



# [12]发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 92109057.9

[51] Int.Cl<sup>5</sup>  
G05B 15/00

[43] 公开日 1993年2月17日

[22]申请日 92.7.31

[30]优先权

[32]91.8.1 [33]JP [31]192868/91

[32]91.8.30 [33]JP [31]219603/91

[71]申请人 株式会社日立制作所

地址 日本东京都

[72]发明人 小原木春雄 田原和雄 石井吉太郎  
须贺久央 川又光久  
安岛俊幸

[74]专利代理机构 上海专利事务所  
代理人 沈昭坤

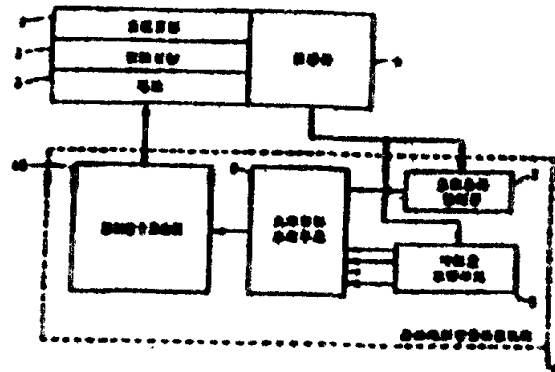
A47L 9/00 D06F 33/00

说明书页数: 19 附图页数: 44

[54]发明名称 一种控制被控目标的方法及使用该方法的控制系统

[57]摘要

为控制诸如吸尘器或洗衣机这类控制目标,从单一传感器(4)产生一些信号,该传感器测定被控目标(1)的一特性,而这些信号由一特征量检测单元(8)用来产生多个控制特征。这些特征由神经网络处理以产生一基本控制信号。由又一传感器(4)和一局部条件检测器产生的一些特征成又一些特征,由模糊逻辑系统分析并用来调节基本控制信号。



38

# 权 利 要 求 书

---

1. 一种控制被控目标(1)的方法,它包括特征量取样单元(8)产生多个控制特征、用神经网络(15)和模糊逻辑(16)对控制特征进行处理以得到一信号、以及根据上述控制信号控制被控目标(1),其特征在于

控制特征是从单个传感器(4或5)中得到的,该传感器(4或5)对一被控目标(1)的单一特性进行检测。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于神经网络(15)根据上述控制特征得出多个基本控制模式,且模糊逻辑(16)根据该基本控制模式得出控制信号。

3. 如权利要求2所述的方法,其中模糊逻辑(16)根据多个控制特征中的至少一个而从基本控制模式得出控制信号。

4. 如权利要求1所述的方法,其特征在于模糊逻辑(16)分别应用于每一个控制特征,以得出多个模糊信号,而神经网络(15)处理该模糊信号以得出控制信号。

5. 一种控制被控目标(1)的方法,它包括:通过特征量取样单元(8)产生多个控制特征、利用神经网络(15)对控制特征进行处理以得出对被控目标(1)的基本控制模式、应用模糊逻辑(16)于基本控制模式以得出控制信号、以及根据上述控制信号控制被控目标(1);其特征在于

控制特征从单个传感器(4或5)得出,该传感器(4或5)对被控目标(1)的单一特性进行检测。

6. 如权利要求5所述的方法,其特征在于模糊逻辑(16)根据多个控制特征中的至少一个而从基本控制模式得出控制信号。

7. 如权利要求5或6所述的方法,其特征在于模糊逻辑(16)根

据至少一个进一步控制特征(7)而从基本控制模式得出至少多个控制信号。

8. 如权利要求 7 所述的方法,其特征在于再由一个传感器(4)来产生至少再一个控制特征。

9. 一种控制被控目标(1)的方法,它包括特征量取样单元(8)产生多个控制特征、利用神经网络(15)对控制特征的某一些进行处理以得出被控目标的一基本控制模式、应用模糊逻辑(16)于基本控制模式以得出一控制信号、以及根据控制信号控制被控目标(1),其特征在在于

模糊逻辑(16)接收并非由神经网络(15)处理的控制特征(7)。

10. 如权利要求 5 到 9 中的所述任一方法,其特征在在于神经网络(15)只当控制特征之一没有至少一个预定值时产生一基本控制模式,而当控制特征的至少一个有预定值时则产生至少一个固定控制模式,而模糊逻辑(16)使用至少一个固定控制模式以产生控制信号。

11. 一种控制被控目标(1)的方法,它包括产生多个控制特征、利用神经网络(15)对上述控制特征进行处理以被控目标的得出一基本控制模式、应用模糊逻辑(16)于基本控制模式以产生一控制信号、以及根据控制信号控制被控目标(1),其特征在在于

如果一个特征至少有一预定值,那么产生至少一个固定控制模式且该至少一个固定控制模式由模糊逻辑(16)使用以产生控制信号,以及如果该至少一个特征没有预定值,那么控制特征由神经网络(15)处理以得出一基本控制模式,并且模糊逻辑(16)应用于基本控制模式以产生控制信号。

12. 如权利要求 10 或 11 所述的方法,其特征在在于该至少一个预定值于相对应于用来得出控制特征的该或一特性的预定范围。

13. 一种控制被控目标(1)的方法,它包括产生(8)多个控制

特征、利用神经网络(15)和模糊逻辑(16)对控制特征进行处理以得出一控制信号，以及根据控制信号控制被控目标，

上述模糊逻辑应用于上述每一个所述控制特征以得出多个模糊信号，并且上述神经网络(15)对上述模糊信号进行处理以得出上述控制信号。

14. 如前述权利要求的任一方法，其特征在于被控目标是一吸尘器。

15. 控制吸尘器的一种方法，它包括产生(8)吸尘器的多个工作特征、对该特征进行处理以得出一控制信号，以及根据控制信号控制吸尘器的工作，其特征在於

使用神经网络(15)和模糊逻辑(16)通过对特征进行处理得到控制信号。

16. 如权利要求 14 或 15 所述的方法，其特征在於用来得出控制特征的该或一特性相对应于吸尘器一部件内的压力测量值(4)，并且吸尘器马达的输入根据控制信号控制。

17. 如权利要求 14 或 15 所述的方法，其特征在於用来得出控制特征的该或一特性相对应于吸尘器马达(25)的电流测量值，并且马达(25)根据控制信号控制。

18. 如权利要求 16 或 17 所述的方法，其特征在於控制特征之一由  $t_i/(t_1+t_2)$  表示，其中  $t_1$  是测量值超过平均值的时间， $t_2$  是测量值小于平均值的时间。

19. 如权利要求 16 到 18 所述的任一方法，其特征在於控制特征之一由  $(t_1+t_2)$  表示，其中  $t_1$  是测量值超过平均值的时间， $t_2$  是测量值低于平均值的时间。

20. 如权利要求 16 到 19 所述的任一方法，其特征在於控制特征之一由  $(t_1+t_2)$  表示，其中  $t_1$  是测量值超过平均值的时间， $t_2$  是测量值低于平均值的时间。

21. 一种控制洗衣机的方法，它包括产生(8)多个洗衣机工作特征、对特征进行处理以得出一控制信号、以及根据控制信号控制洗衣机的工作，

其特征在于

使用神经网络(15)和模糊逻辑(16)处理上述特征得出上述控制信号。

22. 控制一被控目标(1)的一种控制系统，它包括产生多个控制特征的一装置(8)，以及用来对控制特征进行处理以得出控制被控目标(1)的控制信号的神经网络(15)和模糊逻辑系统(16)，其特征在于它还包括：

对被控目标(1)进行检测的单个传感器(4或5)，以及根据单个传感器(4或5)的输出来产生这些控制特征的装置(8)。

23. 用来控制被控目标(1)的一种控制系统，它包括用来产生多个控制特征的装置(8)、对控制特征进行处理的神经网络(15)以得出被控目标的一基本控制模式、接收基本控制模式并产生用来控制被控目标(1)的控制信号的模糊逻辑系统(16)；其特征在于它还包括

用来对被控目标(1)的单一特性进行检测的单个传感器(4或5)；以及根据该单个传感器(4或5)的输出产生控制特征的装置(8)

。

24. 如权利要求23所述的控制系统，其特征在于它还包括用来产生至少再一个控制特征的至少又一传感器(4)，该至少又一控制特征被应用于模糊逻辑系统(16)而不应用于神经网络(15)。

25. 用来控制一被控目标(1)的一种控制系统，它包括产生多个控制特征的装置(8)、对控制特征进行处理以得出被控目标的一基本控制模式的神经网络(15)、用于接收该基本控制模式并产生控制被控目标的控制信号的模糊逻辑系统(16)；其特征在于

模糊逻辑系统(16)用来接收神经网络不能接收的控制特征。

26. 如权利要求 24 或 25 所述的控制系统,其特征还在于它还包括当控制特征之一有一预定值时产生一固定控制模式的装置(50)、模糊逻辑系统(16)用来调整固定控制模式以产生控制值、以及仅当上述控制特征没有预定值时才产生基本控制模式的神经网络(15)。

27. 用来控制被控目标(1)的一种控制系统,它包括用来产生多个控制特征特征的装置(8)以及对控制特征进行处理以产生控制被控目标的控制信号的神经网络(15)和模糊逻辑系统(16);其特征还在于它还包括:

当控制特征之一有一预定值时产生一固定控制模式的装置(50)、用于调整上述固定控制模式以便产生控制值的模糊逻辑系统(16)、以及仅当上述控制特征没有预定值时才产生一基本控制模式的神经网络(15),上述模糊逻辑系统也用来调节基本控制模式。

28. 根据权利要求 20 至 27 的任一项的吸尘器。

29. 具有一控制系统的一种吸尘器,该控制系统包括用来产生吸尘器的多个工作特征的装置(8)、用来处理该特征以产生一控制信号的装置、以及根据该控制信号对吸尘器的一部件(25)的工作进行控制的控制器(29),其特征还在于

用来处理该特征的装置包括一神经网络(15)和一模糊逻辑系统(16)。

30. 如权利要求 28 或 29 所述的吸尘器,其特征还在于用来产生该特征的装置是一压力传感器(4)。

31. 如权利要求 28 或 29 所述的吸尘器,其特征还在于用来产生该特征的装置是一马达电流传感器(5)。

32. 一种包含一控制系统的洗衣机,该控制系统包括用来产生洗衣机的多个工作特征的装置(8)、用来对该特征进行处理以得出一控制信号的装置、以及根据该控制信号对洗衣机的一部件的工作

进行控制的控制器，其特征在于

用来处理特征的装置包括一神经网络(15)和一模糊逻辑系统(16)。

一种控制被控目标的方法及使用该方法的控制系统

本发明涉及一种控制一受控目标的方法，特别地但并不局限于控制家用电器，如吸尘气或洗衣机。本发明也涉及供这一方法使用的控制系统。

近年来，已发展了使用模糊逻辑来控制一被控目标。这种方法通常用在被控目标较复杂的情况，因而要分析大量的数据。于是；从许多种传感器中产生与被控目标的工作相关的许多不同特征，模糊逻辑系统然后分析这些特征以便产生适当的控制信号。然而，这些常用的模糊逻辑系统十分复杂，并且不太适用于家用电器。

另一方面，用来控制吸尘器的常用系统是原始的。它们取决于使用者的操纵控制以便根据被清扫的表面情况选择适当的操作。因此，当使用者在房屋内四处走动，吸尘器的工作必须根据地板表面例如从地毯换到硬表面的变化而变化。

日本专利 JP—A—64—52430 提出了根据毛刷电动机所产生的信号检测出被清扫表面的类型来驱动吸尘器吸气管嘴的毛刷。然而，该方法的缺点是控制方法受使用者施力的影响，该力常常随地板表面形状的变化而改变。所以，该控制方法不太令人满意。

在其最普遍的情况，本发明提出用神经网络和模糊逻辑去控制诸如家用电器（例如吸尘器或洗衣机）这类被控制目标。

已看到，可以从单一的传感器得到多种控制特征，因而需用于提供适当的输入给神经网络和模糊逻辑的控制装置得以简化。

例如，当传感器是压力传感器，有可能测到一平均压力，然后检查该平均值的变化，即确定该压力在平均值以上或以下的次数。

类似的考虑方法也适用于从马达负载电流得到的信号。

模糊逻辑可单单依据供给神经网络的特征来工作，但以接收来自相同或不同的传感器的其他特征为好。的确，接收非神经网络所处理的控制特征而处理其他特征的模糊逻辑的构思，正是本发明的一个独立的方面。

神经网络和模糊逻辑控制的一项缺点，是该神经网络处理信号的时间很长，因为输入到神经网络的输入很大。目前应用的神经网络通常所关注的是保持运行一致，而本发明的基础是取决于改变被控目标的运行。所以，如果特征之一有一预定的值（这个用语也包括一预定范围）那么它可被测定，并且当该预定值达到时就产生对被控制目标的一固定控制模式。当然，模糊逻辑可调整该固定控制模式，但神经网络被绕过。在这种情况下，要做出的决定完全清楚，则神经网络可被绕过。这是本发明的另一个独立方面。如上所述，模糊逻辑作为神经网络的一调节器。然而，也可在输入神经网络之前把模糊逻辑用到整个控制特征。

如上所述，本发明涉及一控制方法，以及一用于进行该方法的控制系统。特别地但不局限应用在控制象吸尘器或洗衣机这类家用电器。

下面通过举例和参照附图对本发明的实施例作详细描述，其中：

图 1 是根据本发明的控制系统的总方框图；

图 2 是本发明的一个实施例所述的一吸尘器控制系统的方框图；

图 3 是表示图 2 所示的吸尘器控制电路的结构特征的示意图；

图 4 是可应用本发明的一吸尘器的部分剖面示意图；

图 5 是图 4 所述的吸尘器的吸气口的示意图；

图 6 (a 到 c) 是图 4 所述的吸尘器在不同表面上的压力变化的

示意图；

图 7a 到 7c 是在不同表面上的特征变化的示意图；

图 8 是神经网络的运行示意图；

图 9 是表示模糊逻辑的工作原理；

图 10 是表示实施本发明的一吸尘器所使用的模糊规则；

图 11a 到 11c 表示用于模糊逻辑的从属函数的变化；

图 12 是表示本发明的一实施例内的特征处理的示意图；

图 13 是用于图 2 所述的实施例的零交叉检测电路的电路图；

图 14a 到 14d 是图 2 所示的实施例所发生的电压和电流的波形；

图 15 是说明图 2 所述的实施例的一吸尘器的运行结果的图表；

图 16a 到 16d 说明不同表面的控制特征的进一步变化；

图 17 表示图 12 的一个调整的特征处理；

图 18 是说明应用阈值的一个图表；

图 19 是与图 17 相类似的采用阈值测量的处理方法；

图 20 表示图 1 的一种变化的另一实施例，其中分立的传感器分别为神经网络和模糊逻辑提供输入；

图 21 是表示图 20 的构思的工作方框图；

图 22 是构成图 20 和 21 的控制系统的电路组件的示意图；

图 23a 和 23b 分别表示动力刷检测电路的结构图以及它们的电压变化图；

图 24a 到 24c 说明动力刷马达电流的变化；

图 25a 到 25c 说明图 24(a 到 c) 的电流滤波的效果；

图 26a 到 26d 说明图 20 的实施例的不同表面的特征变化；

图 27a 和 27b 说明控制特征的进一步变化；

图 28 说明图 20 的实施例的特征处理；

图 29 表示图 20 的实施例应用到吸尘器中的运行效果；

图 30 是图 20 所述的实施例的一种变化，其中施加到神经网络的特征可在不同传感器之间转换；

图 31 是说明图 30 的运行方框图；

图 32 表示图 30 构思的处理过程；

图 33 说明图 30 的实施例的工作；

图 34 是本发明的另一个实施例的处理过程；

图 35 是表示本发明的另一个实施例的过程处理的示意图，在该实施例中，模糊逻辑应用于每一特征；

图 36 是本发明应用于洗衣机的一个实施例；以及

图 37 说明图 36 的实施例的处理过程。

本发明的第一实施例涉及一吸尘器，该实施例的吸尘器有一用作风扇马达的变速马达，该风扇马达也用来作为吸尘器驱动源。这些变速马达有例如其速度由控制输入来改变的交流整流马达、相位控制（相控）马达、反结构驱动感应马达、磁阻马达以及无刷型马达。该实施例是描述一种其风扇马达为无刷马达的交流整流马达的情况。这样可提供较长的工作寿命和较佳的控制响应特征。

该实施例可装有管嘴马达的吸气管嘴，而该马达驱动一旋转刷（以下称动力刷吸气管嘴），或者吸气管嘴不用刷（以下称一般吸气管嘴）。管嘴马达可以是直流磁马达或交流整流马达，而本实施例描述的是其交流磁马达采用整流电路的情况，下面也描述在吸尘器中使用压力传感器（半导体传感器）来检测滤器阻塞的情况。

图 1 是本发明使用于第一实施例为吸尘器或者为例如一洗衣机的一控制系统的示意图。图 1 示出一负载物 1（为吸尘器拟清扫的地板表面，以及洗衣机要洗的衣服的质和量），被控物体 2（对吸尘器为风扇，而对洗衣机为断续器），马达 3，传感器 4（对吸尘器为地板表面检测传感器而对洗衣机为检测衣服的质、量和脏度的检测传感器），以及最佳控制变量确定机构 6。最佳控制变量确定机构有一负

载条件检测器 7、与传感器 4 相连的特征量取样单元 8、根据负载条件检测器 7 和特征量取样单元 8 的输出评估负载目标的负载目标决定单元 9 以及根据负载目标决定单元 8 的输出产生一控制指令（控制信号）的控制指令发生器 10。马达 3 于是由控制指令加以控制，这样便得到最佳工作条件。因此，实施本发明的家用电器可自动调节以便能根据使用者的愿望做到最佳工作状态。

从负载目标：

- (1) 从负载条件检测器 7 的输出信号测定出电流工作条件；
- (2) 由特征量取样单元产生与负载类型相对应的一（个）以上的特征量；
- (3) 由负载目标决定单元 9 利用来自负载条件检测器 7 和特征量取样单元 8 的输出作为输入来进行神经和模糊计算；
- (4) 作出负载类型的全面决定；
- (5) 根据上述结果，被控目标 2 由马达 3 控制。

现在参照图 2 到图 4 对上述实施例作更详细描述。图 2 是吸尘器控制系统的一般结构的方框示意图。图 3 表示吸尘器控制电路的结构，而图 4 表示吸尘器的一般结构；图 2 到图 4 中与图 1 相对应的部件采用相同的序号表示。

在图 2 到图 4 中，控制目标 2 包括风扇 24，马达 3 包括风扇马达 23 和动力刷马达 25，传感器 4 是一用来检测滤器 33 的阻塞情况的压力传感器（为半导体压力传感器）。特征量取样单元 8 分两部分 8A 和 8B，前者为供神经使用的地板表面取样，而后者为供模糊使用的地板表面取样。负载目标决定单元 9 包括神经计算器（神经网络）15 和模糊计算器（模糊逻辑系统）17，而控制指令发生器 10 包括吸气特征确定装置 13、三端双向可控硅开关（Triac）相时确定装置 18 以及起动信号处理器 16。静态检测电路 11 将压力传感器 4 的输出转换成静压，并产生一输出给低通滤波器 19，该滤波器包括一电

阻器 R 和电容器 C 以去除静态检测电路 11 的输出信号的噪音分量。一零交叉检测电路 20 检测交流电源 48 (见图 3) 的零交叉。用来控制该装置的微处理器 21 包括中央处理单元 (CPU) 21-1、只读存储器 (ROM) 21-2 和随机存取存储器 (RAM) 21-3, 它们通过地址总线和控制总线 (未示出) 相连。与最佳控制变量确定机构 6 相对应的进度储存在微处理器 21 中。ROM 21-2 储存用于驱动电扇马达 23 的程序, 该程序包括负载条件检测程序、特征量取样程序、神经计算程序、模糊计算程序、吸气特征确定程序、triac 相时确定程序、起动信号发生程序和零交叉检测程序、RAM 21-3 用来读出和写出用于储存被存进上述 ROM 21-2 的程序的各数据。

triac FLS1 22 调整加到风扇马达 23 的电压, 而 triac FLS2 26 调整加到动力刷马达 25 的电压以驱动装在吸气管嘴 39 (见图 4 和 5) 内的旋转刷 34, 而上述 Triac FLS1 22 和 Triac FLS2 26 分别由起动电路 27 和 29 驱动。显示电路 30 可显示吸尘器的工作状况。工作开关 32 设置在主控制单元 37 上, 而动力刷开关 31 确定旋转刷 34 是否要工作 (动力刷吸气管嘴通过接通动力刷开关 31 来选择, 而一般吸气管嘴通过断开动力刷开关 31 来选择)。

吸尘器控制电路 33 的结构如以上所描述。

在该系统中, 吸尘器也包括吸尘器机体 36、本身包括显示电路 30、风扇马达 23 和风扇 24 的动力通风机、吸尘器控制电路 33、过滤器 35、软管 38、软延伸管 38A 和吸气管嘴 39。

图 5 是动力刷吸气管嘴 39 的内部结构图。如图所示, 动力刷马达 25、带有刷毛 44 的旋转刷 34 装在动力刷吸气口 39A 的吸气室 36A 内。同步皮带 43 将动力刷马达 25 的驱动力传给旋转刷 34。另外。图中还示出了滚子 41。动力刷马达 25 的电源导线 40 与延伸管 38 内的电源线 38B 相连。

动力刷马达 25 由电源供电而旋转, 旋转刷 34 便由同步皮带 43

带动旋转。如果在旋转刷 34 旋转时动力刷吸气管嘴 39 与地板表面 1 接触，则刷毛 44 接触地板表面 1，从而改善清扫效率。

如果使用者在风扇马达 23 运行时在地板表面 1 开动的吸气管嘴 39，则低通滤波器 13 的输出信号发生波动如图 6(a)到 6(b)所示。图 6(a)示出当吸气管嘴 39 在相应于表面 1 的一较硬的表面（以后称“地板”）上工作时，低通滤波器 13 的输出信号例子。图 6(b)是表示当吸气管嘴 39 席子（以下称“踏踏米”）上工作时的一个例子，图 6(c)是当吸气管嘴 39 在厚毛地毯或地毯（以下称“地毯”）上工作时的一个例子。业已看到，低通滤波器 13 的输出信号根据地板表面 1 的类型而变化，因而可以根据地板表面 1 的类型的该输出信号得到各种特征。

例如，已查明在某一取样时间内取得的数据的平均值。当表面 1 是硬时，对应于图 6(a)的“地板”，平均吸气力  $A_1$  为小，而且在清扫时吸气管嘴口 39 方向改变的时刻的吸力变化也小。当表面较软，对应于图 6(b)的“踏踏米”，平均力  $A_2$  较大，并且在运动方向改变时的力的变化也较大。对一较软的表面，对应于“地毯”和图 6(c)，平均力  $A_3$  很大，且力和变化也较大。得到的信号交叉平均值的次数为交叉次数  $CR$ 。信号在平均值以上的时间作为时间  $t_1$ ，在平均值以下的时间为  $t_2$ ，然后  $(t_1 - t_2)$  作为工作时间差  $TD$ ， $(t_1 / (t_1 + t_2))$  作为工作时间比  $TR$ ，以及静压的最大值和最小值之间的偏移作为静态变化宽度  $rH$ 。这样，从一个信号，从一个传感器，可得到许多特征。

图 7(a)到 7(c)是说明对不同类型的地板表面 1，交叉次数  $CR$ 、工作时间差  $TD$  以及工作时间比  $TR$  的变化。图 7(a)表示对不同地板表面交叉次数  $CR$  的变化，图 7(b)表示工作时间差  $TD$  的变化，而图 7(c)表示工作时间比  $TR$  之间的变化。

