

轻型柴油车还原性颗粒捕集器控制策略及排放试验研究

马标¹, 张方戈¹, 程晓章^{2*}, 汪陈芳²

1. 安徽江淮汽车股份有限公司技术中心, 安徽 合肥 230601; 2. 合肥工业大学汽车与交通工程学院, 安徽 合肥 230009

摘要:为使某轻型柴油车排放达到国六b排放标准,基于国六b轻型车排放标准对柴油机 NO_x 排放要求,制定柴油机选择性催化还原颗粒捕集器(selective catalytic reduction-coated diesel particulate filter, SDPF)后处理系统技术方案,建立结合前馈模型和反馈控制的SDPF控制策略,利用发动机台架试验对控制参数进行标定,并进行控制策略和排放测试验证。全球统一轻型车辆测试循环(world light vehicle test cycle, WLTC)工况转毂试验结果表明:SDPF化学反应模型的效率与基于 NO_x 传感器的 NO_x 转化效率具有良好的一致性,偏差小于10%,验证了控制策略的正确性和有效性;本方案的 NO_x 转化率达到96.1%,所有污染物排放均满足工程目标,该轻型柴油车排放满足国六b排放标准。

关键词:轻型柴油机;SDPF;后处理系统控制策略;WLTC试验

中图分类号:TK421.5

文献标志码:A

文章编号:1673-6397(2024)05-0001-07

引用格式:马标,张方戈,程晓章,等.轻型柴油车还原性颗粒捕集器控制策略及排放试验研究[J].内燃机与动力装置,2024,41(5):1-7.

MA Biao, ZHANG Fangge, CHENG Xiaozhang, et al. Experimental study on emission and control strategy of regenerative particulate filter for a light-duty diesel vehicle[J]. Internal Combustion Engine & Powerplant, 2024, 41(5): 1-7.

0 引言

柴油机具有高效能和耐久性等特点,应用广泛,但其排放中的 NO_x 和颗粒物(particulate matter, PM)对空气质量和公众健康构成了严重威胁^[1-2],各国纷纷出台更为严格的排放标准,推动了排放控制技术的发展和应用。相比国五排放标准中要求的测试循环工况,国六b标准中的全球统一轻型车辆测试循环(world light vehicle test cycle, WLTC)要求测试更多的低温工况、更高的加速度以及低温排放,因此,轻型柴油车满足国六排放标准的挑战巨大^[3-4]。为了满足国六b排放标准对轻型柴油车排放的严格要求,开发高效的后处理系统及其控制策略尤为重要^[5]。降低 NO_x 污染物的后处理技术主要有选择性催化还原(selective catalytic reduction, SCR)技术^[6]和稀燃 NO_x 捕集(lean NO_x trap, LNT)技术等^[7],柴油机颗粒物捕集器(diesel particulate filter, DPF)是减少颗粒物排放有效且技术相对成熟的装置^[8-9]。选择性催化还原颗粒捕集器(selective catalytic reduction-coated diesel particulate filter, SDPF)作为一种新型的后处理装置,能够同时实现颗粒物捕集与 NO_x 还原,其技术方案和控制策略的研发成为当前研究的热点^[10]。SDPF将SCR催化剂涂覆在DPF载体上,通过与增压器、氧化催化器(diesel oxidation catalyst, DOC)紧耦

收稿日期:2024-06-12

基金项目:国家自然科学基金项目(62033012)

第一作者简介:马标(1981—),男,安徽宿州人,工学硕士,高级工程师,主要研究方向为发动机电控及后处理技术, E-mail: mb.dly.jszx@jac.com.cn。

*通信作者简介:程晓章(1966—),男,安徽安庆人,工学硕士,副教授,主要研究方向为内燃机燃烧及后处理, E-mail: chengxz@hfut.edu.cn。

