

Design and Research on the Device Based on the Using of Exhaust Gas Heat for Fuel Heat Strengthening

Cen Sun

School of Heat energy Power and Mechanical Engineering, NCEPU, Baoding 071003, China
suncener@163.com

Keywords: Waste heat utilization; Fuel heat strengthening; Heat pipe heat exchanger.

Abstract.Fuel heat strengthening based on automobile exhaust heat can improve the efficiency of the diesel engine effectually.The heat exchanger mentioned in this thesis is gas - liquid heat pipe heat exchanger.We analyzed the feasibility and the cost of the heat exchanger after calculation of the size of the relevant parts.it was found that this device can effectively improve the thermal efficiency of the diesel engine and achieve the effect of energy-saving and emission-reduction.

利用尾气余热进行燃油热强化装置的设计与研究

孙岑

华北电力大学 能源动力与机械工程学院, 保定, 071003, 中国
suncener@163.com

Keywords:余热利用, 燃油热强化, 重力热管换热器。

Abstract.利用汽车尾气余热进行燃油热强化, 可有效提高燃油机的工作效率。本文所涉及的换热器为气—液热管换热器。在设计换热器相关零部件的结构尺寸之后, 对换热器进行了可行性分析和成本分析, 综合分析装置的经济性和安全性, 发现本装置可有效提高发动机的热效率, 达到节能减排的效果。

1. 研制背景

有研究表明, 就涡流室式柴油机而言, 燃油热强化在最佳温度范围内可使发动机的油耗率及碳烟和CO排放量最低, NO_x排放量也大幅度下降。燃油热强化可大大提高发动机运行的稳定性和持续性。因此, 燃油热强化是一种较为理想的节能措施。

目前, 现有的燃油热强化装置大都利用外加电源的方式进行加热, 造价较高, 容易造成燃油的碳化, 造成了额外的能量损失, 且部分设备的装置, 如泵等, 较小并过于复杂, 对稳定性要求较高, 不利于在车辆内安装。

2. 项目意义

较之于现有技术, 本装置利用热管换热器, 采用了油箱外热管加热的方法, 以相变介质为换热介质, 采用吸收和放出潜热的方式传递热量, 换热系数大, 既保证了用汽车尾气加热燃油的安全性, 又解决了油箱外加热燃油回收效率低以及设备装置过于复杂的问题。将发动机尾气进行余热回收并对燃油进行热强化, 有效的回收了尾气余热, 同时又提高了发动机的工作效率, 达到了节能减排的目的。

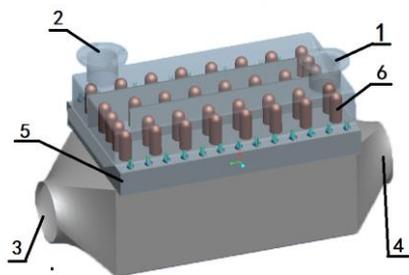
3. 热管型换热器的设计

由于车用发动机的工况复杂多变，因此废气余热利用有不同的热点和要求。本装置加装于汽车中，由于汽车结构通常紧凑，可利用空间较小，因此设计能量回收装置的思路是在保证换热的同时尽可能缩小其尺寸。本设计通过对时风蒸发机型ZS195发动机尾气余热的各参数进行计算，设计得到一种重力热管换热器，使其满足将常温的柴油燃料加热到170℃的要求；并合理排布管束，使其有较小的压力损失，满足实际应用的要求。

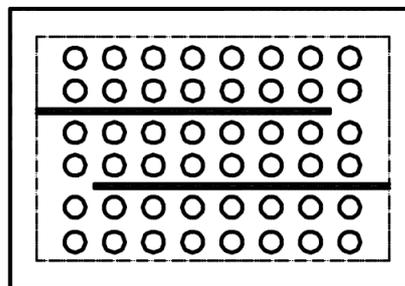
3.1热管换热器的选型

换热器本体分为上下通路，中间用隔热板隔开，热管贯穿上下通路。上通路走燃油，下通路走尾气。由于燃油的流量很低，影响换热效果，因此设计使燃油在通道走3个来回，以减少通流面积，提高流速。

