

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103306701 A

(43) 申请公布日 2013. 09. 18

(21) 申请号 201310156831. 3

(22) 申请日 2013. 04. 28

(71) 申请人 中国矿业大学(北京)
地址 100083 北京市海淀区学院路丁 11 号
中国矿业大学

(72) 发明人 朱红青 谭波 李峰

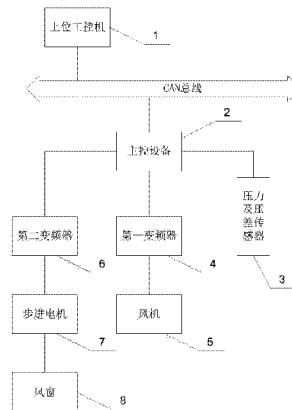
(74) 专利代理机构 北京凯特来知识产权代理有
限公司 11260
代理人 郑立明 赵镇勇

(51) Int. Cl.
E21F 1/00(2006. 01)
E21F 5/00(2006. 01)

权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称
大区域自动控制均压防灭火系统

(57) 摘要
本发明提供了一种大区域自动控制均压防灭火系统,所述主控设备用于将均压区域的漏风通道两端气压和风窗两侧的压力差的信号上传给上位工控机,以及根据所述上位工控机发送的均压调节的控制命令发送调节电流频率的命令以及调节风窗的命令;所述上位工控机用于根据漏风通道两端气压和风窗两侧的压力差的信号确计算向所述主控设备发送均压调节的控制命令;所述第一变频器用于根据调节电流频率的命令调整风机的转速和出口风压;所述第二变频器用于根据调节风窗的命令控制所述步进电机调整风窗的打开面积。本发明能够自动控制并调节风机转数和调节风窗过风口面积,使均压区域始终保持压力平衡,解决精确度和及时性较差、容易造成均压区域不均压的问题。



1. 一种大区域自动控制均压防灭火系统,其特征在于,包括:上位工控机、主控设备、压力及压差传感器、第一变频器、风机、第二变频器、步进电机和风窗;

所述主控设备用于将所述压力及压差传感器采集的均压区域的漏风通道两端气压和风窗两侧的压力差的信号上传给所述上位工控机,以及根据所述上位工控机发送的均压调节的控制命令向所述第一变频器发送调节电流频率的命令以及向所述第二变频器发送调节风窗的命令;

所述上位工控机用于根据所述漏风通道两端气压和风窗两侧的压力差的信号确定是否处于均压状态,若未处于均压状态则根据计算结果向所述主控设备发送均压调节的控制命令;

所述第一变频器用于根据所述调节电流频率的命令调整风机的转速和出口风压;

所述第二变频器用于根据所述调节风窗的命令控制所述步进电机调整风窗的打开面积。

2. 根据权利要求1所述的大区域自动控制均压防灭火系统,其特征在于,所述上位工控机还用于在一次均压调节结束时,显示并记录调整过程中的风机转速、风窗打开面积、电流、电压和电流频率。

3. 根据权利要求1所述的充填体内巷道或硐室支护方法,其特征在于,所述压力及压差传感器通过 SF₆ 示踪气体测得均压区域的漏风通道两端气压和风窗两侧的压力差。

4. 根据权利要求1所述的充填体内巷道或硐室支护方法,其特征在于,所述主控设备通过 CAN 总线和 CAN 适配器与所述上位工控机通信。

大区域自动控制均压防灭火系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种煤矿井下大区域自动控制均压防灭火系统,属于矿山安全防火技术领域。

背景技术

[0002] 在矿山采用的均压防灭火方法是应用通风原理,通过减少采空区或火区的氧气补给,使采空区的高温区域或火区缺氧窒息或停止氧化。与其它灭火方法相比较,具有安全、迅捷、高效、投入少的特点,目前已经广泛应用于井下。

[0003] 风机-风窗联合均压是均压防灭火中的常用方法。在采煤工作面使用风机-风窗联合开区均压,可以减少工作面后部采空区的漏风量,减少氧气补给,抑制采空区遗煤氧化,达到防灭火的目的;在应用采空区闭区均压时,使用风机、调节风窗、均压气室或连通管来调节密闭墙内外的压力差,抑制采空区漏风,从而达到控制防灭火的目的。在使用风机、风门和风窗进行均压防灭火过程中,平衡漏风通道两端气体压力,并始终维持平衡,是成功实现均压方灭火技术的关键。

