# 中国机动车排放清单模型

## Emission inventory model for motor vehicle in China

环境保护部机动车排污监控中心

Vehicle Emission Control Center

Ministry of Environmental Protection

2016年3月3日

March 3, 2016

# 中国机动车排放模型（CVEM）介绍

* 开发背景：

  2006年，环保部机动车排污监控中心承担了全国第一次污染源普查任务中的机动车污染源排放系数测算工作，开发了中国机动车排放模型（Chinese Vehicle Emission Model)。

* 目标：

  -- 评估和预测中国机动车污染物排放状况（1980 – 2030年）；

  -- 提供省、自治区和城市尺度的机动车排放清单计算功能。

# 内容 Content

一、排放源分类 Category of emission source

二、排放量计算方法及技术路线

Approach and technical route of emission calculation

三 、保有量调查 Vehicle population survey

四、排放因子测试 Emission factor test

五、行驶里程调查 Mileage survey

六、排放清单应用Application of emission inventory

# 一、排放源分类
# Category of emission source

| 第一级分类 | | 第二级分类 | 第三级分类 |
|---|---|---|---|
| 微型载客汽车 | 出租、其他 | 汽油、燃气 | 国Ⅰ前、国Ⅰ、国Ⅱ、国Ⅲ、国Ⅳ、国Ⅴ |
| 小型载客汽车 | 出租、其他 | 汽油、柴油、燃气 | 国Ⅰ前、国Ⅰ、国Ⅱ、国Ⅲ、国Ⅳ、国Ⅴ |
| 中型载客汽车 | 公交、其他 | 汽油、柴油、燃气 | 国Ⅰ前、国Ⅰ、国Ⅱ、国Ⅲ、国Ⅳ、国Ⅴ |
| 大型载客汽车 | 公交、其他 | 汽油、柴油、燃气 | 国Ⅰ前、国Ⅰ、国Ⅱ、国Ⅲ、国Ⅳ、国Ⅴ |
| 微型载货汽车 | / | 汽油、柴油 | 国Ⅰ前、国Ⅰ、国Ⅱ、国Ⅲ、国Ⅳ、国Ⅴ |
| 轻型载货汽车 | / | 汽油、柴油 | 国Ⅰ前、国Ⅰ、国Ⅱ、国Ⅲ、国Ⅳ、国Ⅴ |
| 中型载货汽车 | / | 汽油、柴油 | 国Ⅰ前、国Ⅰ、国Ⅱ、国Ⅲ、国Ⅳ、国Ⅴ |
| 重型载货汽车 | / | 汽油、柴油 | 国Ⅰ前、国Ⅰ、国Ⅱ、国Ⅲ、国Ⅳ、国Ⅴ |
| 三轮汽车 | / | 柴油 | 国Ⅰ前、国Ⅰ、国Ⅱ |
| 低速货车 | / | 柴油 | 国Ⅰ前、国Ⅰ、国Ⅱ |
| 普通摩托车 | / | 汽油 | 国Ⅰ前、国Ⅰ、国Ⅱ、国Ⅲ |
| 轻便摩托车 | / | 汽油 | 国Ⅰ前、国Ⅰ、国Ⅱ、国Ⅲ |

- 范围：包括汽车、摩托车和低速载货汽车，共3大类；机动车类型划分 12类，细分为34小类，包括出租车和公交车；
- 燃料类型包括汽油、柴油和燃气3类；
- 排放标准涉及国0、国1、国2、国3、国4和国5标准。
- Range： Automobile, motorcycle and low-speed truck；vehicle type consists of 12 classes, 34 subclasses including taxi and bus；
- Fuel type: gasoline, diesel and fuel gas
- Emission standard: China 0-5

| 分　类 | | 说 明 |
| --- | --- | --- |
| 载客汽车 | 大型 | 车长大于等于6000mm或者乘坐人数大于等于20人的载客汽车。 |
| | 中型 | 车长小于6000mm且乘坐人数为（10-19）人的载客汽车。 |
| | 小型 | 车长小于6000mm且乘坐人数小于等于9人的载客汽车（含轿车），但不包括微型客车。 |
| | 微型 | 车长不大于3500mm，发动机排气量不大于1L的载客汽车。 |
| 载货汽车 | 重型 | 总质量大于等于 12000kg 的载货汽车。 |
| | 中型 | 车长大于等于6000mm 或者总质量大于等于4500kg且小于 12000kg 的载货汽车。 |
| | 轻型 | 车长小于6000mm 且总质量小于4500kg的载货汽车，不包括微型货车。 |
| | 微型 | 车长不大于3500mm，总质量小于等于1800kg的载货汽车。 |
| 低速汽车 | 三轮汽车 | 以柴油机为动力，最大设计车速小于等于50km/h，总质量小于等于2000kg，长小于等于4600mm，宽小于等于1600mm，高小于等于2000mm，具有三个车轮的货车。其中，采用方向盘转向、由传递轴传递动力、有驾驶室且驾驶人座椅后有物品放置空间的，总质量小于等于3000kg，车长小于等于5200mm，宽小于等于1800mm，高小于等于2200mm。 |
| | 低速货车 | 以柴油机为动力，最大设计车速小于70km/h，总质量小于等于4500kg，长小于等于6000mm，宽小于等于2000mm，高小于等于2500 mm，具有四个车轮的货车。 |
| 摩托车 | 普通 | 最大设计车速大于50km/h或者发动机气缸总排量大于50mL 的摩托车。 |
| | 轻便 | 最大设计车速小于等于50km/h，且若使用发动机驱动，发动机气缸总排量小于等于50mL的摩托车。 |

# 二、排放量计算方法及技术路线
# Approach and technical route of emission calculation

- 考虑了两种排放:
- 2 types of emission considered

总排放 = 尾气排放+ 蒸发排放
Total emission = exhaust emission + evaporative emission

- 尾气排放可进一步分为冷启动排放和稳定运行排放:
- Exhaust emission can be further classified by cold start emission and stable operation emission

尾气排放 = 冷启动排放+ 稳定运行排放
Exhaust emission = cold start emission + stable operation emission

- 模型考虑的一些关键参数:
- Key parameters considered in the model:

**当地参数 local parameters:**

- 温度 temperature
- 海拔 altitude
- 燃料特征 fuel character
  - 乙醇含量 ethanol content
  - 硫含量 sulfur content
  - 雷氏蒸汽压 RVP

**车辆活动水平 Vehicle activity level:**

- 车辆速度 vehicle speed
- VSP bin分布 VSP bin distribution
- 年行驶里程 (VMT) annual mileage
- 日均冷启动次数 daily average cold start times
- 平均行程长度 average driving distance

**车队数据 fleet data:**

- 不同车辆类型、燃料种类、排放阶段的保有量
- Population classified by different types of vehicles, fuels and emission stages
- 里程表读数
- Odometer readings

稳定运行排放量= 保有量 x 年行驶里程 x 排放因子
Stable operation emission = population x annual mileage x emission factor

- 三个关键因素 Key factors:
  - 车辆保有量 vehicle population
  - 年行驶里程 annual mileage
  - 综合排放因子 (g/km) comprehensive emission factors

**轻型车和摩托车：LDV & motorcycle**

**基于平均速度方法**

**method based on average speed**

$$EF = BEF \times SCF \times TCF \times LCF \times FCF \times ACF$$

**重型车和低速汽车：**

**HDV & low speed vehicle**

**基于“VSP”方法 VSP-based method**

$$EF = \sum_{k=1}^{13} (ER_k \times F_k) / v$$

# 三、保有量调查 Vehicle population survey

| 排放阶段 | | | 保有量 | 其中： | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 国零 | 国一 | 国二 | 国三 | 国四 | 国五 |
| 载客汽车 | 微型载客 | 出租车 汽油 | | | | | | | |
| | | 出租车 燃气 | | | | | | | |
| | | 其它车 汽油 | | | | | | | |
| | | 其它车 燃气 | | | | | | | |
| | 小型载客 | 出租车 汽油 | | | | | | | |
| | | 出租车 柴油 | | | | | | | |
| | | 出租车 燃气 | | | | | | | |
| | | 其它车 汽油 | | | | | | | |
| | | 其它车 柴油 | | | | | | | |
| | | 其它车 燃气 | | | | | | | |
| | 中型载客 | 公交车 汽油 | | | | | | | |
| | | 公交车 柴油 | | | | | | | |
| | | 公交车 燃气 | | | | | | | |
| | | 其它车 汽油 | | | | | | | |
| | | 其它车 柴油 | | | | | | | |
| | | 其它车 燃气 | | | | | | | |
| | 大型载客 | 公交车 汽油 | | | | | | | |
| | | 公交车 柴油 | | | | | | | |
| | | 公交车 燃气 | | | | | | | |
| | | 其它车 汽油 | | | | | | | |
| | | 其它车 柴油 | | | | | | | |
| | | 其它车 燃气 | | | | | | | |
| 载货汽车 | 微型载货 | 汽油 | | | | | | | |
| | | 柴油 | | | | | | | |
| | 轻型载货 | 汽油 | | | | | | | |
| | | 柴油 | | | | | | | |
| | 中型载货 | 汽油 | | | | | | | |
| | | 柴油 | | | | | | | |
| | 重型载货 | 汽油 | | | | | | | |
| | | 柴油 | | | | | | | |
| 三轮汽车 | | | | | | | | | |
| 低速货车 | | | | | | | | | |
| 普通摩托车 | | | | | | | | | |
| 轻便摩托车 | | | | | | | | | |

- 按车型、燃料种类分类

  classify based on the types of vehicle and fuel

  按车辆类型、燃料种类划分的保有量由公安交管部门获得 。

  Population classified by the types of vehicle and fuel was acquired from public security department

- 按排放阶段分类 classify by emission stages

  按排放阶段分类的保有量基于环保标志或初次登记日期判定。

  Population classified by emission stages is determined by eco-mark or initial registration date

环保标志
eco-mark

| 机动车类型代码 | 国 1 | 国 2 | 国 3 | 国 4 | 国 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 轻型汽油车 | 2000.7.1 | 2005.7.1 | 2008.7.1 | 2011.7.1 | 2018.1.1 |
| 轻型柴油车 | 2000.7.1 | 2005.7.1 | 2008.7.1 | 2015.1.1 | 2018.1.1 |
| 轻型燃气车 | 2000.7.1 | 2005.7.1 | 2008.7.1 | 2011.7.1 | 2018.1.1 |
| 重型汽油车 | 2003.7.1 | 2004.9.1 | 2010.7.1 | 2013.7.1 | / |
| 重型柴油车 | 2001.9.1 | 2004.9.1 | 2008.1.1 | 2013.7.1 | / |
| 重型燃气车 | 2001.9.1 | 2004.9.1 | 2008.1.1 | 2011.1.1 | 2013.1.1 |
| 低速汽车 | 2007.1.1 | 2008.1.1 | / | / | / |
| 普通摩托车 | 2003.7.1 | 2005.1.1 | 2010.7.1 | / | / |
| 轻便摩托车 | 2004.1.1 | 2006.1.1 | 2010.7.1 | / | / |

