

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
F02D 19/02 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710175797.9

[43] 公开日 2008年6月18日

[11] 公开号 CN 101201018A

[22] 申请日 2007.10.12

[21] 申请号 200710175797.9

[71] 申请人 清华大学

地址 100084 北京市 100084 信箱 82 分箱清
华大学专利办公室

[72] 发明人 马凡华 赵淑莉 李 勇 刘海全

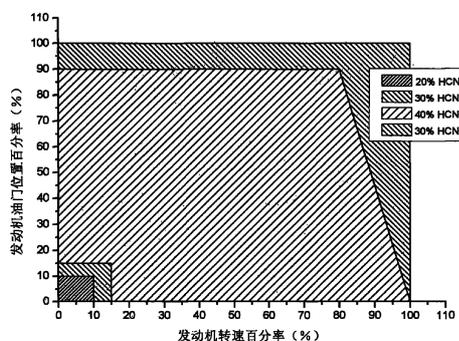
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 3 页

[54] 发明名称

不同氢气天然气混合燃料在同台发动机上的
控制使用方法

[57] 摘要

不同氢气天然气混合燃料在同台发动机上的控制使用方法，属于天然气掺氢发动机燃料优化技术领域。本发明的主要目的是在发动机不同工况区域使用不同的 HCNG 燃料以充分发挥不同 HCNG 燃料各自的优点。发动机在低转速、小油门位置时采用 20% 掺氢比的 HCNG 燃料以获得较好的动力性；在中高速、中高油门位置时采用 40% 掺氢比的 HCNG 燃料，以获得极好的经济性和排放性；在高油门位置和高转速时采用 30% 掺氢比的 HCNG 燃料，以获得较好的排放性和较低的热负荷。在不同的工作范围采用不同的 HCNG 燃料使发动机的动力性、经济性、排放性和使用寿命都得到了优化，发动机的综合性能得以提高。



1. 不同氢气天然气混合燃料在同台发动机上的控制使用方法,其特征在于该方法按如下步骤进行:

1) 利用掺氢系统控制模块(7)采集来自点火钥匙(9)的点火信号e,给出打开氢气电磁阀信号g和打开天然气电磁阀信号h;然后读取发动机油门位置信号d和发动机转速信号c,同时读取来自天然气流量计(3)的天然气流量信号(b),将天然气的流量赋值为 K_1 ;

2) 掺氢系统控制模块(7)根据发动机油门位置信号d和发动机转速信号(c)确定发动机的不同工作区域,从而确定掺氢的比例:

a. 当油门和转速都小于10%时,采用体积掺氢比为20%的天然气掺氢燃料;

b. 当不满足步骤a的条件,且油门和转速都小于15%时,采用体积掺氢比为30%的天然气掺氢燃料;

c. 当不满足步骤a、步骤b的条件,且油门位置小于90%和转速小于 $(100\% - \text{油门位置}/4.5)$ 时,采用体积掺氢比为40%的天然气掺氢燃料;

d. 当不满足步骤a、步骤b、步骤c的条件时,采用体积掺氢比为30%的天然气掺氢燃料;

掺氢比例确定后,掺氢系统控制模块(7)根据当前的天然气流量计算出氢气流量,给出氢气流量控制信号f;

3) 掺氢系统控制模块(7)读取来自氢气流量计(5)的氢气流量信号a,并再次读取天然气流量信号b,将天然气流量赋值为 K_2 ;

4) 掺氢系统控制模块(7)计算 K_1 和 K_2 差的绝对值,如果数值不大于燃料混合气最大流量的0.05%,又没有接收到点火钥匙(9)关闭的信号,则流程完成一个循环,重新回到开始,进行第二个循环;如果数值大于燃料混合气最大流量的0.05%,掺氢系统控制模块(7)则比较读取的氢气流量信号a和步骤2)计算出的氢气流量,如果相等,又没有接收到点火钥匙(9)关闭的信号,则流程完成一个循环,重新回到开始,进行第二个循环;若不相等则重新给出氢气流量控制信号f,重复步骤3)、步骤4)。

