



上海交通大学  
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY



第十一届长三角空气质量管理技术研讨会

# 新型环境感知技术创新及其 在环境研究与管理中的应用

宁治

教授  
主任  
副院长

环境及可持续发展学部 | 香港科技大学  
环境中心实验室 | 香港科技大学  
前沿交叉学科学院 | 香港科技大学



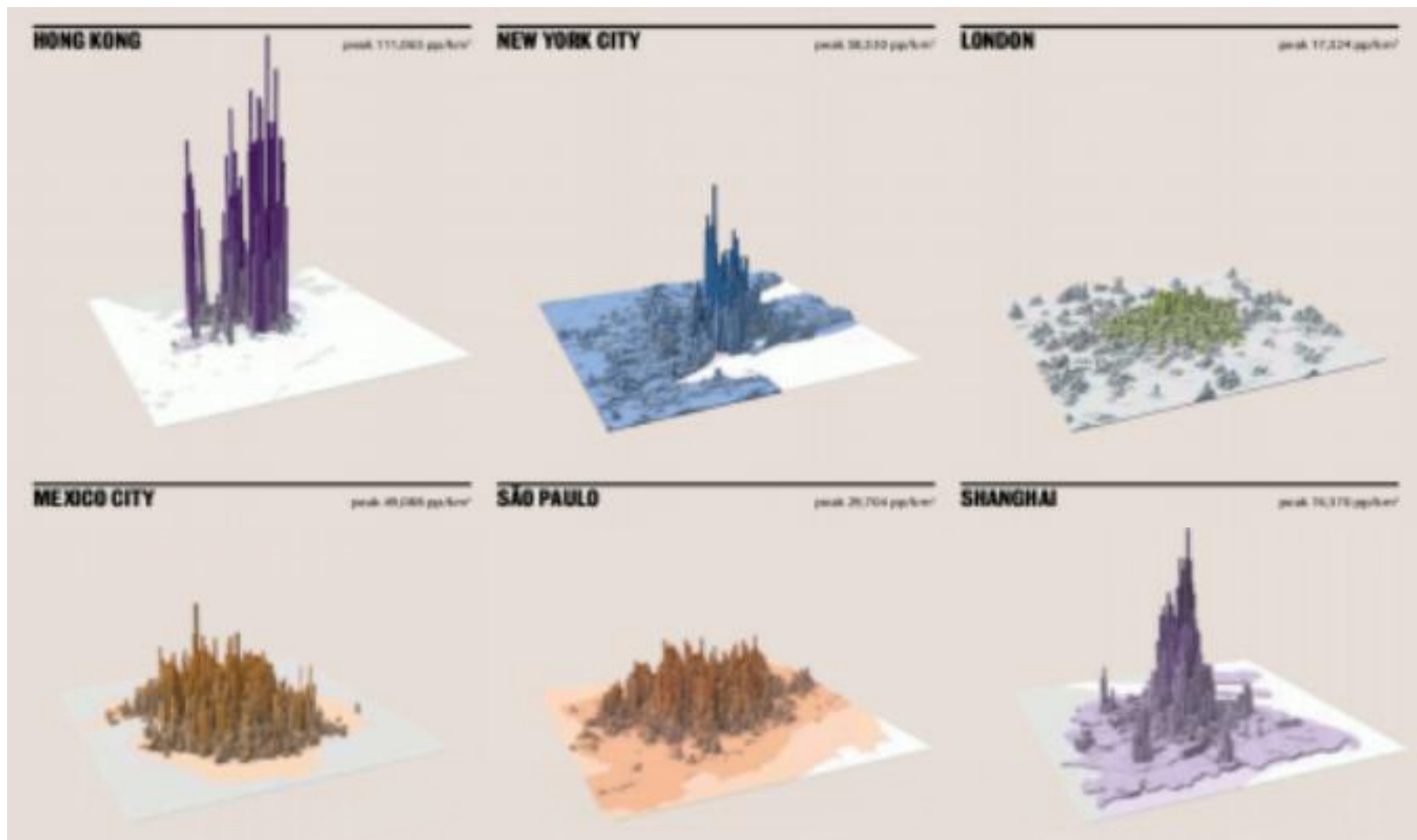
香港科技大学  
THE HONG KONG  
UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY



# 介绍内容

- 大气监测技术发展趋势及方向介绍
  - 监测技术发展趋势与方向
  - 传感技术路线及前沿发展
- 环境感知技术的新型应用
  - 3D空间的环境监测与扩展应用
  - 传感器移动监测的技术发展与网络应用
  - 自适应高密度传感器网络数据的环境应用
  - 环境感知与模型结合在大数据与环境健康的应用

# 环境感知与监测的需求背景



# 大气监测技术发展的趋势

## 基于 管理评价需要

- 稳定性更强趋势
- 监测精度更高的趋势
- 评价组分定性定量更精准的趋势
- 标准化的趋势

## 基于 监测技术性能

- 低浓度监测发展
- 高活性物质的监测技术应用发展趋势
- 含氧和低沸点VOC组分监测需求

## 基于 实际应用

- 小型化发展趋势
- 模块化发展趋势
- 智能化发展趋势
- 时间分辨率更高的趋势
- 更低成本趋势

## 基于 机理研究

- 监测因子更全面的趋势
- 应用场景更广的趋势

- ✓ 更加注重代表性组分、关键组分，
- ✓ 监测性能更优化，监测技术面向更低浓度
- ✓ 监测技术更稳定、高精度、更快速、更全面、更智能、模块化
- ✓ 多种监测方法共存以满足科学和高精度需求

# 大气监测技术发展的方向

- 监测技术的发展与环境研究及管理政策强相关;
- 科研与产业发展与需求需要匹配;
- 前瞻性的技术发展要求足够的技术储备。



## 健康环境监测

- 小型穿戴式为长者及敏感人群的环境监测
- 以人体暴露的呼出气及健康状况早期诊断



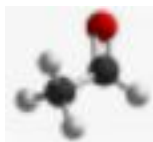
## 建筑室内监测

- 绿色建筑概念下的室内监测
- 与BMS联动以能耗为终点的建筑环境及室内监测



## 温室污染物监测

- 双碳目标引导下的长期与短期温室污染物监测
- 碳排放监管与核算需求驱动的精准确监测与研究



## 化学组分环境监测

- VOC、颗粒物组分为重点需求的监测需求
- 恶臭及空气质量达标任务所需监测+管理



## 智能化环境监测

- 环境加密大气网格化固定监测
- 移动环境监测 3D多维度监测网络



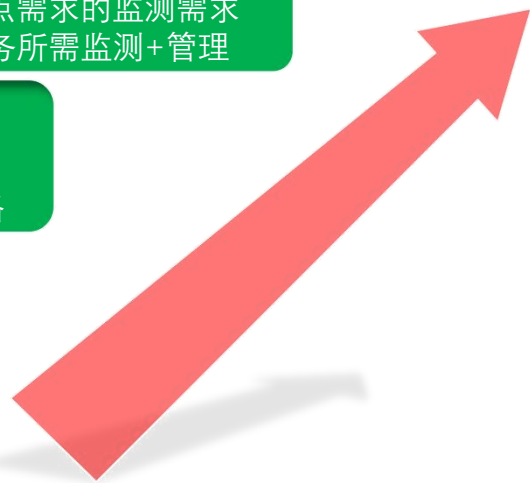
## 标准化环境监测

- 国控点及地方监测网络为硬性需求的监测技术
- 科学研究为需求的高精监测设备需求



## 排放监测监管

- 以控制污染排放为主要需求的监测技术及应用
- 以达标监测为主要需求的监测技术



1980

1990

2000

2010

2020

2030

2040

2050

# 传感监测技术发展

- 新型传感监测技术方案与传统监测技术和一般消费级传感器的区别。



## 传统监测站

- 造价和维护成本高；
- 高精确度，同时需要专业维护；
- 适合区域/本地空气监测而非获取个性化信息。



## 专业型传感器

- 相对较低成本，小巧轻便，方便部署；
- 根据不同污染物，在适合的应用环境下，提供良好表现。

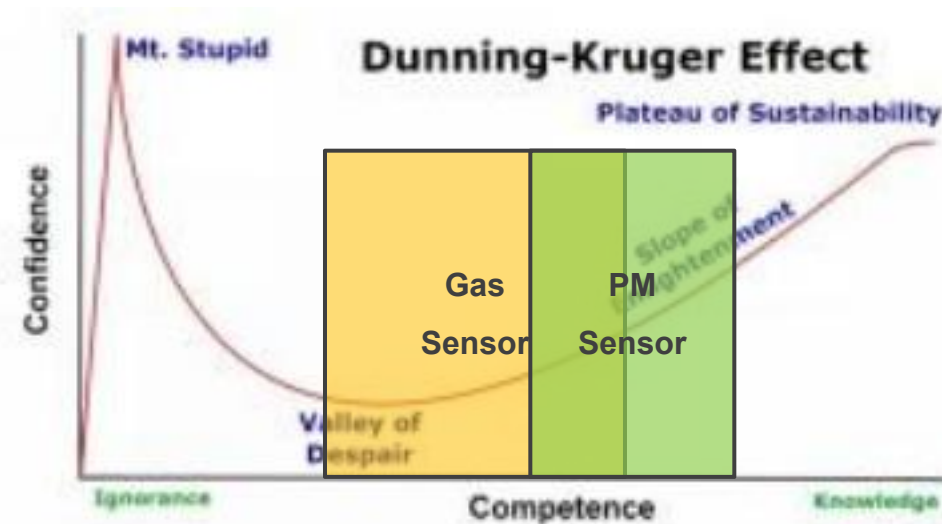


## 消费级传感器

- 便宜和小巧，适合个人或家庭使用；
- 提供指示信息，不满足供科研数据/商业应用要求。

# 传感监测技术发展

监测目标	主要工作原理	主要技术难点与瓶颈
颗粒物质量浓度	Photometer or PM count converted mass	Humidity impact, large particle efficiency, refractive index
颗粒物粒径	Optical particle counting	Particle density and size range
超细颗粒物数量浓度	Condensation and optical counting; Particle charge current.	Cost and inconsistency with upper/lower size limit
主要气体污染物	Electrochemical; Metal oxide; Optical sensing	High/Low Temp/RH impact
恶臭气体	Electrochemical; Metal oxide sensing	Selectivity and sensitivity
总挥发性有机物	Electrochemical; Photoionization Detection (PID)	Humidity impact and sensitivity
有机物组分	Microcolumn and PID	Durability and portability

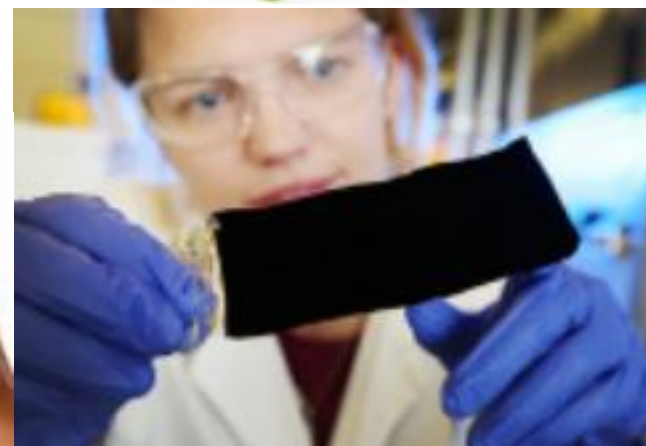
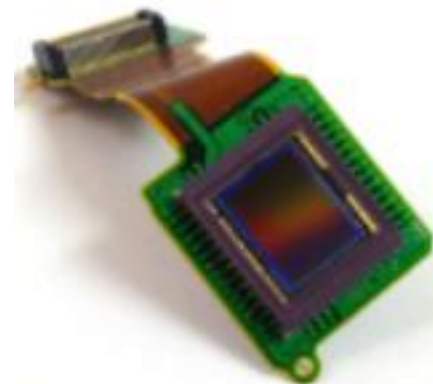
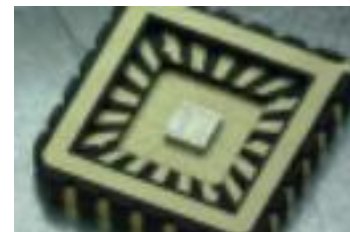


- PM sensors are being understood and developed fast by researchers and industry sectors;
- Gas sensors for criteria pollutants in grid monitoring application showed inconsistent performance with challenges for its future.



# 交叉学科的基础技术进步

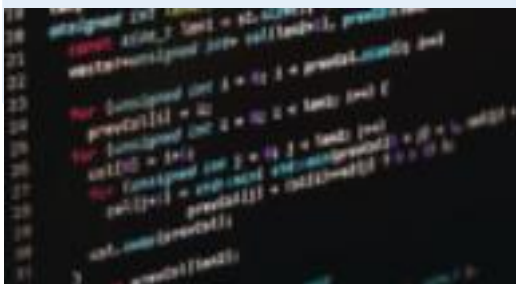
- **新材料**的出现提供了感知层的更多拓展应用
  - **微型光源**的稳定性提升及波长的双向延伸
  - **MEMS**的发展加速了超微型机电一体化
  - **芯片级计算能力**的提升让复杂算法变得可能
  - **纳米技术**的发展提升生物化学传感器监测性能
- 
- 质量更轻、体积更小、价格更低
  - 应用场景也因此极大丰富
  - 对现有监测手段的补充与强化





## 传感技术底层开发 及算法研究

- 新型传感技术原理研究及储备
- 微型半导体传感器开发
- 算法研究



科学

## 传感器集成技术与 设备的工程研发

- 系统级集成开发
- 新技术设计研发
- 监测设备工程研发



工程

## 传感器及 传感器网络应用

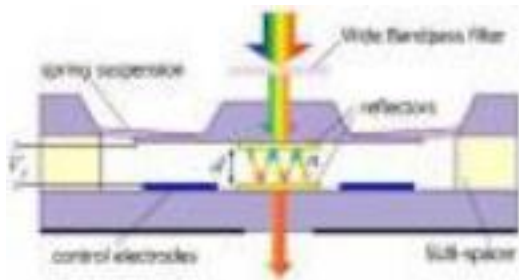
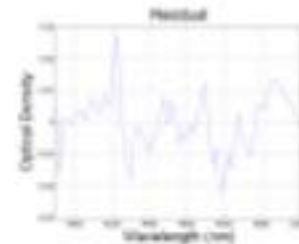
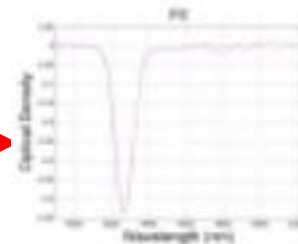
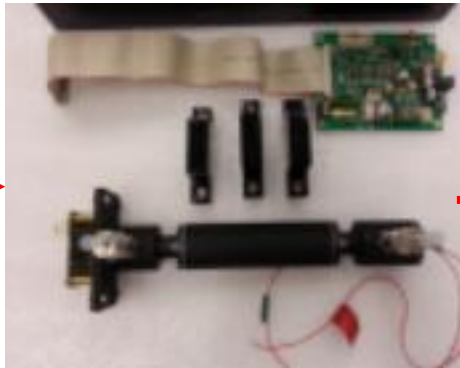
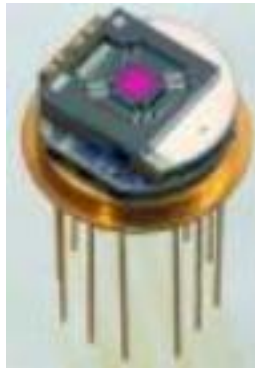
- 大气科学研究
- 大气监测与健康暴露研究
- 环境管理与政策
- 社区公益项目



实践

# 光谱扫描传感器

- MEMS 法布里 - 珀罗干涉仪FPI的微型化，利用两片距离与光波波长接近量级的透光材料实现光谱扫描
- 用于**红外波段的超微型光谱吸收**气体分析检测
- 从 NDIR 到 DIR (Dispersive InfraRed) 的气体监测技术改进



- 3900-5000 nm
- 10 nm resolution
- 8 seconds per scan
- +/- 0.8 ppm for 5 mins avg



Dispersive infrared spectroscopy measurements of atmospheric CO<sub>2</sub> using a Fabry-Pérot interferometer sensor

W. Chan<sup>a</sup>, Z. Ning<sup>a,b</sup>, D. Wenzel<sup>c</sup>, K.C. Wong<sup>d</sup>, Y.W. Siu<sup>e</sup>, A. Hart<sup>f</sup>, M.C. Wong<sup>g</sup>

<sup>a</sup> School of Energy and Environment, City University of Hong Kong, Hong Kong

<sup>b</sup> Key Laboratory of Urban Energy Efficiency, City University of Hong Kong, Hong Kong

<sup>c</sup> HKUST Smart Energy Research Center, City University of Hong Kong, Hong Kong

<sup>d</sup> International Centre for Space and Earth Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

