

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01F 1/68 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580015268.1

[45] 授权公告日 2009年3月25日

[11] 授权公告号 CN 100472183C

[22] 申请日 2005.3.17

[21] 申请号 200580015268.1

[30] 优先权

[32] 2004.3.17 [33] US [31] 10/803,149

[86] 国际申请 PCT/US2005/008909 2005.3.17

[87] 国际公布 WO2005/089432 英 2005.9.29

[85] 进入国家阶段日期 2006.11.13

[73] 专利权人 麦克米伦公司

地址 美国德克萨斯州

[72] 发明人 R·M·麦米兰 R·劳

[56] 参考文献

US5036701A 1991.8.6

US6032525A 2000.3.7

CN1245285A 2000.2.23

US5092170A 1992.3.3

审查员 刘 斌

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 杨 凯 陈景峻

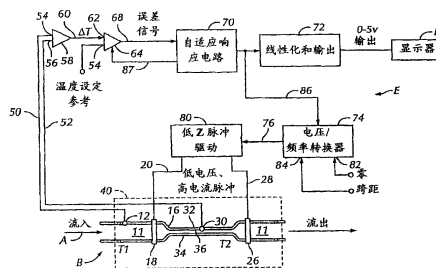
权利要求书 4 页 说明书 14 页 附图 9 页

[54] 发明名称

利用热导管壁测量和控制低流体流率

[57] 摘要

低流率流体的流在流率感测组件中测量和控制，而并不在流体流的通路中引入测量装置。流率感测组件容纳在外壳中以减少环境和流体温度的变化对所获取的测量值的影响。在流体流穿流率感测组件中的管道时，将管道加热以分配热给流体。以流体流的方向沿着管道在彼此隔开的位置附着热传感器以感测温度。对加在管道的热量进行控制以在热传感器之间保持已确定的温度差。对所加的热量进行测量以提供流体流率的精确的成比例的指示。



1. 一种用于测量流体流量的系统，包括：

流量感测组件；

控制机构，所述控制机构用于获取提供给电功率施用器的功率电平的测量值并在隔开的位置之间保持所述已确立的温度差；以及

指示器机构，所述指示器机构对所述控制机构做出响应并在由所述控制机构所获取的测量值的基础上提供流体流率的量度；

其中所述流量感测组件进一步包括：

导管，所述导管具有用于容纳和传输所述流体的壁；

至少两个热探测器，所述热探测器安装在所述导管壁上彼此隔开的位置并在所述隔开的位置测量所述流体和导管的温度；

至少两个电功率施用器，所述电功率施用器安装在所述导管上的不同位置并允许电流在所述导管壁中流动，以将所述导管中的流体加热并在所述隔开的位置之间保持已确立的温度差；

外壳体，所述外壳体具有容纳在其中的所述流量感测组件。

2. 如权利要求 1 所述的系统，其中：

所述外壳体由导电材料形成。

3. 如权利要求 2 所述的系统，其中：

所述外壳体由金属形成。

4. 如权利要求 3 所述的系统，其中：

所述外壳体中的金属包括铝。

5. 如权利要求 1 所述的系统，其中：

第一热探测器安装在所述导管上，并且从流体流方向看在所述功率施用器的上游位置。

6. 如权利要求 1 所述的系统，其中电功率施用器包括第一和第二电功率施用器，所述第一和第二电功率施用器安装在所述导管上彼此

隔开的位置，且进一步包括：

第二热探测器安装在所述导管上并位于所述第一和第二电功率施用器的位置之间。

7. 如权利要求 6 所述的系统，其中：

所述第二热探测器安装在所述导管上所述第一和第二电功率施用器位置间的中间。

8. 如权利要求 1 所述的系统，其中所述导管壁在所述电功率施用器安装的位置之间具有扁平的椭圆形截面形式。

9. 如权利要求 1 所述的系统，还包括：

热交换器构件，所述热交换器构件沿着所述导管在所述外壳体中的范围的至少一部分容纳所述导管。

10. 如权利要求 9 所述的系统，还包括：

绝缘套筒，所述绝缘套筒安装在所述外壳体中所述导管与所述热交换器构件之间。

11. 如权利要求 1 所述的系统，还包括：

电导体，所述电导体将所述热探测器连接到所述控制机构；和接线盒，所述接线盒位于所述外壳体上并用于将所述电导体与其安装在一起。

12. 如权利要求 1 所述的系统，其中所述热探测器包括热电偶。

13. 如权利要求 12 所述的系统，还包括：

放大器，所述放大器形成由所述热探测器热电偶所感测到的温度中的差异的量度。

14. 如权利要求 1 所述的系统，还包括：

比较器，所述比较器形成代表温度差异的变化的信号，所述温度差异由所述热探测器从已确立的温度差中测得。

15. 如权利要求 1 所述的系统，其中所述控制机构包括：

自适应响应电路，所述自适应响应电路形成对所述温度差异的变化的指示。

16. 如权利要求 15 所述的系统，还包括：

驱动电路，所述驱动电路将电流脉冲加到所述电功率施用器。

17. 如权利要求 16 所述的系统，还包括：

自适应响应电路，所述自适应响应电路以所述温度差异的变化为基础向所述驱动电路提供控制信号。

18. 一种用于以测得的流率控制流体流量的系统，包括：

流量感测组件；

控制机构，所述控制机构用于获取提供给电功率施用器的能量数量的测量结果并在隔开的位置之间保持所述已确立的温度差；

指示器机构，所述指示器机构对所述控制机构做出响应并在由所述控制机构所获取的测量结果的基础上提供流体流率的量度；以及

节流阀，所述节流阀对流体流率的量度做出响应以控制导管中流体的流量；

其中所述流量感测组件进一步包括：

导管，所述导管具有用于容纳和传输所述流体的壁；

至少两个热探测器，所述热探测器安装在所述导管壁上彼此隔开的位置并在所述隔开的位置测量所述流体和导管的温度；

至少两个电功率施用器，所述电功率施用器安装在所述导管上并允许电流在所述导管壁中流动，以将所述导管中的流体以确立的温度差加热并保持已确立的温度差；

外壳体，所述外壳体具有容纳在其中的所述流量感测组件。

19. 一种用于测量导管中的流体流量的系统，包括：

至少两个热探测器，所述热探测器安装在所述导管上彼此隔开的位置并在所述隔开的位置测量所述流体和导管的温度；

放大器，所述放大器形成由所述热探测器所感测到的温度中的差异的量度；

比较器，所述比较器形成代表温度差异的变化的信号，所述温度

差异由所述热探测器从已确立的温度差中测得;

至少两个电功率施用器,所述电功率施用器安装在所述导管上的不同位置并允许电流在所述导管壁中流动,以将所述导管中的流体加热并在所述隔开的位置之间保持已确立的温度差;

控制机构,所述控制机构用于获取提供给所述功率施用器的电功率电平的结果并在所述隔开的位置之间保持所述已确立的温度差;以及

指示器机构,所述指示器机构对所述控制机构做出响应并在由所述控制机构所获取的测量结果的基础上提供流体流率的量度。

20.如权利要求19所述的系统,其中所述控制机构包括:

自适应响应电路,所述自适应响应电路形成所述温度差异的变化的指示。

21.如权利要求19所述的系统,还包括:

驱动电路,所述驱动电路将电流脉冲加到所述电功率施用器。

利用热导管壁测量和控制低流体流率

相关申请

本申请按照 35 U. S. C. § 119 (e) 要求于是 2004 年 3 月 17 日提交的、序列号为 10/803,149、发明名称为“High Accuracy Measuring and Control of Low Fluid Flow Rates (低流体流率的高精度测量和控制)”的美国专利申请的权益，该申请通过引用结合于本发明之中。

