



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101932811 A

(43) 申请公布日 2010.12.29

(21) 申请号 200980103609.9

(22) 申请日 2009.01.22

(30) 优先权数据

102008006953.1 2008.01.31 DE

61/025,015 2008.01.31 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010.07.30

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2009/000383 2009.01.22

(87) PCT申请的公布数据

W02009/095180 DE 2009.08.06

(71) 申请人 空中客车作业有限公司

地址 德国汉堡

(72) 发明人 克劳斯·霍夫扬

汉斯格奥格·舒尔德齐希

阿尔夫-亨宁·斯托尔特

(74) 专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限公司 11018

代理人 康泉 宋志强

(51) Int. Cl.

F02C 3/30 (2006.01)

F02C 3/34 (2006.01)

F02C 7/141 (2006.01)

F02C 7/224 (2006.01)

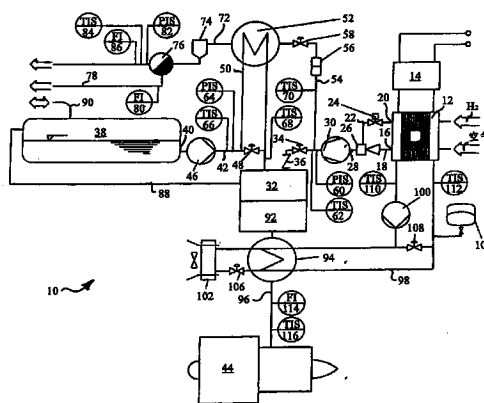
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 2 页  
按照条约第19条的修改 2 页

### (54) 发明名称

用于减少发动机废气中的有害物质的系统和方法

### (57) 摘要

一种用于减少发动机废气中的有害物质的系统 (10), 包括: 燃料电池 (12), 被设计为在运行期间产生电力和含蒸汽的燃料电池废气。燃料箱 (38) 用于储存在运行期间向发动机 (44) 供应的燃料。冷凝设备 (32) 连接到所述燃料电池 (12) 的废气出口 (16), 使得含蒸汽的燃料电池废气可以被送入冷凝设备 (32)。冷凝设备 (32) 被设计为借助于冷凝过程将燃料电池废气中包含的蒸汽转换成液态, 并且将冷凝过程中得到的水引入所述燃料中以便形成水/燃料混合物。水/燃料混合物管路 (96) 连接到所述发动机 (44), 使得所述水/燃料混合物可以被送入发动机 (44)。



1. 一种用于减少发动机废气中的有害物质的系统 (10), 包括:

燃料电池 (12), 适于在运行期间产生电能和含蒸汽的燃料电池废气,

燃料箱 (38), 用于储存在运行期间向发动机 (44) 供应的燃料,

冷凝设备 (32), 连接到所述燃料电池 (12) 的废气出口 (16), 从而使含蒸汽的燃料电池废气可供应给所述冷凝设备 (32), 并且所述冷凝设备 (32) 适于借助于冷凝将燃料电池废气中包含的蒸汽转换成聚集的液态, 并将由于冷凝过程而得到的水引入所述燃料中以便形成水 / 燃料混合物, 以及

水 / 燃料混合物管路 (96), 连接到所述发动机 (44) 从而使水 / 燃料混合物可供应给所述发动机 (44)。

2. 根据权利要求 1 所述的系统,

其特征在于, 所述冷凝设备 (32) 进一步连接到所述燃料箱 (38) 的燃料出口 (40), 从而使含蒸汽的燃料电池废气和燃料可供应给所述冷凝设备 (32), 所述冷凝设备 (32) 适于使所述含蒸汽的燃料电池废气与所述燃料相接触, 以便借助于冷凝将所述燃料电池废气中包含的蒸汽转换成聚集的液态, 并且所述水 / 燃料混合物管路 (96) 连接到所述冷凝设备 (32) 的出口, 从而使所述冷凝设备 (32) 中形成的水 / 燃料混合物可供应给所述发动机 (44)。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的系统,

其特征在于, 所述系统包括用于使所述水 / 燃料混合物均匀的均匀设备 (92) 和 / 或用于暂时储存所述水 / 燃料混合物的储存容器 (118), 其中所述均匀设备 (32) 具体包括用于形成超声场的设备和 / 或机械混合设备。

4. 根据权利要求 2 和 3 之一所述的系统,

其特征在于, 预加热设备 (52), 被布置在所述冷凝设备 (32) 的上游, 并且热耦合到所述燃料电池 (12) 或另一热源, 并且连接到所述燃料箱 (38) 的所述燃料出口 (40), 以便在所述燃料被供应给所述冷凝设备 (32) 之前, 借助于所述燃料电池 (12) 或其它热源在运行期间产生的热, 将所述燃料中的至少一些燃料加热到期望的温度。

5. 根据权利要求 1 至 4 之一所述的系统,

其特征在于, 后加热设备 (94), 被布置在所述冷凝设备 (32) 的下游, 并且热耦合到所述燃料电池 (12) 或另一热源, 并且连接到所述冷凝设备 (32) 的出口, 以便在所述冷凝设备 (32) 中形成的水 / 燃料混合物被供应给所述发动机 (44) 之前, 借助于所述燃料电池 (12) 或其它热源在运行期间产生的热, 将水 / 燃料混合物中的至少一些水 / 燃料混合物加热到期望的温度。

6. 根据权利要求 1 至 5 之一所述的系统,

其特征在于, 所述燃料箱 (38) 连接到燃料电池废气管路 (88), 低氧的燃料电池废气经由所述燃料电池废气管路 (88) 可供应给所述燃料箱 (38), 以达到使所述燃料箱 (38) 不容易发生化学反应的目的。

7. 一种用于减少发动机废气中的有害物质的方法, 包括下列步骤:

将燃料电池 (12) 运行期间产生的含蒸汽的燃料电池废气供应给冷凝设备 (32),

在所述冷凝设备 (32) 中借助于冷凝将所述燃料电池废气中包含的蒸汽转换成聚集的液态,

将由于冷凝过程而得到的水引入在运行期间向发动机 (44) 供应的燃料中以便形成水

/ 燃料混合物,

将所述水 / 燃料混合物供应给所述发动机 (44)。

8. 根据权利要求 7 所述的方法,

其特征在于,将在运行期间向所述发动机 (44) 供应的燃料供应给所述冷凝设备 (32),所述含蒸汽的燃料电池废气在所述冷凝设备 (32) 中与所述燃料相接触,以便借助于冷凝将所述燃料电池废气中包含的蒸汽转换成聚集的液态,并且将由于冷凝过程而在所述冷凝设备 (32) 中形成的水 / 燃料混合物供应给所述发动机 (44)。

9. 根据权利要求 7 或 8 所述的方法,

其特征在于,在均匀设备 (92) 中使所述冷凝设备 (32) 中形成的水 / 燃料混合物均匀,具体是借助于用于形成超声场的设备和 / 或机械混合设备进行均匀,和 / 或将所述冷凝设备 (32) 中形成的水 / 燃料混合物暂时储存在储存容器 (118) 中。

10. 根据权利要求 8 或 9 所述的方法,

其特征在于,在所述燃料被供应给所述冷凝设备 (32) 之前,借助于所述燃料电池 (12) 或其它热源在运行期间产生的热,在预加热设备 (52) 中将所述燃料中的至少一些燃料加热到期望的温度,所述预加热设备 (52) 被布置在所述冷凝设备 (32) 的上游,并且热耦合到所述燃料电池 (12) 或另一热源,并且连接到所述燃料箱 (38) 的燃料出口 (40)。

11. 根据权利要求 8 至 10 之一所述的方法,

其特征在于,在所述冷凝设备 (32) 中形成的水 / 燃料混合物被供应给所述发动机 (44) 之前,借助于所述燃料电池 (12) 或其它热源在运行期间产生的热,在后加热设备 (94) 中将所述水 / 燃料混合物中的至少一些水 / 燃料混合物加热到期望的温度,所述后加热设备 (94) 被布置在所述冷凝设备 (32) 的下游,并且热耦合到所述燃料电池 (12) 或另一热源,并且连接到所述冷凝设备 (32) 的出口。

12. 根据权利要求 7 至 11 之一所述的方法,

其特征在于,经由燃料电池废气管路 (88) 向所述燃料箱 (38) 供应低氧的燃料电池废气,以达到使所述燃料箱 (38) 不容易发生化学反应的目的。

13. 根据权利要求 8 至 12 之一所述的方法,

其特征在于,仅仅在特定的运行阶段将所述冷凝设备 (32) 中形成的水 / 燃料混合物供应给所述发动机 (44)。

14. 根据权利要求 13 所述的方法,

其特征在于,在由所述发动机 (44) 驱动的飞行器起飞和爬升阶段期间,将所述冷凝设备 (32) 中形成的水 / 燃料混合物供应给所述发动机 (44)。

15. 用于减少发动机废气中的有害物质的系统 (10) 在飞行器中的使用。

## 用于减少发动机废气中的有害物质的系统和方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及用于减少发动机废气中的有害物质的系统和方法。

### 背景技术

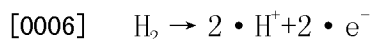
[0002] 在当前用于飞行器（特别是飞机）且根据燃气轮机的工作原理运转的发动机中，外部空气借助于压缩机进行压缩，然后被供应给燃烧室。在燃烧室中，外部空气与燃料混合并点火。由燃烧过程产生的废气借助于对压缩机以及例如涡轮风扇或螺旋桨的实际推进装置进行驱动的汽轮机来引导，其中压缩机与汽轮机一起布置在公共轴上或通过传动装置与汽轮机分离。当例如煤油的包括碳氢化合物混合物的燃料在飞机发动机的燃烧室中与空气一起燃烧时，除了氮氧化物（ $\text{NO}_x$ ）之外，还产生诸如  $\text{CO}_2$ 、 $\text{CO}$  和未燃的碳氢化合物之类的其它燃烧产物。具体来说，燃烧过程期间形成的氮氧化物的量在很大程度上依赖于燃烧室中的燃烧温度。高的燃烧温度会促进氮氧化物的形成。而且，燃烧室中的高燃烧温度会导致很重的材料负重和发动机中的高应力。在飞机起飞阶段会达到特别高的燃烧温度，在这期间发动机以满负荷运行以满足推力需求。因此，以燃烧室中的高燃烧温度运行的飞机发动机需要特别高的维护成本。

[0003] 因此，为了减少氮氧化物的排放并降低热负荷，飞机发动机应当以燃烧室中尽可能最低的燃烧温度运行。例如通过在燃烧期间注入水可以实现飞机发动机的燃烧室中燃烧温度的降低。水可以被供应给压缩机或者注入到发动机的燃烧室中，为此，通常必须在独立水箱中在飞机上携带水。

### 发明内容

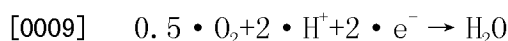
[0004] 本发明所基于的目的是提供一种可以特别有效地降低发动机燃烧室中的燃烧温度，从而可以显著减少发动机运行期间的有害排放的系统和方法。

[0005] 为了实现这个目的，根据本发明的用于减少发动机废气中的有害物质的系统包括：燃料电池，其适于在运行期间产生电能和包含蒸汽的燃料电池废气。该燃料电池可以适于例如在飞机上产生机载电源的电能。根据本发明的用于减少发动机废气中的有害物质的系统所使用的燃料电池包括阴极区和通过电解质与阴极区分开的阳极区。在燃料电池运行期间，例如氢气的燃料被供应给燃料电池的阳极侧，并且例如空气的含氧氧化剂，特别是从机舱抽出的空气，被供应给燃料电池的阴极侧。在聚合物电解质膜（PEM）的情况下，氢分子例如根据反应式（1）在阳极区中存在的阳极催化剂上发生反应：



