

红外辐射测温在高压电器检测中的应用

□贾春香 康志茹 郭强 陈昊

一、使用过程中存在的问题

目前,人们经常使用的红外测温仪测得的是物体的亮度温度,而不是物体的真实温度,所以必须知道目标的另一参数,即材料的发射率才可以求得真实温度。通过调研发现,大部分高压电气开关接线端的材质是纯铜,表面氧化的纯铜发射率约为0.8。但是,目前市场上大部分300℃以下的红外测温仪的发射率是不可调的,出厂时默认为0.95。但是在实际使用过程中,由于电力系统安全消防的相关工作人员不够专业,不注意材质和仪器相对应的发射率,导致测得的温度值和实际值之间偏差较大。因此,如何消除发射率对测温结果的影响是红外测温仪在高压电气开关领域应用的一个研究方向。本文通过测试模拟高压开关铜圆柱体的温度,对具体的试验数据,作了定量的分析,给出高压开关常用温度点的修正值,以供参考。

二、试验过程

1. 试验内容

(1)试验目的:测试红外辐射温度计发射率设置

与被测对象不同对测温准确度的影响。

(2)试验点:30.0℃、50.0℃、70.0℃、90.0℃、110.0℃。

2. 试验条件

(1)环境条件:环境温度:(22±2)℃,湿度:45%RH。

(2)试验设备:恒温水槽,恒温油槽(介质为硅油,水平温场最大温差为0.01℃,垂直温场最大温差为0.02℃),二等标准S型热电偶,热工仪表校验仪,辐射温度计,模拟高压开关铜圆柱体。

试验用标准器、配套设备及被检仪器的概况如表1所示。

3. 试验方法

本试验采用比较测量的方法。首先确定恒定的温场,将铜圆柱体放入标准的恒温槽内,铜柱的上表面高于液面1mm,在距离辐射温度计的靶面1mm处打入一个小孔,孔深为2.2cm,孔内插入1支热电偶,热电偶测得的温度作为铜表面的实际温度(测温实验表明,导热系数越大,测试误差越小,纯铜的导热系数为386W/(m·K),所以可忽略导热系数对

表1 试验用仪器设备参数

	仪器设备名称	型号	测温范围	不确定度或准确度等级或最大允许误差	制造厂及出厂编号
计量标准器	二等标准S型热电偶	CST3005	0~1700℃	二等	北京康斯特科技有限责任公司
	热工仪表校验仪	CST3005	0~1700℃	二等	北京康斯特科技有限责任公司 2335010
配套设备	恒温水槽	HTS-95	室温~95℃	最大温差:0.004℃ 稳定性:±0.005℃/30min	湖州祥安试验设备厂 16397
	恒温油槽	HTS-300A	90℃~300℃	最大温差:0.007℃ 稳定性:±0.01℃/30min	湖州晶冕试验设备有限公司 16396
被检仪器	辐射温度计	RAYST20XBAP	D:S 12:1	发射率:0.95	Raytek 99430075
	模拟高压开关铜圆柱体	直径8cm,高30cm,材料为纯铜(发射率约为0.8)			

红外测温仪误差的影响)。同时选用一支性能稳定,发射率设置为0.95的辐射温度计,测试铜表面的温度。待恒温槽达到热平衡后,分别读取数字表和辐射温度计的示值,计算辐射温度计的修正值。试验原理示意图如图1所示。

4. 试验步骤

(1)选择高压电器开关常用温度点,每一个试验

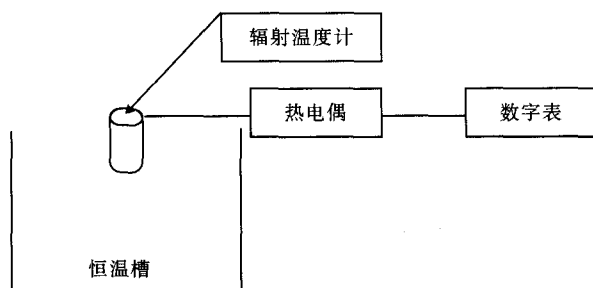


图1 试验原理示意图

点独立重复测量10次,设定恒温槽的温度与检定温度点相对应,恒温槽恒定温度偏离检定点不超过 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$,铜圆柱体在恒定的恒温槽中稳定40min后,记录数字表显示的温度。读数10次,取10次平均值作为该温度点的示值。