如果想从相应图 7(a)到 7(c)的一特征去辨别地板表面 1 的类型，则很难作出决定，这是因为一种以上的地板表面 1 可能有相同

的特征值。然而，如比较对应于每一地板表面类型的特征，则通过使用一种以上的对应于地板表面的特征可估计出地板表面 1 的类型，这是因为与输出电平相关的地板表面 1 的相应位置是不同的。

如上所述，已经知道，当使用者在地板表面 1 上前后开动吸气管嘴 39，相应于地板表面的变化就叠加到接收压力传感器的输出的来自低通滤波器的输出信号上。这便是取样，通过特征量取样单元 8 得到一种以上的特征，由此使神经和模糊计算得以进行。然后，该系统提供被清扫地板表面类型的全面决定。并且根据该决定控制马达。按这种方法，可提供一种能根据不同的表面产生最佳吸力的吸尘器。

现在描述负载目标决定单元 9。神经网络用相应于被清扫地板表面一个以上的特征来评估被清扫地板表面。图 8 表示模糊计算器 15 的神经网络的单元结构。输入  $X_1$  到  $X_3$  (对应于与地板表面相应的特征) 乘以加权系数  $\omega_1$  到  $\omega_3$  (45)，而乘积加以总和 (乘积的总和称为积和 46)。积和 46 由 sigmoid 函数 47 转换成输出信号  $Z_i$ ，然后从神经网络中输出。积和 46 的输出  $Y$  和 Sigmoid 函数 47 的输出  $Z$  可从下列等式 1 和 2 得到：

$$Y = \sum W_i X_i \quad \dots\dots (\text{等式 } 1)$$

$$Z = \frac{1}{1 + \exp(-y)} \quad \dots\dots (\text{等式 } 2)$$

图 9 说明由模糊计算器 18 进行的模糊计算。法则 1 根据输入  $X_1$  的从属度  $A_{11}$  和输入  $X_2$  的从属度  $A_{12}$  适应那一方较小得出输出的从属度  $B_1$  的范围。法则 2 同样得出输出的从属度  $B_2$  的范围。然后，相对应于法则数的面积范围予以叠加以得到一重心。该重心就是模糊计算的输出。

图 10 是适用于本发明所述的实施例的吸尘器的模糊法则。同样，图 11 是适用于本发明所述的实施例的吸尘器的从属函数。从事

工作的空气体积  $Q$  与输入  $X_1$  对应。空气体积  $Q$  可从作为负载条件检测器 7 的输出的静压的绝对值  $H$  得到或者如果风扇马达 23 是一交流整流马达，则从作为控制元件的 triac LS1 的相控角的函数得到。静压变化幅度  $\Delta H$  与输入  $X_2$  相对应。静压变化幅度  $\Delta H$  受操作吸气管嘴 39 的使用者所施的工作力以及要清扫的地板表面的类型的影响；主要还是受上述工作力的影响，输入和输出的从属函数假定有五项元：“小”、“稍小”、“标准的”、“稍大”和“大”。

图 12 表示包含神经计算和模糊计算的控制方框图的处理过程。神经计算器 15 接收由特征最取样单元 8 且特别是图 2 的 8A 部分输出的相对应于交叉 CR、工作时间差 TD 和工作时间比的特征数，而且该神经计算器 15 有一叫做“分层网络”的神经网络结构。它有输入层、中间层和输出层。称为“背向推广”的学习规则作为加权系数  $\omega_i$  被用于每一单元。信号送给输入层，而由输出层输出的值与希望值（“教师”数据）相比较。单元之间的组合强度受到控制，使得该值为最小。此强度由加权系统数表示。神经计算器 15 的输出信号 15A、15B 和 15C 分别与“地板”、“踏踏米”和“地毯”相对应。吸气特征确定装置 7 根据神经计算器 15 的输出产生确定与“地板”、“踏踏米”和“地毯”相对应的空气体积  $Q$  的一信号和提供常静压  $H$  的相控角  $f(\theta)$ 。

上述恒定空气体积保证了吸气管嘴 39 的最低空气体积和静压要求。静压根据滤器的阻塞量而增大。恒定静压  $H$  防止地板表面 1 和吸气管嘴过分近接触。即使有异物吸附在吸气管嘴 39，静压也仅上升到某一值；所以，这个特征具有使异物很容易去除的优点。于是，吸尘器的吸力与空气体积  $Q$  和静压  $H$  的乘积成正例。既然灰尘吸力取决于空气体积  $Q$ ，那么相控角  $f(\theta)$  之被确定相应于根据清扫的地板表面的类型而输出的恒空气体积指令和常静压指令。因为静压的绝对值是输入，因而可根据静压值确定空气体积指令和静压指

令是否为恒定的。

与地板表面相对应的静变化幅度 $\Delta H$ (它是特征量取样单元 8 的输出)和静压的绝对值 $H$ (它是负载条件检测器 7 的输出)由模糊计算器 16 用来进行模糊计算,且该模糊计算器 16 对使用者施加在吸气管嘴 39 的工作力进行取样。根据所得结果,它给相控角发送一校正值 $f(\Delta\theta)$ 。相控角的校正值 $f(\Delta\theta)$ 将以空气体积表示。相对确定装置 18 找出吸气特征确定装置 17 的输出相控角 $f(\theta)$ 和模糊计算器 16 的输出相控角校正值 $f(\Delta\theta)$ 的和,从而确定 triac FLS1 的相控角 $\theta_1$ 和 Triac FLS2 的相控角 $\theta_2$ 。相控角 $\theta_4$ 是风扇电动机 23 的相控角,其空气体积视要清扫的地板表面而予以恒定。相控角 $\theta_2$ 视地板表面而确定吸气管嘴的动力刷马达 25 的速度(每秒钟旋转的次数)。马达速度按“地板”到“踏踏米”和按“踏踏米”到“地毯”而增大。

下面描述起动信号的处理过程。图 13 表示零交叉检测电路 20 的结构图,而图 14(a)到 14(d)表示施加到马达上的电压和电流值。当交流电源 48 的电压如图 14(a)所示为 $V_s$ ,则通过由电阻 $R_2$ 、光电耦合器 $P_s$ 和电阻 $R_3$ 组成的零交叉检测电路 20 得到图 14(b)所示的零交叉信号 17S。与该零交叉信号 17S 的增长同步,微电脑 21 导致图 14(c)所示的计时器同步。当计时器是零时,微电脑 21 发出一起动信号给三端双向可控硅开关 FLS1 和 FLS2。尽管没有描出,但零交叉信号是可以倒置,使计时器将以与零交叉信号 17s 的下降而同步工作。起动信号处理器 19 接收来自三端双向可控硅开关相时设定处理器 18 的输出信号,并设定计时器的时间 $t$ 。调整该时间会改变施加到马达上的电压,从而控制了马达速度。

图 15 是表示当本发明的第一实施例所述的吸尘器实际工作在地板口表面的工作结果。如图 15 所示,可以看到,本发明的神经/模糊控制使马达达到最达转速(它对应于最佳吸力)所需的时间比

通常的方法要短。因此，本发明的设计比通常的方法提供了更快的响应速度。图 15 所示的等待时间系指系统确定不进行清扫工作的时间。这样，压力传感器及马达速度的灵敏度得到降低以节约能源。

下面描述另一个实施例，图 16(a) 到 16(d) 表示地板表面的类型和相应于被清扫的地板表面的特征之间的关系，而图 17 表示用相对应于图 16 所示的地板表面的特征，通过最佳控制变量确定机构进行处理的过程。本实施例在与图 7 给出的地板表面相对应的特征量之间的关系以及在图 12 所示的最佳控制变量的处理过程上其差别在于图 16(c) 所示的分布 SM 和图 16(d) 所示的静压变化幅度均被引出并作为图 16(a) 所示的交叉次数 CR 和图 16(b) 所示的工作时间差 TD 的附加而予以应用。分布 SM 由下列等式 3 表示：

$$SM = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \text{rim}) \dots\dots \text{等式 3}$$

这样，在一适当的取样周期的平均静压  $H_m$  与瞬时静压  $X_i$  之间的差为求方，而其结果在取样周期内平均。由于其结果为增加送给神经计算的输入数，尽管神经网络所需的计算时间增大，但仍可提供按地板表面的类型以最佳吸力工作的吸尘器。

为了改善响应速度而仍保持依据地板表面类型的最佳吸力，则如果地板表面的类型可通过一阈值监控器确定，那么神经网络的计算可以绕过。这样，如图 18 所示，频带  $B_1$  和  $B_2$  被加到低通滤波器 17 的输出信号中。如果低通滤波器 17 的输出在频宽  $B_1$  内，被清扫的地板表面被鉴定为“地板”，如果低通滤波器 17 的输出大于频宽  $B_2$ ，那么要清扫的地板被鉴定为“地毯”。检测阈值水平  $B_1$  和  $B_2$  的信号监控是由图 19 表示的阈值确定电路 50 完成。该阈值确定电路 50 接收特征量取样单元 8 和负载条件检测器 7 的输入。利用阈值确定电路 50，神经计算器 15 只在不能从一个特征得到涉及的地板表面类型的决定时才应用。

在本发明的上述实施例中，从适当的取样时间内从平均静压得到了一个以上的特征。在取样时间内从静压的最大和最小值的中值可检测到一种以上的特征量。

于是，本发明的上述实施例可通过从负载条件检测传感器的输出信号的形状得出一个以上的相应于地板表面的特征、通过这些特征进行神经和模糊计算以及通过控制风扇马达以适应地板表面的类型而提供自动保证最佳吸力的吸尘器。

图 20 表示本发明的另一个实施例的控制系统。此实施例与图 1 所示的实施例相似，因而相应部件用一序号表示。在图 20 所示的实施例中，加附在传感器 4 又有一负载条件检测器 5，传感器 4 又是吸尘器的一个地板表面检测传感器，而对于洗衣机来说则为对衣服的体积、质量和脏度的检测传感器。可以看到传感器 4 的输出给负载条件检测器 7，而负载条件传感器 5 仅输出给特征量取样单元 8。所以，对负载目标 1 便由特征量取样单元 8 从负载条件传感器 5 的输出信号中检测出其当前工作条件，并且由特征量取样单元 8 从负载条件传感器 5 检测出相应于负载类型的一个以上的特征。其控制工作也就类似图 1 的实施例。

图 21 是表示图 20 的吸尘器控制系统结构的方框图，图 22 表示吸尘器控制电路的结构。图 21 和 22 基本上与图 2 和图 3 相似，因此相应的部件用相同的序号表示。

在图 21 中，压力检测电路 11 以与图 2 相类似的设计方法对压力传感器的输出进行转换和放大。同样，电流检测电路 12 把检测出流过动力刷马达 25 的电流  $I_N$  的电流检测传感器的输出进行转换和放大。在图 2 和图 21 中，包含电阻 R 和电容 C 的低通滤波器从压力检测电路 12 的输出信号中去除噪声分量。类似地，包含电阻  $R_1$  和电容  $C_1$  的低通滤波器 14 去除电流检测电路 12 的输出信号中的噪声分量。

在图 21 中，可以看到，从压力检测电路 11 没有输入给特征量取样单元 8。因此，特片量取样单元仅从一个传感器（负载条件传感器 5）中接收信号。

图 22 是负载条件传感器与三端双向可控硅开关 26 串连的示意图，而电流检测电路连接在负载条件传感器和微机 21 之间。除此之外，图 22 的电路结构与图 3 的结构相同，所以不必再详细描述。

图 23(a) 和 23(b) 说明此实施例的动力刷马达检测电路，图 23(a) 说明检测电路的结构，图 23(b) 表示电流检测电路的输出的一个例子。在图 23(a) 中，施加到动力刷马达 25 上的负载电流  $I_N$  是断续交流电流波形，它类似于图 14(a) 表示的动力电流  $I_s$ 。该电流  $I_N$  然后由电流检测传感器 5 检测；并输入到电流检测电路 12 中。通过全波检波放大电路 12A、二极管  $D_{10}$  以及峰值保持电路 12B（因为动力刷马达 25 的峰值电流进行一显著的变化以响应吸气管嘴 39 的变化，所以负载电流的峰值电流可被检测），电流检测电路 12 将电流  $I_N$  转换成一与图 14(b) 所示的峰值电流  $I_N$  相对应的直流电压信号  $V_{DP}$ 。如图 23(b) 所示，当吸气口工作时，即当旋转刷 34 的刷毛 44 接触要清扫的地板表面时，输出信号  $V_{DP}$  随着动力刷马达 25 的负载条件的变化而变化。

如果使用者在风扇马达 23 工作时在地板表面前后推动吸气管嘴 39，电流检测电路 12 的输出信号发生如图 24(a) 到 24(c) 所示的波动，且低通滤波器 13 的输出信号发生如图 25(a) 到 25(c) 所示的波动。可以看出，图 25(a) 到 25(c) 的曲线与图 6(a) 到 6(c) 的曲线很相似，只是变化的是电流而不是压力。于是由此可得到相类似的特征。

因此，电流检测电路 12 的输出信号包含一噪声分量，但是，低通滤波器 13 的输出信号在该噪声分量去除后，根据地板表面 1 的类型而不同，并且根据地板表面 1 的类型，从上述输出信号中可得

到特征。

与先前的实施例的方法相类似，作为对应于地板表面类型的特征的一个例子，分析了在某一取样时间内得到的平均数据。又，数取得的数据交叉于平均值（当平均值被交叉）的次数作为交叉数 CR，超过该平均值的时间为  $t_1$ ，该数值低于平均值的时间假定为  $t_2$ 。那么  $(t_1 - t_2)$  为工作时间差 TD， $(t_1 / (t_1 + t_2))$  为工作时间比 TR， $(t_1 + t_2)$  作为工作时间 TP，以及动力刷马达电流的最大值和最小值之间的差作为电流变化幅度 Pbi。图 26(a) 和 26(b) 说明交叉数 CR、工作时间差 TD、工作时间比 TR 和工作时间 TR 对不同类的地板表面 1 以与图 7(a) 到 7(c) 相类似的方式变化。图 27(a) 表示分布 SM'，描述如下：

$$SM' = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - P_{bim})^2$$

这与等式 3 得到的 SM 相类似，但是根据压力测量（值）。

图 27(b) 表示电流变化幅度 pbi 和要清扫的地板表面之间的关系。正象先前所述的那样，如果想根据对应于该决定的一个特征量来辨别地板表面的类型，那是很困难的，这是因为一种以上的地板表面 1 可能有相同的特征值。

然而，当对应于每一种类型的地板表面的特征量被比较时，则用相应于地板表面的一种以上的特征就可确定地板表面 1 的类型，这是因为与输出水平相对应的地板表面 1 的位置是不同的。这样，效果与先前描述的实施例相似。

图 21 的神经计算器以与图 2 的神经计算器相类似的方法工作，尽管输入是基于电流而不是压力。模糊计算器 16 的工作也相似，而加权的采用与图 8 的方法相类似。由电流变化幅度 pbi 代替静压变化幅度，则相应于图 9 的曲线和相应于图 10 的表即可得到。由电流变化幅度  $\Delta pbi$  代替图 11(b) 的  $t_{eh}$  静压变化幅度  $\Delta H$ ，则相应于图

11(a) 到 11(c) 的概率曲线也可得到。概率曲线的形状相同。

图 28 表示包含神经计算和模糊计算的控制方框图的工作过程。可以看出，图 28 大致上与图 12 相类似。神经计算器 15 接收由特征量取样单元 8 并且特别是由 8A 部分输出的相对应于交叉数 CR、工作时间差 TD、工作时间比 TR、工作时间 TP、分布 SM 和电流变化幅度  $p_{bi}$  的特征，它并且有一叫做“多层网络”的神经网络结构。如图 12 所示，它有一个输入层、中间层和输出层，并且每一层的每一单元都在图 8 中具体描述。称为“背向推广”的学习法则作为加权系数  $\omega_i$  被用于每一单元。信号输入到输入层，而从输出层中得到的值与一理想值（“教师”数据）相比较。单元之间的合成强度的控制欲使该值为最小。该强度由加权系数表示。神经计算器 15 输出的信号 15A、15B 和 15C 分别对应于“地板”、“踏踏米”和“地毯”。吸气特征确定装置 17 根据神经计算器 15 的输出和提供恒压 H 的相控角  $f(\theta)$  产生一用来确定对应于“地板”、“踏踏米”和“地毯”的空气体积 Q 的信号。恒定空气体积 Q 保证吸气管嘴 39 所需的最小空气体积和压力要求。

压力随过滤量增大。恒定压力 H 阻止地板表面 1 和吸气管嘴 39 过分接近。即使异物粘附到管嘴 39 上，上述压力仅增长到一定的值；因此，该特征具有异物易去除的优点。

因此，吸尘器的吸力与空气体积 Q 和静压 H 的乘积成正比。由于灰尘吸力取决于空气体积 Q，那么须确定相控角  $f(\theta)$  以对应根据清扫地板表面所发出的恒定空气体积指令和恒压指令。由于输入压力的绝对值，因此从压力值确定空气体积和压力是否恒定。模糊计算器 16 利用电流变化幅度  $p_{bi}$ （特征量取样单元 8 的输出）和压力的绝对值  $|H|$ （负载条件检测器 7 的输出）进行模糊计算，并且对使用者的工作力进行取样。根据所得结果，它发出一相控角的校正值  $f(\Delta\theta)$ 。该相控角校正值  $f(\Delta\theta)$  以空气体积的形式表示。

相时确定装置 18 求出吸气特征确定装置 17 输出的相控角  $f(\theta)$  和模糊计算器 16 输出的相控角校正值  $f(\Delta\theta)$  的和，并确定三端双向可控硅开关 FLS<sub>1</sub> 的相控角  $\theta_1$  和三端双向可控硅开关 FLS<sub>2</sub> 的相控角  $\theta_2$ 。相控角  $\theta_1$  是风扇马达 23 的相控角；其空气体积根据要清扫的地板表面而保持恒定。相控角  $\theta_2$  根据地板表面决定吸气管嘴动力刷马达 25 的速度（每秒钟的转数）。马达速度按“地板”到“踏踏米”以及“踏踏米”到“地毯”而递增。

图 18 表示应用本发明的实施例的控制系统的吸尘器在地板表面实际工作时所做的工作。图 29 与图 15 大致相似。这样，可以看到，与通常的方法相比，本发明的神经/模糊控制比通常方法（它们仅使用模糊逻辑）达到最佳马达转速（相应于最大吸气力）花费的时间要少。因此，本发明的实施例的设计比通常的方法提供的响应速度要快。图 29 所示的等待时间表示系统确定不进行清扫工作的时间。这样，压力传感器的灵敏度得到提高，即马达速度降低而节约能量。

下面将描述另一个实施例。与已经描述过的部件有相同或相类似的功能的部件采用相同的序号。且这些部件的详细描述不再重复。

图 30 是设有开关电路的控制系统的。该电路与图 20 所示的差异在于刷动力决定 51 是根据动力刷开关 32 的接通还是断开作出的，而传感器 4 或 5 的输出是作用对应于要清洗的地板表面的特征取样单元 8 的输入。例如，图 31 表示设有开关电路的控制系统的近似结构方框图。图 32 表示最佳控制变量确定装置的工作过程。而图 33 表示使用压力传感器的吸尘器的工作结果。图 30 的设计不同于图 21 和 28 所示的在于动力刷开关 32 受制约于动力刷决定 51。当动力刷开关 32 接通时，从低通滤波器 31 的输出得到的供神经使用的特征量取样 8A 被用作神经计算器 15 的输入，同时，从低通滤波器 BD 的输出得到的供模糊使用的特征量取样 8B 被用作模糊计算器 16

的输入。当动力刷开关 32 断开时，从低通滤波器 13 的输出得到的供神经使用的特征量取样 8c 用作神经计算器 15 的输入，同时，从低通滤波器 13 的输出得到的供模糊使用的特征量取样 8D 用作模糊计算器 16 的输入。

决定开和关是由动力刷决定 51 和选择器开关 52 和 53 来完成的。然而，当使用压力检测电路 11 的输出时，压力变化取决于吸尘器工作力的大小，并且神经网络的加权系数必须根据吸力的大小而改变。这样，来自负载状态检测器 7 的输出的压力绝对值  $H$  被用作神经计算器 15 的输入。进而，当使用电流检测电路 12 和压力检测电路 11 的输出时，也必须改变神经网络的加权系数，于是，动力刷决定（装置）51 的输出用作神经计算器 15 的输入。当使用压力检测电路 11 时，从特征量取样单元 8 输出的代表图 32 要清扫的地板表面特征用脚标  $H$  表示，而使用电流检测电路 12 时用脚标  $P$  表示，且  $\Delta H$  代表压力变化幅度， $\Delta p_{bi}$  代表电流变化幅度。图 33 说明使用压力传感器的吸尘器工作结果。

这就可以使用压力传感器，来根据要清扫的地板表面设定最佳吸气力，一如图 29 所示的使用压力传感器的工作结果，并且可以看到它比常用的方法能得到较好的响应。当要清洗的地板表面对应于“踏踏米”和“地毯”，则风扇马达的速度渐渐增大。这是因为，在“踏踏米”的情况下，为了减小对地板表面的决定误差，“踏踏米”的速度是在“地板”速度被全用后选择的，而在“地毯”的情况下，“地毯”速度是在“地板”和“踏踏米”速度被使用后选择的。

图 34 表示另一个实施例，它与图 28 所示的实施例的不同，在于神经计算器 15 的输出是输入到模糊计算器 16 中，并且对每一个地板表面的风扇马达工作范围的确定是由吸气特征确定装置 17 根据结果作出的。在这里，神经网络的神神经计算器 15 的输出层是作为一个单元对待。这是因为模糊计算是把“地板”、“踏踏米”和“地毯”相

对应于 0 到 1 的范围来进行的，上述 0 到 1 是图 8 的 Sigmoid 函数 47 的输出。

图 35 说明另一个不同于图 34 所示的实施例，它之不同在于神经计算器 15 的输入是用模糊计算器 60 的输出，模糊计算器 60 包括分下标单元 60A 到 60D 而其中的特征量 CR、TD、SM 和  $\Delta p_{bi}$  为输入。这样，不象先前的实施例，模糊逻辑步骤在信号达到神经网络之前被应用。单独的模糊逻辑运算被应用于每一个特征中，并且模糊逻辑计算工作 60A 到 60D 的输出被应用于神经计算器 15 中。

作为一个模糊计算的手段，图 9 所示的“重心最小—最大法”的一个例子包括描述过。在必须频繁地进行多项模糊计算的情况下，使用简化推理方法”较为有效。神经计算用神经网络（已作）解释。不言而喻，线性函数可代替属于神经单元和非线性函数的 Sigmoid 函数。

吸尘器可附设许多种吸气管嘴作为附件。这样，对于需使用动力刷吸气管嘴进行处理的情况，一种实施例业已描述，其中电流检测电路或压力检测电路的输出可根据刷动力开关的通、断来选择。还可应用这样一种设计，其中少量的电流加到动力刷马达以便检测经由电流检测电路流到动力刷马达的电流。如果该电流被测到，则用电流检测电路的输出；如果未测到，则用压力检测电路的输出。

因此，在上述任一设计中，本发明提供了可根据要清洗的地板表面得到最佳吸力并具有最小响应时间的吸尘器。这些实施例都是指吸尘器。然而，本发明并不只局限于此，下面描述实施例是洗衣机的情况。图 36 是一洗衣机控制电路的示意图，而图 37 则说明最佳控制变量确定机构的工作过程。图 36 表示设置在洗衣缸 70 的底部、作为一控制目标的一搅拌器、马达 3、洗衣机壳体 69、包含一检测水脏度的光电装置的脏度检测传感器 51、洗衣机控制电路 72、一微电脑 73、驱动搅拌器 2 的脉动驱动装置 74、用来检测马达 3 的速度

