



南开大学
Nankai University

精细化源排放清单的编制与应用

毕晓辉 南开大学

国家环境保护城市空气颗粒物污染防治重点实验室

2017年11月9日



南開大學
Nankai University

主要内容

CONTENTS

第一部分 | 精细化源排放清单的编制

第二部分 | 精细化源排放清单的案例及应用

一 | 精细化源排放清单的编制



精细化源排放清单的内涵

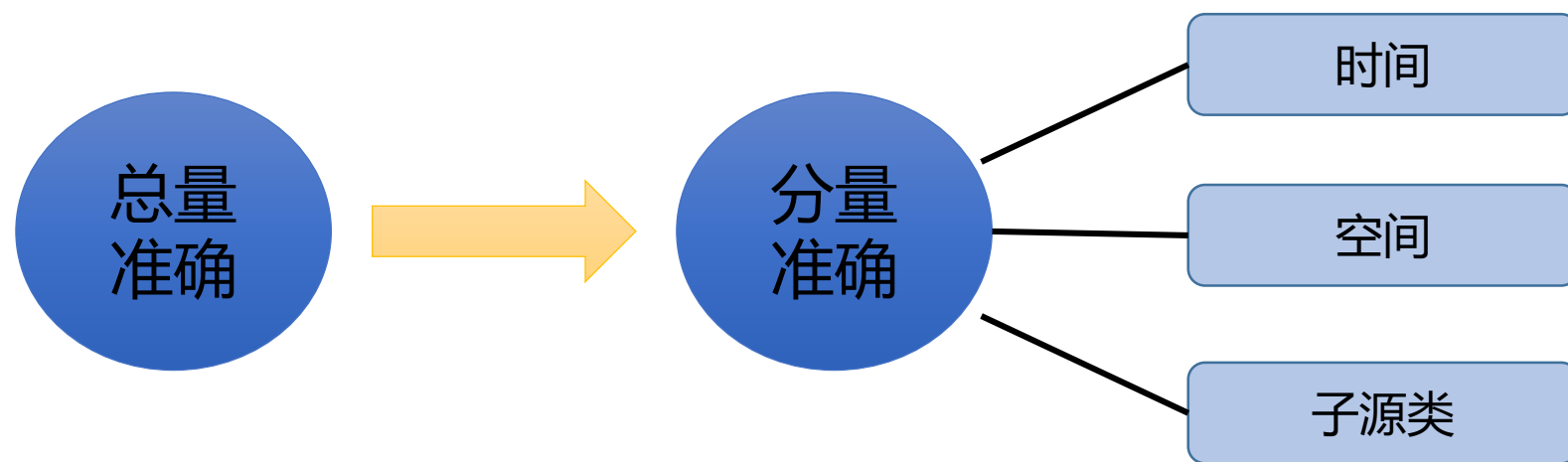
大气污染物排放清单：各类污染源在一定时间跨度和空间区域内向大气中排放的大气污染物的**量的集合**。

PM、SO₂、NO_x、VOCs、CO、NH₃、.....



