

· 光电工程系统技术 ·

汽车电站排放烟度与温升的控制技术

龚为佳, 沈卫东, 刘和军, 李红亮

(重庆通信学院, 重庆 400035)

摘要:针对汽车电站柴油发电机组排烟所带来的烟度与温升问题,通过光学和红外控制机理的研究,设计出系统控制方案.实验结果表明,采用岩棉材料保温、DPF 和袋式金属纤维两路过滤净化、水洗消烟系统过滤降温的方式,可以达到良好的净化、降温的效果.经测试,采用了该控制方案后,排气背压低于 14 kPa,过滤效率高达 99%,降温幅度在 85%以上.

关键词:汽车电站;烟度;红外;冷却净化系统

中图分类号:TN219

文献标识码:A

文章编号:1673-1255(2009)05-0004-03

Control Technology of Smoke and Temperature in Automobile Power Unit

GONG Wei-jia, SHEN Wei-dong, LIU He-jun, LI Hong-liang

(Chongqing Communication Institute, Chongqing 400035, China)

Abstract: Aimed at the problems of smoke degree and temperature increasing brought by exhaust of smoke from the diesel generator groups in the automobile power unit, the project of controlling the system was designed by researching the optics and infrared control mechanism. The experiment proves that through the way of using rock wool to maintain the temperature, using the DPF and bag metal fibers to filter, and using the washing smoke system to lower temperature and to filter, could achieve good cleaning and cooling effect. Test results show that the exhaust backpressure is less than 14 kPa, the filtration efficiency is up to 99%, and the temperature range is more than 85%.

Key words: automobile power unit; smoke; infrared; cooling and purge system

1 汽车电站排放烟度与红外辐射

在汽车电站排放物中,微粒(PM)占到 0.15~0.30 g/m³[1],它是黑烟的主要成份.图 1 为汽车电

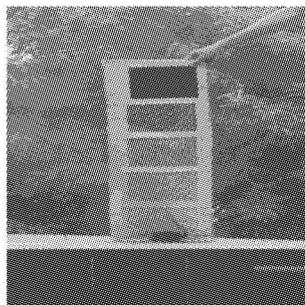


图 1 汽车电站排烟林格曼黑度

站试验中排烟的林格曼黑度图,在机组冷启动和负载发生改变时,其烟度最高可达 4.3 Rb,黑度在林格曼四级以上.

汽车电站发电机组属于中型发电机组.接近发动机端的排气温度可达 200℃以上.图 2 为某汽车

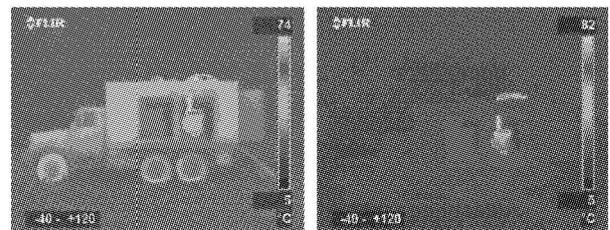


图 2 某汽车电站白天、夜晚工作视在温度图

收稿日期:2009-09-02

作者简介:龚为佳(1982-),男,福建福州人,硕士研究生,主要研究方向为电站设计;沈卫东,男,重庆市人,博士后,博士生导师,教授.

电站在夏季白天空载工作 10 min 和夜晚带载运行 10 min 时,红外成像仪拍摄的视在温度图,由图 2 可观测到排气管和出口附近温度最高,排烟温度达到了 70 ℃ 以上(视在温度).

2 汽车电站烟度与温升控制机理分析

对于汽车电站的排烟而言,采用排气后处理技术降低碳烟排放,达到控制烟度效果.在众多排气后处理系统中,微粒捕集器(DPF)以其碳烟过滤效率高,背压损失小,可再生等优点,成为最优的选择.

对于柴油机排气系统,主要热源有排气管和排放尾气两部分.对排气管采取隔热保温材料,对排放的尾气采用水浴或水洗处理可达到理想的降温效果.

