柴油机用长效机油和长效滤清器开发

结题报告

天津大学内燃机燃烧学国家重点实验室

2016 年 1 月

柴油机用长效机油和长效滤清器开发

1 项目背景

上海纳克润滑技术有限公司位于上海化学工业区，主要生产高品质合成型发动机润滑油，产能为 5 万吨。该公司与中科院上海高等研究院成立了“先进润滑材料联合实验室”，拥有中高粘度聚 alpha 烯烃（PAOs）和烷基萘（AN）领域的核心专利技术，其产品成为世界新的选择。

上海滨道滤清器有限公司（敦克曼滤清器）是一家集研发、生产为一体的专业滤清器制造企业，生产主项为滤清器（机油滤清器、燃油滤清器、空气滤清器、空调滤清器）及工程滤清器（空压机滤清器、挖土机滤清器、吊车滤清器）等。

为响应国家节能减排的要求，进一步提升发动机机油和滤清器的的技术水平、满足新一代商用发动机的要求，上海纳克和上海滨道（敦克曼）委托天津大学内燃机燃烧学国家重点实验室进行柴油机用长效机油和长效滤清器及燃油滤清器的开发。

天津大学内燃机燃烧学国家重点实验室依托天津大学，实验室于 1986 年经国家计委批准开始建设，1989 年建成并对外开放。是我国内燃机学科唯一的国家重点实验室。实验室现有固定教职人员 51 名，其中教授 28 名（博导 22 名），工程院院士 1 名，长江学者特聘教授 4 名，国家杰出青年基金获得者 3 名（A 类 1 名，B 类 2 名），入选教育部新世纪优秀人才计划 7 名。其中，以姚春德教授为核心的科研团队主要从事甲醇替代燃料方面的研究，并在理论研究、实际应用和市场推广方面取得了显著成果。目前，该团队与潍柴动力股份有限公司合作，进行柴油/甲醇双燃料无 SCR 国Ⅴ样机的开发。在样机开发的过程中亟需长效机油和过滤效果好、可靠性高、耐久性强的机油及燃油滤清器，因此三方达成合作共识，在样机的开发和实验过程中采用纳克公司的长效机油（纳克极能 S6 CI-4/15W-40）和滨道（敦克曼）公司新开发的长效机油滤清器及燃油滤清器，并在发动机全工况范围内进行长达 800 小时的耐久性试验，监测机油压力以及发动机燃烧排放等参数，确定长效机油和新滤清器的效果和使用寿命，并对耐久性实验结束后的滤清器进行解剖分析，得到最终的实验结果并提出可能的改进措施。现将实验结果展示如下：

2 技术要求

2.1 技术目标

上海纳克公司提供长效机油（纳克极能 S6 CI-4/15W-40），滨道（敦克曼）公司提供长效机油滤清器（N9320L）和燃油滤清器，天津大学在其开发的柴油/甲醇双燃料无 SCR 国Ⅴ样机上采用该机油、机滤和燃滤，在发动机全工况范围内进行 800 小时耐久性实验，并监测机油压力和燃烧排放等数据，给出最后的分析结果及可能的改进意见。

2.2 技术内容

（1）在耐久性实验过程中发动机机油压力的变化；

（2）发动机台架上采用该长效机油（纳克极能 S6 CI-4/15W-40）及燃油滤清器对纯柴油和柴油/甲醇双燃料燃烧模式经济性和排放特性的影响；

2.3 技术方法和路线：

在发动机上采用柴油机长效机油（纳克极能 S6 CI-4/15W-40）并安装长效机滤（N9320L）和燃滤，在发动机全工况范围内进行耐久性实验，采用压力检测装置、燃烧和排放测量装置等仪器检测长效机油和长效滤清器的影响。

