

刍议可再生能源互补制氢策略和未来前景

颜祥洲（湛江南海西部石油勘察设计有限公司，广东 湛江 524057）

摘要：科学、合理运用氢能源是目前解决能源危机与环境污染的有效问题，而随着制氢技术的更新升级，基于可再生能源多能互补制氢技术出现，成为未来发展的新方向。在本次研究中，文章针对可再生能源多能互补制氢技术展开深入研究，在分析该技术基本原理的基础上，对其核心工艺、支持保障技术等展开深入探索；最后文章从行业发展视角出发，对可再生能源多能互补制氢技术的未来发展前景进行展望，为制氢技术发展提供了一定的借鉴与支持。

关键词：制氢技术；可再生能源；多能互补；风电制氢；光伏发电制氢

目前能源的转型升级已经成为全世界共同关注的话题，与传统的化石燃料相比，氢能具有清洁卫生、来源多样、可再生等优点成为解决能源危机的有效方法。现阶段常见的制氢原料多为化石燃料，由此带来了环境污染、成本高的问题，因此为适应未来社会对能源的需求，需要寻找一种更加高效制氢技术，而可再生能源多能互补制氢则成为新的发展趋势，而我国部分地区的实践经验也证实，该可再生能源多能互补制氢技术的优势显著。

1 可再生能源多能互补制氢的驱动因素

可再生能源多能互补制氢技术的出现符合我国社会发展趋势，相关技术的进步与发展得益于以下几方面因素的驱动。

1.1 碳中和背景下的能源转型需求

能源转型问题一直是社会关注的重点，根据 2020 年我国在联合国大会上的发展可知，我国争取在 2030 年达到二氧化碳排放峰值，并争取在 2060 年实现碳中和。为了实现上述目标，提升可再生能源的占比已经成为不容忽视的问题。在这一背景下，我国社会产生了重大的能源转型需求，为多能互补制氢发展奠定了良好基础。同时根据相关规定，预计我国在 2030 年的风电、太阳能发电总装机容量超过 10 亿 kW，可再生能源电力消纳责任权重超过 40%，可见可再生能源电力消纳压力大，为解决上述问题，越来越多的学者开始将关注的重点放在可再生能源制氢上^[1]。

1.2 碳交易市场的发展

在 2021 年 1 月，全国两千余家发电行业的重点排放单位纳入碳排放管理，根据现行的相关规定，各单位每年可以使用国家核证自愿减排量抵消碳排放配额的清缴，这为出售二氧化碳减排量、降低电力成本提供了必要的支持。而未来随着碳交易价格上升，可

再生能源电力成本会进一步下降，这对于可再生能源制氢发展奠定了良好基础。

1.3 氢气大规模运输技术不断成熟

多能互补制氢技术发展的关键是提升氢气能源在各行业的使用率，通过提升氢能使用效率可以发挥更大的经济效益、生态效益。在传统技术条件下，氢气能源运输多为气态，受到储氢压力低等技术条件限制，长管拖车的单次运输量不足 500kg，运输效率低，导致其经济运输半径不足 230km，这种现象会严重影响氢能使用效率。而现阶段随着氢气大规模运输技术发展，氢气长管拖车的运输能力增强，以及各地区氢气运输管道的建设，达到了降低运输成本的目的，为拓展氢能应用奠定基础。在这一背景下，氢能源的运输问题得到解决，使可再生能源多能互补制氢有更广阔的市场前景，有助于促进整个行业的发展。

2 可再生能源多能互补制氢技术研究

2.1 技术原理

可再生能源多能互补制氢技术是通过风机、太阳能等技术生成电能，通过电解水制氢方法生成氢气，再将氢气输送至终端即可。现阶段常见的可再生能源多能互补制氢技术主要分为两种，分别为离网型制氢技术、并网型制氢技术。其中离网型制氢技术不通过电网，而是直接将电能发送至制氢设备，常见于局部燃料电池发电供能或者多元分布的制氢装置^[2]。并网型制氢技术是将发电机组与电网并网，制氢设备从电网中取电后正常制氢，该工艺常见于风光耦合系统中。

可再生能源多能互补制氢技术中，电解水装置消耗电能生产氢气，实现了电能向氢能转换，并且随着相关制氢装置的升级换代，其制氢能力有明显提升。但是不容忽视的是，现阶段可再生能源多能互补制氢技术尚未得到进一步推广，其制约因素主要集中在成

