



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101576330 B

(45) 授权公告日 2010. 11. 10

(21) 申请号 200910085982. 8

(22) 申请日 2009. 06. 10

(73) 专利权人 北京航空航天大学  
地址 100191 北京市海淀区学院路 37 号

(72) 发明人 李运泽 周湘杰 杨群 刘东晓  
王玉莹

(74) 专利代理机构 北京金恒联合知识产权代理  
事务所 11324

代理人 李强 张争艳

(51) Int. Cl.

F25B 27/02 (2006. 01)

F25B 15/06 (2006. 01)

H01M 8/04 (2006. 01)

审查员 张利红

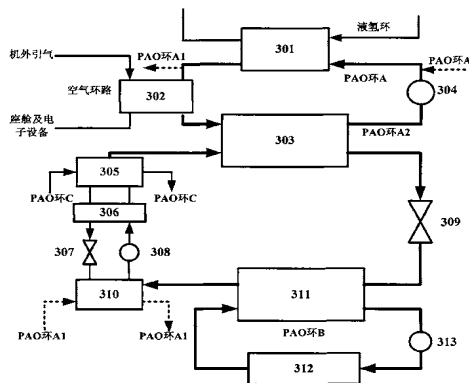
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 3 页

(54) 发明名称

全电飞行器的机载冷热电联产系统和方法

(57) 摘要

全电飞行器是现代飞行器的重要发展方向，针对其能源、环控、热管理系统同时并存较大的冷热电负荷，提出了一种适用于全电飞行器的利用质子交换膜燃料电池发电产生的余热来驱动溴化锂吸收式余热空调以实现制冷、供热的机载冷热电联产系统，从而解决了目前国内外冷热电分产、分供客观存在的发电余热得不到充分利用、环控系统能耗过高、热管理系统负荷加大等制约全电飞行器技术进一步发展的关键问题。另外还详细介绍了对传统的质子交换膜燃料电池和溴化锂吸收式余热空调所进行的改进，从而使得这两种装置能满足全电飞行器的使用要求。



1. 全电飞行器的机载冷热电联产方法,所述全电飞行器包括:

一个低温质子交换膜燃料电池(105),用于把氢气氧气反应产生的化学能转化成所述飞行器上使用的电能;

其特征在于所述全电飞行器的机载冷热电联产方法包括:

利用一个第一工作介质循环(C)把所述低温质子交换膜燃料电池(105)处的热量传输到一个发生器(305),从而把流经所述发生器(305)的溴化锂稀溶液分离成溴化锂浓溶液和冷剂水蒸气;

使所述溴化锂浓溶液经过一个溶液热交换器(306)和一个第一节流阀(307)而到达一个集成膜吸收器(310),所述集成膜吸收器是由微孔高分子中空纤维膜接触器组成的吸收模块跟冷却模块集成封装而成;

使所述冷剂水蒸气经过一个冷凝器(303)、一个第二节流阀(309)和一个蒸发器(311)而到达所述集成膜吸收器(310)而被到达所述集成膜吸收器(310)的所述溴化锂浓溶液所吸收,以及使所述溴化锂浓溶液吸收所述冷剂水蒸气之后形成的溴化锂稀溶液经所述发生器(305)加热蒸发后成为所述流经所述集成膜吸收器(310)的溴化锂浓溶液,从而完成所述溴化锂稀溶液/所述溴化锂浓溶液/所述冷剂水蒸气的循环。

2. 如权利要求1所述的方法,其特征在于进一步包括:

利用一个第二工作介质循环(A1)把所述集成膜吸收器(310)处的热量传输到一个聚 $\alpha$ -烯烃油/液氢换热器(301)。

3. 如权利要求2所述的方法,其特征在于进一步包括:

利用一个第三工作介质循环(A2)把所述冷凝器(303)处的热量传输到所述聚 $\alpha$ -烯烃油/液氢换热器(301),所述热量在所述聚 $\alpha$ -烯烃油/液氢换热器(301)中被热沉液氢带走,所述热沉液氢随后被用于进行所述低温质子交换膜燃料电池(105)的氢气氧气反应。

4. 如权利要求3所述的方法,其特征在于进一步包括:

使所述流经所述发生器(305)的溴化锂稀溶液与所述溴化锂浓溶液进行热交换;以及利用一个第四工作介质循环(B)把所述飞行器上的电子设备(312)处的热量传输到所述蒸发器(311)。

5. 如权利要求3-4中的任何一项所述的方法,其特征在于进一步包括:

使机外引气在一个聚 $\alpha$ -烯烃油/空气热交换器(302)与所述第三工作介质循环(A2)中的工作介质进行热交换,从而对所述机外引气进行降温处理,降温后的所述机外引气用于冷却部分航空电子设备和/或保证飞行器上人员的身体需要;以及

把所述低温质子交换膜燃料电池(105)反应产生的废气中的热量传输到所述发生器(305)。

6. 全电飞行器的机载冷热电联产系统,其特征在于所述机载冷热电联产系统包括:

一个低温质子交换膜燃料电池(105),用于把氢气氧气反应产生的化学能转化成所述飞行器上使用的电能;

一个发生器(305),用于借助从所述低温质子交换膜燃料电池(105)处通过一个第一工作介质循环(C)而被传输到所述发生器(305)的热量,而把从一个集成膜吸收器(310)流到所述发生器(305)的溴化锂稀溶液分离成溴化锂浓溶液和冷剂水蒸气;