换热器采用重力热管。由于燃油侧有燃油液体存在，为了防止燃料的泄漏造成燃料的损失和潜在的安全隐患，带来潜在的安全隐患，所以热管采用球面密封，利用套圈外侧的球面与隔板接触，防止燃油的泄露。隔板采用复合隔热材料。



换热器三维效果图



热管排布示意图

1—燃油入口、2—燃油出口、3—尾气入口
4—尾气出口、5—隔热板。

3.2热管选型

材质的选择：选取重力热管，竖直安装，取蒸馏水作为热管工质并根据热管的热负荷计算得充液率为29.4%。考虑到蒸汽压力、工作温度、成本和小尺寸热管的制作工艺，采用紫铜材质作为管壳。

管径选择：根据携带极限和声速极限，选取热管内径为13mm 选取管壳厚度为1.5mm，热管外径为16mm。

3.3热管换热器的设计计算

将重力热管看作单独的换热单元进行设计计算，设计了如下的计算流程，利用Matlab进行迭代计算，通过调整几何参数，得出满足换热要求的换热器尺寸。

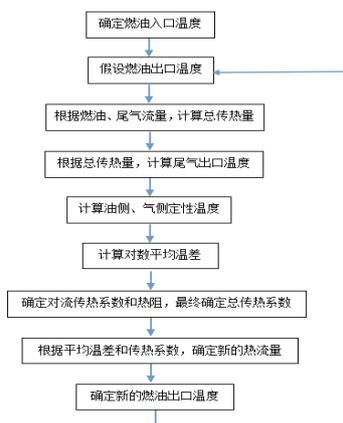


图3.3内层循环程序的结构示意图

尾气侧通道高度	燃油侧通道高度	宽度	长度
80mm	20mm	100mm	200mm
燃油侧对流传热系数	尾气侧对流传热系数	总传热系数	热负荷
119.2754W/($m^2 \cdot K$)	649.9398W/($m^2 \cdot K$)	215.5004K/W	716.624W
纵向管排数	隔热板厚度	横向管排数	
8	20mm	6	
实际换热面积	所需换热面积	对数平均温差	
0.0301	0.02446	445.8642 $^{\circ}C$	

