

# 日本排放源清单



日本石油能源中心  
日本汽车研究所



**Tazuko MORIKAWA**

环境管理和排放清单技术方法研讨会  
中国上海 2015年3月24日



1. 简介
2. 排放计算方法
  - 2.1 移动污染源
  - 2.2 固定污染源
  - 2.3 天然污染源
3. 计算结果
4. 总结及其他问题

#### ④ JATOP排放清单数据，日本源清单数据库JEI-DB:

- 空气质量模型通过JEI-DB数据对汽车尾气排放对空气质量的影响进行评估
- 包括大部分日本排放数据和其他污染源相关信息
- 每月发布，空间分辨率为1千米，时间分辨率为1小时
- 数据每5年更新一次，最新版本为2010年版
- JEI-DB是日本乃至整个亚洲众多研究人员及科研机构的参考依据  
(JEI-DB是REAS2\*清单的日本部分)
- 日本国家排放清单的制定以JEI-DB数据为基础

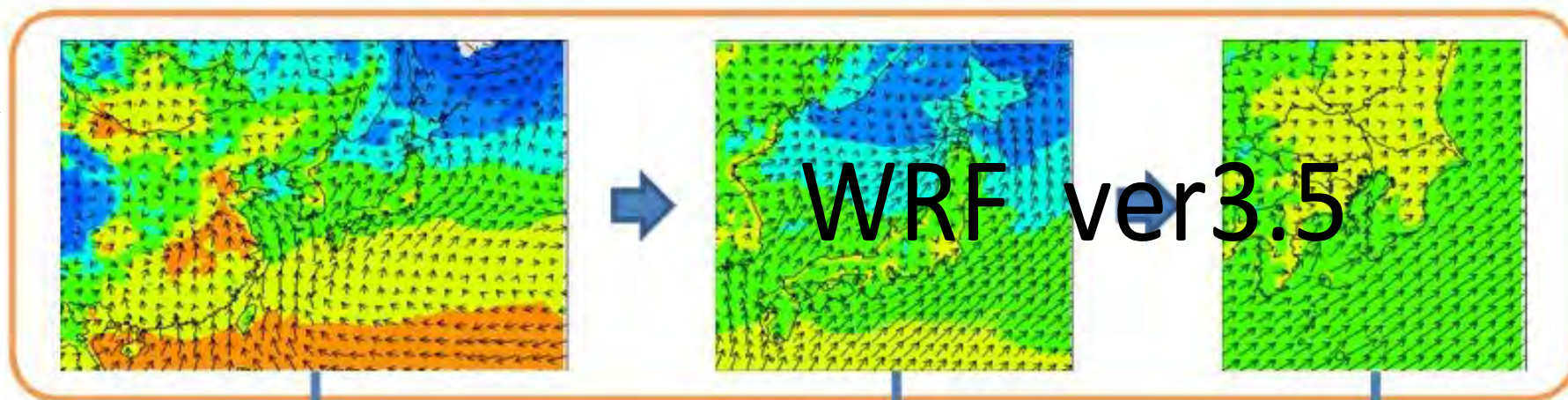
#### ④ JATOP:

- JATOP(Japan AuTo Oil Program)是由汽车和石油产业联手共同创建的，致力于将汽车和燃料科技进行完美融合，提升日本空气质量，为政府合理决策提供技术数据

## 气象模型

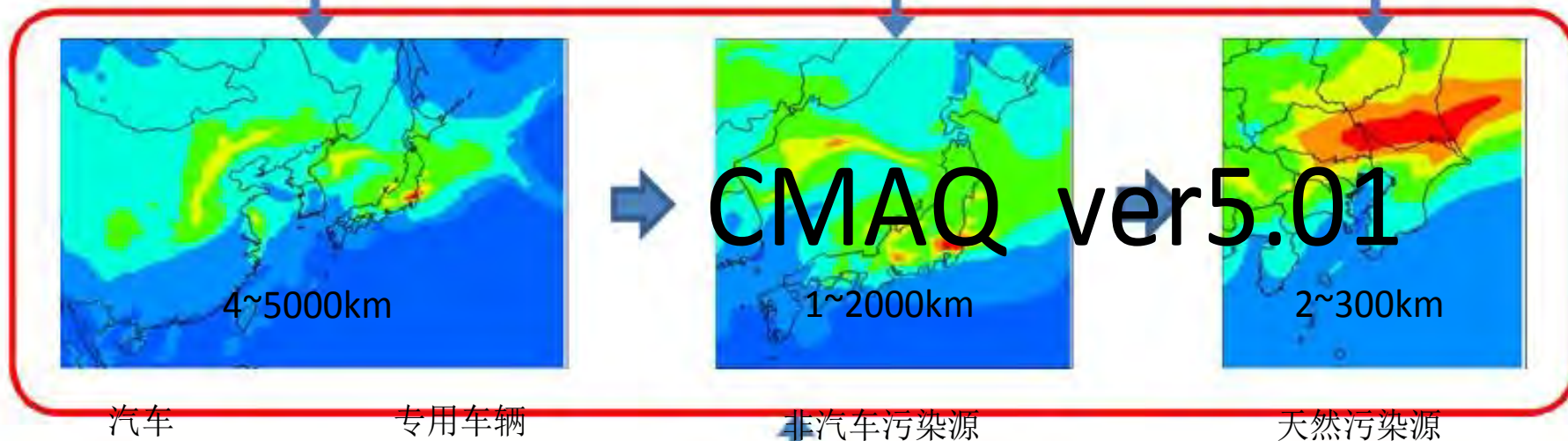
计算气象参数的瞬时改变

(风速、方向、温度等)



## 空气质量模型

计算经过风向传播及光化反应的污染物浓度的瞬时改变



## 排放清单数据



IIASA-GAINS 和清华大学/JCAP/JATOP 排放评估模型/MEGAN

# PM<sub>2.5</sub> 污染源及排放清单

PM<sub>2.5</sub> 特点:

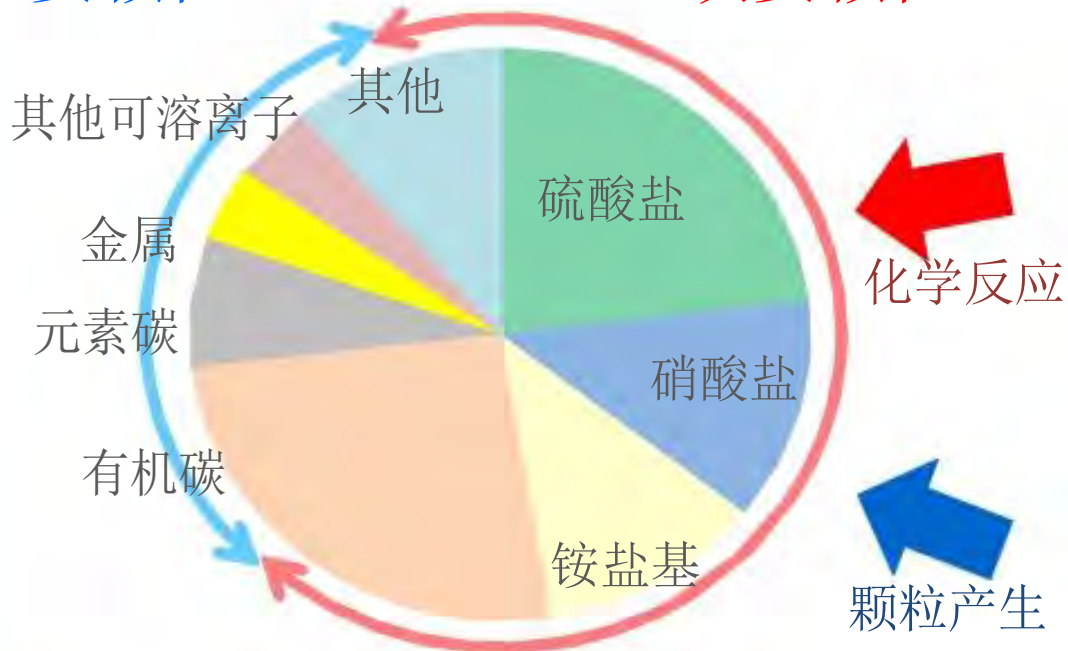
- 具有不同类型的污染源
- 经过复杂的化学反应

极大地受到天气状况的影响



## 主要颗粒

## 次要颗粒



PM<sub>2.5</sub>主要物质组成

## 空气污染物来源

**原因:** 造成污染物排放的活动类型 (污染源)

**排放物:** 污染物排放量、化学及物理性质

**地点及时间:** 地理和时间分辨率

排放清单是一定时间内排放至空气中的污染物数量及污染源数据列表, 为空气质量模型的制作提供参考数据

# JATOP污染物排放清单JEI-DB

污染源类别		NOx	CO	SOx	VOC	PM	NH <sub>3</sub>	污染源类别		NOx	CO	SOx	VOC	PM	NH <sub>3</sub>	
Fuel combustion	固定污染源	能源产业	○	○	○	○	○	US	农业	家畜粪便						○
		制造业	○	○	○	○	○			○	施肥					
		其他行业	○	○	○	○	○		人类活动	污水处理厂						○
		锅炉制造业	○	○	○	○	○			人类呼吸 & 劳动						○
		废物焚烧	○	○	○	○	○			宠物						○
	燃料燃烧		○	○	○	○	○		烹饪					○		
			○	○	○	○	○		香烟					○		
			○	○	○	○	○		土壤						○	
			○	○	○	○	○		海盐							
			○	○	○	○	○									
移动污染源	轮船	○	○	○	○	○		火山喷发			○					
		○	○	○	○	○		汽车行驶中排放的尘埃							○	
Evaporative Emission	农业	农田燃烧	○	○	○	○	○		轮胎磨损							○
		农业残余物燃烧					○									
		石油工业				○										
	挥发性排放	化学制品				○										
		制造业				○										
		易散性燃料				○										
		工业	涂料				○									
		印刷				○										
		溶解利用				○										
	移动污染源	干洗				○										
道路汽车					○											
天然污染源s	生物VOCs	○	○		○											

