

潘汉生,陈长虹,景启国,等. 轻型柴油车排放特性与机动车比功率分布的实例研究[J]. 环境科学学报, 2005, 25(10): 1306-1313

PAN Hansheng, CHEN Changhong, JING Qiguo, et al. A case study of the emission characteristics of light-duty diesel vehicle and the distribution of vehicle specific power[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2005, 25(10): 1306-1313

# 轻型柴油车排放特性与机动车比功率分布的实例研究

潘汉生<sup>1</sup>, 陈长虹<sup>1,\*</sup>, 景启国<sup>1</sup>, 黄成<sup>1</sup>, 黄海英<sup>1</sup>, 王海鲲<sup>2</sup>, 李莉<sup>1</sup>, 赵静<sup>2</sup>, 戴懿<sup>2</sup>, 蔺宏轶<sup>2</sup>, 王少俊<sup>2</sup>, Matt Barth<sup>3</sup>, Nick Nikkila<sup>3</sup>

1. 上海市环境科学研究院, 上海 200233

2. 华东理工大学资源与环境工程学院, 上海 200237

3. 美国加州大学河畔分校, 加利福尼亚, 美国

收稿日期: 2005-03-09 修回日期: 2005-06-10 录用日期: 2005-07-02

**摘要:**引入机动车比功率概念研究了驾驶条件(Driving Condition)对机动车排放的影响及二者间的关系. 利用美国 Sensors 公司生产的 SEMTECH-D 车载排放测试仪在上海选取 2 辆轻型柴油客货两用车开展了实际道路排放测试. 测试道路包括城市快速道、主干道和次干道, 2 辆轻型车测试的道路全长分别为 31.8 和 39.7 km. 通过计算逐秒的比功率值, 研究了实际行驶中机动车比功率(VSP)与机动车油耗、空燃比和污染物排放的关系. 回归分析结果表明, 比功率比加速度能够更好地反映与 NO<sub>x</sub> 排放之间的关系, 不同道路上机动车的 CO、TC、NO<sub>x</sub> 排放速率和油耗的比功率区间(VSP bin)分布具有较好的一致性. 实测研究中 VSP bin 分布于 -20~20 kW t<sup>-1</sup> 的范围内, 其中超过 50% 的数据分布在 -3~1 kW t<sup>-1</sup> 之间. 高排放集中在分布频率较低的高 VSP 区间. 应用污染物排放与 VSP 分布的关系式和 VSP bins 的频率分布可以估算机动车污染物排放总量. 排放速率计算式具有一定的不确定性, 还有待将来进一步修正.

**关键词:**比功率区间; 轻型柴油机动车; SEMTECH-D; 实际道路排放测试

文章编号: 0253-2468(2005)10-1306-08 中图分类号: X701 文献标识码: A

## A case study of the emission characteristics of light-duty diesel vehicle and the distribution of vehicle specific power

PAN Hansheng<sup>1</sup>, CHEN Changhong<sup>1,\*</sup>, JING Qiguo<sup>1</sup>, HUANG Cheng<sup>1</sup>, HUANG Haiying<sup>1</sup>, WANG Haikun<sup>2</sup>, LI Li<sup>1</sup>, ZHAO Jing<sup>2</sup>, DAI Yi<sup>2</sup>, LIN Hongyi<sup>2</sup>, WANG Shaojun<sup>2</sup>, Matt Barth<sup>3</sup>, Nick Nikkila<sup>3</sup>

1. Shanghai Academy of Environmental Sciences, Shanghai 200233

2. Resources and Environmental Engineering Institute, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237

3. University of California, Riverside, CA, USA

Received 9 March 2005; received in revised form 10 June 2005; accepted 2 July 2005

**Abstract:** To study how the intensity of vehicle operation impacts vehicle emissions, the conception of vehicle specific power, which has stronger relationship with vehicle emissions, is introduced. Two light-duty diesel vehicles were chosen to do road tests in Shanghai using SEMTECH-D, an instrument provided by the US Sensors Company. The tested roads include arterial road, residential road and highway. The total length of tested roads for the two vehicles is 31.8 and 39.7 km respectively. Second by second VSP values are calculated and the relationship among fuel consumptions, air/fuel ratio, the concentrations of pollutants and VSP is studied. The dependence of NO<sub>x</sub> emissions on VSP is better than on acceleration. And the dependences of CO, HC, NO<sub>x</sub> emission rate and fuel consumption on VSP are very similar for three different types of road. From the test it can be found that the distribution range of VSP bins is mainly from -20~20 kW t<sup>-1</sup>, among which more than 50% is between -3 and 1 kW t<sup>-1</sup>. Furthermore, the high emissions are fastened on the high VSP bins. Applied with the equation of emission rates and the distribution of VSP bins, vehicle emissions can be predicted. And the equation of emission rates can be improved in future because of the variability.

