

# IUR76- I /IUR76- II 型火焰探测器综合测试系统及 相关国家标准的稳定性分析与研究

李 畅 张国生 许 燕

(北京印刷学院信息与机电工程学院, 北京 102600)

**摘要** 为提高火焰探测器综合测试系统的稳定性,在相关国家标准基础上,自行研制的 IUR76- I /II 型火焰探测器综合测试系统对传统火焰探测器综合测试系统进行了优化和改进。经计算该系统的稳定性较传统测试系统得到了较大提高。分析并计算了新型测试系统和国家标准要求传统测试系统的稳定性,并针对相关国家标准要求提出相应修正建议。

**关键词** 红外; 紫外线; 火焰探测器; 稳定性

中图分类号 TH741

OCIS 040.3060 120.4800

文献标识码 A

## Stability of IUR76- I /IUR76- II Test Systems for Flame Detectors and Related National Standards

Li Yang Zhang Guosheng Xu Yan

(School of Information and Mechanical Engineering, Beijing Institute of Graphic Communication,  
Beijing 102600, China)

**Abstract** Compared with a normal flame detector system, IUR76- I /II test systems optimize the system architecture and stability based on related national standards. It is proved that the new test system is more stable than the normal test system. The stabilities of the new test system and the system based on national standards are calculated and compared. The suggestions according to the related national standards are also mentioned.

**Key words** infrared; ultraviolet; flame detector; stability

## 1 引 言

IUR76- I /II 型火焰探测器综合测试系统为基于相关国家标准自行研制的点型红外线/紫外(UV)线火焰探测器测试系统。传统火焰探测器测试系统中采用气油化气体燃烧火焰作为系统光源,但是该光源的稳定性不理想<sup>[1]</sup>,并导致系统稳定性不高。为提高测试系统稳定性和准确性,IUR76- I /II 型测试系统采用了氙灯紫外光源和 SiC 红外光源代替气油化气体燃烧火焰作为系统光源,并采用光学滤光片组、计算机自动采集处理等措施。本文主要介绍了两套系统的基本结构,计算了系统的稳定性,并与国家标准要求进行对比,提出了相关国家标准的改进意见。

## 2 红外线火焰探测器测试系统

IUR76- I 点型红外线火焰探测器测试系统原理框图如图 1 所示。系统光路主要包括系统光源、光阑、滤光片组、红外探测器、调制器等。光源发生器产生的红外光经过滤光片组后产生波长范围为 4.2~4.7  $\mu\text{m}$  的红外光。滤光片组及光阑可以保证红外光的强度及平行性,以满足被检探测器的要求。计算机采集标准探测器上的信号,以监视光源的稳定性。

收稿日期: 2009-08-17; 收到修改稿日期: 2009-11-06

基金项目: 北京市属高等学校人才强教计划和北京市自然科学基金资助课题。

作者简介: 李 畅(1982-),男,讲师,主要从事信号与信息处理、无线通讯等方面的研究。E-mail: yangli@bigc.edu.cn

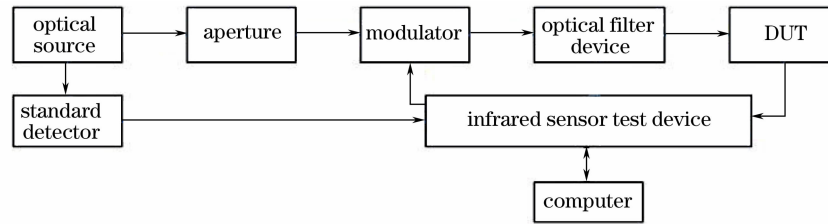


图1 点型红外线火焰探测器测试系统工作原理框图

Fig. 1 The schematic of performance test system for point infrared flame detectors

滤光片组由4个滤光片和步进电机组成,能提供波长 $4.2\sim 4.7\ \mu\text{m}$ 范围内4个波段的红外光谱,其中 $\lambda_1=4.32\ \mu\text{m}$ , $\lambda_2=4.58\ \mu\text{m}$ , $\lambda_3=4.45\ \mu\text{m}$ , $\lambda_4=3\sim 5\ \mu\text{m}$ (全谱通过)。调制器应产生 $12.5\ \text{Hz}$ 频率的红外光,模拟火焰。标准探测器和被检探测器输出信号均通过数据采集卡送入计算机处理。计算机控制滤光片组,选择需要的波长。数据采集卡具有12 bit精度。整套装置安装在一个2 m长的导轨上,平直度小于 $0.04\ \text{mm}$ ,导轨上设置被检探测器支架(四维支架),支架可沿导轨方向前后移动,被检探测器在支架上可以左右转动(每 $15^\circ$ 一个定位点,全程 $90^\circ$ ),导轨上可以指示出被检探测器距光源的距离数据。

