



# 上海市船舶及港口大气污染物 排放清单研究



上海市环境监测中心

上海市环境科学研究院 复旦大学

2014年2月27日

# 主要内容

---

## ■ 研究背景

---

## ■ 内容与方法

---

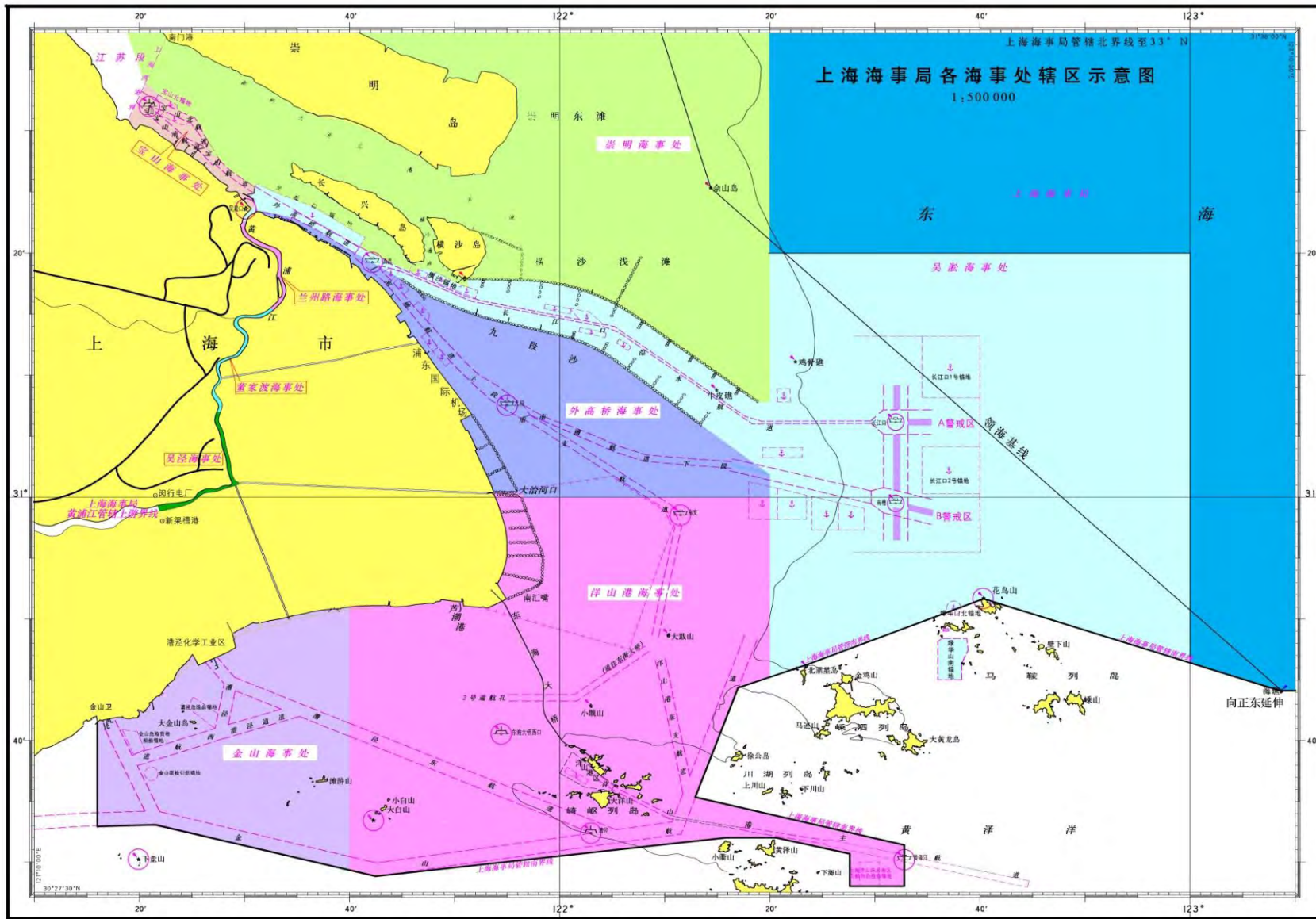
## ■ 研究结果

---

## ■ 主要结论

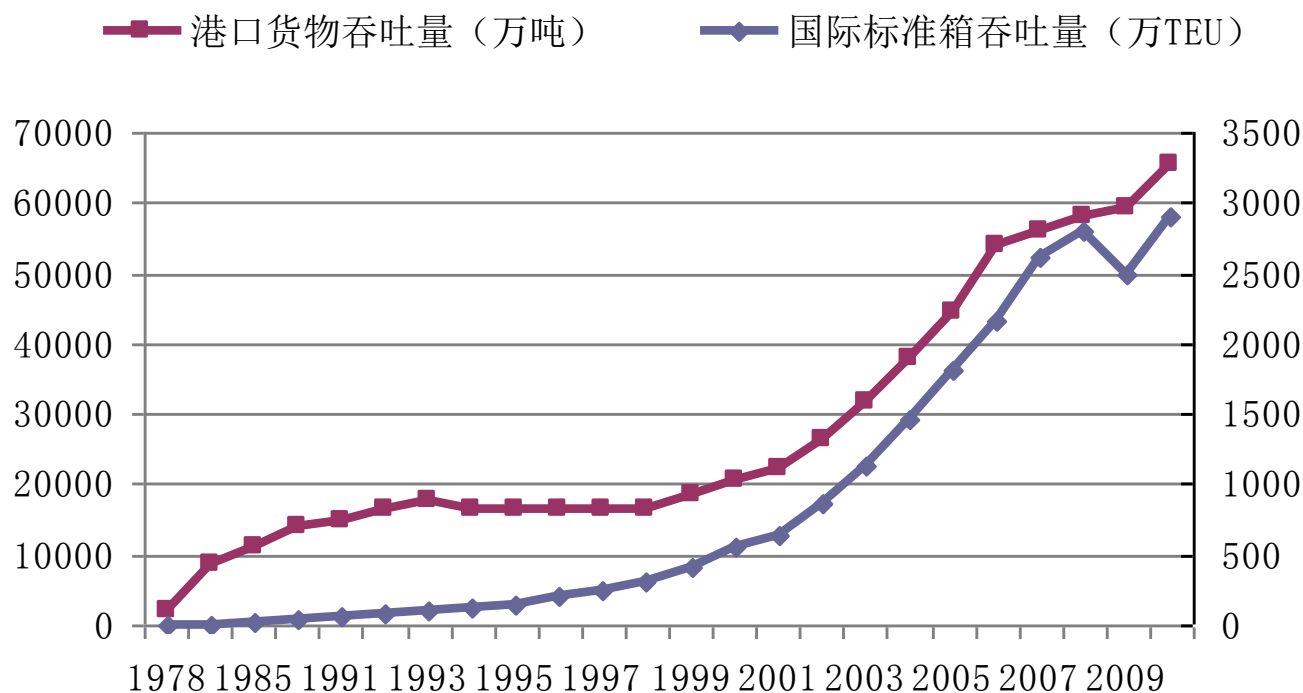
---

## 上海港总体情况



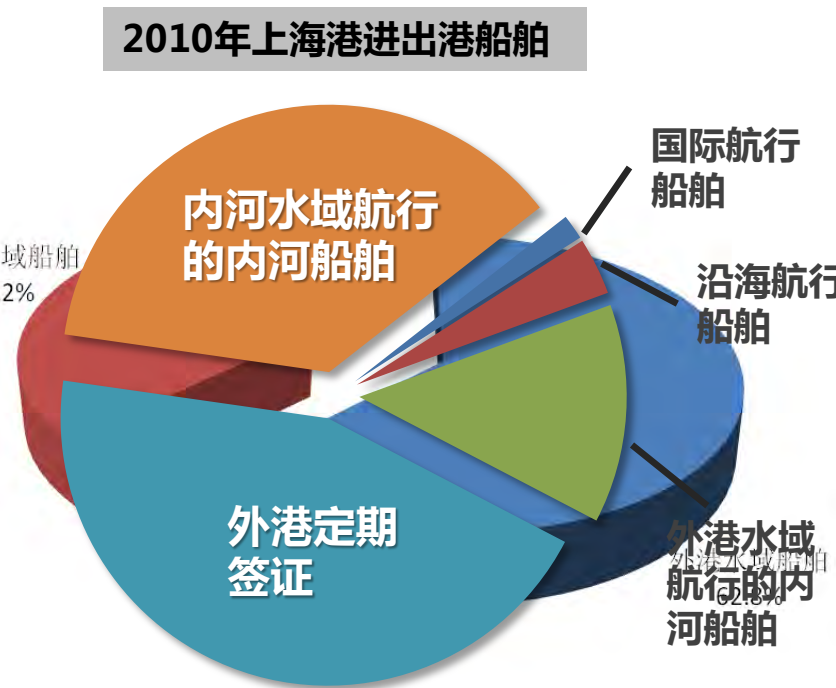
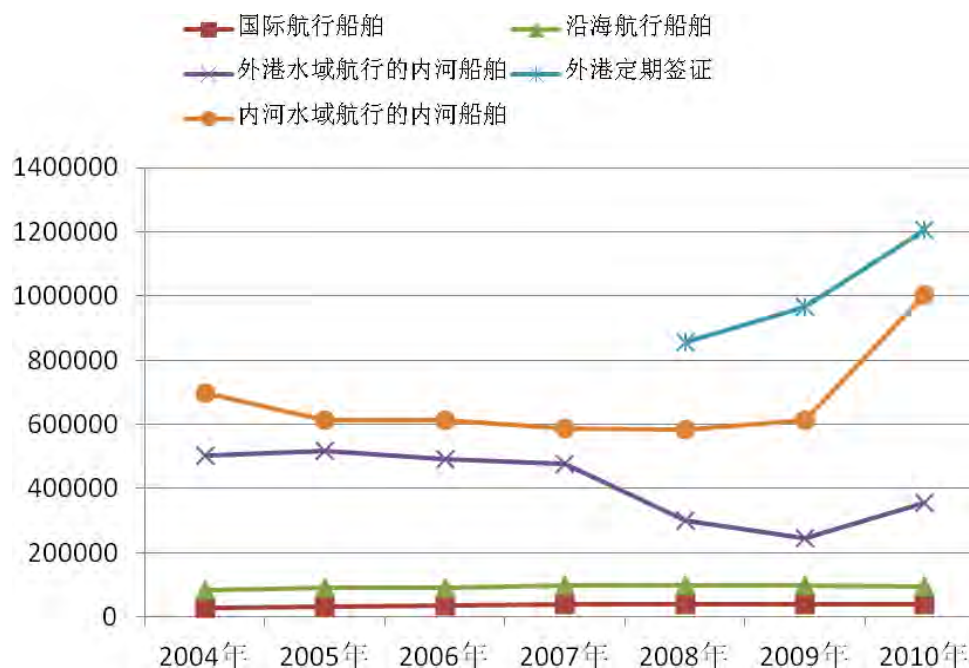
# 上海港总体情况

- 上海港2010年完成集装箱吞吐量**2906.9万TEU**，同比增**16.3%**，首次超越新加坡，排名**世界第一**。  
2012年上海港货物吞吐量为7.36亿吨，集装箱吞吐量报3252.9万TEU，两者均保持世界第一位置。



# 进出港船舶构成

- 2010年上海港进出港船舶共计270余万艘次，2012年为260余万艘次。
- 内河航运逐步萎缩，但2012年外港船舶进出港艘次较2010年增加19.6%。



# 法律法规

| 法律法规                            | 颁布机构           | 时间    | 备注                                                |
|---------------------------------|----------------|-------|---------------------------------------------------|
| 《中华人民共和国大气污染防治法》                | 全国人大常委会        | 2000年 | 明确对船舶造成大气污染实施监督管理的执法主体是国家港务监督部门。                  |
| 《中华人民共和国海洋环境保护法》                | 全国人大常委会        | 1999年 | 企业应当优先使用清洁能源，采用资源利用率高、污染物排放量少的清洁生产工艺。             |
| 《防治船舶污染海洋环境管理条例》                | 国务院            | 2009年 | 认定了船舶所有人、经营人或者管理人对建立防治船舶污染管理体系的责任。                |
| 《中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染海洋环境防治管理规定》 | 交通运输部令2010年第7号 | 2010年 | 对国务院交通运输主管部门、国家海事管理机构和各级海事管理机构的职权进行明细。            |
| 《中华人民共和国防治船舶污染内河水域环境管理规定》       | 交通部令2005年第11号  | 2005年 | 船舶动力装置运转产生的废气以及船上产生的挥发性有机化合物，不得超过国家和地方规定的标准向大气排放。 |
| 《中华人民共和国海上海事行政处罚规定》             | 交通部令2003年第8号   | 2003年 | 制定了对船舶造成大气污染行为的处罚规定。                              |
