



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115094228 A

(43) 申请公布日 2022. 09. 23

(21) 申请号 202210524830.9

(22) 申请日 2022.05.13

(71) 申请人 燕山大学

地址 066004 河北省秦皇岛市海港区河北大街西段438号

(72) 发明人 杨利坡 张永顺 李齐 王雪升 侯英武

(74) 专利代理机构 大连东方专利代理有限责任公司 21212

专利代理师 李洪福

(51) Int. Cl.

G21D 9/70 (2006.01)

G21D 1/74 (2006.01)

G21D 11/00 (2006.01)

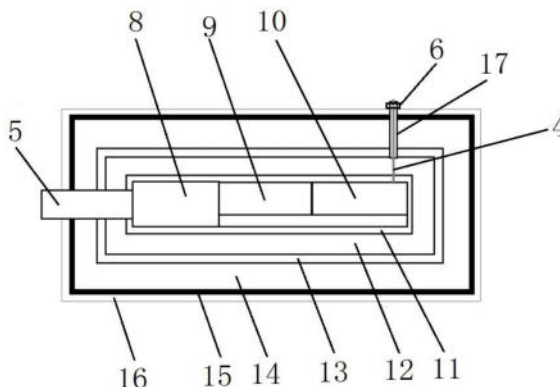
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种加热炉便携式黑匣子全炉况同步测温阵列

(57) 摘要

本发明提供一种加热炉便携式黑匣子全炉况同步测温阵列,涉及冶金装备自动化领域,包括若干个黑匣子装置,在加热炉的预热段、加热段和均热段各选取若干根坯料作为测温坯料,每根所述测温坯料上设置有一个黑匣子装置,所述黑匣子装置通过耐高温接插件与热电偶簇相连,所述热电偶簇包括一个用于测量坯料周围炉温的炉气热电偶,所有黑匣子装置的数据通过天线与设置于加热炉外部的炉外信号接收同步处理单元、Level1系统或Level2系统无线连接。本发明设计便携式的微型黑匣子测温装置,进行加热炉各区的多点布局,同步测控全炉况的温度场演变规律和炉内气氛分布特征,以多种方式实现加热炉温度场的局部高精度测量,在线实时处理数据并与其他黑匣子实现数据互联共享。



1. 一种加热炉便携式黑匣子全炉况同步测温阵列,其特征在于:包括若干个黑匣子装置(1),在加热炉的预热段、加热段和均热段各选取若干根坯料(2)作为测温坯料,每根所述测温坯料上设置有至少一个黑匣子装置(1),所述黑匣子装置(1)通过耐高温接插件与热电偶簇(5)相连,所述热电偶簇(5)包括至少一个用于测量坯料(2)周围炉温的炉气热电偶(3),所有黑匣子装置(1)的数据通过天线(4)与设置于加热炉外部的炉外信号接收同步处理单元、Level1系统或Level2系统无线连接。

2. 根据权利要求1所述的加热炉便携式黑匣子全炉况同步测温阵列,其特征在于:所述黑匣子装置(1)包括温度采集模块(8),所述温度采集模块(8)通过耐高温接插件与热电偶簇(5)相连,所述温度采集模块(8)采集热电偶簇(5)所在位置的温度并形成实测温度信号,所述温度采集模块(8)发送实测温度信号至信号处理模块(9);

信号处理模块(9),所述信号处理模块(9)接收实测温度信号,所述信号处理模块(9)对实测温度信号进行AD转换、信号滤波和误差补偿后形成有效温度信号,所述信号处理模块(9)发送有效温度信号至数据存储模块(10);

数据存储模块(10),所述数据存储模块(10)包括数据存储卡,所述数据存储模块(10)接收有效温度信号,所述数据存储模块(10)将有效温度信号存储至数据存储卡中。

3. 根据权利要求2所述的加热炉便携式黑匣子全炉况同步测温阵列,其特征在于:所述信号滤波方式包括两种滤波方式,第一种滤波方式包括如下步骤:

在信号处理模块内设置带通滤波器或带阻滤波器;

设定采样周期和采样频率;

第二种滤波方式为对已经AD转换的数字信号进行平滑滤波,包括如下步骤:

设定周期平滑次数;

对周期内的信号进行平均值滤波;

设定采样周期为 t_f ,当前实测AD值为 V_i ,平滑周期为 t_m ,其中 $t_m \geq t_f$ 且 t_m 是 t_f 的整数倍,设定倍数为 n ,平滑周期内的有效实测值 \bar{V} 为:

$$\bar{V} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i, \text{ 满足 } 0 \leq \left\{ \frac{V_i}{V_{i-1}} \text{ or } \frac{V_i}{V_{i+1}} \right\} \leq \zeta$$

其中, ζ 为缩放倍数,

通过标定,将AD值 V_i 转换为温度值 T_i 。

4. 根据权利要求2所述的加热炉便携式黑匣子全炉况同步测温阵列,其特征在于:所述误差补偿包括:

设定当前炉压波动引起的工况误差为 T_p ,点火时间引起的工况误差为 T_t ,氧化铁皮引起的工况误差为 T_o ,振动引起的工况误差为 T_v ,位置偏差引起的工况误差为 T_w ,补偿后的实际温度值 \tilde{T}_i 为

$$\tilde{T}_i = T_i - T_p - T_t - T_o - T_v - T_w。$$

5. 根据权利要求2所述的加热炉便携式黑匣子全炉况同步测温阵列,其特征在于:所述黑匣子装置(1)固定于坯料(2)外表面,所述温度采集模块(8)、信号处理模块(9)和数据存储模块(10)设置于密封腔体(11)中,所述密封腔体(11)外侧依次设置有冷却水层(12)、耐

高温隔热板(13)、耐高温隔热棉(14)、不锈钢箱体(15)和耐高温纤维板(16),所述数据存储模块(10)与耐高温纤维板(16)外侧通过蒸汽通道(17)连通,所述蒸汽通道(17)内设置有蒸汽嘴(6),所述蒸汽嘴(6)的内部设置有天线(4),所述天线(4)与数据存储模块(10)相连。

6. 根据权利要求2所述加热炉便携式黑匣子全炉况同步测温阵列,其特征在于:所述热电偶簇(5)还包括若干个坯料热电偶(7),若干个所述坯料热电偶(7)分别嵌入至坯料(2)内部不同深度,所述炉气热电偶(3)设置于坯料上方。

一种加热炉便携式黑匣子全炉况同步测温阵列

技术领域

[0001] 本发明涉及冶金装备自动化领域,尤其涉及一种加热炉便携式黑匣子全炉况同步测温阵列。

背景技术

[0002] 温度控制是加热炉的核心技术,保证出炉坯温精度是满足下游稳定生产的关键。对于整个烧钢过程来说,受制于来料冷坯或热坯的初始温度的影响,尤其是混装条件下,炉内气氛对坯温的影响是非常显著的,这种不稳定的烧钢节奏或工况条件,导致炉内温度始终处于热不平衡的波动状态,这在很大程度上影响坯温的加热过程,容易导致坯料温差大、烧损严重以及欠烧、过烧或过热等问题,最终影响坯料的出炉温度精度和温度均匀性。因此,准确检测坯料在炉内的整个温度变化趋势,对于提升坯温/炉温全炉况设定精度及其最终控制效果至关重要,有助于稳定炉内气氛和提升烧钢效率,在一定程度上能够减少过度氧化、粗轧边裂、精轧变形抗力过大等事故或故障。

[0003] 现有的坯温测量方法,主要有炉内热成像仪、温度模型预报软测量和黑匣子热电偶多点测温这几种常见方式。其中热成像仪在高温下影响因素过多,导致测量精度不高,也无法反映坯料的温度分布特征,通常作为辅助性条件监控炉温;温度模型预报软测量尽管可以从物理机制上模拟坯温、炉温的复杂变化过程,起到软测量的作用,并且能够获得任意位置、任意时刻的坯温和炉温,但是在很大程度上依赖边界条件,动态烧钢节奏和复杂炉况条件都会严重影响温度模型的预报精度,在很大程度上依赖黑匣子的测温数据。黑匣子热电偶测温是最常见的高精度测量方式,通过在某块板坯上插入多点热电偶,进行整个烧钢过程中炉气温度、坯料温度的测量,这是目前最精确的测温方式,能够完整反映加热炉某块钢坯的升温过程。

