



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103887543 A

(43) 申请公布日 2014. 06. 25

(21) 申请号 201210563794. 3

(22) 申请日 2012. 12. 21

(71) 申请人 中国科学院大连化学物理研究所
地址 116023 辽宁省大连市中山路 457 号

(72) 发明人 王萌 程谟杰 涂宝峰 区定容
崔大安

(74) 专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限公司 21002

代理人 马驰

(51) Int. Cl.

H01M 8/04 (2006. 01)

H01M 8/06 (2006. 01)

权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种固体氧化物燃料电池装置的热管理方法

(57) 摘要

本发明涉及一种固体氧化物燃料电池装置的热管理方法,特别涉及燃料电池装置独立发电过程中负载改变的热管理方法。其特征在于,是一种迭代的自适应控制方法,由初始化模块、参数采集模块、当前装置运转状态判断模块、控制逻辑生成模块、控制量计算模块、控制量下载模块及参数设定模块组成。当前装置运转状态判断模块,根据预设电堆温度及燃烧室温度区间进行判断;控制逻辑生成模块,根据之前及当前装置状态进行逻辑推导;控制量计算模块,其首次调节量是基于输出电流的,后续调节对前次调节定量修正;参数设定模块,可对热管理方法进行配置。与现有技术相比,本发明具有控制回路结构清晰,算法简单,运行稳定可靠,适用性强等特点。

1. 一种固体氧化物燃料电池装置的热管理方法,其特征在于:

装置由电堆子系统、气体供给子系统、负载子系统及仪器仪表控制子系统组成;

所述电堆子系统包括固体氧化物燃料电池电堆、重整室、燃烧室及换热器;

阳极的燃料甲烷和水经换热器预热后通入重整室重整,重整室重整后的气体进入电堆的阳极入口,阴极的空气经换热器预热后通入电堆的阴极入口,电堆的阳极出口和阴极出口尾气通入燃烧室燃烧后经换热器进行热量回收,回收热量用于阳极的燃料甲烷和水、及阴极的空气预热;换热器为一级换热器、或二级以上串联的换热器;经换热器后的换热器出口尾气可通入下一级换热器进行热量回收,经最末一级换热器后的换热器出口尾气直接排空;

所述气体供给子系统包括甲烷储罐、水储罐、氢气储罐、氮气储罐,供给反应所需的气体;甲烷储罐、氢气储罐、氮气储罐分别通过管路经阀门和质量流量计与电堆的阳极入口相连;水储罐通过管路经阀门和水泵与电堆的阳极入口相连;电堆的阴极入口通过管路经风机与大气相连;

所述负载子系统包括用电负载,用电负载通过导线与电堆的正负相连,用于消耗电堆产生的电能,负载功率大小可由用户进行调节;

所述仪器仪表控制子系统,由上位机及相关仪器仪表组成,所述仪器仪表包含数据采集模块、气体供给控制模块及传感器;上位机与所述数据采集模块及气体供给控制模块通过通信总线进行连接,传感器与所述数据采集模块信号连接;

所述传感器安装于电堆子系统、气体供给子系统及负载子系统上,气体供给控制模块与气体供给子系统上的水泵及风机信号连接;质量流量计与上位机信号连接。

2. 如权利要求 1 所述的热管理方法,其特征在于:

所述传感器包括温度传感器、压力传感器、流量传感器、电流传感器、电压传感器、液位传感器、可燃气体传感器中的一种或二种以上。

3. 如权利要求 1 所述的热管理方法,其特征在于:

数据采集模块为模拟量输入模块,气体供给控制模块为模拟量输出模块。

4. 如权利要求 1 所述的热管理方法,其特征在于:

在上位机编写控制软件以实现装置的热管理方法,根据数据采集模块实时采集的电堆及负载数据,生成控制动作,计算所需气体及水供给量,作用于电堆子系统,实现装置的温度控制;

所述装置数据通过传感器将测量信号转换成电信号,经由数据采集模块将电信号转换为通信总线数据传递到软件入口,所述计算出的气体供给量通过通信总线,下载到气体供给控制模块及质量流量计的寄存器中,转换为阀门开度或电机转速变化,调节气体供给量;

