



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 95116635.2

[43]公开日 1997年1月22日

[11] 公开号 CN 1140847A

[22]申请日 95.8.22

[30]优先权

[32]94.8.23 [33]JP[31]198165/94

[71]申请人 株式会社日立制作所

地址 日本东京

[72]发明人 鹿山昌宏 诸冈泰男 柴垣琢郎

熊山治良 齐藤裕

[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标  
事务所

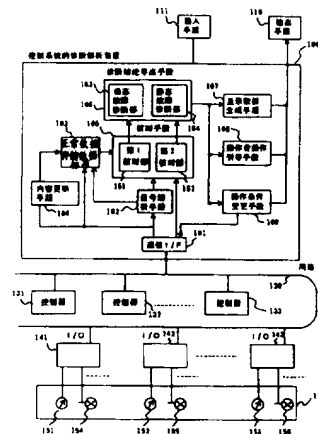
代理人 范本国

权利要求书 5 页 说明书 25 页 附图页数 20 页

[54]发明名称 控制系统的诊断解析装置及其方法

[57]摘要

本发明的目的提供一种分别进行静态故障诊断和动态故障诊断，综合地判断其结果从而判定异常的诊断解析装置。在对照存储在数据标准 103 中的正常数据和从控制对象 150 检出的数据进行异常判定的诊断解析装置中，分别设置为诊断静态故障的核对部 161 和诊断部 163，为诊断动态故障的核对部 162 和诊断部 164。还设置解析从控制对象得到的信号的信号解析部 102。



## 权 利 要 求 书

---

1. 一种控制系统的诊断解析装置，包括：存储在控制系统正常动作时从其中检出的输入数据的正常数据的存储数据标准；和将从该控制系统取入的诊断数据与正常数据的存储数据标准的内容进行对照的核对手段；以及以核对的结果为基础判定该控制系统的异常的诊断结论导出手段的控制系统的诊断解析装置中，其特征在于：

该核对手段包括，将该诊断数据对每个输入与该正常数据的存储数据标的内容进行对照的第1核对部；和将对应于多个输入的数据一并地与该正常数据的存储数据标准的内容进行对照的第2核对部，

该诊断结论导出手段包括，以从前述第1核对部得到的两者的不一致的程度为基础，诊断代表应答特性的变化和控制系统的不稳定性的稳定的动态故障的动态故障诊断部；和以从第2核对部得到的输入互相关系的变化程度为基础，诊断代表传感器的老化和输入的电平变化的静态故障的静态故障诊断部。

2. 如权利要求1中记载的控制系统的诊断解析装置，其特征在于：前述诊断结论导出手段具有，存储相对应的核对结果和诊断结论的诊断结论导出规程；和由检索该诊断结论导出规程而导出诊断结果的推论部。

3. 如权利要求1中记载的控制系统的诊断解析装置，其特征在于：前述诊断结论导出手段具备，与控制系统的输入对应的单元，由用前述第2核对部的输出算出各单元的数据对相互动作的异常程度

的结果作为负载值的神经键结合成的诊断网络；并具备用预先定义的使诊断网络的能量为最小化时的各单元的值算出各输入的可靠性的免疫诊断部。

4. 如权利要求1~3的任意项中记载的控制系统的诊断解析装置，其特征在于：前述诊断结论导出手段具备以前述诊断结论导出规程导出诊断结论的推论部和前述免疫诊断部，用该推论部的处理诊断前述动态故障，用该免疫诊断部的处理诊断前述静态故障。

5. 如权利要求1~4项中任意一项记载的控制系统的诊断解析装置，其特征在于：具备操作者操作引导手段，其包含对应附有前述诊断结论导出手段的输出和对于该输出操作者应该进行的操作的操作者操作规程，根据该诊断结论导出手段的输出由检索该操作者操作规程确定并显示操作者应该进行的操作；进而具备操作条件变更手段，其包含对应附有该诊断结论导出手段的输出和与该输出对应的操作条件的变更内容的操作继续运转规程，根据该诊断结论导出手段的输出由检索该操作继续运转规程确定新的操作条件，与确定内容对应地变更前述控制装置的处理。

6. 如权利要求1~5项的任意一项记载的控制系统的诊断解析装置，其特征在于：具备将存储在前述正常数据的存储数据标准中的数据作为输入，确定代表它们的少数的数据的组合，将该少数的数据组合重新存入该正常数据的存储数据标准的内容更新手段。

7. 如权利要求1~6项任意一项记载的控制系统的诊断解析装置，其特征在于：具备将从控制系统取入的信号作为输入，由使该信号量化确定它代表它们的少数的数据的组合，将该少数的数据组合存储在前述正常数据的存储数据标准中的内容更新手段。

8. 如权利要求 1~7 的任意一项记载的控制系统的诊断解析装置，其特征在于：具备将按时间序列从控制系统取入的诊断数据进行子波转换，转换成系数向量的信号解析部，该正常数据的存储数据标准存储控制系统在正常动作时的该系数向量，该第 1 核对部将从诊断数据算出的系数向量与存储在该正常数据的存储数据标准中的系数向量对照，前述动态故障诊断部以从第 1 核对部的输出得到的不一致的程度为基础判定该控制系统有无动态故障。

9. 如权利要求 8 记载的控制系统的诊断解析装置，其特征在于：前述第 1 核对部，检出前述控制系统正常动作时的该系数向量和存储在前述正常数据的存储数据标准中的系数向量之间的空间距离，前述动态故障诊断部，在该空间距离持续比预定值大时判定该控制系统有动态故障。

10. 如权利要求 1~7 的任意项中记载的控制系统的诊断解析装置，其特征在于：具有算出按时间序列从控制系统取入的数据的利庞纳夫指数的信号解析部，该正常数据的存储数据标准存储该控制系统正常动作时的该利庞纳夫指数，该第 1 核对部将从诊断数据算出的利庞纳夫指数与存储在该正常数据的存储数据标准中的利庞纳夫指数对照，前述动态故障诊断部以从第 1 核对部的输出得到的不一致的程度为基础判定该控制系统有无动态故障。

11. 如权利要求 10 记载的控制系统的诊断解析装置，其特征在于：前述动态故障诊断部在从前述诊断数据算出的利庞纳夫指数值是持续比存储在前述正常数据的存储数据标准中的利庞纳夫指数大的值时，判定前述控制系统有异常的征兆。

12. 如权利要求 1~7 的任意一项记载的控制系统的诊断解析

装置，其特征在于：具有算出按时间序列从控制系统取入的数据的不规则碎片形维数的信号解析部，该第1核对部将从诊断数据算出的不规则碎片形维数与存储在该正常数据的存储数据标准中的不规则碎片形维数对照，前述动态故障诊断部以从第1核对部的输出得到的输出得到的不一致的程度为基础判定该控制系统有无动态故障。

13. 如权利要求12记载的控制系统的诊断解析装置，其特征在于：前述动态故障诊断部，在从前述诊断数据算出的不规则碎片形维数的值是持续比存储在前述正常数据的存储数据标准中的不规则碎片形维数大的值时，判定前述控制系统有转移至不稳定状态的征兆，是持续比存储在前述正常数据的存储数据标准中的不规则碎片形维数小的值时，检出前述控制系统中具有的传感器的应答特性的下降。

14. 如权利要求1~7的任意一项记载的控制系统的诊断解析装置，其特征在于：具备包含权利要求1~13中记载的信号解析部中的至少一种的多个信号解析部所具有的数据解析手段，前述正常数据的存储数据标准与该多个信号解析部相对应地存储前述控制系统正常动作时的该数据解析手段的输出，前述核对手段将从诊断数据算出的该数据解析手段的输出的每个值与正常数据的存储数据标准所对应的数据对照，前述动态故障诊断部和静态故障诊断部，将核对结果中预先规定的数据作为输入信息综合地诊断控制系统有无异常和异常部位。

15. 如权利要求14记载的控制系统的诊断解析装置，其特征在于：前述信号解析手段，具备包含权利要求8~13记载的信号解析

部中的至少一种的多个信号解析部，除此以外具备算出控制系统正常动作时的数据频率成分的信号解析部和算出平均值的信号解析部和算出最大值以及最小值的信号解析部中的至少一个，前述正常数据的存储数据标准与该信号解析部对应地存储前述控制系统正常动作时的该数据解析手段的输出，前述核对手段将从前述诊断数据算出的该数据解析手段的输出的各值与正常数据的存储数据标准所对应的数据对照，前述动态故障诊断部和静态故障诊断部，将核对结果中预先规定的数据作为输入信息综合地诊断该控制系统有无异常和异常部位。

16. 一种控制系统的诊断解析方法，其特征在于：存储控制系统正常动作时从其中检出的输入数据，将被存储的输入数据和从该控制系统取入的诊断数据以每个输入独立地进行对照，以从对照结果得到的两者的不一致的程度为基础，诊断代表应答特性的变化和控制系统不稳定的程度的动态故障，进而将多个输入一并与该正常数据的存储数据标准的内容进行对照，以从对照结果得到的输入相互关系的变化程度为基础，诊断代表传感器的老化和输入的电平变化的静态故障。

# 说 明 书

---

## 控制系统的诊断解析装置及其方法

本发明涉及钢铁、电力、铁路、一般产业等的控制系统的诊断解析方法。进而，在本发明中，所谓控制系统是指：传感器，传动装置，输入输出装置，控制器等的控制机械，或由它们控制的对象。

以往的进行控制系统的诊断和解析的装置，大多以由多个传感器构成的系统的传感器诊断为方法，有象文献《根据免疫网络信息模型的故障诊断》(石田，第3届自律分散系统讨论会，H4年1月)记载的那样的方法。亦即，以必然存在同样的传感器的输出间的大小关系为基础，指定异常的传感器。

进而还有象特开平5—35329号公报上记载的那样的方法。即，预先设定传感器间的相关关系，以传感器的输出与此相关是否一致为基础，指定异常的传感器。另外，在特开平5—266382号报上记载的方法是，由检出周期不同的2个以上的检出部进行异常的检出，由此使诊断知识数据标准的制作变得容易。再有在特开平6—96055号公报上记载的方法是，对时间序列数据实施装填处理后，进行起动显示解析、维数解析、平均信息量解析等的多方面的解析，进行综合处理。

上述已有的技术存在以下问题。在文献《根据免疫网络信息模型的故障诊断》，特开平5—35329号公报，特开平5—266382号公报上揭示的方法中，在由于象传感器老化和输入的电平变化那样地

引起传感器和输入相互间的相关产生阳性变化的静态故障的情况下，可以指定发生了故障的传感器，但对按时间序列从机械设备得到的信号，不能处理检出机械设备的动力学的变化，或预测系统故障的危险性的动态故障。

而在特开平 6—96055 号公报上记载的方法中，虽然可以由综合性地判定进行按时间序列数据的特性变化的检知等的动态故障的诊断，但相反地却不能检知传感器的老化等。而不论上述哪种方法，都不能对静态故障和动态故障进行综合性判定的诊断解析。

本发明的目的就是提供一种控制系统的诊断解析装置，对从控制系统获得的数据，进行分离传感器老化等的静态故障和机械设备的应答变化等的动态故障后的诊断，将其结果应用在综合性判定上。

本发明的另一目的是提供一种控制系统的诊断解析装置，通过有选择地使用免疫处理、规程标准推论等的信息处理方法，进行静态故障和动态故障分离后的诊断。

本发明的又一目的是提供一种控制系统的诊断解析装置，其具有用多种形式生成为诊断用的数据的数据解析手段，由此对从控制系统输入的数据，进行使用多种方法的解析。

本发明的再一目的是提供一种控制系统的诊断解析装置，即存储控制系统正常动作时的状态，当通过比较这些存储状态和诊断数据，进行异常检测的情况下，由设置以信息丢失最小的形式压缩数据标准内容的内容更新手段，就可以经常以适当的规模保持数据标准的容量。

本发明的目的是在具有：存储在控制系统正常动作时从其中检出的输入数据的正常数据的存储数据标准；把从该控制系统取入的

诊断数据与该正常数据的存储数据标准的内容对照的核对手段；和以核对后的结果为基础判定该控制系统的异常的诊断结论导出手段的控制系统的诊断解析装置中，实现具有以下特征的控制系统的诊断解析装置。即，该核对手段具有，将该诊断数据对应每个输入与该正常数据的存储数据标准的内容进行对照的第1核对手段；和将与多个输入对应的数据一并与该正常数据的存储数据标准进行对照的第2核对手段，该诊断结论导出手段具有，以前述第1核对手段得到的两个数据的不一致程度为基础，诊断代表应答特性的变化和控制系统的不安定性的程度的动态故障的动态故障诊断部；和以前述第2核对手段得到的输入相关关系的变化程度为基础，诊断代表传感器的老化和输入电平变化的静态故障的静态故障诊断部。