[0004] 由于井下通风系统复杂,人员活动频繁、通风设施开关频繁、大气压力变化乃至采掘活动等等,均有可能造成井下通风系统的不稳定,破坏均压区域压力平衡状态,导致采空区或火区漏风状况的变化,为防灭火技术的实施带来副作用。如果均压区域的压力平衡被打破,必须通过调节风机转数或风窗过风口的面积才能实现新的风压平衡。但是,现阶段这种方法的实施必须是人为控制的,而人为控制常常采用经验试探法或定性分析法来调节现场的均压设施,由于井下通风压力经常处于变化状态,往往造成调压的不精确与不及时,均压效果不甚理想,迫使人们多次调整均压设施的位置与大小,以求均压区域气压平衡。这种多次均压调节引起的气体压力频繁变化,对火区有类似“人工呼吸”的供氧作用,所以,应用经验试探法或定性分析法进行均压调节并不能有效的控制漏风;特别调压中的误操作,很可能导致均压区域“不均压”,结果使漏风量增大,威胁采煤工作面的安全回采。

发明内容

[0005] 本发明为解决现有的均压防灭火技术中存在的人为调整风亚平衡导致调压的精确度和及时性较差、容易造成均压区域不均压的问题,进而提供了一种大区域自动控制均压防灭火系统。为此,本发明提供了如下的技术方案:

[0006] 一种大区域自动控制均压防灭火系统,包括:上位工控机、主控设备、压力及压差传感器、第一变频器、风机、第二变频器、步进电机和风窗;

[0007] 所述主控设备用于将所述压力及压差传感器采集的均压区域的漏风通道两端气压和风窗两侧的压力差的信号上传给所述上位工控机,以及根据所述上位工控机发送的均压调节的控制命令向所述第一变频器发送调节电流频率的命令以及向所述第二变频器发送调节风窗的命令;

[0008] 所述上位工控机用于根据所述漏风通道两端气压和风窗两侧的压力差的信号确

定是否处于均压状态,若未处于均压状态则根据计算结果向所述主控设备发送均压调节的控制命令;

[0009] 所述第一变频器用于根据所述调节电流频率的命令调整风机的转速和出口风压;

[0010] 所述第二变频器用于根据所述调节风窗的命令控制所述步进电机调整风窗的打开面积。

[0011] 本发明提供的技术方案能够自动控制并调节风机转数和调节风窗过风口面积,使均压区域始终保持压力平衡,能从根本上解决“手动均压”存在的精确度和及时性较差、容易造成均压区域不均压的问题,有效提升均压效果。

[0012] 具附图说明

[0013] 图 1 为本发明的具体实施方式提供的大区域自动控制均压防灭火系统的结构示意图。

具体实施方式

[0014] 下面将结合本发明实施例,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例,都属于本发明保护的范围。

[0015] 本发明的具体实施方式提供了一种大区域自动控制均压防灭火系统,如图 1 所示包括:上位工控机 1、主控设备 2、压力及压差传感器 3、第一变频器 4、风机 5、第二变频器 6、步进电机 7 和风窗 8;

[0016] 主控设备 2 用于将压力及压差传感器 3 采集的均压区域的漏风通道两端气压和风窗两侧的压力差的信号上传给上位工控机 1,以及根据上位工控机 1 发送的均压调节的控制命令向第一变频器 4 发送调节电流频率的命令以及向第二变频器 6 发送调节风窗的命令;

[0017] 上位工控机 1 用于根据所述漏风通道两端气压和风窗两侧的压力差的信号确定是否处于均压状态,若未处于均压状态则根据计算结果向主控设备 2 发送均压调节的控制命令;

[0018] 第一变频器 4 用于根据所述调节电流频率的命令调整风机 5 的转速和出口风压;

[0019] 第二变频器 6 用于根据所述调节风窗的命令控制步进电机 7 调整风窗 8 的打开面积。

[0020] 本具体实施方式提供的大区域自动控制均压防灭火系统的工作原理是:首先确定均压防灭火中的调压冗余度(防止采空区煤自燃的防火安全范围),调压冗余度的公式推导需要满足以下三个假设条件:

[0021] ①采空区内空气为层流流动;