一个第一节流阀 (307) ;

一个溶液热交换器 (306) ;

所述集成膜吸收器 (310), 所述集成膜吸收器是由微孔高分子中空纤维膜接触器组成的吸收模块跟冷却模块集成封装而成, 所述溴化锂浓溶液经过所述溶液热交换器 (306) 和第一节流阀 (307) 而到达所述集成膜吸收器 (310) ;

一个冷凝器 (303) ;

一个第二节流阀 (309) ; 和

一个蒸发器 (311),

其中

所述冷剂水蒸气经过所述冷凝器 (303)、所述第二节流阀 (309) 和所述蒸发器 (311) 而到达所述集成膜吸收器 (310) 而被到达所述集成膜吸收器 (310) 的所述溴化锂浓溶液所吸收, 且

所述流经集成膜吸收器 (310) 的溴化锂浓溶液吸收所述冷剂水蒸气之后形成的溴化锂稀溶液经所述发生器 (305) 加热蒸发后成为流经所述集成膜吸收器 (310) 的所述溴化锂浓溶液, 从而完成所述溴化锂稀溶液 / 所述溴化锂浓溶液 / 所述冷剂水蒸气的循环。

7. 如权利要求 6 所述的系统, 其特征在于进一步包括:

一个聚  $\alpha$ - 烯烃油 / 液氢换热器 (301), 用于通过利用一个第二工作介质循环 (A1) 吸收的所述集成膜吸收器 (310) 放出的热量来加热液氢。

8. 如权利要求 7 所述的系统, 其特征在于:

其中利用一个第三工作介质循环 (A2) 把所述冷凝器 (303) 处的热量传输到所述聚  $\alpha$ - 烯烃油 / 液氢换热器 (301), 所述聚  $\alpha$ - 烯烃油 / 液氢换热器 (301) 处的热量被热沉液氢带走, 所述热沉液氢随后被用于进行所述低温质子交换膜燃料电池 (105) 的氢气氧气反应。

9. 如权利要求 8 所述的系统, 其特征在于:

所述溶液热交换器 (306) 是一个溴化锂溶液热交换器 (306), 用于使所述流经所述发生器 (305) 的溴化锂稀溶液与所述溴化锂浓溶液进行热交换,

其中利用一个第四工作介质循环 (B) 把所述飞行器上的电子设备 (312) 处的热量传输到所述蒸发器 (311)。

10. 如权利要求 8-9 中的任何一项所述的系统, 其特征在于进一步包括:

一个聚  $\alpha$ - 烯烃油 / 空气热交换器 (302), 用于使机外引气与所述第三工作介质循环 (A2) 中的工作介质进行热交换, 从而对所述机外引气进行降温处理, 降温后的所述机外引气用于冷却部分航空电子设备和 / 或保证飞行器上人员的身体需要,

其中把所述低温质子交换膜燃料电池 (105) 反应产生的废气中的热量传输到所述发生器 (305)。

## 全电飞行器的机载冷热电联产系统和方法

### 技术领域：

[0001] 本发明涉及应用在小型飞行器上的机载冷热电联产系统和方法，具体是利用质子交换膜燃料电池发电产生的余热来驱动溴化锂集成膜吸收式余热空调进行制冷、供热从而实现冷热电联产的机载冷热电联产系统和方法。

### 背景技术：

[0002] 全电飞行器是这样的飞行器，即其中不仅液压、气动和机械系统用电力系统取代而且推进系统也是用电能驱动。

[0003] 全电飞行器是现代飞行器技术的重要发展方向，针对其能源、环控、热管理系统展开前沿性的研究探索具有重要的学术意义和应用前景。

[0004] 全电飞行器的能源、环控、热管理系统同时存在较大的冷热电负荷，现有技术中一般采用冷热电分产、分供方案，这种方案有两方面的缺陷：一方面，飞行器发电装置有大量余热没有得到充分利用，不仅造成飞行器热管理系统的负担大幅增加，而且导致能源的大量浪费；另一方面，飞行器环境控制系统使用电动空调（比如蒸发式空调、空气压缩式空调的压缩机都是电能驱动的）完成制冷、供热任务，没有利用发电装置的余热，所以热经济性不高，并且还会进一步加大飞行器上的用电负荷。这样的全电飞行器就客观存在发电余热得不到充分利用、环控系统能耗过高、热管理系统负荷加大等严重缺陷。

[0005] 由于飞行器飞行条件及飞行环境的特殊性，全电飞行器冷热电联产与地面上应用的冷热电联产系统有本质上的不同，其中必须考虑重量、体积、飞行代偿、环境适应性等一系列地面冷热电联产无需过多考虑或根本不需要考虑的重要因素。飞行器的这些特殊因素（特别是重量、体积、飞行器的振动）成为制约冷热电联产技术在飞行器上应用的瓶颈。

[0006] 比如地面上冷热电联产系统的溴化锂吸收式余热空调系统一般是用管壳式吸收器，它具有体积大、质量大并且无法在有振动的场合使用，这些原因限制了它运用在全电飞行器上。