不同氢气天然气混合燃料在同台发动机上的控制使用方法

技术领域

本发明涉及不同掺氢比的氢气天然气混合燃料在同台发动机上的控制使用方法，属于天然气掺氢发动机燃料优化技术领域。

背景技术

天然气掺氢燃料简称 HCNG，又名 Hythane（氢烷），是将氢气与天然气按一定比例混合而得到的代用气体燃料。它综合了氢气和天然气各自的优点：

1. 氢气的燃烧速度高，大约是天然气的 8 倍，在天然气中掺入氢气可以提高混合气的燃烧速度，点火可以更靠近发动机上止点，减少压缩负功，提高燃烧定容度，可以提高热效率；
2. 氢气的可燃混合界限宽，稀薄燃烧极限达 0.068（相对燃空比）；淬熄距离只有天然气的 30%。因此，少量氢气可以拓宽混合气的可燃混合比例，可实现稀薄燃烧。
3. 天然气的体积热值较高，比纯氢气具有更高的体积热量。

掺氢比指的是 HCNG 燃料中氢气所占的体积比。下面给出不同掺氢比 HCNG 燃料的性能对比：

燃料	动力性	排放性	经济性	热负荷
0%HCNG(天然气)	优	差	差	低
20%HCNG	良	中	中	中
30%HCNG	中	良	良	较高
40%HCNG	差	优	优	高

上表中提到的动力性是指同台发动机采用此种燃料能够达到的最大功率；排放性是综合的排放性能，包括 CO、NMHC、MHC、NOX 的排放；经济性是指在相同工况时燃料的消耗率；热负荷是指在最大转速和最大油门位置时发动机气缸内的燃烧温度，温度高会对发动机的寿命造成影响。

关于 HCNG 燃料在发动机上的燃烧特性，国内外也有很多学者作过研究：Bauer 等人使用单缸发动机对 HCNG 混合气进行发动机性能的研究（Bauer C.G., Forest T.W. 加入氢气对天然气汽车性能的影响。[J]. 氢能国际期刊, Britain, 2001, 26:71 - 90.）。Munshi 等人在 Cummins L-10 240G 发动机上进行了体积比为 15%，20%、30%HCNG 燃料排放性能与天然气发动机的对比研究（“Emissions Comparison, Cummins L-10 240G Natural Gas Vs. Hythane”，F.Lynch, SNC Lavalin, HCI Job#47, June 6, 1994.）。Lynch 等使用美国通用汽车公司 5.7 升，V8 发动机上进行了 0，5，15，30%体积比掺氢 Hythane 燃料稀燃特性研究（“Advanced Hydrogen/Methane Utilization Technology Demonstration- Final Report”，F. Lynch and J. Fulton, NREL/TP-425-6357, April 1994.）。

上面的一些研究虽然也使用了不同的掺氢比 HCNG 燃料，但在每个过程中 HCNG 燃料的掺氢比是固定的，在过程中发动机在所有油门位置、所有转速都采用同一种 HCNG 燃料试验得出结论后再换用另一个掺氢比的 HCNG 燃料重复上面的过程。研究的最终结论也是发动机采用某一种固定掺氢比的 HCNG 燃料，如 Cummins 公司认为 20%HCNG 燃料是最优燃料。

实际上固定掺氢比的燃料只能在发动机部分油门位置、部分转速范围内最优，不可能覆盖发动机的整个工况范围。以 20%HCNG 燃料为例，在发动机小负荷时，燃料有很好的动力性、排放性。但在中大负荷时，其经济性和排放性要比 30%、40%HCNG 燃料差。如果只采用 40%HCNG 燃料又会出现小负荷时动力性不够，大负荷时热负荷高的不良现象。只采用 30%HCNG 燃料也会在小负荷时出现动力性不够的现象，同时在中负荷时也没有经济性好的优势。

