



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114061264 B

(45) 授权公告日 2022.10.21

(21) 申请号 202110843185.2

审查员 郭静

(22) 申请日 2021.07.26

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 114061264 A

(43) 申请公布日 2022.02.18

(73) 专利权人 中国科学院理化技术研究所

地址 100190 北京市海淀区中关村东路29号

(72) 发明人 李静 刘立强 熊联友 周刚

杨少柒

(74) 专利代理机构 深圳市科进知识产权代理事

务所(普通合伙) 44316

专利代理师 曹卫良 刘春丽

(51) Int. Cl.

F25J 1/02 (2006.01)

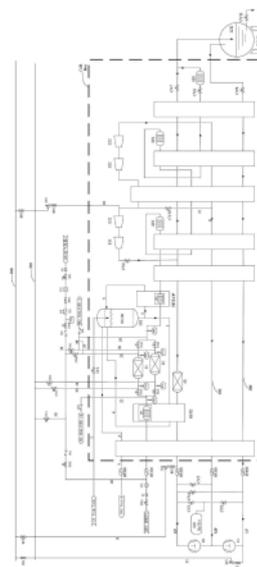
权利要求书2页 说明书16页 附图1页

(54) 发明名称

一种具有吸附器再生管路的氢气液化装置

(57) 摘要

本发明涉及氢气液化技术领域,具体涉及一种具有吸附器再生管路的氢气液化装置,包括:制冷模块及与所述制冷模块连接的再生管路;所述制冷模块包括吸附器,所述再生管路包括原料氢气管路、加热氮气管路、再生气进气管路、再生气排放管路、CV19阀门及CV20阀门;通过所述CV19阀门及CV20阀门,使得所述原料氢气管路和加热氮气管路能够交替通断。本发明通过设置加热氮气管路,用氮气经加热氮气管路、再生气进气管路,对吸附器进行逆向吹扫;通过设置原料氢气管路,用氢气经原料氢气管路、再生气进气管路,对吸附器进行再次逆向吹扫;通过该两条管路利用氮气和氢气交替逆向吹扫吸附器,以对吸附器进行再生。



1. 一种具有吸附器再生管路的氢气液化装置,其特征在于,包括:制冷模块及与所述制冷模块连接的再生管路;所述制冷模块包括吸附器,所述再生管路包括原料氢气管路、加热氮气管路、再生气进气管路、再生气排放管路、CV19阀门及CV20阀门;

所述原料氢气管路的一端与原料氢气主路连接,另一端通过所述再生气进气管路与所述吸附器的输出端连接;所述加热氮气管路的一端与氮气气化器连接,另一端通过所述再生气进气管路与所述吸附器的输出端连接;

所述再生气排放管路的一端与所述吸附器的输入端连接、另一端与再生气排放总管(200)连接;

所述CV19阀门用于控制所述原料氢气管路的通断,所述CV20阀门用于控制所述加热氮气管路的通断,通过所述CV19阀门及CV20阀门交替通断,使得所述原料氢气管路和加热氮气管路能够交替通断;

所述吸附器设置为吸附器组,

所述吸附器组的两端分别设置有第五压力传感器和第六压力传感器,所述第五压力传感器和第六压力传感器检测所述吸附器组两端压差。

2. 根据权利要求1所述的具有吸附器再生管路的氢气液化装置,其特征在于,所述吸附器组包括并联的第一吸附器和第二吸附器,且并联的两端与所述制冷模块连接;所述再生气进气管路包括第一再生气进气管路和第二再生气进气管路,所述再生气排放管路包括第一再生气排放管路和第二再生气排放管路;

所述原料氢气管路通过所述第一再生气进气管路与所述第一吸附器的输出端连接,所述原料氢气管路通过所述第二再生气进气管路与所述第二吸附器的输出端连接;所述加热氮气管路通过所述第一再生气进气管路与所述第一吸附器输出端连接,所述加热氮气管路通过所述第二再生气进气管路与所述第二吸附器输出端连接;

所述第一再生气排放管路的一端与所述第一吸附器的输入端连接、另一端与再生气排放总管(200)连接,所述第二再生气排放管路的一端与所述第二吸附器的输入端连接、另一端与再生气排放总管(200)连接。

3. 根据权利要求1所述的具有吸附器再生管路的氢气液化装置,其特征在于,所述加热氮气管路上设置有电加热器及过滤器,所述电加热器、过滤器与氮气气化器依次连接。

4. 根据权利要求2所述的具有吸附器再生管路的氢气液化装置,其特征在于,所述第一吸附器的两端分别设置有第一压力传感器和第二压力传感器,所述第二吸附器的两端设置有第三压力传感器和第四压力传感器;所述第一压力传感器和第二压力传感器检测所述第一吸附器两端的压差,所述第三压力传感器和第四压力传感器检测所述第二吸附器两端的压差。

5. 根据权利要求2所述的具有吸附器再生管路的氢气液化装置,其特征在于,所述氢气液化装置还包括分析管路,所述分析管路包括第一分析管路、第二分析管路、第一氢气分析仪和第二氢气分析仪;所述第一分析管路的一端与所述吸附器组的输入端连接,另一端与所述第一氢气分析仪连接;所述第二分析管路的一端与所述吸附器组的输出端连接,另一端与所述第二氢气分析仪连接;

和/或,所述第一吸附器的两端分别设置有CV15阀门和CV16阀门,所述第二吸附器的两端分别设置有CV17阀门和CV18阀门。

6. 根据权利要求2所述的具有吸附器再生管路的氢气液化装置,其特征在于,所述再生管路还包括用于排气的排放管路,所述排放管路的一端与所述原料氢气管路连接,另一端与再生气排放总管(200)连接;所述排放管路上设置有CV21阀门;和/或,

所述第一再生气进气管路上设置有CV24阀门,所述第二再生气进气管路上设置有CV25阀门;所述第一再生气排放管路上设置有CV22阀门,所述第二再生气排放管路上设置有CV23阀门。

7. 根据权利要求1所述的具有吸附器再生管路的氢气液化装置,其特征在于,所述装置还包括气体管理模块,所述气体管理模块与所述制冷模块连接,所述气体管理模块用于调控所述气体管理模块向所述制冷模块输出的气压;所述制冷模块包括依次连接的第一级换热器、第二级换热器及液氮正仲氢转化换热器,所述第二级换热器内设置有第一正仲氢转化器,所述液氮正仲氢转化换热器内设置有第二正仲氢转化器;所述吸附器的一端与所述第一正仲氢转化器连接、另一端与所述第二正仲氢转化器连接。

8. 根据权利要求7所述的具有吸附器再生管路的氢气液化装置,其特征在于,所述制冷模块还包括用于进行冷却的第一冷却单元、第二冷却单元、第三冷却单元及液氢储罐;所述第一冷却单元的一端分别与所述第一级换热器、第二级换热器及液氮正仲氢转化换热器连接,另一端与所述第二冷却单元连接;所述第二冷却单元与所述第三冷却单元连接,所述第三冷却单元与所述液氢储罐连接。

9. 根据权利要求8所述的具有吸附器再生管路的氢气液化装置,其特征在于,所述第一冷却单元包括第三级换热器、第四级换热器及第三正仲氢转化器;第二冷却单元包括第五级换热器、第六级换热器及第四正仲氢转化器;第三冷却单元包括第七级换热器及第五正仲氢转化器;

所述第二级换热器及液氮正仲氢转化换热器均与所述第三级换热器的输入端连接;所述第三级换热器、所述第四级换热器、所述第五级换热器、所述第六级换热器及所述第七级换热器的输出端依次相连接;所述第一级换热器、所述第三级换热器、所述第四级换热器、所述第五级换热器、所述第六级换热器及所述第七级换热器的第一回流端依次相连接,并形成第一回流线;所述第七级换热器的输出端及回流端对应与所述液氢储罐的入口端及回流端连接;

所述第三正仲氢转化器的一端与所述第四级换热器的输出端一侧连接,另一端与所述第四级换热器另一侧的输入端连接;所述第四正仲氢转化器的一端与所述第六级换热器的输出端一侧连接,另一端与所述第六级换热器另一侧的输入端连接;所述第三正仲氢转化器和所述第四正仲氢转化器通过所述第五级换热器连接;所述第五正仲氢转化器的一端与所述第七级换热器的输出端连接,另一端连接于所述第七级换热器和所述液氢储罐入口端的互联端;所述第四正仲氢转化器和所述第五正仲氢转化器通过所述第七级换热器连接。