| 《上海市实施〈中华人民共和国大气污染防治法〉办法》       | 上海市人大常委会       | 2001年 | 禁止生产、进口、销售和使用不符合国家标化的车船用燃料。                       |

# 规范性文件

| 法律法规                                      | 颁布机构  | 时间           | 备注                                           |
|-------------------------------------------|-------|--------------|----------------------------------------------|
| 《关于实施〈中华人民共和国船舶及其有关作业活动污染洋环境管理规定〉有关事项的通知》 | 中国海事局 | 2011年1月28日颁布 | 对污染危害性货物申报、散装液体污染危害性货物水上过驳、船用油料供受作业等作出了具体规定。 |
| 《防治船舶污染海洋环境能力专项验收实施细则》                    | 中国海事局 | 2011年6月13日颁布 | 海事管理机构依据管理职责对防治船舶污染海洋环境能力专项验收工作实行统一管理、分级负责。  |

从现有法律、法规规定来看，有关船舶废气排放控制的规定散布在不同的法律、法规之中，而且较为原则，缺乏专门的、系统的管理规定，无法满足船舶废气排放控制管理需求。

# 船检规范和技术标准现状

| 船舶种类   |      | 适用范围                      | 强制性技术标准                     | 控制要求                                                                        |
|--------|------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 国际航行船舶 |      | 所有国际航行船舶                  | MARPOL公约附则VI的2008年修正案       | 消耗臭氧物质；氮氧化物（NO <sub>x</sub> ）；硫氧化物（SO <sub>x</sub> ）；挥发性有机化合物；船上焚烧；燃油的供应和质量 |
| 国内航行船舶 | 海船   | 2008年9月1日或以后建造的所有国内航行海船   | 《国内航行海船法定检验技术规则（2008年修改通报）》 | 同原MARPOL公约附则VI                                                              |
|        | 内河船舶 | 2008年3月1日及以后建造的航行于三峡库区的船舶 | 《内河船舶法定检验技术规则（2008年修改通报）》   | 消耗臭氧物质、氮氧化物（NO <sub>x</sub> ）                                               |

- 目前我国国内航行船舶的废气排放控制标准十分欠缺，远远落后于国际公约标准，尤其对于大量的2008年以前建造的国内航行船舶，其废气排放实际上处于“无标可依”的失控状态。