从红外线火焰探测器测试系统结构分析,测试系统稳定性主要由系统光源稳定性、滤光片组误差和调制器误差所决定。

### 2.1 红外光源稳定性

针对红外线火焰探测器测试系统,国家标准化管理委员会先后制定了两个强制国家标准。其中GB15631-2008是GB15631-1995的替代标准。两个国家标准在测试系统结构上基本相同,具有类似的光路。在国家标准GB15631-1995中要求红外光源的辐射能量波动范围 $S_{SS1}$ 小于 $\pm 10\%$ <sup>[1]</sup>;在国家标准GB15631-2008中要求红外光源的辐射能量波动范围 $S_{SS2}$ 小于 $\pm 5\%$ <sup>[2]</sup>。很明显,提高红外光源辐射能量的稳定性是国家标准修订的趋势之一。

国家标准中要求测试系统采用气油化气体燃烧火焰作为系统标准光源。该光源需要将气油化气体存储于专用的燃烧器或燃烧室中,在实际设备测试操作中危险系数比较高,并且不利于远距离运输。针对该问题,IUR76-I型测试系统采用SiC红外光源(型号GY-3,天津市拓普仪器有限公司)代替国家标准要求的气油化气体燃烧火焰作为系统光源。相比国家标准中要求的系统光源,替代光源具有稳定性强、安全系数高、便于远距离运输等优点。

GY-3型红外光源辐射能量的稳定性 $S_{SN}$ 小于 $\pm 0.1\%$ <sup>[3]</sup>。国家标准要求的气油化气体燃烧火焰的安全性与便捷性皆逊于SiC点型红外光源,且SiC点型红外光源的稳定性明显优于国家标准要求,故在IUR76-I系统中使用SiC点型红外光源作为系统光源。

### 2.2 滤光片组稳定性

在红外线火焰探测器测试系统中,滤光片组用来提供 $4.2\sim 4.7\ \mu\text{m}$ 范围内的3个波段红外光通过,能提供该范围内红外光全谱通过和全谱截止,并用于保证红外光的强度与平行性,以满足被检探测器的要求。所以滤光片组的稳定性对测试系统稳定性影响较大,但在两个相关国家标准中,滤光片组的稳定性并没有提及。IUR76-I测试系统中红外干涉滤光片<sup>[4]</sup>(NOC. Ltd,英国)的中心波长偏差 $S_{FL}$ 小于 $\pm 0.3\%$ ,中心波长温度漂移 $S_{FT}$ 小于 $0.02\ \text{nm}/^\circ\text{C}$ 。在IUR76-II测试系统中,对应最小可通过红外波长 $\lambda=4.2\ \mu\text{m}$ ,最大中心波长温度漂移为 $0.0005\%$ 。

### 2.3 光学调制器稳定性

在红外线火焰探测器测试系统中,光学调制器的作用是将直流恒定的红外光转换为频率 $12.5\ \text{Hz}$ 的交变红外光,并模拟火焰。光学调制器的误差主要来自于调制盘偏心误差、调制盘的中心偏离狭缝中心误差、直流电动机的轴向晃动误差、直流电动机的稳定性误差、调制盘齿形误差等<sup>[5]</sup>。调制器的误差最终会导致调制波频率和形状上的变化,同样能够影响探测器接收端信号的信噪比和信号强度。在IUR76-I测试系统中,光学调制器型号为300D5<sup>[6]</sup>(Scited Instruments Ltd,英国)。其频率稳定性(相位抖动 $E_{MF}$ )小于 $\pm 0.1\%$ ,温度漂移 $E_{MT}$ 小于 $\pm 0.01\%$ 。

## 2.4 系统稳定性

红外线火焰探测器测试系统的稳定性主要和系统光源、红外干涉滤光片、光学调制器的稳定性有关,且等于各部分稳定性的均方根<sup>[7]</sup>。根据国家标准 GB15631-1995 的要求,测试系统稳定性为

$$S_{\text{sys1}} = \sqrt{(S_{\text{SS1}})^2 + (S_{\text{FL}})^2 + (S_{\text{FT}})^2 + (S_{\text{MT}})^2 + (S_{\text{MF}})^2} \approx 10.5\% \quad (1)$$

