



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111237803 A

(43)申请公布日 2020.06.05

(21)申请号 202010123055.7

(22)申请日 2020.02.27

(71)申请人 西安理工大学

地址 710048 陕西省西安市金花南路5号

(72)发明人 弋英民 王丹娜

(74)专利代理机构 北京国昊天诚知识产权代理有限公司 11315

代理人 杨洲

(51)Int.Cl.

F23N 5/00(2006.01)

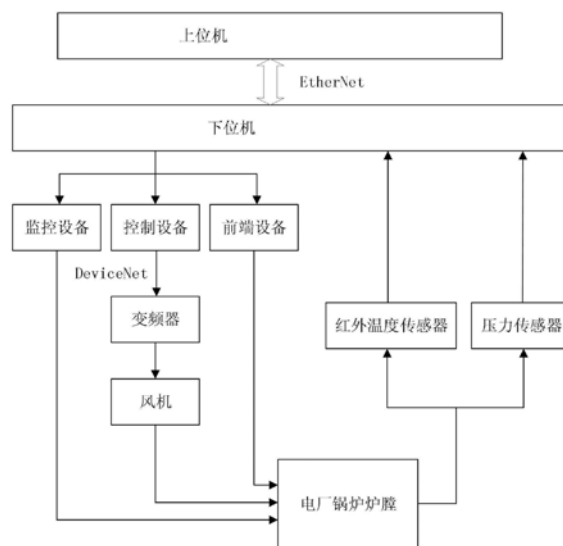
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种基于LabVIEW的锅炉燃烧控制系统及其方法

(57)摘要

一种基于LabVIEW的锅炉燃烧预测控制系统,包括上位机、下位机,下位机分别与监控设备、控制设备、前端设备相连;监控设备与锅炉炉膛相连;前端设备与锅炉炉膛相连;控制设备通过变频器与风机相连,风机与锅炉炉膛相连;锅炉炉膛分别设有红外温度传感器、压力传感器;红外温度传感器、压力传感器均与下位机相连;PLC控制器控制主蒸汽温度,红外线传感器和压力传感器对炉膛的燃烧状态检测,触摸屏显示各参数状态;红外温度传感器和压力传感器采集炉膛的主蒸汽温度、压力回路数据,温度和压力数据反馈给PLC控制器,PLC控制器调节变频器频率,根据变频器频率来调整风机转速,调节进入炉膛的空气量和煤粉量的配比,提高锅炉燃烧效率。



1. 一种基于LabVIEW的锅炉燃烧控制系统,包括有上位机、下位机、锅炉炉膛,上位机与下位机相连;其特征在于,下位机的输出端分别与监控设备、控制设备、前端设备相连;监控设备与锅炉炉膛的红外温度传感器相连;前端设备与锅炉炉膛的红外温度传感器相连;控制设备通过变频器与风机相连,风机与控制进入锅炉炉膛的空气量或煤粉量的蝶阀相连;锅炉炉膛分别设有红外温度传感器、压力传感器;红外温度传感器、压力传感器均与下位机相连。

2. 根据权利要求1所述的一种基于LabVIEW的锅炉燃烧控制系统,其特征在于,所述的上位机与人机交互界面相连;上位机及人机交互界面用于对燃烧系统的锅炉炉膛温度、管道压力、变频器转速、动态矩阵控制器参数、广义预测控制器参数的设置以及控制效果曲线的显示。

3. 根据权利要求1所述的一种基于LabVIEW的锅炉燃烧控制系统,其特征在于,所述的控制设备采用DeviceNet协议进行通讯。

4. 根据权利要求1所述的一种基于LabVIEW的锅炉燃烧控制系统,其特征在于,所述的下位机的PLC控制器通过DeviceNet与变频器的通信来控制锅炉炉膛的主蒸汽温度;下位机通过工业以太网与上位机、触摸屏进行通信,并实时显示各种参数状态。

5. 根据权利要求1所述的一种基于LabVIEW的锅炉燃烧控制系统,其特征在于,所述的锅炉燃烧控制系统包括两种预测控制方法,分别是动态矩阵控制和广义预测控制,可根据工业现场需求选择合适的控制方法,动态矩阵控制器和广义预测控制器的参数可选用自动调节模式,只需设定采样时间 T_s 、控制时域 M 、预测时域 P 以及控制增量 Δu 的上下限,便可由控制系统自动调节达到一个比较理想的控制状态;也可手动设置各个控制器参数,根据给定每个参数的建议设定范围进行参数修改,从而得到期望响应曲线。

