



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112831623 A

(43) 申请公布日 2021.05.25

(21) 申请号 201911061442.6

(22) 申请日 2019.11.01

(71) 申请人 无锡迈能科技有限公司

地址 214000 江苏省无锡市宜兴市徐舍镇  
工业集中区

申请人 宝山钢铁股份有限公司

(72) 发明人 徐立清 陈杰 王训富 毛晓明  
姜伟忠

(51) Int. Cl.

C21B 7/24 (2006.01)

G01K 7/02 (2021.01)

G01K 11/324 (2021.01)

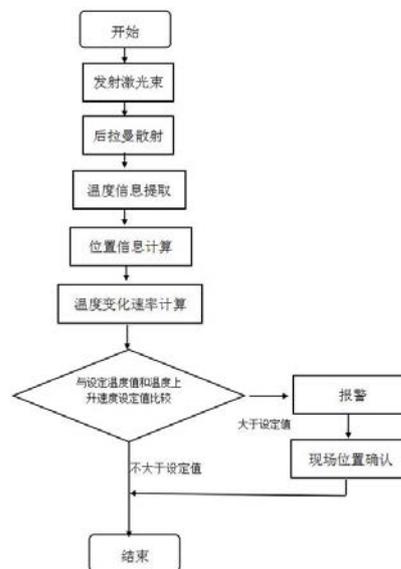
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

一种预防高炉炉缸烧穿的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种预防高炉炉缸烧穿的方法,其包括以下步骤:S1、将分布式光纤温度传感器紧贴并固定在高炉炉缸炉皮表面,并将传感器上的位置与炉缸炉皮的位置进行标定;S2、在对应设置的控制系统的终端实时根据传感器的温度来获得相应炉缸炉皮位置的温度信息;S3、当检测的温度超过炉缸炉皮管理的标准值时,系统会自动预警可能发生炉缸烧穿事故。本发明利用分布式光纤传感器的背向拉曼散射的温度效应来连续测量高炉炉缸炉皮的温度以及利用光时域反射原理来进行位置的标定,从而实现高炉炉缸炉皮沿着光纤传感器的温度和位置信息的获取。



1. 一种预防高炉炉缸烧穿的方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、将分布式光纤温度传感器紧贴并固定在高炉炉缸炉皮表面,并将传感器上的位置与炉缸炉皮的位置进行标定;

S2、在对应设置的控制系统的终端实时根据传感器的温度来获得相应炉缸炉皮位置的温度信息;

S3、当检测的温度超过炉缸炉皮管理的标准值时,系统会自动预警可能发生炉缸烧穿事故。

2. 根据权利要求1所述的预防高炉炉缸烧穿的方法,其特征在于,步骤S2中,所述控制系统的功能包括温度报警值设置、温度上升速度报警值设置、温度-距离趋势图、报警信息显示和导出温度趋势数据。

3. 根据权利要求1所述的预防高炉炉缸烧穿的方法,其特征在于,步骤S1具体为:

S11、结合高炉炉缸的冷却形式、炉缸热电偶的布置情况以及高炉炉缸的设计图纸来规划分布式光纤传感器在炉缸炉皮的布置路线;

S12、在分布式光纤传感器的上进行位置的定标,在高炉炉缸炉皮上进行位置的确定,将光纤位置与炉皮位置进行配对;

S13、将分布式光纤传感器紧贴在炉缸炉皮进行固定安装;

S14、布式光纤传感器和通讯光纤进行连接,并接入激光源和信号处理模块。

4. 根据权利要求1所述的预防高炉炉缸烧穿的方法,其特征在于,步骤S2具体为:激光源发射脉冲入射光后,脉冲入射光沿着通讯光纤和分布式光纤传感器进行传输,脉冲入射光在光纤传输的过程中发生散射,一部分的散射光朝着反方向进行散射;散射光中,通过信号处理模块进行拉曼反射信号的剥离,由于后拉曼反射光信号与温度有关,据此来推算温度值;根据光速、光纤的折射率以及标定的光纤位置来计算温度值所对应的位置点。

5. 根据权利要求1所述的预防高炉炉缸烧穿的方法,其特征在于,步骤S3具体为:所述控制终端软件根据分布式光纤传感器在炉缸炉皮的标定的铺设位置情况,实时的显示温度值和位置信息,当炉缸炉皮的温度值超过管理的标准值或者快速上升时,系统将自动报警提示用户注意温度值的变化,防止炉缸烧穿事故的发生。

