



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107574273 A

(43)申请公布日 2018.01.12

(21)申请号 201710756425.9

(22)申请日 2017.08.29

(71)申请人 武汉凯迪工程技术研究总院有限公司

地址 430223 湖北省武汉市东湖新技术开发区江夏大道特一号凯迪大厦

(72)发明人 陈义龙 张亮 韩旭

(74)专利代理机构 武汉开元知识产权代理有限公司 42104

代理人 胡镇西

(51)Int.Cl.

C21B 5/00(2006.01)

C21B 7/00(2006.01)

C21B 9/00(2006.01)

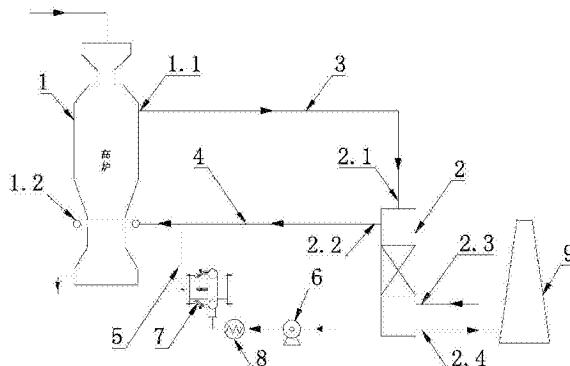
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

基于等离子体加热的高炉热风系统温度调控方法与设备

(57)摘要

本发明公开了一种基于等离子体加热的高炉热风系统温度调控方法与设备，该设备包括金属冶炼高炉和与其配套的高温热风炉；金属冶炼高炉的高炉煤气出口与高温热风炉的燃气入口之间通过高炉煤气主管相连，高温热风炉的高温空气出口与金属冶炼高炉的热风输入环管之间通过热风输送主管相连；它还包括至少一路调节气加热旁管和与其配套的等离子加热器；调节气加热旁管的输出端与热风输送主管中下游管段相连。该方法从调节气加热旁管的输入端引入调节气，送到热风输送主管的中下游管段内；在此过程中通过等离子加热器按需对调节气进行快速加热升温，以降低入炉热风温度随时间的波动幅度。



1. 一种基于等离子体加热的高炉热风系统温度调控方法,所述高炉热风系统包括金属冶炼高炉(1)、高温热风炉(2)、以及连接在二者之间的热风输送主管(4),其特征在于:

该方法是在热风输送主管(4)的中下游管段设置至少一路调节气加热旁管(5)、以及用于对调节气加热旁管(5)输送的调节气进行快速加热升温的等离子加热器(7),并包括以下步骤:

1) 从调节气加热旁管(5)的输入端引入调节气,并从调节气加热旁管(5)的输出端引出,送到热风输送主管(4)的中下游管段内,使其与热风输送主管(4)内温度随时间波动较大的上游热风混合;

2) 等离子加热器(7)按需对调节气进行快速加热升温,通过动态控制等离子加热器(7)的加热功率和/或动态控制调节气加热旁管(5)内调节气的流量,降低金属冶炼高炉(1)的入炉热风温度随时间的波动幅度。

2. 根据权利要求1所述基于等离子体加热的高炉热风系统温度调控方法,其特征在于:所述调节气采用外界空气,外界空气首先经过加压处理,然后预热至200~800℃,再通过等离子加热器(7)进行快速加热升温。

3. 根据权利要求1所述基于等离子体加热的高炉热风系统温度调控方法,其特征在于:所述调节气采用从热风输送主管(4)上游管段的分支管路(4.1)引出的上游热风,其直接通过等离子加热器(7)进行快速加热升温。

4. 根据权利要求1所述基于等离子体加热的高炉热风系统温度调控方法,其特征在于:所述调节气的质量流量为热风输送主管(4)内上游热风质量流量的5~30%。

5. 根据权利要求1~4中任一项所述基于等离子体加热的高炉热风系统温度调控方法,其特征在于:所述动态控制采用模糊数学协同控制技术,以进入金属冶炼高炉(1)的热风温度恒定作为第一控制目标,以等离子加热器(7)消耗功率最小作为第二控制目标,以进入金属冶炼高炉(1)的热风温度提升度最大作为第三控制目标;动态控制时优先达成第一控制目标,其次达成第二控制目标,最后达到第三控制目标。

6. 一种基于等离子体加热的高炉热风系统温度调控设备,包括金属冶炼高炉(1)和与其配套的高温热风炉(2);所述金属冶炼高炉(1)的上部和下部分别设置有高炉煤气出口(1.1)和热风输入环管(1.2);所述高温热风炉(2)的加热通道上设置有燃气入口(2.1)和尾气出口(2.4),所述高温热风炉(2)的吸热通道上设置有常温空气入口(2.3)和高温空气出口(2.2);所述高炉煤气出口(1.1)与所述燃气入口(2.1)之间通过高炉煤气主管(3)相连,所述高温空气出口(2.2)与所述热风输入环管(1.2)之间通过热风输送主管(4)相连,其特征在于:

它还包括至少一路调节气加热旁管(5)和与其配套的等离子加热器(7);所述调节气加热旁管(5)的输入端与外界气源相连或者与热风输送主管(4)上游管段引出的分支管路(4.1)相连,所述调节气加热旁管(5)的输出端与热风输送主管(4)中下游管段相连,所述等离子加热器(7)用于对所述调节气加热旁管(5)输送的调节气进行快速加热升温。