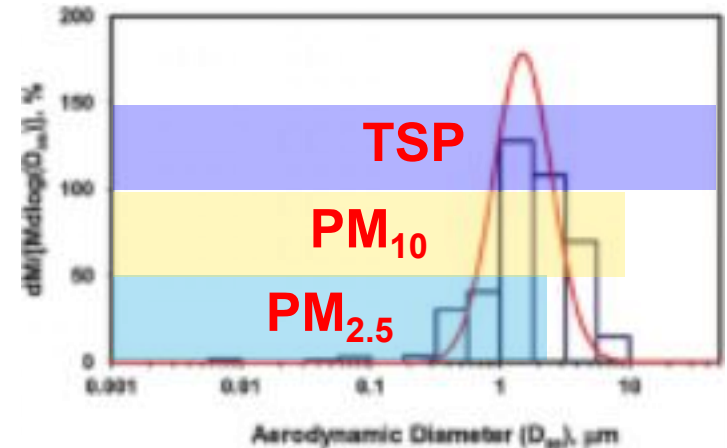
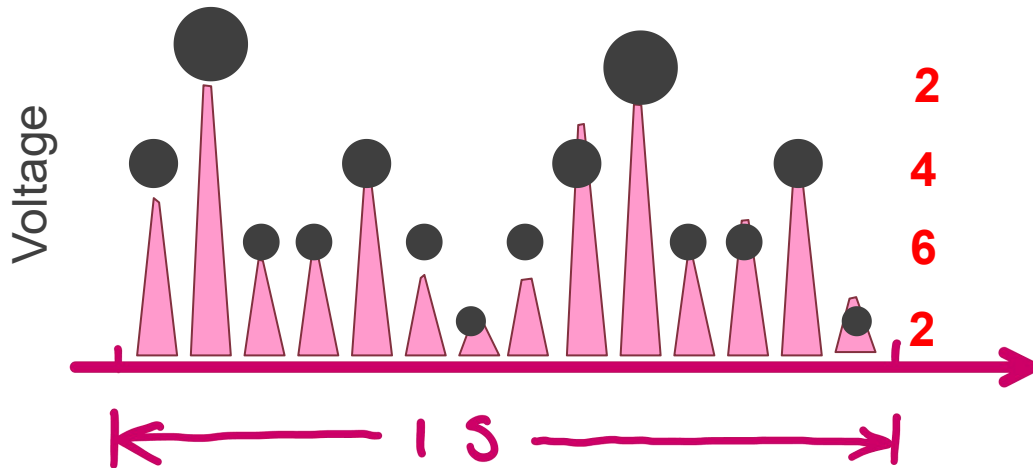
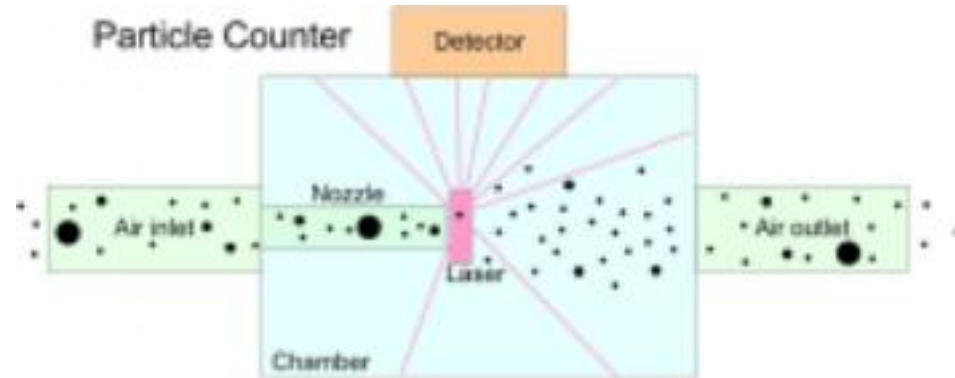
<sup>e</sup> Meteorological Service, Meteorological Department, Government of the Hong Kong Special Administrative Region

<sup>f</sup> Meteorological Service, Meteorological Department, Government of the Hong Kong Special Administrative Region

<sup>g</sup> Meteorological Service, Meteorological Department, Government of the Hong Kong Special Administrative Region

# 颗粒物计数传感器

- 通过激光脉冲实现大粒径范围颗粒物计数
- 稳定红光激光与光路气路设计
- 实现秒级别的50个通道 (0.2 - 20 微米)连续颗粒物粒径分布传感
- 用于颗粒物生长过程，空间分布分析



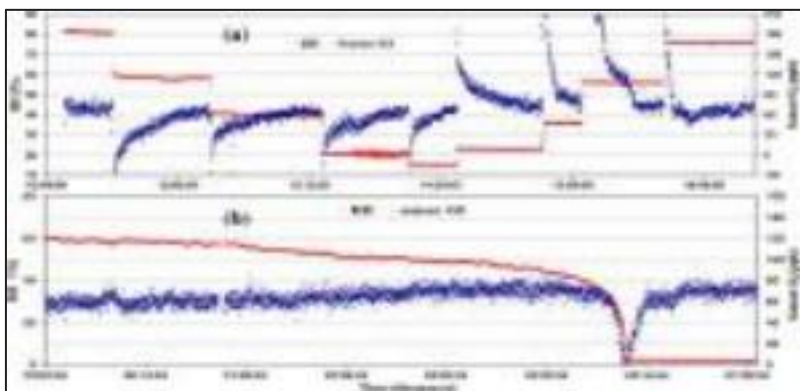
- Amplitude (or height) of that voltage pulse is indicative of the particle size,
- Using the elapsed sample period these counts can be easily converted into estimates of particle concentrations by size within a volume

# 气体传感器的挑战与解决路径

- 传统监测设备只需要对一个**维度（浓度）**进行调零跨度；
- 传感器的应用特点决定了必须同时面对三个维度的挑战：**浓度，温度与湿度**。

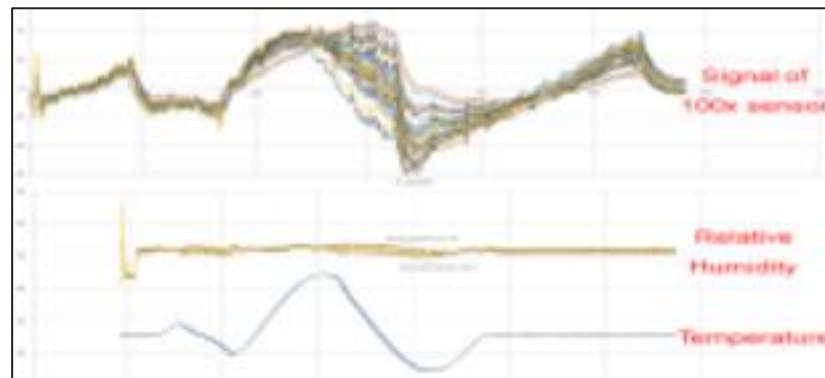
## Humidity “shock” issue

- 短时间的湿度变化对气体传感器信号有着长周期及短周期的非线性影响

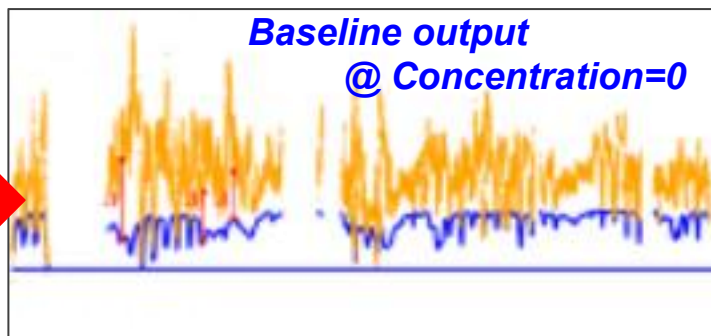
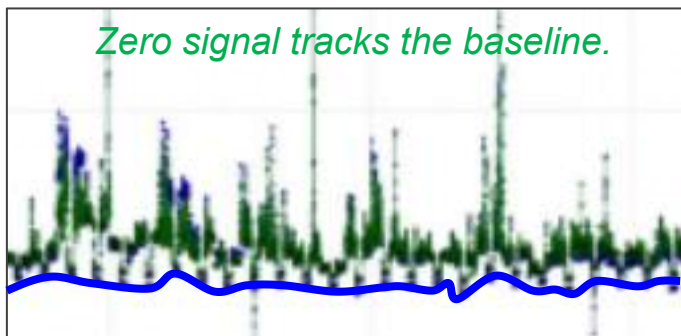


## Temperature “fever” issue

- 温度在35度和-10度范围之外的变化会对传感器的基准信号产生大的影响

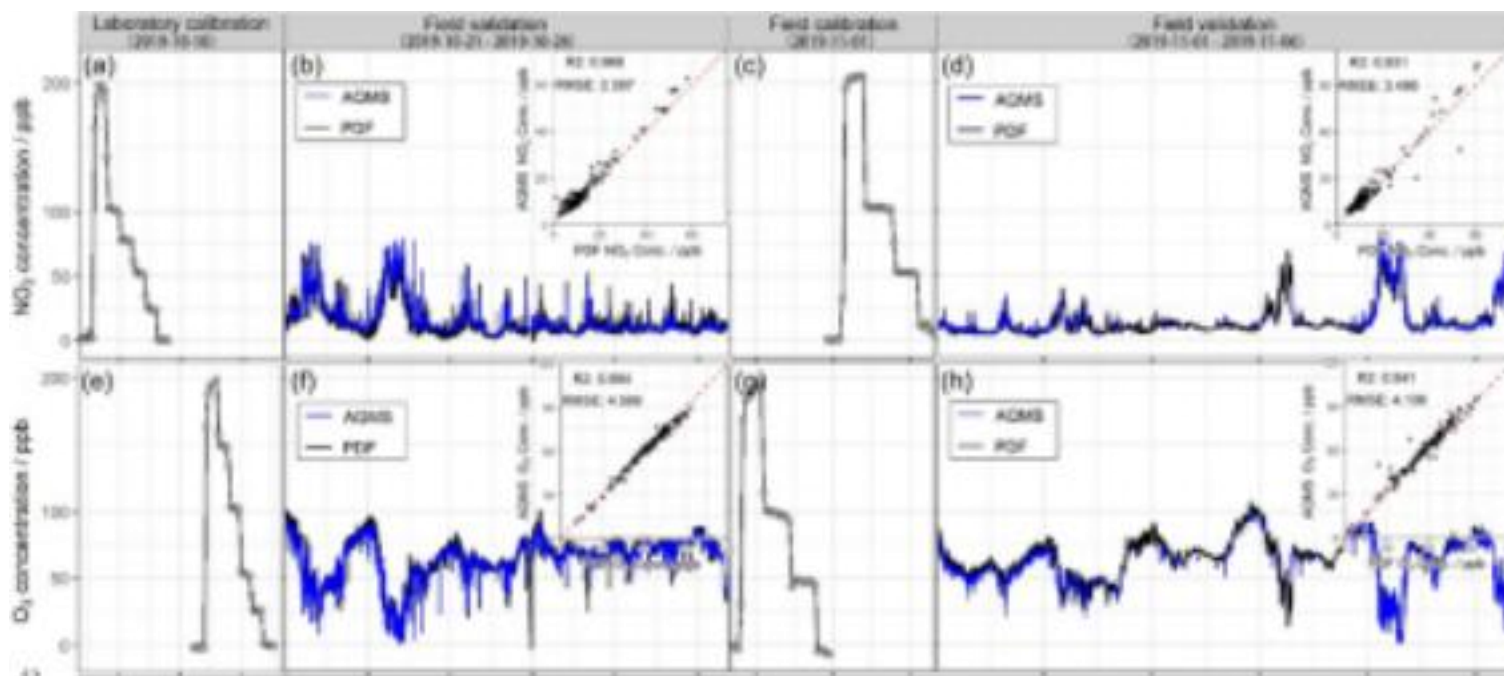


- 动态基准追踪捕捉温湿度变化对于基准信号的影响



# 大气污染物传感器的数据质量溯源性目标

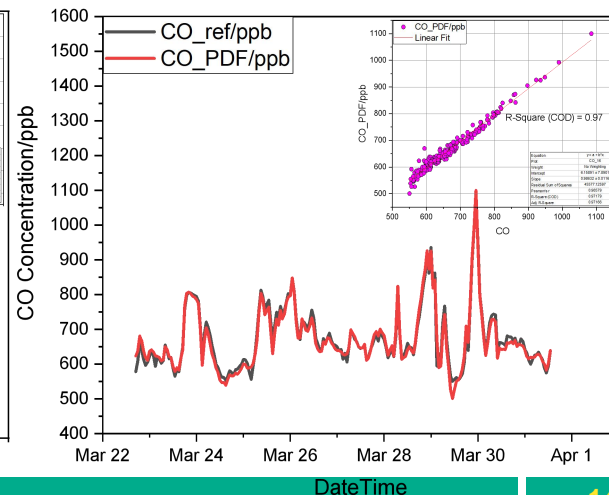
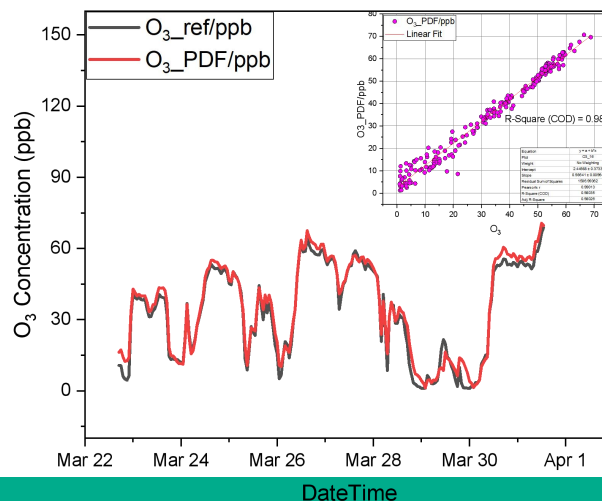
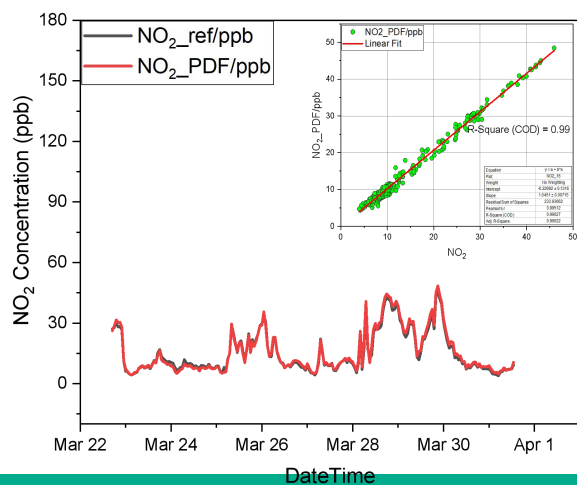
- 动态基准追踪解决了温湿度变化引起的传感器读数不准确以及需要频繁学习校准的问题，在不同环境背景下，均可达到很高的准确性；
- 随着应用场景的丰富，各地机构正制定传感器监测相关质量标准，但是过多的标定干预及数学计算让**传感器监测难以建立标准**；
- 是否可以参照标准站点的质控方式建立传感器的数据质量可溯源性？



# 大气污染物传感器的数据质量溯源性目标

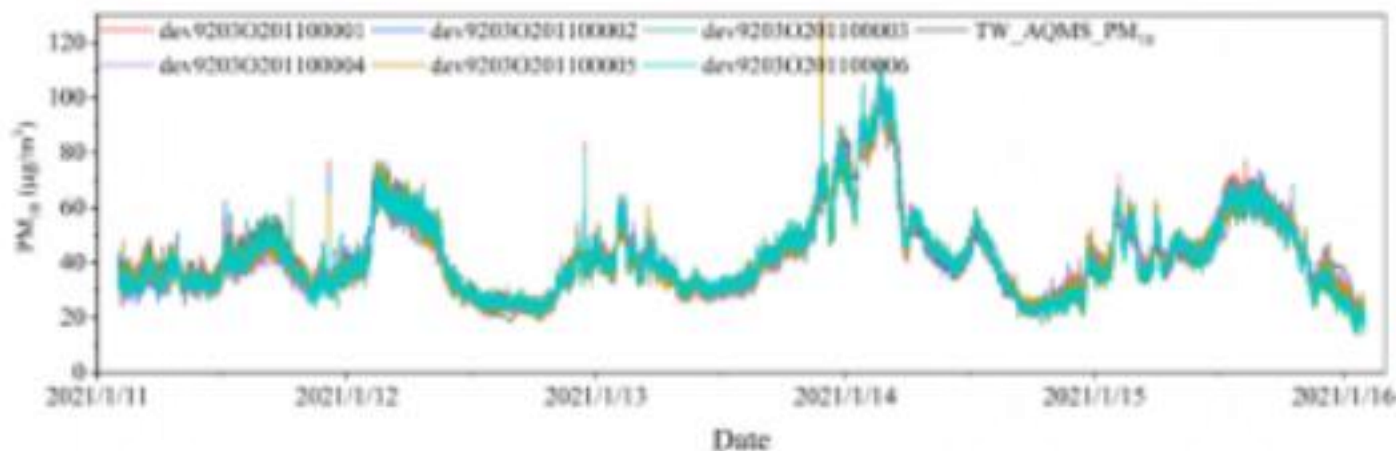
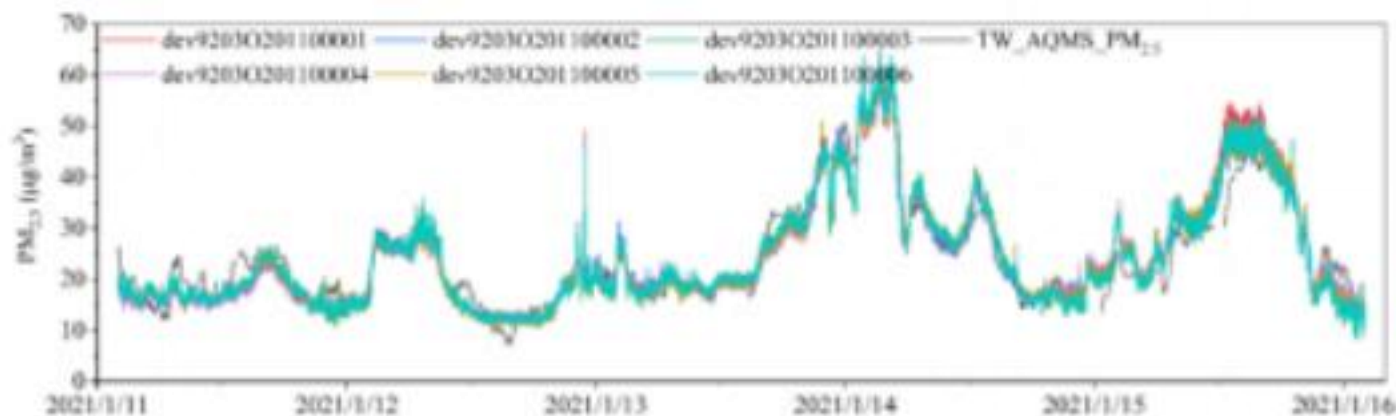
- 动态基准追踪解决了温湿度变化引起的传感器读数不准确以及需要频繁学习校准的问题，在不同环境背景下，均可达到很高的准确性；
- 随着应用场景的丰富，各地机构正制定传感器监测相关质量标准，但是过多的标定干预及数学计算让传感器监测难以建立标准；
- 是否可以参照标准站点的质控方式**建立传感器的数据质量可溯源性**？

