

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

G01F 5/00

G01F 1/84



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97192885.1

[45] 授权公告日 2004 年 1 月 14 日

[11] 授权公告号 CN 1134651C

[22] 申请日 1997.1.16 [21] 申请号 97192885.1

[30] 优先权

[32] 1996.1.17 [33] US [31] 08/587,550

[86] 国际申请 PCT/US97/00633 1997.1.16

[87] 国际公布 WO97/26509 英 1997.7.24

[85] 进入国家阶段日期 1998.9.8

[71] 专利权人 微动公司

地址 美国科罗拉多州

[72] 发明人 C·B·范克勒维 R·S·洛文

审查员 周胜生

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

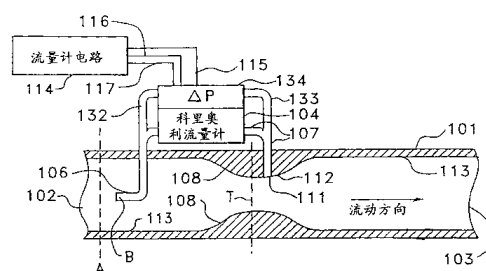
代理人 王勇 张志醒

权利要求书 6 页 说明书 17 页 附图 4 页

[54] 发明名称 分流型流量计

[57] 摘要

用于测量管道中材料流动特性的一种分流流量计。通过将流量计的材料出口(107)设置在位于管道(101)内的一个文丘里管(108)的喉部处,在流量计(104)上产生最佳压力降。这个增大的压力降增大了通过流量计的材料流率。这样提高了流量计精确度和灵敏度以及流量计测量低密度材料如气体的质量流率的能力。导出流量计中材料流量与管道中材料流量的比率。通过使用压力差传感器(134)获得管道中具有变化粘滞度的材料的流动信息,该传感器流量计上的压力降,并将该信息传输到仪器中,该仪器利用这个信息以提高的精确度推导出管道中的材料流动信息。另一个不含有文丘里管的实施例以相同方式工作,以推算出所说流量计与管道之间的材料流量比率,进而获得管道中总材料流量。



1. 用于测量管道中材料流量的测量装置，所说装置包括：

一个流量计 (104)；

一个材料入口 (106)，用于将所说管道中材料流的一部分分流到所说流量计中，其中所说材料入口位于所说管道的内部，并与所说流量计相连；

一个材料出口 (111)，用于使在所说流量计中流动的材料流返回到所说管道，其中所说材料出口位于所说管道内并与所说流量计相连；

用于增大所说管道中接近所说材料出口 (111) 位置处材料流速，并且位于所说材料入口与材料出口之间的装置 (112, 208)；所说材料出口与所说管道在所说增大所说管道中材料流速的位置相连，用于在所说材料入口与所说材料出口之间产生最佳压力降，以增大所说流量计中所说材料流速；

用于确定所说流量计中所说材料流的质量流率、流速和密度的装置 (114)；

响应对所说流量计中所说材料流的所说质量流率、所说流速和密度的确定，用于确定所说材料入口与所说材料出口之间所说管道的某部分的所说材料流速和质量流率的装置 (114)；和

响应对所说流量计和所说管道部分中材料质量流率的确定，用于确定所说管道中所说材料的总质量流率的装置 (910)。

2. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于所说用于确定在所说材料入口与所说材料出口之间的所说管道部分的所说材料流速和质量流率的装置包括用于确定所说流量计与所说管道的所说部分之间的材料流速比的一个装置 (906)。

3. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于它还包括：

用于确定所说流量计中所说材料粘滞度的装置 (904)；并且

其中所说用于确定所说管道部分中所说材料流速和质量流率的装置除了对所说流量计中材料的流速和质量流率以及密度的确定作出响应之外，还对所说流量计中材料速度的确定作出响应。

4. 如权利要求 3 所述的装置，其特征在于所说用于确定在所说材料入口与所说材料出口之间的所说管道部分的所说材料流速和质量

流率的装置包括用于确定所说流量计与所说管道部分之间的所说材料流速比的装置(906)。

5. 如权利要求1所述的装置,其特征在于所说流量计包括一个科里奥利质量流量计。

6. 如权利要求5所述的装置,其特征在于所说科里奥利质量流量计还包括:

与所说材料入口和所说材料出口相连,用于测量所说材料入口与材料出口之间材料压力降的压力传感器(134);和

响应对所说材料压力降的确定,用于推算出所说流动材料的粘滞度的装置(904)。

7. 如权利要求6所述的装置,其特征在于所说用于确定所说管道中所说材料的总质量流率的装置包括:

用于确定所说流量计中所说材料流速和质量流率以及材料密度和所说材料粘滞度的装置(902);和

响应对所说流量计中所说材料流速、质量流率、密度和粘滞度的确定,用于确定位于所说材料入口与材料出口之间的管道部分中所说材料质量流率的装置(908)。

8. 如权利要求1所述的装置,其特征在于所说材料出口位于所说管道中材料入口的上游。

9. 如权利要求1所述的装置,其特征在于所说材料出口位于所说管道中材料入口的下游。

10. 如权利要求1所述的装置,其特征在于所说流量计是一个体积流量计。

11. 如权利要求1所述的装置,其特征在于所说流量计是一个科里奥利质量流量计;和

其中所说用于确定在所说材料入口与所说材料出口之间的所说管道部分所说材料流速和质量流率的装置包括用于确定所说材料在所说流量计与所说管道部分中的流速之比的一个装置。

12. 如权利要求11所述的装置,其特征在于所说科里奥利流量计还包括:

与所说材料入口和所说材料出口相连,用于测量所说入口和所说出口之间材料压力降的压力传感器(134);和

响应对所说材料压力降的测量，用于推算出所说流动材料的粘滞度的装置（904）。

13. 如权利要求 11 所述的装置，其特征在于所说用于增大所说材料流速的装置包括位于所说管道内部的一个文丘里管（112，208）；和

其中所说材料出口与所说文丘里管的喉部区域相连。

14. 如权利要求 11 所述的装置，其特征在于所说科里奥利质量流量计位于所说管道外部。

15. 如权利要求 13 所述的装置，其特征在于所说文丘里管固定在所说管道的内表面。

16. 如权利要求 13 所述的装置，其特征在于所说文丘里管和所说喉部区域与所说管道的内表面分开。

17. 如权利要求 11 所述的装置，其特征在于所说科里奥利质量流量计设置在所说管道内。

18. 如权利要求 17 所述的装置，其特征在于所说科里奥利质量流量计包括：

位置在所说管道内的一个细长主体（400），所说主体和所说管道具有平行纵轴；

所说主体的上游端（102），它具有用于接收穿过所说科里奥利质量流量计的材料入口；

所说主体的下游端（103），它具有用于将材料从所说主体中排放到所说管道内的所说材料出口；

在所说主体内的一对平行流动通道（409，411），其具有与所说主体纵轴平行的纵轴；

用于将所说流动通道的下游端部分与所说材料出口相连的装置（407）；

用于将所说流动通道的上游端部分与所说材料入口相连的装置（401）；

其中，进入所说主体的所说入口的材料穿过所说流动通道和所说主体的所说出口，返回到所说管道中的所说材料流中；

用于使所说通道彼此相对横向和纵向振动的装置（14，417）；和包括与所说流动通道相连的传感器（421，423），并在材料流过所

说流动通道时响应所说振动，用于推算出所说管道中总材料质量流率的装置。

19. 如权利要求 18 所述的装置，其特征在于所说主体的表面限定出一个文丘里管（406），其中所说主体的所说材料出口位于所说文丘里管喉部附近。

20. 如权利要求 19 所述的装置，其特征在于所说科里奥利质量流量计还包括：

与所说材料入口和所说材料出口相连，用于测量所说入口与所说出口之间材料压力降的压力传感器（435A，435B）；

响应对所说材料压力降的测量，用于推算出所说流动材料的粘滞度的装置（904）；

响应对所说粘滞度的推算，用于确定所说文丘里管中所说材料流速和质量流率，进而确定所说管道中所说材料总质量流率的装置（910）。

21. 一种测量管道中材料流动特性的方法，所说方法包括以下步骤：

将管道中一部分材料流分流到一个流量计中，该流量计具有一个材料入口（B）位于所说管道内，并与所说流量计相连；

使所说流量计中的材料流通过位于所说管道内并与所说流量计相连的材料出口（111）返回到所说管道中；

增大（112，208）所说材料出口附近某管道部分处的所说材料流速和质量流率；

将所说材料出口（111）与所说管道在所说具有增大材料流速和质量流率的位置处相连，以在所说流量计的所说材料入口与所说材料出口之间产生最佳压力降，从而增大所说流量计中所说材料流量；

