

文章编号:1005-0523(2020)06-0094-07

# 实际驾驶中冷起动对 CO 和 NO<sub>x</sub> 排放影响

王志红<sup>1,2</sup>, 吴鹏辉<sup>1,2</sup>, 刘志恩<sup>1,2</sup>

(1. 武汉理工大学现代汽车零部件技术湖北省重点实验室, 湖北 武汉 430070;  
2. 汽车零部件技术湖北省协同创新中心, 湖北 武汉 430070)

**摘要:** 用便携式排放测量系统(PEMS)对3辆国六轻型车进行实际驾驶排放(RDE)试验,研究实际道路驾驶中冷起动对CO和NO<sub>x</sub>排放的影响。用CO<sub>2</sub>移动平均窗口法处理3辆车的试验数据,并在不同冷却液温度下,对比CO和NO<sub>x</sub>排放与该路段行驶里程在市区和全程的贡献率。结果发现,汽油车在不剔除冷起动工况下CO和NO<sub>x</sub>排放因子比剔除冷起动的高10.45%~53.12%和8.91%~38.74%,柴油车高62.60%~96.67%和2.11%~4.79%;较低的发动机温度导致汽油机和柴油机的CO排放严重,低温对柴油机NO<sub>x</sub>的排放有一定的抑制作用。建议后续排放法规中更加关注RDE试验的冷起动排放。

**关键词:** 实际驾驶排放(RDE);冷起动;冷却液温度

**中图分类号:** U467.1+1      **文献标志码:** A

**本文引用格式:** 王志红,吴鹏辉.实际驾驶中冷起动对CO和NO<sub>x</sub>排放影响[J].华东交通大学学报,2020,37(6):94-100.

**Citation format:** WANG Z H, WU P H, LIU Z E. Influence of cold start on CO and NO<sub>x</sub> emissions in real driving [J]. Journal of East China Jiaotong University, 2020, 37(6): 94-100.

**DOI:** 10.16749/j.cnki.jecjtu.2020.06.013

2013—2018年全国汽车保有量由12 572.4万辆增加到23 121.8万辆,年均增长13.0%。汽车CO和NO<sub>x</sub>排放量分别为2 860.78万吨和521.25万吨,分别占机动车排放量的92.6%和92.7%<sup>[1]</sup>。在机动车聚集的地区,污染物的排放更加严重<sup>[2]</sup>,汽车尾气排放造成的污染严重影响着生态环境质量和百姓健康<sup>[3-5]</sup>。

为了控制限制汽车污染物的排放,诸多国家和地区都先后制定并实施愈加严格的汽车尾气排放法规,并且增加实际道路排放(real drive emissions, RDE)试验,更好评估实际道路行驶下汽车尾气的排放性能。我国生态环境部在2016年12月已经发布了《轻型车污染排放限值及测量方法(第六阶段)》(GB18352.6-2016),并将于2020年7月实施。

国外学者研究结果表明:环境温度和车辆启动时间对柴油车NO<sub>x</sub>排放影响较小,对汽油车NO<sub>x</sub>排放影响大<sup>[6-8]</sup>。国内学者研究低温和常温环境下轻型车的排放,结果显示:车辆在-7℃条件下冷启动,CO和NO<sub>x</sub>的排放量分别为22℃环境下冷启动的4~6倍和5倍左右<sup>[9]</sup>。冷启动阶段是污染物形成的最主要阶段,冷启动阶段内CO和NO<sub>x</sub>排放量占试验总排放量比例分别为69.9%和23.1%<sup>[10]</sup>。在国六排放法规中,评估车辆RDE试验排放性能时,并未考虑车辆冷启动工况下的污染物排放,为了研究车辆RDE试验中冷启动工况对CO和NO<sub>x</sub>排放的影响,本文选用均满足国六排放标准的2辆汽油车和1辆柴油车进行RDE试验。

## 1 试验设备及方法

### 1.1 试验设备介绍

#### 1.1.1 试验车辆

本次试验车辆为3辆满足国六排放法规的轻型车,分别为2辆汽油车和1辆柴油车,编号为A,B,C,车辆的基本信息如表1所示。

收稿日期:2020-09-01

基金项目:“十三五”国家重点研发计划项目(2018YFB0106401)

