

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2014.11.007

## 醇类燃料发动机排气管保温降低醇醛排放研究\*

刘方杰<sup>1</sup> 苗家轩<sup>1</sup> 刘圣华<sup>2</sup> 魏衍举<sup>2</sup> 徐斌<sup>1</sup> 吴健<sup>1</sup>

(1. 河南科技大学车辆与交通工程学院, 洛阳 471003; 2. 西安交通大学能源与动力工程学院, 西安 710049)

**摘要:** 通过对发动机排气管隔热保温, 在 JL368Q3 型电喷汽油机上开展了醇类燃料发动机排气管保温降低醇醛排放的研究, 采用气相色谱-氦离子化检测器 (PDHID) 快速检测方法检测发动机的醇醛排放。结果表明: 与排气管保温前相比, 排气管保温后醇排放降低, 低负荷工况下 ( $T_e < 850$  K) 醛排放变化不大, 中高负荷工况下 ( $T_e \geq 850$  K) 醛排放降低, 醇醛排放降幅随排气温度升高而变大。排气管保温延长了排气在高温下的反应时间, 有利于未燃醇、醛的快速氧化, 转速为 4 000 r/min、负荷高于 21 N·m 时 ( $T_e \geq 900$  K), 排气管保温后未燃醇、醛排放降低 70% 以上。排气温度和高温下的氧化反应时间对醇醛的氧化影响较大。

**关键词:** 醇类燃料发动机 醇醛排放 排气管保温

**中图分类号:** TK464 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2014)11-0040-07

## 引言

醇类燃料是最具有应用前景的内燃机替代燃料, 醇类燃料具有辛烷值高、抗爆性好、含氧量高、燃烧清洁、来源丰富等优点, 使其成为优良燃料和燃油品质改善剂而被广泛使用。随着醇类燃料汽车的推广应用, 未燃醇醛排放成为醇类燃料发动机的研究热点之一<sup>[1-5]</sup>, 目前对于醇类燃料发动机的非常规醇醛排放研究主要集中在: 醇醛排放检测方法<sup>[6-7]</sup>; 发动机负荷、转速<sup>[8-9]</sup>、燃料掺混比<sup>[10]</sup>等参数的变化对醇醛排放的影响; 催化器前后<sup>[11-12]</sup>醇醛排放对比, 等等。而对于未燃醇在发动机排气管后氧化过程中的醛排放生成和氧化机理未进行深入研究。相关研究发现甲醇/汽油燃料发动机在部分工况下排气经过催化器后甲醛排放反而有所增加<sup>[13-15]</sup>, 表明未燃甲醇在催化器中氧化生成了新的甲醛, 导致部分工况下经过催化器后甲醛排放不降反增的现象。针对醇类燃料发动机排气管中未燃醇的后氧化过程, 本文利用数值模拟研究变温和恒温环境下醇醛的氧化特性, 然后通过对排气管隔热保温设计, 开展排气管保温降低醇醛排放的试验研究。排气管保温减少高温排气的散热损失, 利用排气余热使发动机排气管保持一段高温环境, 以便在发动机排气进入三效催化器之前大幅降低未燃醇醛排放, 避免因未燃醇的氧化导致醛排放的增加。

## 1 试验装置和试验方法

图 1 为发动机试验台架简图, 试验在 JL368Q3 型电喷汽油机上进行, 缸径 68.5 mm, 行程 72 mm, 排气总量 0.796 L, 压缩比为 9.4。试验用发动机燃料为 93 号汽油与纯度 (质量分数) 为 99.5% 的无水甲醇、99.7% 的无水乙醇分别配制甲醇、乙醇体积分数为 10% 的 M10、E10 混合燃料, 试验中所有混合燃料均为现场调配, 未加入任何助溶剂。发动机排气采用 1 L 聚氟乙丙烯 (FEP) 采样袋采样, 采样袋无吸附, 满足试验要求, 用日本岛津 GC-2010 型气相色谱仪配 Gs-OxyPLOT 毛细柱和脉冲放电氦离子化检测器<sup>[7]</sup>进行检测。

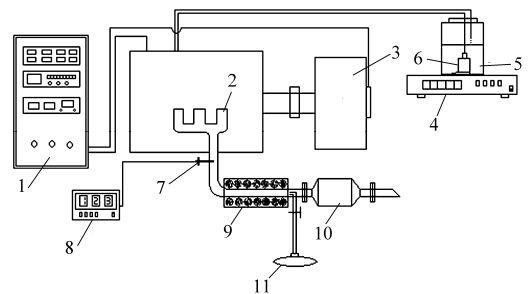


图 1 发动机试验台架简图

Fig. 1 Schematic diagram of the SI engine test bench setup  
1. 发动机测控系统 2. 发动机 3. 测功机 4. 电子秤 5. 燃油瓶 6. 燃油泵 7. 温度传感器 8. 温度显示仪 9. 排气管保温装置 10. 三元催化器 11. 气体采样袋

