

北京市在用汽油车排气污染物超标原因分析

仲崇智^{1,2}, 李佳林^{2,3}, 沈 姝^{1,2}, 李菁元^{1,2}, 杨正军^{1,2}

¹中汽研汽车检验中心(天津)有限公司, 天津

²中国汽车技术研究中心有限公司, 天津

³中汽研汽车工业工程(天津)有限公司, 天津

Email: shenshu@catarc.ac.cn

收稿日期: 2021年1月9日; 录用日期: 2021年2月12日; 发布日期: 2021年2月19日

摘 要

为分析在用汽油车排放污染物超标的原因, 统计分析北京市14,954条在用汽油车ASM工况排放检测数据分析, 研究不同排放阶段车辆不同基准质量超标情况和不同污染物的超标类型及原因。结果表明: 国三、国四轻型汽油车随着基准质量的增加, 超标率降低, 呈负相关关系; 轻型汽油车NO_x超标导致排放不合格的比例最高, HC超标的比例最低, CO超标的比例介于两者之间, 重型汽油车以NO_x超标为主。

关键词

在用车, 超标率, 超标污染物

Analysis on the Reasons for the Excessive Emissions from In-Use Gasoline Vehicles in Beijing

Chongzhi Zhong^{1,2}, Jialin Li^{2,3}, Shu Shen^{1,2}, Jingyuan Li^{1,2}, Zhengjun Yang^{1,2}

¹CATARC Automotive Test Center (Tianjin) Co., Ltd., Tianjin

²China Automotive Technology and Research Center Co., Ltd., Tianjin

³CATARC Automotive Industry Engineering (Tianjin) Co., Ltd., Tianjin

Email: shenshu@catarc.ac.cn

Received: Jan. 9th, 2021; accepted: Feb. 12th, 2021; published: Feb. 19th, 2021

Abstract

In order to analyze the reasons for the excessive emissions of the different emissions, the exceeding standards rate of different emission stages vehicles with different reference mass from in-use

文章引用: 仲崇智, 李佳林, 沈姝, 李菁元, 杨正军. 北京市在用汽油车排气污染物超标原因分析[J]. 环境保护前沿, 2021, 11(1): 111-117. DOI: 10.12677/aep.2021.111010

gasoline vehicles, the emission test data of 14,954 in-use gasoline vehicles under ASM conditions in Beijing were analyzed. The results show that with the increase of the reference mass, the exceeding standard rate of light-duty gasoline vehicles in stage 3 and stage 4 decreases, showing a negative correlation; light-duty gasoline vehicles have the highest proportion of unqualified emissions caused by excessive NO_x, the lowest proportion of HC exceeding the standard; heavy-duty gasoline vehicles are dominated by excessive NO_x.

Keywords

In-Use Vehicle, Exceeding Standards Rate, Excessive Emissions

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

2019 年全国汽油车一氧化碳(CO)、碳氢化合物(HC)、氮氧化物(NO_x)排放量分别为 557.6 万吨、132.8 万吨、30.3 万吨, 占汽车排放总量的 80.3%、77.5%、4.9% [1]。控制汽车排气污染物主要从两方面入手: 一是制定更严格可行的新车排放法规, 提升汽车排放污染控制技术, 开发新能源汽车, 降低新生产车辆的排放污染, 从源头上做好汽车节能减排[2]; 二是对在用车辆严格执行在用检测维护(I/M, Inspection and Maintenance Program)制度, 通过对在用车辆进行定期和不定期的排放检测、监督抽测, 并对不达标车辆进行强制维护, 使车辆处于良好运行状态, 从而减少污染物排放[3]。

考虑到污染物超标原因及超标特征不明确的情况, 会导致盲目治理和过渡维修, 制约 I/M 制度的有效开展[4]。故本文通过北京市在用汽油车排气污染物超标因素分析, 提出对在用车辆维护的建议。

