



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105431641 A

(43) 申请公布日 2016. 03. 23

(21) 申请号 201480040693. 5

代理人 李景辉

(22) 申请日 2014. 05. 13

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

F15D 1/02(2006. 01)

13/896, 947 2013. 05. 17 US

G01F 1/50(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2016. 01. 18

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2014/037876 2014. 05. 13

(87) PCT国际申请的公布数据

W02014/186377 EN 2014. 11. 20

(71) 申请人 卡梅伦国际有限公司

地址 美国得克萨斯州

(72) 发明人 G · J · 布朗

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

公司 11127

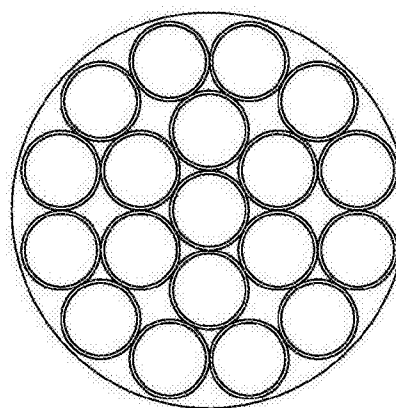
权利要求书2页 说明书11页 附图15页

(54) 发明名称

流调节器及优化方法

(57) 摘要

一种用于具有轴线的圆形管道的流调节器。所述流调节器包含具有待安置于圆形管道中的面的板,其中所述板的所述面垂直于所述管道的所述轴线。所述板具有供流体流经的中心圆形通路区域,所述中心圆形通路区域被由分隔及细分组带限定的用于流体流的分段式环形通路的一个或多个同心阵列环绕,其中至少一个细分组带具有不同于第二细分组带的宽度。可能存在具有不同于环形通路的一个阵列的径向宽度的环形通路的至少一个阵列和具有不同于第二细分组带的宽度的至少一个细分组带。一种产生用于具有轴线的圆形管道的流调节器的经优化的几何形状的方法。



1. 一种用于具有轴线的圆形管道的流调节器,其包括:具有安置于所述圆形管道中的面的板,其中所述板的所述面垂直于所述管道的所述轴线,所述板具有供流体流经的中心圆形通路区域,所述中心圆形通路区域被由分隔和细分组带限定的用于流体流的分段式环形通路的两个或多于两个的同心阵列环绕,其中环形通路的至少一个阵列具有不同于环形通路的第二阵列的径向宽度的径向宽度。

2. 根据权利要求1所述的流调节器,其中所述板具有至少一个细分组带,其具有不同于第二细分组带的宽度的宽度。

3. 根据权利要求1所述的调节器,其中所述中心圆形通道细分成两个或多于两个的单独的通路。

4. 根据权利要求1所述的调节器,其中细分成分段式环形通路借助于沿着所述调节器的所述圆形几何形状的半径对准的组带而实现。

5. 根据权利要求1所述的调节器,其中细分成分段式环形通路通过相对于所述调节器的所述圆形几何形状的半径成角度地对准的组带而实现。

6. 根据权利要求1所述的调节器,其中每个细分组带的侧面为直的且平行的。

7. 根据权利要求1所述的调节器,其中每个细分组带的侧面为曲面的。

8. 根据权利要求1所述的调节器,其中每个细分组带的侧面为非平行的。

9. 根据权利要求1所述的调节器,其中所述分段式环形通路的所述内部拐角为弧形的。

10. 根据权利要求1所述的调节器,其中所述通路的上游边缘为倒角的或弧形的。

11. 根据权利要求1所述的调节器,其中所述通路的下游边缘为倒角的或弧形的。

12. 根据权利要求1所述的调节器,其中所有通路都具有实质上相等的水力直径。

13. 根据权利要求1所述的调节器,其中所述通路的长度与其水力直径的比率大于1。

14. 根据权利要求1所述的调节器,其中细分所述环形通路的所述组带在距所述管道的中心更远的距离处逐渐地变得更厚,以便获得完全展开的流动剖面的近似。

15. 一种用于具有轴线的圆形管道的流调节器,其包括:具有安置于所述圆形管道中的面的板,其中所述板的所述面垂直于所述管道的所述轴线,所述板具有供流体流经的中心圆形通路区域,所述中心圆形通路区域被由分隔和细分组带限定的用于流体流的分段式环形通路的两个或多于两个的同心阵列环绕,其中至少一个细分组带具有不同于第二细分组带的宽度的宽度。

16. 一种用于具有轴线的圆形管道的流调节器,其包括:具有安置于所述圆形管道中的面的板,其中所述板的所述面垂直于所述管道的所述轴线,所述板具有供流体流经的中心圆形通路区域,所述中心圆形通路区域被由分隔和细分组带限定的用于流体流的分段式环形通路的两个或多于两个的同心阵列环绕,其中环形通路的至少一个阵列具有不同于环形通路的第二阵列的径向宽度的径向宽度,且其中至少一个细分组带具有不同于第二细分组带的宽度的宽度。

17. 一种产生用于具有轴线的圆形管道的流调节器的经最佳化的几何形状的方法,其包括以下步骤:

a. 在非暂时性存储器中存储所述调节器的所要的压力损失系数的值;

b. 在所述存储器中存储所要的速度剖面的形状;

- c. 设置制造目标；
 - d. 在所述存储器中存储待用于所述调节器中以细分所述管道横截面的环形环的数目；
 - e. 在所述存储器中存储用于每个环形环和所述调节器的中心圆形通路区域的细分部分的数目；
 - f. 在所述存储器中将每个环形环的宽度设置到初始值；
 - g. 在所述存储器中将所述调节器的圆形组带的宽度设置到初始值；
 - h. 在所述存储器中将所述调节器的细分组带的宽度设置到初始值；
 - i. 使用电脑根据步骤 a 到 g 中存储于存储器中的信息计算所述调节器的所述通路中的每个的水力直径,其中所述电脑与所述存储器通信；
 - j. 在所述存储器中将所述调节器板的厚度设置到基于通路长度与水力直径的所要比率的值；
 - k. 使用所述电脑基于步骤 a 到 g 和 i 确定所述调节器几何形状的阻力和流特性；并且
 - l. 使用所述电脑迭代地调整所述几何形状直到实现所述目标。
18. 根据权利要求 17 所述的方法,其包含在所述存储器中设置小于 2 的压力损失系数的步骤。
19. 根据权利要求 17 所述的方法,其包含将基于完全展开的流条件的目标流动剖面输入到所述存储器中的步骤。
20. 根据权利要求 17 所述的方法,其包含将扁平的速度剖面输入到所述存储器中的步骤。

流调节器及优化方法

技术领域

[0001] 本发明涉及用于关于流量计量装置的流的流调节器。(如本文中所使用,对“本发明”或“发明”的参考涉及例示性实施例且不必涉及所附权利要求书所涵盖的每一实施例。)更确切地说,本发明涉及用于流计量装置的流调节器,其中调节器具有供流体流经的中心圆形通路区域,所述中心圆形通路区域被由分隔和细分纽带(subdividing ligaments)限定的用于流体流的分段式环形通路的两个或多于两个的同心阵列环绕。

背景技术

[0002] 此部分意在向读者介绍可能与本发明的各个方面相关的所属领域的各个方面。以下论述意在提供信息以促进对本发明的更好的理解。因此,应理解,根据这一点来阅读以下论述中的陈述,而不是作为对现有技术的认可。

[0003] 在流量测量领域中,常常必需调节流量计量装置的流上游以便流量计将以最少的误差记录流量。弯管、阀门、过滤器和其它形式的管线组件使流速剖面变形且通过改变流向而将非轴向流速分量或“涡流”引入在流量流中。众所周知,某些类型的流量计的校准或流量系数受剖面的变形和/或涡流的存在影响。流调节器已经被采用了许多年以部分调整流量计的变形的且涡旋的流上游。到目前为止所使用的各种装置在设计上有所不同,其中性能上产生的差异是就相对于其强加的永久性压力损耗的其调整流量的能力来说的。大多数调节器具有单一指定的几何形状或设计参数的限定集合且不能易于适合于符合特定情形的要求。在此所描述的本发明旨在解决现存调节器的这些和其它局限性。

[0004] 流调节器已经使用了许多年来以调整入流条件和改进流量计精确性为目标进行尝试。到目前为止,最常见类型的流调节器为叶片类型或以管束组合件形式的“流矫正器”。流矫正器实质上将所述流划分到与所述管道的轴线平行的长且直的大量通路中。目标为当所述流离开调节器时,流速的任何旋转分量被减小或消除。

[0005] 管束为稳流器的最常采用的形式,在一定程度上已经规范化,且实质上为管(总数通常在7个与55个之间)的组合件,以六角形或圆形几何形状布置,如图1A和1B中所说明。使用相等大小的19个管以圆形几何形状布置的管束被包含于用于差压流量计的国际标准(ISO5167)中。通常使得管束长度在两个管道的直径与三个管道的直径之间,结果是所述管可为20个到30个管的直径长,尽管研究显示就限制涡流来说,短很多的束仍可有效。

[0006] 流调节器的管束设计的公认的不足是尽管其在去除涡流上有效,但形成的轴向速度剖面并不趋向于完全展开,即其通常趋向于比将在所关注的雷诺数处的管道的长直长度的下游发现的剖面扁平。为了尝试克服此局限性,斯图尔特(Stuart)开发了管束流调节器,其中束内使用的管直径不断变化以便产生更接近于所要的完全展开的剖面的速度剖面形状。就制造来说,此调节器设计的缺点(其同样适用于大多数管束设计)是当管道直径变化时,需要的管直径可能并不可容易地用于标准大小的导管中。管束的主要优点是其具有相对低的永久性压力损耗,具有用于在0.65到1.2范围内的完全紊流的损耗系数。

[0007] 管束的另一缺点是其可变的设计和和质量。如果构造未达到 ISO 标准,那么管的数目和大小的可能的变体几乎是无限的,使得难以预测性能或联系管束的不同设计的经验。此外,可变的制造质量意味着管对准可能变化,且在一些状况下,例如如果束在制造期间变得绞合,那么束可产生涡旋流。

[0008] 使轴向速度剖面成形以及去除涡流的需要可能最先是在赞克 (Zanker) 流调节器的设计中被适当地解决。赞克调节器包括具有孔的薄板,该薄板与附接到所述板的下游侧部的叶片类型的矫直器结合,其中孔径设计以产生对流的递变阻力。就产生的流动剖面和通过此调节器实现的涡流减小的水平来说,其公认为非常有效的。然而,制造是有些困难的且其具有大于 5 的高的压力损耗系数。

[0009] 现今更常用的是厚板类型的调节器。在这些设计中,借助于在极其厚的板中产生圆形通路而实现对流的递变阻力。通过变化圆形通路的数目、间距和 / 或大小,实现所要的递变阻力。除厚板型号的赞克调节器之外,这种类型的调节器的实例包含由劳斯 (Laws) (最常见的为诺瓦 (Nova)/CPA 50E 变型)、斯皮尔曼 (Spearman) 和加拉格尔 (Gallagher) 制造的调节器,其中更厚的板使得不再需要下游叶片类型的矫直器。常见的厚板调节器在图 2A 到 2D 中说明。

[0010] 具有圆形通路的这些厚板调节器被视为目前先进技术,但仍具有某些不足。压力损耗系数通常在 2 到 5 范围内,大于使用管束可用的压力损耗系数。产生更高孔隙度和因此产生更低的压力损耗的板的尝试通常导致流调节性能的降低。