发明背景

技术领域

[0001] 本发明通常涉及放射治疗，更明确地来讲涉及肿瘤的适形放射治疗，特别是涉及适形放射治疗的放射治疗处理计划系统、方法和器械。

背景技术

[0002] 如果利用常规的流量传感器进行导管中流体的流量或流率的测量，特别是非常低的流体流率的流体的测量，一直以来是一个问题。在非常低的流量时，许多流体传感器不能够正常工作。例如，由于在流体中没有足够的能量来转动叶轮，所以诸如涡轮机叶轮流量传感器这样的速度流量计就会停止工作。差压流量传感器有时能够在低流量时工作，但如果在流体中有悬浮颗粒时，低流量所要求的较小流孔一直以来易于堵塞。此外，穿过流孔的压降也可能会很大。

[0003] 大多数热流量传感器具有温度感测机构，这种温度感测机构作为电阻桥电路或者作为整个温度变化区域的一部分，因此，流量的改变对传感器的两个半部分具有相同且相反的影响。这可对传感器的范围具有有限的影响，且环境温度的改变可影响精度。

[0004] 一直以来在某些情况下试图采用专业流量感测技术。例

如，美国专利 No. 5, 035, 138 将用特殊合金形成的电阻材料用作气体所流过的管道或导管。选择这种特殊的合金是因为其高电阻率和高温电阻系数。将电压差加在电阻合金导管上限定的位置。导管的电阻材料用于根据所加的电压差将在导管中流动的流体加热。电阻合金材料管道既将流体加热也作为流动条件指示器。管道壁的隔开的部分用作温度敏感电阻器，这种温度敏感电阻器将电压差转变成穿过变化的管道的流率。该专利的流量传感器要求流体管道或导管用特殊电阻合金形成，这种特殊电阻合金在随着温度变化的电阻值中具有大的变化。

发明内容

[0005] 简要地来讲，本发明提供一种新的经过改进的系统，这种系统用于测量传送流体的导管中流体的流量。该系统包括容纳在外壳中的流量感测组件，该外壳减少不希望的温度对流量感测测量的影响。该流量感测组件包括一组至少两个热探测器，该组探测器安装在流量感测组件中的导管上，并位于导管上彼此隔开的位置。热探测器测量流体和处于隔开位置的导管的温度。一组至少两个功率施用器被安装在导管上并位于沿着导管的不同位置。这些功率施用器将电流脉冲形式的电能加在导管上，以不同位置之间确立的温度差将导管和导管中的流体加热。控制机构测量提供给功率施用器的功率电平以保持确立的温度差，并因此以由控制机构所测得的能量为基础提供流率指示。

[0006] 本发明也适用于以测得的流率控制流体的流动。提供对流体流动的量度做出响应的节流阀，以在所测得的流体流率的基础上将流体的流动控制在所希望的流率。

[0007] 本发明并不要求在导管中的流体流动路径中放置任何感测装置，并因此而为导管提供了一种直通流动设计。本发明仅要求用于流率测量的小的温度差，且并不使温度敏感流体退化。

[0008] 本发明还在进行流率测量的同时产生相对较低的压降。根据本发明对其中的流动进行测量的导管用导电材料如不锈钢形成，且

导管的内部可用适当的防腐合成树脂膜涂覆。

附图说明

[0009]图 1 是以部分截面截取的根据本发明的流率传感器的侧视图。

[00010]图 2 是图 1 中的流率传感器中的导管的平面图。

[00011]图 3 是沿图 2 中的线 3-3 截取的截面图。

[00012]图 4 是图 1 中的流率传感器的电路的电子元件的功能性框图。

[00013]图 5 是按照本发明的流量控制系统的功能框图。

[00014]图 6 是图 4 中的电路的自适应响应单元的示意图。

[00015]图 7 是图 4 中的电路的脉冲驱动单元的示意图。

[00016]图 8A、8B、8C 和图 9A、9B、9C 以及图 10A、10B 是示出根据本发明的流率传感器的性能的曲线图。

[00017]图 11 是以部分截面截取的根据本发明的流率传感器的另一个实施例的正视图。

[00018]图 12 是本发明的流率传感器的几个部分的示意性电路图。

具体实施方式

[00019]在附图中，字母 S 通常表示根据本发明的用于测量流体流量的系统，流体流量以箭头 A 的方向穿过导管 C，导管 C 容纳在外壳体 B 中。流体可以是气体或液体，且本发明特别适用于测量导管 C 中的流体的低流率。正如将在下面进行描述的那样，本发明中的系统 S 可感测流体（如气体或液体）的毫米/分钟流率。

[00020]导管 C 包括入口区段 10，该入口区段 10 用于根据本发明进行测量的流体的进入流量。导管 C 用具有低电流电阻的常规不锈钢制成，如 304 或 316 不锈钢。这种材料具有低的电阻热系数，并将导管 C 的电阻随温度变化的变化减到最小。入口区段 10 的截面呈圆柱形，以使流体在由圆柱形管状壁 10a 所包围的内通道 11 中流动。在

本发明的一个实施例中，入口区段 10 的外径为 0.127 厘米（即 0.050''）、内尺寸为 0.0508 厘米（即 0.02''）。如果根据本发明对其流率进行测量的流体是腐蚀性流体，那么导管 C 的内壁 10a 可用适当的防腐材料涂覆或者可装有用适当的防腐材料制成的套筒，如氟化烃或其它防腐合成树脂涂层。

[00021] 利用适当的技术将第一热探测器或热电偶 12 或能够形成所感测到的温度的电指示的其它适当的热感测装置附在入口区段 10 上。热电偶 12 感测管道入口区段 10 和在系统 S 中进行测量的进入流体的环境或参考温度。传热区段 14 以流体流在导管 C 中入口区段 10 的转换区 16 的下游方向形成。在转换区 16 中，导管 C 从圆柱形或管状截面改变成更好地适用于传热的一种截面，这一点将在下面进行描述。

[00022] 利用例如夹紧或激光焊接或类似的技术在导管 C 的传热区段 14 上形成以蒙奈尔（Monel）焊片或其它适当的连接器形式的功率施用器电触点 18。触点 18 与区段 14 机械和电接触，以通过电导体 20 连接到系统 S 的电子控制电路 E（图 1 和图 3）。在优选实施例中，导体 28 是铜编织导体，但应能够理解也可使用其它适当的电导体。对于本发明来讲，参考温度感测热电偶 12 位于传热区段 14 之外并位于其上游。

[00023] 导管 C 的传热区段 14 从转换区 16 延伸到第二转换区 22，第二转换区 22 与圆柱形出口部分 24 连通。导管 C 在第二转换区 22 恢复到圆柱形截面。在形式上与电触点 18 相同或类似的功率施用器电触点 26 以与邻接于转换区 22 和出口部分 24 的触点 18 相当的方式在导管 C 上形成。通过在形式上与导体 20 相同或类似的导体 28 将电触点 26 连接到电子电路 E。第二热探测器或热电偶 30 或与热电偶 12 的类型相同或相当的其它适当的热感测装置安装在导管 C 上。

[00024] 在优选实施例中，第二热探测器热电偶 30 安装在导管 C 上，并位于施用器电触点 18 和 26 的位置之间。本发明已发现优选的

位置是位于施用器电触点 18 和 26 的中间,或者大体上在传热区段 14 的中心位置。第二热探测器 30 位于沿着传热区段 14 与热电偶 12 适当隔开的位置,以感测导管 C 的温度,并且在允许可测温度差存在的位置处测量导管 C 中的流体的温度。第二温度传感器热电偶 30 探测传热区段 14 的任何温度上升。因此,对于已确定的或已知的温度上升来讲,差分响应对进入系统 S 的流体的环境温度的变化并不敏感。这一点连同前面所描述的导管 C 的不锈钢材料使得传感器的输出对流体的环境温度的变化不太敏感。这与流量传感器形成了对比,流量传感器在传热速度随着流体流率变化时依赖于感测元件的电阻的变化。