作者简介:王志红(1980—),男,博士,讲师,研究方向为发动机排放控制及新能源汽车。E-mail:wangzhong@whut.edu.cn

为满足国六排放标准,大部分以汽油为燃料的轻型车在后处理装置的技术路线为三元催化转化器(three-way catalyst,TWC)+汽油颗粒捕捉器(gasoline particulate filter,GPF)。对于柴油机,其后处理装置为氧化催化器(diesel oxidation catalyst,DOC)+颗粒物捕集器(diesel particulate filter,DPF)+选择性催化还原(selective catalytic reduction,SCR)。从3辆车的基本参数可以知,本文选取的2辆汽油车和1辆柴油车具有普遍性。

表1 试验车辆基本参数  
Table.1 Basic parameters of tested vehicles

参数	A车	B车	C车
整备质量/kg	1 380	1 620	1 730
最大功率/kW	102	133	106
发动机排量/L	1.5	1.6	2.0
燃油喷射方式	进气道多点喷射	进气道多点喷射	缸内直喷
燃料	汽油	汽油	柴油
后处理装置	TWC+GPF	TWC+GPF	DOC+DPF+SCR
排放阶段	国六	国六	国六

### 1.1.2 PEMS介绍

试验设备选用美国 Sensor 公司的 Semtech-LDV,主要由硬件部分和软件部分组成,硬件部分包括供电通讯系统、颗粒物数量分析模块、气体分析模块、尾气流量计、全球定位系统(GPS)模块、气象站和供电模块等,软件部分包括计算机上主控软件和数据后处理软件。主要排放物测量原理及测量精度如表2所示。

表2 Semtech-LDV性能参数  
Tab.2 Semtech-LDV performance parameters

污染物	测量方法	分辨率/测量范围	量程	响应时间/s
CO <sub>2</sub>	NDIR	0.01%	0~18%	≤10
CO	NDIR	10 ppm	0~8%	≤10
NO	NDUV	0.1 ppm	0~3 000 ppm	≤10
NO <sub>2</sub>	NDUV	0.1 ppm	0~1 000 ppm	≤10
PN	CPC	23~2 500 nm	0~104 #/cm <sup>3</sup>	≤10

设备在车辆上安装依照国六轻型车 PEMS 试验安装要求,并完成对设备的检漏、预热和表零等试验前准备工作。

### 1.2 试验路线

试验前应按照试验要求规划好车辆行驶路线,试验时按照既定的路线进行。路线选取尽量形成环路,这样起始点和终点距离较近,既节省试验时间,提高效率,又能满足排放标准所要求的试验始点和结束点之间海拔高度差不超过 100 m。

本次试验严格按照国六轻型车排放法规中 RDE 试验要求进行,试验地点为襄阳市,其中市区道路路线为:奔驰大道—富康大道—车城路—钻石大道—襄州大道—机场路—珠海大道—无锡路—襄阳大道;市郊路段路线为:襄阳大道—东外环高速连接线—襄阳绕城高速;高速路段路线为:襄阳绕城高速—福银高速。

### 1.3 排放数据处理方法

由于车辆的排放性能受车辆诸多因素影响,为了更加真实地反映车辆排放水平,各国都致力于完善排放

法规(包括试验数据处理方法)。在国内外的许多学者和排放法规中都使用排放因子来评估轻型车的实际道路排放性能。在国六和欧六轻型车排放法规中详细介绍了 CO<sub>2</sub> 移动平均窗口法计算排放因子的过程<sup>[1]</sup>。

市区、市郊和高速路段气体排放物排放因子的计算如公式(1)所示

$$M_{\text{gas},d,k} = \frac{\sum (w_j \times M_{\text{pollution},d,j})}{\sum (w_j)}, k=u, r, m \quad (1)$$

