



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110431502 B

(45) 授权公告日 2023.06.27

(21) 申请号 201880019110.9

山本圭介 井上由起彦 新妻瞬

(22) 申请日 2018.03.23

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110431502 A

专利代理人 海坤

(43) 申请公布日 2019.11.08

(51) Int.CI.

G05B 23/02 (2006.01)

(30) 优先权数据

2017-066125 2017.03.29 JP

(56) 对比文件

US 2013318018 A1, 2013.11.28

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.09.18

US 2008270071 A1, 2008.10.30

(86) PCT国际申请的申请数据

WO 2013111397 A1, 2013.08.01

PCT/JP2018/011769 2018.03.23

WO 2015041093 A1, 2015.03.26

(87) PCT国际申请的公布数据

CN 105492982 A, 2016.04.13

W02018/181020 JA 2018.10.04

CN 101681531 A, 2010.03.24

(73) 专利权人 三菱重工业株式会社
地址 日本东京

JP H06167591 A, 1994.06.14

JP 2003114294 A, 2003.04.18

审查员 施龙权

(72) 发明人 岸真人 熊野信太郎 安部克彦

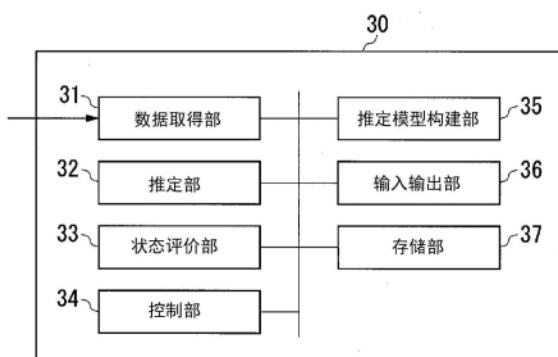
权利要求书2页 说明书12页 附图11页

(54) 发明名称

预兆检测系统以及预兆检测方法

(57) 摘要

预兆检测系统具备：数据取得部，其取得设备的运转数据以及表示设备的运转历史的运转历史数据；推定部，其基于运转数据、运转历史数据、以及推定模型，来计算作为设备的监视对象的参数的推定值，该推定模型针对上述参数推定在与运转历史数据对应的时间点的该参数的值；以及状态评价部，其基于由推定部推定出的参数的推定值与数据取得部取得的运转数据中所包含的参数的测量值或推定值的偏差，来评价设备的状态。



1. 一种预兆检测系统,其中,

所述预兆检测系统具备:

数据取得部,其取得设备的运转数据以及运转历史数据,所述运转历史数据表示对所述设备的经年变化造成影响的所述设备的运转或维护的实绩,且表示所述设备的不仅包含累积运转时间、还包含该累积运转时间内的运转负载、运转条件的、设置所述设备后的运转历史或者进行针对所述设备的维护检修作业后的运转历史;

推定模型构建部,其对所述运转历史数据、及与该运转历史数据对应的时间点的所述设备的正常动作时的所述运转数据进行学习,以构建推定反映了所述设备的经年变化的、作为所述设备的监视对象的参数的值的推定模型;

推定部,其基于当前时间点的所述运转数据、当前时间点的所述运转历史数据、以及所述推定模型,来计算当前时间点的所述参数的推定值;以及

状态评价部,其基于所述推定值与所述数据取得部取得的所述运转数据中所包含的当前时间点的所述参数的测量值的偏差,来评价所述设备的状态。

2. 根据权利要求1所述的预兆检测系统,其中,

所述运转历史数据包含所述设备的起动次数以及停止次数中的至少一个。

3. 根据权利要求1或2所述的预兆检测系统,其中,

所述运转历史数据包含所述设备的运转时间、所述设备的对应运转模式的运转时间、以及从导入所述设备起的经过时间中的至少一个。

4. 根据权利要求1或2所述的预兆检测系统,其中,

所述运转历史数据包含对所述设备进行过维护检修作业的次数、以及从对所述设备进行维护检修作业起的经过时间中的至少一个。

5. 根据权利要求1或2所述的预兆检测系统,其中,

所述运转历史数据包含所述设备的输出的累积值。

6. 根据权利要求1或2所述的预兆检测系统,其中,

所述运转数据包含对所述设备进行监视的装置所生成的警报信息以及事件信息中的至少一个。

7. 根据权利要求1或2所述的预兆检测系统,其中,

所述推定模型除了基于所述设备的运转数据以及运转历史数据以外,还基于与所述设备相同种类的其他设备的运转数据以及运转历史数据来构建。

8. 根据权利要求1或2所述的预兆检测系统,其中,

所述状态评价部还取得所述运转历史数据,并基于与所述运转历史数据表示的运转实绩对应的作为所述监视对象的参数的评价基准,来评价所述设备的状态。

9. 根据权利要求1或2所述的预兆检测系统,其中,

所述状态评价部基于所述偏差、以及所述偏差的历史与实际发生过的异常的对应关系,来预测将来发生的异常。

10. 一种预兆检测系统,其中,

所述预兆检测系统具备:

数据取得部,其取得设备的运转数据以及运转历史数据,所述运转历史数据表示对所述设备的经年变化造成影响的所述设备的运转或维护的实绩,且表示所述设备的不仅包含

累积运转时间、还包含该累积运转时间内的运转负载、运转条件的、设置所述设备后的运转历史或者进行针对所述设备的维护检修作业后的运转历史；

推定部，其基于当前时间点的所述运转数据以及对作为所述设备的监视对象的参数的值进行推定的推定模型，来计算当前时间点的所述参数的推定值；以及

状态评价部，其基于由所述推定部推定的所述参数的推定值与所述数据取得部取得的所述运转数据中所包含的所述参数的测量值的偏差、以及与所述运转历史数据表示的运转实绩对应的作为所述监视对象的参数的评价基准，来评价所述设备的状态。

11. 一种预兆检测方法，其中，

所述预兆检测方法包括由预兆检测系统执行的如下步骤：

取得设备的运转数据以及运转历史数据，所述运转历史数据表示对所述设备的经年变化造成影响的所述设备的运转或维护的实绩，且表示所述设备的不仅包含累积运转时间、还包含该累积运转时间内的运转负载、运转条件的、设置所述设备后的运转历史或者进行针对所述设备的维护检修作业后的运转历史；

对所述运转历史数据、以及与该运转历史数据对应的时间点的所述设备的正常动作时的所述运转数据进行学习，以构建推定反映了所述设备的经年变化的、作为所述设备的监视对象的参数的值的推定模型；

基于当前时间点的所述运转数据、当前时间点的所述运转历史数据、以及所述推定模型，来计算当前时间点的所述参数的推定值；以及

基于所述推定值与所述运转数据中所包含的当前时间点的所述参数的测量值的偏差，来评价所述设备的状态。

预兆检测系统以及预兆检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及预兆检测系统以及预兆检测方法。

[0002] 本申请基于2017年3月29日在日本申请的特愿2017-66125号主张优先权，并将其内容引用于此。

背景技术

[0003] 在发电厂等的设施中，为了监视设备的动作的状态，有时使用ANN(Artificial Neural Network)等模型。例如，在专利文献1中公开了如下内容：由第一ANN模拟当前的设施状态，由第二ANN模拟正常运转时的设施状态，并根据第一ANN以及第二ANN的输出数据之差来判断是否发生故障。

[0004] 在先技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1：美国专利申请公开第2013/0318018号说明书

发明内容

[0007] 发明要解决的课题

[0008] 通常，在使用了专利文献1等所记载的模型的监视下，将学习表示正常状态的过程值等而构建的正常模型与由监视对象的设备等取得的过程值进行比较，在实际的过程值背离正常模型的情况下检测异常。在上述那样的情况下，正常模型的构建所使用的数据通常为过去的数据。然而，在实际的设备由于存在经年变化，因此，若不更新正常模型，则会导致正常模型背离现状的设备的正常状态，且基于该正常模型的监视精度劣化。

[0009] 本发明提供一种能够解决上述课题的预兆检测系统以及预兆检测方法。

[0010] 用于解决课题的手段

[0011] 根据本发明的第一方式，预兆检测系统具备：数据取得部，其取得设备的运转数据以及运转历史数据，所述运转历史数据表示所述设备的运转历史；推定部，其基于所述运转数据、所述运转历史数据、以及推定模型，来计算作为所述设备的监视对象的参数的第一推定值，所述推定模型针对所述参数推定与所述运转历史数据对应的时间点的该参数的值；以及状态评价部，其基于所述参数的第一推定值与所述数据取得部取得的所述运转数据中所包含的所述参数的测量值或第二推定值的偏差，来评价所述设备的状态。

[0012] 另外，根据本发明的第二方式，在所述预兆检测系统中，也可以是，所述运转历史数据包含所述设备的起动次数以及停止次数中的至少一个。

[0013] 根据本发明的第三方式，在所述预兆检测系统中，也可以是，所述运转历史数据包含所述设备的运转时间、所述设备的对应运转模式的运转时间、以及从导入所述设备起的经过时间中的至少一个。

[0014] 根据本发明的第四方式，在所述预兆检测系统中，也可以是，所述运转历史数据包含对所述设备进行过维护检修作业的次数、以及从对所述设备进行维护检修作业起的经过

时间中的至少一个。

[0015] 根据本发明的第五方式,在所述预兆检测系统中,也可以是,所述运转历史数据包含所述设备的输出的累积值。

[0016] 根据本发明的第六方式,在所述预兆检测系统中,也可以是,所述运转数据包含对所述设备进行监视的装置所生成的警报信息以及事件信息中的至少一个。

[0017] 根据本发明的第七方式,在所述预兆检测系统中,也可以是,所述推定模型除了基于所述设备的运转数据以及运转历史数据以外,还基于与所述设备相同种类的其他设备的运转数据以及运转历史数据来构建。