6. 一种基于LabVIEW的锅炉燃烧控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一,通过红外温度传感器和压力传感器对锅炉炉膛的主蒸汽温度、压力回路数据进行采集,将温度反馈给PLC控制器,PLC控制器通过预测控制算法来调节变频器频率,根据变频器频率来调整风机转速,与主蒸汽温度、压力之间的关系确定输入控制量和输出量;

步骤二,建立锅炉主蒸汽温度、压力函数模型建立对象函数模型,将步骤一得到的锅炉炉膛温度和压力采样数据平滑得到模型参数,滤除采样得到的炉膛温度和压力数据中的噪声和干扰,得到光滑的动态响应对象函数模型;

步骤三,根据对象模型的需求选择合适的参数进行参数配置;设置两种控制方法,分别为动态矩阵控制和广义预测控制,可根据工业现场需求选择合适的控制方法,动态矩阵控制器和广义预测控制器的参数可选用自动调节模式,只需设定采样时间 T_s 、控制时域 M 、预测时域 P 以及控制增量 Δu 的上下限,便可由控制系统自动调节达到一个比较理想的控制状态;也可手动设置各个控制器参数,根据给定每个参数的建议设定范围进行参数修改,从而得到期望响应曲线;

步骤四,采用标准C语言进行编写控制器程序,并形成动态链接库,供LabVIEW、WinCC、FactoryTalk工业组态控制平台进行调用;

步骤五,通过LabVIEW从动态链接库中调用控制器程序,根据现场需求来选择相应的预测控制器,将控制空气量和煤粉量的变频器频率作为控制量,通过变频器来控制蝶阀开度,来调节进入炉膛的空气量和煤粉量的配比。

7. 根据权利要求6所述的一种基于LabVIEW的锅炉燃烧控制方法, 其特征在于, 所述的锅炉主蒸汽温度、压力函数模型对象函数模型, 采用递推最小二乘法确定对象函数模型。

8. 根据权利要求6所述的一种基于LabVIEW的锅炉燃烧控制方法, 其特征在于, 所述的预测控制器包括动态矩阵控制 (DMC) 或广义预测控制 (GPC)。

一种基于LabVIEW的锅炉燃烧控制系统及其方法

技术领域

[0001] 本发明属于锅炉燃烧控制技术领域,具体涉及一种基于 LabVIEW的锅炉燃烧控制系统及其方法。

背景技术

[0002] 锅炉在工业生产中扮演了重要角色,火力发电、民用供暖、化工厂和造纸业等都需要锅炉来提供热能。锅炉燃烧系统的效率低下不但影响工业生产的经济性和高效性,而且会造成能源浪费和环境污染问题。

[0003] 火电厂的锅炉系统是一个复杂控制系统,它包含三个子系统:燃烧控制子系统,给水控制子系统和汽温控制子系统。其中,燃烧控制系统是一个多输入、多输出、大滞后、多干扰、强耦合且难以建立精确的数学模型的控制对象,是后续生产的基础,也是火力发电安全、高效、经济运行的关键。近几年,由于传统产业的转型升级,以及多机组、高负荷的要求,常规PID控制和串级控制已经不能满足实际需求,因此对锅炉的燃烧系统进行优化控制是形势所迫。

发明内容

[0004] 为克服上述现有技术的不足,本发明的目的在于提供一种基于 LabVIEW的锅炉燃烧控制系统及其方法,通过自动调节预测控制参数来对锅炉燃烧系统进行控制,用预测控制对锅炉燃烧系统进行在线控制,并实现自动调节预测控制算法相关参数;利用C语言实现动态矩阵控制算法对锅炉燃烧系统进行控制,形成动态链接库,并通过 LabVIEW对控制程序进行调用,实现对锅炉燃烧系统的控制,利用 LabVIEW对控制界面和监视界面进行设计并显示控制效果,并用 Excel表格保存历史数据;采用在线的滚动优化取代了传统的控制策略,实现局部最优控制;利用控制器得到的反馈信息对模型进行校正,一定程度上克服外部扰动对控制对象的影响,增强控制系统的稳定性,从而实现对锅炉燃烧控制系统的精确跟踪控制;本发明对大滞后、强耦合且难以建立精确的数学模型的控制对象具有很好的控制效果。