式中:  $M_{\text{gas},d,k}$  为  $k$  路段气体排放因子, mg/km;  $u$  为市区路段;  $r$  为市郊路段;  $m$  为高速路段;  $w_j$  为各窗口加权系数;  $M_{\text{pollution},d,j}$  为  $j$  窗口各污染物加权排放值, mg。

全程路段气体排放物排放因子的计算如公式(2)所示

$$M_{\text{gas},d,r} = \frac{f_u M_{\text{gas},d,u} + f_r M_{\text{gas},d,r} + f_m M_{\text{gas},d,m}}{(f_u + f_r + f_m)} \quad (2)$$

式中:  $M_{\text{gas},d,r}$  为全程路段气体排放因子, mg/km;  $M_{\text{gas},d,u}$  为市区路段气体排放因子, mg/km;  $M_{\text{gas},d,r}$  为市郊路段气体排放因子, mg/km;  $M_{\text{gas},d,m}$  为高速路段气体排放因子, mg/km;  $f_u$ ,  $f_r$  和  $f_m$  分别为市区、市郊和高速路段里程加权系数,  $f_u=0.34$ ,  $f_r=0.33$  和  $f_m=0.33$ 。

上述各参数的详细计算过程在国六和欧六轻型车排放法规中均有详细叙述, 在此不再赘述。

## 2 排放结果分析

### 2.1 排放因子对比

将3辆车的RDE试验数据用CO<sub>2</sub>移动平均窗口法进行处理, 得到剔除冷启动工况和包含冷启动工况的市区和全程排放因子。

#### 2.1.1 CO排放因子对比

由图1可知, A, B, C 3辆车在剔除冷启动工况下, 其市区和全程排放因子均符合国六轻型车RDE试验CO排放限值要求。但柴油车(C车)包含冷启动市区CO排放因子超出排放限值28.13%。

3辆车中, 包含冷启动工况的市区和全程CO排放因子均比剔除冷启动工况的高。对于A, B两辆汽油车来说, 含冷启动工况下市区CO排放因子比剔除冷启动的高19.92%和53.12%, 含冷启动工况下全程CO排放因子比剔除冷启动的高10.45%和25.55%。对于配置柴油发动机的C车来说, 包含冷启动工况的市区CO排放因子比剔除冷启动的高96.67%, 甚至超过法规限制, 含冷启动工况下全程CO排放因子比剔除冷启动的高62.60%。对比市区和全程的CO排放因子, 发现柴油车无论是市区还是全程的CO排放因子都比汽油车的高。由上述数据可知, 冷启动期间CO的排放比汽油车严重。

在冷启动期间, 发动机温度较低, 汽油车的燃料雾化效果差, 使得缸内燃烧不充分, 原机CO排放严重。此外, 在冷启动期间, 为保证车辆所需的动力性, 其过量空气系数小于1, 而且汽车后处理装置与汽车尾气反应的温度低, 对CO的转化效率低, 这两种因素使得汽油机的CO排放因子在冷启动期间较高。由于受到车型的不同和RDE试验工况的不可复制性, 两辆车的CO排放因子在包含冷启动工况下比剔除冷启动工况下的高出百分比不同。

在冷启动期间, 柴油发动机温度低, 喷射到缸内的柴油与空气混合不均匀, 局部燃烧不充分, 产生大量

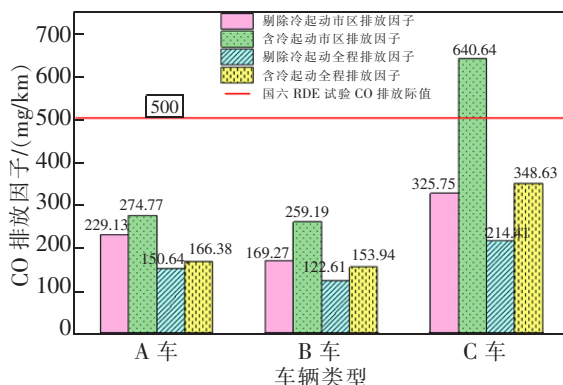


图1 CO排放因子对比

Fig.1 Comparison of CO emission factor

CO。此外,在冷起动期间,汽车后处理装置与汽车尾气反应的温度较低,对 CO 的转化效率低,使得柴油机的 CO 排放因子在冷起动期间较高。

### 2.1.2 NO<sub>x</sub> 排放因子对比

包含和剔除冷起动工况下市区和全程 NO<sub>x</sub> 排放因子如图 2 所示,A,B,C 3 辆车在剔除冷起动工况下,其市区和全程排放因子均符合国六轻型车 RDE 试验 NO<sub>x</sub> 排放限值要求。但柴油车(C 车)包含冷起动工况的市区 NO<sub>x</sub> 排放因子超出排放限值。

