



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102287360 B

(45) 授权公告日 2014. 02. 19

(21) 申请号 201110177054. 1

审查员 汪振威

(22) 申请日 2011. 06. 28

(73) 专利权人 四机赛瓦石油钻采设备有限公司  
地址 434024 湖北省荆州市荆州区西环路

(72) 发明人 丁晓珍 唐军 骆竖星 叶纪东  
李建新 邓广渊 杨瑾 刘艳荣  
谭莲香

(74) 专利代理机构 武汉天力专利事务所 42208  
代理人 吴晓颖 冯卫平

(51) Int. Cl.

F04B 49/06 (2006. 01)

E21B 43/26 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 102003167 A, 2011. 04. 06,

CN 102071919 A, 2011. 05. 25,

US 6321545 B1, 2001. 11. 27,

JP 4502153 B2, 2010. 07. 14,

JP 特开平 8 - 28456 A, 1996. 01. 30,

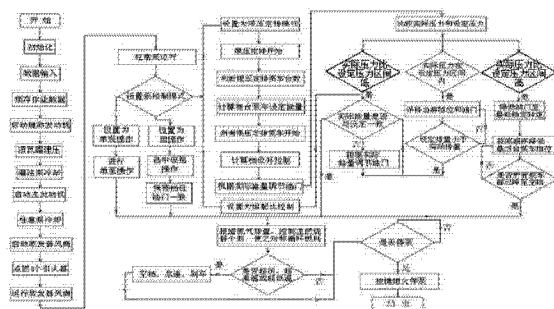
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种压裂作业中液氮泵的控制方法

(57) 摘要

本发明涉及石油生产技术领域, 提供一种压裂作业中液氮泵的控制方法, 该控制方法包括限压定排、恒配比、恒温等控制, 具备超压、高温和低温等多种施工报警和保护措施, 可与压裂机组联机协同作业, 可根据压裂机组中混砂排量和设定配比进行恒配比匹配控制, 在本台液氮泵监测到超压或低温报警高温报警后通过网络将报警信号传送给其他压裂设备, 可相互之间监测数据。



1. 一种压裂作业中液氮泵的控制方法,其特征在于该方法包括以下步骤:

(1) 待灌注泵、柱塞泵及其管线冷却完成后,当蒸发器入口温度低于设定值后,启动蒸发器风扇并控制其低速运转,点燃 8 个引火器;

(2) 控制蒸发器风扇至高速运转,打开排出阀;

(3) 判断当前液氮泵的控制模式,若为单泵手动控制,根据操作者操作控制发动机油门和传动箱档位;若为编组手动控制,把连接到网络上的所有液氮泵编为一组,操作者在任何编为一组的设备上控制该组泵的传动箱档位和发动机油门,并控制保持组的档位和油门一致;若为限压定排控制,根据设定排量和限定压力自动调节发动机油门和传动箱档位,在此模式下,比较当前液氮泵压力和设定压力,在当前液氮泵压力比设定压力区间低时,根据设定排量来控制发动机油门和传动箱档位,使液氮泵排量为设定排量;在当前液氮泵压力处于设定压力区间内时,若设定排量小于当前液氮泵排量,则调节发动机油门和传动箱档位,控制液氮泵排量为设定排量,若设定排量高于当前液氮泵排量时,则保持当前排量;在当前液氮泵压力比设定压力区间高时,所有设为自动限压定排的液氮泵同时降低油门至最小锁定转速,随后按照液氮泵的先后编排次序,最后一台开始一档一档向下降档位直至空档,然后在前面的一台也逐次一档一档下降档位,直至所有限压定排的液氮泵均处于空档或液氮泵压力处于设定压力区间内;若为恒配比控制,设定液氮配比,根据当前混砂排量实时计算液氮排量来控制发动机油门和传动箱档位,保持液氮排量和混砂排量之比为定值,所述液氮排量 = 混砂排量 \* 设定配比;

(4) 根据当前液氮排量和设定氮气出口温度,计算燃烧器个数;

(5) 根据确定的燃烧器个数,使之对称燃烧,并在设定时间内,让 8 个燃烧器循环燃烧;

(6) 在作业过程中,若液氮罐压力大于设定压力,则打开排空阀进行泄压;若液氮罐压力小于设定压力,则打开建压阀进行建压;

