

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101936771 A

(43) 申请公布日 2011.01.05

(21) 申请号 201010241767.5

(22) 申请日 2010.08.02

(71) 申请人 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所

地址 130033 吉林省长春市东南湖大路
3888 号

(72) 发明人 许文斌 卢振武

(74) 专利代理机构 长春菁华专利商标代理事务所 22210

代理人 王立伟

(51) Int. Cl.

G01J 1/00 (2006.01)

G01J 1/04 (2006.01)

G01J 5/00 (2006.01)

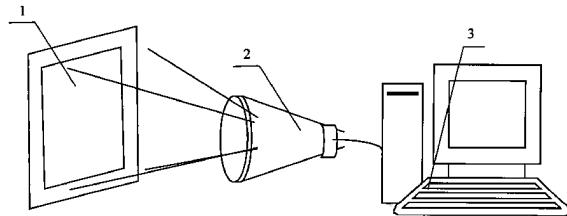
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

红外成像测温式能流密度测量装置

(57) 摘要

红外成像测温式能流密度测量装置。属于光电技术领域中红外测试设备。该装置由耐高温聚光光斑接收屏 1、红外成像系统 2、数据处理系统 3 组成。光斑接收屏 1 安置在光斑位置，红外成像系统 2 和接收屏的光谱特性是经过标准光源标定的，接收屏的热学特性亦在实验室进行提前标定，所有标定数据已存入数据处理系统 3 的软件数据库。通过数据处理系统 3 可测量聚光光斑的温度分布并计算能流密度分布。可实时测量高温聚光光斑能流密度分布或离线测量某次试验的聚光光斑能流密度分布。该装置的优点是确保仪器及操作人员安全；测量速度快、精度高；接收屏尺寸可以灵活调整，光斑能流密度测量范围无盲区。



1. 红外成像测温式能流密度测量装置,其特征在于:该装置包括耐高温聚光光斑接收屏(1)、红外成像系统(2),数据处理系统(3);

各系统的连接关系:耐高温聚光光斑接收屏(1)用于接收聚光光斑,红外成像系统(2)用红外成像镜头对耐高温聚光光斑接收屏(1)进行成像,红外成像系统(2)获取的视频图像经数据线输送到数据处理系统(3)进行处理,经数据处理系统(3)计算出被测聚光光斑的能流密度分布数据。

2. 根据权利要求1所述的红外成像测温式能流密度测量装置,其特征在于:

所述耐高温聚光光斑接收屏(1),采用耐高温材料制作,耐高温聚光光斑接收屏(1)的尺寸可以通过拼接和拆卸灵活调整,接收屏的整体口径根据被测光斑大小来确定,而且要大于被测光斑口径,单元间采用绝热材料分隔,单元尺寸根据红外成像系统最小可分辨的物方面元尺寸而定,接收屏背面采用绝热材料做背板。

3. 根据权利要求1所述的红外成像测温式能流密度测量装置,其特征在于:

所述红外成像系统(2)包括红外成像镜头和红外焦平面图像探测器,所述红外焦平面图像探测器可以是制冷型长波红外焦平面图像探测器、制冷型中波红外焦平面图像探测器、非制冷型长波红外焦平面图像探测器、非制冷型中波红外焦平面图像探测器中的任何一种。

4. 根据权利要求1所述的红外成像测温式能流密度测量装置,其特征在于:

所述数据处理系统(3),基于计算机的或基于嵌入式的数据处理系统,首先选择红外焦平面图像探测器,根据探测器参数及被测光斑大小,选择镜头参数和接收屏尺寸及接收屏基本单元尺寸,利用红外成像测温原理进行软件编程,设计红外视频图像处理软件,进行聚光光斑能流分析;

测量装置采集模块(11)采集视频数据后对数据有两种处理,如果希望采集数据供离线分析数据,可启动视频存储模块(12),保存采集到的原始红外视频数据和当前测量参数;如果进行实时测量则启动视频预处理模块(13)对采集的视频流进行预处理,如果是离线分析以往保存的数据则将视频存储模块(11)保存过的文件直接读入视频预处理模块(13)进行预处理;经过预处理的视频数据输入到红外测温主运算模块(14)结合红外测温参数数据库(15)计算出光斑温度场分布(16),再结合测量装置的系统参数(17)进行能流密度计算,最终由光斑能流密度场输出模块(18)输出被测量光斑的能留密度的测量结果。

