

Study on the design and operation methods of mobile hydrogenation station

Yongqing Jia¹ Zhi Ye²

1. Guohua (Fengning Manchu Autonomous County) New Energy Co., Ltd., Chengde, Hebei, 068350, China

2. Zhongtian Hua Hydrogen Co., Ltd., Nantong, Jiangsu, 226400, China

Abstract

This study presents an innovative design scheme for the defects of the existing mobile hydrogenation stations in the high fault risk, low filling rate and limited function of a single gas unloading system. By introducing the double gas unloading system, this scheme effectively reduces the risk of system failure, and significantly improves the continuous operation capacity and filling efficiency of the hydrogenation station. In addition, an efficient hydrogen storage tank and an intelligent control system are integrated in the design to further optimize the stability and safety of the hydrogenation process. This paper details the design principle and functions of key components, and designs three operation modes for different market requirements, including rapid filling mode, energy saving mode and emergency standby mode, to meet diversified application scenarios. This new design scheme not only improves the reliability and flexibility of mobile hydrogenation stations, but also lays the technical foundation for its application in a wider range of fields and promotes the further development of hydrogen energy infrastructure.

Keywords

mobile hydrogenation station; double unloading system; efficient filling; intelligent control; multi-scenario requirements

移动加氢站的设计与运行方法研究

贾永卿¹ 叶智²

1. 国华（丰宁满族自治县）新能源有限公司，中国·河北 承德 068350

2. 中天华氢有限公司，中国·江苏 南通 226400

摘 要

本研究针对现有移动加氢站在单一卸气系统故障风险高、加注速率低及功能有限等方面的缺陷，提出了一种创新的设计方案。该方案通过引入双卸气系统，有效降低了系统故障风险，并显著提升了加氢站的连续运行能力和加注效率。此外，设计中集成了高效储氢罐与智能控制系统，进一步优化了加氢过程的稳定性和安全性。文章详细阐述了关键组件的设计原理及其功能，并针对不同市场需求设计了三种运行模式，包括快速加注模式、节能模式和应急备用模式，以满足多样化的应用场景。这一新型设计方案不仅提高了移动加氢站的可靠性和灵活性，还为其在更广泛领域的应用奠定了技术基础，推动了氢能基础设施的进一步发展。

关键词

移动加氢站；双卸气系统；高效加注；智能控制；多场景需求

1 引言

1.1 氢能的应用背景

在全球范围内，氢能被视为一种极具潜力的能源。与传统化石燃料相比，氢能在燃烧过程中不产生二氧化碳，是一种真正的零排放能源。氢能可以通过电解水等多种方式生产，来源广泛。此外，氢能的能量密度高，适用于长途运输和大规模储能。因此，氢能被认为是解决能源危机和环境问题的重要途径。

1.2 移动加氢站的重要性

氢燃料电池汽车作为氢能应用的重要领域，其发展离不开完善的加氢基础设施。移动加氢站作为固定加氢站的重要补充，具有灵活性高、建设周期短、投资少等优点，可以在氢气需求密集区域快速部署，满足临时或应急的加氢需求。此外，移动加氢站还可以在偏远地区和特殊场景下提供加注服务，扩大氢能的应用范围^[1]。

2 背景技术

2.1 现有移动加氢站的技术特点

目前，对移动加氢站的研究主要集中在提高加氢效率、降低成本和确保安全性等方面。一些研究机构和企业已取得显著成果。例如，某些移动加氢站采用高效的压缩技术，可

【作者简介】贾永卿（1983-），男，中国山西忻州人，本科，工程师，从事新能源发电及氢能研究。

在短时间内完成加注，能耗低且维护成本低；另一些则通过优化储氢方式，提高了系统的储氢密度和续航能力。

2.2 存在的问题

尽管现有移动加氢站在技术上取得了一定进展，但仍存在以下问题：单一卸气系统、故障风险高、加注效率低、功能单一。

2.3 技术革新必要性

为克服现有移动加氢站的问题，亟需引入双卸气系统和其他先进技术，以提升系统连续运行能力和加注效率。同时，智能控制系统的应用可实现加注过程的实时监控与调整，增强系统灵活性、安全性和可靠性。这些革新不仅能解决现有问题，还能为移动加氢站的未来发展提供新方向^[2]。

3 新型移动加氢站的设计原理

3.1 双卸气系统的设计

新型移动加氢站采用双卸气系统设计，可实现一备一

用的灵活切换，确保系统连续运行。该系统支持同时从两个不同氢气源卸载氢气，显著提高系统可靠性和连续性。此外，双卸气系统可根据实际需求调整和优化，以实现最佳运行效果。