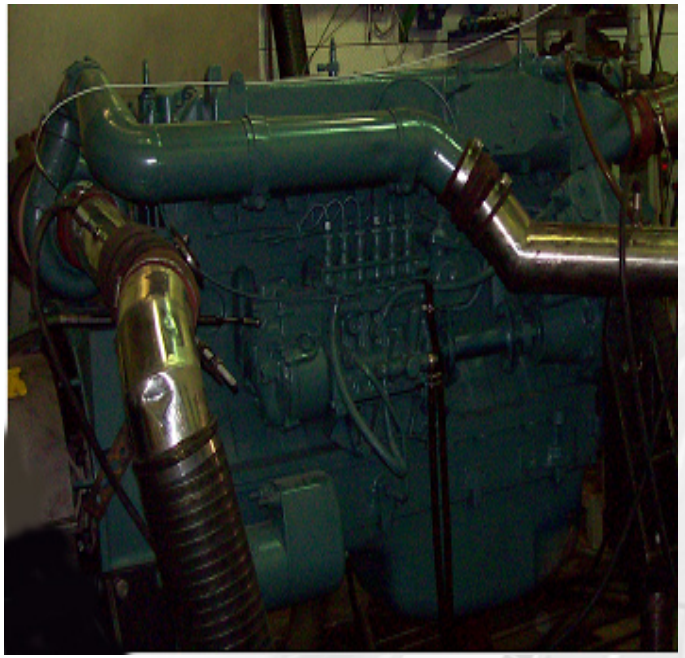
初次登记注册日期
Initial registration date

# 四、排放因子测试 Emission factor test

**标准方法：**
**Standard method：**

- 轻型车和摩托车
- LDV & motorcycle

- 重型发动机
- Heavy-duty engine



# 车载排放测试方法：
## On-board emission test approaches:

车载排放测试系统
（PEMS）

DMM-230颗粒物排放测试系统
PM emission test system

FPS4000稀释采样系统
Dilution sampling system

试验仪器 Test instrument

# 修正因子测试 Correction factor test

- 针对轻型车基本排放因子开展了速度、温度、海拔和空调影响修正，针对重型车基本排放因子开展了负载和海拔影响修正，针对摩托车开展了速度修正。
- For LDV basic emission factors, correction of the impact on speed, temperature, altitude and AC has been conducted; For HDV basic emission factors, correction of the impact on load and altitude has been conducted; For motorcycle, correction of the impact on speed has been conducted.

# 工况调查

* 根据我国17个城市实际道路运行工况的调查数据整理得出最典型的城市道路运行工况；
* 在整车台架上按实际工况和标准工况得出不同平均速度下的污染物排放系数；
* 建立各平均速度的排放系数与标准工况的排放系数的相关关系，得出运行过程中的速度修正因子。

工况调查在北京、天津、沈阳、鞍山、大连、庄河、乌鲁木齐、锡林郭勒、昆明、荆州、南京、上海、深圳、广州、增城、济南、青岛共17个典型城市进行，每个城市调查工作周期根据城市规模约3-7天。包括周末和工作日，且周末和工作日必须有至少一天为24小时连续记录；轻型车工况数据采集时间为早7：00至晚9：00，每个小时的数据采集时间不少于40分钟；同时除了调查城市道路行驶情况，还要调查郊区道路和高速路的行驶情况。

# 运行工况调查 Condition survey

- 根据我国城市实际道路运行工况的调查数据整理得出最典型的城市道路运行工况；
- 适用于速度修正，在整车台架上分别按实际工况和标准工况得出修正因子。
- According to the data from real road condition survey, the most typical conditions can be achieved;
- apply to speed correction, correction factor can be acquired by using real condition and standard condition on vehicle benches.

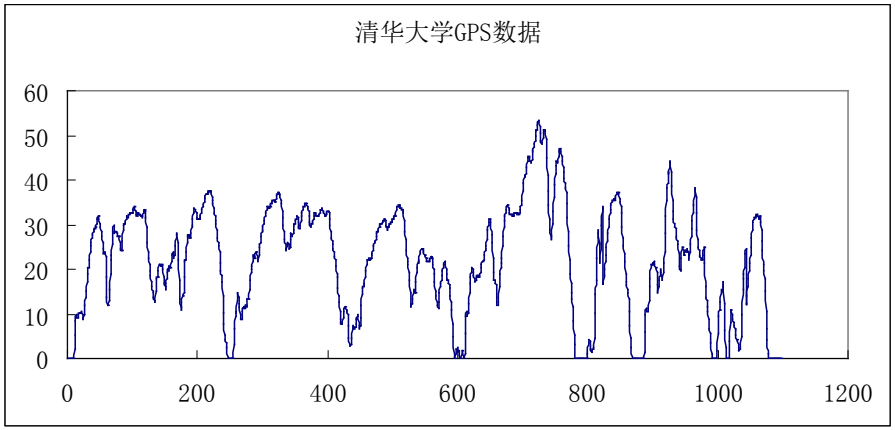
整套设备包括PDA掌上电脑、北斗星通（BDStar 1）GPS接收机、接收天线和连接线。PDA主要是对接收信号采集后的数据进行记录。

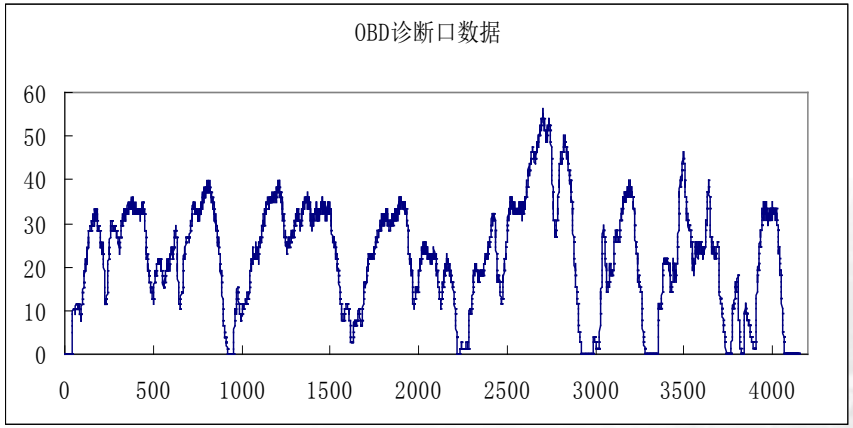
Equipment package includes PDA, BDStar 1, GPS receiver, antenna and cable. PDA is used for recording data after signal acquisition

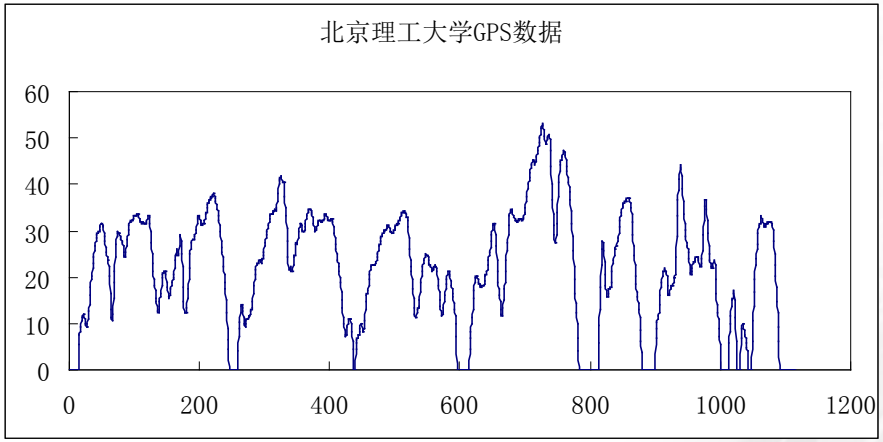
整套设备包括汽车行驶记录仪GPS（JJLY05）、接收天线和连接线。汽车行驶记录仪经过改造，实现插入U盘即可存储数据的功能。

Equipment package includes vehicle traveling data recorder GPS（JJLY05）, antenna and cable. After retrofit for vehicle traveling data recorder, the function of data storage by USB flash disk can be realized.

# 3种工况调查仪器对比


清华大学GPS数据
60
50
40
30
20
10
0
0
200
400
600
800
1000
1200


OBD诊断口数据
60
50
40
30
20
10
0
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
4000


北京理工大学GPS数据
60
50
40
30
20
10
0
0
200
400
600
800
1000
1200

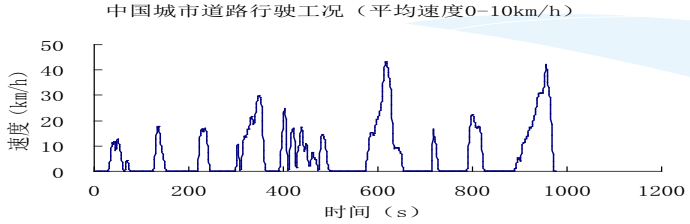
# 工况截取

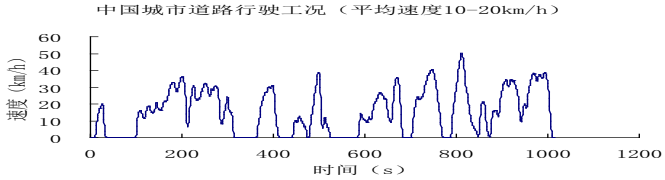
* 将全部数据化分成若干个数据区间，区间的截取采用自然分段的方法，即从数据的起始点开始，经过900秒之后开始查找怠速点，如果在1200秒之内发现怠速点，就在第一个怠速点处进行划分，以划分点开始进行下一个区间的截取；如果，直至1200秒仍然没有怠速点，则在1200秒处进行划分，并且以划分点开始进行下一个区间的截取。