[0007] 并且在这期间失去电子给电极以形成带正电荷的氢离子。

[0008] 接着，阳极区中形成的  $\text{H}^+$  离子通过电解质扩散到阴极，在这里  $\text{H}^+$  离子根据反应式（2）在阴极区中存在的阴极催化剂上与供应给阴极的氧气以及经由外部电路传导到阴极的电子发生反应：



[0010] 以形成水。燃料电池的工作温度依赖于燃料电池所使用的电解质的类型。然而，燃料电池在运行期间所产生的水通常至少部分地以聚集的气态存在，即燃料电池在运行期间产生饱含蒸汽的燃料电池废气。

[0011] 此外，优选地，根据本发明的用于减少发动机废气中的有害物质的系统还包括燃料箱，其用于储存在运行期间向发动机（特别是飞机发动机）供应的燃料。优选地，使用例如煤油的均质碳氢化合物或碳氢化合物混合物作为燃料。优选地，燃料箱还适于以例如飞机飞行模式下通常出现的温度的低温储存燃料。

[0012] 根据本发明的用于减少发动机废气中的有害物质的系统的冷凝设备连接到燃料电池的废气出口。因此，燃料电池在运行期间所产生的含蒸汽的燃料电池废气可以被供应给冷凝设备。冷凝设备适于借助于冷凝将燃料电池废气中包含的蒸汽转换成聚集的液态。此外，冷凝设备还适于将由于冷凝过程而得到的水引入燃料中以形成水 / 燃料混合物。

[0013] 最后，根据本发明的用于减少发动机废气中的有害物质的系统包括连接到发动机的水 / 燃料混合物管路。水 / 燃料混合物可以经由水 / 燃料混合物管路供应给发动机。在水 / 燃料混合物燃烧期间，发动机燃烧室中出现的温度比纯燃料燃烧期间出现的温度低。由于例如在飞机起飞阶段降低了发动机燃烧室的燃烧温度，因此可以在发动机运行期间大大减少有害排放，具体是氮氧化物排放。而且，减小了发动机上的热应力，这可以使得发动机的服务寿命延长并且使发动机的维护成本降低。最后，使得更容易清洁发动机压缩机，这对发动机性能有有益的影响，因此还可以对发动机的燃料燃烧有有益的影响。

[0014] 与常规的注水系统相比，在根据本发明的用于减少发动机废气中的有害物质的系统中，使用燃料电池在运行期间作为电极化学反应的产物而产生的蒸汽来湿润向发动机供应的燃料。因此，在根据本发明的系统中，可以省掉提供用于储存所有与燃料混合的水的大容量水箱。然而，根据本发明的用于减少有害物质的系统可以包括附加的水箱，以便在燃料电池运行阶段产生的含蒸汽的废气不足时还可以对向发动机供应的燃料进行合适的湿润。燃料电池运行期间产生的、不需要用于湿润向发动机供应的燃料的蒸汽可以例如在独立的冷凝设备中进行冷凝，而后送入飞机的供水网络。

[0015] 当使用根据本发明的用于减少发动机废气中的有害物质的系统时，在发动机中不再需要专门的注水设备。根据本发明的用于减少有害物质的系统可以容易地与任何发动机结合，而不要求为此对发动机进行结构上的改装。最后，可以防止对压缩机叶片产生在将水直接注入发动机的压缩机时可能产生的类似空化的影响。

[0016] 根据本发明的用于减少发动机废气中的有害物质的系统的冷凝设备可以是，使用外部空气来减少热量以便提供对燃料电池废气中包含的蒸汽进行冷凝所需的能量的冷凝设备。然而，作为替代，或者作为对这种情况的补充，冷凝设备还可以连接到燃料箱的燃料出口以便将含蒸汽的燃料电池废气和来自燃料箱的燃料供应给冷凝设备。此外，冷凝设备可以适于使含蒸汽的燃料电池废气与燃料相接触。由于储存在燃料箱中的燃料具有与环境温度近似对应的温度，特别是在飞机处于飞行模式时更是如此，因此当废气与冷的燃料相接触时，可以借助于冷凝将燃料电池废气中包含的蒸汽转换成聚集的液态。因此，在冷凝设备中，由于此冷凝过程而得到的水可以被引入从燃料箱供应给冷凝设备的燃料中。最后，水 / 燃料混合物管路可以连接到冷凝设备的出口以便将冷凝设备中形成的水 / 燃料混合物供应给发动机。

[0017] 此外,优选地,根据本发明的用于减少发动机废气中的有害物质的系统包括用于使冷凝设备中形成的水/燃料混合物均匀的均匀设备。所述均匀设备可以被构建为连接在冷凝设备下游的独立设备的形式,或者也可以集成在冷凝设备中。所述均匀设备用于防止水和燃料分层,而产生均匀的水/燃料乳化液。

[0018] 所述均匀设备可以包括用于形成超声场的设备。用于形成超声场的设备可以例如包括作为所谓的  $\lambda/4$  或  $\lambda/2$  振荡器而已知的超声振动头。然而,作为替代,或者除此之外,所述均匀设备还可以包括用于产生均匀的水/燃料乳化液的机械混合设备。优选地,所述均匀设备适于产生在规定时间内稳定的水/燃料乳化液。

[0019] 可以经由水/燃料混合物管路并使用现有的外围组件,例如管路、泵、阀等等,将冷凝设备中形成的并且可能在均匀设备中进行均匀的水/燃料混合物直接注入发动机中。然而,作为这种情况的替代,还可以在水/燃料混合物管路中提供储存容器,用于暂时储存水/燃料混合物。由于该储存容器,可以桥接例如燃料电池废气中包含的湿气需要用作其它目的的燃料电池停止阶段和运行阶段。而且,在燃料的温度没有低到足以确保对燃料电池废气中包含的蒸汽进行充分冷凝的情况下,储存容器还确保根据本发明的用于减少有害物质的系统的正确运作。

[0020] 此外,根据本发明的用于减少发动机废气中的有害物质的系统可以包括预加热设备,其可以被布置在冷凝设备的上游。优选地,所述预加热设备热耦合到燃料电池或另一热源,并且连接到燃料箱的燃料出口,以便在燃料被供应给冷凝设备之前,借助于燃料电池或其它热源运行期间所产生的热,将所述燃料中的至少一些燃料加热到期望的温度。因此,可以省掉管路隔热。此外,对燃料进行预加热使得燃料消耗减少。

