



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 211258905 U

(45)授权公告日 2020.08.14

(21)申请号 201922030903.5

C25B 1/04(2006.01)

(22)申请日 2019.11.22

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

(73)专利权人 张建城

地址 050051 河北省石家庄市桥西区裕华
西路182号雅馨园3号楼3单元201室

(72)发明人 张建城

(51)Int.Cl.

F03G 6/06(2006.01)

F02C 6/00(2006.01)

F02C 3/22(2006.01)

F02C 3/30(2006.01)

F02C 7/224(2006.01)

F24S 60/00(2018.01)

F24S 23/74(2018.01)

C07C 1/12(2006.01)

C07C 9/04(2006.01)

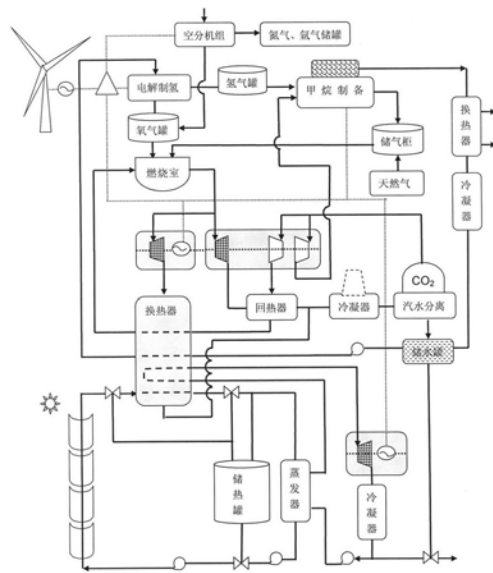
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)实用新型名称

太阳能风能与燃气互补联合制氢制甲烷循环热发电装置

(57)摘要

本实用新型太阳能风能与燃气互补联合制氢制甲烷循环热发电装置,将槽式太阳能热发电技术有机嫁接在半闭式超临界二氧化碳燃气布雷顿发电系统中,通过互补储热循环发电以规避太阳能热发电不稳定不连续的先天缺陷;同时利用纯氧燃气发电产生的水进行电解制氢制氧,汽水分离出的二氧化碳除作动力工质外,其余部分进行加氢甲烷化制备,并将制备的甲烷气进行存储,而利用可再生能源电解水制氢获得的氧气用于系统自身的纯氧燃气布雷顿高效发电;系统冷凝产生的水和加氢甲烷化产生的水存储之后将直接提供给槽式太阳能热发电系统循环使用,以及作为清洗太阳能镜场的用水来源。该发明属太阳能热发电和高温热化学跨学科技术领域。



CN 211258905 U

1. 太阳能风能与燃气互补联合制氢制甲烷循环热发电装置,包括槽式太阳能热发电系统,风电系统,光伏发电系统;其中槽式太阳能热发电系统由聚光阵列及其控制装置、储热罐、传热介质、蒸发器、压力泵组成;半闭式超临界二氧化碳燃气布雷顿热发电系统,由主涡轮透平、副涡轮透平、燃烧室、回热器、换热器、主压气机、副压气机、冷凝器、汽水分离装置、二氧化碳气包、储水罐,发电机组,压力泵、三通阀、二氧化碳气体管道,燃气储气柜,天然气接口,控制系统组成;电解水制氢和二氧化碳加氢甲烷化装置,含氧气储罐、氢气储罐、换热器、冷凝器、备份的空分机组和辅助的氮气储罐、氩气储罐,压力泵;蒸汽朗肯循环发电系统含蒸发器,涡轮透平、发电机组、冷凝器,压力泵,除氧装置;为交流电配置电源整流器以连接电解水制氢装置,其特征在于:槽式太阳能聚光阵列出口通过三通阀连接高温换热器的进口,同时连接储热罐进口,对应的高温换热器出口连接三通阀进口,三通阀两个出口分别连接储热罐进口和蒸发器进口,储热罐出口通过三通阀分别连接两个压力泵的进出口,其中蒸发器出口连接压力泵进口,压力泵出口与储热罐出口的三通阀一端连接,三通阀另一端出口连接压力泵进口,压力泵出口连接槽式太阳能聚光阵列进口,完成光热转换和互补储热循环;蒸发器蒸汽发生端出口连接换热器过热蒸汽进口端,其出口顺序连接蒸汽涡轮透平、冷凝器、压力泵以及补水三通阀和蒸发器,实现蒸汽朗肯循环发电;所述半闭式超临界二氧化碳燃气布雷顿热发电系统的燃烧室一端出口连接主、副涡轮透平进口,主涡轮透平同轴驱动发电机,主涡轮透平出口连接换热器一端进口,换热器出口连接回热器出口和冷凝器进口,冷凝出口连接汽水分离装置,汽水分离装置出口分别连接储水罐和二氧化碳汽包,二氧化碳汽包连接主、副压气机进口,主压气机出口连接另一端回热器进口,回热器出口连接换热器进口,对应的出口连接燃烧室进口,以输送加压后的高温二氧化碳气,燃烧室另两个进口连接氧气罐出口和存储天然气的储气柜出口,副涡轮透平同轴带动主、副压气机运转,副涡轮透平出口连接回热器进口;副压气机出口连接二氧化碳加氢甲烷化制备装置进口;主压气机出口连接回热器进口,出口连接换热器进口,储水罐一端连接压力泵,压力泵出口连接换热器进口,相对应的出口连接固体氧化物电解水制氢装置进行高温蒸汽电解制氢,或绕过换热器输送水至碱性电解水制氢装置;制取的氧气通过气体管道连接氧气储罐至燃烧室与甲烷混合燃烧,制取的氢气通过氢气储罐和气体管道连接二氧化碳加氢甲烷化制备装置另一进口,与来自副压气机的加压二氧化碳气混合制备甲烷,出口连接储气柜;储气柜另一进口连接天然气输送管道;储气柜出口连接燃烧室,输送天然气或两者的混合气体;燃烧室出口连接主、副涡轮透平进口,实现半闭式超临界二氧化碳燃气布雷顿互补热发电循环;电解水制氢装置连接电源整流器,电源整流器接收来自太阳能、风能可再生能源电力,或电网超负载过剩电力;二氧化碳加氢甲烷化制备装置高温蒸汽出口依次连接换热器和冷凝器、储水罐,换热器另一端或接入有机朗肯热发电装置,或连接热利用装置;或将高温蒸汽直接输送蒸发器升温后用于电解制氢;