表1 热管换热器主要参数

热管换热器的校核：最佳尺寸的热管换热器的换热特性如图3.2.3：

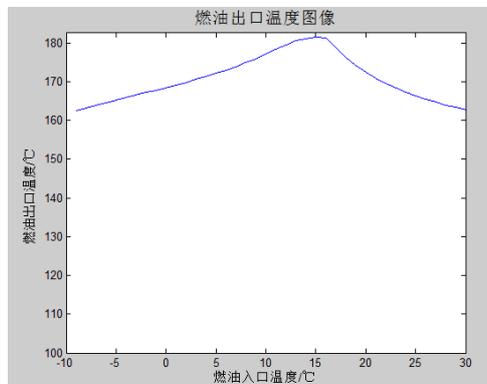


图3.2.3热管换热器换热特性图

换热器阻力计算：为了验证换热器沿程的压力损失和换热器对流速的影响，利用Ansys Fluent进行数值计算。

尾气在本装置中的压力场分布如图3.2.4和图3.2.5：

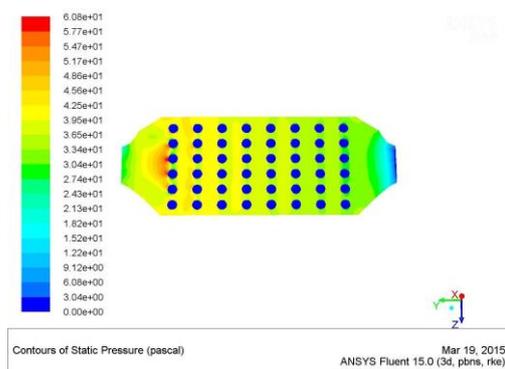


图3.2.4燃油侧流体压力分布

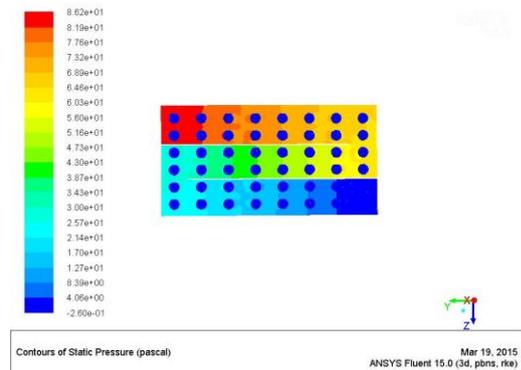


图3.2.5尾气侧流体压力分布

可以看出，尾气侧的压力损失约为350Pa，由于发动机最大允许排气被压10KPa，烟气侧流动阻力对排气系统的影响在允许范围内，阻力计算证明该换热器具有可行性。由此验证了尾气侧的压力损失可以满足汽车的排气要求。燃油侧压降也很小，基本可以忽略不计。

综上，我们可以得出结论：不管是对于尾气侧和燃油侧，换热器对流体压力和速度的影响都不大，从而不会破坏内燃机正常运行的工作环境。因此就压力而言，我们的换热器符合要求。

4. 装置安装部位的选择

装置的尾气侧通道安装部位在汽车尾气排放系统的三元催化器与副消声器之间。燃油通道侧布置在燃油给油泵后，替代一段高压油管，以减小燃油受热对燃油油泵的影响^[3]。

5. 装置合理性分析

5.1. 燃油热强化对供油系统影响分析评估

余金平经实验指出油泵的泄漏率会随着燃油温度的升高而增加，但总的来说燃油经热强化后油泵燃油的泄漏率很小，即使在燃油强化温度达513K、发动机转速为每分钟1000转的条件下，燃油泄漏率也仅为1.2%。因此，燃油热强化在实际应用中是可行的。

5.2 燃油热强化对发动机燃烧性能的影响分析评估

提高燃油温度可以降低燃油黏度和表面张力，改善其雾化性能，进而改善发动机的燃烧和排放。余金平探究了不同燃油温度对发动机燃烧与排放的影响，指出：低油耗存在一个最佳的热强化温度范围（433K-473K），燃油温度从0℃左右提高到170℃时，燃油消耗可降低了6%左右，效益可观。^[3,5] 本文所涉及的换热器可满足最佳温度下的燃油热强化的要求。

5.3 排气背压提高对于燃油消耗的影响

应用发动机制造厂试验得到有效比油耗，功率与排气背压的关系。对于涡轮增压(TC)柴油机，可以看到排气背压每增加1英寸汞柱，比油耗平均增加0.5%，而自然吸气发动机，在同样的排气背压增加值下，比油耗升高量比增压发动机增加1倍(即燃油消耗平均增加1%)。

6. 结论

综上，本文所设计的尾气余热利用装置具有一定可行性，可有效提高燃油机的工作效率。本文所涉及的换热器为气—液热管换热器。在设计换热器相关零部件的结构尺寸之后，对换热器进行了可行性分析和成本分析，综合分析装置的经济性和安全性，发现本装置可有效提高发动机的热效率，达到节能减排的效果。

References

- [1]. Zhang Yusheng, fuel heat strengthening applied research and its mechanism in the swirl chamber diesel engine to explore a small internal combustion engine, 1993 (06): pp. 25-29.
- [2] Lai F, Zhang Y. Design of Exhaust Gas Waste Heat recovery Evaporator of Engine [J]. Journal of Internal combustion engines and accessories Press. 2014(9): p.9-11. (In Chinese)
- [3] She J P. A Study on Enhancing Mixture Formation and Combustion of DI Diesel Engine by Preheated Fuel Injection [D]. Huazhong University of Science and Technology, 2012. p146 (In Chinese)
- [4] Fang X M, Li Xiao L, Wang J, et al. Study on Fuel System Performance under Different Diesel Temperature [J]. Journal of Tractor & Farm Transporter. 2010(04): 31-33. (In Chinese)
- [5] She J P, Zhang Y S, Shen Z D, Wang L H, et al. Improvement of performance and emissions of DI diesel engine using preheated diesel fuel [J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology (Natural Science). 2012(01): 113-118. (In Chinese)
- [6] J•e•kleinhez. Low exhaust back pressure improves the efficiency of the diesel engine [J]. Journal of Vehicle Engine. 1982(06): p 44-49. (In Chinese)