

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103032232 A

(43) 申请公布日 2013. 04. 10

(21) 申请号 201110304541. X

(22) 申请日 2011. 10. 10

(71) 申请人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路 15 号

(72) 发明人 虞钢 卢国权 郑彩云 李少霞
何秀丽 宁伟健

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理
事务所(普通合伙) 11390
代理人 胡剑辉

(51) Int. Cl.

F02M 61/18(2006. 01)

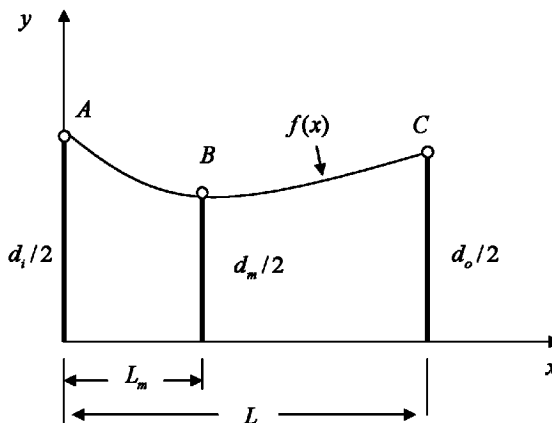
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种发动机燃油喷嘴

(57) 摘要

本发明公开了一种发动机燃油喷嘴包括：喷嘴本体，在该喷嘴本体上开设有喷油孔，所述喷油孔的纵截面轮廓线满足如下条件， $(x-X_0)^2+(y-Y_0)^2-R^2=0$ 。本发明采用变直径的喷油孔结构，相对于目前常规的等直径喷油孔结构，能够提高发动机燃油喷射时的流动及雾化性能，继而改善发动机的燃油经济性和排放性能。通过数值计算发现，在相同的条件下，中部收缩型的喷嘴在喷孔出口的空穴气泡含量比直孔气泡含量大 40%左右，这样会使得出口燃油扰动加剧，有利于提高燃油一次雾化效果。中部扩张型喷孔，相同条件下的流量系数会比直孔的流量系数提高 10%左右；而渐缩型喷孔相对于直孔，具有较高的保压性能，出口的能量提高 20%左右。



1. 一种发动机燃油喷嘴包括：喷油嘴本体，在该喷油嘴本体上开设有喷油孔，所述喷油孔的纵截面轮廓线满足如下条件，

$$(x-X_o)^2+(y-Y_o)^2-R^2=0,$$

其中，

$$X_o = \left(\frac{(\lambda_0 - \lambda_m)(\lambda_0 - \lambda_i)(\lambda_m - \lambda_i) + 4(\lambda_m - \lambda_i) - 4\sigma_m^2(\lambda_0 - \lambda_i)}{8(\lambda_m - \lambda_i) - 8\sigma_m(\lambda_0 - \lambda_i)} \right) L$$

$$Y_o = \left(\frac{4\sigma_m(1 - \sigma_m) + \sigma_m(\lambda_o^2 - \lambda_i^2) - (\lambda_m^2 - \lambda_i^2)}{4\sigma_m(\lambda_o - \lambda_i) - 4(\lambda_m - \lambda_i)} \right) L$$

$$R = L \sqrt{\left(\frac{X_o}{L} \right)^2 + \left(\frac{\lambda_i - Y_o}{2} - \frac{Y_o}{L} \right)^2}$$

其中，上述几何参数指标定义如下：

$$\text{入口径长比} : \lambda_i = \frac{d_i}{L}$$

$$\text{出口径长比} : \lambda_o = \frac{d_o}{L}$$

$$\text{中径长度比} : \lambda_m = \frac{d_m}{L}$$

$$\text{中径位置比} : \sigma_m = \frac{L_m}{L}$$

x 为沿所述喷油孔的入口至出口方向的中心轴， y 为喷油孔径向方向， L 为孔长度， d_i 为入口直径， d_o 为出口直径， d_m 为收缩最小或扩张最大的中间特征直径， L_m 为收缩或扩张的位置。

2. 如权利要求 1 所述的喷嘴，其特征在于，当中径长度比 $\lambda_m < \min(\lambda_i, \lambda_o)$ 时，对应的孔型为中部收缩型，此时合理的参数取值范围为：中径长度比 $\frac{1}{3} \min(\lambda_i, \lambda_o) \leq \lambda_m \leq \frac{3}{4} \min(\lambda_i, \lambda_o)$ ，中径位置比 $\frac{1}{4} \leq \sigma_m \leq \frac{3}{4}$ ，入口径长比 $\frac{1}{15} \leq \lambda_i \leq \frac{1}{3}$ ，出口径长比 $\frac{1}{15} \leq \lambda_o \leq \frac{1}{3}$ 。

