(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 116293613 A
(43)申请公布日 2023.06.23

(21)申请号 202310409227.0

(22)申请日 2023.04.14

(71)申请人 昊姆(上海)节能科技有限公司
地址 200050 上海市长宁区仙霞路350号1幢楼1楼277室

(72)发明人 白亮 徐敬玉 王勋廷 赵晓光 叶晨涛

(74)专利代理机构 上海微策知识产权代理事务所(普通合伙) 31333
专利代理师 郭楚媛

(51)Int.Cl.
F22B 3/04(2006.01)
F22B 37/54(2006.01)
F22B 37/78(2006.01)
F22D 1/50(2006.01)
F22B 35/18(2006.01)

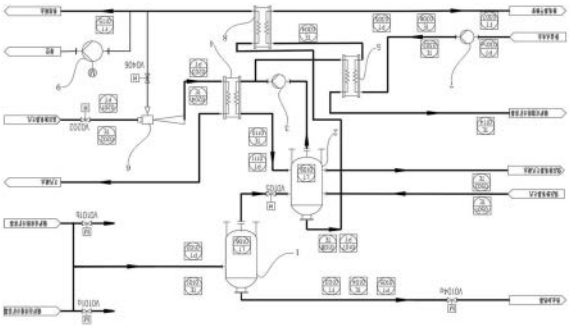
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

一种连排水乏汽深度回收利用的系统及控制方法

(57)摘要

本发明公开了一种连排水乏汽深度回收利用的系统机控制方法,包括:第一闪蒸罐;所述第一闪蒸罐一侧连接锅炉连续排污扩容器,上方连接热水加热器,所述第一闪蒸罐的下方通过电动阀与第二闪蒸罐连接,通过所述第一闪蒸罐和所述第二闪蒸罐的液位以及所述第二闪蒸罐的真空度进行预测控制;该装置将连排水和乏汽的深度回收结合到一起,并实现了全自动化运行,将电动阀、水泵频率、流量特性等系统参数化为拟合公式整合到系统的算法中,提前预判液位和真空度的变化趋势,做到提前调节,保证系统的精准稳定运行,避免了传统PID调节的滞后性。



CN 116293613 A

1.一种连排水乏汽深度回收利用的系统,其特征在于,包括:

第一闪蒸罐(1);

所述第一闪蒸罐(1)一侧连接锅炉连续排污扩容器,上方连接热水加热器,所述第一闪蒸罐(1)的下方通过电动阀与第二闪蒸罐(2)连接,通过所述第一闪蒸罐(1)和所述第二闪蒸罐(2)的液位以及所述第二闪蒸罐(2)的真空度进行预测控制。

2.根据权利要求1所述的一种连排水乏汽深度回收利用的系统,其特征在于:所述第一闪蒸罐(1)与所述第二闪蒸罐(2)设有液位测量计。

3.根据权利要求1所述的一种连排水乏汽深度回收利用的系统,其特征在于:低压除氧器乏汽经过温度元件进入到所述第二闪蒸罐(2)中,将低压除氧器乏汽进行热交换冷凝后,输出低压除氧器乏汽凝水。

4.根据权利要求3所述的一种连排水乏汽深度回收利用的系统,其特征在于:锅炉连续排污扩容阀输出连排水到所述第一闪蒸罐(1)中,经过提浓后将一次蒸汽输送到所述第二闪蒸罐(2)中,进行二次提浓。

5.根据权利要求3所述的一种连排水乏汽深度回收利用的系统,其特征在于:所述第二闪蒸罐(2)中连排水通过连排输出泵(3)输出到乏汽换热器(4)和浓水换热器(5)中,所述乏汽换热器(4)将换热后的连排水经过温度元件和压力变送器输送进所述第二闪蒸罐(2)进行再循环,所述浓水换热器(5)进行热交换后将连排水输送到锅炉定期排污扩容器中。

6.根据权利要求5所述的一种连排水乏汽深度回收利用的系统,其特征在于:高压除氧器乏汽通过电动阀、温度元件和压力变送器进入蒸汽引射器(6)中,通过所述蒸汽引射器(6)输送到所述乏汽换热器(4)中,并经过温度元件和压力变送器进行再次监测,所述乏汽换热器(4)进行热交换,在冷凝后将乏汽凝水排出。

