【人工智能与区域发展】

算电协同优化重大生产力布局：公共算力投入、电力禀赋与城市创新*

马涛 张文曦 钟化鑫

摘 要：算力是知识生产和产业数字化的重要投入，区域电力禀赋是其持续运行和发挥作用的基础支撑，算电协同成为重大生产力布局优化的重要内容。基于地方政府采购合同、区域电力基础设施和城市发明专利数据的考察表明，公共财政支持的算力投入与城市创新产出显著正相关，且这种正向关联随区域电力禀赋提高而明显增强。算力投入的创新价值需要相应的能源条件支撑，算电协同的重点在于促进算力配置、电力保障与实际应用相互衔接。新阶段重大生产力布局优化应促进算力基础设施建设与区域能源条件、科研创新和产业发展协调，推动重大基础设施由单项扩张转向协同配置与效能提升。

关键词：算电协同；重大生产力布局；数字基础设施；公共算力采购；知识生产

中图分类号：F207 **文献标识码：**A **文章编号：**2095-5766(2026)05-0098-10 **收稿日期：**2026-06-25

***基金项目：**国家社会科学基金重大项目“新发展阶段优化重大生产力布局研究”(23&ZD040)。

作者简介：马涛，男，宁夏大学经济管理学院博士生导师(银川 750021)，哈尔滨工业大学商学院教授，博士生导师(哈尔滨 150001)。

张文曦，女，宁夏大学经济管理学院博士生(银川 750021)。

钟化鑫，男，哈尔滨工业大学商学院博士生，通信作者(哈尔滨 150001)。

一、引言

重大生产力布局立足国家战略全局，统筹重要生产要素、重大基础设施和区域功能，以现实生产能力的形成为重要导向。随着算力成为知识生产和产业数字化的重要投入，生产力布局所要统筹的内容进一步延伸到算力配置、电力保障与应用需求之间的关系。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》提出“深入推进‘东数西算’工程，构建多层次算力设施体系和全国一体化算力网”，并要求“推动绿色电力与算力协同布局”。全面推进数智化促进实体经济发展，需要考虑与关键生产要素、重大基础设施、创新节点与产业分布等重大生产力布局主体内容的统筹关系。2026年4月，国家发展和改革委、国家能源局、工业和信息化部、国家数据局联合印发《关于促进人工智能与能源双向赋能的行动方案》，进一步提出“统筹大型新能源基地与国家算力枢纽规划布局”。政策转向回应了算力需求快速增长及其用能约束。人工智能应用带来的模型训练、在线推理和数据处理任务，首先形成计算需求，继而通过服务器负载、制冷和配套系统转化为电力需求。截至2026年6月底，我国智能算力规模达2185EFLOPS(FP16)。根据国家能源局数据，2025年全国算力中心用电量达到1700亿千瓦时，占全社会用电量的1.6%。全国一体化算力网络八大枢纽节点算力用电近三年平均增长约39.5%，明显快于全社会用电量增速。

我国算力需求与电力资源在空间分布上存在较为突出的时空差异与供需不平衡。算力需求主要随研发活动、产业集聚、数据资源和应用市场分布，电力供给则受到能源资源、电源结构和电网条件制约。算电协同旨在促进算力投入、电力供给与应用需求的有效衔接，最终体现为算力资源能否在相应电力条件下持续进入研发和生产活动。算力进入数据处理、模型训练、工程仿真和技术验证等环节，影响知识搜索、技术试验和成果形成的效率，创新产出因而构成观察算力生产性使用的重要结果。相较于产业结构和生产率等形成周期较长的综合指标，创新产出更接近算力参与知识生产的前端环节，也与重大生产力布局强化创新策源和技术供给能力的要求相契合。

重大生产力布局研究关注区域协同与优势互补，从区域分工、资源环境承载力和新质生产力发展等方面充分讨论了重大生产力布局优化的内涵与实现路径（曹卫东等，2024；杨开忠，2024；樊杰等，2025；孙久文等，2026）。数字经济发展使生产力布局涉及的基础条件更加多元，算力配置、电力保障与应用需求的协同也开始影响区域生产能力形成、结构与功能。将算电协同纳入重大生产力布局分析框架，有助于考察区域电力条件与算力投入生产性使用的联系，并深化对重大基础设施协同配置及其功能实现的认识。

现有文献为本文奠定了有益基础。一类文献关注基础设施和数字技术的区域经济后果，传统基础设施能够通过降低运输与交易成本、改变市场可达性和产业集聚影响区域发展（Baum-Snow，2007；Donaldson，2018；Huang et al.，2025）；信息技术和数字基础设施则有助于降低信息处理与组织协调成本，促进知识扩散，影响企业创新和地区增长（Bresnahan et al.，2002；Forman et al.，2012；Goldfarb et al.，2019；Ma et al.，2026）。此外，各类算力基础设施与企业生产率、数字化转型和城市创新网络密切相关（许诺等，2025；孙波约等，2025；王华等，2025；周建平等，2026）。另一类文献表明，能源可得性、稳定性以及成本均深刻影响企业生产、就业与投资。同时，基础设施建设经济收益也取决于生产性需求和其他互补投入（Lipscomb et al.，2013；Allcott et al.，2016；Hou et al.，2025）。