### 发明内容

[0007] 针对现有技术的上述问题，本发明创造性地提供了适用于飞行器的、把低温质子交换膜燃料电池和溴化锂集成膜吸收式余热空调相结合的机载冷热电联产方案和机载冷热电联产系统，其中，由质子交换膜燃料电池提供全部电能，包括驱动飞行器的电动机及其它电子设备、传动设备所需的电能，由溴化锂吸收式余热空调利用燃料电池的余热进行制冷和供热，从而实现冷热电联产，有效地解决了现有技术的全电飞行器能源环控系统方案存在的发电装置余热得不到充分利用、环控系统电动空调能耗过高、整个系统热经济性不高等制约全电飞行器技术进一步发展的关键问题。

[0008] 该方案可以应用在小型飞行器上；“小型飞行器”包括轻型飞机，战斗机，直升机，旋翼机，无人机等。

[0009] 根据本发明的一个方面，提供了一种全电飞行器的机载冷热电联产方法，所述全

电飞行器包括：

[0010] 一个低温质子交换膜燃料电池,用于把氢气氧气反应产生的化学能转化成所述飞行器上使用的电能；

[0011] 其特征在于包括：

[0012] 利用一个第一工作介质循环把所述低温质子交换膜燃料电池处的热量传输到一个发生器,从而把流经所述发生器的溴化锂溶液分离成溴化锂浓溶液和冷剂水蒸气；

[0013] 使所述溴化锂浓溶液经过一个溶液热交换器和一个第一节流阀而到达一个集成膜吸收器；

[0014] 使所述冷剂水蒸气经过一个冷凝器、一个第二节流阀和一个蒸发器而到达所述集成膜吸收器而被到达所述集成膜吸收器的所述溴化锂浓溶液所吸收,以及

[0015] 使所述流经集成膜吸收器的溴化锂浓溶液吸收所述冷剂水蒸气之后形成的溴化锂稀溶液经所述发生器加热蒸发而成为流经所述集成膜吸收器的溴化锂浓溶液,从而完成所述溴化锂稀溶液 / 所述溴化锂浓溶液 / 所述冷剂水蒸气的循环。

[0016] 根据本发明的一个进一步的方面,提供了一种全电飞行器的机载冷热电联产系统,其特征在于所述机载冷热电联产系统包括：

[0017] 一个低温质子交换膜燃料电池,用于把氢气氧气反应产生的化学能转化成所述飞行器上使用的电能；

[0018] 一个发生器,用于借助从所述低温质子交换膜燃料电池处通过一个第一工作介质循环而被传输到所述发生器的热量,而把从一个集成膜吸收器流到所述发生器的溴化锂稀溶液分离成溴化锂浓溶液和冷剂水蒸气；

[0019] 一个第一节流阀；

[0020] 所述集成膜吸收器,所述溴化锂浓溶液经过所述溶液热交换器和第一节流阀而被到达所述集成膜吸收器；

[0021] 一个冷凝器；

[0022] 一个第二节流阀 ;和

[0023] 一个蒸发器,

[0024] 其中

[0025] 所述冷剂水蒸气经过所述冷凝器、所述第二节流阀和所述蒸发器而到达所述集成膜吸收器而被到达所述集成膜吸收器的所述溴化锂浓溶液所吸收,且

[0026] 所述溴化锂浓溶液吸收所述冷剂水蒸气之后形成的溴化锂稀溶液经所述发生器加热蒸发后而成为流经所述集成膜吸收器的溴化锂浓溶液,,从而完成所述溴化锂稀溶液 / 所述溴化锂浓溶液 / 所述冷剂水蒸气的循环。

#### 附图说明

[0027] 图 1 是根据本发明的一个实施例的机载冷热电联产系统的总体配置图。

[0028] 图 2 是说明根据本发明的一个实施例的低温质子交换膜燃料电池系统的配置的结构框图。

[0029] 图 3 示意显示了根据本发明的一个实施例的溴化锂集成膜吸收式余热空调的配置。

[0030] 图 4 是根据本发明的实施例中采用的集成膜吸收器的示意结构图。

### 具体实施方式

[0031] 本发明的机载冷热电联产系统包括低温质子交换膜燃料电池和溴化锂集成膜吸收式余热空调。

[0032] 燃料电池可以高效的、环境友好地将储存在燃料中的化学能等温和地转化为电能,氢是燃料电池的最佳燃料。

[0033] 质子交换膜燃料电池 (PEMFC) 是燃料电池的一种,质子交换膜燃料电池的电解质有离子导电聚合物构成。电解质的两面分别为多孔催化剂构成的电极,此三层结构密合在一起,形成了非常薄的“阴极 - 电解质 - 阳极”结构,称为膜电极三合一组件 (MEA)。通常是由双极板将多个 MEA 串联起来用于电池堆中。

[0034] 低温质子交换膜燃料电池的聚合物电解质可以在低温下 (大约 100℃) 工作,这使 PEMFC 具有低温快速启动的优点。其次,由于 MEA 很薄,电池可以得到非常紧凑的结构。另外,由于不使用腐蚀性的液态电解质,电池可以在任何方位、任何角度运行。这些优势使得 PEMFC 非常适宜用作汽车及其他移动设施的电源。另外质子交换膜具有结构紧凑,性能优越,非常适用于热电联供系统。

[0035] 所述低温质子交换膜燃料电池包括氧气系统、氢气系统、低温质子交换膜燃料电池主体、电压转换器、控制器、能量存储系统、电动控制系统、电动机;

