

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

F02M 61/10 (2006.01)

F02M 61/18 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580023093.9

[43] 公开日 2007年9月26日

[11] 公开号 CN 101044313A

[22] 申请日 2005.7.8

[21] 申请号 200580023093.9

[30] 优先权

[32] 2004.7.9 [33] CA [31] 2,473,639

[86] 国际申请 PCT/CA2005/001062 2005.7.8

[87] 国际公布 WO2006/005167 英 2006.1.19

[85] 进入国家阶段日期 2007.1.8

[71] 申请人 西港能源公司

地址 加拿大不列颠哥伦比亚

[72] 发明人 理查德·温 伊恩·洛克利

凯文·奥维尔斯基

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 王 琼

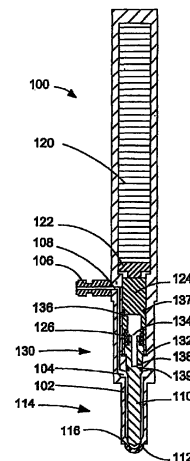
权利要求书9页 说明书24页 附图8页

[54] 发明名称

燃料喷射阀

[57] 摘要

提供一种燃料喷射阀，用于将燃料引入内燃机中并且控制燃料流动以降低喷射事件之间的可变性。燃料喷射阀对于阀门喷嘴使用这样一种设置，其与阀针配合以提供一定的阀针运动范围，在该范围内，燃料质量流量基本恒定。这可以通过为预定的阀针运动范围提供具有恒定流动区域的限制而实现。所述方法包括将阀针命令到预定的阀针运动范围内的位置，以降低燃料质量流量中的可变性，特别是当内燃机怠速或者在低负荷状态下操作时。阀针升程在喷射事件过程中和从一个喷射事件到另一个喷射事件可以变化。



1. 一种用于将燃料引入内燃机中的燃料喷射阀，所述燃料喷射阀包括：

- a. 阀体，包括喷嘴和由所述阀体限定的燃料腔；
- b. 阀针，可在所述喷嘴内在闭合位置和完全开启位置之间移动，以允许所述燃料从所述燃料腔流动并且穿过所述喷嘴流动到所述内燃机中，其中在所述闭合位置处，所述阀针紧靠与所述喷嘴相连的阀座落座，在完全开启位置处，所述阀针与所述阀座间隔最远；和
- c. 致动器，用于致动所述阀针，所述致动器可以操作以将所述阀针保持在所述落座位置和完全开启位置之间的中间位置处，从而在喷射事件过程中以及从一个喷射事件到另一个喷射事件，阀针升程可以改变；和

其中，当所述阀针位于靠近所述闭合位置的第一中间位置和与所述第一中间位置间隔开的第二中间位置之间时，所述阀针和所述阀体的形状被设计成配合地提供所述阀针和所述阀体之间的恒定的流动区域，并且其中所述恒定的流动区域限制穿过所述喷嘴的流动，从而质量流量对于一定的阀针运动范围基本恒定，其中所述运动范围的边界由所述第一和第二中间位置限定。

2. 如权利要求1所述的燃料喷射阀，其特征在于，当所述阀针位于所述第一和第二中间位置之间时，所述恒定的流动区域小于所述阀座和所述阀针之间的开口的流动区域。

3. 如权利要求1所述的燃料喷射阀，其特征在于，所述恒

定的流动区域是所述阀针和所述阀体之间的环形间隙。

4. 如权利要求1所述的燃料喷射阀,其特征在于,所述致动器是用于直接致动所述阀针的应变式致动器。

5. 如权利要求4所述的燃料喷射阀,其特征在于,所述应变式致动器包括转换器,所述转换器从包括压电的、磁致伸缩的、和电致伸缩的转换器的组中选择。

6. 如权利要求4所述的燃料喷射阀,其特征在于,还包括电子控制器,所述控制器可以程序控制以向所述致动器发送指令信号,从而使所述阀针在所述闭合位置和所述完全开启位置之间移动,并且根据预先确定的波形移动到它们之间的位置。

7. 如权利要求4所述的燃料喷射阀,其特征在于,还包括放大器,所述放大器设置在所述致动器和所述阀元件之间,用于放大由致动器产生的应变以造成所述阀元件的较大的相对应的运动。

8. 如权利要求7所述的燃料喷射阀,其特征在于,所述放大器是液压位移放大器。

9. 如权利要求7所述的燃料喷射阀,其特征在于,所述放大器使用至少一个杆。

10. 如权利要求1所述的燃料喷射阀,其特征在于,所述燃料以气体状态被引入所述燃料腔中。

11. 如权利要求10所述的燃料喷射阀,其特征在于,所述燃料从包括下列物质的组中选择:天然气,甲烷,乙烷,液化石油气,较轻的可燃的烃衍生物,氢气以及它们的混合物。

12. 如权利要求 1 所述的燃料喷射阀，其特征在于，所述阀针是向内开启的阀针，从而当从所述闭合位置朝着所述开启位置移动时，所述阀针可以沿着与燃料流动的方向相反的向内的方向移动。

13. 如权利要求 1 2 所述的燃料喷射阀，其特征在于，所述喷嘴包括具有至少一个孔的闭合端，当所述阀针与所述阀座间隔开时，所述燃料可以穿过所述孔被喷射。

14. 如权利要求 1 2 所述的燃料喷射阀，其特征在于，所述喷嘴包括具有多个孔的闭合端，当所述阀针与所述阀座间隔开时，所述燃料可以穿过所述多个孔被喷射，并且所述多个孔的总的开口区域大于所述恒定的流动区域。

15. 如权利要求 1 4 所述的燃料喷射阀，其特征在于，当所述阀针处于所述完全开启位置时，所述多个孔的总的开口区域提供了最小的限制，并且从而控制流动穿过所述燃料喷射阀的燃料的质量流量。

16. 如权利要求 1 所述的燃料喷射阀，其特征在于，与所述第二中间位置间隔开的第三中间位置限定了位于所述第二和第三中间位置之间的第二阀针运动范围的边界，并且当所述阀针位于所述第二和第三中间位置之间时，所述阀体和所述阀针的形状被设计成配合地提供恒定的流动区域，所述流动区域限制穿过所述喷嘴的流动，从而质量流量基本恒定，但是高于当所述阀针位于所述第一和第二中间位置之间时的质量流量。

17. 一种用于将燃料直接喷射到内燃机的燃烧室中的燃料喷

射阀，所述燃料喷射阀包括：

- a. 阀体，包括具有出口的喷嘴和由所述阀体限定的燃料腔，其可以设置在所述燃烧室内；
- b. 阀针，可在所述喷嘴内在闭合位置和完全开启位置之间移动，以允许所述燃料从所述燃料腔流动并且穿过所述喷嘴出口进入所述燃烧室中，在所述闭合位置处，所述阀针紧靠与所述喷嘴相连的阀座落座，在所述开启位置处，所述阀针与所述阀座间隔最远；和
- c. 应变式致动器，用于致动所述阀针，所述致动器可操作以将所述阀针保持在所述落座位置和完全开启位置之间的中间位置处，从而在喷射事件过程中和从一个喷射事件到另一个喷射事件，阀针升程可变；和

其中，当所述阀针位于靠近所述闭合位置的第一中间位置和与所述第一中间位置间隔开的第二中间位置之间时，所述阀针和所述阀体的形状被设计成当所述燃料流动穿过所述喷嘴时配合地提供基本恒定的压力下降，从而质量流量对于一定的阀针运动范围基本恒定，所述运动范围的边界由所述第一和第二中间位置限定。

18. 如权利要求 17 所述的燃料喷射阀，其特征在于，所述应变式致动器包括转换器，所述转换器从包括压电的、磁致伸缩的、和电致伸缩的转换器的组中选择。

19. 如权利要求 17 所述的燃料喷射阀，其特征在于，还包括电子控制器，所述控制器可以程序控制以向所述致动器发送指令信号，从而使所述阀针在所述闭合位置和所述完全开启位置之间移动，并且根据预先确定的波形移动到它们之间的位置。

20. 如权利要求 17 所述的燃料喷射阀，其特征在于，还包括放大器，所述放大器设置在所述致动器和所述阀元件之间，用于放大由致动器产生的应变，以造成所述阀元件的较大的相对应的运动。

21. 如权利要求 20 所述的燃料喷射阀，其特征在于，所述放大器是液压位移放大器。

22. 如权利要求 20 所述的燃料喷射阀，其特征在于，所述放大器使用至少一个杆。

23. 如权利要求 17 所述的燃料喷射阀，其特征在于，当燃料被喷射到所述燃烧室中时，所述燃料处于气体状态。

24. 如权利要求 23 所述的燃料喷射阀，其特征在于，所述燃料从包括下列物质的组中选择：天然气，甲烷，乙烷，液化石油气，较轻的可燃的烃衍生物，氢气以及它们的混合物。

25. 如权利要求 17 所述的燃料喷射阀，其特征在于，所述阀针是向内开启的阀针，从而当朝着所述开启位置移动时，所述阀针沿着与燃料流动的方向相反的向内的方向移动。

26. 如权利要求 25 所述的燃料喷射阀，其特征在于，所述喷嘴包括具有至少一个孔的闭合端，当所述阀针与所述阀座间隔开时，所述燃料可以穿过所述孔被喷射。

27. 如权利要求 17 所述的燃料喷射阀，其特征在于，与所述第二中间位置间隔开的第三中间位置限定位于所述第二和第三中间位置之间的第二阀针运动范围的边界，并且当所述阀针位于所述第二和第三中间位置之间时，所述阀体和所述阀针的形状被设计成

当所述燃料流动穿过所述喷嘴时配合地提供基本恒定的压力下降，从而质量流量基本恒定，但是高于当所述阀针位于所述第一和第二中间位置之间时的质量流量。

28. 一种调节穿过燃料喷射阀的喷嘴进入内燃机中的燃料质量流量的方法，所述方法包括：

致动阀针以控制阀针升程，在喷射事件过程中和从一个喷射事件到另一个喷射事件，所述阀针升程可以响应于测量的内燃机操作状态而变化，所述操作状态包括内燃机负荷和转速；

当需要预先确定的恒定燃料质量流量时，命令阀针移动到第一和第二中间位置之间的位置，所述第一和第二中间位置是位于闭合位置和完全开启位置之间的预先确定的位置，其中所述燃料喷射阀被设计成当所述阀针位于所述第一和第二中间位置之间时，并且当所述燃料的压力恒定时，允许恒定的燃料质量流量；和

