



《商业数据分析》

中国碳市场的碳减排效应研究 ——基于市场机制与行政干预的协同作用视角

吴茵茵、齐杰、鲜琴、陈建东

文献复现报告

专 业 名 称 : 管理科学
课 程 名 称 : 商业数据分析
指 导 教 师 : 高宝俊
学 生 学 号 : 2021301052056
学 生 姓 名 : 陈凯强

二〇二四年六月



目录

1. 论文概览 Introduction.....	4
1.1 研究动机 Motivations	4
1.2 研究问题 Research Question	4
1.3 研究过程和发现 Exploration & Findings.....	4
1.4 贡献 Contributions.....	5
2. 数据搜集 Data Collection	5
3. 数据清洗.....	7
4. 复现过程和主要结论验证.....	9
4.1 基准回归.....	9
4.2 平行趋势假设.....	10
4.3 稳健性检验.....	11
4.3.1 PSM-DID	11
4.3.2 剔除其他政策影响.....	12
4.4 传导机制分析.....	13
4.4.1 相对市场规模.....	13
4.4.1 政府干预.....	14
5. 感悟和展望.....	14
5.1 感悟.....	14
5.2 展望和进一步研究方向.....	15
附：完整代码.....	16
I. 数据清洗	16
II. 实证过程.....	18



1. 论文概览 Introduction

1.1 研究动机 Motivations

全球气候变暖将对人类赖以生存的自然生态环境造成巨大破坏，而人类活动产生的温室气体排放（主要是二氧化碳排放）是自 20 世纪中期以来全球气候变暖的主要原因。碳排放权交易市场（简称“碳市场”）由于具有灵活性、节省成本和有效性等优点，被认为是减少全球温室气体排放、应对气候变化的有效手段。

本文作者拟在已有研究基础上，基于市场机制与行政干预的协同作用视角，从理论与实证两个角度进一步研究中国碳市场的碳减排效应。

1.2 研究问题 Research Question

前人研究已经证实，碳市场在抑制碳排放方面确实具有显著效果。然而，对于碳市场是通过抑制经济增长还是降低碳强度来实现这一效果，研究结果尚不一致。Zhou 等人（2019）指出，碳市场显著降低了试点地区的碳强度，而 Zhang 等人（2019）则认为，碳市场未能有效降低试点地区的碳强度，碳排放的下降是通过降低经济产出实现的。此外，一些研究指出，北京等地区的碳市场尚处于发展初期，碳市场机制尚未有效建立，运行效率较低，那么碳市场的减排功能多大程度上真正来自于市场机制？

1.3 研究过程和发现 Exploration & Findings

本文基于市场机制与行政干预的协同作用视角，检验了试点地区碳市场促进碳减排的理论机理与政策效果。研究结果表明碳交易市场对减排的影响是显著的，并且对其传导路径等进行了探究：

（1）整体而言，碳市场对试点地区具有显著的碳减排效应，能够同时降低碳排放与碳强度，但碳交易市场机制的碳减排作用有限，而地区行政干预能够显著增强碳市场的碳减排效应，因而当前试点地区的碳市场是通过市场机制与行政干预的协同作用实现碳减排；

（2）地区异质性方面，在市场机制与行政干预的协同作用下，北京碳市场的



碳减排效应最强、上海及深圳碳市场次之，天津重庆碳市场对碳强度的抑制效应较强，而广东、湖北碳市场的碳减排效应整体相对较弱；

(3) 传导机制方面，试点地区通过降低碳强度减少碳排放，地区生产总值未受到冲击，碳强度下降又可部分归结为能源消费强度下降而非煤炭消费占比降低；

(4) 减碳降污的协同效应方面，碳市场在实现碳减排效应的同时也在一定程度上抑制了二氧化硫排放（总量与强度）空气污染。

1.4 贡献 Contributions

本文的边际贡献在于，当前相关研究多基于省级层面数据，而本文通过更新数据方法，获得了 2006-2017 年中国城市层面的碳排放数据。同时，本文基于市场机制与行政干预的协同效应视角，从理论与实证两个角度阐明并检验碳市场促进碳减排的理论机理与政策效果。本文的实证结论具有较强的稳健性，能够在一定程度上解释之前文献中看似矛盾的研究结果。

2. 数据搜集 Data Collection

由于本文变量数量多达近 30 个，因此需要从非常多不同的渠道来搜集各种数据。光搜集数据就花费了整整一天，数据来源繁多，大致可以概括为：

1. 碳排放数据来自 CEADs 中国碳排放核算数据库
<https://www.ceads.net.cn/data/city/>
2. 市场化指数是经管之家上面买的数据 <https://bbs.pinggu.org/thread-10984573-1-1.html>，并且经过市场化指数报告简单地 double check；
3. 能源消费数据来自中国能源统计年鉴、中国城市统计年鉴
4. 专利授权数据来自 CNRDS 中国研究数据服务平台
5. 《其他指标》文件中有大多数其他指标，这个来源于一个大的城市层面数据集，汇总了等统计局等多个来源的数据
6. 碳交易城市层面的数据实在没有找到，用的作者提供的数据



• 被解释变量与核心解释变量

- 被解释变量：地区碳排放与碳强度（均取ln形式）($\ln co2$ 、 $\ln cogdp$)
- 核心解释变量：DID变量

• 控制变量

- 经济发展水平——人均实际生产总值对数值 $\ln pgdp$ 和平方项 $\ln pgdp^2$
- 产业结构——二、三产业占比 $strind$ 、 $strsev$
- 经济结构——社会商品零售额与生产总值比值 $strls$
- 对外开放程度——当年实际使用外资金额与生产总值比值 $strwz$
- 经济集聚程度——人口密度、年末总人口对数值
- 市场发展程度——市场化指数、工业企业数量对数值等
- 财政依存度、清洁能源供给、创新强度、地区节能减排目标

• 市场机制与行政干预的代理变量

- 市场机制：碳价、市场流动性、相对市场交易规模
- 行政干预：反映政府管控强度的指标，国有企业占比（用财政依存度代替进行稳健性检验）

• 其他变量

• 数据来源

- 碳排放数据：中国碳排放核算数据库，市场化指标来源于《中国分省份市场化指数报告》；
- 碳价、交易规模来自中国碳排放权交易网；
- 其他数据来源于各种中国统计年鉴

图 作者用到的变量与作者的数据来源总结（用 PPT 绘制）

附表 2：相关数据的描述性统计结果

变量	样本量	均值	方差	最小值	最大值
碳排放 $co2$ (百万吨)	3396	27.3036	24.1345	1.8453	230.7117
碳强度 $cogdp$ (吨/百元)	3396	0.0257	0.0170	0.0020	0.1270
地区实际生产总值 gdp (亿元)	3396	1585.3864	2258.1467	52.0000	25400.0000
地区实际人均生产总值 $pgdp$ (万元)	3396	3.4562	2.7018	0.2755	21.5918
第二产业占比 $strind$	3396	0.4890	0.1070	0.1484	0.9097
第三产业占比 $strsev$	3396	0.3778	0.0925	0.0858	0.8056
社会商品零售额与生产总值的比值 $strls$	3379	0.3570	0.1022	0.0000	0.8260
当年实际使用外资金额与生产总值的比值 $strwz$ (美元/万元)	3222	29.4195	28.5387	0.0200	311.1300
人口密度 $popden$ (人/平方公里)	3382	430.6095	331.5294	4.7000	2648.1100
年末总人口 pop (万人)	3395	447.6618	417.2385	17.6100	11100.0000
市场化指数 $marketindex$	3396	6.6599	1.6220	2.3719	11.1093
工业企业数量 qis (家)	3395	919.3632	527.0534	1.0000	1821.0000
城镇私营和个体从业人员与城镇单位从业人员期末人数的比值 $strsq$	3315	1.0071	0.6867	0.0519	17.1411
一般公共预算收入与生产总值的比重 $strpub$	3381	0.0709	0.0285	0.0188	0.2380
水利发电量 $slfd$ (亿千瓦时)	3379	342.2157	548.8881	0.0300	3023.5601
发明专利总量 zls (万件)	3396	0.4719	1.2737	0.0004	16.5906
规模以上工业企业中国有企业固定资产占比 $strgygz$	3113	0.5301	0.1734	0.2160	0.8935
工业二氧化硫排放 $so2$ (万吨)	3388	6.2225	8.9882	0.0000	152.6334
工业二氧化硫排放强度 $sogdp$ (吨/亿元)	3388	80.7767	172.1144	0.0000	4930.2671
能源消费 $energy$ (亿吨标准煤)	3396	1.6478	0.8706	0.0920	4.0138
能源消费强度 $energdp$ (吨标准煤/万元)	3396	20.6184	15.2837	0.3659	94.4943
煤炭消费与能源消费的比值 $strcoal$ (吨/吨标准煤)	3396	0.9977	0.3641	0.0692	2.3449
$pm_{2.5}$ 浓度 $pm_{2.5}$ (微克/立方米)	3396	37.0151	16.5747	4.6764	90.8564
年均收盘价 $price$ (元/吨)	181	28.8280	16.7164	6.4113	63.2681
年交易量 $volume$ (万吨)	181	718.7395	568.9760	0.2600	1487.0121
市场相对交易规模 $strvol$	181	0.0236	0.0303	0.0000	0.3071
年非零交易的天数 $liqui$ (天)	181	167.2044	77.5066	1.0000	245.0000

图：本文需要搜集数据的变量汇总



3. 数据清洗

数据清洗的主要难点在于近 10 张 raw data 数据表的整理以及合并。

首先需要进行一些长宽表转换，统一成一样的格式方便表连接。同时对不同表的时间段也进行了筛选，只保留 2006-2019 的数据，减少数据量，提高连接效率。此外，在 Excel 中进行了很多预处理，如删去不必要的字段，更改变量名等，以提高后续的效率。