[0018] 根据本发明的第八方式,在所述预兆检测系统中,也可以是,所述预兆检测系统还具备推定模型构建部,该推定模型构建部基于所述运转历史数据以及与该运转历史数据对应的时间点的所述设备的运转数据,来构建所述推定模型。

[0019] 根据本发明的第九方式,在所述预兆检测系统中,也可以是,所述状态评价部还取得所述运转历史数据,并基于与所述运转历史数据表示的运转实绩对应的作为所述监视对象的参数的评价基准,来评价所述设备的状态。

[0020] 根据本发明的第十方式,在所述预兆检测系统中,也可以是,所述状态评价部基于所述偏差、以及所述偏差的历史与实际发生过的异常的对应关系,来预测将来发生的异常。

[0021] 根据本发明的第十一方式,预兆检测系统具备:数据取得部,其取得设备的运转数据以及运转历史数据,所述运转历史数据表示所述设备的运转历史;推定部,其基于所述运转数据以及对作为所述设备的监视对象的参数的值进行推定的推定模型,来计算所述参数的第一推定值;以及状态评价部,其基于由所述推定部推定的所述参数的第一推定值与所述数据取得部取得的所述运转数据中所包含的所述参数的测量值或第二推定值的偏差、以及与所述运转历史数据表示的运转实绩对应的作为所述监视对象的参数的评价基准,来评价所述设备的状态。

[0022] 根据本发明的第十二方式,预兆检测方法包括由预兆检测系统执行的如下步骤:取得设备的运转数据以及运转历史数据,所述运转历史数据表示所述设备的运转历史;基于所述运转数据、所述运转历史数据、以及推定模型,来计算作为所述设备的监视对象的参数的第一推定值,所述推定模型针对所述参数推定与所述运转历史数据对应的时间点的该参数的值;以及基于所述第一推定值与所述运转数据中所包含的所述参数的测量值或第二推定值的偏差,来评价所述设备的状态。

[0023] 发明效果

[0024] 根据上述的预兆检测系统以及预兆检测方法,能够得到考虑了设备等的经年变化的预兆检测。

附图说明

[0025] 图1是示出使用本发明的预兆检测系统来进行监视的设备的一例的图。

[0026] 图2是本发明的第一实施方式中的预兆检测装置的功能框图。

[0027] 图3是对本发明的第一实施方式中的预兆检测处理进行说明的图。

[0028] 图4是示出本发明的第一实施方式中的推定模型的构建处理的一例的流程图。

[0029] 图5是示出本发明的第一实施方式中的预兆检测处理的一例的流程图。

- [0030] 图6是对本发明的第一实施方式中的预兆检测处理的其他例进行说明的图。
- [0031] 图7是对本发明的第一实施方式中的由预兆检测装置进行的异常发生的预测及其效果进行说明的图。
- [0032] 图8是本发明的第二实施方式中的预兆检测装置的功能框图。
- [0033] 图9是对本发明的第二实施方式中的预兆检测处理进行说明的图。
- [0034] 图10是示出本发明的第二实施方式中的判定模型的构建处理的一例的流程图。
- [0035] 图11是对本发明的第二实施方式中的预兆检测处理的其他例进行说明的图。

具体实施方式

- [0036] <第一实施方式>
- [0037] 以下,参照图1~图7,对本发明的第一实施方式的预兆检测系统进行说明。
- [0038] 图1是示出使用本发明的预兆检测系统来进行监视的设备的一例的图。
- [0039] 作为图1所示的监视对象的燃气轮机设备具备燃气轮机10、发电机15以及进行燃气轮机10的动作的控制、监视的装置20。燃气轮机10与发电机15由转子14连结。燃气轮机10具备:压缩机11,其将空气压缩而生成压缩空气;燃烧器12,其在压缩空气中使燃料气体燃烧且生成高温的燃烧气体;以及涡轮13,其由燃烧气体驱动。燃烧器12与向燃烧器12供给燃料的各系统A、B、C各自的燃料供给装置(未图示)连接。在燃料供给装置与燃烧器12之间设置有对各系统A~C的燃料的流量进行调节的燃料流量调整阀16A、16B、16C。装置20是由1台或多台计算机构成的控制装置等。装置20通过调节IGV(IGV:inlet guide vane)17的开度来对向压缩机11流入的空气的流量进行控制,并基于燃料流量调整阀16A~16C的开度调整来对向燃烧器12供给的燃料气体的供给量等进行控制,从而驱动涡轮13,并使发电机15工作。
- [0040] 装置20从设置于燃气轮机10、发电机15的各个部位的传感器取得温度、压力等测量数据。测量数据不仅包含在燃气轮机10的内部获取且用于实际的运转的燃料气体、大气等的物性数据,还包含运转环境的温度等周围的环境信息。装置20使用所取得的测量数据,生成用于控制燃气轮机10的控制信号。测量数据包含各传感器的识别信息、测量值、测量时刻等。控制信号包含该控制信号被输出的时刻。装置20也可以将测量数据向规定的推定模型(例如,用于计算燃气轮机10的某状态量的计算式等)输入,并将通过该推定模型所计算出的推定值代替测量数据或与测量数据一起取得。有时将该推定值称为第二推定值。将这些测量数据(或第二推定值)和控制信号总称为过程数据。装置20将所取得的测量数据与规定的阈值相比较,并在测量数据超过或低于阈值时,生成表示燃气轮机10发生异常或成为应注意的状态的警报信息。装置20在燃气轮机10的起动停止、燃气轮机10所具备的设备发生动作(阀的开闭等)、运转状态的变更等时生成表示上述情况的发生的事件信息。警报信息以及事件信息包含各个信息被生成的时刻信息。装置20使过程数据、警报信息、事件信息显示于未图示的显示装置,操作员对显示于该显示装置的测量数据、警报信息等进行监视来进行燃气轮机10的运用。
- [0041] 装置20将过程数据、警报信息、事件信息向预兆检测装置30发送。关于过程数据,装置20例如每隔规定周期取得过程数据,并在过程数据的值发生了规定的变化的情况下等,将该过程数据向预兆检测装置30发送。关于警报信息、事件信息,装置20例如在每次生

成这些信息时向预兆检测装置30发送。在本实施方式中,装置20包括燃气轮机10的运转所需的控制装置、监视装置等。与此相对地,预兆检测装置30是为了检测在燃气轮机10中将来发生的异常的预兆,并将其通知给操作员而设置的。将过程数据、警报信息、事件信息总称为运转数据。

[0042] 预兆检测装置30对在燃气轮机10中产生的异常的预兆进行检测。特别是本实施方式的预兆检测装置30使用考虑了燃气轮机10的经年变化的预测模型来进行预兆检测。接下来,对预兆检测装置30进行说明。

[0043] 图2是本发明的第一实施方式中的预兆检测装置的功能框图。

[0044] 如图2所示,预兆检测装置30具备数据取得部31、推定部32、状态评价部33、控制部34、推定模型构建部35、输入输出部36以及存储部37。

[0045] 数据取得部31取得设备的运转数据以及表示设备的运转历史的运转历史数据。在此,运转历史数据是指例如包含燃气轮机10的累积运转时间、对应运转模式的运转时间、从导入燃气轮机10并进行设置起的经过时间、起动次数、停止次数、起动停止次数、燃气轮机10的输出实绩的累积值等运转历史数据、对燃气轮机10进行维护检修作业的次数、从进行维护检修作业起所经过的时间等维护历史数据。数据取得部31将所取得的运转数据存储于存储部37。

[0046] 运转历史数据能够使用表示燃气轮机10处于工作状态的、例如发电机15的输出、燃气轮机10的起动命令信号、停止命令信号等过程数据来进行计算。例如,若为累积运转时间,则装置20使用上述的过程数据来计算从1次的起动直至停止的运转时间,并将其累积而计算累积运转时间。例如,若为起动停止次数,则装置20对自身输出的起动命令、停止命令的次数进行计数,并将其累积而计算起动停止次数。装置20计算上述的运转历史数据,并且数据取得部31从装置20取得运转历史数据。

[0047] 装置20存储对燃气轮机10进行过的过去的维护历史的信息,装置20对维护作业的累积次数、从进行维护作业起的经过时间等进行计算,并且数据取得部31从装置20取得维护历史数据。

[0048] 推定部32基于运转数据、运转历史数据、以及对反映了与运转历史数据表示的运转实绩对应的经年变化的监视对象参数的值进行推定的推定模型,来计算参数的推定值。

[0049] 状态评价部33基于由推定部32推定的监视对象参数的推定值(第一推定值)与数据取得部31取得的燃气轮机10的监视对象参数的测量值或推定值(第二推定值)的偏差,来评价监视对象参数表示的燃气轮机10的状态。例如,在偏差为规定的阈值以上的情况下,评价为该监视对象参数表示在燃气轮机10或者其一部分的设备中发生异常的预兆。状态评价部33在检测到异常的预兆时,计算表示检测到异常预兆的警报信息、异常发生率、异常发生部位等异常信息。

[0050] 控制部34进行预兆检测装置30的起动、停止、处理执行等各种控制。

[0051] 推定模型构建部35对运转历史数据以及与该运转历史数据对应的(经过了该运转历史数据示出的运转的时间点的)设备的正常动作时的运转数据进行学习,以构建推定燃气轮机10的正常动作时的监视对象参数的值的推定模型。推定模型构建部35所构建的推定模型是指将燃气轮机10的经年变化考虑在内的模型。推定模型是指例如基于ANN等的神经网络、各种机器学习、深层学习、多元回归分析等的各种统计方法的模型。

[0052] 输入输出部36将状态评价部33的评价结果、异常信息的计算结果向显示器、其他装置等输出。输入输出部36接受由监视员对预兆检测装置30进行的指示信息等的输入操作。