[0021] 预加热设备与燃料电池的热耦合可以通过将预加热设备连接到燃料电池的废气出口来实现,从而可以将处于随燃料的运行温度而增加的温度的燃料废气供应给预加热设备,预加热设备例如被构建为热交换器的形式。然而,作为这种情况的替代,还可想到将预加热设备集成在燃料电池的冷却回路中,并且通过相应的冷却剂将燃料电池在运行期间所产生的余热传送到预加热设备。由于对供应给冷凝设备的燃料进行了预加热,因此还可以可靠地防止在飞机处于飞行模式时出现的达到  $-40^{\circ}\text{C}$  的极低燃料温度下在冷凝设备中形成冰。

[0022] 此外,根据本发明的用于减少发动机废气中的有害物质的系统可以包括后加热设备,其可以布置在冷凝设备的下游。优选地,该后加热设备被热耦合到燃料电池或另一热源,并且连接到冷凝设备的出口,以便在冷凝设备中形成的水/燃料混合物被供应给发动机之前,借助于燃料电池或其它热源在运行期间所产生的热,将水/燃料混合物中的至少一些水/燃料混合物加热到期望的温度。当用于减少有害物质的系统包括均匀设备时,该后加热设备优选布置在均匀设备的下游。后加热设备与燃料电池的热耦合可以通过例如以热交换器形式构建的后加热设备与燃料电池的废气出口之间的连接来实现,从而可以将燃料电池在运行期间产生的热燃料废气供应给后加热设备。然而,作为这种情况的替代,后加热设备还可以集成在燃料电池的冷却回路中,从而通过冷却剂将燃料电池在运行期间所产生的热传导到后加热设备。

[0023] 在根据本发明的用于减少有害物质的系统的优选实施例中,燃料箱连接到燃料电池废气管路,低氧的燃料电池废气可以经由该燃料废气管路被供应给燃料箱。如以上反应

式 (1) 和 (2) 所示,在根据本发明的用于减少有害物质的系统的燃料电池运行期间消耗了氧。如果空气作为氧化剂例如在燃料电池的阴极侧供应给燃料电池,则在此空气作为废气离开燃料电池之前由于在燃料电池化学反应期间消耗氧而被耗尽。由燃料电池产生的低氧的废气足够不活泼,以防止在燃料箱中形成可燃的气体混合物。因此,借助于低氧的燃料电池废气使燃料箱不容易发生化学反应,能够可靠地最小化燃料箱爆炸的风险。燃料箱可以直接连接到燃料电池的废气出口。作为这种情况的替代,已经流过冷凝设备、预加热设备或后加热设备的燃料电池废气也可以供应给燃料箱。

[0024] 在根据本发明的用于减少发动机废气中的有害物质的方法中,将燃料电池运行期间产生的含蒸汽的燃料电池废气供应给冷凝设备。在该冷凝设备中,借助于冷凝将燃料电池废气中包含的蒸汽转换成聚集的液态。将由于冷凝过程而得到的水引入运行期间向发动机供应的燃料中,以便形成水 / 燃料混合物。最后将水 / 燃料混合物供应给发动机。

[0025] 此外,优选地,将运行期间向发动机供应的燃料供应给冷凝设备。在该冷凝设备中,含蒸汽的燃料电池废气可以与燃料相接触。当含蒸汽的燃料电池废气与温度相对较低的燃料相接触时,可以借助于冷凝将燃料电池废气中包含的蒸汽转换成聚集的液态,并且可以将由于冷凝过程而得到的水引入燃料中。最后可以将冷凝设备中形成的水 / 燃料混合物供应给发动机。

[0026] 优选地,使冷凝设备中形成的水 / 燃料混合物均匀以防止分离,并且在均匀设备中形成均匀的水 / 燃料乳化液,其中均匀设备可以包括用于形成超声场的设备和 / 或机械混合设备。

[0027] 可以将冷凝设备中形成的水 / 燃料混合物直接注入发动机中。然而,作为这种情况的替代,还可以将冷凝设备中形成的并且可能在均匀设备中进行均匀的水 / 燃料混合物暂时储存在储存容器中。再循环能够使得均匀设备具有较小的设计尺寸。

[0028] 在所述燃料被供应给冷凝设备之前,借助于燃料电池或其它热源在运行期间产生的热,可以在预加热设备中将所述燃料中的至少一些燃料加热到期望的温度,该预加热设备被布置在冷凝设备的上游,且热耦合到燃料电池或另一热源,并且连接到燃料箱的燃料出口。

[0029] 此外,在冷凝设备中形成的水 / 燃料混合物被供应给发动机之前,借助于燃料电池或其它热源在运行期间产生的热,可以在后加热设备中将所述水 / 燃料混合物中的至少一些水 / 燃料混合物加热到期望的温度,该后加热设备被布置在冷凝设备的下游,且热耦合到燃料电池或另一热源,并且连接到冷凝设备的出口。

[0030] 可以经由燃料电池废气管路向燃料箱供应低氧的燃料电池废气,以达到使燃料箱不容易发生化学反应的目的。

[0031] 可以主要将仅仅在冷凝设备中形成的水 / 燃料混合物供应给发动机。然而,作为这种情况下的替代,也可以仅给发动机供应纯燃料或纯燃料与水 / 燃料混合物的混合物。在根据本发明的用于减少发动机废气中的有害物质的方法的优选实施例中,具体是在发动机的运行阶段,仅向发动机供应冷凝设备中形成的水 / 燃料混合物。

[0032] 优选地,在由发动机驱动的飞行器起飞和爬升阶段期间,将冷凝设备中形成的水 / 燃料混合物供应给发动机。因此,可以有效地降低该阶段期间在发动机燃烧室中出现的特别高的温度。另一方面,在无论何时都会在燃烧室中出现足够低的燃烧温度的发动机运行