7.根据权利要求6所述的一种连排水乏汽深度回收利用的系统,其特征在于:除盐水来水通过压力变送器经除盐水增压泵(7)输送到所述浓水换热器(5)中进行换热,所述除盐水增压泵(7)与所述浓水换热器(5)之间设有温度元件,所述浓水换热器(5)输送除盐水来水经过过温度元件到冷凝器(8)中与二次蒸汽进行热交换后输送到除氧器平衡管,所述冷凝器(8)与所述除氧器平衡管之间设有压力变送器、温度元件和流量变送器。

8.根据权利要求1所述的一种连排水乏汽深度回收利用的系统,其特征在于:所述第二闪蒸罐(2)顶部通过压力变送器和温度元件将液体输送到冷凝器(8)中进行热交换,通过流量变送器后并作为机组凝水排出,在流量变送器另一侧并联有真空泵(9)。

9.根据权利要求7所述的一种连排水乏汽深度回收利用的系统,其特征在于:在所述冷凝器(8)的凝水口与所述蒸汽引射器(6)之间通过电动阀连接。

10.一种连排水乏汽深度回收利用的控制方法,其特征在于,所述方法适用于上述权利要求1-9中任一项所述的系统,包括:

S1:预测函数f1,可根据上游连排水流量计的示数的变化提前判断下一时刻第一闪蒸罐(1)液位的变化量,结合上游连排水量的波动达到所述第一闪蒸罐(1)的计算时间,提前让系统做好应对扰动的准备,维持所述第一闪蒸罐(1)液位基本不变;

f1为第一闪蒸罐液位预测控制函数,控制值是第一闪蒸罐(1)与第二闪蒸罐(2)之间电动阀的开度;

$f_1=f(p)=4.0339\ln(p)-14.371$

$p=\rho g L_{t0106}$

$$L_{t_{0106}} = L_0 + \frac{(Q - Q_0)\, v}{s\, \pi\, r^2}$$

$$Q = 0.00005Q_s^4 - 0.0037Q_s^3 + 0.1013Q_s^2 - 0.5639Q_s + 5.3778$$

其中p—电动阀前压力;ρ—连排水密度;L_0—第一闪蒸罐设计液位值;Q_0—设计连排水流量;v—来流连排水流速;s—连续排污扩容器到第一闪蒸罐管道长度;r—第一闪蒸罐半径;Q_s—进入上游连续排污扩容器流量;Q—进入第一闪蒸罐的瞬时流量;

S2:所述第一闪蒸罐(1)流量的增加量等同于所述第二闪蒸罐(2)流量增加量,因此需要所述第二闪蒸罐(2)出口输出泵把增加的流量排出,因此初步计算泵的频率为:

$$f_{21} = \frac{Q - Q_0}{qn} \times 50 + f_0$$

由于循环浓水管路上是自力式电动阀,因此泵频率增加后,会导致循环管路流量增加,根据自力式调压阀实验数据以及管路特性得出循环管路流量与水泵流量的关系:

$$Q_x = 0.0045Q_{21}^3 - 0.372Q_{21}^2 + 10.512Q_{21} - 89.265$$

$$f_2 = \frac{Q_x + Q_{21}}{qn} \times 50$$

f2是所述第二闪蒸罐(2)液位预测控制函数,控制值为连排输出泵(3)的频率;

其中,Q_0—设计连排水流量;Q—进入第一闪蒸罐的瞬时流量;q—连拍输出泵单转流量;n—连拍输出泵额定转速;f_0—设计连排水流量Q_0调试稳定时泵的频率;Q_{21}—初次计算f_{21}对应的水泵流量;Q_x—循环管路流量;

S3:所述第二闪蒸罐(2)的负压控制主要动力来自于蒸汽引射器(6)的引射,即高压除氧器的排气,根据高压除氧器的运行特点,排气压力的波动主要原因是除氧器进水量的波动,因此根据高压除氧器进水量和排气压力之间的关系式,排气压力和引射比之间的关系,引射比和阀门开度之间的关系即可实现对抽气量的提前,调整保持第二闪蒸罐(2)的压力稳定;

f_3为所述第二闪蒸罐(2)压力控制函数,输出冷凝器(8)与所述蒸汽引射器(6)之间电动阀的开度:

$f_3=7.4302\delta^3-8.8455\delta^2+5.8077\delta-1.0291$

$$\delta = 0.6148p_f^3 + 0.561p_f^2 - 0.1977p_f + 0.2902$$

$$p_f = -0.0001Q_s^2 + 0.0342Q_s - 1.6872$$

其中,δ—蒸汽引射器引射比;p_f—高压除氧器排气压力;Q_s—单台除氧器进水量。

一种连排水乏汽深度回收利用的系统及控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及乏汽、余热回收技术领域，尤其涉及一种连排水乏汽深度回收利用的系统及控制方法。

背景技术

[0002] 电厂为了确保机组的安全以及运行的经济性，对蒸汽的清洁度提出了严格要求，为此，锅炉备有排污装置和除氧器排空装置，在通常情况下，凝汽式发电厂的排污率为1%～2%，热电厂的排污率为2%～5%，除氧器的排汽量占入口水量的4‰，这部分工质含有大量的热能，同时也有部分除盐水随着排污及乏汽排放而无法回收。

[0003] 目前国内外的高压除氧器乏汽、连排水的余热回收大多是电厂自发进行改造回收，针对高压除氧器乏汽的余热回收主要分为以下几种：

[0004] (1)压力水通过喷射泵吸入排汽加热生活用水

[0005] 由于用户侧对蒸汽含氧量等没有要求，因此该方案是可行的，但对于大部分火电厂而言，没有这种热用户，因此该技术有很大的应用局限性。

[0006] (2)高压蒸汽通过喷射泵吸入排汽供工业抽汽

[0007] 利用喷射技术，将高压蒸汽通过超音速喷嘴形成高速汽流，将除氧器排汽吸入、混合，扩压而形成热用户需要压力的蒸汽，喷射泵的引射系数是低压蒸汽和高压蒸汽的比值，与高低压蒸汽的压力、温度以及输出蒸汽的压力有关，引射系数越高，吸入的低压蒸汽越多，经济性越好。采用冷再蒸汽通过压力匹配器引射除氧器排汽对外供工业抽汽，由于冷再蒸汽与除氧器排汽压力偏差较大，运行中发现部分工况下无法抽吸除氧器排汽，导致给水溶氧超限，目前该设备均已弃用。

[0008] (3)加装混合式换热器将排汽回收至热力系统

[0009] 通过加装混合式换热器，回收排汽至汽轮机热力系统中，这种方式的主要问题在于，除氧器乏汽中的氧气不能有效排空，部分又回到了热力系统，增加除氧器负担。

[0010] 针对连排水的余热回收方式主要分为以下几种：

[0011] (1)连排水加热供暖水或汽机凝水

[0012] 采用增加间壁式换热器的形式，将连排水的热量回收给供暖水或汽机凝水，降温后的连排水去污水处理，这种方式可以做到余热回收，但无法将污水进行提浓从而减排。

[0013] (2)连排水闪蒸提浓

[0014] 采用闪蒸技术，回收高温连排水的部分热量，产生低压蒸汽，剩余部分排放，这种方式大多只能利用最高品位的一小部分热量，且闪蒸量很小，提浓作用有限。

[0015] 上述两种余热回收由于工质不同，对于余热回收的温度难以确定在合适的范围内进行热交换，因此难以对二者进行结合，并且传统的控制方法是根据PID调节，比如给定一个闪蒸罐液位值，当来流连排水量突然增大，液位超过给定值时，出液调节阀开度增大，液位回落到设定值以下，出液阀开度再减小，这样通过跟踪被调参数的控制方法总会出现一定程度的滞后，给系统带来一定程度的不稳定。

发明内容

[0016] 本发明的目的是为了解决现有技术中存在的缺点，而提出的一种连排水乏汽深度回收利用的系统及控制方法，通过两次闪蒸实现连排水的深度提浓，通过引射实现对乏汽的能量的最大利用，同时提取乏汽和连排水的热量加热除盐水。

[0017] 为了实现上述目的，本发明采用了如下技术方案：一种连排水乏汽深度回收利用的系统，包括：

[0018] 第一闪蒸罐；

[0019] 所述第一闪蒸罐一侧连接锅炉连续排污扩容器，上方连接热水加热器，所述第一闪蒸罐的下方通过电动阀与第二闪蒸罐连接，通过所述第一闪蒸罐和所述第二闪蒸罐的液位以及所述第二闪蒸罐的真空度进行预测控制。