[00025]正如将在下面进行描述的那样,电流流过导管 C 的壁中的电触点 18 和 26 之间的传热区段 14,以在导管 C 上的热电偶 12 和 30 的隔开的位置之间保持规定的温度差。

[00026]可在从转换区 16 到转换区 22 的传热区的整个范围之内利用压力或其它适当的机构将传热区段 14 变平,以使从导管 C 到其中所含的流体的传热更加有效。例如,可从圆柱形或管状入口和出口区段 10 和 24 的小于 2.54 厘米(1 英寸)(优选约 1.016 厘米,即 0.40 英寸)的整个长度将传热区段 14 变平。所导致的传热区段的截面是变平的椭圆形,并且具有横向范围,如大体上平的上壁 32 和 34 所示。上壁 32 和下壁 34 在其端区段由弓形侧壁 35 (图 3) 连接,弓形侧壁 35 在变平的内通道 36 周围,通道 36 的宽度为 0.11684 厘米(即 0.046'')、高度为 0.0508 厘米(即 0.020'')。如果需要,根据所要求的传热量,传热区段不必完全变平而成为变平的椭圆形,而可以是更像卵形的椭圆形。

[00027]传热区段 14 的构造改进了导管 C 的壁的热承载块与流体通道 36 之间的热接触,并且在流体穿过传热区段 14 时在导管 C 中提供流体的均匀性。正如可注意到的那样,传热区段 14 的变平截面构造可以是任何适当程度的卵形或椭圆形,以实现所希望的传热,而不在可达所测量的流体中预期的最大流率的整个流体流率范围之内

产生明显的压降。

[00028] 流量感测组件 S 整体容纳在外壳体 B 的导电金属（优选为铝）的方块外壳 40（图 11）中。流导管 11 是在方块 40 的一侧具有入口且在方块 40 的相对一侧 40b 具有出口的贯通管道。流导管 11 完全容纳在方块 40 中且并不伸到方块 40 的界线之外。正如可在前面所注意到的那样，流管 11 没有附在外面的加热器。相反，通过将电连接器 18 和 26 机械地和电地附在导管 C 上来实现加热机构。导管 C 由箍 42a 和 42b 在两端支撑。箍 42a 和 42b 是适当的绝缘性合成树脂、PTFE 或石墨类材料，二者都是良好的绝缘体。

[00029] 流导管 11 经受连接器 18 和 26 之间的电能脉冲。不过，流导管 11 由绝缘箍 42a 和 42b 与方块隔离。而且，流导管 11 整体容纳在铝方块 40 的块体之中。因此，没有向方块 40 外面的任何实体的电传导。

[00030] 进一步来讲，应没有电流通过导管 11 中的流体介质传导到外部环境中。如果流体介质是诸如 DI 或去离子水这样的液体，那么水的电阻非常高且没有穿过水的电通路出现。如果流体介质是导电性更强的液体如酸，那么流体导管 11 可像在前面所注意到的那样具有附在导管 11 的内壁上的防腐和绝缘材料，如 PTFE 或相当的合成树脂涂层。这种类型的合成树脂涂层既提供电气绝缘又可防腐。为了进行外部连接而使用合成树脂管道也会减少任何漏泄电流。

[00031] 此外，有可能会导入导管 11 中的液体中的任何小电流在流体经过并与不锈钢管件 41a 和 41b 接触时被传导到地面，不锈钢管件 41a 和 41b 位于流导管 11 的进口 11a 和出口 11b 处。管件 41a 和 41b 与方块 40 电和机械接触。

[00032] 热交换器缸体 43 位于流导管 11 的入口部分 11i 附近且在热探测器热电偶 12 之前。热交换器体 43 由适当的材料形成，如铝或类似的材料。热交换器体由薄的绝缘壁区段或 PTFE 或其它适当的合成树脂制成的管道 44 与导管电绝缘。管道 44 放置在导管 11 的外

表面与圆柱形热交换器 43 的内表面之间。如果需要,可用散热化合物填充热交换器 43 与管道 44 之间的任何空隙空间。这样做是为了在热交换器与导管之间提供紧密的热耦合。

[00033]对于进入流量传感器的进口 11a 的与环境温度或流量传感器方块 40 的温度不同的流体来讲,热交换器 43 允许流体的温度在不晚于流体到达温度传感器 12 时与方块 40 的温度达到平衡。热交换器缸 43 插入铝方块 40 中并与之紧密热接触。

[00034]温度传感器 12 和 30 电连接到连接器接线盒 45。正如在前面所注意到的那样,在线路 50 和 52 所逐渐形成的 ΔT 信号是源自温度传感器 12 和 30 所逐渐形成的减电压 (subtracted voltage) 的电压。接线盒 45 安装在铝方块 40 中的凹入位置。可能存在的或跨过接线盒连接 45a 和 45b 所加的任何温度梯度都可能会导致热电偶铜线线结作为新的热电偶结,这种新的热电偶结可导致 ΔT 信号中的误差。在方块 40 中提供接线盒 45 的位置以避免这种信号误差。

[00035]将流量传感器导管 11、热电偶热传感器 12 和 30 以及接线盒 45 凹进铝方块 40 的适当形成的感受器腔中。铝方块 40 具有足够的质量以使导管、热传感器和接线盒在环境和/或流体温度变化时经历最小的温度分布梯度。因此,来自流量传感器的输出测量结果的精度并不受到外部环境条件的影响。设有容纳图 11 中的在各自的腔中的元件的盖板。这样,就将铝方块 40 的每个腔中的内容物用盖板密封,这种盖板由六邻体类 (lexon-type) 合成树脂或其它适当的材料构成。

[00036]或者,导管 C 可位于外部外壳内,以使流体的流动横跨导管 C 的整个外表面。优选该外表面用前面所述的适当的防腐材料涂覆。在这种情况下,导管或管道 C 具有 0.127 厘米 (即 0.050'') 的外径并具有位于内部部分中的仪表连接。导管 C 将流体加热且导管 C 的外表面与流体流接触,以利用前面所述的方式传热。这种构造允许更适于防腐涂层用途中的导管的使用。而且,导管 C 与外部外壳之间

的密封更易于实现和保持。

[00037]本发明中的电子电路 E 提供电流形式的电能, 这种电能提供给功率施用器电触点 18 和 26, 以将导管 C 中的流体加热, 并且在热探测器热电偶 12 和 30 的位置之间保持已确定的温度差。热电偶 12 和 30, 例如, 可以是常规的 J 型或 K 型热电偶或具有相当的作用和特性的其它适当类型的热电偶。电子控制电路 C 还提供表明提供给电触点 18 和 26 的功率电平的输出, 以保持已确定的温度差, 以使流体流率的量度可由指示器 D 提供。

[00038]在系统 S 的电子电路 E (图 4) 中, 热电偶 12 和 30 由电连接器 50 和 52 分别连接到低噪音稳定差分放大器 58 的输入端 54 和 56。差分放大器 58 是一种常规的差分放大器, 是一种在商业上可以得到的低噪音稳定放大器类型, 这种类型的放大器向供给随后的放大器级的测量值提供温度稳定性。差分放大器 58 在导线 60 上形成输出信号, 这种输出信号代表温度感测热电偶 12 和 30 在导管 C 上所感测到的温度之间的温度差异 ΔT 。

[00039]将导线 60 上的温度差信号提供给比较器或仪表放大器 64 的第一输入端 62。比较器放大器 64 是常规类型的仪表放大器的一部分, 该比较器放大器 64 在第二输入端 66 接收代表参考温度差设定的信号电平。比较器放大器 64 在导线 68 上形成输出误差信号, 该输出误差信号代表在导管 C 上的温度传感器 12 和 30 间所感测到的温度差与提供给第二输入端 66 的参考温度差之间的变化。

