

温差发电用于坦克红外抑制的试验研究

周国印, 毕小平, 吕良栋, 殷明
(装甲兵工程学院机械工程系, 北京 100072)

摘要:针对坦克车体红外辐射特征过于明显的问题,对温差发电技术用于坦克红外抑制的原理进行了分析,并应用在坦克排烟管表面进行不同转速条件下的试验测试,结果表明:温差发电器件能够输出足够的电能驱动风扇工作,经热电转换、风扇和散热器联合散热后,散热器外表温度较排烟管表面温度下降超过65.0%;发动机转速增加导致排烟管温度升高,从而引起温差发电器件冷热面温差的增大,驱动风扇的输出电压增大,对流换热增强,散热器外表温度降低更明显。

关键词:红外抑制;坦克;装置;温差发电;设计

中图分类号:TN219 **文献标识码:**A

Experimental research on applying thermoelectric generation to tank infrared restraint

ZHOU Guo-yin, BI Xiao-ping, LÜ Liang-dong, YIN Ming

(Academy of Armored Forces Engineering Mechanical Engineering Department, Beijing 100072, China)

Abstract: Aiming at the fact that too much infrared radiation is generated by the tank's body, the theory of applying thermoelectric generation technology to tank infrared restraint was analyzed, then thermoelectric generation technology was applied to tank's drainpipe surface. Experimental tests were done at different revolving speeds. The results show that thermoelectric generators can produce sufficient electric power to drive fan. And the external surface temperature of the radiator is reduced by over 65.0% compared to the drainpipe's temperature when combining the fan cooling and heat radiation; When the drainpipe's temperature which is caused by engine's revolving speed rises, the temperature difference of thermoelectric generators' cold and hot sides increases. Then the output voltage which is used to drive the fan rises, and heat transfer convection is enhanced, which causes radiator surface temperature to decrease more obviously.

Key words: infrared restraint; tank; device; thermoelectric generation; design

1 引言

现代战争中执行地面主要突击任务的坦克以大功率柴油机为动力,柴油机燃烧后的废气造成坦克排烟管表面具有很高的温度;坦克动力舱顶装甲在舱内热源持续加热和排气窗高温排气作用下,成为热特征明显的面热源;履带、后装甲因剧烈摩擦和高温导热产生较强的红外辐射特征信号;战斗中火炮的连续射击使炮管成为高温热源。这些部位的热特性与其他部位存在明显差异,很容易遭到敌红外探

测仪器的识别、跟踪和精确制导武器的攻击,因此实现对坦克高温表面红外辐射特性的有效抑制已迫在眉睫。

随着能源的紧张和人类环保意识的增强,20世纪70年代以来,发达国家的学者们将温差发电技术应用在化工、航天、机械、核能领域实现余热的回收

作者简介:周国印(1977-),男,博士研究生,主要从事坦克红外辐射特性抑制的相关研究。E-mail:zhouguoyin0924@126.com

收稿日期:2010-12-15; **修订日期:**2010-12-31

利用^[1-2];由于温差发电技术具有原理简单、应用方便、无运动部件、热响应快等优点^[3],因此被应用在战场,通过将燃料燃烧产生的热量转化为电能,为小功率检测仪器和无线电发射机提供动力。但到目前为止,还未发现温差发电技术用于坦克高温表面实现红外抑制的先例。

本文分析了温差发电技术用于坦克高温表面实现红外抑制的原理,并制定了试验方案,进行了试验测试,实现了温差发电技术对坦克高温表面红外辐射特性的有效抑制。

2 温差发电红外抑制原理

热力学中将热能转化为电能的现象称为赛贝克效应。图1为赛贝克效应的示意图,由导体a和导体b串联组成的回路,若使两个接头1和2维持在不同的温度 T_1 和 T_2 ($T_1 > T_2$),则在导体的开路位置y和z之间,将会有电位差出现,电位差可表示为^[4]:

$$V = \alpha(T_1 - T_2) \quad (1)$$

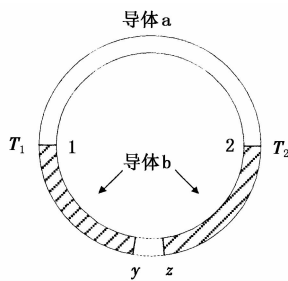


图1 热电效应示意图

温差发电器件热面从热源吸收的热量为传导热、焦耳热和帕尔贴热三部分的总和^[5],即:

$$Q_h = \alpha T_1 I - 0.5 I^2 R + K(T_1 - T_2) \quad (2)$$

热电转换器件输出的功率为^[6]:

$$P_0 = \frac{\alpha^2 (T_1 - T_2)^2 R_L}{(R_L + R)^2} = \phi Q_h \quad (3)$$

式中, α 为赛贝克系数; T_1 (T_2)为温差发电器件热(冷)端温度; V 为发电电压; Q_h 为温差发电器单位时间吸热量; I 为回路电流; R 为温差发电器件内电阻; R_L 为电路负载电阻; K 为热导率; ϕ 为发电效率; P_0 为输出电功率。

