

文章编号: 0451-0712(2006)12-0184-04

中图分类号: U415.525

文献标识码: B

利用排气余热的 车载式沥青加热系统试验研究

王永川¹, 李建新¹, 于善颖², 陈光明³

(1. 浙江大学宁波理工学院 宁波市 315100; 2. 天津大学天津内燃机研究所 天津市 300072;
3. 浙江大学机械与能源学院 杭州市 310027)

摘 要: 介绍了一种利用发动机排气余热加热沥青的公路养护车试验装置、工作原理及试验研究结果, 试验结果表明该设备能够满足设计要求, 并且展示了利用汽车余热的沥青加热装置良好的余热利用性能, 为这种余热利用装置的理论模拟及性能优化打下了基础。

关键词: 余热利用; 发动机; 沥青

一般汽油发动机的排气温度在 300~600℃左右, 属于高温余热, 有较大的利用价值。发动机的效率一般为 30%~40%, 即只有约 30%~40% 的能量用于做功, 其余的都转化为热能散失。对于一台 CA488 型汽油发动机(功率 65 kW), 在额定负荷情况下, 每百公里耗油 10~12 L, 总排气量约 200~300 kg, 其中蕴涵了大量的可利用的热量, 具有很大的回收利用价值。

中外许多研究人员都在进行设法回收利用发动机排气余热的研究, 如吉林工业大学的崔淑琴^[1]研制了一种回收汽车发动机中温余热的导热姆热管式采暖装置用于客车采暖; 湘潭大学的袁胜利利用“碳钢-氨”重力热管回收汽车发动机排气余热^[2], 并将其用于大型客车的采暖; L. Z. Zhang、M. Suzuki 等人利用排气余热来进行吸收制冷^[3,4]; Y. Peiyi、M. Mostafavi 等人利用排气余热来驱动汽车空调系统^[5,6]; L. L. Vasiliev、E. Korin 等人还利用发动机的排气, 在寒冷的冬季用来加热储热材料, 将排气余热储存在储热材料中, 当发动机在低温条件下启动时, 利用从储热材料中释放出来的热量来提高发动机的启动温度, 从而可以改善发动机冷启动时的性能和降低对环境的污染^[7~9]。

随着我国公路通车里程和交通流量的猛增, 公路养护所需的沥青用量大幅上升, 加热沥青需耗费

大量的能源。通常大型沥青站的储罐中备有公路养护作业所需的沥青, 温度一般为 80~90℃, 高于此温度范围贮存, 沥青容易变质。公路养护作业中需要沥青的温度根据沥青种类的不同在 140~170℃之间^[10], 所以当沥青运输到作业地点后, 需要进行加热处理, 一般是使用燃煤明火或可拆装小型加热炉来将沥青加热到作业温度。利用发动机的排气余热, 在沥青的运输过程中把沥青加热, 既可节约大量的能源、保护环境, 又可提高作业效率, 在国内还未见有这方面的文献报道, 是发动机排气余热利用领域的又一新的尝试。

1 试验研究

1.1 试验用车及其发动机

整套沥青加热装置安装在一辆解放 CA1040L2 轻型载重汽车上。解放 CA1040L2 轻型载重汽车及其发动机的主要参数分别见表 1 和表 2。

发动机 型号	总长/mm	总宽/mm	总高/mm	载重量 kg	最高车速 km/h
CA488	5 305	1 807	2 023	1 500	100

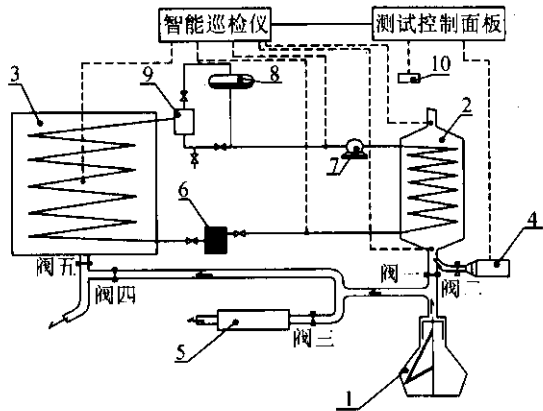
1.2 试验装置与工作原理

为了防止排气直接加热沥青, 而导致沥青在加

表 2 CA488 型发动机的主要参数

型式	汽缸直径/mm	活塞行程/mm	总排量/L	压缩比	额定功率/kW	最大扭矩/(N·m)	最低燃油消耗率/(g/kW)
化油器式四冲程汽油机	87.5	92	2.21	8.1:1	65(4 800 r/min)	157(2 800 r/min)	292

