(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 104695922 A
(43)申请公布日 2015.06.10

(21)申请号 201510063370.4

(22)申请日 2015.02.06

(71)申请人 江苏万兴石油装备有限公司
地址 224400 江苏省盐城市阜宁经济开发区黄河路9号

(72)发明人 薛华 朱宏武 喻开安 张金亚 郭岩宝 邓洪彬 魏高华 路波

(74)专利代理机构 南京瑞弘专利商标事务所（普通合伙） 32249
代理人 陈建和

(51)Int.Cl.
E21B 43/24(2006.01)
E21B 43/12(2006.01)

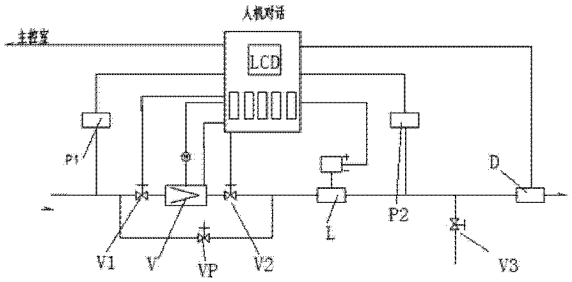
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

智能蒸汽调节实时控制方法与装置

(57)摘要

稠油热采蒸汽调节实时控制装置，包括控制终端、第一电动热采井口蒸汽阀、电动调节阀、第二电动热采井口蒸汽阀，流量计和蒸汽干度检测计，在蒸汽输入管道端依次串联有第一电动热采井口蒸汽阀、电动调节阀、第二电动热采井口蒸汽阀，再连接流量计和蒸汽干度检测计，输出均恒流量的蒸汽；第一电动热采井口蒸汽阀前和第二电动热采井口蒸汽阀后设有蒸汽压力计；控制终端连接第一电动热采井口蒸汽阀前蒸汽压力计和第二电动热采井口蒸汽阀后的蒸汽压力计的信号、电动调节阀的开度参数信号、流量计和蒸汽干度检测计的实时检测参数信号，而控制终端输出接电动调节阀的阀开度控制端。



CN 104695922 A

1.稠油热采蒸汽调节实时控制方法，其特征是蒸汽输入管道依次串联有第一电动热采井口蒸汽阀 V1、电动调节阀 V、第二电动热采井口蒸汽阀 V2，再连接流量计和蒸汽干度检测计，输出均恒流量的蒸汽；

采用现场控制终端对蒸汽输入进行控制，控制终端采集第一电动热采井口蒸汽阀 V1 前蒸汽压力参数和第二电动热采井口蒸汽阀 V2 后的蒸汽压力参数；电动调节阀 V 的开度参数，流量计和蒸汽干度检测计的实时检测参数，而输出电动调节阀 V 的开度控制参数；

蒸汽输入端压力范围在 8-17MPa；P2 范围控制在 17-0.6MPa；输送稳恒流量 1-10T/h 蒸汽，输送蒸汽时仍设有蒸汽干度检测装置 D，蒸汽干度检测装置 D 的前端设置疏水阀 V3。

2.根据权利要求 1 所述的稠油热采蒸汽调节实时控制方法，其特征是对第一电动热采井口蒸汽阀 V1 前蒸汽压力参数和第二电动热采井口蒸汽阀 V2 后蒸汽压力参数实时检测，与需要压力值实时比对，精确控制所需压力大小，保证压力的稳定；当压力差相差到 2％以上时，加大或减少电动调节阀的开度；

蒸汽输入端压力范围在 8-17MPa 由锅炉输出，控制干度在 80％左右由锅炉进行控制。

3.根据权利要求 1 所述的稠油热采蒸汽调节实时控制方法，其特征是通过蒸汽流量仪进行实时的计量信号，经过转换成电动装置控制的信号，与设定的流量值信号进行实时对比，精确调节电动调节阀阀笼的开度大小，达到所需的蒸汽流量，流量的精度控制在 1.5％范围内。

