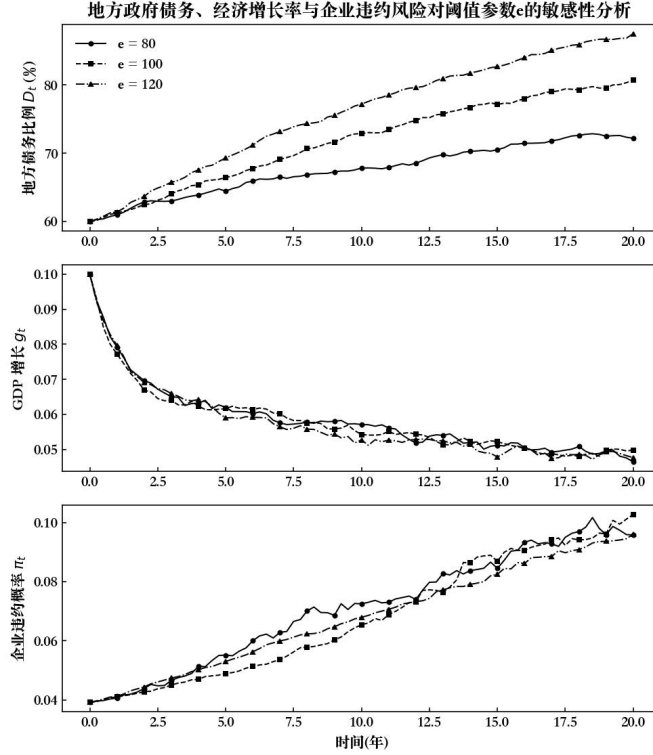


《地方政府债务、企业违约风险与金融市场稳定》附录

附录 1 地方政府债务、经济增长率与企业违约风险的关系



附图 1：地方政府债务、经济增长与企业违约概率的动态模拟结果

本文不对 e 作经验估计，数值模拟仅将债务率线性重标并取 $e=100$ ，同时报告 $e=80$ 、 $e=120$ ，结论依赖阈值结构而非特定取值。

附录 2 HJB 与最优反馈策略（规范性最优控制）

在上述状态转移方程基础上，考虑中央监管当局在有限期 T 内的规范性最优控制问题。为避免将受随机冲击驱动的状态变量与政策工具混同，本文将控制变量明确界定为政策行动强度 $u(t) = (u_D(t), u_R(t))'$ ，并将违约风险损失、债务水平成本、金融稳定偏离成本、监管强度偏离成本以及政策工具使用（调整）成本统一纳入贴现损失函数：

$$\min_{\{u_D(t), u_R(t)\}_{t \in [0, T]}} \mathbb{E}_0 \left[\int_0^T \left(\underbrace{\frac{e^{-\rho t}}{\rho}}_{\text{贴现因子 (时间偏好} > \text{社会贴现率)}} \underbrace{P_d(t)^2}_{\text{违约风险损失}} + \underbrace{\lambda_1 D_g(t)^2}_{\text{债务水平成本}} + \underbrace{\lambda_2 (S_m(t) - S_m^{target})^2}_{\text{金融稳定偏离成本}} + \underbrace{\lambda_3 (R_c(t) - R_c^{target})^2}_{\text{监管强度偏离成本}} + \underbrace{\frac{\psi_D}{2} u_D(t)^2 + \frac{\psi_R}{2} u_R(t)^2}_{\text{政策工具使用(调整)成本/边际调整成本}} \right) dt \right] \quad (1)$$