**Keywords:** VSP Bin; LDDV; SEMTECH-D; on-road emission

基金项目: 上海市交通环境可持续发展指标体系研究项目(No. 00138.07)

作者简介: 潘汉生(1979—), 女, 工程师(硕士), E-mail: panhs@saes.sh.cn; \* 通讯作者(责任作者)

Foundation item: Shanghai Sustainable Environment and Transport Indicators (No. 00138.07)

Biography: PAN Hansheng (1979—), female, Engineer(master), E-mail: panhs@saes.sh.cn; \* Corresponding author

目前,由于大气中机动车排放的污染物占污染物总排放量的比例越来越大,机动车排气已经成为城市大气污染的主要来源(谢绍东等,2000).美国 EPA 推荐使用 Mobile (USEPA, 2000) 和 EMFAC (USCARB, 1996) 两种估算模型定量计算机动车污染物的排放状况,尽管模型考虑了机动车技术参数、运行状况、道路条件、环境条件等对排放的影响,但由于车辆排放因子与机动车的输出功率有着密切的关系,因此,采用平均排放因子的方法来计算排放量会造成极大的不准确性(Sawyer *et al.*, 1998). 为了更详尽地刻画和定量计算机动车的污染物排放状况, Jos é (1999a; 1999b) 提出了机动车比功率 (Vehicle Specific Power, VSP) 这一概念,它包含了驾驶条件 (Driving Condition) 对机动车排放的影响. 这里所指的驾驶条件包括: 怠速、加速、减速、匀速在整个行程中的时间比; 整个行程的平均速度; 机动车的类型; 司机的驾驶方式. 这些因素会影响发动机的输出功率,从而影响污染物的排放 (Britt *et al.*, 1998).

Jos é (1999a) 利用 VSP 对各种标准工况下的台架试验数据、不同观测点的遥感数据和排放模型运行结果进行比较,认为通过计算比功率可以筛选出由于动力过足造成的高排放值,从而将遥感测试更准确地应用于 I/M(检测/维护)制度. Tao 等人(2003)在 Jos é公式的基础上进行了修正,发现 VSP 高值、富燃的操作条件与 NH<sub>3</sub> 排放的高值存在很好的相关性. Constance 等人(2003)开展车载试验,分析了空调开

闭和车辆行驶里程不同的条件下 VSP 与污染物排放的相关性,并将结果运用于模型进行轻型车排放的预测. Chris 等人(2002)分析了在 MOVES 模型中利用 VSP 分别计算轻型和重型机动车排放的方法,发现重型车 CO 和 THC 的排放与比功率的相关性不如 NO<sub>x</sub> 和 CO<sub>2</sub>. ISSRC (2004) 将 VSP 概念应用于 IVEM 模型,对洛杉矶、墨西哥城、圣地亚哥等城市机动车污染物排放总量和排放系数进行了计算. 但是,目前针对 VSP 方面的研究仍然有限,特别是缺少 VSP 与机动车实际道路排放测量结果的比较. 而实际道路排放测量方法的唯一性和可靠性是台架试验、遥感测试等手段无法达到的 (Ihab *et al.*, 2005).

为了解机动车比功率与实际道路排放的相关关系,从比功率角度看机动车排放污染物的特征,本研究在美国世界资源研究所 (WRI)、美国 EPA 和 CE-CERT 的帮助下,利用“车载柴油车排放测试仪”在上海市开展轻型柴油车在实际道路上的排放测试,并运用比功率概念对测试结果进行了分析比较.

1 实验系统与测试方法 (Measurement system and testing method)

1.1 测试道路与车辆

被测车辆为在上海市随机选择的两辆客货 2 用轻型柴油车,参加测试时车龄均不到 2 a,车辆具体信息见表 1. 测试于 2004 年 10 月 22 日和 25 日在上海市不同道路上进行. 图 1 为根据安装在被测车辆上的全球卫星定位系统 (GPS) 所接收数据绘制的行

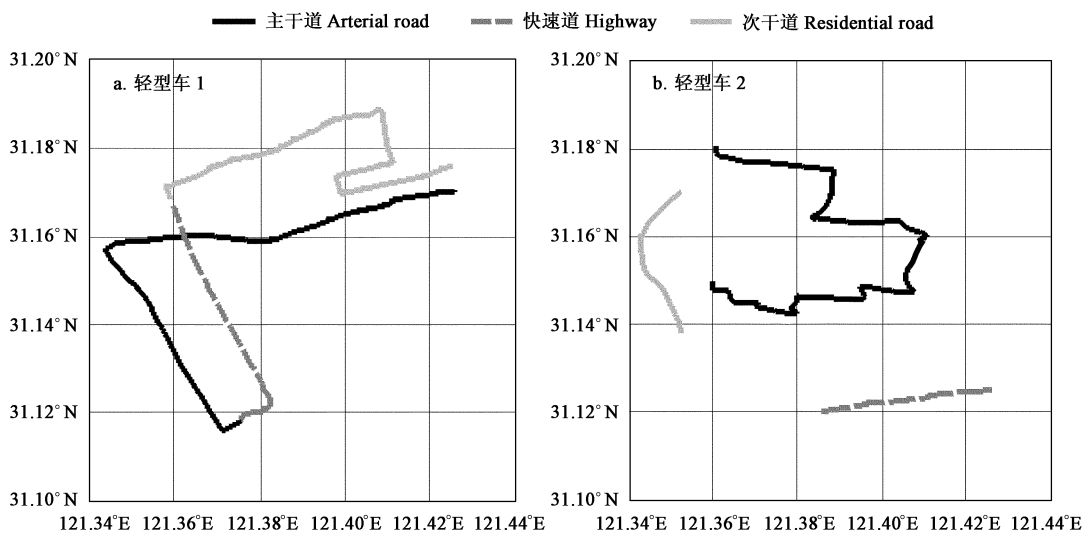


图 1 测试路线 GPS 数据

Fig. 1 GPS data of testing route

表 1 排放测试车辆一览表

Table 1 Basic information of truck for emission test

序号	整备质量 /kg	载重	最大总质量 /kg	发动机	车辆制造商	发动机功率 /kW	出厂年月	行驶里程 /km	催化器
轻型柴油车 1 号	475	5 人座客货两用	2 420	五十铃, BJ5027V2SD5	北京福田	57	2002-12	198 602	无
轻型柴油车 2 号	550	5 人座客货两用	2 495	JX 93Q1	江铃宝典	57	2003-12	90 273	欧

车路线图. 其中, 轻型车 1 行驶路线为 (a) 图, 测试全长为 31.8 km; 轻型车 2 行驶路线为 (b) 图, 测试全长为 39.7 km. 行驶方向从主干道到快速道, 再到次干道. 测量道路的组成与城市道路等级分布基本相近.

