

氢能源在轨道交通领域的应用现状分析及展望

左 佳

神铁二号线(天津)轨道交通运营有限公司 天津 300300

摘 要: 随着全球对环境保护和可持续发展的重视,氢能源作为一种清洁能源在轨道交通领域的应用逐渐升温。本文将从氢能源在轨道交通领域的应用现状、技术优势、面临挑战及未来展望四个方面进行详细分析,以期为相关领域的研究和应用提供参考。

关键词: 氢能源;轨道交通;清洁能源;燃料电池;低碳环保

引言

随着全球能源结构转型和环境保护意识的增强,清洁能源在轨道交通领域的应用日益受到重视。氢能源作为一种高效、清洁的能源形式,具有零排放、高热值等优点,成为轨道交通领域的重要研究方向。本文将对氢能源在轨道交通领域的应用现状进行详细分析,并展望其未来发展前景。

1 氢能源在轨道交通领域的应用现状

1.1 国际应用现状

在全球范围内,氢能源作为清洁能源在轨道交通领域的应用正逐渐展现出其巨大的潜力。欧洲,作为氢能技术的先驱,已经在氢能列车的商业化运营上取得了显著成果。德国,作为氢能列车应用的先行者,自阿尔斯通公司2018年成功实现氢能列车商业化运营以来,便持续引领着这一领域的发展潮流。荷兰、法国、奥地利、意大利等欧洲国家也紧随其后,纷纷投运了氢能列车,为欧洲的绿色交通体系注入了新的活力。在欧洲的带动下,亚洲地区,尤其是中国,也在氢能源轨道交通领域取得了令人瞩目的进展。中国中车,作为国内轨道交通装备制造的领军企业,积极响应国家绿色发展战略,成功研制出了多款氢能源市域列车。这些列车不仅具有零排放、低噪音等环保优势,还具备长续航、快速充电等实用特性,为城市轨道交通的绿色发展提供了新的解决方案。目前,这些氢能源列车已在中国的多个城市进行了试运行,并获得了广泛的好评。

1.2 国内应用现状

在我国,轨道交通行业正以前所未有的速度蓬勃发展,而随之而来的能源消耗与碳减排压力也日益凸显。在此背景下,氢能,作为一种清洁、高效的能源形式,被广泛视为轨道交通领域实现减排目标的重要途径。为积极响应国家绿色发展战略,我国已在多个城市启动了氢能源轨道交通的试点项目。佛山,作为氢能产业发展

的先锋城市,率先将氢能源应用于有轨电车,为市民提供了更加环保、舒适的出行方式。成都、张家口、青岛等地也在其“十四五”规划中明确将氢能纳入轨道交通的发展蓝图,计划在有轨电车、城际交通等领域推广氢能应用,以期降低交通领域的碳排放。在技术研发方面,我国企业也取得了显著成果。中车长客,作为国内轨道交通装备制造的佼佼者,凭借其深厚的技术积累与创新实力,成功研制出全球首列氢能源市域列车。这款列车不仅实现了零排放、低噪音的环保目标,更在续航能力、加速性能等方面表现出色^[1]。目前,该列车已在试验线上完成了多次运行试验,充分验证了氢能在轨道交通领域应用的可行性与优越性,标志着我国在这一领域取得了新的突破。

2 氢能源在轨道交通领域的技术优势

2.1 环保性:零排放,守护蓝天绿水

氢能源列车采用先进的氢燃料电池技术,通过氢与氧的直接电化学反应发电,实现了能源的高效转化。在这一过程中,唯一的排放物质是水,真正做到了零排放、无污染。与传统列车相比,氢能源列车在运行过程中不会释放任何有害物质,如二氧化碳、氮氧化物等,对于减少大气污染、改善空气质量具有重大意义。特别是在当前全球气候变化和环境污染问题日益严峻的背景下,氢能源列车的环保性显得尤为突出,它不仅能够满足人们对绿色出行的需求,更是推动交通领域实现碳中和目标的重要力量。

2.2 经济性:降低成本,提升效益

氢能源轨道交通在经济性方面同样具有显著优势。传统电气化铁路需要建设复杂的接触网、变电所等设施,不仅建设成本高,而且后期维护成本也不容忽视。而氢能源轨道交通则免去了这些复杂工程问题,其一次性建设成本和全生命周期运营成本相比传统高铁要低10%—20%左右。这主要得益于氢能源列车的高能源利用