合连接应用在轻型柴油机上,尽可能利用柴油机排温提高 NO_x 转化效率,并捕集颗粒物^[11]。

目前,结合前馈模型和反馈控制的控制策略被广泛认为是一种有效的 SDPF 控制方案^[12-13]。前馈模型根据发动机运行状态预测 NO_x 排放,反馈控制利用 NO_x 传感器的实时数据进行调整,从而在各种工况下实现 NO_x 和 PM 的最优转化效率^[14]。然而,如何优化这两者的结合,并通过实际车载试验验证其有效性,仍是一个亟待解决的难题^[15]。本文中提出一种基于前馈模型和反馈控制相结合的 SDPF 控制策略,针对某款柴油机的开发目标,设计 SDPF 后处理系统方案,通过发动机台架试验对控制参数进行标定,通过 WLTC 转毂试验验证该控制策略的性能,为轻型柴油机车排放控制提供参考。

1 SDPF 后处理技术方案

某轻型柴油机匹配车型排放限值及工程开发目标如表 1 所示,表中 ρ_l 为车辆单位里程排放的污染物质量; I 型试验排放中各污染物及其对应的劣化系数如表 2 所示。

表 1 轻型柴油机排放限值及工程目标

类型	$\rho_l(\text{THC})/$ ($\text{mg}\cdot\text{km}^{-1}$)	$\rho_l(\text{NMHC}^\text{①})/$ ($\text{mg}\cdot\text{km}^{-1}$)	$\rho_l(\text{NO}_x)/$ ($\text{mg}\cdot\text{km}^{-1}$)	$\rho_l(\text{CO})/$ ($\text{mg}\cdot\text{km}^{-1}$)	$\rho_l(\text{PM})/$ ($\text{mg}\cdot\text{km}^{-1}$)	$\text{PN}^\text{②}/$ ($10^{11}\text{个}\cdot\text{km}^{-1}$)
限值	80	55	50	740	3.0	6.00
工程目标	56	24	27	445	2.25	0.67

①非甲烷总烃(nou-methane hyurocarbuns,NMHC)。②粒子数量(particle number,PN)。

某轻型柴油车排放中 NO_x 原排达到 600 mg/km,不满足文献[3]中的限值要求。综合考虑,本文中设计后处理技术方案为 DOC-SDPF-SCR-氨逃逸催化器(ammonia slip catalyst,ASC),后处理系统采用“U”型结构布置,后处理各系统分布示意图如图 1 所示。根据国六 b 排放标准对 SDPF 系统低温时的高效率和 SDPF 再生对涂层耐温的要求,采用低温性能较好的铜基分子筛,高温时和 SCR 铜基分子筛相配合,使污染物排放达到工程目标,同时 ASC 氧化泄漏的氨,后处理技术方案中各部件相关系数如表 3 所示。

表 2 I 型试验排放中各污染物及其对应的劣化系数

污染物	THC	NMHC	NO _x	CO	PM	PN
劣化系数	1.0	1.0	1.5	1.5	1.0	1.0

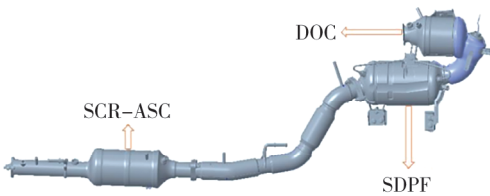


图 1 后处理各系统分布示意图

表 3 后处理技术方案中各部件相关系数

部件	载体直径/cm	载体长度/cm	载体目数/(个·cm ⁻²)	载体壁厚/mm	催化剂涂覆量/(g·dm ⁻³)
DOC	143.8	101.6	62.0	0.101 6	3.180
SDPF	165.1	203.2	46.5	0.304 8	4.050
SCR	143.8	101.6	62.0	0.101 6	4.240
ASC	143.8	101.6	62.0	0.101 6	0.106

配备该轻型车的柴油机采用直列 4 缸、高压共轨、增压中冷等技术,柴油机主要技术参数如表 4 所示,车辆主要技术参数如表 5 所示,表中 F_0 、 F_1 、 F_2 为滑行阻力。

表 4 某柴油机主要技术参数

型式	缸径/mm	行程/mm	缸心距/mm	排量/L	额定转速/(r·min ⁻¹)
直列 4 缸、4 气门、增压中冷	83	92.4	96	1.999	3 600
最大扭矩时转速/(r·min ⁻¹)	最高转速/(r·min ⁻¹)	额定功率/kW	压缩比	最大扭矩/(N·m)	额定油耗/[g·(kW·h) ⁻¹]
1 500~2 500	4 100	125	17.5	410	235

