

《政府数字化转型与企业脱虚返实》附录

附录1 模型求解过程

（一）实体投资最大利润求解

企业用于购买中间品的总资金为 $[\xi_t D_t(w_0) + w_1]$ ；用于购买其他生产要素投入的总资金为 $[\xi_c D_c(w_0) + w_2]$ 。其中， w_1 和 w_2 来自企业的初始财富 w_0 。给定中间品和其他生产要素投入的价格，可以得到 $q_m = [\xi_t D_t(w_0) + w_1]/p_m$ 和 $q_o = [\xi_c D_c(w_0) + w_2]/p_o$ 。因此，成本函数可以直接表示为 $[w_1 + w_2 + \xi_t D_t(w_0) + \xi_c D_c(w_0)]$ 。考虑以下情形，企业用于实体投资的自有财富为 w_p ，即 $w_p = w_1 + w_2$ 。此时，企业面对的问题是，如何在中间品和其他生产要素投入之间配置自有财富 w_p 以实现利润最大化。根据设定，企业的生产函数为经典的 Cobb-Douglas 生产函数，利润最大化时， $[\xi_c D_c(w_0) + w_2] = [\xi_t D_t(w_0) + w_1]$ 。此时，企业用于实体投资的自有财富 w_p 在生产过程中的配置结构为 $w_1 = 0.5[\xi_c D_c(w_0) + w_p - \xi_t D_t(w_0)]$ 和 $w_2 = 0.5[\xi_t D_t(w_0) + w_p - \xi_c D_c(w_0)]$ 。将上述结果代入正文式（1）中，即可求出最大利润。

（二）投资组合最优化问题求解

1. 关于式（9）和式（10）的推导

首先将企业的实体投资收益（式（3））和金融投资收益（式（4））代入期末财富净值表达式中（式（8）），得到：

$$w_e = [w_0 - \delta(w_p) - r_c \xi_c D_c(w_0) - r_t \xi_t D_t(w_0)] + [H\pi_{max}(w_p) + r_f w_f] \quad (A1)$$

在式（A1）中， $\delta(w_p)$ 表示 $\delta[w_p + \xi_t D_t(w_0) + \xi_c D_c(w_0)]$ ， $[w_0 - \delta(w_p) - r_c \xi_c D_c(w_0) - r_t \xi_t D_t(w_0)]$ 为财富的非随机部分， $[H\pi_{max}(w_p) + r_f w_f]$ 为随机部分。为简化表达式，将非随机部分记作 $\Delta(w_p)$ 。基于此，根据正态分布的可加性，即可求得 w_e 所服从正态分布的均值和方差参数。

2. 利用拉格朗日乘数法求解最优化问题

最优化问题（式（7'））对应的拉格朗日函数为：

$$L = \mu - \gamma \sigma^2 / 2 - \lambda(w_p + w_f - w_0) \quad (A2)$$

首先，写出上式中 μ 的具体形式：

$$\begin{aligned} \mu &= \pi_{max}(w_p)\mu_h + w_f\mu_f + \Delta(w_p) \\ &= \pi_{max}(w_p)\mu_h + w_f\mu_f + w_0 - \delta(w_p) - r_c \xi_c D_c(w_0) - r_t \xi_t D_t(w_0) \\ &= \frac{(\theta p_e - 2p_m^{1/2} p_o^{1/2})\mu_h}{2p_m^{1/2} p_o^{1/2}} [\xi_t D_t(w_0) + \xi_c D_c(w_0) + w_p] + w_f\mu_f \\ &\quad + w_0 - \delta(w_p) - r_c \xi_c D_c(w_0) - r_t \xi_t D_t(w_0) \end{aligned} \quad (A3)$$