## 一种预防高炉炉缸烧穿的方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种预防高炉炉缸烧穿的方法。

### 背景技术

[0002] 我国有近千座炼铁高炉,高炉的容积从几百立方到5800立方,近年来大型高炉的数量逐年增多,超过4000立方米的巨型高炉已经达到了25座,大型高炉的冶炼在高温、高压、高静压力的环境下,高炉炉缸承受着巨大的压力,炉缸的工况环境非常恶劣,不仅仅承受着1500℃的铁水流动还受到上部料柱和鼓风压力的巨大静压力,大型高炉的炉缸耐材由于受到铁水的侵蚀,很容易烧穿,每年包括中国在内的全球范围都会发生高炉炉缸烧穿事故,造成巨大的经济损失和安全隐患。包括4000立方米以上的巨型高炉也发生了炉缸烧穿的恶性事故,造成巨大的经济损失。高炉炉缸耐材内虽然埋设电偶,但是由于埋设电偶的深度和密度受到炉缸恶劣的工作环境的影响,电偶的密度较低,无法全部对所有的炉缸位置进行监控,从而造成了温度监控的盲区。一般高炉炉缸烧穿都会在无电偶监控的区域发生。

[0003] 采用分布式光纤温度传感器,可以结合高炉炉缸电偶的埋设特点,有针对性的在电偶的监控盲区增加温度和位置的监控。实现温度的连续监控,当达到一定的温度管理值或者上升速度过快时,立即采取措施防止炉缸烧穿事故的发生。

### 发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题是克服现有技术的缺陷,提供一种预防高炉炉缸烧穿的方法。

[0005] 为了解决上述技术问题,本发明提供了如下的技术方案:

本发明提供了一种预防高炉炉缸烧穿的方法,其包括以下步骤:

S1、将分布式光纤温度传感器紧贴并固定在高炉炉缸炉皮表面,并将传感器上的位置与炉缸炉皮的位置进行标定;

S2、在对应设置的控制系统的终端实时根据传感器的温度来获得相应炉缸炉皮位置的温度信息;

S3、当检测的温度超过炉缸炉皮管理的标准值时,系统会自动预警可能发生炉缸烧穿事故。

[0006] 进一步地,步骤S2中,所述控制系统的功能包括温度报警值设置、温度上升速度报警值设置、温度-距离趋势图、报警信息显示和导出温度趋势数据。

[0007] 进一步地,步骤S1具体为:

S11、结合高炉炉缸的冷却形式、炉缸热电偶的布置情况以及高炉炉缸的设计图纸来规划分布式光纤传感器在炉缸炉皮的布置路线;

S12、在分布式光纤传感器的上进行位置的定标,在高炉炉缸炉皮上进行位置的确定,将光纤位置与炉皮位置进行配对;

S13、将分布式光纤传感器紧贴在炉缸炉皮进行固定安装;

S14、布式光纤传感器和通讯光纤进行连接,并接入激光源和信号处理模块。

[0008] 进一步地,步骤S2具体为:激光源发射脉冲入射光后,脉冲入射光沿着通讯光纤和分布式光纤传感器进行传输,脉冲入射光在光纤传输的过程中发生散射,一部分的散射光朝着反方向进行散射;散射光中,通过信号处理模块进行拉曼反射信号的剥离,由于后拉曼反射光信号与温度有关,据此来推算温度值;根据光速、光纤的折射率以及标定的光纤位置来计算温度值所对应的位置点。

[0009] 进一步地,步骤S3具体为:所述控制终端软件根据分布式光纤传感器在炉缸炉皮的标定的铺设位置情况,实时的显示温度值和位置信息,当炉缸炉皮的温度值超过管理的标准值或者快速上升时,系统将自动报警提示用户注意温度值的变化,防止炉缸烧穿事故的发生。

[0010] 本发明所达到的有益效果是:

本发明利用分布式光纤传感器的背向拉曼散射的温度效应来连续测量高炉炉缸炉皮的温度以及利用光时域反射原理来进行位置的标定,从而实现高炉炉缸炉皮沿着光纤传感器的温度和位置信息的获取。如果高炉炉缸内部耐材侵蚀严重且可能发生1500℃左右铁水渗透至冷却器,就会造成冷却设备和炉皮温度的异常升高,可以非常迅速判断可能发生炉缸烧穿事故,从而尽早处置,预防烧穿事故的发生。由于高炉炉缸耐材内部的电偶布设相对较少,部分区域存在盲区,另外更多的电偶预埋布设也会造成炉缸耐材的损坏和效果的降低,此种方法可以不破坏炉缸设备、高密度、全天候的跟踪炉缸炉皮的温度情况,无需人员专门值守,异常自动报警提示,并进行系统的趋势分析。

## 附图说明

[0011] 附图用来提供对本发明的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与本发明的实施例一起用于解释本发明,并不构成对本发明的限制。在附图中:

- 图1是预防高炉炉缸烧穿的方法流程图;
- 图2是激光散射光谱分析的方法;
- 图3是光纤后向散射标定位置原理示意图;
- 图4a和图4b分别是布置于高炉炉缸的解调器和光纤示意图;
- 图5是现场的实际安装图;
- 图6是系统软件的界面及功能;
- 图7a和图7b是运行实际效果图。

## 具体实施方式

[0012] 以下结合附图对本发明的优选实施例进行说明,应当理解,此处所描述的优选实施例仅用于说明和解释本发明,并不用于限定本发明。

[0013] 一种预防高炉炉缸烧穿的方法,其包括以下步骤:

S1、将分布式光纤温度传感器紧贴并固定在高炉炉缸炉皮表面,并将传感器上的位置与炉缸炉皮的位置进行标定;其具体为:

S11、结合高炉炉缸的冷却形式、炉缸热电偶的布置情况以及高炉炉缸的设计图纸来规划分布式光纤传感器在炉缸炉皮的布置路线;

S12、在分布式光纤传感器的上进行位置的定标,在高炉炉缸炉皮上进行位置的确定,将光纤位置与炉皮位置进行配对;

S13、将分布式光纤传感器紧贴在炉缸炉皮进行固定安装;

S14、布式光纤传感器和通讯光纤进行连接,并接入激光源和信号处理模块。

[0014] S2、激光源发射脉冲入射光后,脉冲入射光沿着通讯光纤和分布式光纤传感器进行传输,脉冲入射光在光纤传输的过程中发生散射,一部分的散射光朝着反方向进行散射;散射光中,通过信号处理模块进行拉曼反射信号的剥离,由于后拉曼反射光信号与温度有关,据此来推算温度值;根据光速、光纤的折射率以及标定的光纤位置来计算温度值所对应的位置点;

S3、所述控制终端软件根据分布式光纤传感器在炉缸炉皮的标定的铺设位置情况,实时的显示温度值和位置信息,当炉缸炉皮的温度值超过管理的标准值或者快速上升时,系统将自动报警提示用户注意温度值的变化,防止炉缸烧穿事故的发生。

[0015] 预防高炉炉缸烧穿的方法及装备是利用分布式光纤传感器的背向拉曼散射的温度效应来连续测量高炉炉缸炉皮的温度。分布式光纤温度传感器是根据背向拉曼(Raman)散射效应所产生的一个比光源波长短的反斯托克斯光(Anti-Stokes),反斯托克斯光的强度与温度有关,据此根据沿光纤内部任何一点的反斯托克斯光信号来获得该点的温度值。再利用光时域反射技术(OTDR)技术,通过光纤中光波的传输速度和背向光回波的时间对这些温度点进行定位,实现光纤沿途温度场的分布式测量。

[0016] 在整个系统中,光纤即是传输媒体,同时又是传感媒介。温度信息和位置信息实时地从噪声中提取出来并进行显示。对分布式光纤传感器的位置信息与炉缸炉皮位置进行定标,可以实时检测炉皮位置的温度,实现预测炉缸烧穿的目标。预防高炉炉缸烧穿的方法详见图1所示的流程图,具体方法如下:

#### 1、光纤传感器温度信息的获取

激光光脉冲射入传感用的光纤之中,在光脉冲向前的传播过程中,由于光纤的应力、密度、材料组成、温度和弯曲变形等原因,发生散射现象,一部分散射光会按照入射光相反的方向传播,称之为背向散射光,返回的背向散射光包括瑞利(Rayleigh)散射、拉曼(Raman)散射和布里渊(Brillouin)散射。瑞利散射频率与入射光脉冲一致,拉曼散射频率与入射光脉冲相差几十太赫兹,布里渊散射频率与入射光脉冲相差几十吉赫兹。

[0017] 针对温度检测需求,瑞利散射信号对温度变化不敏感;布里渊散射信号的变化与温度和应力有关,但信号剥离难度大;拉曼散射信号的变化与温度有关,而且拉曼散射信号相对容易获取和分析,图2为激光散射光谱分析的方法,因此工业应用主要采集拉曼散射信号进行温度分析。

[0018] 拉曼散射会产生两个不同频率的信号:斯托克斯(Stokes)光(比光源波长长的光)和反斯托克斯(Anti-Stokes)光(比光源波长短的光),光纤受外部温度的调制使光纤中的反斯托克斯光强发生变化,Anti-Stokes与Stokes的比值提供了温度的绝对指示,利用这一原理可以实现对沿光纤温度场的分布式测量。

[0019] 典型的用Stokes Raman散射OTDR曲线解调反Stokes Ra散射OTDR的被测温度T的表达式为:

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_0} - \frac{k}{hc\nu_0} [\ln R(T) - \ln(T_0)]$$

其中,  $k$  为玻尔兹曼常数,  $h$  为普朗克常数;  $c$  为真空中的光速;  $k$  为玻尔兹曼常数;  $\nu_0$  为入射光频度;  $T$  为绝对温度。

[0020] 由上式可以看出, 要得知光纤所处环境的实时温度  $T$ , 必须知道  $T_0$ , 所以系统中引入一段定标光纤, 对于  $T_0$  温度进行检测。

[0021] 2、利用光时域反射原理来进行位置的标定

光时域反射技术是对空间分布的温度实现空间测量的理论基础。当光通过测量物理场时, 光能量以三种方式分配: 一是一部分能量沿着光纤传输通道继续传播, 二是一部分能量在传输过程中被吸收损耗或散射至关切外, 三是一部分能量被耦合至接收通道, 并被光探测器探测。

[0022] 图3为光纤后向散射标定位置原理示意图, 激光脉冲在光纤中传输时, 在时域里, 入射光经过背向散射返回到光纤入射端所需时间为  $t$ , 激光脉冲在光纤中所走过的路程为  $2L$ , 有:

$$2L = V \cdot t$$

$$V = \frac{C}{n}$$

$V$  为光子光线中的传输速度;  $C$  为真空中的光速;  $n$  为光纤折射率。

[0023] 被测物体的位置点距光源的长度有:

$$L = \frac{ct}{2n}$$

因此利用光时域反射技术可以确定光纤温度场中每个温度采集点的定位信息。

[0024] 3、高炉炉缸分布式光纤温度检测的实现

在同步控制单元的触发下, 激光器产生一个大功率光脉冲, 经过光路耦合器后进入一段放置在恒温槽中的光纤 (用于系统标定), 然后进入传感光纤, 传感光纤发生的携带温度信息的自发拉曼散射光中的背向成分沿原路返回, 通过分光器后分为两束光, 下接两个不同中心波长的滤波器, 对应滤出斯托克斯光和反斯托克斯光, 经光电探测器转化为电信号后送入数据采集与处理单元。在数据采集与处理单元中, 包括了电信号放大、去噪、算法, 最后输出温度值。

[0025] 4、高炉炉缸炉皮温度的实时检测

2000立方米至6000立方米大型高炉炉缸的直径在10至18米之间, 整个炉缸的面积巨大, 采用点式的测温方式, 需要大量的测温器件和复杂的连接线, 高成本、施工困难; 又由于95%以上的高炉炉缸采取了冷却壁的冷却形式, 高炉由于外围有复杂的连接水管, 加上炉缸的空间狭窄, 通过面阵式的测温器件不可能监测所有的炉皮温度, 会造成更大的测温盲区。采用分布式光纤温度检测设备, 由于光纤本身是连续的并可以弯曲, 可以沿着水管间的空隙进行任意布设, 实现高密度、连续的检测。

[0026] 如图4a和图4b所示为布置于高炉炉缸的示意图, 将光纤贴着炉皮并沿着水管内部穿过, 沿着光纤的方向是连续性的测温, 光纤之间可以根据要求进行一定间隔的布置。图5为现场的实际安装图。

[0027] 5、软件功能及界面显示

图6是系统软件的界面及功能,高炉炉缸光纤测温系统软件主要监视高炉炉缸部位的炉皮温度,当炉皮温度发生异常升高到某一阈值后,系统报警,并能标明异常温度点的位置信息。系统的软件包括:1)温度报警值设置,2)温度上升速度报警值设置,3)温度-距离趋势图,4)报警信息显示;4)导出温度趋势数据等。

[0028] 对此种新型分布式光纤传感器在测量温度以及位置定位的准确性进行了试验验证,首先将一段做了位置标定和温度标定的2500米长的分布式光纤传感器,将分布式光纤传感器明确位置的某一段置于一个较高的温度环境中(采用水银温度计测量其温度值),室内测试的环境温度为32℃左右,测试的较高温度环境为52℃,测试段的位置位于414米,通过分布式光纤测量测量,其可以精确的测量出室内测试环境温度、较高被测环境温度以及被测的位置,图7a和图7b为本发明运行实际的效果。其效果完全可以满足炉缸测温和确定位置的要求。

[0029] 最后应说明的是:以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,对于本领域的技术人员来说,其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