确定（902）所说流量计中所说材料流速和质量流率以及密度；

其特征在于所说方法还包括以下步骤：

响应对所说流量计中所说材料流速和质量流率以及密度的测量，确定（906）所说入口与所说出口之间管道的一部分中所说材料流速和质量流率；和

响应对所说流量计和所说管道部分中所说材料流速和质量流率的确定，确定（910）在所说管道中所说材料总质量流率。

22. 如权利要求 21 所述的方法, 其特征在于所说流量计包括一个科里奥利质量流量计。

23. 如权利要求 21 所述方法, 其特征在于它包括以下步骤:

将压力差传感器 (134) 与所说材料入口和所说材料出口相连, 以测量所说材料入口与所说材料出口之间的材料压力降; 和

响应对所说材料压力降的测量结果, 推算 (904) 出所说流动材料的粘滞度。

24. 如权利要求 23 所述的方法, 其特征在于它包括以下步骤:

确定 (902) 所说流量计中所说材料流速和质量流率以及材料密度和所说材料粘滞度;

响应对所说流量计中所说材料流速、质量流率、密度和粘滞度的确定, 确定 (904, 906) 所说管道部分中所说材料流速和质量流率; 和

确定 (910) 所说管道中所说材料的总质量流率。

25. 如权利要求 21 所述方法, 其特征在于所说流量计是一个科里奥利质量流量计; 和

其中在所说确定在所说材料入口与所说材料出口之间的所说管道部分的材料流速和质量流率的步骤中包括确定所说流量计与所说管道部分之间所说材料流速比的步骤 (906)。

26. 如权利要求 22 所述方法, 其特征在于它包括以下步骤:

测量所说材料入口与材料出口之间的材料压力降 (134); 和

响应对所说材料压力降的测量, 推算出所说流动材料粘滞度 (904)。

27. 如权利要求 26 所述方法, 其特征在于它包括以下步骤:

确定 (902) 所说流量计中所说材料流速和质量流率, 以及材料密度和所说材料粘滞度;

响应对所说流量计中所说材料流速、质量流率、密度和粘滞度的确定, 确定 (904, 906) 所说管道中具有增大流速部分中所说材料流速和质量流率; 和

响应对所说流量计和所说管道部分中所说材料流速和质量流率的确定, 确定 (910) 所说管道中所说总质量流率。

28. 如权利要求 21 所述方法, 其特征在于它包括以下步骤: 通

过将所说材料出口设置在一个文丘里管（112，208）的喉部附近获得所说增大的流速。

29. 如权利要求 28 所述方法，其特征在於所说方法还包括以下步骤：

使用与所说流量计相连的所说压力传感器（134）测量所说流量计的材料入口与所说出口之间的材料压力降；和

响应所说材料压力降的测量，推算出所说管道中所说流动材料的所说粘滞度（904）。

30. 如权利要求 21 所述方法，其特征在於它包括以下步骤：

将一个科里奥利质量流量计的细长主体（400）放置在所说管道内，所说主体和所说管道具有相互平行的纵轴，所说主体具有带所说材料入口的上游端部分（102），以及带所说材料出口的下游端部分（103）；

通过具有与所说主体纵轴平行的纵轴的所说主体内的一对平行流动通道（409，411）扩展由所说材料入口接纳的材料，并经所说材料入口将所说材料排回到所说管道中；

使所说流动通道彼此相对横向振动（417）；和

当材料流过所说通道时使传感器（421，423）响应所说振动，获得在所说管道中有关所说材料流的信息。

31. 如权利要求 30 所述方法，其特征在於它包括以下步骤：

使所说主体的所说出口位于由所说主体形成的一个文丘里管（406）的喉部附近。

32. 如权利要求 31 所述方法，其特征在於它包括以下步骤：

使用与所说主体相连的压力传感器（134）测量所说流量计主体的所说材料入口与所说出口之间的材料压力降；

响应对所说材料压力降的测量结果，推算（904）所说流量计中
所说材料流的粘滞度；和

利用所说粘滞度推算结果获得（910）所说管道中所说材料的总质量流率。

分流型流量计

发明领域

- 5 本发明涉及与一根管道相连用于测量和获得有关管道中材料流动信息的一种分流型流量计。

问题

- 人们都知道可用科里奥利效应质量流量计测量在一根管道中流动材料的质量流量和其它信息。在授予 J. E. Smith 等人的美国专利 US-
10 4109524(1978年8月29日)、US-4491025(1985年1月1日)和 Re. 31450
(1982年2月11日)中公开了这种流量计。这些流量计具有一根或多根直形的或弯曲的流管。与在科里奥利质量流量计中流动的材料特性相关的信息必须以高精度度获得,因为常常要求所获得的流量信息的误差小于读数的 0.15%。这些流量计输出信号是正弦波形的,并且
15 产生时间或相位的偏移,偏移量由其中有材料流动的流量计产生的科里奥利力所决定。接收这些传感器输出信号的信号处理电路精确测量这个时间差,并以所要求的小于 0.15%读数的误差产生流动材料的所需特性信息。

- 科里奥利质量流量计可以以满流或分流方式工作。通常在含有
20 待测流动材料的管道直径足够小,使得已有的科里奥利质量流量计能够用于接受管道中的整个材料流的情况下,流量计以满流方式工作。

- 目前已有的科里奥利质量流量计对于直径大于 6 英寸或大约 150 毫米的管道不能以满流方式工作。但是,常常需要测量直径大于现有
25 科里奥利满流流量计直径的管道中的材料流动。在这些应用中,偶尔可以利用与管道相连的体积流量计通过分流方式测量材料流动信息,使得管道中一部分材料流动分流到一个分流流量计中,同时材料的其余部分仍通过管道流动。这种体积流量计在其分流通道的测量材料流,并输出其推测出的有关管道中材料流动的信息。使用分流型体积
30 流量计存在的一个问题是流经流量计的流量与流经管道的流量比率可能随流体性质,包括密度、速度、和粘滞度的不同而变化。由于体积流量计不能测量所有这些特性,所以它们不能补偿流量比率的变化。因此

所推测的总流量几乎都是存在误差的。

体积分流流量计存在的另一个问题是它们需要根据材料密度计算质量流量，而材料密度不是由这些流量计测量的，而是通过利用温度、压力、和材料特性的计算求得的。科里奥利流量计具有较高的精度，
5 能够直接测量质量流量。所以使用科里奥利流量计比使用体积流量计可取。

虽然目前已有的科里奥利流量计符合满流应用的要求，但是它们的输出信息无法满足要求较高精度的分流测量方式。与分流型体积流量计一样，它们存在的主要问题是流过流量计的材料流量与流过管道的材料流量常常随着材料密度、速度、和粘滞度的变化而改变。这些
10 改变使得对于管道流量推算结果精度不够。

现有技术，诸如 US-5333496，忽略了这些可能存在的不准确性，而假定分流流量计与管道之间的材料流量比是恒定不变的。该恒定比率是根据流量计管的横截面积和其中材料流动待测的管道的横截面积
15 确定的。使用恒定材料流动比率对于不要求高精度或者由于使用具有固定密度、速度、和流量的材料而使实际的流量变化最小化的那些应用是可以接受的。但是，恒定比率的假定对于需要获知管道中材料流量的高精度信息的应用来说是不能接受的。特别是在测量那些密度和/或粘滞度都不是恒定的材料的管道流量的情况下。