## 一种具有吸附器再生管路的氢气液化装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及氢气液化技术领域,具体而言,涉及一种具有吸附器再生管路的氢气液化装置。

### 背景技术

[0002] 随着工业的发展和人们生活水平的提高,对能源的需求与日俱增。由于煤炭、石油等化石能源储量有限,且会污染环境,需要开发高效、洁净的二次能源,需要寻找可再生的绿色能源。氢是自然界存在最普遍的元素,氢的资源丰富,来源多样,作为一种二次能源,它具有燃烧热值高、清洁环保、可储存、可再生等优点。氢能可以同时满足资源、环境和可持续发展的要求,这些独特的优势使其在能源和化工领域具有广泛应用。

[0003] 氢能在世界范围内备受关注,成为近几年科研热点领域。根据国际氢能委员会发布的《氢能源未来发展趋势调研报告》,预计到2050年,氢能源的需求将是目前的10倍。

[0004] 氢能利用需要解决制取、储运和应用等一系列问题,氢能的储运是氢能应用的关键。氢的原料气经过压缩之后,降温到-250℃以下使之变为液氢。常压下液氢的密度为气态氢的845倍,液氢的质量密度和体积密度较高。液氢以其体积能量密度高的优点,在远距离运输、储存等方面具有巨大的优势和经济性,在氢能利用中发挥重要的作用。因此氢气液化成为了氢气应用的重要选项。

[0005] 氢气的液化温度很低,一般将氢气预冷到一定温度以下,再采用节流膨胀的方法将氢气液化。在液氢温度下,除氢气外,所有其他杂质气体均已固化,固化杂质可能会堵塞氢气液化装置中各气体及液体通道、管路,尤其是节流部位更容易发生堵塞现象,极易引起爆炸,所以对原料氢气必须进行严格净化。

[0006] 氢气是易燃易爆气体,氢液化器的安全阀泄放和排放管道排放出的氢气为可燃性气体,其泄放需遵循相关标准,比如《SH 3009-2013石油化工可燃性气体排放系统设计规范》。不能像氨制冷机/氨液化器那样直接将原料气排放于大气。氢气的排放必须通过专门的排放管道排放至氢液化器的火炬管网系统。对氢气的处理必须考虑到安全性的要求。

[0007] 氢液化器中冷箱内设置有吸附器,负责低温下吸附氢原料气中的杂质,比如CO, CO<sub>2</sub>, 甲烷,氮气,氧气等。当吸附器吸附达到饱和时,需要对吸附剂进行再生。目前关于氢液化器流程的专利较多,重点关注氢液化器中吸附器再生管路的专利较少见,且没有具体的管路形式。

[0008] 全氢流程的氢液化器内的氢气工质,具有“不能抽,不能烧”的特点。氢液化器内工艺设备、管道的吹扫置换均应采用正压置换方法。氢气管路的吸附器再生不能采用氢气工质的吸附再生真空泵抽吸的再生方法。不能烧是指氢气排放气不能直接排放于大气中,不能直接点燃。吸附器再生时产生的排放气泄放需遵循相关标准,比如《SH 3009-2013石油化工可燃性气体排放系统设计规范》。因为采用氮气作为再生气,因此吸附器再生气排放气不能和氢液化器主路排放气一起排放到同一个排放总管,以免氮气排放气被低温氢气排放气冻结,堵塞管道。

[0009] 吸附器两侧压差是比较重要的参数,一般在吸附器管路上安装差压计测量吸附器差压,但低温下差压计管路非常容易堵塞,导致差压计失灵,不能准确测量吸附器两端压差,不能准确评估吸附器状态。吸附器再生时,应设置氢气检测装置以及时检测吸附器再生的效果,来判断是否结束吸附器再生操作。

[0010] 因此现有氢液化装置存在以下缺陷:

[0011] 1.当吸附器吸附达到饱和时,需对吸附剂进行再生;由于全氢流程的氢液化器内氢气工质“不能抽,不能烧”的特点,目前没有具体有效的管路形式或方法对吸附器进行再生工作。

[0012] 2.吸附器两侧压差是比较重要的参数,一般在吸附器管路上安装差压计测量吸附器差压,但低温下差压计管路非常容易堵塞,导致差压计失灵,不能准确测量吸附两端压差,不能准确评估吸附器状态。

## 发明内容

[0013] 为解决上述问题,本发明的目的在于提供一种具有吸附器再生管路的氢气液化装置,设置再生气进气管路利用氮气和氢气交替逆向吹扫吸附器,以对吸附器进行再生。

[0014] 本发明的目的是通过以下技术方案实现的:

[0015] 本发明提供了一种具有吸附器再生管路的氢气液化装置,包括:制冷模块及与制冷模块连接的再生管路;制冷模块包括吸附器,再生管路包括原料氢气管路、加热氮气管路、再生气进气管路、再生气排放管路、CV19阀门及CV20阀门;

[0016] 原料氢气管路的一端与氢液化器原料气主管路连接,另一端通过再生气进气管路与吸附器的输出端连接;加热氮气管路的一端与氮气气化器连接,另一端通过再生气进气管路与吸附器的输出端连接;

[0017] 再生气排放管路的一端与吸附器的输入端连接、另一端与再生气排放总管200连接;

[0018] CV19用于控制原料氢气管路的通断, CV20阀门用于控制加热氮气管路的通断,通过CV19阀门及CV20阀门交替通断,使得原料氢气管路和加热氮气管路能够交替通断。

[0019] 进一步地,吸附器包括并联的第一吸附器和第二吸附器,且并联的两端与制冷模块连接;再生气进气管路包括第一再生气进气管路和第二再生气进气管路,再生气排放管路包括第一再生气排放管路和第二再生气排放管路;

[0020] 原料氢气管路通过第一再生气进气管路与第一吸附器的输出端连接、通过第二再生气进气管路与第二吸附器的输出端连接;加热氮气管路通过第一再生气进气管路与第一吸附器输出端连接、通过第二再生气进气管路与第二吸附器输出端连接;

[0021] 第一再生气排放管路的一端与第一吸附器的输入端连接、另一端与再生气排放总管200连接,第二再生气排放管路的一端与第二吸附器的输入端连接、另一端与再生气排放总管200连接。

[0022] 进一步地,加热氮气管路上设置有电加热器及过滤器,电加热器、过滤器与氮气气化器依次连接。

[0023] 进一步地,吸附器组的两端分别设置有第五压力传感器和第六压力传感器,第五压力传感器和第六压力传感器检测吸附器组两端压差。

[0024] 进一步地,第一吸附器的两端分别设置有第一压力传感器和第二压力传感器,第二吸附器的两端设置有第三压力传感器和第四压力传感器;第一压力传感器和第二压力传感器检测第一吸附器两端的压差,第三压力传感器和第四压力传感器检测第二吸附器两端的压差。

[0025] 进一步地,氢气液化装置还包括分析管路,分析管路包括第一分析管路、第二分析管路、第一氢气分析仪和第二氢气分析仪;第一分析管路的一端与吸附器输入端连接,另一端与第一氢气分析仪连接;第二分析管路的一端与吸附器的输出端连接,另一端与第二氢气分析仪连接;

[0026] 和/或,第一吸附器的两端分别设置有CV15阀门和CV16阀门,第二吸附器的两端分别设置有CV17阀门和CV18阀门。

[0027] 进一步地,再生管路还包括用于排气的排放管路,排放管路的一端与原料氢气管路连接,另一端与再生气排放总管200连接;排放管路上设置有CV21阀门;和/或,

[0028] 第一再生气进气管路上设置有CV24阀门,第二再生气进气管路上设置有CV25阀门;第一再生气排放管路上设置有CV22阀门,第二再生气排放管路上设置有CV23阀门。

[0029] 进一步地,装置还包括气体管理模块,气体管理模块与制冷模块连接,气体管理模块用于调控气体管理模块向制冷模块输出的气压;制冷模块包括依次连接的第一级换热器、第二级换热器及液氮正仲氢转化换热器,第二级换热器内设置有第一正仲氢转化器,液氮正仲氢转化换热器内设置有第二正仲氢转化器;吸附器的一端与第一正仲氢转化器连接、另一端与第二正仲氢转化器连接。

[0030] 进一步地,制冷模块还包括用于进行冷却的第一冷却单元、第二冷却单元、第三冷却单元及液氢储罐;第一冷却单元的一端分别与第一级换热器、第二级换热器及液氮正仲氢转化换热器连接,另一端与第二冷却单元连接;第二冷却单元与第三冷却单元连接,第三冷却单元与液氢储罐连接。