的速度检测装置 75、工作开关 31 和一确定搅拌器 2 的工作模式的脉动工作模式确定装置 76。放置在洗衣机 70 内的衣服的总体积 NW 或质量 NS，可从处于初始工作阶段的马达 3 的速度的降低来测出。粘在衣服上的脏度 YG 随着洗涤的进行而渐渐浮到表面。

衣服的总体积 NW 或质量 NS 是经由特征量取样单元 8 根据速度检测装置 55 的输出得到的，而随时间而变化的洗涤物脏度是经由从脏度检测传感器 51 的输出得到的。洗衣机的当前负载条件 P 通过负载条件检测器 7 测得的，(举例来说，负载条件 P 是作为搅拌器 2 接通的时间  $t_1$  与它断开的时间  $t_2$  两者的比的函数来得到的)。衣服的总体积 NW、质量 NS 和由特征量取样单元 8 得到的脏度均输入到神经计算器 15 中。计算结果确定了时间  $t_1$  和  $t_2$ ， $t_1$  是搅拌器 2 如在脉动工作模式确定装置 56 的未当值阶段接通的时间，而  $t_2$  则是断开的时间。脏度 YG 和负载条件 P 用作模糊计算器 16 的输入，计算的结果确定了当搅拌器 2 工作时的时间  $t_1$  的校正时间  $\Delta t_1$  和它不工作时的时间  $t_2$  的校正时间  $\Delta t_2$ 。

然后搅拌器 2 的控制指令  $t_1'$  和  $t_2'$  从  $(t_1 + \Delta t_1)$  以及  $(t_2 + \Delta t_2)$  的和得出再输出到脉动驱动装置 74 中，且搅拌器在与衣服的总体积、质量和脏度相适应的最佳条件下工作，从而保证既不损坏洗涤物又能快速洗涤。

本发明因此可提供一种家用电器的控制系统，该系统通过得到一种以上的特征、通过这些特征进行神经和模糊计算以及通过神经和模糊计算的结果自动地保证家用电器的最佳驱动力。

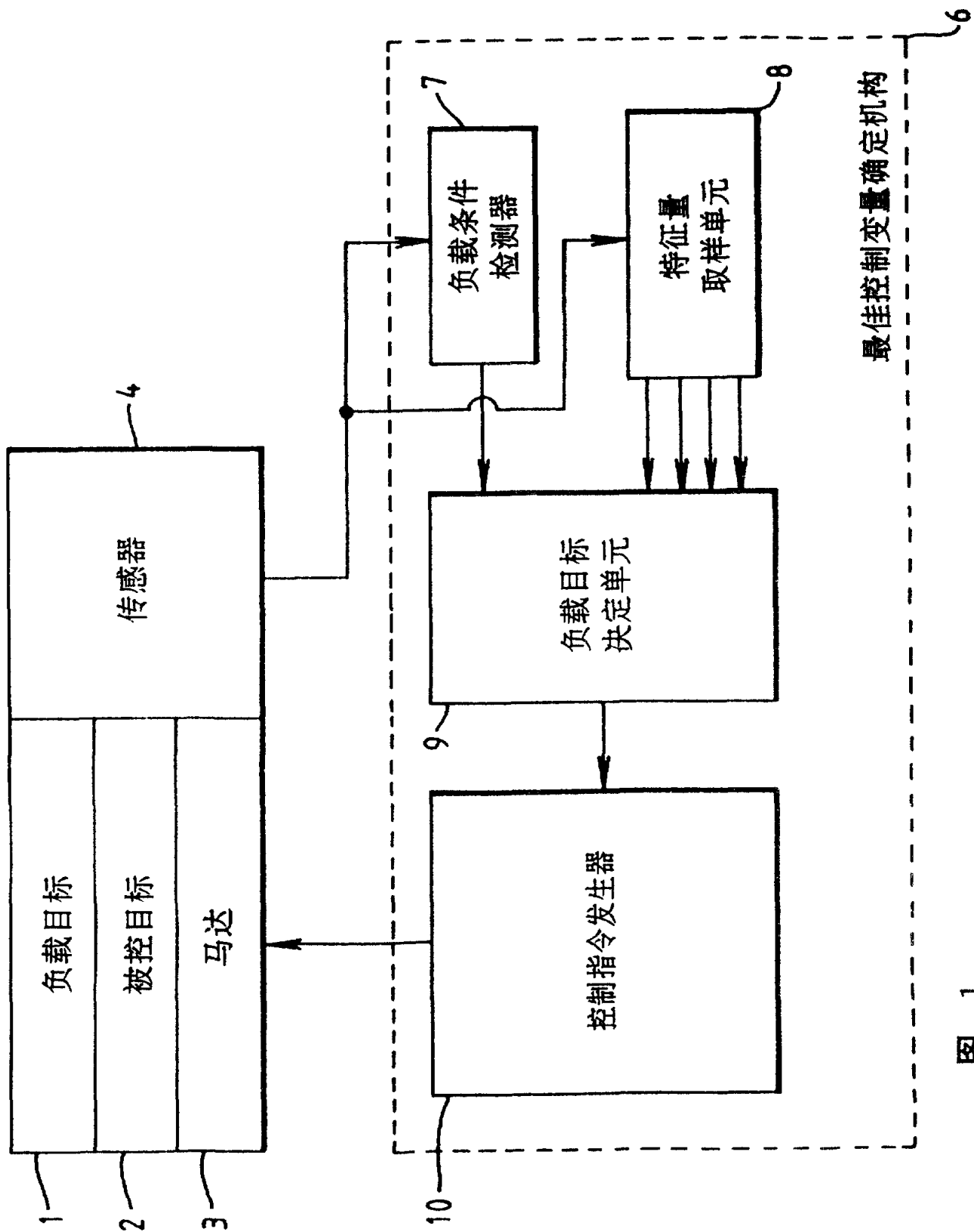


图 1

图 2

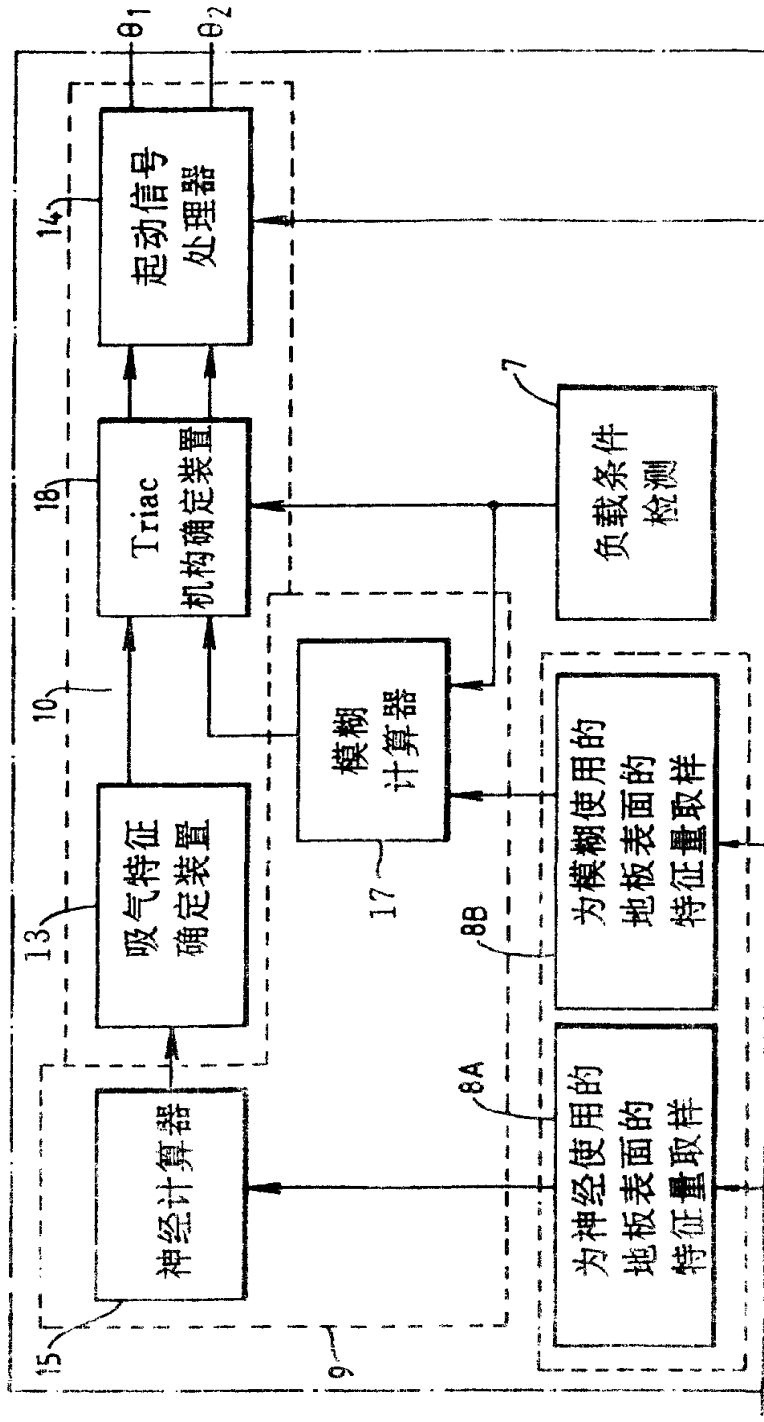
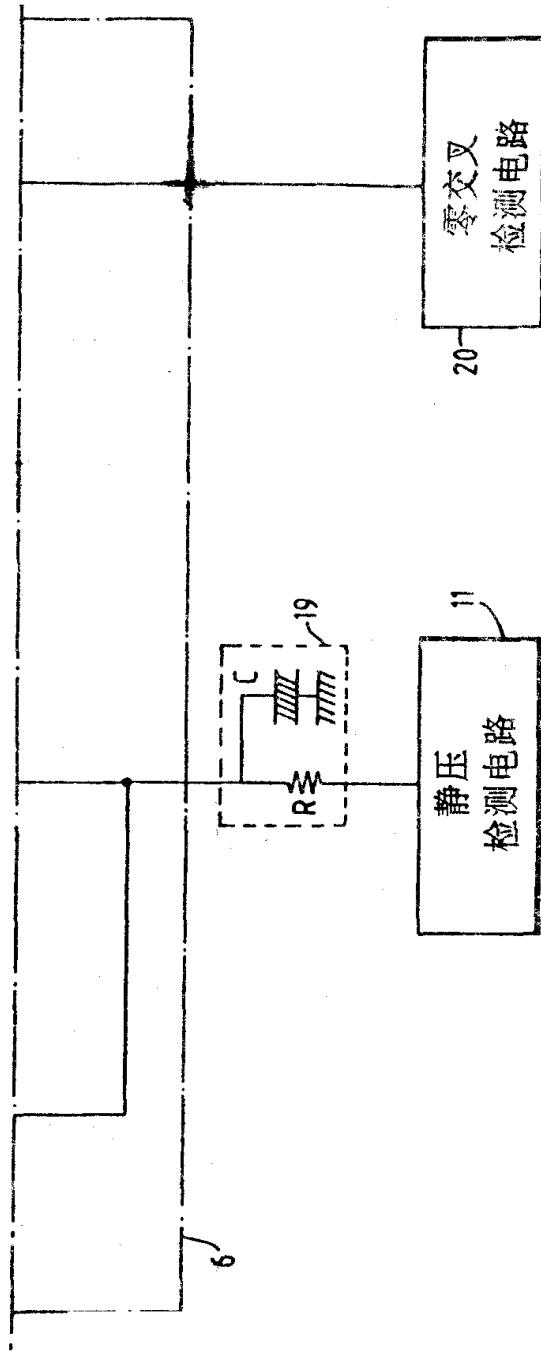


图 2(续)



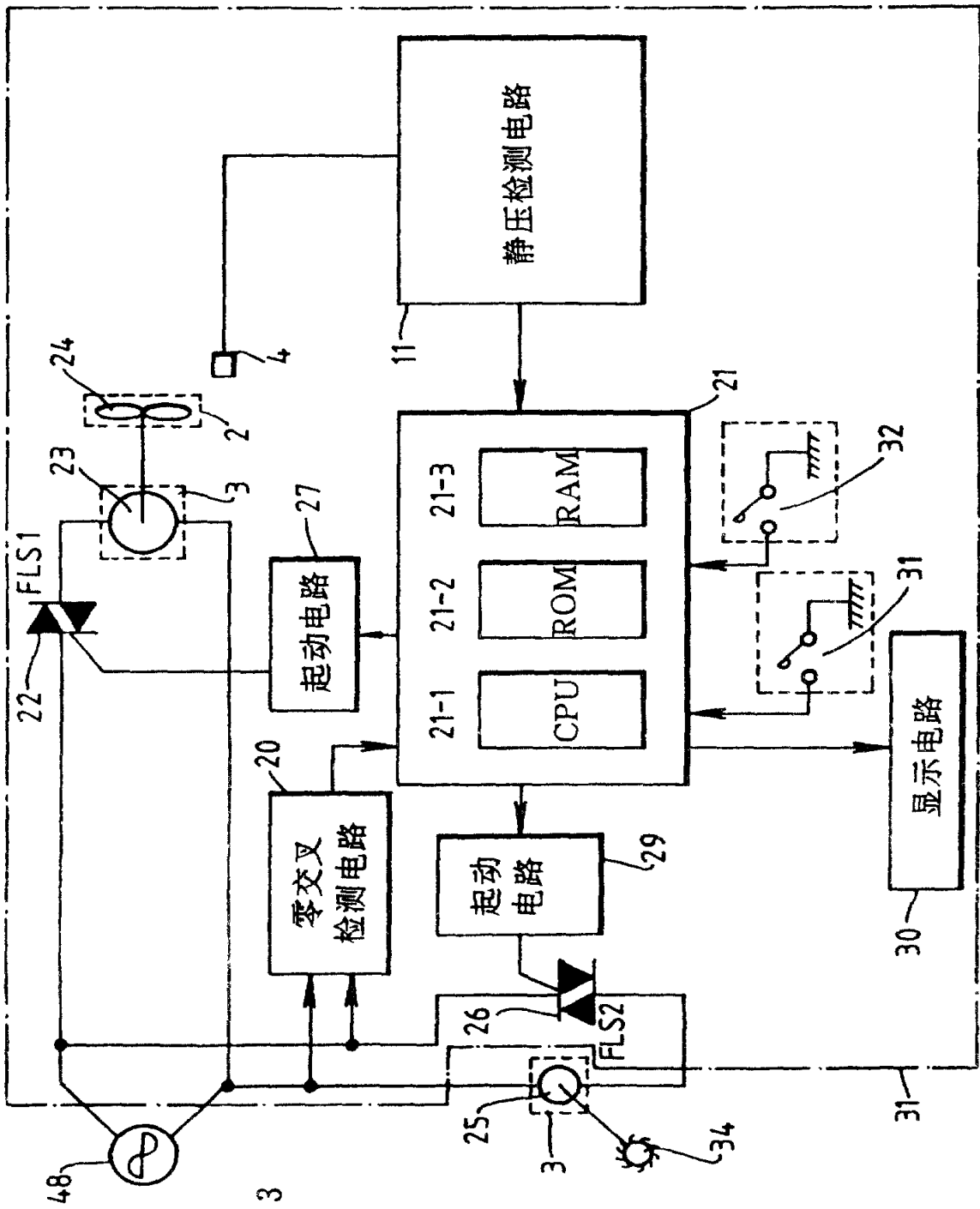


图 3

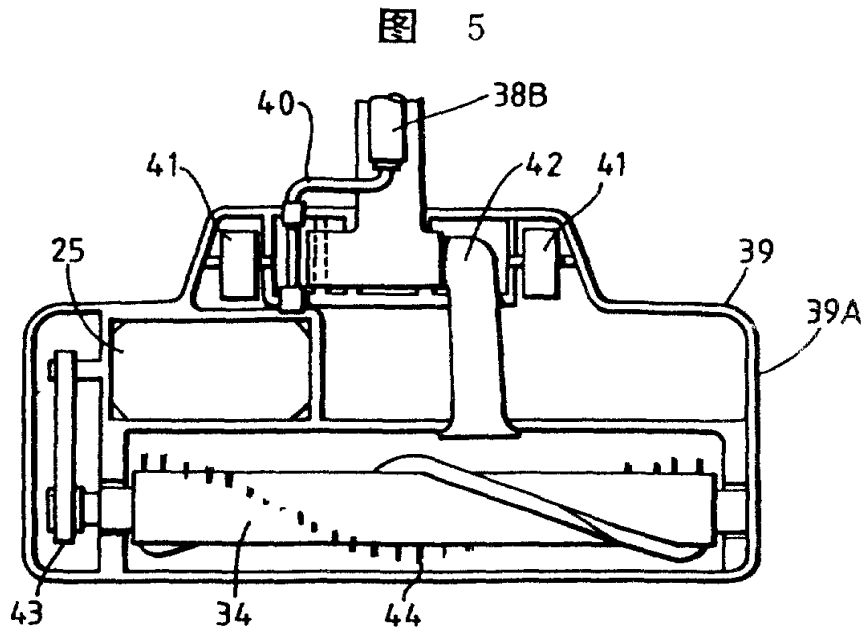
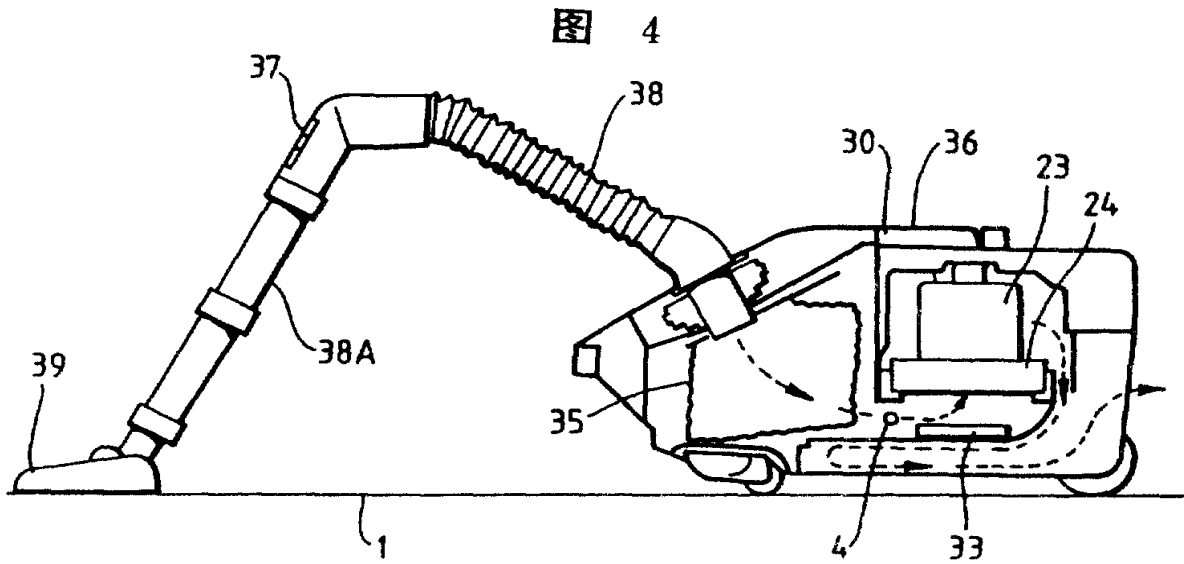


图 6(a)

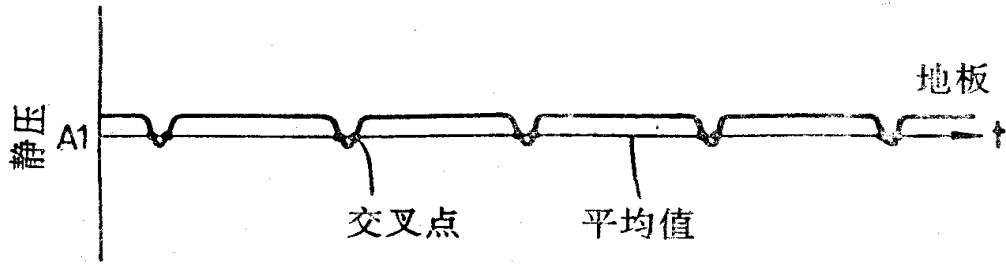


图 6(b)

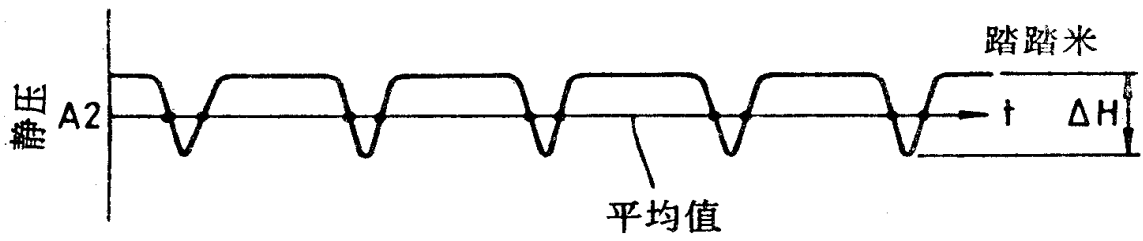


图 6(c)

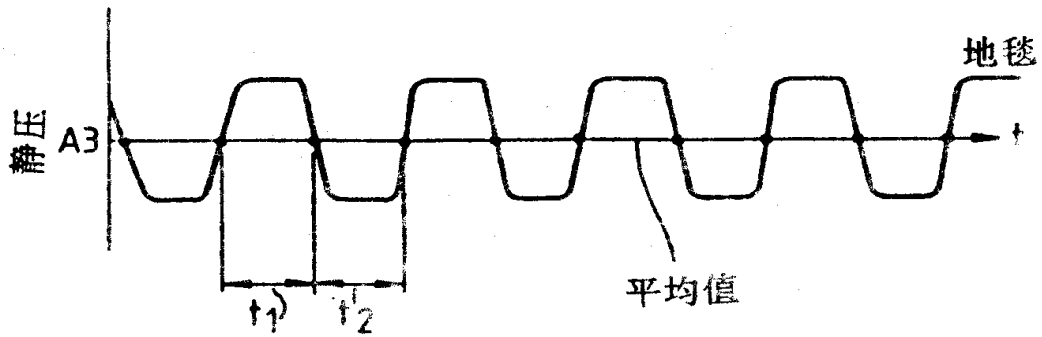


图 7(a)

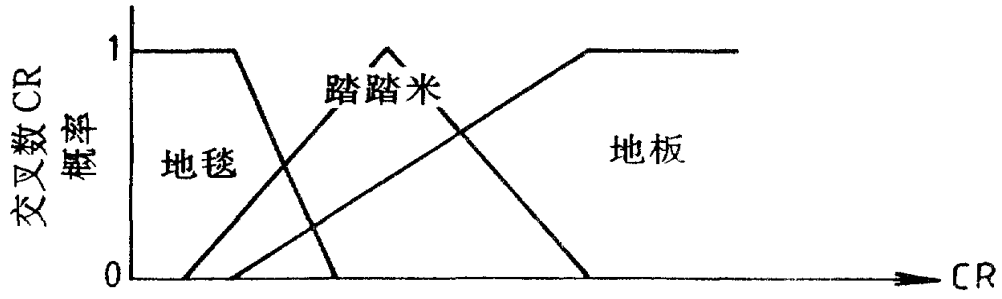


图 7(b)