3 综合控制方案的设计

研究表明,采用单一的壁流式 DPF(wall-flow DPF),能在怠速和加载等稳定工况下达到较好的吸收碳烟的效果,但对于启动、加减速特别是低室温冷启动工况时,效果一般,仍有大量黑烟产生,这是由于在瞬态工况下,燃烧温度、空燃比、空燃混合、燃油雾化气化等条件不稳定,燃烧不完全,从而产生大量碳烟,因此在瞬态工况下应采取其他方法.通过研究,铁铬铝金属(图 3)组成的新型过滤材料,具有高透气率和高捕集率等优点,且机械强度高,可作为瞬态工况下的碳烟吸收材料.但随着捕集的进行背压不断增大,使其不适于在移动电站整个工作时间内用作碳烟过滤体.并联 DPF 和铁铬铝材料制成的袋式过滤器,在稳态和瞬态下分别切换相应支路,对吸收黑烟有良好效果.但单一使用该系统,无法满足降温的需要.

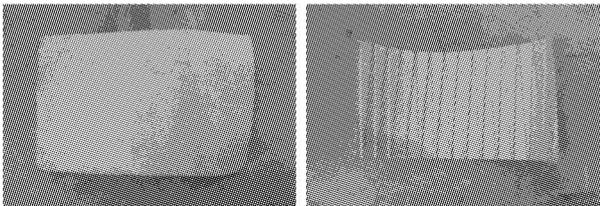


图 3 铁铬铝金属及其制成的滤芯材料

对于排气的红外抑制而言,水洗消烟系统是较好的选择,可使温度下降 80%;由于净化液采用了

碱液,对碳烟有 20% 的净化作用.

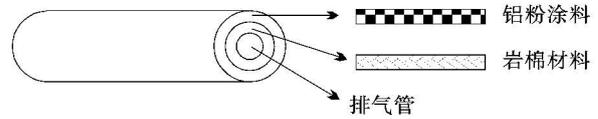


图 4 排气管保温隔热方案

DPF 的再生需要较高的温度^[1](400~500 ℃),这是中小型机组无法达到的.在 DPF 载体表面涂敷铂、钨、铈等催化剂后,再生温度可下降至 250~350 ℃,但仍要求将 DPF 安装在靠近发动机的出气口侧以提高再生温度.如图 4 所示,将排气管外一层包覆保温隔热材料后再将外二层涂敷低发射率涂料,既有利于排气管的红外辐射控制,又有利于达到 DPF 再生所需要的温度.保温隔热材料可选择岩棉,因为其导热系数小且能储存目标发出的热量,同时有利于吸声,性价比高,无毒.低发射率涂料可采用性能优良、价廉易得的 Al 粉,因为其高反射性有利于降低发射率.综上,系统方案由图 5 表示.

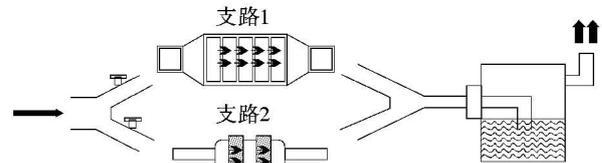


图 5 综合消烟冷却系统

采用阀门控制 DPF 和袋式金属纤维过滤层两路的通断,启动和改变负载等瞬态工况下采用支路 2;稳定工况下切换到支路 1.碳烟经任一路过滤后,均通向水洗消烟冷却箱,一方面冷却排气温度,另一方面由于碱液等组成过滤液,并内置有液相和气相 2 层过滤层,可进一步消烟并吸收其他有害气体.液体高度设置为 10 cm,体积约为排量 10 倍以上,在确保气液充分反应的基础上,移动电站在坡度为 $\pm 45^\circ$ 的缓坡上运行不漏液.

4 实验验证

4.1 实验器材

双柴油机组,单机功率 30 kW,排量 3.8 L.采用热电偶布设在关键测试点,采集温度信号,通过

Fluke 数据采集器,存储于计算机并实时显示;采用 FTY-100 不透光烟度计测量烟度值;采用水柱式 U 型管测试净化系统的排气背压;其他仪表用于柴油机工况测试.实验用仪器仪表如表 1 所示.

