

(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
2023年5月4日 (04.05.2023)

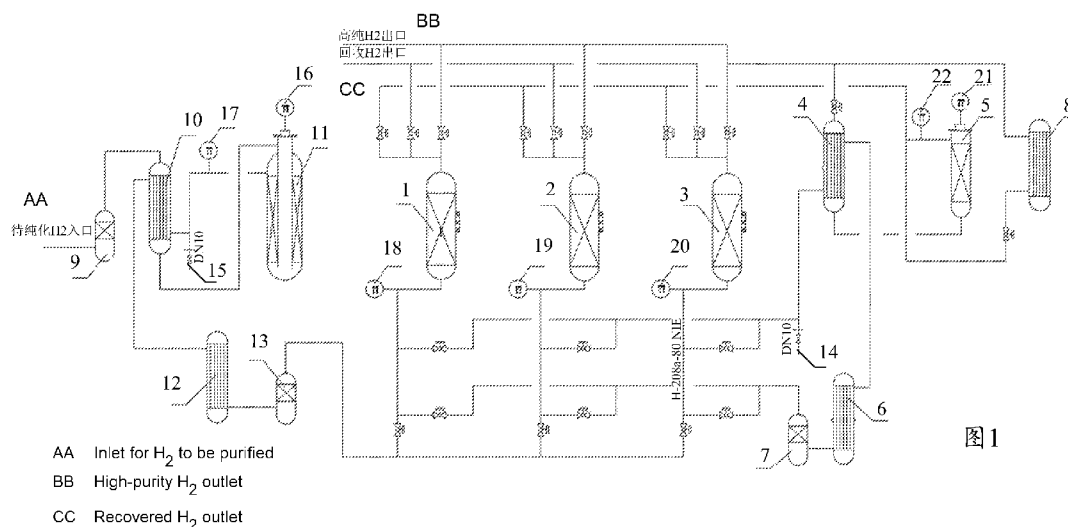


(10) 国际公布号
WO 2023/071281 A1

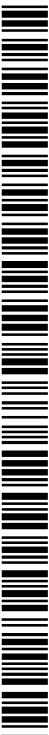
- (51) 国际专利分类号:
C01B 3/50 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2022/103910
- (22) 国际申请日: 2022年7月5日 (05.07.2022)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202111277993.3 2021年10月30日 (30.10.2021) CN
- (71) 申请人: 无锡隆基氢能科技有限公司(WUXI LONGI HYDROGEN TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国江苏省无锡市新吴区锡梅路102号, Jiangsu 214135 (CN)。
- (72) 发明人: 郭鲁宁(GUO, Luning); 中国江苏省无锡市新吴区锡梅路102号, Jiangsu 214135 (CN)。 王
- (74) 代理人: 北京润泽恒知识产权代理有限公司(BEIJING RUN ZEHENG INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM); 中国北京市海淀区中关村南大街甲18号北京国际C座6层606, Beijing 100081 (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: SYSTEM AND METHOD FOR PURIFYING HYDROGEN, AND SYSTEM FOR PRODUCING HYDROGEN BY MEANS OF WATER ELECTROLYSIS

(54) 发明名称: 一种氢气纯化系统和方法以及电解水制氢系统



(57) Abstract: A system and a method for purifying hydrogen, and a system for producing hydrogen by means of water electrolysis. The system for purifying hydrogen comprises three dryers, which share one regeneration circulation module, resulting in a substantial reduction in the number of regeneration circulation modules, and therefore the manufacturing cost of the system is relatively low. Moreover, a first gas-gas heat exchanger (4) is arranged in a regeneration circulation system, so that heat exchange can be realized between low-temperature regeneration hydrogen before regeneration and regenerated high-temperature regeneration tail gas, such that the waste heat of the high-temperature regeneration tail gas can be fully utilized, and the power consumption of a subsequent heater and a regeneration cooler can also be substantially reduced; therefore, the energy consumption of the system is relatively low.



WO 2023/071281 A1

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: 一种氢气纯化系统和方法以及电解水制氢系统, 氢气纯化系统中包括三台干燥器, 且三台干燥器共用一个再生循环模块, 显著减少了再生循环模块的数量, 因此系统的制造成本较低; 同时, 再生循环系统中设置有第一气气换热器 (4), 使得再生前的低温再生氢气与再生后的高温再生尾气能够进行热量交换, 一方面能够充分利用高温再生尾气的余热, 另一方面能够显著减少后续加热器和再生冷却器的功耗, 因此系统的能耗较低。

一种氢气纯化系统和方法以及电解水制氢系统

本申请要求在 2021 年 10 月 30 日提交中国专利局、申请号为 202111277993.3、名称为“一种氢气纯化系统和方法以及电解水制氢系统”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

5

技术领域

本申请涉及氢气纯化技术领域，具体涉及一种氢气纯化系统和方法以及电解水制氢系统。

10

背景技术

水电解氢气中含有微量氧和大量水汽，为了获得高纯度的氢气，需要对水电解氢气进行纯化处理。

中国专利 CN1920100A 公开了一种连续纯化水电解氢气的装置，该装置包括 3 座干燥塔，每座干燥塔内均设有电加热棒，用于在对干燥塔内的干燥剂进行再生时加热营造高温环境；每座干燥塔外均分别连接一个再生冷却器，用于对干燥剂再生过程中产生的高温再生尾气进行冷却。

上述装置中具有较多的电加热棒和冷却器，且没有对高温再生尾气的余热进行充分利用，因此存在制造成本较高且能源浪费的问题。

20

发明内容

本申请的目的是解决现有氢气纯化装置中存在的制造成本较高且能源浪费的问题，提供一种氢气纯化系统和方法以及电解水制氢系统。

为了实现上述目的，本申请提供一种氢气纯化系统，用于对待纯化氢气进行纯化形成提纯氢气，所述氢气纯化系统包括：

依次连通的脱氧模块、干燥模块和再生循环模块，所述干燥模块包括并联连接的第一干燥器、第二干燥器和第三干燥器；所述再生循环模块包括具有第一气体通道和第二气体通道的第一气气换热器；

所述氢气纯化系统还包括：

第一限气模块，用于供所述待纯化氢气依次流经所述脱氧模块和所述第一干燥器形成纯化通道，获得所述提纯氢气；

第二限气模块，用于供部分所述提纯氢气依次流经第一气气换热器的所

述第一气体通道、所述第二干燥器、所述第一气气换热器的第二气体通道和所述第三干燥器，形成再生通道，获得回收氢气。

5 可选地，所述第一干燥器、所述第二干燥器和所述第三干燥器均具有第一开口和第二开口，其中，所述第一干燥器的第一开口、所述第二干燥器的第一开口和所述第三干燥器的第一开口能够各自分别与所述脱氧模块的出口、所述第一气气换热器的第二气体通道入口和所述第一气气换热器的第二气体通道出口连通；所述第一干燥器的第二开口、所述第二干燥器的第二开口和所述第三干燥器的第二开口能够各自分别与提纯氢气出口、所述第一气气换热器的第一气体通道入口以及回收氢气出口连通；

10 其中，所述提纯氢气出口用于输出所述提纯氢气，所述回收氢气出口用于输出所述回收氢气。

可选地，所述第一限气模块包括至少一个第一控制阀，所述第二限气模块包括至少一个第二控制阀；

15 所述第一控制阀设置在所述脱氧模块的出口与各干燥器的第一开口之间以及所述提纯氢气出口与各干燥器的第二开口之间；

所述第二控制阀设置在所述第一气气换热器的第一气体通道入口与各干燥器的第二开口之间、所述第一气气换热器的第二气体通道入口与各干燥器的第一开口之间、所述第一气气换热器的第二气体通道出口与各干燥器的第一开口之间以及所述回收氢气出口与各干燥器的第二开口之间。