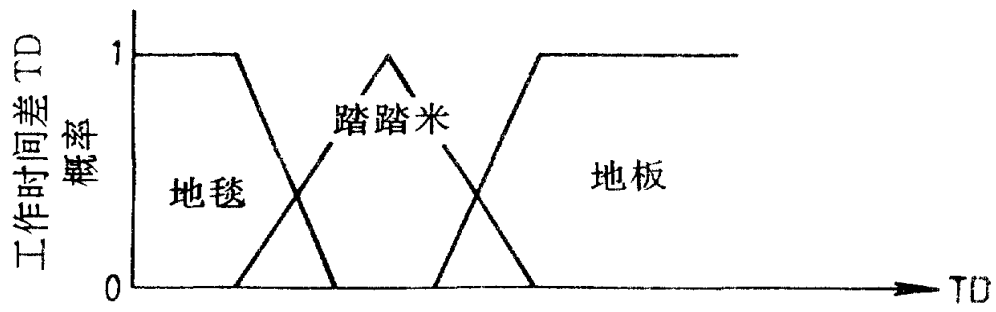


图 7(c)

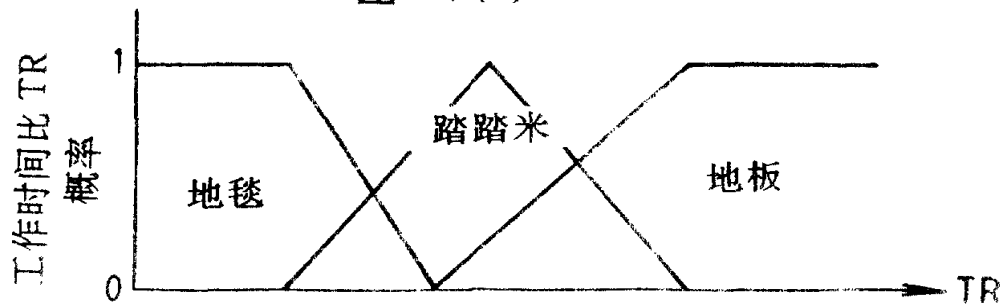


图 8

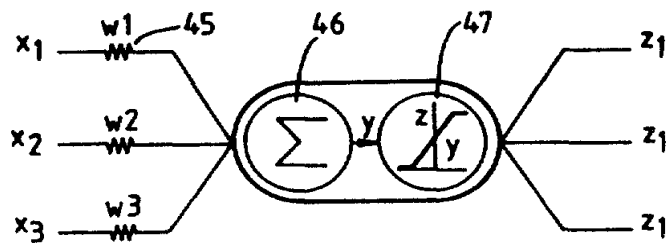


图 9

法则 1: 如  $x_1$  是  $A_{11}$  而  $x_2$  是  $A_{12}$  那么  $y$  是  $B_1$   
 法则 2: 如  $x_1$  是  $A_{21}$  而  $x_2$  是  $A_{22}$  那么  $y$  是  $B_2$

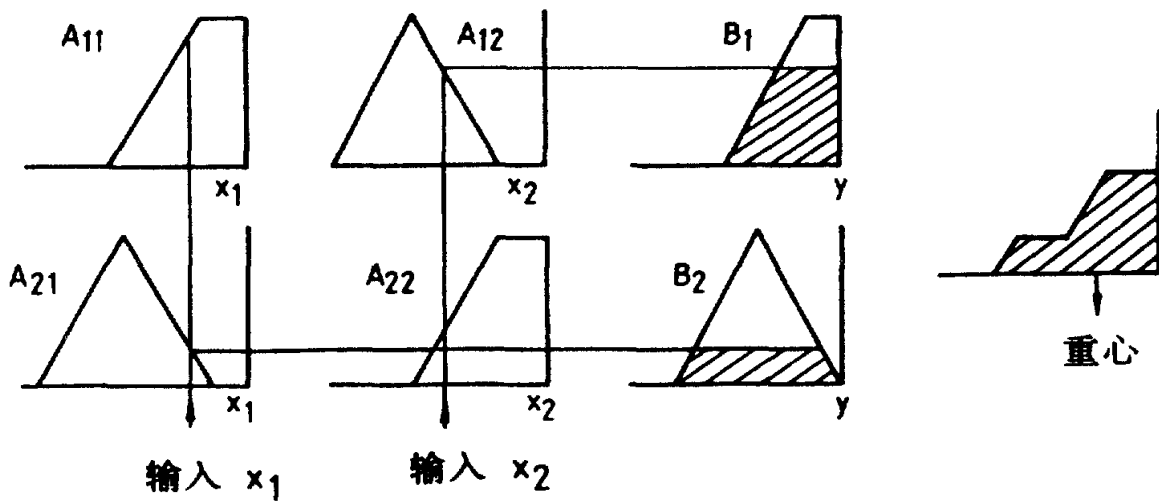


图 10

项目	静压变化幅度 $\Delta H$					
	小	稍小	标准	稍大	大	大
稍小 工作空气体积 Q	小	稍大	稍大	大	大	大
	稍小	不变	稍大	稍大	大	大
	标准	稍小	不变	稍大	稍大	大
	稍大	小	稍小	稍小	不变	大
	大	小	小	稍小	稍小	不变

图 11(a)工作空气体积 Q

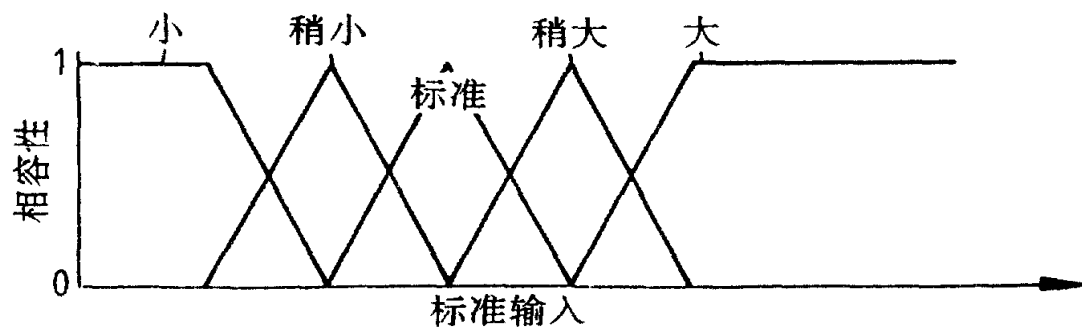


图 11(b)静压变化幅度

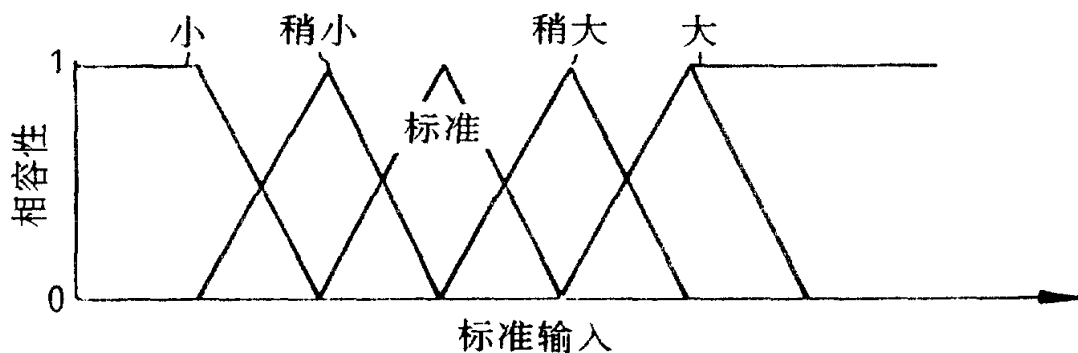


图 11(c)输出

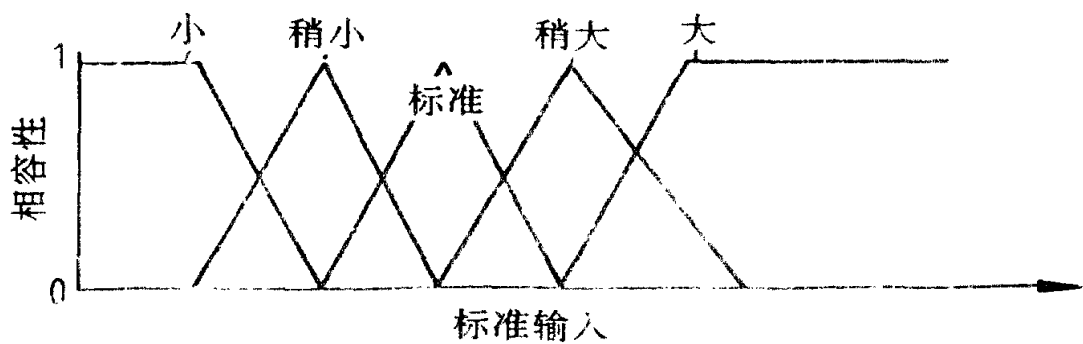


图 12

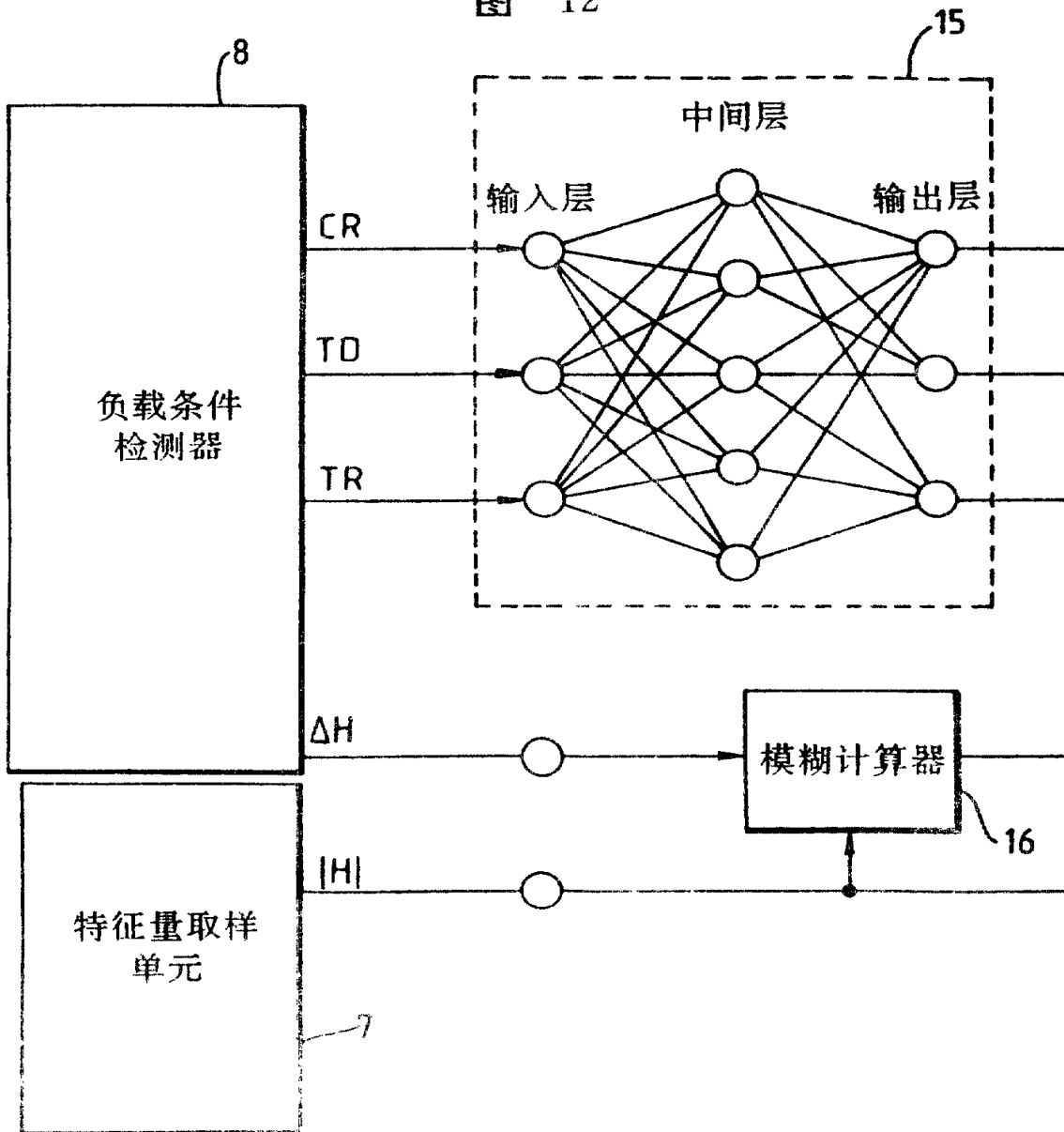


图 12(续)

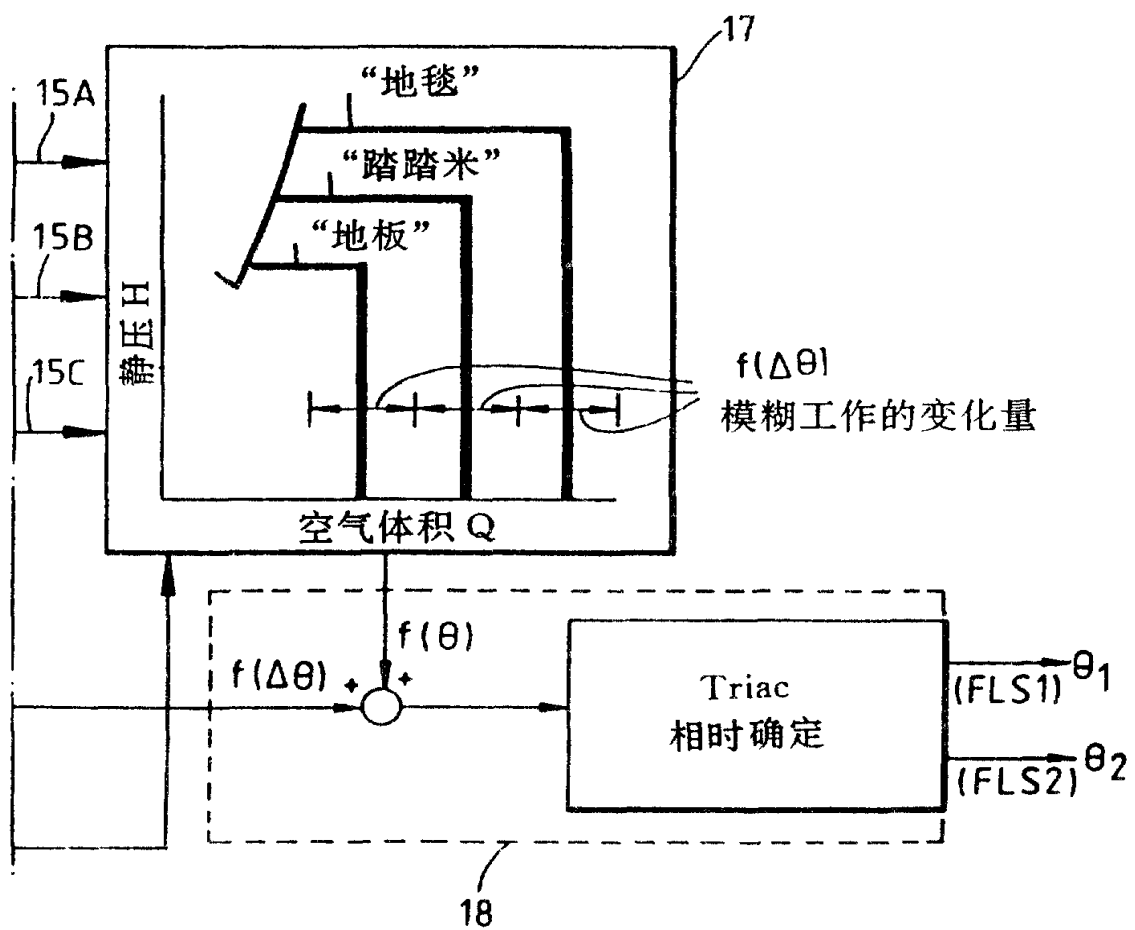


图 13

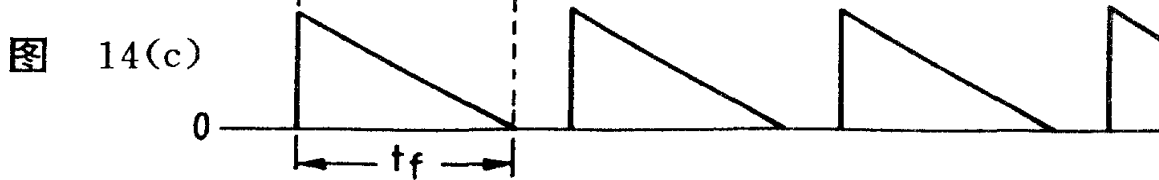
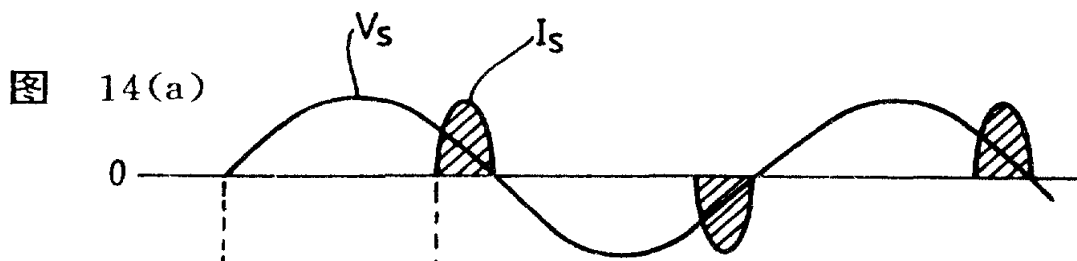
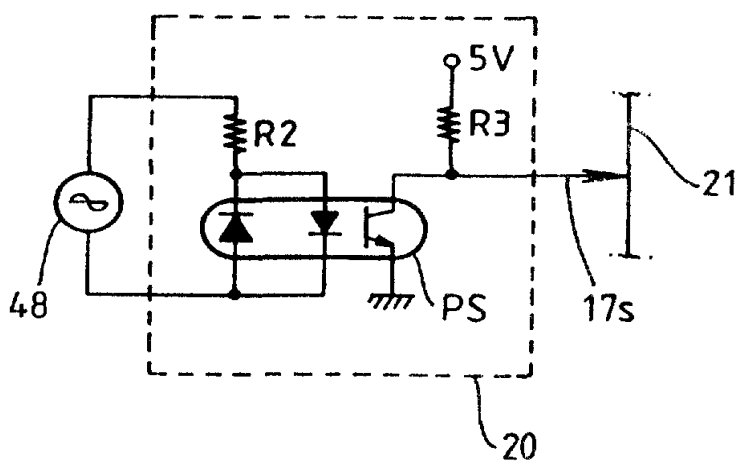


