



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105952660 A

(43)申请公布日 2016.09.21

(21)申请号 201610332058.5

(22)申请日 2016.05.19

(71)申请人 中国矿业大学

地址 221008 江苏省徐州市大学路中国矿业大学南湖校区科技处

(72)发明人 高娇 张震 李倩钰 刘庆豪
郭彩翔 王艳兄

(51)Int.Cl.

F04D 15/00(2006.01)

G06Q 10/04(2012.01)

G06Q 50/02(2012.01)

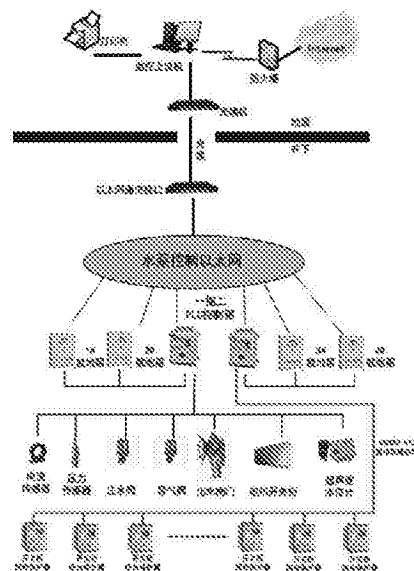
权利要求书3页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

一种井下水泵智能控制及节能优化算法

(57)摘要

本发明专利涉及一种井下水泵智能控制及节能优化算法,特别适用于煤矿井下水泵排水。其特征在于,包括:PLC控制柜、现场传感器、上位机、就地操作箱、变频器、检测仪表等。PLC控制柜和上位机是智能控制系统的核心部分,与就地控制箱的显示屏通信、负责控制水泵开停的流程控制、观测相关参数和设定水泵的工作方式;现场传感器和检测仪表构成了系统的检测单元,用来采集的现场的数据。



1. 一种井下水泵智能控制及节能优化算法由PLC控制柜、现场传感器、上位机、就地操作箱、变频器、检测仪表等组成。

2. 根据权利要求1所述的一种井下水泵智能控制及节能优化算法,其特征在于:在地面集控室里通过上位机就可以进行水泵的开启与关闭,实现了无人值守。

3. 根据权利要求1所述的一种井下水泵智能控制及节能优化算法,其特征在于:根据实际工作中的安全,控制方式设置为自动、远控、近控、手动和检修等五种工作方式,根据不同的情况选择不同的控制方式。

4. 根据权利要求1所述的一种井下水泵智能控制及节能优化算法,其特征在于:位机系统集中显示了系统关键数据,如水仓水位,真空度,出口压力,电机电流及水泵电机、真空阀、射流阀、出水闸阀的各种工作状态,出现异常时发出报警信号并及时记录。

5. 根据权利要求1所述的一种井下水泵智能控制及节能优化算法,其特征在于:系统通过程序编写设计了水泵自动轮换功能,根据每台水泵的运行时间以及运行次数的记录和分析,建立合理的逻辑模型,按照一定的顺序自动选择启停哪台水泵和相应的管路,确保每台正常的工作水泵运行时间分配均匀,启停次数合理;通过高低水位的判断,系统根据实际情况对水泵发出启停命令,确保排水顺利,利用不同时间段有不同电价的规则,使之尽可能在电价谷段工作,尽量避免电价峰段启动;这样,可以节约电费的同时,减少用电峰段对电网的负担。

6. 根据权利要求5所述的一种井下水泵智能控制及节能优化算法,其特征在于:根据涌水量和水位变化合理的确定开启水泵的台数和时间,包括如下步骤:

步骤1,模型建立,假设井下泵房有n台水泵并联工作,根据要求,水位最高允许上升至极限水位H2,水位H1为每次排水停泵水位;

步骤2,模型求解,动态规划的研究对象是多阶段决策过程的最优化问题,依据的是最优性原理:无论初始状态和初始决策怎么样,其余决策对于第一次决策所造成的状态来说,必须构成一个最优策略。

7. 根据权利要求6所述一种井下水泵智能控制及节能优化算法,其特征在于,所述步骤1包括:

步骤11,建立最小优化问题为

$$\min J = \min \left\{ \sum_{k=0}^{N-1} c(k)U(k)\Theta^k \right\} = \min \left\{ \sum_{k=0}^{N-1} c(k) \left(\sum_{i=1}^n u_i(k)\theta_i \right) \right\} = \min \left\{ \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{i=1}^n c(k)u_i(k)\theta_i \right\}$$