所述传感器安装于电堆子系统、气体供给子系统及负载子系统,气体供给控制模块与气体供给子系统上的水泵及风机信号连接;质量流量计与上位机信号连接。

5. 如权利要求 4 所述的热管理方法,其特征在于:

所述热管理控制算法采用迭代控制思想,根据首次气体作用后的效果,不断修正前一口气体供给量,直至控制结果符合要求。

6. 如权利要求 4 所述的热管理方法,其特征在于:

所述控制软件由软件初始化模块、参数采集模块、当前装置运转状态判断模块、控制逻辑生成模块、控制量计算模块、控制量下载模块及参数设定模块组成；

所述参数采集模块将数据采集模块输出的总线数据采集到控制软件入口；

所述控制软件入口数据首先输入到当前装置运转状态判断模块；

所述当前装置运转状态判断模块根据软件入口数据中电堆温度及燃烧室温度大小按预设的温度-状态关系进行判断,所述关系可由用户自行设定;输出当前装置运转状态到控制逻辑生成模块,所述当前装置运转状态可以是满足温度控制目标的正常状态或不满足的故障状态,可通过控制进行故障的恢复;

所述控制逻辑生成模块,至少包含初始化、首次控制(重启控制)、正常控制、故障处理、紧急关闭等状态,状态间可进行切换,根据前一装置运转状态、当前装置运转状态及前一控制方式生成当前的控制方式,将推导的当前控制方式输出到控制量计算模块,所述正常控制状态逻辑推导,根据装置总的热量变化、控制方式优先级及存在的装置故障,进行推导,实现自动从预设的控制方式集合中获取控制装置当前控制方式;所述控制方式集合至少包含初始化、空气、燃料、微调、结束基本操作,以及控制量寻优操作;

所述控制量计算模块,含有控制量计算、限值判断及故障综合操作,根据不同的控制方式计算出燃料、水及空气的供给量,并判断其是否超限,将判断后结果输出到控制量下载模块;

所述控制量下载模块将计算的供给量下载到质量流量计、气体供给控制器的寄存器中,调节质量流量计、风机及水泵的输出;

所述软件初始化模块对软件的参量赋初值;

所述参数设定模块,可进行温度控制目标、气体调节量及控制参数设定。

一种固体氧化物燃料电池装置的热管理方法

技术领域

[0001] 一种固体氧化物燃料电池装置的热管理方法,属于燃料电池控制技术领域,尤其涉及负载变化情况下的燃料电池热管理控制技术领域。

背景技术

[0002] 固体氧化物燃料电池是一种在中高温下直接将储存在燃料与氧化剂中的化学能直接转换为电能的发电装置,具有燃料适应性广、能量转换效率高、全固态、模块化组装及零污染等优点,可以直接使用氢气、一氧化碳、天然气、液化气、煤气及生物质气等多种碳氢燃料。在大型集中供电、中型分电和小型家用热电联供等民用领域作为固定电站,以及作为船舶动力电源、交通车辆动力电源等移动电源,都有广阔的应用前景。

[0003] 固体氧化物燃料电池独立发电系统中,由用户根据需要进行负载调节,电堆输出电能需要跟踪外部负载变化,在此过程中,要维持系统高效、稳定、安全的运行,电堆工作温度起着至关重要的作用。

[0004] 燃料电池系统是一个复杂的化学、物理过程,具有非线性、时变、大时滞、多输出多输出及参量耦合等特征,无法建立准确的机理模型及现场进行测量以获取经验模型,因而采用常规控制方法起不到好的控制效果。

[0005] 由于系统工艺不同,运行参数不同,固定的控制参数无法满足控制目标。

发明内容

[0006] 为了解决以上问题,本发明提出了一种固体氧化物燃料电池装置的热管理方法,适用于燃料电池独立发电装置负载改变时的温度控制。该方法根据采集的电堆温度及燃烧室温度并结合输出电流值,计算出首次气体供给值,作用于装置,并根据控制结果按照控制逻辑,迭代的进行控制量修正,直至符合控制目标为止。此外,该方法的控制参数是可设置的。

