



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113278993 B

(45) 授权公告日 2021.09.17

(21) 申请号 202110834278.9

(22) 申请日 2021.07.23

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113278993 A

(43) 申请公布日 2021.08.20

(73) 专利权人 北京思伟特新能源科技有限公司
地址 100096 北京市海淀区西三旗建材城
内4幢二层230号

(72) 发明人 刘亚迪 胡浩然

(74) 专利代理机构 北京共腾智慧专利代理事务
所(普通合伙) 11608

代理人 姚星

(51) Int. Cl.

G25B 1/042 (2021.01)

G25B 1/50 (2021.01)

G25B 9/00 (2021.01)

G25B 9/67 (2021.01)

G25B 15/08 (2006.01)

(56) 对比文件

KR 101925290 B1, 2018.12.06

JP 2009120900 A, 2009.06.04

WO 2021000003 A1, 2021.01.07

CN 107034480 A, 2017.08.11

US 2020095124 A1, 2020.03.26

US 2009325014 A1, 2009.12.31

US 2012282534 A1, 2012.11.08

US 2016369416 A1, 2016.12.22

TW 201446646 A, 2014.12.16

WO 2016161999 A1, 2016.10.13

CN 213013112 U, 2021.04.20

US 2019359894 A1, 2019.11.28

CN 105674057 A, 2016.06.15

CN 205024329 U, 2016.02.10

JP 2003242992 A, 2003.08.29

JP 2010176939 A, 2010.08.12

审查员 童晓晨

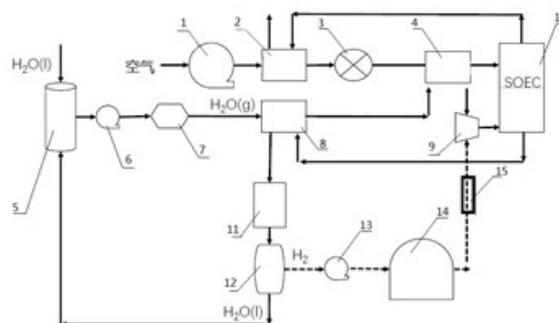
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种高安全性燃料电池电解槽系统及其工作方法

(57) 摘要

本发明提供一种高安全性燃料电池电解槽系统及其工作方法,该系统包括风机、空气换热器、电加热器、空气-燃气换热器、水箱、水泵、蒸汽发生器、燃气换热器、混合器、SOEC电堆;通过设置空气-燃气换热器,将阳极侧的水蒸气与阴极侧被电加热器加热后的高温空气进行热交换,进一步提高水蒸气温度,形成高温水蒸气。与现有技术相比,省略了循环泵和阳极电加热器,减少了部件且避免了安全隐患。采用高温循环泵或引射器,循环利用阳极尾气中的水蒸气,提高水蒸气利用率,提高SOEC系统效率。



1. 一种高安全性燃料电池电解槽系统,其特征在于,包括:风机、空气换热器、电加热器、空气-燃气换热器、水箱、水泵、蒸汽发生器、燃气换热器、混合器、SOEC电堆;

所述风机、空气换热器、电加热器和空气-燃气换热器依次连接,形成阴极侧的供给流路;所述风机用于将空气压缩后送入所述空气换热器;所述空气换热器用于将所述风机送入的空气与所述SOEC电堆排出的高温阴极尾气进行热交换;所述电加热器用于加热空气;所述空气-燃气换热器用于将电加热器加热后的高温空气与阳极侧的水蒸气进行热交换;上述经过空气-燃气换热器热交换后的空气输送进入SOEC电堆;

所述水箱、水泵、蒸汽发生器、燃气换热器、空气-燃气换热器和混合器依次连接,形成阳极侧的供给流路;所述水箱用于储存水;所述水泵用于从所述水箱按照设定的需求量给蒸汽发生器提供液态水;所述蒸汽发生器用于将液态水汽化成水蒸气;所述燃气换热器用于将所述蒸汽发生器形成的水蒸气与SOEC电堆排出的高温阳极尾气进行热交换;所述空气-燃气换热器用于将水蒸气与阴极侧被电加热器加热后的高温空气进行热交换,进一步提高水蒸气温度,形成高温水蒸气;所述混合器用于将上述高温水蒸气与常温氢气混合;上述经过混合器混合后的氢气和水蒸气混合气输送进入SOEC电堆。

2. 根据权利要求1所述的高安全性燃料电池电解槽系统,其特征在于,还包括:冷凝器、水气分离器、增压泵和高压储气瓶;所述冷凝器与所述燃气换热器相连,用于冷凝经燃气换热器流出的阳极尾气;所述水气分离器与所述冷凝器相连,用于分离经冷凝器凝结形成的液态水和氢气,分离得到的液态水流回至水箱循环使用,所述增压泵与所述水气分离器相连,用于将分离得到的氢气压缩储存至所述高压储气瓶中。

3. 根据权利要求2所述的高安全性燃料电池电解槽系统,其特征在于,还包括:流量计;所述流量计分别连接所述高压储气瓶和所述混合器,用于控制进入SOEC电堆的氢气流量。