原因：造成污染物排放的活动类型（污染源）

排放物：污染物数量、化学及物理性质

地点及时间：地理及时间分辨率

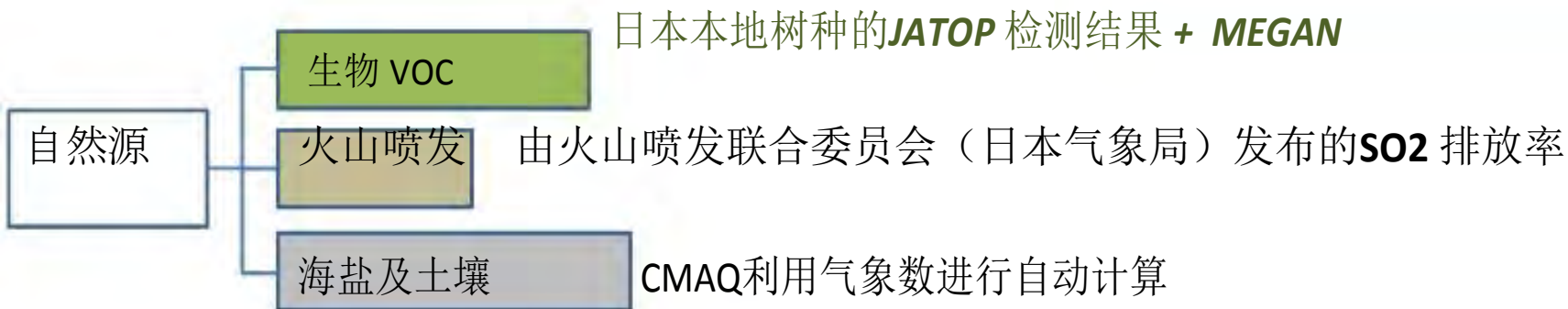
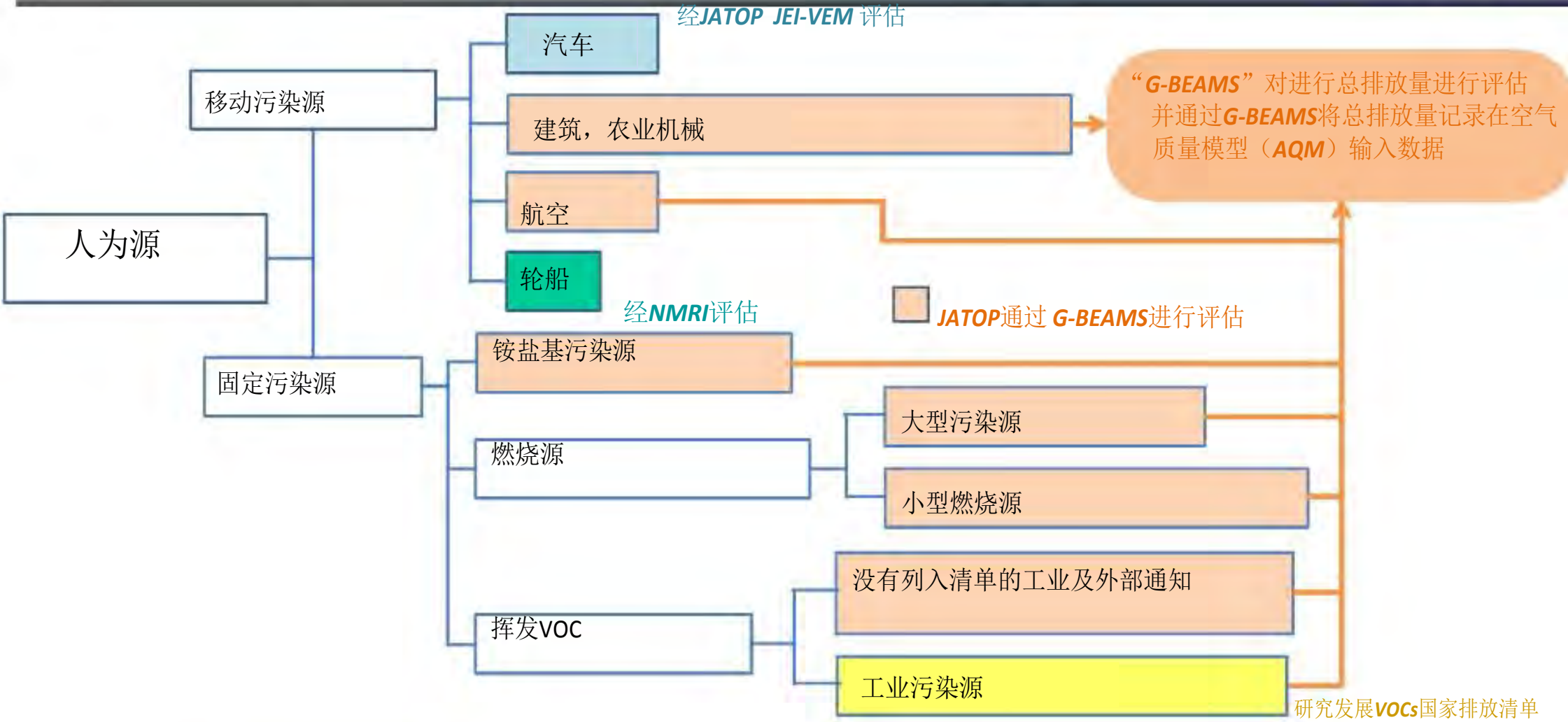
=排放清单

## 基本概念

$$\text{排放因子} \times \text{活动频率} = \text{排放物}$$



# 排放源分类及评估方法



# 概要

1. 简介
2. **排放计算方法**
  - 2.1 **移动污染源**
  - 2.2 固定污染源
  - 2.3 天然污染源
3. 计算结果
4. 总结及其他问题



# 城市空气质量模型JEI-VEM车辆排放评估

汽油车



## 汽车尾气排放

行驶排放: 汽车运行过程中从汽车尾管中排放的尾气 **RE**

启动排放: 发动机启动时尾气排放增加 **SE**

柴油车



## 挥发性排放

热浸损失: 发动机停止运行后1小时内通过汽油气化产生的气体 **HSL**

运行损失: 车辆运行过程中通过汽油气化产生的气体 **RL**

昼间换气损失: 停放车辆时通过汽油气化产生的气体 **DBL**

排放过程/污染物类型		CO	NOx	HCs	PM	SOx	NH <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
排气尾管排放	行驶排放	G/D	G/D	G/D	D	G/D	G	G/D
	启动排放	G/D	G/D	G/D	D	G/D	(G)	G/D
挥发性排放				G				

# 车辆排放计算基本公式

车型K的汽车污染物排放 $Q_n$  (g)计算公式如下

(1) 主要取决于车辆运行

$$Q_n = \sum E_k \cdot M_k$$

$E_k$  : 车型K的排放因子 (g/车/km)

$M_k$  : 车型k的车流量 (车 · km)

RE RL

(2) 主要取决于车辆使用

$$Q_n = \sum E_k \cdot M_k$$

$E_k$  : 车型K的排放因子(g/车)

$M_k$  : 车型k的排放频率 (/排放次数)

SE

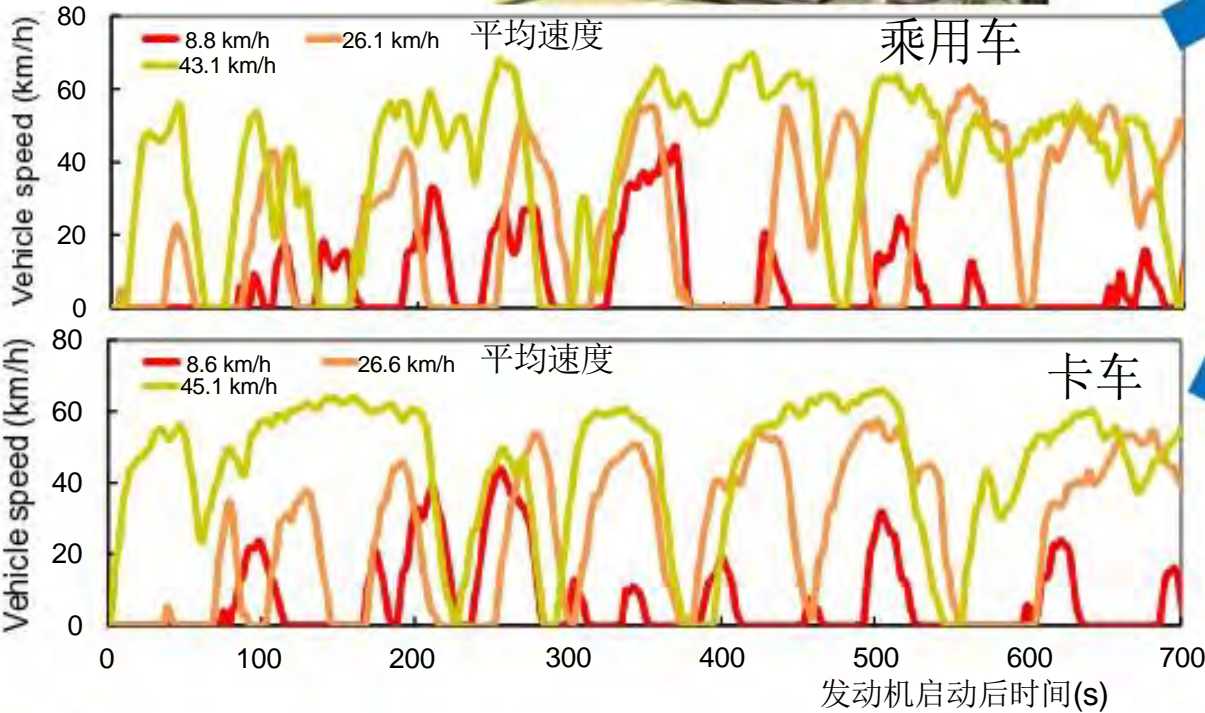
HSL, DBL

# 行驶车辆的排放因子

——由日本环保省提供



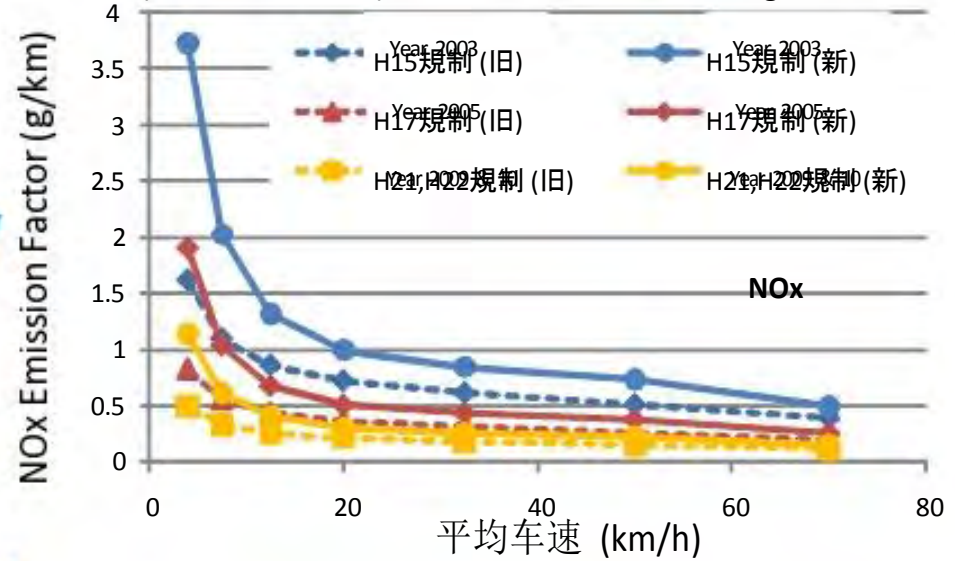
实际行驶工况 车速 (km/h)