红外成像测温式能流密度测量装置

技术领域

[0001] 本发明属于光电技术领域,涉及利用红外成像测温原理的能流密度分布测量装置,具体地说是一种红外成像测温式的太阳能聚光光斑能流分布测量装置。

背景技术

[0002] 塔式太阳能热发电站是一种已经商业化运行的大规模太阳能利用技术。塔式太阳能热发电系统由聚光镜场、塔、吸热器、传热工质、储热装置和热-电转换装置组成。聚光镜场由大量定日镜布置而成,每个定日镜通过绕双轴旋转将阳光会聚到塔顶吸热器上,由吸热器吸收太阳能并将其转化为传热媒质的热能,通过泵浦系统将传热工质传送到地面,再通过换热及发电系统进行发电。聚光镜场的聚光光斑能量分布对太阳光热能的利用有着至关重要的影响,为了电站稳定高效的连续运转,需要光斑能流分布均匀,因此必须对能流分布进行测量。由于光斑区域温度高,常规探测器无法安全工作,且位置在高空,安置和回收仪器不便,目前尚无合适的测量仪器。

发明内容

[0003] 本发明针对塔式太阳能电站的聚光光斑区域温度高,并且位于高空不便测量的特点,提供了一种红外成像测温式太阳能聚光光斑能流分布测量装置。本发明是一种便于使用、可测量各种温度范围的光斑能流分布的能流密度测量装置,解决了镜场光斑能流密度测量问题,可以同时实现能流相对分布和绝对分布测量两种功能,可适用于常温至1500℃的各种聚光光斑能流密度检测。

[0004] 本发明基于红外成像测温原理,采用红外镜头、红外焦平面图像探测器、耐高温聚光光斑接收屏、图像分析处理软件组成的红外成像测温装置,通过对特制的太阳光斑接收屏成像并进行红外成像测温分析,测量光斑能流分布。

[0005] 红外成像测温式能流密度分布测量装置的技术方案:包括耐高温聚光光斑接收屏1、红外成像系统2,数据处理系统3;

[0006] 各系统的连接关系:耐高温聚光光斑接收屏(1)用于接收聚光光斑,红外成像系统2对耐高温聚光光斑接收屏1进行成像,红外成像系统2获取的视频图像经数据线输送到数据处理系统3进行处理,经数据处理系统3计算出被测聚光光斑的能流密度分布数据。

[0007] 所述耐高温聚光光斑接收屏1,采用耐高温材料制作,接收屏尺寸可以通过拼接和拆卸灵活调整,单元间采用绝热材料分隔,单元尺寸根据红外成像系统最小可分辨的物方面元尺寸而定,接收屏背面采用绝热材料做背板;

[0008] 所述红外成像系统2包括红外成像镜头和红外焦平面图像探测器,所述红外焦平面图像探测器可以是制冷型长波红外焦平面图像探测器、制冷型中波红外焦平面图像探测器、非制冷型长波红外焦平面图像探测器、非制冷型中波红外焦平面图像探测器中的任何一种;

[0009] 所述数据处理系统3,基于计算机的或基于嵌入式的数据处理系统,首先选择红外

焦平面图像探测器,根据探测器参数及被测光斑大小,选择镜头参数和接收屏尺寸及接收屏基本单元尺寸,利用红外成像测温原理进行软件编程,设计红外视频图像处理软件,进行聚光光斑能流分析。

[0010] 红外镜头和红外焦平面图像探测器一起构成红外成像系统 2,特制的耐高温聚光光斑接收屏 1(以下简称“接收屏”)安置于塔式电站吸热器腔口,红外成像系统和接收屏的光谱特性是经过标准光源标定的,通过对光斑照射下的接收屏的红外图像进行分析求解出接收屏上的能流分布。

[0011] 本发明所设计的接收屏为热学特性一致的矩形小片耐高温导热材料单元拼接而成,各单元间采用耐高温绝热材料分隔,接收屏的整体口径 D 根据被测光斑大小来确定,但要大于被测光斑口径,根据被测光斑面积不同,接收屏的大小可以通过增减单元数来调整。

