

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
G01R 31/00 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810002094.0

[43] 公开日 2009年7月22日

[11] 公开号 CN 101487865A

[22] 申请日 2008.1.16

[21] 申请号 200810002094.0

[71] 申请人 西门子公司

地址 德国慕尼黑

[72] 发明人 邢建辉 胡喜 时文刚 王青岗

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所  
代理人 张亮

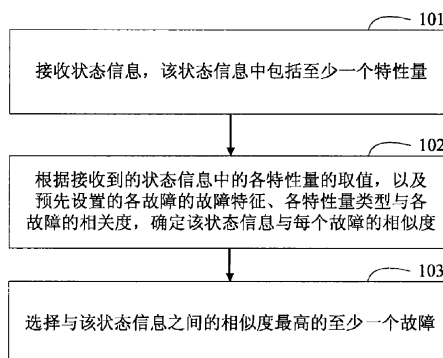
权利要求书 5 页 说明书 18 页 附图 4 页

## [54] 发明名称

故障诊断方法和故障诊断系统

## [57] 摘要

本发明提供了一种故障诊断方法和一种故障诊断系统。本发明在确定设备监测系统得到的状态信息与每个故障的相似度时，不仅考虑该状态信息中的各特性量取值与各故障的相应故障特征的相似度，还考虑各特性量类型与各故障的相关度，其中，相关度表示不同的特性量类型对不同故障的敏感度。由于特性量类型与故障的相关度可以根据历史故障诊断过程或预先进行的多次故障实验统计得到，因而得到的相关度能够客观准确地反映不同特性量类型对不同故障的敏感程度，从而使得状态信息与故障的相似度更能够准确地反映状态信息所体现的故障与已知故障的相似程度，进而使得故障诊断具有较高的准确度。



1. 一种故障诊断方法，其特征在于，包括：

接收状态信息，该状态信息中包括至少一个特性量；

根据所述状态信息中各特性量的取值，以及预先设置的各故障的故障特征、各特性量类型与各故障的相关度，确定该状态信息与各故障的相似度；

选择与所述状态信息相似度最高的至少一个故障。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述选择至少一个故障之后，该方法进一步包括：输出所选择的各故障对应的故障信息，以用于故障诊断人员参考。

3. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述选择至少一个故障之后，该方法进一步包括：

根据预先设置的不同特性量取值条件下各故障的发生概率，输出所述状态信息中的特性量取值条件下所选择的各故障的发生概率，以用于故障诊断人员参考。

4. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述输出所选择的各故障对应的故障信息之后，该方法进一步包括：

接收第一选择指令，所述第一选择指令中包括至少一个故障标识，所述故障标识指示了所选择故障中的至少一个故障；

针对所述第一选择指令中的每个故障标识，输出至少一个特性量类型、所输出的各特性量类型与该故障标识所对应的故障的相关度，以及所输出的特性量类型中的至少一个特性量取值；其中，所述输出的特性量类型与该故障标识所对应的故障具有最高相关度；所述输出的至少一个特性量取值，在所述输出的各特性量类型的特性量取值中，与该故障标识所对应的故障的相应故障特征具有最高相似度。

5. 如权利要求 4 所述的方法，其特征在于，所述接收第一选择指令之后，该方法进一步包括：

根据预先设置的步长，提高所述状态信息中的各特性量类型与所述第一选择指令中的各故障标识所对应的故障的相关度。

6. 如权利要求 4 所述的方法，其特征在于，针对所述第一选择指令中的每个故障标识，输出至少一个特性量类型、所输出的各特性量类型与该故

障标识所对应的故障的相关度,以及所输出的特性量类型中的至少一个特性量取值之后,该方法进一步包括:

接收第二选择指令,所述第二选择指令中包括特性量类型,以及与各特性量类型相关的故障标识;其中,所述特性量类型为所述输出的特性量类型中的至少一个,所述故障标识为所述第一选择指令中的故障标识中的至少一个;

根据预先设置的步长,提高所述第二选择指令中包括的各特性量类型与该特性量类型相关的各故障标识所对应的故障的相关度。

7. 如权利要求 4 所述的方法,其特征在于,针对所述第一选择指令中的每个故障标识,输出至少一个特性量类型、所输出的各特性量类型与该故障标识所对应的故障的相关度,以及所输出的特性量类型中的至少一个特性量取值之后,该方法进一步包括:

接收调整指令,所述调整指令中包括特性量类型,以及与各特性量类型相关的故障标识和调整类型;其中,所述特性量类型为所述输出的特性量类型中的至少一个,所述故障标识指示了所选择的故障中的至少一个故障,所述调整类型为减小和/或增大;

针对所述各特性量类型,如果所述调整类型为减小,则根据预先设置的步长,降低该特性量类型和相应的各故障标识所对应的故障的相关度;和/或,如果所述调整类型为增大,则根据预先设置的步长,提高该特性量类型和相应的各故障标识所对应的故障的相关度。

8. 如权利要求 1 至 7 中任意一项所述的方法,其特征在于,所述选择至少一个故障之前,该方法进一步包括:

根据所述状态信息中的特性量的取值,确定所述状态信息所属的聚类类别。

9. 如权利要求 8 所述的方法,其特征在于,在根据所述状态信息中的特性量的取值,确定所述状态信息所属的聚类类别时,各聚类类别的中心位置预先设置为各故障的故障特征,各聚类类别的边缘距离分别为一个预先设置的相似度阈值。

10. 如权利要求 8 所述的方法,其特征在于,在确定了所述状态信息所属的聚类类别之后,该方法进一步包括:

输出所述状态信息所属聚类类别的故障发生概率和/或特性量取值概率。

11. 如权利要求 1 至 7 中任意一项所述的方法, 其特征在于, 所述状态信息与故障的相似度为:

$$\frac{\sum_{x=1}^n [Cor(Fi, CQx) \times CYx]}{\sum_{x=1}^n Cor(Fi, CQx)},$$

其中,  $CQx$  为该状态信息中特性量  $x$  的特性量类型,  $Cor(Fi, CQx)$  为特性量类型  $CQx$  与故障  $Fi$  的相关度,  $CYx$  为特性量  $x$  的特性量取值与故障  $Fi$  的相应故障特征的相似度, 其中  $n$ 、 $x$  为大于等于 1 的正整数。

12. 一种故障诊断系统, 其特征在于, 包括: 第一存储区 (300) 和故障诊断单元 (301), 其中,

所述第一存储区 (300) 用于存储各故障的故障特征、各特性量类型与各故障的相关度;

所述故障诊断单元 (301) 用于接收包括至少一个特性量的状态信息; 根据所述状态信息中各特性量的取值, 以及所述第一存储区 (300) 中存储的各故障的故障特征、各特性量类型与各故障的相关度, 确定该状态信息与各故障的相似度; 以及选择与所述状态信息之间的相似度最高的至少一个故障。

13. 如权利要求 12 所述的系统, 其特征在于, 所述第一存储区 (300) 还用于存储各聚类类别的中心位置信息和边缘距离信息;

所述故障诊断单元 (301) 还用于在选择与所述状态信息之间的相似度最高的至少一个故障之前, 根据所述状态信息中的特性量的取值以及所述第一存储区 (300) 中存储的各聚类类别的中心位置信息和边缘距离信息, 确定所述状态信息所属的聚类类别。

14. 如权利要求 13 所述的系统, 其特征在于, 所述第一存储区 (300) 中存储的各聚类类别的中心位置分别为各故障的故障特征, 各聚类类别的边缘距离分别为一个相似度阈值。