3.2 储氢罐的引入

新型移动加氢站在设计中引入储氢罐，显著提升了系统的灵活性和加注效率。储氢罐可快速响应加注需求，确保加注过程不中断，同时在加注高峰期提供额外氢气供应。

3.3 智能控制系统的设计

新型移动加氢站的智能控制系统，集成压力、温度、流量及安全监控功能。实时监测关键部件状态，自动调节操作参数，保障加注安全、高效、可靠。同时具备远程监控与诊断能力，可通过网络将数据传输至中央控制室，便于运维人员远程管理与排查故障。此外，还能与其他能源管理系统集成，实现更高效的能源调度与管理^[3]，如图1所示。

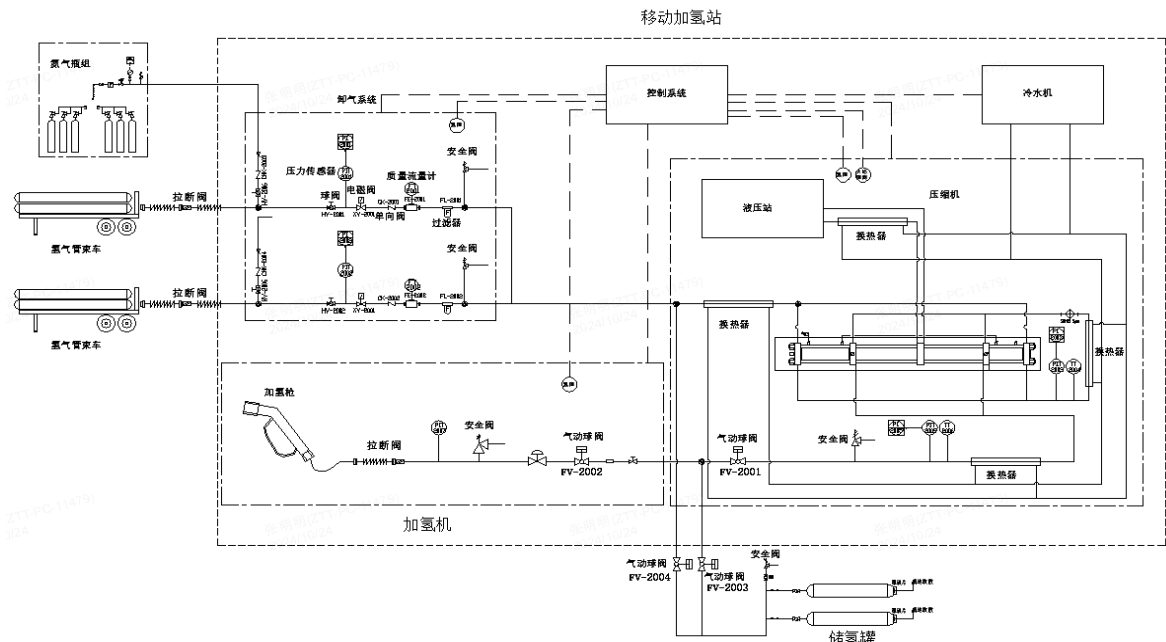


图 1 智能控制系统设计

4 移动加氢站主要组件

移动加氢站结构：包括底盘、框架、双卸气系统、压缩系统、储氢系统、控制系统和加注系统。

4.1 底盘设计

底盘是移动加氢站的基础支撑结构，必须具有高强度和稳定性，以承受其他组件的重量和运行时的振动。底盘通常采用坚固的金属材料制造，并配备有减震装置和防滑设计，以确保在不同地形条件下的稳定性和安全性。

4.2 框架设计

框架是移动加氢站的主要结构部分，用于支撑和固定其他组件。框架通常采用轻量化但强度高的材料制造，以减

少整体重量并提高结构强度。

4.3 双卸气系统

双卸气系统和压缩系统是移动加氢站的核心部分，负责氢气的卸载和压缩。双卸气系统由两个独立的卸气模块组成，每个模块都能够独立完成氢气的卸载和初步压缩。

4.4 压缩系统

压缩系统是移动加氢站的关键部分，负责将卸载氢气压缩至储氢罐存储所需压力，采用多级压缩方式逐级升压。每级压缩后，氢气经冷却器降温，防止温度过高影响效率。同时，系统设有压力、温度传感器等多重安全保护装置，异常时能及时停机报警。

4.5 储氢罐

储氢罐是移动加氢站储存压缩氢气的核心设备,由高强度材料打造,耐压、耐蚀,能在各类环境下安全储氢。鉴于氢气特性,罐身设有多重防泄漏举措。同时,配备压力调节、温度控制装置,维持氢气储存时压力、温度稳定。

4.6 控制系统

控制系统堪称移动加氢站的“大脑”,承担整个系统的自动化控制与管理重任。其由各类传感器、控制器、执行器构成,能实时监测关键部件状态,依据预设程序自动调校操作参数。此外,控制系统具备远程监控与诊断能力,可经网络向中央控制室传输数据,便于运维人员远程管理、排查故障,实现更高效的能源调度与管理。

