



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115059924 A

(43) 申请公布日 2022. 09. 16

(21) 申请号 202210588948.8

(22) 申请日 2022.05.26

(71) 申请人 中国恩菲工程技术有限公司
地址 100038 北京市海淀区复兴路12号

(72) 发明人 姚心 刘海威 骆嘉辉 张瑛华
杨培培 王禹辰 王明峰 王文波

(74) 专利代理机构 北京律智知识产权代理有限公司 11438

专利代理师 孙宝海

(51) Int. Cl.
F23G 5/50 (2006.01)

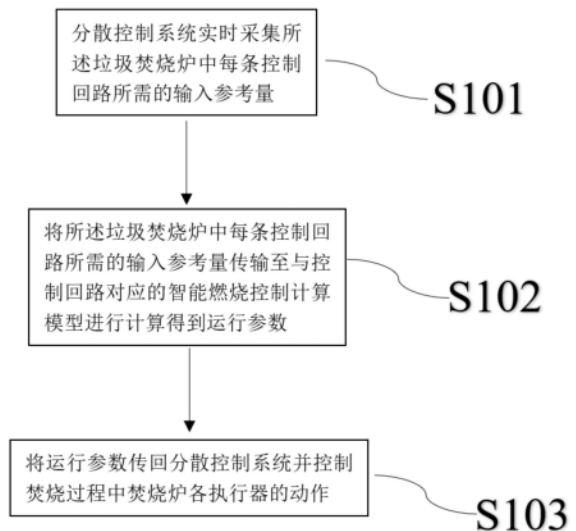
权利要求书2页 说明书12页 附图4页

(54) 发明名称

垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法和装置、设备和存储介质

(57) 摘要

本公开提供了一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法、装置、电子设备和计算机存储介质,涉及燃烧过程监测领域。该方法包括分散控制系统实时采集所述垃圾焚烧炉中每条控制回路所需的输入参考量;将所述垃圾焚烧炉中每条控制回路所需的输入参考量传输至与控制回路对应的智能燃烧控制计算模型进行计算得到运行参数;将运行参数传回分散控制系统并控制焚烧过程中焚烧炉各执行器的动作。该方法克服了传统ACC系统过度依赖仪表精度等缺点,是适合我国垃圾焚烧特性、具有国际先进水平的控制系统,旨在实现垃圾焚烧控制得无人化操作,满足环保达标、安全稳定的生产要求,合理延长各设备的使用寿命,实现节能增效目标。



1. 一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法,其特征在于,包括:
分散控制系统实时采集所述垃圾焚烧炉中每条控制回路所需的输入参考量;
将所述垃圾焚烧炉中每条控制回路所需的输入参考量传输至与控制回路对应的智能燃烧控制计算模型进行计算得到运行参数;
将运行参数传回分散控制系统并控制焚烧过程中焚烧炉各执行器的动作。
2. 根据权利要求1所述的一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法,其特征在于,还包括:
确定所述垃圾焚烧炉中每条控制回路所需的输入参考量与输出被控量;
在历史燃烧工况信息中筛选出所述垃圾焚烧炉中每条控制回路所需的输入参考量与输出被控量进行处理生成训练集;
用所述训练集对所述垃圾焚烧炉中每条控制回路的智能燃烧控制计算模型进行训练,得到所述垃圾焚烧炉中每条控制回路的智能燃烧控制计算模型;
将所述垃圾焚烧炉中每条控制回路的计算模型进行组合并整体封装生成垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法计算模型。
3. 根据权利要求2所述的一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法,其特征在于,所述输入参考量包括:焚烧炉内温度参数、压力参数、负荷参数、污染物参数;所述输出被控量包括:给料系统的控制参数、炉排运动周期的控制参数、燃烧空气系统一次风系统的控制参数、燃烧空气系统二次风系统的控制参数。
4. 根据权利要求2所述的一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法,其特征在于,所述输入参考量还包括:出口氧量、垃圾料层厚度、汽包液位。
5. 根据权利要求2所述的一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法,其特征在于,采集所述垃圾焚烧炉中每条控制回路所需的输入参考量与输出被控量的数据需确定的采集时间跨度、采集频率。
6. 根据权利要求2所述的一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法,其特征在于,所述垃圾焚烧炉中每条控制回路所需的输入参考量与输出被控量的数据的处理方法为对每个数据的绝对值与相对趋势进行分析,将绝对值超出限定范围的数据进行剔除。
7. 根据权利要求2所述的一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法,其特征在于,所述训练集和测试集按照时间顺序进行划分。
8. 根据权利要求2所述的一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法,其特征在于,所述垃圾焚烧炉中每条控制回路的智能燃烧控制计算模型是处理回归问题的机器学习模型与神经网络模型。
9. 一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制装置,其特征在于,包括以下模块:
采集模块,用于采集所述垃圾焚烧炉中每条控制回路所需的输入参考量与输出被控量;
数据处理模块,用于对所述垃圾焚烧炉中每条控制回路所需的输入参考量与输出被控量进行处理生成训练集;
计算模型训练模块,用于对所述垃圾焚烧炉中每条控制回路的学习模型进行训练,得到垃圾焚烧炉中每条控制回路的计算模型;
封装模块,用于将所述垃圾焚烧炉中每条控制回路的计算模型进行组合并整体封装生成智能燃烧控制方法计算模型;

计算模块,用于根据分散控制系统实时获取的输入参考量计算出运行参数;

通讯模块,用于与分散控制系统进行数据传输,分散控制系统实时获取输入参考量的传输至所述智能燃烧控制方法计算模型进行计算,计算后的运行参数传回分散控制系统并控制焚烧过程中焚烧炉各执行器的动作。

10. 一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制电子设备,其特征在于,包括:

至少一个处理器和用于与所述至少一个处理器所通讯连接的存储器;所述存储器存储有可被所述至少一个处理器执行的命令,所述命令被所述至少一个处理器执行,以使所述至少一个处理器能够执行权利要求1~8中任意一项垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法。

11. 一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,其特征在于,所述计算机程序被处理器执行时实现权利要求1~8中任意一项所述垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法。

垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法和装置、设备和存储介质

技术领域

[0001] 本公开涉及垃圾处理领域,尤其涉及垃圾焚烧过程运行控制方法、装置、电子设备和计算机存储介质。

背景技术

[0002] 目前为止,国内外对于垃圾焚烧炉的自动控制主要采用自动燃烧控制系统,即ACC (Automatic Combustion Control,自动燃烧控制) 系统,ACC系统技术主要引进自国外,技术方案为操作员设定垃圾热值、目标蒸汽量、垃圾比重等参数,通过各个回路的工艺公式计算来实现自动控制,其技术的核心思路为工艺计算。

[0003] 现有的ACC系统具有一定的局限性,如ACC系统控制只能在一定条件下实现控制,难以适应国内垃圾水分含量高,成分波动大的特点,ACC系统主要依据公式计算,操作人员的经验不能设置到控制系统中;ACC系统过于依赖仪器仪表精度,若某些仪器仪表损坏或精度不够,ACC系统难以准确运行;ACC系统需要依赖详细且准确的垃圾热值数据库;这导致ACC系统难以在国内的垃圾焚烧厂进行大范围推广,国内的垃圾焚烧自动化程度较低。

