

氢能在新能源领域的应用探究

刘兆颀

上海理工大学 上海 200093

摘要: 在过去的一个世纪里,化石燃料一直是全球能源结构的基石。然而,日益严重的环境问题和气候变化使得世界各国纷纷寻求更可持续的能源解决方案。在这一背景下,氢能作为一种清洁、高效、可存储的能源载体,逐渐受到越来越多的关注。本文旨在探讨氢能在新能源领域的应用前景,并分析其面临的挑战。

关键词: 氢能; 新能源领域; 应用

前言

在交通运输领域,氢能可用于燃料电池汽车、氢气动力火车等,有助于减少交通运输部门的温室气体排放^[1]。在工业领域,氢气可应用于冶金、燃料电池系统、燃烧供热等过程,提高能源利用效率,降低污染物排放。在电力系统,氢能可通过储能和电网平衡提高电力系统的稳定性和可靠性。然而,氢能在新能源领域的广泛应用仍面临诸多挑战。例如,氢能的生产和储存成本较高,基础设施尚不完善。此外,氢能技术的成熟度、政策和法规的支持以及公众接受度等都是需要解决的问题。

1 氢能在新能源领域的重要性

氢能是一种清洁、高效、可持续的能源载体,其在新能源领域具有重要的地位和作用。氢气的热值很高,约为143 kWh/kg,是汽油热值的3倍多。这意味着氢能可以作为一种高效的能量载体,用于储存和运输可再生能源^[2]。随着风能和太阳能等可再生能源在能源结构中的比例逐渐增加,对储能技术的需求也在增长。氢能可以作为一种有效的储能手段,通过将可再生能源产生的电能转化为氢气,然后在需要时将氢气转化为电能,从而帮助电网实现能量供需平衡。燃料电池具有高能量密度、低噪音、低污染等优点,适合应用于汽车、船舶、发电等领域。随着全球对减少碳排放和应对气候变化的关注,发展氢能技术有助于减少人类对化石燃料的依赖,促进能源结构的清洁化和低碳化。氢能的发展有助于实现能源供应的多元化和减少对进口能源的依赖,从而提高国家的能源安全水平。总之,氢能在新能源领域具有重要的地位和作用,其发展将为实现全球能源转型和气候目标提供有力的支持。

2 氢能的产生和储存技术

2.1 氢能的产生方式

以下是各种氢能产生方式的详细说明: 1. 化石燃料制氢: 天然气制氢主要通过蒸汽甲烷重整 (SMR) 过

程。在这个过程中,甲烷 (CH₄) 和水蒸气 (H₂O) 在高温 (700-1000℃)、高压 (2-3 MPa) 条件下反应,生成氢气 (H₂) 和二氧化碳 (CO₂)。化学反应方程式如下: CH₄+H₂O → CO+3H₂+75.6 kJ这种方法生产效率较高,但会产生大量的二氧化碳,导致温室气体排放。因此,这种方法需要搭配碳捕获与封存 (CCS) 技术,以减少对环境的影响。2. 电解水制氢: 电解水制氢是一种通过电解方式将水分解为氢气和氧气的方法。在该过程中,水分子在电解槽中通过电化学反应分解,生成氢气和氧气。碱性电解槽具有较高的电能转化效率,但反应速度较慢; 质子交换膜电解槽具有较快的反应速度,但电能转化效率相对较低。典型的电解水制氢化学反应方程式: 2H₂O → 2H₂+O₂+57.1 kJ这种方法具有较高的能源转化率,但需要消耗大量电能。因此,电解水制氢通常与可再生能源 (如太阳能、风能) 相结合,实现绿色制氢。3. 生物质制氢: 生物质制氢是一种通过生物降解、气化等方式将生物质中的化学能转化为氢能的方法。生物质包括农作物废弃物、林木废弃物、畜禽粪便、有机废水等。生物质制氢有多种技术路线,如生物气化、生物发酵、微生物电解等。以生物气化为例,生物质在一定温度 (300-800℃) 和压力 (1-5 MPa) 条件下,与气化剂 (空气、氧气等) 发生反应,生成富含氢气的气体。这个过程中可以使用不同的生物质原料,如木质纤维素、农业废弃物等^[3]。

2.2 氢能的储存技术

压缩储存是当前最常用的氢气储存方式。通过压缩机将氢气压缩至高压状态,以减少氢气的体积。压缩储存通常采用高强度的钢制或纤维缠绕高压储氢罐。根据储氢罐的额定压力不同,压缩储存可分为低压储氢 (≤ 350 bar)、中压储氢 (350-700 bar) 和高压储氢 (≥ 700 bar)^[4]。压缩储存具有技术成熟、设备成本低、充放气速度快等优点,但需要较大的储氢罐体积,并且