为了解决已有技术的问题，就要对从由控制对象或控制机械构成的控制系统得到的输入信号施用各种解析方法，最理想的是具有以下构成：抽取各种特征量的数据解析手段；存储控制系统正常运转时的数据解析手段的输出的正常数据的存储数据标准；将诊断时对应于从控制系统得到的信号的数据解析手段的输出与正常数据的存储数据标准的内容对照的核对手段；根据对照结果导出诊断结果的诊断结论导出手段。特别是作为核对手段，设置对每个输入独立地进行对照的第1核对手段，和将与多个输入对应的信号一并进行对照的第2核对手段，进而作为诊断结果导出手段，设置用第1核对手段的输出进行诊断的动态故障诊断部和用第2核对手段的输出进行诊断的静态故障诊断部，例如，最好是前者用规程标准的结论导出算法构成而后者由实行免疫处理的算法构成。

进而作为数据解析手段，可将算出从控制系统得到的时间序列

信号的不规则碎片形维数的信号解析部、算出利庞纳夫指数的信号解析部以及算出子波系数的信号解析部中的至少一种，加在进行频率分析的信号解析部、算出时间系列信号的最大值和最小值的信号解析部等上构成，适当地取舍选择这些结果，用于诊断结果导出手段中所具有的多个信息处理手段的各个中，由此就可以进行更多方面的数据解析，也提高了诊断结果的定量性。

而输入正常数据的存储数据标准的内容，由具有将这些内容压缩至适当的大小的内容更新手段，就可以以适当的规模保持数据标准的容量。

由在诊断结果导出手段中设置动态故障诊断部和静态故障诊断部，就可以由前者检出控制对象的应答性的变化和未来的特性变动等，由后者高精度地诊断传感器的时效变化和控制对象的输出电平变化，同时还能指定故障部位。由此，可以将诊断结果定量化。

在数据解析手段中具有的算出不规则碎片形维数的信号解析部中，将时间序列数据的自相似性定量化，由核对手段判定与正常时的值是否一致。一般来说，不规则碎片形维上升，意味着控制对象的动作的随机性不断增大，假如控制对象以压延系统的情况为例，则表示板厚和板的张力变化在近期脱离允许值的可能性。而当值处于持续比通常时的值小的状态下，由于传感器的跟踪特性下降等原因，检测出的信号衰减的可能性增大。由算出时间序列的不规则碎片形维数，就可以检测出上述那样的控制系统的缺陷。

算出利庞纳夫指数的信号解析部，同样地将时间序列数据的稳定性定量化。当控制对象稳定的推移时，从时间序列数据算出的利庞纳夫指数是0或负值。因而，当检测出比值为正值时，就可检知

控制对象处于不稳定的状态。假如控制对象是压延系统的情况下,同样地就表示板厚和板的张力变化近期脱离允许值的可能性,当正值较大的情况下以及正值持续的情况下,表示有可能发生板断裂。

算出子波指数的信号解析部,用再现其频率成分和时间成分的形式压缩时间序列数据。因而,由对照与正常时的指数对应的向量和从诊断数据算出的指数的向量,就可以将控制系统在时间区域中的应答和频率传递特性定量为与正常值相异的程度。由此,可以提取出由它们引起的异常。

进而内容更新手段,将正常数据的存储数据标准的内容作为输入,将它们量化至适当的规模,将量化结果输出到正常数据的存储数据标准。或者,据此也可以在控制系统正常运转时的数据随时间推移而增大时,经常以适当的规模保持存储在正常数据的存储数据标准中的数据容量。

图 1 是本发明的实施例的控制系统的诊断解析装置的构成图。

图 2 是数据解析手段的构成图。

图 3 是信号解析部执行的算法的图。

图 4 是信号解析部的输入输出信号的图。

图 5 是信号解析部执行的算法的图。

图 6 是信号解析部的输入输出信号的图。

图 7 是信号解析部执行的算法的图。

图 8 是信号解析部的输入输出信号的图。

图 9 是正常数据的存储数据标准的构成图。

图 10 是内容更新手段的构成图。

图 11 是量化算法的处理内容图。

图 12 是核对手段的处理算法的图。

图 13 是核对手段的输入输出信号的图。

图 14 是核对手段的处理算法的图。

图 15 是正常数据的存储数据标准的构成图。

图 16 是诊断结论导出手段的输入输出信号的图。

图 17 是在诊断结论导出手段中执行免疫处理情况下的构成图。

图 18 是由免疫网络进行的诊断算法的图。

图 19 是操作者操作引导手段的构成图。

图 20 是操作条件变更手段的构成图。

以下，参照附图详细说明本发明的实施例。

图 1 展示根据本发明实现的控制系统的诊断解析装置的构成图。控制系统的诊断解析装置 100 与网络 120 连接，进行与控制器 131~133、I/O 141~143 的信号授受。控制器 131~133 从包含继电器 151~153、传动装置 154~156 等的各种输入输出机械的控制对象 150，读取信号，在进行预先程序设计的好的控制计算后，通过网络 120、I/O 141~143 将结果输出到控制对象 150。控制系统的诊断解析装置 100 由通信接口 101、数据解析手段 102、正常数据的存储数据标准 103、内容更新手段 104、核对手段 105、诊断结论导出手段 106、显示数据生成手段 107、操作者操作引导手段 108、操作条件变更手段 109、输出手段 110 以及输入手段 111 构成。

首先简单说明装置总体的动作。

通信接口 101 通过网络 120 将得到信号转送至数据解析手段 102，或将与诊断结果得到的操作条件的变更方法对应的信号，通过网络 120 转送给控制器 131~133。在控制系统的诊断解析装置 100

中，有存储进正常数据的正常数据的存储数据标准构筑模型，和读取诊断用数据进行诊断解析的诊断模型。

首先说明正常数据的存储数据标准构筑模型的动作。在控制系统运行良好时，数据解析手段 102 对从通信接口 101 得到的数据，应用后述的解析方法，将其结果输出到正常数据的存储数据标准 103。同样地，在正常数据的存储数据标准 103 中，也与所需要相应地通过通信接口 101 存储从控制对象 150 和控制器 131~133 直接读入的数据。内容更新手段 104，与所需要相应地以信息损失最小化的程度，压缩正常数据的存储数据标准 103 的内容。作为压缩的方法考虑应用后述的向量量化算法。同样，内容更新手段 104，与所需要对应地通过通信接口 101 将从控制器 131~133 和控制对象 150 直接读取的数据作为对象，应用向量量化算法，将量化后的数据输出到正常数据的存储数据标准 103。

下面说明诊断模型的动作。在诊断模型中，数据解析手段 102 将解析结果输出到核对手段 105。核对手段 105，将输入的解析结果与正常数据的存储数据标准对照，看解析结果与正常时的数据是否一致，不一致的情况下，将解析结果为何种程度的不一致输出到诊断结论导出手段 106。核对手段 105 由将解析结果与多个输入分别各自对应的正常数据的存储数据标准的内容对照的第 1 核对部 161，和用多个输入算出的统计量的相互相关等的值，与正常数据的存储数据标准 103 的内容进行比较的第 2 核对部 162 构成。

诊断结论导出手段 106，导出以输入的信息为基础涉及控制系统的诊断的结论。具体地说就是，由以第 1 核对部 161 的核对结果为基础，诊控制对象 150 的动力学和应答特性的变化以及控制器

131~133 执行的控制系统的不稳定性等的动态故障的动态故障诊断部 163, 和以第 2 核对部 162 的核对结果为基础, 进行代表传感器时效变化和输入电平变化的静态故障诊断的静态故障诊断部 163 构成。导出的诊断结果, 由显示数据生成手段 107, 转换成可以在用显示器等构成的输出手段 112 中显示的数据后, 输出到输出手段 112, 将其内容报知用户。或操作者操作引导手段 108, 根据诊断结果确定操作者应该进行的操作, 将确定的操作显示在输出手段 112 上。进而操作条件变更手段 110, 与诊断的内容相应地变更控制系统的构成和生产线的调度, 通过通信接口 101、网络 120 也能将其结果指示给控制器 131~133。

以下详细说明各部分的动作。

图 2 示出了数据解析手段 102 的构成。数据解析手段 102 由第 1 信号解析部 201~第 n 信号解析部 203, 和解析结果输出手段 204 构成。第 1 信号解析部 201~第 n 信号解析部 203, 对从通信接口 101 得到的信号进行信号解析。解析结果输出手段 204, 根据来自输入手段 111 的切换信号, 判定控制系统的诊断解析装置 100 的模型是正常数据的存储数据标准构筑模型呢? 还是诊断模型呢?, 当为正常数据的存储数据标准构筑模型时, 将各解析结果输出到正常数据的存储数据标准 103。而当为诊断模型时, 输出至核对手段 105。还可以考虑控制系统的诊断解析装置 100, 不区别正常数据的存储数据标准构筑模型和诊断模型的情况。即, 以边进行诊断, 边存储正常数据, 逐步提高正常数据的存储数据标准 103 的等级, 从而提高诊断的精度形式, 当使用控制系统的诊断解析装置时, 解析结果输出手段 204 将各解析结果输出至正常数据的存储数据标准 103 和核对

手段 105 这两方中。

图 3 展示了第三个信号解析手段 202 进行不规则碎片形维数解析的情况下的算法。在本实施例中，以解析 (1) 的时间系列信号的情况为例进行说明。

$$X_1, X_2, X_3, \dots, X_j, \dots, X_N \quad (1)$$

首先在 S3—1 中将用于解析的信号数设为 N，设定在不规则碎片形维数计算上所需要的参数的最大信号间隔 K。K 在 S3—3 的处理中使用。在 S3—2 中将信号间隔设为 1，在 S3—3 中计算  $X_{ki}$  和  $X_{k(i-1)}$  的差分的绝对值，而后将得到的值在 1~N 的全部区域上加起来。例如，假设  $k=1$ ，就可以如 (2) 式那样地将相邻的信号差分的绝对值一起加起来，

$$D(1) = |X_2 - X_1| + |X_3 - X_2| + \dots + |X_N - X_{N-1}| \quad \dots \text{(数 2)}$$

而假如  $k=2$ ，就可以进行式 (3) 的计算。

$$D(2) = |X_3 - X_2| + |X_5 - X_3| + \dots + |X_N - X_{N-2}| \quad \dots \text{(数 3)}$$

在 S3—4 中判定 k 是否到达了最大值 K，如果  $k < K$ ，在 S3—5 中，只将 k 值加 1，重复 S2—3 的处理。如果  $k=K$ ，则在 S3—6 中，算出对于  $\log(k)$  的  $\log [D(k)/k]$  的变化率，将此值作为不规则碎片形维数 DIM。即 DIM 用下式给出。

$$DIM = \log \{D(k)/k\} / \log(k) \quad \dots \text{(数 4)}$$

作为不规则碎片维数的求法有多种已知的方法。在本实施例中，作为这其中之一，是应用两水管口的方法的例子，但可以考虑使用

其它的方法。两水管口的方法的详述记载在电子信息通信学会论文杂志 DII, Vol. J73—D—II, No4 上。另外在 S3—3 的处理中, 当 N 不是 k 的倍数时, 时间系列信号中产生没有成为解析对象的部分, 而为了修正它, 也可以在图 3 的算法中追加适当的处理。例如当 N=20, K=7 时, D (7) 成为下式:

$$D(7) = |X_8 - X_1| + |X_{15} - X_8| \quad \dots \text{(数 5)}$$

X16~X20 的信号从解析对象中脱离出来, 而作为此修正, 象下式那样地再计算真的 D (7) 就可以得到修正。

$$\begin{aligned} D(7) &= (\text{全信号数}) * D(7) / (\text{解析对象的信号数}) \\ &= 20 * D(7) / 15 \quad \dots \text{(数 6)} \end{aligned}$$

图 4 展示了此情况下的第 i 个信号解析部 202 的输入输出信号。信号解析部 i 输入时间序列信号  $X_1 \sim X_n$ , 将 DIM 的值作为不规则碎片形维数, 例如, 用不规则碎片形维数=1.8 的形式, 向解析结果输出手段 204 输出。

