



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110840416 A

(43)申请公布日 2020.02.28

(21)申请号 201911059878.1

(22)申请日 2019.11.01

(71)申请人 江苏大学

地址 212013 江苏省镇江市京口区学府路  
301号

(72)发明人 李永华 张西良 李伯全 张世庆  
郝秀春

(51)Int.Cl.

A61B 5/01(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

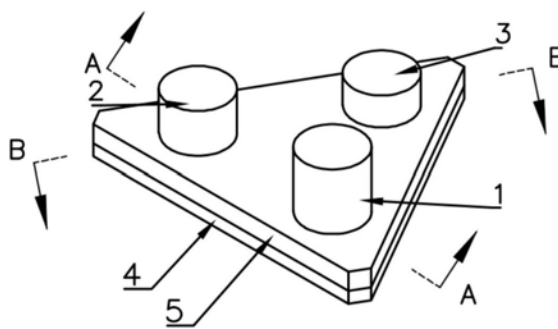
权利要求书2页 说明书10页 附图4页

(54)发明名称

一种无创人体核心温度检测探头及方法

(57)摘要

本发明提供一种无创人体核心温度检测探头及方法,包括探头导热层、至少三个高度不同的传热单元和控制单元;通过设置传热单元和加热器,依据加热处理,加快热平衡的建立,提高人体核心温度检测快速性;通过使用基于最小梯度算法的自适应滤波器提高检测装置抵抗环境因素干扰的能力;通过人体核心温度检测探头中至少三个传热单元组合补偿处理由于人体横向热流不均匀所导致的测量误差,提高其检测准确性。



1. 一种无创人体核心温度检测探头,其特征在于,包括探头导热层(4)、至少三个高度不同的传热单元和控制单元;

所述传热单元设置在探头导热层(4)的一面;

所述传热单元包括腔体、温度传感器和加热器;所述腔体高度方向的两端面分别设有温度传感器,温度传感器之间设有加热器;腔体内填充导热材料(9);

所述控制单元分别与温度传感器和加热器连接。

2. 根据权利要求1所述的无创人体核心温度检测探头,其特征在于,所述腔体高度方向与探头导热层(4)连接的端面称为第一端面,另一端面称为第二端面;所述第一端面的温度传感器用于测量人体表面温度,第二端面的温度传感器用于测量环境的温度。

3. 根据权利要求1所述的无创人体核心温度检测探头,其特征在于,所述探头导热层(4)和传热单元的腔体外表面设有探头绝热层(5)。

4. 根据权利要求1所述的无创人体核心温度检测探头,其特征在于,所述腔体为管状柱体。

5. 根据权利要求1所述的无创人体核心温度检测探头,其特征在于,所述温度传感器位于所在端面的几何中心位置;所述加热器位于腔体的几何中心位置。

6. 根据权利要求1所述的无创人体核心温度检测探头,其特征在于,所述温度传感器为NTC热敏电阻型传感器。

7. 根据权利要求1-6任意一项所述的无创人体核心温度检测探头检测方法,其特征在于,包括以下步骤:

温度采集:所述传热单元通过温度传感器获取腔体高度方向两端面的人体表面温度和环境温度信息,并传递给控制单元;

快速建立探头导热层(4)热平衡后的温度场:控制单元计算两端面的温度差,并将温度差与预设值进行对比,当温度差低于预设值时,控制单元控制加热器对每个传热单元进行加热,当温度差达到预设值时,控制加热器停止加热;

滤除环境干扰因素:将每个温度传感器测得的温度导入控制单元中基于最小梯度算法的自适应滤波器,滤除环境干扰因素;

初步估算人体核心温度:基于双通道热流模型,估算出传热单元测得的初步的人体核心温度;

获得最终的人体核心温度:把获得的初步的人体核心温度采用均值法组合经验补偿值补偿处理人体横向热流不均匀所导致的测量误差,从而获得最终的人体核心温度。

8. 根据权利要求7所述的无创人体核心温度检测探头检测方法,其特征在于,所述滤除环境干扰因素的步骤中基于最小梯度算法的自适应滤波器用以下公式表示:

$$K_i = \frac{T_{mi} - T_{ni}}{\Delta t} = \frac{\Delta T_{mi-ni}}{\Delta t}, i = 1, 2, 3, \dots \quad \text{式一}$$

$K_i$ 表示对应的第*i*个温度传感器在传热单元端面上一定时间段的温度变化梯度,

$T_{mi}$ 表示对应的第*i*个温度传感器在传热单元到达稳态后*m*时刻的温度值,

$T_{ni}$ 表示对应的第*i*个温度传感器在传热单元到达稳态后*n*时刻的温度值,

$\Delta t$ 表示*m*时刻与*n*时刻的时间间隔,

$\Delta T_{mi-ni}$ 表示*m*时刻与*n*时刻的时间间隔段内第*i*个温度传感器的温度变化值。

9. 根据权利要求7所述的无创人体核心温度检测探头检测方法, 其特征在于, 所述初步估算人体核心温度的步骤中基于双通道热流模型获取初步的人体核心温度公式如下:

$$T_{coren} = T_a + \frac{(T_a - T_b)(T_a - T_c)}{K(T_c - T_d) - (T_a - T_b)}, K = \frac{H_1}{H_2}, n = 1, 2, 3 \dots \quad \text{式二}$$

式二适用于温度检测探头任意两传热单元进行初步的人体核心温度获取,

$T_{coren}$ 表示第n个初步人体核心温度,  $n=1, 2, 3 \dots$ ;

$T_a$ 表示检测探头任意两传热单元中的一个传热单元对应的第一端面的温度传感器所获取的温度值,  $T_b$ 表示该传热单元第二端面的温度传感器所获取的温度值;

$T_c$ 表示探头任意两传热单元中的另一个传热单元对应的第一端面的温度传感器所获取的温度值,  $T_d$ 表示另一个传热单元第二端面的温度传感器所获取的温度值;

$H_1$ 表示任意两传热单元中的一个传热单元对应的第一端面和第二端面之间的高度值,  $H_2$ 表示另一个传热单元对应的第一端面和第二端面之间的高度值;

$K$ 表示两传热单元端面间高度的比值。

10. 根据权利要求9所述的无创人体核心温度检测探头检测方法, 其特征在于, 所述获得最终的人体核心温度的步骤具体为:

将获得的初步的人体核心温度测量值求平均值和经验补偿值相加作为最终的人体核心温度, 具体公式如下:

$$T_{core0} = \frac{1}{n}(T_{core1} + T_{core2} + \dots + T_{coren}) + \Delta X, n = 1, 2, 3 \dots \quad \text{公式三}$$

式中,  $T_{core0}$ 表示最终的人体核心温度,

$T_{coren}$ 表示第n个初步人体核心温度,  $n$ 可以取值1、2、3...

