

三种供氢系统电气控制方案介绍及比较

康燕语

(厦门金龙旅行车有限公司,福建 厦门 361006)

摘要: 供氢系统是氢燃料电池客车的“油箱”。目前市面采取高压存储减压使用的解决方案。在此基础上,针对相关电磁阀的控制,发展出了“功率控制”“通讯控制”“外部电气控制器方案”3 种电气控制方案。本文就此 3 种方案的控制逻辑进行介绍,并从多个层面比较各方案间的优缺点。

关键词: 供氢系统;氢控制器;整车控制器

引言

氢燃料电池客车具备加氢时间短、续驶里程长的特点,是未来新能源汽车的发展方向。氢燃料电池客车的储供氢总成受控于控制器,既要能达到氢安全的基本标准,又要能满足燃料电池发动机的供应需求。本文对控制器的 3 种方案进行比较,体现各方案的优缺点,为储供氢总成、燃料电池发动机相关生产厂家及整车厂在电气层面的设计提供参考意义。

储供氢总成的特点

在现阶段,氢燃料电池客车的“油箱”是以铝内胆碳纤维全缠绕瓶(Ⅲ型瓶)为主体构成的储供氢总成,这类瓶可存储最高 35MPa 的氢气并保证一定的安全性^[1-2]。目前,国内绝大多数厂家对单个储供氢总成都会至少安装一个集成了超温超压保护装置(TPRD)的瓶口阀。相关瓶口阀可通过机械方式和电磁控制两种方式开关^[3-4]。当然,从瓶阀输出的氢气属于高压气体,因而需要减压阀进行减压后方可进入燃料电池发动机。目前减压阀减压后范围

本下降。随着国产化替代加速,燃料电池系统成本下降空间仍较大,氢燃料电池汽车有望加速进入提速发展阶段。

参考文献

- [1] 谢启真.质子交换膜燃料电池仿生结构流场研究与优化[D].济南:山东建筑大学,2022.
- [2] 钱晓前.钎基材料的结构成分调控及其燃料电池阳极电催化研究[D].杭州:浙江工业大学,2020.
- [3] 同[1].
- [4] 同[2].
- [5] 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.
- [6] 杨健.氢燃料电池的技术特点及应用探讨[J].通信电源技术,2016,33(3):83-85.
- [7] 金星.储氢材料研究进展[J].科技创新与应用,2023,13(5):76-79.

- [8] 雷超,李韬.碳中和背景下氢能利用关键技术及发展现状[J].发电技术,2021,42(2):207-217.
- [9] 张剑光.氢能产业发展展望—制氢与氢能储运[J].化工设计,2019,29(4):3-6+26+1.
- [10] 同[9].
- [11] 周红玉.基于 ANP-TOPSIS 的氢能储运技术可持续性评价研究[D].武汉:华中科技大学,2021.
- [12] 冯成,周雨轩,刘洪涛.氢气存储及运输技术现状及分析[J].科技资讯,2021,19(25):44-46.
- [13] 李志军,刘京京,陈爱琴,等.浅谈可再生能源转化为氢能能源体系的耦合性[J].上海节能,2022(10):1303-1308.
- [14] 魏民,常胜,李东,等.分布式制氢技术在加氢站中的应用进展[J].化工机械,2023,50(3):281-289.
- [15] 游时利.PtNi 纳米材料的制备及其电催化性能研究[D].重庆:重庆大学,2019.
- [16] 同[2].

在 0.5~2Mpa 之间,从减压阀到进发动机的这段管路一般被称为中压管路 (相对于发动机内比例阀或氢喷再减压至工作压力的低压而言)。为控制氢气进发动机启停,一些厂家会在减压阀后端增加