1.2 测试设备

如图 2 所示, 试验仪器 SEMTECH D (Sensors Emission Technology-Diesel, Sensors 公司) 的采样口与轻型车排气管相连, 用质量流量计记录尾气流量, 机动车排放的尾气通过石英滤膜过滤后进入仪器, 分别用不分光红外分析仪 (NDIR) 分析 CO、CO<sub>2</sub>, 不分光紫外分析仪 (NDUVR) 分析 NO、NO<sub>2</sub>, 氢火焰离子检测法 (FID) 分析 THC 以及电化学法分析 O<sub>2</sub>. GPS 信号接收天线置于被测车辆的车顶, 记录车辆行驶速度、车辆和路面的高度, 用环境传感器测量环境温度与湿度. 所有物理量的采样频率均为 1 Hz. 仪器在预热时对采样管进行检漏, 用标准气体 (英国 Fitzpatrick Container 公司) 进行校准分析仪器, 并在每次实测前用标准气体或环境空气对目标污染物进行调零.

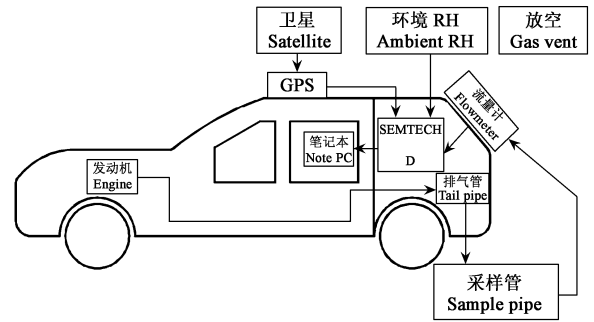


图 2 试验轻型车系统图

Fig. 2 Flow chart of the test system

1.3 计算方法

车辆的比功率 (Vehicle Specific Power, VSP) 即单位质量机动车的瞬时功率, 是发动机克服车轮旋转阻力 ( $F_{rolling}$ )、空气动力学阻力 ( $F_{Aerodynamic}$ ) 做功以及增加机动车的动能 ( $E_K$ ) 和势能 ( $E_P$ ) 所需要输出的功率和因内摩擦阻力 ( $F_{internal friction}$ ) 造成的传动系的机械损失功率. 其数值与速度和加速度有关, 数学表达式为 (Jose, 1999a):

$$P = \frac{\frac{d}{dt} (E_K + E_P) + F_{rolling} \cdot v + F_{Aerodynamic} \cdot v + F_{internal friction} \cdot v}{m}$$

$$= \frac{\frac{d}{dt} \left( \frac{1}{2} m \cdot (1 + i) \cdot v^2 + m \cdot g \cdot h \right) + C_R m \cdot g \cdot v + \frac{1}{2} \rho_a C_D A (v + v_w)^2 \cdot v + C_{if} m \cdot g \cdot v}{m}$$

$$= V \cdot (a \cdot (1 + i) + g \cdot s + g \cdot C_R) + \frac{1}{2} \rho_a \frac{C_D \cdot A}{m} (v + v_w)^2 \cdot v + C_{if} \cdot g \cdot v \quad (1)$$

式中,  $P$  为机动车比功率 ( $\text{kW} \cdot \text{t}^{-1}$ );  $m$  为机动车质量 ( $\text{t}$ );  $v$  为机动车速度 ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ );  $a$  为机动车加速度 ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ );  $i$  为质量因子 (无量纲), 代表了动力系统中传动装置的平移质量;  $h$  为 GPS 所测到的高度 ( $\text{m}$ );  $s$  为梯度 (无量纲), 实际计算中为机动车抬升高度/斜坡长度;  $g$  为重力加速度 ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$ );  $C_R$  为车轮旋转阻力系数 (无量纲);  $C_D$  为空气动力学阻力系数 (无量纲);  $A$  为机动车前沿面积 ( $\text{m}^2$ );  $\rho_a$  为空气密度 ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ );  $v_w$  为机动车顶风风速 ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ );  $C_{if}$  为内摩擦阻力系数 (无量纲). 对于轻型车, Jose (1999a) 给出了以下参数:  $i$  取 0.1,  $g$  取  $9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ ,  $C_R$  取

0.013 5,  $\rho_a$  取  $1.207 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  (20 °C),  $C_D \cdot A/m$  取 0.000 5, 机动车顶风风速  $v_w$  和  $C_{if}$  忽略不计, 则公式 (1) 可以表示为:

$$P = v \cdot (1.1 a + 9.81 \cdot s + 0.132) + 0.302 \times 10^{-3} v^3 \quad (2)$$

2 实验结果 (Test results)

2.1 测试原始数据

2 辆轻型柴油车分别采集了 5 069 和 6 094 组数据, 每组数据包括机动车速度、加速度、高度、CO、THC 和 NO<sub>x</sub> 体积分数、空燃比、燃料经济性等数据.