3. 如权利要求 1 所述的喷嘴，其特征在于，当中径长度比 $\lambda_m > \max(\lambda_i, \lambda_o)$ ，对应的孔型为中部扩张型，此时合理的参数取值范围为：中径长度比 $\frac{4}{3} \max(\lambda_i, \lambda_o) \leq \lambda_m \leq \frac{5}{3} \max(\lambda_i, \lambda_o)$ ，中径位置比 $\frac{1}{4} \leq \sigma_m \leq \frac{3}{4}$ ，入口径长比 $\frac{1}{15} \leq \lambda_i \leq \frac{1}{3}$ ，出口径长比 $\frac{1}{15} \leq \lambda_o \leq \frac{1}{3}$ 。

4. 如权利要求 1 所述的喷嘴，其特征在于，当 $\lambda_m = \frac{\lambda_i + \lambda_o}{2}$ 时，对应的孔型为渐缩型或者渐扩型，此时定义的几何参数指标，如下：

$$\text{锥度} : \theta = \frac{d_i - d_o}{2L} \times \frac{180}{\pi},$$

则合理的参数取值范围为：锥度 $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ ，且 $\theta \neq 0^\circ$ ，入口径长比 $\frac{1}{15} \leq \lambda_i \leq \frac{1}{3}$ ，出口径长比 $\frac{1}{15} \leq \lambda_o \leq \frac{1}{3}$ 。

一种发动机燃油喷嘴

技术领域

[0001] 本发明涉及直喷式发动机燃油喷嘴,尤其是柴油机燃油喷嘴。

背景技术

[0002] 燃油喷嘴是发动机燃油系统的核心部件。高压燃油通过燃油喷嘴上的燃油孔喷射进入燃烧室,并与空气混合雾化,然后组织燃烧。因此,作为燃油喷射系统的终端,燃油孔的几何参量将是影响燃油流动及雾化效果的关键因素,并将最终影响到发动机的动力性和经济性。

[0003] 目前实际使用的燃油喷嘴喷孔形状主要是柱形直孔。这样在低压或者高速情况下,无法产生理想的雾化效果。

[0004] 为解决这个问题,目前普遍采用的方法为提高喷射压力或减小孔径。这种方法虽能改善雾化效果,但却需要发动机提供大量的额外能量来提高燃油压力,因此发动机动力性则有可能不升反降。

发明内容

[0005] 针对现有技术存在的问题,本发明的目的在于提供一种发动机燃油喷嘴,能够很好地改善燃油喷嘴燃油孔的雾化特性,从而进一步改善发动机的性能。

[0006] 本发明的一种发动机燃油喷嘴包括:燃油喷嘴本体,在该燃油喷嘴本体上开设有燃油孔,所述燃油孔的纵截面轮廓线满足如下条件,

$$[0007] \quad (x-X_o)^2+(y-Y_o)^2-R^2=0,$$

[0008] 其中,

$$[0009] \quad X_o = \left(\frac{(\lambda_o - \lambda_m)(\lambda_o - \lambda_i)(\lambda_m - \lambda_i) + 4(\lambda_m - \lambda_i) - 4\sigma_m^2(\lambda_o - \lambda_i)}{8(\lambda_m - \lambda_i) - 8\sigma_m(\lambda_o - \lambda_i)} \right) L$$

$$[0010] \quad Y_o = \left(\frac{4\sigma_m(1 - \sigma_m) + \sigma_m(\lambda_o^2 - \lambda_i^2) - (\lambda_m^2 - \lambda_i^2)}{4\sigma_m(\lambda_o - \lambda_i) - 4(\lambda_m - \lambda_i)} \right) L$$

$$[0011] \quad R = L \sqrt{\left(\frac{X_o}{L} \right)^2 + \left(\frac{\lambda_i - Y_o}{L} \right)^2}$$

[0012] 其中,上述几何参数指标定义如下:

$$[0013] \quad \text{入口径长比: } \lambda_i = \frac{d_i}{L}$$

$$[0014] \quad \text{出口径长比: } \lambda_o = \frac{d_o}{L}$$

$$[0015] \quad \text{中径长度比: } \lambda_m = \frac{d_m}{L}$$

[0016] 中径位置比： $\sigma_m = \frac{L_m}{L}$

[0017] x 为沿所述喷油孔的入口至出口方向的中心轴，y 为喷油孔径向方向，L 为孔长度， d_i 为入口直径， d_o 为出口直径， d_m 为收缩最小或扩张最大的中间特征直径， L_m 为收缩或扩张的位置。