4.根据权利要求 1 所述的稠油热采蒸汽调节实时控制方法，其特征是采用湿饱和蒸汽干度检测技术，实时反馈蒸汽的实际干度至主控室，主控室对蒸汽干度的高低进行实时调节，保证注入蒸汽的效率。

5.根据权利要求 1-4 之一所述的稠油热采蒸汽调节实时控制方法，其特征是对第一电动热采井口蒸汽阀 V1 和第二电动热采井口蒸汽阀 V2 的开度进行控制，其开度均分别设定为 40％、70％和 100％的三个固定开度，在输入蒸汽降低 10MP 以上时 V1、V2 设定为 40％开度，输入蒸汽降低 5-10MPa V1、V2 设定为一为 40％开度另一为 70％开度，电动调节阀的调节通过 PID 调节方式进行。

6.根据权利要求 1-4 之一所述的稠油热采蒸汽调节实时控制方法，其特征是控制终端通过通信线路（有线或无线）接主控制室，实现工况数据的实时传输。主控制室可以同时控制锅炉输出和采油井的有关信息，控制参数及时传递至现场控制终端，具有双向控制模式对蒸汽调节实时控制。

7.稠油热采蒸汽调节实时控制装置，其特征是包括控制终端、第一电动热采井口蒸汽阀、电动调节阀、第二电动热采井口蒸汽阀，流量计和蒸汽干度检测计，在蒸汽输入管道端依次串联有第一电动热采井口蒸汽阀、电动调节阀、第二电动热采井口蒸汽阀，再连接流量计和蒸汽干度检测计，输出均恒流量的蒸汽；

第一电动热采井口蒸汽阀前和第二电动热采井口蒸汽阀后设有蒸汽压力计；控制终端连接第一电动热采井口蒸汽阀前蒸汽压力计和第二电动热采井口蒸汽阀后的蒸汽压力计的信号、电动调节阀的开度参数信号、流量计和蒸汽干度检测计的实时检测参数信号，而控制终端输出接电动调节阀的阀开度控制端。

8.根据权利要求 7 所述的稠油热采蒸汽调节实时控制装置，其特征是在串联第一电动热采井口蒸汽阀 V1、电动调节阀 V 和第二电动热采井口蒸汽阀 V2 的蒸汽管道并联一管道和

直通阀VH，构成蒸汽输入的双通路结构；第一电动热采井口蒸汽阀V1、电动调节阀V和第二电动热采井口蒸汽阀V2关闭时，VH开启能够直接输入锅炉输出的蒸汽。

9. 根据权利要求7所述的稠油热采蒸汽调节实时控制装置，其特征是电动调节阀为蜂巢式降压结构。

10. 根据权利要求7所述的稠油热采蒸汽调节实时控制装置，其特征是控制终端通过通信线路接主控制室，实现工况数据的实时传输；主控制室可以同时控制锅炉和采油井的有关信息，控制参数及时传递至现场控制终端，具有双向控制模式对蒸汽调节实时控制。

智能蒸汽调节实时控制方法与装置

一、技术领域

[0001] 本发明适用于油田注汽热采工程、蒸汽管路系统。是一种对管路中蒸汽流量、压力实时精确控制与对蒸汽干度进行实时反馈控制的方法与装置。

二、背景技术

[0002] 我国稠油资源分布广泛，储量丰富，全国预计稠油资源 300×10^8t，已探明和控制储量已达 16×10^8t，陆上稠油资源约占石油总资源量的 20％以上，是继美国、加拿大和委内瑞拉之后的世界第四大稠油生产国。目前，我国尚未动用的超稠油探明地质储量为 7.01×10^8t，随着能源需求的不断增长，亟需大量高性能稠油开采设备及技术