当需要与所述预先确定的恒定的燃料质量流量不同的燃料质量流量时，命令所述阀针移动到位于所述闭合位置和完全开启位置之间的、但是不在所述第一和第二中间位置之间的位置。

29. 如权利要求 28 所述的方法，其特征在于，还包括当需要所述基本恒定的质量流量时，命令所述阀针到位于所述第一和第二中间位置之间的中间点。

30. 如权利要求 28 所述的方法，其特征在于，所述基本恒定的燃料质量流量对应于对于怠速或低负荷状态的适合的燃料质量流量。

31. 如权利要求 28 所述的方法，其特征在于，所述基本恒定的燃料质量流量通过下面的方法调节，即当所述阀针位于所述第一

和第二中间位置之间时，利用恒定的流动区域提供所述喷嘴内的流动限制。

32. 如权利要求 28 所述的方法，其特征在于，所述第二中间位置对应于比所述第一中间位置的阀针升程更大的阀针升程，并且通过将所述阀针从所述第二中间位置朝着所述完全开启的位置移动，所述燃料质量流量可以基本并且逐渐地增加。

33. 如权利要求 28 所述的方法，其特征在于，所述第二中间位置对应于比所述第一中间位置的阀针升程更大的阀针升程，并且所述方法还包括当需要第二基本恒定的质量流量时，将所述阀针命令到位于所述第二中间位置和第三中间位置之间的位置，当所述阀针位于所述第一和第二中间位置之间时，所述燃料喷射阀提供第一限制的流动区域，并且当所述阀针位于所述第二和第三中间位置之间时，提供第二限制的流动区域，所述第二限制的流动区域大于所述第一限制的流动区域。

34. 如权利要求 28 所述的方法，其特征在于，通过将所述阀针从所述第三中间位置朝着所述完全开启的位置移动，所述燃料质量流量可以基本地并且逐渐地增加。

35. 如权利要求 28 所述的方法，其特征在于，还包括将所述燃料从所述喷嘴直接喷射到所述内燃机的燃烧室中。

36. 如权利要求 28 所述的方法，其特征在于，还包括将所述燃料以气态引入所述喷嘴中。

37. 如权利要求 36 所述的方法，其特征在于，所述燃料从包括下列物质的组中选择：天然气，甲烷，乙烷，液化石油气，较轻

的可燃的烃衍生物，氢气以及它们的混合物。

38. 如权利要求 28 所述的方法，其特征在于，还包括利用应变式致动器直接致动所述阀针，所述致动器包括转换器，所述转换器从包括压电的、磁致伸缩的、和电致伸缩的转换器的组中选择。

39. 如权利要求 28 所述的方法，其特征在于，还包括同样控制喷射脉冲宽度以协助控制在喷射事件过程中喷射的燃料的总量，从而脉冲宽度从一个喷射事件到另一个喷射事件可以响应于预先确定的测量的内燃机操作状态而变化。

40. 如权利要求 28 所述的方法，其特征在于，还包括控制燃料喷射压力以协助控制在喷射事件过程中喷射的燃料的总量，从而燃料喷射压力从一个喷射事件到另一个喷射事件可以响应于预先确定的测量的内燃机操作状态而变化。

41. 一种通过控制阀针位置调节穿过燃料喷射阀的喷嘴进入内燃机中的燃料质量流量的方法，所述方法包括：

通过将阀针从闭合位置移动到第一中间位置，将燃料质量流量从零增加到第一值，在所述闭合位置处，阀针被迫使紧靠阀座；

当所述阀针位于所述第一中间位置和第二中间位置之间时，使燃料质量流量在所述第一值周围基本保持恒定，所述第二中间位置与所述第一中间位置间隔开；

通过将所述阀针从所述第二中间位置朝着完全开启的位置移动，逐渐增加燃料质量流量超过所述第一值；

通过将阀针移动到完全开启位置，将燃料质量流量增加到最大值；和

致动所述阀针以响应于测量的内燃机操作状态控制阀针升

程，所述操作状态包括内燃机转速和负荷，其中所述阀针位置在喷射事件过程中以及从一个喷射事件到另一个喷射事件可以变化。

42. 如权利要求 41 所述的方法，其特征在于，包括利用应变式致动器直接致动所述阀针。

43. 如权利要求 41 所述的方法，其特征在于，所述第一值是当所述内燃机在怠速或者低负荷状态下操作时被命令的燃料质量流量。

44. 如权利要求 41 所述的方法，其特征在于，还包括命令所述阀针根据阶梯状的波形移动，所述波形在第一阶段过程中具有相对低的质量流量，并且在第二阶段过程中具有较高的质量流量，并且其中所述第一值是命令用于所述第一阶段的燃料质量流量。

燃料喷射阀

技术领域

本发明涉及一种用于控制进入内燃机中的燃料流的燃料喷射阀和操作这种燃料喷射阀的方法。更特别的是，所述燃料喷射阀包括喷嘴装置，所述喷嘴装置对于预定的阀针运动范围提供基本恒定的流量。

背景技术

燃料喷射阀可以使用多个控制策略用于控制被引入内燃机的燃烧室中的燃料的总量。例如，可以由众所周知的控制策略操纵的一些参数是喷射事件的脉冲宽度、燃料压力以及阀针升程。

喷射事件的“脉冲宽度”此处被定义为燃料喷射阀开启以允许燃料被喷射到燃烧室中的时间。假设恒定的燃料压力和恒定的阀针升程，较长的脉冲宽度通常导致更大量的燃料被引入燃烧室中。

然而，从一个喷射事件到另一个喷射事件，燃料压力不需要恒定，并且燃料压力可以被提高以增加被引入燃烧室中的燃料的总量。相反，燃料压力可以被降低以将较少量的燃料喷射到内燃机中，例如在怠速或者低负荷状态的过程中。

作为另一个实例，一些类型的燃料喷射阀可以控制阀针升程以影响引入燃烧室中的燃料的总量。阀针升程的增加通常对应于被喷射的燃料的总量的增加，并且一些燃料喷射阀可以被控制以将阀针保持在闭合位置和完全开启位置之间的中间位置处，以允许比最大流量小的流量。为了控制阀针升程，燃料喷射阀可以使用机械装

置或者致动器，所述机械装置或者致动器可以控制以将阀针提升并且保持在闭合位置和完全开启位置之间的中间位置处。

欧洲专利说明书 EP 0 615 065 B1 (“shibata”) 公开了一种燃料喷射阀，用于利用喷射泵喷射液体燃料，所述喷射泵具有被凸轮驱动的柱塞，所述柱塞往复运动以增加燃料压力从而致动燃料喷射阀。所述凸轮具有低速区域和高速区域，在低速区域处，泵的燃料供应速度低，在高速区域，燃料供应速度高，从而柱塞可以以变化的速度移动。喷射阀具有形成在阀针上的伸长的销，用于当销位于喷射孔中时甚至当阀针移动时保持喷射孔处的燃料通道的尺寸基本恒定，从而燃料喷射质量流量基本恒定，直到销被提升到喷射孔的外面。Shibata 公开了这样一种设备和方法，该设备和方法在喷射事件过程中可以用于形成燃料喷射质量流量，从而燃料喷射率初始时低（当销位于喷射孔中时），并且然后升高到较高的燃料喷射率（当销从喷射孔提升时）。然而，因为喷射泵利用凸轮和柱塞装置被机械地操作，因此燃料喷射质量流量的形状通常对于每个喷射事件都相同。对于每个喷射事件，阀针从闭合位置连续地移动到完全开启的位置，并且然后返回到闭合位置，其中处于阀针的端部处的销提供了产生阶梯状喷射脉冲的限制。Shibata 没有公开用于通过致动阀针来调节燃料质量流动的设备或方法，所述设备或方法可操作以将阀针保持在中间位置，和方法，从而在喷射事件过程中以及从一个喷射事件到另一个喷射事件，阀针升程都可以变化。也就是说，Shibata 没有公开这样一种设备或者方法，所述设备或者方法对于喷射事件的持续允许阀针部分提升到中间位置，从而为整个喷射事件提供较低的质量流量，并且同样允许阀提升到完全开启的位置用于另一个喷射事件。

对于公知的控制策略的困难在于在怠速或者低负荷状态下控

制喷射到内燃机的燃烧室中的燃料的总量。在这些状态下，要求燃料喷射阀仅喷射少量的燃料到燃烧室中，并且喷射到燃烧室中的燃料的总量的即使小的变化也能够导致燃料的喷射总量的显著变化，这会造成不稳定的操作。在高负荷的状态下，相同量级的燃料的总量中的变化对于内燃机的操作具有较小的影响，因为当这个差异被认为是喷射燃料的总量的百分数时，它们代表了适合的喷射燃料总量与实际的喷射燃料总量之间的差异中的非常小的变化。

为了控制在怠速和低负荷状态过程中喷射的燃料的总量，如果控制策略仅操纵脉冲宽度，那么这个策略会造成过于短的脉冲宽度，从而不能提供稳定的和有效的燃烧。因此，在怠速或者低负荷状态下简单地缩短脉冲宽度以减少喷射的燃料的总量不是适合的策略。

对于怠速或者低负荷状态充分长的脉冲宽度可以通过降低燃料压力来实现。对于液体燃料来说，这是可行的策略，但是它需要用于控制燃料压力的系统，这增加了燃料喷射系统的成本和复杂性。例如，已知的液体燃料系统可以通过使一部分高压燃料返回到燃料箱来降低燃料压力。对于液体燃料，存在对于压力可以被降到如何低的限制，因为当燃料被引入内燃机的燃烧室中时，需要最小燃料压力以将燃料喷成雾状。然而，这个方法对于气体燃料更加困难。因为气体是可压缩的流体，与液体燃料相比，多很多的气体燃料必须被返回到燃料箱，用于燃料压力的类似的降低，并且如果气体燃料箱被加压，那么会出现燃料箱压力超过燃料轨（fuel rail）的压力的时候，使得返回流动不可能。因此，在没有把其中一些燃料排放到大气中的情况下，难以迅速降低气体燃料的压力，这是不适合的。因此难以控制燃料压力以获得适合的响应度，用于在喷射事件或者从一个喷射事件到下一个喷射事件控制燃料喷射质量流

