

(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 11 月 24 日 (24.11.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/242598 A1

- (51) 国际专利分类号:
C01B 3/34 (2006.01) *C01B 3/58* (2006.01)
C01B 3/50 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2022/093069
- (22) 国际申请日: 2022 年 5 月 16 日 (16.05.2022)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202110559132.8 2021年5月21日 (21.05.2021) CN
- (71) 申请人: 西安交通大学 (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国陕西省西安市咸宁西路28号, Shaanxi 710049 (CN)。
- (72) 发明人: 刘银河 (LIU, Yinhe); 中国陕西省西安市咸宁西路28号, Shaanxi 710049 (CN)。宋虎潮 (SONG, Huchao); 中国陕西省西安市咸

宁西路28号, Shaanxi 710049 (CN)。林啸龙 (LIN, Xiaolong); 中国陕西省西安市咸宁西路28号, Shaanxi 710049 (CN)。

(74) 代理人: 西安通大专利代理有限公司 (XI'AN TONG DA PATENT AGENCY CO., LTD.); 中国陕西省西安市高新区锦业路32号, Shaanxi 710075 (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, IQ, IR, IS, IT, JM, 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,

(54) **Title:** APPARATUS AND METHOD FOR PREPARING HYDROGEN-CONTAINING PRODUCT FROM NATURAL GAS ON BASIS OF NEW ENERGY CONSUMPTION

(54) 发明名称: 一种基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置及方法

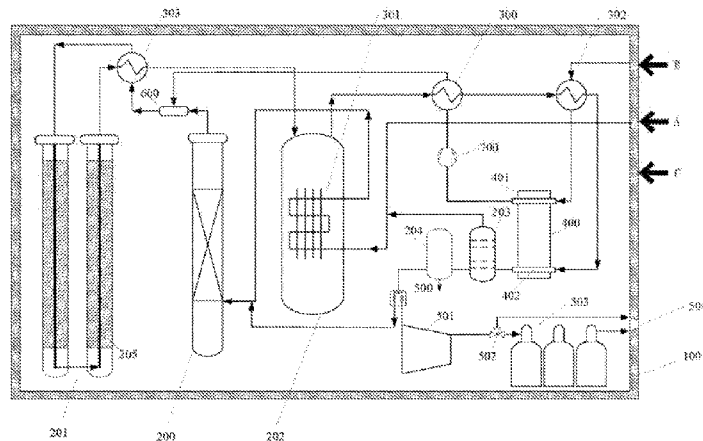


图 1

(57) **Abstract:** Disclosed in the present invention are an apparatus and method for preparing a hydrogen-containing product from natural gas on the basis of new energy consumption, which apparatus and method belong to the technical fields of new energy and hydrogen production from natural gas. In the apparatus for preparing a hydrogen-containing product from natural gas on the basis of new energy consumption, natural gas passes through a natural gas pre-heater and a fine desulfurization unit, and is then mixed with pre-heated steam to form a flow, and the flow sequentially passes through an electro-thermal conversion unit, a shift reaction unit and a pressure swing adsorption unit to complete the production of hydrogen or hydrogen-rich fuel. By means of the present invention, new energy power can be consumed in a timely manner, thereby greatly reducing carbon emissions during the process of producing hydrogen from natural gas, and at the same time, an efficient utilization method for different grades of heat energy under the condition of high integration of a system for producing hydrogen by means of natural gas reforming is provided.

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))。

(57) 摘要: 本发明公开了一种基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置及方法, 属于新能源与天然气制氢技术领域。所述基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置中, 天然气在经过天然气预热器和精制脱硫单元后与预热完成的水蒸气混流, 依次经过电热转化单元、变换反应单元、变压吸附单元完成氢气或富氢燃料的生产。本发明可及时消纳新能源电力, 大大降低天然气制氢过程中的碳排放, 与此同时给出天然气重整制氢系统在高度集成下不同品位热能的高效利用方法。

一种基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于新能源与天然气制氢技术领域，具体涉及一种基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置及方法。

背景技术

[0002] 大规模发展风能、太阳能等可再生清洁能源，推进能源消费结构向低碳化和清洁化方向转型已成为能源发展的新风向。然而以现有技术角度看，可再生能源的供需协同仍存在矛盾，风能光能产生的电无法及时消纳与传输，弃风弃电现状依然严重。另一方面氢能作为真正的清洁燃料受到广泛关注与研究，灵活地将富余可再生能源发电与氢能生产结合起来将成为解决可再生能源消纳问题和终端燃料清洁化的有力解决方案。

[0003] 在制氢技术中天然气重整制氢技术虽然相比其他技术具有成本低、技术成熟等优点，但其在制氢过程中通常使用部分天然气燃烧作为热能供给，在带来一定程度碳排放的同时不能做到热能的充分利用；此外，燃烧器以及烟道的存在大大增加了系统的复杂程度，降低了系统的稳定性。

[0004] 此外，现有天然气重整制氢厂往往规模较大，集成度不高，同时现有装置运输不便、占地面积大，不适合跟随风光资源的波动即用即走，难以实现资源的实时消纳；且天然气重整制氢厂建设周期长，土建成本高、现场调试周期长，不利于装置整体的投资回收。

发明概述

技术问题

[0005] 为了克服上述现有技术的缺点，本发明的目的在于提供一种基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置及方法，解决了天然气制氢中高能耗成本、且装置稳定性差的问题。

问题的解决方案

技术解决方案

- [0006] 为了达到上述目的，本发明采用以下技术方案予以实现：
- [0007] 本发明公开了一种基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置，包括天然气原料入口、精制脱硫单元、原料预热器、变换反应单元、电热转化单元、给水预热器、高温热泵、加氢口、给水入口和混流器；变换反应单元内设有天然气预热器；
- [0008] 天然气原料入口通过天然气预热器与精制脱硫单元进口接通，精制脱硫单元出口通过混流器与原料预热器冷端入口接通，原料预热器热端出口与电热转化单元进口接通，电热转化单元出口与原料预热器热端入口接通，原料预热器冷端出口与变换反应单元进口接通，变换反应单元出口通过蒸汽过热器与给水预热器热端入口接通，给水预热器冷端出口与和高温热泵高温侧入口接通，高温热泵低温侧出口经过变压吸附单元与氢气分流器进口接通，氢气分流器出口与加氢口接通；
- [0009] 给水入口与给水预热器冷端入口接通，给水预热器热端出口与和高温热泵高温侧入口接通，高温热泵高温侧出口通过蒸汽过热器与混流器接通。
- [0010] 优选地，氢气分流器出口与精制脱硫单元进口接通；
- [0011] 变压吸附单元与氢气分流器进口之间的管路上还设有气液分离单元；变压吸附单元与天然气预热器接通；
- [0012] 高温热泵高温侧设有闪蒸器，高温热泵低温侧设有蓄热容器。
- [0013] 优选地，高温热泵高温侧出口与蒸汽过热器之间的管路上设有蒸汽压缩机；
- [0014] 电热转化单元内设有电热炉膛；
- [0015] 氢气分流器出口与加氢口之间的管路上设有氢气三通阀，氢气分流器出口与氢气三通阀之间的管路上设有氢气压缩机，氢气三通阀与加氢口之间的管路上设有氢气储存单元。
- [0016] 进一步优选地，还包括可再生电源接口，电热炉膛、高温热泵、氢气压缩机、蒸汽压缩机通过可再生电源接口使用外接可再生能源电能。
- [0017] 本发明公开了一种利用上述基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置的方

