

本文以一款搭载于轻型柴油机上的某 NSC 后处理为研究对象，建立了 NSC 吸附测试试验台架及测试方法，分析不同载体温度及空速对 NSC 吸附效率的影响，为 NSC 在轻型柴油车上的实际应用提供参考。

□ 安徽江淮汽车集团股份有限公司 赵小虎 王丽 陈怀望 陈菲菲

载体温度及空速对 NSC 吸附效率影响的试验研究

随着轻型柴油机排放法规的不断升级，如何去除排放污染物中的 NO_x 成为了更大的挑战，单纯依靠选择性催化还原技术（Selective Catalytic Reduction, SCR）已无法满足低排放要求的情况下，氮氧化物存储还原系统（ NO_x Storage Catalyst, NSC）应运而生，其通常与 SCR 配合使用，主要用于吸附并还原低温情况的 NO_x ，弥补低温时 SCR 无法有效处理 NO_x 污染物的缺点，达到有效降低排放的目的。

NSC 催化剂核心组成主要包括贵金属催化剂 Pt、Rh 等及反应材料氧化钡，反应过程为氧化钡与 NO_x 发生氧化反应，生成硝酸钡，以达到降低 NO_x 排放的目的。该反应过程受不同温度下催化剂活性以及空速的影响较大，因此本文针对 NSC 在不同温度、不同空速下的吸附能力进行研究，为 NSC 在车辆上的实际应用提供一些参考。

试验方法

1. 试验设备

试验中使用 HORIBA 直采排放设备来监控轻型柴油机排气中 NO_x 的含量，AVL 电力测功机控制柴油机运转，AVL 的 PUMA open 台架系统来进行工况切换。

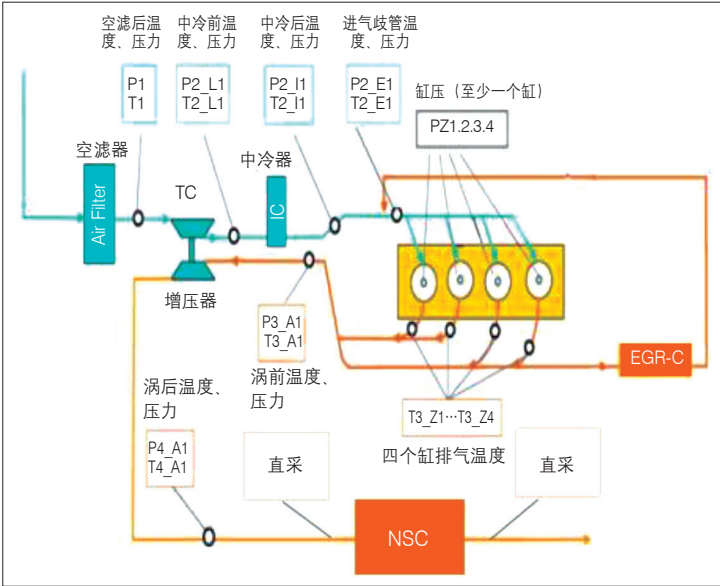


图 1 台架布置图

同时监控、采集及记录试验信息，试验系统布置如图 1 所示，试验设备见表 1，试验使用的 NSC 参数信息见表 2。

2. 试验方法

表 1 主要试验设备

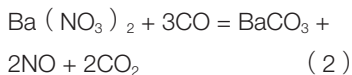
设备名称	设备型号	生产厂家
电力测功机	DynoRoad202	AVL
排放分析仪	MEXA-7100DEGR	HORIBA
油耗仪	735ICST	AVL
PUMA 系统	ISAC400	AVL

表 2 NSC 参数信息

催化剂	直径/mm	长度/mm	材质	体积/L
NSC	400	566	堇青石	7



试验开始前需要对 NSC 进行脱硫处理, 以将氧化钡完全还原, 脱硫过程发生反应, 见公式 1 和 2:



脱硫处理结束后发动机停机使后处理冷却, 直至 NSC 内部载体温度降低至试验温度点附近, 调整发动机运行工况至设定工况点, 同时控制 NSC 内部载体温度保持在所需试验温度上。

试验过程中使用两路 HORIBA 直采设备及 PUMA 系统对 NSC 前后的 NO_x 排放水平进行实时监控及记录, 直至前后 NO_x 排放水平相等时试验结束。直采设备采样前需进行标零及标气, 确保不同的设备采样结果偏差尽量小。

试验使用 AVL 的 INCA 系统对发动机运行的燃烧参数进行调整, 确保发动机运行稳定, 使得 NSC 载体内部温度可以达到并稳定在试验所需温度。

本次试验需要分别进行发动机处于 40 K 低空速及 160 K 高空速下, NSC 载体内部温度 150 ~ 450 °C, 间隔 50 °C 的多组试验。

空速 SV 等于理想条件下, NSC 单位体积可处理的气体体积, 见公式 3:

$$\text{SV} = \frac{M}{V} \times \frac{\text{Mmol}}{V_{\text{NSC}}} \times 2000 \quad (3)$$

