



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109029829 A

(43)申请公布日 2018.12.18

(21)申请号 201810834105.5

(22)申请日 2018.07.26

(71)申请人 中广核工程有限公司

地址 518023 广东省深圳市大鹏新区鹏飞
路大亚湾核电基地工程公司办公大楼

申请人 中国广核集团有限公司
中国广核电力股份有限公司

(72)发明人 高明 高雅军 金圣隆 王佳蒙
赵志盛 全勇博

(74)专利代理机构 深圳市顺天达专利商标代理
有限公司 44217

代理人 蔡晓红 柯夏荷

(51)Int.Cl.

G01L 11/00(2006.01)

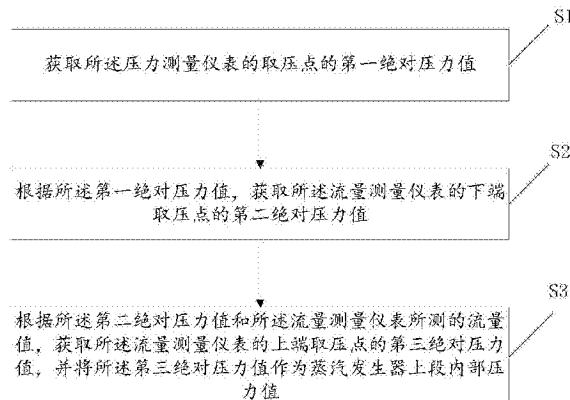
权利要求书3页 说明书8页 附图2页

(54)发明名称

一种核电厂蒸汽发生器上段内部压力的计
算方法及系统

(57)摘要

本发明公开了一种核电厂蒸汽发生器上段
内部压力的计算方法,包括:获取所述压力测量
仪表的取压点的第一绝对压力值;根据所述第一
绝对压力值,获取所述流量测量仪表的下端取压
点的第二绝对压力值;根据所述第二绝对压力值
和所述流量测量仪表所测的流量值,获取所述流
量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值,并
将所述第三绝对压力值作为蒸汽发生器上段内部
压力值。本发明还公开了一种核电厂蒸汽发生器
上段内部压力的计算系统。本发明能够提高蒸
汽发生器上段内部压力的计算准确度。



1. 一种核电厂蒸汽发生器上段内部压力的计算方法,其特征在于,蒸汽发生器出口处设有压力测量仪表和流量测量仪表,所述压力测量仪表的取压点位于蒸汽发生器出口的主蒸汽管道上,所述流量测量仪表的上端取压点位于蒸汽发生器上段,下端取压点位于所述主蒸汽管道上;

所述计算方法包括:

获取所述压力测量仪表的取压点的第一绝对压力值;

根据所述第一绝对压力值,获取所述流量测量仪表的下端取压点的第二绝对压力值;

根据所述第二绝对压力值和所述流量测量仪表所测的流量值,获取所述流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值,并将所述第三绝对压力值作为蒸汽发生器上段内部压力值。

2. 如权利要求1所述的核电厂蒸汽发生器上段内部压力的计算方法,其特征在于,所述获取所述压力测量仪表的取压点的第一绝对压力值,具体包括:

获取所述压力测量仪表所测的压力测量值 $P_{MP.g}$;

根据环境大气压 $P_{大气}$ 对所述压力测量值 $P_{MP.g}$ 进行修正,获得所述压力测量仪表的绝对压力值 $P_{MP.a}$;其中, $P_{MP.a} = P_{MP.g} + P_{大气}$;

获取所述压力测量仪表与其取压点之间的高度差 H_1 和所述压力测量仪表取压管内的流体密度 ρ_1 ;

根据所述绝对压力值 $P_{MP.a}$ 、所述高度差 H_1 和流体密度 ρ_1 ,计算获得所述压力测量仪表的取压点的第一绝对压力值 $P_{2.a}$;其中, $P_{2.a} = P_{MP.a} + \rho_1 g H_1$ 。

3. 如权利要求1所述的核电厂蒸汽发生器上段内部压力的计算方法,其特征在于,所述根据所述第一绝对压力值,获取所述流量测量仪表的下端取压点的第二绝对压力值,具体包括:

获取所述流量测量仪表的下端取压点至所述压力测量仪表的取压点之间的主蒸汽管道沿程压力损失 ΔP_{L2} ;

根据所述主蒸汽管道沿程压力损失 ΔP_{L2} 和第一绝对压力值 $P_{2.a}$,计算获得所述流量测量仪表的下端取压点的第二绝对压力值 $P_{3.a}$;其中, $P_{3.a} = P_{2.a} + \Delta P_{L2}$ 。

4. 如权利要求1所述的核电厂蒸汽发生器上段内部压力的计算方法,其特征在于,所述根据所述第二绝对压力值和所述流量测量仪表所测的流量值,获取所述流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值,具体包括:

获取所述流量测量仪表所测的流量值;

根据所述流量值反算出所述流量测量仪表两端的差压值;

对所述第二绝对压力值进行管道高度差修正,并结合所述差压值,获得所述流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值。

5. 如权利要求4所述的核电厂蒸汽发生器上段内部压力的计算方法,其特征在于,所述对所述第二绝对压力值进行管道高度差修正,并结合所述差压值,获得所述流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值,具体包括:

获取所述流量测量仪表与其下端取压点之间的高度差 H_2 、所述流量测量仪表与其上端取压点之间的高度差 H_3 、所述流量测量仪表下端取压管内的流体密度 ρ_2 和所述流量测量仪表上端取压管内的流体密度 ρ_3 ;