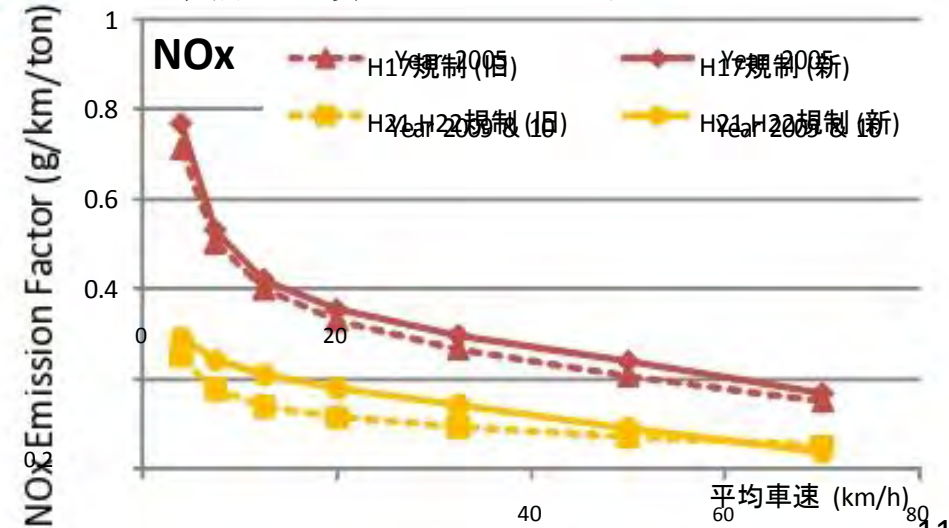
排放因子 (EF) 主要取决于车速、车型和不同年份

中型卡车  
(柴油、直喷型)

Nox排放因子 (g/km)



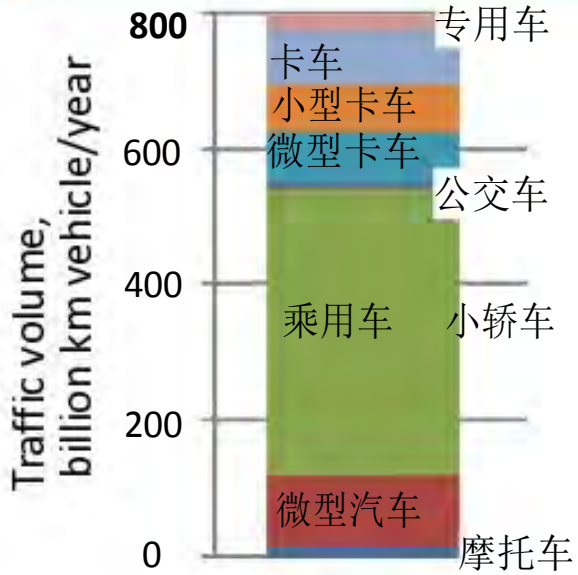
重型卡车  
(柴油、直喷型, GVW>5吨)



# 行驶排放的活动频率

- 车流量 & 平均速度 -

## 日本车流量总计



机动车耗油量调查 (MILT)

车流量, 10亿公里/年

## 主干道车流量



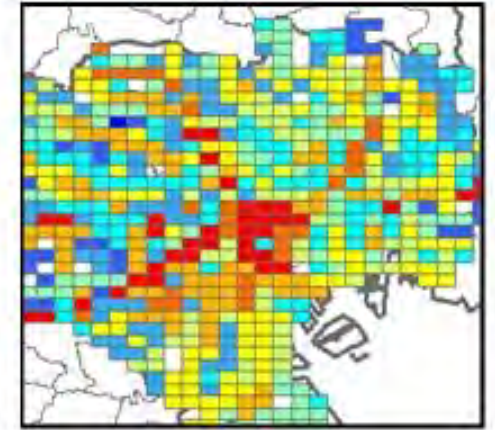
道路交通调查 (MILT)

交通高峰期/非交通高峰期平均车速

拥堵时间段24hrs数据

计算每小时平均车速

## 街道车流量



平均速度: 20 km/h





车流量的计算方法是自上而下, 但行驶排放量是利用道路交通调查的地理信息自上而下计算得出

# 车流量调查

国土资源,基础设施与交通省 (MLIT) 1928年道路交通调查

## 调查地图展示



-  高速公路和机动车道
-  普通国家高速公路
-  主县道
-  县道
-  市级公路

## 调查路段及长度

	调查总长度 (km)	调查路段数量	调查路段平均长度 (平均路段) (km)
高速公路	6457	787	8.2
普通国家机动车道	604	118	5.1
普通国家高速公路	53669	9,469	5.7
主县道	57340	9,831	5.8
县级公路	69964	14,902	4.7
市级公路	698	331	2.1
总计	188731	35438	5.3



## 调查项目

一周24小时或12小时  
 ✓ 不同车型的车流量  
 ✓ 交通堵塞  
 根据拥堵时间段和非拥堵时间段的平均车速可以计算出每一小时的平均车速



# 24小时交通流量调查报告

## 普通国家公路：14道公路



14道公路 东京-千叶  
总长度： 39.7 km

### 调查结果实例

调查路段： 1.5km  
车道编号： 4  
中位值： 1.2km  
路边植被距离： 1.5km  
车流量：

工作日： 50765 /天

假期： 41721 /天

大型车辆混合率：

工作日： 19.4 %

假期： 4.1 %

拥堵高峰期的行驶速度：

工作日： 15.2 km/h

假期： 21.2 km/h

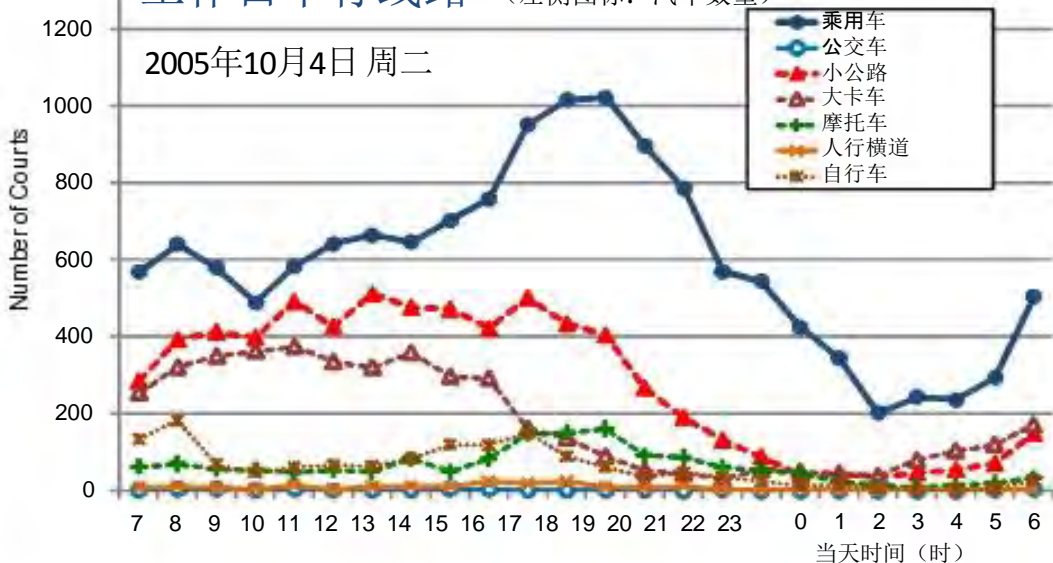


# 24小时车流量调查实例

东京江都 江戸川区西一之江2-11

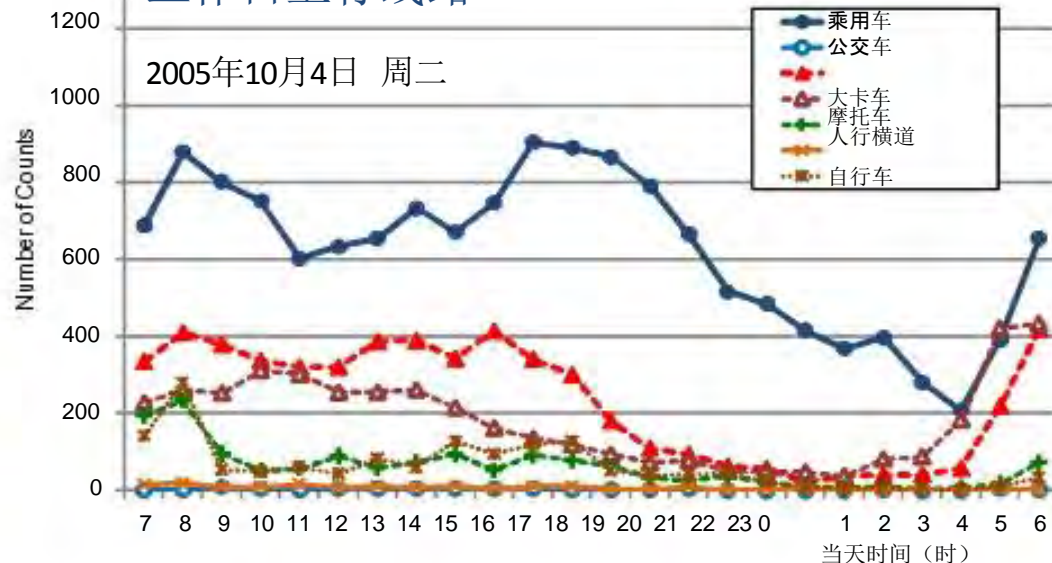
### 工作日下行线路 (左侧图标: 汽车数量)