其中， $\delta(w_p)$ 表示 $\delta[w_p + \xi_t D_t(w_0) + \xi_c D_c(w_0)]$ 。

将 μ 分别对 w_p 和 w_f 求偏导数：

$$\frac{\partial \mu}{\partial w_p} = \frac{(\theta p_e - 2p_m^{1/2} p_o^{1/2})\mu_h}{2p_m^{1/2} p_o^{1/2}} - \delta \quad (A4)$$

$$\frac{\partial \mu}{\partial w_f} = \mu_f \quad (A5)$$

接着，写出 σ^2 的具体形式：

$$\sigma^2 = [\pi_{max}(w_p)]^2 \sigma_h^2 + w_f^2 \sigma_f^2 \quad (A6)$$

$$\begin{aligned}
&= \left[\frac{\theta p_e - 2p_m^{1/2} p_o^{1/2}}{2p_m^{1/2} p_o^{1/2}} [\xi_t D_t(w_0) + \xi_c D_c(w_0) + w_p] \right]^2 \sigma_h^2 + w_f^2 \sigma_f^2 \\
&= \left[\frac{\theta p_e - 2p_m^{1/2} p_o^{1/2}}{2p_m^{1/2} p_o^{1/2}} \right]^2 [\xi_t D_t(w_0) + \xi_c D_c(w_0) + w_p]^2 \sigma_h^2 + w_f^2 \sigma_f^2
\end{aligned}$$

将 σ^2 分别对 w_p 和 w_f 求偏导数:

$$\frac{\partial \sigma^2}{\partial w_p} = 2 \left[\frac{\theta p_e - 2p_m^{1/2} p_o^{1/2}}{2p_m^{1/2} p_o^{1/2}} \right]^2 [\xi_t D_t(w_0) + \xi_c D_c(w_0) + w_p] \sigma_h^2 \quad (\text{A7})$$

$$\frac{\partial \sigma^2}{\partial w_f} = 2w_f \sigma_f^2 \quad (\text{A8})$$

则拉格朗日函数的一阶条件为:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial L}{\partial w_p} &= \frac{\partial \mu}{\partial w_p} - \frac{\gamma}{2} \frac{\partial \sigma^2}{\partial w_p} - \lambda = \frac{(\theta p_e - 2p_m^{1/2} p_o^{1/2}) \mu_h}{2p_m^{1/2} p_o^{1/2}} - \delta \\
&- \gamma \left[\frac{\theta p_e - 2p_m^{1/2} p_o^{1/2}}{2p_m^{1/2} p_o^{1/2}} \right]^2 [\xi_t D_t(w_0) + \xi_c D_c(w_0) + w_p] \sigma_h^2 - \lambda = 0
\end{aligned} \quad (\text{A9})$$

$$\frac{\partial L}{\partial w_f} = \mu_f - \gamma \sigma_f^2 w_f - \lambda = 0 \quad (\text{A10})$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = -(w_p + w_f - w_0) = 0 \quad (\text{A11})$$

解得:

$$w_p + \xi_t D_t(w_0) + \xi_c D_c(w_0) = \frac{(\mu_p - \mu_f) - \delta + \gamma \sigma_f^2 [w_0 + \xi_t D_t(w_0) + \xi_c D_c(w_0)]}{\gamma \sigma_p^2 + \gamma \sigma_f^2} \quad (\text{A12})$$

$$w_f = \frac{-(\mu_p - \mu_f) + \delta + \gamma \sigma_p^2 [w_0 + \xi_t D_t(w_0) + \xi_c D_c(w_0)]}{\gamma \sigma_p^2 + \gamma \sigma_f^2} \quad (\text{A13})$$

其中, μ_p 和 σ_p^2 分别为调整后的实体投资的预期收益水平与风险, 具体为:

$$\mu_p = \frac{(\theta p_e - 2p_m^{1/2} p_o^{1/2}) \mu_h}{2p_m^{1/2} p_o^{1/2}} \quad (\text{A14})$$

$$\sigma_p^2 = \sigma_h^2 \left[\frac{\theta p_e - 2p_m^{1/2} p_o^{1/2}}{2p_m^{1/2} p_o^{1/2}} \right]^2 \quad (\text{A15})$$

