



中山大學
SUN YAT-SEN UNIVERSITY

中英低碳
周研讨会

广东省交通碳排放清单的 编制及应用

刘永红

中山大学工学院智能交通研究中心

广东省应对气候变化研究中心

广东省交通环境智能监测与治理工程技术研究中心

2016.3.16





主要内容

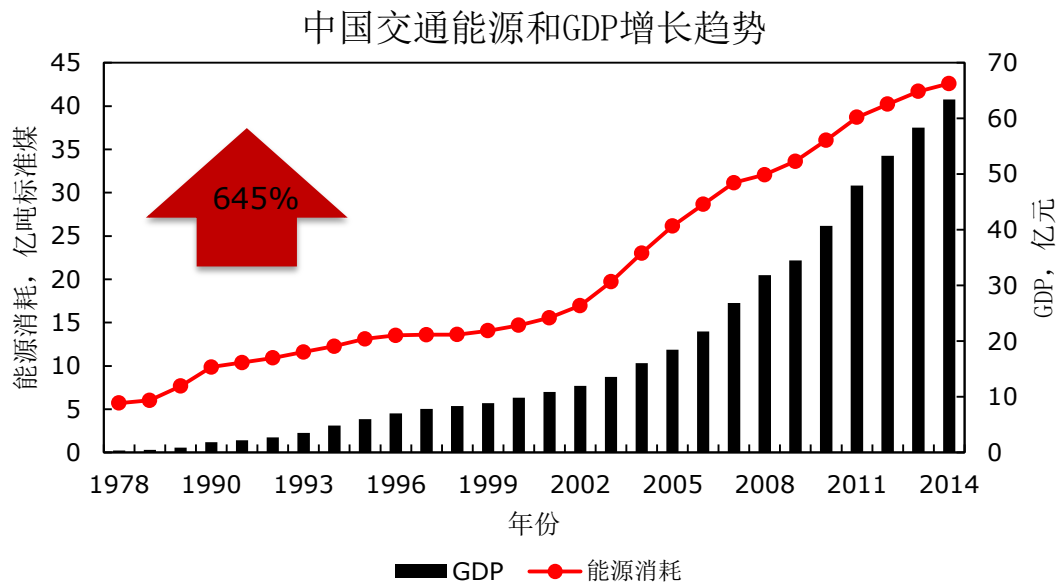
- 1. 研究背景
- 2. 方法简介
- 3. 应用案例
 - 珠三角交通管控政策的协同效应评价
 - 佛山低碳交通系统设计与评价
- 4. 总结与展望

研究背景

中国交通能耗大，且道路交通对环境的影响越来越大

◆ 随着经济的发展，中国交通能耗与排放越来越大

- ✓ 中国交通能源消耗逐年增加越来越大
 - ✓ 在2014年已达到42.6亿吨标准煤
- ✓ 过去20年，交通领域的碳排放增长了45%
- ✓ 道路交通碳排放占比15-30%



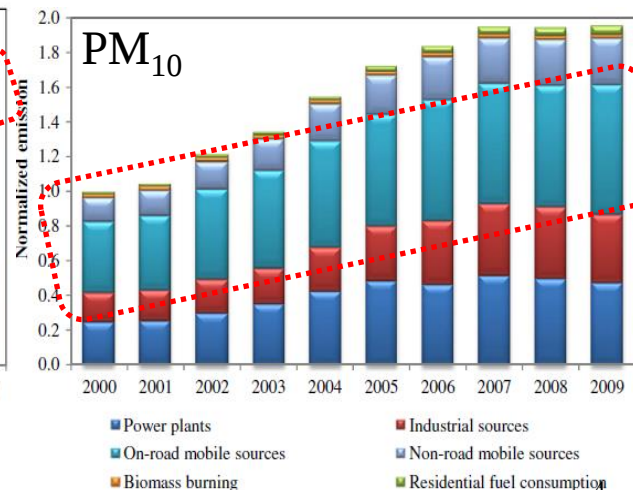
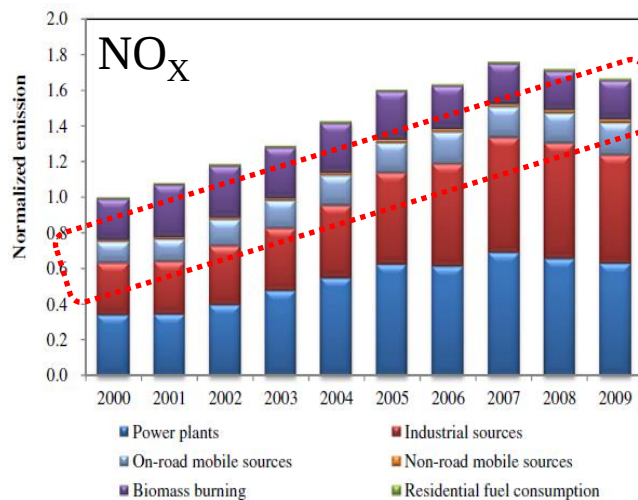
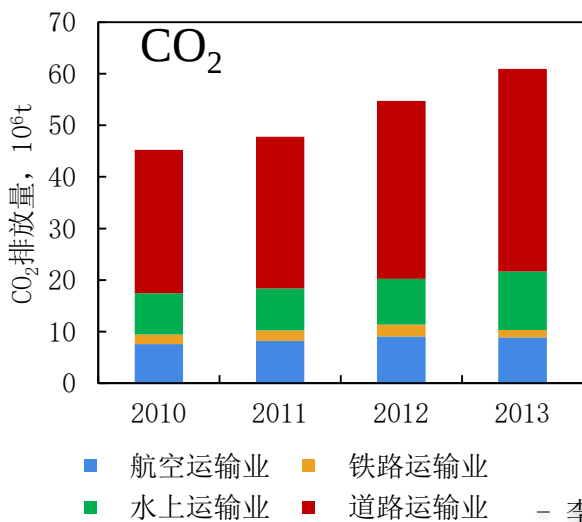
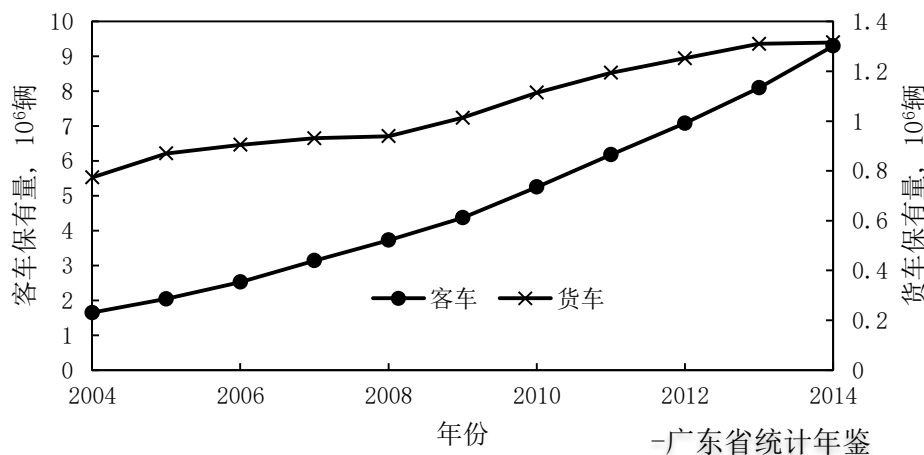
-2014年统计年鉴