主电磁阀以控制。另外,出于对氢气安全性保护,还会增加过流阀、手动截止阀、放空阀等阀件^[9]。以某 4 瓶组供氢系统为案例,图 1 示意了其管路原理图。

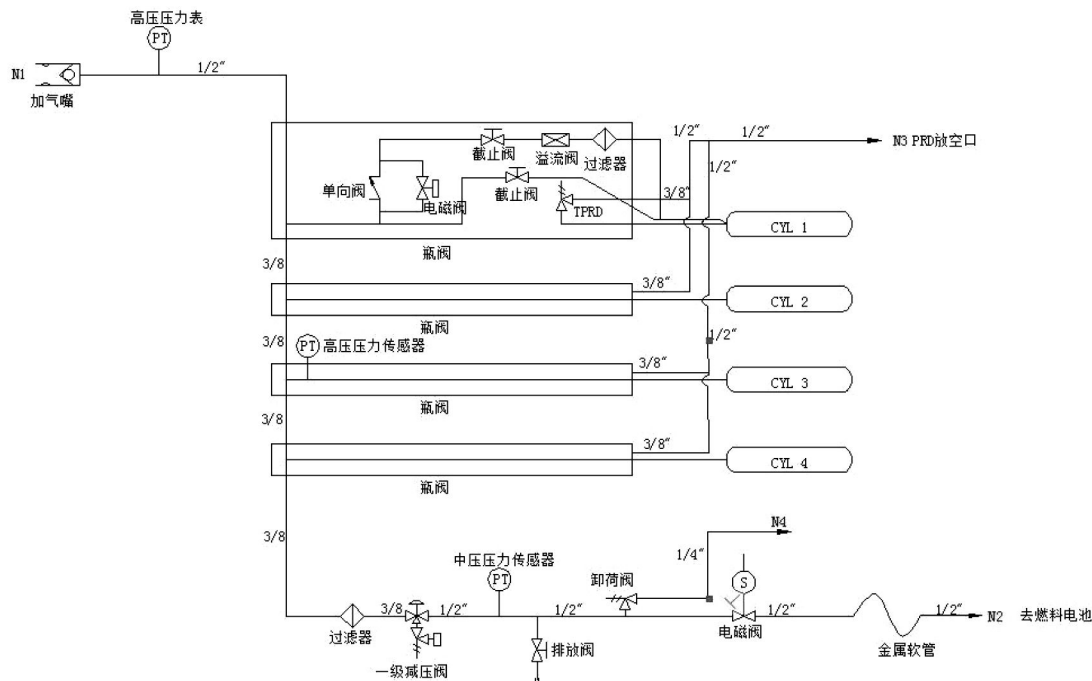


图 1 供氢系统管路及各部件 PID 图

以上阀件中,瓶口阀和主氢阀都可由电磁控制。过流阀、TPRD 属于被动式的机械保护装置,本身也不需要电磁装置参与。而手动截止阀、放空阀虽然也是由机械控制,但由于其可主动介入,未

来也存在增加电磁控制的可能。另外,高压传感器、中压传感器和温度传感器也是供氢系统必不可少的监控装置,一些厂家还会增加氢浓度传感器布置在供氢系统附近,以检测是否有氢气泄漏。

表 1 供氢系统常见电气部件及阀件汇总

各阀件、传感器名称	控制方案	可触发类型	压力段	参与通讯及方式
瓶口阀	电磁、机械	人工、电气	高压	CAN
减压阀	机械	被动	高压-中压	否
主氢阀	电磁	电气	中压	CAN
截止阀	机械	被动	中压	否 (可参与)
TPRD	机械	被动	高压	否
过流阀	机械	被动	高压	否
手动放空阀	机械	人工	中压	否 (可参与)
高压传感器	/	/	高压	SENT
中压传感器	/	/	中压	SENT
温度传感器	/	/	/	SENT
氢浓度传感器	/	/	/	CAN 或 PWM

上述表格展示了几个供氢系统的电气控制部件,对供氢系统的稳定性和安全性具有重要意义。目前,不同厂家对于供氢控制有着不同的发展方向。本文即对目前市面上流行的 3 种方案进行介绍,并从多个层面进行比较。

三种电气控制方案介绍及工作原理

1. 方案 A: “功率控制”方案

该方案是将供氢系统的所有电气阀件及传感器的供电和通讯全部归口至氢控制器(HMS),由氢控制器衔接供氢系统和整车之间的通讯网络和供电。其实际应用方案一般如图 2 所示。

