

浅析克拉玛依市发展电化学产业实施路径

潘磊 丁振操 崔军 刘宏博 李杨俊迪

克拉玛依市先进能源技术创新有限公司

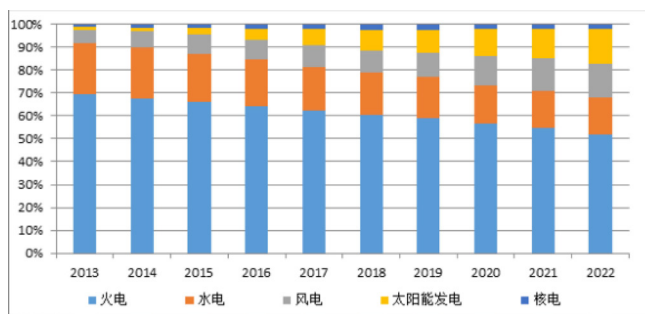
摘要: 为了应对碳排放引发的全球气候变暖问题,缓解传统化石能源在供电端的压力,在电力行业中,中国大力推行风电、光伏、水电等可再生能源发出的“绿电”的挖掘和适用性开发,而新能源电力先天具有长周期的波动性和短周期的间歇性,本文围绕规模小、处理规模小,易于启停,且不易发生爆炸、泄漏等问题的新型设备及电化工技术进行阐述,为克拉玛依市电化学产业实施提出发展前景。

关键词: 电化工; 绿电; 低碳

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6288.2023.07.236

一、引言

自工业革命以来,大气层中温室气体(GHG, GreenhouseGas)的快速增长,导致全球气温上升、极端天气、冰川融化等一系列环境恶化问题,预计21世纪全球温度会上升5.8℃左右^[1],导致此问题的主要影响因素是碳排放过高,中国为了降低碳排,减少中国化石能源的进口依存度,一定程度上保障化石能源的安全基准线,2020年9月,中国宣布2030年实现“碳达峰”,2060年实现“碳中和”,(以下简称“双碳”),中国在可再生能源的开放和利用方面出台了各类政策,其中,以风力发电、太阳能发电、水利发电等大规模“绿电”的供能形式逐渐受到了政策的青睐,“绿电”可极大程度上实现能源供应的清洁化和低碳化。2022年非化石能源装机量占总发电装机量的49.6%,其中以光伏装机最为突出,2022年光伏装机量同比增长了28.1%,装机量3.92亿千瓦。但可再生能源天生具备跟随季节的波动性和昼夜之间的间歇性,使得可再生能源发出的“绿电”适配性较弱^[2],据统计在中国新能源发电项目中,每年都有500亿度电力完全没有得到有效开发。



2013-2022年我国电力装机结构

现阶段,电解水制氢技术被认为是大规模消耗以风力发电、太阳能发电为主的“绿电”消纳的重点渠道之一。通过电解水制氢,将大规模的“绿电”转化为“绿氢”,以“绿氢”为媒介,链接化工、交通、发电、供热、储气等丰富多样的终端应用中^[3-5]。相对于“绿

电”,“绿氢”的负载功率相对灵活^[6-7],可以快速跟踪特定的功率调节指令,作为灵活负荷资源参与到电网调度中,从而改善电网灵活性,促进可再生能源消纳^[8-9]。但是由于现阶段电解水制氢成本相较于传统化石能源制氢成本仍存在较大价格差,因此电转氢技术在化工领域的应用较少。

炼化工业作为典型的能源消费利用大户,又是能源产品与合成化学品供应的核心环节,是“双碳”政策下转型的重点行业,其碳减排路径不仅涉及已形成共识的能源消费结构调整和新能源替代技术,还包括工艺生产技术的革新迭代。炼化工业碳减排路径中,绿电供能的电化工是耦合传统工艺与新能源产业的纽带桥梁,研究分析各技术领域的发展现状,对炼化工业实现绿色低碳高质量发展至关重要。

二、克拉玛依市新能源电力发展情况

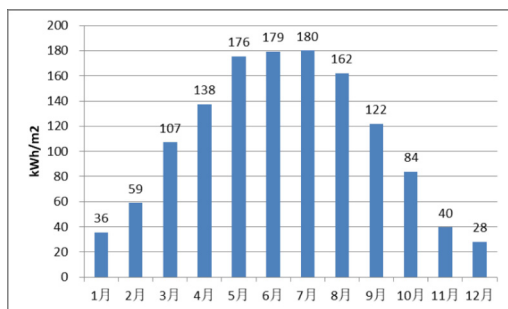
(一) 总体发展情况

克拉玛依市位于准噶尔盆地西部,坐标为东经84°44′~86°1′,北纬44°7′~46°8′之间。西北傍加依尔山,南依天山北麓,东濒古尔班通古特沙漠,海拔高度在270~500米之间。在这样的区位优势下,克拉玛依拥有丰富的风能资源和光伏资源。

近年来,克拉玛依电源结构持续优化,清洁能源比重大幅提升。2022年,克拉玛依市共开工建设13个新能源项目,总装机规模达到355万千瓦(包括风电装机规模45万千瓦,光伏装机规模310万千瓦)。这些项目全部建成后,预计每年能提供电力约53亿千瓦时。