[0003] 近年来，我国也加速了稠油的开发，目前稠油的产量已经占全国石油年产量的十分之一以上。在油田的石油开采中，稠油具有特殊的高粘度和高凝固点特性，在开发和应用的各个方面都遇到一些技术难题。就开采技术而言，胶质、沥青质和长链石蜡造成原油在储层和井筒中的流动性变差，要求实施高投入的三次采油工艺方法。高粘、高凝稠油的输送必须采用更大功率的泵送设备，并且为了达到合理的泵送排量，要求对输送系统进行加热处理或者对原油进行稀释处理。蒸汽吞吐是目前稠油开采的主要技术，占我国稠油开采中的 97％。

[0004] 蒸汽吞吐通常是首先利用高压锅炉产生高压蒸汽，通过高压管线向地下稠油层注入高压蒸汽，促进稠油升温降粘；然后利用中、低压锅炉产生中低压蒸汽，进行汽驱与伴热。注入蒸汽的干度越高越好，但为了节省能源，一般注入蒸汽的干度在 50％以上的湿饱和蒸汽。

[0005] 蒸汽吞吐只能采出各油井附近油层中的原油，在油井与油井之间还留有大量“死油区”，为进一步提高采收率而采取蒸汽驱热采方法。蒸汽驱通过注入高干度蒸汽给油层加热，将原油驱赶到生产井周围并将其采出。蒸汽驱技术起源于 20 世纪 50 年代。蒸汽驱技术自诞生后，先后经历了上世纪六七十年代的缓慢发展，八九十年代的突飞猛进，现已发展成为一项成熟的热采技术。

[0006] 目前，蒸汽驱在国外已得到大规模工业应用，成为稠油油藏，特别是蒸汽吞吐后的稠油油藏，提高采收率的有效方法，并取得了良好的应用效果。蒸汽驱采油在 EOR（热力采油）中占有举足轻重的地位。以 2000 年的一项数据为例，在美国、加拿大和印度尼西亚，蒸汽驱占 EOR 的比重分别为 55％、75％和 94％。

[0007] 美国加州的克恩河油田，是世界上最早成功进行蒸汽驱开发的油田，其原始地质储量 6.36 亿立方米。通过自下而上的层间接替蒸汽驱，目前克恩河油田日产油 1.6 万吨，已汽驱过的层组采收率达 62.4％，累积油汽比达到 0.32。印尼杜里油田是目前世界上蒸汽驱规模最大的油田，其原始地质储量为 7.9 亿吨，1985 年后开始大规模蒸汽驱，目前日产油 4.5 万吨。我国从上世纪 80 年代末开始试验和应用蒸汽驱技术。上世纪 80 年代末 90 年代初，我国先后在新疆油田和辽河油田开展了 8 个蒸汽驱先导试验。节能减排，提高产能效率、降低投资，是世界稠油开采的主要新发展趋势。蒸汽驱技术已经成熟，但对蒸汽流量的

大小，压力高低以及蒸汽干度的检测反馈控制，依然存在着大量问题。

[0008] 现有技术为了满足蒸汽吞吐、热采、集输伴热等不同阶段稠油热采的需求，传统的稠油热采工艺分别采用高压锅炉与中、低压锅炉提供不同等级的湿饱和蒸汽，需要两种锅炉，两条输出不同压力等级的蒸汽管线。需要大量的人力与物力和大量的管路投资。

[0009] 本申请人提出的 CN201310380533 稠油热采减压方法与装置专利，能同时适用于中高压蒸汽锅炉与中低压蒸汽锅炉进行稠油的热采，热采的热源通过减压装置提供蒸汽：热采减压装置的减压系统由高压区减压阀和中压区二级减压阀两部分组成，具有二级减压结构，适用于稠油热采的各种的工况条件；高压蒸汽减压阀后设有阀控制的并且并联的中高压蒸汽输出管，中高压蒸汽锅炉蒸汽通过高压蒸汽减压阀或中压区二级减压阀均有输出蒸汽管；分别适用于蒸汽驱或低压蒸汽驱或热水驱。可适时监控蒸汽管道内的蒸汽压力，操作方便，且通过分别在蒸汽管道的进汽口处设置二个截止阀，在放汽口处设置一个截止阀，确保注汽管道和用汽设备的安全。但未能考虑注入井口蒸汽干度的控制。同时，由于注汽井的实际工况都不一样，每口注汽井自身井下压力阀值不同，波动大，没有稳定性，对整个管路的蒸汽流量大小与出口压力大小不能精确控制，造成大量的蒸汽浪费，使用效率低下，整个管路系统安全性能得不到保证，影响整个热采的效益。