[0031] 进一步地,第一冷却单元包括第三级换热器、第四级换热器及第三正仲氢转化器;第二冷却单元包括第五级换热器、第六级换热器及第四正仲氢转化器;第三冷却单元包括第七级换热器及第五正仲氢转化器;

[0032] 第二级换热器及液氮正仲氢转化换热器均与第三级换热器的输入端连接;第三级换热器、第四级换热器、第五级换热器、第六级换热器及第七级换热器的输出端依次相连接;第一级换热器、第三级换热器、第四级换热器、第五级换热器、第六级换热器及第七级换热器的第一回流端依次相连接,并形成第一回流线;第七级换热器的输出端及回流端对应与液氢储罐的入口端及回流端连接;

[0033] 第三正仲氢转化器的一端与第四级换热器的输出端一侧连接,另一端与第四级换热器另一侧的输入端连接;第四正仲氢转化器的一端与第六级换热器的输出端一侧连接,另一端与第六级换热器另一侧的输入端连接;第三正仲氢转化器和第四正仲氢转化器通过第五级换热器连接;第五正仲氢转化器的一端与第七级换热器的输出端连接,另一端连接于第七级换热器和液氢储罐入口端的互联端;第四正仲氢转化器和第五正仲氢转化器通过第七级换热器连接。

[0034] 进一步地,第一冷却单元还包括第一氢气透平膨胀机组,第二冷却单元还包括第二氢气透平膨胀机组;

[0035] 第一级换热器、第三级换热器、第四级换热器、第五级换热器及第六级换热器的第二回流端形成第二回流线；

[0036] 第一氢气透平膨胀机组的一端连接于第三级换热器输出端和第四级换热器的输入端的互联端，另一端与第五级换热器连接、且连接于第四级换热器和第五级换热器之间的第二回流线；第二氢气透平膨胀机组的一端与第五级换热器的输出端连接，另一端与第六级换热器的第二回流端连接。

[0037] 进一步地，装置还包括氢气排放总管和再生气排放总管；氢气排放总管通过安全阀泄放管路与第一级换热器的第一回流端连接；氢气排放总管通过管路与第一级换热器的输入端连接，氢气排放总管通过管路与第一氢气透平膨胀机组连接、并连接于第四级换热器及第五级换热器之间的第二回流线。再生气排放总管通过管路与吸附器再生管路连接，再生气排放总管通过管路与吸附器输入端连接。

[0038] 进一步地，装置还包括用于预冷第一级换热器、第二级换热器及液氮正仲氢转化换热器的液氮预冷模块；液氮预冷模块包括液氮入口管线、液氮入口管线调节阀、氮气液分离器、第一液氮管路、第二液氮管路、氮气液分离器出口管路、气氮排气管路、第一气氮回气管路、第二气氮回气管路以及蝶阀；要求氮气液分离器里面的液面高度高于第二级换热器顶部和液氮正仲氢转化换热器顶部；

[0039] 氮气液分离器的下部、第二液氮管路、第二级换热器、第一气氮回气管路及氮气液分离器的上部依次连接，形成回路；

[0040] 氮气液分离器的下部、第一液氮管路、液氮正仲氢转化换热器、第二气氮回气管路及氮气液分离器的上部依次连接，形成回路；

[0041] 氮气液分离器的上部通过氮气液分离器出口管路与第一级换热器连接，第一级换热器与气氮排气管路连接，蝶阀安装在气氮排气管路上；氮气液分离器与液氮入口管线连接。

[0042] 本发明具有吸附器再生管路的氢气液化装置中，包括：制冷模块及与所述制冷模块连接的再生管路；所述制冷模块包括吸附器，所述再生管路包括原料氢气管路、加热氮气管路、再生气进气管路、再生气排放管路、CV19阀门及CV20阀门；通过所述CV19阀门及CV20阀门，使得所述原料氢气管路和加热氮气管路能够交替通断。本发明通过设置加热氮气管路，用氮气经加热氮气管路、再生气进气管路，对吸附器进行逆向吹扫；通过设置原料氢气管路，用氢气经原料氢气管路、再生气进气管路，对吸附器进行再次逆向吹扫；通过该两条管路利用氮气和氢气交替逆向吹扫吸附器，以对吸附器进行再生。

## 附图说明

[0043] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解，构成本申请的一部分，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，并不构成对本发明的不当限定。在附图中：

[0044] 图1是本发明具有吸附器再生管路的氢气液化装置的结构原理图。

[0045] 其中附图标记为：

[0046] 20-原料氢气管路、21-加热氮气管路、22-第一分析管路、23-第一再生气排放管路、24-第二再生气排放管路、25-第一再生气进气管路、26-第二再生气进气管路、29-第二分析管路、30-排放管路、F1-过滤器、F2-过滤器、EH1-电加热器、GH2-原料氢气主路、GN2-氮

气气化器、H2 ANALYSER1-第一氢气分析仪、H2 ANALYSER 2-第二氢气分析仪、PT1-第一压力传感器、PT2-第二压力传感器、PT3-第三压力传感器、PT4-第四压力传感器、PT5-第五压力传感器、PT6-第六压力传感器；

[0047] GH2 Buffer-氢气缓冲罐、C1-中压氢气压缩机组、C2-高压氢气压缩机组、CV1-液氮入口管线调节阀、CV2-卸载阀、CV3-加载阀、CV4-低压旁通阀、CV5-中压旁通阀、CV7-节流阀、CV8-节流阀、CV9-回气阀、CV10-旁通阀、HV500-蝶阀；

[0048] 1-液氮入口管线、2-第一液氮管路、3-第二液氮管路、4-第一气氮回气管路、5-第二气氮回气管路、6-氮气液分离器出口管路、7-气氮排气管路、8-中压氢气回气管路、9-高压路安全阀排放管路、10-透平膨胀机安全阀排放管路、11-压缩机低压吸气端安全阀排放管路、100-氢气排放总管、200-再生气排放总管、300-第一回流线、400-第二回流线、D3100-氮气液分离器、D4100-液氢储罐；

[0049] HEX1-第一级换热器、HEX2-第二级换热器、HEX3-第三级换热器、HEX4-第四级换热器、HEX5-第五级换热器、HEX6-第六级换热器、HEX7-第七级换热器、HEX-OP-液氮正仲氢转化换热器、OP1-第一正仲氢转化器、OP2-第二正仲氢转化器、OP3-第三正仲氢转化器、OP4-第四正仲氢转化器、OP5-第五正仲氢转化器、A1-第一吸附器、A2-第二吸附器、A3-第三吸附器、E11-氢气透平、E12-氢气透平、E21-氢气透平、E22-氢气透平、Cold Box-冷箱。

### 具体实施方式

[0050] 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。

[0051] 如图1所示，本发明实施例的一种具有吸附器再生管路的氢气液化装置，包括：制冷模块及与制冷模块连接的再生管路；制冷模块包括吸附器，再生管路包括原料氢气管路20、加热氮气管路21、再生气进气管路、再生气排放管路、CV19阀门及CV20阀门；

[0052] 原料氢气管路20的一端与原料氢气主路GH2连接，另一端通过再生气进气管路与吸附器的输出端连接；加热氮气管路21的一端与氮气气化器GN2连接，另一端通过再生气进气管路与吸附器的输出端连接；

[0053] 再生气排放管路的一端与吸附器的输入端连接、另一端与再生气排放总管200连接；

[0054] CV19阀门用于控制原料氢气管路20的通断，CV20阀门用于控制加热氮气管路21的通断，通过CV19阀门及CV20阀门交替通断，使得原料氢气管路20和加热氮气管路21能够交替通断。

[0055] 本发明的具有吸附器再生管路的氢气液化装置中，包括：制冷模块及与制冷模块连接的再生管路；制冷模块包括吸附器，再生管路包括原料氢气管路20、加热氮气管路21、再生气进气管路、再生气排放管路、CV19阀门及CV20阀门；通过CV19阀门及CV20阀门，使得原料氢气管路20和加热氮气管路21能够交替通断。本发明通过设置加热氮气管路21，用氮气经加热氮气管路21、再生气进气管路，对吸附器进行逆向吹扫；通过设置原料氢气管路

20,用氢气经原料氢气管路20、再生气进气管路,对吸附器进行再次逆向吹扫;通过该两条线路利用氮气和氢气交替逆向吹扫吸附器,以对吸附器进行再生。

[0056] 进一步地,少量高压原料氢气自原料氢气主路GH2引出,进入原料氢气管路20。氮气从氮气气化器GN2引入,经过过滤器F2过滤杂质后,经电加热器EH1加热后进入加热氮气管路21。再生用氢气和热氮气都可以经由排放管路30排放到氢气液化装置的再生气排放总管200中。