[00040]包括在仪表放大器 64 中的或提供给仪表放大器 64 的是内参考电压, 该内参考电压用于逐渐形成加在比较器放大器的输入端的温度设置参考。仪表放大器 64 还提供对比较器放大器的增益的控制, 并因此而提供对误差信号输出 68 的增益的控制, 此功能的目的将在下面进行更详细的描述。

[00041]将来自比较器放大器 64 的输出误差信号在导线 68 上提供给自适应响应电路 70 (图 6)。自适应响应电路 70 包括积分器 70a、

误差信号升压放大器 70b、绝对值放大器 70c、响应升压电路 70d、求和点与信号电平移动电路 70e、脉冲宽度发生器电路 70f、双向开关 70g 和信号响应灵敏度调制器 70h。

[00042]自适应响应电路 70 并不使用固定的滤波或积分时间。使电路 70 的跟踪响应进行变化，以提供在高流量处的快速响应和零流量或接近于零流量处的慢速响应，由于流量在为系统 S 所确立的流量范围的最大和最小流率之间变化时，流管的大的热响应范围，所以这样做是有必要的。此外，在流率接近于零时将跟踪响应降低，以提供具有最小波动的输出。

[00043]向线 68 上的自适应响应电路的输入是从仪表放大器 64 逐渐形成的误差信号。误差信号由误差信号升压放大器 70b 放大，且增益由误差信号的幅度确定。在非常低的幅度时，放大器 70b 具有较高的增益，以提高对流率中的非常小的变化的流量感测响应。在误差信号的预定的较高幅度时，放大器 70b 的增益就被降低。放大器 70b 在导体 71 上提供信号，这种信号是双向信号。导体 71 上的信号由绝对值放大器 70c 进行处理以产生单极信号，而并不考虑在线 71 上的信号的极性。目的是在导体 72 上产生控制信号，这种控制信号对误差信号偏离零电压时的误差信号的大小做出响应。零电压电平时的误差信号代表流量传感器系统的平衡。

[00044]线 72 上的放大器 70c 的输出到达响应升压电路 70d。响应升压电路 70d 直到线 72 上的输入超过预定的电平时才有输出。此时，线 73 上的输出增加到迫使流量传感器迅速跟踪快速变化的流率的水平。当误差信号降低到低于预定的电平时，响应升压电路 70d 的输出降到没有输出，并且有效地将系统的快速响应放慢，以避免响应的过冲。

[00045]来自灵敏度调制电路 70h 的线 74 上的输出信号在流率为零或接近于零时有效。导体 74 上的信号还提供给求和点 70c。线 74 上的信号具有以受控方式减少控制信号对线 72 和 73 的影响的作用。

求和电路 70e 在线 75 上提供输出,这种输出到达脉冲宽度发生器 70f。

[00046]线 75 上的信号的大小致使脉冲发生器在导体 76 上逐渐形成脉冲输出,根据输入到发生器 70f 的控制电压,该脉冲输出具有 0-96% 的占空比。线 76 上的脉冲根据脉冲宽度的持续时间将开关 70g 打开或关闭。优选脉冲宽度发生器 70f 是通常用于高效供电的在商业上可得到的集成电路。开关 70g 施加和隔离误差信号到积分器电路 70a 的连续性。电路 70a 的时间常数由电阻器 70i 和电容器 70j 的值所确定。该时间常数可按由前面所述的输入信号特征控制的脉冲宽度发生器输出的百分比占空比增加。积分器的时间常数由下面的等式表示:

$$\text{时间常数} = R_{70i} \cdot C_{70j} / \text{占空比} \%$$

[00047]积分器 70a 的极性以及跟踪响应的变化率由加在开关 70g 上的线 68 的误差信号的极性和大小控制。因此,电路 70 的跟踪响应由下面的等式表示:

$$\text{跟踪响应力度 (Rage)} = \text{误差信号电压} / (R_{70i} \cdot C_{70j} / \text{占空比} \%)$$

[00048]线 86 上的自适应响应电路 70 的输出被反馈给信号灵敏度管理电路 70h。流量传感器管道具有一直到流量的某种水平而呈线性的输出,由于较快的流率,所以灵敏度在这一点开始下降。这样就导致流管中的温度分布置换到输出不再与流率成正比增加的程度。不过,这种结果可以再生而且可补偿。

[00049]因此,线 86 上的信号由电路灵敏度管理电路 70h 进行处理,以将线 86 上的信号以及控制信号的某种预定电平象所描述的那样通过线 74 传送到求和电路 70e。当流率增加且对流量变化的灵敏度降低时,线 86 上的信号还通过线 87 以预定的平提供给仪表放大器 64。使放大器 64 的增益增加以补偿和提供对流率变化具有相同的灵敏度的误差信号,而并不考虑流率。这样就产生了系统在整个流量范围的快速而流畅的响应。

[00050]在没有自适应响应电路 70 的补偿时,系统的响应在高流量时会迟缓且在非常低的流率时会过冲或不受控制。自适应响应电路

70 允许这种流量传感器 S 的运行,并具有通常所出现的更大的动态范围。在本行业中已知术语“范围度 (turn-down-ratio)”是指流量传感器的最大流容量与最小流容量之比。已证明在 200 数量级或更大数量级时,根据本发明的范围度相对较高。自适应响应电路 70 的组合效果允许流量传感器以受控方式进行操作,以呈现出在整个扩充流量范围具有流畅而快速响应的输出。

[00051]还将来自自适应响应电路 70 的输出信号提供给线性化和输出电路 72,在此将响应信号在线性化并使其处于适当的格式,如直流 0-5V 电压的适当电平。在一个实施例中,线性化和输出电路 72,例如,可以是多步修正电路,这种电路由常规运算放大器构成并对电路 70 的输出进行调制,以使电路 72 的输出代表流量的精确指示并提供适当电平输出信号。

[00052]提供来自电路 72 的输出信号是为了在适当的指示器或显示器 D 中的存储、处理和显示的目的,指示器或显示器 D 可具有与其关联的适当的记录保持机构或存储器。显示器 D,例如,可以是可从 McMillan 公司获得的 250 型显示器,该公司是本申请的受让人。如果需要,可将响应信号转换成数字格式,以在适当的显示器 D 中进行数字处理、计算和存储。这种来自输出电路 72 的显示输出代表由系统 S 根据本发明感测到的导管 C 中的流体的流率值。

[00053]将来自自适应响应电路 70 的放大器 70c 的 70a 的输出响应通过导体 86 提供给电压/频率转换器 74。电压/频率转换器 74 采取在商业上可以得到的锁相回路的电压/频率部分的形式。它可以是商业上可以得到的任何电压/频率或者 V/F 转换器。来自自适应响应电路 70 的放大器 70c 的输出响应的电平在来自转换器 74 的导体 76 上的信号输出频率中引起适当相关的变化。将来自转换器 74 的输出频率提供给脉冲驱动电路 80。出于校准的目的,电压/频率转换器 74 在零输入端 82 和跨距输入端 84 分别设有信号。

[00054]脉冲驱动电路 80 (图 7) 通过导体 76 从电压/频率转换

器 74 接收驱动脉冲。脉冲驱动电路 80 通过导体 20 和 28 连接到电连接器 18 和 26，电连接器 18 和 26 与管道或导管 C 安装在一起。脉冲驱动电路 80 包括电开关 80a 和功率调节器 80b，优选地电开关 80a 是 MOSFET 开关，功率调节器 80b 连接到适当的电源和储能电容器 80c，储能电容器 80c 储存在电流脉冲穿过管道 C 时用于流的电能。脉冲驱动电路 80 还包括脉冲成形和稳定电路 80d 以及脉冲驱动电路 80e。脉冲驱动电路 80 是一种在开关 80a 导通时提供低电压高电流脉冲的低阻抗脉冲驱动器。开关 80a 以由电压/频率转换器 74 的输出频率所决定的频率运行。来自脉冲驱动电路 80 的低电压高电流脉冲流过连接器 18 和 26 之间的导管 C 的变平的传热区段 14 的壁 32 和 34。

