

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G05B 23/02

G01N 33/00



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97101012.9

[43] 授权公告日 2003 年 4 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 1105341C

[22] 申请日 1997.1.10 [21] 申请号 97101012.9

[30] 优先权

[32] 1996. 1. 11 [33] JP [31] 003371/1996

[32] 1996. 6. 28 [33] JP [31] 169480/1996

[71] 专利权人 株式会社东芝

地址 日本神奈川县

[72] 发明人 门田一雄 泷泽洋二

审查员 王 奕

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

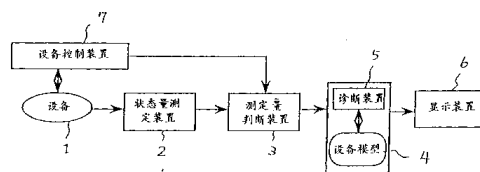
代理人 董 巍 叶凯东

权利要求书 8 页 说明书 27 页 附图 9 页

[54] 发明名称 一种对设备的异常源进行推断的设备异常诊断及装置

[57] 摘要

在由质量/能流结构和作为其实现目的的目的呈分级结构表示的抽象功能等级设备模型上,把根据来自设备的检测值数据的正常/异常判断结果进行变换,对异常传播网络进行检测。由于选择最上位目的的优先等级为最高的网络的最底层的流动结构作为最初诊断对象,从而可对认为是功能上重要、并且靠近异常发生源的流动结构优先进行诊断。该流动结构的诊断是这样进行的,即通过假设和检验检测异常要素,通过质量/能量平衡原理等对这些异常要素进行评价,针对该评价结果根据经验规律对异常源进行推断。



1.一种对设备的异常源进行推断的设备诊断方法，该方法根据来自设备的检测值数据对设备的异常源进行推断，该方法包括：

5 收集上述检测值数据的步骤；

根据所收集的检测值数据对设备中的各个功能状态是否正常进行判断的检测值判断步骤；

根据在上述检测值判断步骤中所得出的信息，采用由流动功能表示的抽象功能等级的设备模型，对设备异常源进行推断的步骤，

10 其特征在于，上述推断步骤包括：

模型要素判断步骤，该步骤为：根据上述检测值判断步骤所得出的信息，在下述的设备模型中，从顶层的模型要素开始按顺序对各个模型要素状态进行是否正常的判断，上述设备模型把由上述流动功能网络表示的流动结构和该流动结构的实现目标即目的作为模型要素呈分级结构构成；

15 检测步骤，该步骤为：相对上述设备模型，检测异常传播网络，该网络由未通过上述模型要素判断步骤而进行正常判断的要素构成。

2.根据权利要求1所述的方法，其特征在于，上述推断步骤包括：

确定上述异常传播网络的各个流动结构的诊断顺序的步骤；

20 根据所确定的诊断顺序对每个流动结构进行异常流动功能辨别的诊断步骤。

3.根据权利要求2所述的方法，其特征在于，确定上述诊断顺序的步骤包括：

25 确定网络间优先等级的步骤，该步骤为：在检测出有多个上述异常传播网络时，按照相应网络的最高等级目的预先设定的较高优先等级的顺序提高与相应目的有关的网络优先等级，在上述异常传播网络具有分支结构时，按照紧靠分支点下面的目的的优先等级较高的顺序提高与相应目的有关的下位网络优先等级，来确定上述网络间的优先等级；

30 确定诊断顺序的步骤，该步骤为：在其优先等级为最高的网络中，将最下位的流动结构的诊断次序定为第1位，并按由此依次向上的顺序逐个确定流动结构的诊断顺序，接着对下一优先等级高的网络流动结构，按其下位的流动结构向上的顺序确定诊断顺序，这样可确定上述异常传播网络内的各个流动结构的诊断顺序。

4.根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，上述诊断步骤包括：

第 1 假设步骤，该步骤为：在诊断对象的流动结构中，把不通过由检测值判断为正常的流动功能、而连接于由检测值判断为异常的流动功能之间的通路上的流动功能假设为异常。

5 5.根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，上述诊断步骤包括：

对在第 1 假设步骤中判断为异常的流动功能、求出相关的状态量的步骤；

根据所求出的状态量、通过下述约束条件对在上述第 1 假设步骤中判断为异常的流动功能进行是否为异常的评价步骤，该约束条件和与正常值的偏差、流动功能输入和输出的平衡以及流动功能的类别相对应；

由该评价结果，根据经验规律对异常流动功能进行辨别，并对异常源进行推断的步骤。

6.根据权利要求 5 所述的方法，其特征在于，上述诊断步骤包括：

第 2 假设步骤，该步骤为：在推断步骤中不能对异常流动功能进行辨别时，把与根据检测值判断为异常的流动功能相邻接的流动功能假设为异常；把不通过由检测值判断为正常的流动功能、而连接于异常的流动功能之间的通路上的流动功能假设为异常。

7.根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，上述诊断步骤包括：

对于上述第 2 假设步骤中判断为异常的流动功能、求出相关的状态量的步骤；

根据所求出的状态量、通过下述约束条件对在上述第 2 假设步骤中判断为异常的流动功能进行是否为异常的评价步骤，该约束条件和与正常值的偏差、流动功能输入和输出的平衡以及流动功能的类别相对应。

8.根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，上述诊断步骤包括：

在推断步骤中不能对异常流动功能进行辨别时，对于在第 1 假设步骤中判断为正常的流动功能，求出相关的状态量的步骤；

根据所求出的状态量、通过下述约束条件对上述判断为正常的流动功能进行是否正常的评价步骤，该约束条件和与正常值的偏差、流动功能输入和输出的平衡以及流动功能的类别相对应。

30 9.根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，上述诊断步骤包括：

第 3 假设步骤，该步骤为：在推断步骤中不能对异常流动功能进行辨别时，把最靠近根据检测值判断为异常的流动功能的、并且通过检测值

判断为正常的流动功能的检测值数据假设为异常；不通过由检测值判断为正常的流动功能、而连接于异常的流动功能之间的通路上的流动功能假设为异常。

10.根据权利要求9所述的方法，其特征在于，上述诊断步骤包括：

- 5 对于上述第3假设步骤中判断为异常的流动功能、求出相关的状态量的步骤；

根据所求出的状态量、通过下述约束条件对上述判断为异常的流动功能进行是否为异常的评价步骤，该约束条件和与正常值的偏差、流动功能输入和输出的平衡以及流动功能的类别相对应。

- 10 11.根据权利要求2所述的方法，其特征在于，上述诊断步骤包括：

辨别步骤，该步骤为：在诊断对象的流动结构中辨别出异常流动功能时，如果对该辨别出有异常的流动功能还具有更具体的流动结构，则对该具体流动结构进行诊断，并进行更为具体的异常源的辨别。

12.根据权利要求1所述的方法，其特征在于，上述推断步骤包括：

- 15 第1假设步骤，该步骤为：在由流动功能网络表现的设备模型中，把不通过由检测值判断为正常的流动功能、而连接于由检测值判断为异常的流动功能之间的通路上的流动功能假设为异常。

13.根据权利要求12所述的方法，其特征在于，上述推断步骤包括：

- 20 计算出与在第1假设步骤判断为异常的流动功能有关的状态量的步骤；

根据该计算出的状态量、通过下述约束条件对上述判断为异常的流动功能进行是否为异常的评价步骤，该约束条件和与正常值的偏差、流动功能输入和输出的平衡以及流动功能的类别相对应；

- 25 由该评价结果，根据经验规律对异常流动功能进行辨别，并对异常源进行推断的步骤。

14.根据权利要求13所述的方法，其特征在于，上述诊断步骤包括：

- 30 第2假设步骤，该步骤为：在推断步骤中不能对异常的流动功能进行辨别时，把与根据检测值判断为异常的流动功能相邻接的流动功能假设为异常；把不通过由检测值判断为正常的流动功能、而连接于异常的流动功能之间的通路上的流动功能假设为异常。

15.根据权利要求14所述的方法，其特征在于，上述诊断步骤包括：

对于上述第2假设步骤中判断为异常的流动功能、求出相关的状态

量的步骤;

根据所求出的状态量、通过下述约束条件对上述判断为异常的流动功能进行是否为异常的评价步骤, 该约束条件和与正常值的偏差、流动功能输入和输出的平衡以及流动功能的类别相对应。

- 5 16.根据权利要求 13 所述的方法, 其特征在于, 上述诊断步骤包括:
在推断步骤中不能对异常流动功能进行辨别时, 对于在第 1 假设步骤中判断为正常的流动功能、求出对应的状态量的步骤;

- 根据所求出的状态量、通过下述约束条件对上述判断为正常的流动功能进行是否正常的评价步骤, 该约束条件和与正常值的偏差、流动功能
10 输入和输出的平衡以及流动功能的类别相对应。

- 17.根据权利要求 13 所述的方法, 其特征在于, 上述诊断步骤包括:
第 3 假设步骤, 该步骤为: 在推断步骤中不能对异常流动功能进行辨别时, 把最靠近根据检测值判断为异常的流动功能的、并且通过检测值判断为正常的流动功能的检测值数据假设为异常; 把不通过由检测值判断
15 为正常的流动功能、而连接于通过检测值判断为异常的流动功能之间的通路上的流动功能假设为异常。

- 18.根据权利要求 13 所述的方法, 其特征在于, 上述诊断步骤包括:
对于上述第 3 假设步骤中判断为异常的流动功能、求出对应的状态量的步骤;
20 根据所求出的状态量、通过下述约束条件对上述判断为异常的流动功能进行是否为异常的评价步骤, 该约束条件和与正常值的偏差、流动功能输入和输出的平衡以及流动功能的类别相对应。

- 19.一种对设备的异常源进行推断的设备异常诊断装置, 该装置根据来自设备的检测值数据对设备的异常源进行推断, 其特征在于, 该装置包
25 括:

设备模型的存储机构, 该设备模型按抽象功能等级以分级结构来表示设备功能;

- 检测量判断机构, 该机构根据上述检测信号计算与上述设备模型相对应的状态量、并将上述状态量计算值与相应的设定值进行比较从而进行
30 是否正常的判断;

 诊断机构, 该机构根据由上述检测量判断机构作出的判断信息采用上述设备模型对设备异常源进行推断; 其包括下述机构, 该机构相对以分

级结构构成上述设备模型的各个模型要素的功能状态、根据上述判断信息按从上位到下位的方向顺序进行是否正常的判断，并检测出由判断为异常的模型要素构成的异常传播网络；

显示上述诊断机构所得出的推断过程以及诊断结果的显示装置。

5 20.根据权利要求 19 所述的装置，其特征在于，上述设备模型通过由流动功能网络表示的流动结构，以及作为该流动结构的实现目标的、且成为其上一层流动结构的保持条件的目的呈分级结构所构成。

21.根据权利要求 19 所述的装置，其特征在于，上述异常传播网络检测机构将包括通过上述检测量判断机构判断为异常的状态量的模型要素判
10 断为异常。

22.根据权利要求 19 所述的装置，其特征在于，上述异常传播网络检测机构将根据上述检测量判断机构所作出的判断信息对不能判断的的模型要素作为暂时异常处理，并包括在上述异常传播网络中。

23.根据权利要求 20 所述的装置，其特征在于，上述诊断机构包括下
15 述确定机构，该机构在检测出有多个上述异常传播网络时，按所检测出的网络最上位的目的的优先等级较高的顺序，提高与相应的目的有关的网络的优先等级，在上述异常传播网络具有分支结构时，按照紧靠分支点下面的目的的优先等级较高的顺序提高与相应目的有关的下位网络优先等级，将优先等级最高的网络的最下位的流动结构的诊断顺序定为第 1 位，并按
20 由此依次向上的顺序逐个确定流动结构的诊断顺序，接着对于下一优先等级较高的网络流动结构，按从其下位的流动结构向上的顺序确定诊断顺序，这样可确定上述异常传播网络的各个流动结构的诊断顺序。

24.根据权利要求 23 所述的装置，其特征在于，上述设备模型中的各个目的优先等级可根据设备事件状态进行设定变换。

25 25.根据权利要求 23 所述的装置，其特征在于，上述诊断机构包括：
流动结构诊断机构，该机构根据上述异常传播网络内部的流动结构的诊断顺序对上述流动结构进行诊断、并对异常的流动功能进行辨别。

26.根据权利要求 25 所述的装置，其特征在于，当诊断对象流动结构中辨别为异常的流动功能中还更具有具体的流动结构时，上述流动结构
30 诊断机构对该具体流动结构进行诊断、并对异常源进行更具体的辨别。

27.根据权利要求 25 所述的装置，其特征在于，上述流动结构诊断机构包括：

第 1 假设机构，该机构在诊断对象的流动结构中，把不通过由检测值判断机构判断为正常的流动功能、而连接于由检测量判断机构判断为异常的流动功能之间的通路上的流动功能假设为异常；

