

文章编号: 1000-7032(2012)06-0674-04

利用荧光法检测磷酸酯液压油泄漏

樊 勋¹, 邓 琥¹, 武志翔¹, 王顺利¹, 尚丽平^{1,2*}

(1. 西南科技大学 信息工程学院, 四川 绵阳 621010

2. 西南科技大学 极端条件物质特性实验室, 四川 绵阳 621010)

摘要: 提出了一种检测飞机液压油泄漏的方法——荧光法,以美孚磷酸酯液压油为例,实验验证了荧光法检测磷酸酯液压油泄漏的可行性。采用LS-55型荧光分光光度计以及实验室搭建系统对HyJet V磷酸酯液压油以及Jet Oil II 2197润滑油的荧光特性进行了分析。研究表明,可以用不同荧光发射光谱峰值来区分三种油,荧光法检测磷酸酯液压油泄漏是可行的。该技术可实现对飞机液压油泄漏的实时、在线、现场测量。

关键词: 飞机; 荧光; 泄漏; 磷酸酯液压油

中图分类号: O567.32

文献标识码: A

DOI: 10.3788/fgxb20123306.0674

Feasibility of Using Fluorescence to Detect The Leakage of Phosphate Ester Hydraulic Oil

FAN Xun¹, DENG Hu¹, WU Zhi-xiang¹, WANG Shun-li¹, SHANG Li-ping^{1,2*}

(1. Information Engineering, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China;

2. Laboratory for Extreme Conditions Matter Properties, Southwest University of Science and Technology, Mianyang 621010, China)

* Corresponding Author, E-mail: shangliping@swust.edu.cn

Abstract: We proposed a detection method for detecting aircraft hydraulic oil leakage——fluorescence method. Taken Mobil phosphate ester hydraulic oil as an example, the experiments verified the feasibility of the fluorescence method in the detection of phosphate ester hydraulic oil leakage. LS-55 fluorescence spectrophotometer and the laboratory build system were used to analyze the fluorescence characteristics of HyJet V phosphate ester hydraulic oil, Jet Oil II lubricant and 2197 lubricant. The results show that three kinds of oil can be distinguished by different fluorescence emission spectrum peaks, which indicates that it is feasible to detect phosphate ester hydraulic oil leakage with fluorescence method. The technology is of great significance to achieve the real-time, online and on-site measurement of hydraulic oil leakage.

Key words: aircraft; fluorescence; leakage; phosphate ester hydraulic oil

1 引 言

飞机液压系统主要承担飞机起落架的收放、

刹车、各操纵活动面(副翼、方向舵、升降舵等)的运动等重要任务^[1-2]。液压系统用油称为液压油或者液液,一般为石油基液压油、磷酸酯型液

收稿日期: 2012-03-23; 修订日期: 2012-04-24

基金项目: 国家(863计划)重点项目(2009AA063002); 省部共建教育部重点实验室开放基金(10zxzk09)资助项目

作者简介: 樊勋(1988-),女,河南周口人,主要从事荧光光谱分析的研究。

E-mail: fanxun00@163.com

油^[3-5]、环境友好型液压油^[6-7]。液压系统故障会使液压油泄漏。如何检测液压油的细微泄漏,发现液压系统故障对保障飞机安全极为重要。有关调查表明,液压系统的故障约占全机故障总数的40%。目前,液压油泄漏的检测方法有目测法、压力测试法等^[8],这些方法对检测年漏量几毫升的泄漏点不灵敏。荧光法^[9-11]检测液压油泄漏主要通过检测泄漏点处液压油的荧光发射谱来判断是否泄漏。现有的荧光法检测泄漏时需要在油路系统中加入荧光示踪剂,且只适用于小型液压系统,增加了操作的复杂性。本文旨在寻找一种方便、快捷、无需添加荧光示踪剂的液压油外泄漏检测方法。