发明内容

根据固定掺氢比的燃料只能在发动机部分油门位置、部分转速范围内最优，不可能覆盖发动机的整个工况范围的情况，本发明的目的是提供一种不同氢气天然气混合燃料在同台发动机上的控制使用方法，从而使发动机在不同工况区域，即在不同的油门位置、不同的转速使用不同的 HCNG 燃料，以充分发挥不同 HCNG 燃料各自的优点。

本发明的技术方案如下：

不同氢气天然气混合燃料在同台发动机上的控制使用方法，其特征在于该方法按如下步骤进行：

1) 利用掺氢系统控制模块采集来自点火钥匙的点火信号 e，给出打开氢气电磁阀信号 g 和打开天然气电磁阀信号 h；然后读取发动机油门位置信号 d 和发动机转速信号 c，同时读取来自天然气流量计的天然气流量信号 b，将天然气的流量赋值为 K_1 ；

2) 掺氢系统控制模块根据发动机油门位置信号 d 和发动机转速信号 c 确定发动机的不同工作区域，从而确定掺氢的比例：

a. 当油门和转速都小于 10% 时，采用体积掺氢比为 20% 的 HCNG 燃料；

b. 当不满足步骤 a 的条件，且油门和转速都小于 15% 时，采用体积掺氢比为 30% 的 HCNG 燃料；

c. 当不满足步骤 a、步骤 b 的条件，且油门位置小于 90% 和转速小于 $(100\% - \text{油门位置}/4.5)$ 时，采用体积掺氢比为 40% 的 HCNG 燃料；

d. 当不满足步骤 a、步骤 b、步骤 c 的条件时，采用体积掺氢比为 30% 的 HCNG 燃料；

掺氢比例确定后，掺氢系统控制模块根据当前的天然气流量计算出氢气流量，给出氢气流量控制信号 f；

3) 掺氢系统控制模块读取来自氢气流量计的氢气流量信号 a，并再次读取天然气流量信号 b，将天然气流量赋值为 K_2 ；

4) 掺氢系统控制模块计算 K_1 和 K_2 差的绝对值，如果数值不大于燃料混合气最大流量的 0.05%，又没有接收到点火钥匙关闭的信号，则流程完成一个循环，重新回到开始，进行第

二个循环；如果数值大于燃料混合气最大流量的 0.05%，掺氢系统控制模块则比较读取的氢气流量信号 a 和步骤 2) 计算出的氢气流量，如果相等，又没有接收到点火钥匙关闭的信号，则流程完成一个循环，重新回到开始，进行第二个循环；若不相等则重新给出氢气流量控制信号 f，重复步骤 3)、步骤 4)。

本发明与现有技术相比，具有以下优点及突出性效果：从上可知发动机在不同的工作范围采用不同的 HCNG 燃料，弥补了使用某一 HCNG 燃料不能在整个工作范围内最优的不足之处。在不同的工作范围采用不同的 HCNG 燃料使发动机的动力性、经济性、排放性和使用寿命都得到了优化，发动机的综合性能得以提高。

附图说明

图 1 为本发明的控制系统硬件结构框图。

图 2 为本发明的控制系统的程序流程框图。

图 3 为不同 HCNG 燃料在发动机工况内的分布图。

图中：1—天然气气瓶；2—氢气气瓶；3—天然气流量计；4—氢气流量控制器；5—氢气流量计；6—混合稳压罐；7—掺氢系统控制模块；8—发动机；9—点火钥匙；10—发动机控制模块 (ECU)；a—氢气流量信号；b—天然气流量信号；c—发动机转速信号；d—发动机油门位置信号；e—点火信号；f—氢气流量控制信号；g—氢气电磁阀控制信号；h—天然气电磁阀控制信号。

具体实施方式

下面结合附图对本发明的原理、工作过程作进一步的说明。

本申请提出发动机在实际使用中，结合不同 HCNG 燃料 (20%HCNG、30%HCNG、40%HCNG) 的优点，在不同的油门位置、不同的转速采用不同的 HCNG 燃料，其目的是优化发动机的整体性能，包括动力性、经济性、排放性。