[0004] 需要说明的是,在上述背景技术部分公开的信息仅用于加强对本公开的背景的理解,因此可以包括不构成对本领域普通技术人员已知的现有技术的信息。

发明内容

[0005] 为了解决上述问题,本公开的目的在于提供一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法和装置,能适应垃圾焚烧系统大惯性、滞后性、非线性、时变性、工作环境和干扰不确定性的特点,改善垃圾在整个焚烧系统中的均匀释放热量,减少污染物的形成。

[0006] 本公开的其他特性和优点将通过下面的详细描述变得显然,或部分地通过本公开的实践而习得。

[0007] 根据本公开的一个方面,一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法,包括:

[0008] 分散控制系统实时采集所述垃圾焚烧炉中每条控制回路所需的输入参考量;

[0009] 将所述垃圾焚烧炉中每条控制回路所需的输入参考量传输至与控制回路对应的智能燃烧控制计算模型进行计算得到运行参数;

[0010] 将运行参数传回分散控制系统并控制焚烧过程中焚烧炉各执行器的动作。

[0011] 进一步地,所述垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法,还包括:

[0012] 确定所述垃圾焚烧炉中每条控制回路所需的输入参考量与输出被控量;

[0013] 在历史燃烧工况信息中筛选出所述垃圾焚烧炉中每条控制回路所需的输入参考量与输出被控量进行处理生成训练集;

[0014] 用所述训练集对所述垃圾焚烧炉中每条控制回路的智能燃烧控制计算模型进行训练,得到所述垃圾焚烧炉中每条控制回路的智能燃烧控制计算模型;

[0015] 将所述垃圾焚烧炉中每条控制回路的计算模型进行组合并整体封装生成垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法计算模型。

[0016] 进一步地,所述输入参考量包括:焚烧炉内温度参数、压力参数、负荷参数、污染物参数;所述输出被控量包括:给料系统的控制参数、炉排运动周期的控制参数、燃烧空气系统一次风系统的控制参数、燃烧空气系统二次风系统的控制参数。

[0017] 进一步地,所述输入参考量还包括:出口氧量、垃圾料层厚度、汽包液位。

[0018] 进一步地,采集所述垃圾焚烧炉中每条控制回路所需的输入参考量与输出被控量的数据需确定的采集时间跨度、采集频率。

[0019] 进一步地,所述垃圾焚烧炉中每条控制回路所需的输入参考量与输出被控量的数据的处理方法为对每个数据的绝对值与相对趋势进行分析,将绝对值超出限定范围的数据进行剔除。

[0020] 进一步地,所述训练集和测试集按照时间顺序进行划分。

[0021] 进一步地,所述垃圾焚烧炉中每条控制回路的智能燃烧控制计算模型是处理回归问题的机器学习模型与神经网络模型。

[0022] 根据本公开的另一个方面,提供一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制装置,包括:

[0023] 采集模块,用于采集所述垃圾焚烧炉中每条控制回路所需的输入参考量与输出被控量;

[0024] 数据处理模块,用于对所述垃圾焚烧炉中每条控制回路所需的输入参考量与输出被控量进行处理生成训练集;

[0025] 计算模型训练模块,用于对所述垃圾焚烧炉中每条控制回路的学习模型进行训练,得到垃圾焚烧炉中每条控制回路的计算模型;

[0026] 封装模块,用于将所述垃圾焚烧炉中每条控制回路的计算模型进行组合并整体封装生成智能燃烧控制方法计算模型;

[0027] 计算模块,用于根据分散控制系统实时获取的输入参考量计算出运行参数;

[0028] 通讯模块,用于与分散控制系统进行数据传输,分散控制系统实时获取输入参考量的传输至所述智能燃烧控制方法计算模型进行计算,计算后的运行参数传回分散控制系统并控制焚烧过程中焚烧炉各执行器的动作。

[0029] 进一步地,该装置还可以包括存储模块,用于存储输入参考量、输出被控量以及运行参数的数据。

[0030] 进一步地,该装置还可以包括控制模块,用于控制采集模块、数据处理模块、计算模型训练模块、封装模块、计算模块、通讯模块和存储模块的运行。

[0031] 根据本公开的再一个方面,提供一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制设备,包括:

[0032] 至少一个处理器和用于与所述至少一个处理器所通讯连接的存储器;所述存储器存储有可被所述至少一个处理器执行的命令,所述命令被所述至少一个处理器执行,以使所述至少一个处理器能够执行如上述第一方面的一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法。

[0033] 根据本公开的又一个方面,提供一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现如上述第一方面的一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法。

[0034] 根据本公开的又一个方面,提供一种计算机程序产品,计算机程序产品包括存储在计算机可读存储介质上的计算机程序,计算机程序包括程序指令,当计算机程序指令被处理器执行时,使处理器执行如上述第一方面的一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法。

[0035] 本公开的技术方案通过大数据技术、深度学习技术和人工智能技术对垃圾焚烧海量的工况数据进行学习,形成了焚烧炉的智能控制算法,对焚烧炉内的燃烧状态进行自主判断、智能分析并自动调整控制策略,实现焚烧控制的无人化操作,保障焚烧炉的稳定运行,实现节能增效目标。

[0036] 应当理解的是,以上的一般描述和后文的细节描述仅是示例性和解释性的,并不能限制本公开。

附图说明

[0037] 此处的附图被并入说明书中并构成本说明书的一部分,示出了符合本公开的实施例,并与说明书一起用于解释本公开的原理。显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本公开的一些实施例,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。

[0038] 图1是本申请一个示例性实施例提供的一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法的流程图;

[0039] 图2是本申请一个示例性实施例提供的一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法计算模型的生成流程;

[0040] 图3是本申请一个示例性实施例提供的一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制装置的装置示意图;

[0041] 图4是本申请一个示例性实施例提供的一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制设备的示意图。

具体实施方式

[0042] 现在将参考附图更全面地描述示例实施方式。然而,示例实施方式能够以多种形式实施,且不应被理解为限于在此阐述的范例;相反,提供这些实施方式使得本公开将更加全面和完整,并将示例实施方式的构思全面地传达给本领域的技术人员。所描述的特征、结构或特性可以以任何合适的方式结合在一个或更多实施方式中。

[0043] 此外,附图仅为本公开的示意性图解,并非一定是按比例绘制。图中相同的附图标记表示相同或类似的部分,因而将省略对它们的重复描述。附图中所示的一些方框图是功能实体,不一定必须与物理或逻辑上独立的实体相对应。可以采用软件形式来实现这些功能实体,或在一个或多个硬件模块或集成电路中实现这些功能实体,或在不同网络和/或处理器装置和/或微控制器装置中实现这些功能实体。

[0044] 本申请提供的方案,调控模型来于垃圾焚烧海量的工况数据的深度学习,模型精度高,对实时数据的计算处理能力强,克服了传统系统过度依赖仪表精度等缺点,旨在实现垃圾焚烧控制得无人化操作,实现节能增效目标。为了便于理解,下面首先对本申请涉及到的几个名词进行解释。

[0045] 人工智能(Artificial Intelligence, AI)是利用数字计算机或者数字计算机控制的机器模拟、延伸和扩展人的智能,感知环境、获取知识并使用知识获得最佳结果的理论、方法、技术及应用系统。换句话说,人工智能是计算机科学的一个综合技术,它企图了解智能的实质,并生产出一种新的能以人类智能相似的方式做出反应的智能机器。人工智能