[0007] 本发明的技术方案:

[0008] 一种固体氧化物燃料电池装置的热管理方法,装置由电堆子系统、气体供给子系统、负载子系统及仪器仪表控制子系统组成。

[0009] 所述电堆子系统包括固体氧化物燃料电池电堆、重整室、燃烧室及换热器。阳极的燃料甲烷和水经换热器预热后通入重整室重整,重整室重整后的气体进入电堆的阳极入口,阴极的空气经换热器预热后通入电堆的阴极入口,电堆的阳极出口和阴极出口尾气通入燃烧室燃烧后经换热器进行热量回收,回收热量用于阳极的燃料甲烷和水、及阴极的空气预热。换热器为一级换热器、或二级以上串联的换热器。经换热器后的换热器出口尾气可通入下一级换热器进行热量回收,经最末一级换热器后的换热器出口尾气直接排空。

[0010] 所述气体供给子系统包括甲烷储罐、水储罐、氢气储罐、氮气储罐,供给反应所需的气体,甲烷储罐、氢气储罐、氮气储罐分别通过管路经阀门和质量流量计与电堆的阳极入口相连,水储罐通过管路经阀门和水泵与电堆的阳极入口相连,电堆的阴极入口通过管路

经风机与大气相连。

[0011] 所述负载子系统包括用电负载,用电负载通过导线与电堆的正负相连,用于消耗电堆产生的电能,负载功率大小可由用户进行调节。

[0012] 所述仪器仪表控制子系统,由上位机及相关仪器仪表组成,所述仪器仪表包含数据采集模块、气体供给控制模块及传感器。上位机与所述数据采集模块及气体供给控制模块通过通信总线进行连接,所述通信总线可以是 485 总线或其他现场总线。传感器与所述数据采集模块信号连接。气体供给控制模块与气体供给子系统上的水泵及风机信号连接,质量流量计与上位机信号连接。所述数据采集模块为 ADAM4118 模块,所述气体供给控制模块为 ADAM4024 模块。所述传感器安装于电堆子系统、气体供给子系统及负载子系统,包括温度传感器、压力传感器、流量传感器、电流传感器、电压传感器、液位传感器、可燃气体传感器中的一种或二种以上。所述温度传感器分别置于电堆、燃烧室中,测量电堆温度及燃烧室温度,至少包含电堆温度传感器及燃烧室温度传感器。所述压力传感器置于质量流量计、水泵及风机的管路出口,测量出口压力。所述流量传感器置于水泵及风机出口管路,测量输出介质流量。所述电流传感器置于负载子系统中与电堆相连的单根导线上,测量电堆输出总电流。所述电压传感器,置于负载子系统与电堆相连的两跟导线上,测量电堆输出总电压。所述液位传感器置于水罐内,测量用于重整反应的水罐液位。所述可燃气体传感器,至少包括仪器仪表子系统和电堆尾气出口两处检测点,用于检测气体泄露。

[0013] 在上位机编写控制软件以实现装置的热管理方法,根据数据采集模块实时采集的电堆及负载数据,生成控制动作,计算所需气体及水供给量,作用于电堆子系统,实现装置的温度控制。

[0014] 所述装置数据通过传感器将测量信号转换成电信号,经由数据采集模块将电信号转换为通信总线数据传递到软件入口,所述计算出的气体供给量通过通信总线,下载到气体供给控制模块及质量流量计的寄存器中,转换为阀门开度或电机转速变化,调节气体供给量。

[0015] 所述传感器安装于电堆子系统、气体供给子系统及负载子系统,气体供给控制模块与气体供给子系统上的水泵及风机信号连接;质量流量计与上位机信号连接。

[0016] 所述热管理控制算法采用迭代控制思想,根据首次气体作用后的效果,不断修正前一气体供给量,直至控制结果符合要求。

[0017] 所述控制软件由软件初始化模块、参数采集模块、当前装置运转状态判断模块、控制逻辑生成模块、控制量计算模块、控制量下载、参数设定模块组成。

[0018] 所述参数采集模块将数据采集模块输出的总线数据采集到控制软件入口;