图 1 为本发明的控制系统硬件结构框图。在进入混合稳压罐 6 前天然气和氢气是分开的，发动机运转时，天然气从天然气气瓶 1 流出，经过天然气电磁阀和天然气流量计 3 进入混合稳压罐 6；从氢气气瓶 2 流出后，经过氢气电磁阀、氢气流量控制器 4 和氢气流量计 5 进入混合稳压罐 6。在混合稳压罐 6 中天然气和氢气充分混合形成 HCNG 燃料进入发动机。

掺氢系统控制模块 7 可以直接购买一些控制模块来代替，如：NI 公司 USB 系列控制模块。其拥有五路输入信号：点火钥匙信号 9 用来确定系统工作的开始和结束；发动机转速信号 c 和发动机油门位置信号 d 用来判断发动机的工作范围；氢气流量信号 a 和天然气流量信号 b 用来监控实际的掺氢比例。还拥有三路输出控制信号：氢气流量控制信号 f 调节氢气流量控制器 4 来调节氢气流量以控制掺氢比例；氢气电磁阀控制信号 g 和天然气电磁阀控制信号 h 是用来开启和关闭燃气气瓶。

图 2 和图 3 给出了系统软件的控制流程和不同 HCNG 燃料在发动机工况中的分布。系统具体的工作过程如下：

掺氢系统控制模块 7 采集来自点火钥匙 9 的点火信号 e 后, 就给出打开氢气电磁阀信号 g 和打开天然气电磁阀信号 h, 使燃料管道畅通; 然后读取发动机油门位置信号 d 和发动机转速信号 c, 同时读取来自天然气流量计 3 的天然气流量信号 b, 将天然气的流量赋值为 K_1 ; 掺氢系统控制模块 7 根据发动机油门位置信号 d 和发动机转速信号 c 确定发动机的不同工作区域, 从而确定掺氢的比例, 发动机工况区域用发动机的转速百分率和油门位置百分率来划分。转速百分率的意思是定义发动机的最高转速为 100%, 最低转速为 0%, 其他转速以线性关系换算成百分数。油门位置百分率的定义同上, 最大油门位置为 100%, 油门全闭为 0%, 其他油门位置以线性关系换算成百分数。系统具体的判定方法如下:

a. 当油门和转速都小于 10% 时, 采用体积掺氢比为 20% 的 HCNG 燃料。这时发动机的动力性较好, 在实车上使用时发动机不会因转速过低或路面不平等不利因素而熄火。这时发动机的排放和经济性都处在中等水平;

b. 当不满足步骤 a 的条件, 且油门和转速都小于 15% 时, 采用体积掺氢比为 30% 的 HCNG 燃料。在这一小区域内使用掺氢比为 30% 的 HCNG 燃料的主要目的是为了 20%、40% 燃料之间的平滑过渡;

c. 当不满足步骤 a、步骤 b 的条件, 且油门位置小于 90% 和转速小于 $(100\% - \text{油门位置}/4.5)$ 时, 采用体积掺氢比为 40% 的 HCNG 燃料。在这个非常大的工作范围内使用 40% 的 HCNG 燃料其目的就是为了充分发挥该燃料经济性排放性好的优点, 这个范围是发动机在实车上经常工作的范围, 在这个范围上使用 40% 的 HCNG 燃料对节能和环保有重要意义;

d. 当不满足步骤 a、步骤 b、步骤 c 的条件时, 采用体积掺氢比为 30% 的 HCNG 燃料。在实车上, 当油门位置大于 90% 时, 驾驶者都是为了获得较大的动力性, 所以这时燃料切换成 30% 的 HCNG 燃料, 这样发动机的动力性较 40% 的 HCNG 燃料有所提高, 同时又保持着较好的经济性和排放性能。当转速大于 $(100\% - \text{油门位置}/4.5)$ 时, 发动机的转速很高, 这时发动机的热负荷较大, 如果还采用 40% 的 HCNG 燃料会对发动机的气缸造成损坏, 故换成 30% 的 HCNG 燃料。