研究背景

在广东省，机动车增长迅猛，呈现同样的情况

- ◆ **广东省**珠三角区域和非珠三角区域的汽车保有量大，且增长迅速
- ◆ **机动车**排放贡献大，且呈现增长趋势（CO₂在2010年至2013年间每年平均增长10.5%）
- ◆ 交通碳排放将成为制约广东省低碳发展的主要因素之一

2004—2014年珠三角机动车保有量增长趋势



研究背景

目前中国正面临严重的大面积空气污染问题（ $PM_{2.5}$ 、 O_3 、 NO_2 ），且持续时间长

附表1 2015年10月74城市排名情况

序号	城市	综合指数	最大指数	主要污染物	序号	城市	综合指数	最大指数	主要污染物
1	福州	2.97	0.71	$PM_{2.5}$	38	淮安	5.44	1.60	$PM_{2.5}$
2	厦门	3.01	0.83	$PM_{2.5}$	39	南宁	5.49	1.51	$PM_{2.5}$
3	舟山	3.29	1.07	O_3	40	金华	5.52	1.60	$PM_{2.5}$
4	拉萨	3.51	1.00	PM_{10}	41	扬州	5.54	1.43	$PM_{2.5}$
5	海口	3.61	1.08	O_3	41	乌鲁木齐	5.54	1.71	PM_{10}
6	惠州	3.62	1.00	$PM_{2.5}$	43	天津	5.58	1.57	$PM_{2.5}$
7	昆明	3.64	0.84	PM_{10}	44	绍兴	5.62	1.54	$PM_{2.5}$
8	张家口	4.01	1.11	PM_{10}	45	沧州	5.63	1.51	$PM_{2.5}$
8	丽水	4.01	1.14	$PM_{2.5}$	46	连云港	5.64	1.57	$PM_{2.5}$
10	贵阳	4.04	1.23	$PM_{2.5}$	47	镇江	5.70	1.74	$PM_{2.5}$
11	台州	4.08	1.09	$PM_{2.5}$	48	苏州	5.88	1.51	$PM_{2.5}$
11	深圳	4.08	1.06	$PM_{2.5}$	49	杭州	5.91	1.60	$PM_{2.5}$
13	肇庆	4.31	1.14	$PM_{2.5}$	50	南通	5.92	1.66	$PM_{2.5}$
14	大连	4.32	1.01	O_3	51	合肥	6.07	2.03	$PM_{2.5}$
15	承德	4.44	1.11	PM_{10}	52	北京	6.08	2.11	$PM_{2.5}$
16	温州	4.52	1.11	$PM_{2.5}$	53	无锡	6.16	1.71	$PM_{2.5}$
17	银川	4.53	1.05	NO_2	54	长沙	6.30	1.97	$PM_{2.5}$
18	江门	4.60	1.14	$PM_{2.5}$	55	成都	6.31	1.80	$PM_{2.5}$
19	珠海	4.61	1.26	O_3	56	石家庄	6.39	1.62	NO_2
20	东莞	4.70	1.31	$PM_{2.5}$	57	泰州	6.43	1.83	$PM_{2.5}$

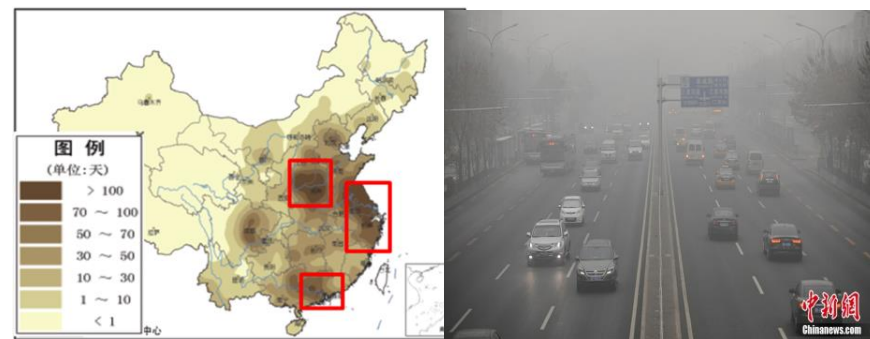
（-中华人民共和国环境保护部）

北京空气质量指数（美标）：**282/五级（重度污染）** 2015年11月30日 1点



各监控点 $PM_{2.5}$ 空气质量指数

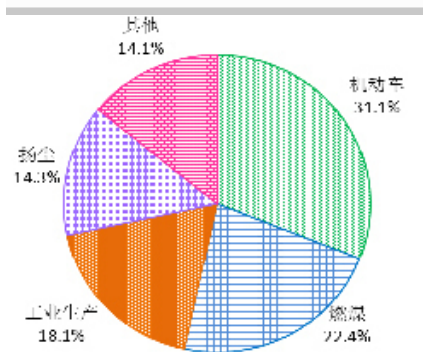
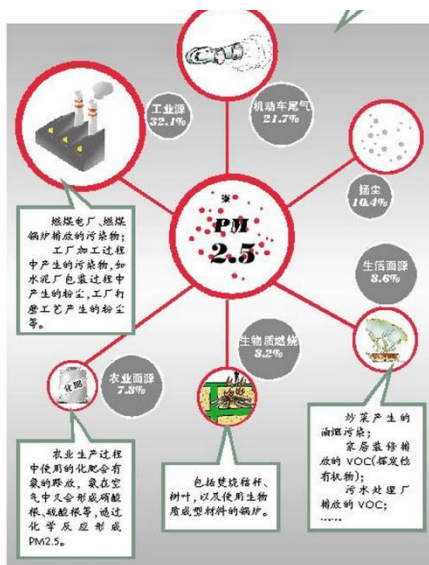
万寿西宫	413	东四	408	天坛	398
奥体中心	391	海淀区万柳	391	官园	368
农展馆	326	古城	297	北京平均	282
北京美使馆	194	昌平镇	186	怀柔镇	158
顺义新城	153	定陵	84		



研究背景

机动车是造成上述空气污染的重要来源

- 一次PM_{2.5}排放及二次转化贡献大
- NO_x及VOC（O₃生成重要前提物）排放量大
- 是O₃生成中心城区NO₂浓度高，超标频繁



2013-2014年北京、广州PM_{2.5}来源情况

需开展低碳发展政策（碳交易、低碳规划等）、空气质量改善（预报预警、政策研制、政策评价）

网格化、精细化（高时空分辨率）的动态交通源排放清单

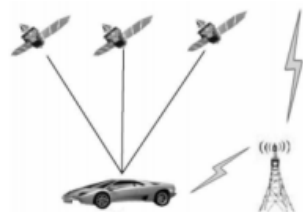


交通拥堵现象致使道路行驶工况恶化 启停频繁 排放加剧

交通出行早晚高峰现象明显 局部排放峰值高

研究背景

交通大数据为动态、精细化清单研究提供了良好的数据基础
(车辆技术水平、活动水平、行驶工况)



车辆GPS监控数据
(浮动车数据)



各类型视频数据：交通视频监控、重点
场所监控



固定式和车载式交通环境空气质量自动监测站
监测数据 (环境类: $PM_{2.5}$ 、机动车尾气等)

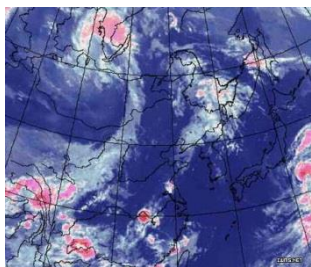
气象参数

行驶特征参数

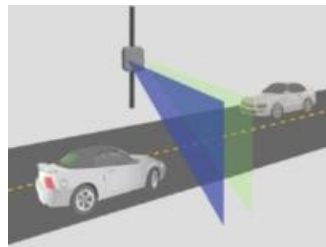
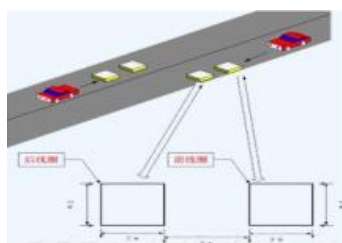
流量数据