20 可选地，所述再生循环模块还包括：

冷却器，用于对所述第二干燥器进行降温；

第三限气模块，用于供部分所述提纯氢气依次流经所述冷却器、所述第二干燥器、所述第一气气换热器的第二气体通道和所述第三干燥器，形成再生冷却通道。

25 可选地，所述冷却器的入口能够分别与所述第一干燥器的第二开口、所述第二干燥器的第二开口和所述第三干燥器的第二开口连通，所述冷却器的出口能够分别与所述第一干燥器的第二开口、所述第二干燥器的第二开口和所述第三干燥器的第二开口连通。

30 可选地，所述第三限气模块包括至少一个第三控制阀，第三控制阀设置在所述冷却器的入口与各干燥器的第二开口之间，和/或，所述冷却器的出口与各干燥器的第二开口之间。

可选地，所述再生循环模块还包括再生冷却器和第一汽水分离器，所述

再生冷却器的入口与所述第一气气换热器的第二气体通道出口连通，所述再生冷却器的出口与所述第一汽水分离器的入口连通，所述第一汽水分离器的出口能够分别与所述第一干燥器的第一开口、所述第二干燥器的第一开口或所述第三干燥器的第一开口连通。

5 可选地，所述脱氧模块包括第二气气换热器和脱氧器，所述第二气气换热器具有第一气体通道和第二气体通道，其中，所述第二气气换热器的第一气体通道出口与所述脱氧器的入口连通，所述脱氧器的出口与所述第二气气换热器的第二气体通道入口连通，所述第二气气换热器的第二气体通道出口能够分别与所述第一干燥器的第一开口、所述第二干燥器的第一开口或所述
10 第三干燥器的第一开口连通。

可选地，所述氢气纯化系统还包括冷却冷凝器和第二汽水分离器，其中，所述冷却冷凝器的入口与所述第二气气换热器的第二气体通道出口连通，所述冷却冷凝器的出口与所述第二汽水分离器的入口连通，所述第二汽水分离器的出口能够分别与所述第一干燥器的第一开口、所述第二干燥器的第一开
15 口或所述第三干燥器的第一开口连通。

可选地，所述第一气气换热器的第二气体通道入口与各干燥器的第一开口之间还设置有第一冷凝水排放管道，所述第一冷凝水排放管道的一端同时与所述第一气气换热器的第二气体通道入口和各干燥器的第一开口连通；

所述第二气气换热器的第二气体通道入口与所述脱氧器的出口之间还
20 设置有第二冷凝水排放管道，所述第二冷凝水排放管道同时与所述第二气气换热器的第二气体通道入口和所述脱氧器的出口连通；

所述第一冷凝水排放管道和所述第二冷凝水排放管道上均设有控制阀。

可选地，所述脱氧器上设有第一测温设备，所述脱氧器的出口处设有第
25 二测温设备，所述第一干燥器的第一开口处设有第三测温设备，所述第二干燥器的第一开口处设有第四测温设备，所述第三干燥器的第一开口处设有第五测温设备。

可选地，所述再生循环模块还包括加热器；

所述第二限气模块，具体用于供部分所述提纯氢气依次流经所述第一气
30 气换热器的所述第一气体通道、所述加热器、所述第二干燥器、所述第一气气换热器的所述第二气体通道和所述第三干燥器，形成再生通道，获得回收氢气。

可选地，所述第一干燥器的第二开口、所述第二干燥器的第二开口和所述第三干燥器的第二开口还能够分别与所述加热器的出口连通；所述第一气气换热器的第一气体通道出口与所述加热器的入口连通。

5 可选地，所述第二控制阀还设置所述加热器的出口与各干燥器的第二开口之间。

可选地，所述加热器上设有第六测温设备，所述加热器的出口处设有第七测温设备。

可选地，所述第一干燥器、所述第二干燥器和所述第三干燥器均为筒状结构，筒内设有分子筛干燥剂。

10 本申请还提供一种电解水制氢系统，所述电解水制氢系统包括电解水制氢模块和上述任意一项所述的氢气纯化系统，所述电解水制氢模块与所述氢气纯化系统的所述脱氧模块连通。

本申请还提供一种利用上述任意一项所述的氢气纯化系统来纯化氢气的方法，所述纯化氢气的方法包括：

15 S01．使所述待纯化氢气进入所述脱氧模块中进行脱氧处理，得到脱氧后氢气；

S02．使所述脱氧后氢气进入所述第一干燥器中进行干燥处理，得到所述提纯氢气；

20 S03．将所述提纯氢气分出一部分作为低温再生氢气进入所述第一气气换热器的第一气体通道中进行换热处理，得到高温再生氢气；

S04．停止向所述第二干燥器中通入所述脱氧后氢气，并使所述高温再生氢气进入所述第二干燥器中，对所述第二干燥器中的待生分子筛干燥剂进行吹干再生，得到高温再生尾气；

25 S05．使所述高温再生尾气进入所述第一气气换热器的所述第二气体通道中，与所述第一气体通道中的所述低温再生氢气进行换热处理，得到低温再生尾气；

S06．使所述低温再生尾气进入所述第三干燥器中进行干燥处理，得到回收氢气；

S07．使所述回收氢气与所述提纯氢气合并。

30 可选地，操作 S04 中，所述高温再生氢气与所述脱氧后氢气通入所述第二干燥器中的气体流向相反。

可选地，所述纯化氢气的方法还包括：重复操作 S02 ~ S07，在所述第二干燥器中对所述脱氧后氢气进行干燥处理，对所述第三干燥器中的待生分子筛干燥剂进行吹干再生，在所述第一干燥器中对所述低温再生尾气进行干燥处理；和/或，

- 5 重复操作 S02 ~ S07，在所述第三干燥器中对所述脱氧后氢气进行干燥处理，对所述第一干燥器中的待生分子筛干燥剂进行吹干再生，在所述第二干燥器中对所述低温再生尾气进行干燥处理。

可选地，在操作 S04 中利用所述高温再生氢气对所述第二干燥器中的分子筛干燥剂进行吹干再生预设时长后，所述纯化氢气的方法还包括：

- 10 S04-1. 停止使操作 S03 中的所述低温再生氢气进入所述第一气换热器的第一气体通道中，以及，使一部分所述提纯氢气进入所述冷却器中进行冷却处理，得到吹冷氢气；

- S04-2. 停止使操作 S04 中的所述高温再生氢气进入所述第二干燥器中，以及，使所述吹冷氢气进入所述第二干燥器中，对所述第二干燥器中的再生分子筛干燥剂进行吹冷处理，所产生气体替换操作 S05 中的所述高温再生尾气，继续执行操作 S05 ~ S07，其中，所述吹冷氢气的气体流向与所述高温再生氢气在所述第二干燥器中的气体流向相同。

可选地，操作 S01 中，使所述待纯化氢气进入所述脱氧模块中进行脱氧处理，得到脱氧后氢气，包括：

- 20 使所述待纯化氢气依次进入所述第二气换热器的第一气体通道中进行换热处理，进入所述脱氧器中进行脱氧处理，进入所述第二气换热器的第二气体通道中与所述第一气体通道中的所述待纯化氢气进行换热处理，得到所述脱氧后氢气。

- 25 可选地，操作 S03 中，从所述提纯氢气中分出的一部分的体积占所述提纯氢气总体积的 10 ~ 15%。

可选地，操作 S01 中，所述脱氧处理的温度为 85 ~ 100℃；操作 S02 中，所述干燥处理的温度为室温；操作 S04 中，所述吹干再生的温度为 250 ~ 300℃；操作 S06 中，所述干燥处理的温度为室温。

- 30 可选地，操作 S02 中，在使所述脱氧后氢气进入所述第一干燥器中之前，所述纯化氢气的方法还包括：

使所述脱氧后氢气依次进入所述冷却冷凝器中进行冷凝处理，进入所述第二汽水分离器中进行汽水分离处理。

可选地，操作 S06 中，在使所述低温再生尾气进入所述第三干燥器中进行干燥处理之前，所述纯化氢气的方法还包括：

使所述低温再生尾气依次进入所述再生冷却器中进行冷凝处理，进入所述第一汽水分离器中进行汽水分离处理。

5 可选地，所述再生循环模块还包括加热器；

所述第二限气模块，具体用于供部分所述提纯氢气依次流经所述第一气气换热器的所述第一气体通道、所述加热器、所述第二干燥器、所述第一气气换热器的所述第二气体通道和所述第三干燥器，形成再生通道，获得回收氢气；