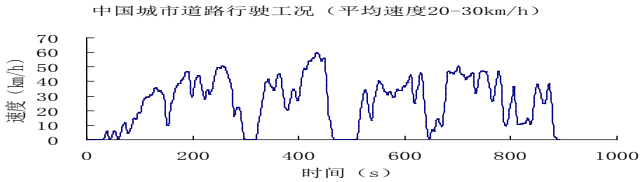
# 代表工况选取

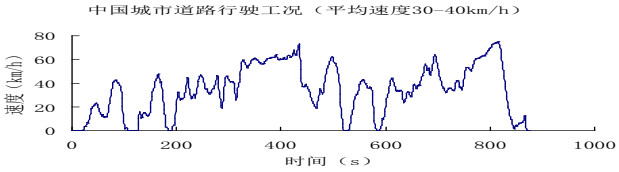
- 代表工况选取主要通过特征值的相关性进行选取
- 特征值的定义如下：
- T：时间长度(s)；T=length(速度总样本数）
- L：行驶距离（km）；L=sum(V1:Vn)/3600
- V：平均速度(km/h)；V=L*3600/T
- Tr：运行时间长度（非怠速）（s）；Tr=count(vi>0.36)
- Vr：平均运行速度（不含怠速）(km/h)；V=L*3600/Tr
- A：平均加速度(m/s2)；A=0 if Vi-Vi-1>=0.36 则ai=(Vi-Vi-1)/3.6 A=A+ai
- D：平均减速度(m/s2)；D=0 if Vi-Vi-1=<0.36 则ai=(Vi-Vi-1)/3.6 D=D+ai
- Pi：怠速时间比例（速度为零）(%)；Pi=(T-Tr)/T
- Pa：加速时间比例（加速度大于或等于0.1（m / $s^2$））；Ta=0 if Vi-Vi-1>=0.36,则 Ta=Ta+1，Pa=Ta/T
- Pd：减速时间比例（加速度小于或等于-0.1（m / $s^2$））；Td=0 if Vi-Vi-1=<0.36,则 Td=Td+1，Pd=Td/T
- Pc：匀速时间比例（加速度的绝对值小于0.1（m / $s^2$），且速度不等于零）；Pc=1-Pi-Pa-Pd
- 最大速度Vmax
- 单位时间短行程个数（短行程个数/总时间、N/T）
- 此外还对于各区间的速度-加速度分布情况进行了统计，此项统计的主要目的在于考察代表区间的速度-加速度构成与总体的速度-加速度构成的相似性。

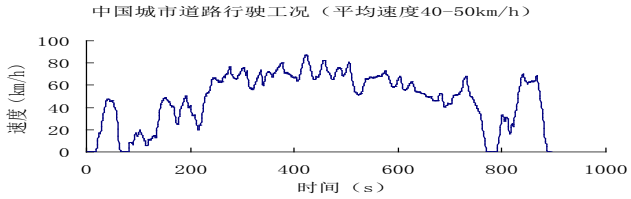
# ➢ 速度修正 Speed correction

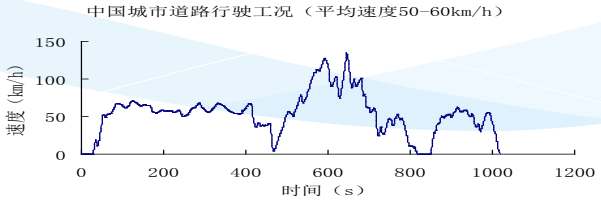


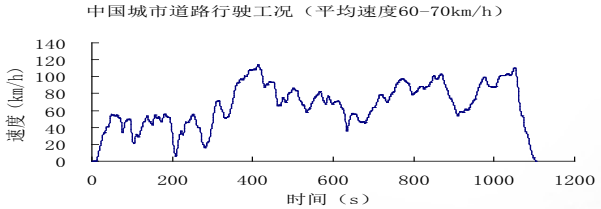



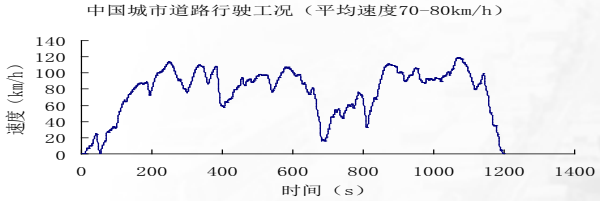



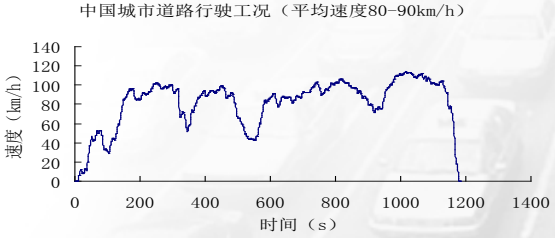



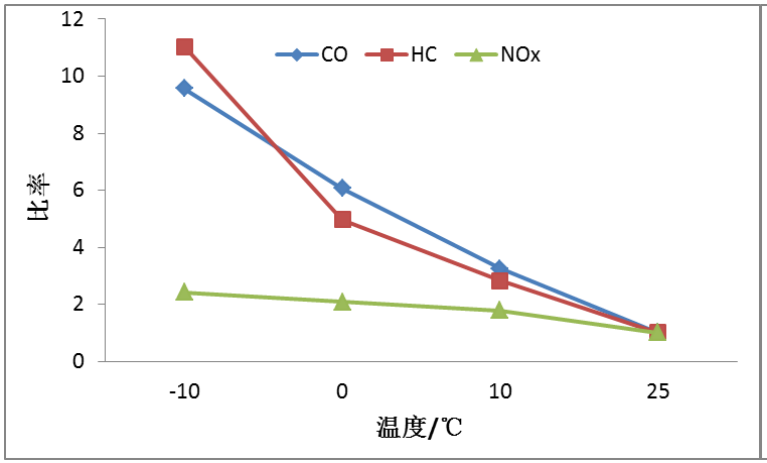



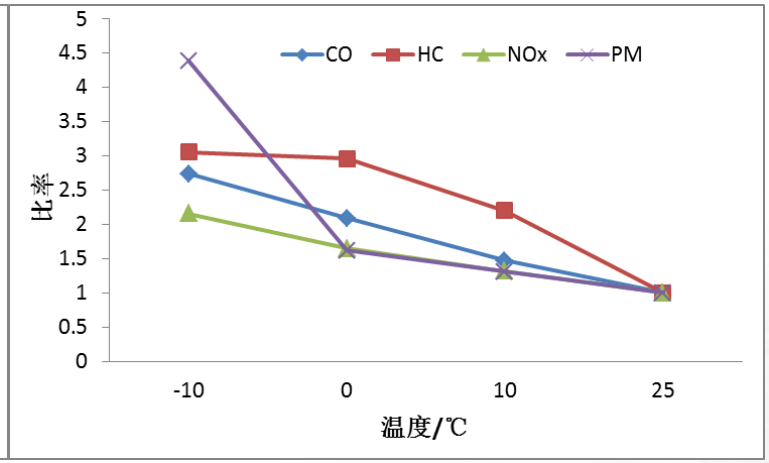



## ➢ 温度修正 Temperature correction



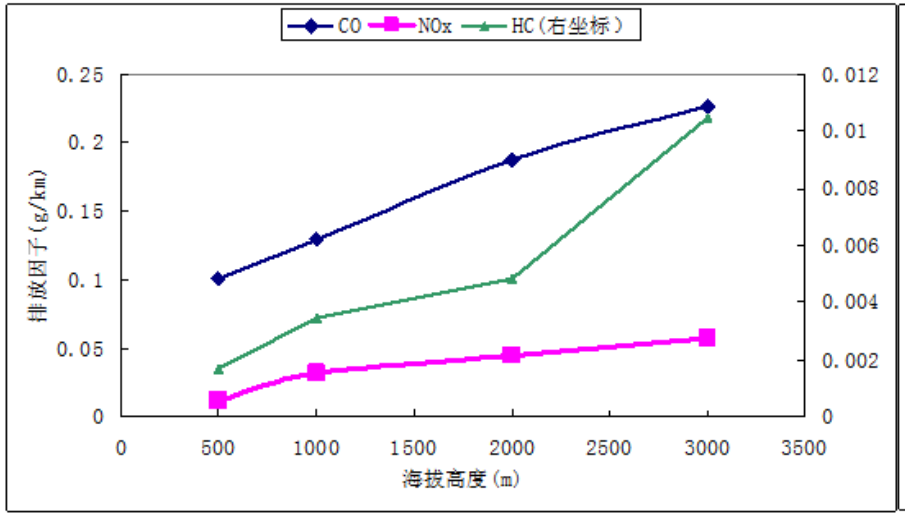

轻型汽油车 light-duty gasoline



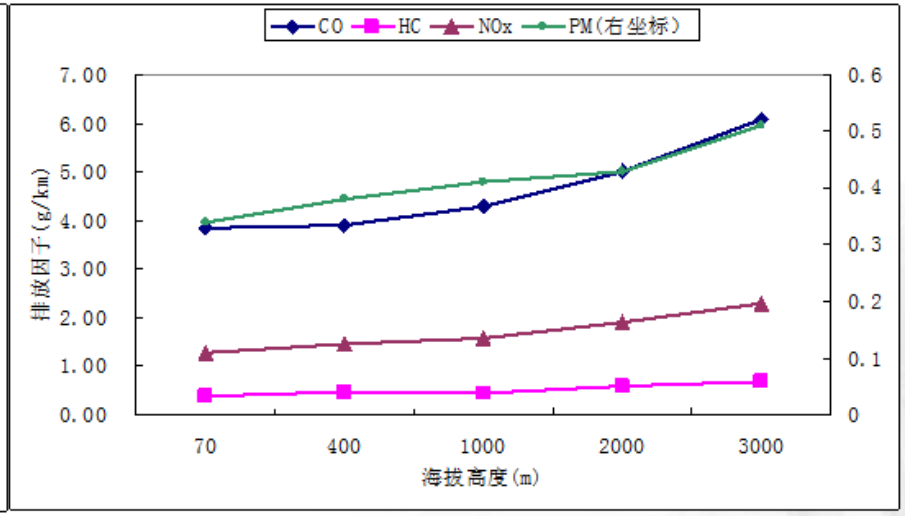

轻型柴油车 light-duty diesel

| 车辆类型 /Vehicle Type | 污染物类型 Pollutant Type | 速度修正因子 Speed correction factor |
|---|---|---|
| 汽油车 Gasoline | CO | $y = 0.0018x^2 - 0.1235x + 2.3595$ |
| | HC | $y = 0.0006x^2 - 0.0263x + 0.3445$ |
| | NOx | $y = -2E\text{-}05x^2 - 0.0015x + 0.0975$ |
| 柴油车 Diesel | CO | $y = 0.0008x^2 - 0.06x + 1.9718$ |
| | HC | $y = -0.0003x^2 - 0.0073x + 0.5196$ |
| | NOx | $y = 0.0008x^2 - 0.0525x + 2.0682$ |
| | PM | $y = 0.0003x^2 - 0.0097x + 0.1226$ |

# ➢ 海拔修正　Altitude correction




汽油车 Gasoline vehicle




柴油车 Diesel vehicle

利用车载排放测试系统，开展了海拔高度对机动车的排放性能影响的实际道路排放特性研究；

By using PEMs, the survey regarding impacts of altitude on vehicle emissions has been conducted.

实验车辆从北京出发，途经呼和浩特、银川、兰州、西宁、青海湖、西安、太原、石家庄，再回到北京，途经七个省，海拔高度覆盖了50m至3400m的范围，实际行车距离达到5000km，获得有效数据12万条；

Starting from Beijing, tested vehicles went through 7 provinces, the altitude covered 50m to 3400m, the distance reached 5000km, 12,0000 valid data acquired.

通过对实验数据的处理解析，研究得到了不同海拔高度与车辆污染物排放之间的相关关系，进一步获得了中国机动车海拔高度排放修正因子。

Following analysis of the test data, correlativity between altitude and emission has been acquired by the survey.

