

北京地区第五阶段在用轻型车 OBD 监测频率的特征分析

刘俊女^{1*}, 温 溢², 刘 宪¹, 杨正军² (1.北京市机动车排放管理中心, 北京 100176; 2.中国汽车技术研究中心, 天津 300300)

摘要: 随机采集北京地区 200 辆满足第 5 阶段排放标准在用车的车载诊断系统(OBD)的 IUPR(OBD 监测频率)数据,测试了 4 种典型车系的在用车在实际道路行驶工况下 IUPR 各监测项的特征分布,并和 NEDC 工况下的实验结果进行对比.结果表明:采集数据车辆的 OBD 系统均能对催化器和氧传感器的监控,对 EGR 和次级氧传感器的监控也可分别达到 74%和 91%;在用车平均点火循环 3.9 次才能满足一次目前 IUPR 的监测条件;各监测项 IUPR 均值均远大于国五标准限值 0.10,但各 IUPR 监测值分布存在差异,催化转化器和氧传感器的达标率均为 92%;实验室 NEDC 模拟工况基本能实现对各车系机动车尾气排放控制的监测,但 4 条实际道路测试结果则表明不同车系 IUPR 监测项分子+1 的差异较大;拥堵路况的低速工况下 OBD 系统难以实现对车辆尾气排放控制系统各监测项的有效监测.因此,需结合北京实际路况进一步完善在用车 OBD 系统的监测条件,实现对北京在用车尾气排放控制系统的有效监控.

关键词: 北京; 国五标准; 在用车; OBD; 监测频率

中图分类号: X51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6923(2016)07-1974-07

Investigation on OBD monitoring frequency characteristics of China V in-use LDV in Beijing. LIU Jun-Nǚ^{1*}, WEN Yi², LIU Xian¹, YANG Zheng-Jun² (1.Beijing Vehicle emission management center, Beijing 100176, China; 2.China Automotive Technology and Research Center, Tianjin 300300, China). *China Environmental Science*, 2016,36(7): 1974~1980

Abstract: The IUPR (OBD monitoring frequency) data of 200 in-use China V cars were randomly collected in Beijing. And the characteristic distributions of the IUPR monitoring values were tested by driving four kinds of typical cars on actual road, then the results were compared with experimental tests under New European Driving Cycle (NEDC). The results showed that the catalytic converter and oxygen sensor of OBD system could be monitored for collection vehicle, and the monitoring rates of EGR and secondary oxygen sensor could reach 74% and 91% respectively. At present, 3.9 times ignition cycles could meet an IUPR monitoring conditions on average. The IUPR average values for each monitoring items were far greater than the China V limit value of 0.10. However, there were some differences for monitoring value distribution. Catalytic converter and oxygen sensor monitoring rates were both 92%. And the monitoring of the vehicle emissions could be realized basically under indoor NEDC, but the test results on 4 actual road indicated that different vehicles had different IUPR monitoring results for molecule adding 1. OBD system was difficult to achieve effective monitoring of vehicle exhaust emission for the traffic jams and low speed. Therefore, it is necessary to combine the actual conditions in Beijing to further improve the monitoring conditions of the vehicle OBD system, and the effective control of the vehicle emission control system will be achieved in Beijing.

Key words: Beijing; China V; in-use vehicle; OBD; monitoring frequency

近年来,我国京津冀等城市群区域严重雾霾多发,其中机动车尾气排放是雾霾形成的主要因素^[1-2].车载诊断系统(OBD)对防止因机动车排放相关零部件老化而造成车辆排放恶化起到了重要的作用,是机动车排放监管的可行方案和重要手段^[3-7].为了监测 OBD 系统对诊断执行的频率,北京市于 2015 年 1 月 1 日在全国范围内率先实施轻型汽车第 5 阶段标准中对 OBD 监测频率

(IUPR)功能的要求^[8].增加 IUPR 功能,首先可以监督车辆及时发现与车辆排放相关的故障,IUPR 值越高,表明监测越及时.此外,对 IUPR 功能进行限值要求,可表征同一 OBD 系族的多数车辆在污染物排放上的类似诊断效率^[9-10].因此,IUPR