15. 如权利要求 14 所述的系统, 其特征在于, 所述状态信息所属的聚类类别为: 所述状态信息与该聚类类别的中心位置所对应的故障的相似度大于等于该聚类类别的边缘距离所对应的相似度阈值。

16. 如权利要求 13 所述的系统, 其特征在于, 所述第一存储区 (300) 还用于存储各个故障的故障信息; 所述故障诊断单元 (301) 还用于从所述

第一存储区(300)中读取其所选择的各故障对应的故障信息;该系统还包括:

人机接口单元(302),用于输出所述故障诊断单元(301)所确定的所述聚类类别的中心位置信息和边缘距离信息,以及所述故障诊断单元(301)所选择的各故障对应的故障信息。

17. 如权利要求16所述的系统,其特征在于,所述人机接口单元(302)还用于在输出所述故障诊断单元(301)所选择的各故障对应的故障信息之后,输入第一选择指令,所述第一选择指令中包括至少一个故障标识,所述故障标识指示了所述故障选择单元(301)所选择的故障中的至少一个故障;以及在输入第一选择指令之后,输出所述故障诊断单元(301)针对第一选择指令中的每个故障标识向其传送的至少一个特性量类型、所述各特性量类型与该故障标识所对应的故障的相关度,以及所述特性量类型中的至少一个特性量取值;

所述故障诊断单元(301)还用于针对所述人机接口单元(302)输入的第一选择指令中的每个故障标识,在所述状态信息中确定至少一个特性量类型以及所述特性量类型中的至少一个特性量取值,并向所述人机接口单元(302)传送其所确定的至少一个特性量类型、所确定的各特性量类型与该故障标识所对应的故障的相关度,以及所确定的至少一个特性量取值;其中,所确定的至少一个特性量类型与该故障标识所对应的故障具有最高相关度;所确定的至少一个特性量取值,在所确定的特性量类型的特性量取值中,与该故障标识所对应的故障的相应故障特征具有最高相似度。

18. 如权利要求17所述的系统,其特征在于,所述人机接口单元(302)还用于进一步输入调整指令,所述调整指令中包括特性量类型,以及与各特性量类型相关的故障标识和调整类型;其中,所述特性量类型为所述输出的特性量类型中的至少一个,所述故障标识指示了所述故障诊断单元(301)所选择的故障中的至少一个故障,所述调整类型为减小和/或增大;该系统还包括:

相关度调整单元(303),用于根据调整指令,读取并改写所述第一存储区(300)中存储的调整指令中的所述各特性量类型和相关的各故障标识所对应的故障的相关度;其中,针对所述各特性量类型,如果所述调整类型为减小,根据预先设置的步长,降低该特性量类型和相关的各故障标识所对应

的故障的相关度；和/或，如果所述调整类型为增大，根据预设的步长，提高该特性量类型和相关的各故障标识所对应的故障的相关度。

19. 如权利要求 12 至 18 中任意一项所述的系统，其特征在于，所述状态信息与故障的相似度为：

$$\frac{\sum_{x=1}^n [Cor(Fi, CQx) \times CYx]}{\sum_{x=1}^n Cor(Fi, CQx)},$$

其中， $CQx$  为该状态信息中特性量  $x$  的特性量类型， $Cor(Fi, CQx)$  为特性量类型  $CQx$  与故障  $Fi$  的相关度， $CYx$  为特性量  $x$  的特性量取值与故障  $Fi$  的相应故障特征的相似度，其中  $n$ 、 $x$  为大于等于 1 的正整数。

## 故障诊断方法和故障诊断系统

### 技术领域

本发明涉及故障诊断技术，特别涉及一种故障诊断方法和一种故障诊断系统。

### 背景技术

现有设备监测系统能够对各种设备的状态实现监测，例如通过传感器测量得到设备的各种反馈信号以及运行参数等数据，这些数据被转换为各种特性量 (Characteristic Quantity, CQ)，这种转换得到的至少一个特性量的集合称为状态信息。故障诊断人员再依据其专业知识和经验，以及所述状态信息中的特性量，判断设备当前的状态，即判断设备当前是否出现某种类型的故障，从而实现故障诊断。

但是，上述的故障诊断过程主要依赖于故障诊断人员的经验和对不同特性量的认识程度，其诊断结果的准确性主要取决于故障诊断人员的专业水平。而且，大量以数字表示的特性量取值容易混淆，从而使得故障诊断人员做出错误的判断。

现有技术中还存在着一种自动故障诊断系统。该系统中预先设置了各故障的故障特征。针对各故障，该系统首先计算设备监测系统得到的状态信息中各特性量的取值与该故障的相应故障特征的相似度，然后计算这些相似度的平均值，并将该平均值作为该状态信息与该故障的相似度。在得到了所述状态信息与各故障的相似度之后，该系统将选择一个与所述状态信息具有最高相似度的故障，并将选择的故障作为故障诊断结果输出，从而实现故障诊断。

在上述自动故障诊断系统中，所设置各故障特征通常为一个经验值，其可以是基于历史故障诊断过程的一个统计结果，也可以根据实验结果确定。一个故障特征通常为一个量值，表示引起一种故障发生的相应特性量类型的特性量取值。根据上述方法计算得出的所述状态信息与各故障的相似度则表示所述状态信息所体现的故障与已知故障的相似程度。

例如，设备监测系统得到的状态信息中，包括压力和高度两个特性量类型，特性量取值分别为 50 和 80。预先设置的一个故障的故障特征为：压力的取值为 60、高度的取值为 70。则上述状态信息与该故障的相似度为：

$$\frac{(1 - \frac{|50 - 60|}{60}) + (1 - \frac{|80 - 70|}{70})}{2} = \frac{71}{84}$$

其中，特性量压力的取值与故障特征压力的相似度为： $1 - \frac{|50 - 60|}{60}$ ，特性量高度的取值与故障特征高度的相似度为： $1 - \frac{|80 - 70|}{70}$ 。如果该状态信息与该故障的相似度比该状态信息与其他故障的相似度高，则将该故障作为故障诊断结果。

但是，上述系统主要根据状态信息中特性量的取值与故障特征的相似度来得到故障诊断结果，因而使得故障诊断的依据不够全面，从而使得故障诊断的准确性不高。

#### 发明内容

有鉴于此，本发明提供了一种故障诊断方法和一种故障诊断系统，能够提高故障诊断的准确性。

本发明提供了一种故障诊断方法，包括：

接收状态信息，该状态信息中包括至少一个特性量；

根据所述状态信息中各特性量的取值，以及预先设置的各故障的故障特征、各特性量类型与各故障的相关度，确定该状态信息与各故障的相似度；

选择与所述状态信息相似度最高的至少一个故障。

可选的，所述选择至少一个故障之后，该方法进一步包括：输出所选择的各故障对应的故障信息，以用于故障诊断人员参考。

可选的，所述选择至少一个故障之后，该方法进一步包括：

根据预先设置的不同特性量取值条件下各故障的发生概率，输出所述状态信息中的特性量取值条件下所选择的各故障的发生概率，以用于故障诊断人员参考。

可选的，所述输出所选择的各故障对应的故障信息之后，该方法进一步包括：

接收第一选择指令，所述第一选择指令中包括至少一个故障标识，所述故障标识指示了所选择故障中的至少一个故障；



针对所述第一选择指令中的每个故障标识，输出至少一个特性量类型、所输出的各特性量类型与该故障标识所对应的故障的相关度，以及所输出的特性量类型中的至少一个特性量取值；其中，所述输出的特性量类型与该故障标识所对应的故障具有最高相关度；所述输出的至少一个特性量取值，在所述输出的各特性量类型的特性量取值中，与该故障标识所对应的故障的相应故障特征具有最高相似度。

