

参赛学生姓名：尹尊汉

中学：北京市 101 中学国际部

省份：北京市

国家/地区：中国

指导老师姓名：周世民、杨洋

指导老师单位：中央财经大学、北京市第 101 中学

论文题目：算力补贴是否让企业“脱虚向实”？

——贸易战暴露下企业金融化与研发投入的资源配置效应研究

算力补贴是否让企业“脱虚向实”？

——贸易摩擦暴露下企业金融化与研发投入的资源配置效应研究

尹尊汉

（北京市 101 中学国际部，中国北京市）

2026 年 9 月 2 日

摘 要

在中美贸易摩擦、技术管制与人工智能快速发展的背景下，中国地方政府自 2023 年起陆续推出以“算力券”为代表的算力补贴。本文关心一个直观的企业资源配置问题：算力补贴是否改变企业在真实研发投入与金融化投入之间的选择？本文把贸易战的影响作为变量直接引入到研究中：在理论模型中，贸易战暴露压低了研发的技术可得性并抬高了研发成本；在实证方程中，贸易战暴露、算力补贴以及二者的交互项被纳入在同一个回归方程中，进行数据检验。

为引出实证方程，本文的理论模型回答了三个问题：为什么必须考虑补贴与贸易战暴露的叠加影响；补贴与贸易战暴露各自会让研发和金融化上升还是下降；以及贸易战收紧资源约束时，为什么两者可能同时收缩。理论模型的两条一阶条件在企业运营点附近局部线性化求解，比较静态分析给出三个可检验命题；再对最优选择作一阶泰勒展开，得到可估计的回归方程。实证研究使用 2018Q1—2026Q1 年 5,336 家非金融 A 股上市公司的 179,138 个公司—季度观测估计该方程，结果显示：算力补贴使上市公司总体金融化下降 0.85 个百分点（约为样本均值的 8%），投机性更强的窄口径金融化下降 0.71 个百分点（约为均值的 16%）；企业贸易战暴露每提高 1 个标准差，金融化再降 0.23 个百分点，补贴对金融化的抑制在高暴露企业中额外增强 0.57 个百分点。贸易战暴露同时压低研发强度，符合理论预测；补贴对企业的研发投入有正向促进作用但不显著。事件研究显示金融化在政策前无系统差异、政策后逐步下降；150 次政策时点随机重排的安慰剂检验中，真实系数位于伪分布 8.0% 分位。机制检验表明 AI 概念身份存在估值溢价，但补贴并未诱发企业获取该身份，金融化反而受到估值折价，套利链条没有形成。总体而言，现行算力券政策是有效的：它引导企业资源从金融化回流真实研发。

关键词：算力补贴；企业金融化；贸易政策不确定性；研发投入；双重差分

ABSTRACT

Against the backdrop of China–US trade frictions, technology controls, and the rapid diffusion of artificial intelligence, Chinese local governments have rolled out computing-power subsidies, typically computing vouchers, since 2023. This paper asks a resource-allocation question: do these subsidies change how firms choose between real R&D and speculative financial assets? Rather than treating the trade war as background, we introduce it as a variable: in the theoretical model, trade-war exposure reduces the availability of R&D technology, raises R&D costs, and tightens the competition for internal resources; in the empirical equation, exposure enters alongside the subsidy and their interaction. The theory answers three questions only: why the interaction term must exist, what sign each coefficient should take, and why R&D and financialization may fall together under a trade war. Linearizing the two first-order conditions around the firm's operating point yields the comparative statics behind three testable propositions, and a first-order Taylor expansion of the optimal choices yields the single estimating equation used throughout.

Using 179,138 firm-quarter observations of 5,336 non-financial A-share firms from 2018Q1 to 2026Q1, with unreported financial-asset and R&D line items treated as zero, we find that the subsidy reduces overall financialization by 0.85 percentage points (about 8% of the sample mean) and narrow speculative financialization by 0.71 points (about 16% of its mean). A one-standard-deviation increase in trade-war exposure reduces financialization by a further 0.23 points, and the subsidy's restraint on financialization strengthens by 0.57 points among more exposed firms. Exposure also lowers R&D intensity, as the theory predicts; the R&D effect of the subsidy is positive but insignificant. Event studies show no systematic pre-policy divergence in financialization and a gradual post-policy decline; in a placebo test with 150 random permutations of policy timing, the true coefficient lies at the 8.0th percentile of the pseudo distribution. Mechanism tests reveal a valuation premium for AI-concept identity, but the subsidy does not induce firms to acquire that identity and financialization suffers a valuation discount, so no arbitrage chain forms.

Key words: Computing-power subsidies; Corporate financialization; Trade policy uncertainty; R&D investment; Difference-in-differences

目 录

摘 要	I
ABSTRACT	II
第一章 绪论	- 1 -
1.1 引言	- 1 -
1.2 算力券政策工具的界定	- 2 -
1.3 研究内容与总体思路	- 3 -
1.4 研究意义	- 5 -
1.4.1 政策时机：扩围窗口期的证据	- 5 -
1.4.2 理论意义：从“水平”到“配置”，从“背景”到“变量”	- 5 -
1.4.3 现实意义：让政策扩围有据可依，让监管决策有的放矢	- 5 -
第二章 文献综述	- 7 -
2.1 企业金融化：从市场诱因到补贴扭曲	- 7 -
2.2 外部环境：贸易政策不确定性与 AI 叙事	- 7 -
2.3 产业政策评估与政策工具设计	- 8 -
2.4 文献述评	- 8 -
第三章 理论模型：贸易战与算力补贴下的企业资源配置	- 9 -
3.1 模型的任务	- 9 -
3.2 模型设定	- 9 -
3.2.1 资源约束	- 9 -
3.2.2 研发部分的收益	- 10 -
3.2.3 金融部分的收益	- 10 -
3.2.4 共同资源成本与企业总价值	- 10 -
3.3 一阶条件与局部线性化求解	- 11 -
3.3.1 一阶条件	- 11 -
3.3.2 局部线性化	- 12 -
3.3.3 关于方程组的一些解释	- 13 -
3.4 三个命题	- 13 -
3.4.1 命题 1：补贴的资源配置效应	- 13 -
3.4.2 命题 2：贸易战的直接效应	- 14 -
3.4.3 命题 3：贸易战对补贴效果的调节	- 14 -
3.5 从比较静态到估计方程：一阶泰勒展开	- 15 -
3.6 本章小结	- 15 -

第四章 实证设计	- 17 -
4.1 数据来源与样本	- 17 -
4.2 变量定义与理论对应	- 19 -
4.3 描述性统计	- 20 -
4.4 统一估计方程	- 21 -
4.5 识别策略与稳健性设计	- 22 -
第五章 实证结果	- 23 -
5.1 统一方程主结果	- 23 -
5.2 动态路径与稳健性	- 24 -
5.3 机制检验：概念溢价与套利链条	- 26 -
5.4 估计结果与理论命题的对照	- 26 -
第六章 总结与政策建议	- 28 -
6.1 主要结论	- 28 -
6.2 政策建议	- 28 -
6.3 研究局限与展望	- 29 -
参 考 文 献	- 30 -
附 录	V
附录 A 数学工具	V
A.1 导数与“边际”	V
A.2 偏导数：两个变量时的“各自边际”	V
A.3 二阶条件、海森矩阵与行列式	V
A.4 二元一次方程组与克莱姆法则	VI
A.5 导数的运算法则：除法法则	VI
A.6 泰勒展开：用切线近似曲线	VI
附录 B 命题推导详解	VIII
B.1 从式(3-5)(3-6)到式(3-8)：线性化的完整推导	VIII
B.2 命题 1 的推导	IX
B.3 命题 2 的推导	IX
B.4 命题 3 的推导	IX
附录 C 主要符号	XI
致 谢	错误！未定义书签。
周世民老师简介	错误！未定义书签。
尹尊汉同学简介	错误！未定义书签。

图 表 目 录

图 1	算力相关政策出台时间分布（2018—2026）	- 2 -
图 2	研究路线框架图	- 4 -
图 3	Caldara 贸易政策不确定性指数（2018Q1—2026Q1，季度均值）	- 18 -
图 4	平行趋势检验与政策动态效应（事件研究，属地口径）	- 24 -
图 5	安慰剂检验：150 次政策时点随机重排的伪系数分布	- 25 -
表 1	传统产出挂钩型补贴与算力补贴的政策工具形态对比	- 2 -
表 2	代表性城市算力券政策的关键条款（成都、北京、上海）	- 3 -
表 3	算力补贴政策数据库概览	- 18 -
表 4	变量定义与理论参数对照表	- 19 -
表 5	全样本描述性统计	- 20 -
表 6	分组描述统计：处理组与控制组对比	- 21 -
表 7	统一方程主结果	- 23 -
表 8	稳健性检验汇总	- 25 -
表 9	机制检验结果	- 26 -
表 10	命题—预测—证据对照表	- 26 -

第一章 绪论

1.1 引言

2018 年以来，中美经贸摩擦不断升级，并在技术领域集中爆发。美国先后出台了四轮关税清单，颁布了《芯片与科学法案》，并对英伟达公司的 A100、H100 等高端 GPU 施行出口管制，中国在人工智能产业链的关键环节，如高端芯片、EDA 工具、先进制程等，都面临着系统性外部约束。对企业而言，经贸摩擦带来的技术封锁主要通过三条渠道压低企业投入真实研发的吸引力：

- (1) **直接成本上升：** 高端算力芯片价格飙升直接抬高模型训练成本；
- (2) **不确定性加剧：** 政策规则频繁变动，企业难以作出长期投资决策；
- (3) **预期回报下降：** 技术合作的中断拉长了研发成果的商业化周期，研发回报的不确定性也随之上升。

作为应对，一场自下而上的政策创新在中国地方政府层面展开。2023 年 1 月，成都在全国首创算力券补贴，具体为：企业租用本地超算、智算中心的服务可凭券抵扣，国产算力最高补贴六成，最初每年总额度 1,000 万元，两年后加码到 1 亿元。随后这一模式迅速被复制和升级：北京 2023 年 10 月出台《人工智能算力券实施方案（2023—2025 年）》，按合同额的 20% 事后兑付，单个企业年度上限 3,000 万元；深圳 2025 年 3 月发出首批近 2 亿元训力券，惠及约 40 家人工智能与具身智能机器人企业；贵州则把算力券做成迭代产品，从 1.0 版按结算金额 3% 的普惠补贴，到 3.0 版对智算业务补贴比例升至 30%，两年间累计兑现超 1.3 亿元、赋能 260 余家市场主体。

图 1 展示了本文整理的具体算力补贴政策数据库，共收录 48 条省级及地市级政策。其中，2018—2022 年的 6 条科技创新券、新基建与数据中心补助等前身政策，因作用机理属于供给侧设施补贴或普惠型创新券，单列标注、不计入处理组；2023 年以来出现的 42 条算力补贴政策构成政策冲击来源，省级首政策时点汇总覆盖 30 个省份。图 1 刻画的政策时间结构为：彩色柱为算力补贴政策，呈三波浪潮——2023 年先行探索（成都首创、宁夏跟进）、2024 年东数西算枢纽集中落地、2025 年后密集扩围。政策时点跨越 14 个季度，为双重差分提供了充分的时点变异；2023 年前的空白期构成平行趋势检验的天然基期。

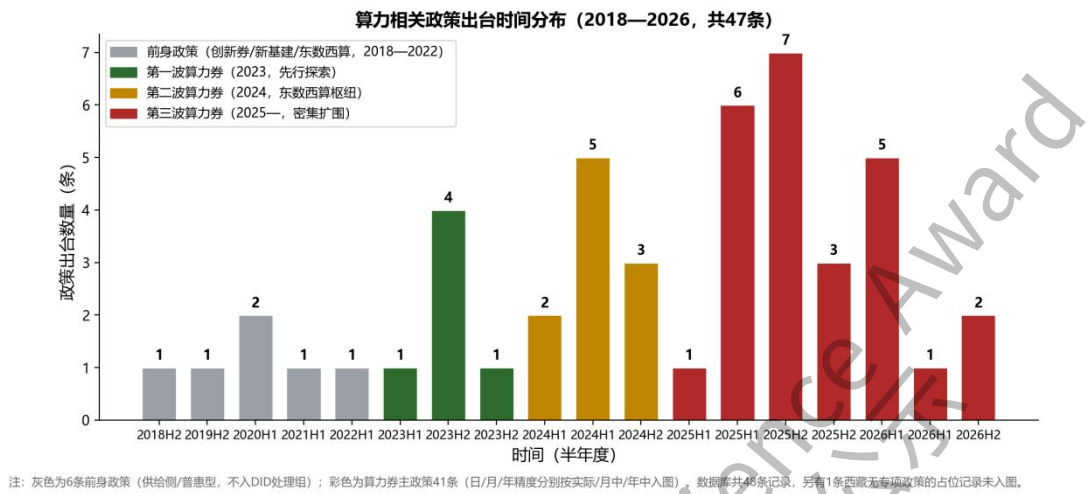


图 1 算力相关政策出台时间分布（2018—2026）

从理论上讲，贸易战和算力补贴对企业研发投入决策的影响是不一致的。具体来讲，贸易战会压低研发的预期回报、抬高研发成本，而算力补贴会降低真实算力投入的有效成本。从各地方政府算力券补贴的政策相继出台，不难理解其初衷是帮助企业缓解研发成本压力，促进企业研发。但是在现实中，当企业面对外部不确定性环境上升时，有较强激励将资源转移到短期的金融资产配置，而放弃长期的研发投入。那么在贸易战和算力补贴相叠加后，企业会怎样在真实研发与金融化之间重新配置资源成为既有理论意义又有现实意义的研究课题。本文针对此问题，将先构建出一个简明的理论框架，再用企业面板数据进行实证分析。