4. 根据权利要求3所述的高安全性燃料电池电解槽系统,其特征在于,还包括:高温循环泵;所述高温循环泵连接SOEC电堆阳极出口和SOEC电堆阳极入口,用于将阳极尾气引入SOEC电堆阳极入口,使未反应的高温水蒸气再次进入SOEC电堆参加反应,提高水蒸气利用率。

5. 根据权利要求3所述的高安全性燃料电池电解槽系统,其特征在于:所述混合器为引射器,所述引射器的氢气侧入口与SOEC电堆阳极出口通过阀门连接,用于控制将阳极尾气引入至引射器中。

6. 一种高安全性燃料电池电解槽系统的工作方法,其特征在于,包括:

阴极侧:空气由风机压缩后,通过空气换热器和电堆排出的高温阴极尾气进行换热后进入电加热器,将空气温度加热至设定温度后,经空气-燃气换热器与阳极侧的水蒸气进行换热后达到电堆进口温度,然后进入SOEC电堆;

阳极侧:水泵从水箱按照设定的需求量给蒸汽发生器提供液态水,液态水经蒸汽发生器汽化后,形成的水蒸气进入燃气换热器,在燃气换热器中与阳极尾气换热,然后进入空气-燃气换热器,通过与经空气电加热器加热后的高温空气换热,进一步提高水蒸气温度,换热后的高温水蒸气在混合器中和常温氢气混合后进入SOEC电堆。

7. 根据权利要求6所述的高安全性燃料电池电解槽系统的工作方法,其特征在于,还包括:通过调节空气电加热器功率,使得氢气和水蒸气的混合气达到设定温度后进入SOEC电堆。

8. 根据权利要求6所述的高安全性燃料电池电解槽系统的工作方法,其特征在于,还包括:阳极尾气经过所述燃气换热器换热后进入冷凝器,通过冷凝器将气态水冷凝为液态水,再通过水气分离器将液态水和氢气分离,分离得到的液态水回流至水箱循环使用,分离得到的氢气经过增压泵压缩后储存在高压储气瓶中。

9. 根据权利要求8所述的高安全性燃料电池电解槽系统的工作方法,其特征在于,还包括:将所述高压储气瓶中的常温氢气通过流量计引入至混合器中,所述流量计用于控制氢气进入SOEC电堆的流量。

10. 根据权利要求9所述的高安全性燃料电池电解槽系统的工作方法,其特征在于:额定工作阶段:整个系统进入额定状态开始产生氢气后,关闭供应常温氢气的所述流量计,打开高温循环泵,将阳极尾气导回SOEC电堆,使其中未反应的高温水蒸气二次进入SOEC电堆参加反应,提高水蒸气利用率。

一种高安全性燃料电池电解槽系统及其工作方法

技术领域

[0001] 本发明属于电解池技术领域,更为具体地讲,涉及一种高安全性燃料电池电解槽系统及其工作方法。

背景技术

[0002] 固体氧化物电解池(SOEC)是一种先进的电化学能量转化装置,可利用清洁一次能源产生的电能和热能,以 H_2O 和/或 CO_2 为原料,通过高效电解制备氢气或碳氢燃料,有望实现大规模能量高效转化和存储。

[0003] 目前,大部分SOEC系统如图1所示,阴极侧,空气由风机压缩后,通过和电堆出来高温空气换热后进第一电加热器,将空气温度加热至设定的电堆进口温度后进入电堆;阳极侧,水泵从水箱按照设定的需要给蒸汽发生器提供液态水,蒸汽发生器汽化后形成水蒸气和循环回来的氢气混合,一起进入燃气换热器,和电堆阳极排出气换热后进入第二电加热器,将混合器加热至设定温度后,进入电堆;阳极尾气经过换热后进入冷凝器,将气态水冷凝为液态水,通过水汽分离,液态水回流至水箱循环使用;氢气经过压缩后储存在高压储气装置中,使用时通过循环泵循环至阳极侧与水蒸气混合。

[0004] 这种SOEC系统存在以下不足:1、该系统至少需要两个电加热器、两个换热器以及一个循环泵等部件,部件较多,体积较大,使用不方便;2、氢气和水的混合气要通过电加热,存在安全隐患;3、水蒸气利用率低,导致整个SOEC系统效率低。

发明内容

[0005] 针对现有技术中的上述不足,本发明提供一种高安全性燃料电池电解槽系统,包括:风机、空气换热器、电加热器、空气-燃气换热器、水箱、水泵、蒸汽发生器、燃气换热器、混合器、SOEC电堆。

[0006] 其中,风机、空气换热器、电加热器和空气-燃气换热器依次连接,形成阴极侧的供给流路。所述风机用于将空气压缩后送入所述空气换热器;所述空气换热器用于将所述风机送入的空气与所述SOEC电堆排出的高温阴极尾气进行热交换;所述电加热器用于加热空气;所述空气-燃气换热器用于将电加热器加热后的高温空气与阳极侧的水蒸气进行热交换。上述经过空气-燃气换热器热交换后的空气输送进入SOEC电堆。