然后，进行表连接时一个很大的难点就是不同城市/省份的名称在不同表中是不同的，如“北京市”可能在另一个表中是“北京”，这种比较简单的尚可以通过撰写函数去掉市/省这几个字来很快实现，但在各种自治区的情况下处理起来尤其复杂。后来发现不同城市和省其实都有各自的代码，因此通过代码匹配 vlookup 解决了很多问题。此外，不同表的地级市数量也不同，这里按照作者文献中的 283 个城市进行统一。

			G										F		M		N		O		P			
code	city	x	year	gdp	pgdp	strind	strser	strls	strwz	popden	strwz_l	pop	qys	strsq	strpub	科技数	so2	sogdp	省	pcode	市			
610900	安康市		2006	157.2362	0.5935	28.89	44.01	529835	0.336968	126.29	1.698082	297.15	175	0.64375	0.006036		0.4937	31.39862	陕西省	610000	安康市			
610900	安康市		2007	187.37	0.7067	31.52	42.5	625985	0.33409	127.53	10.96227	300.07	161	0.655958	0.006751		0.6007	32.05956	陕西省	610000	安康市			
610900	安康市		2008	233.6744	0.8802	32.53	40.17	781572	0.334471	128.3	12.94536	301.87	187	0.566623	0.006458		0.5881	25.1675	陕西省	610000	安康市			
610900	安康市		2009	274.945	1.0341	34.61	41.54	935615	0.340292	129.02	2.091327	303.57	264	0.65282	0.006607		0.587	21.34972	陕西省	610000	安康市			
610900	安康市		2010	327.063	1.2428	39.6	39.9	1105348	0.337962	129.31	1.724438	304.35	282	0.96589	0.006773		0.5983	18.29311	陕西省	610000	安康市			
610900	安康市		2011	407.17	1.5477	44.98	37.34	1293215	0.317611	129.62	2.077756	305.1		0.948338	0.007316		0.9816	24.10787	陕西省	610000	安康市			
610900	安康市		2012	496.908	1.8878	49	34.71	1514906	0.304866	130.03	1.416761	306		1.013588	0.008034		0.9649	19.41808	陕西省	610000	安康市			
610900	安康市		2013	0.060455	1.9628	53.16	31.86	1717183	0.2840422	130.98	49656.61	308.3		1.006349	81.3131		0.9394	155387.8	陕西省	610000	安康市			
610900	安康市		2014	689.437	2.6117	55.12	31.39	1931831	0.280204	130.1	4.351377	306.2		1.312177	0.007572		0.9301	13.49072	陕西省	610000	安康市			
610900	安康市		2015	772.459	2.9193	55.24	32.32	2192032	0.283773	129.59	0.13334	304.8		1.378969	0.007579		1.4097	18.24951	陕西省	610000	安康市			
610900	安康市		2016	842.8616	3.177	53.47	34.66	2598136	0.308252			0	304	0.826839	0.00639		0.6326	7.505384	陕西省	610000	安康市			
610900	安康市		2017					2971429				305		0.43949		172	0.2531		陕西省	610000	安康市			
610900	安康市		2018	1133.77	4.2544	55.28	33.84	3326771	0.293426		3.139085	304		1.526164	0.003989	25	0.1664	1.46767	陕西省	610000	安康市			
610900	安康市		2019	1182	4.4241	46.86	41.51	4666597	0.394805		4.086294	304		0.389553	0.003723	13	0.3245	2.745347	陕西省	610000	安康市			
340800	安庆市		2006	494.21	0.8709	42.27	38.63	1675716	0.33907	394.79	11.69746	607.89	614	2.338511	0.021708		2.5209	51.00868	安徽省	340000	安庆市			
340800	安庆市		2007	587.6612	1.0485	41.37	39.51	1980663	0.337042	398.87	24.05468	610.99	916	0.808082	0.022207		2.9522	50.23643	安徽省	340000	安庆市			
340800	安庆市		2008	704.7175	1.2595	42.44	38.52	2417555	0.343093	400.76	24.91495	613.89	1190	0.862293	0.023433		2.8392	40.28848	安徽省	340000	安庆市			
340800	安庆市		2009	770.66	1.3811	46.89	34.59	2879350	0.373621	402.06	21.43358	615.88	1414	2.25592	0.020428		2.0156	26.15421	安徽省	340000	安庆市			
340800	安庆市		2010	988.11	1.8604	53.03	31.23	3386822	0.342758	401.89	23.85969	615.62	1527	1.575908	0.019243		1.7409	17.61848	安徽省	340000	安庆市			
340800	安庆市		2011	1215.74	2.2893	55.33	29.8	3974884	0.326952	403.87	22.44806	618.7		1.287231	0.016013		1.7685	14.5467	安徽省	340000	安庆市			

图：通过表连接得到 1_数据大表

表连接之后需要按照作者的数据的单位进行调整，以及查看缺失值的情况，一些不合理的缺失值需要追溯，发现还是城市名称的差异会导致很多问题（因为城市差异出错城市代码也会匹配不对）。这里无可避免地需要一些人力劳动，以及删去一些连接时候的重复列等等，并且增加对数变量等，并且参考作者的数据对一些不合理的数进行适当调整，最终得到 0_最终数据表。

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
year	popden	pop	gdp	pilot	strwz	lc2010	lc2012	lc2017	aimjn0610	aimjn1115	aimjn1620	strpub	strls	strsq	t1	t2
2006	2157.68	1368.08	10366.4	1	68.56	0	1	0	20	0	0	0.152037	0.324164	0.787742	20	
2007	2174.86	1378.86	11838.4	1	64.97	0	1	0	20	0	0	0.170195	0.315681	0.725807	40	
2008	2194.07	1391.04	12986.8	1	73.62	0	1	0	20	0	0	0.172195	0.331223	0.794444	60	
2009	2209.31	1400.7	14051.7	1	70.04	0	1	0	20	0	0	0.16883	0.343818	0.835396	80	
2010	2227.63	1412.32	15499	1	64.79	0	1	0	20	0	0	0.1674	0.353636	0.873434	100	
2011	2238.74	1419.4	16769.9	1	65.64	0	1	0	0	18	0	0.178677	0.355017	0.738466	0	
2012	2250.68	1426.9	18027.7	1	75.24	0	1	0	0	18	0	0.1855	0.367278	0.708782	0	
2013	2259.21	1432.3	19415.8	1	77.68	0	1	0	0	18	0	0.190236	0.372741	0.691193	0	
2014	2269.23	1438.7	20774.9	1	77.08	0	1	0	0	18	0	0.194569	0.394756	0.690946	0	
2015	2275.67	1442.97	22216.7	1	73.47	0	1	0	0	18	0	0.219695	0.403269	0.81187	0	
2016	2286.706	1450	23749.6	1	65.7	0	1	0	0	0	17	0.22734	0.38847	1.024345	0	
2017	2294.591	1455	25388.3	1	56.44	0	1	0	0	0	17	0.220425	0.392592	1.129827	0	
2006	244.78	514.3	1207.3	0	17.34	1	1	0	17.41	0	0	0.085907	0.401063	0.793581	17.41	
2006		240.78	124.7	0	16.09	1	0	0	17.41	0	0	0.062491			17.41	
2006	124.41	244.3	135.5	0	2.9	1	0	0	17.41	0	0	0.061607	0.304256	0.801605	17.41	

图：适当调整后得到 0_最终数据表



```
数据处理与大表合并

1import pandas as pd
2import openpyxl
3df1 = pd.read_excel(r'商业数据分析\论文复现_陈凯强（代码+数据）\Raw Data\其他指标.xlsx')
4df2 = pd.read_excel(r'商业数据分析\论文复现_陈凯强（代码+数据）\Raw Data\2006-2019年中国各城市PM2.5平均浓度.xlsx')
5
6# 增加能源消耗
7df3 = pd.read_excel(r'商业数据分析\论文复现_陈凯强（代码+数据）\Data Cleansing\energy_combine.xlsx')
8df4 = pd.read_excel(r'商业数据分析\论文复现_陈凯强（代码+数据）\Raw Data\1997-2022年市场化指数.xlsx')
9
10df=pd.merge(df1, df2, on=['code', 'year'], how="left")
11df=pd.merge(df, df3, on=['code', 'year'], how="left")
12df=pd.merge(df, df4, on=['pcode', 'year'], how="left")
13
14# 增加能源消耗强度字段
15df['energdp'] = df['so2'] * 10000 / df['gdp']
16
17# 增加碳排放co2字段
18df5 = pd.read_excel('商业数据分析\论文复现_陈凯强（代码+数据）\Raw Data\The_Emission_Inventories_for_290_Chinese_Cities_from_1997_to_2019.xlsx')
19years = [year for year in range(2006, 2020)] # 假设数据直到2019年
20df6 = pd.melt(df5, id_vars=['city', 'code'], value_vars=years, var_name='year',
               value_name='co2') #长表变宽表
21df6['year'] = df6['year'].astype(int) # 将字符串转换为整数
22df6.sort_values(by=['code', 'year'], inplace=True)
23df6=df6[['code', 'year', 'co2']]
24df=pd.merge(df, df6, on=['code', 'year'], how="left")
25
26#...
27
28# 使用to_excel方法将DataFrame保存为Excel文件
29df.to_excel(r'商业数据分析\论文复现_陈凯强（代码+数据）\Data Cleansing\1_数据大表.xlsx',
            index=False)here
```

图 部分数据清洗代码展示



4. 复现过程和主要结论验证

4.1 基准回归

建立双重差分模型。

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 DID_{it} + \beta_2 control_{it} + \eta_i + \gamma_t + \delta_{it} + \varepsilon_{it}$$
$$DID_{it} = treatment_i \times post_{it}$$

