

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2022年9月22日 (22.09.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/193349 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02J 15/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2021/082892
- (22) 国际申请日: 2021年3月25日 (25.03.2021)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202110277085.8 2021年3月15日 (15.03.2021) CN
- (71) 申请人: 成都精智艺科技有限责任公司 (CHENGDU JINGZHIYI TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国四川省成都市天府新区华阳街道新希望大道二段158号28栋6单元2楼220号廖勇, Sichuan 610213 (CN).
- (72) 发明人: 廖勇 (LIAO, Yong); 中国四川省成都市天府新区华阳街道新希望大道二段158号28栋6单元2楼220号, Sichuan 610213 (CN)。刘清友 (LIU, Qingyou); 中国四川省成都市天府新区华阳街道新希望大道二段158号28栋6单元2楼220号

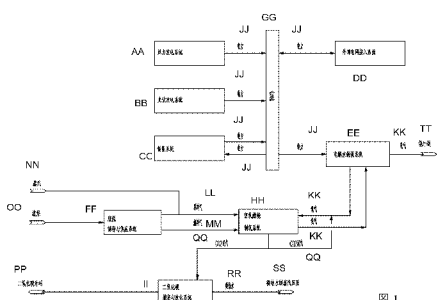
号廖勇, Sichuan 610213 (CN)。王国荣 (WANG, Guorong); 中国四川省成都市天府新区华阳街道新希望大道二段158号28栋6单元2楼220号廖勇, Sichuan 610213 (CN)。吴秋伟 (WU, Qiuwei); 中国四川省成都市天府新区华阳街道新希望大道二段158号28栋6单元2楼220号廖勇, Sichuan 610213 (CN)。刘武 (LIU, Wu); 中国四川省成都市天府新区华阳街道新希望大道二段158号28栋6单元2楼220号廖勇, Sichuan 610213 (CN)。董立臣 (DONG, Lichen); 中国四川省成都市天府新区华阳街道新希望大道二段158号28栋6单元2楼220号廖勇, Sichuan 610213 (CN)。丁涛 (DING, Tao); 中国四川省成都市天府新区华阳街道新希望大道二段158号28栋6单元2楼220号廖勇, Sichuan 610213 (CN)。李俊荣 (LI, Junrong); 中国四川省成都市天府新区华阳街道新希望大道二段158号28栋6单元2楼220号廖勇, Sichuan 610213 (CN)。胡强 (HU, Qiang); 中国四川省成都市天府新区华阳街道新希望大道二段158号28栋6单元2楼220号廖勇, Sichuan 610213 (CN)。李汶颖 (LI, Wenying); 中国四川省成都市天府新区华阳

(54) Title: COMBINED HYDROGEN PRODUCTION SYSTEM BASED ON RENEWABLE ENERGY WATER ELECTROLYSIS AND CARBON CAPTURE TECHNOLOGY

(54) 发明名称: 一种基于可再生能源电解水和碳捕技术的联合制氢系统

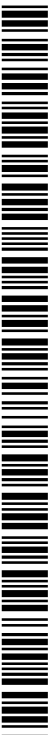
(57) Abstract: A combined hydrogen production system based on renewable energy water electrolysis and carbon capture technology, comprising a photo-voltaic power generation system, a wind power generation system, an external power grid access system, a water electrolysis hydrogen production system, an oxygen-enriched combustion hydrogen production system, a carbon dioxide capture and liquification system, and an energy storage system. Technologies such as photovoltaics, wind power generation, hydrogen energy, oxygen-enriched combustion, and carbon capture are integrated, so that multi-energy complementation and supply coupling are implemented. The system is an energy system for producing green hydrogen from renewable energy and supplying clean hydrogen under the capture and recovery of carbon dioxide.

(57) 摘要: 一种基于可再生能源电解水和碳捕技术的联合制氢系统, 包括光伏发电系统、风力发电系统、外部电网接入系统、电解水制氢系统、富氧燃烧制氢系统、二氧化碳捕集与液化系统和储能系统。通过整合光伏、风电、氢能、富氧燃烧、碳捕集等多种技术, 实现多能互补、供应耦合, 是一种可再生能源制绿氢与二氧化碳捕集回收的供应清洁氢的能源系统。



- AA Wind power generation system
- BB Photovoltaic power generation system
- CC Energy storage system
- DD External power grid access system
- EE Water electrolysis hydrogen production system
- FF Liquid hydrocarbon storage and supply system
- GG Power busbar
- HH Oxygen-enriched combustion hydrogen production system
- II Carbon dioxide capture and liquification system
- JJ Power
- KK Hydrogen
- LL Feed gas
- MM Fuel gas
- NN Steam
- OO Liquid hydrocarbon
- PP Carbon dioxide outward transport
- QQ CO2 tail gas
- RR Condensed water
- SS Reuse of condensed water for steam production
- TT Hydrogen outward transport

图 1



WO 2022/193349 A1

街道新希望大道二段158号28栋6单元2楼220号廖勇, Sichuan 610213 (CN)。张琳东(ZHANG, Lindong); 中国四川省成都市天府新区华阳街道新希望大道二段158号28栋6单元2楼220号廖勇, Sichuan 610213 (CN)。王均(WANG, Jun); 中国四川省成都市天府新区华阳街道新希望大道二段158号28栋6单元2楼220号廖勇, Sichuan 610213 (CN)。陈石义(CHEN, Shiyi); 中国四川省成都市天府新区华阳街道新希望大道二段158号28栋6单元2楼220号廖勇, Sichuan 610213 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

一种基于可再生能源电解水和碳捕技术的联合制氢系统

技术领域

本发明涉及新能源技术领域，尤其是涉及一种整合光伏、风电、氢能、富氧燃烧、碳捕集等多种新能源技术，最终实现进行多能互补、供应耦合，可再生能源制绿氢与二氧化碳捕集回收下供应清洁氢的能源系统，为实现碳中和目标提出了一种可实施的高效绿色制氢工厂技术方案。

背景技术

2015年12月联合国巴黎气候变化大会通过了《巴黎协定》要求，根据协定各国以“自主贡献”的方式参与全球应对气候变化行动，发达国家继续带头减缓碳排放，并对发展中国家减缓碳排放和适应气候变化提供资金、技术和能力建设的支持。根据协定要求，2019年12月欧盟明确提出了2050年实现碳中和。因此研发出具有可操作性、可实施性和经济性的近零碳排放能源供应系统成为世界各国的达到碳中和目标的重要手段之一。