[0010] 注入井口干度无法精确检测，要求注汽干度越高，开采效果越好，干度越低效果越差。

[0011] 但过高的追求蒸汽的干度不但造成能源的损失，而且增大对环境的污染。如现有技术已经有包括间接测量（神经网络方法）的干度测量方法的存在，

[0012] 公开的油田注汽热采工程干度测量方法有：休斯敦热力公司的控制测量干度的模型，美国 ZWORLD 的 CRC-CD2001 型蒸汽干度控制装置，加拿大原子能公司提出的放射法测量干度，以及 SY-BOSOFT 模型测量蒸汽干度，用于辅助仪表法对干度的测量。

[0013] 现有油田稠油热采作业实施过程当中所涉及到的最关键性设备之一就在于注汽锅炉。注汽锅炉最主要的工作要点在于：利用软化水，通过加热蒸发的反应方式，使其能够蒸发形成具有显著饱和性特征的湿度蒸汽。并将这部分湿度蒸汽强制性的传输至地下油层当中，而这部分湿度蒸汽也正是油田稠油热采作业得以顺利开展的供热源所在。因此，如何在各种不同的运行工况下，始终将油田注汽锅炉的蒸汽干度控制在该限值当中，已成为相关工作人员重点关注的问题。主要包括：1、油田注汽锅炉蒸汽干度控制：油田注汽锅炉所对应的蒸汽干度控制标准以 80％为宜。若油田注汽锅炉所对应的蒸汽干度 >80％，则可能导致注汽锅炉在长期性的运行状态下出现炉管过热、或者是易发生损坏等方面的问题；在现阶段的技术条件支持下，针对注汽锅炉蒸汽干度的控制需求，所采取的控制方案多涉及到以下几种类型：(1) 基于串级的 PID 控制；(2) 基于模糊原则的 PID 控制；(3) 基于多级变量的预测控制。

[0014] 但现有油田注汽热采设备未采用蒸汽调节实时控制，不能自我诊断和保护装置，发生故障易扩大、导致更坏的后果，会损失大量的人力、物力。

三、发明内容

[0015] 本发明目的是，基于现有的油田注汽热采工程干度测量方法和控制方法，提出一种智能型蒸汽调节实时控制方法与装置，是一种对油田注汽热采设备采用自我诊断和保护

的方法与装置，及时发生故障的产生与扩大，需要大量的人力、物力。使现有的热采采用适当的保护设备、材料与防护措施，防止油井的热采设备使用寿命短、易损坏。

[0016] 本发明的稠油热采蒸汽调节实时控制方法：蒸汽输入管道依次串联有第一电动热采井口蒸汽阀 V1、电动调节阀 V、第二电动热采井口蒸汽阀 V2，再连接流量计和蒸汽干度检测计，输出均恒流量的蒸汽。

[0017] 采用现场控制终端对蒸汽输入进行控制，控制终端采集第一电动热采井口蒸汽阀 V1 前蒸汽压力参数和第二电动热采井口蒸汽阀 V2 后的蒸汽压力参数：电动调节阀 V 的开度参数，流量计和蒸汽干度检测计的实时检测参数，而输出电动调节阀 V 的开度控制参数；