[0007] 其中水箱、水泵、蒸汽发生器、燃气换热器、空气-燃气换热器和混合器依次连接,形成阳极侧的供给流路。所述水箱用于储存水;所述水泵用于从所述水箱按照设定的需求量给蒸汽发生器提供液态水;所述蒸汽发生器用于将液态水汽化成水蒸气;所述燃气换热器用于将所述蒸汽发生器形成的水蒸气与SOEC电堆排出的高温阳极尾气进行热交换;所述空气-燃气换热器用于将水蒸气与阴极侧被电加热器加热后的高温空气进行热交换,进一步提高水蒸气温度,形成高温水蒸气;所述混合器用于将上述高温水蒸气与常温氢气混合。上述经过混合器混合后的氢气和水蒸气混合气输送进入SOEC电堆。

[0008] 所述高安全性燃料电池电解槽系统还包括:冷凝器、水气分离器、增压泵和高压储

气瓶。所述冷凝器与所述燃气换热器相连,用于冷凝经燃气换热器流出的阳极尾气;所述水气分离器与所述冷凝器相连,用于分离经冷凝器凝结形成的液态水和氢气,分离得到的液态水流回至水箱循环使用。所述增压泵与所述水气分离器相连,用于将分离得到的氢气压缩储存至所述高压储气瓶中。

[0009] 所述高安全性燃料电池电解槽系统还包括:流量计。所述流量计分别连接所述高压储气瓶和所述混合器,用于控制进入SOEC电堆的氢气流量。

[0010] 所述高安全性燃料电池电解槽系统还包括:高温循环泵。所述高温循环泵连接SOEC电堆阳极出口和SOEC电堆阳极入口,用于将阳极尾气引入SOEC电堆阳极入口,使未反应的高温水蒸气再次进入SOEC电堆参加反应,提高水蒸气利用率。

[0011] 所述高安全性燃料电池电解槽系统的混合器可以为引射器,所述引射器的氢气侧入口与SOEC电堆阳极出口通过阀门连接,用于控制将阳极尾气引入至引射器中,使未反应的高温水蒸气再次进入SOEC电堆参加反应,提高水蒸气利用率。

[0012] 本发明还提供一种高安全性燃料电池电解槽系统的工作方法,包括:

[0013] 阴极侧:空气由风机压缩后,通过空气换热器和电堆排出的高温阴极尾气进行换热后进入电加热器,将空气温度加热至设定温度后,经空气-燃气换热器与阳极侧的水蒸气进行换热后达到电堆进口温度,然后进入SOEC电堆;

[0014] 阳极侧:水泵从水箱按照设定的需求量给蒸汽发生器提供液态水,液态水经蒸汽发生器汽化后,形成的水蒸气进入燃气换热器,在燃气换热器中与阳极尾气换热,然后进入空气-燃气换热器,通过与经空气电加热器加热后的高温空气换热,进一步提高水蒸气温度,换热后的高温水蒸气在混合器中和常温氢气混合后进入SOEC电堆。

[0015] 所述高安全性燃料电池电解槽系统的工作方法,还包括:通过调节空气电加热器功率,使得氢气和水蒸气的混合气达到设定温度后进入SOEC电堆。

[0016] 所述高安全性燃料电池电解槽系统的工作方法,还包括:阳极尾气经过所述燃气换热器换热后进入冷凝器,通过冷凝器将气态水冷凝为液态水,再通过水气分离器将液态水和氢气分离,分离得到的液态水回流至水箱循环使用,分离得到的氢气经过增压泵压缩后储存在高压储气瓶中。

[0017] 所述高安全性燃料电池电解槽系统的工作方法,还包括:将所述高压储气瓶中的常温氢气通过流量计引入至混合器中,所述流量计用于控制氢气进入SOEC电堆的流量。

[0018] 所述高安全性燃料电池电解槽系统的工作方法,还包括:整个系统进入额定状态(即额定工作阶段)开始产生氢气后,关闭常温氢气供应的所述流量计,打开高温循环泵,将部分阳极尾气导回SOEC电堆,使其中未反应的高温水蒸气二次进入SOEC电堆参加反应,提高水蒸气利用率,从而减小冷凝器和蒸汽发生器功率,提高整个系统效率。剩余的阳极尾气经过燃气换热器换热后进入冷凝器。

[0019] 所述高安全性燃料电池电解槽系统的工作方法,还包括:整个系统进入额定状态(即额定工作阶段)开始产生氢气后,关闭供应常温氢气的所述流量计,打开阀门,将部分阳极尾气引入引射器中,与所述空气-燃气换热器流出的高温水蒸气混合,形成的高温高压水蒸气通过所述引射器射入SOEC电堆。剩余的阳极尾气经过燃气换热器换热后进入冷凝器。上述方法将未反应的高温水蒸气二次循环并混合均匀进入SOEC电堆参加反应,提高水蒸气利用率,从而减小冷凝器和蒸汽发生器功率。

[0020] 本发明与现有技术相比,具有如下有益效果:

[0021] 1、不采用电加热器直接加热氢气和水蒸气的混合气体,而是通过电加热器加热空气,然后由空气和水蒸气换热来加热水蒸气,再通过高温水蒸气和常温氢气混合实现对氢气的加热,使氢气和水蒸气的混合气体温度达到电堆设定的进口温度,使用氢气的安全性大大提高;