根据国家标准 GB15631-2008 的要求,测试系统稳定性为

$$S_{\text{sys2}} = \sqrt{(S_{\text{SS2}})^2 + (S_{\text{FL}})^2 + (S_{\text{FT}})^2 + (S_{\text{MT}})^2 + (S_{\text{MF}})^2} \approx 5.5\% \quad (2)$$

对于 IUR76- I 测试系统,其系统稳定性为

$$S_{\text{sys}} = \sqrt{(S_{\text{SN}})^2 + (S_{\text{FL}})^2 + (S_{\text{FT}})^2 + (S_{\text{MT}})^2 + (S_{\text{MF}})^2} \approx 0.6\% \quad (3)$$

由(1)~(3)式计算结果可知,IUR76- I 测试系统的系统稳定性明显优于国家标准要求。而在 3 个系统中,红外干涉滤光片和光学调制器的选择完全相同,仅有系统光源选择不同。所以系统光源的稳定性对测试系统稳定性影响非常大,选择稳定性比较高的系统光源将对系统稳定性的提高有较大帮助。

## 3 紫外线火焰探测器系统的稳定性

IUR76- II 紫外线火焰探测器测试系统框图如图 2 所示,系统光路主要包括系统光源、光阑、衰减片、紫外滤光片组等组成。区别于国家标准 GB127911-91 中以气油化气体燃烧产生的火焰作为系统光源的方法,该系统采用氙灯紫外光源作为系统光源。氙灯紫外光源在保证系统光源稳定性的同时,更具安全性和便捷性。光源产生的紫外光经过滤光片组后产生波长范围为 200~280 nm 的紫外光。滤光片组及光阑可以保证紫外光的强度及平行性,以满足被检探测器的要求。滤光片组能提供波长 200~280 nm 范围内 3 个波段( $\lambda_1 = 210 \text{ nm}$ ,  $\lambda_2 = 254 \text{ nm}$ ,  $\lambda_3 = 270 \text{ nm}$ )的紫外光通过,并能提供 200~280 nm 全谱通过和全部截止。

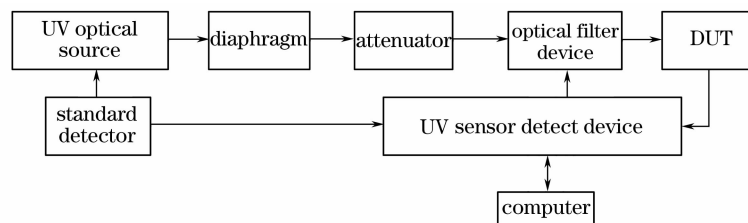


图 2 点型紫外线火焰探测器测试系统工作原理框图

Fig. 2 The schematic of performance test system for point UV flame detectors

计算机采集标准探测器上的信号,以监视光源的稳定性。标准探测器和被检探测器输出信号均通过数据采集卡送入计算机处理,计算机控制滤光片组,选择需要的波长。数据采集卡具有 12 bit 精度。整套装置安装在一个 2 m 长的导轨上,导轨上设置被检探测器支架(四维支架),并可沿导轨方向前后移动,和左右转动(每 15°一个定位点,全程 120°),导轨可以显示被检探测器距光源的距离。

紫外线火焰探测器检测系统的系统稳定性主要与系统光源和紫外滤光片组的稳定性有关。根据国家标准 GB12791-91 的要求,系统紫外光源为气油化气体燃烧火焰,其辐射能量的波动范围  $E_s$  要小于  $\pm 10\%$ <sup>[8]</sup>; IUR76- II 紫外线火焰探测器测试系统的系统光源采用氙灯紫外光源(GY-3,天津市拓普仪器有限公司),其辐射能量波动范围  $E_N$  小于  $\pm 0.1\%$ <sup>[9]</sup>。

在测试系统中,紫外线滤光片组用于选择 200~280 nm 范围内紫外光通过。在 IUR76- II 测试系统中选用的紫外线滤光片为 GCC-2010 型(大恒光电有限责任公司)。其中心波长偏差  $E_F$  小于  $\pm 0.1\%$ <sup>[10]</sup>。根据国家标准 GB12791-91 要求,测试系统稳定性  $E_{\text{sys}} = \sqrt{(E_s)^2 + (E_F)^2} \approx 10\%$ 。对于 IUR76- II 测试系统,其系统稳定性  $S_{\text{Nsys}} = \sqrt{(S_N)^2 + (S_F)^2} \approx 1\%$ 。可知,IUR76- II 测试系统的系统稳定性明显优于国家标准要求的系统稳定性,其原因在于 IUR76- II 系统中氙灯紫外光源的应用。