可选的，所述接收第一选择指令之后，该方法进一步包括：

根据预先设置的步长，提高所述状态信息中的各特性量类型与所述第一选择指令中的各故障标识所对应的故障的相关度。

可选的，针对所述第一选择指令中的每个故障标识，输出至少一个特性量类型、所输出的各特性量类型与该故障标识所对应的故障的相关度，以及所输出的特性量类型中的至少一个特性量取值之后，该方法进一步包括：

接收第二选择指令，所述第二选择指令中包括特性量类型，以及与各特性量类型相关的故障标识；其中，所述特性量类型为所述输出的特性量类型中的至少一个，所述故障标识为所述第一选择指令中的故障标识中的至少一个；

根据预先设置的步长，提高所述第二选择指令中包括的各特性量类型与该特性量类型相关的各故障标识所对应的故障的相关度。

可选的，针对所述第一选择指令中的每个故障标识，输出至少一个特性量类型、所输出的各特性量类型与该故障标识所对应的故障的相关度，以及所输出的特性量类型中的至少一个特性量取值之后，该方法进一步包括：

接收调整指令，所述调整指令中包括特性量类型，以及与各特性量类型相关的故障标识和调整类型；其中，所述特性量类型为所述输出的特性量类型中的至少一个，所述故障标识指示了所选择的故障中的至少一个故障，所述调整类型为减小和/或增大；

针对所述各特性量类型，如果所述调整类型为减小，则根据预先设置的步长，降低该特性量类型和相应的各故障标识所对应的故障的相关度；和/或，如果所述调整类型为增大，则根据预先设置的步长，提高该特性量类型和相应的各故障标识所对应的故障的相关度。

可选的，所述选择至少一个故障之前，该方法进一步包括：

根据所述状态信息中的特性量的取值，确定所述状态信息所属的聚类类

别。

其中，在根据所述状态信息中的特性量的取值，确定所述状态信息所属的聚类类别时，各聚类类别的中心位置预先设置为各故障的故障特征，各聚类类别的边缘距离分别为一个预先设置的相似度阈值。

可选的，在确定了所述状态信息所属的聚类类别之后，该方法进一步包括：

输出所述状态信息所属聚类类别的故障发生概率和/或特性量取值概率。

优选的，所述状态信息与故障的相似度为：

$$\frac{\sum_{x=1}^n [Cor(F_i, CQ_x) \times CY_x]}{\sum_{x=1}^n Cor(F_i, CQ_x)},$$

其中， $CQ_x$  为该状态信息中特性量  $x$  的特性量类型， $Cor(F_i, CQ_x)$  为特性量类型  $CQ_x$  与故障  $F_i$  的相关度， $CY_x$  为特性量  $x$  的特性量取值与故障  $F_i$  的相应故障特征的相似度，其中  $n$ 、 $x$  为大于等于 1 的正整数。

本发明提供的一种故障诊断系统，包括：第一存储区和故障诊断单元，其中，

所述第一存储区用于存储各故障的故障特征、各特性量类型与各故障的相关度；

所述故障诊断单元用于接收包括至少一个特性量的状态信息；根据所述状态信息中各特性量的取值，以及所述第一存储区中存储的各故障的故障特征、各特性量类型与各故障的相关度，确定该状态信息与各故障的相似度；以及选择与所述状态信息之间的相似度最高的至少一个故障。

可选的，所述第一存储区还用于存储各聚类类别的中心位置信息和边缘距离信息；

所述故障诊断单元还用于在选择与所述状态信息之间的相似度最高的至少一个故障之前，根据所述状态信息中的特性量的取值以及所述第一存储区中存储的各聚类类别的中心位置信息和边缘距离信息，确定所述状态信息所属的聚类类别。

优选的，所述第一存储区中存储的各聚类类别的中心位置分别为各故障的故障特征，各聚类类别的边缘距离分别为一个相似度阈值。

优选的，所述状态信息所属的聚类类别为：所述状态信息与该聚类类别

的中心位置所对应的故障的相似度大于等于该聚类类别的边缘距离所对应的相似度阈值。

可选的，所述第一存储区还用于存储各个故障的故障信息；所述故障诊断单元还用于从所述第一存储区中读取其所选择的各故障对应的故障信息；该系统还包括：

人机接口单元，用于输出所述故障诊断单元所确定的所述聚类类别的中心位置信息和边缘距离信息，以及所述故障诊断单元所选择的各故障对应的故障信息。

可选的，所述人机接口单元还用于在输出所述故障诊断单元所选择的各故障对应的故障信息之后，输入第一选择指令，所述第一选择指令中包括至少一个故障标识，所述故障标识指示了所述故障选择单元所选择的故障中的至少一个故障；以及在输入第一选择指令之后，输出所述故障诊断单元针对第一选择指令中的每个故障标识向其传送的至少一个特性量类型、所述各特性量类型与该故障标识所对应的故障的相关度，以及所述特性量类型中的至少一个特性量取值；

所述故障诊断单元还用于针对所述人机接口单元输入的第一选择指令中的每个故障标识，在所述状态信息中确定至少一个特性量类型以及所述特性量类型中的至少一个特性量取值，并向所述人机接口单元传送其所确定的至少一个特性量类型、所确定的各特性量类型与该故障标识所对应的故障的相关度，以及所确定的至少一个特性量取值；其中，所确定的至少一个特性量类型与该故障标识所对应的故障具有最高相关度；所确定的至少一个特性量取值，在所确定的特性量类型的特性量取值中，与该故障标识所对应的故障的相应故障特征具有最高相似度。

可选的，所述人机接口单元还用于进一步输入调整指令，所述调整指令中包括特性量类型，以及与各特性量类型相关的故障标识和调整类型；其中，所述特性量类型为所述输出的特性量类型中的至少一个，所述故障标识指示了所述故障诊断单元所选择的故障中的至少一个故障，所述调整类型为减小和/或增大；该系统还包括：

相关度调整单元，用于根据调整指令，读取并改写所述第一存储区中存储的调整指令中的所述各特性量类型和相关的各故障标识所对应的故障的相关度；其中，针对所述各特性量类型，如果所述调整类型为减小，根据预

先设置的步长,降低该特性量类型和相关的各故障标识所对应的故障的相关度;和/或,如果所述调整类型为增大,根据预设的步长,提高该特性量类型和相关的各故障标识所对应的故障的相关度。

优选的,所述状态信息与故障的相似度为:

$$\frac{\sum_{x=1}^n [Cor(Fi, CQx) \times CYx]}{\sum_{x=1}^n Cor(Fi, CQx)},$$

其中,  $CQx$  为该状态信息中特性量  $x$  的特性量类型,  $Cor(Fi, CQx)$  为特性量类型  $CQx$  与故障  $Fi$  的相关度,  $CYx$  为特性量  $x$  的特性量取值与故障  $Fi$  的相应故障特征的相似度, 其中  $n$ 、 $x$  为大于等于 1 的正整数。

本发明中预先设置的特性量类型与故障的相关度是一个经验值,其可以根据历史故障诊断过程或多次故障实验统计得到。由于所设置的特性量类型与故障的相关度反映了不同特性量类型对不同故障的敏感程度,因而使得状态信息与故障的相似度更能够准确反映状态信息所体现的故障与已知故障的相似程度,从而使得故障诊断具有较高的准确度。

并且,本发明中所设置的特性量类型与故障的相关度还可以随着各次故障诊断的进行以及故障诊断人员的反馈被不断地更新,因此,该经验值可以在故障诊断的过程中不断地得到修正和验证,使之更加客观准确地反映不同特性量类型对不同故障的敏感程度,从而使得故障诊断具有更高的准确度。