10 操作 S03 具体包括：

将所述提纯氢气分出一部分作为低温再生氢气进入所述第一气气换热器的第一气体通道中进行换热处理，然后进入所述加热器中进行加热处理，得到所述高温再生氢气。

可选地，操作 S03 中，所述加热处理的温度为 300 ~ 350°C。

15

通过上述技术方案，本申请的氢气纯化系统中的三台干燥器共用一个再生循环模块，显著减少了再生循环模块的数量，因此，该系统的制造成本较低；同时，再生循环系统中设置有第一气气换热器，使得再生前的低温再生氢气与再生后的高温再生尾气能够进行热量交换，这一方面能够充分利用高温再生尾气的余热，另一方面能够显著减少后续加热器和再生冷却器的功耗，因此，该系统的能耗较低。

20

本申请的其他特征和优点将在随后的具体实施方式部分予以详细说明。

附图说明

25

附图是用来提供对本申请的进一步理解，并且构成说明书的一部分，与下面的具体实施方式一起用于解释本申请，但并不构成对本申请的限制。在附图中：

图 1 是本申请的氢气纯化系统的结构示意图。

30

附图标记说明

1 第一干燥器

2 第二干燥器

	3	第三干燥器	4	第一气气换热器
	5	加热器	6	再生冷却器
	7	第一汽水分离器	8	冷却器
	9	第三汽水分离器	10	第二气气换热器
5	11	脱氧器	12	冷却冷凝器
	13	第二汽水分离器	14	第一冷凝水排放管道
	15	第二冷凝水排放管道	16	第一测温设备
	17	第二测温设备	18	第三测温设备
	19	第四测温设备	20	第五测温设备
10	21	第六测温设备	22	第七测温设备

具体实施例

以下结合附图对本申请的具体实施方式进行详细说明。应当理解的是，此处所描述的具体实施方式仅用于说明和解释本申请，并不用于限制本申请。

本申请的第一方面提供一种氢气纯化系统，用于对待纯化氢气进行纯化形成提纯氢气，如图 1 所示，所述氢气纯化系统可以包括：依次连通的脱氧模块、干燥模块和再生循环模块，所述干燥模块包括并联连接的第一干燥器 1、第二干燥器 2 和第三干燥器 3；所述再生循环模块包括具有第一气体通道和第二气体通道的第一气气换热器 4；

所述氢气纯化系统还包括：第一限气模块，用于供所述待纯化氢气依次流经所述脱氧模块和所述第一干燥器 1 形成纯化通道，获得所述提纯氢气；第二限气模块，用于供部分所述提纯氢气依次流经第一气气换热器 4 的所述第一气体通道、所述第二干燥器 2、所述第一气气换热器 4 的第二气体通道和所述第三干燥器 3，形成再生通道，获得回收氢气。

根据本申请，所述第一干燥器 1、所述第二干燥器 2 和所述第三干燥器 3 均具有第一开口和第二开口，其中，所述第一干燥器 1 的第一开口、所述第二干燥器 2 的第一开口和所述第三干燥器 3 的第一开口能够分别与所述脱氧模块的出口、所述第一气气换热器 4 的第二气体通道入口和所述第一气气换热器 4 的第二气体通道出口连通；所述第一干燥器 1 的第二开口、所述第二干燥器 2 的第二开口和所述第三干燥器 3 的第二开口能够分别与提纯氢气出口、所述第一气气换热器 4 的所述第一气体通道入口以及回收氢气出口连

通；其中，所述提纯氢气出口用于输出所述提纯氢气，所述回收氢气出口用于输出所述回收氢气。

在本申请中，具体地，各开口（包括各出口和各入口）之间可以通过气体输送管道进行连通，当多个开口同时与同一个其他开口连通时，多个开口可以分别独立地与该其他开口连通，多个开口也可以互相并联后再通过一根气体输送管道与该其他开口连通。为了节约系统的制造成本同时简化系统的复杂程度，当多个开口同时与同一个其他开口连通时，本申请优选多个开口互相并联后再通过一根气体输送管道与该其他开口连通。

示例性地，如图 1 所示，在本申请的氢气纯化系统中，第一干燥器的第一开口、第二干燥器的第一开口和第三干燥器的第一开口可以互相并联后，再通过不同的管道分别与脱氧模块的出口、第一气气换热器的第二气体通道入口和第一气气换热器的第二气体通道出口连通；第一干燥器的第二开口、第二干燥器的第二开口和第三干燥器的第二开口也可以互相并联后，再通过不同的管道分别与提纯氢气出口、第一气气换热器的第一气体通道入口以及回收氢气出口连通。

本申请的氢气纯化系统具体可以用于进行水电解氢气的纯化，其中，脱氧模块可以用于除去水电解氢气中含有的少量氧，干燥模块可以用于除去水电解氢气中含有的大量的水汽，再生循环模块可以用于在干燥剂的再生过程中加热再生之前的冷气流并冷却再生之后的热气流。

本申请的氢气纯化系统能够同时实现对待纯化氢气的纯化处理、对干燥器中待生干燥剂的再生处理以及对再生尾气的回收处理，具体地，可以利用任意一个干燥器对待纯化氢气进行纯化处理，同时对另一个干燥器中的待生干燥剂进行再生处理，并利用剩余干燥器对再生尾气进行干燥回收处理。

具体地，本申请的氢气纯化系统在运行时，可以先使待纯化氢气进入脱氧模块中进行脱氧处理，得到脱氧后氢气；再使脱氧后氢气从任一干燥器的第一开口进入该干燥器中进行干燥处理，得到提纯氢气，并将提纯氢气分出一部分作为低温再生氢气从第一气气换热器的第一气体通道入口进入第一气气换热器的第一气体通道中进行换热处理，得到高温再生氢气；然后，使高温再生氢气从另一干燥器的第二开口进入该干燥器中，对该干燥器中的待生分子筛干燥剂进行吹干再生，得到高温再生尾气，并使得得到的高温再生尾气从该干燥器的第一开口流出后，再从第一气气换热器的第二气体通道入口流入第一气气换热器的第二气体通道中与第一气气换热器的第一气体通道

中的低温再生氢气进行换热处理，再经第一气气换热器的第二气体通道出口流出，得到低温再生尾气；接下来，使低温再生尾气从剩余干燥器的第一开口流入该干燥器中进行干燥处理后从该干燥器的第二开口流出，得到回收氢气，并使回收氢气从回收氢气出口流出；最后，使从提纯氢气出口流出的提纯氢气和从回收氢气出口流出的回收氢气合并，得到纯化后氢气。

可以在各干燥器中轮流执行上述各操作过程，从而实现对待纯化氢气的连续纯化，例如，可以先在第一干燥器中对脱氧后氢气进行干燥处理，对第二干燥器中的待生分子筛干燥剂进行吹干再生，在第一干燥器中对低温再生尾气进行干燥处理；然后，在第二干燥器中对脱氧后氢气进行干燥处理，对第三干燥器中的待生分子筛干燥剂进行吹干再生，在第一干燥器中对低温再生尾气进行干燥处理；最后，在第三干燥器中对脱氧后氢气进行干燥处理，对第一干燥器中的待生分子筛干燥剂进行吹干再生，在第二干燥器中对低温再生尾气进行干燥处理。以此形成一个闭环循环过程，从而实现对待纯化氢气的连续纯化。

在本申请中，氢气纯化系统中的三台干燥器共用一个再生循环模块，显著减少了再生循环模块的数量，因此，该系统的制造成本较低；同时，再生循环系统中设置有第一气气换热器，使得再生前的低温再生氢气与再生后的高温再生尾气能够进行热量交换，这一方面能够充分利用高温再生尾气的余热，另一方面能够显著减少后续加热器和再生冷却器的功耗，因此，该系统的能耗较低。