本偏高、效能不稳定等几方面,并且尚未构建大规模生产系统,这也是未来技术发展的新方向。

2.2 关键技术分析

2.2.1 风电制氢技术

风电制氢技术通过将风能机械化后,将机械能转变为电能,为制氢设备提供能源支持,实现电能向氢能的转化。在风电制氢系统中,风电设备同时接入电解槽与电网,其中电网电力不足时风电设备优先向电网提供能源;而在电网电能富余时,电解槽可将风电机的电能直接输送至制氢设备中。在上述电能供给模式下可以解决传统工艺存在的能源浪费问题,且风电制氢经济效益满意。

同时现行经验也证实,风电资源大规模运用制氢具有可行性,并且整个生产加工过程基本实现了零排放,具有广阔的市场前景。例如国外学者针对美国远海风力资源丰富的特征,提出了海上风电资源与电解水制氢结合的新方法,与常规风电制氢技术相比,上述工艺将电解水制氢装置集成到海上风电发电项目中,并且技术框架也发生改变,因此该技术可以降低因为电力转化所造成的电能损失,有更高的经济效益。我国早在2014年就启动了“氢储能关键技术及其在新能源接入中的应用研究”项目,该项目围绕碱性电解水制氢技术、质子交换膜燃料电池模块技术等展开深入研究,并取得满意效果,配合200MW风电场,其年制氢产量超过1600万 m^3 。

2.2.2 光伏发电制氢技术

该技术将太阳能板上转化的电能供电解槽系统电解水制氢,该技术基于半导体光电效应,使不均匀半导体与金属结合的不同部位之间产生电位差现象。在我国能源清洁化发展进程中“光伏+氢”技术是其中的重点内容。例如某企业在DC/DC变换器直流耦合制氢系统中,开发了基于光伏功率变化的变换器,该装置可以抑制光伏功率波动对制氢稳定性的影响,因此生产成本明显下降。也有学者在光伏发电系统基础上增设智能控制算法,通过该智能控制算法可以直接控制光伏直接耦合制氢系统,且实践检测结果也证实了该技术在无功补偿等方面具有显著的技术优势。

2.2.3 风光互补发电制氢技术研究

风光互补耦合发电制氢系统充分整合了风电制氢与光伏发电制氢技术的优势,其核心技术思想为:在当地电网风、光资源充足时优先将弃光、弃风资源用于制氢;而当地电网能源不足时,氢能作为补充,经

燃料电池等方式向电网输送能源。因此可以认为,风光互补发电制氢技术不仅可以提升能源利用率,也实现电网“削峰填谷”,对于保障电网稳定性、提升经济效益的意义重大。

2.3 多能互补制氢技术的支持保障措施

目前我国在多能互补制氢技术中应用较为成熟的技术是光伏发电制氢与风电制氢等,但是随着相关技术的发展,潮汐能、生物能等新型能源的使用越来越成熟,将会在制氢领域发挥更多的作用。因此为提升多能互补制氢技术的功能,依照地方能源利用效率以及可再生能源整合目标,可推动能源输出端将电、气、冷热系统耦合优化,最终实现能源结构转变。而在实际上,考虑到多能互补制氢技术尚处于早期发展阶段,其多个环节均存在技术性问题,因此还需要从支持保障措施等几方面进行改进。

2.3.1 协调控制策略

多能互补制氢技术的主要特征就是不同发电技术的整合,由于该技术中的能源形式多样,常规电源与储能管理方式已经无法适用,因此需要开发新的协调控制策略,其中协调控制的关键点,就是要兼顾可再生能源发电、与电网系统整合、电力储能等,在考虑多种可再生能源协调使用的情况下,分析可再生能源的波动问题并对能源发电量、负荷消耗的预测,最终实现多能互补制氢技术的经济便民、安全可靠的目标,确保不同可再生能源之间的有效互补。

在协调控制策略中,可再生能源的波动性、随机性会给电网造成强烈干扰,这也是影响制氢稳定性的重要因素,针对该问题,有学者提出了基于比例优先级的采样机制的深度强化学习算法,该算法针对各种随机风险问题做出预判,可以提升系统控制性能与收敛速度,并且该技术通过对电网潜在风险事件的预测,可在设定的技术条件下优化互补系统,实现能源最优化协调控制。同时在考虑多能互补制氢技术的经济效益与环境效益要求,可考虑建立多能互补综合系统线性规划模型,该模型通过整合不同潮流算法,能够适应不同工况下能源调度策略,对于多能互补制氢技术的能源预测控制与互补有重要意义。

2.3.2 储能系统配置方案

多能互补制氢技术中,能源存储量不足一直是限制行业发展的重要因素,虽然可再生能源多能互补技术的出现显著提升了电能供给能力,在很大程度上缓解了电解水制氢技术对能源需求,但是储能系统的技