量。同样难以控制燃料压力和喷射阀操作以准确地将具有适合于每个喷射事件的精度的精确量的燃料喷射，并且再次，燃料总量的仅仅小的变化就会造成不稳定的操作状态。因此，单独控制燃料喷射压力对于调节穿过燃料喷射阀的燃料质量流量来说不是适合的策略。

如果燃料喷射阀可操作以控制阀针升程，那么流量可以被控制以提供充分长的脉冲宽度以喷射对于处于怠速或者在低负荷状态下操作的内燃机来说适合量的燃料。如日本专利申请 No. 60031204 所示，燃料喷射阀可以设置有停止器，所述停止器可移动以限制阀针的升程。这种类型的机械装置为燃料喷射阀增加了相当大的复杂性，并且因此产生了较高的制造成本，增加了对于安装喷射阀组件所需的空间、维护成本以及可靠性方面的考虑。

在另一种途径中，燃料喷射阀公知为通过使用可变的孔口区域来控制喷射的燃料的总量。也就是说，喷射阀可以具有两组孔，从而当将要喷射较少量的燃料时，阀可操作以仅通过一组孔来喷射燃料，并且当将要喷射大量的燃料时，燃料通过两组孔被喷射。美国专利 No. 4, 546, 739 公开了这种喷射阀的一个实例。与其它已知的机械技术方案类似，这种装置增加了复杂性以及较高的制造成本、维护成本以及可靠性方面的考虑的相关的缺点。

另一种类型的燃料喷射阀可以由应变式致动器直接致动，所述致动器可以被接受指令以将阀针提升到它的闭合位置和开启位置之间的任何位置。共同拥有的美国专利 Nos. 6, 298, 829, 6, 564, 777, 6, 575, 138 和 6, 584, 958 公开了使用应变式致动器的直接致动的燃料喷射阀的实例，所述专利在此整体引为参考。例如，如果应变式致动器为压电致动器，通过控制施加给致动器的电荷，阀针升程可以被命令到适合的升程位置。然而，即使对于这个方法，

仍然会存在从一个喷射事件到下一个喷射事件的燃料流的可变性，因为实际的阀针升程不能总是准确地与被命令的升程相匹配。实际的阀针升程中的可变性会由多个因素造成，包括例如燃烧室压力中的一个或者多个变化，燃料压力的变化，燃料喷射阀内部的不同热膨胀/收缩的影响，以及燃料喷射阀内的部件的磨损。因此，即使对于使用允许升程控制的致动器的燃料喷射阀，仍然会存在造成实际升程中的可变性的因素，所述可变性仍然足够大以造成喷射的燃料的总量的可变性。

在怠速和低负荷状态下内燃机的不稳定会造成较高的内燃机燃料消耗、废气排放、噪声和振动。因此，需要这样一种设备和方法，当内燃机怠速或者在低负荷状态下时，在每个喷射事件过程中，所述设备和方法能够提供控制喷射的燃料的总量的更稳定的装置，并且能够改善这些状态下的燃烧稳定性。

对于燃烧气态燃料的压燃式内燃机来说，有利的是使燃料喷射率的形状形成为：以初始的低的质量流量开始喷射事件，之后是较高的质量流量，直到燃料喷射事件结束。一个这样的实例在共同拥有和共同待决的美国专利申请系列 No. 10/414,850 中公开，名为“Internal Combustion Engine With Injection Of Gaseous Fuel”，该专利在此整体引为参考。它难以操作传统的燃料喷射阀以提供阶梯状的流动特性，其中需要所述阶梯状的流动特性以实现这个结果。如果对于预先确定的阀针运动范围提供基本恒定的质量流量的燃料喷射阀能够制造，从而这个恒定的质量流量对应于对于阶梯状的喷射事件的初始的低的质量流量，那么对于从怠速到满负荷的所有操作状态，这种特征可以用于改善喷射稳定性和内燃机的性能。

发明内容

公开了一种用于将燃料引入内燃机中的燃料喷射阀。所述燃料喷射阀包括：

- a. 阀体，包括喷嘴，所述阀体限定了位于阀体内的燃料腔；
- b. 阀针，可在所述喷嘴内在闭合位置和完全开启位置之间移动，以允许燃料从燃料腔流动并且穿过所述喷嘴流动到内燃机中，其中在所述闭合位置处，所述阀针紧靠与所述喷嘴相连的阀座落座，在完全开启位置处，所述阀针与所述阀座间隔最远；和
- c. 致动器，用于致动所述阀针，所述致动器可以操作以将所述阀针保持在落座位置和完全开启位置之间的中间位置处，从而在喷射事件过程中以及从一个喷射事件到另一个喷射事件，阀针升程可以改变。也就是说，阀针升程可以变化，因为例如在单次喷射事件过程中，在不同的时刻，阀针可以被命令到不同的位置，并且如果需要的话，可以保持在不同的位置处。阀针升程同样从一个喷射事件到另一个喷射事件可以变化，因为阀针升程相对于时间的曲线的形状对于不同的喷射事件可以是不同的，例如对于内燃机怠速状态来说可以具有相对低的阀针升程和矩形的形状，并且对于高负荷状态可以具有阶梯状的形状，其中第二级基本大于第一级。

当所述阀针位于靠近闭合位置的第一中间位置和与所述第一中间位置间隔开的第二中间位置之间时，阀针和阀体的形状被设计成配合地提供所述阀针和阀体之间的恒定的流动区域。所述恒定的流动区域限制穿过所述喷嘴的流动，从而质量流量对于一定的阀针运动范围基本恒定，其中所述运动范围的边界由所述第一和第二中

间位置限定。

当阀针位于第一和第二中间位置之间时，为了降低流量的可变性，恒定的流动区域优选小于阀座之间的开口的流动区域，从而当阀针位于第一和第二中间位置之间时，恒定的流动区域控制穿过燃料喷射阀的燃料质量流量。

所述恒定的流动区域可以通过位于阀针和阀体之间的环形间隙提供，或者通过形成在阀体或者阀针中的槽提供。槽之间的突起部分可以用作对于阀针的导向件，以增加将阀针定位在阀座上的稳定性。

在优选实施例中，燃料喷射阀还包括应变式致动器，用于直接致动阀元件。应变式致动器可以包括转换器，所述转换器从包括压电的、磁致伸缩的、和电致伸缩的转换器的组中选择。电子控制器可以被程序控制以向致动器发送指令信号，以使阀针在闭合位置和完全开启位置之间移动，并且根据预先确定的波形移动到它们之间的位置。

燃料喷射阀还可以包括放大器，所述放大器设置在致动器和阀元件之间以放大由致动器产生的应变，从而造成阀元件的较大的相对应的运动。放大器可以是液压位移放大器，或者它可以至少使用一个杆以机械地放大所述应变。

在优选实施例中，燃料以气态被引入燃料腔中。燃料可以从包括下列物质的组中选择：天然气，甲烷，乙烷，液化石油气，较轻的可燃的烃衍生物，氢气以及它们的混合物。

阀针可以是向内开启的阀针，从而当从闭合位置朝着开启位置移动时，阀针可以沿着与燃料流动的方向相反的向内的方向移动。在这个实施例中，喷嘴可以包括具有至少一个孔的闭合端，当阀针与阀座间隔开时，燃料可以穿过所述孔被喷射。在优选实施例

中，喷嘴包括多个孔，当所述阀针与所述阀座间隔开时，所述燃料可以穿过所述多个孔被喷射，并且所述多个孔的总的开口区域大于所述恒定的流动区域。当所述阀针处于完全开启位置时，所述多个孔的总的开口区域提供了对于流动穿过喷嘴的燃料的最小的限制，并且从而控制流动穿过所述燃料喷射阀的燃料的质量流量。

在另一个实施例中，燃料喷射阀还可以包括与所述第二中间位置间隔开的第三中间位置，限定了位于第二和第三中间位置之间的第二阀针运动范围的边界。当所述阀针位于第二和第三中间位置之间时，阀体和阀针的形状被设计成配合地提供第二恒定的流动区域，所述第二恒定流动区域限制穿过所述喷嘴的流动，从而质量流量基本恒定，但是高于当所述阀针位于第一和第二中间位置之间时的质量流量。

通过实例，示出和描述了用于将燃料直接喷射到内燃机的燃烧室中的燃料喷射阀的优选实施例。在不脱离本公开的实质和范围的情况下，本领域的普通技术人员将理解，对于燃料喷射阀的阀体和阀针的其它设置也是可行的。所公开的燃料喷射阀的范围包括喷嘴和阀针，所述喷嘴和阀针的形状设计成彼此配合，从而当阀针位于靠近闭合位置的第一中间位置和与所述第一中间位置间隔开的第二中间位置之间时，当燃料流动穿过喷嘴时，产生基本恒定的压力下降，从而质量流量对于一定的阀针运动范围基本恒定，其中所述运动范围的边界由第一和第二中间位置限定。

提供一种用于调节穿过燃料喷射阀的喷嘴进入内燃机中的燃料质量流量的方法。所述方法包括：

致动阀针以控制阀针升程，在喷射事件过程中和从一个喷射事件到另一个喷射事件，所述阀针升程可以响应于测量的内燃机操作状态而变化，所述操作状态包括内燃机的负荷和转速；

当需要预先确定的恒定燃料质量流量时，命令阀针移动到第一和第二预先确定的中间位置之间的位置，所述第一和第二中间位置位于闭合位置和完全开启的位置之间，其中所述燃料喷射阀被设计成当所述阀针位于第一和第二中间位置之间时，并且当所述燃料的压力恒定时，允许基本恒定的燃料质量流量；和

