



# 城市大气污染物和二氧化碳协同减排

## Co-control of urban air pollutants and CO<sub>2</sub>

---

毛显强 Mao Xianqiang

北京师范大学环境学院

School of Environment, Beijing Normal University

2018年6月11日 武汉会议中心

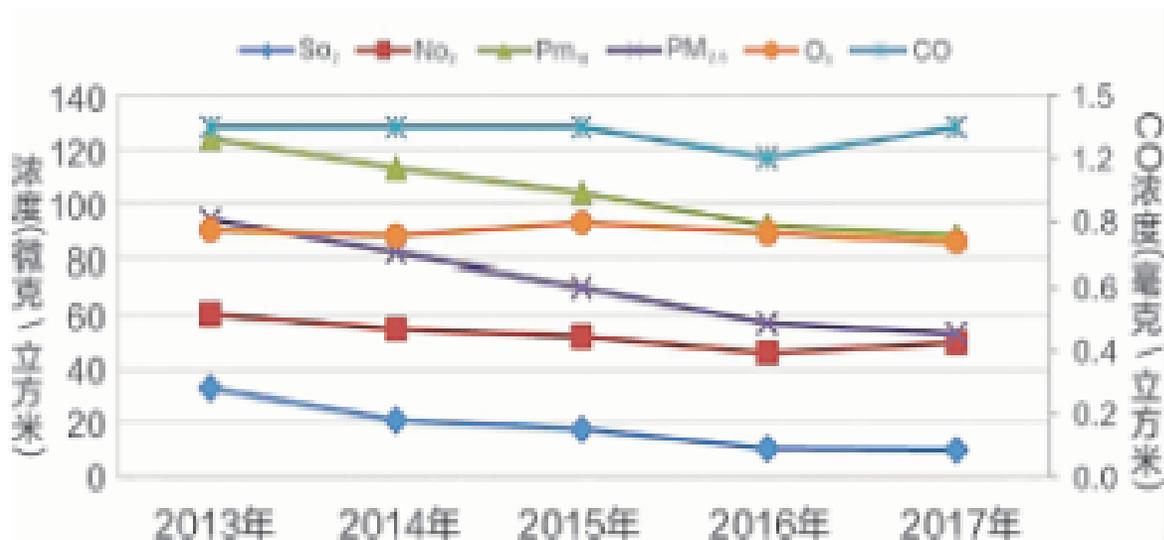
# 01 背景

# 背景

我国城市的能源消费、CO<sub>2</sub>和空气污染物排放问题突出!

- 我国的城市背负着**高强度的生产功能**，能耗和碳排放水平很高，城市能耗占总能耗的比重高达**84%**；
- 北京、上海、天津、重庆、武汉、香港等6个城市的**碳排放总量**位居**全球前50位**；
- 2017年全国338个地级及以上城市中，有239个城市环境空气质量超标，占**70.7%**。

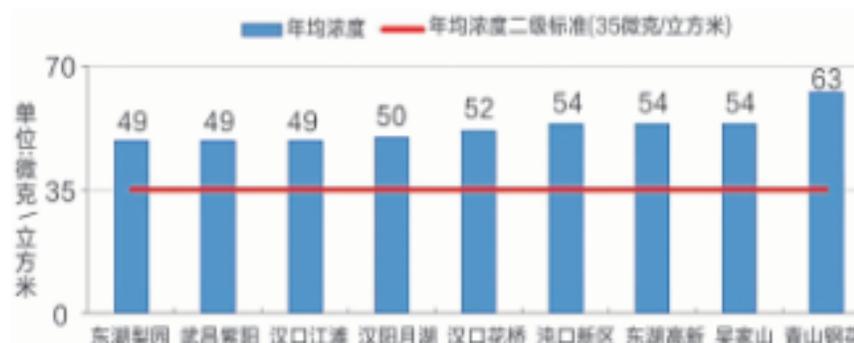
# 我们的城市既要低碳又要低污染



近5年全市6项污染物年均浓度变化趋势图



2017年国控监测点NO<sub>2</sub>年均浓度比较图



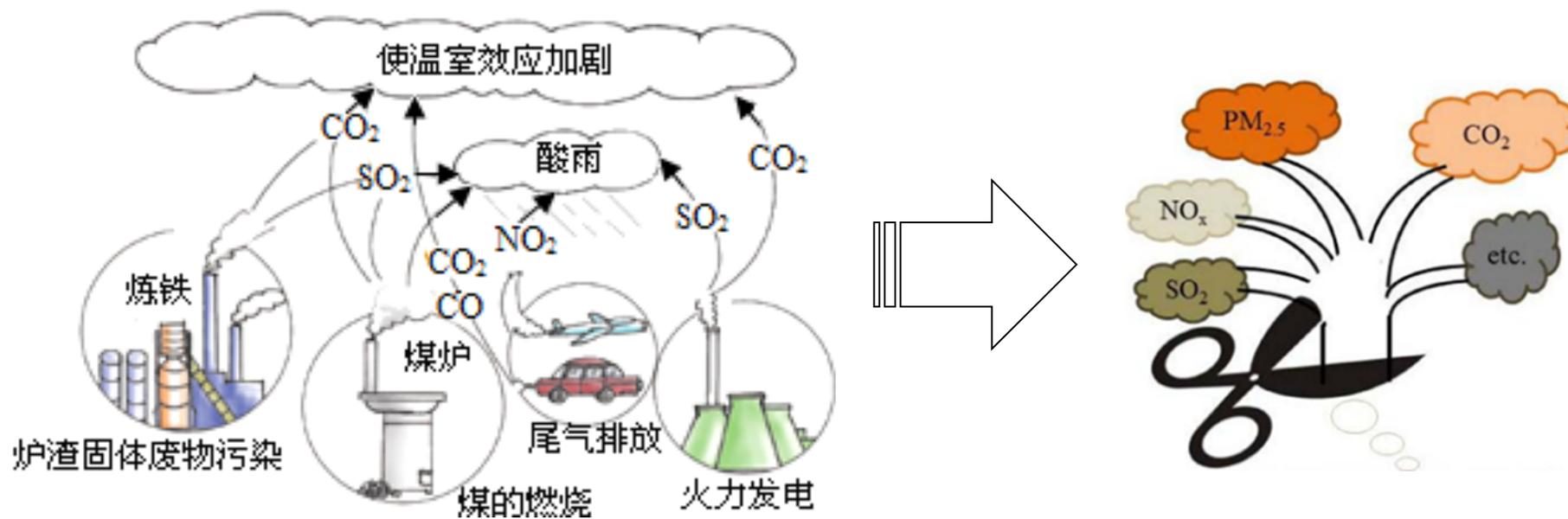
2017年国控监测点PM<sub>2.5</sub>年均浓度比较图



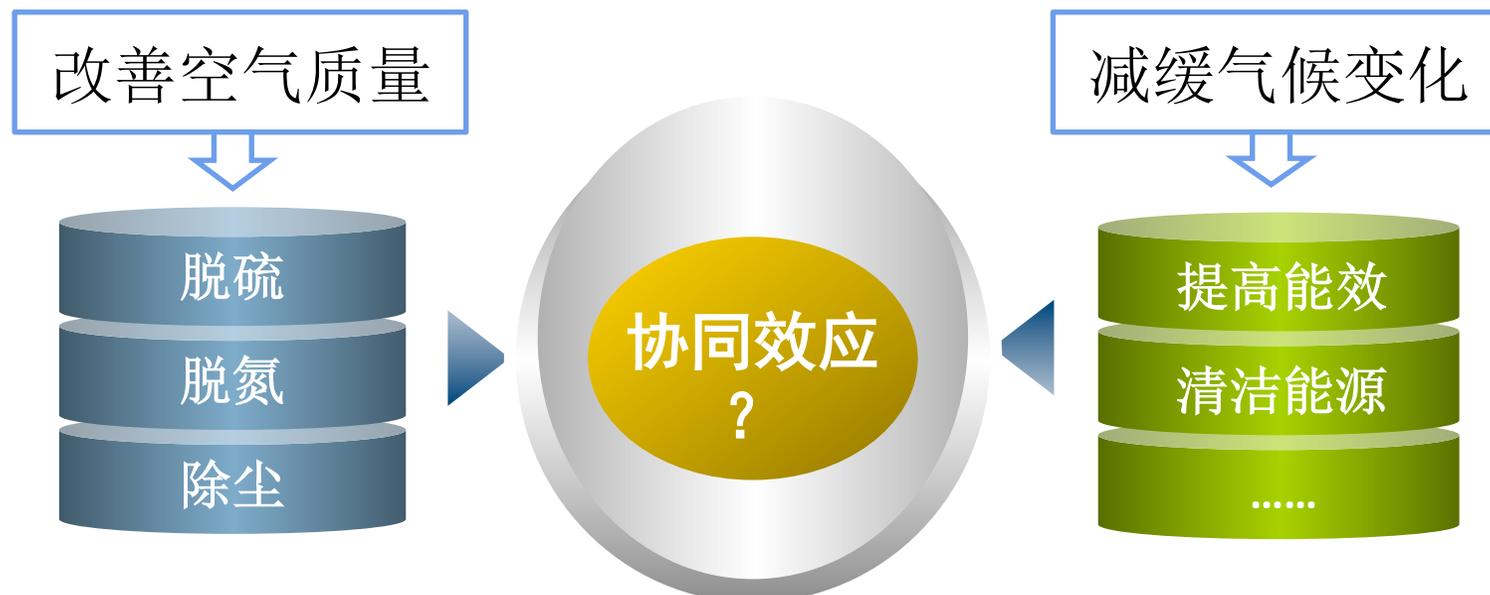
2017年国控监测点PM<sub>10</sub>年均浓度比较图

# 协同控制

- 以具有协同效应的措施和方式同时减排局地大气污染物和温室气体



# 背景



➤ 温室气体和大气污染物多来自于化石燃料燃烧，污染物之间的“**同源性**”使得其控制政策**相互交织、相互影响**

➤ 减排政策和措施之间相互独立导致选择减排措施时缺乏协同性考量，可能出现治污和减碳相矛盾的现象

协同控制

# 背景

## 协同控制理念已经融入国家法律和宏观政策

- 《中华人民共和国大气污染防治法》第二条：  
防治大气污染，应当……，对颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、挥发性有机物、氨等大气污染物和温室气体实施协同控制。……

