

# Research on Limits of Exhaust Emissions from In-Use Diesel Vehicles under Lug-Down Test Procedure

Qian Feng<sup>1,2</sup>, Shu Shen<sup>2</sup>, Hanzhengnan Yu<sup>2</sup>, Mengliang Li<sup>2</sup>, Kongjian Qin<sup>2</sup>, Zhijun Li<sup>1</sup>, Jiguang Wang<sup>2</sup>, Xiyu Fang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>State Key Laboratory of Engines, Tianjin University, Tianjin

<sup>2</sup>China Automotive Technology & Research Center, Tianjin

Email: fengqianhg@163.com

Received: Feb. 4<sup>th</sup>, 2018; accepted: Feb. 19<sup>th</sup>, 2018; published: Feb. 26<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

In this study, the smoke emission of different stages diesel engine was tested, and it analyzed the smoke emissions of 9100 diesel vehicles of Beijing to set the smoke limit of in-use stage V diesel vehicles, 0.27 (HSU: 13). Meanwhile, by testing the NO<sub>x</sub> concentration during lug-down test circle, the stage IV and V diesel vehicles were set as  $1300 \times 10^{-6}$  and  $900 \times 10^{-6}$ , respectively.

## Keywords

In-Use Diesel Vehicle, Smoke Limit, NO<sub>x</sub> Limit, Lug-Down

---

# 在用柴油车加载减速排放限值制定方法研究

冯谦<sup>1,2</sup>, 沈 姝<sup>2</sup>, 于晗正男<sup>2</sup>, 李孟良<sup>2</sup>, 秦孔建<sup>2</sup>, 李志军<sup>1</sup>, 王计广<sup>2</sup>, 方熙宇<sup>2</sup>

<sup>1</sup>天津大学内燃机燃烧学国家重点实验室, 天津

<sup>2</sup>中国汽车技术研究中心, 天津

Email: fengqianhg@163.com

收稿日期: 2018年2月4日; 录用日期: 2018年2月19日; 发布日期: 2018年2月26日

---

## 摘 要

本研究通过开展不同排放阶段的柴油机烟度排放水平测试, 并统计分析了北京市9100辆不同排放阶段(国三、治理改造车、国四、国五)在用柴油车的加载减速烟度检测数据, 研究制定在用国五柴油车加载

**文章引用:** 冯谦, 沈姝, 于晗正男, 李孟良, 秦孔建, 李志军, 王计广, 方熙宇. 在用柴油车加载减速排放限值制定方法研究[J]. 环境保护前沿, 2018, 8(1): 51-57. DOI: 10.12677/aep.2018.81007

减速测试的不透光烟度限值定为HSU13 (光吸收系数0.27); 通过对柴油车年检时加载减速测试工况的NO<sub>x</sub>进行测试, 确定了在用国四、国五柴油车加载减速的NO<sub>x</sub>排放限值分别为 $1300 \times 10^{-6}$ 和 $900 \times 10^{-6}$ 。本文的研究为城市柴油车的烟度和NO<sub>x</sub>的排放限值制定提供了依据, 对城市高排放车辆的控制具有重要意义。

## 关键词

在用柴油车, 烟度限值, NO<sub>x</sub>限值, 加载减速

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

## 1. 研究背景

根据环保部出台的《中国机动车环境管理年报》(2017) [1]数据, 2016年我国机动车颗粒物排放量为53.4万吨, 氮氧化物577.8万吨。全国柴油车排放的颗粒物超过汽车排放总量的90%, 氮氧化物接近70%, 柴油车是大中城市大气污染治理的重点。

北京市的机动车排放成为大气污染的首要来源, 占比高达31.1%左右。为了控制北京市的机动车排气污染, 改善大气环境质量, 北京市已于2010年率先实施《在用柴油车加载减速烟度排放限值及测量》(DB11/121-2010), 该标准规定对在用柴油车采用加载减速法进行烟度环保定期检验, 各排放阶段柴油车应达到相应的烟度排放限值, 并提出对国四及以上排放标准的柴油车OBD的检查要求, 从标准实施开始, 有效控制、筛查了高排放柴油车, 对北京市在用柴油车污染防治工作起到极大的推动作用[2] [3]。