• 模型变量：

- i 地区； t 年份 Y_{it} 表示包含地区碳排放或碳强度
- η_i 为城市固定效应，控制了影响碳排放或碳强度但不随时间变动的个体因素
- γ_t 为时间固定效应，控制了随时间变化影响所有地区的时间因素；
- δ_{it} 表示区域（东、东北、中、西）与年份交互效应
- $treatment_i$ 和 $post_{it}$ 取值规则：
 - > $treatment_i$
 - 当 i 代表北京、天津、上海、重庆以及属于广东、湖北、福建的地级市时， $treatment_i = 1$ 否则 $= 0$ ；
 - > $post_{it}$
 - 当 i 代表北京、天津、上海以及属于广东的地级市且 $t \geq 2013$ ，或代表重庆以及属于湖北的地级市且 $t \geq 2014$ ，或代表属于福建的地级市且 $t \geq 2016$ 时， $Post_{it} = 1$ ；除此之外， $post_{it} = 0$ 。
 - > 因为 8 个试点地区启动碳市场的时间依次为：2013 年 6 月（深圳）、2013 年 11 月（北京）、2013 年 12 月（天津、上海、广东）、2014 年 4 月（湖北）、2014 年 6 月（重庆）、2016 年 12 月（福建）。

图 双重差分模型（用 PPT 制作）

进行 DID 基准回归，可以看出加入控制变量后负效应显著。

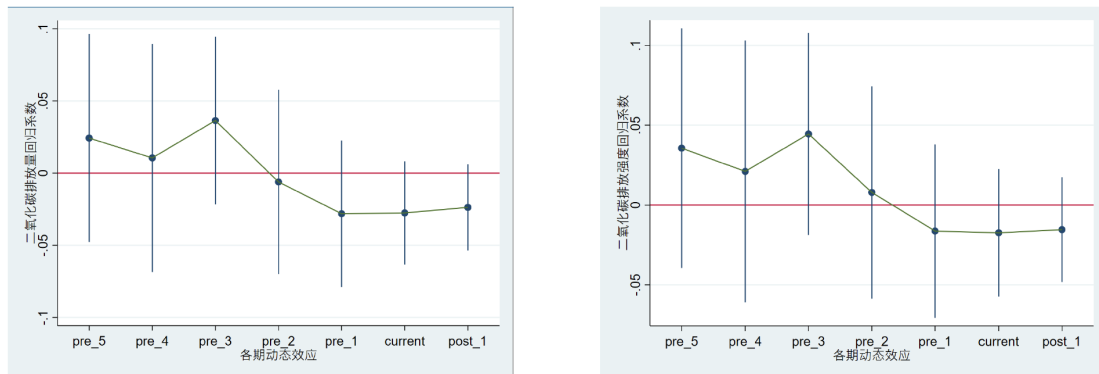
对碳排放量回归						对碳排放强度回归					
Inco2	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	Incgdp	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]
DID	-0.0436887	.0321381	-1.36	0.184	-.1094185 .022041	DID	-.0751891	.0347729	-2.16	0.039	-.1463076 -.0040706
_cons	3.005821	.0017981	1671.69	0.000	3.002143 3.009498	_cons	-3.82387	.0019455	-1965.52	0.000	-3.827849 -3.819891
加入控制变量						加入控制变量					
Inco2	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	Incgdp	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]
DID	-.0833347	.0278798	-2.99	0.006	-.1404439 -.0262255	DID	-.0894617	.0228723	-3.91	0.001	-.1363336 -.0426299
lnpgdp	.089338	.1035746	0.86	0.396	-.1228249 .301501	lnpgdp	-.4518916	.1069974	-4.32	0.000	-.6810657 -.2427174
lnpgdpp	-.0031008	.0122448	-0.25	0.802	-.0281831 .0219816	lnpgdpp	-.0326041	.0112632	-2.89	0.007	-.0556757 -.0095324
strind	.0063405	.2175371	2.79	0.009	.160736 1.051945	strind	.2398322	.2445093	0.98	0.335	-.2610224 .7406868
strser	.5480572	.2143649	2.56	0.016	.1089506 .9871637	strser	.2557843	.2179189	1.17	0.250	-.1906024 .702171
strls	-.1983061	.0863193	-2.30	0.029	-.3751233 -.0214889	strls	-.0230155	.0767283	-0.30	0.766	-.1801863 .1341552
strwz	-.0003093	.0001599	-1.93	0.063	-.0006369 .0000183	strwz	-.0003396	.0001878	-1.81	0.081	-.0007243 .0000452
popden	-.0000213	.0000308	-0.69	0.495	-.0000844 .0000418	popden	-.0000536	.000035	-1.53	0.137	-.0001253 .0000181
lnpop	.0025654	.0050904	0.50	0.618	-.0078618 .0129926	lnpop	-.0046212	.0053045	-0.87	0.391	-.015487 .0062447
marketindex	.0252451	.0103686	2.43	0.022	.004006 .0464843	marketindex	.0255029	.0104595	2.44	0.021	.0040776 .0469283
lnqys	-.0021167	.0012543	-1.69	0.103	-.004686 .0004526	lnqys	-.0022778	.0013186	-1.73	0.095	-.0049789 .0004233
strsq	-.0046393	.0025832	-1.80	0.083	-.0093909 .0006522	strsq	-.004438	.0027809	-1.60	0.122	-.0101343 .0012583
strpub	.4698234	.2718686	1.73	0.095	-.0870742 1.026721	strpub	.3384265	.2294201	1.48	0.151	-.1315192 .8083722
lnslfd	-.0256185	.0125361	-2.04	0.051	-.0512975 .0006066	lnslfd	-.0286339	.0114433	-2.50	0.018	-.0520744 -.0051933
lnzls	-.0000965	.0093511	-0.01	0.992	-.0192513 .0190584	lnzls	-.0009927	.0086909	-0.11	0.910	-.0187952 .0168097
t1	.0039035	.0011045	3.53	0.001	.0016411 .0061659	t1	.0035553	.0012159	2.92	0.007	.0010646 .0060461
t2	-.0043164	.0010794	-4.00	0.000	-.0065275 -.0021052	t2	-.003381	.0012006	-2.82	0.009	-.0058403 -.0009217
t3	-.0048702	.0014739	-3.30	0.003	-.0078893 -.0018512	t3	-.0039904	.0017428	-2.29	0.030	-.0075604 -.0004203
_cons	2.717035	.2499545	10.87	0.000	2.205026 3.229043	_cons	-3.333	.2542423	-13.11	0.000	-3.853792 -2.812208

图：DID 回归结果

4.2 平行趋势假设

系数 B 的回归结果显示，无论是碳排放还是碳强度，碳市场启动之前 2 年到前 6 年的对应系数均未通过显著性检验，这意味着在碳市场启动之前 2 年至前 6 年，处理组和控制组的碳排放与碳强度的变动趋势满足平行趋势假设。

碳市场启动前 1 年的对应系数在 5% 水平显著为负，启动前 2 年的对应系数虽然未通过 10% 的显著性检验，但已开始显示一定的碳减排趋势，这意味着试点地区存在一定“预期政策效应”。试点地区存在“预期政策效应”的经济逻辑为：虽然在碳市场启动之前，相关工作仅停留在政策设计和讨论阶段，但由于预期到碳市场即将启动，高碳排放企业可能因此提前改变生产方式，从而引致当地碳排放和碳强度的提前下降。



通过 500 次重抽样，发现不存在安慰剂效应。

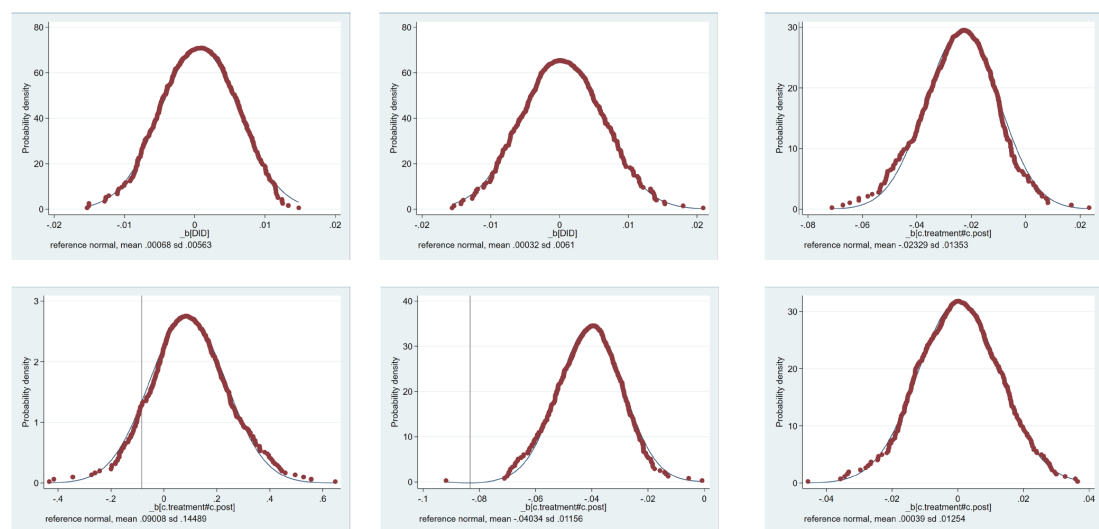


图 安慰剂检验



4.3 稳健性检验

4.3.1 PSM-DID

显示中的政策本质上是非随机化实验（准自然实验），使用 PSM 可以为每一个处理组样本匹配到特定的控制组样本，使得准自然实验近似随机。

PSM 常常与 DID 结合使用。我学习和运用了三种常用的 PSM-DID 方法。无论是半径匹配、近邻匹配还是核匹配，DID 系数依然显著为负，双重差分交乘项仍对碳排放量和碳排放强度有显著降低作用。