表5 皮卡车型主要技术参数

整备质量/kg	整车最大质量/kg	各挡速比	主减速器速比	轮胎型号	F_0/N	F_1/N	F_2/N
2 090	3 100	5.000,3.200,2.143,1.720, 1.131,1.000,0.822,0.640	3.456	265/60R18	363.35	-0.721	0.078

2 SDPF 系统控制架构

合理的尿素喷射策略是 SDPF 系统控制的核心,首先建立 NO_x 原排模型,确定 NO_x 原排中 NO_2 的比例,计算尿素溶液初始喷射量,基于 SDPF 系统化学反应效率模型模拟反应过程,然后根据氨负载管理进行闭环控制,从而形成基于模型前馈控制与反馈控制相结合的控制策略。前馈控制是实现控制目标的预控制,提高控制速率。反馈控制能修正测量误差,区分 NO_x 传感器对 NH_3 的交叉敏感性,精确控制 SDPF 系统尿素喷射和化学反应过程。SDPF 系统控制架构如图2所示,主要包含原排模型、SDPF 系统化学反应效率模型、氨存储及反馈控制四部分。

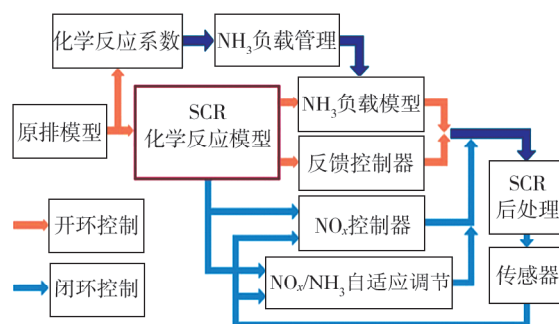


图2 SDPF 系统控制架构

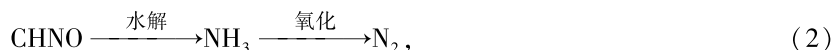
2.1 NO_x 原排模型

NO_x 传感器安装在增压器涡轮后,采用 NO_x 传感器信号检测与 NO_x 模型计算相结合的 NO_x 原排策略。在发动机起动后的暖机阶段,为防止水蒸气损坏 NO_x 传感器, NO_x 传感器不进行露点检测, NO_x 原排由 NO_x 原排模型计算得到;当发动机冷却液温度和排气温度符合要求时, NO_x 原排由上游 NO_x 传感器测量得到。根据轻型柴油车经常使用的运行工况绘制运行脉谱,基于轻型柴油车开发目标,仿真计算发动机排放权重和目标,对发动机的转速、转矩进行优化标定,确定发动机原排,将 NO_x 质量分数输入 NO_x 原排模型,排放分析仪根据 NO_x 与氨反应的化学计量比得到所需氨的质量流量。

2.2 SDPF 系统化学反应效率模型

根据需求的 NH_3 ,基于排气中 NO_2 质量分数得到 NO_x 选择还原效率的反应过程,车辆在急加速、急减速等瞬态工况,氨与 NO_x 不可能完全反应,同时国六b标准中规定了氨泄漏限值,因此为了实现最佳的转化效率,应建立 SDPF 系统反应过程模型。

充分考虑吸附、选择还原及氨泄漏,SDPF 系统反应、转化效率及相关计算式如下所示。



$$r_{\text{NO}} = \alpha \kappa_{\text{NO}} q_{m, \text{NO}} \theta \exp[-E_{\text{NO}}/(RT)], \quad (3)$$

$$r_{\text{h}} = \alpha \kappa_{\text{h}} q_{m, \text{CHNO}} \theta \exp[-E_{\text{h}}/(RT)], \quad (4)$$

$$r_{\text{a}} = \alpha \kappa_{\text{a}} q_{m, \text{NH}_3} (1-\theta) \exp[-E_{\text{a}}/(RT)], \quad (5)$$

