

附录一：内生性分析

AI 试验区作为一项重要的国家政策，其选取不是完全随机的。申请的城市需满足一系列 AI 产业的量化指标，AI 突破式创新能力强的城市更有可能建设 AI 试验区，因此解释变量和被解释变量间可能存在反向因果问题。此外，科技创新是一项复杂的系统性工程，城市的 AI 突破式创新水平可能还存在其他遗漏的影响因素，造成内生性问题。因此，本文采取以下方法检验或缓解内生性问题：

（一）Logit 模型检验

本文基于 2015-2018 年（首个 AI 试验区设立前）的样本数据，将城市是否是处理组的虚拟变量 *Treat* 作为被解释变量，AI 突破式创新强度 *AI_PR* 作为解释变量，加入与基准回归相同的控制变量，使用 Logit 模型进行检验。估计结果见附表 1 列(1)所示，*AI_PR* 的估计系数不显著，说明在控制了其他相关影响因素后，对照组和处理组的样本在事前的 AI 突破式创新强度上并未体现出系统性差异。

（二）核心解释变量滞后处理

为缓解内生性问题，且考虑到专利公开日通常为专利申请后 18 个月，本文将基准回归的核心解释变量分别滞后一期和两期处理后再进行回归，结果见附表 1 列(2)(3)所示。核心解释变量的估计系数均显著为正，与基准回归保持一致。

（三）工具变量法

为进一步缓解内生性问题，参考徐明等（2025）的做法，本文选取 2009-2011 年各城市高等院校在校生人数均值作为工具变量。相关性方面，高等院校在校生数量能反映城市潜在的高端人才供给规模，AI 突破式创新需要高水平专业人才的支持，因此 AI 试验区试点政策更有可能选定在高等院校在校生人数多的城市；外生性方面，高等院校的选址和规模主要由当地历史上的教育规划等宏观因素决定，不会受未来的政策试点和创新活动的影响；且 2009-2011 年的高等教育在校生人数均值是 AI 试验区设立十年前的数据，AI 行业迭代迅速，十年前的学生已不再是突破式创新前沿的主力军，因此不能直接影响未来的 AI 突破式创新水平。由于本文所选样本为面板数据，仅使用 2009-2011 年均值的截面数据无法度量固定效应模型，故借鉴 Nunn and Qian（2014）的方法，将固定值与随时间变化的变量相乘，构建面板工具变量。本文分别选用上一年邻近城市“AI 发展目标”提及率^①（徐现祥等，2025）和上一年全国互联网用户数（黄群慧等，2019），作为时变工具变量，与 2009-2011 年在在校生人数均值相乘，构建工具变量 *IV1* 和 *IV2*。邻近城市提出“AI 发展目标”，会促使本城市重视 AI 产业发展，进而在申报 AI 试验区时的占据优势，满足相关性要求；在中国“条块式”政府结构下，本城市的 AI 突破式创新不会受到邻近城市的直接影响，满足外生性要求。而全国互联网用户数作为全国性的行业冲击，不会影响工具变量的相关性和外生性要求。附表 1 列(4)和列(6)分别展示了第一阶段的结果，工具变量 *IV1* 和 *IV2* 对政策实施变量 *DID* 的估计系数均显著为正，表明满足相关性假设；一阶段 KPF 统计量分别为 30.079 和 19.540 大于 Stock-Yogo 在 10%水平的临界值，KPLM 统计量均在 1%水平上显著，表明两个工具变量都不存在弱工具变量问题。附表 1 列(5)和列(7)展示了第二阶段的回归结果，核心解释变量的估计系数均显著为正，说明控制内生性问题后，AI 试验区对当地 AI 突破式创新的促进作用依然有效。

附表 1 内生性分析

变量	<i>Treat</i>	<i>AI_PR</i>	<i>AI_PR</i>	<i>DID</i>	<i>AI_PR</i>	<i>DID</i>	<i>AI_PR</i>
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
<i>AI_PR</i>	-5.885 (9.180)						

① 本文通过识别城市政府工作报告额工作部署部分是否提及 AI 相关的关键词，来判定该城市是否提出“AI 发展目标”。邻近城市“AI 发展目标”提及率等于邻近城市中提出“AI 发展目标”的城市数量除以邻近城市总数。