根据本申请，所述第一限气模块可以包括至少一个第一控制阀，所述第二限气模块可以包括至少一个第二控制阀；所述第一控制阀可以设置在所述脱氧模块的出口与各干燥器的第一开口之间以及所述提纯氢气出口与各干燥器的第二开口之间；所述第二控制阀可以设置在所述第一气气换热器 4 的第一气体通道入口与各干燥器的第二开口之间、所述第一气气换热器 4 的第二气体通道入口与各干燥器的第一开口之间、所述第一气气换热器 4 的第二气体通道出口与各干燥器的第一开口之间以及所述回收氢气出口与各干燥器的第二开口之间。

在本申请中，具体地，第一控制阀和第二控制阀的类型可以在一定的范围内选择，例如，可以是气动球阀。通过控制第一控制阀或第二控制阀的开关情况，能够实现各开口之间流路的切换，避免气流进入其他流路中，例如，通过开启脱氧模块出口与第一干燥器第一开口之间的第一控制阀，并关闭脱

氧模块出口与第二干燥器第一开口、第三干燥器第一开口之间的第一控制阀，能够开启脱氧模块与第一干燥器之间的流路，关闭脱氧模块与第二干燥器和第三干燥器之间的流路，使得脱氧后氢气进入第一干燥器中，而不会进入第二干燥器和第三干燥器中。

5 本申请中，再生循环模块还包括加热器 5；

所述第二限气模块，具体用于供部分所述提纯氢气依次流经第一气气换热器 4 的所述第一气体通道、所述加热器 5、所述第二干燥器 2、所述第一气气换热器 4 的所述第二气体通道和所述第三干燥器 3，形成再生通道，获得回收氢气。

10 在本申请中，氢气纯化系统中的三台干燥器共用一个再生循环模块，而再生循环模块包括加热器，因而本申请显著减少了加热器的数量，系统的制造成本较低；同时，再生循环系统中设置有第一气气换热器，使得再生前的低温再生氢气与再生后的高温再生尾气能够进行热量交换，这一方面能够充分利用高温再生尾气的余热，另一方面能够显著减少后续加热器和再生冷却

15 器的功耗，因此，该系统的能耗较低。

根据本申请，第一干燥器 1 的第二开口、第二干燥器 2 的第二开口和第三干燥器 3 的第二开口还能够分别与加热器 5 的出口连通；第一气气换热器 4 的第一气体通道出口与加热器 5 的入口连通。其中，将提纯氢气分出一部分作为低温再生氢气从第一气气换热器的第一气体通道入口进入第一气

20 换热器的第一气体通道中进行换热处理，再经第一气气换热器的第一气体通道出口和加热器的入口进入加热器中进行加热处理，得到高温再生氢气。

根据本申请，所述第二控制阀还设置在所述加热器 5 的出口与各干燥器的第二开口之间。

根据本申请，加热器 5 上可以设有第六测温设备 21，所述加热器 5 的出

25 口处可以设有第七测温设备 22。

根据本申请，所述再生循环模块还可以包括：冷却器 8，用于对所述第二干燥器 2 进行降温；第三限气模块，用于供部分所述提纯氢气依次流经所述冷却器 8、所述第二干燥器 2、所述第一气气换热器 4 的第二气体通道和所述第三干燥器 3，形成再生冷却通道。

30 其中，所述冷却器 8 的入口能够分别与所述第一干燥器 1 的第二开口、

所述第二干燥器 2 的第二开口和所述第三干燥器 3 的第二开口连通,所述冷却器 8 的出口能够分别与所述第一干燥器 1 的第二开口、所述第二干燥器 2 的第二开口和所述第三干燥器 3 的第二开口连通。

在本申请中,氢气纯化系统中的三台干燥器共用一个再生循环模块,而再生循环模块包括加热器和冷却器,因而本申请显著减少了加热器和冷却器的数量,系统的制造成本较低。

在本申请中,具体地,冷却器 8 的类型可以在一定的范围内选择,例如可以是吹冷冷却器,主要用于在干燥剂再生一段时间后,对来自用于待纯化氢气干燥的干燥器的部分提纯氢气进行降温处理,并使降温处理后的这部分提纯氢气进入用于干燥剂再生的干燥器中,以对再生后的高温再生干燥剂进行快速冷却,这一方面能够缩短再生过程的持续时间,另一方面能够使得再生干燥剂处于低温状态而增加其吸附能力。

也就是说,本申请系统中的待生干燥剂的再生过程至少包括两个操作,第一个操作是利用经第一气气换热器和加热器加热后的高温再生氢气带走待生干燥剂中水分,第二个操作是利用经冷却器冷却后的低温提纯氢气对第一个操作后得到的高温再生干燥剂进行快速冷却。

根据本申请,所述第三限气模块可以包括至少一个第三控制阀,第三控制阀可以设置在所述冷却器 8 的入口与各干燥器的第二开口之间,和/或,所述冷却器 8 的出口与各干燥器的第二开口之间。通过第三控制阀的调控,可以使得来自用于待纯化氢气干燥的干燥器的部分提纯氢气流向所述冷却器 8,而不会流向第一气气换热器 4 的第一气体通道。

根据本申请,所述再生循环模块还可以包括再生冷却器 6 和第一汽水分离器 7,所述再生冷却器 6 的入口与所述第一气气换热器 4 的第二气体通道出口连通,所述再生冷却器 6 的出口与所述第一汽水分离器 7 的入口连通,所述第一汽水分离器 7 的出口能够分别与所述第一干燥器 1 的第一开口、所述第二干燥器 2 的第一开口或所述第三干燥器 3 的第一开口连通。

根据本申请,所述脱氧模块还可以包括第二气气换热器 10 和脱氧器 11,所述第二气气换热器 10 具有第一气体通道和第二气体通道,其中,所述第二气气换热器 10 的第一气体通道出口与所述脱氧器 11 的入口连通,所述脱氧器 11 的出口与所述第二气气换热器 10 的第二气体通道入口连通,所述第二气气换热器 10 的第二气体通道出口能够分别与所述第一干燥器 1 的第一开口、所述第二干燥器 2 的第一开口和所述第三干燥器 3 的第一开口连通。

在本申请中，具体地，由于第二气气换热器的设置，在脱氧器中完成脱氧后的氢气热气流能够回流到第二气气换热器的第二气体通道中，并对流经第一气体通道中的低温待纯化氢气进行热交换加热，从而使得待纯化氢气的温度升高，而脱氧后氢气的温度降低，这能够有效降低脱氧器和后续冷却冷凝器的功耗。

根据本申请，所述氢气纯化系统还可以包括冷却冷凝器 12 和第二汽水分离器 13，其中，所述冷却冷凝器 12 的入口与所述第二气气换热器 10 的第二气体通道出口连通，所述冷却冷凝器 12 的出口与所述第二汽水分离器 13 的入口连通，所述第二汽水分离器 13 的出口能够分别与所述第一干燥器 1 的第一开口、所述第二干燥器 2 的第一开口和所述第三干燥器 3 的第一开口连通。

根据本申请，所述第一气气换热器 4 的第二气体通道入口与各干燥器的第一开口之间还可以设置有第一冷凝水排放管道 14，所述第一冷凝水排放管道 14 的一端同时与所述第一气气换热器 4 的第二气体通道入口和各干燥器的第一开口连通；所述第二气气换热器 10 的第二气体通道入口与所述脱氧器 11 的出口之间还可以设置有第二冷凝水排放管道 15，所述第二冷凝水排放管道 15 同时与所述第二气气换热器 10 的第二气体通道入口和所述脱氧器 11 的出口连通。第一冷凝水排放管道和第二冷凝水排放管道均用于排放气体流路中累积的冷凝水，避免冷凝水进入气气换热器中，影响换热效果。

