

Research on Hydroelectrolysis for Hydrogen Production Process

Donglin Cao Lei Bao Qi Chen Jun Zhang Mingming Zhang

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

Abstract

The excessive consumption of fossil fuels has had a serious impact on the environment, and China is increasingly committed to the development and utilization of clean, low-carbon, and efficient energy. Hydrogen is an environmentally friendly energy carrier, and there are many methods for industrial hydrogen production. Water electrolysis hydrogen production process is one of them, including several different technical routes. Different technologies have their own advantages and disadvantages. In industrial hydrogen production, it is necessary to combine the characteristics of each technology, make reasonable choices, and build a complete water electrolysis hydrogen production system, carry out standardized construction and evaluation work. Based on this, the paper analyzes in detail the technical route and development prospects of water electrolysis hydrogen production, explores the standardized construction of water electrolysis hydrogen production process system, solves the energy consumption problem in traditional hydrogen production process, upgrades water electrolysis hydrogen production system, and promotes further development of the chemical industry.

Keywords

hydroelectrolysis; hydrogen production process; key points

水电解制氢工艺相关研究

曹冬林 包磊 陈奇 张俊 张明明

中天华氢有限公司, 中国 · 江苏 南通 226400

摘要

化石燃料过度消耗对环境造成了严重影响, 中国越来越致力于清洁低碳高效能源的开发和利用。氢气是环境友好的能量载体, 工业化制氢的方法有很多种, 水电解制氢工艺便是其中一种, 包括了几种不同的技术路线。不同技术有着各自的优缺点, 工业用氢中要结合各技术特点, 进行合理选择, 并建设完善的水电解制氢系统, 开展标准化建设和评价工作。基于此, 论文详细分析水电解制氢的技术路线和发展前景, 探究水电解制氢工艺系统的标准化建设, 解决传统制氢工艺中的能耗问题, 升级水电解制氢系统, 促进化工行业的进一步发展。

关键词

水电解; 制氢工艺; 要点

1 引言

随着生态环境不断变化以及双碳目标的要求, 可再生能源被高度重视起来和大力开发, 不过在具体应用中, 可再生能源的间歇性会影响到合理应用, 引起电网的波动和不安全性。因此, 通过应用水电解制氢工艺, 制取高纯度的氢气和氧气, 转化为电能使用, 可以解决可再生能源应用的一系列问题。氢能可以储存浪费的能源, 燃烧时产生的产物只有水, 因此被认为最具有潜力的清洁能源。通过合理分析现阶段的水电解制氢工艺路线, 构建标准化的系统, 引进标准化的装置, 解决以往工艺中的弊端, 促进该工艺发展。能够获

得更高纯度的氢气, 应用于工业领域中。控制工业发展的环境污染, 提高生产效率。

2 水电解制氢工艺的概述

目前, 中国工业用氢大多数是通过化石燃料制氢的方式获取的, 如煤制氢、天然气制氢等, 这也是应用最为广泛的一项技术, 然而随着资源不断紧缩, 存在制氢过程污染严重、投资成本高等各种问题, 该技术已经不再适用。水电解制氢工艺是一种相对方便的制氢方法, 它的技术成熟, 工艺简单, 制取的氢气和氧气纯度高。在生产过程中十分清洁, 不会产生任何有害气体, 也不会增加碳排放。制氢装置启动快, 反应迅速, 能够更好地适应可再生能源电力的波动性, 不过整体成本比较高。因此, 在实际应用中可以使用弃水弃风弃光的电力制取二次能源氢气, 实现可再生能源电力的利

【作者简介】曹冬林, 男, 中国江苏南通人, 本科, 工程师, 从事加氢制氢设备研发研究。

用,降低成本的成本。

其工作原理是浸没在电解液中的一对电极中间可以防止气体渗透的隔膜构成的水电解池,通过直流电后,水发生分解,在阴极析出氢气阳极析出氧气^[1]。主要的构成有电解槽、气液分离器、冷却洗涤器、脱氧系统、干燥系统、压缩系统。电解槽是制氢工艺的核心设备,接通直流电上升到一定数值后,电解槽中的水会被电解为氢气和氧气。电解后氧气和氢气进入洗涤器,去除氢气中夹带的碱雾,然后进入纯化系统,氧气作为副产品收集。在纯化系统中,氢气要先经过pd催化剂,温度为200℃进行反应,去除氢气中的少量氧气。通过换热器和气水分离器,分离氢气含有的水蒸气,可以获得99.99%以上纯度的氢气。目前,水电解制氢工艺有碱性水电解制氢、质子交换膜水电解和固体氧化物电解水制氢三种路线。