## 国务院组成部门调整为推进协同控制扫清了部门分割的体制机制障碍

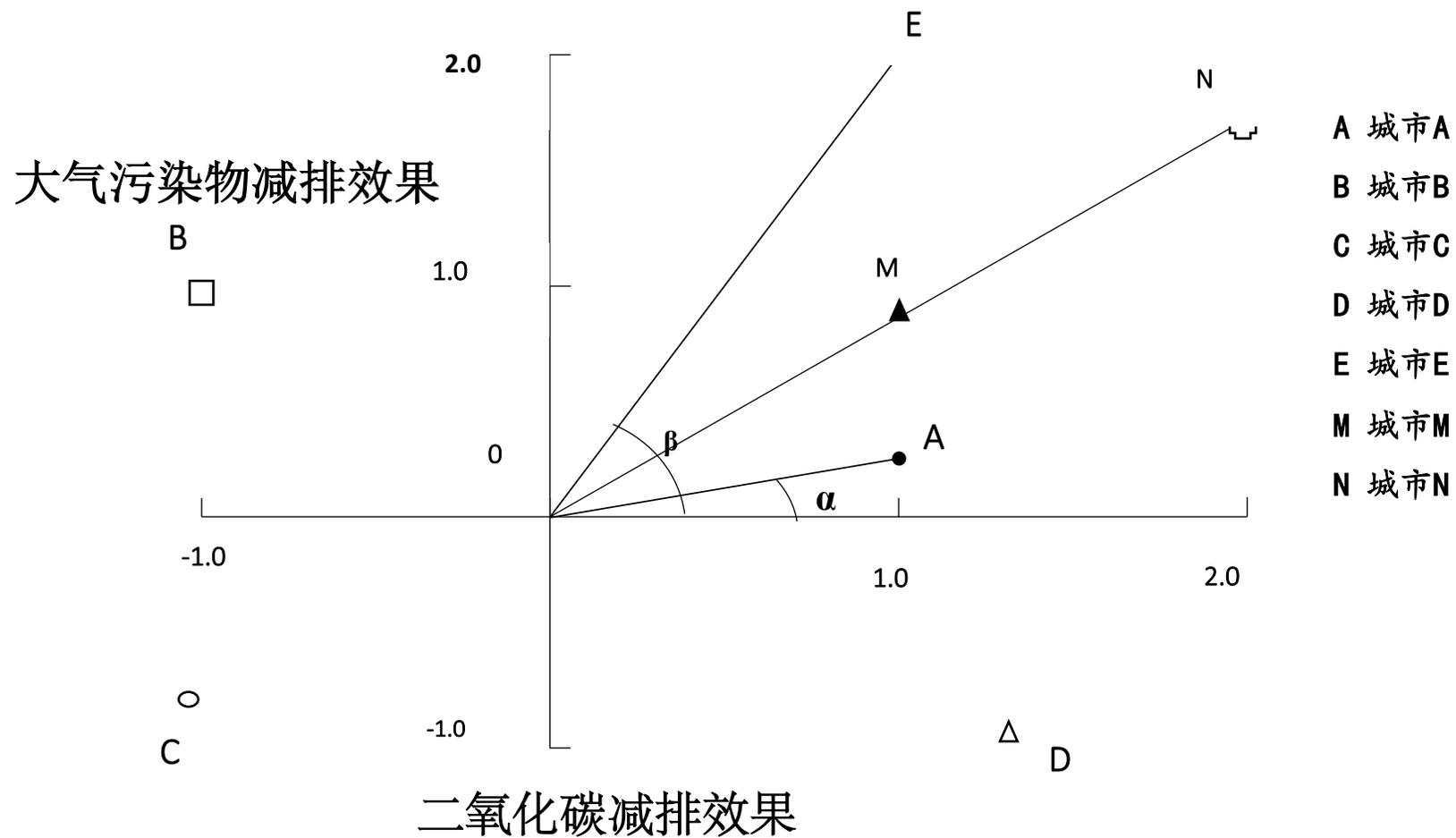
- 国务院机构改革方案：**应对气候变化和碳减排职责**纳入新组建生态环境部



# 02

## 如何评估协同控制效果？

## 协同控制效应坐标系分析



## 污染物减排量交叉弹性分析

$$Els_{a/b} = \frac{\Delta a / A}{\Delta b / B}$$

$Els_{a/b}$ 为污染物减排量交叉弹性， $\Delta a/A$ 、 $\Delta b/B$ 为污染物a、b排放量变化率；

$Els_{a/b} \geq 0$ ，说明城市具有碳和大气污染物的**协同控制**效应；

$Els_{a/b} < 0$ ，说明城市无碳和大气污染物的**协同控制**效应。

本研究中以大气污染物作分母，二氧化碳作分子。

## 减排效果归一化指标 (APeq) 分析

$$AP_{eq} = \alpha SO_2 + \beta NO_x + \gamma PM_{10} + \delta CO_2$$

- 将多种污染物的减排效果统一到同一尺度上，综合评价城市对多种污染物的协同控制效果；
- 基于污染物环境空气质量标准、排污收费（环境税）标准及污染物排放损害成本，构建协同减排当量指标，评价城市对CO<sub>2</sub>和大气污染物的协同控制能力；
- $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$ 为各污染物对应的当量系数。

# 03

## 空气污染物与二氧化碳的协同控制效果评估

## 数据来源

### (1) 二氧化碳排放数据

中国高空间分辨率网格数据库 (**CHRED2.0**)，2007年，2012年两期数据

### (2) SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>及烟（粉）尘产生量及排放量：

《中国城市统计年鉴》（2008）（2013）

《环境统计年报》（2007年）（2012年）

(3) 城市社会经济数据（GDP及三产占比、工业总产值、人口等）：《中国城市统计年鉴》（2008）（2013）

## 减排量核算

$$\Delta E_{li} = E_{li,2012} - E_{li,2007}$$

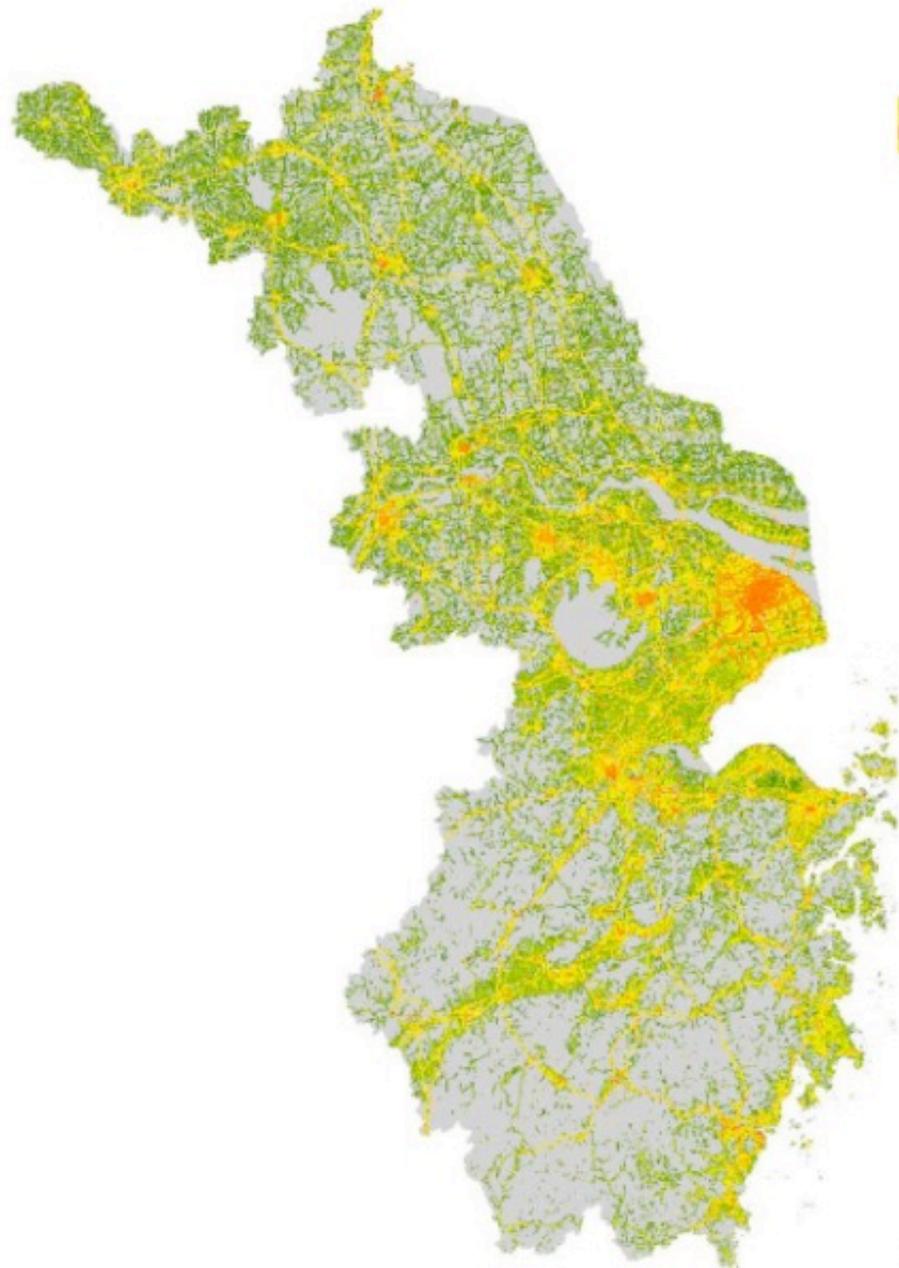
$\Delta E_{li}$ —第*i*种污染物的减排量；

$E_{li,2012}$ —第*i*种污染物2012年的排放量；

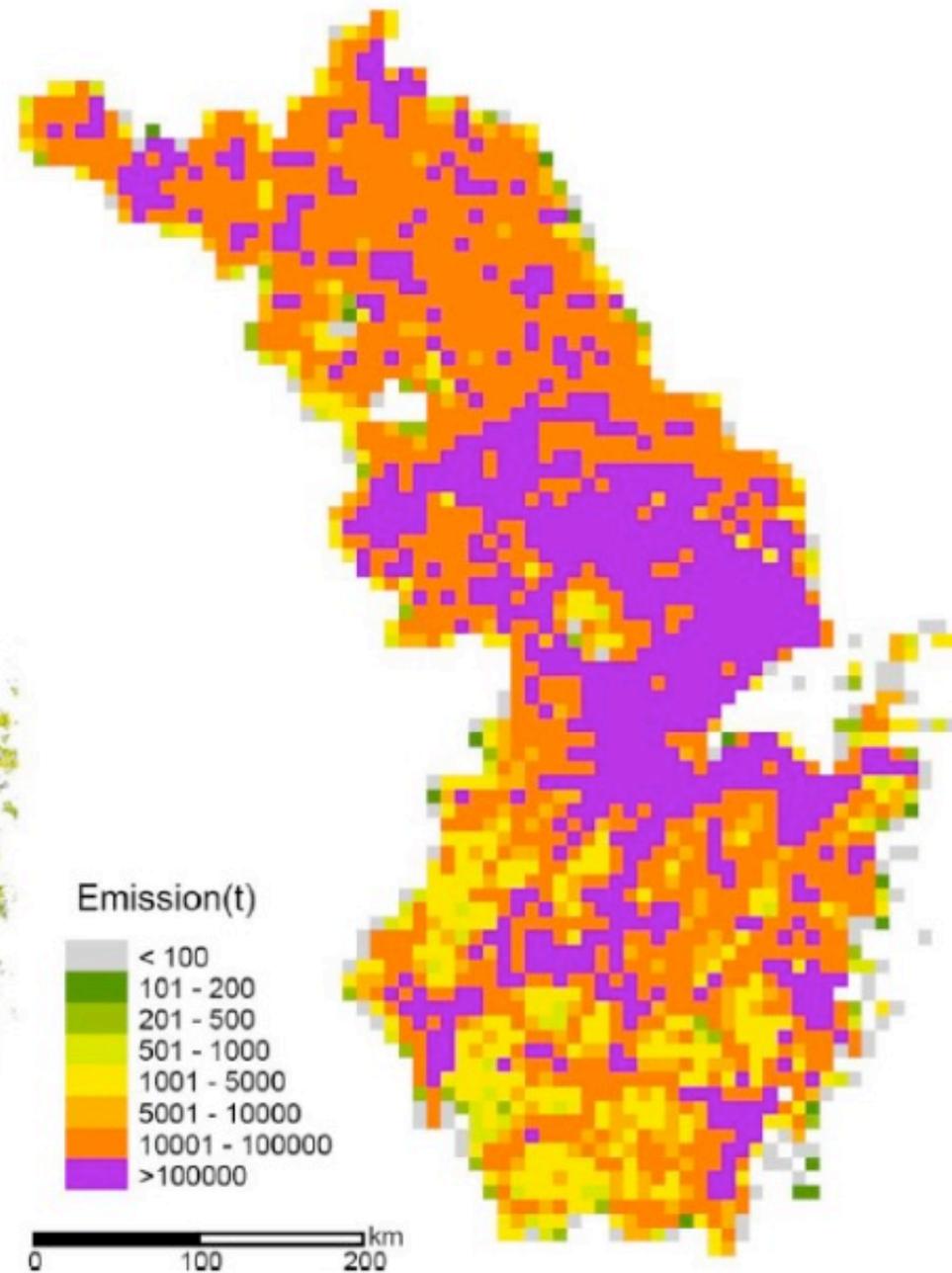
$E_{li,2007}$ —第*i*种污染物2007年的排放量。



(a) 1km X 1km emission maps



(b) 10km X 10km emission maps



**Figure 8.** Comparison of the 1km×1km and 10km×10km resolution CO<sub>2</sub> emission maps of the Yangtze River Delta.