术缺陷导致能源利用率偏低,与社会发展趋势不符。为解决上述问题,未来需要对储能系统配置方案进行优化,依托稳定的储能系统消除能源波动性,最终满足多能互补系统的功能需求。

为多能互补制氢技术的储能需求,可选择并网运行储能模式或者孤岛运行储能模式,其中孤岛储能模式下,局部电网与大电网脱离,但在系统功率发生明显波动时依然可以快速响应,在微电网运行中不仅可达到负荷的功率需求,也可以针对功率波动做出快速响应,例如当电网中的功率发生频繁、快速变化时,通过孤岛储能模式可对功率缺额进行补偿,实现了电网自动分配,有助于负荷分布分散与分布式电源多样的场合。并且与并网运行储能模式相比,孤岛储能模式可以控制蓄电池充放电次数,有助于延长电池使用年限,经济效益好,并且对于可再生能源多能互补制氢有良好的适应能力。但总体而言,目前大规模的氢存储依然是个巨大的挑战,未来还需要继续开发新的氢存储方法,这样才能进一步提升氢能源的利用率。

3 可再生能源多能互补制氢技术的发展前景

3.1 制氢技术发展分析

目前可再生能源多能互补制氢技术主要以电解水为主,该技术具有可持续、环保等优点,符合国家发展政策,并且随着制氢技术的发展,电解水制氢的成本将会进一步下降,预计在2030年,电解水的成本会下降30%以上,这为大规范制氢奠定了基础。

表1 生物质能制氢技术优缺点

制氢方法	作用机制	制氢效率	优/缺点
光解水	通过蓝细菌、微藻光合作用,将水分解成氢气	慢	环境友好、成本偏低/需要持续光照
光发酵	光合细菌在有机物的作用,经光发酵后产生氢气	快	通过各种废水制作氢气/需要光
暗耦合发酵	需要使用异养型厌氧菌等有机物,在暗发酵作用下形成氢气	快	可利用工农业废弃物制作氢气/液体需提前处理

除了电解水制氢技术之外,生物质能制氢技术作为制氢工艺的新分支,将会是未来发展的新方向,该

技术的优点包括:生物来源广泛、无污染、生产费用低等。生物质能制氢基础可以将各种有机物(如植物中的碳水化合物、蛋白质)中的能量释放出来,在细菌的作用下产生氢气,其反应机制包括光发酵、光解水以及暗耦合发酵等,不同技术的特征如表1所示。

根据表1所介绍的相关技术可知,生物质能制氢技术的优点显著,并且与传统制氢工艺相比,该技术具有消耗低、可再生等技术优势,符合规模化生产要求。

3.2 支持与保障措施

①未来需进一步健全制氢工业的技术体系,可从政府层面做好政策支持,在坚持政府引导的基础上,做好可再生能源多能互补制氢技术的顶层设计,围绕制氢行业中长期发展规划,引导地方政府与企业发挥自身优势,开发新的制氢行业技术规范;②重视氢源的储存、供应研发。为进一步提升氢能源的经济效益,应重视稳定、低廉的氢能源供应与储运系统建设,为满足氢能下游行业发展需求,可根据不同地区对氢能源的需求开发多元化的氢能源供应系统,通过增加氢气站数量、强化氢能源供应审批管理等方法,消除制约行业发展的因素,打破氢能瓶颈;③探索新的氢气应用方向。为进一步提升氢气资源的利用率,拓展氢气应用方向具有必要性,例如氢气可以加快冬黑麦种子发展速率,并且经氨水处理后可提升苜蓿等农作物种子发芽率等。在工业上,氢气可以用作钨、钼、钛等金属的保护器等。

4 结束语

氢能的市场前景广阔,开发可再生能源多能互补制氢技术可以解决传统制氢工艺中存在的成本高、环境污染等问题,具有可行性。但是不容忽视的是,目前产业化的风电制氢工艺与光伏发电制氢工艺经济性不理想,与传统化石能源制氢工艺相比存在一定差异。因此相关技术人员应在了解可再生能源多能互补制氢技术特性的基础上,加快可再生能源产业转型升级,最终满足行业转型升级的发展目标,创造更多的经济效益。

参考文献:

- [1] 雷宇,袁熹,王颖,等.基于太阳能的甲烷重整制氢技术研究进展[J].太阳能学报,2022,43(12):154-160.
- [2] 韩雪,贺泓,岳国君,等.生物乙醇重整制氢技术挑战与产业化发展机遇[J].中国科学院院刊,2022,38(01):134-144.