7. 根据权利要求6所述基于等离子体加热的高炉热风系统温度调控设备,其特征在于:所述等离子加热器(7)具有间隔布置的中心筒状气室(7.1)和外围环形气室(7.2),所述中心筒状气室(7.1)与外围环形气室(7.2)之间通过至少两根由内向外呈辐射状布置的分支输送管路(7.3)连通,每根分支输送管路(7.3)上至少设置有一只等离子火炬(7.4);所述外

围环形气室(7.2)上设置有一个调节气输入接口(7.5),所述中心筒状气室(7.1)上设置有一个气室端部接口(7.6);所述等离子加热器(7)通过一个调节气输入接口(7.5)和一个气室端部接口(7.6)连接在所述调节气加热旁管(5)上。

8.根据权利要求6所述基于等离子体加热的高炉热风系统温度调控设备,其特征在于:所述等离子加热器(7)具有间隔布置的中心筒状气室(7.1)和外围环形气室(7.2),所述中心筒状气室(7.1)与外围环形气室(7.2)之间通过至少两根由内向外呈辐射状布置的分支输送管路(7.3)连通,每根分支输送管路(7.3)上至少设置有一只等离子火炬(7.4);所述外围环形气室(7.2)上设置有一个调节气输入接口(7.5),所述中心筒状气室(7.1)上设置有一对气室端部接口(7.6);所述等离子加热器(7)通过一对气室端部接口(7.6)连接在所述热风输送主管(4)上,且位于热风输送主管(4)与调节气加热旁管(5)结合处,所述调节气输入接口(7.5)则与调节气加热旁管(5)的输出端相连。

9.根据权利要求7或8所述基于等离子体加热的高炉热风系统温度调控设备,其特征在于:所述调节气加热旁管(5)的输入端设置有加压风机(6),所述加压风机(6)与等离子加热器(7)之间的调节气加热旁管(5)上设置有预热装置(8)。

基于等离子体加热的高炉热风系统温度调控方法与设备

技术领域

[0001] 本发明涉及高炉热风温度调节技术领域,尤其涉及一种基于等离子体加热的高炉热风系统温度调控方法与设备。

背景技术

[0002] 在高炉炼铁工艺中,节能降耗的一个最有效的途径就是提高高炉的入炉风温。热风炉是提高入炉风温的主要工艺设备,现有的热风炉利用蓄热式换热方式,通过高炉煤气或高热值燃气燃烧和送风交替工作以连续供给高炉高温空气。高炉对热风炉的基本要求是提供稳定的高温风,然而每座热风炉都有燃烧蓄热和向高炉送风的过程,为了使高炉获得稳定、连续的热风,常规设计方案为每座高炉配备三到四座热风炉交替运行,则基本能维持高热风在一定的温度范围内浮动。

[0003] 当高炉热风炉进行换炉操作时,热风温度会有一定程度的波动,波动值大小的控制主要是依靠冷风阀的阀门开度来调节,由于阀门开度大小受设备自身精度等因素的影响较大,在换炉过程中容易造成输入的冷风压力波动较大。中国专利CN206014993U公开的一种高炉热风炉设备冷风智能调节系统,以及中国专利CN205874470U公开的一种高炉热风炉优化控制系统,都是利用自动控制原理,采用PLC控制器来控制冷风调节阀,相比手动调节更加智能化、精细化,在换炉过程中,该系统不断采集冷风压力和流量的变化量,通过程序的编写,能有效减小热风炉换炉时冷风温度和压力的波动。

[0004] 然而,上述这种利用冷风和热风混合的调节方式虽然能维持热风温度恒定,但加入冷风会导致热风管中的热风温度降低,由于生产中进入高炉的送风温度越高、越稳定会使得高炉冶炼金属的效果越好,因此这种加入冷风的方式损失了热值,造成了能源浪费。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种基于等离子体加热的高炉热风系统温度调控方法与设备,能够有效调控金属冶炼高炉的入炉热风温度波动。

[0006] 为实现上述目的,本发明所提供的基于等离子体加热的高炉热风系统温度调控方法,所述高炉热风系统包括金属冶炼高炉、高温热风炉、以及连接在二者之间的热风输送主管;该方法是在热风输送主管的中下游管段引入至少一路调节气加热旁管、以及用于对调节气加热旁管输送的调节气进行快速加热升温的等离子加热器,并包括以下步骤:

[0007] 1)从调节气加热旁管的输入端引入调节气,并从调节气加热旁管的输出端引出,送到热风输送主管的中下游管段内,使其与热风输送主管内温度随时间波动较大的上游热风混合;

[0008] 2)等离子加热器按需对调节气进行快速加热升温,通过动态控制等离子加热器的加热功率和/或动态控制调节气加热旁管内调节气的流量,降低金属冶炼高炉的入炉热风温度随时间的波动幅度。