式中, SV 为发动机空速, 单位为 L/h; M 为发动机气体质量流量, 单位为 kg/h; Mmol 为摩尔质量, 一般为 22.4 L/mol; V 为

理想气体体积, 此处取 28.5 L; V_{NSC} 为 NSC 体积, 单位为 L。

本文中定义试验得到的吸附效率见公式 4, 运用台架直采设备采集的 NSC 上下游 NO_x 排放, 计算得到不同温度、空速下中 NSC 对 NO_x 的总吸附量以及吸附效率。

总吸附量 G 为一次完整吸附试验中 NSC 上下游 NO_x 排放积分之差, 某一时刻的吸附效率 Eff 为此刻的 NSC 上下游 NO_x 排放之差与上游 NO_x 排放的比值, 见公式 4 和 5。

$$G = \sum \text{NU} - \sum \text{ND} \quad (4)$$

$$\text{Eff} = \frac{\text{NU} - \text{ND}}{\text{NU}} \quad (5)$$

式中 G 为 NO_x 吸附量, 单位为 g; NU 为 NSC 上游 NO_x 排放, 单位为 g/s; ND 为 NSC 下游 NO_x 排放, 单位为 g/s; Eff 为 NO_x 吸附效率; t 为时间, 单位为 s。

结果分析及研究

不同 NSC 载体内部温度对其吸附效率的影响如图 2 和图 3 所示, 随着载体内部温度不断升高, 吸附效率呈现先升高后

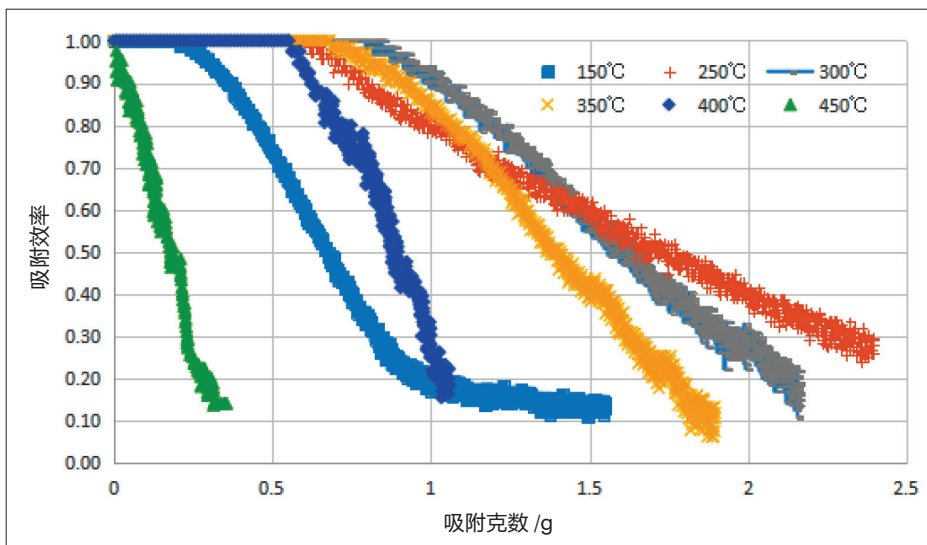


图2 低空速 40K 的各温度吸附效率情况

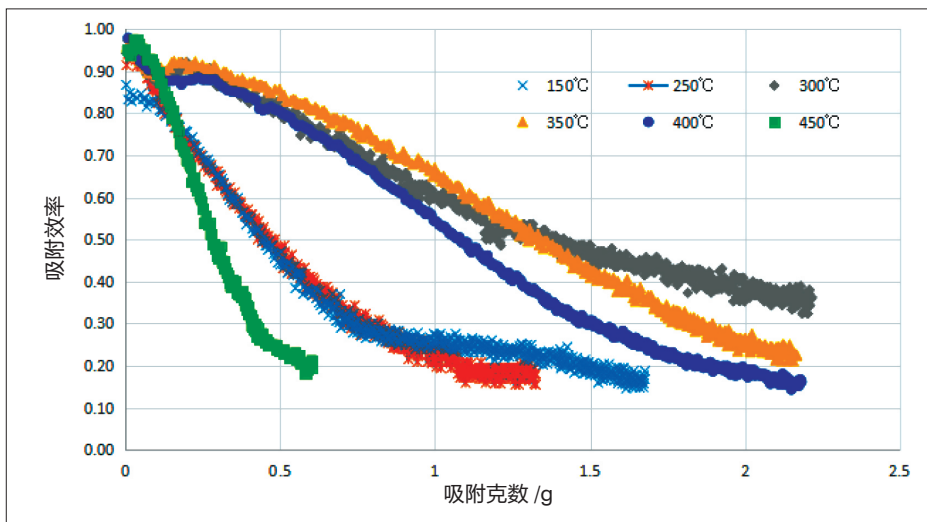


图3 高空速 160K 的各温度吸附效率情况

降低的趋势。

在低空速情况下，载体温度在 250 ~ 350 ℃ 区间时吸附效率均较高，NO_x 总吸附量可达到 2 g 左右。研发发现，载体温度 400 ℃ 时，吸附效率有所下降，直到 450 ℃ 时，效率极低且下降极快，吸附量不足 0.5 g，呈现明显分界线。