[0057] 实施例中,吸附器设置为吸附器组,所述吸附器组包括并联的第一吸附器A1和第二吸附器A2,且并联的两端与制冷模块连接;再生气进气管路包括第一再生进气管路25和第二再生气进气管路26,再生气排放管路包括第一再生气排放管路23和第二再生气排放管路24;

[0058] 原料氢气管路20通过第一再生气进气管路25与第一吸附器A1的输出端连接、通过第二再生气进气管路26与第二吸附器A2的输出端连接;加热氮气管路21通过第一再生气进气管路25与第一吸附器A1输出端连接、通过第二再生气进气管路26与第二吸附器A2输出端连接;

[0059] 第一再生气排放管路23的一端与第一吸附器A1的输入端连接、另一端与再生气排放总管200连接,第二再生气排放管路24的一端与第二吸附器A2的输入端连接、另一端与再生气排放总管200连接。

[0060] 进一步地,氢气液化器装置用吸附器再生管路,包括高压原料氢气管路20和加热氮气管路21以及排放管路30。设置吸附器用于对氢气净化去除杂质,去杂质后的氢气再进入换热器;吸附器组包括第一吸附器A1、第二吸附器A2及第三吸附器A3,第一吸附器A1和第二吸附器A2并联,通过阀门组切换使用;第一吸附器A1和第二吸附器A2中一个工作时,另一个可以同时再生。

[0061] 进一步地,本发明设置将氮气从加热氮气管路21、第一再生气进气管路25对第一吸附器A1进行逆向吹扫,并将氮气从第一再生气排放管路23排出;氮气从加热氮气管路21、第二再生气进气管路26对第二吸附器A2进行逆向吹扫,并将氮气从第二再生气排放管路24排出;

[0062] 将氢气从原料氢气管路20、第一再生气进气管路25对第一吸附器A1进行逆向吹扫,并将氢气从第一再生气排放管路23排出;将氢气从原料氢气管路20、第二再生气进气管路26对第二吸附器A2进行逆向吹扫,并将氢气从第二再生气排放管路24排出;通过设置第一再生气进气管路25及第二再生气进气管路26两条管路,并利用氮气和氢气交替逆向吹扫第一吸附器A1和第二吸附器A2,对设置的第一吸附器A1和第二吸附器A2进行再生。

[0063] 实施例中,加热氮气管路上设置有电加热器EH1及过滤器F2,电加热器EH1、过滤器F2与氮气气化器GN2依次连接。

[0064] 实施例中,吸附器组的两端分别设置有第五压力传感器PT5和第六压力传感器PT6,第五压力传感器PT5和第六压力传感器PT6检测吸附器组的两端压差。

[0065] 实施例中,第一吸附器A1的两端分别设置有第一压力传感器PT1和第二压力传感器PT2,第二吸附器A2的两端设置有第三压力传感器PT3和第四压力传感器PT4;第一压力传感器PT1和第二压力传感器PT2检测第一吸附器A1两端的压差,第三压力传感器PT3和第四压力传感器PT4检测第二吸附器A2两端的压差。

[0066] 第一压力传感器PT1和第二压力传感器PT2检测第一吸附器A1两端的压差,第三压力传感器PT3和第四压力传感器PT4检测第二吸附器A2两端的压差,第五压力传感器PT5和第六压力传感器PT6检测吸附器组两端的压差;为了实现再生及排放操作,同时包含各种控制阀,单向阀,过滤器F2,流量计和电加热器EH1等;在第一吸附器A1和第二吸附器A2的两端各放置一个压力传感器以代替差压计,防止杂质堵塞差压计管路;使用氢气分析仪检测吸附器再生效果。

[0067] 实施例中,氢气液化装置还包括分析管路,分析管路包括第一分析管路22、第二分析管路29、第一氢气分析仪H2 ANALYSER 1和第二氢气分析仪H2 ANALYSER 2;第一分析管路22的一端与吸附器组的输入端连接,另一端与第一氢气分析仪H2 ANALYSER 1连接;第二分析管路29的一端与吸附器组的输出端连接,另一端与第二氢气分析仪H2 ANALYSER 2连接;和/或,第一吸附器A1的两端分别设置有CV15阀门和CV16阀门,第二吸附器A2的两端分别设置有CV17阀门和CV18阀门。

[0068] 为了实现吸附器的再生,再生管路包括再生气进气管路和再生气排放管路,再生气进气管路包括第一再生气进气管路25和第二再生气进气管路26,再生气排放管路包括第一再生气排放管路23和第二再生气排放管路24。为了检测吸附器的吸附状态及再生效果,设置了通往氢气分析仪的分析管路。

[0069] 设置第一分析管路22、第二分析管路29及氢气分析仪,氢气分析仪设置为两个,即第一氢气分析仪H2 ANALYSER 1和第二氢气分析仪H2ANALYSER 2;吸附器正常吸附时,经过液氮预冷并经过第一正仲氢转化器OP1正仲氢转化后的氢气原料气中引出少量气体进入第一分析管路22,前往第一氢气分析仪H2 ANALYSER 1分析氢气原料气正仲氢转化效果及原料气被吸附器吸附前成份;经过吸附器吸附后的氢气原料气中引出少量气体进入第二分析管路29,前往第二氢气分析仪H2 ANALYSER 2分析氢气原料气被吸附器吸附后成份。当吸附器组吸附能力下降,需要再生时,氢气分析仪可以检测出来,结合各个压力传感器检测得到第一吸附器A1或第二吸附器A2的压差参数,决定第一吸附器A1或第二吸附器A2是否需要再生。

[0070] 进一步地,所述第一吸附器A1的两端分别设置有CV15阀门和CV16阀门,所述第二吸附器A2的两端分别设置有CV17阀门和CV18阀门;设置CV15阀门和CV16阀门来控制第一吸附器A1路的通断;设置CV17阀门和CV18阀门来控制第二吸附器A2路的通断。

[0071] 实施例中,再生管路还包括用于排气的排放管路30,排放管路30的一端与原料氢气管路20连接,另一端与再生气排放总管200连接;排放管路30上设置有CV21阀门;和/或,第一再生气进气管路25上设置有CV24阀门,第二再生气进气管路26上设置有CV25阀门;第一再生气排放管路23上设置有CV22阀门,第二再生气排放管路24上设置有CV23阀门。

[0072] 少量高压原料氢气自原料氢气主路GH2引出,进入原料氢气管路20;氮气自氮气气化器GN2引入,经过过滤器F2过滤杂质后,经电加热器EH1加热后进入加热氮气管路21;再生用的氢气和热氮气都可以经由排放管路30排放到再生气排放总管200中。

[0073] CV22阀门用于控制第一再生气排放管路23,CV23阀门用于控制第二再生气排放管路24,CV24阀门用于控制第一再生气进气管路25,CV25阀门用于控制第二再生气进气管路26。

[0074] 实施例中,装置还包括气体管理模块,气体管理模块与制冷模块连接,气体管理模

块用于调控气体管理模块向制冷模块输出的气压;制冷模块包括依次连接的第一级换热器HEX1、第二级换热器HEX2及液氮正仲氢转化换热器HEX-OP,第二级换热器HEX2内设置有第一正仲氢转化器OP1,液氮正仲氢转化换热器HEX-OP内设置有第二正仲氢转化器OP2;吸附器组的一端与第一正仲氢转化器OP1连接、另一端与第二正仲氢转化器OP2连接。

[0075] 进一步地,装置还包括第三吸附器A3,第三吸附器A3的一端与第二级换热器HEX2连接、另一端与第三级换热器HEX3的输入端连接。设置第三吸附器A3用于对第二级换热器HEX2输出的循环路氢气进行净化去除杂质。

[0076] 实施例中,制冷模块还包括用于进行冷却的第一冷却单元、第二冷却单元、第三冷却单元及液氢储罐D4100;第一冷却单元的一端分别与第一级换热器HEX1、第二级换热器HEX2及液氮正仲氢转化换热器HEX-OP连接,另一端与第二冷却单元连接;第二冷却单元与第三冷却单元连接,第三冷却单元与液氢储罐D4100连接。通过设置第一冷却单元、第二冷却单元及第三冷却单元来对各冷却单元输出的氢气进行冷却,使得冷却效果更好。

[0077] 实施例中,所述第一冷却单元包括第三级换热器HEX3、第四级换热器HEX4及第三正仲氢转化器OP3;第二冷却单元包括第五级换热器HEX5、第六级换热器HEX6及第四正仲氢转化器OP4;第三冷却单元包括第七级换热器HEX7及第五正仲氢转化器OP5;