[0053] 存储部37例如存储运转数据等各种数据。

[0054] 图3是对本发明的第一实施方式中的预兆检测处理进行说明的图。

[0055] 推定部32具有推定模型M。推定模型M是如下那样的例如神经网络模型：基于正常时的过去的运转数据，将输入参数设为大气温度、大气压力、相对湿度、燃料流量指令值、燃料分配比设定、燃气轮机10的转速、燃料流量调整阀16A～16C的阀开度、每个系统A～C的燃料供给压力、IGV开度、运转时间、起动停止次数等，并将输出参数设为燃气轮机输出、燃气轮机效率、机室压力、各燃料系统的歧管压力、各燃烧器的燃烧振动值、来自涡轮13的排气温度等。

[0056] 推定部32将运转数据中的监视对象参数(燃气轮机10的输出、机室压力等)的推定所需的参数(大气温度、大气压力、燃料流量指令值等)向推定模型M输入。推定部32将燃气轮机10的累积运转时间、起动停止次数等运转历史数据向推定模型M输入。推定模型M输出反映了到目前为止的累积运转时间、起动停止次数所表示的燃气轮机10的经年变化的燃气轮机输出的推定值、机室压力的推定值等。推定部32将推定模型M的推定值向状态评价部33输出。

[0057] 状态评价部33取得推定模型M输出的燃气轮机输出等监视对象参数的推定值以及数据取得部31取得的当前燃气轮机输出等测量值。状态评价部33具有减法器S、异常判定部D。减法器S计算所取得的推定模型M的推定值与对应的参数的测量值的偏差。例如，减法器S计算燃气轮机输出的推定值与燃气轮机输出的测量值的偏差。减法器S计算机室压力的推定值与机室压力的测量值的偏差。减法器S将计算出的作为监视对象的各参数的推定值与测量值的偏差向异常判定部D输出。异常判定部D将各参数的偏差与针对每个参数确定的偏差的阈值进行比较，以判定有无异常的预兆。例如，异常判定部D将燃气轮机输出的偏差与燃气轮机输出用的阈值进行比较，若燃气轮机输出的偏差超过规定的阈值，则针对燃气轮机输出判定为存在异常的预兆。若燃气轮机输出的偏差为阈值以下，则异常判定部D针对燃气轮机输出判定为没有异常的预兆。

[0058] 异常判定部D具有异常信息生成部D1。异常信息生成部D1生成表示检测到异常发生的预兆的警报信息、异常部位、异常发生率等异常信息。警报信息包含异常的内容、判定为存在异常的预兆的时刻的信息。异常信息生成部D1也可以根据推定值与测量值的偏差的大小来推定异常的规模、准确度、重大程度等，并将这些信息包含在异常信息中。异常信息生成部D1根据超过阈值的监视对象参数的种类，来判定燃气轮机10的哪个部分发生异常，并且推定预想到发生异常的部位。异常信息生成部D1基于过去的异常发生实绩、故障实绩等，来计算检测到异常的预兆的部位的异常发生率、故障率。在存储部37存储有过去的故障实绩的信息。异常信息生成部D1也可以基于多个监视对象参数的值来生成异常信息。例如，也可以在燃气轮机输出与机室压力这两方的监视对象参数超过阈值的情况下，生成表示是“异常X”的预兆的警报信息。

[0059] 在基于以往的预测模型的预兆检测中，大多不考虑设备的经年变化，因此，经常预测模型推定的监视对象参数的值与经过了一定期间的运转的实际设备的实际状态背离。

与此相对地,在本实施方式中,基于规定的推定模型,来推定与经年变化对应的当前燃气轮机10的输出参数的值。而且,将该推定值设为正确,判定燃气轮机10的输出参数的测量值是否为正常范围的值。将与当前设备的状态对应的阈值作为基准来进行异常的判定,因此能够进行精度高的预兆检测。

[0060] 接下来,对本实施方式的推定模型的构建处理进行说明。

[0061] 图4是示出本发明的第一实施方式中推定模型的构建处理的一例的流程图。

[0062] 首先,数据取得部31取得燃气轮机10的运转数据和与该运转数据对应的运转历史数据(步骤S11)。与运转数据对应的运转历史数据是指,例如大气温度X、燃料流量指令值Y、燃气轮机10输出Z等运转数据是在YYYY年MM月DD日hh时mm分ss秒由传感器测量出的或者由装置20输出的运转数据的情况下,为直至YYYY年MM月DD日hh时mm分ss秒(或者,包含其前后规定的期间)为止的累积运转时间、起动停止次数。取得的运转数据是在作为监视对象的燃气轮机10中采取过的过去的正常运转时的运转数据。作为运转历史数据的例子,除了累积运转时间、起动停止次数以外,还可以包含对应运转模式的运转时间、起动次数或者运转频度、对燃气轮机10进行设置起的经过时间、导入后的该燃气轮机10的输出的累积值(MWh)、进行维护检修作业的次数、从进行维护检修作业起经过的时间等。对应运转模式的运转时间是指,例如,额定运转下的累积运转时间、部分负载运转下的累积运转时间、负载波动时的累积运转时间。例如,对应运转模式的运转时间是指,在将运转模式分类为热启动(例如停止时间为8小时以内)、温启动(例如停止时间为24小时以内)、冷启动(例如停止时间超过24小时)的情况下,各模式的开始方式下开始运转的情况的累积运转时间。例如,对应运转模式的起动次数是指,热启动的累积起动次数、温启动的累积起动次数、冷启动的累积起动次数。例如,对应运转模式的运转频度是指,在以例如运转数据的采取日为基准的规定期间内分别执行了几次热启动、温启动、冷启动。对燃气轮机10进行设置起的经过时间是指,燃气轮机10的设置后,包括运转时间以及停止时间的全部的经过时间。进行了维护检修作业的次数是指,以对应的运转数据的采取日为基准,到此时部位进行的定期检修、部件的修补、更换、部件的升级等的总次数。关于进行了维护检修作业的次数,还可以使用每个检修部位、进行了维护的部件的维护检修次数。从进行了维护检修作业起经过的时间是指,例如,从最初或者最后进行定期检修起经过的时间、在对于某部件进行多次检修、更换的情况下从最后进行部件更换起经过的时间。

[0063] 接下来,数据取得部31将取得的具有对应关系的运转数据与运转历史数据相关联地向存储部37存储(步骤S12)。

[0064] 接下来,推定模型构建部35判定在存储部37中是否累积有推定模型的构建所需的规定期间内的运转数据等(步骤S13)。在未累积的情况下(步骤S13;否),重复自步骤S11开始的处理。在累积了规定期间的运转数据等的情况下(步骤S13;是),推定模型构建部35构建推定模型M(步骤S14)。例如,推定模型构建部35通过ANN等的方法构建如下那样的推定模型:针对与某运转数据a对应的运转历史数据b,若向该模型输入运转数据a中的输入参数(大气温度、大气压力、燃料流量指令值等)与运转历史数据(累积运转时间、起动停止次数),则输出运转数据中的监视对象参数(燃气轮机输出、机室压力等)。推定模型构建部35将所构建的推定模型M向存储部37存储。接下来,对使用了所构建的推定模型M的在线的预兆检测处理的流程进行说明。

[0065] 图5是示出本发明的第一实施方式中的预兆检测处理的一例的流程图。

[0066] 首先,数据取得部31取得工作中的燃气轮机10的运转数据(步骤S21)。例如,数据取得部31经由装置20取得各种传感器所测量的最新的测量值(大气温度、大气压力、燃气轮机10的输出、机室压力等)。数据取得部31从装置20取得装置20所指示的最新的控制信号的值(IGV开度、燃料流用指令值、各燃料系统的阀开度等)。这些数据取得部31取得的运转数据包含输入参数以及监视对象参数(输出参数)。数据取得部31从装置20取得与所取得的运转数据对应的运转历史数据(累积运转时间、起动停止次数、定期检修后的经过时间等)。

[0067] 数据取得部31将取得的运转数据中的输入参数以及运转历史数据向推定部32输出。数据取得部31将取得的运转数据中的监视对象参数向状态评价部33输出。

[0068] 接下来,推定部32从存储部37读取推定模型M,并将从数据取得部31取得的运转数据(输入参数)和运转历史数据向所读取的推定模型M输入。推定模型M使用所输入的值来计算监视对象参数的推定值(步骤S22)。推定部32将监视对象参数的推定值向状态评价部33输出。

[0069] 接下来,状态评价部33计算从推定部32取得的监视对象参数的推定值与从数据取得部31取得的监视对象参数的测量值的偏差(步骤S23)。例如,状态评价部33所具备的减法器S从燃气轮机输出的推定值减去燃气轮机输出的测量值。减法器S将计算出的偏差向状态评价部33所具备的异常判定部D输出。减法器S对其他监视对象参数也同样地计算偏差,并将监视对象参数的识别信息(例如监视对象参数的名称)与偏差相关联地向异常判定部D输出。

[0070] 接下来,状态评价部33基于推定值与测量值的偏差,进行监视对象参数的评价。例如,异常判定部D将针对每个监视对象参数规定的规定的阈值与减法器S所计算出的关于该监视对象参数的偏差进行比较。异常判定部D在偏差超过阈值的情况下,判定为存在异常的预兆,在偏差在阈值以内的情况下,判定为没有异常的预兆。

