



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103983361 A

(43) 申请公布日 2014. 08. 13

(21) 申请号 201410249310. 7

(22) 申请日 2014. 06. 06

(71) 申请人 昆明北方红外技术股份有限公司
地址 650000 云南省昆明市经济开发区红外路 5 号

(72) 发明人 廖怀军 李晓斌 李彦生 任跃
许渝 何俊 赵江来 郑文云
张兴频 苏凡

(74) 专利代理机构 昆明祥和知识产权代理有限公司 53114
代理人 和琳

(51) Int. Cl.
G01J 5/00(2006. 01)

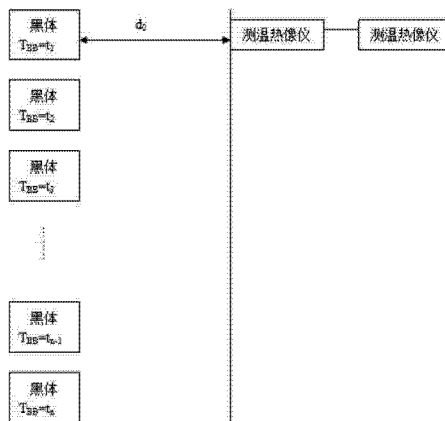
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

在线式网络测温热像仪标定方法

(57) 摘要

在线式网络测温热像仪标定方法 ;具体为一种工程化应用的热像仪测温的标定方法。本发明的在线式网络测温热像仪标定方法,其特征在于该标定方法是把影响测温型热像仪测温精度的主要因素融合到标定工艺流程中,把影响因素分解为能在实验室中通过工程测量方法分别确定的独立的参数,再根据测温理论建立标定的数学模型,由数学模型确定具体标定实施方法。本发明的在线式网络测温热像仪标定方法,把影响测温型热像仪测温精度的主要因素融合到标定工艺流程中,把影响因素分解为可在实验室中通过工程测量方法分别确定的独立的参数,再根据测温理论建立标定的数学模型,标定过程中,考虑的补偿因素接近实际应用环境,测温结果准确度高。



1. 在线式网络测温热像仪标定方法,其特征在于该标定方法是把影响测温型热像仪测温精度的主要因素融合到标定工艺流程中,把影响因素分解为能在实验室中通过工程测量方法分别确定的独立的参数,再根据测温理论建立标定的数学模型,由数学模型确定具体标定实施方法,其中影响测温型热像仪测温精度的主要因素为环境温度、距离和仪器因子,被测目标的辐射温度 T_R 的校正公式如下:

$$T_R = K \times F(H_{obj}) + \Delta T_d \text{ 或 } T_R = K \times (1+D) \times F(H_{obj}) \dots\dots\dots (1)$$

$$H_{obj} = H_{BB} + \Delta H \dots\dots\dots (2)$$

式中, T_R 为被测目标的辐射温度 ; K 为仪器因子,针对具体热像仪,则 K 为一个常数 ; D 为距离 - 误差比例因子 ; ΔT_d 为距离 - 温度误差 ; H_{obj} 为热像仪测量的被测目标的辐射温度对应的图像灰度值 ; H_{BB} 为室温下,热像仪测量的黑体目标辐射温度对应的图像灰度值 ; ΔH 为影响热像仪温度测量结果的灰度分量,具体计算式为 :

$$\Delta H = \Delta H_{环境} + \Delta H_{大气} + \dots\dots\dots (3)$$

若仅考虑环境影响时,则(2)式变换为 :

$$H_{obj} = H_{BB} + \Delta H_{环境} \dots\dots\dots (4)$$

其中,环境温度 $T_{环境}$ 变化引起热像仪灰度变化 $\Delta H_{环境}$ 的数学表达式如下 :

$$\Delta H_{环境} = \frac{\partial H_{obj}}{\partial T_{环境}} \Delta T = \frac{\partial H_{obj}}{\partial T_{环境}} (T_{室温} - T_{环境}) \dots\dots\dots (5)$$

在实际工程测量中, $\Delta H_{环境}$ 用下列公式表达 :

$$\Delta H_{环境} = H_{BB}(T_{室温}) - H_{环境}(T_{环境}) \dots\dots\dots (6)$$

其中, $H_{BB}(T_{室温})$ 为室温下热像仪测量的某一黑体温度对应的灰度值 ; $H_{环境}(T_{环境})$ 为其他温度环境下热像仪测量的与室温状态相同黑体温度对应的灰度值。