实验数据

车速、加速度



气象数据 (气压、气温、降
水量、蒸发量、相对湿度
等)



各类型传感检测器数据：(交通类：线圈、微
波等；环境类： $PM_{2.5}$ 、降雨等)

FZJG	HPZL	FDJH	CLPP1	CLLX	CLLXMC	YXQZ
粤M	02	B5244S 3929890	沃尔沃牌	K33	小型轿车	2008/9/30
粤M	02	11396030668585	奔驰	K33	小型轿车	2008/9/30
粤M	07	162FMJ-D31020059	劲峰牌	M21	普通二轮摩托车	2010/8/31
粤M	02	L95 65160644	雪佛兰牌	K33	小型轿车	2008/7/31
粤M	02	5GR C106507	丰田	K33	小型轿车	2008/9/30
粤M	02	27194030737434	梅赛德斯奔驰	K33	小型轿车	2008/9/30
粤M	02	656MB0394	长安牌	K31	小型普通客车	2010/9/30
粤M	02	154084	天霸牌	K33	小型轿车	2008/9/30
粤M	02	DA471Q 1362A3567	哈飞牌	K33	小型轿车	2008/9/30
粤M	02	20832226	江铃牌	H32	轻型厢式货车	2006/9/30
粤M	01	G3228402743	东风牌	H12	重型厢式货车	2010/9/30
粤M	01	B3221401296	东风牌	H27	中型自卸货车	2009/3/31
粤M	02	4039372	酷派	K33	小型轿车	2007/9/7
粤M	02	G4EA 61083225	起亚牌	K33	小型轿车	2010/9/30
粤M	02	L13A32115392	飞度牌	K33	小型轿车	2011/1/30
粤M	15	无	明威	B15	重型集装箱半挂车	2009/7/31
粤M	15	无	通华牌	B11	重型普通半挂车	2009/9/30

保有量数据库 (保有量、车型、排放标准)

研究背景

研究团队的丰富交通大数据资源

- 结构化数据

数据类型	描述	总量	日增量	运行网络
交通管理业务类	全省2400万辆机动车，2800万名驾驶人，每天20万宗交通违法行为信息	38T	52G	公安网
营运车辆GPS监控	全省15万辆重点车辆行驶轨迹监控	35T	50G	政务网
治安卡口	全省治安卡口1000多个	15T	20G	公安网
交通IC卡交易流水	发卡量3500万 每天交易量480万笔	4T	10G	政务网
旅业和航班	人员轨迹数据	30T	50G	公安网
环境监测	气象数据及大气环境监测数据 全国338个城市，1436个监测站	5T	2G	专网
合计		约130T	约200G	



研究背景

- 非结构化数据

数据类型	描述	日增量	备注
治安视频	全省公安视频监控点	2000T	数据保存期为1个月到半年不等， 为目前全世界最丰富的视频图像资源之一
交通视频	全省高速公路约2000路 城市道路约10000路	240T	
卡口图像	全省卡口 电子警察	6T	
人像图像	约1.2亿人	总量3T	
合计		约2300T	



研究背景

交通大数据为动态、精细化清单研究提供了良好的数据基础（车辆技术水平、活动水平、行驶工况）

- 技术水平：基于静态保有量结构→基于路网车流
- 活动水平：从年平均行驶里程（问卷调查）→基于动态路径的行驶里程，局部流量→全路网分车型小时流量
- 建立更精细化的自下而上的编制方法学：车→路段→城市
 - 城市：小时、工作日/非工作日、节假日、年
- 提高清单（自上而下）的时空分配准确性