典型的科里奥利质量流量计能够提供有关在流量计中材料的质量流率和体积流率的输出信息。它还能提供有关流动材料密度的输出信息。密度信息是根据流量计流管的共振频率推算出的。授予 Kalotay 等人的美国专利 US-5359881 公开了一种具有内置压力差传感器的科里
20 奥利流量计，利用这种传感器使得流量计及其相应的电路能够提供在流量计中流动的材料粘滞度信息以及密度、质量流量、和体积流量。因此，Kalotay 等人发明的流量计在作为一个分流流量计与一根较大管道相连时，能够通过产生有关材料密度和粘滞度的可变参数的输出信息而解决与计算流量计与管道之间的材料流量比率有关的问题。但是，Kalotay 仅仅公开了 包括可以计算粘滞度的压力差传感器的流量计结
25 构本身。Kalotay 没有教导他的流量计的输出信息如何能够用于确定在他的流量计与其流量计与之通过分流形式相连的管道之间的材料流量比率。

以分流方式使用科里奥利流量计的另一个问题是它们需要在其入口与出口之间存在较大的压力差，以便能够在它们最好的流量精度范围内工作。在现有的分流式流量计中，是利用设置在管道入口与出口之间的一个节流板或文丘里管来实现的。这个节流板或文丘里管产生一个压力降，该压力降驱使材料流过流量计。使用节流板的问题是系统中压力永久丧失。

可以看到在科里奥利（和体积）分流流量计的传统使用中，其中假定流量比是恒定的，产生了一些问题，这些问题使得这些流量计在某些情况下不能总是达到所要求的精度。此外，可以看到由于造成能量的损失，使用节流板以产生使科里奥利流量计工作在其最佳流量精度范围内的足够的压力降的做法是不可取的。

解决方案

本发明提供了一种测量管道中材料流量的装置，通过提供一种分流型流量计系统，实现了本技术领域的进步，这种系统所推算出的材料流量输出信息的精度高于以往所得到的精度。

这种流量计最好为科里奥利质量流量计，并且最好使用设置在管道内部的一个文丘里管（一种收敛/发散喷嘴结构）作为提高管道中材料流动速度的装置。流量计的材料流入口位于文丘里管的上游（或下游），而科里奥利分流流量计的材料流出口位于文丘里管喉部。这样在科里奥利分流流量计的入口和出口之间产生了相当的压力降，进而增大了流过科里奥利分流流量计的材料流量。

科里奥利流量计具有较高的材料流率从两个方面减小了测量误差。第一个方面是由于在标准科里奥利流量计中产生的主要误差（例如流量计零误差）是与流量无关的。例如，假定流量计的不确定度为每分钟 1 磅的流量。则在每分钟 10 磅的流量下这种不确定性可能产生 10% 的误差。而在每分钟 1000 磅的流量下这个不确定量仅仅是 0.1% 的误差。

科里奥利流量计具有高流率减小误差的第二个方面与流量比有关。如果科里奥利流量计对于流率测量的不确定度仍然是每分钟 1 磅，并且流量比为 1000 比 1，则管道中流量的不确定度就是每分钟 1000

磅。另一方面，如果这个流量比为 50 比 1，则管道中流量的不确定度仅仅为每分钟 50 磅。通过增大流过科里奥利流量计的流量有效地提高了分流流量计对于流量的灵敏度。因此，显然需要流过科里奥利流量计的流量较高。

- 5 节流板分流流量计管道中净压降产生的问题在本发明优选的分流流量计中不再出现，这是由于使用了文丘里管来产生压力差，使得压力在文丘里管喉部的下游得以恢复。分流流量计材料流出口设置在文丘里管喉部使得在流量计的材料流入口与出口之间产生较大的压力差。这个压力差导致流过流量计的流量相当大，从而提高了流量计的灵敏度和精度。
- 10 在文丘里管喉部的下游，压力基本恢复到与管道系统中材料流一样。使用文丘里管产生压力差，进而增大流过流量计的流量比使用节流板和类似装置更可取，因为后者使材料流产生湍流造成能量损失。

- 本发明以一种新颖的方式确定管道中总的材料流量。推导流体动态方程，其结果表明流量计与管道之间的流量比是流体特性和流量计流率的函数。在本发明的优选实施例中，使用了科里奥利流量计（如
- 15 果需要，和压力差计一起）确定相关的材料特性。在相关的电子单元中的流量计微处理器可以用于计算流量比和管道中总流率。

- 相关的材料特性，如上所述，包括密度、速度和粘滞度。科里奥利流量计根据流量计振动管的共振频率确定材料的密度。它测量流量计中的
- 20 质量流率，然后根据这个信息以及密度和流管横截面积，推算出材料流的速度。流量计上的压力降利用连接在流量计材料流入口与出口之间的压力差传感器测得。利用该传感器测得的压力差推算出材料的粘滞度。

- 流量计中材料流速与管道中材料流速的比率是利用由科里奥利流量计输出的材料特性值求解相应的流体动态方程确定的。根据该比率信息和科里奥利流量计中的材料流速，计算出文丘里管中的材料流速。将与
- 25 管道中和流量计中材料流速相关的信息转换成体积流率和质量流率。

- 文丘里管中的流速是利用由科里奥利流量计输出的材料特性值求解下文中所列的相应的流体动态公式 25 确定的。利用预先编入程序的流量计和管道内部尺寸以及连续测得的材料密度将与管道中和流量计中材料流速有关的信息转换成体积流率和质量流率。将流量计
- 30 中的质量流率与文丘里管中的质量流率相加以求出文丘里管管道下游的总质量流率。因此，本发明优选的分流流量计通过连续测量密度并

自动产生有关质量流率或体流量的信息的工作方式解决了使用分流型体积流量计所产生的问题。

总而言之，产生增大的流量计压力差，进而增大材料流量使得分流流量计提高了灵敏度和精度，通过直接测量密度、速度和粘滞度而
5 补偿了这些参数的变化。

附图简介

通过阅读以下结合附图所作的详细描述可以更好地理解本发明的上述和其它优点。在所说附图中：

图 1 表示以分流方式与一根管道相连的一个科里奥利流量计的垂直剖面图，其中在管道内壁安装有一个文丘里管。
10

图 2 表示以分流方式与一根管道相连的一个科里奥利流量计的垂直剖面图，其中在与管道内壁相邻处设置有一个内置文丘里构件。

图 3 是图 2 所示结构的剖面端视图。

图 4 表示设置在管道中的一个插入式科里奥利分流流量计，其中
15 在流量计的下游部分具有文丘里结构。

图 5 为图 4 所示结构的剖面端视图。

图 6 表示与图 1 所示相似的另一个装置，不同之处在于材料流入口 106 位于材料流出口 111 的下游。

图 7 表示与图 4 所示相似的一种装置，不同之处在于在流管 432
20 和 433 的末端设置了一对独立的压力传感器 435A 和 435B。

详细描述

对图 1 的描述

图 1 表示一根管道 101，其中材料从上游端 102 向下游端 103 流动。具有入口 106 和出口 107 的一个科里奥利流量计 104 与管道 101
25 相连，以测量管道中的一部分材料流动，进而推算出与管道中全部材料流动有关的信息。

材料流入口 106 位于管道 101 内部，材料流入口 106 的开口端面向上游。这样将一部分材料流分流到材料流入口 106 内部。进入入口 106 的材料流过科里奥利流量计 104，并从其材料出口 107 流出，材料出口 107 的开口 111 贴近构件 108 的表面 112。构件 108 固定在管道 101 的内表面 113 上。构件 108 形成具有喉部区域 T 的文丘里管。
30

