

高原地区 CNG 车辆燃料系统适应性研究

次仁多吉

中国石油西藏拉萨销售分公司，西藏拉萨，850000；

摘要：在清洁能源于交通运输领域加速推广的当下，CNG 车辆应用愈发广泛。然而，高原地区低气压、温差大、风沙多等特殊环境，致使 CNG 车辆燃料系统面临动力下降、故障频发等严峻挑战，严重制约其在高原地区的高效运行。本研究以破解高原地区 CNG 车辆燃料系统适应性难题为核心目标，首先深入剖析高原地区自然环境特征，通过实地调研与数据分析，明确低气压、极端温差及风沙环境对燃料系统进气、燃料供应、部件寿命等方面的具体影响机制；接着系统阐释燃料系统组成与工作原理，为后续研究奠定理论基础。在此之上，设计涵盖发动机性能、燃料消耗、排放测试等项目的适应性测试方案，借助先进设备采集并运用统计学方法处理测试数据，精准掌握海拔高度与燃料系统性能参数间的关联。最终，针对性提出部件改进（如采用高强度轻量化储气材料、开发自适应减压装置）、控制系统优化（升级算法、引入智能诊断）及维护管理强化（定期维护、加强驾驶员培训）等系列有效举措。研究成果将为提升高原地区 CNG 车辆性能与可靠性、推动清洁能源在高原交通领域的可持续应用提供坚实的理论支撑与实践指引。

关键词：高原地区；CNG 车辆；燃料系统；适应性

DOI：10.64216/3080-1508.25.03.022

前言

随着清洁能源在交通运输领域的广泛推行，CNG（压缩天然气）车辆的应用日益普遍。然而，高原地区特殊的自然环境，给 CNG 车辆燃料系统带来了极大的挑战。车辆在高原行驶时，燃料系统易出现多种问题，影响车辆性能与可靠性。因此，开展高原地区 CNG 车辆燃料系统适应性研究，对保障 CNG 车辆在高原稳定运行意义重大。本文旨在通过系统研究，探寻提升燃料系统适应性的有效路径。

1 高原地区环境特点及对 CNG 车辆燃料系统的影响

1.1 高原地区自然环境特征

高原地区海拔高，空气稀薄，大气压力较低。一般而言，海拔每升高 1000 米，大气压力约降低 10kPa，这种低气压环境致使空气密度显著减小，氧含量降低，例如，在海拔 4000 米的区域，空气密度仅为平原地区的 60%-70%，氧含量也大幅减少^[1]。而且，高原地区气温变化大，昼夜温差悬殊，白天太阳辐射强，气温较高，夜晚则可能急剧降温。此外，高原地区气候干燥，风沙大，空气中沙尘颗粒多。这些独特的自然环境特征，从多方面影响着 CNG 车辆的运行。

1.2 环境因素对燃料系统的具体影响

低气压环境对 CNG 车辆燃料系统的进气过程影响显

著。因空气密度减小，进入发动机的空气量减少，导致混合气过浓，燃烧不充分。这不仅降低发动机动力性能，使车辆加速无力，还增加燃料消耗，降低燃油经济性。同时，燃烧不充分会产生大量有害气体，如一氧化碳、碳氢化合物等，污染环境。

气温变化对燃料系统也有不容忽视的影响。在低温环境下，CNG 物理性质改变，密度增大，流动性变差，可能导致燃料供应不畅，影响发动机启动性能。极端低温时，甚至可能出现燃料结冰，致使车辆无法启动。而高温环境会使燃料系统部件温度升高，加速部件老化损坏。比如橡胶密封件在高温下易老化变形，导致燃料泄漏，存在安全隐患。

风沙大的环境会使大量沙尘颗粒进入燃料系统。这些沙尘颗粒会磨损燃料系统部件，如喷嘴、节气门等，缩短部件使用寿命。同时，沙尘颗粒还可能堵塞滤清器，影响燃料正常供应，导致发动机工作不稳定。

2 CNG 车辆燃料系统的组成与工作原理

2.1 燃料系统的主要组成部件

CNG 车辆燃料系统主要由储气装置、减压装置、喷射装置和控制系统等构成。储气装置用于储存 CNG，一般采用高压气瓶，能承受 20MPa-25MPa 的压力。减压装置的作用是将高压 CNG 减压至适合发动机工作的压力，通常由多级减压器组成，逐步降低压力，使 CNG 达到合适的喷射压力，喷射装置负责将减压后的 CNG 喷射到发

动机进气歧管或气缸内,常见形式有单点喷射和多点喷射,多点喷射能更精确控制燃料喷射量,提升发动机性能。控制系统是燃料系统核心,通过传感器实时监测发动机运行状态和参数,如进气量、发动机转速、水温等,并据此精确控制燃料喷射量,实现发动机最佳运行状态^[2]。