# 结果分析：二氧化碳与大气污染物排放的关联性（286城市）

## • 二氧化碳与二氧化硫

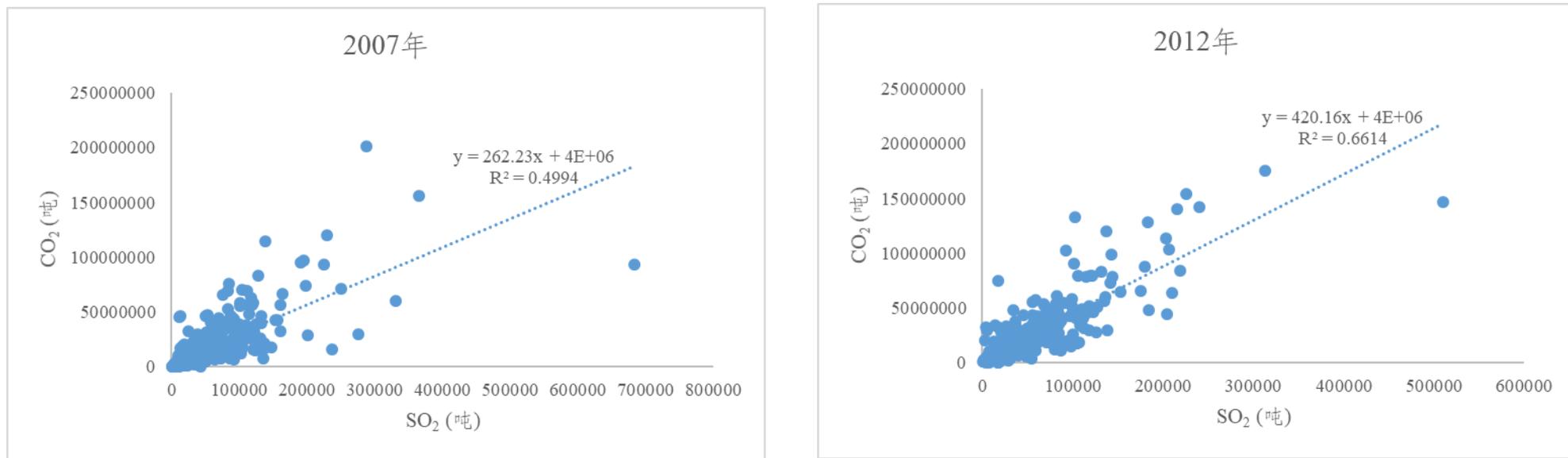


图 2007、2012年286城市CO<sub>2</sub>和SO<sub>2</sub>排放相关性

- 城市的碳与硫排放存在一定的正相关关系；
- 2007年每排放1吨SO<sub>2</sub>，相应排放262.23tCO<sub>2</sub>；2012年每排放1tSO<sub>2</sub>，相应排放420.16tCO<sub>2</sub>

# 结果分析：二氧化碳与大气污染物排放的关联性（286城市）

## • 二氧化碳与烟（粉）尘

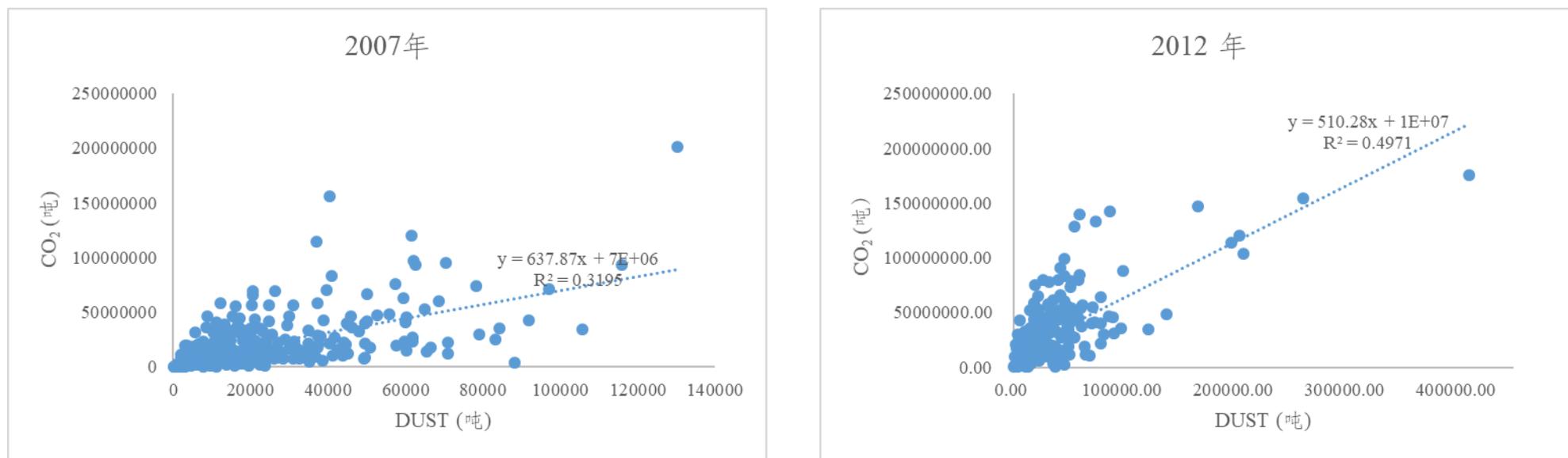
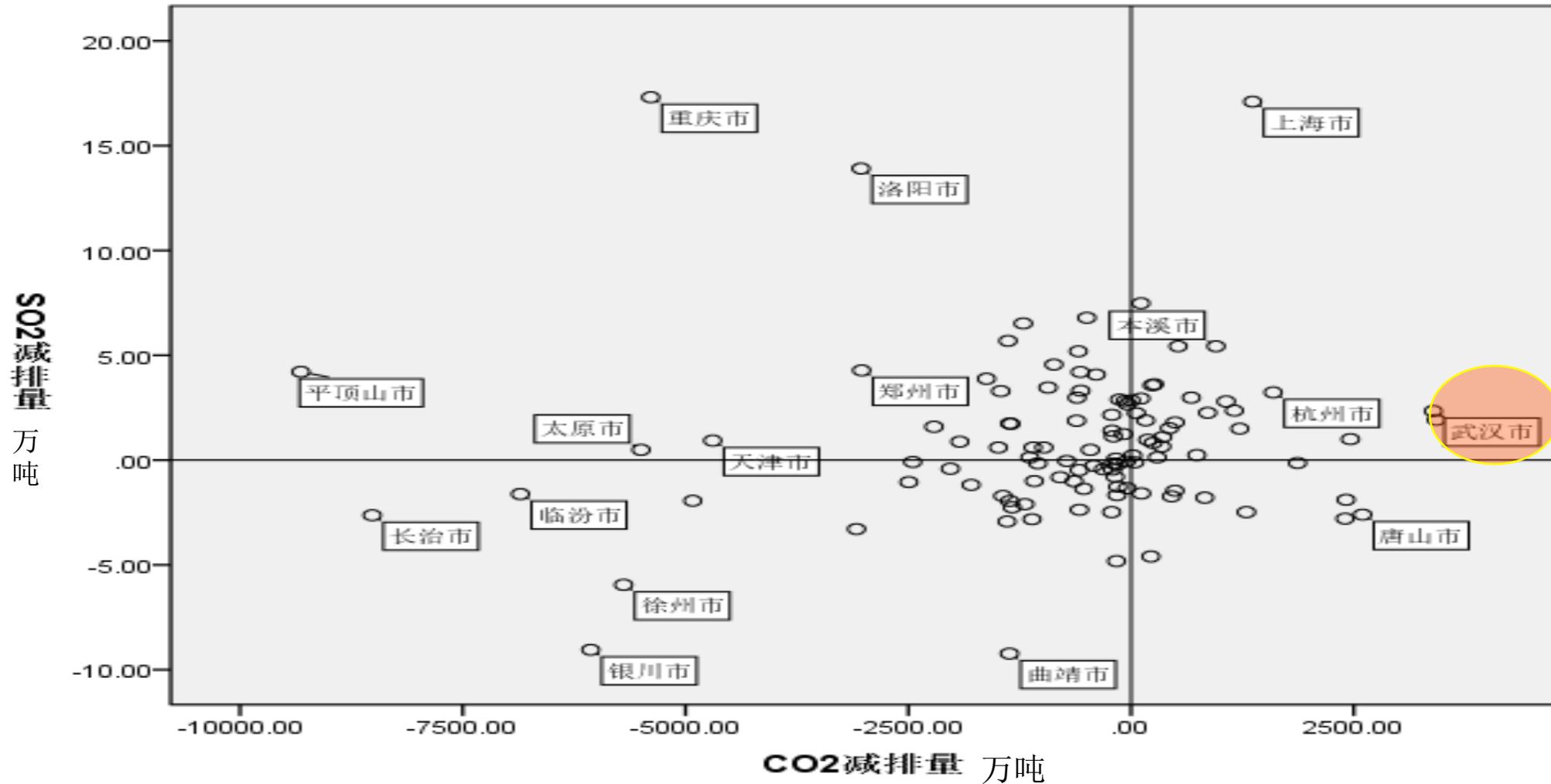


图 2007、2012年286城市CO<sub>2</sub>和烟（粉）尘排放相关性

- 碳与烟（粉）尘排放具有正相关关系；
- 2007年每排放1吨烟（粉）尘，相应排放637.87tCO<sub>2</sub>；2012年每排放1t烟（粉）尘，相应排放510.28tCO<sub>2</sub>。