收稿日期: 2015-12-28

基金项目: 国家环境保护部公益项目(201409021)

* 责任作者, 高级工程师, masha0708@sina.com

限值要求越高,对污染物排放控制越有利。目前国内研究主要是 OBD 系统对主要传感器 IUPR 监测功能的分析及在不同实验室工况下的验证^[10-11]。欧美从 20 世纪 90 年代就提出了 OBD 的法规要求,更多关注于测试工况与实际道路工况对比的完善及 OBD 监测系统的敏感性与改进等^[12-14]。通过对比分析 40 辆和 10 辆分别在美国和欧洲行驶轿车 OBD 的 IUPR 数据,得出驾车人的驾驶风格及实际道路情况均对 IUPR 存在影响^[15]。此外,通过波兰实际道路与美国 FTP75 测试工况和欧洲 NEDC 测试工况下 OBD 的 IUPR 数据对比分析,表明调整相应系数的美国测试工况更符合波兰的实际道路情况^[16]。但是对一个区域城市在用车 IUPR 的整体水平以及车辆实际道路使用中 IUPR 的分析还鲜见报导。

本文选择中国最早实施《轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国第五阶段)》(GB18352.5-2013)标准的城市北京,随机采集 200 辆满足第 5 阶段排放标准在用车的 IUPR 数据,分析北京市国五在用车 IUPR 各监测项的达标情况,并结合 4 种典型车系的在用车的实际道路测试结果,分析不同行驶工况下 IUPR 各监测项的变化特征,为完善车辆 OBD 系统监测提供科学依据。

1 试验车辆及方法

1.1 IUPR 数据采集方法

IUPR 数据采集所用设备为 Silver Scan-Tool(RA,德国),可直接读取满足 SAE J1979, SAE J1939 和 ISO 27145 标准的车辆 OBD 系统中 IUPR 的分子和分母数值。通过下面的计算公式,可以得到某一特定监测项目 M 的 $IUPR_M$ 。

$$IUPR_M = \frac{\text{分子计数器}_M}{\text{分母计数器}_M} \quad (1)$$

式中: $IUPR_M$ 是指某一特定监测项目 M 的实际监测频率;分子计数器 M 是指某监测器的计数器记录的车辆运行时满足监测条件的次数(次);分母计数器 M 指记录的车辆实际驾驶事件的数目(个)。

通常在一个循环工况里,分子分母最大增加

计数 1 次。采集的信息包括车辆 OBD 系统中催化器(Cat)、氧传感器(O_2)、次级氧传感器($Se-O_2$)、废气再循环(EGR)系统、可变气门正时(VVT)系统、二次空气系统($Se-Air$)、蒸发系统(Eva)等的分子和分母数据。

1.2 在用车 IUPR 随机检测

随机挑选 200 辆带有 IUPR 功能的在用车进行 IUPR 数据检测。200 辆样车里程主要集中在 10 万 km 以下,其中欧系车 140 辆,美系车 30 辆,日系车 10 辆,国产车 20 辆。由于欧洲实施 IUPR 要求较早且北京地区欧系车辆比重较大,所以在所选的样车中,欧系车比重占 70%。通过采集 200 辆样车的有效数据,经公式(1)计算得出所有车辆各监测项的 IUPR 值。

1.3 在用车 IUPR 实际道路测试

表 1 在用车实际道路测试试验所用车辆参数

Table 1 Parameters of vehicles used in actual road test

编号	车系	里程数 (km)	排量(L)	变速箱 类型	生产时间
A 车	德系	14501	1.8	AT	2014-07
B 车	日系	12098	1.8	AT	2014-01
C 车	美系	20012	3.0	AT	2013-08
D 车	国产	11208	1.5	MT	2014-10