图 15

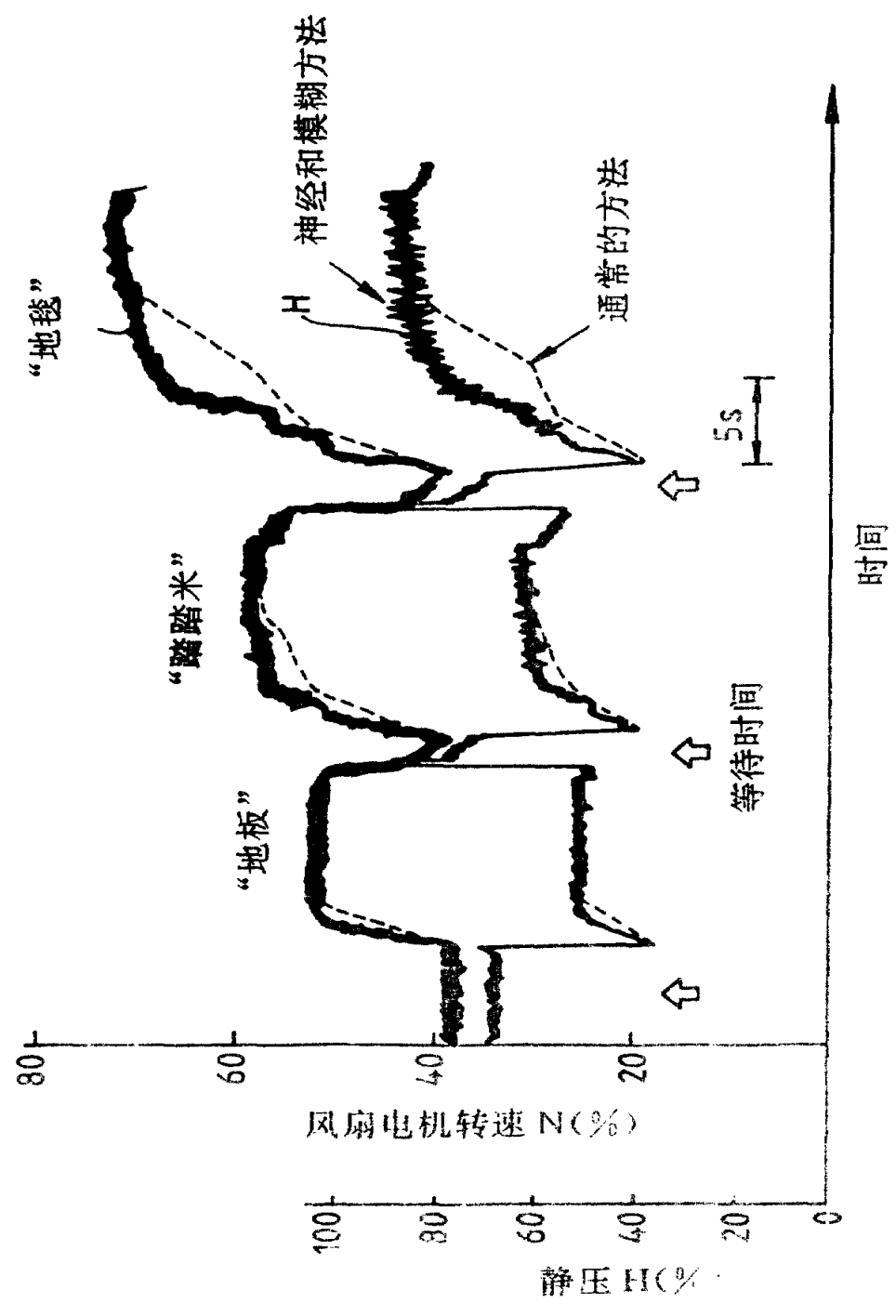


图 16(a)交叉数

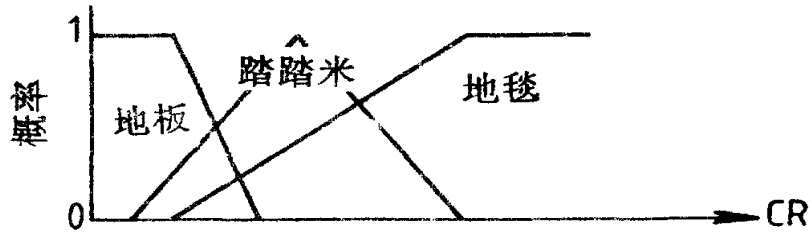


图 16(b)工作时间差

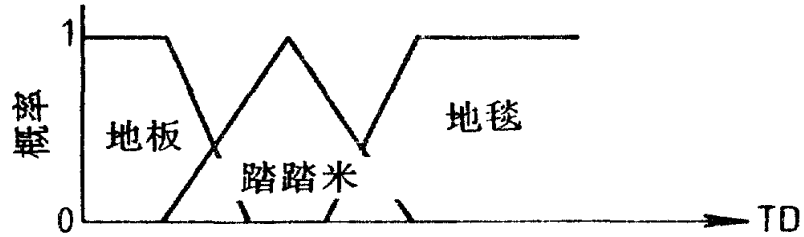


图 16(c)分布

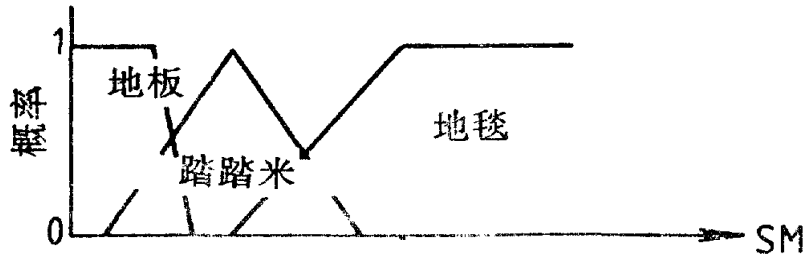


图 16(d)静压变化幅度

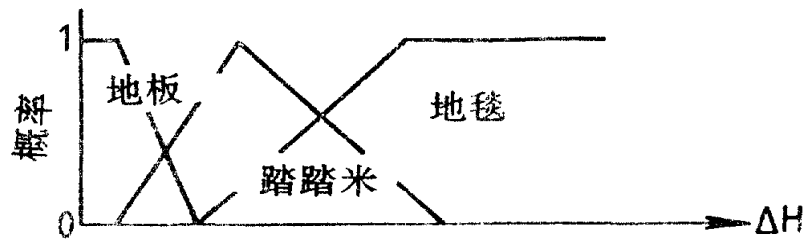


图 17

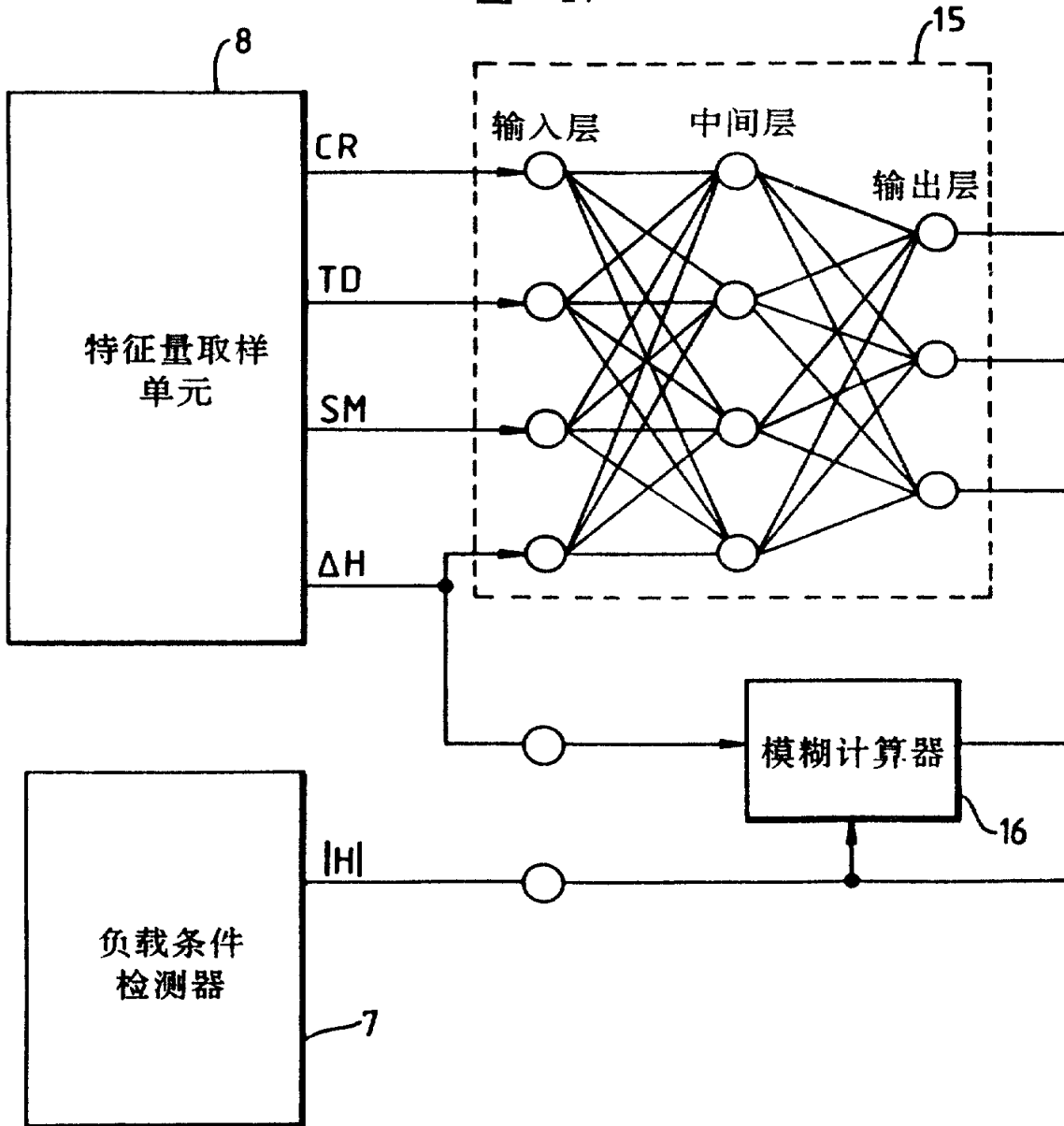


图 17(续)

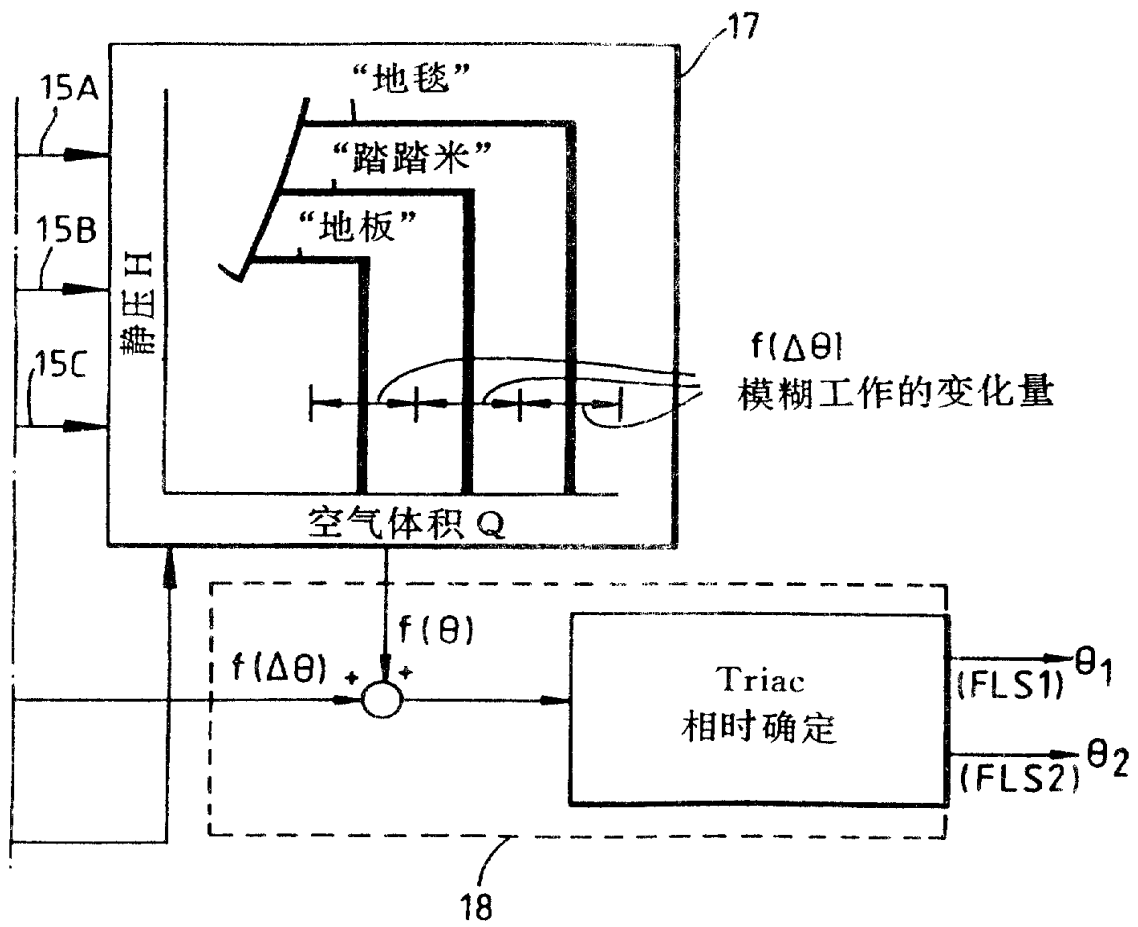


图 18

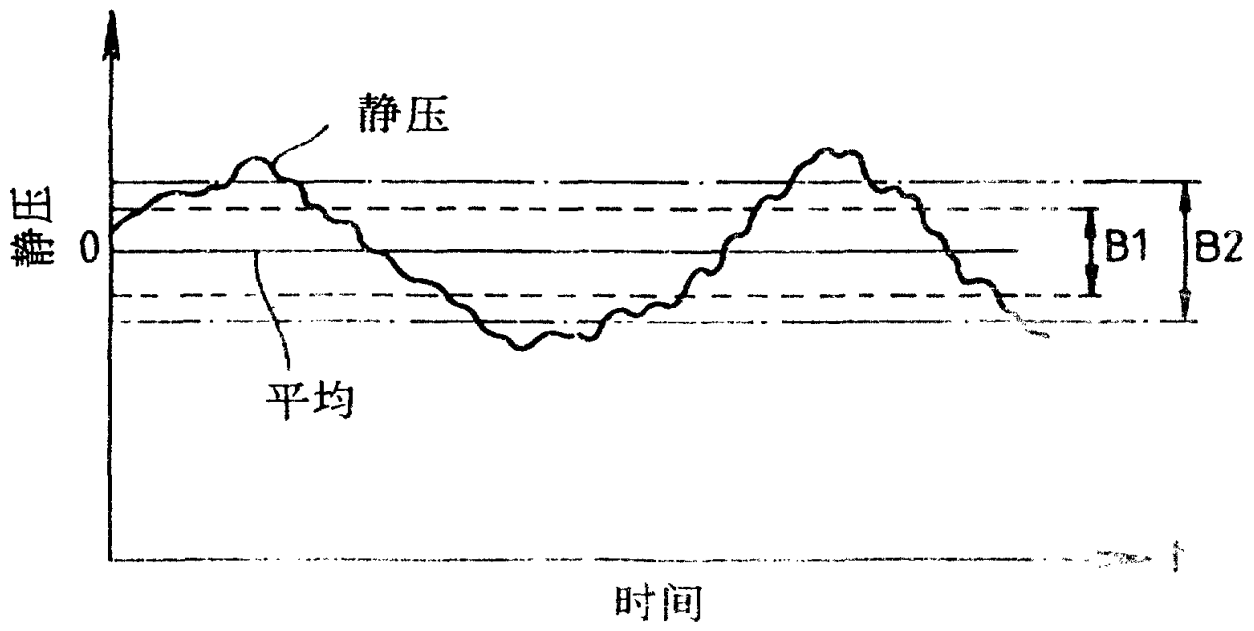


图 19

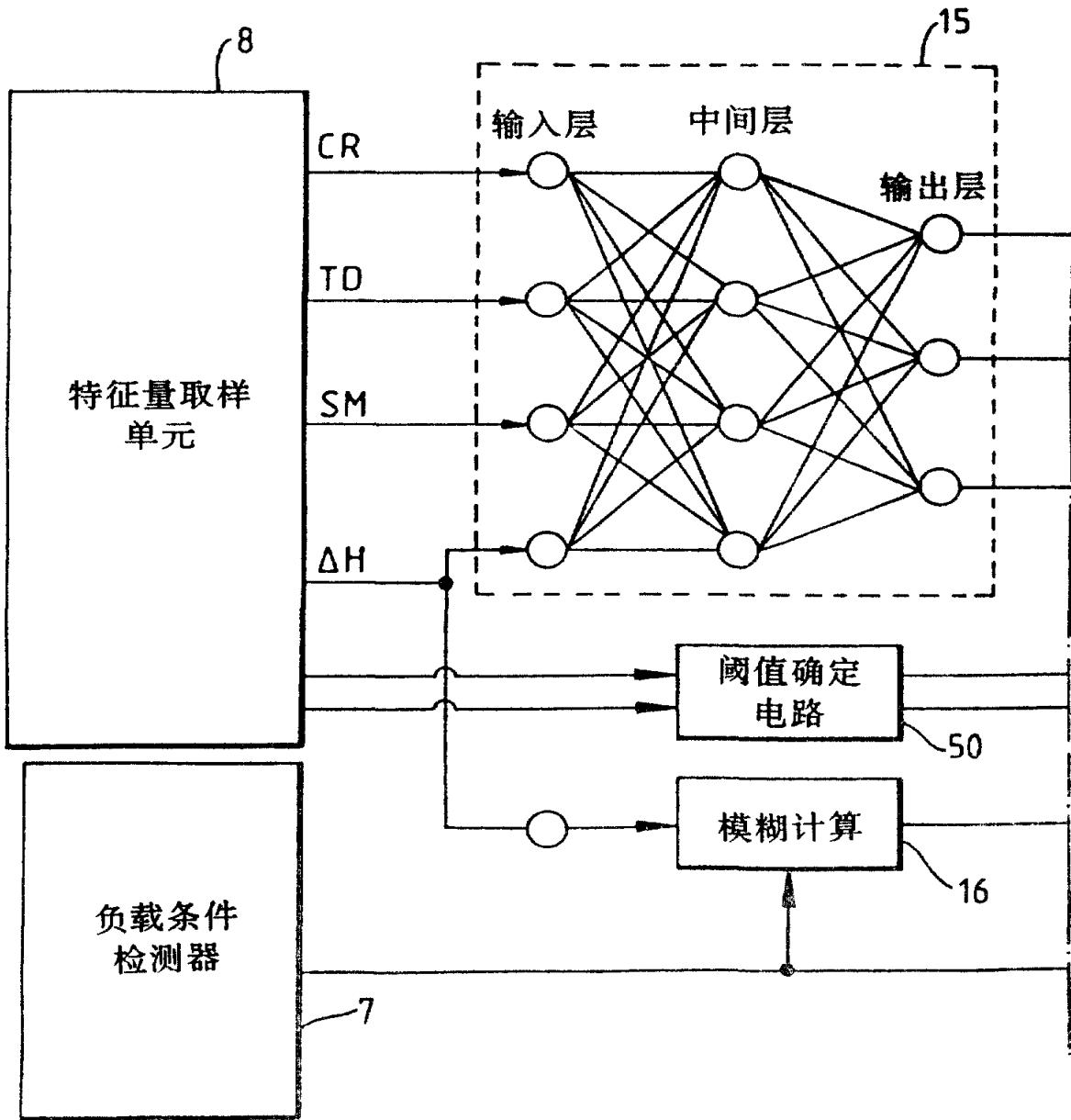
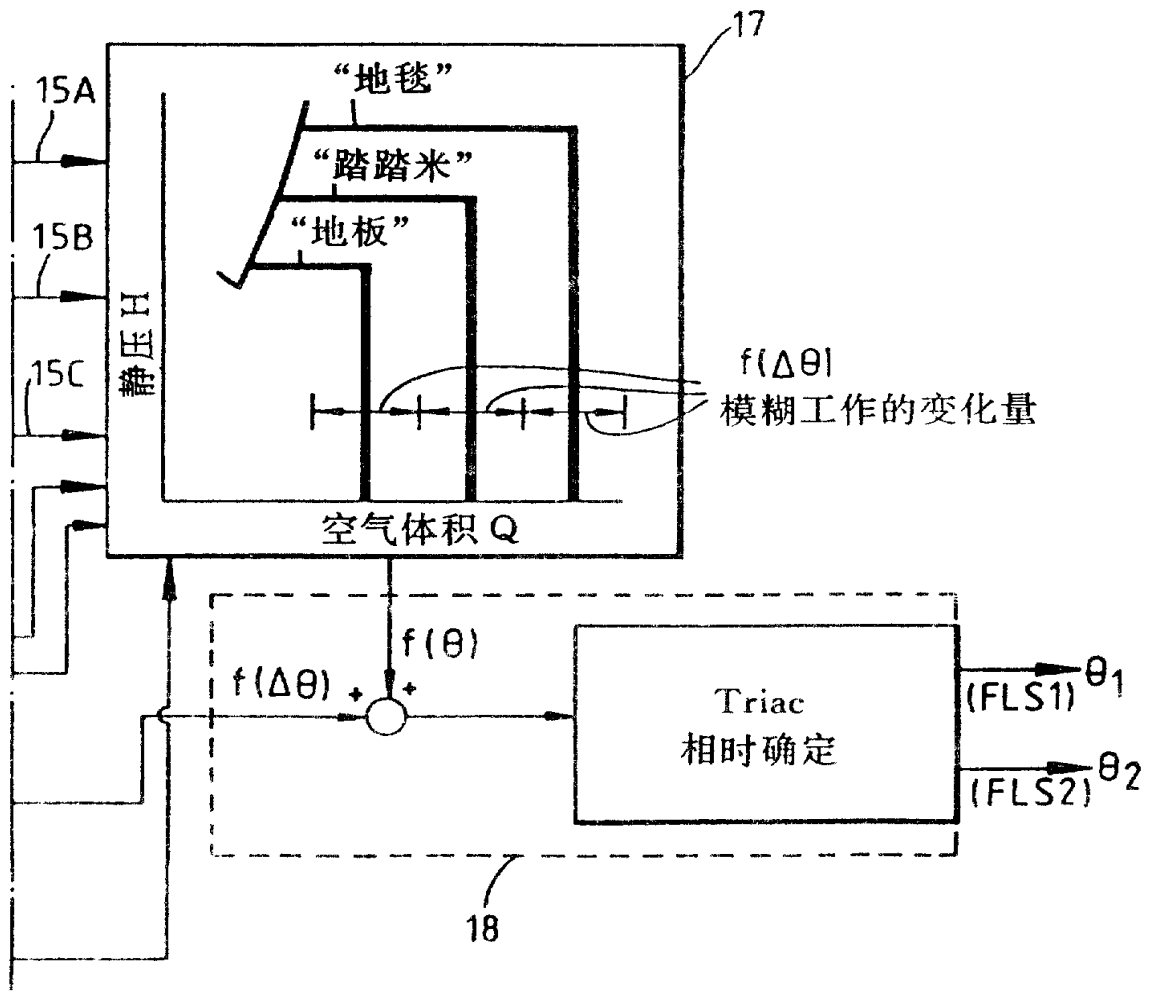


图 19(续)



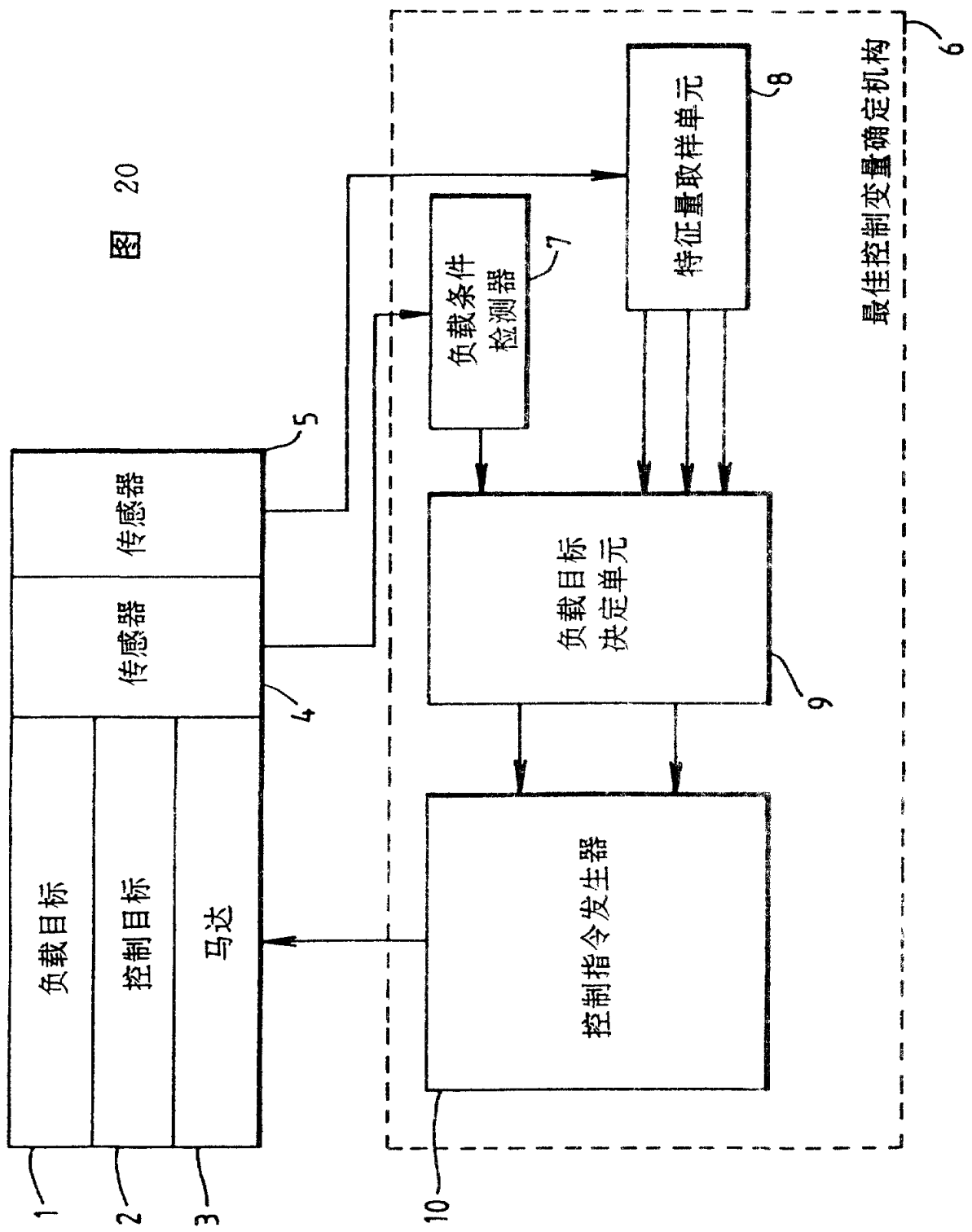


图 20

图 21

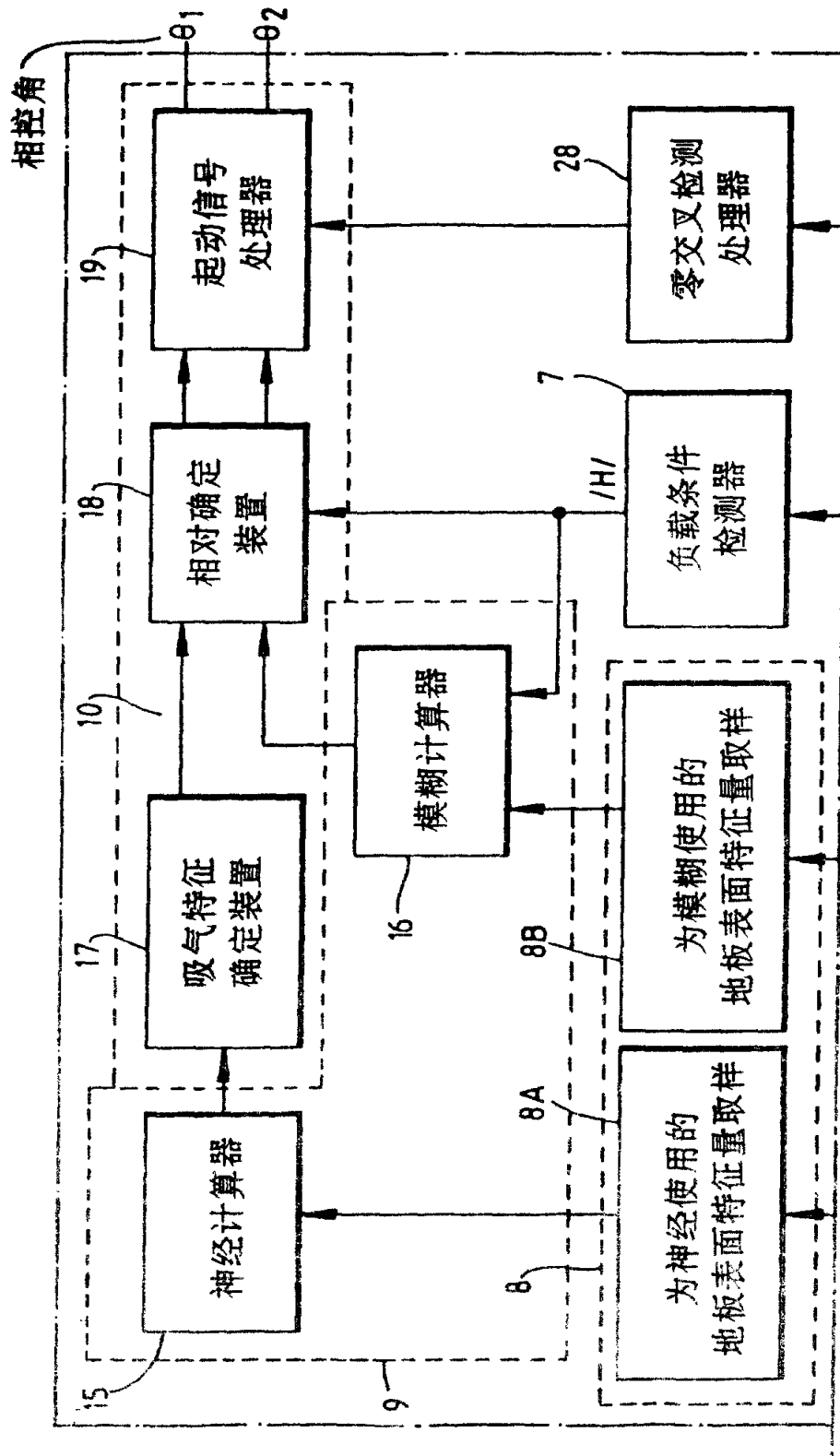


图 21(续)