[0011] 具有圆形通路的厚板调节器的设计的优化通过与所选择的圆形孔几何形状相关联的特定问题而变得复杂。不规则数目的孔以及圆形形状的通路导致孔的相邻环之间复杂的“分水岭”,且由于分水岭限定了与每个孔相关联的阻塞区域,因此难以计算有效孔隙度。对于给定厚度的板,在圆形通路大小变化的状况下优化进一步变得复杂,由于此导致孔隙度和通路的长度与其水力直径的比率两者的变化。因此,应采取以优化具有圆形通路的调节器的步骤并不明显,如当改变使得分水岭的形状以及孔隙度和水力直径变化时。

[0012] 厚板调节器的特定优点是可非常易于实现不同大小的管道的制造和几何比例缩放,其克服与管束类型的调节器相关联的制造和质量局限性。

[0013] 如先前所提到,发现到当孔隙度增大太多时厚板调节器的有效性下降,结果是现今使用的大多数厚板调节器具有在 50% 的区域中的孔隙度。当孔隙度增大时,研究者并不倾向于增大板厚度以补偿 $1/d$ 的减小,其可部分解释减弱的性能。这导致一些设计者将拉直的叶片添加到调节器或采用调节的两个阶段,第一阶段为拉直的叶片且第二阶段为递变的厚板调节器。

[0014] 一些类型的流量计相较于其它流量计更易受进入的流场的情况影响。在多路径超声波流量计的情形中,常常出现的情况是,如果涡流被有效地去除,那么流量计将能够在各种不同的设施情况中以高准确度执行。因此,由于其具有较低的压力损耗特性将管束与超声波计一起使用是常见的。然而,此未弥补管束的三个缺点:第一,其以不利方式更改轴向速度剖面;第二,其通常经制造以使长在 2 个与 3 个直径之间的事实;且第三,上述制造问题可导致较差质量的调节器。因此,能够产生用于与超声波和其它类型的流量计一起使用的低压力损耗的流调节器是在此描述的本发明的一个目的。除具有低永久性压力损耗之外,调节器还应易于以可再生产的方式制造且应可以变化设计参数以便获得合乎需要的形

状的轴向速度剖面。

发明内容

[0015] 本发明的流调节器是基于分段式环形通路的配置，环绕圆形管道的中心线对称地布置。分段式环形通路的选择允许管道的横截面区域被分成预定数目的环形环，其中通路的宽度和间距在径向方向和切向方向两者中自由变化以获得每个环中水力直径和孔隙度的所要值。与经由选择调节器的厚度来控制通路的长度相结合，分段式环形通路的此配置可经优化以结合指定的总体压力损耗而生产将阻碍涡流且具有所要的径向分配的阻力的调节器。

附图说明

[0016] 在附图中，说明本发明的优选实施例和实践本发明的优选方法，其中：

[0017] 图 1A 和 1B 显示 19 个管的管束调节器的两个典型配置。

[0018] 图 2A 到 2D 显示典型的厚板调节器几何结构。

[0019] 图 3 为当使用圆形通路时外部环与中部环之间的复杂的水分岭几何形状的说明。

[0020] 图 4A 和 4B 显示具有圆形中心通道（三个环形环）的分段式环形几何形状。

[0021] 图 5A 显示具有分段式中心通道（两个环形环）的分段式环形几何形状。

[0022] 图 5B 显示使用替代的细分方法的分段式环形几何形状。

[0023] 图 5C 为细分纽带几何形状的例示性替代形式的说明。

[0024] 图 6A 是显示朝向所要的速度剖面的设计的汇聚的图。

[0025] 图 6B 是显示就通路的水力直径来说的设计的汇聚的图。

[0026] 图 7 为产生于最佳化实例的设计的说明。

[0027] 图 8 为说明最佳化过程的简化的流程图。

[0028] 图 9A、9B 和 9C 显示包含弧形内部拐角和凸缘的所得的几何形状。

[0029] 图 10A 显示计量因数相对于用于在直的管道中和不具有流调节器的弯管的下流的流量计 A 雷诺数。

[0030] 图 10B 显示计量因数相对于用于在直的管道中和不具有流调节器的弯管下游的流量计 B 的雷诺数。

[0031] 图 11A 显示计量因数相对于用于在直的管道中和具有 4D 劳斯调节器到 10D 计量配置的弯管的下流的流量计 A 的雷诺数。

[0032] 图 11B 显示计量因数相对于用于在直的管道中和具有 4D 劳斯调节器到 10D 计量配置的弯管的下流的流量计 B 的雷诺数。

[0033] 图 12A 显示计量因数相对于用于在直的管道中和具有 4D 原型调节器到 10D 计量配置的弯管的下流的流量计 A 的雷诺数。

[0034] 图 12B 显示计量因数相对于用于在直的管道中和具有 4D 原型调节器到 10D 计量配置的弯管的下流的流量计 B 的雷诺数。

[0035] 图 13 显示使用在直的管道中和不具有流调节的弯管的 10D 下游的 8 个路径的超声波计测量的涡流。

[0036] 图 14 显示用于劳斯类型的调节器和新原型两者的使用在直的管道中和具有 4D 调

节器到 10D 计量配置的弯管的下游的 8 个路径的超声波计测量的涡流。

[0037] 图 15 显示本发明的系统的表示。

具体实施方式

[0038] 现参考图式,其中在若干视图中相同的参考数字指代类似或同一零件,且更确切地说,参考其图 4A 和 4B,已显示用于具有轴线 14 的圆形管道 12 的流调节器 10。流调节器 10 包括具有待安置于圆形管道 12 中的面 18 的板 16,其中板 16 的面 18 垂直于管道 12 的轴线 14。板 16 具有供流体流经的中心圆形通路区域 20,所述中心圆形通路区域 20 被由分隔和细分纽带 24 限定的用于流体流的分段式环形通路 22 的两个或多于两个的同心阵列环绕,其中环形通路 22 的至少一个阵列 26 具有不同于环形通路 22 的第二阵列 28 的径向宽度的径向宽度。

[0039] 参考图 5A 到 5C、7、9A 和 9B,板 16 可具有至少一个细分纽带 30,其具有不同于第二细分纽带 32 的宽度的宽度。中心圆形通道可以细分成两个或多于两个的单独的通路 34。细分成分段式环形通路 22 可借助于沿着调节器的圆形几何形状的半径对准的纽带 24 而实现。细分成分段式环形通路 22 可通过相对于调节器的圆形几何形状的半径成角度地对准的纽带 24 而实现。每个细分纽带的侧面可为直的且平行的。

[0040] 每个细分纽带的侧面可为曲面的。每个细分纽带的侧面可为非平行的。分段式环形通路 22 的内部拐角 40 可为弧形的。通路的上游边缘 36 可为倒角的或弧形的。通路的下游边缘 38 可为倒角的或弧形的。所有通路都可具有基本上相等的水力直径。通路的长度与其水力直径的比率可大于 1。

[0041] 细分环形通路 22 的纽带 24 可在距管道 12 的中心更远的距离处逐渐地变得更厚以便获得完全展开的流动剖面的近似。

[0042] 本发明是关于用于具有轴线 14 的圆形管道 12 的流调节器 10。流调节器 10 包括具有待安置于圆形管道 12 中的面 18 的板 16,其中板 16 的面 18 垂直于管道 12 的轴线 14。板 16 具有供流体流经的中心圆形通路区域 20,所述中心圆形通路区域 20 被由分隔及细分纽带 24 限定的用于流体流的分段式环形通路 22 的两个或多于两个的同心阵列环绕,其中至少一个细分纽带 30 的宽度不同于第二细分纽带 32 的宽度。

[0043] 本发明是关于用于具有轴线 14 的圆形管道 12 的流调节器 10。流调节器 10 包括具有待安置于圆形管道 12 中的面 18 的板 16,其中板 16 的面 18 垂直于管道 12 的轴线 14。板 16 具有供流体流经的中心圆形通路区域 20,所述中心圆形通路区域 20 被由分隔及细分纽带 24 限定的用于流体流的分段式环形通路 22 的两个或多于两个的同心阵列环绕,其中环形通路 22 的至少一个阵列 26 具有不同于环形通路 22 的第二阵列 28 的径向宽度的径向宽度,且至少一个细分纽带 30 的宽度不同于第二细分纽带 32 的宽度。

[0044] 本发明是关于产生用于具有轴线 14 的圆形管道 12 的流调节器 10 的经最佳化的几何形状的方法。所述方法包括在非暂时性存储器中存储调节器的压力损失系数的所要值的步骤。有在存储器中存储所要的速度剖面的形状的步骤。有设置制造目标的步骤。有在存储器中存储待用于调节器中以细分管道 12 横截面的环形环的数目的步骤。有在存储器中存储用于每个环形环和用于调节器的中心圆形通路区域 20 的细分部分的数目的步骤。有在存储器中将每个环形环的宽度设置到初始值的步骤。有在存储器中将调节器的圆形组

带 24 的宽度设置到初始值的步骤。有在存储器中将调节器的细分纽带 24 的宽度设置到初始值的步骤。有使用电脑根据在步骤 a 到 g 中存储于存储器中的信息来计算调节器的通路中的每个的水力直径的步骤,其中电脑与存储器通信。有在存储器中将调节器板 16 的厚度设置到基于通路长度与水力直径的所要比率的值的步骤。有使用电脑基于步骤 a 到 g 来确定调节器几何形状的阻力和流特性的步骤。有使用电脑迭代地调整几何形状直到实现指定目标的步骤。

[0045] 可以有在存储器中设置小于 2 的压力损失系数的步骤。可以有将基于完全展开的流条件的目标流剖面输入到存储器中的步骤。可以有将平的速度剖面输入到存储器中的步骤。可以有将抛物线型剖面输入到存储器中的步骤。可以有将表示完全展开的紊流的速度剖面输入到存储器中的步骤。可以有这样的步骤,该步骤包括在存储器中设置所有通路都具有大于 0.1D 的最小尺寸的约束的步骤。

[0046] 可以有在存储器中设置所有纽带 24 都具有大于 0.01D 的宽度的约束的步骤。可以有在存储器中设置所有拐角 (corner) 都具有 0.01D 的最小半径的约束的步骤。可以有在存储器中设置所有通路都具有基本上相等的水力直径的约束的步骤。可以有在存储器中设置通路的长度与其水力直径的最小比率大于 1 的约束的步骤。

[0047] 可以有在存储器中将环形环的数目设置在 2 个与 12 个之间的步骤。可以有在存储器中将通路的总数限制为环的数目的平方的 0.5 倍的步骤。调整步骤可以包括调整分段式环形通路 22 的径向宽度的步骤。调整步骤可以包括调整细分纽带 24 的径向宽度的步骤。调整步骤可以包括调整圆形纽带 24 的宽度的步骤。调整步骤可以包括调整在每个环形区域中的细分部分的数目的步骤。调整步骤可以包括调整环形环的数目的步骤。

[0048] 图 15 示出用于测量管道中的流体流量的系统 46。系统包括安置于管道中的调节器 10。系统包括与管道中的流体连通的超声波换能器 44。系统 46 包括与管道连通的超声波流量计 42,其根据由换能器传输和接收的超声波信号来确定流体流量。可以使用的用于流体流量测量的具有超声波换能器的流量计的实例可从卡梅伦 (Cameron) 国际公司购买获得,其型号名称为 Caldon LEFM 240Ci。此种流量计 42 经设计以从换能器产生和接收电子信号且处理信号以便计算与穿过管道的流体流速相关的信息。

[0049] 在本发明的操作中,在此描述的调节器是基于将圆形管道 12 的横截面区域分成以管道 12 中心线为中心的环形区域,如图 4A 和 4B 中所说明。圆形纽带 99 将这些环形区域彼此分隔且细分纽带 24 将每个区域分割成两个或多于两个的分段式环形通路 22,流体流经分段式环形通路。结合了细分纽带 24 的数目和宽度的圆形纽带 24 的数目和宽度确定调节器的总体孔隙度。此外,通过从一个区域到另一区域来改变细分纽带 24 的数目或这些纽带 24 的厚度,水力直径 d 和孔隙度可发生变化,且因此流阻力可经递变以产生所要的流特性。