[0020] 作为上述技术方案的进一步描述：所述第一闪蒸罐与所述第二闪蒸罐设有液位测量计。

[0021] 作为上述技术方案的进一步描述：低压除氧器乏汽经过温度元件进入到所述第二闪蒸罐中，将低压除氧器乏汽进行热交换冷凝后，输出低压除氧器乏汽凝水。

[0022] 作为上述技术方案的进一步描述：锅炉连续排污扩容阀输出连排水到所述第一闪蒸罐中，经过提浓后将一次蒸汽输送到所述第二闪蒸罐中，进行二次提浓。

[0023] 作为上述技术方案的进一步描述：所述第二闪蒸罐中连排水通过所述连排输出泵输出到乏汽换热器和浓水换热器中，所述乏汽换热器将换热后的连排水经过温度元件和压力变送器输送进所述第二闪蒸罐进行再循环，所述浓水换热器进行热交换后将连排水输送到锅炉定期排污扩容器中。

[0024] 作为上述技术方案的进一步描述：高压除氧器乏汽通过电动阀、温度元件和压力变送器进入蒸汽引射器中，通过所述蒸汽引射器输送到所述乏汽换热器中，并经过温度元件和压力变送器进行再次监测，所述乏汽换热器进行热交换，在冷凝后将乏汽凝水排出。

[0025] 作为上述技术方案的进一步描述：除盐水来水通过压力变送器经除盐水增压泵输送到所述浓水换热器中进行换热，所述除盐水增压泵与所述浓水换热器之间设有温度元件，所述浓水换热器输送除盐水来水经过温度元件到所述冷凝器中与二次蒸汽进行热交换后输送到除氧器平衡管，所述冷凝器与所述除氧器平衡管之间设有压力变送器、温度元件和流量变送器。

[0026] 作为上述技术方案的进一步描述：所述第二闪蒸罐顶部通过压力变送器和温度元件将液体输送到冷凝器中进行热交换，通过流量变送器后并作为机组凝水排出，在流量变送器另一侧并联有真空泵。

[0027] 作为上述技术方案的进一步描述：在所述冷凝器的凝水口与所述蒸汽引射器之间通过电动阀连接。

[0028] 一种连排水乏汽深度回收利用的控制方法，所述方法适用于上述技术方案中任一项所述的系统，包括：

[0029] S1：预测函数f1，可根据上游连排水流量计的示数的变化提前判断下一时刻所述第一闪蒸罐液位的变化量，结合上游连排水量的波动达到所述第一闪蒸罐的计算时间，提前让系统做好应对扰动的准备，维持所述第一闪蒸罐液位基本不变；

[0030] f1为第一闪蒸罐液位预测控制函数，控制值是第一闪蒸罐与第二闪蒸罐之间电动

阀的开度；

[0031] $f_1=f(p)=4.0339\ln(p)-14.371$

[0032] $p=\rho g L_{t0106}$

[0033] $$L_{t_{0106}}=L_0+\frac{(Q-Q_0)\,v}{s\,\pi\,r^2}$$

[0034] $$Q=0.00005Q_s^4-0.0037Q_s^3+0.1013Q_s^2-0.5639Q_s+5.3778$$

[0035] 其中p—电动阀前压力；ρ—连排水密度；L_0—第一闪蒸罐设计液位值；Q_0—设计连排水流量；v—来流连排水流速；s—连续排污扩容器到第一闪蒸罐管道长度；r—第一闪蒸罐半径；Q_s—进入上游连续排污扩容器流量；Q—进入第一闪蒸罐的瞬时流量；

[0036] S2：所述第一闪蒸罐流量的增加量等同于所述第二闪蒸罐流量增加量，因此需要所述第二闪蒸罐出口输出泵把增加的流量排出，因此初步计算泵的频率为：

[0037] $$f_{21}=\frac{Q-Q_0}{qn}\times 50+f_0$$

[0038] 由于循环浓水管路上是自力式电动阀，因此泵频率增加后，会导致循环管路流量增加，根据自力式调压阀实验数据以及管路特性得出循环管路流量与水泵流量的关系：

[0039] $$Q_x=0.0045Q_{21}^3-0.372Q_{21}^2+10.512Q_{21}-89.265$$

[0040] $$f_2=\frac{Q_x+Q_{21}}{qn}\times 50$$

[0041] f2是所述第二闪蒸罐液位预测控制函数，控制值为连排输出泵的频率；

[0042] 其中，Q_0—设计连排水流量；Q—进入第一闪蒸罐的瞬时流量；q—连排输出泵单转流量；n—连排输出泵额定转速；f_0—设计连排水流量Q_0调试稳定时泵的频率；Q_{21}—初次计算f_{21}对应的水泵流量；Q_x—循环管路流量；