[0018] 蒸汽输入端压力范围在 8-17MPa；P2 范围控制在 17-0.6MPa；输送稳恒流量 1-10T/h 蒸汽，输送蒸汽时仍设有蒸汽干度检测装置 D，D 的前端设置疏水阀 V3。

[0019] 对第一电动热采井口蒸汽阀 V1 前蒸汽压力参数和第二电动热采井口蒸汽阀 V2 后蒸汽压力参数实时检测，通过蒸汽流量仪进行实时的计量信号，经过转换成电动装置控制的信号，与设定的流量值信号进行实时对比，精确调节电动调节阀阀笼的开度大小，达到所需的蒸汽流量，流量的精度控制在 1.5％范围内。对第一电动热采井口蒸汽阀 V1 和第二电动热采井口蒸汽阀 V2 的开度进行控制，其开度均分别设定为 40％、70％和 100％的三个固定开度，在输入蒸汽降低 10MP 以上时 V1、V2 设定为 40％开度，输入蒸汽降低 5-10MPa V1、V2 设定为一为 40％开度另一为 70％开度，电动调节阀的调节通过 PID 调节方式进行。

[0020] 采用湿饱和蒸汽干度检测技术，实时反馈蒸汽的实际干度至主控室，主控室对蒸汽干度的高低进行实时调节，保证注入蒸汽的效率。

[0021] 蒸汽输入端压力范围在 8-17MPa 由锅炉输出，控制干度在 80％左右，由锅炉进行控制。

[0022] 采用对蒸汽流量进行实时计量，与所需流量进行实时对比，精确调节所需蒸汽流量的多少，保证流量的稳定。

[0023] 采用湿饱和蒸汽干度检测技术，实时反馈蒸汽的实际干度，以便主控室对蒸汽干度的高低进行实时调节，保证注入蒸汽的效率。采用径向基神经网络 (RBF) 技术，将软测量技术与已有的干度智能检测装置相结合，研发湿饱和蒸汽干度实时在线检测、反馈及报警技术，提高检测精度及灵敏度。干度检测反馈及调节过程如图 1 所示。

[0024] 稠油热采蒸汽调节实时控制装置，包括控制终端、第一电动热采井口蒸汽阀 V1、电动调节阀 V、第二电动热采井口蒸汽阀 V2，流量计和蒸汽干度检测计，在蒸汽输入管道端依次串联有第一电动热采井口蒸汽阀 V1、电动调节阀 V、第二电动热采井口蒸汽阀 V2，再连接流量计和蒸汽干度检测计，输出均恒流量的蒸汽。

[0025] 对第一电动热采井口蒸汽阀 V1 前蒸汽压力参数和第二电动热采井口蒸汽阀 V2 后的蒸汽压力测量。控制终端连接第一电动热采井口蒸汽阀 V1 前蒸汽压力参数和第二电动热采井口蒸汽阀 V2 后的蒸汽压力参数，电动调节阀 V 的开度参数，流量计和蒸汽干度检测计的实时检测参数，而控制终端输出接电动调节阀 V 的阀开度控制端。

[0026] 在第一电动热采井口蒸汽阀 V1、电动调节阀 V 和第二电动热采井口蒸汽阀 V2 的蒸汽管道并联一管道并连接一直通阀 VH，构成蒸汽输入的双通路结构。第一电动热采井口蒸汽阀 V1、电动调节阀 V 和第二电动热采井口蒸汽阀 V2 关闭时，VH 开启可以直接输入锅炉输出的蒸汽。

[0027] 电动调节阀 WXT67Y-320V 采用蜂巢式降压的结构。

[0028] 控制终端通过通信线路（有线或无线）接主控制室，实现工况数据的实时传输。主控制室可以同时控制锅炉输出和采油井的有关信息，控制参数及时传递至现场控制终端，具有双向控制模式对蒸汽调节实时控制。