在环境温度为15-35度下，湿度为35%-100%条件下，分钟值气体污染物在低ppb条件下与标准站点对比数据显示极高的一致性；小时值与标准站对比连续监测中，可达到  $R^2 > 0.95$ 。  
数据来源于香港环保署测试。



# 传感器的数据质量溯源性目标

- 颗粒物在高浓度环境中场景应用
- 超高分辨率粒径谱传感器获得PM<sub>2.5</sub>与PM<sub>10</sub>的高精度监测效果



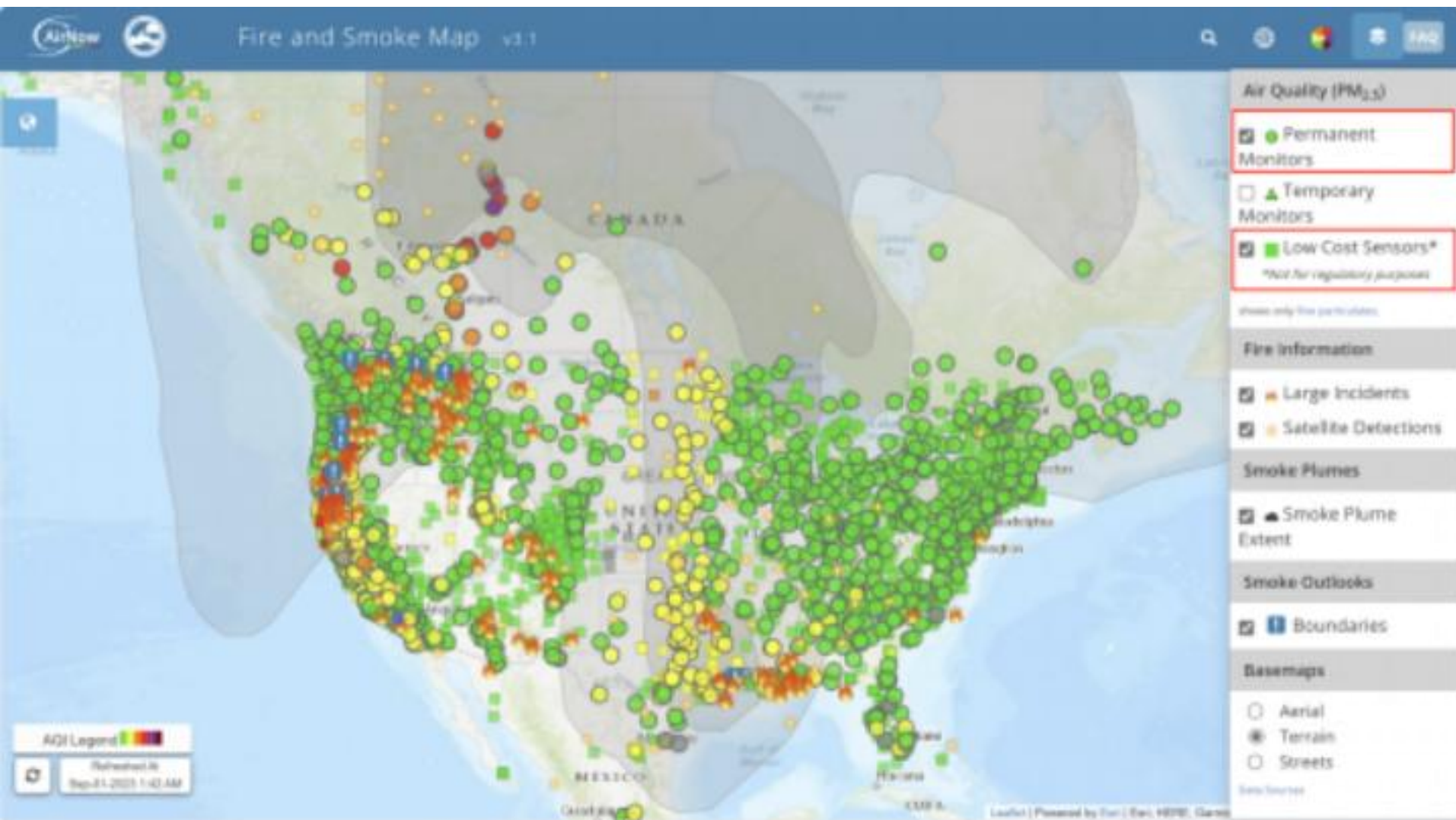
# 介绍内容

- **大气监测技术发展趋势及方向介绍**
  - 技术标准与趋势发展
  - 技术路线及前沿发展
- **环境感知技术的新型应用**
  - 环境信息在3D空间及微时间尺度的扩展与应用
  - 传感器移动监测网络的技术框架与应用
  - 自适应性的传感器网络数据的环境应用
  - 环境感知与模型结合在大数据与环境健康的应用



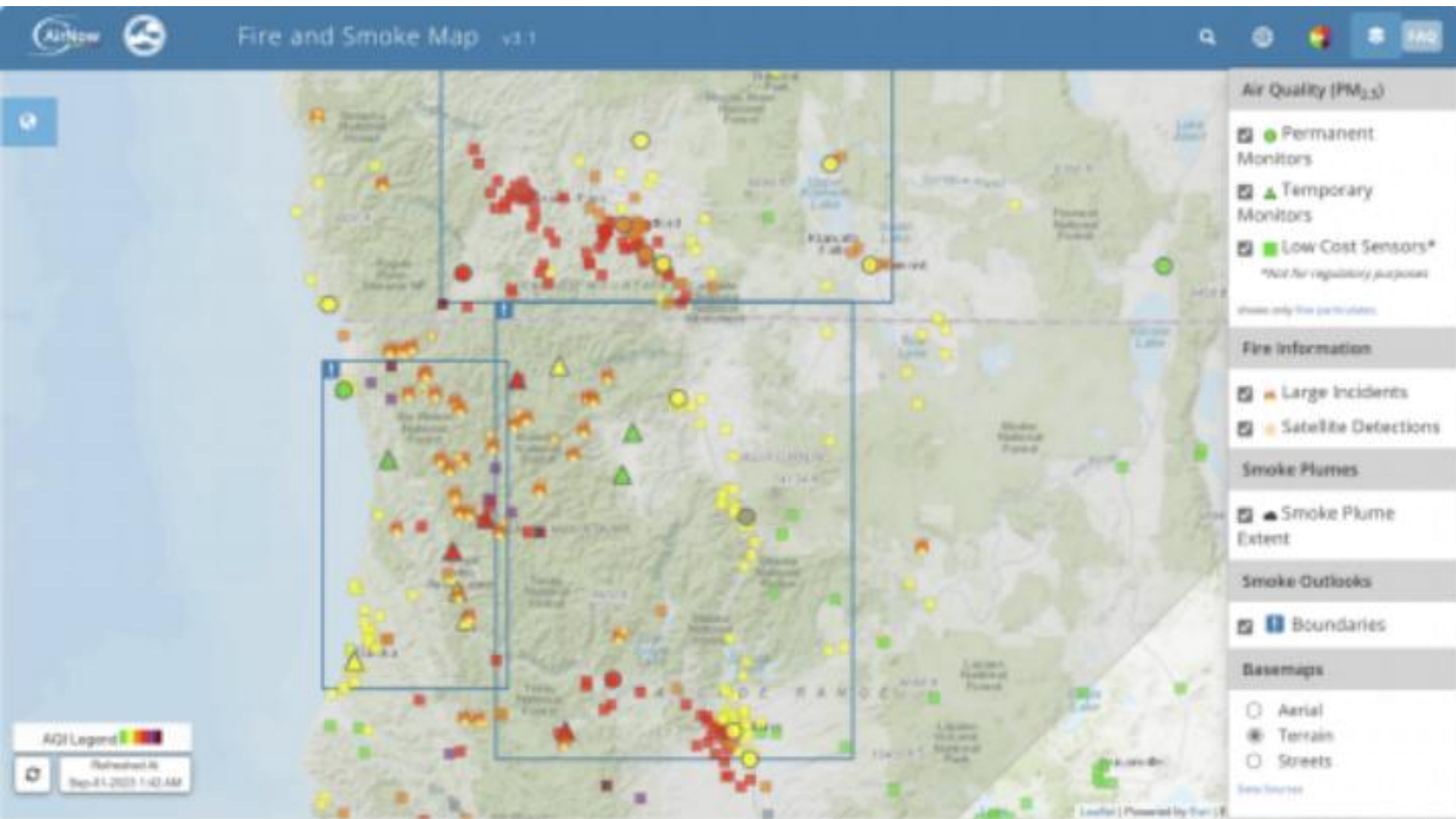
# 传感监测技术的应用

- 美国环保署利用传感器数据进行森林野火环境影响管理



# 传感监测技术的应用

- 美国环保署利用传感器数据进行森林野火环境影响管理



# 介绍内容

- 大气监测技术发展趋势及方向介绍
  - 技术标准与趋势发展
  - 技术路线及前沿发展
- 环境感知技术的新型应用
  - 环境信息在3D空间及微时间尺度的扩展与应用
  - 传感器移动监测网络的技术框架与应用
  - 自适应性的传感器网络数据的环境应用
  - 环境感知与模型结合在大数据与环境健康的应用

# 3D空间及微时间尺度下的应用

高空粒子生成  
臭氧形成机理研究  
跨边界层污染输送研究

1200 m

区域污染输送研究  
空气质量模型验证  
臭氧形成机理研究

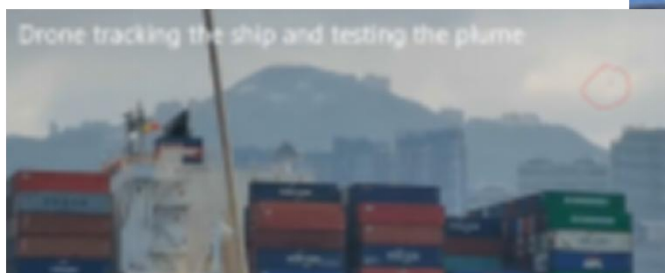


800 m

船舶及工业污染烟羽嗅探  
污染热点空间识别  
近地面空间污染垂直廓线



500 m



300 m



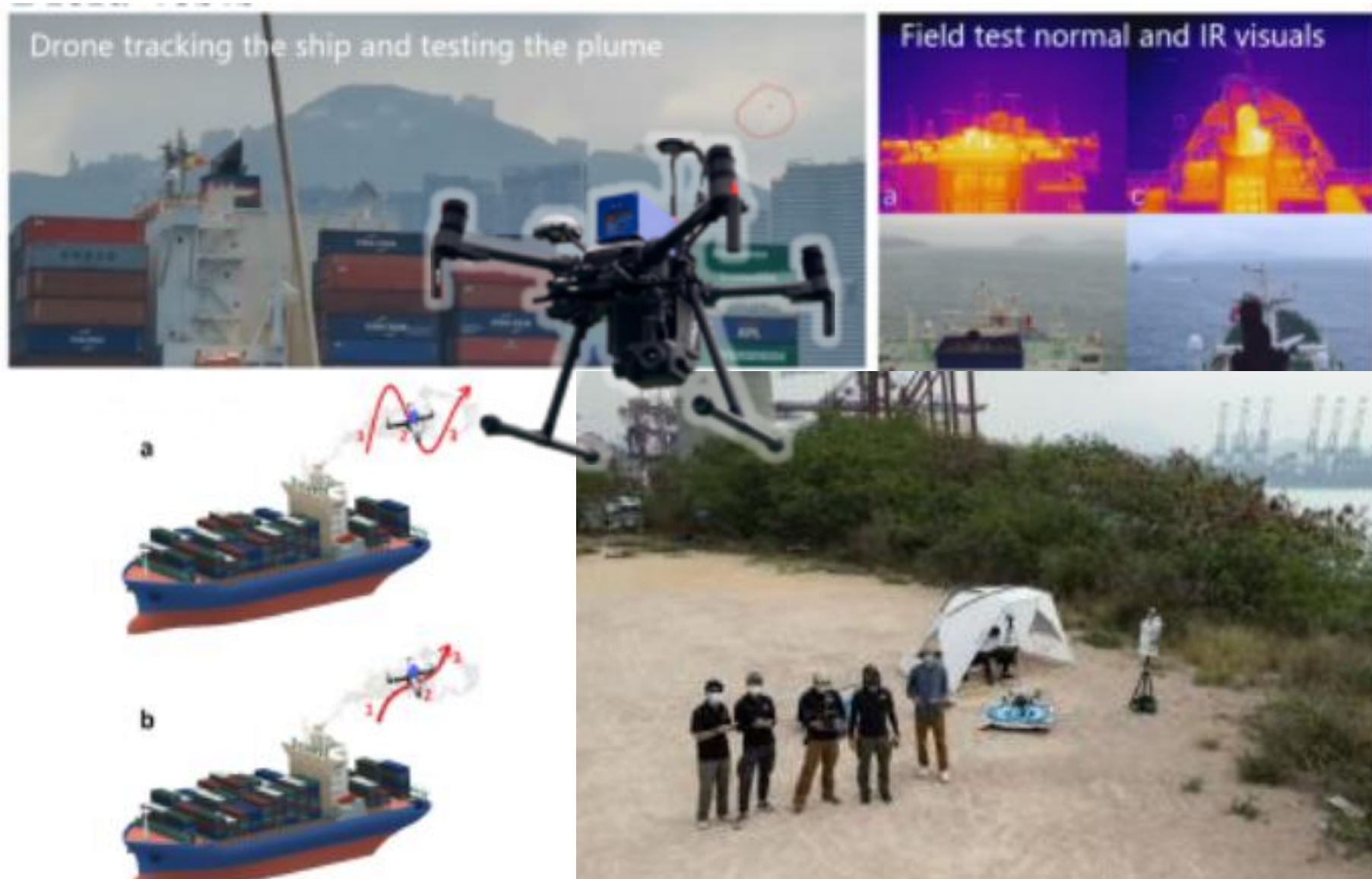
Qi et al. 2019 AE.  
Supported by  
Shanghai EMC

Supported by Hong Kong GFS and EPD  
and GBA Environmental Laboratory.