精细化源排放清单的编制

精细化大气污染物排放清单：各类污染源在**单位**时间跨度和空间区域内，向大气中排放各类污染物的**量的集合**。



精细化源排放清单的编制

精细化源排放清单

全面

污染源类覆盖完全，源分类精细化程度高

准确

活动水平准确，精细化程度高；
排放因子准确，精细化程度高。

精准

高时空分辨率（天，公里）

目前存在的不足

➤ 污染源类覆盖不完全，分类不精细

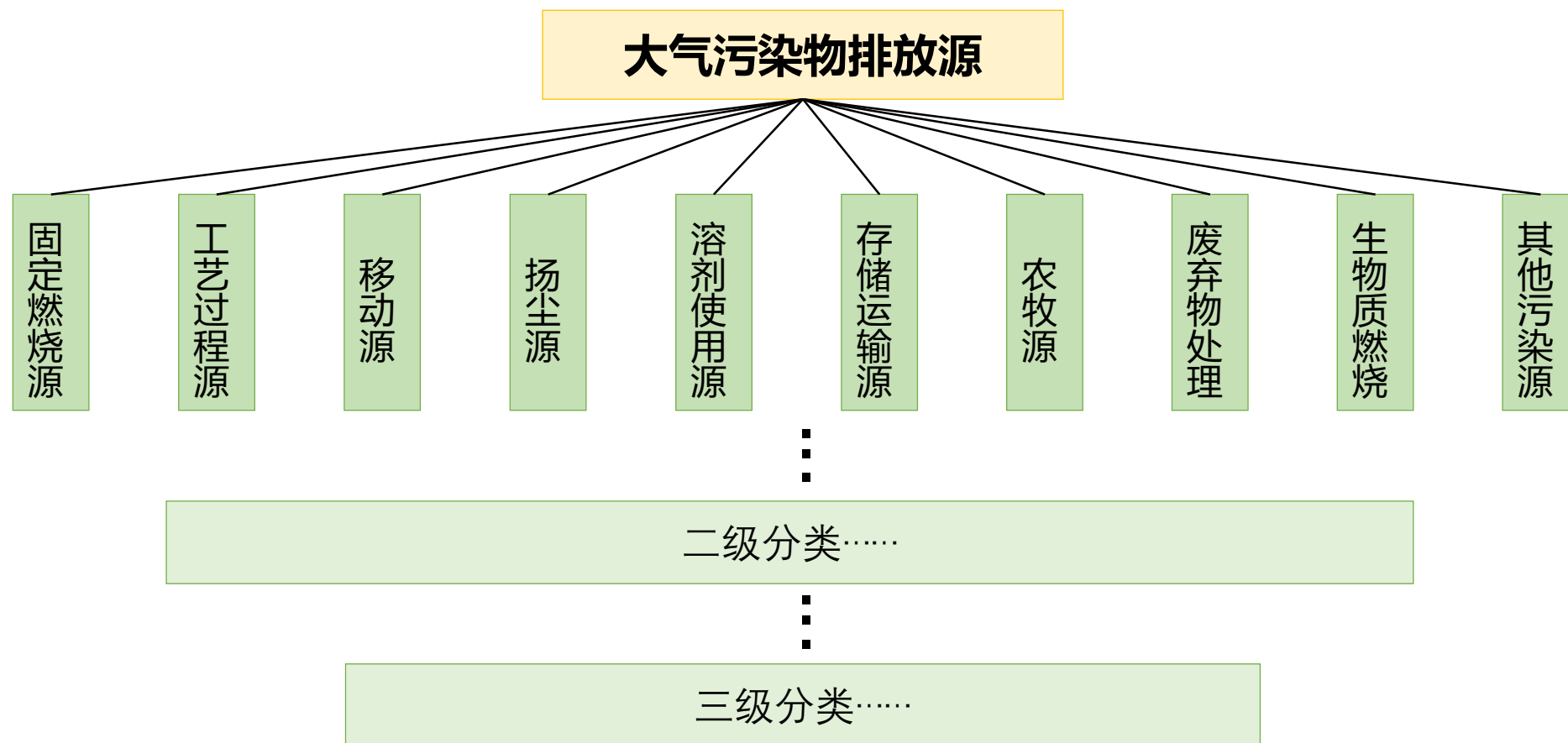
➤ 活动水平数据收集困难；排放因子库不够丰富，存在不确定性

➤ 污染源类时空分布特征难以获取，不确定性较大

精细化源排放清单的编制

源分类分级

我国目前已基于城市、城市群，乃至区域尺度建立了主要污染源分类分级体系，但在编制及应用中仍面临着源类覆盖不完全、分类不精细的问题。



精细化源排放清单的编制

工艺过程源覆盖不全

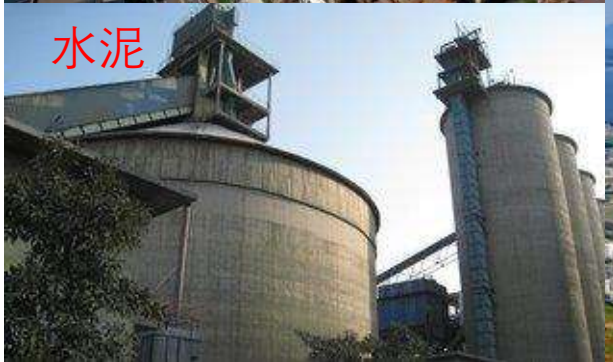
现有排放清单指南体系主要针对城市尺度的重点源，如钢铁、有色冶金、建材、石化化工等行业，未全部覆盖所有工艺过程源。



钢铁



有色冶金



水泥



石化化工

2014年某市工业废气中烟（粉）尘排放居前10位的企业

名次	企业名称	排放量（吨）	占工业源烟（粉）尘排放比例（%）
1	当地某钢铁有限责任公司	20385.76	31.95
2	当地某电石有限公司	5158.00	8.08
3	当地某钢铁有限公司	2032.00	3.18
4	当地某水泥有限公司	1733.46	2.72
5	当地某劣质煤热电厂	1410.86	2.21
6	当地某冶金炉料有限公司	1401.64	2.20
7	当地某电石有限责任公司	1355.59	2.12
8	中国铝业有限公司分公司	1323.94	2.08
9	中国石油石化公司（化肥）	1272.80	1.99
10	当地某水泥股份有限公司	1170.73	1.83
合计		37244.79	58.38