(7) 作业过程中,实时监测灌注压力和饱和压力,若灌注压力过低,则提高灌注泵转速;若饱和压力过高,提高灌注泵转速。

2. 根据权利要求 1 所述的一种压裂作业中液氮泵的控制方法,其特征是:根据当前液氮排量和设定氮气出口温度,计算燃烧器个数的方法是,先计算单位时间内所需热量  $Q_z$ , 单位时间内所需热量  $Q_z = \text{液氮排量} * \text{液氮密度} * \text{液氮汽化热} + \text{液氮排量} * \text{液氮密度} * (\text{氮气出口温度} - \text{氮气入口温度}) * \text{氮气比热容}$ , 一个燃烧器单位时间内产生的热量设为  $Q$ , 则燃烧器个数为  $Q_z/Q$ 。

3. 根据权利要求 1 所述的一种压裂作业中液氮泵的控制方法,其特征是:步骤(2)中若为限压定排控制,根据设定排量和限定压力自动调节发动机油门和传动箱档位,首先判断限压定排液氮泵的台数,再计算每台泵的设定排量,根据设定排量确定传动箱档位,根据当前排量和设定排量来调节发动机油门。

4. 根据权利要求 1 所述的一种压裂作业中液氮泵的控制方法,其特征是:作业过程中,实时监测液氮泵排出压力,气氮排出温度,蒸发器壳体温度,蒸发器尾气温度,任何时候监测到液氮泵排出压力超设定压力,气氮排出口温度低于设定温度,蒸发器壳体温度高于设定温度,蒸发器尾气温度高于设定温度,液氮泵将进入保护状态,即使发动机怠速,传动箱空档并刹车,同时给出提示,或是熄火停泵,待监测到这些参数值回复到正常后,需要用户

复位后才能再次作业 ;在监测到气氮温度低于设定温度,且和其他设备连入一个网络后,自动将报警信号通过网络传送给其他压裂设备,让其他压裂设备也自动进入保护状态。

## 一种压裂作业中液氮泵的控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及石油生产技术领域,具体的说是一种压裂作业中液氮泵的控制方法。

### 背景技术

[0002] 现代石油工业中,氮气技术发展快速并广泛应用于油气生产的许多环节,它在提高采收率、钻井、射孔、增产措施、修井等方面有着广泛的应用。随着中深井、低压、低渗、低孔隙度的油气藏开采,为了提高其产量需进行压裂改造,采用混氮气增能助排压裂工艺技术后,降低了压裂流体对储层的伤害,压裂后流体的返排效果显著,提高了压裂效果;同时现代油田作业规模也不断扩大,大型网络自动控制机组已经成为当前施工的主力配置,这就对作业质量、控制精度和安全提出更高的要求,同时鉴于液氮装备其广泛的应用范围和广阔的市场前景,其控制系统的自动化程度亦亟待改善。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的是为了克服上述现有技术的不足之处,提供一种压裂作业中的液氮泵控制方法,该控制方法可实现限压定排、恒配比、恒温等控制,具备超压、高温和低温等多种施工报警和保护,可与压裂机组联机协同作业,可根据压裂机组中混砂排量和设定配比进行恒配比匹配控制,在本台液氮泵监测到超压或低温报警高温报警后通过网络将报警信号传递给其他压裂设备,可相互之间监测数据。

[0004] 为了实现上述目的,本方法提供了一种压裂作业中液氮泵的控制方法,包括以下步骤:

[0005] (1) 启动辅助发动机,关闭排空阀,打开建压阀,对灌注泵进行冷却,启动主发动机,主发动机预热后,启动灌注泵,对柱塞泵进行冷却,并根据设定时长定时转动柱塞泵,柱塞泵冷却完成后,当蒸发器入口温度低于设定值后,启动蒸发器风扇并控制其低速运转,点燃 8 个引火器;

[0006] (2) 控制蒸发器风扇至高速运转,打开排出阀;