[0009] 可选地,所述等离子加热器的加热功率可按如下方法进行控制:对于温度波动较

大的上游热风(指混合前热风输送主管内的热风),当其处于较低温度时,调整等离子加热器处于较大的功率,温度越低,加热功率越大,直到离子加热器达到最大功率;当其处于较高温度时,调整等离子加热器处于较小的功率,温度越高,加热功率越小;当上游热风温度超过调控目标温度线时,调整等离子加热器的功率为零,即不加热。

[0010] 可选地,所述调节气的气体组成可采用上游热风、外界空气、蒸汽、纯氧等或其中两种及以上气体的混合气体。

[0011] 优选地,所述调节气采用外界空气,外界空气首先经过加压处理,以克服系统阻力及适应后续系统压力需求;然后预热至200~800℃,再通过等离子加热器进行快速加热升温。在低温阶段,传统的加热方式,例如余热换热、高炉煤气燃烧方式具有更好的经济性;而在高温阶段,等离子加热器具有更好的加热效率,能够提供更高的温度。在常规的采用掺混部分冷风来拉低进入金属冶炼高炉的热风的整体温度以达到温度恒定的控制方式中,调节气体预热没有实际意义。而本发明采用掺混等离子加热的调节气来提高进入金属冶炼高炉的热风的整体温度以达到温度恒定的控制方式,因而调节气预热将会减少等离子火炬的电能消耗,结合余热的利用,经济效益更加显著。

[0012] 优选地,所述调节气采用从热风输送主管上游管段的分支管路引出的上游热风,其直接通过等离子加热器进行快速加热升温。

[0013] 优选地,所述调节气的质量流量为热风输送主管内上游热风质量流量的5~30%。采用旁路输入调节气的方式调控热风温度,一方面提高了热风温度控制的精确度和实时性;另一方面减小了等离子加热器的功耗。

[0014] 优选地,所述动态控制采用模糊数学协同控制技术,以进入金属冶炼高炉的热风温度恒定作为第一控制目标,以等离子加热器消耗功率最小作为第二控制目标,以进入金属冶炼高炉的热风温度提升度最大作为第三控制目标;动态控制时优先达成第一控制目标,其次达成第二控制目标,最后达到成第三控制目标。

[0015] 优选地,所述模糊数学协同控制技术的主要控制参数之间满足如下数学关系:

$$[0016] f(T_4) = f\left(\frac{T_1Q_1 + T_2Q_2 + T_3Q_3}{Q_4} + \frac{P}{Q_4C_0}\right),$$

[0017] 式中:f为函数符号;P为等离子加热器的总功率;T₁、Q₁为等离子体工作气体的温度及流量;T₂、Q₂为高温热风炉的高温空气出口温度及流量;T₃、Q₃为等离子体加热后的高温调节气温度及流量;T₄、Q₄为金属冶炼高炉入口高温热风温度及流量;C₀为热风比热;式中各物理量的单位均采用SI单位制,温度为K,流量为kg/s,功率为W,比热为J·kg⁻¹·K⁻¹。

[0018] 本发明同时提供了一种基于等离子体加热的高炉热风系统温度调控设备,包括金属冶炼高炉和与其配套的高温热风炉;所述金属冶炼高炉的上部和下部分别设置有高炉煤气出口和热风输入环管;所述高温热风炉的加热通道上设置有燃气入口和尾气出口,所述高温热风炉的吸热通道上设置有常温空气入口和高温空气出口;所述高炉煤气出口与所述燃气入口之间通过高炉煤气主管相连,所述高温空气出口与所述热风输入环管之间通过热风输送主管相连;它还包括至少一路调节气加热旁管和与其配套的等离子加热器;所述调节气加热旁管的输入端与外界气源相连或者与热风输送主管上游管段引出的分支管路相连,所述调节气加热旁管的输出端与热风输送主管中下游管段相连,所述等离子加热器用于对所述调节气加热旁管输送的调节气进行快速加热升温。

[0019] 优选地，所述等离子加热器具有间隔布置的中心筒状气室和外围环形气室，所述中心筒状气室与外围环形气室之间通过至少两根由内向外呈辐射状布置的分支输送管路连通，每根分支输送管路上至少设置有一只等离子火炬；所述外围环形气室上设置有一个调节气输入接口，所述中心筒状气室上设置有一个气室端部接口；所述等离子加热器通过一个调节气输入接口和一个气室端部接口连接在所述调节气加热旁管上。该方案的等离子加热器适合安装在调节气加热旁管上。

[0020] 优选地，所述等离子加热器具有间隔布置的中心筒状气室和外围环形气室，所述中心筒状气室与外围环形气室之间通过至少两根由内向外呈辐射状布置的分支输送管路连通，每根分支输送管路上至少设置有一只等离子火炬；所述外围环形气室上设置有一个调节气输入接口，所述中心筒状气室上设置有一对气室端部接口；所述等离子加热器通过一对气室端部接口连接在所述热风输送主管上，且位于热风输送主管与调节气加热旁管结合处，所述调节气输入接口则与调节气加热旁管的输出端相连。该方案的等离子加热器适合安装在热风输送主管上。

[0021] 优选地，以上两种方案中，分支输送管路与中心筒状气室之间的夹角为锐角，采用顺气流方式安装，以降低调节气的输入阻力。等离子火炬也可以采用顺气流方式安装，使离子火炬的工作气体流向与调节气的流向相同或夹角为锐角。