法，包括以下运行步骤：

- [0018] 1) 天然气原料进入天然气预热器，获取来自变换反应单元的反应放热，温度升高至300℃以上；同时给水进入给水预热器进行初步预热到成饱和水；
- [0019] 2) 初步预热后天然气原料与循环氢气同时进入精制脱硫单元，发生烯烃饱和反应以及有机含硫物脱硫反应；
- [0020] 3) 脱硫后天然气原料进入混流器与水蒸气混合，之后进入电热转化单元进行转化，电热转化单元使用电能将炉膛加热到800-890℃用来供给转化反应吸热；
- [0021] 4) 电热转化单元出口气包含CO、H₂、CO₂、CH₄以及水蒸气，温度在700℃以上，出口气先进入原料预热器对天然气和水蒸气混合原料预热，同时降低自身温度以便发生变换反应；变换反应的反应放热将通过天然气预热器带离反应单元；
- [0022] 5) 变换反应之后的产物气体进入蒸汽过热器和给水预热器放热，之后将热量释放于高温热泵设有的蓄热容器中，作为高温热泵的热源；高温热泵将热量提取用电能将能源品位提升，使给水预热器出口的饱和水蒸发；
- [0023] 6) 高温热泵出口的产物进入变压吸附装置对除氢气外气体进行吸附得到高纯度氢气。
- [0024] 本发明公开了一种基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置，包括天然气原料入口、精制脱硫单元、原料预热器、变换反应单元、电热转化单元、给水预热器、高温热泵、富氢燃料出口、给水入口和混流器；变换反应单元内设有天然气预热器；
- [0025] 天然气原料入口通过天然气预热器与精制脱硫单元进口接通，精制脱硫单元出口通过混流器与原料预热器冷端入口接通，原料预热器热端出口与电热转化单元进口接通，电热转化单元出口与原料预热器热端入口接通，原料预热器冷端出口与变换反应单元进口接通，变换反应单元出口通过蒸汽过热器与给水预热器热端入口接通，给水预热器冷端出口与和高温热泵高温侧入口接通，高温热泵低温侧与产物产出单元连接；高温热泵低温侧经过CO₂脱除单元与氢气分流器进口接通，氢气分流器出口与富氢燃料出口接通；
- [0026] 给水入口与给水预热器冷端入口接通，给水预热器热端出口与和高温热泵高温

侧入口接通，高温热泵高温侧出口通过蒸汽过热器与混流器接通。

- [0027] 优选地，氢气分流器出口与精制脱硫单元进口接通；
- [0028] CO₂脱除单元与氢气分流器进口之间的管路上还设有气液分离单元；
- [0029] 高温热泵高温侧设有闪蒸器，高温热泵低温侧设有蓄热容器。
- [0030] 优选地，高温热泵高温侧出口与蒸汽过热器之间的管路上设有蒸汽压缩机；
- [0031] 电热转化单元内设有电热炉膛；
- [0032] 所述基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置中还包括可再生电源接口，电热炉膛、高温热泵、蒸汽压缩机通过可再生电源接口使用外接可再生能源电能。
- [0033] 本发明公开了一种利用上述基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置的方法，包括以下运行步骤：
- [0034] 1) 天然气原料进入天然气预热器，获取来自变换反应单元的反应放热，温度升高至300℃以上；同时给水进入给水预热器进行初步预热到成饱和水；
- [0035] 2) 初步预热后天然气原料与循环氢气同时进入精制脱硫单元，发生烯烃饱和反应以及有机含硫物脱硫反应；
- [0036] 3) 脱硫后天然气原料进入混流器与水蒸气混合，之后进入电热转化单元进行转化，电热转化单元使用电能将炉膛加热到800–890℃用来供给转化反应吸热；
- [0037] 4) 电热转化单元出口气包含CO、H₂、CO₂、CH₄以及水蒸气，温度在700℃以上，出口气先进入原料预热器对天然气和水蒸气混合原料预热，同时降低自身温度以便发生变换反应；变换反应的反应放热将通过天然气预热器带离反应单元；
- [0038] 5) 变换反应之后的产物气体进入蒸汽过热器和给水预热器放热，之后将热量释放于高温热泵设有的蓄热容器中，作为高温热泵的热源；高温热泵将热量提取用电能将能源品位提升，使给水预热器出口的饱和水蒸发；
- [0039] 6) 高温热泵出口的产品气经降温后可进入CO₂脱除单元、气液分离单元，分离完成后不经过压缩储存，直接从富氢燃料出口输出为富氢燃料。
- [0040] 优选地，上述基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置，还包括用于设备容纳单元的撬装箱，天然气原料入口、给水入口和可再生电源接口分别设于撬

装箱上。

发明的有益效果

有益效果

- [0041] 与现有技术相比，本发明具有以下有益效果：
- [0042] 本发明公开了一种基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置，天然气在经过天然气预热器和精制脱硫单元后与预热完成的水蒸气混流，依次经过电热转化单元、变换反应单元、变压吸附单元完成氢气生产。其中，给水预热器热流体通过管路与蒸汽过热器和高温热泵的低温侧接通，给水预热器冷流体通过管路与给水（去盐水）入口和高温热泵的高温侧接通，给水通过蒸汽过热器、给水预热器、高温热泵获取反应产物余热，降低生产制备能耗。其中，本发明通过改变现有天然气重整制氢技术中以天然气为燃料，利用生成的高温烟气为热源并产生大量碳排放的现状，通过耦合高温热泵、电热转化炉与蒸汽压缩机，实现电能高效利用的同时简化原有装置的结构，降低装置启停时间，使装置更加集成化，提升装置的整体稳定性。
- [0043] 进一步地，通过电热转化炉、高温热泵、蒸汽压缩机等设备利用可再生能源电能对原有天然气制氢设备进行改进，通过将可再生电能引入天然气重整制氢技术中，灵活地消纳可再生电能，为解决弃风弃光问题提供方案。
- [0044] 本发明公开了利用上述一种基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置的制氢方法，天然气在经过天然气预热器和精制脱硫单元后与预热完成的水蒸气混流，依次经过电热转化单元、变换反应单元、变压吸附单元完成氢气生产。针对可再生能源消纳能力不足问题与燃料清洁化问题给出解决方案，与此同时给出天然气重整制氢系统在高度集成下不同品位热能的高效利用方法。
- [0045] 本发明公开了另一种基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置，所得产品气在变换反应、经过多段换热降温后可进入CO₂脱除单元、气液分离单元，分离完成后不经过压缩储存，直接输出为富氢燃料。
- [0046] 本发明还公开了利用上述另一种基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置的富氢燃料方法，大大降低天然气制氢过程中的碳排放，提升燃料气能量转化效率。