2.2 燃料系统的工作原理

CNG 车辆燃料系统工作过程分为几个阶段。首先,高压 CNG 存储在储气装置中。车辆启动时,控制系统接收启动信号,打开储气装置阀门,高压 CNG 进入减压装置。减压装置将高压 CNG 逐步减压至 0.5MPa-1.0MPa 的合适压力。随后,减压后的 CNG 经喷射装置喷射到发动机进气歧管或气缸内。在此过程中,控制系统依据传感器采集的发动机运行参数,精确计算燃料喷射量,例如,发动机负荷增加时,控制系统增加燃料喷射量,保证动力输出。同时,根据进气量和发动机转速等参数,调整喷射时间,使燃料在最佳时刻喷射,提高燃烧效率。最后,喷射到气缸内的 CNG 与空气混合后被点燃,产生动力推动发动机运转。

3 高原地区 CNG 车辆燃料系统适应性测试与分析

3.1 测试方案设计

为全面评估高原地区 CNG 车辆燃料系统适应性,设计了科学合理的测试方案。测试对象选取不同型号和配置的 CNG 车辆,确保测试结果具有普遍性和代表性。测试地点选在典型高原地区,海拔范围为 2000 米-5000 米,模拟不同海拔高度环境条件。

测试内容包括发动机性能测试、燃料消耗测试、排放测试等。发动机性能测试测量发动机功率、扭矩、转速等参数,评估其在高原环境下的动力性能。燃料消耗测试记录车辆在不同工况下的燃料消耗量,计算燃料消耗率,分析高原环境对燃料经济性的影响。排放测试检测车辆尾气中一氧化碳、碳氢化合物、氮氧化物等有害气体排放浓度,评估高原环境对车辆排放的影响^[3]。

测试过程中,运用发动机台架试验设备、尾气分析仪、油耗仪等先进测试设备,保证测试数据准确可靠。为减少测试误差,每个测试项目多次重复测试,取平均值作为最终结果。

3.2 测试数据采集与处理

测试时,实时采集各类测试数据。通过传感器将发动机运行参数、燃料消耗数据、排放数据等传输至数据

采集系统,数据采集系统对数据进行初步处理,如滤波、校准等,提高数据质量^[4]。

采集到的大量测试数据需深入分析。首先分类整理,按不同测试项目和条件分组。然后采用统计学方法,如计算平均值、标准差、相关性分析等,找出数据规律和特征。例如,分析发动机功率与海拔高度的关系,明确海拔高度对发动机功率的影响规律。同时,利用数据分析软件对数据可视化处理,绘制折线图、柱状图等图表,直观展示测试结果。

3.3 测试结果分析

经对测试数据分析发现,随着海拔高度升高,发动机功率和扭矩明显下降。在海拔 4000 米以上地区,发动机功率下降幅度可达 30%-40%,扭矩下降幅度可达 20%-30%。这主要是低气压环境使进入发动机的空气量减少,混合气过浓,燃烧不充分所致^[5]。

燃料消耗率随海拔高度升高而增加。在高原地区,车辆燃料消耗率比平原地区高出 10%-20%。原因是燃烧不充分导致燃料利用率降低,为保证发动机动力输出,需增加燃料喷射量。

尾气排放方面,一氧化碳和碳氢化合物排放浓度随海拔高度升高而增加。这是因为燃烧不充分产生更多未燃烧燃料,导致有害气体排放增加。而氮氧化物排放浓度在一定海拔范围内有所下降,是由于低气压环境下燃烧温度降低,抑制了氮氧化物生成。

4 提高高原地区 CNG 车辆燃料系统适应性的措施

4.1 燃料系统部件改进

为提升高原地区 CNG 车辆燃料系统适应性,需对部件进行改进。储气装置方面,采用高强度、轻量化材料制造高压气瓶,提高气瓶耐压性能,降低整车重量。同时优化气瓶结构设计,提高储气效率。

减压装置需改进结构和性能。运用先进减压技术,提高减压器减压精度和稳定性,确保在不同海拔高度和环境温度下,都能将 CNG 减压至合适压力。比如开发具有自适应功能的减压器,可根据环境压力和温度自动调整减压参数。

喷射装置改进也很关键。采用高精度喷射器,提高燃料喷射精度和均匀性。优化喷射器喷雾特性,使燃料更好地与空气混合,提高燃烧效率。例如采用多孔喷射器,增加燃料喷射面积,使燃料与空气更充分接触。