相关研究集中分析了重大生产力布局、数字基础设施和能源供给的经济意义，对数字化生产条件下不同基础要素如何协同配置并形成现实生产能力的系统分析相对薄弱。算力资源投入规模与区域电力条件制约着算力能否进入知识生产和产业应用，影响重大生产力布局中单项要素配置转向基础设施协同和生产能力形成。基于此，本文以地方政府采购合同度量公共财政支持的城市算力投入，以在运电站装机容量刻画区域电力禀赋，将公共算力投入、区域电力禀赋与城市创新纳入统一分析框架，考察公共算力投入与创新产出的关系及其随区域电力条件导致的创新产出差异。

研究发现：第一，公共算力投入与创新产出显著正相关。公共算力投入提高1个标准差，每万人发明专利授权增加约0.42件。第二，公共算力投入与创新产出之间的正向关联随区域电力禀赋提高而明显增强。300千米范围内总装机提高1个标准差，公共算力投入对应的每万人发明专利授权增量进一步扩大约0.69件；50~500千米不同范围的结果方向一致且均保持显著。结果表明，公共算力投入的创新关联具有明显的电力条件差异。

本文边际贡献可能体现在两个方面。第一，将公共算力投入与区域电力禀赋纳入统一分析框架，拓展重大生产力布局的分析内容，将算力配置、电力禀赋与创新产出贯通起来，为认识数字经济条件下重大基础设施如何形成现实生产能力提供具体视角。第二，结合政府采购合同与电站空间分布数据，在城市层面构建公共算力投入和区域电力禀赋指标，考察电力条件是否影响算力投入与创新产出之间的关系，使基础设施研究由单项要素配置进一步延伸到基础设施协同，为分析算电协同及其创新关联提供新的数据基础。

二、政策背景与理论分析

（一）从算力设施建设到算电协同布局

我国算力基础设施政策呈现出由集约建设向网络协同、由规模扩张向系统优化逐步演进的特征（马涛等，2026）。早期政策主要着眼于提高数据中心建设的集约化水平，通过规模化布局减少分散建设和重复投入。随着算力需求持续增长以及跨区域调度能力增强，政策重点逐步转向全国一体化算力网络建设，强调不同地区依据能源、土

地、气候、市场和产业条件承担差异化功能。随着电力禀赋、能源结构和绿色运行被纳入算力基础设施规划，算力政策由关注设施数量和节点布局，延伸到算力、电力、网络与产业应用能否形成稳定衔接（见表1）。

政策演进充分反映了算力基础设施建设逻辑的阶段性变化。在初期算力供给不足阶段，政策重点在于扩大设施规模，形成基本的算力能力。算力节点和网络体系逐渐建立后，政策关注从设施规模逐步延伸至运行稳定性和实际使用效益。算力服务范围受网络连接和调度能力影响，而经济价值取决于算力能否进入研发活动和产业应用。算力基础设施建设由此从扩大设施存量转向提高资源的可用性及其生产性使用。

表1 部分算电协同相关政策

时间	政策文件或部署	与算电协同相关的主要内容
2020年	《关于加快构建全国一体化大数据中心协同创新体系的指导意见》	统筹能源结构、产业布局、市场需求和气候环境，优化数据中心建设布局
2022年	“东数西算”工程全面启动	布局8个国家算力枢纽节点和10个国家数据中心集群
2023年	《算力基础设施高质量发展行动计划》	促进东西部算力协调，推进算力基础设施绿色低碳发展
	《深入实施“东数西算”工程 加快构建全国一体化算力网的实施意见》	推进综合算力基础设施体系建设，探索算力与电力双向协同
2024年	《数据中心绿色低碳发展专项行动计划》	从布局、上架率、能效和可再生能源利用等方面提出要求
2026年	《中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》	深入推进“东数西算”，建设全国一体化算力网，推动绿色电力与算力协同布局
	《关于促进人工智能与能源双向赋能的行动方案》	统筹大型新能源基地与国家算力枢纽规划布局，推动人工智能与能源双向赋能

数据来源：作者整理。

（二）重大生产力布局中的算电协同

重大生产力布局关系国民经济的长远发展和国家战略能力的塑造。它既表现为重要生产要素、重大基础设施和产业体系在国土空间上的分布与组合，也体现为国家根据发展阶段、资源条件和战略需要，对区域功能进行的统筹安排。重大项目建设一般具有周期较长、影响范围较广等特点，其布局需要兼顾经济效率、资源承载、发展安全和区域协调，并根据区域比较优势形成合理分工（高国力等，2023；孙久文等，2026）。新发展阶段的重大生产力布局优化中，科技创新、战略性新兴产业和新型基础设施的地位愈发重要，生产力布局逐渐呈现出创新节点、产业集群和基础设施网络相互联系的形态。区域功能取决于要素集聚规模，也受节点在创新链、产业链和全国网络中所处位置的影响（曹卫东等，2024；樊杰等，2025）。算力融入知识生产和产业运行，电力承担相应的资源保障，算电配置因而成为这一变化在基础设施领域的具体表现。