收稿日期: 2013-10-31 修回日期: 2013-11-27

\* 国家自然科学基金资助项目(51206130)、河南科技大学青年科学基金资助项目(2013QN002)和河南科技大学博士科研启动资金资助项目(09001719)

作者简介: 刘方杰, 讲师, 博士, 主要从事内燃机代用燃料燃烧与排放研究, E-mail: liufangjie2012@gmail.com

图 2 为发动机排气管保温装置简图,排气管内径为 40 mm,排气管保温段长度为 1 000 mm,采用 4 层玻璃棉对排气管隔热保温,保温层厚度约为 60 mm,排气管保温区间均匀设置 5 个热电偶温度传感器检测排气温度。图 3 为燃用混合燃料 M10 发动机转速分别为 2 000 r/min、3 000 r/min,扭矩为 20 N·m、40 N·m 负荷工况下排气管保温前后的排气温度变化特性,图中实线为排气管保温前的排气温度,虚线为保温后的排气温度。通过对发动机排气管隔热保温,利用排气余热使排气管保持一段高温环境,在发动机工况稳定后,可以实现排气管试验段恒温,如图 3 中虚线所示。如果去除保温层,则该段就是发动机实际的排气变温环境,去除保温层后变温环境下由于高温排气沿程散热损失较大,变温环境下排气温度随排气管长度增加而快速降低,如图 3 中实线所示。图 4 为燃用混合燃料 M10 发动机排气管保温后排气温度随发动机转速和负荷的变化,排气管保温段排气温度用  $T_c$  表示,排气温度  $T_c$  随发动机转速和负荷增加而升高。

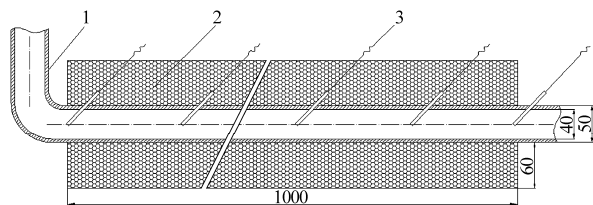


图 2 发动机排气管保温装置简图

Fig. 2 Schematic diagram of the engine exhaust pipe insulation

1. 排气管 2. 保温层 3. 热电偶温度传感器

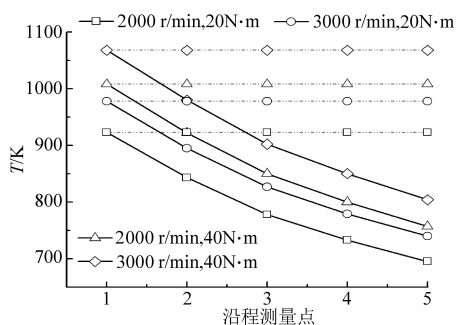


图 3 发动机排气管保温前后沿程温度变化曲线

Fig. 3 Temperature curve before and after exhaust pipe heat insulation temperature after exhaust pipe heat insulation

## 2 变温和恒温环境下醇氧化数值模拟

利用 CHEMKIN 数值模拟软件中流反应器 PFR,研究流反应器变温环境和恒温环境下甲醇、乙醇的氧化特性。恒温环境温度设定为 1 000 K,变温环境温度设定为反应器入口 1 000 K 线性降低至 800 K,流速为 5 m/s,流反应器长度  $L$  为 60 cm,甲

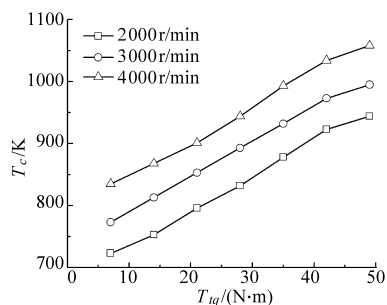


图 4 发动机排气管保温后排气温度随转速和负荷变化曲线

Fig. 4 Effects of engine speed and load on exhaust

醇、乙醇的体积分数为  $5 \times 10^{-4}$ ,氧气体积分数按过量空气系数 1.0 计算,采用氮气作为平衡气。甲醇、乙醇氧化机理分别采用普林斯顿大学公布的甲醇氧化详细化学反应机理(93 个反应,21 个组分)<sup>[16]</sup> 和美国 Lawrence Livermore 国家实验室公布的乙醇化学动力学机理和热力学参数(57 种组分,383 个基元反应)<sup>[17]</sup>。

### 2.1 甲醇氧化过程模拟

甲醇氧化过程中化学键的断裂和自由基的生成需要吸收能量,温度对自由基的生成影响很大,温度升高,生成自由基的反应速度增大。甲醇主要和超氧化氢  $\text{HO}_2$ 、羟基  $\text{OH}$  等自由基发生氧化反应,图 5 为变温和恒温环境下  $\text{HO}_2$ 、 $\text{OH}$  自由基体积分数的变化特性,变温环境中  $\text{HO}_2$  和  $\text{OH}$  自由基体积分数明显低于恒温环境,由图 5 可知,恒温环境下温度保持入口温度,而变温环境下温度随反应器长度增加而降低,温度降低不利于自由基的生成。

