



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104141964 B

(45) 授权公告日 2016. 06. 08

(21) 申请号 201410163159. 5

CN 103671192 A, 2014. 03. 26,

(22) 申请日 2014. 04. 22

张广辉, 谢碧荣. 锅炉送风控制系统的变频调速改造. 《重庆电力高等专科学校学报》. 2000, 第 5 卷 (第 3 期), 第 34-36 页.

(73) 专利权人 上海金自天正信息技术有限公司  
地址 201210 上海市浦东新区张江高科技园区芳春路 400 号 1 幢 3 层 301-130 室

姚家玲. 锅炉送风电机增装变频调速器. 《上海中大型电机》. 2005, 第 44-45 页.

(72) 发明人 么淑华 沈宏杰 陆德忠 乔广荣  
王春松 盛东民 房继虹 周平  
张贵成 李鹏飞

审查员 万丽娟

(74) 专利代理机构 上海精晟知识产权代理有限公司 31253

代理人 冯子玲

(51) Int. Cl.

F23N 3/00(2006. 01)

(56) 对比文件

JP H8-247444 A, 1996. 09. 27,

GB 2299414 A, 1996. 10. 02,

DE 29924386 U1, 2003. 04. 03,

CN 102661283 A, 2012. 09. 12,

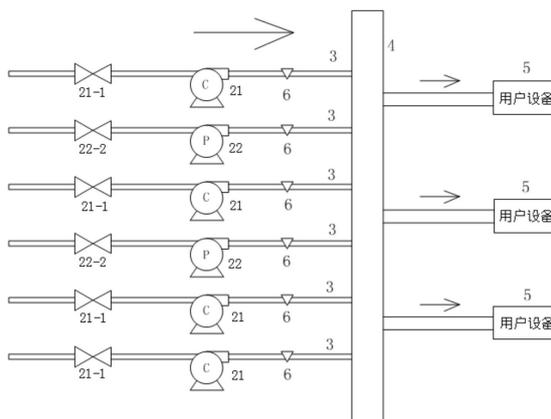
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

工业炉送风系统及方法

(57) 摘要

本发明提供一种工业炉送风方法, 当需要增大风压时, 变频风机的风门的开度增大; 还需要增大风压时, 恒速风机的风门的开度增大; 仍需要增大风压时, 所述变频风机增加工作频率; 当需要减小风压时, 所述变频风机减小工作频率; 还需要减小风压时, 所述变频风机的风门的开度减小; 还需要减小风压时, 所述恒速风机的风门的开度减小。其优点在于针对采用风门调节方式运行的风机机组, 仅对部分风机进行变频改造。在实现变频稳定调节风压的基础上, 再与其它风机协调控制, 并入整体风机机组管网稳定运行。



1. 一种工业炉送风方法,其特征在于:

当需要增大风压时,变频风机的风门的开度增大;当所述变频风机的风门处于最大开度,还需要增大风压时,恒速风机的风门的开度增大;当所述恒速风机的风门也处于最大开度,仍需要增大风压时,所述变频风机增加工作频率;

当需要减小风压时,所述变频风机减小工作频率;当所述变频风机处于最小工作频率,还需要减小风压时,所述变频风机的风门的开度减小;当所述变频风机的风门处于最小开度,还需要减小风压时,所述恒速风机的风门的开度减小;

当所述变频风机的工作频率处于最大,需要增大风压时,启动任意一个风机运行。

2. 根据权利要求1所述的工业炉送风方法,其特征在于:

当所述恒速风机的风门的处于最小开度,需要减小风压时,关闭任意一个风机。

3. 根据权利要求2所述的工业炉送风方法,其特征在于:

关闭风机时,关闭所述恒速风机。

4. 根据权利要求1所述的工业炉送风方法,其特征在于:

当所述工业炉送风系统启动时,启动所述变频风机。

5. 一种工业炉送风系统,包括:送风管道,与所述送风管道连接的若干个变频风机、与  
所述送风管道连接若干个恒速风机和控制器;其特征在于:

当需要增大风压时,所述控制器先控制所述变频风机的风门的开度增大;当所述变频风机的风门处于最大开度,还需要增大风压时,所述控制器控制所述恒速风机的风门的开度增大;当所述恒速风机的风门也处于最大开度,仍需要增大风压时,所述控制器控制所述变频风机增加工作频率;

当需要减小风压时,所述控制器控制所述变频风机减小工作频率;当所述变频风机处于最小工作频率,还需要减小风压时,所述控制器控制所述变频风机的风门的开度减小;当所述变频风机的风门处于最小开度,还需要减小风压时,所述控制器控制所述恒速风机的风门的开度减小。

6. 根据权利要求5所述的工业炉送风系统,其特征在于:

当所述变频风机的工作频率处于最大,需要增大风压时,所述控制器启动任意一个风机运行。

7. 根据权利要求5所述的工业炉送风系统,其特征在于:

当所述恒速风机的风门的处于最小开度,需要减小风压时,所述控制器关闭任意一个风机。

8. 根据权利要求7所述的工业炉送风系统,其特征在于:

关闭风机时,所述控制器关闭所述恒速风机。

9. 根据权利要求5所述的工业炉送风系统,其特征在于:

当所述工业炉送风系统启动时,所述控制器启动所述变频风机。

## 工业炉送风系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种工业炉送风系统及其方法,在工业炉燃烧过程中,保持工业炉助燃热风压力平稳。

### 背景技术

[0002] 目前,国内工业炉风机机组的风压自动调节技术基本都是通过调节各风机入口风门开度实现,通过在90度范围内改变叶片角度,控制总管的输出压力参数。该方案特点是投资成本较低,但是风门挡板调节在做到节流的同时增加了管路阻力,电机需要消耗额外电能用于克服增加的管路阻力,引起能耗增加。

[0003] 随着电机变频技术的发展,国内一些单体风机的调节开始采用变频调节技术,变频调速在宽的转速范围内都具有高的调速效率,所以是一种比较理想的调速方式。在国外,如德国、日本等发达的工业国家,在泵与风机的调节方面已普遍应用变频调速。国内的高参数、大容量电站机组的泵与风机也常采用变速调节方式,以提高机组的运行经济性。变频方案有许多优点:运行节能、启动平稳、响应快速,但是其投资成本较高,同一台风机,采用变频方案的投资可能是风门调节方案的15~20倍。一般大型生产装置,平时都是多台风机并列运行,如果均采用变频驱动风机,投资太大。

[0004] 因此,早期的风机机组由于变频技术还不成熟,均采用风门调节技术来控制风压,现在的新上项目,如果机组台数较多,受限于投资过大,仍然会优先采用风门调节技术。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的旨在提供一种工业炉送风方法,以克服上述现有技术存在缺陷。

[0006] 本发明提供一种工业炉送风方法,当需要增大风压时,变频风机的风门的开度增大;当变频风机的风门处于最大开度,还需要增大风压时,恒速风机的风门的开度增大;当恒速风机的风门也处于最大开度,仍需要增大风压时,变频风机增加工作频率;当需要减小风压时,变频风机减小工作频率;当变频风机处于最小工作频率,还需要减小风压时,变频风机的风门的开度减小;当变频风机的风门处于最小开度,还需要减小风压时,恒速风机的风门的开度减小。

[0007] 进一步,本发明提供一种工业炉送风方法,还可以具有这样的特征:当变频风机的工作频率处于最大,需要增大风压时,启动任意一个风机运行。

[0008] 进一步,本发明提供一种工业炉送风系统,还可以具有这样的特征:当恒速风机的风门的处于最小开度,需要减小风压时,关闭任意一个风机。

[0009] 进一步,本发明提供一种工业炉送风方法,还可以具有这样的特征:关闭风机时,关闭恒速风机。

[0010] 进一步,本发明提供一种工业炉送风方法,还可以具有这样的特征:当工业炉送风系统启动时,启动变频风机。

[0011] 另外,本发明提供一种工业炉送风系统,包括:送风管道,与送风管道连接的若干

个变频风机、与送风管道连接若干个恒速风机和控制器；当需要增大风压时，控制器先控制变频风机的风门的开度增大；当变频风机的风门处于最大开度，还需要增大风压时，控制器控制恒速风机的风门的开度增大；当恒速风机的风门也处于最大开度，仍需要增大风压时，控制器控制变频风机增加工作频率；当需要减小风压时，控制器控制变频风机减小工作频率；当变频风机处于最小工作频率，还需要减小风压时，控制器控制变频风机的风门的开度减小；当变频风机的风门处于最小开度，还需要减小风压时，控制器控制恒速风机的风门的开度减小。