[0004] 这种黑匣子测温方式普遍存在的问题如下:热电偶过度集中,设备较为庞大,不对称特征明显,测温后离线分析数据,无法实现与炉况在线参数的绝对匹配,另外单根测试不易测试全炉况的同步波动状况,无法分析相邻坯料或加热炉不同区间的耦合机制。这在一定程度上,会带来炉内的温度分布误差和测量误差,因此有必要对整个加热炉进行全炉况的测温和分析,便于结合坯温、炉温耦合温度场模型,进行高精在线预报和精细控制,从而有助于实现智慧加热炉的智控过程。

发明内容

[0005] 本发明提供一种加热炉便携式黑匣子全炉况同步测温阵列,设计便携式的短距离黑匣子测温装置,以多种方式实现加热炉温度场的局部高精度测量,在线实时处理数据并与其他黑匣子实现数据互联共享,解决了现有加热炉坯温检测技术无法测试全炉况的同步波动状况的问题。

[0006] 为达到以上目的,本发明采取的技术方案是:

[0007] 一种加热炉便携式黑匣子全炉况同步测温阵列,包括若干个黑匣子装置,在加热

炉的预热段、加热段和均热段各选取若干根坯料作为测温坯料,每根所述测温坯料上设置有一个黑匣子装置,所述黑匣子装置通过耐高温接插件与热电偶簇相连,所述热电偶簇包括一个用于测量坯料周围炉温的炉气热电偶,所有黑匣子装置的数据通过天线与设置于加热炉外部的炉外信号接收同步处理单元、Level1系统和Level2系统无线连接。

[0008] 进一步地,所述黑匣子装置包括温度采集模块,所述温度采集模块通过耐高温接插件与热电偶簇相连,所述温度采集模块采集热电偶簇所在位置的温度并形成实测温度信号,所述温度采集模块发送实测温度信号至信号处理模块;

[0009] 信号处理模块,所述信号处理模块接收实测温度信号,所述信号处理模块对实测温度信号进行AD转换、信号滤波和误差补偿后形成有效温度信号,所述信号处理模块发送有效温度信号至数据存储模块;

[0010] 数据存储模块,所述数据存储模块包括数据存储卡,所述数据存储模块接收有效温度信号,所述数据存储模块将有效温度信号存储至数据存储卡中。

[0011] 进一步地,所述信号滤波方式包括两种滤波方式,第一种滤波方式包括如下步骤:

[0012] 在信号处理模块内设置带通滤波器或带阻滤波器;

[0013] 设定采样周期和采样频率;

[0014] 第二种滤波方式为对已经AD转换的数字信号进行平滑滤波,包括如下步骤:

[0015] 设定周期平滑次数;

[0016] 对周期内的信号进行平均值滤波;

[0017] 设定采样周期为 t_f ,当前实测AD值为 V_i ,平滑周期为 t_m ,其中 $t_m \geq t_f$ 且 t_m 是 t_f 的整数倍,设定倍数为 n ,平滑周期内的有效实测值 \bar{V} 为:

$$[0018] \quad \bar{V} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i, \text{ 满足 } 0 \leq \left\{ \frac{V_i}{V_{i-1}} \text{ or } \frac{V_i}{V_{i+1}} \right\} \leq \zeta$$

[0019] 其中, ζ 为缩放倍数,

[0020] 通过标定,将AD值 V_i 转换为温度值 T_i 。

[0021] 进一步地,所述误差补偿包括:

[0022] 设定当前炉压波动引起的工况误差为 T_p ,点火时间引起的工况误差为 T_t ,氧化铁皮引起的工况误差为 T_o ,振动引起的工况误差为 T_v ,位置偏差引起的工况误差为 T_w ,补偿后的实际温度值 \tilde{T}_i 为

$$[0023] \quad \tilde{T}_i = T_i - T_p - T_t - T_o - T_v - T_w。$$

[0024] 进一步地,所述黑匣子装置固定于坯料外表面,所述温度采集模块、信号处理模块和数据存储模块设置于密封腔体中,所述密封腔体外侧依次设置有冷却水层、耐高温隔板耐高温隔热棉、不锈钢箱体和耐高温纤维板,所述数据存储模块与耐高温纤维板外侧通过蒸汽通道连通,所述蒸汽通道内设置有蒸汽嘴,所述蒸汽嘴的内部设置有天线,所述天线与数据存储模块相连。