3 实验过程和结果分析

3.1 机油更换及滤清器安装

实验用发动机是潍柴生产的 WP10H 电控高压共轨 EGR 柴油机，原机排放水平为国Ⅳ，其参数如表 1 所示。

表 1 发动机参数

参数名	数值
气缸数	6
压缩比	17
缸径(mm)	126
冲程(mm)	130
连杆长度(mm)	219
单缸排量(L)	1.621

实验前对发动机进行了改造，在发动机进气管上布置甲醇喷嘴，通过甲醇电控单元 ECU 控制甲醇喷射，形成甲醇空气预混气进入气缸并由直喷柴油引燃。由于甲醇特殊的燃料属性，该燃烧方式能够有效降低柴油机的碳烟排放，同时改善传统柴油机 NOx 和碳烟的 trade-off 关系。因此，甲醇加入后与原发动机 EGR 配合，并结合简单后处理器 DOC+POC，能够将原机的排放水平从国Ⅳ提高到国Ⅴ。在实验开始前，已经在发动机台架上完成了新机器的磨合，随后拆除原机的机滤、柴滤，放空润滑油，将滤清器更换为滨道（敦克曼）公司生产的长效机油滤清器及燃油滤清器，将润滑油更换为纳克公司提供的柴油/甲醇双燃料发动机专用润滑油（纳克极能 S6 CI-4/15W-40）。发动机实物图见图 1，机油、机滤和燃滤的更换或安装见图 2 和图 3。