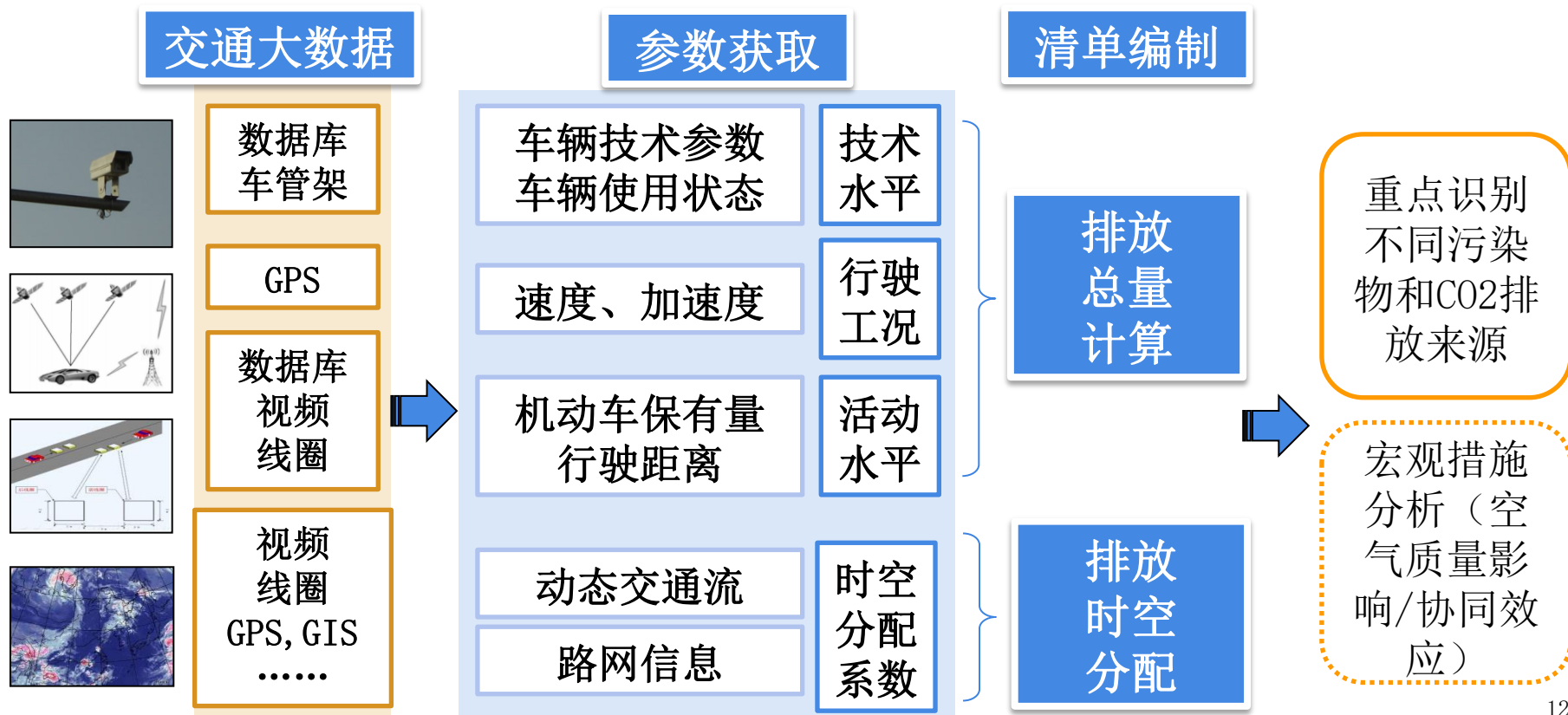
主要内容

- 1. 研究背景
- 2. 方法简介
- 3. 应用案例
 - 珠三角交通管控政策的协同效应评价
 - 佛山低碳交通系统设计与评价
- 4. 总结与展望

基于动态过程的清单编制方法

➤ 宏观清单编制——“自上而下”法

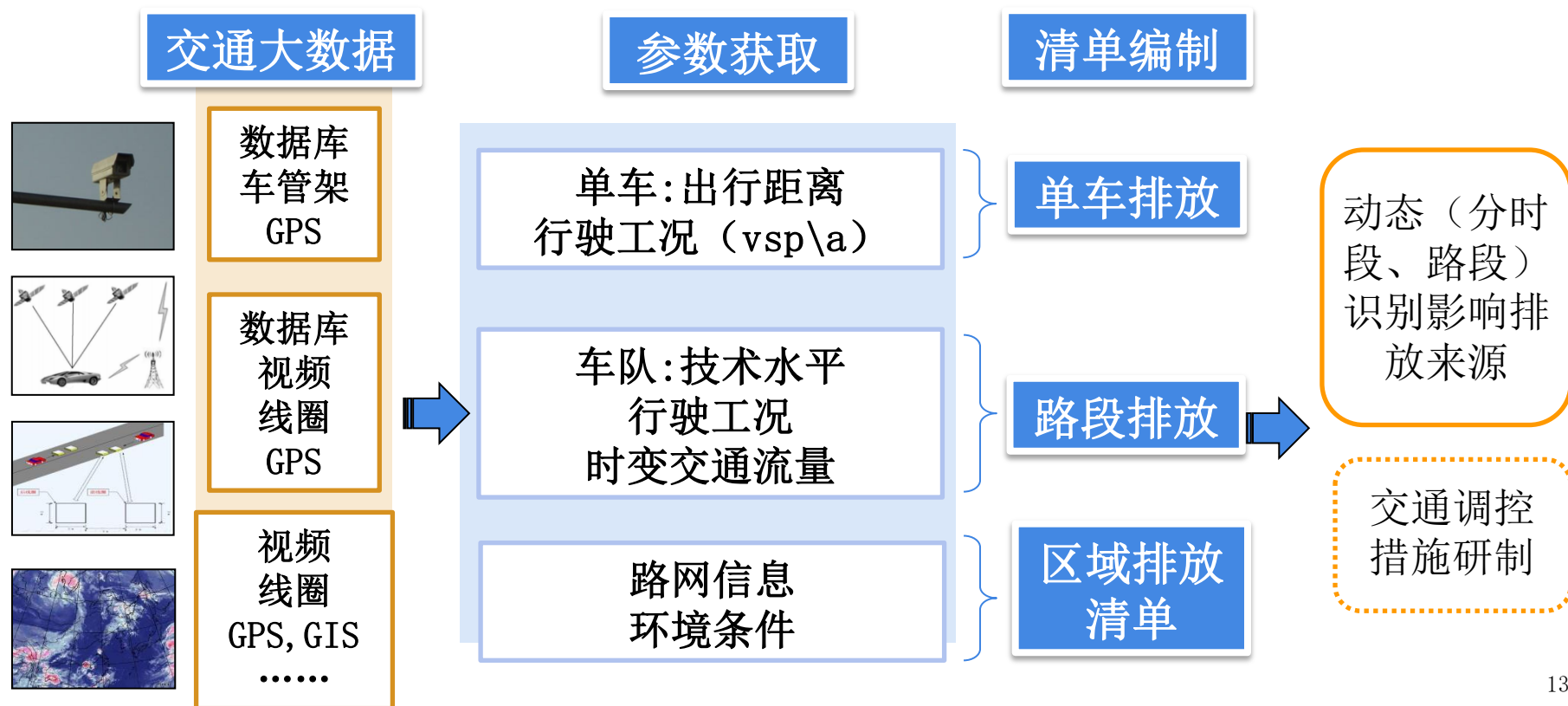
“自上而下”法是在宏观交通活动水平和排放水平的基础上得到区域排放总量，再根据分布情况将排放量进行精细化的时空分配的宏观清单编制方法。