[0012] 进一步，本发明提供一种工业炉送风系统，还可以具有这样的特征：当变频风机的工作频率处于最大，需要增大风压时，控制器启动任意一个风机运行。

[0013] 进一步，本发明提供一种工业炉送风系统，还可以具有这样的特征：当恒速风机的风门的处于最小开度，需要减小风压时，控制器关闭任意一个风机。

[0014] 进一步，本发明提供一种工业炉送风系统，还可以具有这样的特征：关闭风机时，控制器关闭恒速风机。

[0015] 进一步，本发明提供一种工业炉送风系统，还可以具有这样的特征：当工业炉送风系统启动时，控制器启动变频风机。

[0016] 发明的有益效果

[0017] 本发明提供一种工业炉送风系统及方法，针对采用风门调节方式运行的风机机组，仅对部分风机进行变频改造。在实现变频稳定调节风压的基础上，再与其它风机协调控制，并入整体风机机组管网稳定运行。通过智能闭环双变量调节，将风门调节的风压控制与变频调节的风压控制协调控制，达到投资低、节能效果好的目的。

[0018] 本发明提供一种工业炉送风系统及方法，利用PLC系统对风机机组入口风门开度和电机变频频率协调控制，最小化管路风阻，降低了能量损失，使之达到既能稳定风压、满足生产，又能实现电能消耗最小化运行的目的。本发明控制精度高，节能效果明显，有效降低设备投资。

[0019] 本发明提供一种工业炉送风系统及方法在工业炉风机机组风压控制精度和节能方面效果显著，试验结果的具体性能指标如下：

[0020] a. 系统运行率  $\geq 99.95\%$

[0021] b. 相对吨钢电耗下降  $\geq 15\%$

[0022] c. 系统平均无故障时间(MTBF)  $\geq 8760\text{h}$

## 附图说明

[0023] 图1为本发明的工业炉送风系统的结构示意图。

[0024] 图2为本发明的工业炉送风系统的调节控制流程图。

## 具体实施方式

[0025] 下面结合附图和具体实施例对本发明做进一步的描述。

[0026] 图1为本发明的工业炉送风系统的结构示意图。

[0027] 如图1所示，工业炉送风系统包括：恒速风机21、变频风机22、总管道4、分支管道3、用户设备5、逆止挡板6、风压传感器、控制器以及控制面板。用户设备为热风炉或高炉等需

要风机送风的设备。

[0028] 恒速风机21具有恒速风机风门21-1,变频风机22具有变频风机风门22-2。

[0029] 风压传感器测试总管道内的实际风压。控制器将风压传感器测试到的实际风压与设置的风压恒定值进行比较,根据比较结果控制风机运作。

[0030] 传统调节方式主要是调节入口风门控制风压,所有风机均为恒速风机。为防止各支管供压不一致,导致气体回流或逆止挡板动作,6台风机风门开度需统一调节,风门开度调节范围为 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 。当风门开度为 $0^{\circ}$ 时,总管风压为零;当风门开度为 $90^{\circ}$ 时,总管风压为风机设计最大压力(例如10Kpa)。如果总管压力需保持在中间某值(例如7Kpa),就需要相应调节风门开度在 $0^{\circ}$ 至 $90^{\circ}$ 某一角度。用户流量变化时,总管压力会随之波动,当用户流量增大时,总管压力会降低,需要增大风门开度补充风量;当用户流量减小时,总管压力会增加,需要减小风门开度降低风量。

[0031] 本发明提供的工业炉送风系统,将其中的2#、4#风机由恒速风机改为变频风机,当需要控制总管压力保持在恒定值时,可以采用同时改变入口风门,和改变变频风机运行频率两种方法。一方面为防止各支管出现空气倒灌或逆止挡板动作,另一方面为保持风机节能运行,应保证风门开度尽量大,变频频率降低。风门调节和变频频率的协调控制是关键。