推断机构，该机构对于根据第 1 假设机构而判断为异常的流动功能，
5 计算出相关的状态量，通过下述约束条件进行是否为异常的评价，该约束条件和与正常值的偏差、流动功能输入和输出的平衡以及流动功能的类别相对应；并由该评价结果，根据经验规律对异常的流动功能进行辨别、且对异常源进行推断。

28.根据权利要求 27 所述的装置，其特征在于，上述流动结构诊断机
10 构包括：

第 2 假设机构，该机构在不能通过上述推断机构对上述异常的流动功能进行辨别时，把与根据检测量判断机构判断为异常的流动功能相邻接的流动功能假设为异常，把不通过由检测值判断机构判断为正常的流动功能、而连接于异常的流动功能之间的通路上的流动功能假设为异常；

15 推断机构，该机构对于根据第 2 假设机构而判断为异常的流动功能，计算出相关的状态量，通过下述约束条件进行是否为异常的评价，该约束条件和与正常值的偏差、流动功能输入和输出的平衡以及流动功能的类别相对应；并由该评价结果，根据经验规律对异常的流动功能进行辨别、且对异常源进行推断。

20 29.根据权利要求 27 所述的装置，其特征在于，上述流动结构诊断机构包括：

推断机构，该机构在不能根据上述推断机构对异常的流动功能进行辨别时，对于根据第 1 假设机构而判断为正常的流动功能，计算出相关的状态量，通过下述约束条件进行是否正常的评价，该约束条件和与正常值的
25 的偏差、流动功能输入和输出的平衡以及流动功能的类别相对应；并由该评价结果，根据经验规律对异常的流动功能进行辨别、且对异常源进行推断。

30.根据权利要求 27 所述的装置，其特征在于，上述流动结构诊断机构包括：

30 第 3 假设机构，该机构在不能根据上述推断机构对异常的流动功能进行辨别时，把最靠近根据检测量判断机构判断为异常的流动功能的、并且通过检测量判断机构判断为正常的流动功能的检测值假设为异常；把不

通过由上述检测量判断机构判断为正常的流动功能、而连接于由此判断为异常的流动功能之间的通路上的流动功能假设为异常。

推断机构，该机构对于根据第 3 假设机构而判断为异常的流动功能，计算出相关的状态量，通过下述约束条件进行是否为异常的评价，该约束条件和与正常值的偏差、流动功能输入和输出的平衡以及流动功能的类别相对应；并由该评价结果，根据经验规律对异常的流动功能进行辨别、且对异常源进行推断。

31.根据权利要求 19 所述的装置，其特征在于，上述检测量判断机构可根据设备的事件状态改变上述设定值。

10 32.根据权利要求 19 所述的装置，其特征在于，上述显示装置采用上述设备模型全体显示通过上述诊断机构进行的推断过程和推断结果。

33.根据权利要求 19 所述的装置，其特征在于，上述显示装置采用上述异常传播网络显示通过上述诊断机构进行的推断过程和推断结果。

15 34.一种对设备的异常源进行推断的设备异常诊断装置，该装置根据来自设备的状态量检测信号对设备的异常源进行推断，其特征在于，该装置包括：

设备模型的存储机构，该设备模型通过抽象功能等级的流动功能来表示设备功能；

20 检测量判断机构，该机构根据上述检测信号计算与上述设备模型相对应的状态量、并将上述状态量计算值与相应的设定值进行比较从而进行是否是正常的判断；

诊断机构，该机构根据由上述检测量判断机构作出的判断信息采用上述设备模型对设备异常源进行推断；其包括第 1 假设机构，该机构在上述设备模型中，把不通过由检测值判断机构判断为正常的流动功能、而连接于通过检测量判断机构判断为异常的流动功能之间的通路上的流动功能假设为异常；推断机构，该机构对于根据第 1 假设机构而判断为异常的流动功能，计算出相关的状态量，通过下述约束条件进行是否为异常的评价，该约束条件和与正常值的偏差、流动功能输入和输出的平衡以及流动功能的类别相对应；并由该评价结果，根据经验规律对异常的流动功能进行辨别、且对异常源进行推断；

30 显示上述诊断机构所进行的推断过程以及诊断结果的显示装置。

35.根据权利要求 34 所述的装置，其特征在于，上述诊断机构包括：

第 2 假设机构，该机构在不能通过上述推断机构对异常的流动功能进行辨别时，把与根据检测量判断机构判断为异常的流动功能相邻接的流动功能假设为异常；把不通过由检测值判断机构判断为正常的流动功能、而连接于异常的流动功能之间的通路上的流动功能假设为异常；

5 推断机构，该机构对于根据第 2 假设机构而判断为异常的流动功能，计算出相关的状态量，通过下述约束条件进行是否为异常的评价，该约束条件和与正常值的偏差、流动功能输入和输出的平衡以及流动功能的类别相对应；并由该评价结果，根据经验规律对异常的流动功能进行辨别、且对异常源进行推断。

10 36.根据权利要求 34 所述的装置，其特征在于，上述诊断机构包括：

推断机构，该机构在不能根据上述推断机构对异常的流动功能进行辨别时，对于根据第 1 假设机构而判断为正常的流动功能，计算出相关的状态量，通过下述约束条件进行是否正常的评价，该约束条件和与正常值的偏差、流动功能输入和输出的平衡以及流动功能的类别相对应；并由该
15 评价结果，根据经验规律对异常的流动功能进行辨别、且对异常源进行推断。

37.根据权利要求 34 所述的装置，其特征在于，上述诊断机构包括：

第 3 假设机构，该机构在不能根据上述推断机构对异常的流动功能进行辨别时，把最靠近根据检测量判断机构判断为异常的流动功能的、并
20 且通过检测量判断机构判断为正常的流动功能的检测值假设为异常，把不通过由上述检测量判断机构判断为正常的流动功能、而连接于由此判断为异常的流动功能之间的通路上的流动功能假设为异常。

推断机构，该机构对于根据第 3 假设机构而判断为异常的流动功能，计算出相关的状态量，通过下述约束条件进行是否为异常的评价，该约束
25 条件和与正常值的偏差、流动功能输入和输出的平衡以及流动功能的类别相对应；并由该评价结果，根据经验规律对异常的流动功能进行辨别、且对异常源进行推断。

38.根据权利要求 34 所述的装置，其特征在于，上述检测量判断机构可根据设备等等事件状态改变上述设定值。

一种对设备的异常源进行推断的
设备异常诊断及装置

5

发明领域

本发明涉及下述的装置及其设备诊断方法，该装置采用抽象功能等级的设备模型通过人们易于理解的推断过程对设备进行诊断，并为操作员对设备异常提出适当的措施、判断。

10

背景技术

在原子能发电设备或石油化工设备这样大型复杂的工业过程设备的作业中，通过较早地发现设备局部中出现的异常，并采取适当的处理来防止异常的扩大，提高操作效率，保证安全这是很重要的。因此，要设置用来把握设备作业状态的多个检测器，这些检测器中多数具有警报产生功能，从而可早期检测出异常。

15

但是，经常对上述的多起警报作出快速、适合的处理会使操作员承受较大的负担，另外对设备中的全部要素状态进行检测监视也是不现实的。

20

因此，人们开发了各种下述的设备诊断装置，该装置可根据这些设备的检测信号对设备的作业状态进行诊断，并对操作员的监视、诊断业务提供帮助。其代表性的装置是预先假设设备可能发生的某些异常，存储此场合下的有代表性的设备状态量的过度变化特性曲线，在发生异常时通过与该特性曲线进行比较，从而可对任何异常的产生进行辨别。采用神经网络进行的诊断也可认为是将代表性特性曲线储存于神经网络的连线中。

25

在大型复杂的设备中还会出现可能发生各种异常情况，而预先准备这些异常情况的变化特性曲线是不容易的。此外，即使在发生符合实际的情况的场合下，显然在具体部分中其仍与所假设的情况不同，从而会产生下述可能，即所发生的事件与所准备的特性曲线不同。此外，也往往是直到发生重大事故后再根据其它产业实例假设无法预计的多种故障。

30

另外，由于操作人员对参照异常诊断装置的诊断结果进行最终判断，这样关于异常诊断装置的判断过程对该操作人员来说应是可理解、并可领会的，这一点是很重要的，但是从过去的医学领域的专家系统的实例也可

完全想到：让人们将范围很大的异常原因和观测迹象的整个情况都记住是很困难的，另外人也很难理解异常诊断装置的结果。

发明内容

因此本发明的目的在于提供一种即使对大型复杂的设备中的所谓的异常事件也可进行诊断的方法和装置。

另外，本发明的目的在于提供一种通过人容易理解的推论过程可进行设备的异常诊断的方法和装置。

本发明的另一个目的在于提供一种下述的方法和装置，该方法和装置可针对设备的异常高效率地缩小异常发生源可能性较高的区域、从而推断异常原因。

本发明的再一个目的在于提供一种可适合于各种设备过程的诊断方法和装置。

因此，本发明的根据来自设备的检测值数据对设备的异常源进行推断的设备诊断方法，其特征在于，该方法包括：

15 收集上述检测值数据步骤；

根据所收集的检测值数据对设备中的各个功能状态是否正常进行判断的检测值判断步骤；

根据在上述检测值判断步骤中所得出的信息，采用由流动功能表示的抽象功能等级的设备模型，对设备异常源进行推断的步骤。

20 另外，本发明的根据来自设备的状态量检测信号对设备的异常源进行推断的设备异常诊断装置，其特征在于，该装置包括：

设备模型的存储机构，该设备模型按抽象功能等级以分级结构来表示设备功能；

25 检测量判断机构，该机构根据上述检测信号计算与上述设备模型相对应的状态量、并将上述状态量计算值与相应的设定值进行比较从而进行是否正常的判断；

30 诊断机构，该机构根据由上述检测量判断机构作出的判断信息采用上述设备模型对设备异常源进行推断；其包括下述机构，该机构相对以分级结构构成上述设备模型的各个模型要素的功能状态、根据上述判断信息按从上位到下位的方向顺序进行是否正常的判断，并检测出由判断为异常的模型要素构成的异常传播网络；

显示上述诊断机构所得出的推断过程以及诊断结果的显示装置。

采用本发明，可获得下述效果：

(1) 由于用于诊断的设备模型为正常功能的模型，而不是假设有特定异常的模型，这样不会发生对假设以外的事件不能进行诊断的情况；

5 (2) 由于采用基于人们认识过程的知识及设备模型进行诊断，因而即使是大型复杂的设备，仍可将模型缩小到人们可进行处理的程度，另外推断结果容易理解、领会。

(3) 通过变更设备模型可适合于各种过程，另外很容易适应于设备过程的变更。

10 本发明的其它目的、特征及优点容易从根据附图进行描述的说明中得出。另外，在附图中，相同的标号表示相同的要素。

附图说明

图 1 为本发明的设备异常诊断装置的一个实施例的方框图；

图 2 为用于本发明设备诊断的抽象功能等级的设备模型的一个实例的示意图；

15 图 3 为形成用来构成设备模型的流动结构的分级结构的基本单位的示意图；

图 4 为通过设备模型检测出的异常传送网络的一个实例的示意图；

图 5 为说明根据设备模型的流动结构中的异常传送通路的异常要素判定方法的示意图；

20 图 6 为流动结构中的分支功能的异常判定方法的说明图；

图 7 为流动结构中的储藏功能的异常判定方法的说明图；

图 8 为流动结构中的输送功能的异常判定方法的说明图；

图 9 为流动结构中的能障功能的异常判定方法的说明图；

25 图 10 为用于说明本发明的设备诊断实例的沸水堆原子能发电设备的设备模型示意图；

图 11 为附加于图 10 所示的设备模型上的具体流动结构的一个实例的示意图；

图 12 为用于说明本发明的设备诊断实例的沸水堆原子能发电设备的设备模型具体流动结构的另一实例示意图。

30 具体实施方式

图 1 为本发明的设备异常诊断装置的一个实施例的示意图，它包括对设备 1 的各种状态量进行检测的状态量检测装置 2，对上述装置 2 所发出的各种检测量是否正常进行判断的检测量判断装置 3，根据该判断结果利用预先准备的设备模型 4 进行异常诊断的诊断装置 5，将诊断装置 5 所给出的诊断信息显示出来的显示装置 6。一般来说，检测量判断装置 3 和诊断装置 5 由过程计算机、工作站或个人计算机中的软件来实现。设备控制装置 7 根据操作程序进行设备 1 的启动/停止控制或进行输出调整，上述操作程序用于检测量判断装置 3 中的检测量判断基准的调整。

10 内部装设有诊断装置 5 的设备模型 4 为按照抽象功能等级对诊断对象的设备系统进行模型化的模型。人们知道，人在通过解决工业过程设备那样的大型复杂的系统所引起的问题时而进行的认识过程，根据抽象程度[沿目的一手段（end — means）轴线]按各种抽象等级将设备系统模型化。上述的抽象等级为分级结构，最高等级为设备的目的（purpose / goal），这样可确保发电设备电力生产的安全。相对上述最高等级的下一等级为抽象功能（abstract function），其表现为质量、能量或信息的流动等。另外相对上述最高等级的再下一等级与一般功能（generalized function）、物理功能（physical function）有关，而最低等级可认为是作为最具体的等级的物理形式（physical form）。