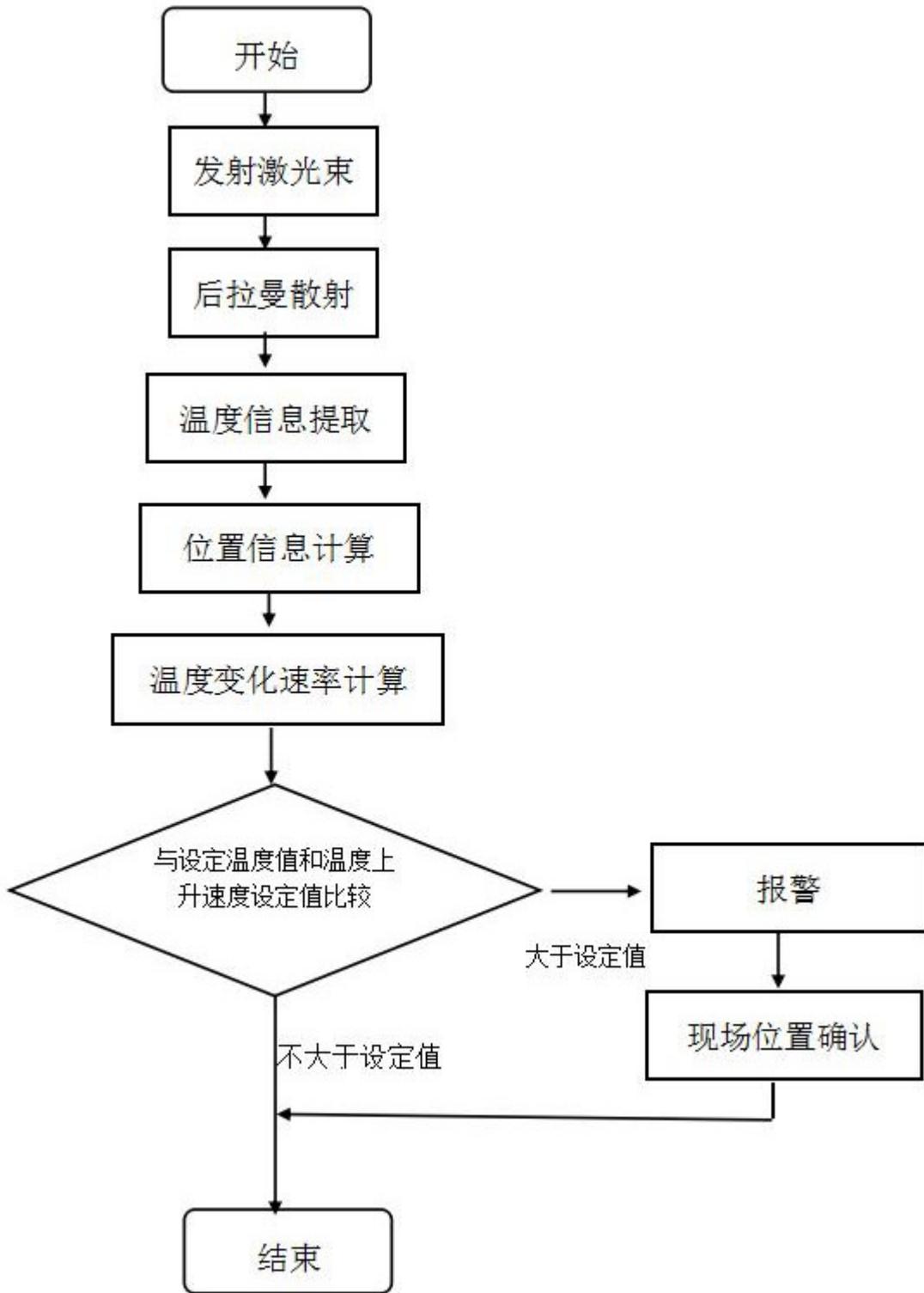


图1

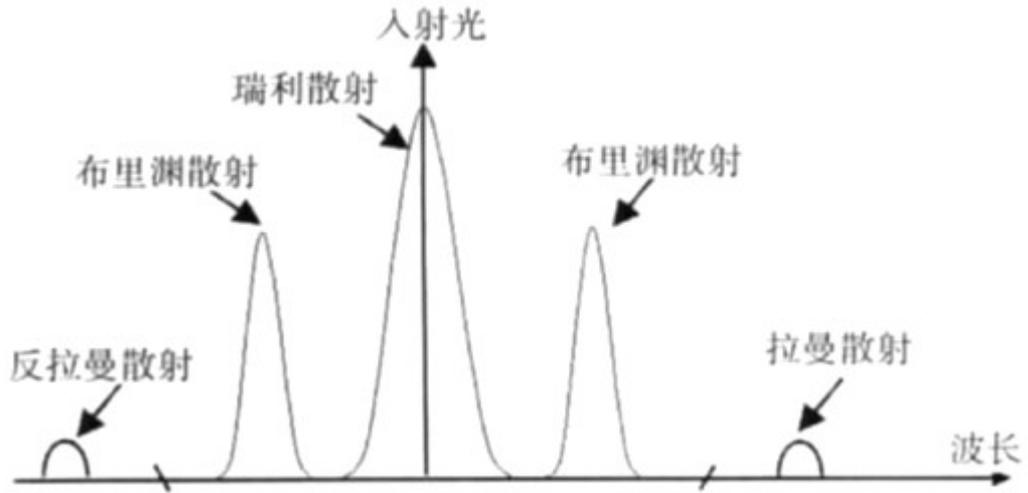


图2

