

文章编号: 1671-6612 (2020) 03-308-04

一种基于大型 PEMFC 氢氧燃料电池的 一体四用新型系统

王路路 江燕涛

(广东海洋大学机械与动力工程学院 湛江 524088)

【摘要】 目前, 社会大力提倡清洁能源, 一种基于大型 PEMFC 氢氧燃料电池的一体四用新型系统是集发电、热水供应、制冷、制热于一身的高效节能系统。其包括氢氧燃料电池系统、热水系统、制冷系统、制热系统四个子系统, 利用中间水箱这一结构将四个子系统联系起来。另外在中间水箱内设置电加热器, 进而实现四个子系统既可联合工作, 也可单独工作。它解决了常见柴油发电机噪音大、夏季炎热、冬季寒冷、无热水供应问题, 改善野外及孤岛工作者的工作条件, 是一种节能环保的系统, 具有一定的实际应用意义。

【关键词】 燃料电池系统; 热水系统; 制冷系统; 制热系统

中图分类号 TB47 文献标识码 A

A New Integrated Four-Purpose System Based on Large PEMFC Hydrogen-Oxygen Fuel Cell

Wang Lulu Jiang Yantao

(School of Mechanical and Power Engineering, Guangdong Ocean University, Zhanjiang, 524088)

【Abstract】 Under the situation of vigorously advocating green and clean energy in today's society, a new four-purpose system based on large PEMFC hydrogen-oxygen fuel cell is an efficient energy-saving system which integrates power generation, hot water supply, refrigeration and heating. It includes four subsystems: hydrogen and oxygen fuel cell system, hot water system, refrigeration system and heating system. The four subsystems are connected by the structure of intermediate water tank. In addition, an electric heater is installed in the middle water tank to realize that the four subsystems can work together or independently. It solves the common diesel generator noise, hot summer, cold winter, no hot water supply problems, improve the working conditions of field and island workers, is an energy-saving and environmental protection system, has a certain practical significance.

【Keywords】 Fuel cell system; Hot water system; Refrigeration system; Heating system

作者简介: 王路路 (1994-), 男, 在读硕士研究生, 主要研究方向为节能设计与动力设备, E-mail: 1150216006@qq.com
通信作者: 江燕涛 (1967-), 女, 教授, E-mail: jiang238@163.com
收稿日期: 2019-08-01

0 引言

氢氧燃料电池由于具有清洁环保、能量利用率高、噪音低的特点, 受到各国的热捧^[1]。2003 年, 德国用氢燃料电池建造了世界上第一艘潜艇; 2015 年东京车展, 本田首发一款续航可达 750km 的氢氧燃料电池汽车 Mirai。国内也开展了广泛的实验

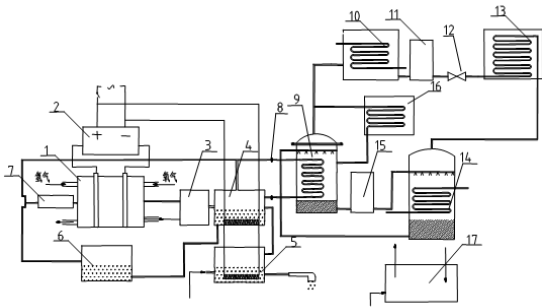
研究和初步研究, 例如, 2017 年, 世界上第一辆商用氢燃料电池电车在河北省唐山市启动。

目前野外工作者如铁路施工者、电网施工者等的工作环境极其恶劣, 经常面临着柴油发电过程中噪音大^[2]、夏季酷热而难以成眠、冬季无暖气、晚上无热水供应的难题。此外中国南海众多孤岛交通

不便且电网难以覆盖其上, 驻扎其上的工作者亦面临同样难题。

1 系统结构设计

一种基于大型氢氧燃料电池的一体四用新型系统包括质子交换膜型氢氧燃料电池^[3]、蓄电池、水收集箱、中间水箱、燃料电池冷却水箱、去离子器、热水储存箱、法兰、发生器、浓溴化锂溶液储存器、冷凝器、制冷剂储存器、蒸发器、吸收器、冷凝盘管、制冷系统冷却水箱。如图 1 所示。



1—氢氧燃料电池; 2—蓄电池; 3—水收集器; 4—中间水箱;
5—热水储存箱; 6—燃料电池冷却水箱; 7—去离子器; 8—连接法兰;
9—发生器; 10—冷凝室; 11—制冷剂储存器; 12—节流阀;
13—蒸发室; 14—吸收室; 15—浓溴化锂溶液储存器;
16—制热蒸汽冷凝盘管; 17—制冷系统冷却水箱