# 主要内容

---

■ 研究背景

---

■ 内容与方法

---

■ 研究结果

---

■ 主要结论

---

# 研究内容

- 进出港船舶的大气污染物排放总量及空间分布
- 港区的大气污染物排放量及空间分布
- 上海港口船舶的大气污染物排放控制对策



# 港口船舶大气排放污染源识别



船舶航行  
排放污染



船舶停靠  
排放污染

包括了液散码头  
VOCs的排放



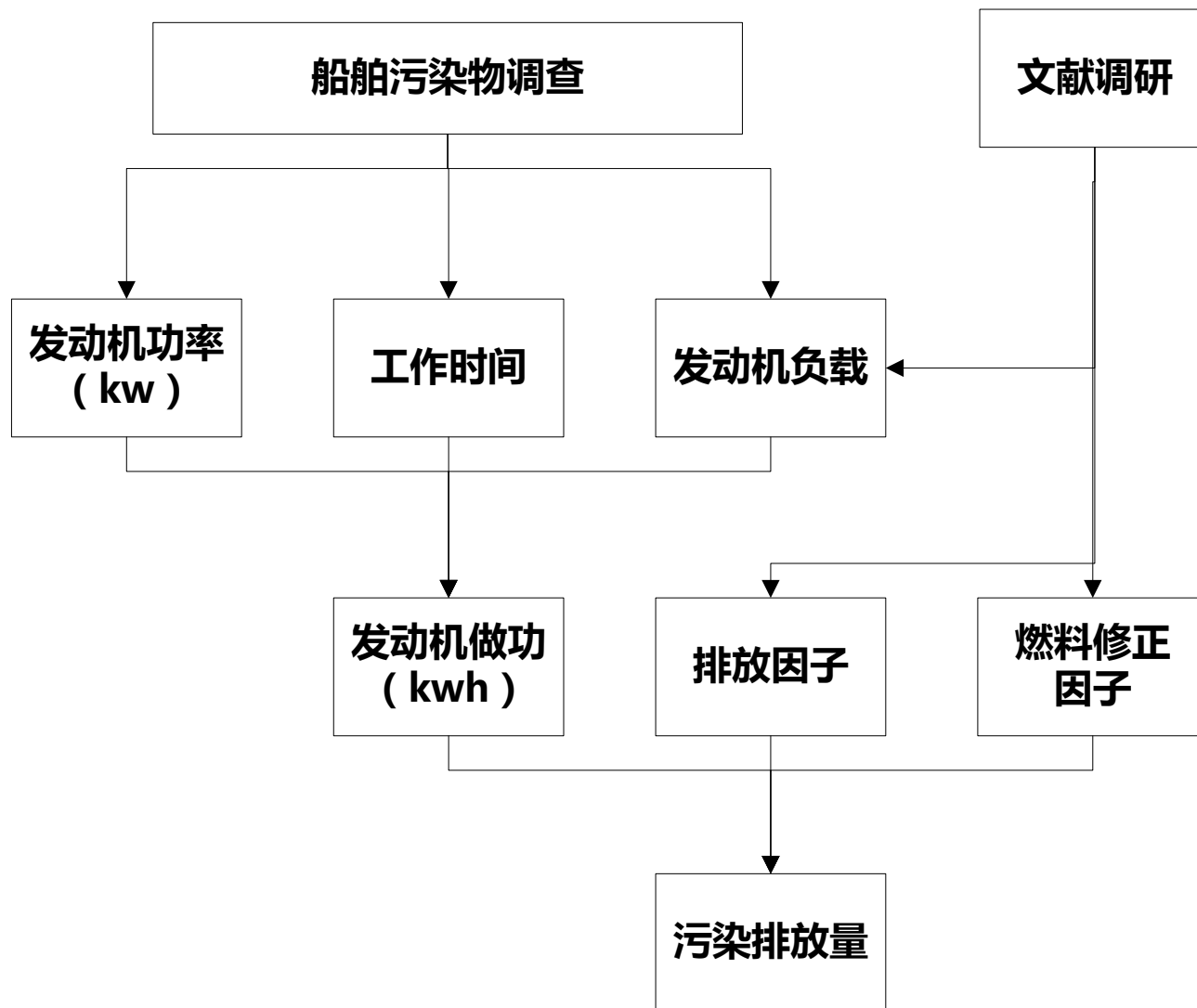
集疏运车辆  
尾气污染



港作机械  
排放污染

上海港  
大气污染

# 船舶大气污染物排放计算方法



# 船舶大气污染物排放计算方法

计算公式： $W = MCR \times LF \times Act$

$W$  = 船舶所做的功（千瓦时； $kw \cdot h$ ）

$MCR$  = 发动机额定功率

$LF$  = 负载因子（平均负荷与最大负荷的比值）

$Act$  = 工作时间

$$E = W \times EF \times FCF \times CF \times 10^{-6}$$

$E$  = 排放量（吨/年； $t/year$ ）

$EF$  = 排放因子（克/千瓦时； $g/kw \cdot h$ ）

$FCF$  = 燃料修正因子

$CF$  = 排放控制因子（使用了减排措施后的变化）

# 港作机械大气污染物排放计算方法

燃料法计算公式： $I = EF \times C \times 10^{-6}$

I为某种污染物排放量（吨/年）

EF为该污染物的排放因子（克/升）

C非道路移动机械总燃油耗量（升/年）

动力法计算公式： $E = Power \times Act \times LF \times EF \times FCF \times CF$

E = 排放量（吨/年）

Power = 发动机功率（kw）

Act = 设备运行时间（小时/年）

LF = 负荷因子

EF = 排放因子(g/kwh)

FCF = 燃料修正因子

CF = 排放控制因子

# 集疏运车辆大气污染物排放计算方法

## 通过IVE Model估算港区集疏运车辆大气污染物排放量

IVE Model 2.0

文件 语言

全球机动车排放模型

计算

工况

车队

基础排放因子校正

工况

PC Residential Shanghai 2004

日

月

年

08

六月

2004

车队

Shanghai Passenger Car 2004

星期

海拔

星期一

20.0 米

基本校正系数

无基本排放因子校正文件

检查/编辑制度

无

27°C (80°F) 时空开关比例

道路坡度

80.0 %

0.0 %

燃油品质

汽油

柴油

概况

中等/预混合

概况

中等

含硫量(S)

中等(300ppm)

含硫量(S)

中等(500ppm)

含铅量(Pb)

无

含苯量

中等(1.5%)

氧化率

0%

小时

15:00

使用该小时

行驶特征

行驶距离/行驶时间

启动次数

温度

湿度

40.0 %

32.0 摄氏

642829.0 公里

53641.0

1组

2组

|          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 比功率单元 0  | 比功率单元 1  | 比功率单元 2  | 比功率单元 3  | 比功率单元 4  | 比功率单元 5  | 比功率单元 6  | 比功率单元 7  | 比功率单元 8  | 比功率单元 9  |
|          |          |          |          |          |          | 0.06     | 0.12     | 0.55     | 3.18     |
| 比功率单元 10 | 比功率单元 11 | 比功率单元 12 | 比功率单元 13 | 比功率单元 14 | 比功率单元 15 | 比功率单元 16 | 比功率单元 17 | 比功率单元 18 | 比功率单元 19 |
| 9.46     | 52.11    | 18.91    | 10.5     | 3.59     | 0.84     | 0.23     | 0.06     |          |          |
| 比功率单元 20 | 比功率单元 21 | 比功率单元 22 | 比功率单元 23 | 比功率单元 24 | 比功率单元 25 | 比功率单元 26 | 比功率单元 27 | 比功率单元 28 | 比功率单元 29 |
|          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 比功率单元 30 | 比功率单元 31 | 比功率单元 32 | 比功率单元 33 | 比功率单元 34 | 比功率单元 35 | 比功率单元 36 | 比功率单元 37 | 比功率单元 38 | 比功率单元 39 |
|          |          |          |          |          | 0.03     | 0.35     | 0.03     |          |          |
| 比功率单元 40 | 比功率单元 41 | 比功率单元 42 | 比功率单元 43 | 比功率单元 44 | 比功率单元 45 | 比功率单元 46 | 比功率单元 47 | 比功率单元 48 | 比功率单元 49 |
|          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 比功率单元 50 | 比功率单元 51 | 比功率单元 52 | 比功率单元 53 | 比功率单元 54 | 比功率单元 55 | 比功率单元 56 | 比功率单元 57 | 比功率单元 58 | 比功率单元 59 |
|          |          |          |          |          |          |          |          |          |          |
| 15 分钟    | 30 分钟    | 1 小时     | 2 小时     | 3 小时     | 4 小时     | 6 小时     | 8 小时     | 12 小时    | 15 小时    |
| 22.2     | 10.5     | 18.5     | 15.4     | 8.6      | 4.9      | 4.3      | 6.2      | 3.7      | 5.6      |