图 6 为甲醇、甲醛在变温和恒温环境下的反应速率,恒温环境下醇醛的总反应速率明显大于变温环境下的总反应速率,恒温环境下甲醇氧化总反应速率最大值、甲醛的生成、氧化总反应速率最大值分别约为变温环境下的 2 倍、1.8 倍和 6.4 倍,由于变温环境下沿程温度降低,醇醛总反应速率减小。图 7 为甲醇、甲醛在变温和恒温环境下的氧化特性,与恒温环境相比,变温环境下甲醇氧化相对缓慢,甲醛的生成略有滞后,且甲醛的氧化过程受温度环境影响较大。恒温环境下甲醛在反应器 10 cm 至 25 cm 快速完全氧化,变温环境下甲醛的氧化反应受到温度的制约而缓慢氧化,反应器出口处甲醛体积分数较高,约为  $4.5 \times 10^{-5}$ 。温度对自由基的生成和反应速率有较大影响,恒温环境中甲醇、甲醛在高温下的反应时间延长,有利于醇醛的氧化。

### 2.2 乙醇氧化过程模拟

图 8 为乙醇、乙醛和甲醛在变温与恒温环境下

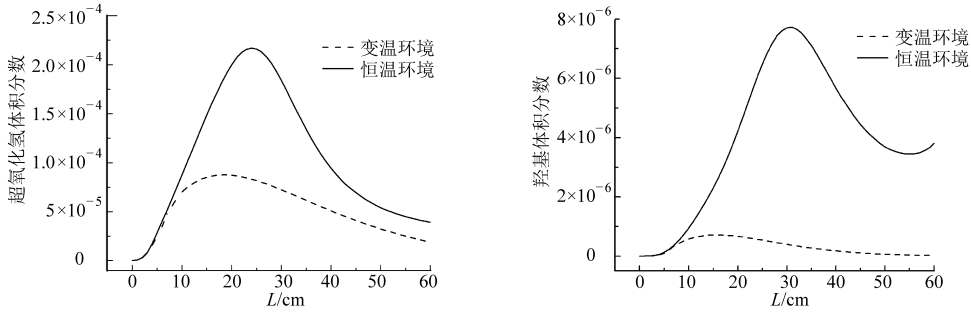


图5 变温和恒温环境下自由基体积分数的变化特性曲线

Fig.5 Curve of radicals under variable and constant temperature environments

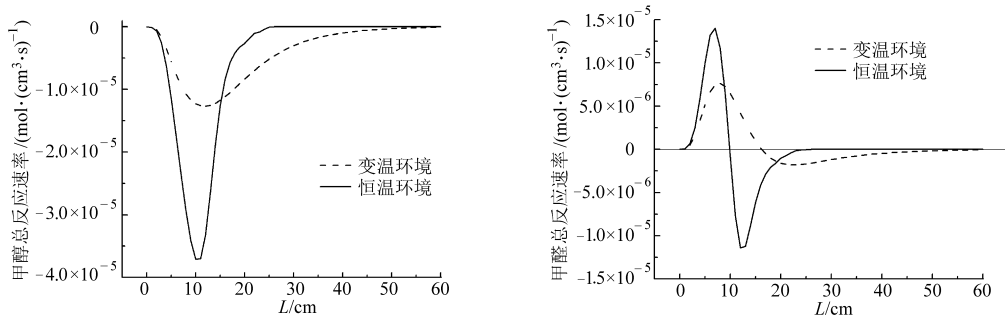


图6 甲醇、甲醛在变温和恒温环境下的反应速率

Fig.6 Reaction rate of methanol and formaldehyde under variable and constant temperature environments

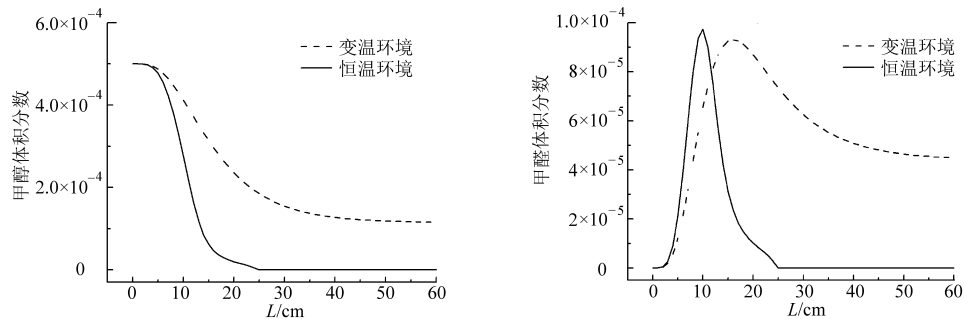


图7 甲醇、甲醛在变温和恒温环境下的氧化特性

Fig.7 Methanol and formaldehyde oxidation characteristics under variable and constant temperature environments

