



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102798730 B

(45) 授权公告日 2016. 03. 16

(21) 申请号 201210165873. 9

WO 2007/066113 A1, 2007. 06. 14,

(22) 申请日 2012. 05. 25

WO 2007/066113 A1, 2007. 06. 14,

(30) 优先权数据

EP 0144018 A2, 1985. 06. 12,

61/490193 2011. 05. 26 US

审查员 毕重连

(73) 专利权人 基德科技公司

地址 美国北卡罗来纳州

(72) 发明人 D. L. 西巴卢克 R. 格拉泽

M. P. 费奇奥 L. W. 兰斯 B. 鲍威尔

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 姜云霞 杨炯

(51) Int. Cl.

G01P 5/18(2006. 01)

G01P 1/07(2006. 01)

G01N 15/14(2006. 01)

G01N 21/59(2006. 01)

(56) 对比文件

US 4941778 , 1990. 07. 17,

US 4941778 , 1990. 07. 17,

CN 101858864 A, 2010. 10. 13,

US 6542234 B1, 2003. 04. 01,

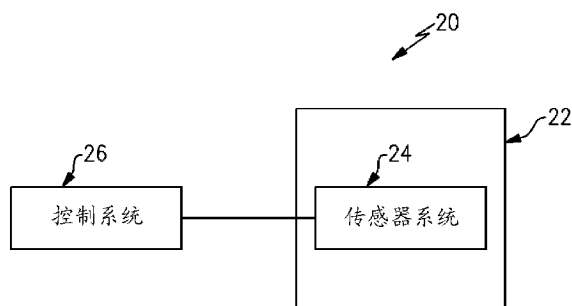
权利要求书1页 说明书10页 附图14页

(54) 发明名称

使用粉化器和药剂流速指示器的速度测量

(57) 摘要

公开了使用粉化器和药剂流速指示器的速度测量。用于干粉药剂的测量系统包括用于引导干粉药剂的喷嘴以及可操作用于识别干粉药剂排放事件的指示器。在一种示范性方法中,可以计算粉末离开喷嘴的速度,并且可以选择药剂浓度的标定曲线。



1. 一种用于干粉药剂的测量系统,包括:

用于引导干粉药剂的喷嘴;

可操作用于识别干粉药剂排放事件的指示器;和

可操作用于计算干粉药剂速度的控制系统,

其中,所述喷嘴布置成将干粉药剂向下游引导至传感器头,使得干粉药剂在到达传感器头之前经过指示器;

其中,所述控制系统可操作用于通过用指示器和传感器头之间的距离除以干粉药剂从指示器最初输送至传感器头所花费的时间来计算干粉药剂速度;并且

其中,所述控制系统可操作用于通过选择高流速标定曲线和低流速标定曲线中的一个来标定粉末进料器。

2. 如权利要求 1 所述的系统,其中干粉药剂的速度部分地基于来自光学药剂流速指示器的读数和来自传感器头的读数进行计算。

3. 如权利要求 1 所述的系统,其中传感器头包括有粉化器。

4. 如权利要求 1 所述的系统,其中当所计算的速度大于预定流速时,所述控制系统可操作用于选择高流速标定曲线,并且其中当所计算的速度等于或小于预定流速时,所述控制系统可操作用于选择低流速标定曲线。

5. 如权利要求 4 所述的系统,其中预定流速为 1.5 米每秒 (m/s)。

6. 一种用于输送粉末的方法,包括以下步骤:

将粉末从出口喷嘴向下游输送至传感器头,使得粉末在到达传感器头之前经过光学流速指示器;并且

通过用光学流速指示器和传感器头之间的距离除以粉末从光学流速指示器输送至传感器头所花费的时间来计算粉末离开喷嘴的速度,

基于所计算的速度来标定粉末进料器,其中标定粉末进料器的步骤包括选择高流速标定曲线和低流速标定曲线中的一个。

7. 如权利要求 6 所述的方法,其中当所计算的速度大于预定流速时,选择高流速标定曲线,并且其中当所计算的速度等于或小于预定流速时,选择低流速标定曲线。

8. 如权利要求 7 所述的方法,其中预定流速为 1.5 米每秒 (m/s)。

9. 如权利要求 6 所述的方法,进一步包括使用定位于喷嘴上游的粉末进料系统向喷嘴提供干粉药剂流。

10. 如权利要求 9 所述的方法,其中粉末进料系统包括螺旋头。

使用粉化器和药剂流速指示器的速度测量

技术领域

[0001] 本公开涉及一种用于测量基于干粉的药剂的测量系统。

背景技术

[0002] 为了验证运载工具例如飞机上装载的干粉灭火系统,将灭火剂排放到受保护空间内并且分析仪同时记录受保护空间中不同区域内的灭火剂数量。药剂数量必须高于已经证实一定时段内足以同时扑灭所有区域中可能火情的某一预定水平。

[0003] 分析仪必须经过标定并且是可追踪的,以使分析仪输出证明干粉灭火系统能够扑灭受保护空间内的任何火情。

发明内容

[0004] 公开了一种用于干粉药剂的测量系统,包括用于引导干粉药剂的喷嘴以及可操作用于识别干粉药剂排放事件的指示器。而且,在公开的方法中可以计算粉末离开喷嘴的速度,并且可以选择药剂浓度的标定曲线。

附图说明

[0005] 根据以下对公开的非限制性实施例的详细说明,各种特征对本领域技术人员来说将变得显而易见。详细说明内容的附图可以简要介绍如下:

[0006] 图 1 是用于干粉药剂的装有粉化器标定柱 (PCC) 的测量系统的示意图;

[0007] 图 2 是用于安装在代表性受保护结构内用于基于粉末的化学灭火剂的传感器系统的示意图;

[0008] 图 3A 是用于干粉药剂的粉化器标定柱 (PCC) 的示意图;

[0009] 图 3B 是用于与粉化器标定柱 (PCC) 相连通的粉末进料系统和气体分配系统的示意图;

[0010] 图 3C 是粉化器标定柱 (PCC) 内的传感器头的透视图;

[0011] 图 4A 是用于干粉药剂的传感器头的分解图;

[0012] 图 4B 是图 4A 中的传感器头展开的透视图;

[0013] 图 4C 是图 4A 中的在其上安装有夹具附件的传感器头展开的透视图;

[0014] 图 4D 是传感器头主体的纵向截面图;

[0015] 图 4E 是传感器头主体内的测量容积的示意图;

[0016] 图 4F 是由传感器头主体内的测量容积构成的浓度边界的示意图;

[0017] 图 4G 是通常在测量头主体内测量容积中多个孔的每一个孔附近形成的流线示意图;

[0018] 图 4H 是通过测量头主体内测量容积中多个孔的主要颗粒路径的示意图;

[0019] 图 4I 是传感器头与控制系统相连通的示意图;

[0020] 图 5 是传感器头检测容积的示意图;

- [0021] 图 6 是传感器头检测容积具有可行光路而无多次反射的示意图；
- [0022] 图 7 是用于干粉药剂的质量密度浓度和透光率之间的经验关系；
- [0023] 图 8 是示出了标定测量系统以用于确定所需干粉药剂例如气溶胶云团灭火剂的质量密度浓度和透光率之间经验关系的流程图；
- [0024] 图 9 是示出了位于受保护结构的测试固定设备例如代表性的发动机舱内的传感器头操作流程；
- [0025] 图 10 是靠近药剂喷嘴的光学药剂流速指示器的示意图；
- [0026] 图 11 是示出了光学药剂流速指示器可以相对于传感器头和喷嘴采用的设置方式的示意式视图；
- [0027] 图 12 是示例性光学药剂流速指示器的示意式视图；
- [0028] 图 13 是示出了示例性药剂流速指示器的示意式视图，其中药剂流速指示器包括压力变送器；
- [0029] 图 14 是示出了另一种示例性药剂流速指示器的示意式视图，其中药剂流速指示器包括断线；
- [0030] 图 15 是示出了又一种示例性药剂流速指示器的示意式视图，其中药剂流速指示器包括挡板装置；
- [0031] 图 16 是示出了又一种示例性药剂流速指示器的示意式视图，其中药剂流速指示器包括 LED/ 光电二极管的耦合；以及
- [0032] 图 17 是示出了其中包括有镜面与药剂流速指示器相结合的示例的示意式视图。

具体实施方式

[0033] 图 1 示意性地示出了用于测量基于干粉药剂的化学灭火剂的测量系统 20。系统 20 主要包括粉末标定柱 (PCC) 22、传感器系统 24 和控制系统 26。PCC 22 通常被用于标定传感器系统 24 中的传感器，其随后可以被安装在受保护结构的测试固定设备 28 例如发动机舱内（图 2）。应该理解发动机舱仅仅是一个非限制性实施例中的一种代表性结构，其中可以安装具有多个喷嘴 30N 的基于粉末的化学灭火系统 30 并且其他的受保护结构 28 例如陆地运载工具的发动机舱、座舱或其他结构也可以从中受益。

[0034] 参照图 3A，PCC 22 主要包括粉末进料系统 40、气体分配系统 42、观察管 44、其中装有至少一个传感器头 24A 的有时被称作粉化器的测试段 46 以及粉末捕集盒 48。观察管 44、测试段 46 和粉末捕集盒 48 被沿着轴线 Z 界定。在一个非限制性实施例中界定测试段 46 的观察管 44 在至少一个传感器头 24A 之前的长度至少是直径的二十倍以确保来自于粉末进料系统 40 的粉末药剂和来自于气体分配系统 42 的惰性气体的均匀分布。这样有助于通过传感器头 24A 直接测量通过气溶胶云团的透光率。

[0035] 粉末进料系统 40 在一个非限制性实施例中包括例如由美国新泽西州 Moonachie 市的 Acrison 公司制造的螺旋头。粉末进料系统 40 限定干粉药剂通往观察管 44 内的速率。

[0036] 气体分配系统 42 连通的惰性气体在一个非限制性实施例中包括氮气以分离并充分打散干粉药剂。气体分配系统 42 通常位于粉末进料系统 40 上方并且横向于粉末进料系统 40（图 3B）。气体分配系统 42 确定惰性气体通往观察管 44 内的速率以使传感器头 24A 内接收已知流速的干粉药剂和惰性气体，从而即可确定干粉药剂浓度和透光率之间的关系。

这就允许完全掌握输送干粉药剂和惰性气体的速率。

[0037] 粉末捕集盒 48 提供了相对较大的容积以避免粉末药剂再循环返回到测试段 46 内。粉末捕集盒 48 还可通过经过滤器 48F 外流的气流来帮助避免压力累积和避免干粉药剂气溶胶云团的回流。