附录 2 变量定义及描述性统计

附表 1 变量定义及描述性统计

变量名	变量定义	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
企业总投资	实体投资金额与金融投资金额之和(对数)	17165	11.89	1.59	6.69	16.34
企业实体投资	实体投资金额(对数)	17165	11.55	1.67	6.69	16.06
企业金融投资	金融投资金额(对数)	17165	9.10	3.30	0.00	14.95
企业实体投资占比	实体投资/实体投资与金融投资之和	17165	0.78	0.23	0.00	1.00
数字政府发展指数	数字政府发展水平的综合指数	17165	0.30	0.18	0.02	0.77
资产负债率	年末总负债/总资产	17165	0.43	0.20	0.06	0.97
总资产净利润率	年末净利润/年末总资产	17165	0.04	0.08	-0.34	0.23
管理层持股比例	董监高持股数量/总股数	17165	0.39	0.28	0.01	0.99
股东持股比例	前五大股东持股数/总股数	17165	14.31	18.53	0.00	67.50
账面市值比	账面价值/总市值	17165	0.63	0.28	0.03	1.22
企业年龄	企业成立年数(对数)	17165	3.02	0.28	2.20	3.58
营业收入增长率	本年营业收入/上一年营业收入-1	17165	0.16	0.40	-0.65	2.53
现金流比率	经营活动现金流净额/总资产	17165	0.05	0.07	-0.17	0.25
金融发展水平	年末金融机构人民币各项存款余额/地区生产总值	17165	2.44	1.12	0.81	5.31
固定资产投资	固定资产投资总额/年平均人口	17165	9.50	4.88	0.51	32.28
人均 GDP	城市人均生产总值(对数)	17165	11.58	0.45	10.26	12.22
财政支出规模	财政支出/年平均人口	17165	3.03	2.51	0.55	11.20
二产 GDP 占比	第二产业 GDP/城市 GDP 总额	17165	0.37	0.10	0.09	0.73
三产 GDP 占比	第三产业 GDP/城市 GDP 总额	17165	0.61	0.11	0.24	0.84
数字经济发展指数	城市数字经济发展水平的综合指数(孙伟增等, 2025)	17165	0.48	0.20	0.11	0.93
市场化指数	市场化指数	17165	10.28	1.56	4.75	12.86
市委书记性别	是否为女性的虚拟变量: 1=是, 0=否	17165	0.01	0.12	0.00	1.00
市长性别	是否为女性的虚拟变量: 1=是, 0=否	17165	0.04	0.20	0.00	1.00
市委书记任期	任期是否超过 5 年的虚拟变量: 1=是, 0=否	17165	0.05	0.22	0.00	1.00
市长任期	任期是否超过 5 年的虚拟变量: 1=是, 0=否	17165	0.07	0.25	0.00	1.00
市委书记籍贯	籍贯是否在本城市的虚拟变量: 1=是, 0=否	17165	0.03	0.17	0.00	1.00
市长籍贯	籍贯是否在本城市的虚拟变量: 1=是, 0=否	17165	0.07	0.25	0.00	1.00

附录3 稳健性检验

（一）剔除直辖市样本

考虑到四个直辖市（北京、天津、上海、重庆）在行政级别上要高于其他地级市，在政府数字化转型和支持企业投资方面可能与地级城市之间存在结构性差异，本文将四个直辖市剔除后对模型进行重新回归，结果如附表2所示。

附表2 稳健性检验：剔除直辖市

变量	企业总投资		实体投资		金融投资		实体投资占比	
	OLS	2SLS	OLS	2SLS	OLS	2SLS	OLS	2SLS
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
数字政府发展指数	0.0909*	0.5769*	0.1969***	1.0478***	-0.5377**	-4.9213**	0.0549***	0.2959***
	(1.9368)	(1.8891)	(4.6104)	(2.9815)	(-2.0777)	(-2.3929)	(3.2015)	(2.6362)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
地区×年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
样本量	13254	13254	13254	13254	13254	13254	13254	13254
R ²	0.9666		0.9683		0.7798		0.8043	