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 > 0$ 分别刻画债务水平成本、稳定偏离成本与监管强度偏离成本的权重； $\psi_D, \psi_R > 0$ 为政策工具使用（调整）成本系数，用于刻画政策行动的凸性调整成本与现实中的执行摩擦。令 $V(t, X)$ 为价值函数，则相应的 Hamilton-Jacobi-Bellman (HJB) 方程可写为：

$$\rho V(t, X) = \min_{u \in \mathcal{U}} \left\{ \underbrace{\ell(X, u)}_{\text{即时损失}} + \underbrace{V_t(t, X)}_{\text{价值函数的时间变化项}} + \underbrace{V_X(t, X)' \mu(X, u, t)}_{\text{漂移项对价值的边际贡献}} + \underbrace{\frac{1}{2} \text{tr} [\Sigma(X, t) \Sigma(X, t)' V_{XX}(t, X)]}_{\text{扩散项带来的二阶效应}} \right. \\ \left. + \underbrace{(V(t, X + J(X, t)) - V(t, X)) \nu}_{\text{跳跃项的期望修正 (跳幅 } J \text{ 和跳跃强度 } \nu)} \right\} \quad (2)$$

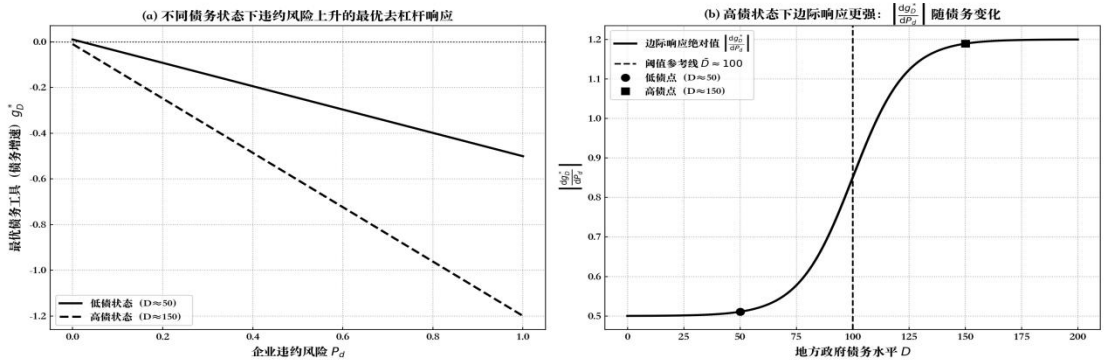
$\ell(X, u)$ 对应式(40)括号未贴现的当期损失（违约风险、债务成本、金融稳定偏离、监管偏离与工具调整成本之和）；贴现通过价值函数定义中的 $e^{-\rho(s-t)}$ 及 HJB 中的 ρV 项体现； ν 表示跳跃强度。最优政策呈连续线性反馈形式如下所示：

$$u^*(t) = -\frac{1}{2} \Psi^{-1} G' (2A(t)X(t) + B(t)), \Psi \equiv \begin{pmatrix} \psi_D & 0 \\ 0 & \psi_R \end{pmatrix}, G \equiv \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ b_D & 0 \\ 0 & b_R \end{pmatrix} \quad (3)$$

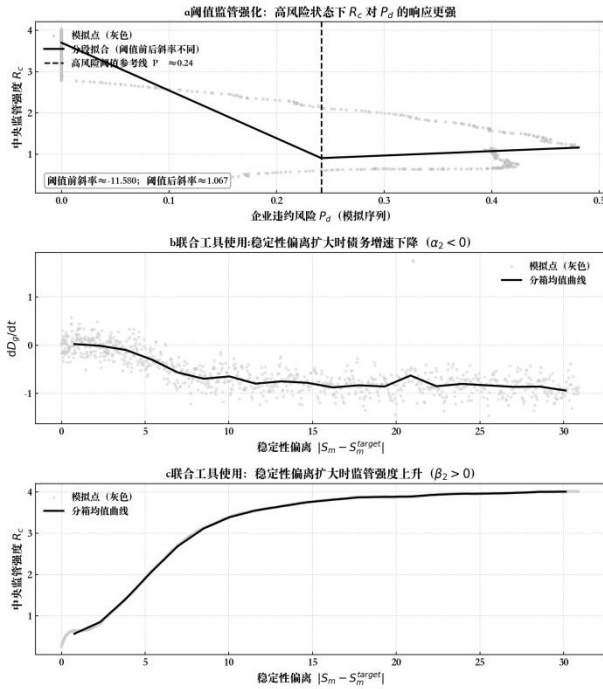
$A(t)$ 为对称矩阵， $B(t)$ 为线性项系数向量；矩阵 G 刻画政策工具对状态漂移的直接传导结构， Ψ 则度量政策工具使用的边际调整成本。政策行动通过漂移项进入状态方程，其对状态演化的直接传导结构由矩阵 G 刻画，而其使用的边际调整成本（工具摩擦）由 Ψ 度量。因此，最优行动强度 $u^*(t)$ 由影子价格项 $(2A(t)X(t) + B(t))$ 所驱动，并在 G 的传导约束与 Ψ 的成本约束下进行动态调整，将上式压缩表示为最优政策反应函数：