也就是研究各种智能机器的设计原理与实现方法,使机器具有感知、推理与决策的功能。

[0046] 人工智能技术是一门综合学科,涉及领域广泛,既有硬件层面的技术也有软件层面的技术。人工智能基础技术一般包括如传感器、专用人工智能芯片、云计算、分布式存储、大数据处理技术、操作/交互系统、机电一体化等技术。人工智能软件技术主要包括计算机视觉技术、语音处理技术、自然语言处理技术以及机器学习/深度学习等几大方向。

[0047] 机器学习(Machine Learning,ML)是一门多领域交叉学科,涉及概率论、统计学、逼近论、凸分析、算法复杂度理论等多门学科。专门研究计算机怎样模拟或实现人类的学习行为,以获取新的知识或技能,重新组织已有的知识结构使之不断改善自身的性能。机器学习是人工智能的核心,是使计算机具有智能的根本途径,其应用遍及人工智能的各个领域。机器学习和深度学习通常包括人工神经网络、置信网络、强化学习、迁移学习、归纳学习、式教学习等技术。

[0048] 本申请实施例提供的方案涉及人工智能的燃烧过程监测等技术,具体通过如下实施例进行说明:

[0049] 焚烧炉的控制原理包括:采集焚烧炉的工况数据,使用工艺计算公式对工况数据进行计算以得到空气流量控制值和速度值。其中,工况数据902包括垃圾热值LHV(Low Heat Value,低位热值)、主蒸汽流量、主蒸汽压力、主蒸汽温度、渗沥液喷射流量和尿素水喷射流量。通过调整速度值以调整焚烧炉的执行器的运动周期。

[0050] 其中,空气流量控制值包括干燥炉排标准空气流量、燃烧炉排标准空气流量和燃烬炉排标准空气流量,空气流量控制值用于控制进入干燥炉排、燃烧炉排和燃烬炉排的空气流量。根据工艺计算公式计算工况数据和过量空气参数得到标准空气流量,同时根据标准空气流量得到干燥炉排标准空气流量、燃烧炉排标准空气流量和燃烬炉排标准空气流量。其中,标准空气流量单位为 $\text{m}^3 \text{ N/h}$ 。

[0051] 另外,速度值包括推料器速度、干燥炉排速度、燃烧炉排速度和燃烬炉排速度,根据工艺计算公式计算工况数据得到垃圾重量,一方面根据垃圾重量确定焚烧炉内的垃圾层厚度控制值。另一方面,根据垃圾重量和垃圾外观比重计算所需垃圾体积,基于所需垃圾体积确定标准速度值,根据垃圾层厚度控制值和标准速度值计算推料器速度和干燥炉排速度,并根据标准速度确定燃烧炉排速度和燃烬炉排速度。

[0052] 其中,根据垃圾重量 W_r 和垃圾外观比重 S_g 计算投入焚烧炉内的所需垃圾体积 V_r 的计算公式如下:

$$[0053] \quad V_r = W_r / S_g \quad (1)$$

[0054] 其中,所需垃圾体积 V_r 的单位为 m^3/h ,垃圾重量 W_r 的单位为 t/h ,垃圾外观比重 S_g 的单位为 t/m^3 。

[0055] 智能燃烧控制系统中包括的关键技术如下:

[0056] (1) 通过分散控制系统将采集到的温度场信息、燃烧状态信息和燃烧工况信息作为输入变量输入到智能燃烧控制系统。

[0057] (2) 采用大数据分析的方法对现场运行数据进行处理。

[0058] (3) 采用机器学习方法对处理后的现场运行数据进行模型训练,得到高精度调控模型。

[0059] (4) 通过改变输入变量之间的组合形式来训练模型,以使模型学习到系统的输入

变量随时间的变化趋势,从而摆脱对单点单个仪器的高精度的依赖。

[0060] (5) 具有高度的鲁棒性,若单个仪器仪表或执行器损坏,不影响系统其他部分的稳定运行。

[0061] (6) 采用与现有垃圾焚烧自动控制系统完全不同的控制思路,摆脱对垃圾热值数据库的依赖,能适应垃圾热值高、有机物含量大的特点。

[0062] (7) 具有高度的通用性,适用于多种焚烧炉,包括但不限于机械式炉排焚烧炉、流化床焚烧炉以及回转式焚烧炉。

[0063] 图1是本申请一个示例性实施例提供的一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法的流程图,包括以下步骤:

[0064] S101,分散控制系统实时采集所述垃圾焚烧炉中每条控制回路所需的输入参考量;

[0065] S102,将所述垃圾焚烧炉中每条控制回路所需的输入参考量传输至与控制回路对应的智能燃烧控制计算模型进行计算得到运行参数;

[0066] S103,将运行参数传回分散控制系统并控制焚烧过程中焚烧炉各执行器的动作。

[0067] 如图2所示,上述垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法还包括:

[0068] S201,确定所述垃圾焚烧炉中每条控制回路所需的输入参考量与输出被控量;

[0069] S202,在历史燃烧工况信息中筛选出所述垃圾焚烧炉中每条控制回路所需的输入参考量与输出被控量进行处理生成训练集;

[0070] S203,用所述训练集对所述垃圾焚烧炉中每条控制回路的智能燃烧控制计算模型进行训练,得到所述垃圾焚烧炉中每条控制回路的智能燃烧控制计算模型;

[0071] S204,将所述垃圾焚烧炉中每条控制回路的计算模型进行组合并整体封装生成垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法计算模型。

[0072] 在本公开的一种示例性实施例中,通过读取当前的燃烧工况信息,将包含这些数据的若干数据测点通过OPC(Object Linking and Embedding,用于过程控制的对象连接与嵌入)通讯协议传输至数据库存储,基于控制算法对每个模型的变量信息进行读取并进行模型计算,模型计算完毕后,输出模型的计算结果作为运行参数,将运行参数传入数据库进行存储,同时将运行参数传入分散式控制系统控制执行器。基于对历史燃烧工况信息的学习,形成了焚烧炉的控制算法库,提高了燃烧工况信息的判断速度、提高了焚烧炉的信息处理效率,提高了焚烧炉的自动化水平,提高了焚烧炉的运行稳定性与安全性,提高了能效利用率。

[0073] 其中,上述历史燃烧工况信息包括主蒸汽流量、出口氧量、垃圾料层厚度、干燥炉排温度、焚烧炉排上部温度、燃烬炉排上部温度、炉均温度和高温过热器温度,但不限于此。

[0074] 接下来结合以下实施例对垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法进行说明。

[0075] 步骤一:收集历史燃烧工况信息。

[0076] 历史燃烧工况信息的收集需要确定收集的变量、收集时间跨度、采样频率,需收集的变量即前文中提到的输入输出变量。收集样本的时间跨度与采样频率可以根据模型的性能需求来确定,收集时间跨度是影响历史燃烧工况信息丰富性的重要因素,收集的历史燃烧工况信息越丰富,模型的泛化性越高。

[0077] 步骤二:训练神经网络模型。

[0078] (1) 选择模型的输入变量:输入模型的变量包括反应炉的温度参数、压力参数、负荷参数、污染物参数、工况状态参数和火焰燃烧信息。

[0079] 其中,温度参数包括炉膛温度、炉排温度、炉均温度、高温过热器温度、主蒸汽温度和灰渣温度等。压力参数包括一次风压力、二次风压力、汽包压力、主蒸汽压力和炉膛压力等。负荷参数包括主蒸汽流量、燃烧室热负荷和炉排机械负荷等。污染物参数包括氯化氢、二氧化碳、氮氧化物、颗粒物和一氧化碳等。工况状态参数包括出口气体含氧量、垃圾料层厚度和汽包液位等。