平均速度

19.9 公里/小时

共计

100.02 %

机动车比功率分布

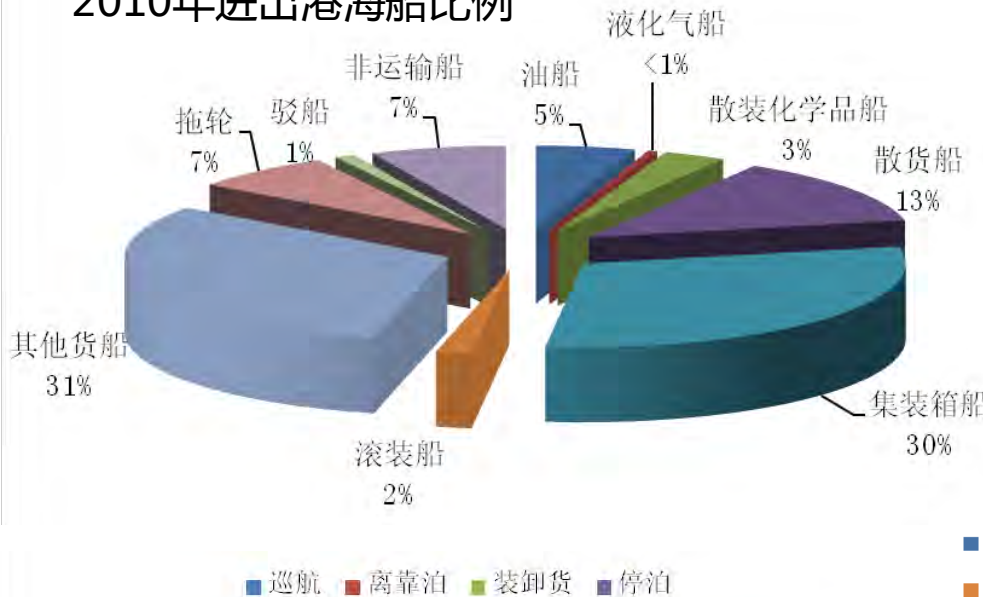
共计

99.9 %

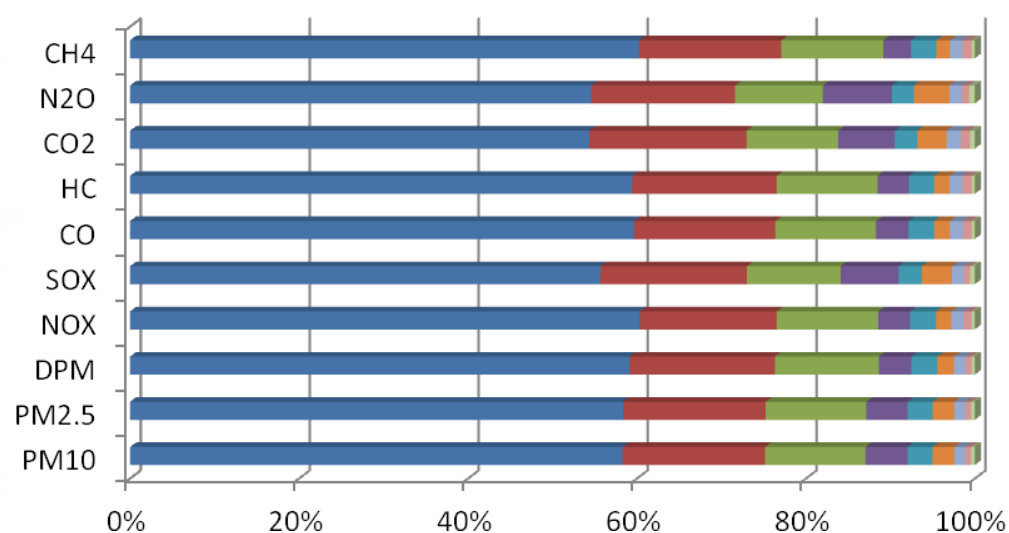
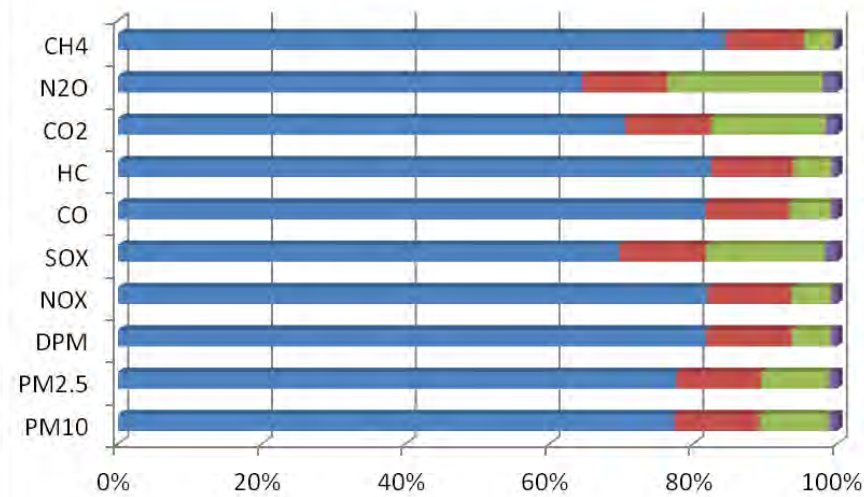
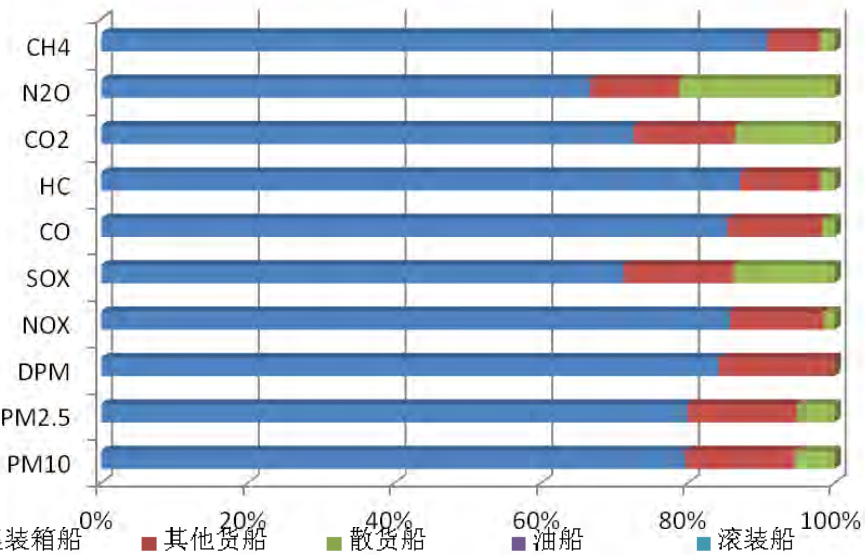
热滞时间分布