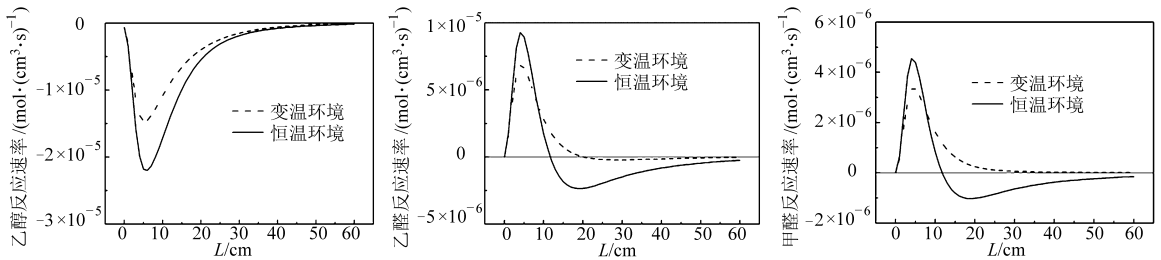


图8 乙醇、乙醛和甲醛在变温与恒温环境下的总反应速率

Fig.8 Reaction rate of ethanol, acetaldehyde and formaldehyde under variable and constant temperature environments

的总反应速率,恒温环境下乙醇氧化总反应速率最大值以及乙醛、甲醛生成总反应速率最大值分别约为变温环境下的1.5倍、1.4倍、1.5倍,恒温环境下乙醛、甲醛的氧化总反应速率最大值分别为 $2.35 \times 10^{-6}$ 、 $1.03 \times 10^{-6}$  mol/( $\text{cm}^3 \cdot \text{s}$ ),而变温环境下乙醛、甲醛的氧化总反应速率约为零。图9为乙醇、乙醛和甲醛在变温与恒温环境下的氧化特性,恒温环境下乙醇在反应器前20 cm快速氧化,而变温环

境下乙醇氧化相对缓慢。恒温环境下乙醛、甲醛分别在反应器前11 cm和12 cm处于生成阶段,随乙醇浓度降低,生成醛的反应路径减少,乙醛、甲醛浓度在11 cm、12 cm处达到最大值,恒温环境下醛的氧化反应速率较大,生成的乙醛、甲醛快速氧化,反应器出口处乙醛、甲醛体积分数分别低于 $3 \times 10^{-6}$ 、 $4 \times 10^{-6}$ 。变温和恒温环境下醛的最大浓度差别不大,但变温环境下反应器20 cm至60 cm区间乙醛

和甲醛浓度无明显降低,由于乙醛、甲醛的氧化反应速率在 0 附近,醛的氧化反应随反应器温度降低而受到抑制,反应器出口处乙醛、甲醛体积分数分别约

为  $7.6 \times 10^{-5}$  和  $4.8 \times 10^{-5}$ 。变温和恒温环境对醛的生成过程影响不大,而对醛的氧化过程影响较大,恒温环境下乙醛、甲醛快速氧化。

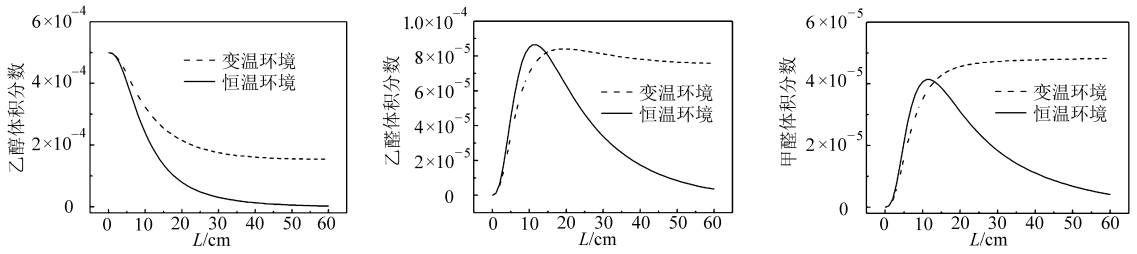


图 9 乙醇、乙醛和甲醛在变温与恒温环境下的氧化特性

Fig. 9 Ethanol, acetaldehyde and formaldehyde oxidation characteristics under variable and constant temperature environments

### 3 试验结果与分析

通过对发动机排气管隔热保温,在发动机工况稳定后,可以实现排气管试验段恒温。如果去除保温层,则该段就是发动机实际的排气变温环境,试验研究了燃用混合燃料 M10、E10 发动机排气管保温对降低醇醛排放的影响。