[0025] 进一步地,所述热电偶簇包括一个炉气热电偶和若干个坯料热电偶,若干个所述坯料热电偶分别嵌入至坯料内部不同深度,所述炉气热电偶设置于坯料上方。

[0026] 本发明的有益效果在于:

[0027] 本发明设计便携式的微型黑匣子测温装置,进行加热炉各区的多点布局,同步测控全炉况的温度场演变规律和炉内气氛分布特征,以多种方式实现加热炉温度场的局部高精度测量,在线实时处理数据并与其他黑匣子实现数据互联共享;

[0028] 本发明设计的黑匣子装置,能够独立进行数据处理和工况误差补偿,同时采用无线方式进行内部数据通讯,最大限度减少加热炉的高温影响,并可与加热炉内各区同时配置的相邻黑匣子互联共享数据,进行耦合性测温和工艺误差补偿。

附图说明

[0029] 为了更清楚的说明本发明的实施例或现有技术的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图做一简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0030] 图1为本发明黑匣子装置示意图。

[0031] 图2为本发明黑匣子装置的单独测温方式。

[0032] 图3为本发明黑匣子装置的一种布局形式。

[0033] 图4为本发明黑匣子装置的另一种布局形式。

[0034] 图5为本发明黑匣子装置热电偶钻孔位置的侧视图。

[0035] 图6为本发明黑匣子装置热电偶钻孔位置的俯视图。

[0036] 图7为本发明黑匣子装置的炉内横向布置阵列。

[0037] 图8为本发明黑匣子装置的炉内纵向布置阵列。

[0038] 图9为本发明信号采集和处理过程图。

[0039] 图10为本发明的全炉况同步测温通讯方式。

[0040] 附图标号说明:

[0041] 1、黑匣子装置;2、坯料;3、炉气热电偶;4、天线;5、热电偶簇;6、蒸汽嘴;7、坯料热电偶;8、温度采集模块;9、信号处理模块;10、数据存储模块;11、密封腔体;12、冷却水层;13、耐高温隔热板;14、耐高温隔热棉;15、不锈钢箱体;16、耐高温纤维板;17、蒸汽通道。

具体实施方式

[0042] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0043] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。以下对至少一个示例性实施例的描述实际上仅仅是说明性的,决不作为对本发明及其应用或使用的任何限制。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0044] 本发明的目的在于提供一种加热炉便携式黑匣子全炉况同步测温阵列及温控方法,一是设计便携式的短距离黑匣子测温装置,以多种方式实现加热炉温度场的局部高精度测量,在线实时处理数据并与其他黑匣子实现数据互联共享。

[0045] 为了实现上述目的,采用如下方案:本发明所述的一种加热炉便携式黑匣子全炉况同步测温阵列,首先设计耐高温隔热的便携式黑匣子,能够独立进行数据处理和工况误差补偿,同时采用无线方式进行内部数据通讯,最大限度减少加热炉的高温影响,并可与加热炉内各区同时配置的相邻黑匣子互联共享数据,进行耦合性测温和工艺误差补偿,这是以往传统黑匣子没有的重要功能和关键发明点;其次炉内黑匣子数据实时传输数据与炉外温控系统,与加热炉烧钢调控参数同步耦合,进行样本数据在线对比采集和整理,为加热炉二级系统提供炉内温度场分布和炉内气氛特征规律,为一级系统提供实时测控指标,便于进行高精度的温度预控和趋势预警,实现高精度的稳定烧钢过程。