3 辆车中 NO<sub>x</sub> 排放因子分布差异较大,B 车市区和全程的 NO<sub>x</sub> 排放因子都不超过 10 mg/km,而 C 车的市区和全程的 NO<sub>x</sub> 排放因子均超过 60 mg/km。对于 A,B 两辆汽油车,含冷起动工况下市区 NO<sub>x</sub> 排放因子比剔除冷起动的高 32.58%和 38.74%,含冷起动工况下全程 NO<sub>x</sub> 排放因子比剔除冷起动的高 24.98%和 8.91%。对于 C 车,即柴油车,含冷起动工况下市区 NO<sub>x</sub> 排放因子比剔除冷起动的高 9.75%,含冷起动工况下全程 NO<sub>x</sub> 排放因子比剔除冷起动的高 2.11%。柴油车包含冷起动比剔除冷起动的 NO<sub>x</sub> 排放因子增长率远比汽油车的低。

由上述数据可知,柴油车的 NO<sub>x</sub> 排放远比汽油车高,这是由于正常工作的柴油车的过量空气系数远高于 1,在高温富氧的环境中利于 NO<sub>x</sub> 的产生。而且柴油车存在补燃期,燃烧期持续较长,促进 NO<sub>x</sub> 的生成。

虽然柴油车 NO<sub>x</sub> 的排放严重,但包含冷起动工况的 NO<sub>x</sub> 排放对市区和全程排放因子的贡献率远低于汽油车。3 辆车中,同一路段包含冷起动的排放因子均比剔除冷起动的排放因子高,由于在冷起动期间,发动机温度较低,而且可燃混合物混合不均匀,一定程度上抑制了 NO<sub>x</sub> 的生成。但是,由于冷起动期间后处理系统与 NO<sub>x</sub> 反应的温度低,催化转化率低,使得原机中大量的 NO<sub>x</sub> 气体排出。

## 2.2 冷却液温度对排放影响

发动机冷却液温度是判断冷起动结束的条件之一,冷却液温度的高低将直接影响车辆的排放性能。在冷却液温度较低时,CO 和 NO<sub>x</sub> 的瞬时排放量均较高。对不同类型车辆的 RDE 试验数据进行分析,研究在发动机冷却液在不同温度段内各排放物的排放特征。

根据 RDE 试验中车辆的冷却液的温度,将车辆市区路段按照冷却液温度 ≤70 °C, ≤80 °C 和 ≤85 °C 划分为 3 个区间,计算出所有车辆在这 3 个区间内的行驶里程各占市区路段和全程路段的百分比,并且计算车辆在这 3 个区间内的各项污染物的排放量各占市区路段和全程路段污染物的排放量的百分比,研究不同温度的冷却液对 RDE 试验的市区和全程路段污染物排放的贡献。

### 2.2.1 市区路段

在 3 辆车中,上述 3 个温度区间内的车辆的行驶里程占市区行驶里程的百分比如图 3 所示。由于每一辆的动力配置不同,而且其 RDE 试验瞬时工况均不同,具有不可复制性,因此在这 3 个温度区间内的行驶里程占市区里程百分比有所差异,3 辆车在冷却液温度 ≤70 °C 的区间内对市区行驶里程的贡献率均小于 10%。