阶段中,可以省掉水 / 燃料混合物的供应。

[0033] 根据本发明的用于减少发动机废气中的有害物质的系统可以特别有利地应用于飞行器中,具体来说应用于飞机中。

## 附图说明

[0034] 现在将参照所附的示意图更加详细地说明根据本发明的用于减少发动机废气中的有害物质的系统的两个优选示例性实施例,附图中:

[0035] 图 1 示出用于减少发动机废气中的有害物质的系统的第一实施例,以及

[0036] 图 2 示出用于减少发动机废气中的有害物质的系统的第二实施例。

## 具体实施方式

[0037] 图 1 示出为飞机提供的用于减少发动机废气中的有害物质的系统 10。系统 10 包括燃料电池 12,其具有阴极区和通过电解质与阴极区分开的阳极区。在燃料电池 12 运行期间,氢气被供应给阳极区,并且来自飞机客舱的空气被供应给阴极区作为含氧的氧化剂。燃料电池 12 通过电流调节器 14 连接到用于利用燃料电池 12 在运行期间产生的电能的网络,例如飞机的机载电源。

[0038] 废气经由连接到阴极废气出口 16 的阴极废气管路 18 和连接到阳极废气出口 20 的阳极废气管路 22 从燃料电池 12 运送出去。在阳极废气管路 22 中布置一个使得可以冲刷燃料电池 12 的阳极区的冲刷阀 24。因此,供给燃料电池 12 阴极区的空气中、可以在燃料电池 12 运行期间从阴极侧扩散到阳极侧的氮气,可以从燃料电池 12 的阳极区被去除。为了防止氢气到达燃料电池 12 的附近,阳极废气管路 24 通过文氏管喷嘴 26 连接到阴极废气管路 18,使得流过阴极废气管路 18 的阴极废气的抽吸效应将来自阳极废气管路 22 的冲刷气体吸到阴极废气流中。为了通过燃料电池 12 的阴极运送气流,将抽吸压缩机 30 布置在燃料电池废气管路 28 中文氏管喷嘴 26 的下游。然而,也可想到通过燃料电池 12 运送液体的其它途径。

[0039] 燃料电池废气管路 28 通向冷凝设备 32。在冷凝设备 32 的方向上通过燃料电池废气管路 28 的燃料电池废气由布置在燃料电池废气管 28 中的控制阀 34 以及布置在控制阀 34 下游的止回阀 36 来控制。

[0040] 燃料箱 38 具有燃料出口 40,其通过燃料管路 42 连接到冷凝设备 32。燃料箱 38 用于储存在运行期间给发动机 44 供应的燃料,例如煤油。为了控制通过燃料管路 42 的燃料的流量,在燃料管路 42 中布置燃料泵 46 和控制阀 48。

[0041] 来自燃料箱 38 的燃料可以通过燃料管路 42 直接供应给冷凝设备 32。然而,至少一些来自燃料箱 38 的燃料可以经由燃料预加热管路 50 被引导通过以热交换器形式构建的预加热设备 52。为了向预加热设备 52 供应热能,经由预加热废气管路 54 将预加热设备 52 连接到燃料电池废气管路 28。经由布置有活性炭过滤器 56 和控制阀 58 的预加热废气管路 54,将由燃料电池 12 在运行期间产生的热废气供应给预加热设备 52。

[0042] 在燃料电池 12 运行期间,燃料电池的阴极区由于电极化学反应而产生水。因此,从燃料电池 12 的阴极废气出口 16 流出饱含蒸汽的废气流。燃料电池废气流的温度依赖于燃料电池 12 的工作温度。常规的聚合物电解质膜低温燃料电池在常规情况下以大约 60 至



80℃的工作温度运行。另一方面,聚合物电解质膜高温燃料电池达到 180℃的工作温度。在每种情况下,燃料电池废气流的温度,具体是在飞机的飞行模式下,显著高于燃料箱 38 中容纳的煤油的温度,其近似对应于环境温度。

[0043] 借助于压力传感器 60 和温度传感器 62 记录燃料电池废气管路 28 中的压力和温度。压力传感器 64 被提供以测量燃料管路 42 中的压力。最后,两个温度传感器 66、68 被提供以记录燃料管路 42 中的温度。最后,温度传感器 70 被提供以测量预加热废气管路 54 中的温度。

[0044] 在流过预加热设备 52 后,燃料电池废气被引导通过废气去除管路 72。冷凝分离器 74 和冷凝分流器 76 被布置在废气去除管路 72 中以达到冷凝并分离燃料电池废气中包含的蒸汽的目的。在冷凝过程期间得到的水通过水去除管路 78 供应给飞机的供水网络。水去除管路 78 上布置的流量计 80 用于记录通过水去除管路 78 的流量。另一方面,借助于压力传感器 82、温度传感器 84 和流量计 86 来测量废气去除管路 72 中的压力、温度和流量。

[0045] 从废气去除管路 72 出来的燃料电池废气可以被转移到环境大气中。然而,作为这种情况的替代,低氧的燃料电池废气还可以有利地用于使燃料箱 38 不容易发生化学反应。为此,冷凝器废气管路 88 连接到燃料箱 38。冷凝器废气管路 88 将低氧且低水的燃料电池废气引导到燃料箱 38 中,在这里燃料电池废气用于使燃料箱 38 不容易发生化学反应,从而降低其爆炸的风险。燃料箱 38 通过通风管路 90 进行通风。

[0046] 在冷凝设备 32 中,使含蒸汽的燃料电池废气与来自燃料箱 38 的燃料相接触,即含蒸汽的燃料电池废气被引入来自燃料箱 38 的燃料中。由于燃料的低温,燃料电池废气中包含的蒸汽在与来自燃料箱 38 的燃料相接触时被转换成聚集的液态。因此,在冷凝设备 32 中形成水 / 燃料混合物。来自燃料箱 38 的燃料在被引入冷凝设备 32 之前,总是借助于预加热设备 52 加热,直到可靠地防止在冷凝过程期间形成冰。