# 远洋船排放清单

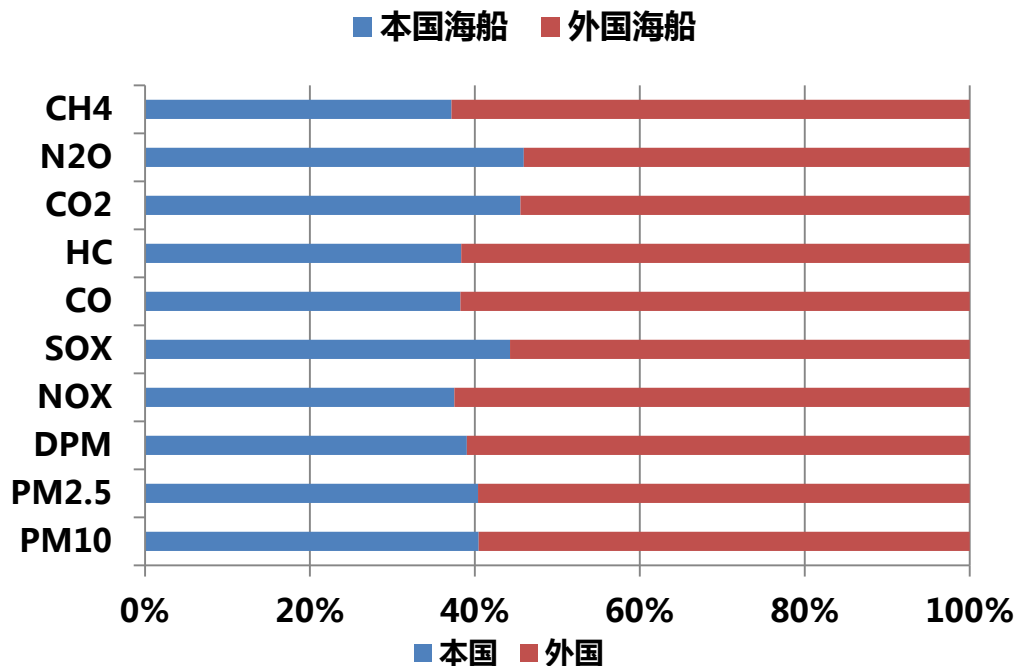
2010年进出港海船比例



主机 辅机 锅炉



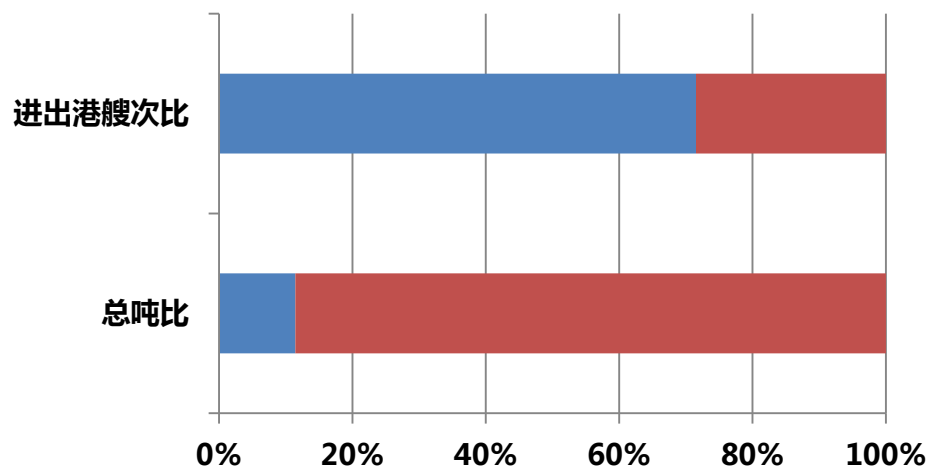
# 本国与外国远洋船排放分担率



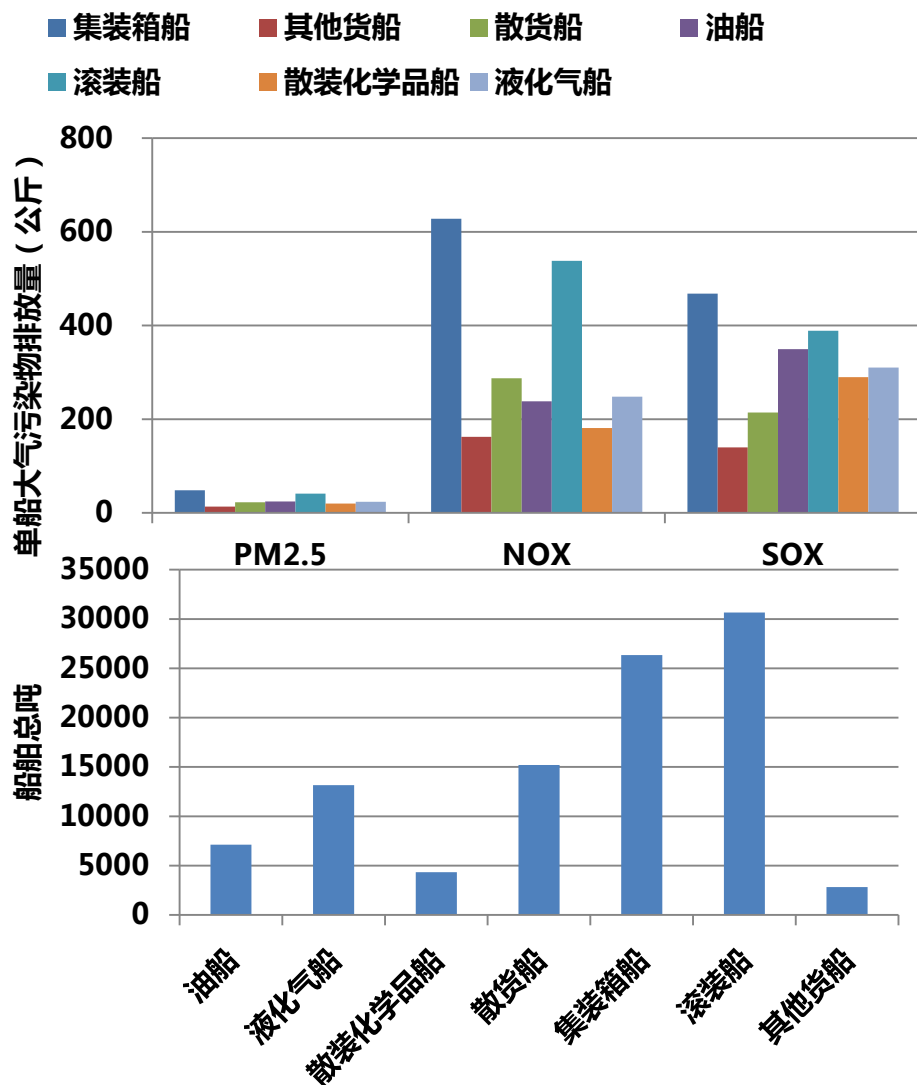
□ 本国海船与外国海船各项  
大气污染物排放比例约为  
2:3

□ 本国海船与外国海船进出  
港比例约为2.5:1

□ 本国海船与外国海船总吨  
比约为1:7.7



# 滚装船单船大气污染物排放



- 滚装船单船大气污染物排放在主要船舶类型中排名仅次于集装箱船；
- 滚装船在各类船舶平均总吨中位列第一；
- 滚装船（包括邮轮）在停靠港期间排放较多。

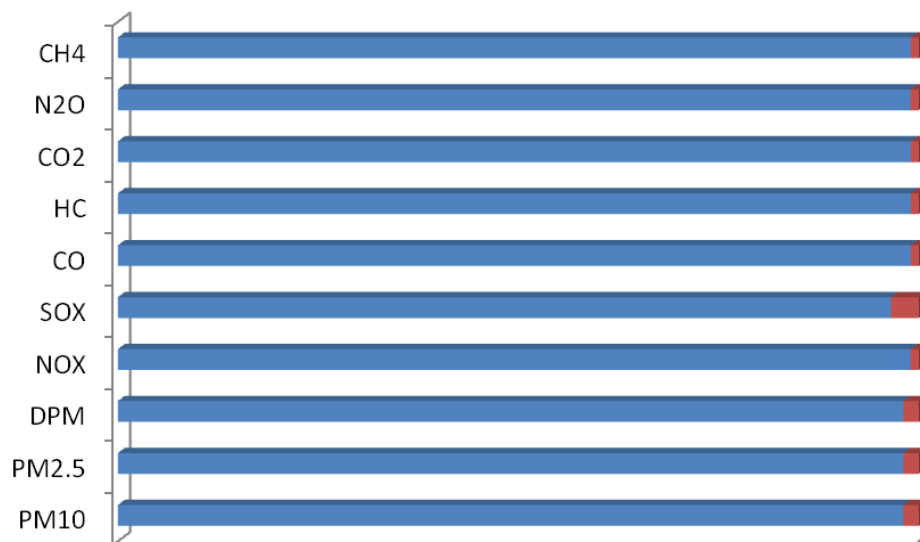
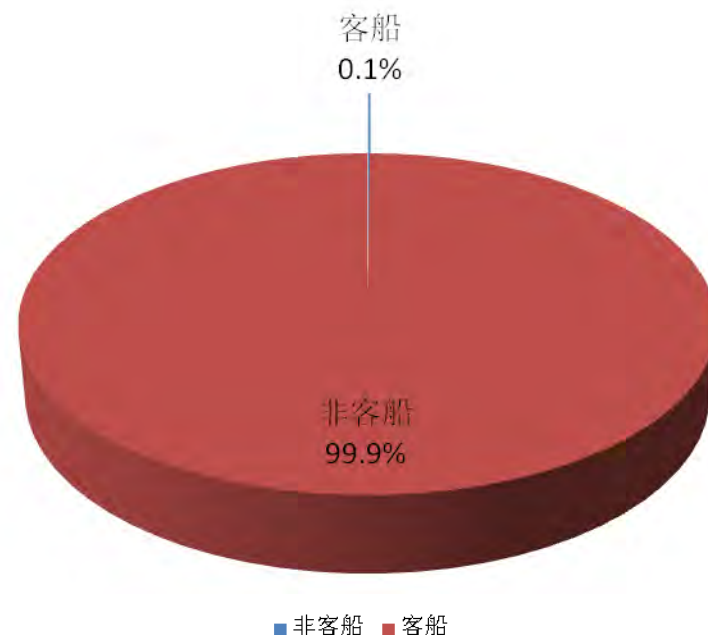
# 内河水域航行的内河船舶排清单