根据本申请，所述第一冷凝水排放管道 14 和所述第二冷凝水排放管道 15 上均可以设有控制阀。

根据本申请，所述脱氧器 11 上可以设有第一测温设备 16，所述脱氧器 11 的出口处可以设有第二测温设备 17，所述第一干燥器 1 的第一开口处可以设有第三测温设备 18，所述第二干燥器 2 的第一开口处可以设有第四测温设备 19，所述第三干燥器 3 的第一开口处可以设有第五测温设备 20。

根据本申请，所述第一干燥器 1、所述第二干燥器 2 和所述第三干燥器 3 均为筒状结构，筒内设有分子筛干燥剂。由于本申请系统中的各干燥器均共用一个气气换热器和加热器，因此各干燥器中无需设置电加热设备，节能减排效果明显。

本申请的第二方面提供一种电解水制氢系统，所述电解水制氢系统可以包括电解水制氢模块和上述任意一项所述的氢气纯化系统，所述电解水制氢模块与所述氢气纯化系统的所述脱氧模块连通。

本申请的第三方面提供一种利用上述任意一项所述的系统来纯化氢气的方法，该方法可以包括操作 S01 ~ 操作 S07。

在操作 S01 中，使所述待纯化氢气进入所述脱氧模块中进行脱氧处理，得到脱氧后氢气。其中，待纯化氢气例如可以是水电解氢气。

5 在操作 S02 中，使所述脱氧后氢气进入所述第一干燥器中进行干燥处理，得到所述提纯氢气。

在操作 S03 中，将所述提纯氢气分出一部分作为低温再生氢气进入所述第一气气换热器的第一气体通道中进行换热处理，得到高温再生氢气。

10 在操作 S04 中，停止向所述第二干燥器中通入所述脱氧后氢气，并使所述高温再生氢气进入所述第二干燥器中，对所述第二干燥器中的待生分子筛干燥剂进行吹干再生，得到高温再生尾气。

在操作 S05 中，使所述高温再生尾气进入所述第一气气换热器的所述第二气体通道中，与所述第一气体通道中的所述低温再生氢气进行换热处理，得到低温再生尾气。

15 在操作 S06 中，使所述低温再生尾气进入所述第三干燥器中进行干燥处理，得到回收氢气。

在操作 S07 中，使所述回收氢气与所述提纯氢气合并。

根据本申请，操作 S04 中，所述高温再生氢气与所述脱氧后氢气通入所述第二干燥器中的气体流向相反。

20 根据本申请，所述氢气纯化的方法还可以包括：重复操作 S02 ~ S07，在所述第二干燥器中对所述脱氧后氢气进行干燥处理，对所述第三干燥器中的待生分子筛干燥剂进行吹干再生，在所述第一干燥器中对所述低温再生尾气进行干燥处理；和/或，重复操作 S02 ~ S07，在所述第三干燥器中对所述脱氧后氢气进行干燥处理，对所述第一干燥器中的待生分子筛干燥剂进行吹干再生，在所述第二干燥器中对所述低温再生尾气进行干燥处理。

25 根据本申请，在操作 S04 中利用所述高温再生氢气对所述第二干燥器中的分子筛干燥剂进行吹干再生预设时长后，所述氢气纯化的方法还可以包括操作 S04-1 和操作 S04-2。

30 在操作 S04-1 中，停止使操作 S03 中的所述低温再生氢气进入所述第一气气换热器的第一气体通道中，以及，使一部分所述提纯氢气进入所述冷却器中进行冷却处理，得到吹冷氢气。

在操作 S04-2 中，停止使操作 S04 中的所述高温再生氢气进入所述第二

干燥器中，以及，使所述吹冷氢气进入所述第二干燥器中，对所述第二干燥器中的再生分子筛干燥剂进行吹冷处理，所产生气体替换操作 S05 中的所述高温再生尾气，继续执行操作 S05 ~ S07，其中，所述吹冷氢气的气体流向与所述高温再生氢气在所述第二干燥器中的气体流向相同。

5 根据本申请，操作 S01 中，所述使所述待纯化氢气进入所述脱氧模块中进行脱氧处理，得到脱氧后氢气，可以包括：使所述待纯化氢气依次进入所述第二气气换热器的第一气体通道中进行换热处理，进入所述脱氧器中进行脱氧处理，进入所述第二气气换热器的第二气体通道中与所述第一气体通道中的所述待纯化氢气进行换热处理，得到所述脱氧后氢气。

10 根据本申请，操作 S03 中，从所述提纯氢气中分出的一部分的体积可以占所述提纯氢气总体积的 10 ~ 15%。

根据本申请，操作 S01 中，所述脱氧处理的温度可以为 85 ~ 100°C；操作 S02 中，所述干燥处理的温度可以为室温；操作 S04 中，所述吹干再生的温度可以为 250 ~ 300°C；操作 S06 中，所述干燥处理的温度可以为室温。

15 根据本申请，操作 S02 中，在使所述脱氧后氢气进入所述第一干燥器之前，所述纯化氢气的方法还包括：使所述脱氧后氢气依次进入所述冷却冷凝器中进行冷凝处理，进入所述第二汽水分离器中进行汽水分离处理。

根据本申请，操作 S06 中，在使所述低温再生尾气进入所述第三干燥器中进行干燥处理之前，所述纯化氢气的方法还包括：使所述低温再生尾气依次进入所述再生冷却器中进行冷凝处理，进入所述第一汽水分离器中进行汽水分离处理。

根据本申请，所述再生循环模块还包括加热器；

所述第二限气模块，具体用于供部分所述提纯氢气依次流经所述第一气气换热器的所述第一气体通道、所述加热器、所述第二干燥器、所述第一气气换热器的所述第二气体通道和所述第三干燥器，形成再生通道，获得回收氢气；

操作 S03 具体包括：

将所述提纯氢气分出一部分作为低温再生氢气进入所述第一气气换热器的第一气体通道中进行换热处理，然后进入所述加热器中进行加热处理，

30 得到所述高温再生氢气。

可选地，操作 S03 中，所述加热处理的温度为 300 ~ 350°C。

需要说明的是，在本申请实施例中，方法部分的实施方式与系统部分的实施方式相同或类似，在此不再赘述。

下面通过实施例来进一步说明本申请，但是本申请并不因此而受到任何限制。本申请实施例中涉及的原料、试剂、仪器和设备，如无特殊说明，均可通过购买获得。

实施例 1

基于图 1 所示的系统，采用如下方法进行水电解氢气的纯化：

(1) 使待纯化氢气进入第二气气换热器的第一气体通道中进行换热处理，再进入脱氧器中进行脱氧处理，最后进入第二气气换热器的第二气体通道中与第一气体通道中的待纯化氢气进行换热处理，得到脱氧后氢气；

(2) 使脱氧后氢气进入冷却冷凝器中进行冷凝处理，再进入第二汽水分离器中进行汽水分离处理，然后再从第一干燥器的第一开口进入第一干燥器中进行干燥处理，得到提纯氢气；

(3) 将提纯氢气分出 15% 作为低温再生氢气进入第一气气换热器的第一气体通道中进行换热处理，然后进入加热器中进行加热处理，得到高温再生氢气；

(4) 停止向第二干燥器的第一开口通入脱氧后氢气，并使高温再生氢气从第二干燥器的第二开口进入第二干燥器中，对第二干燥器中的待生分子筛干燥剂进行吹干再生，得到高温再生尾气；

(5) 待步骤 (4) 中吹干再生结束后，停止使步骤 (3) 中的低温再生氢气进入第一气气换热器的第一气体通道中，以及，使一部分提纯氢气进入冷却器中进行冷却处理，得到吹冷氢气；停止使步骤 (4) 中的高温再生氢气进入第二干燥器中，以及，使吹冷氢气进入第二干燥器中，对第二干燥器中的再生分子筛干燥剂进行吹冷处理，得到吹冷后氢气，转入步骤 (6)；