[0036] 其工作原理:在质子交换膜燃料电池的阳极,氢离子化,释放出电子并产生氢离子 (也叫做质子)。

[0037]  $2\text{H}_2 \rightarrow 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$

[0038] 在阴极,氧气结合电极上的电子和电解质中的氢离子形成水,这个反应释放出能量。

[0039]  $\text{O}_2 + 4\text{e}^- + 4\text{H}^+ \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

[0040] 为了使这些反应能连续发生,在阳极产生的电子要通过外电路到达阴极,并且氢离子必须通过电解质。质子交换膜中的聚合物电解质可存在自由的氢离子所以能很好的达到这个目的;

[0041] 所述氧气系统包括冲压空气系统、纯氧系统、氧气输入系统,主要为低温质子交换膜燃料电池提供氧气;

[0042] 所述氢气系统包括液氢存储系统、压力调节器、加湿器、送风机、氢气输入控制系统,主要为低温质子交换膜燃料电池提供氢气;

[0043] 液氢存储系统采用液氢存储罐来实现,主要是考虑到飞行器上空间及重量限制,采用液氢存储罐相比氢气重整系统重量轻相比高压氢气存储罐体积小,另外液氢还可以作为热沉,带走 PAO 的热量;

[0044] 电压转换器是把质子交换膜输出的电能转换为可供各个系统安全利用的电能;

[0045] 控制器是控制不同的能量存储系统相互连接、充电、放电和低温质子交换膜燃料电池的电能分配;

[0046] 能量存储系统为飞行器提供备用电源,包括主能量存储系统、额外能量存储系统、峰值能量存储系统和紧急备用能量存储系统,能量存储系统可以直接由燃料电池进行充

电,也可以来自其他独立的能源系统;

[0047] 电动控制器能根据不同的飞行要求控制电动机的输出以保证飞行器的速度及推力要求;

[0048] 电动机是为飞行器飞行提供所需的推力。

[0049] 所述溴化锂集成膜吸收式余热空调系统由发生器、冷凝器、蒸发器、节流阀、集成膜吸收器、泵和溶液热交换器等组成。

[0050] 其工作原理:集成膜吸收器出来的溴化锂稀溶液由溶液泵升压后,经溶液热交换器升温后进入发生器,在发生器中溴化锂稀溶液被热源加热温度升高直至沸腾,产生冷剂水蒸气后溴化锂稀溶液变为溴化锂浓溶液,而冷剂水蒸气进入冷凝器,在冷凝器内被冷却成冷剂水,经节流阀节流降压后进入蒸发器。由发生器出来的浓溶液经溶液热交换器放热降温后经节流阀降压后进入吸收器,与吸收器中的稀溶液相混合,吸收来自蒸发器的低压冷剂水蒸气,使蒸发器中的低压得以维持,从而达到连续制冷的目的;

[0051] 上述集成膜吸收器是由微孔高分子中空纤维膜接触器组成的吸收模块跟冷却模块集成封装而成;

[0052] 微孔高分子中空纤维膜是一层选择透过性膜,此系统所用的膜只允许水蒸气透过,而溴化锂溶液是不能通过的;

[0053] 用集成膜吸收器代替传统的管壳式吸收器可以减少体积,减少重量,并且振动对其效率影响不大。微孔高分子中空纤维膜接触器单位体积的接触面积大并且由于是强迫对流会有良好的传质效果,从而可以大大减少吸收器的尺寸。在吸收模块中间加入冷却模块然后集成封装,根据要求确定冷却模块跟吸收模块的比值关系可以对溴化锂溶液达到很好的冷却效果,并且振动对集成膜吸收器的效率影响不大,德国斯图加特大学已研制了能在汽车上使用的集成膜吸收器,并且取得了很好的效果,这说明集成膜吸收器在飞行器上应用也是可行的。

[0054] 所述外部换热器都是以 PAO(聚 $\alpha$ -烯烃油)为工作介质,PAO属可生物降解类,是一种合成电介质液体冷却剂,其中掺有某些抗氧化添加剂,性质稳定,选择 PAO 作为飞行器冷却介质是由于 PAO 正应用于美国空军、海军的各种项目中并且获得了很大的成功,并且 PAO 在飞行器整个飞行包线内,它都能满足液体冷却回路的使用要求。

[0055] 本系统的优点包括:

[0056] 1、创造性地应用质子交换膜燃料电池和溴化锂集成膜吸收式余热空调的机载冷热电联产技术有效地解决了目前全电飞行器能源环控系统存在的发电装置余热得不到充分利用、环控系统电动空调能耗过高、整个系统热经济性不高等制约全电飞行器技术进一步发展的关键问题。

[0057] 2、创造性地把集成膜吸收器技术应用在溴化锂吸收式余热空调系统里,解决了传统的溴化锂吸收式余热空调由于体积大、质量大并且无法在有振动的场合使用的问题,为溴化锂吸收式余热空调制冷技术在全电飞行器上的应用提供了可能。

[0058] 3、选择结构紧凑、重量轻的低温质子交换膜燃料电池,它不仅具有低温快速启动的优点,非常适合用在飞行器上,而且还可以减轻全电飞行器的体积和重量,提高飞行器的性能,另外低温质子交换膜也非常适用于冷热电联产系统。