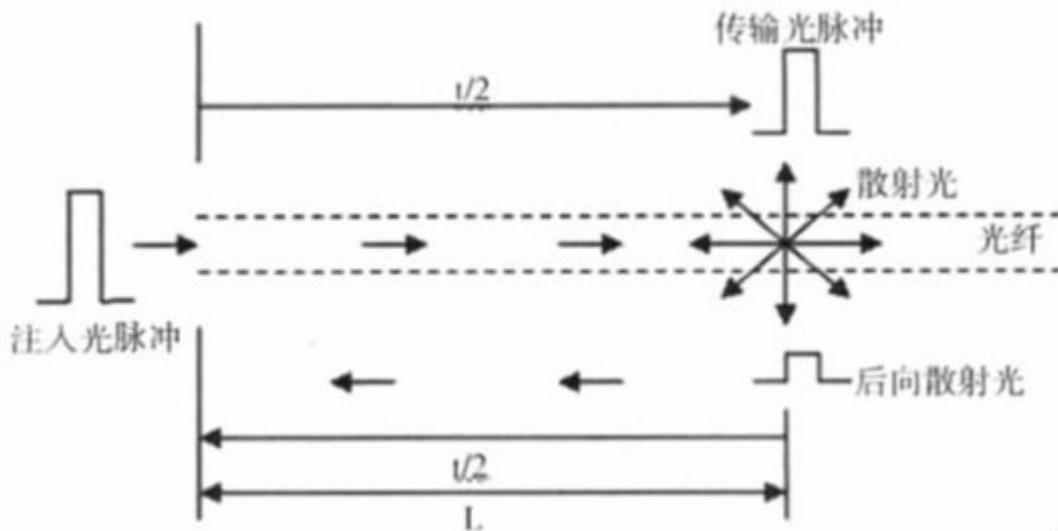


图3

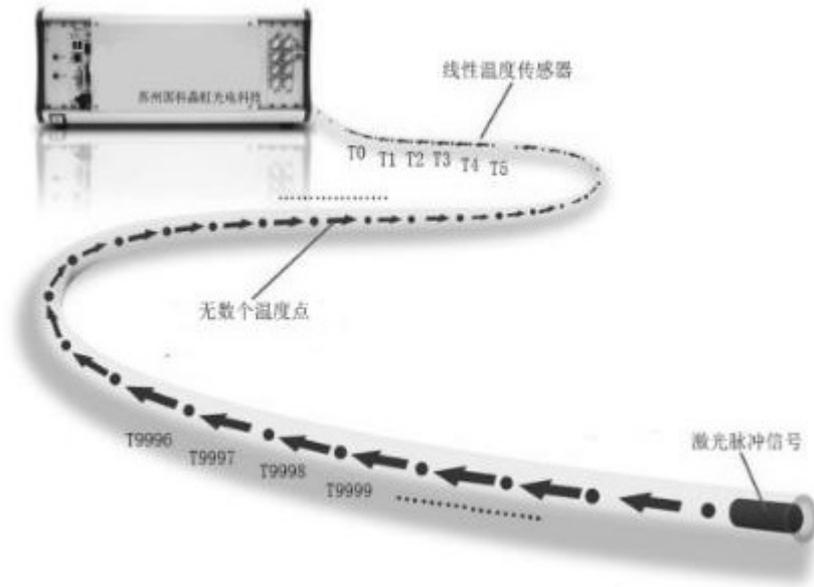


图4a

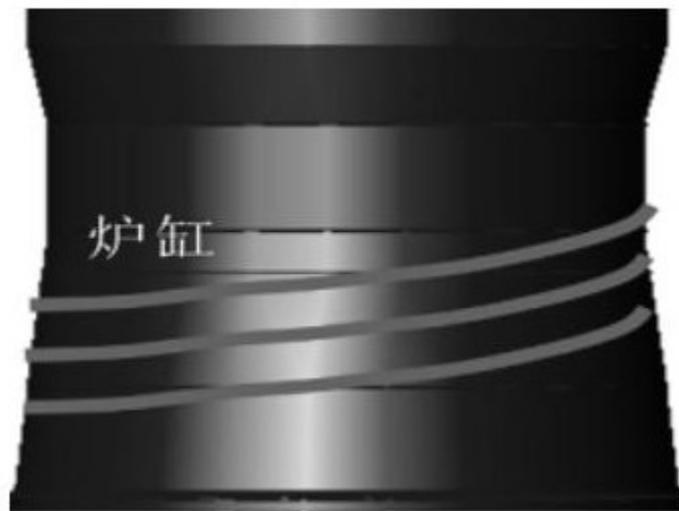