$\Delta X$ 表示经验补偿温度值。

## 一种无创人体核心温度检测探头及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于医疗生理信号检测仪器和设备领域,具体涉及一种无创人体核心温度检测探头及方法。

### 背景技术

[0002] 随着时代的发展和技术的进步,医疗器械领域也取得了长足的进步。在医疗过程中有时需要长期监测体温变化来反映人的身体健康状况。体温包括体表温度和人体核心温度,其中,人体核心温度更能正确地反应出人体的健康状况,更加受到医护人员的关注。

[0003] 依据对人体有无创伤性,可将人体核心温度的检测方法分为有创性检测与无创性检测。有创性核心温度检测需要将检测探头插入人体被测部位,从而测得人体某一器官或组织的温度,这种侵入式的测量方式的优点是测量精度高但是会给被测者带来不适感,甚至会增高被测者的感染风险,而且必须在医护人员的指导帮助下进行,检测过程麻烦,费用比较高,不适用于人体核心温度的长期连续检测与监视,另外,人体一些特殊部位的核心温度,如脑部核心温度则完全不适用于这种侵入式的检测方法。

[0004] 无创性核心温度的检测主要有特殊部位近似替代法和基于热流模型的估测法。特殊部位替代法主要是采用接触和非接触的方法检测人体最接近核心温度区域的部位温度,来测量温度,比如:检测耳蜗处测量鼓膜温度,将其近似视为脑部核心温度。该方法获取核心温度易受耳垢结构、大小、周围组织物等因素影响,且其测量位置也不适合长期的体温检测。

[0005] 基于热流模型的估测法是建立在热力学基础上的一种核心温度检测方法。如美国专利文献US 5816706公开了一种测量人体核心温度的装置,该装置有两个热传导比例已知的传热单元。每个传热单元有两个端面,一个端面与被测人体皮肤表面接触,另一个端面与周围环境接触,每个端面配置一个温度检测的热敏元件。根据热敏元件分别检测到两个传热单元每个端面的温度,然后通过对两个耦合方程的方程组进行求解来估算确定人体的核心温度。

[0006] 这种测量装置优点是:能够实现无创检测人体核心温度,并且消除了不同测量对象热阻不同对测量结果的影响,但是目前仍然存在如下一些缺点:首先这种测量装置的人体温度场平衡建立,完全依靠人体体温热传导来达到,获取人体温度的时间较长,需要20min以上才能够获取到人体较准确的温度;其次该装置的抗干扰能力较差,当环境因素如,温度、风速等发生不规律变化时,会打破传热单元原有的热稳态,从而引起人体核心温度测量准确度降低;另外,当检测如人体额头一般弧面部位时,只采用两个传热单元无法克服人体横向热流不均匀对检测的影响,导致检测误差加大。

### 发明内容

[0007] 针对上述问题,本发明的目的是提供了一种无创人体核心温度检测探头及方法。通过设置传热单元和加热器,依据加热处理,加快热平衡的建立,提高人脑前额处人体核心

温度检测快速性;通过使用基于最小梯度算法的自适应滤波器提高检测装置抵抗环境因素干扰的能力;通过人体核心温度检测探头中至少三个传热单元组合补偿处理由于人体横向热流不均匀所导致的测量误差,提高其检测准确性。

[0008] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:一种无创人体核心温度检测探头,包括探头导热层、至少三个高度不同的传热单元和控制单元;

[0009] 所述传热单元设置在探头导热层的一面;

[0010] 所述传热单元包括腔体、温度传感器和加热器;所述腔体高度方向的两端面分别设有温度传感器,温度传感器之间设有加热器;腔体内填充导热材料;

[0011] 所述控制单元分别与温度传感器和加热器连接。

[0012] 上述方案中,所述腔体高度方向与探头导热层连接的端面称为第一端面,另一端面称为第二端面;所述第一端面的温度传感器用于测量人体表面温度,第二端面的温度传感器用于测量环境的温度。

[0013] 上述方案中,所述探头导热层和传热单元的腔体外表面设有探头绝热层。

[0014] 上述方案中,所述腔体为管状柱体。

[0015] 上述方案中,所述温度传感器位于所在端面的几何中心位置;所述加热器位于腔体的几何中心位置。

[0016] 上述方案中,所述温度传感器为NTC热敏电阻型传感器。

[0017] 根据所述的无创人体核心温度检测探头检测方法,包括以下步骤:

[0018] 温度采集:所述传热单元通过温度传感器获取腔体高度方向两端面的人体表面温度和环境温度信息,并传递给控制单元;

[0019] 快速建立探头导热层热平衡后的温度场:控制单元计算两端面的温度差,并将温度差与预设值进行对比,当温度差低于预设值时,控制单元控制加热器对每个传热单元进行加热,当温度差达到预设值时,控制加热器停止加热;

[0020] 滤除环境干扰因素:将每个温度传感器测得的温度导入控制单元中基于最小梯度算法的自适应滤波器,滤除环境干扰因素;

[0021] 初步估算人体核心温度:基于双通道热流模型,估算出传热单元测得的初步的人体核心温度;

[0022] 获得最终的人体核心温度:把获得的初步的人体核心温度采用均值法组合经验补偿值补偿处理人体横向热流不均匀所导致的测量误差,从而获得最终的人体核心温度。

[0023] 上述方案中,所述滤除环境干扰因素的步骤中基于最小梯度算法的自适应滤波器用以下公式表示:

$$[0024] \quad K_i = \frac{T_{mi} - T_{ni}}{\Delta t} = \frac{\Delta T_{mi-ni}}{\Delta t}, i = 1, 2, 3 \dots \quad \text{式一}$$