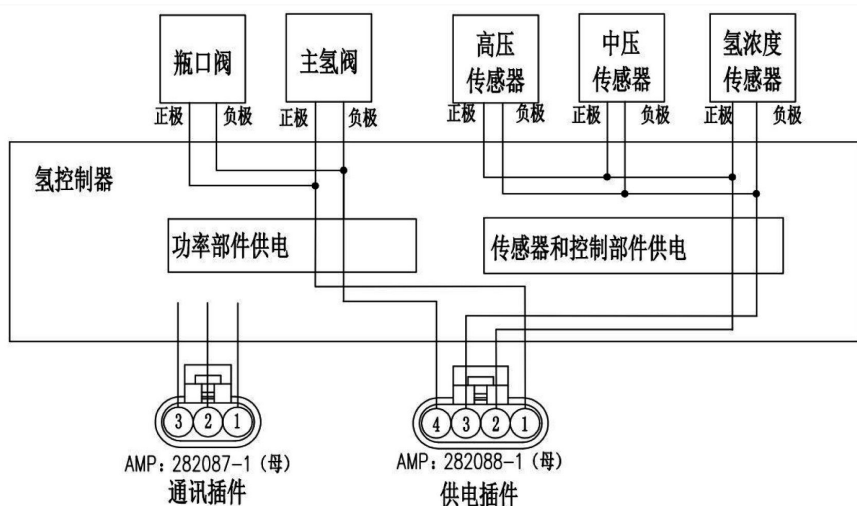


图 2 “功率控制”方案内外电气原理图

图中的 HMS 电气插件分为 2 个部分,其中 AMP282088 的 4pin 插件属于功率用电部分用插件,而 AMP282087 的 3pin 属于与整车 CAN 通讯的插件。对于 4pin 部分的供电区分成 2 块,其中 1、4 脚为 HMS 本体供电及各传感器供电,2、3 脚为除前者外的其他氢系统电气部件供电。

对于 1、4 脚的本体用电需求可由整车直接供电。在车辆静止或纯电模式下,HMS 本身也处于待机状态,静态耗电功率极小,甚至可以采取直连铅酸电池的方式。而当车辆在混动模式状态、燃料电池发动机开始启动时,通过 FCU 或者 VCU 控制继电器吸合在 2、3 脚形成回路,给各功率部件供电。而在发动机冷吹扫完成后,由 FCU 或 VCU 控制继电器断开。当然,HMS 本身也会通过整车 CAN 通讯以调节各功率部件的启停。该方案最大的特点就是 HMS 内部各功率阀件需经过 FCU 和 VCU 的继电器吸合才得以取电,能有效避免因 FCU 或 HMS 单一故障无法执行阀件的断开指令的问题。

2. 方案 B: “通讯控制”方案

该方案也是将供氢系统的所有电气阀件及传感器的供电和通讯全部归口至 HMS,由 HMS 衔接取电及整车通讯问题。如图 3 所示,在市场端的应用中,常选用 AMP282090 的 6pin 插件单独与整车交互。其中,1 脚 24V+ 为供电脚,一般为整车过手闸供电。2 脚为 IGN 唤醒脚,一般接整车 ON 档信号,用于激活/休眠 HMS。3 脚是地线,为 1、2 脚的共地。后 3 个脚位则是通讯脚位。

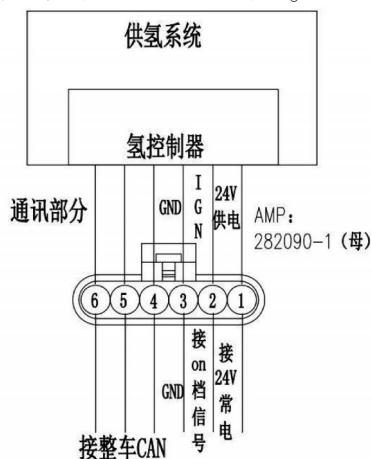


图 3 “通讯控制”方案内外电气原理图

在车辆已开启手闸而未上钥匙电时,即在 1、3 脚形成回路以供电。此时一般只有 HMS 本体受电,且处于上电休眠状态。只有在 ON 档上电后,IGN 处于高电平,HMS 唤醒,此时也只有各传感器部件处于工作状态。而各个功率阀件的开启、关闭,则由 HMS 接收整车 CAN 网络的相关指令后