[0071] 在判定为存在异常的预兆的情况下(步骤S26;是),状态评价部33经由输出部104通知检测到的异常的预兆(步骤S27)。例如,异常信息生成部D1生成包含判定为存在异常的预兆的监视对象参数的名称、异常发生时刻等的警报信息。例如,异常信息生成部D1基于监视对象参数确定异常发生部位,并生成表示异常发生部位的信息。例如,异常信息生成部D1基于过去的警报信息来计算该警报的发生次数、或者基于过去的异常信息来计算异常发生部位处的异常发生率等,并生成表示异常发生率的信息。状态评价部33也可以使用多个监视对象参数,来判定异常预兆的有无。例如,也可以是,在关于监视对象参数K1的偏差超过阈值时,状态评价部33判定为异常K1`的预兆,在关于监视对象参数K1的偏差与关于监视对象参数K2的偏差都超过各自的阈值时,状态评价部33判定为异常K2`的预兆。将监视对象参数与异常发生部位相关联的信息、过去的警报信息、每个异常发生部位的过去的异常信息等存储于存储部37。状态评价部33将异常信息生成部D1生成的警报信息、异常发生率、异常发生部位的信息等向输入输出部36输出。输入输出部36在与预兆检测装置30连接的显示器上显示警报信息等。

[0072] 在判定为没有异常的预兆的情况下(步骤S26;否),预兆检测装置30进行预兆检测处理的结束判定(步骤S28)。例如,在监视员将处理的停止命令经由输入输出部36向预兆检测装置30输入的情况下,控制部34判定为结束预兆检测处理。在判定为结束预兆检测处理

的情况下(步骤S28;是),控制部34停止预兆检测处理。在该情况下,结束本流程图。在继续预兆检测处理的情况下(步骤S28;否),重复自步骤S21起的处理。

[0073] 在步骤S24中检测预兆的异常是指,例如是在之后数小时后,有可能在装置20中被判断为异常发生的情况。或者,是在之后数月后,有可能需要停止运转的维护作业的情况。根据本实施方式的预兆检测装置30,作为运转历史数据,例如通过使用累积运转时间来构建推定模型,或者计算推定值,由此能够推定考虑了设备的经年变化的监视对象参数的值。不仅是累积运转时间,该期间内的运转负载、运转条件等也会影响设备的劣化,但例如将燃气轮机输出的累积值、每个运转模式的运转时间等用作运转历史数据来进行推定模型的构建、推定值的计算,由此能够推定反映了设备的工作负载的程度的影响的监视对象参数的值。例如,通过将起动停止次数、运转频度、维护作业次数、从维护作业起的经过时间等用作运转历史数据来进行推定模型的构建、推定值的计算,由此能够推定考虑了设备的劣化、疲劳的程度的监视对象参数的值。换句话说,通过将各种运转历史数据用作参数的推定模型M来推定对监视对象参数的值,因此,能够进行更反映了当前设备的状况的推定。由此,能够进行精度高的预兆检测。在上述的说明中,以将推定模型M用于预兆检测的情况为例进行了说明,但也可以用于对当前设备的运转数据的异常判定。状态评价部33不仅进行异常预兆的有无的判定,而且也可以判定异常的发生概率,或特别是在没有异常的预兆的情况下,将设备的运转状态按“良好”、“普通”、“负载稍高”等阶段进行评价并通知给监视员。

[0074] 作为向推定模型M输入的输入参数,在运转数据中,除了过程数据(测量数据以及控制信号)以外,也可以追加装置20生成的警报信息、事件信息。

[0075] 图6是对本发明的第一实施方式中的预兆检测处理的其他例子进行说明的图。

[0076] 在图6所示的第一实施方式的变形例中,除了图3所说明的输入参数以外,还向推定模型M`输入警报信息和事件信息。推定模型构建部35取得包含警报信息、事件信息的输入参数,并构建推定模型。此时,在使用学习过去的时间序列的变化的学习方法(RNN: Recurrent Neural Network等)的情况下,作为运转数据,能够输入时间序列的过程数据、警报信息、事件信息。在不学习时间序列的变化的模型的情况下,例如,可以输入在规定时间内发生的警报信息、事件信息来构建推定模型M`。

[0077] 在图6的结构的情况下,在预兆检测处理中,数据取得部31除了图3所说明的输入参数以外,还取得警报信息、事件信息,推定部32除了累积工作时间等以外,还推定反映了警报信息、事件信息的发生状况的监视对象参数的值。例如,即使大气温度、燃料流量指令值、累积运转时间等的输入参数的值相同,在发生警报信息的状况以及不发生警报信息的状况下,监视对象参数也有可能大不相同。即使大气温度、燃料流量指令值、累积运转时间等的输入参数的值相同,也会间接地影响到看似无关的设备的动作(事件信息),其结果是,也有可能对监视对象参数的值造成影响。若为图6例示的推定模型M`,则能够包含与迄今为止尚未意识到的警报信息和事件信息之间的关系地来推定监视对象参数的值。

[0078] 在上述的说明中,虽然使用警报信息和事件信息这两方,但也可以仅使用任一方。

[0079] 用于推定模型M、M`的构建的学习数据优选较多。因此,不仅由监视对象设备采取的运转数据、运转历史数据,而且也可以将由同种的设备、设备采取的运转数据、运转历史数据添加至监视对象设备的运转数据来进行推定模型M、M`的构建。

[0080] 在图2例示的预兆检测装置30中,虽然例示出预兆检测装置30具备推定模型构建

部35的情况,但也可以为不具备推定模型构建部35的结构。在该情况下,例如,由其他计算机构构建推定模型M,并将该推定模型M存储于存储部37。

[0081] 预兆检测装置30能够用于设备状态的未来预测。例如,若能够预测某监视对象参数示出的值的推移,则能够有助于与该监视对象参数相关的部件的劣化的进展速度、更换时期的推定、维护计划的制定等。

[0082] 图7是对本发明的第一实施方式中的预兆检测装置的异常发生的预测及其效果进行说明的图。

[0083] 图7所示的曲线图的纵轴示出与用于燃气轮机10的部件P相关的监视对象参数Q的值,横轴示出从燃气轮机10的工作开始起的累积工作时间。例如,燃气轮机10建立了以额定负载持续运转的运转计划。在该情况下,关于作为将来的运转中的向推定模型M输入的输入参数的运转数据(大气温度等)的值,能够根据过去的运转实绩来计算。向推定模型M输入的运转历史数据是累积工作时间。当前累积工作时间为T0、该时间点的推定模型M推定出的监视对象参数Q的推定值为R0。设为,当监视对象参数Q的值为阈值R以下时,规定部件P必须更换。预兆检测装置30构成为,除了进行预兆检测的动作模式以外,还以进行监视对象参数的趋势预测的动作模式进行动作。在进行趋势预测的动作模式下,预兆检测装置30输出所指定的期间(例如通过累积运转时间来指定)内的推定模型M推定出的监视对象参数的推定值。

[0084] 在这些条件下,维护计划的制定者能够如下那样地计划部件P的更换时期。例如,制定者对预兆检测装置30进行输入,以使得以进行监视对象参数Q的趋势预测的动作模式进行动作。接下来,制定者将与基于过去的运转实绩的将来的运转有关的输入参数(大气温度等)的值以及指定累积运转时间T0~T3的期间向预兆检测装置30输入。

[0085] 这样的话,控制部34开始监视对象参数的趋势预测处理。首先,输入输出部36接受这些值的输入,将输入参数的值向数据取得部31输出,并将累积运转时间T0~T3向控制部34输出。这样的话,控制部34将累积运转时间T0与规定期间 ΔT 相加,并将相加后的累积运转时间 $T0 + \Delta T$ 向数据取得部31输出。数据取得部31将输入参数和累积运转时间 $T0 + \Delta T$ 向推定部32输出。推定部32计算累积运转时间 $T0 + \Delta T$ 的监视对象参数Q的推定值。在推定值的计算结束后,控制部34将累积运转时间 $T0 + 2 \cdot \Delta T$ 向数据取得部31输出。推定部32计算累积运转时间 $T0 + 2 \cdot \Delta T$ 的监视对象参数Q的推定值。以下,同样地,推定部32一边使累积运转时间每次增加 ΔT 一边重复计算直至累积运转时间达到T3为止的监视对象参数Q的推定值。通过上述那样的处理,得到曲线图q1。制定者根据曲线图q1,在累积运转时间为T2时,掌握监视对象参数Q达到阈值R,必须更换部件P的情况。例如,若计划在累积运转时间为T1时进行定期检修,则制定者能够在该时机制定进行部件P的更换的计划。预兆检测装置30同样地,也能够对部件P更换后的监视对象参数Q的值进行预测(曲线图q2)。

[0086] <第二实施方式>

[0087] 以下,关于本发明的第二实施方式的预兆检测系统,参照图8~图11进行说明。

[0088] 对第二实施方式的预兆检测装置30A进行说明。预兆检测装置30A通过与第一实施方式不同的方法来进行异常预兆的检测。在第一实施方式中,推定模型M进行考虑了设备的经年变化的监视对象参数的推定。在该第二实施方式中,状态评价部33A通过考虑了设备的经年变化的评价方法,来进行监视对象参数的评价。

[0089] 图8是本发明的第二实施方式中的预兆检测装置的功能框图。

[0090] 对于本发明的第二实施方式的结构中的与构成第一实施方式的预兆检测装置30的功能部相同的结构标注相同的附图标记，并省略各自的说明。如图所示，预兆检测装置30A具备数据取得部31、推定部32、状态评价部33A、控制部34、推定模型构建部35、输入输出部36、存储部37、判定模型构建部38以及异常实绩数据取得部39。

[0091] 状态评价部33A除了监视对象参数的推定值以及测量值以外，取得运转历史数据，并基于运转历史数据表示的与运转实绩对应的评价基准来评价设备的状态。

[0092] 判定模型构建部38对包含异常发生时的数据的监视对象参数的推定值和测量值、以及该时间点的运转历史数据进行学习，以构建用于计算运转历史数据表示的与运转实绩对应的评价基准的判定模型。

[0093] 异常实绩数据取得部39针对过去发生的异常，取得该异常的内容(种类、规模)、异常的发生部位、对异常的应对方法、异常发生时的监视对象参数的推定值以及测量值、该时间点的运转历史数据等信息。