# ➢ 海拔修正因子测试路线

呼和浩特市
包头市
乌海市
东胜
大同市
张家口市
承德市
北京市
廊坊市
唐山市
天津市
朔州市
忻州市
沧州市
银川市
石嘴山市
阿拉善左旗
榆林市
吴忠市
太原市
阳泉市
石家庄市
德州市
滨州市
东营市
济南市
邯郸市
淄博市
潍坊
长治市
濮阳市
新乡市
郑州市
三门峡市
洛阳市
枣庄市
临沂市
淮北市
平顶山市
商洛市
渭南市
西安市
铜川市
宝鸡市
天水市
咸阳
兰州市
白银市
西宁市
平安
门源回族自治县
海北藏族自治州
金昌市
武威市
张掖市
酒泉市
嘉峪关市
玉门市
敦煌市
格尔木市
德令哈市
西宁市
兰州市
银川市
西安市
郑州市
济南市
太原市
石家庄市
北京市
天津市
中国
China

H6282

A 29826

## ➢ 硫含量修正 Sulfur content correction

| 污染物 | 排放标准 | 汽油硫含量（ppm） | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 800 | 500 | 150 | 50 | 10 |
| $NO_X$ | 国Ⅰ前 | 1.000 | 0.986 | 0.950 | 0.917 | 0.863 |
| | 国Ⅰ | 1.000 | 0.986 | 0.950 | 0.917 | 0.863 |
| | 国Ⅱ | 1.084 | 1.000 | 0.896 | 0.860 | 0.833 |
| | 国Ⅲ | 1.291 | 1.163 | 1.000 | 0.937 | 0.886 |
| | 国Ⅳ | 1.503 | 1.426 | 1.164 | 1.000 | 0.833 |
| | 国Ⅴ | 1.503 | 1.426 | 1.164 | 1.000 | 0.883 |

| 污染物 | 排放标准 | 柴油硫含量（ppm） | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2000 | 500 | 350 | 50 | 10 |
| $NO_X$ | 国Ⅰ前 | 1.000 | 0.869 | 0.856 | 0.830 | 0.827 |
| | 国Ⅰ | 1.000 | 0.869 | 0.856 | 0.830 | 0.827 |
| | 国Ⅱ | 1.150 | 1.000 | 0.985 | 0.955 | 0.951 |
| | 国Ⅲ | 1.081 | 1.007 | 1.000 | 0.985 | 0.983 |
| | 国Ⅳ | 1.485 | 1.291 | 1.194 | 1.000 | 0.974 |
| | 国Ⅴ | 1.485 | 1.291 | 1.194 | 1.000 | 0.974 |
| PM | 国Ⅰ前 | 1.000 | 0.902 | 0.837 | 0.749 | 0.720 |
| | 国Ⅰ | 1.000 | 0.902 | 0.837 | 0.749 | 0.720 |
| | 国Ⅱ | 1.185 | 1.000 | 0.947 | 0.842 | 0.828 |
| | 国Ⅲ | 1.316 | 1.111 | 1.000 | 0.778 | 0.749 |
| | 国Ⅳ | 2.044 | 1.650 | 1.447 | 1.000 | 0.750 |
| | 国Ⅴ | 2.044 | 1.650 | 1.447 | 1.000 | 0.750 |

# 五、行驶里程调查 Mileage survey

- 行驶里程调查主要通过以下几个途径：一是从机动车维修保养部门的记录资料获得相关的信息；二是从机动车年检场调查；三是从出租公司、公交公司调研；四是私家车主问卷调查。
- the survey are mainly through the following approaches: related information acquired from vehicle maintenance department; inspection on annual inspection institutions; survey on tax and public transport companies; conducting questionnaire to private car owners

| 汽 车 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 号牌号码 | | 初次登记日期 | | | |
| 车牌颜色 | | 发动机排量 | | | |
| 最大总质量（千克） | | 核定载客人数/载货吨数 | | | |
| 车辆型号 | | 百公里平均油耗(升) | | | |
| 车辆类型 | | 车辆识别代码（VIN） | | | |
| 上次检测日期 | | 上次检测里程表读数 | | | |
| 本次检测日期 | | 本次检测里程表读数 | | | |
| 年行驶里程（万公里） | | 城区行驶比例（%） | | | |
| 郊区行驶比例（%） | | 外埠行驶比例（%） | | | |
| 日均启动次数 | | 平均里程长度（km） | | | |
| 燃料种类 | 汽油（乙醇汽油） | 柴油 | CNG | LPG | |
| | | | | | |
| 使用性质 | 私车 | 公交车 | | | |
| | 出租车 | 其它 | | | |

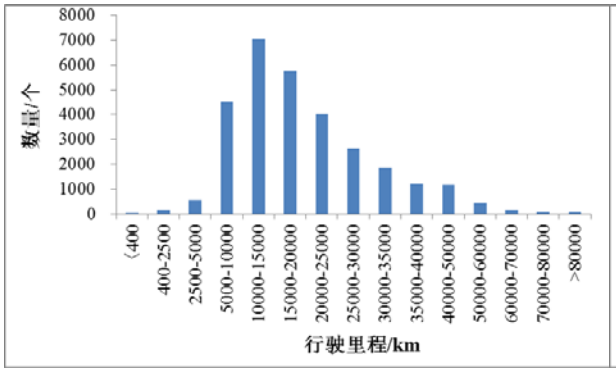
| | | | |
|---|---|---|---|
| 号牌号码 | | 初次登记日期 | |
| 发动机排量 | | 车辆型号 | |
| 上次检测日期 | | 上次检测里程表读数 | |
| 本次检测日期 | | 本次检测里程表读数 | |
| 类型 | 两冲程 | 年行驶里程（万公里） | |
| | 四冲程 | 百公里油耗(升) | |
| | 轻便 | 城区行驶比例（%） | |
| 三轮汽车或低速货车 | | | |
| 号牌号码 | | 初次登记日期 | |
| 车辆型号 | | 发动机功率 | |
| 类型 | 单缸 | 年行驶里程（万公里） | |
| | 多缸 | 城区行驶比例（%） | |
| 百公里油耗(升) | | | |

- 基于同一车辆两次环保检验或维修时里程表读数之差，计算年均行驶里程，公式如下：
- Using the difference of readings from the same vehicle between the two tests or maintenances to calculate annual mileage, the formula as follow:

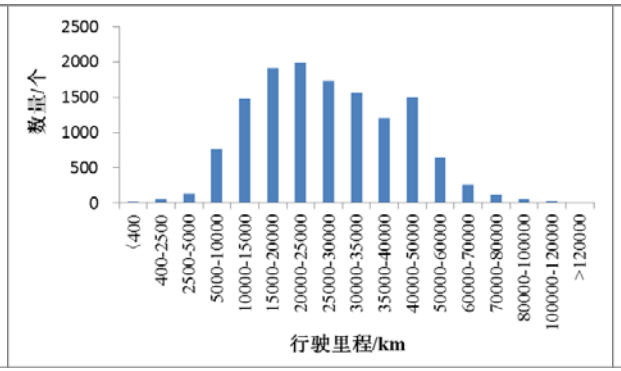
$$\mathrm{VMT} = \frac{(L_2 - L_1) * 365}{t_2 - t_1}$$

其中：VMT为汽车年均行驶里程，公里；$L_2$为本次环保检验或维修时里程表读数，公里；$L_1$为上一次环保检验或维修时里程表读数，公里；$t_2$为本次环保检验或维修日期；$t_1$为上一次环保检验或维修日期。

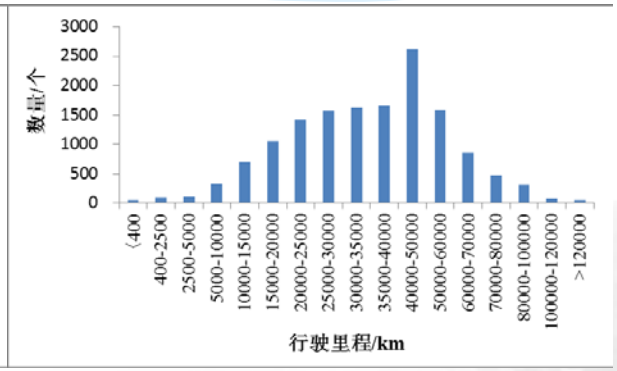
VMT: annual mileage, km; $L_2$: odometer readings during this test or maintenance, km; $L_1$: odometer readings during the last test or maintenance, km; $t_2$: the date of this test or maintenance; $t_2$: the date of the last test or maintenance;