$$r_{\text{d}} = \alpha \kappa_{\text{d}} \theta \exp[-E_{\text{d}}(1-\varepsilon\theta)/(RT)], \quad (6)$$

$$r_{\text{o}} = \alpha \kappa_{\text{o}} q_{m, \text{NH}_3} \exp[-E_{\text{o}}/(RT)], \quad (7)$$

$$\eta_{\text{SDPF}} = 1 - \exp\{-\kappa \exp[-E/(RT) \theta \tau]\}, \quad (8)$$

$$\eta_{\text{s}} = (q_{m, \text{u}} - q_{m, \text{d}})/q_{m, \text{u}} \times 100\%, \quad (9)$$

式中: r_{NO} 、 r_{h} 、 r_{a} 、 r_{d} 、 r_{o} 分别为 NO_x 、水解、吸附、脱附、氧化反应速率因数; α 为催化剂表面因数; κ_{NO} 、 κ_{h} 、 κ_{a} 、 κ_{d} 、 κ_{o} 分别为 NO_x 、水解、吸附、脱附、氧化过程中的频率因子; $q_{m, \text{NO}}$ 、 $q_{m, \text{CHNO}}$ 、 q_{m, NH_3} 分别为以 g/s 为单位的

NO_x 、 CHNO 、 NH_3 的质量流量的数值; θ 为氨表面积吸附因数; E_{NO} 、 E_{h} 、 E_{a} 、 E_{d} 、 E_{O} 、 E 分别为以 J/mol 为单位的 NO_x 水解、吸附、脱附、氧化反应、SDPF 的活化能的数值; R 为以 $\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ 为单位理想气态常数的数值; T 为以 K 为单位的反应热力学温度的数值; τ 为以 s 为单位的反应时间; ε 为催化剂脱附修正因数; $q_{m,u}$ 、 $q_{m,d}$ 分别为以 g/s 为单位的上游和下游传感器测量的反应物的质量流量的数值; η_{SDPF} 、 η_s 分别为 SDPF 模型和传感器的转化效率。

2.3 氨存储控制

SDPF 系统催化剂表面始终进行氨吸附与脱附过程,必须对尿素喷射量进行修正,以避免未参加反应的氨排到大气中造成空气的二次污染。为了提高 SDPF 转化效率并防止过多的氨泄漏,需要进行氨存储控制。根据 SDPF 性能特性,催化剂温度和空速是影响氨存储能力的主要因素。当排温较高时,催化剂的储氨能力较低,空速对储氨量的影响不大;当排温较低时,催化剂的储氨能力较强,空速对储氨能力的影响比高排气温度时更显著。因此,需要建立 SDPF 系统催化剂的氨存储控制模型,根据当前工况下设定的 SDPF 氨存储量与当前的氨存储量之差,进行排气流量修正,得到该工况下基于氨存储的尿素喷射量的修正结果。

2.4 反馈控制

反馈控制能有效地提高系统的控制精度, NO_x 传感器收到露点信号后,进入自加热模式,加热到工作温度为 800°C 后,检测后处理系统上、下游排气中的 NO_x 质量分数。根据催化剂下游和上游的 NO_x 质量分数,计算实际 NO_x 转化效率。将该转化效率与化学反应模型得到的转化效率进行比较,当两者误差超过限值,根据误差采用不同的修正系数对尿素喷射量进行修正,从而在允许的 NH_3 泄漏情况下使 NO_x 转化率达到开发目标。

3 SDPF 系统模型参数化及标定

3.1 试验准备

根据文献[3]要求,控制策略验证按照台架和转毂相结合的方式验证,试验设备包括 AVL Dnyo Road 202/12.5L 电力测功机、HORIBA MEXA-ONE-RS 直采系统、HORIBA MEXA-ONE-C1 稀采分析仪、AVL735S 油耗仪、HORIBA 2000spcs PN 计数器,采集发动机转速、转矩、功率、油耗及气态污染物和颗粒物排放等信息。匹配软件平台采用商业软件 INCA,与电子控制单元(electronic control unit, ECU)通过 ETK-ME 设备相连,主要包括标定、数据管理、数据采集和数据分析等功能。