[0019] 所述控制软件入口数据首先输入到当前装置运转状态判断模块;

[0020] 所述当前装置运转状态判断模块根据软件入口数据中电堆温度及燃烧室温度大小按预设的温度-状态关系进行判断,通过测量值与预设值进行比较,得出当前装置运转状态,所述关系可由用户自行设定。输出当前装置运转状态到控制逻辑生成模块,所述当前装置运转状态可以是满足温度控制目标的正常状态或不满足的故障状态,可通过控制进行故障的恢复;

[0021] 所述控制逻辑生成模块,至少包含初始化、首次控制(重启控制)、正常控制、故障处理、紧急关闭等状态,状态间可进行切换,根据前一装置运转状态、当前装置运转状态及

前一控制方式生成当前的控制方式,将推导的当前控制方式输出到控制量计算模块。所述正常控制状态逻辑推导,根据装置总的热量变化、控制方式优先级及存在的装置故障,进行推导,实现自动从预设的控制方式集合中获取控制装置当前控制方式。所述控制方式集合至少包含初始化、空气、燃料、微调、结束基本操作,以及控制量寻优操作。所述故障至少包括质量流量计、风机及水泵的量程上下限;

[0022] 所述控制量计算模块,含有控制量计算、限值判断及故障综合操作。所述控制量计算操作,为对前一时刻气体供给量的修正,计算出当前燃料、水及空气供给量。所述限值判断操作对控制量的大小及变化速度进行判断。所述故障综合操作判断将前一时刻故障与当前时刻故障进行合并;

[0023] 所述控制量下载模块将计算的供给量下载到质量流量计、气体供给控制器的寄存器中,调节质量流量计、风机及水泵的输出;

[0024] 所述软件初始化模块对软件的参量赋初值;

[0025] 所述参数设定模块,可进行温度控制目标、气体调节量及控制参数设定。所述控制目标设定包含电堆温度及燃烧室温度区间设定。所述气体调节量设定含首次设定及正常控制中气体调节量设定。所述首次设定根据预设的以电流为自变量公式进行计算,所述公式可以是多项式,多项式系数由用户设定。所述调节量初值是固定的,大小可以由用户指定。所述调节量包括燃料、水及空气。所述控制参数设定包括控制软件的控制周期设定。所述参数设定可根据试验或仿真数据。

[0026] 与现有技术相比,本发明的优点在于控制回路结构清晰,算法简单,运行稳定可靠,适用性强等特点。

附图说明

[0027] 图 1 控制装置结构图;

[0028] 图 2 控制装置设备连接框图;

[0029] 图 3 控制逻辑生成模块状态转移图;

[0030] 图 4 正常控制状态逻辑推导。

具体实施方式

[0031] 以下结合技术方案和附图详细叙述本发明具体实施例。

[0032] 实施例 1 :控制逻辑生成模块运转流程

[0033] 所述控制逻辑生成模块,对装置运转逻辑进行分析归类,分为初始化状态、首次控制状态(重启控制状态)、正常控制状态、故障处理状态及紧急关闭状态。状态间可进行切换,实现正常运行状态控制逻辑生成。

[0034] 初始化状态对控制逻辑生成模块参数进行初始化。首次控制(重启控制)状态,根据当前负载电流值,按照首次设定公式,重新计算气体供给值并作用于装置。正常控制状态,根据装置温度测量参数,对气体供给值进行修正,使电堆温度及燃烧室温度满足温度设定值。故障处理状态,分为首次设定故障处理和正常控制故障处理,进行故障的判断及处理。紧急关闭状态,执行紧急关闭流程。