[0012] 测量装置关键结构参数确定方法如下:

[0013] 耐高温聚光光斑接收屏的面积要大于被测聚光光斑面积,以保证能接受全部被测聚光光斑,若被测聚光光斑最大外接圆直径为 d_{facula} ,耐高温聚光光斑接收屏的内接圆直径 d_{screen} 应满足 $d_{screen} > d_{facula}$,因此最终确定的聚光光斑接收屏口径 D 应满足 $D > d_{screen}$ 。测量距离由实际现场情况而定,与本发明无关,但影响到本装置的参数选取,假设距离为 d,则由聚光光斑接收屏口径 D 和 d 共同决定了测量装置中红外成像系统视的场角 ω 应满足 $\omega > \frac{D}{d}$, ω 的单位以弧度计算。红外焦平面探测器的探测面一般为矩形,短边尺寸 l,红外镜头焦距 f 应满足公式 $\frac{l}{f} \geq \omega$,以上结构参数将保证可摄取全部接收屏的图像。假设选择的红外焦平面探测器像元为尺寸 $P_x \times P_y$ 的矩形,根据已经确定的结构参数 f 和测量距离 d,可以由公式 $P_{sx} < \frac{P_x \cdot d}{f}$ 和 $P_{sy} < \frac{P_y \cdot d}{f}$ 确定耐高温聚光光斑接收屏的单元尺寸 P_{sx} ,和 P_{sy} 。

[0014] 接收屏上各单元吸收光热能后温度会升高,以红外成像系统在很短的时间间隔 Δt 前后分别拍摄两幅,亦可提取红外视频图像中间隔 Δt 的两帧图像。通过红外成像探测器获取的红外图像的灰度与目标温度之间存在对应关系,即可以通过红外成像进行测温。

[0015] 根据红外测温原理,像点灰度 Vs 与目标温度之间关系为:

$$V_s = K \{ \tau_a [\epsilon f(T_0) + (1 - \epsilon) f(T_u)] + (1 - \tau_a) f(T_a) \}$$

[0017] 其中 K 为红外光学系统常数, τ_a 为大气透过率, ϵ 为被测物表面发射率, T_0 为被测物体表面温度, T_u 为环境温度, T_a 为大气温度, $f(T)$ 表示 T 温度下物体辐射出的能量。

[0018] 根据普朗克定律及系统参数, $f(T) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{R_\lambda C_1}{\pi \lambda^5} [\exp(\frac{C_2}{\lambda T}) - 1]^{-1} d\lambda$,

[0019] C_1, C_2 分别为普朗克第一常数和第二常数、 R_λ 为系统响应参数。

[0020] 根据以上 V_s 和 $f(T)$ 的表达式,其中未知数仅为被测物温度,可以解得被测物体红外图像上各点温度值。通过以上红外成像测温方法,我们可测得接收屏上各点间隔 Δt 时间的两个温度分布图,两个温度分布逐点做差,可得到 Δt 时间内的接收屏上温度变化图 $\Delta T(x, y)$, x, y 代表屏上位置。而接收屏的比热容和单位面积的质量均为已知的系统参数,根据 $\Delta Q = C \cdot \Delta m \cdot \Delta T$,其中 ΔQ 是吸收的热量, C 为材料比热容, Δm 为材料质量,可以计算出屏上各点在 Δt 时间间隔内获得的 ΔQ ,即各点吸收的热量,根据屏的吸收率 α ,

可以计算出相应点接收到的光热能 $\Delta E = \frac{\Delta Q}{\alpha}$ 。根据已经获得的 Δt 时间内的温度变化图

$\Delta T(x, y)$ 、 ΔQ 和 ΔE , 可得到 Δt 时间内接收屏上光热能分布 $E(x, y)$, 结合红外探测器各像元对应的接收屏面积 ΔM , 最终计算出聚光光斑光场内的能流密度 $J(x, y) = \frac{E(x, y)}{\Delta M \cdot \Delta t}$ 。