3.2 基本控制参数 map 标定

检查台架设备并上电后,ECU 进行发动机、后处理状态自检,状态良好后进行万有特性试验。根据设计的 SDPF 系统控制策略,首先标定 NO_x 原排、 NO_x 中 NO 的占比等,然后标定不同温度和流量下的氨负载量,最后通过填充-放空试验,标定 SDPF 系统化学反应效率模型,试验数据经过处理后下载到软件中,并下载到 ECU 中进行转毂试验验证。试验过程如下:根据上游 NO_x 传感器和 HORIBA MEXA-ONE-RS 采样系统标定 NO_x 原排质量流量,得到每工况稀释排气经过背景校正的平均质量流量。

根据文献[3]要求,假设排气在标准状态(温度为 273 K 、大气压力为 101.4 kPa)下的密度为 1.293 kg/m^3 ,由于使用全流稀释采集测量气态污染物,从稀释排气中采样,每工况排气污染物质量流量

$$q_{m,h} = 0.001587w(\text{NO}_x)K_{H,D}q_v, \quad (10)$$

式中: $q_{m,h}$ 为以 g/h 为单位的 NO_x 污染物的质量流量的数值, $w(\text{NO}_x)$ 为确定的每工况稀释排气经过背景校正的 NO_x 质量分数, $K_{H,D}$ 为温度和湿度修正因数, q_v 为以 kg/h 为单位的排气体积流量的数值。

根据排放设备采集的数据,将每工况稀释排气经过背景校正的 NO_x 平均质量流量填入原排 map, ECU 根据排气量、温度、质量分数等信息计算每工况下 NO_x 排放的质量流量,同时注意降低瞬态 NO_x 原排的峰值,轻型柴油机所有工况下 NO_x 的质量分数控制在 800×10^{-6} 以下,正常模式原排 map 如图 3 所示,图中喷油量为每冲程的喷油质量。同时 NO_x 与氨化学系数 map 的查询输入包括 SCR 催化剂上游的

NO_x 中除 NO_2 外其他组分的质量比,因此,在化学系数 map 标定之前,需要标定该质量比。关闭尿素喷射,选择不同 SDPF 入口温度、排气流量,尽可能选择 WLTC 循环覆盖区域,进行万有特性试验,通过 HORIBA MEXA-ONE-RS 直采系统标定 NO_x 、 NO_2 质量分数,处理后的数据填入以 SDPF 催化器入口温度和排气流量为参数的 SDPF 系统 NO_2 占比 map 中,结果如图 4 所示。

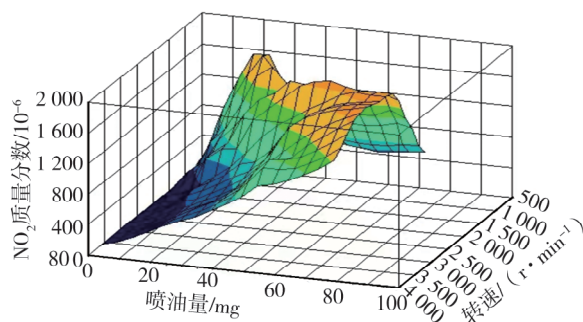
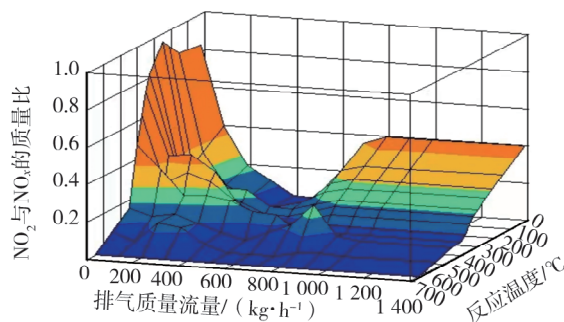