图 5 展示了第 i 个信号解析部 202, 进行子波解析时的算法。在本实施例中, 以和解析时间系列信号 (1) 同样的时间系列信号的情况为例进行说明。首先考虑时间系列信号是非线性的连续函数  $f(t)$ , 在 S5—1 中, 将其在基础函数  $\Psi_{jk}(t)$  的线性结合中近似。 $X_{jk}$  是与各基础函数  $\Psi_{jk(t)}$  对应的常系数。接着将在 S5—2 中的值输出至解析

结果输出手段 204。基础函数一般成以下形式。

$$\Psi_{jk}(t) = a_0^{j/2} \cdot \Psi(a_0^j(t - kb_0/a_0^j)) \quad \dots \text{(数7)}$$

作为  $\Psi(t)$  考虑有许多种，如用被称为哈尔基础的不连续函数，以及设  $a_0=2$ ,  $b_0=1$  则得到下式。

$$\Psi(t) = \begin{cases} 1 & (0 \leq t < 1/2) \\ -1 & (1/2 \leq t < 1) \\ 0 & (\text{else}) \end{cases} \quad \dots \text{(数8)}$$

将  $f(t)$  用这样的基础函数的线性结合表示后，在 S5—2 中将  $a_{jk}$  的值输出至解析结果输出手段 204。

图 6 展示了这种情况下的第  $i$  个信号解析部 202 的输入输出信号。信号解析部  $i$  输入时间序列信号  $X_1 \sim X_n$ ，将  $a_{11} \sim a_{nm}$  的值作为子波系数，向解析结果输出手段 204 输出。

图 7 展示了第  $i$  个信号解析手段 202 进行求取利庞纳夫指数的解析时的算法。在本发明中，以和解析时间系列信号 (1) 同样的时间序列信号的情况为例进行说明。首先，在 S7—1 中对时间序列信号实施填充处理，生成再构成向量组。一般所谓的填充是对输入的 (1) 的时间序列信号，进行如下式那样的向量（以下称再构成向量）再构成处理。

$$\begin{aligned}
X_N &= (x_N, x_{N-\tau}, \dots, x_{N-j\tau}, \dots, x_{N-(m-1)\tau}) \\
X_{N-1} &= (x_{(N-1)}, x_{(N-1)-\tau}, \dots, x_{(N-1)-j\tau}, \dots, x_{(N-1)-(m-1)\tau}) \\
X_{N-2} &= (x_{(N-2)}, x_{(N-2)-\tau}, \dots, x_{(N-2)-j\tau}, \dots, x_{(N-2)-(m-1)\tau}) \\
&\vdots \\
&\vdots \\
&\vdots \\
X_t &= (x_t, x_{t-\tau}, \dots, x_{t-j\tau}, \dots, x_{t-(m-1)\tau}) \\
&\vdots \\
&\vdots \\
X_n &= (x_n, x_{n-\tau}, \dots, x_{n-j\tau}, \dots, x_{n-(m-1)\tau}) \quad \dots \text{(数 9)}
\end{aligned}$$

$\tau$  是与延迟时间对应的自然数，在式 9 的情况下设定与延迟时间相当的取样数。关于  $\tau$  值的设定方法，有已知的多种方法，而其中一例是在《神经网络系统中的紊乱》（合原纘，第 3 章，P91—124，东京电力大学出版社，1993）中揭示的。另外，关于填充维数  $m$  的确定方法，已知的方法是，在填充维数和从  $m$  维数的再构成向量算出的相关维数的关系中，在  $m$  小的区域内，与填充维数同时按比例增加的相关维数的值，将随  $m$  增大而饱和时的  $m$  值设定成最终的填充维数的值。利庞纳夫指数就象这样，对被再构成  $m$  维数的向量进行计算得到。在 S7—2 中按以下顺序算出  $DF(X_t)$ 。即把再构成向量式 10 映射在式 11 上的非线性映射定义为  $F_t$ 。

$$X_t = (\xi_t, \xi_{t-\tau}, \dots, \xi_{t-j\tau}, \dots, \xi_{t-(m-1)\tau}) \quad \dots \text{(数 10)}$$

$$X_{t+1} = (\xi_{t+1}, \xi_{(t+1)-\tau}, \dots, \xi_{(t+1)-j\tau}, \dots, \xi_{(t+1)-(m-1)\tau}) \quad \dots \text{(数 11)}$$

这时，将  $X_t$  的微小变位设为  $\delta X_t$ ，根据使用泰勒展开的线性近似得下式。

$$\delta X_{t+1} = DF(X_t) \delta X_t \quad \dots \text{(数 1 2)}$$

在这里， $DF(X_t)$  表示在  $X_t$  中的  $F_t$  的雅可比矩阵。即当将  $F_t$  的第  $i$  成分设置为  $F_i$ 、将  $X_t$  的第  $i$  成分设置为  $X_i (=x_t - j\tau)$ ，则  $DF_{ij}$  就为下式。

$$DF_{ij} = (\delta F_i / \delta X_j) \quad \dots \text{(数 1 3)}$$

接着在 S7—3 中，由下式计算  $DF_N$ 。

$$DF_N = DF(x_{N-1}) DF(x_{N-2}) \dots DF(x_0) \quad \dots \text{(数 1 4)}$$

在 S5—4 中，用行列式  $DF_N$  的固有值  $\sigma_i(N)$  计算  $\lambda_i$ ，

$$\lambda_i = \lim(1/N) \log |\sigma_i(N)| \quad \dots \text{(数 1 5)}$$

$\lambda_i$  的最大值就可对应为利庞纳夫指数。

详细的算出方法记载在《紊乱时间系列解析》(池口，“紊乱理论和其应用学术讨论会”讲习班讲义，(株)综合技术中心学术讨论事务部主办)等的文献上。作为函数  $F_t$  的定义在困难的情况下的雅可比算法，有 Sano & Sawada 的方法，详细叙述记载在 Phys. Rev.

Lett. , 55, 1082—1085 (1985) 上。

图 8 展示了此情况下的第  $i$  个信号解析部 202 的输入输出信号。信号解析部  $i$  被输入时间序列信号  $X_1 \sim X_n$ ，把  $\lambda_i$  的最大值设为利庞纳夫指数，用“利庞纳夫指数=1.1”这种形态，向解析结果输出手段 204 输出。

在图 9 中，展示了正常数据存储手段 103 的构成。对控制对象 150 的传感 151~153 和传动装置 154~156 的输出，以及与控制器 131~133 算出的操作量等相对应的各输入，例如如图所示那样地存储着从数据解析手段 102 传来的输出值以及从通信接口 101 取入的值。作为内容，从未加工数据以外，与所需要相应地存储不规则碎片形维数和子波系数、利庞纳夫指数、作为输入取得的最大值和最小值、由 FFT 算出的频率成分等。关于不规则碎片形维数等，最好每次都存储输入的值，而如图 9 所示，就存储取得的值的变化区域而言，压缩数据量是实用的。另外，在本实施例中，展示了数据解析手段 102 解析时间序列数据的例子。而且也可以解析空间系列等的其它系列数据。

在图 10 中，展示了内容更新手段 104 的构成。内容更新手段 104 进行以信息损失为最小化的形式，将正常数据的存储数据标准 103 压缩至所规定的大小的处理。这里作为一个例子，展示了由量化网络 1001 和量化算法 1002 构成的情况下的实施例。在本实施例中，以将图 9 所示的存储在正常的存储数据标准 103 的绝对值的项目中的  $M$  个数据，量化成良好地代表它们的  $P$  个数据 ( $P < M$ ) 的情况为例进行说明。量化网络 1001 由以读取  $1 \sim n$  的输入的输入神经元 1005 以及输出常数的阈值神经元 1006 构成的输入层 1003，和由  $P$

个量化神经元 1007 构成的量化神经元层 1004，以及在输入层 1003 和量化神经元层 1004 之间传递信号的神经键 1008 构成。输入神经元 1005 将输入的信号值原样输出，量化神经元 1007 根据结合的神经键 1008 的突触负荷值  $W_{ij}$ ，输出经下式计算后的结果。

$$O_j = \sum_{i=1}^{n+1} W_{ij} \cdot I_i \quad \dots \text{(数16)}$$

量化算法 1002，将输入值陆续地输入到量化神经元 1001，输出为最大的量化神经元，对对应的输入进一步向输出大值的方向更新神经键负荷的权。

图 11 展示了量化算法 1002 所执行的算法。首先在 S11—1 中，从正常数据的存储数据标准 103 提取出数据，输入到量化网络 1001。假如是图 9 所示的压缩绝对值的情况，则按顺序输入 (0.1584, 0.2681, 0.6951, …, 0.2544), (0.0369, 0.3281, 0.5577, …, 0.9852) 的数据的组。接着在 S11—2 中，就各量化神经元 1007 而言，进行基于式 (16) 的计算，算出输出值  $O_1 \sim O_p$ 。在 S11—3 中，检出  $O_1 \sim O_n$  中最大的值。假设  $O_j$  是最大值，则更新连结量化神经元  $j$  和输入层 1003 的神经元的神经键的负荷  $W_{1j} \sim W_{n+1j}$ 。有关与输入神经元 1005 对应的作为神经键负荷的  $W_{1j} \sim W_{n+1j}$ ，由式 (17) 计算新的值，而有关与阈值神经元 1006 对应的神经键负荷  $W_{n+1j}$ ，由式 (18) 计算新值。

$$\widehat{W}_{ij} = W_{ij} + \alpha \cdot (I_i - W_{ij}) \quad (i = 1, \dots, n) \quad \dots \text{(数17)}$$

$$\widehat{W}_{n+1 \cdot j} = - \left( \sum_{i=1}^n W_{ij}^2 \right) / 2 \quad \dots (\text{数 } 18)$$

但是,  $W_{ij}$ ,  $W_{n+1 \cdot j}$  是分别与更新后的输入神经元、阈值神经元对应的神经键负荷的值,  $\alpha$  是常数。

神经键负荷的更新式, 只要对应大量进行向量  $(W_{ij}, \dots, W_{nj})$  和向量  $(I_1, \dots, I_n)$  的相似性的处理就可以, 而这样的更新式也可以考虑除式 (17) 式 (18) 之外的几种。在 S11—5 中, 判定处理结束。结束可以用以一定的次数重复了 S11—1~S11—4 这种情况来判断, 也可以由与从正常数据的存储数据标准 103 提取出的数据组对应的神经键负荷的更新量, 全部都已在一定值以下这种情况来判断。当处理未结束时, 返回到 S11—1, 陆续提取数据组, 重复同样的处理。

以上的处理一结束, 在正常数据的存储数据基础 103 存储着的 M 个数据的对, 就可以由 P 个量化神经元的神经键负荷代表。其后在 S11—6 中, 由将与 P 个量化神经元对应的神经键负荷:

$$\begin{aligned} & (W_{11}, W_{21}, \dots, W_{n1}) \\ & (W_{12}, W_{22}, \dots, W_{n12}) \\ & \quad \vdots \\ & \quad \vdots \\ & (W_{1p}, W_{2p}, \dots, W_{np}) \end{aligned} \quad \dots (\text{数 } 19)$$

复制在正常数据的存储数据标准 103 中,就可以以代表 M 个数据的少数数据 (P 个),代表 M 个数据,可以压缩内容。由此,可以适当地保持存储器的规模。

在本实施例中,内容更新手段 104 以预先存储在正常数据的存储数据标准 103 中的数据为对象进行量化处理,由将其结果复制在正常数据的存储数据标准 103,进行内容的更新。但也可以用这样的方法,从通信接口 101 直接取入按时间序列得到的输入,将量化结果输出到正常数据的存储数据标准 103,逐次更新内容。

在图 12 中展示了核对手段 105 所执行的算法。

在本实施例中,此算法是在控制系统的诊断解析装置 100 的模型是诊断模型时执行的。首先展示算出向动态故障诊断部 163 输出的核对结果的第 1 核对部 161 执行的算法。然后展示在动态故障诊断部 163 中所需要的核对结果为绝对值、不规则碎片形维数、子波系数、利庞纳夫指数、频率成分等的情况。最初在 S12—1 中,从数据解析手段 102 取入解析结果。在 S12—2 中,将各个解析结果在每个参数上与正常数据的存储数据标准 103 的内容进行对照,指定与正常数据不一致的参数。关于绝对值,对于作为诊断数据取入的输入的组合,由根据空间距离等的评价,提取正常数据的存储数据标准 103 中存储的 M 个数据组合中最相似的数据,两者的相似性在一定值以下时,就可以判定为与正常数据不一致。当用空间距离判定相似性 R 时,空间距离越小,相似性 R 值越大。在这里,当诊断数据是  $(a_1, a_2, \dots, a_m)$ , 在正常数据的存储数据标准 103 中与诊断数据最相似的数据是  $(b_1, b_2, \dots, b_m)$  时,如果定义它们的相似性 R 为与空间距离成反比的值,就可以用式 (20) 表示。

$$R = 1 / (a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + \dots + (a_m - b_m)^2 \quad \dots \text{(数 2 0)}$$