以轻型车 1 在主干道上的行驶片段为例,各参数的时间序列曲线如图 3 所示.在城市主干道上平均车速为  $23.4 \text{ km h}^{-1}$ ,最高车速为  $66.9 \text{ km h}^{-1}$ ,怠速比为  $19.7\%$ ;在城市快速道上平均车速为  $23.7$

$\text{km h}^{-1}$ ,最高车速为  $68.4 \text{ km h}^{-1}$ ,怠速比为  $11.8\%$ ;而在城市次干道上平均车速为  $21.9 \text{ km h}^{-1}$ ,最高车速为  $77.2 \text{ km h}^{-1}$ ,怠速比为  $27.0\%$ .

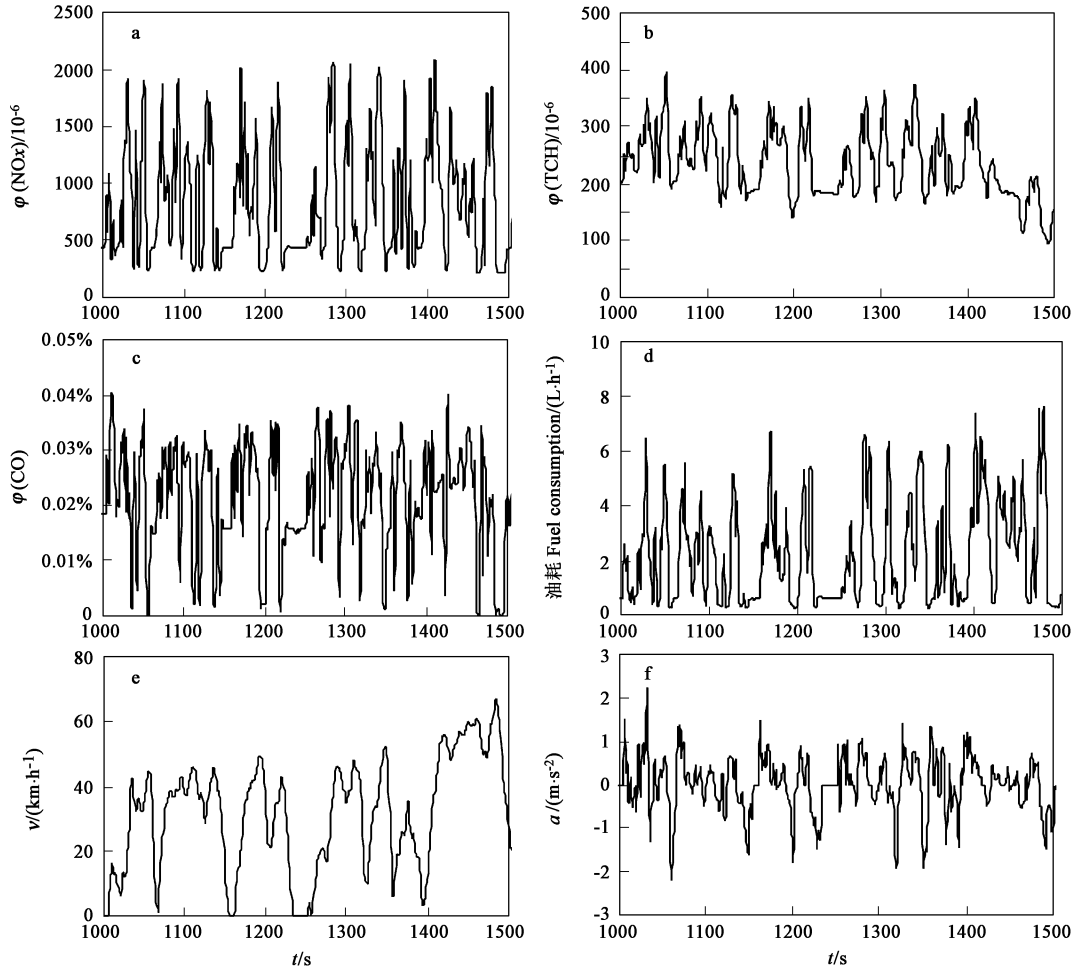


图 3 轻型车 1 在主干道上行驶原始数据典型图谱片段

Fig. 3 Typical type of raw testing data for Light-duty vehicle 1 on arterial road

2.2 比功率与油耗、空燃比及污染物排放的关系

将速度、加速度和高度的逐秒数据代入公式(2),计算机动车比功率.以轻型车 1 在快速道上行驶为例,将每秒的比功率与油耗、空燃比分别作分布图.图 4-a 为油耗和比功率关系图,从图中可以看出,大部分数据落在比功率值为  $-20 \sim 20 \text{ kW t}^{-1}$ ,这也是典型的燃烧条件下的比功率值(Jose, 1999a).比功率为  $-10 \sim -3 \text{ kW t}^{-1}$ 时,油耗较低,平均为  $0.83 \text{ L h}^{-1}$ .随着比功率的增大,油耗迅速增加,最高达到  $9.26 \text{ L h}^{-1}$ .图 4-b 为空燃比与比功率关系图,柴油车的发动机通常在富氧条件下运行,轻型车 1 在城市快速道上的行驶过程中空燃比为  $24.4 \sim 425.7$ ,当比功率趋向于较高的值时,空燃比降低,因

此,也可以说,高比功率值对应着浓混合气状态.由于本次实验是在一般的驾驶条件下进行的,因此,没有出现机动车比功率超过  $30 \text{ kW t}^{-1}$ 的点,还不能反应激烈的驾驶方式对排放的影响.