(6) 使步骤 (4) 得到的高温再生尾气或步骤 (5) 得到的吹冷后氢气进入第一气气换热器的第二气体通道中与第一气气换热器的第一气体通道中的低温再生氢气进行换热处理，然后依次流经再生冷却器和第一汽水分离器，得到低温再生尾气；

(7) 使低温再生尾气进入第三干燥器中进行干燥处理，得到回收氢气；

(8) 待步骤 (2) ~ (7) 的操作持续 24h 后，将步骤 (2) 和 (3) 中与干燥器相关的操作转移至第二干燥器中，将步骤 (4) ~ (6) 中与干燥器

相关的操作转移至第三干燥器中，将步骤（7）中与干燥器相关的操作转移至第一干燥器中；

（9）24h 后，将步骤（2）和（3）中与干燥器相关的操作转移至第三干燥器中，将步骤（4）~（6）中与干燥器相关的操作转移至第一干燥器中，
5 将步骤（7）中与干燥器相关的操作转移至第二干燥器中；

（10）使所有的提纯氢气和所有的回收氢气合并，得到氢气产品，重复执行步骤（1）~（9）的操作，即可实现对水电解氢气的持续纯化。

10 以上结合附图详细描述了本申请的优选实施方式，但是，本申请并不限于上述实施方式中的具体细节，在本申请的技术构思范围内，可以对本申请的技术方案进行多种简单变型，这些简单变型均属于本申请的保护范围。

另外需要说明的是，在上述具体实施方式中所描述的各个具体技术特征，在不矛盾的情况下，可以通过任何合适的方式进行组合，为了避免不必要的重复，本申请对各种可能的组合方式不再另行说明。

15 此外，本申请的各种不同的实施方式之间也可以进行任意组合，只要其不违背本申请的思想，其同样应当视为本申请所公开的内容。

权 利 要 求

1、一种氢气纯化系统，用于对待纯化氢气进行纯化形成提纯氢气，其中，所述氢气纯化系统包括：

依次连通的脱氧模块、干燥模块和再生循环模块，所述干燥模块包括并
5 联连接的第一干燥器、第二干燥器和第三干燥器；所述再生循环模块包括具
有第一气体通道和第二气体通道的第一气气换热器；

所述氢气纯化系统还包括：

第一限气模块，用于供所述待纯化氢气依次流经所述脱氧模块和所述第
一干燥器形成纯化通道，获得所述提纯氢气；

10 第二限气模块，用于供部分所述提纯氢气依次流经所述第一气气换热器的
所述第一气体通道、所述第二干燥器、所述第一气气换热器的所述第二气
体通道和所述第三干燥器，形成再生通道，获得回收氢气。

2、根据权利要求 1 所述的氢气纯化系统，其中，所述第一干燥器、所
述第二干燥器和所述第三干燥器均具有第一开口和第二开口，其中，所述第
15 一干燥器的第一开口、所述第二干燥器的第一开口和所述第三干燥器的第一
开口能够分别与所述脱氧模块的出口、所述第一气气换热器的第二气体通道
入口和所述第一气气换热器的第二气体通道出口连通；所述第一干燥器的第
二开口、所述第二干燥器的第二开口和所述第三干燥器的第二开口能够分别
与提纯氢气出口、所述第一气气换热器的第一气体通道入口以及回收氢气出
20 口连通；

其中，所述提纯氢气出口用于输出所述提纯氢气，所述回收氢气出口用
于输出所述回收氢气。

3、根据权利要求 2 所述的氢气纯化系统，其中，所述第一限气模块包
括至少一个第一控制阀，所述第二限气模块包括至少一个第二控制阀；

25 所述第一控制阀设置在所述脱氧模块的出口与各干燥器的第一开口之
间以及所述提纯氢气出口与各干燥器的第二开口之间；

所述第二控制阀设置在所述第一气气换热器的第一气体通道入口与各
干燥器的第二开口之间、所述第一气气换热器的第二气体通道入口与各干燥
器的第一开口之间、所述第一气气换热器的第二气体通道出口与各干燥器的

第一开口之间以及所述回收氢气出口与各干燥器的第二开口之间。

4、根据权利要求1所述的氢气纯化系统，其中，所述再生循环模块还包括：

冷却器，用于对所述第二干燥器进行降温；

5 第三限气模块，用于供部分所述提纯氢气依次流经所述冷却器、所述第二干燥器、所述第一气气换热器的所述第二气体通道和所述第三干燥器，形成再生冷却通道。

5、根据权利要求4所述的氢气纯化系统，其中，所述冷却器的入口能够分别与所述第一干燥器的第二开口、所述第二干燥器的第二开口和所述第三干燥器的第二开口连通，所述冷却器的出口能够分别与所述第一干燥器的第二开口、所述第二干燥器的第二开口和所述第三干燥器的第二开口连通。

6、根据权利要求5所述的氢气纯化系统，其中，所述第三限气模块包括至少一个第三控制阀，第三控制阀设置在所述冷却器的入口与各干燥器的第二开口之间，和/或，所述冷却器的出口与各干燥器的第二开口之间。

15 7、根据权利要求1所述的氢气纯化系统，其中，所述再生循环模块还包括再生冷却器和第一汽水分离器，所述再生冷却器的入口与所述第一气气换热器的第二气体通道出口连通，所述再生冷却器的出口与所述第一汽水分离器的入口连通，所述第一汽水分离器的出口能够分别与所述第一干燥器的第一开口、所述第二干燥器的第一开口或所述第三干燥器的第一开口连通。

20 8、根据权利要求1所述的氢气纯化系统，其中，所述脱氧模块包括第二气气换热器和脱氧器，所述第二气气换热器具有第一气体通道和第二气体通道，其中，所述第二气气换热器的第一气体通道出口与所述脱氧器的入口连通，所述脱氧器的出口与所述第二气气换热器的第二气体通道入口连通，所述第二气气换热器的第二气体通道出口能够分别与所述第一干燥器的第一开口、所述第二干燥器的第一开口或所述第三干燥器的第一开口连通。

25 9、根据权利要求8所述的氢气纯化系统，其中，所述氢气纯化系统还包括冷却冷凝器和第二汽水分离器，其中，所述冷却冷凝器的入口与所述第二气气换热器的第二气体通道出口连通，所述冷却冷凝器的出口与所述第二汽水分离器的入口连通，所述第二汽水分离器的出口能够分别与所述第一干

干燥器的第一开口、所述第二干燥器的第一开口或所述第三干燥器的第一开口连通。

10、根据权利要求 8 所述的氢气纯化系统，其中，所述第一气气换热器的第二气体通道入口与各干燥器的第一开口之间还设置有第一冷凝水排放管道，所述第一冷凝水排放管道的一端同时与所述第一气气换热器的第二气体通道入口和各干燥器的第一开口连通；

所述第二气气换热器的第二气体通道入口与所述脱氧器的出口之间还设置有第二冷凝水排放管道，所述第二冷凝水排放管道同时与所述第二气气换热器的第二气体通道入口和所述脱氧器的出口连通；

10 所述第一冷凝水排放管道和所述第二冷凝水排放管道上均设有控制阀。

11、根据权利要求 8 所述的氢气纯化系统，其中，所述脱氧器上设有第一测温设备，所述脱氧器的出口处设有第二测温设备，所述第一干燥器的第一开口处设有第三测温设备，所述第二干燥器的第一开口处设有第四测温设备，所述第三干燥器的第一开口处设有第五测温设备。

15 12、根据权利要求 3 所述的氢气纯化系统，其中，所述再生循环模块还包括加热器；

所述第二限气模块，具体用于供部分所述提纯氢气依次流经所述第一气气换热器的所述第一气体通道、所述加热器、所述第二干燥器、所述第一气气换热器的所述第二气体通道和所述第三干燥器，形成再生通道，获得回收氢气。

13、根据权利要求 12 所述的氢气纯化系统，其中，所述第一干燥器的第二开口、所述第二干燥器的第二开口和所述第三干燥器的第二开口还能够分别与所述加热器的出口连通；所述第一气气换热器的第一气体通道出口与所述加热器的入口连通。