# 结果分析：二氧化碳与大气污染物协同控制效应坐标系分析（113城市）

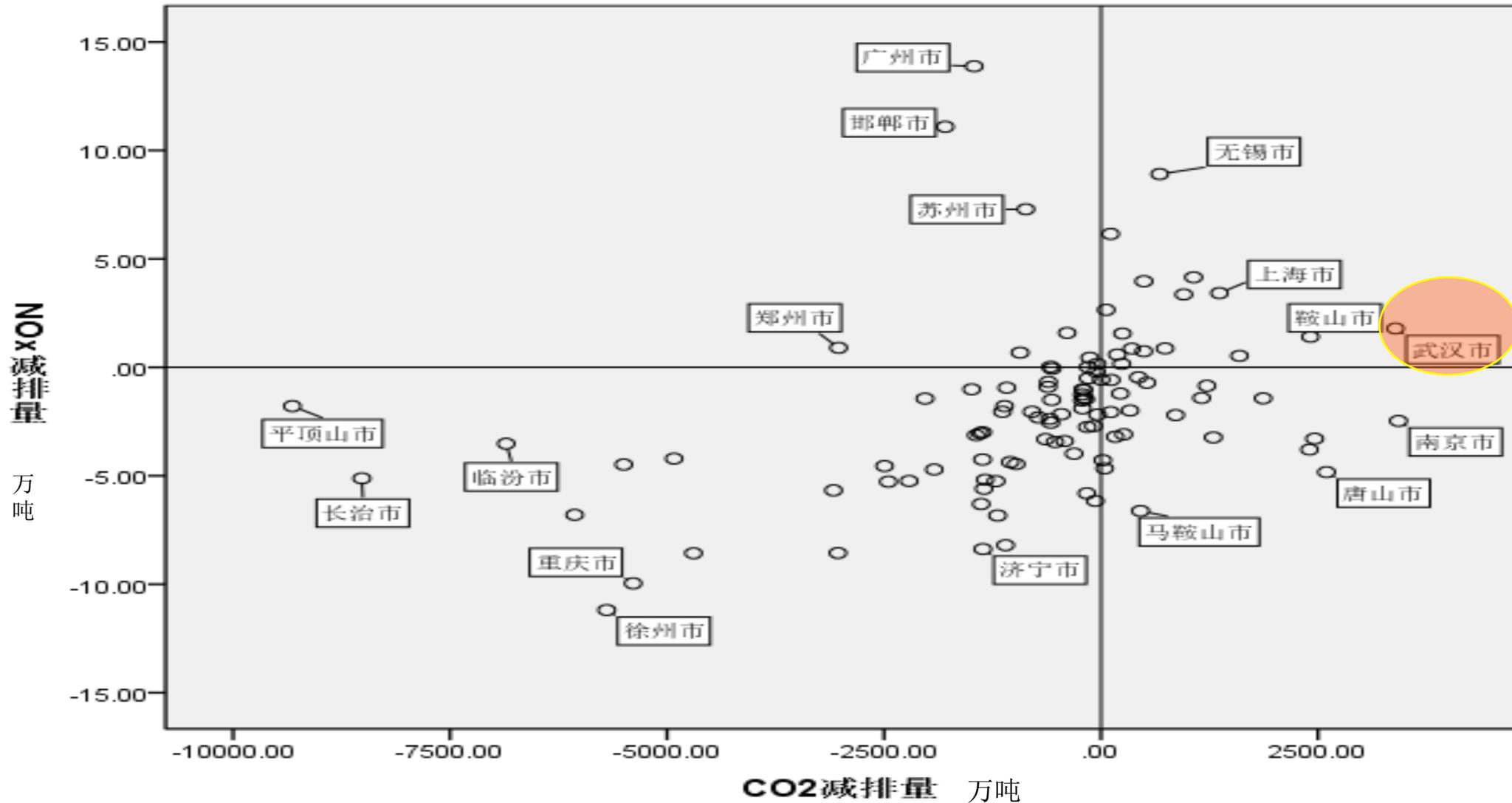
## 113环保重点城市CO<sub>2</sub>和SO<sub>2</sub>协同控制效应坐标系