[0025]  $K_i$ 表示对应的第*i*个温度传感器在传热单元端面上一定时间段的温度变化梯度,

[0026]  $T_{mi}$ 表示对应的第*i*个温度传感器在传热单元到达稳态后*m*时刻的温度值,

[0027]  $T_{ni}$ 表示对应的第*i*个温度传感器在传热单元到达稳态后*n*时刻的温度值,

[0028]  $\Delta t$ 表示*m*时刻与*n*时刻的时间间隔,

[0029]  $\Delta T_{mi-ni}$ 表示*m*时刻与*n*时刻的时间间隔段内第*i*个温度传感器的温度变化值。

[0030] 上述方案中,所述初步估算人体核心温度的步骤中基于双通道热流模型获取初步

的人体核心温度公式如下：

$$[0031] \quad T_{coren} = T_a + \frac{(T_a - T_b)(T_a - T_c)}{K(T_c - T_d) - (T_a - T_b)}, K = \frac{H_1}{H_2}, n = 1, 2, 3, \dots \quad \text{式二}$$

[0032] 式二适用于温度检测探头任意两传热单元进行初步的人体核心温度获取，

[0033]  $T_{coren}$ 表示第n个初步人体核心温度， $n=1, 2, 3, \dots$ ；

[0034]  $T_a$ 表示检测探头任意两传热单元中的一个传热单元对应的第一端面的温度传感器所获取的温度值， $T_b$ 表示该传热单元第二端面的温度传感器所获取的温度值；

[0035]  $T_c$ 表示探头任意两传热单元中的另一个传热单元对应的第一端面的温度传感器所获取的温度值， $T_d$ 表示另一个传热单元第二端面的温度传感器所获取的温度值；

[0036]  $H_1$ 表示任意两传热单元中的一个传热单元对应的第一端面和第二端面之间的高度值， $H_2$ 表示另一个传热单元对应的第一端面和第二端面之间的高度值；

[0037]  $K$ 表示两传热单元端面间高度的比值。

[0038] 上述方案中，所述获得最终的人体核心温度的步骤具体为：

[0039] 将获得的初步的人体核心温度测量值求平均值和经验补偿值相加作为最终的人体核心温度，具体公式如下：

$$[0040] \quad T_{core0} = \frac{1}{n}(T_{core1} + T_{core2} + \dots + T_{coren}) + \Delta X, n = 1, 2, 3, \dots \quad \text{公式三}$$

[0041] 式中， $T_{core0}$ 表示最终的人体核心温度，

[0042]  $T_{coren}$ 表示第n个初步人体核心温度， $n$ 可以取值1、2、3、…，

[0043]  $\Delta X$ 表示经验补偿温度值。

[0044] 与现有技术相比，本发明的有益效果是：

[0045] 1. 本发明提供的无创人体核心温度检测探头内置了加热器，通过加热器对传热单元加热处理，加快建立探头和人体前额之间的热平衡。探头中的导热材料和导热层辅助促进了探头和人体前额之间热平衡的建立。

[0046] 2. 本发明提供的无创人体核心温度检测探头包括至少三个传热单元，可以通过均值法组合补偿处理人体横向热流不均匀所导致的测量误差，提高人体核心温度测量的准确性。

[0047] 3. 传热单元为柱体，且有一定的高度，在传热单元不同高度的横向同样存在热损耗现象，会影响检测探头测温的精确度，采用绝热材料构成的绝热层包裹可以有效减少在传热单元不同高度的横向上的热损耗，并且隔绝了第一传热单元、第二传热单元和第三传热单元之间温度的对流而导致的测量精度降低。

[0048] 4. 使用基于最小梯度算法所组成的环境自适应滤波器，可以有效的消除环境因素对人体核心温度测量准确性的影响。

## 附图说明

[0049] 本发明的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解，其中：

[0050] 图1本发明所述的人体核心温度检测探头的一种实施例的外观示意图；

- [0051] 图2为图1的A-A剖视图；
- [0052] 图3为图1的B-B剖视图逆时针旋转60度后的示意图；
- [0053] 图4为本发明所述的第一传热单元和第二传热单元的热通量示意图；
- [0054] 图5为本发明所述的第一传热单元和第三传热单元的热通量示意图；
- [0055] 图6为本发明所述的第二传热单元和第三传热单元的热通量示意图；
- [0056] 图7为本发明所述的人体核心温度获取方法实施的流程图。
- [0057] 图8为本发明所述的传热单元温度变化曲线图。
- [0058] 图9为本发明所述使用基于最小梯度算法的滤波器前后的最终温度获取效果对比图。
- [0059] 图中,1.第一传热单元;2.第二传热单元;3.第三传热单元;L1为第一传热单元的中心轴线;L2为第二传热单元的中心轴线;L3为第三传热单元的中心轴线;1a.第一温度传感器;1b.第二温度传感器;1c.第一加热器;2a.第三温度传感器;2b.第四温度传感器;2c.第二加热器;3a.第五温度传感器;3b.第六温度传感器;3c.第三加热器;4.探头导热层;5.绝热层;6.第一管状柱体;7.第二管状柱体;8.第三管状柱体;9.导热材料;10.人体皮肤和皮下组织;11.由人体核心区传到皮肤表面的热流;12.由皮肤表面传热至第一传热单元的热流;13.由皮肤表面传热至第二传热单元的热流;14.皮肤表面传热至第三传热单元的热流。

### 具体实施方式

[0060] 下面详细描述本发明的实施例,所述实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,旨在用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。

[0061] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“轴向”、“径向”、“竖直”、“水平”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本发明的描述中,“多个”的含义是两个或两个以上,除非另有明确具体的限定。

[0062] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0063] 本发明所述无创人体核心温度检测探头包括探头导热层4、至少三个高度不同的传热单元和控制单元;所述传热单元设置在探头导热层4的一面;探头导热层4的另一端用于与人体表面直接接触;所述传热单元包括腔体、温度传感器和加热器;所述腔体高度方向的两端面分别设有温度传感器,温度传感器之间设有内置的加热器;腔体内填充导热材料