1.2 算力券政策工具的界定

算力券提供了一个具有代表性的制度案例，具体看是采取申请制、合同前置、按实际使用核销和单企小额上限，把补贴与真实算力服务绑定，这减少了虚报产量套取资金的空间。表 1 从补贴标的、获取机制、典型规模、扭曲形态和政策目标五个维度比较了传统产出挂钩型补贴（以新能源汽车购置补贴为例）和算力补贴两类工具。

表 1 传统产出挂钩型补贴与算力补贴的政策工具形态对比

维度	传统产出挂钩型补贴（新能源汽车购置补贴）	算力补贴（算力券）
补贴标的	产品销量：按辆/度电分档兑付（补贴边际收入）	要素投入：按算力服务合同额兑付（补贴边际成本）
获取机制	目录制+销量清算，依赖企业申报	申请制+合同前置+事后按比例核销，以使用记录为凭

维度	传统产出挂钩型补贴（新能源汽车购置补贴）	算力补贴（算力券）
典型规模	单辆客车国补 30 万—50 万元；2009—2022 年累计近 1,500 亿元	单企年度上限多为 100—500 万元；48 条政策覆盖 31 个省级行政区
扭曲形态与事实	数量操纵：2016 年财政部通报 5 家骗补逾 10 亿元	数量通道被封死；残余风险为“蹭概念”与金融化
政策目标	培育需求市场、规模化降本	对冲技术封锁的供给冲击

从政策实践看，以表 2 为例，2023 年以来各地出台的算力券政策在操作层面已形成一套相对一致的做法。首先是设立申请制，算力券并非人人有份的直接发放，企业须主动申报并满足注册地、行业、信用等门槛，如北京要求在京注册的软件信息服务业或制造业企业且近三年无失信记录。其次是合同前置，企业要先与算力供给方签订服务合同、凭合同申领抵扣，抵扣比例多为合同额的两成到五成——北京为 20%，上海为 30%，成都为 50%。然后是小额上限：单个企业年度兑付设有上限，如成都每家每年不超过 100 万元、北京不超过 200 万元。最后是事后兑付：补助并非事前拨付，而是企业实际使用算力、完成结算后凭发票和交付凭证兑现，北京即按季度组织兑付。这四项安排指向同一个目标——让补贴跟随真实的算力使用，防止资金空转与套利。它们构成了算力券政策的“制度防火墙”，也是本文第六章政策建议的现实参照：在肯定算力券引导资源回流真实研发的同时，保留并完善这套设计，是防止补贴异化为新的金融化渠道的关键。

表 2 代表性城市算力券政策的关键条款（成都、北京、上海）

城市	政策文件	关键条款
成都	《成都市围绕超算智算加快算力产业发展的政策措施》及配套《算力券管理办法》（2023 年，全国首个算力券政策）	申领额度为算力服务合同费用的 50%，最低不少于 1 万元；每家单位每年申领累计不超过 100 万元；每年发放总额不超过 1000 万元
北京	市经信局《人工智能算力券实施方案（2023—2025 年）》（2023 年 10 月）	企业凭已签订的算力服务合同申领；单次不超过合同额的 20%；同一企业每自然年度累计不超过 200 万元；完成结算后凭发票和算力交付凭证申请兑付，每季度末兑付一次；要求在京注册、近 3 年无失信记录、未获其他市级算力补贴
上海	《上海市进一步扩大人工智能应用的若干措施》（2025 年，发放 6 亿元算力券）	对租用智能算力的企业，市级按实际租金给予最高 30% 补贴

1.3 研究内容与总体思路

本文的研究路线具体分四步。图 2 给出了本文研究路线的完整示意。

第一步，本文的第一章从贸易战与算力补贴两类外部冲击出发，提出研究问题：企业会把资源配置到真实研发还是金融化？

第二步，本文的第二章梳理企业金融化、贸易政策不确定性与产业政策评估三类

文献，说明本文在类似研究体系中的创新之处。

第三步，本文的第三章建立企业资源配置模型：贸易战暴露压低研发技术可得性、抬高研发成本，并收紧两类活动对有限资源的争夺；补贴降低真实研发投入的有效成本。该理论模型的研发生产函数采用经典的柯布-道格拉斯形式，两条一阶条件在企业运营点附近局部线性化求解，得到三个命题，再作一阶泰勒展开得到可估计的回归方程。

第四步，本文的第四章和第五章把模型中的理论参数逐一换成可观测的变量并估计¹，用事件研究、安慰剂检验和多种口径验证稳健性；第六章总结全文。

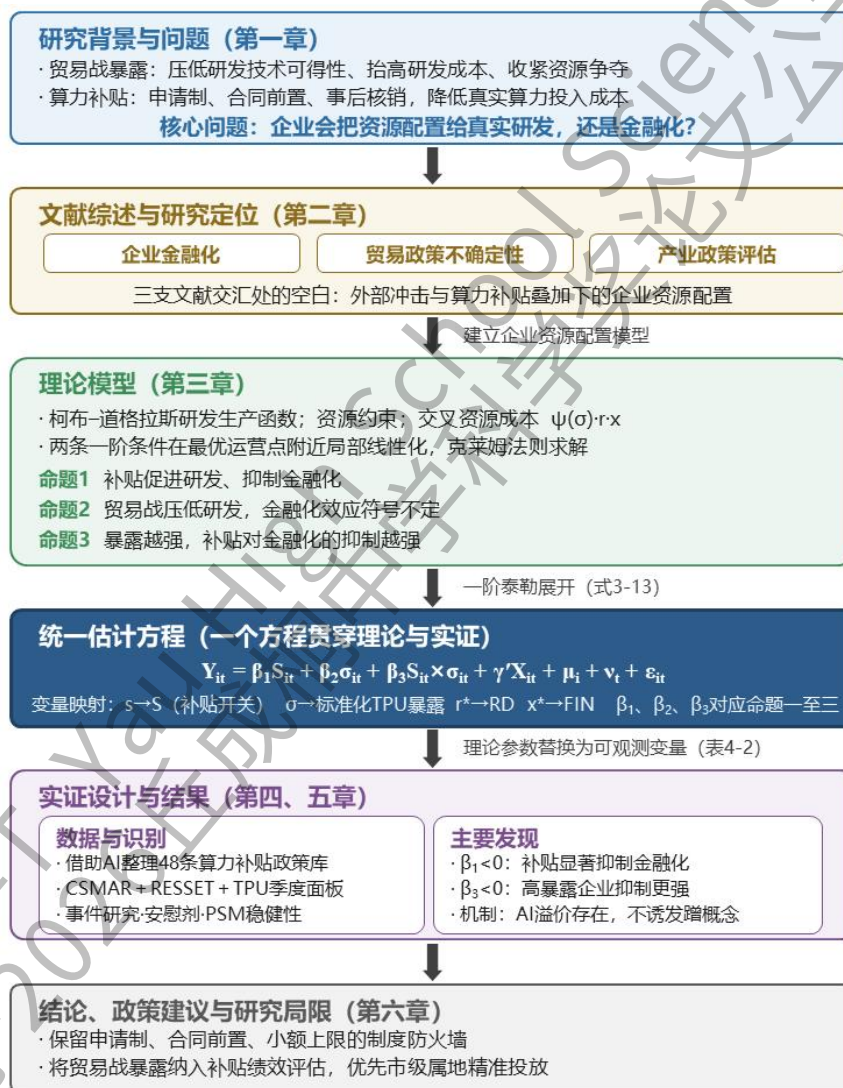


图 2 研究路线框架图

¹ 第三章理论模型与第四章实证研究的关系在于：理论中的补贴 s 对应实证中的处理变量 S ，贸易战暴露 σ 对应标准化 TPU 暴露，最优研发 r^* 与最优金融配置 x^* 对应研发强度 RD 与金融化 FIN ；回归方程中的三个回归系数 β_1 、 β_2 、 β_3 分别是理论模型中一阶与二阶偏导数的样本对应物。理论模型为解释实证研究中“为什么交互项必须存在、每个系数应该看什么符号、为什么贸易战下研发与金融化可能同时下降”提供了依据。

1.4 研究意义

本研究的意义可以从政策时机、理论层面、现实层面三方面概括。

1.4.1 政策时机：扩围窗口期的证据

2023 年 1 月成都首创算力券补贴政策以来，这类补贴模式在两年多里已扩展到 30 个省级行政区，但这些政策究竟把企业资金引向了哪里，尚缺少系统证据。与此同时，中美技术博弈使“补贴—外部冲击—企业行为”的相互作用无法回避：同一张算力券，发给贸易战暴露很低与很高的企业，效果是否相同？这直接关系到补贴如何定位受益对象、如何与外部环境联动。本文在这个时间窗口上，利用 179,138 个公司一季度观测提供了系统性的证据。

1.4.2 理论意义：从“水平”到“配置”，从“背景”到“变量”

理论层面，本文有三点贡献。

第一，把企业金融化从一个“水平”问题转化为一个“配置”问题。本文不问企业的金融化程度深不深，而是问在外部冲击与产业政策的作用下，企业如何在真实研发、金融化与现金三者之间移动。换言之，贸易战并没有直接减少企业手里的资源总量，贸易战改变的是资源的分配方向——多少投入真实研发、多少流向金融化。允许企业持有现金之后，模型可以解释“研发与金融化同时下降”这类现实现象，而不必接受“研发降、金融化必然升”的机械推论。

第二，把贸易战从研究背景变成方程内的变量。理论中，贸易战暴露压低研发的技术可得性并收紧资源约束；实证中，企业的贸易战暴露及其与算力补贴的交互项进入同一个回归方程，理论推出的三个命题得以与回归方程中的三个系数一一对应。

第三，把补贴效果的观察窗口从创新产出端前移到资产配置端。既有研究多问“补贴有没有增加专利”，而本文先问一个更上游的问题：补贴有没有把资金从投机性金融资产引回真实投入。这既直接回应了对“骗补”的担忧，也把政策工具的制度细节（合同前置、事后核销、小额上限）纳入识别设计与政策的含义。

1.4.3 现实意义：让政策扩围有据可依，让监管决策有的放矢

现实层面，本文的结论为三类决策提供了建议。

第一，对政策制定者而言，证据显示当前形态的算力补贴没有诱发金融化或概念炒作，压缩的主要是投机性仓位，说明“合同前置+事后核销”的制度防火墙有效，可为正在进行的政策扩围提供依据；高贸易战暴露企业的反应更强，提示补贴绩效评估应把贸易战暴露纳入监测维度。

第二，对监管部门而言，AI 概念身份存在估值溢价，但补贴并未诱发企业蹭概念，金融化也不构成估值套利通道，监管重点宜放在真实算力使用与信息披露，而非简单限制企业持有金融资产。

第三，对后续研究而言，本文整理的 48 条政策数据库与统一方程框架可复用、可扩展，待企业申领金额与算力使用数据公开后，可进一步估计补贴政策强度—企业反应关系。

第二章 文献综述

本文的研究问题是：在贸易战冲击与算力补贴政策的叠加作用下，企业如何在真实研发与金融资产之间配置资源。这一问题决定了文献梳理的三条线索：企业金融化文献对应被解释变量一侧，回答企业为何以及何时将资源转向金融资产；关于贸易政策不确定性与资本市场叙事的研究外部环境的文献对应冲击一侧，回答外部不确定性如何改变企业的投资与配置决策；产业政策评估文献对应政策一侧，回答补贴类政策何时有效、何时被扭曲与套利。本文的研究问题位于三类文献的交汇处：外部冲击与产业政策同时作用时企业资源的配置方向，而既有的研究尚未在同一框架下予以回答。本章依次综述三类文献，并解释本文的贡献。

2.1 企业金融化：从市场诱因到补贴扭曲

企业金融化指非金融企业增加金融资产配置、金融利润占比上升的现象。Krippner (2005)^[1]将其概括为积累的金融化；Stockhammer (2004)^[2]从宏观层面指出金融化抑制了实体企业的积累。中国情境下，杜勇等 (2017)^[3]以 2008—2014 年 A 股上市公司为样本，发现金融化显著挤出了主业投资；彭俞超等 (2018)^[4]区分了预防性储蓄与投机逐利两种企业金融化的动机；张成思 (2019)^[5]从三个层次系统阐释了金融化的逻辑。

既有文献将金融化归因于金融与实体的利差、经济政策不确定性或制度环境，本文则把金融化放到产业政策与技术冲击下的边际资源配置中考察。

供给侧的补贴政策同样可能改变投机的相对回报，关于补贴有效性的争论由来已久。安同良和千慧雄 (2021)^[6]揭示中国企业会以获取补贴为目的进行低质量研发申报；毛其淋和许家云 (2015)^[7]发现补贴对创新的作用呈倒 U 型；黎文靖和郑曼妮 (2016)^[8]发现补贴更多激励策略性创新。