由式(2)、式(3)可知,温差发电的实质是温差发电器件把从热源吸收的热量的一部分转化为电能,能量的转化导致热源温度降低;将产生的电能用于温差发电器件冷面的散热,进一步降低热源和器件冷面温度,散热器表面的温度也随之降低。由斯蒂芬-玻尔兹曼定律($M = \epsilon \sigma T^4$)可知^[7],温差发电技术能有效降低坦克高温表面的红外辐射。

3 试验研究

以温差发电技术在某型坦克排烟管表面应用为例,测试产生的电能能否驱动风扇运转,检验温差发电红外抑制效果。

3.1 试验方案

3.1.1 传感器

温度传感器选用铜-康铜热电偶。铜-康铜热电偶具有热电特性线性好、抗震能力强的特点。铜-康铜热电偶测温范围为 $-40 \sim 350 \text{ }^\circ\text{C}$,测量精度为 $\pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$ ^[8]。

3.1.2 二次仪表及电源

FLUKE2635A 数据采集器:该仪器模拟输入通道容量为21,分辨率为 $0.1 \text{ }^\circ\text{C}$,准确度为 $0.36 \text{ }^\circ\text{C}$,采用12 V 蓄电池供电。

MY60 型万用表:直流20 V 档位分辨率10 mV,准确度 0.1 V ,工作温度 $0 \sim 40 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

85 型电流表:量程1 A,准确度2.5级,工作温度 $-20 \sim 50 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

3.1.3 传感器布置及电路连接

试验中布置温度传感器7个,具体布置情况如图2、图3所示。其中:排烟管表面布置2个,分别为热电偶1、热电偶2;温差发电器件热面布置2个,分别为热电偶3、热电偶4;温差发电器件冷面布置1个,为热电偶5;散热器布置2个,散热器表面布置热电偶6,散热器翅片布置热电偶7;电流表串接在负载回路中,电压表并接在风扇两端。

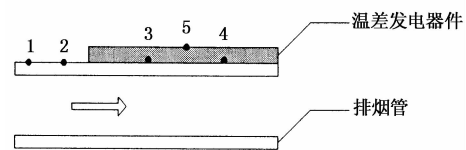


图2 排烟管和温差发电器件传感器布置图

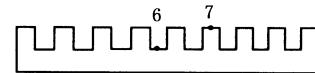


图3 翅片传感器布置图

3.1.4 试验规范

- (1) 稳态试验时,发动机在不同转速下运转。
- (2) 进排气百叶窗全开。
- (3) 测点达到平衡的标志为:水散热器和机油散热器进口水温 and 油温分别保持在 $(80 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ 和 $(70 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ 。
- (4) 测点每分钟采集一次,排烟管表面、器件热面取测点平均值。

(5)记录发动机不同转速、不同环境条件。

3.2 试验结果分析

按上述试验方案进行了测试,试验条件为:阴天无风,大气温度 27 °C,发动机分别以转速 1500 转/分、2000 转/分原地运转。

3.2.1 发动机以 1500 转/分运转试验结果分析

图 4 为发动机以 1500 转/分原地运转时温差发电器件冷热面温差和负载电压随时间的变化曲线,从图中可以看出,发动机运行稳定后冷热面平均温差为 30.8 °C,平均输出电压 3.04 V,基本不随时间变化;温差发电器件输出电压能够驱动风扇运转(风扇额定电压 5 V,额定电流 0.17 A,启动电压 2.8 V),强化了散热器的对流换热,加速了温差发电系统热量的散发。

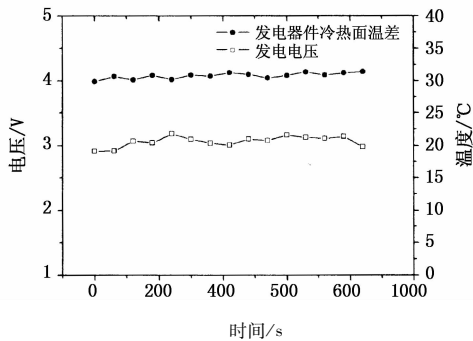


图 4 发动机以 1500 转/分运转时冷热面温差和负载电压随时间的变化曲线

图 5 为发动机以 1500 转/分原地运转时排烟管表面温度、散热器表面温度和散热器翅片温度随时间的变化曲线。从图中可以看出,稳态平衡时排烟管表面平均温度高达 113.6 °C,经温差发电、风扇对散热器强制冷却后,散热器表面平均温度降为 39.8 °C,翅片平均温度降为 36.8 °C,散热器外表温度较排烟管表面温度下降 65.0%,由此可见,温差发电技术具有明显的降温效果和红外抑制作用。