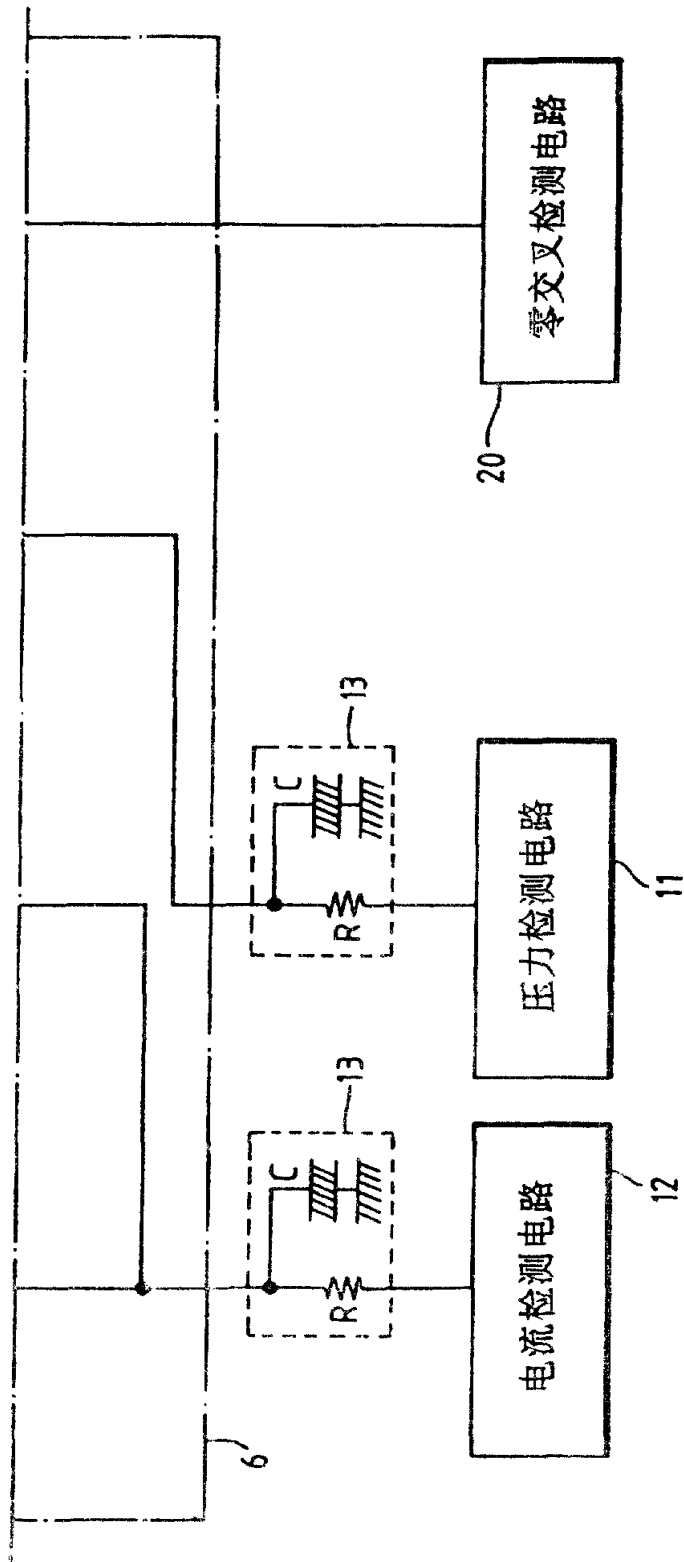


图 22

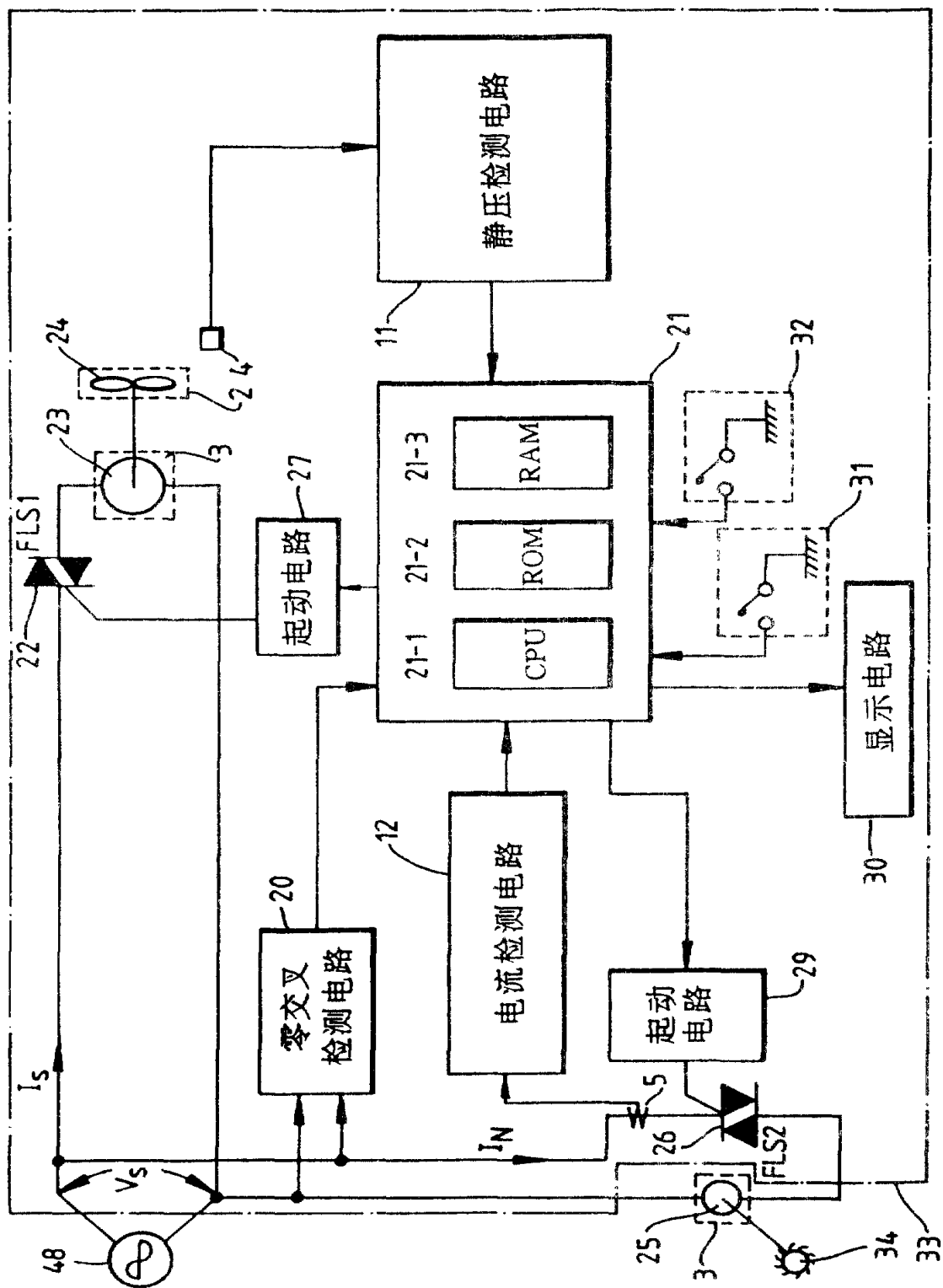


图 23(a)

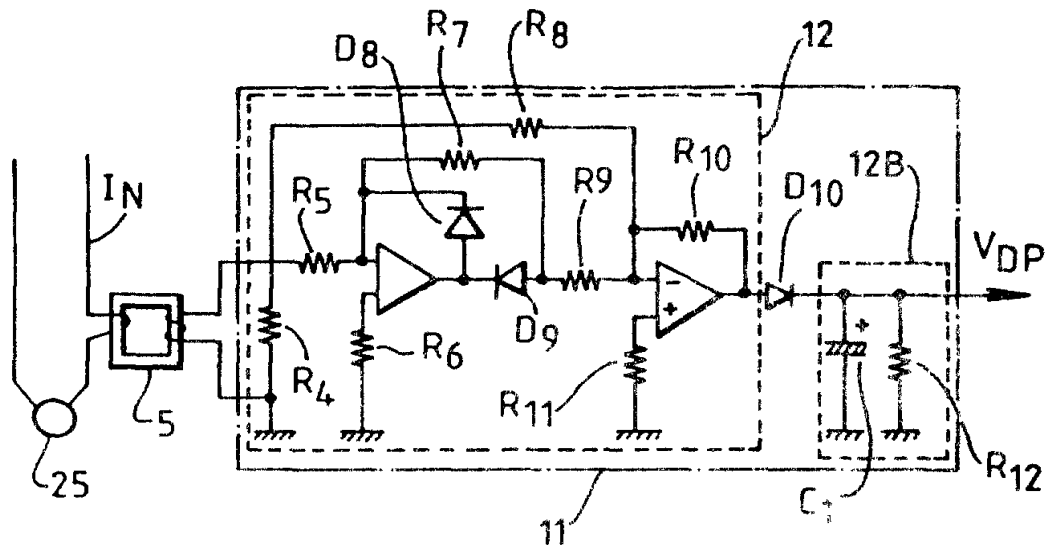


图 23(b)

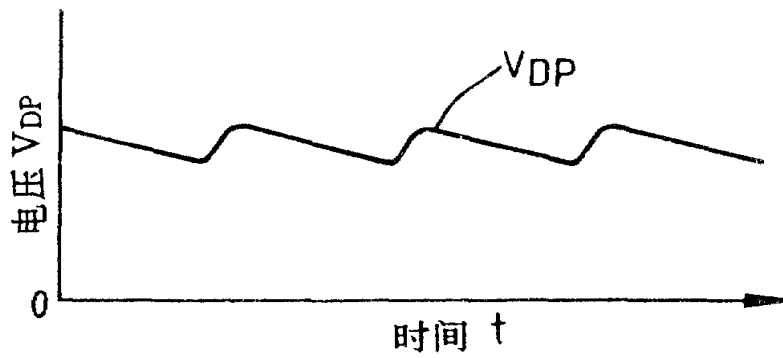


图 24(a)

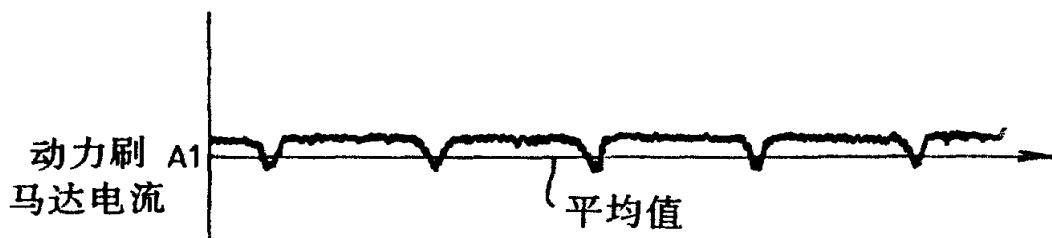


图 24(b)

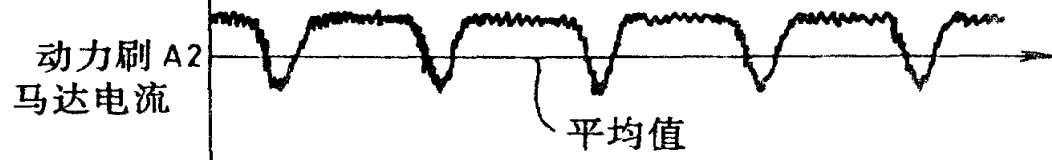


图 24(c)

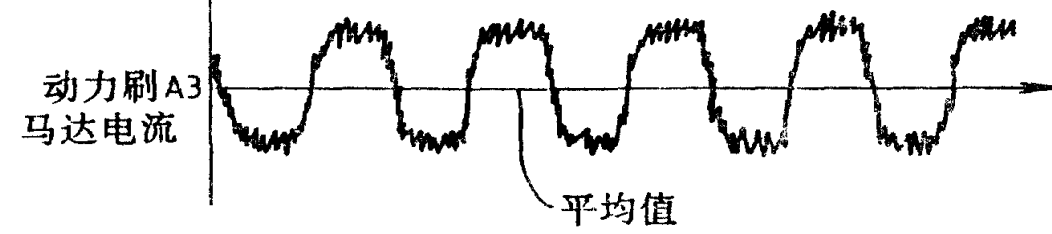


图 25(a)

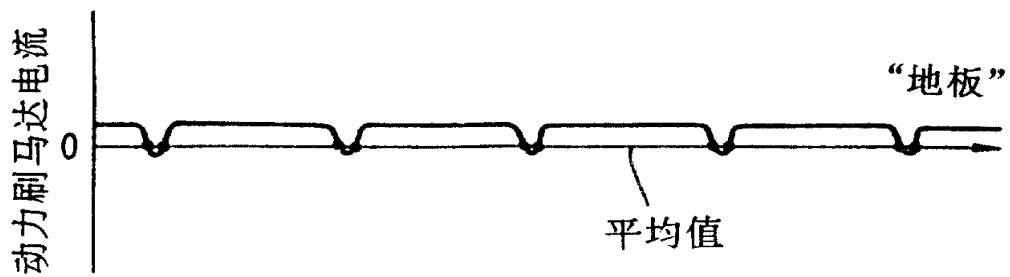


图 25(b)

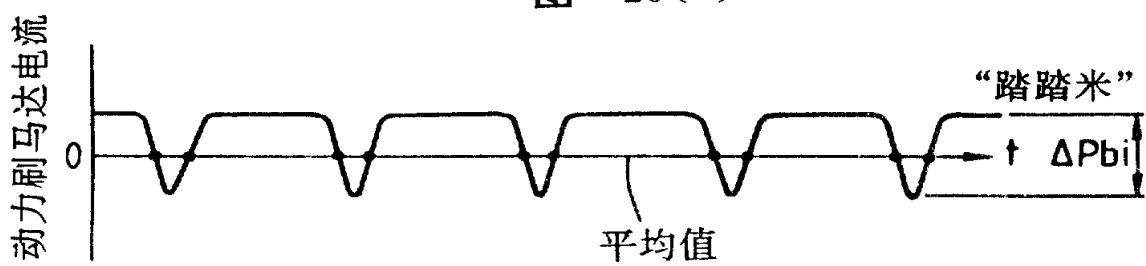


图 25(c)

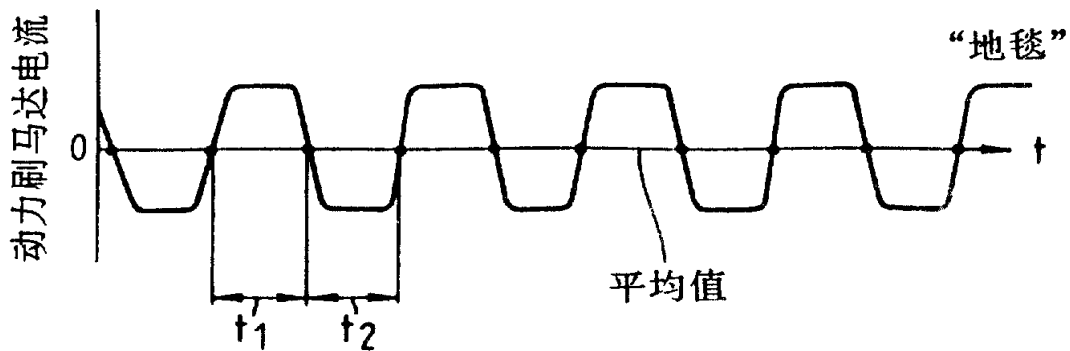


图 26(a) 交叉数 CR

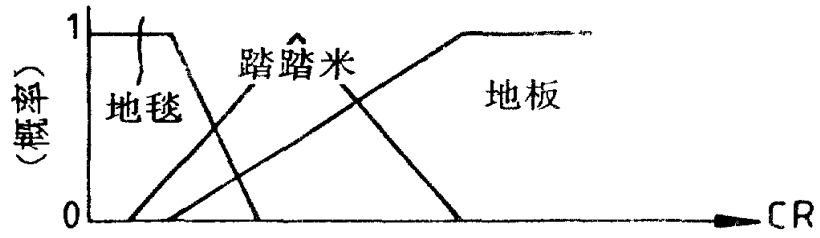


图 26(b) 工作时间差 TD

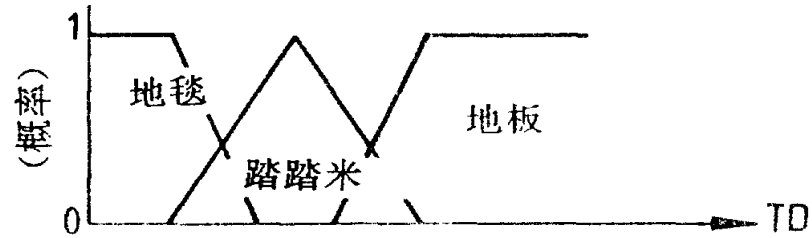


图 26(c) 工作时间比 TR

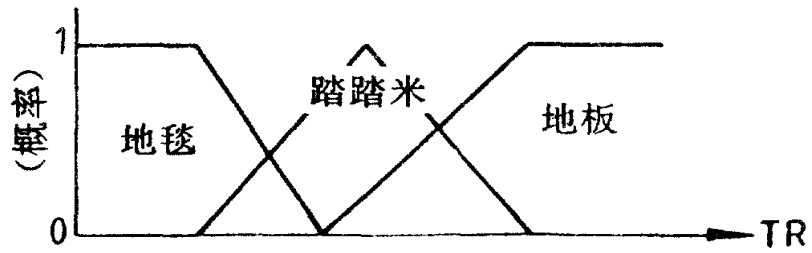


图 26(d) 工作时间 TP

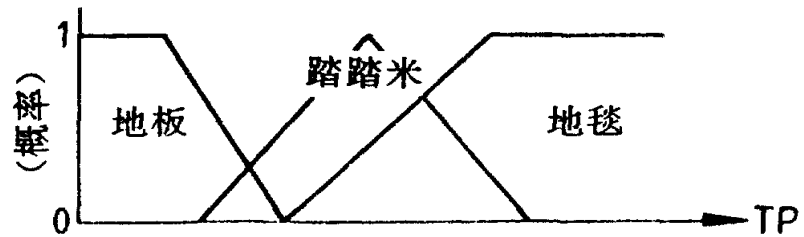


图 27(a) 分布 SM

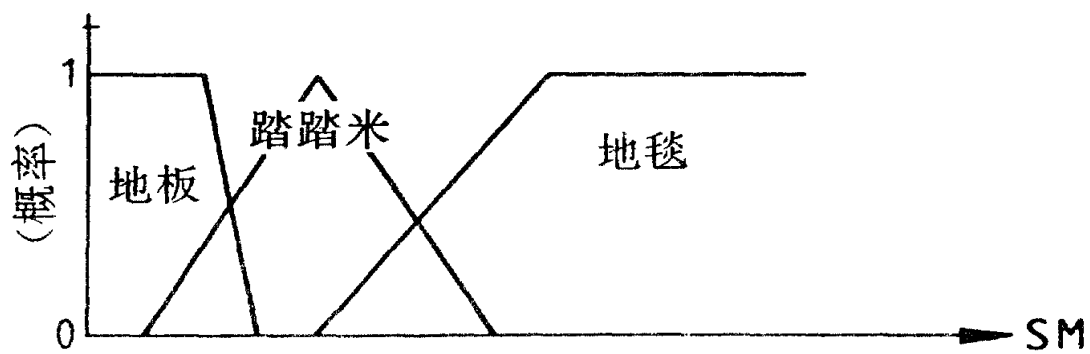


图 27(b) 电流变化幅度  $\Delta p_{bi}$

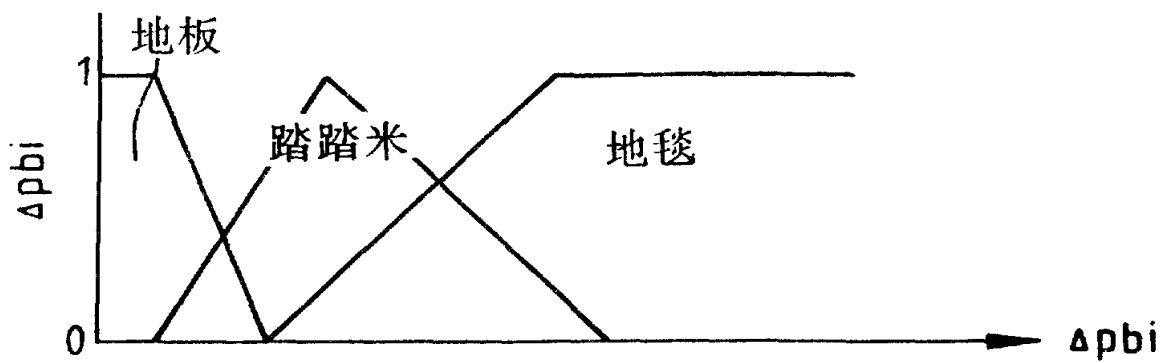


图 28

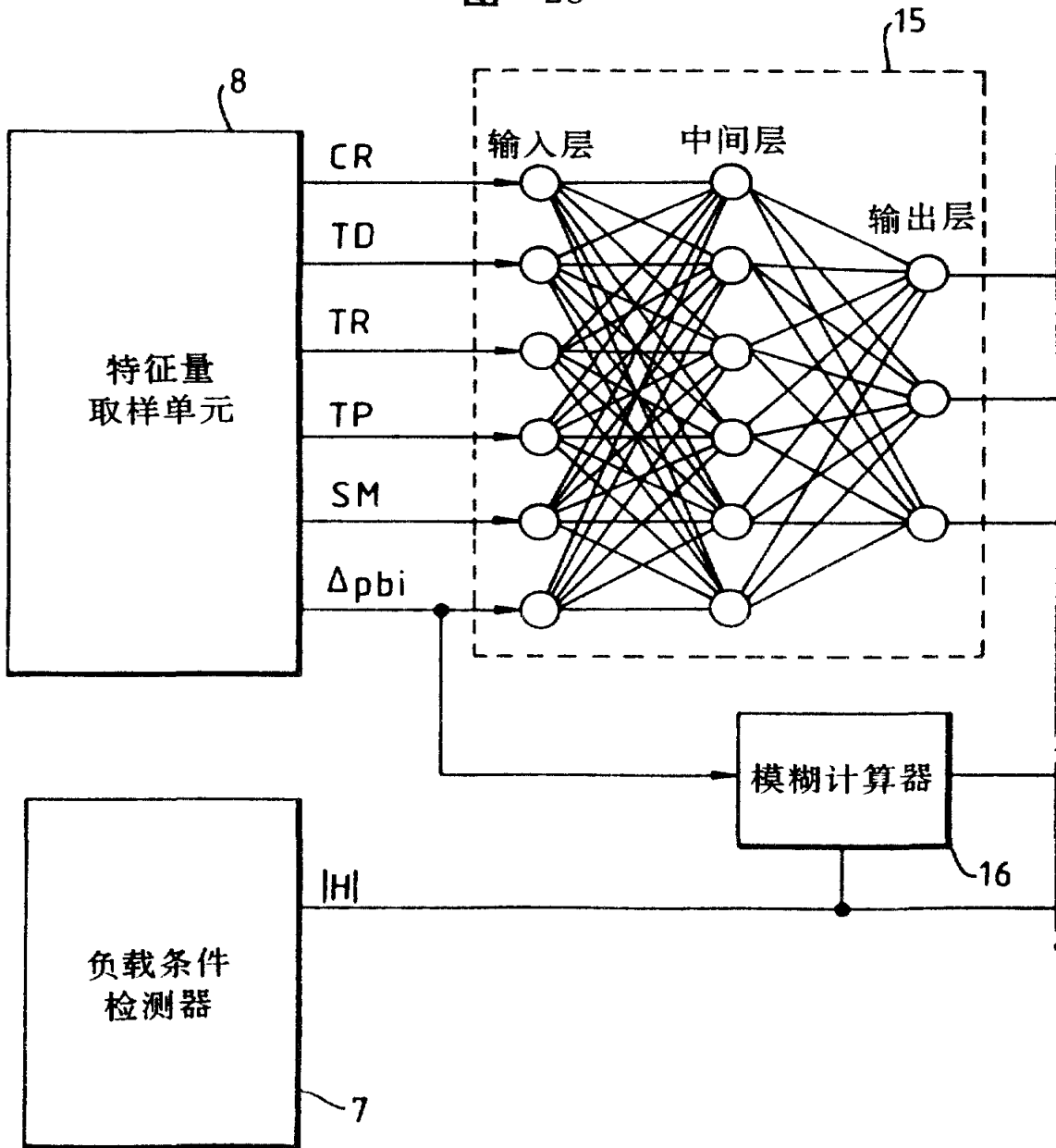


图 28(续)