2. 在用汽油车排放检测方法简介

我国新车一直采用等同于欧盟法规的排放测试循环, 沿用欧盟的排放体系, 在用车辆排放检测方法基本沿用美国的排放体系。美国在用汽油车排放污染物检测方法主要有: 瞬态工况法(IM240)、稳态工况法(ASM, Acceleration Simulation Mode Test)和简易瞬态工况法(VMAS, Vehicle Mass Analysis System)

IM240 瞬态工况法从美国新车排放试验规程 FTP 曲线衍生而来, 试验设备工作原理一致与 FTP 试验设备一致, 设备费用昂贵, 维护比较复杂, 检测时间较长, 对检测人员有较高的要求[2]。

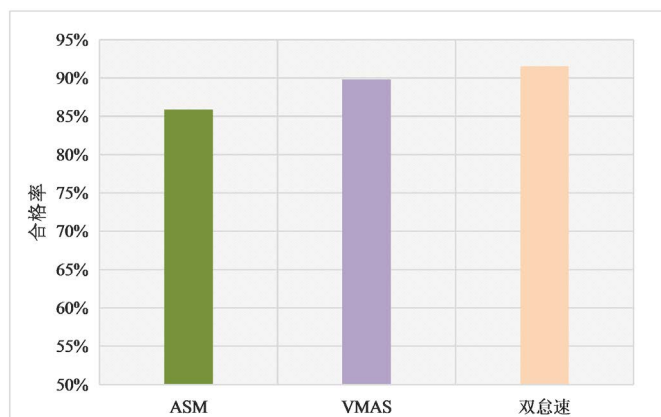
ASM 工况法是指车辆预热到规定热状态, 然后加速到规定速度[5], 利用底盘测功机模拟道路行驶阻力[6], 通过特点工况曲线, 测得 HC、NO_x 和 CO 的浓度。此方法的特点是仪器的成本和使用维护费用不太高, 可用于识别 NO_x 排放高的车辆[7]。

故我国在用汽油车排气污染物检测主要采用稳态工况法和简易瞬态工况法。ASM 和 VMAS 都是美国环保局认可的、可筛选出高排放车的在用检测车辆, 两种方法的采样系统和分析原理基本一致, ASM 设备及维护费用较低, 如下表 1 所示。

GB18285-2018 标准编制组统计分析了我 31 个省、市、自治区共 4317 万次环保检测数据, 发现不同检测方法的合格率如图 1 所示。可以看出双怠速法的合格率最高约 91.5%, 其次是 VMAS 法的合格率约 89.8%, 对高排放车辆的识别率为 10.2%; ASM 工况法的合格率最低为 85.9%, 对高排放车的识别率为 14.1% [8] [9]。

Table 1. The comparison of VAMS and ASM**表 1.** 简易工况法和瞬态工况法对比

项目	ASM	IM240	VAMS
采样系统	五气分析仪	CVS	五气分析仪 + 气体流量计
采样原理	NDIR + 电化学法	NDIR+ FID + CLD	NDIR + 电化学法
设备、维护费	低	高	中高
测量结果单位	%或 10^{-6}	g/km	g/km

**Figure 1.** The qualification rate of different detection methods [8] [9]**图 1.** 不同检测方法的合格率[8] [9]

简易工况法的主要目的是用来识别高排放在用车，无论采用哪种方法，对高污染车辆的识别率主要取决于所制定的排放限值[10]，北京市在用汽油车排放污染物检测采用稳态工况法，通过严格的限值，能有效识别高排放车辆。

3. 轻型汽油车超标原因分析

课题组收集了北京市共 14,371 条轻型汽油车 ASM 工况排放检测数据，截止 2019 年初，北京市国五及以上排放阶段在用轻型汽油车已占汽油车保有量约 51%，国三汽油车检测比例和数量较少。不同排放阶段检测数据量如表 2 所示，下文将分别从基准质量和排放污染物两个方面，分析污染物超标的原因及解决方案。

Table 2. The number of light-duty gasoline vehicles tested**表 2.** 轻型汽油车检测量

检测量	国三	国四	国五
$RM < 1305$	40	68	480
$1305 \leq RM < 1760$	98	3192	10,118
$1760 \leq RM$	42	50	283