2005年10月4日 周二



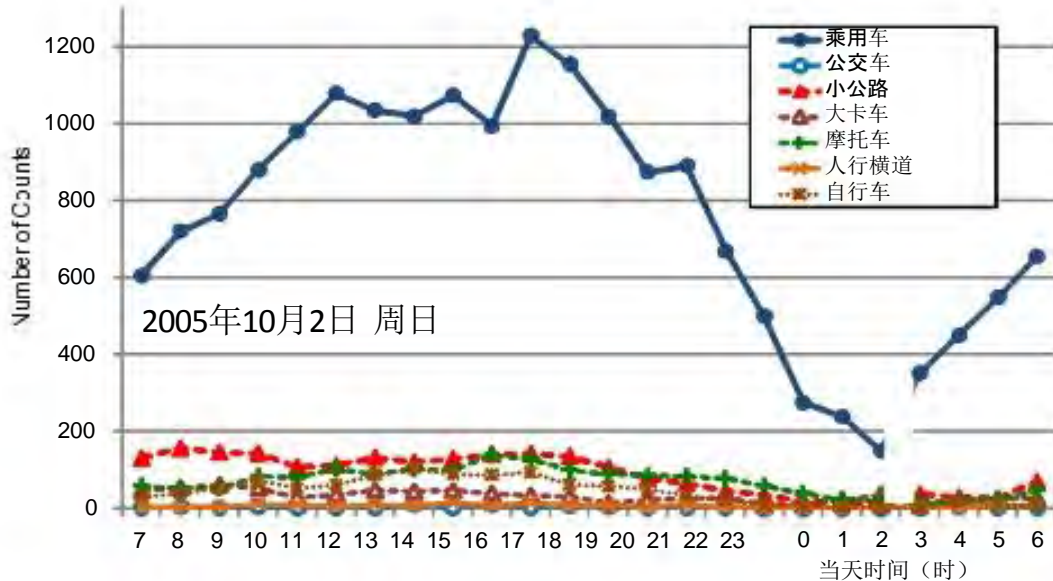
### 工作日上行线路

2005年10月4日 周二



### 假期下行线路

2005年10月2日 周日



### 假期上行线路

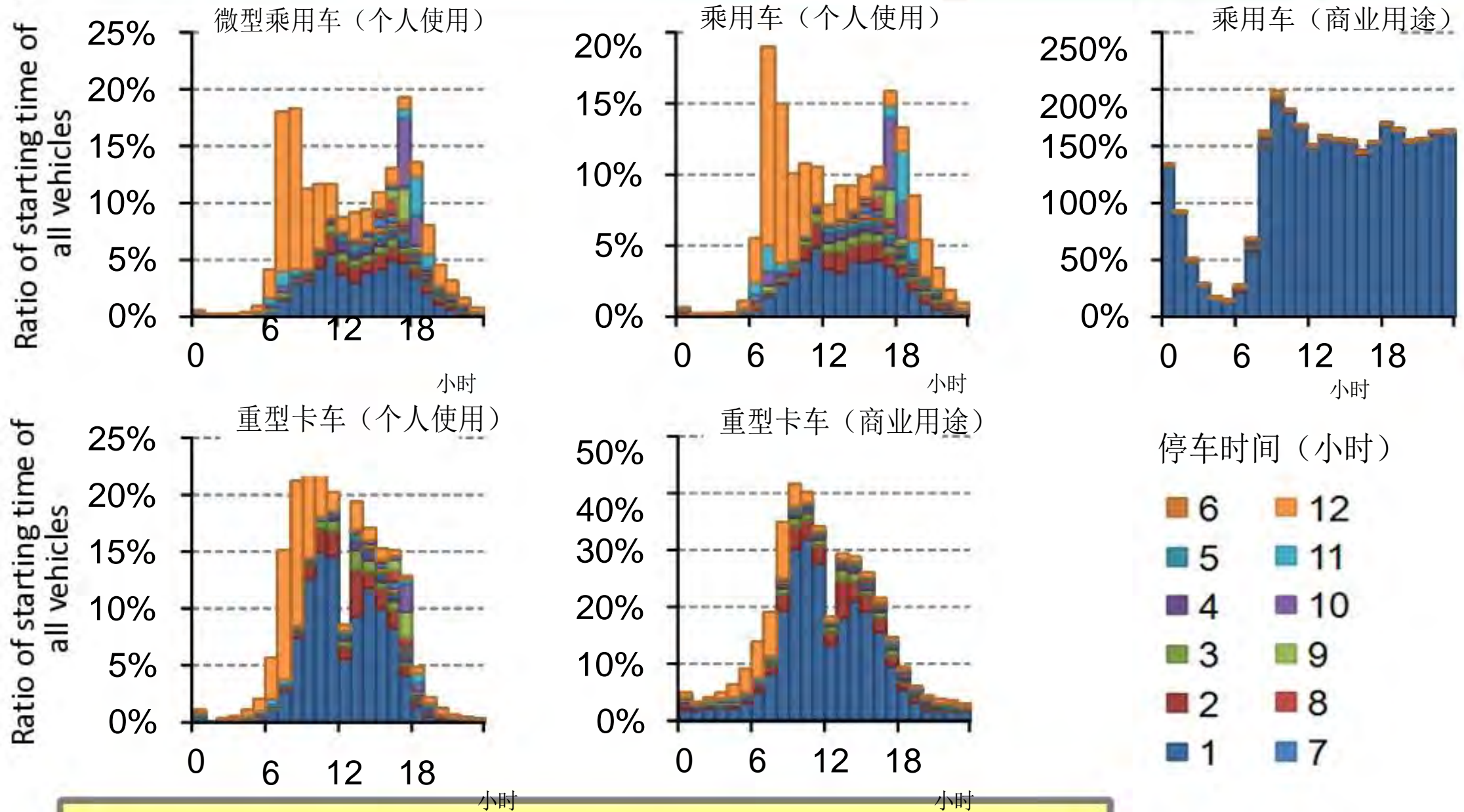
2005年10月2日 周日



# 启动排放的活动频率-一天中发动机启动次数-

全部汽车启动时间比率 (图标旁)

—由 MLIT提供



启动次数由启动时间、车型和汽车用途



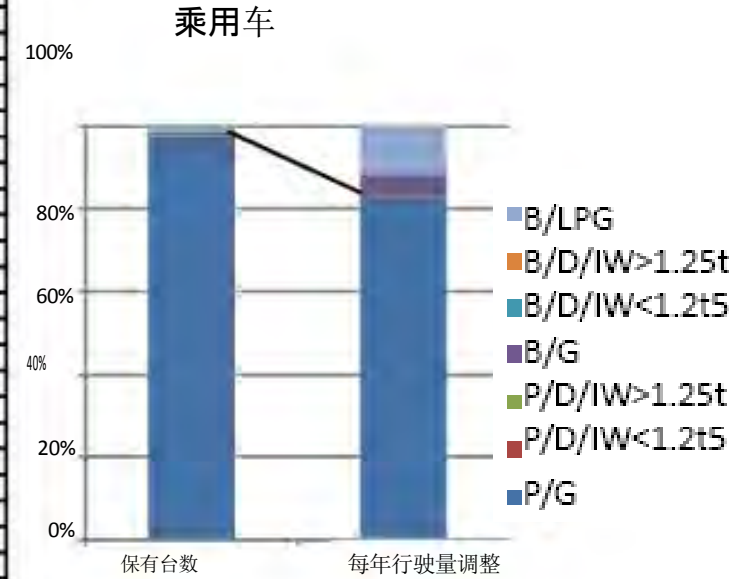
# 汽车排放评估项目JEI-VEM 中的汽车类型

No.	汽车类型	燃料型号	重量等级	汽车编号	
1	1 轻型乘用车	私家车	G	owned (2010) 17,402,451	
2		商用车	G	12,377	
3	2 乘用车	私家车e	G	39,099,930	
4			D	IW≤1.25t 64,869	
5		D	IW>1.25t 988,354		
6		商用车	G	29,908	
7	3 公交车	商用车	D	IW≤1.25t 109	
8			D	IW>1.25t 6,347	
9			LPG	-	229,064
10			私家车	G	1.7t<GVW≤2.5t 183
11				G	2.5t<GVW≤3.5t 5,173
12		G		3.5t<GVW 2,839	
13		D		1.7t<GVW≤2.5t 159	
14		D		2.5t<GVW≤3.5t 11,543	
15		4 轻型卡车	商用车	D	3.5t<GVW≤5.0t 32,059
16				D	5.0t<GVW≤8.0t 51,959
17	D			8.0t<GVW≤12t 10,746	
18	D			12t<GVW 5,743	
19	G			1.7t<GVW≤2.5t 10	
20	5 小型卡车	商用车	G	2.5t<GVW≤3.5t 303	
21			G	3.5t<GVW 1,154	
22			G	1.7t<GVW≤2.5t 2	
23			2.5t<GVW≤3.5t 932		
24			D	3.5t<GVW≤5.0t 1,796	
25	6 中型卡车	商用车	D	5.0t<GVW≤8.0t 16,920	
26			D	8.0t<GVW≤12t 21,433	
27			D	12t<GVW 65,324	
28			G	-	8,849,122
29			G	-	321,561
30		7 大型卡车	商用车	G	GVW≤1.7t 742,943
31				G	1.7t<GVW≤2.5t 661,320
32				G	2.5t<GVW≤3.5t 439,134
33				G	3.5t<GVW 5,915
34				G	GVW≤1.7t 80,101
35	8 专用车		商用车	D	1.7t<GVW≤2.5t 281,843
36				D	2.5t<GVW≤3.5t 850,984
37				D	3.5t<GVW≤5.0t 676,136
38				D	5.0t<GVW 112,780
39				G	GVW≤1.7t 5,235
40	9 其他	商用车	G	1.7t<GVW≤2.5t 5,327	
41			G	2.5t<GVW≤3.5t 7,004	
42			G	3.5t<GVW 419	
43			G	GVW≤1.7t 716	
44			D	1.7t<GVW≤2.5t 3,150	
45		D	2.5t<GVW≤3.5t 19,304		
46		D	3.5t<GVW≤5.0t 26,272		
47		D	5.0t<GVW 6,791		

No.	汽车类型	用途	燃料型号	重量等级	汽车编号	
48	7 卡车	私家车	G	GVW≤1.7t	2,840	
49				1.7t<GVW≤2.5t	28,890	
50				2.5t<GVW≤3.5t	77,197	
51				3.5t<GVW	19,083	
52				GVW≤2.5t	14,511	
53				2.5t<GVW≤3.5t	125,887	
54				3.5t<GVW≤5.0t	183,660	
55				5.0t<GVW≤8.0t	838,205	
56				8.0t<GVW≤12t	11,062	
57				12t<GVW≤25t	133,933	
58	8 商用车	商用车	D	25t<GVW	4,892	
59				GVW≤1.7t	4	
60				1.7t<GVW≤2.5t	70	
61				2.5t<GVW≤3.5t	3,762	
62				3.5t<GVW	20,108	
63				GVW≤2.5t	93	
64				2.5t<GVW≤3.5t	3,222	
65				3.5t<GVW≤5.0t	63,791	
66				5.0t<GVW≤8.0t	360,008	
67				8.0t<GVW≤12t	9,487	
68	9 其他	商用车	D	12t<GVW≤25t	318,786	
69				25t<GVW	84,067	
70				-	149,027	
71				GVW≤1.7t	7,148	
72				1.7t<GVW≤2.5t	38,911	
73		8 专用车	商用车	G	2.5t<GVW≤3.5t	106,463
74					3.5t<GVW	10,323
75					-	24,543
76					GVW≤1.7t	4,479
77					1.7t<GVW≤2.5t	15,499
78	9 其他	商用车	D	2.5t<GVW≤3.5t	102,885	
79				3.5t<GVW≤5.0t	91,118	
80				5.0t<GVW≤8.0t	280,917	
81				8.0t<GVW≤12t	17,880	
82				12t<GVW	57,803	
83		8 专用车	商用车	G	-	11,046
84					GVW≤1.7t	661
85					1.7t<GVW≤2.5t	3,076
86					2.5t<GVW≤3.5t	4,040
87					3.5t<GVW	4,430
88	9 其他	商用车	D	3.5t<GVW	340	
89				GVW≤1.7t	19	
90				1.7t<GVW≤2.5t	591	
91				2.5t<GVW≤3.5t	5,273	
92				3.5t<GVW≤5.0t	9,379	
93		8 专用车	商用车	G	5.0t<GVW≤8.0t	122,641
94					8.0t<GVW≤12t	4,353
95					12t<GVW	109,115