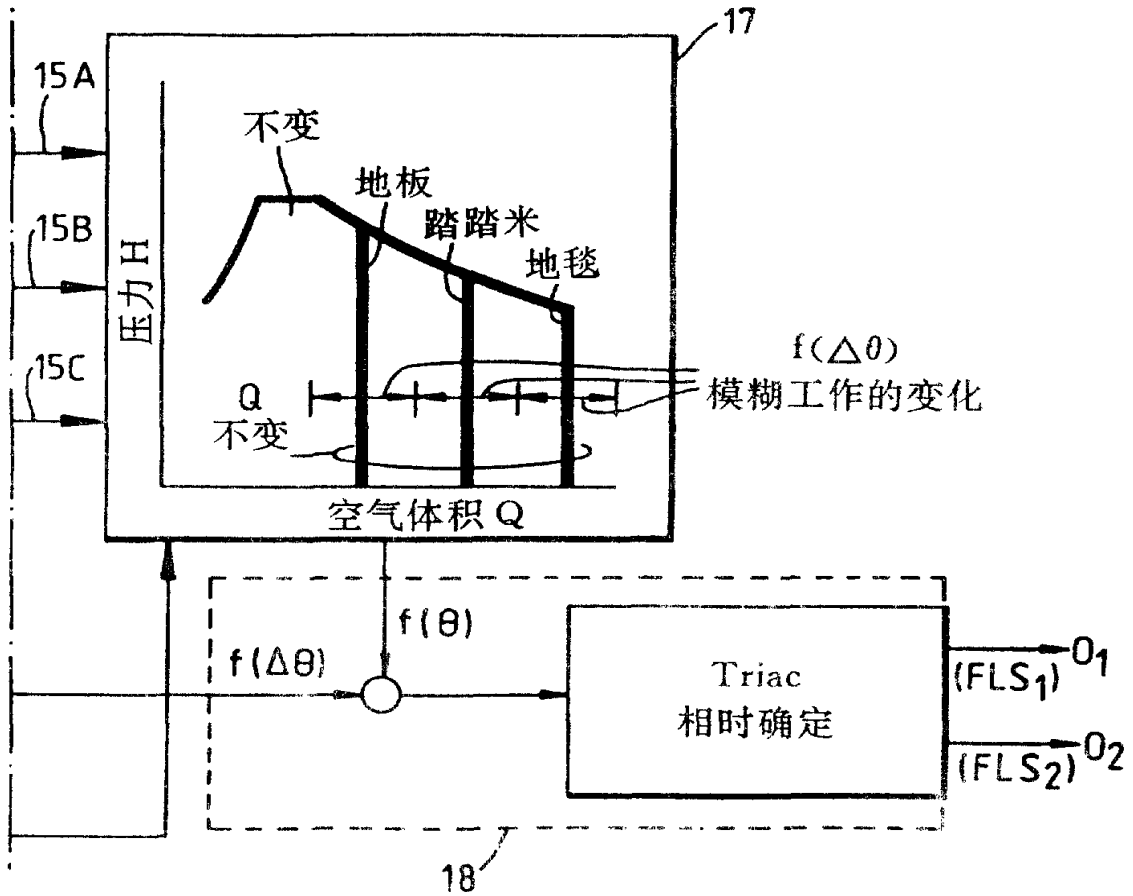
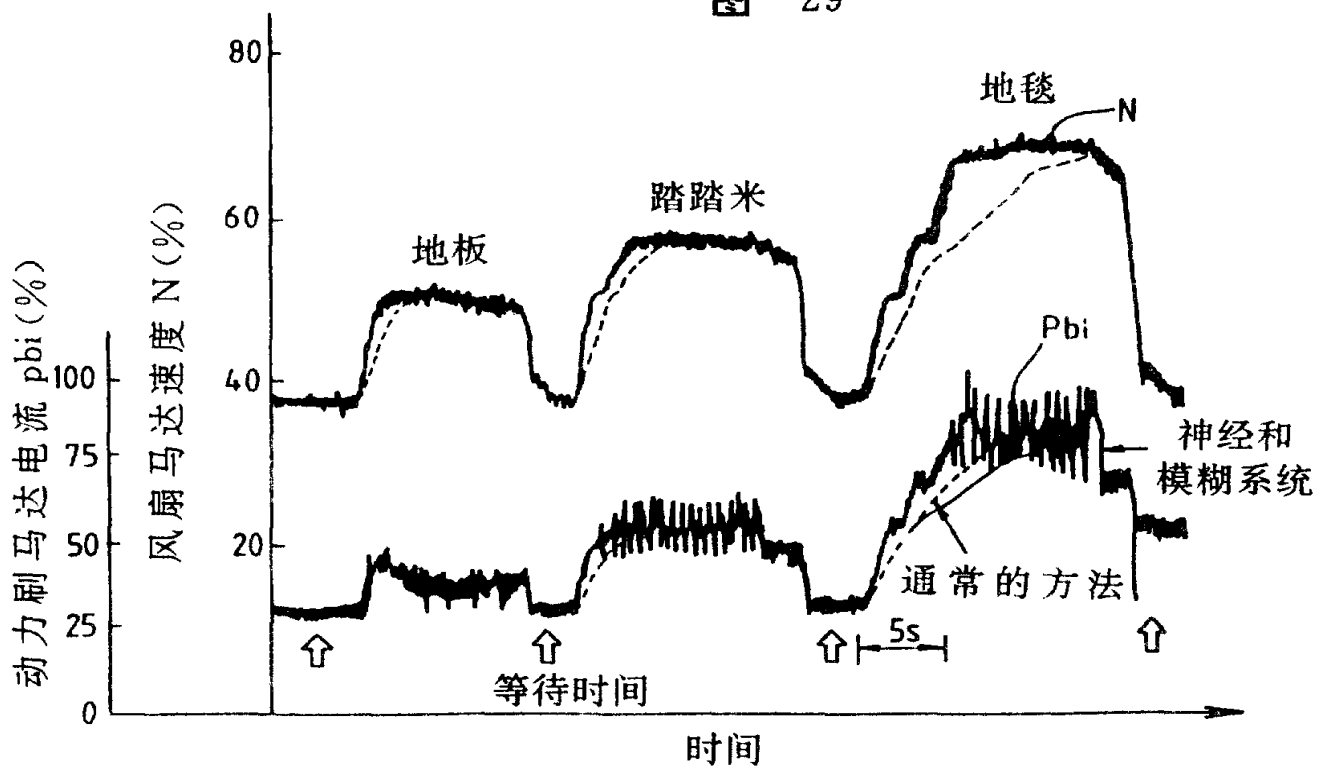
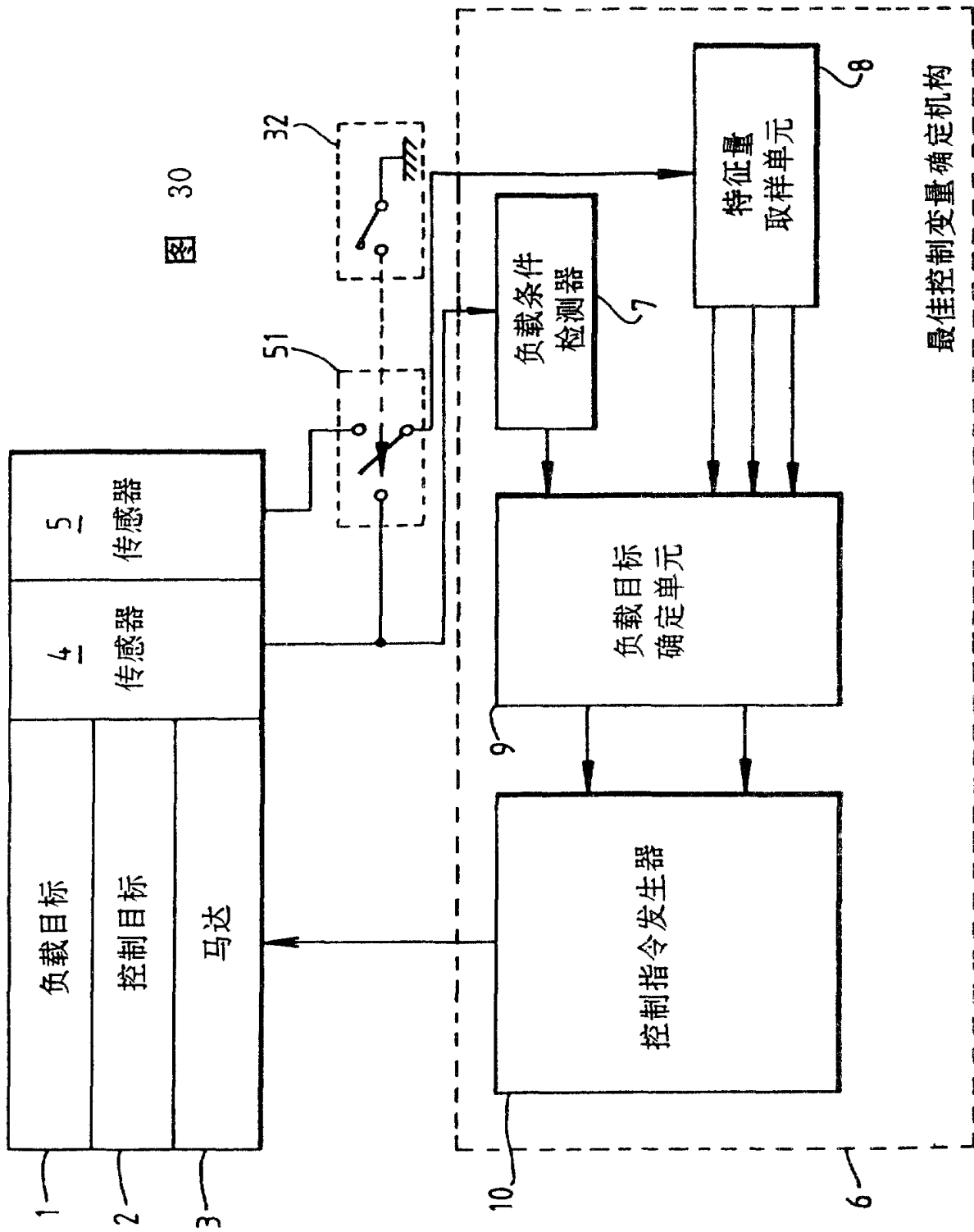


图 29





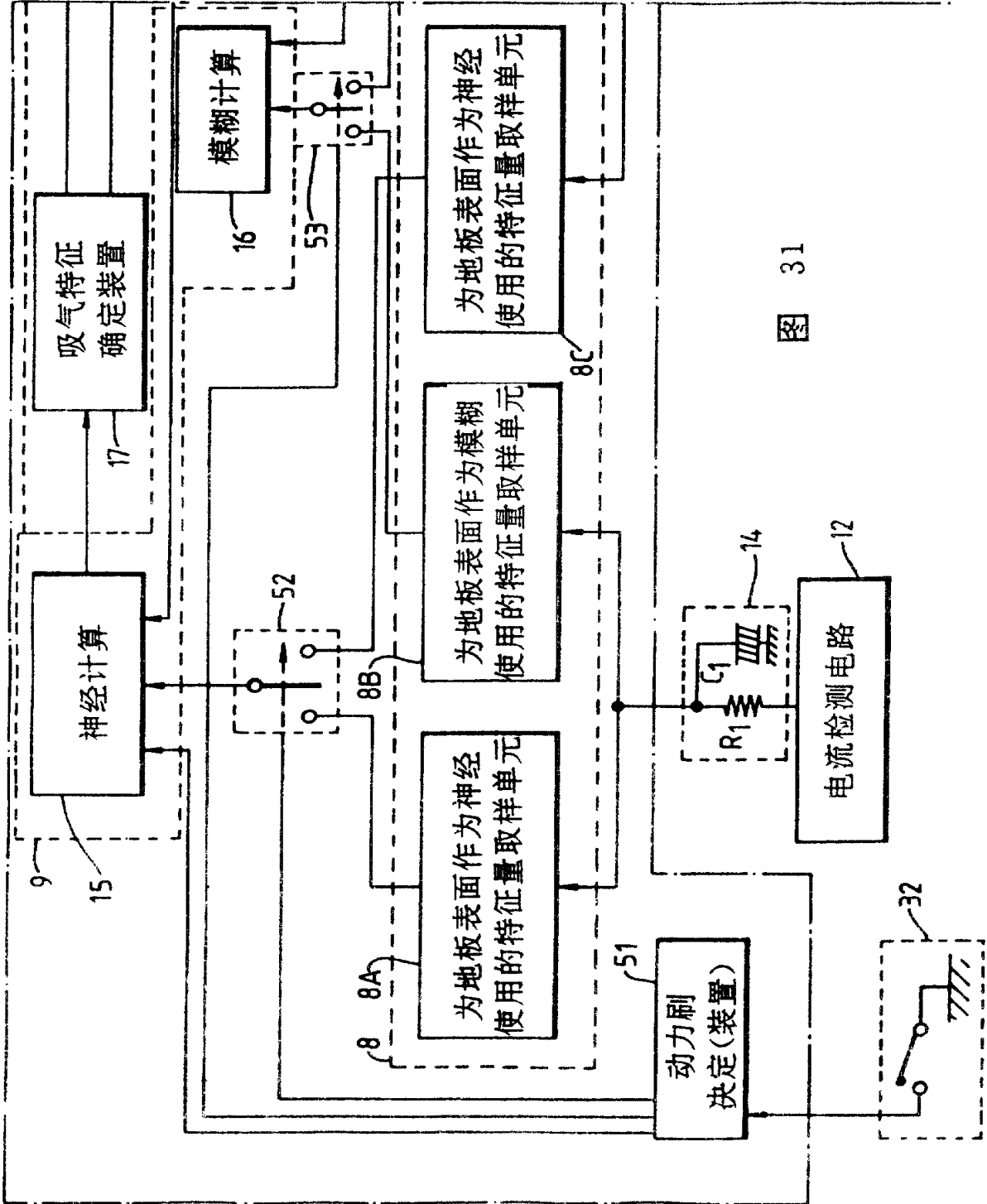


图 31

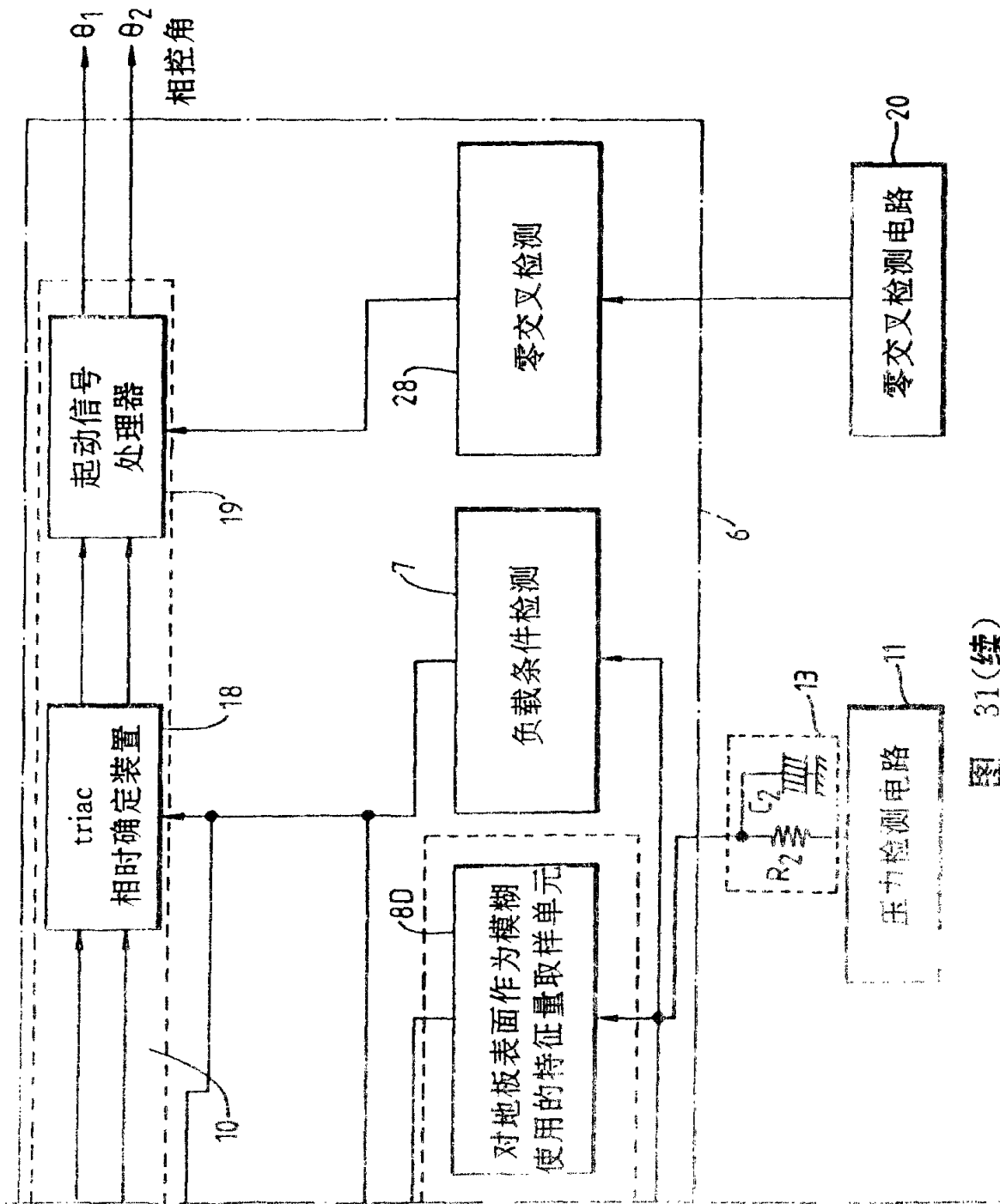


图 31(续)

图 32

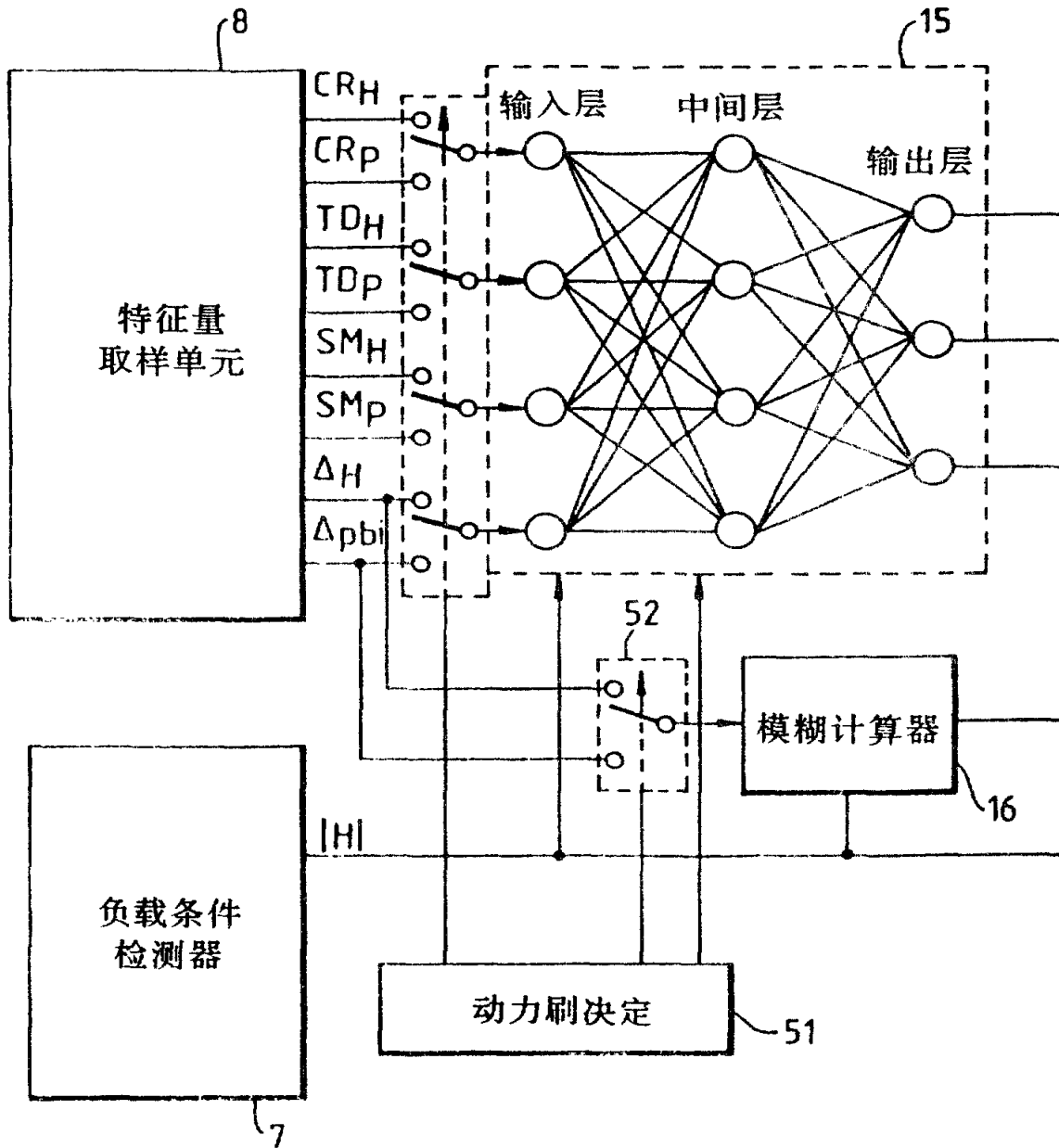


图 32(续)