- [0047] 进一步地，在上述撬装式天然气制氢装置中，装置为撬装箱式结构，可以供车辆运输。同时，以撬装式结构设计高效集成参与反应流程的设备，有效利用反应过程中的产热或余热，提升装置的效率。
- [0048] 其中，本发明设备选取、工艺流程不局限于撬装式结构，同样能够适合于大规模的电力消纳天然气制氢。
- [0049] 综上所述，本发明所述基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置，具有以下优点：1、燃气制氢电气化：通过引入电热转化单元、高温热泵以及蒸汽压缩机，本装置可以高效利用电能参与反应，大大简化了装置结构，同时去除天然气燃烧环节，显著降低了天然气制氢过程中的碳排放。
- [0050] 2、装置设备集成化：以撬装式结构将天然气水蒸气制氢装置高度集成在集装箱内，提升装置设备的集成度，可有效降低装置生产周期，降低土地成本，同时有助于提升可再生电能消纳的灵活性。
- [0051] 3、余热利用梯级化：设计多级余热回收装置，包括换热器，高温热泵，有效利用反应过程中的产热或余热，提升装置的效率。
- [0052] 4、制氢工具模块化：所述装置拥有可再生电源接口、给水（去盐水）入口、天然气原料入口、加氢口。在实际生产中作为模块化的生产工具可以满足即插即用，大大提升制氢装置便利性。

对附图的简要说明

附图说明

- [0053] 图1为本发明所述基于新能源消纳的撬装式天然气制氢装置的结构示意图；
- [0054] 图2为本发明所述基于新能源消纳的撬装式天然气富氢燃料制备装置的结构示意图。
- [0055] 其中：100-撬装箱；200-精制脱硫单元；201-电热转化单元；202-变换反应单元；203-变压吸附单元；204-气液分离单元；205-电热炉膛；206-CO₂脱除单元；300-蒸汽过热器；301-天然气预热器；302-给水预热器；303-原料预热器；400-高温热泵；401-闪蒸器；402-蓄热容器；500-氢气分流器；501-氢气压缩机；502-氢气三通阀；503-氢气储存单元；504-加氢口；505-富氢燃料出口；600-混流器；700-蒸汽压缩机；A-天然气原料入口；B-给水入口；C-可再生电源接

口。

发明实施例

本发明的实施方式

[0056] 为了使本技术领域的人员更好地理解本发明方案，下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分的实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都应当属于本发明保护的范围。

[0057] 需要说明的是，本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象，而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换，以便这里描述的本发明的实施例能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。此外，术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形，意图在于覆盖不排他的包含，例如，包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元，而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

[0058] 下面结合附图和具体实施例对本发明做进一步详细描述：

[0059] 实施例1

[0060] 如图1所示，本发明提供了一种基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置，构成基于新能源消纳的撬装式天然气制氢装置，具体包括：

[0061] 撬装箱100、精制脱硫单元200、电热转化单元201、变换反应单元202、变压吸附单元203、气液分离单元204、蒸汽过热器300、天然气预热器301、给水预热器302、原料预热器303、高温热泵400、闪蒸器401、蓄热容器402、氢气分流器500、氢气压缩机501、氢气三通阀502、氢气储存单元503、加氢口504、混流器600、蒸汽压缩机700、天然气原料入口A、给水入口（给水（去盐水）入口）B以及可再生电源接口C。

[0062] 其中，撬装箱100为设备容纳单元；电热转化单元201内设有电热炉膛205用于保证反应温度；电热转化单元201的进口通过管路与原料预热器303的热端出口

连通，电热转化单元201的出口通过管路与原料预热器303的热端入口接通；变换反应单元202内设有天然气预热器301用于为变换反应降温同时预热原料；高温热泵400高温侧设有闪蒸器401用于产生蒸汽，高温热泵400低温侧设有蓄热容器402，蓄热容器402作为高温蒸汽热泵400的冷端用于冷却反应产物并蓄积反应物热能。高温热泵400低温侧出口经过变压吸附单元203与氢气分流器500进口接通，高温热泵400高温侧出口通过蒸汽过热器300与混流器600接通。变压吸附单元203与氢气分流器500进口之间的管路上还设有气液分离单元204；变压吸附单元203与天然气预热器301接通。高温热泵400热端与蒸汽过热器300之间的管路上设有蒸汽压缩机700。

- [0063] 电热转换单元201内电热炉膛205、高温热泵400、氢气压缩机501、蒸汽压缩机700通过可再生电源接口C使用外接可再生能源电能。
- [0064] 给水预热器302通过管路与蒸汽过热器300和高温热泵400的高温侧接通，给水入口B与给水预热器302冷端入口接通，给水预热器302热端出口与和高温热泵400高温侧入口接通，给水通过蒸汽过热器300、给水预热器302、高温热泵400获取反应产物余热。
- [0065] 高温热泵400使用可再生电能，热源为变压吸附单元203出口气体的热能，高温热泵400的高温侧入口通过管道连接给水预热器302冷端出口和闪蒸器401。
- [0066] 预热给水通过高温热泵400将热能品位提升为饱和水，闪蒸器401将饱和水蒸发形成蒸汽，蒸汽压缩机700对产生蒸汽进行压缩。高温热泵400中设有蓄热容器402收集反应产物余热并将其冷却。
- [0067] 蒸汽过热器300中热流体通过管路与给水预热器302和变换反应单元202接通，蒸汽过热器300中冷流体通过管路与闪蒸器401和混流器600接通。
- [0068] 变换反应单元202内天然气预热器301的热源为变换反应单元202内反应放出的热量，天然气预热器301冷端通过管道连接天然气原料入口A与精制脱硫单元200进口。
- [0069] 原料预热器303冷端出口与变换反应单元202进口接通，变换反应单元202出口通过蒸汽过热器300与给水预热器302热端入口接通，原料预热器303的热流体管道连接电热转化单元201的出口与变换反应单元202的入口，原料预热器303冷流