4.2 控制系统优化

控制系统是燃料系统核心,优化它可提高适应性。升级控制系统软件算法,使其更准确感知发动机运行状态和环境参数,如海拔高度、气温、气压等。依据这些参数实时调整燃料喷射量和时间,让发动机在不同环境下保持最佳运行状态。

例如开发基于海拔高度补偿的控制策略。车辆行驶到高原地区时,控制系统根据海拔高度自动增加空气进气量,调整燃料喷射量,保证混合气浓度合适,提高燃烧效率。同时采用智能诊断技术,实时监测燃料系统工作状态,及时发现和诊断故障,采取措施修复,提高车辆可靠性和安全性。

4.3 维护与管理措施

加强高原地区 CNG 车辆燃料系统维护与管理,也是提高适应性的重要举措。定期检查维护燃料系统,包括储气装置密封性、减压装置工作性能、喷射装置清洁度等。及时更换磨损或损坏部件,确保燃料系统正常运行。

维护时要特别注意滤清器清洁和更换。由于高原地区风沙大,滤清器易堵塞,影响燃料正常供应。所以要定期清洁或更换滤清器,保证空气和燃料畅通。

此外,加强驾驶员培训,提高其操作技能和维护意识。让驾驶员了解高原地区 CNG 车辆特点和注意事项,正确操作车辆,避免因操作不当导致燃料系统故障。比如在低温环境下,要采取预热措施,确保车辆顺利启动。

5 结论与展望

5.1 研究结论总结

通过对高原地区 CNG 车辆燃料系统适应性研究,得出以下结论。高原地区低气压、气温变化大、风沙大等独特自然环境,对 CNG 车辆燃料系统影响显著,导致发动机动力性能下降、燃料消耗增加、排放恶化等问题。

通过适应性测试与分析,掌握了高原环境对燃料系统各方面性能的影响规律。同时提出一系列提高适应性的措施,包括部件改进、控制系统优化和维护管理措施等。这些措施能有效提升 CNG 车辆在高原地区的性能和可靠性,减少燃料消耗和有害气体排放。

5.2 研究成果的应用与推广

本研究成果具有重要应用价值和推广意义。实际应用中,可将成果应用于高原地区 CNG 车辆设计、制造和使用过程。车辆制造商可依据成果改进车辆燃料系统设计,提高车辆在高原地区的适应性。运输企业可根据成果制定合理的车辆维护和管理方案,降低运营成本,提高经济效益。

本研究成果还可为相关政策制定提供参考。政府部门可依据成果制定更严格的车辆排放标准和技术要求,推动 CNG 车辆在高原地区可持续发展。此外,推广研究成果可提高社会对高原地区 CNG 车辆适应性问题的认识,促进清洁能源在高原地区广泛应用。

5.3 未来研究方向

尽管本研究在高原地区 CNG 车辆燃料系统适应性方面取得一定成果,但仍有问题待进一步研究。未来可从以下方面展开。

深入研究高原地区复杂环境因素对燃料系统的综合影响机制。目前研究多集中在单一环境因素影响,而实际环境中多种因素相互作用。因此需研究多种环境因素共同作用下燃料系统性能变化规律,为优化设计提供更准确理论依据。

开发更先进的燃料系统技术。随着科技发展,新材料、新工艺和新技术不断涌现。未来可研究应用新型材料制造燃料系统部件,提升部件性能和可靠性。同时探索新的燃料喷射技术和燃烧技术,进一步提高燃料燃烧效率和发动机性能。

加强高原地区 CNG 车辆燃料系统智能化研究。利用物联网、大数据、人工智能等技术,实现对燃料系统实时监测和远程控制。通过数据分析和挖掘,预测燃料系统故障和性能变化,提前维护管理,提高车辆智能化水平和运行安全性。

综上,高原地区 CNG 车辆燃料系统适应性研究具有重要现实意义和广阔发展前景。通过持续深入研究和探索,有望进一步提升 CNG 车辆在高原地区的性能和可靠性,为高原地区交通运输事业和环境保护作出更大贡献。

参考文献

- [1] 马建军,吴敬涛,杜文辉,等.基于气候实验室的民机整机发动机低温启动实验[J].航空动力学报,2024,39(02):240-252.
- [2] 王飞,马立璞.车辆高原地区制动助力不足的试验验证[J].北京汽车,2019,(02):16-20.
- [3] 张文,刘春恰,李明,等.两用燃料汽车开发进展[J].科技传播,2012,(03):114-115.
- [4] 王志学,胡昌元,王航,等.BF6L913C 柴油机高原恢复功率的研究[J].车辆与动力技术,2002,(02):18-22.
- [5] 杜晓鑫.交通运输中节能减排工作的适用分析[J].现代经济信息,2012,(10):252.