3.1. 不同基准质量对超标率的影响

对不同排放阶段不同基准质量车辆的超标率分析，如下图 2 所示，对国三、国四车辆，基准质量小于 1305 kg 的车辆超标率最高，随着基准质量的增加，超标率逐渐降低；对国五车辆，基准质量在 1305~1760 kg 之间的车辆，超标率最高，基准小于 1305 kg 的车辆超标率最低。

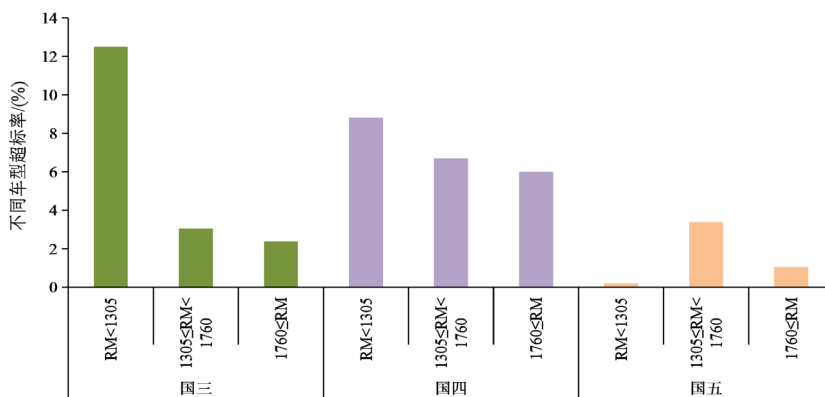


Figure 2. The exceeding standards rate of vehicles with different reference mass
图 2. 不同基准质量车辆超标率

基准质量对国三、国四车辆的有明显的影 响，随着基准质量的增加，超标率降低，呈负相关关系；但是对国五车辆，基准质量在 1305~1760 kg 之间的车辆超标率最高，超标率与基准质量不逞负相关。考虑国四、国五基准质量在 1305~1760 kg 之间的车辆检测量远多于其他两类车辆，故不能排除检测量对超标率的影响，需要数据量支持。

3.2. 不同污染物对超标率的影响

3.2.1. 单项污染物超标分析

筛选只有单项污染物超标的车辆，分析不同排放阶段车辆的超标原因，如图 3 所示，统计了不同排放阶段车辆，单项污染物超标比例。可以看出，不同排放阶段车辆，NOx 超标导致排放不合格的比例最高，HC 超标的比例最低，CO 超标的比例介于两者之间，且随着排放阶段的升高，NOx 和 HC 超标的比例呈降低趋势，CO 的超标的比例呈升高的趋势。

初步分析原因 CO 的生成是燃烧过程中缺氧导致，HC 生成是燃料未完全燃烧导致，NOx 的生成机理是高温富氧，ASM 工况下，发动机燃烧效率高，温度较高，同时为了提高燃油经济性，混合气浓度偏稀，氧含量较高，满足 NOx 生产条件[4]，故 NOx 超标是轻型汽油车 ASM 工况下的主要超标污染物。要降低 NOx 排放，主要使用 EGR 技术，降低温度，同时通过经过三元催化器(TWC)作用进一步降低 NOx。从图 3 中可以看出，随着车辆排放阶段的上升，车辆排放控制技术升级，NOx 超标情况逐级降低。