掺氢比例确定后, 掺氢系统控制模块 7 根据当前的天然气流量计算出氢气流量, 给出氢气流量控制信号 f 以调节氢气流量控制器 4, 使实际氢气流量满足使用要求; 掺氢系统控制模块 7 读取来自氢气流量计 5 的氢气流量信号 a, 并再次读取天然气流量信号 b, 将天然气流量赋值为 K_2 ; 掺氢系统控制模块 7 计算 K_1 和 K_2 差的绝对值, 如果数值不大于燃料混合气最大流量的 0.05%, 又没有接收到点火钥匙 9 关闭的信号, 则流程完成一个循环, 重新回到开始, 进行第二个循环; 如果数值大于燃料混合气最大流量的 0.05%, 掺氢系统控制模块 7 则比较读取的氢气流量信号 a 和系统计算出的氢气流量, 如果相等, 又没有接收到点火钥匙 9 关闭的信号, 则流程完成一个循环, 重新回到开始, 进行第二个循环; 若不相等则重新给出氢气流量控制信号 f, 调节氢气流量控制器 4, 使实际氢气流量满足使用要求。当掺氢系统控制模

块 7 收到点火钥匙 9 关闭的信号，给出关闭氢气电磁阀信号 g 和关闭天然气电磁阀信号 h 以关闭燃气气瓶结束掺氢控制。控制系统在发动机稳态工作过程中是闭环控制，在发动机瞬态工作过程中是开环控制。