2.2 外部环境：贸易政策不确定性与 AI 叙事

外部环境方面，Bernanke (1983)^[9]的不可逆投资理论与 Bloom (2009)^[10]的不确定性冲击模型奠定了不确定性经济研究的基础。Handley 和 Limão (2017)^[11]将贸易政策不确定性纳入贸易政策分析，Caldara 等 (2020)^[12]用新闻文本构造了贸易不

确定性（TPU）指数。本文沿用这一度量思路，把海外营收占比与季度 TPU 指数相乘，构成企业层面的贸易战暴露变量，作为模型中 σ 的观测对应物，直接检验贸易战对研发、金融化以及补贴效果的影响。

贸易战压低真实研发回报的同时，资本市场的 AI 叙事可能抬高概念企业估值。Pástor 和 Veronesi（2009）^[13]、Ofek 和 Richardson（2003）^[14]及 Shiller（2017）^[15]的研究说明，技术叙事会影响资产定价；Babina 等（2024）^[16]和吴非等（2021）^[17]提供了 AI 投资和数字化转型的微观证据。

2.3 产业政策评估与政策工具设计

在产业政策的研究方面，已有研究显示，产业政策的效果不仅取决于补贴规模，还取决于对象筛选、兑付凭证和事后监督。Criscuolo 等（2019）^[18]发现区域选择性援助能提高投资和就业，但生产率效应并不自动出现；Aghion 等（2015）^[19]强调政策施行中竞争环境的影响；Rodrik（2004）^[20]和 Juhász 等（2024）^[21]则强调产业政策需要可问责、可退出的制度安排。

2.4 文献述评

综合已有文献来看，相关研究分别讨论了企业金融化、补贴激励扭曲、贸易政策不确定性和产业政策制度设计，在被解释变量的选择上主要集中于专利数量与质量，但尚未将这些因素放进同一个企业微观资源配置框架内展开研究，尤其是缺少“贸易战暴露如何改变算力补贴效果”的企业微观证据。基于此，本文将通过构建一个研发——金融化资源配置模型来弥补已有文献的不足，与此同时，本文还会创新性地把扭曲的考察维度前移至资产配置结构，重点考察资源流向哪里，并把 AI 身份与估值偏离的关系作为模型中概念溢价参数的检验对象。

第三章 理论模型：贸易战与算力补贴下的企业资源配置

3.1 模型的任务

本文构建理论模型，旨在完成三项任务。

(1) 为实证方程中的交互项（补贴×贸易战暴露）的存在提供理论依据。同一种补贴工具作用于贸易战暴露水平不同的企业时，其边际影响存在系统性差异，若忽略这种异质性，估计所得的补贴系数只是不同暴露水平下政策效应的混合平均，难以赋予准确的经济学解释。因此，交互项并非经验设定上的权宜安排，而是模型结构的内在要求。

(2) 给出回归系数的事前符号预期。模型推导将表明：补贴提高研发投入、降低金融资产配置；贸易战暴露压低研发投入；其对金融化的净效应则取决于直接冲击与替代效应的相对强弱，符号在事前不确定，须交由数据检验。

(3) 刻画贸易战冲击下研发与金融化同时收缩的可能性。贸易战加剧时，企业可能同时削减研发和金融资产、转而持有现金，因此不能机械地假设“研发下降就等于金融化上升”，贸易战对金融化的净效应是正是负，应当交给数据判断。

为简化研究，本文构建的理论模型只刻画一家典型的非金融企业的静态选择，不引入动态调整。研发生产函数采用柯布-道格拉斯函数形式。求解时在企业的运营点附近作局部线性化（用切线代表曲线），把目标函数的优化问题化为一次方程组的求解问题，再用克莱姆法则求解。所用数学工具与推导细节放在附录 A 与附录 B。

3.2 模型设定

3.2.1 资源约束

把企业每期可支配的资源标准化为 1。真实研发份额记为 r ，投机性金融资产份额记为 x ，其余为流动性储备 ℓ （如现金与营运资金等）。三者满足：

$$r + x + \ell = 1, r \geq 0, x \geq 0, \ell \geq 0 \quad (3-1)$$

允许企业持有现金是本模型的一个关键设定：有了现金这个“缓冲池”，研发与金融化不再是此消彼长的机械关系，模型也能解释“研发与金融化同时下降”的现实情形。

3.2.2 研发部分的收益

研发产出采用柯布-道格拉斯形式，边际收益递减由产出弹性 $\alpha \in (0,1)$ 刻画；研发投入的单位成本为 $c_r(\sigma)$ ，算力补贴 s 按投入 r 抵减成本。

研发部分的净贡献 V_r 为：

$$V_r = A \cdot \theta(\sigma) \cdot r^\alpha - [c_r(\sigma) - s] \cdot r \quad (3-2)$$

其中 A 为基础研发效率； $\theta(\sigma)$ 为技术可得性，贸易战暴露越高、高端芯片与软件工具越难获得， θ 随 σ 下降； $c_r(\sigma)$ 随 σ 上升。其中 $[c_r(\sigma) - s] \cdot r$ 为研发的总净成本项（贸易战抬高单位研发成本 $c_r(\sigma)$ ，算力补贴 s 从中直接扣减， $[c_r(\sigma) - s]$ 即补贴后企业实际负担的有效单位研发成本，乘以研发投入 r 即得到研发的总净成本），该公式表明 V_r 是研发的预期总收益 $A \cdot \theta(\sigma) \cdot r^\alpha$ 和研发总净成本 $[c_r(\sigma) - s] \cdot r$ 的差值。

V_r 对 r 求导可得研发的边际产出 $A \cdot \theta(\sigma) \cdot \alpha \cdot r^{\alpha-1}$ ，由于 $\alpha-1 < 0$ ，故边际产出随 r 递减。补贴 s 相当于把单位成本从 $c_r(\sigma)$ 降为 $c_r(\sigma) - s$ ：每单位合格算力投入获得 s 单位抵减。

3.2.3 金融部分的收益

金融资产的边际收益从初始水平出发随金融配置的增加而线性递减（ $b > 0$ 为递减速度），这是资产组合文献的标准设定。金融部分的净贡献 V_x 为：

$$V_x = D_x(\sigma) \cdot x - \frac{b}{2} \cdot x^2 \quad (3-3)$$

式(3-3)中的 $D_x(\sigma) = 1 + g(\sigma) + \lambda_0 \cdot \mathbb{I}_{AI} - c_x$ ：其中 1 是基础收益； $g(\sigma)$ 为金融资产的风险收益调整项，随 σ 下降，贸易战与政策不确定性压低金融风险资产的预期回报、提高持有货币等流动性资产的意愿； λ_0 为AI叙事带来的概念溢价，属于AI概念身份时生效， $\mathbb{I}_{AI}$ 为示性函数，当企业具有AI概念身份时取值为1，否则为0； c_x 为金融资产的交易与管理成本。

$D_x(\sigma)$ 表示金融资产的初始边际净收益率，即企业在配置第1单位金融资产时能获得的单位净回报，随着配置量 x 增加，边际净收益率沿 $D_x(\sigma) - b \cdot x$ 线性递减，式(3-3)中的 $-\frac{b}{2} \cdot x^2$ 正是这一递减在总量上的扣减。

3.2.4 共同资源成本与企业总价值

研发与金融资产会共同占用企业的资金、融资额度和管理资源。用交叉乘积项 $\psi(\sigma) \cdot r \cdot x$ 刻画这种研发与金融资产对于公司整体资源的争夺，任何一边扩张都会抬高另一边的边际成本。

企业总价值 V 为：

$$V = V_r + V_x - \psi(\sigma) \cdot r \cdot x \quad (3-4)$$

$\psi(\sigma) > 0$ 衡量两类活动对同一池有限资源的争夺强度²， $\psi'(\sigma) > 0$ 表示 ψ 随贸易战暴露上升³。式(3-4)即为目标函数。

这一设定在文献中有明确脉络。第一，金融投资挤占真实积累的內部资金，本来就是金融化理论的核心命题：Orhangazi（2008）^[23]把非金融企业的资金在真实积累与金融投资之间分配，金融资产以高流动性、短回收期挤占真实投资的内部资金；Demir（2009）^[24]进一步把企业决策写成真实固定资产投资与金融资产之间的组合配置，不确定性上升时资金流向流动性金融资产——本文的研发投入 r 与金融化资产投入 x 正是这一思路的最简版本。第二，两类活动争夺同一种稀缺资源在企业理论中同样经典：Holmström 和 Milgrom（1991）^[25]的多任务模型指出，代理人的注意力与努力在任务之间此消彼长；Stein（1997）^[26]则刻画了企业内部各条业务线对有限资金的竞争。资金、融资额度与管理资源合在一起，就是交叉项 $\psi \cdot r \cdot x$ 中的系数 ψ 的经济内容。第三，就函数形式而言，金融侧的二次型是 Hayashi（1982）^[27]刻画调整成本的标准设定，交叉乘积项对应 Nadiri 和 Rosen（1969）^[28]多种投入同时调整时的相互牵制。

3.3 一阶条件与局部线性化求解

3.3.1 一阶条件

企业在内点情形下不断调整 r 和 x 以找到运营点，直到两个方向的边际都为零。对式(3-4)分别关于 r 和 x 求偏导并令其为零，得两条一阶条件，再联立求解，求得最优研发投入 r^* 与最优金融资产配置 x^* ，即企业的最优运营点 (r^*, x^*) 。此时无论是再多

² 若 $\psi = 0$ ，两条一阶条件完全解耦，研发与金融化互不相干，则算力补贴将只影响研发而对金融化毫无作用，正是资源争夺的设定使命题1中“补贴抑制金融化”的机制存在。

³ 依据是 Bernanke 等（1994）^[22]提出的金融加速器机制：不利外部冲击降低企业净值与抵押能力、抬高外部融资溢价，内部资源因此更加稀缺——技术封锁与关税不确定性正属于这类冲击。需要强调， $\psi' > 0$ 在本文中是可检验的假设而非先验真理：第五章交互项系数显著为负，与该假设的预测一致。

投 1 单位研发还是再多买 1 单位金融资产都不再带来任何净增益，企业就停在这个位置上：

$$A \cdot \theta(\sigma) \cdot \alpha \cdot r^{\alpha-1} = c_r(\sigma) - s + \psi(\sigma) \cdot x \quad (3-5)$$

$$b \cdot x + \psi(\sigma) \cdot r = D_x(\sigma) \quad (3-6)$$

式(3-5)读作：研发的边际产出恰好被“自身递减+挤占金融资源”两项边际成本耗尽；式(3-6)对金融资产同理。式(3-5)中的 r 以幂函数 $r^{\alpha-1}$ 的形式出现，同时 x 也出现在式(3-5)中，处理这种非线性方程组的标准做法是局部线性化，即是解决“站在企业当前的运营点 $(\bar{r}, \bar{x})$ 上，一个微小的变化会引起最优选择怎样移动”这一问题。在回答这个问题时，每条曲线都用它在该点的切线来代替⁴。

3.3.2 局部线性化

把式(3-5)左边的边际产出曲线在 $\bar{r}$ 作切线，求得线性近似的斜率 $-K$ ，其中

$$K \equiv A \cdot \theta(\sigma) \cdot \alpha \cdot (1 - \alpha) \cdot \bar{r}^{\alpha-2} > 0 \quad (3-7)$$

即柯布-道格拉斯生产函数在运营点的曲率， $\alpha-1 < 0$ 保证 K 为正；金融侧对应斜率为常数 b 。于是一阶条件写成变化量的形式，就是一组二元一次方程：

$$\begin{cases} K \cdot \Delta r + \psi(\sigma) \cdot \Delta x = \Delta D_r \\ \psi(\sigma) \cdot \Delta r + b \cdot \Delta x = \Delta D_x \end{cases} \quad (3-8)$$

其中：

$$\begin{cases} \Delta D_r = \Delta s - q_r \cdot \Delta \sigma \\ \Delta D_x = -q_x \cdot \Delta \sigma \\ q_r \equiv -A \cdot \alpha \cdot \theta' \cdot \bar{r}^{\alpha-1} + c_r' > 0 \\ q_x \equiv -g' \geq 0 \end{cases}$$

式(3-8)⁵可由三步得到（完整推导过程见附录 B.1）。第一步，代入：把 $r = \bar{r} + \Delta r$ 、 $x = \bar{x} + \Delta x$ 、 $s = \bar{s} + \Delta s$ 写进式(3-5)，幂函数 $r^{\alpha-1}$ 用上面的切线近似展开。第二步，常数抵消：运营点 $(\bar{r}, \bar{x})$ 本来就满足原方程，代入后两边的常数项恰好相等，一减全消。第三步，剩下的等式只连接各变化量；把右端的平移项合并打包（记号见下一段），即得