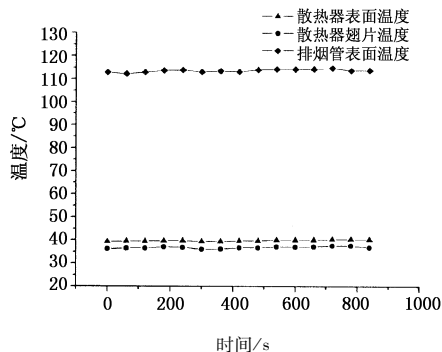


图 5 发动机以 1500 转/分运转时排烟管表面、散热器表面和翅片温度随时间的变化曲线

3.2.2 发动机以 2000 转/分运转试验结果分析

图 6 为发动机以 2000 转/分原地运转时冷热面温差和负载电压随时间的变化曲线,图 7 为发动机以 2000 转/分原地运转时排烟管表面温度、散热器表面温度和散热器翅片温度随时间的变化曲线。从图中可以看出,输出电压及各测点温度变化与 1500 转/分运转时基本相似。

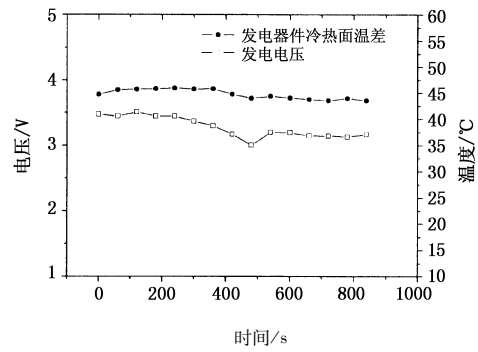


图 6 发动机以 2000 转/分运转时冷热面温差和负载电压随时间的变化曲线

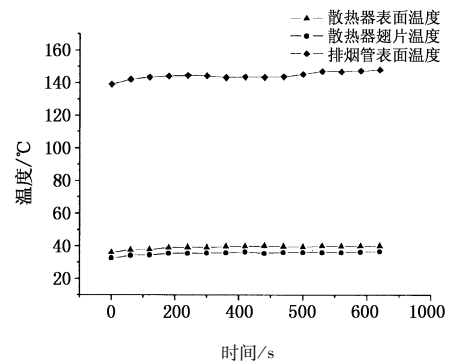


图 7 发动机以 2000 转/分运转时排烟管表面、散热器表面和翅片温度随时间的变化曲线

3.2.3 转速不同时测试结果对比分析

将同一测点在不同转速条件下的试验值进行整理、对比。图 8 为排烟管表面温度的对比曲线。从图中可以看出,发动机以 2000 转/分运转时排烟管表面温度比 1500 转/分运转时高出 30 °C,这是因为发动机转速增大,循环供油量增加,负荷增大,导致排烟管表面温度升高。图 9 为散热器表面温度和翅片温度的对比曲线。从图中可以看出,发动机以 2000 转/分运转时散热器表面温度、翅片温度比 1500 转/分运转时略低,这是因为发动机以 2000 转/分运转时温差发电器件冷热面温差大,输出电压增大。如图 10 所示,输出电压增大导致风扇转速增加,翅片表面对流换热系数增大,散热量增多,散热器表面和翅片温度降低。