Inco2						半径匹配						Inco2						Inco2					
Inco2	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	Inco2	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	Inco2	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	Inco2	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]
DID	-0.098148	0.0253418	-3.87	0.002	-0.1528956 -0.0434003	DID	-0.114961	0.0202096	-5.69	0.000	-0.1586212 -0.0713007	DID	-0.0763832	0.0245337	-3.11	0.010	-0.1303818 -0.0223848	DID	-0.0799121	0.0180443	-4.43	0.001	-0.1186134 -0.0412108
lnpgdp	0.3836861	0.167318	2.29	0.039	0.0221775 0.7451547	lnpgdp	-0.0584212	0.1674682	-0.35	0.733	-0.4202142 0.3033717	lnpgdp	-0.1640195	0.1043	-1.57	0.138	-0.3877117 0.0596906	lnpgdp	-0.1640195	0.1043	-1.57	0.138	-0.3877117 0.0596906
lnpgdpp	-0.0191412	0.0251875	-0.76	0.461	-0.0735556 0.0352732	lnpgdpp	-0.0526899	0.0211063	-2.50	0.027	-0.0982962 -0.0071016	lnpgdpp	-0.0310653	0.0095482	-3.25	0.006	-0.0515442 -0.0105864	lnpgdpp	-0.0310653	0.0095482	-3.25	0.006	-0.0515442 -0.0105864
strind	0.4901458	0.2493753	1.97	0.071	-0.0485968 1.028888	strind	0.0762036	0.287504	0.27	0.795	-0.5449111 0.6973182	strind	0.5090688	0.2235266	2.28	0.039	0.0296519 0.9884858	strind	0.5090688	0.2235266	2.28	0.039	0.0296519 0.9884858
strsrer	0.7637181	0.2917871	2.62	0.021	0.1333504 1.394086	strsrer	0.2678927	0.2592065	1.03	0.320	-0.2920889 0.8278744	strsrer	0.5783812	0.2521596	2.29	0.038	0.0375525 1.11921	strsrer	0.5783812	0.2521596	2.29	0.038	0.0375525 1.11921
strls	-0.0039429	0.1150446	-0.03	0.973	-0.2524816 0.2445958	strls	0.1682748	0.1204087	1.40	0.186	-0.0918524 0.4284021	strls	0.2621336	0.1477402	1.77	0.098	-0.0547376 0.5790048	strls	0.2621336	0.1477402	1.77	0.098	-0.0547376 0.5790048
strwz	0.0000263	0.0002149	0.12	0.904	-0.000438 0.0004907	strwz	0.0009671	0.0002646	0.25	0.804	-0.0005054 0.0006387	strwz	-0.000105	0.0001956	-0.54	0.600	-0.0005246 0.0003146	strwz	-0.000105	0.0001956	-0.54	0.600	-0.0005246 0.0003146
popden	0.0000426	0.0000179	2.38	0.034	0.385e-06 0.0000813	popden	0.0000124	0.0000144	0.86	0.407	-0.0000188 0.0000436	popden	0.0000267	0.000036	0.74	0.471	-0.0000505 0.0001038	popden	0.0000267	0.000036	0.74	0.471	-0.0000505 0.0001038
lnpop	0.006885	0.0047065	1.46	0.167	-0.0032827 0.170527	lnpop	0.0042124	0.0048941	0.86	0.405	-0.0063607 0.147855	lnpop	-0.0016607	0.0059688	-0.28	0.785	-0.0144625 0.0114111	lnpop	-0.0016607	0.0059688	-0.28	0.785	-0.0144625 0.0114111
marketindex	0.0002456	0.0238569	0.01	0.992	-0.0512941 0.0517853	marketindex	0.006368	0.0319077	0.20	0.845	-0.0625644 0.0753005	marketindex	-0.0072827	0.0228548	-0.32	0.755	-0.0563013 0.0417358	marketindex	-0.0072827	0.0228548	-0.32	0.755	-0.0563013 0.0417358
lnqys	0.0004563	0.002479	0.18	0.857	-0.0048993 0.0058119	lnqys	-0.0003205	0.0029302	-0.11	0.915	-0.0066508 0.0060098	lnqys	-0.0003205	0.0029302	-0.11	0.915	-0.0066508 0.0060098	lnqys	-0.0003205	0.0029302	-0.11	0.915	-0.0066508 0.0060098
strsq	-0.0107378	0.0089601	-1.20	0.252	-0.0300949 0.0086194	strsq	-0.0094317	0.0085031	-1.11	0.287	-0.0278015 0.008938	strsq	-0.0125981	0.0095482	-1.32	0.192	-0.0244625 0.0024625	strsq	-0.0125981	0.0095482	-1.32	0.192	-0.0244625 0.0024625
strpub	-0.1098059	0.194459	-0.56	0.582	-0.5299092 0.3102973	strpub	-0.1352065	0.1936731	-0.70	0.497	-0.5563169 0.2831989	strpub	-0.1098059	0.194459	-0.56	0.582	-0.5299092 0.3102973	strpub	-0.1098059	0.194459	-0.56	0.582	-0.5299092 0.3102973
lnslfd	0.0071105	0.0139545	0.51	0.619	-0.0230365 0.0372574	lnslfd	0.0002977	0.0182735	0.02	0.982	-0.0275138 0.0281093	lnslfd	0.0002977	0.0182735	0.02	0.982	-0.0275138 0.0281093	lnslfd	0.0002977	0.0182735	0.02	0.982	-0.0275138 0.0281093
lnzls	0.0017345	0.0153585	0.11	0.912	-0.0314455 0.0349146	lnzls	0.0076408	0.0147134	0.52	0.612	-0.0244155 0.039427	lnzls	0.0076408	0.0147134	0.52	0.612	-0.0244155 0.039427	lnzls	0.0076408	0.0147134	0.52	0.612	-0.0244155 0.039427
t1	0.0070943	0.0010418	6.81	0.000	0.0048436 0.0093451	t1	0.0064982	0.0009354	6.95	0.000	0.0044773 0.008519	t1	0.0064982	0.0009354	6.95	0.000	0.0044773 0.008519	t1	0.0064982	0.0009354	6.95	0.000	0.0044773 0.008519
t2	-0.0049022	0.0015817	-3.10	0.008	-0.0083192 -0.0014852	t2	-0.0037672	0.0017925	-2.10	0.056	-0.0076396 0.0001052	t2	-0.0037672	0.0017925	-2.10	0.056	-0.0076396 0.0001052	t2	-0.0037672	0.0017925	-2.10	0.056	-0.0076396 0.0001052
t3	-0.0077826	0.002122	-3.67	0.003	-0.0123669 -0.0031983	t3	-0.0070562	0.0019578	-3.60	0.003	-0.0112858 -0.0028266	t3	-0.0070562	0.0019578	-3.60	0.003	-0.0112858 -0.0028266	t3	-0.0070562	0.0019578	-3.60	0.003	-0.0112858 -0.0028266
_cons	2.355053	0.3045514	7.73	0.000	1.697111 3.012997	_cons	-3.952057	0.356392	-11.09	0.000	-4.721995 -3.182118	_cons	-3.952057	0.356392	-11.09	0.000	-4.721995 -3.182118	_cons	-3.952057	0.356392	-11.09	0.000	-4.721995 -3.182118

近邻匹配						核匹配						
Inco2	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	Inco2	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
DID	-0.0650503	0.0249399	-2.61	0.021	-0.1185411 -0.0115594	DID	0.0763832	0.0245337	3.11	0.010	0.1303818 0.0223848	
lnpgdp	0.1462595	0.1547586	0.95	0.361	-0.1856647 0.4781836	lnpgdp	0.1793288	0.1819056	0.99	0.345	0.2210428 0.5797003	
lnpgdpp	-0.0122581	0.0129017	-0.95	0.358	-0.0399296 0.0154134	lnpgdpp	-0.0616316	0.0170231	-0.98	0.350	-0.0540992 0.0283559	
strind	0.9228951	0.1922281	4.80	0.000	0.5160669 1.335183	strind	0.9347801	0.2995360	2.50	0.030	0.8885178 1.408704	
strsrer	0.9313487	0.2345516	3.97	0.001	0.4282855 1.434412	strsrer	0.8289147	0.2494695	3.32	0.007	0.279836	1.377993
strls	0.0925069	0.166056	0.56	0.586	-0.2636479 0.4486616	strls	0.0687821	0.172711	0.40	0.698	-0.4489164 0.3115523	
strwz	0.000016	0.0002527	0.06	0.950	-0.000526 0.0005579	strwz	0.0000739	0.00038	0.19	0.849	-0.0007624 0.0009101	
popden	0.0000267	0.000036	0.74	0.471	-0.0000505 0.0001038	popden	0.0000454	0.0000153	2.97	0.013	0.0000118 0.000079	
lnpop	-0.0016607	0.0059688	-0.28	0.785	-0.0144625 0.0114111							
marketindex	-0.0072827	0.0228548	-0.32	0.755	-0.0563013 0.0417358							

Inco2						Inco2						
Inco2	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	Inco2	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
DID	-0.0799121	0.0180443	-4.43	0.001	-0.1186134 -0.0412108	DID	0.0796644	0.0174769	4.56	0.001	0.1181309 0.041198	
lnpgdp	-0.1640195	0.1043	-1.57	0.138	-0.3877117 0.0596906	lnpgdp	-0.0741651	0.120264	-0.62	0.550	-0.3388644 0.1905342	
lnpgdpp	-0.0310653	0.0095482	-3.25	0.006	-0.0515442 -0.0105864	lnpgdpp	-0.0341844	0.0126402	-2.70	0.020	-0.0620053 -0.0063635	
strind	0.5090688	0.2235266	2.28	0.039	0.0296519 0.9884858	strind	0.3248091	0.3065459	1.06	0.312	-0.349894	0.9955122
strsrer	0.5783812	0.2521596	2.29	0.038	0.0375525 1.11921	strsrer	0.4602996	0.2337375	1.97	0.075	0.0541532 0.9747525	
strls	0.2621336	0.1477402	1.77	0.098	-0.0547376 0.5790048	strls	0.204977	0.1681094	1.22	0.248	-0.1650292 0.5749833	
strwz	-0.000105	0.0001956	-0.54	0.600	-0.0005246 0.0003146	strwz	-0.000992	0.0003657	-0.26	0.798	-0.000901 0.000709	
popden	-0.0000267	0.000036	-0.31	0.936	-0.0000778 0.0000360							