⁴ 曲线在某点附近的微小变动可用直线斜率来近似。用数字感受“切线代替曲线”有多准：取 $A=1$ 、 $\theta=1$ 、 $\alpha=0.5$ ，式(3-5)的左边就是 $0.5/\sqrt{r}$ ，它在 $\bar{r}=1$ 处的切线是 $0.5-0.25 \times (r-1)$ 。若 r 从 1 变到 1.2，精确值为 $0.5/\sqrt{1.2} \approx 0.456$ ，切线给出 $0.5-0.25 \times 0.2 = 0.450$ ，只差 0.006；变化越小，近似越好（更完整的对照表见附录 B.1）

⁵ 式(3-8)所示的方程组采用了微分的形式，它正是对式(3-5)(3-6)两边取全微分的结果，这套做法在经济学中就叫全微分法。

第一行，式(3-6)本身就是一次方程，同样处理得式(3-8)的第二行。

式(3-8)的系数矩阵的行列式为：

$$\Delta = \begin{vmatrix} K & \psi(\sigma) \\ \psi(\sigma) & b \end{vmatrix} = K \cdot b - \psi^2(\sigma) > 0 \quad (3-9)$$

3.3.3 关于方程组的一些解释

方程中 q_r 与 q_x 分别是贸易战对研发与金融两条净边际收益线的直接冲击强度，研发侧为技术可得性下降加成本上升，金融侧为风险收益下降。

从直观上来解释，若把一阶条件想成两条线的交点，那么一阶近似下，政策与冲击不改变线的斜率（ K 、 b 、 ψ 都取运营点的值）而只把线上下平移，补贴 Δs 把研发那条线整体上移，贸易战把研发那条线下移 $q_r \cdot \Delta \sigma$ ，一升一降的加总就是 ΔD_r 。金融侧的 D_x 正是 3.2.3 节定义的初始边际收益水平， ΔD_x 即其变化量，研发侧的平移效果同样由 ΔD_r 概括。

把式(3-8)的等号右端打包成 ΔD_r 和 ΔD_x 的用意是让式(3-8)保持标准二元一次方程组的形状，继而可以直接套用克莱姆法则。

贸易战还有第三个作用——让资源争夺系数本身变大（ ψ 移动 $\psi' \cdot \Delta \sigma$ ）：这一项不出现在方程右边，而是改变等号左边的系数，因此推导命题 2 时先令它保持不变，命题 3 再专门处理它。

式(3-9)的 $\Delta > 0$ （连同 $a > 0$ 、 $b > 0$ ）是目标函数碗口朝下的条件，即保证存在最大值（详见附录 A.3），它同时保证最优解存在且唯一，企业的选择由参数唯一决定。对式(3-8)应用克莱姆法则（详见附录 A.4），就得到最优选择对政策与冲击的全部响应，也就是下文 3.4 节的三个命题。

3.4 三个命题

直接冲击强度 q_r 、 q_x 与平移量 ΔD_r 、 ΔD_x 的定义见上文 3.3 节。三个命题的完整推导放在附录 B。

3.4.1 命题 1：补贴的资源配置效应

$$\begin{cases} \frac{\partial r^*}{\partial s} = \frac{b}{\Delta} > 0 \\ \frac{\partial x^*}{\partial s} = -\frac{\psi}{\Delta} < 0 \end{cases} \quad (3-10)$$

补贴只进入研发的边际收益,把 r^* 往上推;金融资产通过共同资源成本被向下挤,补贴每使 r^* 增加 $\frac{b}{\Delta}$,就同时使 x^* 减少 $\frac{\psi}{\Delta}$ 。两者比例完全由参数决定, ψ 越大,资源争夺越强,企业多投一分研发,就得从金融资产那边多挪一分资源出来,这种“一头升、一头降”的联动就越明显。窄口径金融资产以交易性和衍生金融资产为主,调整成本低、投机性强,来得快去得也快,因此补贴落地后,窄口径金融资产的相对降幅应当更大。(推导见附录 B.2)

3.4.2 命题 2: 贸易战的直接效应

$$\begin{cases} \frac{\partial r^*}{\partial \sigma} = \frac{-b \cdot q_r + \psi \cdot q_x}{\Delta} \\ \frac{\partial x^*}{\partial \sigma} = \frac{\psi \cdot q_r - K \cdot q_x}{\Delta} \end{cases} \quad (3-11)$$

以研发受贸易战的微小变动影响 $\frac{\partial r^*}{\partial \sigma}$ 为例,分子是两股力量之和:直接冲击项 $-b \cdot q_r$ 和起替代回补作用的 $\psi \cdot q_x$ 。贸易战把研发的边际收益压下去,故 r^* 随之下落,但同时金融资产的边际收益也被压低,金融配置减码、释放的资源部分回补给研发。

对研发而言,直接冲击通常占主导⁶,故 $\frac{\partial r^*}{\partial \sigma} < 0$;对金融资产而言,两股力量方向相反:直接冲击主导时金融化下降,替代效应主导时金融化基本不变。这就是模型预留给数据的自由度——不能先验断言贸易战一定推高金融化,符号由式(3-11)分子的相对大小决定。(推导见附录 B.3)

3.4.3 命题 3: 贸易战对补贴效果的调节

$$\frac{\partial^2 x^*}{\partial s \partial \sigma} = -\frac{\psi' \cdot (K \cdot b + \psi^2)}{\Delta^2} < 0 \quad \text{if } \psi' > 0 \quad (3-12)$$

贸易战收紧资源约束 ($\psi' > 0$) 之后,补贴每推动一单位真实研发,需要从投机仓位腾挪出的资源更多,即高贸易战暴露的企业中补贴对金融化的挤出更强。同理可算

$\frac{\partial^2 r^*}{\partial s \partial \sigma} = \frac{2b\psi\psi'}{\Delta^2} > 0$, 即补贴对研发的推动也随贸易战暴露而增强。 $\psi' > 0$ 是一个理论假设

⁶ 只要 $q_x = 0$, 该式必小于 0。

⁷，本文把它作为可检验假设交给数据。（推导见附录 B.4，其中用到附录 A.5 详述的除法法则）

3.5 从比较静态到估计方程：一阶泰勒展开

3.4 节的比较静态分析给出了企业的最优运营配置 $Y^* \in \{(r^*, x^*)\}$ 对 s 与 σ 的全部偏导数。把企业的最优选择视为算力补贴政策与贸易战暴露的函数，在样本均值点 $(\bar{s}, \bar{\sigma})$ 附近作一阶泰勒展开，实现非线性问题的线性化（工具见附录 A.6）：

$$Y^*(s, \sigma) \approx Y^*(\bar{s}, \bar{\sigma}) + \frac{\partial Y^*}{\partial s} \cdot \Delta s + \frac{\partial Y^*}{\partial \sigma} \cdot \Delta \sigma + \frac{\partial^2 Y^*}{\partial s \partial \sigma} \cdot \Delta s \cdot \Delta \sigma \quad (3-13)$$

前两项是 s 和 σ 各自方向的切线，最后一项是交叉项——当补贴的边际效果本身随暴露变化时（对应命题 3），只有把两个变化量相乘才能完整表达。对应到数据： s 的变异来自政策开关 S_{it} （所在城市出台算力补贴后取 1，之前取 0）， σ 的变异来自标准化 TPU 暴露；常数项与企业不随时间变化的特征一起进入企业固定效应 μ_i ，全国共同冲击进入季度固定效应 v_t ，控制变量 X_{it} ，近似误差并入 ε_{it} 。于是得到回归方程：

$$Y_{it} = \beta_1 S_{it} + \beta_2 \sigma_{it} + \beta_3 (S_{it} \times \sigma_{it}) + \gamma' X_{it} + \mu_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (3-14)$$

三个系数与理论一一对应： β_1 是平均暴露下补贴对最优配置的边际影响，即式 (3-10) 的样本对应物（命题 1）； β_2 对应贸易战的直接冲击式 (3-11)（命题 2）； β_3 对应交叉偏导式 (3-12)（命题 3）。被解释变量 Y 依次取金融化 FIN、窄口径金融化 FIN_narrow 和研发强度 RD。后文第四章的工作，就是把式 (3-14) 中的抽象参数逐一替换为可观测变量，替换规则见表 3。

3.6 本章小结

本章在柯布-道格拉斯研发生产函数的标准形式下，刻画了企业在贸易战与算力补贴之间的资源配置：资源约束式 (3-1) 与两块收益式 (3-2)(3-3) 给出目标函数式 (3-4)；令两个偏导为零得到一阶条件式 (3-5)(3-6)，在运营点附近局部线性化为方程组式 (3-8) 后，用克莱姆法则解出三个命题——补贴升研发、降金融化（式 (3-10)），贸易战压低研发、对金融化符号不定（式 (3-11)），贸易战收紧资源约束时高暴露企业的补贴

⁷ 依据是 3.2.4 节的金融加速器机制。

挤出更强（式(3-12)）；最后把比较静态结果代入一阶泰勒展开式(3-13)，交叉项就成为估计方程式(3-14)的交互项。数学工具与推导细节见附录 A、附录 B，理论变量与实证变量的替换规则见 4.2 节表 3。

2026 S.-T. Yau High School Science Award
仅用于2026丘成桐中学科学奖论文公示

第四章 实证设计

本章将第三章的理论方程转化为可检验的实证设计，依次回答四个问题：数据从何而来（4.1 节）、理论参数如何映射为可观测变量（4.2 节）、样本呈现哪些基本特征（4.3 节）、估计方程如何设定、识别假设是否成立（4.4 节—4.5 节）。

值得注意的是，金融化与研发费用两个核心变量在财务报表中存在大量未披露情形，缺失处理方式直接影响系数的大小与经济解释，须事先定义并检验其敏感性；算力补贴政策由各省在不同时点相继推出，识别策略必须排除地区趋势与全国性冲击的干扰，系数才能获得因果解释。故本文专门交代变量口径与识别策略。

4.1 数据来源与样本

本文使用 2018 年第一季度至 2026 年第一季度 A 股非金融、非 ST 上市公司数据。财务数据（三大报表）、行业分类（申万 2021）、股权性质、机构持股、独董比例与海外业务收入比例均来自中国经济金融研究数据库（CSMAR）；估值指标来自 CSMAR 相对价值表；中证人工智能产业指数（931071.CSI）成分区间来自锐思金融研究数据库（RESSET）；Caldara 等（2020）TPU 月度指数来自其官网；省级算力补贴政策由作者依据政府官网原文整理，共 48 条，其中 6 条前身政策单列标注。

数据处理与实证分析的工具及软件方面，本文编写 Python 代码进行分析研究，主要依赖 numpy、pandas、linearmodels、sklearn 与 scipy 等库。

行业分类使用申万 2021 修订版（分类编码 P0218）一级行业：其对电子、通信、计算机等科技行业边界的刻画更贴近 AI 产业链，也是学术研究的主流标准。宽处理组⁸据此界定为电子、通信、计算机、家用电器、机械设备、传媒六个申万一级行业。样本筛选依次剔除金融业、ST 及关键变量缺失观测，并对连续变量在 1%和 99%分位缩尾，最终得到 5,336 家企业、179,138 个公司—季度观测，其中进入回归的有效样本为 158,532 个观测（研发方程因 2018 年格式期缺失为 151,297 个）。

⁸ 此处定义的“宽处理组”，指根据上述六个申万一级行业筛选公司，上述六个行业内的全部上市公司均计入处理组，不深入考据其是否实际从事人工智能相关业务。与之对应的“窄处理组”概念，选取为曾属中证人工智能产业指数（931071.CSI）成分股公司，成分进出区间来自 RESSET。以行业口径为基准有两点考虑：其一，算力补贴的申请资格并不限于指数成分企业，仅以成分股界定会遗漏实际受政策覆盖的公司；其二，是否纳入指数还包括了市值、流动性等市场标准，以其定义“处理组”会把市场定价因素引入处理变量。“窄处理组”指向性更强，作为稳健性检验的对照口径报告。

省级算力补贴政策数据库的采集经三轮递进：第一轮，系统检索政策汇总文献与行业盘点，定位 48 条线索；第二轮，逐条回溯政府官网原文（以 .gov.cn 域名为准），核对文号、印发与施行日期并下载存档；第三轮，针对施行日期缺失或记载矛盾的省份定向补全，并修正明显错误（例如确认成都首创算力券的施行时点为 2023 年 1 月）。每条记录含省份、层级、名称、部门、日期、补贴形式与比例、单企上限、覆盖范围、文号、原文链接与可信度等级共 18 个字段。政策数据库概览见表 3。

表 3 算力补贴政策数据库概览

维度	内容
采集来源	省市政府官网、工信厅、发改委、数据局公告；辅以权威媒体报道交叉验证
采集流程	三轮递进：汇总定位、原文核实（.gov.cn 优先、逐条存档）、空缺补全与纠错
记录结构	18 字段（含文号、施行日期、比例、上限、覆盖范围、原文链接、可信度）
覆盖范围	48 条政策（42 条算力补贴+6 条前身单列）；省级首政策时点覆盖 30 个省份
时间跨度	2023 年 1 月（成都首创）至 2026 年 8 月；确认 2018—2022 年无省级算力券
可信度分级	高/中/低三级；低可信度省份在稳健性检验中剔除