#### 3.1 甲醇、乙醇排放特性

图 10、图 11 分别为燃用混合燃料 M10、E10 发动机排气管保温前后甲醇、乙醇的排放特性,甲醇、

乙醇排放均随发动机负荷和转速增加而降低,由于排气温度随发动机负荷和转速增加而升高,甲醇氧化反应速率随温度升高而增大,因此,甲醇排放随排气温度升高而降低。与排气管保温前相比,排气管保温后 3 个转速工况下醇排放均有所降低,高转速、高负荷工况下醇排放降幅明显,醇排放降幅随排气温度升高而变大,温度对醇的氧化有较大影响。当转速为 4 000 r/min 时,排气管保温后醇排放大幅降低,负荷高于  $28 \text{ N} \cdot \text{m}$  时 ( $T_c > 940 \text{ K}$ ) 乙醇实现零排放。

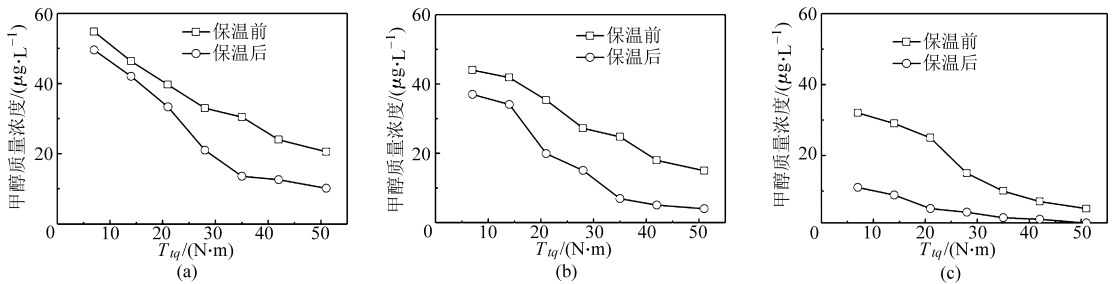


图 10 燃用混合燃料 M10 发动机排气管保温前后甲醇的排放特性

Fig. 10 Methanol emissions from M10 engine before and after exhaust pipe heat insulation

(a) 2 000 r/min (b) 3 000 r/min (c) 4 000 r/min

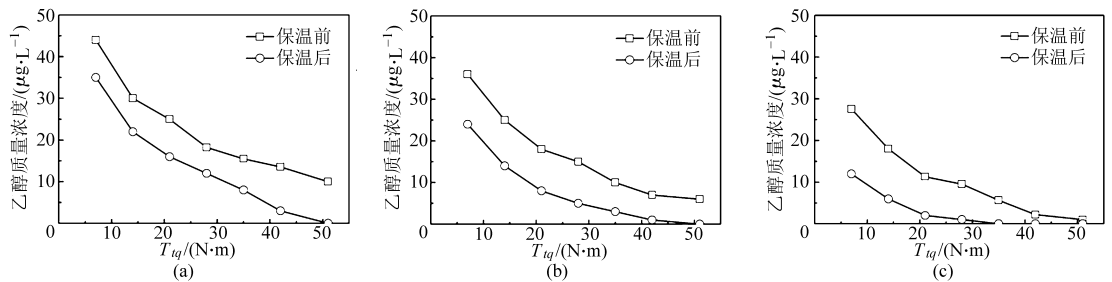


图 11 燃用混合燃料 E10 发动机排气管保温前后乙醇的排放特性

Fig. 11 Ethanol emissions from E10 engine before and after exhaust pipe heat insulation

(a) 2 000 r/min (b) 3 000 r/min (c) 4 000 r/min

甲醇、乙醇主要和羟基 OH、超氧化氢  $\text{HO}_2$  等自由基反应生成甲醛、乙醛,高温有利于羟基、超氧化氢等自由基的形成和积累,根据阿伦尼乌斯公式  $k = A e^{-\frac{E_a}{RT}}$  可知,化学反应速率随温度升高而增大,变温环境下醇的氧化总反应速率小于恒温环境下醇的

氧化总反应速率,如图 6、8 所示。排气管保温前排气管温度逐渐降低,如图 3 所示,未燃醇的氧化反应速率随排气温度降低而减小,排气温度降低抑制了醇的氧化,而排气管隔热保温后利用排气余热使发动机排气管保持一段高温环境,未燃醇在高温下的氧