[0032] 当运行在1~2台风机的情况下,控制器优先启动变频风机。当仅有变频风机22运行时,控制器可以综合调节变频风机风门22-1、变频风机22运行频率,风压由低至高调节时,保持变频风机22运行频率在最低值,变频风机风门22-2开度调节风压闭环运行,由于风压增大的需要,势必会逐渐增大变频风机风门22-2开度。当风压稳定在设定值时,保持在风门闭环调节状态;当变频风机风门22-2开度调节到达饱和状态,且仍需要增大风压时,逐渐调高变频风机22运行频率。当风压稳定在设定值时,保持在频率闭环调节状态。当频率调节到达饱和状态时,追加启动其它风机。

[0033] 当风压由高至低调节时,按前述过程相反顺序执行;即优先调低变频风机22运行频率,当频率调节到达最低运行频率时,减小变频风机风门22-2开度。当变频风机22的开度最小时,仍需减小风压时,控制器停止一台变频风机22。

[0034] 如果变频风机22作为主风机启动时,按照仅有变频风机22工作的方式运行的风压无法达到风压设定值时,应当追加一台恒速风机21,此时,变频风机和恒速风机同时运行。

[0035] 当变频风机和恒速风机同时运行时,需要综合调节变频风机风门22-2、恒速风机风门21-1、变频风机22的运行频率。当风压由低至高调节时,需要保持变频风机22运行频率在最低值、恒速风机风门21-1开度在最小值,首先进行变频风机风门22-2闭环调节状态。随着风压增加,进入恒速风机21-1风门开度调节状态。当恒速风机21-1风门调节饱和后,再进入变频风机22运行频率调节状态。

[0036] 当风压由高至低调节时,按前述过程相反顺序执行。该调节的顺序是减低变频风机22的运行频率-调小变频风机风门22-2-调小恒速风机风门21-1-停止一台风机。控制器优先关闭恒速风机21。

[0037] 特殊情况下,如变频风机发生故障,会出现仅恒速风机21运行。当仅有恒速风机运行时,仍然采用根据风门调节总管压力的传统方式。

[0038] 入口风门挡板开度和风机频率协调控制工作原理:

[0039] 当整个系统仅需运行1~2台风机时,优先运行变频风机,风压按如上变频调节方

式稳定在设定值。当系统需要追加1~2台恒速电机时,风量、风压必定不足,变频风机按如上的闭环控制,必定工作在最大频率50Hz状态,此时即使立即启动恒速电机,也不可能出现空气倒灌,实际投入恒速电机风路时,先在风门全关时启动恒速,再将风门从全闭状态逐渐打开。当管网压力恢复到设定压力时,风门停止打开。当风量过剩、风压偏大时,优先停止恒速电机。停止恒速电机时,风量必定过剩,变频风机按如上的闭环控制,必定工作在最低工作频率(定义冲开止回单向阀的变频频率为最低工作频率,此时变频风机所供压力大于总管压力),关闭恒速电机前,逐渐减小风门,待风门关闭后,恒速风机停止运行,在关闭风门的过程中,变频风机通过提高工作频率对风门减小进行补偿。

[0040] 图2为本发明的工业炉送风系统的调节控制流程图。

[0041] 如图2所示,变频与风门调节均可对管网压力产生影响,因此本控制系统为双变量系统。对双变量系统需进行解耦控制,解耦控制问题表示选择适当的控制规律将一个多变量系统化为多个独立的单变量系统的控制问题。实现解耦以后,一个多输入多输出控制系统就解除了输入、输出变量间的交叉耦合,从而实现自治控制,即互不影响的控制。

[0042] 当恒速、变频风机同时投入运行时:

[0043] 为减小功率损耗,恒速、变频风机风门均优先保持最大,通过调节变频频率控制总管风压。当频率减小到 $f_{min}$ ,若系统风压仍偏大,则通过调节恒速风门开度控制风压。若频率达到 $f_{min}$ 、,恒速风机风门开度最小时,若总管风压仍偏大,再通过调节变频风门控制系统风压。当频率达到 $r_{min}$ ,恒速、变频风门开度均达到最小时,若总管风压仍然偏大,则系统请求停止1台风机。当恒速、变频风门均保持最大,且变频频率已达到 $f_{max}$ ,若总管风压仍然偏小时,系统请求追加1台风机。

