

催化型微粒捕集器主被动再生性能数值模拟*

李志军 杨士超 焦鹏昊 杨阳 侯普辉 申博玺

(天津大学内燃机燃烧学国家重点实验室, 天津 300072)

摘要: 通过数值模拟和发动机机试验验证,建立了催化型微粒捕集器(CPF)的数值模型,引入微粒(PM)催化再生比 α 用以评价 CPF 催化剂催化效率,分析研究了 CPF 进口条件等对催化效率的影响并依据催化效率区间选择催化剂涂覆量大小;分析了3种过滤体孔道形状、壁面渗透率、碳烟渗透率等对 CPF 压降特性以及主动再生频率的影响;研究了3种物理参数对 CPF 主动再生最高温度的影响。结果表明:在特定温度范围内,随着初始碳烟量和 NO 与 NO₂ 体积分数比的提高,催化剂催化效率提高;正六边形孔道、高壁面渗透率及高碳烟渗透率情况下,主动再生频率较低;正四边形孔道、高壁面渗透率和低碳烟渗透率情况下主动再生最高温度较低。

关键词: 催化型微粒捕集器 物理参数 主动再生频率 主动再生最高温度

中图分类号: TK421+.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)05-0037-06

引言

近年来柴油机尾气排放特别是微粒(PM)排放严重制约了柴油机的发展。微粒捕集器被认为是降低颗粒物排放最有效、技术最成熟的后处理装置之一^[1]。CPF是一种催化型连续被动再生微粒捕集器^[2],在过滤孔道表面涂覆一层以 Pt(Pt含量为1 g/L)为主的催化剂层,该催化剂可以将柴油机尾气中的 NO 氧化为 NO₂^[3],同时降低微粒氧化反应活化能,NO₂是一种强氧化剂,在低温时可氧化 PM,实现 CPF 低温连续被动再生^[4],从而降低主动再生频率、提高燃油经济性。

但是经过大量实验和数值模拟分析表明,在不同 CPF 进气条件下催化剂催化 NO 生成 NO₂进而氧化 PM 的效率不同,对于一些工况比较稳定的柴油机,如发电柴油机、大型工程机械中的柴油机动力系统等,其排气条件变化不大,此时可根据催化剂催化效率区间适当调整催化剂涂覆用量以提高催化剂利用效率^[5]。因为 CPF 连续被动再生不能完全清除碳烟,只能延长主动再生周期,当 CPF 背压因碳烟累积达到安全极值时需要进行主动再生。所以 CPF 连续被动再生催化剂催化效率区间、主动再生频率以及主动再生最高温度变化等问题值得深入研究。

本文利用数值模型对 CPF 不同进口条件下连续被动再生催化剂的催化效率以及不同物理参数对 CPF 主动再生性能的影响进行相关模拟研究。

1 数学模型

1.1 CPF 内部压降模型

CPF 的前、后端压降是评判 CPF 再生时刻的重要参考依据。因此,研究 CPF 的压降模型,对于预测 CPF 再生时刻及优化再生控制策略有着重要意义。本研究所采用的 CPF 压降模型是基于 Darcy 定律中对于多孔介质压降的定义建立的^[6]。图 1 为 CPF 过滤体的进口和出口通道示意图,从图中可以清晰地看到碳烟微粒分别被捕集在多孔介质壁面而形成的深层过滤层和在过滤体壁面堆积形成的滤饼过滤层的分布情况。

壁面压降

$$\Delta p_w = v_w \mu \frac{d_1 - 2\delta_{sc}}{d_1} \frac{\delta_w}{k_w} \quad (1)$$

深层过滤层产生的压降

$$\Delta p_{sd} = v_w \mu \frac{d_1 - 2\delta_{sc}}{d_1} \frac{\delta_{sd}}{k_{sd}} \quad (2)$$

滤饼过滤层产生的压降

$$\Delta p_{sc} = v_w \mu \frac{d_1 - 2\delta_{sc}}{d_1} \frac{d_1}{2k_{sc}} \ln \left(\frac{d_1}{d_1 - 2\delta_{sc}} \right) \quad (3)$$

