

# 产业链网络位置、供应链集中度与企业创新绩效 ——来自中国上市企业供应链的证据

向稀

2023 级 经济学（拔尖计划）

2026.4.3



## 1 研究背景与设计

## 2 回归结果

- 描述性统计与基准回归
- 异质性分析与机制检验
- 供应链集中度的动态影响：DID 证据

## 3 扩展分析：链路预测

## 4 结论与启示



## 1 研究背景与设计

## 2 回归结果

- 描述性统计与基准回归
- 异质性分析与机制检验
- 供应链集中度的动态影响：DID 证据

## 3 扩展分析：链路预测

## 4 结论与启示



# 研究背景与动机

- 企业创新并非孤立行为，而嵌入于真实的产业链与供应链网络之中
- 既有研究多关注：
  - ▶ 企业内部特征（R&D、融资约束、市场竞争）
  - ▶ 合作网络或知识网络（专利引用、产业集群）
- 但对 **基于真实交易关系的产业链网络** 关注不足
- 政策背景：《产业基础创新发展目录》强调“链主企业”培育与产业链协同创新

## 核心问题：

- 企业在产业链网络中的位置是否促进创新？
- 供应链集中度是否会削弱这一网络优势？
- 该调节效应在不同创新类型中是否存在异质性？



- 1 基于上市公司上下游交易数据，构建 企业层面有向加权产业链网络**
  - ▶ 数据来源：CSMAR 供应链数据库，样本期 2009–2024 年
  - ▶ 采用 PageRank 指数衡量网络中心性
- 2 发现：**
  - ▶ 网络中心性显著提升企业创新（专利产出与效率）
  - ▶ 供应链集中度具有显著的 **负向调节效应**
  - ▶ 高复杂度创新（发明专利）中，该削弱效应更强
- 3 引入 分段 DID，揭示供应链集中度的累积动态效应**
- 4 引入 链路预测，从网络演化角度补充产业链动态解释**



# 产业链网络构建

## 网络设定:

- 节点: 上市公司; 边: 真实上下游供应关系
- 有向加权网络, 边权重反映交易重要性:

$$w_{ij} = \frac{\text{交易金额}_{ij}}{\sum_k \text{交易金额}_{ik}}$$

- 权重反映企业对关键下游客户的依赖程度

## 核心网络指标: PageRank 指数

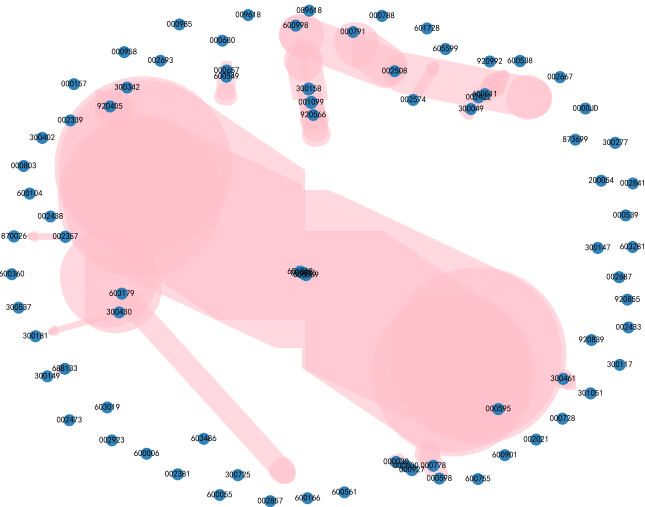
$$PR_i = \alpha \sum_{j \in M_i} PR_j \cdot \frac{w_{ji}}{\sum_k w_{jk}} + (1 - \alpha) \frac{1}{N}$$

- $\alpha = 0.85$ ;  $M_i$  为企业  $i$  的上游供应商集合
- 优于度中心性: 兼顾 **连接质量** + **全局结构**
- 同时参考度中心性、中介中心性、结构洞指标