注：*、**和***分别表示10%、5%和1%的显著性水平。括号内为聚类到城市层面的稳健标准误对应的t值。下表同。

（二）调整被解释变量

本文基准回归中直接考察了企业在实体投资和金融投资规模上的变化。为确保稳健性，本文进一步使用“实体投资与总资产之比”以及“金融投资与总资产之比”来衡量企业的实体投资和金融投资倾向，重新回归后的结果如附表3所示。

附表3 稳健性检验：替换被解释变量

变量	实体投资/总资产		金融投资/总资产	
	OLS	2SLS	OLS	2SLS
	(1)	(2)	(3)	(4)
数字政府发展指数	0.0216***	0.1112**	-0.0191**	-0.1047**
	(3.2026)	(2.2825)	(-2.4787)	(-1.9776)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
地区×年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes
样本量	16699	16699	16699	16699
R ²	0.9251		0.7544	

（三）调整解释变量

在基准回归中，本文从政务公开、公共服务和安全保障三个方面构建指标，较为全面地反映了数字政府的建设状况。然而，不同维度指标对企业投资决策的关联程度可能存在差异。为避免无关指标引入带来的度量偏误问题，本文从原有指标体系中筛选出与企业投资行为联系最为紧密的指标，重新构建指数用于稳健性检验。调整后的指数主要包括政策解读、集约化平台、留言办结、可全程网办事项、法人服务以及办事效率指标。这些指标均直接对应企业在投资决策和项目实施过程中所面临的核心外部投资环境，集中反映了企业在获取政策信息、办理投资相关事项、与政府部门互动以及推进实体项目落地过程中的操作条件。根据附表4的回归结果，在调整指标体系后，数字政府建设对企业投资结构偏向的影响整体与基准回归结果保持一致。其中，2SLS第一阶段中工具变量估计系数为0.0352（t值=2.84），F统计量为112.3，通过了弱工具变量检验。这在一定程度上说明，调整后的指标体系在增强作用机制针对性的同时，并未偏离原指数所反映的数字政府总体内涵，从而增强了本文实证结论的稳健性与可信度。

附表 4 稳健性检验：调整解释变量

变量	企业总投资		实体投资		金融投资		实体投资占比	
	OLS	2SLS	OLS	2SLS	OLS	2SLS	OLS	2SLS
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
数字政府发展指数	0.0914 (1.6295)	1.1568** (2.0157)	0.1742*** (3.1483)	1.7795** (2.4191)	-0.3433 (-1.2917)	-7.3072* (-1.9448)	0.0383* (1.7718)	0.4175** (2.0419)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
企业固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
地区×年份固定效应	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
样本量	16699	16699	16699	16699	16699	16699	16699	16699
R ²	0.9667		0.9667		0.7938		0.8148	

附录 4 分组分析

（一）企业分组分析

1. 企业所有制性质

本文采用交互项方式考察企业所有制层面的异质性，即在基准模型中引入“数字政府发展指数×国有企业”交互项，相关结果如附表 5 的 Panel A 所示。数字政府发展指数与国有企业虚拟变量的交互项系数在总投资和实体投资占比回归中均显著为负，表明相较于国有企业，数字政府建设在促进非国有企业扩大投资规模和脱虚返实方面的作用更强。原因可能在于，非国有企业的融资约束更大，对政策环境和信息透明度的依赖程度更高，因此数字政府建设在降低融资摩擦、减少不确定性和提升投资回报预期方面的改善，更容易转化为实体投资扩张与投资结构调整。

2. 企业规模

本文根据企业营业收入是否超过当年所在行业营业收入中位数将样本分成规模较大和规模较小两组（虞义华等，2018）。附表 5 的 Panel B 报告了该回归结果，数字政府建设对小规模企业的投资促进作用显著强于大规模企业。这一差异性结果的原因可能在于，小规模企业的实体投资项目通常规模较小、决策链条较短，对审批效率、流程透明度和制度变化更为敏感。数字政府建设通过政务流程数字化和跨部门协同，显著降低了投资项目从立项到实施过程中的时间成本和不确定性，使得小规模企业能够更快将治理改善转化为实际投资行动。相比之下，大规模企业的投资决策往往具有较强的计划刚性和内部协调成本，短期内对治理环境变化的反应相对滞后。