为了强化机动车污染防治, 北京市在2012年7月全面供应第五阶段汽、柴油; 轻型汽油车和公交、环卫、邮政等行业重型柴油车也已于2013年3月实施了第五阶段排放标准。在2015年6月, 北京市全面实施重型柴油车国五排放标准, 北京市成为全国首个全面实施国五阶段机动车排放标准的城市。截至2016年底, 北京市已经存在大量的国四、国五排放标准的柴油车, 特别是国五重型柴油车排放标准实施以来, 国五柴油车的保有量占比越来越大, 但是现行法规中还没有对在用国五柴油车的烟度限值检测限值要求[4]。

同时, 国四、国五排放标准的柴油车上普遍使用选择性催化还原SCR系统净化NO<sub>x</sub>排放, 在《重型汽车排气污染物排放控制系统耐久性要求及试验方法》(GB20890-2007)中对重型汽车的排放控制系统提出型式核准和生产一致性检查要求, 但针对国四、国五阶段在用柴油车的SCR系统在使用过程中的性能劣化情况还缺少有效的检测手段。目前, 北京市DB11/121-2010标准中仅对国四及以下排放阶段的在用柴油车的烟度限值规定了检测要求, 还未提出对国四、国五阶段柴油车的NO<sub>x</sub>排放限值和测试方法的要求, 无法对NO<sub>x</sub>排放超标或者SCR失效的车辆进行检测和筛查[5]。

因此, 本文研究如何设定北京市在用国五柴油车的烟度限值以及国四、国五柴油车的NO<sub>x</sub>检测限值, 为标准的修订提供依据。

## 2. 在用国五柴油车烟度限值制定

### 2.1. 实验室新柴油机烟度水平测试

为制定国五在用柴油车烟度限值, 在发动机实验室, 按照GB17691-2005的ELR负荷烟度试验流程, 对国三、国四和国五重型柴油机重烟度进行了测试, 测试的柴油机样本信息, 见表1。

不同排放阶段柴油机 ELR 负荷烟度试验结果, 见图 1, 国三柴油机的烟度光吸收系数均值为  $0.37 \text{ m}^{-1}$  (HSU15), 国四柴油机烟度均值  $0.13 \text{ m}^{-1}$  (HSU5), 国五柴油机烟度均值  $0.09 \text{ m}^{-1}$  (HSU 3)。随着排放阶段升级, 柴油机的烟度水平不断降低。在 GB17691-2005 中要求国五柴油机的 ELR 负荷烟度限值与国四柴油机的烟度限值一致, 而测试国五柴油机的烟度平均值比国四柴油机降低 30% 左右。

## 2.2. 在用柴油车烟度排放水平

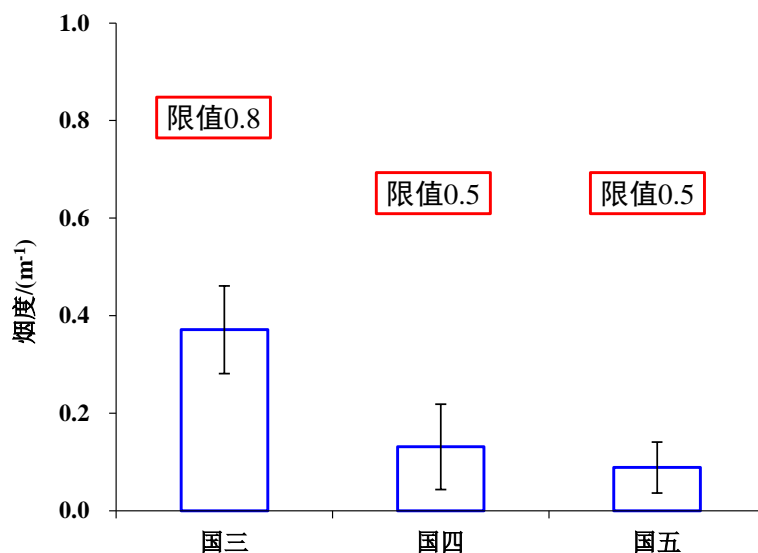
按照 DB11/121-2010 中对年检的柴油车进行分类, 依次分为: 国一柴油车(I 类, 限值:  $1.61 \text{ m}^{-1}$  (HSU50))、国二柴油车(II 类, 限值:  $1.19 \text{ m}^{-1}$  (HSU40))、国三柴油车(III 类, 限值:  $0.80 \text{ m}^{-1}$  (HSU29))、治理改造车(IV 类, 限值:  $0.50 \text{ m}^{-1}$  (HSU19))、国四柴油车(V 类, 限值:  $0.50 \text{ m}^{-1}$  (HSU19)), 共 5 类, 没有对国五柴油车的烟度限值要求。