[0078] 第二级换热器HEX2及液氮正仲氢转化换热器HEX-OP均与第三级换热器HEX3的输入端连接;第三级换热器HEX3、第四级换热器HEX4、第五级换热器HEX5、第六级换热器HEX6及第七级换热器HEX7的输出端依次相连接;第一级换热器HEX1、第三级换热器HEX3、第四级换热器HEX4、第五级换热器HEX5、第六级换热器HEX6及第七级换热器HEX7的第一回流端依次相连接,并形成第一回流线300;第七级换热器HEX7的输出端及回流端对应与液氢储罐的入口端及回流端连接;

[0079] 第三正仲氢转化器OP3的一端与第四级换热器HEX4的输出端一侧连接,另一端与第四级换热器HEX4另一侧的输入端连接;第四正仲氢转化器OP4的一端与第六级换热器HEX6的输出端一侧连接,另一端与第六级换热器HEX6另一侧的输入端连接;第三正仲氢转化器OP3和第四正仲氢转化器OP4通过第五级换热器HEX5连接;第五正仲氢转化器OP5的一端与第七级换热器HEX7的输出端连接,另一端连接于第七级换热器HEX7和液氢储罐入口端的互联端;第四正仲氢转化器OP4和第五正仲氢转化器OP5通过第七级换热器HEX7连接。

[0080] 第三级换热器HEX3、第四级换热器HEX4、第五级换热器HEX5、第六级换热器HEX6及第七级换热器HEX7的输出端依次相连接,并且相连接的线路为循环路氢气输出线路,第七级换热器HEX7的输出端与液氢储罐D4100的入口端连接,氢气经过逐级冷却,经过节流阀CV7和CV8节流后形成气液混合物进入液氢储罐D4100。第一级换热器HEX1、第三级换热器HEX3、第四级换热器HEX4、第五级换热器HEX5、第六级换热器HEX6及第七级换热器HEX7的第一回流端依次相连接形成第一回流线300,返流氢气自液氢储罐D4100经过该第一回流线300返回至气体管理模块。

[0081] 进一步地,所述第一冷却单元还包括第一氢气透平膨胀机组,所述第二冷却单元还包括第二氢气透平膨胀机组;

[0082] 第一级换热器HEX1、第三级换热器HEX3、第四级换热器HEX4、第五级换热器HEX5及第六级换热器HEX6的第二回流端形成第二回流线400;

[0083] 第一氢气透平膨胀机组的一端连接于第三级换热器HEX3的输出端和第四级换

器HEX4的输入端的互联端,另一端与第五级换热器HEX5连接、且连接于第四级换热器HEX4和第五级换热器HEX5之间的第二回流线400;第二氢气透平膨胀机组的一端与第五级换热器HEX5的输出端连接,另一端与第六级换热器HEX6的第二回流端连接。

[0084] 第一氢气透平膨胀机组包括氢气透平E11及氢气透平E12,两个透平串联,第二氢气透平膨胀机组包括氢气透平E21及氢气透平E22,两个透平串联;第一级换热器HEX1、第三级换热器HEX3、第四级换热器HEX4、第五级换热器HEX5及第六级换热器HEX6的第二回流端形成第二回流线400;氢气排放总管100连接在第二回流线400上,第一氢气透平膨胀机组连接于第二回流线400和氢气排放总管100连接互联端。

[0085] 第一氢气透平膨胀机组由两个氢气透平E11和E12串联组成;第二氢气透平膨胀机组由两个氢气透平E21和E22串联组成;在第一氢气透平膨胀机组出口有旁通阀CV10连接到中压氢气回气管路8。旁通阀CV10用于在氢液化器降温时调节第二氢气透平膨胀机组流量,使得第二氢气透平膨胀机组的透平E21和E22的转速与第一氢气透平膨胀机组的透平E11和E12的转速相匹配。

[0086] 进一步地,装置还包括节流阀CV7及节流阀CV8;节流阀CV7的一端与第七级换热器HEX7的输出端连接,另一端与液氢储罐的入口端连接;节流阀CV8的一端与第七级换热器HEX7连接,另一端与第五正仲氢转化器OP5连接。

[0087] 进一步地,所述装置还包括氢气排放总管100及再生气排放总管200;氢气排放总管100通过高压路安全阀排放管路9与第一级换热器HEX1的输入端连接;氢气排放总管100通过透平膨胀机安全阀排放管路10与第一氢气透平膨胀机组连接、并连接于第四级换热器HEX4及第五级换热器HEX5之间的第二回流线400;氢气排放总管100通过压缩机站低压安全阀排放管路11与第一级换热器HEX1的第一回流线300连接。再生气排放总管200通过管路与吸附器再生管路连接,再生气排放总管200通过管路与吸附器输入端连接。

[0088] 根据国家标准GB/T 40061-2021液氢生产系统技术规范中关于氢气排放的规定,氢气压力超过10MPa的排放管和压力低于1.6MPa的排放管不得共用排放总管。对于高压压力为2.5MPa,中压压力为0.39MPa,低压压力为0.11MPa的液化率大于等于5T/D的氢液化器,其高压排放氢气和中低压排放氢气可以共用氢气排放总管100;再生气排放总管200中排放吸附器再生排放气。因为采用氮气作为再生气,因此吸附器再生气排放气不能和氢液化器主路排放气一起排放到同一个排放总管,以免氮气排放气被低温氢气排放气冻结,堵塞管道。将氢气排放总管100和再生气排放总管200分开设置,使得氢气排放气排放入氢气排放总管100,再生气排放气排放入再生气排放总管200。避免了作为再生气的氮气排放气被低温氢气排放气冻结,堵塞管道。将氢气排放总管100和再生气排放总管200分开设置提高了氢液化器的安全性。本示例并没有全部列出氢液化装置中所有的氢气排放管路,仅仅举例说明。并不代表氢液化装置中仅有这几条排放管路。实际上,实际氢液化装置中涉及多条高中低压排放管道。

[0089] 进一步地,装置还包括用于预冷第一级换热器HEX1、第二级换热器HEX2及液氮正仲氢转化换热器HEX-OP的液氮预冷模块;液氮预冷模块包括液氮入口管线1、液氮入口管线1调节阀CV1、氮气液分离器D3100、第一液氮管路2、第二液氮管路3、氮气液分离器D3100出口管路6、气氮排气管路7、第一气氮回气管路4、第二气氮回气管路5以及蝶阀HV500;要求氮气液分离器D3100里面的液面高度高于第二级换热器HEX2顶部和液氮正仲氢转化换热器

HEX-OP顶部；

[0090] 氮气液分离器D3100的下部、第二液氮管路3、第二级换热器HEX2、第一气氮回气管路4及氮气液分离器D3100的上部依次连接,形成回路；

[0091] 氮气液分离器D3100的下部、第一液氮管路2、液氮正仲氢转化换热器HEX-OP、第二气氮回气管路5及氮气液分离器D3100的上部依次连接,形成回路；

[0092] 氮气液分离器D3100的上部通过氮气液分离器出口管路6与第一级换热器HEX1连接,第一级换热器HEX1与气氮排气管路7连接,蝶阀HV500安装在气氮排气管路7上；氮气液分离器D3100与液氮入口管线1连接。

[0093] 液氮预冷模块包括液氮入口管线1、液氮入口管线调节阀CV1、氮气液分离器D3100、第一液氮管路2、第二液氮管路3、氮气液分离器出口管路6、气氮排气管路7、第一气氮回气管路4、第二气氮回气管路5以及蝶阀HV500等。液氮预冷模块用来预冷第一级换热器HEX1、第二级换热器HEX2以及液氮正仲氢转化换热器HEX-OP。

[0094] 氮气液分离器D3100、第一液氮管路2、第二液氮管路3、第一气氮回气管路4及第二气氮回气管路5,利用了液氮与气氮的密度差,与第二级换热器HEX2和液氮正仲氢转化换热器HEX-OP构成了两个热虹吸式回路。第一液氮管路2中的液氮冷却正仲氢转化换热器HEX-OP后变成干度为1的饱和氮蒸汽,经第二气氮回气管路5回到氮气液分离器D3100中；第二液氮管路3中的液氮冷却第二级换热器HEX2后变成干度为1的饱和氮蒸汽,经第一气氮回气管路4回到氮气液分离器D3100中；氮气液分离器D3100出口管路6中的干度为1的饱和氮蒸汽去冷却第一级换热器HEX1后排往大气。这种设计采用了热虹吸式液氮热交换器,充分利用了液氮的潜热和显热,预冷效率高。