No.	车型	用途	燃料类型	重量等级	2010年汽车数量
96	9 摩托车	私家车	G	< 50cc, 2st	3,511,598
97				< 50cc, 4st	4,019,079
98				< 125cc, 2st	423,593
99				< 125cc, 4st	1,087,847
100				< 250cc, 2st	339,859
101				> 250cc, 4st	1,632,000
102				> 250cc, 2st	0
103				> 250cc, 4st	1,524,176

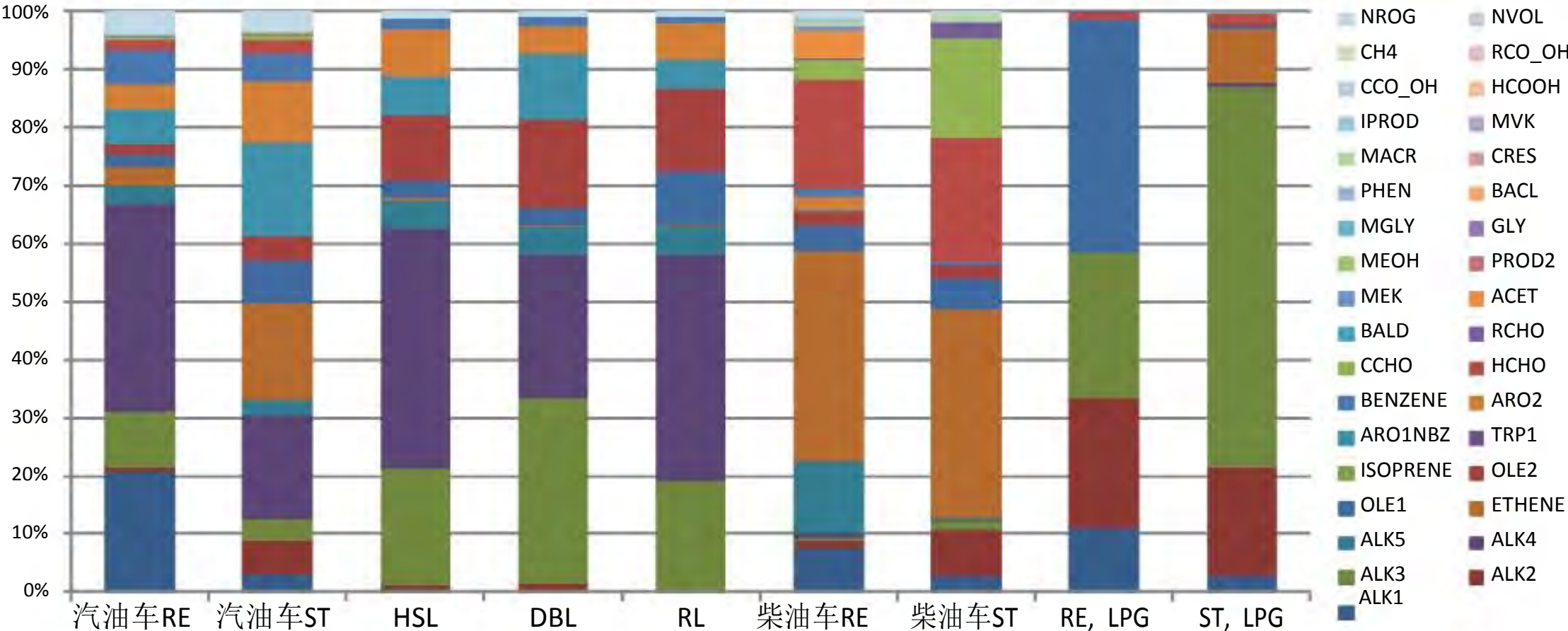
备注: 重量等级 排放因子包括车重



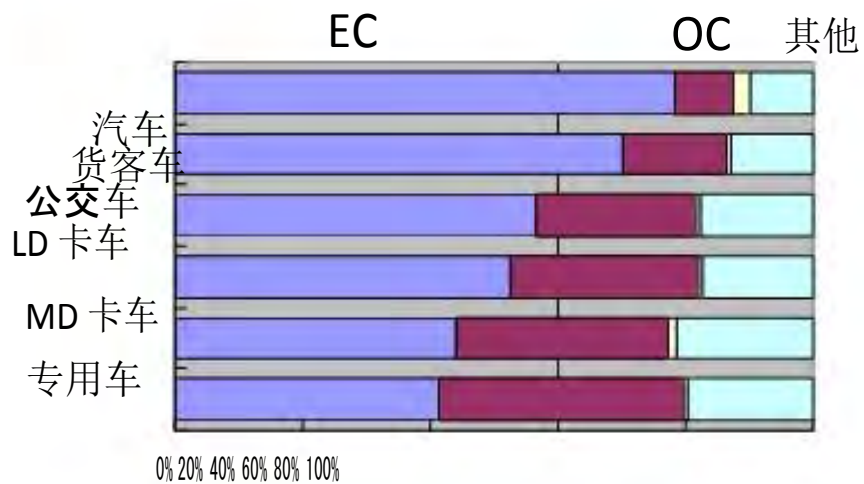
每种车型的车流量根据汽车保有率进行具体分类, 依据每年行驶英里数进行调整

# 汽车排放物组成成分VOC/PM/NOx

## VOCs



## PM

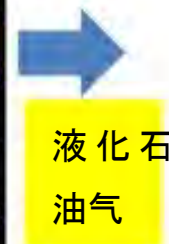


## NOx

	NO2 %	NO %
汽油车	2	98
柴油车 (安装新型短期牌照之前)	13	87
柴油车 (安装新型短期牌照之后)	44	56

# LPG (液化石油气) 汽车排放 ... 出租车

		车辆数		车流量		里程/年
微型乘用车		346,357	8.7%	1,973,613	4.9%	5,698
乘用车	私家车	2,753,949	69.2%	22,983,282	57.6%	8,346
	<b>出租车</b>	<b>59,836</b>	<b>1.5%</b>	<b>3,801,124</b>	<b>9.5%</b>	<b>63,526</b>
公交车		13341	0.3%	427,543	1.1%	45,639
微型卡车		308,465	7.8%	2,413,172	6.0%	7,823
小型卡车		305,612	7.7%	4,080,078	10.2%	38,522
卡车		122,681	3.1%	3,278,473	8.2%	53,545
专用车		66,717	1.7%	977,796	2.4%	14,656
总计		3,976,958	100%	39,935,081	100%	237,755



东京火车站前出租车出流量为40%

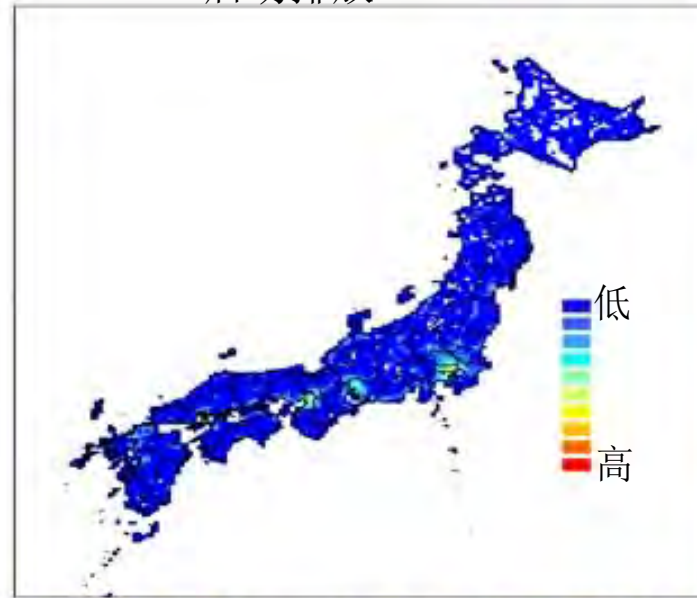
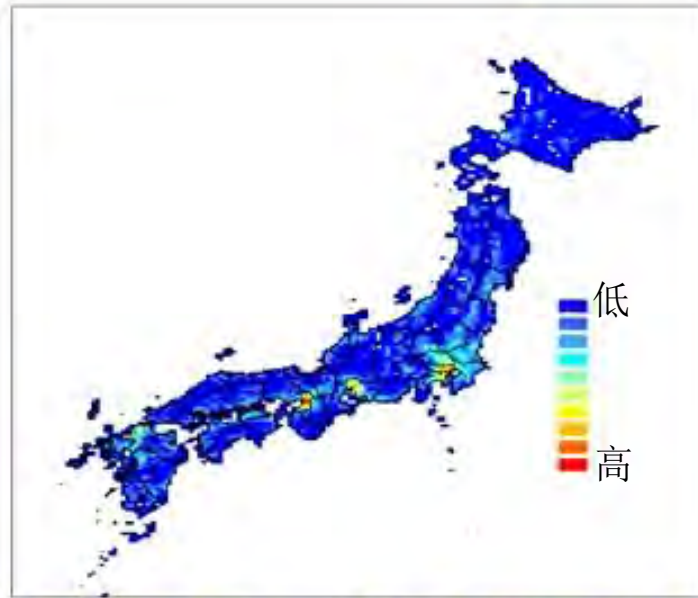
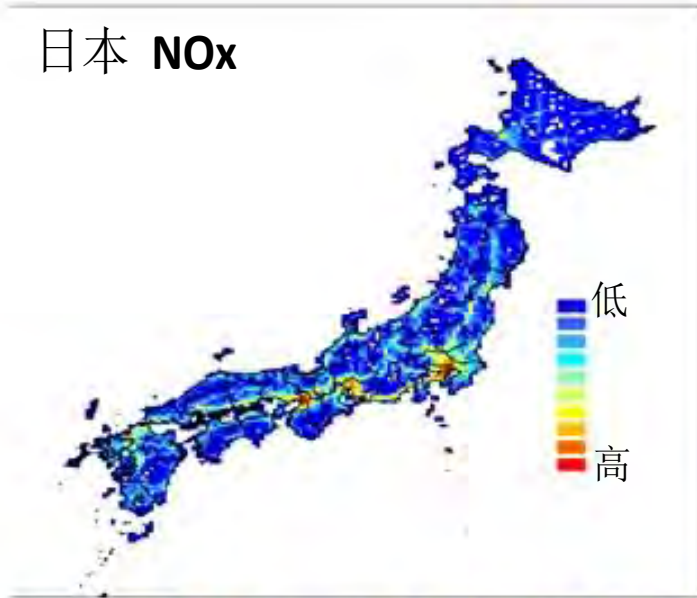
# 行驶车辆排放