在用车污染物排放限值制定遵循以技术确定排放限值的原则。根据车型制造和销售时所达到的排放标准水平, 同时考虑车辆在正常使用和维修保养情况下排放控制系统的正常劣化, 来确定该车型的排放污染物限值。限值制订中按以下原则确定: 高污染超标车辆控制在 10%~25% 之间为目标。

本研究统计分析了北京市 9100 辆不同排放阶段(国三、治理改造车、国四、国五)柴油车的加载减速烟度检测数据, 不透光烟度值(加载减速测试工况最大烟度值)见图 2。随着柴油车排放标准升高, 不同分位数的烟度值均呈降低趋势, 烟度值明显向低值偏移、集中分布, 国五柴油车烟度值 95%、75% 分位数分别为 HSU17.0、4.7, 比其他柴油车的烟度值明显偏小。

**Table 1.** New diesel engine inspection information  
**表 1.** 新柴油机检查信息表

排放标准	样本数
国三	3
国四	5
国五	7
合计	15



**Figure 1.** ELR smoke value of diesel engine of different emission stages  
**图 1.** 不同排放阶段柴油机 ELR 烟度值

按不同排放阶段烟度限值计算检测柴油车的合格率, 见图 3, 国五柴油车按国四柴油车烟度限值 HSU19 计算, 见图 5。随排放阶段升高, 检测柴油车的合格率呈增加趋势, 国五柴油车的合格率为 97.0%, 合格率太高。显然, 这不符合“高污染车辆控制在 10%~25%之间为目标”的制定原则。

### 2.3. 国五柴油车加载减速烟度限值制定

不同排放阶段柴油车的不透光烟度值(工况点最大烟度值)与累计频率的关系, 见图 4, 根据高污染车辆控制在 10%~25%之间为目标, 国四柴油车烟度值可定为 HSU17~19 区间, 当国四柴油车的烟度限值定为 19 时, 符合超标车辆在 10%~25%的控制要求, 比较合理; 合格率定 85%~90%时, 国五柴油车烟度值为 7~13 区间, 若将国五柴油车烟度限值定为 HSU11, 与国四柴油车烟度限值(HSU19)相比降低 42%, 见图 5。