当需要与所述预先确定的恒定的燃料质量流量不同的燃料质量流量时，命令所述阀针移动到位于所述闭合位置和完全开启位置之间、但是不在所述第一和第二中间位置之间的位置。

优选的是，所述方法还包括当需要所述基本恒定的质量流量时，命令所述阀针到位于第一和第二中间位置之间的中间点。因为在命令的阀针位置和实际的阀针位置之间会有某种可变性，因此命令所述阀针到运动范围的中间点降低了这样的可能性，即实际的阀针位置在由预先确定的第一和第二中间位置限定的运动范围的外面的可能性。总之，这降低了输送到燃烧室中的燃料质量流量的可变性。

在所述方法的优选实施例中，所述基本恒定的燃料质量流量对应于对于怠速或低负荷状态的适合的燃料质量流量。如上所述，在这些状态下，内燃机最容易受到燃料质量流量的变化的影响，因为与内燃机在较高负荷状态下操作时相比，所需要的待喷射的燃料的总量已经很小，并且燃料质量流量中的即使小的变化也会对稳定的内燃机操作造成不利的影 响，对内燃机性能特性具有相对应的不利影响，例如内燃机的排放、噪声和/效率。

在所述方法的一个优选实施例中，当所述阀针位于第一和第二中间位置之间时，利用恒定的流动区域提供所述喷嘴内的流动限制可以调节所述基本恒定的燃料质量流量。当第二中间位置对应于比所述第一中间位置的阀针升程更大的阀针升程时，通过将所述阀

针从第二中间位置朝着完全开启的位置移动，所述燃料质量流量可以基本并且逐渐地增加。

所述方法还可以包括当需要第二基本恒定的质量流量时，将所述阀针命令到位于所述第二中间位置和第三中间位置之间的位置，其中第二中间位置对应于比第一中间位置的阀针升程更大的阀针升程，并且第三中间位置对应于比第二中间位置的阀针升程更大的阀针升程。燃料喷射阀可以设计成具有流动限制，从而第一限制流动区域小于第二限制流动区域，当所述阀针位于第二和第三中间位置之间时，所述第二限制流动区域基本恒定。在所述方法的这个实施例中，通过将所述阀针从第三中间位置朝着完全开启的位置移动，燃料质量流量可以基本地并且逐渐地增加。例如，当内燃机怠速时，可以选择第一恒定的质量流量，并且当内燃机在预先确定的低负荷状态下操作时，可以选择第二恒定的质量流量。

所述方法优选包括将燃料从喷嘴直接喷射到内燃机的燃烧室中。通过将燃料直接喷射到燃烧室中，内燃机可以保持燃烧柴油燃料的等效内燃机的压缩比和效率。如果燃料被喷射到进气阀的上游的近气系统中，为了避免燃料的过早的爆燃，必须限制喷射的燃料的总量和/或降低内燃机的压缩比。

本发明特别适用于当流动穿过喷嘴时处于气态的燃料。因此，所述方法还可以包括将处于气态的燃料引入喷嘴中。例如，燃料可以从包括下列物质的组中选择：天然气，甲烷，乙烷，液化石油气，较轻的可燃的烃衍生物，氢气以及它们的混合物。

所述方法的一个优选实施例还包括利用应变式致动器直接致动阀针，所述致动器可以被启动以产生阀针的相对应的运动。应变式致动器通常适用于实现所公开的方法，因为它们可以被控制以命令所述阀针移动到闭合位置和完全开启位置之间的任何中间位置

处并且保持在其处。应变式致动器优选包括转换器，所述转换器从包括压电的、磁致伸缩的和电致伸缩的转换器的组中选择。

所述方法还可以包括同样控制喷射脉冲宽度以协助控制在喷射事件过程中喷射的燃料的总量，从而脉冲宽度从一个喷射事件到另一个喷射事件可以响应于预先确定的测量的内燃机操作状态而变化。然而，单独控制脉冲宽度对于调节喷射的燃料的质量总量并不是适合的策略，脉冲宽度控制可以与所公开的方法结合以提供更大的灵活性，从而适合的质量总量的燃料可以被引入燃烧室中，如根据测量的内燃机操作状态并且参考内燃机特性曲面图所确定的那样。例如，一些内燃机操作状态可以包括内燃机转速和内燃机负荷。还可以监测其它操作状态，并且电子控制装置可以被程序控制以确定是否需要做出任何调节以修整其它变量，例如燃料温度；进气压力，燃料喷射压力以及缸内压力。

类似的是，所述方法还可以包括控制喷射压力以协助控制在喷射事件过程中喷射的燃料的总量，从而燃料喷射压力从一个喷射事件到另一个喷射事件可以响应于预先确定的测量的内燃机操作状态而变化。

一种通过控制阀针位置调节穿过燃料喷射阀的喷嘴进入内燃机中的燃料质量流量的方法，所述方法包括：

通过将阀针从闭合位置移动到第一中间位置，将燃料质量流量从零增加到第一值，在所述闭合位置处，阀针被迫使紧靠阀座；

当所述阀针位于第一中间位置和第二中间位置之间时，使燃料质量流量在所述第一值周围基本保持恒定，所述第二中间位置与所述第一中间位置间隔开；

通过将所述阀针从所述第二中间位置朝着完全开启的位置移动，逐渐增加燃料质量流量超过所述第一值；

通过将阀针移动到完全开启位置，将燃料质量流量增加到最大值；和

致动所述阀针以响应于测量的内燃机操作状态控制阀针行程，所述操作状态包括内燃机转速和负荷，其中所述阀针位置在喷射事件过程中以及从一个喷射事件到另一个喷射事件可以变化。

在一个优选的方法中，第一值是当所述内燃机在怠速或者低负荷状态下操作时被命令的燃料质量流量。

所述优选的方法还可以包括命令所述阀针根据阶梯状的波形移动，所述波形在第一阶段过程中具有相对低的质量流量，并且在第二阶段过程中具有较高的质量流量，并且其中所述第一值是命令用于所述第一阶段的燃料质量流量。

所述方法优选包括通过致动应变式致动器来移动阀针，所述致动器可以被命令以产生线性位移，所述线性位移被传递给阀针。利用这种致动器，位移相对时间的图形可以跟随任何命令的形状，并且对于每个喷射事件不需要是相同的形状。例如，对于怠速状态，可以命令具有基本矩形形状的小的位移。对于较高的负荷，可以使用阶梯状的形状，其中相对低的初始位移之后跟随较高的致动器位移。

附图说明

附图示出了本发明的具体实施例，但是不应当认为是以任何方式限定本发明的实质和范围。

图 1 是直接致动的燃料喷射阀的示意图，所述喷射阀可操作以对于预先确定的阀针运动范围喷射基本恒定量的燃料。

图 2A 到 2C 示出了例如可以由图 1 的燃料喷射阀使用的阀门喷嘴和阀针末端的示意性横截面视图。图 2A 示出了处于闭合位置

的阀针。图 2B 示出了阀针处于提供恒定流动区域的范围中，从而对于一定的阀针运动范围产生基本恒定的流量。图 2C 示出了提升超出恒定流动区域的范围之外的阀针。图 2A 到 2C 示出了这样的特征的一个实施例，所述特征可以用于使燃料喷射阀可操作以对于预先确定的阀针运动范围喷射基本恒定量的燃料。

图 2D 和 2E 示出了穿过图 2A 中标示为 D/E 的截面线的剖视图。图 2D 示出了简单的同心的圆形设置，所述圆形设置限定了阀针和阀体之间的环形的恒定的流动区域。图 2E 提供了另一个实施例的实例，其中恒定的流动区域通过多个形成在阀体中的槽提供。

图 3 是喷嘴的示意性横截面视图，所述喷嘴包括用于为向内开启的阀针提供两个不同的运动范围的特征，其中每个运动范围提供相应的基本恒定的流量，所述基本恒定的流量被每个范围内提供的恒定的流动区域限定。

图 4A 到 4C 示出了用于向外开启的阀针的阀门喷嘴的一个实施例的示意性剖视图。图 4A 示出了处于闭合位置的阀针。图 4B 示出了阀针，所述阀针位于提供恒定流动区域的范围中，从而为一定的阀针运动范围产生基本恒定的流量。图 4C 示出了提升超出恒定流动区域的范围外的阀针。

图 5 是向外开启的阀针以及阀门喷嘴的示意性横截面视图，所述阀针和阀门喷嘴彼此配合以提供两个阀针位置范围，所述两个范围均提供基本恒定的流动区域，从而当阀针位于这些范围内的任何位置时，燃料质量流量基本恒定。

图 6 是穿过燃料喷射阀喷嘴的质量流量相对于阀针升程的曲线。其中示出了两个实施例，一个具有单个运动范围，所述运动范围产生基本恒定的质量流量，并且第二实施例具有两个运动范围，所述两个运动范围产生相应的基本恒定的质量流量。这些实施例与

对于传统的燃料喷射阀的流动特性的曲线进行比较。

图 7 是穿过燃料喷射阀的被命令的质量流量的图形。示出了多个被命令的形状，它们可以从稳定性受益，所述稳定性可以通过使用所公开的喷嘴和阀针特征而实现，从而提高穿过燃料喷射阀的流动特性。

具体实施方式

示意图没有按比例绘制，并且某些特征会被放大以更好地示出它们的功能。

图 1 是燃料喷射阀 100 的示意性横截面视图，其可以用于将燃料引入内燃机中。阀体 102 容纳阀针 110、致动器 120 和传动组件 130。阀体 102 还限定了燃料腔 104，燃料腔 104 包括燃料通道，燃料通道从联结件 106 和燃料入口 108 延伸穿过到达阀座 112。阀针 110 可以在喷嘴 114 内在闭合位置和完全开启的位置之间移动，其中在闭合位置处，阀针 110 紧靠阀座 112 落座，在开启位置处，阀针 110 与阀座 112 间隔最远。当阀针 110 与阀座 112 相间隔时，燃料可以从燃料腔 104 穿过喷嘴 114 流动到内燃机中。在图 1 所示的实例中，燃料穿过孔 116 离开喷嘴 114。在朝外开启的阀针的情况下（例如见图 4 和图 5），燃料可以直接穿过阀针和阀座之间的开口离开喷嘴。