[00055] 脉冲成形和稳定电路 80d 以由来自自适应响应电路 70 的信号的大小所决定的速度从线 76 上的电压/频率转换器 74 接收脉冲。脉冲成形和稳定电路 80d 将接收到的脉冲转换成输出线 77 上的大约为 25 微秒的精密宽度脉冲。线 77 上的脉冲由脉冲驱动电路 80e 接收，脉冲驱动电路 80e 还提供在导体 78 的整个范围的适当电平和形式的信号要求，以驱动功率 MOSFET 开关 80a 的输入。来自脉冲驱动电路 80e 的线 78 上的输出信号在非常短的持续时间内将 MOSFET 开关 80a 打开和关闭，以在开关的打开和关闭转换时间期间避免功率损失。

[00056] 脉冲驱动电路 80 向不锈钢流管 C 输送精密高峰值能量脉冲，以快速而精确地将管道 C 和其中流动的流体加热。脉冲驱动电路 80 的运行导致所消耗的低平均功率；低能量损失；以及所施加的热能与流体的流量成比例。

[00057] 与空气相比，在流动液体时，要求相当大的能量来升高流动液体的温度。将具有低电阻的导管 C 加热要求有效的驱动电路，这种有效的驱动电路能够精密加热且耗散在电路的其它部件中的能量损失极少。脉冲驱动电路 80 能够控制液体和气体的高速和低速流动时所要求的功率的大的差异。

[00058] 本发明还可用于提供流量控制系统 F (图 5)。在流量控

制系统 F 中，以相同方式起作用的与系统 S 中的结构相同的结构具有相同的标号。在流量控制系统 F 中，将来自电子电路 E 的线性化和输出电路 72 的输出信号提供给位于导管 C 中传热区段 14 的下游的电操作流量控制阀 90。这样，在导管 C 中的流体的流率发生变化时，电子电路 E 向流量控制阀 90 提供指示，以将穿过导管 C 的流体的流率调节到所希望的水平。流量控制阀 90 可以是常规的类型，或者是可从本发明的受让人麦克米兰公司获得的类型。

[00059] 虽然将电能加在长度非常短的导管壁上的实践给某些人的第一印象似乎是短路，而且通常也会是这样，因为在所附的本发明的实施例中的导管 11 的电阻在 0.020 欧姆数量级。但是，本领域中熟练的技术人员可以认识到，情况并非如此。所有的金属材料具有穿过其质量的给定体积的某种有限电阻。一般来讲，这种电阻随着温度的变化而变化到某种程度。穿过这种电阻所加的电流以热的形式耗散能量，这种能量将材料的温度升高。

[00060] 虽然导管 11 的短区段的电阻非常小，但是，只要电源具有用于有效电能传递的足够的低电阻，这种非常小的电阻仍能够作为加热器发挥作用。由于涉及到非常低的电阻，本发明中的功率驱动电路像所要求的那样具有非常低的内电阻。

[00061] 图 12 是解释这一点的电路的简化示意性电路图。参看图 12，在一个示例中，导体线 20、28、81a、81b、81c、81d、开关 80a 以及电容器 80c 的内部电阻和引线电阻的合并电阻大约为 0.012 欧姆。为了提供少量的平均功率以控制以华氏度表示的温度的极少部分，在非常短的持续时间提供最大功率。在本发明中，每个脉冲功率施加 25 微秒。在电压、电流和脉冲宽度固定的情况下，每个脉冲分配相同量的能量给导管 11 的被加热部分。保持温度与导管中流体的不同流率的平衡所要求的热量由加在导管的脉冲的频率所控制。加热电路经受高电流脉冲，且能量由储能电容器 80c 提供。电容器 80c 所损失的能量由非常低的电流恢复且在脉冲之间的更长时间段期间恢

复。

[00062]图 8A 和 9A 是根据本发明的流率传感器分别对在指明流率处的水和空气流量的流率的基本响应曲线。所示出的数据在初步试验期间获取并且从所指明的流管 C 的值和尺寸获取。期望精化和尺寸上的改变改进用于不同流率和流体的运行参数。这些图示出了对这些流体在低体积流率时流量变化的敏感响应。图 8B 和图 9B 分别表示图 8A 和图 9A 在线性化之后的响应。线性化响应显示用根据本发明中的流量传感器以已知的输入流率所获取的精度。此外，图 8C 和图 9C 显示分别在图 8B 和图 9B 的数据中获取的精度，用满刻度读数的百分比表示。

[00063]图 10A 和图 10B 是与图 8A 和图 9A 的试验数据类似的试验数据的图表，且水和柴油是以所指明的毫升/分钟流率流动的液体。图 10A 和图 10B 示出了前面所描述的和在图 8A 和图 9A 中示出的结果的相当大的精度和灵敏度。

[00064]本发明可视为提供一种用于流体和气体的敏感而精确的热流量传感器。本发明的流量传感器是显示大的动态流量范围的一种简单的机械装置。本发明中的流量传感器 S 具有高效和高精度加热控制装置，并且能够用低成本的易于获取的元器件构成。

[00065]在前面进行的对本发明的公开和描述是对其的示范和解释，而且可对大小、形状、材料、元器件以及所示出的结构细节进行各种各样的变化，而并不背离本发明的精神。

图 1

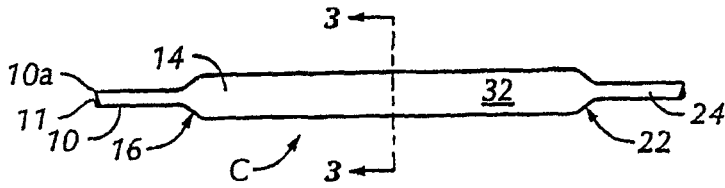
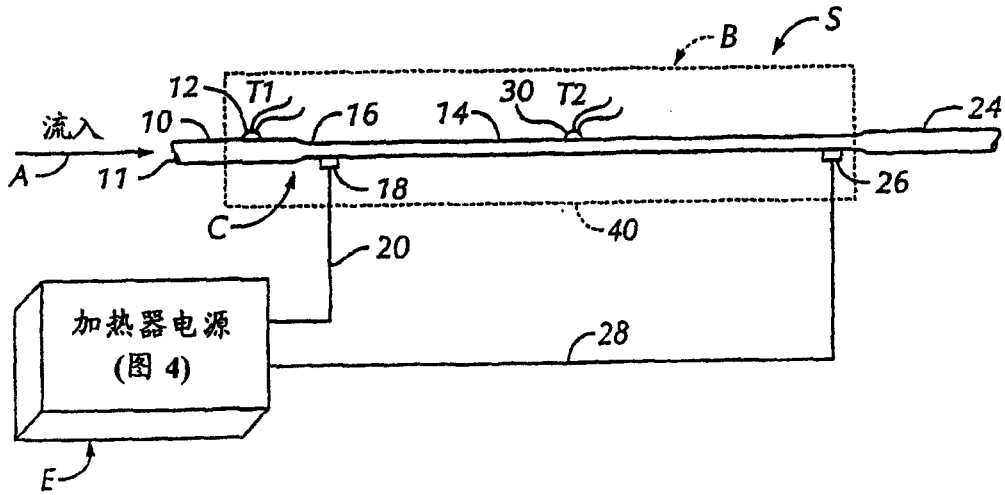