<i>DID_L1</i>		0.082*** (0.024)					
<i>DID_L2</i>			0.062*** (0.017)				
<i>DID</i>					0.197*** (0.059)		0.268*** (0.092)
<i>IV1</i>				0.011*** (0.002)			
<i>IV2</i>						0.003*** (0.001)	
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES	YES
年份固定效应	NO	YES	YES	YES	YES	YES	YES
城市固定效应	NO	YES	YES	YES	YES	YES	YES
KP LM-statistic				10.273*** [0.001]		9.268*** [0.002]	
KP F-statistic				30.079		19.540	
观测数	1220	2745	2440	2750	2750	2750	2750
R ²	0.737	0.639	0.603	0.728	0.535	0.754	0.368

注：中括号[]内是 p 值。

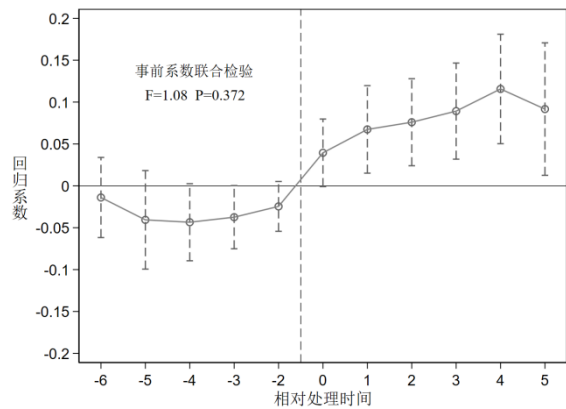
附录二：稳健性检验

（一）平行趋势分析

本文为处理组各城市设定政策实施的相对时间值虚拟变量，基于事件研究法构建（2）式进行平行趋势检验：

$$AI_PR_{it} = \beta_0 + \sum_{n=-6}^5 \beta_n DID_{i,t+n} + \sum \beta_k X_{it}^k + \alpha_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \tag{1}$$

（2）式中： $DID_{i,t+n}$ 表示*i*城市在建设 AI 试验区前/后*n*年的虚拟变量，采用完全展开的动态设定，*n*的取值范围为-6 至 5 的整数，其他变量与（1）式相同。本文以政策实施前一期为基期，检验结果如附图 1 所示，AI 试验区设立前 6 年的估计系数的 95%置信区间均包含零值，且事前联合显著性检验不显著（p 值为 0.372），说明事前处理组和对照组的 AI 突破式创新强度没有显著差异，符合平行趋势要求。政策设立后的估计系数均显著为正，且事后联合显著性检验显著（p 值为 0.003），表明 AI 试验区政策对当地 AI 突破式创新产生了持续的正向影响。



附图 1 平行趋势检验

（二）替换被解释变量

本文计算了 77 个 AI 关键核心技术 IPC 号的加权重中心性^①、中介中心性^②、接近中心性^③，替换 PageRank 值计算城市的 AI 突破式创新强度，重新进行回归分析。附表 2 列(1)展示了用 AI 关键核心技术专利数衡量的突破式创新强度作为被解释变量的回归结果，附表 2 列(2)-(4)分别展示了用加权重中心性、中介中心性、接近中心性计算的 AI 突破式创新强度作为被解释变量的回归结果。核心解释变量系数均显著为正，说明本文核心研究结论稳健。

（三）技术领域层面的回归

参考沈坤荣和林剑威（2025）的做法，本文将核心被解释变量 AI_PR_{it} 拓展为 AI_PR_{itm} ，用以表示 i 城市 t 年 m 领域的 AI 突破式创新强度。由于 IPC 分类号在大类以上的层面所用的知识信息才有明显差别，本文分别使用 IPC 专利号的部和大类作为分类依据，构建拓展至技术领域层面后的 AI 突破式创新强度 AI_PR_E1 和 AI_PR_E2 作为被解释变量，回归结果如附表 2 列(5)和列(6)所示。核心解释变量的估计系数显著为正，说明拓展样本至技术领域层面后，本文的研究结果依旧稳健。

附表 2 稳健性检验 1

变量	AI_N	AI_D	AI_B	AI_C	AI_PR_E1	AI_PR_E2
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
DID	0.230*** (0.070)	0.123*** (0.038)	0.179*** (0.055)	0.087*** (0.027)	0.087** (0.042)	0.031** (0.015)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES
年份固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES
城市固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES
观测数	3050	3050	3050	3050	15250	42700
R^2	0.663	0.621	0.653	0.599	0.070	0.026