[0018] 优选地，当中径长度比 $\lambda_m < \min(\lambda_i, \lambda_o)$ 时，对应的孔型为中部收缩型，此时合理的参数取值范围为：中径长度比 $\frac{1}{3}\min(\lambda_i, \lambda_o) \leq \lambda_m \leq \frac{3}{4}\min(\lambda_i, \lambda_o)$ ，中径位置比 $\frac{1}{4} \leq \sigma_m \leq \frac{3}{4}$ ，入口径长比 $\frac{1}{15} \leq \lambda_i \leq \frac{1}{3}$ ，出口径长比 $\frac{1}{15} \leq \lambda_o \leq \frac{1}{3}$ 。

[0019] 优选地，当中径长度比 $\lambda_m > \max(\lambda_i, \lambda_o)$ ，对应的孔型为中部扩张型，此时合理的参数取值范围为：中径长度比 $\frac{4}{3}\max(\lambda_i, \lambda_o) \leq \lambda_m \leq \frac{5}{3}\max(\lambda_i, \lambda_o)$ ，中径位置比 $\frac{1}{4} \leq \sigma_m \leq \frac{3}{4}$ ，入口径长比 $\frac{1}{15} \leq \lambda_i \leq \frac{1}{3}$ ，出口径长比 $\frac{1}{15} \leq \lambda_o \leq \frac{1}{3}$ 。

[0020] 优选地，当 $\lambda_m = \frac{\lambda_i + \lambda_o}{2}$ 时，对应的孔型为渐缩型或者渐扩型，此时定义的几何参数指标，如下：

[0021] 锥度： $\theta = \frac{d_i - d_o}{2L} \times \frac{180}{\pi}$ ，

[0022] 则合理的参数取值范围为：锥度 $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ ，且 $\theta \neq 0^\circ$ ，入口径长比 $\frac{1}{15} \leq \lambda_i \leq \frac{1}{3}$ ，出口径长比 $\frac{1}{15} \leq \lambda_o \leq \frac{1}{3}$ 。

[0023] 另外，由以上定义的中部收缩型、中部扩张型、渐扩型及渐缩型四类孔型两两组合衔接而成的喷孔截面类型也属于本次发明的内容。此时定义的几何参数指标，如下：

[0024] 衔接位置比： $\gamma = \frac{L_c}{L}$

[0025] 其中 L_c 为喷孔入口到衔接位置的距离，

[0026] 则合理的参数取值范围为： $\frac{2}{3} \leq \gamma \leq \frac{3}{4}$ 。

[0027] 本发明采用变直径的喷油孔结构，相对于目前常规的等直径喷油孔结构，能够提高发动机燃油喷射时的流动及雾化性能，继而改善发动机的燃油经济性和排放性能。通过数值计算发现，在相同的条件下，中部收缩型的喷嘴在喷孔出口的空穴气泡含量比直孔气泡含量大 40% 左右，这样会使得出口燃油扰动加剧，有利于提高燃油一次雾化效果。中部扩张型喷孔，相同条件下的流量系数会比直孔的流量系数提高 10% 左右；而渐缩型喷孔相对于直孔，具有较高的保压性能，出口的能量提高 20% 左右。

[0028] 另外，由渐缩型或渐扩型、中部收缩型、中部扩张型两两衔接而成的综合孔型，能充分利用各种喷孔类型的优点，通过合理组合则可以提高喷孔的综合性能。

附图说明

[0029] 图 1 为本发明实施例发电机喷油嘴的结构示意图；

[0030] 图 2 为本发明喷油嘴的喷油孔截面参数示意图；

- [0031] 图 3 为喷油嘴的喷油孔为锥度 $0 < \theta \leq 45^\circ$ 对应的渐缩形正锥孔；
- [0032] 图 4 为喷油嘴的喷油孔为锥度 $-45^\circ \leq \theta < 0$ 对应的渐扩型倒锥孔；
- [0033] 图 5 为喷油嘴的喷油孔为中径长度比 $\frac{1}{3} \min(\lambda_i, \lambda_o) \leq \lambda_m \leq \frac{3}{4} \min(\lambda_i, \lambda_o)$ 对应的类双曲型孔；
- [0034] 图 6 为喷油嘴的喷油孔为中径长度比 $\frac{4}{3} \max(\lambda_i, \lambda_o) \leq \lambda_m \leq \frac{5}{3} \max(\lambda_i, \lambda_o)$ 对应的类椭圆型孔；
- [0035] 图 7 为喷油嘴的喷油孔为椭圆型孔与双曲型孔组合而成的椭圆 - 双曲综合孔型；
- [0036] 图 8 为喷油嘴的喷油孔为椭圆型孔与渐扩型孔组合而成的椭圆 - 渐扩综合孔型；
- [0037] 图 9 为喷油嘴的喷油孔为渐缩型孔与双曲型孔组合而成的渐缩 - 双曲综合孔型；
- [0038] 图 10 为喷油嘴的喷油孔为渐缩型孔与椭圆型孔组合而成的渐缩 - 椭圆综合孔型。