图 2

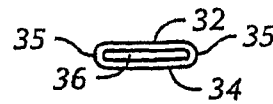


图 3

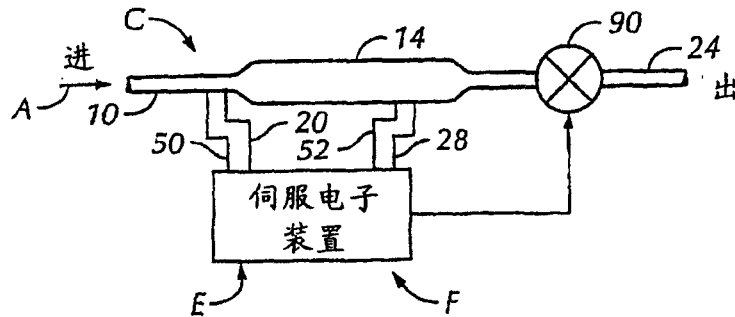


图 5

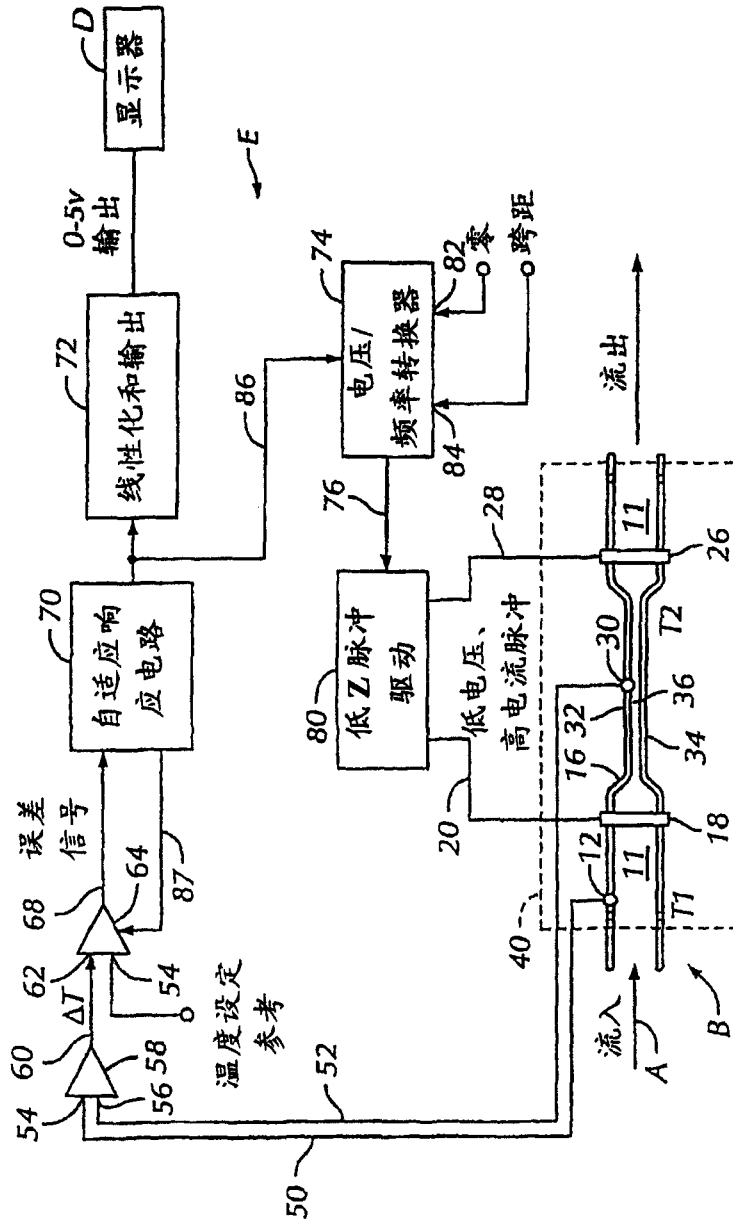


图 4

图 6

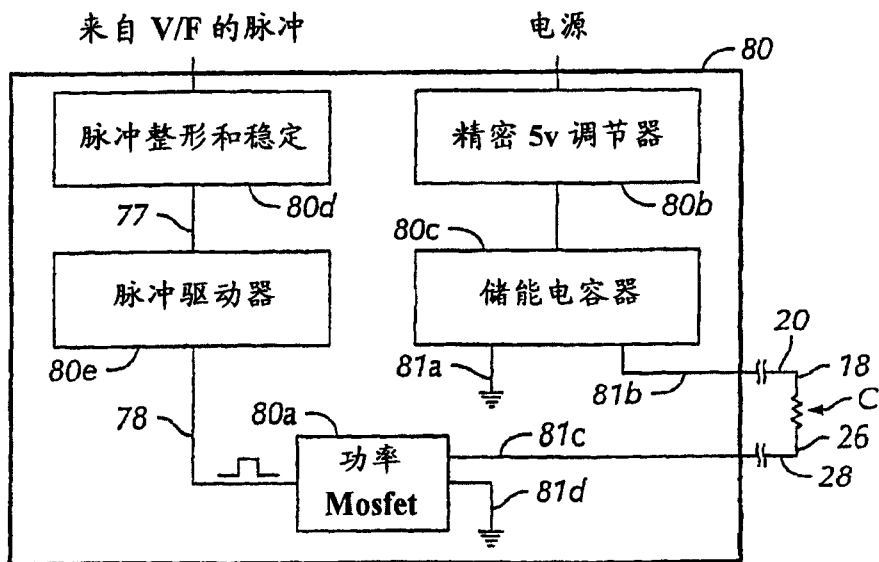
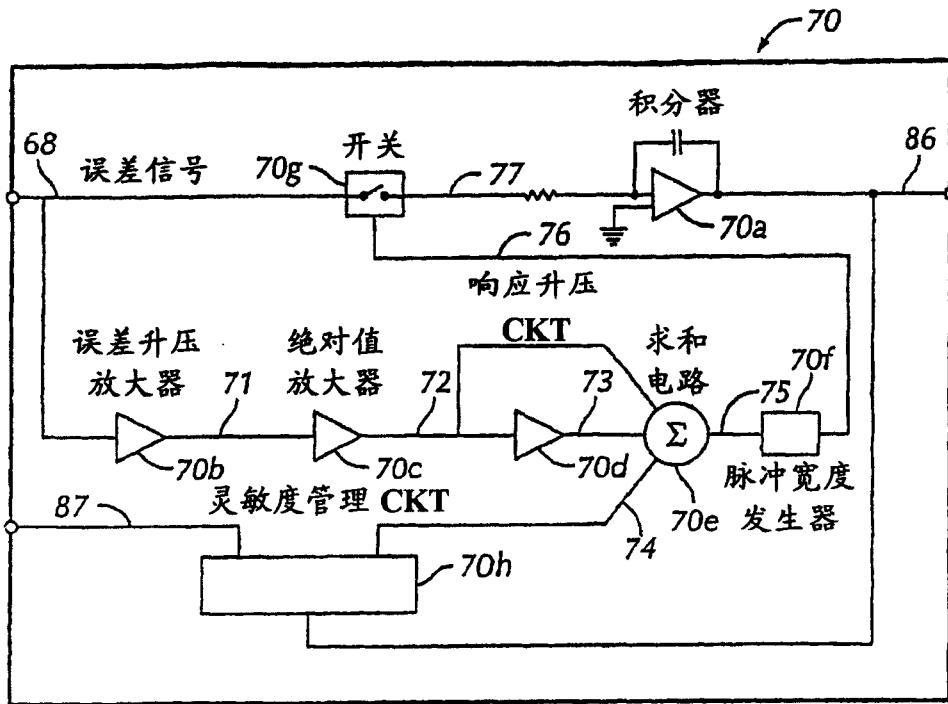