[0005] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案是:一种基于LabVIEW 的锅炉燃烧控制系统,包括有上位机、下位机、锅炉炉膛,上位机与下位机相连;下位机的输出端分别与监控设备、控制设备、前端设备相连;监控设备与锅炉炉膛的红外温度传感器相连;前端设备与锅炉炉膛的红外温度传感器相连;控制设备通过变频器与风机相连,风机与控制进入锅炉炉膛的空气量或煤粉量的蝶阀相连;锅炉炉膛分别设有红外温度传感器、压力传感器;红外温度传感器、压力传感器均与下位机相连。

[0006] 所述的上位机与人机交互界面相连;上位机及人机交互界面用于对燃烧系统的锅炉炉膛温度、管道压力、变频器转速、动态矩阵控制器参数、广义预测控制器参数的设置以及控制效果曲线的显示。

[0007] 所述的控制设备采用DeviceNet协议进行通讯。

[0008] 所述的下位机的PLC控制器通过DeviceNet与变频器的通信来控制锅炉炉膛的主蒸汽温度;下位机通过工业以太网与上位机、触摸屏进行通信,并实时显示各种参数状态。

[0009] 所述的锅炉燃烧控制系统包括两种预测控制方法,分别是动态矩阵控制(DMC)和广义预测控制(GPC),可根据工业现场需求选择合适的控制方法,动态矩阵控制器和广义预测控制器的参数可选用自动调节模式,只需设定采样时间 T_s 、控制时域 M 、预测时域 P 以及控制增量 Δu 的上下限,便可由控制系统自动调节达到一个比较理想的控制状态;也可手动设置各个控制器参数,根据给定每个参数的建议设定范围进行参数修改,从而得到期望响应曲线。

[0010] 一种基于LabVIEW的锅炉燃烧控制方法,包括以下步骤:

[0011] 步骤一,通过红外温度传感器和压力传感器对锅炉炉膛的主蒸汽温度、压力回路数据进行采集,将温度反馈给PLC控制器,PLC控制器通过预测控制算法来调节变频器频率,根据变频器频率来调整风机转速,与主蒸汽温度、压力之间的关系确定输入控制量和输出量;

[0012] 步骤二,建立锅炉主蒸汽温度、压力函数模型建立对象函数模型,将步骤一得到的锅炉炉膛温度和压力采样数据平滑得到模型参数,滤除采样得到的炉膛温度和压力数据中的噪声和干扰,得到光滑的动态响应对象函数模型;

[0013] 步骤三,根据对象模型的需求选择合适的参数进行参数配置;设置两种控制方法,分别为动态矩阵控制(DMC)和广义预测控制(GPC),可根据工业现场需求选择合适的控制方法,动态矩阵控制器和广义预测控制器的参数可选用自动调节模式,只需设定采样时间 T_s 、控制时域 M 、预测时域 P 以及控制增量 Δu 的上下限,便可由控制系统自动调节达到一个比较理想的控制状态;也可手动设置各个控制器参数,根据给定每个参数的建议设定范围进行参数修改,从而得到期望响应曲线;

[0014] 步骤四,采用标准C语言进行编写控制器程序,并形成动态链接库,供LabVIEW、WinCC、FactoryTalk工业组态控制平台进行调用;

[0015] 步骤五,通过LabVIEW从动态链接库中调用控制器程序,根据现场需求来选择相应的预测控制器,将控制空气量和煤粉量的变频器频率作为控制量,通过变频器来控制蝶阀开度,来调节进入炉膛的空气量和煤粉量的配比;

[0016] 所述的锅炉主蒸汽温度、压力函数模型对象函数模型,采用递推最小二乘法确定函数模型。

[0017] 所述的预测控制算法包括动态矩阵控制(DMC)和广义预测控制(GPC)。

[0018] 本发明的有益效果是:

[0019] 本发明是一种用预测控制(Model Predictive Control, MPC)对锅炉燃烧系统进行在线控制,并实现自动调节预测控制算法相关参数;利用C语言实现将控制算法形成动态链接库,并通过LabVIEW对控制程序进行调用,实现对锅炉燃烧系统的控制;在该锅炉燃烧控制系统中,可选用自动调节模式,只需设定采样时间、控制时域、预测时域以及控制增量的上下限,便可由控制系统自动调节使得对温度的控制达到一个比较理想的控制状态;用户也可手动设置各个控制器参数,根据界面上所给定每个参数的建议设定范围进行参数修改,得到期望响应曲线;利用LabVIEW对控制界面和监视界面进行设计并显示控制效果,并用Excel表格保存历史数据。