可以看到出口 107 的开口 111 位于文丘里管喉部 T 附近。科里奥

利流量计 104 的材料入口 106 和材料出口 107 与管道 101 相连使得科里奥利流量计 104 处于最佳的压力降条件下。这个压力降增大了通过流量计的流量。压力降增大是通过将材料出口 111 设置在文丘里管喉部附近，以利用在文丘里管喉部 T 产生的低于科里奥利流量计 103 的入口 106 处的材料流压力实现的，

图 1 还表示了利用导管 132 和 133 与流量计 104 入口 106 和出口 107 相连的一个压力差计 134。这样连接使得压力差计 134 能够连续监测在流量计 104 上形成的压力降。压力差计 134 将压力差信息通过路径 115 传输到流量计电路 114，由该电路推算出流过流量计 104 的材料粘滞度的连续值。如在下文中结合图 4 所述，流量计电路通过路径 116 施加一个驱动信号以使流量计流管振荡，并通过路径 117 接收信号，以推算出与流量计 104 中材料流有关的信息，包括材料的体积流率和质量流率。如下所详述的，流量计电路单元 114 使用所测得的密度信息、质量流率信息、压力降以及其它信息，包括管道和流量计参数，推算出流量计和文丘里管中材料流率比，进而求出在管道 101 中流动的全部材料的质量流率和体积流率。

图 2 表示了图 1 所示流量计的另一个实施例，其中相同的标号表示图 2 中与图 1 相似标记的元件直接对应的元件。两个实施例的主要区别是图 1 所示实施例中的文丘里管由固定在管道 101 内壁 113 上的元件 108 构成，而在图 2 所示实施例中，文丘里管由一个设置在管道 101 内部的独立文丘里管元件 208 构成。文丘里管 208 利用图 3 所示的支撑架 211 和 212 支撑在管道 101 内的一个固定位置。

前面已经提到，使用分流型流量计测量通过流量计的材料流量与通过管道的材料流量之比是存在一定问题的，因为这个比值随材料密度和速度的变化而变化。本发明解决了这个问题，因为科里奥利型流量计测量密度，并且能够计算速度。这使得能够计算流量比，因此补偿了材料密度和速度的变化。

图 2 和图 3 所示实施例还包括压力差传感器 134 以及导管/路径 115、116 和 117，它们使流量计电路 114 能够以结合图 1 所述方式工作，以推算出管道 101 中整个材料流的质量流率和体积流率信息。

如下文中所述，对于管道 101 中材料流的粘滞度为恒定值的情况不需要压力差传感器 134。在这种情况下，无需压力差传感器 134，所

述装置的其它部分仍如所述方式工作以推算出管道 101 的流量信息。但是，对于管道 101 中材料粘滞度不是恒定值的情况，使用压力差传感器可使流量计电路 114 求出流体粘滞度。知道了粘滞度能够以提高的精度确定管道中材料流率。图 1、2 和 3 中的压力差传感器 134 不必是如图 1、2 和 3 所示的外置装置，如果需要的话，可以如结合图 4 所示实施例所述设置在流量计内部。

通过使用压力差计可以确定粘滞度以测量科里奥利流量计的入口与出口之间的压力差。压力差是流量和粘滞度的函数。由于测得了压力降和流量，可以如 US-5359881 所述那样确定粘滞度。

10

分流比率的计算

以下的数学推导将表明流量计与管道之间的流量比与速度（流率）、密度、和粘滞度的关系。还表明在知道了这些流体参数之后如何计算出流量比和总流率。

经过图 1 和图 2 所示的分流流量计 104 的材料流为在文丘里管 108 喉部 T 产生的压力差所驱动。为了理解文丘里管如何工作，需要理解流动材料中的各个压力分量。第一个分量是静态压力，也就是我们最熟悉的压力。它是管道 101 中静态材料的压力。移动材料也具有静态压力。这个压力是通过将一个压力采样管垂直面对管道 101 中的材料流动方向进行测量的。

第二个分量是动态压力。它是流动材料的动能的体现，可以根据面向上游的一根流管与垂直于材料流方向的一根流管之间的压力读数差测得。动态压力根据以下公式求得：

$$(1) \quad P_d = \frac{\rho V^2}{2} \quad P_d = \text{动态压力}$$

25

ρ = 材料密度

V = 材料流速

管道 101 中材料总压力，TP，为动态压力与静态压力之和。

$$(2) \quad TP = P_s + P_d \quad TP = \text{总压力}$$

30

P_s = 静态压力

根据 Bernoullis 定律，如果忽略粘滞压力降，文丘里管 108 中的

总压力保持守恒，其值等于管道上游端位置 A 处的压力。一部分静态压力 P_s 在喉部 T 转换成动态压力 P_d ，然后在文丘里管 108 下游恢复成静态压力。文丘里管通过喉部 T 的面积减小实现这个功能。喉部 T 减小的面积迫使材料流速增大，从而在静态压力 P_s 降低的同时动态压力增大。在喉部的下游，管道面积再次增大，材料流速和动态压力下降，静态压力增大。适当设计的文丘里管能够在仅仅使总压力 TP 降低非常小量的前提下实现这些转换过程。

本发明的材料流由在处于文丘里管喉部 T 上游的入口 B 处的静态压力 P_s 与流量计出口 111 处的静态压力 P_s 之间的压力差所驱动。

管道 101 上游部分点 A 处的总压力由下式给出：

$$(3) \quad TP_A = P_{sA} + \frac{\rho V_p^2}{2}$$

P_{sA} =在 A 点的静态压力
 TP_A =在 A 点的总压力

V_p =管道中流速

在流量计入口 106，即位置 B 处的静态压力等于在点 A 处的总压力（根据 Bernoulli 定律，该总压力等于在位置 B 处的总压力）减去由于通过流量计的材料流速产生的动态压力。为了简化推导，假定流量计流管、入口 106、和出口 107 都具有相同直径，并且因此其中的材料具有相同的流速。

V_m =流量计中流速

$$(4) \quad P_{sB} = TP_A - \frac{\rho V_m^2}{2}$$

P_{sB} =在 B 点的流量计静态压力

将公式 3 代入公式 4，得到：

$$(5) \quad P_{sB} = (P_{sA} + \frac{\rho V_p^2}{2}) - \frac{\rho V_m^2}{2}$$

$$(6) \quad P_{sB} = P_{sA} + \frac{\rho}{2}(V_p^2 - V_m^2)$$

流量计 104 出口 111 的静态压力等于文丘里管喉部 T 的静态压力，其值等于总压力 TP_A 减去喉部 T 的动态压力 P_d 。这是成立的，因为 $TP_A = TP_t$ 。

P_{st} =在喉部区域的静态压力

V_1 =文丘里管喉部流速

$$(7) \quad P_{st} = TP_A - \frac{\rho V_1^2}{2}$$

将公式 3 代入公式 7, 得到:

$$5 \quad (8) \quad P_{st} = (P_{sA} + \frac{\rho V_P^2}{2}) - \frac{\rho V_1^2}{2}$$

简化公式 8 得到:

$$(9) \quad P_{st} = P_{sA} + \frac{\rho}{2}(V_P^2 - V_1^2)$$

于是流量计 104 入口与出口之间的静态压力差由下式给出:

10

$$(10) \quad \delta P_s = P_{sB} - P_{st} \quad \delta P_s = \text{流量计压力差}$$

将公式 6 和 9 代入公式 10 得到:

$$15 \quad (11) \quad \delta P_s = [P_{sA} + \frac{\rho}{2}(V_P^2 - V_m^2)] - [P_{sA} + \frac{\rho}{2}(V_P^2 - V_1^2)]$$

简化公式 11 得到:

$$(12) \quad \delta P_s = \frac{\rho}{2}(V_1^2 - V_m^2)$$

20 因此, 略去文丘里管中的粘滞损失, 可以看到驱使材料流过分流
流量计 104 的压力正比于流量计 104 和文丘里管喉部 T 中材料流速平
方的差。通过减小喉部面积能够增大驱动压力, 从而使分流流量计工
作在其最佳流量范围内。因为在文丘里管下游动态压力又转换恢复为
静态压力, 所以管道 101 中总压力降达到最小。