根据所述高度差 H_2 、高度差 H_3 、流体密度 ρ_2 、流体密度 ρ_3 、第二绝对压力值 $P_{3.a}$ 和差压值 ΔP_{MD} ,计算获得所述流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值 $P_{1.a}$;其中, $P_{1.a}=P_{3.a}+\Delta P_{MD}+\rho_2gH_2+\rho_3gH_3$ 。

6.一种核电厂蒸汽发生器上段内部压力的计算系统,其特征在于,蒸汽发生器出口处设有压力测量仪表和流量测量仪表,所述压力测量仪表的取压点位于蒸汽发生器出口的主蒸汽管道上,所述流量测量仪表的上端取压点位于蒸汽发生器上段,下端取压点位于所述主蒸汽管道上;

所述计算系统包括:

第一绝对压力值获取模块,用于获取所述压力测量仪表的取压点的第一绝对压力值;

第二绝对压力值获取模块,用于根据所述第一绝对压力值,获取所述流量测量仪表的下端取压点的第二绝对压力值;

上段内部压力值获取模块,用于根据所述第二绝对压力值和所述流量测量仪表所测的流量值,获取所述流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值,并将所述第三绝对压力值作为蒸汽发生器上段内部压力值。

7.如权利要求6所述的核电厂蒸汽发生器上段内部压力的计算系统,其特征在于,所述第一绝对压力值获取模块具体包括:

压力测量值获取单元,用于获取所述压力测量仪表所测的压力测量值 $P_{MP.g}$;

大气压修正单元,用于根据环境大气压 $P_{大气}$ 对所述压力测量值 $P_{MP.g}$ 进行修正,获得所述压力测量仪表的绝对压力值 $P_{MP.a}$;其中, $P_{MP.a}=P_{MP.g}+P_{大气}$;

数据获取单元,用于获取所述压力测量仪表与其取压点之间的高度差 H_1 和所述压力测量仪表取压管内的流体密度 ρ_1 ;

第一绝对压力值计算单元,用于根据所述绝对压力值 $P_{MP.a}$ 、所述高度差 H_1 和流体密度 ρ_1 ,计算获得所述压力测量仪表的取压点的第一绝对压力值 $P_{2.a}$;其中, $P_{2.a}=P_{MP.a}+\rho_1gH_1$ 。

8.如权利要求6所述的核电厂蒸汽发生器上段内部压力的计算系统,其特征在于,所述第二绝对压力值获取模块具体包括:

压力损失获取单元,用于获取所述流量测量仪表的下端取压点至所述压力测量仪表的取压点之间的主蒸汽管道沿程压力损失 ΔP_{L2} ;

第二绝对压力值计算单元,用于根据所述主蒸汽管道沿程压力损失 ΔP_{L2} 和第一绝对压力值 $P_{2.a}$,计算获得所述流量测量仪表的下端取压点的第二绝对压力值 $P_{3.a}$;其中, $P_{3.a}=P_{2.a}+\Delta P_{L2}$ 。

9.如权利要求6所述的核电厂蒸汽发生器上段内部压力的计算系统,其特征在于,所述上段内部压力值获取模块具体包括:

流量值获取单元,用于获取所述流量测量仪表所测的流量值;

差压值计算单元,用于根据所述流量值反算出所述流量测量仪表两端的差压值;

管道高度修正单元,用于对所述第二绝对压力值进行管道高度差修正,并结合所述差压值,获得所述流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值。

10.如权利要求9所述的核电厂蒸汽发生器上段内部压力的计算系统,其特征在于,所述管道高度修正单元具体包括:

数据获取子单元,用于获取所述流量测量仪表与其下端取压点之间的高度差 H_2 、所述流

量测量仪表与其上端取压点之间的高度差 H_3 、所述流量测量仪表下端取压管内的流体密度 ρ_2 和所述流量测量仪表上端取压管内的流体密度 ρ_3 ；

第三绝对压力值计算子单元，用于根据所述高度差 H_2 、高度差 H_3 、流体密度 ρ_2 、流体密度 ρ_3 、第二绝对压力值 $P_{3.a}$ 和差压值 ΔP_{MD} ，计算获得所述流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值 $P_{1.a}$ ；其中， $P_{1.a}=P_{3.a}+\Delta P_{MD}+\rho_2gH_2+\rho_3gH_3$ 。

一种核电厂蒸汽发生器上段内部压力的计算方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及核电站技术领域，尤其涉及一种核安全级DCS软件工作信赖度的评估方法及系统。

背景技术

[0002] 核电站主要由反应堆、一回路系统和二回路系统等三个部分组成。核裂变在由核燃料组成的反应堆堆芯内发生，核裂变放出的热量由流经堆芯的一回路系统的高压水带出堆外并在蒸器发生器里将热量传递给二回路的水。水受热后产生的蒸汽推动蒸汽轮机，蒸汽轮机则带动发电机发电。蒸汽发生器湿度测量试验是关键的机组性能考核试验，其试验结果将直接反映出蒸汽发生器出口的蒸汽品质。试验原理在于引入非放射性示踪剂，利用示踪剂平衡技术检测并计算蒸汽发生器出口处的蒸汽湿度。在计算蒸汽发生器内部湿度时，需在蒸汽发生器上段的汽水分界面处取样并检测其中的示踪剂浓度，同时获取蒸汽发生器上段内部的绝对压力用于湿度计算，因此蒸汽发生器上段内部压力值的获取方法成为本试验的关键技术点。

[0003] 由于蒸汽发生器本体的上段位置未设置直接压力测点，因此不可通过直接测量的方式获取蒸汽发生器上段的内部压力，目前为获取此位置的压力数据均需要进行压力转换获得。机组正常运行期间通常只关注蒸汽发生器出口的蒸汽压力指标，而距离蒸汽发生器上段最近的压力测点位于蒸汽发生器出口下游的蒸汽管道上。