[0007] (3) 判断当前液氮泵的控制模式,若为单泵手动控制,根据操作者操作控制发动机油门和传动箱档位;若为编组手动控制,把连接到网络上的所有液氮泵编为一组,操作者在任何编为一组的设备上控制该组泵的传动箱档位和发动机油门,并控制保持组的档位和油门一致;若为限压定排控制,根据设定排量和限定压力自动调节发动机油门和传动箱档位,在此模式下,比较当前液氮泵压力和设定压力,在当前液氮泵压力比设定压力区间低时,根据设定排量来控制发动机油门和传动箱档位,使氮液泵排量为设定排量;在当前液氮泵压力处于设定压力区间内时,若设定排量小于当前液氮泵排量,则调节发动机油门和传动箱档位,控制液氮泵排量为设定排量,若设定排量高于当前液氮泵排量时,则保持当前排量;在当前液氮泵压力比设定压力区间高时,所有设为自动限压定排的液氮泵同时降低油门至最小锁定转速,随后按照液氮泵的先后编排次序,最后一台开始一档一档向下降档位直至空档,然后在前面的一台也逐次一档一档下降档位,直至所有限压定排的液氮泵均处于空

档或液氮泵压力处于设定压力区间内；若为恒配比控制，设定液氮配比，根据当前混砂排量实时计算液氮排量来控制发动机油门和传动箱档位，保持液氮排量和混砂排量之比为定值，液氮排量 = 混砂排量 \* 设定配比；

[0008] (4) 根据当前液氮排量和设定氮气出口温度，计算燃烧器个数；计算单位时间内所需热量，设为  $Q_z$ ，单位时间内所需热量  $Q_z = \text{液氮排量} * \text{液氮密度} * \text{液氮汽化热} + \text{液氮排量} * \text{液氮密度} * (\text{氮气出口温度} - \text{氮气入口温度}) * \text{氮气比热容}$ ，一个燃烧器单位时间内产生的热量设为  $Q$ ，则燃烧器个数为  $Q_z/Q$ ；

[0009] (5) 根据确定的燃烧器个数，使之对称燃烧，根据设定氮气出口温度和实测的氮气出口温度，再调整燃烧器个数，在整个过程中，燃烧器均为对称燃烧，且在设定时间内，8 个燃烧器循环燃烧；

[0010] (6) 在作业过程中，若液氮罐压力大于设定压力，则打开排空阀进行泄压；若液氮罐压力小于设定压力，则打开建压阀进行建压；

[0011] (7) 作业过程中，实时监测灌注压力和饱和压力，若灌注压力过低，则提高灌注泵转速；若饱和压力过高，提高灌注泵转速。

[0012] 在上述技术方案中，步骤(2)中若为限压定排控制，根据设定排量和限定压力自动调节发动机油门和传动箱档位，首先判断限压定排液氮泵的台数，再计算每台泵的设定排量，根据设定排量确定传动箱档位，根据当前排量和设定排量来调节发动机油门。

[0013] 在上述技术方案中，作业过程中，实时监测液氮泵排出压力，气氮排出温度，蒸发器壳体温度，蒸发器尾气温度，任何时候监测到液氮泵排出压力超设定压力，气氮排出口温度低于设定温度，蒸发器壳体温度高于设定温度，蒸发器尾气温度高于设定温度，液氮泵将进入保护状态，即使发动机怠速，传动箱空档并刹车，同时给出提示，或是熄火停泵，待监测到这些参数值回复到正常后，需要用户复位后才能再次作业；在监测到气氮温度低于设定温度，且和其他设备连入一个网络后，自动将报警信号通过网络传送给其他压裂设备，让其他压裂设备也自动进入保护状态。

[0014] 在上述技术方案中，作业过程中，实时监测液压系统油温，传动箱油温和油压，发动机水温 and 油压，发动机冷却水位，液氮泵油温和油压，氮气排出压力，氮气排出温度，氮气排出流量，灌注泵灌注压力，液氮罐压力，液氮罐液位，液氮泵饱和压力，蒸发器风扇压力，蒸发器燃油压力，大气含氧量，硫化氢浓度，混砂车排量，8 个引火器状态，发动机和传动箱的报警状态，蒸发器的尾气温度和壳体温度，交换机状态等参数并根据设定参数给出报警提示。

[0015] 本发明控制方法根据混砂排出流量和设定的液氮配比，自动调节液氮排量，或是根据设定的控制模式调节液氮排量；根据当前液氮排量和设定的氮气出口温度，自动调节蒸发器的燃烧器个数，并控制使之对称燃烧和循环燃烧，维持氮气出口温度恒定在设定值；根据设定的灌注压力和饱和压力，自动调节灌注泵；根据实时监测的大泵压力，氮气出口温度，蒸发器尾气温度，蒸发器壳体温度，当其在超设定值后自动进入施工保护并将信号通过网络传给其他设备，在紧急情况下，让网络上其他设备也进入施工保护状态。本发明与现有技术相比还具有以下优点：