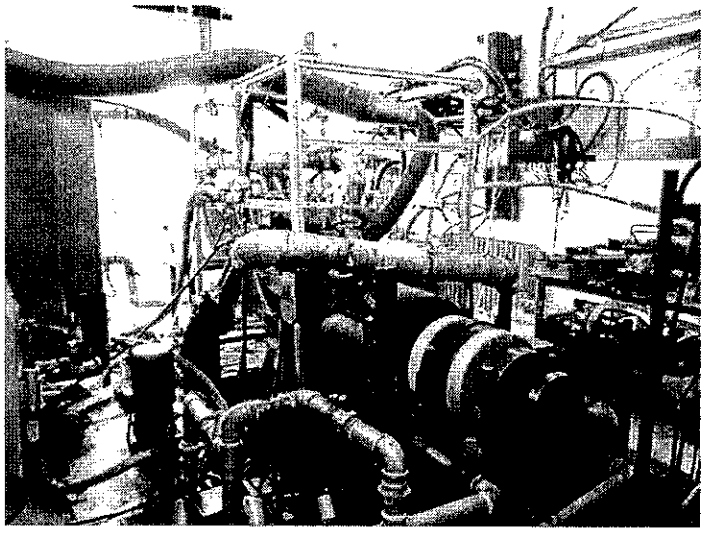


图 1 试验用发动机

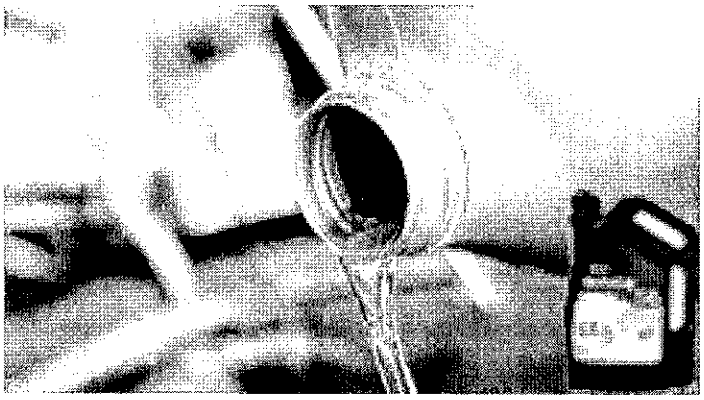
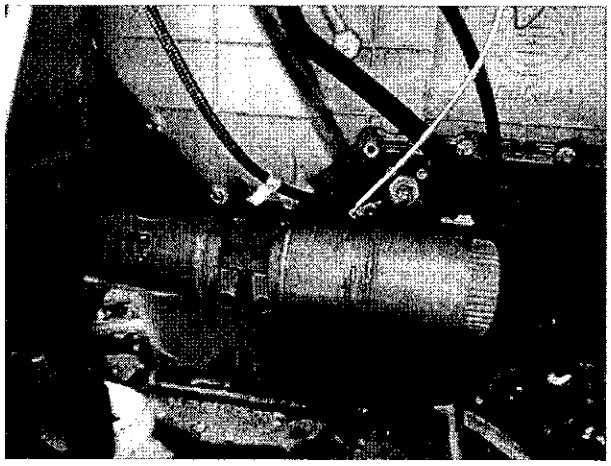
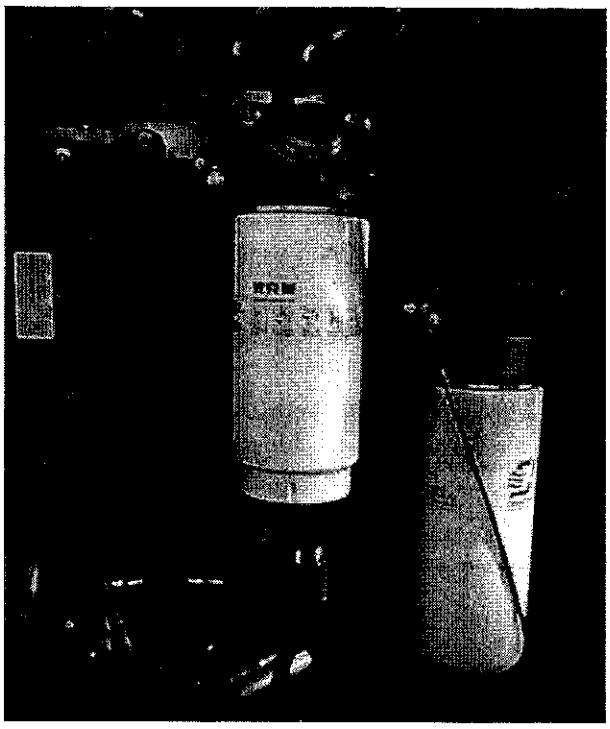