9;所述控制单元分别与温度传感器和加热器连接。

[0064] 所述腔体高度方向与探头导热层4连接的端面称为第一端面,另一端面称为第二端面;所述第一端面的温度传感器用于测量人体表面温度,第二端面的温度传感器用于测量环境的温度。本发明通过加热器对传热单元加热处理,加快建立探头导热层4和人体前额之间的热平衡;探头中的导热材料9和导热层辅助促进了探头和人体前额之间热平衡的建立。

[0065] 优选的,所述探头导热层4和传热单元的腔体外表面设有探头绝热层5。

[0066] 优选的,所述腔体为管状柱体。

[0067] 优选的,所述温度传感器位于所在端面的几何中心位置;所述加热器位于腔体的几何中心位置。

[0068] 优选的,所述温度传感器为NTC热敏电阻型传感器。

[0069] 一种根据所述的无创人体核心温度检测探头的温度检测方法,包括以下步骤:

[0070] 温度采集:至少三个所述传热单元通过温度传感器获取腔体高度方向两端面的人体表面温度和环境温度信息,并传递给控制单元;

[0071] 快速建立探头导热层4热平衡后的温度场:控制单元计算两端面的温度差,并将温度差与预设值进行对比,当温度差低于预设值时,控制单元控制加热器对每个传热单元进行加热,当温度差达到预设值时,控制加热器停止加热;

[0072] 滤除环境干扰因素:将每个温度传感器测得的温度导入控制单元中基于最小梯度算法的自适应滤波器,滤除环境干扰因素;

[0073] 初步估算人体核心温度:基于双通道热流模型,估算出至少三个传热单元测得的初步的人体核心温度;

[0074] 获得最终的人体核心温度:把获得的至少三个初步的人体核心温度采用均值法组合经验补偿值补偿处理人体横向热流不均匀所导致的测量误差,从而获得最终的人体核心温度。

[0075] 所述滤除环境干扰因素的步骤中基于最小梯度算法的自适应滤波器用以下公式表示:

$$[0076] \quad K_i = \frac{T_{mi} - T_{ni}}{\Delta t} = \frac{\Delta T_{mi-ni}}{\Delta t}, i = 1, 2, 3 \dots \quad \text{式一}$$

[0077]  $K_i$ 表示对应的第*i*个温度传感器在传热单元端面上一定时间段的温度变化梯度,

[0078]  $T_{mi}$ 表示对应的第*i*个温度传感器在传热单元到达稳态后*m*时刻的温度值,

[0079]  $T_{ni}$ 表示对应的第*i*个温度传感器在传热单元到达稳态后*n*时刻的温度值,

[0080]  $\Delta t$ 表示*m*时刻与*n*时刻的时间间隔,

[0081]  $\Delta T_{mi-ni}$ 表示*m*时刻与*n*时刻的时间间隔段内第*i*个温度传感器的温度变化值。

[0082] 使用基于最小梯度算法所组成的环境自适应滤波器,可以有效的消除环境因素对人体核心温度测量准确性的影响。

[0083] 所述初步估算人体核心温度的步骤中基于双通道热流模型获取初步的人体核心温度公式如下:

$$[0084] \quad T_{coren} = T_a + \frac{(T_a - T_b)(T_a - T_c)}{K(T_c - T_d) - (T_a - T_b)}, K = \frac{H_1}{H_2}, n = 1, 2, 3 \dots \quad \text{式二}$$

[0085] 式二适用于温度检测探头任意两传热单元进行人体核心温度的获取，

[0086]  $T_{coren}$ 表示第n个初步人体核心温度，n可以取值1、2、3…。

[0087]  $T_a$ 表示检测探头任意两传热单元中的一个传热单元对应的第一端面的温度传感器所获取的温度值， $T_b$ 表示该传热单元第二端面的温度传感器所获取的温度值；

[0088]  $T_c$ 表示探头任意两传热单元中的另一个传热单元对应的第一端面的温度传感器所获取的温度值， $T_d$ 表示探头任意两传热单元中的另一个传热单元对应的第二端面的温度传感器所获取的温度值；

[0089]  $H_1$ 表示上述获取温度值的检测探头任意两传热单元中的一个传热单元对应的第一端面和第二端面之间的高度值， $H_2$ 表示上述获取温度值的检测探头任意两传热单元中的另一个传热单元对应的第一端面和第二端面之间的高度值；

[0090]  $K$ 表示上述获取温度值的检测探头两传热单元端面间高度的比值。

[0091] 所述获得最终的人体核心温度的步骤具体为：

[0092] 将获得的至少三个初步的人体核心温度测量值求平均值和经验补偿值相加作为最终的人体核心温度，具体公式如下：

$$[0093] \quad T_{core0} = \frac{1}{n}(T_{core1} + T_{core2} + \dots + T_{coren}) + \Delta X, n = 1, 2, 3, \dots \quad \text{公式三}$$

[0094] 式中， $T_{core0}$ 表示最终的人体核心温度，

[0095]  $T_{coren}$ 表示第n个初步人体核心温度，n可以取值1、2、3…，

[0096]  $\Delta X$ 表示经验补偿温度值。

[0097] 图1所示为本发明所述无创人体核心温度检测探头的一种较佳实施方式，用于测量人脑前额处人体核心温度，所述无创人体核心温度检测探头包括三个高度不同的传热单元，三个传热单元分别处于正三角形的顶点，包括第一传热单元1、第二传热单元2和第三传热单元3。在探头导热层4安装三个传热单元后的外表面和传热单元外表面，覆盖探头绝热层5。优选的，所述腔体为不锈钢管状柱体，三个传热单元具有不同高度的腔体，在传热单元不同高度的横向同样存在热损耗现象，会影响检测探头测温的精确度，采用绝热材料构成的绝热层包裹可以有效减少在传热单元不同高度的横向上的热损耗，并且隔绝了第一传热单元、第二传热单元和第三传热单元之间温度的对流而导致的测量精度降低。

[0098] 所述探头导热层4与人体皮肤接触，优选为边长50mm、厚度3mm的正三角形，由有一定的粘弹性、疏水性、无毒的材料聚二甲基硅氧烷PDMS制成，材料的导热系数可为0.15 (25℃, W/m·k)；