[0094] 图9是对本发明的第二实施方式中的预兆检测处理进行说明的图。

[0095] 关于推定模型M`、减法器S，与利用图3、图6所说明的部分相同。换句话说，推定模型M`是基于过去的正常时的运转数据推定与经年变化对应的监视对象参数的值的推定模型。减法器S计算各监视对象参数的推定值与测量值的偏差，并将该偏差向异常判定部D输出。

[0096] 本实施方式的状态评价部33A所具备的异常判定部D具有判定模型N。判定模型N计算经过了运转历史数据表示的运转的时间点的评价基准。例如，关于某监视对象参数，在运转年数较短的时间点，若推定值与测量值的偏差为“10”，则判定为异常预兆，这是适当的。另一方面，当运转年数变长时，例如当推定值与测量值的偏差为“10”时，与运转年数较短时不同，之后偏差迅速变大，与运转年数较短时相比，在相当早的时期发生异常。在上述那样的情况下，认为与使用推定模型M`来计算考虑了监视对象参数的经年变化的推定值无关地，对于阈值也根据累积运转时间(运转历史数据)来进行变更，这是适当的。在上述那样的情况下，判定模型N基于与累积运转时间对应的阈值的值(例如“5”)，判定为存在异常预兆。

[0097] 作为判定模型N的其他例子，考虑代替运转历史数据而输入规定期间内的运转数据来进行异常预兆的判定的模型。例如，将监视对象参数a1、a2、a3作为对象，根据这三个监视对象参数的偏差的模式(偏差的历史)所发生的异常不同。判定模型N存储由推定模型M`针对一个或者多个监视对象参数(例如，监视对象参数a1、a2、a3各自)推定的推定值同测量值的偏差的历史、与相对于各个偏差的历史实际产生的异常的对应关系。在上述那样的情况下，关于参数a1、a2、a3，在规定期间内将推定模型M`推定的推定值与实际的测量值的偏差的信息预先存储于存储部37。在判定模型N中，对于存储于存储部37的以当前为基准的过去的规定期间内的一个或者多个监视对象参数(例如，监视对象参数a1、a2、a3)中的每个，输入减法器S所计算出的偏差的时间序列的信息(偏差的历史)。判定模型N根据输入的规定期间中的偏差的历史，基于上述的对应关系来判定异常预兆。由此，能够进行考虑了监视对象参数的时间经过中的变化的异常预兆的检测。

[0098] 在上述的例子中，虽然将运转历史数据包含于判定模型N的输入参数，但也可以进一步地将警报信息以及事件信息中的至少一个包含于输入参数来判定异常预兆。

[0099] 接下来,对本实施方式的判定模型的构建处理的例子进行说明。

[0100] 图10是示出本发明的第二实施方式中的判定模型的构建处理的一例的流程图。

[0101] 作为前提,关于某异常,预先决定基于哪个监视对象参数来进行异常预兆的判定,将异常发生前的哪个时间点作为异常预兆检测时间点。

[0102] 首先,数据取得部31取得与异常发生时和至异常的发生为止的规定期间中的推定模型M(或者M')推定的推定值同测量值的偏差数据对应的运转历史数据(步骤S31)。接下来,数据取得部31将所取得的处于对应关系的异常时的偏差数据和运转历史数据相关联地存储于存储部37(步骤S32)。异常实绩数据取得部39取得与在步骤S31中所取得的异常时的偏差数据对应的异常信息(异常的种类、规模、发生部位、应对方法等),并将该异常信息向存储部37存储(步骤S33)。接下来,判定模型构建部38构建判定模型N(步骤S34)。例如,判定模型构建部38根据关于实际发生的某异常的偏差的历史与累积运转时间的关系,计算累积运转时间与异常发生时的偏差的大小的关系。判定模型构建部38计算从异常发生起确定异常预兆检测时间点的规定期间前的时间点的偏差,并将该偏差的值作为异常预兆检测的阈值。判定模型构建部38对设定了阈值的时间点的累积运转时间进行计算。判定模型构建部38将计算出的累积运转时间、阈值和异常信息成组地存储于存储部37。由此,能够针对每种异常的种类,设定与设备的累积运转时间对应的阈值。

[0103] 图11是对本发明的第二实施方式中的预兆检测处理的其他例子进行说明的图。

[0104] 在图11示出的例子中,不向推定模型M"输入运转历史数据。与此相对,关于判定模型N,进行运转历史数据、警报信息的输入。如图11所示,在使用了不考虑经年变化的推定模型的通常的异常预兆检测中,仅对异常预兆的判定处理输入运转历史数据,基于与经年变化对应的评价基准,进行异常预兆的判定。由此,能够进行考虑了设备的经年变化的异常预兆。

[0105] 用于判定模型N的构建、异常预兆判定的运转历史数据的种类并不局限于累积运转时间,而能够使用在第一实施方式的推定模型M(图3等)例示的种类的运转历史数据。

[0106] 在图2例示出的预兆检测装置30A中,虽然例示出预兆检测装置30A具备判定模型构建部38、异常实绩数据取得部39的情况,但也可以是不具备这些功能部的结构。在该情况下,例如,通过其他计算机构建判定模型N,并将该判定模型N存储于存储部37。

[0107] 根据本实施方式,能够基于与设备的经年变化、工作负载、运转条件等对应的评价基准,来进行异常预兆。也能够一并进行变更。

[0108] 在上述的第一实施方式、第二实施方式中,虽然对基于第一推定值与监视对象参数的测量值的偏差来执行预兆检测的情况进行了说明,但也可以使用第二推定值来代替监视对象参数的测量值,并基于第一推定值与监视对象参数的第二推定值的偏差来进行预兆检测。

[0109] 上述的预兆检测装置30、30A是预兆检测系统的一例。预兆检测装置30、30A中的各处理的过程以程序的形式存储于计算机能够读取的存储介质中,通过预兆检测装置30、30A的计算机读取并执行该程序,从而执行上述处理。在此,计算机能够读取的存储介质是指,磁盘、磁光盘、CD-ROM、DVD-ROM以及半导体存储器等。也可以通过通信线路将该计算机程序分发给计算机,接受了该分发的计算机执行该程序。

[0110] 上述程序可以用于实现上述功能的一部分。

[0111] 此外,可以通过与已经存储于计算机系统中的程序组合来实现上述功能,也可以是所谓的差分文件(差分程序)。

[0112] 预兆检测装置30、30A可以由1台计算机构成,也可以由能够通信地连接的多个计算机构成。

[0113] 此外,能够在不脱离本发明的主旨的范围内,适当地将上述实施方式中的构成要素置换为公知的构成要素。该发明的技术范围并不局限于上述的实施方式,能够在不脱离本发明的主旨的范围内施加各种变更。

[0114] 工业实用性

[0115] 根据上述的预兆检测系统以及预兆检测方法,根据本发明,能够进行考虑了设备等的经年变化的预兆检测。

[0116] 附图标记说明:

[0117]	10	燃气轮机
[0118]	15	发电机
[0119]	20	装置
[0120]	11	压缩机
[0121]	12	燃烧器
[0122]	13	涡轮
[0123]	14	转子
[0124]	16A、16B、16C	燃料流量调整阀
[0125]	17	IGV
[0126]	30、30A	预兆检测装置
[0127]	31	数据取得部
[0128]	32	推定部
[0129]	33	状态评价部
[0130]	34	控制部
[0131]	35	推定模型构建部
[0132]	36	输入输出部
[0133]	37	存储部
[0134]	38	判定模型构建部
[0135]	39	异常实绩数据取得部
[0136]	A、B、C	燃料系统
[0137]	D	异常判定部
[0138]	M、M`	推定模型
[0139]	P	部件
[0140]	Q	监视对象参数