步骤12,以水仓水位H(k)为系统状态变量,则水仓水位方程可表述为

$$H(k) = 1 + \frac{q(k) \cdot t}{S} - \frac{1}{S} [\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n] \cdot \begin{bmatrix} u_1(k) \\ u_2(k) \\ \dots \\ u_n(k) \end{bmatrix}$$

所以,系统的状态方程可以描述为

$$H(k+1)=H(k)+\left[\frac{1}{K},-\frac{\gamma_1}{K},-\frac{\gamma_2}{K},\dots,-\frac{\gamma_n}{K}\right]\cdot\begin{bmatrix} q(k) \\ u_1(k) \\ u_2(k) \\ \dots \\ u_n(k) \end{bmatrix}$$

步骤13,约束条件为: $H_1 \leq H(k) \leq H_2$

对于安装相同型号的排水泵房,可以将问题简化为: $U(k)=u(k) \in U=\{1,2,\dots,n\}$, $\Gamma=\gamma$, 每台水泵的流量, $\Theta=\theta$, 每台水泵单位时间耗电量, 则目标函数为:

$$J = \sum_{k=0}^{T-1} c(k)U(k)\theta, \text{ 问题转化为求取最优控制策略 } U^* = \{u^*(0), u^*(1), \dots, u^*(T-1)\}, \text{ 使得:}$$

$$\min J = \min \left\{ \sum_{k=0}^{T-1} c(k)u(k)\theta \right\}, \text{ 令 } x(k) = S \cdot H(k), \text{ 则系统的状态方程为:}$$

$$x(k+1) = x(k) - \gamma u(k) + q(k)$$

约束条件为: $SH_1 \leq x(k) \leq SH_2$, 根据排水要求, 排水周期内需将水位排至停泵水泵, 所以可得到系统的边界条件为 $H(0)=0, H(T-1)=0$ 。

8. 根据权利要求6所述一种井下水泵智能控制及节能优化算法, 其特征在于, 所述步骤2包括:

步骤21, 将一个排水周期分为T个时间段, 给每一段做出一个决策输入 $u(k)$, 即投入的水泵台数;

步骤22, 其中任意一段 $k+1$ 做出相应的决策后, 才能确定该段输入状态与输出状态之间的关系, 即从水位 $H(k)$ 到 $u(k) = \{u_1(k), u_2(k), \dots, u_n(k)\}$ 的状态转移规律; 在每一段决策都做出后, 整个过程的状态转移规律从 $H(0)$ 经 $H(k)$ 到 $H(T)$ ($k=1, 2, \dots, n$) 也就完全被确定了; 全部“决策” $u(k)$ 的总体称为策略 $U(k) = \{u(0), u(1), \dots, u(T-1)\}$; 电费支出最小的目标模型是策略 $u(k)$ 和电价 $c(k)$ 的函数; 而最优控制的要求是选择一种组合 $U^* = \{u^*(0), u^*(1), \dots, u^*(T-1)\}$ 是电价目标函数最小;

步骤23, 令 $L[c(k), u(k)] = c(k)u(k)\theta$, 定义 $J(k)$ 为后 $N-k$ 段的子目标函数, 则具有如下递推关系:

$$J(k) = \{L[c(k), u(k)] + J(k+1)\}$$

$$J^*(k) = \min_{u(k)} \{L[c(k), u(k)] + J^*(k+1)\}$$

用递推法求出最优控制策略 $U^* = \{u^*(0), u^*(1), \dots, u^*(T-1)\}$, 最优性能泛函 J^* 的过程如下。

$$J^*(T) = 0$$

$$x^*(T) = 0$$

$$k = T - 1, \quad J^*(T-1) = \min_{u(T-1)} \{L[c(T-1), u(T-1)]\} \rightarrow u^*(T-1)$$

$$x^*(T) = x^*(T-1) - \gamma u^*(T-1) + q(T-1) \rightarrow x^*(T-1)$$

$$k = T - 2, \quad J^*(T-2) = \min_{u(T-2)} \{L[c(T-2), u(T-2)] + J^*(T-1)\} \rightarrow u^*(T-2)$$