主干道行驶排放

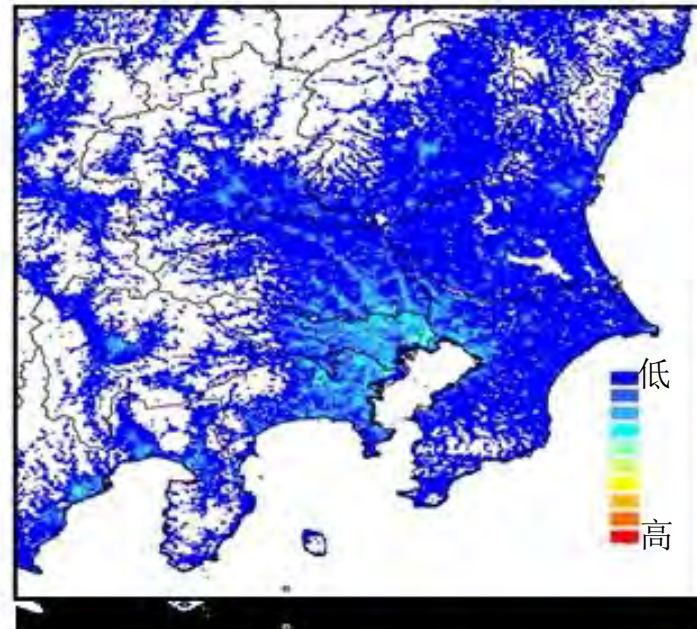
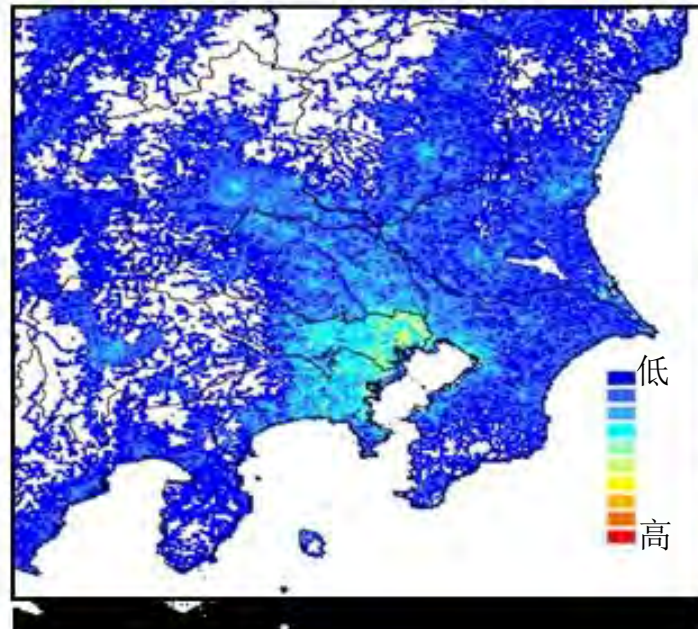
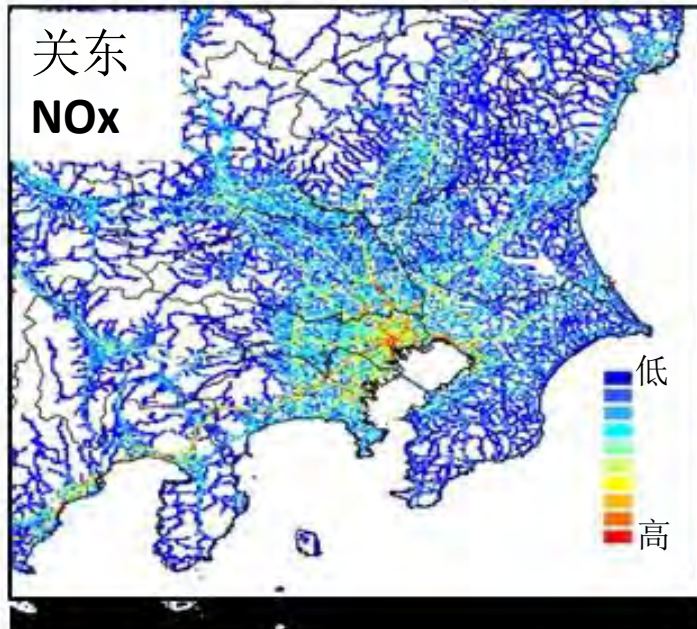
街道行驶排放

启动排放

日本 NOx



关东 NOx



# 轮船排放

$$Q_s = \sum_i \sum_j A_{ij} \times E_{Sij}$$

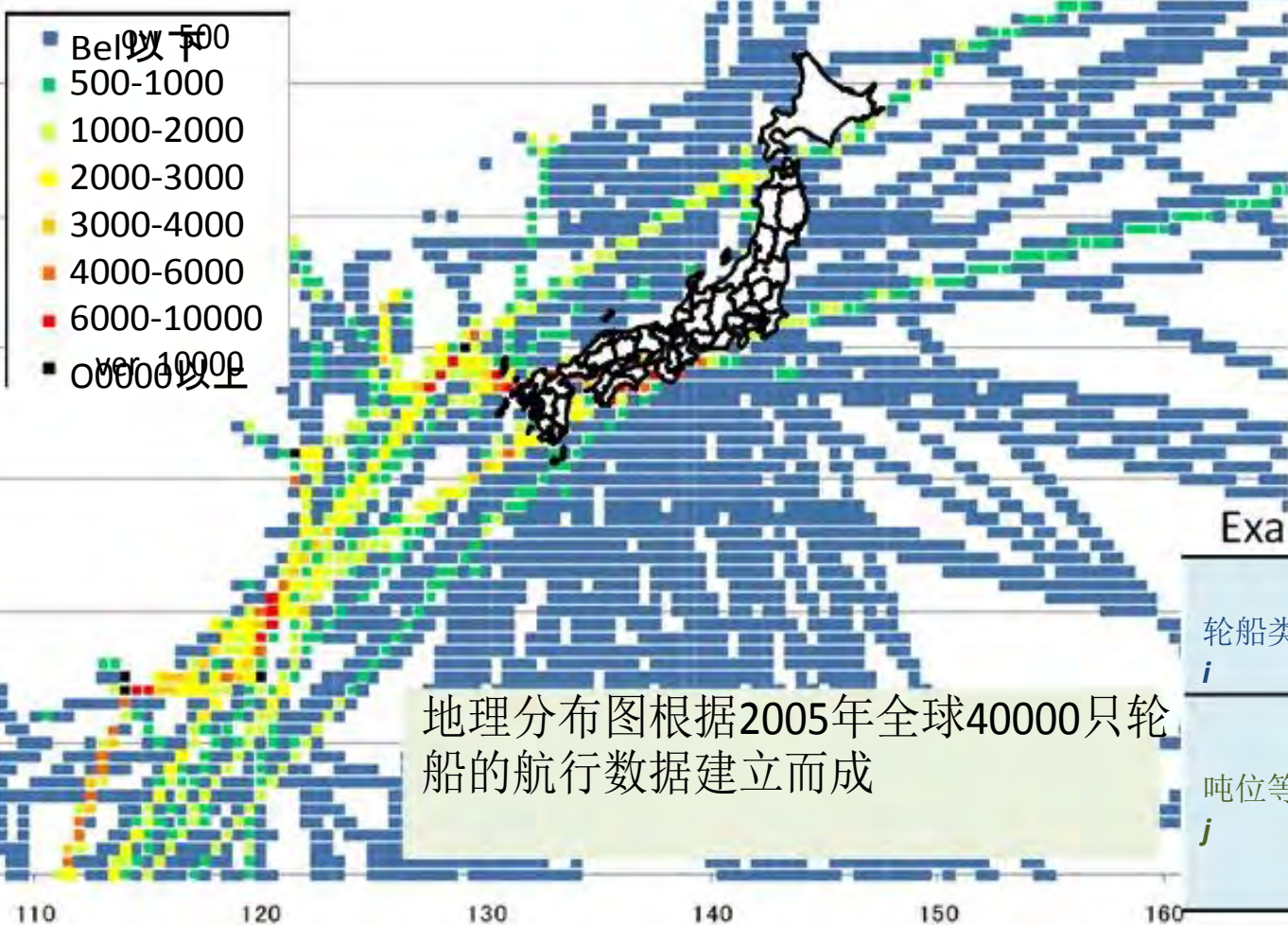
适用于： 远洋轮船，  
国内船只  
渔船（仅限国内）

Q<sub>s</sub>: 污染物S排放量 (kg/hr)

A<sub>ij</sub>: 轮船类型*i*与吨位等级*j*的轮船耗油量 (t-燃料/小时) 或 (kWh)

E<sub>Sij</sub>: 轮船类型*i*、吨位等级*j*、燃油类型*m*的轮船污染物S的排放因子 (kg/t-furl) 或 (kg/kWh)

## 轮船SO<sub>2</sub> 排放



- ✓ 通过自下而上的方式评估每种轮船的耗油量和吨位等级，根据全国能耗总量自上而下对消耗量和吨位等级进行调整
- ✓ 国产轮船的燃油类型是由轮船类型和吨位等级确定的

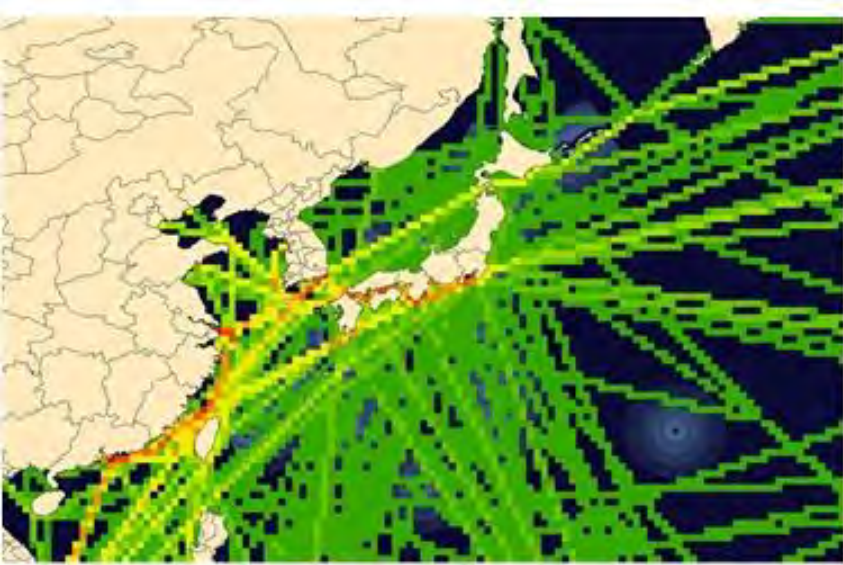
## 远洋轮船分类示例

轮船类型 <i>i</i>	运货船只、散装货船、汽车运输船、集装箱船 RO/RO轮船、油轮、渡船、油轮、联合货船、 LPG/LNG油轮		
吨位等级 <i>j</i>	0~100GT	100~200GT	200~500G
	500~1,000GT	1,000~2,000GT	2,000~5,000GT
	5,000~10,000GT	10,000~20,000GT	
	100,000~200,000GT	20,000~50,000GT	
		200,000GT~	