[0038] PCC 22 被用于将传感器头 24A 的透光率测量值相对于以单位容积的质量表示的气溶胶云团浓度进行标定。PCC 22 的圆柱形截面减少了角效应和其他的几何效应。干粉药剂恰好在惰性气体引入点下方通往观察管 44 内（图 3B）。惰性气体的高速射流经过粉末进料系统 40 以促使干粉药剂湍流混合到惰性气流内从而生成在气溶胶云团灭火剂中典型的气溶胶云团。将干粉药剂通往惰性气体射流内的过程促使干粉药剂团块分离成规则的颗粒。颗粒与惰性气体相混合形成干粉药剂气溶胶云团。

[0039] 气溶胶云团凭借重力在观察管 44 内下行促进气溶胶云团的均匀混合以供通过测量头 24A 进行测量（图 3C）。向下流动是必要的，原因在于干粉药剂中不同尺寸的颗粒会以不同的速度行进。以稳态向下流动随着时间流逝而得到稳态的浓度，此时下游每一颗粒尺寸的浓度都保持恒定以允许通过传感器系统 24 进行准确测量。

[0040] 参照图 4A，传感器头 24A 的一个非限制性实施例提供用于通过干粉药剂气溶胶云团的透光率测量。每一个传感器头 24A 基本上都包括沿轴线 S 界定的壳体 50，光线沿横向于轴线 S 的光路和多个孔 52 通过壳体（图 4B）。传感器头 24A 主要包括光源 54、检测器 56、窗口 58、镜窗 60、镜面 62、端块 64、附件 66 和垫圈 68A, 68B。

[0041] 附件 66 可以包括凸缘端以接纳夹具 C 或其他附件（图 4C）。夹具 C 易于连接在受保护机构 28 内以定位传感器头 24A（图 2）。在一个非限制性实施例中，垫圈 68A, 68B 作为垫圈（其可以是导电垫圈）用于通过夹具 C 提供窗口 58、镜窗 60、镜面 62、壳体 50 和附件 66 的电接地，以使整个传感器头 24A 都接地至受保护机构 28。在该非限制性实施例中，壳体 50、端块 64 和附件 66 可以由导电材料例如涂有阿洛丁（alodine）的铝构成。由于传感器头 24A 被接地，因此即可避免在窗口 58 和镜窗 60 上累积静电，从而最小化干粉药剂的吸附。可选地或附加于此，窗口 58 和镜窗 60 可以包括抗静电涂层并且可以相对较薄。在一个非限制性实施例中，每一个的厚度都小于 1mm（0.04 英寸）。这样的厚度使失真最小化并且减小了否则可能会吸附干粉药剂的静电。

[0042] 垫圈 68A, 68B 缓冲相应的窗口 58 和镜窗 60 以适应螺接至壳体 50 的端块 64 和螺接至壳体 50 的附件 66。也就是说，端块 64 和附件 66 被螺接至壳体 50 内以允许拆卸和操作窗口 58 和镜窗 60 用于进行清理或其他维护。螺纹啮合还有助于窗口 58、镜窗 60 和镜面 62 同轴对齐以使光源 54 能够总是在镜面 62 的同一点上提供可重复实现的焦点从而确保适应于螺接到壳体 50 内的端块 64 和附件 66 而对齐。也就是说，光学校准被集成到设计中。

[0043] 相应的肩部 70A, 70B（图 4D）邻接相应的窗口 58 和镜窗 60 以适应螺接到壳体 50 内的端块 64 和附件 66。肩部 70A, 70B 进一步有助于装置的长度可重复性以使光源 54 和镜面 62 之间的距离是可重复实现的。应该理解可以可选地或附加地提供各种用于标定的垫圈、O 形环、密封圈、中性密度滤光片及其组合。

[0044] 壳体 50 界定出还部分地由多个孔 52 界定的测量容积 72。即使在受保护结构 28 中由于螺纹连接和肩部 70A, 70B 的设置方式而经常发生的温度改变、震动和振动期间，测量容积 72 也被牢固地保持在光源 54 和镜面 62 之间。

[0045] 多个孔 52 通常为直线式并且横向于轴线 S。在一个非限制性实施例中, 多个孔 52 中的每一个都沿轴线 S 界定出纵向长度, 纵向长度小于围绕轴线 S 界定的横向长度, 以使得例如横向长度小于 10mm(0.39 英寸), 并且更具体地可以是 3mm(0.12 英寸)。

[0046] 参照图 4E, 部分地由多个孔 52 界定的测量容积 72 大致为梯形的形状。多个孔 52 的形状和尺寸可以在高流速和湍流环境中轻易地减小光学污染。测量容积 72 的形状构成了实际上在传感器头 24A 内形成整体层流状态的浓度边界(图 4F)。这可以由通常在多个孔 52 中的每一个孔附近形成的流线表示(图 4F)。

[0047] 整体流从测量头 24A 外部通过多个孔 52 进入测量容积 72 内以形成层流状态, 从而使得在测量容积 72 内基本上不会形成湍流。流动经过测量容积 72 会形成将干粉药剂从测量容积 72 中拉出的文丘里效应。只有相对少量的干粉药剂可以通过浓度梯度沉积在光学器件上。更具体地, 从整体流进入测量容积 72 的干粉药剂中的示例性颗粒可以: (A) 以最小的向量改变流过多个孔 52; (B) 进入空腔再循环并且通过文丘里效应而被从测量容积 72 中拉出; 或者 (C) 从湍流涡旋进入并撞击光学器件(图 4H)。撞击光学器件的干粉药剂总量相对较少并且通常小于经过传感器头 24A 的总质量的 2%。这就不会显著地影响浓度曲线, 原因在于将干粉药剂沉积到光学器件上的外部湍流只在与浓度测量时间相比较短的时段内出现。

[0048] 光源 54 可以包括以 650nm 工作的红色发光二极管(LED) 并且检测器 56 是可见光谱的光电二极管。光源 54 和检测器 56 通过包括多根光纤的光缆 74 与传感器头 24A 通信。在一个非限制性实施例中, 有 32 根光纤与光源 54 通信并且有 32 根光缆与检测器 56 通信。光纤可以通过用于连接到壳体 50 内的 SMA905 接头 74C 集束以形成光缆 74。

[0049] 每一个传感器头 24A 都根据光掩蔽原理工作。光线从光源 54 通过光缆 74 中的多根光纤输送, 通过透明窗口 58 和 60 进入与孔 52 相连通的测量容积 72, 从镜面 62 反射并通过光缆 74 中的多根光纤输送。窗口 58 和 60 通常在镜面 62 对面以使光线通过测量容积 72 两次 - 从窗口 58 通过测量容积 72, 通过窗口 60, 从镜面 62 反射然后通过窗口 60、测量容积 72 并通过窗口 58 和光缆 74 射入检测器 56 内。检测器 56 将与光强成比例的模拟信号输出至控制系统 26(图 4I)。光强与测量容积 72 内干粉药剂颗粒的浓度成函数关系地改变。传感器头 24A 不同于热电偶、压力变送器、应变仪或者信号强度直接与待测现象相关的其他仪器。

[0050] 传感器系统 24 中的每一个传感器头 24A 均与控制系统 26 通信, 控制系统 26 启动系统 20 的操作并且控制从传感器头 24A 收集数据。在一个非限制性实施例中, 以从 1Hz 到 1000Hz 的可变频率收集用于总数最大为 30,000 个点的数据。最大收集时间是 30,000 除以收集速率(在 100Hz 的情况下为 300 秒)。应该理解控制系统 26 可以使用备选的数据收集速率。

[0051] 应该注意到的是可以使用计算设备以实现例如可归于控制系统 26 的各种功能(图 4I)。在硬件架构方面, 这样的计算设备可以包括处理器、存储器以及通过局部接口通信耦合的一个或多个输入和/或输出(I/O)设备接口。局部接口例如可以包括但不限于一根或多根总线和/或其他有线或无线连接。局部接口可以具有为了简单起见而省略的附加元件例如控制器、缓冲器(缓存)、驱动器、转发器以及用于激活通信的检测器。而且, 局部接口可以包括地址、控制和/或数据连接的接口以在上述部件中激活适当的通信。

[0052] 处理器可以是用于执行软件特别是存储在存储器内的软件的硬件设备。处理器可以是定制或市场上可购买的处理器、中央处理器 (CPU)、与计算设备相关联的几种处理器中的辅助处理器、基于半导体的微处理器 (形式为微芯片或芯片组) 或者基本上是由于执行软件指令的任何设备。

[0053] 存储器可以包括易失性存储元件 (例如随机存取存储器 (RAM 譬如 DRAM、SRAM、SDRAM、VRAM 等)) 和 / 或非易失性存储元件 (例如 ROM、硬盘驱动器、磁带、CD-ROM 等) 中的任何一种或组合。而且, 存储器可以包括电、磁、光学和 / 或其他类型的存储介质。要注意的是存储器还可以具有分布式结构, 其中各种部件被彼此远离地设置, 但是可以由处理器存取。

[0054] 存储器内的软件可以包括一种或多种独立程序, 其中每一种都包括用于实现逻辑功能的可执行指令的有序列表。实施为软件的系统构件也可以被构建为源程序、可执行程序 (目标代码)、脚本或者包括要执行的指令组的任何其他的实体。在构建为源程序时, 程序通过可以包含在存储器内或者也可以不包含在存储器内的编译器、汇编器、解释器等进行翻译。

[0055] 可连接至系统 I/O 接口的输入 / 输出设备可以包括输入设备例如但不限于键盘、鼠标、扫描仪、麦克风、摄像头、接近式设备等。而且, 输入 / 输出设备还可以包括输出设备例如但不限于打印机、显示器等。最后, 输入 / 输出设备可以进一步包括既作为输入又作为输出进行通信的设备, 例如但不限于调制器 / 解调器 (用于访问其他设备、系统或网络的调制解调器)、射频 (RF) 或其他的收发器、电话接口、桥接器、路由器等。

[0056] 在计算设备工作时, 处理器可以被设置用于执行存储在存储器内的软件以与存储器之间通信交换数据并且主要是控制计算设备根据软件进行操作。存储器内的软件由处理器全部或者部分读取, 可能要在处理器内缓存, 并随后执行。

[0057] 参照图 5, 传感器头 24A 直接测量通过干粉药剂气溶胶云团的透光率, 其可以通过经验或理论关系与空间质量密度浓度直接相关。

[0058] 干粉药剂气溶胶云团进入测量容积 72 并穿过从光缆 74 行进至镜面 62 再返回到检测器 56 的光线。由于干粉药剂气溶胶云团穿过光线, 因此总透光的下降与气溶胶云团的浓度成比例。镜面 62 为凹形并且聚焦光线返回光缆 74。

[0059] 参照图 6, 示意性地示出了用于光线的代表性路径。目标在第一垢层之外的反射由于极少量的反光而被忽略。由检测器 56 接收的光强是路径 1, 1B, 2 和来自背景的散射光之和。在路径 1 中接收一部分窗口 58 的反射光。如果在窗口 58 上存在垢层并且必须通过窗口 58 传输两次, 那么就会出现路径 1B。