[0043] S3：所述第二闪蒸罐的负压控制主要动力来自于蒸汽引射器的引射，即高压除氧器的排气，根据高压除氧器的运行特点，排气压力的波动主要原因是除氧器进水量的波动，因此根据高压除氧器进水量和排气压力之间的关系式，排气压力和引射比之间的关系，引射比和阀门开度之间的关系即可实现对抽气量的提前调整，保持第二闪蒸罐的压力稳定；

[0044] f_3为所述第二闪蒸罐压力控制函数，输出冷凝器与所述蒸汽引射器之间电动阀的开度：

[0045] $f_3=7.4302\delta^3-8.8455\delta^3+5.8077\delta-1.0291$

[0046] $$\delta=0.6148p_f^3+0.561p_f^2-0.1977p_f+0.2902$$

[0047] $$p_f=-0.0001Q_s^2+0.0342Q_s-1.6872$$

[0048] 其中，δ—蒸汽引射器引射比；p_f—高压除氧器排气压力；Q_s—单台除氧器进水量。

[0049] 上述技术方案具有如下优点或有益效果：

[0050] 1、将连排水和乏汽的深度回收结合到一起，并实现了全自动化运行，将电动阀、水泵频率、流量特性等系统参数化为拟合公式整合到系统的算法中，提前预判液位和真空度的变化趋势，做到提前调节，保证系统的精准稳定运行，避免了传统PID调节的滞后性。

附图说明

[0051] 图1为本发明提出的一种连排水乏汽深度回收利用的系统及控制方法的连接结构示意图。

[0052] 图例说明：

[0053] 1、第一闪蒸罐；2、第二闪蒸罐；3、连排输出泵；4、乏汽换热器；5、浓水换热器；6、蒸汽引射器；7、除盐水增压泵；8、冷凝器；9、真空泵。

具体实施方式

[0054] 下面将结合本发明实施例中的附图，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他实施例，都属于本发明保护的范围。

[0055] 参照图1，本发明提供的一种实施例：一种连排水乏汽深度回收利用的系统，包括：第一闪蒸罐1；第一闪蒸罐1一侧连接锅炉连续排污扩容器，上方连接热水加热器，第一闪蒸罐1的下方通过电动阀与第二闪蒸罐2连接，通过第一闪蒸罐1和第二闪蒸罐2的液位以及第二闪蒸罐2的真空度进行预测控制。

[0056] 在本实施例中，通过第一闪蒸罐1与第二闪蒸罐2连接，可以对内部通入的连排水进一步加热提浓，通过监测第一闪蒸罐1输入输出时的温度和压力变化数值，监测提浓程度，并根据第一闪蒸罐1和第二闪蒸罐2当前的液位值，结合输出端电动阀的开度输出曲线进行监测，实现对液位的提前调节。

[0057] 具体的，第一闪蒸罐1与第二闪蒸罐2设有液位测量计，可控制第一闪蒸罐1与第二闪蒸罐2的加热提浓。

[0058] 低压除氧器乏汽经过温度元件进入到所述第二闪蒸罐2中，将低压除氧器乏汽进行热交换冷凝后，经过温度元件排出到锅炉定期排污扩容器中

[0059] 低压除氧乏汽进入第二闪蒸罐2进行加热提浓后，使乏汽温度达到80℃后，作为低压除氧器乏汽凝水排出，第二闪蒸罐2为负压腔，蒸发温度小于100℃，使乏汽进行凝水。

[0060] 浓水换热器5将连排水进行热交换后，经过温度元件排出到锅炉定期排污扩容器中。

[0061] 锅炉连续排污扩容阀输出连排水到第一闪蒸罐1中，经过提浓后将一次蒸汽输送到第二闪蒸罐2中，进行二次提浓，第二闪蒸罐2中连排水通过连排输出泵3输出到乏汽换热器4和浓水换热器5中，乏汽换热器4将换热后的连排水经过温度元件和压力变送器输送进第二闪蒸罐2进行再循环，浓水换热器5进行热交换后将连排水输送到锅炉定期排污扩容器中。