# 产业链网络实例（2018年前80强）

产业链网络可视化（2018年，Top 80 Pagerank 节点）





# 研究假设

## 假设 H1

企业在产业链网络中的中心性越高，创新产出越高

## 假设 H2

供应链集中度对网络中心性与创新之间的关系具有负向调节作用

## 假设 H3

该负向调节效应在高复杂度创新（发明专利）中更为显著

## 计量模型：

$$\ln(\text{Patent}_{it}) = \beta_1 \text{PageRank}_{it} + \beta_2 \text{SC}_{it} + \beta_3 (\text{PageRank}_{it} \times \text{SC}_{it}) + \mathbf{X}'_{it} \gamma + \alpha_i + \lambda_t + \varepsilon_{it}$$

- $\beta_3 < 0$  且显著  $\Rightarrow$  支持假设 H2
- 双向固定效应： $\alpha_i$ （企业）， $\lambda_t$ （年份）



## 1 研究背景与设计

## 2 回归结果

- 描述性统计与基准回归
- 异质性分析与机制检验
- 供应链集中度的动态影响：DID 证据

## 3 扩展分析：链路预测

## 4 结论与启示



## 1 研究背景与设计

## 2 回归结果

- 描述性统计与基准回归
- 异质性分析与机制检验
- 供应链集中度的动态影响：DID 证据

## 3 扩展分析：链路预测

## 4 结论与启示



表: 主要变量描述性统计

变量	均值	标准差	最小值	最大值
ln(Patent)	2.9149	2.1608	0	9.4201
ln(Invention)	1.5610	1.6595	0	8.5174
ln(Utility)	0.9281	1.4356	0	7.5060
ln(PageRank)	0.0016	0.0013	0.0008	0.0383
供应链集中度	—	—	—	—
ln(Size)	22.40	1.80	0	28.79
RD_Intensity	6.3358	15.4841	0.01	455.39

- 上下游交易数据: CSMAR 供应链数据库
- 专利数据: CSMAR 创新数据库; 样本期 2009–2024
- 企业创新产出差异显著 (ln Patent 标准差 2.16)
- 不同类型专利中位数均为 0, 说明创新存在高度右偏



# 基准回归结果（含全部创新类型）

表：供应链集中度削弱网络位置对企业创新的影响

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
	专利总量	发明专利	实用新型	外观设计	创新效率
供应链集中度	0.00526 (0.00751)	0.0140 (0.00917)	0.00873 (0.00716)	0.00517 (0.00384)	0.00778 (0.00750)
PageRank	243.3*** (92.92)	224.5 (174.2)	116.4 (87.90)	115.9* (61.66)	241.0*** (92.17)
供应链集中度 × PageRank	-6.853** (2.707)	-9.260* (4.733)	-3.688 (2.379)	-2.746** (1.386)	-7.041** (2.728)
企业规模	是	是	是	是	是
财务控制	是	是	是	是	是
研发强度	是	是	是	是	—
企业固定效应	是	是	是	是	是
年份固定效应	是	是	是	是	是
观测值	1113	1113	1113	1113	1113