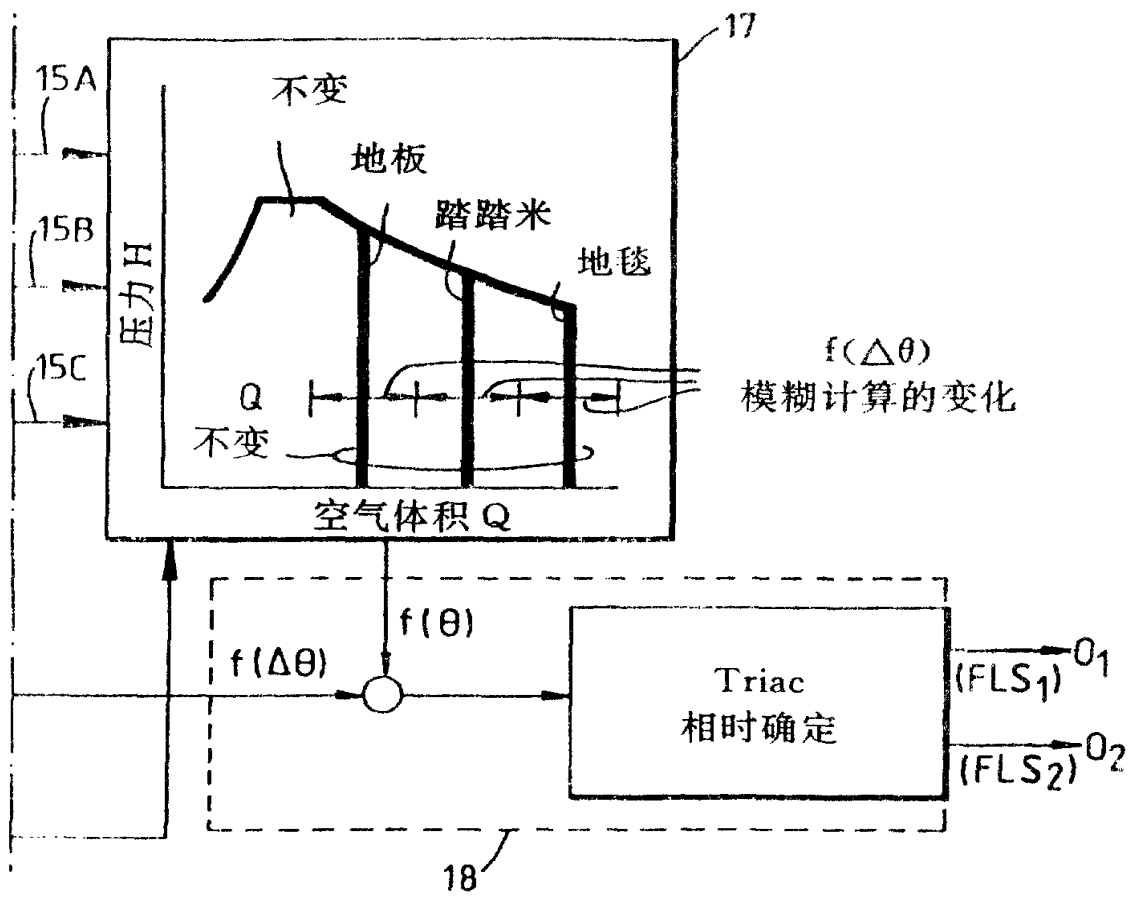


图 33

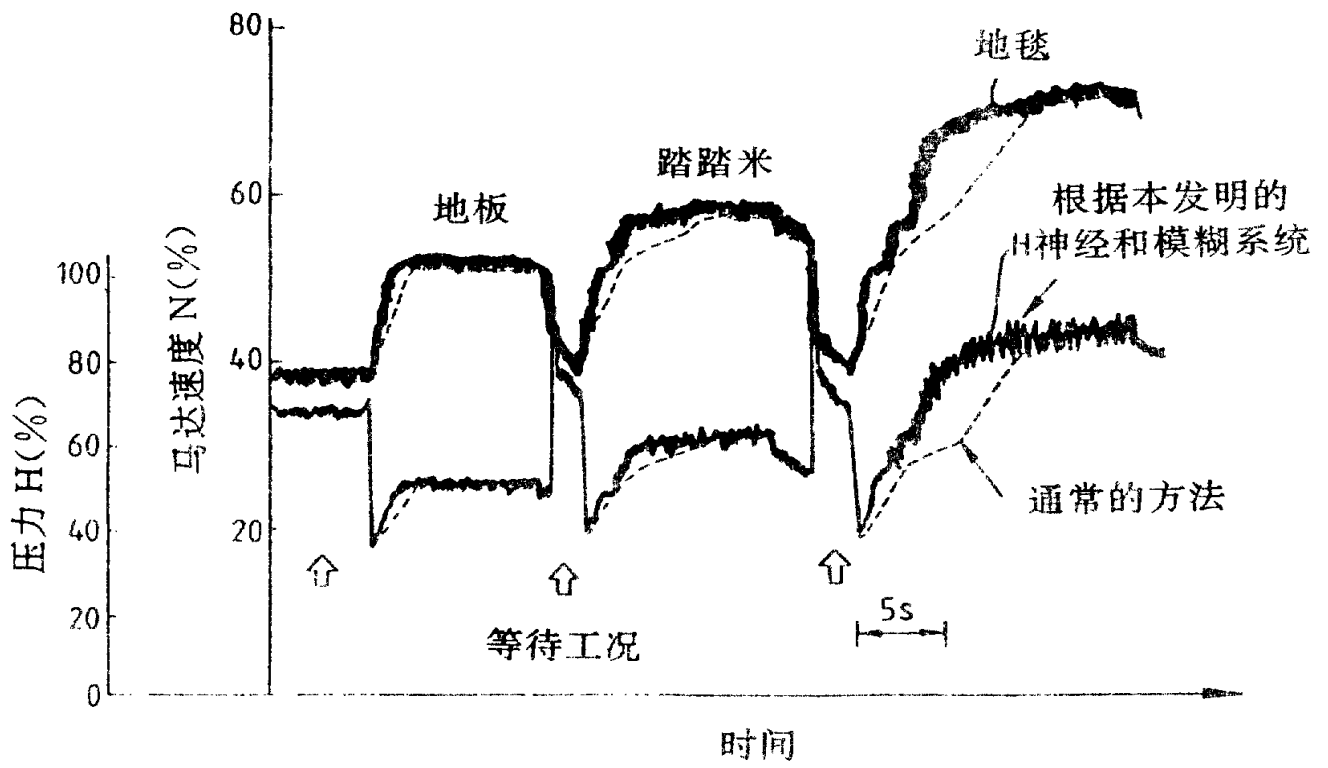


图 34

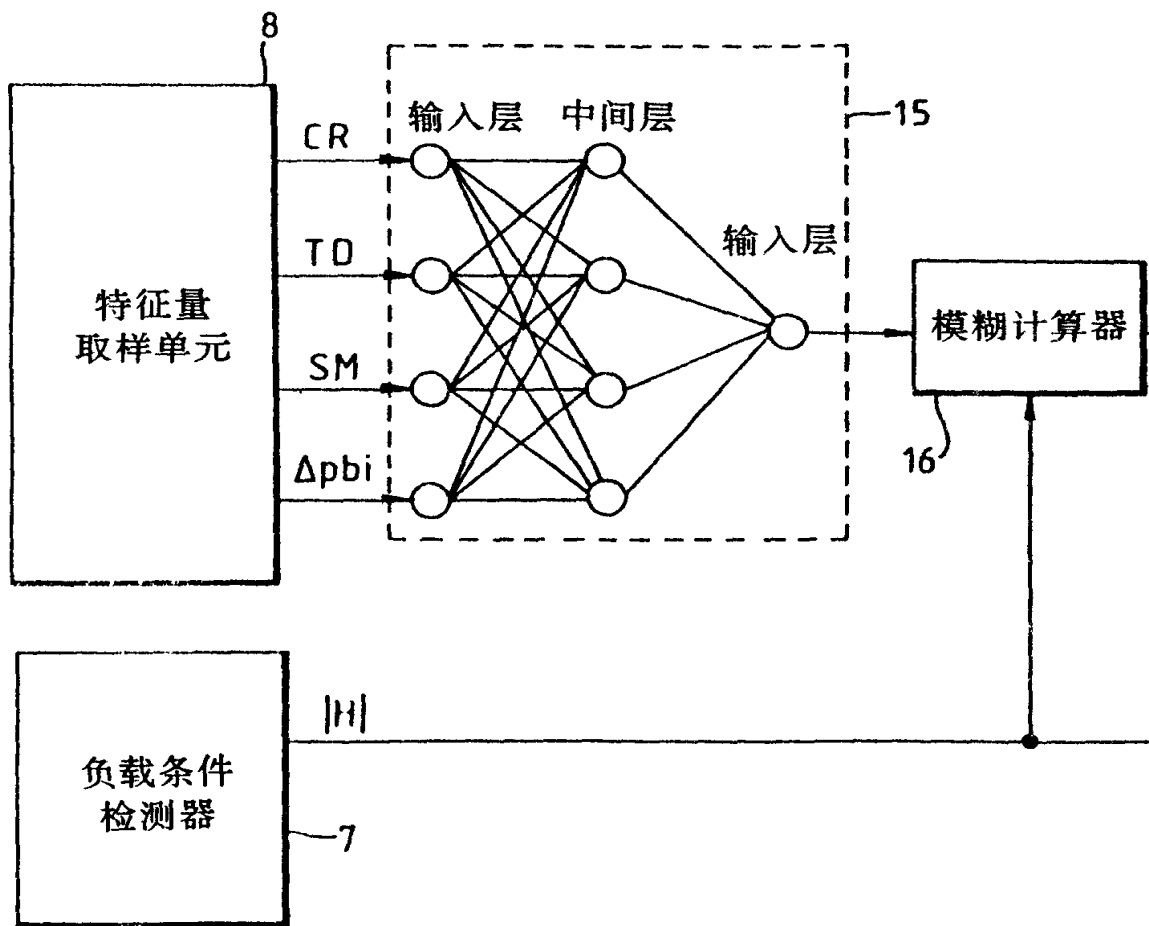


图 34(续)

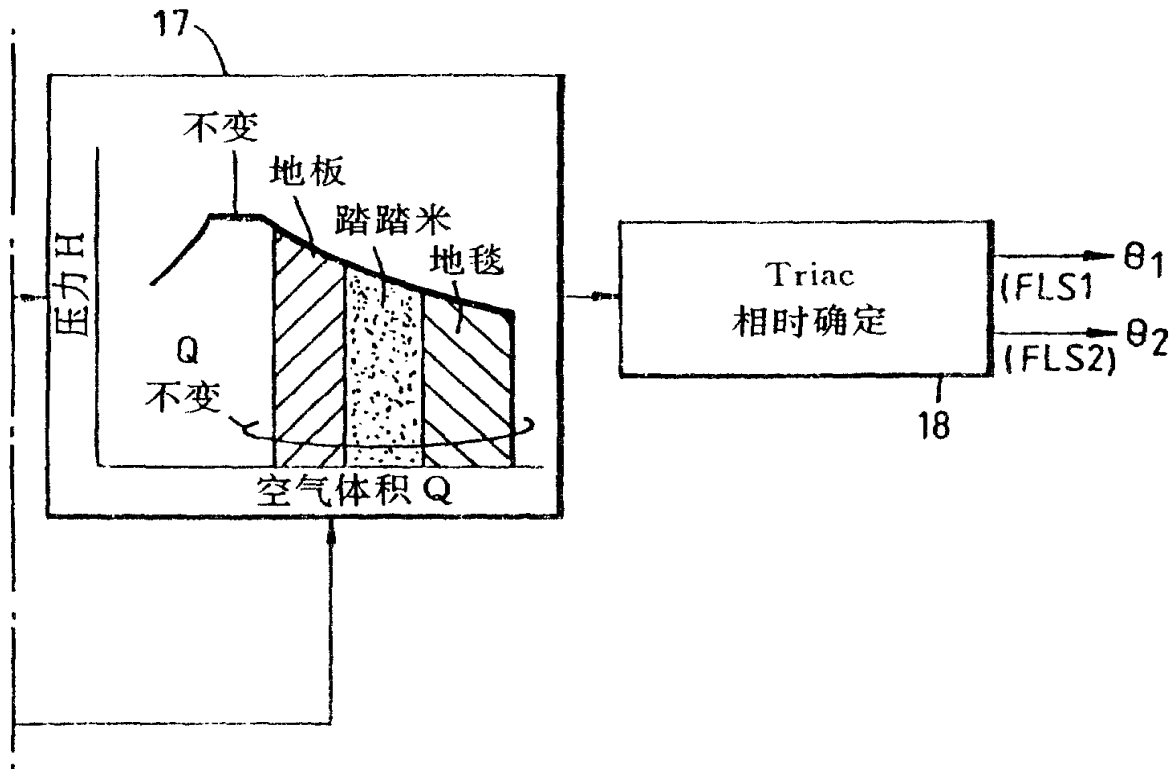
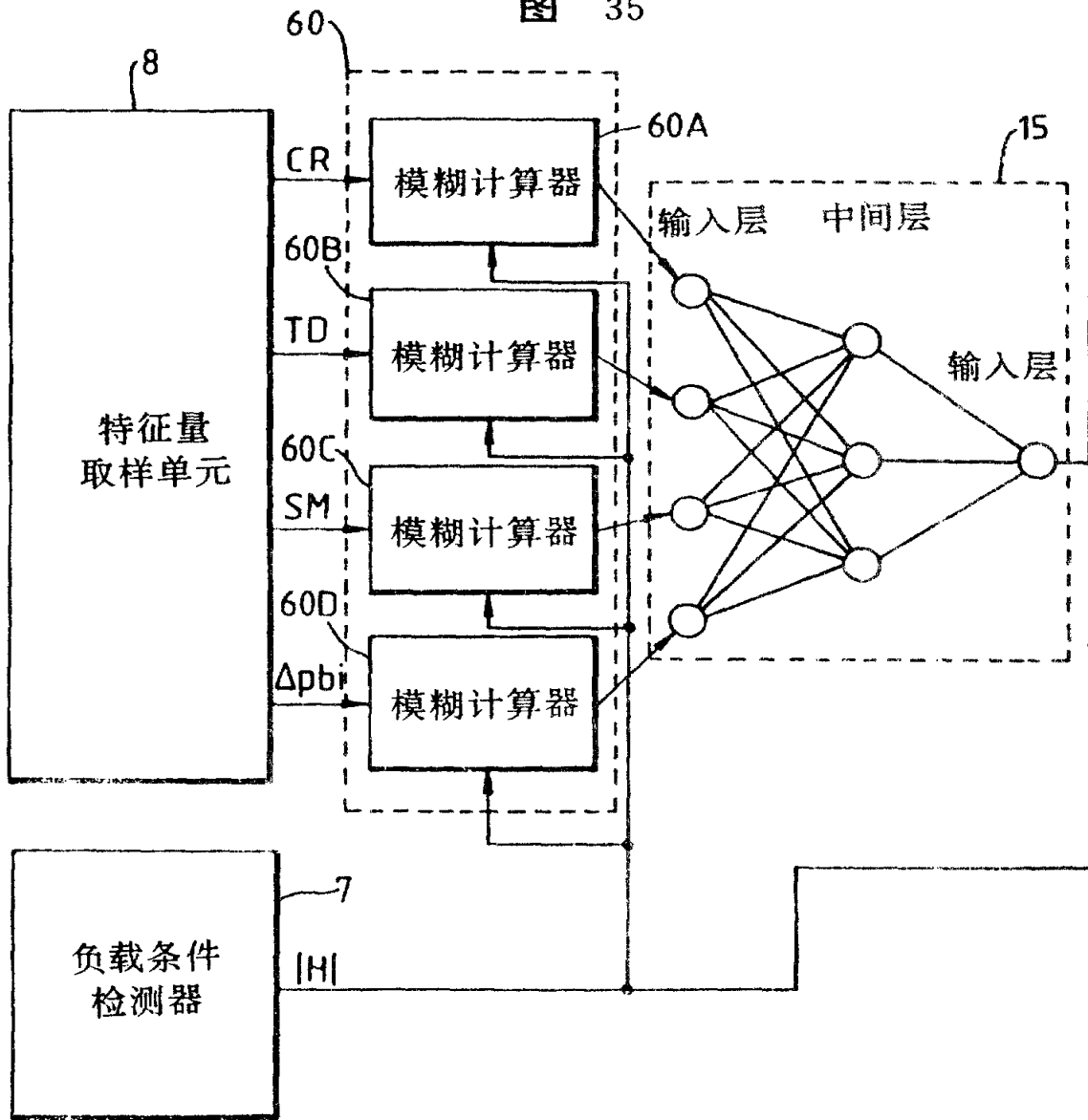


图 35



17 图 35(续)

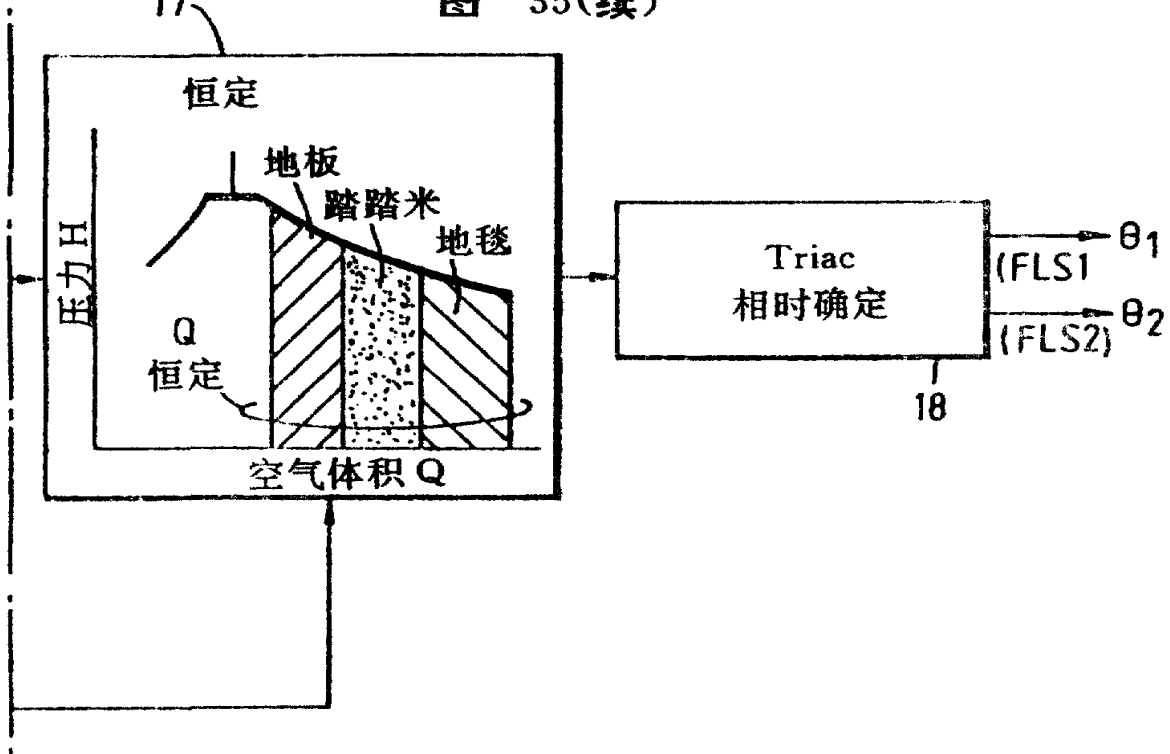


图 36

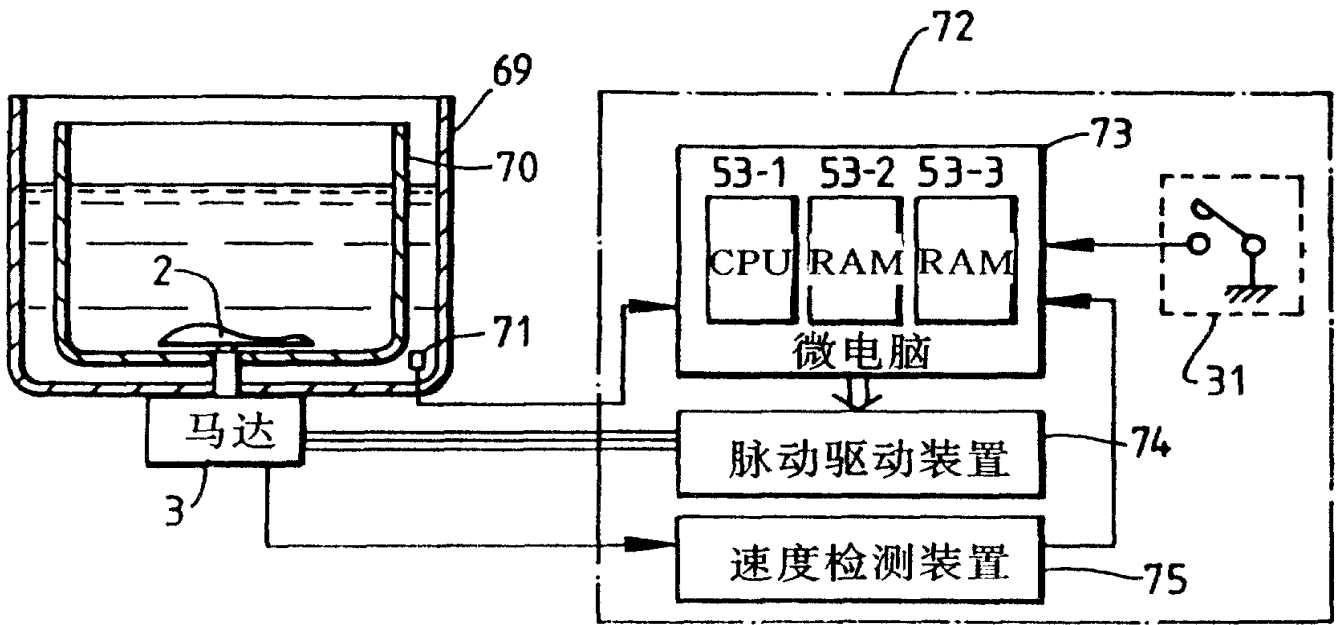


图 37