根据欧盟委员会发布的《欧洲氢能战略》，提出到2030年，欧盟的绿氢年产能将超过1000万吨，绿氢制备总功率达到40GW。可以预见未来可再生能源电解水制氢的项目将是支撑零碳经济的核心基础设施。因此我们判断大量的绿氢电解项目伴生氧气利用将是未来降低碳捕集能耗的关键点，据此我们开发了一种基于可再生能源电解水和碳捕技术的联合制氢系统及方法，以建设低能耗的氢气工厂为未来社会提供清洁的能源。

光伏发电是利用半导体界面的光生伏特效应而将光能直接转变为电能的一种技术。主要由太阳能电池板（组件）、控制器和逆变器三大部分组成，主要部件由电子元器件构成。太阳能电池经过串联后进行封装保护可形成大面积

的太阳能电池组件，再配合上功率控制器等部件就形成了光伏发电装置。

风力发电是把风的动能转变成机械动能，再把机械能转化为电力动能。风力发电的原理，是利用风力带动风车叶片旋转，再透过增速机将旋转的速度提升，来促使发电机发电。依据目前的风车技术，大约是每秒三米的风速（微风的程度），便可以开始发电。

全球风能、水能、太阳能等清洁能源资源非常丰富，理论年可开采量相当于全球化石能源剩余探明可采储量的 38 倍。但他们致命缺点是不能长期稳定的提供能源输出，需要依靠现有能源系统补能调峰或单独配置储能调峰系统。

电解水制氢过程实际上是一种能量转换过程，即将一次能源转换为能源载体氢能的过程。目前两大类水电解制氢技术可以在低温条件下进行实际应用，分别是碱性液体水电解与固体聚合物（PEM）水电解两类。碱性液体水电解技术是以 KOH、NaOH 水溶液为电解质，如采用石棉布等作为隔膜，在直流电的作用下，将水电解，生成氢气和氧气。产出的气体需要进行脱碱雾处理。典型的 PEM 水电解技术主要部件包括阴阳极气体扩散层、阴阳极催化层和质子交换膜等。在 PEM 技术中，水中的氢离子穿过质子交换膜与电子结合成为氢原子，氢原子相互结合形成氢分子。PEM 质子交换膜作为固体电解质，一般使用全氟磺酸膜，起到隔绝阴阳极生成气，阻止电子的传递，同时传递质子的作用。质子交换膜替代了石棉膜隔绝电极两侧的气体，避免了碱性液体电解质电解槽使用强碱性液体电解质所带来的缺点。此外，PEM 水电解池采用零间隙结构，电解池体积更为紧凑精简降低了电解池的欧姆电阻，大幅提高了电解池的整体性能。

烃类蒸汽转化制氢工艺是一种在我国大量成熟应用的化工工艺过程。适用于烃类转化制氢的原料种类很多，包括天然气、液化石油气、各种炼厂气、合

成气、直馏石脑油、抽余油、拔头油及二次加工油等。其中以分子量最轻、碳氢比最小的天然气制氢为最佳。专利描述主要以天然气为示例：天然气制氢由天然气蒸汽转化制转化气和变压吸附(PSA)提纯氢气(H₂)两部分组成，压缩并脱硫后天然气与水蒸汽混合后，在镍催化剂的作用下于 750~850℃将天然气物质转化为氢气(H₂)、一氧化碳(CO)和二氧化碳(CO₂)的转化气，转化气可以通过变换将一氧化碳(CO)变换为氢气(H₂)，成为变换气，然后，转化气或者变换气通过变压吸附(PSA)过程，得到高纯度的氢气(H₂)。相关反应属于吸热反应，需要燃烧燃料进行热量补充。

CCUS 技术是能源行业降低排放的关键解决方案，在推进能源系统低碳转型、实现全球气候目标方面发挥重要作用。根据国际能源署 (IEA) 的《CCUS 在低碳发电系统中的作用》报告中分类，碳捕集方式主要分为燃烧后捕集、燃烧前捕集和富氧燃烧碳捕集系统三大研究方向。富氧燃烧捕集技术是一种燃烧中捕集技术。与传统直接用空气助燃的燃烧技术不同，富氧燃烧是用纯度非常高的氧气助燃，用燃烧生成的 CO₂ 代替空气中的 N₂ 反复循环使用，通过调整助燃空气与循环烟气的比例控制 O₂/CO₂ 配比以适应不同的燃烧要求。富氧燃烧排烟中富含高浓度 CO₂，便于后续实施低成本的二氧化碳捕集。

微电网是相对传统大电网的一个概念，是指多个分布式电源及其相关负载按照一定的拓扑结构组成的网络，并通过静态开关关联至常规电网。开发和延伸微电网能够充分促进分布式电源与可再生能源的大规模接入，实现对负荷多种能源形式的高可靠供给，是实现主动式配电网的一种有效方式，使传统电网向智能电网过渡。直流微电网和交流微电网是典型的微电网模式，两者之间主要区别在于采用的是直流电还是交流电作为能量传输载体。

根据中国氢能联盟提出的《低碳氢、清洁氢与可再生能源氢的标准与评价》在单位氢气碳排放量方面，低碳氢的阈值为 14.51 kgCO₂e/kgH₂，清洁氢和可

再生氢的阈值为 4.9 kgCO₂e/kgH₂，可再生氢同时要求制氢能源为可再生能源。

发明内容

为了开发有效利用于含碳燃料的提高燃烧效率和降低石化燃料脱碳成本的技术，本发明提出了一种基于可再生能源电解水和碳捕技术的联合制氢系统，旨在实现可再生能源与 CCUS 技术结合下生产清洁氢与可再生能源氢，符合未来碳中和的社会需求，应用前景广阔。

本发明解决其技术问题所采用的技术方案是：一种基于可再生能源电解水和碳捕技术的联合制氢系统，包括光伏发电系统、风力发电系统、外部电网接入系统、电解水制氢系统、富氧燃烧制氢系统、二氧化碳捕集与液化系统、储能系统，其中：所述光伏发电系统、风力发电系统、外部电网接入系统、储能系统通过电力母线与电解水制氢系统连接；所述电解水制氢系统与富氧燃烧制氢系统连接，所述富氧燃烧制氢系统与二氧化碳捕集与液化系统连接。