[0021] 本系统中, 各系统参数 K 、 ϵ 、 R_λ 、 C 、 Δm 、 α 、 Δt 均在实验室进行精确标定, 大气透过率 τ_a 可通过《红外辐射在大气中的透过率手册》等工具书籍获取并将常用数据存入计算数据库, 环境温度 T_u 和大气温度 T_a 采用现场实时自动测量获取, 并且由于被测现场为室外开阔场地环境温度等于大气温, 即 $T_u = T_a$, 仅需采用温度传感器测量当地实时气温即可, 系统测量误差小于 5%。

[0022] 本发明具有的优点是:

[0023] 1、可对高温光场内能量分布进行非接触式测量, 仅耐高温光斑接收屏置于被测高温光场内, 高温光场内无易损元件, 能确保仪器及操作人员安全。

[0024] 2、利用红外成像测温技术, 测量快速、精度高; 接收屏尺寸可以通过拼接和拆卸灵活调整, 以适应不同大小的光斑尺寸。

[0025] 3、最大的优点是在所设计的仪器系统可以精确测得聚光光斑范围内各点的相对和绝对能流密度, 测量范围内无盲点, 且不受被测光斑光场温度限制, 可应用于各种太阳能聚光光斑的分析需求。克服了现有光斑能流密度测量设备测量存在盲区、对分布变化剧烈的能流测量无效且传感器不耐高温等缺陷。

附图说明

[0026] 图 1 为红外成像测温式能流密度测量装置的示意图。图中, 1 为耐高温聚光光斑接收屏, 2 为红外成像系统, 3 为数据处理系统。

[0027] 图 2 具体实施方式实例的红外光学系统结构图, 图中 4 为透镜①, 5 为透镜②, 6 为红外成像探测器的保护窗口, 7 为红外成像探测器探测面, 8 为 0° 视场光线, 9 为 3° 视场光线, 10 为 4.5° 视场光线。

[0028] 图 3 具体实施方式实例的耐高温光斑接收屏结构示意图

[0029] 图 4 具体实施方式实例的软件功能框图, 其中 11 为视频采集模块, 12 为视频存储模块, 13 为视频预处理模块, 14 为红外测温主运算模块, 15 为红外测温参数数据库模块, 16 为光斑温度场分布模块, 17 为系统参数模块, 18 为光斑的能流密度场输出模块。

具体实施方式

[0030] 下面结合附图和实例对本发明的工作过程做进一步说明。

[0031] 在本实例中首先选择核心器件非制冷长波红外成像探测器, 分辨率 320×240 像元, 探测器面阵大小 $12.16\text{mm} \times 9.12\text{mm}$, 工作波段 $8-12\mu\text{m}$ 。

[0032] 设计红外光学系统, 视场角 9° 、焦距 90mm 、相对孔径 $1:1$, 结构图如附图 2 所示, 光学材料为锗。

[0033] 根据发明内容所述系统结构参数关系计算, 该光学系统可测量 115m 处的边长 $11.5\text{m} \times 15.4\text{m}$ 的矩形接收屏, 接收屏设计成由 $50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 正方形耐高温陶瓷单元拼接而

成,接收屏背面为绝热材料,且单元间由绝热材料分隔,测量时接收屏悬挂于光斑位置。接收屏结构如附图 3 所示。

[0034] 非制冷长波红外成像探测器输出视频图像经采集卡输入计算机,通过为能流密度测量编写的专用图像分析软件进行视频图像分析。获取视频流中任意 Δt 时间两帧图像的温度场分布,用于计算光斑能流密度,这里 Δt 取为图像帧周期的整数倍,便于计算且利用了视频周期计时,相比于外置时钟设备更加准确。通过按照发明内容所述理论公式及系统标定参数计算获得两帧图像间的能流分布数据图表,该数据处理系统可实时测量亦可存储视频供脱机分析数据。

[0035] 软件功能框图如附图 4 所示。测量装置采集模块 11 采集视频数据后对数据有两种处理,如果希望采集数据供离线分析数据,可启动视频存储模块 12,保存采集到的原始红外视频数据和当前测量参数,如果进行实时测量则启动视频预处理模块 13 对采集的视频流进行预处理,如果是离线分析以往保存的数据则将视频存储模块 11 保存过的文件直接读入视频预处理模块 13 进行预处理。经过与处理的视频数据输入到红外测温主运算模块 14 结合红外测温参数数据库 15 计算出光斑温度场分布 16,再结合测量装置的系统参数 17 进行能流密度计算,最终由光斑能流密度场输出模块 18 输出被测量光斑的能留密度的测量结果。