热过程中发生结焦或炭化,我们采用间接加热沥青的方法。图 1 为整个沥青加热系统测试及工作原理图,首先让汽车发动机 1 的排气加热导热油炉 2 中的导热油,再通过导热油来对沥青加热炉 3 中的沥青进行加热,从而使沥青温度达到最佳作业温度;作业完毕后还可以利用发动机的排气对沥青洒布管道进行清洗^[11]。整个沥青加热试验装置系统^[12]由导热油炉、沥青加热炉、辅助备用燃烧器、导热油循环系统及电磁控制阀等组成。



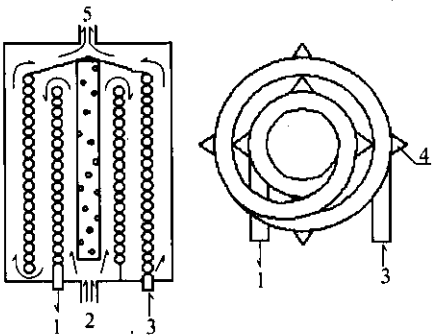
1. 发动机;2. 导热油炉;3. 沥青加热罐;4. 备用燃烧器;
5. 消声器;6. 导热油过滤器;7. 导热油泵与电动机;
8. 膨胀油箱;9. 油气分离器;10. 电瓶

图 1 车载式导热油沥青加热系统工作及测试原理

(1)导热油炉。

导热油炉是利用导热油为载热体,回收发动机排气高温余热的设备,试验所用的导热油型号为国产 L-QC320,最高使用温度为 320℃,20℃时的密度为 860~880 kg/m³。要保证导热油炉长期安全运行,其最高温度不能高于导热油的最高使用温度,同时,管内导热油流速不低于设计规定的流速。因此要求该导热油炉换热器管路中不能出现死角等流速剧降区,以保证流速均匀,且不出现在局部高温。如图 2 所示,导热油炉采用盘管式换热器,它的特点是整个换热器管路系统由一根圆管绕制而成,杜绝了产生死角的可能性,使管路中导热油受热比较均匀,满足了导热油物理特性的要求。

为了最大限度回收发动机排气的余热,设计排气来来回回流经两层盘管,如图 1 所示,这样可以增



1. 导热油出口;2. 排气入口;3. 导热油入口
4. 固定块;5. 排气出口

图 2 导热油炉结构示意图

强传热效果。发动机工作时,高温高压气体排出气缸的一瞬间产生很大的噪音,进行汽车排气余热回收的换热器还必须考虑消音效果。为了减少噪音和使内层的换热增强,在内层盘管中加一个圆柱形消声器。在圆柱体内塞满岩棉,外侧面打上孔。这样,消声柱在排气流动过程中吸收了部分声能,同时烟气在拐弯处流通面积突然扩大,使噪音传播面积增大,也减弱了噪音。导热油炉外侧有一层隔热保温材料,以减少热量的散失。

(2)沥青加热炉。

沥青加热炉是加热沥青的设备,所用热源是从导热油炉出来的高温导热油,采用的换热器型式也为盘管式换热器,与导热油炉相似。不同的是,在沥青加热炉的底部平铺一层盘管,且设置搅拌器不停地搅拌以增强换热。沥青加热炉中的管路与导热油炉内的管路相通,管内是导热油,管外是需加热的沥青。炉内的沥青装入量为 330 kg。

(3)辅助备用燃烧器。

当近距离进行公路养护作业时,路途中排气所释放的热量不足以把沥青加热至要求温度,为解决这一问题,提高作业效率,采用辅助备用燃烧器作为补充热源。试验中采用了德国 HANSA 公司生产的 HLV5/HVS5 型燃烧器。到达作业地点后,再启动燃烧器,可迅速将沥青加热至要求温度。

(4)导热油循环系统。

导热油循环系统由导热油、盘管、导热油泵、油气分离器、膨胀油箱、导热油过滤器及电动机等组

成,导热油泵的启闭受电动机控制。

(5)电磁控制阀。

图 1 中阀一、阀二、阀三、阀四及阀五为电磁控制阀,其作用是为了控制发动机排气在管路中的流向以实现不同的功能。不需要排气加热沥青时,关闭阀一、阀二、阀四及阀五,打开阀三,可使发动机排气经原车消声器排出;需要排气加热沥青时,关闭阀二、阀三、阀四及阀五,打开阀一,可使排气直接进入导热油炉换热器,通过排气加热循环导热油,从而使沥青被加热;需要启动辅助备用燃烧器时,关闭阀一、阀四及阀五,打开阀二、阀三,可使燃烧器火焰产生的热量通过管道进入导热油炉加热循环导热油来实现加热沥青;每次作业完毕后,关闭阀一、阀二、阀三及阀五,打开阀四,开启发动机,可现场利用发动机排气冲洗沥青洒布管道及喷枪。