3 水电解制氢工艺的技术路线

3.1 碱水电解制氢

碱水电解制氢技术主要应用于医药气象等领域中,包括碱性电解液、多孔阴极板、阳极板等装置构成。通常采用氢氧化钠和氢氧化钾溶液作为电解液,在电解的过程中不会消耗碱液,它只是起到一个离子转化的作用^[2]。具有操作简单成本低的优点,但同时电解效率低,碱液也存在一定的腐蚀性。最核心的特点是要求电力稳定可靠,并不适合风光等间歇性电能,如图1所示。

使用碱性电解液,阴极反应: $4e^-+4H_2O \rightarrow 4OH^-+2H_2$ 。

阳极反应: $4OH^- \rightarrow 2H_2O+4e^-+O_2$ 。

总反应: $2H_2O \rightarrow 2H_2+O_2$ 。

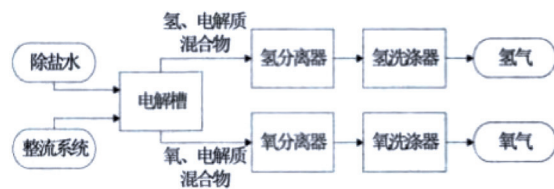


图1 碱水电解制氢流程

在具体应用中将电压控制在1.65~2.2V,电流密度是1000~2000A/m²。电解槽结构分为单极和双极两种,单极式的电解槽是并联的,双极式串联的。双极式的电解槽结构相对紧凑,会减少电解液电阻所引起的损失情况,提高整体的效率,因此在工业中制氢工艺多使用双极式电解槽。通过改良电极开发新型材料尽可能地减少产气电压,将这些新技术应用于电解槽中,提高整体的效率。经过多年的研究,已经形成了相对完善成熟的水电解制氢装置。碱性水电解质氢更加便利高效,工艺水平不断提升,在化工航天电子等工业中的应用越来越广泛。

3.2 PEM 纯水电解制氢

质子交换膜(PEM)水电解使用质子交换膜取代PPS膜,

它的两侧是催化剂构成的多孔电极。优点是在电解的过程中不需要任何化学药品,有着较高的电解效率,安全系数很高。但是电极材料需要使用铂合金,质子交换膜的成本也很高,因此整体造价高。水在正极上发生水电解反应,在电场和催化剂的影响下,电解成氢离子,和氧离子,直接传递到质子交换膜内,受到电能势差影响,从正极到负极,在负极析出氢气^[3]。质子交换膜只允许氢气,带着少量的水通过氧气无法通过,因此可以提高氢气的纯度。而且质子膜有着较强的抗压强度,可以产出高压氢气。需要注意的是,该技术还存在一定的局限性,在水裂解的过程中,阳极产生了大量的氢离子,保持高酸性,具有一定的腐蚀性,因此选择材料时要考虑到抗腐蚀这一要求。

3.3 固体氧化物电解

固体氧化物电解技术的原理是电流将水分子电解成氢气和氧气分别收集,在系统设计中将电解和电解质上改成了固态。隔膜只对氢离子有单向导通作用,避免了氢氧混合,因此气体纯度高。电解质膜薄,电极间隔小,也会减少电阻,降低电压,使整体结构更加紧凑,高温环境下该装置运行效率更高。会选择相对稳定的材料。阴极材料多使用镍—钇稳定的氧化锆,有着较高的热化学稳定性和离子导电性。阳极材料会使用镧—锶—钴—铁。该技术与质子交换膜,水电解技术不同,它是在阴极得到电子形成氢气和氧离子,氧离子经过电解质层,到达阳极失去电子生成氧气^[4]。整体能耗比较低,不过对阴极阳极的材料有着较高的要求,需要具备一定的稳定性,同时要保持高效持久的水蒸气催化活性,因此整体的材料成本投入比较高,在应用过程中受到一定限制。

4 水电解制氢工艺系统的标准化建设

4.1 基础建设要求

针对水电解制氢工艺系统建设,我国出台了相关的标准要求,将该系统按照纯度分为普通型和纯气型普通型要求,氢气的纯度≥99.7%,氧气纯度≥99.2%。而纯气型要求氢气和氧气的纯度都要≥99.99%。根据工作压力分为常压低压和中压三种。抗压小于0.1MPa,低压在0.1~1.6MPa之间,中压在1.6~10MPa。压力型水电解制氢系统要选择具有规定压力的各项装置,构建更加完善规范的系统。针对碱性水电解系统和质子交换膜,水电解系统就进行了明确规定,根据要求选择合适设备,加强系统建设,从而为后续水电解制氢工艺提供保障,达到预期的质量要求^[5]。结合水电解制氢工艺的发展趋势,可以构建适合风光特性的标准化体系。要协调风光装备企业,引进先进的装置,升级水电解制氢系统,规范整个工作流程,与可再生能源密切结合,更好地适应风光特性,提高运行效率和安全性。