注：括号内为稳健标准误。\*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ 。

网络中心性促进创新，但在高集中度供应链中被显著削弱



## 1 研究背景与设计

## 2 回归结果

- 描述性统计与基准回归
- 异质性分析与机制检验
- 供应链集中度的动态影响：DID 证据

## 3 扩展分析：链路预测

## 4 结论与启示



# 异质性分析：分集中度组回归

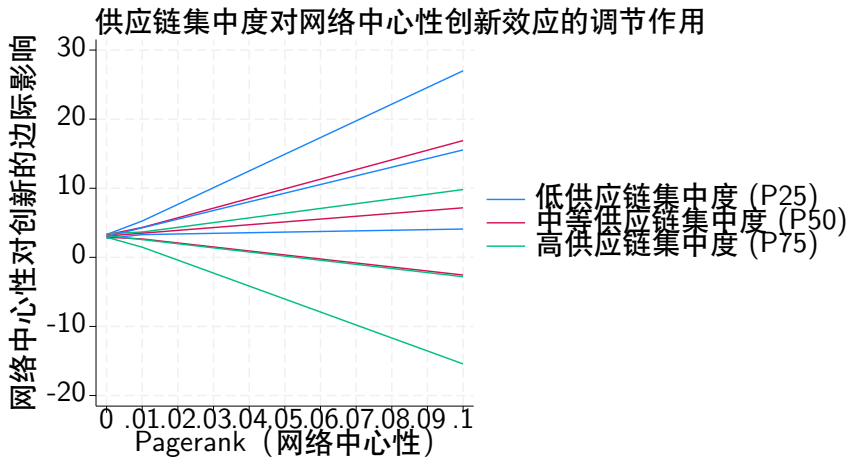
## ■ 按供应链集中度中位数分组，对比两组中 PageRank 的作用

	基准回归	低集中度	高集中度
	(1)	(2)	(3)
PageRank	243.3*** (92.92)	209.9*** (75.18)	-126.8* (73.68)
供应链集中度 × PageRank	-6.853** (2.707)		
企业规模 (ln_Size)	0.217 (0.210)	0.617* (0.326)	-0.328 (0.338)
研发强度	-0.00048 (0.00406)	0.097* (0.0530)	-0.003 (0.00413)
观测值	1113	517	497
企业固定效应	是	是	是
年份固定效应	是	是	是

注：双向固定效应、稳健标准误。\*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ 。



# 调节效应图示



图：供应链集中度对网络中心性创新效应的调节作用

随供应链集中度上升，网络中心性对创新的边际效应从显著正向递减至趋零甚至转负。



# 机制检验：创新效率

思路：供应链集中度是否通过降低创新转化效率发挥抑制作用？

- 创新效率 = 专利产出相对于研发投入的对数差值
- 若供应链集中度主要压缩转化效率（而非减少研发投入），则交互项应显著为负

	创新效率
PageRank	241.0*** (92.17)
供应链集中度 × PageRank	-7.041** (2.728)
观测值	1113
企业固定效应	是
年份固定效应	是

注：双向固定效应、稳健标准误。\*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ 。

供应链集中度降低了网络位置优势向创新绩效的转化效率



表: 稳健性检验结果

	(1) 行业 × 年份 FE	(2) 缩尾处理	(3) 2013 年及以后
PageRank	251.61*** (94.87)	235.58** (105.66)	254.05** (116.65)
供应链集中度 × PageRank	-7.43*** (2.79)	-6.97** (3.09)	-7.79** (3.35)
固定效应	企业、年份、行业	企业、年份	企业、年份
观测值	1,113	1,113	935
$R^2$	0.8397	0.8318	0.8345

注: 被解释变量均为  $\ln(\text{Patent})$ , 括号内为稳健标准误。\*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*\*\*  $p < 0.01$ 。

- 三种稳健性检验均保持核心结论不变
- 2013 年及以后样本系数绝对值更大, 制度环境成熟后效应更强



## 1 研究背景与设计

## 2 回归结果

- 描述性统计与基准回归
- 异质性分析与机制检验
- 供应链集中度的动态影响：DID 证据

## 3 扩展分析：链路预测

## 4 结论与启示



# 外生冲击与分段 DID 设计

- 前文结果基于静态结构差异
- 本节引入时间维度，考察 **集中度上升过程中的动态效应**

## 核心设定：

- 处理组 (Treat)：供应链集中度较高的企业
- 时间划分：Pre (基准期) / Mid / Post
- 关注网络中心性创新效应是否随集中化过程发生变化

## 模型：

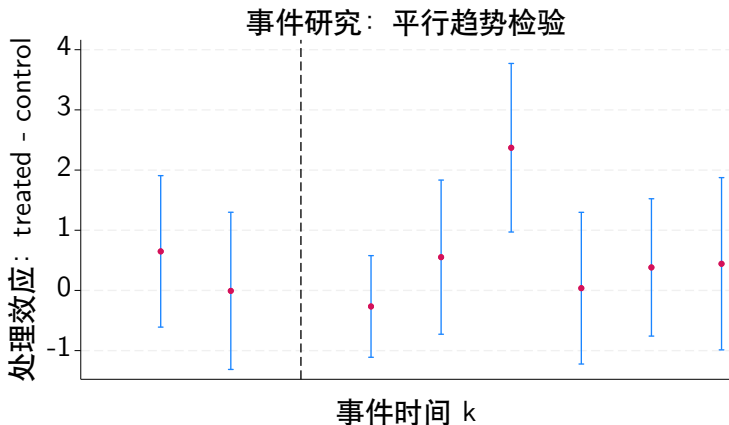
$$\ln(\text{Patent}_{it}) = \dots + \gamma_1 \text{Treat}_i \times \text{Mid}_t + \gamma_2 \text{Treat}_i \times \text{Post}_t + \mathbf{X}'_{it} \delta + \alpha_i + \lambda_t + \varepsilon_{it}$$