这里 R 值越大，意味着 2 个数据越相似，因而诊断数据是否正常，就能用 R 的值是否在一定值以上来判定。关于不规则碎片形维数和子波系数、利庞纳夫指数、最大值、最小值、频率成分等，根据诊断数据是否在被看作正常数据的界限的范围内，是否超过最大值和最小值，频率成分是否一致等，就可以很容易判定与正常数据是否一致。在 S12—3 中，将诊断结果输出到诊断结果导出手段 106。

图 13 展示这种情况下的核对手段 105 的输入输出信号。包含在核对手段 105 中的第 1 核对部 161，输入数据解析手段 102 以及从通信接口 101 直接取入的诊断数据，并与在正常数据的存储数据标准 103 的内容对照之后，将如图所示的诊断结果，向诊断结论导出手段 106 输出。在图示的情况下，展示的是输入 n 是正常，而在输入 1 中，不规则碎片形维数比正常时的值大 2.1，且利庞纳夫指也比正常时大 1.1。

图 14 展示的是关于在包含核对手段 105 的第 2 核对部 162 中，算出输出到静态故障诊断部 164 的核对结果的情况的例子。第 2 核对部 162 算出与多个输入的相互异常性对应的值，但在本实施例中展示了直接使用各输入值，将核对结果（以下称异常性）定量化的例子。当设输入的一对是输入 1 和输入 2 时，所谓与输入的一对对应的异常性，就意味着从输入 1 看输入 2 运行状态的良好程度，相反从输入 2 看输入 1 运行状态的良好程度这种相互诊断的结果，此值用以下的算法量化。首先在 S14—1 中，通过数据解析手段 102 取入各输入值。接着在 S14—2 中，每个输入对将值与正常数据的存储数据标准 103 的对应的一对的数据对照。在正常数据的存储数据

标准 103 中，存储着多个在正常时的各状态下的输入的绝对值。在 S14—3 中，在这些数据中，提取出与各输入对最相似的数据对。在 S14—4 中，以提取出的成对数据和输入的成对数据的距离为基础，检出传感器输出的异常性。如果设输入 1 和 2 这对数据值为  $(X, Y)$ ，将包含在正常数据的存储数据标准 103 中的与  $(X, Y)$  最相似的一对数据设为  $(W_x, W_y)$ ，则异常性  $U$  的体例如可以用式 (21) 计算。

$$U = f \left( (X - W_x)^2 + (Y - W_y)^2 - \beta \right) \quad \dots \text{(数 2 1)}$$

$$\text{而} \quad f(x) = \begin{cases} x & (x \geq 0) \\ 0 & (x < 0) \end{cases}$$

这里， $\beta$  是偏移值， $(X, Y)$  在从  $(W_x, W_y)$  到半径  $\beta$  的内侧时， $U$  为 0，判定为输入 1 和 2 相互正常。 $(X, Y)$  在从  $(W_x, W_y)$  到半径  $\beta$  的外侧时， $U$  成为与  $(X, Y)$  和  $(W_x, W_y)$  的距离相应的值， $U$  越大对应判断相互异常的程度越大。在 S14—5 中，用与全部输入数据对有关的处理是否已经结束，来判定算法的结束。处理未结束时，进行与未处理输入数据对有关的 S14—2~S14—4 的重复操作处理。根据图 14 的算法，用  $U$  的值，使与各输入的数据对对应的异常性定量化。

图 15 展示了这种情况下的核对手段 105 的输入输出信号。包含在核对手段 105 中的第 2 个核对部 162，输入从通信接口 101 直接取入的诊断数据，在与正常数据的存储数据标准 103 的内容对照后，将如图所示的诊断结果，向诊断结论导出手段 106 输出。在图示的情况下展示的是，输入 1 和 2 间的关系正常，而输入 1 和 3 的关系与正常时不同。此结果展示着输入 1 和输入 3 的某一方产生异常的可

能性。

图 16 展示了诊断结论导出手段 106 的动态故障诊断部 163，靠规程标准的处理导出结论的情况下的实施例。诊断结论导出手段 106 由推论部 1601 和诊断结论导出规程 1602 构成。推论部 1601 在总线 1 中，输入在核对手段 105 中得到的诊断结果，用总线 2 检索诊断结论导出规程 1602 中有关与正常时不同的部分相应的 IF 部。在图示的情况中，以输入 1 的利庞纳夫指数和不规则碎片形维数的值为基础，得到“板有断裂危险”的结论。推论部 1601 的总线 3 中导出推论结果，在总线 4 中输入诊断的结论。结论根据控制系统的诊断解析装置 100 所应用的对象，可以考虑是“化学反应速度有超过临界值的危险”（诊断化学设备的情况下）、“有煤气爆炸的危险”（诊断煤气生成设备的情况下）等各种结果。除此之外，当诊断数据的不规则碎片形维数的值持续比正常时低时，可以得出对应的传感器的应答性低下的结论，或根据子波系数值的变化突发性，检出非周期的输入变化，以此为基础得出压延材料啮合不良的诊断结论，也可考虑推出设备局部损坏这样的结论。

诊断的结论被送至显示数据生成手段 107、操作者操作引导手段 108、操作条件变更手段 109。在显示数据生成手段 107 中，将诊断结果，转换成可以在用显示器等构成的输出手段 110 中显示的数据，并用输出手段 110 显示结果。

以下展示诊断结论导出手段 106 的静态故障诊断部 164，根据免疫处理进行在故障状态下的输入的指定的实施例。免疫处理，以各输入相互的关系为基础，在判定相互间是否正常地动作后，综合地判断这种局部的诊断信息，判定是否有故障状态的输入，而在有

的情况下，指定故障状态的输入是哪个。

图 17 展示了这种情况下的静态故障诊断部 164 的构成。在本实施例中，诊断结论导出手段 106，由诊断网络 1701 和诊断算法 1702 构成。诊断网络 1701 由与各输入对应的单元 1703，和与各单元结合的神经键 1704 构成。各单元的值  $R_k$  ( $k=1, \dots, n$ ) 表示对应的输入的可靠性，例如，定义输出正常值的状态为  $R_k=1$ 、输出异常值的状态为  $R_k=0$ 。进而，被分配在神经键上的  $\omega_{ij}$ ，例如用式 (22) 以与输入  $i$  和输入  $j$  的一对数据对应的异常度  $U$  为基础来计算。

$$\omega_{ij} = g(1 - \gamma U) \quad \dots \text{(数 2 2)}$$

$$\text{而 } g(x) = \begin{cases} x & (x \geq -1) \\ -1 & (x < -1) \end{cases}$$

$\gamma$  为定数

由根据式 (22) 的计算，在确认输入  $i$  和输入  $j$  相互正常运作时， $\omega_{ij}$  为 1，随着异常性的增大， $\omega_{ij}$  减小。当异常性比某一定值大时，达到  $\omega_{ij} = -1$  的饱和值。在图 17 中，作为在图 15 中输入的数据对，在与用正常数据的存储数据标准 103 定义的 2 个输入对应的单元相互间交换神经键，不是那样的单元间的神经键或省略，或设定  $\omega_{ij}$  为 0。与交换神经键的单元对应的 2 个输入，在正常状态中对应有相关关系。

图 18 展示诊断算法 1702 进行的处理。首先在 S18—1 中，与各传感器对相关地取入作为第 2 个核对部 162 的计算结果的  $U$  的值，由式 (22) 计算出  $\omega_{ij}$ ，分配在各神经键上。接着在 S18—2 中，算出单元的  $R_k$  的初始值。因为可以将正常的情况全部作为初始值，所以如果在这种情况下，就可以设  $R_i = 1$  ( $i=1, \dots, n$ )。另外，也可以

随机地将值分派在 1 和 0 上。在 S18—3 中，在诊断网络的能量减少的方向上进行更新单元值的处理。网络的能量 E 可以用式 (23) 计算。

$$E = -(1/2) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \omega_{ij}^* R_i R_j + (1/2) \sum_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^n (\omega_{ij} + 1) \right\} R_i \quad \dots \text{(数 2 3)}$$

然而  $\omega_{ij}^* = \omega_{ij} + \omega_{ji}$

$$\omega_{ji} = 0 \quad (i = 1, \dots, n)$$

在 S18—3 中，抽出一个单元，反转抽出的单元的值，并审查式 (23) 的值。当 E 的值减少时仍没单元的值在反转状态，而当 E 值增加时，设单元的反转无效，进行复原的处理。在 D18—4 中。判断诊断网络的收敛，在收敛完时结束算法。收敛判断，由于不论哪个单元反转都是能量减少的状态，因此判断的方法是一般性的。还可以由适当的试行次数结束计算。在 S18—4 中，当判定为网络未收敛时，返回 S18—3 的处理。当网络收敛后，在 S18—5 中，输出诊断的结果。作为单元值的更新方法，除根据式 (23) 的方法外，与其处理等效的方法，还可以考虑检出用式 (24) 表示的  $E_{\text{站}}^+$  值的符号，来确定单元 i 的值是否反转的方法。

$$E^+(i) = \sum_{j=1}^n \omega_{ji} R_j + \sum_{j=1}^n \omega_{ij} R_j - (1/2) \sum_{j=1}^n (\omega_{ij} + 1) \quad \dots \text{(24)}$$

即，抽出单元 i 计算式 (24)，如果  $E_{\text{站}}^+$  为正，则判定为  $R_i = 1$  (单元 i 正常)，如果  $E_{\text{站}}^+$  为负，判定为  $R_i = 0$ 。如果  $E_{\text{站}}^+$  是 0，则现时状态下的  $E_{\text{站}}^+$  值被承袭。

在静态故障诊断部 164 中，根据图 18 的算法在收敛状态下得到的诊断结果，就可以检出象输入传感的老化那样的，只靠单独检验各输入很难检出的故障，也能指出故障传感器。在本实施例中，对

应于  $R_i=1$  的单元的输入被诊断为正常，与  $R_i=0$  对应的输入被诊断为异常。在本实施例中，是把  $R_i$  的值定义为 1 或 0，将输入的可靠性分为正常或不正常 2 种，然而，也可以考虑设  $R_i$  为 0~1 的连续值，用相对的  $R_i$  的大小来指定可靠性最高的传感器和故障可能性最高的传感器的方法。另外作为实现静态故障诊断部 164 的其它的方法，也可以考虑与实现动态故障诊断部 263 的方法相同地，用规程标准处理进行的方法。

诊断结论导出手段 106 的诊断结果，由输出手段 110 通报使用者。作为通报的内容，在输出手段 110 为显示器的情况下，可以考虑显示内容为无异常的输入序号、发生异常的输入序号等。另外，当输出手段 110 为信号灯的情况下，可以考虑点亮对应的灯。输入异常的检出，与所需要对应地反映在操作条件的变更上。如果输入是传感器的输出，就停止与该传感器输出相对应的机器的动作，将对传感器的值进行无效化的处理、或把输入值切换至监护人并继续进行控制的处理等，通过通信接口 101 输出至控制器 131~133。

由于具有并列设置以上所述的动态故障诊断部 163 和静态故障诊断部 164 的结构，因而控制系统的诊断解析装置 100 就可以进行多种解析，与此同时，就可以导出最大限度地活用为诊断得到的信息后的结论。

图 19 展示了操作者操作引导手段 108 的构成。同样地展示了用规程标准的处理，导出引导内容情况下的实施例。操作者操作引导手段 108，由引导导出手段 1901 和操作者操作规程 1902 构成。引导导出手段 1901，在总线 1 中输入诊断结论，在总线 2 中搜索操作者操作规程 1902 与该诊断结论相当的 IF 部。在图示的情况下，得到与

“极有断裂危险”对应的“降低轧辊速度”的引导内容。在总线3中，引导导出手段1901引导引导结果，在总线4中，将它输出至输出手段110。在输出手段110中，在显示器上显示如图所示的引导内容，或点亮对应的信号灯。