[0044] 以宝钢热轧1580加热炉助燃风机为试验对象,以本发明提供的工业炉送风系统及方法进行改造试验。具体情况如下:

[0045] 宝钢股份1580热轧目前有三座步进式加热炉,由于产能原因,大部分情况下,一般两炉生产。每座加热炉在设计时都设置了两台助燃风机提供助燃空气。实际运行中,从节能角度出发,在两座加热炉投用时,通常只开2~3台助燃风机,极少数情况下也有运行1台或4台的情况。这些助燃风机通过调节其进口挡板开度,在保证加热炉入口助燃空气压力在7kpa时,满足加热炉正常运行对风量的需求。目前,风机入口风门开度被限定在30%~72%之间变化,当开度低于30%时,则减少一台风机运行,当开度大于72%时,则增加一台风机运行。以上风机为恒速风机。

[0046] 1580热轧加热炉助燃风机共有6台,这些风机的额定参数如下:

[0047]

额定流量	84400m <sup>3</sup> /h
额定全压	13000pa
额定电压	6000V
额定电流	47~49A
额定功率	400~410kW
额定转速	1480rpm

[0048] 改造前,1580热轧加热炉助燃风机采用入口风门调节方式,在满足生产要求的情况下,也同时存在二个问题:

[0049] 1、挡板调节在做到节流的同时增加了管路阻力,电机需要消耗额外电能用于克服增加的管路阻力,引起能耗增加;

[0050] 2、调节挡板开度的效率较低,对风压变化的调节响应慢;

[0051] 改造后:

[0052] 六台风机的2#、4#风机进行变频改造,大大减少了风门调节导致的节流损失,在很大变工况范围内能够使泵与风机保持较高的运行效率,大大降低了助燃风机的能耗。

[0053] 当运行在1~2台风机的情况下,优先启动变频风机,保持变频风机风门最大开度,通过变频调节控制管网压力,这时恒速电机在停止状态,风门全关。当风压不足,需要追加风量时,再另外追加1~2台恒速风机。启动风机,一般先启动电机,然后延时打开风门,随着风门由全关逐渐打开,风压逐渐恢复,当管网风压满足工艺需求时,风门即保持在该位置。当风量需求降低,风压有上升趋势时,则优先停止恒速运行的风机。停止恒速风机,先慢慢关闭风门,当风门全闭时,关闭恒速风机。在关闭风门的过程中,送风量逐渐减小,风压逐渐降低,这时变频风机通过监测管网压力,不断补充恒速电机停止造成的风量损失,由于变频风机速度调节大大快于风门调节,可迅速补充风量,使整个系统稳定在新的平衡点。

[0054] 改造后工业炉送风系统有以下几种工作状态:

[0055] 一、仅有恒速风机工作状态

[0056] 在恒速风机运行时,风机的入口风门开度在手动方式下以很小的幅度缓慢上升去追恒速风门PID控制器输出值,当风门开度追上恒速风门PID输出值时,风门的控制方式从手动切换成自动方式,风机入口调节阀的开度由压力控制器PID控制。风机自动控制时,有2个开度限位,一个是追加开度72%,一个是停止开度30%,两者的值可在控制面板中进行设定。当风机入口调节阀的开度超过追加开度72%且延时时间到,控制将已被选择为追加的风机进行启动。同样,在追加风机刚开始运行时,风机的入口调节阀在手动方式下以很小的幅度缓慢上升,一直上升到与主风机的入口调节阀开度相等时,追加风机入口调节阀的控制模式从手动切换成自动,然后压力PID调节主风机和追加风机的入口调节阀的开度。以后的追加风机的启动也是同样的。当正在运行的风机的入口调节阀开度小与停止开度30%且延时时间到,控制面板上停止确认的按钮将有红色的背景闪烁,同时有声音报警,提示操作人员。此时,操作人员选择某一台追加风机为停止机。之后,按下停止确认按钮,风机入口调节阀的模式将切换成开度将按照一个固定速度下降,当开度下降到0.1%时,风机自动停止。