- $\gamma_1, \gamma_2$  分别衡量中期与后期的平均处理效应

**识别目标：检验集中度上升是否动态削弱网络中心性的创新优势**



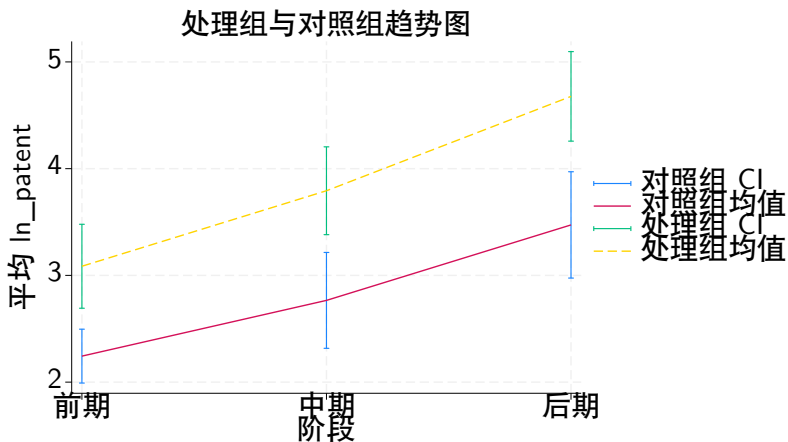
# 平行趋势检验 (事件研究法)



处理期前交互项系数整体不显著 (联合检验  $p$  值大), 支持平行趋势假设。



# 处理组 vs 对照组趋势



两组在处理期前呈现平行趋势，处理期后分化，支持 DID 识别策略。



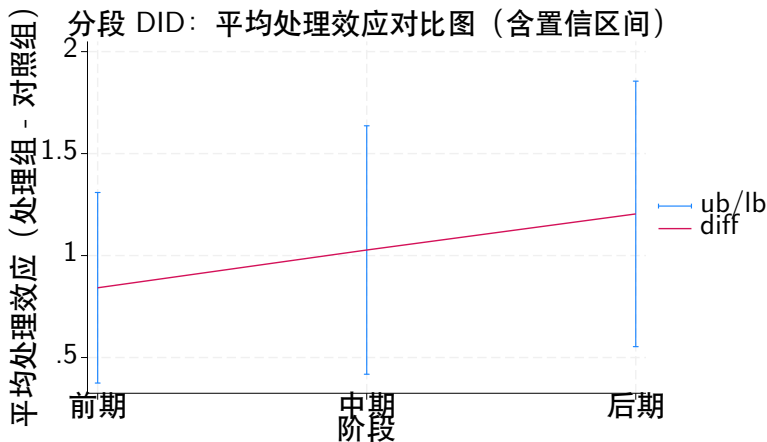
表: 网络中心性对创新的动态影响

	(1) 分段 DID	(2) 事件研究法
PageRank	165.84 (129.15)	
供应链集中度 × PageRank	-4.1714 (4.5096)	
Treat × Mid	0.5847 (0.3855)	
Treat × Post	<b>1.3091***</b> (0.4742)	
$k = 2$ (事件研究显著期)		2.3710*** (0.7146)
控制变量	是	是
企业固定效应	是	是
年份固定效应	是	是
观测值	420	231
$R^2$	0.853	0.887