率和简洁的系统结构。氢燃料电池的能量转换效率高,使得列车在相同能耗下能够行驶更远的距离^[2]。同时,由于不需要建设接触网等设施,氢能源轨道交通在建设和运营过程中能够节省大量资金和时间成本,提高了整体的经济效益。此外,氢能源的价格也相对稳定且可预测,不像化石燃料那样受市场波动影响较大。这有助于降低轨道交通的运营风险,为运营方提供更为稳定的成本控制。

2.3 续航与灵活性: 拓宽服务范围, 适应多样需求

氢能源列车在续航和灵活性方面同样表现出色。由于氢燃料电池具有较高的储能容量和续航能力,氢能源列车能够在没有电气化铁路的区段运行,这使得它们能够服务于更广泛的区域。特别是在那些电气化铁路成本过高或不可行的偏远地区,氢能源列车成为了连接这些地区与外界的重要交通工具。这不仅能够促进区域经济的均衡发展,还能够提高人们的出行便利性和生活质量。同时,氢能源列车还具有良好的灵活性。它们能够适应不同的运营需求和环境条件,如不同的线路长度、客流量、气候条件等。这使得氢能源列车在应对复杂多变的交通环境时更加游刃有余,为乘客提供更加舒适、便捷的出行体验。

3 氢能源在轨道交通领域面临的挑战

3.1 技术挑战

氢能源列车在技术上面临着一系列严苛的要求,包括轻量化、小型化、智能化、大功率、长寿命以及低成本等。这些需求相互交织,对氢能源列车的设计、制造和性能优化提出了极高的挑战。轻量化与小型化是氢能源列车提高能效和降低能耗的关键。然而,要在保证列车强度和安全性的前提下实现这一目标,需要采用先进的材料科学和结构设计技术。智能化则要求列车具备高度的自动化和智能化水平,以实现高效、精准的运营和管理。大功率和长寿命是氢能源列车满足实际运营需求的重要保障。然而,目前燃料电池的寿命远低于轨道交通车辆的设计寿命,这成为了制约氢能源列车发展的一个瓶颈。为了解决这个问题,研究人员需要不断探索新的燃料电池材料和制造工艺,以提高其耐用性和可靠性。此外,由于轨道交通车辆的运行功率大,单套氢燃料电池系统往往无法满足使用需求。因此,需要配备多堆燃料电池作为动力源,这无疑增加了系统协调控制的难度。为了实现多堆燃料电池的高效协同工作,需要开发先进的控制系统和算法,确保列车在各种工况下都能稳定运行。

3.2 安全挑战

氢气作为一种易燃易爆的气体,其储存、运输和使用过程中的安全性是氢能源列车必须面对的重要挑战。为了确保氢能源列车的安全运营,必须在设计、制造和运营过程中采取严格的安全措施。首先,在列车设计阶段,需要充分考虑氢气的储存和运输方式,选择安全可靠的储氢罐和输送管道,并设置有效的安全阀和泄漏检测装置。其次,在制造过程中,需要严格控制生产质量,确保所有部件和系统的安全性^[3]。最后,在运营过程中,需要建立完善的安全管理制度和应急预案,对列车进行定期的安全检查和维修,及时发现并处理潜在的安全隐患。

3.3 基础设施挑战

目前,针对氢能轨道交通的加氢站建设和标准制定相对较少,这成为了制约氢能源列车大规模应用的一个关键因素。氢能轨道交通的加氢需求相比燃料电池汽车更大,对加氢站的安全性和加注规模要求也更高。因此,需要加快加氢站的建设步伐,并制定相应的技术标准和规范,以确保加氢站的安全、高效运行。此外,氢气的储存和运输技术也需要进一步完善。目前,氢气的储存方式主要包括高压气态储存和液态储存两种。然而,这两种方式都存在一定的安全风险和技术难题。为了降低储存和运输过程中的安全风险,需要不断探索新的储氢技术和方法,提高氢气的储存密度和安全性。

4 未来展望

4.1 技术进步与成本降低

技术进步是氢能源轨道交通发展的核心驱动力。随着科研力量的不断投入和技术的持续迭代,氢能源列车在性能、效率、安全性等方面都将实现显著提升。首先,燃料电池技术的突破将是氢能源列车发展的关键。目前,燃料电池的能量转换效率虽然已经达到较高水平,但仍有提升空间。未来,通过优化燃料电池的电极材料、电解质以及催化剂等关键组件,可以进一步提高其能量转换效率,使氢能源列车在相同能耗下能够行驶更远的距离。同时,延长燃料电池的使用寿命也是技术突破的重要方向。通过改进燃料电池的设计和制造工艺,减少其在使用过程中的磨损和老化,可以显著提高燃料电池的耐用性,降低列车的维护成本。其次,氢气的生产和储存技术的革新也将对氢能源轨道交通的发展产生深远影响。目前,氢气的生产成本仍然较高,且储存和运输过程中存在一定的安全风险。未来,随着可再生能源制氢技术的成熟和普及,如电解水制氢、光解水制氢等,氢气的生产成本将大幅降低,为氢能源列车提供更为经济、可持续的能源供应。同时,新型储氢技术