体管道连接混流器600的出口与电热转化单元201的入口。原料预热器303冷端入口通过混流器600与精制脱硫单元200出口接通，天然气原料入口A通过天然气预热器301与精制脱硫单元200进口接通。

[0070] 氢气分流器500其中一个氢气出口可以分流部分氢气供给精制脱硫单元200、与精制脱硫单元200进口接通，氢气分流器500另一氢气出口与加氢口504接通，氢气分流器500出口与加氢口504之间的管路上设有氢气三通阀502，氢气分流器500出口与氢气三通阀502之间的管路上设有氢气压缩机501，氢气三通阀502与加氢口504之间的管路上设有氢气储存单元503，当天然气原料入口A通入掺氢天然气时氢气分流器500则不分流。

[0071] 氢气三通阀502用于控制所产氢气向外供给或是装置内储存。

[0072] 实施例2

[0073] 如图2所示，本发明提供了另一种基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置，构成基于新能源消纳的撬装式天然气富氢燃料制备装置，具体包括：

[0074] 撬装箱100、精制脱硫单元200、电热转化单元201、变换反应单元202、气液分离单元204、CO₂

脱除单元206、蒸汽过热器300、天然气预热器301、给水预热器302、原料预热器303、高温热泵400、闪蒸器401、蓄热容器402、氢气分流器500、氢气压缩机501、氢气三通阀502、氢气储存单元503、富氢燃料出口505、混流器600、蒸汽压缩机700、天然气原料入口A、给水入口B以及可再生电源接口C。

[0075] 其中，撬装箱100为设备容纳单元；电热转化单元201内设有电热炉膛205用于保证反应温度；电热转化单元201的进口通过管路与原料预热器303的热端出口连通，电热转化单元201的出口通过管路与原料预热器303的热端进口；变换反应单元202内设有天然气预热器301用于为变换反应降温同时预热原料；高温热泵400高温侧设有闪蒸器401用于产生蒸汽，高温热泵400低温侧设有蓄热容器402，蓄热容器402作为高温蒸汽热泵400的冷端用于冷却反应产物并蓄积反应物热能。高温热泵400低温侧出口经过CO₂脱除单元206与氢气分流器500进口接通，高温热泵400高温侧出口通过蒸汽过热器300与混流器600接通。CO₂脱除单元206与氢气分流器500进口之间的管路上还设有气液分离单元204。高温热泵400高温

侧与蒸汽过热器300之间的管路上设有蒸汽压缩机700。

- [0076] 电热转换单元201内电热炉膛205、高温热泵400、蒸汽压缩机700通过可再生电源接口C使用外接可再生能源电能。
- [0077] 给水预热器302热端通过管路与蒸汽过热器300和高温热泵400的冷端接通，给水入口B与给水预热器302冷端入口接通，给水预热器302热端出口与和高温热泵400高温侧入口接通，给水通过蒸汽过热器300、给水预热器302、高温热泵400获取反应产物余热。
- [0078] 高温热泵400使用可再生电能，热源为变压吸附单元203出口气体的中温热能，高温热泵400高温侧入口通过管道连接给水预热器302冷端出口和闪蒸器401。
- [0079] 预热给水通过高温热泵400将热能品位提升为饱和水，闪蒸器401将饱和水蒸发形成蒸汽，蒸汽压缩机700对产生蒸汽进行压缩。高温热泵400中设有蓄热容器402收集反应产物余热并将其冷却。
- [0080] 蒸汽过热器300中热流体通过管路与给水预热器302和变换反应单元202接通，蒸汽过热器300中冷流体通过管路与闪蒸器401和混流器600接通。
- [0081] 变换反应单元202内天然气预热器301的热源为变换反应单元202内反应放出的热量，天然气预热器301冷端通过管道连接天然气原料入口A与精制脱硫单元200进口。
- [0082] 原料预热器303冷端出口与变换反应单元202进口接通，变换反应单元202出口通过蒸汽过热器300与给水预热器302热端入口接通，原料预热器303的热端连接电热转化单元201的出口与变换反应单元202的入口，原料预热器303冷流体管道通过连接混流器600的出口与电热转化单元201的入口。原料预热器303冷端入口通过混流器600与精制脱硫单元200出口接通，天然气原料入口A通过天然气预热器301与精制脱硫单元200进口接通。
- [0083] 氢气分流器500其中一个氢气出口可以分流部分氢气供给精制脱硫单元200、与精制脱硫单元200进口接通，氢气分流器500另一氢气出口与富氢燃料出口505，当天然气原料入口A通入掺氢天然气时氢气分流器500则不分流。
- [0084] 针对上述本发明的具体实施例，以及本发明的任意具体实施方式中：
- [0085] 电热转化单元201内所含的多路电热转化管不仅限于2根。所有换热器根据热容

流率匹配的方法布置，使换热器中热流体与冷流体的热容流率尽量一致，降低冷热流体换热温差，保障换热器效率。为满足换热器冷热流热容流率的匹配以及提升天然气转化率，反应水碳比应大于4。

[0086] 本发明所述基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置中，所述装置为撬装箱式结构，可以供车辆运输。此外，本发明设备选取、工艺流程不局限于撬装式结构，同样能够适合于大规模的电力消纳天然气制氢。

[0087] 本发明提供了一种基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置，利用所述基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置，能够实现两种制备模式：1) 包括当在制取纯度较高的运行策略下，即利用所述基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置实现制氢；2) 利用所述基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置实现制取富氢燃料。其两种模式中，各个原料的反应路径具体如下：

[0088] 装置所含设备主要可分为五个模块，其中撬装箱100为设备容纳单元；精制脱硫单元200、电热转化单元201、变换反应单元202、变压吸附单元203和气液分离单元204构成天然气制氢模块；蒸汽过热器300、天然气预热器301、给水预热器302和原料预热器303构成制氢过程中的余热回收模块；高温热泵400、闪蒸器401和蓄热容器402构成高温热泵模块；氢气分流器500、氢气压缩机501、氢气三通阀502、氢气储存单元503和加氢口504构成氢气处理模块。

[0089] 天然气原料的反应路径顺序依次为天然气预热器301、精制脱硫单元200、混流器600、原料预热器303、电热转化单元201、原料预热器303、变换反应单元202、蒸汽过热器300、给水预热器302、高温热泵400、变压吸附单元203、气液分离单元204、氢气分流器500、氢气压缩机501、氢气三通阀502、加氢口504或氢气储存单元503。其间每个设备均通过气体管路接通。