[0022] ②漏风方向是流入采空区;

[0023] ③采空区外气压随时间呈线性变化。

[0024] 根据通风阻力定律,则有:

$$[0025] \quad q = \frac{1}{R}(P_a - p_s)$$

[0026] 其中, P_a 表示采空区外空气压力, 单位 Pa; p_s 表示采空区内空气压力, Pa; R 表示采空区漏风风阻, 单位 $N \cdot S/M^5$; q 表示漏入采空区的风量, 单位 M^3/S 。

[0027] 采空区内空气压力由初始压力 P_{s0} 经时间 t 变化到 P_s (按等温过程进行):

$$[0028] \quad dp_s = \frac{qdt}{V} p_{s0} = (p_a - p_s) \frac{dt}{RV} p_{s0}$$

[0029] 令: $t = 0$, 求解上式得:

$$[0030] \quad p_s = p_a - (p_a - p_s) \exp(-p_{s0} \frac{t}{RV})$$

[0031] 式中 V 为采空区体积; 进一步求解 q 得:

$$[0032] \quad q = \frac{1}{R}(p_a - p_s) \exp(-p_{s0} \frac{t}{RV})$$

[0033] 当 $t \rightarrow \infty$ 且 $P_s = P_a$ 时, 采空区内气压 P_s 与采空区外气压 P_a 有平衡的趋势; 当 $t = 0$ 时, 采空区有最大漏风风量。由于采空区外气压随时间呈线性变化, 令:

$$[0034] \quad P_a = P_{a0} + kt$$

[0035] 则可得:

$$[0036] \quad dq = \frac{1}{R}(k - \frac{1}{V} qp_{s0})dt$$

[0037] 式中的 k 为常数; 其他符号同前; 若 $t=0$ 时, $q = 0$, 求解上式得:

$$[0038] \quad q = \frac{KV}{p_{s0}} [1 - \exp(-\frac{P_{s0}}{RV} t)] = \frac{\Delta p_a V}{p_{s0} \Delta t} [1 - \exp(-\frac{P_{s0}}{RV} t)]$$

[0039] 式中的 Δp_a 为在时间 Δt 内, 采空区外气压的总增量。由上式可知: 在某一段时间 Δt 内, 当采空区外气压增量 Δp_a 增加时, 流入采空区风量会增加; 若 Δp_a 减少时, 则流入采空区风量会减少。所以, 当气压发生变化时, 会使采空区漏风有类似“人工呼吸”的供氧现象, 这对于预防采空区遗煤自燃与惰化火区十分不利。而根据相关资料可知: 当漏风量小于 $0.06m^3/(min \cdot m^2)$ 时, 不会发生自燃火灾; 得到调压冗余度的计算公式:

$$[0040] \quad \Delta P_w < 0.001 \times \frac{P_{s0} t}{h} [1 - \exp(-\frac{P_{s0}}{RV} t)]$$

[0041] 其中的 ΔP_w 表示调压冗余度, 单位 Pa; h 表示采空区冒高, 单位 m; P_{s0} 表示采空区内空气初始压力, 单位 Pa; t 表示压力调节时间, 单位 s; V 表示采空区体积, m^3 ; R 表示采空区漏风风阻, 单位 Ns/m^5 。

[0042] 本具体实施方式提供的大区域自动控制均压防灭火系统实现的功能包括:

[0043] 1、现场模拟信号的采集。为了完成现场模拟量的采集, 主控设备 2 (以 PLC 为主体) 配备了 FX_{2N} -AD 模拟量输入模块与 FX_{2N} -DA 模拟量输出模块。压力及压差传感器 3 测得的漏风通道两端气压与风窗两侧的压力差的模拟电信号, 通过主控设备 2 的 FX_{2N} -AD 模拟量输入模块将标准的模拟信号转换为数字信号, 经 CAN 适配器与 CAN 总线相连并传输至井上

CAN 适配器转换成标准 RS485 数字信号,并上 CAN 适配器与上位工控机 1 的 RS485 接口相连,将数字信号采集到工控上位机 1 的内部寄存器进行存储并显示。