4.3.2 剔除其他政策影响

为剔除相关政策（2007 年排污权交易试点、2010 年低碳地区试点、2012 年印发的《重点区域大气污染防治“十二五”规划》）的干扰，本文对仅覆盖低碳试点地区、大气污染重点控制区、排污权交易试点的城市样本分别进行多期双重差分回归检验。

剔除同时期其他相关政策后多期双重差分变量 DID 的回归系数均在 1%—10%水平显著为负。

Inco2						Inco2					
Inco2	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	Inco2	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]
DID	-.0944843	.0342161	-2.76	0.010	-.1648165 -.0241521	DID	-.092789	.0454466	-2.04	0.058	-.1891315 .0035536
lnpgdp	.076283	.1552683	0.49	0.627	-.2428755 .3954416	lnpgdp	.1915498	.2988982	0.64	0.531	-.442086 .8251856
lnpgdpp	-.0089721	.0109356	-0.82	0.419	-.0314507 .0135064	lnpgdpp	-.0043622	.0430877	-0.10	0.921	-.095704 .0869795
strind	.7600443	.2304623	3.30	0.003	.2863223 1.233766	strind	.005144	.5371127	0.10	0.921	-.920235 1.947232
strser	.7843812	.3050998	2.57	0.016	.1572396 1.411523	strser	-.0043622	.0430877	-0.10	0.921	-.095704 .0869795
strls	-.0982494	.0949433	-1.03	0.310	-.2934082 .0969094	strls	-.0982494	.0949433	-1.03	0.310	-.2934082 .0969094

Inco2						Inco2					
Inco2	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	Inco2	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]
DID	-.092789	.0454466	-2.04	0.058	-.1891315 .0035536	DID	-.1116738	.0412424	-2.71	0.016	-.1991038 -.0242437
lnpgdp	.1915498	.2988982	0.64	0.531	-.442086 .8251856	lnpgdp	-.2419268	.276958	-0.87	0.395	-.8290515 .345198
lnpgdpp	-.0043622	.0430877	-0.10	0.921	-.095704 .0869795	lnpgdpp	-.0411609	.0328922	-1.25	0.229	-.1108892 .0285674
strind	.005144	.5371127	0.10	0.921	-.920235 1.947232	strind	-.3588262	.5951054	-0.60	0.555	-1.620393 .9027408
strser	-.0043622	.0430877	-0.10	0.921	-.095704 .0869795	strser	-.8692155	.4966002	-1.75	0.099	-1.921961 .1835299
strls	-.0982494	.0949433	-1.03	0.310	-.2934082 .0969094	strls	.1623303	.3635079	0.45	0.661	-.068272 .9329326

Inco2						Inco2					
Inco2	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	Inco2	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]
DID	-.0944843	.0342161	-2.76	0.010	-.1648165 -.0241521	DID	-.0678622	.0220535	-3.08	0.012	-.1170005 -.0187239
lnpgdp	.076283	.1552683	0.49	0.627	-.2428755 .3954416	lnpgdp	-.3270061	.0794578	-4.12	0.002	-.504049 -.1499631
lnpgdpp	-.0089721	.0109356	-0.82	0.419	-.0314507 .0135064	lnpgdpp	-.027213	.0136731	-1.99	0.075	-.0576784 .0032525
strind	.7600443	.2304623	3.30	0.003	.2863223 1.233766	strind	.4486294	.3195057	1.40	0.191	-.2632737 1.160532
strser	.7843812	.3050998	2.57	0.016	.1572396 1.411523	strser	.5368501	.2979569	1.80	0.102	-.1270393 1.20074
strls	-.0982494	.0949433	-1.03	0.310	-.2934082 .0969094						

图 剔除同时期其他相关政策

剔除试点地区中经济实力排名前三的大城市（北京、上海、深圳）、唯一处于西部的直辖市（重庆）、2016 年底起启动碳市场的附件、四川。回归结果 DID 仍然显著为负，结果稳健。

Inco2						Inco2					
Inco2	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	Inco2	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]
DID	-.0704695	.0261464	-2.70	0.011	-.1241176 -.0168214	DID	-.0761057	.0192797	-3.95	0.001	-.1157543 -.0366371
lnpgdp	.0255001	.0923931	0.28	0.785	-.1640749 .2150752	lnpgdp	-.5301872	.0986485	-5.37	0.000	-.7326072 -.3277871
lnpgdpp	-.0027612	.0120142	-0.23	0.820	-.0274124 .0218899	lnpgdpp	-.0324092	.0110349	-2.94	0.007	-.055051 .0097674
strind	.6314349	.2112704	2.99	0.006	.1979438 1.064926	strind	.2671686	.2388111	1.12	0.273	-.2228314 .7571686
strser	.5471574	.2087107	2.62	0.014	.1189185 .9753963	strser	.2546087	.2117104	1.20	0.240	-.1797851 .6890025
strls	-.0982494	.0949433	-1.03	0.310	-.2934082 .0969094	strls	-.0660522	.0710395	-0.93	0.361	-.2118132 .0797088

Inco2						Inco2					
Inco2	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	Inco2	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]
DID	-.0827738	.0287599	-2.88	0.008	-.1417844 -.0237633	DID	-.0871038	.0232107	-3.75	0.006	-.1347282 -.0394793
lnpgdp	.089123	.1040383	0.86	0.399	-.1243459 .3025919	lnpgdp	-.4610629	.1076805	-4.28	0.000	-.6820215 -.2401043
lnpgdpp	-.0029089	.0122065	-0.24	0.813	-.0279546 .0221368	lnpgdpp	-.0323557	.0112145	-2.89	0.008	-.055366 .0093454
strind	.6053125	.2183503	2.77	0.010	.1572947 1.05333	strind	.2365627	.2462186	0.96	0.345	-.2686362 .7417616
strser	.5492152	.2145826	2.56	0.016	.1089281 .9895023	strser	.2608228	.2185471	1.19	0.243	-.1875987 .7092444
strls	-.0982494	.0949433	-1.03	0.310	-.2934082 .0969094						

Inco2						Inco2					
Inco2	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	Inco2	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]
DID	-.0840203	.0274286	-3.06	0.005	-.1402991 -.0277415	DID	-.0903044	.0225781	-4.00	0.000	-.136631 .0439779
lnpgdp	.1049232	.1094101	0.96	0.346	-.1195679 .3294142	lnpgdp	-.4625947	.1153948	-4.01	0.000	-.6993653 -.2258242
lnpgdpp	-.0019943	.01176	-0.17	0.867	-.0261238 .0221352	lnpgdpp	-.0308044	.0110107	-2.81	0.009	-.0534864 .0093024
strind	.6272383	.2430516	2.58	0.016	.1285376 1.125939	strind	.2346412	.2644382	0.89	0.383	-.3079412 .7772235
strser	.5225346	.2283091	2.29	0.030	.054083 .9909862	strser	.2003427	.2208582	0.95	0.352	-.2438710 .6475664
strls	-.177166	.0872424	-2.03	0.052	-.3561725 .0018405						

图 剔除部分特殊样本影响



4.4 传导机制分析

4.4.1 相对市场规模

构建碳价、市场流动性和相对市场交易规模三个机制变量

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 DID_{it} + \theta DID_{it} \times perf_{it} + \beta_2 control_{it} + \eta_i + \gamma_t + \delta_n + \varepsilon_{it}$$

Perf 为衡量市场机制的相关指标，具体表现为碳价、市场流动性、相对市场交易规模；

添加 DID 和 perf 交互项后，系数 β_1 表示市场机制完全不存在时的碳市场效应， θ 表示碳交易引致的异质性碳减排效应，是关键系数

进行双重差分回归，发现无论是对于碳排放量还是碳排放强度，DID 和相对市场规模的交乘项系数都为负且显著，和其余两个变量虽系数都为负但不显著（这里我跑出来的结果和论文不一样）。

可得如下结论：

- ① 试点地区碳市场的碳减排效应部分来源于以碳交易为核心的市场机制，相对市场交易规模越大，则碳市场的碳减排效果越显著；
- ② 由于碳价、市场流动性未能显著增强碳市场的碳减排功能，因此总体而言试点地区碳市场的市场机制作用有限；
- ③ 试点地区碳市场的碳减排效应还来源于碳交易以外的非市场机制。

注：下图中绿色√表示显著，红色×表示不显著

lnco2						lnco2dp					
lnco2	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	lnco2dp	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]
DID	0 (omitted)					DID	0 (omitted)				
c.DID#c.lnprice2	.0398026	.0156594	-2.54	0.085	[-.0896377, .0100325]	c.DID#c.lnprice2	.037838	.0213181	-1.77	0.174	[-.1056818, .0300057]
DID	0 (omitted)					DID	0 (omitted)				
c.DID#c.lnliqui2	-.0001833	.0040791	-0.04	0.967	[-.0131648, .0127981]	c.DID#c.lnliqui2	-.0016472	.0048129	-0.34	0.755	[-.0169639, .0136696]
DID	0 (omitted)					DID	0 (omitted)				
.DID#c.strvol2	.0527854	.0067086	0.61	0.586	[-.22316, .3287308]	c.DID#c.strvol2	.0460144	.0042111	0.54	0.623	[-.221983, .3140118]

图 传导机制分析——相对市场规模



4.4.1 政府干预

$$Y_{it}=\beta_0+\beta_1DID_{it}+\theta DID_{it}\times gov_{it}+\beta_g gov_{it}+\beta_2 control_{it}+\eta_i+\gamma_t+\delta_{it}+\varepsilon_{it}$$