4.7 加注系统

加注系统作为移动加氢站直接面向用户的部分,负责将压缩氢气注入氢燃料电池汽车储氢罐。其涵盖加注枪、加注管道与计量装置等组件。

5 新型移动加氢站的运行模式设计

根据不同的运营场景,新型移动加氢站设计了三种不同的运行模式:低需求加注模式、高需求加注模式和连续高需求加注模式。这些模式分别针对一般的运营需求、高峰时段的需求以及特殊情况下的长时间、高强度加注任务进行了优化。

模式一:低需求加注模式

- (1) 部署:将移动加氢站部署至需求地点。
- (2) 氢气卸气:采用双卸气系统,一条卸气路径作为工作路径,另一条作为备用路径。
- (3) 储氢罐配置:在此模式下,加注需求较低,可不配备站用储氢罐。
- (4) 压缩与加注:加氢枪与车载储氢罐对接,启动加注程序,压缩机直接从卸气系统取气,加压后输送至加氢机,进入车载储氢罐,完成对车辆的加注。
- (5) 监控系统:通过控制系统对整个加注过程进行实时监控,确保操作的安全性和效率。

场景二:高需求加注模式

- (1) 部署:将移动加氢站部署至需求地点。
- (2) 氢气卸气:双卸气系统同时工作。
- (3) 储氢罐配置:在此模式下,同样不配备储氢罐。
- (4) 动态调整:系统根据车辆等待情况智能调整,如果没有等待车辆,系统默认从压力低的管束车取气;如果有等待车辆,可以切换系统,从高压的管束车取气,从而加大压缩机的排量,加快加注速率。
- (5) 加注:加氢枪与车载储氢罐对接,启动加注程序,压缩机直接从卸气系统取气,加压后输送至加氢机,进入车载储氢罐,完成对车辆的加注。
- (6) 监控系统:通过控制系统监控整个加注过程,确保安全和效率。

场景三:连续高需求加注模式

- (1) 部署:将移动加氢站部署至需求地点。
- (2) 氢气卸气:双卸气系统同时工作
- (3) 储氢罐配置:在这种模式下,需配备站用储氢罐。
- (4) 智能控制:
 - a、当储氢罐压力<管束车压力时:系统从高压的管束车取气,压缩机从卸气系统取气,从而加大压缩机的排量,氢气加压后从压缩机排出,此时气动球阀 FV-2001、FV-2002 开启, FV-2003、FV-2004 关闭,氢气进入加氢机,然后加注到车辆中。当加注出现空闲时,系统自动切换,
 - b、气动球阀 FV-2001、FV-2003 开启, FV-2002、FV-2004 关闭,从低压管束车取气,压缩后进入氢气储罐。
 - c、当储氢罐压力>车辆加注压力时:气动球阀 FV-2002、FV-2003 开启, FV-2001、FV-2004 关闭,直接从储氢罐取气,向车辆中加注。
 - d、当管束车压力<储氢罐压力<车辆加注压力时:此时关闭卸气系统电磁阀,气动球阀 FV-2001、FV-2002、FV-2004 开启, FV-2003 关闭,压缩机从储氢罐取高压的氢气,从而加大压缩机的排量,提高车辆加注速率。
- (5) 监控系统:通过控制系统监控整个加注过程,确保安全和效率。

6 结论

6.1 主要技术创新点

新型移动加氢站借助双卸气系统、储氢罐及智能控制系统,大幅提升核心竞争力。双卸气系统可一备一用灵活切换,保障系统持续运行;储氢罐增强系统灵活性,提高加注效率;智能控制系统实时监控并调整加注过程,确保安全、高效、可靠。

6.2 核心竞争力分析

新型移动加氢站在市场上具有较强的竞争力和应用前景。首先,通过技术创新提高了系统的可靠性和灵活性,能够满足不同用户的多样化需求;其次,智能化控制系统的应用提高了运营效率 and 安全性;最后,新型移动加氢站的设计考虑了环保和经济性因素,符合未来能源发展的趋势。

6.3 市场应用前景

本项目开发的新型移动加氢站,凭借技术创新提升核心竞争力,为市场广泛应用筑牢根基。随着氢能产业发展、技术进步,其应用场景不断拓展。未来,在更多新兴领域,新型移动加氢站也将凭借技术升级,市场潜力巨大。

参考文献

- [1] 王乾,赵宁,王勇,王欣.移动加氢站设计规范[J].低温与特气,2019,37(03):35-38+44.
- [2] 李亚军,周刚,李长俊,朱坤.加氢站关键技术及安全运营管理[J].油气储运,2017,36(07):741-747+755.
- [3] 马越峰,许文,张兵,徐义华,李瑞丰.加氢站技术发展现状及趋势[J].化工进展,2015,34(03):727-733.