[0095] 进一步地,气体管理模块及与气体管理模块连接的制冷模块,气体管理模块用于调控气体管理模块向制冷模块输出的气压；制冷模块包括第一级换热器HEX1、第二级换热器HEX2、液氮正仲氢转化换热器HEX-OP、第一正仲氢转化器OP1、第二正仲氢转化器OP2,气体管理模块与第一级换热器HEX1,第二级换热器HEX2及液氮正仲氢转化换热器HEX-OP的输入端依次连接；第一正仲氢转化器OP1设置在第二级换热器HEX2内,第二正仲氢转化器OP2设置在液氮正仲氢转化换热器HEX-OP内；第一正仲氢转化器OP1的一端与第一级换热器HEX1连接、另一端与第二正仲氢转化器OP2连接。本发明将液氮温度级第一正仲氢转化器OP1和第二正仲氢转化器OP2都放置在换热器中,第一正仲氢转化器OP1放置在第二级换热器HEX2中,第二正仲氢转化器OP2放置在液氮正仲氢转化换热器HEX-OP中；当液氮级第一正仲氢转化器OP1或第二正仲氢转化器OP2发生故障时,无需割开氮气液分离器D3100,节省了维修时间,降低了维修成本。

[0096] 进一步地,换热器组包括第一级换热器HEX1、第二级换热器HEX2、液氮正仲氢转化换热器HEX-OP,第三级换热器HEX3,第四级换热器HEX4,第五级换热器HEX5,第六级换热器HEX6及第七级换热器HEX7。

[0097] 进一步地,装置还包括中压氢气压缩机组C1及高压氢气压缩机组C2,中压氢气压缩机组C1及高压氢气压缩机组C2串联；中压氢气压缩机组C1远离与高压氢气压缩机组C2的一端与第一级换热器HEX1的第一回流端连接,高压氢气压缩机组C2远离中压氢气压缩机组C1的一端与第一级换热器HEX1的输入端连接；气体管理模块调控中压氢气压缩机组C1及高压氢气压缩机组C2的进出口压力。

[0098] 中压氢气压缩机组C1,高压氢气压缩机组C2都是无油活塞压缩机,组成氢气压缩机组站。氢气缓冲罐GH2 Buffer和加载阀CV3,卸载阀CV2,低压旁通阀CV4,中压旁通阀CV5组成氢液化器的气体管理面板。气体管理面板用来调节控制中压氢气压缩机组C1和高压氢气压缩机组C2进出口压力。

[0099] 进一步地,气体管理模块包括氢气缓冲罐GH2 Buffer、加载阀CV3、卸载阀CV2、低压旁通阀CV4及中压旁通阀CV5;加载阀CV3和卸载阀CV2串联,加载阀CV3远离卸载阀CV2的一端连接于第一回流线300,卸载阀CV2远离和加载阀CV3的一端连接于第一级换热器HEX1输入端;

[0100] 低压旁通阀CV4的两端对应与第一级换热器HEX1的输入端和第一回流端连接;中压旁通阀CV5与高压氢气压缩机组C2并联,中压旁通阀CV5的两端对应于第一级换热器HEX1的输入端和第二回流端连接。

[0101] 本发明的再生管路工作原理或工作过程如下:

[0102] 当第一吸附器A1或第二吸附器A2吸附达到饱和,需要进行再生时。首先经过加热的热氮气自加热氮气管路21进入第一再生气进气管路25或第二再生气进气管路26,热氮气逆向吹扫需要再生的吸附器吸附床层,吹扫后的含有杂质的气体自第一再生气排放管路23或第二再生气排放管路24排放入再生气排放总管200。

[0103] 热氮气吹扫后,高纯的原料气(原料氢气)自原料氢气主路GH2进入第一再生气进气管路25或第二再生气进气管路26,高纯原料氢气逆向吹扫需要再生的吸附器吸附床层,吹扫后的含有杂质的气体自第一再生气排放管路23或第二再生气排放管路24排放入再生气排放总管200。热氮气和高纯原料氢气交替逆向吹扫吸附器吸附床层进行再生。吹扫一段时间后,再生的吸附器适当通入适量原料氢气,由氢气分析仪在线检测吸附器再生效果。氢气分析仪的检测结果和两个压力传感器确定的差压共同判断吸附器再生程度,决定再生操作停止或者继续进行。

[0104] 吸附器正常吸附时,经过液氮预冷并经过第一正仲氢转化器OP1正仲氢转化后的氢气原料气中引出少量气体进入第一分析管路22,前往第一氢气分析仪H2 ANALYSER 1分析正仲氢转化效果和氢气原料气吸附前的成份。经过吸附器吸附后的氢气原料气中引出少量气体进入第二分析管路29,前往第二氢气分析仪H2 ANALYSER 2分析氢气原料气吸附后的成份。当吸附器吸附能力下降,需要再生时,第一氢气分析仪H2 ANALYSER 1和第二氢气分析仪H2 ANALYSER 2中可以检测出来,结合第一压力传感器PT1、第二压力传感器PT2和第三压力传感器PT3、第四压力传感器PT4检测到的吸附器压差参数决定该第一吸附器A1和第二吸附器A2是否需要再生。第一氢气分析仪H2 ANALYSER 1和第二氢气分析仪H2 ANALYSER 2的检测结果和各个压力传感器确定的差压共同判断吸附器再生程度,决定再生操作停止或者继续进行。

[0105] 本发明的整体工作原理或工作过程如下:

[0106] 氢气液化装置包括中压氢气压缩机组C1、高压氢气压缩机组C2、氢气缓冲罐GH2 Buffer、冷箱Cold Box、液氮预冷模块、第一氢气透平膨胀机组、第二氢气透平膨胀机组、第一吸附器A1、第二吸附器A1、换热器组、正仲氢转化器组、常温调节阀、低温调节阀、节流阀、安全阀、氢气排放总管100及再生气排放总管200。液氢储罐D4100在图中仅做示意图,因为液氢储罐涉及到的安全阀门,安全管路和喷淋系统比较复杂,因此本发明不包括液氢储罐

部分。

[0107] 液氮预冷模块,第一氢气透平膨胀机组,第二氢气透平膨胀机组,第一吸附器A1,第二吸附器A2,换热器组,正仲氢转化器组,低温调节阀,节流阀均安装于冷箱Cold Box内。

[0108] 中压氢气压缩机组C1,高压氢气压缩机组C2都是无油活塞压缩机,组成氢气压缩机组。氢气缓冲罐GH2 Buffer、加载阀CV3、卸载阀CV2、低压旁通阀CV4、中压旁通阀CV5组成氢气液化装置的气体管理模块。气体管理模块用来调节控制中压氢气压缩机组C1和高压氢气压缩机组C2进出口压力。

[0109] 液氮预冷模块包括液氮入口管线1、液氮入口管线调节阀CV1、氮气液分离器D3100、第一液氮管路2、第二液氮管路3、氮气液分离器出口管路6、气氮排气管路7、第一气氮回气管路4、第二气氮回气管路5以及蝶阀HV500等。液氮预冷模块用来预冷第一级换热器HEX1、第二级换热器HEX2以及液氮正仲氢转化换热器HEX-OP。

[0110] 本发明将液氮温度级的第一正仲氢转化器OP1和第二正仲氢转化器OP2都放置在换热器中,第一正仲氢转化器OP1放置在第二级换热器HEX2中,第二正仲氢转化器OP2放置在液氮正仲氢转化换热器HEX-OP中。氮气液分离器D3100液面高度要求高于第二级换热器HEX2和液氮正仲氢转化换热器HEX-OP顶部,这样确保第二级换热器HEX2中的第一正仲氢转化器OP1和液氮正仲氢转化换热器HEX-OP中的第二正仲氢转化器OP2完全浸泡在液氮中,使得氢气在第一正仲氢转化器OP1和第二正仲氢转化器OP2中实现等温转化。

[0111] 氮气液分离器D3100、第一液氮管路2、第二液氮管路3、第一气氮回气管路4及第二气氮回气管路5利用了液氮与气氮的密度差,与第二级换热器HEX2和液氮正仲氢转化换热器HEX-OP构成了两个热虹吸式回路。液氮管路2中的液氮冷却正仲氢转化换热器HEX-OP后变成干度为1的饱和氮蒸汽,经第二气氮回气管路5回到氮气液分离器D3100中;液氮管路3中的液氮冷却第二级换热器HEX2后变成干度为1的饱和氮蒸汽,经第一气氮回气管路4回到氮气液分离器D3100中;氮气液分离器出口管路6的干度为1的饱和氮蒸汽去冷却第一级换热器HEX1后排往大气。这种设计采用了热虹吸式液氮热交换器,充分利用了液氮的潜热和显热,预冷效率高。