[0022] 优选地，所述调节气加热旁管的输入端设置有加压风机，所述加压风机与等离子加热器之间的调节气加热旁管上设置有预热装置。

[0023] 本发明的有益效果如下：

[0024] 1) 本发明采用增设调节气加热旁管和等离子加热器，利用等离子加热温度高，并且能够通过电流调节控制快速实现负荷调节的特点，引入一路温度流量可控的调节气，实时调整热风温度，当原始热风温度处于较低温度时，提高等离子加热器输入的热量；当原始热风温度处于较高温度时，降低等离子加热器输入的热量(必要时停止等离子加热)，通过这种方式，使得金属冶炼高炉入炉热风温度的波动幅度大幅降低，并使整体温度得到提升。

[0025] 2) 不同于常规掺混部分冷风来拉低进入金属冶炼高炉的热风的整体温度以达到温度恒定的控制方式，本发明采用掺混等离子加热的部分高温调节气来提高进入高炉的热风的整体温度以达到温度恒定的控制方式，不会拉低入炉热风的整体温度，相对于掺混冷风的温度调控方式，可提高金属冶炼高炉入炉热风平均温度，结合余热的利用，经济效益更加显著。

[0026] 3) 高于1000℃温度范围的加热方式中，等离子火炬加热空气效率最高，能耗最低，系统简单，运行平稳。

[0027] 4) 热风温度的提高及稳定控制，能极大提高金属冶炼高炉喷吹煤粉比例，提高高炉生产效率，减少焦比，减少碳排放，使得总体经济性能良好。

[0028] 5) 该高炉热风系统温度调控设备简单可靠，投资小，对现有高炉热风系统的改造工程小，具有较好的投资前景。

附图说明

[0029] 图1为实施例1中高炉热风系统温度调控设备的工艺示意图。

[0030] 图2、图3分别为图1中等离子加热器的主视结构示意图和左视结构示意图；图2中，

对中心筒状气室进行了局部剖;图3中,未画出中心筒状气室的连接法兰。

[0031] 图4为实施例2中高炉热风系统温度调控设备的工艺示意图。

[0032] 图5、图6分别为图4中等离子加热器的主视结构示意图和左视结构示意图;图5中,对中心筒状气室进行了局部剖;图6中,未画出中心筒状气室的连接法兰。

[0033] 图7为本发明与掺混冷空气方式的效果对比图。

[0034] 其中:金属冶炼高炉1、高炉煤气出口1.1、热风输入环管1.2、高温热风炉2、燃气入口2.1、高温空气出口2.2、常温空气入口2.3、尾气出口2.4、高炉煤气主管3、热风输送主管4、分支管路4.1、调节气加热旁管5、加压风机6、等离子加热器7、中心筒状气室7.1、外围环形气室7.2、分支输送管路7.3、等离子火炬7.4、调节气输入接口7.5、气室端部接口7.6、连接法兰7.7、盲板7.8、预热装置8、烟囱9

具体实施方式

[0035] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步的详细说明。

[0036] 如图1~6所示,本发明所设计的基于等离子体加热的高炉热风系统温度调控设备,包括金属冶炼高炉1和与其配套的高温热风炉2。金属冶炼高炉1的上部和下部分别设置有高炉煤气出口1.1和热风输入环管1.2。高温热风炉2的加热通道上设置有燃气入口2.1和尾气出口2.4,高温热风炉2的吸热通道上设置有常温空气入口2.3和高温空气出口2.2。高炉煤气出口1.1与燃气入口2.1之间通过高炉煤气主管3相连,高温空气出口2.2与热风输入环管1.2之间通过热风输送主管4相连。它还包括一路调节气加热旁管5和与其配套的等离子加热器7。调节气加热旁管5的输出端与热风输送主管4中下游管段相连,等离子加热器7用于对调节气加热旁管5输送的调节气进行快速加热升温。

[0037] 实施例1、2所采用的工艺系统稍有差别,以下分别进行说明。

[0038] 实施例1

[0039] 如图1~3所示,在本实施例中,调节气加热旁管5的输入端设置有加压风机6,加压风机6与等离子加热器7之间的调节气加热旁管5上设置有预热装置8。等离子加热器7具有间隔布置的中心筒状气室7.1和外围环形气室7.2,中心筒状气室7.1与外围环形气室7.2之间通过四根由内向外呈辐射状布置的分支输送管路7.3连通,每根分支输送管路7.3上设置有一只等离子火炬7.4。分支输送管路7.3与中心筒状气室7.1之间的夹角为锐角,以降低调节气的输入阻力。外围环形气室7.2上设置有一个调节气输入接口7.5,中心筒状气室7.1的两端设置有一对连接法兰7.7,其中一端的连接法兰7.7作为气室端部接口7.6,另一端的连接法兰通过盲板7.8密封。等离子加热器7通过一个调节气输入接口7.5和一个气室端部接口7.6连接在调节气加热旁管5上。