执行。而当钥匙下 ON 档后,IGN 处于低电平。HMS 会设置一个倒计时。在倒计时过程中,各功率部件依然保持之前的状态,直到收到燃电电池发动机吹扫完成的指令或倒计时结束才关闭,HMS 进入休眠状态。其下电逻辑如图 4 所示。

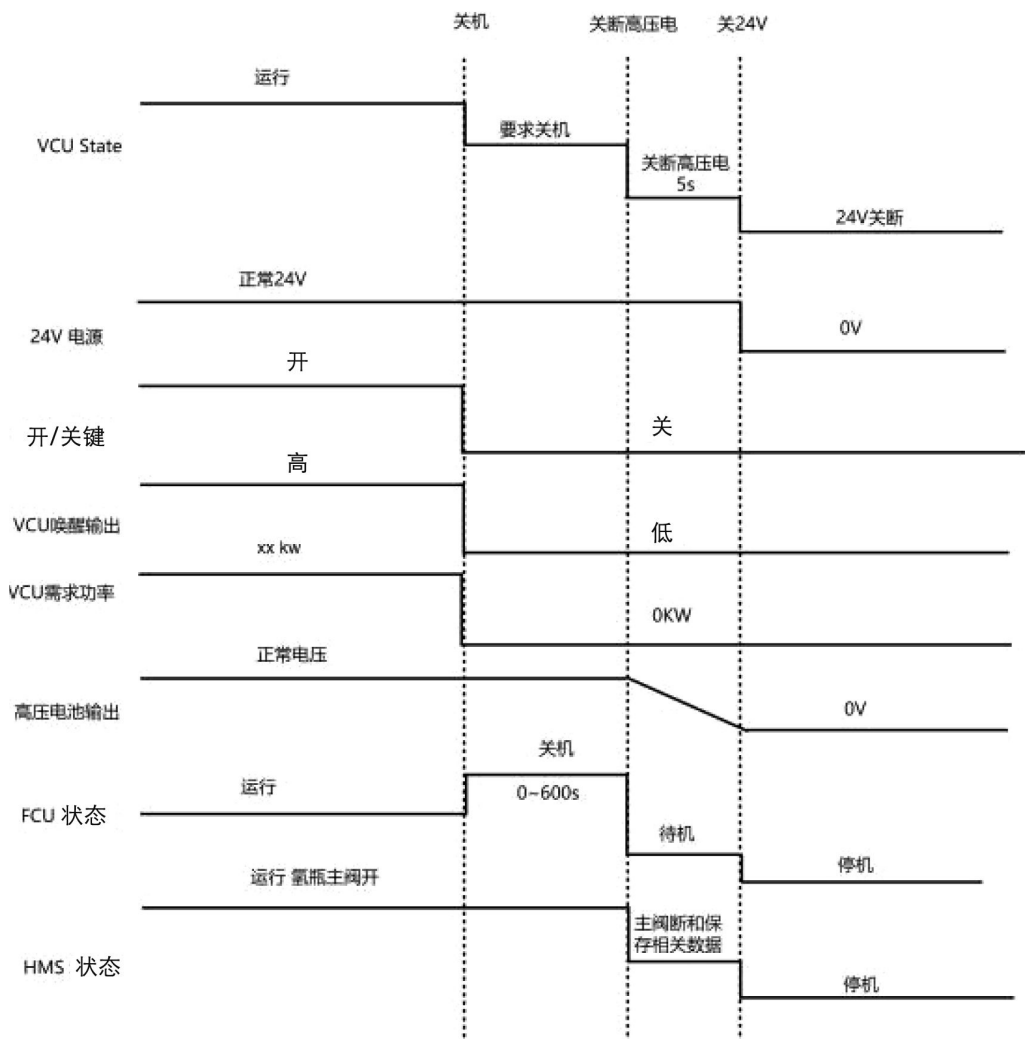


图 4 “通讯控制”方案下电逻辑

3.方案 C:外部电气控制器方案

由于 HMS 本身电气控制逻辑较简单,部分具备 VCU 开发能力的主机厂在对氢系统有较深入研究后,将 HMS 取消,将其功能全部移交给 VCU。即各功率阀件和传感器与整车控制器直连。如此一来,供氢系统各电气部件直接受 VCU 控制。该方案的优势是,任一电气部件的状态都由