具体实施方式

[0039] 如图 1 所示,本发明是具有变截面喷油孔 2 的柴油机喷油嘴 1,此类喷油嘴 1 的特点是喷油孔 2 截面沿轴线方向上是变化的。本发明主要涉及四类变截面喷油孔形状,如图 3 所示的锥度大于 0 的渐缩型正锥孔;图 4 所示的锥度小于 0 的渐扩型倒锥孔;图 5 所示的中径比小于 1 的双曲型孔;图 6 所示的中径比大于 1 的椭圆型孔;另外,由这四类特征孔型组合而成的各类复杂变截面喷孔形状也属于发明的范畴,主要为如图 7 所示的椭圆 - 双曲综合孔型;图 8 所示的椭圆 - 渐扩综合孔型;图 9 所示的渐缩 - 双曲综合孔型;图 10 所示的渐缩 - 椭圆综合孔型;以及由渐缩形、渐扩型、双曲型、椭圆形这四类孔型任意两两对接组合而成的其它各类复杂变截面喷孔形状。

[0040] 下面结合附图详细对本发明进行说明。

[0041] 实施例 1

[0042] 如图 2 所示。

[0043] 喷油孔的纵截面轮廓线满足如下条件：

$$[0044] \quad (x-X_o)^2 + (y-Y_o)^2 - R^2 = 0,$$

[0045] 其中,

$$[0046] \quad X_o = \left(\frac{(\lambda_o - \lambda_m)(\lambda_o - \lambda_i)(\lambda_m - \lambda_i) + 4(\lambda_m - \lambda_i) - 4\sigma_m^2(\lambda_o - \lambda_i)}{8(\lambda_m - \lambda_i) - 8\sigma_m(\lambda_o - \lambda_i)} \right) L$$

$$[0047] \quad Y_o = \left(\frac{4\sigma_m(1 - \sigma_m) + \sigma_m(\lambda_o^2 - \lambda_i^2) - (\lambda_m^2 - \lambda_i^2)}{4\sigma_m(\lambda_o - \lambda_i) - 4(\lambda_m - \lambda_i)} \right) L$$

$$[0048] \quad R = L \sqrt{\left(\frac{X_o}{L} \right)^2 + \left(\frac{\lambda_i}{2} - \frac{Y_o}{L} \right)^2},$$

[0049] 其中,

$$[0050] \quad (1) \text{ 入口径长比 } : \lambda_i = \frac{d_i}{L}$$

[0051] (2) 出口径长比 : $\lambda_o = \frac{d_o}{L}$

[0052] (3) 中径长度比 : $\lambda_m = \frac{d_m}{L}$

[0053] (4) 中径位置比 : $\sigma_m = \frac{L_m}{L}$

[0054] x 为沿所述喷油孔的入口至出口方向的中心轴, y 为喷油孔径向方向, L 为喷油孔的长度, d_i 为入口直径, d_o 为出口直径, d_m 为收缩最小或扩张最大的中间特征直径, L_m 为收缩或扩张的位置。

[0055] 另外, 当中径长度比 $\lambda_m = \frac{\lambda_i + \lambda_o}{2}$ 时, 本实施例中需定义锥度 :

[0056] 锥度 : $\theta = \frac{d_i - d_o}{2L} \times \frac{180}{\pi}$

[0057] 对于由双曲型、椭圆型、渐缩形或渐扩型构成的综合孔型, 本事实例中需要定义衔接位置比 :

[0058] 衔接位置比 : $\gamma = \frac{L_c}{L}$ 。

[0059] 实施例 2

[0060] 如图 3、4 所示, 在本实施例中, 中径长度比 $\lambda_m = \frac{\lambda_i + \lambda_o}{2}$, 锥度为 $\theta = \frac{d_i - d_o}{2L} \times \frac{180}{\pi}$, 取值范围是 $-90^\circ < \theta < 90^\circ$ 。本实施例参数优选的锥度为 $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$, 且 $\theta \neq 0$, 入口径长比 $\frac{1}{15} \leq \lambda_i \leq \frac{1}{3}$, 出口径长比 $\frac{1}{15} \leq \lambda_o \leq \frac{1}{3}$ 。

[0061] 相对于直孔, 锥度为 $0 < \theta \leq 45^\circ$ 的锥孔具有较强的保压能力, 通过数值计算发现, 在共轨压力为 160MPa 时, 其出口总能量比等直径的直孔高 20% 左右。这就使得燃油以较大的能量喷射进入燃烧室内部, 有助于改善燃烧排放性能。

[0062] 实施例 3

[0063] 如图 5 所示, 本实施例 $\lambda_m < \min(\lambda_i, \lambda_o)$ 。在本实施例中, λ_m 的具体取值是 $0 < \lambda_m < \min(\lambda_i, \lambda_o)$, σ_m 取值是 $0 < \sigma_m < 1$;

