**基于温度分析的客车发动机舱火灾预警方法的研究**

高艳艳 杜建华 张认成 丁环

( 华侨大学机电及自动化学院 福建 厦门 361021 )

**摘要：**为了解决目前客车发动机舱内使用的火灾预警装置检测时间较长、误报较多的问题。本文在分析客车火灾成因的基础上，以客车发动机舱为研究对象，设计了客车热表面故障模拟实验平台，模拟行车过程中的热表面故障，通过多个温度传感器采集热表面故障时舱内温度数据，基于温度故障特征开发了一种火灾识别预警试验系统。多次实验结果表明，基于舱内温度变化故障特征的判别方法，能够准确对客车火灾进行早期预警。

**关键词：**客车火灾;高温热表面;温度速率

**Research on fire early warning method based on temperature analysis in engine cabin of passenger coach**

GAO Yanyan, DU Jianhua, ZHANG Rencheng,DING Huan

(Huaqiao University, Xiamen 361021,China)

**Abstract：**The current fire detecting device in engine cabin of passenger coach is criticized for its longer real-time performance inspection and high probability of false alarm.In order to solve these problems,this paper analyzed the analyzed the causes of passenger coach fire in the engine cabin,Then based it, the hot surface fault simulation experiment platform was built and the hot surface fault in the processing of driving was simulated. when occurred the hot surface fault,the temperature dates were collected by the multiple temperature sensors.Many experimental results showed that the discriminant method based on the temperature change fault features could effectively give a warning in the early stage.

**Key words：**Passenger coach fire;hot surface; temperature rat

中图分类号：X928．7。TU998．12 文献标志码：A

**0引言:**

近年来，随着我国公路交通系统的不断发展和完善，公路客运量和客运周转量均大幅增长[1]，客车的使用量不断增加。在带给人们便利的同时，也带来了许多客车火灾事故，且这些事故呈现逐年上升的趋势。由于客车载客量大，并多数行驶在高速公路等消防困难的地段，所以一旦发生火灾往往会造成巨大的人员伤亡和巨额的财产损失。所以国内外对客车火灾的研究及对策研究也开始逐年增加[2-5]。经过多年来火灾调查研究发现，大多数的火灾事故都是由于温度异常引起的，其形成发展的过程大致分为:温度升高、发热、阴燃、冒烟起火、火苗窜起、火势扩大蔓延[6]，由此可见在引发客车火灾的过程中温度起到很大的作用，而车内高温组件如排气歧管、发动机舱外壳、三元催化转化器、涡轮增压器等正是产生高温的源头[7]，这种高温热源为火灾的发生提供了必要的条件，当它与可燃物如燃油蒸汽、底罩脱落物或停车场的可燃物等接触便可能起火燃烧[8],发生火灾事故，而这一类由高温热源引起的客车火灾称为金属高温热表面故障。然而，目前这类客车火灾的防范措施，仍局限在采用手提式灭火器和自动灭火装置进行扑救,而这些扑救火灾措施存在易受舱内位置因素和舱外环境因素的影响的缺点，容易出现漏报和误报想象，延误灭火的最佳时机。因此，本文设计客车发动机舱内热表面故障实验，分析舱内发生高温热表面故障时，舱内温度变化特性，找出故障特征，为客车火灾早期预警提供可靠依据。

**1客车发动机舱高温热表面火灾成因分析**

客车火灾故障的发生，很大一部分是由于发动机舱内的高温金属热表面，接触到意外跌落的杂物，泄露的油品以及脱落老化的绝缘层等，当这些可燃材料达到自身燃点后发生自燃，蔓延后形成火灾。

发动机舱内的高温热表面主要有排气歧管、催化转换器、发动机舱外壳、涡轮增压器等。在客车正常行驶的过程中，其发动机舱内的混合气缸内燃烧后排出的废气温度较高，可以致使排气管外壁温度达到400℃～500℃，而走山路时排气管温度可达到500℃～680℃[9],如此高的温度，足以引起任何油类着火[10]，形成金属高温热表面故障。这些高温热表面可以为可燃物燃烧提供初始的点燃能量，成为客车火灾的潜在的危险源。



图1高温热表面火灾发生机理图

Fig.1 Mechanism of high temperature hot surface fire

**2 客车高温热表面故障模拟实验**

**2.1****客车热表面故障模拟实验方案**

基于上一节的分析，舱内高温热表面故障，是舱内杂物与热表面接触蓄热燃烧的过程。因此本文采用辅助加热装置、金属铁板，模拟舱内金属热表面故障，采用温度传感器和数据采集系统，采集故障时舱内温度数据，分析故障特征。同时设计对比试验，采集客车正常运行时不同车况下舱内温度特征，并根据温度故障特征设计检测电路来识别客车发动机舱内热表面故障。客车热表面故障实验流程图如图2所示。