化反应时间延长,有利于醇的氧化,尤其在排气管保温段温度高于 850K 时,排气管保温后醇排放大幅降低。

### 3.2 甲醛、乙醛排放特性

醛是醇氧化过程中重要的中间产物,甲醇氧化的中间产物羟甲基  $\text{CH}_2\text{OH}$  和甲氧基  $\text{CH}_3\text{O}$  氧化生成甲醛。乙醇脱氢产生的中间产物  $\text{CH}_3\text{CHOH}$  和  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}$  氧化生成乙醛,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}$  和  $\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  氧化生成甲醛。甲醛、乙醛和自由基  $\text{OH}$ 、 $\text{HO}_2$  等反应生成  $\text{CO}$  和  $\text{CO}_2$ 。排气管高温环境下甲醛、乙醛经历着生成和氧化的过程,温度对自由基浓度和醇醛的反应速率有较大影响,随温度升高,醇的氧化反应速率、醛的生成和氧化反应速率增大,高温有利于醇的氧化、醛的生成和氧化。

图 12、图 13 和图 14 分别为燃用混合燃料 M10、

E10 发动机排气管保温前后甲醛、乙醛的排放特性,低负荷工况下 ( $T_e < 850 \text{ K}$ ) 排气温度相对较低,醛的氧化反应速率较小,排气管保温前后醛排放变化不大。中高负荷工况下 ( $T_e \geq 850 \text{ K}$ ) 排气管保温后醛排放降低,随发动机转速和负荷增加,排气温度升高,保温后醛排放降幅变大。转速为 4 000 r/min 时排气管保温后醛排放随发动机负荷增加而快速降低,尤其在排气管保温段温度高于 900 K 时,甲醛排放大幅降低,乙醛排放低于  $4 \mu\text{g/L}$ ,由于排气管保温后自由基浓度和醛的氧化反应速率高于排气管保温前,如图 5、6、8 所示,温度对醛的氧化有较大影响,如图 7、9 所示,因此,排气管保温后醛排放大幅降低。通过排气管隔热保温,延长甲醛、乙醛在排气温度高于 850 K 时的反应时间有利于降低醛排放。

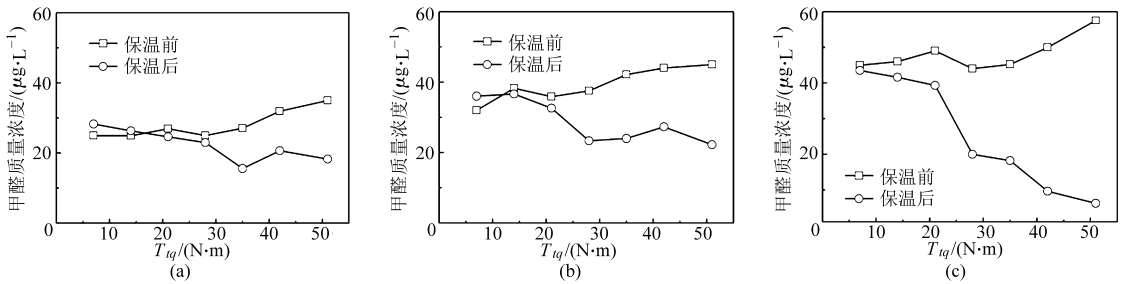


图 12 燃用混合燃料 M10 发动机排气管保温前后甲醛的排放特性

Fig. 12 Formaldehyde emissions from M10 engine before and after exhaust pipe heat insulation

(a) 2 000 r/min (b) 3 000 r/min (c) 4 000 r/min

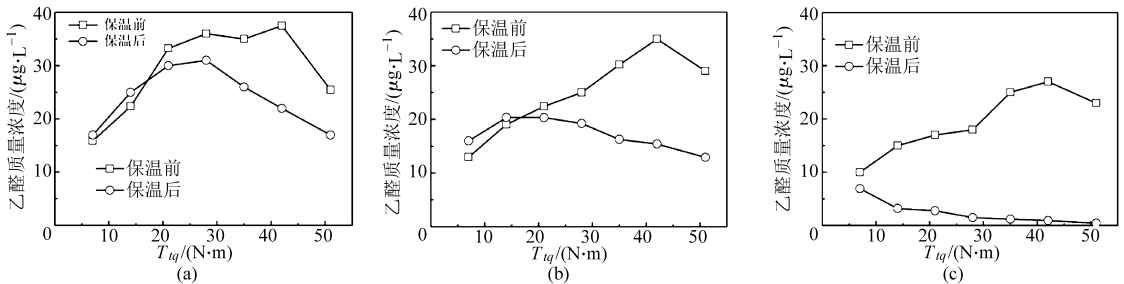


图 13 燃用混合燃料 E10 发动机排气管保温前后乙醛的排放特性

Fig. 13 Acetaldehyde emissions from E10 engine before and after exhaust pipe heat insulation