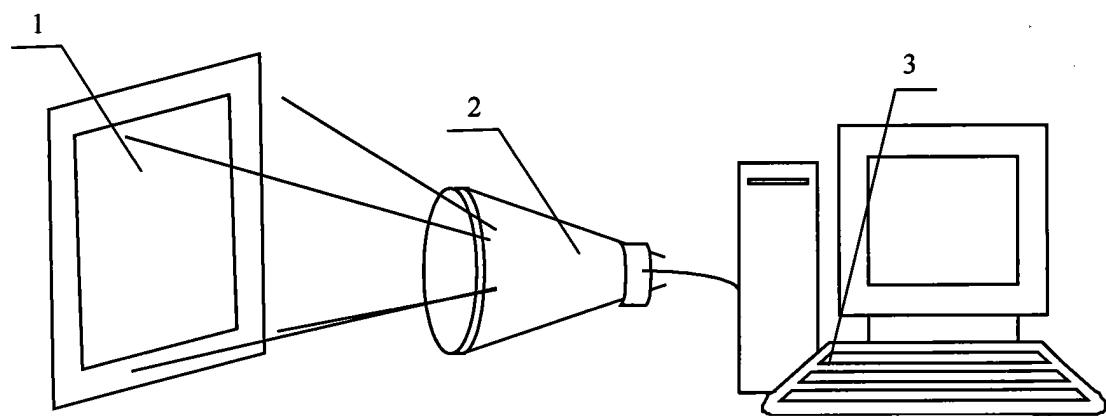


图 1

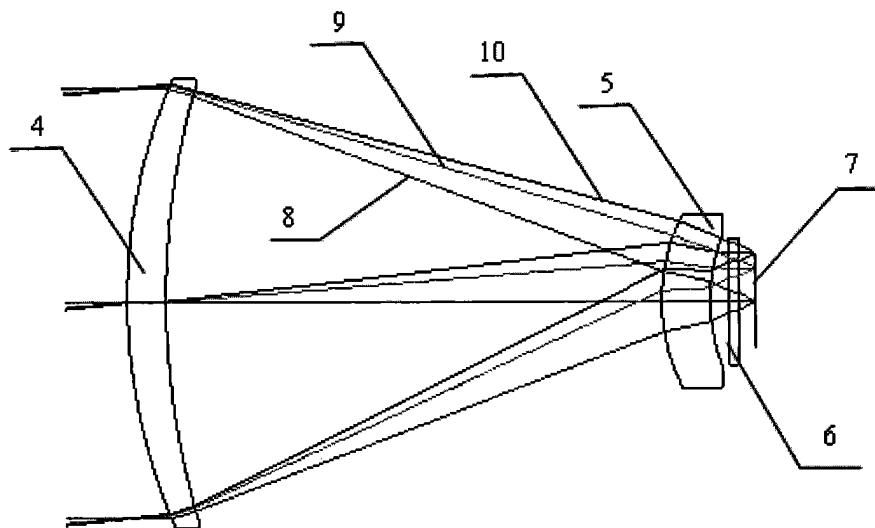


图 2