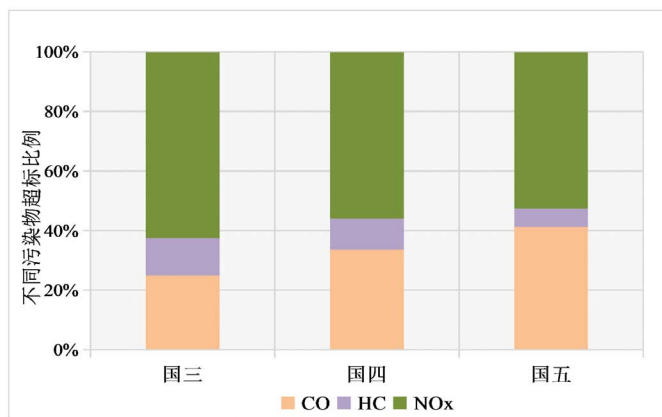


Figure 3. The exceeding standards rate of different emissions
图 3. 不同污染物的超标比例

3.2.2. 两项污染物超标分析

筛选出两种污染物超标的车辆，统计不同排放阶段车辆，两项污染物超标的数量，国三车辆均为单项污染物超标，故不在本次分析内。如下图 4 所示，可以看出，国四车辆 CO + HC 污染物组合超标车辆最多，其次是 CO + NO_x 污染物组合，超标最少的污染物组合是 HC + NO_x；国五车辆 CO + NO_x 污染物组合超标车辆最多，其次是 CO + HC 污染物组合，超标最少的污染物组合是 HC + NO_x。

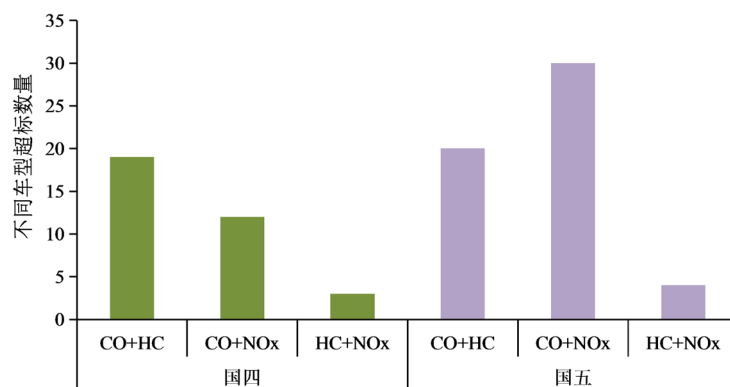


Figure 4. The number of exceeding standards of different emissions

图 4. 不同污染物的超标数量

HC + NO_x 同时超标可能原因是混合气浓度较稀，气缸积碳；CO + HC 同时超标，可能因为是混合气浓度较浓，供氧不足，气缸磨损、缸压下降；CO + NO_x 超标同时超标可能是三元催化器(TWC)失效导致。

3.2.3. 三项污染物超标分析

三项污染物全超标的车数量如下图 5 所示，国三车 0 辆，国四车 34 辆，国五车 58 辆，且超标车辆基准质量均在 1305~1760 kg 之间。三项污染物都超标原因可能是三元催化器(TWC)和氧传感器失效，气缸磨损且存在积碳等。

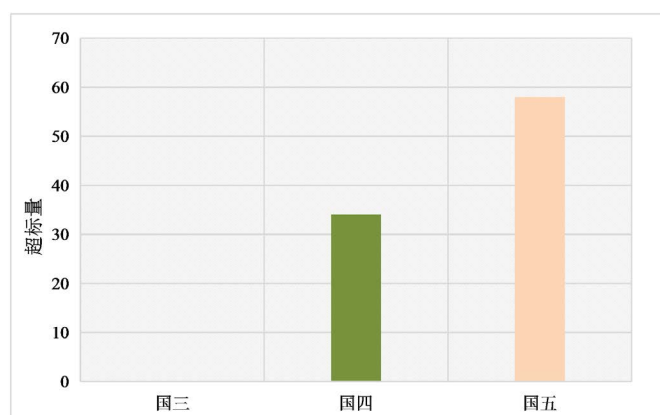


Figure 5. The number of exceeding standards of different stages vehicles

图 5. 不同排放阶段车辆的超标量

4. 重型汽油车超标数据分析

课题组收集了北京市共 574 条重型汽油车 ASM 工况排放检测数据，重型汽油车分为 I 类重型汽油车(2000.1.1 以前登记注册)、II 类重型汽油车(2000.1.1-2004.8.31 登记注册)和 III 类重型汽油车(2004.9.1 以后