图 1 系统结构框图

Fig.1 System block diagram

氢氧燃料电池提供氢气与氧气反应的场所, 将化学能转化为电能的装置。其产生的电能储藏于蓄电池之中, 供负载使用^[4]。氢氧燃料电池中产物水与氢氧燃料电池的出口冷却水汇聚在水收集箱。随后产物水与燃料电池冷却水混合之后将送入中间水箱。中间水箱内部设有溢流阀及加热装置。混合之后多余的冷却水通过溢流的方式, 进入储存热水的热水储存箱。燃料电池冷却水箱是调节氢氧燃料电池温度的重要结构。当燃料电池负荷增强, 散热量增加, 为保持氢氧燃料电池温度不变, 冷却水箱增加了管道的冷却水量, 增加了带走的热量。当燃料电池负荷降低, 散热量增多, 冷却水从水收集箱进入冷却水箱, 不再参与循环。热水储存箱是热水系统的核心部件, 内有加热器。当制冷系统工作时, 其热水由反应产物水及制冷系统中吸热后的冷却水供给, 无须加热器。当制热系统工作时, 其热水由反应产物水及外界供给, 此时需要加热器加热。发生器属于低压元件, 是燃烧电池冷却水与溴化锂

稀溶液的换热场所。

制冷系统采取无毒、不易泄漏的溴化锂溶液作为制冷混合液, 制冷系统中发生器的热量主要利用氢氧燃料电池产生的废热, 水在溴化锂溶液中的蒸发^[5]。在制冷系统中, 当制冷量小于外界耗冷量时, 可借助中间水箱中的加热器, 对冷却水进行二次加热, 增加制冷系统的制冷量。当氢氧燃料电池不工作时, 制冷系统可利用中间水箱中的加热器, 外接其他电源工作。

为了减弱外部热水消耗量及冷量消耗量的输入信息与系统调节反馈信息之间的延迟, 在热水系统中设有热水储存水箱, 在制冷系统中设有制冷剂储存器及浓溴化锂溶液储存器。制热系统与制冷系统共用一个发生器。在制热系统中, 用于吸收燃料电池废热的发电机的溴化锂溶液, 溶液中的水受热汽化, 直接进入冷凝盘管与房间里面的冷空气换热, 冷凝之后的液态水重新进入发生器。外界耗冷量突然增加, 则制冷剂储存器的储存液位下降, 将此信息传递给中间水箱, 中间水箱里面的加热器开始加热冷却水, 补充热量, 增加制冷系统的制冷量, 采用加热器加热制冷虽然造成少量浪费但简单方便。

2 系统结构分析

新型系统的总能量是从氢带来的化学能。氢和氧在燃料电池中发生反应, 将化学转化为废热和废电能。当制冷系统工作时, 其中废热分为两部分, 其中一部分由过量冷却水在中间水箱以溢流的方式带入热水系统; 另一部分废热进入制冷系统, 转化为冷量。热水系统的能量来源于两部分, 一部分由反应水携带的热量, 另一部分是制冷系统经冷却和吸热后的冷却水, 部分冷却水进入热水储存箱中补充水量的过程中携带的, 如图 2 所示。

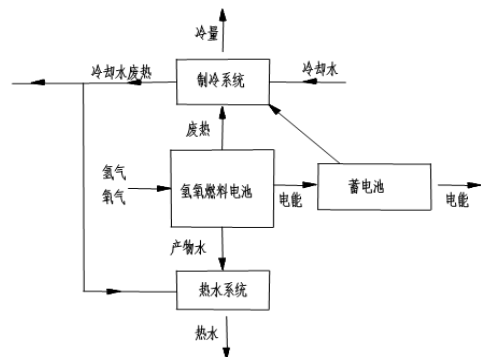


图 2 制冷循环工作时能量流动图

Fig.2 Energy flow chart of refrigeration cycle operation

制热系统工作与制冷系统工作比较主要有三点不同，其一：结构简单，仅仅需要一个发生器与制热蒸汽冷凝盘管即可实现供热要求。其二：热水系统的热量由反应产物水与蓄电池中电能提供。其三：热水系统的水源的补充由外界供给，如图3所示。