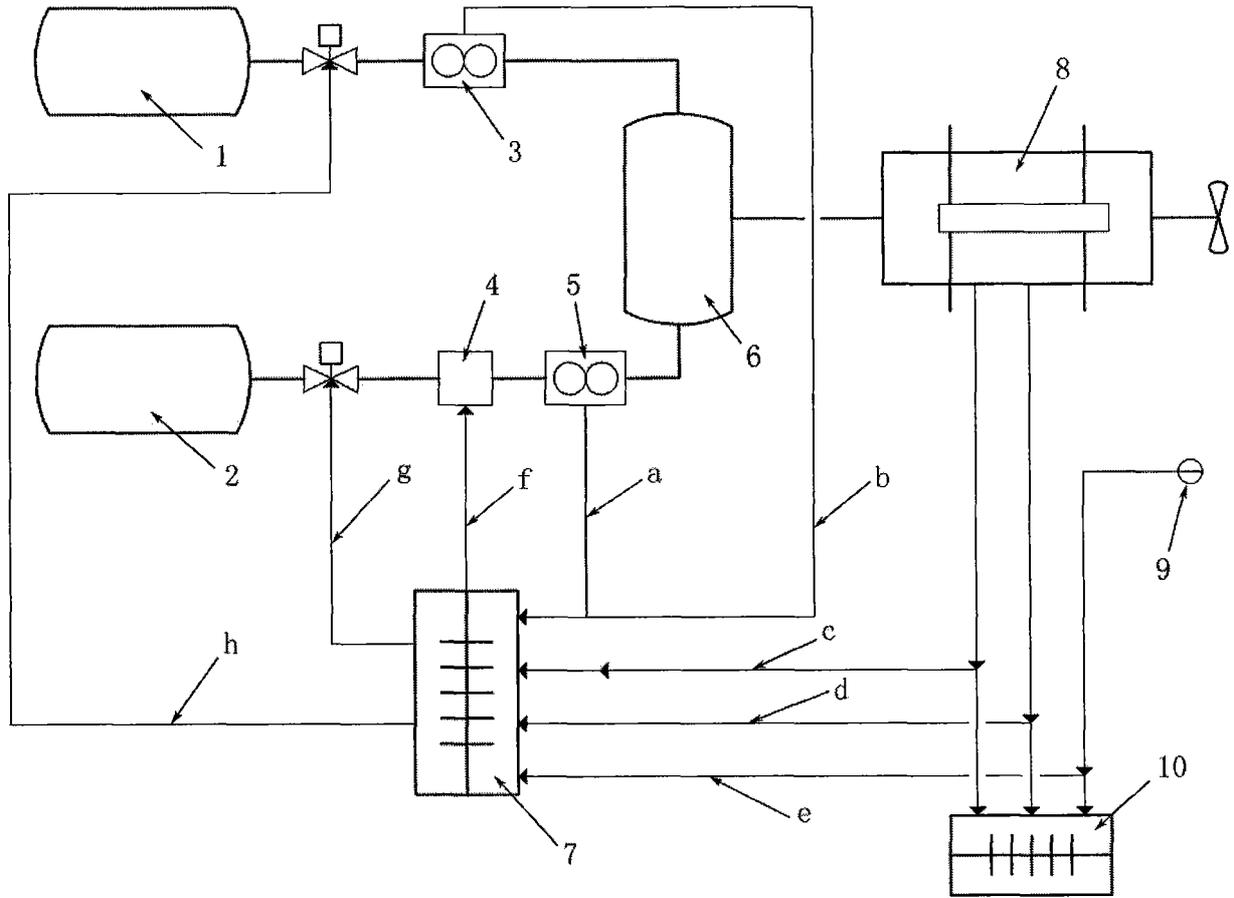


图 1

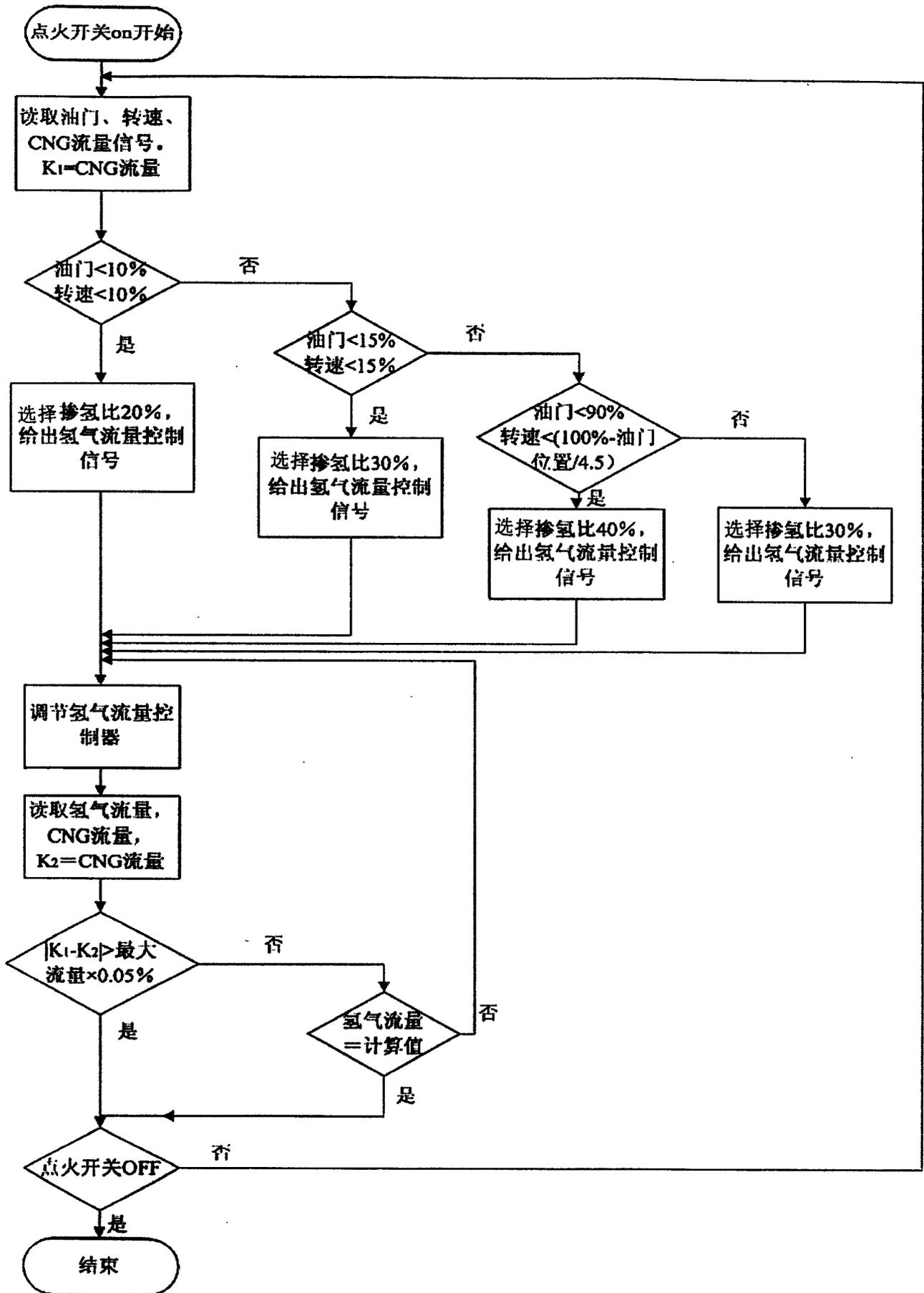