25 14、根据权利要求 12 所述的氢气纯化系统，其中，所述第二控制阀还设置所述加热器的出口与各干燥器的第二开口之间。

15、根据权利要求 12 所述的氢气纯化系统，其中，所述加热器上设有第六测温设备，所述加热器的出口处设有第七测温设备。

16、根据权利要求 1~15 中任意一项所述的氢气纯化系统，其中，所述

第一干燥器、所述第二干燥器和所述第三干燥器均为筒状结构，筒内设有分子筛干燥剂。

17、一种电解水制氢系统，其中，所述电解水制氢系统包括电解水制氢模块和权利要求 1~16 中任意一项所述的氢气纯化系统，所述电解水制氢模
5 块与所述氢气纯化系统的所述脱氧模块连通。

18、一种利用权利要求 1 所述的氢气纯化系统来纯化氢气的方法，其中，所述纯化氢气的方法包括：

S01. 使所述待纯化氢气进入所述脱氧模块中进行脱氧处理，得到脱氧后氢气；

10 S02. 使所述脱氧后氢气进入所述第一干燥器中进行干燥处理，得到所述提纯氢气；

S03. 将所述提纯氢气分出一部分作为低温再生氢气进入所述第一气气换热器的第一气体通道中进行换热处理，得到高温再生氢气；

15 S04. 停止向所述第二干燥器中通入所述脱氧后氢气，并使所述高温再生氢气进入所述第二干燥器中，对所述第二干燥器中的待生分子筛干燥剂进行吹干再生，得到高温再生尾气；

S05. 使所述高温再生尾气进入所述第一气气换热器的所述第二气体通道中，与所述第一气体通道中的所述低温再生氢气进行换热处理，得到低温再生尾气；

20 S06. 使所述低温再生尾气进入所述第三干燥器中进行干燥处理，得到回收氢气；

S07. 使所述回收氢气与所述提纯氢气合并。

19、根据权利要求 18 所述的纯化氢气的方法，其中，操作 S04 中，所述高温再生氢气与所述脱氧后氢气通入所述第二干燥器中的气体流向相反。

25 20、根据权利要求 19 所述的纯化氢气的方法，其中，所述纯化氢气的方法还包括：重复操作 S02~S07，在所述第二干燥器中对所述脱氧后氢气进行干燥处理，对所述第三干燥器中的待生分子筛干燥剂进行吹干再生，在所述第一干燥器中对所述低温再生尾气进行干燥处理；和/或，

重复操作 S02~S07，在所述第三干燥器中对所述脱氧后氢气进行干燥

处理，对所述第一干燥器中的待生分子筛干燥剂进行吹干再生，在所述第二干燥器中对所述低温再生尾气进行干燥处理。

21、根据权利要求 18 所述的纯化氢气的方法，其中，在操作 S04 中利用所述高温再生氢气对所述第二干燥器中的分子筛干燥剂进行吹干再生预设时长后，所述纯化氢气的方法还包括：

S04-1. 停止使操作 S03 中的所述低温再生氢气进入所述第一气换热器的第一气体通道中，以及，使一部分所述提纯氢气进入所述冷却器中进行冷却处理，得到吹冷氢气；

S04-2. 停止使操作 S04 中的所述高温再生氢气进入所述第二干燥器中，以及，使所述吹冷氢气进入所述第二干燥器中，对所述第二干燥器中的再生分子筛干燥剂进行吹冷处理，所产生气体替换操作 S05 中的所述高温再生尾气，继续执行操作 S05 ~ S07，其中，所述吹冷氢气的气体流向与所述高温再生氢气在所述第二干燥器中的气体流向相同。

22、根据权利要求 18 所述的纯化氢气的方法，其中，操作 S01 中，使所述待纯化氢气进入所述脱氧模块中进行脱氧处理，得到脱氧后氢气，包括：

使所述待纯化氢气依次进入所述第二气换热器的第一气体通道中进行换热处理，进入所述脱氧器中进行脱氧处理，进入所述第二气换热器的第二气体通道中与所述第一气体通道中的所述待纯化氢气进行换热处理，得到所述脱氧后氢气。

23、根据权利要求 18 ~ 22 中任意一项所述的纯化氢气的方法，其中，操作 S03 中，从所述提纯氢气中分出的一部分的体积占所述提纯氢气总体积的 10 ~ 15%。

24、根据权利要求 18 ~ 22 中任意一项所述的纯化氢气的方法，其中，操作 S01 中，所述脱氧处理的温度为 85 ~ 100℃；操作 S02 中，所述干燥处理的温度为室温；操作 S04 中，所述吹干再生的温度为 250 ~ 300℃；操作 S06 中，所述干燥处理的温度为室温。

25、根据权利要求 18 ~ 22 中任意一项所述的纯化氢气的方法，其中，操作 S02 中，在使所述脱氧后氢气进入所述第一干燥器之前，所述纯化氢气的方法还包括：

使所述脱氧后氢气依次进入所述冷却冷凝器中进行冷凝处理，进入所述第二汽水分离器中进行汽水分离处理。

- 26、根据权利要求 18 ~ 22 中任意一项所述的纯化氢气的方法，其中，操作 S06 中，在使所述低温再生尾气进入所述第三干燥器中进行干燥处理之前，所述纯化氢气的方法还包括：

使所述低温再生尾气依次进入所述再生冷却器中进行冷凝处理，进入所述第一汽水分离器中进行汽水分离处理。

27、根据权利要求 18 ~ 22 中任意一项所述的纯化氢气的方法，其中，所述再生循环模块还包括加热器；

- 10 所述第二限气模块，具体用于供部分所述提纯氢气依次流经所述第一气气换热器的所述第一气体通道、所述加热器、所述第二干燥器、所述第一气气换热器的所述第二气体通道和所述第三干燥器，形成再生通道，获得回收氢气；