[0004] 为获取蒸汽发生器上段的内部压力，目前现有的技术方案是从蒸汽发生器出口蒸汽管道处的压力测点获取仪表压力数据，之后通过转换得到蒸汽发生器出口处的绝对压力，最后再考虑蒸汽发生器出口限流器的设计压降，计算出蒸汽发生器上段内部的绝对压力数值。

[0005] 但是，上述技术方案在计算蒸汽发生器上段内部压力的过程中，最后一个步骤是考虑蒸汽发生器出口限流器的设计压降并修正计算出蒸汽发生器上段内部的压力数值。而在蒸汽发生器的实际运行中，出口限流器的实际压降会跟随蒸汽流量的不同而实时变动，但上述技术方案将限流器的设计压降设置为固定数值，再将该固定值代入以上计算过程，则必然会使蒸汽发生器上段内部压力的计算结果产生偏差，进而影响蒸汽湿度等性能指标的计算结果。

发明内容

[0006] 本发明针对现有技术中存在的问题，提供了一种核电厂蒸汽发生器上段内部压力的计算方法及系统，能够提高蒸汽发生器上段内部压力的计算准确度。

[0007] 本发明就上述技术问题而提出的技术方案如下：

[0008] 一方面，本发明提供一种核电厂蒸汽发生器上段内部压力的计算方法，蒸汽发生器出口处设有压力测量仪表和流量测量仪表，所述压力测量仪表的取压点位于蒸汽发生器出口的主蒸汽管道上，所述流量测量仪表的上端取压点位于蒸汽发生器上段，下端取压点

位于所述主蒸汽管道上；

[0009] 所述计算方法包括：

[0010] 获取所述压力测量仪表的取压点的第一绝对压力值；

[0011] 根据所述第一绝对压力值，获取所述流量测量仪表的下端取压点的第二绝对压力值；

[0012] 根据所述第二绝对压力值和所述流量测量仪表所测的流量值，获取所述流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值，并将所述第三绝对压力值作为蒸汽发生器上段内部压力值。

[0013] 进一步地，所述获取所述压力测量仪表的取压点的第一绝对压力值，具体包括：

[0014] 获取所述压力测量仪表所测的压力测量值 $P_{MP,g}$ ；

[0015] 根据环境大气压 $P_{大气}$ 对所述压力测量值 $P_{MP,g}$ 进行修正，获得所述压力测量仪表的绝对压力值 $P_{MP,a}$ ；其中， $P_{MP,a} = P_{MP,g} + P_{大气}$ ；

[0016] 获取所述压力测量仪表与其取压点之间的高度差 H_1 和所述压力测量仪表取压管内的流体密度 ρ_1 ；

[0017] 根据所述绝对压力值 $P_{MP,a}$ 、所述高度差 H_1 和流体密度 ρ_1 ，计算获得所述压力测量仪表的取压点的第一绝对压力值 $P_{2,a}$ ；其中， $P_{2,a} = P_{MP,a} + \rho_1 g H_1$ 。

[0018] 进一步地，所述根据所述第一绝对压力值，获取所述流量测量仪表的下端取压点的第二绝对压力值，具体包括：

[0019] 获取所述流量测量仪表的下端取压点至所述压力测量仪表的取压点之间的主蒸汽管道沿程压力损失 ΔP_{L2} ；

[0020] 根据所述主蒸汽管道沿程压力损失 ΔP_{L2} 和第一绝对压力值 $P_{2,a}$ ，计算获得所述流量测量仪表的下端取压点的第二绝对压力值 $P_{3,a}$ ；其中， $P_{3,a} = P_{2,a} + \Delta P_{L2}$ 。

[0021] 进一步地，所述根据所述第二绝对压力值和所述流量测量仪表所测的流量值，获取所述流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值，具体包括：

[0022] 获取所述流量测量仪表所测的流量值；

[0023] 根据所述流量值反算出所述流量测量仪表两端的差压值；

[0024] 对所述第二绝对压力值进行管道高度差修正，并结合所述差压值，获得所述流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值。

[0025] 进一步地，所述对所述第二绝对压力值进行管道高度差修正，并结合所述差压值，获得所述流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值，具体包括：

[0026] 获取所述流量测量仪表与其下端取压点之间的高度差 H_2 、所述流量测量仪表与其上端取压点之间的高度差 H_3 、所述流量测量仪表下端取压管内的流体密度 ρ_2 和所述流量测量仪表上端取压管内的流体密度 ρ_3 ；

[0027] 根据所述高度差 H_2 、高度差 H_3 、流体密度 ρ_2 、流体密度 ρ_3 、第二绝对压力值 $P_{3,a}$ 和差压值 ΔP_{MD} ，计算获得所述流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值 $P_{1,a}$ ；其中， $P_{1,a} = P_{3,a} + \Delta P_{MD} + \rho_2 g H_2 + \rho_3 g H_3$ 。

[0028] 另一方面，本发明提供一种核电厂蒸汽发生器上段内部压力的计算系统，蒸汽发生器出口处设有压力测量仪表和流量测量仪表，所述压力测量仪表的取压点位于蒸汽发生器出口的主蒸汽管道上，所述流量测量仪表的上端取压点位于蒸汽发生器上段，下端取压

