

盘锦冬季城区机动车污染物排放模拟研究

李冬梅 刘冲 李朝旭 车宏宇

(辽宁省环境科学研究院, 沈阳 110031)

摘要:采用美国环境保护局开发的机动车排放因子模型 Mobile5, 计算了 2005 年盘锦冬季机动车单车排放因子在不同车型条件下的排放情况。结果表明:不同车型的机动车其单车排放因子随着车速的增加而呈不同趋势的变化, HC 和 CO 逐渐降低, 而 NO_x 随车型的变化而变化。

关键词:机动车排放因子; Mobile5; 污染物; 车型; 排放模拟

Mobile 系列模式是由美国国家环境保护局研究开发的, 用于计算实际运行条件下 HC, CO, NO_x 三种气态污染物平均排放因子的数学模型。美国环境保护局于 20 世纪 60 年代末期开始研究 Mobile 模型, 1978 年和 1984 年分别推出了改进型 Mobile2 和 Mobile3, 1989 年推出了 Mobile4, 1994 年又推出了 Mobile5。Mobile5 为目前广泛使用的版本, 其源代码用 FORTUNE 语言编写, 由一个主程序和 123 个子程序、58 个函数子程序以及 35 个数据文件组成, 共 4 万余行^[1]。Mobile5 模式的基本计算公式都是对排放测试数据进行长期的统计和回归分析后得到的经验公式。这些测试数据的主要来源是美国国家环境保护局组织的在用车测试以及根据联邦测试程序进行的新车排放测试结果。Mobile5 模式利用经验公式计算各种因素对不同类型车辆的影响, 确定该车型的排放因子, 再根据各种车型的登记分布和累积里程率最终计算出车队的总体排放因子^[2]。

Mobile5 模式的计算思路是首先根据排放控制水平得到机动车在标准工作状态下的基本排放因子。在此基础上, 根据实际条件下各影响因素同标准工作状况的差别对基本排放因子进行修正, 最终得到实际运行状况下的排放因子。

通过我国盘锦机动车控制水平与美国排放技术水平的对比, 对 Mobile5 模式进行修正, 使其符合盘锦机动车尾气排放情况。本文主要以修正后的模式计算 2005 年盘锦冬季机动车单车排放因子与车型的关系, 并进行了探讨^[3]。

1 机动车污染物排放影响因子

影响机动车单车排放因子的因素很多, 主要包

括以下几个方面。

1.1 机动车排放控制水平

机动车排放控制水平指机动车在标准工作状况下 0 km 排放水平 (Zero Mileage Level, ZML) 和劣化率 (Deterioration Rate, DR)。这 2 个指标的变化往往对应于新排放控制技术采用和法规加严。不同年代生产的车辆, 其 ZML 和 DR 有很大的差别^[4]。

1.2 速度

美国国家环境保护局对大量机动车的测试结果表明, 机动车运行速度对污染物排放影响很大。在低速度 (小于 30 km/h), 一氧化碳 (CO) 和碳氢化合物 (HC) 排放因子随速度的增加呈负指数下降。这主要是由于随着车速的提高, 发动机燃烧效率提高, CO 和 HC 的排放量随之降低。本文的计算结果也证明了这一点。而氮氧化物 (NO_x) 在中低速区 (10~75 km/h) 随着速度的增加其排放量变化相对较小, 但在高速度段 (大于 75 km/h) 其排放量有了急剧的上升。这主要是由于 NO_x 排放量是受发动机燃烧温度所影响, 当中、低车速时, 车辆载荷较小, 耗油量较小, 燃烧温度较低, 氮氧化物排放量也较少; 当车辆行驶超出其经济区时, 耗油量逐渐加大, 燃烧温度逐渐升高, 氮氧化物排放量也明显增加。