而且,本发明还可以选择一个以上的故障。将选择的一个以上的故障作为参考故障诊断结果提供给故障诊断人员,使得故障诊断人员能够从参考故障诊断结果中选择其认为正确的故障作为最终的故障诊断结果,同时反馈其认为不正确的故障,从而在故障诊断的过程中更充分地利用了故障诊断人员的经验,进一步提高了故障诊断的准确性。

#### 附图说明

下面将通过参照附图详细描述本发明的示例性实施例,使本领域的普通技术人员更清楚本发明的上述及其它特征和优点,附图中:

图 1 为本发明实施例中故障诊断方法的示例性流程图;

图 2 为本发明实施例中故障诊断方法的具体流程图;

图 3 为本发明实施例中故障诊断系统的结构图;

图 4 为本发明实施例中的一种显示输出界面的示意图；

图 5 为本发明实施例中的另一种显示输出界面的示意图。

### 具体实施方式

为使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下参照附图并举实施例，对本发明进一步详细说明。

本发明在确定设备监测系统得到的状态信息与每个故障的相似度时，不仅考虑该状态信息中的各特性量取值与各故障的相应故障特征的相似度，还考虑该状态信息中的各特性量的类型与各故障的相关度。其中，相关度表示不同的特性量类型对不同故障的敏感度。

图 1 为本发明实施例中故障诊断方法的示例性流程图。如图 1 所示，本实施例中的故障诊断方法包括以下步骤：

步骤 101，接收状态信息，该状态信息中包括至少一个特性量。

步骤 102，根据所述状态信息中各特性量的取值，以及预先设置的各故障的故障特征、各特性量类型与各故障的相关度，确定该状态信息与每个故障的相似度。

本步骤中，确定状态信息与故障的相似度的过程为：针对每个故障，将计算得到的所述状态信息中每个特性量的取值与相应故障特征的相似度，分别乘以对应的特性量类型与该故障的相关度，再计算与对应相关度相乘后的所有特性量取值与相应故障特征的相似度的平均值。即可以在计算状态信息与故障的相似度时，将特性量类型与故障的相关度作为加权因子，从而使得不同敏感度的特性量类型对选择故障诊断结果的影响程度不同。在计算所述状态信息中每个特性量的取值与相应故障特征的相似度时，现有技术中的各种已知计算方法均可以适用于本发明。

以状态信息中包括两个特性量为例，其中， $CQ1$  和  $CQ2$  分别代表两个特性量的类型， $CQ1$  与故障  $Fi$  的相关度为  $Cor(Fi, CQ1)$ ， $CQ2$  与故障  $Fi$  的相关度为  $Cor(Fi, CQ2)$ 。假设  $CY1$  为类型  $CQ1$  的特性量的取值与相应故障特征的相似度， $CY2$  为类型  $CQ2$  的特性量的取值与相应故障特征的相似度，则分别利用相关度  $Cor(Fi, CQ1)$  和  $Cor(Fi, CQ2)$  对  $CY1$  和  $CY2$  进行加权平均后的结果就为该状态信息与故障  $Fi$  的相似度。上述状态信息与故障  $Fi$  的相似度计算方法可以表示为如下方式：

$[Cor(Fi, CQ1) \times CY1 + Cor(Fi, CQ2) \times CY2] / [Cor(Fi, CQ1) + Cor(Fi, CQ2)]$ 。

同理，如果所述状态信息中包括多于两个特性量时，则分别利用对应的各特性量类型与故障  $Fi$  的相关度对各特性量的取值与相应故障特征的相似度进行加权平均，从而得到所述状态信息与故障  $Fi$  的相似度，通用公式为：

$$\frac{\sum_{x=1}^n [Cor(Fi, CQx) \times CYx]}{\sum_{x=1}^n Cor(Fi, CQx)},$$

其中， $CQx$  为所述状态信息中特性量  $x$  的类型， $CQx$  与故障  $Fi$  的相关度为  $Cor(Fi, CQx)$ ， $CYx$  为特性量  $x$  的取值与故障  $Fi$  的相应故障特征的相似度，其中  $n$ 、 $x$  为大于等于 1 的正整数。

步骤 103，选择与该状态信息之间的相似度最高的至少一个故障。

本步骤中，假设有  $N$  个已知故障， $N$  为大于等于 1 的正整数，步骤 102 中确定了状态信息与每个故障的相似度，即  $N$  个相似度，则从  $N$  个相似度中选择  $m$  个最高相似度对应的故障， $m$  为大于等于 1 且小于等于  $N$  的正整数，选择的  $m$  个故障所对应的  $m$  个相似度可以不完全相同，但均高于未选择的故障所对应的  $N-m$  个相似度。例如， $N=5$ ， $m=3$ ，步骤 102 得到的 5 个相似度为 0.9、0.8、0.8、0.5、0.4，则选择的 3 个故障为相似度 0.9、0.8、0.8 分别对应的故障。实际应用中， $m$  可以预先设定，也可以在故障诊断过程中实时地确定。

至此，本流程结束。

上述流程中，在步骤 103 之后，还可以输出所选择的各故障对应的故障信息，用于故障诊断人员参考。其中，输出的故障信息可以为故障代码，此外还可以包括故障名称和/或对故障的具体描述。

在输出了所选择的各故障对应的故障信息之后，故障诊断人员可以直接将输出的故障信息所对应的故障作为最终的故障诊断结果，也可以结合自身的经验以及其它的相关信息，从输出的故障信息中确定其认为正确的一个或多个的故障作为最终的诊断结果，从而避免得到的故障诊断结果不够准确，在故障诊断人员获知了设备运行环境已变化的情况下，也能够保证最终的故障诊断结果是在考虑了该情况的前提下得到的。

例如，设备监测系统得到的状态信息中，包括特性量类型分别为压力和

高度的两个特性量，取值分别为 50 和 80。对于故障 1，压力的敏感度非常高，即压力与故障 1 的相关度非常高；对于故障 1，高度的敏感度较低，即高度与故障 1 的相关度较低，则可以着重考虑压力取值与故障 1 的相似度。假设压力与故障 1 的相关度为 0.9，高度与故障 1 的相关度仅为 0.1，故障 1 的故障特征中压力的取值为 60、高度的取值为 70，则基于特性量类型与故障的相关度，上述状态信息与故障 1 的相似度为：

$$\frac{0.9 \times (1 - \frac{|50-60|}{60}) + 0.1 \times (1 - \frac{|80-70|}{70})}{0.9 + 0.1} = \frac{117}{140}$$

。如果该状态信息与故障 1 的相似度，比该状态信息与其他故障的相似度都高，则将故障 1 作为参考故障诊断结果提供给故障诊断人员。

对于故障 2，高度的敏感度非常高，即高度与故障 2 的相关度非常高；对于故障 2，压力的敏感度较低，即压与力故障 2 的相关度较低，则可以着重考虑高度取值对故障 2 的相似度。假设压力与故障 2 的相关度仅为 0.1，高度与故障 2 的相关度为 0.7，故障 2 的故障特征中压力的取值为 70、高度的取值为 60，则基于特性量类型与故障的相关度，上述状态信息与故障 2

的相似度为：

$$\frac{0.1 \times (1 - \frac{|50-70|}{70}) + 0.7 \times (1 - \frac{|80-60|}{60})}{0.1 + 0.7} = \frac{113}{168}$$