图 2

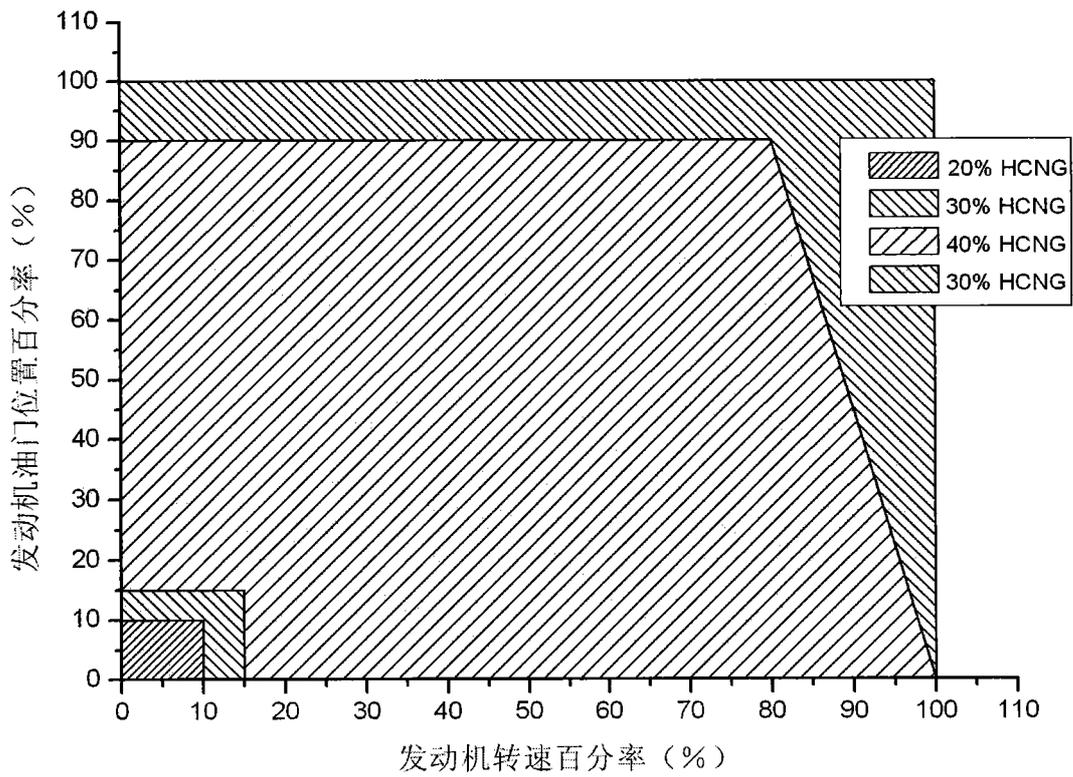


图 3