图 2 上海纳克长效机油（纳克极能 S6 CI-4/15W-40）的更换



(a) 机滤安装

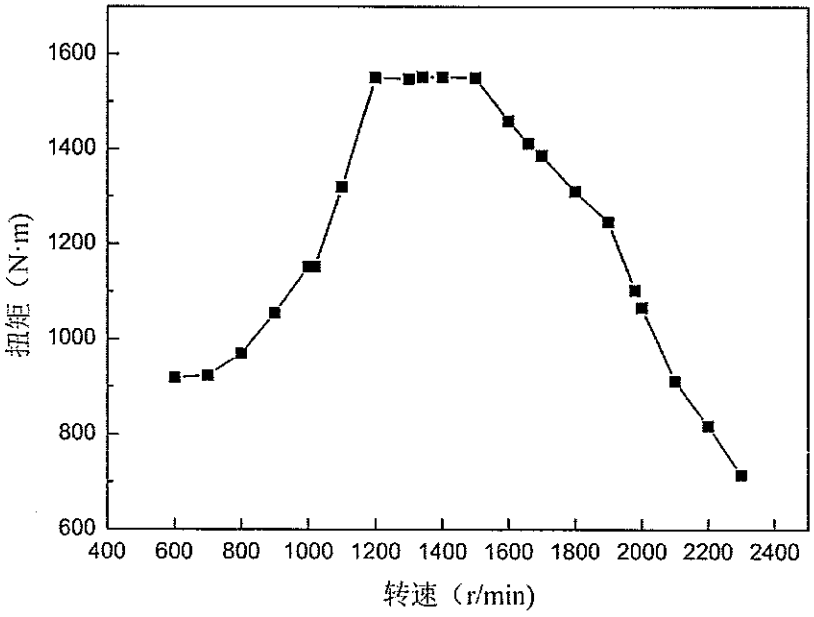


(b)燃滤安装

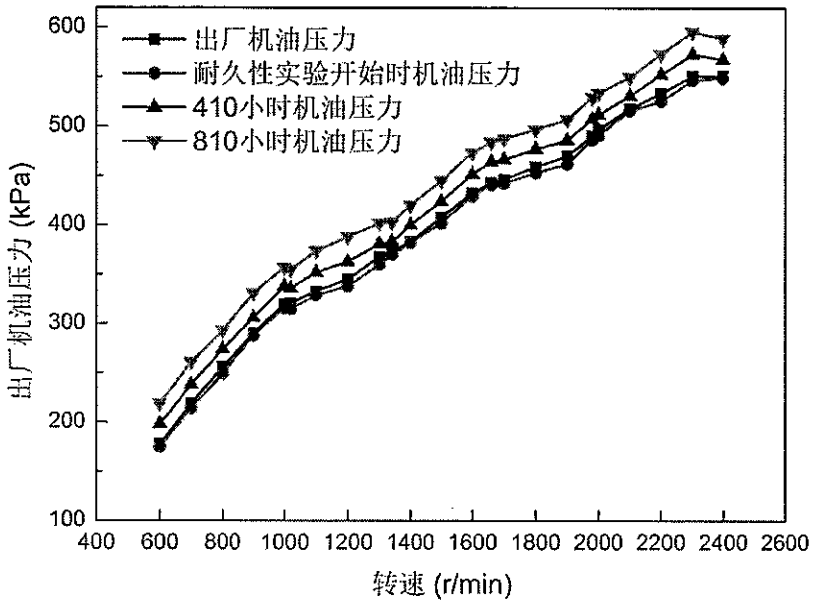
图 3 滨道（敦克曼）公司长效滤清器和燃油滤清器的安装

3.2机油压力耐久性测试

在出厂前对发动机进行了出厂测试，得到各转速外特性工况下机油压力数值，以此作为基础数据（机油压力随发动机的工况条件，如转速、负荷和冷却水温度等变化很大，因此有较大的允许变化范围），与安装长效滤清器后同等条件下机油压力的实测值进行对比。对比试验包括耐久性实验开始时、耐久性实验一半时间（约 410 小时处）以及耐久性实验结束时外特性曲线的机油压力对比，其结果如图 4 所示：



(a) 发动机外特性曲线



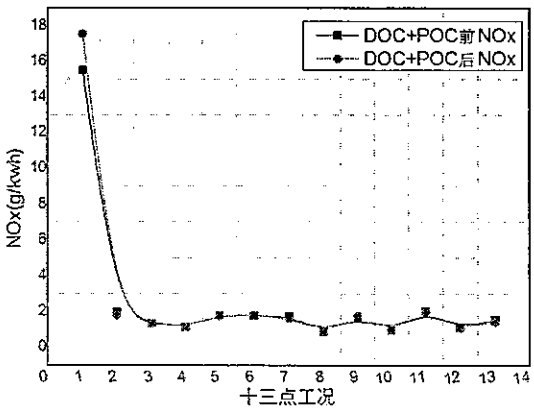
(b)外特性机油压力对比

图 4 机油压力实验结果对比

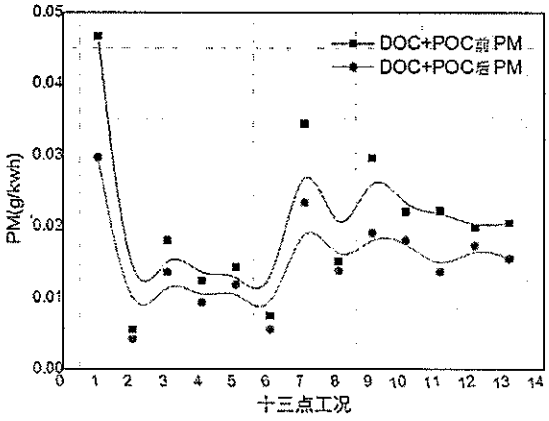
从图 4 可以看到，在耐久性实验开始时，采用长效机油长效滤清器的机油压力和原机机油压力相差不大，总体略低于原机。原因可能是原机测试时机器尚未完成磨合，产生较多的金属颗粒杂质增大了机油压力。随着耐久性实验的进行，在 410 小时附近时机油压力总体上升，在允许的变化范围之内；在进行到 810 小时时，机油压力又有一定程度的增加，但仍然满足发动机使用要求，在合理的变化范围之内。可见，该机油性能稳定、滤清器过滤能力较强，具有较强的可靠性和耐久性。