25 驱动材料流过分流流量计的压力差由公式 12 给出。为了确定流过
流量计 104 的流量与通过文丘里管 108 的流量之比, 还需要知道流阻

或通过流量计和文丘里管的粘滞压力降。流经一根管道的流阻公式与流动状态（层流或湍流）有关，它是材料的雷诺数的函数。雷诺数是用于表示流动特性的一个无量纲数。雷诺数由下式给出：

$$R_e = \frac{\rho V d}{\mu} \quad \begin{matrix} \rho = \text{密度} \\ V = \text{速度} \end{matrix}$$

$d = \text{管道直径}$

$\mu = \text{粘滞度}$

一般认为 2000 至 3000 雷诺数为层流与湍流之间的近似过渡区。因为这个区域是延展的（不是一个精确点），并且由于适于湍流的压力降公式与适于层流的公式不同，所以适用哪一个压力降（层流或湍流）公式存在一定的模糊性。这种模糊性要求本发明的流量计完全工作在湍流方式的流率状态下。幸好，使用文丘里管驱动流量计中的流动使得这样处理具有合理性。

经过一根管道的流动的压力降由 Darcy 公式给出。

$$P_{drop} = f \frac{L}{d} \frac{\rho V^2}{2} \quad \begin{matrix} F = \text{摩擦因子} \\ L = \text{管道长度} \end{matrix}$$

$d = \text{管道直径}$

$V = \text{材料流速}$

Darcy 公式是极为通用的一个公式，它适用于不同的流动方式（层流或湍流）、几何结构（直线型或弯曲型）、和表面光洁度（光滑或粗糙）。对于各种不同状态该公式的唯一区别是摩擦因子不同。在平滑直线型管道中湍流的摩擦因子高达 10^5 雷诺数，并由下列的 Blasius 公式给出。

$$f_s = \frac{.316}{R_e^{.25}} \quad f_s = \text{平直管道的摩擦因子}$$

对于 90° 弯曲的管道（如图 1 所示分流流量计）摩擦因子 f_b 为一个常数乘以直线管的摩擦因子。

$$(16) \quad f_b = n f_s \quad n = \text{常数 (曲率半径除以管直径的函数)}$$

$n = \text{常数 (曲率半径除以流管直径的函数)}$

图 1 所示分流流量计具有若干弯曲和若干直线部分。由于弯曲部分摩擦因子和直线管摩擦因子具有相同的形式，所以对于图 1 所示的分流
5 流量计它们可以结合成一项摩擦因子。这个单一项就是公式 15 乘以一个常数，该常数是流量计几何参数的函数。

$$(17) \quad f_m = a f_s \quad f_m = \text{流量计摩擦因子}$$

$a = \text{根据流量计结构确定的常数}$

10 因此，流量计的压力降可以用下式表示：

$$(18) \quad P_{drop_m} = f_m \frac{L_m}{d_m} \frac{\rho V_m^2}{2} \quad m = \text{下标, 表示流量计}$$

如果使用视在直径和流速值，流量计入口和出口之间文丘里管中的粘滞损失也可以用 Darcy 公式表示。文丘里管中用于计算粘滞压力
15 降的适合流速为喉部流速 cV_t 的分数。

$$(19) \quad V_v = c V_t \quad \begin{array}{l} V_v = \text{视在文丘里管流速} \\ c = \text{常数} \end{array}$$

于是适于文丘里管的 Darcy 公式变为：

$$(20) \quad P_{drop_v} = f_v \frac{L_v}{d_v} \frac{\rho (cV_t)^2}{2} \quad \begin{array}{l} cV_t = \text{文丘里管流速} \\ f_v = \text{文丘里管摩擦因子} \end{array}$$

$L_v = \text{文丘里管长度}$

$d_v = \text{文丘里管直径}$

文丘里管的这个粘滞压力降与用公式 12 计算出的文丘里管压力降相加。这个和值就是驱动流体通过流量计的压力。

25

$$(21) \quad \delta P_s = \frac{\rho}{2} (V_t^2 - V_m^2) + f_v \frac{L_v}{d_v} \frac{\rho (cV_t)^2}{2}$$

δP_s = 驱动材料通过流量计的压力

现在设定通过流量计的压力降等于驱动流体流过流量计的压力。
于是通过求解流速比的公式可以求得流经流量计的材料流量与流过文丘里管的流量之比。

5

$$(22) \quad \delta P_s = P_{drop_m}$$

将公式 18 和 21 代入公式 22 得到:

10

$$(23) \quad \frac{\rho}{2}(V_t^2 - V_m^2) + f_v \frac{L_v}{d_v} \frac{\rho(cV_t)^2}{2} = af_m \frac{L_m}{d_m} \frac{\rho V}{2}$$

求解这个方程可以得到流量计与文丘里管喉部的流速比。

$$(24) \quad \frac{V_t}{V_m} = \frac{\sqrt{af_m \frac{L_m}{d_m} + 1}}{\sqrt{c^2 f_v \frac{L_v}{d_v} + 1}}$$

将方程 13 和 15 代入方程 23:

15

$$(25) \quad \frac{V_t}{V_m} = \frac{\sqrt{a \left(\frac{.316}{\left(\frac{\rho V_m d_m}{\mu} \right)^{.25}} \right) \frac{L_m}{d_m} + 1}}{\sqrt{c^2 \left(\frac{.316}{\left(\frac{\rho c V_t d_v}{\mu} \right)^{.25}} \right) \frac{L_v}{d_v} + 1}}$$

从方程 25 可以看到, 材料流速比不仅与已知的流量计和文丘里管几何常数有关, 而且与材料密度、粘滞度、甚至材料流速有关。传统的分流体积流量计只能测定流量计材料流速, V_m , 但是如果不知道密度

或粘滞度，它们无法精确地确定喉部流速，或总流量。使用科里奥利流量计作为分流流量计能够确定材料密度和流速。这样只剩下粘滞度和喉部流速是未知的。粘滞度可以利用若干种方式获得。第一，如果粘滞度是恒定值和已知的，则可以简单地将其值代入公式 25 中。如果粘滞度是温度的已知函数，则可以利用在科里奥利流量计中测得的流体温度计算出粘滞度。（科里奥利流量计要求知道温度以便补偿弹性模块随温度的变化）。最后，如果粘滞度以未知的形式变化，可以利用压力差计测量科里奥利流量计入口与出口之间的压力差来确定。压力差为流率和粘滞度的函数。由于测得了压力降和流率，可以如美国专利 US-5359881 所述利用 Hagen Poiseuille 方程求出粘滞度：

μ =流体粘滞度

$$\mu = K \frac{\Delta P_c}{m}$$

$K=A$ 为各个流量计确定的一个常数

ΔP =压力差

ρ =液体密度

m =液体的质量流率

在这一点上方程 25 中唯一未知的量是通过文丘里管喉部的流速，通过迭代求解该方程可以确定这个未知量。如果喉部流量 V_t 是已知的，则可以确定喉部质量流量（流速乘以密度乘以喉部面积）。管道总质量流率简化为流量计和文丘里管喉部质量流率之和。上文所概述的计算过程利用例如在 Micro Motion model RFT9739 模块中已经包含的微处理器简单而快速地进行，上述模块中还可能包含流量计电路 114，该模块由 Micro Motion 公司（Boulder, Colorado 80301）出品。图 1 所示的构造通过使用标准科里奥利质量流量计并结合文丘里管，如果必要的话，还包括压力差计，能够以比现有的分流流量计更高的精度确定管道材料的质量流率。