$$\begin{aligned} u_D^*(t) &= \alpha_0(t) + \alpha_P(t)P_d(t) + \alpha_S(t)(S_m(t) - S_m^{target}) + \dots, \\ u_R^*(t) &= \beta_0(t) + \beta_P(t)P_d(t) + \beta_S(t)(S_m(t) - S_m^{target}) + \dots \end{aligned} \quad (4)$$

附录 3 三个假说的数值模拟



附图 2 不同债务状态下最优债务工具对违约风险的响应与边际敏感性（对应假说 1）



附图3 监管阈值强化与稳定性偏离下的“减债—监管”联合政策（对应假说2和3）

附录4 地方政府债务-企业违约-金融稳定度的系统化模型

为系统刻画地方政府债务、企业违约与金融稳定度之间的动态交互机制，本文构建涵盖微观决策层、中观传导层与宏观调控层的三级耦合模型。微观层面聚焦企业杠杆调整（ L_f ）与企业融资额度（ I_f ），通过动态方程 $\frac{dL_f}{dt} = \phi_1(r_f - P_d)$ 揭示企业融资行为对违约风险（ P_d ）的敏感性；中观层面刻画地方政府债务（ D_g ）的时空扩散效应，整合违约风险的区域传导与监管政策（ R_c ）的抑制效应；宏观层面则以金融市场稳定性（ S_m ）为核心目标，分析多因子动态均衡。需要说明的是，下表给出的是包含时滞项与空间算子等机制的一般化结构；为保持规范求解的可操作性，本文在 HJB 解析推导部分采用不含时滞与空间扩散项的基准模型（相应取 $\tau_1 = \tau_2 = \tau = 0$ ，并忽略空间扩散算子），下文的函数与最优反馈解均基于该基准设定展开。该分层框架在政策作用上与前文 HJB 条件下得到的最优控制 $\{u_D^*(t), u_R^*(t)\}$ 保持一致，并在此基础上嵌入跨层级反馈关系：企业杠杆调整影响地方债务的扩散过程，监管强度的变化则通过抑制风险传导作用于中观层风险积累。