[0080] 本公开实施例中涉及到的模型不止一个,因此没有对不同控制回路的模型采用同一套数据处理方法后的数据集,而是为每条控制回路的模型分别建立模型,且本公开实施例建立模型的过程不同于既有的方法,既有的方法是先进行样本处理 and 数据分析等步骤,再建立模型,而本公开实施例在进行数据的处理过程的同时进行每条控制回路的变量选择过程与每条控制回路的模型建立过程。

[0081] (2) 处理输入数据的步骤:先处理母集数据,再选择子集数据。将原始数据经过粗处理后的数据集称为母集,选择每个控制回路涉及到的变量对应的数据集为子集。处理母集数据时以整体工况为导向,剔除非稳定态以及异常态的工况数据,这种粗放型的处理方式导致了某些时间点上的所有变量被删除。在处理子集数据时,交错进行子集变量的选择过程。选择子集变量时以工艺逻辑上的相关性为导向,并辅以历史数据分析的结果。数据处理的目的在于,将优良的人工经验筛选出来供模型进行机器学习,数据的质量高低决定着模型精度的上下限,所以数据样本应当尽量挑选熟练的司炉工操作出来的数据。

[0082] (3) 搭建神经网络模型:将各个选好的子集划分成测试集和训练集,使用训练集训练神经网络模型,神经网络模型包括但不限于处理回归问题(即输出为连续型变量)的神经网络模型,可例如决策树回归模型、支持向量回归模型、BP(back propagation,反向传播)神经网络模型和长短期记忆网络模型等。

[0083] 本发明的神经网络模型搭建与普通的机器学习不同之处在于:普通的机器学习模型搭建之前都是采取随机划分训练集-测试集的方法,由于普通的数据样本都是无序且独立不影响的,所以随机划分可行。但本发明中涉及的数据样本准确地来说是一个面板数据,在时间轴上是前后连续的时间序列,垃圾焚烧系统具有大的滞后性,前一段时间的工况对后一段时间的工况影响很大,且相邻时间点上的工况具有高度相似性,若随机划分训练集与测试集,本质上会导致训练集和测试集的交叉,达不到测试模型效果的目的。这是本发明的重要技术点,如果不按照连续划分原则进行测试集与训练集的划分,会导致神经网络模型在训练时表现良好,实际使用时效果却很差。

[0084] (4) 简化神经网络模型:本公开实施例的完整系统的输出共有22个,可适当作简化处理,如将左右侧的炉排运动周期类的运行参数简化为炉排运动周期类的运行参数,可减少4个神经网络模型。本公开实施例对左右侧炉排运动周期类的运行参数进行联动处理,只需建立18个运行参数的神经网络模型。

[0085] 另外,除了左右侧的炉排运动周期类的运行参数,其他的运行参数也可根据运行参数间的关系适当进行联动处理,通过为单个神经网络模型的运行参数联动适量的运行参数,在保障系统的鲁棒性的同时,简化了神经网络模型的输出结果,降低了神经网络模型的复杂度,提高了神经网络模型的训练速度。

[0086] (5) 对神经网络模型的输入变量和输出的运行参数进行寻优,神经网络模型个数众多,且每个神经网络模型的参数数量众多,通过对神经网络模型进行训练,找到神经网络模型的最优参数指标,并将历史工况状态以及当前的工况状态映射到每一个执行器的动作上,以达到反应炉工况的持续稳定。

[0087] 神经网络模型表现的指标与传统回归类机器学习模型的指标不同,本发明并不直接使用MSE (Mean Square Error:均方误差) 等损失函数值作为评价模型好坏的标准。由于样本数据为人工调控产生,具体数值的选择往往包含了一定的主观因素,因此在一定范围内的控制输出都可以达到相近控制效果。故本发明定义了一种新的模型精度指标,即神经网络模型训练完以后,计算测试集上原始值与模型计算值的差,统计该差值在一定容忍度范围内的比例,在容忍度内的比例越高,说明神经网络模型的控制精度越高。

[0088] 步骤三:输出智能控制系统的运行参数。

[0089] 神经网络模型的输出的运行参数包括控制给料系统的运行参数、控制炉排运动周期的运行参数、控制燃烧空气系统一次风系统的运行参数和控制燃烧空气系统二次风系统的运行参数。

[0090] (1) 给料系统的运行参数包括左侧推料器比例阀参数和右侧推料器比例阀参数。

[0091] (2) 炉排运动周期的运行参数包括左侧干燥炉排运动周期参数、右侧干燥炉排运动周期参数、左侧燃烧炉排运动周期参数、右侧燃烧炉排运动周期参数、左侧燃烬炉排运动周期参数和右侧燃烬炉排运动周期参数。

[0092] (3) 燃烧空气系统一次风系统的运行参数包括一次风机频率参数、一次风入口阀门参数、一次风空预器开合度参数、一次风空预器支路参数、干燥炉排一次风阀门参数、燃烧炉排一段一次风阀门参数、燃烧炉排二段一次风阀门参数、燃烧炉排三段一次风阀门参数、燃烬炉排一段一次风阀门参数和燃烬炉排二段一次风阀门参数。

[0093] (4) 燃烧空气系统二次风系统的运行参数包括二次风机频率参数、二次风入口阀门参数、二次风空预器开合度参数和二次风空预器支路参数。

[0094] 步骤四:测试智能燃烧控制系统。

[0095] (1) 通过智能燃烧控制系统数据采集与模型训练模块得到所需要的系统输出控制模型。

[0096] (2) 对神经网络模型进行封装,并且在控制程序与分散控制系统之间进行数据传输,实现分散控制系统实时数据可以传输至核心控制算法,核心控制算法将实时数据读入之前训练好的神经网络模型进行计算,并将计算后的控制指令传回分散控制系统,以指挥焚烧系统中各执行器的动作。

[0097] (3) 在正式投入使用之前,需要对系统进行离线测试与在线测试。离线测试即将历史燃烧工况信息连续输入给核心控制算法,对比之前工况下的人工操作值与算法计算值的差距,多测试几组值,若此差距在可接受的范围内,则可进行在线测试。

[0098] (4) 离线测试完成后,还需要对系统进行在线测试。在线测试需要为燃烧控制系统的各项功能作出客观评价,预设在线测试的效果的功能指标,并根据指标为燃烧控制系统的在线测试进行评价,其中,功能指标包括负荷指标主蒸汽流量、温度指标炉均温度、影响污染物排放的指标出口氧量。

[0099] (5) 在线测试时,加入工艺逻辑上的工艺约束条件,保障工况能够从异常迅速恢复

至正常。为了保证使用正常工况下的算法调节能力对系统进行在线测试,需要针对超出算法调节能力的异常工况加入适量的工艺约束。

[0100] (6) 在线测试完成后,智能燃烧控制系统已经能够在接管垃圾焚烧系统时保持稳定了。此时我们还需要做一个智能燃烧控制系统的输入界面,可以设定所需的目标蒸汽量,此目标蒸汽量在算法中需要与给料系统的模型结合起来,完成垃圾焚烧炉总体负荷水平的高低调节。