基于动态过程的清单编制方法

➤ 中微观清单编制——“自下而上”法

“自下而上”法首先提取动态交通特征信息，详细计算每条道路的排放量，根据研究区域路网情况整合单元排放量，进一步得到区域或市级范围内的排放清单。



基于动态过程的清单编制方法

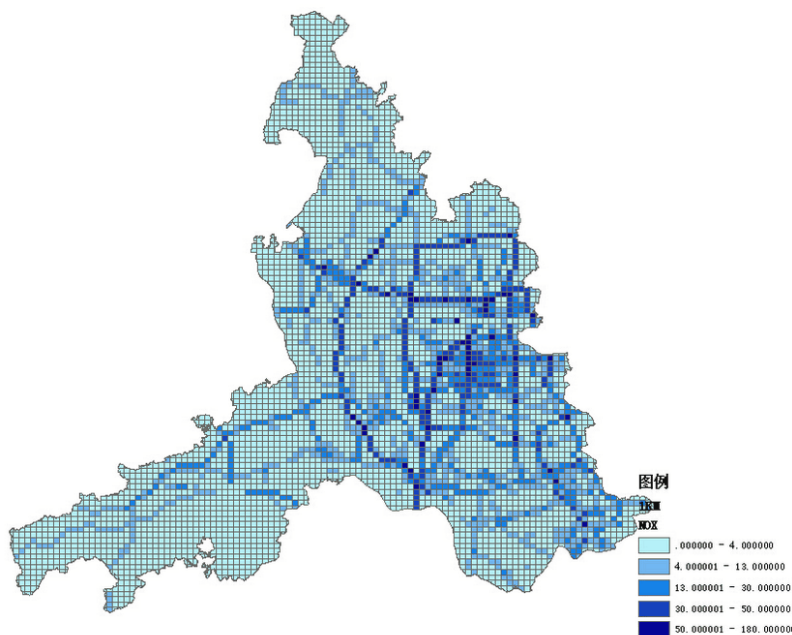
➤ 排放清单发布平台

✓ 广东省2012年NO_x网格化排放清单

交通排放污染地图发布平台
Vehicle emission map publishing platform



网格 路网



地区

市级

佛山

时间

清单类型: 静态

启动

时间单位: 年

具体时段: 2012

车型

All 小客 大客 小货 大货 摩托

污染物

CO CO2 OC VOC NOX BC

PM2.5 PM10 SO2

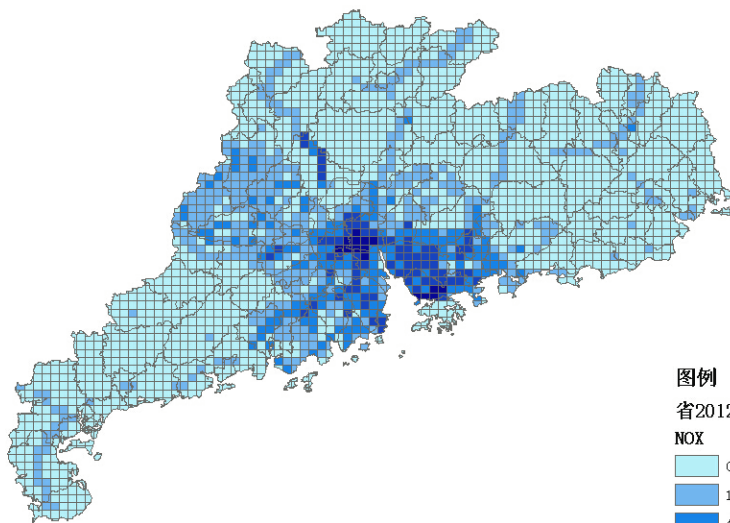
基于动态过程的清单编制方法

✓ 珠三角2012年NO_x网格化排放清单

交通排放污染地图发布平台
Vehicle emission map publishing platform



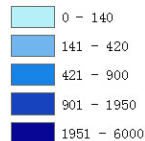
网格 路网



图例

省2012

NO_x



地区

省级

--地级市--

时间

清单类型: 静态 ☐ 启动

时间单位: 年

具体时段: 2012

车型

All 小客 大客 小货 大货 摩托

污染物

CO CO₂ OC VOC NO_x BC

PM_{2.5} PM₁₀ SO₂

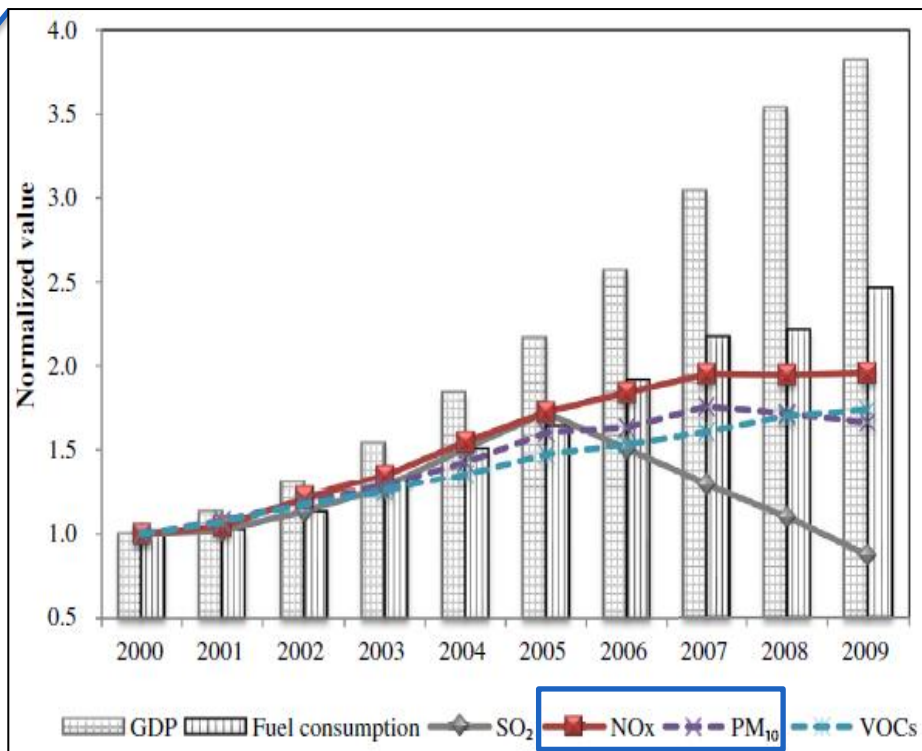
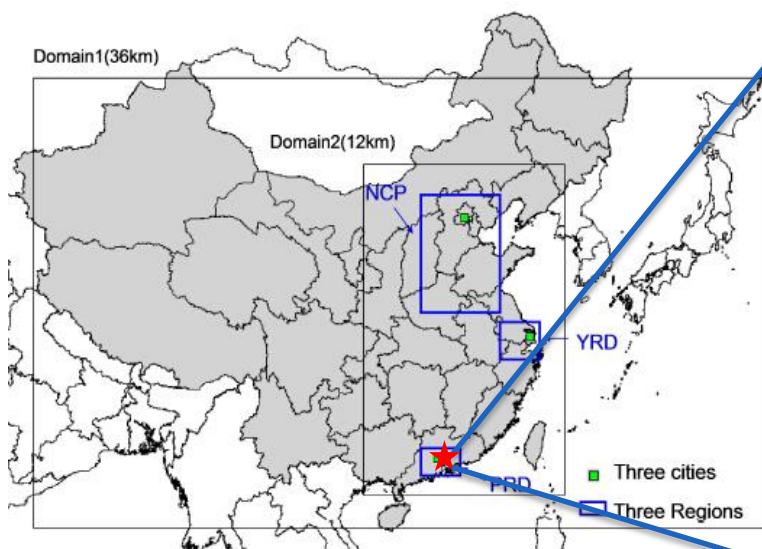


主要内容

- 1. 研究背景
- 2. 方法简介
- 3. 应用案例
 - 珠三角交通管控政策的协同效应评价
 - 佛山低碳交通系统设计与评价
- 4. 总结与展望

研究背景

中国三个典型区域的大气复合污染



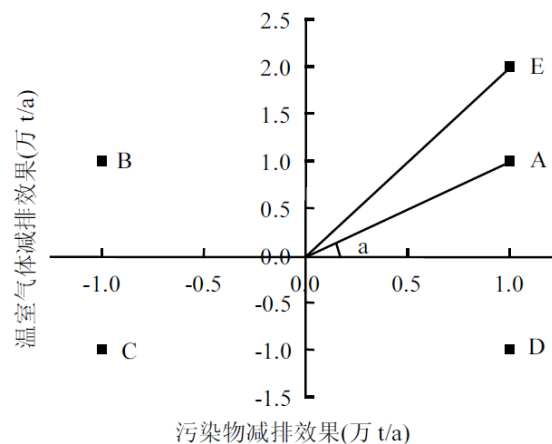
- 在2000-2009期间，珠三角区域的GDP增长了282%，然而NO_x和PM₁₀的排放量分别增加了96% and 66%。
- 由于机动车排放的温室气体和大气污染物具有同源性，在技术上，可以采取同时措施同时进行控制。