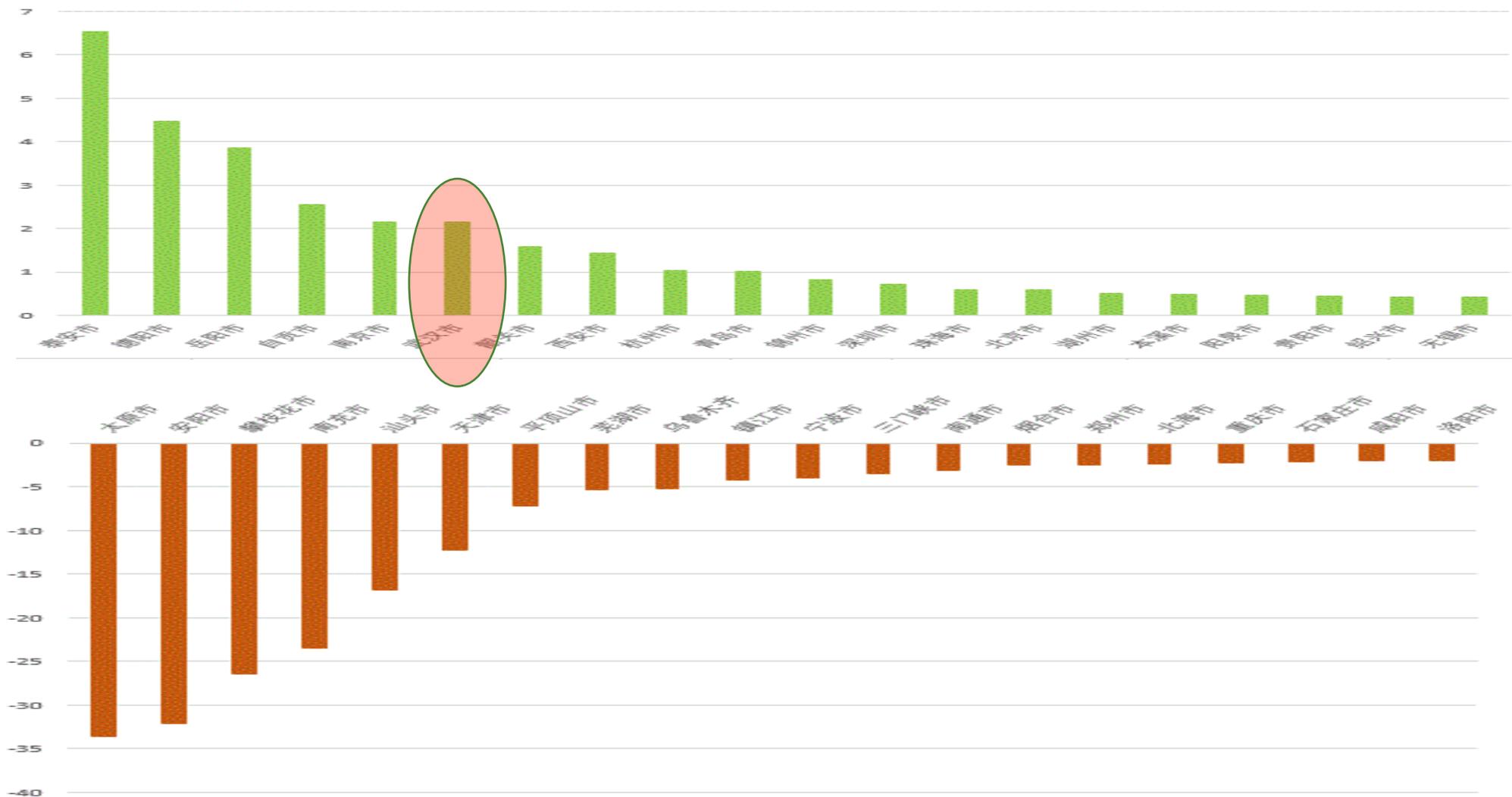


# 结果分析：二氧化碳与大气污染物协同控制效应坐标系分析（113城市）

## 113环保重点城市CO<sub>2</sub>和NO<sub>x</sub>协同控制效应坐标系

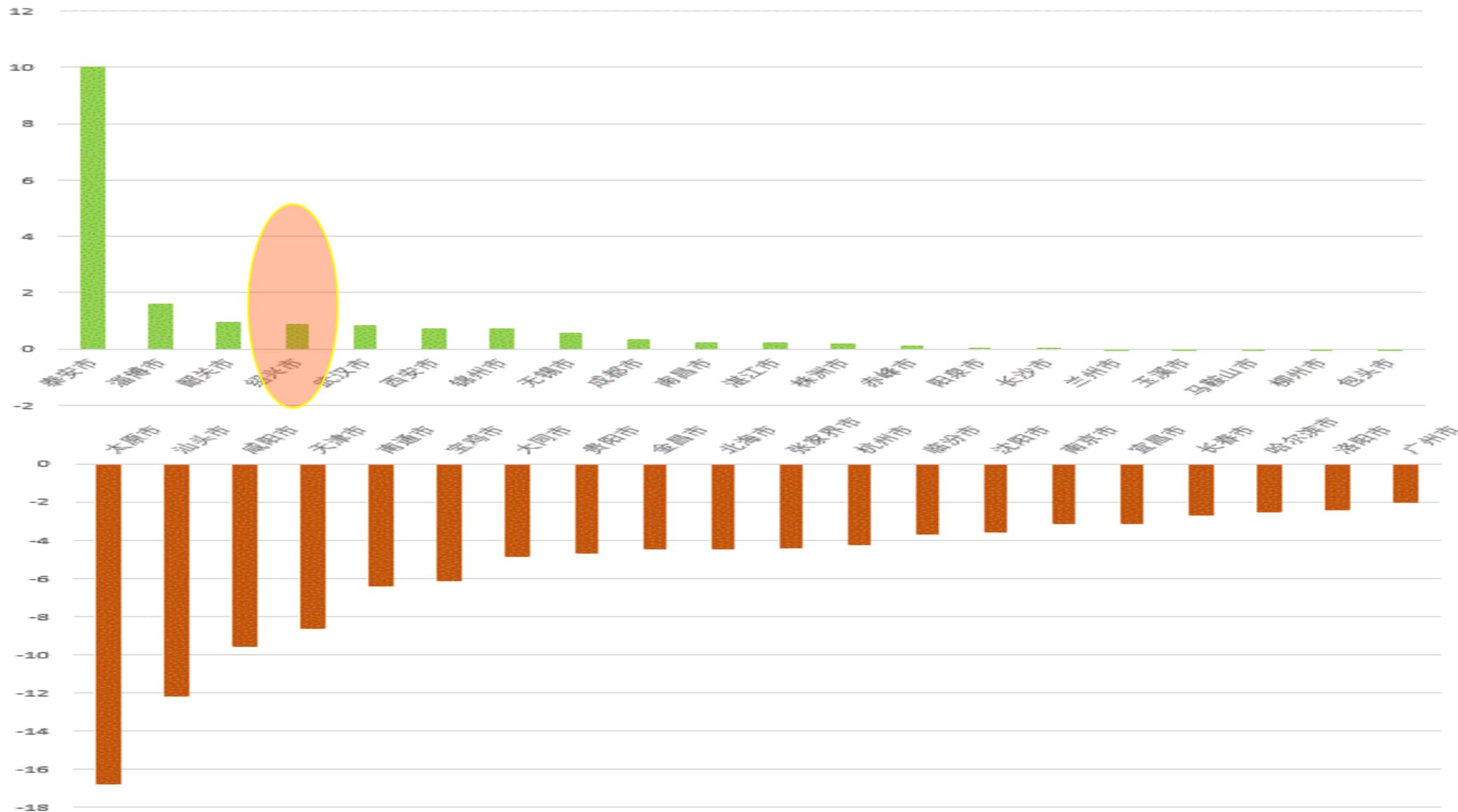


# 结果分析：二氧化碳与大气污染物协同减排交叉弹性分析（113城市）



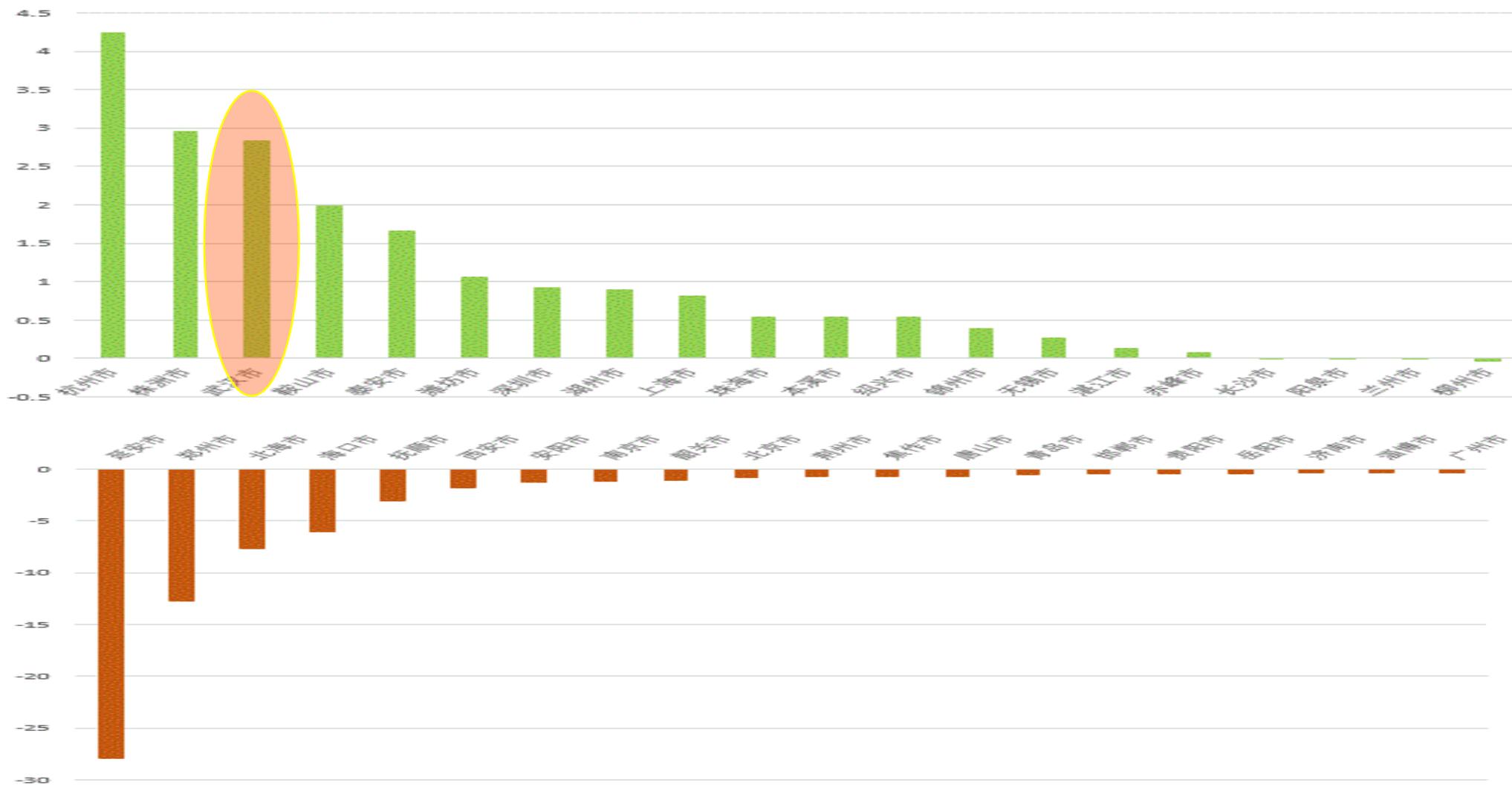
113城市CO<sub>2</sub>和SO<sub>2</sub>减排交叉弹性城市排名

# 结果分析：二氧化碳与大气污染物协同减排交叉弹性分析（113城市）



113城市CO<sub>2</sub>和烟（粉）尘减排交叉弹性城市排名

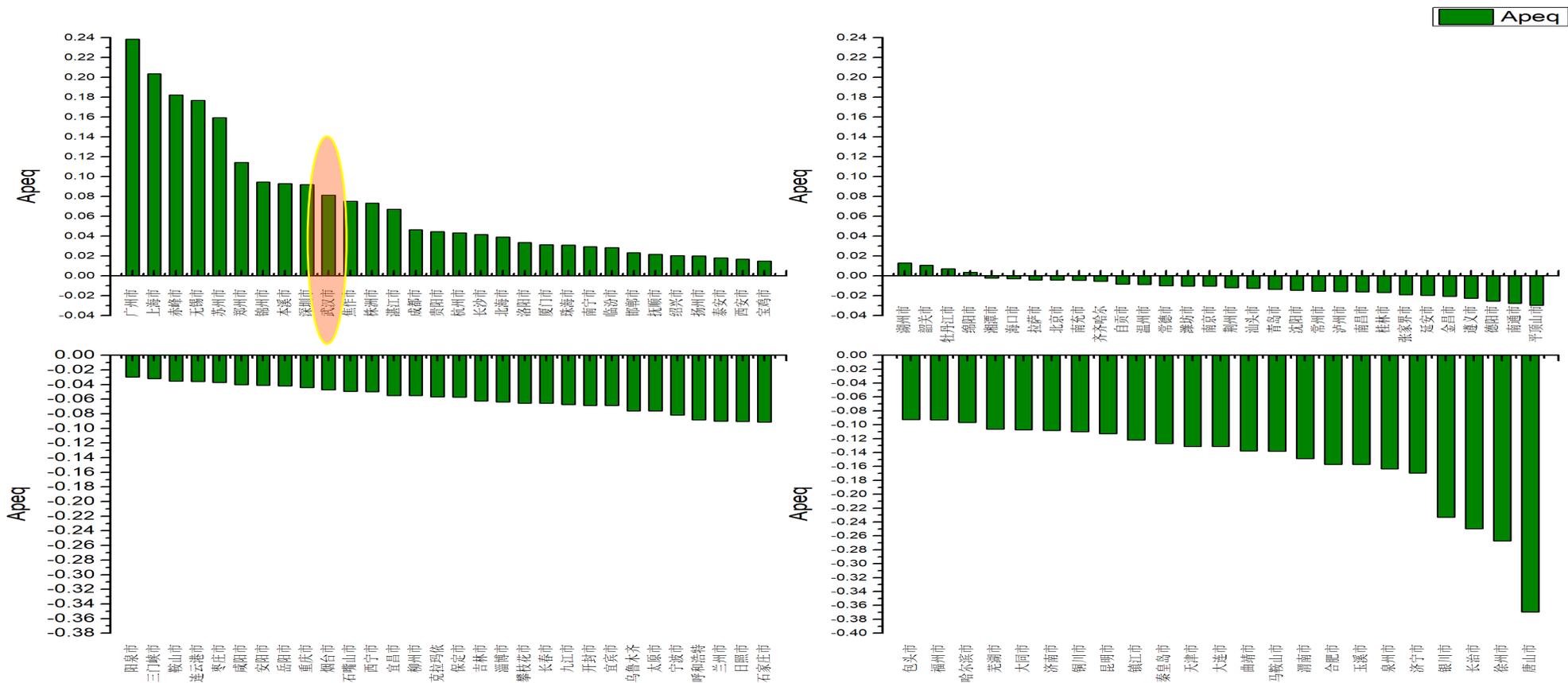
# 结果分析：二氧化碳与大气污染物协同减排交叉弹性分析（113城市）



113城市CO<sub>2</sub>和NO<sub>x</sub>减排交叉弹性城市排名

# 结果分析：二氧化碳与大气污染物减排效果归一化分析（113城市）

## 基于空气污染物浓度的协同减排当量 单位 百万吨



基于空气污染物浓度协同减排当量Apeq的113城市排名情况





# 小结

- 我国城市群**碳与硫、碳与烟（粉）尘**排放之间具有正相关关系；
- 工业源CO<sub>2</sub>和大气污染物排在总量上同时实现协同减排的城市数量较少；
- 基于工业部门排放总量评价中，**武汉市**，**长三角城市（群）**的**绍兴市、无锡市**等，是我国二氧化碳与大气污染物协同控制领先的城市（群）。
- 河北省、山西省等省的**大气污染传输通道城市**，如：长治市、太原市、石家庄市等，在协同控制评价结果中**较为落后**。

# 04

如何实现城市协同控制？

—— 乌鲁木齐案例（“十一五、十二五”规划）

# 空气污染物与温室气体既有减排规划分析

## 空气污染物减排规划

目标污染物	减排措施	减排效果 (t/a)				折合 A <sub>Peq</sub> (t/a)	减排成本 (万元/a)
		SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	CO <sub>2</sub>		
	热电联产	817.92	825.82	321.49	96.45	2,378.17	24,804.00
SO <sub>2</sub>	燃煤锅炉房脱硫改造	19,524.70	-37.52	-17.25	-15,023.64	19,446.21	4,886.66
	烟气脱硫	11,871.01	-129.69	-59.62	-17.89	11,616.85	6,006.00
NO <sub>x</sub>	低氮燃烧	63.22	6,838.37	8.30	2.49	10,329.08	-193.68
	烟气脱硝	-133.41	19,045.66	-61.67	-18.50	28,373.40	24,764.57
PM <sub>10</sub>	供热锅炉房除尘改造	-13.78	-13.85	11,537.96	-5,547.71	11,501.57	4,092.70
总计		32,129.66	26,528.78	11,729.22	-20,508.80	83,645.28	64,360.26

- SO<sub>2</sub>-减排目标32,213.63t/a，减排成本35,696.66万元/a
- NO<sub>x</sub>-减排目标25,884.03t/a，减排成本24,806.98万元/a
- PM<sub>10</sub>-减排目标11,544.33t/a，减排成本4,092.70万元/a

