

应用模式计算机动车排放因子^{*}

何东全 郝吉明 贺克斌 傅立新

(清华大学环境科学与工程系, 北京 100084)

摘要 以澳门地区机动车污染物排放因子计算为例, 介绍了根据当地实际情况, 进行模式参数修正, 并采用修正的模式确定排放因子的基本方法。结果表明, 采用修正模式计算的方法能够比较方便地确定不同时空研究范围内机动车的排放因子。澳门地区机动车的排放水平较高, 需要采取更先进的技术以控制机动车的污染。

关键词 排放因子, 行驶里程, 登记分布, 劣化率, MOBILE5.

Vehicle Emission Factors Determination Using Model Calculation

He Dongquan Hao Jiming He Kebin Fu Lixin

(Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract Determination of emission factors is the basis for vehicle emission control. In this paper, a method of determining emission factors using model calculation was introduced by taking Macau as an example, further more, parameter corrections according to local situation were discussed in detail. The result showed that this method can be used to determine the emission factors in different interested scale expediently and the level of vehicle emission control in Macau is relatively lower so that some new technologies should be adopted to control the vehicle pollution.

Keywords emission factors, mileage traveled, registration distribution, deterioration rate, MOBILE5.

机动车排放因子是进行机动车污染控制的基础^[1]。目前, 我国对排放因子的研究尚不深入。本文以澳门地区排放因子的确定为例, 选用美国环保局开发并推荐使用的 MOBILE5 模式, 探讨了根据当地实际情况, 通过参数修正, 利用国外模式确定机动车排放因子的方法, 提出了模式基本输入参数确定的方法。这种方法可以综合考虑影响机动车排放的因素, 反映机动车实际运行时的排放因子, 取得了较好效果。

1 MOBILE5 模式介绍^[2]

MOBILE5 模式是由美国环保局开发的机动车排放因子的数学模型, 它根据多年来对大量车辆测试数据的分析回归, 得到计算机动车排放因子的经验公式。分析所用的数据来源为

美国环保局(EPA)组织的各种不同在用车排放水平检测结果, 以及联邦测试程序(Federal Test Procedure, FTP)中测得的排放结果。

从这些数据的测试分析中, 能得出各年、各车型车辆排放因子的平均水平, 以及各种参数(例如发动机的排量, 车辆的载重及自重, 环境参数以及维修保养状况等)对排放的影响。MOBILE5 模式据此将机动车分为 8 类, 对不同类型的车辆分别考虑各种因素的影响, 最终计算出总体排放水平。对每类机动车, 其基本的计算公式可归结为以下 2 个。

在一定的环境条件下(如 FTP 测试的标准

* 美国福特基金-中国研究发展基金资助项目: 9712705
何东全: 男, 27 岁, 博士研究生
收稿日期: 1997-10-28

条件), 车辆的基本排放与其使用里程呈线性关系:

$$C_{ipn} = A_{ip} + B_{ip} + Y_{in} \tag{1}$$

式中, C_{ipn} , 基本排放因子, (g/km); A_{ip} , 新车排放因子; B_{ip} , 排放因子劣化率; Y_{in} , 总行驶里程; i , 生产年代; p , 污染物类型; n , 计算年代.

在计算出基本排放水平后, 可考虑各种修正因素, 修正基本排放因子, 得到实际排放因子 E .

$$E = (C + T - M) \times F \times A \times L \times U \times H \tag{2}$$

其中, C , 基本排放因子; T , 车辆其它部件老化造成的排放增量; M , 车辆由于进行维修保养减少的排放; F , 温度, 速度, 热启动/冷启动工况修正参数; A , 空调装置修正参数; L , 负载修正参数; U , 拖车修正参数; H , 湿度修正参数.

各种修正参数均根据检测的结果, 回归出经验公式进行计算.

MOBILE5 根据美国的实际情况, 确定了机动车控制技术水平、行驶里程、车辆登记分布等参数值, 当模式应用于不同地区时, 必须对这些参数进行相应的调整, 以保证计算的准确性.

2 模式参数修正

2.1 新车排放因子和劣化率

机动车的新车排放因子和劣化率反映了机动车的排放控制技术水平. 本研究对新车排放因子和劣化系数的修正主要根据澳门和国际机动车排放控制水平的对比. 对澳门地区机动车车种、车型、厂牌等进行了详细的调查, 发现澳门地区机动车基本上为欧、日、韩等国生产的进口车, 大部分车辆采用化油器技术, 少部分采用电子喷射技术, 且基本上没有安装尾气净化装置, 这种状况同美国 70 年代末期机动车污染控制水平相似^[3]. 根据这一基本情况并结合中国大陆部分同等控制水平车辆的检测结果, 得到了澳门地区不同车型的新车排放因子和对应于里程的劣化系数(结果见表 1).

2.2 机动车登记分布和里程分布

机动车登记分布和里程分布反映了目前在用机动车的使用状况, 它的确定主要通过实际调研的保有量数据和行驶里程数据通过简单计

算得到.