1) 所述槽式太阳能热发电系统可用塔式、菲涅尔式、碟式太阳能热发电系统替代;

2) 所述储热罐系填充式储热装置,填充物包括陶瓷、花岗岩、玄武岩、火成岩、石英岩或其混合物;或回收的具有较高导热系数的金属冶炼废渣,包括铁渣、钢渣、铝渣、铜渣,制作成型放置在储热罐中;或成型的耐高温水泥储热装置;或在陶瓷或金属容器中存放的熔盐;

3) 所述传热介质为导热油、或高温硅油、或低结晶点熔盐;

4) 所述电解水制氢装置为固体氧化物电解制氢装置(SOEC);或聚合物(SPE)制氢设备;

或高温电解水制氢装置;或碱性电解水制氢装置;

5) 所述天然气可由沼气、煤层气、煤制气、生物质气、合成气、可燃冰气替代;或烷烃类液态燃料包括甲醇、乙醇、二甲醚、液化天然气、液化石油气替代。

2. 根据权利要求1所述太阳能风能与燃气互补联合制氢制甲烷循环热发电装置,不设置槽式太阳能热发电系统,但保留蒸汽透平发电装置,其特征在于:来自储水罐的水工质经压力泵连接蒸发器进口,经高温气化后成过热蒸汽直接驱动蒸汽透平做功发电,蒸汽透平出口排出的蒸汽与来自主压气机经回热器升温加压后的二氧化碳气混合,一同进入燃气室与纯氧和天然气或甲烷气混合燃烧,产生的高温混合气体同时驱动超临界二氧化碳布雷顿热发电系统的主、副涡轮透平做功,来自主涡轮透平的高温混合气通过蒸发器与来自副涡轮透平的高温混合气一同进入回热器,之后进入冷凝器,冷凝产生的混合物进入汽水分离装置,分离出的水进入储水罐,分离出的二氧化碳气进入二氧化碳汽包,其中一部分作为动力工质进入主压气机,经主压气机提升压力后经回热器升温升压,并于来自蒸汽涡轮透平排出的蒸汽混合再次进入燃烧室;或蒸汽涡轮透平排出的蒸汽直接送冷凝器,而经回热器升温升压的二氧化碳气直接进入燃气室与纯氧和天然气或甲烷气混合燃烧;经副压气机加压后的二氧化碳进入加氢甲烷化制备装置;储水罐一端连接压力泵,压力泵出口连接电解水制氢装置,或经蒸发器连接固体氧化物电解水制氢装置进行电解,制取的氧气送氧气罐,然后送燃烧室;制取的氢气通过储氢罐进入二氧化碳加氢甲烷化装置制备甲烷,制备的甲烷气进入储气柜,储气柜另一进口连接天然气输送管道。