# 空气污染物与温室气体既有减排规划分析

## 温室气体减排规划

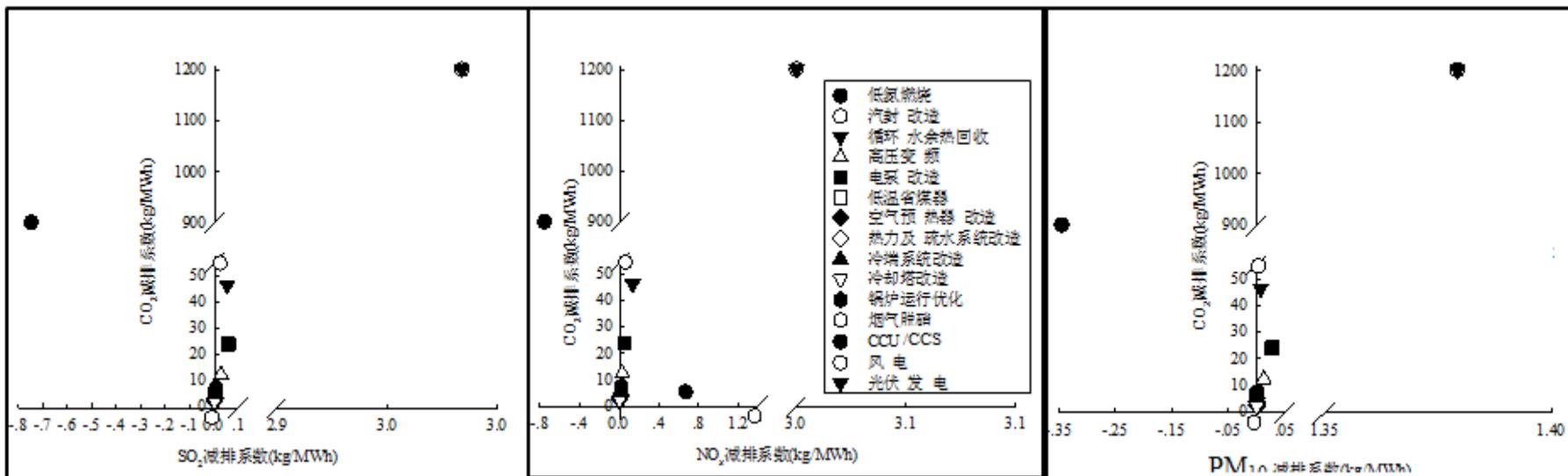
减排措施	减排效果 (t/a)				折合 A <sub>Peq</sub> (t/a)	减排成本 (万元/a)
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	CO <sub>2</sub>		
热电联产	817.92	825.82	321.49	637,423.80	2,588.49	24,804.00
天然气供暖	28,394.72	5,420.36	10,216.60	2,258,612.68	47,487.20	111,825.00
既有建筑改造	46.83	457.87	36.43	567,187.96	957.24	-14,366.30
供热系统综合节能改造	479.06	483.69	188.30	373,346.95	1,516.10	6,885.35
高效节能煤粉锅炉房改造	63.56	64.18	24.98	49,537.04	201.16	1,140.83
清洁能源供热	2,871.78	217.39	969.81	321,279.80	4,273.70	-1,215.50
重点用能企业节能减排项目建设	1,041.98	1,052.04	409.57	812,041.28	3,297.58	-3,787.07
“暖房子”工程	132.93	134.21	52.25	103,592.04	420.68	2,782.04
循环经济示范建设	1,203.21	1,753.60	508.83	744,757.11	4,588.21	10,425.78
淘汰落后产能	1,612.47	1,628.04	633.80	1,256,635.49	5,103.02	30,000.00
风电	9,509.99	9,561.76	4,395.97	3,829,040.89	29,512.18	121,912.44
光伏发电	104.55	105.12	48.33	42,096.80	324.46	9,272.74
碳汇产业发展	0.00	0.00	0.00	2,750,000.00	907.50	277,101.49
轨道交通	0.00	511.40	235.25	300,000.00	1,101.35	58,966.67
碳捕集与利用 (CCUS)	-6.21	-6.24	-2.87	7,500.00	-15.97	-210.00
碳捕集与封存 (CCS)	-10,168.57	-10,223.93	-4,700.39	12,282,621.15	-26,151.59	458,796.56
<b>总计</b>	<b>36,104.22</b>	<b>11,985.32</b>	<b>13,338.34</b>	<b>26,335,672.99</b>	<b>76,111.32</b>	<b>1,094,334.02</b>

CO<sub>2</sub>-减排目标2,633.57万t/a，减排成本1,094,334.02万元/a

# 重点行业协同控制措施的环境经济评估

## 电力行业

- 2010年乌鲁木齐总发电量为181.19亿kWh，火电占比85.90%
- SO<sub>2</sub>排放量呈先增后减的趋势，NO<sub>x</sub>排放量一直呈增长态势
- 技术减排：热电联产、节能改造，烟气脱硫、烟气脱硝
- 结构减排：淘汰小机组、发展清洁能源



(a) SO<sub>2</sub>与CO<sub>2</sub>协同控制效应二维坐标系

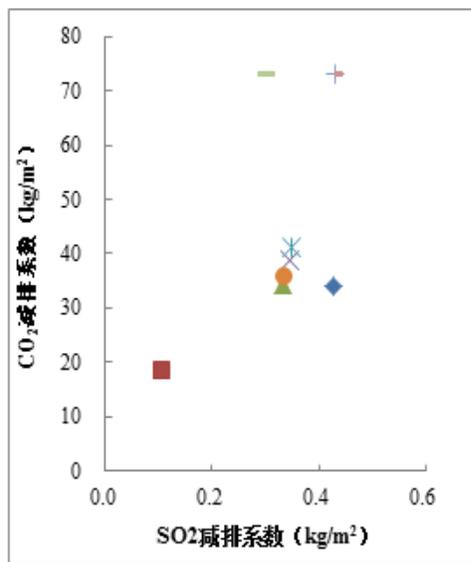
(b) NO<sub>x</sub>与CO<sub>2</sub>协同控制效应二维坐标系

(c) PM<sub>10</sub>与CO<sub>2</sub>协同控制效应二维坐标系

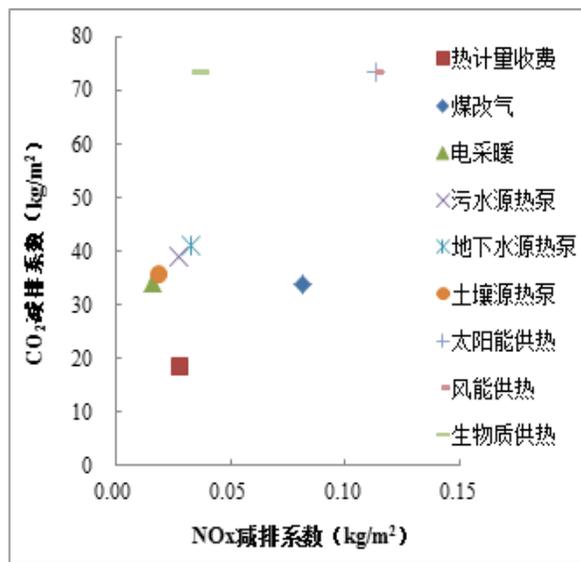
# 重点行业协同控制措施的环境经济评估

## 热力行业

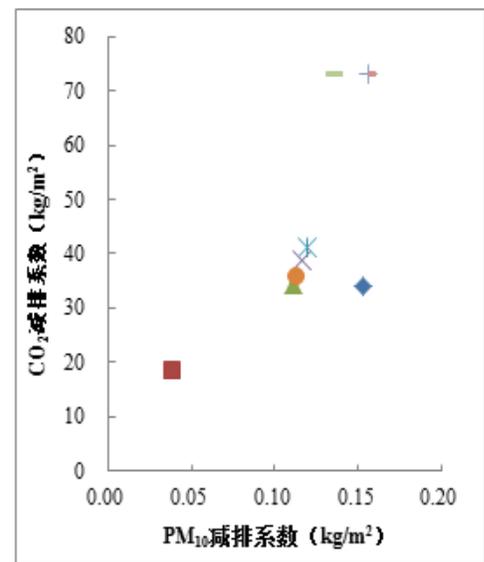
- 燃煤集中供热、热电联产、清洁能源、分散燃煤热源、居民自采暖燃煤小锅炉
- $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、 $\text{PM}_{10}$ 排放量在2008年分别都达到了较高水平
- 提高供热效率，如通过热计量收费方式；调整供热结构，采用多种清洁能源



(a)  $\text{SO}_2$ 与 $\text{CO}_2$ 协同控制效应二维坐标系



(b)  $\text{NO}_x$ 与 $\text{CO}_2$ 协同控制效应二维坐标系

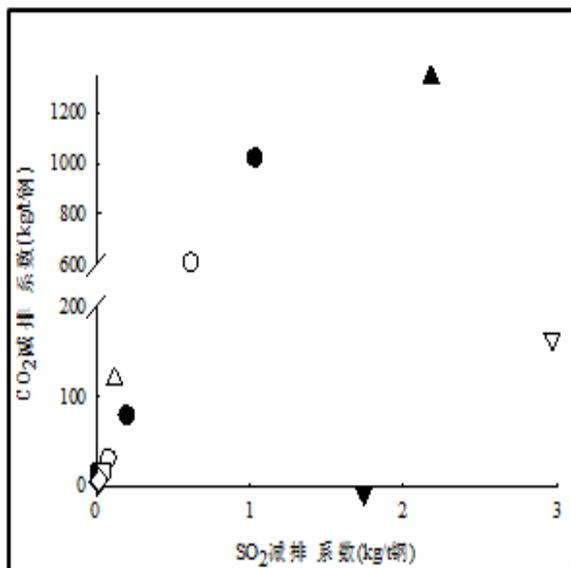


(c)  $\text{PM}_{10}$ 与 $\text{CO}_2$ 协同控制效应二维坐标系

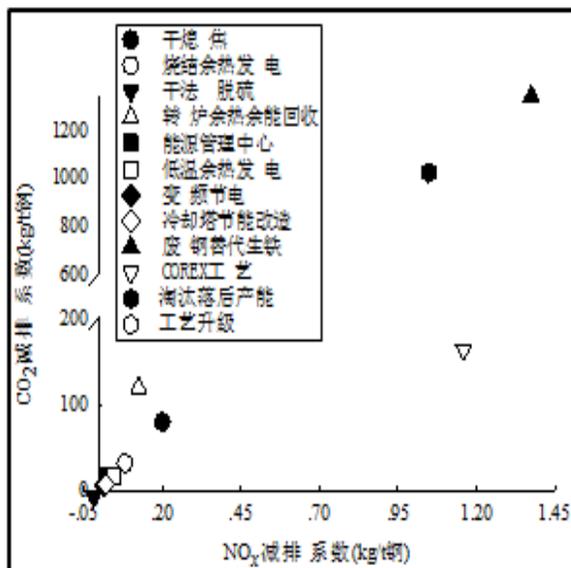
# 重点行业协同控制措施的环境经济评估

## 钢铁行业

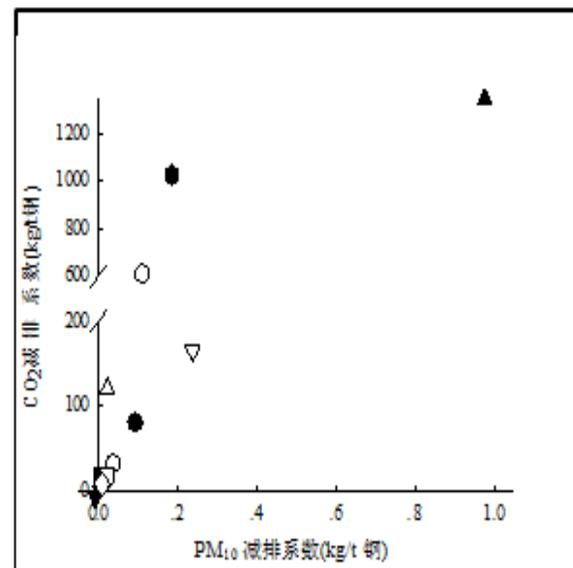
- SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>和粉尘排放量呈上升趋势，吨钢SO<sub>2</sub>排放量为3.27kg/t钢，吨钢综合能耗为640kgce/t钢
- 以节能、减排为目标的技术减排措施和淘汰落后产能等结构减排措施