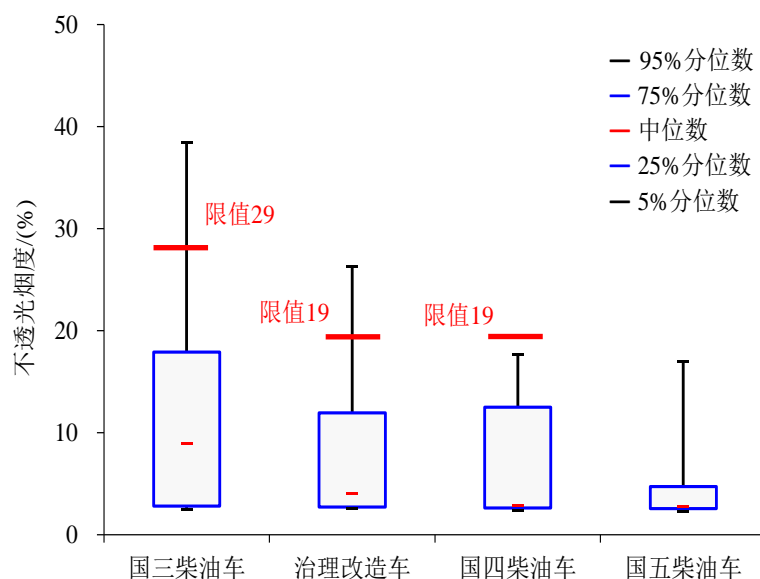


Figure 2. Opacity value distribution of in-use diesel vehicle

图 2. 在用柴油车不透光烟度值分布

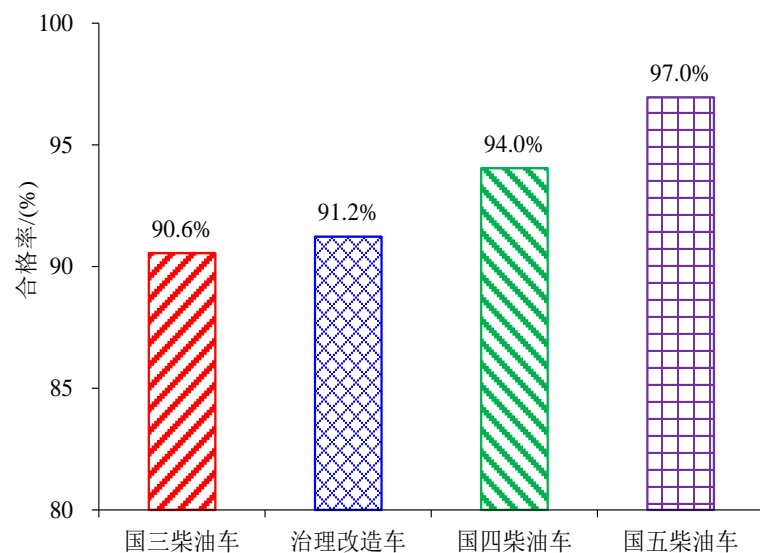


Figure 3. Test qualified rate of in-use diesel vehicle

图 3. 在用柴油车检测合格率

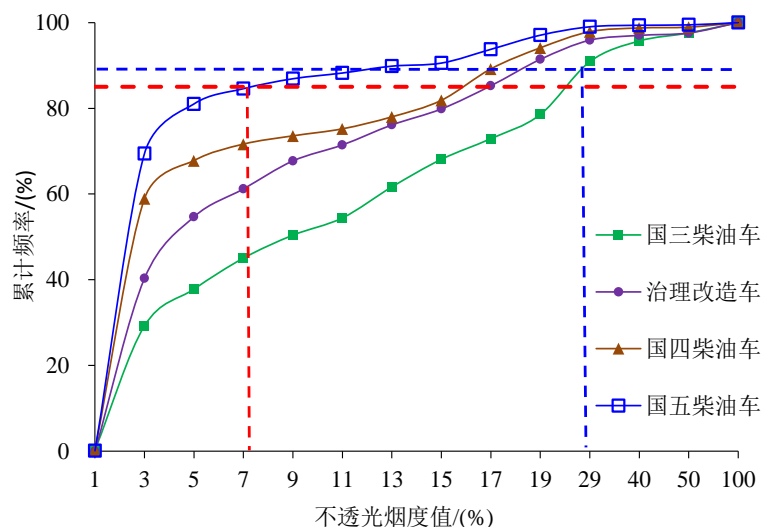


Figure 4. Relationship between opacity and cumulative frequency

图 4. 不透光烟度值与累计频率关系图

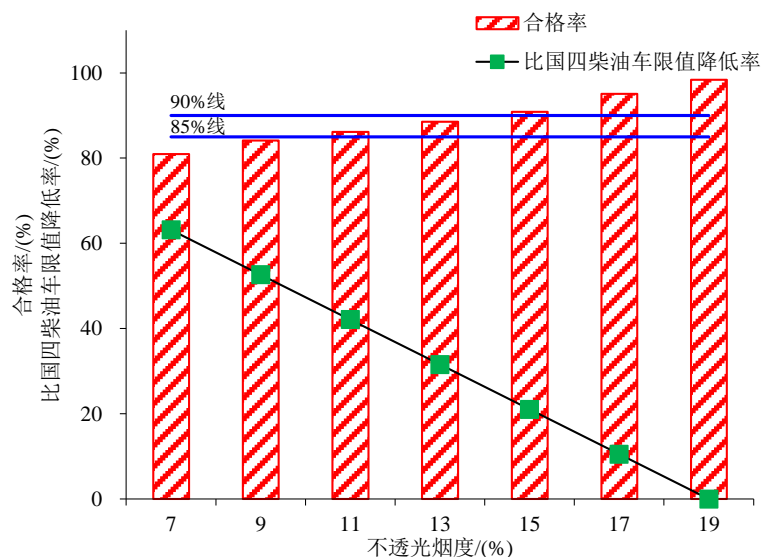


Figure 5. Smoke compliance rate of stage V and reduction rate of stage IV compared with stage V limit value

图 5. 国五柴油车烟度合格率、与国四限值降低率

GB17691-2005 规定国五和国四新车柴油机的 ELR 烟度值为相同限值,而在用国五柴油车限值定为 HSU11,比在用国四柴油车降低 42%,显然不合理。在用国四柴油车比国三柴油车的烟度限值降低 34.5%,若设定国五柴油车的烟度限值为 HSU13,国五柴油车合格率为 88.5%,比国四柴油车烟度限值降低 31.6%,比较合理,符合在用柴油车烟度限值的制定原则。因此,本研究将在在用国五柴油车的不透光烟度限值定为 HSU13 (光吸收系数: 0.27)。