(二) 光伏发电情况

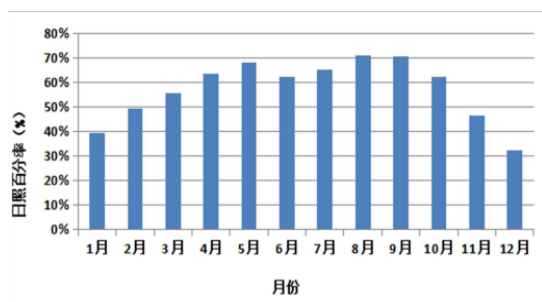
根据《太阳能资源评估方法》(QX/T89-2008),克拉玛依市的太阳能资源属于较丰富地带,可进行太阳能资源的光伏开发利用。从图中可见,克拉玛依地区太阳总辐射量的月际变化比较大,其数值在28kWh/m²~180kWh/m²之间;月平均值7月最大,达180kWh/m²;12月最小,为28kWh/m²。



太阳总辐射量月际变化图

同时克拉玛依市平均日照时数为1~5月逐月增加,

5、6、7、8月份较平稳,处于全年日照时数最大区,9~12月逐月减少。日照时数其数值在80h~320h之间;月平均值5月最大,达312.5h;12月最小,为87.0h。同时日照百分率月际变化呈现夏秋季大、春冬季小的规律,最大值出现在8月达到71%,最小值出现在12月,只有32%,平均日照百分率为59%。



日照百分率月际变化图

(三) 克拉玛依市炼化产业概况

克拉玛依市是全世界仅有的以石油命名的城市,作为新中国石油工业的长子,克拉玛依拥有大量的石油和天然气矿产资源。自1955年一号井开钻以来,几十年发展至今,克拉玛依能源化工行业拥有较强的石油炼化能力以及较为完善的产业链。2022年新疆油田公司累计生产原油1442万吨,增长5.3%,生产天然气38.5亿方,增长10.3%,油气当量突破1700万吨,再创历史新高,加工原油774.1万吨,增长6.1%。乙烯产量达137.5万吨,液化石油气13.6万吨,汽油产量达120万吨,煤油产量达21.8万吨,柴油产量达305.6万吨,润滑油39.2万吨,聚丙烯树脂76万吨。

三、电化学产业市场潜力

(一) 电化工概述

传统化工生产装置的特点是设备体型大,工艺条件多涉及高温高压、流程连续,不易启停,且部分工艺涉及易燃易爆。如果用新能源电力直接供电,不能保障生产装置连续运行,不利于化工生产,电力波动大时,甚至会发生爆炸等事故。电化学即反应过程中反应状态随时间的变化而变化的电化学反应,具有不易受外界环

境影响的特点。其中,等离子体工艺设备,CCR反应器均有低能耗,体型小、快速启停、反应行程短等特点,可以在通过新能源直接供电,在电力高峰期开展工艺操作,在电力不足时暂停反应,是解决可再生能源弃电问题的又一条途径。

(二) 等离子体技术介绍

等离子体是除固体、液体、气体以外,物质的第四相,由电子、离子、活性粒子等组成,具有很高的活性和反应性,使得很多化学反应能在常温下进行^[10]。等离子体具有许多独特的物理、化学性质:

较为活泼的化学性能:物质的混乱程度直接决定了物质的反应活性和熵值,通常情况下其反应活性及熵值成正比,物质的混乱程度是随着物质形式的而定的,从低到高分别为固体、气体、液体再到等离子体。根据这个关系,等离子体的化学性相较于固体、气体和液体更加的活泼,许多化学稳定的物质都能够在等离子条件下,进行较为完全的化学反应^[11]。

导电性、电准中性:等离子体是气体在外力作用下发生电离,产生数量相等的电荷相反的电子和正离子以及游离基的非凝聚态系统,其中含有大量的带电粒子,导电性能非常良好,接近于金属的导电性;尽管在微小的空间内,等离子体存在电荷密度,但是在足够大的空间和时间尺度上,其正负电荷数量相等,故称之为电准中性。

与磁场的可作用性:等离子体是有电荷等不同粒子组成的导体,粒子之间往往存在着长程库伦力的相互作用,其粒子运动易受到磁场的影响,与电磁场的运动紧密耦合,集体效应和集体运动模式相对于其他形态都较为丰富,可以通过外部磁场使得等离子体的位置及运动状态发生改变^[12]。

(三) CCR反应器

基于马达工作原理的小型可移动化学压缩反应器(CCR)在近绝热条件下对天然气和石油伴生气进行气相氧化转化制取合成气和液态含氧化合物已被证明是值得大力探索的技术途径。CCR反应器具有简单的运动学,工作部件是“活塞-气缸”压缩组件。比如气缸容量为1升、活塞频率为10赫兹的两缸机组的进气量近30000升/小时,因此几组方桌大小的CCR反应器(不包括额外的工艺设备)可有望处理小型气田的气体排放问题。