式中 d_1 ——过滤孔道直径 k_w ——壁面渗透率
 k_{sd} ——深层渗透率 k_{sc} ——滤饼渗透率
 μ ——运动粘性系数 δ_w ——壁面厚度
 δ_{sd} ——深层过滤层厚度
 δ_{sc} ——滤饼过滤层厚度 v_w ——壁面流速

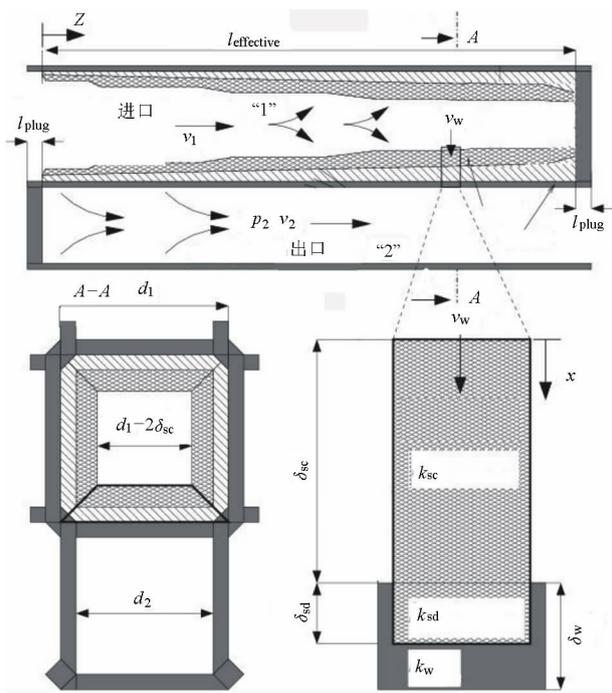


图1 CPF 进出口通道示意图

Fig. 1 Pair of CPF channels

1.2 CPF 的碳烟预测模型

碳烟预测模型主要由碳烟厚度公式及碳烟质量守恒方程组成。

深床过滤层厚度

$$\delta_{sd} = \frac{m_{sd} A_{\text{front}}}{n_1 \rho_{sd}} \frac{1}{4d_1} \quad (4)$$

滤饼层厚度

$$\delta_{sc} = \frac{1}{2} \left(d_1 - \sqrt{d_1^2 - \frac{m_{sc} A_{\text{front}}}{n_1 \rho_{sc}}} \right) \quad (5)$$

碳烟质量守恒方程能描述 CPF 内部碳烟在发生化学反应时的质量变化,因而能够较准确地预测再生时 CPF 内部碳烟变化情况。深层和滤饼碳烟的守恒方程为

$$\frac{dm_{sd}(z)}{dt} = v_w(z) m_{\text{soot,ini}} S_{sd} + \dot{R}_{sd} \quad (6)$$

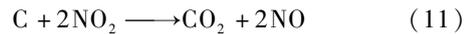
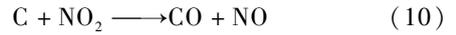
$$\frac{dm_{sc}(z)}{dt} = v_w(z) m_{\text{soot,ini}} S_{sc} + \dot{R}_{sc} \quad (7)$$

式中 $m_{sd}(z)$ ——深层过滤层碳烟密度
 $m_{sc}(z)$ ——滤饼过滤层碳烟密度
 R_{sd} 、 R_{sc} ——不同碳烟过滤层内化学反应源项
 $v_w(z)$ ——壁面流速
 S_{sd} 、 S_{sc} ——控制深层过滤和滤饼过滤开启的参数

1.3 CPF 再生化学反应模型及机理

柴油机排气中含有大量的氮氧化物,CPF 的工作原理是基于 NO_2 氧化 PM 的温度远低于 O_2 氧化 PM 的温度^[7],但是连续被动再生 PM 氧化率低于

PM 累积率,所以微粒捕集器捕集到的 PM 不能由连续被动再生完全消除,当 PM 累积达到一定量时需要进行主动再生,主要反应机理为



主动再生是通过一定的控制策略将 CPF 内部温度快速提高到一定值,可在短时间内将 PM 烧掉,主要发生如式(8)、(9)的反应,一般在 CPF 内部温度达到 450°C 以上时才开始进行。柴油机初始排气温度较低,而包括 NO_2 在内的氧化剂可以在较低温度 (250°C 左右) 时与 PM 发生氧化反应。 NO_2 做氧化剂氧化 PM 时反应如式(10)、(11)。