图20展示了操作条件变更手段109的构成。同样地展示了用规程标准的处理，导出操作条件的变更内容的实施例。操作条件变更手段109由操作条件变更内容确定手段2001和操作继续运行规程2002构成。操作条件变更内容确定手段2001，在总线1中从诊断结论导出手段106输入诊断的结论，在总线2中搜索操作继续运行规程2002中与诊断结论相当的IF部。在图示的情况下可知，与“板有断裂的危险”相对应地发出“降低轧辊速度的指令”，就可以使操作继续进行。在总线3中，操作条件变更内容确定手段2001引导操作条件变更的内容，在总线4中将其输出到通信接口101以及输出手段110。通信接口101通过网络120，将与操作条件变更内容对应的信号，传送至对应的控制器。在本实施例的情况下，指示减小轧辊的速度指令。在输出手段110中，也可以与需要对应地在显示器上显示如图那样引导内容。

在本实施例中，详细说明了在诊断结论导出手段106中的动态故障诊断部163执行规程标准的处理的情况，但是，也可以用以核对结论作为输入，将诊断结论作为输出的多层神经网络等的方法构成。同样地，也可以用以诊断结果作为输入，以操作者的操作内容和操作条件的变更内容作为输出的多层神经网络，构成操作者操作引导手段108和操作条件变更手段109。

另外在本实施例中，是自动地从数据解析手段及来自通信接口

的输出构筑正常数据的存储数据标准 103 的构成，但也可以是用户从输入手段 111 输入的构成。而且还可以是用户用输入手段 111 修正正常数据的存储数据标准 103 内容的一部分的这种构成。

如果采用本发明，首先由于将诊断的结论导出分成静态故障和动态故障进行，因而可以指出故障原因是由控制对象的动力学的变化和状态不稳定性等的动态故障引起的呢，还是由传感器的老化和输入值的强度变化那样的静故障引起的，更可以得出定量性的诊断结果。再有作为诊断静态故障的手段，由于具备执行免疫处理的算法，因而即使涉及指定静态故障的故障部位这样的操作也可以进行。

再有，在生成为诊断用的数据的解析手段中，具备多个信号解析手段，由此使多种信号的解析成为可能。尤其作为信号解析手段的内容，由于具备将算出从机器设备得到的时间序列信号的不规则碎片形维数的信号解析部和算出利庞纳夫指数的信号解析部以及算出子波系数的信号解析部中的至少一种，加在进行频率分析的信号解析部、算出时间序列的最大值和最小值的信号解析部等上这种构成，因而当应用于压延设备为例，就可以诊断板厚和板的张力变化近期脱离允许值的可能性和传感器跟踪特性下降、进一步诊断板断裂的危险性。再有可以将机械设备的时间区域中的应答和频率传递特性距正常时的间隔定量化，因而可以抽出由它们引起的异常。