[0057] 二、仅有变频风机工作状态

[0058] 当选择2#变频风机作为主风机运行时,同时,选择4#风机为追加风机。可以点击控制面板上的“启动”按钮,启动主风机,风机运行后,控制面板上风机图标的颜色从绿色变成红色。风机频率先增加当增到35Hz时,而后其对应的风门以每秒0.2的速度打开,当风门开度追上变频风门的PID调节输出时,风门由手动方式切换为自动方式。风门的开度跟随的变频风门PID控制器的输出调节。当风门开度到100%时,如果压力控制器的实际值没有超过设定值时,开始进行变频频率的PID调节。风机的频率从35Hz开始增加,当增到追加频率即48Hz时提示追加风机,频率最大值为50Hz。延时一段时间,被选为追加风机的4#风机自动启动,4#风门的开度此时以手动的方式追2#变频风机的输出值,追上后切换自动方式;而后4#变频风机频率追2#变频风机的频率,追上后跟随频率PID控制器的调节。当变频风门开度小

于停止开度(可在控制面板上进行设定)即30%时,控制面板上停止确认的按钮将有红色的背景闪烁,同时有声音报警,提示操作人员。此时,操作人员选择某一台追加风机为停止机,之后,按下停止确认按钮,风机入口调节阀的模式将切换成手动并以一个固定速度下降,当开度下降到0.1%时,开始降频率,当频率降到34Hz时,风机自动停止。4#变频风机作为主风机,2#变频风机作为追加风机同理。

[0059] 三、既有恒速风机又有变频风机工作状态

[0060] 如果变频风机作为主风机启动时,按照仅有变频风机工作的方式运行。当追加一台恒速风机时(追加方式如仅有恒速工作状态),恒速风机的风门手动打开追恒速PID控制器的输出值,同时频率在降,当风门开度追上恒速PID输出之后,变频风门PID调节、恒速风门PID调节、变频频率PID调节三者之间的的关系按照如下方式切换:

[0061] 当测量的实际风压<设定风压时,先进行变频风门PID调节,当变频风门的开度大于100%时,进行恒速风门PID调节,当恒速风门开度大于100%时,进行变频频率PID调节,当达到追加频率(可在控制面板上进行设定)即48Hz时,控制面板上追加确认的按钮将有红色的背景闪烁,同时有声音报警,提示操作人员追加风机,变频最大频率50Hz。

[0062] 当测量的实际风压>定风压时,先进行调变频频率PID调节,当变频频率小于48Hz时,进行恒速风门PID调节,当恒速风门开度小于35%时,进行变频风门PID调节,当变频风门开度小于变频风门停止开度(可在控制面板上进行设定)75%时,停止确认的按钮将有红色的背景闪烁,同时有声音报警,提示操作人员停止一台风机,变频风门最小开度70%。

[0063] 当有多台恒速风机和变频风机时有同样的控制方式。

[0064] 工业炉送风系统以风机调节PLC为中心,以变频器、风门开度为执行对象,以HMI系统为过程监控,将风机调节PLC作为整个系统的数据交换中枢,承担着各系统间的数据通讯、数据执行以及指令转换与分配。

[0065] 风机控制系统(PLC)实现恒速/变频风机、风门的远程启停、闭环协调控制。整设备监控HMI系统直观反映运行过程,显示设备状态,记录管网压力、流量数据,完成调节参数设定及报警记录、操作记录、网络诊断等功能。在风机控制PLC、与高压变频装置、HMI之间采用Profibus和工业以太网通信,提高了系统之间数据处理的速度、可靠性和安全性,同时,为以后系统的扩展及改造提供了先进的网络架构。

[0066] 工业炉送风系统系试验结果显示:系统运行稳定,节能效果明显,并且增加了管网压力控制精度,减小了吨钢电耗。本调节系统通过在宝钢加热炉的应用,掌握了风机节能改造控制技术,开创了一种新的风机机组运行模式,投资成本有效降低,且风机机组节能量和风压控制精度高。