操作 S03 具体包括：

- 15 将所述提纯氢气分出一部分作为低温再生氢气进入所述第一气气换热器的第一气体通道中进行换热处理，然后进入所述加热器中进行加热处理，得到所述高温再生氢气。

28、根据权利要求 18 ~ 22 中任意一项所述的纯化氢气的方法，其中，操作 S03 中，所述加热处理的温度为 300 ~ 350°C。

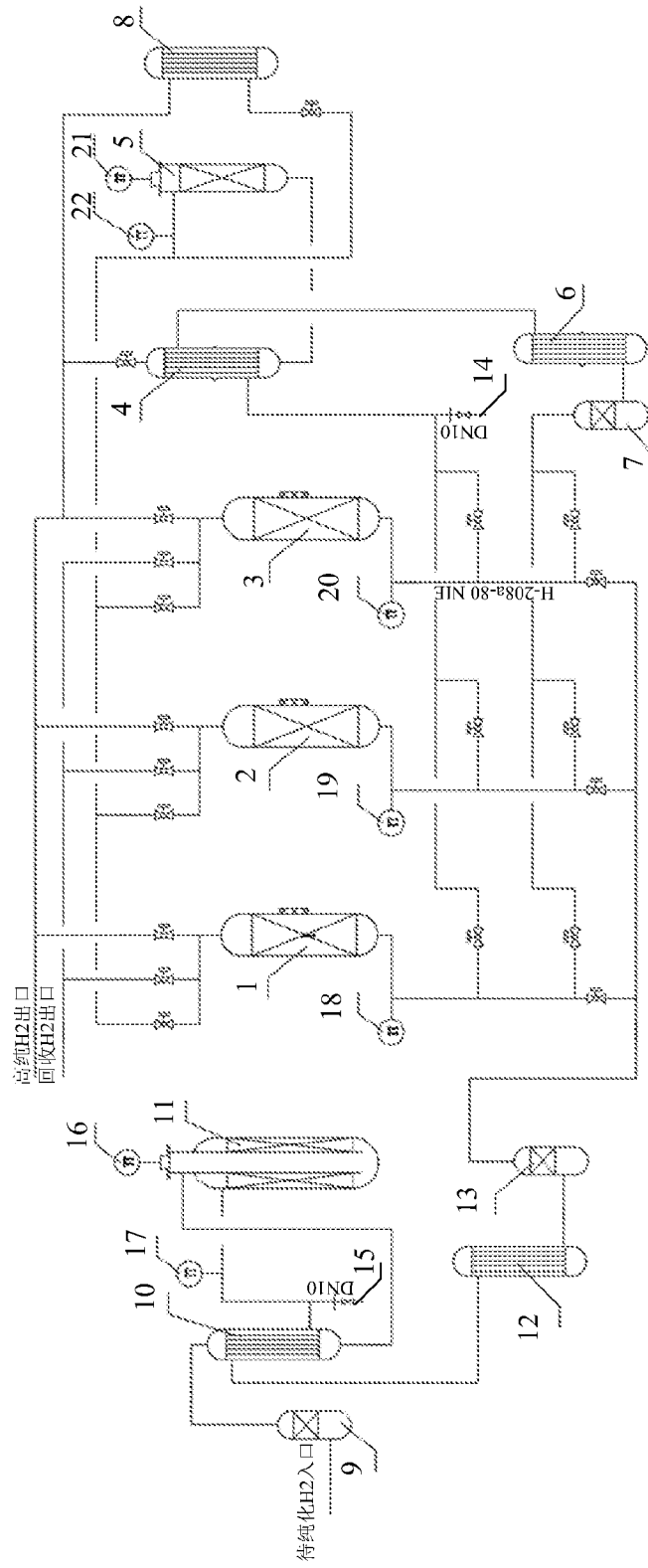


图1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/103910

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
C01B 3/50(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) C01B3; C01B23; B01D53; C25B9; C25B15; C25B1		
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: 氢气, 纯化, 提纯, 脱氧, 干燥, 再生, 循环, 换热, 交换, 通道, 气道, 分子筛, 回收, 尾气, hydrogen, purif+, deoxid+, dry+, regenerat+, cycl+, exchang+, channel?, air, gas, passage, molecular, sieve, recover+, tail gas		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 213708495 U (SHENZHEN KOHODO HYDROGEN ENERGY CO., LTD.) 16 July 2021 (2021-07-16) entire document	1-28
A	CN 104627963 A (SUZHOU JINGLI HYDROGEN-MAKING EQUIPMENT CO., LTD.) 20 May 2015 (2015-05-20) entire document	1-28
A	CN 112390228 A (718TH RESEARCH INSTITUTE OF CHINA SHIPBUILDING INDUSTRY CORP.) 23 February 2021 (2021-02-23) entire document	1-28
A	CN 107434243 A (DALIAN ZHONGDING CHEMICAL CO., LTD.) 05 December 2017 (2017-12-05) entire document	1-28
A	CN 108341398 A (NANJING UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 31 July 2018 (2018-07-31) entire document	1-28
<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 16 August 2022		Date of mailing of the international search report 14 September 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/CN2022/103910

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 1920100 A (SUZHOU JINGLI HYDROGEN-MAKING EQUIPMENT CO., LTD.) 28 February 2007 (2007-02-28) entire document	1-28
A	JP 2000272905 A (MITSUBISHI GAS CHEMICAL CO., LTD. et al.) 03 October 2000 (2000-10-03) entire document	1-28

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/CN2022/103910

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 213708495 U	16 July 2021	None	
CN 104627963 A	20 May 2015	CN 104627963 B	17 August 2016
CN 112390228 A	23 February 2021	None	
CN 107434243 A	05 December 2017	None	
CN 108341398 A	31 July 2018	CN 108341398 B	12 April 2019
CN 1920100 A	28 February 2007	None	
JP 2000272905 A	03 October 2000	JP 4313882 B2	12 August 2009

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2022/103910

<p>A. 主题的分类</p> <p>C01B 3/50 (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>C01B3; C01B23; B01D53; C25B9; C25B15; C25B1</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>CNABS, CNTXT, CNKI, VEN:氢气, 纯化, 提纯, 脱氧, 干燥, 再生, 循环, 换热, 交换, 通道, 气道, 分子筛, 回收, 尾气, hydrogen, purif+, deoxid+, dry+, regenerat+, cycl+, exchang+, channel?, air, gas, passage, molecular, sieve, recover+, tail gas</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>A</td> <td>CN 213708495 U (深圳市凯豪达氢能源有限公司) 2021年7月16日 (2021 - 07 - 16) 全文</td> <td>1-28</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104627963 A (苏州竞立制氢设备有限公司) 2015年5月20日 (2015 - 05 - 20) 全文</td> <td>1-28</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 112390228 A (中国船舶重工集团公司第七一八研究所) 2021年2月23日 (2021 - 02 - 23) 全文</td> <td>1-28</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107434243 A (大连中鼎化学有限公司) 2017年12月5日 (2017 - 12 - 05) 全文</td> <td>1-28</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 108341398 A (南京理工大学) 2018年7月31日 (2018 - 07 - 31) 全文</td> <td>1-28</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 1920100 A (苏州竞立制氢设备有限公司) 2007年2月28日 (2007 - 02 - 28) 全文</td> <td>1-28</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2000272905 A (三菱瓦斯化学株式会社 等) 2000年10月3日 (2000 - 10 - 03) 全文</td> <td>1-28</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	A	CN 213708495 U (深圳市凯豪达氢能源有限公司) 2021年7月16日 (2021 - 07 - 16) 全文	1-28	A	CN 104627963 A (苏州竞立制氢设备有限公司) 2015年5月20日 (2015 - 05 - 20) 全文	1-28	A	CN 112390228 A (中国船舶重工集团公司第七一八研究所) 2021年2月23日 (2021 - 02 - 23) 全文	1-28	A	CN 107434243 A (大连中鼎化学有限公司) 2017年12月5日 (2017 - 12 - 05) 全文	1-28	A	CN 108341398 A (南京理工大学) 2018年7月31日 (2018 - 07 - 31) 全文	1-28	A	CN 1920100 A (苏州竞立制氢设备有限公司) 2007年2月28日 (2007 - 02 - 28) 全文	1-28	A	JP 2000272905 A (三菱瓦斯化学株式会社 等) 2000年10月3日 (2000 - 10 - 03) 全文	1-28
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
A	CN 213708495 U (深圳市凯豪达氢能源有限公司) 2021年7月16日 (2021 - 07 - 16) 全文	1-28																								
A	CN 104627963 A (苏州竞立制氢设备有限公司) 2015年5月20日 (2015 - 05 - 20) 全文	1-28																								
A	CN 112390228 A (中国船舶重工集团公司第七一八研究所) 2021年2月23日 (2021 - 02 - 23) 全文	1-28																								
A	CN 107434243 A (大连中鼎化学有限公司) 2017年12月5日 (2017 - 12 - 05) 全文	1-28																								
A	CN 108341398 A (南京理工大学) 2018年7月31日 (2018 - 07 - 31) 全文	1-28																								
A	CN 1920100 A (苏州竞立制氢设备有限公司) 2007年2月28日 (2007 - 02 - 28) 全文	1-28																								
A	JP 2000272905 A (三菱瓦斯化学株式会社 等) 2000年10月3日 (2000 - 10 - 03) 全文	1-28																								
<p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <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>2022年8月16日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2022年9月14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>吕鸣鹤</p> <p>电话号码 (86-27)59371481</p>																								

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2022/103910

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	213708495	U	2021年7月16日	无	
CN	104627963	A	2015年5月20日	CN 104627963	B 2016年8月17日
CN	112390228	A	2021年2月23日	无	
CN	107434243	A	2017年12月5日	无	
CN	108341398	A	2018年7月31日	CN 108341398	B 2019年4月12日
CN	1920100	A	2007年2月28日	无	
JP	2000272905	A	2000年10月3日	JP 4313882	B2 2009年8月12日