

氢燃料电池堆运行环境全时域服务及控制系统研究

吴洪亭, 赵子龙, 张忠东, 孟国庆, 邢化岭, 王照亮

(中通客车股份有限公司, 山东 聊城 252000)

摘要:提出氢燃料电池堆运行环境的一种全时域服务及控制系统,可有效控制冷却液电导率,提高氢气、空气供给流量及压力控制的精准度,有效提升电堆反应效率,延长电堆使用寿命。

关键词:氢燃料电池堆; 运行环境; 全时域; 服务及控制

中图分类号: TM911.4

文献标志码: A

文章编号: 1006-3331(2023)04-0007-03

Research on Full-time Domain Service and Control System for Runtime Environment of Hydrogen Fuel Cell Stack

WU Hongting, ZHAO Zilong, ZHANG Zhongdong, MENG Guoqing, XING Hualing, WANG Zhaoliang

(Zhongtong Bus Holding Co., Ltd., Liaocheng 252000, China)

Abstract: This paper proposes a full-time domain service and control system for the runtime environment of a hydrogen fuel cell stack, which can effectively control the conductivity of coolant, improve the control accuracy of the supply flow and pressure for hydrogen and air, effectively improve the reaction efficiency of the cell stack, and extend the service life of the cell stack.

Key words: hydrogen fuel cell stack; runtime environment; full-time domain; service and control

氢燃料电池的氢气和氧气的输入压力、流量、浓度及电堆工作温度均会直接影响电堆的使用寿命及工作效率^[1]。为实现燃料电池高性能及长寿命,需要为燃料电池提供适宜的工作环境,氢气和氧气浓度过低会影响电堆寿命^[2],供气压力过高会破坏电堆本体,供气压力过低会影响燃料电池反应。氢燃料电池对冷却液的离子浓度要求较高,电导率过高会降低燃料电池内部离子反应速率^[3],低电导率能够保持燃料电池内部离子反应持久、稳定地运行在高效区间。因此,本文提出一种氢燃料电池堆运行环境全时域服务及控制系统^[1]。

1 技术架构

本文提出的氢燃料电池堆运行环境全时域服务及控制系统包括电堆、冷却循环子系统、空气供给循环子系统、氢气供给循环子系统。其中电堆与各系统分别连接,空气供给循环子系统为电堆提供加湿的空

气,氢气供给循环子系统为电堆提供氢气;冷却循环子系统包括与电堆连接的进液管路、出液管路。典型技术架构如图1所示。本文主要论述除电堆外的其余几个子系统。

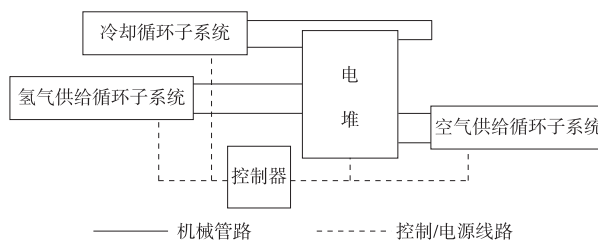


图1 系统架构框图

1.1 冷却循环子系统组成及作用

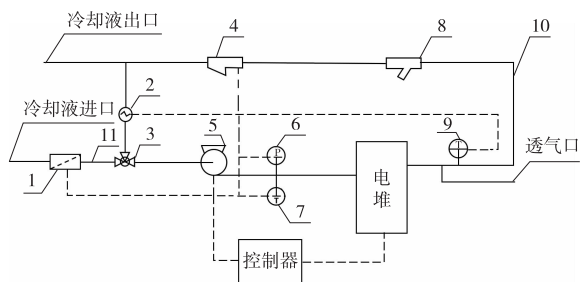
冷却循环子系统的组成如图2所示,其主要作用是为电堆提供适宜的温度环境。

1) 进液管路11上设置去离子器1、机械三通阀3、水泵5。去离子器用于吸附冷却液中的导电离子,降低冷却液电导率;水泵进行冷却液管路中冷却液的

收稿日期: 2023-03-23。

第一作者: 吴洪亭(1989—),男,工程师;主要从事客车产品及市场研究工作。E-mail: wuht@zhongtong.com。

输送。去离子器位于冷却液进口后,通过机械三通阀与水泵连接。



1-去离子器; 2-电加热器; 3-机械三通阀; 4-电导率仪; 5-水泵;
6-压力传感器; 7-温度传感器; 8-过滤器; 9-温度传感器;
10-出液管路; 11-进液管路