登记注册)共三类,不同类型重型汽油车检测数量见下表 3,因北京市的排放标准升级较严格,重型汽油车检测数量较少。

Table 3. The number of heavy-duty gasoline vehicles tested
表 3. 重型汽油车检测量

类型	检测数量
I类重型汽油车	40
II类重型汽油车	199
III类重型汽油车	335

针对单项污染物,分析重型汽油车不同污染物的超标比例如下图 6 所示, I 类重型汽油车全都是 NO_x 超标; II 类重型汽油车以 NO_x 超标为主,其次是 CO 超标,没有 HC 超标的车辆; III 类重型汽油车也全都是 NO_x 超标。可以发现,重型汽油车的主要超标原因是 NO_x。由于重型汽油车检测数据较少,现有数据中没有出现两种或多种污染物同时超标的情况。

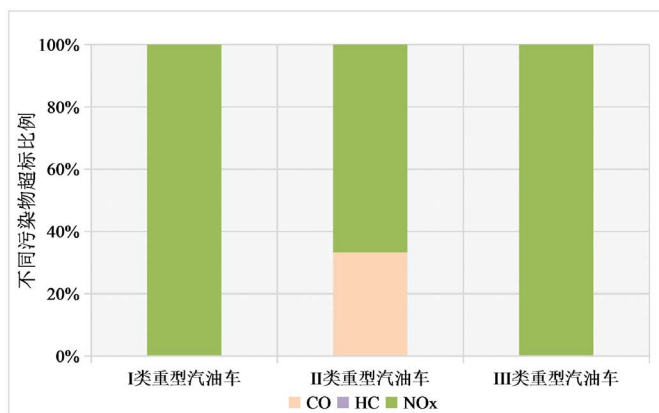


Figure 6. The exceeding standards rate of different emissions
图 6. 不同污染物的超标比例

5. 结论

本文经对北京市 14,371 条轻型汽油车、574 条重型汽油车 ASM 工况排放检测数据分析,得出如下结论:

1) 对轻型汽油车,国三、国四车辆随着基准质量的增加,超标率降低,呈负相关关系;国五车辆,基准质量在 1305~1760 kg 之间的车辆超标率最高,超标率与基准质量不逞负相关;

2) 对不同排放阶段轻型汽油车,单项污染物超标情况中,NO_x 超标导致排放不合格的比例最高,HC 超标的比例最低,CO 超标的比例介于两者之间,且随着排放阶段的升高,NO_x 和 HC 超标的比例呈降低趋势,CO 的超标的比例呈升高的趋势。对不同类型重型汽油车污染物超标都以 NO_x 超标为主。

参考文献

- [1] 生态环境部. 中国移动源环境管理年报[R]. 2019.
- [2] 蔺宏良. 西安市实施在用汽车检测与维护(I/M)制度方法与技术研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2007.
- [3] 沈姝, 李菁元, 等. 国内外在用汽车 I/M 制度及实施情况[J]. 环境保护前沿, 2020(4): 494-501.

<https://doi.org/10.12677/aep.2021.111010>

- [4] 陶健, 王文君, 等. 在用汽油车排气污染物超标特征分析[J]. 公路与汽运, 2016(3): 18-21.
- [5] 吴晓林. 在用汽油车稳态工况法排气污染物检测和标准修订[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2012.
- [6] 宋敬滨. 在用车尾气排放 ASM 检测系统的研究与开发[D]: [硕士学位论文]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2006.
- [7] 孟秋. 在用汽车排放污染防治技术政策的研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 长安大学, 2001.
- [8] 中国环境科学研究院. GB3847-2018. 柴油车污染物排放限值及测量方法(自由加速法及加载减速法) [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2018.
- [9] 中国环境科学研究院. GB18285-2018. 汽油车污染物排放限值及测量方法(双怠速法及简易工况法) [S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2018.
- [10] 丁焰, 葛蕴珊, 张学敏. 汽车简易工况法与新车排放认证工况法的相关性研究[J]. 环境科学研究, 2009(9): 1027-1031.