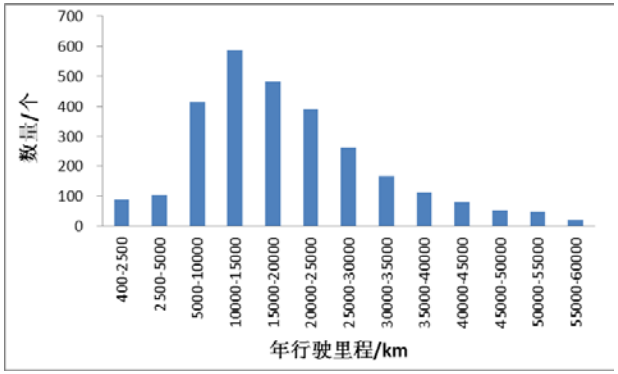

凯越
Excelle



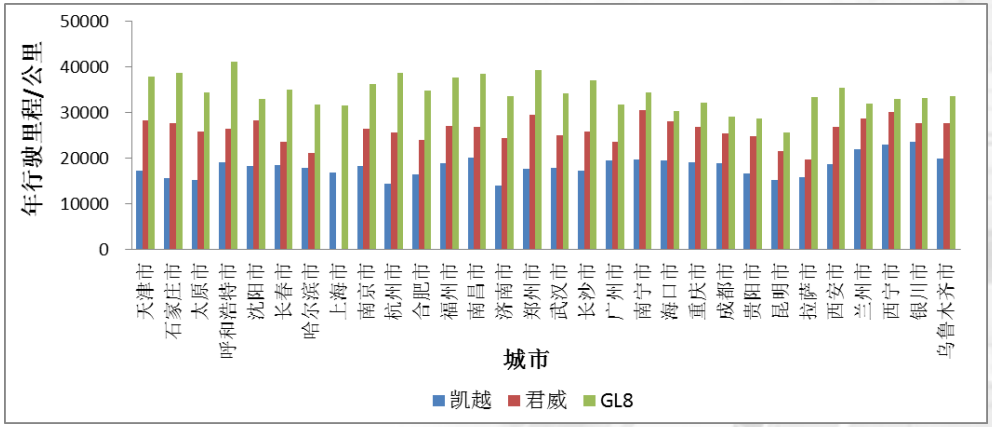

君威
LaCrosse




**GL8**




北京
Beijing

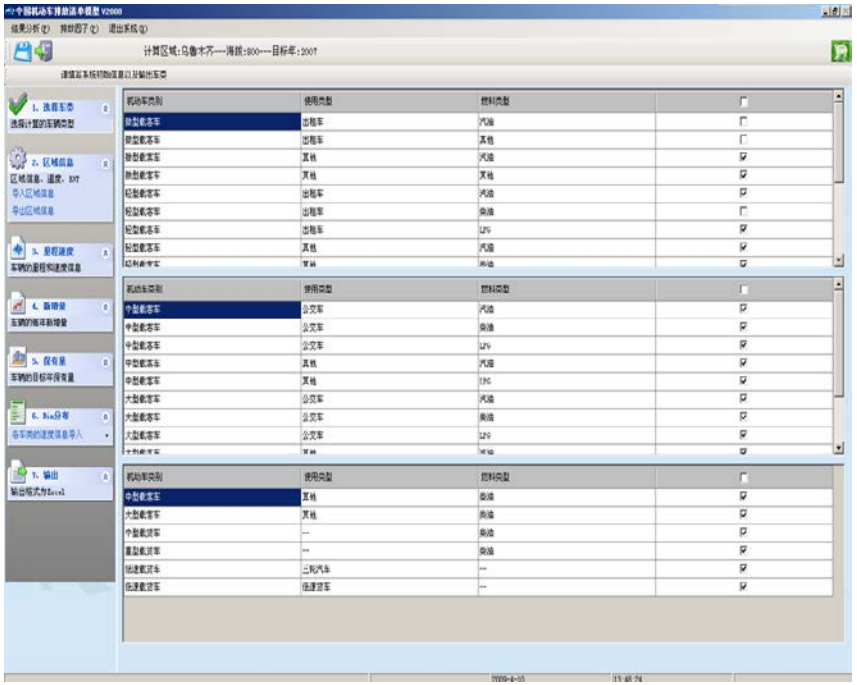


# 机动车排放清单模型

类似欧洲的COPERT软件，利用向导功能引导用户输入数据

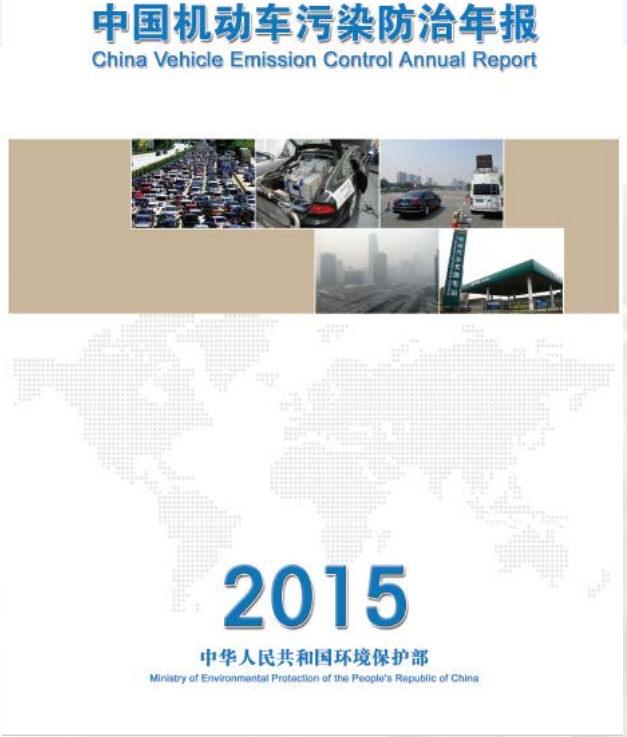
数据可以直接在软件中输入/输出或者通过EXCEL编辑

可对输出结果进行分析和图示



# 六、排放清单应用
# Application of emission inventory

- 机动车污染防治年报
- “十二五”机动车氮氧化物总量减排
- 环境统计
- 地方源清单编制



# 非道路移动源排放清单工作

# 一、排放源分类 Category of emission source

| 第一级分类 | 第二级分类 | 第三级分类 | 第四级分类 |
|---|---|---|---|
| 工程机械 engineering machinery | 挖掘机 | <37kW<br>37-75kW<br>75-130kW<br>≥130kW | 国Ⅰ前<br>国Ⅰ<br>国Ⅱ<br>国Ⅲ<br>国Ⅳ |
| | 推土机 | | |
| | 装载机 | | |
| | 叉车 | | |
| | 压路机 | | |
| | 摊铺机 | | |
| | 平地机 | | |
| | 其他 | | |
| 农业机械 agricultural machinery | 拖拉机 | <37kW<br>37-75kW<br>75-130kW<br>≥130kW | 国Ⅰ前<br>国Ⅰ<br>国Ⅱ<br>国Ⅲ<br>国Ⅳ |
| | 联合收割机 | | |
| | 农用运输车 | | |
| | 排灌机械 | | |
| | 其他 | | |
| 小型通用机械 small general machinery | 手持 | / | 国Ⅰ前<br>国Ⅰ<br>国Ⅱ<br>国Ⅲ<br>国Ⅳ |
| | 非手持 | / | |
| 柴油发电机组 diesel generating set | | <37kW<br>37-75kW<br>75-130kW<br>≥130kW | 国Ⅰ前<br>国Ⅰ<br>国Ⅱ<br>国Ⅲ<br>国Ⅳ |
| 船舶 Marine | 客运 | / | 国Ⅰ前 |
| | 货运 | / | 国Ⅰ前 |
| 铁路内燃机车 Locomotive | 客运 | / | 国Ⅰ前 |
| | 货运 | / | 国Ⅰ前 |
| 民航飞机 Airplane | | | 国Ⅰ前 |

- 范围：包括工程机械、农业机械、小型通用机械、柴油发电机组、船舶、铁路内燃机车、飞机等，共7大类；
- 功率段：包括＜37kW，37-75kW，75-130kW，≥130kW；
- 燃料类型：包括汽油、柴油2类；
- 排放标准：涉及国0、国1、国2、国3、国4标准。

- Range: including engineering machinery, agricultural machinery, small general machinery, diesel generating set, marine, locomotive, aircraft
- Power: ＜37kW，37-75kW，75-130kW，≥130kW;
- Fuel type: gasoline, diesel
- Emission standard: China 0 - 4

# 二、排放量计算方法及技术路线
# Approach and technical route of emission calculation

- 考虑的污染物包括CO、HC、NOX、PM、SO2
- 对于农用运输车，计算公式如下：
- For agricultural vehicle, the formula as follow:

排放量 = 保有量 x 年行驶里程 x 排放因子
Emission = population x annual mileage x emission factor

- 对于其他非道路移动机械，计算公式如下：
- For other NRMM，the formula as follow:

排放量 = 保有量 x 额定净功率 x 负载因子 x 使用小时数 x 排放因子
Emission = population * rated net power * load factor * usage time (hour) * emission factor

- 对于铁路内燃机车 Locomotive

排放量 = 燃油消耗量 x 排放因子
Emission = fuel consumption * emission factor

- 对于飞机 Aircraft

排放量 = LTO次数 x 排放因子
Emission = LTO times * emission factor

# 船舶排放清单算法
# Calculation method for marine emission inventory

- 内河、沿海船舶：基于客货周转量

$$E = (Z_{货} + 0.065 \times Z_{客}) \times YX \times EF \times 10^{-6}$$

式中，E为内河及沿海船舶排放量，单位为吨；$Z_{货}$为船舶货物周转量，单位为万吨公里；$Z_{客}$为船舶旅客周转量，单位为万人公里；YX为船舶油耗系数，单位为千克/万吨公里；EF为船舶排放因子，单位为克/千克燃料。

- 远洋船舶：基于AIS数据

$$E = MCR \times LF \times hr \times EF \times 10^{-6}$$

式中，MCR为船舶发动机额定功率，单位为千瓦；LF为负载因子；hr为工作小时数，单位为小时；EF为船舶排放因子，单位为克/千瓦时。

航行工况分为：进出港、巡航、停泊

计算海里：20海里或200海里

- Inland and coastal ships： based on passenger and freight turnover

$$E = (Z_{货} + 0.065 \times Z_{客}) \times YX \times EF \times 10^{-6}$$

E: Emissions from inland and coastal ships, ton； $Z_{货}$: Shipping tonnage mileage, 10k ton kilometre； $Z_{客}$: shipping passenger turnover, 10k km； YX: Fuel consumption coefficient, kg/10k ton kilometre； EF: emission factor， g/kg fuel

- Ocean ship： AIS-based data

$$E = MCR \times LF \times hr \times EF \times 10^{-6}$$

MCR: rated power of marine engine, kw; LF: load factor； hr: working hours； EF: marine emission factor， g/kwh.

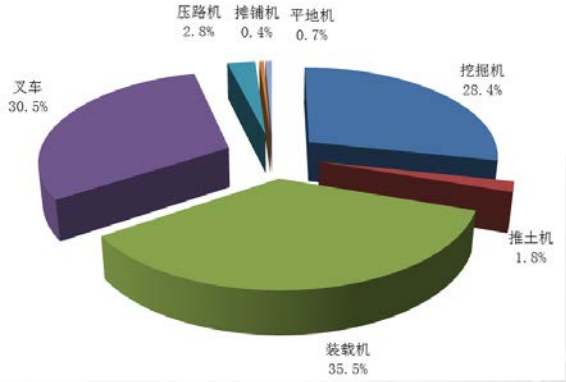
Condition classified by inward and outward port, cruise, berth

Calculated nautical mile : 20nm or 200nm

# 三、保有量调查 Population survey

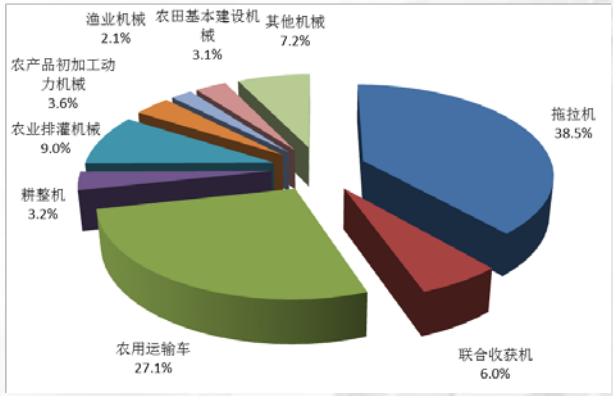
## 非道路移动源保有量确定

- 农业机械
  - ✓ 功率、燃料类型划分：农业部门或《中国农业机械工业年鉴》
  - ✓ 排放阶段划分：销售日期
- 工程机械
  - ✓ 由当地调查，或由全国工程机械销量乘以建筑业企业从业人员比例获得
  - ✓ 功率、燃料类型划分：《中国工程机械工业年鉴》及《中国统计年鉴》
  - ✓ 排放阶段划分：销售日期
- 船舶、铁路内燃机车：交通部门或《中国交通年鉴》
- 飞机：交通部门或民航总局