所公开的用于影响穿过燃料喷射阀的流动特性的特征与用于造成阀针运动的致动器的类型无关。任何这样的致动器可以从所公开的设置获益，所述致动器可以被控制以影响阀针致动的速度和/或控制在闭合位置和完全开启位置之间的阀针位置。例如，电磁致动的燃料喷射阀可以使用所公开的特征，因为对于电磁阀的开启率可以通过控制力上升的速度而被控制到一个确定的程度。也就是

说，利用电磁致动器，在燃料喷射事件的开始的过程中，阀针运动的速度可以被保持为低速，延长在燃料喷射事件的后面部分的过程中在燃料质量流量增加之前燃料以恒定的相对低的燃料质量流量被引入的时间。

在优选实施例中，喷射阀 100 包括应变式致动器，用于直接致动阀针 110 并且提供有利于控制阀针运动的优点。直接致动的燃料喷射阀此处定义为这样的喷射阀，其使用可以被启动以产生机械运动的致动器，所述机械运动直接对应于阀针的运动。在这种直接致动的燃料喷射阀中，从致动器产生的机械运动可以被一个或者多个机械杆或者液压放大装置所放大，但是致动器的运动总是与阀针的相对应的运动相关联。在图 1 所示的实例中，传动组件 130 从致动器 120 向阀针 110 传递运动。传动组件 130 包括液压位移放大器机构，所述放大器机构使得从致动器 120 产生的机械运动放大。在这个实例中，阀针 110 的致动的发生如下所述。致动器 120 可以被启动以产生沿着轴向方向的机械运动，以使底部 108 和柱塞 124 朝着喷嘴 114 移动。柱塞 124 移动放大腔室 132 内的液压流体。在喷射事件的短的时段中，放大腔室 132 内的液压流体的体积保持基本恒定。因为液压流体基本不可压缩，因此为了容纳被柱塞 124 移动的流体，阀针 110 沿着相反的方向移动，远离阀座 112，因此开启所述阀 110 并且开始燃料喷射事件。放大的总量由都设置在放大腔室 132 中的柱塞 124 和阀针 110 的台肩的相对的端部区域预先决定。也就是说，柱塞的端部区域和阀针的台肩区域之间的比例越大，阀针行程的放大也就越大。

致动器 120 可以被命令以在喷射事件过程中改变应变的总量，从而将阀针 110 移动到不同的开启位置，或者将应变减小为零从而结束喷射事件。

弹簧 126 将阀针 110 偏压到闭合位置，并且有助于确保在致动器 120、传动组件 130 和阀针 110 之间没有形成空间间隙。

在图示的实例中，传动组件 130 还包括液压流体储存器 134。与燃料喷射事件的时间间隔相比，在喷射事件之间具有长很多的时间段，并且当内燃机不运行时，具有足够的时间以允许一些流体在储存器 134 和放大腔室 132 之间流动穿过位于柱塞 124、阀针 110、阀体 102 和管道 136 和 138 的相邻表面之间的小的间隙。储存器 134 和放大腔室 132 之间的这种流动可以补偿部件之间的液压流体的泄漏和小的尺寸变化，泄漏和尺寸变化例如会由于不同的温度膨胀/收缩和磨损而造成。

密封件 137 和 139 密封防止液压流体泄漏到燃料腔 104 中，当阀 100 用于喷射气体燃料时这是必需的。如果燃料是液体燃料，并且它方便地用作液压流体时，密封件 139 不是必需的。

应变式致动器通常可控制以产生在零和可由给定的致动器产生的应变的最大总量之间的任何大小的应变。也就是说，应变式致动器可以被命令以将阀针 110 移动到中间位置，在中间位置处，它可以被保持适合长度的时间。控制器可以被程序控制以命令致动器改变应变的总量，从而阀针 110 从中间位置移动到另一个开启位置或者闭合位置。这允许阀针 110 的运动被命令以跟随预先确定的波形，这提供了更大的灵活性以控制在喷射事件过程中的燃料质量流量，并且这种灵活性可以用于改善燃烧特性，从而提高性能或效率，和/或降低不适合的燃烧产物的废气排放，例如微粒物质或者氮或者碳的氧化物，和/或降低内燃机的噪声。

通过实例，致动器 120 在图 1 中示意性地示为堆叠的压电元件，用于提供阀针 110 的应变式致动。本领域的普通技术人员将理解，其它的应变式致动器，例如电致伸缩或者磁致伸缩致动器，可

以用于实现相同的结果。

虽然应变式致动器可以被命令以产生适合的应变，但还有各种影响，例如温度、磨损、燃料温度、进气歧管压力和燃烧室压力，它们可以从一个喷射事件到另一个喷射事件对阀针位置施加不同的影响。因此，即使致动器被命令以产生特定的应变，所述应变通常对应于适合的阀针位置，但是实际的阀针位置仍然会不同，并且实际位置和适合的位置之间的差异会足以显著以降低燃烧效率，特别是当内燃机怠速或者处于低负荷状态中时。

图 2 到图 5 所示的特征示出了阀针和阀体的实施例，所述阀针和阀体的形状被设计成当阀针位于一定的运动范围内时，并且当配合表面保持彼此相对时，配合地提供阀针和阀体之间的恒定的流动区域。这个恒定的流动区域限制了穿过喷嘴的流动，从而燃料质量流量基本恒定。通过命令阀针到这个范围的中间点附近的位置，使得燃料质量流量对于阀针位置的小的变化基本不敏感。所有示出的实施例以相同的原理操作，并且对于怠速和低负荷状态，以及当阶梯状的喷射曲线被命令时较高负荷的状态，所述实施例均可以有利地用于降低命令的燃料质量流量和实际燃料质量流量之间的可变性。

下面参考图 2A 到图 2C 所示的实施例，其中示意性示出了阀针和喷嘴设置。这个设置例如可以与图 1 的燃料喷射阀一起使用。因此，图 1 中使用的相同的附图标记用于指示图 2A 到图 2C 中类似的特征。仅示出了喷嘴 114 的末端部分，其中阀体 102 限定了围绕阀针 110 的燃料腔 104 的一部分。图 2A 到图 2C 均示出了相同的实施例，但是每个附图示出了处于不同位置的阀针 110。

在图 2A 中，阀针 110 示为处于闭合位置，紧靠阀座 112 落座，从而燃料不能流动穿过孔 116。为了开始燃料喷射事件，阀针 110

可以沿着箭头 150 的方向移动。例如图 1 到图 3 所示的阀针可以移动远离阀座，并且沿着与燃料流动方向相反的方向，公知为向内开启的阀针。在图 2B 中，阀针 110 已经被提升离开阀座 112 到达开启位置。在图 2B 中，阀针 110 的竖直侧面的一部分与台肩 103 提供的阀体 102 的竖直壁相对。平行的和相对的竖直表面提供了位于它们之间的流动限制间隙，以 $d1$ 表示。这个间隙的尺寸被设计成提供这样的流动区域，该流动区域对于一定的阀针运动范围把穿过喷嘴 114 的燃料流动限制到基本恒定的燃料质量流量，只要阀针 110 的竖直侧面的一部分与台肩 103 提供的竖直壁相对。也就是说，因为形成间隙的配合的竖直表面彼此平行，因此间隙的尺寸对于一定的阀针运动范围保持恒定。在图 2C 中，阀针 110 已经被提升超出阀针 110 和台肩 103 的竖直表面彼此相对的点。过了这个点，当阀针 110 进一步移动远离阀座 112 时，阀针 110 和阀体 102 之间的流动区域增加。阀针 110 可以从图 2C 中的位置进一步被提升，直到它到达完全开启的位置。利用例如图 2C 所示的喷嘴设置，最大的燃料质量流量可以被孔 116 提供的开口区域的限制所限制。如果是这种情况，将阀针提升到超出燃料流动被孔所阻塞的点，不会造成燃料质量流量的进一步增加。

下面参考图 2D 和 2E，其中示出了穿过图 2A 中标示的 D/E 截断线的横截面视图的两个不同的实施例。图 2D 和 2E 示出了恒定流动区域可以制成不同的形状，而没有脱离本公开的实质。图 2D 示出了一个简单的同心的圆形设置，其限定了阀针 110 和阀体 201 之间的恒定的流动区域。在图 2E 中，恒定的流动区域由形成在阀体 102 中的多个槽提供。通过实例，所述槽示为具有底部，所述底部由与阀体 110 的相对的壁同心的直径限定，并且台肩 103 提供了所述槽之间的突起表面。本领域的普通技术人员将理解，所述槽以及

槽之间的突起表面可以采用不同的形状，同时不脱离本公开的范围。虽然图 2D 和 2E 是参考图 2A 的实施例来介绍的，但是对于恒定流动区域的形状的这些实施例可以应用到此处公开的所有实施例。对于一些实施例，槽可以形成在阀针表面中，而不是阀体表面中。

图 3 示出了具有向内开启的阀针的喷嘴的另一个实施例。阀体 302 和阀针 310 限定了燃料腔 304 的所示部分。阀针 310 处于闭合位置，其中它被迫使与阀座 312 流体密封接触。当阀针 310 沿着箭头 350 的方向被提升离开阀座 312 时，孔 316 提供了用于燃料离开阀体的出口。这个实施例与图 2A 到 2C 的实施例之间的区别在于阀体 302 设置有两个台肩区域 303 和 303A，两个台肩区域均提供与阀针 310 的竖直表面平行的竖直表面。图 3 中的台肩 303 与图 2A 到 2C 中的台肩 103 类似。台肩 303A 提供了第二平行表面区域，当阀针 310 的竖直表面与所述第二平行表面区域相对时，第二平行表面区域提供了较大的恒定流动区域。因此，图 3 的喷嘴设置可以提供两个阀针运动范围，其中在所述两个运动范围中，燃料质量流量可以基本恒定。当阀针 310 的竖直表面与台肩 303 的竖直表面相对时，提供较低的基本恒定的燃料质量流量，并且当阀针 310 的竖直表面与台肩 303A 的竖直表面相对时，提供较大的基本恒定的燃料质量流量。