[0040] 实施例2

[0041] 如图4~6所示,在另一实施例中,调节气加热旁管5的输入端与热风输送主管4上游管段引出的分支管路4.1相连;引入上游管段的原始热风作为调节气,充分利用原始热风中的热量,降低等离子加热器7的功耗。等离子加热器7具有间隔布置的中心筒状气室7.1和外围环形气室7.2,中心筒状气室7.1与外围环形气室7.2之间通过四根由内向外呈辐射状布置的分支输送管路7.3连通,每根分支输送管路7.3上设置有一只等离子火炬7.4。分支输送管路7.3与中心筒状气室7.1之间的夹角为锐角,以降低调节气的输入阻力。外围环形气

室7.2上设置有一个调节气输入接口7.5,中心筒状气室7.1的两端设置有一对连接法兰7.7,作为气室端部接口7.6。等离子加热器7通过一对气室端部接口7.6连接在热风输送主管4上,且位于热风输送主管4与调节气加热旁管5结合处,调节气输入接口7.5则与调节气加热旁管5的输出端相连。

[0042] 以上两实施例中,等离子加热器7的结构区别为:实施例2的中心筒状气室7.1两端均设置为开口;而实施例1的中心筒状气室7.1的一端设置为开口,另一端通过盲板7.8进行密封。

[0043] 等离子加热器7内部还可布置多处强化调节气与等离子炬高温工作气体换热混合的折流或者点坑结构的构件,其中折流构件选用耐高温的耐火保温砖堆砌而成。

[0044] 以下提供了采用上述温度调控设备进行高炉热风系统温度调控的方法。

[0045] 以炼铁为例,现有的金属冶炼高炉1的冶炼基本流程为:铁矿石、焦炭等炼铁原料送入至金属冶炼高炉1中,从金属冶炼高炉1的炉体下部热风输入环管1.2高速鼓入约1000℃以上的高温热风,高温热风与焦炭进行燃烧及化学转化作用下,铁矿石被还原性气体还原生产铁水,铁水从底部流出,而高炉煤气从金属冶炼高炉1的炉顶高炉煤气出口1.1引出,随后通过高炉煤气主管3、燃气入口2.1进入高温热风炉2燃烧,通过蓄热换热的方式加热从常温空气入口2.3进入高温热风炉2的外供冷空气,冷空气被加热至1000℃以上经尾气出口2.4、热风输送主管4送入热风输入环管1.2,高炉煤气燃烧后的尾气从尾气出口2.4进入烟囱9外排。

[0046] 由于高温热风炉2采用蓄热式或者陶瓷换热器等,高温热风炉2产生的高温热风会因为换热工艺与传热过程带来温度的大幅波动,不利于高炉入炉温度的稳定和提高。为解决该问题,本发明应用实施例1、2中提供的高炉热风系统温度调控设备,按照如下步骤进行高炉热风系统的温度调控:

[0047] 1)从调节气加热旁管5的输入端引入调节气,通过等离子加热器7对调节气进行快速加热升温,等离子加热器7采用等离子火炬7.4产生的高温(约5500℃以上)工作气体来加热调节气。

[0048] 等离子加热器7的总功率依据热风调节负荷来设置,采用4个Marc-11等离子火炬,单台等离子火炬的最大功率为2.4MW,最小功率0.8MW,等离子工作气体流量约500kg/hr。

[0049] 对于实施例1,调节气采用外界空气,外界空气首先经过加压风机6加压处理至保证调节气能够顺利输送到高炉煤气主管3的压力,然后通过预热装置8预热至约500℃,再通过等离子加热器7进行快速加热升温。

[0050] 对于实施例2,调节气采用从热风输送主管4上游管段的分支管路4.1引出的上游热风,其直接通过等离子加热器7进行快速加热升温。

[0051] 2)将所得高温调节气从调节气加热旁管5的输出端引出,送到热风输送主管4的中下游管段内,使其与热风输送主管4内温度随时间波动较大的上游热风混合。

[0052] 3)通过动态控制等离子加热器7的加热功率和/或动态控制调节气加热旁管5内调节气的流量,提高金属冶炼高炉1的入炉热风温度,同时降低入炉热风温度随时间的波动幅度。

[0053] 所述动态控制采用模糊数学协同控制技术,以进入金属冶炼高炉1的热风温度恒定作为第一控制目标,以等离子加热器7消耗功率最小作为第二控制目标,以进入金属冶炼

高炉1的热风温度提升度最大作为第三控制目标。动态控制时优先达成第一控制目标，其次达成第二控制目标，最后达到成第三控制目标。其主要控制参数之间满足如下数学关系：

$$[0054] \quad f(T_4) = f\left(\frac{T_1Q_1 + T_2Q_2 + T_3Q_3}{Q_4} + \frac{P}{Q_4C_0}\right),$$

[0055] 式中：f为函数符号；P为等离子加热器7的总功率；T₁、Q₁为等离子体工作气体的温度及流量；T₂、Q₂为高温热风炉2的高温空气出口温度及流量；T₃、Q₃为等离子体加热后的高温调节气温度及流量；T₄、Q₄为金属冶炼高炉1入口高温热风温度及流量；C₀为热风比热。式中各物理量的单位均采用SI单位制。

[0056] 在实际控制过程中，也会依据实际流量、压力或压差等检测更加可靠或精确的测量值参与模糊控制的过程，这仅是控制变量形式的变化，其主要控制原理不会存在本质改变。