3. 战略性新兴产业

附表 5 的 Panel C 报告了数字政府发展指数与是否为战略性新兴产业企业虚拟变量的交互项回归结果。交互项的系数显著为正，表明相较于非战略性新兴产业企业，数字政府建设更能促进战略性新兴产业企业扩大投资规模，并推动其资产配置结构向实体投资倾斜。这是因为，战略性新兴产业往往面临更为复杂的项目落地流程和更高的制度协调成本，数字政府通过推进审批事项集成、流程标准化和跨部门协同，有助于降低项目在立项、报建和实施过程中的制度性摩擦，直接改善实体投资的落地条件。同时，该类企业对外部资金支持依赖程度较高，数字政府推动的信用信息整合与融资服务平台建设，有助于改善中长期实体投资的融资可得性。此外，战略性新兴产业投资对政策预期和市场前景高度敏感，数字政府通过提升政务信息公开和政策执行透明度，降低企业对外部环境的不确定性感知。

4. 企业数字化水平

借鉴孙伟增和郭冬梅（2021）的研究，本文基于企业数字化水平构建交互项，检验数字政府建设在不同数字化基础企业中的不同效应。附表 5 的 Panel D 的结果显示，相较于数字化水平较低的企业，数字化基础较好的企业在数字政府推进过程中，更容易将投资调整的方向明确地指向实体领域。这可能是因为，高水平的数字化能力构成了企业有效识别、解读并利用数字政府建设所释放数据要素的重要基础（黄先海等，2024），使企业能够更高效地整合公共数据、政务信息与自身经营数据，调整对市场需求、要素条件和项目可行性的判断，从而将外部信息优势转化为对实体投资回报的预期，进而促进企业实体投资。

附表 5 企业分组分析

变量	企业总投资		实体投资占比	
	OLS (1)	2SLS (2)	OLS (3)	2SLS (4)
Panel A: 所有制性质				
数字政府发展指数×国有企业	-0.5202*** (-3.2659)	-1.1256*** (-4.4293)	-0.1006*** (-3.0607)	-0.2637*** (-3.5095)
样本量	16699	16699	16699	16699
R ²	0.9669		0.8152	
Panel B: 企业规模				
数字政府发展指数×规模较大	-0.2928*** (-2.9698)	-0.8775*** (-4.6460)	-0.1892*** (-4.3993)	-0.3742*** (-5.1708)
样本量	16699	16699	16699	16699
R ²	0.9679		0.8167	
Panel C: 战略性新兴产业				
数字政府发展指数×战略性新兴产业	0.2591** (2.5495)	0.4095** (2.4895)	0.0185 (0.5357)	0.1895*** (3.1259)
样本量	16699	16699	16699	16699
R ²	0.9669		0.8149	
Panel D: 企业数字化水平				
数字政府发展指数×数字化水平高	0.1034 (1.2573)	0.4333** (2.4581)	0.0448*** (3.1843)	0.1242** (2.4254)
样本量	16699	16699	16699	16699
R ²	0.9668		0.8150	

（二）地区分组分析

1. 金融发展水平

参考何雨可等（2024），本文以金融机构贷款余额占 GDP 的比重衡量地区金融发展水平，并以样本期内该指标的中位数为界，将地区划分为金融发展水平较高与较低两类，在基准模型中引入“数字政府发展指数×金融发展水平较高”的交互项，考察数字政府影响效应的地区差异。附表 6 的 Panel A 显示，数字政府建设对企业投资规模的影响受地区金融发展水平的影响较小，但有助于推动企业提高实体投资配置比重、抑制金融资产配置倾向。这可能是因为，数字政府通过降低实体投资的制度性交易成本与不确定性，并改善实体投资的收益表现，在金融资源配置更为灵活的地区更容易引导企业将资金从金融领域重新配置至实体领域，从而表现出更为明显的投资结构调整效应。相比之下，在金融发展水平较低的地区，企业金融资产配置空间本身受限，数字政府建设所带来的边际作用难以充分发挥。