选定 4 辆典型车系在用车(表 1),并设计道路测试试验的 4 条路线(图 1),分别代表北京的 4 种典型路况。其中,路线 1 代表北京近郊的典型路况,总里程约 10km;路线 2 代表北京的环线、联络线典型路况,总里程约 25km;路线 3 代表北京市区的典型路况,总里程约 11km;路线 4 代表北京上下班最繁忙拥堵的典型路况,总里程约 11km。由于 NEDC 循环工况是我国法规用来作为 OBD 型式认证的试验循环,包括 4 个市区运转循环和 1 个市郊运转循环,总里程约 11km,因此,在实验室转鼓上运行 NEDC 工况(New European Driving Cycle)作为参照。选定的 4 条实际路线与 NEDC 工况里程相比,除了线路 2 由于设计为联络线和环线路况,里程数较大外,其他 3 条线路与 NEDC 工况的里程相差很小,适合进行对比分析。试验过程中采集车辆在每种线路开始和结束时的时间、

里程、IUPR 分子分母等数据.为了满足 IUPR 分子加 1 的条件在 NEDC 工况后增加了 30s 的连

续怠速时间,最后,基于采集的数据,计算实际监测频率 $IUPR_M$.

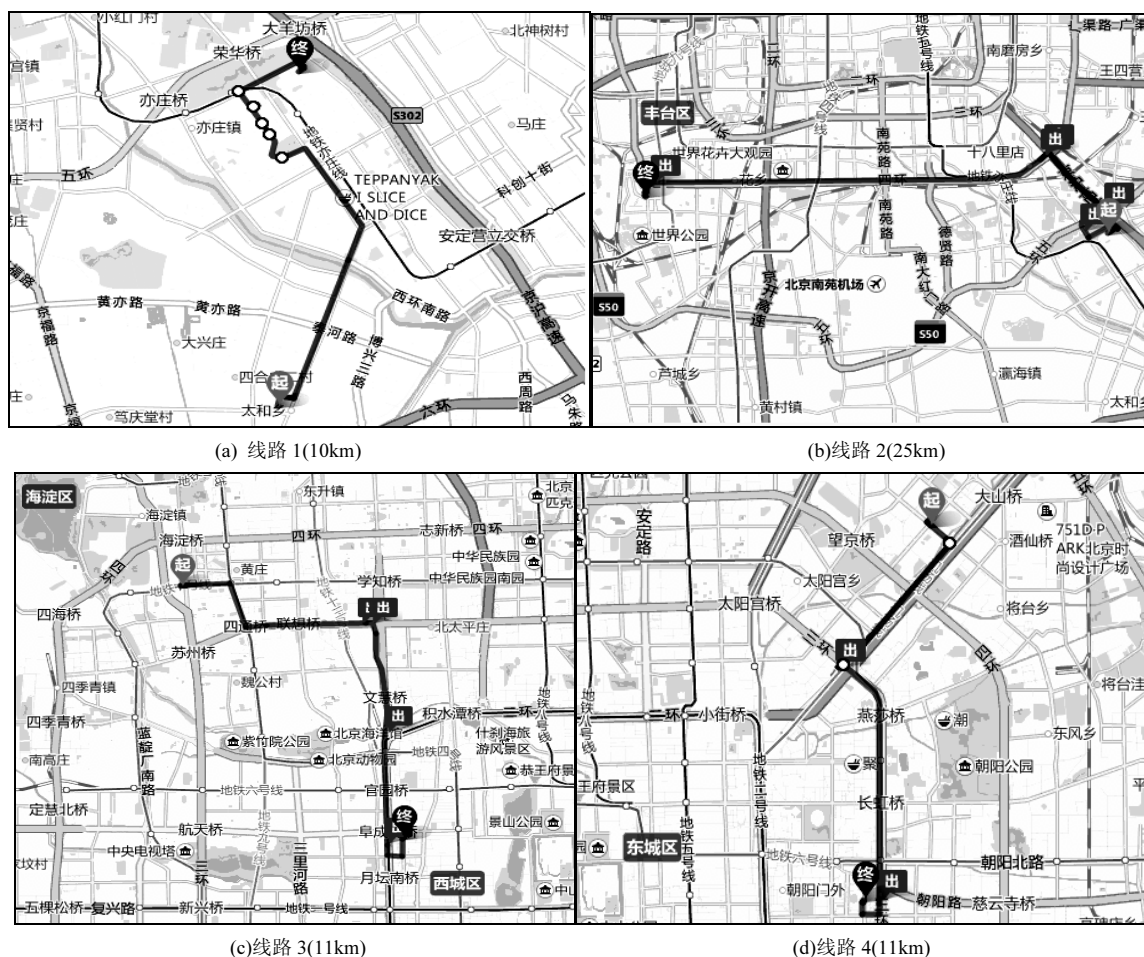


图 1 在用车实际道路试验路线

Fig.1 Actual road routes of in-use vehicles test

2 结果与分析

2.1 随机采集的在用车 IUPR 功能特征

2.1.1 在用车 IUPR 各监测项的监测比例 随着机动车污染物排放标准逐渐加严,汽车机外净化技术不断发展,主要包括催化器技术、曲轴箱强制通风装置、燃油蒸发控制系统、EGR 及二次空气系统等,汽车生产企业会根据车辆的排放特征和排放法规要求配置不同的污染物后处理系统.图 2 为采集的 200 辆样车中各监测项在样本中所占的比例,其中所有样车的 OBD