研究方案

1、采用排放清单编制方法建立了珠江三角洲机动车排放控制情景（4类、10项）下污染物和温室气体排放清单

2、运用协同控制坐标系评价方法,分析了上述控制措施对污染物(CO、VOC、NO_x、PM₁₀、PM_{2.5})和温室气体(CO₂、CH₄、N₂O)的协同效应



分析方法：坐标法

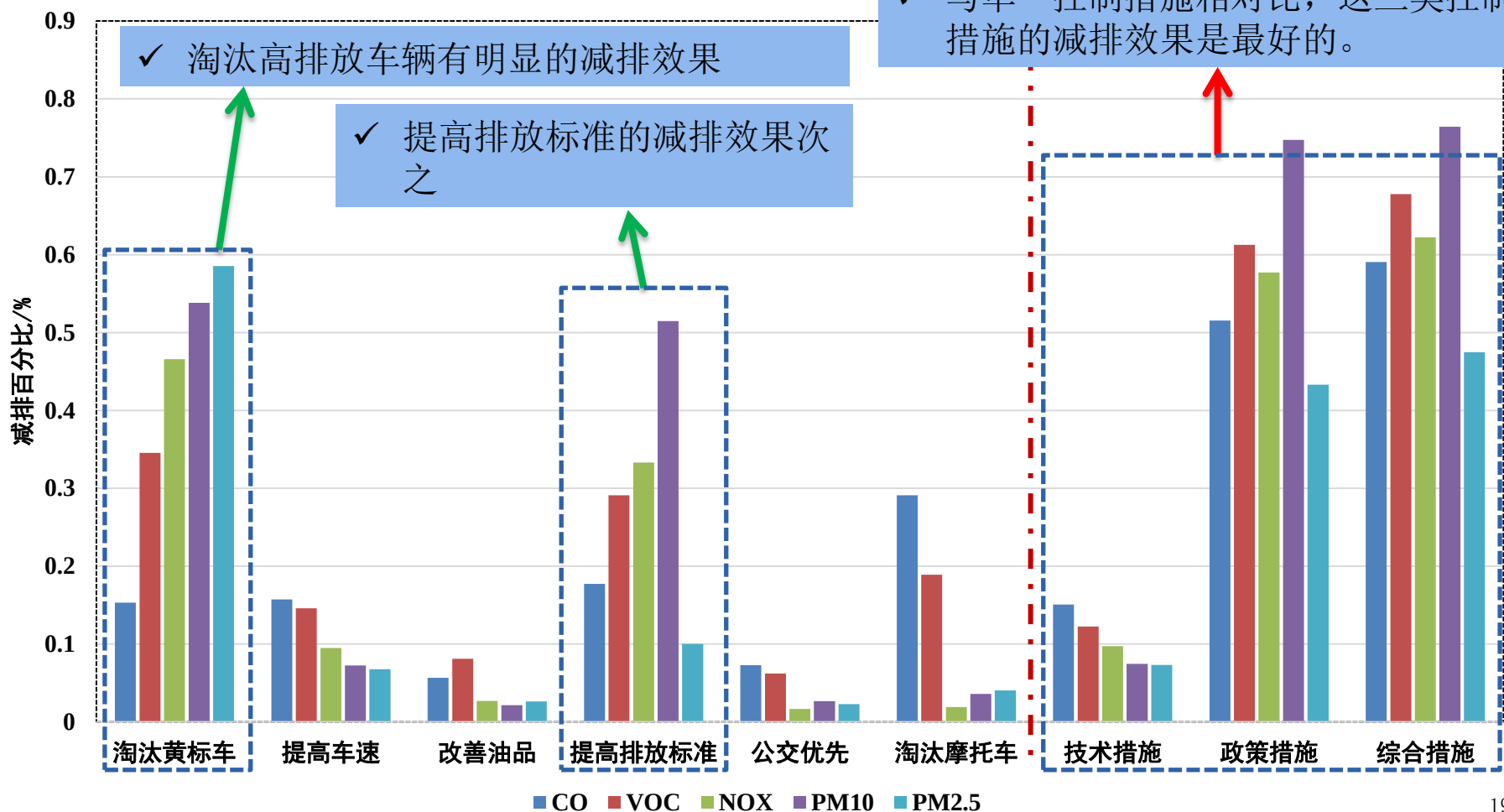
各控制情景下的描述

控制措施	实施内容	情景描述
单个控制措施	提高排放标准	2010 年后新增的汽车全部是国 V 排放标准, 摩托车为国 III 排放标准
	淘汰黄标车	到 2015 年机动车保有量的结构中没有黄标车
	提升燃油品质	到 2015 年珠江三角洲机动车全面推行使用低硫的国 IV 品质的燃油
	提高车速	到 2015 年整体机动车车速提高到 46km/h
	公交优先策略	到 2015 年私家车和摩托车的年均行驶里程分别减少 5%、10% ^[37]
	淘汰摩托车	到 2015 年各市中心城区全面禁止摩托车出行
技术性控制	—	提升燃油品质+提高车速
结构性控制	—	提高排放标准+淘汰黄标车+淘汰摩托车+公交优先
综合控制	技术控制+结构控制	6 类单个措施的综合

结果与讨论

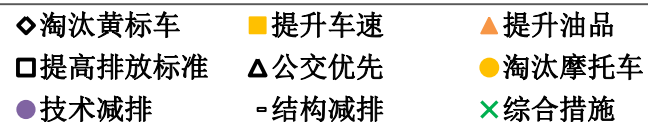
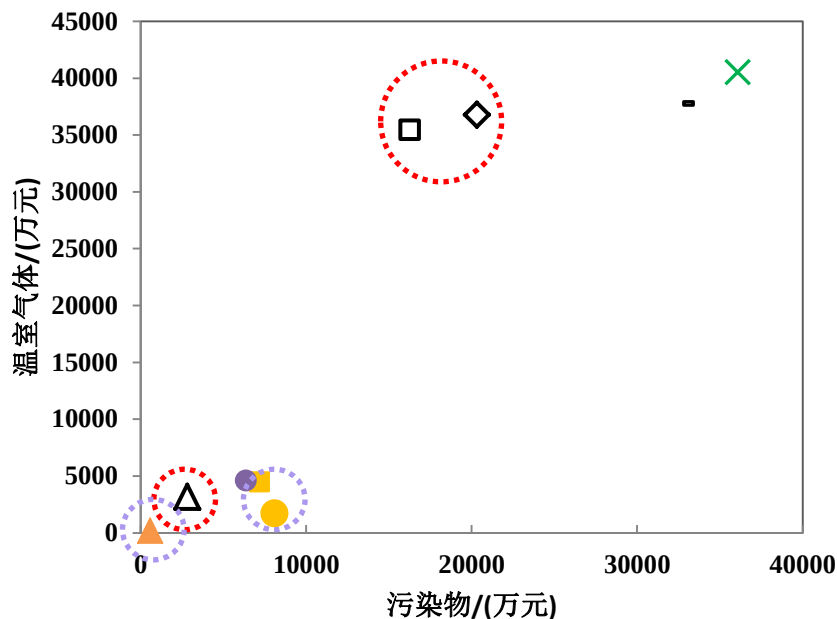
车辆控制措施的减排效果

分析每种措施在减少排放方面的贡献



结果与讨论

协同效应分析



● 单一控制措施

- 提高排放标准
- 淘汰黄标车
- 公交优先

- 提高车速
- 提升燃油品质
- 淘汰摩托车

减排效果

✓ $\text{CO}_2 > \text{污染物}$

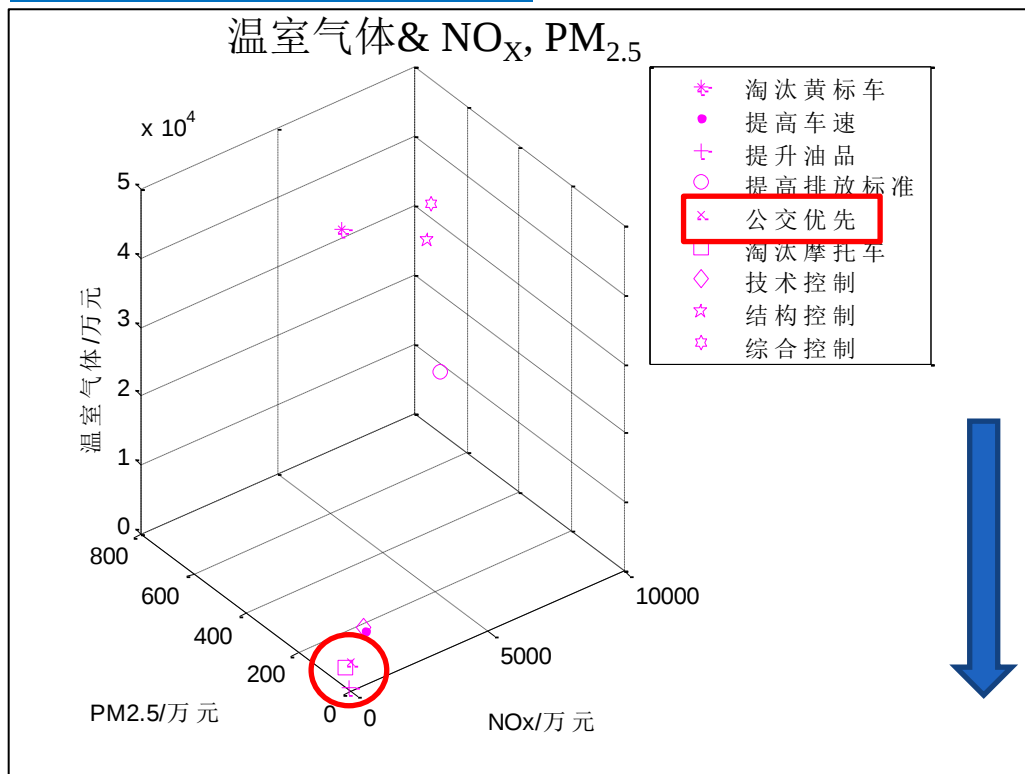
✓ $\text{污染物} > \text{CO}_2$

● 技术性措施，结构性措施和综合控制措施

- ✓ 结构性措施 $>$ 技术性措施
- ✓ 综合控制措施对污染物和 CO_2 的减排效果相当。

结果与讨论

协同效应分析



✓ 对CO₂来说, 公交优先的减排效果是最好。(tan α =14.27)