## 2010年内河水域航行的内河船舶共排放

- $PM_{10}$  : 6%
- $PM_{2.5}$  : 6%
- DPM : 6%
- $NO_x$  : 18%
- $SO_x$  : 2%
- CO : 17%
- HC : 18%

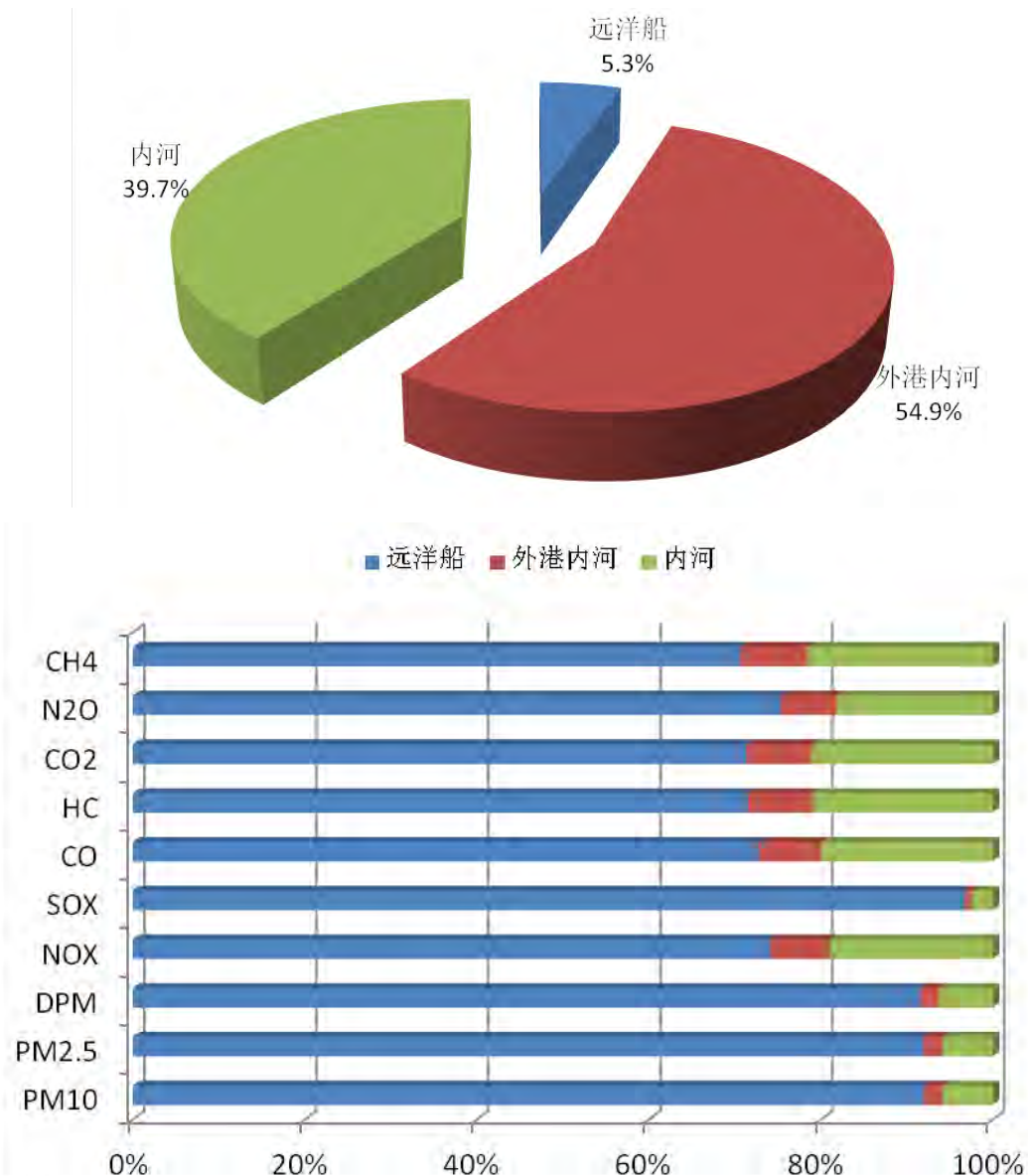
## 排放温室气体

- $CO_2$  : 21%
- $N_2O$  : 18%
- $CH_4$  : 22%



# 上海港船舶大气污染物排放清单—合计

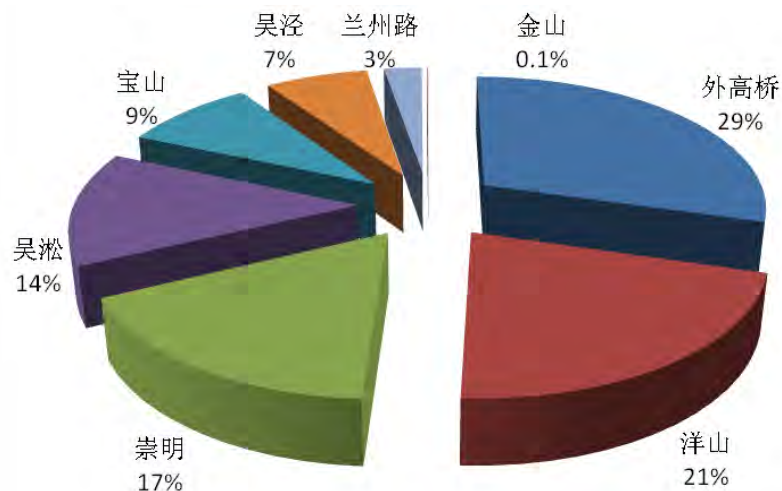
- 占进出港船舶总数5.3%的远洋船，在所有船舶的排放中其排放分担率超过70%。
- 远洋船中分为外贸轮和沿海船舶，两者排放分担率相当。
- 由于沿海船舶排放法规的缺失，其对大气造成的污染可能更为严重。



# 港作机械大气污染物排放清单Off-road EI

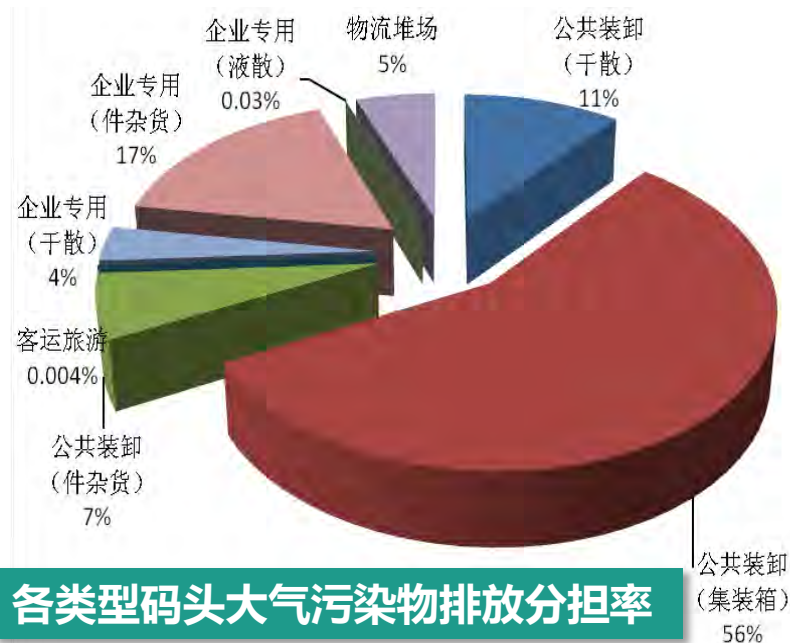
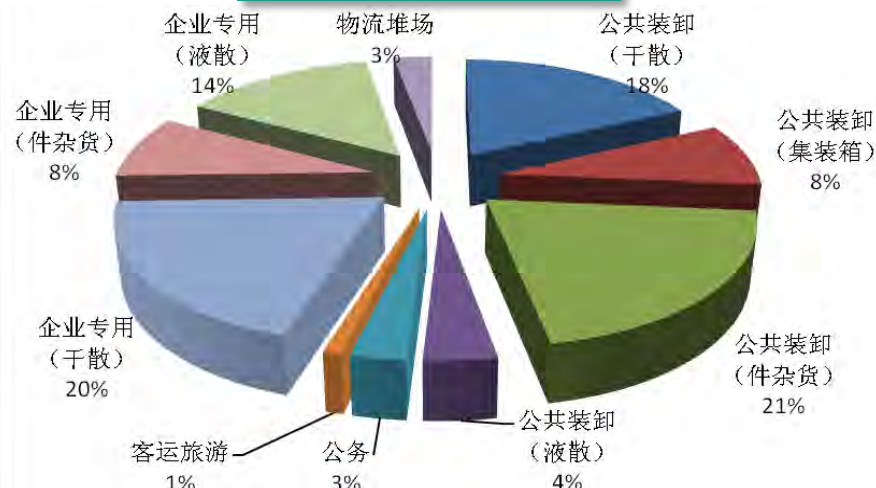
## 2010年外港的57家主要码头单位的港作机械共排放