[0035] 通过当前装置运转状态判断模块可得出当前装置运转状态,根据其期望温度偏

差的大小,分为正常控制区域,重启控制区域及紧急关闭控制区域。

[0036] 所述控制逻辑生成模块中的状态转移,是基于控制区域的。初始化状态为控制逻辑生成模块的默认状态,判断所处控制区域,进入首次设定或正常控制状态。正常控制区域中,首先进入首次设定状态,然后进入正常控制状态;重启控制区域中,首先进入故障处理状态,故障处理成功,返回前一状态,故障处理失败,进入重启控制状态;紧急关闭控制区域中,首先进入故障处理状态,故障处理成功,返回前一状态,故障处理失败,进入紧急关闭状态。增加故障状态处理,进行故障诊断及恢复,可减少装置的停机次数,节约资源。

[0037] 控制逻辑生成模块状态转移图如图 3 所示。

[0038] 实施例 2:正常控制状态逻辑推导运转流程

[0039] 所述正常控制状态逻辑推导,根据装置总的热量变化、控制方式优先级及之前存在装置故障,进行推导,实现自动从预设的控制方式集合中获取控制装置当前控制方式。所述控制方式集合包含初始化、空气、燃料、微调、结束等基本操作,同时含有寻优操作以逼近最终的计算量。所述寻优操作包含空气寻优、燃料寻优及微调寻优,采用折半寻优或其他方式。所述控制方式优先级由高至低依次为空气、燃料、微调及结束。

[0040] 在所述正常控制区域中,可执行正常控制状态逻辑推导,定义正常控制区域中每一当前装置运转状态的热参量状态(增加或减少),及其对应的基本操作。比较前一装置运转状态及当前装置运转状态,若热参量状态不变,执行当前装置运转状态对应的基本操作,否则,进行寻优操作。此外,若当前基本操作下出现装置故障,执行下一优先级的基本操作,直至执行结束基本操作。

[0041] 正常控制状态逻辑推导如图 4 所示。

[0042] 实施例 3:负载改变的热管理控制流程

[0043] 设控制软件采集电堆温度 T_{stack} 、燃烧室温度 T_{burner} 及负载电流 I_{stack} ;用户设定电堆温度及燃烧室温度控制目标分别为, $790 \leq T_{stack} \leq 810$, $T_{burner} \leq 900$;气体供给的水碳比 $n_{SC}=2$,空燃比 $n_{AF}=25$,首次设定公式中燃料流量 $F_{fuel}=a \cdot I_{stack} \cdot I_{stack}+b \cdot I_{stack}+c$,水流量 $F_{H2O}=n_{SC} \cdot F_{fuel}$,空气流量 $F_{Air}=n_{AF} \cdot F_{fuel}$ 。大量空气修正量 $F_{AirDelta} = F_{fuel} \cdot A$,燃料修正量 $F_{fuelDelta} = F_{fuel} \cdot B$,空气微调修正量 $F_{AirDelta} = F_{fuel} \cdot C$ 。

[0044] 负载改变后执行如下调节步骤:

[0045] 步骤 1:负载改变后,电堆温度及燃烧室温度改变,假设经当前装置运转状态判断后进入首次设定状态,对应控制量计算模块中,根据首次设定公式计算出燃料流量 F_{fuel} 、水流量 F_{H2O} 及空气流量 F_{Air} ,通过控制量下载模块分别作用于质量流量计、气体供给控制器,调节气体流量;

[0046] 步骤 2:气体改变后,电堆温度及燃烧室温度改变,下一时刻,即首次设定后下一时刻,此时前一控制方式未赋值,经当前装置运转判断模块判断装置当前状态,计算气体供给量。电堆温度过高,进行大量空气增加调节,空气流量 $F_{Air} = F_{Air}+F_{AirDelta}$;电堆温度高,进行燃料减少调节,燃料流量 $F_{fuel}=F_{fuel}-F_{fuelDelta}$;电堆温度满足燃烧室温度不满足,进行微调增加调节,空气流量 $F_{Air} = F_{Air}+F_{AirDelta}$;电堆温度低燃烧室温度满足,进行燃料增加调节,燃料流量 $F_{fuel}=F_{fuel}+F_{fuelDelta}$;电堆温度低燃烧室温度高,进行微调增加调节,空气流量 $F_{Air} = F_{Air}+F_{AirDelta}$;电堆温度及燃烧室温度均满足,保持气体供给量。