精细化源排放清单的编制

工艺过程源覆盖不全



食品饲料产业集群



板材家具产业集群



循环化工产业集群



医药产业集群



皮革产业集群



装饰建材产业集群



装备制造产业集群



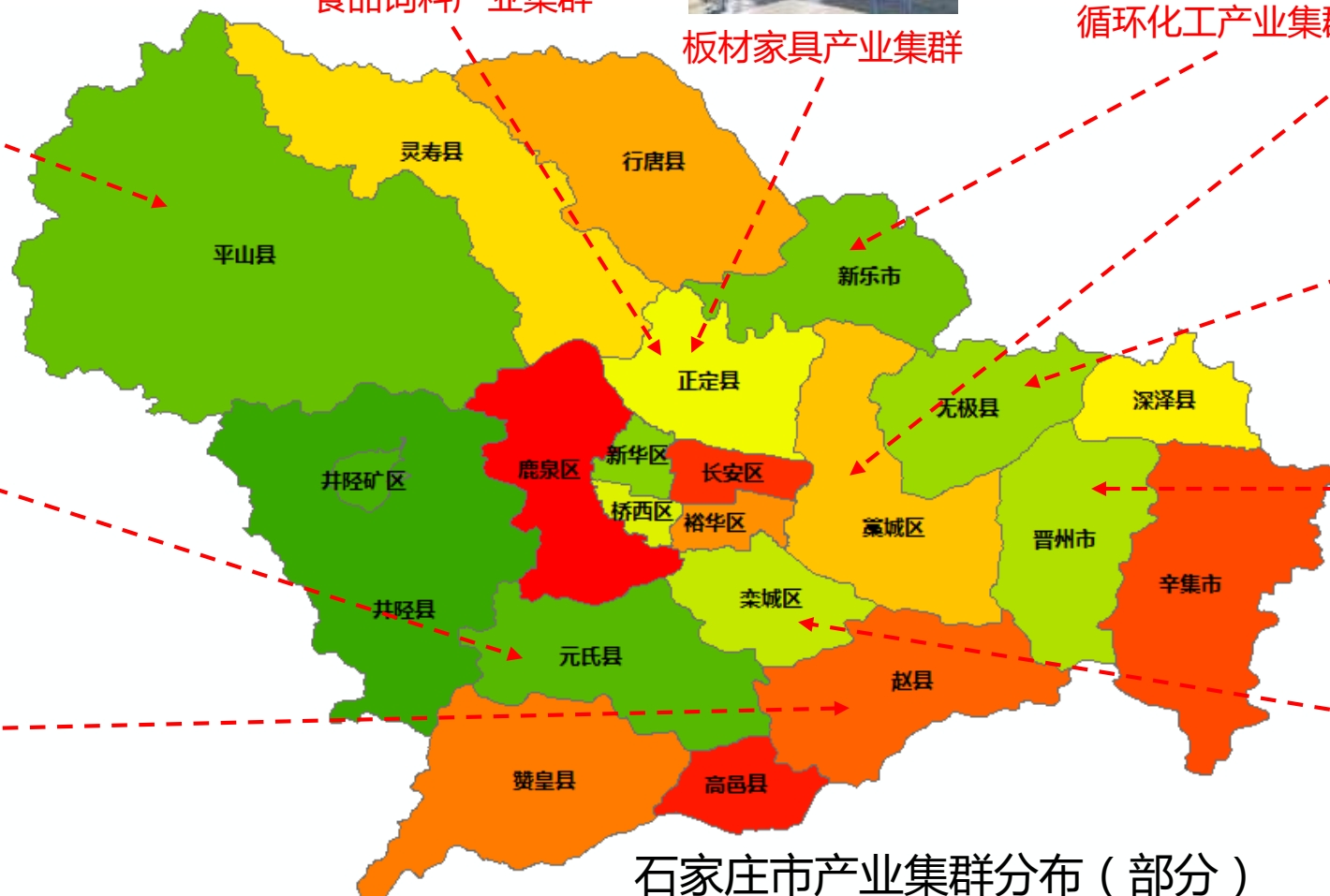
冶金产业集群



化工机械产业集群



淀粉产业集群



精细化源排放清单的编制

移动源覆盖不全

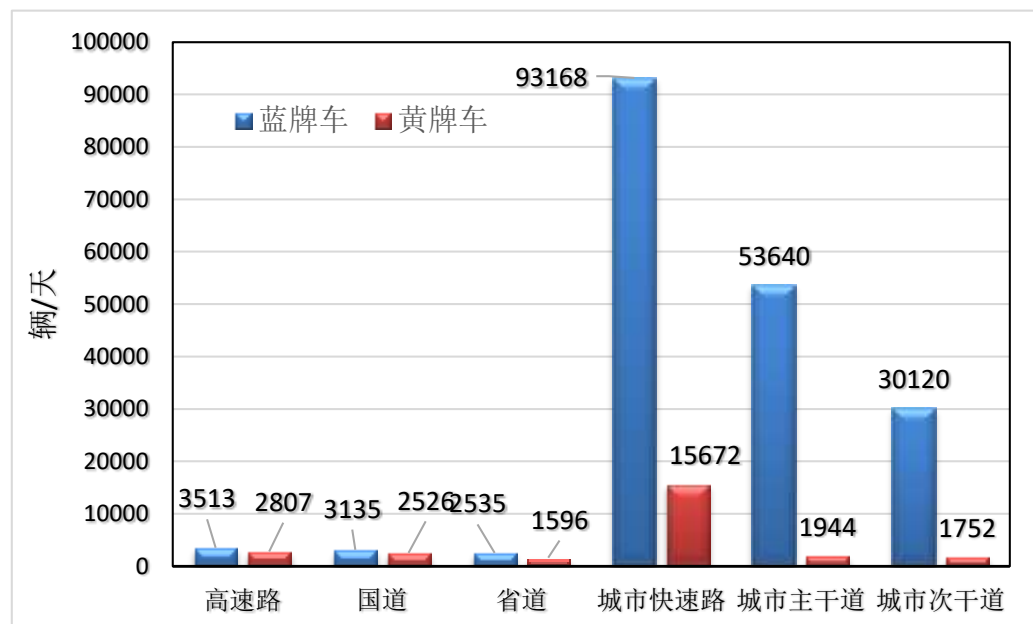


- 目前清单编制指南推广的移动源清单计算公式基于城市机动车保有量开展计算，忽略了对城市外环、高速公路、国道、省道等交通线上外地车辆污染物排放量的估算。可能对区县等较城市更低一级空间尺度的清单计算结果造成误差。
- 同时，基于面源开展的计算，空间分辨率低，可能对基于空气质量模型开展的源解析造成影响。



精细化源排放清单的编制

移动源覆盖不全

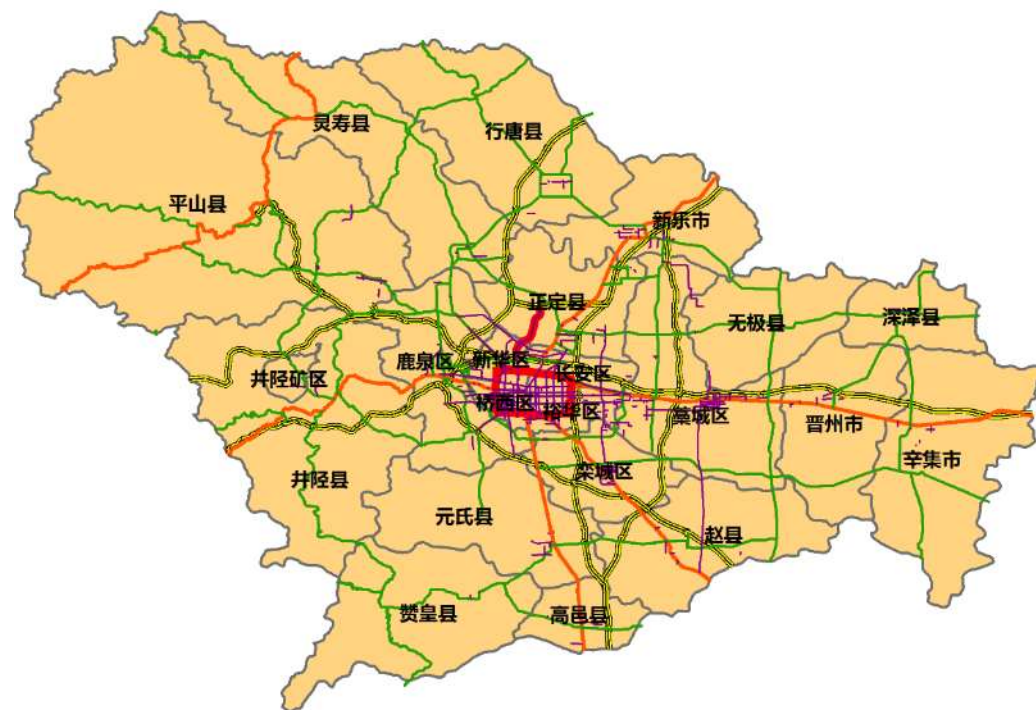


石家庄2016年各类道路日平均车流量

数据来源：高速路、国道、省道、城市快速路、城市主干道、城市次干道各5条，每个月2天的流量数据进行算术平均。

石家庄主要交通线路分布

- 高速公路_polyline
- 国道_polyline
- 省道_polyline
- 城市快速路
- 城市主干道

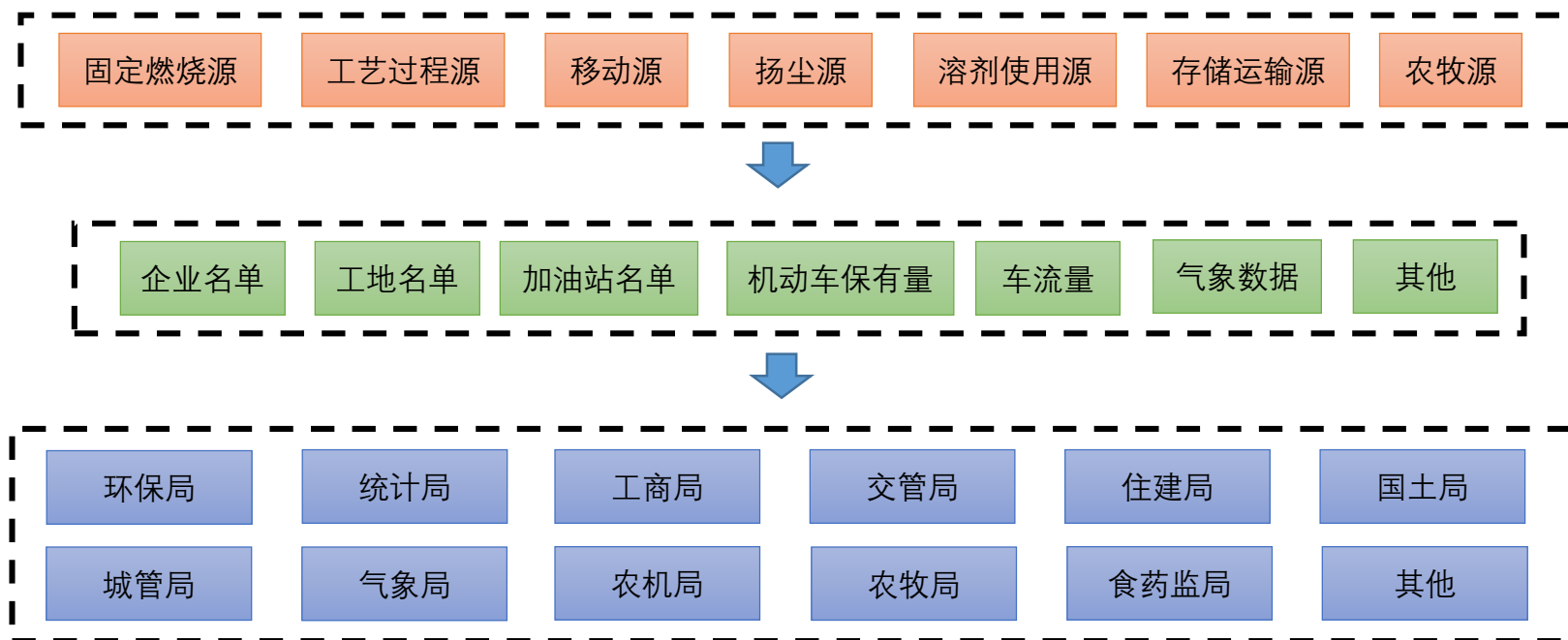


精细化源排放清单的编制

活动水平采集

活动水平收集是目前精细化源排放清单编制中工作量最大的环节，收集途径主要分为职能部门调研、发表调查、现场调查三类，少量污染源使用卫星遥感、地理信息系统等现代化科技手段。