$$x^*(T-1) = x^*(T-2) - \gamma u^*(T-2) + q(T-2) \rightarrow x^*(T-2)$$

$$k = 1, \quad J^*(1) = \min_{u(1)} \{L[c(1), u(1)] + J^*(2)\} \rightarrow u^*(1)$$

$$x^*(2) = x^*(1) - \gamma u^*(1) + q(1) \rightarrow x^*(1)$$

$$k = 0, \quad J^*(0) = \min_{u(0)} \{L[c(0), u(0)] + J^*(1)\} \rightarrow u^*(0)$$

$$x^*(1) = x^*(0) - \gamma u^*(0) + q(0)$$

$$J^* = J^*(0)$$

一种井下水泵智能控制及节能优化算法

技术领域

[0001] 本发明专利涉及一种井下水泵智能控制及节能优化算法,特别适用于煤矿井下水泵排水。

背景技术

[0002] 在矿井建设和生产运行中,会有大量的积水集中在井下。这些水大多是来自于地表降雨和河流水的渗透,煤层结构中水的涌出以及开采煤炭中的必要的供水;此外,井下挖掘煤炭可能造成岩层断裂,地下储水层结构遭到破坏,发生极为危险的突水事故。所以矿井排水系统不仅要排出正常情况的矿井涌水,同时在遭到突水袭击的情况下有能力完成抢险排水。

[0003] 水泵是一种输送液体或使液体增压的机械,它通过叶轮的旋转,把叶轮旋转的机械能变成液体的势能和动能,使液体能量增加,用来输送液体。一般水泵由电动机驱动,能连续不断地工作,水泵是排水系统的核心部分。按照严格的相关规定和具体要求,正确地使用和操作水泵,是矿井实现安全排水的前提。据统计,每开采1吨煤要排出3~6吨积水,偶尔甚至要排出20~30吨水,这对井下排水系统是一个严峻的考验。井下泵房一般配置3~5台水泵,每台水泵电机的功率一般在几百千瓦左右,耗电量巨大。在一般的煤矿系统中,井下排水系统的用电量大约占到总用电量的20%。如果通过合理的优化调度策略提高井下排水系统的生产效率,便可实现节能。

发明内容

[0004] 发明目的:

本装置实现水泵智能控制,其关键在于,包括:PLC控制柜、现场传感器、上位机、就地操作箱、变频器、检测仪表等。

[0005] 所述PLC控制柜包括:CPU、输入模块、输出模块、模拟量模块,用于信息的输入与输出,它们负责对设备的各种信号采集和控制指令的发出,协调各设备工作运行。

[0006] 所述现场传感器,包括:电流传感器、压力传感器、水位传感器、流量传感器和温度传感器,其作用是检测现场的数据并将其传送到PLC。

[0007] 所述上位机,其作用是实时动态显示现场状况,并能远程控制水泵的起停。

[0008] 所述就地操作箱,其作用是控制方式的转换、在PLC出现故障的情况下可以进行手动控制水泵的启停。

[0009] 所述变频器,起作用是控制水泵电机启停,并会对电机进行保护。

[0010] 所述检测仪表,主要是将现场的信息实时的显示,便于观察以及故障检查。

[0011] 本发明还公开一种对井下水泵节能优化的算法,其关键在于,包括如下步骤:

步骤1,模型建立,假设井下泵房有n台水泵并联工作,根据要求,水位最高允许上升至极限水位 H_2 ,水位 H_1 为每次排水停泵水位;

步骤2,模型求解,动态规划的研究对象是多阶段决策过程的最优化问题,依据的是最

优性原理:无论初始状态和初始决策怎么样,其余决策对于第一次决策所造成的状态来说,必须构成一个最优策略。

[0012] 所述一种井下水泵智能控制及节能优化算法,所述步骤1包括:

步骤11,建立最小优化问题为

$$\min J = \min \left\{ \sum_{k=0}^{T-1} c(k)U(k)\Theta \right\} = \min \left\{ \sum_{k=0}^{T-1} c(k) \left(\sum_{i=1}^n u_i(k)\theta_i \right) \right\} = \min \left\{ \sum_{k=0}^{T-1} \sum_{i=1}^n c(k)u_i(k)\theta_i \right\}$$

步骤12,以水仓水位H(k)为系统状态变量,则水仓水位方程可表述为

$$H(k+1) = 1 + \frac{q(k) \cdot t}{S} - \frac{1}{S} [\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n] \cdot \begin{bmatrix} u_1(k) \\ u_2(k) \\ \dots \\ u_n(k) \end{bmatrix}$$