[0050] 通路的外部分段式环形环可具有包含于调节元件的设计中的外部限界壁,或可在外周处打开使得管道 12 的内壁形成于那些通路中的每个的外壁中。

[0051] 使用圆形通路上的分段式环形几何形状的益处通过将圆形孔的问题中的一个减小到简单的实例而变得易于解释。考虑布置成六角形图案的具有 19 个相等大小的圆形通路的调节器。这些通路在其合并在一起之前的最大大小为管道 12 的内径的五分之一。因此,最大的自由区域将为管道 12 区域的大约 76%。通过分段式环形通路 22,调节器的任

何部分中的自由区域可大于此限制,但同时仍具有充足的用于调节器的机械强度的纽带宽度。

[0052] 在本发明的优选实施例中,每个分段式环形通路的长度 l ,等于其它通路的长度且等于板 16 的厚度,尽管具有不同通路长度的变体也可通过改变与每个环相关联的板 16 厚度来构想。然而,考虑通路的总体长度和其水力特性是至关重要的。长度太短的通路在防止通路中的涡流上将是低效的,而太长的通路可增大压力损耗或不必要地增大调节器的大小,均危及制造。此外,如果通路的长度与其水力直径的比率不同于一组孔与另一组孔的比率,那么流经所述孔的流的特性可根据管道 12 雷诺数而明显地不同。

[0053] 对于具有非常短的长度与水力直径的比率 (l/d) 的通路来说,涡流将易于穿过,且在流在入口处分离到通路之后,其在通路内部将不重新合体,此可被称为完全分离的流。对于具有中间的 l/d 的通路来说,涡流仍可穿过,且流在通路内部可能重新合体或也可能不重新合体,这取决于占主导地位的流条件,此可被称为略微分离的 / 合体的流。对于具有相对较长的 l/d 的通路来说,涡流将被遏制,且在入口处分隔到通路的流将重新合体,此可被称为完全重新合体的流。就对于流经管道 12 的两个部分之间的通路的流的压力损耗来说,可显示对于完全分隔的流的压力损耗是最大的,且一旦流完全重新合体,压力损耗减小到最小。超出最小压力损耗点之处,由于调节器的通路中的增大的摩擦损耗,压力损耗将再次增大。因此,就长度与水力直径的比率来说,有可能使流调节器 10 最佳化。

[0054] 对于使用圆形通路的现今可用的常见的厚板 16 调节器来说,板 16 的厚度为恒定的且通常相对于管道 12 直径在 0.12 到 0.15 的范围内。孔直径通常相对于管道 12 直径在 0.1 到 0.19 的范围内,其中产生的 l/d 的值在 0.63 到 1.5 的范围内。对应于略微分隔的 / 合体的流的 l/d 的范围通常在 0.5 与 1 之间。在劳斯、加拉格尔和斯皮尔曼板的类似物中,每个调节器中使用不同值的通路直径,结果是在某些流条件下,一些通路可具有分隔的流而其它通路可具有重新合体的流。

[0055] 需要避免在同一调节器的不同通路中同时发生分隔的和重新合体的流条件两者的可能性。对此的一个方案是增大板 16 厚度直到在所述通路的最大的一个中出现完全重新合体的情况。然而,当进行此方案时,压力损失系数在较小水力直径的通路中将接着不合需要地增大。因此,有吸引力的是能够产生一种调节器设计,其中所有通路的水力直径的值都相等。当每个通路的水力直径相同时,接着利用具有恒定厚度的调节器, l/d 的值将同样相同,且因此穿过孔的压力损耗的摩擦分量将同样相同。对于圆形通路,水力直径简单地等于直径,且因此对于待恒定的 l/d 而言,通路都应具有相同的直径,为了产生所要的递变阻力,这对孔的几何配置强加了不必要的限制。对于分段式环形通路 22,水力直径等于由周界划分的横截面区域的四倍。因此,水力直径不仅是通路的横截面区域的函数,而且是通路的高宽比的函数。当就孔隙度和水力直径两者来说而需要变化或使调节器设计最佳化时,此在设计中提供更大的灵活性。

[0056] 本发明的调节器可通过选择适于构造的材料的方法而由各种材料制成。对于待用于小管道中的调节器,最有可能的是,调节器将由具有通路的由金属或塑料制成的固体零件制成,其中使用机器工具切割成材料。例如水力喷射切割的技术可适合于高达某一厚度的一些材料,或可使用常规的钻孔和碾磨技术。对于较大的管道,可以设想的是,将借助于例如对于圆形纽带 99 使用具有不同直径的管道部分,且使用从给定厚度的钣金切割的细

分纽带 24 将这些彼此接合,来装配调节器。因为圆形纽带 99 的数目、厚度和直径可根据管道的标准大小来选择,所以该可能性突显了本发明的优点。在圆形纽带 99 的尺寸经固定的情况下,可接着选择细分纽带 24 的数目和厚度以便产生用于每个环的所要孔隙度。在设计过程中,环的数目和细分纽带 24 的数目可经约束以便产生材料与制造成本之间适当的平衡。

[0057] 调节器可经设计以通过将其固定在适当的位置的一些方法完全组装在管道部分内部,或其可经设计以组装在管道凸缘之间。由于增大的机械强度,因此分段式环形通路 22 可经设计以具有弧形内部拐角 40。为了减小压力损耗而无需减小超出某一设计值的圆形纽带 99 和细分纽带 24 的厚度,通路的入口和 / 或出口可经倒角以流线化本设计且减小流分离。

[0058] 在调节器的中心,通常将存在单个的圆形通路,但此同样可替代地被分段化以形成两个或多于两个的单独的中心通路,如图 5A 到 5C 以及图 6A 和 6B 中所说明。

[0059] 就实用偏好来说,调节器将作为单个单元安装。然而,可通过彼此之间保持某一间距而连续地安装两个或多于两个的单元以便执行更有效的流调节。就调节性能相对于总体压力损耗来说,此可优于使用单个单元。

[0060] 就总体压力损耗和所要的轴向流剖面形状来说,根据本发明的特定调节器几何形状的设计以限定调节器的所需特性开始。在此阶段,可添加任何其它的约束或要求,例如板 16 的整体厚度、长度与水力直径的最小比率、圆形纽带 99 和细分纽带 24 的最小宽度、内部拐角的最小半径和 / 或所有通路具有相同的水力直径的规范。接下来,就通路的大致总数和大小来说,考虑调节器的一般特性。一旦环形环的数目和每环的分段的数目已确定,选择数值以产生初始设计且接着可开始调节器的最佳化(或实际上,也可设想最佳化过程可包含变化环的数目和每环的分段的数目)。

[0061] 环形环之间的圆形纽带 99 的厚度和细分纽带 24 的厚度设置成从实用视角选择的初始值。分段式环形通路 22 的径向宽度设置成初始值(例如大约相等的),使得通路的总体径向宽度加圆形纽带 99 合计等于调节器的直径。板 16 的厚度设置成初始值。

[0062] 接着计算用于每个环的孔隙度、水力直径。除了知道调节器的厚度之外,这还允许估计用于每个分段式环形环的压力损失系数和相对流速。实际上,此可使用涉及这些术语的半经验压力损耗模型)而实现,例如在“*I E Idelchik, 水力阻力手册 (Handbook of Hydraulic Resistance)*, 第 3 版, Jaico 出版社, 2005”中所描述的,其以引用的方式并入本文中。可选地,剖面 and 压力损耗特性可借助于计算流体动力学或通过实验测试而确定。接着迭代地调整几何形状直到获得所要的速度剖面和其它最佳的特性。

[0063] 就起始情况和约束来说,可能需要一些试验和误差以便获得收敛且产生具有所需特性的解决方案。

[0064] 此过程现可借助于实例说明,其中需要产生具有 0.5 的低压力损耗系数且每个通路都具有相同的水力直径的调节器。

[0065] 常见的厚板类型的调节器具有的圆形通路在 25 个与 32 个之间,其中外部孔的大小通常为管道直径的大约 10%。因此,对于具有大体上类似的数目和大小的通路的调节器设计,设计可以从将管道 12 分成中心圆形通路和三个环形环开始,每个环的径向宽度小于直径的 14%。接着使用径向细分纽带 24,且考虑到对称性需要,设计可将内部环形区分割

成 6 个区段,且将每个外部环形区分割成 12 个区段,总共产生 31 个通路。将圆形纽带 99 和细分纽带 24 的厚度设置成任意值作为开始,比方说管道 12 直径的 1%。在此实例中,以 0.01D 的圆形纽带 99 和细分纽带 24 和 0.12D 宽度的每个环形部分作为开始,结果是中心圆形通路的起始直径为 0.2D(给定外壁和圆形纽带 99 加上通路的宽度总计应等于管道 12 的直径的约束条件)。

[0066] 此时,最大通路的水力直径为 0.2D。在需要达到 $1/d$ 的值大于 1 的目标的条件下,在此阶段选择 0.2D 的厚度的板 16,这应当确保达到此要求,且当然可被调整以作为最佳化过程的一部分。

[0067] 在单个中心通路的情形中,其孔隙度通过其直径并通过将其与第一环形环分离的圆形纽带的厚度来确定。因此,最佳化的第一步骤为调整其它几何参数直到此通路的压力损失系数接近用于调节器整体的目标值。在此特定实例中,此第一步骤通过以下措施来实现:设置约束,该约束为圆形纽带 99 应具有相等的厚度(除外壁之外,其固定为 0.01D);且接着增大那些纽带的厚度,同时减小中心通路的直径,直到实现所要的损耗系数。

[0068] 第二步骤为调整每个环中径向纽带 24 的宽度直到实现所要的速度剖面形状,同时也考虑到有关总体损耗系数的目标。在此步骤中,每个环形区中径向纽带 24 的宽度的值经迭代地调整直到实现所要的剖面形状和损耗系数。此步骤的结果将为一种设计,该设计将产生所要的速度剖面,且具有期望的总体损耗系数,但可能还未符合某些总体要求(例如,每个通路都具有相同的水力直径)。

[0069] 为了获得对于每个环的通路的相同的水力直径,进一步的迭代步骤涉及调整每个分段式环形通道的径向宽度以满足所有水力直径都相同而保持所有其它尺寸恒定(除中心通路的直径之外,其还可改变)的情况。当以此方式进行调整时,相对速度将与其目标值再次偏离,需要进行进一步的迭代。

[0070] 在下一个迭代步骤中,圆形纽带 99 的宽度再次经调整以使得用于中心通路的损耗系数更接近其目标值。在第五和最后的迭代步骤中,再次借助于调整径向纽带 24 的宽度而寻求所要的速度剖面 and 损耗系数。

[0071] 在上文描述的五个步骤结束时,所得的调节器设计拥有经计算损耗系数为 0.502 的 71% 的总体孔隙度、在目标的 0.2% 内的速度剖面和在 $\pm 1.3\%$ 内相同的水力直径。可添加其它步骤,但一旦考虑制造注意事项和模型局限性,这些步骤将不大可能产生改进的结果。

[0072] 表 1 示出在此特定最佳化实例中调节器的几何参数的变化。粗体显示的数值是那些在每个步骤中被调整的数值。表 2 示出每个步骤中的水力直径、压力损失系数和标准化的流速的值。图 5A 到图 5C,图 6A 和图 6B 分别说明速度剖面和水力直径的收敛。图 7 示出产生于以上给定的最佳化实例的设计的说明。图 8 以简单流程图的形式概述最佳化过程。

[0073] 图 9A 到图 9C 示出采用与经描述以确定经最佳化调节器 10 的几何形状的设计相类似的设计过程的结果,该设计对包含具有指定半径的弧形内部拐角 40 的通路几何形状有影响。图 9A 示出正视图且图 9B 示出侧视图。所得的调节器设计接着连同用于在管道 12 部分之间安装的凸缘 50 一起制造,如图 9C 的相片中所示。