图2 冷却循环子系统组成框图

2) 出液管路 10 上设置电导率仪 4、过滤器 8。电导率仪用于监测冷却液导电离子浓度,并将采集到的信息反馈至控制器;过滤器用于过滤冷却液中的杂质;电导率仪与控制器连接。控制器根据冷却液离子浓度情况控制去离子器的工作状态。

3) 机械三通阀 3 和出液管路 10 之间设置电加热器 2,电加热器在低温时对冷却液进行加热;电加热器与控制器连接,由控制器根据冷却液温度控制电加热器的工作状态;机械三通阀为 2 个进口 1 个出口,进口分别与电加热器及去离子器相连,出口接水泵进水,用于冷却液的定向循环控制。

4) 进液管路 11 设置压力传感器 6、温度传感器 7,出液管路 10 设置温度传感器 9;压力传感器 6 监测、采集进堆侧冷却液压力;温度传感器 7 监测、采集进堆侧冷却液温度;温度传感器 9 监测、采集出堆侧冷却液温度。

5) 去离子器 1、水泵 5、压力传感器 6、温度传感器 7、温度传感器 9 均与控制器连接。压力传感器、温度传感器、电导率仪将信号实时反馈至控制器,控制器根据接收的信号控制去离子器、水泵、电加热器的工作状态。具体来说,温度传感器监测到进液管路和出液管路的温度值低于设定值时,控制器控制电加热器对冷却液进行加热^[4];控制器控制水泵以一定供液压力给电堆提供冷却液,压力传感器监测到进液管路的压力值低于设定值时,增大水泵的压力,高于设定值时减小水泵的压力^[5],以保证合理的流量及均匀

的温度分布^[6]。

6) 实际方案中,进液管路会设置散热器对冷却液进行降温;出液管路与透气口连通。

1.2 空气供给循环子系统组成及作用

空气供给循环子系统的组成如图 3 所示,其主要作用是为电堆提供适宜流量和温湿度的空气。

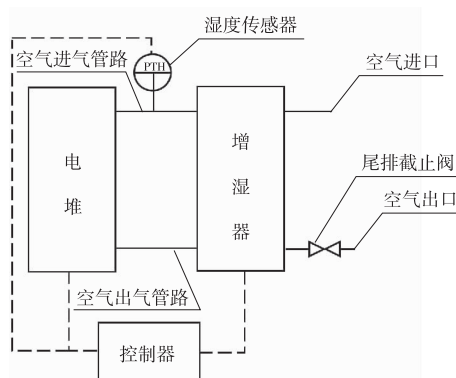


图3 空气供给循环子系统组成框图

1) 增湿器通过空气进气管路、空气出气管路与电堆连接,形成循环回路;增湿器与空气进口、空气出口连通。增湿器用于空气进气的增湿;增湿器重新利用部分尾排气体中的水,加湿进堆空气后输送给电堆,并将剩余尾气排出。

2) 空气进气管路上设置湿度传感器,并与控制器连接。湿度传感器用于采集空气进气侧的湿度,并将采集到的信号实时反馈至控制器。控制器根据空气湿度情况控制增湿器的工作状态,将空气湿度控制在合理阈值范围内^[7]。

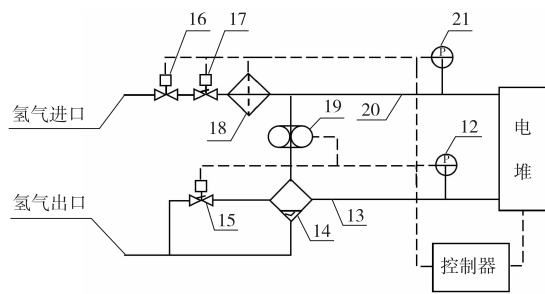
3) 增湿器的出气管路上设置尾排截止阀,用于尾气排放,同时实现排空侧与外部环境的隔离。

1.3 氢气供给循环子系统组成及作用

氢气供给循环子系统的组成如图 4 所示,其主要作用是为电堆提供适宜流量和温湿度的氢气。

1) 氢气进气管路 20、氢气出气管路 13 均与电堆连接,氢气进气管路设置氢气过滤器 18、比例阀 17、电磁阀 16,电磁阀与氢气进口连通,控制氢气供给的通断,同时控制氢气管路的压力与流量;比例阀控制氢气流量;氢气过滤器过滤氢气中的杂质^[8]。