以 2005 年 11 月 1 日—2006 年 3 月 31 日盘锦市内 10~90 km/h 的车速作为不同车型单车排放因子的对比计算条件。

1.3 运行工作状况

车辆在道路上运行, 随着车速和载荷的变化, 其各种污染物的排放量也在变化。尽管车辆在道路上行驶时工作状况变化千差万别, 但都是由怠速、加速、匀速、减速这 4 种基本工作状况构成的。因此,

了解这4种基本工作状况的污染物排放特性对分析实际道路运行中污染物排放情况是非常重要的。

1.3.1 怠速

怠速时发动机的工作特点是转速低、进气量小,发动机燃烧室内的残余废气比例较大,需要供给较浓的混合气,才能使发动机工作稳定。这种浓的混合气空燃比造成了怠速状态下的高浓度CO和HC的排放以及低浓度NO_x的排放。

1.3.2 加速

加速时油门突然加大,进气量和供油量都随之增大,其空燃比较怠速时提高,CO排放浓度下降;由于加速过程中燃烧不稳定,未来得及燃烧的燃料会直接从排气管排出,造成了HC排放浓度一定程度的增加;此时是氮氧化物生成的最有利条件,加速过程中大量的燃料参加燃烧,使得燃烧温度迅速提高,并且燃烧室内有充足的氧气和氮气来参与反应,造成了高浓度NO_x的排放。

1.3.3 匀速

匀速是发动机燃烧最稳定的状态,混合气的空燃比趋于理想状态,燃烧效率也最高,这时CO和HC排放浓度都较低;相反,NO_x排放浓度较高,并且随着车速和载荷的增加,NO_x排放量也随之增加。

1.3.4 减速

减速时急速减小油门,进气量减到最小,但由于发动机转速在开始减速时仍然较高,造成了进气管内的高真空度。因此,从怠速油路吸入了大量的燃油,同时附着在进气管壁上的燃料也将被吸入燃烧室,这些都造成了减速瞬间的混合气过浓,CO排放浓度剧增。随着速度的下降,排放浓度也逐渐降至怠速时的状况;HC排放浓度的变化与CO类似,所有未能参加燃烧的燃料都将从排气管排出,使得HC排放浓度在减速时出现了一个最高峰;而此时NO_x的排放量随着空气量的减少和载荷的降低而迅速减少。

除了上面4种运行工作状况外,污染物排放量的变化还与其各工作状况的进气量有关,油门越大,进气量越大,污染物排放的总量也越大。如怠速工作状况,虽然CO,HC排放浓度高,但由于这一工作状况的进气量最小,所以它的总排放量并不大,较其他工作状况的总排放量要小得多。

本文主要以机动车匀速情况为计算条件。

1.4 冷/热启动比例

根据美国汽车工程师协会(SAE)的定义,汽车

从启动开始,运行的前505S为启动阶段,之后为稳定运行阶段。根据启动时气缸的温度,可将启动分为冷启动和热启动。启动阶段内机动车运行的距离同机动车完成一次工作状况循环运行的距离之比,称为冷/热启动比例。由于启动阶段发动机工作不稳定,排放相对较大。

经过调查和类比本文以20.6%作为冷启动比例,以40%作为热启动比例为计算条件。

1.5 环境温度

环境温度对机动车污染物的排放有一定程度的影响,环境温度过高或温度过低都会造成污染物排放量的增加。HC在高温(大于30℃)时排放量增加较快,特别是非尾气排放增加尤为迅速。

以盘锦冬季日平均最高气温-0.3℃、日平均最低气温-14.9℃及日平均气温-6.5℃为计算条件。

1.6 燃料的性质

燃料的饱和蒸汽压对机动车污染物的排放,特别是HC化合物的排放影响较大。

根据国家油料标准,我国油品的饱和蒸气压值冬季为88kPa(12.7Psi),夏季为74kPa(10.7Psi)。采用国家油料标准,以油品的冬季饱和蒸气压值为输入条件。

1.7 机动车检测和维修(I/M)制度

机动车检测和维修制度能够保证机动车在良好的车况下运行,从而减少污染物的排放。对I/M制度考虑的因素有检测类型、检测频率、组织方式、普及率、初检合格率等。目前,盘锦对所有车辆实行年检制度。检测方式为双怠速法,检验率为100%,初检合格率为60%。本文主要将上述情况参数化后输入Mobile5模型。