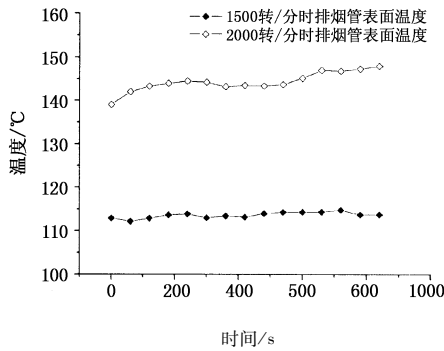


图8 转速不同时排烟管表面温度对比曲线

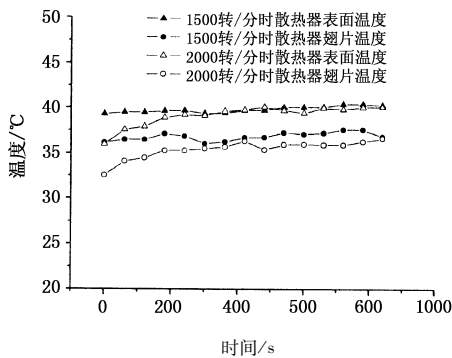


图9 转速不同时散热器表面和翅片温度对比曲线

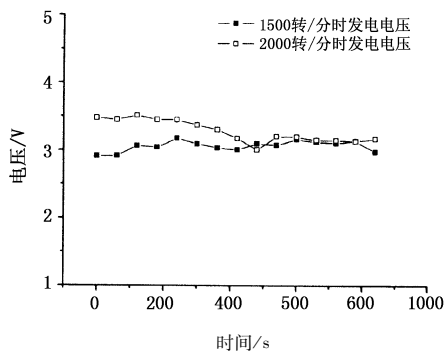


图10 转速不同时负载电压对比曲线

5 结论

本文从温差发电的基本理论出发,对温差发电技术用于坦克高温表面红外抑制的原理进行了分析,并进行了试验测试,结果表明:

(1)坦克排烟管高温表面经热电转换后产生的电能能够驱动直流冷却风扇运转,风扇的强制对流换热加速了热量的散发,热电转换和热量转移使得散热器外表温度较坦克排烟管表面温度的降幅超过65%。

(2)发动机转速增加致使温差发电器件冷热面温差增大,输出电压增大,风扇强制对流换热增强,红外抑制效果更加明显。

参考文献:

[1] Zhang Zheng, Zeng Meiqin, Si Guangshu. Thermoelectric

generation technology and its application in exhaust waste heat utilizing for automobile's engine [J]. Energy Technology, 2004, 25(3): 120 - 123. (in Chinese)

张征, 曾美琴, 司广树. 温差发电技术及其在汽车发动机排气余热利用中的应用 [J]. 能源技术, 2004, 25(3): 120 - 123.

[2] Huang Zhiyong, Wu Zhifei, Zhou Shixin. Thermoelectric generator and its application in space and nuclear fields [J]. Atomic Energy Science and Technology, 2004, 38: 42 - 47. (in Chinese)

黄志勇, 吴知非, 周世新, 等. 温差发电机及其在航天和核电领域的应用 [J]. 原子能科学技术, 2004, 38: 42 - 47.

[3] Liu Yanchun, Zeng Lingke, Ren Xuetao. Recent development and perspectives of thermoelectric materials [J]. Journal of Ceramics, 2006, 27(1): 116 - 119. (in Chinese)

刘艳春, 曾令可, 任雪潭, 等. 热电材料的研究现状及展望 [J]. 陶瓷学报, 2006, 27(1): 116 - 119.

[4] Jiang Tao, Zhang Li, Li Yanjun. Study on electrical properties in generating electricity with semiconductor thermoelectric generator [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2008, 39(4): 86 - 89. (in Chinese)

姜涛, 张俐, 李艳军, 等. 半导体温差发电器发电电气特性试验研究 [J]. 东北农业大学学报, 2008, 39(4): 86 - 89.

[5] Li Weijiang, Li Yudong, La Dong. The exergy efficiency analysis for semiconductor thermoelectric generator which works at small temperature difference [J]. Energy Technology, 2006, 27(5): 198 - 201. (in Chinese)

李伟江, 李玉东, 腊冬, 等. 低温差下半导体温差发电器火用分析 [J]. 能源技术, 2006, 27(5): 198 - 201.

[6] Gao Min, Zhang Jingshao, D M ROWE, et al. Thermoelectric transfer and application [M]. Beijing: Engineering Industry Press, 1996. (in Chinese)

高敏, 张景韶, D M ROWE, 等. 温差电转换及其应用 [M]. 北京: 兵器工业出版社, 1996.

[7] Yang Shiming, Tao Wenquan. Heat transfer [M]. 3rd ed. Beijing: Higher Education Press, 1998: 25 - 28. (in Chinese)

杨世铭, 陶文铨. 传热学 [M]. 第3版. 北京: 高等教育出版社, 1998: 25 - 28.

[8] Bi Xiaoping, Huang Xiaohui, Wang Pukai. Research on temperature field experiment of armored vehicle power compartment [J]. Journal of Academy of Armored Force Engineering, 2009, 23(2): 26 - 28. (in Chinese)

毕小平, 黄小辉, 王普凯. 装甲车辆动力舱温度场试验研究 [J]. 装甲兵工程学院学报, 2009, 23(2): 26 - 28.