[0044] 2、现场执行机构的自动控制。现场执行机构包括:第一变频器 4、风机 5、第二变频器 6、步进电机 7 和风窗 8。将采集到的数字信号,根据预先在上位工控机 1 上安装的软件模块进行相应的对比、分析和处理,将各种控制信号通过 CAN 总线传输到主控设备 2,并通过 RS485 接口与其通信并存储数字信号,主控设备 2 通过 FX_{2N}-DA 模拟量输出模块与第一变频器 4 和第二变频器 6 通信。对现场执行机构主要实现两个功能:调节电流频率来控制风机 5 的转速与出口风压;控制步进电机 7 的正转、反转、启动与停止来控制风窗 8 打开的面积大小。通过这两个功能就可以实现均压区域气压的提升与降低,从而控制漏风量,平衡漏风通道两端的漏风压差。

[0045] 3、现场执行机构状态信号的采集。当一次均压调节结束时,主控设备 2 将风机转速、风窗面积、电流、电压和电流频率等状态信号通过系统反馈给上位工控机 1 进行显示、记录和打印。

[0046] 本具体实施方式提供的大区域自动控制均压防灭火系统的平面布置包括:以升压为例,在进风巷安装调压风机,调压风机的进出口两端用两道钢结构具有互相闭锁风门隔离,风门框壁一侧留有带式输送机运行口,并用自重下垂的柔性风帘隔开。回风巷安装自动调压风窗,回风顺槽同样设有两道互相闭锁的隔离风门,风门框壁一侧设有调节风窗。压差传感器布置在风窗两侧,测定整个均压区域的升压值;在漏风通道入口与工作面上、下隅角布置压力传感器测定漏风压差,来给定调压值。

[0047] 本具体实施方式提供的大区域自动控制均压防灭火系统的硬件选择包括:

[0048] ①上位工控机,可采用西门子 SIMATIC IPC547C 工控机,基于 Intel Core2Quad 技术,功能强大,性价比高。

[0049] ② PLC,可采用三菱 FX2N 系列可编程控制器,PLC 基本单元选择 FX_{2N}-48MR,输入:24 点/输出:24 点;扩展模块可采用 FX_{2N}-AD 模拟量输入模块、FX_{2N}-DA 模拟量输出模块与 FX_{2N}-485-BD 非隔离的通信模块。

[0050] ③变频器,可采用 V/F 控制的台达变频器。

[0051] ④传输介质,可选用特性阻抗为 120 的双绞线,横截面积大于 0.75mm²。

[0052] ⑤风机,可根据现场实际生产情况而定。

[0053] ⑥传感器,性能要求见下表。

[0054]

技术指标 \ 传感器种类	压力传感器	压差传感器
量程 (MPa)	0~0.2	-0.001~0.001
输出信号 (mA)	4~20	4~20
精度 (%FS)	0.2	0.15
非线性 (%FS)	0.2	0.2
迟滞 (%FS)	0.2	0.2
电源电压 (VDC)	21	21
工作温度 (°C)	-25~400	-25~400
零点漂移 (%FS/°C)	0.015	0.015
温度漂移 (%FS/°C)	0.008	0.008
稳定性 (%/年)	0.1	0.1
允许过负荷 (%FS)	120	150
防爆类型	本安型	本安型

[0055] 本具体实施方式提供的大区域自动控制均压防灭火系统的主要子系统包括：

[0056] (1) 自动调节风窗的设计

[0057] 风窗自动调节系统是自动控制均压防灭火系统的一个子系统,其核心部分是 PLC,传感器、步进电机、调节风窗与第二变频器等。

[0058] (2) 工作原理

[0059] 通过压力传感器测定漏风通道与工作面的风压,给定漏风压差;数据经主站软件处理后发送给 PLC 控制信号,与第二变频器通信来控制风机电机的启动、停止、正转与反转;以漏风压差为调压值,压差传感器测定均压过程均压值,调节风窗过风口面积的大小,直到达到规定的调压值,达到均压的目的。

[0060] 通过对井下漏风通道风压差的自动监测,自动调节风窗的开启面积,改变巷道风阻,以实现自动调节漏风通道两端的压差,达到均压,惰化火区的目的,实现煤炭的安全开采。

[0061] (3) 动作过程

[0062] 该系统是一个单回路闭环控制系统,控制对象是漏风通道两端的风压差。

[0063] ①系统实时监测风压值,和风窗前后压差等参数;