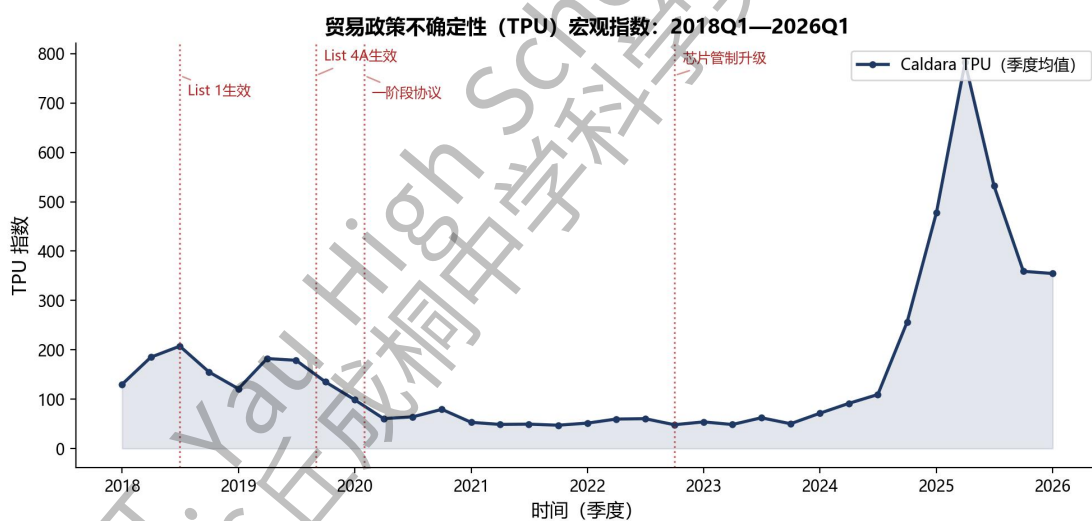


图 3 Caldara 贸易政策不确定性指数（2018Q1—2026Q1，季度均值）

图 3 展示了样本期内 TPU 指数的动态：2018—2019 年贸易战高峰期季度均值升至 120—210 区间（2018 年三季度达到最高的 207），2020 年第一阶段协议签署后回落至 50—100 的低位平台，在 2022—2023 年芯片管制升级期间维持低位，2024 年起再度上行（四季度升至 256），并于 2025 年新的关税威胁中达到季度均值的样本峰值 782。两轮外部冲击高峰恰好覆盖算力补贴的整个政策周期，为“暴露度×政策时点”的交互识别提供了充分的时间变异。

4.2 变量定义与理论对应

表 4 给出统一方程中全部变量的定义、构造方式，以及理论参数的一一对应关系。全文回归中，下标 i 表示企业、 t 表示季度；控制变量 X 包括企业规模、资产负债率、盈利能力、经营现金流、营收增长、国有股权、上市年限、独董比例与机构持股； μ_i 和 ν_t 分别为企业与季度固定效应；标准误在企业层面聚类。

表 4 变量定义与理论参数对照表

变量	符号	定义与构造	理论对应	检验命题
金融化	FIN	11 项金融资产科目合计/总资产；科目全缺记 0	x^*	1、2、3
窄口径金融化	FIN_narrow	(交易性+衍生金融资产)/总资产；未报告科目记 0	x^* 的投机成分	1
研发强度	RD	利润表研发费用/营业收入(累计口径)	r^*	1、2
算力补贴	S	属地精准口径=AI 行业×政策城市×施行后	s 的开关	1、3
贸易战暴露	σ	z 标准化(海外营收占比×TPU 季度均值)	σ	2、3
补贴×暴露	$S \times \sigma$	S 与 σ 的乘积项	$\frac{\partial^2 Y^*}{\partial s \partial \sigma}$	3
AI 指数成分	AI_Concept	属中证 AI 产业指数成分区间=1 (时变)	λ_0 的载体	机制
估值偏离	MISV	$\ln(\text{市值有形资产比}) - \text{行业} \times \text{年中位数}$	市场定价结果	机制
补贴力度	SubsidyIntensity	比例、上限与覆盖范围合成的 0—1 评分(均值 0.52)	s 的连续度量	稳健性

注：控制变量为 Size、Lev、ROA、CFO、Growth、SOE、Age、Indep、Inst，定义见附录符号表。

变量构造有三处需要专门交代，它们遵循同一条原则：报表中未披露的科目，若经济含义是持有量为零，就按零处理而不是删除观测。

其一，宽口径金融化⁹的缺失处理。资产负债表中 11 项金融资产科目全部未报告的企业（多为规模较小、不持有金融资产的公司），合理解释是持有量为零——若整行删除，样本构成随时间系统性变化（科目全缺率从 2018 年的 13% 降至 2026 年的

⁹ 宽口径金融化（FIN）为资产负债表 11 项金融资产科目合计与总资产之比，11 项依次为：交易性金融资产、衍生金融资产、发放贷款及垫款、可供出售金融资产、持有至到期投资、长期股权投资、投资性房地产、债权投资、其他债权投资、其他权益工具投资、其他非流动金融资产（不含货币资金）。其中可供出售金融资产与持有至到期投资为 2019 年新金融工具准则施行前的旧报表科目，债权投资、其他债权投资、其他权益工具投资与其他非流动金融资产为施行后的对应科目，两类并计以保证样本期（2018—2026 年）跨准则的口径可比。窄口径金融化（FIN_narrow）分子仅含交易性金融资产与衍生金融资产两项。具体解释见后文及表 3。

4%)，还会把最不金融化的企业排除在样本之外，因此本文将这类企业金融资产合计记为零。

其二，窄口径金融化同理，未报告交易性与衍生金融资产科目的企业记为零；只保留科目非缺失企业的旧口径，则作为稳健性处理。

其三，研发费用的缺失分两个时期处理：2019年起利润表研发费用单列已成标准格式，缺失率稳定在4%—12%，与无研发活动不披露的解释一致，按零处理；2018年正处于报表格式切换期（当年半年报缺失率高达97%），缺失主要源于格式而非零研发，因此保留缺失，这也是研发方程的样本略小于金融化方程的原因。此外，机构持股等控制变量不适用“未披露即为零”的解释，维持常规的列表删除；贸易战暴露由海外营收占比与TPU季度均值相乘构造，海外收入分部数据的披露覆盖率约为7%，未披露企业的暴露按零处理——这一度量误差会把估计系数向零的方向压低，解释时需保持克制；作为对照，本文另用行业内披露企业的均值构造行业层暴露。

4.3 描述性统计

表5报告全样本描述性统计。金融化程度FIN均值为0.105（中位数0.058），窄口径金融化（未报告科目记0）均值为0.045，研发强度RD均值为0.056，与既有文献中A股非金融企业的典型水平一致。贸易战暴露firm_tpu均值为3.60、标准差31.17，高度右偏——这正是海外收入披露覆盖有限的体现，也是 σ 采用标准化处理的原因。TPU宏观指数均值161，两轮高峰的季度峰值达782，时间变异充分。

表5 全样本描述性统计

变量	均值	标准差	中位数	观测数
金融化 FIN	0.105	0.127	0.058	179,138
窄口径金融化 FIN _{narrow}	0.045	0.091	0.000	179,138
研发强度 RD	0.056	0.071	0.038	171,105
估值偏离 MISV	-0.006	0.723	0.000	82,959
贸易战暴露 firm_tpu	3.597	31.17	0	179,138
TPU 宏观指数	161.0	170.9	79.4	179,138
海外营收占比（披露子样本）	0.260	0.282	0.143	11,887
企业规模 Size	22.19	1.41	22.00	179,138
资产负债率 Lev	0.404	0.206	0.392	179,138
盈利能力 ROA	0.026	0.051	0.020	179,138
经营现金流 CFO	0.025	0.063	0.020	179,138
营收增长 Growth	0.601	1.871	-0.174	170,824

变量	均值	标准差	中位数	观测数
国有股权 SOE	0.280	0.449	0	170,416
机构持股 Inst(%)	5.49	6.26	3.11	165,946
补贴力度 SubsidyIntensity	0.517	0.249	0.443	179,138

注：金融化两口径与研发费用的未披露科目按 0 处理（研发仅 2019 年起，2018 年格式期保留缺失，故 RD 与 Growth 等观测略少）；firm_tpu 为海外营收占比×TPU 季度均值，未披露企业记 0。

表 6 按宽处理组（AI 行业，1,796 家）与控制组对比：AI 行业研发强度 9.4%，约为非 AI 行业（4.7%）的两倍（ $t=90.6$, $p<0.01$ ）；其金融化水平更高（12.4%对 10.1%）、窄口径金融化更高（6.7%对 4.0%）；国企占比更低（19%对 30%）、规模更小、杠杆更低、经营现金流更弱——处理组企业更年轻、更民营、更研发密集。系统性差异提示了匹配检验的必要性，也再次说明回归中纳入低阶项与固定效应的重要。

表 6 分组描述统计：处理组与控制组对比

变量	AI 行业 均值	非 AI 均值	t 值	变量	AI 行业 均值	非 AI 均值	t 值
金融化	0.124	0.101	28.6***	规模	21.94	22.25	-43.7***
窄口径金融化	0.067	0.040	44.6***	资产负债率	0.366	0.413	-40.1***
研发强度	0.094	0.047	90.6***	盈利能力	0.020	0.027	-21.3***
估值偏离	-0.004	-0.007	0.5	经营现金流	0.016	0.028	-31.7***
海外占比	0.247	0.267	-4.0***	国有股权	0.190	0.302	-45.5***
				机构持股(%)	5.86	5.40	11.7***

注：海外占比基于披露子样本（AI 行业 4,352 个观测、非 AI 行业 7,535 个观测）；估值偏离的组间差异不显著。
***、**、*分别表示 1%、5%、10%水平显著。

4.4 统一估计方程

本文的计量模型只有一个，即第三章推导出的式(3-14)。为阅读方便，重写如下：

$$Y_{it} = \beta_1 S_{it} + \beta_2 \sigma_{it} + \beta_3 (S_{it} \times \sigma_{it}) + \gamma' X_{it} + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{it} \quad (4-1)$$

式(4-1)中，被解释变量 Y_{it} 依次取 FIN、FIN_narrow 和 RD。 σ 按全样本标准差标准化，因此 β_1 是平均暴露水平下的补贴效应， β_3 是暴露每提高 1 个标准差时补贴效应的边际变化。由于处理组是“AI 行业×政策城市”的交集，回归中同时纳入“AI 行业×施行后”与“政策属地×施行后”两个低阶项，确保 β_1 不混入 AI 行业 2023 年后整体趋势或政策地区的整体趋势。不含 σ 两项的嵌套设定（即传统双重差分）作为对

照一并报告。

模型中概念溢价参数 λ_0 的检验由三条补充回归完成：AI 身份对估值偏离的回归（溢价是否存在）、金融化对估值偏离的回归（金融化是否被市场折价）、补贴对 AI 身份的回归（补贴是否诱发“蹭概念”）。三条回归与式(4-1)使用相同的固定效应与聚类结构。

4.5 识别策略与稳健性设计

识别的有效性主要依赖平行趋势——政策实施前，处理组与控制组的变化趋势应当一致。本文用事件研究法检验政策前各期系数是否联合不显著：以政策施行前一季度为基期（ $k = -1$ ），估计 -6 至 $+6$ 季度窗口内的动态处理效应，

$$Y_{it} = \sum \beta_k \cdot D_{it}^k + \gamma' X_{it} + \mu_i + \nu_t + \varepsilon_{it} \quad (4-2)$$

其中 D^k 是相对政策施行第 k 季度的虚拟变量（处理组 = AI 行业 $\times$ 政策属地城市）。平行趋势要求 $k < 0$ 各期 β_k 不显著，处理效应的动态路径见第五章图 4。

稳健性设计包括五项：一是加入省份线性趋势，缓解“政策时点与地区数字经济发展相关”的顾虑；二是以行业层 TPU 暴露替换企业层暴露，检验 σ 度量敏感性；三是窄口径金融化改用仅报告科目的旧口径样本；四是以 2018 年截面协变量作倾向得分匹配后重新估计（PSM-DID，即先为处理组找到特征相近的对照企业再作比较）；五是将各省政策施行时点在样本期内随机重排 150 次，以伪系数分布校准真实系数的显著性。

第五章 实证结果

5.1 统一方程主结果

表 7 报告统一方程式(4-1)的估计结果，三列分别以金融化、窄口径金融化和研发强度为被解释变量，核心三行依次对应命题 1 至命题 3 的理论参数。

表 7 统一方程主结果

	(1) FIN	(2) FIN_narrow	(3) RD
算力补贴 S (β_1)	-0.0085*	-0.0071*	+0.0016
	(0.0045)	(0.0036)	(0.0021)
贸易战暴露 σ (β_2)	-0.0023***	-0.0022***	-0.0005**
	(0.0005)	(0.0005)	(0.0002)
补贴×暴露 $S \times \sigma$ (β_3)	-0.0057***	-0.0039***	+0.0002
	(0.0015)	(0.0014)	(0.0005)
N	158,532	158,532	151,297
R ² (组内)	0.024	0.009	0.046