图 4A 到 4C 示出了阀体和阀针设置的又另一个实施例，该实施例对于预先确定的阀针运动范围提供了基本恒定的燃料质量流量。在图 4A 中，阀针 410 示为处于闭合位置，紧靠阀座 412 落座，从而燃料不能流动穿过喷嘴 414。为了开始燃料喷射事件，阀针 410 可沿着箭头 450 的方向移动。例如图 4 和图 5 所示的阀针公知为向外开启的阀针，图 4 和图 5 所示的阀针可以移动离开阀座并且是沿

着与燃料流动的方向平行的方向，并且使用向外开启的阀针的燃料喷射阀有时称为菌形阀。在图 4B 中，阀针 410 已经被提升离开阀座 412 到阀针运动范围内的一个开启位置，在该位置处，可以喷射基本恒定的燃料质量流量。在图 4B 中，台肩 403 提供的阀针 410 的竖直侧面的一部分与阀体 402 的竖直壁相对。平行和相对的竖直表面提供了位于它们之间的间隙，用 d_1 表示。与其它实施例类似，这个间隙的尺寸被设计成提供这样的流动区域，该流动区域对于一定的阀针运动范围把穿过喷嘴 414 的燃料流动限制到基本恒定的燃料质量流量，只要阀针 410 的竖直侧面的一部分与阀体 402 提供的竖直壁相对。在图 4C 中，阀针 410 已经被提升超过台肩 403 和阀体 402 的竖直表面彼此相对的点。过了这个点，随着阀针 410 进一步移动远离阀座 412，阀针 410 和阀体 402 之间的流动区域增加。从图 4C 中的位置，阀针 410 可以沿着箭头 450 的方向进一步被提升，直到它到达完全开启的位置。

图 5 示出了具有向外开启的阀针的喷嘴设置的另一个实施例。阀体 502 和阀针 510 限定燃料腔 504 的所示部分。阀针 510 处于开启位置，在所述开启位置处，它已经从闭合位置沿着箭头 550 的方向被提升。这个实施例与图 4A 到 4C 的实施例之间的区别在于阀针 510 设置有两个台肩区域 503 和 503A，所述两个台肩区域均提供与穿过阀体 502 的开口的竖直表面平行的竖直表面。图 5 中的台肩 503 类似于图 4A 到图 4C 中的台肩 403。台肩 503A 提供了第二平行表面区域，当穿过阀体 502 的开口的竖直表面与所述第二平行表面区域相对时，第二平行表面区域提供较大的恒定流动区域。因此，图 5 的喷嘴设置可以提供两个阀针运动范围，其中在所述两个运动范围中，燃料质量流量可以基本恒定。当台肩 503 的竖直表面与穿过阀体 502 的开口的竖直表面相对时，提供较低的基本恒定的燃料

质量流量，并且当台肩 503A 的竖直表面与穿过阀体 502 的开口的竖直表面相对时，提供较大的基本恒定的燃料质量流量。在图示的实例中，对于两个阀针运动范围的恒定流动区域中的差异至少部分由尺寸 d_1 和 d_2 的差异所限定。本领域的普通技术人员将理解，在不脱离本公开的实质和范围的情况下，其它实施例可以获得相同的结果。例如，在不增加间隙尺寸的情况下，通过使例如图 2E 所示的槽加宽，流动区域可以增加，从而增加对于第二阀针运动范围的恒定流动区域。

图 6 是燃料质量流量 Q 相对于阀针升程 L 的图形。线条 600 示出的曲线代表了传统的燃料喷射阀。如曲线 600 所示，对于传统的燃料喷射阀，阀针升程的增加使得燃料质量流量逐渐增加，直到到达最大燃料质量流量 Q_c ，例如，当流动被喷嘴孔提供的限制所阻塞时，或者被燃料喷射阀中其它位置提供的另一个限制所阻塞时。当曲线接近阻塞流动率时，曲线 600 的斜度变缓，因此当阀针被命令到完全开启位置附近时，升程的小的变化不会显著影响燃料质量流量。

对于控制阀针升程以控制燃料质量流量的燃料喷射阀来说，利用传统的燃料喷射阀，如果 Q_a 代表对于怠速或者低负荷状态的适合的燃料质量流量，那么阀针被命令提升距离 L_1 ，从而提供适合的流动率。由于升程 L_1 附近的曲线 600 的陡峭的斜度，因此即使从位置 L_1 的小的偏离也会导致实际燃料质量流量的显著变化。

实线 610 示出的曲线代表了使用本公开的特征的燃料喷射阀。例如在怠速或者低负荷状态，阀针可以被命令到 L_1 和 L_2 之间的中间点处的位置。因为对于相同的阀针运动范围， L_1 和 L_2 之间的曲线 610 的斜度比曲线 600 的斜度平缓很多，因此曲线 610 的燃料喷射阀的操作具有提高的稳定性，从而提高内燃机性能、效率和/或

降低有害的燃烧产物的排放，例如颗粒物质和氮或者碳的氧化物，和/或降低内燃机噪声。图 2 和图 4 所示的实施例示出了燃料喷射阀的实例，其可以提供一个阀针运动范围，在该范围中，燃料可以以基本恒定的燃料质量流量被喷射。L1 和 L2 之间的运动范围代表了这样的阀针运动范围，该范围对应于当阀针和阀体的平行的竖直表面彼此配合以限定尺寸为 d_1 的间隙。当阀针进一步移动远离阀座并且超出这个范围时，燃料质量流量沿着较为陡峭的斜度逐渐增加，直到达到最大燃料质量流量。

虚线 620 绘制出了例如图 3 和图 5 所示的燃料喷射阀的流动特性。这些燃料喷射阀提供了两个阀针运动范围，其中在所述两个运动范围中，燃料质量流量基本恒定。L3 和 L4 之间的运动范围代表了这样的阀针运动范围，该范围对应于当阀针和阀体的平行的竖直表面彼此配合以限定尺寸为 d_2 的间隙。当阀针被提升到 L3 和 L4 之间的位置时，因为曲线 620 的斜度相对平缓，因此几乎没有从命令的燃料质量流量 Q_b 发生变化。

图 7 是对于单个燃料喷射事件的命令的质量流量相对于穿过燃料喷射阀的时间的多个实施例的图形。每个所示的命令的形状可以从稳定性受益，所述稳定性可以通过使用所公开的喷嘴和阀针特征而实现，从而提高穿过燃料喷射阀的流动特性。在这个图示中， Q_c 再次代表最大燃料质量流量。曲线 710 对应于相对小的燃料质量流量 Q_a ，例如可以被命令用于怠速或者低负荷状态的质量流量。优点已经被描述为能够在怠速和低负荷状态下从循环到循环降低被引入内燃机中的燃料的总量的可变性。同样适合的是以阶梯状的波形将燃料直接引入内燃机的燃烧室中，其中开始，较少的燃料质量流量被喷射，例如图 7 中 Q_a 或者 Q_b 所示，接下来是较高的燃料质量流量，如曲线 730 所示。具有两个提供基本恒定的燃料质量流

量的阀针运动范围的燃料喷射阀可以使用控制器，所述控制器被程序控制以使用例如曲线 710 所示的波形用于怠速状态，并且使用曲线 720 的波形用于轻的负荷的状态，或者在阶梯状的波形中，以曲线 710 开始直到 t_2 ，并且然后在 t_2 之后是曲线 720，或者在 t_2 之后对于较高的负荷状态可以选择曲线 730。本领域的普通技术人员将理解，其它的组合也是可行的，例如以曲线 720 开始直到 t_2 ，之后是曲线 730，从而喷射甚至更多的燃料进入内燃机中。在一些操作状态中，同样有利的是当阀针从开启位置移动到闭合位置时，提供向下的跃变。具有所述公开特征的燃料喷射阀的优点在于：在用于控制阀针运动的波形中的预定的阶段，可以选择恒定的流动区域以提供更稳定的燃料质量流量，降低当内燃机操作时循环到循环的可变性。

所公开的燃料喷射阀开发用于气体燃料，但是相同的特征对于喷射液体燃料的燃料喷射阀也是有利的。然而，对于液体燃料，存在必须考虑的另外的考虑，例如空穴现象 (cavitation) 以及保持适合的压力用于燃料的雾化。当突然的压力下降使燃料压力降至低于气化压力并且一些燃料在燃料从喷射阀排出之前就被气化时，空穴现象发生。与空穴现象和雾化有关的问题例如可以通过使用一个或者多个下列策略而避免：(i) 将燃料以这样的初始压力引入燃料喷射阀，该初始压力足够高以确保燃料压力保持高于气化压力，并且在被限制的流动区域之后适当地高以当燃料离开燃料喷射阀时使燃料雾化；(ii) 将限制的流动区域的尺寸设计成限制压力下降，从而燃料压力没有被降低到低于当离开燃料喷射阀时使燃料雾化所需要的气化压力或者最小压力；(iii) 提供进入限制流动区域的平滑入口，从而降低会造成低压区域的湍流；和 (iv) 利用这样的材料制造喷嘴和阀针，该材料将不会被暴露到与空穴现象相关的

状态而被破坏。对于液体燃料，可以使用所公开的特征，并且实现许多对于气体燃料可以实现的相同的优点。例如，通过降低喷射的燃料总量的可变性，在怠速和低负荷状态下，可以实现更稳定的性能并且降低内燃机的噪声。

虽然已经示出和描述了本发明的特定的元件、实施例和应用，但是当然应当认为，本发明不限于此，因为在不脱离本发明的范围的情况下，特别是在前面的教导的启发下，本领域的普通技术人员可以做出各种修改。