排气中及反应式(10)、(11)生成的 NO 在催化剂涂层中 Pt 的作用下,通过以下反应再次生成 NO_2 继续氧化 PM。



化学反应速率为

$$\dot{r}_1 = K_1 c_{\text{NO}} c_{\text{O}_2} - \frac{K_1}{K_{eq}} c_{\text{NO}_2}^2 \quad (13)$$

其中

$$K_1 = k T_A \exp\left(\frac{T_A}{T_{\text{solid}}}\right) \quad (14)$$

$$K_{eq} = \sqrt{\frac{p_{\text{atm}}}{RT_{\text{solid}}}} \exp\left(-9.259 + \frac{6848}{T_{\text{solid}}} + 0.2791 \frac{T_{\text{solid}}}{1000} - 0.02245 \left(\frac{T_{\text{solid}}}{1000}\right)^2 - 0.4139 \lg\left(\frac{T_{\text{solid}}}{1000}\right)\right) \quad (15)$$

式中 K_1 、 K_{eq} ——化学反应指前因子

T_A ——活化温度 T_{solid} ——过滤体温度

2 模型验证

为了研究 CPF 系统的碳烟捕集再生性能,本文模拟的过滤体尺寸(直径×长度)为 $\phi 143 \text{ mm} \times 152 \text{ mm}$,气体质量流量 $Q = 0.236 \text{ kg/s}$,起始温度 $T = 400 \text{ K}$,孔密度(单位面积上的孔道目数)为 300,孔道壁厚 $t = 0.4318 \text{ mm}$,CPF 物理参数见表 1,模拟参数与文献[8]实验参数一致,图 2 所示为模拟结果与实验结果的对比,可以看到在碳烟累积量较低时,CPF 内部总压降模拟值稍小于实验值,随着碳烟累积量的增加,模拟值稍大于实验值,模拟值与实验值总体趋势保持一致。

对于 CPF 再生模型,设定相关模拟参数:气体质量流量 $Q = 0.236 \text{ kg/s}$ 、初始 PM 量 $M = 10 \text{ kg/m}^3$,

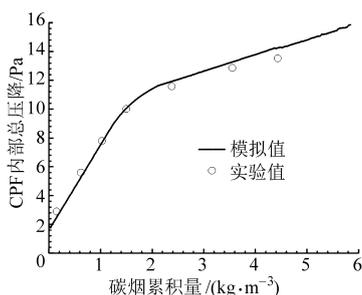


图2 压降随碳烟累积量变化曲线

Fig. 2 Change of pressure drop with soot accumulation during loading

在初始 15 s 之内将进口温度由 400 K 上升到 800 K, 如图 3 将模拟结果与文献[8]实验结果进行对比, 两者最高再生温度基本相同, 在 100 ~ 180 s 范围内温度实验值的上升速率比模拟值快。由于本文研究的是 CPF 内部主动再生最高温度, 因此这一差别不影响本文研究结果。

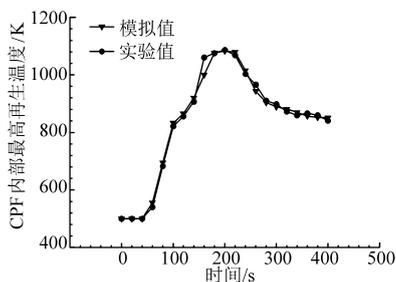


图3 再生过程反应最高温度变化曲线

Fig. 3 Temperature change curves during forced regeneration

综上所述可以看出本文所建立的数值模型正确, 可以用于本文对 CPF 系统碳烟捕集再生性能的研究。

3 数值结果分析

3.1 连续被动再生时不同进口条件下催化剂效率对比分析

3.1.1 催化剂催化效率的定义

CPF 系统孔道内涂覆一层以 Pt (含量为 1 g/L) 为主的催化剂涂层, 其作用是使柴油机排气中的 NO 转化成 NO₂ 同时降低 NO₂ 氧化 PM 的反应活化能。本文将柴油机初始排气中 NO 经催化生成的 NO₂ 氧化 PM 的含量记为 θ , 而 CPF 再生过程中 PM 被氧化的总量记为 β (包括柴油机原始排气中含有的 NO₂、CPF 内部 NO 催化生成的 NO₂ 以及氧气等氧化 PM 的含量), 定义 PM 催化再生比例参数 α 为