所以,系统的状态方程可以描述为

$$H(k+1) = H(k) + \left[\frac{1}{K}, -\frac{\gamma_1}{K}, -\frac{\gamma_2}{K}, \dots, -\frac{\gamma_n}{K} \right] \cdot \begin{bmatrix} q(k) \\ u_1(k) \\ u_2(k) \\ \dots \\ u_n(k) \end{bmatrix}$$

步骤13,约束条件为: $H_1 \leq H(k) \leq H_2$

对于安装相同型号的排水泵房,可以将问题简化为: $U(k) = u(k) \in U = \{1, 2, \dots, n\}$, $\Gamma = \gamma$, 每台水泵的流量, $\Theta = \theta$, 每台水泵单位时间耗电量, 则目标函数为:

$$J = \sum_{k=0}^{T-1} c(k)U(k)\theta, \text{ 问题转化为求取最优控制策略 } U^* = \{u^*(0), u^*(1), \dots, u^*(T-1)\}, \text{ 使得:}$$

$$\min J = \min \left\{ \sum_{k=0}^{T-1} c(k)u(k)\theta \right\}, \text{ 令 } x(k) = S \cdot H(k), \text{ 则系统的状态方程为:}$$

$$x(k+1) = x(k) - \gamma u(k) + q(k)$$

约束条件为: $SH_1 \leq x(k) \leq SH_2$, 根据排水要求, 排水周期内需将水位排至停泵水泵, 所以可得到系统的边界条件为 $H(0)=0, H(T-1)=0$ 。

[0013] 所述一种井下水泵智能控制及节能优化算法,所述步骤2包括:

步骤21, 将一个排水周期分为T个时间段, 给每一段做出一个决策输入u(k), 即投入的水泵台数;

步骤22, 其中任意一段k+1做出相应的决策后, 才能确定该段输入状态与输出状态之间的关系, 即从水位H(k)到 $u(k) = \{u_1(k), u_2(k), \dots, u_n(k)\}$ 的状态转移规律。在每一段决策都做出后, 整个过程的状态转移规律从H(0)经H(k)到H(T) (k=1, 2, ..., n) 也就完全被确定了。全部“决策”u(k)的总体称为策略 $U(k) = \{u(0), u(1), \dots, u(T-1)\}$ 。电费支出最小的目标模型是策

略 $u(k)$ 和电价 $c(k)$ 的函数。而最优控制的要求是选择一种组合 $U^* = \{u^*(0), u^*(1), \dots, u^*(T-1)\}$ 是电价目标函数最小；

步骤23,令 $L[c(k), u(k)] = c(k)u(k)\theta$,定义 $J(k)$ 为后 $N-k$ 段的子目标函数,则具有如下递推关系:

$$J(k) = \{L[c(k), u(k)] + J(k+1)\}$$

$$J^*(k) = \min_{u(k)} \{L[c(k), u(k)] + J^*(k+1)\}$$

用递推法求出最优控制策略 $U^* = \{u^*(0), u^*(1), \dots, u^*(T-1)\}$,最优性能泛函 J^* 的过程如下。

$$J^*(T) = 0$$

$$x^*(T) = 0$$

$$k = T-1, J^*(T-1) = \min_{u(T-1)} \{L[c(T-1), u(T-1)]\} \rightarrow u^*(T-1)$$

$$x^*(T) = x^*(T-1) - \gamma u^*(T-1) + q(T-1) \rightarrow x^*(T-1)$$

$$k = T-2, J^*(T-2) = \min_{u(T-2)} \{L[c(T-2), u(T-2)] + J^*(T-1)\} \rightarrow u^*(T-2)$$

$$x^*(T-1) = x^*(T-2) - \gamma u^*(T-2) + q(T-2) \rightarrow x^*(T-2)$$

$$k = 1, J^*(1) = \min_{u(1)} \{L[c(1), u(1)] + J^*(2)\} \rightarrow u^*(1)$$

$$x^*(2) = x^*(1) - \gamma u^*(1) + q(1) \rightarrow x^*(1)$$

$$k = 0, J^*(0) = \min_{u(0)} \{L[c(0), u(0)] + J^*(1)\} \rightarrow u^*(0)$$

$$x^*(1) = x^*(0) - \gamma u^*(0) + q(0)$$

$$J^* = J^*(0)$$

[0014] 综上所述,由于采用上述的创新技术方案,本发明的有益效果是:

- 1、可方便的对现有排水系统进行改造,实现排水智能化;
- 2、该系统可以实现无人值守,可以智能化的控制水泵的起停,从而达到节省排水费用的目的;
- 3、系统以PLC为控制核心,通过现场传感器所采集到的数据进行实时的监控与控制,系统运行可靠。

[0015] 附图说明:

本发明的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解,其中:

- 图1是控制系统结构图;
- 图2是排水系统示意图;
- 图3是排水系统组成示意图;
- 图4是水泵水泵优化调度流程图;

图5是水泵自动启停流程图。

具体实施方案

[0016] 下面结合附图和实例,对本发明作进一步详述。

[0017] 图1是本发明控制系统结构图。PLC控制柜、现场传感器、上位机、就地操作箱、变频器、检测仪表等。控制单元主要是由PLC控制柜和上位机组成,是智能控制系统的核心部分。操作人员可在集控中心可通过上位机计算机远程控制水泵的启停。PLC控制柜除与就地控制箱的显示屏通信外,还负责控制水泵开停的流程控制,并能观测相关参数和设定水泵的工作方式。PLC控制柜的核心为PLC可编程控制器,它采集各个传感器的信号;设置系统的工作方式;显示系统工作状态和参数;根据预设逻辑对水泵进行手动或自动控制。继电器作为PLC的输出执行单元,按照PLC程序处理结果接通或断开电路,达到启动或停止电动机的目的。

[0018] 电流传感器、压力传感器、水位传感器、流量传感器和温度传感器构成了系统的检测单元。主要是采集的现场的数据,并将其传送至PLC,供PLC内部程序处理。

[0019] 就地操作箱上有自动、远程、近控、检修、纯手动等多种选择。自动模式下,程序自动根据传感器信号按设定程序合理选择启停设备。远程模式,为通过远程控制主机对设备进行启停。近控模式,按程序设定就地对设备进行启停。检修模式,用于现场检修人员检修时使用。手动模式,不通过PLC直接控制电机的接触器对水泵开停,用于PLC故障或检修PLC时应急使用。

[0020] 图2是本发明的排水系统示意图。当水位达到停泵限位时,系统就会自动把水关闭,在水位逐渐上升的过程中,系统会智能的控制各个水泵的启停,当水位达到极限水位时,系统会把所有的水泵都开启。

[0021] 图3是本发明的排水系统组成示意图。将水位传感器安装在排水配水仓内,用来实时监测水位的高度;电流传感器与温度传感器安装在电机上,采集到的信息用来监测电机的运行状况;压力传感器装在安装在出水闸阀6和泵体1之间并与压力表相连,用来监测水泵出口处的压力,并通过压力表来显示压力值;流量传感器装在水管管路上,用来检测每个水泵的排水流量。这些数据都会传送到PLC,经过PLC处理之后来控制水泵的启停。

[0022] 图4是本发明的水泵优化调度流程图。水仓水位设有极限水位,高水位和低水位。规定水仓的水不准超过极限水位,当超过高水位时系统立即排水并发生报警,每次排水的目标都要达到低水位,使得水仓在用电谷段时间内腾出尽可能大的空间,供用电峰段储水使用,最大可能的避免用电高峰启动水泵。

[0023] 图5是本发明的水泵自动启停流程图。在系统收到开泵命令后,判断是否满足开泵条件,其中包括阀门的关到位信号,系统是否存在报警等情况。在满足开泵条件时,系统进入自动运行的控制。首先要经过10s预警,之后开启真空射流阀进行抽真空过程。通过真空传感器的监测,达到系统设定值时,进入下一步操作,即开启水泵电机,同时关闭电磁阀。接着不断监测水泵出水口的压力,当压力达到设定值时,开启出水闸阀,完成自动开泵流程。开泵过程中,如果检测真空度和出口压力在规定时间内不能达到要求,则声光报警,进入停泵环节。此外,在运行过程中,若水泵出现故障或者满足停泵条件,则进入停泵阶段。