[0016] 1. 整个控制系统只需要设置好参数，能自动控制调整至设定范围，操作简单，大大节省了劳动强度。

[0017] 2. 在和其他压裂设备连入一个网络后,对整个网络数据可实时监测,在紧急情况下,能自动进入保护状态,也能自动发送命令使其他设备也进入保护状态;此外网络数据共享后,可根据工况,调节输出能力自动匹配机组作业,集中控制管理,作业更安全。

[0018] 3. 采用远程控制,使操作人员远离嘈杂危险环境。

### 附图说明

[0019] 图 1 为本发明液氮泵的控制系統图。

[0020] 图 2 为本发明液氮泵控制方法实施例的流程图。

### 具体实施方式

[0021] 下面结合附图及实施例对本发明做进一步的描述。

[0022] 如图 1 所示,液氮泵的控制系統包括有微处理器 1,人机界面 2,散热风扇 3,发动机 4,传动箱 5,灌注压力传感器 6,饱和压力传感器 7,液氮罐压力传感器 8,液氮泵润滑油温度传感器 9,液氮泵润滑油压传感器 10,灌注泵 11,液氮泵润滑电磁阀 12,排出口温度传感器 13,排出口排量传感器 14,排出口压力传感器 15,建压阀 16,排空阀 17,排出阀 18,1#-8# 燃烧器温度传感器 19,壳体温度传感器 20,1#-8# 燃烧器燃油电磁阀 21,1#-8# 点火器 22,蒸发器风扇 23,尾气温度传感器 24,液氮罐液位传感器 25 以及测量其他参数的传感器等。其中:微处理器 1 通过工业以太网端口与人机界面 2 实现人机通讯,方便远程输入作业参数和实时工序操控。

[0023] 人机界面 2 可以根据需要设置功能按键供工作人员使用,例如在人机界面 2 上通过按键在校准屏面进行校准的相关设置;在人机界面 2 上通过按键在主屏面上设置控制模式或作业参数或开始作业或停止作业。

[0024] 通过软件程序设置,微处理器 1 可以控制液氮泵执行以下操作:

[0025] 微处理器 1 通过液氮罐压力传感器 8 测得液氮罐压力,在液氮罐压力超设定压力后,自动打开排空阀 17 进行泄压,在液氮罐压力低于设定压力后,自动打开建压阀 16 建压。

[0026] 微处理器 1 通过排出口排量传感器 14 测得液氮排量,和设定液氮排量或计算液氮排量比较,来控制发动机 4 和传动箱 5。

[0027] 微处理器 1 通过排出口温度传感器 13 采集排出口温度,根据设定氮气出口温度,对 1#-8# 点火器 11 点火成功后,对 1#-8# 燃烧器燃油电磁阀 21 进行控制。

[0028] 微处理器 1 通过灌注压力传感器 6,饱和压力传感器 7 和设定的灌注压力来控制灌注泵 11。

[0029] 微处理器 1 通过传动箱 5 控制的档位,控制润滑电磁阀 12 来进行润滑。

[0030] 微处理器 1 通过发动机 4 测得的发动机水温,控制散热风扇 3 对发动机 4 和传动箱 5 进行冷却处理。

[0031] 在启动作业的同时,传感器采集各数据并将其传送给微处理器 1,并在人机界面 2 上显示;操作员通过人机界面 2 的按键根据工艺要求输入作业数据;微处理器 1 将自动控制各个执行机构;在人机界面 2 上通过按键发出停止作业命令,停止作业,从而对液氮压裂作业进行精确、动态、全面的自动控制。

[0032] 如图 2 所示,本实施例提供的一种压裂作业中液氮泵的控制方法,其包括以下步

骤：

[0033] (1) 开始后,程序进行初始化；

[0034] (2) 各传感器发送实时数据；

[0035] (3) 操作人员输入作业参数；

[0036] (4) 打开排空阀,启动辅助发动机；待液氮罐压力变为 0psi,辅助发动机预热后,关闭排空阀,打开建压阀使液氮罐压力上升至设定压力；手动打开灌注泵吸入口的主供液阀,和其他冷却阀,对灌注泵进行冷却；启动主发动机,主发动机预热后,启动灌注泵并控制灌注压力至设定范围,对柱塞泵进行冷却,并根据设定时长定时转动柱塞泵,柱塞泵冷却完成后,蒸发器入口温度低于设定值后,控制蒸发器风扇低速运行,点燃 8 个引火器；