✓ 其他措施的减排效果

提高排放标准(tan α =8.03)
淘汰摩托车(tan α =6.63)
淘汰黄标车(tan α =5.94)
提高车速(tan α =3.65)
提升燃油品质(tan α =2.62)

- 1、结构性控制措施的效果最为理想, 且能满足以考核碳强度、氮氧化物总量控制及空气质量达标考核三重机制
- 2、在结构性控制措施中, 重点鼓励公交优先出行, 推广更加严格排放标准的车辆, 在操作层面上是比较可行的
- 3、逐步淘汰黄标车和摩托车, 涉及到民生问题, 加大了淘汰的难度、影响了实施效果, 因此, 在限行的情况下逐步淘汰黄标车和摩托车是多数城市可选择的一种途径



主要内容

- 1. 研究背景
- 2. 方法简介
- 3. 应用案例
 - 珠三角交通管控政策的协同效应评价
 - 佛山低碳交通系统设计与评价
- 4. 总结与展望

研究背景

佛山基本情况

- 2011年，佛山市禅城区是唯一一个作为珠三角城市中心城区入选广东首批选定的8个低碳县(区)试点
- ✚ 随着汽车保有量的增长城市交通压力越来越大
- ✚ 低碳交通发展空间大，公交和水运等低碳交通方式利用率低
 - 公交运力分担率9%，水运：货运运力分担率不到20%



发展低碳交通势在必行！

遵循“**绿色交通、低碳交通**”的理念，以“**低能耗、低排放**”为目标，将佛山市打造成我国大中城市**低碳交通建设样版城市**。



研究背景

政策情况

- ◆ 针对“禅桂新”中心组团严峻的交通形势，在2012年提出了《佛山市中心城区交通拥堵缓解工作方案（2012-2017年）》，以缓解中心城区交通拥堵现象；
- ◆ 制订了《佛山市2012年交通运输行业节能减排工作要点》，建构综合性运输枢纽及运输网络，完善佛山市交通运输体系，实现节能减排

佛山市2012年交通运输行业节能减排工作要点

发布单位：市交通运输局 发布时间：2012-03-27 00:00:00

为全面落实《广东省“十二五”节能减排综合性工作方案》，建设资源节约型、环境友好型社会，要充分认识到加快交通运输结构转型和发展方式转变的必然要求。因此，必须充分调动全行业营造以政府部门为主导，企业为主体，全行业共同推进的工作格局，形成工作合力，采取切实有效措施，全面推进交通运输节能减排工作。

总体目标：以加快运输结构转型和出行方式转变为核心，以提高能源利用效率和强化管理为重点，通过政策引导、规范标准、市场准入、监督管理、科技应用、信息服务等手段，结合我市交通行业结构调整、技术进步、管理挖潜等方面节能潜力，提高行车舒适性、缩短行车距离，改善船舶的行使条件、缩短航行时间，实现节能减排为目的，进一步整合现有公路、水路、站场、港

佛山市中心城区交通拥堵缓解工作方案

2012-05-24 09:33:45

爱卡汽车

佛山编辑

分享

1

5月16日下午，市政府召开中心城区交通拥堵缓解实施方案动员大会，公布执行《佛山市中心城区交通拥堵缓解工作方案（2012-2017）》。

《方案》明确提出了交通拥堵缓解的总体目标和阶段目标。总体目标包括改善中心城区交通运行状况，重点路段、交通状况得到明显改善，交通拥堵指数维持在6.5以下，力争中心城区干道车速保持不低于25公里/小时；优化出行结构，积极落实“公交优先”发展战略，用三年时间重点发展公共交通，2015年公共交通分担率力争达到35%；完善中心城区路网结构，重点建设区域性干道、打通断头路，加强禅桂新中心城区的联系。阶段目标中，2016~2017年为巩固阶段，最终达到改善中心城区交通运行状况，力争中心城区干道车速保持不低于25公里/小时的总体目标。