(a) SO<sub>2</sub>与CO<sub>2</sub>协同控制效应二维坐标



(b) NO<sub>x</sub>与CO<sub>2</sub>协同控制效应二维坐标系

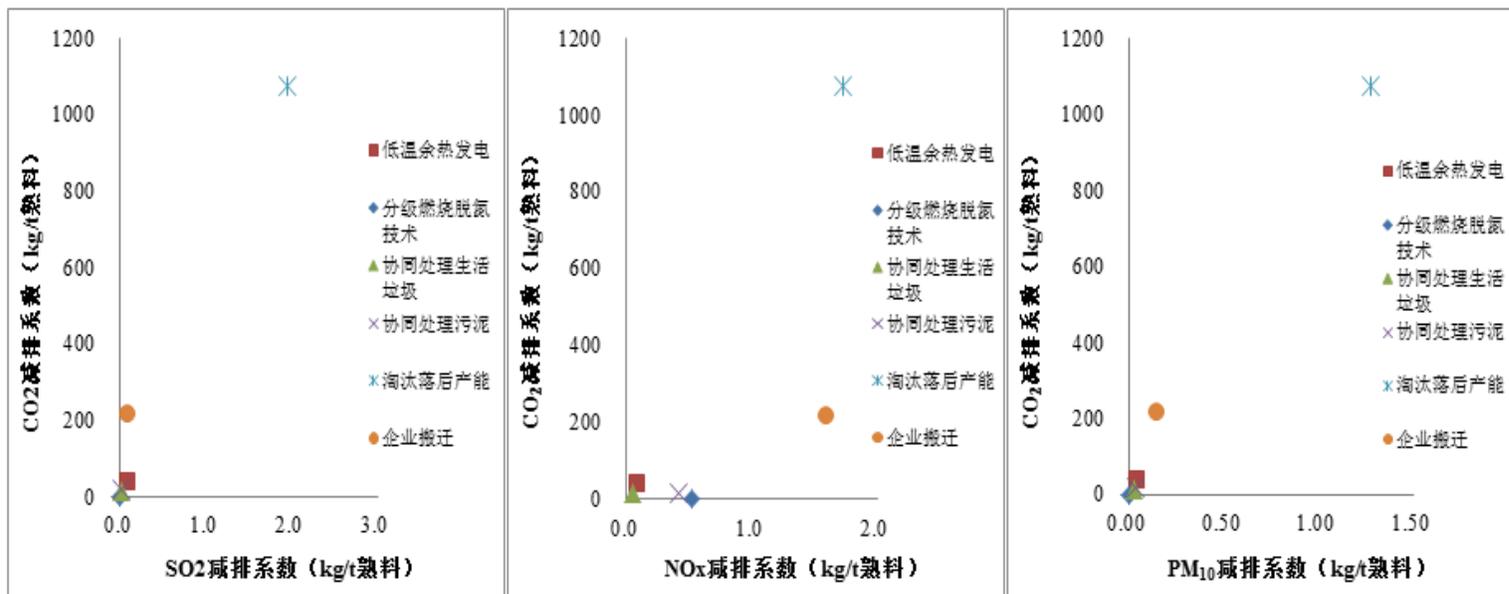


(c) PM<sub>10</sub>与CO<sub>2</sub>协同控制效应二维坐标系

# 重点行业协同控制措施的环境经济评估

## 水泥行业

- 2005-2011年间乌鲁木齐市水泥产量总体呈增长趋势，2010年水泥产能达到353.04万t
- 2011年水泥行业煤耗达54.79万t，空气污染物SO<sub>2</sub>排放量为903.91t、NO<sub>x</sub> 4,349.84t、PM<sub>10</sub> 4735.57t
- 行业内部余热余能回收、技术减排以及行业间协同减排等方式



(a) SO<sub>2</sub>与CO<sub>2</sub>协同控制效应二维坐标系

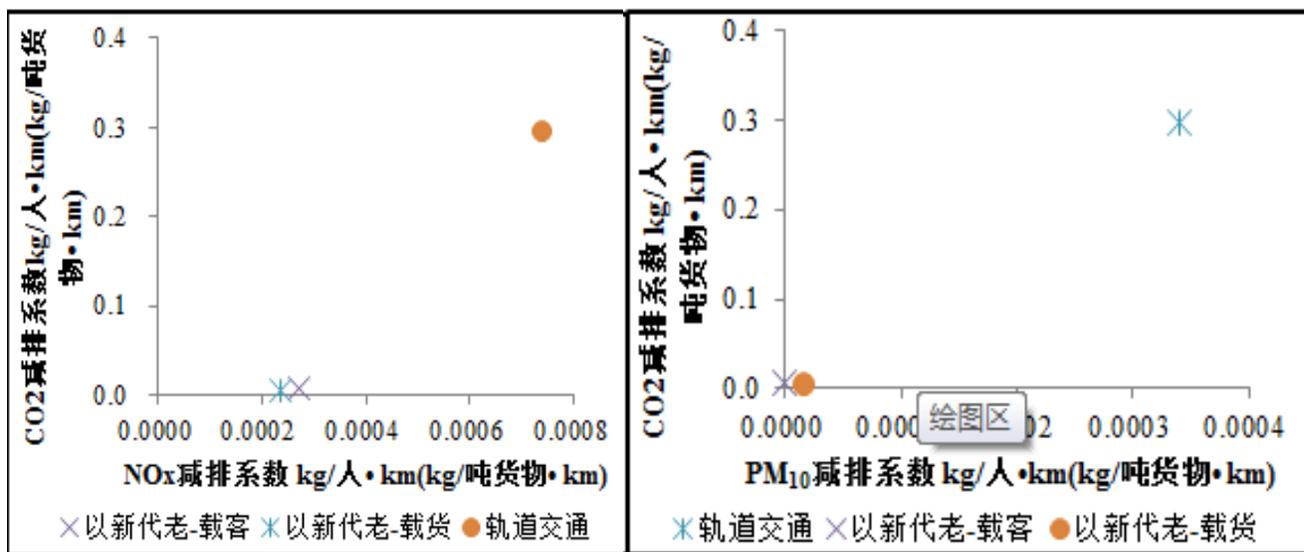
(b) NO<sub>x</sub>与CO<sub>2</sub>协同控制效应二维坐标系

(c) PM<sub>10</sub>与CO<sub>2</sub>协同控制效应二维坐标系

# 重点行业协同控制措施的环境经济评估

## 交通部门

- 2001至2010年，乌鲁木齐市机动车保有量年均增长率高达17.6%，2010年突破50万辆
- 2010年NO<sub>x</sub>排放约5.45万t（机动车排放调查表），占全市总排放的42%
- 淘汰黄标车、发展轨道交通、提高尾气排放标准



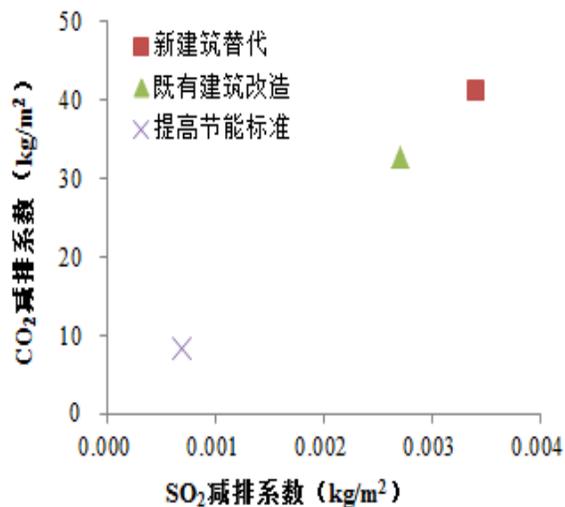
(b) NO<sub>x</sub> 与 CO<sub>2</sub> 协同控制效应二维坐标系

(d) PM<sub>10</sub> 与 CO<sub>2</sub> 协同控制效应二维坐标系

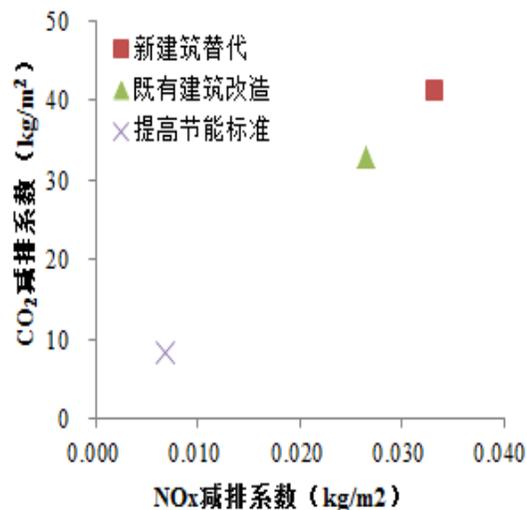
# 重点行业协同控制措施的环境经济评估

## 建筑部门

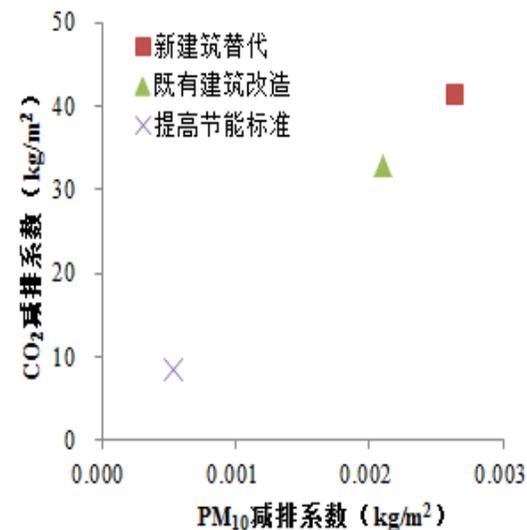
- 2010年底，乌鲁木齐市的房屋建筑总面积达到1.29亿 $m^2$ ，非节能建筑约占50%
- 2011年乌鲁木齐市建筑行业供热耗标煤约400万t，排放 $CO_2$  1,108万t， $SO_2$  6.50万t， $NO_x$  1.71万t，烟粉尘2.36万t
- 既有建筑节能改造、提高建筑节能标准、新建筑替代老旧建筑