[0046] 如图1所示,便携式微型黑匣子主要由箱体、信号处理器、热电偶和隔热材料组成。为了保证信号处理器的稳定工作温度,将其固定在密闭腔体内,主要包括温度采集、信号处理和数据存储三大模块,其中温度采集通过耐高温接插件与铠装热电偶簇连接,采集相应位置的温度信号,送至信号处理器进行AD转换、信号滤波和误差补偿,形成有效温度信号,存储至数据存储卡中。在信号采样过程中,采用两种方式进行滤波。一种是设定采样周期和频率,为了减少振动引起的高频噪声或安装误差引起的低频噪声,在信号处理器内增加了带通或带阻滤波器,最大限度保证真实温度信号。一种是对已经AD转换的数字信号进行平滑滤波,设定周期平滑次数,对周期内的信号进行平均值滤波,最大限度减少误差信号引起的温度波动。设定采样周期为 t_f ,当前实测AD值为 V_i ,平滑周期为 t_m ,其中 $t_m \geq t_f$ 且 t_m 是 t_f 的整数倍,假设倍数为 n ,则在平滑周期内的有效实测值为 \bar{V}

$$[0047] \quad \bar{V} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i, \quad 0 \leq \frac{V_i}{V_{i-1}} \text{ or } \frac{V_i}{V_{i+1}} \leq \zeta \quad (1)$$

[0048] 其中 ζ 为缩放倍数,可人为设定,如设置为0.5~1.5,以确保相邻值不出现过大偏差,如果超过该设定范围,则认定为无效值,从中剔除掉,从而减少误差信号引起的测量偏差。通过标定,将AD值 V_i 转换为温度值 T_i 。

[0049] 在实际测试过程中,还需要对加热炉必然存在的工况误差进行合理补偿,才能准确反映加热炉测量点的实际温度。如设定当前炉压波动、点火时间、氧化铁皮、振动、位置偏差引起的工况误差分别为 T_p, T_t, T_o, T_v, T_w ,则补偿后的实际温度值 \tilde{T}_i 应为

$$[0050] \quad \tilde{T}_i = T_i - T_p - T_t - T_o - T_v - T_w \quad (2)$$

[0051] 下文如无特定解释,则温度值都为补偿后的实际温度值,能够更真实地反映炉气或坯料的瞬态温度值。

[0052] 密闭腔体内置于冷却水中,且外部包裹耐高温隔热板、耐高温隔热棉和耐高温纤维板,为了增强箱体的刚度,在耐高温纤维板和隔热石棉中间有不锈钢箱体,为了能够及时排放箱体內的蒸汽,在箱体一侧设置有排气口,起到降低箱体压力,同时形成正压,避免热量向内传递。通过上述多层密封和水隔热,确保信号处理器的外壳温度在100℃以内,腔体内温度控制在60℃以内,保证电子元器件处于最佳工作环境。为了实时传递温度信号,在蒸汽嘴内部设置天线,在工作过程中,利用蒸汽对其降温,保证其有效工作。

[0053] 图2示出了便携式微型黑匣子的安装方式,利用钢丝或螺钉将其固定在坯料上,铠装热电偶按照固定距离和布局方式,连接黑匣子,进行局部测温,其中5个热电偶嵌入至坯料内部不同深度,测量厚向不同位置的温度变化,另外1个热电偶测量当前位置的炉气温

度。这种便携式微型黑匣子安装方便,可以固定在任意位置,测量局部温度变化,同步性比较好。

[0054] 图3和图4示出了便携式微型黑匣子热电偶的两种钻孔方式,在坯料上表面钻不同深度的孔,孔径6~10mm,稍大于热电偶直径,依次测量上表面、1/4、中心、3/4和下表面的温度,其中可以是斜线方式布局,测量截面的温度分布,也可以以直线方式钻孔,方便对比坯料中心的温度变化。或者采用两种方法的混合钻孔,更细致地测量不同截面的温度场分布。这两种方式适合推钢式加热炉,因为坯料之间没有缝隙,可以在表面进行厚度方向的温度测量。

[0055] 图5和图6示出了另外一种钻孔方式,在坯料侧面,沿厚向接近上表面、1/4、中心、3/4和接近下表面的位置分别钻深孔,这种测量方式更准确,能够最大限度减少炉气温度对坯料内部温度的影响。但是,这种测量方式需要坯料之间有一定间隙,适用于步进式加热炉,对于推钢式加热炉,需要特殊处理,利用工艺孔也可以实现类似的钻孔测温。