图 7

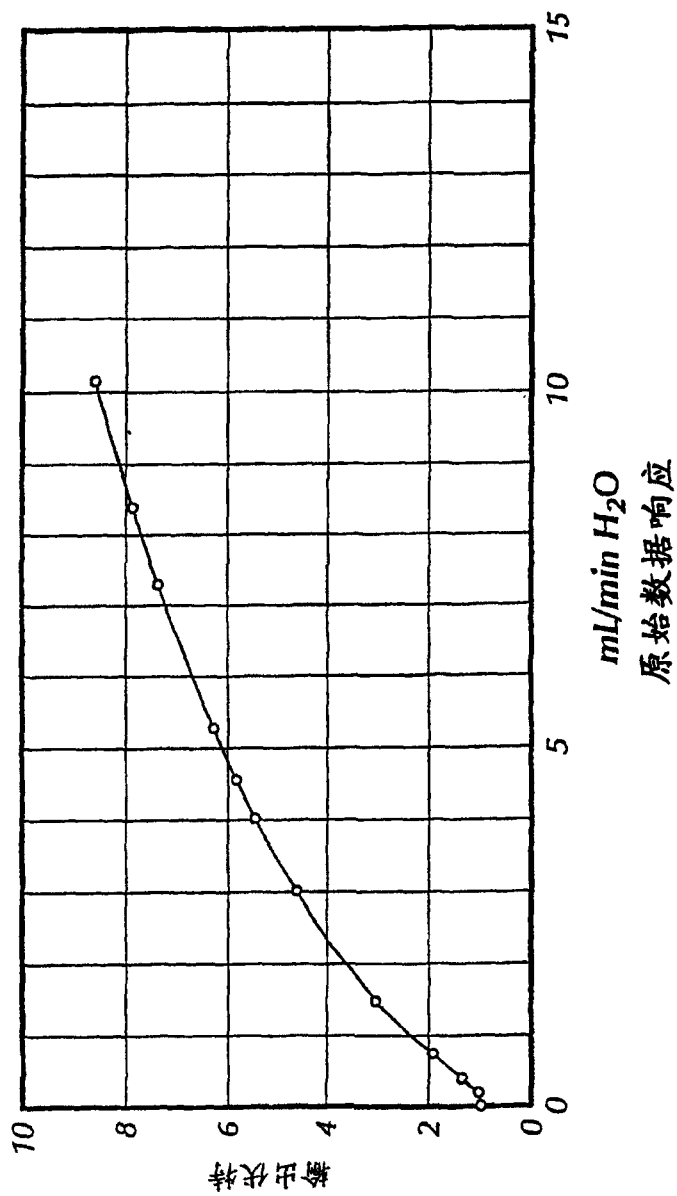


图 8A

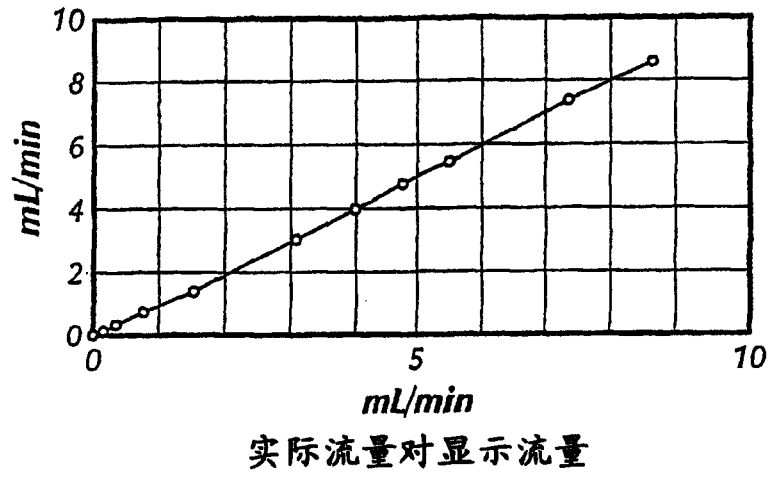


图 8B

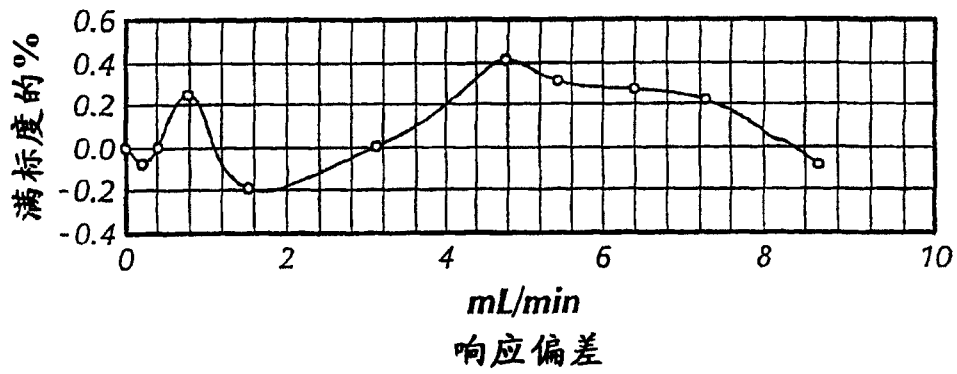


图 8C

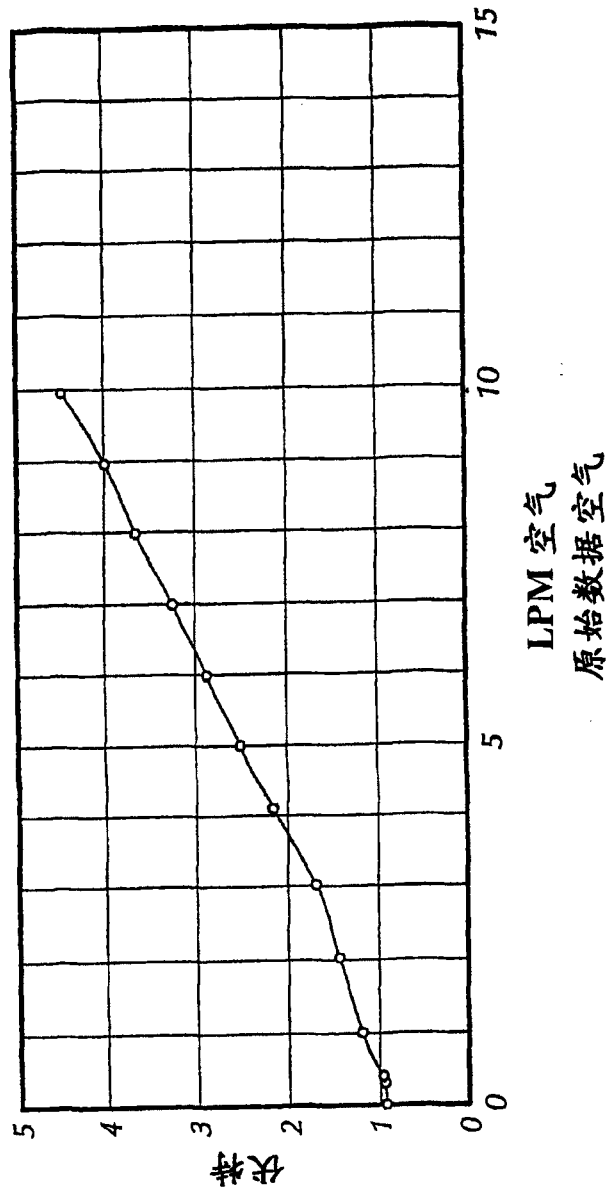
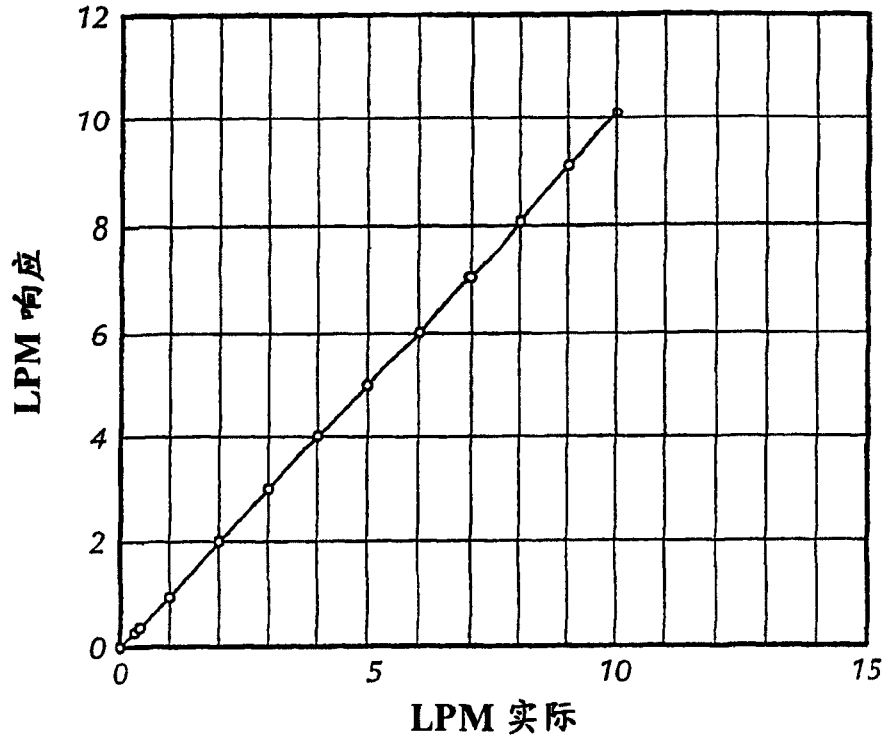
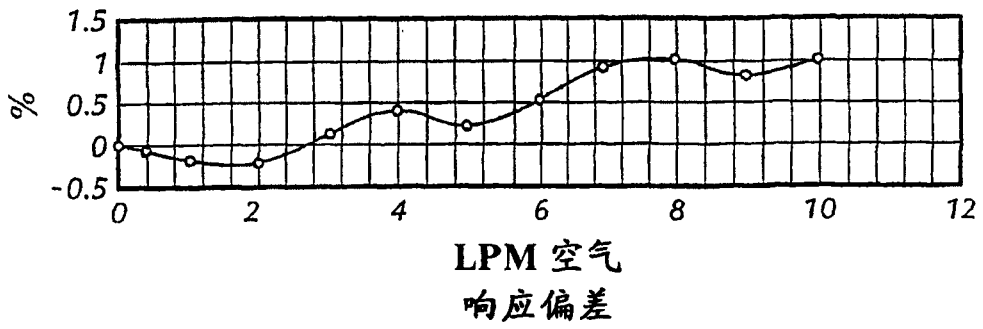