[0064] ②系统将检测的漏风通道两端的压差值与给定值进行比较,若满足调压冗余度的要求,则输出指令维持现状;如在调压冗余度的范围外,则按预先编好的程序进行运算和处理,输出控制量给步进电机,步进电机带动风窗运行,风窗面积改变,使风压差发生变化,完成一次均压调节。

[0065] ③系统实时监测并重复步骤②,直到达到控制精度要求为止。

[0066] (4) 控制方式

[0067] 由于此系统的控制对象是漏风通道两端的漏风压差随着工作面的移动而发生变化,为一时变的纯滞后环节,仅采用常规的 PID 调节或者单纯的 Smith 预估控制调节,效果不理想,所以本系统采用 Smith 预估加 PID 控制调节方法。

[0068] (5) 变频器的控制方式

[0069] 变频器控制采用 V/F 闭环控制方式。

[0070] (6) 数据通信方式

[0071] 自动控制均压防灭火系统采用串行异步通信方式,采用 RS-485 通信接口。

[0072] (7) 通信协议的选择

[0073] 采用 CAN 现场总线通信协议。

[0074] (8) 系统软件设计

[0075] 大区域自动控制均压防灭火系统的上位机监控软件利用力控 6.0 组态软件设计。分为七个部分:登陆界面;控制界面;区域报警;专家报表;趋势曲线;实时曲线;实时事件记录。

[0076] 1) 登陆界面

[0077] 力控提供针对安全管理和函数的变量,可以实现更为灵活的用户管理模式,系统用户分为四个级别:系统管理员级;工程师级;班长级;操作工级。每个级别的用户被指派不同的安全区行驶权力。

[0078] 2) 控制界面

[0079] 控制界面全面显示风机运行状态、调节风窗位置状态、漏风压差、风机转速、电流频率、电压等模拟量参数;控制界面同时设置界面切换按钮,可方便的切换到其他界面,方便操作。

[0080] 3) 区域报警

[0081] 力控过程报警的初始值的配置是在数据库组态是完成的,包括:报警限值、报警优先级、报警死区、报警延时时间、偏差报警与变化报警等。当某个参数运行中处于设定的报警范围中时,产生报警,记录报警事件并在区域报警界面显示。

[0082] 4) 专家报表

[0083] 专家报表可以实现与数据变量的连接输入并显示、打印输出等功能;同时设置查询功能,可以查询任意时间段的相关参数值,包括起始时间、时间长度与时间间隔。

[0084] 5) 趋势曲线

[0085] 趋势曲线的功能就是显示设定参数在力控组态监控软件在运行过程中的变化趋势,同时利用温控曲线模拟数据采集而显示参数 r 在运行过程中形成的趋势曲线。

[0086] 6) 实时曲线

[0087] 实时曲线是动态的,在运行期间不断更新,是变量 Y 随变量 X 的变化而绘制的曲线,就是气体压力随风机转速变化而绘制的风压—风机转速的实时曲线。

[0088] 7) 实时事件记录

[0089] 实时事件记录界面中用户有两种设置方式:实时事件;事件查询。实时事件是指本地事件组件中将会实时更新显示系统运行用显示的系统日志及操作日志;事件查询是指根据日期、时间等条件,查询历史时间记录。

[0090] 在实施过程中,本具体实施方式提供的大区域自动控制均压防灭火系统可采用以下方式设定及安装

[0091] (1) 采用 SF₆ 示踪气体测得均压区域漏风

[0092] 选择采动后形成的地表裂缝处或者高位能点的采空区释放 SF₆ 示踪气体。由于井下火区或采空区的漏风风流都是由高压侧向低压侧流动,所以选取回风侧受矿井风压控

制的地点或进风侧有明显漏风的能位较低的点为采样点。采用气相色谱仪分析气样,绘制 SF₆ 示踪气体浓度与时间的关系,计算漏风量。根据计算结果,确定均压区域和均压方式。

[0093] (2) 均压通风机选型

[0094] 开区均压中,采煤工作面的风量由均压风机提供,而且通常采用维持原风量的均压方法,所以通风机与风窗之间的巷道沿程各点的增压都相同,风机所增加的风压完全被用来克服风窗所增加的通风阻力。因此,根据测定的调节风窗两侧的通风阻力和工作面风量而选择的防爆通风机型号。