[0074] 原型调节器在长直管道 12 的下游被测试且接着在已知的 6 个远离平面的弯管的配置的下流被测试以产生轴向速度剖面的不对称变形且产生涡流。使用煤油替代流体进行

测试,其在 6 英寸管道中在 74m³/hr 到 740m³/hr 的范围内的流速范围具有大约 3cSt 的黏度。劳斯类型的调节器(诺瓦/CPA 50E 变型)也以相同的配置被测试。弯管的布置对于所有测试都保持相同。具有八个超声波流速测量路径的流量计主体用于确定流调节器 10 的有效性。来自八个测量路径的数据用于两个 4 路组合以确定对两个 4 路超声波流量计的水力修正因数的影响,且所有的八个路径都经组合以给出以切向流速与平均轴向流速的比率形式测量的平均涡流。用于 4 路流量计的计量因数数据通过使用单向传输的球形校检器在 ISO 17025 认可的流实验室中的校准而获得以作为可跟踪的参考标准。呈现测试数据以用于以下设施组合:

- [0075] • 不具有流调节的长直管道
- [0076] • 具有在流量计上游的劳斯类型调节器 10 的管道直径的长直管道
- [0077] • 具有在流量计上游的新调节器 10 的管道直径的长直管道
- [0078] • 在不具有流调节的 6 个弯管下游的 10 个管道直径处的流量计,测量路径水平
- [0079] • 在不具有流调节的 6 个弯管下游的 10 个管道直径处的流量计,测量路径垂直
- [0080] • 劳斯类型的调节器,在 6 个弯管下游的 4 个管道直径处,以及流量计,在调节器下游的 10 个管道直径处
- [0081] • 新调节器,在 6 个弯管下游的 4 个管道直径处,以及流量计,在调节器下游的 10 个管道直径处

[0082] 图 10A 和 10B 示出在直的管道配置中和在不具有流调节的弯管下游的 10 个直径处的流量计 A 和 B 的结果,其中测量路径定向在水平和垂直两者中。在这些情况下,不具有流调节时,可观察到由弯管产生的涡流和变形导致的计量因数的改变通常在 0.3% 到 0.5% 范围内。

[0083] 图 11A 和 11B 示出对于安装在劳斯类型的厚板调节器下游 10 个直径处的流量计 A 和 B 的结果。直管道的情形与调节板在弯管下游 4 个直径处的情形之间的差值通常约为 0.1% 或更小。

[0084] 这些可定量地就流经加权平均误差移位来概括。此计算结果在表 3 中给出。

[0085] 图 12A 和 12B 示出使用之前描述的新原型调节器获得的结果。易于观察到,直管道 12 的情形与调节板 16 在弯管下游 4 个直径处的情形之间的差值类似于针对劳斯类型的调节器的情形,通常约为 0.1% 或更小。这些结果也可根据流经加权平均误差移位来定量地概括,如表 3 中所报告。

[0086] 表 3 中记录的数据显示,就 4 路超声波流量计的流量测量性能来说,由于流经加权平均误差移位为类似的量值(都小于 0.1%),新原型调节器匹配劳斯类型的厚板 16 调节器的性能。

[0087] 图 13 和 14 示出根据作为平均轴向流速的百分数的切向流速来量化的涡流。在图 13 中,示出裸露的直管道 12 的状况加上由弯管产生的涡流和不具有流调节的下游的经测量的 10 个直径。显然,弯管产生高水平涡流。图 14 示出在此测试的两个流调节器(劳斯类型调节器和新原型调节器)的结果。比较图 13 和 14,显然两个调节器实质上都减小涡流。在较高雷诺数处,似乎劳斯类型的调节器相较于新原型调节器在减小涡流上稍微更有效。然而,当考虑表 3 的测量结果时,此表现为不显著的差异。

[0088] 在这些测试期间,测量整个原型调节器中的压力损耗。压力损耗的测量可转化成

无量纲的损耗系数,其可为当流动穿过调节器时损失的能量的有用的相对测量。压力损耗数据在表 4 中显示。对于新原型调节器,平均损耗系数为 0.91。此小于对应于劳斯调节器的诺瓦/CPA 50E 变型(其具有大约为 2 的损耗系数)的压力损耗的一半。

[0089] 总之,测试结果显示,与 4 路超声波流量计一起使用,使用原型调节器的测量结果等效于使用劳斯类型的板 16 的测量结果,但实现少于一半的压力损耗。

[0090] 表 1

[0091] 宽度(标准化为管道直径)

[0092]

迭代步骤	外部环 形区	径向组 带	圆形组 带	中部环 形区	径向组 带	圆形组 带	内部环 形区	径向组 带	圆形组 带	中心 孔
0	0.1200	0.0100	0.0100	0.1200	0.0100	0.0100	0.1200	0.0100	0.0100	0.2000
1	0.1200	0.0100	0.0205	0.1200	0.0100	0.0205	0.1200	0.0100	0.0205	0.1370
2	0.1200	0.0443	0.0205	0.1200	0.0211	0.0205	0.1200	0.0188	0.0205	0.1370
3	0.1040	0.0443	0.0205	0.1302	0.0211	0.0205	0.1278	0.0188	0.0205	0.1331
4	0.1040	0.0443	0.0202	0.1302	0.0211	0.0202	0.1278	0.0188	0.0202	0.1350
5	0.1040	0.0425	0.0202	0.1302	0.0240	0.0202	0.1278	0.0208	0.0202	0.1349

[0093] 表 2

[0094]

迭代 步骤	标准化水力直径				损耗系数				标准化流速			
	外部环 形区	中部环 形区	内部环 形区	中心 孔	外部环 形区	中部环 形区	内部环 形区	中心 孔	外部环 形区	中部环 形区	内部环 形区	中心 孔
0	0.1541	0.1322	0.1400	0.2000	0.175	0.149	0.138	0.086	0.936	1.015	1.057	1.339
1	0.1541	0.1299	0.1317	0.1370	0.223	0.269	0.265	0.371	1.050	0.958	0.965	0.815
2	0.1442	0.1250	0.1279	0.1370	0.620	0.437	0.389	0.371	0.898	1.070	1.134	1.161
3	0.1331	0.1331	0.1331	0.1331	0.672	0.396	0.365	0.388	0.847	1.103	1.149	1.114
4	0.1331	0.1332	0.1334	0.1350	0.669	0.391	0.359	0.371	0.844	1.104	1.152	1.134
5	0.1335	0.1317	0.1325	0.1349	0.640	0.443	0.390	0.372	0.884	1.063	1.133	1.160

[0095] 表 3

[0096]

流经加权平均误差移位		
	劳斯类型的厚板	新原型
流量计 A	0.08%	-0.06%
流量计 B	0.09%	0.10%

[0097] 表 4

[0098]

流速	密度	差压	速度	差压	损耗系数, K
m ³ /hr	kg/m ³	PSI	m/s	帕斯卡	-
740	800	6.9	11.3	47574	0.937
607	800	4.5	9.2	31026	0.908
474	800	2.5	7.2	17237	0.827
340	800	1.5	5.2	10342	0.965
平均值					0.91

[0099] 尽管已出于说明的目的在前述实施例中详细描述本发明,但应理解,此细节仅出于所述目的,且所属领域的技术人员可在不脱离本发明的精神和范围的情况下在其中作出