[0022] 2、省略了循环泵,直接从高压储气罐中减压,通过流量计控制氢气流量进入系统;

[0023] 3、仅采用一个电加热就可以实现为整个系统提供热能,减少部件,降低成本,简化热管理的控制难度;

[0024] 4、用高温阳极循环泵将阳极生成的氢气和未反应的水蒸气部分循环回电堆入口,为电堆阳极提供氢气的同时,将未反应的高温水蒸气二次进入电堆参加反应,提高水蒸气利用率,从而减小冷凝器和蒸汽发生器功率,提高整个系统效率;

[0025] 5、用引射器代替混合器和高温阳极循环泵,将阳极生成的氢气和未反应的水蒸气部分循环回电堆入口,为电堆阳极提供氢气的同时,将未反应的高温水蒸气二次进入电堆参加反应,提高水蒸气利用率,从而减小冷凝器和蒸汽发生器功率,提高整个系统效率。

[0026] 6、引射器相比高温循环泵消耗的电能较少,降低寄生功耗和成本,提高了整个系统的效率。

附图说明

[0027] 图1是现有技术的SOEC系统的结构示意图;

[0028] 图2是本发明的高安全性燃料电池电解槽系统第1实施方式的组成结构示意图;

[0029] 图3是本发明的高安全性燃料电池电解槽系统第2实施方式的组成结构示意图;

[0030] 图4是本发明的高安全性燃料电池电解槽系统第3实施方式的组成结构示意图;

[0031] 图中:1-1 风机,1-2 换热器,1-3 第一电加热器,1-4 第二电加热器,1-5 水箱,1-6 水泵,1-7 蒸汽发生器,1-8 换热器,1-9 冷凝器,1-10 SOEC电堆,1-11 循环泵,1-12 水气分离器,1-13 增压泵,1-14 高压储气瓶;

[0032] 1 风机,2 空气换热器,3 电加热器,4 空气-燃气换热器,5 水箱,6 水泵,7 蒸汽发生器,8 燃气换热器,9 混合器,10 SOEC电堆,11 冷凝器,12 水气分离器,13 增压泵,14 高压储气瓶,15 流量计,16 高温循环泵,17 引射器,18 阀门。

具体实施方式

[0033] 下面将参照附图更详细地描述本公开的实施例。虽然附图中显示了本公开的实施例,然而应该理解,可以以各种形式实现本公开而不应被这里阐述的实施例所限制。相反,提供这些实施例是为了使本公开更加透彻和完整,并且能够将本公开的范围完整地传达给本领域的技术人员。

[0034] 第1实施方式

[0035] 如附图2所示,一种高安全性燃料电池电解槽系统,包括:风机1、空气换热器2、电加热器3、空气-燃气换热器4、水箱5、水泵6、蒸汽发生器7、燃气换热器8、混合器9、SOEC电堆10、冷凝器11、水气分离器12、增压泵13、高压储气瓶14、流量计15。

[0036] 风机1、空气换热器2、电加热器3和空气-燃气换热器4依次连接,形成阴极侧的供

给流路。所述风机1用于将空气压缩后送入所述空气换热器2；所述空气换热器2用于将所述风机1送入的空气与所述SOEC电堆10排出的高温阴极尾气进行热交换；所述电加热器3用于加热空气；所述空气-燃气换热器4用于将电加热器3加热后的高温空气与阳极侧的水蒸气进行热交换。上述经过空气-燃气换热器4热交换后的空气输送进入所述SOEC电堆10。

[0037] 水箱5、水泵6、蒸汽发生器7、燃气换热器8、空气-燃气换热器4和混合器9依次连接，形成阳极侧的供给流路。所述水箱5用于储存水；所述水泵6用于从所述水箱5按照设定的需求量给所述蒸汽发生器7提供液态水；所述蒸汽发生器7用于将液态水汽化成水蒸气；所述燃气换热器8用于将所述蒸汽发生器7形成的水蒸气与所述SOEC电堆10排出的高温阳极尾气进行热交换；所述空气-燃气换热器4用于将水蒸气与阴极侧被所述电加热器3加热后的高温空气进行热交换，进一步提高水蒸气温度，形成高温水蒸气；所述混合器9用于将上述高温水蒸气与常温氢气混合。上述经过混合器9混合后的氢气和水蒸气混合气输送进入所述SOEC电堆10。

[0038] 所述冷凝器11与所述燃气换热器8相连，用于冷凝经所述燃气换热器8流出的阳极尾气；所述水气分离器12与所述冷凝器11相连，用于分离经冷凝器11凝结形成的液态水和氢气，分离得到的液态水流回至所述水箱5循环使用。所述增压泵13与所述水气分离器12相连，用于将分离得到的氢气压缩储存至所述高压储气瓶14中。所述流量计15分别连接所述高压储气瓶14和所述混合器9，用于控制进入SOEC电堆10的氢气流量。