表 1 新车排放因子和劣化系数的确定

车 种	污染物 种类	新车排放因子 / $\text{g} \cdot \text{km}^{-1}$	劣化系数 $\times 10^4/\text{g} \cdot \text{km}^{-1}$
轿 车	HC	1. 06	0. 25
	CO	17. 7	2. 35
	NO _x	1. 79	0. 04
小型客车	HC	1. 80	0. 18
	CO	22. 45	2. 55
	NO _x	1. 77	0. 00
中型客、货车	HC	6. 28	0. 18
	CO	60. 08	2. 55
	NO _x	4. 61	0. 00
重型汽油车	HC	9. 73	0. 25
	CO	59. 39	5. 64
	NO _x	6. 18	0. 07
重型柴油车	HC	3. 81	0. 06
	CO	11. 13	0. 15
	NO _x	30. 21	0. 13
摩托车	HC	2. 40	0. 75
	CO	24. 39	2. 53
	NO _x	0. 250	0. 00

(1) 年代登记分布 车辆的年代登记分布指正在运行的机动车中不同登记年代的车辆所占的比例. 本研究中, 定义登记分布:

$$V_i = \frac{R_i}{\sum_{i=15} R_i} \tag{3}$$

其中, i 为年代, R_i 为车辆年代登记数, 公式表述:

$$R_i = P_i - P_{i-1} + R_{i-15} \tag{4}$$

P_i 为 i 年份的机动车保有量, 式中假设机动车淘汰年限为 15a.

澳门地区机动车登记分布结果见表 2.

(2) 车辆的里程分布 车辆的里程分布定义为车辆在使用的不同年代行驶的里程数. 由于澳门缺乏相应的里程分布数据, 本研究采用北京的统计结果代替. 确定里程分布的方法: 首先对各个机动车检测厂进行实地调研, 将调研得到的不同车种车辆的使用年限和行驶里程进行回归, 进而得到机动车不同使用年份的累积行驶里程. 对累积行驶里程的回归采用组合公式, 即认为前 3 年, 行驶里程线性增加, 以后按对数规律增加. 部分车种的回归结果及车辆的里程分布见图 1、图 2.

表 2 澳门地区机动车登记分布

年代	汽油轿车	柴油轿车	轻型汽油车	重型汽油车	轻型柴油车	重型柴油车	摩托车
1986	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.034
1987	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.034
1988	0.060	0.060	0.069	0.0	0.069	0.0	0.050
1989	0.076	0.076	0.084	0.0	0.084	0.0	0.064
1990	0.086	0.086	0.100	0.124	0.100	0.124	0.076
1991	0.091	0.091	0.107	0.133	0.107	0.133	0.078
1992	0.137	0.137	0.069	0.165	0.069	0.165	0.106
1993	0.138	0.138	0.172	0.133	0.172	0.133	0.110
1994	0.145	0.145	0.137	0.185	0.137	0.185	0.137
1995	0.098	0.098	0.125	0.088	0.125	0.088	0.130
1996	0.170	0.170	0.137	0.171	0.137	0.171	0.179

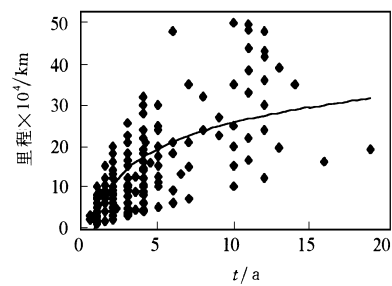


图 1 轿车行驶里程累积分布

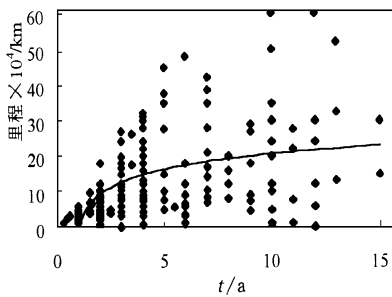


图 2 轻型车行驶里程累积分布

2.3 其它参数输入

除上述基本的参数修正之外,MOBIL5 还要求输入其它参数:

- (1) 机动车平均运行速度 机动车平均运行速度是指机动车整体在研究范围(道路或区域)内完成一次工况循环的平均速度.
- (2) 冷热启动比例 启动状态指机动车开始运行的前 505s 的运行状态,冷热启动则指机动车启动时的车体温度,冷热启动比例反映了机动车运行中不同工况的比例.
- (3) 油料状况 油料指标是油品的饱和蒸

气压,它直接影响 HC 的排放.

(4) 机动车运行环境背景条件 包括机动车运行时的日均气温、最高最低气温和湿度等.

(5) 机动车使用空调、过载、拖车状况 车使用空调等会增加发动机负荷,因而增加排放.

(6) 检查维护(I/M) 状况 MOBILE5 考虑了各种 I/M 程序对排放因子的影响.考虑因素包括检测类型,实行方法,普及率,效用等.

这些参数的确定均根据澳门地区实际调查的结果得到.

3 计算结果及讨论

根据上述参数化过程,输入模式计算,得到澳门地区的机动车平均排放因子,见表 3.