(a) 2 000 r/min (b) 3 000 r/min (c) 4 000 r/min

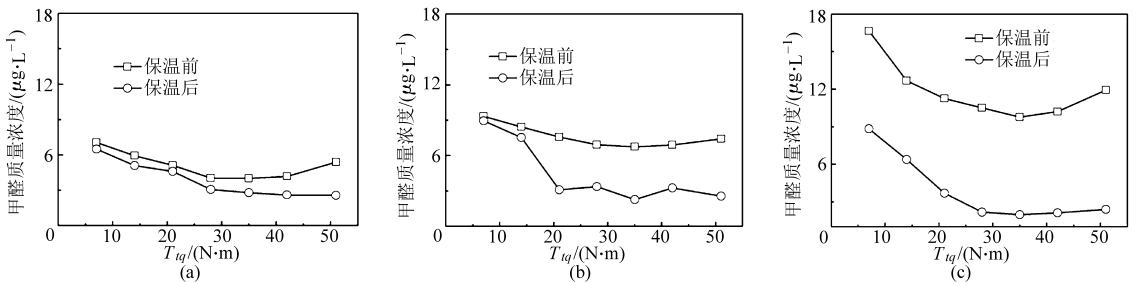


图 14 燃用混合燃料 E10 发动机排气管保温前后甲醛的排放特性

Fig. 14 Formaldehyde emissions from E10 engine before and after exhaust pipe heat insulation

(a) 2 000 r/min (b) 3 000 r/min (c) 4 000 r/min

## 4 结论

(1) 利用气相色谱-氦离子化检测器(PDHID)快速检测方法,通过对发动机排气管隔热保温,在JL368Q3型电喷汽油机上开展了醇类燃料发动机排气管保温降低醇醛排放的研究,并通过数值模拟研究了变温和恒温环境下醇醛的氧化特性。

(2) 模拟研究表明恒温环境下甲醇、乙醇快速氧化,而变温环境下醇的氧化相对缓慢。变温和恒温环境对醛的生成影响不大,但对醛的氧化产生较大影响,恒温环境下生成的醛快速氧化,而变温环境下温度降低抑制了醛的氧化反应。

(3) 燃用混合燃料 M10、E10 发动机的甲醇、乙醇排放均随发动机排气温度升高而降低。与排气管保温前相比,排气管保温后醇排放降低,低负荷工况下( $T_e < 850\text{ K}$ )醛排放变化不大,中高负荷工况下( $T_e \geq 850\text{ K}$ )醛排放降低,醇醛排放降幅随排气温度升高而变大。

(4) 排气管保温延长了排气在高温下的反应时间,有利于未燃醇、醛的快速氧化。排气管保温后排气温度高于 900 K 时未燃醇、醛排放均大幅降低,排气温度和高温下的氧化反应时间对醇醛的氧化影响较大。

## 参 考 文 献

- Wei Y J, Liu S H, Liu F J, et al. Formaldehyde and methanol emissions from a methanol/gasoline-fueled spark-ignition (SI) engine[J]. *Energy & Fuels*, 2009, 23(6): 3313 - 3318.
- 刘方杰,魏衍举,刘圣华,等.乙醇汽油发动机非常规排放及其催化转化的研究[J]. *西安交通大学学报*, 2010, 44(1): 13 - 16, 116.  
Liu Fangjie, Wei Yanju, Liu Shenghua, et al. Unregulated emissions and their three-way catalytic conversion of a spark ignition engine fueled with ethanol-gasoline[J]. *Journal of Xi'an Jiaotong University*, 2010, 44(1): 13 - 16, 116. (in Chinese)
- 魏衍举,刘圣华,刘方杰,等.甲醇汽油发动机醇醛排放特性及其影响因素研究[J]. *西安交通大学学报*, 2011, 45(1): 1 - 4, 63.  
Wei Yanju, Liu Shenghua, Liu Fangjie, et al. Influencing factors and characteristics of methanol and formaldehyde emissions from a methanol/gasoline fueled SI engine[J]. *Journal of Xi'an Jiaotong University*, 2011, 45(1): 1 - 4, 63. (in Chinese)
- 张学敏,袁博,谭建伟,等.柴油机燃用乙醇-生物柴油-柴油的醛酮类排放物研究[J]. *农业机械学报*, 2012, 43(7): 13 - 18.  
Zhang Xuemin, Qiu Bo, Tan Jianwei, et al. Carbonyl compounds emission from engine fueled with ethanol-biodiesel-diesel[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2012, 43(7): 13 - 18. (in Chinese)
- 雷基林,申立中,毕玉华,等.乙醇-生物柴油-柴油混合燃料对柴油机性能和排放的影响[J]. *农业机械学报*, 2012, 43(11): 21 - 25.  
Lei Jilin, Shen Lizhong, Bi Yuhua, et al. Impact of combustion of BED blend fuel on diesel engine performance and emissions [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2012, 43(11): 21 - 25. (in Chinese)
- 宋崇林,黄齐飞,宋景景,等.醇类燃料发动机非常规排放物直接进样分析测量方法的研究[J]. *内燃机学报*, 2006, 24(6): 531 - 536.  
Song Chonglin, Huang Qifei, Song Jingjing, et al. Study on the analytical method of unregulated emissions by direct sampling from alcohol engine exhaust[J]. *Transactions of CSICE*, 2006, 24(6): 531 - 536. (in Chinese)
- Wei Y J, Liu S H, Liu F J, et al. Direct measurement of formaldehyde and methanol emissions from gasohol engine via pulsed discharge helium ionization detector[J]. *Fuel*, 2010, 89(9): 2179 - 2184.
- Graham L A, Belisle S L, Baas C L. Emissions from light duty gasoline vehicles operating on low blend ethanol gasoline and E85 [J]. *Atmospheric Environment*, 2008, 42(19): 4498 - 4516.
- Zhang F, Zhang X, Shuai S J, et al. Unregulated emissions and combustion characteristics of low-content methanol-gasoline blended fuels[J]. *Energy & Fuels*, 2009, 24(2): 1283 - 1292.
- Zhao H, Ge Y S, Tan J W, et al. Effects of different mixing ratios on emissions from passenger cars fueled with methanol/gasoline blends[J]. *Journal of Environmental Sciences*, 2011, 23(11): 1831 - 1838.
- Zhang Z H, Cheung C S, Chan T L, et al. Experimental investigation on regulated and unregulated emissions of a diesel/methanol compound combustion engine with and without diesel oxidation catalyst[J]. *Science of the Total Environment*, 2010, 408(4): 865 - 872.
- Liu F J, Liu P, Zhu Z, et al. Regulated and unregulated emissions from a spark-ignition engine fuelled with low-blend ethanol-gasoline mixtures[J]. *Proceedings of the IMechE, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 2012, 226(4): 517 - 528.
- 姚春德,彭红梅,刘义亭,等.柴油/甲醇组合燃烧尾气中甲醛排放特性研究[J]. *内燃机学报*, 2008, 26(3): 233 - 237.  
Yao Chunde, Peng Hongmei, Liu Yiting, et al. Formaldehyde emission characteristic from diesel/methanol compound combustion engine[J]. *Transactions of CSICE*, 2008, 26(3): 233 - 237. (in Chinese)
- 刘生全,马志义,刘丹丹,等.含醇类燃料非常规排放污染物甲醛的实验研究[J]. *汽车工程*, 2008, 30(9): 775 - 778.  
Liu Shengquan, Ma Zhiyi, Liu Dandan, et al. A study on formaldehyde emissions from alcohol fuels [J]. *Automotive Engineering*, 2008, 30(9): 775 - 778. (in Chinese)