$$\alpha = \frac{\theta}{\beta}$$

依此来评价催化剂催化效率大小, α 越大表明催化剂催化 NO 生成的 NO₂ 氧化 PM 的百分比越高, 催化

剂效果越明显。并为某些工况稳定、排气条件变化不大的柴油机根据催化效率区间选择催化剂涂覆量提供理论依据。

3.1.2 不同进气温度、不同初始碳烟量对催化剂效率的影响

本次模拟的 CPF 过滤器, 模型输入参数为: 气体质量流量 $Q = 0.236 \text{ kg/s}$, 孔密度为 300, 由图 4 可知, 4 种不同初始碳烟含量 α 值都呈先增高后降低的趋势, 并在 560 ~ 625 K 内依次达到最大值, 此温度范围为催化剂催化 NO 生成 NO₂ 的最佳温度范围^[9], PM 被 NO₂ 高效氧化, α 达到峰值, 而当温度达到 720 K 以上时, α 值基本为 0, 虽然此温度下尾气组分中初始 NO₂ 仍然可以继续氧化 PM, 但此时催化剂催化 NO 生成 NO₂ 已经接近反应温度极限, NO₂ 会逆向分解为 NO 和 O₂, 降低了 NO₂ 氧化 PM 反应速率, 从而影响催化剂效率^[10]。观察 4 种不同初始碳烟含量曲线可以发现, 在特定进口条件下, α 达到峰值, 并随着初始碳烟量的提高而增大。这是因为 CPF 内部初始碳烟量越高, PM 被氧化过程中反应放热越多, 有利于催化剂将 NO 氧化为 NO₂, 加快了 NO₂ 氧化 PM 的反应速率, 催化剂效率提高。

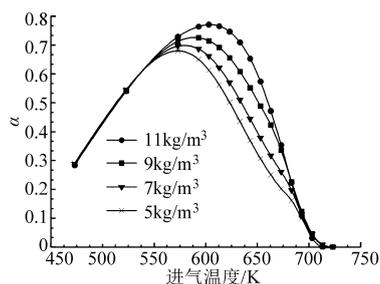


图4 不同初始碳烟量下催化剂催化效率曲线

Fig. 4 Simulative catalytic efficiency curves under different initial soot quantities

在工程应用中一些柴油机长期维持在某一固定工况运转, 其排气条件比较稳定, 若 α 较大可考虑适当增加催化剂涂覆量, 提高催化剂利用效率, 当 α 值较小时可适当减少催化剂涂覆量, 节约成本。

3.1.3 不同进气温度、不同 NO/NO₂ 比例、两类过滤层对催化剂效率的影响

图 5 是在 NO₂ 含量不变条件下 4 种不同 NO 与 NO₂ 体积分数比 (记为 ω) 时催化剂催化效率的对比情况。由图可以看出, 随着进口气体 ω 的提高, α 值增大。这是因为当 ω 升高时, 初始 NO 浓度升高, 提高了 NO 转化 NO₂ 反应的反应物浓度, 加速了正反应速率, NO 更多地转化为 NO₂, 从而有更多的 PM 被氧化, 催化剂效率提高。当 ω 为 15 时, α 值最高可以达到 0.725。

图 6 为滤饼过滤层和深层过滤层再生时催化剂

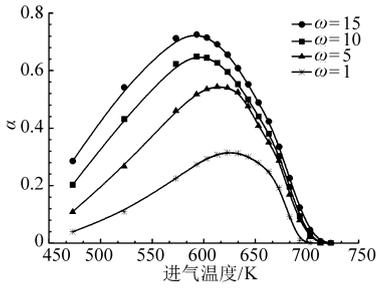


图5 不同NO与NO₂体积分数比下催化剂催化效率曲线
Fig.5 Simulative catalytic efficiency curves under different NO/NO₂ volume proportion

催化效率曲线,对于滤饼过滤层4种 ω 的 α 值都呈先增高再降低的趋势,而且随着进口气体 ω 的提高,滤饼过滤层再生时 α 值变大,而深层过滤层集中在657~710 K温度范围内被催化剂催化生成的NO₂集中氧化,且 α 与 ω 关系不大,与温度影响关系密切。这是因为主动再生过程中氧化剂首先氧化孔道表面堆积的滤饼过滤层,然后再氧化孔道内部的深层过滤层,而NO经催化生成的NO₂在孔道内部催化剂表面生成,生成的NO₂直接将附近的少量深层过滤层全部氧化掉,深层过滤层对应的 α 值接近1,随后因为催化剂催化NO生成NO₂已经接近反应