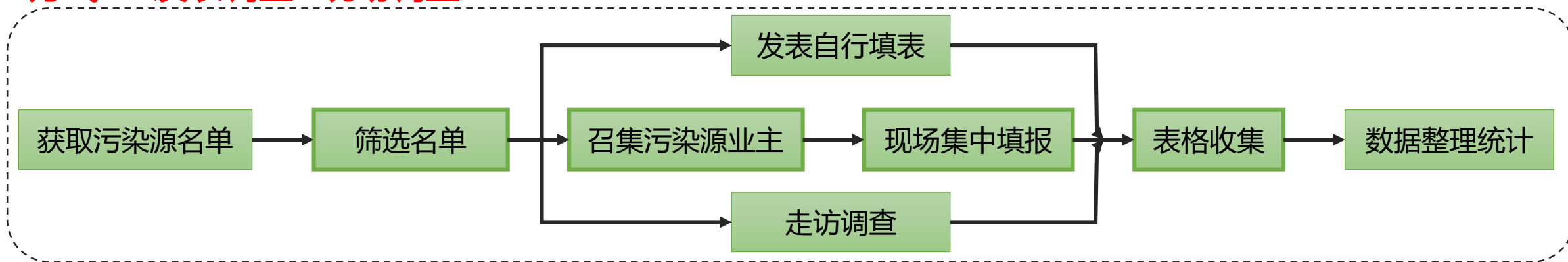
方式1：职能部门统计数据调研



精细化源排放清单的编制

活动水平采集

方式2：发表调查&现场调查



召集企业集中填表



现场走访填报表格



精细化源排放清单的编制

活动水平收集

我国各地大气污染源排放清单编制工作开展较晚，开展编制工作多为临时组织，无相应基础。在活动水平数据收集工作中，职能部门协调吃力，发表调查与现场调查工作繁琐，工作量大，亟待进行制度化改革。

建议：

- 建立常态化大气污染源排放清单编制工作体制，将清单编制统筹工作和活动水平收集工作责任落实到各政府职能部门，划归年度例行工作；
- 依据各污染源类清单编制所需各类活动水平数据，扩充政府各职能部门对工业企业等各类排放源统计数据范畴，尽可能覆盖所有数据，并制订规划化数据统计方案；
- 充分发挥政府各职能部门对各类污染源监管职能，完成多数排放源的数据统计工作，剩余少部分统计工作进行现场调查。

精细化源排放清单的编制

排放因子

排放因子是精细化分源类的重要依据，其根本来源于实测。我国目前的排放因子研究仍然不够丰富、系统。由于实测研究实验方法、实验环境、实验仪器等存在不同，且部分源类（如扬尘、生物质燃烧等开放源）排放过程发杂，因此，获取准确精细的排放因子存在较大难度。

来源途径

文献调研

实际测量

经验公式

物料衡算

扬尘源



各类扬尘源受积尘性质、积尘量、人为扰动、自然扰动等多种因素影响，排放强度变化幅度大，实测难度大。

生物质燃烧源



生物质开放燃烧排放污染物强度受风力、生物质类别、湿度等条件影响较大，不同条件排放因子差异大。

精细化源排放清单的编制

时空分辨率

时间分布（天-小时）和空间（公里-经纬度）分布是重要的污染源分布特征，固定源时空分布特征较为稳定，而以扬尘源、生物质燃烧源为代表的开放源，以及以基于面源尺度计算的各类移动源较难获取准确的时空分布特征。其时空分布存在较大的不确定性。

生物质燃烧源



生物质开放燃烧排放源随机性强，人力难以全面监测；卫星遥感也存在云层遮挡以及无法连续监测的不足。（图为MODIS观测我国2016年秸秆焚烧火点图）

移动源



以道路移动源为例，其基于面源计算的排放量空间分布特征在城区、郊区分布不均衡，受车型、车流量等多种因素影响，存在不确定性。

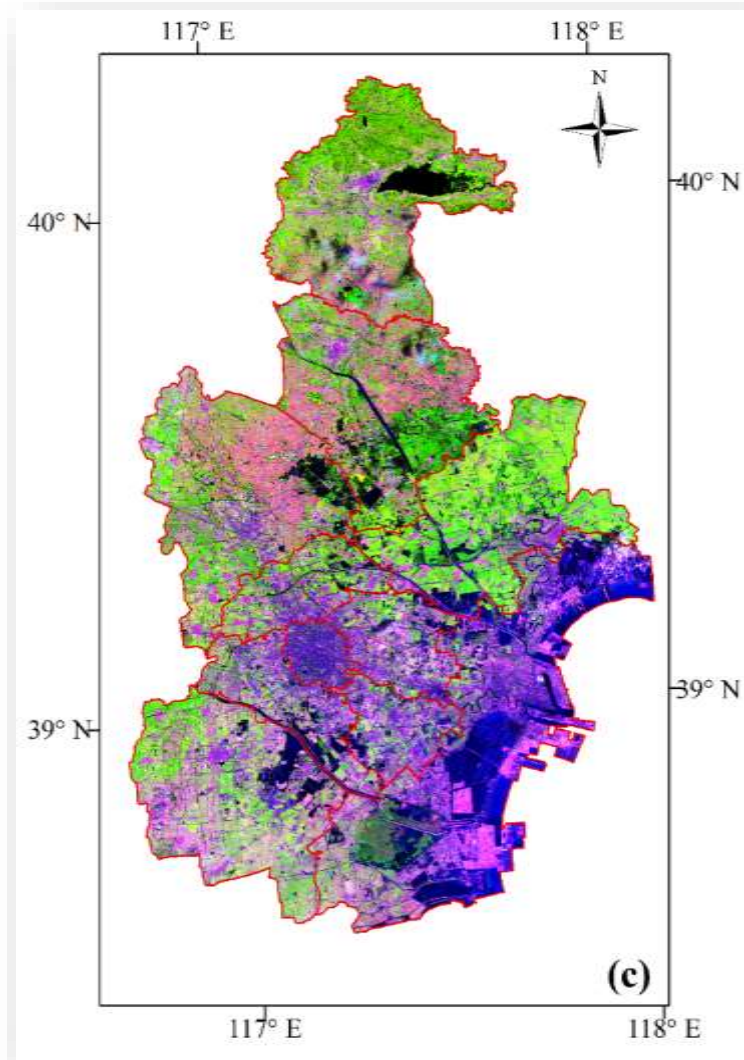
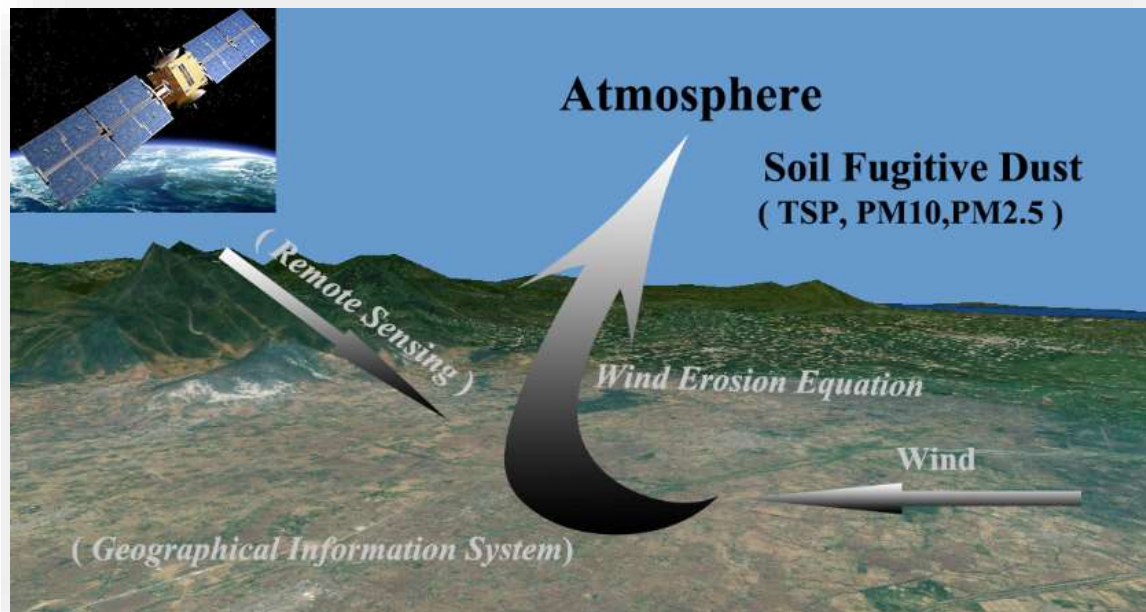
二 | 精细化源排放清单的案例与应用