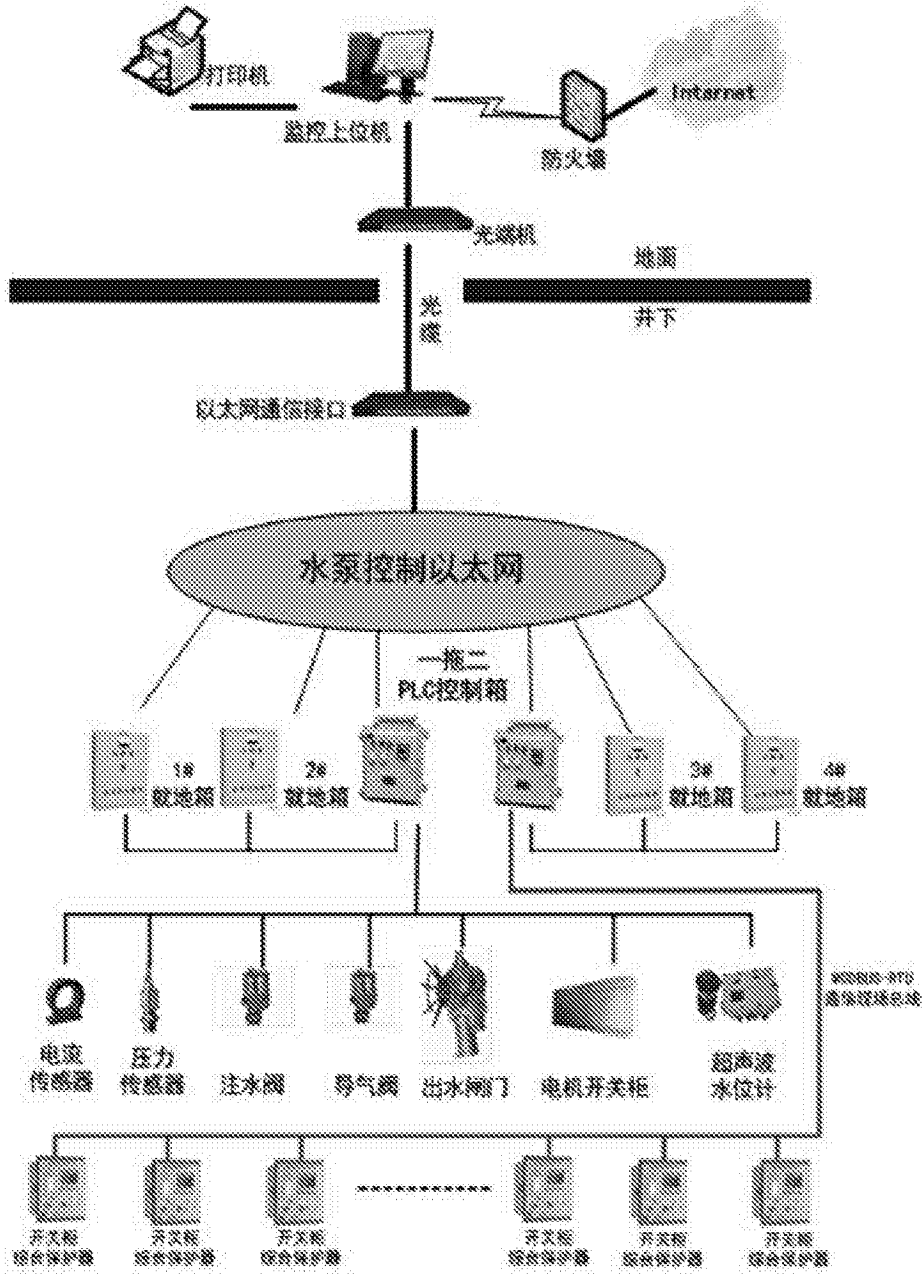


图1

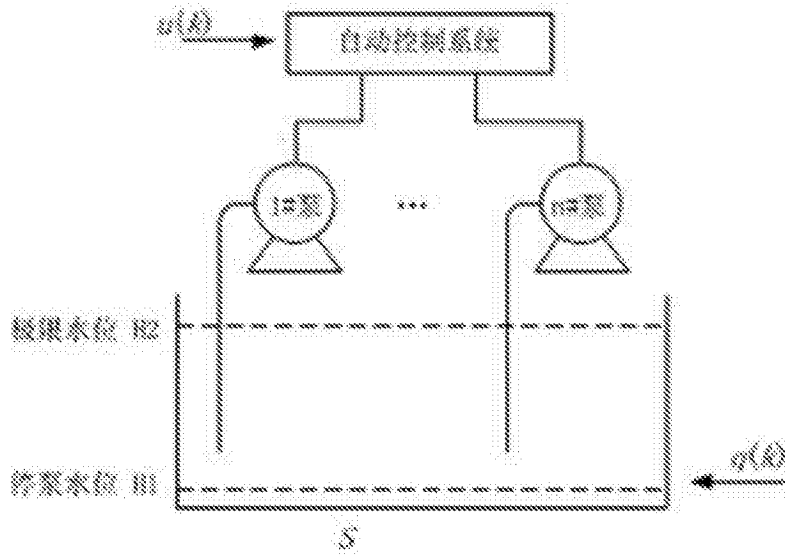