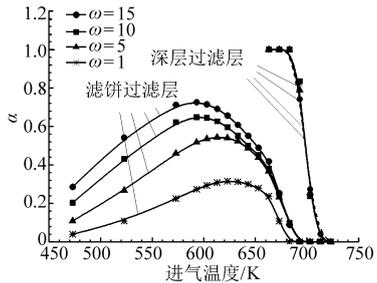


图6 两类过滤层下催化剂催化效率曲线
Fig.6 Simulative catalytic efficiency curves under different filtration layers

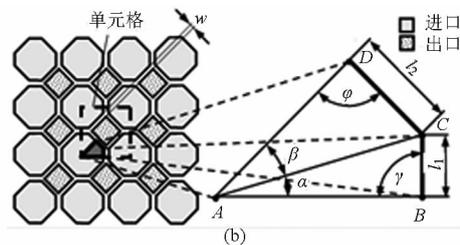
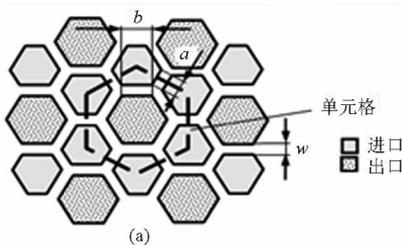


图7 过滤体孔道形状示意图

Fig.7 Shapes of inlet channel

(a) 正六边形过滤孔道 (b) 正八边形过滤孔道

由图8可知,与正四边形通道和正八边形通道相比,正六边形通道呈现较低的压降特性。当CPF总压降达到安全限值时需要进行主动再生,本文CPF碳烟累积的安全极值为 1.8×10^4 Pa,如图所示。竖向箭头为3种孔道总压降主动再生时对应的

温度极限,深层过滤层氧化殆尽, α 值迅速下降为零。

表1所示为4种不同进口气体 ω 情况下总碳烟层、滤饼过滤层和深层过滤层再生时 α 值达到0.2以上时的进口条件,根据实际情况,当催化剂效率大于0.2时可以认为此时催化剂有一定效果,考虑适当增加催化剂涂覆量,当催化剂效率小于0.2时可以视情况适当降低催化剂涂覆量以达到节约催化剂的目的。

表1 α 值达到0.2以上的温度范围

Tab.1 Temperature range of 0.2 of the α K

位置	ω			
	15	10	5	1
总碳烟层	455~685	475~680	500~678	565~673
滤饼过滤层	450~679	475~677	500~675	560~665
深层过滤层	657~710	658~709	659~707	660~706

3.2 物理参数对主动再生频率的影响

CPF在连续被动再生时不能将碳烟完全清除,只能延长主动再生周期,当CPF背压由于碳烟累积达到安全极值时会使柴油机缸内燃烧过程恶化,所以需要进行主动再生,近几年来物理参数对主动再生性能的影响,越来越受到关注^[11],特别是CPF进口孔道形状的设计以及孔道壁面渗透率、碳烟渗透率等参数^[12],国内外在这方面研究成果较少,本文模拟根据CPF实际应用情况,选取相关数据对3个参数进行深入研究。

3.2.1 不同过滤孔形状对主动再生频率的影响

模拟中气体质量流量 $Q=0.236$ kg/s,进气温度 $T=400$ K,孔密度300,分别采用了3种不同过滤体进口通道:正四边形、正六边形、正八边形。其中正六边形与正八边形进口孔道示意图如图7。

碳烟累积量,可以看出主动再生时正四边形孔道碳烟累积量为 2.8 kg/m³,而正六边形孔道碳烟累积量为 10.8 kg/m³,这意味着每进行一次主动再生过程中,正六边形孔道累积碳烟更多,主动再生周期更长,通过计算,正六边形孔道主动再生频率比正四边