其中，gov 为衡量政府行政干预的指标，具体为国有企业占比、财政依存度、惩罚力度， β 为对应系数；

$DID\times gov_{it}$ 为 DID 变量与行政干预力度的交互项， θ 为对应系数，属于判断行政干预力度是否影响碳市场碳减排效应的关键系数。

构建国有企业占比、财政依存度、惩罚力度三个机制变量，并进行双重差分回归，发现无论是对于碳排放量还是碳排放强度，DID 和三个机制变量的交乘项系数都为负且显著（这里我跑出来的结果和论文不一样）

可以得出，政府干预会放大所在地区碳市场机制的碳减排效应。

注：下图中绿色√表示显著，红色×表示不显著

Inco2						Inco2					
Inco2	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	Inco2	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]
DID	.153691	.0741348	2.07	0.047	[-.0018326, .3055493]	DID	.0028111	.0467612	-0.06	0.952	[-.098597, .0929748]
c.DID#c.strgygz	-.5321324	.1568361	-3.39	0.002	[-.8533966, -.2108682]	c.DID#c.strpub	-.9717617	.5357584	-1.81	0.080	[-2.069213, .1256896]
Inco2						Inco2					
Inco2	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	Inco2	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]
DID	.0954678	.0611815	1.56	0.130	[-.0298568, .2207924]	DID	.0114638	.0399302	0.29	0.776	[-.0703295, .0932572]
c.DID#c.penalty	-.0520074	.0154053	-3.38	0.002	[-.0835637, -.0204511]	c.DID#c.strpub	-1.218215	.5192065	-2.35	0.026	[-2.281761, -.1546684]
Incogdp						Incogdp					
Incogdp	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	Incogdp	Coefficient	Robust std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]
DID	.1189572	.0813493	1.46	0.155	[-.0476793, .2855938]	DID	.0114638	.0399302	0.29	0.776	[-.0703295, .0932572]
c.DID#c.strgygz	-.4737223	.1910742	-2.48	0.019	[-.8651199, -.0823246]	c.DID#c.strpub	-1.218215	.5192065	-2.35	0.026	[-2.281761, -.1546684]

图 传导机制分析——政府干预

5. 感悟和展望

5.1 感悟

1. 因果推断方法上，本文 PSM-DID 思想、传导机制变量的设置都非常值得学习。
2. 掌握了安慰剂检验、PSM DID 模型的 stata 实现方法（PSM DID 也是第一次接触和学习，学习了近邻匹配、半径匹配、核匹配），了解了通过和 DID 交乘项继续交乘回归的传导机制分析方法。
3. 从理论到实践还有不少的路要走，要学习的东西还有很多，这次走了一次 DID 的全流程，实践还是比理论想象的复杂很多。不过发现了网上有非常丰富的学习资料可以自学。比如发现其实可以通过 reg2docx 等直接将 stata 结果以论文的格



式输出到 word 中，不过本次复现中不需要导出 docx 做论文，所以暂时没有使用，这在未来写论文时应该会非常有用。

5.2 展望和进一步研究方向

最后，我认为这篇论文有一些潜在的可以继续研究改进的方向：

1. 研究碳市场与其他政策的协同效应：碳市场与其他政策如能源政策、环境政策等可能存在协同效应，可以进一步研究这些协同效应的机制和影响，为政策制定提供更全面的建议。

2. 研究碳市场的微观机制：目前的研究主要关注了碳市场的宏观效应，可以进一步研究碳市场的微观机制，如碳交易的价格形成机制、市场参与者的行为等，为碳市场的设计和运行提供更深入的理论支持。

3. 研究不同地区和行业的差异：碳市场在不同地区和行业的实施效果可能存在差异，可以进一步研究这些差异的原因和影响，为政策制定提供更有针对性的建议。

4. 研究国际经验和比较：可以进一步研究其他国家和地区的碳市场经验，进行国际比较和借鉴，为我国碳市场的发展提供参考。



附：完整代码

I. 数据清洗

Python

```
import pandas as pd
import openpyxl

df1 = pd.read_excel(r'商业数据分析\论文复现_陈凯强（代码+数据）\Raw Data\其他指标.xlsx')
df2 = pd.read_excel(r'商业数据分析\论文复现_陈凯强（代码+数据）\Raw Data\2006-2019 年中国各城市 PM2.5 平均浓度.xlsx')

# 增加能源消耗
df3 = pd.read_excel(r'商业数据分析\论文复现_陈凯强（代码+数据）\Data Cleansing\energy_combine.xlsx')
df4 = pd.read_excel(r'商业数据分析\论文复现_陈凯强（代码+数据）\Raw Data\1997-2022 年市场化指数.xlsx')

df=pd.merge(df1,df2,on=['code','year'],how="left")
df=pd.merge(df,df3,on=['code','year'],how="left")
df=pd.merge(df,df4,on=['pcode','year'],how="left")

# 增加能源消耗强度字段
df['energdp']=df['so2']*10000/df['gdp']

# 增加碳排放 co2 字段
df5 = pd.read_excel('商业数据分析\论文复现_陈凯强（代码+数据）\Raw Data\The_Emission_Inventories_for_290_Chinese_Cities_from_1997_to_2019.xlsx')

years = [year for year in range(2006, 2020)] # 假设数据直到 2019 年

df6 = pd.melt(df5, id_vars=['city', 'code'], value_vars=years, var_name='year', value_name='co2') # 长表变宽表
df6['year'] = df6['year'].astype(int) # 将字符串转换为整数
df6.sort_values(by=['code', 'year'], inplace=True)
df6=df6[['code', 'year', 'co2']]
df=pd.merge(df,df6,on=['code','year'],how="left")
```



```
# 增加碳强度字段
df['cogdp']=df['co2']/df['gdp']

# 增加专利数字段
df7=pd.read_excel(r'商业数据分析\论文复现_陈凯强（代码+数据）\Raw Data\2006-2019 年 283
个地级市专利授权.xlsx')
df8=df7.drop('city', axis=1)
df=pd.merge(df,df8,on=['code','year'],how="left")

# 增加碳交易相关字段
df8=pd.read_excel(r'商业数据分析\论文复现_陈凯强（代码+数据）\Raw Data\碳交易数据.xlsx')
df8=df8.drop('city', axis=1)
df=pd.merge(df,df8,on=['code','year'],how="left")

# 使用 to_excel 方法将 DataFrame 保存为 Excel 文件
df.to_excel(r'商业数据分析\论文复现_陈凯强（代码+数据）\Data Cleansing\1_数据大表.xlsx',
index=False)
```



II. 实证过程

Stata

*** 陈凯强_did 论文复现——《碳市场的碳减排效应研究》***

```
ssc install reghdfe
```

```
ssc install ftools
```

```
ssc install coefplot
```

```
ssc install dpplot
```

```
clear
```

```
cd C:\Users\10136\Desktop\大三下\课程\商业数据分析\论文复现_陈凯强（代码+数据）
```

```
use data_0.dta
```

//数据说明：Raw Data 文件夹中是原始数据（为后续表合并等的方便稍经处理），利用 python 生成 1_数据大表，再用 excel 进行一些处理后得到最终使用的数据表——0_最终数据表。（处理过程见各个 raw data 文件和 Data Cleasing 中的 Python 代码）

//把最终数据表另存到成 data.dta 并且在运行代码时使用，其他的 dta 都是运行时生成的

****多期 DID 处理变量构建****

****北京（pro=4），天津（pro=7），上海（pro=1），重庆（pro=27），湖北（pro=21），广东（pro=12），福建（pro=24），深圳（city=169），四川（pro=6）****

```
gen treatment=(pro==4|pro==7|pro==1|pro==27|pro==21|pro==12|pro==24)
```

```
gen post=1 if (pro==4|pro==7|pro==1|pro==12) & year>=2013
```

```
replace post=1 if (pro==27|pro==21) & year>=2014
```

```
replace post=1 if pro==24 & year>=2016
```

```
replace post=0 if post!=1
```

```
gen DID=treatment*post
```

```
save data.dta,replace
```

****控制变量设置全局宏方便后续分析，可以在后续的命令中通过引用这个宏（\$controlvars）来一次性使用所有的这些变量，而不需要每次都列出所有的变量名****

```
global controlvars "lnpgdp lnpgdpp strind strser strls strwz popden lnpop marketindex lnqys strsq  
strpub lnslfd lnzls t1 t2 t3"
```

****设置面板数据****

```
xtset city year,yearly
```

****1. 基准回归****

//reghdfe 用于估计具有多个高维固定效应的线性模型// //控制区域、城市、区域城市交互固定效应//



```
//不加控制变量，碳市场机制对碳排放总量有抑制作用，但不显著
reghdfe lnco2 DID,absorb(city year region#year) vce(cluster pro)
//加控制变量，碳市场对碳排放有抑制作用，且显著
reghdfe lnco2 DID $controlvars,absorb(city year region#year) vce(cluster pro)
//不加控制变量，系数显著为负，碳市场机制对碳排放有显著的抑制作用
reghdfe lncogdp DID, absorb(city year region#year) vce(cluster pro)
//加控制变量，系数绝对值增大，显著性增强
reghdfe lncogdp DID $controlvars , absorb(city year region#year) vce(cluster pro)

**2. 平行趋势检验，对应附表 4**
clear
use "data.dta"

//生成政策节点与政策处理交互项//
gen tpilot=2013 if city==169
replace tpilot=2013 if pro==1
replace tpilot=2013 if pro==4
replace tpilot=2013 if pro==7
replace tpilot=2013 if pro==12 & city!=169
replace tpilot=2014 if pro==21
replace tpilot=2014 if pro==27
replace tpilot=2016 if pro==24

gen policy=year-tpilot if treatment==1

tab policy //生成 policy 的频率表//
forvalues i=10(-1)1{
    gen pre_`i'=(policy==`i') //政策前期虚拟变量
}
gen current=(policy==0) //政策当期虚拟变量

forvalues i=1(1)4{
    gen post_`i'=(policy==`i') //政策后期虚拟变量
}

drop pre_10 pre_9 pre_8 pre_7 //因为多重共线性丢弃四个组

//平行趋势检验图//
reghdfe lnco2 pre_* current post* $controlvars c.c_int#c.lnpgdp, absorb(city year region#year)
vce(cluster pr)
coefplot,baselevels keep(pre_* current post*) vertical yline(0) ytitle("二氧化碳排放量回归系数")
```



```
xtitle("各期动态效应") addplot(line @b @at)
ciopts(recast(rcap)) scheme(s1mono) //keep 保留前面回归中哪些变量的系数;ciopts 是置信区间;
recast(rcap)是置信区间样式; scheme 是配色
```

```
reghdfe lncogdp pre_* current post* $controlvars c.c_int#c.lnpgdp, absorb(city year region#year)
vce(cluster pr)
coefplot,baselevels keep(pre_* current post*) vertical yline(0) ytitle("二氧化碳排放强度回归系数")
xtitle("各期动态效应") addplot(line @b @at)
ciopts(recast(rcap)) scheme(s1mono)
```