[0020] 本发明是根据锅炉燃烧系统对应的煤种和负荷,通过对锅炉燃料和配风供给的调整,保证送入锅炉炉膛内的燃料能够完全及时连续地燃烧,并在满足机组负荷变动范围的前提下,获得对应最佳燃烧工况下的燃烧调整方式,以提高锅炉效率,降低发电煤耗,实现锅炉经济环保安全运行。根据各种锅炉燃烧系统使用的不同场合以及其实现要求设计两种不同功能的控制方法,在不同的控制范围内选择不同的控制方法以使控制效果达到最优。利用一段时间内锅炉燃烧系统燃烧效率作为采样依据,通过将采样数据平滑得到模型参数,滤除测量数据中的噪声和干扰,得到光滑的动态响应模型;根据模型的需求选择合适的参数进行参数配置;采用适配的传感器实时采集锅炉燃烧状态,在线识别提高运算速度和效率,最大限度的实现锅炉燃烧系统的跟踪控制。

[0021] 本发明主要应用于对锅炉燃烧系统各个回路进行控制。主要包括数据采集、输入控制量和输出量的确定、对象模型的建立、递推最小二乘法确定对象函数模型、自动调节控制参数控制器的实现、LabVIEW调用控制程序的动态链接库、LabVIEW设计系统的控制界面、监视界面、历史数据存储以及锅炉燃烧系统的搭建。

[0022] PLC控制器通过DeviceNet与变频器进行通信来控制电厂锅炉炉膛的主蒸汽温度,通过红外线传感器和压力传感器对锅炉炉膛的燃烧状态进行检测,通过EtherNet与上位机和触摸屏进行通信并实时显示各参数状态。主要通过变频器的频率来调节进入炉膛的空气量和煤粉量的配比,从而提高锅炉燃烧效率。

[0023] PLC控制器可通过人为选择采用动态矩阵控制(DMC)或广义预测控制(GPC),通过调节进风量和煤粉量来对电厂锅炉主蒸汽温度进行控制。上位机交互界面主要对燃烧系统的锅炉炉膛温度、管道压力、变频器转速、动态矩阵控制器参数设置、广义预测控制器参数设置、以及控制效果曲线的显示。

[0024] 本发明的特点还在于:动态矩阵控制器和广义预测控制器的控制快速性及鲁棒性有显著的对应关系,传统的预测控制算法只能人为设定控制参数,而本发明将动态矩阵控制器和广义预测控制器所需控制参数进行设计,只需简单改动一两个参数即可改进控制效果。通过LabVIEW进行调用控制算法的动态链接库,并通过LabVIEW进行控制参数设置、各参数状态显示以及历史数据进行参数,为后续研究提供大量真实、可靠、有价值的数据。

[0025] 本发明将动态矩阵控制(DMC)和广义预测控制(GPC)作为控制算法,通过调整风煤比对炉膛温度进行控制。系统响应速度快,鲁棒性好,抗干扰能力强,实现了对锅炉燃烧系统的炉膛温度的快速准确控制。自动调节模式减少了人为设定经验值的误差,提高了控制精度。

附图说明

[0026] 图1为基于LabVIEW的锅炉燃烧控制系统原理框图。

[0027] 图2为基于LabVIEW的锅炉燃烧控制系统预测控制器的选择程序框图。

具体实施方式

[0028] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。

[0029] 一种基于LabVIEW的锅炉燃烧控制系统,包括有上位机、下位机、锅炉炉膛,上位机与下位机相连;其特征在于,下位机的输出端分别与监控设备、控制设备、前端设备相连;监

控设备与锅炉炉膛的红外温度传感器相连;前端设备与锅炉炉膛的红外温度传感器相连;控制设备通过变频器与风机相连,风机与控制进入锅炉炉膛的空气量或煤粉量的蝶阀相连;锅炉炉膛分别设有红外温度传感器、压力传感器;红外温度传感器、压力传感器均与下位机相连。所述的上位机与人机交互界面相连;上位机及人机交互界面用于对燃烧系统的锅炉炉膛温度、管道压力、变频器转速、动态矩阵控制器参数、广义预测控制器参数的设置以及控制效果曲线的显示。