2.3 不同道路上污染物排放速率与比功率区间分布比较

为了更好地分析比功率与排放的关系,将比功率值在  $-40 \sim 30 \text{ kW t}^{-1}$ 的范围内分成 18 个区间,比功率每增加  $4 \text{ kW t}^{-1}$ 为一个区间(Bin)(ISSRC, 2004),将落在每个区间内的逐秒排放速率值取平均,作出比功率-排放速率曲线图.图 5 显示了轻型车 2 在城市主干道、快速道和城市次干道上行驶时油耗以及  $\text{CO}$ 、 $\text{THC}$  和  $\text{NO}_x$  排放速率的变化趋势.对

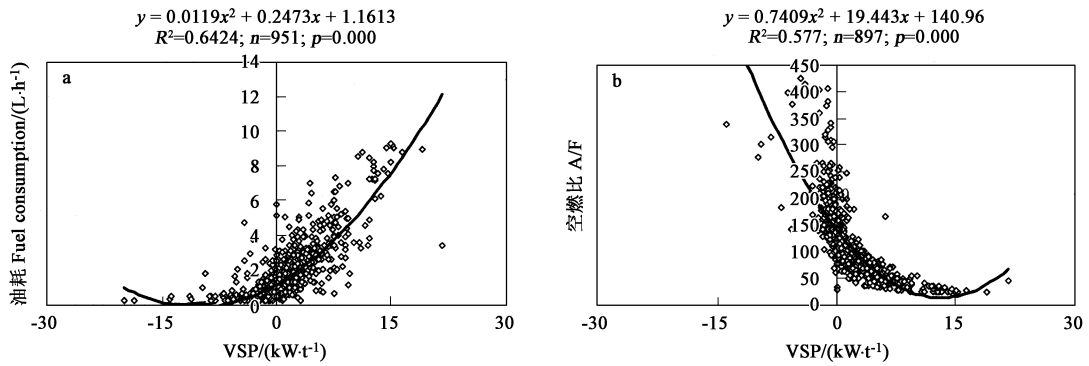


图 4 轻型车 1 在快速道上的燃油消耗、空燃比和比功率关系

Fig. 4 Fuel consumption, air/fuel ratio, vs. vehicle specific power for light-duty vehicle 1 tested on the highway

于不同类型道路,油耗和污染物排放速率的变化均较一致.在油耗-比功率曲线图中,轻型车 2 在主干道上的计算结果比功率分布范围最广,为  $-40 \sim 30 \text{ kW t}^{-1}$ ,在比功率为  $-30 \sim 5 \text{ kW t}^{-1}$ ,3 条曲线较吻合.油耗的最大值出现在主干道中 ( $5.78 \text{ L h}^{-1}$ ),比功率的区间为  $14 \sim 18 \text{ kW t}^{-1}$ ,是最小值的 12.3 倍;这一区间内的加速度均为正值,范围为  $0 \sim 1.431 \text{ m s}^{-2}$ .CO 和 THC 排放速率的最大值也出现在主干

道中,在比功率为  $22 \sim 26 \text{ kW t}^{-1}$  时,分别是  $0.011$  和  $0.008 \text{ g s}^{-1}$ ,是最小值的 4.6 倍和 3.0 倍;在比功率的低值区,如  $-40 \sim -30 \text{ kW t}^{-1}$ ,3 种类型道路的排放速率略有差别,快速道上的测量结果中存在瞬时排放较高的值,但该区间内测得的样品点较少,尚乏较好的代表性. $\text{NO}_x$  排放速率最大值在比功率为  $18 \sim 22 \text{ kW t}^{-1}$  的区间内,为  $0.044 \text{ g s}^{-1}$ ,是最小值的 8.1 倍,也出现在主干道的测量中.