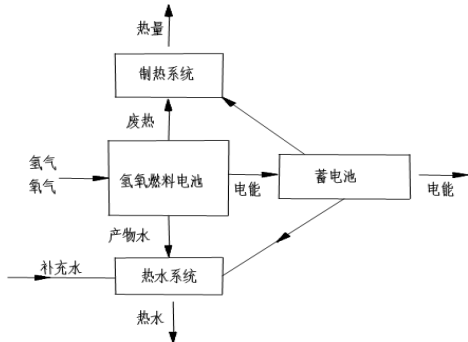


图3 制热系统工作时能量流动图

Fig.3 Energy flow chart of heating system in operation

氢氧燃料电池系统是由氢氧燃料电池、蓄电池、水收集箱、中间水箱、燃料电池冷却水箱、去离子器组成。其作用是提供氢氧反应场所，将化学能转化为电能。其过程为：氢气与氧气进入燃料电池，氢气供给氢电极，氧气同时供给氧电极。氢和氧在催化剂作用下通过电解质在电极上生成水。此时，氢电极被过量的电子带负电荷，而氧电极上缺少电子带正电荷^[4]。接通蓄电池或负载，就实现了化学能转化为电能。水收集箱收集产物水及排除过量空气。另外水收集箱、中间水箱、冷却水箱、去离子器组成燃料电池冷却循环结构。

热水系统是由中间水箱、热水储存箱、热水储存箱中的加热装置组成。其目的是获取热水并储存热水。当制冷、制热系统处于不同工作状态时，其热水系统的热量及水的来源是不同的。当制冷系统工作时，热水系统的热量来源于制冷系统的冷却水携带的热量及反应产物水携带的热量，热水系统的水来源于反应产物水及制冷系统的冷却水。当制热系统工作时，热水系统的热量主要来源于氢氧燃料电池系统产生的电能及反应产物水携带的热量，热水系统的水来源于反应产物水及外界补给水。不论是制冷还是制热，在热水系统中都充分利用了氢氧反应的产物水，实现了节能减排。另外当氢氧燃料电池不工作时，热水系统借助热水储存箱的电加热

器外接其他电源产生热水^[6]。

发生器工作时的燃料电池冷却水循环，其循环过程为：从燃料电池出来的冷却水与产物水共同进入水收集箱，随后从水收集箱进入中间水箱，在中间水箱中多余的冷却水通过溢流的方式进入热水储存箱，剩余冷却水进入发生室与溴化锂稀溶液换热，换热冷却后的冷却水通过去离子器去除污染离子，重新进入燃料电池。在此冷却水循环中还有一个冷却水补偿旁路。当燃料电池负荷增大时，散热量增大，燃料电池冷却水箱向系统补进冷却水，增大冷却水量。当燃料电池负荷降低时，散热量减少，多余的冷却水可以通过中间水箱进入燃料电池冷却水箱或热水储存箱^[7]。

当发生器不工作的时候，燃料系统冷却水循环过程为：从燃料电池出来的冷却水与产物水共同进入水收集箱，随后从水收集箱进入中间水箱，在中间水箱中过量的冷却水通过溢流的方式进入热水储存箱，剩余冷却水直接进入燃料电池冷却水箱进行冷却，随后通过去离子器去除污染离子，重新进入燃料电池^[7]，如图4所示。

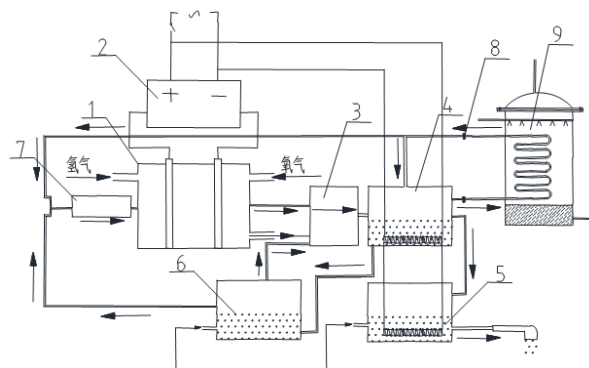


图4 燃料电池冷却水流动循环简图

Fig.4 Flow and circulation diagram of fuel cell cooling water

溴化锂吸收式制冷系统是由发生器、冷凝室、制冷剂储存器、节流阀、蒸发室、吸收室、浓溴化锂溶液储存器组成。其目的是利用氢氧燃料电池的废热，获得冷却能力。其过程为：溴化锂水溶液在发生器内受到来自燃料电池废热的加热后，室内溴化锂水溶液的浓度随着溶液中的水不断蒸发而增加，通过浓溴化锂溶液储存器这个中转站后，进入吸收室，蒸汽进入冷却室，被冷凝室里面的冷却水冻降温之后冻结，成为高压低温的液态水，当冷凝室内的水进入制冷剂储存器这个中转站之后，通过