## Determination on the population of NRMM

- Agricultural machinery
  - ✓ Classified by power and fuel type: agricultural department or China Agricultural Machinery Industry Yearbook
  - ✓ Classified by emission stage: sale date
- Engineer machinery
  - ✓ Investigated by local department, or acquired by the product of machinery sale and related staff proportion
  - ✓ Classified by power and fuel type: China Agricultural Machinery Industry Yearbook or China Statistical Yearbook
  - ✓ Classified by emission stage: sale date
- Marine, Locomotive: transportation department or Yearbook of China Integrated transport
- Aircraft: transportation department or Civil Aviation Administration of China (CAAC)



| 类型 | | 国Ⅰ前 | 国Ⅰ | 国Ⅱ | 国Ⅲ |
|---|---|---|---|---|---|
| 工程机械 | 挖掘机 | ~2008.10.1 | 2008.10.1~2010.10.1 | 2010.10.1~2016.4.1 | 2015.10.1~ |
| | 推土机 | | | | |
| | 装载机 | | | | |
| | 叉车 | | | | |
| | 压路机 | | | | |
| | 摊铺机 | | | | |
| | 平地机 | | | | |
| 农业机械 | 大中型拖拉机 | | | | |
| | 小型拖拉机 | | | | |
| | 联合收割机 | | | | |
| | 三轮农用运输车 | ~2007.1.1 | 2007.1.1~2008.1.1 | 2008.1.1~ | |
| | 四轮农用运输车 | | | | |
| | 排灌机械 | ~2008.10.1 | 2008.10.1~2010.10.1 | 2010.10.1~2016.4.1 | 2015.10.1~ |
| | 其他 | | | | |
| 小型通用机械 | 手持式 | ~2012.3.1 | 2012.3.1~2014.1.1 | 2014.1.1~ | |
| | 非手持式 | ~2012.3.1 | 2012.3.1~2016.1.1 | 2016.1.1~ | |
| 柴油发电机组 | | ~2008.10.1 | 2008.10.1~2010.10.1 | 2010.10.1~2016.4.1 | 2015.10.1~ |
| 船舶 | 客运 | ~至今 | | | |
| | 货运 | ~至今 | | | |
| 铁路内燃机车 | 客运 | ~至今 | | | |
| | 货运 | ~至今 | | | |
| 民航飞机 | | ~至今 | | | |

# 四、排放因子测试 Emission factor test

获取方法

- 实测法
- 物料衡算法
- 文献调研法

Acquiring method

- Field measurement
- material balance
- document survey

1. 基于瞬时油耗的排放因子

based on instant fuel consumption

$$EF_p = \frac{\sum_{n=i}^{i} ER_{p,n}}{\sum_{n=i}^{i} FR_n}$$

式中，EF是基于单位燃油消耗的排放因子，单位为g/kg燃油；
P为研究对象排放某污染物；
n为某工况的持续时间；
i 和j分别是该工况的起始和结束时间，单位为s
ER为某污染物在某工况的瞬时排放速率，单位是g/s;
FR是某工况下的油耗速率，单位为l/s。

2. 基于时间的排放因子

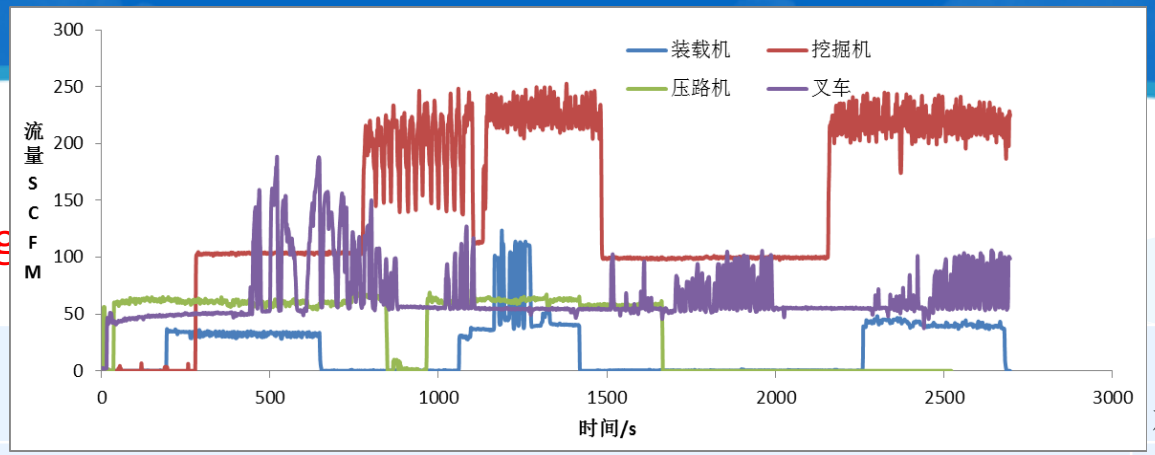
Time- based

$$EF_p = \frac{\sum_{n=i}^{j} ER_{p,n} \times 3600}{j-i}$$

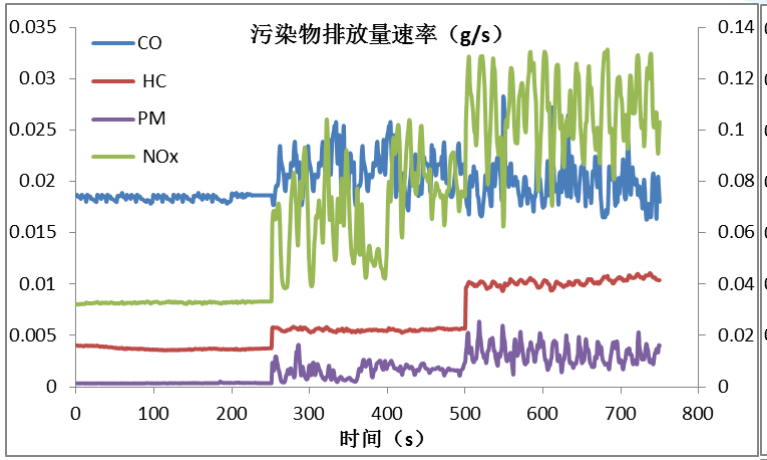
式中，EF为基于时间的排放因子，单位为g/h;
P为研究对象排放的某污染物；
n是某一工况的持续时间；
i和j分别为该工况的起始和结束时间，单位为s；
ER为某污染物在某工况的逐秒排放速率，单位为g/s。

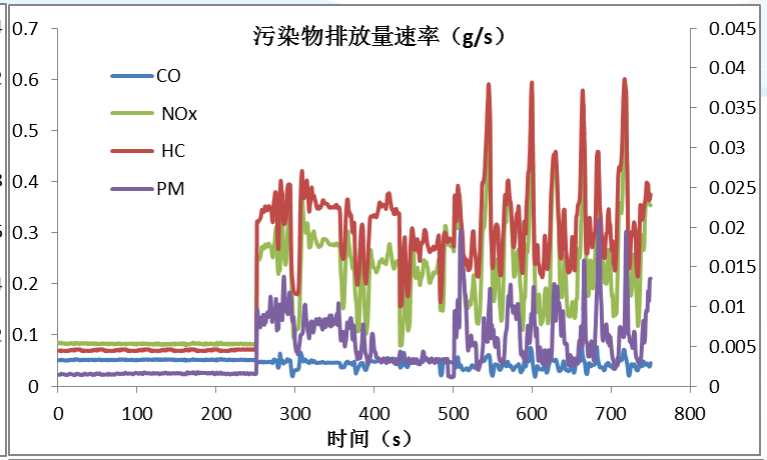
# 工程机械工况

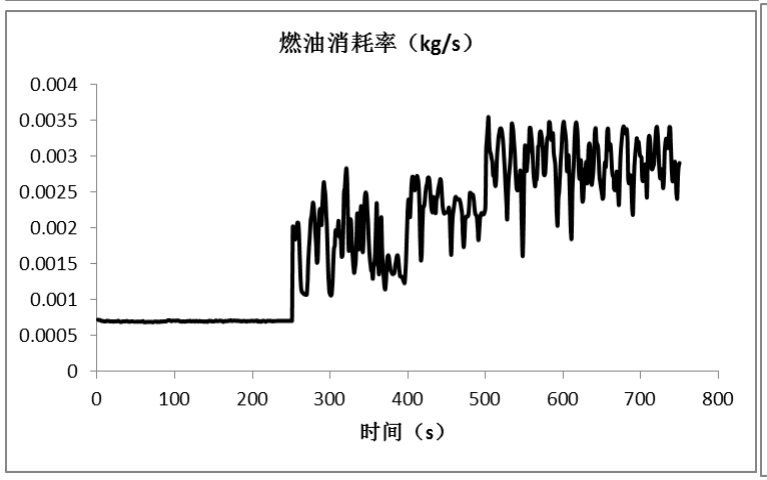
## Conditions of engineering machinery

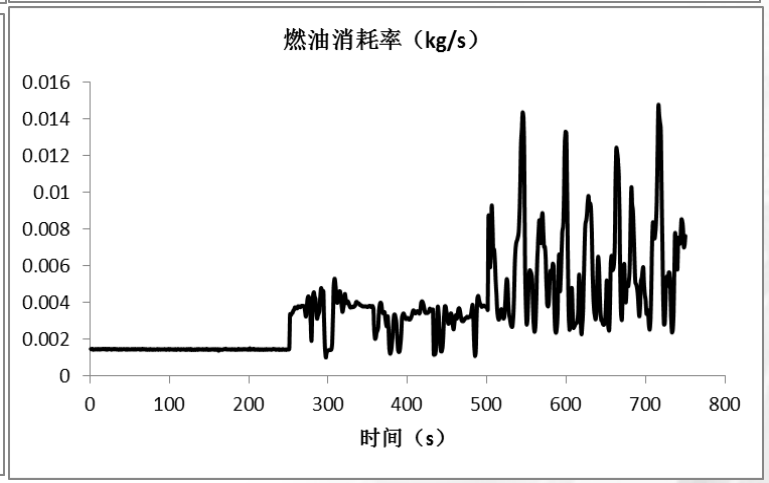



| 机械类型 | 测试工况 | | 时间比例加权系数 (%) |
|---|---|---|---|
| 挖掘机 | 怠速 | 发动机低转速(通常为600-800r/min)，挖掘机处于静止状态，对外无功率输出 | 0.05 |
| | 行走 | 在测试地点移动，但作业部分保持静止。 | 0.15 |
| | 作业 | 工程机械处于行走状态，并利用铲斗进行挖掘、动斗，翻斗等作业活动。 | 0.80 |
| 装载机 | 怠速 | 发动机低转速(通常为600-800r/min)，装载机处于静止，对外无功率输出 | 0.05 |
| | 行走 | 装载机在测试地点自由移动，但机械作业部分保持静止状态。 | 0.35 |
| | 作业 | 行走及利用铲斗进行起斗，掘进，翻斗等作业 | 0.60 |
| 压路机 | 怠速 | 发动机低转速(通常为600—800r/min)，压路机处于静止状态，对外无功率输出 | 0.10 |
| | 作业 | 压路机开始行走同时利用碾轮进行碾压作业。 | 0.90 |
| 推土机 | 怠速 | 发动机处于低转速状态(通常为600—800r/min)，推土机处于静止状态，对外无功率输出 | 0.10 |
| | 作业 | 推土机开始行走同时利用推土刀铲削并推送作业 | 0.90 |
| 平地机 | 怠速 | 发动机处于低转速状态(通常为600—800r/min)，平地机处于静止状态，无功率输出 | 0.10 |
| | 作业 | 平地机行走同时利用刮刀平整作业 | 0.90 |
| 叉车 | 怠速 | 发动机低转速(通常为600-800r/min)，货叉处于最低位置，并保持静止状态。 | 0.05 |
| | 空载行走 | 叉车在测试地点前行或后移，货叉处于空载状况。 | 0.30 |
| | 抬举 | 叉车处于静止状况，利用货叉对货物进行上升下降，此工况模拟货物的装卸作业 | 0.30 |
| | 搬运行走 | 叉车装载货物移动，模拟货物水平运输作业 | 0.35 |