20 按上述方式，人可通过认识过程按各种抽象等级对设备系统进行模型化，其原因是：人可把考察对象提炼到较高的抽象等级中，在下述更为具体的功能等级中进行推断，该功能等级位于下位等级进一步限定的范围内，并且在推断方面运用有限资源的人脑是非常有效的。

用于本发明诊断的设备模型 4 对应于上述抽象分级结构中的抽象功能等级，它通过质量、能量的流动来表现设备功能。对于动力设备，能量是作为目的的输出，另外对于其它的设备，该能量的积蓄为安全的考虑对象。上述的流动可采用资源（source），吸能源（sink），储能槽（storage），输送（transport），分支（balance），能障（barrier）等功能要素来表现。另外，各个要素中的质量平衡/能量平衡是控制上述
30 功能要素流动的原则，其在推断中可灵活采用。

可以认为，上述要素的网络所表现的流动结构（the flow structures）

呈树状连接，它构成大型的复杂工业过程设备。

下面以举例方式对作为诊断对象的设备 1 的沸水堆 (BWR) 型原子能发电设备进行说明。对于由堆芯、再循环系统、冷凝水供给系统、主蒸气系统、涡轮发电机系统等构成的沸水堆型原子能发电设备，为构成
5 可实现电力生产的目的，如图 2 所示，用来维持上述目的 11 的热量产生、变换过程的能流可看作为最高等级的流动结构 12 。

此外，为了实现上述能流的过程，作为能量输送载体的冷却材料，即质量的流动是不可缺少的。在图 2 中，上述质量的流动由流动结构 13 表示。该流动结构 13 的目的在于维持上述热量产生、变换过程的最高等
10 级的流动结构 12 的功能，如图所示，目的 14 连于上述两个流动结构 12，13 之间。因此，对于流动结构 13 来说，上述目的 14 是可实现的，而对于最高等级的流动结构 12，该目的 14 构成维持其功能的条件。

此外，必须要设置下述泵的驱动能量的流动结构 15、16，该泵用来实现流动结构 13 中的质量流动中的输送功能，该流动结构 15、16
15 分别通过目的 17、18 与上一等级的流动结构 13 相连接。再有，为了维持流动结构 12、13、15、16 的功能，显然必须要另外设置多个流动结构，虽然该多个流动结构未在图 2 中示出。

按上述方式，可将图 3 所示的结构看作为形成上述流动结构的分级结构的基本单位。在图 3 中，目的 G_p 为流动结构 FS 的实现目标，下一
20 等级目的 G_{s1} 、 G_{s2} （在根据流动结构而另外设置有多个目的场合）表示用来维持流动结构 FS 的条件。这样，多个上述的基本单位相组合可形成设备模型 4。

另外，在图 2 所示的流动结构 12、13、15、16 中，虚线表示能量的流动，实线表示质量的流动。此外，标号 a、b、c、d、e 分别
25 表示资源、输送、储能槽、分支、吸能源等各个功能要素。

虽然设备的任何要素所产生的故障作为其功能障碍会对周边产生影响，但是可认为上述故障是在由流动结构的分级结构所表示的设备模型 4 中从该分级结构的底部向顶部产生影响的。因此若沿设备模型 4 从分
30 级结构顶部进行设备的异常监视，则可非常有效地提高设备的操作效率或安全性，从而可提早检测出功能上的主要障碍，以供对策立案之用。

因此，检测量判断装置 3 根据状态量检测装置 2 所给出的各种检测

量，计算与设备模型 4 中的各个目的、各个流动结构相对应的状态量，并根据界限值对该状态量是否异常进行判断。该判断结果用来确定下述的可进行诊断的顺序，该诊断指在诊断装置 5 中，沿设备模型 4 从分级结构顶部，对相应的流动结构内部的异常要素进行辨别等。

5 虽然诊断装置 5 可相对设备模型 4，由分级结构基本确定各个目的间的上下关系，但是由于一般来说有多个目的（安全与操作效率等），则可分别预先确定各个目的的优先等级，根据相对全部目的的优先等级的次序确定如图 3 中的基本单位的处理顺序。据此，检测出有异常影响传播的网络。这样便可在设备模型 4 中确定上述异常的传播。

10 对于图 3 所示的基本单位，不可能检测（还包括根据检测值得出的计算值）流动结构 FS 内部的全部要素状态，而其中一部分可认为是非检测状态。在检测异常传播网络时，该非检测状态作为异常进行处理。

例如在图 3 中，首先求出目的 G_p 的状态，如果正常，异常传播网络中不包括该状态，而其它场合下的网络包括该状态。之后，如果相对流
15 动结构 FS，即使其中构成要素的检测量（还包括根据检测值计算出的状态量）中的一个发生异常，则流动结构 FS 仍作为异常包括于网络中。另外，即使在流动结构 FS 中没有检测值的情况下，仍视为异常。如果流动结构 FS 发生异常，则相对与此有关的目的 G_{s1} 、 G_{s2} ，求出其状态量，并按与目的 G_p 相同的方式对其进行处理。即使在流动结构 FS 正常
20 的场合，由于上述目的 G_{s1} 、 G_{s2} 分别作为其基本单位的首要目的，根据其优先等级进行处理，这样可对全部的目的进行上述过程，从而可检测出设备 1 的异常传播网络。

接着，确定流动结构的处理顺序，该处理可对上述网络所发生的异常
25 进行检测。由于所检测出的异常传播网络一般由多个单独的网络形成，故按下述方式确定这些网络的优先顺序。

在图 4 所示的异常传播网络中，选择与下述的目的 G1 相连接的网络，在该包含网络的目的中，目的 G1 具有最高的优先等级。在该网络最底端的流动结构中，把包括通过检测量判断装置 3 确定为异常的状态
30 量的流动结构 FS1 作为最优先处理的流动结构，接着将与该流动结构相连接的上述网络中的流动结构 FS2、FS3 作为进行异常辨别诊断的第 2 个、第 3 位。

如图 4 所示, 虽然要考虑流动结构 FS4 与两个目的 G2, G3 相连接的情况, 但是比较此场合中两者的优先等级, 具有较高优先等级的目的优先处理。在此场合目的 G3 的优先等级较高。因此, 按照流动结构 FS3, FS5, FS6 的次序确定为异常辨别的处理顺序。

- 5 然后, 相对与下述目的 G4 相连接的网络, 按上述相同的方式确定流动结构 FS7, FS8 的处理顺序, 该目的 G4 在分开的网络中具有较低的优先等级。

接着, 诊断装置 5 按照通过上述方式确定的处理顺序, 首先相对排在最优先位置的流动结构, 进行对异常要素辨别的诊断。在由流动功能要素的网络所表示的流动结构中, 不可能对其全部要素状态进行检测, 一般可检测的要素仅仅包括一部分。因此, 一般来说通过检测量判断装置 3 会作出下述判断, 即上述检测要素中的一部分发生异常, 而剩余的要素保持正常, 将该判断结果输入给诊断装置 5。该诊断装置 5 根据这些输入信号针对诊断对象的流动结构中的每个要素进行正常/异常的判
15 断。

首先, 在流动结构内的要素网络中, 可假设对与通过检测量判断装置 3 判断为异常的要素相连接的非检测要素由于流动而会产生异常传播。但是在上述的故障传播进行时, 在遇到判断为正常的检测要素的场合, 则上述故障的假设是不适合的, 故必须撤销上述假设直到存在适当的理由要素。比如, 如图 5 所示, 在从判断为异常的检测要素 e1 经过要素 e2、要素 e3, 最后到达判断为异常的检测要素 e4 的场合下, 作为故障传播假定把上述要素 e2、e3 设为异常, 但是在从要素 e2 分支, 通过要素 e5 而到达判断为正常的检测要素 e6 的场合, 上述要素 e5 可保持正常。其中的一个原因是: 在发生流动的场合, 将每个要素的异常作为这些要素构成的通路(环路)/全部要素的异常判断。
25

按上述方式, 诊断装置 5 相对对象流动结构, 根据其中的部分可检测要素组的正常/异常的判断结果, 找出不通过正常要素而可连接于任何异常要素之间的全部通路。如果能给出流动结构模型, 则上述的故障传播通路的查找可通过软件进行。

- 30 随后, 根据下述观点, 该观点为: 构成流动结构的要素组中的一个要素的异常将流动结构的整个流动破坏, 整个要素组被检测为异常, 诊

断装置 5 对于通过上述故障传播方法而判断为异常的要素，分别根据质量/能量平衡原理进行异常诊断、异常位置的选定或异常辨别。

首先推定每个要素的状态量。其中首先采用判断为正常的要素组的状态量。因此，与上述故障传播相同的方法也可用于状态量的推定。对于所计算出的状态量（比如某个要素 A 的输入流量），推出与该状态量相连接的要素状态量（在上述例子中，与该要素 A 有关的要素 B 的输出流量）。如果未得出该要素状态量，则反复对于与该在先要素相连接的要素，进行上述状态量的推算。由于上述的推算仅限于正常要素，故它可采用质量平衡/能量平衡原理。因此，在某个要素的流动状态量仅仅只有一个不知道的情况下，则可通过使总和 = 0 的方式求出该未知的状态量。

接着，仍然在异常要素之间进行上述方式的状态量的传递，从而进行状态量的推定，但是由于在此场合假设发生有异常，故上述方式的状态量的推定不适合直接采用质量平衡/能量平衡原理。因此，状态量推定步骤按下述方式进行，即相对其状态量推定步骤也结束的要素，采用该要素状态量来得出其它要素状态量，从而加快状态量的推算。这样，尽可能促进状态量的推算，对于其状态量可推算的要素，进行适合于各个要素的流动功能的异常判断。

比如，对于分支，如图 6 所示，对流入、流出的流量的非平衡进行判断时，则要分别对流入、流出的分流比（分配比）进行判断。

如图 7 所示，对于储能槽，对流入、流出进行与上述分支相同的判断的同时，对储存量进行判断，对储存量的时间变化率与流量非平衡之间的守恒定律的约束条件是否满足进行判断。

输送与流动驱动力有关，适合采用物理性的泵等装置，但是如图 8 所示，在出现有与流入/流出流量、流入与流出之间的流量非平衡及驱动力有关的检测信号的场合下，要对驱动力和流量之间的约束条件（泵的性能特性等）是否满足进行判断。

此外，对于能障，如图 9 所示，在只允许止回阀单向流动的情况下，由于存在遮断隔离阀等的双向流动的情况，所以有必要对这些情况进行区分并判断。

另外，对于不能完全推算出其状态量的要素，该要素还认为异常。

5 操作员将所进行的综合判断输入知识信息处理系统与专家系统中，之后根据通过在诊断装置 5 中上述诊断方法所得出的判断结果进行综合判断，这样便对操作员提供强有力的帮助。虽然在这里所采用的知识为经验规律，它随每个产业设备的不同而不同，但是对于抽象功能等级的
10 诊断，即使输送中的每个流量检测值发生异常的情况下，如果驱动力与流量之间的约束条件得到满足，则判断该要素为正常。同样在储能槽中如果储存量的时间变化率与流量非平衡之间的守恒定律的约束条件得到满足，则判断为正常。虽然相对分支一般很难确定上述方式的优先约束条件，但是与分流比的约束条件受到破坏相比，流入与流出流量之间的
15 非平衡更为重要。但是，分流比的异常会出现与该要素效率异常有关的情况。上述观点是根据下述事实得出的，该事实为：按前述方式，流动异常中的流动环路的其中一个构成要素所产生的异常涉及整个环路。

在出现有因状态量无法获得而判断为判断不清楚的要素的情况下，由于可相对检测点对要素细分后的原因进行判断，故可尝试进行综合情
15 况的判断，或采用下述的综合判断方式，该综合判断方式指在出现有多个相同类型的环路、要素，并且具体的状态量均不清楚的情况下，通过比较已知的代表性状态量，对异常环路、要素进行辨别等。

但是，在下述场合，即作为上述综合判断结果，通过检测量判断装置 3 已判断为异常的要素最后又不能判断为异常，从而出现矛盾的结果
20 的情况下，则可认为下述情况的可能性较大，该情况为：其中一个的要素判断结果不对。其原因比如可以是在未检测状态量的情况下，当根据设备模型 4 的流动结构的要素连接关系判断为正常时，未对正常的状态量进行检测（检测仪故障等）。

因此，在上述场合下，诊断装置 5 以下述方法作出反应。一种方法
25 是一旦假设与通过检测量判断装置 3 判断为异常的要素相邻接的要素判断为异常，则再次进行下述的处理，该处理指将不介于判断为正常的要素之间而连接于判断为异常的要素之间的要素判断为异常。接着，对于根据该判断结果而判断为异常的要素，通过上述状态量传播手段分别计算出其状态量，根据该状态量采用该要素质量平衡/能量平衡原理或其它
30 的状态量之间的约束条件进行正常/异常的判断。另外还有必要根据按上述方式与人们的综合判断相对应的规则基准（rule base）诊断对上述判