- $\text{NO}_x$  : 5%
- VOCs : 15%
- CO : 14%
- $\text{PM}_{2.5}$  : 3%
- $\text{SO}_2$  : < 1%



各海事处水域码头大气污染物排放比例

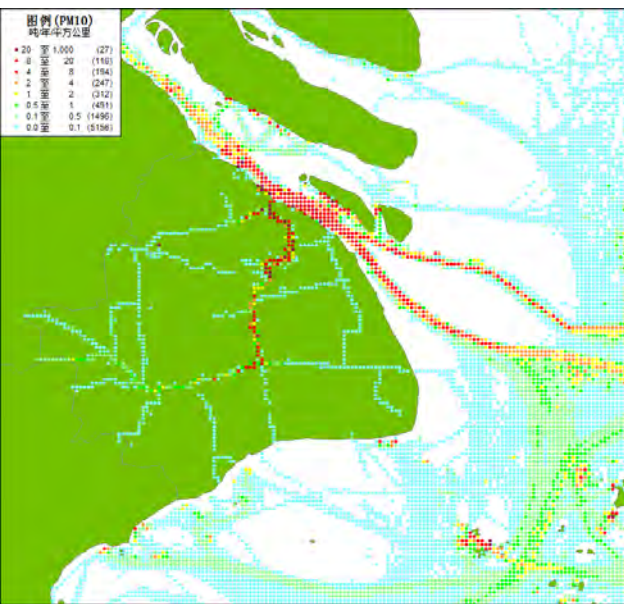
## 调查码头单位比例



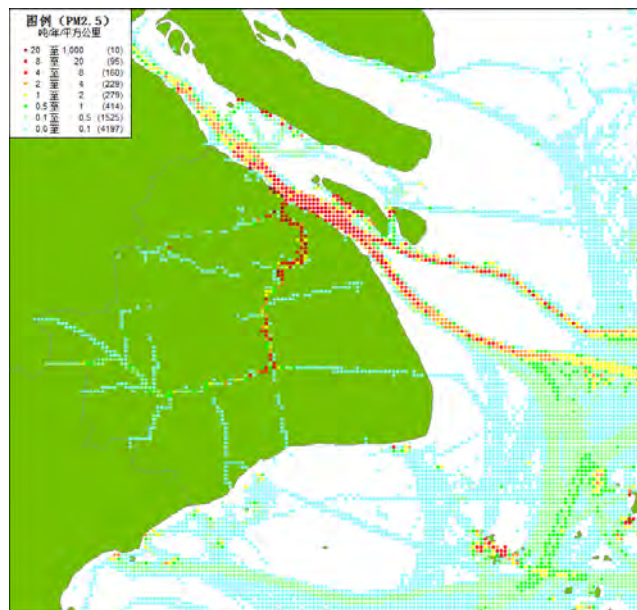
各类型码头大气污染物排放分担率

# 船舶及港口大气污染物排放的空间分布

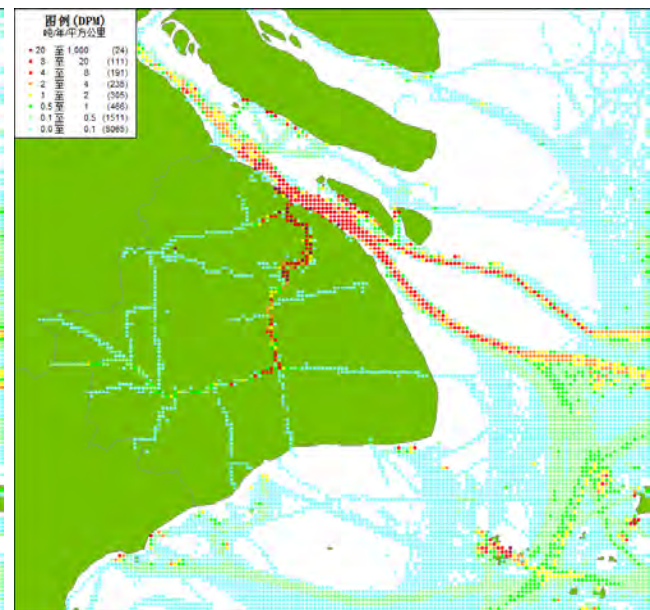
利用船舶自动识别系统 ( Automatic Identification System , 简称 AIS ) 中的船舶航线信息 , 获得主要航道中大气污染物排放量的路径分布