与现有技术相比，本发明的积极效果是：

本发明提供了一套采用可再生能源+二氧化碳捕集技术供给清洁氢与可再生能源氢的方案，首次提出了一种整合光伏、风电、氢能、富氧燃烧、碳捕集等多种新能源技术，最终实现进行多能互补、供应耦合，可再生能源制绿氢与二氧化碳捕集回收下供应清洁氢的能源系统，为实现碳中和目标提出了一种可实施的绿色制氢工厂技术方案。

附图说明

本发明将通过例子并参照附图的方式说明，其中：

图 1 是一种基于可再生能源电解水和碳捕技术的联合制氢系统框架示意图；

图 2 是一种基于可再生能源电解水和碳捕技术的联合制氢系统的示意图

(直流微电网系统);

图 3 是一种基于可再生能源电解水和碳捕技术的联合制氢系统的示意图
(交流微电网系统);

图中附图标记包括: 网电接入装置 1、第一 AC/DC 转换器 2、太阳能电池方阵 3、汇流箱 4、第一 DC/DC 转换器 5、风力发电机 6、第二 AC/DC 转换器 7、第二 DC/DC 转换器 8、蓄电池组 9、超级电容组 10、直流微电网母线 11、第三 DC/DC 转换器 12、电解水装置 13、氢气提纯装置 14、氢气储存装置 15、氧气储存装置 16、液烃储罐 17、BOG 压缩机 18、液烃增压气化器 19、液烃增压泵 20、液烃主气化器 21、富氧燃烧制氢转换炉 22、蒸汽发生器 23、变换反应器 24、蒸汽预热器 25、冷却分离器 26、PSA 分离装置 27、尾气换热器 28、一级压缩机 29、CO₂脱水装置 30、冷凝水泵 31、二级压缩机 32、CO₂液化冷箱 33、制冷装置 34、液态 CO₂储罐 35、CO₂缓冲储罐 36、智慧能量管理系统 37。

具体实施方式

一种基于可再生能源电解水和碳捕技术的联合制氢系统, 如图 1 所示, 包括: 光伏发电系统、风力发电系统、外部电网接入系统、电解水制氢系统、富氧燃烧制氢系统、液烃储存与供应系统、二氧化碳捕集与液化系统、储能系统等, 其中:

光伏发电系统、风力发电系统、外部电网接入系统、储能系统将电力通过电力母线供给电解水制氢系统, 富余的电力通过电力母线供给储能系统进行储存; 液烃储存与供应系统将原料气和燃料气供给富氧燃烧制氢系统, 富氧燃烧制氢系统将产生的氢气供给电解水制氢系统; 所述电解水制氢系统将产生的氢气外供, 将产生的氧气提供给富氧燃烧制氢系统; 所述富氧燃烧制氢系统产生的尾气进入二氧化碳捕集与液化系统进行碳捕集, 二氧化碳捕集与液化系统产

生的液态 CO₂ 外运、产生的凝结水用于制蒸汽回用。

实施例一、依托直流微电网多能互补制绿氢与富氧燃烧 CO₂ 捕集技术下供应清洁氢，如图 2 所示：

1) 由网电接入装置 1、第一 AC/DC 转换器 2 组成外部电网接入系统。

所述网电接入装置 1 通过电缆与第一 AC/DC 转换器 2 连接并最终连接至直流微电网母线 11。

2) 由太阳能电池方阵 3、汇流箱 4、第一 DC/DC 转换器 5 组成光伏发电系统。

所述太阳能电池方阵 3 通过电缆与汇流箱 4 连接汇集太阳能电池组生产的电力，汇流箱 4 汇集后的电力通过电缆与第一 DC/DC 转换器 5 调节到基准电压并最终连接至直流微电网母线 11。

3) 由风力发电机 6、第二 AC/DC 转换器 7 组成风力发电系统。

所述风力发电机 6 生产电力并通过电缆与第二 AC/DC 转换器 7 调节到基准电压并最终连接至直流微电网母线 11。

4) 由第二 DC/DC 转换器 8、蓄电池组 9、超级电容组 10、直流微电网母线 11 组成储能系统。

光伏发电系统、风力发电系统、外部电网接入系统通过各类转换器调节到基准电压并最终连接至直流微电网母线 11，直流微电网母线 11 是联合生产系统的汇合点，所有的能源都以直流的方式汇总到直流微电网母线 11 上，再进行分配。

直流微电网母线 11 通过电缆连接第二 DC/DC 转换器 8，第二 DC/DC 转换器 8 分别通过电缆连接蓄电池组 9 和超级电容组 10 等电能的储存装置。

5) 由第三 DC/DC 转换器 12、电解水装置 13、氢气提纯装置 14、氢气储

存装置 15、氧气储存装置 16 组成电解水制氢系统。

所述第三 DC/DC 转换器 12、电解水装置 13、氢气提纯装置 14、氢气储存装置 15 依次连接，通过电解水装置 13 产生的粗氢气经过氢气提纯装置 14 后成为高纯产品氢气，进入氢气储存装置 15 后，作为产品氢气外供。所述电解水装置 13 与氧气储存装置 16 连接，电解水装置 13 产生的氢气进入氧气储存装置 16。

所述电解水装置 13 可以是碱性液体水电解槽、固体聚合物（PEM）水电解槽或固体氧化物（SOEC）电解槽，可以根据不同建设规模与项目建设条件情况确定不同的电解水工艺。

所述氢气提纯装置 14 的组成包括气液分析器、除盐水洗涤器、冷却器、汽水分离器、脱氧塔、TSV 干燥塔等一系列的氢气干燥、除氧设备组成。并跟随制得氢气利用对象而产生氢杂质要求不同会增减设备搭配合理的流程。

6) 由液烃储罐 17、BOG 压缩机 18、液烃增压气化器 19、液烃增压泵 20、液烃主气化器 21 组成液烃储存与供应系统。

LNG 燃料储存于液烃储罐 17。液烃储罐 17 的液相出口由管道连接至液烃增压泵 20 的入口，液烃增压泵 20 的出口通过管道与液烃增压气化器 19 入口相连，液烃增压气化器 19 出口返回至液烃储罐 17 实现自增压。达到 0.3~0.4MPa 的 LNG 燃料从液烃储罐 17 的另一个液相出口由管道连接至液烃主气化器 21 的入口，气化为常温；液烃储罐 17 的气相出口通过管道连接到 BOG 压缩机 18，经过 BOG 压缩机 18 增压的 BOG（Boil Off Gas 闪蒸气，液烃在静态储存时产生的静态蒸发）和液烃主气化器 21 出口的气态烃连通混合后通过原料管道和燃料管道被送至富氧燃烧制氢系统的富氧燃烧制氢转换炉 22 参与反应。其中：