注: 稳健标准误。\*\*\*  $p < 0.01$ 。事件研究仅展示显著期, 基准期为  $k = -1$ 。



# 分段 DID：平均处理效应对比



中期效应不显著，后期效应显著为正，说明集中度的抑制效应具有动态累积特征。



# 为什么"中期不显著、后期显著" ?

- 供应链集中度的上升是一个 **渐进过程**

## 中期阶段:

- 交易关系与合作结构仍处于调整期
- 网络中心性的信息优势尚未完成向创新资源配置的转化
- 创新收益分配结构开始调整, 但尚不显著

## 后期阶段:

- 交易依赖与资源锁定效应逐步强化
- 知识来源同质化、创新路径锁定加剧
- 网络中心性创新效应被系统性削弱
- 产业链治理结构固化, 分配格局变化凸显

**集中度冲击具有明显的动态累积效应, 不能以单期平均效应评判**



## 1 研究背景与设计

## 2 回归结果

- 描述性统计与基准回归
- 异质性分析与机制检验
- 供应链集中度的动态影响：DID 证据

## 3 扩展分析：链路预测

## 4 结论与启示



# 为什么引入链路预测？

- 前文分析基于 **既有产业链网络结构**
- 关键问题：
  - ▶ 网络中心性只是"结果性指标"吗？
  - ▶ 还是能够反映产业链的 **内生演化机制**？

## 核心思想：

- 如果网络中心性能够预测 **未来** 供应链关系的形成
- 则说明其刻画的是一种稳定的结构优势，而非偶然相关

## 样本构造：

- 训练集：2007–2018 年网络拓扑
- 正样本：2019 年后首次出现的新增边
- 负样本：同窗口内随机未连接节点对（1:1 比例）



# 链路预测结果（分类比较）

表: 按方法类别分组的链路预测结果

类别	方法	AUC	P@10	P@20	P@50	P@100
经典拓扑	Preferential Attachment	<b>0.726</b>	1.00	1.00	0.94	0.89
	PageRank	0.670	1.00	0.95	0.76	0.77
	Katz	0.661	1.00	1.00	0.96	<b>0.95</b>
	Common Neighbors	0.518	0.90	0.75	0.30	0.15
嵌入方法	Node2Vec	0.610	0.90	0.95	0.86	0.84
深度学习	GraphSAGE	0.623	1.00	0.95	0.94	0.89
	GCN	0.589	1.00	1.00	0.98	0.88

注: AUC 越高越好; P@K 为前 K 条预测中的精确率。

偏好连接表现最优, 显示"富者越富"的中心化演化特征



# 链路预测的经济学解释

- 产业链关系的形成并非随机
- 明显呈现"富者越富"的 **中心化演化**

## 含义一：网络中心性具有持续结构优势

- 网络中心性不仅描述当前结构
- 还反映企业 **吸引未来合作关系的能力**
- 与主回归中 PageRank 对创新的正向影响高度一致

## 含义二：解释集中度调节效应的动态视角

- 当供应链集中度持续上升
- 新增关系进一步向少数中心企业聚集
- 信息多样性与创新空间被结构性压缩
- 为"供应链集中度削弱网络中心性创新效应"提供动态结构证据



## 1 研究背景与设计

## 2 回归结果

- 描述性统计与基准回归
- 异质性分析与机制检验
- 供应链集中度的动态影响：DID 证据

## 3 扩展分析：链路预测

## 4 结论与启示



- 1 网络中心性显著提升企业创新产出与效率**
  - ▶ PageRank 指数在多数回归中均显著为正（命题 H1 成立）
- 2 供应链集中度显著负向调节网络中心性的创新效应**
  - ▶ 低集中度组：网络优势充分发挥；高集中度组：网络优势甚至转负（命题 H2 成立）
- 3 该调节效应在高复杂度创新中更强**
  - ▶ 发明专利中交互项更显著；实用新型不显著（命题 H3 成立）
- 4 集中度的抑制具有动态累积效应**
  - ▶ 分段 DID 显示中期不显著、后期显著
- 5 产业链演化呈“富者越富”，链路预测验证网络中心性的持续结构意义**



## 1 防止“链主锁定”，防范供应链结构过度集中

- ▶ 鼓励多元化、开放式的上下游合作网络
- ▶ 搭建跨行业、跨区域产业协作平台

## 2 将网络区位与供应链结构纳入协同考量框架

- ▶ 网络中心企业应同步优化供应链布局
- ▶ 弱化对单一交易伙伴的过度依赖

## 3 以结构优化撬动创新效率提升

- ▶ 多元化交易关系  $\Rightarrow$  更高创新转化效率
- ▶ 尤其针对发明专利等高端创新目标

**企业在供应链网络中的位置与供应链结构共同决定创新绩效水平**

# 感谢垂听！

欢迎批评指正