变化,如所附权利要求书可能描述的内容除外。

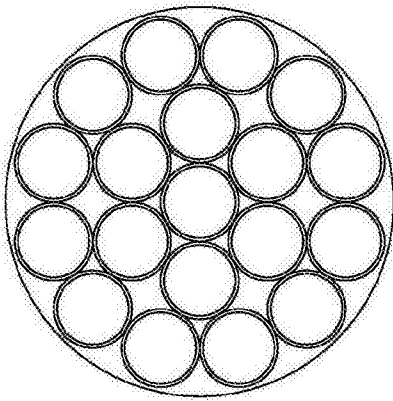


图 1A 现有技术

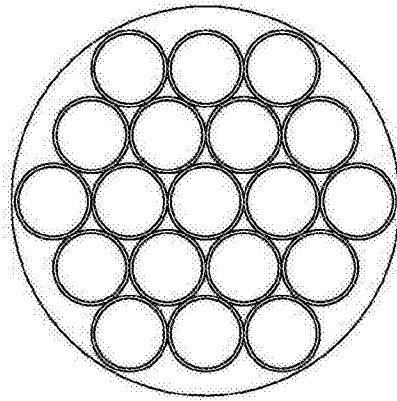


图 1B 现有技术

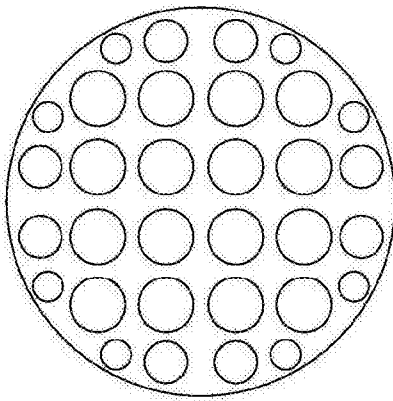


图 2A 现有技术

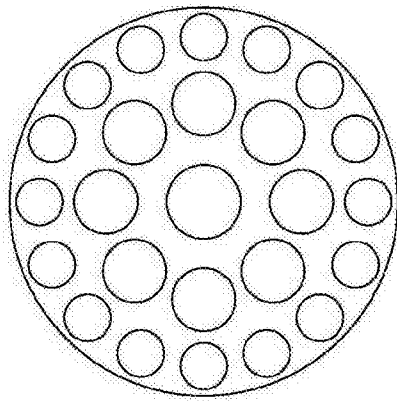


图 2B 现有技术

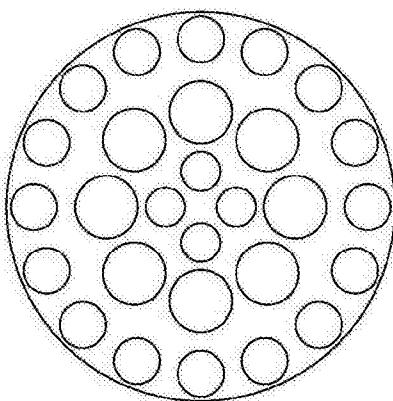


图 2C 现有技术

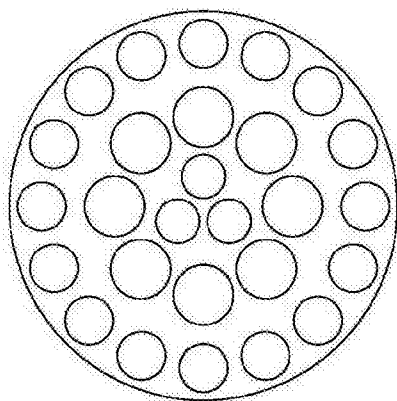


图 2D 现有技术