的研发也将解决氢气储存和运输过程中的安全问题，如固态储氢、液态储氢等技术的突破，将使得氢气的储存和运输更加便捷、安全。此外，智能化技术的应用也将为氢能源列车的发展注入新的活力。通过集成先进的传感器、大数据、人工智能等技术，氢能源列车可以实现更加精准的运行控制、故障诊断和预测性维护，提高其运营效率 and 安全性。同时，智能化技术还可以帮助列车实现更高效的能源管理，根据运营需求和环境条件自动调整能源使用策略，进一步降低能耗和运营成本。

4.2 政策支持与标准制定

政府的政策支持和标准制定是氢能源轨道交通发展的重要保障。为了促进氢能源轨道交通的发展，政府将加大政策扶持力度，出台一系列优惠政策和激励措施，如财政补贴、税收优惠、金融支持等，以降低氢能源列车的研发和运营成本，推动其尽快实现商业化应用。同时，政府还将加快氢能源轨道交通相关标准规范的制定和完善工作。目前，氢能源轨道交通领域尚缺乏统一的标准规范，这制约了其大规模推广应用。未来，政府将组织专家力量，结合国内外先进经验和实际需求，制定涵盖氢能源列车设计、制造、运营、维护等各个环节的标准规范体系，为氢能源轨道交通的健康发展提供有力支撑^[4]。此外，政府还将加强与国际社会的合作与交流，推动氢能源轨道交通领域的国际合作与标准化进程。通过参与国际标准的制定和修订工作，提升我国在国际氢能源轨道交通领域的话语权和影响力，为氢能源列车走向国门、走向世界奠定坚实基础。

4.3 产业链协同发展

氢能源轨道交通的发展将带动整个产业链的协同发展。未来，随着氢能源轨道交通市场的不断扩大，将吸引更多的企业参与到氢能源产业链的建设中来，形成完整的产业生态体系。首先，氢能源列车的制造企业将不断壮大。随着技术的成熟和市场的拓展，将有更多的企业涉足氢能源列车的研发和生产领域，形成多元化的竞

争格局。这些企业将通过技术创新和产业升级，不断提升氢能源列车的性能和品质，满足市场的多样化需求。其次，氢气的生产和供应企业也将迎来新的发展机遇。随着氢能源轨道交通对氢气需求的不断增加，氢气的生产和供应企业将加大投资力度，扩大生产规模，提高氢气的产量和质量。同时，这些企业还将积极探索可再生能源制氢等新技术，降低氢气的生产成本，为氢能源列车提供更为经济、可持续的能源供应。此外，氢能源轨道交通的配套产业也将得到快速发展。如储氢罐、加氢站等基础设施的建设和运营企业将迎来新的市场机遇。这些企业将通过与氢能源列车制造企业的紧密合作，共同推动氢能源轨道交通产业的协同发展。最终，氢能源轨道交通产业的发展将形成一个核心（氢能源列车制造企业）为引领，多个配套产业（氢气生产供应、储氢罐制造、加氢站建设等）为支撑的产业生态体系。这个生态体系将实现资源共享、优势互补、协同发展，推动氢能源轨道交通产业的可持续发展。

结语

氢能源在轨道交通领域的应用具有广阔的前景和重要的意义。虽然目前仍面临一些技术和基础设施方面的挑战，但随着技术的不断进步和政策的持续支持，氢能源轨道交通必将在未来发挥更加重要的作用，为实现全球交通领域的绿色转型和可持续发展做出积极贡献。

参考文献

- [1]董侃,刘伟志,刘冰,等.氢能源在轨道交通领域的应用现状分析及展望[J].城市轨道交通研究,2024,27(09):6-12.
- [2]沙淼.氢能源市域列车书写绿色低碳轨道交通新篇章[J].城市轨道交通研究,2023,26(04):10+157-158.
- [3]张军龙.氢能源在城市轨道交通行业的应用及发展[J].城市建设理论研究(电子版),2018,(01):162-164.
- [4]熊玉姣.浅析氢能源在轨道交通领域的应用[J].郑州铁路职业技术学院学报,2022,34(04):40-42.