[0062] 锅炉连续排污扩容器将连排水依次输送到第一闪蒸罐1和第二闪蒸罐2中，进行二级提浓，提浓完成后通过连排输出泵3输送到浓水换热器5中，与除盐水来水进行热交换后经过温度元件监测达到预定的温度后，输送到锅炉定期排污扩容器中；乏汽换热器4将换热后的连排水经过温度元件和压力变送器输送进第二闪蒸罐2，将引射器后的乏汽热量回收到第二闪蒸罐2中。

[0063] 连排水进入第一闪蒸罐1中在157.5℃下进行初次提浓，之后进入第二闪蒸罐2，在

110℃下进行二级提浓，提浓完成后一部分连排水输送到乏汽换热器4中进行热交换后回流到第二闪蒸罐2中，另一部分连排水直到温度降低到81℃时，输送到浓水换热器5中与除盐水来水再次进行热交换，在温度降低到50℃时，输送到锅炉定期排污扩容器中。

[0064] 高压除氧器乏汽通过电动阀、温度元件和压力变送器进入蒸汽引射器6中，通过蒸汽引射器6输送到乏汽换热器4中，并经过温度元件和压力变送器进行再次监测，乏汽换热器4进行热交换，在冷凝后将乏汽凝水排出。

[0065] 第二闪蒸罐2顶部通过压力变送器和温度元件将液体输送到冷凝器8中进行热交换，通过流量变送器后并作为机组凝水排出，在流量变送器另一侧并联有真空泵9。

[0066] 在本实施例中，高压除氧器乏汽在158℃，0.587MPa下进入蒸汽引射器6中，提供一定的压力后输送到乏汽换热器4中进行热交换，之后在80℃时输出乏汽凝水。

[0067] 除盐水来水通过压力变送器经除盐水增压泵7输送到浓水换热器5中进行换热，除盐水增压泵7与浓水换热器5之间设有温度元件，浓水换热器5输送除盐水来水经过温度元件到冷凝器8中与二次蒸汽进行热交换后输送到除氧器平衡管，冷凝器8与除氧器平衡管之间设有压力变送器、温度元件和流量变送器。

[0068] 在本实施例中，除盐水来水在露点温度33.5℃时进入到浓水换热器5中，进行换热升温到44℃时进入冷凝器8，再次进行换热升温到73℃后排出到除氧器平衡管中。

[0069] 在冷凝器8与蒸汽引射器6之间通过电动阀连接，系统通过检测蒸汽引射器6入口压力，计算引射比和电动阀的开度，达到控制第二闪蒸罐2压力的目的。

[0070] 本发明的技术方案中还包括一种连排水乏汽深度回收利用的控制方法的实施例，所述方法适用于上述技术方案中任一项的系统。

[0071] 包括：S1：预测函数f1，可根据上游连排水流量计的示数的变化提前判断下一时刻第一闪蒸罐1液位的变化量，结合上游连排水量的波动达到第一闪蒸罐1的计算时间，提前让系统做好应对扰动的准备，维持第一闪蒸罐1液位基本不变；

[0072] f1为第一闪蒸罐液位预测控制函数，控制值是第一闪蒸罐1与第二闪蒸罐2之间电动阀的开度，此电动阀为出液调节阀；

[0073] $f_1 = f(p) = 4.0339\ln(p) - 14.371$ (1-1)

[0074] $$p = \rho g L_{t_{0106}} \quad (1\text{-}2)$$

[0075] $$L_{t_{0106}} = L_0 + \frac{(Q - Q_0)\,v}{s\,\pi\,r^2} \quad (1\text{-}3)$$

[0076] $$Q = 0.00005Q_s^4 - 0.0037Q_s^3 + 0.1013Q_s^2 - 0.5639Q_s + 5.3778 \quad (1\text{-}4)$$

[0077] 其中p—电动阀前压力；ρ—连排水密度；L_0—第一闪蒸罐设计液位值；Q_0—设计连排水流量；v—来流连排水流速；s—连续排污扩容器到第一闪蒸罐管道长度；r—第一闪蒸罐半径；Q_s—进入上游连续排污扩容器流量；Q—进入第一闪蒸罐的瞬时流量；

[0078] 在式1-1中，根据第一闪蒸罐1输出端电动阀的阀门流量调节曲线，结合电动阀的开度和阀前压力得出的关系式，通过液位测量计监测，得到进入第一闪蒸罐1的瞬时流量和来流连排水流速，通过式1-4校验进入第一闪蒸罐1的瞬时流量的数值，根据上游锅炉连续排污扩容器前流量以及连续排污扩容器的热力特性，通过理论计算和监测的数据拟合得出。