[0047] 为了防止水和煤油在冷凝设备 32 中分层,提供均匀设备 92 以使冷凝设备 32 中形成的水 / 燃料混合物均匀。均匀设备 92 包括作为所谓的  $\lambda/4$  或  $\lambda/2$  振荡器而已知的超声振动头,其使得可以产生超声场。对水 / 燃料混合物进行超声作用确保了形成在规定时间内同样稳定的均匀的水 / 燃料乳化液。通过再循环来改善均匀性。

[0048] 水 / 燃料乳化液在被注入发动机 44 之前,被引导通过后加热设备 94,后加热设备 94 布置在将冷凝设备 32 和均匀设备 92 连接到发动机 44 的水 / 燃料混合物管路 96 中。后加热设备 94 被集成在燃料电池 12 的冷却回路 98 中,此外冷却回路 98 还提供了冷却剂泵 100、冷却器 102、均衡容器 104 和两个控制阀 106、108。借助于两个温度传感器 110、112 监测流过冷却回路 98 的冷却剂的温度。如果希望,则可通过水 / 燃料混合物管路 96 被动地运送水 / 燃料乳化液,即通过重力驱动运送。

[0049] 水 / 燃料混合物在流过后加热设备 94 之后,被注入发动机 44 中。流量计 114 和温度传感器 116 记录水 / 燃料混合物管路 96 中的流量和温度。由于将水 / 燃料混合物注入到发动机 44 中,因此发动机 44 燃烧室中的燃烧温度与纯燃料的燃烧相比得到显著降低。这使得大大减少了发动机运行期间的氮氧化物排放。而且,有利地降低了发动机 44 运行期间的热负荷。

[0050] 基本上可以总是给发动机 44 供应水 / 燃料乳化液。然而,也可以仅在特定的运行阶段,例如在飞机的起飞和爬升阶段,向发动机 44 供应水 / 燃料乳化液,并在其它运行阶段

期间向发动机 44 供应纯燃料。为此,燃料箱 38 可以借助于另一燃料管路(未在图 1 中示出),即通过冷凝设备 32 和均匀设备 92 的旁路,直接连接到发动机 44。

[0051] 用于减少发动机废气中的有害物质的系统 10(图 2 中所示)与图 1 中所示布置的不同之处在于,在水/燃料混合物管路 96 中布置用于暂时储存冷凝设备 32 和均匀设备 92 产生的水/燃料乳化液的附加乳化液缓冲箱 118。经由通风管路 120 实现乳化液缓冲箱 118 的通风。液位传感器 122、124 监测乳化液缓冲箱 118 的液位,而温度传感器 126 测量乳化液缓冲箱 118 中水/燃料乳化液的温度。为了运送来自乳化液缓冲箱 118 的水/燃料乳化液,在水/燃料混合物管路 96 中乳化液缓冲箱 118 的下游布置乳化液泵 128。止回阀 130 被提供在水/燃料混合物管路 96 中乳化液泵 128 的下游。

[0052] 而且,用于减少发动机废气中的有害物质的系统 10(图 2 中所示)包括另一燃料管路 132,其通过换向阀 134 从燃料管路 42 分支出来。另一燃料管路 132 将乳化液缓冲箱 118、乳化液泵 128 和止回阀 130 的下游带入水/燃料混合物管路 96 中。止回阀 136 防止水/燃料乳化液从水/燃料混合物管路 96 渗透到另一燃料管路 132 中。

[0053] 在用于减少发有害物质的系统 10(图 2 所示)中,可以通过激励换向阀 134 可选地将水/燃料乳化液或纯燃料从燃料箱 38 注入到发电机 44 中。例如,可以在飞机起飞和爬升阶段给发动机 44 供应水/燃料混合物,以降低发动机 44 燃烧室中的燃烧温度。然而,只要飞机处于巡航高度,就可以从燃料箱 38 向当前不再满负荷运行的发动机注入纯燃料。接着,燃料电池废气中包含的水可以单独供应给飞机的供水网络。除此之外,根据图 2 的系统 10 的构造和运行模式对应于图 1 所示布置的构造和运行模式。