[0029] 本发明的有益效果：采用现场控制与主控制室双向控制模式，实现工况数据的实时传输。

[0030] 电动调节阀采用最新的蜂巢式降压结构，保证精确调节流量与压力，提高整个管路系统的稳定，保证生产的安全。

[0031] 3、采用蒸汽阀前压力 P1 与阀后压力 P2 实时检测，与需要压力值实时比对，精确控制所需压力大小，保证压力的稳定。

[0032] 4、采用对蒸汽流量进行实时计量，与所需流量进行实时对比，精确调节所需蒸汽流量的多少，保证流量的稳定。

[0033] 5、采用湿饱和蒸汽干度检测技术，实时反馈蒸汽的实际干度，以便主控室对蒸汽干度的高低进行实时调节，保证注入蒸汽的效率。采用径向基神经网络 (RBF) 技术，将软测量技术与已有的干度智能检测装置相结合，研发湿饱和蒸汽干度实时在线检测、反馈及报警技术，提高检测精度及灵敏度。干度检测反馈及调节过程如图 1 所示。

[0034] 6、本发明串联三阀进行调节，并采用二通路结构，不再需要两种锅炉和两条输出不同压力等级的蒸汽管线。三阀协同完成 PID 控制方式的可靠，只需要高压锅炉和高压蒸汽管线，节省大量的人力与物力和大量的管路投资。

[0035] 7、采用新型疏水阀组 SZ67Y-250V 结构，去除蒸汽管路中的水分，提高蒸汽干度和管路的安全。

[0036] 8、采用在线监测及远程操作模块，提高装置的智能化与自动化水平，综合运用 GPRS 无线通信技术、SQL Server 数据库管理技术及动态网页发布等现代信息技术，实现目标产品的在线监测、事故报警和远程操作的目的，提高装置的智能化与自动化水平。

[0037] 9、采用耐高温与耐低温的材料制造，保证长使用寿命。

[0038] 10、使用操作方便，具有自我故障诊断能力，易于维修。

[0039] 11、所有仪表，调节装置、阀门、管线等都集中在一仪表箱中，防止风沙的侵蚀与人为的损坏。

四、附图说明

[0040] 图 1 干度检测反馈及调节过程示意图；

[0041] 图 2 是测量湿饱和蒸汽干度检测的神经网络示意图；

[0042] 图 3 在线监测及远程操作系统结构示意图；

[0043] 图 4 是本发明稠油热采蒸汽调节实时控制装置结构示意图。

五、具体实施方式

[0044] 图 1-2 用湿饱和蒸汽干度检测技术控制锅炉的蒸汽干度输出，实时反馈蒸汽的实际干度，以便主控室对蒸汽干度的高低进行实时调节，保证注入蒸汽的效率。采用径向基神经网络 (RBF) 技术，将软测量技术与已有的干度智能检测装置相结合，研发湿饱和蒸汽干

度实时在线检测、反馈及报警技术，提高检测精度及灵敏度。

[0045] 在线监测及远程操作系统结构示意图如图 3 所示，给出了主控室与本发明现场控制。

[0046] 图 4 中，电动调节阀 V 后边的电动热采井口蒸汽阀 V2 时，最后打开电动调节阀进行自动工作。通过电动调节阀 V 前后压力计 P1、P2 与流量计 L 的实时检测，与设定数值进行实时比对，自动进行调节，通过疏水阀组，排除蒸汽中的冷凝水，保证管路的安全，通过湿饱和蒸汽干度检测对蒸汽干度进行检测，保证热采蒸汽的干度符合要求和提高整个热采效率。

[0047] 如果不需要蒸汽压力改变，断开电动调节阀与它前后的电动热采井口蒸汽阀，打开旁路电动调节型热采井口蒸汽阀 VP 就可以达到要求。

[0048] 如下图 4 所示，当高压锅炉通过高压管线送来的湿饱和蒸汽，首先设定所需的蒸汽流量与所需压力，打开电动调节阀前边的电动热采井口蒸汽阀 V1 与电动调节阀 V 后边的电动热采井口蒸汽阀 V2 时，最后打开电动调节阀进行自动工作。通过电动调节阀 V 前后压力计 P1、P2 与流量计 L 的实时检测，与设定数值进行实时比对，自动进行调节，通过疏水阀组，排除蒸汽中的冷凝水，保证管路的安全，通过湿饱和蒸汽干度检测对蒸汽干度进行检测，保证热采蒸汽的干度符合要求和提高整个热采效率。串级的 PID 控制基于模糊原则的 PID 控制对电动调节阀的开度进行控制。