系统均能 100%完成对催化器(Cat)和氧传感器(O_2)的监控,这也是目前文献中报导 OBD 监测的主要传感器^[10-11].此外次级氧传感器($Se-O_2$)和 EGR 的监控比例也很大,分别为 91%和 74%.对于配置有二级催化器的车辆,其催化器 2(Cat-2)、氧传感器 2(O_2-2)、次级氧传感器 2($Se-O_2-2$)、二次空气系统($Se-Air$)和蒸发系统(Eva)被监测到的比例均低于 30%,这与样车采用的尾气排放控制技术有关,反映出了北京地区国五在用车的整体污染物排放控制系统配置水平.

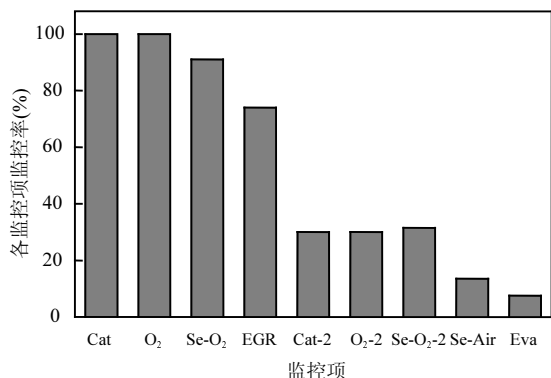


图2 在用车 IUPR 各监测项的监测比例分布

Fig.2 Proportion distribution of all IUPR monitoring items of in-use vehicle

2.1.2 车辆满足 IUPR 监测条件的次数占点火循环计数的比例 对于 IUPR 的一般分母计数器,只有满足了以下所有条件才能实现计数增加 1:在一个驾驶循环内,环境温度高于 -7°C ,海拔低于 2440m,发动机启动累计时间大于或等于 600s,车辆在高于 40km/h 的速度累计运行超过 300s,持续怠速运行超过 30s.车辆在实际路况行驶时,受路况和驾驶习惯等因素影响,并不能保证每个点火循环均能满足分母增加 1 的条件.图 3 统计了 200 辆样车满足监测条件实现分母增加 1 的平均点火循环次数,结果可见所有样车均是点火启动多次运行后才能满足一次监测条件实现分母增加 1,大部分车辆集中在 2 至 6 次,最大为 16 次,平均点火循环 3.9 次才能满足一次监测条件.这可能与北京地区的行驶路况有关,长时间的道路拥堵容易使车辆长期在低速运行,很难达到高于 40km/h 的速度累计运行时间的分母计数要求.因此,若需增加 OBD 系统的监控频率,达到每个点火循环均能实现对关键尾气排放控制件的监控,从而使 IUPR 值真正反映 OBD 系统的监控频率,还需根据北京的实际行驶路况调整分母加 1 的监控条件.