所述液烃储罐 17 在储存 LNG、乙烷等低温物料时可以是真空粉末绝热罐、高真空杜瓦，在储存 LPG 等常温物料时可以是碳钢卧罐；BOG 压缩机 18 可以是螺杆压缩机、迷宫压缩机、平衡式往复式压缩机；液烃增压泵 20 可以是筒袋潜液泵、外置离心泵；液烃主气化器 21 可以是空温式气化器、水浴式气化器、蒸汽换热气化器。

7) 由富氧燃烧制氢转换炉 22、蒸汽发生器 23、变换反应器 24、蒸汽预热器 25、冷却分离器 26、PSA 分离器 27、尾气换热器 28 组成富氧燃烧制氢系统。

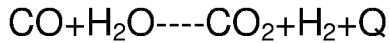
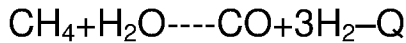
所述富氧燃烧制氢转换炉 22、蒸汽发生器 23、变换反应器 24、蒸汽预热器 25、冷却分离器 26、PSA 分离装置 27 依次连接，经过 PSA 分离装置 27 分离后产生的高纯产品氢气进入氢气储存装置 15。来自氧气储存装置 16 的氧气进入富氧燃烧制氢转换炉 22，富氧燃烧制氢转换炉 22 与尾气换热器 28 连接，富氧燃烧制氢转换炉 22 产生的尾气经过尾气换热器 28 后进入二氧化碳捕集与液化系统的一级压缩机 29。

所述富氧燃烧制氢转换炉 22 是以烃类为原料，采用蒸汽转化造气工艺的设备。适用于烃类转化制氢的原料包括天然气、液化石油气、各种炼厂气、合成气、直馏石脑油、抽余油、拔头油及二次加工油等。其中以分子量最轻、碳氢比最小的天然气制氢为最佳。本专利主要以液化天然气为示例。

其基本原理是以水蒸汽为氧化剂，在镍催化剂的作用下将天然气物质转化，得到制取氢气的原料气。这一过程为吸热过程，故需外供热量，转化所需的热量由燃料气或解吸气进行富氧燃烧化学反应后提供。天然气为原料首先进入富氧燃烧制氢转换炉的尾气对流段预热到 500~520℃，然后送到制氢转换炉的辐射段顶部，分配进入各反应管，从上而下流经催化剂层。重整反应条件为

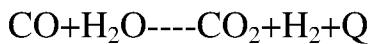
温度维持在 750~920℃。气体在转化管内进行蒸汽转化反应，从各转化管出来的转化气由底部汇整到集气管。

在镍催化剂作用下其主要反应如下：



在普通空气助燃的情况下占比 4/5 的氮气并没有参与燃烧反应，在燃烧过程中带走大量热量，并且生成氮氧化物。本发明提出二氧化碳+纯氧替代空气助燃，可增加燃烧效率，并且最终产物只有二氧化碳与水，将极大利于降低后续碳捕集的成本。

所述富氧燃烧制氢转换炉 22 生产的转化气经蒸汽发生器 23 换热生产蒸汽后进入变换反应器 24，在中变催化剂的作用下，一氧化碳与水蒸气发生如下反应：



CO 变换反应为放热反应，300℃左右温度对变换平衡有利，可得到较高的 CO 变换率，进而可提高单位原料的产氢量。为简化工艺流程，节省投资，在小规模的天然气转化制氢只采用一段变换。而在较大规模式则可以采用两段换热式转化技术，增加产品氢的收率。

8) 由一级压缩机 29、CO₂脱水装置 30、冷凝水泵 31、二级压缩机 32、CO₂液化冷箱 33、制冷装置 34、液态 CO₂储罐 35、CO₂缓冲储罐 36 组成二氧化碳捕集与液化系统。

所述一级压缩机 29、CO₂脱水装置 30、二级压缩机 32、CO₂液化冷箱 33、液态 CO₂储罐 35 依次连接；所述一级压缩机 29 与 CO₂缓冲储罐 36 连接，所述液态 CO₂储罐 35 中的 CO₂蒸发气从气相进入 CO₂缓冲储罐 36；所述 CO₂脱水装置 30 与冷凝水泵 31 连接，冷凝水泵 31 出水作为冷凝水回收；所述液

态 CO₂ 储罐 35 液相出口的液态 CO₂ 装车外输；所述 CO₂ 液化冷箱 33 与制冷装置 34 连接。

所述一级压缩机 29 和二级压缩机 32 可以是往复式压缩机、螺杆压缩机等。

所述 CO₂ 脱水装置 30 是利用干燥剂吸附张力使气体的水分子被干燥剂内孔吸附而从二氧化碳中除去的方法。常用的干燥剂有硅胶、分子筛等，技术成熟可靠，脱水后干气含水量可低至 1×10^{-6} ，采用分子筛脱水后的干天然气水露点可低至 -100℃，可以满足后续二氧化碳液化的露点要求，避免结冰堵塞冷箱流道。

所述 CO₂ 液化冷箱 33 由于 CO₂ 的最佳液化点在 -30℃ 左右，对冷却的温度要求并不高，因此可以采用铝制多股流冷箱、或者蒸发式换热器等。

所述制冷装置 34 由于 CO₂ 的最佳液化点在 -30℃ 左右，因此本制冷装置可以是 R134a 制冷循环系统、R410a 制冷循环系统、R290（丙烷）制冷循环系统、R600a 制冷循环系统等多种制冷循环中选择一种。

所述液态 CO₂ 储罐 35 是具备保冷功能的金属储罐，可以是真空粉末绝热、珍珠岩堆积绝热、聚氨酯包覆绝热等方案来实现保冷绝热。

智慧能量管理系统 37 是本系统的神经中枢和能量管理中心，对区域内设备进行采集管理和协调控制，是系统安全、稳定、高效运行的保障。管理系统将对各类设备（光伏、转换器、开关、电解设备、储氢/氧设备、烃类转化制氢设备、碳捕集设备等）运行、环境状态及人员管理进行综合的信息感知，实现实时监控、协调控制、削峰填谷、经济运行管理，并可支持负荷跟踪、光伏发电预测、需求侧管理、售能等功能。