[0059] 4、用液氢直接作为氢源,减少了体积,减少了重量,另外液氢还可以作为热沉,带

走冷却介质 PAO 的热量。

[0060] 5、整个方案运用在全电飞行器上会使飞行器更轻便、更高效、更可靠、更安全。

[0061] 以下结合附图进一步具体描述本发明的实施例。

[0062] 如图 1 所示的本发明的机载冷热电联产系统的实施例包括氢气系统 101、氧气系统 102、氢气输入控制系统 103、氧气输入控制系统 104、低温质子交换膜燃料电池 105、水空气分离器 106 和溴化锂集成膜吸收式余热空调 107。

[0063] 氧气系统 102 为低温质子交换膜燃料电池 105 提供反应所需的氧气；

[0064] 氧气输入控制系统 104 根据低温质子交换膜燃料电池 105 的反应需要提供符合要求（比如流量、压力、湿度等方面）的氧气；

[0065] 氢气系统 101 为低温质子交换膜燃料电池 105 提供反应所需的氢气；

[0066] 氢气输入控制系统 103 是根据低温质子交换膜燃料电池 105 的反应需要提供符合要求（比如流量、压力、湿度等方面）的氢气；

[0067] 低温质子交换膜燃料电池 105 用于把氢气氧气反应产生的化学能转化成电能供飞行器上的各用电设备使用；

[0068] 水空气分离器 106 用于将低温质子交换膜燃料电池 105 反应产生的废气跟水分离开，分离出的水供飞行器上使用，分离出的废气可用来驱动溴化锂集成膜吸收式余热空调 107。

[0069] 图 2 是说明根据本发明的一个实施例的低温质子交换膜燃料电池 105 及其相关部分的配置的结构框图，其中示意显示了在该配置下液氢存储器 1011、压力调节器 1012、加湿器 1013、送风机 1014、氢气输入控制系统 103、引气管 1021、风扇 1022、风扇电动机 1023、电动机 201、压缩氧气罐 1024、氧气输入控制系统 104、低温质子交换膜燃料电池 105、电压转换器 205、控制器 203、能量存储系统 204、电动控制系统 202、电动机 201 之间的联结关系。

[0070] 液氢存储器 1011 用于存储低温质子交换膜燃料电池反应所需的氢气；

[0071] 压力调节器 1012 用于调节氢气出口的压强以保证流量满足要求；

[0072] 加湿器 1013 用于给氢气加湿以满足反应所需的湿度条件；

[0073] 送风机 1014 用于提供氢气输入系统所需的动力；

[0074] 氢气输入控制系统 103 用于保证氢气进入低温质子交换膜燃料电池反应时各项条件符合要求；

[0075] 引气管 1021 是冲压空气进口通道；引气管 1021 一般安装在飞行器的底部；引气管 1021 的进气口一般在飞行器的前端；

[0076] 引气管 1021 有时不能为燃料电池提供足够的氧气；此时，需要另外设置了一个压缩氧气罐 1024 来辅助冲压空气系统，在引气管路上要安装一个风扇 1022 和一个用于为风扇 1022 提供动力的风扇电动机 1023；

[0077] 另外设置了一个压缩氧气罐 1024 来辅助冲压空气系统，主要是考虑到冲压系统由于故障不能提供足够的氧气或者是当燃料电池需要额外电能的输出时（比如飞行器起飞或爬升时），这时可以开启压缩氧气罐 1024 以满足燃料电池 105 对氧气的需要。

[0078] 低温质子交换膜燃料电池 105 输出的电能通过电压转换器 205、控制器 203 和电动控制系统 202 从而驱动电动机 201，电动机 201 可以是直流电也可以是交流电驱动，只要它



具有最优的尺寸及重量,并且能提供足够的推力。

[0079] 电动控制系统用于根据不同的飞行要求控制电动机 201 的输出保证飞行器的速度及推力要求;

[0080] 能量存储系统 204 为飞行器提供备用电源,具体可包括主能量存储系统、额外能量存储系统、峰值能量存储系统和紧急备用能量存储系统,其中:

[0081] 主能量存储系统在没有燃料电池的辅助下能够独立提供飞行器飞行所需的电能;

[0082] 额外能量存储系统用于配合主能量存储系统提供电能给导航、通讯、播音和空调系统等次级设备;

[0083] 峰值能量存储系统用于在飞行器起飞或者爬升时提供额外的电能;

[0084] 紧急备用能量存储系统可以用于当飞行器发生故障或其他能量系统不能提供足够的能量维持飞行器正常航行时代替主能量存储系统提供飞行器安全降落所需的电能。

[0085] 图 3 示意显示了根据本发明的一个实施例的溴化锂集成膜吸收式余热空调 107 的配置,其中包括集成膜吸收器 310、溶液泵 308、溶液热交换器 306、发生器 305、第一节流阀 307、第二节流阀 309、冷凝器 303、第一泵 304、PAO 环 A、PAO 环 A1、PAO 环 A2、PAO 环 B、PAO 环 C、液氢环路、空气环路、PAO/ 空气热交换器 302、PAO/ 液氢热交换器 301。