2 实 验

2.1 仪器

检测装置包括 LS-55 荧光分光光度计(美国,PerkinElmer),AvaSpec-2048TEC 型热电制冷式光纤光谱仪(荷兰,Avantes),30 W 氙灯光源(北京,卓立汉光学仪器有限公司)。

2.2 试剂

美孚 HyJet V 磷酸酯型液压油、美孚 Jet Oil II (飞马二号润滑油) 润滑油和 2197 润滑油均为原油,未做任何处理。

2.3 荧光特性测定

为测定 HyJet V 磷酸酯型液压油、Jet Oil II 润滑油和 2197 润滑油的荧光特性,在 LS-55 荧光分光光度计上采用玻璃片反射荧光测量法进行实验。图 1 是三种油的激发光谱,入射狭缝为 15 nm,出射狭缝为 2.5 nm,HyJet V 液压油、Jet Oil II

润滑油、2197 润滑油的监测波长分别为 365,404,453 nm。由图 1 可知它们有共同的激发波长,中心位置在 295 nm 左右。图 2 是三种油的发射光谱,激发波长为 295 nm,入射狭缝为 15 nm,出射狭缝为 2.5 nm。由图 2 可知 HyJet V 液压油、Jet Oil II 润滑油、2197 润滑油的荧光发射光谱峰值分别在 362,405,456 nm,峰值区分度较高。通过对三种油的荧光特性测定,表明荧光法检测磷酸酯型液压油泄漏具有可行性。

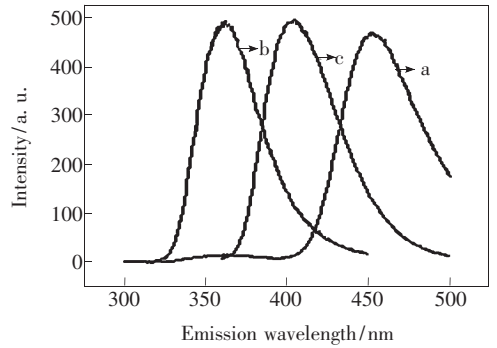


图 2 三种油的荧光发射光谱。(a)2197;(b)HyJet V;(c)Jet Oil II。

Fig.2 The fluorescence emission spectra of three kinds of oils. (a)2197;(b)HyJet V;(c)Jet Oil II.

2.4 荧光检测实验系统原理

针对液压油的荧光特性,实验搭建了磷酸酯液压油泄漏荧光检测实验系统,系统框图如图 3 所示。采用 30 W 氙灯作为光源,样品涂抹在垂直置于旋转台的石英玻片或铝片^[12]上,入射光源到样品的光线与接收光纤端面之间的夹角固定为 90°,样品受激产生的荧光经聚焦透镜聚焦到光纤端面,最后经光纤导入 AvaSpec-2048TEC 型热电制冷式光纤光谱仪。

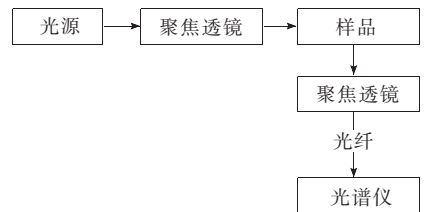


图 3 磷酸酯液压油泄漏荧光检测实验系统框图
Fig.3 The experimental system block diagram of fluorescence detection of phosphate ester hydraulic oil leakage

3 结果与讨论

为验证实际可行性,首先在磷酸酯液压油泄

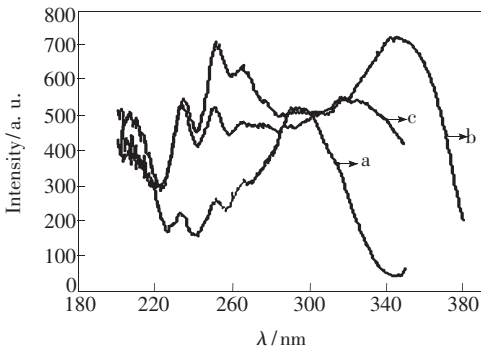


图 1 三种油的激发光谱。(a)HyJet V;(b)Jet Oil II;(c)2197。

Fig.1 The excitation spectra of three kinds of oils. (a) HyJet V;(b)Jet Oil II;(c)2197.