[0037] (5) 控制蒸发器风扇至高速运转,打开排出阀；

[0038] (6) 判断当前液氮泵的控制模式,若为单泵手动控制,根据操作者操作控制发动机油门和传动箱档位；若为编组手动控制,把连接到网络上的所有液氮泵编为一组,操作者在任何编为一组的设备上控制该组泵的传动箱档位和发动机油门,并控制保持组的档位和油门一致；若为限压定排控制,根据设定排量和限定压力自动调节发动机油门和传动箱档位,在此模式下,比较当前液氮泵压力和设定压力,在当前液氮泵压力比设定压力区间低时,根据设定排量来控制发动机油门和传动箱档位,使液氮泵排量为设定排量；在当前液氮泵压力处于设定压力区间内时,若设定排量小于当前液氮泵排量,则调节发动机油门和传动箱档位,控制液氮泵排量为设定排量,若设定排量高于当前液氮泵排量时,则保持当前排量；在当前液氮泵压力比设定压力区间高时,所有设为自动限压定排的液氮泵同时降低油门至最小锁定转速,随后按照液氮泵的先后编排次序,最后一台开始一档一档向下降档位直至空档,然后在前面的一台也逐次一档一档下降档位,直至所有限压定排的液氮泵均处于空档或液氮泵压力处于设定压力区间内；若为恒配比控制,设定液氮配比,根据当前混砂排量实时计算液氮排量来控制发动机油门和传动箱档位,保持液氮排量和混砂排量之比为定值,液氮排量 = 混砂排量 \* 设定配比；

[0039] (7) 传动箱进行挂档后启动润滑油泵进行润滑；在主发动机水温达到设定值后启动水箱散热风扇油泵对发动机及传动箱进行冷却；

[0040] (8) 根据当前液氮排量和设定氮气出口温度,计算燃烧器个数；计算单位时间内所需热量,设为  $Q_z$ ,单位时间内所需热量  $Q_z = \text{液氮排量} * \text{液氮密度} * \text{液氮汽化热} + \text{液氮排量} * \text{液氮密度} * (\text{氮气出口温度} - \text{氮气入口温度}) * \text{氮气比热容}$ ,一个燃烧器单位时间内产生的热量设为  $Q$ ,则燃烧器个数为  $Q_z/Q$ ；

[0041] (9) 根据确定的燃烧器个数,使之对称燃烧,根据设定氮气出口温度和实测的氮气出口温度,再调整燃烧器个数,在整个过程中,燃烧器均为对称燃烧,且在设定时间内,8 个燃烧器循环燃烧；

[0042] (10) 在作业过程中,若液氮罐压力大于设定压力,则打开排空阀进行泄压；若液氮罐压力小于设定压力,则打开建压阀进行建压；

[0043] (11) 作业过程中,实时监测灌注压力和饱和压力,若灌注压力过低,则提高灌注泵转速；若饱和压力过高,提高灌注泵转速；

[0044] (12) 作业过程中,实时监测液氮泵排出压力,气氮排出温度,蒸发器壳体温度,蒸发器尾气温度,任何时候监测到液氮泵排出压力超设定压力,气氮排出口温度低于设定温

度,蒸发器壳体温度高于设定温度,蒸发器尾气温度高于设定温度,液氮泵将进入保护状态,即使发动机怠速,传动箱空档并刹车,同时给出提示,或是熄火停泵,待监测到这些参数值回复到正常后,需要用户复位后才能再次作业;在监测到气氮温度低于设定温度,且和其他设备连入一个网络后,自动将报警信号通过网络传送给其他压裂设备,让其他压裂设备也自动进入保护状态;

[0045] (13) 作业过程中,实时监测液压系统油温,传动箱油温和油压,发动机水温和油压,发动机冷却水位,液氮泵油温和油压,氮气排出压力,氮气排出温度,氮气排出流量,灌注泵灌注压力,液氮罐压力,液氮罐液位,液氮泵饱和压力,蒸发器风扇压力,蒸发器燃油压力,大气含氧量,硫化氢浓度,混砂车排量,8个引火器状态,发动机和传动箱的报警状态,蒸发器的尾气温度和壳体温度,交换机状态等参数并根据设定参数给出报警提示。