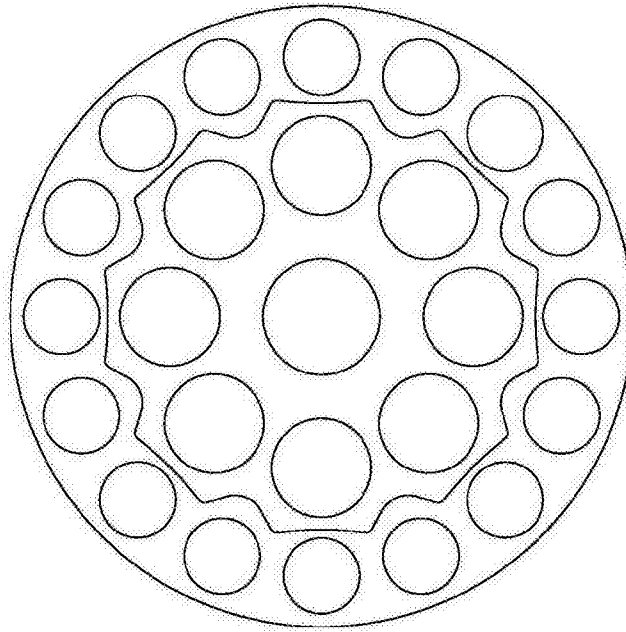


图3 现有技术

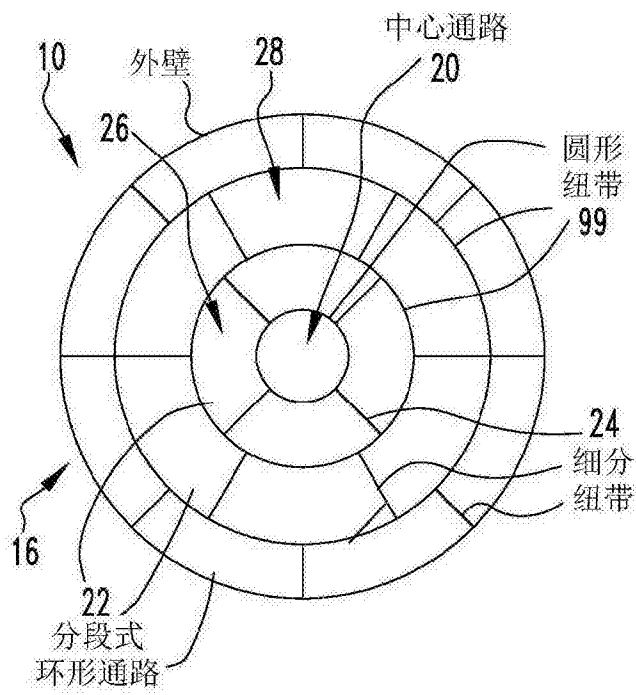


图4A

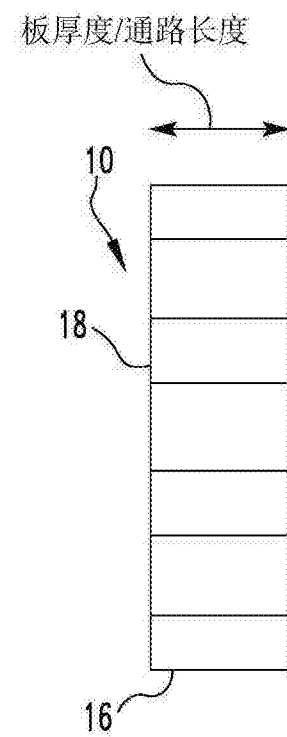


图4B

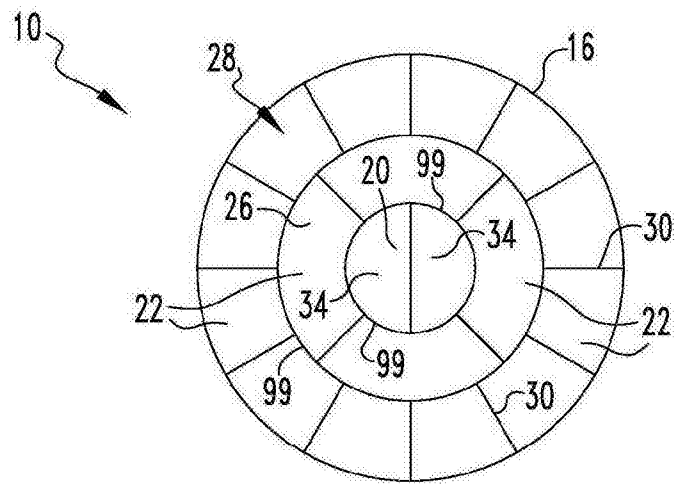


图 5A

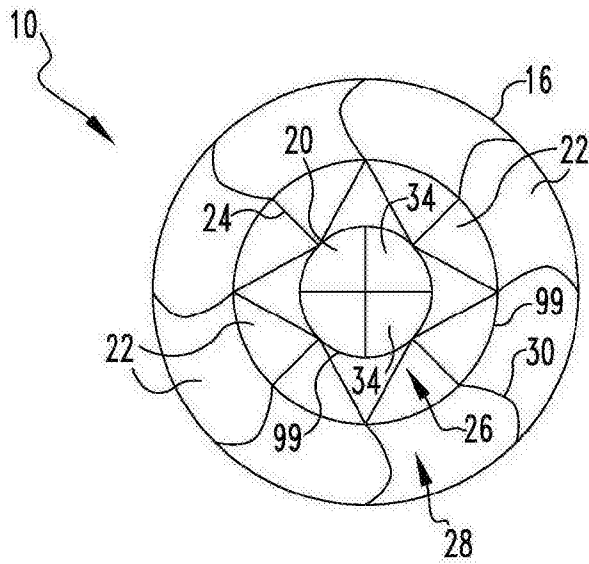


图 5B

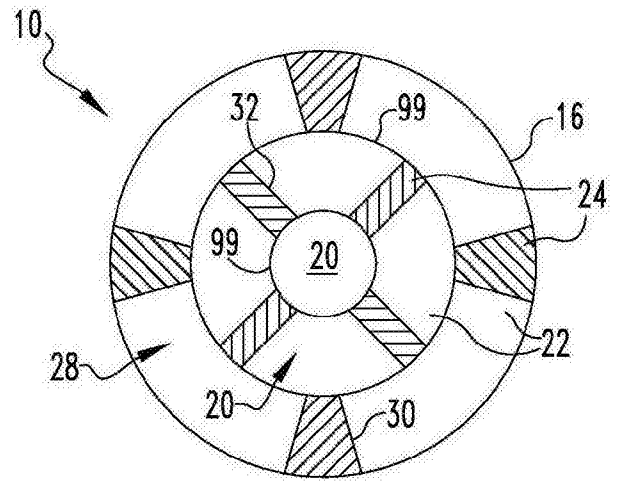


图 5C

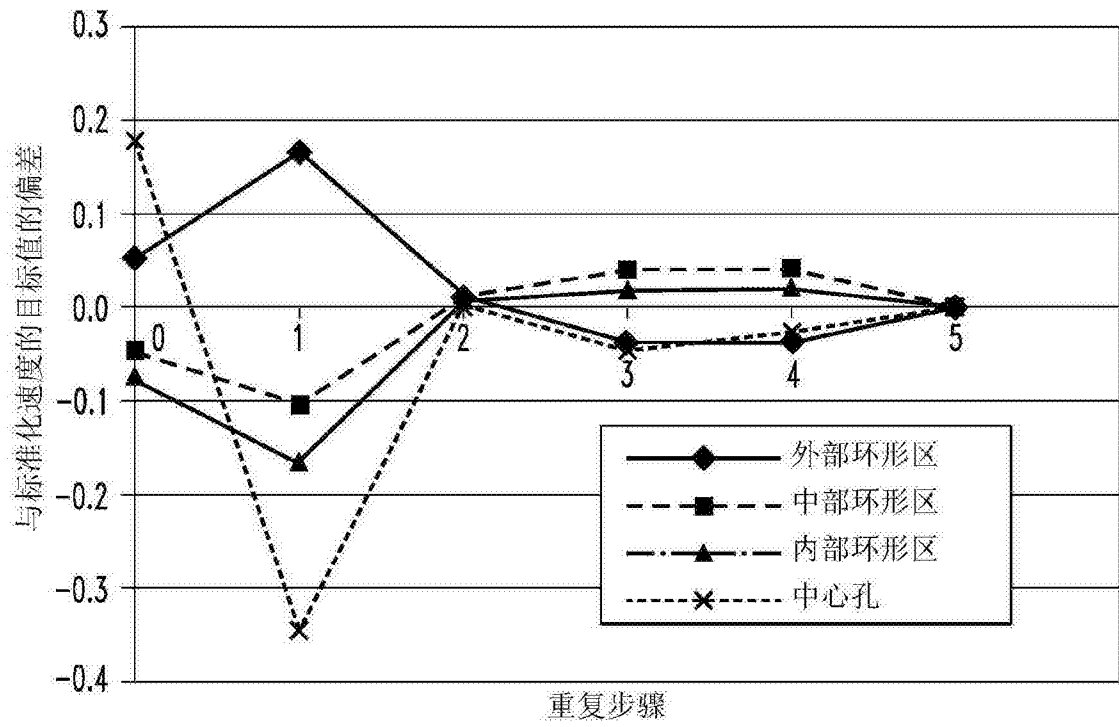


图 6A

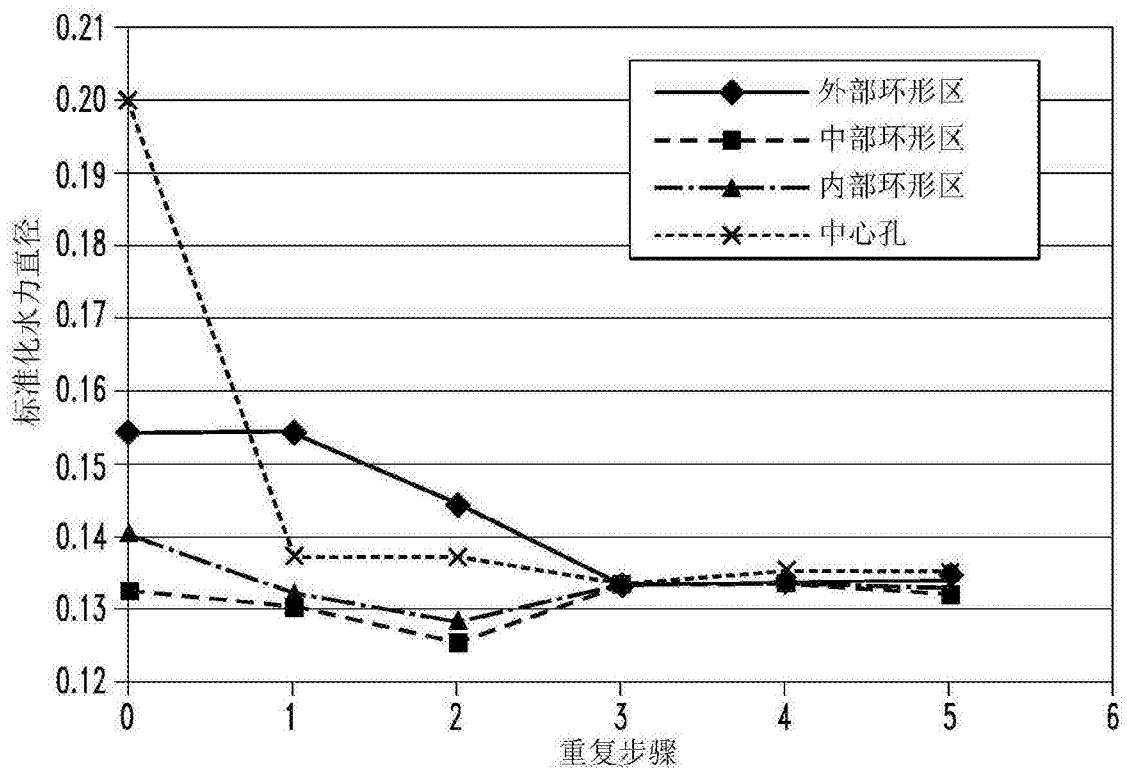