VCU 直接把控,VCU 可以根据 FCU 状态直接发送指令给相应部件。同时,假设某一部件出现故障,也可以通过 VCU 直接进行判断,而不需要经由 HMS 的转发和重新对接。

三种电气控制方案比较

在现阶段,供氢系统的安全性是燃料电池客车

中的重点。而在上述3种方案中,方案A由于将功率部件的硬线管控由HMS和FCU(或VCU)2个控制器同时把控,在电气层面上,确实具有更高的安全可靠。这一方案也是早期燃料电池客车的常用方案。但是,随着控制器的可靠性能不断提升,A方案相比于后二者,其优势不再凸显。相反地,由于供电受限于FCU或VCU,当供氢系统有保压置换需求时,反而需要额外引入24V电源以使得相应阀件可以开启。

方案A和B都是供氢系统所有电气部件的管控归口于HMS。这样的好处是对氢系统的工作边界有了明确的划分。当氢系统出现故障时完全交由氢系统自行处理。方案C显然不具备这一优势。

但另一方面,HMS硬件本身增加了成本,在遇到电气故障时就不得不寻求供氢厂家帮助,同时供氢系统的各部件与整车的交互性不高。在需要完成如保压置换等工作时,仍然需要HMS本身处于工作状态。

方案C明显是一种集成度高的解决方案。具备一定实力的主机厂选用方案C,无论从成本上还是部件把控上都有很大的优势。但是,在供氢系统电气部件的选型和品控上,就对主机厂提出了很高的要求。另一方面,由于深度参与供氢系统的电气控制,工作边界往往较为模糊,在遇到故障时往往难以判定责任划分。

表2 3种控制方案的优劣势比较

比较项目	方案A	方案B	方案C
总体安全性	非常高	高	高
控制器失效处理能力	非常强	强	一般
保压、置换便捷性	一般	好	非常好
主机厂电气设计	简单	简单	复杂
主机厂技术能力要求	一般	一般	高
电气部件故障检修	不便捷	不便捷	便捷
工作边界	明确	明确	较模糊
技术先进性	一般	先进	非常先进

可以看出,方案C总体优势要优于前二者的方案。然而,直接有VCU直接参与,要求主机厂拥有很强的硬件控制能力和软件开发能力。这也是主要的瓶颈之一。相应地,方案A和方案B则较为成熟,同时方案B对方案A的优势体现在保压和置换的便捷性。在总体安全和失效处理上如果能有效把控,则方案B要优于方案A。

结束语

本文对目前市面上常见的燃料电池客车供氢系统的3种方案进行了介绍并比较,就目前阶段而言,采用HMS管控的两种方案较为合理。而“通讯控制”的方案从实用角度要优于“功率控制”的方案,具备一定条件的主机厂进行简单改进即可实现,也是目前的主流方向。而由VCU直接参与管

理的方案,则是未来的一个发展方向。

参考文献

- [1] 李晨.燃料电池汽车车载氢系统安全问题分析[J].时代汽车,2022(7):125-127.
- [2] 黄兴,丁天威,赵洪辉,等.车用燃料电池系统氢安全控制综述[J].汽车文摘,2019(4):6-10.
- [3] 贾日波,邓维.燃料电池车供氢系统控制器设计[J].北京汽车,2020(4):26-29.
- [4] 叶川,马天才,陈翌,等.车载供氢系统控制器开发[J].汽车技术,2019(2):48-52.
- [5] 林佳享.氢燃料电池客车供氢系统研究[J].客车技术与研究,2021(4):1-3.