精细化源排放清单的编制案例与应用

精细化扬尘源清单的编制

采用遥感技术 (Remote Sensing , RS) 对研究区域进行广域同步监测 , 获取土壤面积、植被覆盖等数据。结合地理信息系统 (Geographic Information System, GIS) 对数据进行精细化分析、处理、计算。

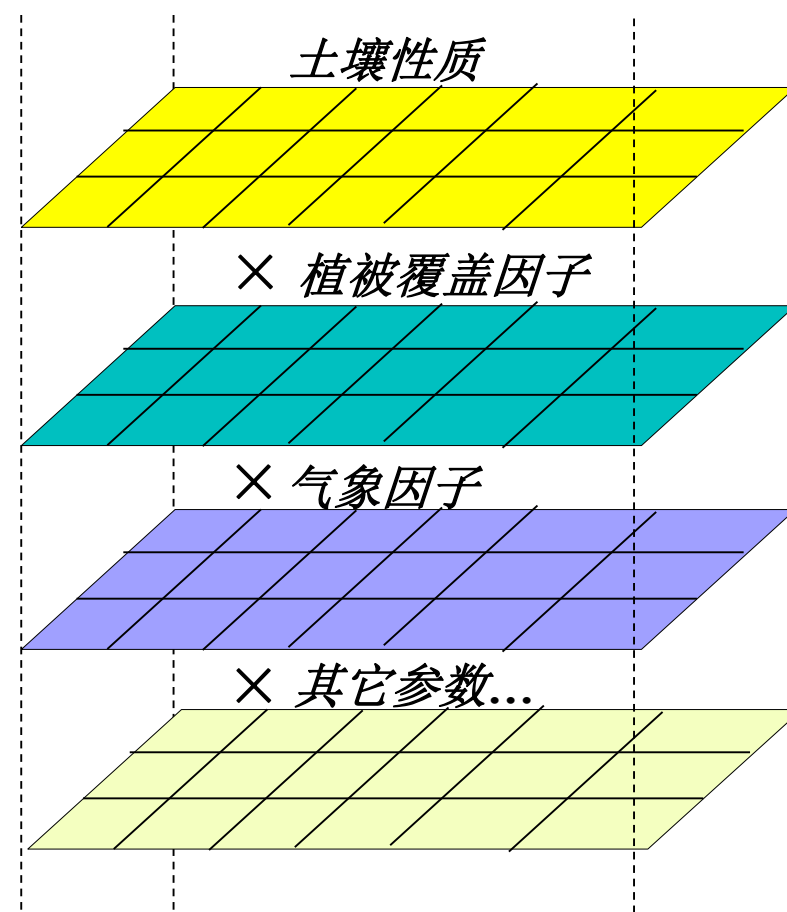


NASA Landsat 8卫星遥感数据
(天津 , 2013年8月)

精细化源排放清单的编制案例与应用

精细化扬尘源清单的编制

利用GIS的数据处理功能，对各类输入数据进行多层嵌套计算，面源（土壤扬尘源）以逐个像元为单位、线源（道路扬尘源）以逐条道路为单位、点源（施工扬尘源、堆场扬尘源）以逐个点为单位进行计算，获取“自下而上”的精细化清单结果。