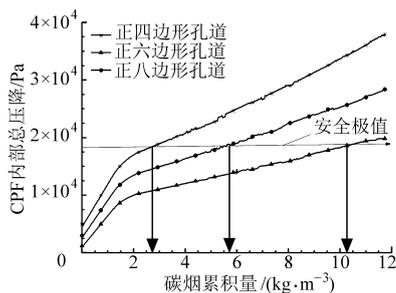


图 8 不同过滤孔形状对主动再生频率的影响

Fig. 8 Influences of shapes of filter channel on frequency of active generation

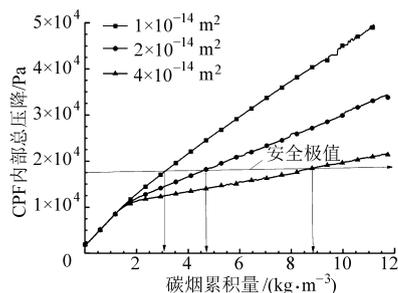


图 10 不同碳烟渗透率对主动再生频率的影响

Fig. 10 Influences of different soot permeability on frequency of active generation

形孔道的主动再生频率小 4 倍左右,有利于降低主动再生时的油耗,提高燃油经济性。

3.2.2 不同壁面渗透率对主动再生频率的影响

多孔介质材料的渗透率是决定多孔介质中流体流动特性的一个重要参数^[13],由 Darcy 公式可知,改变不同过滤介质与流体所导致的对流量的影响主要是因为渗透率发生了改变,它体现了流体通过多孔介质的能力^[14]。

图 9 为在正四边形孔道条件下 3 种不同壁面渗透率对主动再生频率的影响,随着壁面渗透率的增大,CPF 内部总压降变小,这是因为壁面渗透率越大,气体通过孔道壁面的阻力越小,总压降随之变小,如图中竖向箭头所示,随着壁面渗透率的增加,主动再生对应的碳烟累积量变大,主动再生频率变低。

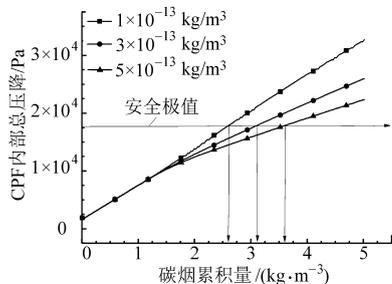


图 9 不同壁面渗透率对主动再生频率的影响

Fig. 9 Influences of different wall permeability on frequency of active generation

3.2.3 不同碳烟渗透率对主动再生频率的影响

碳烟渗透率反映了当碳烟形成滤饼过滤层之后,气体通过滤饼过滤层的能力。由图 10 可知随着碳烟渗透率的增大,气体通过滤饼层的阻力变小,CPF 内部总压降变小,主动再生时对应的碳烟累积量越大,所以在较高碳烟渗透率情况下,主动再生频率较低。

由上述分析可知,在孔道形状为正六边形、高壁面渗透率及高碳烟渗透率情况下,CPF 内部总压降较小且主动再生频率较低。

3.3 物理参数对主动再生最高温度的影响

CPF 的工作性质决定其载体的材料既要有低的排气背压,同时还要具备很强的耐热冲击性,目前应用最广泛的 CPF 载体材料主要是堇青石、碳化硅,其中碳化硅的耐热性、导热性均远高于堇青石,可以承受更加恶劣的再生环境,其最高使用温度达 1 500℃^[15]。本文模拟的 CPF 载体材料为碳化硅。

3.3.1 不同孔道形状对主动再生最高温度的影响

为了研究不同物理参数对 CPF 主动再生时最高温度的影响,模型输入参数为:气体质量流量 $Q = 0.236 \text{ kg/s}$,初始 PM 含量 $M = 10 \text{ kg/m}^3$,孔密度 300,进口温度在 15 s 内从 400 K 迅速升至 900 K,模拟总时长为 160 s。

如图 11 可知,随着再生过程的进行,CPF 内部温度达到最高值,后由于 PM 燃烧殆尽,热量通过壁面损耗^[16],温度下降到稳定值后保持不变。正八边形孔道与正四边形孔道相比,再生最高温度较高且在 55 s 时形成明显峰值,正四边形孔道主动再生最高温度较低且变化平缓,有利于延长 CPF 寿命。