[0056] 图7和图8示出了便携式微型黑匣子的网络布局阵列,首先可以进行单根的温度测量,通过观察其从入口到出口的完整过程,来模拟整体炉况的平均变化规律。或者分别在预热段(或加热1区)、加热段(或加热2区)和均热段,各自在2~3根坯料布置黑匣子,进行单独分区的同步测量,以及整体炉况的同步测温,这种方式可以准确获得同时刻的整体炉况温度分布规律,从而验证特定炉况,形成标准样本数据。后续根据标准样本数据,可仅仅进行分区炉气温度的测量,避免钻孔损伤坯料,从而实现全炉况的实时测温,有利于完成真正意义的全炉况精确定量调控。

[0057] 图10示出了单根钢坯的调控过程,利用便携式微型黑匣子的组态互联,同时与炉外信号接收同步处理单元进行信号同步,实施掌握炉内气氛特征变化。L1系统和L2系统为加热炉内的现有技术。L1系统的全称为Level1系统,用于在线闭环调控。L2系统的全称为Level2系统,用于最优参数设定。炉外信号接收同步处理单元为现有技术,可采用wifi进行接收和同步处理。根据单根钢坯全位置的温度场测量,与当前工况参数实时关联,利用L2系统的炉温、坯温耦合模型,进行当前工况的快速优化和规律分析,及时调整最佳目标曲线及关联调控参数,通过L1系统的自适应实现炉内气氛的即时调控,从而有助于保证单根钢坯各位置的测量误差和温度偏差都降低到最小。

[0058] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,根据本发明的技术方案及其发明构思加以等同替换或改变,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