实际运行试验中测试了导热油和沥青的温度与时间、环境温度、车速及油耗的关系,以及不同车速下的油耗量、加热装置的排气阻力和整套系统实际运行时的噪音。试验中使用 XSL/A-08 型智能巡回检测仪采集试验数据。

不同行驶速度下的排气阻力测量是在 CDM1000 汽车底盘测功机及转毂实验台上进行的,载重量不变的情况下,分别测量排气经过沥青加热装置的排气阻力和排气经原车消声器的排气阻力。

整套系统实际运行时的噪音测量使用了 ND6 脉冲精密声级计。测量时,在平直公路段的两侧放置声级计,声级计的放置方向与试验车的行驶方向成 45° 角,距行驶方向的中心距离为 3.5 m。

运行测试时,要注意检查各阀门的开启情况,行驶过程中,燃烧器未启动时,阀二应关闭,避免高温排气进入燃烧器,使燃烧器烧毁;阀三、阀四也应关闭,避免沥青不能被加热或排气直接从排放管排出产生刺耳的噪音。

2 试验结果与讨论

图 3、图 4、图 5、表 3 及表 4 是多次运行测试中一些具有典型代表意义的曲线及数据,测试时的环境温度为 14°C ,行驶速度分别为 50 km/h 和 60 km/h。从图 3 和图 4 可以看出,排气入口温度随时间波动很小,而排气出口温度随时间增加有所上升,这是由于系统回收热量,导热油炉温度有所上升造成的;并且由于车速增加耗油量会增加,行驶速度 60 km/h 的排气入、出口温度都高于行驶速度为 50 km/h 的排气

入、出口温度。从图 5 能够看出,行驶速度 60 km/h 时的沥青温度要高于 50 km/h 的沥青温度,并且沥青温度随行车时间的增加而升高,开始时由于受沥青粘性以及导热油初始温度低、沥青初始温度高的影响,沥青温度变化不稳定,10 min 以后,温升曲线趋于稳定;沥青温度大约在 160°C 以前因传热温差大,升温速率较快,此后,传热温差有所降低,同时由于随沥青温度升高散热损失加大,沥青温度的升温速率逐渐降低。从图 5 还可以看出,在 50 km/h、60 km/h 的行驶速度下,一个多小时左右的时间,可将沥青加热到其作业温度范围。