Anand et al. 2020  
STOTEN,  
Supported by HKEPD

0 m

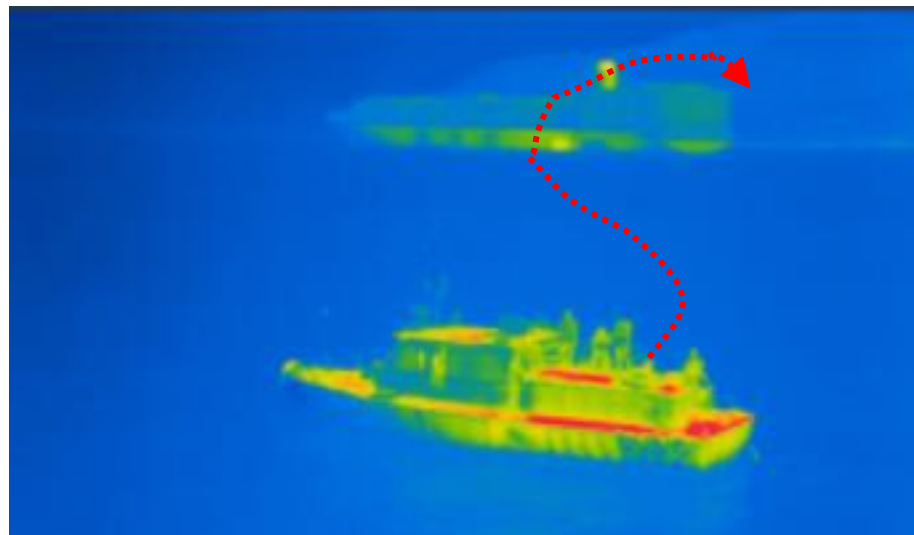
# 无人机载传感器在船舶烟羽嗅探的应用



# 无人机传感器的烟羽嗅探

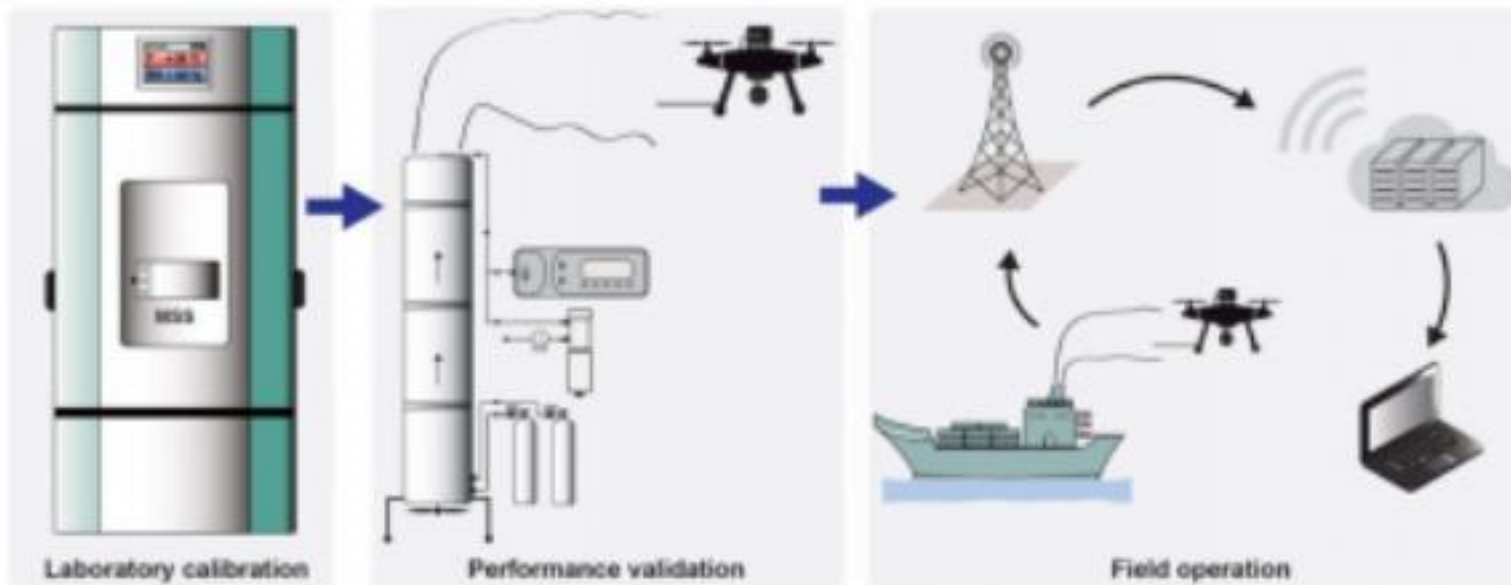
## ■ 无人机机载传感器

- 红外摄像的烟囱定位及追踪
- 全参数 (CO, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, NO, SO<sub>2</sub>, VOC, PM<sub>2.5</sub>, CO<sub>2</sub>)
- 载荷重量 < 800g, 符合无人机飞行条例的载重要求;
- 动态基准校准去除温湿度变化的影响
- 300m 高度内船舶排放含硫量



# 无人机传感器的烟羽嗅探

- 多级扩散与物理稀释中的质控研究



# 烟羽嗅探技术在管理上的应用

- 烟羽嗅探技术结合严格质控过程，可为环境管理及智慧执法提供更高效率便利。

智慧执法

## 船舶排放

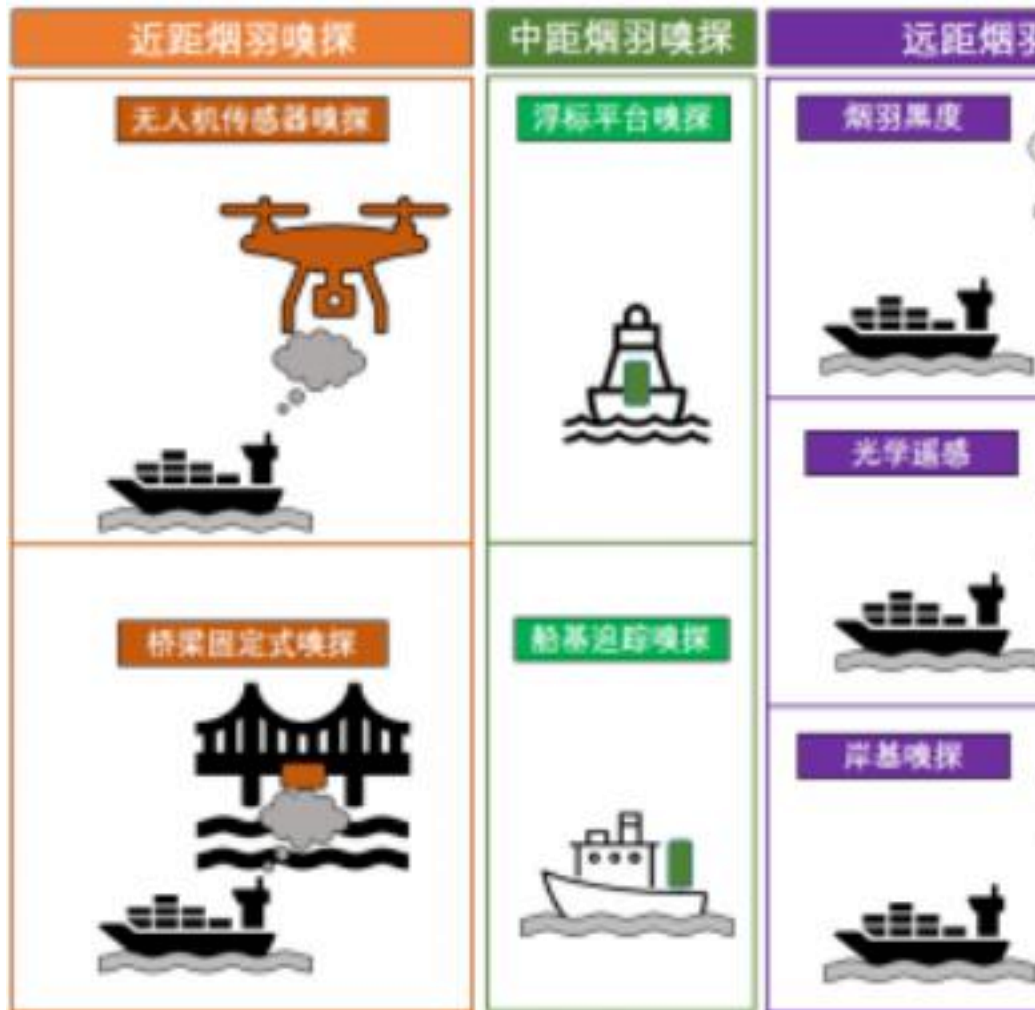
1 船舶排放控制區	香港為亞洲首個強制逼洋船停泊轉用低硫燃油的港口。其後，香港與廣東省政府於2019年共同落實珠江三角洲水域設立船舶排放控制區，進一步收緊要求，規定不論正在航行或停泊，所有船隻必須使用含硫量不超過0.5%的燃料或液化天然氣等合規格燃料。
2 管制本地供應船用輕質柴油	在2014年起實施《空氣污染管制（船用輕質柴油）規例》（第311Y章），規定本地供應的船用輕質柴油含硫量不得超過0.05%。
3 使用無人機提升執法效率	自2020年起利用無人機實時監測船舶廢氣排放，並從電腦分析船舶燃料的含硫量，令執法人員可更有效地對涉嫌違規的船隻採取行動。 





# 烟羽嗅探技术在管理上的应用

- 根据船舶排放污染物与监测设备发生的位置，监测技术可分为近距烟羽嗅探、中距烟羽嗅探、远距烟羽嗅探、近距烟羽嗅探、远距烟羽嗅探及光学遥测等。



# 近地面空间的垂直阔线监测的技术

- 近地面空间的污染物垂直阔线及其变化规律对于研究污染物生成与演变有着重要意义。利用无人机平台的垂直阔线监测提供了极大的便利的实验条件。



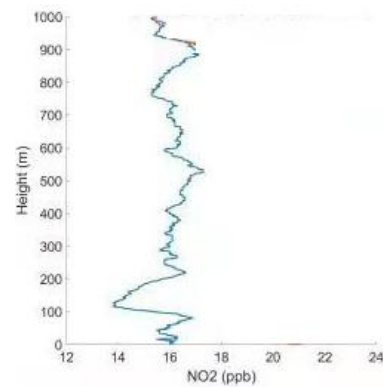
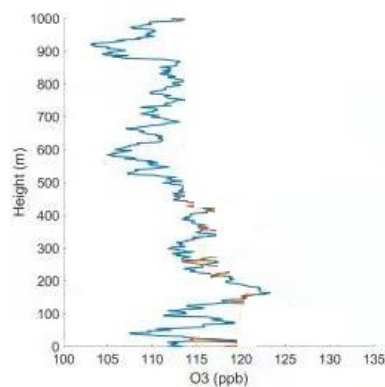
UAV-Sensor



地面传递标准验证

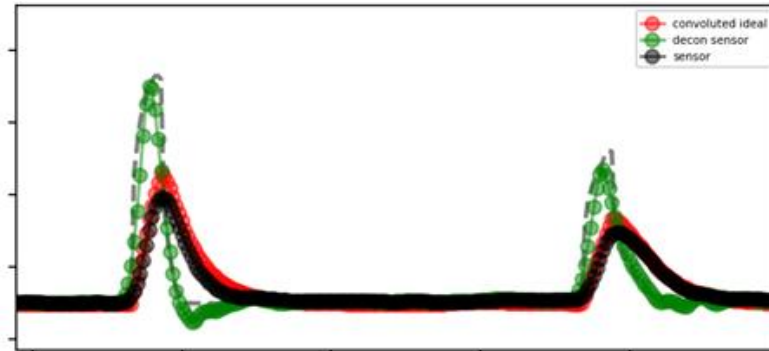
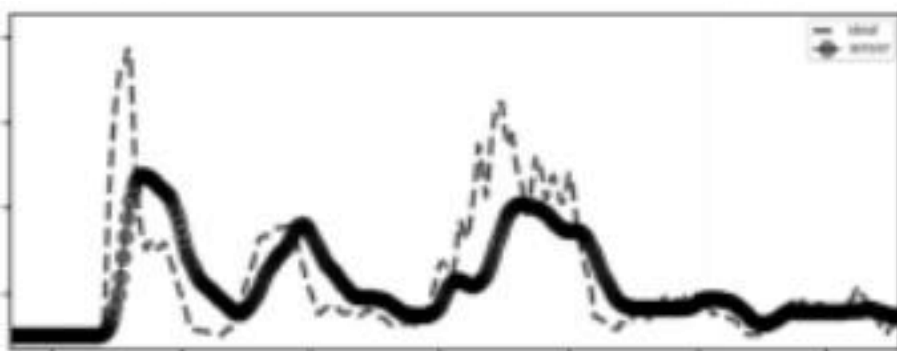
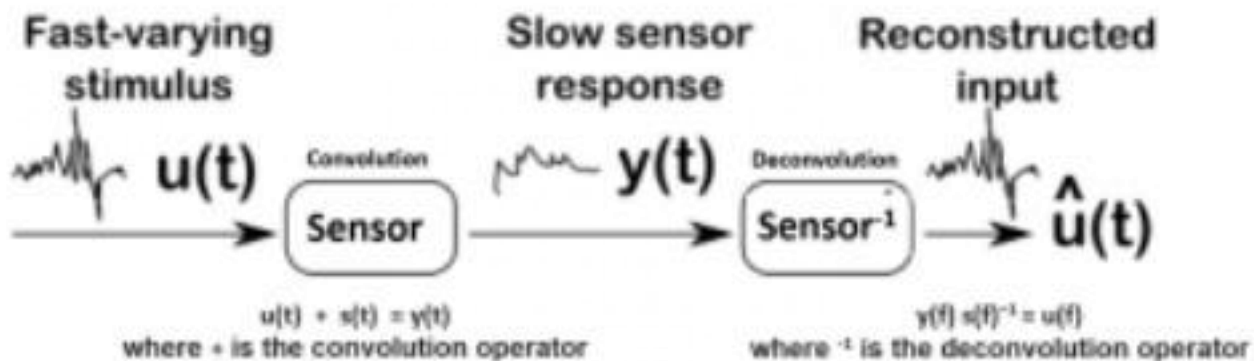


臭氧的垂直分布



# 高时空分辨率下的数据融合

- 高时空分辨率的传感器网络衍生的传感器数据融合的需求
- 慢反应时间与快数据采集的矛盾
  - 5m/s的移动速度下，10s的空间尺度为50m
- 微时间尺度下的反卷积运算



# 海陆空一体化3D监测

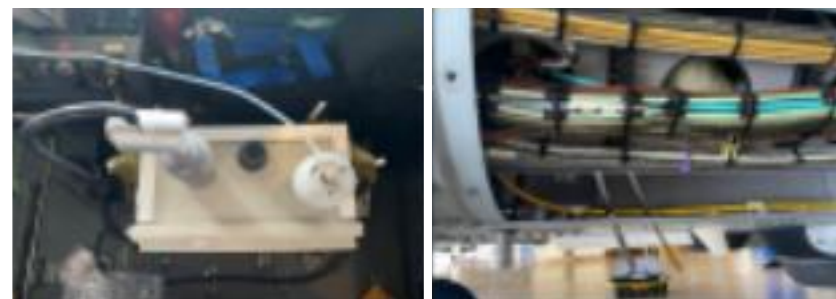
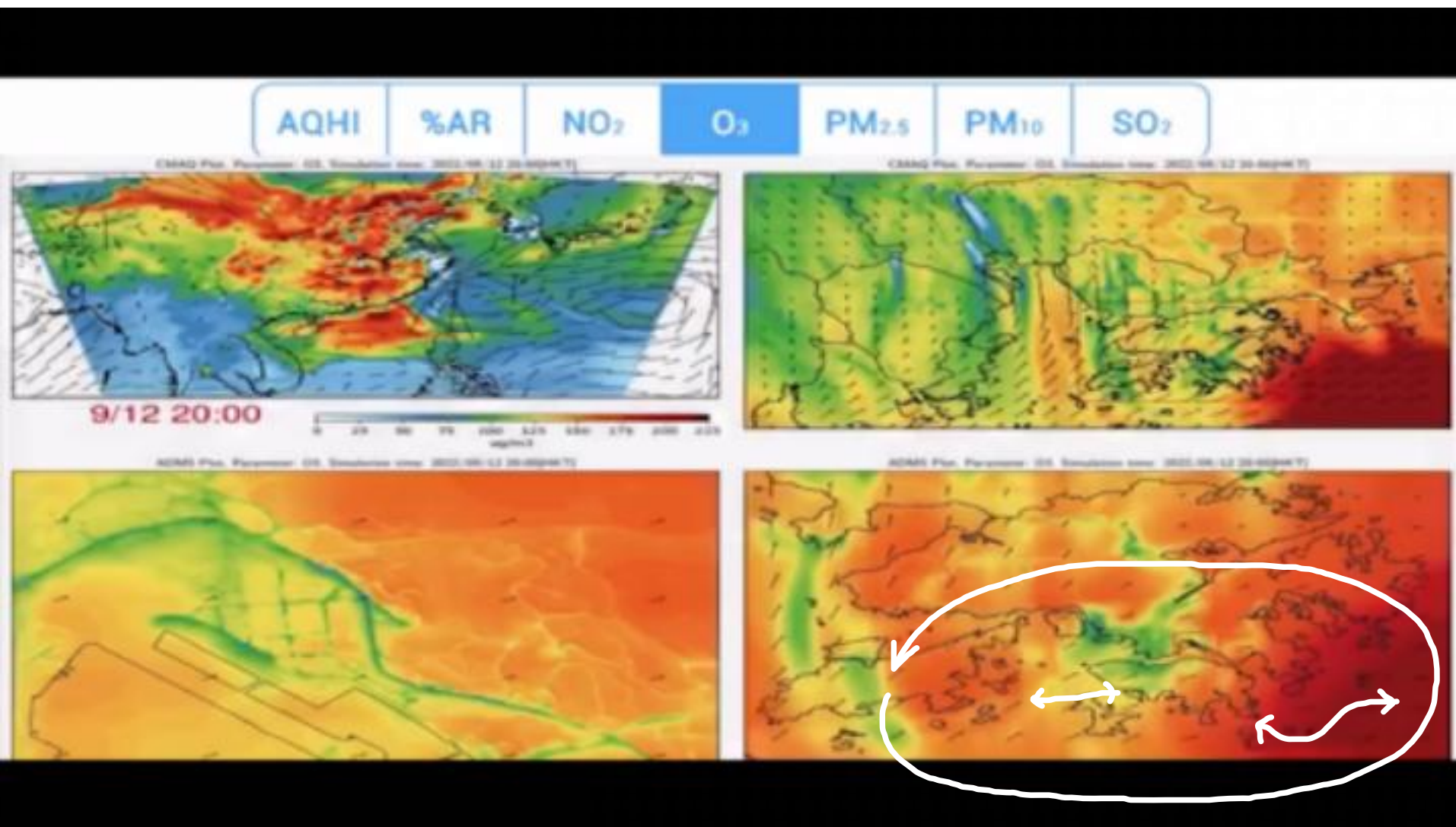


图1 香港科技大学利用直升机进行空气污染物采样。左图：直升机内部空气污染物采样系统；右图：直升机外部空气污染物采样系统。

# 海陆空一体化3D监测



# 海陆空一体化3D监测



*In collaboration with Prof. Zhe WANG and Prof. Dasa GU @HKUST  
Supported by GFS and EPD and GBA Environmental Laboratory.*

# 介绍内容

- 大气监测技术发展趋势及方向介绍
  - 技术标准与趋势发展
  - 技术路线及前沿发展
- 环境感知技术的新型应用
  - 环境信息在3D空间及微时间尺度的扩展与应用
  - 传感器移动监测网络的技术框架与应用
  - 自适应性的传感器网络数据的环境应用
  - 环境感知与模型结合在大数据与环境健康的应用