[0099] 所述的探头绝热层5优选为厚度3mm聚氨酯材料，材料的导热系数可为0.02 (25℃, W/m·k)。

[0100] 所述三个传热单元中心轴线优选为边长为25mm的正三角形分布，是三个高度不等的不锈钢管状柱体，传热单元与探头导热层4连接的端面称为第一端面，传热单元的另一端面称为第二端面。

[0101] 如图2所示，所述第一传热单元1包括第一温度传感器1a、第二温度传感器1b、第一加热器1c；第一温度传感器1a位于第一传热单元1第一端面的几何中心位置，第二温度传感器1b位于第一传热单元1的第二端面的几何中心位置，第一加热器1c位于第一传热单元1的几何中心位置，第一传热单元1的腔体为第一管状柱体6，优选为外直径10mm，内直径8mm，高

度10mm。第一温度传感器1a、第二温度传感器1b和第一加热器1c位于第一管状柱体6的第一传热单元的中心轴线L1上。

[0102] 所述的第二传热单元2包括第三温度传感器2a、第四温度传感器2b、第二加热器2c;第三温度传感器2a位于第二传热单元2第一端面的几何中心位置,第四温度传感器2b位于第二传热单元2的第二端面的几何中心位置,第二加热器2c位于第二传热单元2的几何中心位置,第二传热单元2的腔体为第二管状柱体7,优选为外直径10mm,内直径8mm,高度7mm。第三温度传感器2a、第四温度传感器2b、第二加热器2c位于第二管状柱体7的第二传热单元的中心轴线L2上。

[0103] 如图3所示,所述第三传热单元3包括第五温度传感器3a、第六温度传感器3b、第三加热器3c;第五温度传感器3a位于第三传热单元3第一端面的几何中心位置,第六温度传感器3b位于第三传热单元3的第二端面的几何中心位置,第三加热器3c位于第三传热单元3的几何中心位置,第三传热单元3的腔体为第三管状柱体8,优选为外直径10mm,内直径8mm,高度5mm。第五温度传感器3a、第六温度传感器3b、第三加热器3c位于第三管状柱体8的第三传热单元的中心轴线L3上。

[0104] 所述不锈钢管状柱体6、7和8材料导热系数为23(W/m.K),内部空腔充满导热材料9,导热材料9优选为铝合金A360粉末,材料的导热系数为113(W/m.K)。

[0105] 优选的,所述温度传感器采用NTC热敏电阻型传感器,加热器采用镍铬合金的电热丝。

[0106] 如图4所示,第一传热单元1和第二传热单元2安装在人体表面上的热通量示意图,人体皮肤和皮下组织层10下的温度是人体核心温度 $T_{core1}$ ,可以看到由人体核心区传到皮肤表面的热流11、由皮肤表面传热至第一传热单元的热流12和由皮肤表面传热至第二传热单元的热流13。在测温开始时根据第一温度传感器1a和第二温度传感器1b测得的温度,运行温度补偿算法加热第一加热器1c,加快第一传热单元1热稳态的建立。在测温开始时根据第三温度传感器2a和第四温度传感器2b测得的温度,运行温度补偿算法加热第二加热器2c,加快第二传热单元2热稳态的建立。

[0107] 如图5所示,第一传热单元1和第三传热单元3安装在人体表面上的热通量示意图,人体皮肤和皮下组织层10下的温度是人体核心温度 $T_{core2}$ ,;可以看到由人体核心区传到皮肤表面的热流11、由皮肤表面传热至第一传热单元的热流12和由皮肤表面散热至第三传热单元的热流14。在测温开始时根据第一温度传感器1a和第二温度传感器1b测得的温度,运行温度补偿算法加热第一加热器1c,加快第一传热单元1热稳态的建立。在测温开始时根据第五温度传感器3a和第六温度传感器3b的温度,运行温度补偿算法加热第三加热器3c,加快第三传热单元3热稳态的建立。

[0108] 如图6所示,第二传热单元2和第三传热单元3安装在人体表面上的热通量示意图,人体皮肤和皮下组织层10下的温度是人体核心温度 $T_{core3}$ ,可以看到由人体核心区传到皮肤表面的热流11、由皮肤表面传热至第二传热单元的热流13和由皮肤表面散热至第三传热单元的热流14。在测温开始时根据第三温度传感器2a和第三温度传感器2b测得的温度,运行温度补偿算法加热第二加热器2c,加快第二传热单元2热稳态的建立。在测温开始时根据第五温度传感器3a和第六温度传感器3b测得的温度,运行温度补偿算法加热第三加热器3c,加快第三传热单元3热稳态的建立。

[0109] 如图7所示,本实施例所述的人体核心温度获取方法,首先是通过温度传感器1a、1b、2a、2b、3a、3b获取温度信息;其次,依据1a、2a、3a的温度值和第一传热单元1中1a和1b的温度差、第二传热单元2中2a和2b的温度差、第三传热单元3a和3b的温度差值,通过加热器对传热单元加热处理,分别给每一个传热单元加热,加快每一个传热单元与人体的热平衡,建立检测探头热平衡后的温度场;把传热单元中各温度传感器测得的温度导入基于最小梯度算法的自适应滤波器,进一步滤除环境等干扰因素;然后基于双通道热流模型,估算出三个初步人体核心温度;最后,把获取到的三个初步的人体核心温度采用均值法组合补偿处理人体横向热流不均匀所导致的测量误差,从而获得最终准确的人体核心温度。

[0110] 如图8所示为理想条件没有加热器加热状态下传热单元第一端面和第二端面的温度变化曲线图,显示在一定时间达到热平衡后传热单元第一端面和第二端面的温度变化梯度上有较好的一致性,可以看出稳态建立后两端面存在一个稳定的温度差,基于此特性给传热单元加热方法和后期热平衡后基于最小梯度算法滤波器方法的实现提供理论依据。

[0111] 如图9所示为在受到环境干扰因素后使用基于最小梯度算法的滤波器前后的效果对比图。在使用滤波算法之前获得的数据在受到环境干扰因素后波动较大,在使用基于最小梯度算法的自适应滤波器后温度变化波动幅度明显减小。