[0086] 根据本发明的一个实施例的溴化锂集成膜吸收式余热空调 107 的工作过程包括:集成膜吸收器 310 出来的溴化锂稀溶液由溶液泵 308 升压后,经溶液热交换器 306 升温后进入发生器 305,在发生器 305 中溴化锂稀溶液被热源(即冷却燃料电池的 PAO(图 3 中的“PAO 环 C”)所带来的热量;当该热量不够时,可以可选地利用燃料电池的废气中的热量)加热升温直至沸腾,产生冷剂水蒸气后,溴化锂稀溶液变为溴化锂浓溶液,而冷剂水蒸气进入冷凝器 303,在冷凝器 303 内被冷却成冷剂水,经第二节流阀 309 节流降压后进入蒸发器 311。由发生器 305 出来的溴化锂浓溶液经溶液热交换器 306 放热降温后经第一节流阀 307 降压后进入吸收器 310,与吸收器 310 中的溴化锂稀溶液相混合,从而吸收来自蒸发器 311 的低压冷剂水蒸气,使蒸发器 311 中的低压得以维持,从而达到连续制冷的目的;

[0087] 第二泵 313 用于提供循环环路动力;

[0088] 发生器 305 中的 PAO 循环:发生器 305 吸收来自冷却燃料电池的 PAO(图 3 中的“PAO 环 C”)的热量从而驱动整个制冷循环的运行。当热量不够时,可以利用燃料电池的废气来提供热量;

[0089] PAO 冷环:PAO 冷环(图 3 中的“PAO 环 B”)的 PAO 流经溴化锂集成膜吸收式制冷循环的蒸发器 311 时被冷却,然后 PAO 去冷却各种电子设备。冷环的分配系统主要是一个并联管路网络,在各支线上有一个或多个液体冷却的航空电子设备;

[0090] PAO 热环:如图 3 所示,PAO 热环(图 3 中的“PAO 环 A”)的一支“PAO 环 A2”将冷凝器 303 和许多公共设备系统的热载荷带走,另一支“PAO 环 A1”将吸收器 310 中溴化锂溶液吸收水蒸气放出的热量带走,两个支环“PAO 环 A1”和“PAO 环 A2”汇集成流过通过 PAO/液氢换热器 301 的 PAO 热环“PAO 环 A”,从而使它们所吸收的热量在 PAO/液氢换热器 301 中被热沉液氢带走;

[0091] 液氢环:用液氢当热沉,通过 PAO/液氢热交换器 301 带走 PAO 中的热量,液氢吸收热量后回到低温质子交换膜燃料电池的氢气系统中;

[0092] 空气环路 :通过电动机 201 驱动的压缩机从机外引气,然后对所引空气进行降压、除湿、借助 PAO/ 空气热交换器 302 的降温等一系列处理,一部分冷却部分航空电子设备,一部分保证飞行员的身体需要,经过充分利用后的空气排出机外。

[0093] 如图 4 所示,根据本发明的一个实施例的集成膜吸收器 310 是用微孔高分子中空纤维接触器组成的吸收模块 401 和冷却模块 402 集成封装而成。

[0094] 微孔高分子中空纤维膜是一层选择透过性膜,只允许水蒸气通过,而溴化锂溶液是不能通过的 ;

[0095] 工作原理 :从蒸发器 311 出来的水蒸气充满微孔高分子中空纤维内腔,水蒸气在通过由微孔高分子中空纤维膜组成的吸收模块时,将会被周围的溴化锂溶液吸收,溴化锂溶液吸收水蒸气时放出的热量会被集成膜吸收器中的冷却模块吸收带走,从而保证了吸收过程有效地进行。

[0096] 应当理解的是,以上结合附图和实施例对本发明所进行的描述只是说明而非限定性的,且在不脱离如所附权利要求书所限定的本发明的前提下,可以对上述实施例进行各种改变、变形、和 / 或修正。