断结果进行综合判断。

另一种方法是相对下述要素，该要素指未检测其状态量的要素中，通过要素之间的连接关系而判断为正常的要素，通过上述状态量传播手段分别计算出其状态量，根据该状态量采用该要素质量平衡、能量平衡原理或其它的状态量之间的约束条件进行正常/异常的判断。然后，有必要根据与人们的综合判断相对应的规则基准（rule base）诊断对上述判断结果进行综合判断。

再一种方法是：由于考虑了下述情况（检测仪故障等），该情况为：作为产生矛盾结果的原因，未对正常的检测量进行检测，如果假设在通过检测量判断装置 3 判断为正常的要素中，与通过检测量判断装置 3 判断为正常的要素最靠近的要素判断为异常，则进行下述的操作，该操作指对连接于假设为异常的要素与其它判断为异常的要素之间而避开判断为正常的要素的环路上的要素假设为异常的操作。之后，按上述方式，相对新判断为异常的要素，按上述相同的方式分别计算出其状态量，根据该状态量采用该要素质量平衡/能量平衡原理或其它的状态量之间的约束条件进行正常/异常的判断。另外还有必要根据与人们之间的综合判断相对应的规则基准（rule base）诊断对上述判断结果进行综合判断。

按上述方式，在沸水堆型原子能发电设备中，状态量检测装置 2 对原子反应堆输出功率，反应堆容器压力，主蒸气流量，发电机输出功率，供水温度，堆芯流量，再循环泵流量，喷射泵流量，供给冷凝水流量，泵排出压力，原子反应堆水位，冷凝器水位等进行检测，检测量判断装置 3 的功能是根据状态量检测装置 2 所给出的检测信号相对可推出设备模型 4 的各个要素的状态量（目的的实现程度，质量/能量的流动，存储量等）的情况，计算出这些状态量，并提供给诊断装置 5。另外检测量判断装置 3 对各个功能的目的，根据评价目的实现程度的评价函数进行评价，从而判断是否正常，另外对其它的状态量，通过将其与基于正常状态值的界限值进行比较，进行是否正常的判断，并将判断结果通知给诊断装置 5。另外，虽然设备控制装置 7 可在设备启动或停止等情况下改变控制杆位置，堆芯的输出功率，供给冷凝水的流量等，从而可调整反应堆容器压力，发电机输出功率等，但是由于检测量判断装置 3 采用下述的操作程序，该程序中设计有由设备控制装置 7 得出的上述设备启

动设计或设备负荷变更数据等，故要根据设备操作状态的时间变化改变下述的界限值，该界限值用于对设备模型 4 中相应的状态量是否为标准值或异常值进行判断，从而防止对于设计设备状态变化进行错误的异常判断。

5 诊断装置 5 的功能是对抽象功能等级的设备模型 4 中的部分目的分别给予优先等级，由检测量判断装置 3 输入每个模型要素（目的，流动结构）的状态，检测出设备模型 4 中的异常传播网络，据此具有功能上最高的优先等级，同时对最靠近异常源的流动结构依次对其内部的异常部位进行辨别。

10 此外，在原子能发电设备中，在一般运转的情况下发电为主要的目标，但是在设备发生异常过渡等情况时，在原子反应堆紧急停止的场合，堆芯的衰变热量的去除操作为主要的目标。因此，设备模型 4 也必须预先设有对应于上述两种情况的目标，并且可在原子反应堆紧急停止后提高衰变热量去除操作的目的优先等级。按上述方式，目的优先等级系列
15 按根据情况而变化的方式确定。另外比如在任意运转状态下，在实现某个功能的系统的冗余度低于一般值时，要提高可实现该功能目的优先等级，以便加强监视、诊断。

因此，检测量判断装置 3 还要具有下述功能，该功能为：输入由设备控制装置 7 所输出的设备控制信号，通过下述方式调节目的的优先等
20 级，该方式为：在通过安全装置发出紧急停止信号的场合，降低与一般运转有关的目的优先等级，而紧急时提高与堆芯冷却有关的优先等级等等，将这些优先等级送给诊断装置 5 中。

另外在诊断装置 5 中，为了限定各个流动结构中的异常要素的辨别结果以及出现异常的位置，相对各个流动结构中的主要要素，以该主要
25 要素为中心，预备好附加的具体流动结构，当该要素出现异常的可能性较大时，逐行对相应的具体流动结构进行异常诊断。

因此，在对某个流动结构进行异常诊断过程中，如果判断某个要素为异常要素的可能性较大，则在进行上一等级的流动结构的诊断之前，以该异常要素为中心对具体流动结构进行诊断。

30 按上述方式，对具体流动结构按与异常传播网络不同的方式处理的原因是：

(1) 如果采用包括有全部具体流动结构的设备模型, 则增加模型的复杂程度, 延长诊断的时间;

(2) 由于一般异常局限于设备模型的局部, 故处理较大的模型的效率较差;

- 5 (3) 具体流动结构模型是根据异常事件的经验而新添加的, 以其尺寸更换整个设备模型要花费较大的劳动力, 并且还有产生错误的可能等等。

另一方面, 对于添加具体流动结构的模型的方式, 仅仅在图 2 所示的基本模型要素的外部添加以该要素为中心的具体模型, 无需对基本模型作较大的改动, 另外如有必要可通过将所添加的具体模型中的主要要素进一步展开的方式实现具体模型的添加, 从而很容易将模型扩大, 并可有效地积累所谓事故经验。

为了实现采用具体流动结构模型的诊断, 有必要按与采用流动结构的分级设备模型进行诊断的方式, 确定诊断顺序以提高诊断的效率。因此, 一般来说越靠近异常出现位置异常影响传播越大, 这样可相对一个流动结构内部的异常要素, 按这些异常等级的大小来排列诊断顺序。

比如, 作为最高等级的异常, 可认为是产生反向流动、流动消失或蓄能槽质量/能量平衡的平衡丧失。作为低一级的异常, 可认为是各个流动要素输入输出流量的非平衡(虽然其本来与质量/能量平衡的平衡的丧失等效, 但是如考虑检测误差或状态量推定误差的情况, 则会产生差别), 作为再低一级的异常, 可认为是各个流动要素的流量或水位等状态量偏离标准值的情况。对于后者, 可按照使检测量与标准值之比与 1 的差值大小排列顺序。其原因是: 一般来说越靠近异常出现位置, 其标准化的偏差值就越大, 越远离异常出现位置, 则上述偏差值就越小, 同时会产生都为相同数值的现象。

按上述方式确定的异常要素的顺序, 对是否可在具体流动结构进行展开进行调查, 在可能的场合逐个对具体流动结构进行诊断。相对该具体流动结构, 按照与上述流动结构的诊断的同样方法进行异常要素的辨别。另外, 作为该诊断结果, 在出现多个异常要素的情况下, 按同样的异常等级的顺序进行评价, 并调查是否可对附加的具体流动结构进行展开。按上述方式, 可进行对具体流动结构的限制、异常源的选定或靠近。

另外诊断装置 5 可按下述方式构成，该方式为：在检测出多个单独的异常传播网络的情况下，分别相对所对应的网络，比如图 4 中的目的 G1（包括目的 G3）、G2、G4 设置多个用来对其进行处理的处理装置，以实现并列处理。

5 其原因是当目的 G1 和 G4 或 G2 和 G3 的优先等级差别不大，则在时间上对流动结构 FS7 的处理与流动结构 FS1 相比不会晚很多。因此，在第 1 处理装置处理与目的 G1 和 G3 有关的流动结构的同时，第 2 处理装置处理与 G4 有关的流动结构，第 3 处理装置处理与 G2 有关的流动结构。

10 在显示装置 6 中，产生异常的流动结构由整个设备模型 4 表示，这样可把握设备全部功能的涉及范围以及进行将来涉及范围的预测。另外，在异常辨别所采用的异常传播网络中限定产生异常的流动结构，并表示出来，从而操作员很容易把握异常辨别的判断过程以及所辨别的异常产生位置。

15 图 10 表示按抽象功能等级表示沸水堆原子能发电设备的设备模型 4 的一个实例。该设备模型 4 设置于图 1 所示的诊断装置 5 的内部，它用来进行异常判断，并且它是一个作为数据库储存的模型。另外，本图中所示的设备模型 4 的流动结构 12 和 13 与图 2 中所示的相同。在这里，每个功能要素配有标号，对于每个要素之间的能量或质量的流动，以在
20 标号 R 后加上上游要素标号和下游要素标号的方式表示。

目的 11 表示电力生产，通过发电机送电端的输出功率可判断该目的的实现状态。另外优先顺序为：从保持安全的较高者开始依次排列。

流动结构 12 表示以目的 11 作为目标的能流，在该结构中，从作为热源功能的原子能反应堆堆芯 20 产生的核裂变能量传送给作为输送功
25 能的冷却材料 21，之后它作为蒸气能量储存于作为能量储存功能的原子能反应堆压力容器 22 中。该原子能反应堆压力容器 22 所输出的能量通过作为输送功能的主蒸气系统 23 送入汽轮机 24 中，在这里该能量分成 3 路。首先一部分能量转换成运动能量/电能，它通过电力系统 25 传送到所需用户 26。另外，由于所需用户 26 要消耗能量，故其表现为吸能源
30 功能。此外，另一部分能量作为提高上述转换过程的效率的再生能量而供供水加热器 29 使用，之后返回到原子能反应堆压力容器 22 中。最后

剩余一部分能量作为排出热量，通过循环水系统 27 排到作为吸能源功能的外部（一般为大海） 28 中。

在上述能流结构 12 中，对作为平均堆芯输出功率（APRM）的堆芯 20 核裂变所产生的能量进行检测。R20，21 表示堆芯 20 所产生的核裂
5 变能量朝向冷却材料 21 的流动，一般它与所产生的能量相同。

通过对堆芯 20 进行冷却而实现核裂变所产生的能量的输送的冷却材料 21 的热输送功能是把平衡计算（在具体的异常诊断阶段实施）和检测值的堆芯流量作为约束条件进行评价的。

传送给冷却材料 21 的热能量中的一部分变成蒸气（能流 R21，22）
10 而储存于具有储存功能的原子能反应堆压力容器 22 中。R21，22 与 R20，21 相同，是不能直接进行检测的，但是一般来说在运转过程中，可利用供水流量、主蒸气流量、原子反应堆压力，并通过能量平衡计算而得出上述 R21，22。

储存蒸气能量的原子能反应堆压力容器 22 的功能通过作为检测值的
15 原子能反应堆压力、并采用输入输出的平衡原理可进行评价。从原子能反应堆压力容器 22 流出的能量 R22，23 是作为主蒸气流量、压力进行检测的。对于流入能量 R29，22 将在本说明书后面进行描述。

输送蒸气能量的主蒸气系统 23 的功能由作为平衡计算和检测值的汽
20 轮机入口蒸气流量来评价。虽然 R23，24 是作为汽轮机入口流量来计算的，但是在进行更为具体的能量平衡计算的场合下，必须计算入口蒸气压力以及蒸气热函。

通过对汽轮机 24 中流入的能量和流出的能量之间的平衡计算可进行
功能评价。另外除了上述的平衡计算以外，可通过以对于流入能量而输出的电能作为约束条件进行具体的诊断。

R24，25 是作为电能中的发电机送电端的输出功率进行检测的。作
25 为送电功能的电力系统 25 就作为最终使用者的所需用户 26 来说，不包括于诊断对象中。虽然 R24，27 为汽轮机 24 所排出的热量，但是由于不能对其进行直接检测，这样在具体诊断过程中，该 R24，27 要由堆芯 20 中所产生的能量及发电机输出之间的平衡或朝向作为下述的外部
30 28 的海水排出的热量推算出来。

R27，28 为向周围环境排出的排出热量，它通过冷凝器循环水的出

口温度来检测。在能量平衡计算时，要考虑循环水流量（在未检测的场合，也可采用泵操作状态的额定值。）以及海水温度。由于海水温度会对设备的热效率产生影响，故其作为排放热量地点的吸能源功能的判断值而被使用。R24，29为流入供水加热器29中的抽出蒸气能量，但是由于不能检测该抽出蒸气流量，故在具体诊断过程中，它根据供水温度的上升程度来计算。

返回原子能反应堆的能量R29，22通过供水温度的检测值来判断。在具体诊断过程中的能量平衡可采用流出冷凝器时的温度、供水流量及供水压力等来计算。

10 目的14表示为了维持能流结构12而保持必要的质量，即主蒸气流量和供水流量。因此，用于判断的检测参数为主蒸气和供水流量。

流动结构13表示作为流动结构12的能量输送载体的冷却材料、即质量流，在该流动结构13中，标号31表示原子能反应堆压力容器中的冷却材料的蓄能槽功能，标号32表示堆芯的冷却材料的循环功能，标号15 33表示从原子能反应堆压力容器32朝向汽轮机的主蒸气输送功能，标号34表示用于加热汽轮机中的供水的蒸气抽出分配功能，标号35表示汽轮机的排放蒸气输送功能，标号36表示抽出蒸气输送功能。标号37表示相当于冷凝器中的热井的蓄能槽功能，标号38表示朝向原子能反应堆压力容器32的供水输送功能。