[0090] 给水进入反应器的路径顺序依次为给水预热器302、高温热泵400、闪蒸器401、蒸汽压缩机700、蒸汽过热器300、混流器600。

[0091] 电热转换单元201内电热炉膛205、高温热泵400、氢气压缩机501、蒸汽压缩机700用电设备均通过可再生电源接口C使用外接可再生能源电能，外接电能应为通用交流电；给水入口B应接入去盐处理后的水，压力不应超过0.5MPa，使得饱和温度不高于150℃来满足高温热泵400蒸发过程；蒸汽压缩机700优选为螺杆式

蒸汽压缩机，可以将水蒸气压缩至1.5MPa以上满足反应压力。换热器设计布置遵循热容流率匹配，反应产物比热容高于原料与给水比热容，为使换热器中冷热流体的热容更加接近，入口水碳比应大于4。

[0092] 高温热泵400热源为蓄热容器402中蓄积热量，热量来自给水预热器302换热后出口产物的热能，蓄热容器402内部温度应高于80℃。高温热泵400热端通过管道连接给水预热器302和闪蒸器401，高温热泵400内部工质在低压侧蒸发温度为80℃附近，高压冷凝温度可达到150℃；高温热泵模块包含闪蒸器401，闪蒸器可以将150℃的饱和水闪蒸为蒸汽进行输出。整体来说，高温热泵400提升热能品位，将预热给水加热为饱和水，闪蒸器401将饱和水蒸发形成蒸汽。

[0093] 变换反应单元202内天然气预热器301的热源为变换反应单元202内反应放热，冷端通过管道连接天然气原料入口A与精制脱硫单元200。变换反应单元的部分热量被原料天然气带走实现变换反应降温，有利于变换反应的正向进行，同时可以实现天然气原料的预热。

[0094] 氢气与包括氢气的氢气分流器500分离部分氢气供给精制脱硫单元200，是由于精制脱硫单元中反应需要氢气参与，反应其一包括烯烃饱和反应，由于烯烃双键存在，分子碳氢比较高，在高温转化反应过程中容易形成积碳，将烯烃转换为烷烃有助于减轻转化炉内催化剂的积碳情况，增加催化剂使用寿命且降低催化剂换装难易程度，在精制脱硫单元中氢气与烯烃反应生成烷烃。反应其二是有机含硫物的转化反应，氢气与包括硫醇、硫醚、二硫醚、噻吩、氧硫化碳、二硫化碳等在内的有机含硫物在催化作用下发生反应形成 H_2S ，再通过 ZnO （固）与其进行反应对硫进行固化。当天然气入口（A）供给为天然气掺氢燃料时氢气分流器500不向精制脱硫单元200供氢。

[0095] 氢气三通阀502用于控制所产氢气向外供给或是装置内储存，这取决于本撬装式装置所执行的工作以及现场所提供环境，当现场提供储氢设备可向外输出，若不提供储氢设备将储存入装置中的储氢罐。

[0096] 1) 制氢：当在制取纯度较高的运行策略下，高温热泵400出口产物进入变压吸附单元203对除氢气外气体进行吸附得到高纯度氢气，变压吸附单元203温度应在40℃，变压吸附单元203中解析气经过脱除 CO_2 后通过天然气管道进入装置再

次反应，提升转化效率。

[0097] 2) 制取富氢燃料：当在制取富氢燃料的运行策略下，产品气在变换反应、经过多段换热降温后可进入CO₂脱除单元206、气液分离单元204，分离完成后不经过压缩储存，直接输出为富氢燃料。

[0098] 本发明同时提供基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置的运行步骤。同样对应于制氢和制取富氢燃料两种模式下的运行步骤，因此，利用基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置制氢或制取富氢燃料两种模式下，其具体方法包括如下：

[0099] 1、天然气原料进入天然气预热器301，获取来自变换反应单元202的反应放热，温度升高至300℃以上；同时给水（去盐水）进入给水预热器302进行初步预热到成饱和水。

[0100] 2、初步预热后天然气原料与循环氢气同时进入精制脱硫单元200，发生烯烃饱和反应以及有机含硫物脱硫反应，反应方程如下：

[0101] 烯烃饱和： $C_nH_{2n} + H_2 \rightarrow C_nH_{2n+2}$

[0102] 硫醇： $RSH + H_2 \rightarrow RH + H_2S$

[0103] 硫醚： $R_1SR_2 + 2H_2 \rightarrow R_1H + R_2H + H_2S$

[0104] 二硫醚： $R_1SSR_2 + 3H_2 \rightarrow R_1H + R_2H + 2H_2S$

[0105] 噻吩： $C_4H_4S + 4H_2 \rightarrow C_4H_{10} + H_2S$

[0106] 氧硫化碳： $COS + H_2 \rightarrow CO + H_2S$

[0107] 二硫化碳： $CS_2 + 4H_2 \rightarrow CH_4 + 2H_2S$

[0108] 在烯烃饱和反应以及有机含硫物脱硫反应之后在催化剂作用下通过氧化锌进行固硫，发生如下反应：

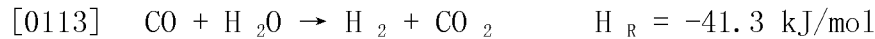
[0109] $ZnO(固) + H_2S \rightarrow ZnS(固) + H_2O$

[0110] 3、精制脱硫后天然气原料进入混流器600与水蒸气混合，之后进入电热转化单元201进行转化，电热转化单元201使用电能将炉膛加热到800-890℃用来供给转化反应吸热，转换反应方程如下所示：

[0111] $CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2$ $H_R = 205 \text{ kJ/mol}$

[0112] 4、电热转化单元201出口气主要包含CO、H₂、CO₂、CH₄

以及水蒸气，温度在700℃以上，出口气气体流出后首先进入原料预热器303对天然气和水蒸气混合原料预热，同时降低自身温度以便发生变换反应。进入变换反应单元202发生如下反应：



[0114] 该反应温度范围在320-420℃，该反应为放热反应，低温有利于反应进行，故变换反应的反应放热将通过天然气预热器301带离反应单元。

[0115] 5、变换反应之后的产物气体进入蒸汽过热器300和给水预热器302放热，之后将热量释放于高温热泵400设有的蓄热容器402中，作为高温热泵400的热源。高温热泵400将热量提取用电能将能源品位提升，使给水预热器302出口的饱和水蒸发。

[0116] 1) 制氢：当在制取纯度较高的运行策略下，高温热泵400出口的产物进入变压吸附装置203对除氢气外气体进行吸附得到高纯度氢气，变压吸附单元203温度应在40℃，变压吸附单元203中解析气经过脱除CO₂后再次通过天然气管道进入装置反应。