附表1 地方政府债务-企业违约-金融稳定度体系三级动态耦合模型

层级	含义	模型方程	
		关键变量	动态方程
微观决策层	企业杠杆调整金融机构信贷供给	$L_f(t)$: 企业杠杆水平 $I_f(t)$: 企业融资额度	$dL_{f,t} = \mu_{L_f}(r_f, P_d)dt + \sigma_{L_f}dW_t + \kappa_{L_f}dN_t$ $\mu_{L_f}(r_f, P_d) = \phi_1(r_f - P_d)$
中观传导层	地方政府债务动态区域风险扩散	$D_g(t)$: 地方债务规模 $P_d(t)$: 企业违约风险	$dD_{g,t} = \mu_{D_g}(P_d, R_c, u_D)dt + \sigma_{D_g}dW_t + \kappa_{D_g}dN_t$ $\mu_{D_g}(P_d, R_c, u_D) = \theta_1 P_d + \theta_2 \nabla^2 P_d - \theta_3 R_c + b_D u_D$
宏观调控层	金融市场稳定中央监管响应	$S_m(t)$: 市场稳定指数 $R_c(t)$: 中央监管强度	$dS_{m,t} = \mu_{S_m}(P_d, L_m, R_c)dt + \sigma_{S_m}dW_t + \kappa_{S_m}dN_t$ $\mu_{S_m}(P_d, L_m, R_c) = \beta_1 P_d + \beta_2 L_m - \beta_3 R_c$
微观-中观反馈	企业杠杆率与地方债务的交互与时滞		$dP_{d,t} = \mu_{P_d}(D_g, L_f; \tau_1)dt + \sigma_{P_d}dW_t + \kappa_{P_d}dN_t$ $\mu_{P_d}(D_g, L_f; \tau_1) = \alpha_1 D_g(t - \tau_1) + \alpha_2 L_f(t) + \gamma D_g(t)L_f(t) - \delta P_d(t)$

中观-宏观传导
区域风险扩散对金融稳定的空间影响（理论扩展：含网络/空间扩散与时滞）

宏观-微观调控
中央监管对金融机构/微观主体的实时干预（理论扩展：预期项+记忆核）

$$dS_m(x, t) = \mu_{S_m}(x, t)dt + \sigma_{S_m}(x, t)dW_t + \kappa_{S_m}(x, t)dN_t$$

$$\mu_{S_m}(x, t) = \underbrace{D\nabla^2}_{\text{稳定性的空间扩散}} S_m(x, t) + \beta_1 P_d(x, t - \tau_2) + \beta_4 \underbrace{\sum_{y \in \Omega} w_{xy} S_m(y, t)}_{\text{也可写成图拉普拉斯算子 } L_W S_m}$$

$$dR_{c,t} = (\mu_{R_c}(S_m, P_d) + b_R u_R)dt + \sigma_{R_c} dW_t + \kappa_{R_c} dN_t$$

$$\mu_{R_c}(S_m, P_d) = \underbrace{k_1 E_t[S_m(t+1)]}_{\text{前瞻预期对监管的驱动}} + k_2 \underbrace{\int_0^t e^{-\rho(t-s)} P_d(s) ds}_{\text{对违约冲击的指数记忆核}}$$

注： $u_D(t)$ 为债务调节行动强度的政策工具，通过 $b_D u_D$ 进入漂移项； $R_c(t)$ 为监管强度状态变量。

附录 5 核心变量的描述性统计

附表 2 核心变量的描述性统计

	均值	标准差	最小值	p1	p5	p10	中位数	p75	最大	偏度	峰度
企业违约风险	0.401	0.49	0.000	0	0	0	0	1	1	.405	1.164
地方政府债务	277.215	265.166	11.700	11.7	12.953	14.455	174.891	408.254	993.345	1.139	3.485
无风险利率	2.368	.113	2.000	2	2	2.25	2.385	2.385	4	2.403	34.582
股票收益偏度	-4.23	.775	-4.682	-2.839	-1.742	-1.333	-.374	.051	4.84	-4.48	5.93
市场下跌波动率	-2.295	.493	-2.091	-1.528	-1.101	-.898	-.292	.017	1.876	-.068	3.782
股价崩盘指标	.078	.269	0.000	0	0	0	0	0	1	3.137	10.839
银行侧金融稳定性指标	1.7	137.089	0.000	.295	.427	.488	.702	.826	19164.6	139.7	19539.688
影子银行化指标	20.878	1.563	17.004	17.004	18.237	18.921	20.891	21.928	30.502	.158	3.822
市场压力综合指数	0	1	-2.736	-2.468	-1.551	-1.15	-0.32	0.51	3.234	0.4	4.101