图2 客车热表面故障实验流程图

Fig.2 Flow chart of hot surface fault experiment in passenger car

**2.2客车热表面故障模拟实验平台**

客车热表面故障模拟实验平台由客车发动机模拟舱、辅助加热装置、热表面加热铁板、温度传感器、数据采集系统组成。为尽可能模拟行车过程中的热表面故障，实验模拟舱由废旧客车发动机舱改造而来，并保留发动机等主要部件。辅助加热装置采用小功率电热炉，并在其上方放置加热铁板，调节电热炉与加热铁板之间的距离，来控制热表面加热铁板表面温度。热表面故障实验，是通过将浸有燃油的碎布放置在加热铁板上蓄热燃烧模拟，同时将辅助加热装置放置在舱内不同位置处，模拟不同地点发生热表面故障时舱内温度变化。舱内温度探测采用模拟式AD590温度传感器，该传感器具有响应速度快，精度高的特点，适合客车发动机舱内温度探测。根据上一节的分析，为了全面感知发动机舱内的温度变化，在发动机舱顶部安装有多个温度传感器，参考舱内重点过热区域，分别装在发动机外壳上方位置及其左右30cm处布置温度传感器。如图3所示。



图3热表面故障模拟实验平台示意图

Fig.3 Simulation experiment platform hot surface fault

**3 实验结果与分析**

客车热表面故障模拟实验中，依次在发动机位置的左侧涡轮增压处，以及其右侧的排气歧管处，放置辅助加热装置，蓄热点燃可燃物，记录舱内温度变化。模拟实验中，因车内常见的可燃物为燃油，选用浸有燃油的棉布条作为实验可燃物。为说明模拟实验中温度变化与正常运行时的不同，设计客车正常行驶对比试验，该实验记录客车正常行驶时不同工况下舱内温度变化特征。在客车正常行驶试验中，温度传感器位置参照模拟实验中传感器布置位置，记录客车匀速行驶、加速行驶、减速行驶条件下温度变化曲线。图4（a）、（b）为热表面故障试验温度曲线图，其中图（a）为可燃物在舱内左侧故障点燃烧时温度变化曲线，图（b）为可燃物在舱内右侧故障点燃烧时温度变化曲线。温度记录时间起点是舱内可燃物开始燃烧的时刻。在开始的几分钟内，舱内火势迅速蔓延。以在舱内左侧燃烧实验为例，在火焰燃烧的最初1分钟内，火焰变大，火势范围迅速扩张，之后舱内火焰维持在一定范围内燃烧，持续3分钟左右，随着可燃物的减少，舱内火势逐渐减少,直到8分钟左右，舱内火焰熄灭,舱内温度逐渐恢复到正常值。图4（c）、（d）为客车正常行驶过程中的舱内温度曲线图，其中图4（c）为冬季时客车匀速、加速、减速工况下的温度曲线图，图4（d）为夏季时客车匀速、加速、减速工况下的温度曲线图。

8721

(a)实验舱左侧燃烧温度曲线图 (b)实验舱右侧燃烧温度曲线图 (c)冬季发动机舱温度曲线图 (d)夏季发动机舱温度曲线图

图4客车发动机舱内温度曲线图

Fig.4 Temperature curve of passenger car engine cabin

从图4（a）和（b）可以看出，当热表面故障发生时金属热表面引燃其周围的可燃物。由于燃烧作用，故障处局部区域瞬间释放大量的热到周围空间中，导致空间温度变化，同时由于空间传递热能的损失，3个测温点测得的温度值各不相同，离故障点较远处，温度上升的幅度较小，离故障点近处的温度上升幅度较高。根据图4（c）、（d）可知，汽车正常行驶过程中，由于发动机舱内的半封闭性，舱内温度会随着客车运行状况的不同，而呈现出上升、下降的变化。以图4（c）为例，客车从0时刻启动，匀速行驶15分钟，舱内温度先是持续上升，在10分钟时刻舱内温度达到动态平衡不再升高，15分钟时遇到红灯停车，舱内温度急速上升，之后加速启动。此时由于舱内有空气流过，温度下降之后温度又达到一个新的动态平衡，然后减速行驶直至停车，舱内温度又呈现上升的趋势，达到一定程度后逐渐降温。从图4（d）可以看到夏季客车正常行驶时，舱内温度最大可达到110℃。

对比客车故障模拟实验和正常行驶实验，可知两者温度曲线的上升速率存在较大区别。这一现象也反映了燃烧会释放大量的热的基本特点。图5为图4中各图温度变化率曲线图。

**5421**

(a)左侧燃烧温度速率图 (b)右侧燃烧温度速率图 (c)冬季客车发动机舱温差图 (d)夏季客车发动机舱温差图

图5客车发动机舱内温度速率图

Fig.5 Temperature rate chart of passenger car engine cabin

对比如图5所示的客车发动机舱内温度速率图，可以看到故障和正常情况下舱内温度速率变化较大。正常情况下舱内高温设备热源产生的热量是缓慢释放和积累的，从图5(c)中可以清晰得说明在客车行驶的40分钟里，在最初的启动加速时，舱内温度速率会有一个较大的变化达到0.4℃/s，之后经过加速、减速、停车后，舱内温度速率也会呈现上升趋势，最大值达到0.6℃/s。从图5（c）（d）可知，无论客车是加速还是减速，其舱内温度速率相对故障变化较小。结合舱内热表面故障中火势规模，从图5（a）（b）可以看出，在舱内热表面故障舱发生时，舱内会出现大量的热，温度会在瞬间上升到超过正常值的数倍，其变化量也会受到火势规模的影响，在火焰发展的初期，大量的热被释放，舱内温度变化速率上升到1℃/s以上,之后随着火势渐渐稳定，舱内温度变化速率下降。根据以上分析可知客车正常行驶过程中温度的变化在0～0.5℃/s内变化，当出现热表面故障时舱内温度速率变化较大，达到1℃/s以上。因此，可以通过在线实时监测舱内温度变化速率来及时检测舱内热表面故障。