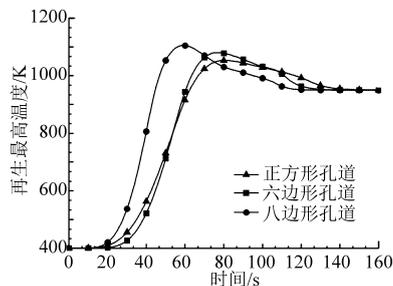


图 11 不同孔道形状的再生最高温度曲线

Fig. 11 Simulative maximum temperatures of active regeneration under different shapes of channel

3.3.2 不同壁面渗透率对主动再生最高温度的影响

图 12 为正四边形孔道 CPF 时 3 种壁面渗透率条件下 CPF 再生最高温度变化情况,随着壁面渗透率升高,主动再生最高温度降低且变化平缓,壁面渗透率 $5 \times 10^{-13} \text{ m}^2$ 与 $1 \times 10^{-13} \text{ m}^2$ 相比最高温度较小且变化平缓,热应力较小,有利于延长 CPF 寿命。

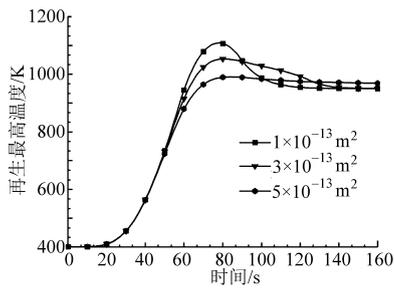


图12 不同壁面渗透率的再生最高温度曲线

Fig. 12 Simulative maximum temperatures of active regeneration under different wall permeability

3.3.3 不同碳烟渗透率对主动再生最高温度的影响

图13为正四边形孔道CPF时3种不同碳烟渗透率主动再生最高温度变化规律。与壁面渗透率相反的是,随着碳烟渗透率降低,再生最高温度降低且变化平缓,而较低碳烟渗透率(如 $1 \times 10^{-14} \text{ m}^2$)时,

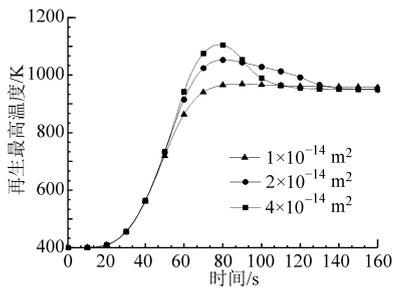


图13 不同碳烟渗透率的再生最高温度曲线

Fig. 13 Simulative maximum temperatures of active regeneration under different soot permeability

CPF最高再生温度达到960K左右基本保持不变,没有形成明显峰值,热应力较小。综上所述,CPF在考虑最高再生温度时应选择正四边形孔道以及较高壁面渗透率和较低碳烟渗透率的载体为宜。

4 结论

依据数值模型,评价并分析了不同进气温度、初始碳烟量、NO/NO₂比例、两类过滤层情况下的CPF内部催化剂催化效率,考察了不同孔道形状、壁面渗透率、碳烟渗透率对CPF主动再生频率和主动再生最高温度的影响,主要结论如下:

(1) 总碳烟层及滤饼过滤层碳烟再生时,在特定进口条件下催化剂催化效率达到峰值,并随着初始碳烟量增加、进出口比例变大而提高,深层过滤层碳烟则在657~710K温度范围内被集中氧化,催化剂效率与尾气组分无关,与温度参数关系密切。

(2) 正四边形、正六边形、正八边形3种形状孔道的载体中,正六边形孔道CPF总压降最小、主动再生频率最低;正四边形孔道CPF主动再生最高温度最低。

(3) 正四边形孔道载体,在高壁面渗透率及高碳烟渗透率情况下,总压降较小、主动再生频率较低,有利于提高燃油经济性;在高壁面渗透率和低碳烟渗透率情况下主动再生最高温度较低,有利于延长CPF寿命。