图 6B

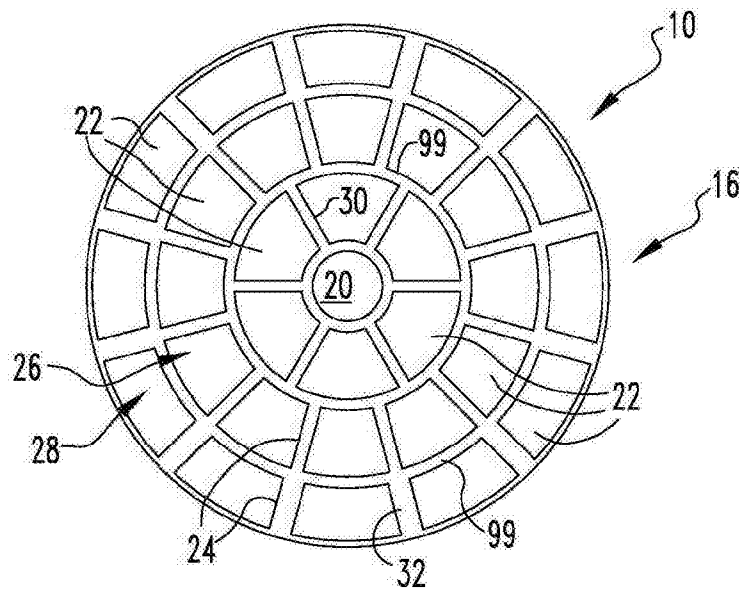


图 7

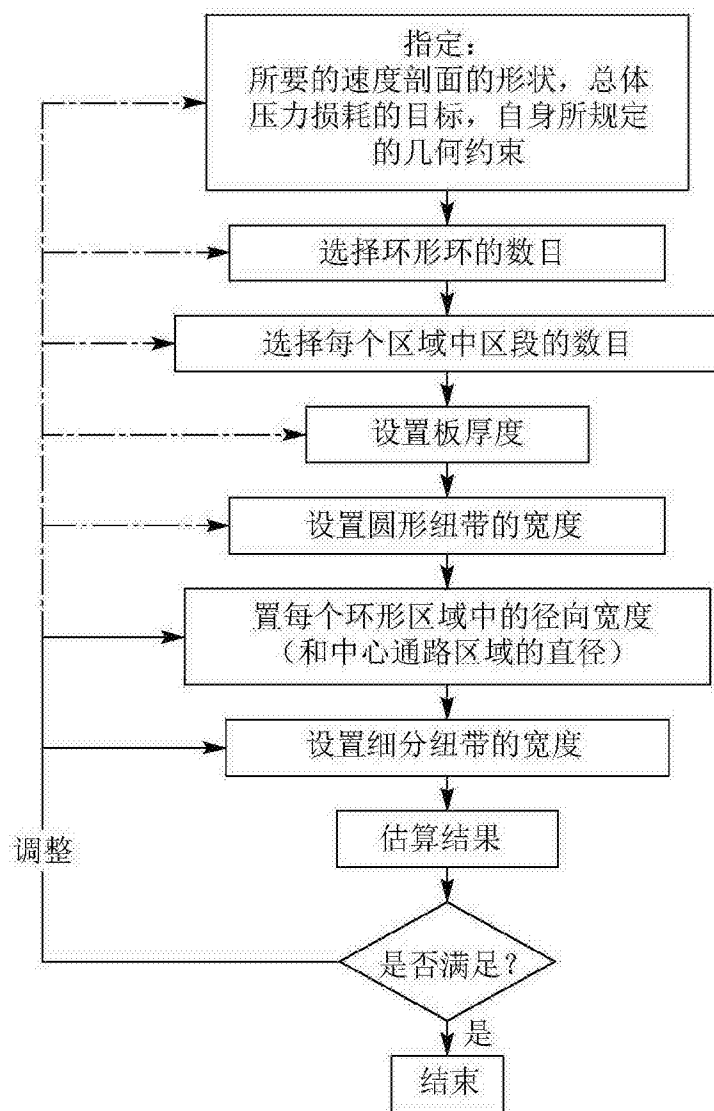


图 8

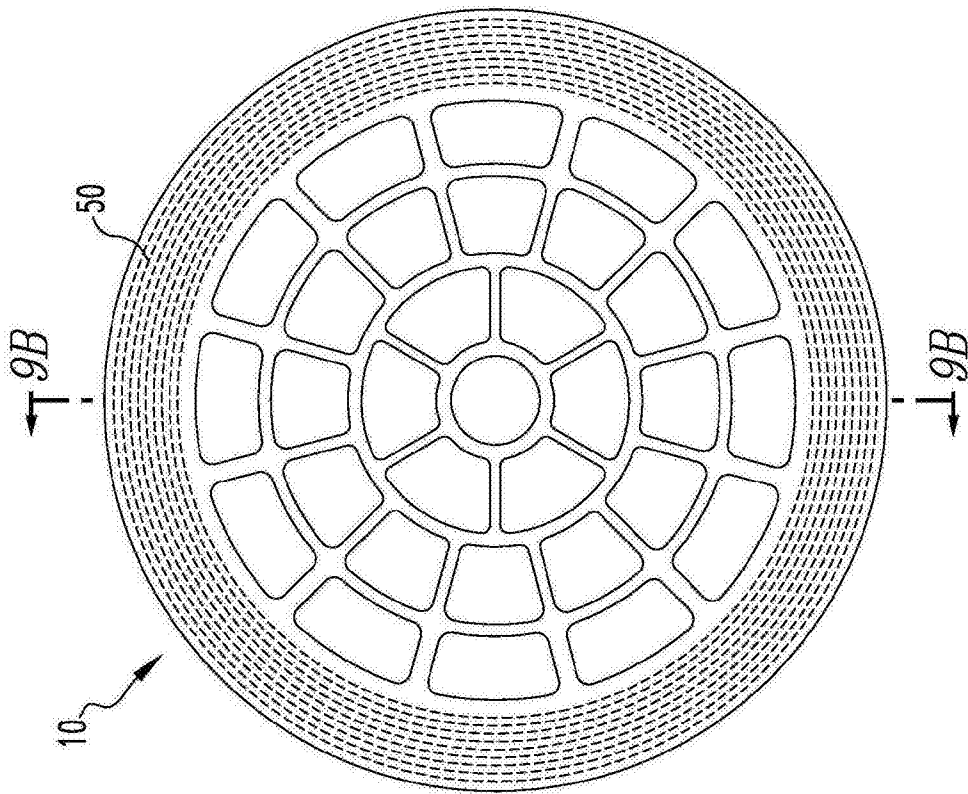


图 9A

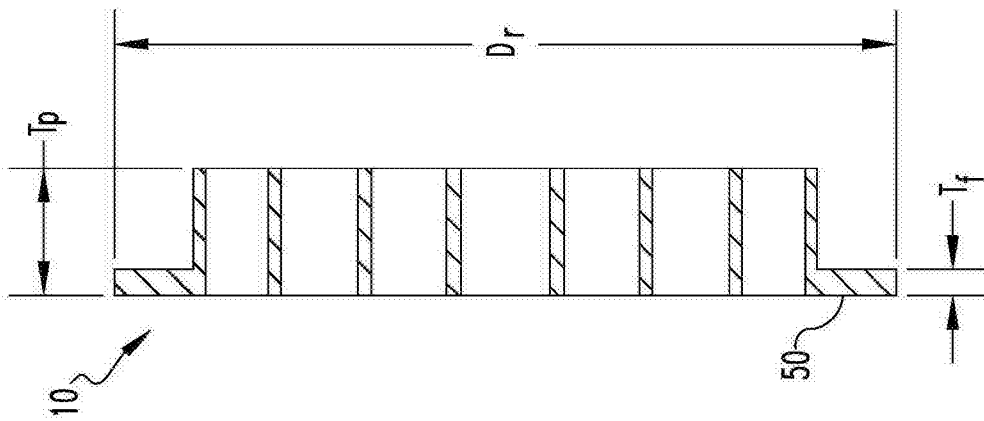


图 9B

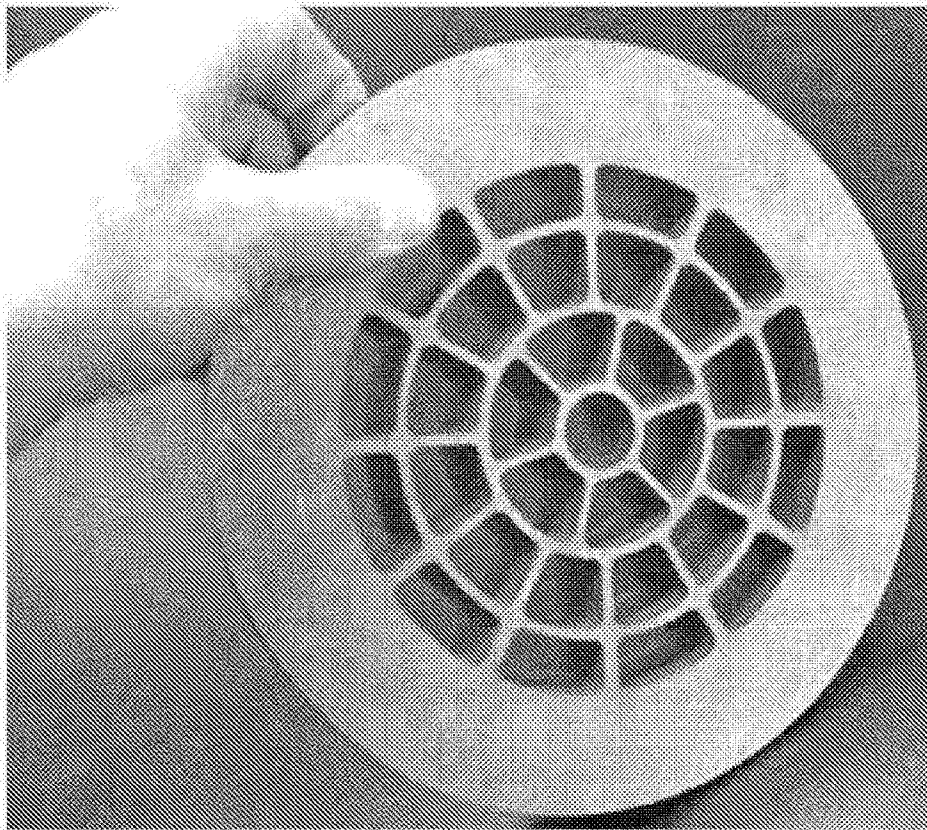


图 9C

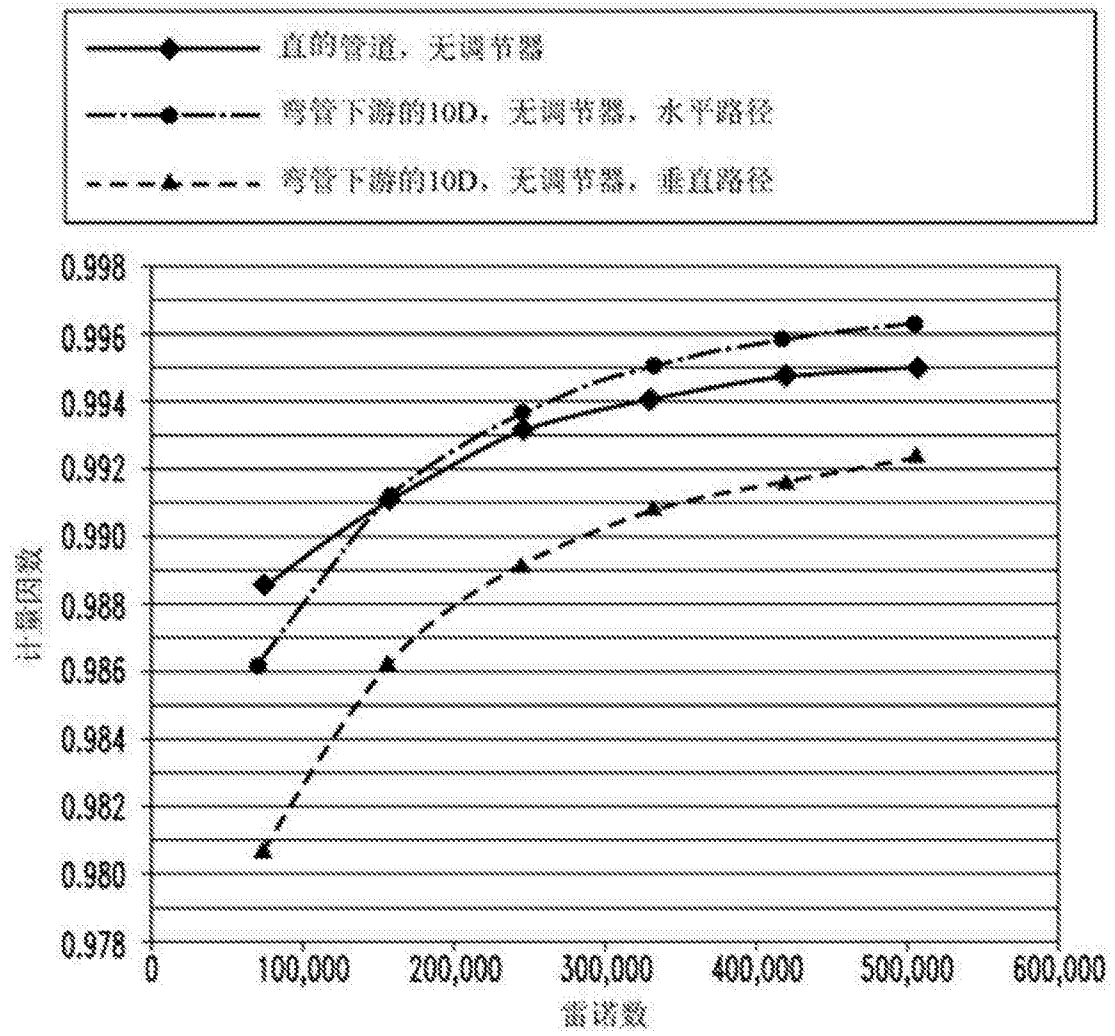


图 10A

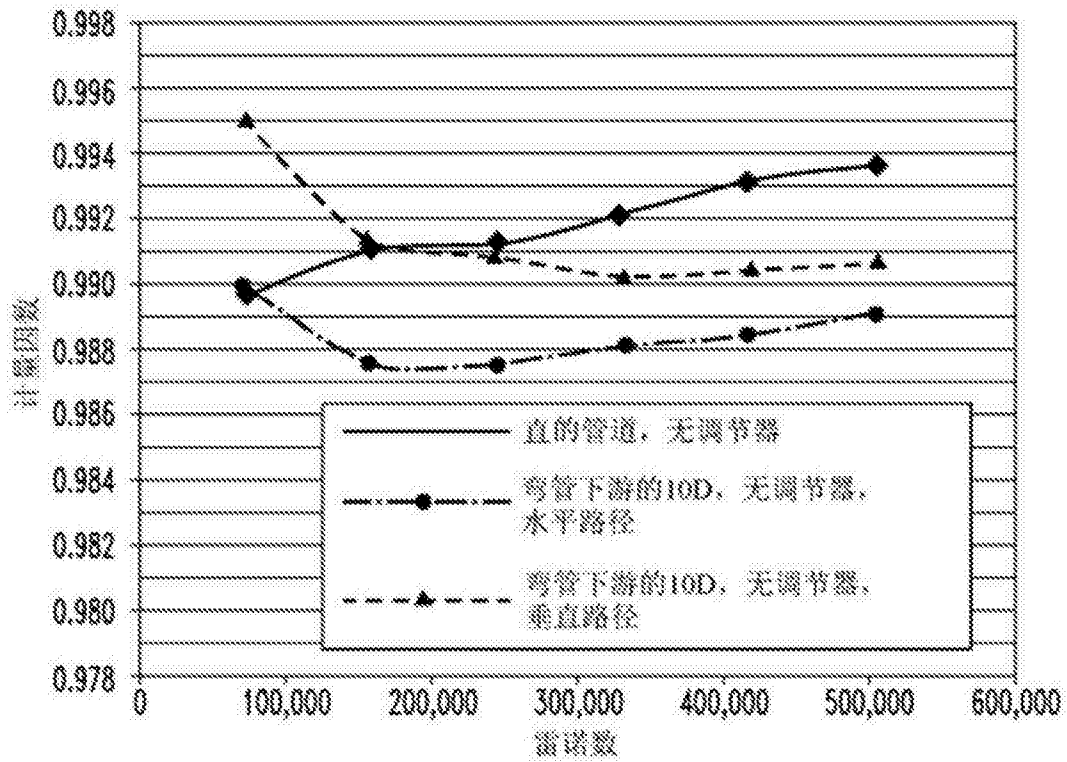