[0064] 本实施例参数优选的 $\frac{1}{3} \min(\lambda_i, \lambda_o) \leq \lambda_m \leq \frac{3}{4} \min(\lambda_i, \lambda_o)$, $\frac{1}{4} \leq \sigma_m \leq \frac{3}{4}$, 入口径长比 $\frac{1}{15} \leq \lambda_i \leq \frac{1}{3}$, 出口径长比 $\frac{1}{15} \leq \lambda_o \leq \frac{1}{3}$ 。

[0065] 相对于直孔, 本实施例参数优选范围内的孔型出口空穴气泡含量大幅增加, 通过数值计算发现, 在共轨压力为 160MPa 时, 其出口压降比直孔提高 40% 左右。通过出口气泡的生成和湮灭, 就使得出口燃油收到剧烈的扰动, 加剧油束的分裂及雾化, 有利于加速燃油的一次雾化效果。

[0066] 实施例 4

[0067] 如图 6 所示, 本实施例 $\lambda_m > \max(\lambda_i, \lambda_o)$ 。在本实施例中, λ_m 的具体取值是 $\max(\lambda_i, \lambda_o) < \lambda_m < +\infty$, σ_m 取值是 $0 < \sigma_m < 1$;

[0068] 本实施例参数优选的 $\frac{4}{3} \max(\lambda_i, \lambda_o) \leq \lambda_m \leq \frac{5}{3} \max(\lambda_i, \lambda_o)$, $\frac{1}{4} \leq \sigma_m \leq \frac{3}{4}$, 入口径长比

$\frac{1}{15} \leq \lambda_i \leq \frac{1}{3}$, 出口径长比 $\frac{1}{15} \leq \lambda_o \leq \frac{1}{3}$ 。

[0069] 相对于直孔, 本实施例参数优选范围内的孔型流量系数较相同出口直径的直孔要大, 通过数值计算发现, 在共轨压力为 160MPa 时, 其流量系数提高 10% 左右。流量系数提高, 可是使得相同压力下喷入更多的燃油, 利于提高发动机的动力性;

[0070] 实施例 5

[0071] 如图 7 所示, 本实施例是由椭圆型孔与双曲型孔组合而成的椭圆-双曲综合孔型。

在本实施例中, 前半段 λ_m 的具体取值是 $\frac{4}{3} \min(\lambda_i, \lambda_o) \leq \lambda_m \leq \frac{5}{3} \min(\lambda_i, \lambda_o)$, 前半段 σ_m 取值是

$0 < \sigma_m < 1$; 后半段 λ_m 的具体取值是 $\frac{1}{3} \min(\lambda_i, \lambda_o) \leq \lambda_m \leq \frac{3}{4} \min(\lambda_i, \lambda_o)$, 后半段 σ_m 取值是

$\frac{1}{4} \leq \sigma_m \leq \frac{3}{4}$; 入口径长比 $\frac{1}{15} \leq \lambda_i \leq \frac{1}{3}$, 出口径长比 $\frac{1}{15} \leq \lambda_o \leq \frac{1}{3}$ 。

[0072] 本实施例涉及的孔型为椭圆型喷孔与双曲型喷孔的组合, 因此能有效结合椭圆型喷孔及双曲型喷孔的优点, 既增大流量系数, 同时加剧燃油的扰动, 加速一次雾化的效果。通过数值计算发现, 在共轨压力为 160MPa 时, 其流量系数相对于相同出口直径的直孔提高 6% 左右, 出口空穴气泡含量提高 14% 左右。

[0073] 实施例 6

[0074] 如图 8 所示, 本实施例是由椭圆型孔与渐缩型孔组合而成的椭圆-渐缩综合孔型。

在本实施例中, 前半段 λ_m 的具体取值是 $\frac{4}{3} \min(\lambda_i, \lambda_o) \leq \lambda_m \leq \frac{5}{3} \min(\lambda_i, \lambda_o)$, 前半段 σ_m 取值是

$\frac{1}{4} \leq \sigma_m \leq \frac{3}{4}$; 后半段锥度的具体取值是 $0 < \theta \leq 45^\circ$; 入口径长比 $\frac{1}{15} \leq \lambda_i \leq \frac{1}{3}$, 出口径长比

$\frac{1}{15} \leq \lambda_o \leq \frac{1}{3}$ 。

[0075] 本实施例涉及的孔型为椭圆型喷孔与双曲型喷孔的组合, 因此能有效结合椭圆型喷孔及渐缩喷孔的优点, 既增大流量系数, 同时具有渐缩形喷孔的保压性能, 使得出口能量叫等直径的直孔要高。通过数值计算发现, 在共轨压力为 160MPa 时, 其流量系数相对于相同出口直径的直孔提高 6% 左右, 且出口总能量较同等直径的直孔提高 10% 左右。