漏荧光检测实验系统中分别采用石英片和铝片涂抹的方式测量三种油的荧光发射光谱。图 4 是石英片作为涂抹载体时三种油的荧光发射光谱,激发波长为 295 nm,积分时间为 1 000 ms。由图 2 和图 4 可知,HyJet V 液压油、Jet Oil II 荧光位置同 LS-55 测得结果一致,2197 润滑油的荧光峰位置红移了 10 nm,这是由氙灯光源对其影响所致。图 5 是铝片作为涂抹载体时三种油的荧光发射光谱,激发波长为 295 nm,积分时间为 1 500 ms。由图 4 和图 5 可知,石英片或铝片为涂抹载体时三种油的荧光发射光谱一致。结果表明,实际操作中三种油的荧光发射光谱与荧光分光光度计测量结果基本一致,系统可行。

为更好地模拟实际情况,实验测定了 HyJet V

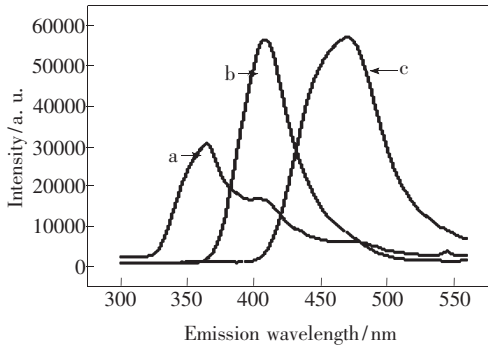


图 4 石英片作为载体时的荧光发射光谱。(a)HyJet V ; (b)Jet Oil II ;(c)2197。

Fig. 4 The fluorescence emission spectra with quartz plate as carrier. (a)HyJet V ;(b)Jet Oil II ;(c)2197.

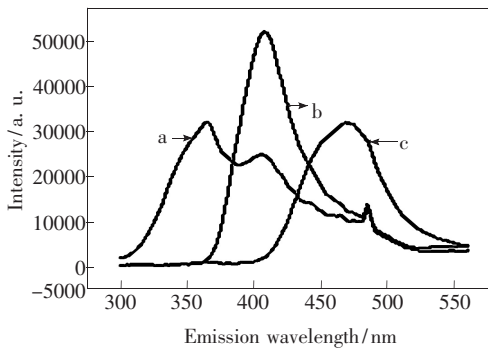


图 5 铝片作为载体时的荧光发射光谱。(a)HyJet V ; (b)Jet Oil II ;(c)2197。

Fig. 5 The fluorescence emission spectra with aluminum as carrier. (a)HyJet V ;(b)Jet Oil II ;(c)2197.

液压油分别与 Jet Oil II、2197 润滑油等体积比混合后的荧光发射谱图。图 6 即为在磷酸酯液压油泄漏荧光检测实验系统中使用铝片作为涂抹载体、按 1:1 体积混合、积分时间设为 2 000 ms 所得的混合油荧光发射谱。与图 2 对比后可知,HyJet V 分别与 2197、Jet Oil II 混合以及三种油混合后,365 nm 处的峰位依然存在。这表明混合不同油类后,选取合适的滤光片,可以检测出液压油 HyJet V 的荧光峰,荧光法检测磷酸酯型液压油泄漏是可行的。

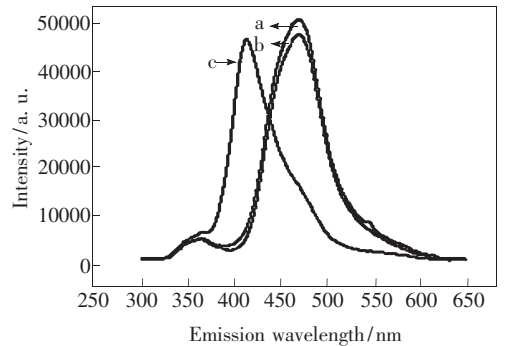


图 6 混合油的荧光发射光谱。(a)2197、Jet Oil II 润滑油和 HyJet V 液压油;(b)2197 和 HyJet V 液压油;(c)Jet Oil II 润滑油和 HyJet V 液压油。