[0101] 本公开融合了智能高效的大数据技术,通过对历史数据的在线学习,提高了系统的控制准确率和信息处理效率,实现了以下控制效果:

[0102] (1) 提高了锅炉蒸汽总流量的稳定性。

[0103] (2) 提高了垃圾层厚度的控制效果。

[0104] (3) 提高了垃圾燃烧位置的控制性。

[0105] (4) 减小了热灼减的损失度。

[0106] (5) 提高了炉温的稳定性。

[0107] (6) 提高了生产要求中的运行指标的环保达标率、安全性和稳定性。

[0108] (7) 提高了对垃圾水分高、有机物含量大的适应性。

[0109] (8) 延长了设备的使用寿命,降低了设备成本。

[0110] (9) 提高了垃圾焚烧发电厂的节能增效率。

[0111] (10) 提高了垃圾焚烧的自动化智能控制效果。

[0112] (11) 提高了无接触测温对火焰温度场的识别结果。

[0113] (12) 提高了火焰燃烧状态的判定速度和信息处理效率。

[0114] 另外,本公开的焚烧炉燃烧控制系统结合大数据技术和人工智能技术,以及结合分散控制系统系统,通过对炉膛的燃烧状态进行识别和判断,从而实时分析,并同时采用人工智能技术对焚烧炉的燃烧状态进行控制。

[0115] 进一步地,在智能燃烧控制系统中,使用控制原理、大数据技术与人工智能技术对历史数据进行分析,并对智能燃烧控制系统的的数据进行分析计算,得出垃圾焚烧系统中各控制器变量的最优运行参数后再将最优运行参数返回分散控制系统以便对智能燃烧控制系统进行控制。在保证垃圾均匀的释放热量的前提下,提高了烟气和残渣的燃烬量,减小了污染物的生成量,提高了垃圾处理的无害化程度,提高了垃圾处理的减量化程度,并提高了垃圾处理的能效利用率。

[0116] 本公开基于模糊控制等先进过程控制方法、统计学分析、机器学习技术、深度学习技术和机器视觉AI技术训练神经网络模型,并在模型中融入了现场操作人员丰富的操作经验,模型精度高、适用性强。以上技术方案仅用于说明本公开,而非对本公开保护范围的闲置,通过其他智能控制方法、机器学习方法和深度学习方法对本公开的修改和变形也属于本公开的权利要求及其等同技术的范围之内。

[0117] 对应于上述方法实施例,本公开还提供一种反应炉的运行控制装置,可以用于执行上述方法实施例。

[0118] 图3是本公开示例性实施例中一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制装置,在该垃圾焚烧炉智能燃烧控制装置300中,包括但不限于以下模块:采集模块310、数据处理模块320、计算模型训练模块330、封装模块340、计算模块350、通讯模块360。

[0119] 其中,采集模块310,用于采集所述垃圾焚烧炉中每条控制回路所需的输入参考量与输出被控量。

[0120] 数据处理模块320,用于对所述垃圾焚烧炉中每条控制回路所需的输入参考量与输出被控量进行处理生成训练集。

[0121] 计算模型训练模块330,用于对所述垃圾焚烧炉中每条控制回路的学习模型进行训练,得到垃圾焚烧炉中每条控制回路的计算模型。

[0122] 封装模块340,用于将所述垃圾焚烧炉中每条控制回路的计算模型进行组合并整体封装生成智能燃烧控制方法计算模型。

[0123] 计算模块350,用于根据分散控制系统实时获取的输入参考量计算出运行参数。

[0124] 通讯模块360,用于与分散控制系统进行数据传输,分散控制系统实时获取输入参考量的传输至所述智能燃烧控制方法计算模型进行计算,计算后的运行参数传回分散控制系统并控制焚烧过程中焚烧炉各执行器的动作。

[0125] 优选地,该一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制装置300还可以包括存储模块370,用于存储输入参考量与输出被控量的数据。

[0126] 可选地,该一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制装置300还可以包括控制模块380,用于控制采集模块310、数据处理模块320、计算模型训练模块330、封装模块340、计算模块350、通讯模块360和存储模块370的运行。

[0127] 具体来说,垃圾焚烧炉智能燃烧控制装置300通过采集模块310收集历史燃烧工况信息,数据处理模块320将收集到的历史燃烧工况信息经过粗处理后的数据集称为母集,选择每个控制回路涉及到的变量对应的数据集为子集,计算模型训练模块330将各个选好的子集划分成测试集和训练集,使用训练集训练神经网络模型,封装模块340对训练好的神经网络模型进行封装,并且通过通讯模块360在控制程序与分散控制系统之间进行数据传输。采集模块310获取分散控制系统中当前的输入参考量,即工况状态,例如某时刻关键工况参数为:主蒸汽流量38.07t/h、出口氧量分析仪6.95%、垃圾料层厚度0.28kpa、燃烧炉排温度(A:167.92℃、B:175.24℃、C:160.04℃、D:170.83℃)、燃烧炉排上部温度1069.74℃、燃烬炉排上部温度919.39℃、炉均温度1051.20℃、高温过热器温度642.18℃,通讯模块360将包含这些数据的若干数据测点通过OPC通讯协议传输至数据库存储,计算模块350则根据每个模型需要的变量信息读取对应数据进行计算,如二次风机频率调节模型的输入变量为出口氧量分析仪、炉均温度、高温过热器温度三个,则将这三个变量的当前值输入二次风机频率模型,得到二次风机频率的调控值。当所有的模型都计算完毕后,得到该工况下的输出参考量,即调节量应该设置为:一次风机频率30.5HZ、一次风入口阀门100%、一次风空预器入口阀门开度0%、一次风空预器支路阀门开度100%、干燥炉排一次风阀门40%、燃烧炉排一段一次风阀门50%、燃烧炉排二段一次风阀门50%、燃烧炉排三段一次风阀门50%、燃烬炉排一段一次风阀门80%、燃烬炉排二段一次风阀门50%、二次风机频率20HZ、二次风入口阀门100%、二次风空预器入口阀门开度0%、二次风空预器支路阀门开度100%、左右侧干燥炉排运动周期80S、左右侧燃烧炉排运动周期88S、左右侧燃烬炉排运动周期150S、左右侧推料器比例阀38%。通讯模块360将计算后的运行参数传回分散控制系统并控制焚烧过程中焚烧炉各执行器的动作。

[0128] 需要说明的是,由于本实施例中的一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制装置与上述任一

实施例中的一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法基于相同的发明构思,因此,方法实施例中的相应内容同样适用于本系统实施例,此处不再详述。

[0129] 图4是本申请一个示例性实施例提供的一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制设备,该一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制设备400可以是任意类型的终端,如是手机、游戏主机、平板电脑、电子书阅读器、智能眼镜、MP4 (MovingPicture Experts Group Audio Layer IV,动态影像专家压缩标准音频层面4) 播放器、智能家居设备、AR (Augmented Reality,增强现实) 设备、VR (Virtual Reality,虚拟现实) 设备等移动终端,或者,该一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制设备300也可以是个人计算机 (Personal Computer,PC),比如膝上型便携计算机和台式计算机等等手机、平板电脑、个人计算机等。

[0130] 其中,该一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制设备400可以安装有用于提供垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法的应用程序。

[0131] 优选地,该一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制设备400包括:一个或多个处理器410和存储器420,图4中以一个处理器410为例。