[0076] 实施例 7

[0077] 如图 9 所示, 本实施例是由渐缩型孔与双曲型孔组合而成的渐缩-双曲综合孔型。

在本实施例中, 前半段锥度的具体取值是 $0 < \theta \leq 45^\circ$; 后半段 λ_m 的具体取值是

$\frac{1}{3} \min(\lambda_i, \lambda_o) \leq \lambda_m \leq \frac{3}{4} \min(\lambda_i, \lambda_o)$, 后半段 σ_m 取值是 $\frac{1}{4} \leq \sigma_m \leq \frac{3}{4}$; 入口径长比 $\frac{1}{15} \leq \lambda_i \leq \frac{1}{3}$, 出口

径长比 $\frac{1}{15} \leq \lambda_o \leq \frac{1}{3}$ 。

[0078] 本实施例涉及的孔型为渐缩型喷孔与双曲型喷孔的组合, 因此能有效结合渐缩型喷孔及双曲型喷孔的优点, 既具有渐缩型喷孔的保压性能, 同时具有双曲型喷孔的出口的高气泡含量。通过数值计算发现, 在共轨压力为 160MPa 时, 其出口总能量及气泡含量较同等直径的直孔均提高 10% 左右。

[0079] 实施例 8

[0080] 如图 10 所示,本实施例是由渐缩型孔与椭圆型孔组合而成的渐缩-椭圆综合孔型。在本实施例中,前半段锥度的具体取值是 $0 < \theta \leq 45^\circ$;后半段 λ_m 的具体取值是 $\frac{4}{3} \min(\lambda_i, \lambda_o) \leq \lambda_m \leq \frac{5}{3} \min(\lambda_i, \lambda_o)$,后半段 σ_m 取值是 $\frac{1}{4} \leq \sigma_m \leq \frac{3}{4}$;入口径长比 $\frac{1}{15} \leq \lambda_i \leq \frac{1}{3}$,出口径长比 $\frac{1}{15} \leq \lambda_o \leq \frac{1}{3}$ 。

[0081] 本实施例涉及的孔型为渐缩型喷孔与椭圆型喷孔的组合,因此能有效结合渐缩型喷孔及椭圆喷孔的优点;但较椭圆-渐缩型的喷孔,其流量系数和出口能量相对等直径的直孔的增幅要小。在共轨压力为 160MPa 时,其流量系数相对于相同出口直径的直孔提高 4%左右,且出口总能量较同等直径的直孔提高 7%左右。