图 10B

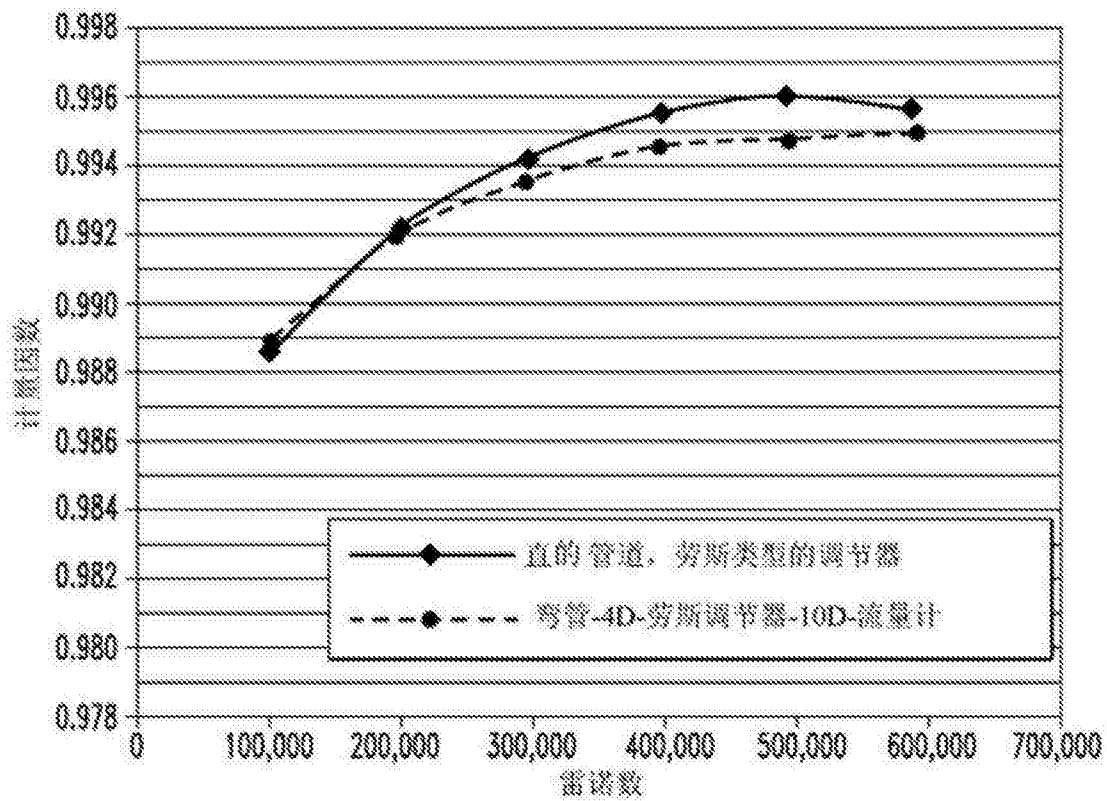


图 11A

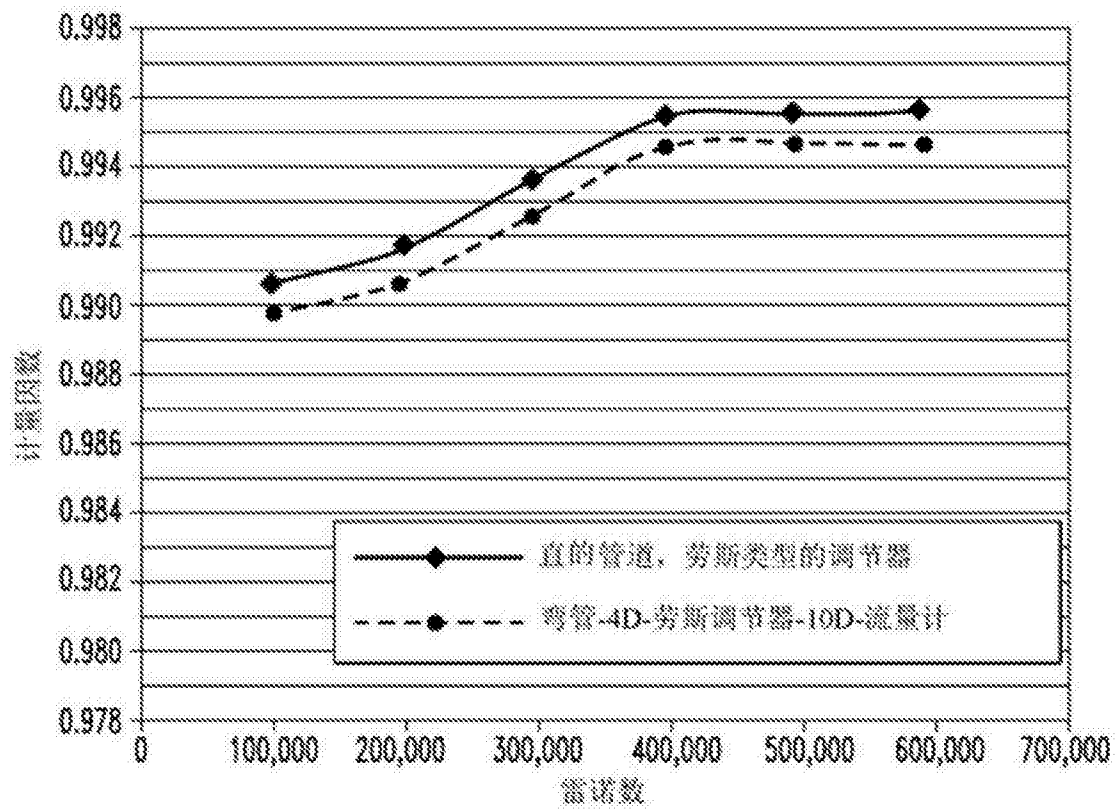


图 11B

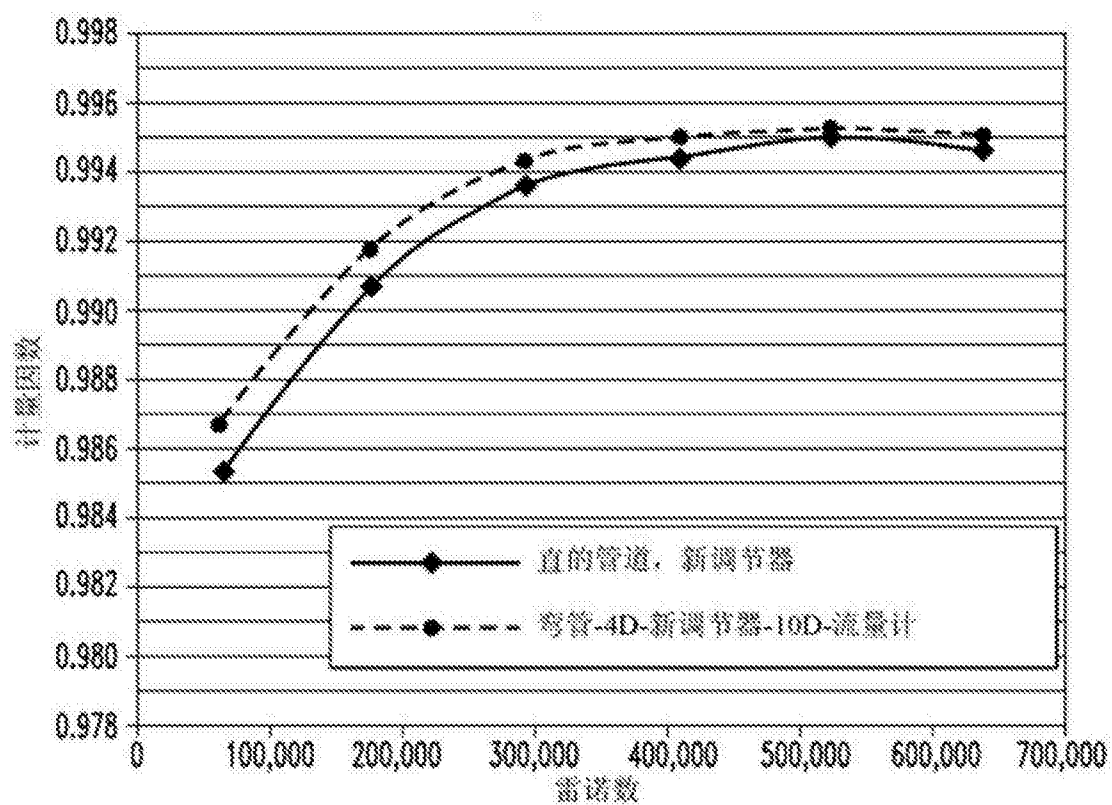


图 12A

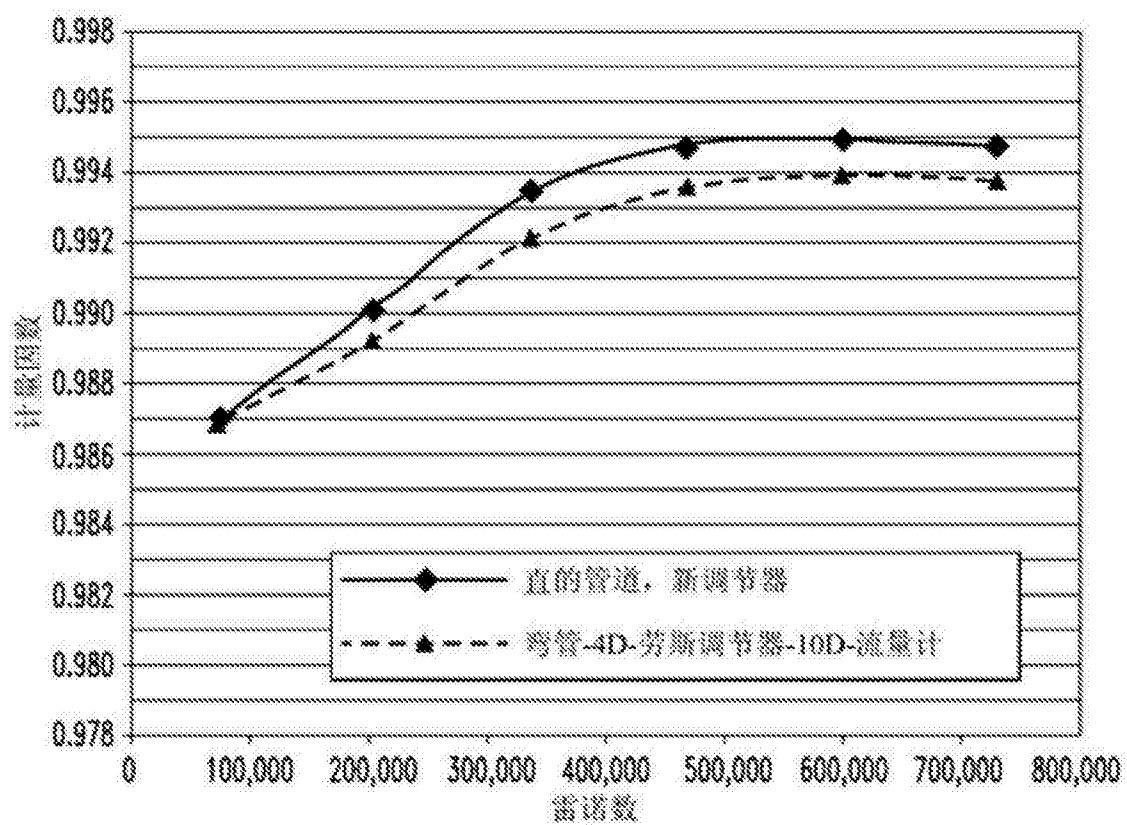


图 12B

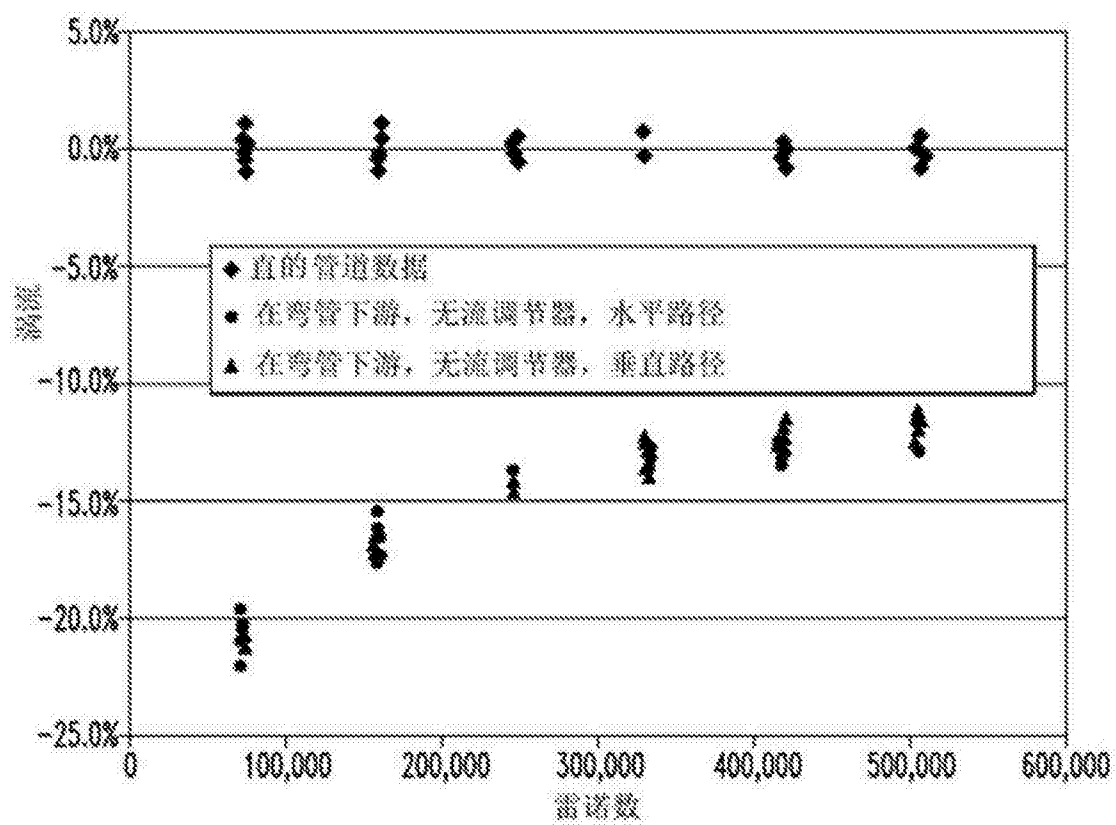


图 13

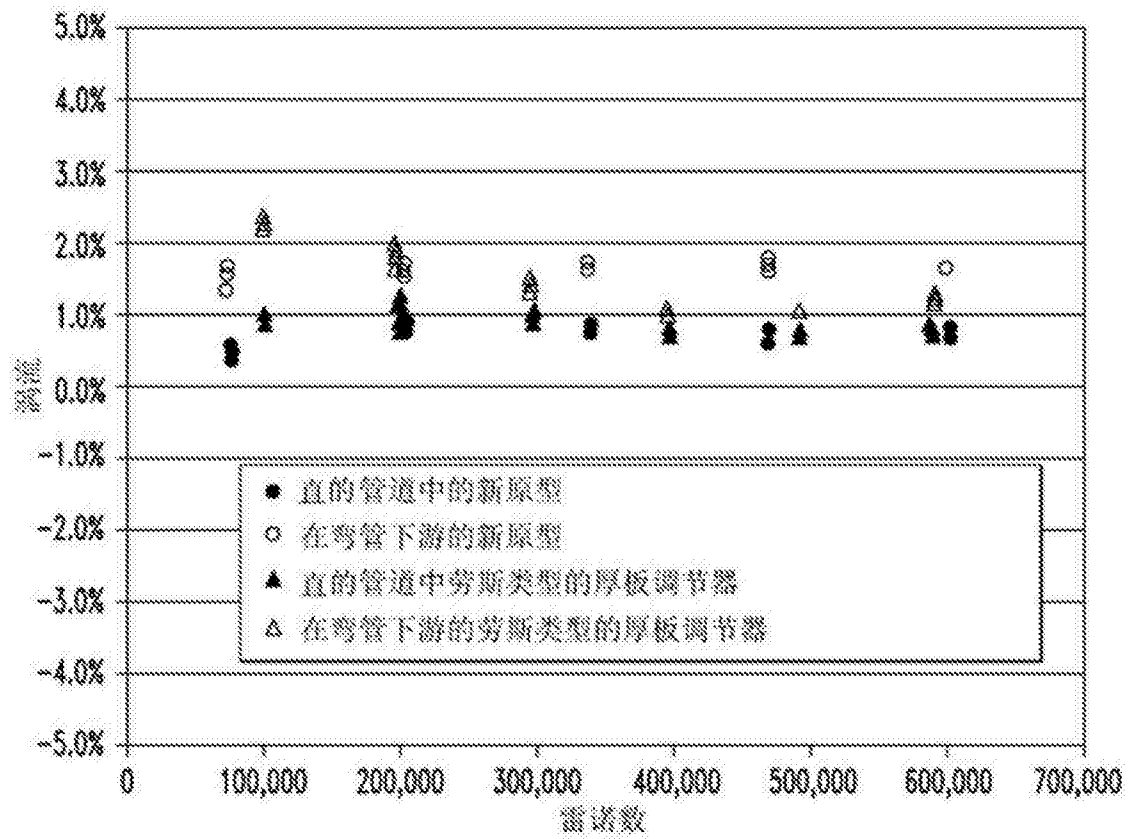


图 14

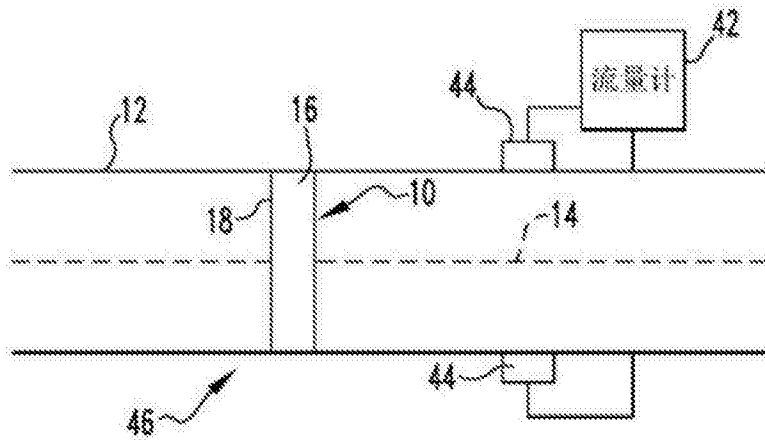


图 15