减排路径设计

总体框架

四类十项

低碳交通系统减排技术路线

综合交通规划

城市道路网络优化

交通运输结构性调整

智能交通管理

智能道路交通管理系统

智能公交调度系统

智能公交电子站牌

交通需求管理

货车限行诱导

黄标车限行诱导

公共交通发展

节能减排政策法规引导

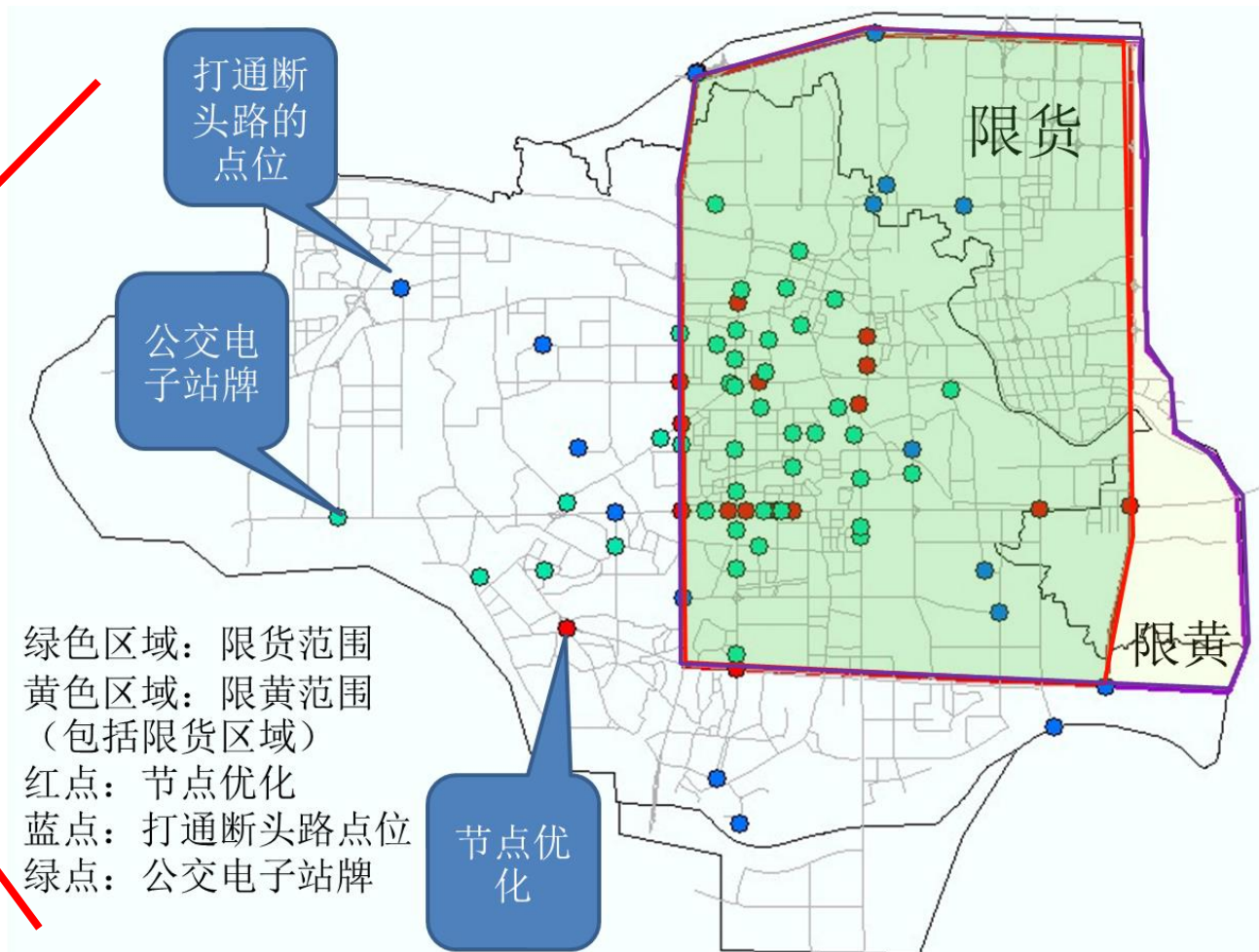
黄标车淘汰政策

高排放车辆出行监督执法

减排路径设计

措施落实布局

实施范围：



减排路径设计

总体框架

四类十项

低碳交通系统减排技术路线

综合交通规划

城市道路网络优化

交通运输结构性调整

智能交通管理

智能道路交通管理系统

智能公交调度系统

智能公交电子站牌

交通需求管理

货车限行诱导

黄标车限行诱导

公共交通发展

节能减排政策法规引导

黄标车淘汰政策

高排放车辆出行监督执法

效果分析

一、综合交通规划

城市路网优化

- **打通断头路**：针对佛山中心城区断头路、错位路口较多，导致主干道上交通压力过大严重拥堵的现象
- 在2011-2014年期间共开展了26项打通断头路和路面拓宽项目



中心城区断头路点位分布图

城市路网优化

节点优化：优化节点共17个，通过对设置各种交通岛，分散车流相交的方法，对交叉口的车流实现渠化，缓解了中心城区信号配时不合理的现象，大大缓解了交通拥堵问题



中心城区渠化路口及优化节点示意图

效果分析

一、综合交通规划

城市路网优化

实施效果

- 2013年6月比2012年9月:
- 车速提升3-5km/h
- 拥堵指数下降1左右

区域车速变化

月份	全天平均车速 (km/h)			工作日高峰车速 (km/h)		
	工作日	节假日	平均	早高峰	晚高峰	平均
2013.06	31.5	31.3	31.4	30	28.7	29.6
2013.05	31.4	31.2	31.3	29.6	29.2	29.5
2013.04	30.9	31	30.9	29.7	29.2	29.6
2013.03	30.2	29.8	30.1	29.9	30.5	30
2013.02	30.2	30.3	30.2	30.3	31.4	30.6
2013.01	29.4	29.2	29.3	28.3	26.4	27.8
2012.12	28.3	28.3	28.3	27.3	24.9	26.6
2012.11	25.9	25.9	25.9	25.3	23	24.7
2012.10	24	25.2	24.3	23.5	21.6	23
2012.09	24.3	26.4	24.9	24.5	23.3	24.2

区域拥堵指数变化

拥堵指数	工作日		节假日	
	早高峰	晚高峰	早高峰	晚高峰
2013.06	4.65	5.27	4.35	4.82
2013.05	4.72	5.2	4.32	4.96
2013.04	4.72	5.2	4.45	4.96
2013.03	4.65	5.14	4.51	4.92
2013.02	4.53	5.02	4.49	4.88
2013.01	4.85	5.34	4.81	5.18
2012.12	5.08	5.59	4.93	5.48
2012.11	5.41	6.01	5.15	5.92
2012.10	5.98	6.31	5.61	6.12
2012.09	5.87	6.12	5.84	5.97

效果分析

总体框架

四类十项

低碳交通系统减排技术路线

综合交通规划

城市道路网络优化

交通运输结构性调整

智能交通管理

智能道路交通管理系统

智能公交调度系统

智能公交电子站牌

交通需求管理

货车限行诱导

黄标车限行诱导

公共交通发展

节能减排政策法规引导

黄标车淘汰政策

高排放车辆出行监督执法

效果分析

四、节能减排政策法规引导

黄标车淘汰政策

- 2012年，佛山市政府颁布了《关于加快淘汰黄标车工作的实施意见》政策
- 明确淘汰分类、有偿性淘汰机制和保障制度



效果分析

四、节能减排政策法规引导

黄标车淘汰政策

- 实施效果：黄标车2013年比2010年下降6.9万辆，下降比例为32.0%，占机动车总量比例从10.7%下降至6.8%，占汽车总量比例从23.7%下降至11.5%。

年份	2010年	2011年	2012年	2013年
黄标车数量 /辆	215487	199117	191335	146156
占机动车总量的 比例	10.72%	9.66%	9.17%	6.79%
占汽车总量的 比例	23.7%	19.6%	17.4%	11.5%

近三年佛山市黄标车变化（辆）

效果分析

- 实施效果：黄标车排放量削减比例35%左右，排放贡献率下降20%左右

单位：吨

年份	CO	VOC	NO _x	PM _{2.5}	CO ₂
2011年	23328.0	7500.8	23237.1	1244.9	2495941.2
2012年	22179.1	7059.3	20545.3	1114.5	2271409.6
2013年	15326.9	4757.5	14863.1	838.4	1680564.3
削减量	8001.1	2743.2	8373.9	406.5	815376.9
削减比例 (%)	34.3	36.6	36.0	32.7	32.7

近三年佛山市
黄标车排放量状
况（吨/年）

近三年佛山市排放
贡献率变化（%）

年份	CO	VOC	NO _x	PM _{2.5}	CO ₂
2011年	56.2	70.1	68.8	74.2	35.1
2012年	58.3	70.6	61.7	69.1	30.1
2013年	43.5	52.6	48.4	51.0	20.7



主要内容

- 1. 研究背景
- 2. 方法简介
- 3. 应用案例
 - 珠三角交通管控政策的协同效应评价
 - 佛山低碳交通系统设计与评价
- 4. 总结与展望



总结与展望

◆ 技术方法上：

- ✓ 基于技术和动态过程的高时空分辨率排放表征技术：提高动态和技术过程的参数定量表征准确性（交通量、行驶里程等），降低清单的不确定度，以提高清单的准确性
- ✓ 分车型的排放源谱数据库的构建（污染物）
- ✓ 建立基于航拍与遥感观测的排放校验技术，评估排放清单精度

◆ 应用上：

- ✓ 研发在线排放清单动态处理系统，支撑精细化决策
- ✓ 政策研制：广东省低碳交通减排路径
- ✓ 典型城市交通污染控制措施：高污染车淘汰、公交提升计划、城市轨道交通建设中的空气质量保障方案



中山大學
SUN YAT-SEN UNIVERSITY

中英低碳
周研讨会

THANK YOU!

刘永红: 13924129971, liuyh3@mail.sysu.edu.cn

广州市新港西路135号中山大学东区110栋3楼



2016.03.16