[0132] 处理器410和存储器420可以通过总线或其他方式连接,图4以通过总线连接为例。

[0133] 存储器420作为一种非暂态计算机可读存储介质,可用于存储非暂态软件程序、非暂态性计算机可执行程序以及单元,如本发明实施例中的一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制设备400设备对应的程序指令/单元,例如,图3中所示的采集模块310、数据处理模块320、计算模型训练模块330、封装模块340、计算模块350、通讯模块360。处理器410通过运行存储在存储器420中的非暂态软件程序、指令以及单元,从而执行一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制装置300的各种功能应用以及数据处理,即实现上述方法实施例的一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法。

[0134] 存储器420可以包括存储程序区和存储数据区,其中,存储程序区可存储操作系统、至少一个功能所需要的应用程序;存储数据区可存储根据一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制装置300的使用所创建的数据等。此外,存储器420可以包括高速随机存取存储器,还可以包括非暂态存储器,例如至少一个磁盘存储器件、闪存器件、或其他非暂态固态存储器件。在一些实施例中,存储器420可选包括相对于处理器410远程设置的存储器,这些远程存储器可以通过网络连接至该一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制设备300。

[0135] 可选的,上述的网络连接可以是无线网络或有线网络使用标准通信技术和/或协议。网络通常为因特网、但也可以是任何网络,包括但不限于局域网 (Local Area Network, LAN)、城域网 (Metropolitan Area Network,MAN)、广域网 (Wide Area Network,WAN)、移动、有线或者无线网络、专用网络或者虚拟专用网络的任何组合)。在一些实施例中,使用包括超文本标记语言 (Hyper Text Mark-up Language,HTML)、可扩展标记语言 (Extensible MarkupLanguage,XML) 等的技术和/或格式来代表通过网络交换的数据。此外还可以使用诸如安全套接字层 (Secure Socket Layer,SSL)、传输层安全 (Transport Layer Security, TLS)、虚拟专用网络 (Virtual Private Network,VPN)、网际协议安全 (Internet ProtocolSecurity,IPsec) 等常规加密技术来加密所有或者一些链路。在另一些实施例中,还可以使用定制和/或专用数据通信技术取代或者补充上述数据通信技术。

[0136] 所述一个或者多个单元存储在所述存储器420中,当被所述一个或者多个处理器410执行时,执行上述任意方法实施例中的一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法。例如,执行

以上描述的图1中的方法步骤S101至S103,图2中的方法步骤S201至S204,实现图3中的模块310-360的功能。

[0137] 本发明实施例还提供了一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质存储有计算机可执行指令,该计算机可执行指令被一个或多个处理器执行,例如,被图4中的一个处理器410执行,可使得上述一个或多个处理器410执行上述方法实施例中的一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法,执行以上描述的图1中的方法步骤S101至S103,图2中的方法步骤S201至S204,实现图3中的模块310-360的功能。

[0138] 本发明实施例还提供了一种计算机程序产品,所述计算机程序产品包括存储在计算机可读存储介质上的计算机程序,计算机程序包括程序指令,当程序指令被计算机执行,例如,被图4中的一个处理器410执行,可使得上述一个或多个处理器410执行上述方法实施例中的一种垃圾焚烧炉智能燃烧控制方法,例如,执行以上描述的图1中的方法步骤S101至S103,图2中的方法步骤S201至S204,实现图3中的模块310-360的功能。

[0139] 描述了根据本发明的实施方式的用于实现上述方法的程序产品,其可以采用便携式紧凑盘只读存储器(CD-ROM)并包括程序代码,并可以在终端设备,例如个人电脑上运行。然而,本发明的程序产品不限于此,在本文件中,可读存储介质可以是任何包含或存储程序的有形介质,该程序可以被指令执行系统、装置或者器件使用或者与其结合使用。

[0140] 所述程序产品可以采用一个或多个可读介质的任意组合。可读介质可以是可读信号介质或者可读存储介质。可读存储介质例如可以为但不限于电、磁、光、电磁、红外线、或半导体的系统、装置或器件,或者任意以上的组合。可读存储介质的更具体的例子(非穷举的列表)包括:具有一个或多个导线的电连接、便携式盘、硬盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、可擦式可编程只读存储器(EPROM或闪存)、光纤、便携式紧凑盘只读存储器(CD-ROM)、光存储器件、磁存储器件、或者上述的任意合适的组合。

[0141] 计算机可读信号介质可以包括在基带中或者作为载波一部分传播的数据信号,其中承载了可读程序代码。这种传播的数据信号可以采用多种形式,包括但不限于电磁信号、光信号或上述的任意合适的组合。可读信号介质还可以是可读存储介质以外的任何可读介质,该可读介质可以发送、传播或者传输用于由指令执行系统、装置或者器件使用或者与其结合使用的程序。

[0142] 可读介质上包含的程序代码可以用任何适当的介质传输,包括但不限于无线、有线、光缆、RF等等,或者上述的任意合适的组合。

[0143] 可以以一种或多种程序设计语言的任意组合来编写用于执行本发明操作的程序代码,所述程序设计语言包括面向对象的程序设计语言—诸如Java、C++等,还包括常规的过程式程序设计语言—诸如“C”语言或类似的设计语言。程序代码可以完全地在用户计算设备上执行、部分地在用户设备上执行、作为一个独立的软件包执行、部分在用户计算设备上部分在远程计算设备上执行、或者完全在远程计算设备或服务器上执行。在涉及远程计算设备的情形中,远程计算设备可以通过任意种类的网络,包括局域网(LAN)或广域网(WAN),连接到用户计算设备,或者,可以连接到外部计算设备(例如利用因特网服务提供商来通过因特网连接)。

[0144] 可选地,不同的设备400中安装的应用程序的客户端是相同的,或两个设备400上安装的应用程序的客户端是不同控制系统平台的同一类型应用程序的客户端。基于终端平

台的不同,该应用程序的客户端的具体形态也可以不同,比如,该应用程序客户端可以是手机客户端、PC客户端或者全球广域网(World Wide Web,Web)客户端等。

[0145] 本领域技术人员可以知晓,上述设备400的数量可以更多或更少。比如上述终端可以仅为一个,或者上述终端为几十个或几百个,或者更多数量。本申请实施例对终端的数量和设备类型不加以限定。

[0146] 需要注意的是,上述附图仅是根据本发明示例性实施例的方法所包括的处理的示意性说明,而不是限制目的。易于理解,上述附图所示的处理并不表明或限制这些处理的时间顺序。另外,也易于理解,这些处理可以是例如在多个模块中同步或异步执行的。

[0147] 所属技术领域的技术人员能够理解,本发明的各个方面可以实现为系统、方法或程序产品。因此,本发明的各个方面可以具体实现为以下形式,即:完全的硬件实施方式、完全的软件实施方式(包括固件、微代码等),或硬件和软件方面结合的实施方式,这里可以统称为“电路”、“模块”或“系统”。

[0148] 通过以上的实施方式的描述,本领域的技术人员易于理解,这里描述的示例实施方式可以通过软件实现,也可以通过软件结合必要的硬件的方式来实现。因此,根据本公开实施方式的技术方案可以以软件产品的形式体现出来,该软件产品可以存储在一个非易失性存储介质(可以是CD-ROM,U盘,移动硬盘等)中或网络上,包括若干指令以使得一台计算设备(可以是个人计算机、服务器、终端装置、或者网络设备等)执行根据本公开实施方式的方法。