2. 市场化水平

本文采用王小鲁等编制的《中国分省份市场化指数报告（2021）》中的省级市场化指数衡量地区市场化水平，并根据样本中位数将地区划分为市场化水平较高和较低两组。附表 6 的 Panel B

报告了相应的估计结果。从回归结果看，在市场化程度较高的地区，数字政府建设不会显著放大企业总投资规模，但有助于推动企业提高实体投资配置比重。原因可能在于，在市场化程度较高的地区，政府职能边界清晰、制度执行具有较强的可预期性，数字政府推动的审批流程优化、信息公开和跨部门协同，更容易被企业内化为稳定的制度信号。在这一环境下，通过降低实体投资的制度性交易成本、缓释政策不确定性并改善实体投资的收益表现，更有效地引导企业在既定投资规模内调整资产配置结构，从而表现为实体投资占比的显著提升。

3. 数字基础设施

本文参考孙伟增等（2025）的做法对地区数字基础设施水平进行计算，并据此在模型中构造“数字政府发展指数×数字基础设施水平较高”的交互项，考察数字政府建设的差异性影响。附表 6 的 Panel C 汇报了相关回归结果。可以看到，在数字基础设施水平较高的地区，数字政府建设对企业总投资和实体投资占比均表现出更为显著的促进作用。这表明，数字政府建设对企业投资结构的影响在很大程度上依赖于地区数字基础设施的支撑。较高水平的数字基础设施为政务流程线上化、数据整合与平台协同提供了技术基础，使数字政府在降低实体投资制度性交易成本、缓解融资约束等方面的作用更易发挥；同时，也提升了政务信息公开与数据要素利用的有效性，有助于压缩企业对政策环境和投资回报的不确定预期，从风险与收益两端强化企业实体投资动机。

附表 6 地区分组分析

变量	企业总投资		实体投资占比	
	OLS (1)	2SLS (2)	OLS (3)	2SLS (4)
Panel A: 金融发展水平				
数字政府发展指数×水平高	-0.0389 (-0.7288)	0.0780 (0.4857)	0.0470** (2.4878)	0.1164** (1.9802)
样本量	16699	16699	16699	16699
R ²	0.9667		0.8152	
Panel B: 市场化水平				
数字政府发展指数×水平高	-0.0590 (-0.9170)	0.1474 (0.5703)	0.0635*** (4.0033)	0.2089** (2.2106)
样本量	16699	16699	16699	16699
R ²	0.9668		0.8150	
Panel C: 数字基础设施水平				
数字政府发展指数×水平高	-0.0323 (-0.5051)	0.7280* (1.8877)	0.0639*** (2.9392)	0.1848* (1.8657)
样本量	16699	16699	16699	16699
R ²	0.9667		0.8150	

参考文献

[1] 何雨可、牛耕、逯建和赵国昌，2024，《数字治理与城市创业活力——来自“信息惠民国家试点”政策的证据》，《数量经济技术经济研究》第 1 期，第 47~66 页。

[2] 黄先海、孙涌铭和陈梦涛，2024，《企业数字化转型与颠覆性技术创新——来自专利网络与 SBERT 模型的微观证据》，《中国工业经济》第 10 期，第 137~154 页。

[3] 孙伟增、司璐和吕越，2025，《数字经济发展、资本跨区域非对称流动与异地分类投资》，《经济研究》第 3 期，第 69~86 页。

[4] 孙伟增和郭冬梅，2021，《信息基础设施建设对企业劳动力需求的影响：需求规模、结构变化及影响路径》，《中国工业经济》第 11 期，第 78~96 页。

[5] 虞义华、赵奇锋和鞠晓生，2018，《发明家高管与企业创新》，《中国工业经济》第 3 期，第 136~154 页。