表 1 实验用仪器仪表

仪器仪表	型号
烟度计	佛分 FTY-100 不透光式测量范围:不透光度 $N(0\sim 99.9)\%$,光吸收系数 $k(0\sim 16)m^{-1}$
热电偶	K 型, $0\sim 1200^{\circ}C$
数据采集器	Fluke 公司的 HYDRA SERIES II
测功仪	MAW D4 261 kW
数字转速器	HIDKI3402
水柱 U 型管	
秒表	

4.2 实验结果分析

4.2.1 过滤效率分析

如图 6 所示,瞬态工况下,由于燃烧条件突变,导致燃烧不完全,机组产生大量碳烟,冷启动工况下,光吸收系数高达 $1.78 m^{-1}$;稳态工况下,机组平均光吸收系数在 $0.23 m^{-1}$ 以上,自由加速阶段,机组光吸收系数可达 $1.44 m^{-1}$.采用消烟系统后,启动工况的光吸收系数可降为 $0.24 m^{-1}$,过滤效率为 86.5%;自由加速阶段可降为 $0.18 m^{-1}$,过滤效率为 87.5%;而怠速阶段的光吸收系数可降到 0.004 以下,过滤效率高达 99% 以上.

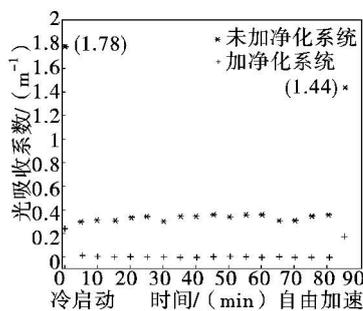


图 6 采用消烟系统前后排烟的光吸收系数对比

4.2.2 系统排气背压分析

系统排气背压随着时间的增加而呈递增趋势,前 20 min 内增加较快,主要是由于发动机转速、进气量不断上升,碳烟不断被吸附阻挡所致;20~70 min 内,增加较为缓慢,这一阶段由于排气流速、流

量增加,致使部分碳烟被吹走,从而降低了背压的增加速度;70 min 后,微孔的吸附作用与排气喷力达到了动态平衡,背压趋于稳定;自由加速阶段,由于燃油消耗和进气量进一步上升,产生大量碳烟颗粒,使背压进一步上升,如图 7 所示.

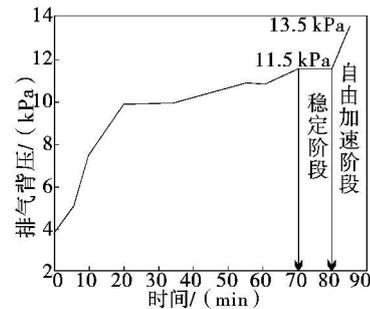


图 7 排气背压变化规律

4.2.3 排气温度分析

如表 2 所示,该系统无论在怠速工况还是自由加速工况下,对排气温度的降温作用都十分明显,怠速工况下,降温幅度为 83.7%;自由加速工况下,降温幅度能达到 85.2%.怠速下降温后气体基本达到室温的要求.

表 2 加冷却系统前后温度变化 / $^{\circ}C$

工况	未加冷却系统	加冷却系统
怠速	196.4	32
自由加速	338.51	50

5 结束语

采取消烟降温等综合措施的后处理系统,能使其排放所带来的烟度与温升等问题得到较好解决.整套系统对碳烟的捕集效率可达 86% 以上,温度下降 85% 以上,排气背压低于 14 kPa.对系统的放置和水洗系统的设计,汽车电站可在 45° 以下的倾斜坡度工作而不影响其效果.对其他移动电站的排烟处理也有一定的借鉴作用.

参考文献

- [1] 龚金科.汽车排放污染及控制[M].北京:人民交通出版社,2005:71.
- [2] 蒋德明.高等内燃机原理(上册)[M].西安:西安交通大学出版社,2006:173.