本实施例采用多能互补的直流微电网制氢：

光伏发电系统的太阳能电池方阵 3 通过电缆与汇流箱 4 连接，汇流箱 4 通

过电缆与第一 DC/DC 转换器 5 连接并最终连接至直流微电网母线 11。本系统在具备阳光资源地区依托太阳能电池方阵发电每年可实现有效发电时间 1500-2000 小时左右，供给微电网。

风力发电系统的风力发电机 6 通过电缆与第二 AC/DC 转换器 7 连接并最终连接至直流微电网母线 11。本系统在具备风力资源地区依托风力发电机发电可实现每年有效发电时间 2000-3500 小时左右，供给微电网。

第二 DC/DC 转换器 8 通过电缆与直流微电网母线 11 相连接，同时第二 DC/DC 转换器 8 分别与蓄电池组 9 和超级电容组 10 电缆连接；本系统的光伏发电和风力发电可以短时间（根据实际需求可存储配合系统自用电 24 小时的储能规模）由蓄电池组和超级电容进行储存和释放，保障微电网的供电。

电解水制氢系统：光伏和风力发电的富裕可以通过电解水制氢系统制成氢气进入氢气储存装置 15。

实施例二、依托交流微电网多能互补制绿氢与富氧燃烧 CO₂ 捕集技术下供应清洁氢，如图 3 所示：

只要本发明的直流微电网系统中的设备进行少许改变就能变成交流微电网系统进行电解水制氢。

第一 AC/DC 转换器 2 调整成第一变压器 102；第一 DC/DC 转换器 5 调整成 DC/AC 逆变器 105；第二 AC/DC 转换器 7 调整成第二变压器 107；第二 DC/DC 转换器 8 调整成 AC/DC 双向转换器 108；第三 DC/DC 转换器 12 调整成 AC/DC 转换器 112。

最终变换后如图 3 一种基于可再生能源电解水和碳捕技术的联合制氢系统的示意图（交流微电网系统）所示。

光伏发电单元的太阳能电池方阵 103 通过电缆与汇流箱 104 连接，汇流箱

104 通过电缆与 DC/AC 逆变器 105 连接并最终连接至交流微电网母线 111。本系统在具备阳光资源地区依托太阳能电池方阵发电每年可实现有效发电时间 1500 小时左右，供给微电网。

风力发电单元的风力发电机通过电缆与第二变压器 107 并最终连接至交流微电网母线。本系统在具备风力资源地区依托风力发电机发电可实现每年有效发电时间 2500 小时左右，供给微电网。

AC/DC 双向转换器 108 通过电缆与交流微电网母线 111 相连接，同时 AC/DC 双向转换器 108 分别与蓄电池组 109 和超级电容组 110 电缆连接；本系统的光伏发电和风力发电可以短时间（根据实际需求可配合 1~12 小时的储能规模）由蓄电池组和超级电容进行储存和释放，保障微电网的供电。

电解水制氢系统，光伏和风力发电的富裕可以通过 AC/DC 转换器转换成直流电后再通过电解水制氢系统制成氢气进入氢气储存装置 115。

富氧燃烧制氢系统和二氧化碳捕集与液化系统则与实施例一完全一致。

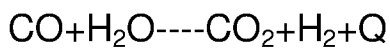
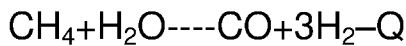
本发明的工作原理是：

本发明通过光电、风电、电网谷电制氢气、氧气：太阳能电池方阵和风力发电机生产的电力可以通过电解水制氢系统制成氢气和氧气进入储存装置内储存；没有阳光的夜晚也可以通过网电接入装置从电网取便宜的谷电通过电解水系统制成氢气和氧气进入储存装置内储存。

电解水系统制氢产生的氢和氧气分别存储在对应的储存装置中，其中氢可以经增压或液化后送至消费终端；氧气则主要送于富氧燃烧制氢转换炉 22 进行富氧燃烧，为蒸汽转化制氢提供热量，制得的氢气将在提纯到产品要求后送至氢气储存罐，最终经增压或液化后送至消费终端。

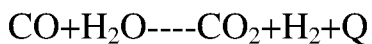
所述富氧燃烧制氢转换炉 22 是基于烃类蒸汽转化水蒸气重整，是化石能源制氢方向中一项成熟技术，其中包含了吸热反应和放热反应。适用于烃类转化制氢的原料包括天然气、液化石油气、各种炼厂气、合成气等。其中以分子量最轻、碳氢比最小的天然气制氢为最佳。本专利主要以液化天然气为示例。

其基本原理是以水蒸汽为氧化剂，在镍催化剂的作用下将天然气物质转化，得到制取氢气的原料气。在镍催化剂作用下其主要反应如下：



甲烷在水蒸气重整转化反应的过程为吸热过程，反应的温度高达 750~920℃，转化所需的热量由燃料气进行富氧燃烧化学反应后提供。

所述富氧燃烧制氢转换炉 22 生产的转化气经蒸汽发生器 23 换热生产蒸汽后，控制温度大约在 300℃左右进入变换反应器 24，在中变催化剂的作用下，一氧化碳与水蒸气发生如下反应：



CO 变换反应为放热反应，反应温度在 300℃对变换平衡有利，可得到较高的 CO 变换率，进而可提高单位原料的产氢量。为简化工艺流程，节省投资，在小规模的天然气转化制氢只采用一段变换。而在较大规模式则可以采用两段换热式转化技术，增加产品氢的收率。

而对天然气制得的氢气将采用变压吸附氢提纯工艺。变压吸附提纯工艺过程之所以得以实现是由于吸附剂在这种物理吸附中所具有的两个性质：一是对不同组分的吸附能力不同，二是吸附质在吸附剂上的吸附容量随吸附质的分压上升而增加，随吸附温度的上升而下降。利用吸附剂的第一个性质，可实现对含氢气源中杂质组分的优先吸附而实现氢提纯的目的；利用吸附剂的第二个性

质，可实现吸附剂在低温、高压下吸附而在高温、低压下解吸再生，从而构成吸附剂的吸附与再生循环，达到连续提氢的目的。所述 PSA 分离装置的解吸气经稳压后将送至转化炉作为燃料。