# 传感器移动监测的技术发展与网络应用

- 移动监测方式的环境应用提供了与固定站点不一样的空间维度
- 以单车、出租车、公交车、移动监测车为平台的研究发展迅速
- 单点监测到网络监测提出的挑战

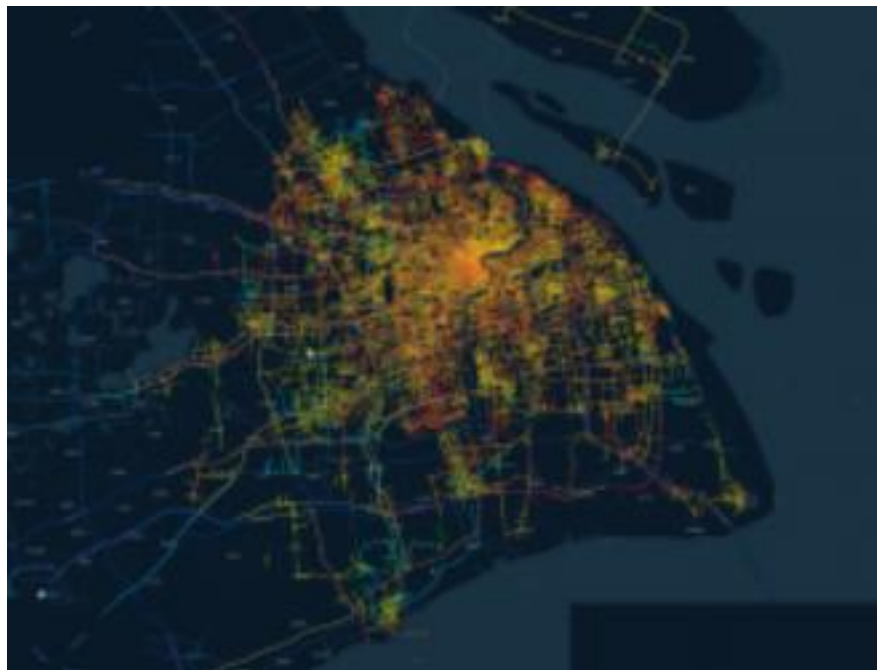




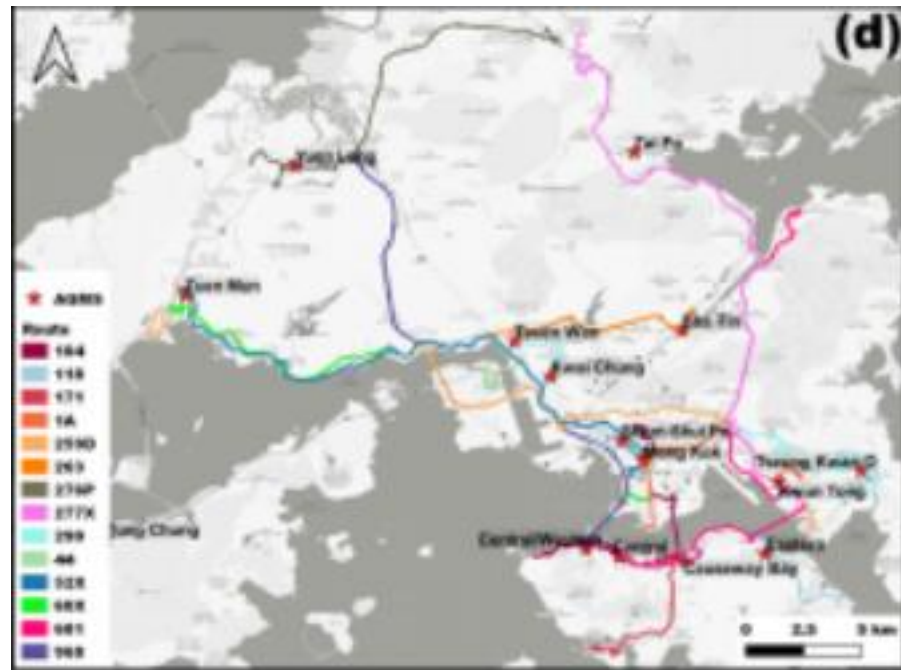
# 传感器移动监测的技术发展与网络应用

- **时间与空间维度**同时改变对于移动监测数据分析与解读的挑战
- 由**点状的固定监测**到**线状网络**的移动监测为大气污染研究与管理提供了新思路

## 随机路线型 VS 固定路线型



- 在上海由150+ **出租车** 搭载颗粒物及气体传感器
- 每个月可生成约 3千万条数据集
- 随机路线覆盖不同道路类型
- **网络覆盖面广但不具有同时段同路段的监测采样重复性，可通过大数据统计**

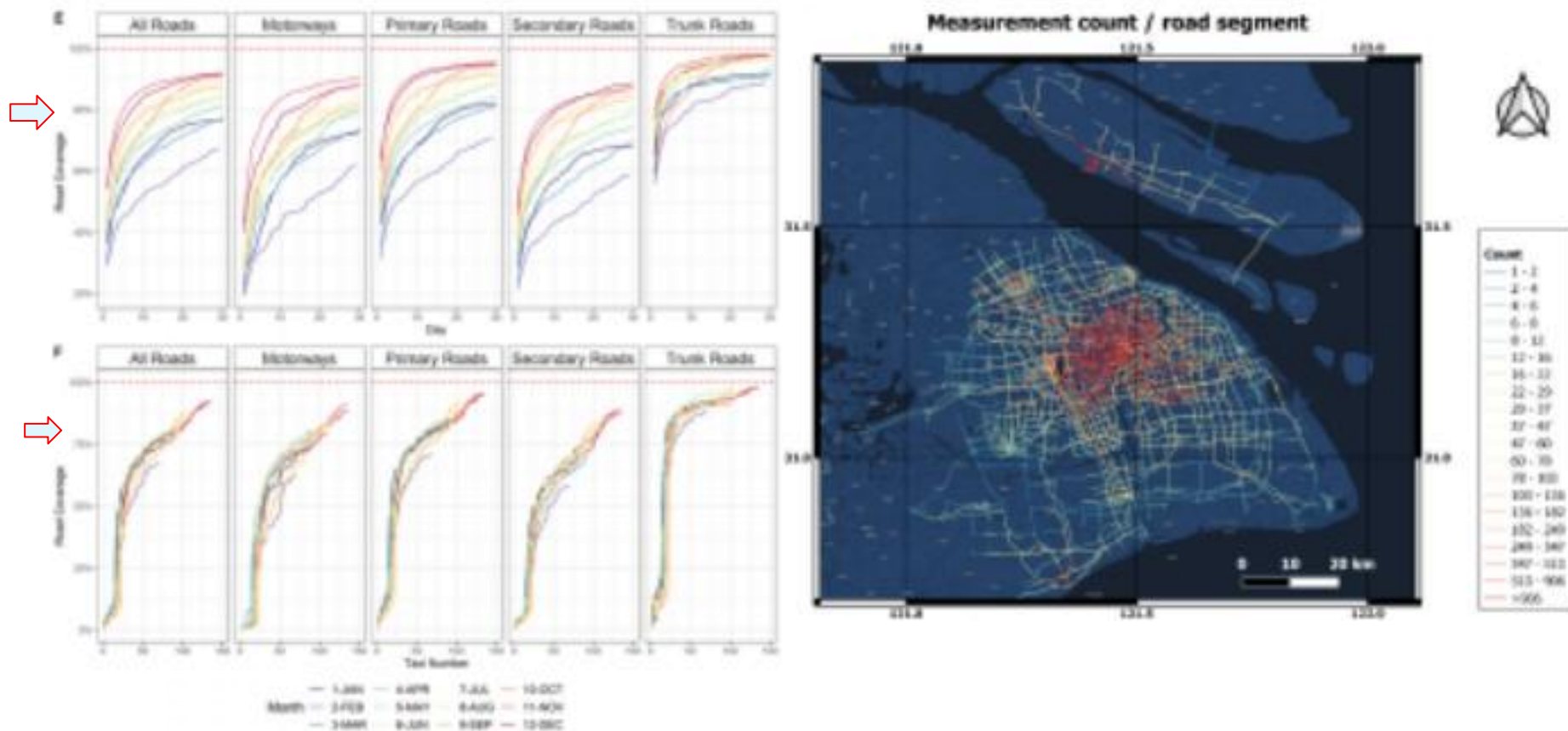


- 在香港由15+ **公交线路** 搭载颗粒物及气体传感器
- 每月可生成约2 百万条数据集
- 覆盖约70%的主要交通路段
- **每日固定时间段固定路线的路面监测提供可重复性观察数据，但覆盖面不够广。**

# 随机路线移动网络传感器节点

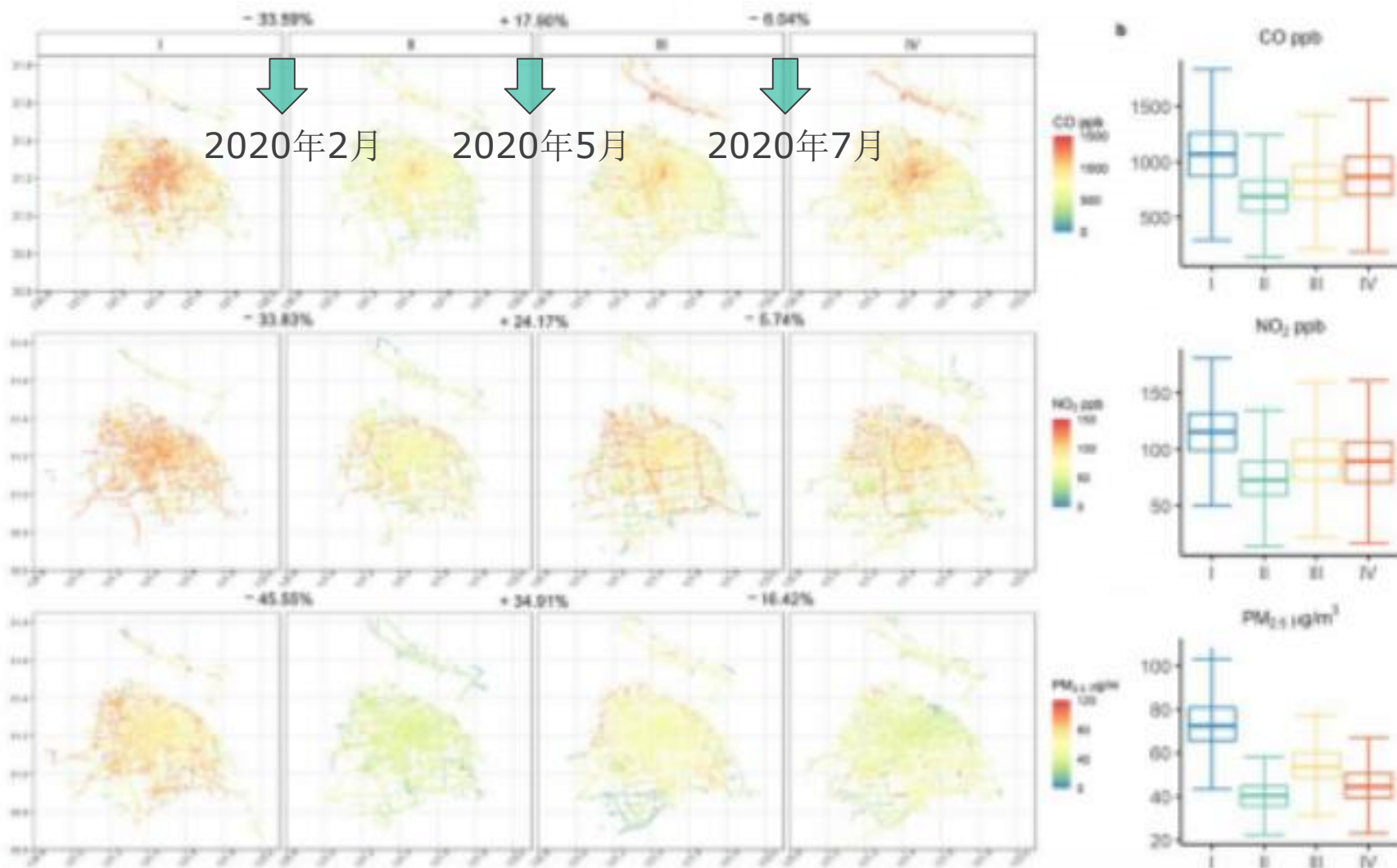
- 大量随机采样提供足够样本分析交通与污染关系；
- 每月100个移动监测节点可为超大城市路网提供超过80%的覆盖率；
- 150个移动监测节点平均只需10天可扫描80%的城市路网。

Road	Length	Occupancy
Motorway	1,023 km	85%
Trunk	643 km	92%
Primary	2,531 km	87%
Secondary	2,771 km	78%
Total	8,085 km	84%



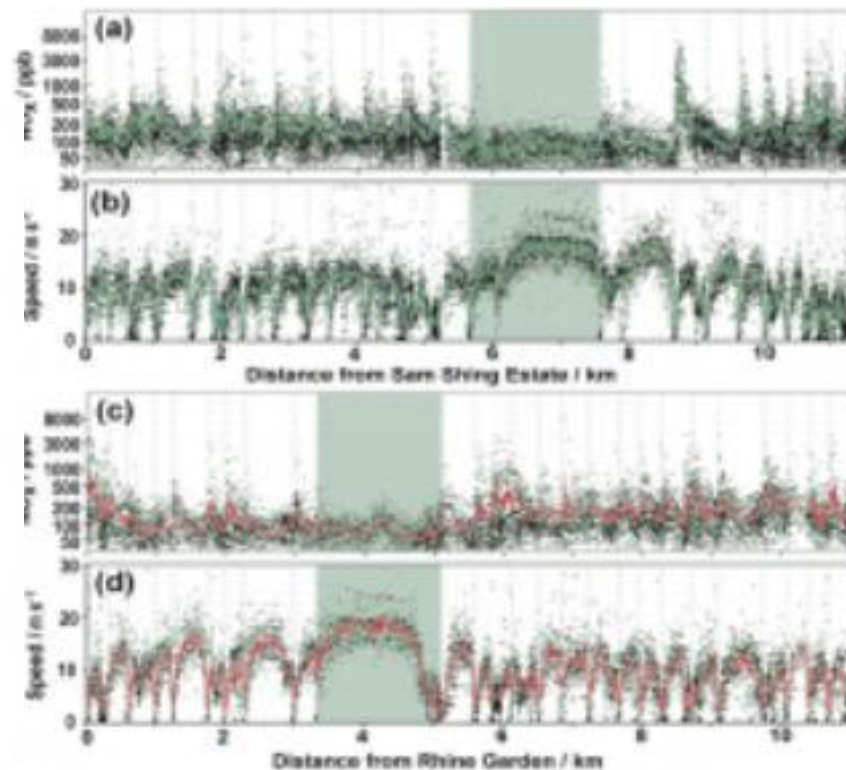
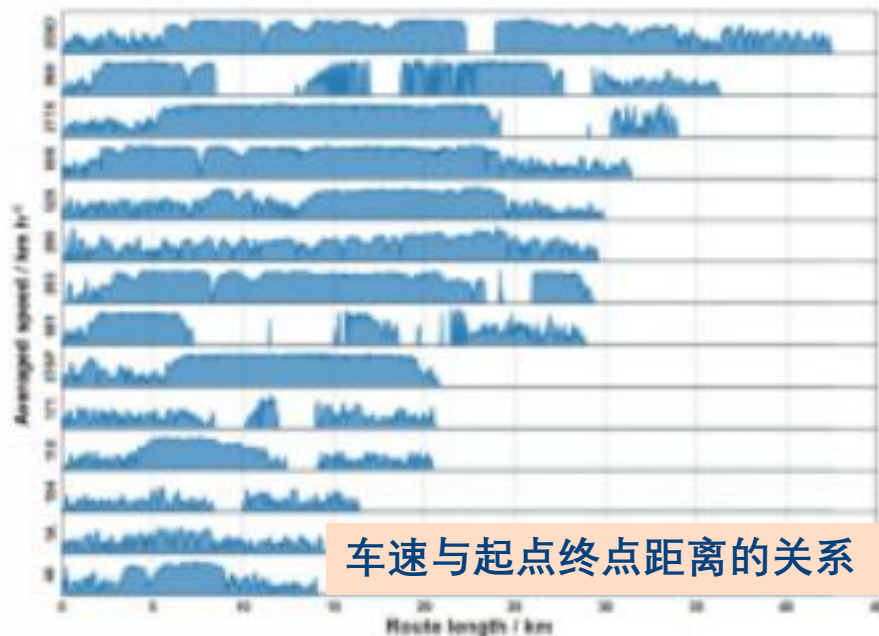
# 随机路线移动网络传感器节点