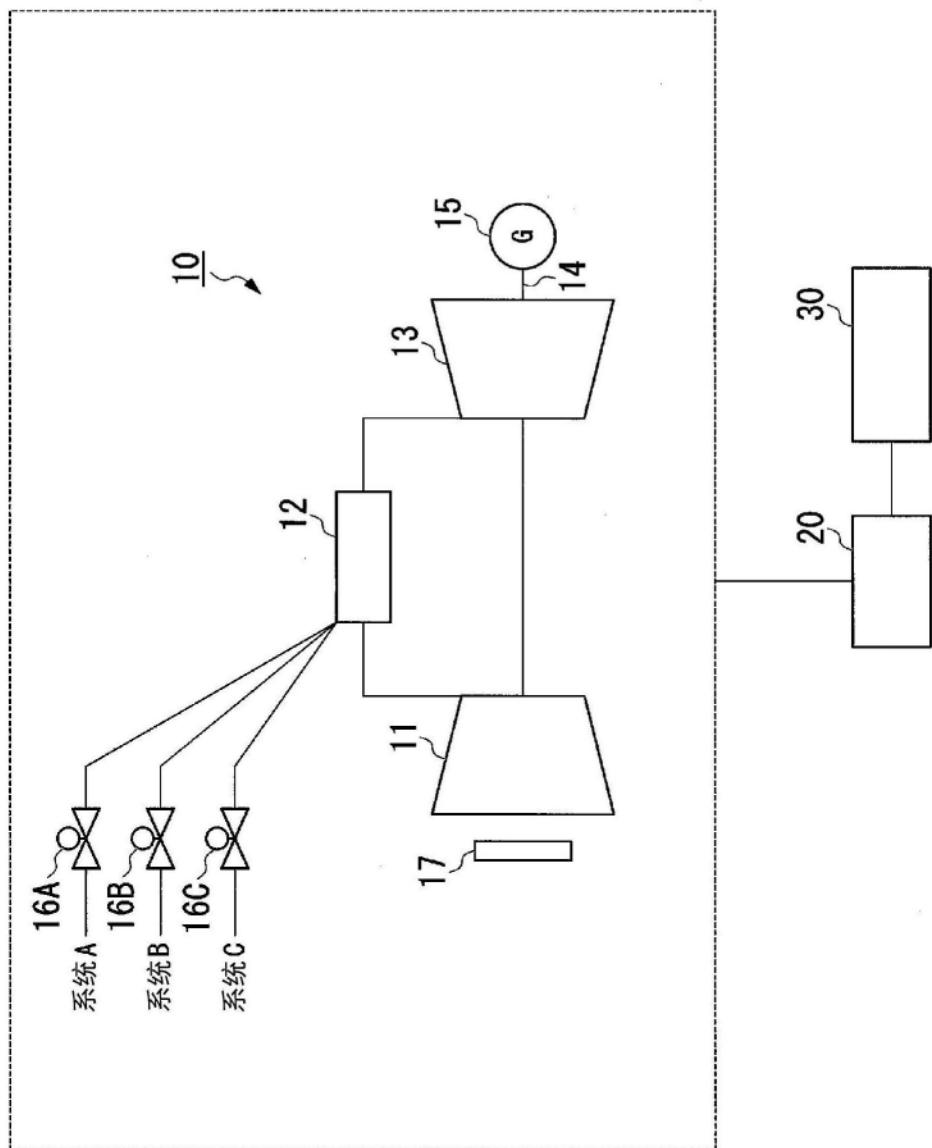


图1

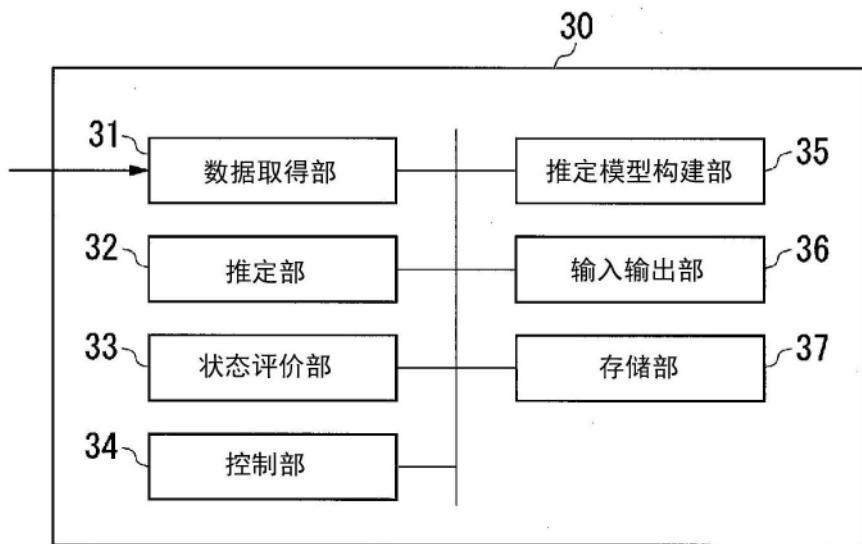


图2

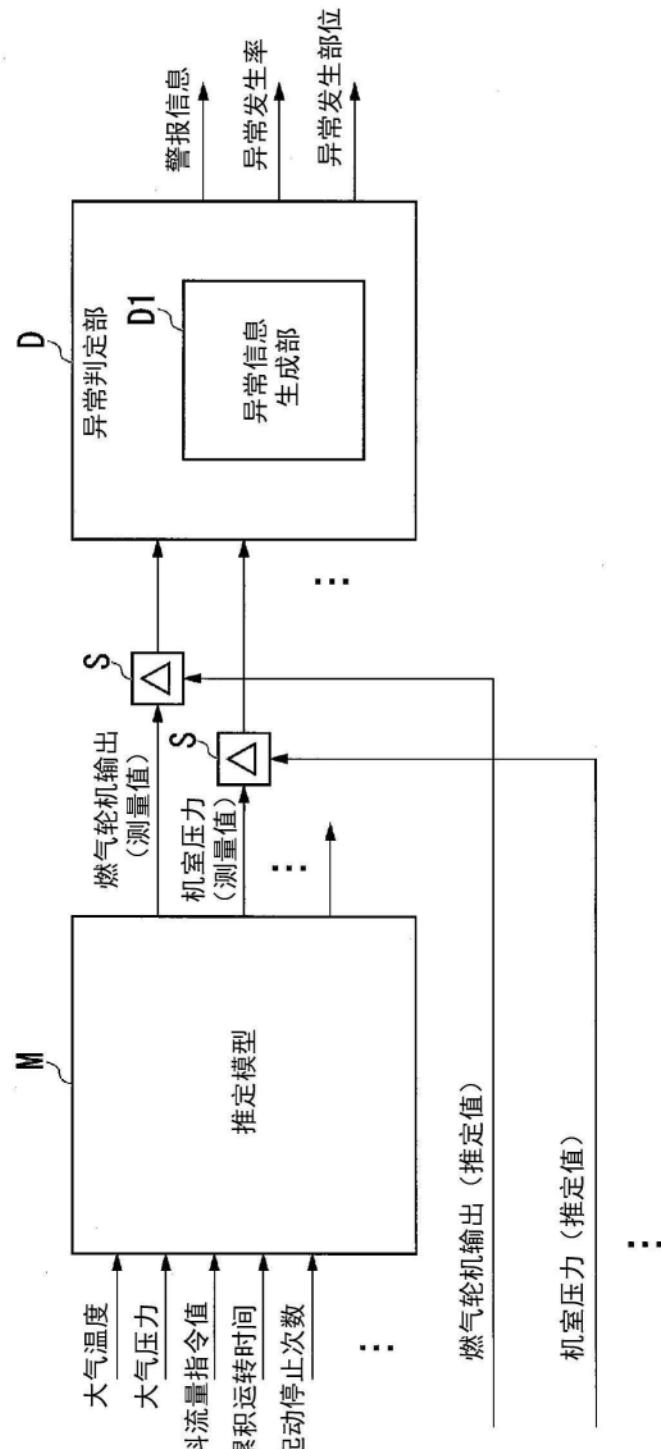


图3

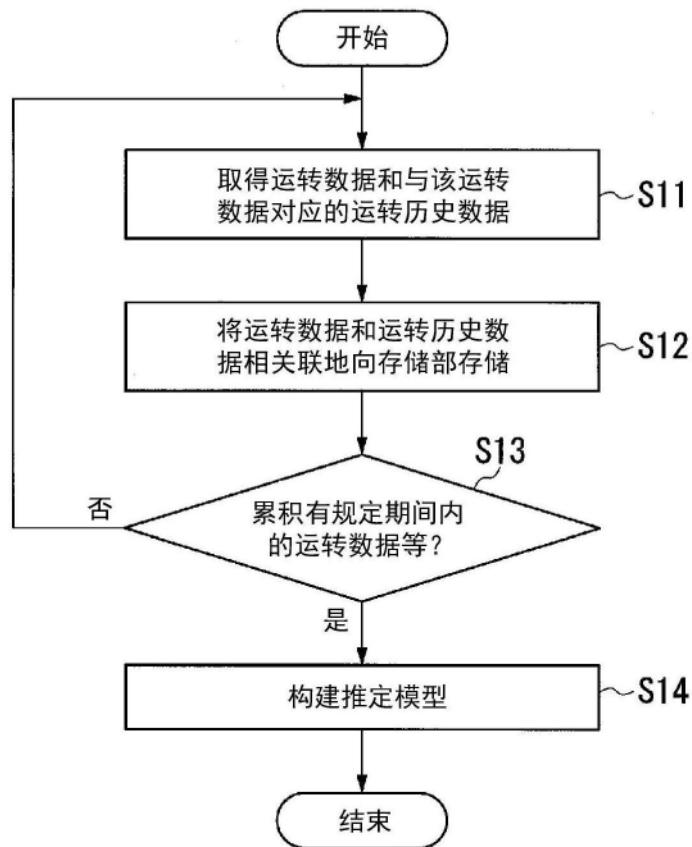