[0049] 如果不需要蒸汽压力改变，断开电动调节阀与它前后的电动热采井口蒸汽阀，打开旁路电动调节型热采井口蒸汽阀 VP 就可以达到要求。

[0050] 目前在线蒸汽干度检测仪表，待干度仪表应用于蒸汽流量计量与补偿系统，必将进一步提高计量的准确性。应采取以下三项措施 :(1) 输送蒸汽的管路必须有良好的保温措施防止热量损失。(2) 在蒸汽管路上要逐段疏水，在管道的最低处及仪表前的管道上应设置疏水阀 V3，及时排出冷凝水。(3) 锅炉操作中应避免出现汽包液位过高现象，尽量减少负荷出现大的波动。

[0051] 图 4 所示，当高压锅炉通过高压管线送来的湿饱和蒸汽，首先设定所需的蒸汽流量与所需压力，打开电动调节阀前边的电动热采井口蒸汽阀与电动调节阀后边的电动热采井口蒸汽阀时，最后打开电动调节阀进行自动工作。通过前后压力测试仪与流量计的实时检测，与设定数值进行实时比对，自动进行调节，通过疏水阀组，排除蒸汽中的冷凝水，保证管路的安全，通过湿饱和蒸汽干度检测对蒸汽干度进行检测，保证热采蒸汽的干度符合要求和提高整个热采效率。如果不需要蒸汽压力改变，断开电动调节阀与它前后的电动热采井口蒸汽阀，打开旁路电动调节型热采井口蒸汽阀就可以达到要求。