### 3. NO<sub>x</sub> 排放限值制定

本研究按照 DB11/121-2010 加载减速测试方法,在年检站对 38 辆国四柴油车开展了 NO<sub>x</sub> 测试,测量 100%、90%和 80% VelMaxHP (VelMaxHP, 最大功率时的车速)三个车速工况(图中简称 100%、90%和

80%点)车辆的 $\text{NO}_x$ 排放浓度。

本研究统计了38辆在用国四柴油车100%、90%、80%工况点 $\text{NO}_x$ 排放情况,见图6,其中,61.8%的车辆在80%工况点 $\text{NO}_x$ 浓度最高,23.5%的车辆在100%工况点 $\text{NO}_x$ 浓度最高。统计分析检测车辆在不同工况点的 $\text{NO}_x$ 排放均值,80%工况点 $\text{NO}_x$ 均值最高,为 $802 \times 10^{-6}$ ,90%和100%工况点 $\text{NO}_x$ 均值基本一致,为 $770 \times 10^{-6}$ 。分析检测车辆 $\text{NO}_x$ 浓度分布分位数,见图7,100%和80%工况点 $\text{NO}_x$ 浓度中位数相对较高,分别为 $845 \times 10^{-6}$ 和 $802 \times 10^{-6}$ ;100%和80%工况点的 $\text{NO}_x$ 浓度95%分位数也处于较高水平,分别为 $1306 \times 10^{-6}$ 和 $1413 \times 10^{-6}$ 。

本研究对在用国四柴油车的 $\text{NO}_x$ 浓度和累计频率进行了统计分析,见图8。由于80%工况点的 $\text{NO}_x$ 浓度值最高,以该工况点的 $\text{NO}_x$ 浓度进行限值划定分析。将合格率先定为85%时,80%工况点的 $\text{NO}_x$ 浓度值为 $1300 \times 10^{-6}$ ;若将合格率先定为90%时,80%工况点的 $\text{NO}_x$ 浓度值为 $1400 \times 10^{-6}$ ,合格率偏高,不符合限值的制定原则。综上分析,本研究将在在用国四柴油车环保定期检测的 $\text{NO}_x$ 排放限值制定为 $1300 \times 10^{-6}$ 。依据不同排放阶段限值递减的原则,GB17691-2005中要求的国五柴油机比国四柴油机的ETC循环的 $\text{NO}_x$ 排放限值降低42%,同时参考国五柴油车的烟度限值比国四降低30%左右,确定在用国五柴油车检测 $\text{NO}_x$ 的排放限值为 $900 \times 10^{-6}$ 。