2. 如权利要求 1 所述的在线式网络测温热像仪标定方法,其特征在于所述的在线式网络测温热像仪标定方法,具体步骤为 :

(1) 首先将三个校正公式(1)、(2)和(6)存储在测温热像仪的数据处理模块中 ;

(2) 然后在实验室内完成以下五个标定步骤 :

A 在相同环境温度、固定测量距离的条件下,建立黑体辐射能量与温度的对应关系 :

$$H_{BB} = f(T_{BB}) \dots\dots\dots (7)$$

其中 : T_{BB} 为黑体温度 ; $f(T_{BB})$ 与 $F(H_{obj})$ 互为反函数 ;

B 在固定测量距离的条件下,不同环境温度时,确定热像仪对相同黑体温度的测量结果 ;

C 根据公式(1),在实验室内用黑体进行温度校准,确定 K 值 ;

D 不同距离时,确定热像仪对相同黑体温度的测量结果,计算距离 - 误差比例因子 D 或距离 - 温度误差 ΔT_d ;

E 用热像仪测温时,预先估计被测目标所处环境的温度和距离,实测目标的灰度值,根

据公式(1)计算得到目标的辐射温度,再换算成目标的实际温度,完成测试。

在线式网络测温热像仪标定方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种非接触式温度测量计量技术领域,具体为一种工程化应用的热像仪测温的标定方法。

背景技术

[0002] 热像仪测温为非接触式温度测量,具有测温范围宽,响应快,灵敏度高、空间分辨率高、不需达到与目标物体的热平衡、不影响目标的温度分布、可以检测某些不能接触或禁止接触的目标等特点。广泛应用于电力行业、微电子行业、森林火险预警、故障诊断等行业。

[0003] 根据普朗克分布定律,温度高于绝对零度的物体都产生红外辐射。热像仪测温是通过探测器接收被测目标的红外辐射,将接收的辐射能量转换为相应的电信号,对应图像灰度。通过图像处理技术将整个目标不可见的温度分布特性形成一个可视的二维图像呈现在显示器上。根据目标图像的灰度值计算得到被测目标的温度。热像仪实际测温应用前,必须经过温度标定,才能使它正确地测量出被测目标的温度场。因此,温度标定是热像仪测温的基础,是建立辐射能量与温度对应关系的过程,是测温型热像仪在设计开发过程中必须考虑的重要环节。

[0004] 传统的测温型热像仪温度标定是在热像仪出厂前,利用高精度黑体对其进行标定,找出黑体温度与图像灰度值之间的关系,并将这个关系用一个公式或查找表来描述;实际测温时,应用上述对应关系,根据目标物体的辐射能对应的灰度值得到物体的辐射温度 T_R ;对 T_R 进行换算,计算物体的真实温度。这种标定方法简单易行,但测量精度低。原因是在实际测温时,被测目标物体一般不是黑体,受到大气辐射和反射辐射的影响较大,使用热像仪进行测温还会受到各种噪声的干扰,热像仪接收的有效辐射能量不但包括被测目标自身的辐射、还有环境反射辐射和大气辐射等,这些影响因素会使物体温度与图像灰度的对应关系偏离在实验室中确定的黑体温度与图像灰度值之间的关系,严重影响热像仪的测温精度。此时,通过黑体标定关系式得到的温度值并不是目标物体的真实温度,而是黑体辐射能等于热像仪接收的总辐射能时所对应的黑体温度。

[0005] 由于热像仪测温为间接测量,测量结果受被测目标表面的发射率、反射率、环境温度、大气温度、测量距离和大气衰减等因素的影响,温度标定过程中,考虑的补偿因素越接近实际应用环境,测温结果准确度就越高。

发明内容

[0006] 本发明所要解决的就是测温型热像仪受实际环境影响大,测温精度低的问题,结合测温理论模型和温度标定原理,建立一种工程实际中实用的测温型热像仪标定数学模型。

[0007] 本发明的在线式网络测温热像仪标定方法,其特征在于该标定方法是把影响测温型热像仪测温精度的主要因素融合到标定工艺流程中,把影响因素分解为能在实验室中通过工程测量方法分别确定的独立的参数,再根据测温理论建立标定的数学模型,由数学模