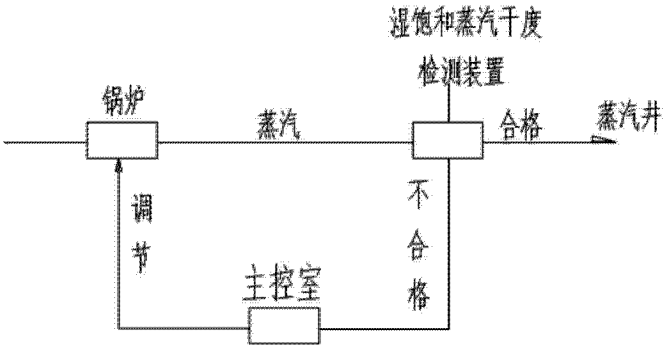

湿饱和蒸汽干度
检测装置
锅炉
蒸汽
合格
蒸汽井
调节
不合格
主控室

图 1

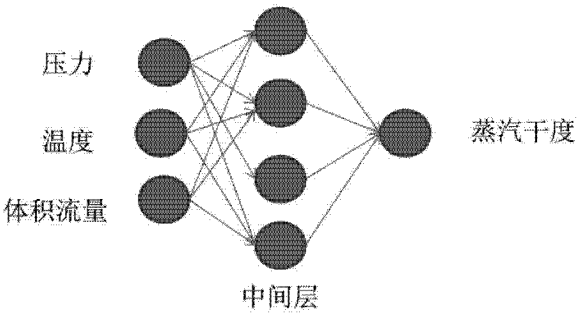

压力
温度
体积流量
蒸汽干度
中间层

图 2

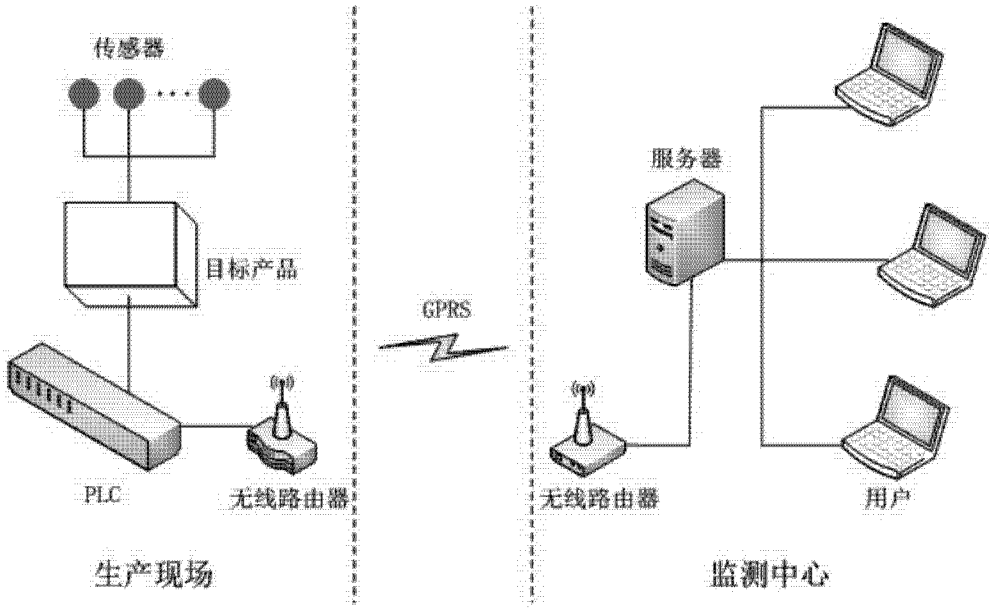

传感器
目标产品
GPRS
服务器
PLC
无线路由器
无线路由器
用户
生产现场
监测中心

图 3

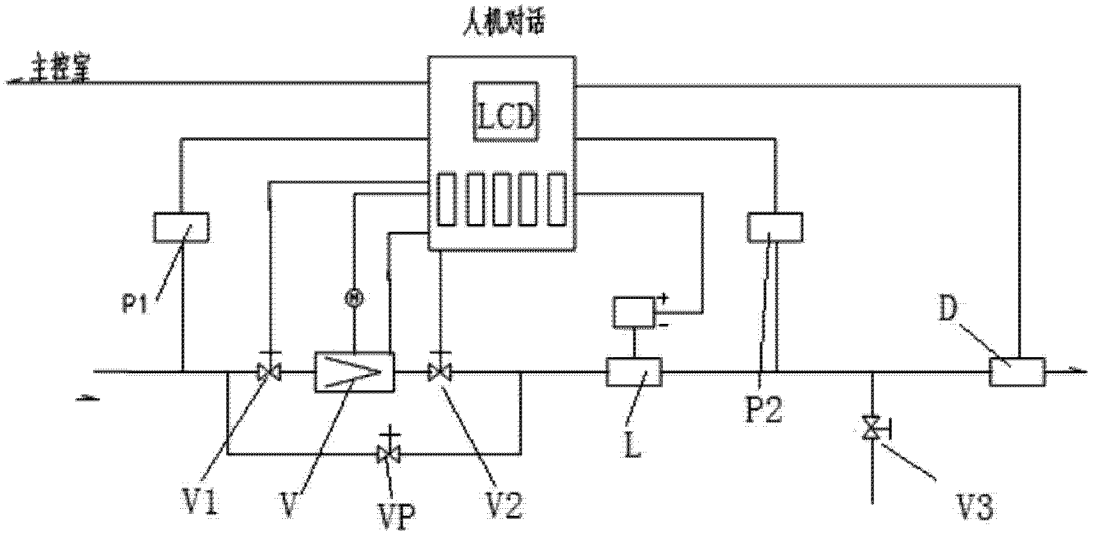


图 4