节流阀进入蒸发室后,迅速膨胀蒸发,在蒸发过程中,在蒸发室内吸收大量冷凝水的热量,达到冷却制冷的目的。在这一过程中,低温蒸汽进入吸收室,被吸收室内的溴化锂水溶液吸收,此时的溶液浓度逐步降低,再重新送回发生室^[5],如图5所示。

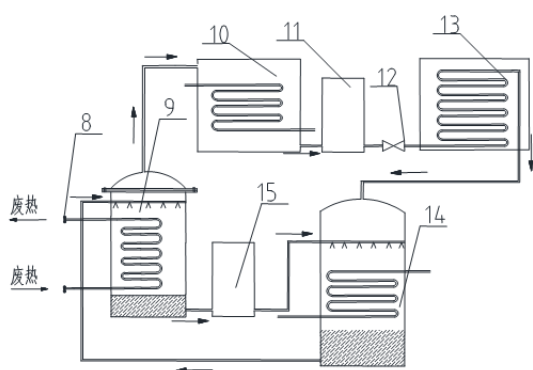


图5 制冷系统的工质循环图

Fig.5 Refrigerant cycle diagram of refrigeration system

制热系统是由发生器、制热蒸汽冷凝盘管组成。发生器中的溴化锂溶液吸热后,溶液中的水汽化,进入制热蒸汽冷凝盘管,与房间的冷空气换热,变为液态水后送回发生器,继续循环^[8],如图6所示。

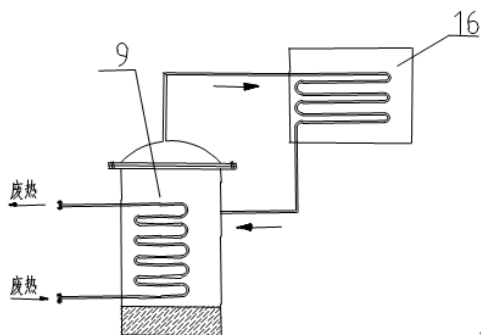


图6 制热系统工质流动图

Fig.6 Refrigerant flow chart of heating system

3 创新点

(1) 为了节能减排,中间水箱上设置溢流阀,

氢氧反应产生的水蒸汽与燃料电池冷却水在水收集器混合,随后进入中间水箱,通过中间水箱上的溢流阀进入热水储存器,变为热水供应的一部分。

(2) 另外为了减弱耗冷量信息输入与制冷量信息输出的之间的滞后效应,在蒸发器及节流阀之间设置制冷剂储存器、在发生室及吸收室之间设置溴化锂浓溶液储存器作为缓冲。

(3) 本系统在中间水箱与发生器之间设置对接法兰,可实现氢氧燃料电池系统与制冷及制热系统的脱离,方便运输与安装。

(4) 本系统的实际应用,可以实现一体四用,是一种新型的高效节能系统。

参考文献:

- [1] Kuzov A V, Tarasevich M R, Bogdanovskaya V A, et al. Degradation processes in hydrogen-air fuel cell as a function of the operating conditions and composition of membrane-electrode assemblies[J]. Russian Journal of Electrochemistry, 2016,52(7):705-715.
- [2] 伍赛特. 柴油机应用于发电设备的行业前景展望[J]. 上海节能,2019,(2):130-134.
- [3] 王萌. 质子交换膜燃料电池设计与综合优化研究[D]. 北京:北京科技大学,2019.
- [4] 江文龙. 基于 EC-MRI 系统的原位氢氧燃料电池研究[C]. 2018 第二届全国波谱学学术年会会议论文摘要集,2018:2.
- [5] 李志红. 溴化锂制冷节能技术的应用[J]. 化工设计通讯, 2018,44(10):133-134.
- [6] 乔建国,张册. 卷烟厂综合热源节能热水系统应用[J]. 设备管理与维修,2019,(11):178-180.
- [7] 杨涵晟,陈晨,王占生,等. 循环冷却水处理方法研究进展[J]. 电力科技与环保,2019,35(3):36-37.
- [8] 杨立然,黄翔,贾曼,等. 蒸发冷却与机械制冷协同耦合空调机组探讨[J]. 制冷与空调,2018,32(1):7-13.