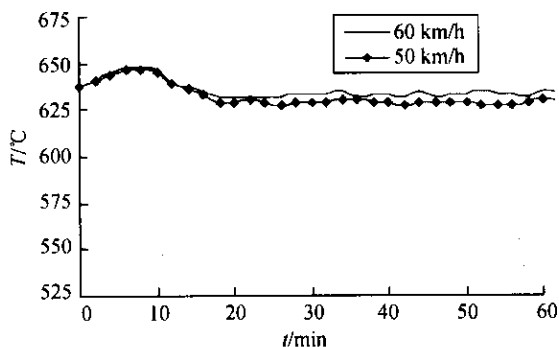


图 3 排气入口温度随时间的变化

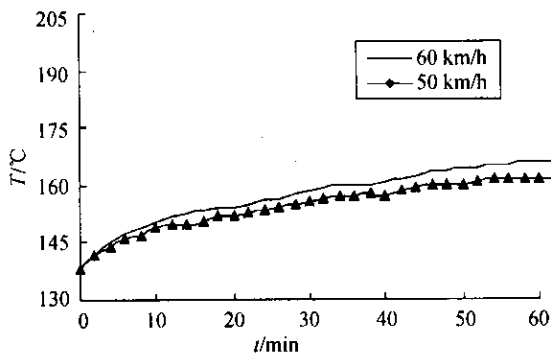


图 4 排气出口温度随时间的变化

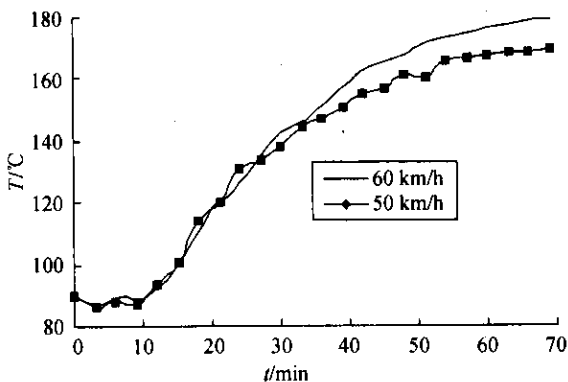


图 5 沥青温度随时间变化

可以看出 60 min 的时间里,以 50 km/h、60 km/h 的速度行驶,该余热回收装置可以将 330 kg 沥青从 90 ℃ 分别加热至 168 ℃ 和 176 ℃,升温幅度分别为 78 ℃ 和 86 ℃,沥青在 90~180 ℃ 之间的平均比热为 1.874 kJ/(kg·K),简单计算可知沥青 60 min 内在两种车速下分别得到了 4.75×10^4 kJ 和 5.24×10^4 kJ 的热量,余热回收装置有显著的节能效果。

表 3 是两次噪声的测量值,发动机的噪声分别为 74.9 dB 和 69.6 dB,都低于轻型载重车噪声的国家标准值。表 4 为载重量不变条件下,安装导热油炉沥青加热装置前后发动机的排气阻力值比较,从表 4 可以看出在正常行驶速度 50~70 km/h 范围内,发动机的排气阻力没有发生明显的改变,也就是说安装导热油沥青加热装置后不会造成对发动机性能的负面影响。

表 3 车速为 60 km/h 时整套装置的噪声测量值

测量次数	环境噪声/dB	总噪声/dB	修正值	发动机噪声/dB
1	42.8	75.4	0.5	74.9
2	38.6	70.1	0.5	69.6

表 4 余热回收装置安装前后发动机排气阻力值对比

测量次数	行驶速度 km/h	安装前排气阻力 Pa	安装后排气阻力 Pa
1	50	33	32
2	55	35	35
3	60	38	39
4	70	40	41

3 结语

运行测试证明,车载式沥青加热系统具有很好的节能效果,60 min 内在 50 km/h、60 km/h 的行驶速度条件下分别可回收 4.75×10^4 kJ 和 5.24×10^4 kJ 的排气余热;测得的排气阻力值表明,回收余热的时候,沥青加热系统没有对发动机动力性能产生明显的影响,且整套系统的噪音测量值符合国家标准,不会对环境产生不良影响。这种节能环保型公路养护设备的投入使用可改善养护工人劳动环境,减轻工人劳动强度,减少直接加热沥青造成的环境污染。而且车载式沥青加热系统使公路养护道班的养护辐射半径明显增大,大大减少了公路养护点,

提高了公路养护质量,增强公路网的服务能力,可随时随地对各种路面缺陷进行修补。尤其在人口稀少、居住点分散的广大西部地区更能体现其优势。

参考文献:

[1] 崔淑琴. 回收汽车发动机中温余热的节能新装置[J]. 节能,1995,(8).

[2] 袁胜利. 利用汽车废气取暖的热管换热器[J]. 节能,1994,(11).

[3] L Z Zhang, L Wang. Performance estimation of an adsorption cooling system for truck waste heat recovery[J]. Applied Thermal Engineering,1997,17.

[4] M Suzuki. Application of adsorption cooling systems to truck[J]. Heat Recovery Systems & CHP,1993,13.

[5] M Mostafavi, R Atan, B Agnew. A theoretical investigation of the utilization of a diesel engine exhaust waste heat for air-conditioning and cooling purpose [J]. Proc. IMech E, Combined Heat and Power, 1994.

[6] M Mostafavi, B Agnew. Thermodynamic analysis of combined diesel engine and absorption refrigeration unit-naturally aspirated diesel engine [J]. Applied Thermal Engineering,1997,17.

[7] L L Vasiliev, A G Burak, A G Kulakov, D A Miskinis, P V Bohan. Heat storage device for preheating internal combustion engines at start-up [J]. Int. J. Therm. Sci. 1999,38.

[8] L L Vasiliev, A G Burak, A G Kulakov, D A Miskinis, P V Bohan. Latent heat storage modules for preheating internal combustion engines; application to a bus petrol engine [J]. Applied Thermal Engineering, 2000,20.

[9] E Korin, R Reshef, D Tshernichovesky, E Sher. Reducing cold-start emission from internal combustion engines by means of a catalytic converter embedded in a phase-change material[J]. Proc Instn Mech Engrs 1999,312.

[10] 王志挺. 沥青加热技术[M]. 北京:人民交通出版社,1998.

[11] 王永川,刘志章. 沥青洒布管道清洗问题的探讨[J]. 内蒙古工业大学学报,2000,(3).

[12] 王永川. 车载式导热油沥青加热装置研究[D]. 硕士研究生毕业论文. 内蒙古工业大学,2002.