在普通空气助燃的情况下占比 4/5 的氮气并没有参与燃烧反应，在燃烧过程中带走大量热量，并且生成氮氧化物。本发明提出二氧化碳+纯氧替代空气助燃，可增加燃烧效率，并且最终产物只有二氧化碳与水将极大利于降低后续碳捕集的成本。

在 CO_2 浓度一定的情况下，降低液化温度和提高液化压力均有利于 CO_2 液化，在本发明的实施例中选择 -30°C 和 3MPa 更利于尾气组分的捕集。

我们采用的 CO_2 脱水装置是利用干燥剂吸附张力使气体的水分子被干燥剂内孔吸附而从二氧化碳中除去的方法。常用的干燥剂有硅胶、分子筛等，技术成熟可靠，脱水后干气含水量可低至 1×10^{-6} ，采用分子筛脱水后的干天然气水露点可低至 -100°C ，可以满足后续二氧化碳液化的露点要求，避免结冰堵塞冷箱流道。

CO_2 液化冷箱由于 CO_2 的最佳液化点在 -30°C 左右，对冷却的温度要求并不高，因此可以采用多股流冷箱、或者蒸发式换热器等。

制冷装置由于 CO_2 的最佳液化点在 -30°C 左右，因此本制冷装置可以是 R134a 制冷循环系统、R410a 制冷循环系统、R290(丙烷)制冷循环系统、R600a 制冷循环系统等多种制冷循环中根据现场情况选择一种最为合适的工艺。

所属液态 CO_2 储罐是具备保冷功能的金属储罐，可以是真空粉末绝热、珍珠岩堆积绝、聚氨酯包覆绝热等方案来实现保冷绝热。

本装置除了可以用作清洁氢和可再生能源氢的联合生产系统外，也可以作为电网调峰储能设施。在白天的用电高峰时减小电解水功率对外输出电力，在

夜晚等用电低谷时可以增大电解水功率吸纳谷电，同时利用调节制氢氧气的供应可以调节烃类制氢规模对冲电解水制氢的波动，保障下游用氢气终端的平稳运行。

1、一种基于可再生能源电解水和碳捕技术的联合制氢系统，其特征在于：包括光伏发电系统、风力发电系统、外部电网接入系统、电解水制氢系统、富氧燃烧制氢系统、二氧化碳捕集与液化系统、储能系统，其中：所述光伏发电系统、风力发电系统、外部电网接入系统、储能系统通过电力母线与电解水制氢系统连接；所述电解水制氢系统与富氧燃烧制氢系统连接，所述富氧燃烧制氢系统与二氧化碳捕集与液化系统连接。

2、根据权利要求 1 所述的一种基于可再生能源电解水和碳捕技术的联合制氢系统，其特征在于：所述电解水制氢系统包括依次连接的电解水装置、氢气提纯装置和氢气储存装置，所述电解水装置与氧气储存装置连接。

3、根据权利要求 1 所述的一种基于可再生能源电解水和碳捕技术的联合制氢系统，其特征在于：所述富氧燃烧制氢系统包括依次连接的富氧燃烧制氢转换炉、蒸汽发生器、变换反应器、蒸汽预热器、冷却分离器和 PSA 分离装置，所述富氧燃烧制氢转换炉与尾气换热器连接。

4、根据权利要求 1 所述的一种基于可再生能源电解水和碳捕技术的联合制氢系统，其特征在于：所述二氧化碳捕集与液化系统包括依次连接的一级压缩机、CO₂脱水装置、二级压缩机、CO₂液化冷箱、液态 CO₂储罐，所述一级压缩机与 CO₂缓冲储罐连接，所述液态 CO₂储罐的气相与 CO₂缓冲储罐连接。

5、根据权利要求 4 所述的一种基于可再生能源电解水和碳捕技术的联合制氢系统，其特征在于：所述 CO₂脱水装置与冷凝水泵连接。

6、根据权利要求 4 所述的一种基于可再生能源电解水和碳捕技术的联合制氢系统，其特征在于：所述 CO₂液化冷箱与制冷装置连接。

7、根据权利要求 1 所述的一种基于可再生能源电解水和碳捕技术的联合制氢系统，其特征在于：所述富氧燃烧制氢系统与液烃储存与供应系统连接。

8、根据权利要求 7 所述的一种基于可再生能源电解水和碳捕技术的联合制氢系统，其特征在于：所述液烃储存与供应系统包括液烃储罐和分别与液烃储罐连接的 BOG 压缩机、液烃增压泵和液烃主气化器，所述液烃增压泵的出口通过管道与液烃增压气化器入口相连，液烃增压气化器出口返回至液烃储罐。

9、根据权利要求 1 所述的一种基于可再生能源电解水和碳捕技术的联合制氢系统，其特征在于：所述电力母线为直流微电网母线，所述外部电网接入系统、风力发电系统分别通过第一 AC/DC 转换器、第二 AC/DC 转换器与直流微电网母线连接，所述光伏发电系统、储能系统、电解水制氢系统分别通过第一 DC/DC 转换器、第二 DC/DC 转换器、第三 DC/DC 转换器与直流微电网母线连接。

10、根据权利要求 1 所述的一种基于可再生能源电解水和碳捕技术的联合制氢系统，其特征在于：所述电力母线为交流微电网母线，所述外部电网接入系统、风力发电系统分别通过第一变压器、第二变压器与交流微电网母线连接，所述光伏发电系统、储能系统、电解水制氢系统分别通过 DC/AC 逆变器、AC/DC 双向转换器、AC/DC 转换器与交流微电网母线连接。