[0079] S2:第一闪蒸罐1流量的增加量等同于第二闪蒸罐2流量增加量,因此需要第二闪蒸罐2出口输出泵把增加的流量排出,因此初步计算泵的频率为:

[0080] $$f_{21}=\frac{Q-Q_0}{qn}\times 50+f_0 \qquad (2\text{-}1)$$

[0081] 由于循环浓水管路上是自力式电动阀,因此泵频率增加后,会导致循环管路流量增加,根据自力式调压阀实验数据以及管路特性得出循环管路流量与水泵流量的关系:

[0082] $$Q_x=0.0045Q_{21}^3-0.372Q_{21}^2+10.512Q_{21}-89.265 \qquad (2\text{-}2)$$

[0083] $$f_2=\frac{Q_x+Q_{21}}{qn}\times 50 \qquad (2\text{-}3)$$

[0084] f2是第二闪蒸罐2液位预测控制函数,控制值为连排输出泵3的频率;

[0085] 其中,Q_0—设计连排水流量;Q—进入第一闪蒸罐的瞬时流量。q—连排输出泵单转流量;n—连排输出泵额定转速;f_0—设计连排水流量Q_0调试稳定时泵的频率;Q_{21}—初次计算f_{21}对应的水泵流量;Q_x—循环管路流量;

[0086] 通过监测第二闪蒸罐2的液位维持系统回路的稳定,经过温度元件和压力变送器监测,通过监测的第一闪蒸罐1的流量增加量,得到第二闪蒸罐2的流量增加量,根据第二闪蒸罐2输出端的连排输出泵3的单转流量和频率,计算出循环管路流量,与连排输出泵3的流量进行计算得到第二闪蒸罐2的液位预测计算公式。

[0087] S3:第二闪蒸罐2的负压控制主要动力来自于蒸汽引射器6的引射,即高压除氧器的排气,根据高压除氧器的运行特点,排气压力的波动主要原因是除氧器进水量的波动,因此根据高压除氧器进水量和排气压力之间的关系式,排气压力和引射比之间的关系,引射比和阀门开度之间的关系即可实现对抽气量的提前调整,保持第二闪蒸罐2的压力稳定;

[0088] f_3为第二闪蒸罐2压力控制函数,输出冷凝器8与蒸汽引射器6之间电动阀的开度,此电动阀为抽气调节阀:

[0089] $$f_3=7.4302\delta^3-8.8455\delta^3+5.8077\delta-1.0291 \qquad (3\text{-}1)$$

[0090] $$\delta=0.6148p_f^3+0.561p_f^2-0.1977p_f+0.2902 \qquad (3\text{-}2)$$

[0091] $$p_f=-0.0001Q_s^2+0.0342Q_s-1.6872 \qquad (3\text{-}3)$$

[0092] 其中,δ—蒸汽引射器引射比;p_f—高压除氧器排气压力;Q_s—单台除氧器进水量。

[0093] 在第二闪蒸罐2的输入输出端设有压力变送器,监测高压除氧器乏汽进入第二闪蒸罐2的压力,通过监测单台除氧器进水量和第二闪蒸罐2输出端连接的蒸汽引射器6的引射比进行计算,得出第二闪蒸罐2的压力控制计算公式,结合监测的压力数据进行预先调节。

[0094] 该系统主控参数有三个,一是第一闪蒸罐1的液位,液位是否平稳关系到一级提浓的多少和系统是否能够连续运行,第一闪蒸罐1的液位受来流连排水量、一次蒸汽量、第一闪蒸罐1出液电动阀的影响;二是第二闪蒸罐2的液位,第二闪蒸罐2液位的平稳是整个系统成败的关键;第二闪蒸罐2的液位受第一闪蒸罐1出液阀、连排水输出泵的频率的影响;三是第二闪蒸罐2的真空度,第二闪蒸罐2真空度是保证系统提浓量的关键指标。其中,第二闪蒸罐2的真空度和蒸汽引射器6处电动阀以及真空泵9有关。

[0095] 最后应说明的是:以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,

尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，对于本领域的技术人员来说，其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换，凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