型确定具体标定实施方法,其中影响测温型热像仪测温精度的主要因素为环境温度、距离和仪器因子,被测目标的辐射温度 T_R 的校正公式如下:

$$T_R = K \times F(H_{obj}) + \Delta T_d \text{ 或 } T_R = K \times (1 + D) \times F(H_{obj}) \dots\dots\dots (1)$$

$$H_{obj} = H_{BB} + \Delta H \dots\dots\dots (2)$$

式中, T_R 为被测目标的辐射温度; K 为仪器因子,针对具体热像仪,则 K 为一个常数; D 为距离-误差比例因子; ΔT_d 为距离-温度误差; H_{obj} 为热像仪测量的被测目标的辐射温度对应的图像灰度值; H_{BB} 为室温下,热像仪测量的黑体目标辐射温度对应的图像灰度值; ΔH 为影响热像仪温度测量结果的灰度分量,具体计算式为:

$$\Delta H = \Delta H_{环境} + \Delta H_{大气} + \dots\dots\dots (3)$$

若仅考虑环境影响时,则(2)式变换为:

$$H_{obj} = H_{BB} + \Delta H_{环境} \dots\dots\dots (4)$$

其中,环境温度 $T_{环境}$ 变化引起热像仪灰度变化 $\Delta H_{环境}$ 的数学表达式如下:

$$\Delta H_{环境} = \frac{\partial H_{obj}}{\partial T_{环境}} \Delta T = \frac{\partial H_{obj}}{\partial T_{环境}} (T_{室温} - T_{环境}) \dots\dots\dots (5)$$

在实际工程测量中, $\Delta H_{环境}$ 用下列公式表达:

$$\Delta H_{环境} = H_{BB}(T_{室温}) - H_{环境}(T_{环境}) \dots\dots\dots (6)$$

其中, $H_{BB}(T_{室温})$ 为室温下热像仪测量的某一黑体温度对应的灰度值; $H_{环境}(T_{环境})$ 为其他温度环境下热像仪测量的与室温状态相同黑体温度对应的灰度值。

[0008] 所述的在线式网络测温热像仪标定方法,具体步骤为:

(1) 首先将三个校正公式(1)、(2)和(6)存储在测温热像仪的数据处理模块中;

(2) 然后在实验室内完成以下五个标定步骤:

A 在相同环境温度、固定测量距离的条件下,建立黑体辐射能量与温度的对应关系:

$$H_{BB} = f(T_{BB}) \dots\dots\dots (7)$$

其中: T_{BB} 为黑体温度; $f(T_{BB})$ 与 $F(H_{obj})$ 互为反函数;

B 在固定测量距离的条件下,不同环境温度时,确定热像仪对相同黑体温度的测量结果;

C 根据公式(1),在实验室内用黑体进行温度校准,确定 K 值;

D 不同距离时,确定热像仪对相同黑体温度的测量结果,计算距离-误差比例因子 D 或距离-温度误差 ΔT_d ;

E 用热像仪测温时,预先估计被测目标所处环境的温度和距离,实测目标的灰度值,根据公式(1)计算得到目标的辐射温度,再换算成目标的实际温度,完成测试。

[0009] 本发明的在线式网络测温热像仪标定方法,把影响测温型热像仪测温精度的主要因素融合到标定工艺流程中,把影响因素分解为可在实验室中通过工程测量方法分别确定的独立的参数,再根据测温理论建立标定的数学模型,标定过程中,考虑的补偿因素接近实

际应用环境,测温结果准确度高。

附图说明

[0010] 图 1 为本发明黑体温度采集示意图。

[0011] 图 2 为本发明不同环境温度下黑体温度采集示意图。

具体实施方式

[0012] 实施例 1 :一种在线式网络测温热像仪标定方法,把影响测温型热像仪测温精度的主要因素融合到标定工艺流程中,把影响因素分解为能在实验室中通过工程测量方法分别确定的独立的参数,再根据测温理论建立标定的数学模型,由数学模型确定具体标定实施方法,其中影响测温型热像仪测温精度的主要因素为环境温度、距离和仪器因子,被测目标的辐射温度 T_R 的校正公式如下:

$$T_R = K \times F(H_{obj}) + \Delta T_d \text{ 或 } T_R = K \times (1 + D) \times F(H_{obj}) \dots\dots\dots (1)$$

$$H_{obj} = H_{BB} + \Delta H \dots\dots\dots (2)$$

式中, T_R 为被测目标的辐射温度 ;K 为仪器因子,针对具体热像仪,则 K 为一个常数 ;D 为距离 - 误差比例因子 ; ΔT_d 为距离 - 温度误差 ; H_{obj} 为热像仪测量的被测目标的辐射温度对应的图像灰度值 ; H_{BB} 为室温下,热像仪测量的黑体目标辐射温度对应的图像灰度值 ; ΔH 为影响热像仪温度测量结果的灰度分量,具体计算式为 :