参 考 文 献

- Johnson T V. Vehicular emissions in review[J]. SAE International Journal of Engines, 2012, 5(2): 216-234.
- Harsha S S, Kiran P, John J M, et al. Study of active regeneration of a catalyzed particulate filter using one-dimensional DOC and CPF models[C]. SAE Paper 2011-01-1242, 2011.
- Seung Y, Kyeong L. Characterization of oxidation behaviors and chemical-kinetics parameters of diesel particulates relevant to DPF regeneration[C]. SAE Paper 2010-01-2166, 2010.
- Johann C W, Sophie B, Peter B. Real time capable pollutant formation and exhaust aftertreatment modeling—HSDI diesel engine simulation[C]. SAE Paper 2011-01-1438, 2011.
- Andrew P E, Timothy C W, Mehrdad A. Modeling the emissions control performance of a catalyzed diesel particulate filter (CCPF) system for light duty diesel applications[C]. SAE Paper 2009-01-1266, 2009.
- Villata G, Tarabocchia A, Bozzolini V, et al. Pollutants emissions during mild catalytic DPF regeneration in light-duty vehicles [C]. SAE Paper 2009-01-0278, 2009.
- Piscaglia F, Ferrari G. A novel 1D approach for the simulation of unsteady reacting flows in diesel exhaust after-treatment systems [J]. Energy, 2009, 34(12): 2051-2062.
- Johann C W, Susanne K. Advanced simulation technologies for diesel particulate filters, a fundamental study on asymmetric channel geometries[C]. SAE Paper 2007-01-1137, 2007.
- 方显忠,李国良,阎淑芳,等. 进气和压缩气反吹缸内燃烧再生的柴油机微粒过滤器[J]. 农业机械学报, 2012, 43(3): 22-27. Fang Xianzhong, Li Guoliang, Yan Shufang. Bag-type DPF regenerated by intake flow and high-pressure air reverse blow and in-cylinder combustion of particulate[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(3): 22-27. (in Chinese)
- Hasan M, Venkata R L, John H, et al. An experimental and modeling study of a diesel oxidation catalyst and a catalyzed diesel particulate filter using a 1-D 2-layer model[C]. SAE Paper 2006-01-0466, 2006.
- Paramjot S, Abishek M T, Jeffrey D N, et al. An experimental study of active regeneration of an advanced catalyzed particulate filter by diesel fuel injection upstream of an oxidation catalyst[C]. SAE Paper 2006-01-0879, 2006.

- 12 William W, Aleksandra E, Hossam M. CFD simulations of transient soot trapping and regeneration in a diesel particulate filter [C]. SAE Paper 2004-01-2658, 2004.
- 13 龚金科, 吁漩, 伏军, 等. 柴油机喷油助燃再生系统微粒捕集器油气匹配研究[J]. 农业机械学报, 2010, 41(4): 1-3. Gong Jinke, Yu Xuan, Fu Jun, et al. Study on fuel-air matching forms in Burner-type diesel particulate filter[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(4): 1-3. (in Chinese)
- 14 范国樑, 李登科, 张仲荣, 等. 非道路用柴油机半挥发性有机物排放特性[J]. 天津大学学报, 2013, 46(9): 820-824.
- 15 Kiran C P, John H J, Yang S L. A study of the filtration and oxidation characteristics of a diesel oxidation catalyst and a catalyzed particulate filter[C]. SAE Paper 2007-01-1123, 2007.
- 16 Rohith A, Kiran C P. The filtration, oxidation and pressure drop characteristics of a catalyzed particulate filter during active regeneration-a 1D modeling study[C]. SAE Paper 2009-01-1274, 2009.

Computational Investigation in Active and Passive Regeneration Characteristics of Catalytic Particulate Filter

Li Zhijun Yang Shichao Jiao Penghao Yang Yang Hou Puhui Shen Boxi

(State Key Laboratory of Engines, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: A CPF numerical model was proposed with experimental verification. The paper introduced PM (particulate matter) catalytic regeneration percentage (α) as a criterion of CPF catalytic efficiency, investigated the influences of inlet conditions on catalytic efficiency, and selected the catalyst loading based on certain catalytic efficiency range. In addition, the effects of three kinds of channel shape, wall permeability and soot permeability on the pressure drop of CPF, the frequency of active regeneration and the maximum regeneration temperature were investigated. The results show that during certain temperature range, the increases in initial soot quantity and NO/NO₂ volume proportion enhance the catalytic efficiency; the active regeneration frequency drops under the condition of hexagon channel, high wall permeability and high soot permeability; the maximum active regeneration temperature is low under the condition of square channel, high wall permeability and low soot permeability.

Key words: Catalytic particulate filter Physical parameters Frequency of active regeneration
Maximum active regeneration temperature