[0112] 本发明将第一正仲氢转化器OP1放置在第二级换热器HEX2中,第二正仲氢转化器OP2放置在液氮正仲氢转化换热器HEX-OP中。当液氮级第一正仲氢转化器OP1或第二正仲氢转化器OP2发生故障时,无需割开氮气液分离器D3100,节省了维修时间,降低了维修成本。

[0113] 第一氢气透平膨胀机组由氢气透平E11和氢气透平E12串联组成;第二氢气透平膨胀机组由氢气透平E21和氢气透平E22串联组成;在第一氢气透平膨胀机组出口有旁通阀CV10连接到中压氢气回气管路8。旁通阀CV10用于在氢气液化装置降温时调节第二氢气透平膨胀机组流量,使得第二氢气透平膨胀机组的氢气透平E21和氢气透平E22的转速与第一氢气透平膨胀机组的氢气透平E11和氢气透平E12的转速相匹配。

[0114] 原料气路第一吸附器A1和第二吸附器A2并联,切换使用;一个再生时,另一个可以正常工作。换热器组包括第一级换热器HEX1、第二级换热器HEX2、液氮正仲氢转化换热器HEX-OP、第三级换热器HEX3、第四级换热器HEX4、第五级换热器HEX5、第六级换热器HEX6和第七级换热器HEX7。

[0115] CV7和CV8是节流阀, CV9是回气阀。

[0116] 第一正仲氢转化器OP1是内嵌在第二级换热器HEX2中的液氮温度级正仲氢转化

器,等温转化。第二正仲氢转化器OP2是内嵌在液氮正仲氢转化换热器HEX-OP中的液氮温度级正仲氢转化器,等温转化。第三正仲氢转化器OP3和第四正仲氢转化器OP4是绝热转化,第五正仲氢转化器OP5是等温转化。

[0117] 所述装置还包括氢气排放总管100及再生气排放总管200;氢气排放总管100通过管路9与第一级换热器HEX1的输入端连接;氢气排放总管100通过管路10与第一氢气透平膨胀机组连接、并连接于第四级换热器HEX4及第五级换热器HEX5之间的第二回流线400;氢气排放总管100通过压缩机站低压安全阀排放管路11与第一级换热器HEX1的第一回流线300连接。再生气排放总管200通过管路与吸附器再生管路连接,再生气排放总管200通过管路与吸附器输入端连接。

[0118] 根据国家标准GB/T 40061-2021液氢生产系统技术规范中关于氢气排放的规定,氢气压力超过10MPa的排放管和压力低于1.6MPa的排放管不得共用排放总管。对于高压压力为2.5MPa,中压压力为0.39MPa,低压压力为0.11MPa的液化率大于等于5T/D的氢液化器,其高压排放氢气和中低压排放氢气可以共用氢气排放总管100。再生气排放总管200中排放吸附器再生排放气。因为采用氮气作为再生气,因此吸附器再生气排放气不能和氢液化器主路排放气一起排放到同一个排放总管,以免氮气排放气被低温氢气排放气冻结,堵塞管道。将氢气排放总管100和再生气排放总管200分开设置,使得氢气排放气排放入氢气排放总管100,再生气排放气排放入再生气排放总管200。避免了作为再生气的氮气排放气被低温氢气排放气冻结,堵塞管道。将氢气排放总管100和再生气排放总管200分开设置提高了氢液化器的安全性。

[0119] 本发明的氢气液化装置氢气液化能力大于等于5吨/天,氢制冷循环采用带有液氮预冷、两级透平膨胀机组(每级包括两个透平)的克劳德(Claude)制冷循环,为了防止正仲氢转化所造成的生成热蒸发液氢储罐中的液氢,需要在制冷机不同温度区域增加正仲氢催化转化过程。本流程大致可分为液氮预冷、正仲氢催化转化、气体膨胀制冷和节流制冷三个阶段。

[0120] 如图1所示,本发明氢气液化装置还设置有包括:阀HV1、HV2、HV3、HV4、HV5、HV6、HV100、HV200、HV300、HV400、CV11,及安全阀SV1、SV2、SV3。

[0121] 本发明一种具有吸附器再生管路的氢气液化装置的工作过程如下:

[0122] 1. 高压氢气压缩机组C2排出的高压氢气进入冷箱Cold Box;

[0123] 2. 进入冷箱Cold Box的高压氢气经过第一级换热器HEX1和第二级换热器HEX2被返流冷氢气及预冷用的液氮冷却到一定温度后进入第三级换热器HEX3降至更低温度,之后分成两股流,其中大部分先后进入第一氢气透平膨胀机组(两个透平串联)和第二氢气透平膨胀机组(两个透平串联)的膨胀回路进行绝热膨胀制冷,变成低温中压的氢气回到第六级换热器HEX6中压侧入口,并依次逆流通过第五级换热器HEX5、第四级换热器HEX4、第三级换热器HEX3和第一级换热器HEX1回收冷量后出冷箱,再回到高压氢气压缩机组C2吸气端进行再次循环;

[0124] 3. 分流的另一部分高压氢气继续通过第四级换热器HEX4至第七级换热器HEX7被回流的低温低压氢气冷却,然后经节流阀CV7节流得到含液氢的两相氢,并与原料气路节流得到的两相氢混合后进入液氢储罐D4100;

[0125] 4. 液氢储罐D4100内的低温低压气氢返流经过第七级换热器HEX7对节流前的高压

氢气进行冷却,并依次逆流通过第六级换热器HEX6、第五级换热器HEX5、第四级换热器HEX4、第三级换热器HEX3和第一级换热器HEX1,回收冷量后出冷箱Cold Box,再回到中压氢气压缩机组C1吸气端,通过中压氢气压缩机组C1压缩到中压压力,并与透平路回气的中压氢气进行混合。

[0126] 氢气原料气的冷却及液化过程如下:

[0127] 1. 原料氢气(正常氢)经过第一级换热器HEX1和第二级换热器HEX2被返流冷氢气及预冷用的液氮冷却到一定温度后,进入液氮浸泡的第一正仲氢转化器OP1进行等温正仲氢转化,同时将反应热通过液氮排出;

[0128] 2. 被液氮冷却后的氢气仲氢比例有所上升,经过第一吸附器A1,第二吸附器A2净化去除杂质后进入液氮正仲氢转化换热器HEX-OP,进入液氮浸泡的第二正仲氢转化器OP2进行等温正仲氢转化,同时将反应热通过液氮排出;

[0129] 3. 被液氮冷却后的氢气仲氢比例有所上升,随后进入第三级换热器HEX3和第四级换热器HEX4被返流冷氢气进一步冷却,并进入第三正仲氢转化器OP3,由于没有相应的低温液体进行等温放热,此时的正仲氢转化是绝热转化,在仲氢比例升高的同时,低温液体的温度也会提高,因此将第三正仲氢转化器OP3出口处的氢气重新引入第四级换热器HEX4热端入口,并在第四级换热器HEX4内通过回流气体将反应热带走;

[0130] 4. 从第四级换热器HEX4中出来的低温氢气进入第五级换热器HEX5和第六级换热器HEX6,同时被返流冷氢气进一步冷却,进入第四正仲氢转化器OP4,氢气在第四正仲氢转化器OP4中发生正仲氢绝热转化,将第四正仲氢转化器OP4出口处的氢气重新引入第六级换热器HEX6热端入口,并在第六级换热器HEX6内通过回流气体将反应热带走;

[0131] 5. 从第六级换热器HEX6出来的低温氢气进入第七级换热器HEX7进一步被回流气体冷却,此时温度已经达到节流前的最佳温度。由于节流后的两相氢的仲氢浓度达不到95%,此时需要在节流阀CV8后增加一个第五正仲氢转化器OP5,此时的两相氢温度稳定在饱和温度,因此第五正仲氢转化器OP5是一个等温型的正仲氢转化器,反应热将造成液氢有一定量的蒸发;

[0132] 6. 经过第五正仲氢转化器OP5后,仲氢的浓度超过了95%,将两相氢与制冷路的两相氢相混合,得到的液氢流量即为原料气流量,并引入液氢储罐D4100。

[0133] 图1中举例说明了高低压排放氢气排放入氢气排放总管100;再生气排放气体排放入再生气排放总管200.氢气排放总管100通过管路9与第一级换热器HEX1的输入端连接;氢气排放总管100通过管路10与第一氢气透平膨胀机组连接、并连接于第四级换热器HEX4及第五级换热器HEX5之间的第二回流线400;氢气排放总管100通过压缩机站低压安全阀排放管路11与第一级换热器HEX1的第一回流线300连接。再生气排放总管200通过管路与吸附器再生管路连接,再生气排放总管200通过管路与吸附器输入端连接。