1.8 其他影响因素

除上述因素外,影响单车排放因子的因素还包括空调的使用、负载情况以及是否使用拖车等。另外,环境湿度对污染物排放因子也有一定的影响。

综上所述,影响机动车单车排放因子的因素很多,本文主要以2005年盘锦冬季市内的机动车调查数据为模型的基础运算条件,运用修正的Mobile5模型计算不同车型在不同车速下单车排放因子的情况。

2 盘锦冬季城区机动车污染物排放模拟

经计算,2005年盘锦冬季城区机动车单车排放因子与不同车型的关系如表1。

从表1和图1可以得出在不同车速下不同车型的机动车污染物排放关系为如下。

表1 盘锦冬季城区机动车污染物排放情况

车速 /km	小型车			中型车			大型车			摩托车		
	CO	HC	NO _x	CO	HC	NO _x	CO	HC	NO _x	CO	HC	NO _x
10	48.82	6.07	2.82	84.61	9.98	3.08	248.65	21.21	6.50	86.18	16.94	0.18
15	36.83	4.55	2.63	64.74	7.38	2.88	193.60	16.35	6.70	55.86	11.79	0.17
20	30.79	3.78	2.54	54.73	6.07	2.78	153.96	12.81	6.90	40.97	9.18	0.17
25	27.15	3.32	2.48	48.69	5.28	2.72	125.05	10.19	7.11	32.57	7.69	0.18
30	24.65	3.01	2.44	44.55	4.74	2.67	103.15	8.19	7.31	27.07	6.72	0.19
35	21.05	2.63	2.48	38.54	4.19	2.66	87.46	6.73	7.52	23.28	6.05	0.20
40	17.87	2.32	2.51	33.16	3.74	2.67	75.74	5.62	7.72	20.31	5.52	0.21
45	15.39	2.08	2.54	28.97	3.40	2.67	66.99	4.77	7.92	17.87	5.07	0.22
50	13.35	1.88	2.57	25.52	3.11	2.68	60.34	4.10	8.13	15.77	4.67	0.23
55	11.73	1.72	2.58	22.79	2.89	2.68	55.72	3.59	8.33	14.10	4.35	0.24
60	10.38	1.59	2.60	20.51	2.70	2.68	52.55	3.20	8.53	12.75	4.08	0.25
65	9.24	1.48	2.61	18.57	2.54	2.69	50.61	2.89	8.73	11.71	3.88	0.25
70	8.23	1.38	2.63	16.86	2.40	2.69	49.78	2.66	8.94	10.91	3.74	0.26
75	7.38	1.29	2.64	15.43	2.28	2.69	50.06	2.48	9.14	10.35	3.65	0.26
80	7.11	1.27	2.79	14.97	2.24	2.89	51.41	2.36	9.34	10.18	3.63	0.28
85	7.11	1.27	3.02	14.97	2.24	3.20	53.92	2.28	9.54	10.18	3.63	0.31
90	7.96	1.33	3.27	16.54	2.22	3.52	57.92	2.23	9.75	13.37	3.97	0.34