点位于所述主蒸汽管道上；

[0029] 所述计算系统包括：

[0030] 第一绝对压力值获取模块，用于获取所述压力测量仪表的取压点的第一绝对压力值；

[0031] 第二绝对压力值获取模块，用于根据所述第一绝对压力值，获取所述流量测量仪表的下端取压点的第二绝对压力值；

[0032] 上段内部压力值获取模块，用于根据所述第二绝对压力值和所述流量测量仪表所测的流量值，获取所述流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值，并将所述第三绝对压力值作为蒸汽发生器上段内部压力值。

[0033] 进一步地，所述第一绝对压力值获取模块具体包括：

[0034] 压力测量值获取单元，用于获取所述压力测量仪表所测的压力测量值 $P_{MP.g}$ ；

[0035] 大气压修正单元，用于根据环境大气压 $P_{大气}$ 对所述压力测量值 $P_{MP.g}$ 进行修正，获得所述压力测量仪表的绝对压力值 $P_{MP.a}$ ；其中， $P_{MP.a} = P_{MP.g} + P_{大气}$ ；

[0036] 数据获取单元，用于获取所述压力测量仪表与其取压点之间的高度差 H_1 和所述压力测量仪表取压管内的流体密度 ρ_1 ；

[0037] 第一绝对压力值计算单元，用于根据所述绝对压力值 $P_{MP.a}$ 、所述高度差 H_1 和流体密度 ρ_1 ，计算获得所述压力测量仪表的取压点的第一绝对压力值 $P_{2.a}$ ；其中， $P_{2.a} = P_{MP.a} + \rho_1 g H_1$ 。

[0038] 进一步地，所述第二绝对压力值获取模块具体包括：

[0039] 压力损失获取单元，用于获取所述流量测量仪表的下端取压点至所述压力测量仪表的取压点之间的主蒸汽管道沿程压力损失 ΔP_{L2} ；

[0040] 第二绝对压力值计算单元，用于根据所述主蒸汽管道沿程压力损失 ΔP_{L2} 和第一绝对压力值 $P_{2.a}$ ，计算获得所述流量测量仪表的下端取压点的第二绝对压力值 $P_{3.a}$ ；其中， $P_{3.a} = P_{2.a} + \Delta P_{L2}$ 。

[0041] 进一步地，所述上段内部压力值获取模块具体包括：

[0042] 流量值获取单元，用于获取所述流量测量仪表所测的流量值；

[0043] 差压值计算单元，用于根据所述流量值反算出所述流量测量仪表两端的差压值；

[0044] 管道高度修正单元，用于对所述第二绝对压力值进行管道高度差修正，并结合所述差压值，获得所述流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值。

[0045] 进一步地，所述管道高度修正单元具体包括：

[0046] 数据获取子单元，用于获取所述流量测量仪表与其下端取压点之间的高度差 H_2 、所述流量测量仪表与其上端取压点之间的高度差 H_3 、所述流量测量仪表下端取压管内的流体密度 ρ_2 和所述流量测量仪表上端取压管内的流体密度 ρ_3 ；

[0047] 第三绝对压力值计算子单元，用于根据所述高度差 H_2 、高度差 H_3 、流体密度 ρ_2 、流体密度 ρ_3 、第二绝对压力值 $P_{3.a}$ 和差压值 ΔP_{MD} ，计算获得所述流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值 $P_{1.a}$ ；其中， $P_{1.a} = P_{3.a} + \Delta P_{MD} + \rho_2 g H_2 + \rho_3 g H_3$ 。

[0048] 本发明实施例提供的技术方案带来的有益效果是：

[0049] 利用蒸汽发生器出口处的压力测量仪表和流量测量仪表实时测量的数据，先计算压力测量仪表的取压点的第一绝对压力值，再计算流量测量仪表的下端取压点的第二绝对压力值，进而计算流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值，即为蒸汽发生器上段内

部压力值,通过实时测量的数据进行计算,可准确检测出蒸汽发生器上段内部压力值,进而提高蒸汽湿度计算的准确性。

附图说明

[0050] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0051] 图1是本发明实施例一提供的核电厂蒸汽发生器及相关测量仪表的结构示意图;

[0052] 图2是本发明实施例一提供的核电厂蒸汽发生器上段内部压力的计算方法的流程示意图;

[0053] 图3是本发明实施例二提供的核电厂蒸汽发生器上段内部压力的计算系统的结构示意图。

具体实施方式

[0054] 为了解决现有技术中存在的无法准确获取核电厂蒸汽发生器上段内部压力等技术问题,本发明旨在提供一种核电厂蒸汽发生器上段内部压力的计算方法,其核心思想是:利用蒸汽发生器出口处的压力测量仪表和流量测量仪表实时测量的数据,计算流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值,即为蒸汽发生器上段内部压力值。本实施例通过实时测量的数据进行计算,可准确检测出蒸汽发生器上段内部压力值,进而提高蒸汽湿度计算的准确性。

[0055] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明实施方式作进一步地详细描述。

【0056】 实施例一

[0057] 如图1所示,蒸汽发生器出口一般通过限流器14与主蒸汽管道13连通,蒸汽发生器出口处设有压力测量仪表11和流量测量仪表12,所述压力测量仪表11的取压点A2位于蒸汽发生器出口的主蒸汽管道13上,所述流量测量仪表12的上端取压点A1位于蒸汽发生器上段,下端取压点A3位于所述主蒸汽管道13上。其中,压力测量仪表11和流量测量仪表12的设置方式为蒸汽发生器的常规设置方式,蒸汽发生器的上段位置一般不直接设置压力测点,因此无法通过直接测量的方式来获取蒸汽发生器上段内部压力,必须通过其他位置的压力数据进行转换获得。

[0058] 参见图2,本发明实施例提供了一种核电厂蒸汽发生器上段内部压力的计算方法,该计算方法包括:

[0059] S1、获取所述压力测量仪表的取压点的第一绝对压力值;

[0060] S2、根据所述第一绝对压力值,获取所述流量测量仪表的下端取压点的第二绝对压力值;

[0061] S3、根据所述第二绝对压力值和所述流量测量仪表所测的流量值,获取所述流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值,并将所述第三绝对压力值作为蒸汽发生器上段内部压力值。

[0062] 需要说明的是,通过压力测量仪表测量11的数据可获取压力测量仪表11的取压点A2的绝对压力值,即第一绝对压力值。由于压力测量仪表11的取压点A2和流量测量仪表12的下端取压点A3均位于主蒸汽管道上,因此对第一绝对压力值进行管道沿程损失修正后,即可获得流量测量仪表12的下端取压点A3的绝对压力值,即第二绝对压力值。根据第二绝对压力值和通过流量测量仪表12测量的数据,即可获得流量测量仪表12的上端取压点A1的绝对压力值,即第三绝对压力值,而流量测量仪表12的上端取压点A1设置在蒸汽发生器上段,因此第三绝对压力值即可检测为蒸汽发生器上段内部压力值。在检测蒸汽发生器上段内部压力的过程中,本实施例不再使用蒸汽发生器出口限流器的设计压降数值,而是使用测量仪表实时测量的数据进行计算,实现精准检测蒸汽发生器上段内部压力的目的。

[0063] 进一步地,在步骤S1中,所述获取所述压力测量仪表的取压点的第一绝对压力值,具体包括:

[0064] 获取所述压力测量仪表所测的压力测量值 $P_{MP.g}$;

[0065] 根据环境大气压 $P_{大气}$ 对所述压力测量值 $P_{MP.g}$ 进行修正,获得所述压力测量仪表的绝对压力值 $P_{MP.a}$;其中, $P_{MP.a} = P_{MP.g} + P_{大气}$;

[0066] 获取所述压力测量仪表与其取压点之间的高度差 H_1 和所述压力测量仪表取压管内的流体密度 ρ_1 ;

[0067] 根据所述绝对压力值 $P_{MP.a}$ 、所述高度差 H_1 和流体密度 ρ_1 ,计算获得所述压力测量仪表的取压点的第一绝对压力值 $P_{2.a}$;其中, $P_{2.a} = P_{MP.a} + \rho_1 g H_1$ 。

[0068] 需要说明的是,压力测量仪表测量的数据为 $P_{MP.a}$,根据环境大气压对压力测量仪表测量的数据进行修正,计算压力测量仪表的绝对压力值:

[0069] $P_{MP.a} = P_{MP.g} + P_{大气}$

[0070] 式中:

[0071] $P_{MP.a}$:压力测量仪表的绝对压力值,MPa;

[0072] $P_{MP.g}$:压力测量仪表的表压,即压力测量仪表测量的数据,MPa;

[0073] $P_{大气}$:环境大气压,MPa。

[0074] 在获取压力测量仪表的绝对压力值后,测量压力测量仪表与其取压点之间的高度差,如图1所示,高度差为 H_1 ,同时获取压力测量仪表的取压管内的流体密度,即可计算压力测量仪表的取压点的绝对压力值:

[0075] $P_{2.a} = P_{MP.a} \pm \rho_1 g H_1$

[0076] 式中:

[0077] $P_{2.a}$:压力测量仪表的取压点的绝对压力值,MPa;

[0078] ρ_1 :压力测量仪表取压管内的流体密度,kg/m³;

[0079] g :重力加速度;

[0080] H_1 :压力测量仪表与其取压点之间的高度差,m。

[0081] 例如,通过上述公式计算获得第一绝对压力值 $P_{2.a}$ 为6.802MPa.a。

[0082] 进一步地,在步骤S2中,所述根据所述第一绝对压力值,获取所述流量测量仪表的下端取压点的第二绝对压力值,具体包括:

[0083] 获取所述流量测量仪表的下端取压点至所述压力测量仪表的取压点之间的主蒸汽管道沿程压力损失 ΔP_{L2} ;

[0084] 根据所述主蒸汽管道沿程压力损失 ΔP_{L2} 和第一绝对压力值 $P_{2.a}$, 计算获得所述流量测量仪表的下端取压点的第二绝对压力值 $P_{3.a}$; 其中, $P_{3.a}=P_{2.a}+\Delta P_{L2}$ 。

[0085] 需要说明的是, 寻找流量测量仪表(窄量程液位差压测量通道), 并确认其上端取压点和下端取压点的位置, 如图1所示, 压力测量仪表的取压点位于流量测量仪表的下端取压点的下端, 且测量压力测量仪表的取压点与流量测量仪表的下端取压点之间的距离为 L_2 , 从而获取测量压力测量仪表的取压点与流量测量仪表的下端取压点之间的主蒸汽管道沿程压力损失 ΔP_{L2} , 即可计算流量测量仪表的下端取压点的绝对压力值:

$$[0086] P_{3.a}=P_{2.a}+\Delta P_{L2}$$

[0087] 式中:

[0088] $P_{3.a}$: 流量测量仪表的下端取压点的绝对压力值, MPa;

[0089] ΔP_{L2} : 测量压力测量仪表的取压点与流量测量仪表的下端取压点之间的主蒸汽管道沿程压力损失, MPa。

[0090] 例如, 通过上述公式和第一绝对压力值 $P_{2.a}=6.802\text{MPa.a}$, 即可计算获得第二绝对压力值 $P_{3.a}$ 为 6.815MPa.a 。

[0091] 进一步地, 在步骤S4中, 所述根据所述第二绝对压力值和所述流量测量仪表所测的流量值, 获取所述流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值, 具体包括:

[0092] 获取所述流量测量仪表所测的流量值;

[0093] 根据所述流量值反算出所述流量测量仪表两端的差压值;

[0094] 对所述第二绝对压力值进行管道高度差修正, 并结合所述差压值, 获得所述流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值。

[0095] 需要说明的是, 根据流量值反算出流量测量仪表两端的差压值中的反算方法主要由具体仪表计算说明书来决定。例如, 差压值=[(流量计原始测量电流值13.701mA-仪表量程下限4mA)/仪表量程上限16mA]×仪表此时的物理量程950mbar.g=0.0576MPa.g, 即可获得流量测量仪表两端的差压值为0.0576MPa.g。

[0096] 具体地, 所述对所述第二绝对压力值进行管道高度差修正, 并结合所述差压值, 获得所述流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值, 具体包括:

[0097] 获取所述流量测量仪表与其下端取压点之间的高度差 H_2 、所述流量测量仪表与其上端取压点之间的高度差 H_3 、所述流量测量仪表下端取压管内的流体密度 ρ_2 和所述流量测量仪表上端取压管内的流体密度 ρ_3 ;

[0098] 根据所述高度差 H_2 、高度差 H_3 、流体密度 ρ_2 、流体密度 ρ_3 、第二绝对压力值 $P_{3.a}$ 和差压值 ΔP_{MD} , 计算获得所述流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值 $P_{1.a}$; 其中, $P_{1.a}=P_{3.a}+\Delta P_{MD}+\rho_2gH_2+\rho_3.gH_3$ 。

[0099] 需要说明的是, 获取流量测量仪表测量的数据, 根据该测量数据可反算出流量测量仪表两端的差压值。测量流量测量仪表与其上端取压点之间的高度差, 如图1所示, 该高度差为 H_2 , 同时获取流量测量仪表下端取压管内的流体密度, 即可计算流量测量仪表的绝对压力值。进而测量流量测量仪表与其下端取压点之间的高度差, 如图1所示, 该高度差为 H_3 , 同时获取流量测量仪表上端取压管内的流体密度, 即可计算流量测量仪表的上端取压点的绝对压力值:

$$[0100] P_{1.a}=P_{3.a}+\Delta P_{MD}+\rho_2gH_2+\rho_3.gH_3$$

[0101] 式中：

[0102] ΔP_{MD} :流量测量仪表两端的差压值, MPa;

[0103] ρ_2 :流量测量仪表下端取压管内的流体密度, kg/m³;

[0104] H_2 :流量测量仪表与其下端取压点之间的高度差, m;

[0105] ρ_3 :流量测量仪表上端取压管内的流体密度, kg/m³;

[0106] H_3 :流量测量仪表与其上端取压点之间的高度差, m。

[0107] 例如, 预先获取高度差 $H_2 = -2.684\text{m}$ 、高度差 $H_3 = -2.554\text{m}$ 、流体密度 $\rho_2 = 1001.586\text{kg/m}^3$ 、流体密度 $\rho_3 = 1001.603\text{kg/m}^3$, 并结合上述计算的第二绝对压力值 $P_{3.a} = 6.815\text{MPa.a}$ 、差压值 $\Delta P_{MD} = 0.0576\text{MPa.g}$, 通过上述计算公式即可获得第三绝对压力值 $P_{1.a}$ 为 6.821 MPa.a 。

[0108] 本发明实施例利用蒸汽发生器出口处的压力测量仪表和流量测量仪表实时测量的数据, 先计算压力测量仪表的取压点的第一绝对压力值, 再计算流量测量仪表的下端取压点的第二绝对压力值, 进而计算流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值, 即为蒸汽发生器上段内部压力值, 通过实时测量的数据进行计算, 可准确检测出蒸汽发生器上段内部压力值, 进而提高蒸汽湿度计算的准确性。

[0109] 实施例二

[0110] 本发明实施例提供了一种核电厂蒸汽发生器上段内部压力的计算系统, 能够实现上述核电厂蒸汽发生器上段内部压力的计算方法的所有流程, 参见图3, 所述计算系统包括:

[0111] 第一绝对压力值获取模块1, 用于获取所述压力测量仪表的取压点的第一绝对压力值;

[0112] 第二绝对压力值获取模块2, 用于根据所述第一绝对压力值, 获取所述流量测量仪表的下端取压点的第二绝对压力值;

[0113] 上段内部压力值获取模块3, 用于根据所述第二绝对压力值和所述流量测量仪表所测的流量值, 获取所述流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值, 并将所述第三绝对压力值作为蒸汽发生器上段内部压力值。

[0114] 进一步地, 所述第一绝对压力值获取模块具体包括:

[0115] 压力测量值获取单元, 用于获取所述压力测量仪表所测的压力测量值 $P_{MP.g}$;

[0116] 大气压修正单元, 用于根据环境大气压 $P_{大气}$ 对所述压力测量值 $P_{MP.g}$ 进行修正, 获得所述压力测量仪表的绝对压力值 $P_{MP.a}$; 其中, $P_{MP.a} = P_{MP.g} + P_{大气}$;

[0117] 数据获取单元, 用于获取所述压力测量仪表与其取压点之间的高度差 H_1 和所述压力测量仪表取压管内的流体密度 ρ_1 ;

[0118] 第一绝对压力值计算单元, 用于根据所述绝对压力值 $P_{MP.a}$ 、所述高度差 H_1 和流体密度 ρ_1 , 计算获得所述压力测量仪表的取压点的第一绝对压力值 $P_{2.a}$; 其中, $P_{2.a} = P_{MP.a} + \rho_1 g H_1$ 。