注：股票收益偏度（NCSKEW）、市场下跌波动率（DUVOL）、股价崩盘指标（CRASH）。

附录 6 交错 DID 事件分析法及平行趋势检验

每个节点分别运行 `csdid`。令处理状态为：

$$D_{it}^{(m)} \equiv \mathbf{1}(t \geq G_i^{(m)}) \cdot \mathbf{1}(G_i^{(m)} > 0),$$

并以 `not-yet-treated` 作为对照组。CS 的核心参数为分队列—分时间的平均处理效应：

$$ATT^{(m)}(g, t) \equiv E[Y_{it}(1) - Y_{it}(0) | G_i^{(m)} = g], t \geq g.$$

`estat event` 在给定事件窗内报告事件时间维度的动态效应聚合结果，并同步给出处理前平均（`Pre_avg`）与处理后平均（`Post_avg`）统计量。在设置中取事件窗 `[-5,5]`。该窗口选择同时服务于处理前期数的平行趋势观察、处理后中期动态调整的覆盖，以及远端事件期样本稀疏导致的估计不稳定性权衡。

图 5.1 2017 节点 CS 事件研究

图 5.2 2021 节点 CS 事件研究

图 5.3 2023 节点 CS 事件研究

注：图中报告 CS 方法下的动态处理效应，采用 `not-yet-treated` 作为对照组并使用 `dripw` 估计；横轴为事件时间 τ ，纵轴为动态效应点估计，误差棒对应 95% 置信区间（`estat event` 输出）。处理前各期（ $\tau < 0$ ）用于平行趋势检验，处理后各期（ $\tau \geq 0$ ）用于刻画动态效应。

附录 7 分组分析

附表 3 地方政府债务对企业违约风险的异质性分析

Panel A 按财政收入分组				
企业违约风险变量	高财政收入地区: OLS 回归 (1)	高财政收入地区: 非线性回归 (3)	低财政收入地区: OLS 回归 (4)	低财政收入地区: 非线性回归 (4)
地方政府债务水平	-1.3268** (0.5500)	-0.5191 (0.6325)	0.7970*** (0.2303)	0.7212 (6.5544)
债务平方项	0.0060 (0.0487)	0.0305 (0.0928)	0.0083*** (0.0020)	0.0079 (0.6044)
资产负债率	23.1938*** (0.2608)	25.3787*** (0.5333)	18.8467*** (0.2145)	18.6289*** (1.3547)
企业杠杆率	0.0002 (0.0019)	-0.0036 (0.0040)	-0.0009 (0.0007)	-0.0008 (0.0255)
净资产收益率	1.8010*** (0.1729)	3.3656*** (0.6122)	1.1894*** (0.1292)	1.4715 *** (0.3999)
截距项	-64.7455*** (1.7653)	-73.0278*** (3.5072)	-46.6879*** (1.0393)	-48.6228*** (22.7132)
R ²	0.6759	0.4490	0.6746	0.3521

Panel B 按企业规模分组				
企业违约风险变量	大企业样本: OLS 回归 (5)	大企业样本: 非线性回归 (6)	小企业样本: OLS 回归 (7)	小企业样本: 非线性回归 (8)
地方政府债务水平	-2.5890*** (0.2803)	-3.0515** (1.3538)	-0.8350** (0.3866)	-1.8174*** (0.3950)
债务平方项	-0.0213*** (0.0024)	-0.0256 (0.3549)	0.3335*** (0.0836)	0.4325* (0.2278)
资产负债率	22.5350*** (0.2388)	21.9269*** (1.2810)	16.8495*** (0.2245)	14.5437*** (0.3603)
企业杠杆率	0.0086*** (0.0008)	0.0103 (0.0196)	-0.0023 (0.0009)	-0.0047*** (0.0015)
净资产收益率	0.5363 (0.3281)	-2.4230*** (0.4668)	0.3537 (0.1504)	0.1231 (0.1811)
截距项	-64.7025*** (1.5268)	-58.5566*** (6.0422)	-35.7573*** (0.8691)	-30.4669*** (1.1124)
R ²	0.6579	0.3606	0.7102	0.2613