[0030] 所述的控制设备采用DeviceNet协议进行通信。

[0031] 所述的下位机的PLC控制器通过DeviceNet与变频器的通信来控制锅炉炉膛的主蒸汽温度;下位机通过以太网(EtherNet)与上位机、触摸屏进行通信,并实时显示各种参数状态。

[0032] 所述的锅炉燃烧系统预测控制方法选择包括动态矩阵控制(DMC)和广义预测控制(GPC),动态矩阵控制和广义预测控制的参数可选用自动调节模式,只需设定采样时间 T_s 、控制时域 M 、预测时域 P 以及控制增量 Δu 的上下限,便可由控制系统自动调节达到一个比较理想的控制状态;也可手动设置各个控制器参数,根据给定每个参数的建议设定范围进行参数修改,从而得到期望响应曲线。

[0033] 一种基于LabVIEW的锅炉燃烧控制方法,包括以下步骤:

[0034] 步骤一,通过红外温度传感器对锅炉炉膛的主蒸汽温度回路数据进行采集,根据控制空气量和煤粉量的变频器频率来控制对应蝶阀开度,实现对锅炉燃烧系统燃烧状态的控制,将变频器频率与主蒸汽温度之间的关系确定输入控制量和输出量;

[0035] 步骤二,将步骤一得到的锅炉炉膛温度采样数据平滑得到模型参数,滤除采样得到的炉膛温度和压力数据中的噪声和干扰,得到光滑的动态响应模型;

[0036] 步骤三,根据对象模型的需求选择合适的参数进行参数配置;动态矩阵控制和广义预测控制的参数可选用自动调节模式,只需设定采样时间 T_s 、控制时域 M 、预测时域 P 以及控制增量 Δu 的上下限,便可由控制系统自动调节达到一个比较理想的控制状态;也可手动设置各个控制器参数,根据给定每个参数的建议设定范围进行参数修改,从而得到期望响应曲线;

[0037] 步骤四,采用标准C语言进行编写控制器程序,并形成动态链接库,以供LabVIEW、WinCC、FactoryTalk等各个不同工业组态控制平台进行调用;

[0038] 步骤五,通过LabVIEW从动态链接库中调用控制器程序,根据现场需求来选择相应的预测控制器,即动态矩阵控制器和广义预测控制器,将控制空气量和煤粉量的变频器频率作为控制量,通过变频器来控制蝶阀开度,来调节进入炉膛的空气量和煤粉量的配比;

[0039] 所述的锅炉燃烧系统温度和压力函数模型,采用递推最小二乘法确定对象函数模型。

[0040] PLC控制器通过DeviceNet与变频器进行通信来控制电厂锅炉炉膛的主蒸汽温度和压力,通过红外线传感器和压力传感器对锅炉炉膛的燃烧状态进行检测,通过EtherNet与上位机和触摸屏进行通信并实时显示各参数状态。主要通过变频器的频率来调节进入炉膛的空气量和煤粉量的配比,从而提高锅炉燃烧效率。

[0041] 包括动态矩阵控制(DMC)和广义预测控制(GPC)的设计、动态矩阵控制和广义预测控制在LabVIEW的实现以及燃烧控制系统人机界面的设计。动态矩阵控制和广义预测控制

的参数可选用自动调节模式,只需设定采样时间 T_s 、控制时域 M 、预测时域 P 以及控制增量 Δu 的上下限,便可由控制系统自动调节达到一个比较理想的控制状态;也可手动设置各个控制器参数,根据给定每个参数的建议设定范围进行参数修改,从而得到期望响应曲线。

[0042] 锅炉燃烧控制系统在LabVIEW的实现,通过于LabVIEW调用C语言所设计的动态矩阵控制(DMC)和广义预测控制(GPC)的动态链接库,用LabVIEW对锅炉燃烧控制系统的控制界面、监视界面以及历史数据存储进行设计。

[0043] 本发明是一种基于LabVIEW的锅炉燃烧控制系统,本预测控制系统主要设计了动态矩阵控制(DMC)和广义预测控制(GPC)这两种控制算法调节自动参数的设计。