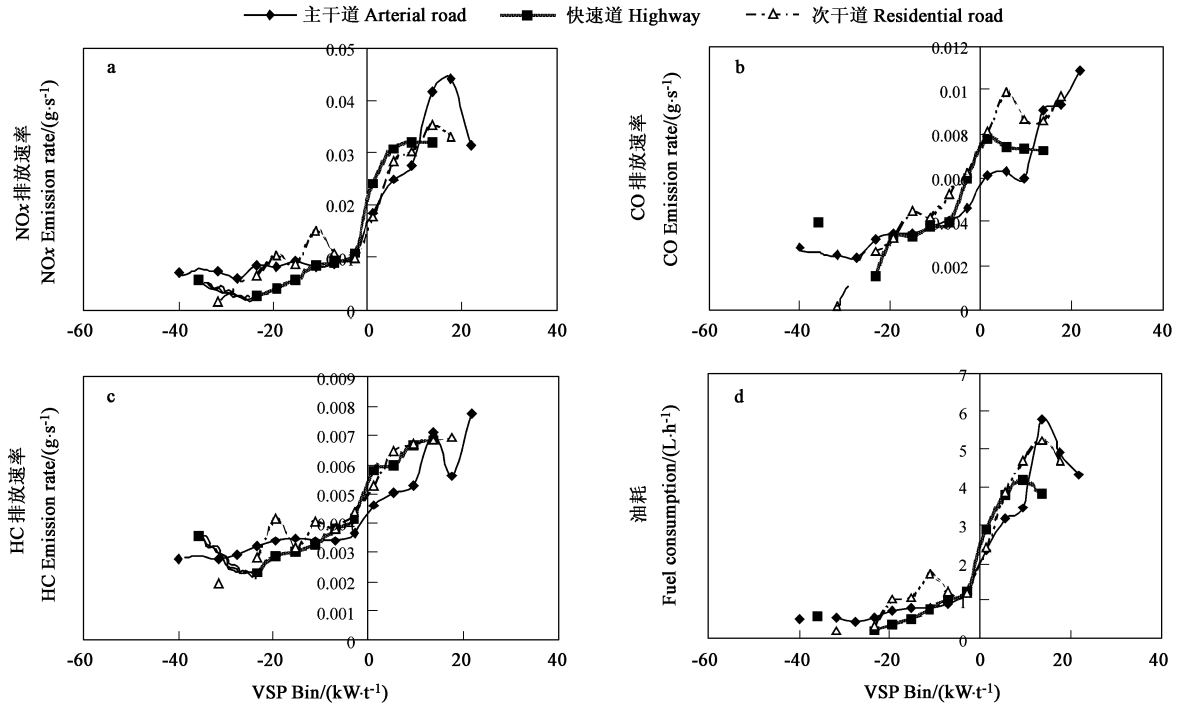


图 5 轻型车 2 在不同道路上油耗-比功率区间、排放-比功率区间曲线

Fig. 5 Fuel consumption and emission vs. VSP bins for light-duty vehicle 2 tested on different roads

### 3 分析与讨论 (Analysis and discussion)

#### 3.1 机动车尾气排放与 VSP 的关系

图 6a 和图 6-b 分别为轻型车 1 在城市快速道上行驶时 NO<sub>x</sub> 排放浓度与比功率及加速度的关系图. 比较 2 图可以发现, 比功率-NO<sub>x</sub> 浓度图中的数据点更集中, 比功率值 - 20 ~ 20 kW t<sup>-1</sup> 时, NO<sub>x</sub> 浓度随 VSP 增加呈明显的上升趋势, 且可用二次回归方程表示, 两者之间的可决系数为 0.7082; 而加速度-NO<sub>x</sub> 浓度图中的点较分散, 二次回归方程的可决系数为 0.2089. Britt 等人 (1998) 研究了司机的车辆操作方式对机动车实际道路排放的影响后认为, 加速过程占整个行程的时间比不如单个加速事件的持续时间或强度对排放的影响大, 而比功率正能反映驾驶条件不同对排放的影响. 因此, 作为影响机动车排

放的参数, 比功率比加速度能够更好地反映与污染物排放之间的关系.

从图 6-a 的 NO<sub>x</sub> 排放与 VSP 分布关系看, 在 - 20 ~ 0 kW t<sup>-1</sup> 的范围内, 污染物排放变化较平稳; 0 ~ 20 kW t<sup>-1</sup> 的范围内, NO<sub>x</sub> 排放随 VSP 增大而增大. 从图 5 也可以看出, 不同道路上油耗与污染物排放速率的 VSP bin 分布具有较好的一致性. 因此, 可以得到基于 VSP bins 的排放速率计算式:

$$R_i(P) = AP^2 + BP + C \quad (3)$$

式中, R<sub>i</sub> 表示污染物 i 的排放速率, P 表示比功率值, A、B、C 为系数. 对轻型车 1 而言, 计算 NO<sub>x</sub> 排放速率 R<sub>NO<sub>x</sub></sub> 时, A 为 1.902, B 为 69.359, C 为 556.49. 这一关系式可以运用于机动车排放清单模型中排放系数的校正.

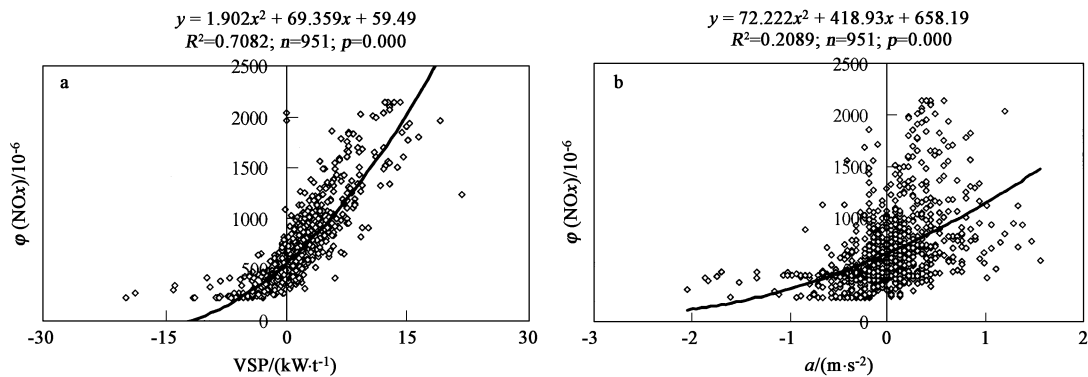


图 6 轻型车 1 在快速道上的 NO<sub>x</sub> 排放与比功率和加速度关系比较

Fig. 6 Second by second NO<sub>x</sub> concentration vs. vehicle specific power and acceleration for light-duty vehicle 1 tested on highway

#### 3.2 VSP bin 的频率分布特征

图 7 显示了轻型车 1 和轻型车 2 在全部行驶过程中比功率区间内数据量的频率分布, 其中有 2 个值得关注的特征. 第一, 在 VSP bin 为 - 3 ~ 1 kW t<sup>-1</sup> 时, 数据点比例分别为 51 % 和 50 %. 这一区间内的加速度值范围在 - 2 ~ 1 m · s<sup>-2</sup> 内, 是最普遍的驾驶