$$\Delta H = \Delta H_{环境} + \Delta H_{大气} + \dots\dots\dots (3)$$

若仅考虑环境影响时,则(2)式变换为 :

$$H_{obj} = H_{BB} + \Delta H_{环境} \dots\dots\dots (4)$$

其中,环境温度 $T_{环境}$ 变化引起热像仪灰度变化 $\Delta H_{环境}$ 的数学表达式如下 :

$$\Delta H_{环境} = \frac{\partial H_{obj}}{\partial T_{环境}} \Delta T = \frac{\partial H_{obj}}{\partial T_{环境}} (T_{室温} - T_{环境}) \dots\dots\dots (5)$$

在实际工程测量中, $\Delta H_{环境}$ 用下列公式表达 :

$$\Delta H_{环境} = H_{BB}(T_{室温}) - H_{环境}(T_{环境}) \dots\dots\dots (6)$$

其中, $H_{BB}(T_{室温})$ 为室温下热像仪测量的某一黑体温度对应的灰度值 ; $H_{环境}(T_{环境})$ 为其他温度环境下热像仪测量的与室温状态相同黑体温度对应的灰度值。

[0013] 所述的在线式网络测温热像仪标定方法,具体步骤为 :

- (1) 首先将三个校正公式(1)、(2)和(6)存储在测温热像仪的数据处理模块中 ;
- (2) 然后在实验室内完成以下五个标定步骤 :

A 在相同环境温度、固定测量距离的条件下,建立黑体辐射能量与温度的对应关系 :

$$H_{BB} = f(T_{BB}) \dots\dots\dots (7)$$

其中 : T_{BB} 为黑体温度 ; $f(T_{BB})$ 与 $F(H_{obj})$ 互为反函数 ;

B 在固定测量距离的条件下,不同环境温度时,确定热像仪对相同黑体温度的测量结果;

C 根据公式(1),在实验室内用黑体进行温度校准,确定 K 值;

D 不同距离时,确定热像仪对相同黑体温度的测量结果,计算距离-误差比例因子 D 或距离-温度误差 ΔT_d ;

E 用热像仪测温时,预先估计被测目标所处环境的温度和距离,实测目标的灰度值,根据公式(1)计算得到目标的辐射温度,再换算成目标的实际温度,完成测试。

[0014] 具体过程如下:

1、采集黑体温度:

在环境温度稳定的实验场地,例如环境温度变化为 $\pm 2^\circ\text{C}$,固定测量距离 d,分别测量黑体温度为 $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n, t_{n-1}$ 时热像仪显示的测量值,得到如下测量数据表:

T_{BB}	t_1	t_2	t_3	...	t_n	t_{n-1}
热像仪采集数	a_1	a_2	a_3	...	a_n	a_{n-1}

根据测量数据,利用 Matlab 软件进行曲线拟合,得到室温下,热像仪测量的黑体目标辐射温度对应的图像灰度值 H_{BB} 与黑体温度 T_{BB} 间的计算公式(7),即: $H_{BB} = f(T_{BB})$;

2、确定环境温度对热像仪测量值的影响:

高低温箱设置不同温度,在不同环境温度下,用热像仪采集相同温度的黑体目标,记录热像仪的目标测量值和环境温度测量值,其中测量距离与步骤 1 中的距离相同,得到如下测量数据表:

$T_{环境}$	$T_{环境1}$	$T_{环境2}$	$T_{环境3}$...	$T_{环境n}$	$T_{环境n-1}$
黑体目标采集数 B	b_1	b_2	b_3	...	b_n	b_{n-1}
环境温度采集数 C	c_1	c_2	c_3	...	c_n	c_{n-1}

利用 Matlab 软件进行曲线拟合,分别得到如下公式:

环境温度与温度监测值之间的计算公式: $T_{环境} = g(C)$

和热像仪采集数与环境温度的计算公式: $H_{环境} = h(T_{环境})$;

3、确定热像仪的仪器因子:

在环境温度稳定的实验室,在测量距离与图 1 相同、黑体温度与图 2 相同的条件下,用热像仪测量高精度黑体的温度,调节计算机软件中的 K 值,至热像仪显示温度与黑体温度相同,记录 K 值;