[0149] 应当注意,尽管在上文详细描述中提及了用于动作执行的设备的若干模块或者单元,但是这种划分并非强制性的。实际上,根据本公开的实施方式,上文描述的两个或更多模块或者单元的特征和功能可以在一个模块或者单元中具体化。反之,上文描述的一个模块或者单元的特征和功能可以进一步划分为由多个模块或者单元来具体化。

[0150] 此外,尽管在附图中以特定顺序描述了本公开中方法的各个步骤,但是,这并非要求或者暗示必须按照该特定顺序来执行这些步骤,或是必须执行全部所示的步骤才能实现期望的结果。附加的或备选的,可以省略某些步骤,将多个步骤合并为一个步骤执行,以及/或者将一个步骤分解为多个步骤执行等。

[0151] 通过以上的实施方式的描述,本领域的技术人员易于理解,这里描述的示例实施方式可以通过软件实现,也可以通过软件结合必要的硬件的方式来实现。因此,根据本公开实施方式的技术方案可以以软件产品的形式体现出来,该软件产品可以存储在一个非易失性存储介质(可以是CD-ROM,U盘,移动硬盘等)中或网络上,包括若干指令以使得一台计算设备(可以是个人计算机、服务器、移动终端、或者网络设备等)执行根据本公开实施方式的方法。

[0152] 本领域技术人员在考虑说明书及实践这里公开的发明后,将容易想到本公开的其他实施方案。本申请旨在涵盖本公开的任何变型、用途或者适应性变化,这些变型、用途或者适应性变化遵循本公开的一般性原理并包括本公开未公开的本技术领域中的公知常识或惯用技术手段。说明书和实施例仅被视为示例性的,本公开的真正范围和精神由所附的权利要求指出。