再有，由于具备用信息损失最小化的形式压缩正常数据的存储数据标准的内容的内容更新手段，因而能够从适当规模保持数据标准的容量。

# 说明书附图

图 1

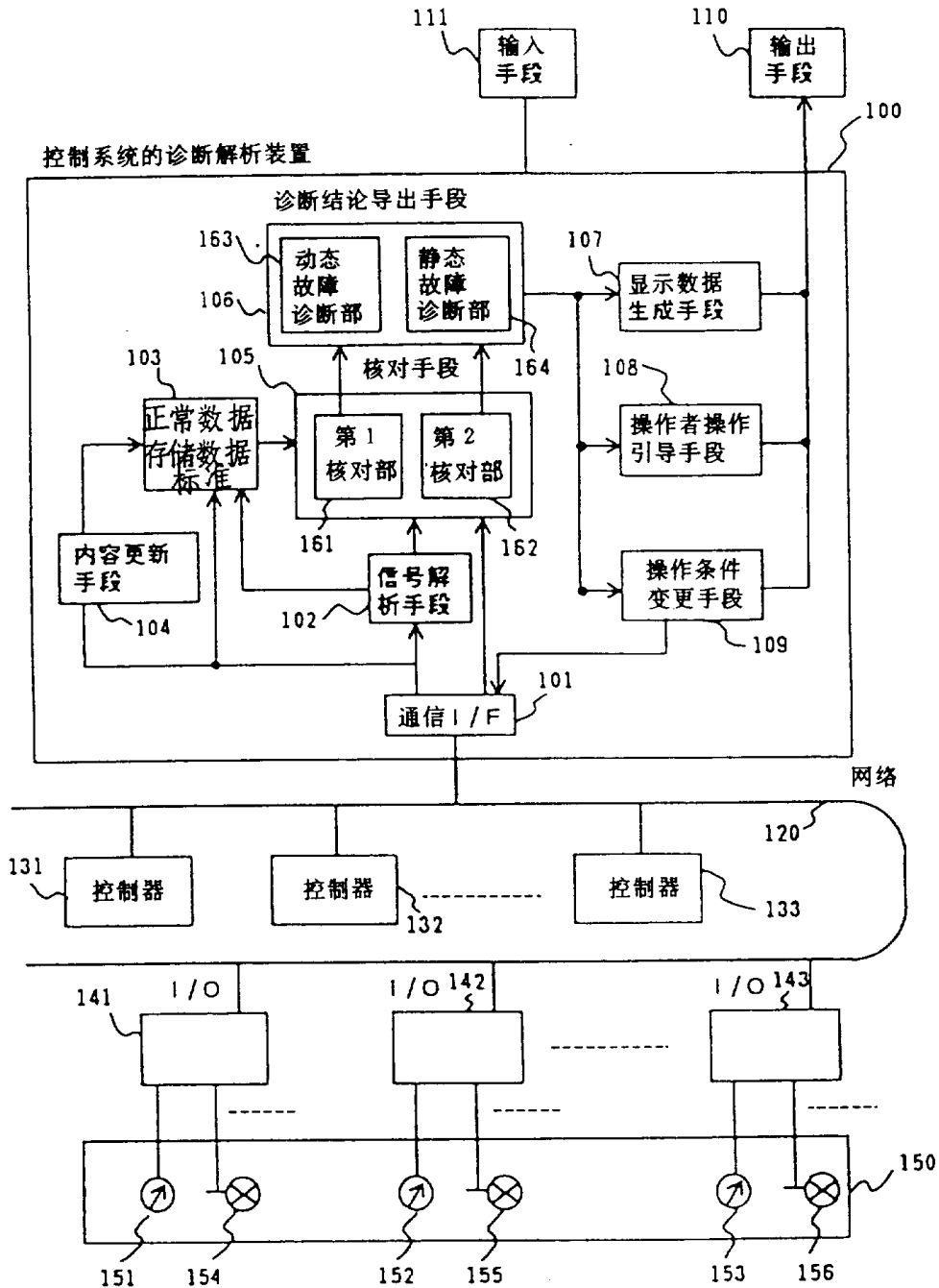


图 2

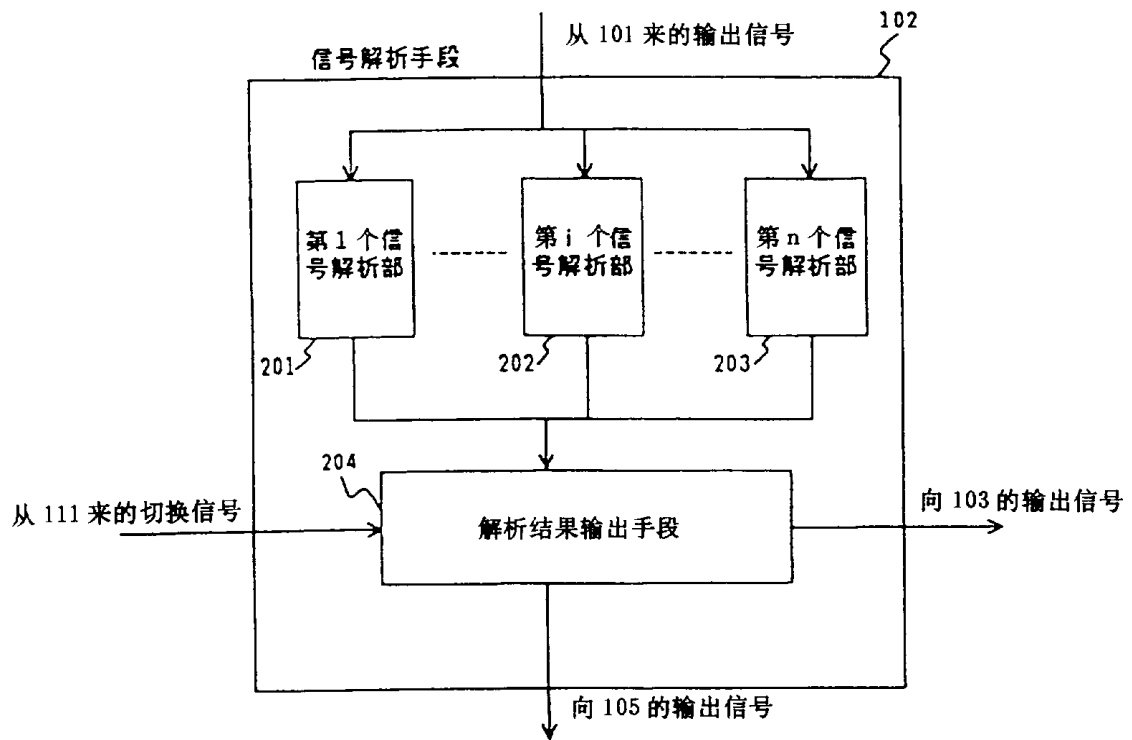


图 3

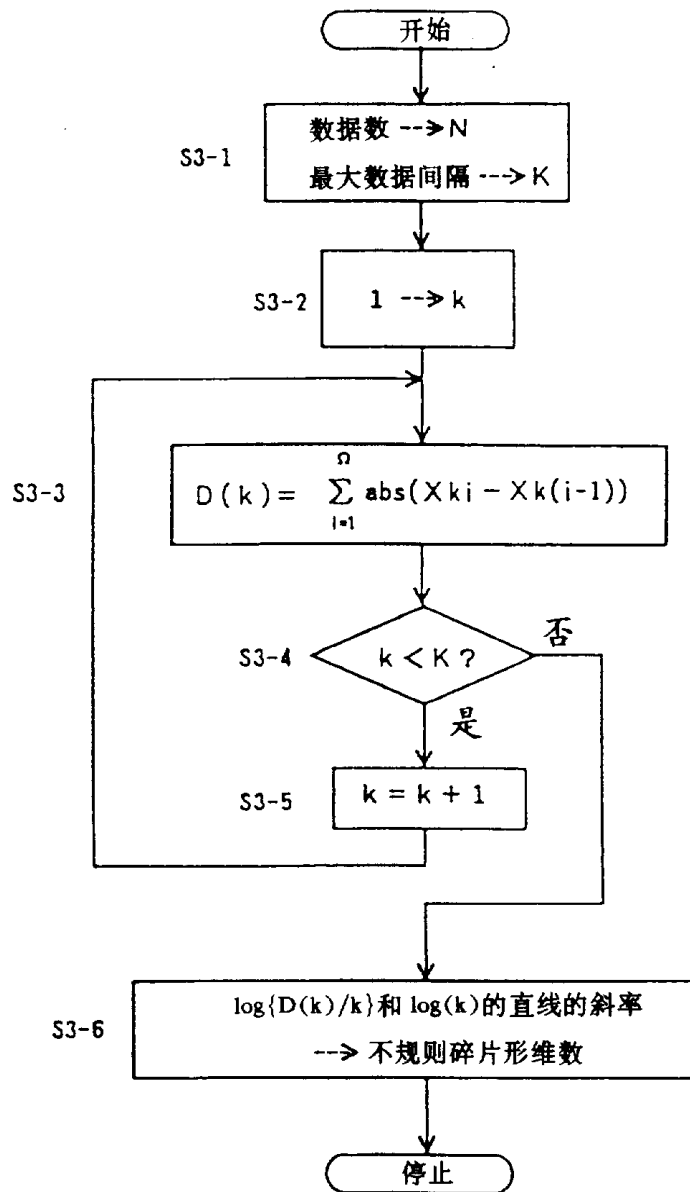


图 4

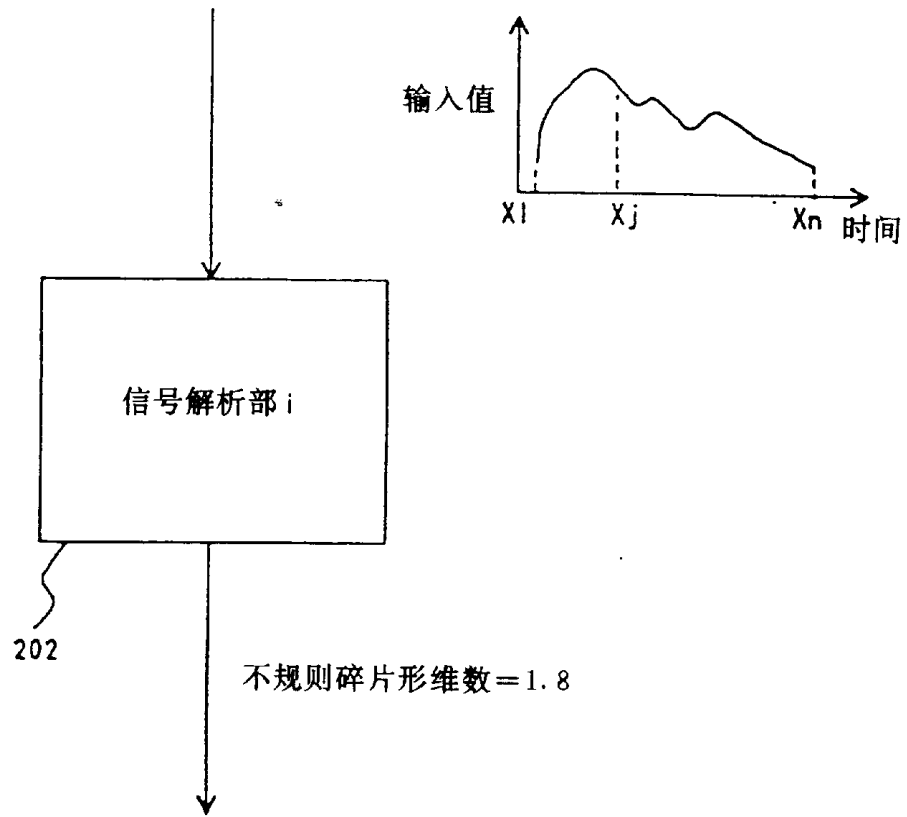


图 5

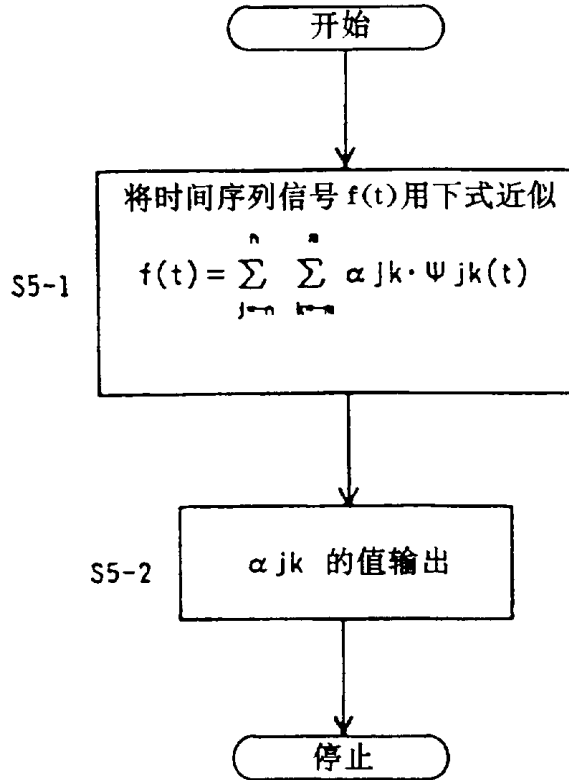


图 6

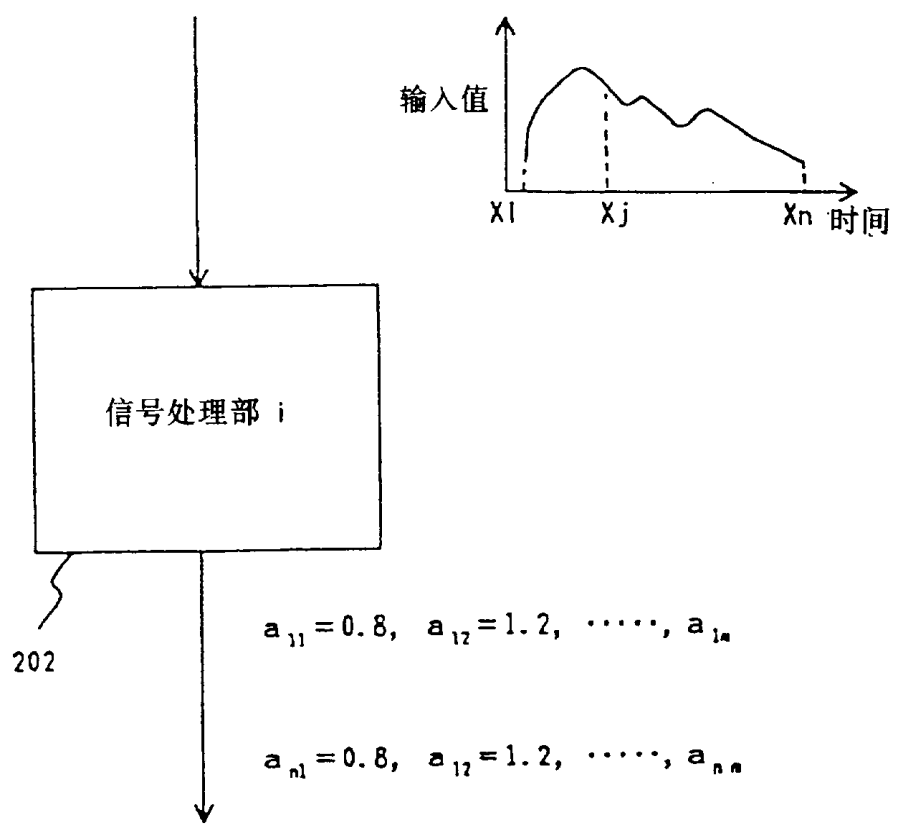


图 7

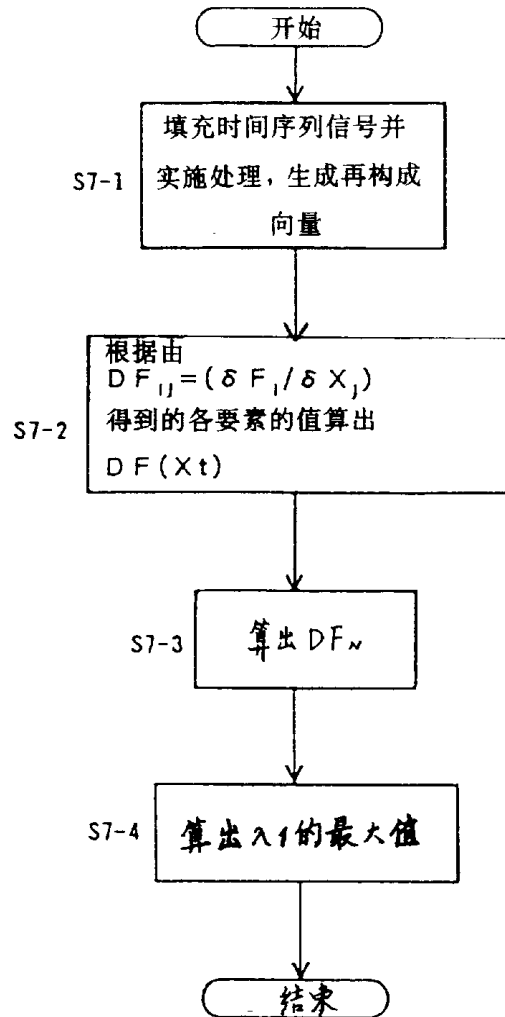


图 8

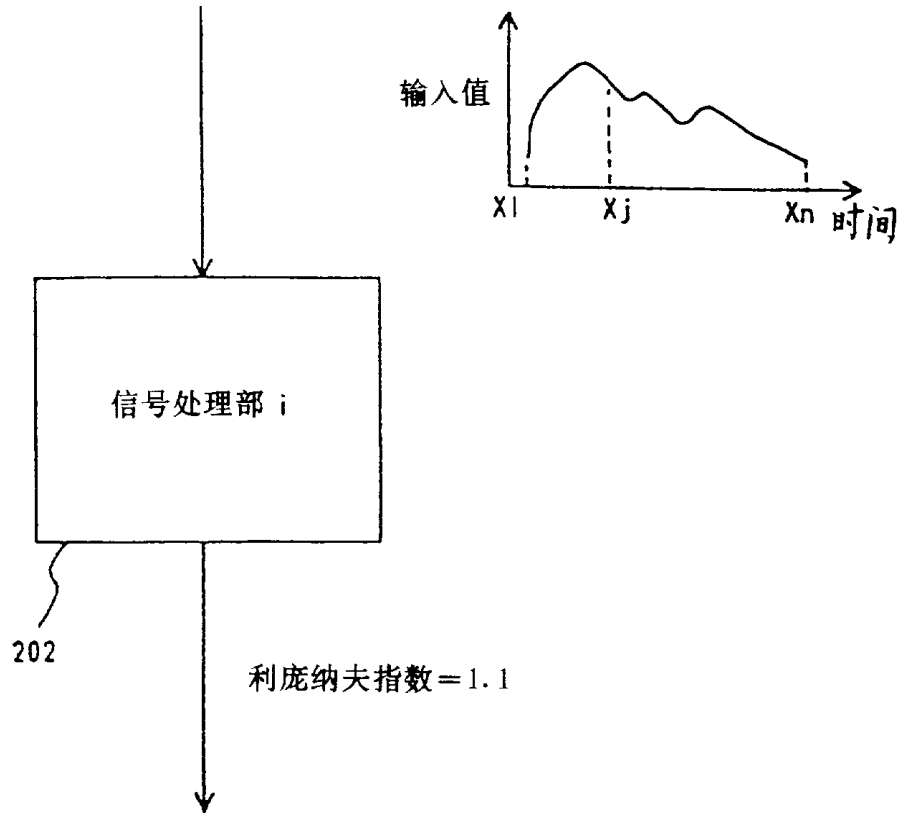


图 9

103

| 项 目          | 检 出 值                             |                                   |                                   |       |                                   |
|--------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------|-----------------------------------|
|              | 输入 1                              | 输入 2                              | 输入 3                              | ..... | 输入 n                              |
| 不规则碎<br>片形维数 | 1.4~1.5                           | 1.1~1.6                           | 1.5~1.8                           | ..... | 1.8~1.9                           |
| 子波系数         | $a_{11}=0.4$<br>⋮<br>$a_{nn}=1.2$ | $a_{11}=2.1$<br>⋮<br>$a_{nn}=0.2$ | $a_{11}=1.2$<br>⋮<br>$a_{nn}=3.1$ | ..... | $a_{11}=2.1$<br>⋮<br>$a_{nn}=0.5$ |
| 利庞纳夫<br>指数   | 0.8~0.9                           | 0.2~0.3                           | 0.1~0.3                           | ..... | 0.5~0.6                           |
| 最大值          | 5.6                               | 3.2                               | 10.3                              | ..... | 15.2                              |
| 最小值          | 0.0                               | 1.2                               | 0.3                               | ..... | 0.6                               |
| 频率成分         | 100Hz,<br>12Hz...                 | 1123Hz,<br>321Hz...               | 1321Hz,<br>561Hz...               | ..... | 621Hz,<br>56Hz...                 |
| ⋮<br>⋮<br>⋮  | ⋮<br>⋮<br>⋮                       | ⋮<br>⋮<br>⋮                       | ⋮<br>⋮<br>⋮                       |       | ⋮<br>⋮<br>⋮                       |