[0060] 在路径 2 中, 光线必须通过每一个窗口 58, 60、每一个垢层、测量容积 72 传输两次, 然后再从镜面 62 反射。镜面 62 在此类计算中被假定为全反射光线。窗口 58, 60 都具有相同的性质。

[0061] 没有垢层时, 传感器头 24A 的输出可以表达为:

$$[0062] \quad I = f_{w1} \rho_w I_s + \tau_w^4 \tau_{c1}^2 \tau_v^2 \tau_{c2}^2 I_s + I_{\infty} \quad [\text{公式 1}]$$

[0063] 在测试之前, 可以通过用不反光介质遮挡镜面 62 将 τ_v 设定为 0 以使得只测量从镜面 58 反射的光和环境光从而测量出遮挡输出。

[0064] $I_{bl} = f_{w1} \rho_w I_s + I_{\infty}$ [公式 2]

[0065] 参考值在 τ_v 等于 1 时也就是在测量容积内没有气溶胶云团并且允许光线从镜面反射返回来源时获得。代入以获得测量的遮挡值：

[0066] $I_{ref} = \tau_w^4 \tau_{c1}^2 \tau_{c2}^2 I_s + I_{bl}$ [公式 3]

[0067] 通过将公式 3 和公式 2 代入公式 1, 在测试期间通过测量容积的双程透光率可以表达为：

[0068] $\tau_v^2 = \frac{I - I_{bl}}{I_{ref} - I_{bl}}$ [公式 4]

[0069] 在这一点上, 由于遮挡值被假定为在整个测量期间保持恒定, 因此就便于通过减去遮挡值来确定传感器头 24A 的修正输出。

[0070] $I^* \equiv I - I_{bl}$ [公式 5]

[0071] 公式 4 可以重新表达为：

[0072] $\tau_v^2 = \frac{I^*}{I_{ref}^*}$ [公式 6]

[0073] 质量密度浓度 - 理论关系式

[0074] 透光率和散开云团内颗粒浓度的关系式如下：

[0075] $\frac{di}{dx} = -n_v^m A_s i$ [公式 7]

[0076] 根据比尔定律, 在此对双程透光率取平方是对公式 7 的一种求解方法, 其中只有光强随距离而改变。

[0077] $\tau_v^2 \equiv \left(\frac{i}{i_0} \right)^2 = \exp(-2n_v^m A_s L)$ [公式 8]

[0078] 可以求解公式 8 以获得数量密度浓度, 再乘以一个颗粒的质量时即可获得测量容积内的质量密度浓度。

[0079] $m_v^m = \frac{1}{2L} \frac{V_p}{A_s} \rho_s \ln \left(\frac{1}{\tau_v^2} \right)$ [公式 9]

[0080] 通过测量容积的透光率项被平方是因为光行进通过测量容积 72 两次。米氏理论在颗粒的尺寸从光波长的三倍开始增大时将散射截面积识别为颗粒截面积的约两倍。在本示例中,平均颗粒直径大于 $3\text{ }\mu\text{m}$,其中光的波长为 $0.65\text{ }\mu\text{m}$ 。因为关心的是个体颗粒的表面积和质量,所以使用索特平均直径。这是具有与整个气溶胶云团总体具有相同的表面积与质量(体积)比的颗粒的直径。公式 9 简化为索特平均直径的函数:

$$[0081] \quad m_v^m = \frac{1}{3} \frac{d_{[3,2]}}{2L} \rho_s \ln \left(\frac{1}{\tau_v^2} \right) \quad [\text{公式 } 10]$$

[0082] 公式 10 得到了将颗粒直径特征化之后的质量密度浓度和透光率之间的理论关系。但是,该关系式仅在高透光率下有效。

[0083] 由于粉化器可以测量比公式 9 中的有效透光度更小的透光度,因此 PCC 22 被用于得出透光率和空间质量密度浓度之间的经验关系。

[0084] 实验在提供恒速流动的干粉药剂和惰性气体的 PCC 22(图 3)内进行。这样就提供了完全展开的流动以使干粉药剂气溶胶云团均匀地分布在观察管 44 的截面上。充分混合的干粉药剂气溶胶云团随后经过传感器头 24A,在此测量透光率。通过改变惰性气体的流速和干粉药剂的输送速率即可测试各质量密度浓度。

[0085] 在 PCC 22 中所确定的透光率和空间质量密度浓度之间的关系专门用于传感器头 24A 的设计以及干粉的组成和尺寸。如果改变这些条件中的任何一项,那么就可以确定新的关系。

[0086] 测量误差可以根据透光率与空间质量密度浓度的数据分布而获得。对于图 4C 中的传感器头 24A,可发现误差为 $\pm 16\text{g/m}^3$ 。该误差专门用于传感器头 24A 的设计以及干粉的组成和尺寸。

[0087] 参照图 8,示出了 PCC 22 的操作示例,其中测量系统 20 被操作用于确定质量密度浓度和透光率之间的经验关系用于所需的干粉药剂例如气溶胶云团灭火剂(图 7)。在步骤 200,针对期望的干粉药剂速率标定粉末进料系统 40。粉末进料系统 40 随后以期望的干粉药剂速率(克/秒)运行(步骤 202),此时气体分配系统 42 以期望的惰性气体速率(立方米/秒)运行(步骤 204)以提供气溶胶云团混合物。随后用一段时间来允许气溶胶云团稳定(步骤 206)。期望的干粉药剂速率在一个示例中可以包括从小于 10 克/立方米到大于 300 克/立方米,这可以通过改变螺旋头的进料速率和流速来获得。期望的惰性气体流速在一个示例中可以包括从约 0.5 米/秒到约 3.5 米/秒的整体速度以及比整体速度高出约 35% 的轴心速度。

[0088] 传感器头 24A 随后被插入 PCC 22 的测试段 46(步骤 208)。用预定的时间段从传感器头 24A 收集数据(步骤 210)并随后取出传感器头 24A(步骤 212)。随后通过例如用黑色橡胶插塞阻挡所有光线进入传感器头 24A 内来确定来自传感器头 24A 的在 PCC 22 内的零百分比透光率。随后将步骤 202-214 重复多次以获得用于所需干粉药剂的表示质量密度浓度和透光率的平方之间经验关系的曲线的数据点(步骤 218;图 7)。

[0089] 参照图 9,一旦确定了用于所需干粉药剂的质量密度浓度和透光率之间的经验关系(图 7),即可将一个或多个传感器头 24A 设置在受保护结构测试固定设备 28 例如代表性

的发动机舱内（图 2）。

[0090] 在步骤 300, 传感器头 24A 被安装在所需的受保护结构测试固定设备 28 内。针对每一个传感器头 24A 确定参考的零百分比透光率输出（步骤 302）。也就是说, 确定在 PCC 22 和所需的受保护结构测试固定设备 28 内的零百分比透光率之间的差异。随后激活受保护结构测试固定设备 28 内的气溶胶云团灭火剂并由控制系统 26 记录测试期间来自每一个传感器头 24A 的数据（步骤 304）。针对每一个传感器头 24A 减去参考的零百分比透光率输出（步骤 306）以确定测试后的参考原始输出（步骤 308）并将该原始输出转化为随时间变化的透光率（步骤 310）。传感器头相对较小以被设置在远距离腔室内从而测量气溶胶云团相对于时间的透光率。随后利用随时间变化的透光率以及用于所需干粉药剂（图 7）的质量密度浓度和透光率之间的经验关系来确定随时间变化的浓度（步骤 312）。

[0091] 由于纵向相对狭窄的多个孔 52 垂直于光学窗口, 因此干粉药剂排放的湍流效应被显著地缩减为层流。狭窄的多个孔 52 主要允许直线的气溶胶轨迹。一些曲线轨迹能够将气溶胶颗粒沉积在光学器件表面上, 但是, 只有相对少量的可行轨迹能够穿过多个孔 52。除非干粉药剂中的气溶胶颗粒沿撞击光学器件的轨迹行进, 否则文丘里效应就会将颗粒带到传感器头 24A 以外, 原因在于经过测量容积的速度将会倾向于拉出干粉药剂中的颗粒。

[0092] 测量容积内的光路上的浓度曲线可以被认为是正态分布, 在多个孔 52 中每一个孔的中心处具有比平均浓度更高的浓度, 这一点可以由传感器头 24A 内趋向于在光学器件处无浓度的边界层效应造成。将正态分布叠加到恒定浓度状态上以获得等效路径长度。这就是在整个光路长度上具有恒定浓度的传感器头 24A 的路径长度。要注意的是等效路径长度可以由于边界层效应而小于开口距离。在干粉药剂包沉积到光学器件上时, 干粉药剂不会显著地影响正态分布作用下的区域以使等效路径长度不受影响。

[0093] 传感器头 24A 根据移动经过测量间隙的流速而有不同的响应。基本上它在流速为 1.5 米/秒及更高时具有高流速标定曲线, 并且在流速低于 1.5 米/秒时具有低流速标定曲线。因此获知药剂排放测试期间的流速是多少就变得非常重要。

[0094] 可以使用热线风速计 (HWA) 或类似设备进行测量, 但是它们在气流中包含有药剂例如 KSA 干粉药剂（这是一种细粉末）时无法准确测量, 并且会改变受热线圈的热响应。而且, 气流中存在的固体粉末会影响绝大多数测量设备的标定, 使得难以解读结果。

[0095] 参照图 10, 光学药剂流速指示器 100 可以被用于通过测量干粉药剂何时离开最近的排放喷嘴来直接计算干粉药剂的速度。在一个示例中, 每一个传感器头 24A 都与光学药剂流速指示器 100 相耦合以确定在从喷嘴 30N 排放药剂事件期间的实际药剂速度。在该测量中, 喷嘴 30N 位于相关联的传感器头 24A 的上游（例如如图 11 中所示）。而且, 药剂排放事件可以被定义为药剂最初离开喷嘴 30N 时的时间。可选地, 药剂排放事件可以被定义为药剂最初经过指示器 100 时的时间。特别地, 应该理解如图 10 中所示光学药剂流速指示器 100 相对于喷嘴 30N 的设置细节是非限制性的, 并且其他的设置方式也落在本公开的保护范围内。而且, 正如以下要介绍的那样, 光学药剂流速指示器 100 可以用各种非光学的指示器替代, 正如以下参照图 13-15 所介绍的那样。

[0096] 通过用与指示器 100 和相关联的传感器头 24A 相距的最短距离除以其间输送药剂所花费的时间（例如药剂排放事件和最初通过传感器头 24A 识别出药剂的时刻之间的时间）, 就可以直接计算出干粉药剂的速度。例如如图 11 中所示, 该速度计算通过将距离 D1（例

如指示器和相关联的传感器头 24A 之间的距离)除以药剂从指示器 100(例如 $t=0$ 或药剂排放事件)行进至传感器头 24A(例如 $t=?$ 或最初通过传感器头 24A 识别出药剂的时刻)所用的时间来完成。特别地,指示器 100 可以与执行计算的控制系统 26 通信。