受到储氢罐材料强度的限制。此外，压缩储存存在一定的安全隐患，如储氢罐泄露和爆炸风险。

液化储存是利用低温使氢气液化的方法，以实现氢气的储存。在常压下，氢气液化温度为零下253摄氏度。液化储存通常采用低温绝热容器和低温液体泵。液化储存具有较高的体积密度，有利于运输和储存，但液化过程中需要消耗较多的能量，并且需要保持低温环境，因此液化储存系统的成本较高。

金属氢化物储存是通过与金属合金反应，将氢气储存在金属氢化物中的方法。金属氢化物储存具有较高的体积密度，且释放的氢气纯度高。然而，金属氢化物的反应速度较慢，需要高性能的催化剂来提高反应速率^[5]。此外，金属氢化物的成本较高，限制了其在氢能领域的广泛应用。

化学氢化物储存是通过将有机化合物与氢气反应生成化学氢化物，以实现氢气的储存。化学氢化物储存具有较高的能量密度，且释放的氢气纯度较高。然而，化学氢化物的稳定性和循环寿命存在问题，需要研发更具稳定性和可循环利用的化学氢化物材料。

碳纳米管储存是利用碳纳米管的多孔结构，通过物理吸附的方式储存氢气的方法。碳纳米管具有较高的体积密度，适合用于氢能储存。然而，碳纳米管的大规模制备和成本问题仍然存在挑战，限制了其在氢能领域的广泛应用。

3 氢能在交通运输领域的应用

3.1 氢燃料电池汽车

氢燃料电池汽车（FCEV）是以氢燃料电池为核心动力源的汽车。车辆配备一个储氢罐，用于储存高压氢气。储氢罐通常采用高强度的碳纤维材料制成，可承受较高的压力。氢气通过管道输送到燃料电池堆中。在燃料电池堆里，氢气与空气中的氧气发生电化学反应，生成电能。燃料电池产生的电能通过电力调节器，传输到电动机。电动机将电能转化为机械能，从而驱动车辆行驶。燃料电池反应产生的水通过排水管排出车外。水排放一方面证明了氢燃料电池汽车的环保性能，另一方面也降低了对环境的热负荷。氢燃料电池汽车的排放物只有水，对环境友好，有助于减少交通领域的温室气体排放。由于氢气的能量密度较高，氢燃料电池汽车的续航里程可达500公里以上，与汽油车相当，优于纯电动汽车。氢燃料电池汽车可在几分钟内完成燃料补充，与汽油车相似，而纯电动汽车需要几个小时才能完成充电。氢燃料电池汽车的能量转换效率可达60%左右，高于汽油车和纯电动汽车。为了解决这些问题，政府和行业正在

加大投入，推动氢燃料电池汽车技术的发展和基础设施的完善。

3.2 氢气动力火车

关于氢气动力火车，其驱动原理与氢燃料电池汽车类似，主要区别在于应用领域和具体设计。火车配备一个或多个高压储氢罐，用于储存氢气。储氢罐通常采用高强度的碳纤维材料制成，可承受较高的压力。氢气通过管道输送到燃料电池堆中。在燃料电池堆里，氢气与空气中的氧气发生电化学反应，生成电能。燃料电池产生的电能通过电力调节器，传输到牵引电机。牵引电机将电能转化为机械能，从而驱动火车行驶^[6]。燃料电池反应产生的水通过排水管排出车外。水排放一方面证明了氢气动力火车的环保性能，另一方面也降低了对环境的热负荷。氢气动力火车的唯一排放物是水，对环境友好，可有效减少铁路运输领域的温室气体排放。氢气动力火车的能量转换效率较高，可降低火车运营过程中的能源消耗。氢气动力火车的动力系统具有较高的可靠性和稳定性，可提高火车的运营效率。然而，氢气动力火车的发展仍面临一些挑战，如氢气储存技术、燃料电池系统成本、加氢站基础设施建设等。目前，全球范围内已有部分氢气动力火车的试点项目，如德国的iLint氢气动力火车、中国的“和谐号”氢气动力火车等。随着技术的进步和市场的推动，氢气动力火车有望成为未来轨道交通领域的重要力量。