[0057] 通过以上步骤，获得温度波动范围在经济合理范围的高温热风，送入金属冶炼高炉1供炼铁工艺使用。

[0058] 如图7所示，调控前金属冶炼高炉的热风入炉温度为1000~1200℃，平均温度为1100℃；调控后平均温度提高到1200℃；而掺混冷风方式获得的平均温度为1070℃。显然，本发明方案的温度波动更小，并且实现热风温度的提高。

[0059] 从金属冶炼高炉1生产多年的总结经验来看，每提高风温55.5℃，可降低焦比12.5公斤/吨铁，提高生产效率约2.5%，同时热风温度提高也提高了金属冶炼高炉1喷烧煤粉的比例，减少金属冶炼高炉1内部焦炭消耗，因而实现降低炼铁焦比数。相对于现有的掺冷风调控方式，在实施例1、2中，金属冶炼高炉的入炉热风温度提高了130℃，减少了焦炭比40公斤/吨铁，减少二氧化碳排放2%~6%，从总体而言能极大提高炼铁系统的操作稳定性和经济效益。

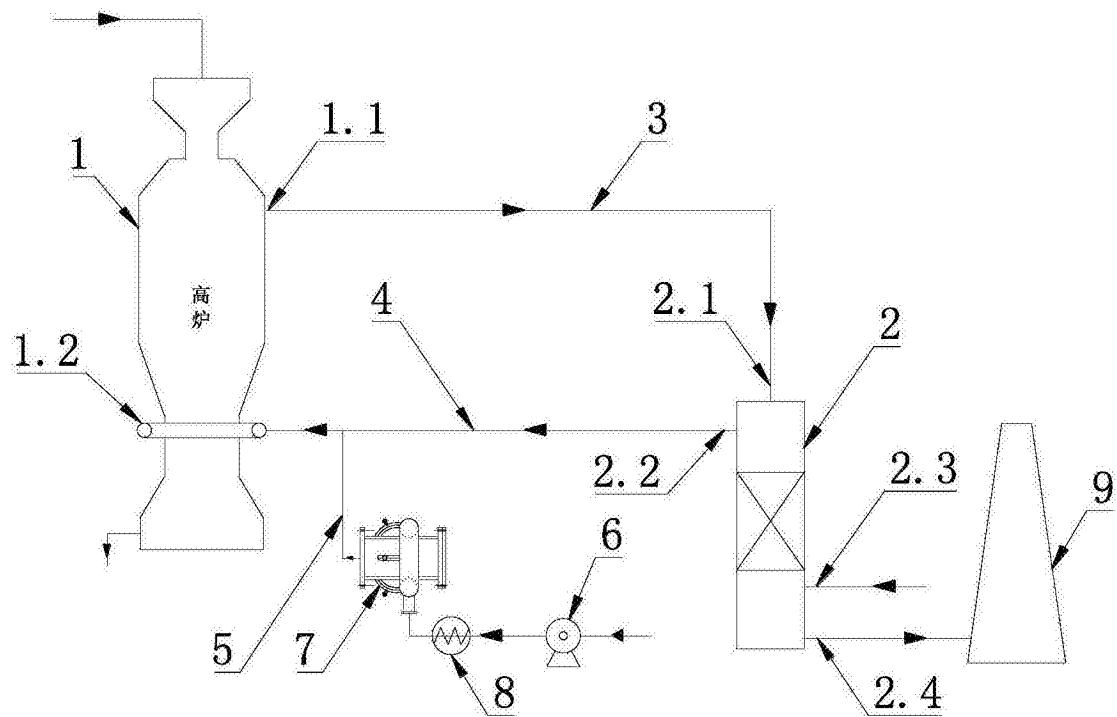


图1

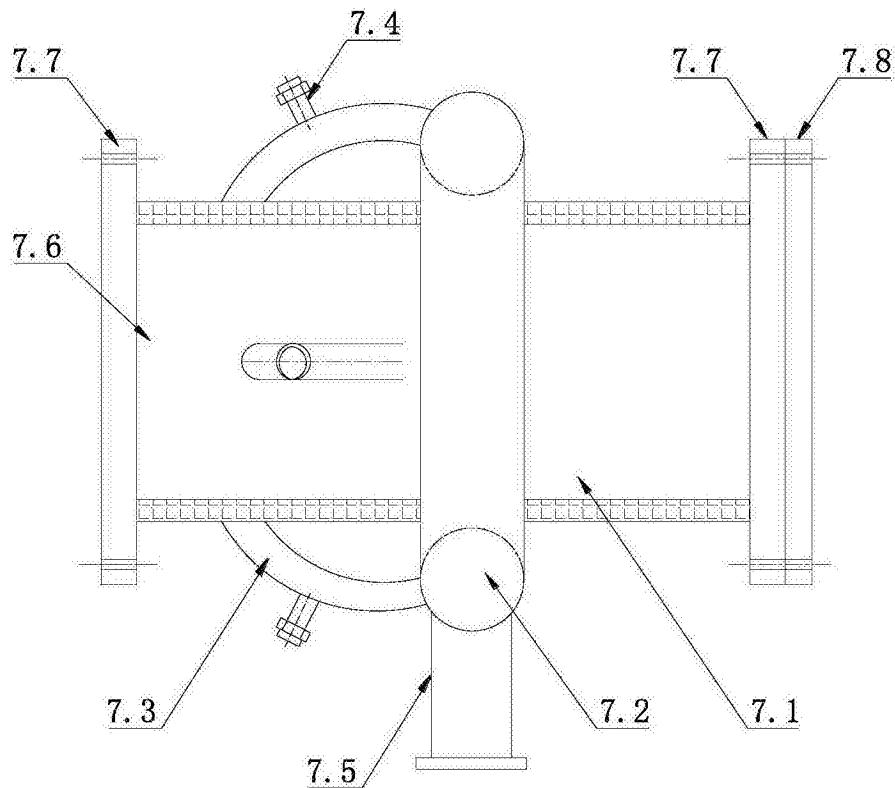