图2

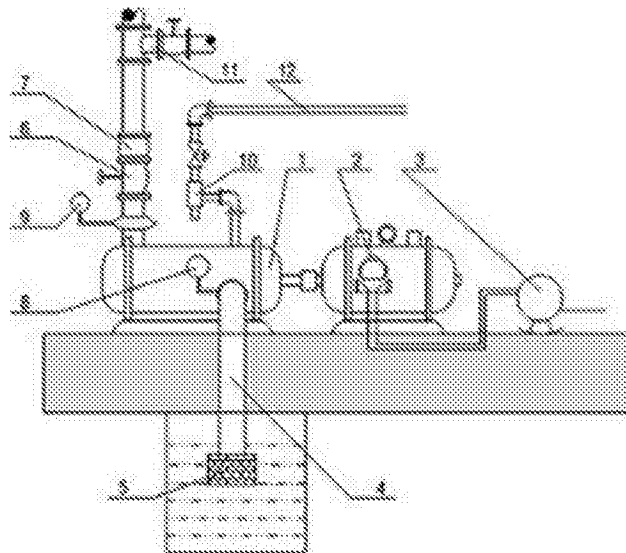


图3

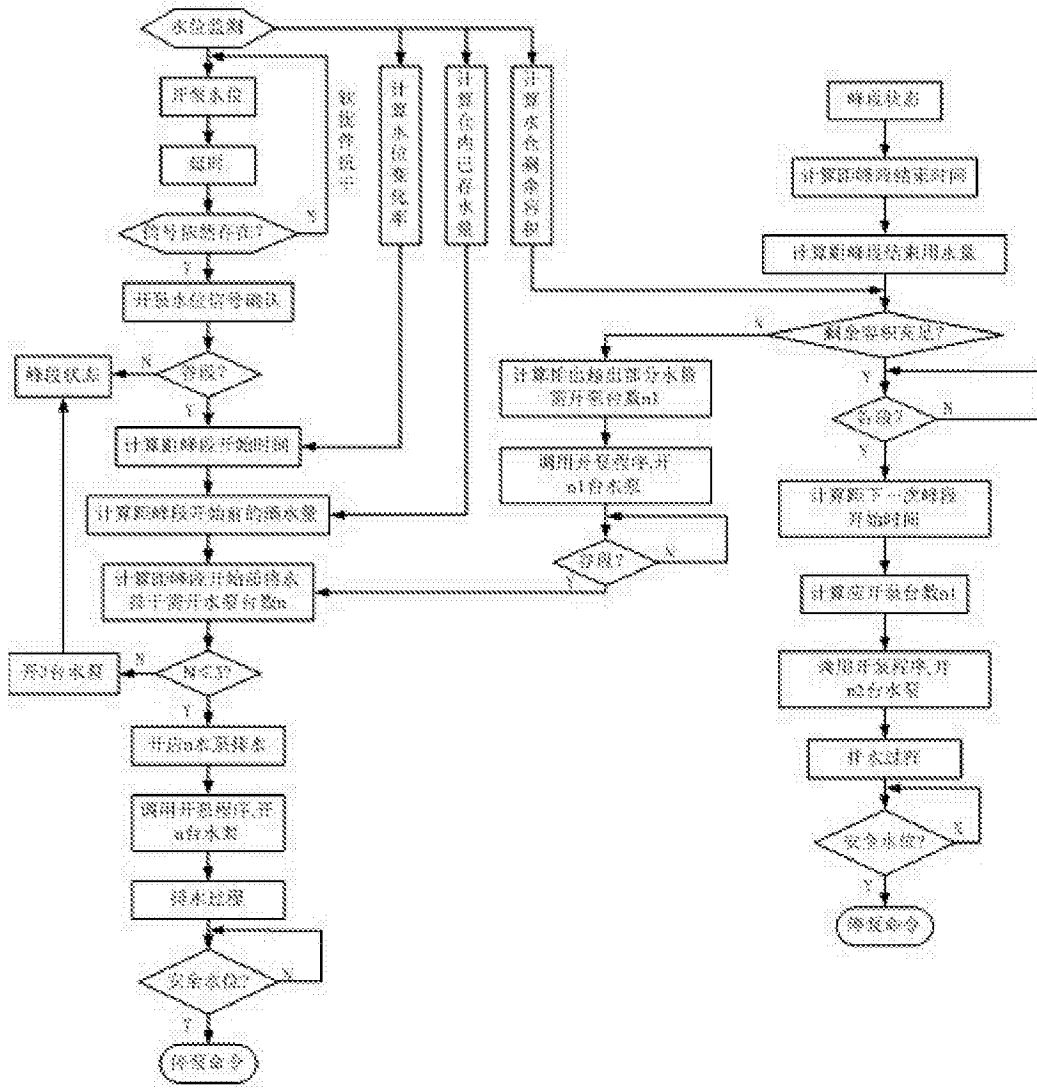


图4

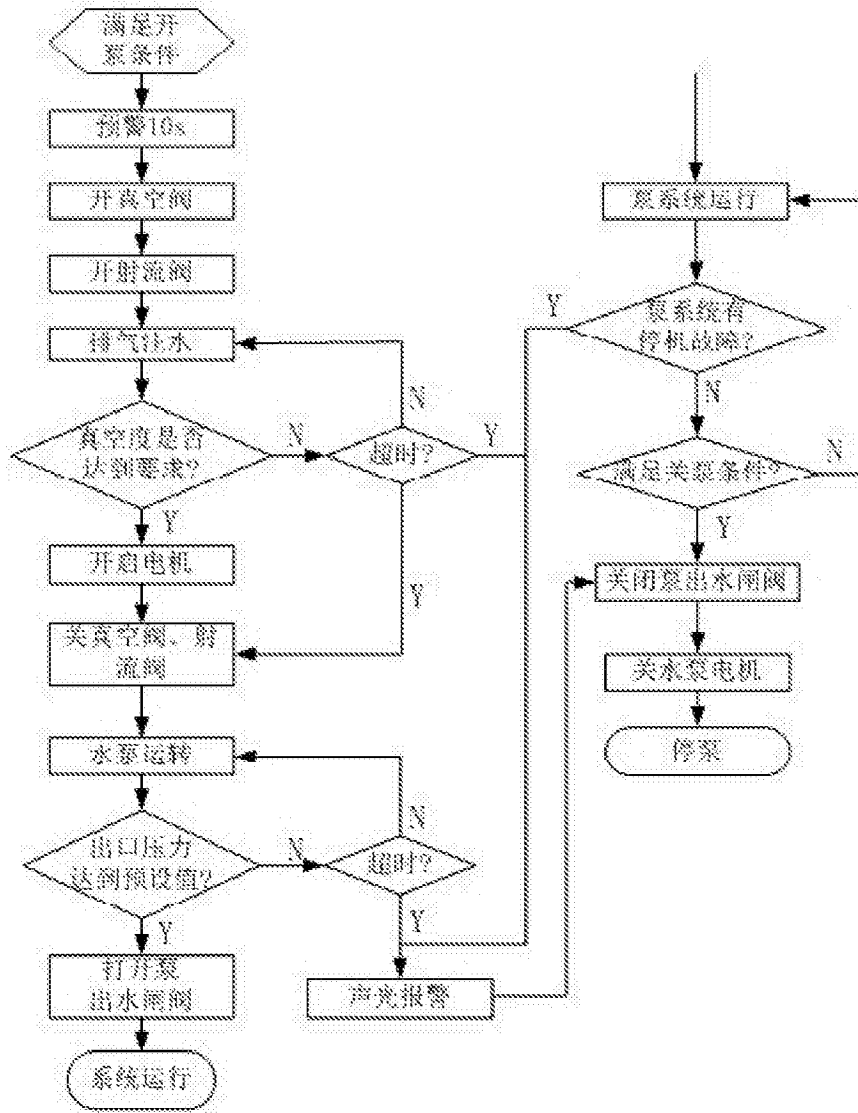


图5