(2)同时用发射率可调的辐射温度计测试铜圆柱体的表面温度,读数10次,取10次平均值作为该温度点的示值。

(3)试验点 30.0°C 、 50.0°C 、 70.0°C 在恒温水槽中测试,试验点 90.0°C 、 110.0°C 在恒温油槽中测试。

5. 试验数据(见表2)

6. 示值修正值不确定度分析

(1)标准设备:二等S型标准热电偶和热工仪表校验仪整体作为标准器,称作热电偶测温仪。

被检对象:红外辐射温度计。

表2 高压开关触头常用温度测量点数据

单位: $^{\circ}\text{C}$

仪器 测量次数	30.0 $^{\circ}\text{C}$		50.0 $^{\circ}\text{C}$		70.0 $^{\circ}\text{C}$		90.0 $^{\circ}\text{C}$		110.0 $^{\circ}\text{C}$	
	热电偶	辐射温度计	热电偶	辐射温度计	热电偶	辐射温度计	热电偶	辐射温度计	热电偶	辐射温度计
1	30.1	25.6	49.7	44.8	67.6	62.2	88.5	82.0	107.0	99.6
2	30.1	25.8	49.8	45.2	67.7	62.4	88.4	82.2	106.7	99.4
3	30.0	26.1	49.8	44.6	67.7	62.2	88.4	81.6	107.0	99.6
4	30.0	26.3	49.8	45.2	67.7	61.8	88.5	81.4	107.1	99.8
5	30.0	26.0	49.7	45.0	67.7	61.8	88.4	81.6	106.7	99.6
6	29.9	25.7	49.7	44.8	67.7	61.8	88.4	81.8	106.7	99.4
7	30.0	25.8	49.7	45.2	67.6	62.0	88.4	81.6	106.6	99.4
8	30.0	26.4	49.7	45.4	67.6	62.0	88.4	81.6	106.8	99.6
9	30.0	26.2	49.8	45.0	67.6	62.2	88.4	82.0	106.9	99.6
10	30.1	25.9	49.8	45.2	67.6	62.2	88.4	82.2	106.8	99.8

表3 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量		灵敏系数 c_i	不确定度来源	分布	标准不确定度
标准器 $u(t_s) = 1$	$u(t_{s1})$	$c_1 = 1$	铜圆柱体表面(靶面)的不均匀性	均匀	0.289
	$u(t_{s2})$		恒温槽的不均匀性	均匀	0.003
	$u(t_{s3})$		恒温槽的波动性	均匀	0.006
标准器修正值 $u\Delta(t_s) = 1$		$c_2 = 1$	热电偶测温仪(二等S型热电偶和热工仪表校验仪整体作为标准器)修正值	/	0.075
被检温度计 $u(t)$	$u(t_1)$	$c_3 = -1$	被检温度计的测量重复性	t	0.216
	$u(t_2)$		仪器的测量准确度	均匀	0.433
	$u(t_3)$		仪器分辨率	均匀	0.029