算力具有物质载体和服务能力两方面属性。服务器、数据中心及相关设施构成计算资源的物质基础，网络传输和任务调度又使算力能够跨越设施所在地发挥作用。算力投入形成之后，还需要电力、网络、人才和应用场景的共同支撑，才能进入稳定的生产过程。数字技术的生产率作用通常依赖技能结构、组织方式和业务流程等配套条件，单项技术投入的增加难以完整解释其经济回报（Bresnahan et al., 2002）。对于算力设施而言，电力接入和容量保障构成更为直接的运行条件。电力供应受限会压缩连续生产活动并增加企业的调整成本，这一约束对于依赖设备持续运行的生产过程尤为明显（Allcott et al., 2016）。

算力与电力的供需分布受到不同因素影响。算力需求与研发活动、产业集聚、数据资源和应用市场联系较为密切，电力供给则取决于能源禀赋、电源结构和电网体系。数字技术的经济收益也具有明显的地域差异，已有产业基础、专业人才和应用需求会影响技术投入的实际回报（Forman et al., 2012）。因此，算力投入较多的地区未必同时具备充足的电力禀赋，电力基础较好的地区也未必拥有相应的算力需求。重大生产力布局中的算电协同，要先处理算力投入规模与电力支撑能力之间的关系，再进一步关注这种基础设施组合能否进入研发和产业活动。

基础设施布局成效最终要体现为生产能力和

经济产出。区域电力条件影响算力设施持续运行和扩展的可能性,产业与创新需求则决定算力资源的使用空间,二者的适应程度关系到既有投入能否转化为现实生产能力。算力能够扩大研发主体处理数据和复杂任务的范围,提高模型训练、工程仿真、信息处理和知识创造的效率。企业层面研究也发现,人工智能投入与产品创新及企业成长存在密切联系,创新是数字技术形成经济价值的重要渠道(Babina et al., 2024)。电力条件影响算力设施的运行稳定性和任务承载能力,因而可能改变算力投入与创新产出之间的联系。算力投入能否形成创新成果,这种联系是否随电力禀赋条件变化,构成判断算电协同能否转化为现实生产能力的重要方面。

将算电协同纳入重大生产力布局分析,可以把基础设施的空间配置与生产功能联系起来。算力项目的规模和区位反映数字生产要素的配置,电力禀赋影响相关投入的使用条件,创新产出则体现算力进入知识生产的实际结果。沿着这一逻辑,重大生产力布局的研究可以进一步关注不同基础设施之间的衔接,以及这种衔接对区域功能和生产能力形成的作用。

(三)公共算力投入、电力禀赋与创新产出

公共财政对算力相关设备和服务的采购,是地方政府配置数字基础设施资源的一种具体方式。服务器、计算服务、数据中心升级及配套软硬件具有较强的资本投入和技术专用性,相关采购能够支持公共部门获取和使用计算资源,改善城市算力供给的基础条件。财政资金形成的需求还可能释放较为稳定的政策和市场信号,促进相关服务供给、技术配套和后续投资。

公共算力投入能否形成经济价值,取决于其是否进入实际的知识生产过程。随着研发活动的数据密集程度不断提高,各类活动对算力需求不断增加。改善算力可得性可以降低复杂计算的时间成本和资源约束。人工智能投资与企业产品创新以及成长之间的密切联系,也表明计算能力正在成为影响知识生产的重要条件(Babina et al., 2024)。算力投入本身并不必然产生创新成果。数字技术的生产率效应通常需要专业人才、组织调整和应用场景等条件支撑,相关资源能否得到有效使用,将直接影响其经济回报(Bresnahan et al., 2002; Brynjolfsson et al., 2025)。尽管城市之间的知识吸收能力存在差异,公共财政支持的算力投入仍有可能通过改善计算资源的可得性,为科研活动、技术开发和创新服务提供基础条件,进而影响城市创新产出。据此提出:

假说1:公共财政支持的城市算力投入与城市创新产出呈正向关联。

电力禀赋是算力投入形成持续服务能力的重要基础。算力设施具有功率密度高、运行时间长和可靠性要求高等特征,服务器负载、制冷系统以及其他配套设备均需要相应的电力容量保障。区域电力条件不足,既可能限制算力设施的建设和扩展,也可能增加其持续运行和设备更新的成本。已有研究表明,供电能力不足会影响企业生产、投资和规模扩张,对依赖连续用电的生产活动形成更为明显的约束(Allcott et al., 2016)。

因此,区域电力禀赋可能影响算力投入向创新能力转化的程度。周边电力容量较为充足,有助于为算力设施的持续运行和后续扩展提供基础条件,使财政支持的算力投入更容易形成稳定、可使用的计算能力。电力禀赋相对不足时,同等规模的算力投入可能面临更强的运行约束,其潜在创新效应也较难充分释放。据此提出:

假说2:区域电力禀赋越强,公共算力投入与创新产出之间的正向关联越强。

上述两个假说分别考察算力投入能否形成创新使用结果,以及区域电力禀赋能否强化这一联系。

三、数据、变量与研究设计

本部分说明公共算力投入、区域电力禀赋与城市创新产出的数据变量以及相关的研究设计。

(一)数据与变量

1.公共算力投入

算力投入测量。鉴于城市层面尚缺少口径统一、连续可比的算力存量数据,本文从地方财政配置行为入手,利用政府采购合同公告构建城市算力投入指标。政府采购合同记录了采购主体、项目内容、成交时间和合同金额,为观察地方公共部门配置算力相关资源提供了可追溯的资料。本文将由公共财政支持的算力相关采购简称为公共算力投入。合同识别仅保留采购内容能够明确对应服务

器、算力设备、云计算服务、智能计算平台、数据中心升级以及相关计算服务的项目。在此基础上，对金额单位、重复披露、多包件项目和采购人城市进行逐项清理，并按照采购人所在地归集至城市层面。

基准变量构造。考虑到早期公告覆盖相对薄弱，本文以2020年为累计起点。首先，将城市年度严格口径采购额平减为2020年不变价。其次，从2020年起逐年累计，并以截至当期前一年的累计采购额衡量当期城市算力投入。再次，对滞后累计采购额作对数变换。最后，在回归样本内进行标准化。为考察结果是否依赖于合同识别和变量构造，本文设置两类替代指标：一是采用合同数量，反映城市公共财政支持算力投入的采购频次；二是采用资产类采购额，侧重刻画具有较强资本形成属性的算力投入。合同数量和资产类采购额均沿用基准变量的累计、滞后和标准化规则。

2.区域电力禀赋

区域既有的电力基础设施所形成的容量条件，构成算力设施建设和运行所依赖的电力禀赋。电力基础设施数据来自莱斯大学贝克公共政策研究所发布的中国能源基础设施地图。本文利用电站地理坐标以及投产、退役年份，逐年识别处于运行状态的电站。以城市中心为圆心，汇总不同距离范围内在运电站的总装机容量（MW），据此衡量区域电力禀赋。基准回归采用结果期前一年城市周边300千米范围内的在运总装机容量，对其作对数变换并在回归样本内标准化。选择300千米作为基准范围，主要是为了兼顾城市周边容量基础与区域电网跨市支撑的空间尺度。考虑到电力禀赋的合理范围可能随电网结构和区域条件而变化，进一步采用50千米、100千米、200千米、400千米和500千米范围内的在运总装机容量进行替代测度，以检验结果是否依赖于特定距离设定。

3.城市创新产出

本文以每万人发明专利授权数衡量城市创新产出。发明专利具有较高的技术要求，授权数据反映了经过审查并获得确认的知识成果；按人口规模进行调整，可以减弱城市规模差异对专利总量的影响。相较于产业结构调整和生产率变化，发明专利授权数更接近算力进入数据处理、工程仿真和技术验证等研发活动之后可能形成的结果。

4.控制变量

控制变量主要覆盖城市发展水平、产业基础、要素条件和市场环境。具体包括：城镇化水平、人均地区生产总值、工业增加值占地区生产总值的比重、人力资本指数、金融机构贷款余额、一般公共预算支出、社会消费品零售总额，以及规模以上工业企业中内资企业占比。其中，金融机构贷款余额、一般公共预算支出和社会消费品零售总额采用对数形式。人力资本指数根据普通中学和小学在校生人数加权构建，用于控制城市教育基础和潜在劳动力素质。其余变量依次反映经济发展、产业结构、金融支持、财政能力、国内需求和市场主体结构。综合政府采购数据的可识别范围、电力基础设施映射结果以及创新和控制变量的完整性，本文形成2020—2023年228个城市的统一回归样本，共684个城市—年份观测（见表2）。

表2 主要变量与描述统计

变量	N	均值	标准差	最小值	最大值
创新产出	684	3.131	5.037	0.051	49.375
公共算力投入	684	0.874	2.207	0.000	10.453
电力禀赋	684	11.423	0.655	8.467	12.465
城镇化水平	684	0.642	0.124	0.361	0.964
人均地区生产总值（万元）	684	7.967	3.926	1.992	26.470
产业结构（%）	684	40.146	10.236	13.500	73.030
人力资本指数	684	148.755	104.247	7.000	512.940
金融发展	684	17.364	1.129	15.108	20.806
财政支出	684	6.148	0.721	3.325	9.174
国内需求	684	16.069	1.038	13.628	19.037
市场主体活力	684	0.939	0.061	0.667	1.000

数据来源：作者整理。

注：公共算力投入和电力禀赋报告的是对数变换后、标准化前的数值，其余变量口径见正文。

（二）研究设计

本文的实证分析围绕两个假设关系展开：一是公共财政支持的城市算力投入是否与创新产出存在稳定关联，二是这一关联是否随区域电力禀赋条件而发生变化。首先，构建双向固定效应模型，考察同一城市算力投入变化与创新产出变化之间的关系。其次，引入算力投入与电力禀赋的交互项，检验电力容量条件是否强化算力投入的创新关联。