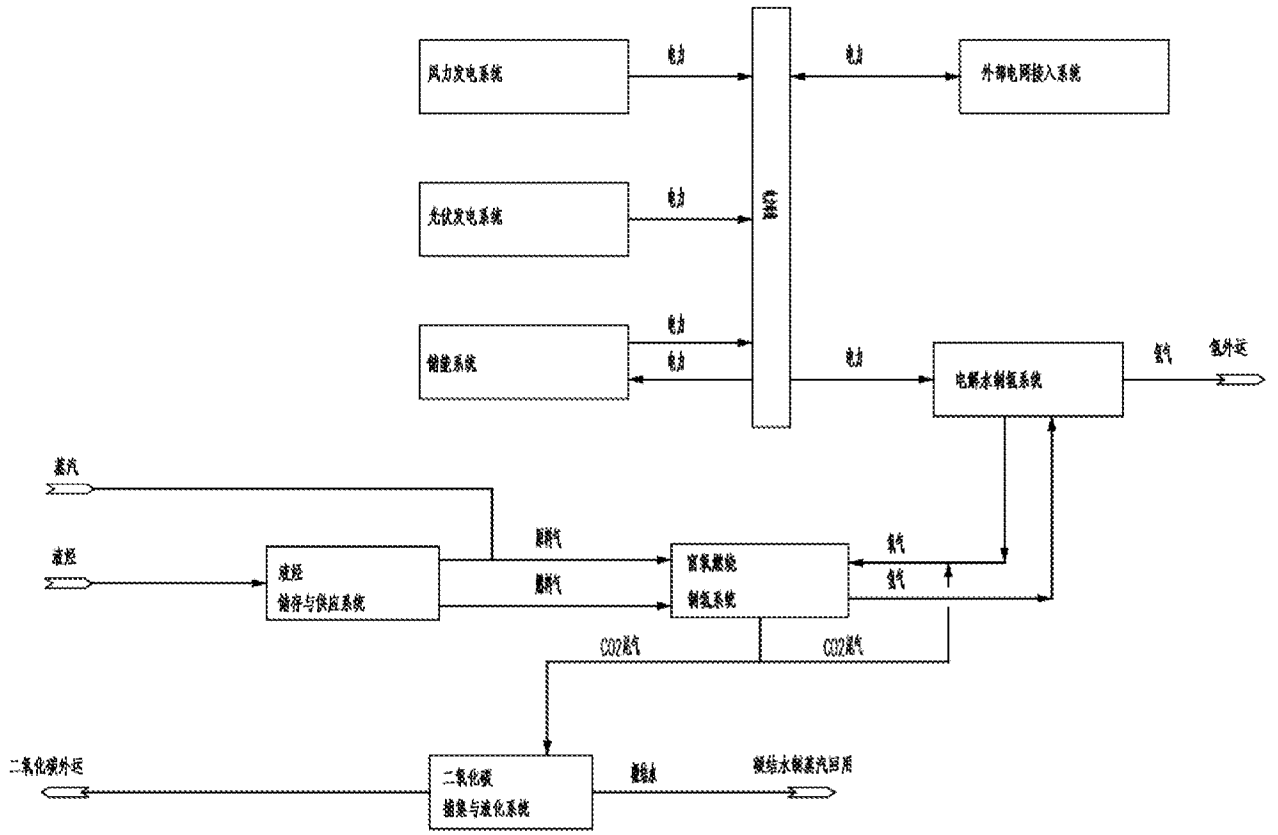


图 1

5

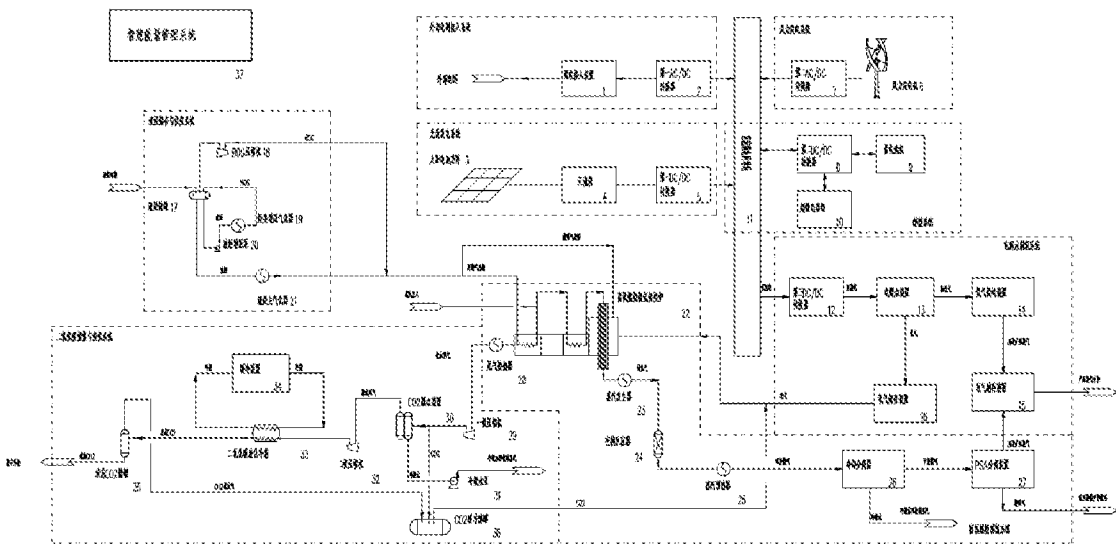


图 2

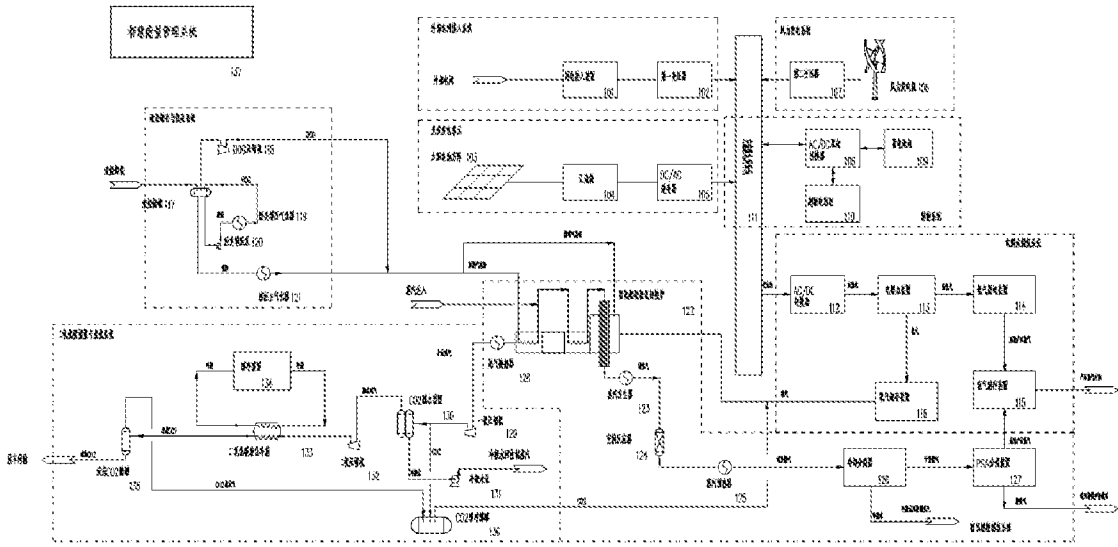


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/082892

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H02J 15/00(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
H02J,C25B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
DWPI, CNABS, CNTXT, USTXT, EPTXT, GBTXT, WOTXT, ISI WEB of SCIENCE, 中国期刊网全文数据库, CJFD: 廖勇, 刘清友, 王国荣, 吴秋伟, 刘武, 陈石义, 电解, 制氢, 光伏, 清洁氢, 二氧化碳, 捕集, 风能, 风力, 固体燃料, 固态燃料, 富氧燃烧, 天然气, SOFC, SOEC, PEM, fuel, photovoltaic		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 112448413 A (CHENGDU JINGZHIYI TECHNOLOGY CO., LTD.) 05 March 2021 (2021-03-05) description, specific embodiments, and figure 1	1-10
Y	CN 109687002 A (CHINA NUCLEAR POWER TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE et al.) 26 April 2019 (2019-04-26) description, specific embodiments	1-10
A	CN 110649650 A (HUADIAN ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.) 03 January 2020 (2020-01-03) claim 1	1-10
A	CN 207166137 U (HEPU THERMAL DEVELOPMENT CO., LTD.) 30 March 2018 (2018-03-30) claim 1	1-10
A	CN 111146803 A (GUODIAN LONGYUAN POWER TECHNOLOGY ENGINEERING CO., LTD.) 12 May 2020 (2020-05-12) claim 1	1-10
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
16 November 2021		16 December 2021
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088, China		
Facsimile No. (86-10)62019451		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/082892

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 20200127384 A (UNIVERSITY ULSAN FOUND INDUSTRIAL COOP.) 11 November 2020 (2020-11-11) claim 1	1-10
.....		

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/082892

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	112448413	A	05 March 2021	CN	213341659	U	01 June 2021
CN	109687002	A	26 April 2019	None			
CN	110649650	A	03 January 2020	CN	210780119	U	16 June 2020
CN	207166137	U	30 March 2018	None			
CN	111146803	A	12 May 2020	CN	211530761	U	18 September 2020
KR	20200127384	A	11 November 2020	KR	102227795	B1	15 March 2021

<p>A. 主题的分类</p> <p>H02J 15/00 (2006.01) i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																							
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>H02J, C25B</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>DWPI, CNABS, CNTXT, USTXT, EPTXT, GBTXT, WOTXT, ISI WEB of SCIENCE, 中国期刊网全文数据库:廖勇, 刘清友, 王国荣, 吴秋伟, 刘武, 陈石义, 电解, 制氢, 光伏, 清洁氢, 二氧化碳, 捕集, 风能, 风力, 固体燃料, 固态燃料, 富氧燃烧, 天然气, SOFC, SOEC, PEM, fuel, photovoltaic</p>																							