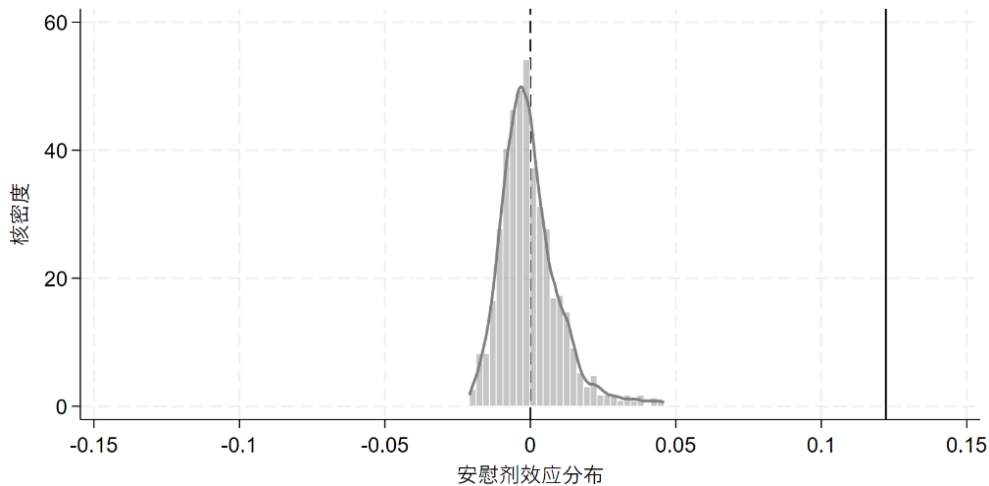
（四）安慰剂检验

由于现实中可能存在其他不可观测的冲击与 AI 试验区政策相叠加，共同促进当地 AI 突破式创新。本文参照陈强等（2025）的做法，进行混合安慰剂检验，随机生成 DID 模拟解释变量，根据模拟解释变量重新进行估计，重复 1000 次。安慰剂检验结果如附图 2 所示，模拟解释变量的估计系数紧密分布于零值两侧，且远小于基准回归的真实值，表明本文的基准回归结果通过了安慰剂检验。

① 衡量 IPC 号节点的直接连接活跃度。计算公式为 $C_D(u) = \sum_{v \in L_u} w_{uv}$ 。

② 衡量 IPC 号节点的“桥梁”作用和控制能力。计算公式为 $C_B(u) = \sum_{u \neq v \neq s \in V} \frac{\sigma_{vs}(u)}{\sigma_{vs}}$ ， V 表示所有节点的集合， σ_{vs} 表示节点 v 和节点 s 之间所有加权最短路径的数量， $\sigma_{vs}(u)$ 表示节点 v 和节点 s 之间经过节点 u 的所有加权最短路径的数量，节点间距离取连边权重的倒数。

③ 衡量 IPC 号节点在专利网络中的传播效率和速度。计算公式为 $C_C(u) = \frac{1}{\sum_{u \neq v \in V} d_m(u,v)}$ ， $d_m(u,v)$ 表示节点 u 和节点 v 之间的最小距离。



附图 2 安慰剂检验

（五）排除其他政策和新冠疫情的干扰

在本文的样本考察期内，国家自主创新示范区（2009-2022 年）、国家知识产权示范城市（2012-2019 年）、国家级大数据综合试验区（2016 年）、国家人工智能创新应用先导区（2019-2024 年）^①政策可能对当地的 AI 突破式创新产生影响。另外，AI 试验区的设立时间集中于 2019-2021 年，可能受到新冠疫情的冲击。为进一步排除其他政策或冲击的干扰，本文分别将四项政策实施的虚拟变量和新冠疫情虚拟变量^②依次纳入基准回归方程，结果如附表 4 列(1)-(5)所示，核心解释变量系数显著为正。进一步，附表 4 列(6)展示了将四项政策虚拟变量和新冠疫情虚拟变量同时纳入基准回归方程的估计结果，核心解释变量系数相对基准回归结果略微减小，但仍显著为正，本文的估计结果稳健。