图4b

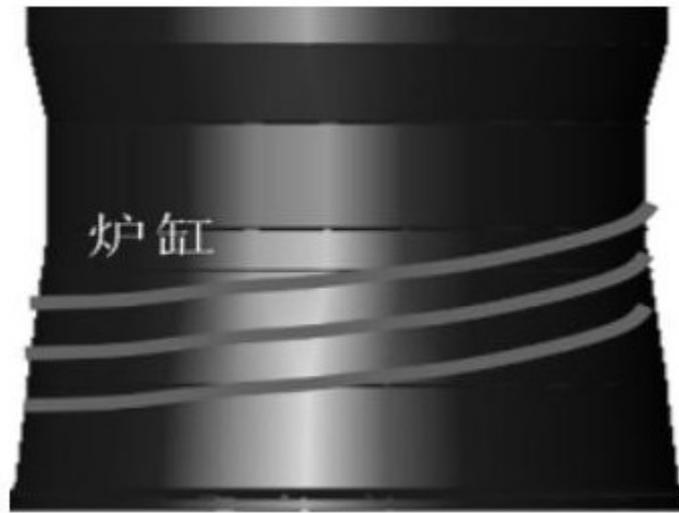


图5

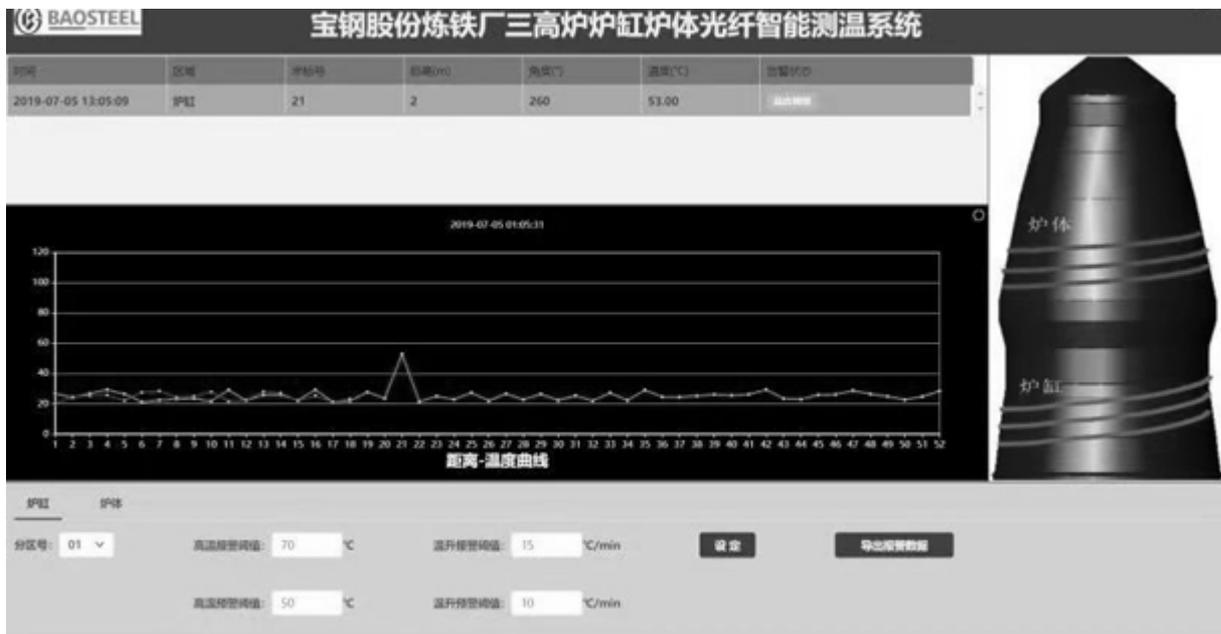