4、确定距离标定参数:

在环境温度稳定的实验室,黑体温度与步骤 2 相同的条件下,用热像仪测量不同距离下高精度黑体的温度,记录不同距离下,热像仪的温度显示值 T_d ,得到如下记录表,并且计算温度差和距离-温度误差比例因子 D:

距离 d	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m
T_d										
ΔT_d										
D										

其中：

$$\Delta T_d = T_0 - T_d$$

$$D = \frac{\Delta T_d}{T_d}$$

根据测量数据,利用 Matlab 软件进行曲线拟合,分别得到：

不同距离 - 温度误差与距离的计算公式： $\Delta T_d = D(d)$

不同距离 - 温度误差比例因子与距离的计算公式： $D = E(d)$

将以上标定操作获得的参数存入被标定热像仪。实际使用时,预先估计被测目标所处环境的温度和距离,输入控制计算机,操作热像仪进行测温,即可获得被测目标的辐射温度。

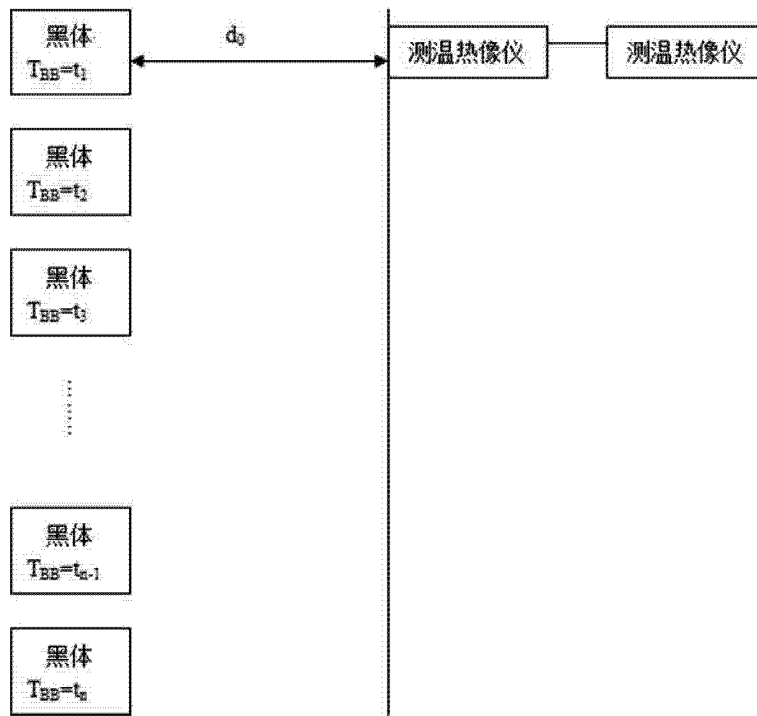


图 1

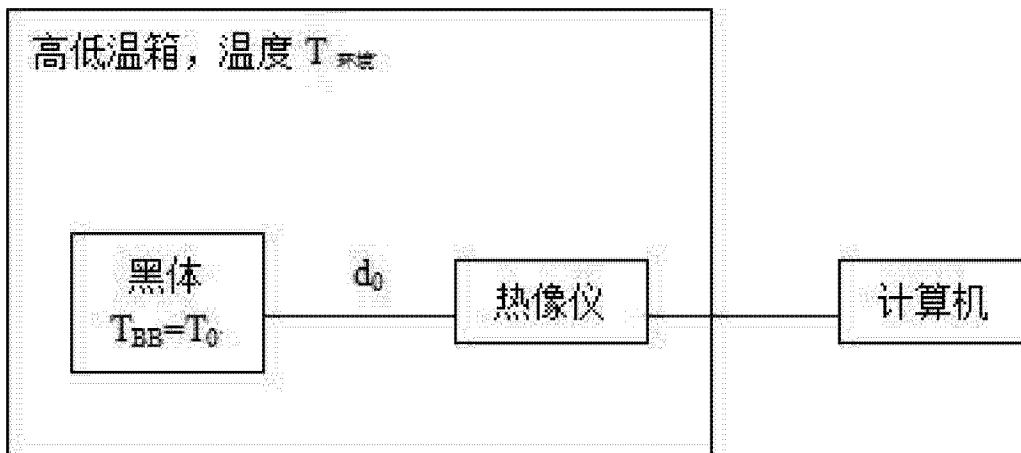


图 2