4 氢能在电力系统中的应用

4.1 氢能电力储存

氢能电力储存是一种通过将电力转化为氢气，再将氢气转化为电力的过程，实现电力的储存和释放。在电力充足且需求较低的时期（如夜间或风力充足的时候），利用剩余的电力进行电解水制氢。电解水设备将水分解成氢气和氧气。可以将产生的氢气储存在高压储氢罐中，或通过氢气管道网络进行传输和分配。根据具体情况，可以选择适当的储存和运输方式。在电力需求较高时（如白天或用电高峰期），将储存的氢气转化为电力。有两种主要方法：氢气通过燃料电池发电。燃料电池中的氢气与空气中的氧气发生电化学反应，产生电能，同时生成水。氢气在燃气发电机中燃烧，产生高温高压气体，推动汽轮机发电。这个过程与化石燃料发电类似，但氢气的燃烧产物只有水，更加环保。可以将发电设备产生的电力输送到电网，满足用电需求。由于氢气的能量密度高，特别适合于大规模、长时间的电力储存。然而，氢能电力储存也面临一些挑战，如制氢和燃料电池技术的成本、储氢设施的建设等。目前，全球范

围内正在进行大量的研究和开发，以降低氢能电力储存的成本，推动其广泛应用。

4.2 氢能与可再生能源的结合

氢能与可再生能源的结合是一种有效的能源解决方案，可以解决可再生能源的波动性问题，确保可再生能源的稳定供应。在风力充足和阳光充足的时候，可以利用风力发电机和太阳能电池板等设备发电。这些发电设备产生的电能输入电网，满足实时电力需求。在电力充足且需求较低的时期（如夜间或风力充足的时候），利用多余的电力进行电解水制氢。电解水设备将水分解成氢气和氧气。也可以将产生的氢气储存在高压储氢罐中，或通过氢气管道网络进行传输和分配。根据具体情况，可以选择适当的储存和运输方式。在电力需求较高时（如白天或用电高峰期），将储存的氢气转化为电力。氢气通过燃料电池发电。氢气在燃氢发电机中燃烧，产生高温高压气体，推动汽轮机发电。这个过程与化石燃料发电类似，但氢气的燃烧产物只有水，更加环保。也可以将发电设备产生的电力输送到电网，满足用电需求。通过这样的循环过程，氢能与可再生能源的结合可以实现可再生能源的稳定供应，提高电力系统的可靠性和稳定性^[7]。此外，由于氢气的能量密度高，特别适合于大规模、长时间的电力储存。然而，这一方案也面临一些挑战，如制氢和燃料电池技术的成本、储氢设施的建设等。目前，全球范围内正在进行大量的研究和开发，以降低氢能与可再生能源结合的成本，推动其广泛应用。

5 氢能在工业领域的应用分析

氢能在工业领域具有广泛的应用前景。由于氢气具有高热量、低污染物排放等优点，它将在推动工业领域减排、提高能源利用效率等方面发挥重要作用。在钢铁、冶金等行业，氢气可以替代传统的碳基燃料，用于

冶炼和加工金属，如直接还原铁（DRI）和直接还原钢（DSR）。这种工艺可以大幅降低二氧化碳排放，提高生产效率。在化工、石化等行业，燃料电池系统可以作为一种高效、环保的电源，为工业过程提供电力和热能。燃料电池不仅可以降低能源成本，还可以减少污染物排放。作为工业炉和锅炉的燃料，氢气燃烧产生的热量可用于工业过程中的加热或工艺需求。与化石燃料相比，氢气燃烧的污染物排放量极少，可改善工业领域的环境绩效。利用氢气和二氧化碳通过甲醇、甲烷等合成燃料，可以为交通运输部门提供低碳燃料。这种方法有助于减少对化石燃料的依赖，降低工业领域的碳排放。利用氢能的储存特性，工业领域可以利用氢能解决电力需求波动问题，实现能源的有效分配。通过将氢能融入工业过程中的能源管理，可以提高生产效率和能源利用效率。虽然氢能在工业领域具有巨大的潜力，但其广泛应用仍面临一些挑战，如氢气生产、储存和分配的成本、基础设施的缺乏等。为了促进氢能在工业领域的发展，政府和行业需要加大对氢能技术的研发投入，推动政策支持，建立完善的产业链和基础设施。

结语

综上所述，通过跨领域的合作与创新，氢能将成为新能源领域的重要支柱，助力实现全球减排和目标，共同应对气候变化和环境挑战。

参考文献

- [1]袁铁江,谭捷,万志. 考虑下游氢负荷波动的新能源制氢系统协调控制策略[J]. 电力系统自动化,2023,47(6): 150-157.
- [2]李珍妮. 新能源与主流电解水耦合制氢工艺技术研究[J]. 当代化工,2023,52(6):1396-1400.
- [3]王明华. 新能源电解水制氢技术经济性分析[J]. 现代化工,2023,43(5):1-5.