基准模型设定如下：

$$Y_{it} = \alpha + \beta C_{i,t} + \gamma X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中，Y_{it}表示城市i在年份t的创新产出；$C_{i,t}$表示城市公共算力投入；X_{it}为城市时变控制变量；μ_i和λ_t分别表示城市固定效应和年份固定效应；ε_{it}为随机扰动项。城市固定效应用于控制地理区位、历史基础和制度环境等不随时间变化的城市特征，年份固定效应用于控制宏观经济波动、全国性政策调整和技术进步等共同冲击。因此，系数β主要反映在排除城市固有差异和年度共同变化后，同一城市累计公共算力采购增加所对应的创新产出变化。

为检验区域电力禀赋对上述关系的影响，进一步构建交互模型：

$$Y_{it} = \alpha + \beta C_{i,t} + \delta P_{i,t} + \theta(C_{i,t} \times P_{i,t}) + \gamma X_{it} + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

其中，$P_{i,t}$表示城市周边区域电力禀赋。模型同时纳入公共算力采购和电力禀赋的主项，以保证交互项具有明确的统计含义。β表示电力禀赋处于样本平均水平时，公共算力采购与创新产出之间的关联；交互项系数θ表示电力禀赋每提高1个标准差，公共算力采购与创新产出之间的关联相应发生变化。若θ显著为正，则说明区域电力容量越充足，公共财政支持的算力投入与城市创新产出之间的正向关联越明显。

四、实证结果

（一）公共算力投入与城市创新产出

表3报告了公共算力投入与城市创新产出的基准估计结果。仅控制城市和年份固定效应时，累计公共算力采购与创新产出呈显著正相关；进一步加入各项控制变量后，估计系数有所下降，但正向关系仍然显著。城市发展差异能够解释部分采购与创新之间的联系，但不能完全消除二者的正向关联。基准结果表明，在控制城市发展条件和双向固定效应后，公共算力投入提高1个标准差，与每万人发明专利授权数增加约0.42件相关。考虑到少数创新能力较强城市的发明专利授权密度明显高于其他城市，极端高值可能对估计结果产生较大影响，本文进一步对创新产出进行上端1%缩尾处理（P99缩尾），估计结果仍然成立，说明这一关系并非主要由少数创新产出较高的城市所驱动。公共财政支持的算力投入与城市创新产出之间存在较为稳定的正向关联，假说1得到支持。

表3　公共算力投入与城市创新产出

变量	（1）	（2）	（3）
公共算力投入	0.7544***	0.4157***	0.3239***
城市聚类标准误	（0.1702）	（0.1539）	（0.1014）
p值	0.000	0.007	0.002
控制变量	否	是	是
因变量	水平值	水平值	P99缩尾
固定效应	是	是	是
R^2	0.145	0.376	0.325
N	684	684	684
城市数（个）	228	228	228

数据来源：作者计算所得。

注：***、**、*分别表示1%、5%和10%的显著性水平（后同）。

（二）区域电力禀赋的条件作用

表4考察区域电力禀赋是否影响公共算力投入与创新产出之间的关系。在300千米基准范围内，公共算力投入与总装机容量的交互项显著为正，表明公共算力投入与城市创新产出之间的正向关联随区域电力禀赋提高而增强。在其他条件不变的情况下，区域电力禀赋每提高1个标准差，公共算力投入增加1个标准差所对应的每万人发明专利授权数变化，增加约0.69件。进一步采用50~500千米范围内的在运总装机容量衡量电力禀赋，各空间范围的交互项均显著为正。这说明，电力禀赋的条件作用具有较好的空间范围稳健性，基本结论并不依赖于300千米这一特定半径。

表5进一步将交互项转化为不同电力条件下公共算力投入的边际关联。三种情形均根据同一回归模型计算：将标准化后的电力禀赋分别设定为低于样本均值1个标准差、处于样本均值和高于样本均值1个标准差，进而计算相应条件下公共算力投入与创新产出的关联程度。结果显示，随着区域电力禀赋提高，公共算力投入与创新产出之间的估计关联由负转正并明显增强。在电力禀赋较低的情形下，公共算力投入尚未表现出正向创新关联；在电力禀赋处于平均水平时，二者呈现较弱的正向关系；当电力禀赋高于样本均值1个标准差时，正向关联显著增强。低电力禀赋情形下的负系数仅反映样本内的条件关联。

表4和表5共同表明，公共算力投入的创新关联具有明显的电力条件差异。较为充足的区域电力容量有助于算力投入形成稳定的使用条件，使其

表4 不同空间范围内电力禀赋对公共算力投入与创新关联的影响

变量	（1）	（2）	（3）	（4）	（5）	（6）
公共算力投入×电力禀赋	0.6927***	0.3764***	0.5425***	0.5854***	0.6716***	0.5728***
城市聚类标准误	（0.1590）	（0.1120）	（0.1267）	（0.1539）	（0.1677）	（0.1817）
*p*值	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.002
电力禀赋范围（千米）	300	50	100	200	400	500
控制变量	是	是	是	是	是	是
城市、年份固定效应	是	是	是	是	是	是
R^2	0.443	0.415	0.441	0.437	0.437	0.425
N	684	684	684	684	684	684
城市数（个）	228	228	228	228	228	228