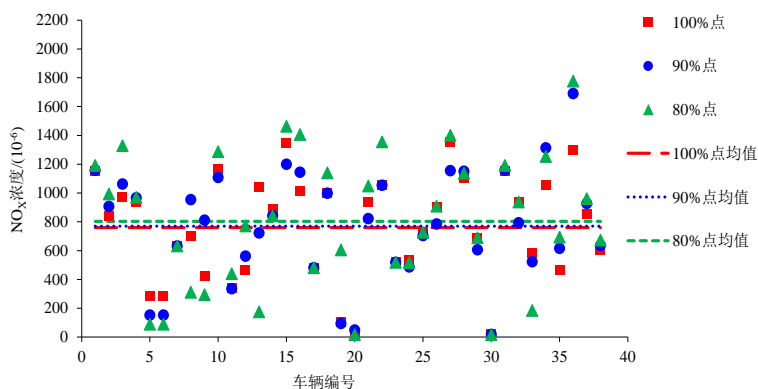


Figure 6.  $\text{NO}_x$  concentration distribution at lug-down condition

图6. 加载减速工况测试点 $\text{NO}_x$ 浓度分布

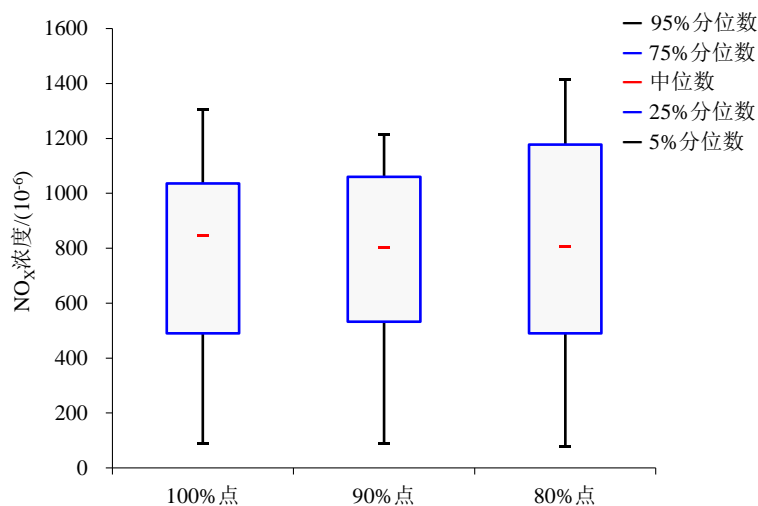


Figure 7.  $\text{NO}_x$  concentration diagram of different test conditions

图7. 不同测试点 $\text{NO}_x$ 浓度分位图

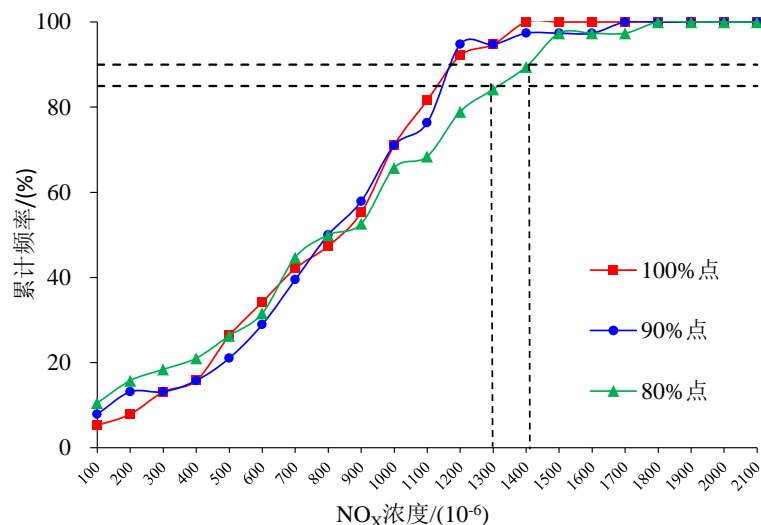


Figure 8. NO<sub>x</sub> concentration and cumulative frequency diagram

图 8. NO<sub>x</sub> 浓度与累计频率(合格率)关系图

#### 4. 结论

本研究通过对不同排放阶段的柴油机烟度排放水平测试,并统计分析了北京市 9100 辆不同排放阶段(国三、治理改造车、国四、国五)在用柴油车的加载减速烟度检测数据,制定了在用国五柴油车的烟度排放限值。同时通过对柴油车年检时加载减速测试工况的 NO<sub>x</sub> 浓度水平进行测试,确定了在用国四、国五柴油车加载减速的 NO<sub>x</sub> 排放限值。本文的研究为城市柴油车的烟度和 NO<sub>x</sub> 的排放限值制定提供了依据,对城市高排放车辆的控制具有重要意义。

#### 基金项目

中国汽车技术研究中心重点课题支持项目(17180109)资助。

#### 参考文献 (References)

- [1] 中华人民共和国环境保护部[R]. 北京: 中国机动车环境管理年报, 2017.
- [2] 彭春美, 王文涛, 林怡青. 柴油车加载减速烟度测试工况的关联规则研究[J]. 中国环境监测, 2007, 6(23): 30-33.
- [3] 葛蕴珊, 梁宾, 李海涛, 等. 在用柴油车加载减速烟度和柴油机全负荷烟度的相关性研究[J]. 内燃机工程, 2005, 3(26): 8-10.
- [4] 王军方, 尹航, 丁焰, 等. 在用柴油车 NO<sub>x</sub> 排放的测量方法[J]. 环境工程技术学报, 2015, 5(5): 407-410.
- [5] 王军方, 丁焰, 殷宝辉, 等. 在用柴油车环保定期检测 NO<sub>x</sub> 的可行性研究[J]. 环境与可持续发展, 2014, 5: 75-77.

**知网检索的两种方式：**

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2164-5485，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[aep@hanspub.org](mailto:aep@hanspub.org)