注：所有回归含控制变量、企业与季度固定效应及 AI 行业×施行后、政策属地×施行后低阶项；括号内为企业层面聚类标准误；***、**、*分别表示 1%、5%、10%水平显著。RD 方程样本略小，因 2018 年报表格式切换期的研发缺失按缺失处理（见 4.1 节）。

第一列是金融化方程的结果，三个系数全部为负。 $\beta_1=-0.0085$ （10%水平）：在平均暴露水平下，属地政策使受处理企业的金融化下降 0.85 个百分点，相当于样本均值（10.5%）的约 8%。 $\beta_2=-0.0023$ （1%水平）：贸易战暴露每提高 1 个标准差，金融化下降 0.23 个百分点——贸易战没有把企业推向更多金融资产，反而压制了投机仓位，与命题 2 中直接冲击主导的情形一致。 $\beta_3=-0.0057$ （1%水平）：暴露每提高 1 个标准差，补贴对金融化的抑制额外增强 0.57 个百分点；换言之，在均值加 1 个标准差的暴露水平上，补贴的总效应约为-1.42 个百分点。这一交互项显著为负，与命题 3 中贸易战收紧资源约束（ $\psi'>0$ ）的预测一致：暴露越高的企业，融资与供应链信用越紧，补贴每推动一单位真实研发，需要从投机仓位腾挪出的资源越多，金融化被挤出得越厉害。

第二列是窄口径金融化的结果，方向与第一列一致： $\beta_1=-0.0071$ （10%水平，p

值恰在 5% 边缘），约相当于窄口径均值（4.5%）的 16%——相对于自身基数，投机性仓位的收缩幅度接近总体金融化的两倍，符合命题 1 关于调整成本的推断。

$\beta_3 = -0.0039$ （1% 水平显著），说明高暴露下补贴对投机仓位的挤出同样更强。

第三列是研发方程。 $\beta_2 = -0.0005$ （5% 水平显著），说明贸易战暴露压低研发强度，方向与命题 2 一致，幅度约为研发均值的 1%。但 $\beta_1 = +0.0016$ 和 $\beta_3 = +0.0002$ 均不显著：补贴对研发的推动方向正确但精度不足，无法在因果意义上确认。结合后文事件研究中“研发在政策前已处于显著上升趋势”的证据，本文对研发效应保持克制——静态设定很难把补贴效应从这个趋势中分离出来。

作为对照，不含 σ 两项的嵌套双重差分给出的补贴系数分别为：FIN -0.0087 （10% 水平）、窄口径 -0.0071 （10% 水平）、RD $+0.0018$ （不显著）。与统一方程几乎一致，说明基准结论并非贸易战时间波动的伪影；统一方程的价值在于把 β_2 、 β_3 两个理论参数从残差中分离出来，使命题 2 和命题 3 成为可直接检验的对象。

5.2 动态路径与稳健性

图 4 报告事件研究结果。金融化（左图）在政策实施前各期系数围绕零波动：最早期 $k = -6$ 为 $+0.005$ （ $p = 0.057$ ）、 $k = -3$ 为 -0.005 （ $p = 0.096$ ），一正一负、无单向趋势，说明政策前不存在系统性上升或下降；政策实施后第 1 季度起转负，第 5 季度达到 -0.0123 （1% 水平）并保持显著。窄口径金融化（中图）形态相同，早期系数略大（ $k = -6$ 为 $+0.005$ ，5% 水平），同样无单向趋势，政策后第 5、6 季度分别达到 -0.0115 和 -0.0101 （均 1% 水平）。研发强度（右图）则不同：政策前 $k = -5$ 、 -4 、 -2 期系数已显著为正，说明处理组研发在政策前就处于上升趋势，政策后的变化在很大程度上只是延续原有趋势——这正好印证了 5.2 节对研发效应不作因果解释的处理。

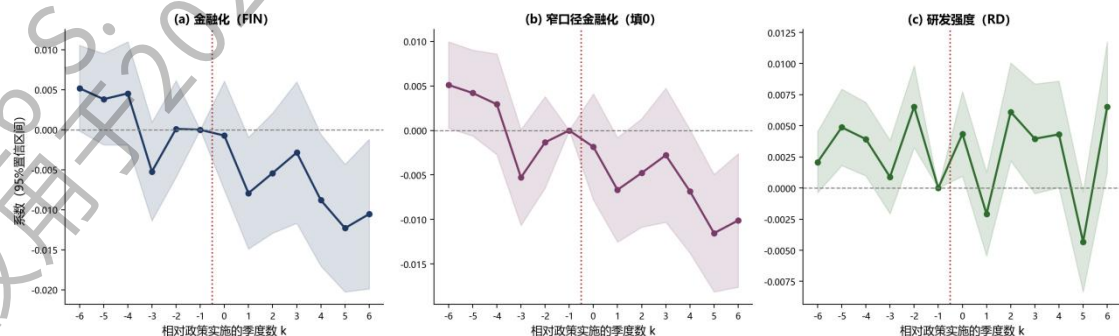


图 4 平行趋势检验与政策动态效应（事件研究，属地口径）

表 8 稳健性检验汇总

设定	S	σ	$S \times \sigma$	N
主设定（表 6 第 1 列）	-0.0085*	-0.0023***	-0.0057***	158,532
+省份线性趋势	-0.0094**	-0.0024***	-0.0057***	158,532
行业层 TPU 暴露	-0.0067	+0.0007	-0.0019	158,532
窄口径旧样本（仅报告科目）	-0.0154***	-0.0024***	-0.0030**	98,391
PSM 匹配后（2,966 家）	-0.0044	—	—	89,140

注：各行仅列示核心三系数；PSM 设定在匹配样本上以简单形式重新估计， σ 项因共线被吸收，故不列示。***、**、* 分别表示 1%、5%、10% 水平显著。

表 8 汇总稳健性检验结果。加入省份线性趋势后，三个系数几乎不变；窄口径改用旧样本（仅保留报告科目、删除缺失行）时 S 为 -0.0154（1% 水平）——旧口径反而放大了效应，恰说明“按零处理”更保守；PSM 匹配后 $S = -0.0044$ ，方向一致但精度下降（ $p = 0.50$ ），这与匹配牺牲样本量的通常结果相符。行业层 TPU 暴露的替换值得说明： σ 的直接系数变为 +0.0007 且不再显著，交互项也不显著—— σ 对金融化的符号依赖度量方式，这正对应命题 2 预留的自由度（直接冲击与替代效应方向相反），而补贴项方向在所有设定下都保持为负。总体而言，金融化结论稳健，交互项结论在替换 σ 度量后需谨慎表述。

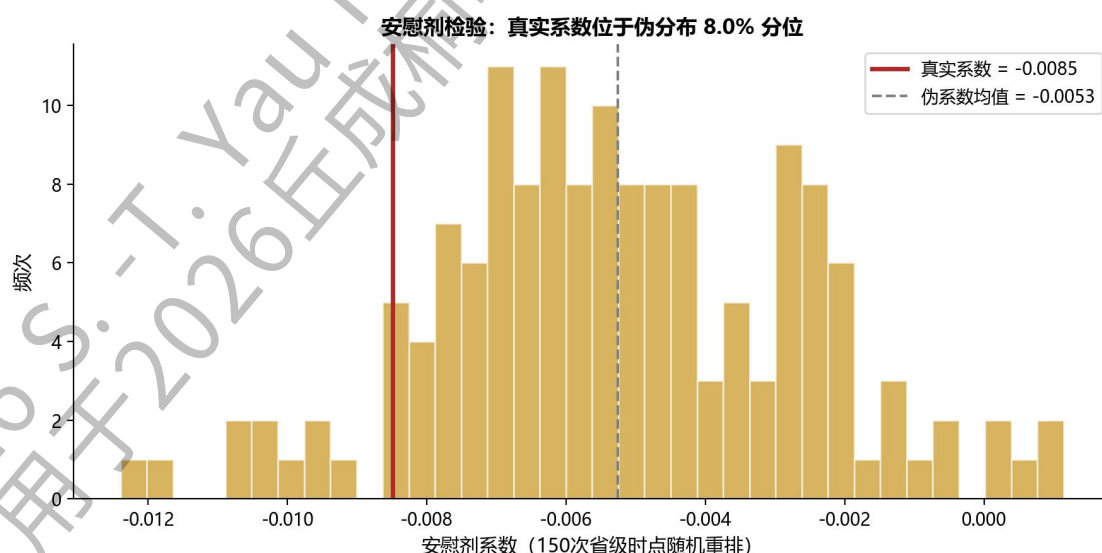


图 5 安慰剂检验：150 次政策时点随机重排的伪系数分布

图 5 报告安慰剂检验：将各省政策施行时点在样本期内随机重排 150 次并重新

估计，伪系数均值为-0.0053、标准差 0.0026；真实系数-0.0085 位于伪分布的 8.0% 分位，落入左侧尾部。这说明政策效应不太可能由政策时点以外的时变混杂因素驱动。

5.3 机制检验：概念溢价与套利链条

模型中的概念溢价参数 λ_0 意味着：AI 身份可能带来估值溢价，从而存在“蹭概念”套利的理论可能。表 9 用三条回归检验这一链条的三个环节。

表 9 机制检验结果

	(1) MISV~AI 身份	(2) MISV~金融化	(3) AI 身份~补贴
关键变量	+0.1533*** (0.0425)	-0.0970*** (0.0360)	+0.0068 (0.0048)
N	79,209	79,209	158,532

注：所有回归含控制变量和企业与季度双向固定效应，企业层面聚类标准误；***、**、*分别表示 1%、5%、10% 水平显著。

三个环节的检验结果分别是：第一，AI 指数成分身份带来约 15.3% 的估值偏离溢价（1%水平）， λ_0 确实存在；第二，金融化程度越高的企业估值偏离越低（-0.0970，1%水平），市场对金融化企业给的是折价而不是奖励；第三，补贴对 AI 身份获取的影响为+0.0068 且不显著，补贴没有诱发企业“蹭概念”。把三个环节连起来看：溢价存在、折价存在、补贴不诱导身份切换——补贴、概念身份和金融化之间，没有形成完整的估值套利链条。

5.4 估计结果与理论命题的对照

表 10 把第三章的命题、事前符号预期与本章估计结果逐项对照，完成理论—实证的闭环。

表 10 命题—预测—证据对照表

命题	理论预测	估计结果	判定
命题 1: 补贴效应	$\beta_1(\text{FIN}) < 0$; $\beta_1(\text{RD}) > 0$	FIN -0.0085*; RD +0.0016 不显著	金融化抑制获支持；研发方向一致、精度不足
命题 2: 贸易战直接效应	$\beta_2(\text{RD}) < 0$; $\beta_2(\text{FIN})$ 不定	RD -0.0005**; FIN -0.0023***	获支持；金融化不升反降与替代效应相容

命题	理论预测	估计结果	判定
命题 3: 交互效应	$\psi' > 0$ 时 $\beta_3(\text{FIN}) < 0$	-0.0057*** (窄口径 -0.0039***)	与 $\psi' > 0$ (资源约束收紧) 的预测一致
机制: 概念溢价 λ_0	AI 身份溢价为正; 补贴不 诱发身份	+0.1533***; +0.0068 不显著	溢价存在, 套利链条未形 成

注: 估计数字引自表 6 与表 8; 判定栏给出与理论预期的对照结论。

对照表显示: 三个命题中与金融化相关的预测全部获得支持, 研发维度的方向一致但统计精度不足; 机制检验排除了估值套利通道。第五章的结论因此可以概括为一句话: 算力补贴主要压缩了企业的投机性金融仓位, 贸易战暴露越强的企业这一调整越明显, 而补贴本身并没有诱发概念炒作。

第六章 总结与政策建议

6.1 主要结论

本文把贸易战作为变量引入企业资源配置模型，对最优选择作一阶线性化得到统一估计方程，并用 2018Q1—2026Q1 年 A 股 179,138 个公司—季度观测（未披露的金融资产与研发科目按零处理）检验算力补贴的资源配置效应。主要结论有三：

第一，算力补贴在属地精准口径下显著抑制金融化：总体金融化下降 0.85 个百分点（约为均值的 8%，10% 水平），窄口径金融化下降 0.71 个百分点（约为均值的 16%）。相对于自身基数，投机性更强的短期仓位收缩接近总体金融化的两倍；事件研究显示，该效应出现在政策之后并逐步加深，安慰剂检验中真实系数位于伪分布 8.0% 分位。

第二，贸易战暴露进入方程后同时压低金融化与研发（每标准差分别 -0.23 和 -0.05 个百分点），补贴×暴露交互项对金融化显著为负：暴露每提高 1 个标准差，补贴的抑制额外增强 0.57 个百分点。贸易战没有把企业推向更多金融化，反而使高暴露企业对补贴的配置调整更明显——这与理论中贸易战收紧资源约束（ $\psi' > 0$ ）的预测一致。

第三，AI 概念身份存在约 15.3% 的估值溢价，但补贴没有显著诱发企业获取该身份，金融化还受到估值折价：补贴、概念身份与金融化之间没有形成估值套利链条。

6.2 政策建议

第一，保留申请制、合同前置、小额上限与事后兑付的“制度防火墙”。如 2.3 节所述（见表 2），这四项措施是各地政策的共同设计，它们的要害在于让补贴绑定真实算力使用，这正是本文实证中补贴能把企业资源从金融化拉回真实研发的前提。