2.1.3 各监测项 IUPR 值特征分布 对随机选择的 200 辆样车进行统计,来分析北京市国五在用 IUPR 的整体水平.由表 2 可见,法规要求的 6 种主要监测项 IUPR 均值均远大于国五标准限值 0.10,且与 Euro 6plus IUPR 限值相比,也远大于标准限值.北京地区在用单车 IUPR 值监控

能够满足目前及未来相关机动车尾气排放监管的法规要求.

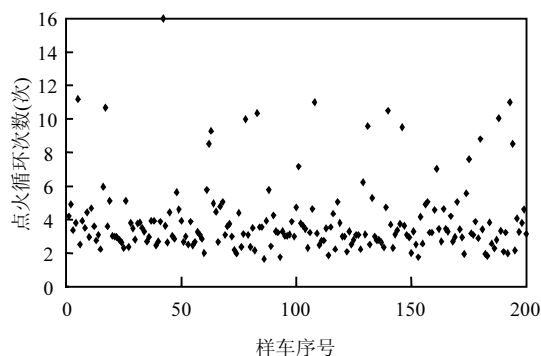


图3 200 辆样车完成 IUPR 监测条件的点火循环次数分布

Fig.3 The ignition cycle number distribution of 200 cars to complete the IUPR monitoring conditions

表2 各监控项 IUPR 均值及相关标准限值

Table 2 IUPR mean value of each monitoring item and related standard limit

监测项	IUPR 均值	国五 IUPR 限值 ^[8]	Euro 6plus IUPR 限值
Cat	0.69	0.10	0.336
O ₂	0.80	0.10	0.336
Se-O ₂	0.84	0.10	0.336
EGR	1.90	0.10	0.336
Se-Air	1.32	0.10	0.260
Eva	1.08	0.10	0.520

由图 2 可以看出,由于 200 辆样车尾气排放控制系统配置水平差异,各监测项的被监测比例不同.因此,本文选取监控比例较大的 Cat、O₂、EGR 和 Se-O₂ 的 IUPR 值进行了分析.由图 4a 可见,IUPR 值主要分布在 0.2~1.3 之间.所有样本中 Cat IUPR 值的最大为 1.93,最小为 0.02.对于国五标准中 0.1 的限值,其达标率为 92%,仍有 8% 的样本车辆不能满足目前北京市关于尾气排放监控的要求.图 4b 显示,IUPR 值主要分布在 0.5~1.5 之间,最大为 5,最小为 0.03.对于国五标准中 0.1 的限值,其达标率为 92%.图 4c 显示,IUPR 值主要分布在 0.5~1.8 之间,最大为 2.7,其中有 18 辆车未监测到 Se-O₂ 的 IUPR,有 17 辆车 IUPR 值为 0,说明有 17.5% 的样车 Se-O₂ 没有被 OBD 监测到

或没有完成监测,而 Cat 是否劣化失效是通过前后氧传感器信号变化来判定的,因此会导致车辆排放相关故障不能被及时监测.图 4d 中,在配备

EGR 系统的 147 辆样车中,IUPR 值主要分布在 1~3 之间,最大为 4.67,最小为 0.12.对于标准中 0.1 的限值,全部样车均能达到法规要求.