[0112] 本发明所述的加热器对传热单元加热处理,把人体与核心温度检测探头热平衡建立过程中传热单元第一端面的温度以及第一端面和第二端面温度差传给控制单元,控制单元将温度值和温度差值与预设值相比较,传递加热指令,加热器对传热单元加热,做加热处理,加快人体与核心温度检测探头之间热平衡的建立,当温度差达到预设值时,停止加热。其加热处理是采用PID算法控制加热的过程,使用PWM波来调控加热器加热的功率。

[0113] 本发明基于最小梯度算法的自适应滤波器,滤除环境等干扰因素:当人体与核心温度检测探头热平衡建立后,若位于传热单元第二端面上的温度传感器在单位时间内温度变化梯度大于位于传热单元第一端面接近人体表面的温度传感器温度变化梯度,则认为其受到了环境因素干扰,依据人体与核心温度检测探头热平衡建立后在传热单元两端面温度变化梯度上呈现确定的线性关系,把该传热单元第一端面温度传感器温度变化梯度经换算得梯度值,作为传热单元第二端面温度传感器温度变化梯度,从而消除环境因素的影响获取到真实的温度变化情况。

[0114] 消除环境因素所依据的基于最小梯度算法的自适应滤波器可以用公式描述如下所示:

$$[0115] \quad K_i = \frac{T_{mi} - T_{ni}}{\Delta t} = \frac{\Delta T_{mi-ni}}{\Delta t}, i = 1, 2, 3, \dots$$

[0116] 式中当*i* = 1时*T*<sub>m1</sub>表示人体与温度检测探头达到稳态后*m*时刻测得的一个传热单元第一端面的温度,*T*<sub>n1</sub>表示表示经过Δ*t*时间后测得的传热单元第一端面的温度,*K*<sub>1</sub>表示该段时刻一个传热单元第一端面的温度变化梯度。当*i* = 2时*T*<sub>m2</sub>表示人体与温度检测探头达到稳态后*m*时刻测得的一个传热单元第二端面的温度,*T*<sub>n2</sub>表示表示经过Δ*t*时间后测得的传热单元第二端面的温度,*K*<sub>2</sub>表示该段时刻一个传热单元第二端面的温度变化梯度。正常情况下人体与温度检测探头达到热平衡后的温度变化梯度会很小,当受到环境干扰因素后位于传热单元第二端面的温度会有明显变化从而影响*k*<sub>2</sub>值的变化,*k*<sub>1</sub>表示与人体接触的第一端面的温度变化梯度,不易受环境因素干扰。通过比较*K*值的变化来判断数据受否受到环境因素

干扰,从而滤除受环境因素影响到的测温数据。

[0117] 本发明所述的基于双通道热流模型初步估算出三个人体核心温度,利用人体核心温度检测探头中的温度传感器获取的温度信息导入基于双通道热流模型的人体核心温度计算公式,获取人体核心温度。

[0118] 第一,按以下公式计算三个人体核心温度:

$$[0119] \quad T_{core1} = T_1 + \frac{(T_1 - T_2)(T_1 - T_3)}{K(T_3 - T_4) - (T_1 - T_2)}, K_1 = \frac{H_1}{H_2}$$

[0120] 式中, $T_{core1}$ 表示第一传热单元测得的人体核心温度, $T_1$ 表示第一温度传感器检测的温度, $T_2$ 表示第二温度传感器检测的温度, $T_3$ 表示第三温度传感器检测的温度, $T_4$ 表示第四温度传感器检测的温度, $H_1$ 表示第一传热单元的第一端面到第二端面的高度, $H_2$ 第二传热单元的第一端面到第二端面的高度, $K_1$ 表示 $H_1$ 和 $H_2$ 的高度之比。

[0121] 第二,按以下公式计算第二核心温度:

$$[0122] \quad T_{core2} = T_1 + \frac{(T_1 - T_2)(T_1 - T_5)}{K(T_5 - T_6) - (T_1 - T_2)}, K_2 = \frac{H_1}{H_3}$$

[0123] 式中, $T_{core2}$ 表示第二传热单元测得的人体核心温度, $T_1$ 表示第一温度传感器检测的温度, $T_2$ 表示第二温度传感器检测的温度, $T_5$ 表示第五温度传感器检测的温度, $T_6$ 表示第六温度传感器检测的温度, $H_1$ 表示第一传热单元的第一端面到第二端面的高度, $H_3$ 第三传热单元的第一端面到第二端面的高度, $K_2$ 表示 $H_1$ 和 $H_3$ 的高度之比。

[0124] 第三,按以下公式计算第三核心温度:

$$[0125] \quad T_{core3} = T_3 + \frac{(T_3 - T_4)(T_3 - T_5)}{K(T_5 - T_6) - (T_3 - T_4)}, K_3 = \frac{H_2}{H_3}$$

[0126] 式中, $T_{core3}$ 表示第三传热单元测得的人体核心温度, $T_3$ 表示第三温度传感器检测的温度, $T_4$ 表示第四温度传感器检测的温度, $T_5$ 表示第五温度传感器检测的温度, $T_6$ 表示第六温度传感器检测的温度, $H_2$ 第二传热单元的第一端面到第二端面的高度, $H_3$ 第三传热单元的第一端面到第二端面的高度, $K_3$ 表示 $H_2$ 和 $H_3$ 的高度之比。

[0127] 本发明所述的无创人体核心温度检测探头获取温度的方法,其均值法组合补偿处理特征是:把经过滤波处理后获取到的三个人体核心温度测量值的平均值和实验获取到的固定经验补偿值相加作为最终的人体核心温度,具体公式如下:

$$[0128] \quad T_{core0} = \frac{1}{3}(T_{core1} + T_{core2} + T_{core3}) + \Delta X$$

[0129] 式中, $T_{core0}$ 表示最终的人体核心温度, $T_{core1}$ 表示第一核心温度, $T_{core2}$ 表示第二核心温度, $T_{core3}$ 表示第三核心温度, $\Delta X$ 表示经验补偿值。