20 另外，能量流动结构15是维持用于实现供水输送功能38的供水泵旋转的功能，能量流动结构16是用于维持堆芯冷却材料循环功能32的驱动泵的功能。

由于流动结构13中的原子能反应堆压力容器31为冷却材料的蓄能槽功能，这样其功能保持状态可通过水位检测值计算出。输送再循环水的冷却材料循环功能32由再循环泵和喷射泵构成。R31，32为再循环泵本身流量与喷射泵吸入流量的总合。但是，再循环泵流量是可检测的。反应堆内部再循环水流量R32，31为下述流量，该流量为再循环泵流量与喷射泵吸入流量在喷射泵内部混合后流入堆芯的流量，对于每个喷射泵可进行检测。另外，对于再循环泵的功能，可检测吸入流量、转数30 及排出压力以用于诊断。

R31，33作为主蒸气管流量进行检测。主蒸气输送功能33作为主

蒸气管线的状态，可根据主蒸气隔离阀、汽轮机旁通阀等阀位置状态的检测结果来判断。R33，34 作为主汽轮机入口蒸气流量进行检测。虽然汽轮机 34 具有将蒸气流量 R33，34 分配到汽轮机排气侧的 R34，35 及抽出蒸气侧 R34，36 中的功能，但是由于这些流量为不可检测的，故在进行具体诊断过程中，可采用设计上的分配比对上述流量进行计算。如果其结果与包括检测值的整体评价结果不发生矛盾，则可判断汽轮机具有的蒸气分配功能 34 及排放蒸气输送功能 35、抽出蒸气输送功能 36 保持正常。

冷凝器 37 将冷凝的蒸气作为冷凝水储存，其功能由冷凝器水位进行检测。R37，38 为从冷凝器 37 朝向冷凝水泵 38 的流动，它作为泵吸入流量进行检测。供水输送功能 38 由冷凝水泵、供水泵构成，它通过排出压力、泵旋转次数进行检测。R38，31 为原子能反应堆供水流量，它作为朝向原子能反应堆压力容器 31 的供水流量进行检测。

目的 18 以保持流动结构 13 中的堆芯再循环流量为目的，它通过再循环泵的驱动电源进行评价。同样目的 17 通过冷凝水泵的驱动电源进行评价。除此之外润滑油或冷却功能也是必要的，但是在这里省略了。

图 11 所示的流动结构 40 为流动结构 13 的堆芯冷却材料循环功能 32 的具体结构，该流动结构 40 和流动结构 13 由集合分解要素 50 连接。作为流动结构 13 的异常要素、在判断上述功能 32 具有较高异常可能性的场合，在对流动结构 12 进行异常诊断之前对流动结构 40 进行诊断。

在流动结构 40 中，E1 表示原子能反应堆压力容器的下导管，它具有储存大量冷却水的储存功能。E2 表示再循环泵，它从压力容器下导管 E1 引出冷却水 R1，2、并将其送入作为喷射泵的驱动水 R2，3 的立管水箱 E3。

立管水箱 E3 具有仅仅通过几个喷射泵将必要的驱动水分成多路的功能。在这里，对实际的设备进行了简化，以 E4，E6 这两个来模拟喷射泵的吸入口。喷射泵使驱动水 R3，6、R3，4 中的来自原子能反应堆压力容器的吸入流量 R1，6 及 R1，4 在颈部 E5，E7 处进行混合，之后作为喷射泵流量 R5，8、R7，8 送入堆芯底部空腔 E10 中。

另外，E8 为以汇集两个喷射泵流量的方式来表示的假设要素，并构成#1 再循环系统。虽然再循环系统包括有 2 个，但是为了清楚起见，E9

以再与另一个#2再循环系统相组合的方式来表示。因此，R1, 9以汇集相当于R1, 2、R1, 6、R1, 4的#2再循环系统的流量的方式表示，R9, 10与R8, 10相对应。

如上所述，再循环系统可将再循环泵作为输送功能，将喷射泵作为
5 分支功能，从而可实现模型化。

流入堆芯底部空腔E10中的冷却水送入堆芯部E11中，之后对堆芯进行冷却，并在加热后产生沸腾。

因沸腾而产生的双相流体通过分离器E12分离成蒸气和饱和水，蒸气作为主蒸气流量R12, 13送入主蒸气系统E13中。而饱和水作为
10 R12, 1返回到压力容器下导管E1中。

主蒸气在通过主蒸气系统E13驱动汽轮机/发电机而产生电力之后，流入冷凝器E14中。冷凝器14也具有储存大量冷凝水、即冷却水的储存功能。最后，冷凝器14中的冷凝水通过冷凝水供给系统E15作为原子能反应堆供水流量R15, 1返回到原子能反应堆压力容器下导管E1
15 中。

在上述这些流量中，通常可检测的流量包括R1, 2的再循环泵吸入流量；R5, 8、R7, 8及R9, 10的喷射泵流量；堆芯入口流量R10, 11；主蒸气流量R12, 13；汽轮机入口流量R13, 14；冷凝水供给泵吸入流量R14, 15；原子能反应堆供水流量R15, 1。

另外，虽然图中未示出，但是在异常传播网络形成后所进行的个别要素的异常判断过程中，可使用压力容器下导管E1的水位，再循环泵E2的排出压力，冷凝器E14的水位等检测值。
20

下面采用图10及图11表示的以上所述的原子能反应堆再循环系统为中心展开的设备模型4对本发明的设备异常诊断方法进行更具体的说明。作为诊断对象的主要事件是由于作为再循环系统一部分的喷射泵产生故障，堆芯流量减小，随着该流量的减小，原子能反应堆输出功率、发电机输出功率有所降低，从而要进行调整。
25

在这里，按下述方式对检测值进行确定，该检测值为正常状态下的检测值以及发生异常后的每个流动结构12, 13, 40中的可检测的流动
30 功能要素的检测值。这些检测值是从运转中的设备1通过状态量检测装置2进行处理而得出的。

[流动结构 12] 正常值/异常发生后的值

目的 11 : 1100/1065

堆芯 20 : 3293/3189

R22,23 : 4493/4359

5 R23,24 : 4493/4359

R24,25 : 1100/1065

R29,22 : 1201/1170

另外，原子能反应堆压力暂时较低，但是通过压力控制系统使主蒸气流量减小，从而可使上述原子能反应堆压力返回到原来的压力值，并且
10 且在原子能反应堆压力容器 22 的储能功能中不会产生异常。

[流动结构 13] 正常值/异常发生后的值

目的 4 : 72/70

R31,32 : 480/460

R32,31 : 480/460

15 R31,33 : 72/70

R33,34 : 72/70

R37,38 : 72/70

R38,31 : 72/70

[流动结构 40] 正常值/异常发生后的值

20 R1,2 : 100/110

R5,8 : 120/100

R7,8 : 120/120

R8,10 : 240/220

R9,10 : 240/240

25 R10,11 : 480/460

R12,13 : 72/70

R13,14 : 72/70

R14,15 : 72/70

R15,1 : 72/70

30 另外，在一般操作时的优先等级按下述方式确定。

[目的优先等级]

目的 11 : 2

目的 14 : 3

目的 17 : 4

目的 18 : 5

5 按上述数据表示的方式，由于再循环流量降低，主蒸气流量减少，整个设备的质量平衡发生改变。但是，由于质量或能量未从整个设备中泄漏出来，从而表示原子能反应堆的水位、冷凝器水位等储能功能本身异常的参数未发生变化。本诊断功能的目的是高效率地从这些数据中判断出认为是异常发生源的要素。

10 诊断装置 5 根据通过检测量判断装置 3 按上述方式所确定的检测值的判断结果和各个目的优先等级，采用图 10 和图 11 所示的设备模型 4 进行异常诊断。

首先，从分级结构顶层到底层对图 10 所示的设备模型 4 检查下述要素，该要素为其检测值与正常时发生偏离的要素，生成异常传播网络。

15 在这里，由于发电机输出功率降低，从而判定目的 11 发生异常，之后对与其相连的流动结构 12 进行判断。在该流动结构 12 中，堆输出功率、主蒸气流量（能量）、发电机输出功率出现有异常，上述异常存在于异常传播网络中。

接着对目的 14 进行观察，其供水、主蒸气流量减小，从而判断为异常。按相同方式相对流动结构 13 观测检测值，此时原子能反应堆再循环水流量、主蒸气流量、供水流量出现异常，这些异常存在于异常传播网络中。

在目的 17 和目的 18 中，由于电源系统的异常无法观测到，从而该异常不会存在于异常传播网络中。

25 因此，作为异常传播网络可选择目的 11、流动结构 12、目的 14、流动结构 13，并对流动结构进行单独的具体诊断。实际上，在采用更具体的设备模型而生成异常传播网络的场合，虽然可形成更大的网络，但是其基本手段未发生变化。

作为详细诊断的顺序，由于目的 11 的优先等级最高，这样从该网络
30 开始进行诊断。该诊断是按从与目的 11 有关的网络的最下层的流动结构（在这里为流动结构 13）朝向顶层移动的方式进行的，其原因是底层的

流动结构更靠近异常发生源。

对流动结构 13 所检测的参数包括堆芯流量 (R32 , 31) , 主蒸气 (R31 , 33 , R33 , 34) , 供给冷凝水流量 (R37 , 38 , R38 , 31) 。虽然, 上述检测值均从正常值偏离而出现异常, 但是, 质量平衡方面是
5 正常的。

因此, 要对与正常状态发生偏离的大小进行检查, 如果根据 (正常
值-异常值) / 正常值来计算上述偏离大小, 则堆芯流量 (R32 , 31) ,
主蒸气 (R31 , 33 、 R33 , 34) 供给冷凝水流量 (R37 , 38 、 R38 ,
31) 的相应偏离大小为:

10 堆芯流量: $(480-460) / 480 = 0.042$

主蒸气: $(72-70) / 72 = 0.028$

供给冷凝水流量: $(72-70) / 72 = 0.028$

根据上述结果, 可以判断出作为流动结构 13 中的异常发生源、堆芯
冷却材料循环功能 32 发生异常可能性最高, 如果要进行详细判断, 则
15 从最优先者进行详细诊断。

在作为堆芯冷却材料循环功能 32 的具体流动结构的流动结构 40
中, 首先采用根据检测值作出了状态判断的要素对非检测要素状态进行
判断, 之后对全部要素进行正常/异常判断。具体来说, 异常要素中所夹
有的非检测要素判断为异常, 而正常要素中所夹有的非检测要素判断为
20 正常。

在这里, 根据检测值判断为正常的要素为原子能反应堆压力容器下
导管 E1 , 颈部 E7 , #2 再循环系统 E9 , 冷凝器 E14 。原子能反应堆压
力容器下导管 E1 与冷凝器 14 为储能功能, 由于分别所检测的水位未发
生变化, 故这些功能判断为正常。

25 同样, 判断为异常的要素为再循环泵 E2 , 颈部 E5 , #1 再循环系统
E8 , 堆芯底部空腔 E10 , 堆芯部 E11 , 分离器 E12 , 主蒸气系统 E13 ,
供给冷凝水系统 E15 。

因此, 根据检测值判断为异常的要素 E2 , E5 的流动中所夹有的
E3 , E4 判断为异常。作为正常要素的 E1 , E7 中所夹有的 E6 判断为
30 正常。按上述方式, 可对全部要素进行正常/异常的判断。

接着, 再次采用在下述场合中的要素对判断为异常的要素进行判

断，该场合为：分别通过平衡计算进行非检测量的推测以及具有除质量平衡以外的约束条件。

比如，要素 E2 表示作为输送功能的再循环泵，对其吸入流量以及排出压力进行检测。根据该检测值，可通过下述关系确认泵的正常性，该关系指即使在该流量发生变化的情况下，仍表示泵特性的流量/压力的关系，根据表示泵特性的约束条件，该要素判断为正常。

送入要素 E3 的流量 $R_{2,3}$ 与吸入流量 $R_{1,2}$ 相等。在具有要素 E3 这样的分支功能的场合，预先对正常时的分配系数进行计算。在此场合，由于按基本均匀地朝向两个喷射泵吸入口 E4、E6 流动的方式进行设计，故流量 $R_{3,6}$ 、 $R_{3,4}$ 的分配系数在正常时为 0.5。观测异常状态，由于流量 $R_{2,3}$ 为 110，要素 E6 保持正常，从而可推算出流量 $R_{3,6}$ 与正常时的值相同，即为 50。其结果是，可计算出流量 $R_{3,4}$ 为 60，分配系数为 0.55 左右，从而判断为异常。

同样对于具有分支功能的要素 E4，由于正常时流量 $R_{3,4}$ 为 50，流量 $R_{4,5}$ 为 120，这样流量 $R_{4,5}$ 与作为要素 E4 的分配比的流量 $R_{3,4}$ 的比值为 2.4。由于在异常状态，流量 $R_{3,4}$ 为 60，流量 $R_{5,8}$ ($=R_{4,5}$) 为 100，所以上述分配比为 1.67，从而判断为异常。