[0119] 进一步地, 所述第二绝对压力值获取模块具体包括:

[0120] 压力损失获取单元, 用于获取所述流量测量仪表的下端取压点至所述压力测量仪表的取压点之间的主蒸汽管道沿程压力损失 ΔP_{L2} ;

[0121] 第二绝对压力值计算单元, 用于根据所述主蒸汽管道沿程压力损失 ΔP_{L2} 和第一绝对压力值 $P_{2.a}$, 计算获得所述流量测量仪表的下端取压点的第二绝对压力值 $P_{3.a}$; 其中, $P_{3.a}$

$=P_{2.a} + \Delta P_{L2}$ 。

[0122] 进一步地,所述上段内部压力值获取模块具体包括:

[0123] 流量值获取单元,用于获取所述流量测量仪表所测的流量值;

[0124] 差压值计算单元,用于根据所述流量值反算出所述流量测量仪表两端的差压值;

[0125] 管道高度修正单元,用于对所述第二绝对压力值进行管道高度差修正,并结合所述差压值,获得所述流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值。

[0126] 进一步地,所述管道高度修正单元具体包括:

[0127] 数据获取子单元,用于获取所述流量测量仪表与其下端取压点之间的高度差 H_2 、所述流量测量仪表与其上端取压点之间的高度差 H_3 、所述流量测量仪表下端取压管内的流体密度 ρ_2 和所述流量测量仪表上端取压管内的流体密度 ρ_3 ;

[0128] 第三绝对压力值计算子单元,用于根据所述高度差 H_2 、高度差 H_3 、流体密度 ρ_2 、流体密度 ρ_3 、第二绝对压力值 $P_{3.a}$ 和差压值 ΔP_{MD} ,计算获得所述流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值 $P_{1.a}$;其中, $P_{1.a}=P_{3.a} + \Delta P_{MD} + \rho_2 g H_2 + \rho_3 g H_3$ 。

[0129] 本发明实施例利用蒸汽发生器出口处的压力测量仪表和流量测量仪表实时测量的数据,先计算压力测量仪表的取压点的第一绝对压力值,再计算流量测量仪表的下端取压点的第二绝对压力值,进而计算流量测量仪表的上端取压点的第三绝对压力值,即为蒸汽发生器上段内部压力值,通过实时测量的数据进行计算,可准确检测出蒸汽发生器上段内部压力值,进而提高蒸汽湿度计算的准确性。

[0130] 综上所述,本发明提出了一种核电厂蒸汽发生器上段内部压力的计算方法及系统,其具有较好的实用效果:本实施例提供了一种新的蒸汽发生器上段内部压力的计算方法,可解决在计算蒸汽发生器出口湿度时的压力数据选取不准确问题,计算过程中不再使用蒸汽发生器出口限流器的压降设计值,而以实际压力测量仪表和流量测量仪表的测量数据替代,可准确计算蒸汽发生器上段的内部压力,提高蒸汽湿度计算的准确性。经过多台核电机组的试验验证,通过此方法获得的蒸汽发生器上段的内部压力值比传统计算方法的准确度明显提升,可应用于核电厂蒸汽发生器湿度测量试验的实施。

[0131] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,并不用以限制本发明,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。