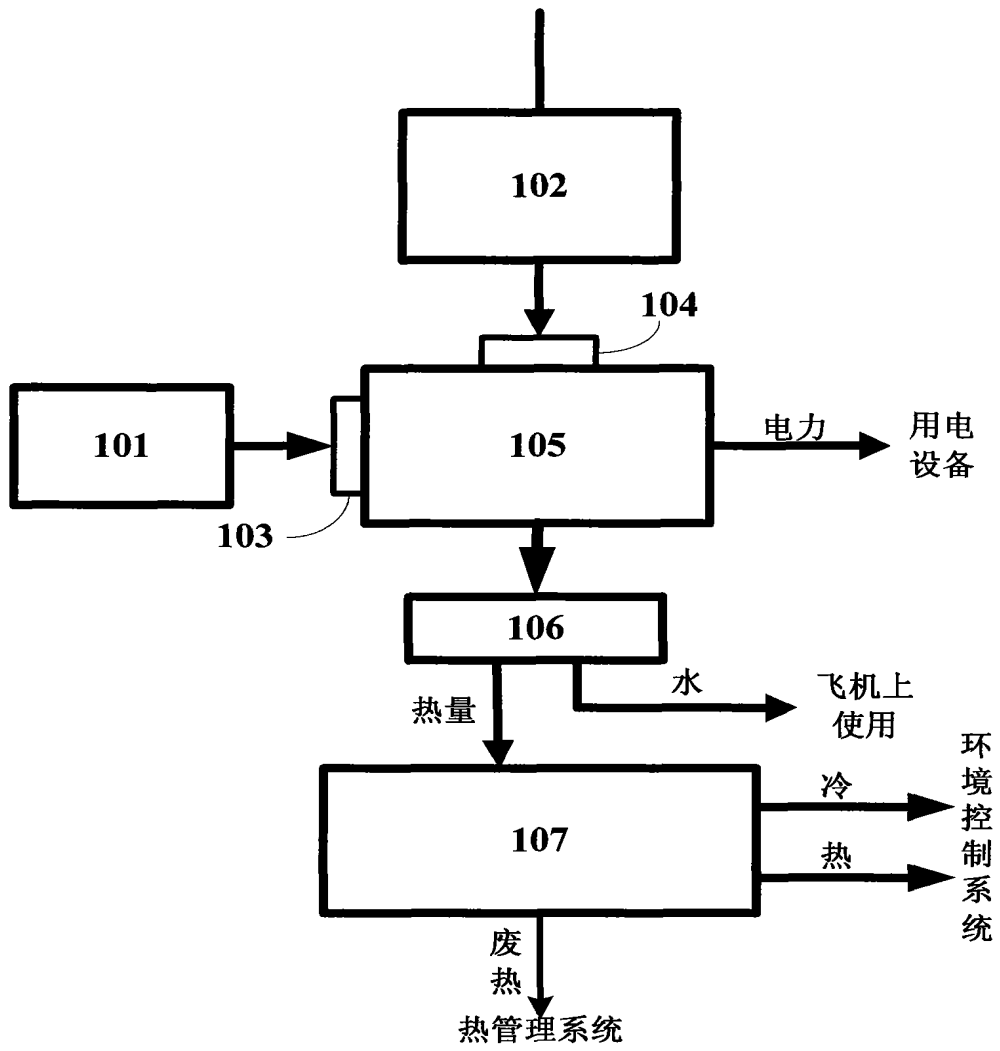


图 1

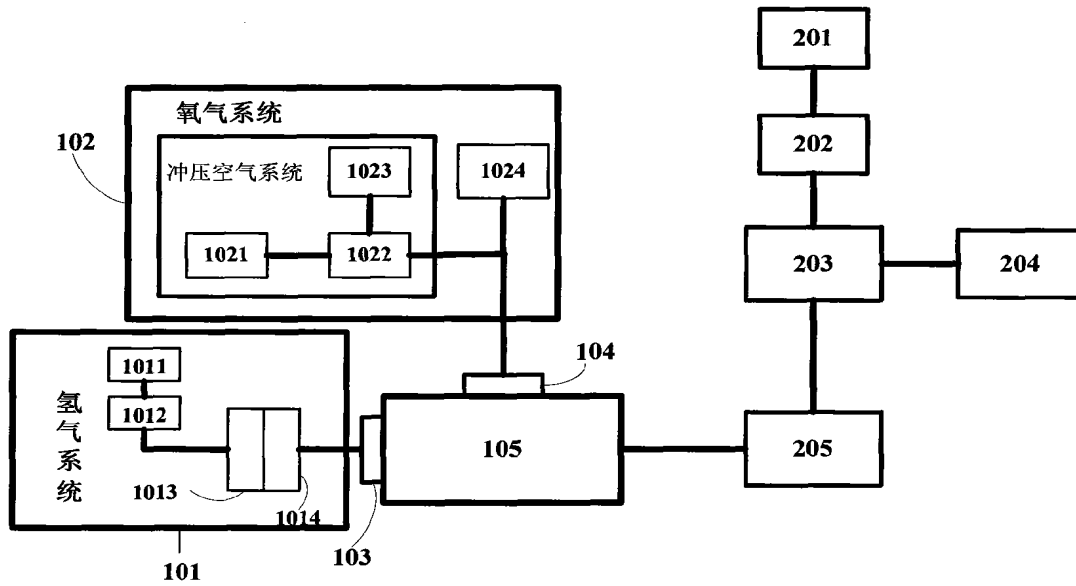


图 2