[0039] 该实施方式的高安全性燃料电池电解槽系统的工作方法包括：

[0040] 阴极侧：空气由风机1压缩后，通过空气换热器2和SOEC电堆10排出的高温阴极尾气进行换热后进入电加热器3，将空气温度加热至设定温度后，经空气-燃气换热器4与阳极侧的水蒸气进行换热后达到电堆进口温度，然后进入SOEC电堆10；

[0041] 阳极侧：水泵6从水箱5按照设定的需求量给蒸汽发生器7提供液态水，液态水经蒸汽发生器7汽化后，形成的水蒸气进入燃气换热器8，在燃气换热器8中与阳极尾气换热，然后进入空气-燃气换热器4，通过与经电加热器3加热后的高温空气换热，进一步提高水蒸气温度，换热后的高温水蒸气在混合器9中和常温氢气混合后进入SOEC电堆10；在上述过程中，通过调节电加热器3功率，使得氢气和水蒸气的混合气达到设定温度后进入SOEC电堆10；阳极尾气经过燃气换热器8换热后进入冷凝器11，通过冷凝器11将气态水冷凝为液态水，再通过水气分离器12将液态水和氢气分离，分离得到的液态水回流至水箱5循环使用，分离得到的氢气经过增压泵13压缩后储存在高压储气瓶14中；将所述高压储气瓶14中的常温氢气通过流量计15引入至混合器9中，所述流量计15用于控制氢气进入SOEC电堆10的流量。

[0042] 本实施方式的高安全性燃料电池电解槽系统具有以下有益效果：(1)不采用电加热器直接加热氢气和水蒸气的混合气体，而是通过电加热器加热空气，然后由空气和水蒸气换热来加热水蒸气，再通过高温水蒸气和常温氢气混合实现对氢气的加热，使氢气和水蒸气的混合气体温度达到电堆设定的进口温度，使用氢气的安全性大大提高；(2)省略了循环泵，直接从高压储气罐中减压，通过流量计控制氢气流量进入系统；(3)仅采用一个电加热就可以实现为整个系统提供热能，减少部件，降低成本，简化热管理的控制难度。

[0043] 第2实施方式

[0044] 如附图3所示，一种高安全性燃料电池电解槽系统，包括：风机1、空气换热器2、电

加热器3、空气-燃气换热器4、水箱5、水泵6、蒸汽发生器7、燃气换热器8、混合器9、SOEC电堆10、冷凝器11、水气分离器12、增压泵13、高压储气瓶14、流量计15、高温循环泵16。

[0045] 风机1、空气换热器2、电加热器3和空气-燃气换热器4依次连接,形成阴极侧的供给流路。所述风机1用于将空气压缩后送入所述空气换热器2;所述空气换热器2用于将所述风机1送入的空气与所述SOEC电堆10排出的高温阴极尾气进行热交换;所述电加热器3用于加热空气;所述空气-燃气换热器4用于将电加热器3加热后的高温空气与阳极侧的水蒸气进行热交换。上述经过空气-燃气换热器4热交换后的空气输送进入所述SOEC电堆10。

[0046] 水箱5、水泵6、蒸汽发生器7、燃气换热器8、空气-燃气换热器4和混合器9依次连接,形成阳极侧的供给流路。所述水箱5用于储存水;所述水泵6用于从所述水箱5按照设定的需求量给所述蒸汽发生器7提供液态水;所述蒸汽发生器7用于将液态水汽化成水蒸气;所述燃气换热器8用于将所述蒸汽发生器7形成的水蒸气与所述SOEC电堆10排出的高温阳极尾气进行热交换;所述空气-燃气换热器4用于将水蒸气与阴极侧被所述电加热器3加热后的高温空气进行热交换,进一步提高水蒸气温度,形成高温水蒸气;所述混合器9用于将上述高温水蒸气与常温氢气混合。上述经过混合器9混合后的氢气和水蒸气混合气输送进入所述SOEC电堆10。

[0047] 所述冷凝器11与所述燃气换热器8相连,用于冷凝经所述燃气换热器8流出的阳极尾气;所述水气分离器12与所述冷凝器11相连,用于分离经冷凝器11凝结形成的液态水和氢气,分离得到的液态水流回至所述水箱5循环使用。所述增压泵13与所述水气分离器12相连,用于将分离得到的氢气压缩储存至所述高压储气瓶14中。所述流量计15分别连接所述高压储气瓶14和所述混合器9,用于控制进入SOEC电堆10的氢气流量。

[0048] 高温循环泵16连接SOEC电堆10的阳极出口和SOEC电堆10的阳极入口,用于将部分阳极尾气引入SOEC电堆10的阳极入口,使未反应的高温水蒸气再次进入SOEC电堆10参加反应,提高水蒸气利用率。

[0049] 该实施方式的高安全性燃料电池电解槽系统的工作方法包括:

[0050] 阴极侧:空气由风机1压缩后,通过空气换热器2和SOEC电堆10排出的高温阴极尾气进行换热后进入电加热器3,将空气温度加热至设定温度后,经空气-燃气换热器4与阳极侧的水蒸气进行换热后达到电堆进口温度,然后进入SOEC电堆10;