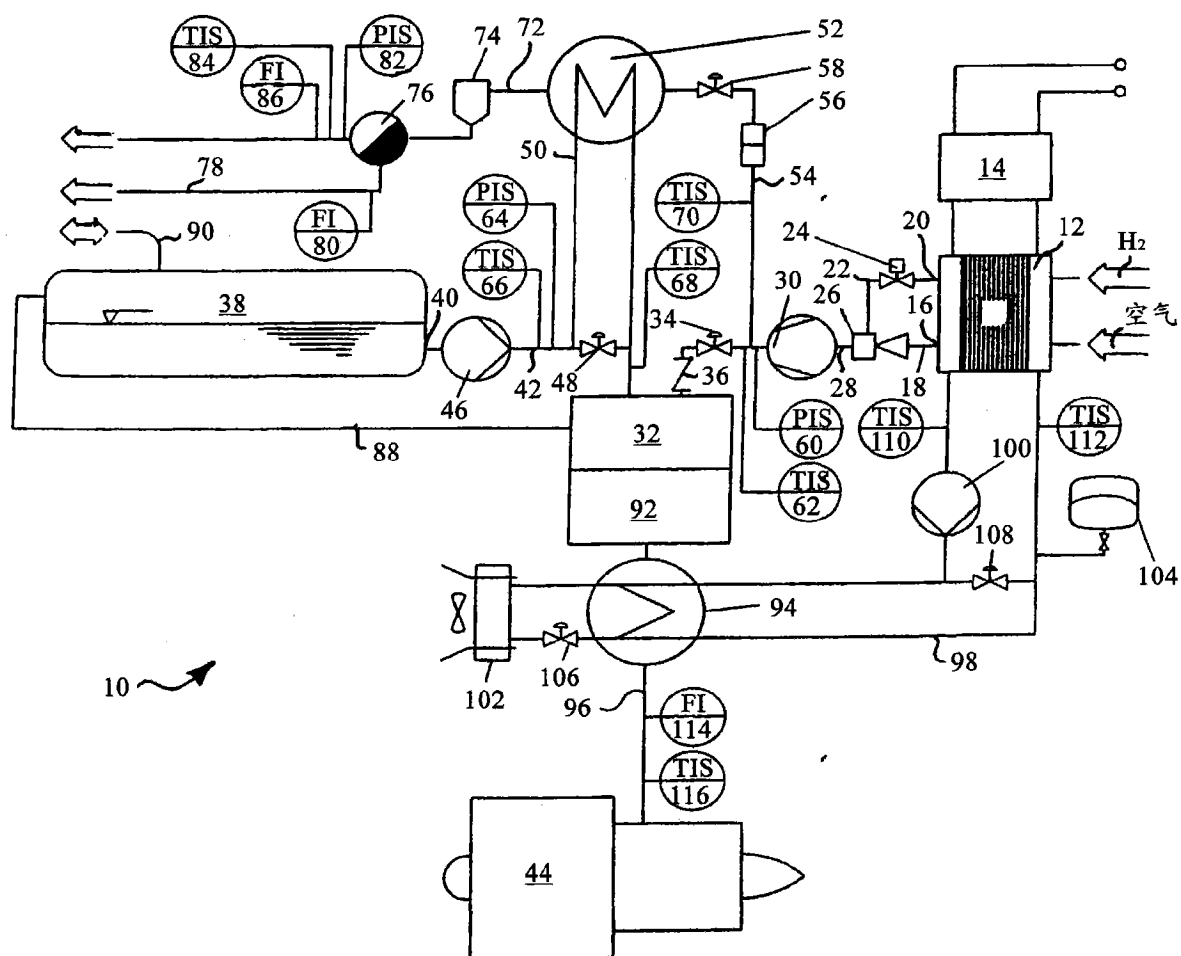


图 1

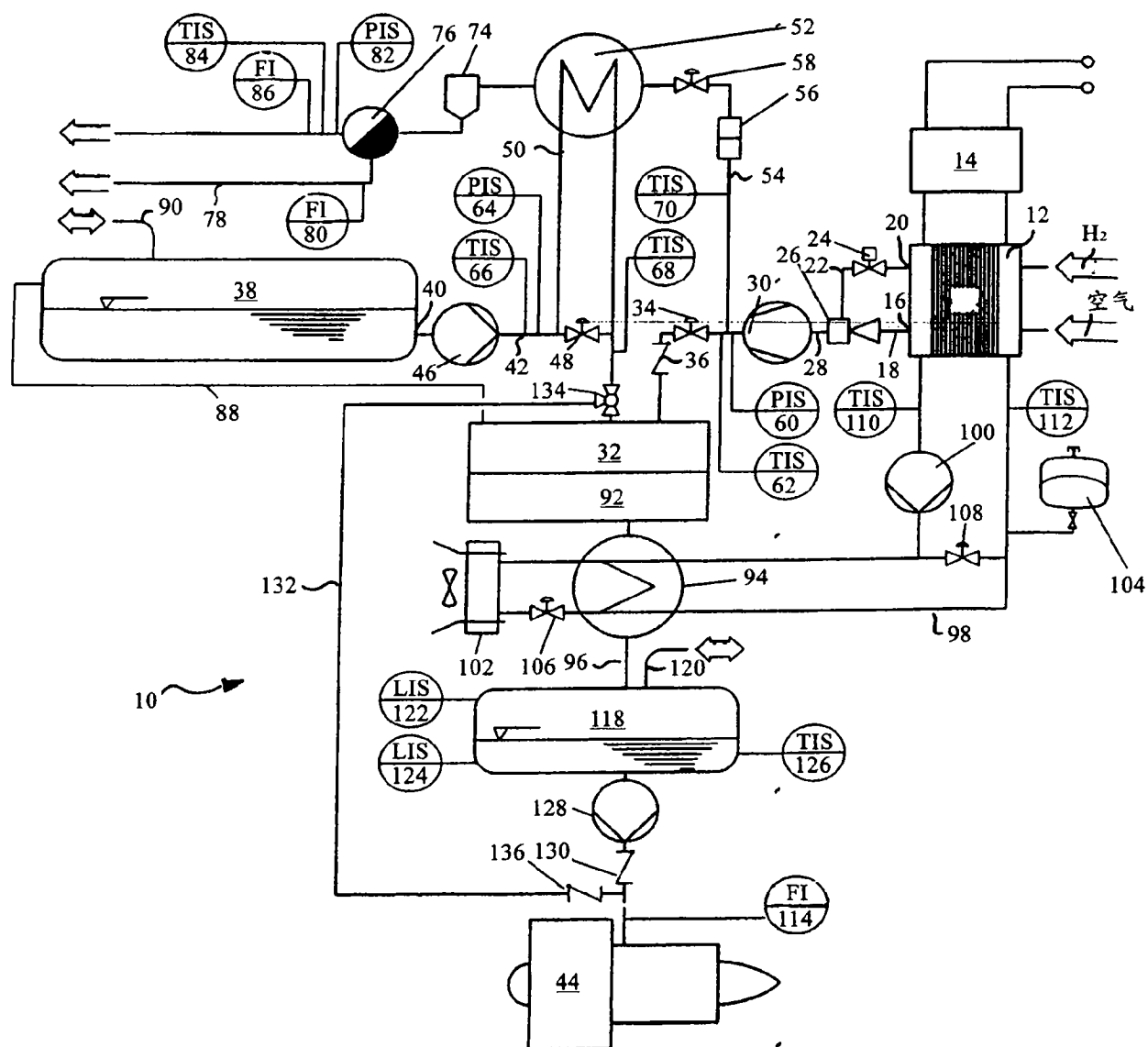


图 2

1. 一种用于减少发动机废气中的有害物质的系统 (10), 包括:

燃料电池 (12), 适于在运行期间产生电能和含蒸汽的燃料电池废气,

燃料箱 (38), 用于储存在运行期间向发动机 (44) 供应的燃料,

冷凝设备 (32), 连接到所述燃料电池 (12) 的废气出口 (16), 从而使含蒸汽的燃料电池废气可供应给所述冷凝设备 (32), 并且所述冷凝设备 (32) 适于借助于冷凝将燃料电池废气中包含的蒸汽转换成聚集的液态, 并将由于冷凝过程而得到的水引入所述燃料中以便形成水 / 燃料混合物, 以及