数据来源：作者计算所得。

注：因变量为每万人发明专利授权数。

表5 不同电力禀赋水平下公共算力投入的创新关联

变量	（1）	（2）	（3）
公共算力投入	−0.4549**	0.2378*	0.9305***
城市聚类标准误	（0.2110）	（0.1332）	（0.2039）
*p*值	0.032	0.076	0.000
电力禀赋水平	均值以下1个标准差	样本均值	均值以上1个标准差
因变量	水平值	水平值	水平值
控制变量	是	是	是
城市、年份固定效应	是	是	是
R^2	0.443	0.443	0.443
N	684	684	684
城市数（个）	228	228	228

数据来源：作者计算所得。

注：表中数值根据表4第（1）列300千米交互模型计算，分别对应标准化电力禀赋取−1、0和＋1时公共算力投入与创新产出之间的边际关联。

创新关联得到更充分体现，假说2由此得到支持。

（三）稳健性检验

表6从异常值处理、固定效应设定和算力投入替代测度三个方面检验基准结果的稳健性。对创新产出进行P99缩尾，或者删除累计采购额最高的观测后，公共算力投入及其与电力禀赋的交互项仍然显著为正，说明基准结果并非由少数极端城市或高额采购合同所驱动。在城市固定效应基础上加入省份×年份固定效应后，主要结论保持不变。进一步采用累计合同数量和资产类累计采购额替代基准采购金额，公共算力投入与创新产出的正向关联以及电力禀赋的强化作用仍然成立。不同测度得到一致结果，说明主要发现不依赖于某一种采购指标构造方式。

（四）小结

实证分析呈现出两个相互关联的结果。第一，财政支持的公共算力投入与城市创新产出显著正相关，财政资金对算力资源的配置可能改善城市获取和使用计算资源的条件，与算力投入进入知识生产活动的理论预期相一致。第二，公共算力投入的创新关联随区域电力禀赋条件而显著变化。周边电力容量越充足，公共算力投入与创新产出之间的正向关联越明显。这意味着，同等规模的算力投入在不同承载条件下可能形成不同的创新使用结果，区域电力禀赋是算力资源由投入转化为生产性服务的重要基础。总体来看，算力投入规模、区域电力禀赋与城市创新使用结果之间存在相互衔接的关系。重大生产力布局优化需要从增加单项基础

表6　公共算力投入与电力禀赋的稳健性检验

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Panel A:公共算力投入与创新产出					
公共算力投入	0.3239***	0.4364***	0.4354***	0.7392***	0.4774***
城市聚类标准误	(0.1014)	(0.1489)	(0.1571)	(0.1607)	(0.1460)
p值	0.002	0.004	0.006	0.000	0.001
R^2	0.325	0.364	0.327	0.423	0.397
Panel B:区域电力禀赋的条件作用					
公共算力投入×电力禀赋	0.4807***	0.6409***	0.4862***	0.8888***	0.5361***
城市聚类标准误	(0.1495)	(0.1480)	(0.1477)	(0.1959)	(0.1438)
p值	0.001	0.000	0.001	0.000	0.000
R^2	0.384	0.437	0.371	0.510	0.449
稳健性设定	P99缩尾	删除采购额最高1%的样本	省份×年份固定效应	累计合同数	资产型累计金额
控制变量	是	是	是	是	是
固定效应	城市、年份	城市、年份	城市、省份×年份	城市、年份	城市、年份
N	684	683	675	684	684
城市数(个)	228	228	228	228	228

数据来源:作者计算所得。

注:Panel A报告公共算力投入与创新产出之间的基础关系,Panel B报告相应交互模型中公共算力投入与区域电力禀赋交互项的估计结果,两个面板分别来自不同回归。电力禀赋以城市周边300千米范围内在运电站总装机容量衡量。

设施投入,进一步转向算力资源与能源承载的协调配置,并将既有投入能否形成创新产出纳入布局评价。

五、研究结论与政策启示:以算电协同优化重大生产力布局

随着数字化、绿色化深入推进,算力成为知识生产和产业升级的重要投入,电力禀赋构成算力设施有效运行和规模扩展的基础条件。公共算力采购记录了地方政府运用财政资金配置算力相关设备和服务的行为,据此构建的公共算力投入指标,反映公共财政对算力资源的配置规模;区域电力禀赋反映城市周边电力基础设施形成的潜在容量条件;城市创新产出则体现算力进入知识生产后的经济结果。三者分别对应算力资源配置、运行基础与生产性结果,由此将重大生产力布局中的基础设施协同与生产能力形成联系起来。研究结果表明,公共算力投入与城市创新产出显著正相关,这一正向关联随区域电力禀赋提高而明显增强。重大生产力布局因而需要统筹算力投入规模、区域电力条件和实际使用成效,推动重大基础设施配置更好地服务创新和产业发展。据此,提出以下政策建议:

(一)加强统筹谋划,推动算力基础设施系统布局

重大生产力布局具有全局性、战略性和长期性,局部项目的建设收益只有融入区域分工和基础设施网络,才能形成更大范围的经济效应。算力设施从建设到使用,需要电力容量、网络连接、技术运维和应用需求共同支撑。算力、电力和相关基础设施之间缺乏规划衔接,容易造成部分地区承载不足、部分设施使用不充分,增加重复建设和资源错配的风险。新建算力项目需要充分考虑现实用算需求、既有算力资源利用、电力接入和扩容能力、网络条件以及产业应用基础,据此明确不同算力节点在全国和区域生产力体系中的功能。国家枢纽节点、区域性节点和城市算力设施应形成层次清晰、功能互补的布局结构,增强重大基础设施之间的整体性。重大项目评价也需要由建设规模向实际功能延伸,将投入条件、运行状况和使用结果结合,引导地方政府由争取项目转向培育功能,提高重大算力投资的长期效益。

(二)突出创新导向,提高算力资源使用效能

算力设施具有固定投入较大、专业要求较高和技术更新较快等特点,基础科研、公共技术服务和产业共性需求难以完全依靠单个市场主体供给。

公共财政可以在这些领域发挥支持作用，改善科研机构和中小企业获取计算资源的条件。财政资金配置的重点应放在算力能力的形成和使用上，使公共算力投入能够持续进入知识生产和产业创新过程。科研资源集中、创新需求较强的城市，应提高算力资源的开放程度和科学技术服务能力。制造业基础较强的地区，应增强算力对产业技术升级的支撑。算力平台应加强与高校院所、产业技术研究机构、制造业创新中心和企业研发部门的联系，形成较为稳定的供需关系。

（三）优化区域功能分工，促进算力需求与电力禀赋协调

算力需求与电力资源在空间上具有不同的分布规律。算电协同需要在更大空间范围内组织算力需求、电力禀赋和产业应用。创新资源和产业活动密集的地区，适宜重点发展对网络时延和本地服务要求较高的服务。电力禀赋较强、建设条件较好的地区，可以结合市场需求承接具有一定空间调度条件的任务。国家算力枢纽和区域性节点应当发挥连接需求中心与承载地区的作用，促进不同地区在算力生产、服务和应用环节形成合理分工。区域功能分工需要保持必要的动态性。技术进步会改变计算任务的能源消耗和网络要求，产业发展也会重塑不同地区的算力需求。算力节点的功能和建设规模应根据需求变化、设施利用和承载条件适时调整，推动创新节点、算力节点、能源承载地区和产业腹地形成相互支撑的网络体系。

（四）统筹可靠供电与绿色转型，提升算电协同运行效能

电力容量为算力设施稳定运行提供基础，电源结构和系统调节能力则进一步影响其运行成本与绿色发展水平。随着风电、光伏等可变可再生能源比重提高，电力供给的波动性和不确定性相应增加。对连续性和可靠性要求较高的生产活动，风光电源需要与电网互济、调节电源和储能等条件相配合，才能形成稳定的供电能力（Heptonstall et al., 2021）。算电协同因而需要统筹能源清洁转型与电力系统安全运行。通过协调计算任务，数据中心可以在维持服务质量的同时调节特定时段的电力负荷（Colangelo et al., 2026）。根据计算任务的时效性和可靠性要求，提升算力调度与电力供需度协调。在新能源出力较高的时段，增加具有时间弹性的计算任务；在电力供应偏紧时，适当延后或转移相关负荷。提高新能源消纳水平，并使部分算力负荷由固定用电需求转化为电力系统的灵活性资源。

（五）健全协同治理，完善标准、市场和利益协调机制

算电协同涉及多个领域，需要形成与网络化布局相适应的协调机制。有关部门应加强算力规划、能源规划和区域发展政策之间的衔接，逐步统一算力规模、设施利用、能源消耗和绿色运行等统计口径，为重大项目布局和功能调整提供依据。算力和电力的跨区域配置还会改变不同地区之间的成本收益关系。算力需求、设施投资、能源消耗、税收就业和创新收益可能分布在不同地区。跨区域算力服务和电力交易需要完善相应的成本分担、收益分享和绩效评价机制，使承担基础设施建设和能源保障的地区获得合理收益，增强区域分工的稳定性。算电协同尚处于探索阶段，可以围绕典型区域和重点节点开展试点，总结算力布局、电力保障、绿色运行和跨区域协作的实践经验，在形成较为成熟的技术规范和治理方式后逐步推广。通过制度协调和示范引导，逐步形成跨部门、跨区域的算电协同治理体系，提高重大生产力布局的整体效率和区域协同性。

参考文献

[1] Allcott H, Collard-Wexler A, O'Connell S D. How do electricity shortages affect industry? Evidence from India[J]. American Economic Review, 2016, 106(3): 587-624.

[2] Babina T, Fedyk A, He A, et al. Artificial intelligence, firm growth, and product innovation [J]. Journal of financial economics, 2024, 151: 103745.