[0097] 在公开的非限制性实施例中的指示器 100 是基于光学的仪器,并且因此指示器 100 具有非常快的响应时间。例如图 11 中所示,指示器 100 包括光纤束 102 和透镜 104。透镜 104 可以用于引导光线从药剂反射至绞线 102b,目的是为了增强从干粉药剂反射的信号。但是,透镜 104 是可选的并且也可以不存在。

[0098] 指示器 100 可操作用于通过例如有传感器头 24A 但是无镜面从而在光线被光学反射的干粉药剂散射时导致信号减弱的方式来识别从喷嘴 30N 流出。具体地,光纤束 102 可以包括多根光纤或绞线 102a 以将光线向喷嘴 30N 引导,还包括多根绞线 102b 被设置用于接收由药剂反射的光线。光线反射回到绞线 102b 通常表示存在药剂,并且药剂排放事件已经发生。尽管通常在该示例中并不需要镜面,但是根据需要也可以使用镜面来反射信号返回到指示器 100(正如图 17 中示意性示出的那样)。

[0099] 根据药剂的计算速度,例如可以选择用于粉末进料器 40 的标定曲线。例如,如果药剂速度被计算为大于预定常数例如 1.5 米/秒(大约为 3.4 英里/小时),那么就可以选择高流速标定曲线。类似地,在该示例中,等于或小于 1.5 米/秒的药剂速度可以对应于选择低流速标定曲线。

[0100] 尽管指示器 100 是基于光学的仪器,但是指示器 100 也可以可选地或附加地包括在喷嘴出口处的一个或多个压力变送器 106、断线设备 108(可以是金属丝或某种类型的箔片)或挡板装置(包括装有微型开关 112 的挡板 110),正如分别在图 13-15 中一般性示出的那样。而且,尽管图 10 中所示的指示器 100 被设置为相对靠近喷嘴 30N,但是指示器 100 也可以被设置在喷嘴 30N 和相关联的传感器头 24A 之间的任意位置。

[0101] 还可以包括 LED/光电二极管的耦合(在图 16 中示意性地示出),它们可以被设置用于扫视喷嘴 30N 的出口(例如 LED 可以位于气流的一侧,而光电二极管的位置与 LED 相对)。干粉药剂通过 LED 和光电二极管之间的间隙将会减弱其间的信号,从而指示排放事件。而且,LED/光电二极管的耦合可以是远离测量点的光纤耦合,目的是为了移动 LED/光电二极管的耦合避开可能的高温环境。

[0102] 给出下表以将本申请中使用的术语阐明到必要的程度。

[0103] 术语

[0104]

标记	说明	单位
A_s	颗粒的散射截面积	m^2
d	直径	m
f	分数	-
I	强度	lux
I	传感器头 24A 的输出	伏特
L	光线路径长度	m
m	质量	kg
n	数量	-

V	容积	m^3
x	空间位移	m
ρ	密度	g/m^3
ρ_w	窗口反射	-
τ	透光率	-

[0105] 术语

[0106]

下标	说明
∞	环境
[3,2]	索特平均值
bl	遮挡
c	垢层
i	初始值
p	颗粒
ref	参考值
s	来源, 固体或散射
v	测量容积
w	窗口

[0107] 术语

[0108]

上标	说明	单位
'''	单位容积 (密度浓度)	l/m^3
*	传感器 24A 的修正输出 (减去了遮挡输出)	

[0109] 应该理解相对位置术语例如“前”、“后”、“上”、“下”、“上方”、“下方”等都是参照运载工具的正常运行姿态而言的, 而不应被认为是其他方式的限定。

[0110] 应该理解相同的附图标记在几张附图中始终表示对应或类似的元件。还应该理解尽管在图示的实施例中公开了特定的部件设置方式, 但是其他的设置方式也可以受益于此。

[0111] 尽管图示、介绍和要求保护的是特定的步骤顺序, 但是应该理解除非另有说明, 否则这些步骤都可以用任意的顺序单独或组合地执行并且仍然受益于本公开。

[0112] 本领域技术人员应该理解上述实施例是示范性和非限制性的。也就是说, 本公开的变形也落在权利要求的保护范围之内。因此, 应该研读所附权利要求以确定其真实的保护范围和内容。