水 / 燃料混合物管路 (96), 连接到所述发动机 (44) 从而使水 / 燃料混合物可供应给所述发动机 (44)。

2. 根据权利要求 1 所述的系统,

其特征在于, 所述冷凝设备 (32) 进一步连接到所述燃料箱 (38) 的燃料出口 (40), 从而使含蒸汽的燃料电池废气和燃料可供应给所述冷凝设备 (32), 所述冷凝设备 (32) 适于使所述含蒸汽的燃料电池废气与所述燃料相接触, 以便借助于冷凝将所述燃料电池废气中包含的蒸汽转换成聚集的液态, 并且所述水 / 燃料混合物管路 (96) 连接到所述冷凝设备 (32) 的出口, 从而使所述冷凝设备 (32) 中形成的水 / 燃料混合物可供应给所述发动机 (44)。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的系统,

其特征在于, 所述系统包括用于使所述水 / 燃料混合物均匀的均匀设备 (92) 和 / 或用于暂时储存所述水 / 燃料混合物的储存容器 (118), 其中所述均匀设备 (32) 具体包括用于形成超声场的设备和 / 或机械混合设备。

4. 根据权利要求 2 和 3 之一所述的系统,

其特征在于, 预加热设备 (52), 热耦合到所述燃料电池 (12) 或另一热源, 并且连接到所述燃料箱 (38) 的所述燃料出口 (40), 以便在所述燃料被供应给所述冷凝设备 (32) 之前, 借助于所述燃料电池 (12) 或其它热源在运行期间产生的热, 将所述燃料中的至少一些燃料加热到期望的温度。

5. 根据权利要求 1 至 4 之一所述的系统,

其特征在于, 后加热设备 (94), 被布置在所述冷凝设备 (32) 的下游, 并且热耦合到所述燃料电池 (12) 或另一热源, 并且连接到所述冷凝设备 (32) 的出口, 以便在所述冷凝设备 (32) 中形成的水 / 燃料混合物被供应给所述发动机 (44) 之前, 借助于所述燃料电池 (12) 或其它热源在运行期间产生的热, 将水 / 燃料混合物中的至少一些水 / 燃料混合物加热到期望的温度。

6. 根据权利要求 1 至 5 之一所述的系统,

其特征在于, 所述燃料箱 (38) 连接到燃料电池废气管路 (88), 低氧的燃料电池废气经由所述燃料电池废气管路 (88) 可供应给所述燃料箱 (38), 以达到使所述燃料箱 (38) 不容易发生化学反应的目的。

7. 一种用于减少发动机废气中的有害物质的方法, 包括下列步骤:

将燃料电池 (12) 运行期间产生的含蒸汽的燃料电池废气供应给冷凝设备 (32),

在所述冷凝设备 (32) 中借助于冷凝将所述燃料电池废气中包含的蒸汽转换成聚集的液态,

将由于冷凝过程而得到的水引入在运行期间向发动机 (44) 供应的燃料中以便形成水

/ 燃料混合物,

将所述水 / 燃料混合物供应给所述发动机 (44)。

8. 根据权利要求 7 所述的方法,

其特征在于,将在运行期间向所述发动机 (44) 供应的燃料供应给所述冷凝设备 (32),所述含蒸汽的燃料电池废气在所述冷凝设备 (32) 中与所述燃料相接触,以便借助于冷凝将所述燃料电池废气中包含的蒸汽转换成聚集的液态,并且将由于冷凝过程而在所述冷凝设备 (32) 中形成的水 / 燃料混合物供应给所述发动机 (44)。

9. 根据权利要求 7 或 8 所述的方法,

其特征在于,在均匀设备 (92) 中使所述冷凝设备 (32) 中形成的水 / 燃料混合物均匀,具体是借助于用于形成超声场的设备和 / 或机械混合设备进行均匀,和 / 或将所述冷凝设备 (32) 中形成的水 / 燃料混合物暂时储存在储存容器 (118) 中。

10. 根据权利要求 8 或 9 所述的方法,

其特征在于,在所述燃料被供应给所述冷凝设备 (32) 之前,借助于所述燃料电池 (12) 或其它热源在运行期间产生的热,在预加热设备 (52) 中将所述燃料中的至少一些燃料加热到期望的温度,所述预加热设备 (52) 热耦合到所述燃料电池 (12) 或另一热源,并且连接到所述燃料箱 (38) 的燃料出口 (40)。

11. 根据权利要求 8 至 10 之一所述的方法,

其特征在于,在所述冷凝设备 (32) 中形成的水 / 燃料混合物被供应给所述发动机 (44) 之前,借助于所述燃料电池 (12) 或其它热源在运行期间产生的热,在后加热设备 (94) 中将所述水 / 燃料混合物中的至少一些水 / 燃料混合物加热到期望的温度,所述后加热设备 (94) 被布置在所述冷凝设备 (32) 的下游,并且热耦合到所述燃料电池 (12) 或另一热源,并且连接到所述冷凝设备 (32) 的出口。

12. 根据权利要求 7 至 11 之一所述的方法,

其特征在于,经由燃料电池废气管路 (88) 向所述燃料箱 (38) 供应低氧的燃料电池废气,以达到使所述燃料箱 (38) 不容易发生化学反应的目的。

13. 根据权利要求 8 至 12 之一所述的方法,

其特征在于,仅仅在特定的运行阶段将所述冷凝设备 (32) 中形成的水 / 燃料混合物供应给所述发动机 (44)。

14. 根据权利要求 13 所述的方法,

其特征在于,在由所述发动机 (44) 驱动的飞行器起飞和爬升阶段期间,将所述冷凝设备 (32) 中形成的水 / 燃料混合物供应给所述发动机 (44)。

15. 根据权利要求 1 至 6 之一所述的用于减少发动机废气中的有害物质的系统 (10) 在飞行器中的使用。