[3] Baum-Snow N. Did highways cause suburbanization? [J]. Quarterly Journal of economics, 2007, 122(2): 775-805.

[4] Bresnahan T F, Brynjolfsson E, Hitt L M. Information technology, workplace organization, and the demand for skilled labor[J]. Quarterly journal of economics, 2002, 117(1): 339-376.

[5] Brynjolfsson E, Li D, Raymond L. Generative AI at work[J]. Quarterly journal of economics, 2025, 140(2): 889-942.

[6] Colangelo P, Coskun A K, Megrue J, et al. AI data centres as grid-interactive assets[J]. Nature energy, 2026, 11(2): 254-261.

[7] Donaldson D. Railroads of the Raj: Estimating the impact

of transportation infrastructure [J]. American economic review, 2018, 108(4-5): 899-934.
[8] Forman C, Goldfarb A, Greenstein S. The Internet and local wages: A puzzle [J]. American economic review, 2012, 102(1): 556-575.
[9] Goldfarb A, Tucker C. Digital economics [J]. Journal of economic literature, 2019, 57(1): 3-43.
[10] Heptonstall P J, Gross R J K. A systematic review of the costs and impacts of integrating variable renewables into power grids[J]. Nature energy, 2021, 6(1): 72-83.
[11] Hou X, Zheng J, He M, et al. A multi-regional input-output database linking Chinese subnational regions and global economies[J]. Scientific Data, 2025, 12(1): 1761.
[12] Huang Y, Hong T, Chang X, et al. Travel and regional development: a quantitative analysis of China[J]. Journal of regional science, 2025, 65(4): 893-927.
[13] Lipscomb M, Mobarak A M, Barham T. Development effects of electrification: Evidence from the topographic placement of hydropower plants in Brazil [J]. American economic Journal: Applied economics, 2013, 5(2): 200-231.
[14] Ma T, Zhong H, Wang T, et al. Urban artificial intelligence, market turnover, and productivity [J]. Structural change and economic dynamics, 2026, 77, 218-229.
[15]曹卫东,曹继,张文瑞,等.中国重大生产力布局演变与空间形态模拟[J].地理学报,2024,79(12):3030-3049.
[16]樊杰,陈东,李佳洺,等.新质生产力的地域性与布局规律研究:因地制宜发展新质生产力的地理科学探讨[J].地理科学,2025,45(1):47-60.
[17]高国力,胡天新,张雪原,等.新发展阶段优化重大生产力布局的内涵特征、重点任务和对策举措[J].区域经济评论,2023(2):61-69.
[18]马涛,钟化鑫.超大规模算力建设与"十五五"时期重大生产力布局优化[J].改革,2026(3):52-64.
[19]孙波约,于斌斌,胡雅静.算力基础设施建设是否抑制了企业"脱实向虚"?——来自中国地级及以上城市数据中心建设的经验证据[J].金融研究,2025(7):95-112.
[20]孙久文,董红燕.优化生产力布局促进区域协调发展:理论阐述与机制探索[J].经济体制改革,2026(1):3-14.
[21]王华,谭鑫语.算力基础设施建设与企业数字化转型:来自数据中心建设的证据[J].统计研究,2025,42(12):47-61.
[22]许诺,毛聚,毛新述,等.算力部署、数据跨域流动与企业全要素生产率:来自智算中心的证据[J].中国工业经济,2025(4):61-79.
[23]杨开忠.以优化新质生产力布局为中心推动新区域协调发展:新发展阶段和"十五五"时期区域协调发展战略思路[J].区域经济评论,2024(3):37-45.
[24]周建平,赵烨霖,徐维祥.算力基础设施对城市未来产业创新网络的影响[J].科学学研究,2026,44(7):1361-1373.

Synergizing Computing Power and Electricity to Optimize the Distribution of Major Productive Forces: Public Computing Investment, Regional Power Endowment, and Urban Innovation

Ma Tao Zhang Wenxi Zhong Huaxin

Abstract: Computing power serves as a crucial input for knowledge production and industrial digitalization, while regional endowment in electricity provides the foundational support for its continuous operation and functional realization. Consequently, computing-electricity synergy has become a pivotal component in optimizing the distribution of major productive forces. Drawing on data regarding local government procurement contracts, regional power infrastructure, and urban invention patents, this study demonstrates that public finance-supported computing investments are significantly positively correlated with urban innovation output. Furthermore, this positive association is markedly amplified as regional power endowment improves. The innovative value of computing investments necessitates corresponding energy conditions for support; thus, the crux of computing-electricity synergy lies in facilitating the integration of computing allocation, power supply assurance, and practical applications. In the new stage, optimizing the distribution of major productive forces should promote the coordination of computing infrastructure development with regional energy conditions, scientific innovation, and industrial development, thereby driving major infrastructure from unilateral expansion toward synergistic allocation and enhanced efficacy.

Key Words: Computing-Electricity Synergy; Distribution of Major Productive Forces; Digital Infrastructure; Public Computing Power Procurement; Knowledge Production

(责任编辑:彦　伦)