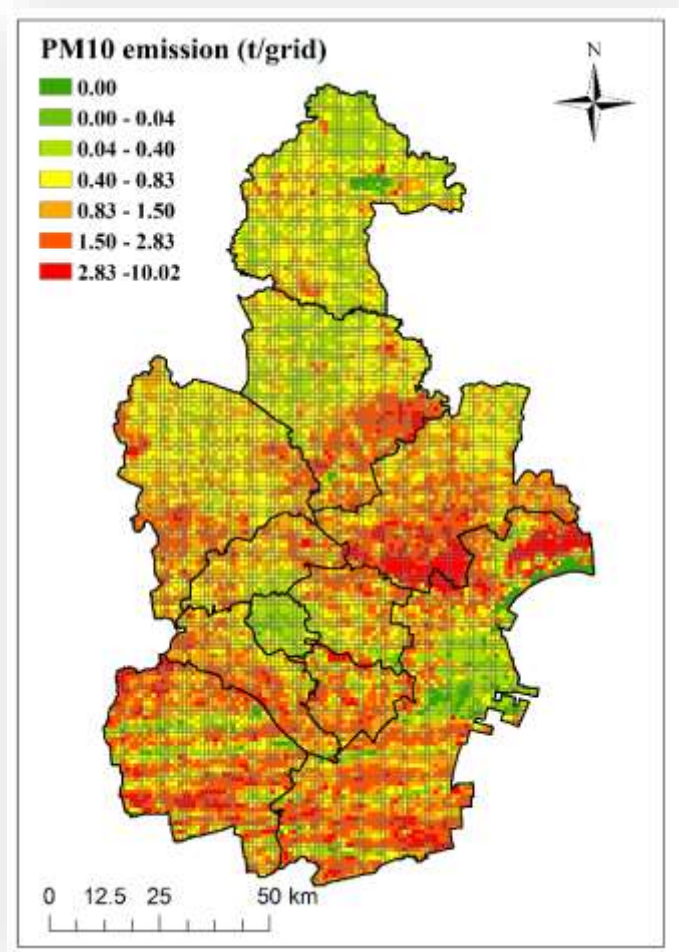


多层嵌套示意图

精细化源排放清单的编制案例与应用

精细化扬尘源清单的编制

GIS输出天津市2013年土壤扬尘排放清单1km×1km网格化结果（以PM10为例）及各区排放量结果如右图、表所示。



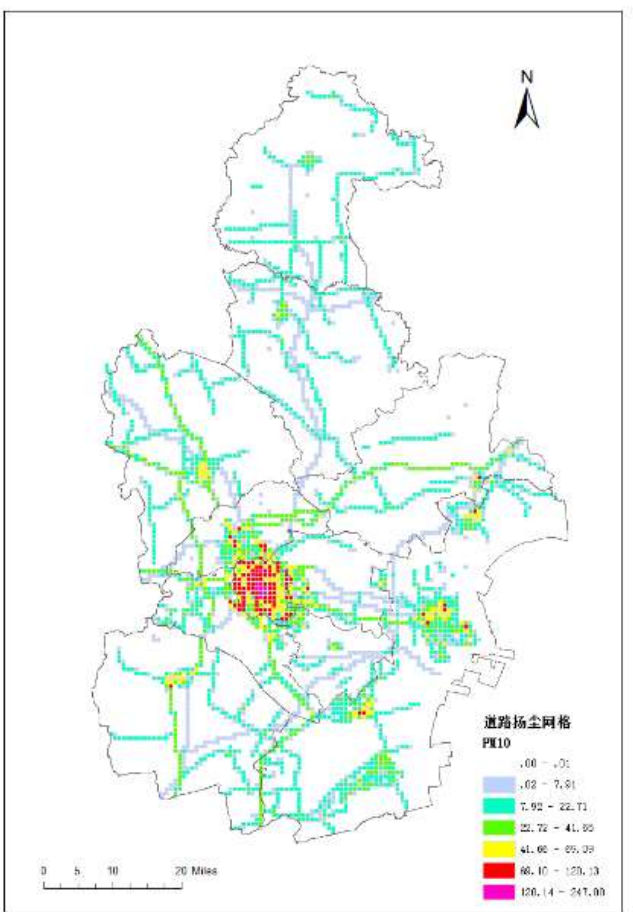
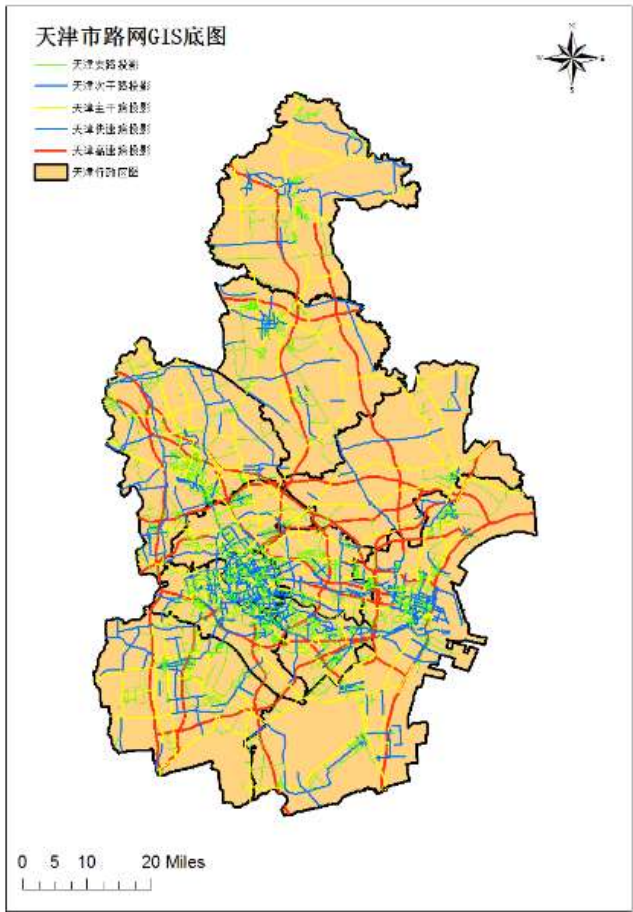
	TSP (t)	PM10 (t)	PM2.5 (t)
全市	27144.06	14386.34	6243.14
中心城区	104.98	55.64	24.15
东丽区	1162.49	616.12	267.37
西青区	1513.71	802.27	348.15
北辰区	1068.94	566.54	245.86
津南区	1179.65	625.21	271.32
武清区	2890.74	1532.09	664.87
宝坻区	2657.66	1408.56	611.26
宁河区	4499.62	2384.80	1034.91
静海区	3976.59	2107.59	914.62
蓟州区	1550.33	821.67	356.58
滨海新区	6539.35	3465.85	1504.05

精细化源排放清单的编制案例与应用

精细化扬尘源清单的编制

	车流量	平均车重	积尘负荷	其它参数
高速公路	主城区/ /一类区县 /二类区县 /三类区县			
国道				
省道				
县道				
快速路				
主干道				
次干道				
支路				
.....				

天津市2013年路网及道路扬尘PM10排放量如右图：



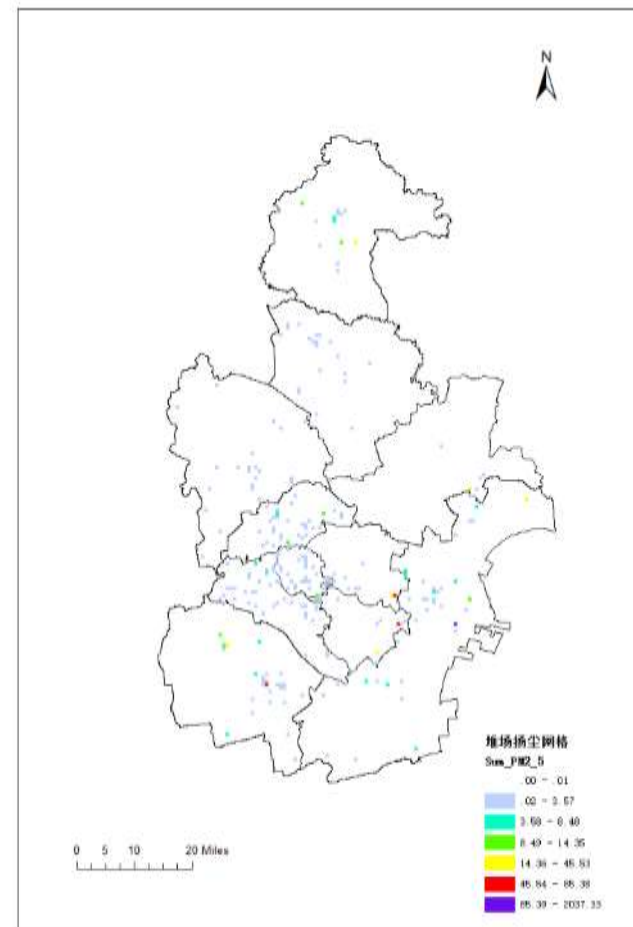
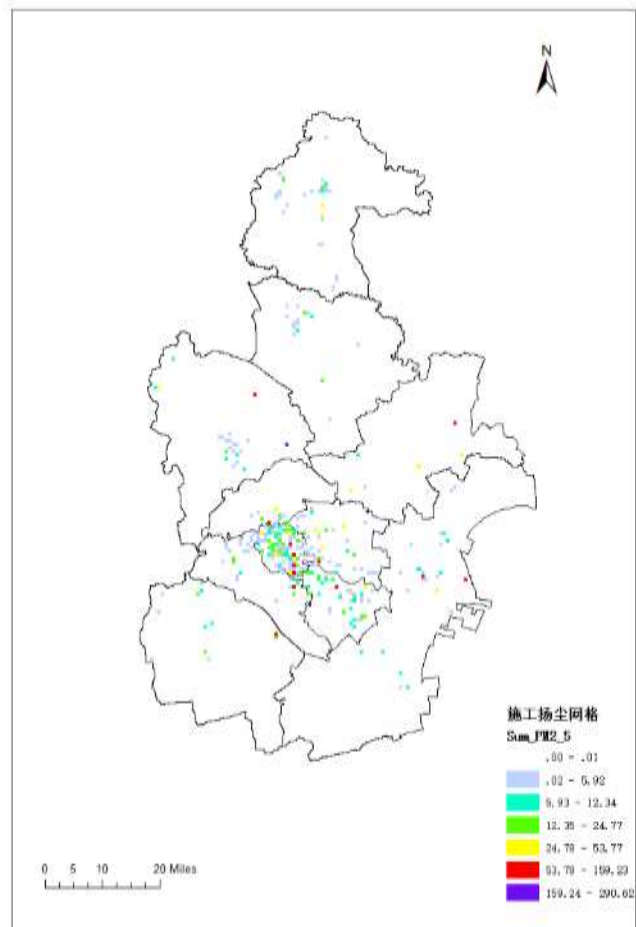
精细化源排放清单的编制案例与应用