地理分布图根据2005年全球40000只轮船的航行数据建立而成

# 轮船行驶数据

用于未来研究



**全球轮船行驶数据：**  
 整个地区轮船行驶及型号有效数据  
 重现真实航行速度及路线难度很大

日本海上技术安全研究所（NMRI）轮船排放数据

**AIS（自动识别系统）数据：**

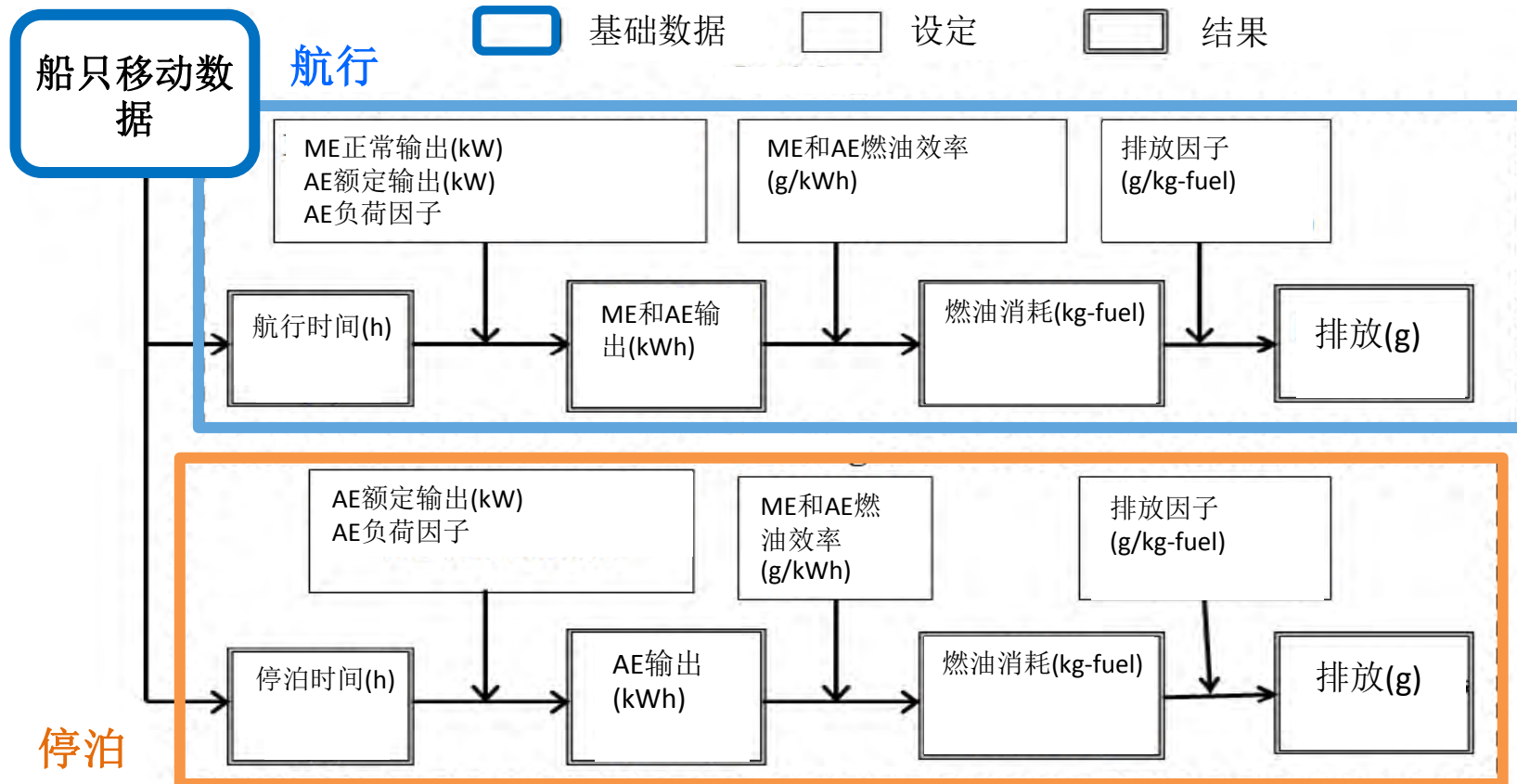
轮船有效信息（名称、位置、速度、方向和载货量等）  
 区域面积（50海里）和轮船吨位（国际轮船超过300GT，国内轮船超过 500GT）  
<http://www.marinetraffic.com>



<https://www.sof.or.jp/jp/report/pdf/ISBN978-4-88404-265-3.pdf>



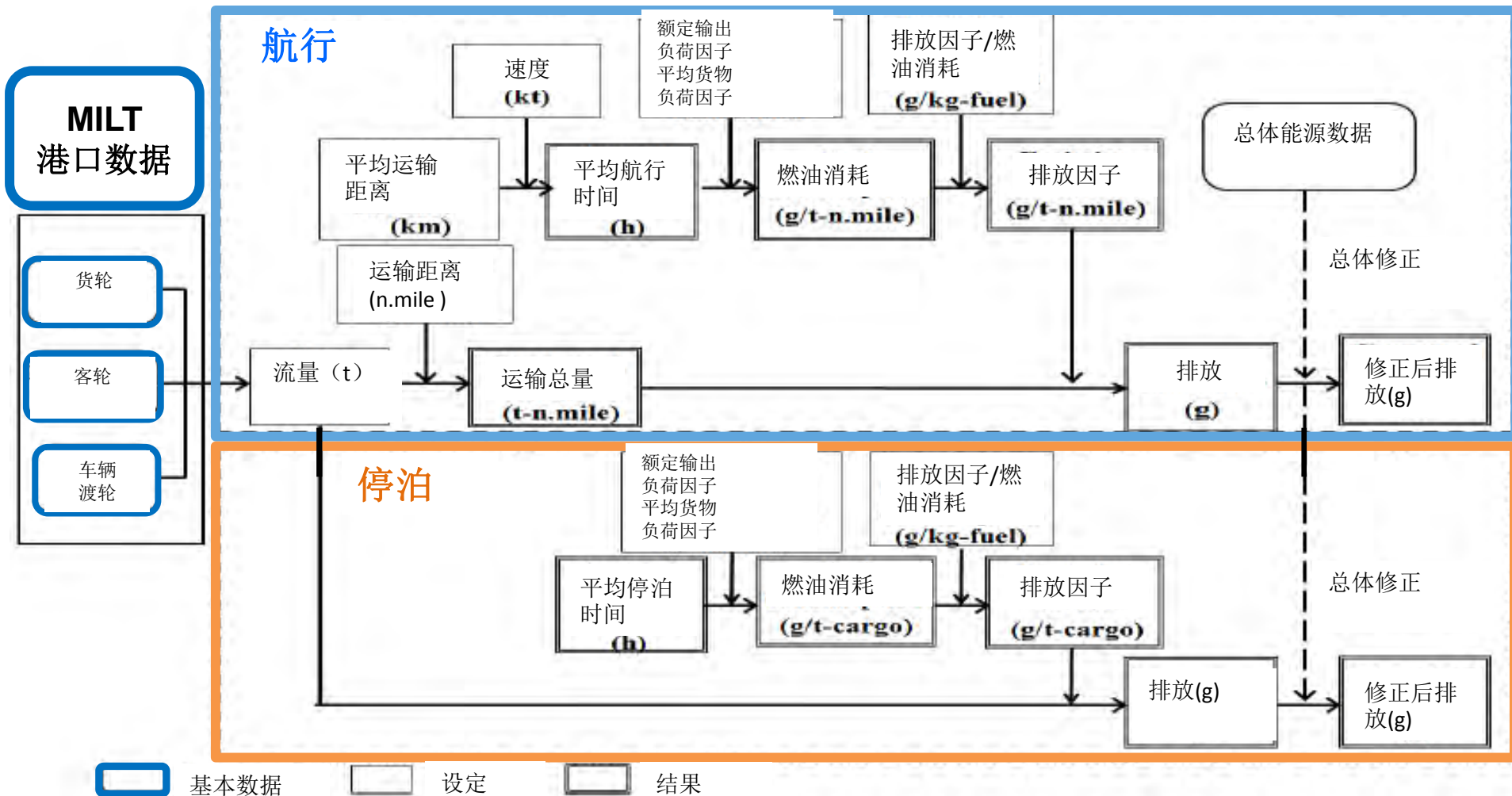
# 远洋船舶排放估算流程



ME: 主发动机, AE: 辅助发动机

- 将代表船只分为120组，每组90000艘船（10种船型x 12 G.T.）
- 计算每一艘船在5个航行区的正常主发动机输出，辅助发动机额定输出，负荷因子，燃料消耗。
- 得出每一次航行的排放因子和总排放量

# 沿岸船舶排放估算流程



- 用港口数据估计每一个港口/路线的81种货物类型的运输量
- 确定ME正常输出, AE额定输出, 航行、停泊时期的负荷因子
- 计算燃油消耗, 总排放



# 排放因子

发动机		NOx g/kwh *1	CO g/MJ *2	CH <sub>4</sub> g/MJ *2	NMVOC g/MJ *2	N <sub>2</sub> O g/MJ *2
柴油 发动 机	<130 rpm	17	0.18	0.007	0.052	0.002
	130 ~ 2000rpm	45 x rpm <sup>-0.2</sup>				
	>2000rpm	9.8				
锅炉		7	0.015	0.003	-	0.0003

\*1: IMO NOx 法规第I级别, 2000年前/后制造的远洋船舶, NOx 因子被定义为第I类或第I类加30%。2005年没有海岸船舶和渔轮被改造为第I类。

\*2: IPCC 指南

SO<sub>2</sub> 因子[g/kg-fuel]

$$= S[\%]/100 \times M_{SO_2}/M_S \times 10^3 - (0.267 \times S[\%] - 0.009)$$

PM 因子[g/Kwh] = 0.585 x S[%] + 0.281 (by Kurok et al.,)

M<sub>SO<sub>2</sub></sub> : SO<sub>2</sub>分子量=64, M<sub>S</sub>: S原子量=32

1. 简介
2. **排放**计算方法
  - 2.1 移动污染源
  - 2.2 **固定**污染源
  - 2.3 天然污染源
3. 计算结果
4. 总结及其他问题