图3 正常模式原排 map

图4 SDPF 系统 NO_2 占比 map

对于化学转化系数和氨存储标定,通过填充-放空试验,确定工况点和排气温度,设定转速、转矩,发动机运行 10 min,加热 SDPF,使载体内部没有氨存储,在该工况下稳定运行 20 min,进行尿素喷射,喷射过程中, NO_x 质量逐渐下降直至转化效率达到最高,持续喷射,当下游氨传感器检测到排气中的氨的质量分数大于 2×10^{-6} ,停止喷射尿素,当上游 NO_x 质量分数与下游一致时,结束该工况,运行下一个工况,对数据处理后得到的平均化学转化系数 map,如图 5 所示。为了简化计算氨存储,不考虑尿素喷嘴到催化器排气管路之间附着的氨,发动机某工况下催化器中的氨存储量等于尿素喷射量减去反应掉尿素量和氨泄漏量,计算得到的不同温度和排气流量下 NH_3 负载量 map 如图 6 所示。

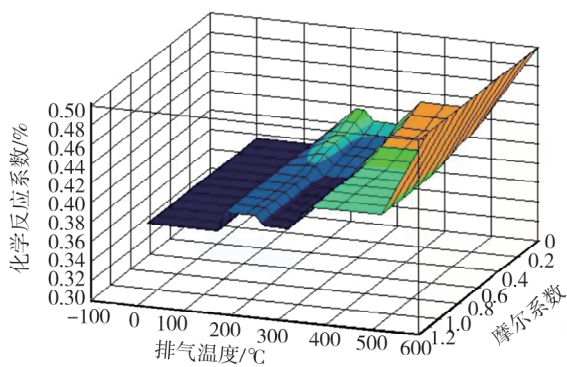
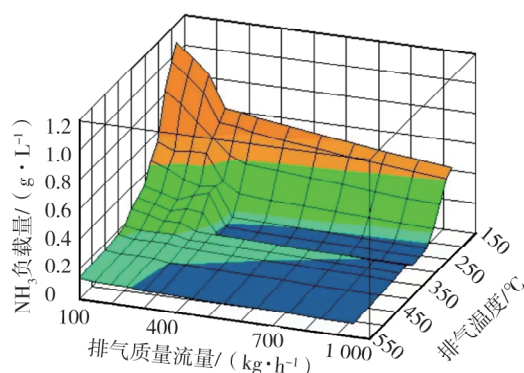


图5 SDPF 化学转化系数 map

图6 不同温度和排气流量下 NH_3 负载量 map

NO_x 转化效率是 SDPF 系统的重要指标之一,关系到尿素喷射策略的效率修正和反馈修正。SDPF 系统考虑催化剂的化学反应特性,与单独 SCR 逻辑不同,SDPF 系统化学反应模型效率标定与 SCR 模型标定不同。通过填充-放空试验,仿真计算的 SDPF 活化能因子为 58 800、频率因子为 2 956 000 000。进行不同温度下的工况效率转毂试验验证,标定后结果如图 7 所示。由于 SCR 带有 ASC,ASC 氧化泄漏的氨,因此标定 SCR 活化能为 60 000,频率因子为 2 275 000 000。

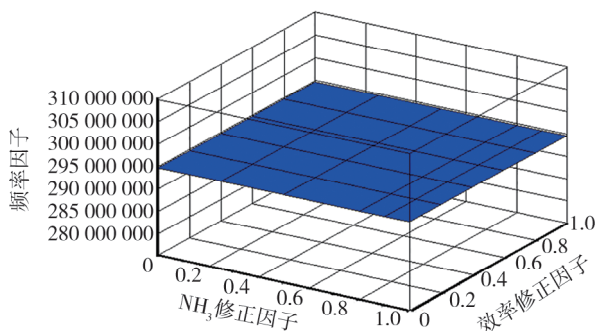


图7 SDPF 化学反应频率因子

4 控制策略及排放测试验证

为了验证 SDPF 系统控制逻辑和车辆排放,按照文献[3]要求进行 WLTC 试验。测试车辆磨合里程为 3 000 km,性能确认达到设计指标后,采用滑行法加载并匹配换挡线;为了保证一致性,重复进行 3 次试验,通过 INCA 记录发动机运行数据,HORIBA MEXA-ONE-C1 稀采分析仪记录车辆运行结果。通过数据处理,基于化学反应效率模型 NO_x 转化效率和基于 NO_x 传感器测试的 NO_x 转化效率如图 8、9 所示,排放结果(劣化系数见表 1)如表 6 所示。