挖掘机

excavator

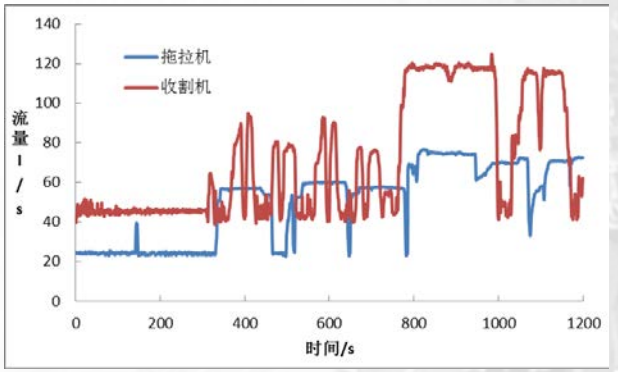
装载机

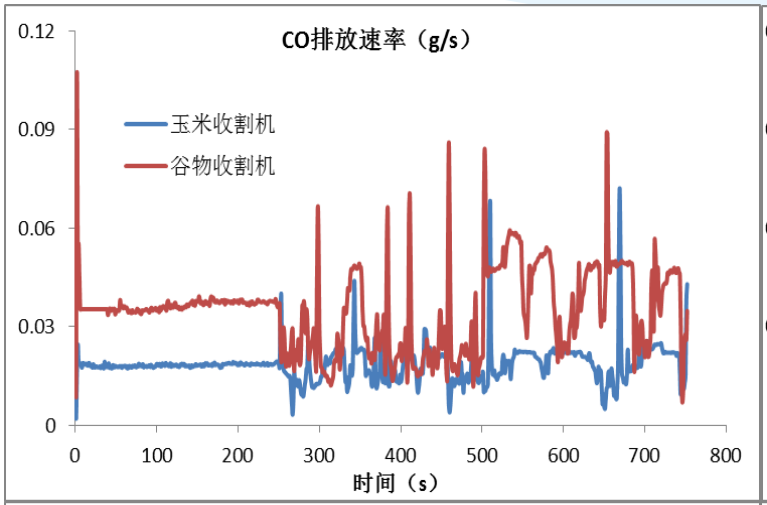
loader

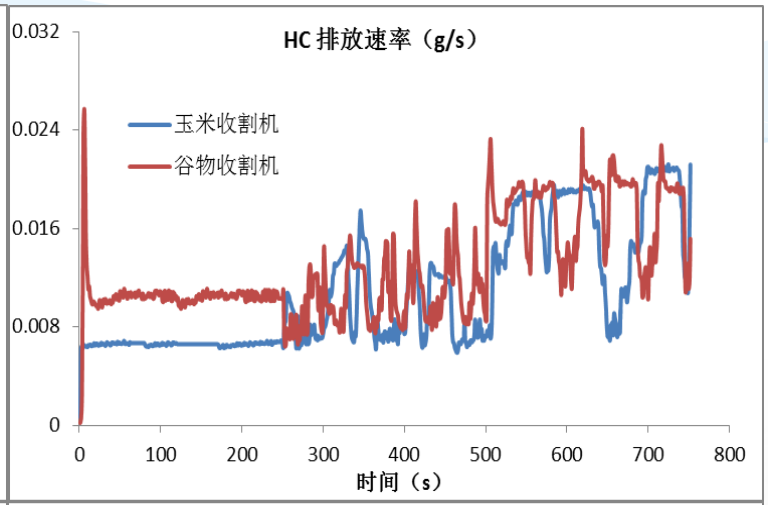
# 农业机械工况

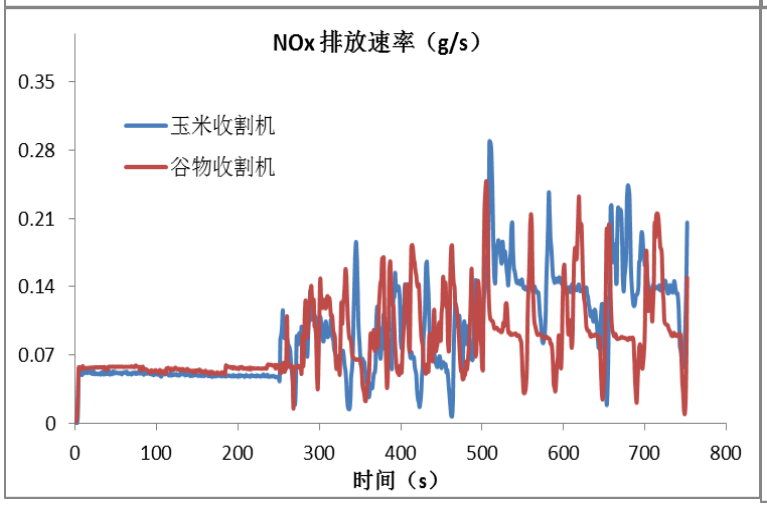
## Conditions of agricultural machinery

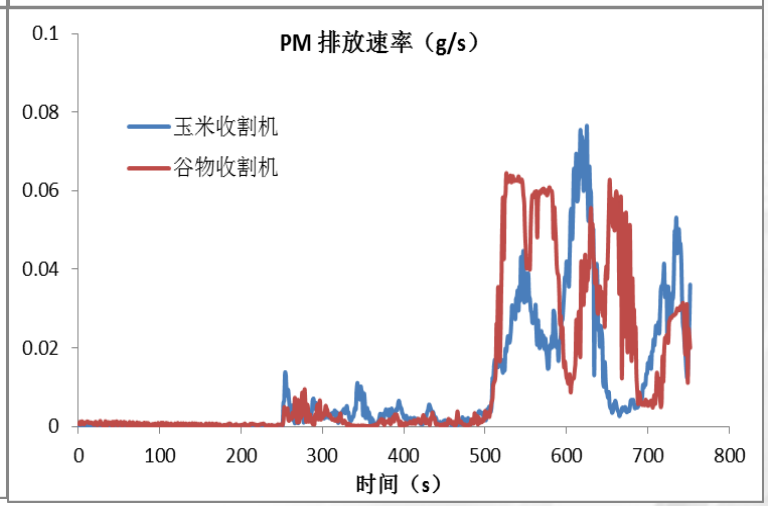
| 机械类型 | 测试工况 | 工况介绍 |
| --- | --- | --- |
| 旋耕拖拉机 | 怠速 | 发动机低转速状态(通常为6oo-8oor/min)，拖拉机处于静止状态，对外无功率输出。 |
| | 行走 | 拖拉机在农田中自由行走，旋耕犁处于提升或静止状况，作业机构对外无功率输出。 |
| | 作业 | 拖拉机在农田一边行走，一边为旋耕犁提供动力，使其逐行对土壤进行细碎和平整地面作业。 |
| 联合收割机 | 怠速 | 发动机低转速状态(通常为6oo-8oor/min)，且联合收割机处于静止状态，对外无功率输出。 |
| | 行走 | 联合收割机在农田中自由行走，且收割、脱粒等作业部件处于静止状态，主要作业机构无功率输出。 |
| | 作业 | 联合收割机在农田一边行走，一边进行作物的收割、分离茎杆、脱粒和清除杂物等作业工序。 |





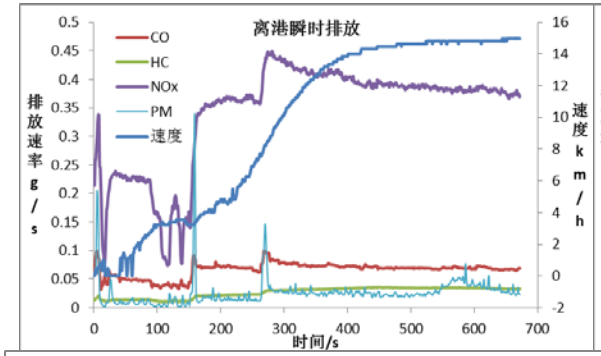



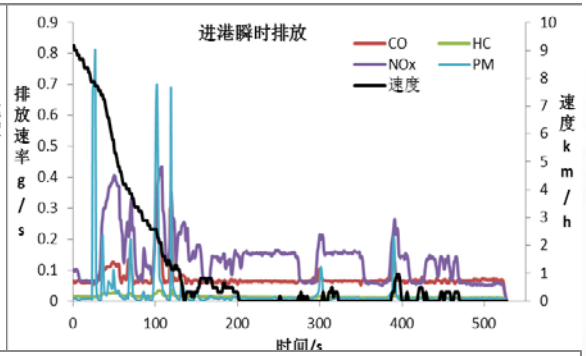

联合收割机

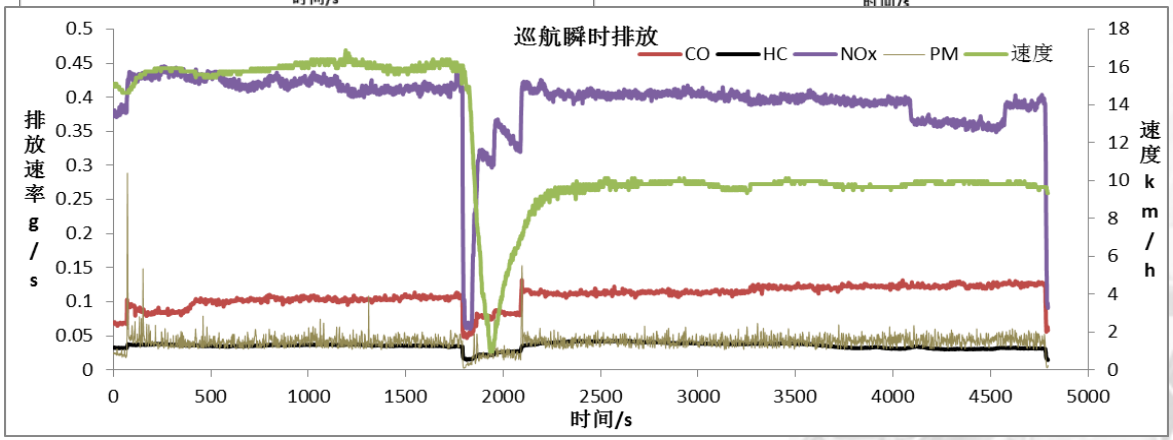
combine-harvester

# 船舶工况及瞬时排放 marine condition and instantaneous emissions

| 测试工况 | 工况介绍 |
| --- | --- |
| 进港 | 船舶从巡航开始减速到靠岸为止 |
| 巡航 | 船舶以定速平稳行驶 |
| 离港 | 船舶由静止出发加速到巡航速度 |
| 停泊 | 船舶靠岸后发电机组为船上日常生活供电 |