Fig. 6 Fluorescence spectroscopy of the mixed oils. (a) 2197 lubricant, Jet Oil II lubricant and HyJet V hydraulic oil; (b) 2197 lubricant and HyJet V hydraulic oil; (c) Jet Oil II lubricant and HyJet V hydraulic oil.

4 结 论

对 HyJet V 磷酸酯液压油以及 Jet Oil II、2197 润滑油的荧光特性进行了分析。实验结果表明:采用荧光检测方法,选取合适的光源、与待测液压油发射特征波长匹配的滤光片及探测组件,可以直接测量出泄漏液压油的荧光信号并判定泄漏位置,采用荧光法检测飞机液压油系统(液压油为磷酸酯型)的泄漏是可行的。随着现代光电子、探测技术以及液压技术的发展,荧光检测泄漏装置可以小型化甚至微型化,可以快速、准确地实现对液压油泄漏位置的检测。该思想还可以推广到新型环境友好型液压油泄漏的检测中。

参 考 文 献:

- [1] Yang Huayong, Ding Fei, Liu Qing, *et al.* Hydraulic power systems for trunk line aircrafts [J]. *China Mechanical Engineering* (中国机械工程), 2009, 20(18):2152-2159 (in Chinese).
- [2] SAE International. SAE AIR5005-2000. Aerospace- Commercial Aircraft Hydraulic Systems [S]. USA: SAE, 2000: 12-15.
- [3] Zhang X, Schmidt M, Murrenhoff H. Aging mechanism of ester based lubricants [J]. *O P Ölhydraulik und Pneumatik*, 2002, 46(3):178-182.
- [4] Dong Jun. The use of aircraft hydraulic oil [J]. *China Civil Aviation* (中国民航), 2008, 87(3):73-76 (in Chinese).
- [5] Boyd S. Hydrolytic stability of synthetic ester lubricants [J]. *J. Lubr.*, 2000, 16(4):297-313.
- [6] Zakharch M P, Zaitsev I I, Komar V P, *et al.* Analysis of transformer oil using IR analyzers [J]. *Appl. Spectrosc.*, 2001, 68(1):61-65.
- [7] Bartz W J. Ecotribology: Environmentally acceptable tribological practices [J]. *Tribology International*, 2006, 39(8): 728-733.
- [8] Moon C, Brown W C, Mellen S, *et al.* Ultrasound techniques for leak detection in vehicle and pressure vessel production lines [C]//Noise-Con 2008. Dearborn, USA: SAE International, 2008:1-6.
- [9] Liu Yunlong, Wang Juan, Gao Xuexi, *et al.* Influence of substituents on photoluminescence properties of thulium bisphthalocyanine derivatives [J]. *Chin. J. Lumin.* (发光学报), 2011, 32(6):622-627 (in Chinese).
- [10] Yang Renjie, Shang Liping, Bao Zhenbo, *et al.* Fessibility of using laser-induced fluorescene to detect directly polycyclic aromatic hydrocarbons in soil [J]. *Spectroscopy and Spectral Analysis* (光谱学与光谱分析), 2011, 31(8):2148-2150 (in Chinese).
- [11] Baker A, Inveracity R. Protein-like fluorescence intensity as a possible tool for determining river water quality [J]. *Hydrological Processes*, 2004, 18(15):2927-2945.
- [12] Dong Jun, Shao Hongmin, Zhang Han, *et al.* Surface enhanced fluorescence from physically polished silver substrate decorated with and without organic molecule layer [J]. *Chin. J. Lumin.* (发光学报), 2011, 33(3):314-317 (in Chinese).