**4 客车发动机舱火灾检测系统**

根据试验结果分析设计检测程序在线监测舱内温度变化速率，当监测的温度传感器中，任何一个温度速率变化超过正常值就判定舱内出现热表面故障。检测电路示意图如图6所示：



图6 检测电路示意图

Fig.6 Detection circuit diagram

检测电路主要由多个AD590温度传感器，单片机，接口电路，继电器组成。温度传感器布置在舱内故障高发区域，采集舱内温度值。温度传感器将采集到的温度值转换为对应的电流值，再通过接口电路传送到单片机，单片机I/O口根据采集到的温度值，求出单位时间温度速率，与正常值做比较。最终判断舱内是否有热表面故障发生，一旦判断有故障就启动自动灭火装置，同时在液晶屏上显示提示信息，并向司乘人员发出声光报警信号，通知驾驶员立即停车检查。

**5 结束语**

目前客车火灾呈现快速发展的态势，然而由于客车在行驶过程中易受到外界环境影响因素较大，安装在客车发动机舱内的自动灭火器有时会出现漏报或误报的情况。本文通过对客车发动机舱内温度及温度变化率参量的实时在线监测，实现火灾早期预警的目的，依此设计硬件检测电路，实验已证明基于该方法的检测电路可以在火灾生成的早期进行有效报警。同时，通过实验验证，该方法受限于传感器布置位置的因素影响较大，当温度传感器离故障点较远时，传感器速率变化较小，容易出现漏报的情况。因此后续实验需要建立多个传感器之间的联系，弥补该方法对单一传感器的判断盲区，准确判断不同位置处热表面故障的发生，进而达到火灾早期预警的目的。

**参考文献(References):**

[1] 周云斐,易亮,陈洁. 大型客车火灾特性和事故原因浅析[J].科技资讯,2012(25):253-254.

[2] 马秀山. 火焰探测取得巨大进展[J]. 消防技术与产品信息，2009(4)：70-71.

[3] 丁环，杜建华，张认成.基于电流分析的汽车电气火灾预警方法[J]. 消防科学与技术,2013,32(3):337-340.

[4] Kempka T，Kaiser T，Solbach K. Microwaves in Fire Detection[J]. Fire Safety Journal，2006，41(4)：327-333.

[5] 陆强，廖光煊，黄鑫，等. 细水雾扑灭B类火的全尺度实验[J].中国科学技术大学，2006，36(6)：660-667.

[6]韩晶, 贾怀宇.浅谈新一代温度传感火灾探测技术[J].消防技术与产品信息,2004(8):17-20.

[7]刘振刚.汽车火灾原因调查[M].天津：天津科学技术出版社,2008:119-120.

[8]杜建华，张认成，丁环，等．汽车火灾探测研究现状及发展趋势[J]．消防科学与技术，2012，31(4)：436-439．

[9] 杨云.浅谈汽车火灾的常见原因及调查方法[J].科技信息，2009（33）：1172-1173.

[10] 耿惠民,王铁强. 汽车火灾的研究[J].消防科学与技术，2004，23(6)：596-599.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 07886 | | | **投稿日期** | 2014-02-26 11:02:54 | **稿件状态** | 初审通过 |
| **论文标题** | 基于温度分析的客车发动机舱火灾预警方法的研究 | | | | | | |
| **作者姓名** | 高艳艳 | **性别** | 女 | **出生日期** | undefined | **联系电话** | 18850173952 |
| **电子邮件** | 672377531@qq.com | | | **职   称** |  | **学   历** | 研究生 |
| **作者单位** | 华侨大学（Huaqiao university） | | | | | | |
| **基金项目** | 福建省科技计划重点项目：2013H0028 | | | | | | |
| **研究方向** | 汽车火灾检测和低压电弧检测 | | | | | | |
| **导师情况** | 张认成 男，1962年生，博士生导师，主要研究方向：机电系统状态监测与安全保障技术，现代检测技术,邮箱：zhangrc1218@126.com，电话：13295001855. | | | | | | |
| **论文摘要** | 为了解决目前客车发动机舱内使用的火灾预警装置检测时间较长、误报较多的问题，本文在分析客车火灾成因的基础上，以客车发动机舱内的高温热表面故障为研究对象，设计客车热表面故障模拟实验平台，模拟行车过程中的热表面故障，通过多个温度传感器，采集热表面故障时舱内温度数据，基于温度故障特征开发了一种火灾识别预警试验系统。多次实验结果表明，基于舱内温度变化故障特征的判别方法，能够准确判断客车火灾。 | | | | | | |