要素 E5 的进出流量保持平衡，从而该要素 E5 判断为正常。要素 E10 仅仅具有混合的功能，如果保持正常的质量平衡，即使在分配系数异常的情况下，该要素 E5 仍可判断为正常。

要素 E11 为进出比是 1 : 1 的分支要素，如果质量平衡保持正常，该要素判断为正常，但是必须根据该判断推测流出流量 $R_{11,12}$ 。要素 E12 中的流出流量 $R_{12,1}$ 可根据判断为正常的要素 E1 的质量平衡原理来推测出。即，要素 E1 的整体平衡时的流入流量 $R_{15,1} = 70$ ，流出流量 $R_{10,11} = 460$ ，流入流量 $R_{12,1}$ 为 390。但是要素 E12 为分离器，在和质量平衡同时蒸气与饱和水的分配比在评价上是重要的。在堆芯流量 $R_{10,11}$ 为 480，饱和水流量 $R_{12,1}$ 为 408 ($=480 - 72$) 时，正常时的分配比为 $408/480 = 0.85$ 。即使在出现异常时，上述蒸气和饱和水的分配比仍为 $390/460 = 0.85$ 。因此，除了质量平衡以外，如果表示重要功能的分配比保持正常，则同样作为要素的该分配比判断为正常。另外对于要素 E11，按上述方式，流量 $R_{11,12}$ 通过将

主蒸气流量 $R_{12, 13}$ ($= 70$) 和饱和水流量 $R_{12, 1}$ ($= 390$) 相加而得出, 即为 460。其结果是, 可确认上述流量 $R_{11, 12}$ 与堆芯入口流量 $R_{10, 11}$ 之间保持平衡, 从而该要素 E11 判断为正常。

要素 E13 为单纯的输送功能, 由于流入流量 $R_{12, 13}$ 与流出流量 $R_{13, 14}$ 之间保持平衡, 从而该要素 E13 判断为正常。要素 E15 为输送功能, 由于流入流量 $R_{14, 15}$ 与流出流量 $R_{15, 1}$ 之间保持流量平衡, 另外通过使用图中未示出的泵排出压力的检测值而对该泵的特性评价为正常, 这样该要素 E13 本身也判断为正常。

如果对上述的结果进行综合判断, 最后剩余的异常要素为 E3, E4。另外该异常判断的理由是: 任何一个分支功能中的的分配系数发生异常, 则流路中会出现某些异常, 这样可认为分配系数异常。如果按上述方式确定出出现异常的位置, 则与该功能有关的异常原因可通过经验规律或事先的评价进行几次候选推举。

在上述的异常诊断实例中, 由于对设备模型 4 的最底层中进行了异常发生源的辨别, 故诊断结束, 但是在未对流动结构 40 内部进行异常辨别的场合, 则要对分级结构中更上一层内 (流动结构 13 及 12) 的异常发生源进行辨别。

由于显示装置 6 显示出上述的诊断过程, 这样可提供异常辨别位置及确定异常的理由, 而在非特定场合下提供异常范围, 从而可缩小诊断范围。

按上述方式, 通过本发明的上述的诊断方法, 即使在下述场合, 该场合为: 由于成套设备机器中所产生的异常使整个过程量发生改变, 此时还包括有非检测值, 则仍可根据分级结构的设备模型优先对功能上更为重要的位置进行异常判断处理, 在该要素中具有具体模型时, 由于对该具体模型进行逐个诊断, 从而从整体上看出现的错误少, 并可实现快速的判断和处理。此外, 推测过程与人们所进行的推测方法相接近, 从而易于理解。

图 12 表示图 11 所示的流动结构 13 中的冷凝器 37 和原子能反应堆压力容器 31 之间的冷凝水供给泵运转时的具体流动结构, 下面通过该流动结构对其它的异常诊断实例进行说明。但是, 为了不造成对诊断手段的说明的影响, 对该流动结构进行了简化。

在图 12 中，要素 E21 为冷凝器，并构成冷凝水供给泵 E22 的水源。经该冷凝水供给泵 22 加压的供水流量 R22，23 在水箱 E23 处分成 2 个支路，并送向正常运转中的供水泵 E24。要素 E25 为备用泵，在其出口处按不可逆流的方式设置有止回阀 E26。供水泵 E24 所排出的供水流量 R24，27 与从水箱 E27 中的备用侧排出的供水流量 R26，27（一般为 0）一起送入原子能反应堆压力容器 E28 中。从该原子能反应堆压力容器 E28 中排出的蒸气通过主蒸气系统 E29 返回到冷凝器 E21 中，并作为供给水循环。

在这里，检测量为冷凝水供给泵入口流量 R21，22，供水泵入口流量 R23，24、R23，25；供水流量 R27，28；主蒸气流量 R28，29 及汽轮机入口流量 R29，21。与前述实例相同，按下述方式确定这些流量正常值与异常发生后的值。

正常值/异常发生后的值

R21,22 : 72/72
 R23,24 : 72/80
 R23,25 : 0/0
 R27,28 : 72/72
 R28,29 : 72/72
 R29,21 : 72/72

在这里，假设止回阀 26 出现异常，部分供给水通过备用泵 E25 反向流动。因此，由于流量计不可能对反向流动进行检测，故吸入流量 R23，25 未发生变化，这样可形成可使运转中的供水泵 E24 的吸入流量 R23，24 增加的闭环。

在上述状态下，发生变化的参数仅仅为 1 个，这样不能通过上述的诊断手段（下面称为第 1 诊断步骤）以下述方式来确定异常。即，首先根据检测量判断装置 3 所给出的判断结果判断出仅仅供水泵 E24 为异常。但是通过检测其排出压力，并根据泵的特性约束条件，该供水泵 E24 判断为正常，从而上述异常要素的确定是不对的（下面称其为第 1 诊断结果）。

作为上述方式的结果，下述原因具有较大可能性，该原因指有关一般判断为正常的要素不能得出正确的检测量。因此，必须设立某些假设，

之后再行推断。在这里，认为在最初的异常判断阶段，靠近判断为异常的要素的要素出现异常。同时，假设与该要素有关的检测量也不正常，之后通过质量平衡原理和约束条件再进行评价。上述假设的根据是：异常会在沿要素之间的通路传播之前发生。

- 5 因此，下一个诊断步骤是将要素 E24，以及靠近该要素 E24 的要素 E23、E27 作为异常进行推断。在这里，由于作为非检测量阻挡要素的 E26 位于作为正常要素 E25 的下游侧，故其判断为正常。

接着，根据上述的推断相对假设为异常的要素，计算各个状态量，根据质量平衡原理或其它的约束条件再次进行正常/异常的判断。针对具有表示泵的排出压力和流量之间的关系的约束条件的输送功能 E24，可按上述方式通过流量和排出压力之间的关系进行正常评价。由于假设要素 E23 异常，故可进行质量平衡评价。由于要素 E23 质量平衡，流入流量 R22，23 与作为正常要素的输送功能 E22 的吸入流量 R21，22 相等，即为 72。另外，虽然流量 R23，25 为检测量，但是由于具有不能按上述方式进行正确检测的可能性，故要再次通过质量平衡原理对其进行计算，该流量 R23，25 为：

$$R22, 23 - R23, 24 = 72 - 80 = -8。$$

此时，吸入流量 R21，22、R23，24 也可通过泵的约束条件进行评价，并且该评价的可靠性比流量 R23，25 的高。同样，对于要素 E27，流入流量 R24，27 与 R23，25 相等，即为 80。经计算，流出流量 R27，28 为 72。因此，根据质量平衡原理，流量 R26，27 为：

$$R26, 27 = R27, 28 - R24, 27 = 72 - 80 = -8。$$

如果根据上述诊断步骤所得出的信息进行综合判断，则根据泵的特性、输送功能 E24 判断为正常。对于作为分支要素的 E23，由于 R23，25 为负流量值，其分配比为异常，这样该要素 E23 判断为异常。要素 E27 与上述情况相同。输送功能 E25 的检测流量 R23，25 与质量平衡的结果不一致，根据该部分的检测器不能对反向流动进行检测的知识，可认为上述质量平衡计算的结果是合适的。因此，由于要素 E25 作为输送功能的流动方向不正确，综合上述内容，该要素 E25 判断为异常。虽然要素 E26 为能障功能，但是由于 R26，27 出现了反向流动，故该要素 E26 判断为异常。

作为上述判断的结果，判断为异常的要素为 E23，E25，E26，E27。在这些要素中，对于 E23、E25、E27，质量平衡保持正常，而分配比为异常。可是，要素 E26 作为能障的基本功能为异常，可认为因能障功能异常而产生反向流动是此情况下的异常诊断中的根本原因。

5 另外，在第 1 诊断结果不能确认异常要素的情况下，也可采用与上述的诊断手段不同的诊断手段。该诊断手段的特征在于即使在根据在第 1 阶段要素之间的连接关系对无检测量的要素判断为正常的情况下，仍可采用质量平衡原理等进行流量的推测。

比如，在上述实例中，由于要素 E23、E26、E27 为非检测要素，
10 故对这些要素进行质量平衡计算。对于要素 E23，由于流入流量 R22，23 与 R21，22 相等，即为 72，流出流量 R23，24 为 80，流量 R23，25 为 0，故质量平衡出现异常。对于要素 E26，流入流量 R25，26 以及流出流量 R26，27 与 R23，25 相等，即为 0。对于要素 E27，由于流入流量 R24，27 与 R23，24 相等，即为 80，而 R26，27 为 0，故
15 质量平衡出现异常。

假设相关的检测量无法正确进行检测，则质量平衡异常可用来进行流量的推测。要素 E23 中所使用的 R22，23 的上游侧流量 R21，22 的要素 E22 为输送功能，以上述流量 R21，22 和泵排出压力之间的关系作为约束条件可确认是否正常。对 R23，24 也采用上述方式。对于
20 R23，25，由于输送功能 E25 中的泵处于停止状态，从而不能使用与上述相同的约束条件，因此对其无法进行正确检测的可能性较大。这样，根据质量平衡计算，R23，25 为负流量值。最后，根据这些信息进行综合判断，所得出的结果与上述诊断手段的相同。

另外，与第 1 诊断结果相矛盾的场合下的其它的诊断手段包括下述
25 方法，该方法为根据直接检测的值不正确的假设进行推断的方法。按上述方式，在该诊断手段中，假设异常的检测量最靠近检测为异常的要素。

比如，在图 12 中，由于 R23，25 最靠近出现异常的要素 E24 的检测量 R23，24，故假设 R23，25 为异常。在该状态下，要素 E24、E25（检测量为异常）以及 E23、E26、E27（夹于异常要素 E24 和
30 E25 之间）判断为异常。这样，在最初阶段，仅仅要素 E24 判断为异常，但是由于在这里假设检测量异常，故上述 5 个要素判断为异常。接着，

对发生异常的 5 个要素进行质量平衡、约束条件的判断。

可通过流量与排出压力之间的关系对具有表示泵的排出压力和流量之间关系的约束条件的输送功能 E24 进行是否正常的评价。对判断为异常的要素 E23 进行质量平衡评价。根据要素 E23 的质量平衡原理可知，

5 R22，23 与上游侧的作为正常要素的输送功能 E22 的吸入流量 R21，22 相等，即为 72。接着，根据质量平衡原理可知，假设不能正确进行检测的 R23，25 为：

$$R22, 23 - R23, 24 = 72 - 80 = -8。$$

因此，可依次推测出 R25，26、R26，27 为 -8。对于要素 E27，

10 R24，27 与 R23，24 (=80) 相等，由于 R27，28 为检测量 (=72)，故质量平衡式为：

$$R26, 27 + R23, 27 - R27, 28 = -8 + 80 - 72 = 0，故质量平衡判断为正常。$$

当根据上述判断结果进行综合判断时，根据泵的约束条件要素 E24

15 判断为正常。要素 E23、E27 作为质量平衡是正常的，但是由于出现反向流动，故分配比为异常。因此，虽然要素出现异常，但是不能对图 12 所示的设备模型 4 中的根本原因进行判断。要素 E25 与上述情况相同。由于要素 E26 为单向能障功能（止回阀），而负流量（反向流动）表示功能丧失，故在这里该要素 E26 判断为最根本的异常源。

20 因此，通过采用抽象功能等级的设备模型以上述诊断方法对设备异常进行诊断，故可获得下述效果。

（1）由于是正常功能的模型，而不是假设有特定异常的模型，这样不会发生对假设以外的事件不能进行诊断的情况。

25 （2）由于采用基于人们的认识过程的知识模型，故即使是大型复杂的设备，仍可将模型缩小到人们可处理的程度，并且推断结果很容易理解、领会。

（3）由于采用质量平衡、能量平衡这样的自然守恒定律的模型，故推断结果的可靠性较高。

30 （4）由于根据设备的功能分级结构模型，按照功能上较为重要的位置优先的方式对设备异常进行诊断，从而对保证设备的操作效率或安全性是非常有益的。

(5) 由于模型与推断机构分开, 从而通过变换模型可适合于各种过程。另外很容易适应于设备工艺的变换。

(6) 由于在推断中采用假设验证, 从而很容易理解。同时, 由于操作员可将通过异常诊断装置得出的诊断结果看作假设, 并通过其本人
5 进行验证, 这样可实现人机协调的系统。