## 4 结 论

在满足国家标准要求的基础上,IUR76- I /IUR76- II 测试系统提出了替代系统光源,以提高系统的稳定

性。经过计算证明,新型测试系统的系统稳定性明显高于国家标准要求的系统稳定性。基于以上分析,在今后的国家标准修订中可以考虑改变系统光源的要求,以提高系统的稳定性,并保证火焰探测器的质量。

### 参 考 文 献

- 1 Standardization Administration of the People's Republic of China. GB15631-1995, Performance requirements and test methods for point infrared flame detector[S]. Beijing: Standards Press of China, 1995  
国家标准化管理委员会. GB15631-1995, 点型红外线火焰探测器性能要求及试验方法[S]. 北京:中国标准出版社,1995
- 2 Typical characteristics of infrared spectrum narrow bandpass filter[EB/OL]. [2009-04-25] <http://www.noc-ltd.com/products/narrow-band-pass.htm>  
红外干涉滤光片性能指标[EB/OL]. [2009-04-25] <http://www.noc-ltd.com/products/narrow-band-pass.htm>
- 3 Ou Pan, Cao Bin, Zhang Chunxi *et al.*. Analysis of mean-wavelength stability of Er-doped super fluorescent fiber sources [J]. *Laser & Optoelectronics Progress*, 2008, **45**(5): 26~31  
欧攀,曹彬,张春熹等. 超辐射掺铒光纤光源平均波长稳定性分析[J]. *激光与光电子学进展*, 2008, **45**(5): 26~31
- 4 Features of 300D5 rotating optical chopper. [EB/OL]. [2009-04-25] [http://www.scitec.uk.com/optical\\_chopper/300cd](http://www.scitec.uk.com/optical_chopper/300cd)  
300D5 光学调制器性能指标[EB/OL]. [2009-04-25] [http://www.scitec.uk.com/optical\\_chopper/300cd](http://www.scitec.uk.com/optical_chopper/300cd)
- 5 Mi Jian, Zhang Chunxi, Li Zheng *et al.*. Experimentally research on temperature stability of the mean wavelength of Erbium-doped fiber super fluorescent source[J]. *Scope on Acta Photonica Sinica*, 2007, **36**(5): 825~829  
米剑,张春熹,李铮等. 掺铒光纤超荧光光源平均波长温度稳定性实验研究[J]. *光子学报*, 2007, **36**(5): 825~829
- 6 Specification of GY-3 ultraviolet optical source[EB/OL]. [2009-04-25] [http://www.tjtp.com/cpzs\\_s.asp?ID=74](http://www.tjtp.com/cpzs_s.asp?ID=74)  
GY-2 型紫外光源产品说明[EB/OL]. [2009-04-25] [http://www.tjtp.com/cpzs\\_s.asp?ID=74](http://www.tjtp.com/cpzs_s.asp?ID=74)
- 7 Profiles of GCC-2010 UV interference filters [EB/OL]. [2009-04-25] <http://www.cdhcorp.com/product/2008123/2008123142608.shtml>  
GCC-2010 型紫外线滤光片性能指标[EB/OL]. [2009-04-25] <http://www.cdhcorp.com/product/2008123/2008123142608.shtml>
- 8 Standardization Administration of the People's Republic of China. GB15631-2008, Special type fire detectors [S]. Beijing: Standards Press of China, 2003  
国家标准化管理委员会. GB15631-2008, 特种火灾探测器[S]. 北京:中国标准出版社,2008
- 9 Specification of GY-3 infrared optical source[EB/OL]. [2009-04-25] [http://www.tjtp.com/cpzs\\_s.asp?ID=73](http://www.tjtp.com/cpzs_s.asp?ID=73)  
GY-3 型红外光源产品说明[EB/OL]. [2009-04-25] [http://www.tjtp.com/cpzs\\_s.asp?ID=73](http://www.tjtp.com/cpzs_s.asp?ID=73)
- 10 Standardization Administration of the People's Republic of China. GB12791-91, Performance requirements and test methods for point ultraviolet flame detector [S]. Beijing: Standards Press of China, 1991  
国家标准化管理委员会. GB12791-91, 点型紫外线火焰探测器性能要求及试验方法[S]. 北京:中国标准出版社,1991