[0051] 阳极侧:水泵6从水箱5按照设定的需求量给蒸汽发生器7提供液态水,液态水经蒸汽发生器7汽化后,形成的水蒸气进入燃气换热器8,在燃气换热器8中与阳极尾气换热,然后进入空气-燃气换热器4,通过与经电加热器3加热后的高温空气换热,进一步提高水蒸气温度,换热后的高温水蒸气在混合器9中和常温氢气混合后进入SOEC电堆10;在上述过程中,通过调节电加热器3功率,使得氢气和水蒸气的混合气达到设定温度后进入SOEC电堆10;阳极尾气经过燃气换热器8换热后进入冷凝器11,通过冷凝器11将气态水冷凝为液态水,再通过水气分离器12将液态水和氢气分离,分离得到的液态水回流至水箱5循环使用,分离得到的氢气经过增压泵13压缩后储存在高压储气瓶14中;将所述高压储气瓶14中的常温氢气通过流量计15引入至混合器9中,所述流量计15用于控制氢气进入SOEC电堆10的流量;

[0052] 额定工作阶段:整个系统进入额定状态开始产生氢气后,关闭常温氢气供应的所述流量计15,打开高温循环泵16,将阳极尾气导回SOEC电堆10,使其中未反应的高温水蒸气

二次进入SOEC电堆10参加反应,提高水蒸气利用率,从而减小冷凝器11和蒸汽发生器7的功率,提高整个系统效率。剩余的阳极尾气经过燃气换热器8换热后进入冷凝器11。

[0053] 本实施方式的高安全性燃料电池电解槽系统具有以下有益效果:(1)不采用电加热器直接加热氢气和水蒸气的混合气体,而是通过电加热器加热空气,然后由空气和水蒸气换热来加热水蒸气,再通过高温水蒸气和常温氢气混合实现对氢气的加热,使氢气和水蒸气的混合气体温度达到电堆设定的进口温度,使用氢气的安全性大大提高;(2)省略了循环泵,直接从高压储气罐中减压,通过流量计控制氢气流量进入系统;(3)仅采用一个电加热就可以实现为整个系统提供热能,减少部件,降低成本,简化热管理的控制难度;(4)用高温阳极循环泵将阳极生成的氢气和未反应的水蒸气部分循环回电堆入口,为电堆阳极提供氢气的同时,将未反应的高温水蒸气二次进入电堆参加反应,提高水蒸气利用率,从而减小冷凝器和蒸汽发生器功率,提高整个系统效率。

[0054] 第3实施方式

[0055] 如附图4所示,一种高安全性燃料电池电解槽系统,包括:风机1、空气换热器2、电加热器3、空气-燃气换热器4、水箱5、水泵6、蒸汽发生器7、燃气换热器8、引射器17、SOEC电堆10、冷凝器11、水气分离器12、增压泵13、高压储气瓶14、流量计15、阀门18。

[0056] 风机1、空气换热器2、电加热器3和空气-燃气换热器4依次连接,形成阴极侧的供给流路。所述风机1用于将空气压缩后送入所述空气换热器2;所述空气换热器2用于将所述风机1送入的空气与所述SOEC电堆10排出的高温阴极尾气进行热交换;所述电加热器3用于加热空气;所述空气-燃气换热器4用于将电加热器3加热后的高温空气与阳极侧的水蒸气进行热交换。上述经过空气-燃气换热器4热交换后的空气输送进入所述SOEC电堆10。

[0057] 水箱5、水泵6、蒸汽发生器7、燃气换热器8、空气-燃气换热器4和引射器17依次连接,形成阳极侧的供给流路。所述水箱5用于储存水;所述水泵6用于从所述水箱5按照设定的需求量给所述蒸汽发生器7提供液态水;所述蒸汽发生器7用于将液态水汽化成水蒸气;所述燃气换热器8用于将所述蒸汽发生器7形成的水蒸气与所述SOEC电堆10排出的高温阳极尾气进行热交换;所述空气-燃气换热器4用于将水蒸气与阴极侧被所述电加热器3加热后的高温空气进行热交换,进一步提高水蒸气温度,形成高温水蒸气;所述引射器17用于将上述高温水蒸气与常温氢气混合。上述经过引射器17混合后的氢气和水蒸气混合气输送进入所述SOEC电堆10。

[0058] 所述冷凝器11与所述燃气换热器8相连,用于冷凝经所述燃气换热器8流出的阳极尾气;所述水气分离器12与所述冷凝器11相连,用于分离经冷凝器11凝结形成的液态水和氢气,分离得到的液态水流回至所述水箱5循环使用。所述增压泵13与所述水气分离器12相连,用于将分离得到的氢气压缩储存至所述高压储气瓶14中。所述流量计15分别连接所述高压储气瓶14和所述引射器17,用于控制进入SOEC电堆10的氢气流量。

[0059] 引射器17的氢气侧入口与SOEC电堆10阳极出口通过阀门18连接,阀门18用于控制将部分阳极尾气引入至引射器17中,使未反应的高温水蒸气再次进入SOEC电堆10参加反应,提高水蒸气利用率。

[0060] 该实施方式的高安全性燃料电池电解槽系统的工作方法包括:

[0061] 阴极侧:空气由风机1压缩后,通过空气换热器2和SOEC电堆10排出的高温阴极尾气进行换热后进入电加热器3,将空气温度加热至设定温度后,经空气-燃气换热器4与阳极

侧的水蒸气进行换热后达到电堆进口温度,然后进入SOEC电堆10;

[0062] 阳极侧:水泵6从水箱5按照设定的需求量给蒸汽发生器7提供液态水,液态水经蒸汽发生器7汽化后,形成的水蒸气进入燃气换热器8,在燃气换热器8中与阳极尾气换热,然后进入空气-燃气换热器4,通过与经电加热器3加热后的高温空气换热,进一步提高水蒸气温度,换热后的高温水蒸气在引射器17中和常温氢气混合后进入SOEC电堆10;在上述过程中,通过调节电加热器3功率,使得氢气和水蒸气的混合气达到设定温度后进入SOEC电堆10;阳极尾气经过燃气换热器8换热后进入冷凝器11,通过冷凝器11将气态水冷凝为液态水,再通过水气分离器12将液态水和氢气分离,分离得到的液态水回流至水箱5循环使用,分离得到的氢气经过增压泵13压缩后储存在高压储气瓶14中;将所述高压储气瓶14中的常温氢气通过流量计15引入至引射器17中,所述流量计15用于控制氢气进入SOEC电堆10的流量;

[0063] 额定工作阶段:整个系统进入额定状态开始产生氢气后,关闭常温氢气供应的所述流量计15,打开阀门18,将阳极尾气引入引射器17中,与所述空气-燃气换热器4流出的高温水蒸气混合,形成的高温高压水蒸气通过所述引射器17射入SOEC电堆10。剩余的阳极尾气经过燃气换热器8换热后进入冷凝器11。上述方法将未反应的高温水蒸气二次循环并混合均匀进入SOEC电堆10参加反应,提高水蒸气利用率,从而减小冷凝器11和蒸汽发生器7功率。

[0064] 本实施方式的高安全性燃料电池电解槽系统具有以下有益效果:(1)不采用电加热器直接加热氢气和水蒸气的混合气体,而是通过电加热器加热空气,然后由空气和水蒸气换热来加热水蒸气,再通过高温水蒸气和常温氢气混合实现对氢气的加热,使氢气和水蒸气的混合气体温度达到电堆设定的进口温度,使用氢气的安全性大大提高;(2)省略了循环泵,直接从高压储气罐中减压,通过流量计控制氢气流量进入系统;(3)仅采用一个电加热就可以实现为整个系统提供热能,减少部件,降低成本,简化热管理的控制难度;(4)用引射器将阳极生成的氢气和未反应的水蒸气部分循环回电堆入口,为电堆阳极提供氢气的同时,将未反应的高温水蒸气二次进入电堆参加反应,提高水蒸气利用率,从而减小冷凝器和蒸汽发生器功率,提高整个系统效率;(5)引射器相比高温循环泵消耗的电能较少,降低寄生功耗和成本,提高了整个系统的效率。

[0065] 以上已经描述了本公开的各实施例,上述说明是示例性的,并非穷尽性的,并且也不限于所披露的各实施例。在不偏离所说明的各实施例的范围和精神的情况下,对于本技术领域的普通技术人员来说许多修改和变更都是显而易见的。本文中所用术语的选择,旨在最好地解释各实施例的原理、实际应用或对现有技术的改进,或者使本技术领域的其它普通技术人员能理解本文披露的各实施例。