****安慰剂检验****

//按照作者所说将重抽样次数设置为 500，对三个变量分别做重抽样；:后面是重抽样后要跑的回归

```
permute DID _b[DID],reps(500) rseed(2023) saving("policy_1.dta",replace):reghdfe lnco2 DID
$controlvars, absorb(city year region#year) vce(cluster pro)
permute DID _b[DID],reps(500) rseed(2023)saving("policy_2.dta",replace):reghdfe lncogdp DID
$controlvars, absorb(city year region#year) vce(cluster pro)
permute treatment _b[c.treatment#c.post],reps(500)
rseed(2023)saving("group_1.dta",replace):reghdfe lnco2 c.treatment#c.post $controlvars , absorb(city
year region#year)vce(cluster pro)
permute treatment _b[c.treatment#c.post],reps(500)
rseed(2023)saving("group_2.dta",replace):reghdfe lncogdp c.treatment#c.post $controlvars ,
absorb(city year region#year)vce(cluster pro)
permute post _b[c.treatment#c.post],reps(500) rseed(2023)saving("post_1.dta",replace):reghdfe
lnco2 c.treatment#c.post $controlvars, absorb(city year region#year)vce(cluster pro)
permute post _b[c.treatment#c.post],reps(500) rseed(2023)saving("post_2.dta",replace):reghdfe
lncogdp c.treatment#c.post $controlvars, absorb(city year region#year)vce(cluster pro)
```

//画核密度图

```
use"policy_1.dta",clear
dpplot _pm_1,xline(-0.0833,lc(black*0.5) lp(solid))
xline(0,lc(black*0.5)lp(dash))
xtitle("Estimator",size(*0.8))
xlabel(-0.1(0.025)0.1,format(%4.3f)labsize(small))
ytitle("Density",size(*0.8))
ylabel(nogrid format(%4.1f) labsize(small))
note("") caption("") graphregion(fcolor(white))
xsize(8)
ysize(5)
```

```
use"policy_2.dta",clear
```



```
dpplot _pm_1,xline(-0.0833,lc(black*0.5) lp(solid))
xline(0,lc(black*0.5)lp(dash))
xtitle("Estimator",size(*0.8))
xlabel(-0.1(0.025)0.1,format(%4.3f)labsize(small))
yttitle("Density",size(*0.8))
ylabel(,nogrid format(%4.1f) labsize(small))
graphregion(fcolor(white))
xsize(8)
ysize(5)
```

```
use"group_1.dta",clear
dpplot _pm_1,xline(-0.0833,lc(black*0.5) lp(solid))
xtitle("Estimator",size(*0.8))
xlabel(-0.1(0.025)0.1,format(%4.3f)labsize(small))
yttitle("Density",size(*0.8))
ylabel(,nogrid format(%4.1f) labsize(small))
graphregion(fcolor(white))
xsize(8)
ysize(5)
```

```
use"group_2.dta",clear
dpplot _pm_1,xline(-0.0833,lc(black*0.5) lp(solid))
xline(0,lc(black*0.5)lp(dash))
xtitle("Estimator",size(*0.8))
xlabel(-0.1(0.025)0.1,format(%4.3f)labsize(small))
yttitle("Density",size(*0.8))
ylabel(,nogrid format(%4.1f) labsize(small))
graphregion(fcolor(white))
xsize(8)
ysize(5)
```

```
use"post_1.dta",clear
dpplot _pm_1,xline(-0.0833,lc(black*0.5) lp(solid))
xline(0,lc(black*0.5)lp(dash))
xtitle("Estimator",size(*0.8))
xlabel(-0.1(0.025)0.1,format(%4.3f)labsize(small))
yttitle("Density",size(*0.8))
ylabel(,nogrid format(%4.1f) labsize(small))
graphregion(fcolor(white))
xsize(8)
ysize(5)
```



```
use "post_2.dta", clear
dpplot _pm_1, xline(-0.0833, lc(black*0.5) lp(solid))
xline(0, lc(black*0.5) lp(dash))
xtitle("Estimator", size(*0.8))
xlabel(-0.1(0.025)0.1, format(%4.3f) lsize(small))
ytitle("Density", size(*0.8))
ylabel(nogrid format(%4.1f) lsize(small))
graphregion(fcolor(white))
xsize(8)
ysize(5)
```

// 通过抽样，发现不存在安慰剂效应（和原始回归系数相差大）

****稳健性检验：剔除其他政策和特殊地域影响****

****稳健性检验 1、PSM DID 倾向性得分匹配 有两种 一种是所有时间段放在一起匹配，一种是逐年匹配 这里用逐年匹配****

****法 1：半径匹配，2006-2010，只保留匹配上的城市****

*****2006*****

```
use "data.dta", clear
keep if year==2006
set seed 2023
gen tmp=runiform()
sort tmp
global control "lnpgdp lnpgdpp strind strser strls strwz popden lnpop marketindex lnqys strsq strpub
lnslfd lnzls t1"
psmatch2 pilot $control ,out(lnco2) radius cal(0.05) ate ties logit common
pstest $control, both
gen common=_support
drop if common==0|common==.
keep city
save "psm_2006.dta", replace
```

*****2007*****

```
use "data.dta", clear
keep if year==2007
```



```
set seed 2023
gen tmp=runiform()
sort tmp
global control "lnpgdp lnpgdpp strind strser strls strwz popden lnpop marketindex lnqys strsq strpub
lnslfd lnzls t1"
psmatch2 pilot $control ,out(lnco2) radius cal(0.05) ate ties logit common
pstest $control,both
gen common=_support
drop if common==0|common==.
keep city
save "psm_2007.dta",replace
```

```
***2008***
use "data.dta",clear
keep if year==2008
set seed 2023
gen tmp=runiform()
sort tmp
global control "lnpgdp lnpgdpp strind strser strls strwz popden lnpop marketindex lnqys strsq strpub
lnslfd lnzls t1"
psmatch2 pilot $control ,out(lnco2) radius cal(0.05) ate ties logit common
pstest $control,both
gen common=_support
drop if common==0|common==.
keep city
save "psm_2008.dta",replace
```

```
***2009***
use "data.dta",clear
keep if year==2009
set seed 2023
gen tmp=runiform()
sort tmp
global control "lnpgdp lnpgdpp strind strser strls strwz popden lnpop marketindex lnqys strsq strpub
lnslfd lnzls t1"
psmatch2 pilot $control ,out(lnco2) radius cal(0.05) ate ties logit common
pstest $control,both
gen common=_support
drop if common==0|common==.
keep city
save "psm_2009.dta",replace
```



```
***2010***
use "data.dta",clear
keep if year==2010
set seed 2023
gen tmp=runiform()
sort tmp
global control "lnpgdp lnpgdpp strind strser strls strwz popden lnpop marketindex lnqys strsq strpub
lnslfd lnzls t1"
psmatch2 pilot $control ,out(lnco2) radius cal(0.05) ate ties logit common
pstest $control,both
gen common=_support
drop if common==0|common==.
keep city
save "psm_2010.dta",replace

***合并前面匹配上的城市***
merge 1:1 city using "psm_2009.dta",keep(3)nogen
merge 1:1 city using "psm_2008.dta",keep(3)nogen
merge 1:1 city using "psm_2007.dta",keep(3)nogen
merge 1:1 city using "psm_2006.dta",keep(3)nogen
save "psm_total.dta",replace

***psm 合并文件再和主回归文件合并***
use "data.dta",clear
merge m:1 city using "psm_total.dta",keep(3)nogen
xtset ci year
reghdfe lnco2 DID $controlvars , absorb(city year region#year)vce(cluster pro)
reghdfe lncogdp DID $controlvars , absorb(city year region#year)vce(cluster pro)

reghdfe lnco2 DID $controlvars, absorb(city year region#year)vce(cluster pro)
reghdfe lncogdp DID $controlvars, absorb(city year region#year)vce(cluster pro)

**法 2: 近邻匹配, 2006-2010, 只保留匹配上的城市**
***2006***
use "data.dta",clear
keep if year==2006
set seed 2023
gen tmp=runiform()
sort tmp
global control "lnpgdp lnpgdpp strind strser strls strwz popden lnpop marketindex lnqys strsq strpub
lnslfd lnzls t1"
```



```
psmatch2 pilot $control ,out(lnco2) logit ate neighbor(4) common ties //改变的是这里的参数，别的和前面一样//
```

```
pstest $control,both
gen common=_support
drop if common==0|common==.
keep city
save "psm_2006_n.dta",replace
```

```
***2007***
```

```
use "data.dta",clear
keep if year==2007
set seed 2023
gen tmp=runiform()
sort tmp
global control "lnpgdp lnpgdpp strind strser strls strwz popden lnpop marketindex lnqys strsq strpub lnslfd lnzls t1"
psmatch2 pilot $control ,out(lnco2) logit ate neighbor(4) common ties
pstest $control,both
gen common=_support
drop if common==0|common==.
keep city
save "psm_2007_n.dta",replace
```

```
***2008***
```

```
use "data.dta",clear
keep if year==2008
set seed 2023
gen tmp=runiform()
sort tmp
global control "lnpgdp lnpgdpp strind strser strls strwz popden lnpop marketindex lnqys strsq strpub lnslfd lnzls t1"
psmatch2 pilot $control ,out(lnco2) logit ate neighbor(4) common ties
pstest $control,both
gen common=_support
drop if common==0|common==.
keep city
save "psm_2008_n.dta",replace
```

```
***2009***
```

```
use "data.dta",clear
keep if year==2009
```



```
set seed 2023
gen tmp=runiform()
sort tmp
global control "lnpgdp lnpgdpp strind strser strls strwz popden lnpop marketindex lnqys strsq strpub
lnslfd lnzls t1"
psmatch2 pilot $control ,out(lnco2) logit ate neighbor(4) common ties
pstest $control,both
gen common=_support
drop if common==0|common==.
keep city
save "psm_2009_n.dta",replace
```

```
***2010***
use "data.dta",clear
keep if year==2010
set seed 2023
gen tmp=runiform()
sort tmp
global control "lnpgdp lnpgdpp strind strser strls strwz popden lnpop marketindex lnqys strsq strpub
lnslfd lnzls t1"
psmatch2 pilot $control ,out(lnco2) logit ate neighbor(4) common ties
pstest $control,both
gen common=_support
drop if common==0|common==.
keep city
save "psm_2010_n.dta",replace
```

```
***同样，合并前面匹配上的城市***
merge 1:1 city using "psm_2009_n.dta",keep(3)nogen
merge 1:1 city using "psm_2008_n.dta",keep(3)nogen
merge 1:1 city using "psm_2007_n.dta",keep(3)nogen
merge 1:1 city using "psm_2006_n.dta",keep(3)nogen
save "psm_total_n.dta",replace
```

```
***同样，psm 合并文件再和主回归文件合并***
use "data.dta",clear
merge m:1 city using "psm_total_n.dta",keep(3)nogen
xtset ci year
reghdfe lnco2 DID $controlvars , absorb(city year region#year)vce(cluster pro)
reghdfe lngogdp DID $controlvars , absorb(city year region#year)vce(cluster pro)

reghdfe lnco2 DID $controlvars , absorb(city year region#year)vce(cluster pro)
```



```
reghdfe lngogdp DID $controlvars, absorb(city year region#year)vce(cluster pro)
```