[0134] 根据国家标准GB/T 40061-2021液氢生产系统技术规范中关于氢气排放的规定,氢气压力超过10MPa的排放管和压力低于1.6MPa的排放管不得共用排放总管。对于高压压力为2.5MPa,中压压力为0.39MPa,低压压力为0.11MPa的液化率大于等于5T/D的氢液化器,其高压排放氢气和中低压排放氢气可以共用氢气排放总管100.再生气排放总管200中排放吸附器再生排放气。因为采用氮气作为再生气,因此吸附器再生气排放气不能和氢液化器主路排放气一起排放到同一个排放总管,以免氮气排放气被低温氢气排放气冻结,堵塞管

道。将氢气排放总管100和再生气排放总管200分开设置,使得氢气排放气排放入氢气排放总管100,再生气排放气排放入再生气排放总管200。避免了作为再生气的氮气排放气被低温氢气排放气冻结,堵塞管道。将氢气排放总管100和再生气排放总管200分开设置提高了氢液化器的安全性。

[0135] 本示例并没有全部列出氢液化器中所有的排放管路,仅仅举例说明。并不代表氢液化装置中仅有这几条排放管路。实际上,实际氢液化装置中涉及多条高中低压排放管道。将氢气排放总管100和再生气排放总管200分开设置,使得氢气排放气排放入氢气排放总管100,再生气排放气排放入再生气排放总管200。避免了作为再生气的氮气排放气被低温氢气排放气冻结,堵塞管道。将氢气排放总管100和再生气排放总管200分开设置提高了氢液化器的安全性。

[0136] 本发明的有益效果在于:

[0137] 1. 本发明具有吸附器再生管路的氢气液化装置中,包括:制冷模块及与制冷模块连接的再生管路;制冷模块包括吸附器,再生管路包括原料氢气管路20、加热氮气管路21、再生气进气管路、再生气排放管路、CV19阀门及CV20阀门;通过CV19阀门及CV20阀门,使得原料氢气管路20和加热氮气管路21能够交替通断。本发明通过设置加热氮气管路21,用氮气经加热氮气管路21、再生气进气管路,对吸附器进行逆向吹扫;通过设置原料氢气管路20,用氢气经原料氢气管路20、再生气进气管路,对吸附器进行再次逆向吹扫;通过该两条管路利用氮气和氢气交替逆向吹扫吸附器,对吸附器进行再生。

[0138] 2. 在第一吸附器A1和第二吸附器A2的两端,以及该两者并联的两端各放置压力传感器以代替差压计,防止杂质堵塞差压计管路,克服低温情况下差压计管路非常容易堵塞,导致差压计失灵的缺陷;再通过使用第二氢气分析仪H2 ANALYSER 2配合检测吸附器的再生效果,以判断吸附器是否需要再生。

[0139] 3. 本发明具有吸附器再生管路的氢气液化装置设置第一吸附器A1和第二吸附器A2,再生管路可以实现一个吸附器工作,另一个吸附器同时再生,操作方便,安全性好。

[0140] 4. 本发明将液氮温度级第一正仲氢转化器OP1和第二正仲氢转化器OP2都放置在换热器中,第一正仲氢转化器OP1放置在第二级换热器HEX2中,第二正仲氢转化器OP2放置在液氮正仲氢转化换热器HEX-OP中。当液氮级第一正仲氢转化器OP1或第二正仲氢转化器OP2发生故障时,无需割开氮气液分离器D3100,节省了维修时间,降低了维修成本。

[0141] 5. 氮气液分离器D3100,第一液氮管路2,第二液氮管路3,第一气氮回气管路4,第二气氮回气管路5,利用了液氮与气氮的密度差,与第二级换热器HEX2和液氮正仲氢转化换热器HEX-OP构成了两个热虹吸式回路。氮气液分离器D3100液面高度要求高于第二级换热器HEX2和液氮正仲氢转化换热器HEX-OP顶部,这样确保第二级换热器HEX2中的第一正仲氢转化器OP1和液氮正仲氢转化换热器HEX-OP中的第二正仲氢转化器OP2完全浸泡在液氮中,使得氢气在第一正仲氢转化器OP1和第二正仲氢转化器OP2中实现等温转化。这种设计采用了热虹吸式液氮热交换器,充分利用了液氮的潜热和显热,预冷效率高、氢液化效率高、安全性好及能耗低。

[0142] 6. 本发明在氢气液化装置中分别设置了氢气排放总管100和再生气排放总管200;将氢气排放总管100和再生气排放总管200分开设置,使得氢气排放气排放入氢气排放总管100,再生气排放气排放入再生气排放总管200。避免了作为再生气的氮气排放气被低温氢

气排放气冻结,堵塞管道。将氢气排放总管100和再生气排放总管200分开设置提高了氢液化器的安全性。

[0143] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

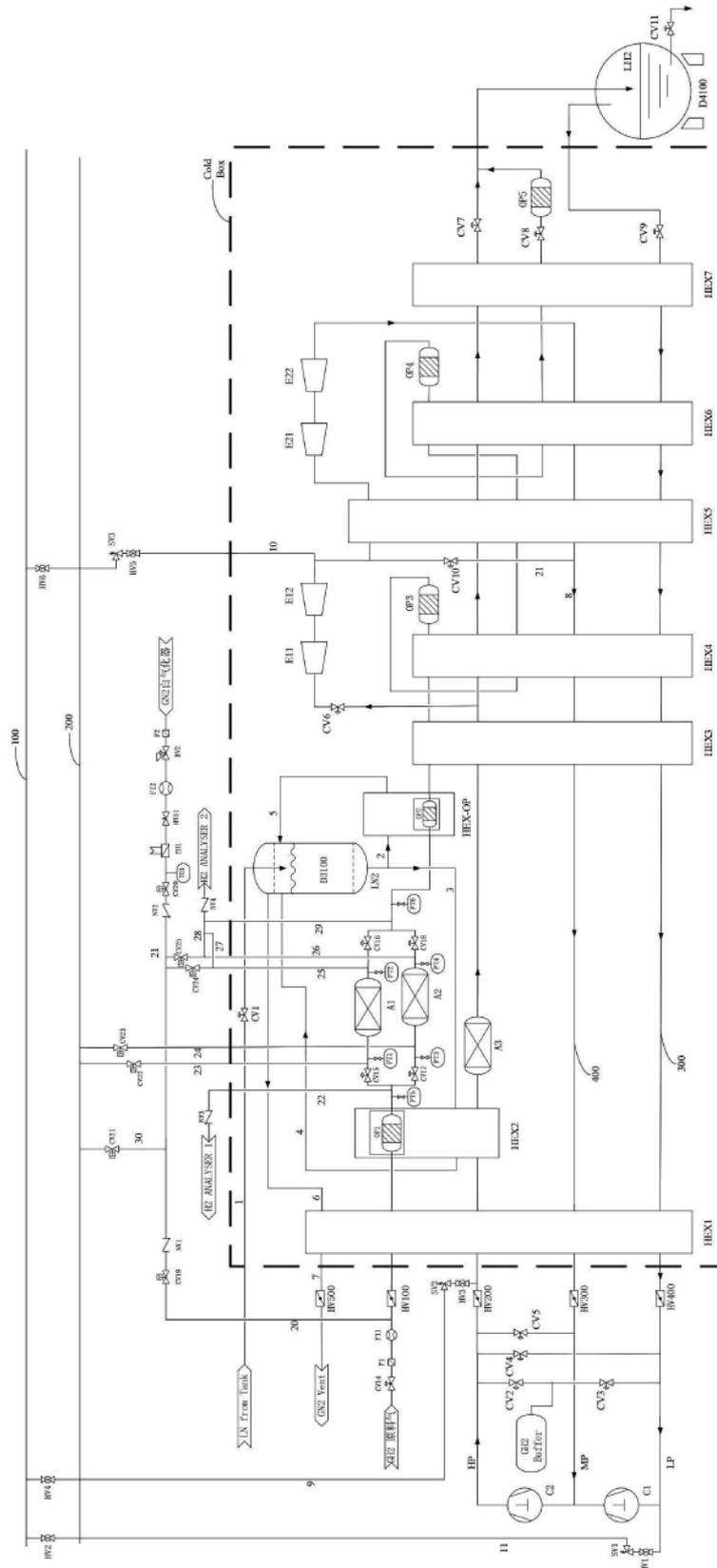


图1