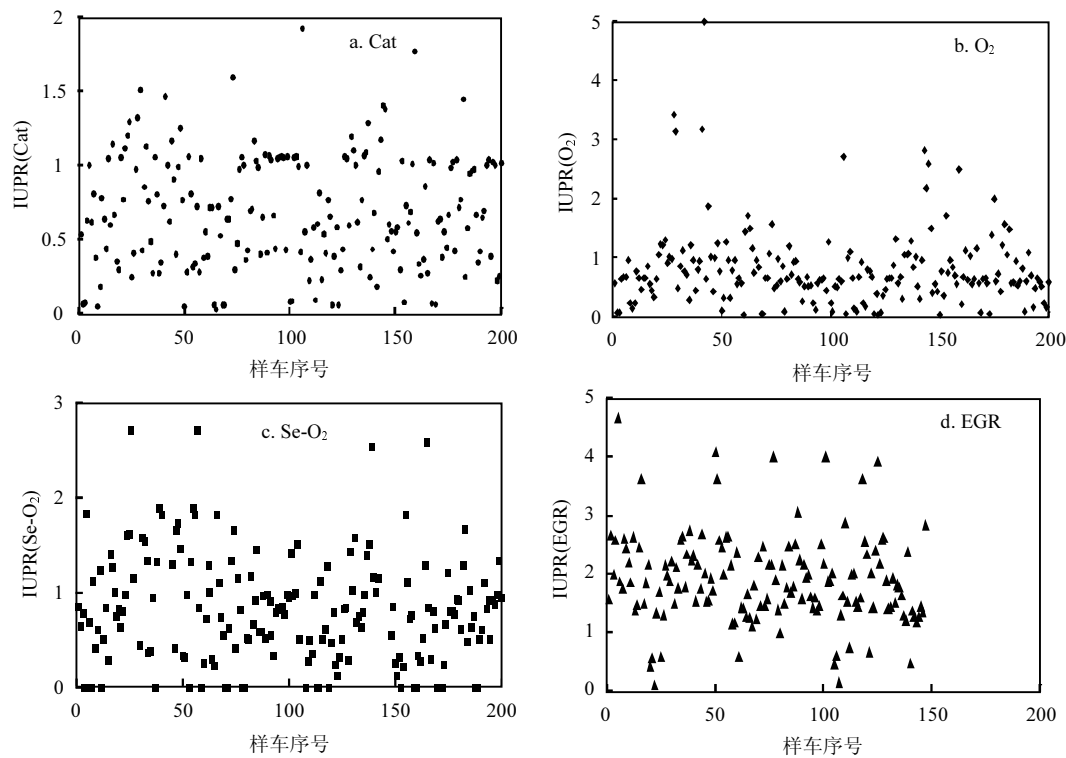


图 4 样车 Cat、O₂、Se-O₂ 及 EGR 的 IUPR 监测值分布
Fig.4 Distribution of IUPR for Cat、O₂、Se-O₂ and EGR

2.2 在用车实际道路测试的 IUPR 值特征分布

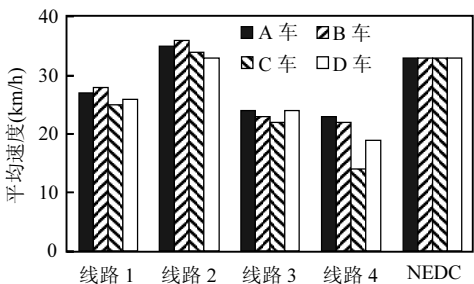


图 5 4 辆样车在 4 种线路行驶的平均速度
Fig.5 The average speed of 4cars driving on the 4routes

如图 5 可见,5 种线路大多平均速度在 25~35km/h 左右.线路 2 平均速度最大,为 34.5km/h;线路 4 为拥堵路况,平均速度仅为 19km/h,且出现

一次平均速度仅为 14km/h 的工况.不同运行线路的速度工况会影响 OBD 系统 IUPR 的监测频率,进而影响对尾气排放处理控制系统的监测.