[0047] 步骤3:气体改变后,电堆温度及燃烧室温度改变,下一时刻,此时控制方式已赋值,经当前装置运转判断模块判断当前状态,得出初始控制方式,判断其与前一控制方式对电堆温度及燃烧室温度是否一致,一致保持此控制方式,否则,进行寻优操作,寻优包括空气寻优、燃料寻优及微调寻优。此外,控制方式具有优先级,空气操作、燃料操作及微调操作优先级递减。若当前控制方式对应的控制量超出质量流量计、水泵及风机的量程,进入下一优先级方式调节。

[0048] 步骤4:重复步骤3以寻优最终的气体供给量。并在负载改变时执行步骤1开始新的控制流程。

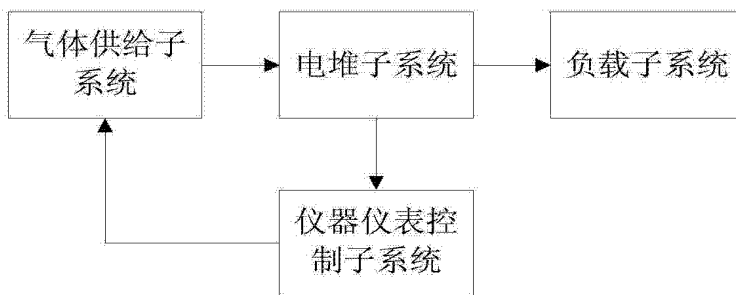


图 1

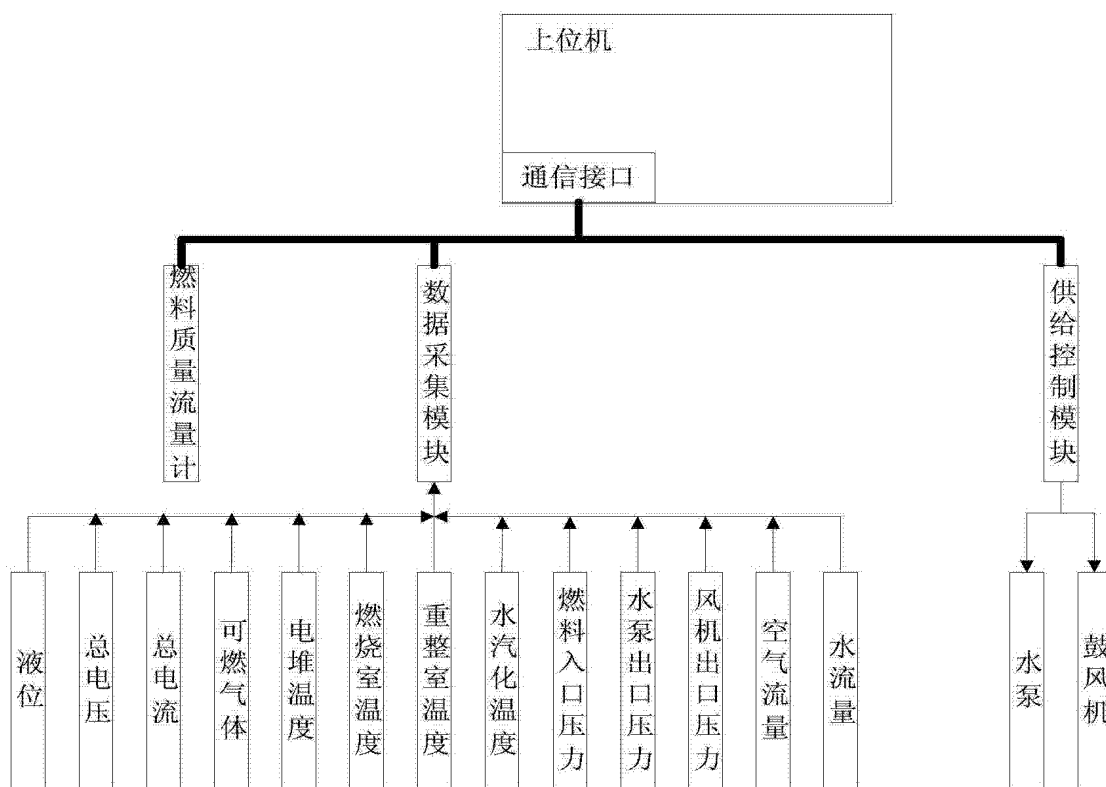


图 2

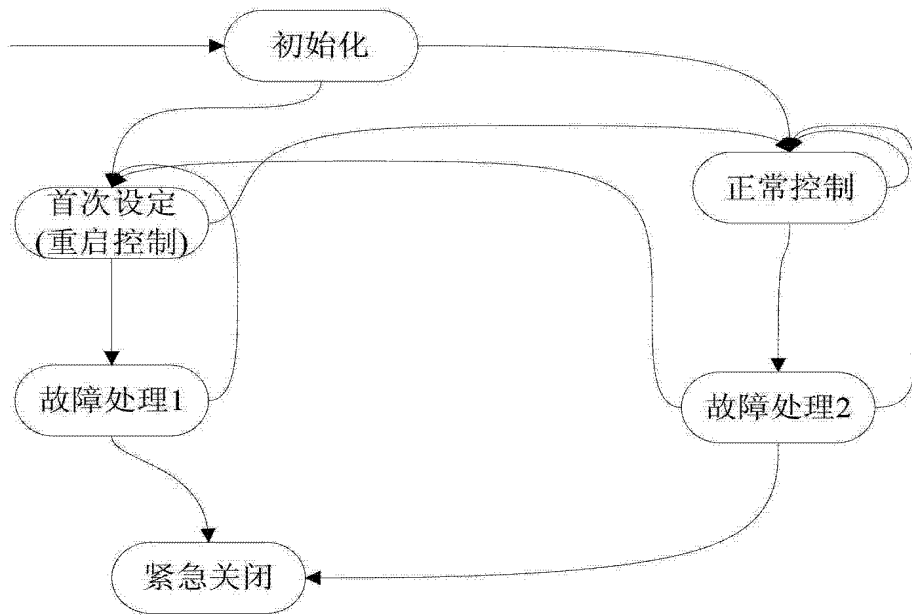


图 3

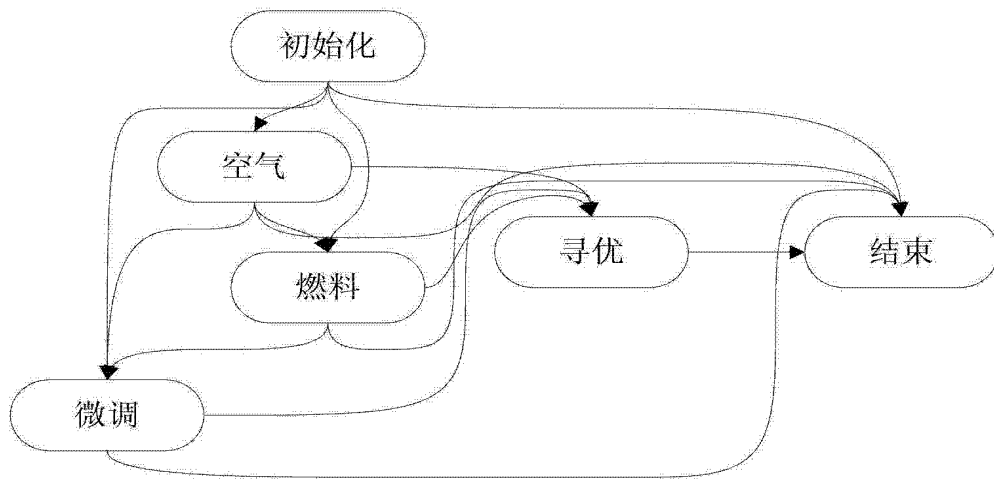


图 4