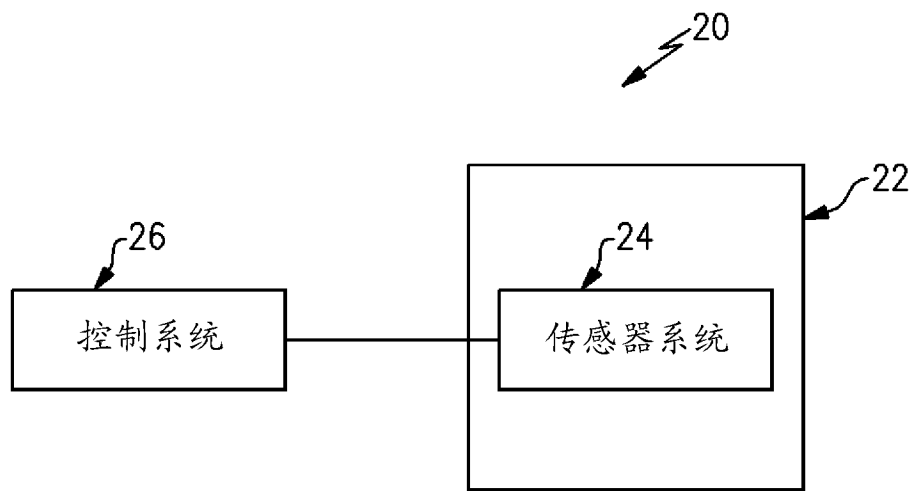


图 1

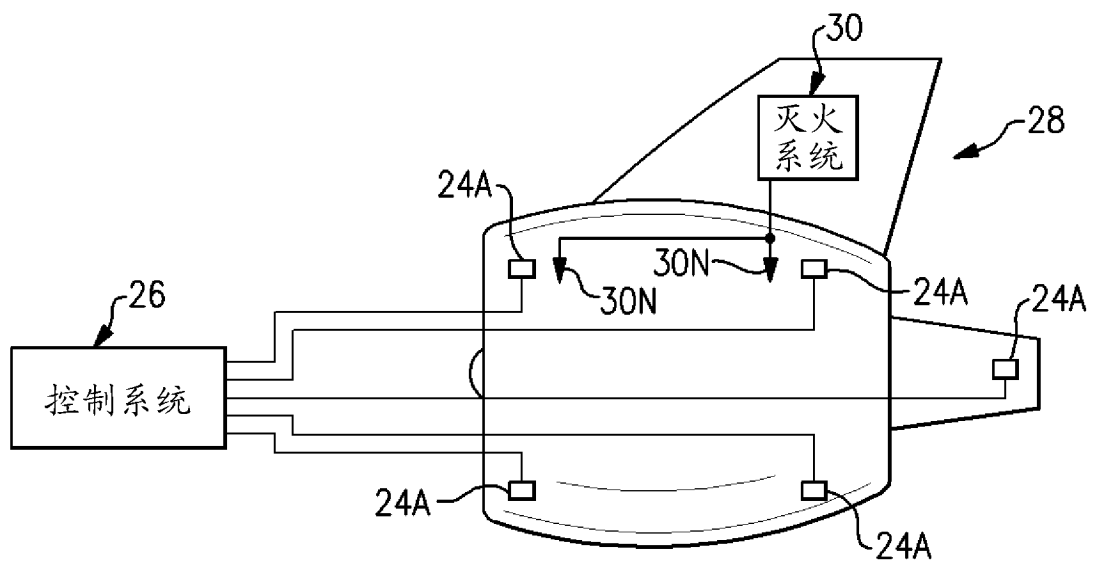


图 2

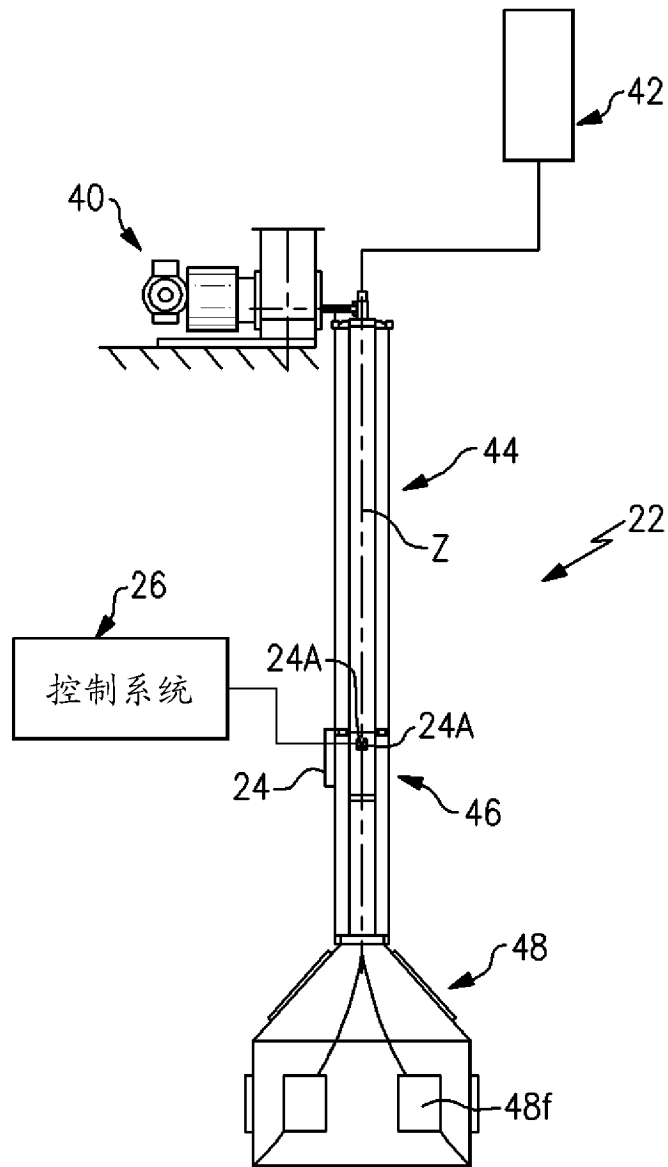


图 3A

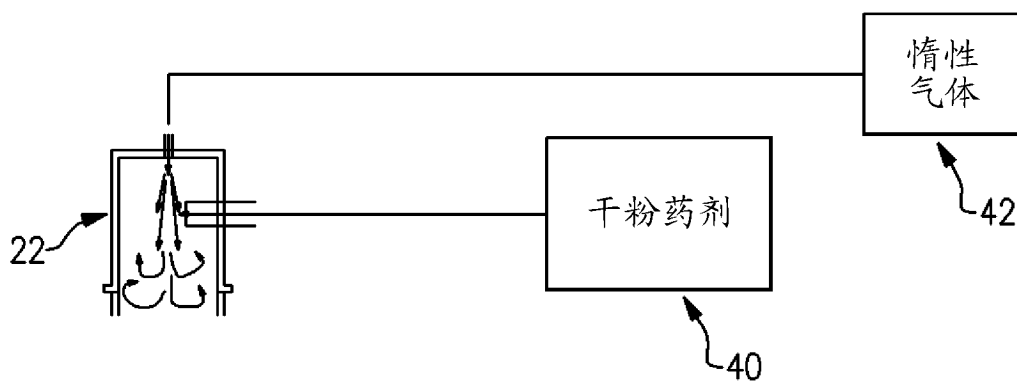


图 3B

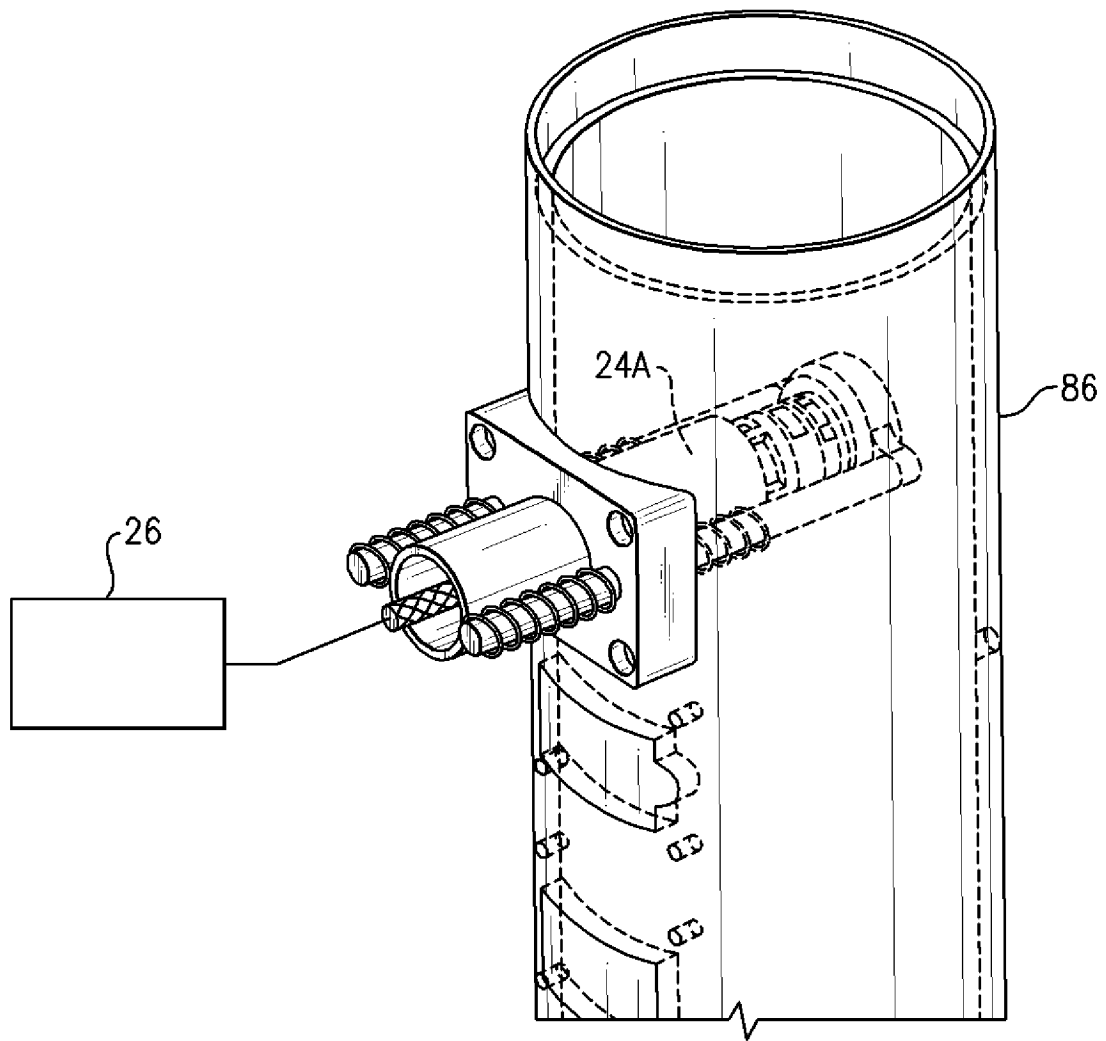


图 3C

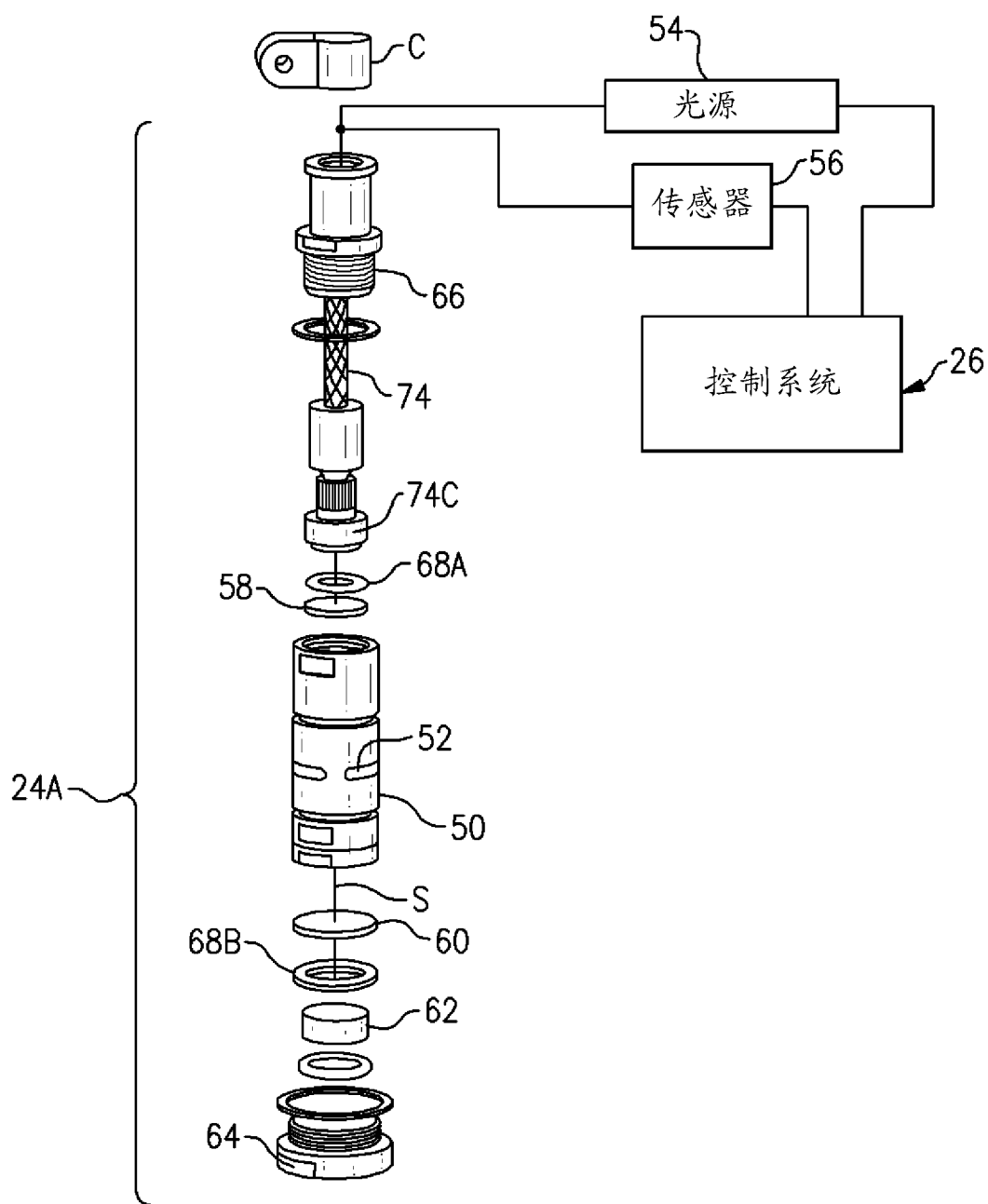


图 4A

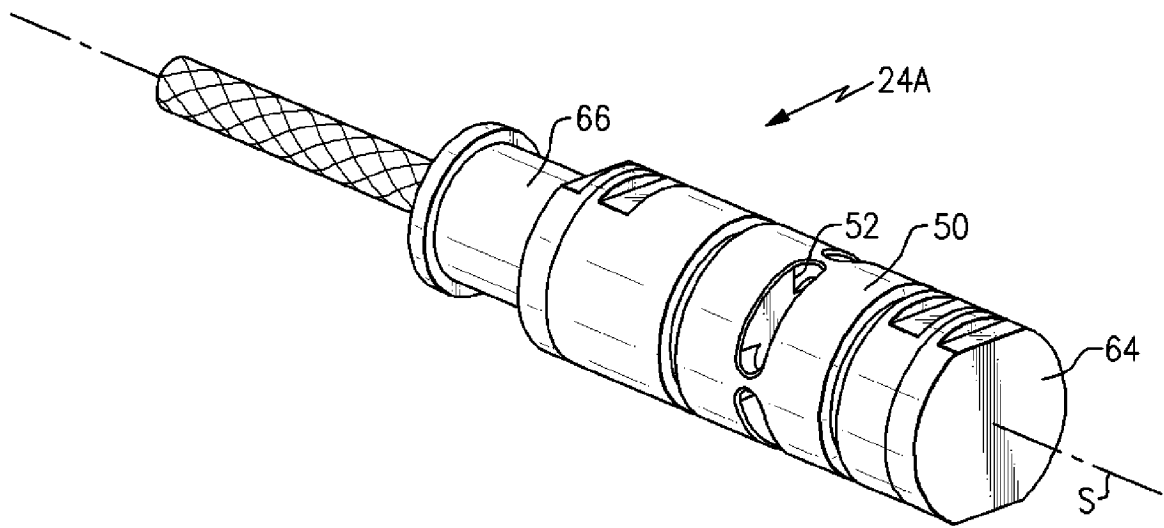