[0117] 2) 制取富氢燃料：当在制取富氢燃料的运行策略下，高温热泵400出口的产品气在变换反应、经过多段换热降温后可进入CO₂脱除单元206、气液分离单元204，分离完成后不经过压缩储存，直接从富氢燃料出口505输出为富氢燃料。

[0118] 6、氢气在变压吸附后进入气液分离单元204，实现气液分离。随后进入氢气分流器500分流部分氢气进行精制脱硫，大部分氢气进入氢气压缩机501压缩后输出或储存。当天然气入口供给的是掺氢天然气，则不向精制脱硫单元200分流。

[0119] 根据上述一种基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置的运行步骤，本发明的工作原理在于：

[0120] 天然气在进入电热转化单元201前经历了一次预热和一次预反应，一次预热是在天然气预热器301中吸收变换反应放热，一次预反应是进入精制脱硫单元200完成脱硫；水蒸气在进入电热转化单元201前共经历了四段加热，其所需热量来自反应过程的余热与蒸汽压缩机700做工。其中两段分别在蒸汽过热器300和给水预热器302加热，热源为变换反应单元202的产物余热，其三是使用高温热泵400利用产物中低温余热获得热量完成蒸发。其四是通过蒸汽压缩机700对蒸汽进

行增压来满足反应使用。

[0121] 天然气与水蒸气完成预热及预处理后混合，在原料预热器303中经历一次预热，热源为电热转化单元201的产物余热。预热之后进入电热转化炉完成转化。电热转化单元201出口气体在排出后经历四次温降和一次放热反应。首先进入原料预热器303加热天然气水蒸气混合原料，完成第一次温降；后进入变换反应单元202发生放热反应，将反应热量通过原料预热器303传输给天然气原料；后进入蒸汽过热器300加热蒸汽完成第二次温降；后进入给水预热器302向给水换热，完成第三次温降；后进入高温热泵400向给水传输热量，完成第四次温降。在气液分离单元204中更低的氢气温度可以保证能够脱除更多的水分，提升氢气的纯度。

[0122] 最后应说明的是：以上各实施例仅仅为本发明的较优实施例用以说明本发明的技术方案，而非对其限制，当然更不是限制本发明的专利范围；尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围；也就是说，但凡在本发明的主体设计思想和精神上做出的毫无实质意义的改动或润色，其所解决的技术问题仍然与本发明一致的，均应当包含在本发明的保护范围之内；另外，将本发明的技术方案直接或间接的运用在其他相关的技术领域，均同理包括在本发明的专利保护范围内。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置，其特征在于，包括天然气原料入口（A）、精制脱硫单元（200）、原料预热器（303）、变换反应单元（202）、电热转化单元（201）、给水预热器（302）、高温热泵（400）、加氢口（504）、给水入口（B）和混流器（600）；变换反应单元（202）内设有天然气预热器（301）；天然气原料入口（A）通过天然气预热器（301）与精制脱硫单元（200）进口接通，精制脱硫单元（200）出口通过混流器（600）与原料预热器（303）冷端入口接通，原料预热器（303）热端出口与电热转化单元（201）进口接通，电热转化单元（201）出口与原料预热器（303）热端入口接通，原料预热器（303）冷端出口与变换反应单元（202）进口接通，变换反应单元（202）出口通过蒸汽过热器（300）与给水预热器（302）热端入口接通，给水预热器（302）冷端出口与和高温热泵（400）高温侧入口接通，高温热泵（400）低温侧出口经过变压吸附单元（203）与氢气分流器（500）进口接通，氢气分流器（500）出口与加氢口（504）接通；
- 给水入口（B）与给水预热器（302）冷端入口接通，给水预热器（302）热端出口与和高温热泵（400）高温侧入口接通，高温热泵（400）高温侧出口通过蒸汽过热器（300）与混流器（600）接通。
- [权利要求 2] 根据权利要求1所述的一种基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置，其特征在于，氢气分流器（500）出口与精制脱硫单元（200）进口接通；
- 变压吸附单元（203）与氢气分流器（500）进口之间的管路上还设有气液分离单元（204）；变压吸附单元（203）与天然气预热器（301）接通；
- 高温热泵（400）高温侧设有闪蒸器（401），高温热泵（400）低温侧设有蓄热容器（402）。
- [权利要求 3] 根据权利要求1所述的一种基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的

装置，其特征在于，高温热泵（400）高温侧出口与蒸汽过热器（300）之间的管路上设有蒸汽压缩机（700）；

电热转化单元（201）内设有电热炉膛（205）；

氢气分流器（500）出口与加氢口（504）之间的管路上设有氢气三通阀（502），氢气分流器（500）出口与氢气三通阀（502）之间的管路上设有氢气压缩机（501），氢气三通阀（502）与加氢口（504）之间的管路上设有氢气储存单元（503）。

[权利要求 4] 根据权利要求3所述的一种基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置，其特征在于，还包括可再生电源接口（C），电热炉膛（205）、高温热泵（400）、氢气压缩机（501）、蒸汽压缩机（700）通过可再生电源接口（C）使用外接可再生能源电能。

[权利要求 5] 一种利用权利要求1~4任意一项所述基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置的方法，其特征在于，包括以下运行步骤：

- 1) 天然气原料进入天然气预热器（301），获取来自变换反应单元（202）的反应放热，温度升高至300℃以上；同时给水进入给水预热器（302）进行初步预热到成饱和水；
- 2) 初步预热后天然气原料与循环氢气同时进入精制脱硫单元（200），发生烯烃饱和反应以及有机含硫物脱硫反应；
- 3) 脱硫后天然气原料进入混流器（600）与水蒸气混合，之后进入电热转化单元（201）进行转化，电热转化单元（201）使用电能将炉膛加热到800-890℃用来供给转化反应吸热；
- 4) 电热转化单元（201）出口气包含CO、H₂、CO₂、CH₄以及水蒸气，温度在700℃以上，出口气先进入原料预热器（303）对天然气和水蒸气混合原料预热，同时降低自身温度以便发生变换反应；变换反应的反应放热将通过天然气预热器（301）带离反应单元；
- 5) 变换反应之后的产物气体进入蒸汽过热器（300）和给水预热器（302）放热，之后将热量释放于高温热泵（400）设有的蓄热容器（402）中，作为高温热泵（400）的热源；高温热泵（400）将热量提取

用电能将能源品位提升，使给水预热器（302）出口的饱和水蒸发；

6）高温热泵（400）出口的产物进入变压吸附装置（203）对除氢气外气体进行吸附得到高纯度氢气。

[权利要求 6]