PM<sub>10</sub>

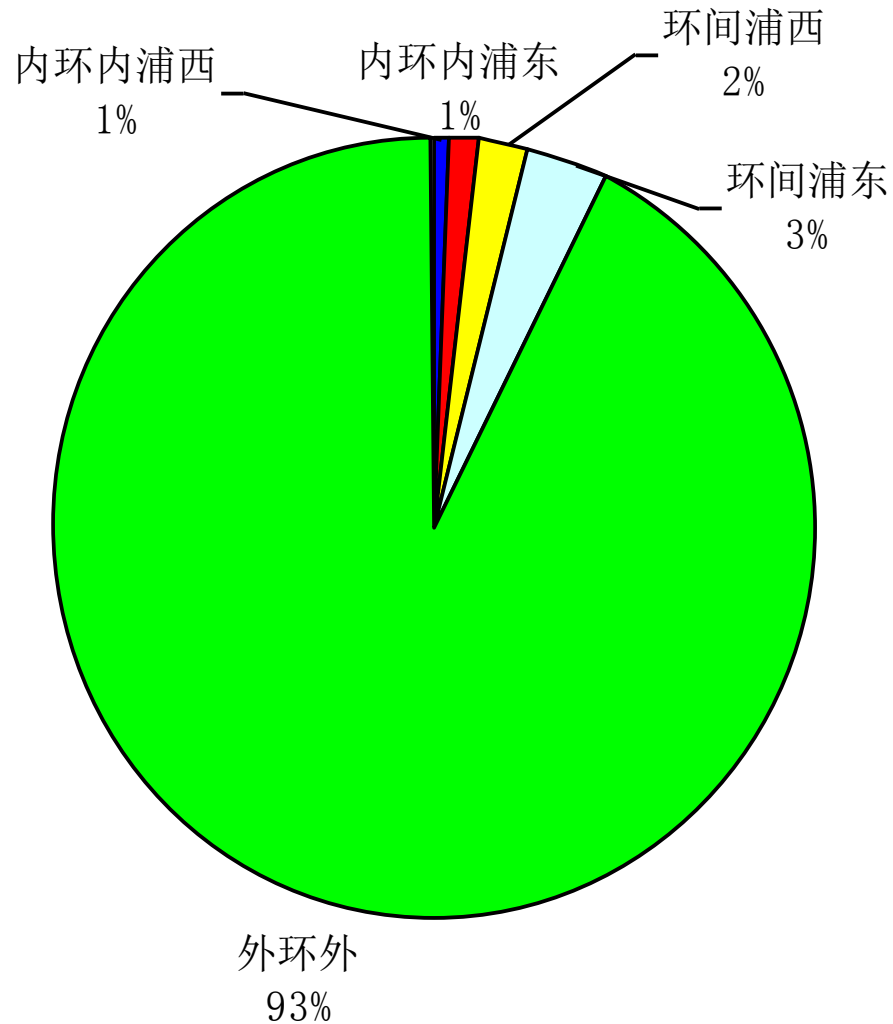


PM<sub>2.5</sub>

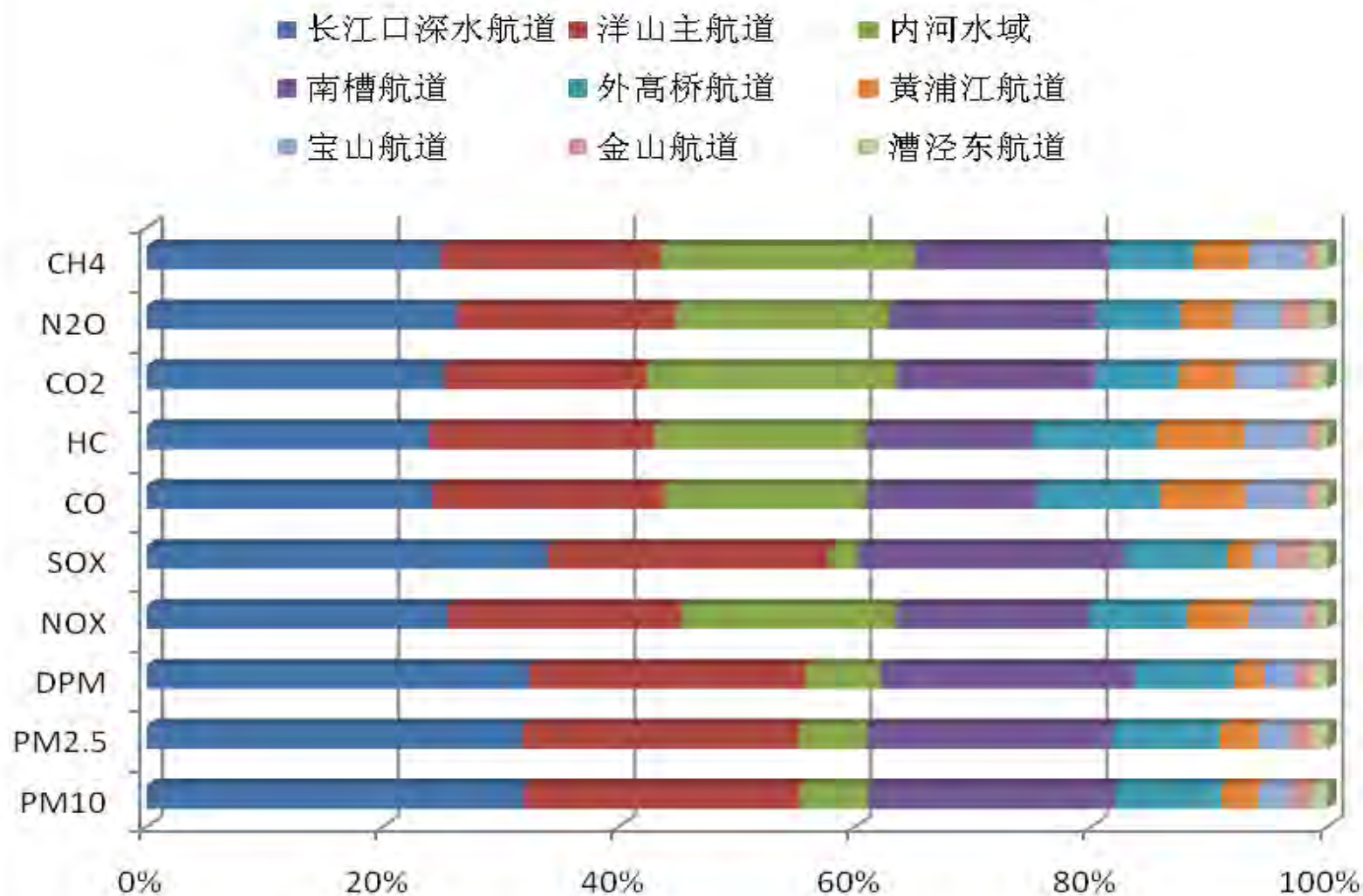


DPM

# 港口大气污染物排放的空间分布

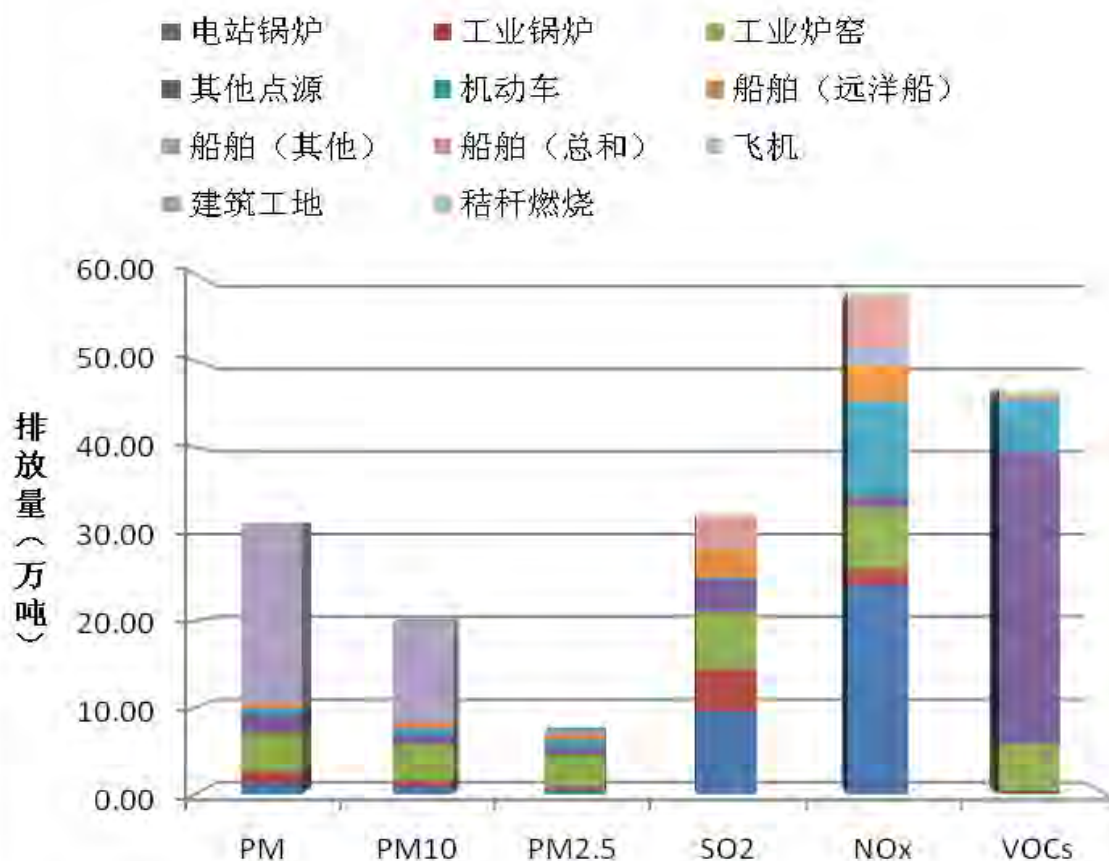


# 上海各主要航道大气污染物排放情况



## 船舶和港口大气污染物排放占全市排放的分担率

船舶对本市主要污染物总量的贡献主要集中在SO<sub>2</sub>和NO<sub>x</sub>，分别为12.4%和11.6%，对全市PM<sub>2.5</sub>的贡献也达到5.6%，其中又以远洋船为甚，PM<sub>2.5</sub>、SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>排放量对全市的贡献分别为5.0%、12.0%和8.2%



# 建立上海港口航运大气污染管控的基本框架

## □ 制定基本框架的原则

- 借鉴国内外先进的管理经验和实践
- 立足于目前上海港口管理的实际
- 先进性与实用性相结合
- 循序渐进，逐步推进

## □ 建立港口大气污染的行政管理框架

- 建立以上海市交通运输和港口管理局、上海市环保局和海事部门为主导，上海港港政管理中心、上海市环境监测中心为主要监管部门，港口码头企业和船公司为主体的上海市港口船舶航运大气污染管控体系。

# 主要内容

---

■ 研究背景

---

■ 内容与方法

---

■ 研究结果

---

■ 主要结论

---

# 结 论

- 船舶排放已成为上海主要大气污染源之一， $\text{SO}_2$ 以及 $\text{NO}_x$ 在全市的分担率分别为12.4%以及11.6%，对全市 $\text{PM}_{2.5}$ 的贡献也达到5.6%。
- 以远洋船为甚，其 $\text{PM}_{2.5}$ 、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 排放量对全市的贡献分别为5.0%、12.0%和8.2%。
- 进出主要港区航道的 $\text{NO}_x$ 排放相对其他航道污染较重，其中，黄浦江航道由于穿越市区且扩散条件较其他航道差，其污染物排放对上海市区的空气质量影响应更为显著。
- 船舶和港区排放研究和控制应尽早纳入大气污染防治工作计划。

# 下一步工作

---

## □ 排放清单更新

- 工况调查
- 油品分析
- 排放测试

## □ 控制措施研究

- 港内换油
- 岸电
- 排放控制区

## □ 立法研究

# 鸣谢

---

- 上海海事局、上海市地方海事局
- 上海港港政管理中心
- 劳辉，国家海事局
- Simon Ng，香港思汇政策研究所
- 香港环保署

谢谢！