。如果该状态信息与故障 2 的相似度，仅次于该状态信息与故障 1 的相似度，则可以同时也将故障 2 作为参考故障诊断结果提供给故障诊断人员。

同理，如果压力和高度与故障 3 的相关度均非常高，且基于该相关度，所述状态信息与故障 3 的相似度仅次于该状态信息与故障 1 的相似度以及该状态信息与故障 2 的相似度，则故障 3 也可以同时作为参考故障诊断结果提供给故障诊断人员。

故障诊断人员可以直接将故障 1、故障 2 和故障 3 作为最终的故障诊断结果。或者，故障诊断人员也可以结合自身的经验以及其它的相关信息，对故障 1、故障 2 和故障 3 进一步进行检验，得到最终的故障诊断结果。

为了帮助故障诊断人员更准确地确定故障诊断结果，在输出了所选择的各故障对应的故障信息之后，或者与此同时，还可以根据预先设置的不同特性量取值条件下各故障的发生概率，输出所述状态信息中的特性量取值条件下步骤 103 所选择的各故障的发生概率。其中，所设置的各故障的发生概率

的初始值为根据历史故障诊断过程或实验数据得来的统计结果。随着各次故障诊断的进行,各故障的发生概率还可以根据所述统计结果的不断更新自动重新设置,或是由故障诊断人员重新配置。

其中,本发明上述实施例中的故障发生概率,可以为在所述状态信息中的特性量取值条件下,所选择的每个故障的实际发生次数,或者也可以为步骤 102 中所确定的状态信息与所选择的每个故障的相似度。

这样,故障诊断人员可以根据上述统计数据来进一步检验其认为正确的故障,从而进一步提高了故障诊断的准确性。

故障诊断人员为了验证其确定的故障的准确性,还可以通过选择指令反馈其确定的故障所对应的故障标识,例如故障代码。其中,选择指令中可以包括至少一个故障标识,选择指令中所包括的故障标识指示了步骤 103 所选择的故障中的至少一个故障。

在接收到故障诊断人员通过选择指令反馈的故障标识之后,可以针对反馈的每个故障标识,输出至少一个特性量类型、所输出的各特性量类型与该故障标识所对应的故障的相关度,以及所输出的特性量类型中的至少一个特性量取值,以供故障诊断人员依此在实际运行环境中验证,从而进一步提高故障诊断的准确性。

其中,针对故障诊断人员所反馈的每个故障标识,输出的至少一个特性量类型与该故障标识所对应的故障具有最高相关度,输出的至少一个特性量取值,在所述输出的各特性量类型的特性量取值中,与该故障标识所对应的故障的相应故障特征具有最高相似度。

例如,步骤 103 中选择了故障 1 和故障 2,并在步骤 103 之后输出了故障 1 和故障 2 对应的故障信息。故障诊断人员如果认为故障 1 更有可能为正确的故障诊断结果,则反馈包括故障 1 的故障标识的选择指令。假设在所述状态信息中的特性量类型中,压力与故障 1 的相关度最高,压力的取值 50 与故障 1 的相应故障特征具有最高相似度,则根据故障诊断人员反馈的选择指令,将特性量类型压力以及压力与故障 1 的相关度输出,并输出压力的取值 50,供故障诊断人员验证。

在故障诊断人员通过选择指令反馈了其所确定的故障所对应的故障标识后,如果根据该反馈更新预先设置的相关度,则可以使得所述相关度结合了更多故障诊断人员的经验,从而进一步提高故障诊断的准确度。



因此，本发明实施例中的故障诊断方法，在接收到故障诊断人员反馈的选择指令后，还可以根据预设的步长，提高步骤 101 接收到的状态信息中的特性量类型与故障诊断人员反馈的故障标识所对应的故障之间的相关度。

关于对相关度的调整，可以对步骤 101 接收到的状态信息中包括的所有特性量类型与故障诊断人员反馈的故障标识所对应的故障之间的相关度均进行调整。但是，为了能够更进一步提高故障诊断的准确度，也可以在输出了至少一个特性量类型、所输出的特性量类型与故障标识所对应的故障的相关度，以及所输出的特性量类型中的至少一个特性量取值之后，故障诊断人员再通过另一选择指令反馈其认可或不认可的相应于不同故障的特性量类型，以根据该反馈更加精确地更新预先设置的相关度。

为了区分故障诊断人员两次输入的选择指令，称针对故障标识的选择指令为第一选择指令，称针对特性量类型的选择指令为第二选择指令。第二选择指令中包括特性量类型，以及与各特性量类型相关的故障标识。第二选择指令中包括的特性量类型为之前输出的特性量类型中的至少一个，第二选择指令中包括的故障标识为第一选择指令中包括的故障标识中的至少一个。这样，即可根据预设的步长，提高第二选择指令中包括的各特性量类型与该特性量类型相关的各故障之间的相关度。其中，按照预设步长提高相关度的过程为：将原有相关度更新为其累加预设步长后的结果。例如，假设预设步长为 0.01，原本设置的一个相关度为 0.85，则按照预设步长提高后的该相关度等于 0.86。

所述输出的至少一个特性量类型可以表示为列表形式。如果故障诊断人员认为其中一个或多于一个特性量类型对其确定的故障敏感度不高，或对步骤 103 中选择的其他故障敏感度不高，或对其确定的故障敏感度应当更高，或对步骤 103 中选择的其他故障敏感度更高，还可以通过调整指令对这些相关度进行调整，调整指令中包括特性量类型，以及与各特性量类型相关的故障标识和调整类型。

其中，调整指令中包括的特性量类型为所述输出的特性量类型中的至少一个，与各特性量类型相关的故障标识指示了步骤 103 所选择的故障中的至少一个故障，与各特性量类型相关的调整类型可以为减小或增大，或者为针对与各特性量类型相关的故障标识中的部分故障标识减小并针对另一部分故障标识增大。针对所述各特性量类型，如果所述调整类型为减小，则根据

预先设置的步长,降低该特性量类型和与其相关的各故障标识所对应的故障的相关度;如果所述调整类型为增大,则根据预先设置的步长,提高该特性量类型和与其相关的各故障标识所对应的故障的相关度;如果所述调整类型为针对与该特性量类型相关的故障标识中的部分故障标识减小并针对另一部分故障标识增大,则根据预先设置的步长,降低该特性量类型和所述部分故障标识所对应的各故障的相关度,并提高该特性量类型和所述另一部分故障标识所对应的各故障的相关度。

这样,本发明实施例的方法还能够根据故障诊断人员的调整指令更新预先设置的相关度,从而在故障诊断的过程中更充分地利用了故障诊断人员的经验,进一步提高了故障诊断的准确性。

由于各次故障诊断可能由不同的故障诊断人员进行,因此,本发明实施例的方法还可以记录各次故障诊断时通过第一选择指令、第二选择指令、调整指令对相关度的更新,并在需要时输出该记录,以便于每位故障诊断人员均能够回溯相关度的更新过程,即实现各次故障诊断的反向跟踪,从而实现在不同的故障诊断人员之间共享故障诊断的经验,而且也可以为故障诊断人员提供修正历史故障诊断结果的机会。

本发明实施例中,在上述步骤 103 选择至少一个故障之前,可以根据步骤 101 接收到的状态信息中的特性量的取值,对所述状态信息进行聚类处理,从而确定当前接收到的状态信息所属的聚类类别。

其中,聚类处理是指在所有状态信息中,分别将包括了相近特性量取值的状态信息划分为一个聚类类别。本发明中,聚类处理可以按照现有技术中已知的任意一种聚类算法来实现。

以当前接收到的状态信息中的一个类型为压力、取值为 50 的特性量为例。假设当前接收到的状态信息与之前接收到的历史状态信息中,包括类型为压力且取值分别为 30、60 和 90 的特性量的次数较多,则通过聚类处理,分别将压力的取值接近 30、60、90 的状态信息划分为一个聚类类别。当前接收到的状态信息中的压力取值为 50,则当前接收到的状态信息属于压力的取值接近 60 的一个聚类类别。