图4

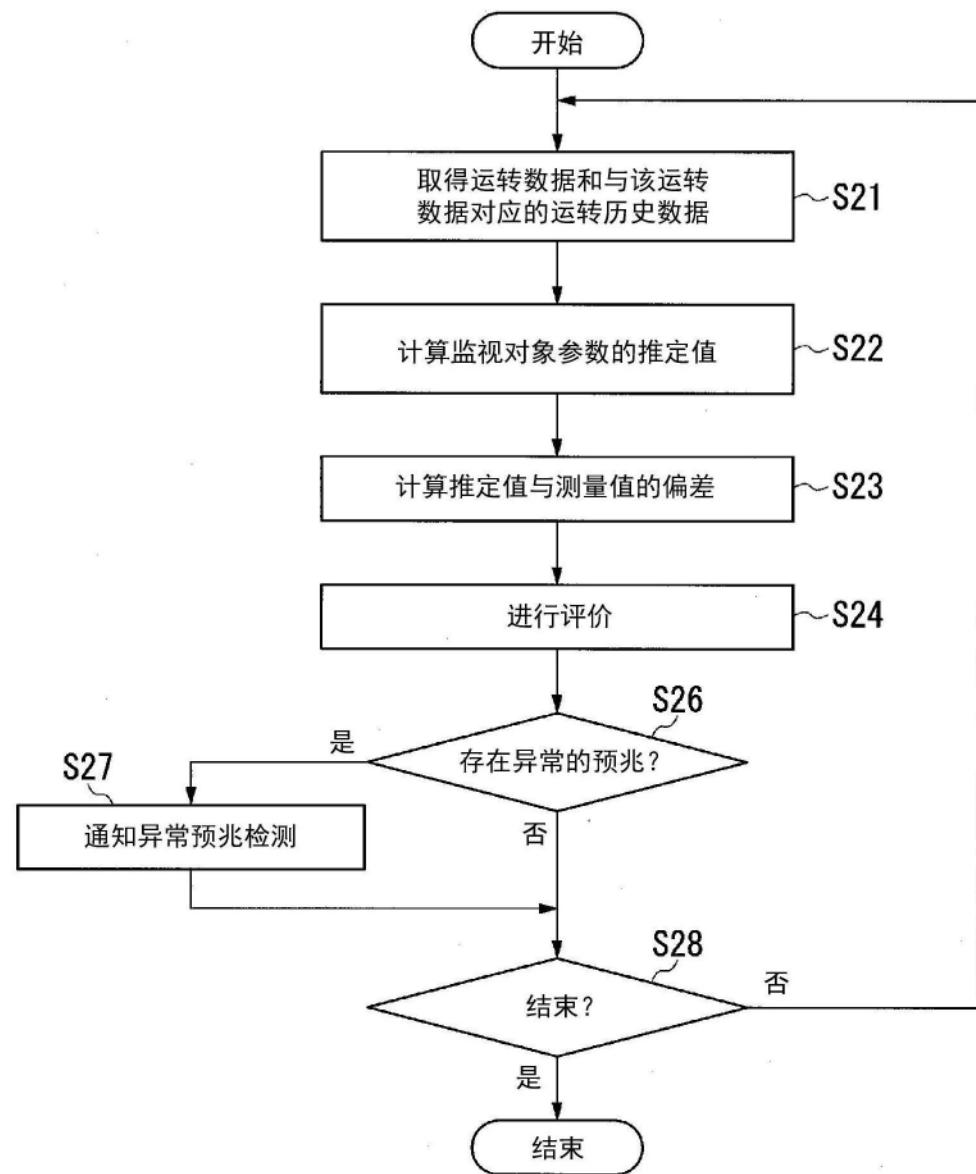


图5

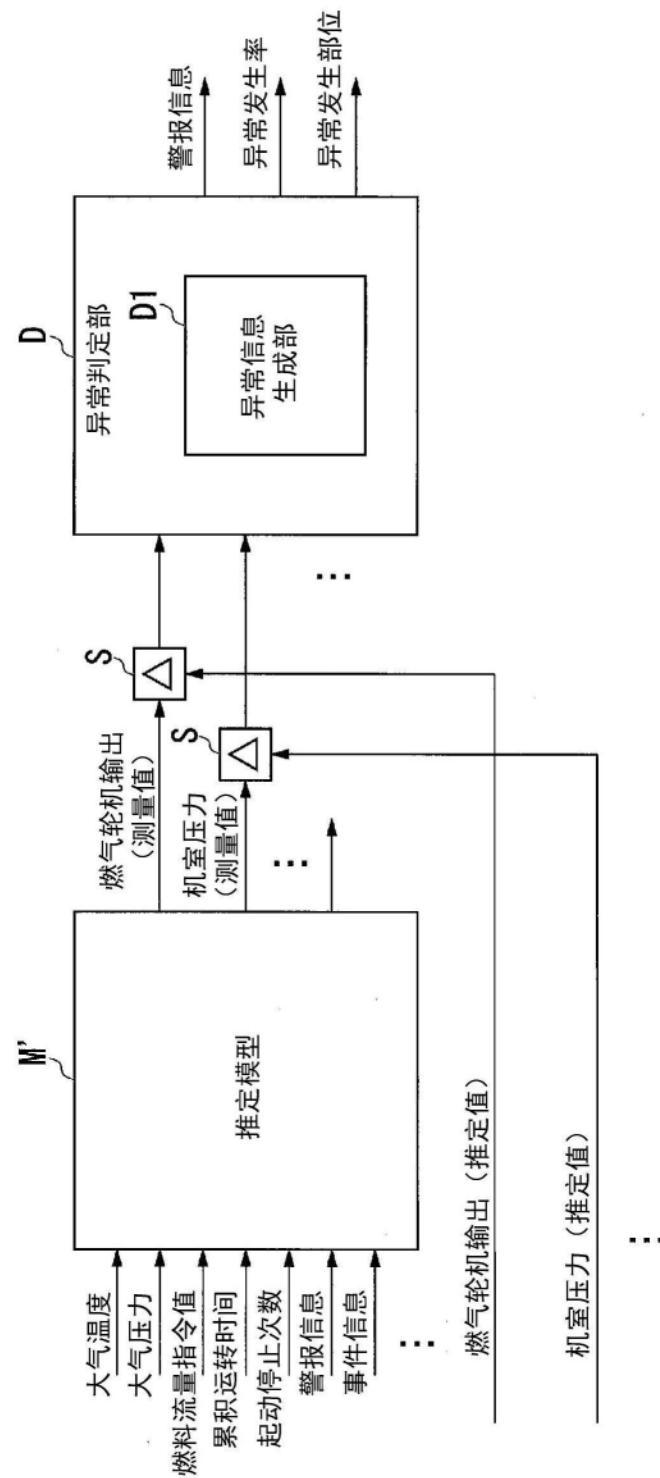


图6

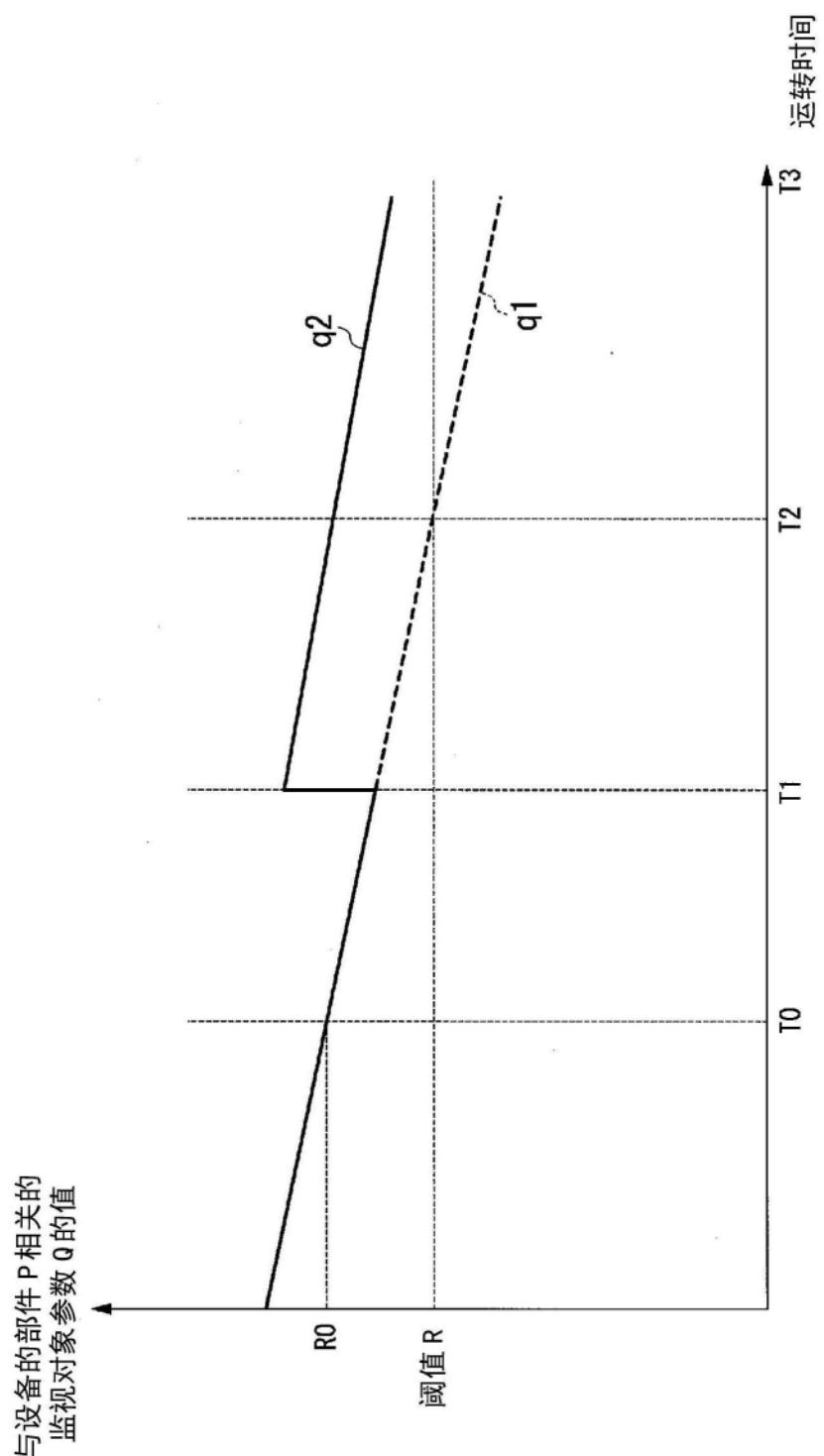


图7