(2)数学模型

$$x=(t_s+\Delta t_s)-t$$

式中: x ——辐射温度计的修正值; t_s ——热电偶测温仪的示值; Δt_s ——热电偶测温仪的修正值; t ——辐射温度计的示值。

(3)标准不确定度评定

高压电器触头及导线连接端子在空气中最高允许温度是75℃,选择试验点70℃进行分析,各标准不确定度分量分析结果如表3所示。

7.试验结果

通过以上模拟试验给出修正值,并绘制出修正值曲线,其扩展不确定度约为1.2℃,如图2所示。

三、结束语

1.本文是对材质为纯铜的高压电器开关进行模拟试验,给出修正值。

2.由于各生产商生产的辐射温度计技术性能各不相同,通过各方面比较,本文选取具有代表性,稳定性较好,Raytek生产的发射率设置为0.95的辐射温度

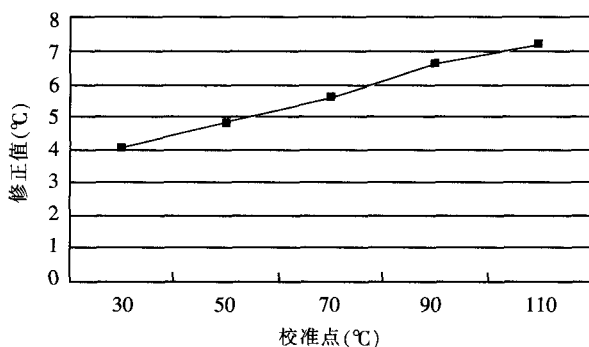


图2 修正值曲线图

计作为试验仪器,提供高压开关触点常用温度点的修正值。

3.高压开关触点温度实际值=辐射温度计指示值+修正值。

4.在实际现场使用过程中,相关工作人员用此类辐射温度计测量高压开关接线端的温度时,可以参照此数据对测量结果进行修正,以提高温度测量的准确度。

作者单位【贾春香 河北大学、康志茹 郭强 陈昊 河北省计量监督检测院】

(上接第74页)

探测器的相对光谱响应度:

$$S_x(\lambda)=S_s(\lambda)\times\frac{X_x(\lambda)}{X_s(\lambda)} \quad (3)$$

光电探测器的 $V(\lambda)$ 失配会对测试结果产生较大的影响,实际计量工作中还应考虑到标准光源与被测光源的不同光谱功率分布特性,也会对导致测试结果的误差,因此,应对各种不同被测光源的光谱功率分布特性,以及探测器的 $V(\lambda)$ 匹配情况,确定探测器的 $V(\lambda)$ 失配修正函数 $K(\lambda)$ 。

设 $P_s(\lambda)$ 为标准光源的相对光谱功率分布, $P_L(\lambda)$ 为被测光源的相对光谱功率分布,它们在同等条件下产生的光谱照度分布分别为 $E_s(\lambda)$ 和 $E_L(\lambda)$,则

$$\frac{E_L(\lambda)}{E_s(\lambda)}=\frac{P_L(\lambda)V(\lambda)}{P_s(\lambda)V(\lambda)} \quad (4)$$

使用探测器分别测量标准光源和被测光源,探测器的光谱响应分别为 X_s 和 X_L ,则

$$\frac{X_L}{X_s}=\frac{\int_0^\infty P_L(\lambda)S(\lambda)d\lambda}{\int_0^\infty P_s(\lambda)S(\lambda)d\lambda} \quad (5)$$

联立式(4)、式(5),得

$$\frac{E_L(\lambda)}{E_s(\lambda)}=\frac{P_L(\lambda)V(\lambda)\times\int_0^\infty P_s(\lambda)S(\lambda)d\lambda}{P_s(\lambda)V(\lambda)\times\int_0^\infty P_L(\lambda)S(\lambda)d\lambda}\times\frac{X_L}{X_s} \quad (6)$$

$$\text{设 } K(\lambda)=\frac{P_L(\lambda)V(\lambda)\times\int_0^\infty P_s(\lambda)S(\lambda)d\lambda}{P_s(\lambda)V(\lambda)\times\int_0^\infty P_L(\lambda)S(\lambda)d\lambda} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \text{则有, } E_L &= \int_{380}^{780} K(\lambda) \frac{X_L}{X_s} E_s(\lambda) d\lambda \\ &= \int_{380}^{780} K(\lambda) V(\lambda) P_s(\lambda) \frac{X_L}{X_s} d\lambda \end{aligned} \quad (8)$$

式中, $K(\lambda)$ 就是光电探测器的 $V(\lambda)$ 失配修正函数, $S(\lambda)$ 与 $V(\lambda)$ 在各个波长点越接近, $K(\lambda)$ 在各波长点的修正因子越接近1。