精细化扬尘源清单的编制

以施工、堆场计算为例：

基于污染源经纬度信息，
嵌入其它配套信息，对各污染源
扬尘排放量进行计算。

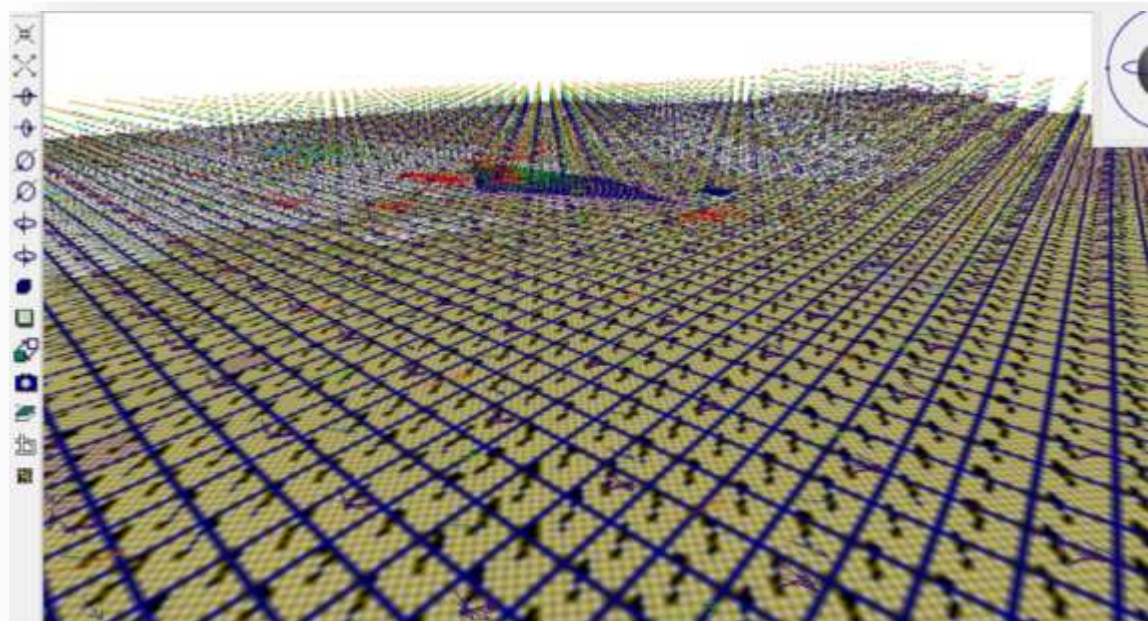
天津市施工扬尘与堆场扬尘PM2.5
排放量1km网格化结果如右图所示：



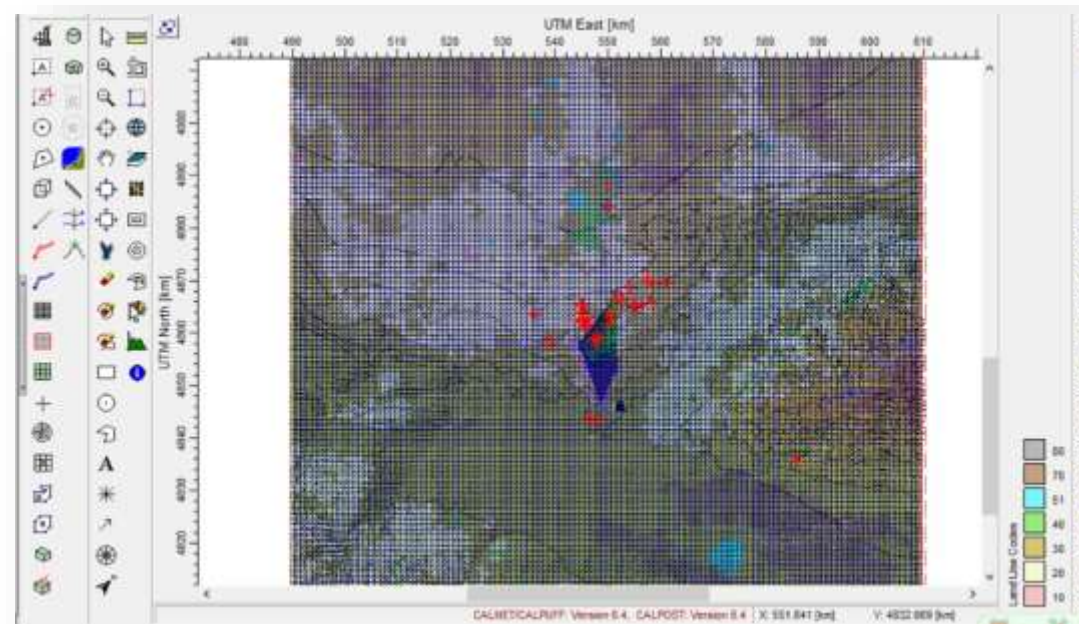
精细化源排放清单的编制案例与应用

排放清单在源成分谱构建中的应用

基于排放清单，结合空气质量模型对（某市）电厂、工业和供热三种燃煤子源类排放污染物的排放、传输、扩散过程进行模拟，获得三种子源类对研究区域受体颗粒物的环境影响权重，分别为0.02：0.39：0.59，并以此构建燃煤源成分谱。