第二，把贸易战暴露纳入补贴绩效评估。交互项结果显示，高暴露企业的金融化抑制更强、研发约束更明显；政策执行中可将海外营收占比、关键芯片依赖度与 TPU 指数作为风险监测指标，对高暴露企业加强算力使用与研发产出的实质核查。

第三，把监管重心放在真实使用与信息披露上，而不是限制企业持有金融资产。AI 概念溢价存在但补贴未诱发“蹭概念”，金融化本身还受市场折价约束；应加强

AI 业务、算力使用和研发成果的实质披露，压缩纯叙事型估值的空间。

第四，优先采用市级属地精准投放。属地直接处理企业的效应强于省级意向口径的估计（后者绝对值更小），说明精准投放能提高政策到达率、减少省内错配。

6.3 研究局限与展望

本文存在四点局限。

第一，算力补贴为申请制，省份出台政策不等于企业获得补贴，本文当前识别的是政策环境效应；获得企业实际申领金额和算力使用记录后，才能进一步估计补贴政策强度—企业反应关系。

第二，研发维度不满足平行趋势（政策前已显著上升），本文因此未对其作因果解释，可能是 2023 年前的前身政策已激励企业投入研发。未来可用合成控制或更长的政策后窗口重新检验。

第三，未披露科目按零处理的假设虽然与报表惯例一致，但若企业实际持有而未列示，金融化水平会被低估；按零处理使补贴系数相对保守（旧口径删除样本反而放大效应），方向上不影响结论。此外，贸易战暴露依赖海外收入披露（覆盖率约 7%），未披露企业按零处理会衰减估计；换成行业层暴露替换后交互项显著性下降，所以 σ 的调节效应结论应表述为有条件的证据。

第四，各城市推出算力补贴的时点有先有后，企业与季度双向固定效应的做法相当于把所有“先补贴”和“后补贴”的城市两两配对比较、再加权平均出总效果；如果补贴对不同企业、不同时期的作用强弱不一，这种加权平均就可能不准确。好在事件研究系数的形态说明，这一问题在本文样本中不算严重，但后续仍值得用更稳健的方法再校验一遍。

参考文献

- [1] Krippner G R. The financialization of the American economy[J/OL]. *Socio-Economic Review*, 2005, 3 (2) : 173-208. DOI:10.1093/SER/mwi008.
- [2] Stockhammer E. Financialisation and the slowdown of accumulation[J/OL]. *Cambridge Journal of Economics*, 2004, 28 (5) : 719-741. DOI:10.1093/cje/beh032.
- [3] 杜勇, 张欢, 陈建英. 金融化对实体企业未来主业发展的影响:促进还是抑制[Z]//中国工业经济. 2017: 113-131.
- [4] 彭俞超, 韩珣, 李建军. 经济政策不确定性与企业金融化[Z]//中国工业经济. 2018: 137-155.
- [5] 张成思. 金融化的逻辑与反思[J]. *经济研究*, 2019, 54 (11) : 4-20.
- [6] 安同良, 千慧雄. 中国企业 R&D 补贴策略:补贴阈限、最优规模与模式选择[J]. *经济研究*, 2021, 56 (1) : 122-137.
- [7] 毛其淋, 许家云. 政府补贴对企业新产品创新的影响——基于补贴强度“适度区间”的视角[Z]//中国工业经济. 2015: 94-107.
- [8] 黎文靖, 郑曼妮. 实质性创新还是策略性创新?——宏观产业政策对微观企业创新的影响[J]. *经济研究*, 2016, 51 (4) : 60-73.
- [9] Bernanke B S. Irreversibility, Uncertainty, and Cyclical Investment[J/OL]. *The Quarterly Journal of Economics*, 1983, 98 (1) : 85-106. DOI:10.2307/1885568.
- [10] Bloom N. The Impact of Uncertainty Shocks[J/OL]. *Econometrica*, 2009, 77 (3) : 623-685. DOI:https://doi.org/10.3982/ECTA6248.
- [11] Handley K, Limão N. Policy Uncertainty, Trade, and Welfare: Theory and Evidence for China and the United States[J/OL]. *American Economic Review*, 2017, 107 (9): 2731-2783. DOI:10.1257/aer.20141419.
- [12] Caldara D, Iacoviello M, Molligo P, 等. The economic effects of trade policy uncertainty[J/OL]. *Journal of Monetary Economics*, 2020, 109 : 38-59. DOI:https://doi.org/10.1016/j.jmoneco.2019.11.002.
- [13] Pástor L, Veronesi P. Technological Revolutions and Stock Prices[J/OL]. *American Economic Review*, 2009, 99 (4) : 1451-1483. DOI:10.1257/aer.99.4.1451.
- [14] Ofek E, Richardson M. DotCom Mania: The Rise and Fall of Internet Stock Prices[J/OL]. *The Journal of Finance*, 2003, 58 (3) : 1113-1137. DOI:https://doi.org/10.1111/1540-6261.00560.
- [15] Shiller R J. Narrative Economics[J/OL]. *American Economic Review*, 2017, 107(4): 967-1004. DOI:10.1257/aer.107.4.967.
- [16] Babina T, Fedyk A, He A, 等. Artificial intelligence, firm growth, and product innovation[J/OL]. *Journal of Financial Economics*, 2024, 151 : 103745. DOI:https://doi.org/10.1016/j.jfineco.2023.103745.
- [17] 吴非, 胡慧芷, 林慧妍, 等. 企业数字化转型与资本市场表现——来自股票流动性的经验证据[Z]//管理世界: 卷 37. 2021: 130-144+10.
- [18] Criscuolo C, Martin R, Overman H G, 等. Some Causal Effects of an Industrial Policy[J/OL]. *American Economic Review*, 2019, 109 (1) : 48-85. DOI:10.1257/aer.20160034.
- [19] Aghion P, Cai J, Dewatripont M, 等. Industrial policy and competition[J]. *American economic journal: macroeconomics*, 2015, 7 (4) : 1-32.

- [20] Rodrik D. Industrial policy for the twenty-first century[J]. Available at SSRN 666808, 2004.
- [21] Juhász R, Lane N, Rodrik D. The new economics of industrial policy[J]. *Annual review of economics*, 2024, 16 (1) : 213-242.
- [22] Bernanke B S, Gertler M, Gilchrist S. The financial accelerator and the flight to quality[Z]. National Bureau of Economic Research Cambridge, Mass., USA, 1994.
- [23] Orhangazi Ö. Financialisation and capital accumulation in the non-financial corporate sector: A theoretical and empirical investigation on the US economy: 1973–2003[J/OL]. *Cambridge Journal of Economics*, 2008, 32 (6) : 863-886. DOI:10.1093/cje/ben009.
- [24] Demir F. Financial liberalization, private investment and portfolio choice: Financialization of real sectors in emerging markets[J/OL]. *Journal of Development Economics*, 2009, 88 (2) : 314-324. DOI:https://doi.org/10.1016/j.jdeveco.2008.04.002.
- [25] Holmstrom B, Milgrom P. Multitask Principal–Agent Analyses: Incentive Contracts, Asset Ownership, and Job Design[J/OL]. *The Journal of Law, Economics, and Organization*, 1991, 7 (special_issue) : 24-52. DOI:10.1093/jleo/7.special_issue.24.
- [26] STEIN J C. Internal Capital Markets and the Competition for Corporate Resources[J/OL]. *The Journal of Finance*, 1997, 52 (1) : 111-133. DOI:https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1997.tb03810.x.
- [27] Hayashi F. Tobin's Marginal q and Average q: A Neoclassical Interpretation[J]. *Econometrica*, 1982, 50 (1) : 213-224.
- [28] Nadiri M I, Rosen S. Interrelated Factor Demand Functions[J]. *The American Economic Review*, 1969, 59 (4) : 457-471.

附 录

附录 A 数学工具

本附录完整说明第三章推导所用到的数学工具。

A.1 导数与“边际”

设总收益 V 随研发投入 r 变化，导数 $V'(r)$ 衡量“再多投一单位研发，总收益增加多少”，经济学称为“边际收益”。企业最优选择就是边际收益为零的点——再多投一单位不再有净增益。以熟悉的二次函数为例：利润 $\pi(x)=10x-x^2$ ，导数 $\pi'(x)=10-2x$ ，令 $10-2x=0$ 解得 $x^*=5$ ，恰是该二次函数的抛物线顶点。本文所有最优化，本质都是这件事。

A.2 偏导数：两个变量时的“各自边际”

当收益同时依赖 r 和 x 两个变量时，求其中一个变量的边际就把另一个暂时固定，得到的导数叫偏导数，记作 $\partial V/\partial r$ 。直观地想象一个图像：站在山坡上，只沿 r 方向迈一小步的坡度。二元函数取最大值的必要条件是两个偏导同时为零——山顶上无论朝哪个方向走都不再上升。

A.3 二阶条件、海森矩阵与行列式

两个偏导为零只保证找到“驻点”，但驻点可能是山顶，也可能是谷底。为了确保是山顶，直观上来看，需要函数的形状“碗口朝下”（数学上称“凹性”）。只有一个变量时，这等价于二阶导数为负—— $\pi(x)=10x-x^2$ 中 x^2 的系数为负，抛物线开口朝下。两个变量时，二阶导数共有四个：对 r 求两次、对 x 求两次，以及两个混合二阶导数（先对 r 再对 x ，与先对 x 再对 r ，结果相同）。把这四个数按位置排成 2×2 方阵，就是海森矩阵。第三章模型的二阶导数依次为 $-K$ 、 $-\psi$ 、 $-\psi$ 、 $-b$ ，排成方阵后就是其海森矩阵 $\begin{bmatrix} -K & -\psi \\ -\psi & -b \end{bmatrix}$ 。

判断“碗口朝下”用到行列式。 2×2 矩阵的行列式等于对角相乘再相减：上述海森矩阵的行列式等于 $(-K) \cdot (-b) - (-\psi)^2 = Kb - \psi^2$ ，即式(3-9)的 Δ 。凹性条件为

$K > 0$ 且 $\Delta > 0$ ，即 $Kb > \psi^2$ 。直观含义：两类活动各自内部的收益递减（ K 与 b ）必须压得过它们之间的资源争夺强度（ ψ ），否则最优解会把其中一项挤到零——资源争夺太狠，企业只剩一种活动。

A.4 二元一次方程组与克莱姆法则

第三章的均衡条件最终都是形如 $K \cdot \Delta r + \psi \cdot \Delta x = \Delta D_r$ 、 $\psi \cdot \Delta r + b \cdot \Delta x = \Delta D_x$ 的二元一次方程组。消元法能解出这一方程组，而克莱姆法则是把消元的结果整理成行列式形式：未知数等于两个行列式相除，分母是系数矩阵的行列式 Δ ，分子是把方程组等号右边的常数替换掉该未知数所在列之后的行列式，即 $\Delta r = \frac{\begin{vmatrix} \Delta D_r & \psi \\ \Delta D_x & b \end{vmatrix}}{\Delta} = (b \cdot \Delta D_r - \psi \cdot \Delta D_x) \div \Delta$ 和 $\Delta x = \frac{\begin{vmatrix} K & \Delta D_r \\ \psi & \Delta D_x \end{vmatrix}}{\Delta} = (K \cdot \Delta D_x - \psi \cdot \Delta D_r) \div \Delta$ 。以 Δr 为例，分子是用 ΔD_r 与 ΔD_x 替换第一列后的行列式 $b \cdot \Delta D_r - \psi \cdot \Delta D_x$ ，它与消元法给出完全相同的答案，只是写法紧凑、便于继续求导，附录 B 的全部推导都在对这样的表达式求导。

A.5 导数的运算法则：除法法则

两个函数相除时，商的导数按下面的公式计算：

$$f(x) = \frac{u(x)}{v(x)} \Rightarrow f'(x) = \frac{u'(x) \cdot v(x) - u(x) \cdot v'(x)}{v(x)^2} \quad (A-1)$$

分子求导乘分母，减去分子乘分母求导，整体除以分母的平方。

例 1：对 $f(x) = \frac{x}{1+x}$ 求导，取 $u=x$ 、 $v=1+x$ ，则 $u'=v'=1$ ，代入得 $f'(x) = \frac{[1 \cdot (1+x) - x \cdot 1]}{(1+x)^2} = \frac{1}{(1+x)^2}$ 。

例 2（附录 B.3 要用的情形）：若 ψ 与 Δ 都是 σ 的函数，则对 $f(\sigma) = \frac{\psi}{\Delta}$ 求导，得

$$\frac{df(\sigma)}{d\sigma} = \frac{\psi' \Delta - \psi \Delta'}{\Delta^2} \quad (A-2)$$