3 辆车中,各温度区间内 CO 排放量对市区

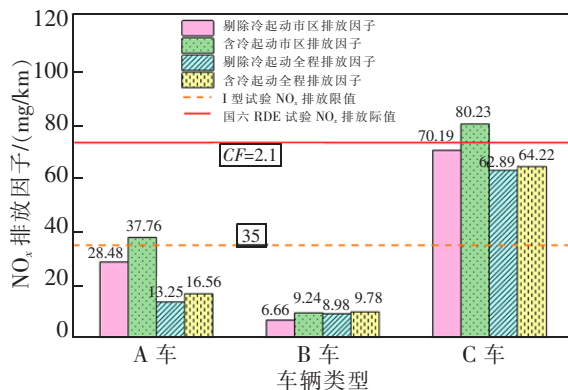


图 2 NO<sub>x</sub> 排放因子对比  
Fig.2 Comparison of NO<sub>x</sub> emission factor

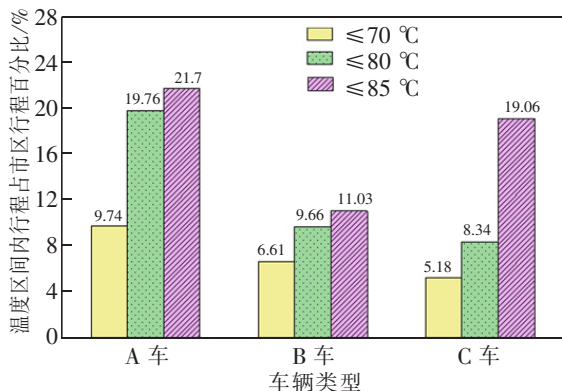


图 3 各温度区间行程占市区行程百分数  
Fig.3 The mileage of each temperature range accounts for the percentage of urban mileage

的贡献率如图4所示。3辆车中,3个温度区间内的CO排放因子对市区的贡献率差异较小,冷却液温度 $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $\leq 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的区间内CO排放因子对市区的贡献率分别比冷却液温度 $\leq 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的区间内CO排放因子对市区的贡献率高0.65%~3.76%和1.79%~4.80%。3个温度区间内的CO排放量对市区的贡献率均超过70%,特别是柴油车在冷却液温度 $\leq 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的区间内对市区CO排放量的贡献率超过90%。

结合图3和图4,3辆轻型车在冷却液温度 $\leq 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 区间内的行驶里程对市区里程的贡献率不足10%,但对市区CO排放的贡献率超过77%。在冷却液温度 $\leq 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 区间内,A车、B车和C车对市区CO排放量贡献率是市区里程贡献率的722.69%,1074.28%和1647.68%;在冷却液温度 $\leq 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 区间内,3辆车CO排放量贡献率分别比市区里程贡献率高279.77%,619.95%和400.16%。上述数据表明,较低温度的冷却液导致车辆CO排放严重,温度越低,柴油车的CO排放比汽油车的愈加严重。随着发动机冷却液温度升高,当冷却液温度达到 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,发动机基本进入正常工作温度,无论是汽油机还是柴油机,其CO排放均有所改善。

图5表示各温度区间内 $\text{NO}_x$ 排放量对市区的贡献率。3辆车中,3个温度区间内的 $\text{NO}_x$ 排放因子对市区的贡献率差异较大,柴油车在冷却液温度 $\leq 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的区间内 $\text{NO}_x$ 排放因子对市区的贡献率均维持在较低水平,而在冷却液温度 $\leq 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 区间内 $\text{NO}_x$ 排放因子对市区的贡献率急剧增加。两辆汽油车在冷却液温度 $\leq 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的区间内 $\text{NO}_x$ 排放因子对市区的贡献率均高于30%。

结合图3和图5,在冷却液温度 $\leq 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 区间内,A车、B车和C车对市区 $\text{NO}_x$ 排放量贡献率比市区里程贡献率高238.60%,500.30%和-85.21%。而在冷却液温度 $\leq 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 区间内,A车、B车和C车对市区 $\text{NO}_x$ 排放量贡献率是市区里程贡献率的117.47%,279.06%和-1.00%。上述表明,较低温度的冷却液会导致汽油车 $\text{NO}_x$ 排放严重,但对于柴油车来说,冷却液温度较低会抑制 $\text{NO}_x$ 污染物的排放。