4.2 评价体系

针对水电解制氢系统开展完善的评价工作健全评价体系,是行业内必须遵守的技术规范,具有公平性和权威性,

能够及时发现水电解制氢系统中的不足之处,引进先进技术提高制氢工艺的质量和效率,实现有效创新。在国家出台的相关标准要求中,从电解槽能耗及能效的角度对制氢系统分级。每一级别对应的标准不同,各级制氢系统单位在能耗和能效值方面要进行严格控制,确保其符合技术规范从而提高制氢的生产效率,获得更高纯度的氢气。在评价指标方面,包括核心指标和基础指标,核心指标有制氢能耗、电流密度,基础指标有泄漏量、额定氢气产量、气密性、静态试验和氢气纯度。对各项指标进行综合评分,最后结合评分结果进行评级。

4.3 纯化部分

水电解制氢工艺中纯化部分尤为重要,国家也出台了相关的技术规范,利用各项指标进行约束管理,优化水电解制氢系统的建设。加强提纯氢系统的设计和应用,从而获得更高纯度的氢气。在该部分也要加强管理工作,落实标准制度中的各项要求,并进行系统的试运行检测。采用变压吸附法提纯氢气,选择合适的吸附器进行规范,要求开展检验试验等一系列工作,选择合适的规格,确保其发挥性能进行纯化操作,提高最终生成氢气的整体纯度。

5 水电解制氢工艺的发展前景

水电解制氢工艺在未来发展中与可再生能源密切结合。氢能在能源系统转化中发挥重要的作用,通过大规模的应用可以实现清洁能源的合理使用,解决中国目前能源需求量大,也能有效控制能耗,减少制氢工艺对环境的污染。通过与可再生能源结合应用,利用弃水弃风弃光电力制取氢气,将氢气作为二次能源,应用于工业中。氢气燃烧电池会利用储存的氢气生产必需的电力,保障人们的用电需求。近些年,中国也加快了对可再生能源制氢项目的建设和研究,通过构建示范基地研究各项技术规范,升级现有系统,推出新的制氢工艺。

并网风电波动发电制氢。风电并网发电时具有一定的波动性,在能源管理系统的合理应用下,有效控制电网的频率和电压,使电解槽在额定的电压下稳定运行。控制电解槽运行状态,抑制宽功率波动,减少电解槽的开关次数。利用制氢系统可以消纳风电弃风,优化整体配置。使用并网风力

制氢,可以提高制氢工艺的整体效率。

应用能综合电解制氢,光能和热能综合电解制氢,主要借助于光能和太阳能开展工作,获得具有较高纯度的氢气。在具体应用中,将光伏电池模块与光子增强热离子发射电池模块集成组合,有效地将太阳能转化为电能,然后利用PETE和光伏电池的余热,预热液态水实现高温电解制氢,提高制氢的效率^[6]。光伏发电中部分光谱能量转化为电能,另一部分转化为热能为电解创造高温条件,可以实现光能和热能的综合电解工作,提高电解效率。

在与可再生能源结合应用的过程中,引进更多新材料,降低材料的投入成本,优化整体的运行模式,提高可再生能源的利用率,也能减少发电成本,促进水电解制氢工艺的发展。

6 结语

综上所述,水电解制氢工艺的合理应用,可以解决当前能源消耗的问题,将其与可再生能源结合应用实现技术的创新。水电解制氢工艺零排放零污染,能够解决当前污染严重的问题,为工业发展提供一份助力。在具体应用中要结合水电解制氢工艺的特点,优化系统设计,加强标准化建设开展评价工作。根据标准要求进行分级管理,引进先进的设备,完善系统建设,提高氢气的纯度。在未来发展中可再生能源与水电解制氢工艺结合是主要的趋势,同时也带来了更多的发展优势。降低整体成本,呈现出氢气的经济性。实现可再生燃料与化石燃料共存的局面。

参考文献

- [1] 吴国鑫,徐志杰,曹思亮,等.水电解制氢的危险性与气体探测器设置的探讨[J].石油化工自动化,2024,60(2):71-77.
- [2] 尹玉国,逢锦鑫,黄登高,等.大型水电解制氢技术现状及发展[J].广东化工,2022,49(11):97-98+57.
- [3] 韩欢欢,王雪泽,王震,等.水电解制氢的特点及发展前景[J].清洗世界,2022,38(1):49-50.
- [4] 张琪.基于可再生能源水电解制氢技术发展概述[J].当代化工研究,2023(2):14-16.
- [5] 高翔,田家彬,赵登利,等.水电解制氢系统标准化现状与建议[J].中外能源,2023,28(10):19-22.
- [6] 王健.水电解制氢技术[J].玻璃,2022,49(5):25-30.