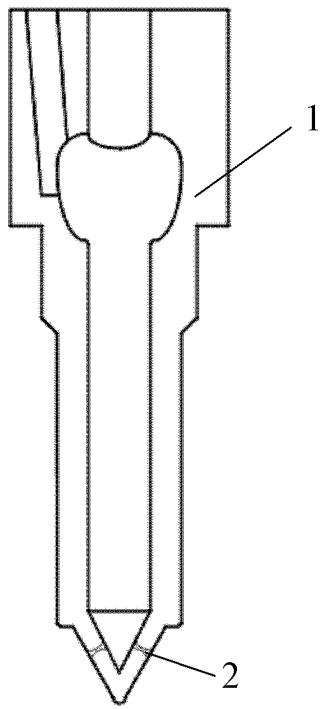


图 1

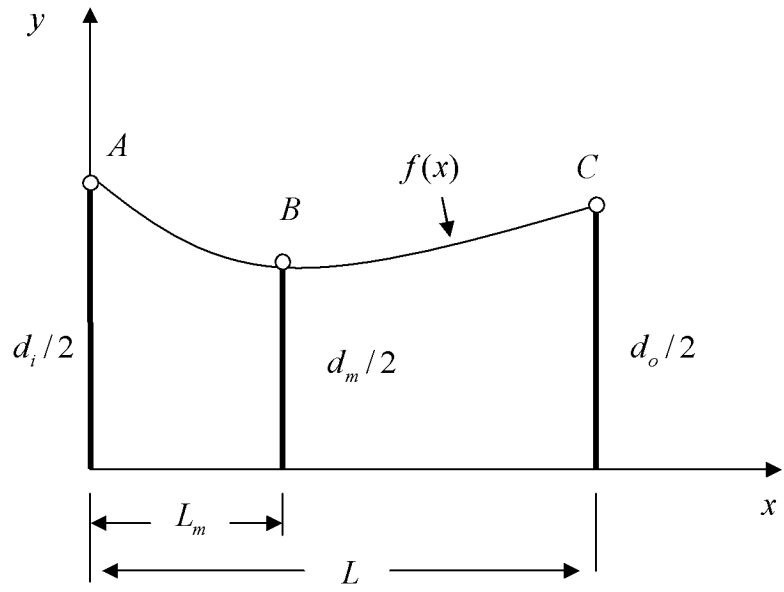


图 2

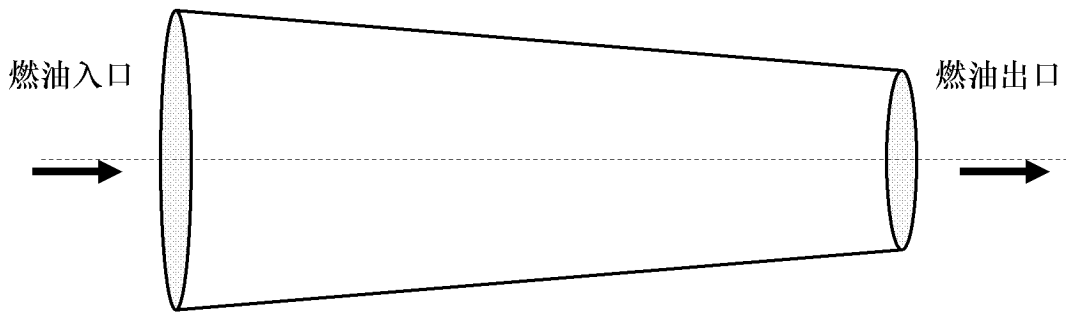


图 3

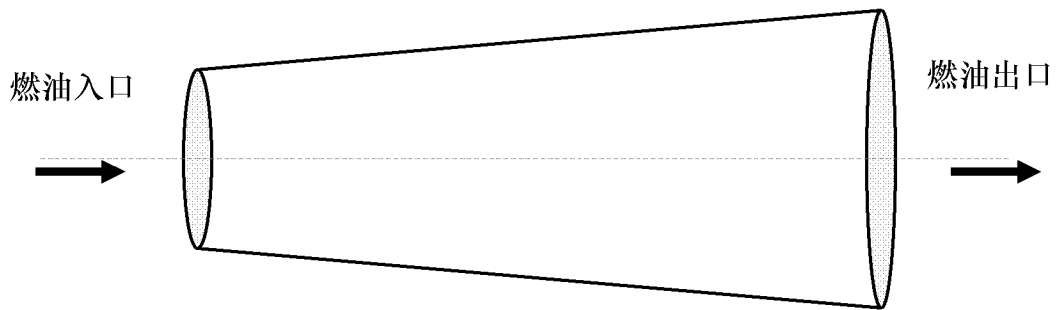


图 4

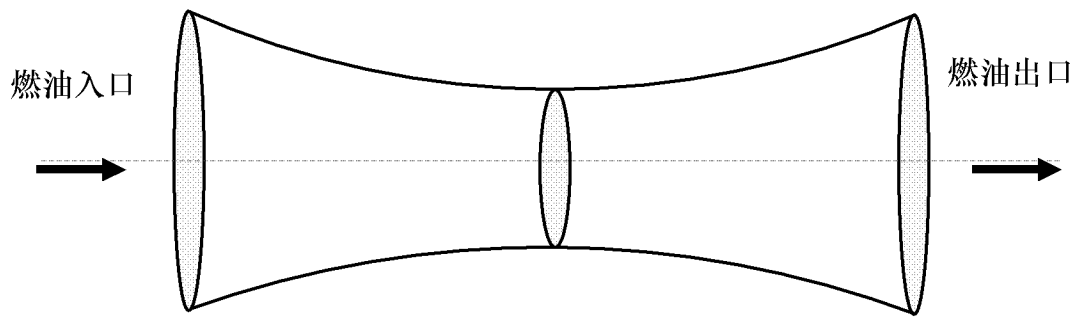


图 5