(四) CCR反应器应用领域

近几年仅国内被统计的放空燃烧的伴生气每年就高达百亿立方米,按照每一万立方米伴生气可转化为5600升汽油,百亿立方米的伴生气可转化为56亿升汽油,相当于几百亿人民币的产值;然而其他未被统计的放空燃烧的伴生气和天然气更是不计其数。克拉玛依市作为

资源型城市, 每年在石油开发过程中会产生大量的零散天然气, 利用这种小型便携式处理设备实现对天然气和伴生气的小规模加工, 将有助于解决偏远分布式天然气及伴生气的转化利用问题。不仅可以使天然气经合成气转化成高附加价值的化工产品或燃料, 而且也可以为目前白白浪费油田伴生气、煤层气和炼厂气的资源合理化使用提供理论基础和技术储备。

四、结论与展望

克拉玛依市传统的炼化工业在为社会提供大量化学品和能源产品的同时, 也消耗了大量的能源, 其能源消费结构以化石能源为主, 导致严重的碳排放问题。在深化原油加工深度, 增加高附加值产品比重的同时, 实现节能降碳目标任务存在客观矛盾。虽然新能源产业蓬勃发展带来了电价降低和调峰消纳需求, 但由于现阶段氢能在燃料电池领域应用规模较小, 难以匹配克拉玛依市富余可再生能源体量。电化工技术的发展为近期解决可再生能源弃电问题提供了一条有效途径, 这也为炼化工业耦合电化学技术实现绿色低碳转型带来了新的机遇。电化学技术是炼化工业与新能源产业深度耦合的枢纽, 对于实现综合零碳能源耦合、能量流集成电供电、物质流集成电化工和减碳负碳技术领域的炼化工业绿色低碳转型具有重要意义。这一思路符合物质流与能量流融合的工业社会发展客观规律, 是炼化工业实现碳中和目标的可行解决方案。在炼化工业绿色低碳转型进程中, 克拉玛依市可以围绕电化学领域进行突破攻关。

基于电化学反应直接合成化工产品或采用高温共电解直接生成合成气代替低温电解等技术路线, 该技术路线有助于实现整体系统的小型化与分布式, 综合能效有所提升, 但仍需克服电化学催化剂选型、反应速率慢、器件不成熟等技术瓶颈, 是未来基础理论研究与产业研发的重要方向。

未来, 克拉玛依市可以致力于在零碳能源耦合方面进一步攻坚克难, 研发高效低成本的光伏和风力发电组件, 以促进绿色电力、绿色氢气和绿色热能等零碳能源的价格降低。同时, 该市将积极推动炼化、电网、新能源和储能等行业之间的合作, 打破行业壁垒, 以炼化行业为引领, 带动相关产业实现绿色低碳转型。

参考文献

- [1] WIGLEY T M L, RAPER S C B. Interpretation of high projections for global-mean warming[J]. *Science*, 2001, 293 (5529): 451-454.
- [2] 周强, 汪宁渤, 冉亮, 等. 中国新能源弃风弃光原因分析及前景探究[J]. *中国电力*, 2016, 49 (9): 7-12.
- [3] SCHIEBAHN S, GRUBE T, ROBINIUS M, et al. Power to gas: technological overview, systems analysis and economic assessment for a case study in Germany[J]. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2015, 40 (12): 4285-4294.
- [4] LEHNER M, TICHLER R, STEINMÜLLER H, et al. Power-to-gas: technology and business models[M]. Cham: Springer International Publishing, 2014.
- [5] QADRAN M, ABEYSEKERA M, CHAUDRY M, et al. Role of power-to-gas in an integrated gas and electricity system in Great Britain[J]. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2015, 40 (17): 5763-5775.
- [6] PETIPAS F, BRISSE A, BOUALLOU C. Model-based behaviour of a high temperature electrolyser system operated at various loads[J]. *Journal of Power Sources*, 2013, 239: 584-595.
- [7] KOPP M, COLEMAN D, STILLER C, et al. Energiepark Mainz: technical and economic analysis of the worldwide largest power-to-gas plant with PEM electrolysis[J]. *International Journal of Hydrogen Energy*, 2017, 42 (19): 13311-13320.
- [8] KHANI H, FARAG H E Z. Optimal day-ahead scheduling of power to-gas energy storage and gas load management in wholesale electricity and gas markets[J]. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 2018, 9 (2): 940-951.
- [9] FRANK M, DEJA R, PETERS R, et al. Bypassing renewable variability with a reversible solid oxide cell plant[J]. *Applied Energy*, 2018, 217: 101-112.
- [10] 乔乾森, 巴德玛, 李长青, 等. 低温等离子体表面处理技术研究[J]. *材料保护*, 2022, 55 (12): 55-60. (QIAO Qiansen, Badema, LI Changqing, et al. research on low-temperature plasma surface treatment technology[J]) *Materials Protection*, 2022, 55 (12): 55-60.)
- [11] 赵化侨. 等离子体化学与工艺[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 1993.
- [12] 吴承康, 化工百科全书第三卷[M]. 北京: 化学工业出版社, 1993.
- 作者简介: 潘磊, 1987年, 男, 汉族, 四川省万源市, 职称: 工程师, 学历: 本科、主要从事技术转移工作。