图 4B

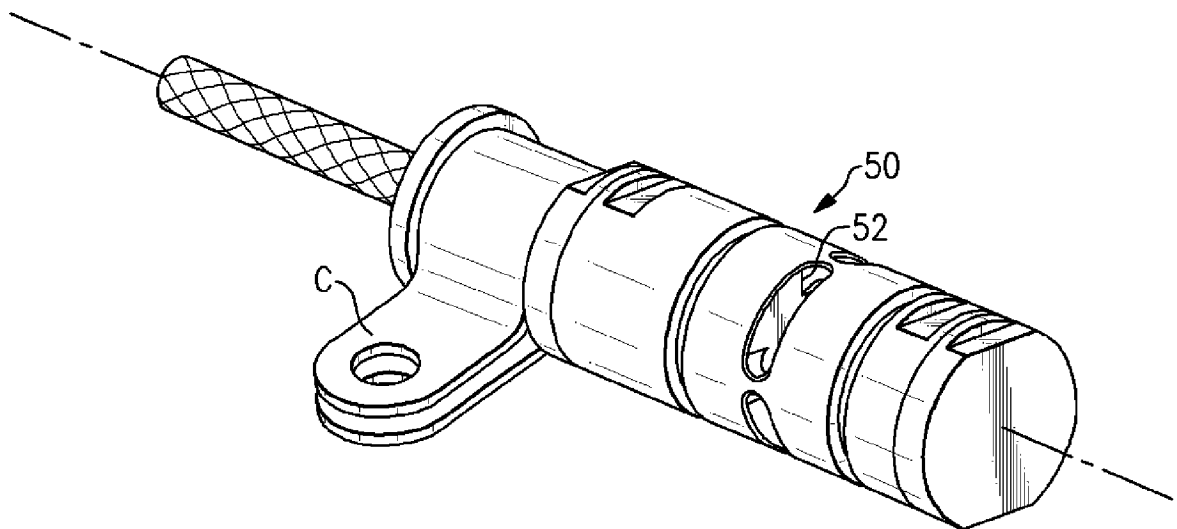


图 4C

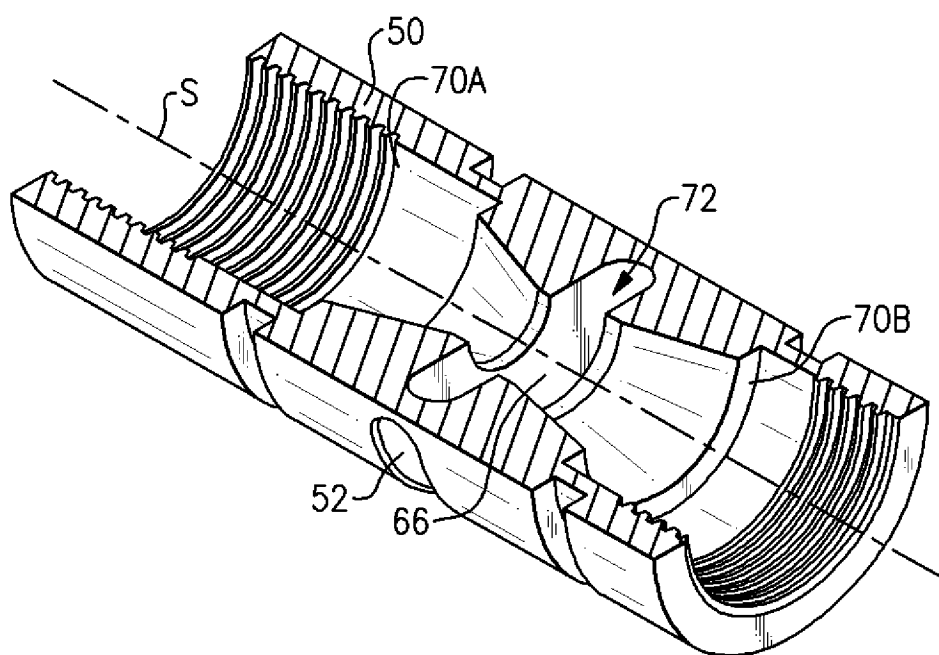


图 4D

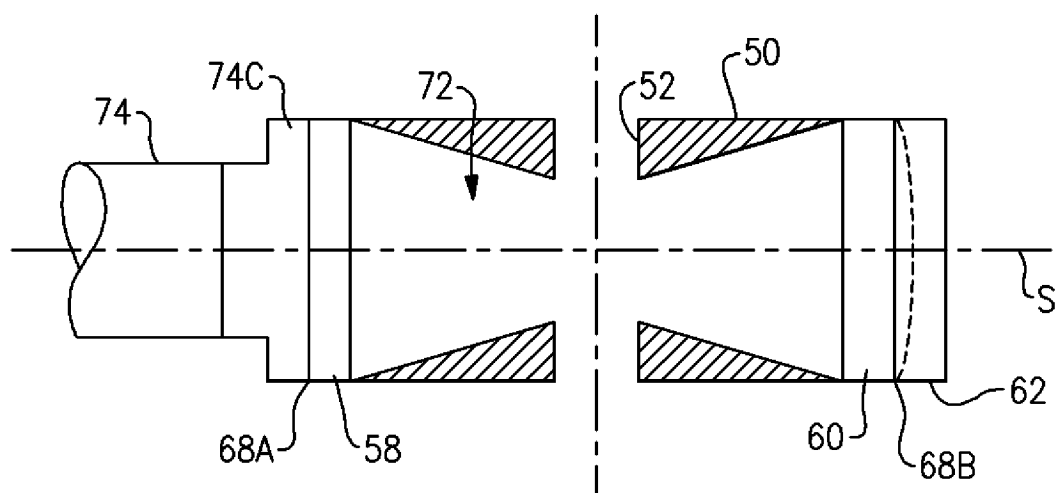


图 4E

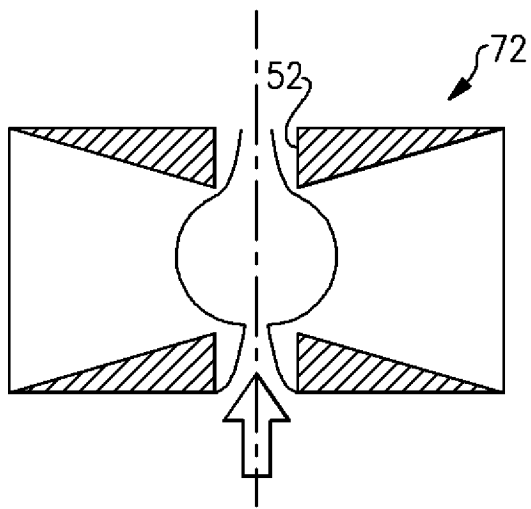


图 4F

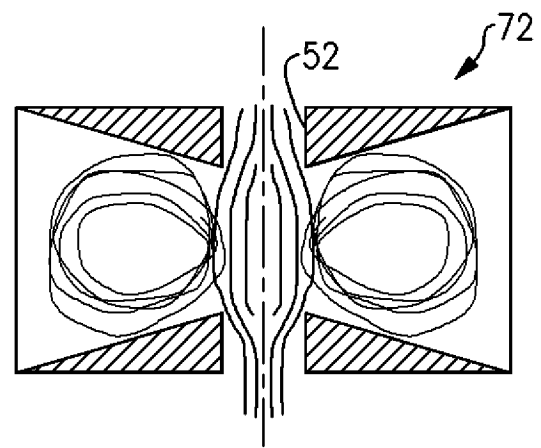


图 4G

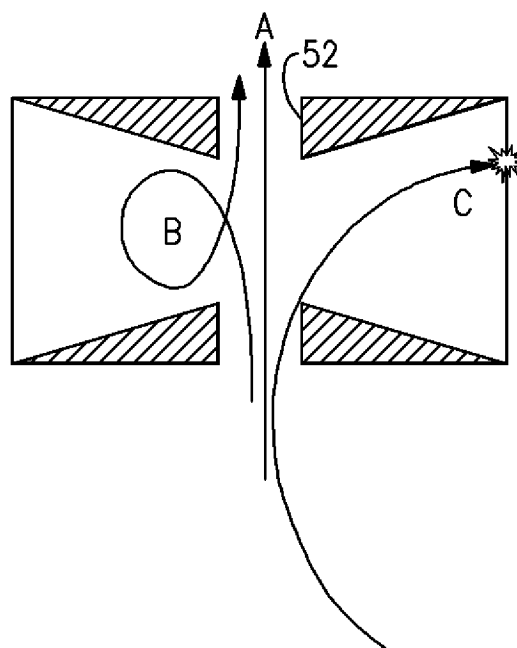


图 4H

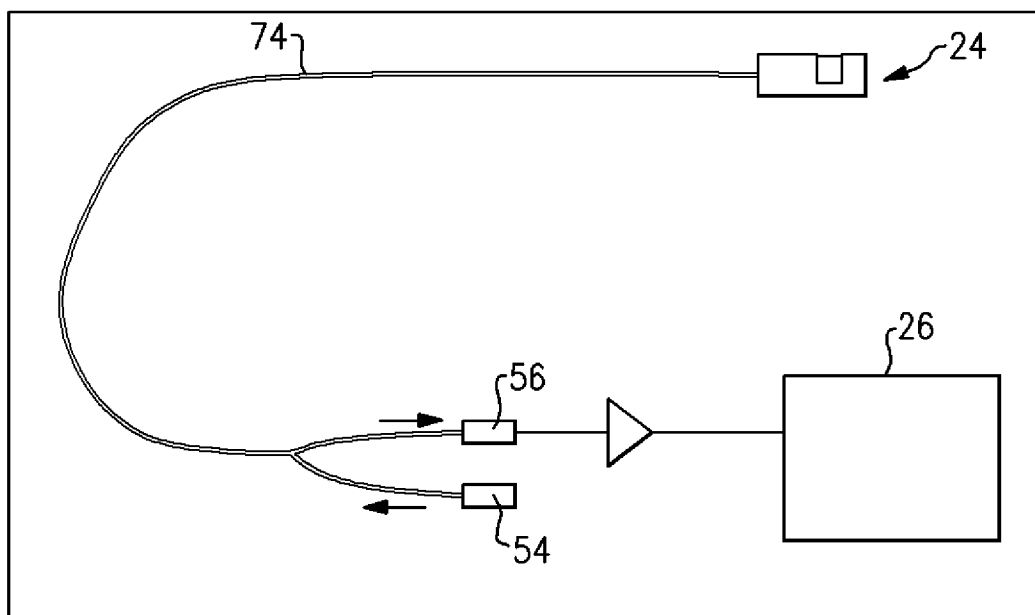