### 2.2.2 全程路段

由图6可知,3辆车在各温度区间内里程对全程的贡献率差异较小,冷却液温度 $\leq 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $\leq 80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $\leq 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的3个温度区间的贡献率分别在1.19%~2.55%,1.91%~5.17%和2.82%~5.68%范围内。

3辆车中,各温度区间内CO排放量对全程的贡献率如图7所示。3辆车中,3个温度区间内

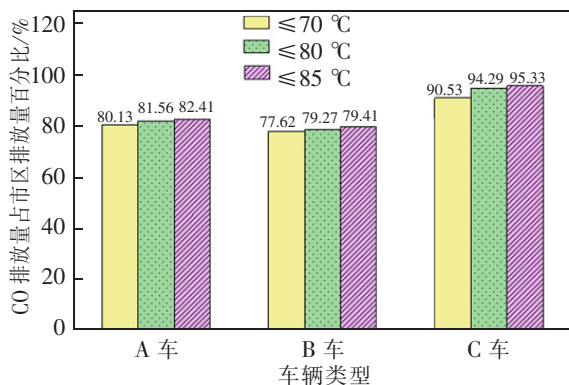


图4 各温度区间CO排放量占市区的百分数  
Fig.4 CO emissions as a percentage of urban emissions in each temperature ranges

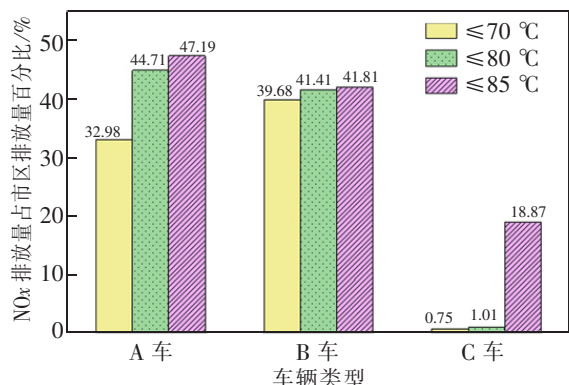


图5 各温度区间NOx排放量占市区的百分数  
Fig.5 NOx emissions as a percentage of urban emissions in each temperature range

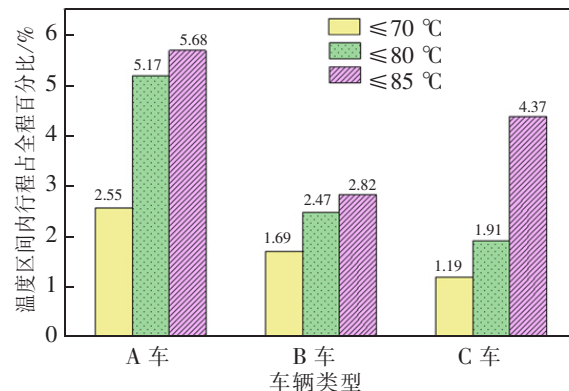


图6 各温度区间行程占全程行程百分数  
Fig.6 The mileage of each temperature range as a percentage of overall mileage

的CO排放因子对全程的贡献率差异较小,差值均不超过2%。A、B两汽油车在3个温度区间内的CO排放量对全程的贡献率均超过50%,而柴油车在3个温度区间内的CO排放量对全程的贡献率均低于50%。

结合图6和图7,3辆轻型车在冷却液温度 $\leq 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 区间内,A车、B车和C车对全程CO排放量贡献率比全程里程贡献率高2525.88%,2931.95%和3405.04%;3辆轻型车在冷却液温度 $\leq 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 区间内,A车、B车和C车对全程CO排放量贡献率比全程里程贡献率高1097.54%,1758.87%和898.17%。

图8表示各温度区间内NO<sub>x</sub>排放量对全程的贡献率。3辆车中,3个温度区间内的NO<sub>x</sub>排放因子对市区的贡献率差异较大,A车、B车和C车各温度区间内NO<sub>x</sub>排放因子对全程的贡献率分别在在16.96%~24.26%,8.12%~8.55%和8.12%~8.55%。