其中,30、60、90 即可分被看作上述每个聚类类别的中心位置,各聚类类别的中心位置与其中特性量取值的最大值或最小值之差,即可看作各聚类类别的边缘距离。

同理，如果以当前接收到的状态信息中的一个类型为压力且取值为 40 的特性量以及一个类型为高度且取值为 60 的特性量为例，假设当前接收到的状态信息与之前接收到的历史状态信息中，包括压力取值为 30 且高度取值为 50、压力取值为 60 且高度取值为 20、压力取值为 90 且高度取值为 50 的特性量的次数较多，则通过聚类处理，分别将压力的取值接近 30 且高度的取值接近 50、压力的取值接近 60 且高度的取值接近 20、以及压力的取值接近 90 且高度的取值接近 50 的状态信息划分为一个聚类类别。当前接收到的状态信息中的压力取值为 40 且高度取值为 60，则当前接收到的状态信息属于压力的取值接近 30 且高度的取值接近 50 的一个聚类类别。

其中，如果将压力的取值和高度的取值看作二维坐标平面内的坐标值，每个聚类类别中的状态信息即可看作二维坐标平面内的点，则(30, 50)、(60, 20)、(90, 50)即可分别看作上述每个聚类类别的中心位置，每个中心位置与该聚类类别中距其最远的点之间的距离，即可看作该聚类类别的边缘距离。

这样，由于状态信息中的不同特性量取值能够反映设备的不同运行状态，因此，将所有状态信息划分为多个聚类类别，即可获知设备在具有相同或相似的运行状态时所发生的故障，从而为故障诊断人员确定故障提供帮助，提高故障诊断的准确性。

根据本发明的构思，在聚类处理时，更为有利的是将各聚类类别的中心位置预先设置为各故障的故障特性，各聚类类别的边缘距离分别预先设置为一个相似度的阈值，当所述状态信息与一个聚类类别的中心位置所对应的故障的相似度大于等于该聚类类别的边缘距离所对应的相似度阈值时，则认为所述状态信息属于该聚类类别。这种聚类方法可以将现有的聚类算法与本发明的构思相结合，使得各聚类类别能够更加客观准确地反映设备的不同运行状态。

本发明实施例中，在确定了所述状态信息所属的聚类类别之后，还可以输出所述状态信息所属聚类类别的故障发生概率和/或特性量取值概率，以用于故障诊断人员参考。其中，所述聚类类别的故障发生概率可以是在所述聚类类别中的特性量取值条件下，不同故障的实际发生次数，所述聚类类别的特性量取值概率可以是在所述聚类类别中不同特性量取值的出现次数。

在聚类处理中，可以调整预先设置的聚类类别的中心位置及边缘距离。

而且,在聚类处理后,还可以输出每个聚类类别的中心位置及边缘距离信息,以及所述状态信息在其所属聚类类别中的位置信息。如果所述状态信息靠近中心位置,则该聚类类别的故障发生概率和/或特性量取值概率的参考价值更大,反之,如果远离中心位置,则该聚类类别的故障发生概率和/或特性量取值概率的参考价值较小,由此为故障诊断人员确定故障进一步提供参考。

图2为本发明实施例中故障诊断方法的具体流程图。如图2所示,本实施例中的故障诊断方法可以包括以下步骤:

步骤201,接收状态信息,该状态信息中包括至少一个特性量。

步骤202,根据所述状态信息中各特性量的取值,以及预先设置的各故障的故障特征、各特性量类型与各故障的相关度,确定该状态信息与每个故障的相似度。

步骤203,根据所述状态信息中的特性量的取值,确定所述状态信息所属的聚类类别,并输出所述状态信息所属聚类类别的故障发生概率和/或特性量取值概率。

步骤204,选择与该状态信息之间的相似度最高的至少一个故障,并输出所选择的故障对应的故障信息。

步骤205,接收第一选择指令,并针对所述第一选择指令中的每个故障标识,输出至少一个特性量类型、所输出的各特性量类型与该故障标识所对应的故障的相关度,以及所输出的特性量类型中的至少一个特性量取值。

步骤206,接收调整指令,并根据接收到的调整指令执行有关的相关度调整。

至此,本流程结束。

下面,再对本发明实施例中的故障诊断系统进行详细说明。

图3为本发明实施例中故障诊断系统的结构图。如图3所示,本实施例中的故障诊断系统可以包括:第一存储区300和故障诊断单元301。

所述第一存储区300用于存储各故障的故障特征、各特性量类型与各故障的相关度。

所述故障诊断单元301用于接收包括至少一个特性量的状态信息;根据所述状态信息中各特性量的取值,以及所述第一存储区300中存储的各故障的故障特征、各特性量类型与各故障的相关度,确定该状态信息与各故障的相似度;以及选择与所述状态信息之间的相似度最高的至少一个故障。

这样，上述系统选择的故障，既考虑了不同类型的特性量取值与相应故障特征的相似度，还考虑了不同的特性量类型与不同故障的相关度，从而使故障诊断结果具有较高的准确度。

如图3所示的故障诊断系统，所述第一存储区300还可以用于存储各个故障的故障信息。所述故障诊断单元301还用于从所述第一存储区300中读取其所选择的各故障对应的故障信息。该系统还可以包括人机接口单元302，用于输出所述故障诊断单元301所选择的各故障对应的故障信息。

这样，故障诊断人员可以直接将人机接口单元302输出的故障信息所对应的故障作为最终的故障诊断结果，也可以结合自身的经验以及其它的相关信息，从人机接口单元302输出的故障信息中确定其认为正确的一个或多个的故障作为最终的诊断结果。

故障诊断人员为了验证其确定的故障的准确性，可以通过如前所述的第一选择指令反馈其确定的故障所对应的故障标识。这样，本实施例中的故障诊断系统还可以针对故障诊断人员所反馈的每个故障标识，输出至少一个特性量类型、所输出的各特性量类型与该故障标识所对应的故障的相关度，以及所输出的特性量类型中的至少一个特性量取值，以供故障诊断人员依此在实际运行环境中验证，从而进一步提高故障诊断的准确性。

基于上述情况，所述人机接口单元302还可以用于在输出所述故障诊断单元301所选择的各故障对应的故障信息之后，输入第一选择指令，所述第一选择指令中包括至少一个故障标识，所述故障标识指示了所述故障选择单元301所选择的故障中的至少一个故障；以及在输入第一选择指令之后，输出所述故障诊断单元301针对第一选择指令中的每个故障标识向其传送的至少一个特性量类型、所述各特性量类型与该故障标识所对应的故障的相关度，以及所述特性量类型中的至少一个特性量取值。所述故障诊断单元301还用于针对所述人机接口单元302输入的第一选择指令中的每个故障标识，在所述状态信息中确定至少一个特性量类型以及所述特性量类型中的至少一个特性量取值，并向所述人机接口单元302传送其所确定的至少一个特性量类型、所确定的各特性量类型与该故障标识所对应的故障的相关度，以及所确定的至少一个特性量取值，其中，所确定的至少一个特性量类型与该故障标识所对应的故障具有最高相关度，所确定的至少一个特性量取值，在所确定的特性量类型的特性量取值中，与该故障标识所对应的故障的相应故障