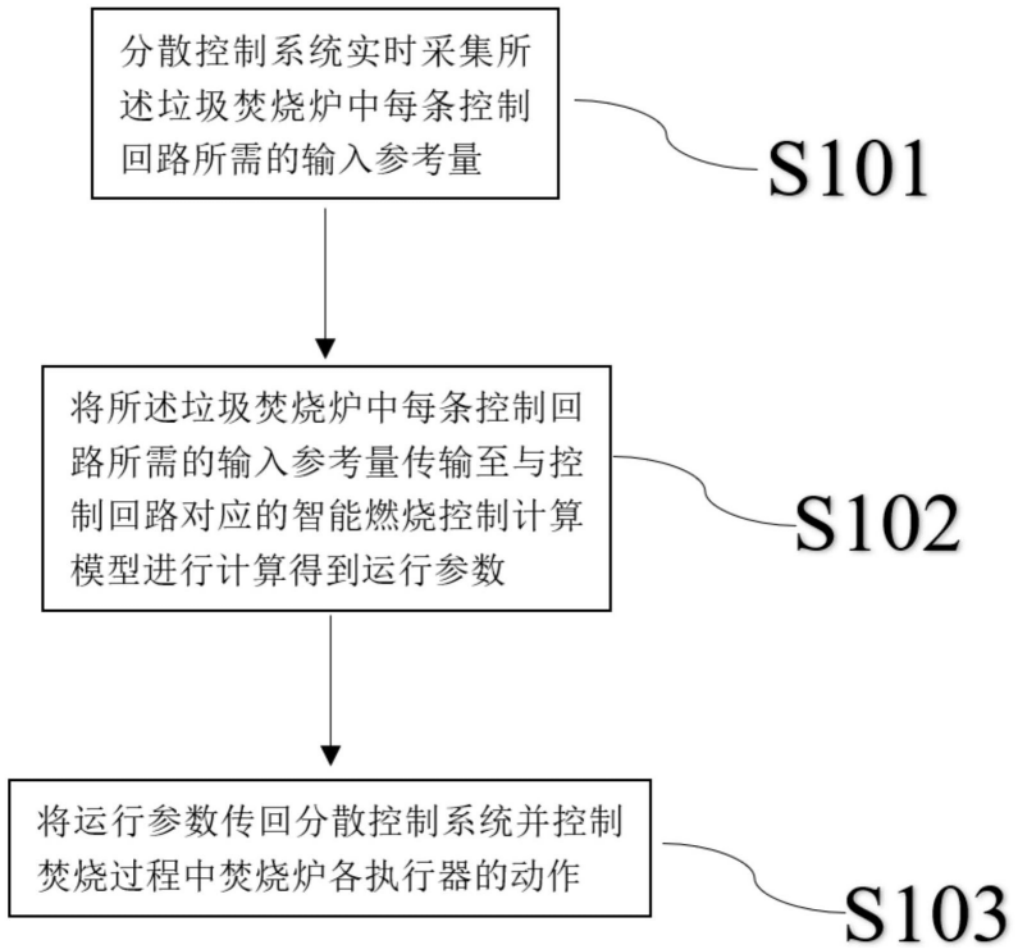


图1

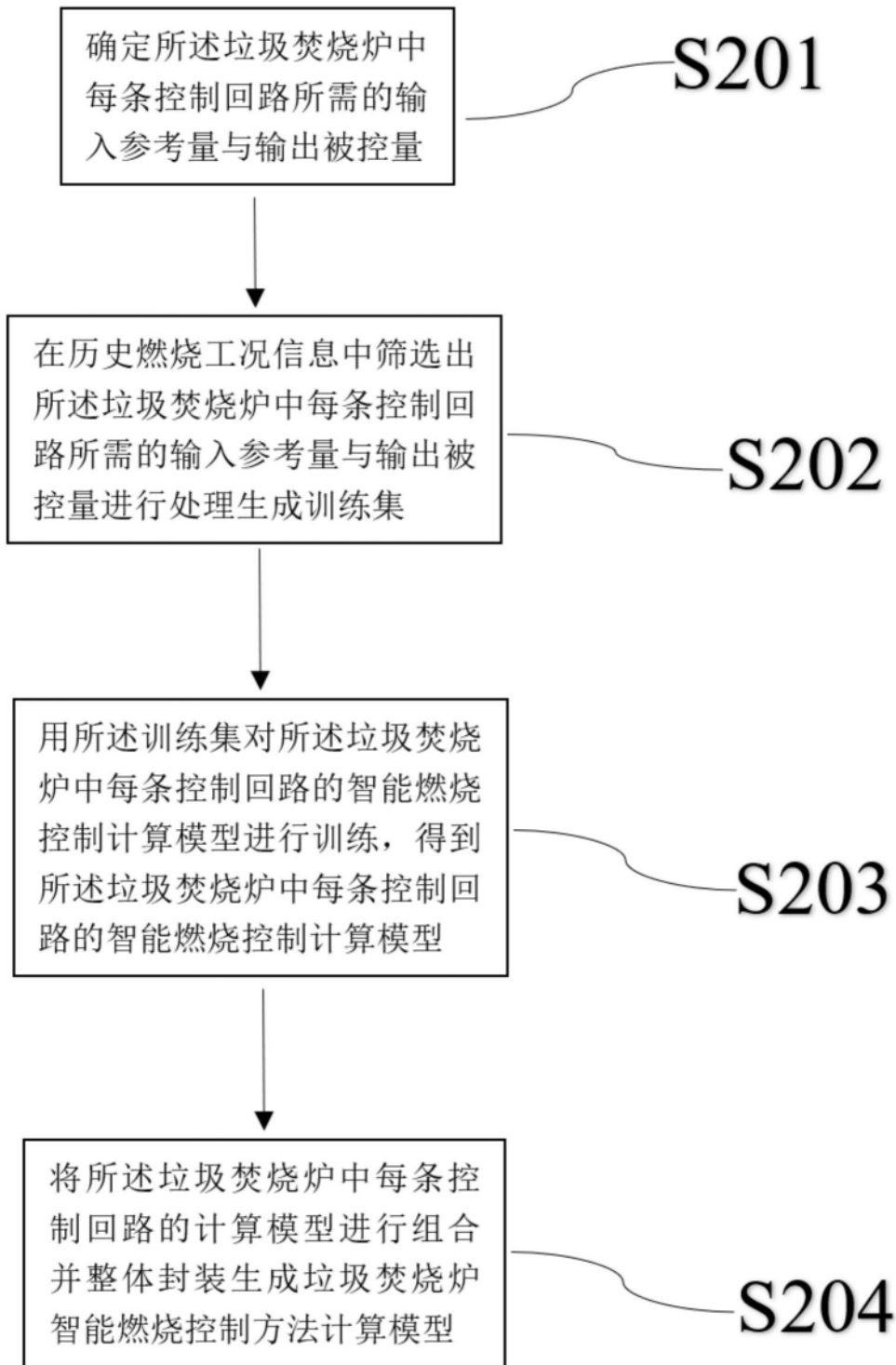


图2

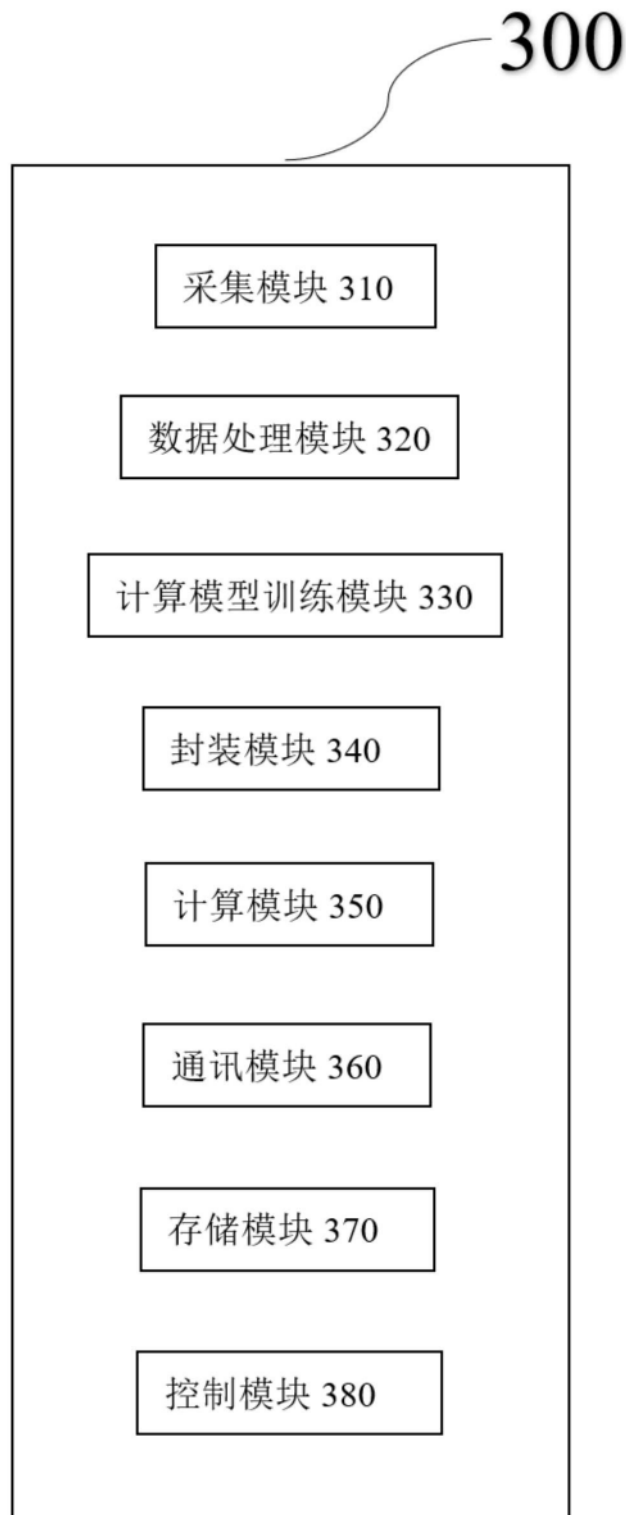


图3

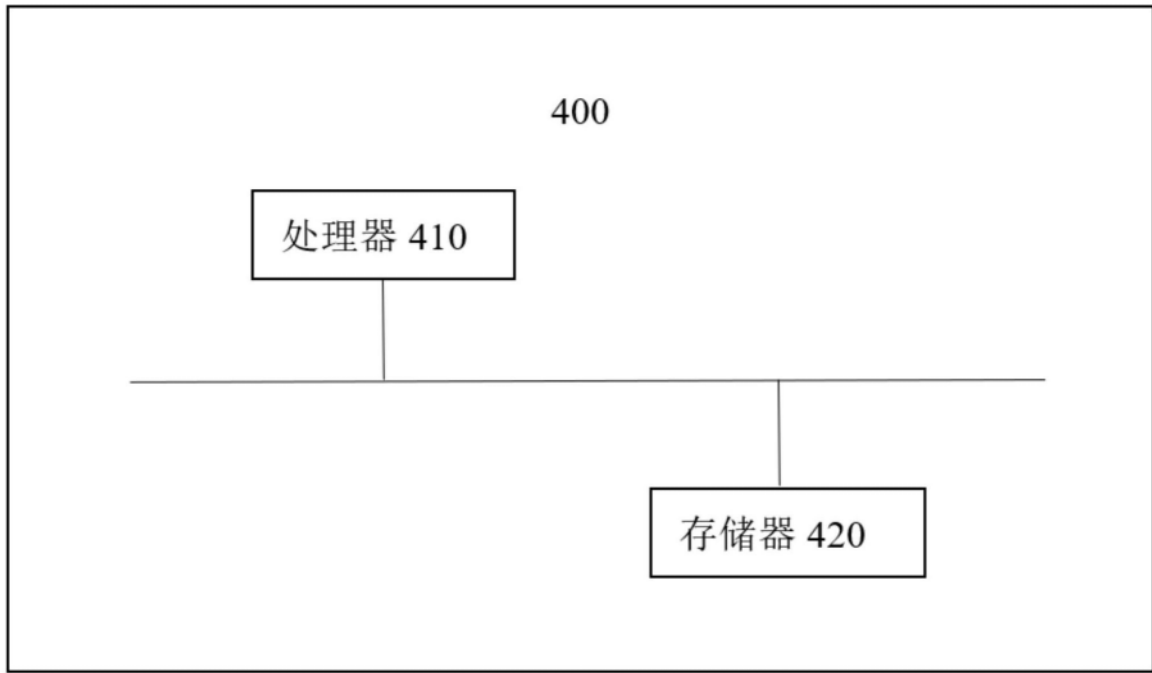


图4