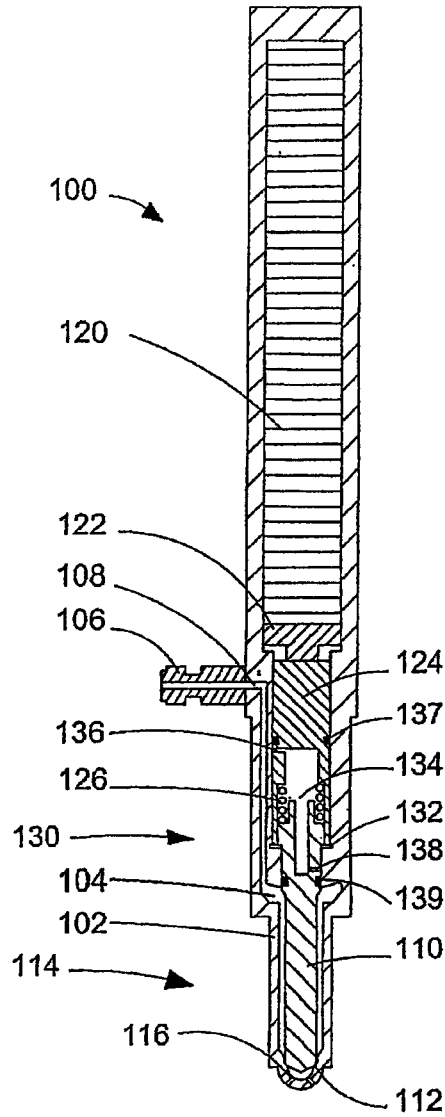
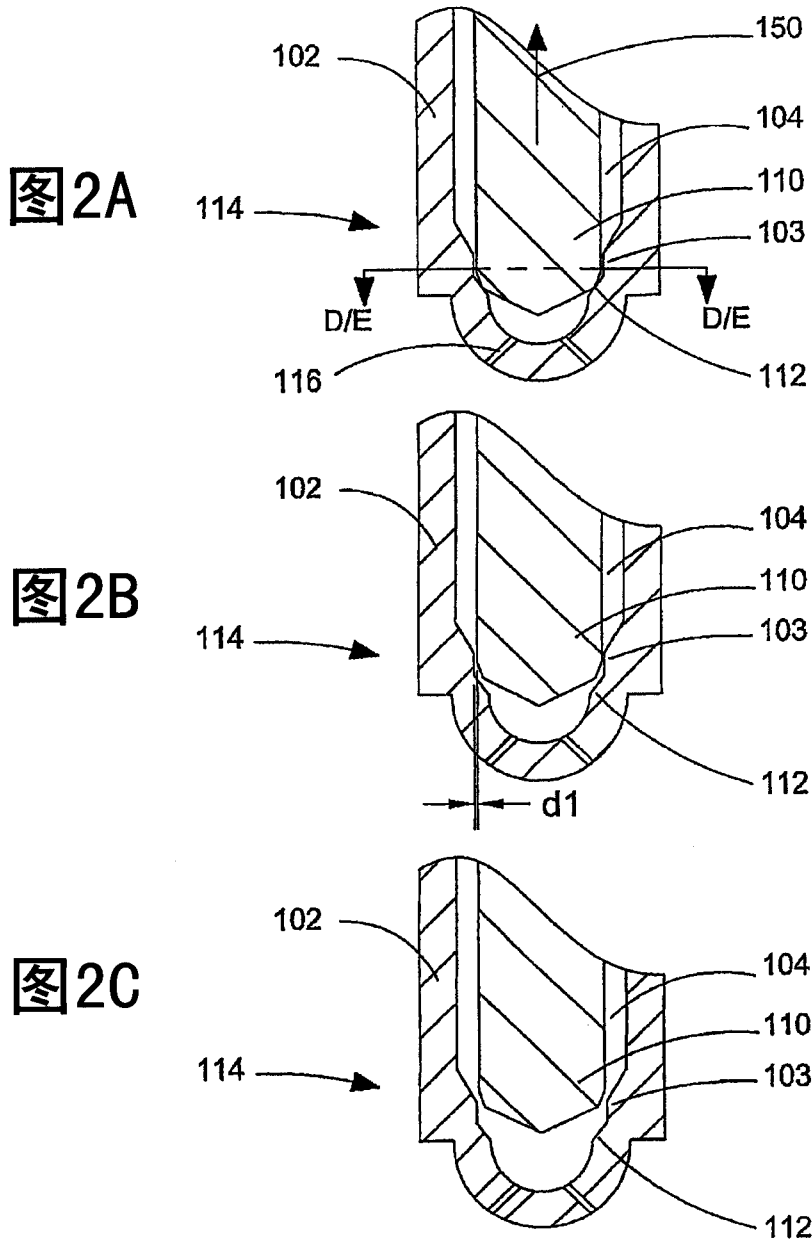


图1



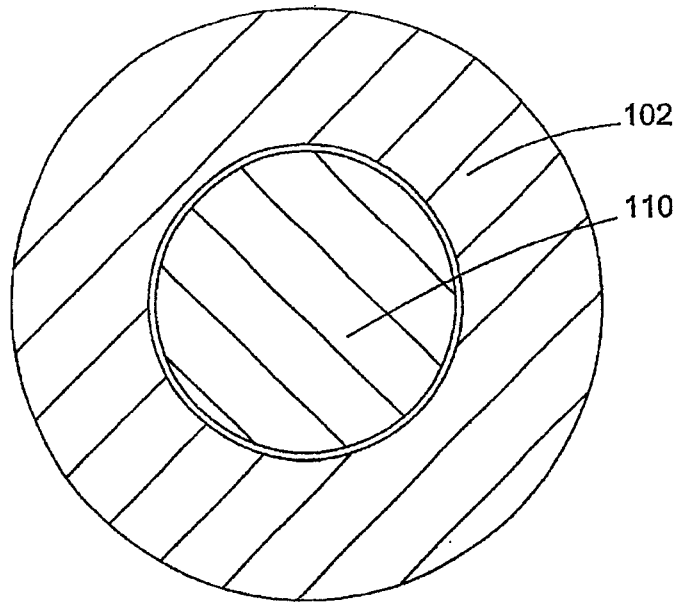


图2D

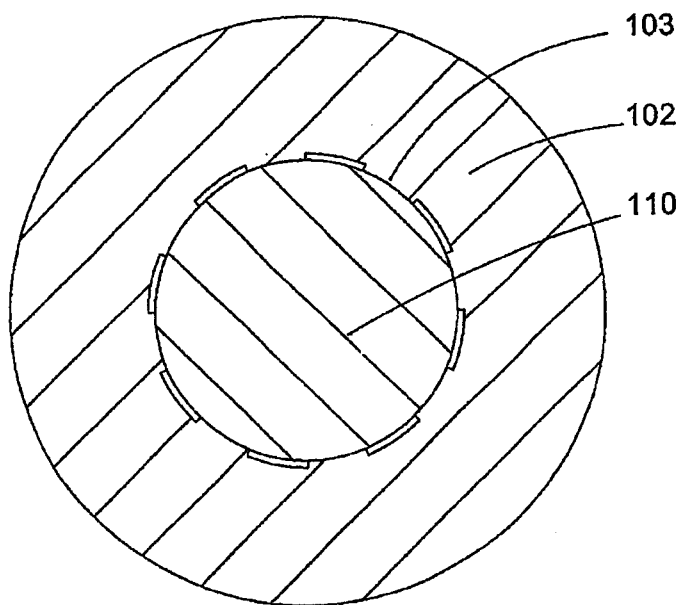


图2E

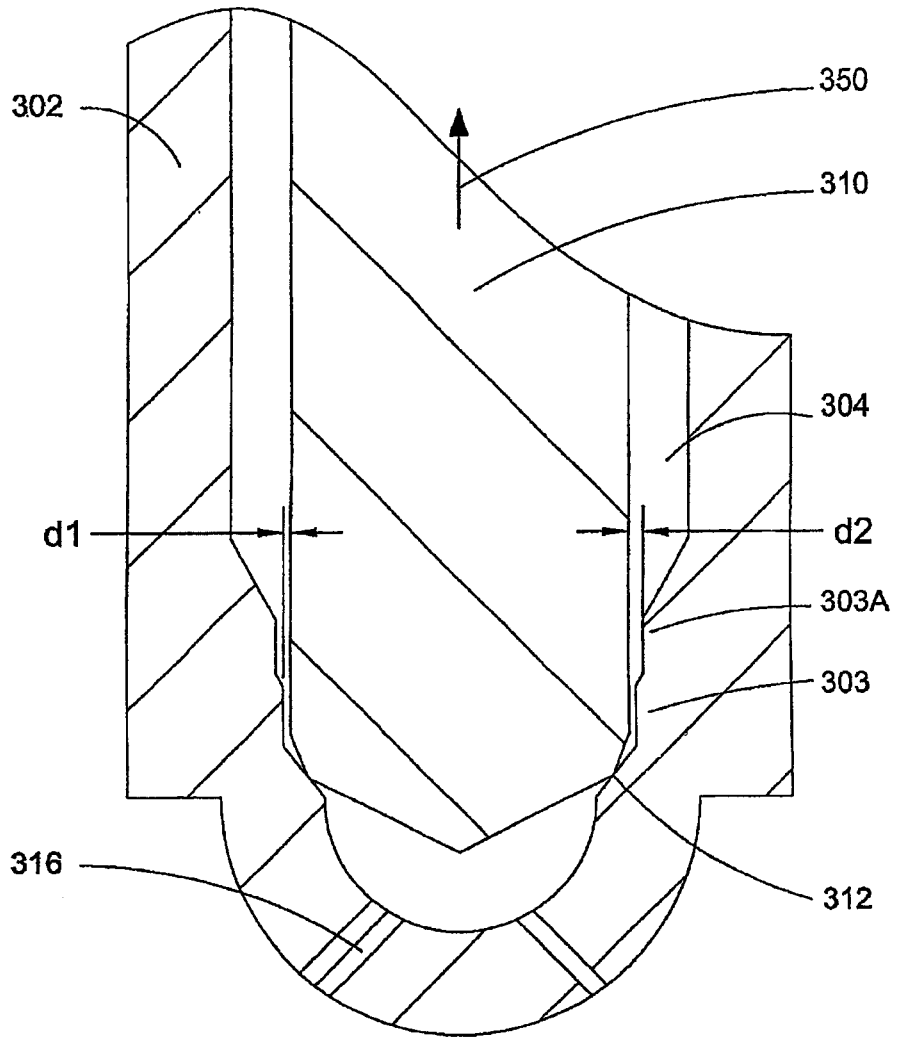
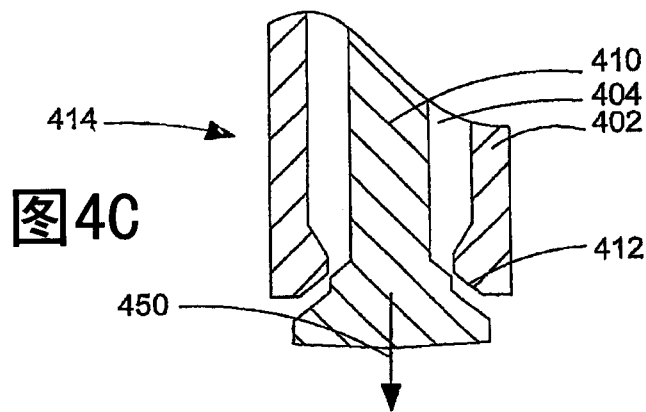
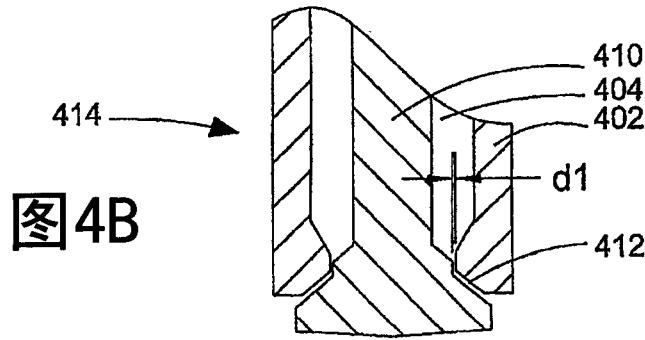
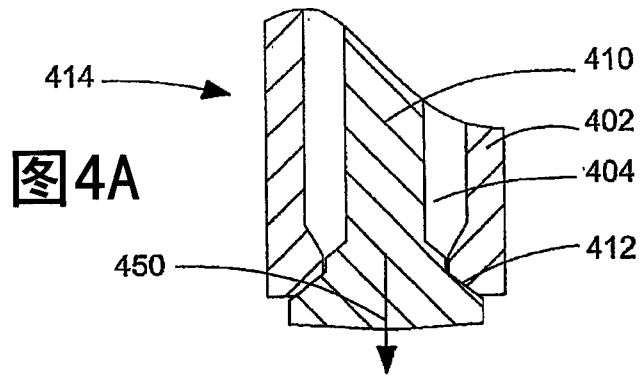