在高空速情况下，载体温度 300 ~ 400 ℃ 时吸附效率均较高，NO_x 总吸附量可达到 2 g 左右，载体温度 350 ℃ 时，吸

附效率达到最高。

研究发现载体温度 150 ~ 250 ℃、450 ℃ 以上区间时，吸附效率低且下降快，呈现明显分界线。相同载体温度进行对比，低空速时 NSC 能长期保持在吸附效率 90% 以上，高空速时 NSC 的吸附效率普遍低于低空速。

因此，发动机及整车实际应用时应尽量使 NSC 载体温度及空速保持在高吸附效率区间。

结论

本文以一款搭载于轻型柴油机上的某 NSC 后处理为研究对象，建立了 NSC 吸附测试试验台架及测试方法。

从 NSC 的吸附效率出发，分析不同载体温度及空速对 NSC 吸附效率的影响，通过研究得到 NSC 在不同载体温度、不同空速下的吸附能力，为 NSC 在轻型柴油车上的实际应用提供参考。 AI

(上接第 40 页)

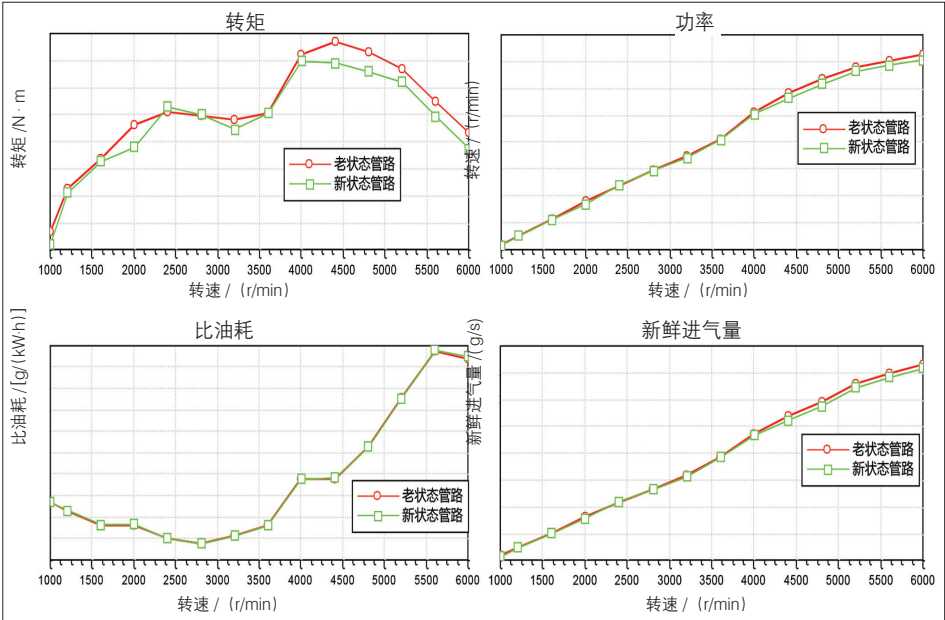


图 5 两种状态进气管路对应的热力学结果

路方案状态下，由于进气量的变化导致最大净转矩和额定净功率均有所下降。

最大净转矩下降 3.76 N·m，约 2.5%；额定净功率下降 1.8 kW，约 2.2%。

结论

1) 本文基于 AVL-BOOST 软件搭建了发动机热力学模型并根据台架测试数据进行模型标定，模型精度满足要求，可适用于后续热力学预测。

2) 新空滤器方案状态下，由于进气量的变化导致最大净转矩和额定净功率均有所下降，最大净转矩下降 2.5 N·m，约 1.7%；额定净功率下降 0.5 kW，约 0.6%。

3) 新管路方案状态下，由于进气量的变化导致最大净转矩和额定净功率均有所下降，最大净转矩下降 3.76 N·m，约 2.5%；额定净功率下降 1.8 kW，约 2.2%。

4) 基于仿真手段，在发动机台架测试之前对进气系统方案变更后的发动机性能变化趋势进行预测，为设计方案选型提供建议和指导。 AI