条件所反映的比功率值, 也是决定污染物排放水平的主要比功率范围. 第二, 实测证明, 高排放集中在分布频率较低的高 VSP 区间. 如 2.3 节中的分析, 以轻型车 2 的 NO<sub>x</sub> 排放速率为例, 最大值是最小值的 8.1 倍. 因此, 虽然在整个行驶里程中比功率大的区间内数据量比例不大, 但对排放总量的影响不能忽

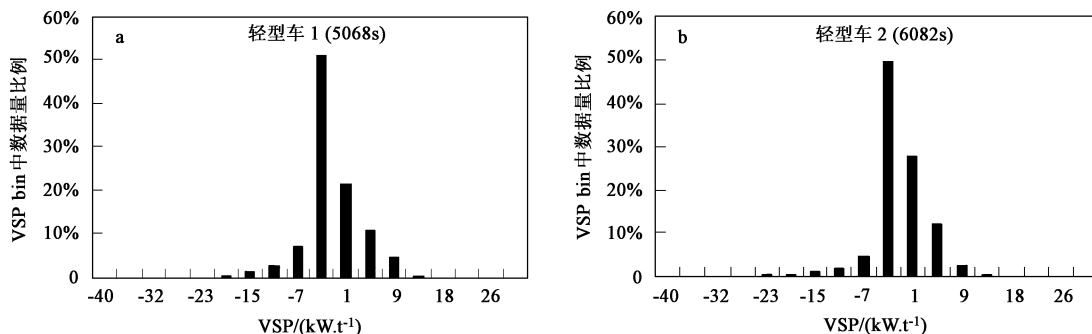


图 7 比功率区间频率分布

Fig. 7 The distribution of VSP bins frequency

略.而传统的 EMFAC 和 MOBILE 模型,通过测试各种工况下的平均速度得到速度校正因子来修正排放系数,无法反映相同的平均速度下不同的比功率和排放的差异(Jose,199a),由于忽略了高 VSP 区间的高排放值,改造成对总排放量的低估.

结合加速度与比功率的关系分析可以认为(图

8),比功率值越小,加速度越趋向于负值,越趋向于急减速过程;比功率值越大,加速度越趋向于正值,且数值越大,趋向于急加速过程.从机动车污染控制的角度看,应降低高 VSP 出现的频率,即在驾驶过程中应尽可能减少急加速的发生,改善驾驶条件,这是减少机动车污染物排放的有效手段之一.

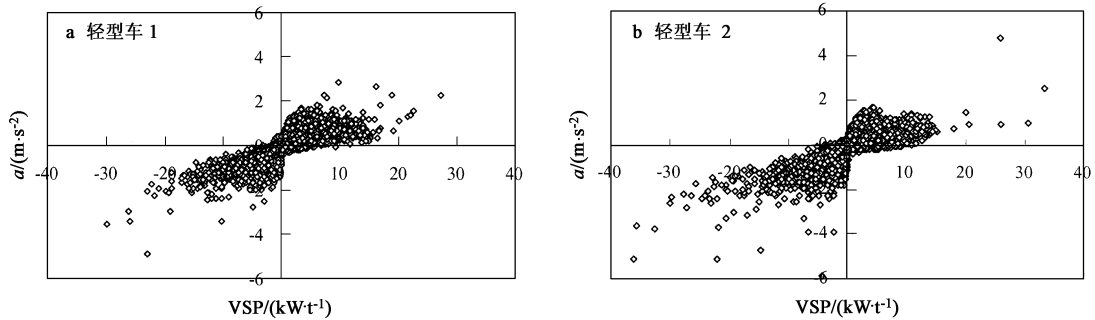


图 8 轻型车 1 和轻型车 2 的加速度与比功率关系图

Fig. 8 Acceleration vs. vehicle specific power for light-duty vehicle 1 and 2

### 3.3 关于应用 VSP 概念估算排放量的讨论

得到了不同 VSP bin 所对应的排放速率及 VSP bins 频率分布后,可采用下式计算某段行程的机动车污染物排放量(Tao *et al.*,2003):

$$Q_e = f(P) \times R(P) \times t \quad (4)$$

式中, $Q_e$  表示估算的排放量, $P$  为比功率值, $f(P)$  表示该段行程中的 VSP 分布, $R(P)$  表示基于 VSP 区间的排放速率, $t$  表示总的行程时间.估算结果的不确定性主要受排放速率的不确定性影响.为此,以轻型车 2 为例计算在全部行驶路线中的比功率,作出比功率- $NO_x$  排放速率分布曲线,并计算其标准偏差,如图 9 所示.图中点为每个比功率区间内  $NO_x$

排放速率的平均值,短线表示标准偏差.由于轻型车 2 采用欧 标准,而轻型车 1 没有安装催化装置,两者的排放速率有较大差别.从图中可以看出, $NO_x$  排放速率的相对标准偏差值较大,轻型车 1 在全部行驶路线中共采集了 5 068 组数据点,其平均排放速率的最大值为  $0.102 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$ ,相对标准偏差为 48%;轻型车 2 在全部行驶路线中共采集了 6 082 组数据点,其平均排放速率的最大值为  $0.034 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$ ,相对标准偏差为 39%.因此,如何对公式(2)进行修正,更全面地反映机动车污染物排放与机动车运行状况之间的关系也是今后机动车比功率研究方面的重点.