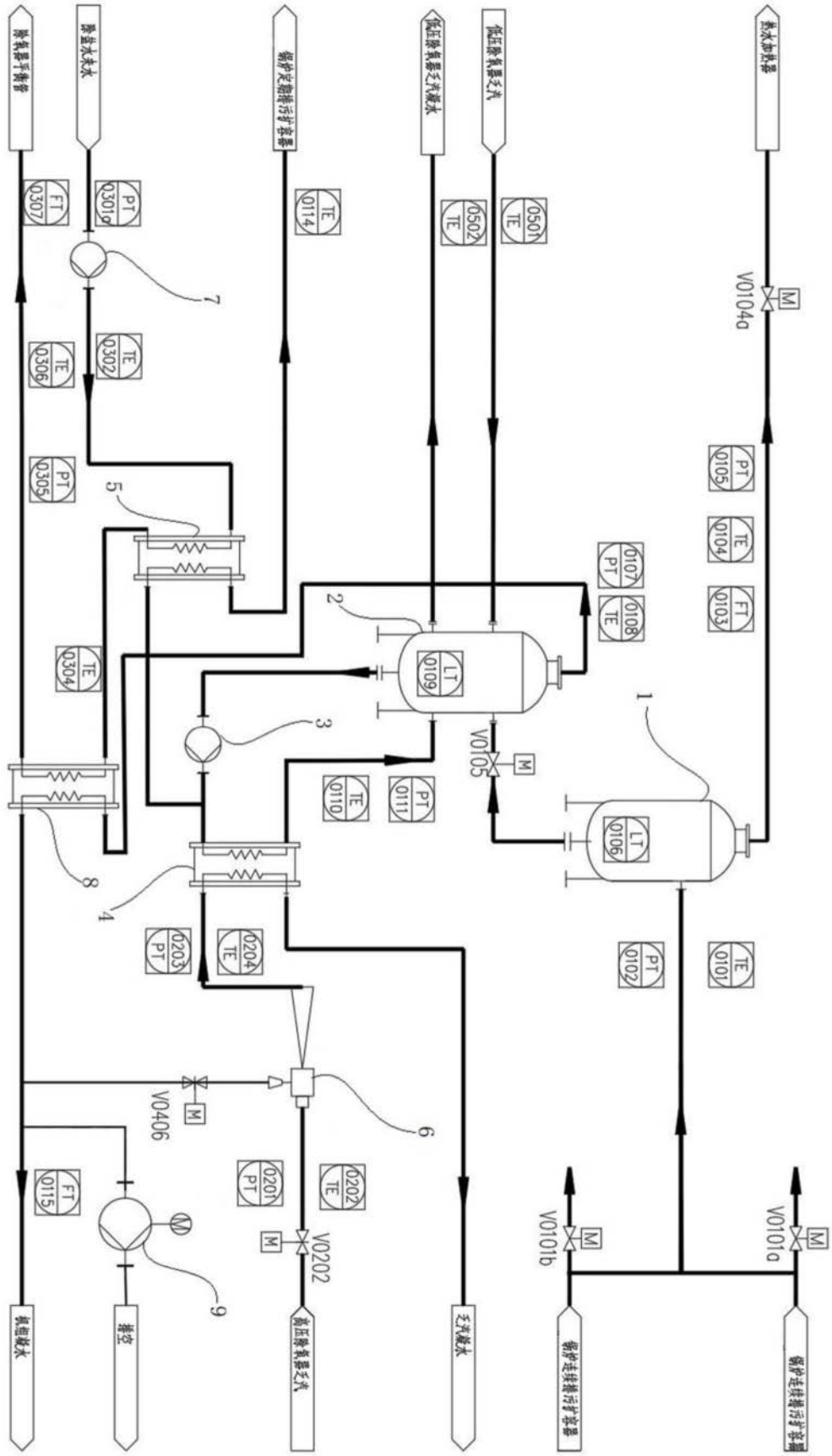

热水加热器
低压除氧器乏汽
低压除氧器乏汽凝水
锅炉定期排污扩容器
除盐水来水
排气扩容器
V0104a
V0105
V0406
V0202
V0101a
V0101b
PT Q105
TE Q104
FT Q103
PT Q107
TE Q108
LT Q109
TE Q110
PT Q111
LT Q106
PT Q102
TE Q101
PT Q203
TE Q204
PT Q201
TE Q202
FT Q115
TE Q306
TE Q302
PT Q305
TE Q304
FT Q307
PT Q301
TE Q114
TE Q502
TE Q501
1
2
3
4
5
6
7
8
9
锅炉连续排污扩容器
锅炉连续排污扩容器
乏汽凝水
高压除氧器乏汽
排空
锅炉定期排污扩容器

图1