2.1 HC

10~40 km/h, HC 的排放情况为大型车大于摩托车大于中型车大于小型车; 40~90 km/h, 摩托车大于大型车大于中型车大于小型车。

2.2 CO

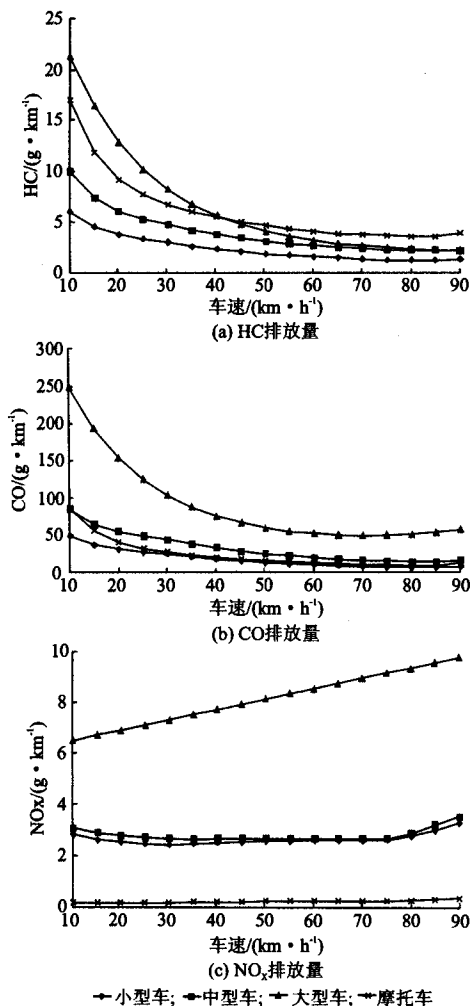


图1 机动车单车排放因子与不同车型的关系曲线

10~90 km/h, CO 排放情况为大型车大于中型车大于摩托车大于小型车。

2.3 NO_x

10~90 km/h, NO_x 排放情况为大型车大于中型车大于小型车大于摩托车。

由此可见, 机动车污染物排放情况是随车型及污染因子的变化而变化的, 其不同车型的 HC 与 CO 的排放规律较相似, 均为随着车速的增加而逐渐降低^[5]; 而 NO_x 在不同车型下的排放情况较为复杂, 大型车和摩托车随着车速的增加而增加, 小型车和中型车在 10~75 km/h 间随着车速的增加逐渐降低, 而在 75~90 km/h 间又随车速的增加而逐渐升高。因此, 不同车型的机动车随着车速的变化其污染因子亦随之变化。

3 结论

3.1 不同车型的机动车随着车速的变化其排放因子亦随之变化, 所有车型排放的 HC, CO 随着车速的增加其排放因子逐渐降低; 大型车和摩托车排放的 NO_x 随着车速的增加而逐渐升高; 小型车和中型车排放的 NO_x 随着车速的增加而逐渐降低, 达到某一最低值后, 又开始逐渐增加。

3.2 由模式模拟得到的不同车型在不同车速下的污染物排放与实际测试的其趋势表现出非常好的一致性, 反映了模式计算方法至少在模拟排放变化趋势方面具有较好的可靠性。

参考文献

- [1] EPA, User's Guide to MOBILE5 (Mobile Source Emission Factory Model), 1994, 25-27.
- [2] Western Governor's Association Denver, Colorado and Bi-

- national Advisory Committee. Mobile5 - Mexico Documentation and User's Guide. 2000, 20, 168 - 170.
- [3] 杨洪斌, 张云海, 邹旭东, 等. AERMOD 空气扩散模型在沈阳的应用和验证[J]. 气象与环境学报, 2006, 22(1): 59 - 60.
- [4] 傅立新. MOBILE 汽车源排放因子计算模式研究[J]. 环境科学学报, 1997, 17(4): 474 - 479.
- [5] 祝昌健. 广州市机动车尾气排放系数及污染趋势探讨[J]. 中国环境科学, 1997, 17(3): 216 - 218.

Simulating pollutant emission of motor vehicle during winter in Panjin

LI Dongmei LIU Chong LI Zhaoxu CHE Hongyu
(Liaoning Academy of Environmental Sciences, Shenyang 110031)

Abstract: Using Motor Vehicle Emissions Intensity model-Mobile5 explored by EPA, the status of vehicle emission factors was analyzed in different vehicle types during winter in Panjin. The results indicated that emission factors of individual vehicle changed with the increase of the vehicle speed. The emission amounts of HC and CO reduced gradually, but the emission amounts of NO_x changed with vehicle types.

Key words: Motor vehicle emission factors; Mobile5; Pollutant; Vehicle types; Emission simulation