图 9A



LPM 实际
重复性 0-10 Lpm 空气

图 9B



LPM 空气
响应偏差

图 9C

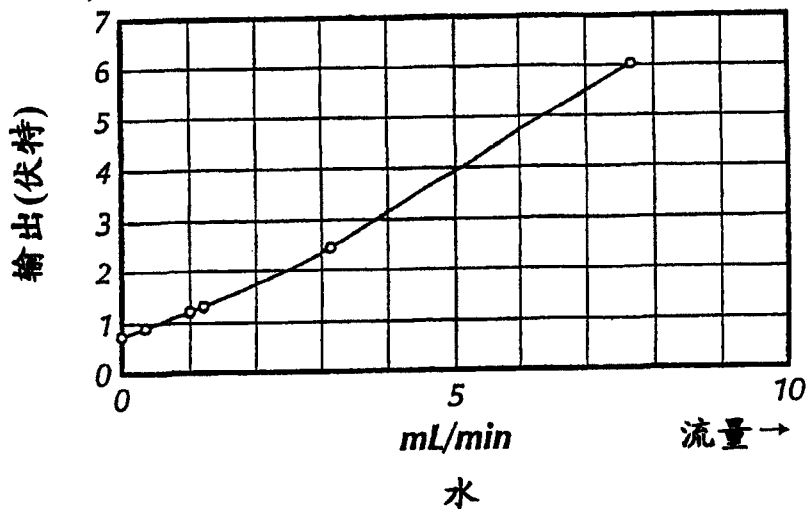


图 10A

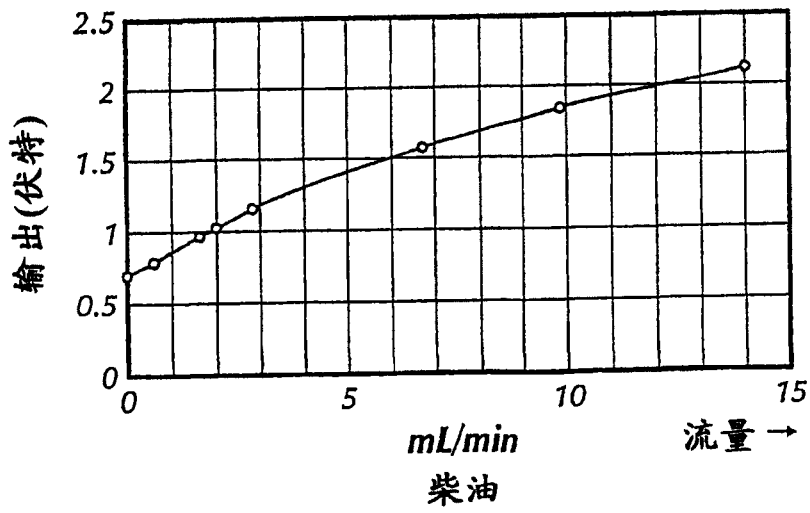


图 10B

图 11

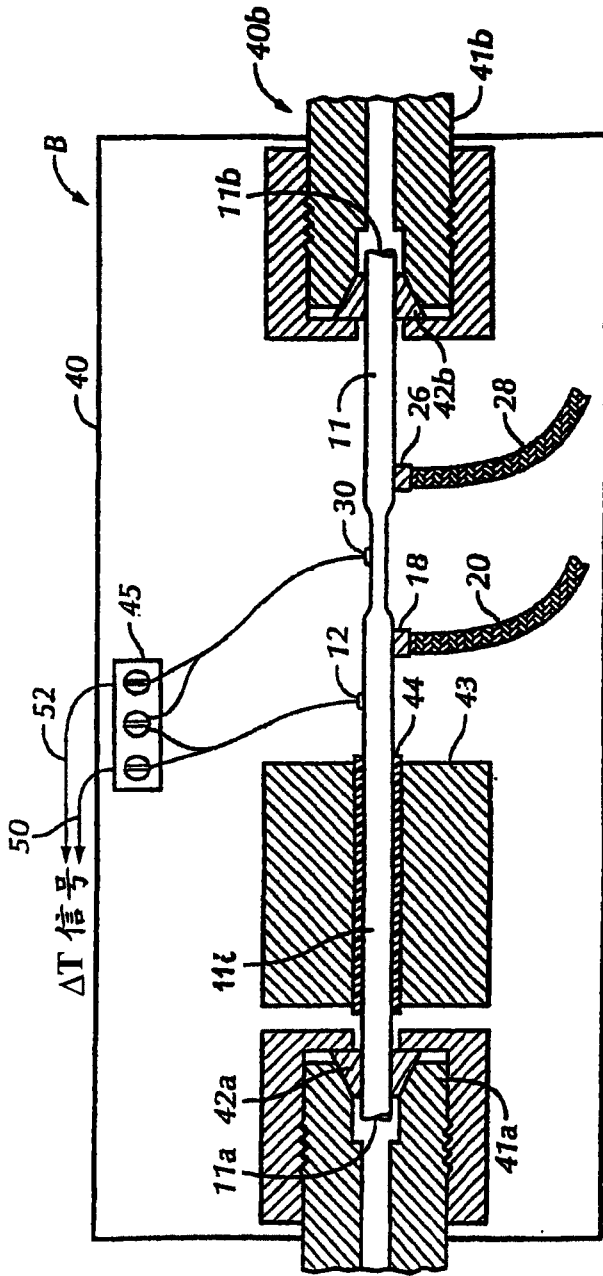


图 12