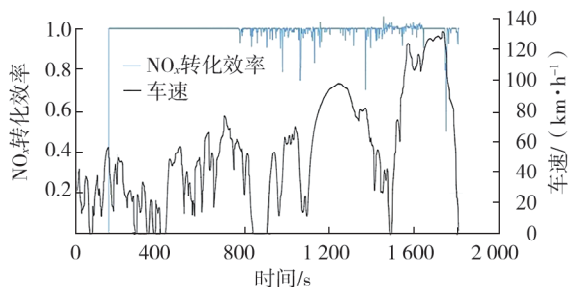


图 8 SDPF 化学反应模型效率

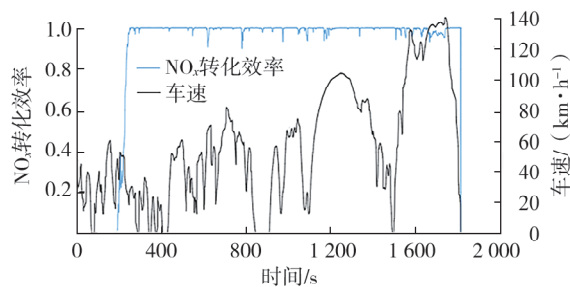


图 9 基于 NO_x 传感器 SDPF 后处理系统效率

表 6 排放试验结果

类型	$\rho_l(\text{THC})/$ ($\text{mg} \cdot \text{km}^{-1}$)	$\rho_l(\text{NMHC})/$ ($\text{mg} \cdot \text{km}^{-1}$)	$\rho_l(\text{NO}_x)/$ ($\text{mg} \cdot \text{km}^{-1}$)	$\rho_l(\text{CO})/$ ($\text{mg} \cdot \text{km}^{-1}$)	$\rho_l(\text{PM})/$ ($\text{mg} \cdot \text{km}^{-1}$)	PN/ (10^{11} 个 $\cdot \text{km}^{-1}$)
限值	80	55	50	740	3.0	6.00
第一次检测	2.38	3.41	23.26	5.29	0.62	0.52
第二次检测	4.34	3.40	22.87	7.01	0.47	0.62
第三次检测	5.28	2.38	24.27	3.92	0.39	0.41

由图 8、9 和表 6 可知:基于化学反应效率模型 NO_x 转化效率和基于 NO_x 传感器 NO_x 转化效率的偏差小于 10%,考虑转毂、HORIBA 排放分析仪的精度偏差,排放结果差异在控制范围内,且 NO_x 转化效率达到 96.1%;试验中最大 NO_x 排放为 24.27 mg/km ,小于 27 mg/km (工程目标),HC、CO 等其他污染物低于工程目标,满足国六 b 排放标准要求。

5 结论

1)设计的 SDPF 系统技术方案成功满足了排放开发目标;通过紧耦合“U”型布置结构,SDPF 系统在低温和高温条件下均表现出优异性能,确保了 NO_x 和颗粒物的高效转化和捕集。

2)建立了结合前馈模型和反馈控制的 SDPF 控制策略,并验证了其在实际工况下的有效性;WLTC 转毂试验结果表明 NO_x 转化效率偏差小于 10%。

3)提出的 SDPF 控制方案使轻型柴油机车排放满足了国六 b 排放标准,该方案 NO_x 转化率达到 96.1%,所有污染物排放均满足工程目标,为轻型柴油车的排放控制提供了有效解决方案。

参考文献:

- [1] MUHAMMAD A M, KALAM M A, MUHAMMAD M A, et al. Recent advancements, applications, and technical challenges in fuel additives-assisted engine operations[J]. Energy Conversion and Management, 2024, 313: 118643.
- [2] JIN C H, WEI J J. The combined effect of water and nanoparticles on diesel engine powered by biodiesel and its blends with