- 高覆盖率移动网络为评估整体交通环境污染的重要依据；
- 2020年2月-3月的新冠疫情期间的整体交通污染降低了30-50%



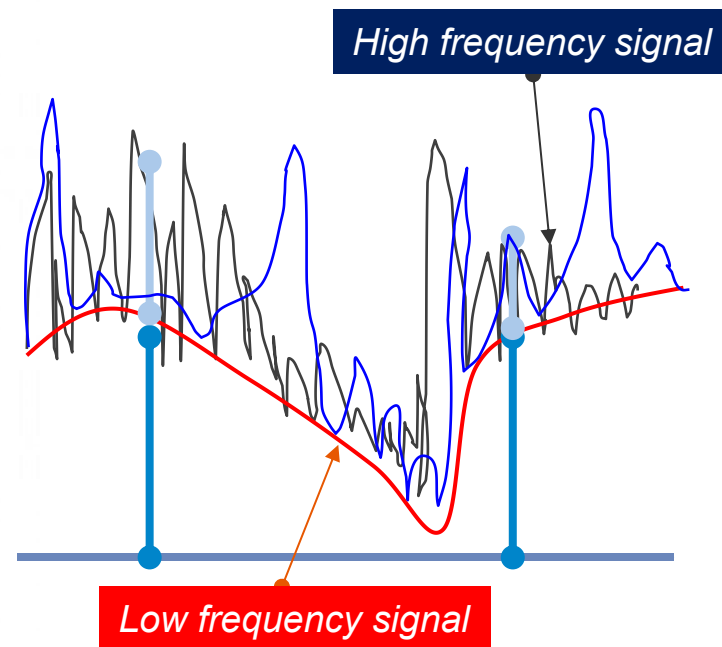
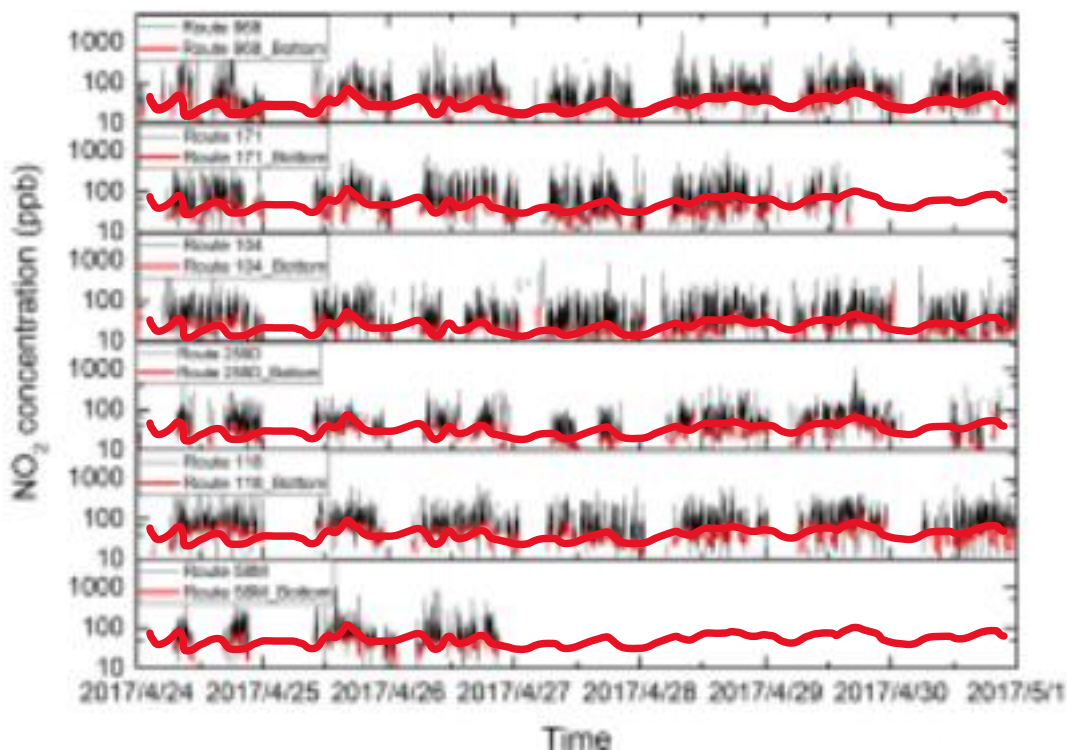
# 固定路线移动网络传感器节点

- 固定公交路线的往返交通及污染物浓度具有镜像特征，为统计分析提供基础。



# 固定路线移动网络传感器节点

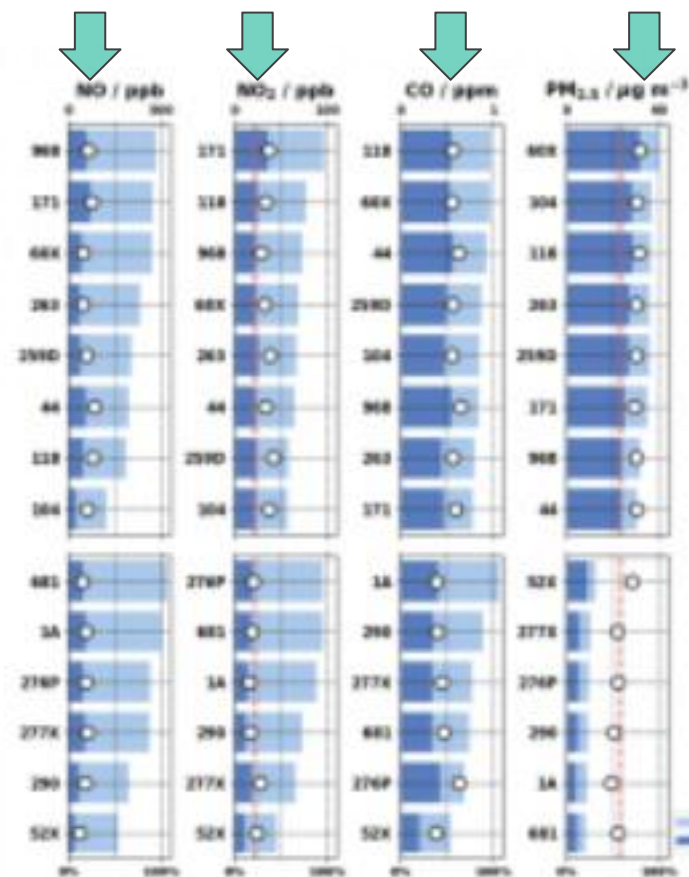
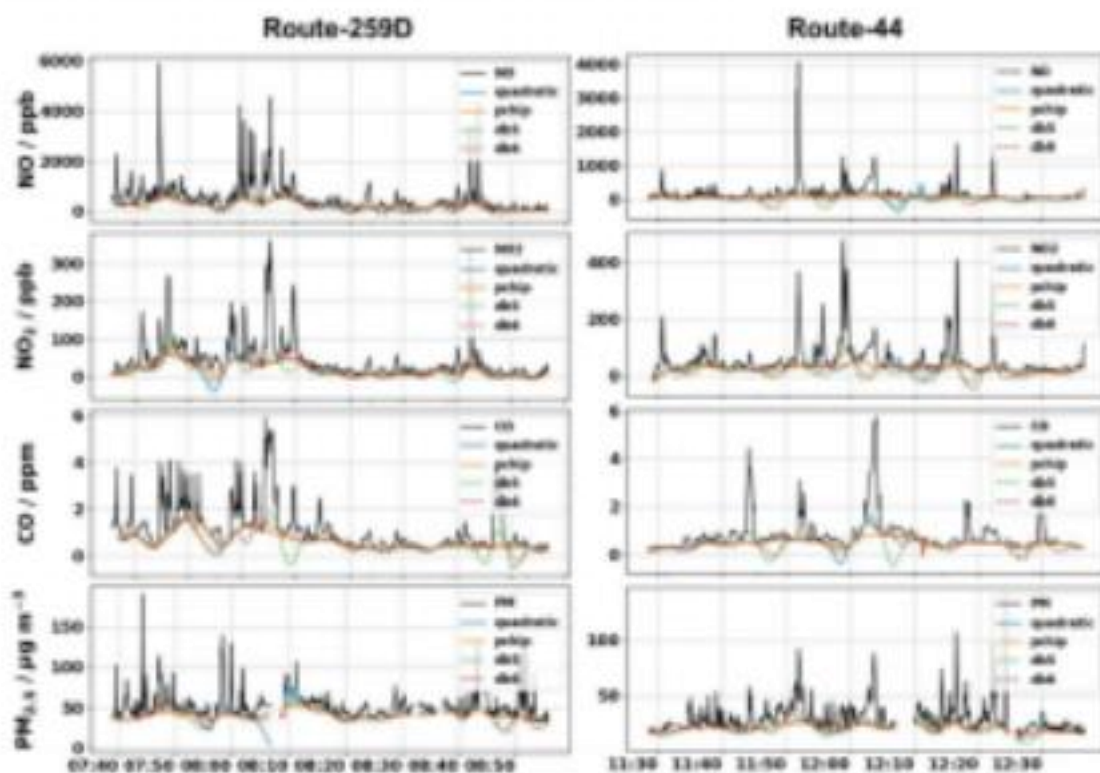
- 移动传感器的污染监测数据同时包含了高频与低频信号：
  - 高频信号：持续时间以秒-分为单位，局部交通污染影响
  - 低频信号：持续时间以分-小时为单位，更广的城市背景及区域污染的影响，形成移动监测网络数据的普遍基准。
- 挑选六条不同路线的移动传感器数据，跨度为一周为例。无论何时何地，单个传感器节点的观测数据均共享一条清晰的基准线。大气污染的‘量子纠缠’效应。



# 固定路线移动网络传感器节点

## 移动网络传感器数据的基准提取及意义

- 基准线的意义在于提供城市尺度的交通、本地与区域污染的贡献动态解析
- 以香港的监测网络为例，细颗粒物污染绝大部分来自于区域性背景，而NO<sub>x</sub>约70%来自于本地交通污染影响

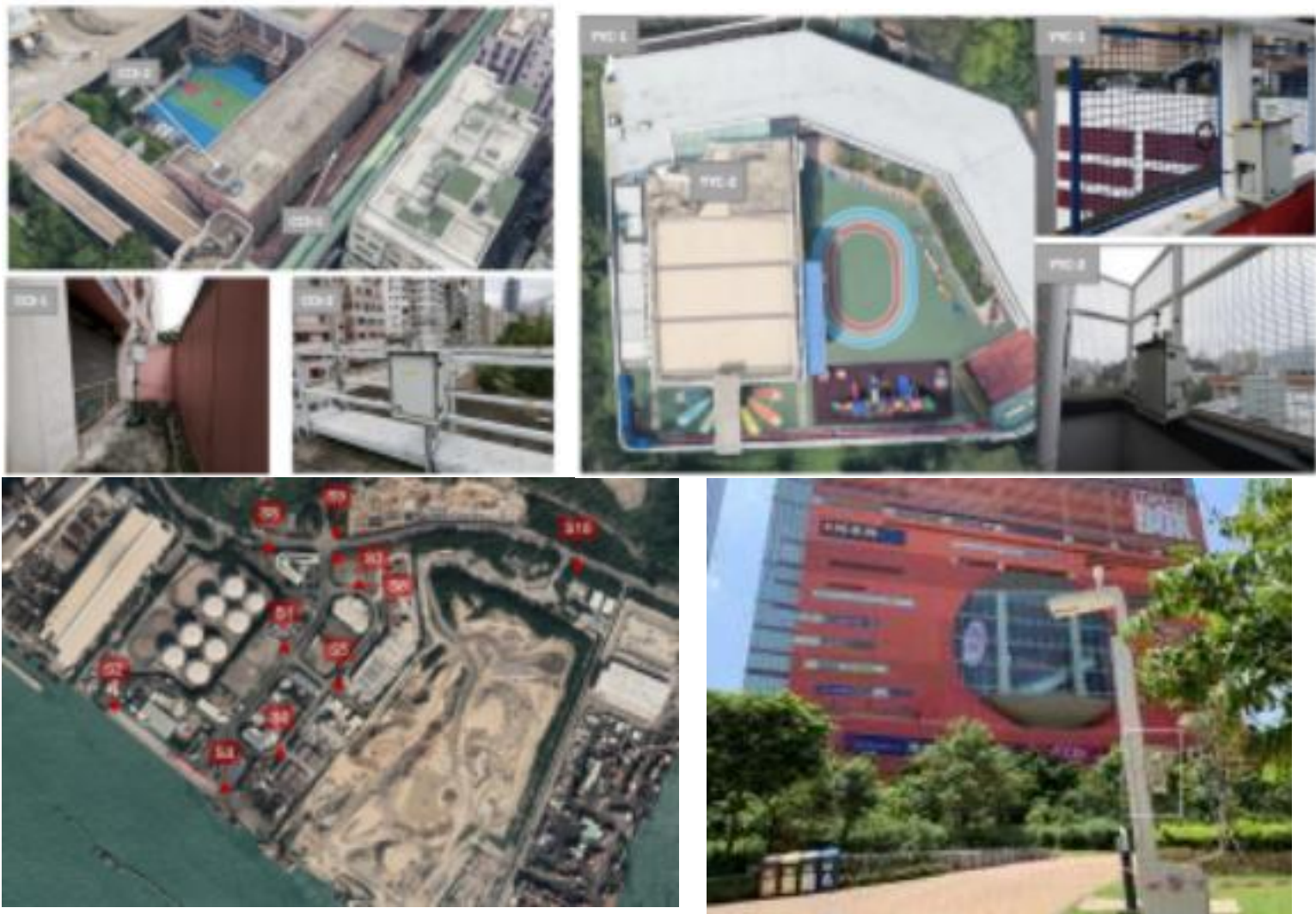


# 介绍内容

- 大气监测技术发展趋势及方向介绍
  - 技术标准与趋势发展
  - 技术路线及前沿发展
- 环境感知技术的新型应用
  - 环境信息在3D空间及微时间尺度的扩展与应用
  - 传感器移动监测网络的技术框架与应用
  - 自适应性的传感器网络数据的环境应用
  - 环境感知与模型结合在大数据与环境健康的应用

# 高密度传感器网络数据的环境应用

- 城市大气监测网络的空间尺度从过去的x 1000 米，逐渐加密到 x 100米至 x 10米尺度。高密度网络潜在有着大量高价值环境应用。

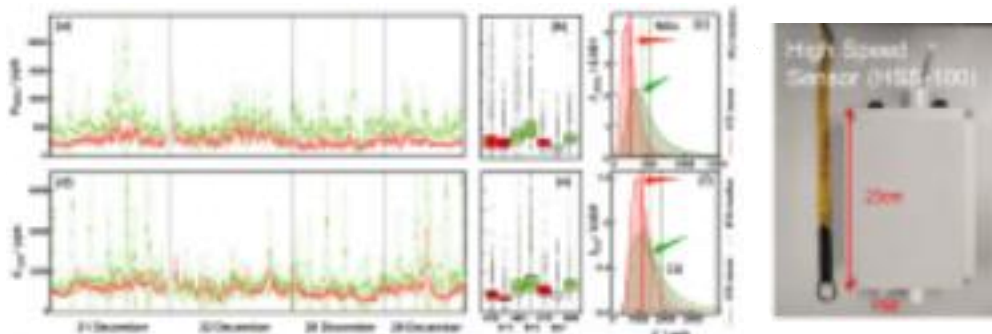




# 高密度传感器网络数据的环境应用

- 自适应网络节点之间信号独立，但共同遵循统一算法输出
  - 路边传感器网络覆盖车辆排放烟羽扩散截面，捕捉扩散过程获取单个车辆排放，或以车辆种类为单位的源解析
  - 多点传感器阵列覆盖桥梁的船舶排放烟羽扩散路径，通过自适应算法获取单个烟羽排放

路边传感器网络阵列



桥梁传感器网络阵列



# 高密度传感器网络数据的环境应用

## 路边高密度，高时间分辨率传感器网络

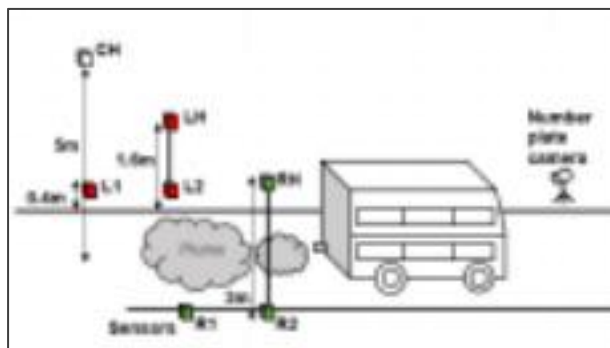


图1 布设在香港铜锣湾街道的传感器网络示意图

### 优势

- 更为直接地从路边真实浓度出发寻找 $NO_x$ 的高排放者
- 采用去卷积算法提高了传感器反应速度
- 高密度以确保在不同环境及风向下过往车辆的尾气均可由传感器捕捉到
- 高时间分辨率(1Hz)使传感器网络记录车辆瞬时的“排放快照”，从而进一步估计单个车辆的排放因子

### 应用

1. 高排放车辆识别
2. 车队和车辆的排放系数 ( $EF$ ) 估算
3. 路边的 $NO_2/NO_x$ 和单个车辆的初级 $NO_2$  ( $f_{NO_2}$ ) 排放估算



# 高密度传感器网络数据的环境应用

## 利用反卷积算法提高低成本动态基准传感器反应速度

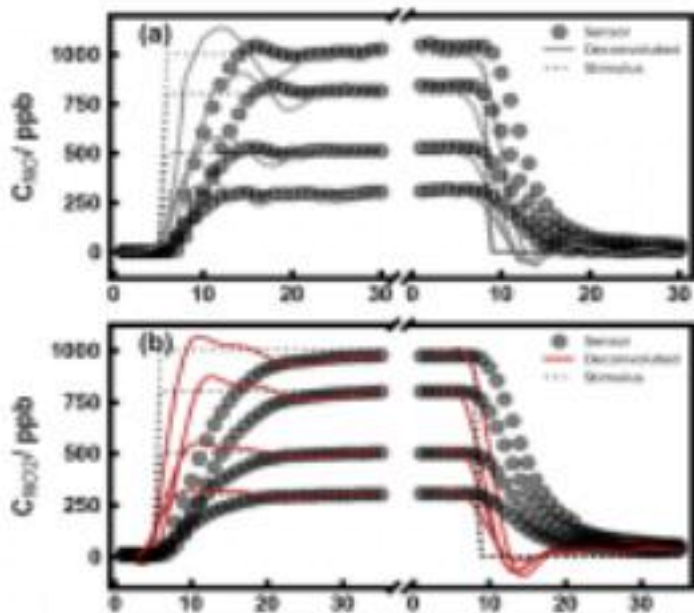


图1 (a) 不同浓度跃阶下变化的NO传感器信号（灰点），实验室浓度变化（黑色虚线），与反卷积信号（灰线）对比 (b) 浓度阶跃变化的NO<sub>2</sub>传感器信号（灰点），反卷积信号（红线）与实验室浓度变化（黑色虚线）对比