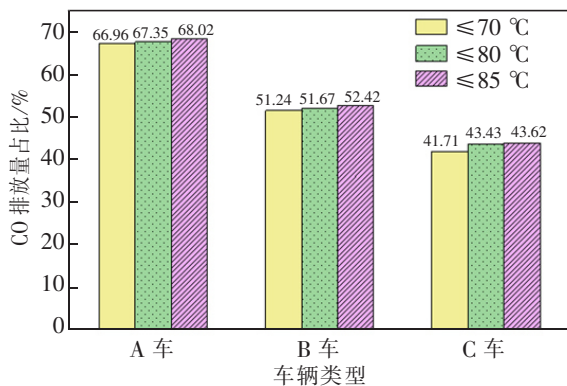


图7 各温度区间CO排放量占全程的百分数

Fig.7 CO emissions as a percentage of overall emissions in each temperature range

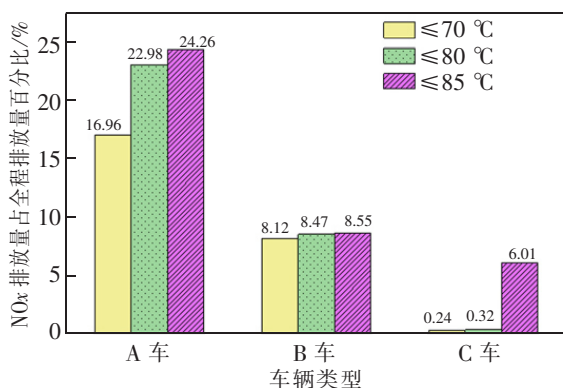


图8 各温度区间NO<sub>x</sub>排放量占全程的百分数

Fig.8 NO<sub>x</sub> emissions as a percentage of overall emissions in each temperature range

结合图6和图8,3辆轻型车在冷却液温度 $\leq 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 区间内,A车、B车和C车对全程NO<sub>x</sub>排放量贡献率比全程里程贡献率高565.10%,380.47%和-79.83%;3辆轻型车在冷却液温度 $\leq 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 区间内,A车、B车和C车对全程NO<sub>x</sub>排放量贡献率比全程里程贡献率高327.11%,203.19%和37.53%。

从各温度区间内CO排放量对市区和全程的贡献率与各温度区间内行驶里程对市区和全程的贡献率来看,发动机冷却液温度越低,CO排放越严重,而且柴油机CO排放比汽油机严重。在发动机冷却液温度较低时,柴油机和汽油机缸内温度较低,油气混合不均匀,燃烧时产生了大量的CO。柴油机喷射到缸内的柴油雾化效果差,混合时间短,形成局部较浓混合物和较多油滴,燃烧时产生大量的CO。汽油机燃油在进气道已进行蒸发与混合,油气混合较柴油均匀,燃烧较充分,产生CO较少。此外,柴油机的尾气温度直接影响后处理装置对CO的转化效率,在尾气温度较低时,CO转化效率低下。随着发动机冷却液温度升高,当冷却液温度达到 $85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,发动机基本进入最佳工作温度,无论是汽油机还是柴油机的缸内混合均匀性得到提高,尾气在后处理装置中的反应温度较高,汽油机的过量空气系数维持在1左右,提高了尾气的转化效率。

从各温度区间内NO<sub>x</sub>排放量对市区和全程的贡献率与各温度区间内行驶里程对市区和全程的贡献率来看,较低温度的冷却液会导致汽油车NO<sub>x</sub>排放严重,但对于柴油车来说,冷却液温度较低会抑制NO<sub>x</sub>污染物的排放。NO<sub>x</sub>的生成受温度、氧气量和反应时间等因素影响。发动机温度较低,柴油发动机在机体温度较低时,燃油扩散性差,着火滞燃期延长,高温持续时间短,缸内最高燃烧压力和最高燃烧温度降低,NO<sub>x</sub>生成量减少。