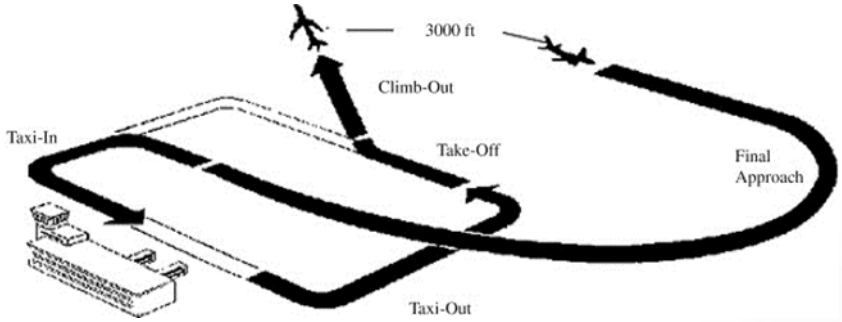


# 标准LTO工况

## Standard LTO condition




| 发动机工作状态 | 推力设置 | 工作时间/min | Operating Status | thrust | Working time /min |
|---|---|---|---|---|---|
| 起飞 | 100% | 0.7 | Take-Off | 100% | 0.7 |
| 爬升 | 85% | 2.2 | Climb-Out | 85% | 2.2 |
| 进近 | 30% | 4.0 | Approach | 30% | 4.0 |
| 滑行/慢车 | 7% | 26.0 | Taxi-In/Taxi-Out | 7% | 26.0 |

# 五、非道路活动水平调查
# Survey on off-road activity level

| | | | |
|---|---|---|---|
| 机械类型 | | 生产日期 | |
| 品牌 | | 功率 | |
| 额定转速 | | 已工作小时数 | |
| 排放标准 | | 年工作小时数 | |
| 百公里油耗(升) | | | |

工程机械调查表

Questionnaire of engineering machinery

| | | | |
|---|---|---|---|
| 船只中文名称 | | 船只英文名称 | |
| 建成年份 | | 船总长（米） | |
| 船总宽（米） | | 船总吨位（吨） | |
| 载重吨位（吨） | | 最高航速（海里/小时） | |
| **主发动机** | | | |
| 发动机类型 | | 额定功率（千瓦） | |
| 额定转速（转/分钟） | | 燃料种类 | |
| 燃料含硫量 | | 每小时平均油耗（千克/小时） | |
| 航行模式 | 主发动机总功率（千瓦） | 航速（海里/小时） | 运行时间 |
| 正常行驶 | | | |
| 进出港 | | | |
| 停泊 | | | |
| 港内装载货物 | | | |
| **发电机** | | | |
| 发动机类型 | | 额定功率（千瓦） | |
| 额定转速（转/分钟） | | 燃料种类 | |
| 燃料含硫量 | | 每小时平均油耗（千克/小时） | |
| 航行模式 | 发电机 1 | 发电机 2 | 发电机 3 |
| 正常行驶 | 开 千瓦 小时 | 关 | 开 千瓦 小时 | 关 | 开 千瓦 小时 | 关 |
| 进出港 | 开 千瓦 小时 | 关 | 开 千瓦 小时 | 关 | 开 千瓦 小时 | 关 |
| 停泊 | 开 千瓦 小时 | 关 | 开 千瓦 小时 | 关 | 开 千瓦 小时 | 关 |
| 港内装载货物 | 开 千瓦 小时 | 关 | 开 千瓦 小时 | 关 | 开 千瓦 小时 | 关 |

内河船舶调查表

## 平均额定净功率

## Average value of rated net power

- 工程机械、柴油发电机组平均额定净功率由专家判定得到；
- 农业机械平均额定净功率由总动力除以保有量得到；
- 小型通用机械采用行业协会数据。

| 类型 | | 平均额定净功率（kW） |
|---|---|---|
| 工程机械 | 挖掘机 | 100 |
| | 推土机 | 120 |
| | 装载机 | 135 |
| | 叉车 | 40 |
| | 压路机 | 110 |
| | 摊铺机 | 80 |
| | 平地机 | 100 |
| | 其他 | 30 |
| 农业机械 | 大中型拖拉机 | 29.2 |
| | 小型拖拉机 | 9.6 |
| | 联合收割机 | 42.5 |
| | 排灌机械 | 14.9 |
| | 其他 | 3.0 |
| 小型通用机械 | 手持式 | 0.7 |
| | 非手持式 | 4.5 |
| 柴油发电机组 | | 88 |

# 平均使用小时数

## Average value of usage time

- 工程机械、柴油发电机组

$$hr = \frac{hr_f}{LF \times S}$$

其中， hrf取5000小时， LF取0.65， S取10年。

- 农业机械年均使用小时数推荐值采用美国数据。
- 小型通用机械年均使用小时数推荐值采用行业协会数据。

- engineering machinery, diesel generating set

$$hr = \frac{hr_f}{LF \times S}$$

hrf=5000h， LF=0.65， S=10yrs.

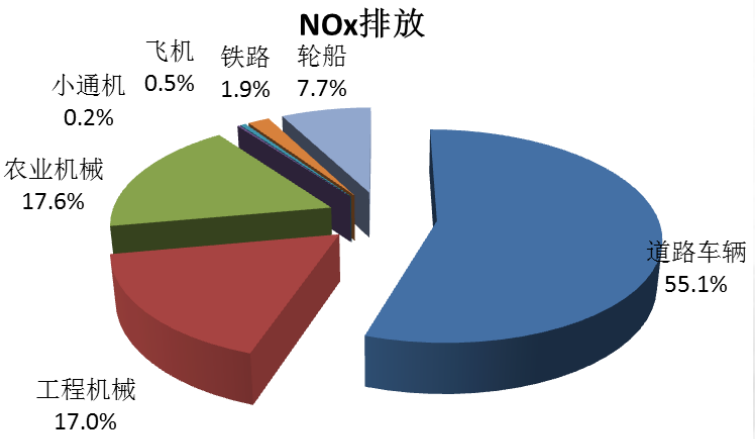
- For agricultural machinery, the recommended value of annual usage time adopts American data.
- For small general machinery, the recommended value of annual usage time adopts data from industry association.

| 类型 | | 年均使用小时数（小时） |
|---|---|---|
| 工程机械 | 挖掘机 | 770 |
| | 推土机 | 770 |
| | 装载机 | 770 |
| | 叉车 | 770 |
| | 压路机 | 770 |
| | 摊铺机 | 770 |
| | 平地机 | 770 |
| | 其他 | 770 |
| 农业机械 | 大中型拖拉机 | 500 |
| | 小型拖拉机 | 500 |
| | 联合收割机 | 150 |
| | 排灌机械 | 380 |
| | 其他 | 380 |
| 小型通用机械 | 手持式 | 50 |
| | 非手持式 | 125 |
| 柴油发电机组 | | 770 |

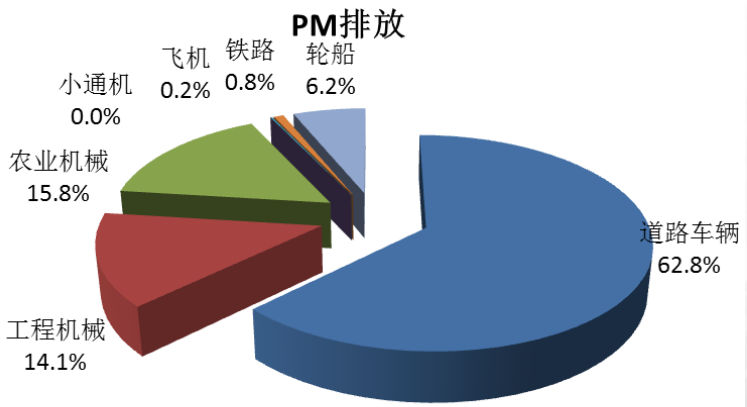
# 六、非道路移动源排放清单应用
# Application of emission inventory

- 借鉴了美国和欧洲现有非道路排放模型的开发经验，结合实测研究得出的排放因子和活动水平，开发了非道路移动源排放模型。

| | 合计 | 工程机械 | 农业机械 | 小通机 | 飞机 | 铁路 | 轮船 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 万吨 | 万吨 | 万吨 | 万吨 | 万吨 | 万吨 | 万吨 |
| 2005 | 279.0 | 90.0 | 124.6 | | 2.5 | 28.7 | 33.2 |
| 2006 | 304.7 | 102.4 | 132.0 | | 2.8 | 28.9 | 38.6 |
| 2007 | 340.7 | 117.4 | 142.1 | 1.2 | 3.2 | 30.0 | 46.7 |
| 2008 | 374.4 | 132.0 | 154.8 | 1.6 | 3.4 | 30.6 | 52.0 |
| 2009 | 392.5 | 145.9 | 160.4 | 2.0 | 3.9 | 26.7 | 53.5 |
| 2010 | 428.4 | 166.6 | 164.3 | 2.3 | 4.5 | 24.0 | 66.8 |
| 2011 | 480.6 | 181.6 | 191.7 | 2.5 | 4.9 | 22.5 | 77.5 |
| 2012 | 521.6 | 198.0 | 204.9 | 2.4 | 5.4 | 21.5 | 89.4 |



| | 合计 | 工程机械 | 农业机械 | 小通机 | 飞机 | 铁路 | 轮船 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 万吨 | 万吨 | 万吨 | 万吨 | 万吨 | 万吨 | 万吨 |
| 2005 | 20.9 | 7.3 | 9.8 | | 0.1 | 1.1 | 2.6 |
| 2006 | 23.0 | 8.3 | 10.4 | | 0.1 | 1.1 | 3.1 |
| 2007 | 25.6 | 9.6 | 11.2 | 0.0 | 0.1 | 1.1 | 3.7 |
| 2008 | 28.6 | 10.7 | 12.5 | 0.0 | 0.1 | 1.1 | 4.1 |
| 2009 | 30.7 | 11.8 | 13.6 | 0.0 | 0.1 | 1.0 | 4.2 |
| 2010 | 33.9 | 13.3 | 14.3 | 0.0 | 0.1 | 0.9 | 5.3 |
| 2011 | 36.8 | 14.0 | 15.6 | 0.0 | 0.2 | 0.8 | 6.1 |
| 2012 | 39.0 | 14.7 | 16.2 | 0.0 | 0.2 | 0.8 | 7.1 |



# 谢谢聆听！

# Thanks for your attention!