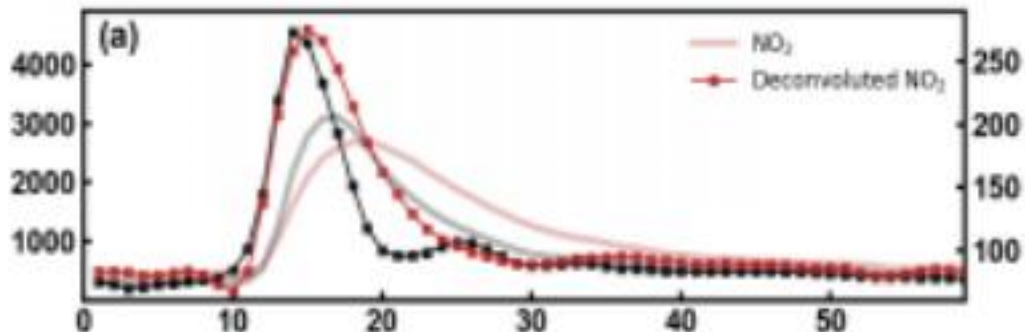
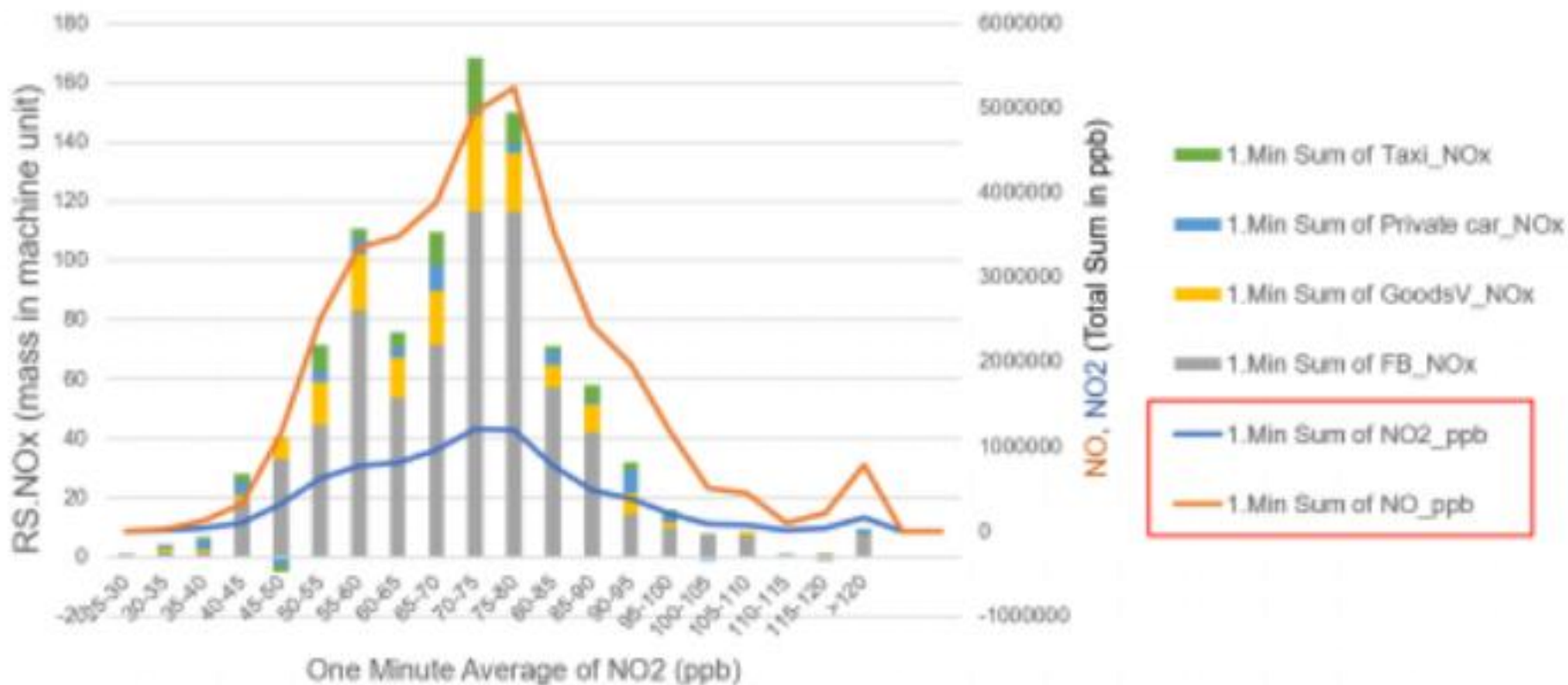


图2 (a) 一组NO, NO<sub>2</sub>路边实测污染峰信号的反卷积前（实线）后（点线）对比

- 实验室越阶测试用以确定不同传感器的非线性模型
- 通过基于电化学传感器非线性模型的反卷积来补偿传感器的反应速度
- 允许传感器跟踪快速变化的气体浓度，提高了传感器在复杂环境中的可用性

# 高密度传感器网络数据的环境应用

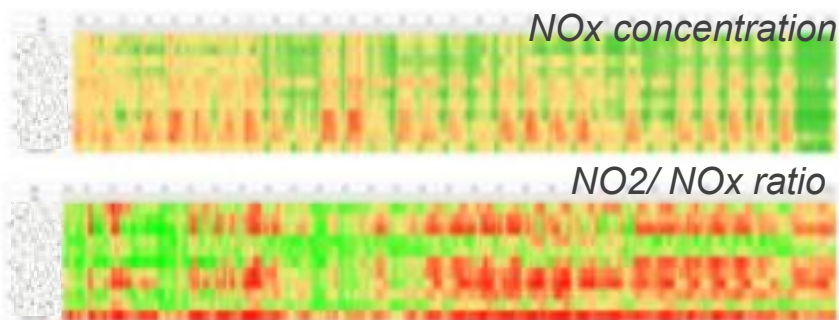
- 传感器网络与Remote Sensing遥测数据比对
- 结合车流量数据可对任意道路段进行排放源解析，确定不同类型车辆对于路边空气质量(NO<sub>2</sub>,NO,CO)及温室气体的贡献比例



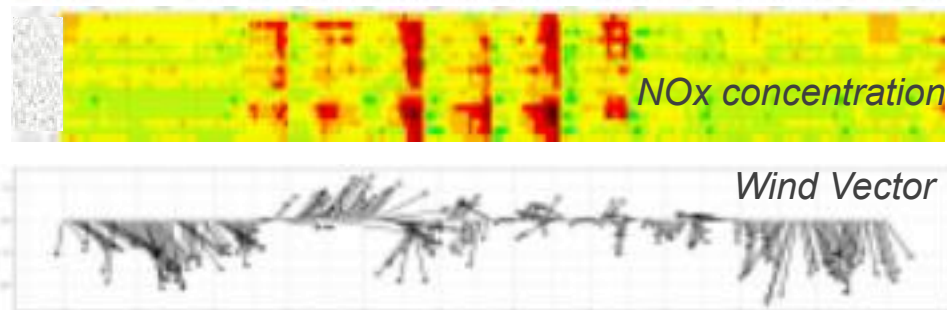
# 高密度传感器网络数据的环境应用

- 以x 10米为尺度单位的高密度网络与气象信息结合
- 二维网络节点之间的污染浓度可以清晰识别热点、判断规律及成因，量化气象条件对局部/微观大气污染的影响，可以分析NO/NO<sub>2</sub>/O<sub>3</sub>化学性质等。

典型高速公路交通排放在复杂城市环境中扩散

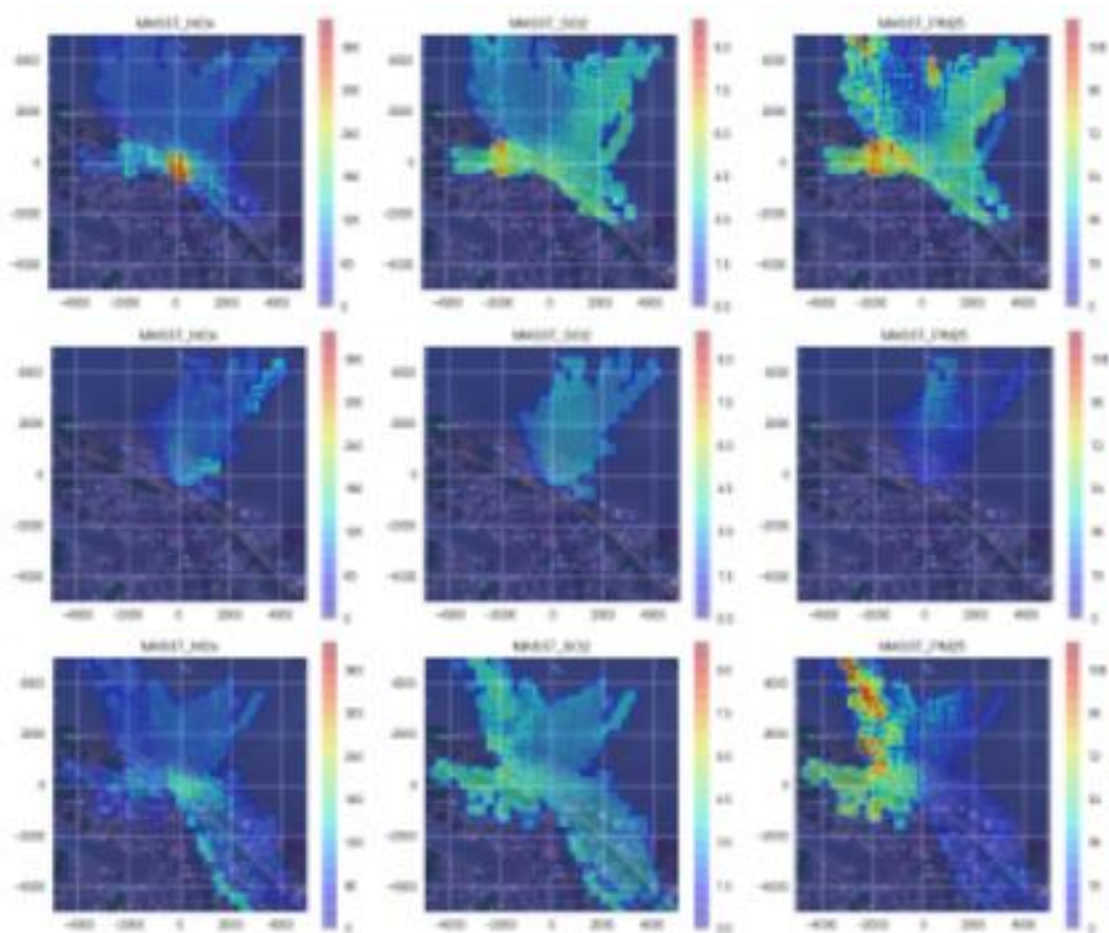


污染源及周边的高密度网络的源识别与源解析



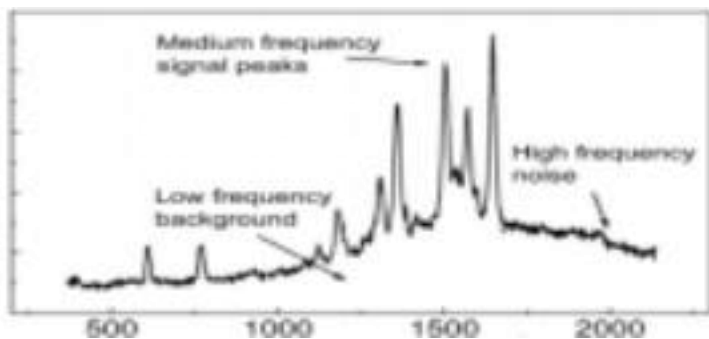
# 高密度传感器网络与风场融合精准定位污染源

- 通过分钟级别的风场与污染物浓度序列融合，可利用后向轨迹分析及风场分布概率获取定位污染源

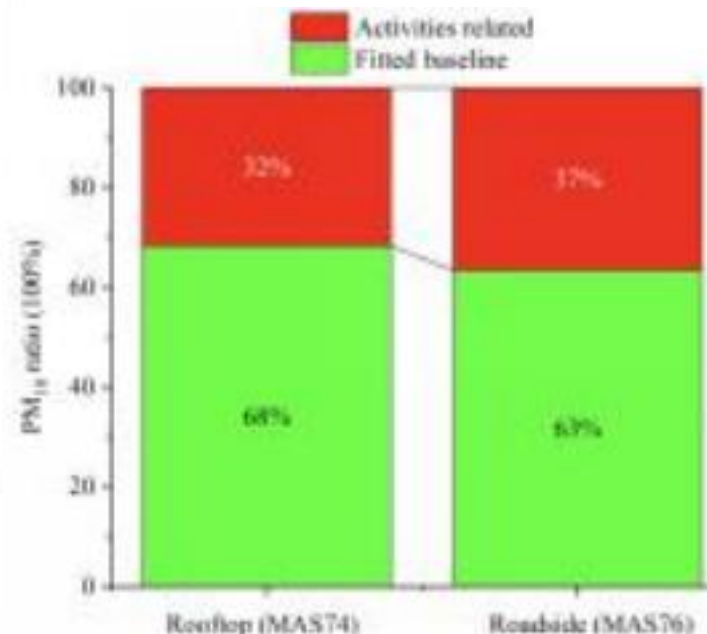
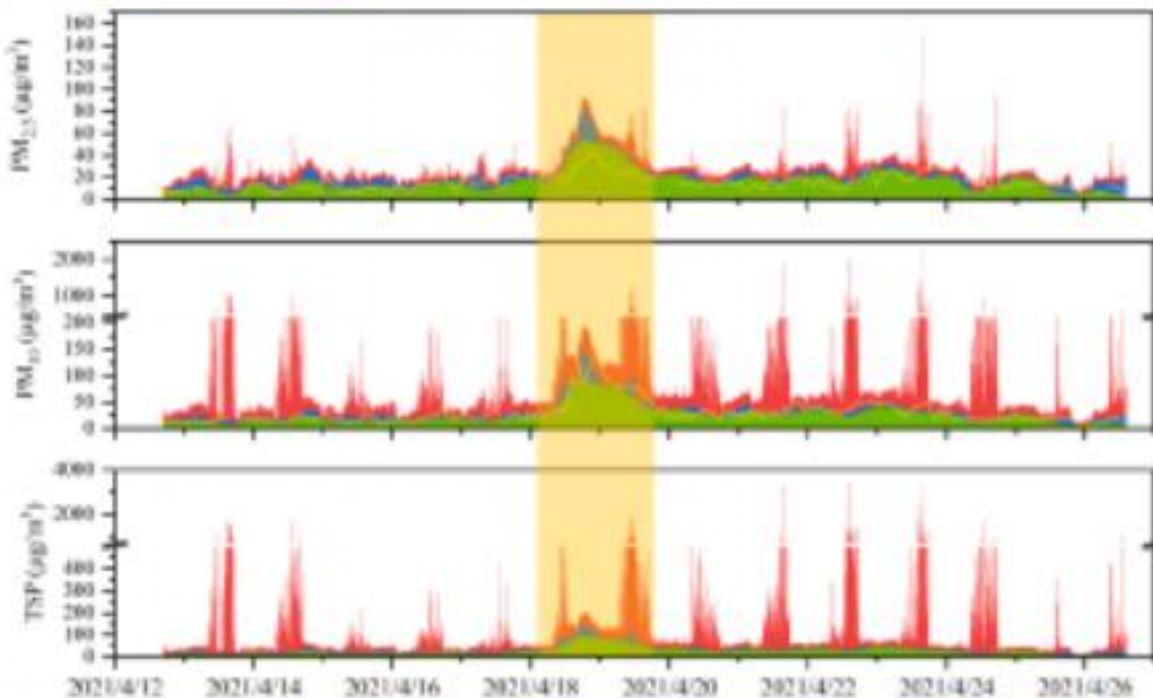
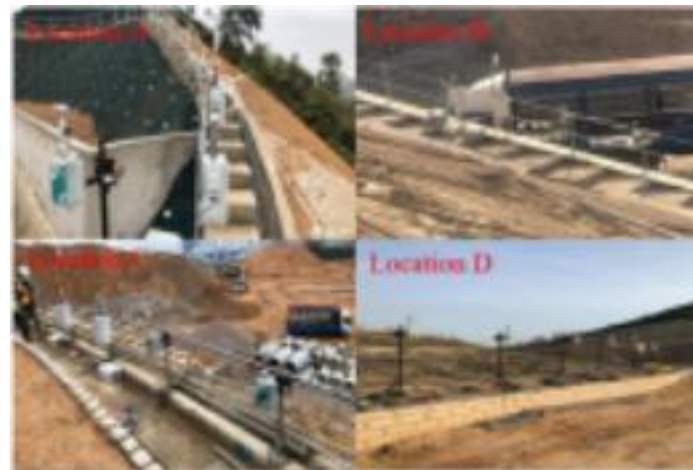


# 高密度传感器网络与风场融合精准定位污染源

- 高数据分辨率传感器网络数据可以分离高频低频信号，并对本地背景与局部排放污染贡献做定量分析。



■ Baseline ■ Long-period emission ■ Short-period emission — Nearest AQMS



# 介绍内容

- 大气监测技术发展趋势及方向介绍
  - 技术标准与趋势发展
  - 技术路线及前沿发展
- 环境感知技术的新型应用
  - 环境信息在3D空间及微时间尺度的扩展与应用
  - 传感器移动监测网络的技术框架与应用
  - 自适应性的传感器网络数据的环境应用
  - 环境感知与模型结合在大数据与环境健康的应用



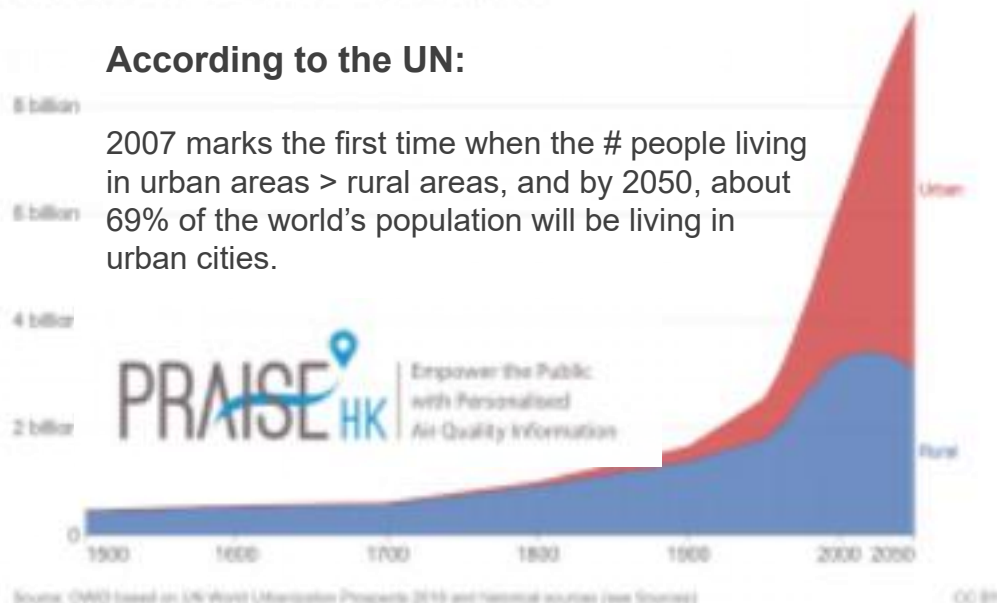
# 环境感知与模型结合在大数据与环境健康的应用

- PRAISE (Personalised real-time air quality analysis and forecasts) 在香港的应用
- 利用传感器微环境监测数据库与街道尺度大气质量模型结合，对个人暴露的风险提供实时预测及干预。

Urban and rural population projected to 2050, World, 1500 to 2050  
Total urban and rural population, given as estimates to 2016, and UN projections to 2050. Projections are based on the UN World Urbanization Prospects and its medium fertility scenario.