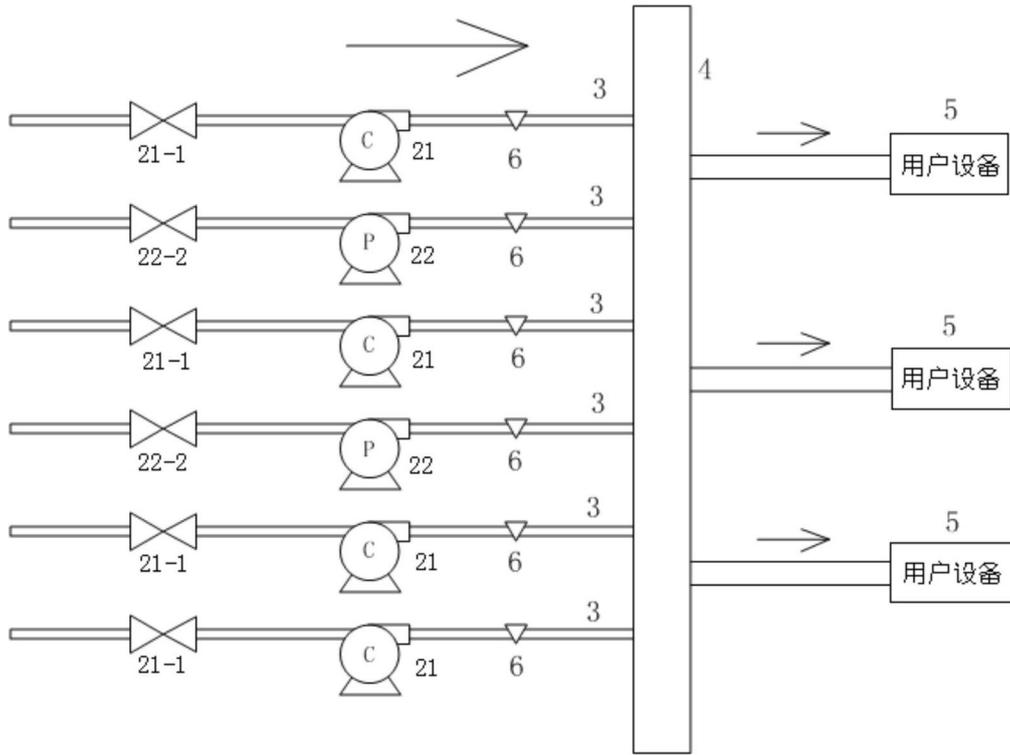


图1

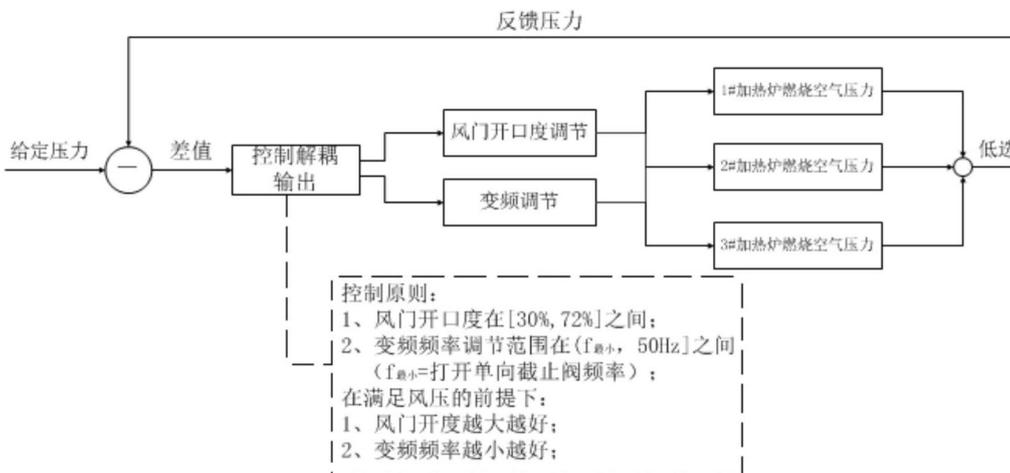


图2