[0095] (3) 安装井上主站设备

[0096] 井上主站设备主要是两台西门子 SIMATIC IPC547C 工控机组成的双机冗余系统。两台工控机均安装以力控组态软件为平台开发的自动控制均压防灭火系统的监控软件;同时,分别配备了 CAN 适配器与 CAN 总线通信。

[0097] (4) 安装井下分站设备与现场执能设备

[0098] 井下分站设备主要包括分站 PLC (可编程控制器),变频器;现场执能设备主要包括两台相互连锁的均压通风机,自动调节风窗。PLC 与变频器之间采用 RS485 通信;变频器 1 驱动均压通风机动作,控制风机转速;变频器 2 驱动步进电机动作控制自动调节风窗过风口的面积。

[0099] 采用本具体实施方式提供的技术方案,能够自动控制并调节风机转数和调节风窗过风口面积,使均压区域始终保持压力平衡,能从根本上解决“手动均压”存在的精确度和及时性较差、容易造成均压区域不均压的问题,有效提升均压效果。

[0100] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明实施例揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应该以权利要求的保护范围为准。

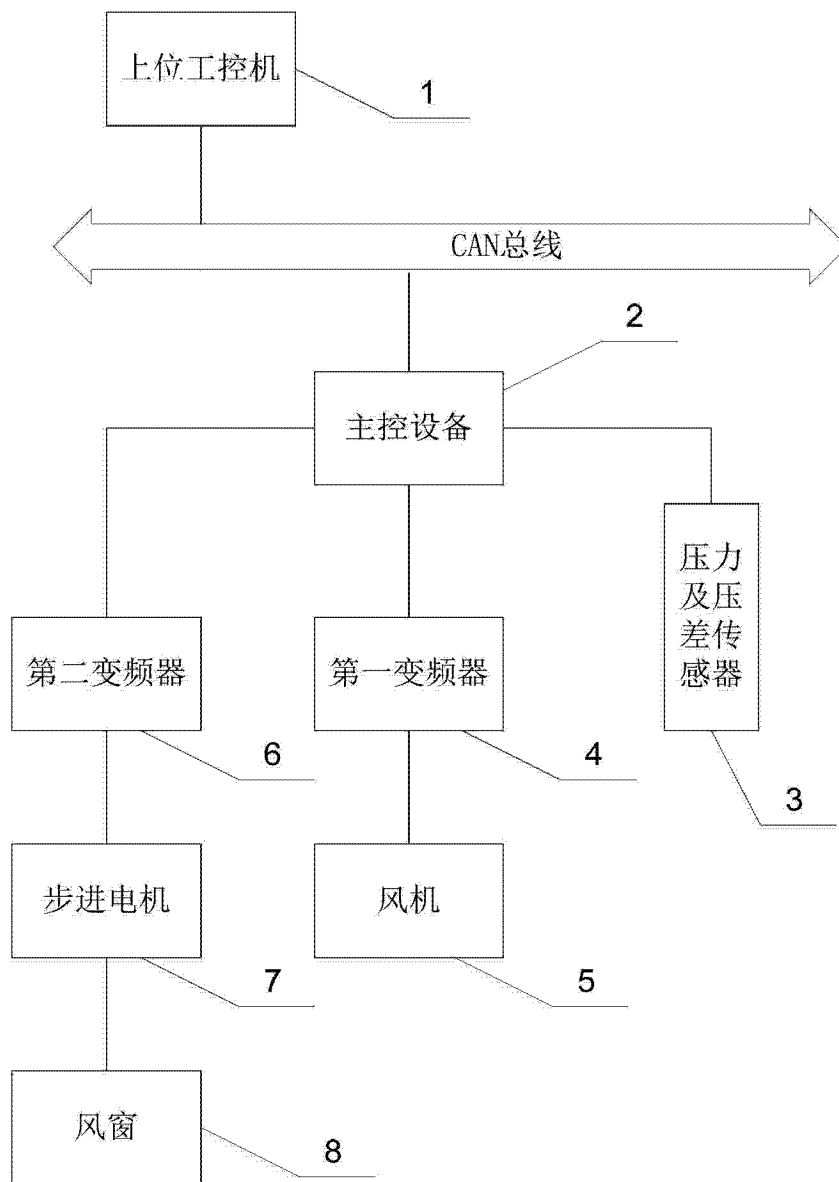


图 1