[0046] 在上述实施方法中,步骤(2)中若为限压定排控制,根据设定排量和限定压力自动调节发动机油门和传动箱档位,首先判断限压定排液氮泵的台数,再计算每台泵的设置排量,根据设置排量确定传动箱档位,根据当前排量和设置排量来调节发动机油门。



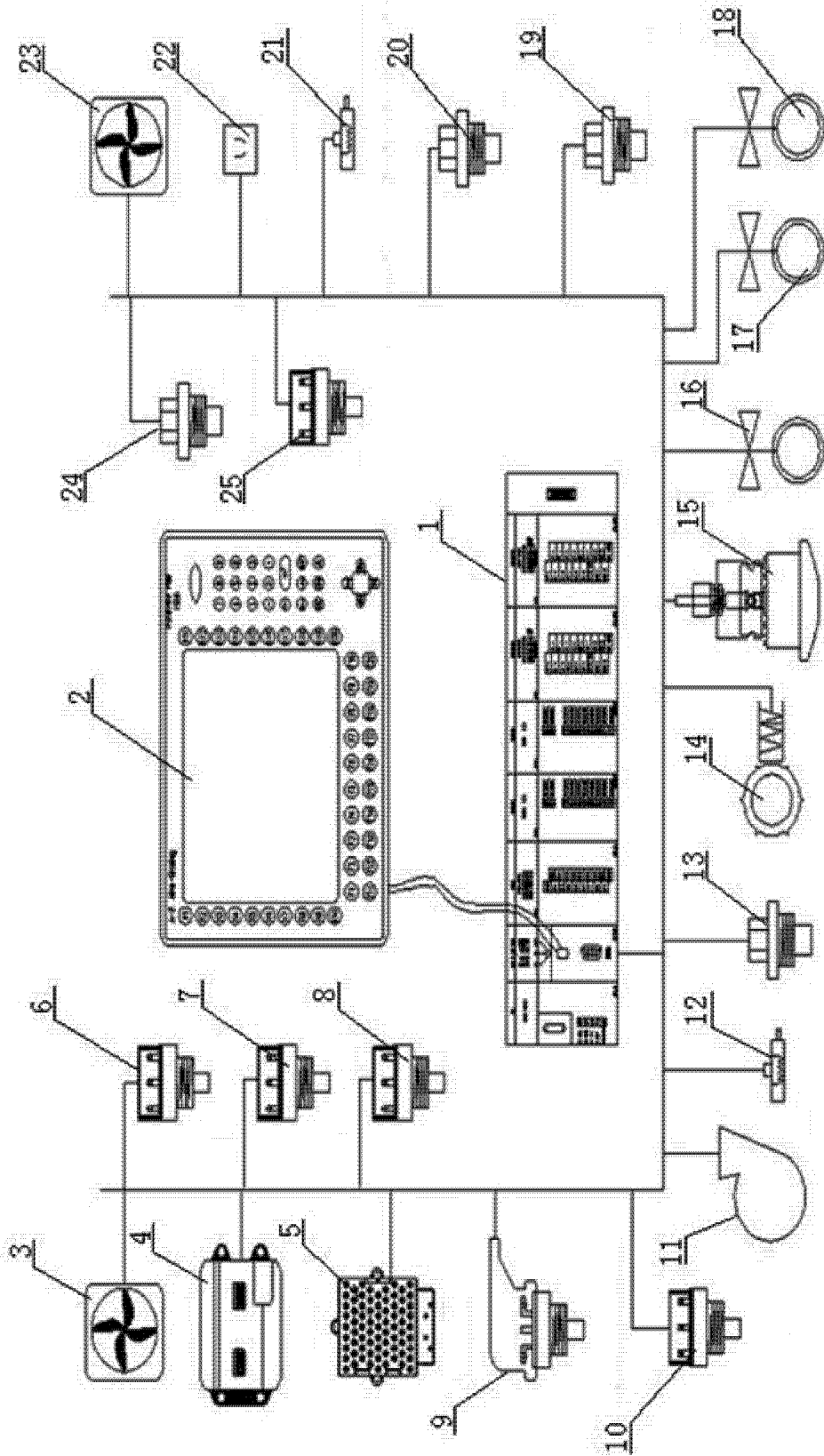


图 1