[0130] 经验补偿值的获取方法是:通过使用医用高精度温度计获取人体的耳温和舌下温度作为人体核心温度,反复测量多组数据与使用文中方法获取的人体核心温度做比较,把他们获取的差值汁做为经验补偿值。

[0131] 应当理解,虽然本说明书是按照各个实施例描述的,但并非每个实施例仅包含一个独立的技术方案,说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见,本领域技术人员应当将说明书作为一个整体,各实施例中的技术方案也可以经适当组合,形成本领域技术人员可以理解的其他实施方式。

[0132] 上文所列出的一系列的详细说明仅仅是针对本发明的可行性实施例的具体说明，它们并非用以限制本发明的保护范围，凡未脱离本发明技艺精神所作的等效实施例或变更均应包含在本发明的保护范围之内。

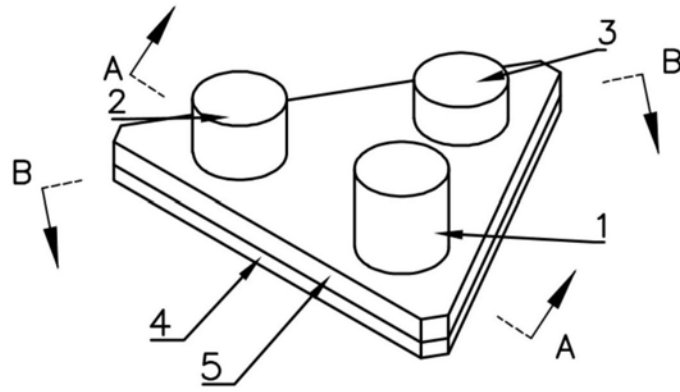


图1

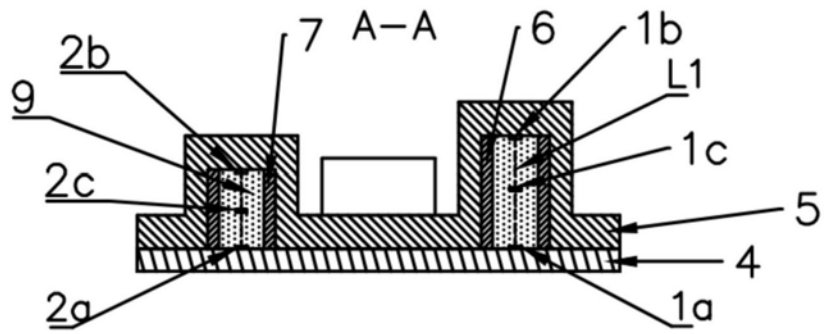


图2

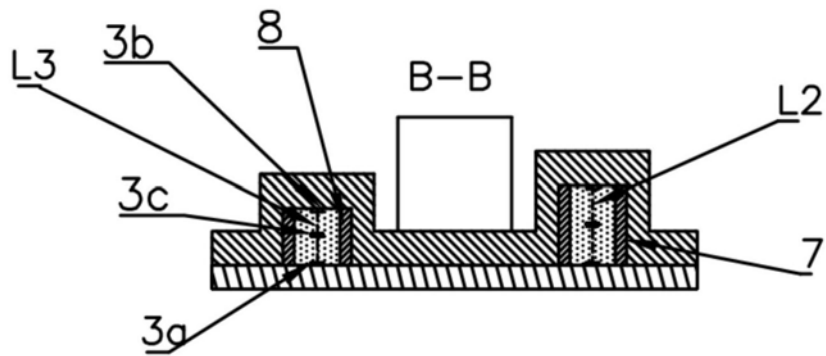


图3

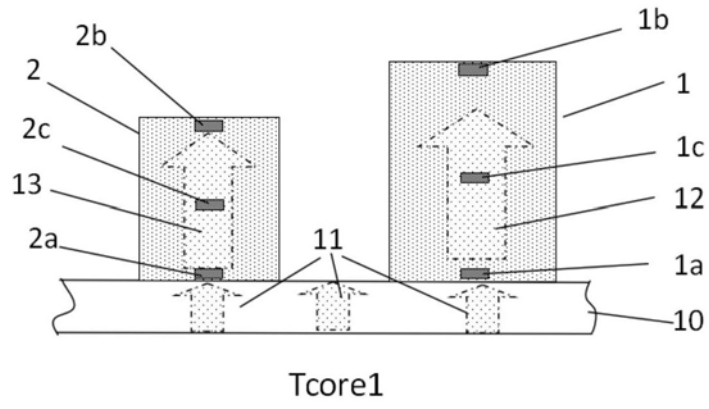


图4

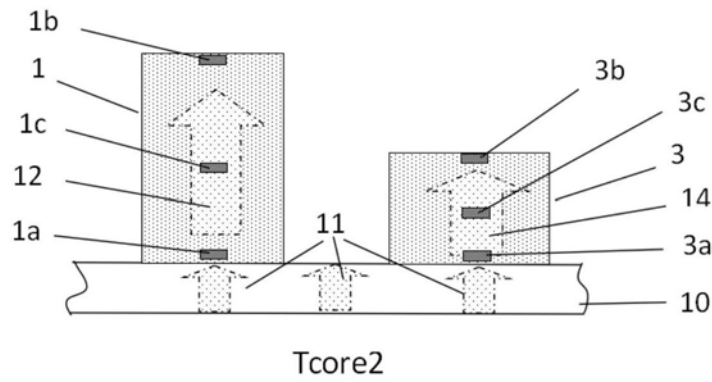


图5

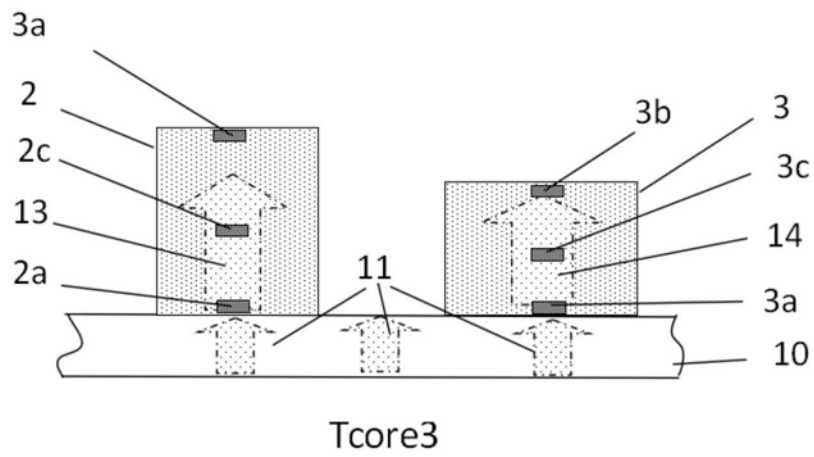


图6

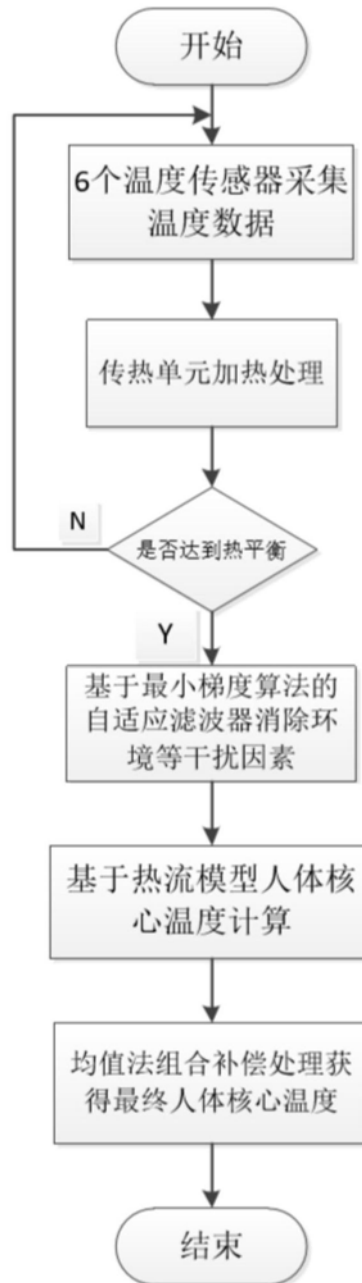


图7