[0044] 采集到锅炉燃烧系统的数据后,确定变频器频率和锅炉炉膛输出温度以及锅炉炉膛压力,建立锅炉燃烧系统模型,然后用递推最小二乘法确定锅炉燃烧系统的温度和压力的函数模型,对所选预测控制器自动调节控制变频器频率,控制风机转速从而控制空气量和煤粉量的配比、利用C语言实现动态矩阵控制(DMC)和广义预测控制(GPC)对锅炉燃烧系统进行控制,将控制程序和自动调节程序形成动态链接库,并通过LabVIEW对控制程序进行调用,实现对锅炉燃烧系统的控制,利用LabVIEW对控制界面和监视界面进行设计并显示控制效果,并用Excel表格保存历史数据。

[0045] 具体实施方法为:首先对锅炉燃烧系统的主蒸汽温度回路数据进行采集,根据各变频器频率与主蒸汽温度以及压力之间的关系确定输入控制量和输出量,然后建立对象模型,并通过递推最小二乘法确定锅炉燃烧系统的传递函数模型,需要强调的是,应尽可能滤除测量数据中的噪声和干扰,使得到的数学模型具有光滑的动态响应,否则会影响控制质量。在该锅炉燃烧控制系统中,可选用自动调节模式,只需设定采样时间、控制时域、预测时域以及控制增量的上下限,便可由控制系统自动调节达到一个比较理想的控制状态,使得参数调节更直观,从而容易被一般工程人员掌握,易于在工业应用中推广;用户也可手动设置各个控制器参数,根据界面上所给定每个参数的建议设定范围进行参数修改,得到期望响应曲线。为便于控制器程序的可移植性,采用标准C语言进行编写,并形成动态链接库,以供LabVIEW、WinCC、FactoryTalk等各个不同工业组态控制平台进行调用。通过LabVIEW对控制器程序进行调用,并设计基于LabVIEW的锅炉燃烧控制系统的控制界面、监视界面以及历史数据存储。