图2

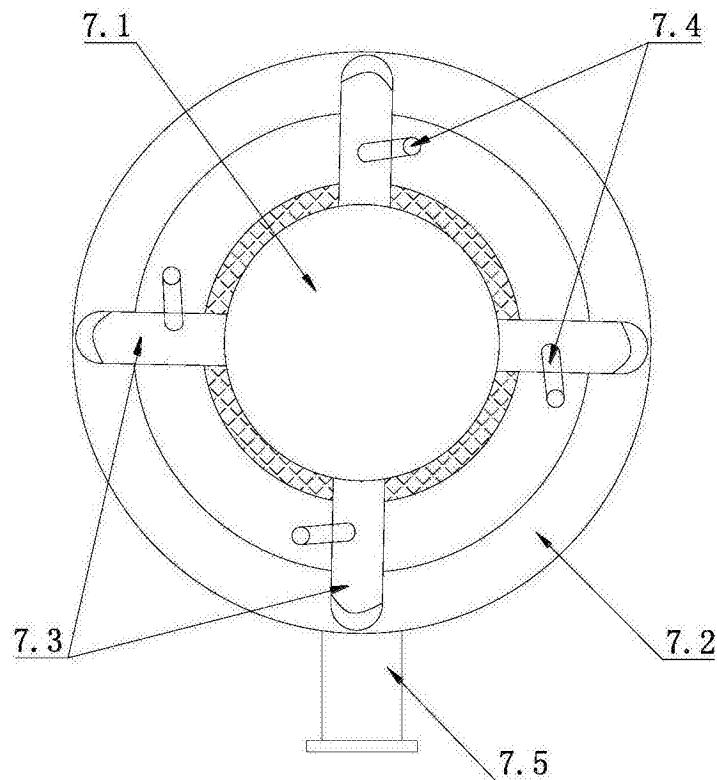


图3

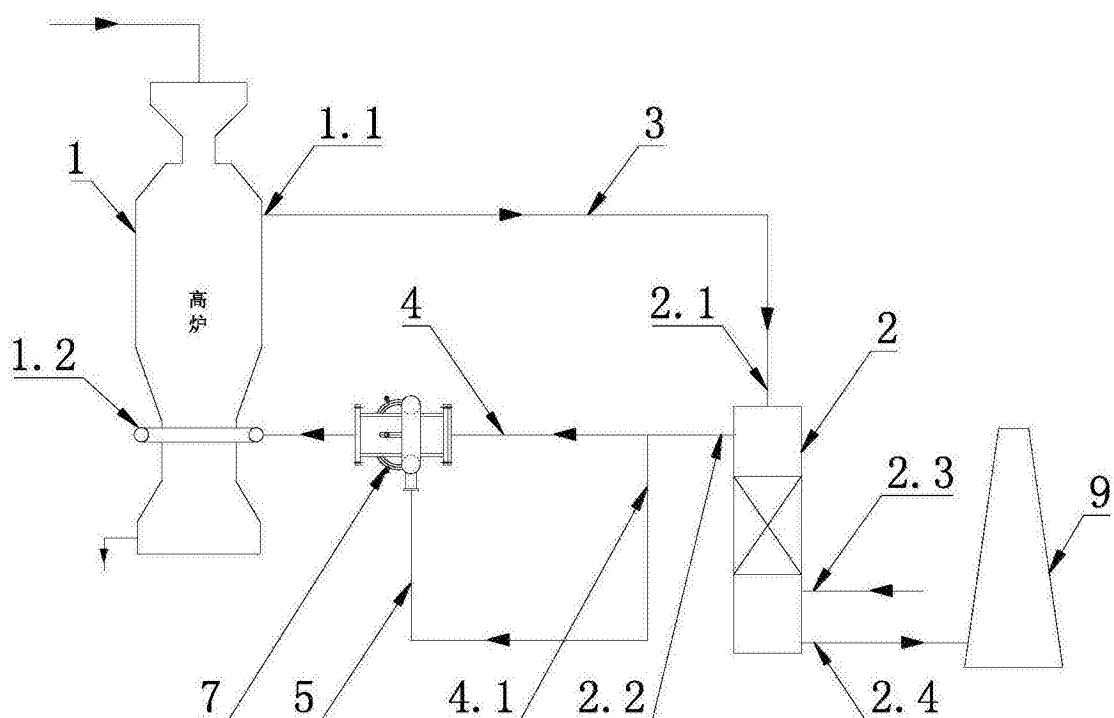


图4

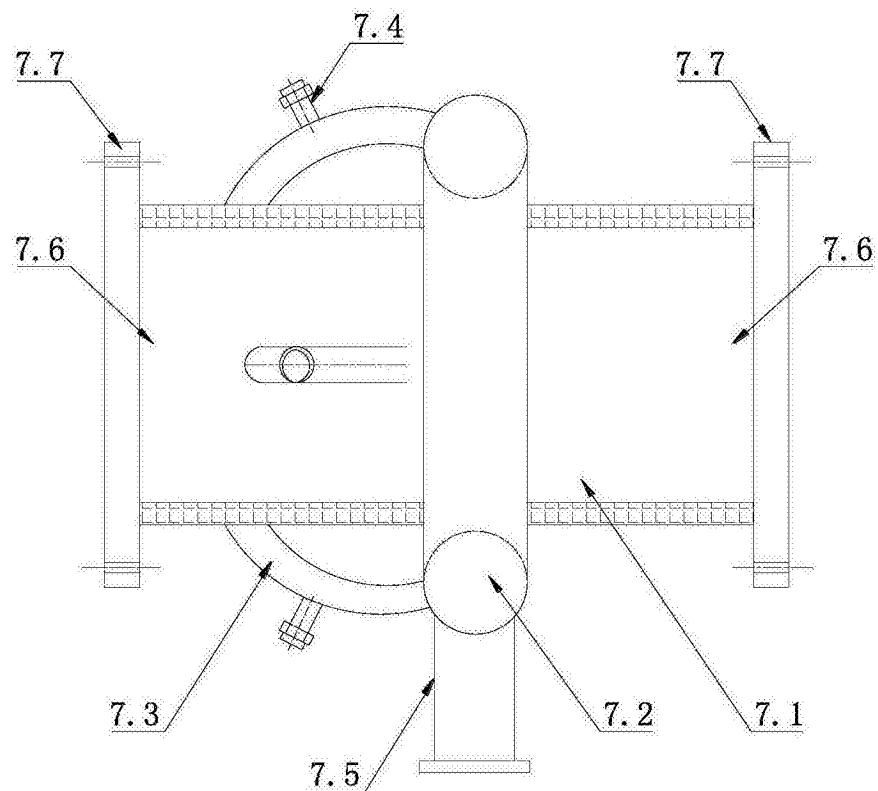


图5

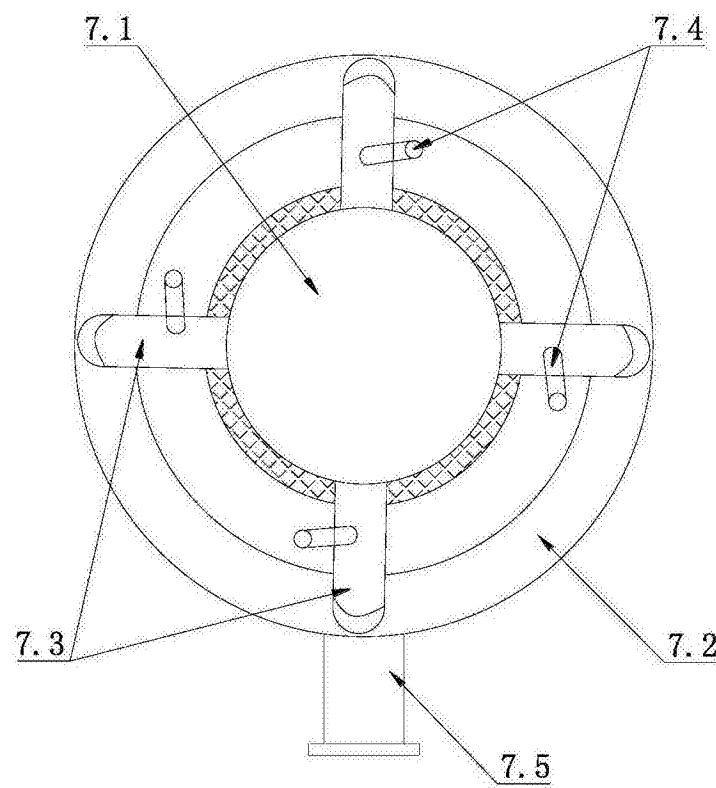


图6

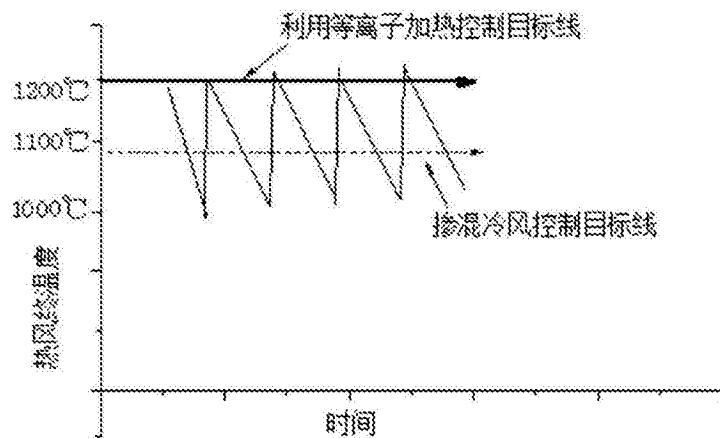


图7