****法 3: 核匹配 kernel , 2006-2010, 只保留匹配上的城市****

*****2006*****

```
use "data.dta",clear
keep if year==2006
set seed 2023
gen tmp=runiform()
sort tmp
global control "lnpgdp lnpgdpp strind strser strls strwz popden lnpop marketindex lnqys strsq strpub
lnslfd lnzls t1"
psmatch2 pilot $control ,out(lnco2) kernel ate logit common ties //改变的是这里的参数, 别的和前面一样//
pstest $control,both
gen common=_support
drop if common==0|common==.
keep city
save "psm_2006_k.dta",replace
```

*****2007*****

```
use "data.dta",clear
keep if year==2007
set seed 2023
gen tmp=runiform()
sort tmp
global control "lnpgdp lnpgdpp strind strser strls strwz popden lnpop marketindex lnqys strsq strpub
lnslfd lnzls t1"
psmatch2 pilot $control ,out(lnco2) kernel ate logit common ties
pstest $control,both
gen common=_support
drop if common==0|common==.
keep city
save "psm_2007_k.dta",replace
```

*****2008*****

```
use "data.dta",clear
keep if year==2008
set seed 2023
gen tmp=runiform()
sort tmp
global control "lnpgdp lnpgdpp strind strser strls strwz popden lnpop marketindex lnqys strsq strpub
```



```
lnslfd lnzls t1"
psmatch2 pilot $control ,out(lnco2) kernel ate logit common ties
pstest $control,both
gen common=_support
drop if common==0|common==.
keep city
save "psm_2008_k.dta",replace

***2009***
use "data.dta",clear
keep if year==2009
set seed 2023
gen tmp=runiform()
sort tmp
global control "lnpgdp lnpgdpp strind strser strls strwz popden lnpop marketindex lnqys strsq strpub
lnslfd lnzls t1"
psmatch2 pilot $control ,out(lnco2) kernel ate logit common ties
pstest $control,both
gen common=_support
drop if common==0|common==.
keep city
save "psm_2009_k.dta",replace

***2010***
use "data.dta",clear
keep if year==2010
set seed 2023
gen tmp=runiform()
sort tmp
global control "lnpgdp lnpgdpp strind strser strls strwz popden lnpop marketindex lnqys strsq strpub
lnslfd lnzls t1"
psmatch2 pilot $control ,out(lnco2) kernel ate logit common ties
pstest $control,both
gen common=_support
drop if common==0|common==.
keep city
save "psm_2010_k.dta",replace

***同样，合并前面匹配上的城市***
merge 1:1 city using "psm_2009_k.dta",keep(3)nogen
merge 1:1 city using "psm_2008_k.dta",keep(3)nogen
```



```
merge 1:1 city using "psm_2007_k.dta",keep(3)nogen
merge 1:1 city using "psm_2006_k.dta",keep(3)nogen
save "psm_total_k.dta",replace
```

同样，psm 合并文件再和主回归文件合并

```
use "data.dta",clear
merge m:1 city using "psm_total_k.dta",keep(3)nogen
xtset ci year
reghdfe lnco2 DID $controlvars , absorb(city year region#year)vce(cluster pro)
reghdfe lncogdp DID $controlvars , absorb(city year region#year)vce(cluster pro)
```

```
reghdfe lnco2 DID $controlvars, absorb(city year region#year)vce(cluster pro)
reghdfe lncogdp DID $controlvars, absorb(city year region#year)vce(cluster pro)
```

稳健性检验 2 剔除其他政策影响

```
use data.dta,clear
//lnco2//
reghdfe lnco2 DID $controlvars if lc2010==1|lc2012==1|lc2017==1,absorb(city year region#year)
vce(cluster pro)
reghdfe lnco2 DID $controlvars if city47==1,absorb(city year region#year) vce(cluster pro)
reghdfe lnco2 DID $controlvars if sopilot,absorb(city year region#year) vce(cluster pro)
//lncogdp//
reghdfe lncogdp DID $controlvars if lc2010==1|lc2012|lc2017==1,absorb(city year region#year)
vce(cluster pro)
reghdfe lncogdp DID $controlvars if city47==1,absorb(city year region#year) vce(cluster pro)
reghdfe lncogdp DID $controlvars if sopilot,absorb(city year region#year) vce(cluster pro)
```

*** 稳健性检验 3 剔除特殊地区影响 ***

```
//lnco2//
reghdfe lnco2 DID $controlvars if pro!=4&pro!=1&city!=169,absorb(city year region#year)
vce(cluster pro)
reghdfe lnco2 DID $controlvars if pro!=27,absorb(city year region#year) vce(cluster pro)
reghdfe lnco2 DID $controlvars if pro!=6,absorb(city year region#year) vce(cluster pro)
//lncogdp//
reghdfe lncogdp DID $controlvars if pro!=4&pro!=1&city!=169,absorb(city year region#year)
vce(cluster pro)
reghdfe lncogdp DID $controlvars if pro!=27,absorb(city year region#year) vce(cluster pro)
reghdfe lncogdp DID $controlvars if pro!=6,absorb(city year region#year) vce(cluster pro)
```



****机制分析****

**** 1. 市场运行状况 ****

//Inco2//

```
reghdfe Inco2 DID c.DID#C.lnprice $controlvars, absorb(city year region#year)vce(cluster pro)
reghdfe Inco2 DID c.DID#C.lnliqui $controlvars, absorb(city year region#year)vce(cluster pro)
reghdfe Inco2 DID c.DID#C.strvol $controlvars, absorb(city year region#year)vce(cluster pro)
```

//Incogdp//

```
reghdfe Incogdp DID c.DID#C.lnprice $controlvars, absorb(city year region#year)vce(cluster pro)
reghdfe Incogdp DID c.DID#C.lnliqui $controlvars, absorb(city year region#year)vce(cluster pro)
reghdfe Incogdp DID c.DID#C.strvol $controlvars, absorb(city year region#year)vce(cluster pro)
```

**** 2. 政府干预效应 ****

```
gen penalty=6 if pro==1|city==169|pro==4
replace penalty=5 if pro==27
replace penalty=4 if pro==21
replace penalty=3 if pro==12&city!=169
replace penalty=2 if pro==24
replace penalty=1 if pro==7
replace penalty=0 if penal==.
replace penalty=0 if DID==0
```

//Inco2//

```
reghdfe Inco2 DID c.DID#C.strgygz $controlvars, absorb(city year region#year)vce(cluster pro)
reghdfe Inco2 DID c.DID#C.strpub $controlvars, absorb(city year region#year)vce(cluster pro)
reghdfe Inco2 DID c.DID#C.penalty $controlvars, absorb(city year region#year)vce(cluster pro)
```

//Incogdp//

```
reghdfe Incogdp DID c.DID#C.strgygz $controlvars, absorb(city year region#year)vce(cluster pro)
reghdfe Incogdp DID c.DID#C.strpub $controlvars, absorb(city year region#year)vce(cluster pro)
reghdfe Incogdp DID c.DID#C.penalty $controlvars, absorb(city year region#year)vce(cluster pro)
```