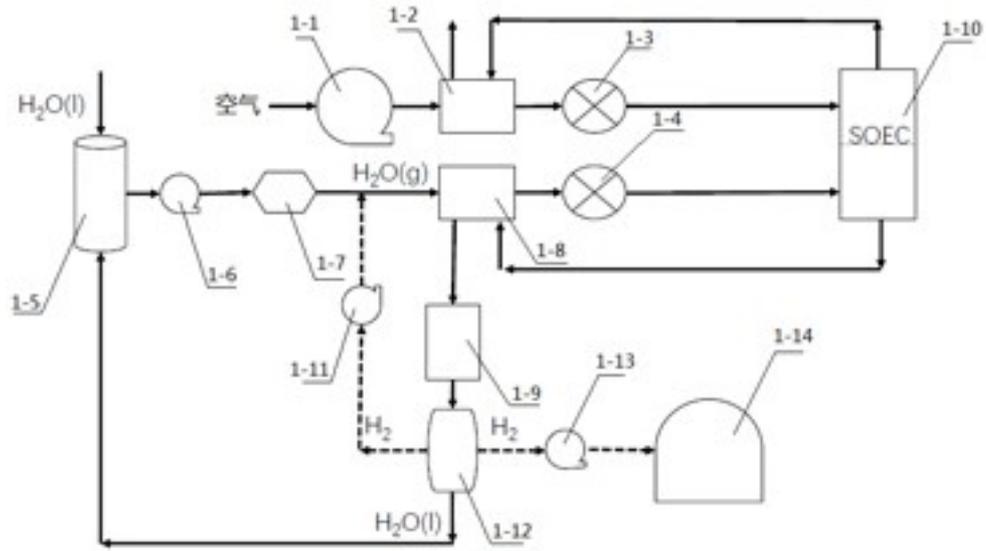


图1

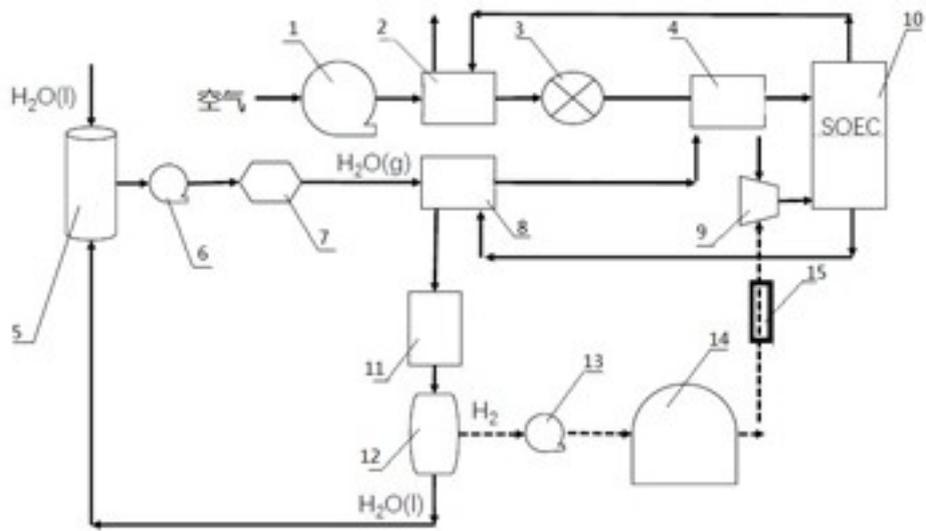


图2

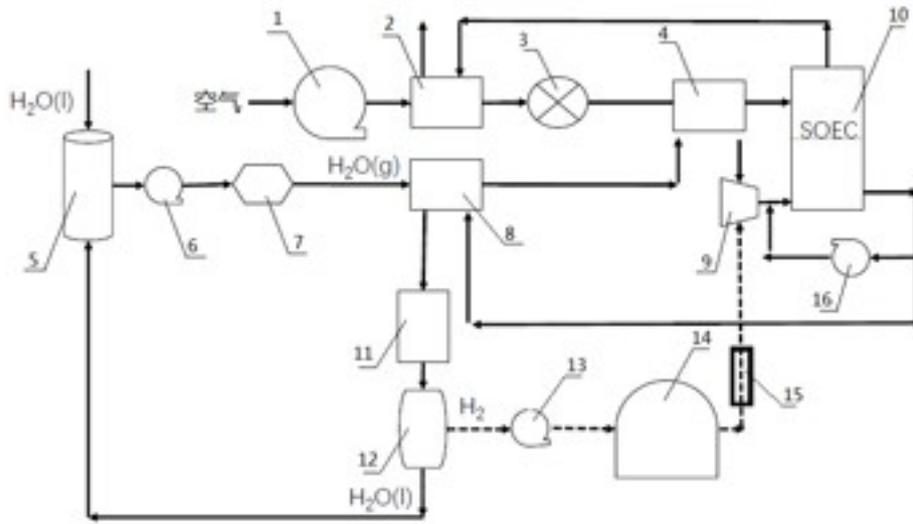


图3

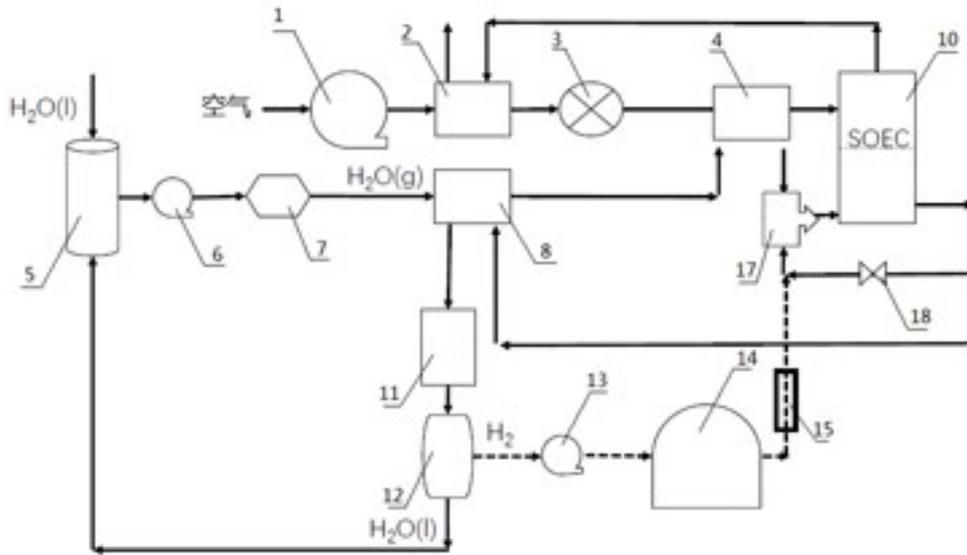


图4