RFT9739（流量计电路 114）经过编程并可进行运算以推算出通过相应的科里奥利流量计例如图 1 所示的单元 104 的质量流率、体积流率和密度信息。如果流量计还包括一个压力差传感器，则 RFT9739 还能够推算出材料粘滞度信息。根据本发明，RFT9739 在预编程序中加入表示流量计和管道几何参数的常数如 L_m 、 d_m 、 L_v 、 d_v 等之后可以通过解方程 25 求出 V_t 。然后它求出文丘里管的质量流率，进而确定整个管

道的质量流量。根据本发明的构思，RFT9739 还能够根据几何参数利用其它流体公式求出管道的材料质量流率信息。

在优选实施例中推导公式 25，在该实施例中在管道中使用了文丘里管以增大通过科里奥利流量计的流率。通过类似的分析可以表明公式 25 对于图 8 所示实施例也是成立的，在该实施例中在管道中没有文丘里管。在这个实施例中，没有文丘里管，文丘里管长度，公式 25 中的 L_v ，变为管道中流量计分流入口与出口之间的距离，文丘里管直径 (d_v) 变为管道直径，文丘里管喉部流速 (V_t) 变为流量计分流入口与出口之间的管道流体流速。

由于公式 25 也应用于无文丘里管的科里奥利分流流量计，与文丘里管流量计一样，如图 8 所示，可以对这些无文丘里管流量计的分流比率的变化进行校正，从而相对于现有技术的分流流量计提高精度。但是，优选实施例包含一个文丘里管，其通过增大流过科里奥利流量计的流量进一步提高了精确度。

前面的叙述和所列公式公开了本发明求得与一个分流流量计相连的一个管道中的总质量流率的方法的各个步骤。这些步骤等效于包含以下单元的流程圖：

- 1、确定流量计的质量流率、密度、材料流速；
- 2、确定材料粘滞度（如果不是常数或已知）；
- 3、利用公式 25 确定流量计入口与出口之间（或者在文丘里管喉部，如果有的话）管道部分的材料流速和质量流率；
- 4、然后利用在步骤 3 中已经确定的材料流速和管道中或文丘里管（如果有的话）的已知物理特性确定流量计入口与出口之间（或在文丘里管喉部，如果有的话）管道部分的质量流率；
- 5、之后通过将在步骤 1 中求得的流量计质量流率与在步骤 4 中求得的管道部分（或文丘里管）质量流率相加确定总材料质量流率。

图 4 和图 5 的描述

图 4 和图 5 公开了本发明的另一个实施例，其中包括插入管道 101 内部的一个分流流量计 400。如图 1 和图 2 所示管道 101 一样，管道 101 具有上游端 102 和下游端 103。分流流量计 400 具有上游端，其具有开口 402 和主体表面 401。流量计 400 还具有下游端，其具有尖端 407 和主体表面 406。流量计 400 还具有由外壳 404 构成的一个中部。外

壳 404 封闭了一个中空腔室 427, 流动通道 409 和 411 从中穿过。流动通道 409 包括与开口 402 相连的一个入口部分 412。流动通道 409 还包括与部分 434 相连的一个出口部分 414, 部分 434 具有一个敞开的排出口, 其表面 406 接近文丘里管的喉部 T。流动通道 411 包括与开口 402 相连的一个上游入口 413。它还包括与通道 434 相连的一个出口 415, 通道 434 具有一个敞开的排出口, 其表面接近文丘里管的喉部 T。空腔 427 还包含位于流动通道 409 和 411 之间的驱动器 417 和传感器 421 和 423。支撑条 424 和 425 使流管 411 和 409 的壁在内部相连。驱动器 417 包括位于空腔 427 中部的一个线圈和磁铁 M 组合。驱动器 417 由通过路径 115 接收的驱动信号激励, 使流管 409 和 411 当有材料从中流过时以其共振频率振动。空腔 427 还包括一对传感器 421 和 423, 每个传感器由一个线圈和磁铁 M 组合构成, 其在流管 409 和 411 在通过路径 115 接收的驱动信号控制下在驱动器 417 驱动下以其共振频率振动时检测流管 409 和 411 的横向移动。由传感器 421 和 423 检测的振荡通过路径 116 传输到流量计电路 114, 该电路以众所周知的方式确定所接收信号之间的相位差。这些信号之间的相位差是流动通道 409 和 411 中材料的质量流率的表示。流量计电路 114 还根据通过路径 115 传输的振荡频率确定流动材料的密度。流量计电路利用质量流量和密度信息以及预先编程的与流动通道 409 和 411 的相对直径和管道 101 的直径有关的信息确定在管道 101 内流动的全部材料流的质量流率和其它所需信息。

应当指出, 出口 434 的开口位于由表面 406 形成的文丘里管的喉部 T。这使得流量计 400 在其出口 434 和入口 402 之间承受最佳的压力降。按照这个方案, 图 4 所示流量计以与图 1 和图 2 所示流量计 104 相同方式工作以获得有关管道 101 中全部材料流的所需信息。

图 5 为图 4 所示实施例的端视图, 它表示将流量计 400 外表面与管道内表面相连的一对支撑杆 501 和 502。导体 115-117 通过支撑杆 501 和 502 的中心延伸以使流量计 400 与测量电路相连。

插入式科里奥利流量计 400 还包括一个压力差传感器 435, 其位于空腔 427 中, 通过导管 432 与上游开口 402 相连, 并通过导管 433 相连, 导管 433 的出口端 416 与流量计材料出口 434 相通。压力差计 435 检测流量计 400 的材料入口 402 与流量计 400 的材料出口 434 之

间的压力差。这个压力差信息通过图 5 所示路径 115 传输到测量电路 114 中，该电路利用这个压力差信息求得流动材料的粘滞度。

在管道 101 中流动材料具有接近恒定粘滞度例如水，或者在材料的粘滞度为由流量计所测得的温度的已知函数时，流量计 400 可以不采用压力差传感器 435。但是，在未知粘滞度的情况下，利用压力差传感器可以推算出材料粘滞度。然后可以在公式 24 中使用粘滞度信息推算出文丘里管喉部的材料流速与流量计材料流速之间的比率。在确定了喉部中和流量计中的流速之后，可以根据以下关系推算出喉部中材料的质量流量：