(7) 由于模型对象设置于设备内部的任何部分 (系统, 装置) 中, 通过对所说部分进行详细描述而对其它部分简化, 这样可对每个对象进行快速诊断。

(8) 由于可根据采用简化的模型得出的诊断结果推出异常可能性
10 较高的要素的顺序, 在该要素中出现有具体模型时按照上述顺序逐个对上述具体模型进行诊断, 从而可快速进行判断和处理, 而从整体上看该判断和处理中的错误很少。

(9) 可根据设备异常情况的经验添加具体模型, 从而有助于经验的积累。

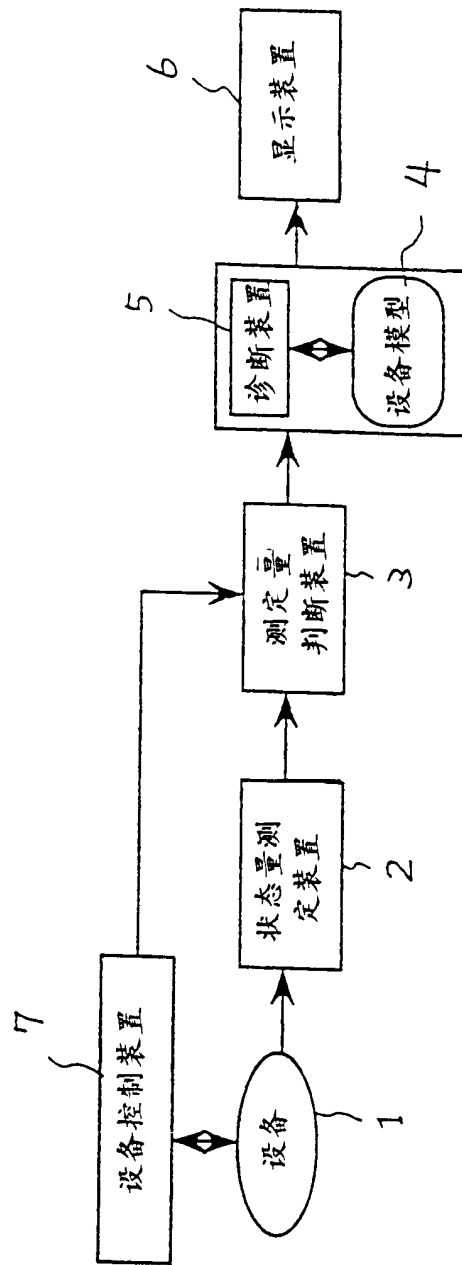


图1

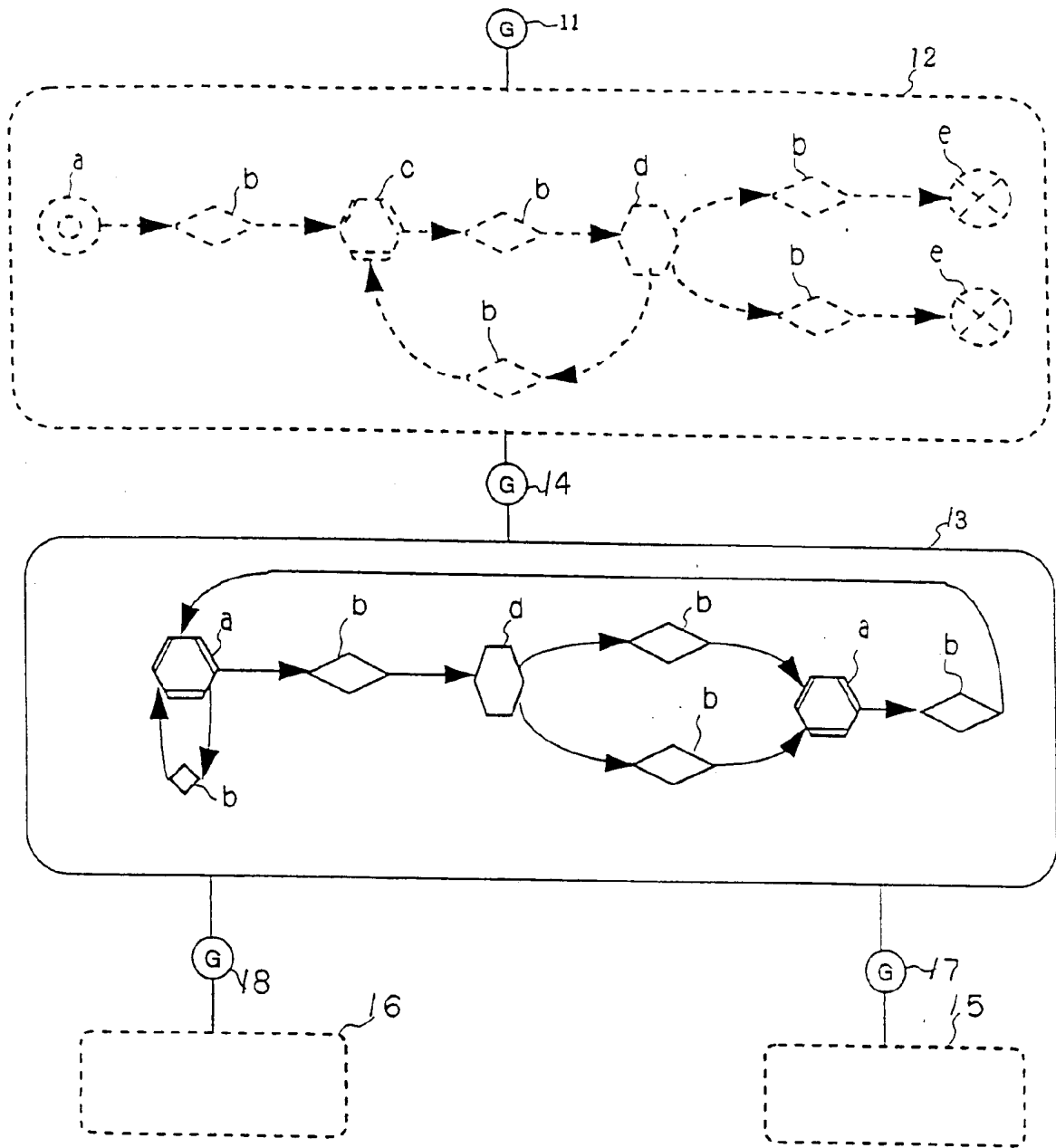


图 2

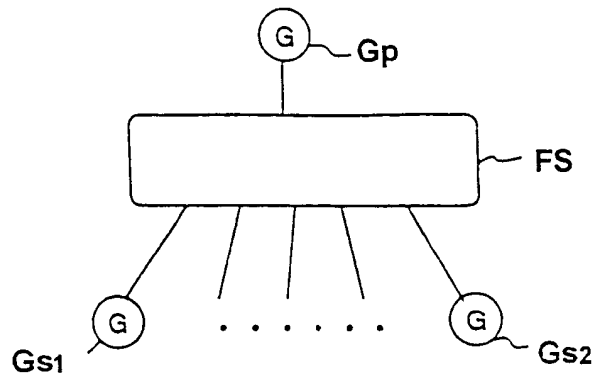


图 3

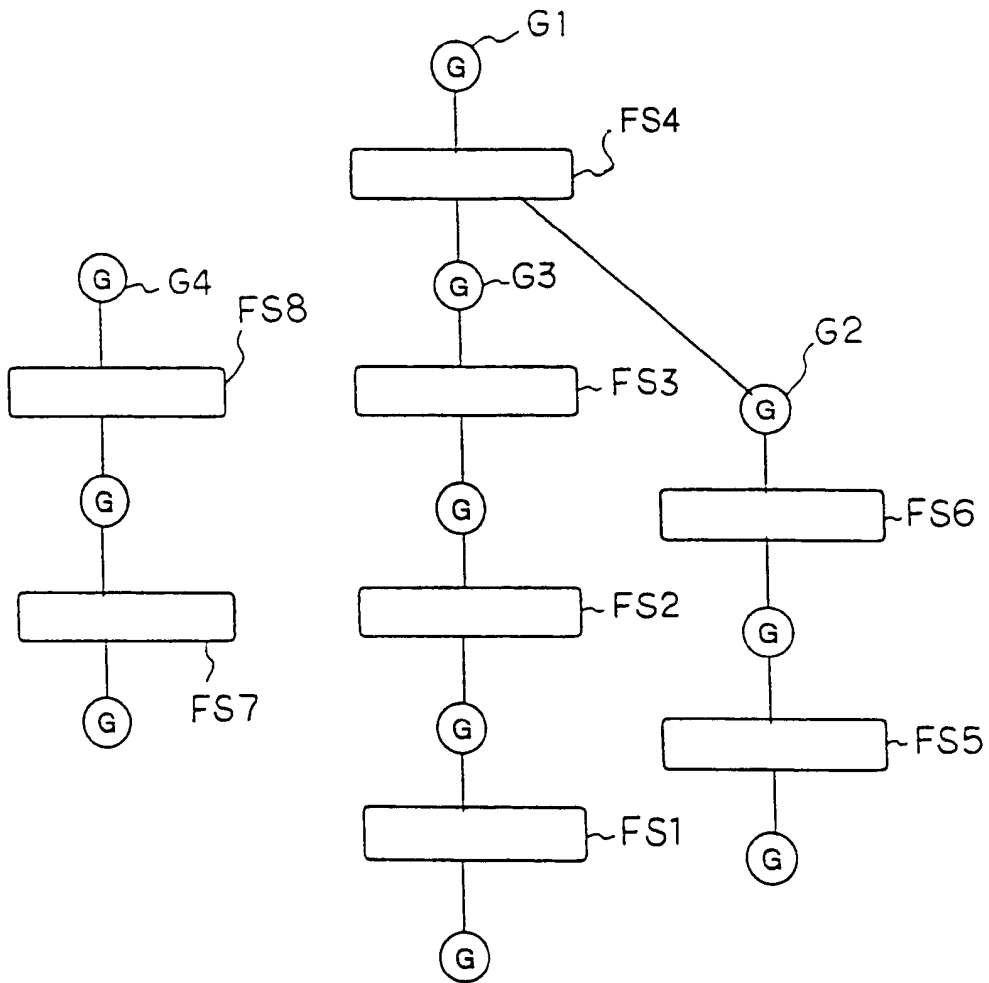


图 4

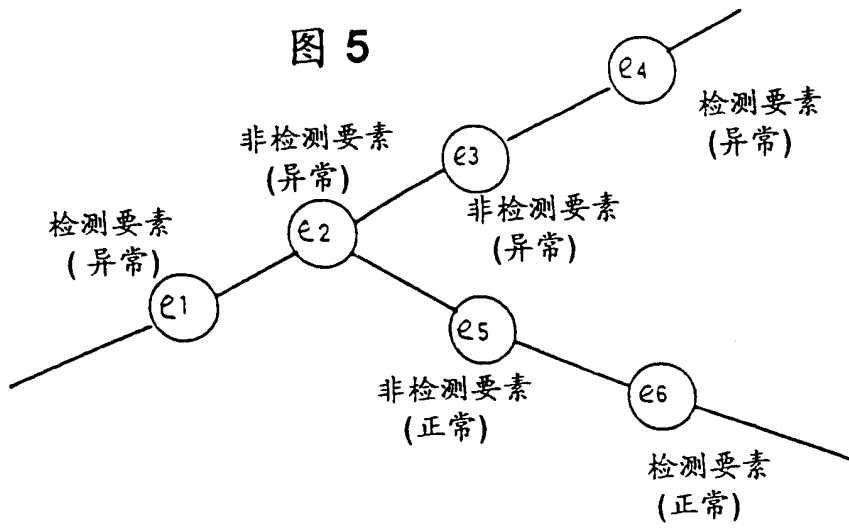
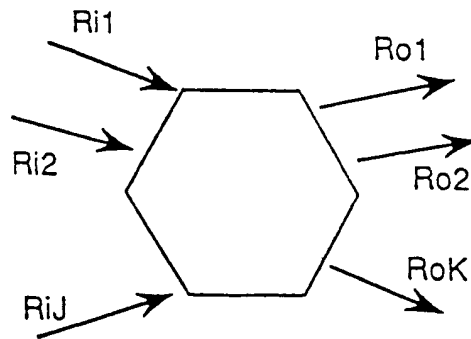