- diesel: a review[J]. Fuel, 2023, 343: 127940.
- [3] 环境保护部. 轻型汽车污染物排放限值及其检测方法(中国第六阶段):GB 18352. 6—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2016.
- [4] TIPANLUISA L, PRATI M V, COSTAGLIOLA M A. Impact of diesel/renewable fuels blend on gaseous and particle emissions of a light-duty vehicle under real driving emissions[J]. Renewable Energy, 2024, 230: 120819.
- [5] 魏宗洋. 柴油机尾气污染物超低排放后处理关键技术及应用[J]. 中国环保产业,2023(8):27-31.
- [6] LI X, LIU X L, TANG H, et al. Simultaneously accomplishing selective catalytic reduction of NO and catalytic oxidation of CO in a catalyst coupling system[J]. Fuel, 2024, 360: 130616.
- [7] STEENWEGHEN F V, HOLLEVOET L, MARTENS J A. Green ammonia synthesis from stationary NO_x emission sources on a catalytic lean NO_x trap Electronic supplementary information(ESI) available: experimental method and additional results [J]. Green Chemistry, 2024, 26(5):2534-2539.
- [8] XU W R, KOU C F, E J Q, et al. Effect analysis on the flow uniformity and pressure drop characteristics of the rotary diesel particulate filter for heavy-duty truck[J]. Energy, 2024, 288: 129820.
- [9] LYU L Q, WANG J F, YIN H, et al. Accelerated aging for after-treatment devices of diesel engine: method, emission characteristics, and equivalence[J]. Applied Energy, 2024, 355: 122234.
- [10] 谭丕强,段立爽,楼狄明,等. 选择性催化还原捕集技术的关键性能仿真[J]. 内燃机学报,2022,40(5):447-456.
- [11] OKELEYE S A, THIRUVENGADAM A, BESCH M C, et al. Performance characterization of a selective catalytic reduction on filter aftertreatment system in a heavy-duty diesel engine tested on a laboratory dynamometer[J]. Journal of the Energy Institute, 2023, 110: 101330.
- [12] 解同鹏,高翠,鹿文慧,等. 基于模型的DPF再生温度控制策略开发及验证[J]. 内燃机与动力装置,2022,39(3):16-21.
- [13] 彭继银,黄粉莲,万明定. 柴油机SCR系统控制研究现状与技术挑战[J]. 农业装备与车辆工程,2019,57(10):50-55.
- [14] 王大卫,王思民,丁海港,等. 基于阀控缸电液系统的前馈-反馈联合控制策略研究[J]. 机床与液压,2024,52(13):7-14.
- [15] DOOREN S V, AMSTUTZ A, ONDER C H. A causal supervisory control strategy for optimal control of a heavy-duty diesel engine with SCR aftertreatment[J]. Control Engineering Practice, 2022, 119:104982.

Experimental study on emission and control strategy of regenerative particulate filter for a light-duty diesel vehicle

MA Biao¹, ZHANG Fangge¹, CHENG Xiaozhang^{2*}, WANG Chenfang²

1. Technical Center, Anhui Jianghuai Automobile Co., Ltd., Hefei 230601, China;

2. School of Automotive and Transportation Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China

Abstract: In order to ensure that the emissions of a certain light-duty diesel vehicle meet the National 6b emission standards, based on the emission requirements for nitrogen oxides (NO_x) in light-duty diesel engines under the China 6b emission standards, a technical scheme for the selective catalytic reduction-coated diesel particulate filter (SDPF) after-treatment system is developed. An SDPF control strategy integrating a feedforward model and feedback control is established, and control parameters are calibrated using engine bench tests, and the control strategy and emission testing verification are conducted. The results of the chassis dynamometer WLTC tests show that the efficiency of the SDPF chemical reaction model is highly consistent with the NO_x conversion efficiency measured by NO_x sensors, with discrepancies less than 10%, confirming the correctness and effectiveness of the control strategy. The proposed scheme achieves a NO_x conversion rate of 96.1%, with all pollutant emissions meeting the engineering targets, successfully reaching the China 6b emission standard for a particular light-duty diesel vehicle.

Keywords: light diesel engine; SDPF; after-treatment control strategy; WLTC test

(责任编辑:刘丽君)