三、结束语

$V(\lambda)$ 失配修正函数的引入 $K(\lambda)$,能对探测器对光源逐波长点的响应与CIE人眼光谱光视效率 $V(\lambda)$ 的不同进行修正,针对被测光源与标准光源的光谱功率分布的不同,以及探测器的 $V(\lambda)$ 失配,在总光通量、光源照度、发光强度等光源光度测试的程序中,引入了修正函数 $K(\lambda)$, $K(\lambda)$ 由式(7)计算得出,并根据式(8)对光源光度的计量测试结果进行了修正。

作者单位【厦门市计量检测测试院】



论文写作，论文降重，
论文格式排版，论文发表，
专业硕博团队，十年论文服务经验



SCI期刊发表，论文润色，
英文翻译，提供全流程发表支持
全程美籍资深编辑顾问贴心服务

免费论文查重：<http://free.paperyy.com>

3亿免费文献下载：<http://www.ixueshu.com>

超值论文自动降重：http://www.paperyy.com/reduce_repetition

PPT免费模版下载：<http://ppt.ixueshu.com>

阅读此文的还阅读了：

- [1. GIS高压电器SF₆气体密度、湿度及泄漏检测技术](#)
- [2. 红外技术在电力设备外部故障检测中的应用](#)
- [3. 热释电红外电视测温的物理基础](#)
- [4. 靶场红外辐射特性测量系统标定方法研究](#)
- [5. 一种新型红外扫描测温仪的研制](#)
- [6. 基于RBF网络的传动滚筒测温系统](#)
- [7. 非接触式高精度红外测温终端的设计](#)
- [8. 红外线辐射测温仪在ZrO₂超高温炉上的应用](#)
- [9. 线列探测器非均匀性对点目标检测的影响](#)
- [10. 微控红外双色测温仪的应用](#)
- [11. SF₆电器设备气体泄漏的检测监督](#)
- [12. 自立更生铸辉煌——“西高所”承担三峡工程项目情况介绍](#)
- [13. 图象叠加法测试CO₂激光功率密度分布](#)
- [14. 红外辐射的应用——红外测温](#)
- [15. 红外辐射测温](#)
- [16. 周边环境电磁波检测技术](#)

17. 配电设备故障的红外热像检测方法研究
18. 红外检测在无功补偿电容器组状态检修中的运用
19. 红外辐射测温仪原理及产品的应用
20. 红外测温技术在现代钢铁工业中的应用
21. 高压电器触头温度传感器的研究
22. DTK-2H红外辐射烘干炉设计参数的优化选取研究
23. 超声红外热像技术进展及在混凝土应用的新探索
24. 制作红外测温统计及分析小软件
25. 热释电红外自动测温系统研究
26. 红外测温技术在现代钢铁工业中的应用
27. 水轮发电机磁极温度快速红外检测方法研究
28. 便携式红外瞄准镜瞄准基线检测系统研究
29. 辐射测温中发射率的补偿方法探讨
30. HWC-81型红外检测装置
31. 红外隐身材料比辐射率的研究
32. SF₆气体的密度和湿度及泄漏在线检测方法
33. 基于红外的长度测量电路的设计
34. 光学测温技术中的物理原理
35. 脉冲红外CO₂激光偏振性的研究
36. 红外辐射测温中发射率的应用
37. 基于A2TPMI的电磁炉非接触式测温方案
38. 日本机器人检测福岛核电站2号相组仍有强辐射
39. 基于红外图像的墙体热工缺陷诊断软件开发及其应用
40. 手机辐射检测新方法靠谱吗?
41. 红外显微成像技术及其应用进展
42. 基于辐射测量技术的几种煤灰分检测方法的比较
43. 如何应对食品辐射:第三方检测认证,助中国食品厂商提高国际竞争力
44. 示波器在红外遥控器检修中的检测应用
45. 双色红外非接触测温技术应用与探索
46. 架空线路连接点的综合红外测温技术
47. 红外多波长无创人体血糖检测技术研究
48. 几种包装用材料辐照的ESR波谱研究
49. 微控红外双色测温仪的应用
50. 辐射检测相机