图 6

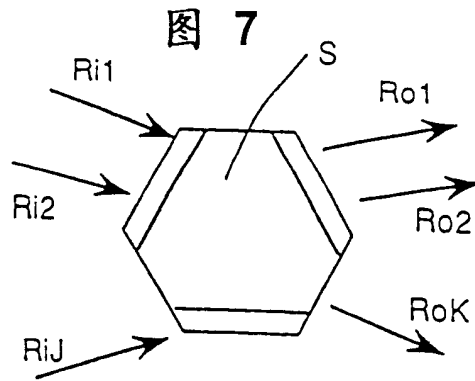


$$\left| \sum_{j=1}^J R_{ij} - \sum_{k=1}^K R_{ok} \right| < \epsilon \quad \text{平衡监视}$$

$$\left| \frac{R_{ij}}{\sum_{j=1}^J R_{ij}} - \alpha_j \right| < \epsilon_j \quad \text{分配比监视}$$

$$\left| \frac{R_{ok}}{\sum_{k=1}^K R_{ok}} - \alpha_k \right| < \epsilon_k \quad \text{分配比监视}$$

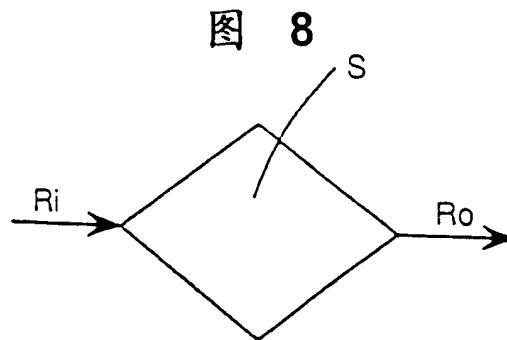
α : 分配比 ϵ : 界限值



$$|S - S_0| < \epsilon_0 \quad \text{储存量监视}$$

$$\left| \frac{ds}{dt} - \beta \left(\sum_{j=1}^J R_{ij} - \sum_{k=1}^K R_{ok} \right) \right| < \epsilon \quad \text{平衡监视}$$

S: 储存量 β: 变换系数



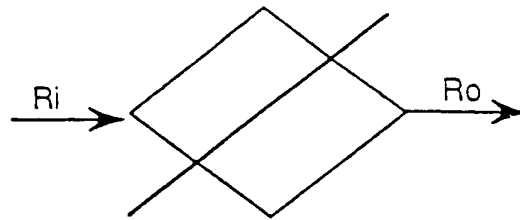
$$|R_i - R_o| < \epsilon \quad \text{平衡监视}$$

$$|R_i - R_{i0}| < \epsilon_1 \quad \text{正常值监视}$$

$$|R_o - R_{o0}| < \epsilon_0 \quad \text{正常值监视}$$

$$|f(S, R_i, R_o)| < \epsilon_f \quad \text{约束条件监视}$$

S: 对驱动源的状态量



$R_i > 0$ $R_o > 0$ 单向监视

$|R_i| < \epsilon$ $|R_o| < \epsilon$ 双向监视

图 9

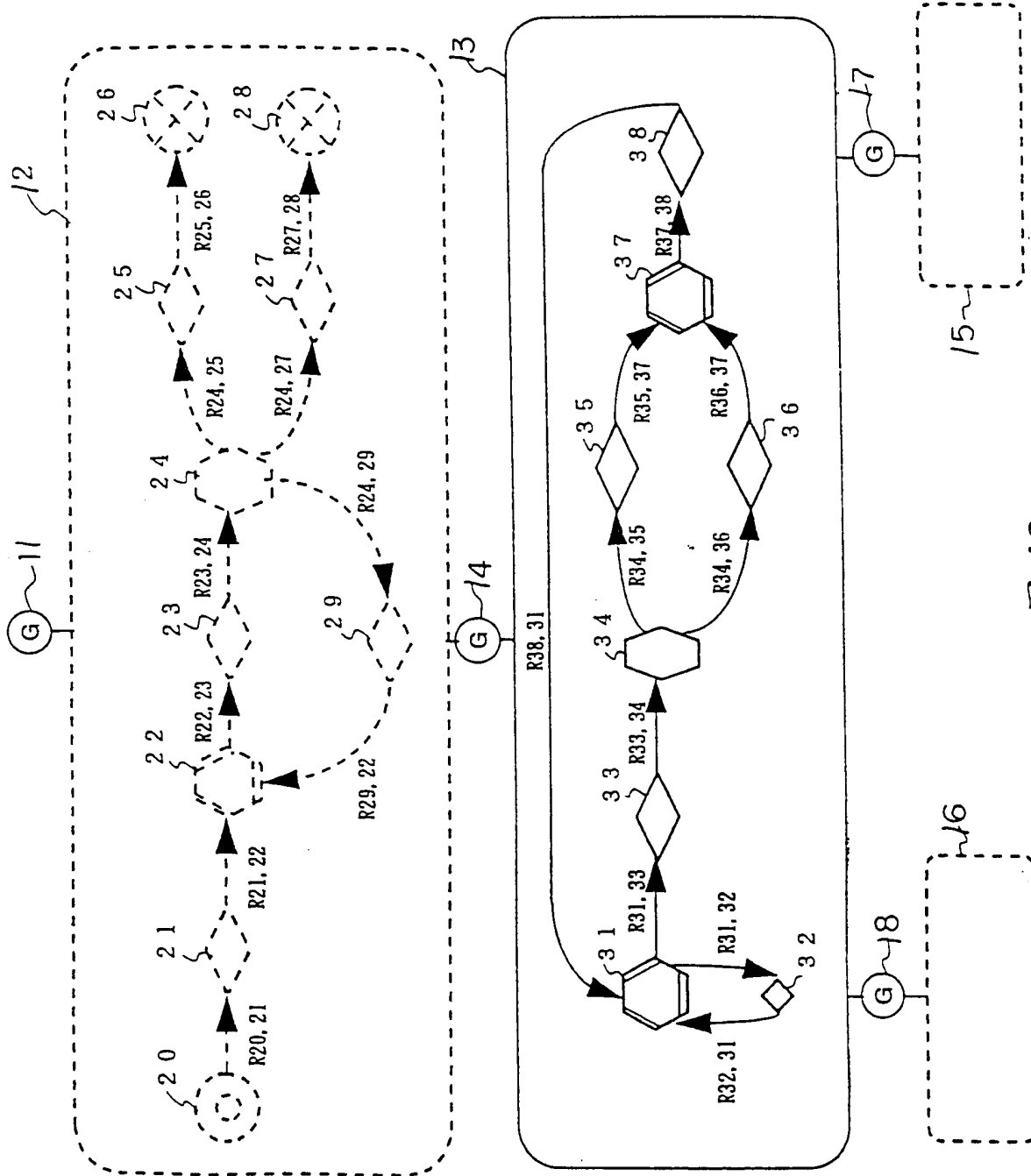


图 10

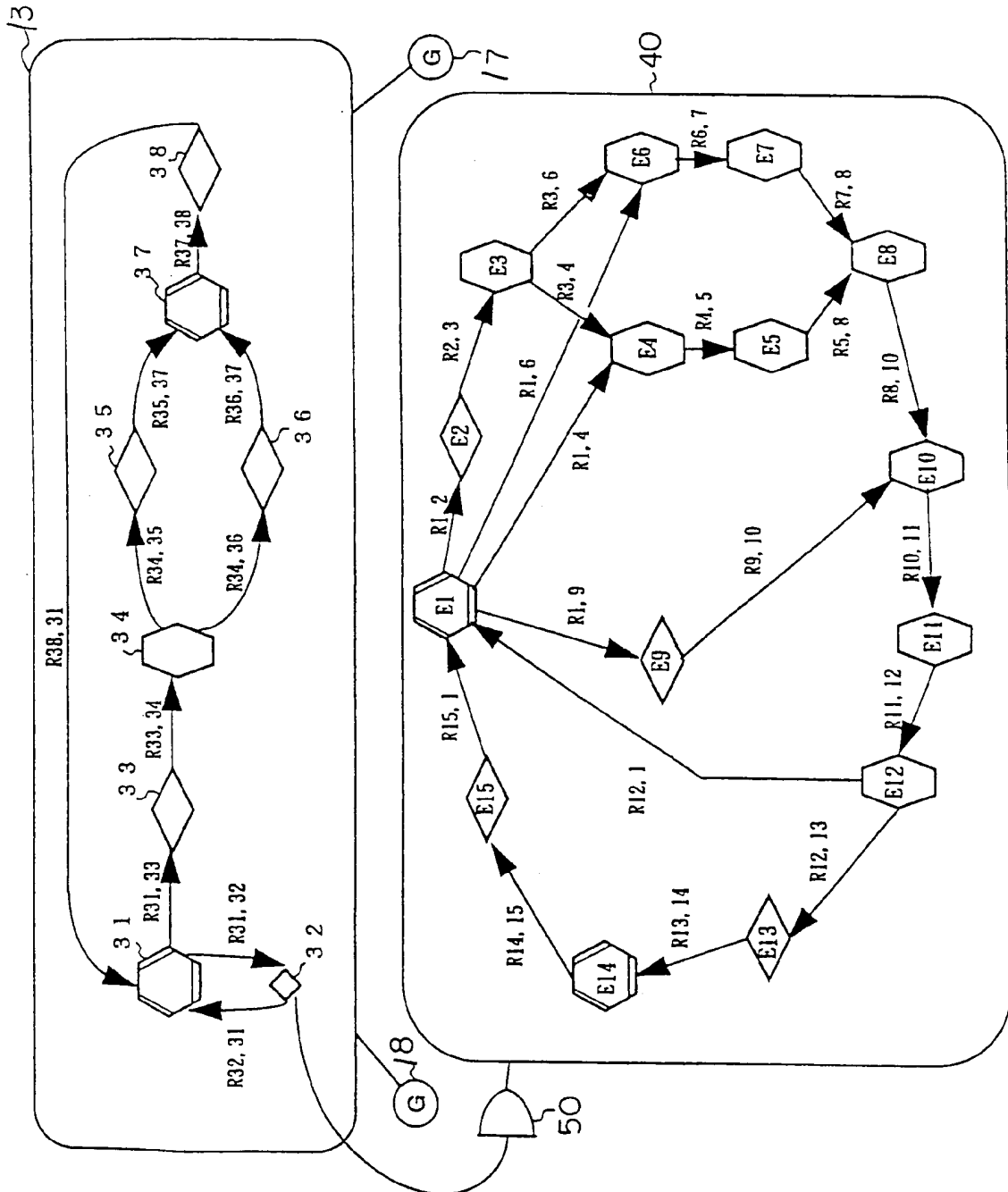


图 11

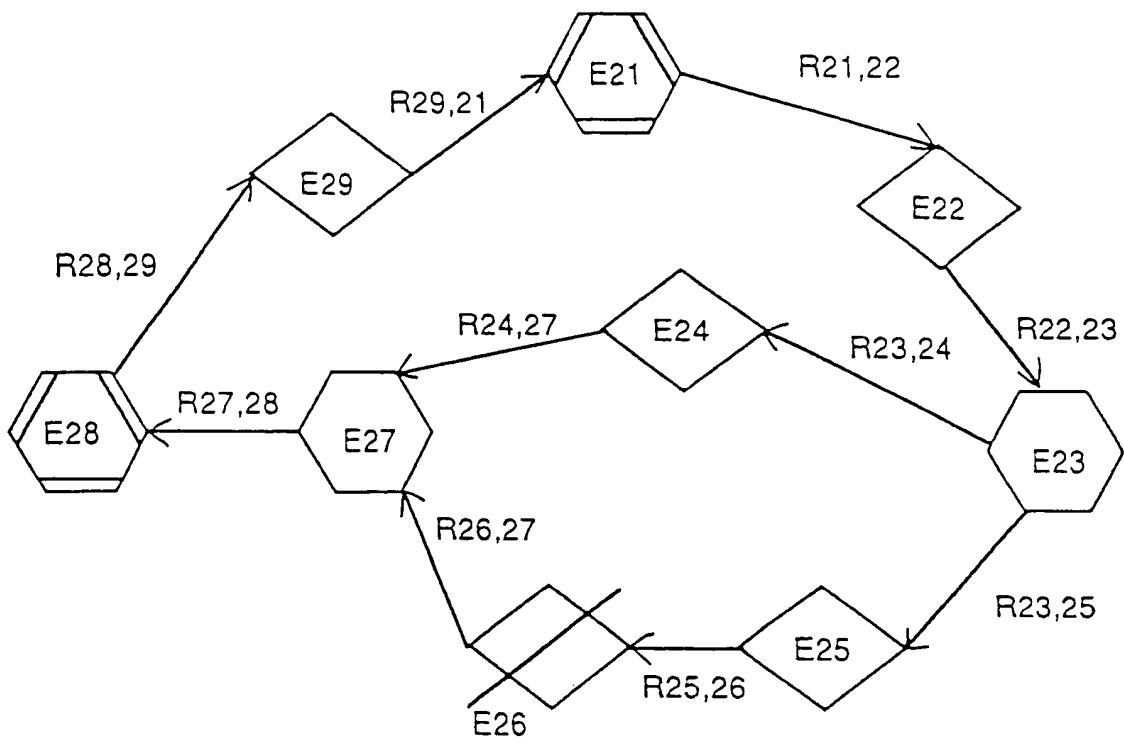


图 12