2) 氢气出气管路 13 上设置水汽分离器 14、单向阀 15,水汽分离器用于分离电堆排氢侧的水和氢气;单向阀控制氢气的走向,防止氢气逆流。



12-压力传感器；13-氢气出气管路；14-水汽分离器；15-单向阀；

16-电磁阀；17-比例阀；18-氢气过滤器；19-引射器；

20-氢气进气管路；21-压力传感器

图4 氢气供给循环子系统组成框图

3) 氢气进气管路20上设置压力传感器21, 氢气出气管路13上设置压力传感器12, 压力传感器21对氢气进堆侧进行压力监测, 用于采集电堆进氢侧的压力; 压力传感器12对氢气出堆侧进行压力监测, 用于采集电堆排氢侧的压力。

4) 电磁阀16、比例阀17、压力传感器12、压力传感器21均与控制器连接, 控制器根据电堆进氢侧、排氢侧的压力大小调整电磁阀、比例阀的开闭及开合程度^[9]。

5) 氢气进气管路20和水汽分离器14之间连接引射器19, 引射器用于将水汽分离器中分离出来的氢气进行再次循环利用^[10]。

6) 电堆通过控制/电源线路与控制器连接, 连接线路用于电力传输与信号输送。

2 效果对比

本文提出的氢燃料电池堆运行环境全时域服务及控制系统的改善效果明显, 为电堆的高效及长寿命提供保障。

1) 控制器根据传感器采集信息, 控制电加热器及水泵的运行程度, 保证电堆在适宜的温度区间工作, 实现精准的动态热管理。可将实际温度有效控制在设定温度的 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 偏差范围内, 较常规冷却循环 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温控精度大幅提升。

2) 通过对冷却液进行离子监测, 控制去离子器进行离子吸附及杂质过滤, 保证冷却液的离子浓度, 实现电导率 $\leq 3\text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$, 较常规 $\leq 5\text{ }\mu\text{S}/\text{cm}$ 电导率控制大幅提升。

3) 通过对氢气减压、过滤及循环, 实现氢气管路的压力精密控制与调节, 保证进堆氢气压力稳定且适宜的同时, 氢气使用效率较常规系统提高5%。

4) 通过湿度控制, 能够将进堆空气的湿度根据电堆所需的最优湿度作出快速调整, 保证进入电堆空气的湿度在适宜范围内, 同时使提供给电堆的进气能够满足不同工况和环境的要求。可将实际湿度有效控制在设定湿度的 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 偏差范围内, 较常规冷却循环 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的控制精度大幅提升。

3 结束语

本文提出的氢燃料电池堆运行环境全时域服务及控制系统, 为电堆提供了全时域适宜的工作环境, 提升电堆在低温、高海拔等极限条件下的可靠性能; 能够监测与降低冷却液的电导率, 进一步提升燃料电池反应速率; 提供适宜流量、压力、湿度的氢气与空气, 提高了电堆工作效率, 延长了电堆使用寿命。

参考文献:

- [1] 刘应都, 郭红霞, 欧阳晓平. 氢燃料电池技术发展现状及未来展望[J]. 中国工程科学, 2021, 23(4): 162-171.
- [2] 汪龙飞, 杨侠, 严智远, 等. 流场结构对氢燃料电池性能的影响[J]. 武汉工程大学学报, 2022, 44(4): 445-449.
- [3] 李杰, 王峰, 侯锦锋, 等. 低电导率冷却液在氢燃料电池系统的应用[J]. 舰船科学技术, 2022, 44(23): 99-103.
- [4] 陈飞, 罗仁宏. 基于模型预测控制的水冷型燃料电池冷却系统研究[J]. 汽车技术, 2021(7): 8-13.
- [5] 吴洪亭, 刘雷, 刘静雯, 等. 一种模拟车载动力电池动态充放电的方法[J]. 客车技术与研究, 2023, 45(1): 23-26.
- [6] 吴洪亭, 刘静雯, 王海文, 等. 基于综合台架的同级客车用驱动电机序列性能测试与评价[J]. 客车技术与研究, 2020, 42(3): 53-56.
- [7] 吴洪亭, 肖亮, 刘静雯, 等. 一种模拟整车环境的电驱系统测试方法[J]. 客车技术与研究, 2023, 45(2): 17-20.
- [8] 上海重塑能源科技有限公司. 一种用于燃料电池系统的氢气过滤器: 202120645090. 5[P]. 2021-12-07.
- [9] 吴炎花, 林业发. 燃料电池氢气压力自适应控制[J]. 电力系统装备, 2021(6): 157-158.
- [10] 马明辉, 郝冬, 郭帅帅, 等. 燃料电池发动机氢气供给系统技术分析[J]. 汽车零部件, 2021(5): 95-98.