图 10

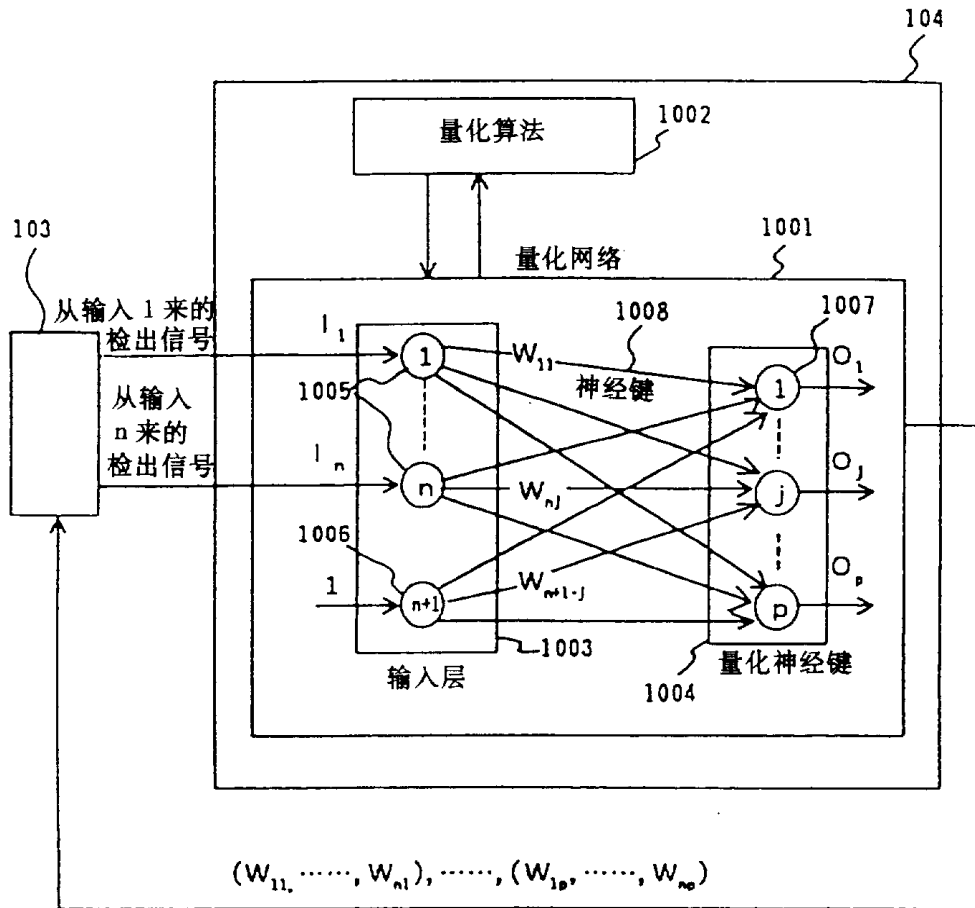


图 11

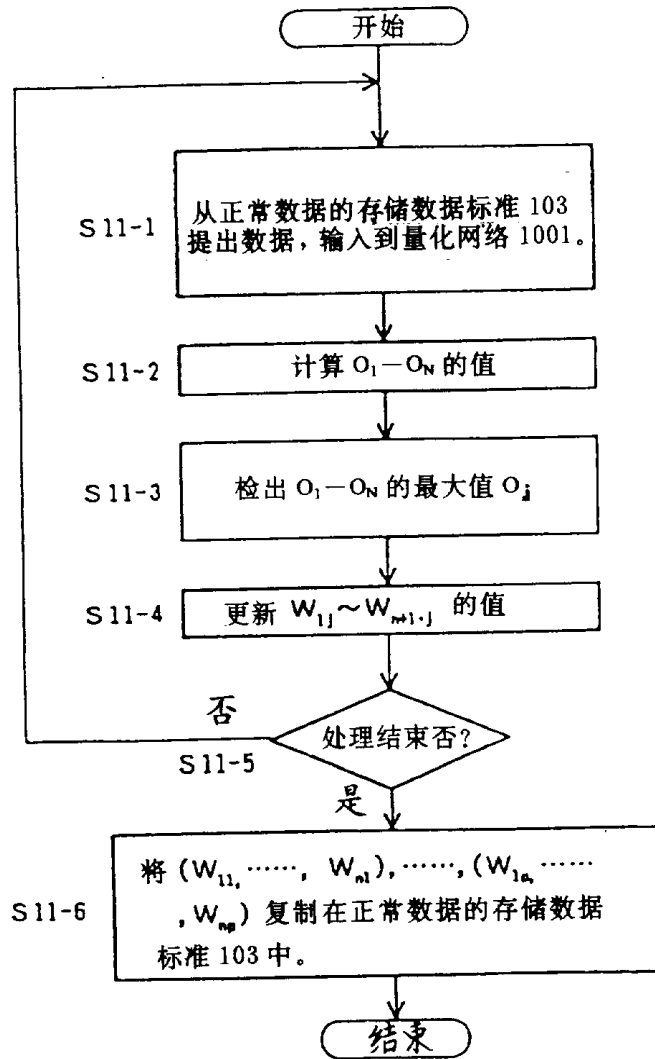


图 12

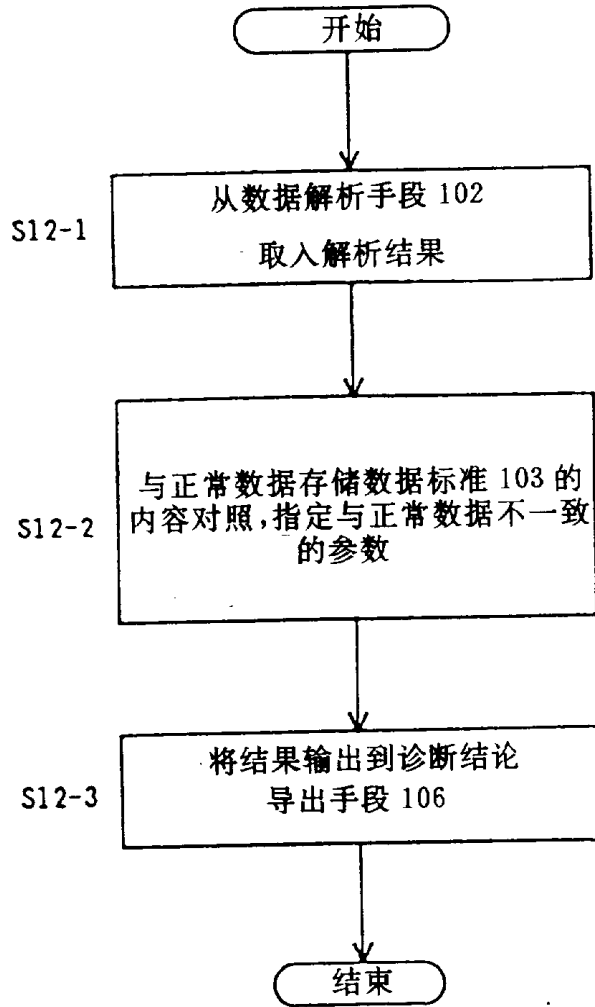


图 13

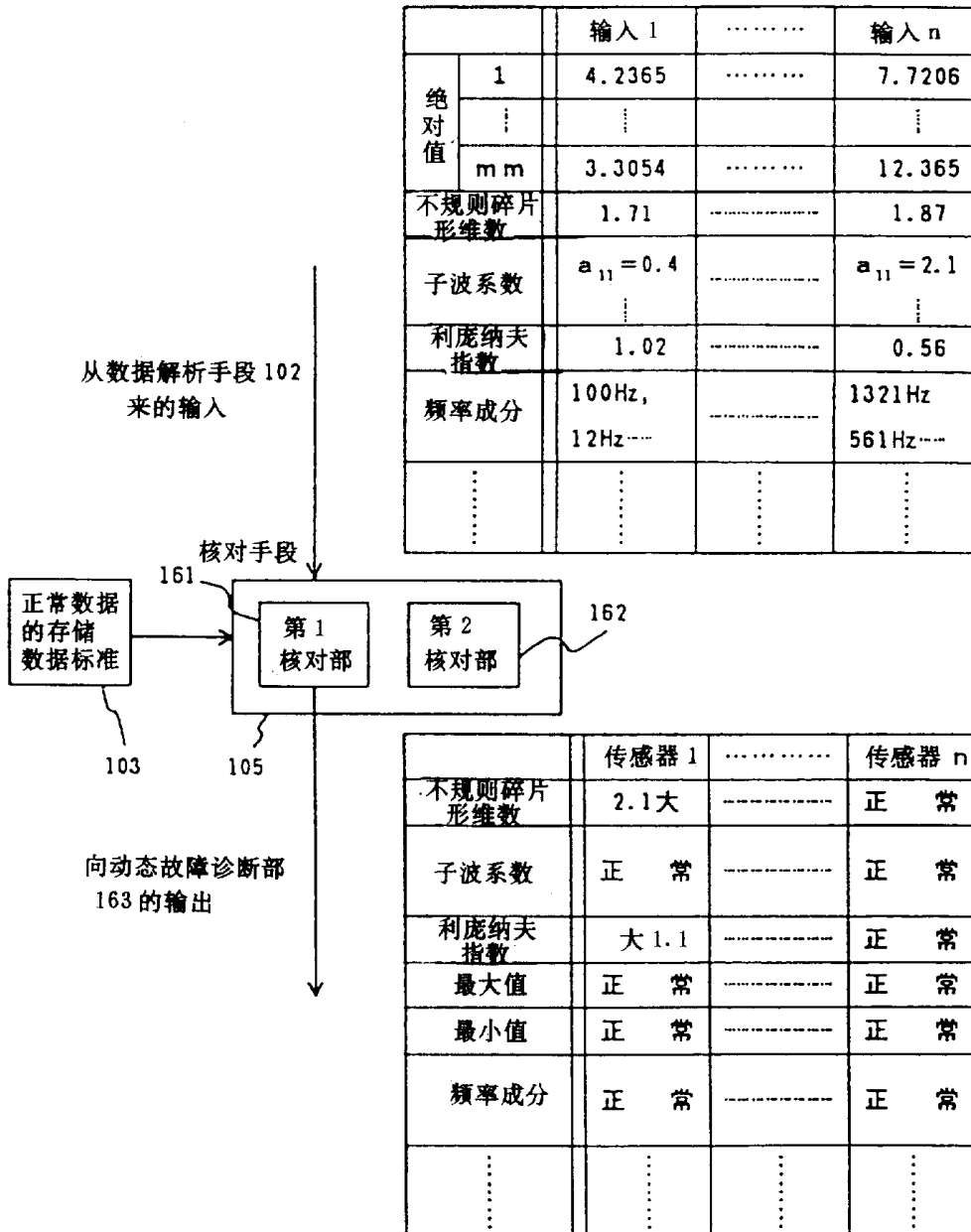


图 14

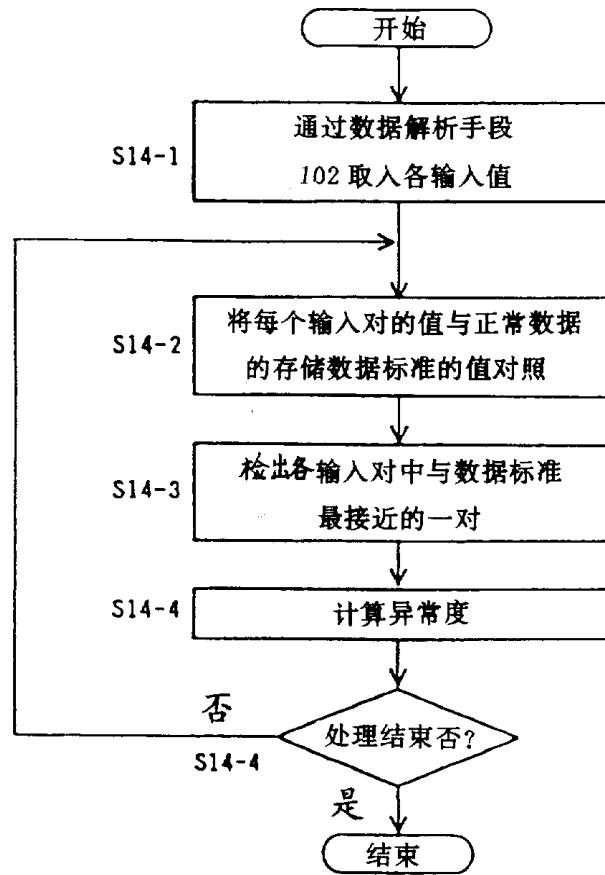


图 15

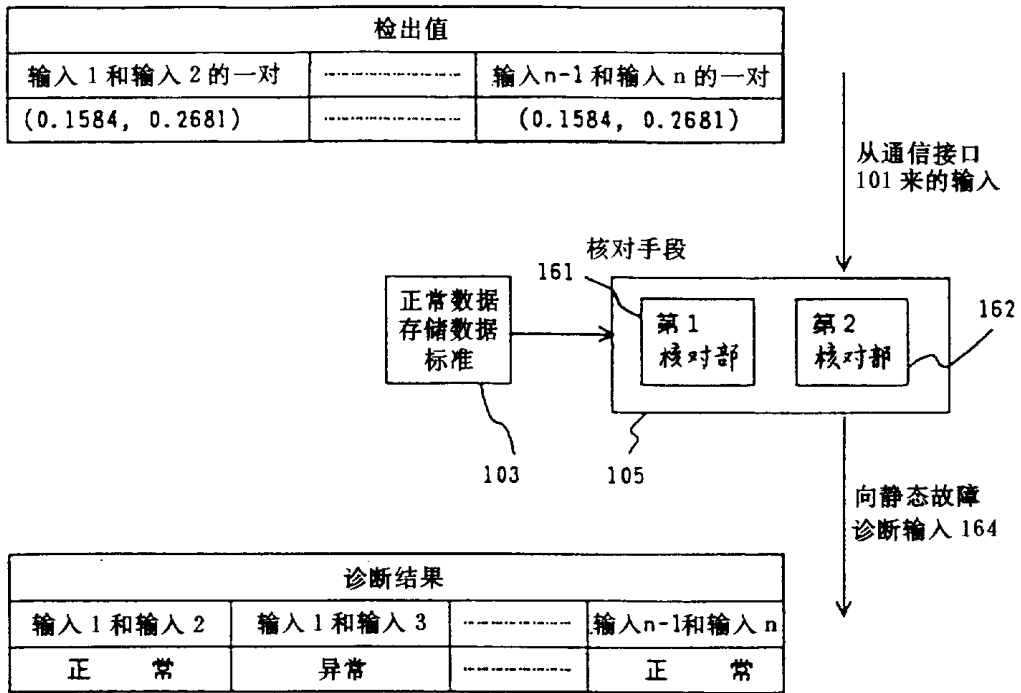


图 16

|          |       |       |      |
|----------|-------|-------|------|
|          | 输入 1  | ..... | 输入 n |
| 不规则碎片形维数 | 大 2.1 | ----- | 正 常  |
| 子波系数     | 正 常   | ----- | 正 常  |
| 利庞纳夫指数   | 大 1.1 | ----- | 正 常  |
| 最大值      | 正 常   | ----- | 正 常  |
| 最小值      | 正 常   | ----- | 正 常  |
| 频率成分     | 正 常   | ----- | 正 常  |
| ⋮        | ⋮     | ⋮     | ⋮    |