附录 B.3 推导命题 3 时，对 $-\frac{\psi}{\Delta}$ 关于 σ 求导用的正是式(A-2)前再加一个负号。

A.6 泰勒展开：用切线近似曲线

处理非线性函数的标准做法，是在关心的点附近用低次多项式近似。一元例子：

$\sqrt{1+x} \approx 1 + \frac{x}{2}$ ，当 x 很小时，误差极小——这是在 $x=0$ 处的一阶泰勒近似（切线）。

第三章 3.5 节用到二元版本式(3-13): $Y^*(s, \sigma)$ 在均值点 $(\bar{s}, \bar{\sigma})$ 附近可近似为常数项, 加上“各自方向的切线斜率”乘以各自的变化量, 再加上一个交叉项¹⁰。

¹⁰ 当 s 的边际效果本身随 σ 变化时, 只有把两个变化量相乘才能表达“谁在谁的基础上起作用”。这个交叉项, 正是实证方程中交互项的数学身份。

附录 B 命题推导详解

以下推导都在企业的运营点 $(\bar{r}, \bar{x})$ 附近进行； K, b, ψ 均取运营点处的值， $\Delta = Kb - \psi^2 > 0$ 。

推导的出发点是线性化一阶条件式(3-8)：
$$\begin{cases} K \cdot \Delta r + \psi(\sigma) \cdot \Delta x = \Delta D_r \\ \psi(\sigma) \cdot \Delta r + b \cdot \Delta x = \Delta D_x \end{cases}$$

B.1 从式(3-5)(3-6)到式(3-8)：线性化的完整推导

先看切线近似有多准。取 $A=1, \theta=1, \alpha=0.5$ ，式(3-5)左边为 $g(r) = \frac{0.5}{\sqrt{r}}$ ，它在 $\bar{r}=1$ 处的切线为 $0.5 - 0.25 \times (r-1)$ 。表 B-1 给出精确值与近似值的对照：变化越小近似越好，这就是“局部”二字的含义。

表 B-1 切线近似与精确值的对照（ $g(r)=0.5/\sqrt{r}$ ，在 $\bar{r}=1$ 处展开）

r	精确值 $0.5/\sqrt{r}$	切线近似 $0.5-0.25(r-1)$	误差
1.05	0.4880	0.4875	0.0005
1.10	0.4767	0.4750	0.0017
1.20	0.4564	0.4500	0.0064
1.50	0.4082	0.3750	0.0332

第一步（代入并展开）。把 $r=\bar{r}+\Delta r, x=\bar{x}+\Delta x, s=\bar{s}+\Delta s, \sigma=\bar{\sigma}+\Delta \sigma$ 代入式(3-5)，幂函数的变化用切线近似 $r^{\alpha-1} \approx \bar{r}^{\alpha-1} + (\alpha-1) \cdot \bar{r}^{\alpha-2} \cdot \Delta r$ ，乘积 $\psi(\sigma) \cdot x$ 的变化取一阶¹¹项 $\psi(\bar{\sigma}) \cdot \Delta x + \bar{x} \cdot \frac{d\psi}{d\sigma} \cdot \Delta \sigma$ ，整理得¹²：

$$\begin{aligned} A \cdot \theta(\bar{\sigma}) \cdot \alpha \cdot \bar{r}^{\alpha-1} - K \cdot \Delta r + A \cdot \alpha \cdot \theta' \cdot \bar{r}^{\alpha-1} \cdot \Delta \sigma \\ = c_r(\bar{\sigma}) - \bar{s} + \bar{\psi} \cdot \bar{x} + c_r' \cdot \Delta \sigma - \Delta s + \bar{\psi} \cdot \Delta x + \bar{x} \cdot \psi' \cdot \Delta \sigma \end{aligned} \quad (B-1)$$

第二步（常数抵消）。原方程满足原始关系： $A \cdot \theta(\bar{\sigma}) \cdot \alpha \cdot \bar{r}^{\alpha-1} = c_r(\bar{\sigma}) - \bar{s} + \bar{\psi} \cdot \bar{x}$ 。从式(B-1)两边同时减去这组常数，只剩变化量之间的关系：

$$-K \cdot \Delta r + A \cdot \alpha \cdot \theta' \cdot \bar{r}^{\alpha-1} \cdot \Delta \sigma = c_r' \cdot \Delta \sigma - \Delta s + \bar{\psi} \cdot \Delta x + \bar{x} \cdot \psi' \cdot \Delta \sigma \quad (B-2)$$

第三步（整理成式(3-8)）。移项并把 σ 的项合并，记 $q_r \equiv -A \cdot \alpha \cdot \theta' \cdot \bar{r}^{\alpha-1} + c_r' > 0$ ，

¹¹ $\psi(\sigma) \cdot x$ 在 $\begin{cases} x = \bar{x} + \Delta x \\ \sigma = \bar{\sigma} + \Delta \sigma \end{cases}$ 处的完整近似为 $\bar{x} \cdot \psi(\bar{\sigma}) + \bar{x} \cdot \frac{d\psi}{d\sigma} \cdot \Delta \sigma + \psi(\bar{\sigma}) \cdot \Delta x + \frac{d\psi}{d\sigma} \cdot \Delta \sigma \cdot \Delta x$ ，由于最后一项 $\frac{d\psi}{d\sigma} \cdot \Delta \sigma \cdot \Delta x$ 是两个小量相乘的二阶项，故影响忽略不计可舍弃。为方便表示，后文记 $\psi(\bar{\sigma}) \triangleq \bar{\psi}, \frac{d\psi}{d\sigma} \triangleq \psi'$ 。

¹² 同上，式(B-1)等号左边也把两个小量 $\Delta \sigma$ 和 Δr 相乘的二阶项舍弃，记 $\frac{d\theta}{d\sigma} \triangleq \theta'$ 。

得 $K \cdot \Delta r + \bar{\psi} \cdot \Delta x = \Delta s - q_r \cdot \Delta \sigma - \bar{x} \cdot \psi' \cdot \Delta \sigma$ 。右边多出的 $-\bar{x} \cdot \psi' \cdot \Delta \sigma$ 来自“资源争夺加剧抬高了研发的边际成本”，它与左边系数 ψ 的移动同源（都由 ψ' 驱动）。本文把这类 ψ' 项统一归入命题 3 的渠道：推导命题 2 时令 $\psi' = 0$ （冻结该渠道），即得式(3-8)第一行，其中 $\Delta D_r = \Delta s - q_r \cdot \Delta \sigma$ 正是右端代数差的记号；命题 3 则专门考察 $\psi' \neq 0$ 时系数移动带来的交叉效应。式(3-6)本身已是 r 与 x 的一次方程，同样的三步处理（乘积 ψr 取一阶项、丢弃二阶小量）得 $b \cdot \Delta x + \bar{\psi} \cdot \Delta r = -q_x \cdot \Delta \sigma - \bar{r} \cdot \psi' \cdot \Delta \sigma$ ；冻结 ψ' 渠道并把右端记为 ΔD_x ，即式(3-8)的第二行，其中 $\Delta D_x = -q_x \cdot \Delta \sigma$ 。

B.2 命题 1 的推导

补贴 s 只进入研发的边际收益，对应 $\begin{cases} \Delta D_r = \Delta s \\ \Delta D_x = 0 \end{cases}$ 。对式(3-8)应用克莱姆法则（附录 A.4）： Δr 的分子 $= \Delta s \cdot b - \psi \cdot 0 = b \cdot \Delta s$ ， Δx 的分子 $= \psi \cdot \Delta s - a \cdot 0 = \psi$ 。于是 $\Delta r = (b/\Delta) \cdot \Delta s$ 、 $\Delta x = (-\psi/\Delta) \cdot \Delta s$ ，两边同除以 Δs 即得式(3-10)：
$$\begin{cases} \frac{\partial r^*}{\partial s} = \frac{b}{\Delta} > 0 \\ \frac{\partial x^*}{\partial s} = -\frac{\psi}{\Delta} < 0 \end{cases}$$

B.3 命题 2 的推导

贸易战的直接冲击对应 $\begin{cases} \Delta D_r = -q_r \cdot \Delta \sigma \\ \Delta D_x = -q_x \cdot \Delta \sigma \end{cases}$ （暂时固定 ψ ， ψ 随 σ 的变化属于命题 3 的渠道）。克莱姆法则： Δr 的分子 $= (-q_r \Delta \sigma) \cdot b - \psi \cdot (-q_x \Delta \sigma) = (-b \cdot q_r + \psi \cdot q_x) \cdot \Delta \sigma$ ； Δx 的分子 $= K \cdot (-q_x \Delta \sigma) - \psi \cdot (-q_r \Delta \sigma) = (\psi \cdot q_r - K \cdot q_x) \cdot \Delta \sigma$ 。两边除以 $\Delta \sigma$ 和 Δ 即得式(3-11)。分子的两项各有名字： $-b \cdot q_r$ 与 $-K \cdot q_x$ 是直接冲击（边际收益下移本身的效果）， $\psi \cdot q_r$ 与 $\psi \cdot q_x$ 是替代回补（另一边回补释放的资源）。

B.4 命题 3 的推导

允许 ψ 随 σ 变化，从式(3-10)的第二式 $\frac{\partial x^*}{\partial s} = -\frac{\psi}{\Delta}$ 出发，对 σ 再求一次导。先把负号提出，对 ψ/Δ 应用除法法则式(A-2)：

$$\frac{d\left(\frac{\psi}{\Delta}\right)}{d\sigma} = \frac{\psi' \Delta - \psi \Delta'}{\Delta^2} \quad (\text{B-3})$$

再计算 Δ' 。由 $\Delta = Kb - \psi^2$ ，其中 K 、 b 在运营点处视为常数，只有 ψ 随 σ 变化：

$$\Delta' = \frac{d(K \cdot b - \psi^2)}{d\sigma} = -2\psi \cdot \psi' \quad (B-4)$$

把式(B-4)代入式(B-3)并乘以-1, 得 $\frac{\partial^2 x^*}{\partial s \partial \sigma} = -\frac{\psi' \Delta - \psi \Delta'}{\Delta^2} = -\frac{\psi' \Delta + 2\psi^2 \psi'}{\Delta^2}$ 。注意到 $\Delta = Kb - \psi^2$, 分子可代入并算为 $\psi'(Kb + \psi^2)$, 于是得到:

$$\frac{\partial^2 x^*}{\partial s \partial \sigma} = -\frac{\psi' \cdot (K \cdot b + \psi^2)}{\Delta^2} < 0 \quad \text{if } \psi' > 0 \quad (B-5)$$

即式(3-12)。

同理, 对 $\frac{\partial r^*}{\partial s} = \frac{b}{\Delta}$ 关于 σ 求导得: $\frac{\partial^2 r^*}{\partial s \partial \sigma} = -\frac{b\Delta'}{\Delta^2} = \frac{2b\psi\psi'}{\Delta^2} > 0$: 补贴对研发的推动也随贸易战的暴露增强。

附录 C 主要符号

符号	含义	符号	含义
r, x, ℓ	研发、投机性金融资产、流动性份额	S	算力补贴处理变量（属地精准口径）
s	补贴强度（模型）	σ	贸易战暴露（ z 标准化 TPU 暴露）
$A, \alpha, \theta(\sigma)$	研发效率、产出弹性、技术可得性（随 σ 降）	$c_r(\sigma), c_x$	研发单位成本（随 σ 升）、金融交易成本
$D_x, g(\sigma), \lambda, \theta$	金融初始边际收益、风险收益项、AI 概念溢价	b	金融收益递减速度
K	研发收益在运营点的曲率（式 3-7）	$\psi(\sigma)$	共同资源成本（随 σ 升， $\psi' > 0$ ）
q_r, q_x	贸易战对两条边际收益的直接冲击	Δ	行列式 $Kb - \psi^2 > 0$
r^*, x^*	最优研发与金融资产份额	$\beta_1, \beta_2, \beta_3$	式(4-1)三个待估参数
FIN	金融化（宽口径）：11 项金融资产科目合计/总资产，科目全缺记 0	FIN_narrow	窄口径金融化：（交易性金融资产 + 衍生金融资产）/总资产
RD	研发强度：研发费用/营业收入	$MISV$	估值偏离： $\ln(\text{市值}/\text{有形资产}) - \text{行业} \times \text{年中位数}$
$AI_Concept$	AI 指数成分：属中证 AI 产业指数（931071）成分区间取 1（时变）	$SubsidyIntensity$	补贴力度：比例、上限与覆盖范围合成的 0—1 评分
$firm_tpu$	企业层贸易战暴露：海外营收占比 $\times$ TPU 季度均值（未披露记 0）	μ_i, ν_t	企业固定效应、季度固定效应
ε_{it}	随机扰动项	X_{it}	控制变量向量，含 Size、Lev、ROA、CFO、Growth、SOE、Age、Indep、Inst
$Size$	企业规模： $\ln(\text{总资产})$	Lev	资产负债率：负债总额/总资产
ROA	盈利能力：净利润/总资产	CFO	经营现金流：经营活动现金流量净额/总资产
$Growth$	营收增长率：（本期营业收入 - 上年同期）/上年同期绝对值	SOE	国有股权：股权性质为国有取 1，否则取 0
Age	上市年限： $\ln(1 + \text{上市年数})$	$Indep$	独董比例：独立董事人数/董事会总人数
$Inst$	机构持股比例（%）：各类机构投资者持股比例合计		

2026 S.-T. Yau High School Science Award
仅用于2026丘成桐中学科学奖论文公示