基金会中东和北非部门工作，最近担任驻拉马勒什的巴勒斯坦领土康拉德·阿登纳基金会国家办事处主任。他在柏林自由大学、贝鲁特美国大学和伦敦国王学院学习政治学。

阿莱西亚·马卡吉

阿莱西亚·马卡吉（Alesia Makaj）曾通过德国联邦环境基金会（DBU）研究奖学金项目，担任康拉德·阿登纳基金会（KAS）能源政策与地缘政治领域的研究员。她目前正在攻读经济学博士学位，研究方向为地缘政治风险对能源与经济安全的影响。在攻读硕士学位期间，她获得了KAS阿尔巴尼亚提供的奖学金。

康拉德·阿登纳基金会 e.V.

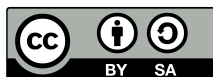
西蒙·恩格尔克斯 政策顾问 能源与资源部 分析与咨询

T +49 30 / 26 996-3249
Simon.Engelkes@kas.de

出版商：康拉德·阿登纳基金会 e. V.
设计及排版：yellow too Pasiek & Horntrich GbR

本出版物得到了德意志联邦共和国的资金支持。

康拉德·阿登纳基金会 e. V. 的此出版物仅供信息目的。政治党派、选举活动家或支持者不得将其用于选举广告。这适用于联邦、州和地方选举，也适用于欧洲议会选举。



本出版物的文本根据知识共享许可协议发布：“知识共享署名-相同方式共享 4.0 国际版”（CC BY-SA 4.0），<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>。