3.3 发动机排放情况对比

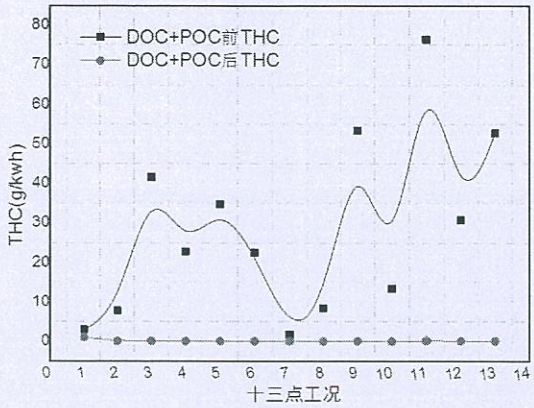
原机为国Ⅳ排放水平，增加甲醇系统并进行重新标定后，其排放水平从国Ⅳ提升到国Ⅴ。图 5 为标定后发动机后主要排放污染物对比。可见，采用耐久性机滤和燃滤后，发动机排放没有受到影响，标定后的发动机经国家权威机构认证，满足国Ⅴ排放标准。

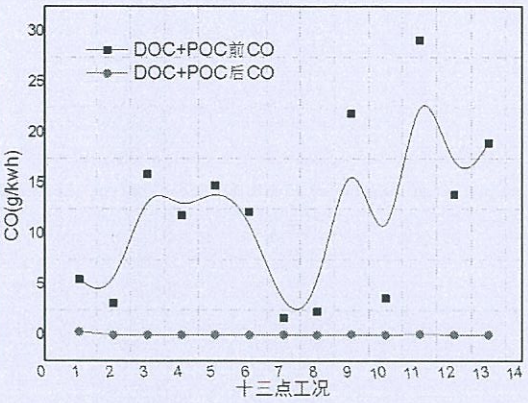


(a)NOx 排放



(b)PM 排放





（c）THC 排放（d）CO 排放

图 5 重新标定后的发动机后处理器前后主要排放物对比

4 结论

（1） 采用纳克公司提供的柴油/甲醇双燃料发动机专用润滑油(纳克极能 S6 CI-4/15W-40)，在该发动机从国Ⅳ到国Ⅴ标定的过程中，燃烧和排放表现良好，此润滑油适用于柴油/甲醇双燃料燃烧方式，有较强的可靠性和稳定性；

（2） 采用滨道（敦克曼）公司柴油机用长效机油滤清器（N9320L）及燃油滤清器后，发动机燃烧和排放正常，不受影响。在该发动机从国Ⅳ到国Ⅴ标定的过程中，发动机的燃烧和排放表现良好，滤清器工作可靠稳定；

（3） 采用纳克公司提供的柴油/甲醇双燃料发动机专用润滑油(纳克极能 S6 CI-4/15W-40)和采用滨道（敦克曼）公司新开发的柴油机用长效机油滤清器（N9320L）及燃油滤清器后，在发动机全工况范围内进行约 800 小时的耐久性实验，实验历时 75 天。在试验周期断续试验中，没有更换机油和滤清器，在整个试验周期全工况状态下每日记录的机油压力正常、油温正常、油耗正常，功率曲线正常。该机油和滤清器具有较强的可靠性和耐久性；