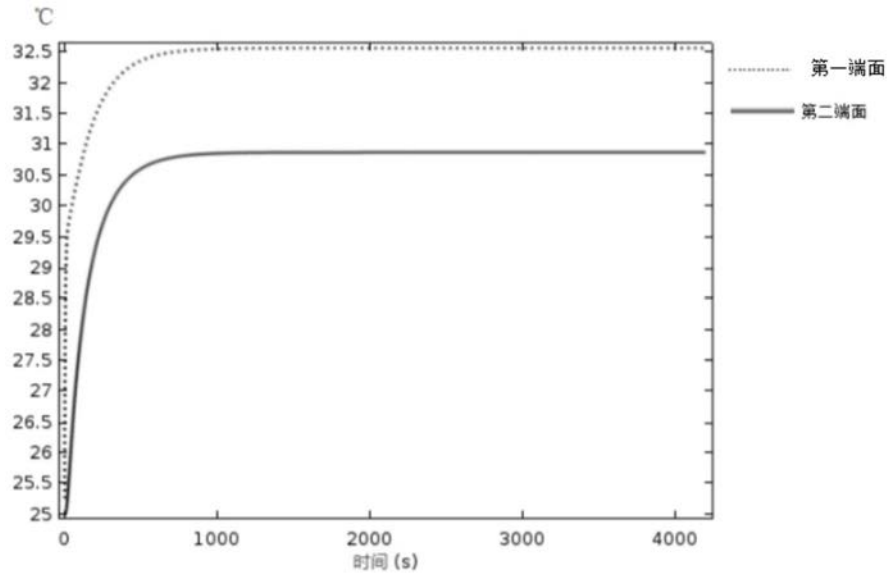


图8

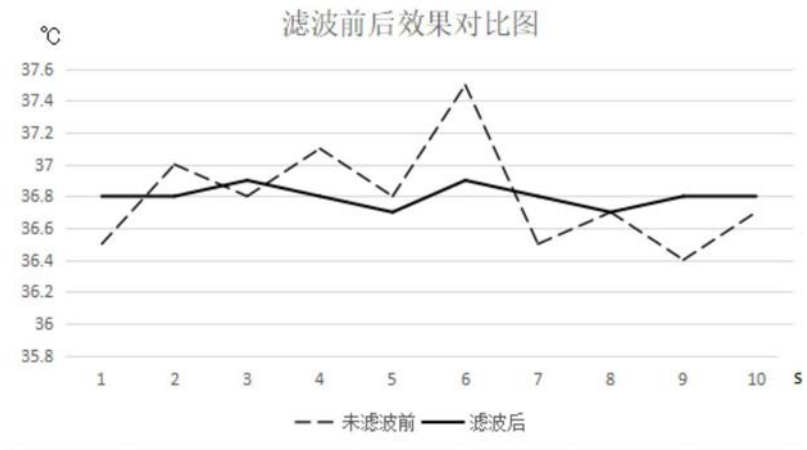


图9

专利名称(译)	一种无创人体核心温度检测探头及方法		
公开(公告)号	<a href="#">CN110840416A</a>	公开(公告)日	2020-02-28
申请号	CN201911059878.1	申请日	2019-11-01
[标]申请(专利权)人(译)	江苏大学		
申请(专利权)人(译)	江苏大学		
当前申请(专利权)人(译)	江苏大学		
[标]发明人	李永华 张西良 李伯全 张世庆 郝秀春		
发明人	李永华 张西良 李伯全 张世庆 郝秀春		
IPC分类号	A61B5/01 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/01 A61B5/7203 A61B5/725 A61B2560/0252 A61B2562/0271		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

摘要(译)

本发明提供一种无创人体核心温度检测探头及方法，包括探头导热层、至少三个高度不同的传热单元和控制单元；通过设置传热单元和加热器，依据加热处理，加快热平衡的建立，提高人体核心温度检测快速性；通过使用基于最小梯度算法的自适应滤波器提高检测装置抵抗环境因素干扰的能力；通过人体核心温度检测探头中至少三个传热单元组合补偿处理由于人体横向热流不均匀所导致的测量误差，提高其检测准确性。