(a)  $SO_2$ 与 $CO_2$ 协同控制效应二维坐标系



(b)  $NO_x$ 与 $CO_2$ 协同控制效应二维坐标系



(c)  $PM_{10}$ 与 $CO_2$ 协同控制效应二维坐标系

# 乌鲁木齐市协同控制路径规划

措施编号	措施名称	减排效果(t/a)				折合APEq(t/a)	年均总成本(万元/a)
		SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	CO <sub>2</sub>		
A1	低氮燃烧-电力	63.22	6,838.37	8.30	54,448.78	10,347.05	-1,936.79
A2	汽封改造-电力	230.02	588.86	30.21	198,095.33	1,208.89	-831.63
A3	循环水余热回收-电力	336.61	861.73	44.20	289,890.68	1,769.08	-1,613.03
A4	高压变频-电力	80.56	81.00	37.24	32,437.60	250.01	-1,248.28
A5	电泵改造-电力	292.19	293.78	135.06	117,643.81	906.73	-1,765.71
A6	低温省煤器-电力	31.52	80.70	4.14	27,147.62	165.67	-121.76
A7	空气预热器改造-电力	5.20	13.30	0.68	4,473.99	27.30	-19.87
A8	热力及疏水系统改造-电力	15.83	40.52	2.08	13,630.05	83.18	-105.05
A9	冷端系统改造-电力	12.99	33.25	1.71	11,184.97	68.26	-71.52
A10	冷却塔改造-电力	9.18	23.51	1.21	7,907.51	48.26	-55.06
A11	锅炉运行优化-电力	16.31	41.75	2.14	14,046.24	85.72	-66.75
A13	CCU	-6.21	-6.24	-0.86	7,500.00	-13.96	-398.83
A14	风电-电力	9,509.99	9,561.76	4,395.97	3,829,040.89	29,512.18	121,912.44
A16	CCS	-2,001.67	-2,012.57	-929.29	2,417,820.29	-5,151.93	90,265.29
B1	CDQ-钢铁	358.06	360.01	165.51	144,167.13	1,111.16	-1,700.00
B2	烧结余热发电-钢铁	537.09	540.01	248.27	216,250.69	1,666.74	-3,495.54
B4	转炉余热余能回收-钢铁	181.94	184.30	32.40	180,159.27	550.25	-505.28
B5	能源管理中心-钢铁	111.96	113.42	19.94	110,867.25	338.61	-124.50
B6	低温余热发电-钢铁	298.38	300.01	137.93	120,139.27	925.97	-1,556.00
B7	变频节电-钢铁	89.52	90.00	41.38	36,041.78	277.79	-994.00
B8	冷却塔节能改造-钢铁	122.34	123.00	56.55	49,257.10	379.65	-1,096.67
B9	废钢替代生铁-钢铁	1,489.54	939.29	667.17	918,169.90	3,868.64	15,310.07
B11	淘汰落后产能	2,474.99	2,507.13	440.72	2,450,749.63	7,485.16	336.00
B12	工艺升级	985.28	998.08	175.45	975,631.76	2,979.81	-23,881.60
C1	洗选煤-采掘	8,570.84	506.60	5,454.64	5,410,707.78	16,570.91	-23,781.65
D1	低温余热发电-水泥	114.22	114.99	52.89	46,047.55	354.79	-1,139.88
D2	分级燃烧脱氮技术-水泥	4.16	1,219.87	1.93	1,679.42	1,836.45	123.70
D3	协同处理生活垃圾-水泥	65.50	315.20	142.09	78,620.07	706.32	1,047.22
D4	协同处理污泥-水泥	20.79	641.29	45.09	24,951.13	1,036.05	1,407.05
D5	淘汰落后产能-水泥	334.97	296.17	219.15	184,497.60	1,059.26	97.19
D6	企业搬迁-水泥	775.00	12,400.00	1,162.50	1,675,829.00	21,090.52	18,208.33
E1	热计量收费-热力	5,371.79	1,413.71	1,949.73	916,055.45	9,744.37	-2,285.91
E2	煤改气-热力	28,394.72	5,420.36	10,216.60	2,258,612.68	47,487.20	128,368.52
E3	电采暖-热力	2,332.34	111.28	778.86	240,515.80	3,357.48	-2,293.60
E4	污水源热泵-热力	223.44	58.80	81.10	38,103.66	405.32	-84.75
E5	地下水源热泵-热力	75.92	19.98	27.56	12,947.45	137.73	-10.76
E6	土壤源热泵-热力	22.10	5.82	8.02	3,768.94	40.09	-17.74
E9	生物质供热-热力	15.19	1.85	6.78	3,664.22	25.96	-13.04
F1	淘汰黄标车-交通		17,464.80	818.37	1,987,805.76	27,671.55	20,000.00
G1	新建建筑替代-建筑	13.59	132.86	10.57	164,565.41	277.75	-5,781.95
G2	既有建筑改造-建筑	70.92	693.41	55.16	858,887.22	1,449.63	-21,855.82
G3	提高节能标准-建筑	3.38	33.07	2.63	40,965.32	69.14	-712.23
H1	熔窑余热综合利用-建材	52.02	28.05	32.13	14,127.00	130.89	-2,337.00
H2	全氧燃烧-建材	67.32	36.30	41.58	18,282.00	169.38	-688.82
H3	池底鼓泡-建材	9.18	4.95	5.67	2,493.00	23.10	-156.20
H4	现代先进隧道窑-建材	97.82	113.90	482.40	18,614.00	757.21	-242.80
H5	节能变频-建材	49.64	57.80	244.80	9,307.00	384.21	-25.34
H6	高效余热回收-建材	17.52	20.40	86.40	3,296.00	135.61	11.68
H7	连续式球磨机和助磨剂-建材	11.68	13.60	57.60	2,188.00	90.40	-5.61
H8	辐射换热式余热利用-建材	207.48	23.66	35.49	25,207.00	286.78	1,270.40
H9	窑炉风机变频调速-建材	77.52	8.84	13.26	9,307.00	107.11	-3.83
H11	富氧燃烧-建材	19.38	6.46	244.72	10,526.00	277.26	1,437.50
I1	整厂动力-蒸汽系统节能优化技术	74.40	24.35	10.25	7,900.00	123.78	-862.00
I2	整厂换热网络集成节能优化技术	14.88	4.87	2.05	1,580.00	24.76	-381.00
I3	化工园区能源管理中心	223.20	73.05	30.75	23,700.00	371.35	530.50
I4	循环冷却水系统节能技术改造	133.92	43.83	18.45	14,220.00	222.81	-587.00
	合计	62,709.67	63,905.09	28057.33	26,335,672.99	195,315.40	295,471.07

# 协同控制路径规划

## 技术措施选择

- SO<sub>2</sub>减排: 煤改气、风电替代火电、洗选煤等贡献较大, 而末端治理措施如钢铁行业烟气脱硫等未采用
- NO<sub>x</sub>减排: 风电替代火电、企业搬迁、淘汰黄标车等贡献较大, 而末端治理措施如电厂烟气脱硝等并未采用
- PM<sub>10</sub>减排: 风电替代火电、洗选煤、煤改气等贡献较大
- CO<sub>2</sub>减排: 风电替代火电、淘汰落后产能、洗选煤、煤改气等贡献较大, CCS贡献低 (9.18%)

## 行业贡献

- SO<sub>2</sub>减排: 热力 (58.10%)、电力 (13.71%) 和采掘 (13.67%)
- NO<sub>x</sub>减排: 交通 (27.33%)、电力 (25.73%) 和水泥 (23.45%)
- PM<sub>10</sub>减排: 热力 (46.58%)、采掘 (19.44%) 和电力 (13.30%)
- CO<sub>2</sub>减排: 电力 (26.68%)、采掘 (20.55%) 和钢铁 (19.75%)

# 协同控制路径规划

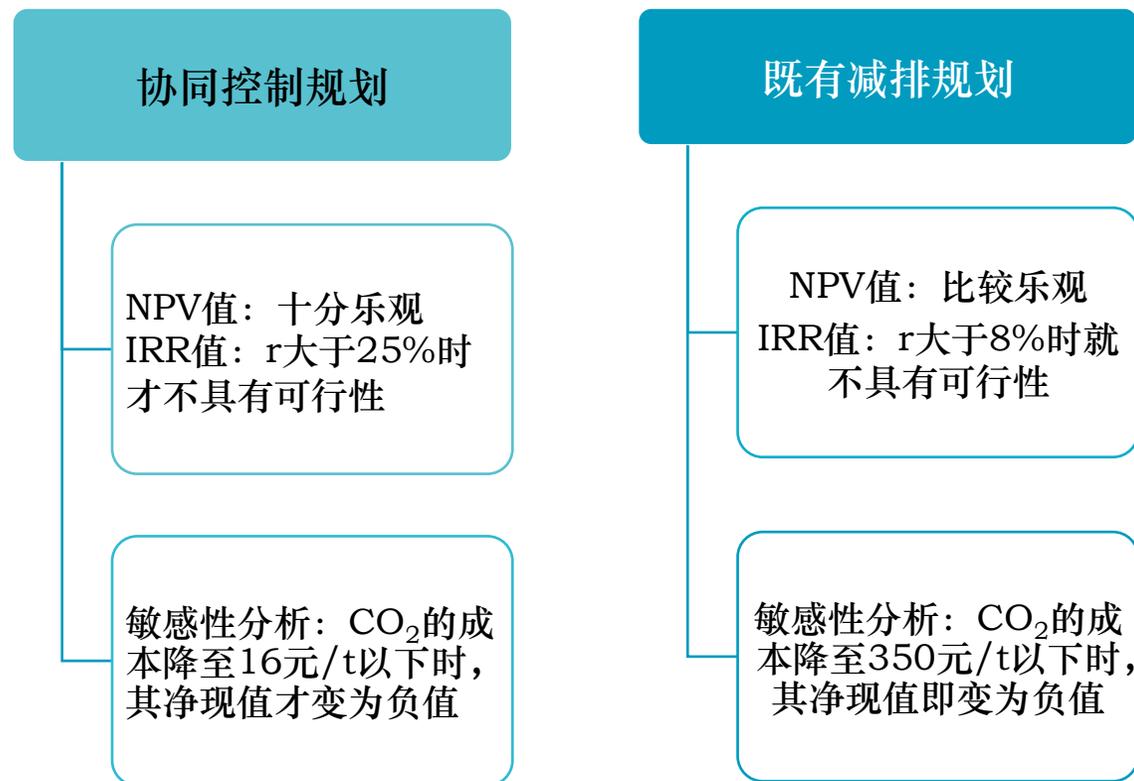
## 协同控制规划与既有减排规划比较分析

指标	减排效果 (t/a)				折合 APeq(t/a)	减排成本 (万元/年)
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	PM <sub>10</sub>	CO <sub>2</sub>		
减排目标	32,213.63	25,884.03	11,544.33	26,335,672.99	93,054.54	-
既有减排规划	67,415.96	37,688.28	24,746.07	26,263,898.68	<b>157,361.51</b>	<b>1,133,890.28</b>
协同控制规划	62,709.67	63,905.09	28,057.33	26,335,672.99	<b>195,315.40</b>	<b>295,471.07</b>
增量	-4,720.08	23,037.05	8,924.61	72,665.30	38,784.08	-901,179.50
比值	0.93	1.56	1.47	1.003	1.25	25%

# 费用-效益分析

费用-效益分析结果

方案	协同控制规划	既有减排规划
净现值(NPV) /亿元	1,079.86	789.34
内部收益率( IRR)	25%	8%



# 小 结

- 我们的城市，不仅要低碳，还要低污染；
- 城市中存在实现协同控制的多种可能途径；
- 将协同控制的理念、评估指标、评估方法融入城市和部门低碳绿色发展考核体系：

- 在开展城市低碳绿色发展评估考核时，也应融入协同控制的理念，通过开发应用协同控制相关定量评估方法，制定相应的评估考核方案，作为引导城市开展协同控制工作，实现温室气体和城市污染物协同控制目标的抓手。
- 国家和省级层面应积极开展协同控制评估考核方法研究，制定分部门、分行业的协同控制评价考核方法体系，指导各部门、各行业开展协同控制。



谢谢！

---

Thanks For Listening

毛显强 Mao Xianqiang  
[maoxq@bnu.edu.cn](mailto:maoxq@bnu.edu.cn)