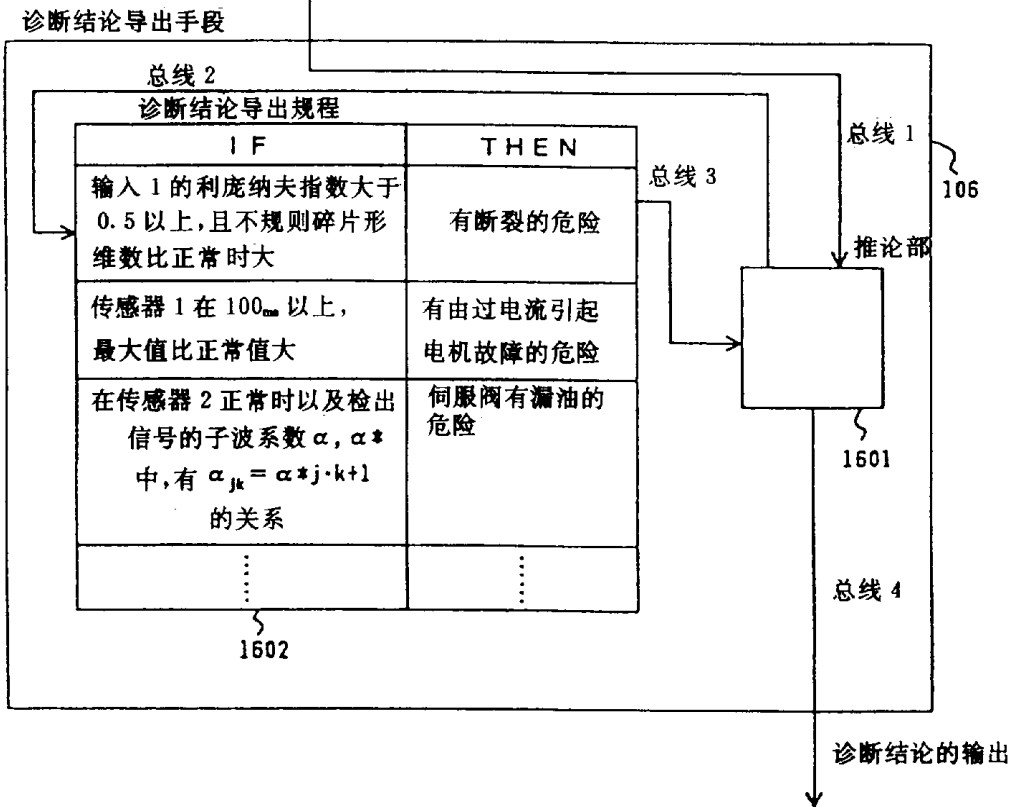


图 17

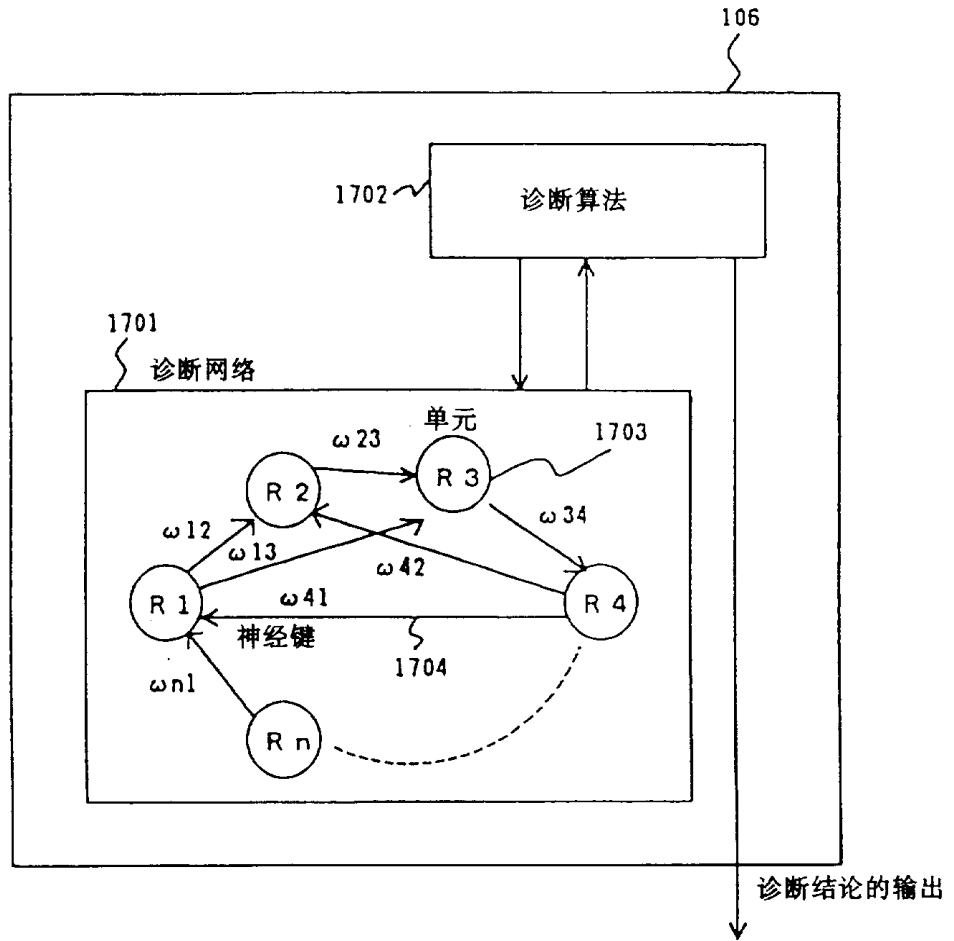


图 18

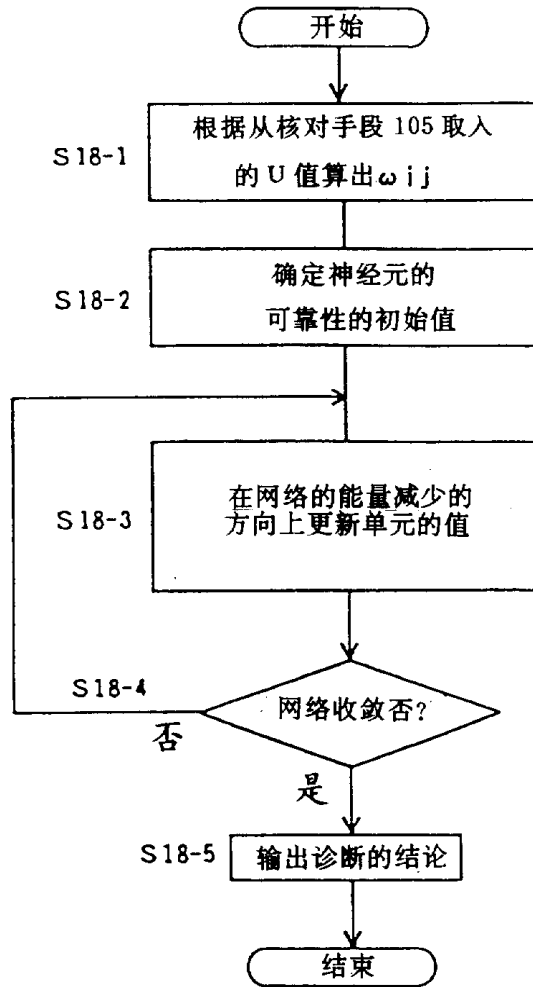


图 19

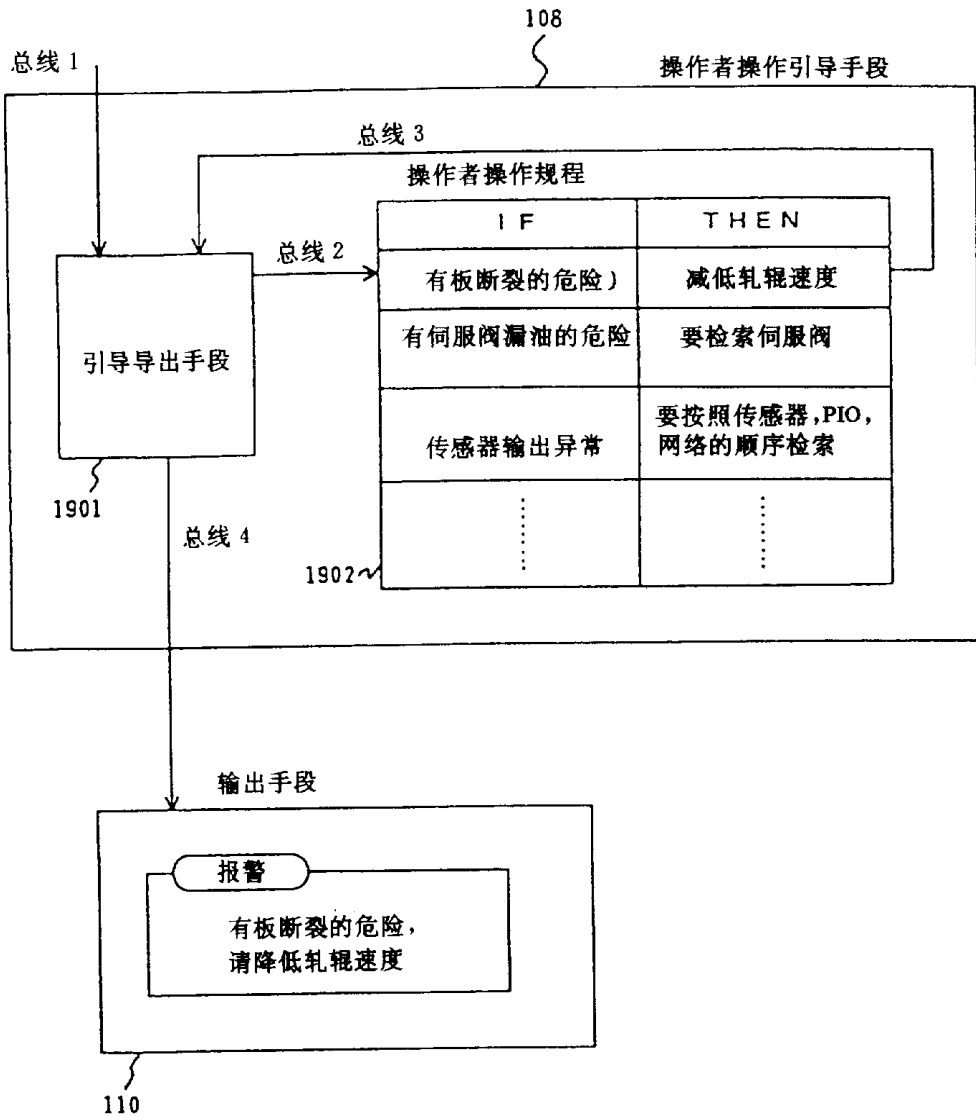


图 20