图6

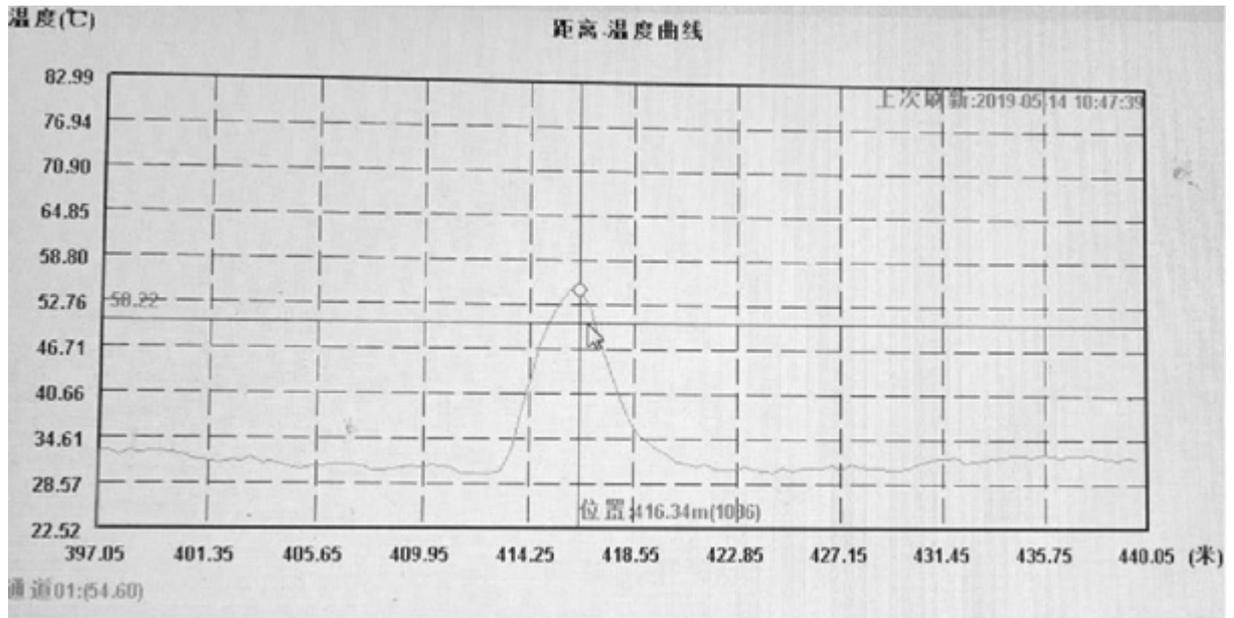


图7a

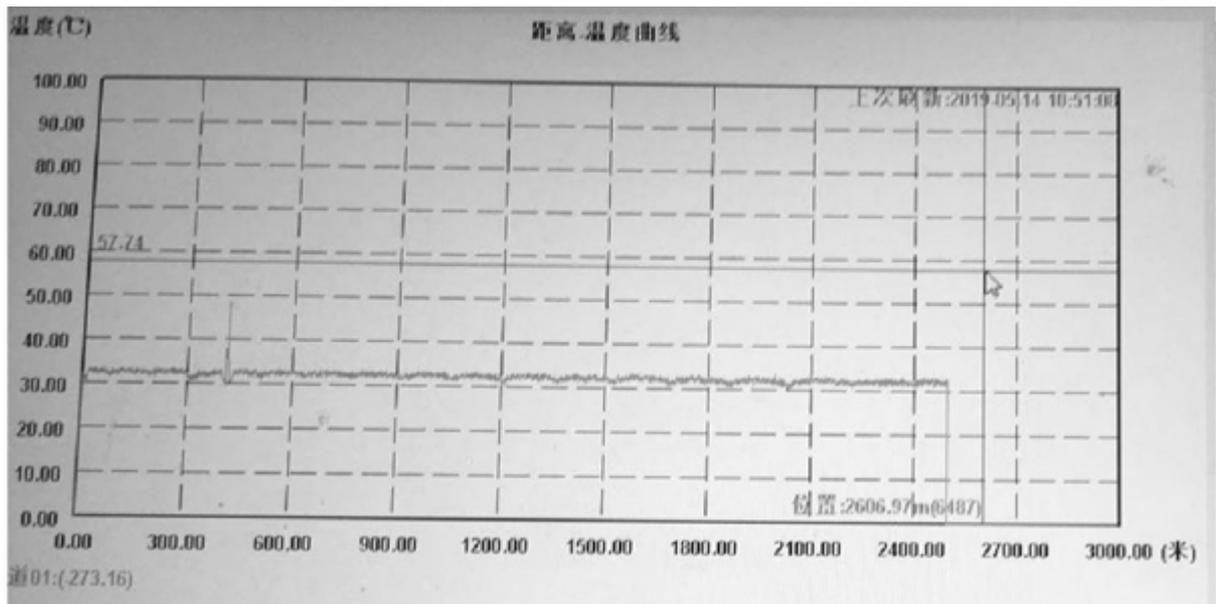


图7b