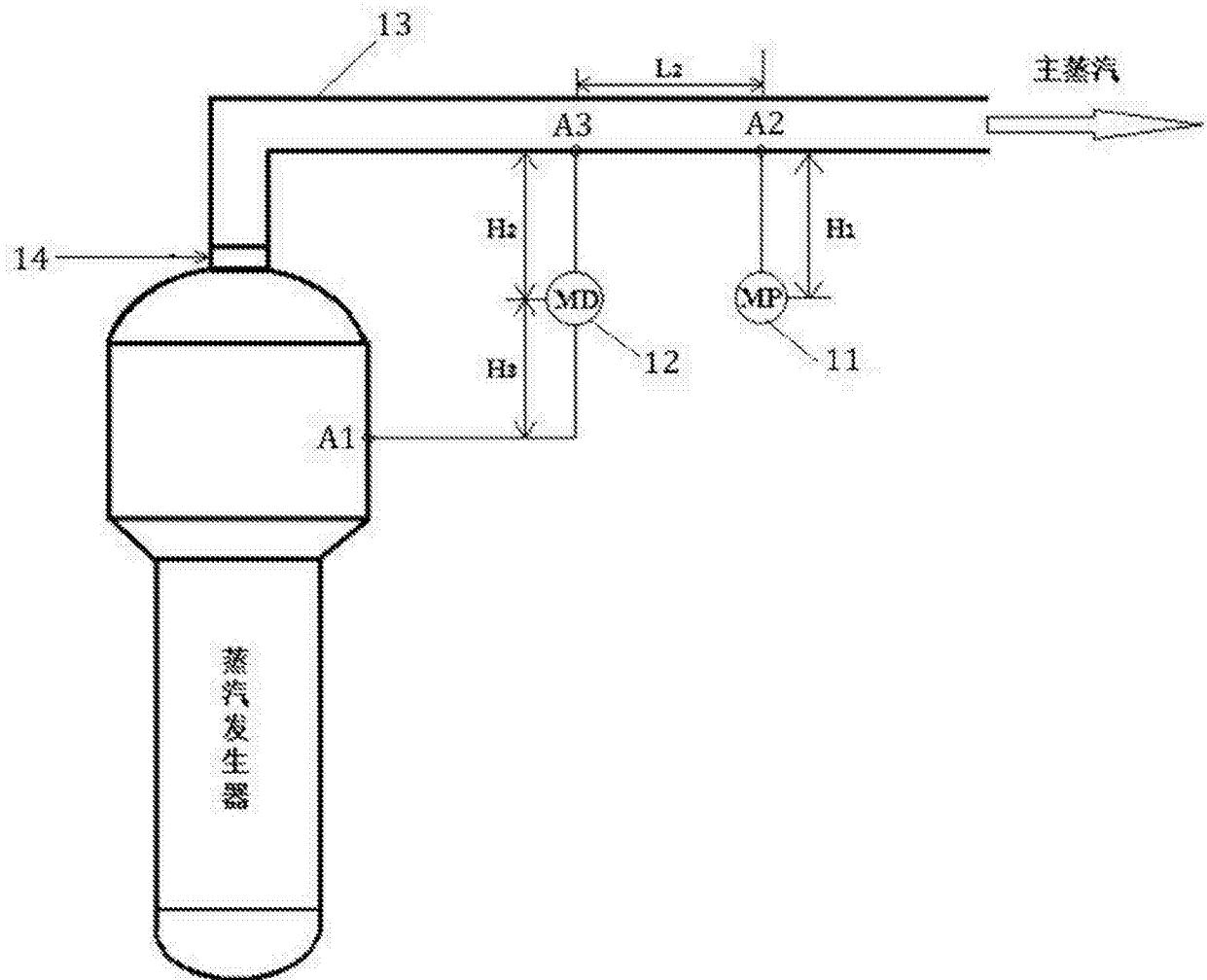


图1

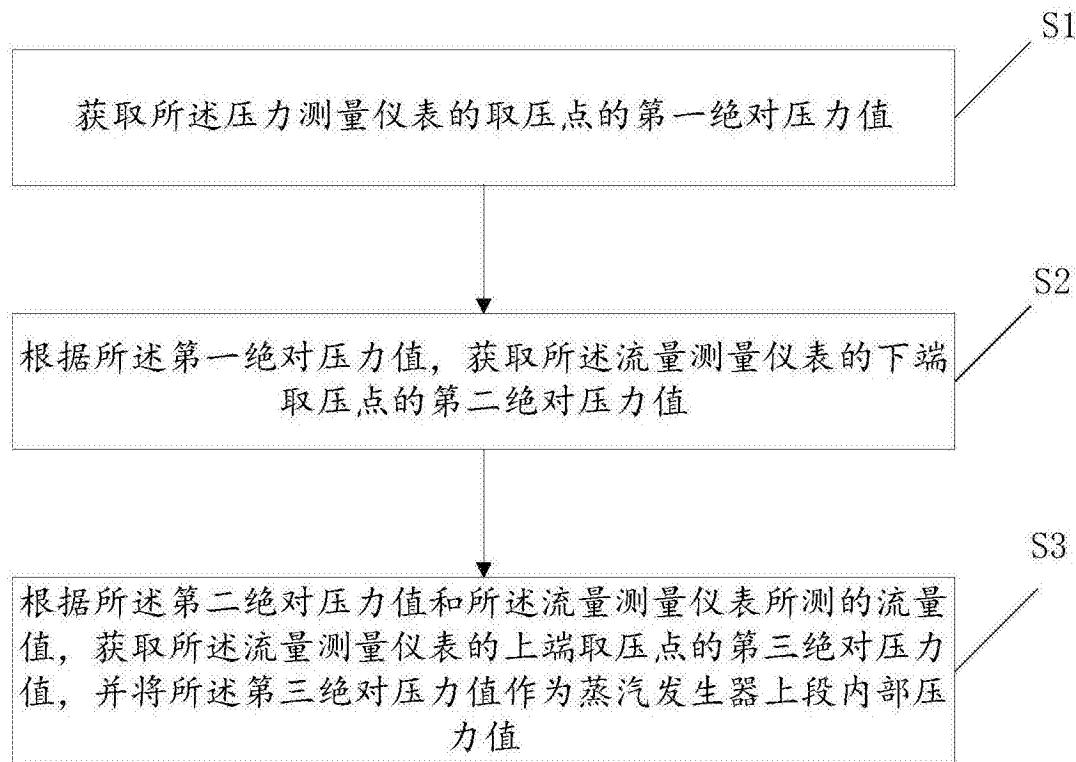


图2

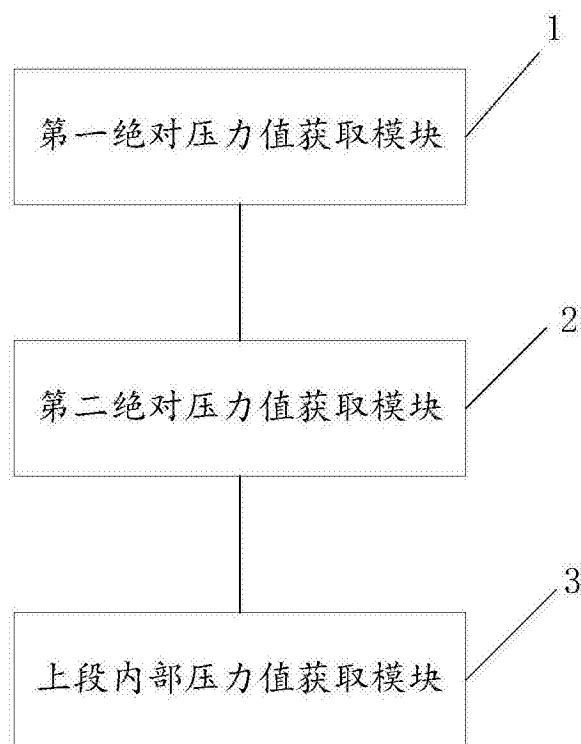


图3