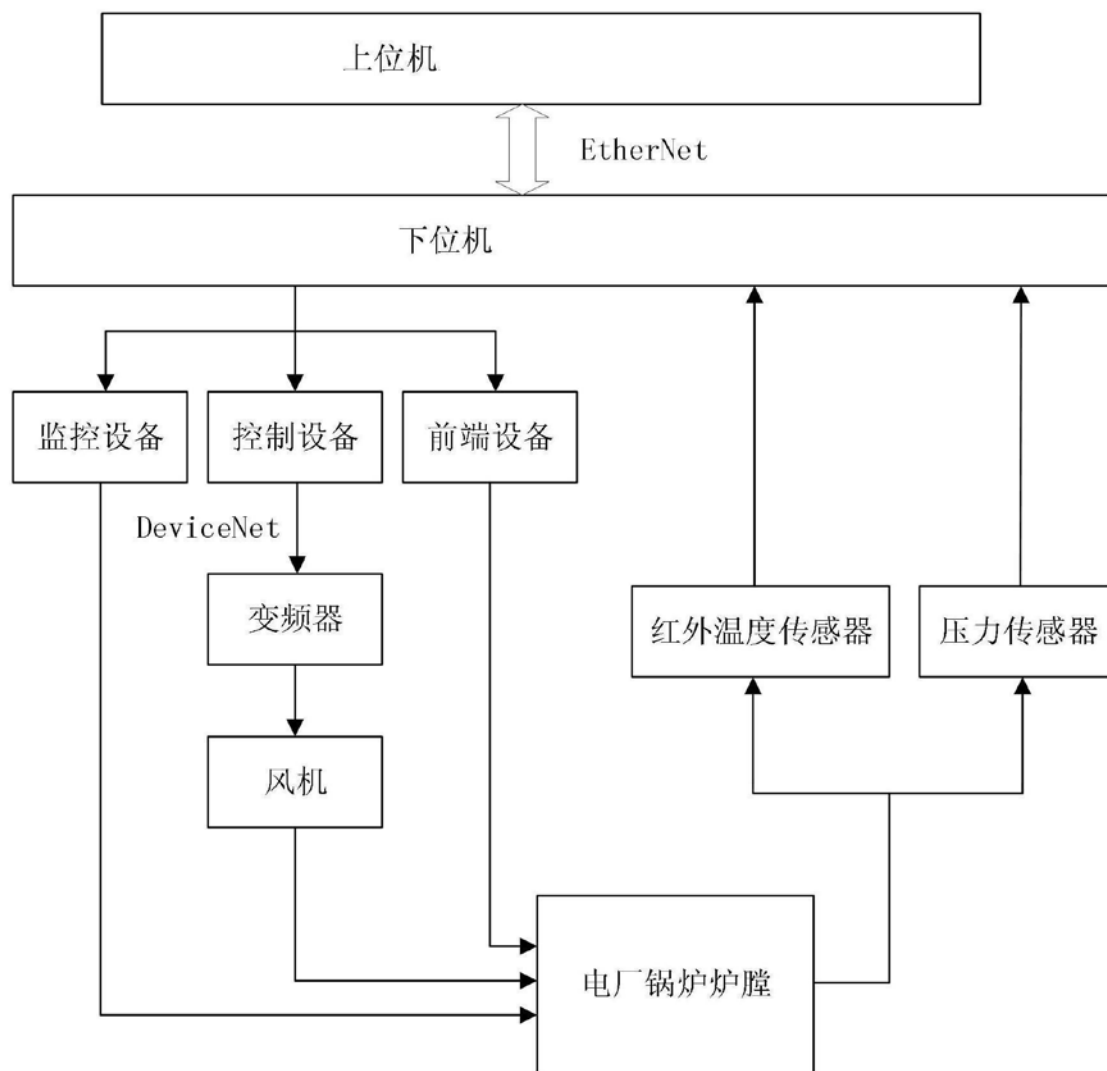


图1

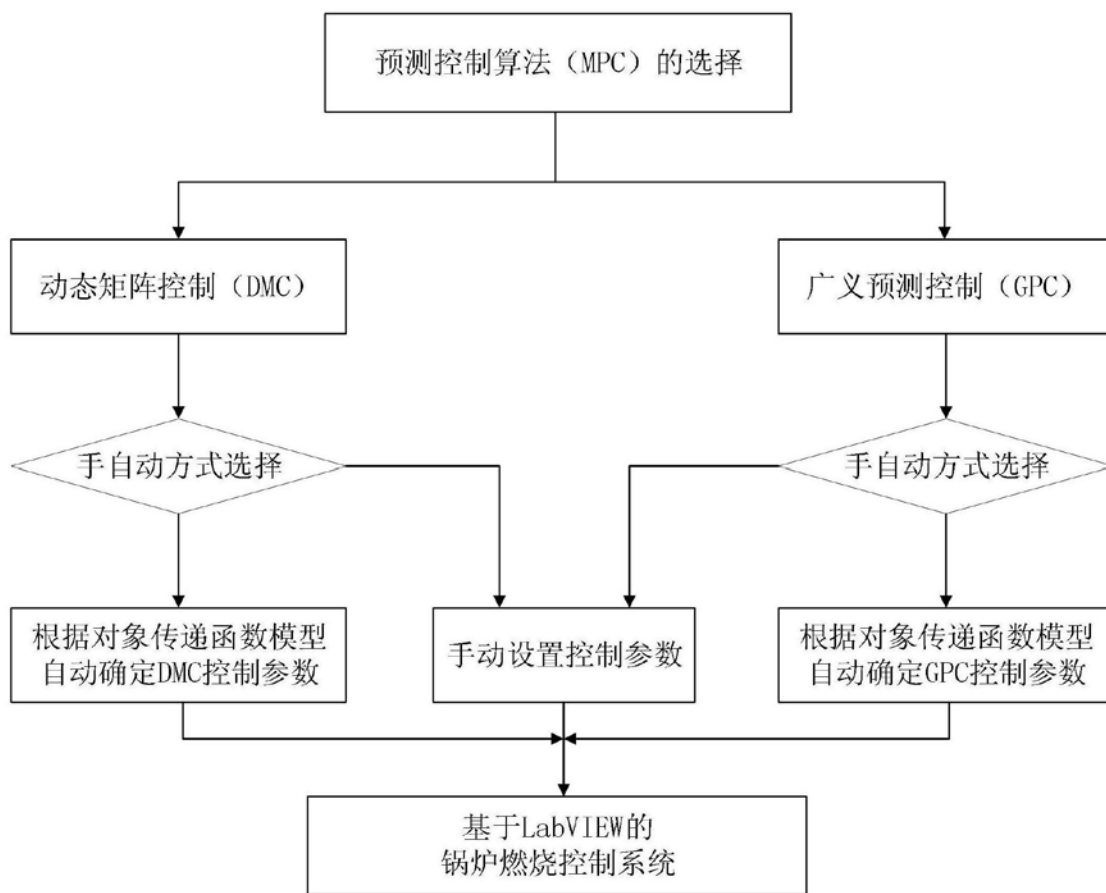


图2