图3



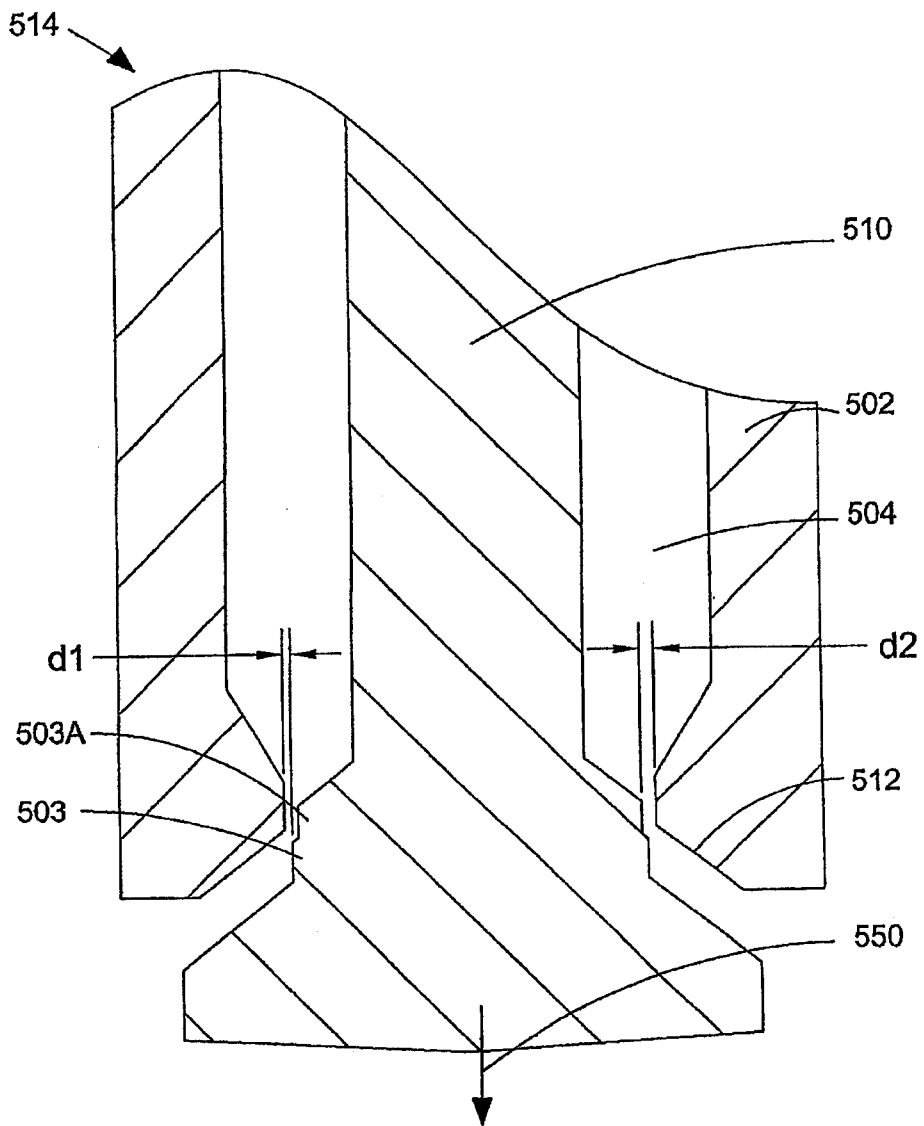


图5

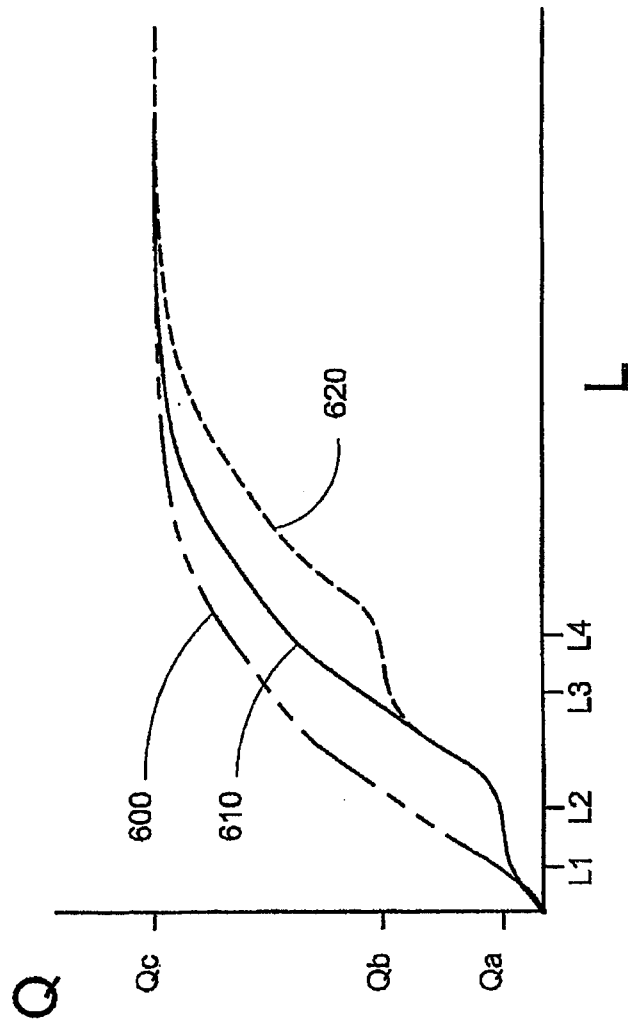


图6

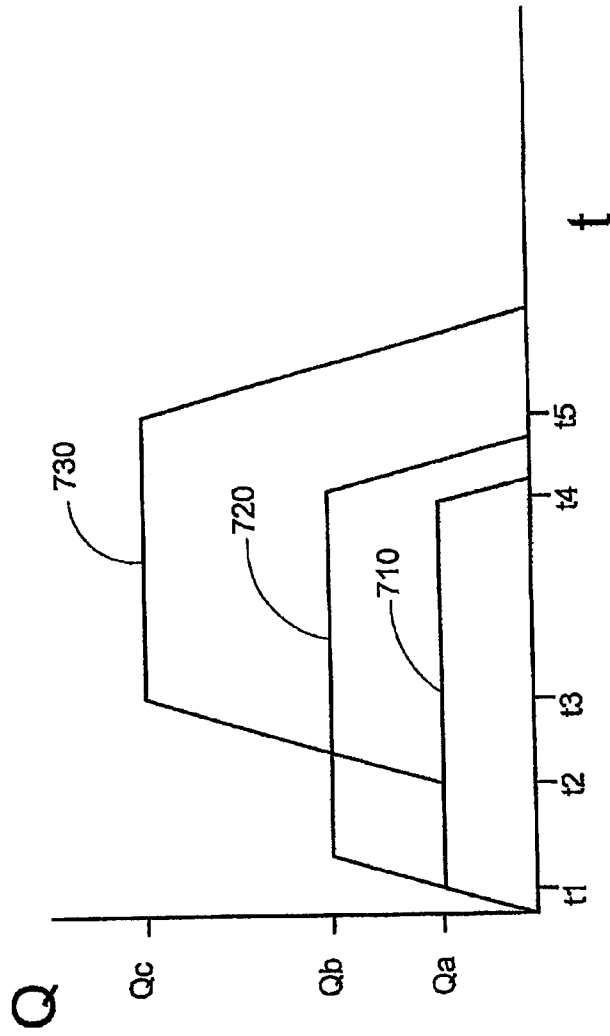


图7