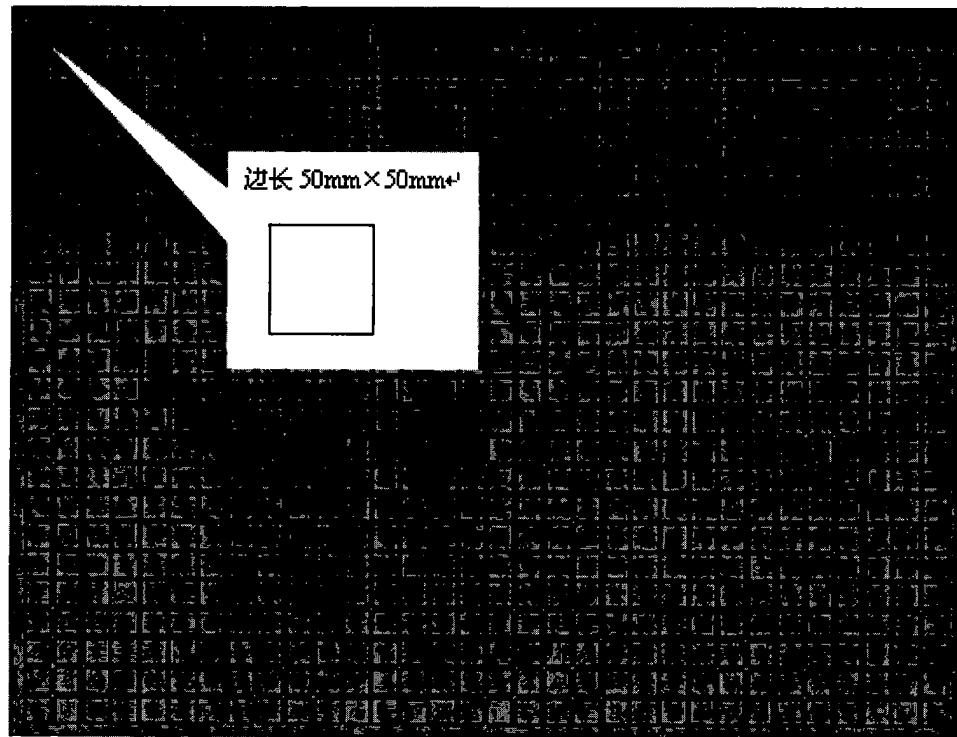


图 3

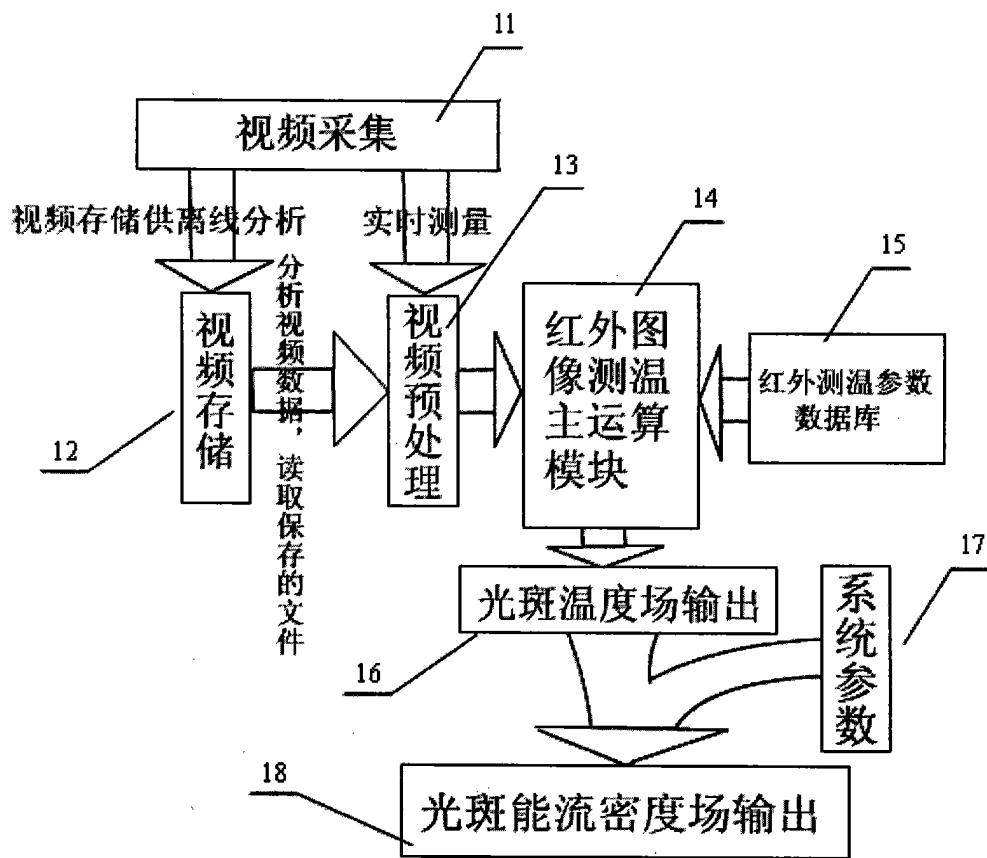


图 4