模拟过程生成的风场示意图



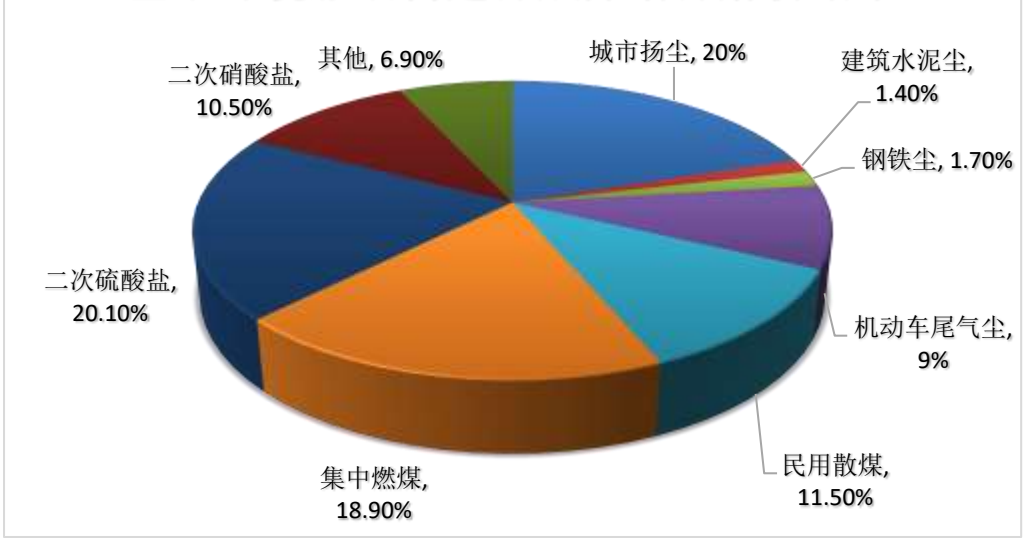
模拟燃煤源子源类扩散过程示意图

精细化源排放清单的编制案例与应用

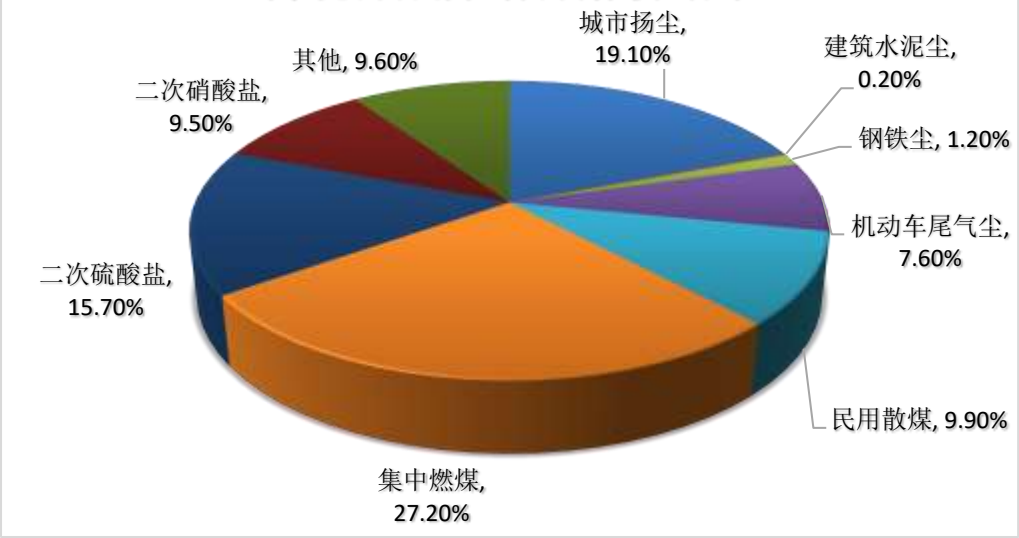
排放清单在源成分谱构建中的应用

基于传统源成分谱构建方法与基于环境影响构建颗粒物源成分谱的研究区域PM10来源解析对比：

基于环境影响构建源成分谱源解析结果

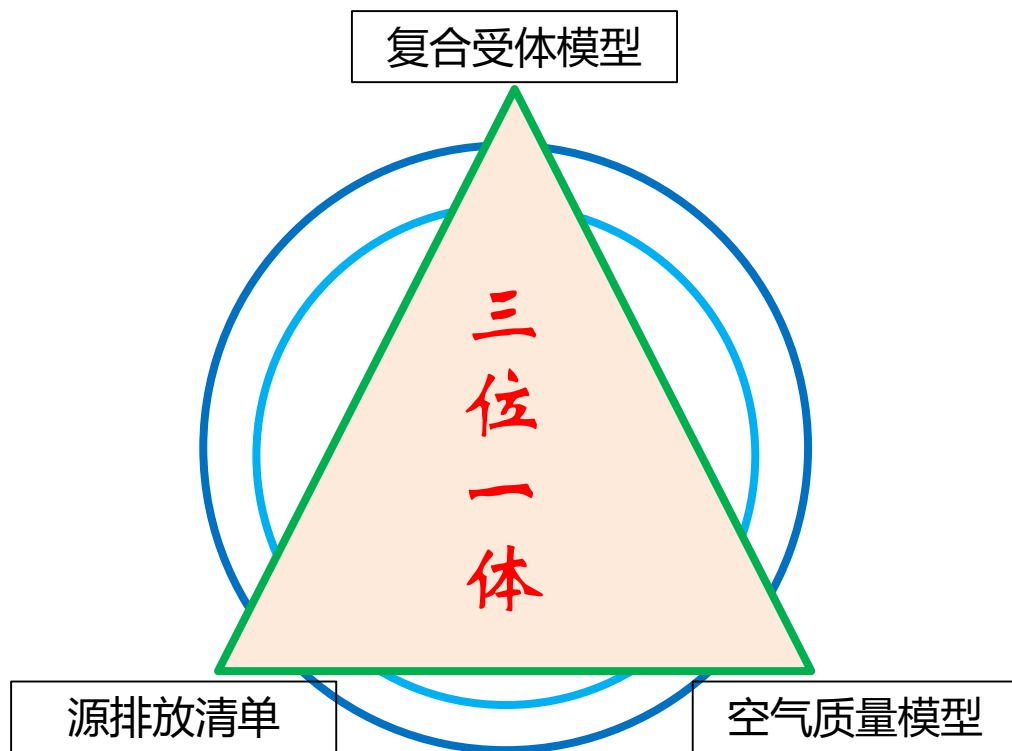


传统源成分谱源解析结果



精细化源排放清单的编制案例与应用

排放清单在多技术集成的污染来源精细化解析中的应用



将主要源类的贡献解析至子源类（行业）或重要污染源

- 利用复合受体模型等技术，同时利用精细化的源排放清单，结合空气质量模型源追踪模块解析不同行业（或子源类）的贡献

空间精细化解析

- 利用受体模型（PMF）解析各污染源类的贡献，结合气象数据、后轨迹模型，定量估算不同来向污染源的贡献
- 基于精细化源清单，利用空气质量模型解析区域输送的影响

PM_{2.5}中硫酸盐、硝酸盐等关键物种的来源解析

- 利用受体模型和空气质量模型，定量估算颗粒物中硫酸盐、硝酸盐等关键物种的二次贡献及气态前体物的来源与贡献，解析颗粒物中硫酸盐、硝酸盐等关键物种的一次贡献（不同行业、不同子源类等）



南开大学
Nankai University

谢谢！