由表 3 可知,对于实验室 NEDC(+30s 怠速)行驶工况,除了 C 车的 Se-O₂ 和 EGR 两个检测项的分子项没有增加 1 以外,其他各车的各监测项均实现了分子、分母增加 1,说明实验室内的模拟工况基本能实现对各车系机动车尾气排放控制的监测,这和文献中报导的结果是一致的^[10-11,16].但从实际道路监测结果来看,4 条线路基本能满足标准中规定的分母加 1 的条件,但不同车系分子加 1 的特征差异较大,其中 4 种车型均出现了 Se-O₂ 分子项计数不变的情况,特别是 B 车在 4 条道路测试试验中 Se-O₂ 分子项计数均未增加 1;此外,A 车和 B 车均出现了 Cat 分子项计数不变

化的情况,C 车出现了 EGR 分子项计数不变化的情况.这主要是因为不同车企选择的 OBD 系统生产厂家以及控制策略不同,虽然 Cat、O₂、EGR 等分母项计数加 1 的条件相同,但每个分子项计数加 1 的条件却不尽相同.不同车辆生产企业会将不同的 OBD 系统配置在不同地区的不同类型车辆上,所以在 IUPR 控制策略上也会有所侧重,从而造成了试验结果中不同车系车辆 IUPR 变化不一的情况.B 车在线路 4 运行时,由于试验时间为下班高峰期,出现拥堵路况,整条路线平均速度仅为 14km/h,导致除 Cat 分母项计数增加 1 以外,其它 IUPR 监测项分子分母计数均未发生变化,说明在拥堵路况的低速工况下 OBD 系统难以实

现对车辆尾气排放控制系统各监测项的监测,需引起机动车排放管理部门的重视.

从实现 IUPR 有效监测(即分子分母都加 1)的情况来看,4 条实际道路试验 Cat、O₂、Se-O₂ 和 EGR 的有效监测次数分别占总数的 10/16, 14/16,6/16 和 9/16,Se-O₂ 的有效监测最低,O₂ 的有效监测最高;从车系的有效监测来看,4 种车系的有效监测依次为 9/16,8/16, 12/16 和 11/16,C 车和 D 车的有效监测较高.整体来看,4 种车系的 IUPR 有效监测均在 50%以上,基本能完成 IUPR 监测,但还需结合北京典型路况进一步完善在用车辆 OBD 系统的监测条件,实现在北京实际路况下对尾气排放控制系统的有效监测.

表 3 4 辆样车各监测项 IUPR 变化
Table 3 The IUPR changes of four vehicles

参数	线路 1				线路 2				线路 3				线路 4				NEDC+30s 怠速			
	Cat	O ₂	Se-O ₂	EGR	Cat	O ₂	Se-O ₂	EGR	Cat	O ₂	Se-O ₂	EGR	Cat	O ₂	Se-O ₂	EGR	Cat	O ₂	Se-O ₂	EGR
A 车	分子项	+1	+1		+1	+1		+1		+1	+1	+1	+1				+1	+1	+1	+1
	分母项	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
B 车	分子项	+1		+1	+1	+1		+1	+1	+1		+1					+1	+1	+1	+1
	分母项	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1				+1	+1	+1	+1
C 车	分子项	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1			+1	+1			+1	+1		
	分母项	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
D 车	分子项		+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1		+1		+1	+1		+1	+1	+1	+1
	分母项	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1		+1	+1	+1	+1	+1

3 结论

- 3.1 北京地区机动车 OBD 系统均能实现对 Cat 和 O₂ 的监控,对 EGR 和 Se-O₂ 的监控也可分别达到 74%和 91%,其他监测项则低于 30%,说明北京地区国五在用车在尾气排放控制系统的配置上存在差异.
- 3.2 北京地区机动车平均点火循环 3.9 次才能满足一次目前 IUPR 的监测条件,这主要是因为北京地区长时间的道路拥堵容易使车辆长期在低速运行,较难达到分母计数要求的 40km/h 的速度累计运行时间.降低平均点火循环均次数,才能更有效的对在用车排放相关零部件进行监控.建议今后可以根据北京实际路况来完善 IUPR 的设计.
- 3.3 北京地区机动车 6 种主要监测项 IUPR 均

- 值均远大于国五标准限值 0.10,且满足 Euro 6plus IUPR 限值要求,但各 IUPR 监测值分布存在差异 Cat 和 O₂ 的达标率均为 92%,仍有 8%的样本车辆不能满足目前北京市关于尾气排放监控的要求.
- 3.4 实验室 NEDC 工况基本能实现对各车系轻型车污染物排放控制的监测,但 4 条实际道路测试结果表明不同车系 IUPR 监测项分子加 1 的差异较大,这表明各车系 OBD 系统的 IUPR 控制策略各有侧重.同时,拥堵路况的低速工况下 OBD 系统难以实现对车辆排放控制系统各监测项的有效监测.因此,需结合北京典型路况进一步完善在用车辆 OBD 系统的监测条件,实现在北京实际路况下对尾气排放控制系统的有效监测.