附表 3

稳健性检验 2

变量	AI_PR					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>DID</i>	0.122*** (0.038)	0.122*** (0.038)	0.122*** (0.038)	0.095*** (0.026)	0.122*** (0.038)	0.094*** (0.026)
<i>Policy_1</i>	-0.015** (0.007)					-0.014** (0.007)
<i>Policy_2</i>		0.002 (0.014)				0.003 (0.012)
<i>Policy_3</i>			0.007 (0.007)			0.005 (0.006)
<i>Policy_4</i>				0.112** (0.045)		0.111** (0.045)
<i>Pandemic</i>					-0.032*** (0.012)	-0.031*** (0.011)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES
年份固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES
城市固定效应	YES	YES	YES	YES	YES	YES
观测数	3050	3050	3050	3050	3050	3050
R ²	0.624	0.621	0.622	0.666	0.621	0.669

（六）加入时间趋势项

为部分吸收样本自身的特定增长轨迹，降低由趋势异质性引发的估计偏误，本文分别在基准回归方程中加入省份-时间趋势项和城市-时间趋势项，结果如附表 4 列(1)和列(2)所示，核心解释变量的估计系数仍显著为正，本文的估计结果稳健。

① 括号内均为各政策试点设立的时间跨度。

② 参考韩卫辉等（2024）的做法，本文将 2020-2022 年各城市的新冠疫情虚拟变量设置为 1，否则设置为 0。

（七）剔除非地级市的地级行政区和直辖市

本文选用的样本数相较于既有研究中地级市层面的样本数据观测值而言稍多，因此本文依次删去非地级市的地级行政区和直辖市的样本，基准回归方程的估计结果如附表 4 列(3)和列(4)所示，估计系数仍显著为正，本文的估计结果稳健。

附表 4 稳健性检验 3

变量	AI_PR			
	(1)	(2)	(3)	(4)
DID	0.097*** (0.028)	0.058** (0.026)	0.121*** (0.038)	0.105*** (0.031)
控制变量	YES	YES	YES	YES
年份固定效应	YES	YES	YES	YES
城市固定效应	YES	YES	YES	YES
省份-时间趋势项	YES	NO	NO	NO
城市-时间趋势项	NO	YES	NO	NO
观测数	3050	3050	2850	2810
R ²	0.706	0.901	0.623	0.659

附录三：门槛效应检验结果

本文以要素投入自身为门槛变量，门槛效应检验结果如附表 5 前两行所示，资本和人才投入的门槛值 τ 分别为 0.096 和 0.038，均在 1%水平上显著。本文以资本存量为解释变量，以人才投入为门槛变量；再以人才投入为解释变量，以资本存量为门槛变量。门槛效应检验结果如附表 5 后两行所示，门槛值分别为 0.061 和 0.096，均在 1%水平上显著。

附表 5 门槛效应检验

Input	TH	门槛值	F值	P值	10%临界值	5%临界值	1%临界值
K	K	0.096	390.50	0.000	36.726	44.566	72.027
L	L	0.038	98.69	0.000	13.811	15.986	25.579
K	L	0.061	819.02	0.000	20.624	30.596	62.116
L	K	0.096	259.54	0.000	33.554	57.357	115.453

附录四：政策背景

新型举国体制的核心在于融合政府统筹和市场机制，突出企业在技术创新中的主体地位，强化产学研用协同攻关能力，以发挥社会主义制度的显著优势，集中力量突破关键核心技术。为抢抓 AI 这一重大历史机遇，我国自 2015 年起便开始系统布局 AI 顶层设计。在国家战略指引下，科技部于 2019 年 8 月正式发布《国家新一代人工智能创新发展试验区建设工作指引》（以下简称《工作指引》），标志着 AI 试验区建设从概念构想进入制度实践阶段。根据《工作指引》，到 2023 年需在全国布局建设“20 个左右”试验区，形成一批 AI 与经济社会发展深度融合的典型模式，打造具有重大引领带动作用的人工智能高地。

目前，科技部已批复设立 18 个 AI 试验区，地方行政主体涵盖 4 个直辖市、13 个地级市和 1 个县。AI 试验区政策构建了“四位一体”的任务框架，形成技术研发、制度创新、社会实验、基础设施建设的协同推进机制，本质上是“集中力量办大事”的新型举国体制在 AI 领域的具体制度呈现。它通过政府与市场的协同机制，整合国家战略与市场活力，是应对该领域高度复杂性和激烈竞争性的关键制度设计。