## According to the UN:

2007 marks the first time when the # people living in urban areas > rural areas, and by 2050, about 69% of the world's population will be living in urban cities.

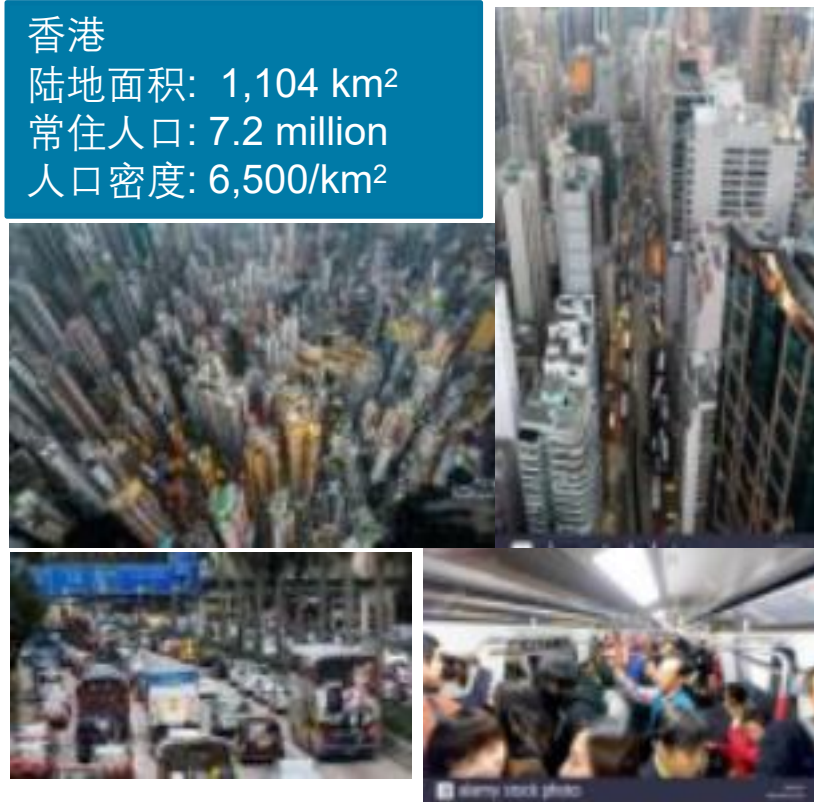


香港

陆地面积: 1,104 km<sup>2</sup>

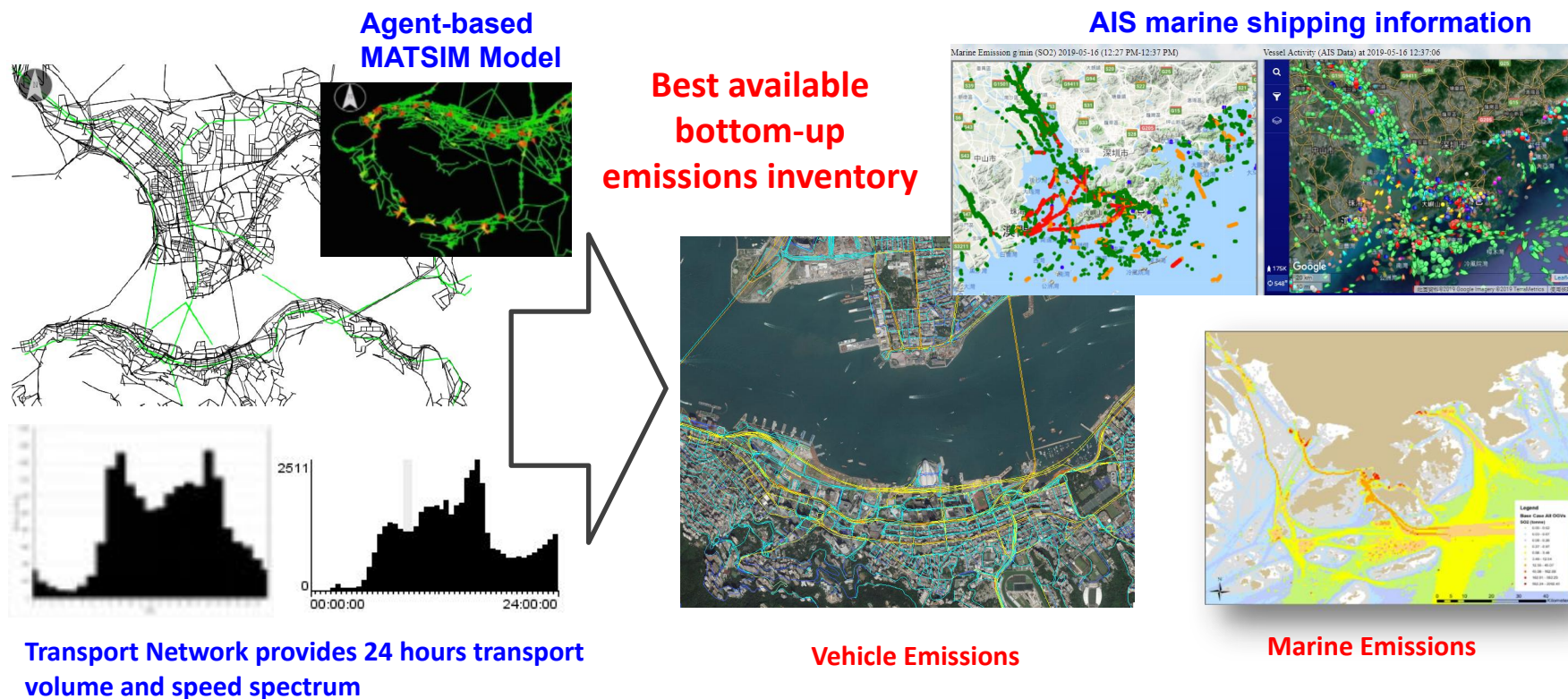
常住人口: 7.2 million

人口密度: 6,500/km<sup>2</sup>



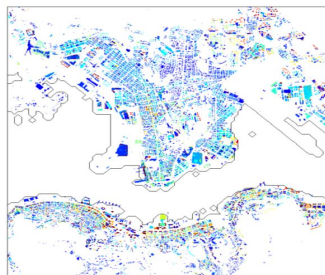
# 环境感知与模型结合在大数据与环境健康的应用

- CMAQ + AQMS + 机器学习获得街道尺度空气质量模拟信息



# 环境感知与模型结合在大数据与环境健康的应用

- 静态排放清单与动态交通和气象输入结合



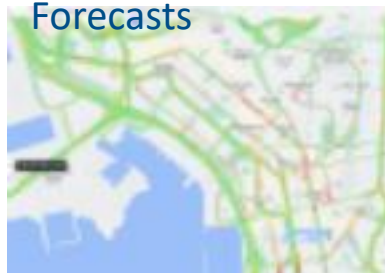
Urban Morphology



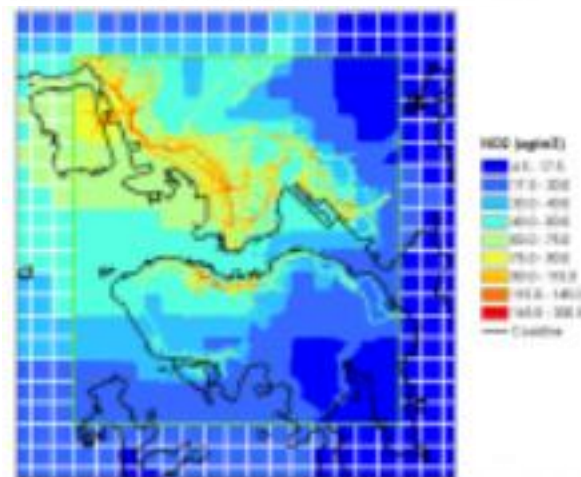
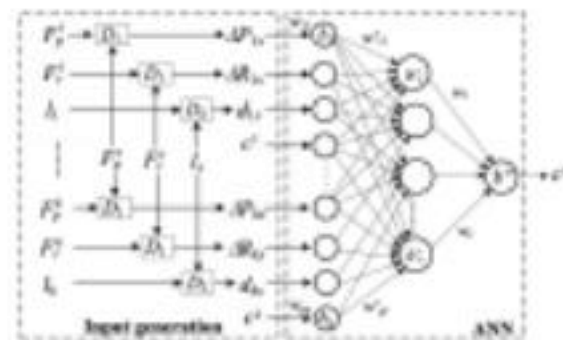
Place of Interest



Weather & AQ  
Forecasts

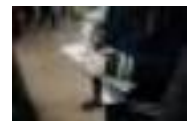
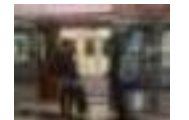
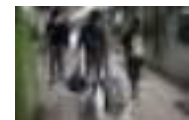
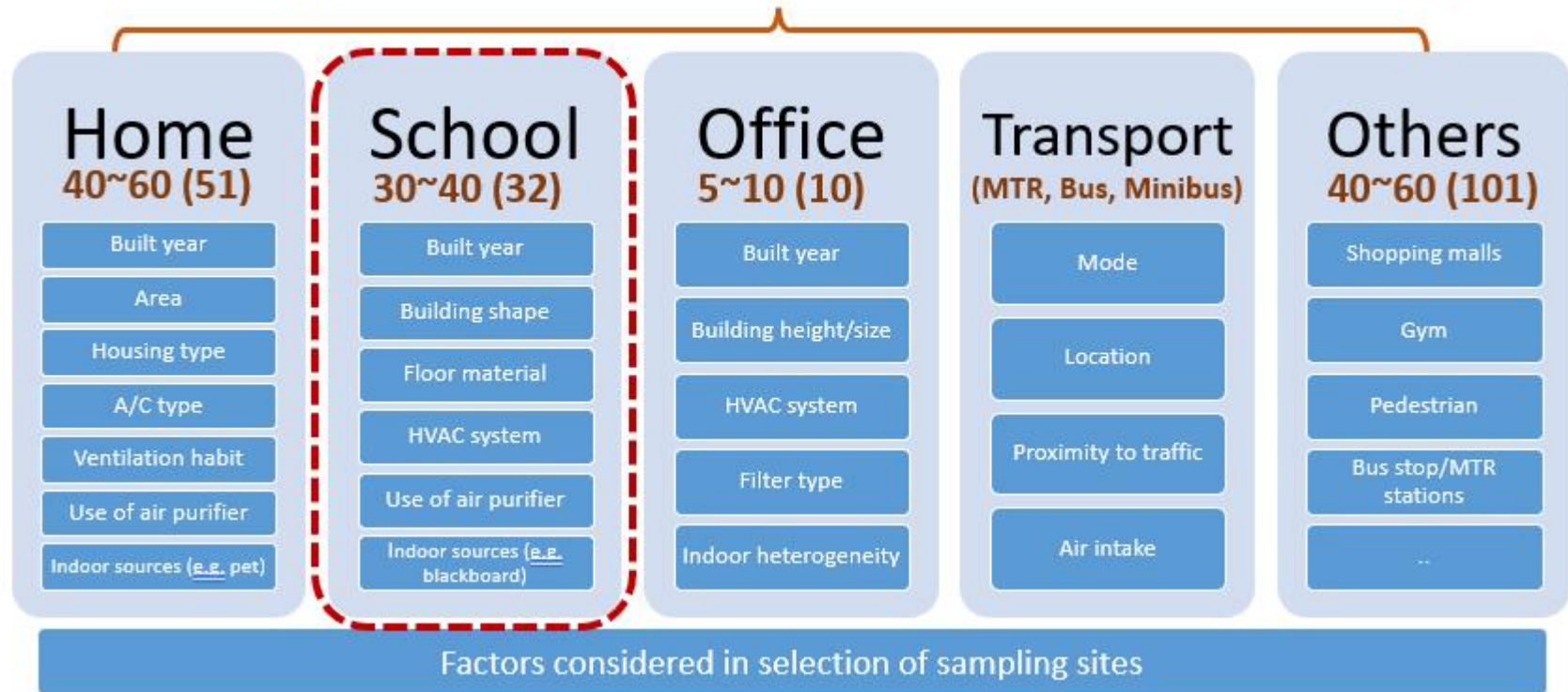


Real-time traffic



# 环境感知与模型结合在大数据与环境健康的应用

## ■ 城市微环境及个人暴露污染物特征



# 环境感知与模型结合在大数据与环境健康的应用

- 通风条件与建筑物室内室外(I/O)污染物浓度比的关系

香港科技大学  
校园空气网络



Corridor

Classroom

Lecture Hall

Carbox



20+ Locations

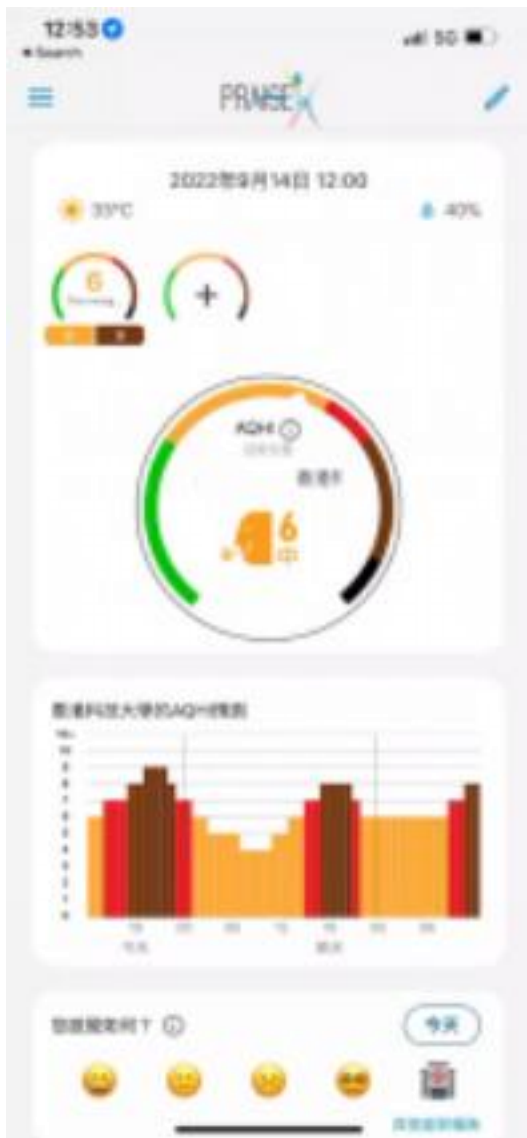


Conference Lounge

Airway

Bus Station

# 环境感知与模型结合在大数据与环境健康的应用



# 介绍内容

- 大气监测技术发展趋势及方向介绍
  - 技术标准与趋势发展
  - 技术路线及前沿发展
- 环境感知技术的新型应用
  - 环境信息在3D空间及微时间尺度的扩展与应用
  - 传感器移动监测网络的技术框架与应用
  - 自适应性的传感器网络数据的环境应用
  - 环境感知与模型结合在大数据与环境健康的应用



欢迎有志于环境监测技术研究与研发的同学  
加入团队！

Email: [zhining@ust.hk](mailto:zhining@ust.hk)