10

$$V_t = \frac{M_t}{\rho A_t}$$

V_t =材料流速

M_t =质量流率

A_t =喉部横截面积

ρ =材料密度

整个管道中的质量流率为喉部的质量流率与通过科里奥利流量计的质量流率之和。

图 6 的描述

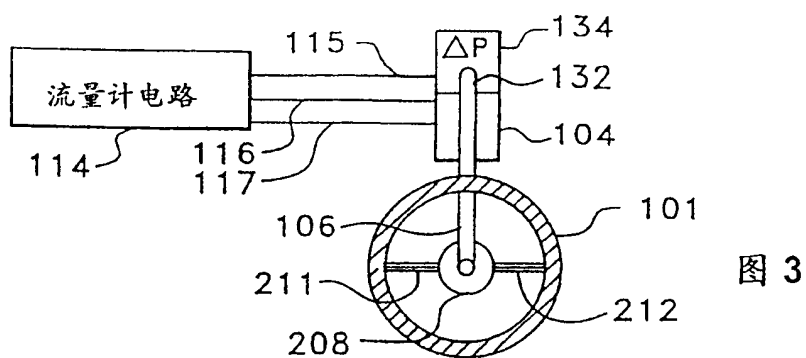
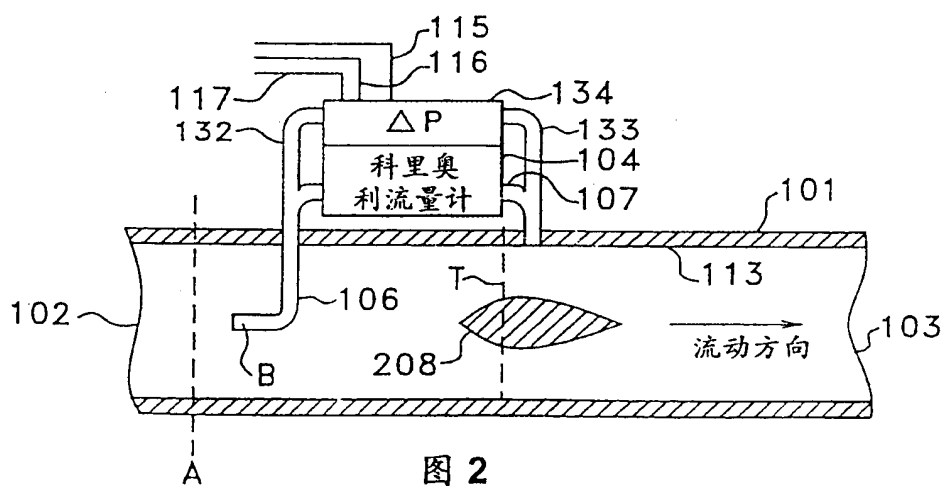
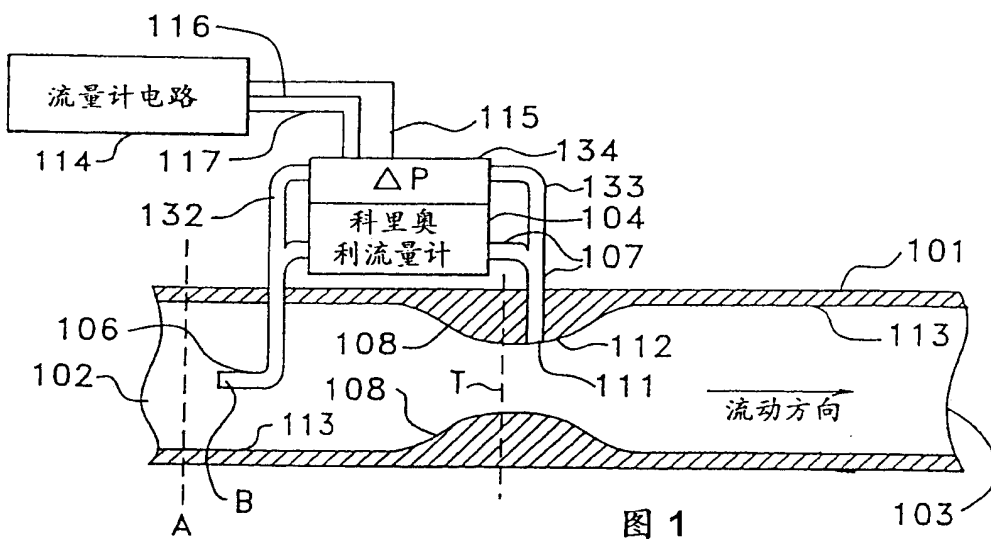
图 6 公开了一种与图 1 所示相似的科里奥利分流流量计系统。其区别在于在图 6 所示系统中流量计入口 106 位于出口 111 下游。在图 6 中，管道 101 中的一部分材料将流入入口 106，通过流量计 104 和出口 111 返回到管道内。由于在文丘里管喉部 T 产生的低压使得在入口 106 的材料压力大于在出口 111 处的压力，所以材料沿这种方向流动。

图 7 的描述

图 4 所示的单个压力差传感器 435 以及流管 432 和 433 并不是必需的，如果需要的话，可以用两个独立的压力传感器 435A 和 435B 代替，其中一个可以位于材料入口 402 处流管 432 末端。另一个传感器可以位于材料出口 434 处流管 433 末端。然后将从这两个独立的压力计产生的信号通过导线 116A 和 116B 传送到测量电路 114 中（在图 7 中未示出），该电路能够以与图 4 和图 5 所示使用单个压力差计 435 相同方式工作以推算出材料粘滞度。图 7 中所示的驱动器 417 和传感器 421、423 可以以与图 5 所示相同方式通过导线与测量电路 114、115 和 117 相连。

应该理解所要求保护的发明并不局限于对优选实施例的描述，而是应当包括在本发明的范围和构思内的各种改进和变换。例如，已经参照使用科里奥利流量计 104 和 400 描述了本发明。本发明并不局限于此，如果需要的话，可以使用一个体积流量计例如在材料密度为常数时使用单元 104。在如此工作时，具有如图 1 所示位置的一个入口，或图 1 所示单元 106，并具有位于文丘里管喉部 T 附近的一个出口的一个体积流量计可以有利地承受最佳压力降，这个压力降将使流量计工作在最佳方式以确定在其中流过的材料量，进而确定在整个管道 101 中流过的材料量。此外，相同的方法可以应用于不同的结构和流动状态中，其中一些特殊公式可能是不同的。但是确定相关的材料参数和补偿分流比率变化的方法仍然是有效的。

总之，在传输大流率材料流的大型管道中需要使用分流流量计。但是现有的分流流量计由于分流比率随材料参数变化，在许多应用中缺乏高精度。本发明优选的科里奥利流量计提高了它们的精确度，而没有造成永久的材料流压力降。这是通过使用文丘里管增大流过科里奥利流量计部分的流量而实现的。此外，与以文丘里管为基础的分流流量计相关的流体动态方程能够根据流量计几何参数和流体的相关特性计算出分流比率。本发明优选的科里奥利流量计能够连续测量相关的材料特性和连续地计算分流比率及总质量流率。