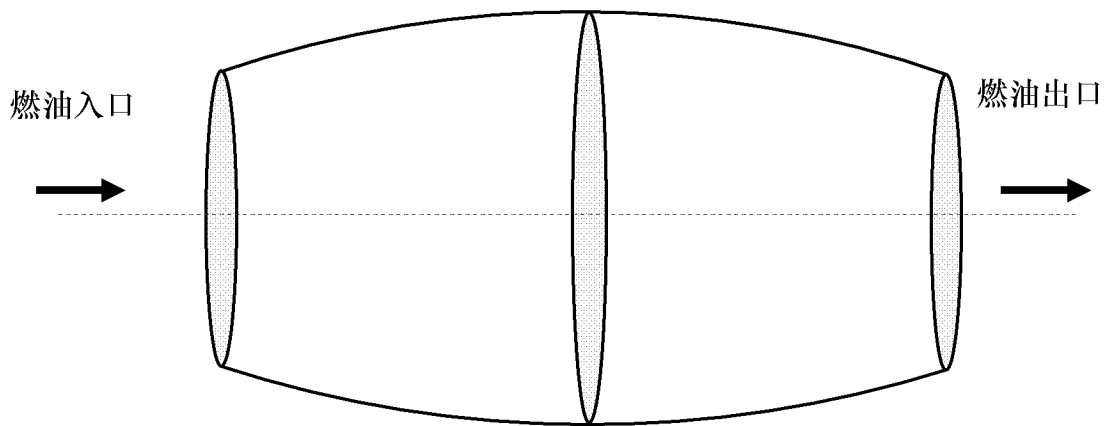


图 6

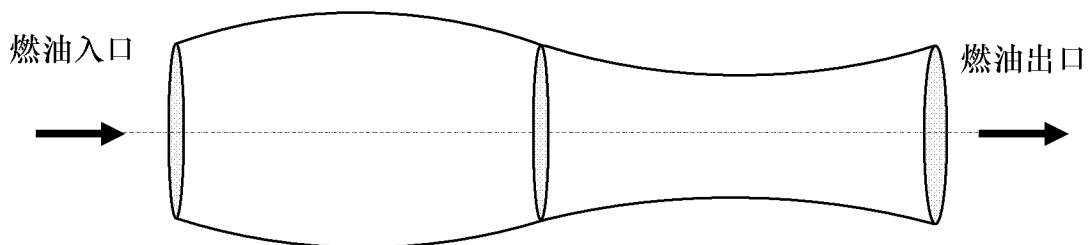


图 7

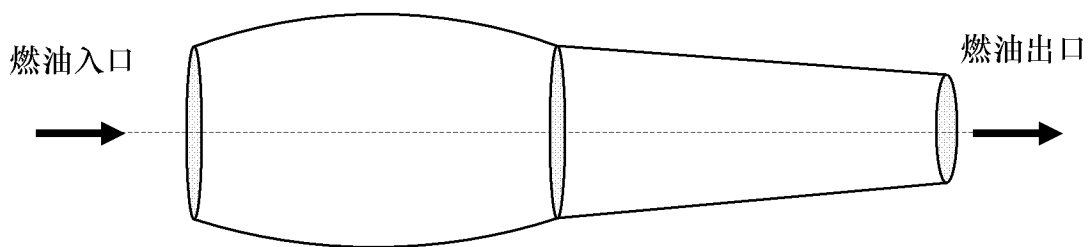


图 8

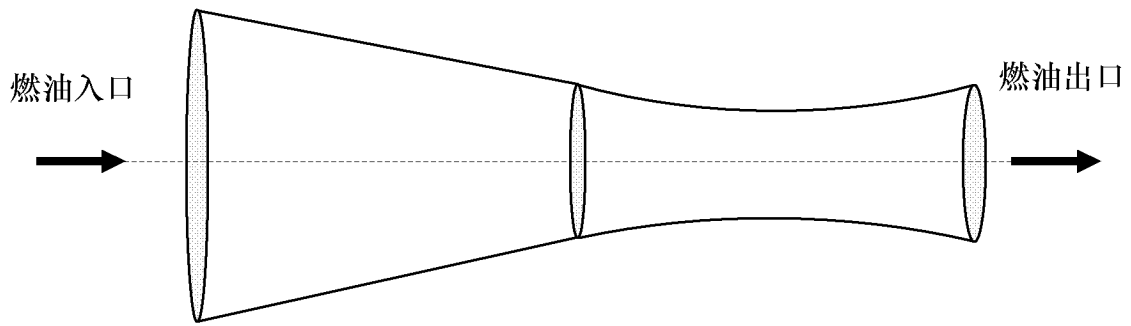


图 9

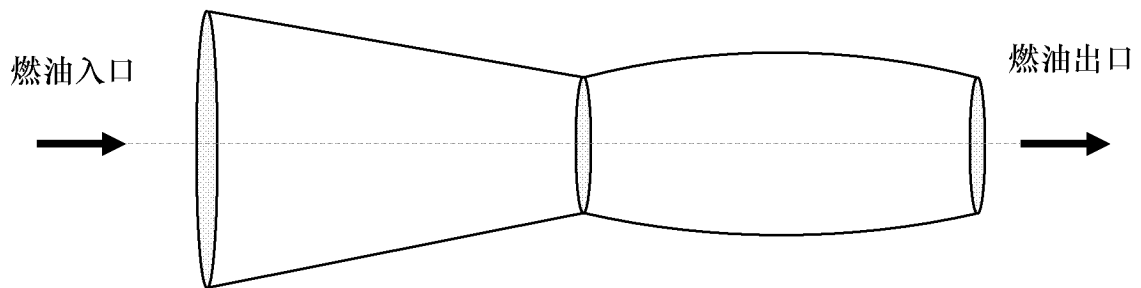


图 10