### 3 结论

- 1) CO<sub>2</sub>移动平均窗口法计算结果显示,柴油车的CO和NO<sub>x</sub>排放均比汽油车严重;
- 2) 包含冷启动工况的CO和NO<sub>x</sub>排放因子比剔除冷启动的高2.11%~96.67%。其中柴油车包含冷启动的CO排放因子比剔除冷启动的增长率比汽油车高,而NO<sub>x</sub>排放因子的增长率比汽油车低;
- 3) 较低温度的冷却液会导致汽油车NO<sub>x</sub>排放严重,但对于柴油车来说,冷却液温度较低会抑制NO<sub>x</sub>污染物的排放;

4) 无论是汽油机还是柴油机,较低温度下启动均会导致较高的CO排放。

#### 参考文献:

- [1] 中华人民共和国环境生态部. 中国机动车环境管理年报[R]. 北京:中华人民共和国环境生态部,2019.
- [2] 徐艳,陈景雅,罗冬宇. 基于实时路况数据的拥堵评价方法研究[J]. 华东交通大学学报,2019,36(1):66-72.
- [3] 王章明. 合肥市机动车尾气排放特征与减排情景研究[D]. 合肥:合肥工业大学,2017.
- [4] 范武波,陈军辉,钱骏,等. 机动车尾气对人体健康的危害[J]. 中国环境管理,2016,8(1):110-113.
- [5] INSTITUTE H E. Traffic-related air pollution: a critical review of the literature on emission, exposure, and health effects[J]. Environment, 2010, 131: 409-444.
- [6] VARELLA R, DUARTE G, BAPTISTA P, et al. Comparison of data analysis methods for european real driving emissions regulation[R]. SAE Technical Paper, 2017.
- [7] VARELLA R, DUARTE G, BAPTISTA P, et al. Analysis of the Influence of outdoor temperature in vehicle cold-start operation following EU real driving emission test procedure[J]. SAE International Journal of Commercial Vehicles, 2017, 10(2): 596-607.
- [8] KWON S, PARK Y, PARK J, et al. Characteristics of on-road NO<sub>x</sub> emissions from Euro 6 light-duty diesel vehicles using a portable emissions measurement system[J]. Science of the Total Environment, 2017, 576: 70-77.
- [9] 赵陆明,刘文亮,王猛,等. 轻型车在WLTC下常、低温冷启动排放特性试验研究[J]. 北京汽车,2017(6):1-4.
- [10] 马志成. 轻型汽车实际行驶排放(RDE)特征研究[D]. 长春:吉林大学,2017.
- [11] 中华人民共和国生态环境部. 轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国第六阶段):GB/T 11835.2-2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016.

## Influence of Cold Start on CO and NO<sub>x</sub> Emissions in Real Driving

Wang Zhihong<sup>1,2</sup>, Wu Penghui<sup>1,2</sup>, Liu Zhien<sup>1,2</sup>

(1. Hubei Key Laboratory of Advanced Technology for Automotive Components, Wuhan University of Technology, Wuhan, 430070 China; 2. Hubei Collaborative Innovation Center for Automotive Components Technology, Wuhan 430070 China)

**Abstract:** A portable emission measurement system (PEMS) was used to perform a real driving emission (RDE) test on three China 6 light-duty vehicles to study the impact of cold starting on real road driving on CO and NO<sub>x</sub> emissions. The CO<sub>2</sub> moving average window method was used to process the test data of these vehicles, and compare the contribution rate of CO and NO<sub>x</sub> emissions and the mileage of the road section in the urban area and the whole process at different coolant temperatures. It is found that the CO and NO<sub>x</sub> emission factors including cold start are 10.45%~53.12% and 8.91%~38.74% higher than those of without cold start for gasoline vehicles, and 62.60%~96.67% and 2.11%~4.79% higher for diesel cars; Lower engine temperature leads to serious CO emissions from both gasoline and diesel engines, and low coolant temperature has a certain inhibitory effect on diesel engine NO<sub>x</sub> emissions. It is recommended that the follow-up emission regulations pay more attention to the cold start emissions of the RDE test.

**Key words:** real driving emissions (RDE); cold start; coolant temperatures