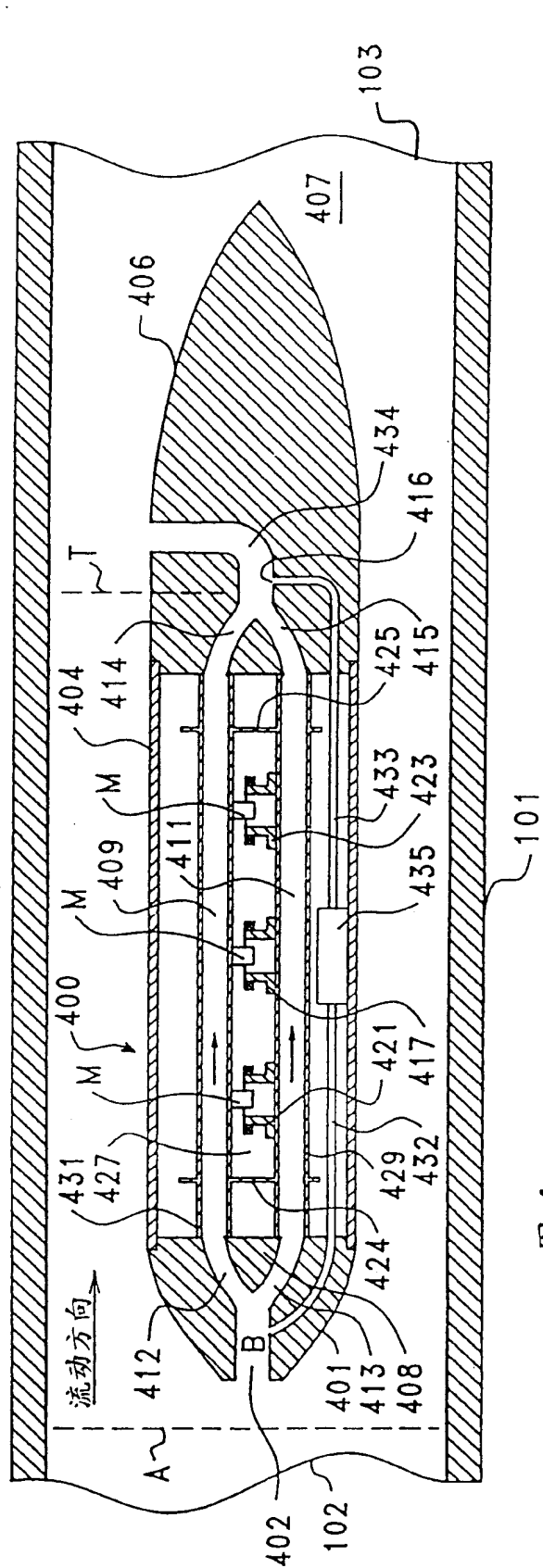


图 4

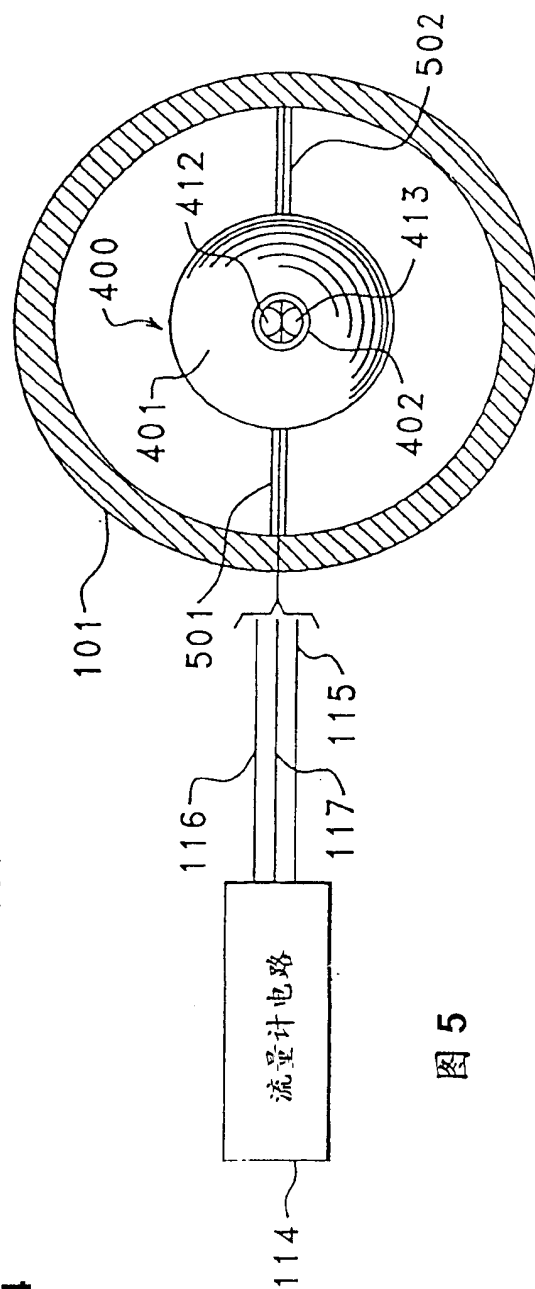
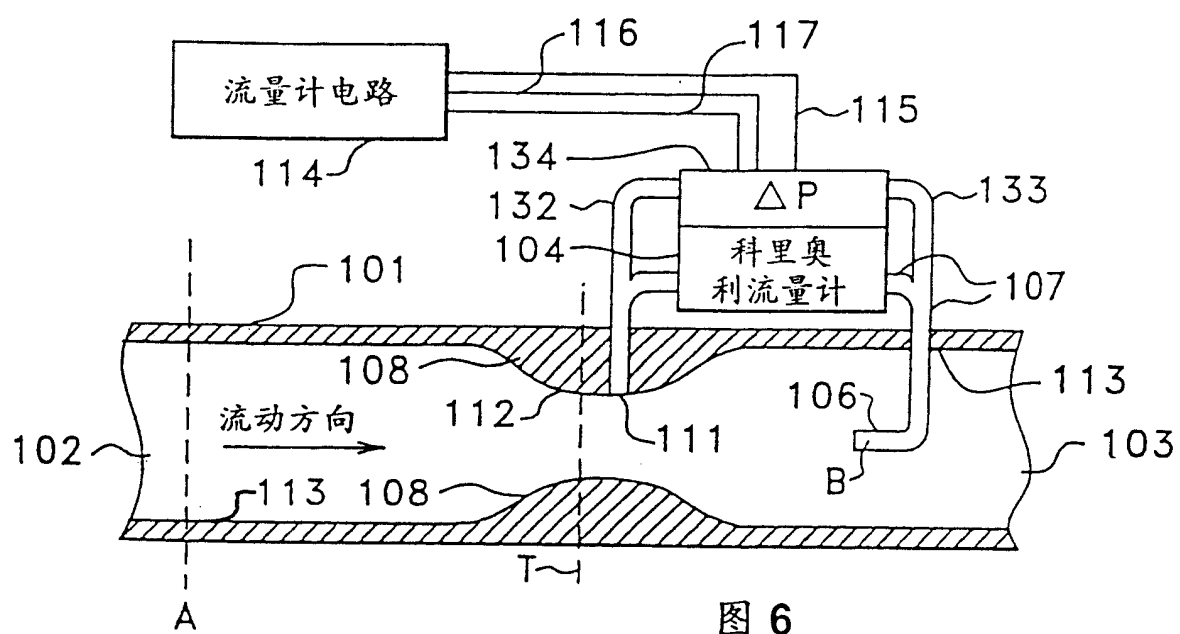


图 5



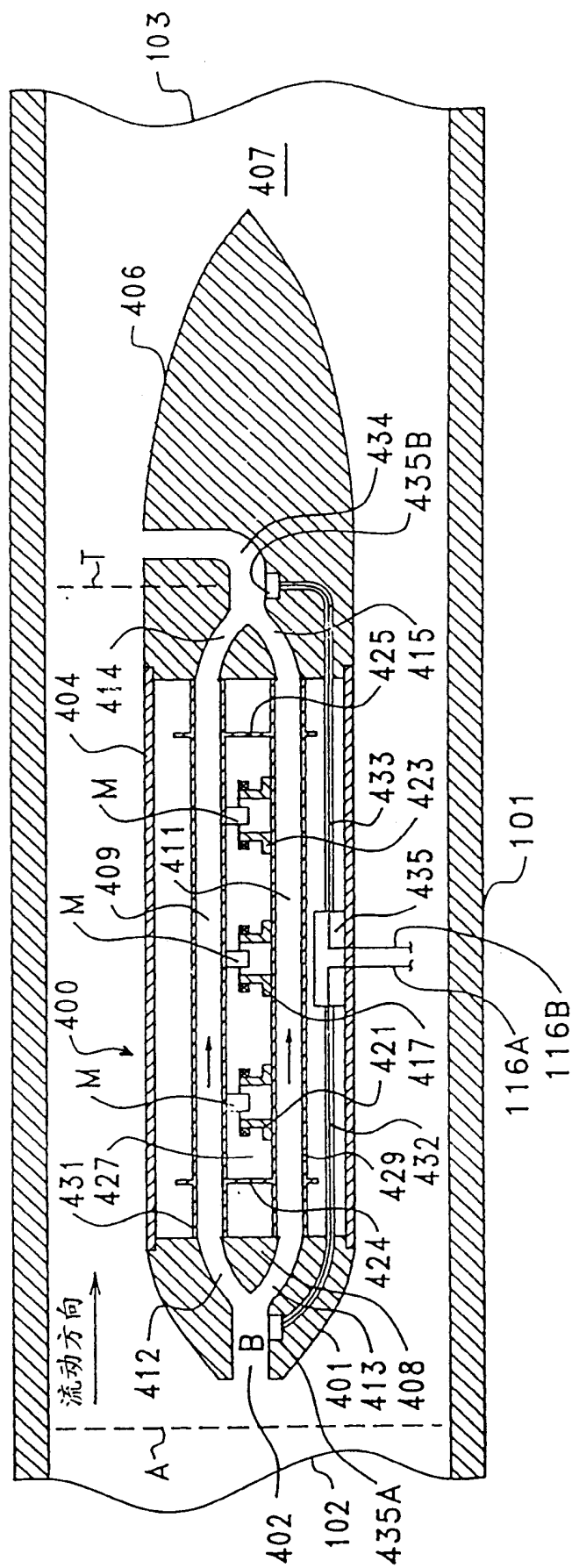


图7