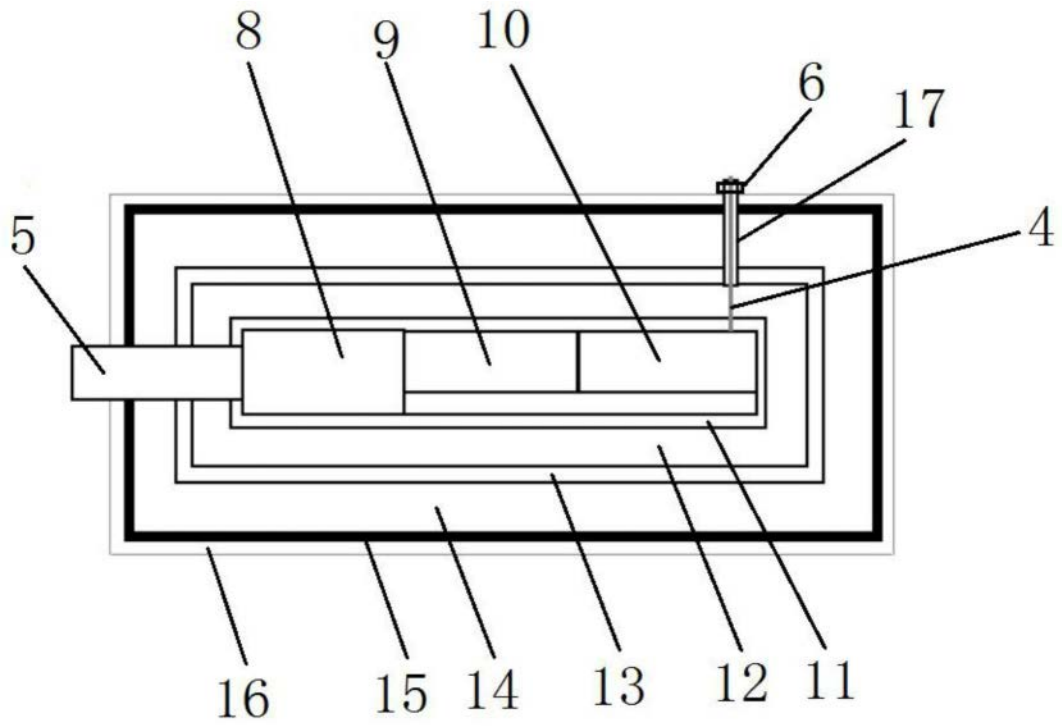


图1

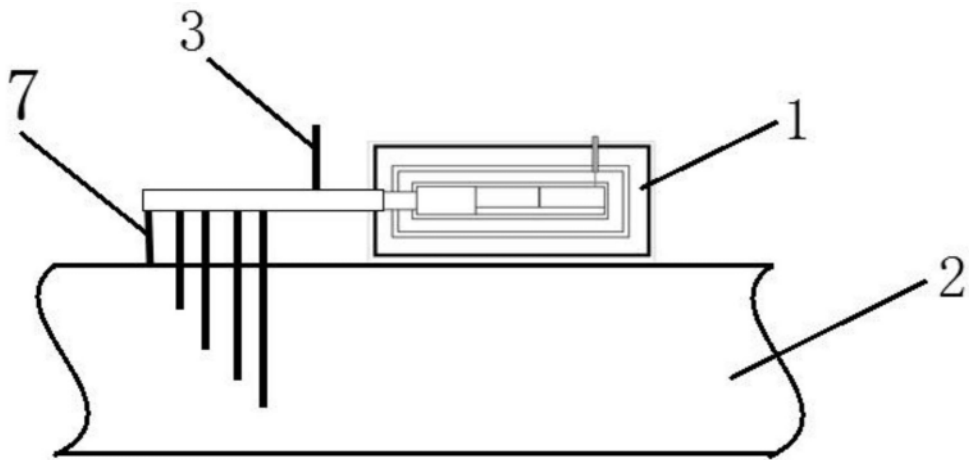


图2

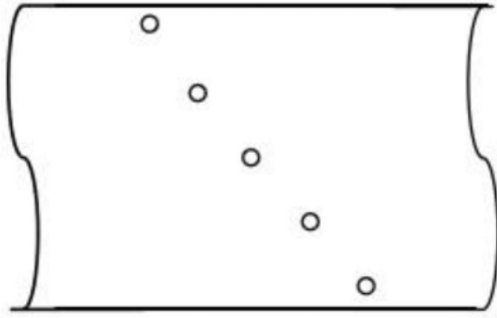


图3

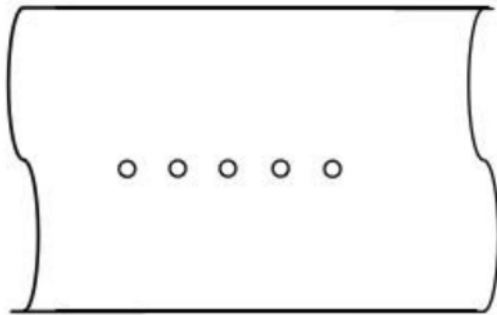


图4

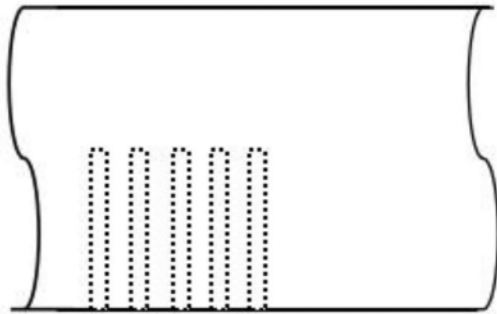


图5