参考文献:

- [1] 北京市环境保护局.2014 北京市环境状况公报 [R]. 2015.
- [2] 王凌慧,曾凡刚,向伟玲,等.空气重污染应急措施对北京市 $PM_{2.5}$ 的削减效果评估 [J]. 中国环境科学, 2015,35(8):2546-2553.
- [3] Guan B, Zhan R, Lin H, et al. Review of the state-of-the-art of exhaust particulate filter technology in internal combustion engines [J]. Journal of Environmental Management, 2015,154: 225-258.
- [4] Supnithadnaporn A, Noonan D S, Samoylov A, et al. Estimated validity and reliability of on-board diagnostics for older vehicles: comparison with remote sensing observations [J]. Journal of the Air & Waste Management Association, 2011,61(10):996-1004.
- [5] 赵 燕,李 君,张磊磊.轻型汽油车 OBD 法规分析和对策研究 [J]. 上海汽车, 2013,5:57-62.
- [6] 陆 军,郑红武.汽车 OBD 系统简述 [J]. 装备制造技术, 2012, 8:135-138.
- [7] 王东亮,黄开胜.汽油车 OBD 在用核心技术及其发展方向 [J]. 汽车技术, 2011,11:1-10.
- [8] GB 18352.3-2013 轻型汽车污染物排放限值及测量方法(中国 V 阶段) [S].
- [9] Gardetto E, BagianT, Lindner J. High-mileage study of on-board diagnostic emissions [J]. Journal of the Air & Waste Management Association, 2005,55(10):1480-1486.
- [10] 高 炜.催化器 OBD 诊断监测频率功能的研究与验证 [J]. 农业装备与车辆工程, 2014,52(7):13-16.
- [11] 于津涛,田冬莲,杨正军. EOBd 监测频率技术研究及实车验证 [J]. 汽车技术, 2013,4:50-53.
- [12] Mentink P, Nieuwenhof R, Kupper F, et al. Robust emission management strategy to meet real-world emission requirements for HD diesel engines [J]. SAE International Journal of Engines, 2015,8(3):1168-1180.
- [13] Samuel S, Austin L, Morrey D. Automotive test drive cycles for emission measurement and real-world emission levels—a review [J]. Journal of Automobile Engineering, 2002,216(7):555-564.
- [14] Nanjundaswamy H K, Tomazic D, Dahodwala M, Koehler E. Road Map for Addressing Future On-Board-Diagnostic Challenges in Light and Heavy-Duty Diesel Engines [J]. SAE International, 2012,doi:10.4271/2012-01-0895.
- [15] Daniel R, Brooks T, Pates D. Analysis of US and EU Drive Styles to Improve Understanding of Market Usage and the Effects on OBD Monitor IUMPR [J]. SAE Technical Paper, 2009,doi: 10.4271/2009-01-0236.
- [16] Ślęzak M. Methodology of operation verification on board diagnostics systems (OBD) in Polish conditions [J]. Journal of KONES, 2004,11(3/4):268-279.

作者简介: 刘俊女(1980-),女,河北沧州人,高级工程师,硕士,主要从事机动车排放控制研究.已发表论文 8 篇.

《中国环境科学》影响因子学科排名再获第一

根据中国科学技术信息研究所 2015 年 10 月份发布的《2014 年版科技期刊引证报告(核心版)》,《中国环境科学》核心影响因子 1.595,学科排名继续位居第一.

《中国环境科学》编辑部