注: **、*、*分别表示在 1%、5% 和 10% 的水平上显著, 括号内使用稳健标准误。

附录 8 中介效应分口径复核

附表 4 银行侧口径复核: 因变量为 LDR_z 的中介效应 (Bootstrap)

Panel A 违约风险为中介					
路径	点估计	BootSE	p 值	95% CI 下限	95% CI 上限
间接效应 a×b	0.00005518	0.00006044	0.361	-0.0000206	0.0001909
a: 地方政府债务 → 企业违约风险	0.00263323	0.00010138	<0.001	0.0024367	0.0028438
b: 企业违约风险 → 金融市场稳定	0.02095656	0.02301069	0.362	-0.0078708	0.0735136
c: 地方政府债务 → 金融市场稳定 (控制风险)	-0.00005460	0.00006303	0.386	-0.0001957	0.0000313

Panel B 影子银行为中介					
路径	点估计	BootSE	p 值	95% CI 下限	95% CI 上限
间接效应 a×b	-0.00005968	0.00005644	0.290	-0.0002029	0.00000139
a: 地方政府债务 → 影子银行	-0.00431115	0	-	-0.0043111	-0.0043111
b: 影子银行 → 金融市场稳定	0.01384260	0.01309135	0.290	-0.0003232	0.0470606
c: 地方政府债务 → 金融市场稳定 (控制 SDB)	0.00006001	0.00005668	0.290	-0.00000421	0.0002024

注：Bootstrap 重复 2000 次。被解释变量为综合不稳定性指标 $FS_{pca1,z}$ ，其构造为 $FSI_{comp} = Xv_1$ ，其中 $X = (LDR_z, MSI_z)$ ，并在估计后按 $\text{corr}(FSI_{comp}, MSI_z)$ 统一符号（若相关性为负则取相反数）并再标准化。故本文按不稳定性口径解释：指标值越大表示越不稳定；回归系数为正（负）分别表示债务扩张提高（降低）金融不稳定性。

附表 5 市场侧口径复核：因变量为 MSI_z 的中介效应 (Bootstrap)

Panal A 违约风险为中介

路径	点估计	BootSE	p 值	95% CI 下限	95% CI 上限
间接效应 a×b	-0.0167	0.0025	<0.001	-0.0212	-0.0113
a: 地方政府债务 → 企业违约风险	0.0026	0.0001	<0.001	0.0024	0.0028
b: 企业违约风险 → 金融市场稳定	-6.3544	0.7744	<0.001	-7.6527	-4.6377
c: 地方政府债务 → 金融市场稳定 (控制风险)	0.0128	0.0021	<0.001	0.0085	0.0166

Panal B 影子银行为中介

路径	点估计	BootSE	p 值	95% CI 下限	95% CI 上限
间接效应 a×b	0.0187	0.0000	<0.001	0.0187	0.0187
a: 地方政府债务 → 影子银行	-0.0043	0.0000	<0.001	-0.0043	-0.0043
b: 影子银行 → 金融市场稳定	-4.3448	0.0000	<0.001	-4.3448	-4.3448
c: 地方政府债务 → 金融市场稳定 (控制 SDB)	-0.0312	0.0000	<0.001	-0.0312	-0.0312

注：Bootstrap 重复 2000 次；被解释变量为综合不稳定性指标 $FS_{pca1,z}$ ，其构造为 $FSI_{comp} = Xv_1$ ，其中 $X = (LDR_z, MSI_z)$ ，并在估计后按 $\text{corr}(FSI_{comp}, MSI_z)$ 统一符号（若相关性为负则取相反数）并再标准化。故本文按不稳定性口径解释：指标值越大表示越不稳定；回归系数为正（负）分别表示债务扩张提高（降低）金融不稳定性。