- 15 魏衍举. 醇类燃料发动机醇醛排放特性及其快速检测方法的研究[D]. 西安:西安交通大学,2009:71.  
Wei Yanju. Study on fast measurement and emission characteristics of unregulated pollutants from gasohol fueled SI engine[D]. Xi'an: Xi'an Jiaotong University, 2009: 71. (in Chinese)
- 16 Li J, Zhao Z, Kazakov A, et al. A comprehensive kinetic mechanism for CO, CH<sub>2</sub>O, and CH<sub>3</sub>OH combustion[J]. International Journal of Chemical Kinetics, 2007, 39(3): 109 – 136.
- 17 Marinov N M. A detailed chemical kinetic model for high temperature ethanol oxidation[J]. International Journal of Chemical Kinetics, 1999,31(3):183 – 220.

## Effects of Exhaust Pipe Heat Insulation on Unregulated Emissions from Gasohol Fueled SI Engine

Liu Fangjie<sup>1</sup> Miao Jiaxuan<sup>1</sup> Liu Shenghua<sup>2</sup> Wei Yanju<sup>2</sup> Xu Bin<sup>1</sup> Wu Jian<sup>1</sup>

(1. School of Vehicle and Traffic Engineering, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471003, China

2. School of Energy and Power Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

**Abstract:** The effects of exhaust pipe insulation on unregulated emissions of a spark ignition (SI) engine fueled with M10 (10% of methanol in blend by volume) and E10 (10% of ethanol in blend by volume) blends respectively were experimentally investigated with gas chromatography (equipped with a pulsed discharge helium ionization detector, PDHID). Experimental results show that methanol and ethanol emissions decreased after exhaust pipe heat insulation. After exhaust pipe heat insulation designed, aldehyde emissions did not change obviously at low engine load conditions ( $T_c < 850$  K), but aldehyde emissions decreased significantly at middle-high engine load conditions ( $T_c \geq 850$  K), and the decreasing range of unregulated emissions increased with exhaust temperature rising. It is conducive to the oxidation of unregulated emissions with prolonging the reaction time of unregulated emissions in high temperature environment after exhaust pipe heat insulation designed. Unregulated emissions decreased significantly with exhaust pipe heat insulation when the exhaust temperature ( $T_c$ ) was higher than about 900 K. Exhaust temperature and reaction time had a greater influence on the oxidation of alcohol and aldehyde emissions.

**Key words:** Gasohol fueled engine Unregulated emissions Exhaust pipe heat insulation