特征具有最高相似度。

所述输出的至少一个特性量类型可以表示为列表形式。如果故障诊断人员认为其中一个或多于一个特性量类型对其确定的故障敏感度不高，或对故障诊断系统选择的其他故障敏感度不高，或对其确定的故障敏感度应当更高，或对故障诊断系统选择的其他故障敏感度更高，还可以通过调整指令对这些相关度进行调整，调整指令中包括特性量类型，以及与各特性量类型相关的故障标识和调整类型。

基于上述情况，所述人机接口单元302还可以用于进一步输入调整指令。所述调整指令中包括特性量类型，以及与各特性量类型相关的故障标识和调整类型，其中，所述特性量类型为所述输出的特性量类型中的至少一个，所述故障标识指示了所述故障诊断单元301所选择的故障中的至少一个故障，所述调整类型为减小和/或增大。本实施例中的故障诊断系统还可以包括相关度调整单元303，用于根据调整指令，读取并改写所述第一存储区300中存储的调整指令中的所述各特性量类型和相关的各故障标识所对应的故障的相关度，其中，针对所述各特性量类型，如果所述调整类型为减小，则根据预先设置的步长，降低该特性量类型和相关的各故障标识所对应的故障的相关度；和/或，如果所述调整类型为增大，则根据预设的步长，提高该特性量类型和相关的各故障标识所对应的故障的相关度。

这样，本实施例中的故障诊断系统还能够根据故障诊断人员的调整指令更新预先设置的相关度，从而在故障诊断的过程中更充分地利用了故障诊断人员的经验，进一步提高了故障诊断的准确性。

在本实施例的故障诊断系统中，所述第一存储区300还可以进一步用于存储各聚类类别的中心位置信息和边缘距离信息。所述故障诊断单元301还可以进一步用于在选择与所述状态信息之间的相似度最高的至少一个故障之前，根据所述状态信息中的特性量的取值以及所述第一存储区300中存储的各聚类类别的中心位置信息和边缘距离信息，确定所述状态信息所属的聚类类别。所述人机接口单元302还可以用于在输出所述故障诊断单元301所选择的各故障对应的故障信息之前，或与此同时，输出所述故障诊断单元301所确定的所述聚类类别的中心位置信息和边缘距离信息。

其中，根据本发明的构思，所述第一存储区300中存储的各聚类类别的中心位置可以分别为各故障的故障特征，各聚类类别的边缘距离可以分别为

一个相似度阈值。当所述状态信息与一个聚类类别的中心位置所对应的故障的相似度大于等于该聚类类别的边缘距离所对应的相似度阈值时，可以认为该聚类类别即是所述状态信息所属的聚类类别。通过这种聚类方法，可以将现有的聚类算法与本发明的构思相结合，使得各聚类类别能够更加客观准确地反映设备的不同运行状态。

在本实施例的故障诊断系统中，所述状态信息与故障的相似度可以按照如前所述的通用公式表示为：

$$\frac{\sum_{x=1}^n [Cor(Fi, CQx) \times CYx]}{\sum_{x=1}^n Cor(Fi, CQx)},$$

其中， $CQx$  为该状态信息中特性量  $x$  的特性量类型， $Cor(Fi, CQx)$  为特性量类型  $CQx$  与故障  $Fi$  的相关度， $CYx$  为特性量  $x$  的特性量取值与故障  $Fi$  的相应故障特征的相似度，其中  $n$ 、 $x$  为大于等于 1 的正整数。

在本实施例的故障诊断系统中，所述人机接口单元 302 可以为任何一种人机交互设备，用于通过键盘、触摸屏等方式输入故障诊断人员的选择指令和调整指令，以及将输出的各种信息图像化，使得故障诊断人员能够更加直观地根据特性量类型和故障之间的相关度、特性量取值与故障特征之间的相似度，以及聚类类别等信息，确定其认为正确的故障。

图 4 为本发明实施例中的一种显示输出界面的示意图。如图 4 所示，以一个类型为  $CQ1$  的特性量为例，图像左侧包括 3 个方框，分别表示根据  $CQ1$  的取值进行聚类处理后得到的聚类类别  $C1$ 、 $C2$ 、 $C3$ ，每个方框中包括多个水平的柱状图形，分别表示该聚类类别中  $CQ1$  的不同取值的出现次数。

图像中间的曲线为：该类型特性量的取值随时间的变化曲线。

而图像右侧的信息框内，显示了聚类类别  $C1$  的相关信息。其中，该相关信息包括：聚类类别  $C1$  的中心位置、边缘距离和故障发生概率。

图 5 为本发明实施例中的另一种显示输出界面的示意图。如图 5 所示，以两个类型为  $CQ1$  和  $CQ2$  的特性量为例，图像左侧一系列水平的柱状图形，分别表示类型为  $CQ2$  的特性量的不同取值的出现次数，图像下侧一行竖直的柱状图形，分别表示类型为  $CQ1$  的特性量的不同取值的出现次数。

图像中间为由大量表示不同状态信息的点构成的点阵，而包括在每一个圆圈内的点阵区域表示一个聚类类别。表示一个聚类类别的圆圈的中心浅色

圆点为该聚类类别的中心位置。与各聚类类别的中心位置通过虚线相连的一个实心原点表示当前接收到的状态信息。

可见，表示当前状态信息的实心原点距离各聚类类别的中心位置均有较大距离，这样，故障诊断人员可以任意选择其中一个聚类类别的相关信息作为参考，也可以认为当前状态信息代表了一种新的故障。

而图像右侧的信息框内，显示了图像右上方的最大一个点阵区域所对应的聚类类别 C1 的相关信息。其中，该相关信息包括：该聚类类别的中心位置和边缘距离、该聚类类别的特性量取值概率、该聚类类别的故障发生概率。

以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并非用于限定本发明的保护范围。凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换以及改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。