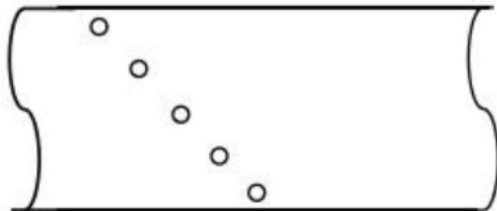


图6

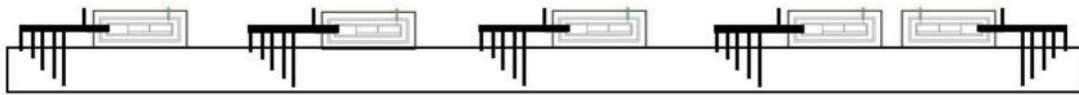


图7

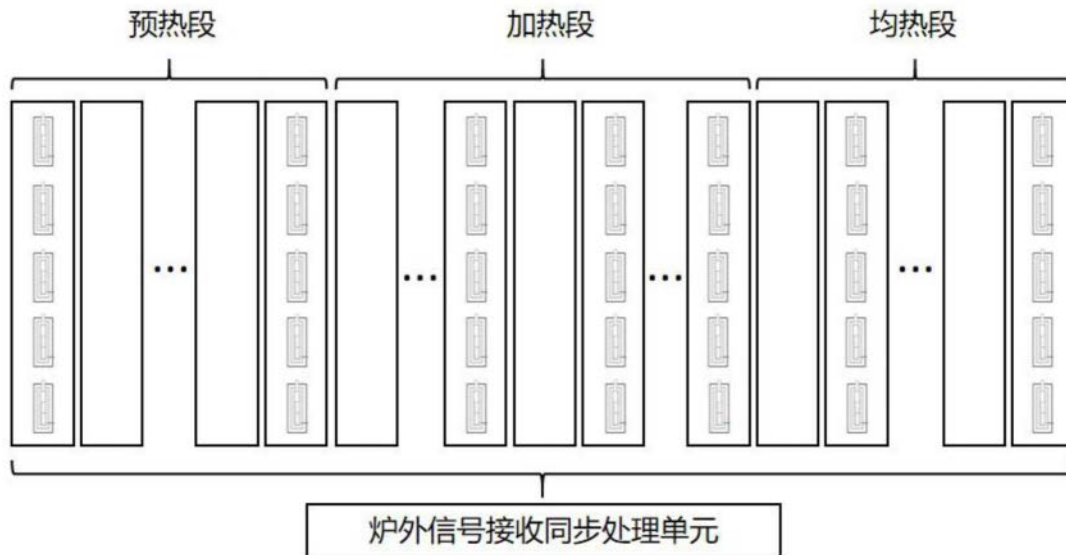


图8

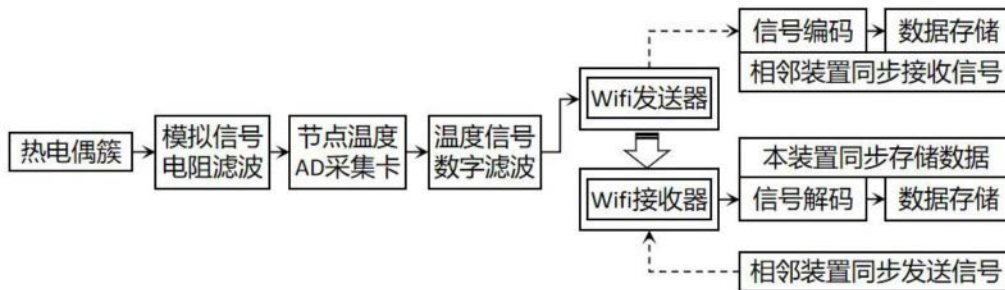


图9

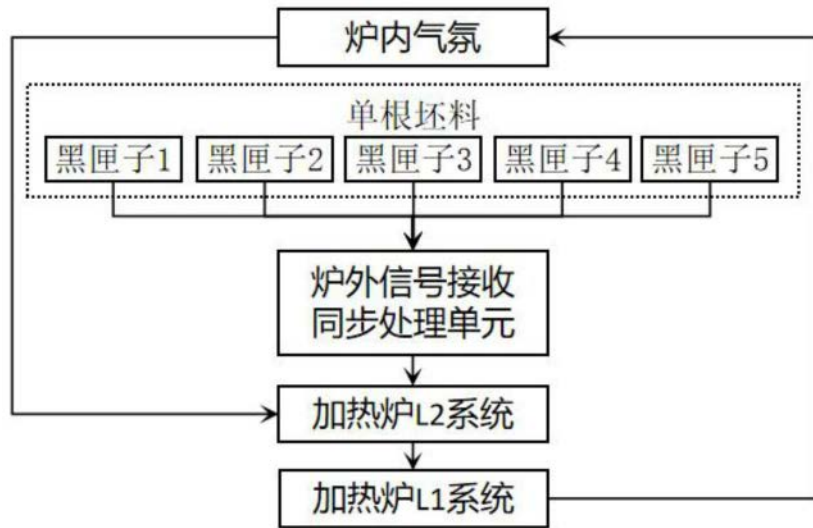


图10