一种基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置，其特征在于，包括天然气原料入口（A）、精制脱硫单元（200）、原料预热器（303）、变换反应单元（202）、电热转化单元（201）、给水预热器（302）、高温热泵（400）、富氢燃料出口（505）、给水入口（B）和混流器（600）；变换反应单元（202）内设有天然气预热器（301）；天然气原料入口（A）通过天然气预热器（301）与精制脱硫单元（200）进口接通，精制脱硫单元（200）出口通过混流器（600）与原料预热器（303）冷端入口接通，原料预热器（303）热端出口与电热转化单元（201）进口接通，电热转化单元（201）出口与原料预热器（303）热端入口接通，原料预热器（303）冷端出口与变换反应单元（202）进口接通，变换反应单元（202）出口通过蒸汽过热器（300）与给水预热器（302）热端入口接通，给水预热器（302）冷端出口与和高温热泵（400）高温侧入口接通，高温热泵（400）低温侧与产物产出单元连接；高温热泵（400）低温侧经过CO₂脱除单元（206）与氢气分流器（500）进口接通，氢气分流器（500）出口与富氢燃料出口（505）接通；

给水入口（B）与给水预热器（302）冷端入口接通，给水预热器（302）热端出口与和高温热泵（400）高温侧入口接通，高温热泵（400）高温侧出口通过蒸汽过热器（300）与混流器（600）接通。

[权利要求 7]

根据权利要求6所述的一种基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置，其特征在于，氢气分流器（500）出口与精制脱硫单元（200）进口接通；

CO₂脱除单元（206）与氢气分流器（500）进口之间的管路上还设有气液分离单元（204）；

高温热泵（400）高温侧设有闪蒸器（401），高温热泵（400）低温

侧设有蓄热容器（402）。

[权利要求 8] 根据权利要求6所述的一种基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置，其特征在于，高温热泵（400）高温侧出口与蒸汽过热器（300）之间的管路上设有蒸汽压缩机（700）；
电热转化单元（201）内设有电热炉膛（205）；
所述基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置中还包括可再生电源接口（C），电热炉膛（205）、高温热泵（400）、蒸汽压缩机（700）通过可再生电源接口（C）使用外接可再生能源电能。

[权利要求 9] 一种利用权利要求6~8任意一项所述基于新能源消纳的天然气制备含氢产品的装置的方法，其特征在于，包括以下运行步骤：
1）天然气原料进入天然气预热器（301），获取来自变换反应单元（202）的反应放热，温度升高至300℃以上；同时给水进入给水预热器（302）进行初步预热到成饱和水；
2）初步预热后天然气原料与循环氢气同时进入精制脱硫单元（200），发生烯烃饱和反应以及有机含硫物脱硫反应；
3）脱硫后天然气原料进入混流器（600）与水蒸气混合，之后进入电热转化单元（201）进行转化，电热转化单元（201）使用电能将炉膛加热到800-890℃用来供给转化反应吸热；
4）电热转化单元（201）出口气包含CO、H₂、CO₂、CH₄以及水蒸气，温度在700℃以上，出口气先进入原料预热器（303）对天然气和水蒸气混合原料预热，同时降低自身温度以便发生变换反应；变换反应的反应放热将通过天然气预热器（301）带离反应单元；
5）变换反应之后的产物气体进入蒸汽过热器（300）和给水预热器（302）放热，之后将热量释放于高温热泵（400）设置的蓄热容器（402）中，作为高温热泵（400）的热源；高温热泵（400）将热量提取用电能将能源品位提升，使给水预热器（302）出口的饱和水蒸发；
6）高温热泵（400）出口的产品气经降温后可进入CO₂脱除单元（206）、气液分离单元（204），分离完成后不经过压缩储

存，直接从富氢燃料出口（505）输出为富氢燃料。

[权利要求 10] 根据权利要求1~4任意一项或权利要求6~8任意一项所述基于新能源消耗的天然气制备含氢产品的装置，其特征在于，还包括用于设备容纳单元的撬装箱（100），天然气原料入口（A）、给水入口（B）和可再生电源接口（C）分别设于撬装箱（100）上。