图 4I

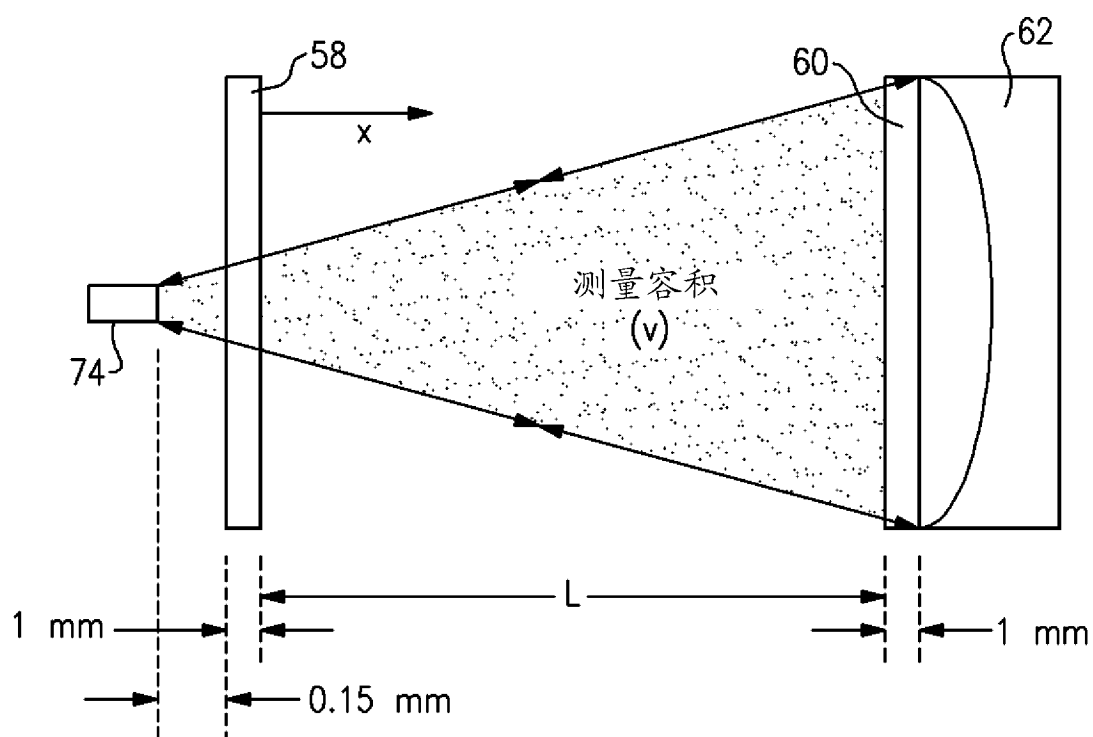


图 5

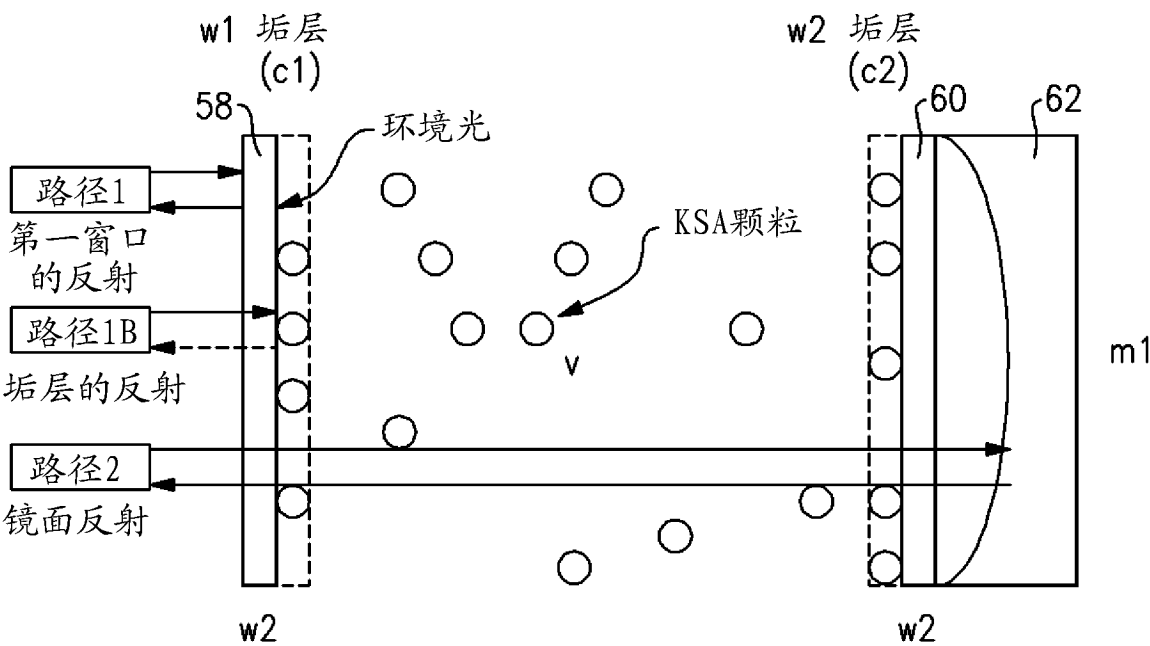


图 6

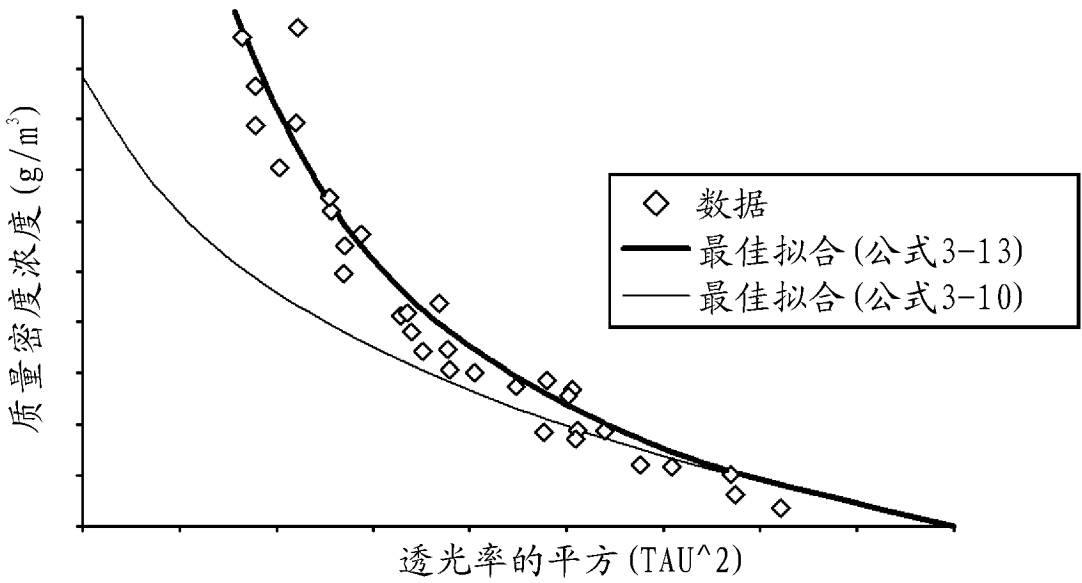


图 7

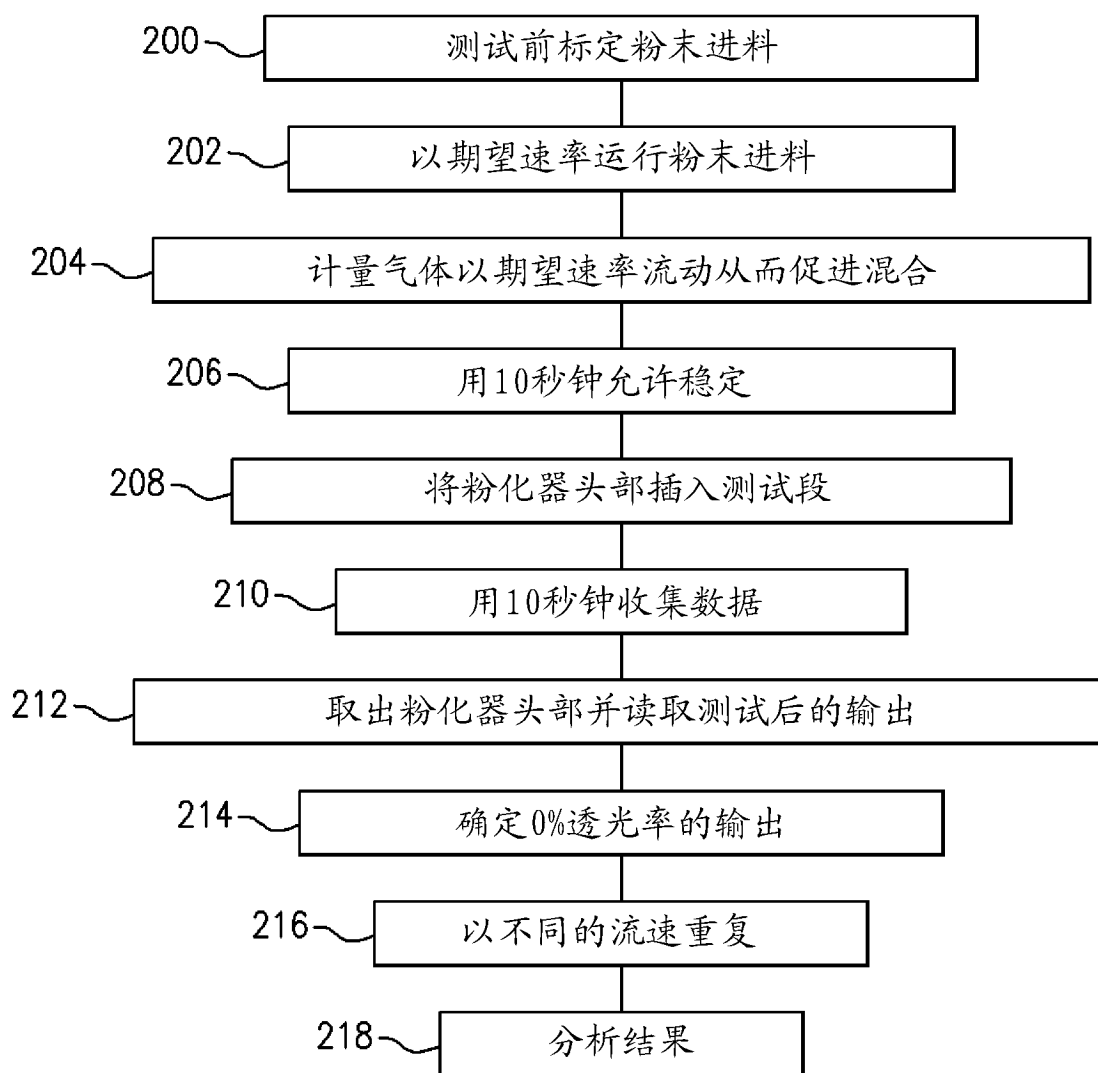


图 8

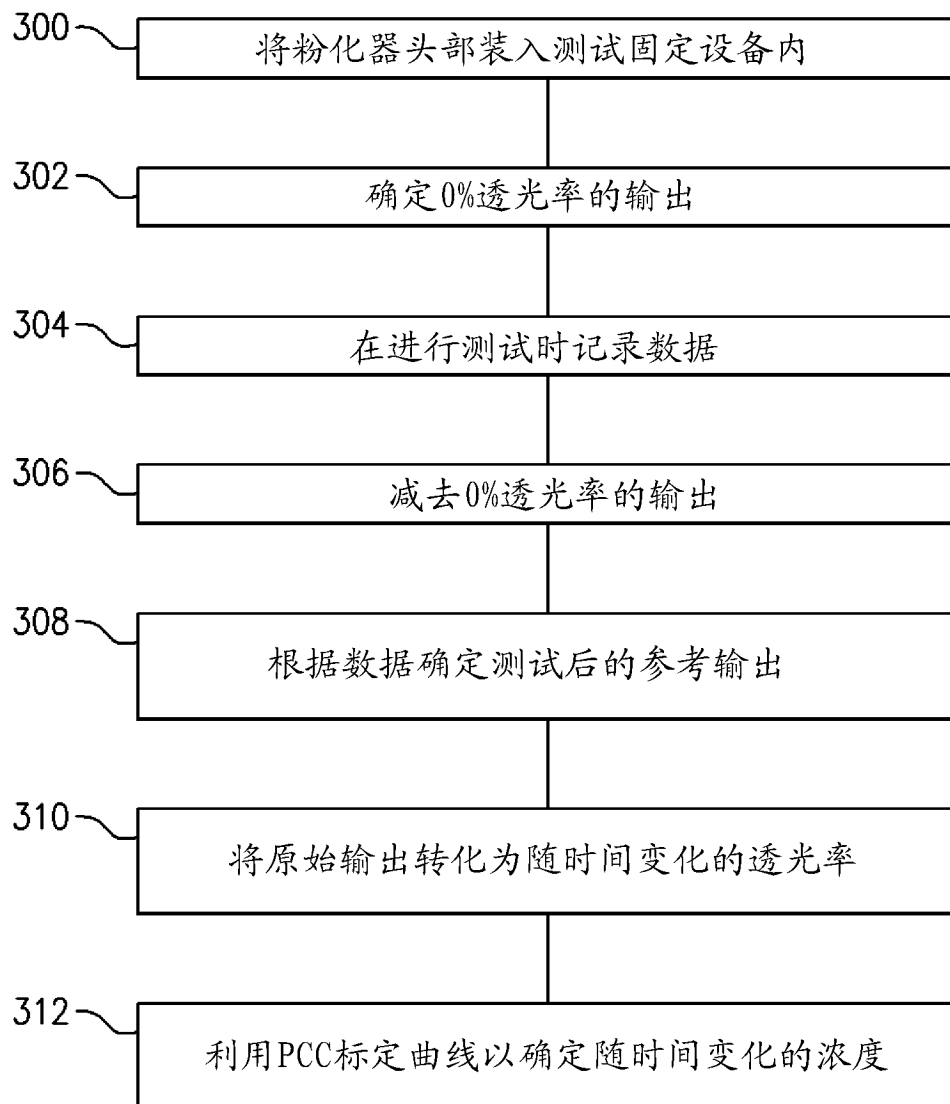


图 9

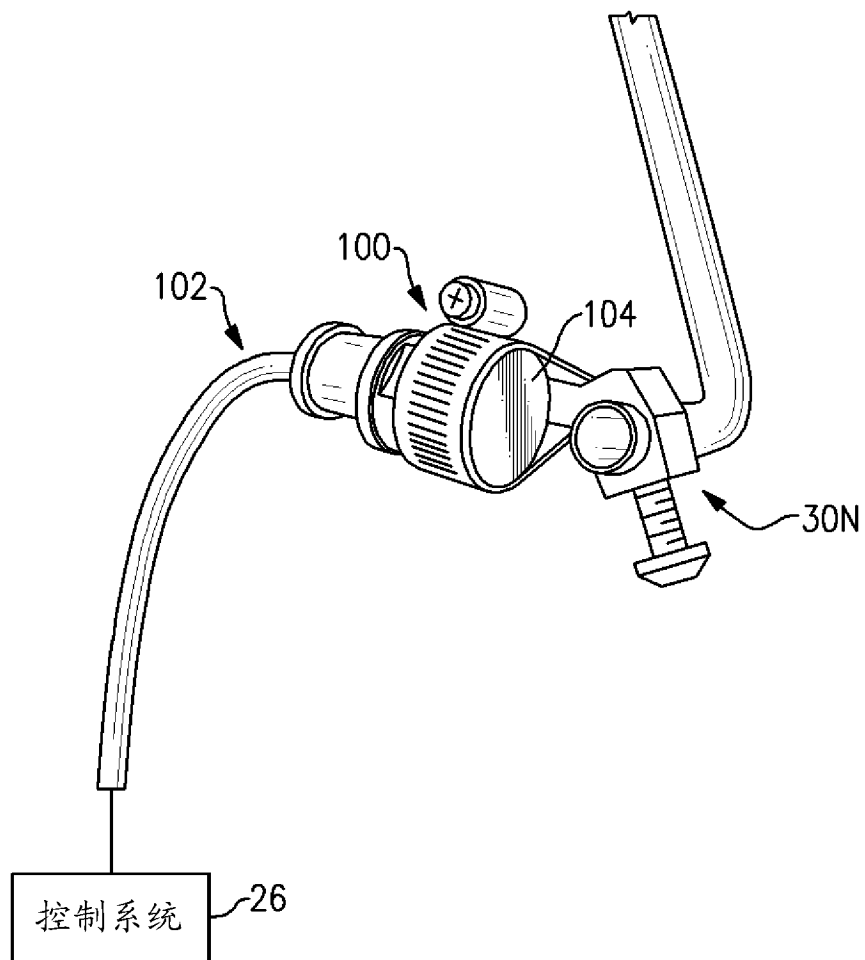


图 10