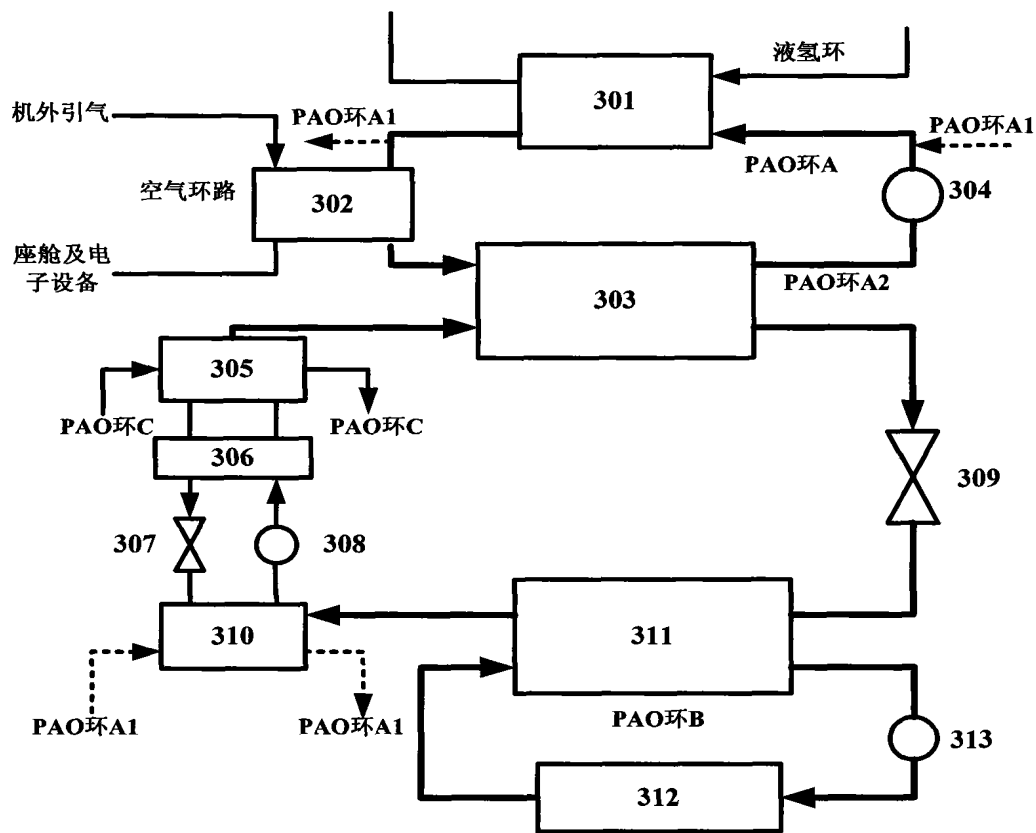


图 3

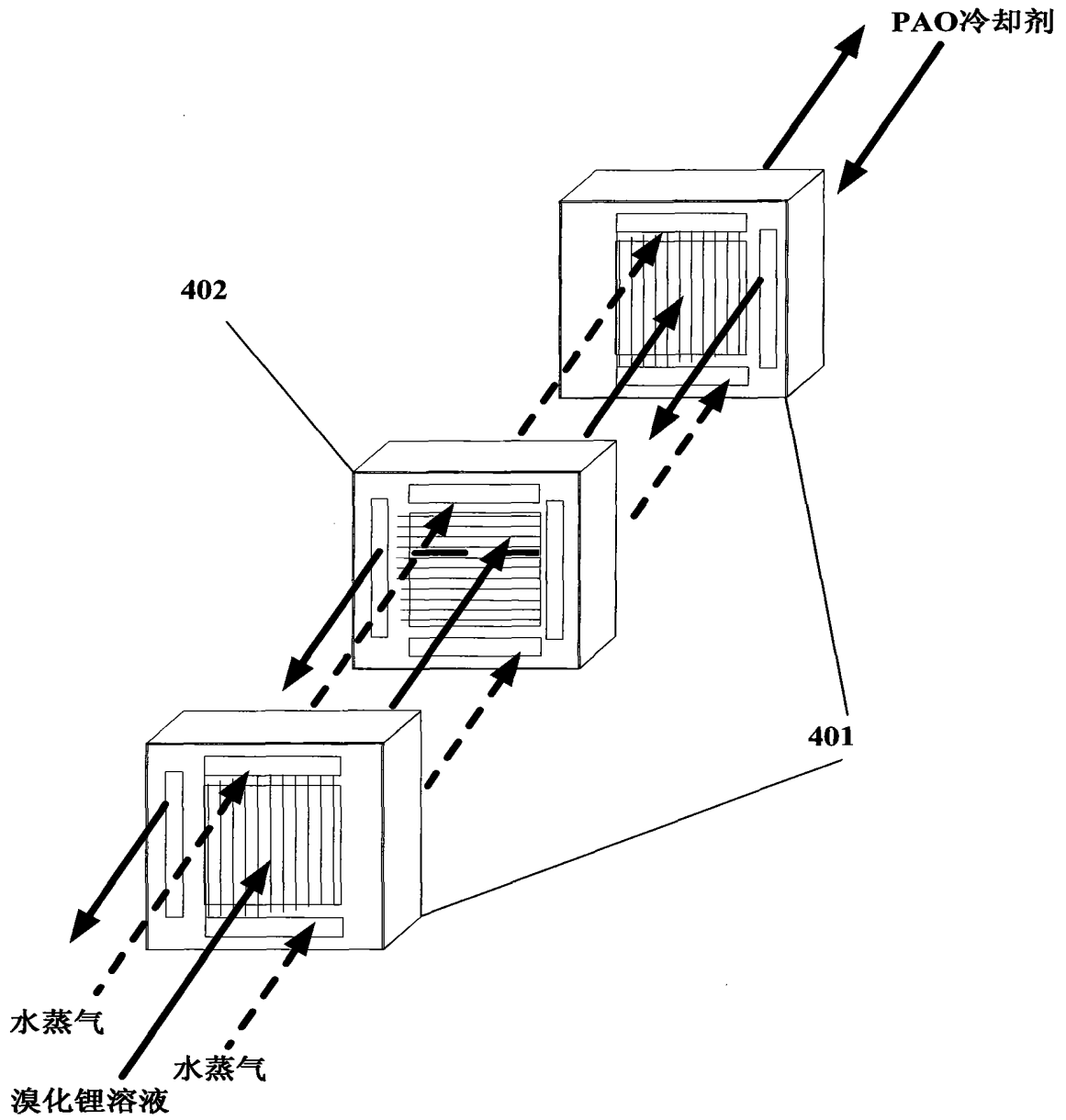


图 4