附表 6 国家新一代人工智能创新发展试验区的设立信息汇总

序号	AI试验区名称	获批时间	批复文件	地方主体行政级别	地理区划
1	北京国家新一代人工智能创新发展试验区	2019年2月	国科函规[2019]27号	省级	东部
2	上海国家新一代人工智能	2019年5月	国科函规	省级	东部

	创新发展试验区		[2019]80号		
3	天津国家新一代人工智能创新发展试验区	2019年10月	国科函规 [2019]182号	省级	东部
4	深圳国家新一代人工智能创新发展试验区	2019年10月	国科函规 [2019]183号	副省级	东部
5	杭州国家新一代人工智能创新发展试验区	2019年10月	国科函规 [2019]184号	副省级	东部
6	合肥国家新一代人工智能创新发展试验区	2019年10月	国科函规 [2019]185号	地级	中部
7	德清县国家新一代人工智能创新发展试验区	2019年11月	国科函规 [2019]194号	县级	东部
8	重庆国家新一代人工智能创新发展试验区	2020年1月	国科函规 [2020]12号	省级	西部
9	成都国家新一代人工智能创新发展试验区	2020年1月	国科函规 [2020]13号	副省级	西部
10	西安国家新一代人工智能创新发展试验区	2020年1月	国科函规 [2020]14号	副省级	西部
11	济南国家新一代人工智能创新发展试验区	2020年1月	国科函规 [2020]15号	副省级	东部
12	广州国家新一代人工智能创新发展试验区	2020年9月	国科函规 [2020]171号	副省级	东部
13	武汉国家新一代人工智能创新发展试验区	2020年9月	国科函规 [2020]172号	副省级	中部
14	苏州国家新一代人工智能创新发展试验区	2021年3月	国科函规 [2021]63号	地级	东部
15	长沙国家新一代人工智能创新发展试验区	2021年3月	国科函规 [2021]64号	地级	中部
16	沈阳国家新一代人工智能创新发展试验区	2021年11月	国科函规 [2021]256号	副省级	东北
17	哈尔滨国家新一代人工智能创新发展试验区	2021年11月	国科函规 [2021]257号	副省级	东北
18	郑州国家新一代人工智能创新发展试验区	2021年11月	国科函规 [2021]258号	地级	中部

参考文献:

- 陈强、齐霁、颜冠鹏, 2025: 《双重差分法的安慰剂检验: 一个实践的指南》, 《管理世界》第 2 期。
- 韩卫辉、张天硕、曲如晓, 2024: 《数字化与对外直接投资新优势——基于我国 A 股上市工业企业的分析》, 《统计研究》第 2 期。
- 黄群慧、余泳泽、张松林, 2019: 《互联网发展与制造业生产率提升: 内在机制与中国经验》, 《中国工业经济》第 8 期。
- 沈坤荣、林剑威, 2025: 《链“岛”成“陆”: 公共数据开放的技术创新效应研究》, 《管理世界》第 2 期。
- 徐明、陈斯洁、于静涛, 2025: 《科技创新政策、研发投入与关键核心技术攻坚》, 《中国工业经济》第 9 期。
- 徐现祥、李粤麟、陈希路, 2025: 《营商环境的决定因素——基于政务服务能力的视角》, 《经济学(季刊)》第 2 期。
- Borusyak, K., X. Jaravel, and J. Spiess, 2024. “Revisiting Event-Study Designs: Robust and Efficient Estimation.” *Review of Economic Studies* 91(6): 3253-3285.
- Callaway, B., P. H. C. Sant’Anna, 2021. “Difference-in-Differences with Multiple Time Periods.” *Journal of Econometrics* 225(2): 200-230.
- De Chaisemartin, C., and X. D’Haultfoeuille, 2020. “Two-Way Fixed Effects Estimators with Heterogeneous Treatment Effects.” *American Economic Review* 110(9): 2964-2996.
- Goodman-Bacon, A., 2021. “Difference-in-differences with Variation in Treatment Timing.” *Journal of Econometrics* 225(2): 254-277.
- Nunn, N., and N. Qian, 2014. “US Food Aid and Civil Conflict.” *American Economic Review* 104(6): 1630-1666.
- Sun, L., and S. Abraham, 2021. “Estimating Dynamic Treatment Effects in Event Studies with Heterogeneous Treatment Effects.” *Journal of Econometrics*, 225(2): 175-199.