从表 3 可见,澳门地区机动车污染物排放水平较高,同发达国家目前的排放水平相比有一定差距,但好于大陆(见表 4),这一结果同澳门机动车排放控制水平是相一致的.

机动车的排放受机动车运行状况和环境背景条件的影响,从计算结果来看,机动车运行速度提高会明显改善 CO 和 HC 的排放,夏季 HC 的总排放要高于冬季.而 NO_x 的排放受上述条件的影响较小.所以,对不同污染物的控制应根据它们对不同控制条件的敏感性,采用灵活的方法进行.

4 结论和建议

本文提出了一套根据当地实际情况,获得基础数据并进行参数化的方法.进行参数修正

表 3 澳门地区机动车污染物排放因子计算结果/ $\text{g} \cdot \text{km}^{-1}$

交通状况	污染物	季节	汽油轿车	轻型汽油车	重型汽油车	柴油轿车	轻型柴油车	重型柴油车	摩托车
繁忙时间 (车速 $20\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	HC	冬季	3.5	5.6	12.7	0.3	0.5	9.0	3.8
		夏季	6.0	6.8	15.8	0.3	0.5	9.0	6.3
		平均	4.7	6.2	14.3	0.3	0.5	9.0	5.0
	CO	冬季	37.4	64.1	115.5	2.6	2.0	29.3	28.8
		夏季	50.5	85.5	147.5	2.6	2.0	29.3	28.8
		平均	43.9	75.5	131.5	2.6	2.0	29.3	28.8
	NO _x	冬季	1.58	2.11	3.94	0.73	0.84	11.87	0.13
		夏季	1.55	2.05	3.62	0.73	0.83	11.86	0.12
		平均	1.56	2.08	3.78	0.73	0.83	11.87	0.13
较繁忙时间 (车速 $27\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	HC	冬季	2.9	4.8	9.8	0.3	0.4	7.7	3.3
		夏季	4.7	5.7	12.3	0.3	0.4	7.7	5.9
		平均	3.8	5.2	11.1	0.3	0.4	7.7	4.6
	CO	冬季	44.2	76.0	117.3	2.1	1.6	23.7	22.6
		夏季	32.8	56.7	91.9	2.1	1.6	23.7	22.6
		平均	38.5	66.4	104.6	2.1	1.6	23.7	22.6
	NO _x	冬季	1.51	2.00	3.74	0.66	0.76	10.80	0.12
		夏季	1.54	2.06	4.07	0.66	0.76	10.80	0.14
		平均	1.53	2.03	3.90	0.66	0.76	10.80	0.13
非繁忙时间 (车速 $35\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$)	HC	冬季	2.2	3.7	6.6	0.2	0.3	6.1	2.8
		夏季	3.3	4.5	8.4	0.2	0.3	6.1	5.4
		平均	2.7	4.1	7.5	0.2	0.3	6.1	4.1
	CO	冬季	25.1	44.3	65.2	1.5	1.2	17.1	16.4
		夏季	33.7	59.2	83.2	1.5	1.1	17.1	16.5
		平均	29.4	51.8	74.2	1.5	1.1	17.1	16.4
	NO _x	冬季	1.52	1.97	3.95	0.58	0.67	9.52	0.14
		夏季	1.55	2.03	4.30	0.58	0.67	9.53	0.16
		平均	1.54	2.00	4.13	0.58	0.67	9.52	0.15

表 4 中国和美国目前机动车排放因子¹⁾/ $\text{g} \cdot \text{km}^{-1}$

污染物	国别	汽油轿车	轻型汽油车	重型汽油车	重型柴油车	摩托车
HC	中国	10.2	11.4	17.0	9.4	4.8
	美国	2.5	2.8	8.4	2.1	4.0
CO	中国	85.2	84.8	235.6	31.3	47.2
	美国	19.0	24.0	102.0	11.5	24.4
NO _x	中国	1.6	3.2	5.0	53.4	0.5
	美国	1.0	1.2	3.1	10.2	0.4

1) 车速约为 23km/h

的模式计算, 可以比较准确地确定不同研究区域和机动车运行条件下的排放因子, 其结果是合理的。

另外, 由于模式需要的速度、运行工况、背景条件等参数完全可以由实际情况确定, 所以

采用这种方法可以灵活地计算不同研究区域, 不同时间范围的排放因子, 为机动车污染控制以及机动车污染物扩散计算等研究提供了有力的工具和依据。

从模式计算来看, 不同的影响因素对机动车的排放影响不同, 为进行机动车污染控制, 应全面地分析这些因素, 确定影响排放的主要因素, 通过采取措施调整这些因素向有利于减少排放的方向发展。

参 考 文 献

1 Alexopoulos A. Model for Traffic Emissions Estimation. Atmospheric Environment, 1993, **27B**(4): 435—446

2 EPA 450/4-8-026d (revised) . USER'S GUIDE TO MOBILE5. U.S EPA, Washington DC: 1992

3 Asif Faiz et al. . Air Pollution from Motor Vehicles. Washington D C: The World Bank, 1996: 2_ 8