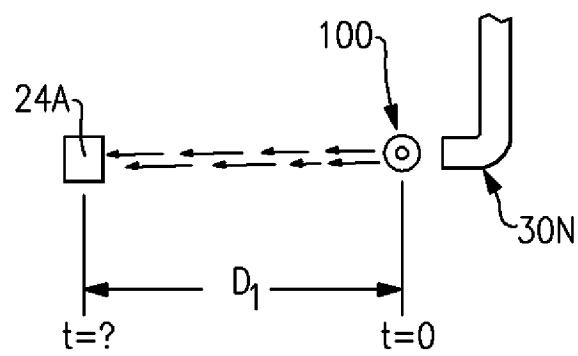


图 11

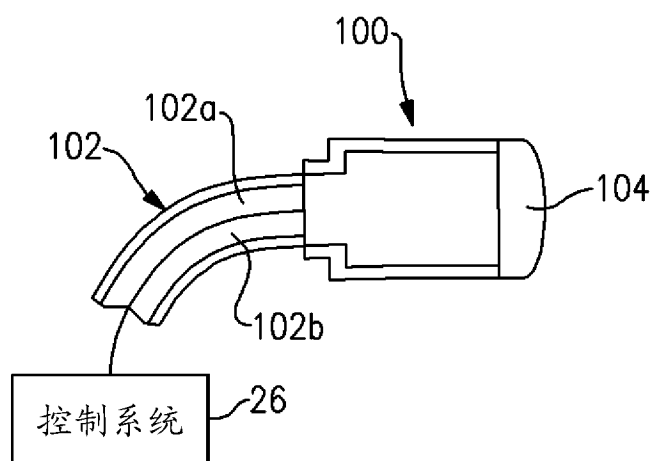


图 12

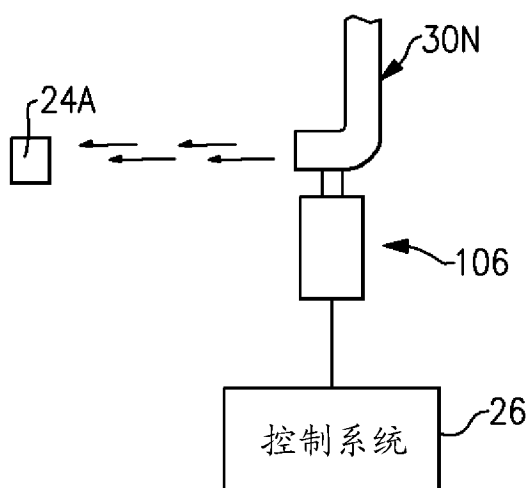


图 13

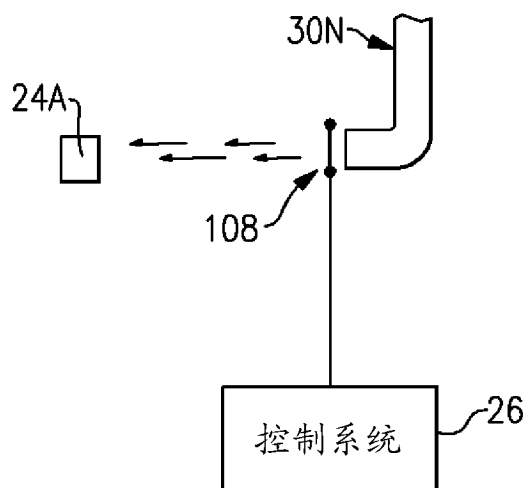


图 14

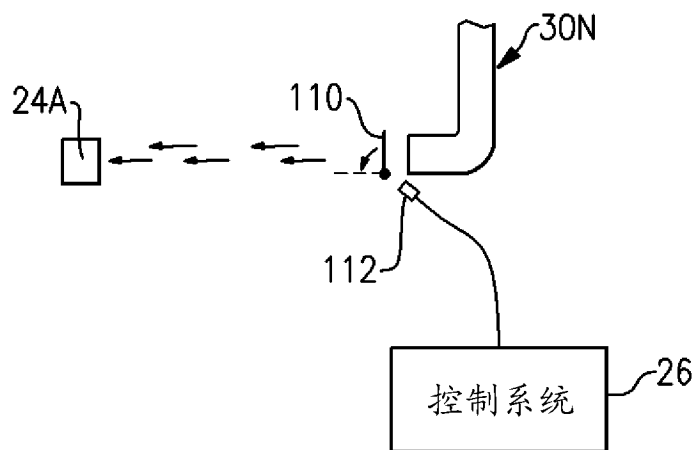


图 15

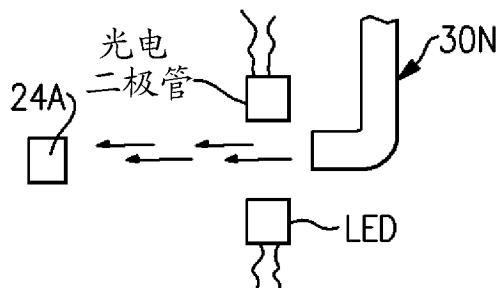


图 16

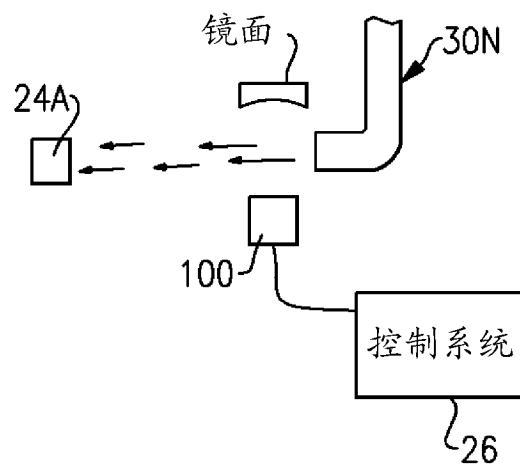


图 17