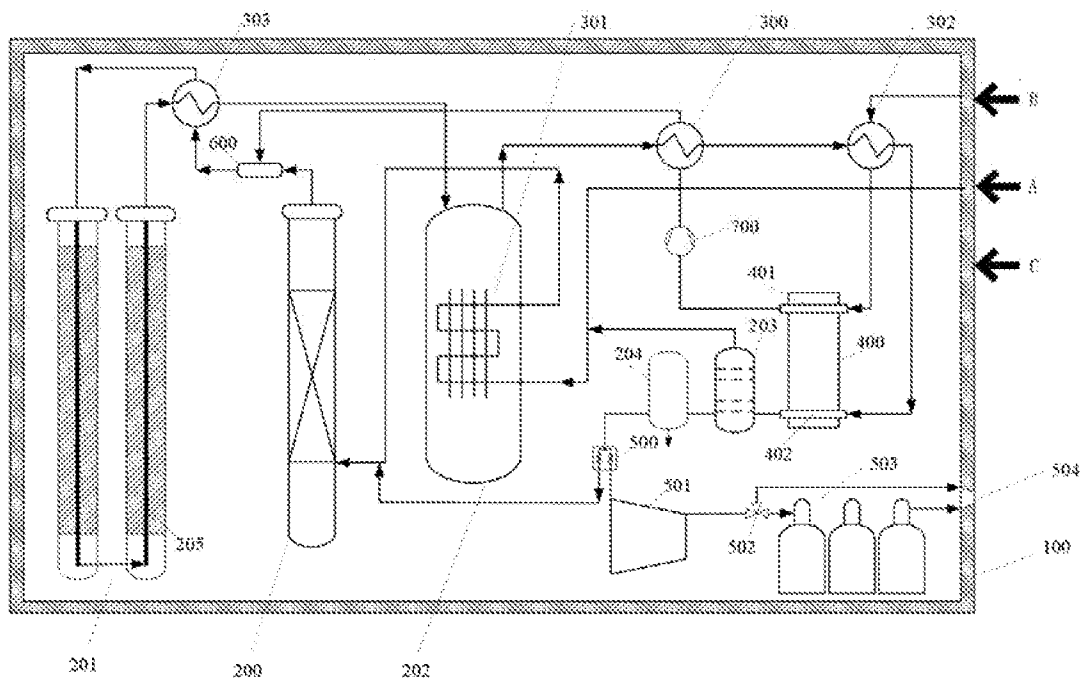


图 1

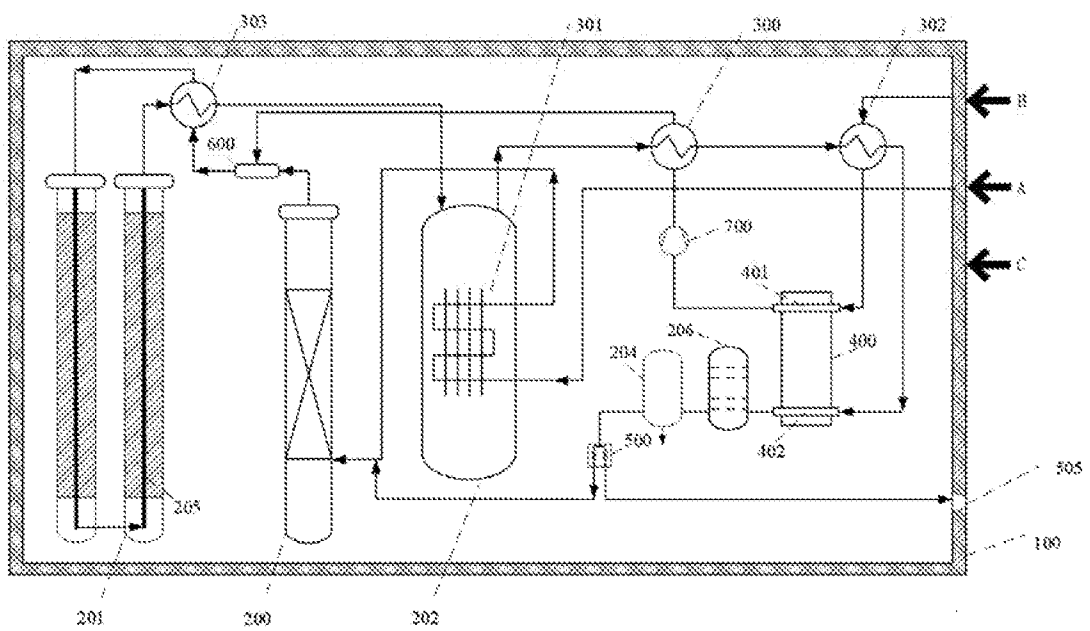


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/093069

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C01B 3/34(2006.01)i; C01B 3/50(2006.01)i; C01B 3/58(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)

C01B 3/-

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)

CNABS, CNTXT, CNKI, VEN, WEB OF SCIENCE: 天然气, 制氢, 电热, 转化, 热泵, 消纳, 可再生能源, 电转气, natural gas, hydrogen generation, producing hydrogen, electric heating, conversion, transformation, heat pump, consum+, renewable energy, power to gas, PtG

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 113184808 A (XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY) 30 July 2021 (2021-07-30) claims 1-10	1-10
A	CN 109179320 A (XINDI ENERGY ENGINEERING TECHNOLOGY CO., LTD.) 11 January 2019 (2019-01-11) claims 1 and 4	1-10
A	CN 110407172 A (ALLY HI-TECH CO., LTD.) 05 November 2019 (2019-11-05) entire document	1-10
A	CN 110649650 A (HUADIAN ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.) 03 January 2020 (2020-01-03) entire document	1-10
A	CN 110589765 A (SINOPEC NANJING ENGINEERING CO., LTD. et al.) 20 December 2019 (2019-12-20) entire document	1-10
A	CN 107998840 A (NINGBO UNIVERSITY) 08 May 2018 (2018-05-08) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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

01 August 2022

Date of mailing of the international search report

08 August 2022

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/093069**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 111422832 A (QINGDAO HAITONG NEW MATERIAL TECHNOLOGY DEVELOPMENT CO., LTD. et al.) 17 July 2020 (2020-07-17) entire document	1-10
A	WO 2016073500 A1 (ZTEK CORP.) 12 May 2016 (2016-05-12) entire document	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/093069

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	113184808	A	30 July 2021	None			
CN	109179320	A	11 January 2019	None			
CN	110407172	A	05 November 2019	US	2021309516	A1	07 October 2021
				WO	2021031894	A1	25 February 2021
CN	110649650	A	03 January 2020	None			
CN	110589765	A	20 December 2019	None			
CN	107998840	A	08 May 2018	None			
CN	111422832	A	17 July 2020	None			
WO	2016073500	A1	12 May 2016	EP	3215458	A1	13 September 2017

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/093069

A. 主题的分类

C01B 3/34(2006.01)i; C01B 3/50(2006.01)i; C01B 3/58(2006.01)i

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

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

C01B 3/-

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

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))

CNABS, CNTXT, CNKI, VEN, WEB OF SCIENCE:天然气, 制氢, 电热, 转化, 热泵, 消纳, 可再生能源, 电转气, natural gas, hydrogen generation, producing hydrogen, electric heating, conversion, transformation, heat pump, consum+, renewable energy, power to gas, PtG

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 113184808 A (西安交通大学) 2021年7月30日 (2021 - 07 - 30) 权利要求1-10	1-10
A	CN 109179320 A (新地能源工程技术有限公司) 2019年1月11日 (2019 - 01 - 11) 权利要求1和4	1-10
A	CN 110407172 A (四川亚联高科技股份有限公司) 2019年11月5日 (2019 - 11 - 05) 全文	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) 全文	1-10
A	CN 110589765 A (中石化南京工程有限公司等) 2019年12月20日 (2019 - 12 - 20) 全文	1-10
A	CN 107998840 A (宁波大学) 2018年5月8日 (2018 - 05 - 08) 全文	1-10
A	CN 111422832 A (青岛海通新材料科技发展有限公司等) 2020年7月17日 (2020 - 07 - 17) 全文	1-10

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“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)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“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

“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

“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

“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

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2022年8月1日

国际检索报告邮寄日期

2022年8月8日

ISA/CN的名称和邮寄地址

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

传真号 (86-10)62019451

授权官员

李应会

电话号码 86-10-62084694

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/093069

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	W0 2016073500 A1 (ZTEK CORP) 2016年5月12日 (2016 - 05 - 12) 全文	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/093069

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	113184808	A	2021年7月30日	无			
CN	109179320	A	2019年1月11日	无			
CN	110407172	A	2019年11月5日	US	2021309516	A1	2021年10月7日
				WO	2021031894	A1	2021年2月25日
CN	110649650	A	2020年1月3日	无			
CN	110589765	A	2019年12月20日	无			
CN	107998840	A	2018年5月8日	无			
CN	111422832	A	2020年7月17日	无			
WO	2016073500	A1	2016年5月12日	EP	3215458	A1	2017年9月13日