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>CN 112448413 A (成都精智艺科技有限责任公司) 2021年3月5日 (2021 - 03 - 05) 说明书具体实施方式, 附图1</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 109687002 A (中广核研究院有限公司等) 2019年4月26日 (2019 - 04 - 26) 说明书具体实施方式</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 110649650 A (华电电力科学研究院有限公司) 2020年1月3日 (2020 - 01 - 03) 权利要求1</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 207166137 U (赫普热力发展有限公司) 2018年3月30日 (2018 - 03 - 30) 权利要求1</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 111146803 A (国电龙源电力技术工程有限责任公司) 2020年5月12日 (2020 - 05 - 12) 权利要求1</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 20200127384 A (UNIV. ULSAN FOUND IND. COOP.) 2020年11月11日 (2020 - 11 - 11) 权利要求1</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	Y	CN 112448413 A (成都精智艺科技有限责任公司) 2021年3月5日 (2021 - 03 - 05) 说明书具体实施方式, 附图1	1-10	Y	CN 109687002 A (中广核研究院有限公司等) 2019年4月26日 (2019 - 04 - 26) 说明书具体实施方式	1-10	A	CN 110649650 A (华电电力科学研究院有限公司) 2020年1月3日 (2020 - 01 - 03) 权利要求1	1-10	A	CN 207166137 U (赫普热力发展有限公司) 2018年3月30日 (2018 - 03 - 30) 权利要求1	1-10	A	CN 111146803 A (国电龙源电力技术工程有限责任公司) 2020年5月12日 (2020 - 05 - 12) 权利要求1	1-10	A	KR 20200127384 A (UNIV. ULSAN FOUND IND. COOP.) 2020年11月11日 (2020 - 11 - 11) 权利要求1	1-10
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
Y	CN 112448413 A (成都精智艺科技有限责任公司) 2021年3月5日 (2021 - 03 - 05) 说明书具体实施方式, 附图1	1-10																					
Y	CN 109687002 A (中广核研究院有限公司等) 2019年4月26日 (2019 - 04 - 26) 说明书具体实施方式	1-10																					
A	CN 110649650 A (华电电力科学研究院有限公司) 2020年1月3日 (2020 - 01 - 03) 权利要求1	1-10																					
A	CN 207166137 U (赫普热力发展有限公司) 2018年3月30日 (2018 - 03 - 30) 权利要求1	1-10																					
A	CN 111146803 A (国电龙源电力技术工程有限责任公司) 2020年5月12日 (2020 - 05 - 12) 权利要求1	1-10																					
A	KR 20200127384 A (UNIV. ULSAN FOUND IND. COOP.) 2020年11月11日 (2020 - 11 - 11) 权利要求1	1-10																					
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																							
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p> <p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>																							
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2021年11月16日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2021年12月16日</p>																					
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>		<p>授权官员</p> <p>张佳</p> <p>电话号码 86-(10)-53962774</p>																					

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2021/082892

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	112448413	A	2021年3月5日	CN	213341659	U	2021年6月1日
CN	109687002	A	2019年4月26日	无			
CN	110649650	A	2020年1月3日	CN	210780119	U	2020年6月16日
CN	207166137	U	2018年3月30日	无			
CN	111146803	A	2020年5月12日	CN	211530761	U	2020年9月18日
KR	20200127384	A	2020年11月11日	KR	102227795	B1	2021年3月15日