# “G-BEAMS\*” 排放清单框架图

## 数据库

### 活动量数据

- 能量统计
- 行业手册
- 志愿行动计划等

### 排放因子

- 空气污染排放综合性调查
- 排放因子数据手册
- 行业价值
- 管理调查等

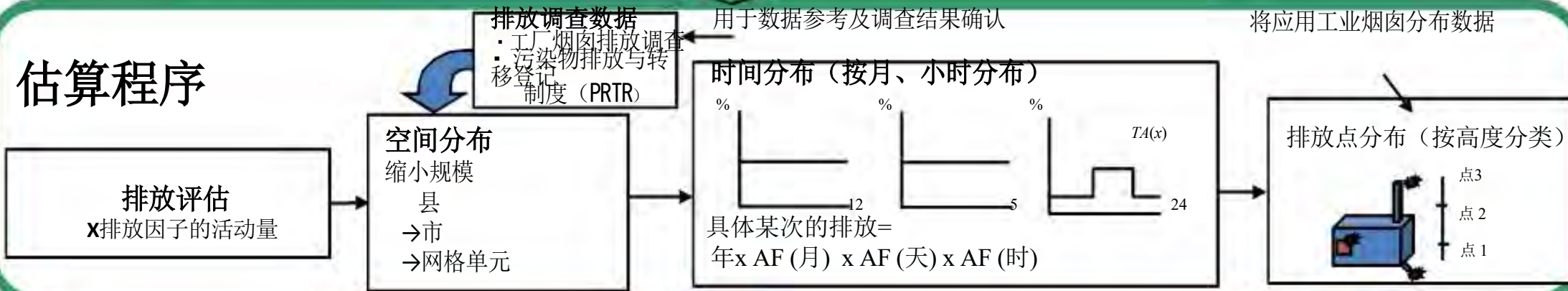
### 空间分布系数

- 人口数量
- 制造商品的运货量
- 员工数量
- 土地使用形式等

### 时间分布系数

基于假设的活动形式（部分统计数据为月度数据）

## 估算程序



## 整合数据并审核调查结果

### 整合评估

- 根据污染物类型数据进行整合
- 通过GIS等方式进行结果审核

文件输出

空气质量模型输入数据

\* GBEAMS: 以地理参考为基础的排放活动模型系统

G-BEAMS管理各种数据，进行排放评估并为空气质量模型（AQM）提供地理及时间分布图

# 大型污染源 -1

《大气污染防治法》每年将对220,000处大型污染源的NOx, SOx, TSP等有害气体排放进行监测检查



排放量  
耗油量



通过燃料类型、产业类型、污染再处理计算排放因子 ...



烟囱属性



烟囱的长短分布取决于行业本身

a产业和b油型的污染物排放量  $Q_{ab}(kg)$  计算公式如下

$$Q_{ab} = E_{ab} \cdot M_{ab}$$

$E_{ab}$  : a产业b油型的排放因素 (kg/耗油量)  
 $M_{ab}$  : a产业b油型的耗油量 (耗油量)

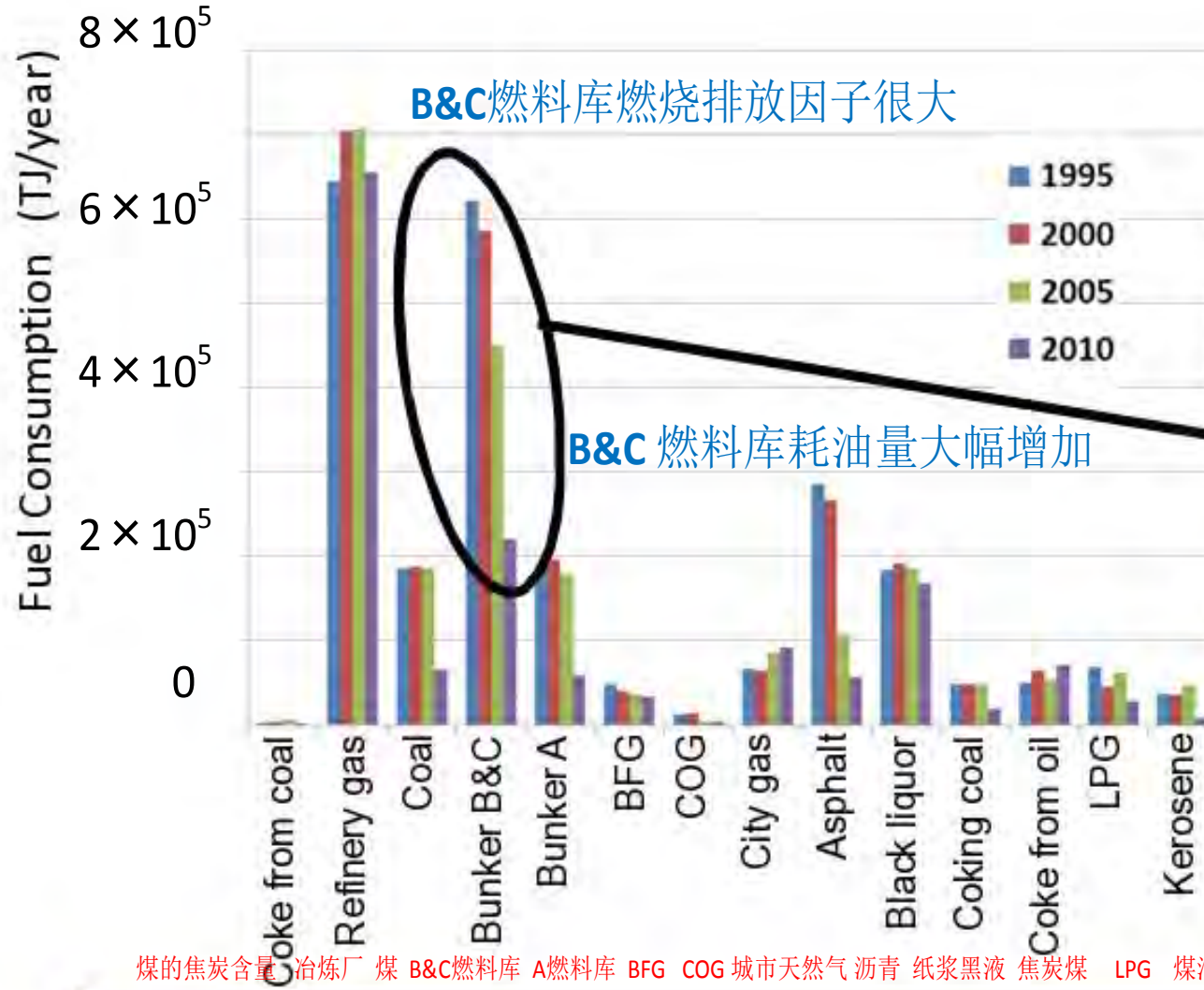
CO、THC、NH<sub>3</sub>等物质的排放因子主要来源于EMEP和/或AP-42 G-BEAMS数据管理及地理分布信息

考虑每个产业不同燃料类型的时间分布和烟囱属性

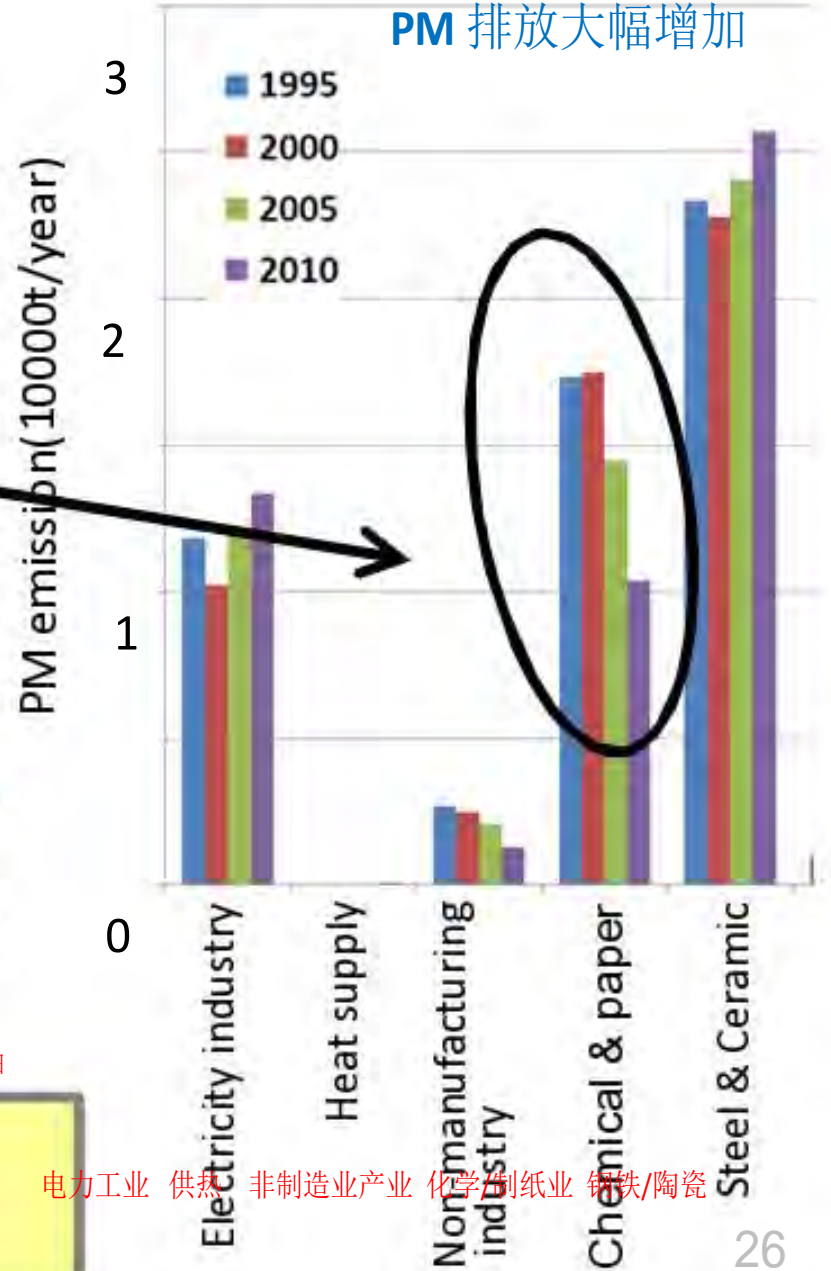
发电厂

理想情况下，空气质量模型（AQM）会将每个烟囱的排放数据作为参考，但考虑到数据使用、数据质量和烟囱数量，我们在建立G-BEAMS模型系统时会选择由上至下法（宏观法）

化学及纸制工业耗油量 耗油量 (TJ/年)



工业PM排放 (PM排放 (10000t/年))



煤的焦炭含量 冶炼厂 煤 B&C燃料库 A燃料库 BFG COG 城市天然气 沥青 纸浆黑液 焦炭煤 LPG 煤油

电力工业 供热 非制造业产业 化学/造纸业 钢铁/陶瓷

利用排放因子及活动数据能够计算出每个行业的排放变化