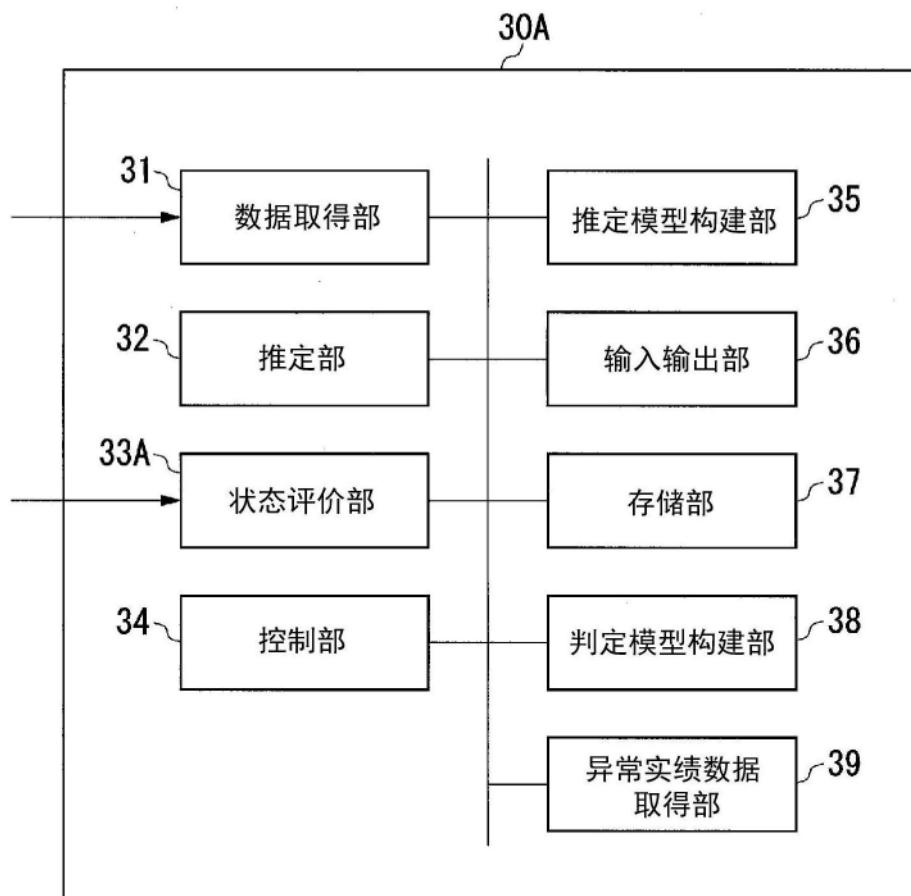


图8

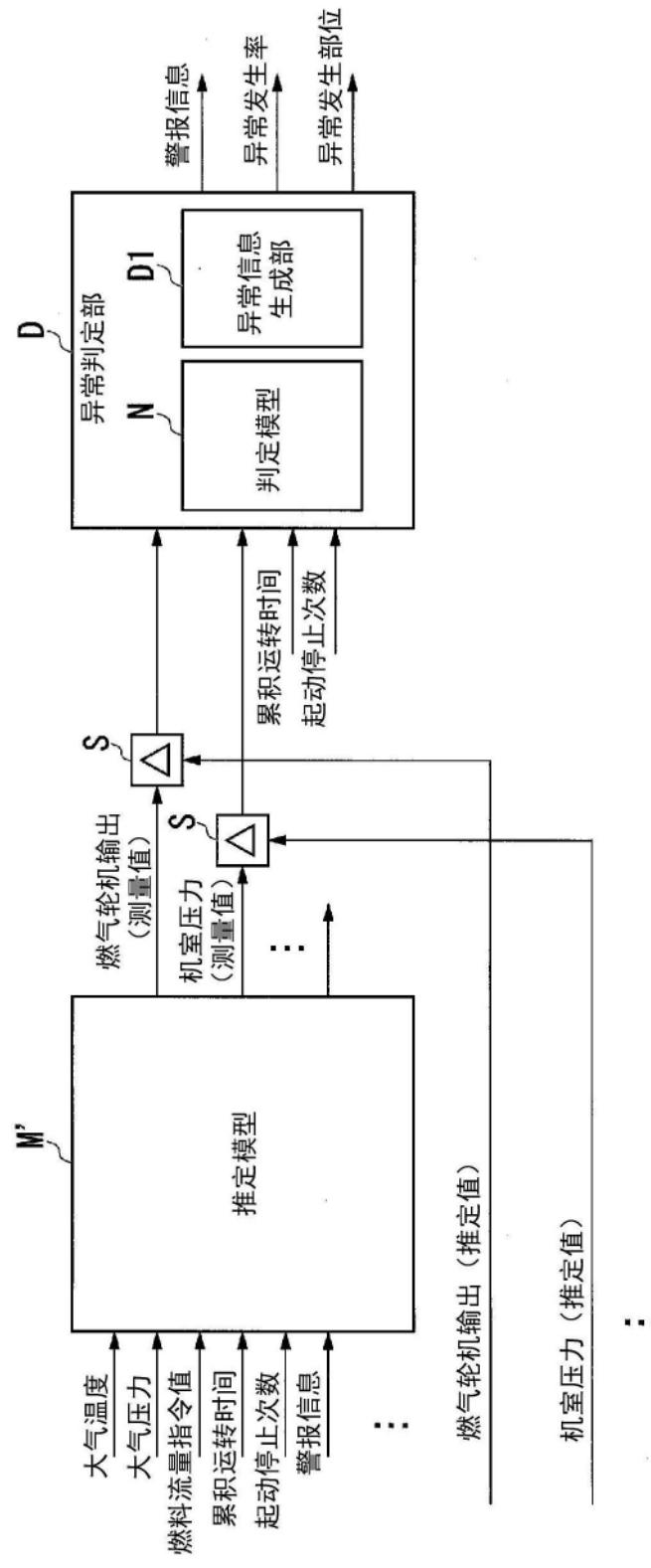


图9

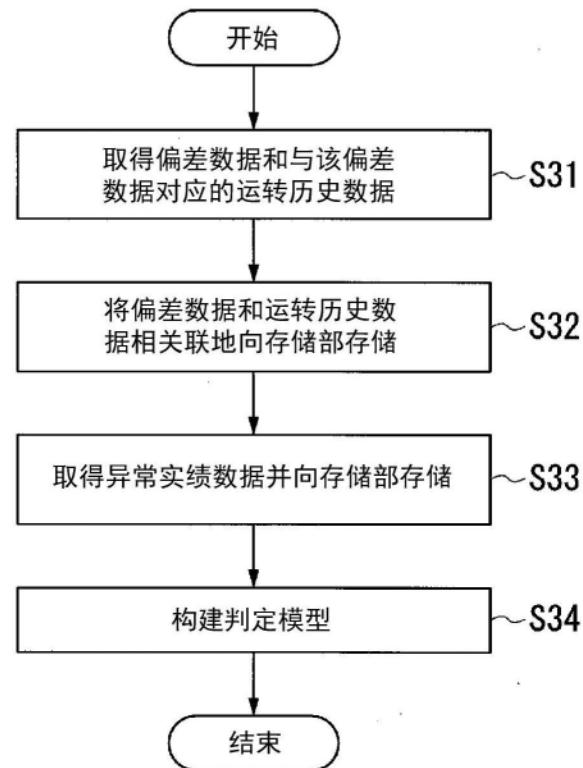


图10

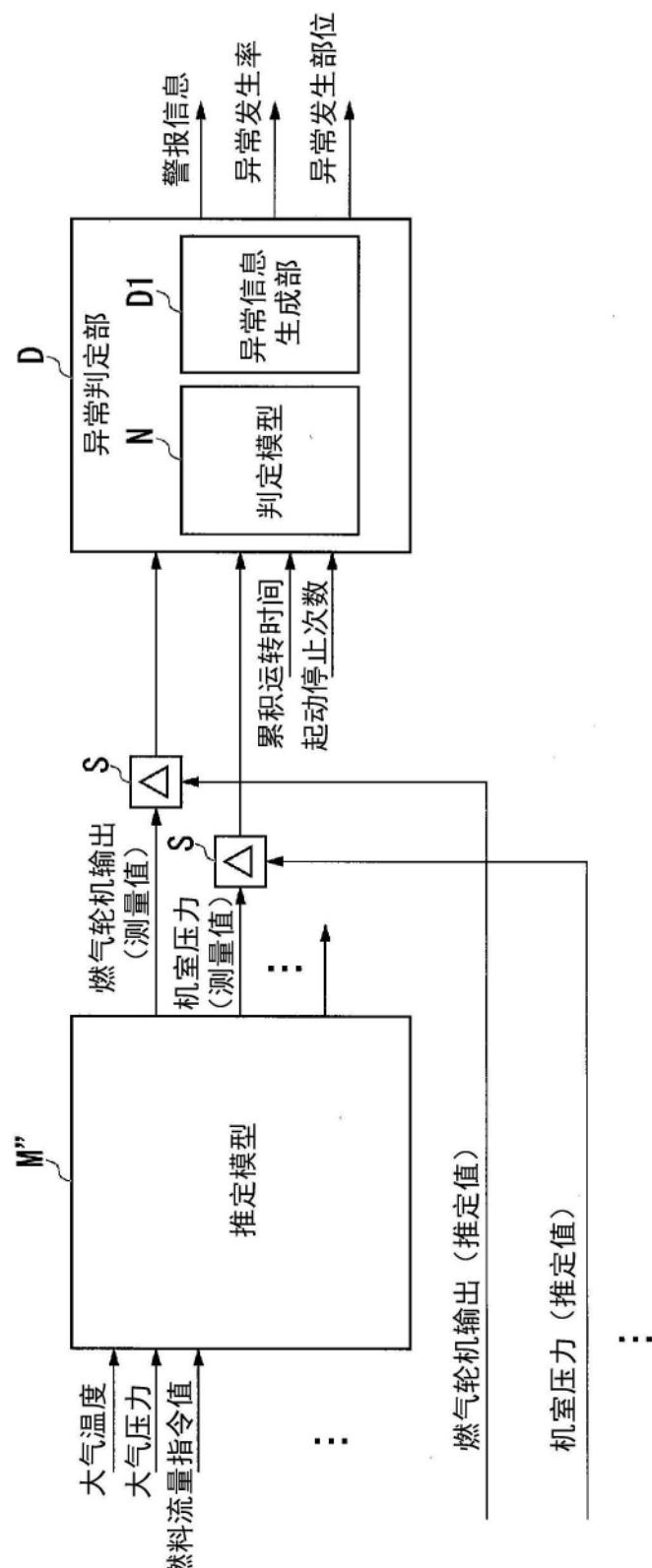


图11