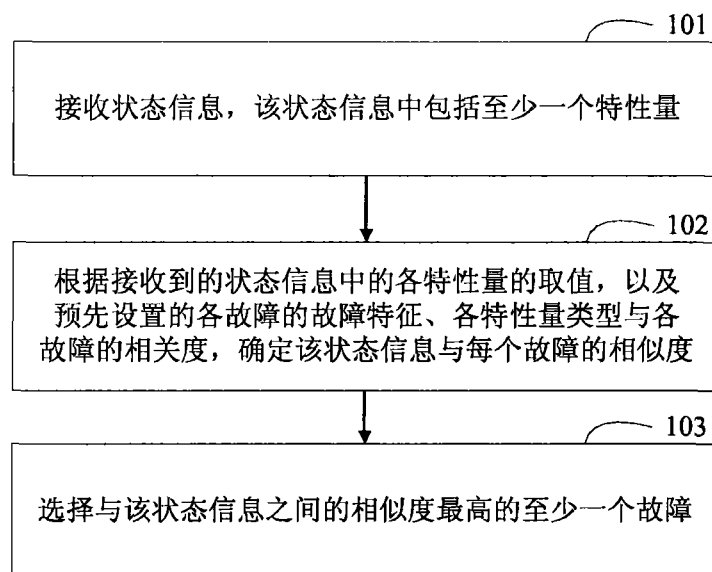


图 1

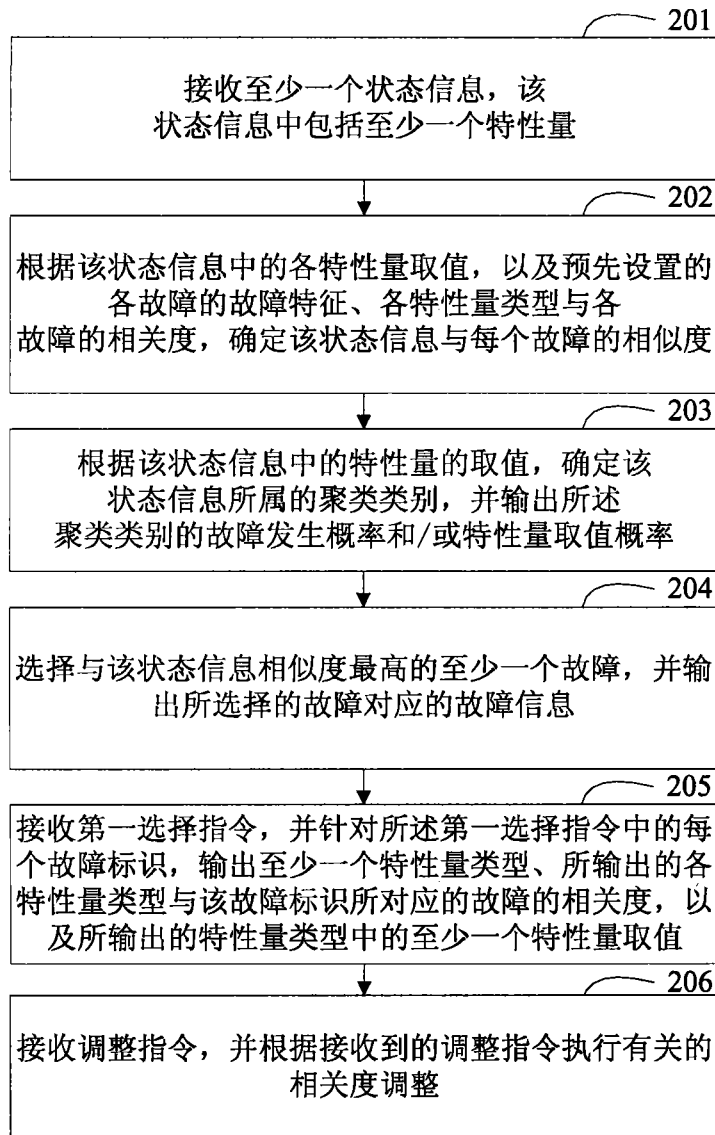


图 2

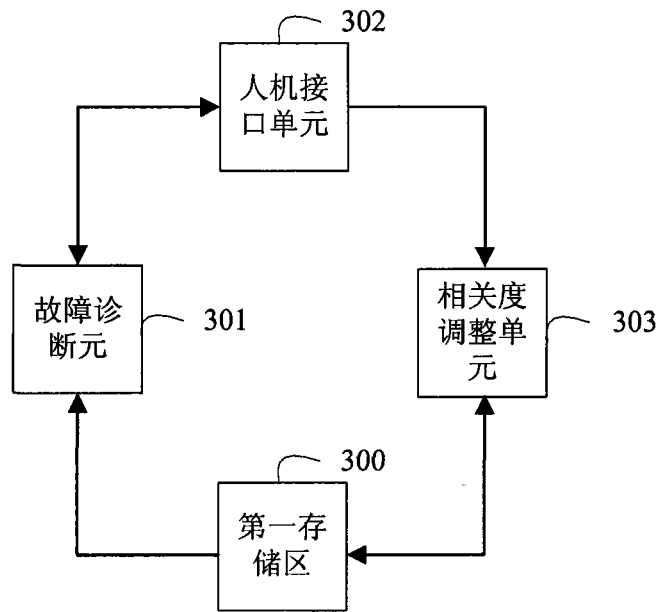


图 3

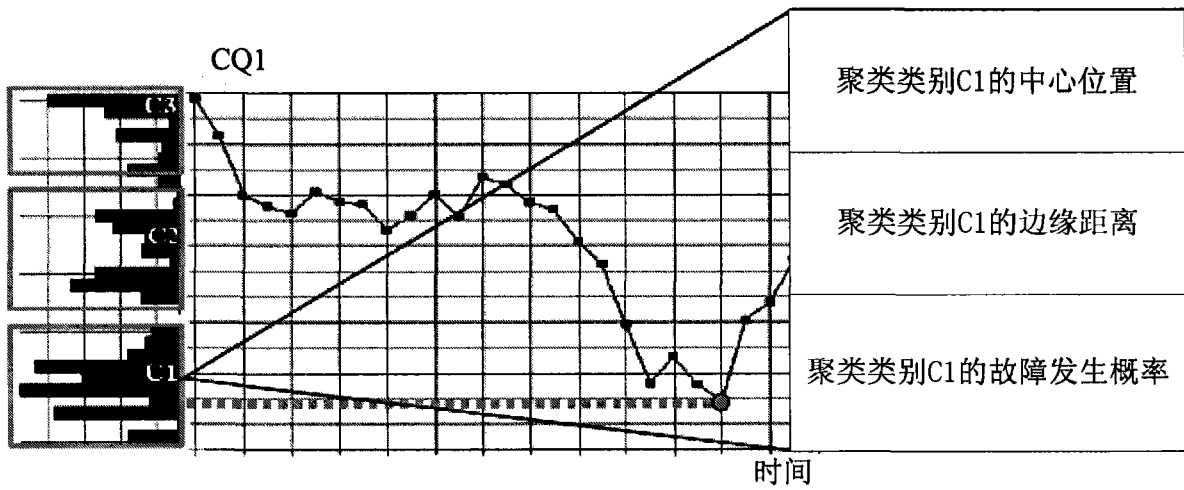


图 4

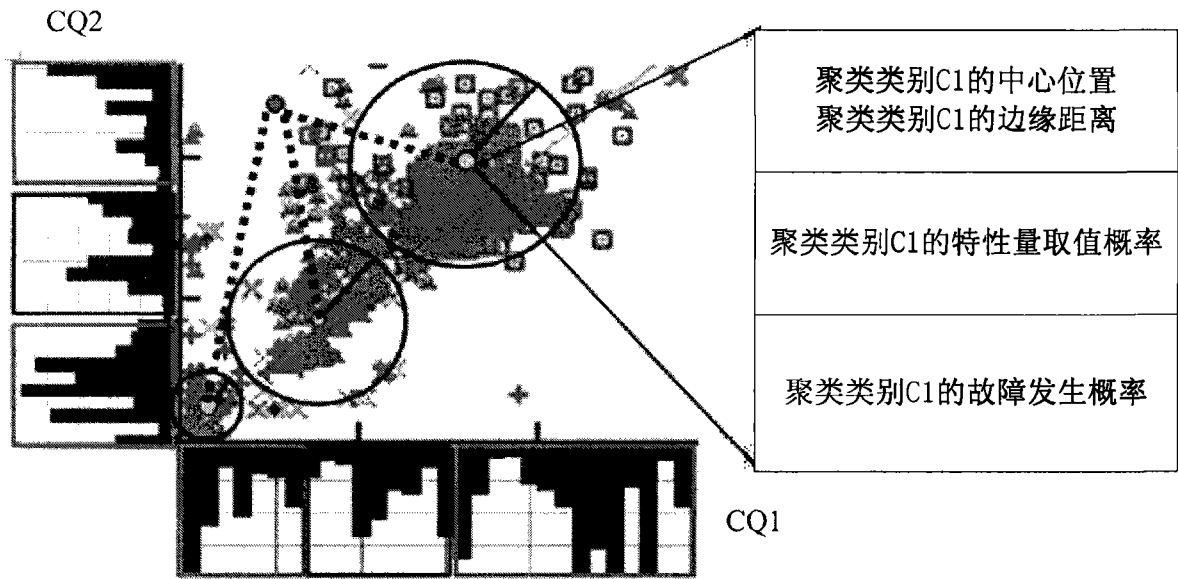


图 5