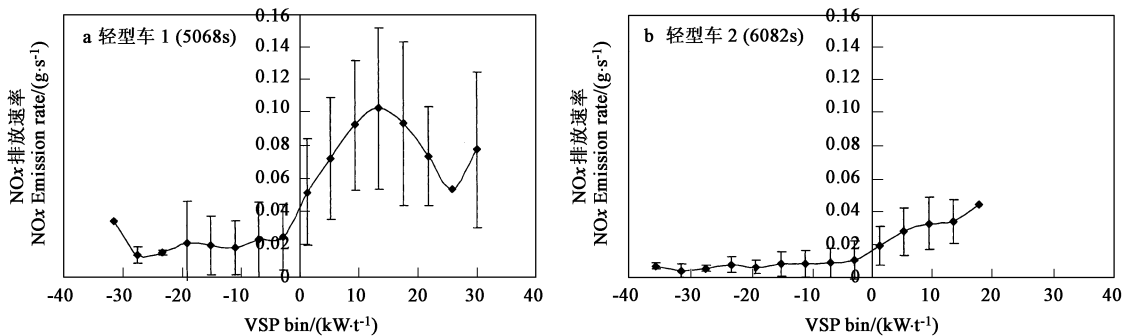


图 9 比功率区间- $NO_x$  排放速率分布曲线

Fig. 9 VSP bins vs. emission rate of  $NO_x$  for overall trips

#### 4 结论 (Conclusions)

1) 机动车比功率概念考虑了驾驶条件对排放的影响,与机动车油耗及污染物排放具有较好的一致性.油耗、 $\text{NO}_x$ 、CO 和 THC 的排放随着比功率的增加而增加,空燃比随着比功率的增加而减小.回归分析结果表明,比功率比加速度能够更好地反映与污染物排放之间的关系.不同道路上油耗及污染物排放速率的 VSP 区间分布具有较好的一致性.

2) 实测研究中 VSP 区间分布于  $-20 \sim 20 \text{ kW} \cdot \text{t}^{-1}$  范围内,其中超过 50% 的数据分布在  $-3 \sim 1 \text{ kW} \cdot \text{t}^{-1}$  范围内.实测证明,高排放集中在分布频率较低的高 VSP 区间.传统的排放模型由于忽略了高 VSP 区间的高排放值,造成对总排放量的低估.

3) 应用污染物排放与 VSP 分布的关系式和 VSP 区间的频率分布可以估算机动车污染物排放总量.排放速率计算式具有一定的不确定性,还有待进一步的修正.

**通讯作者简介:**陈长虹(1954—),男,教授级高工,上海市环境科学研究院大气所所长.长期从事机动车污染控制研究,先后主持承担了“减少上海城市车辆排污危害的战略”(世界银行-上海城市交通项目)、上海市科委“机动车排污目标控制”等科研项目.“机动车尾气净化技术研究”等项目先后获上海市科学技术进步二等奖和三等奖,发表近 50 篇.通讯地址:上海市钦州路 508 号(邮编 200233);联系电话:021-64085119 转 2506,021-54641938;手机:1367 169 0553;传真:021-64847827;E-mail:chench@saes.sh.cn

#### 参考文献 (References):

- Britt A H, Debbie A N. 1998. Characterizing the effects of driver variability on real-world vehicle emissions [J]. *Transportation Research (Part D)*, 3 (2): 117—128
- Chris L. 2003. Review of MOVES Draft Design [R]. Novato US:MOVES

#### Workshop

- Constance H. 2002. Evaluation of an Empirical Binning Approach for Analyzing On-Board Emission Data for MOVES[R]. San Diego US:CRC Conference
- Ihab E S, Kyoung A, Hesham R. 2005. Comparative field evaluation of vehicle cruise speed and acceleration level impacts on hot stabilized emissions [J]. *Transportation Research (Part D)*, 10: 13—30
- International Sustainable Systems Research Center (ISSRC). 2004. IVE (International Vehicle Emission) Model Users Manuals [OL], <http://www.gssr.net/ive>
- Jos  L J. 1999a. Understanding and Quantifying Motor Vehicle Emissions with Vehicle Specific Power and TILDAS Remote Sensing[D]. Cambridge US: Massachusetts Institute of Technology, 54—57
- Jos  L J, Peter M,McRae G J. 1999b. Vehicle Specific Power: A Useful Parameter for Remote Sensing and Emission Studies[C]. San Diego US: 9th CRC On-Road Vehicle Emissions Workshop
- Sawyer R F, Harley R A, Cadle S H, et al. 1998. Mobile Sources Critical Review: 1998 NARSTO Assessment 25 March 1998 Draft [R]. E-34. Springfield US:National Technical Information Service, U. S. Department of Commerce, 26
- Tao H, Thomas D D, Miller J W, et al. 2003. Investigation of  $\text{NH}_3$  Emissions from New Technology Vehicles as a Function of Vehicle Operating Conditions [J]. *Environmental Science & Technology*, 37: 4841—4847
- U S California Air Resources Board (USCARB). 2003. EMTAC2002-Transmittal of On-Road Emission Model to USEPA[OL], <http://www.arb.ca.gov/planning/sip/enfac2002/enfac2002.htm>
- U S Environmental Protection Agency (USEPA). 2001. User's Guild to Mobile 6 (Mobile Source Emission Factor Model) [R]. EPA20-D-01-002a, U. S. EPA:Office of Transportation and Air Quality, 1—10
- Xie S D, Zhang Y H, Tang X Y. 2000. Current situation and trend of motor vehicle exhaust pollution in urban areas of China [J]. *Research of Environment Sciences*, 13 (4): 22—25 (in Chinese)

#### 中文参考文献:

- 谢绍东,张远航,唐孝炎. 2000. 我国城市地区机动车污染现状与趋势[J]. *环境科学研究*, 13 (4): 22—25