太阳能风能与燃气互补联合制氢制甲烷循环热发电装置

技术领域

[0001] 本实用新型太阳能风能与燃气互补联合制氢制甲烷循环热发电装置将槽式太阳能热发电技术有机嫁接在半闭式超临界二氧化碳燃气布雷顿热发电系统中,通过互补储热循环发电以规避太阳能热发电不稳定不连续的先天缺陷;同时利用纯氧燃气发电产生的水进行电解制氢制氧,汽水分离出的二氧化碳除作动力工质外,其余部分进行加氢甲烷化制备,并将制备的甲烷气进行存储,而利用可再生能源电解水制氢获得的氧气用于系统自身的纯氧燃气布雷顿高效发电;系统冷凝产生的水和加氢甲烷化产生的水存储之后将直接提供给槽式太阳能热发电系统循环使用,以及作为清洗太阳能镜场的用水来源。该发明属太阳能热发电和高温热化学跨学科技术领域。

背景技术

[0002] 自从国际社会倡导减少燃煤或燃气电厂二氧化碳和氮氧化物排放以来,零排放纯氧燃气发电技术也即半闭式超临界二氧化碳布雷顿燃气热发电技术得到进一步开发,例如奥地利格拉茨理工大学提出的“格拉茨循环”模式,美国清洁能源公司CES提出的DSG模式,相同点都力求将半闭式超临界二氧化碳布雷顿循环和蒸汽朗肯循环发电加以结合,拟实现高达70%的热循环效率,虽然这些技术都进行过小规模验证,但商业开发未获进展。近期美国八河流公司声称采用“阿拉姆循环”模式可实现零排放燃气发电,目前一个规模为25兆瓦的中试项目已在美国德克萨斯州拉博德市建立。作者检索到该企业在中国的专利如201180016993.6等,2018年初美国麻省理工学院将该技术列为年度十大发明之一,认为该技术有可能改变世界能源格局。而武汉凯迪在我国较早在其公开的专利201210121972.7中提出利用可再生能源电力电解水制氢,然后在工业烟气中捕集二氧化碳进行加氢甲烷化;美国兹特克公司的专利201280031148.0提出借助可再生能源重整制氢发电,日本三菱日立的专利201310525283.7则主张采用可再生能源电解水制氢,利用纯氧燃气发电分离出的二氧化碳加氢甲烷化,构造虽然简单,但继承了建立“全球二氧化碳循环策略系统”的主导思想,只是需要改进如二氧化碳加氢甲烷化产生的热和水的充分利用,如何选择和配置高效的电解水制氢设备,纯氧燃烧布雷顿循环发电和朗肯蒸汽发电的结合,与其他可再生能源发电技术实现互补等。

[0003] 客观说,我国热发电行业在零排放纯氧燃气发电技术的研究上尚未真正起步,而将该技术与二氧化碳加氢甲烷化并实现循环热发电的科研课题还有待建立,而该课题事关国家能源转型。

发明内容

[0004] 本实用新型太阳能风能与燃气互补联合制氢制甲烷循环热发电装置所要解决的技术问题是针对专利201310180460.2、201610856317.4和专利申请201810585123.4、20181043091.6中提出的太阳能热发电与半闭式超临界二氧化碳燃气布雷顿热发电实现互补的技术进行改进,不仅要实现太阳能、风能与燃气互补联合制氢制甲烷实现循环热发电,

同时还要充分利用其燃气产生的热能为槽式太阳能热发电系统进行互补储热,做到即储存甲烷气体也为太阳能热发电提供储热新热源,进一步还可利用纯氧燃烧甲烷和二氧化碳甲烷化制备产生的水直接供太阳能热发电站使用,不仅大幅降低太阳能热发电站初始投资和运行成本,而且摆脱了太阳能热发电站在建站选址上受水源制约的条件限制。

[0005] 本实用新型是通过以下技术方案实现的:

[0006] 所述太阳能风能与燃气互补联合制氢制甲烷循环热发电装置包括槽式太阳能热发电系统,主要由聚光阵列及其控制装置、储热罐、传热介质、蒸发器、压力泵组成;风电系统,光伏发电系统;半闭式超临界二氧化碳燃气布雷顿热发电系统,由主涡轮透平、副涡轮透平、燃烧室、回热器、换热器、主压气机、副压气机、冷凝器、汽水分离装置、二氧化碳气包、储水罐;发电机组;压力泵、三通阀、二氧化碳气体管道;燃气储气柜,天然气接口;控制系统组成;电解水制氢和二氧化碳加氢甲烷化装置含氧气储罐、氢气储罐、换热器、冷凝器、备置的空分机组和辅助的氮气储罐、氩气储罐;压力泵;蒸汽朗肯循环发电系统含蒸发器,涡轮透平、发电机组、冷凝器,压力泵,除氧装置;为交流电配置电源整流器以连接电解水制氢装置,其特征在于:槽式太阳能聚光阵列出口通过三通阀连接高温换热器的进口,同时连接储热罐进口,对应的高温换热器出口连接三通阀进口,三通阀两个出口分别连接储热罐进口和蒸发器进口,储热罐出口通过三通阀分别连接两个压力泵的进出口,其中蒸发器出口连接压力泵进口,压力泵出口与储热罐出口的三通阀一端连接,三通阀另一端出口连接压力泵进口,压力泵出口连接槽式太阳能聚光阵列进口,完成光热转换和互补储热循环;蒸发器蒸汽发生端出口连接换热器过热蒸汽进口端,其出口顺序连接蒸汽涡轮透平、冷凝器、压力泵以及补水三通阀和蒸发器,实现蒸汽朗肯循环发电;所述半闭式超临界二氧化碳燃气布雷顿热发电系统的燃烧室一端出口连接主、副涡轮透平进口,主涡轮透平同轴驱动发电机,主涡轮透平出口连接换热器一端进口,换热器出口连接回热器出口和冷凝器进口,冷凝出口连接汽水分离装置,汽水分离装置出口分别连接储水罐和二氧化碳汽包,二氧化碳汽包连接主、副压气机进口,主压气机出口连接另一端回热器进口,回热器出口连接换热器进口,对应的出口连接燃烧室进口,以输送加压后的高温二氧化碳气,燃烧室另两个进口连接氧气罐出口和存储天然气的储气柜出口,副涡轮透平同轴带动主、副压气机运转,副涡轮透平出口连接回热器进口;副压气机出口连接二氧化碳加氢甲烷化制备装置进口;主压气机出口连接回热器进口,出口连接换热器进口,储水罐一端连接压力泵,压力泵出口连接换热器进口,相对应的出口连接固体氧化物电解水制氢装置进行高温蒸汽电解制氢,或绕过换热器输送水至碱性电解水制氢装置;制取的氧气通过气体管道连接氧气储罐至燃烧室与甲烷混合燃烧,制取的氢气通过氢气储罐和气体管道连接二氧化碳加氢甲烷化制备装置另一进口,与来自副压气机的加压二氧化碳气混合制备甲烷,出口连接储气柜;储气柜另一进口连接天然气输送管道;储气柜出口连接燃烧室,输送天然气或两者的混合气体;燃烧室出口连接主、副涡轮透平进口,实现半闭式超临界二氧化碳燃气布雷顿互补热发电循环;电解水制氢装置连接电源整流器,电源整流器接收来自太阳能、风能或其他可再生能源电力,或电网超负载过剩电力;二氧化碳加氢甲烷化制备装置高温蒸汽出口依次连接换热器和冷凝器、储水罐,换热器另一端或接入有机朗肯热发电装置,或连接其他热利用装置;或将高温蒸汽直接输送蒸发器升温后用于电解制氢;

[0007] 本装置另一运行模式即在上述装置中不设置槽式太阳能热发电系统,但保留蒸汽

透平发电装置,其特征在于:来自储水罐的水工质经压力泵连接蒸发器进口,经高温气化后成过热蒸汽直接驱动蒸汽透平做功发电,蒸汽透平出口排出的蒸汽与来自主压气机经回热器升温加压后的二氧化碳气混合,一同进入燃气室与纯氧和天然气或甲烷气混合燃烧,产生的高温混合气体同时驱动超临界二氧化碳布雷顿热发电系统的主、副涡轮透平做功,来自主涡轮透平的高温混合气通过换热器与来自副涡轮透平的高温混合气一同进入回热器,之后进入冷凝器,冷凝产生的混合气进入汽水分离装置,分离出的水进入储水罐,分离出的二氧化碳气进入二氧化碳汽包,其中一部分作为动力工质进入主压气机,经主压气机提升压力后经回热器升温升压,并于来自蒸汽涡轮透平排出的蒸汽混合再次进入燃烧室;或蒸汽涡轮透平排出的蒸汽直接送冷凝器,而经回热器升温升压的二氧化碳气直接进入燃气室与纯氧和天然气或甲烷气混合燃烧;经副压气机加压后的二氧化碳进入加氢甲烷化制备装置;储水罐一端连接压力泵,压力泵出口连接电解水制氢装置,或经蒸发器连接固体氧化物电解水制氢装置进行电解,制取的氧气送氧气罐,然后送燃烧室;制取的氢气通过储氢罐进入二氧化碳加氢甲烷化装置制备甲烷,制备的甲烷气进入储气柜,储气柜另一进口连接天然气输送管道。

[0008] 1) 所述槽式太阳能热发电系统可用塔式、菲涅尔式、碟式太阳能热发电系统替代;

[0009] 2) 所述储热罐系填充式储热装置,填充物包括陶瓷、花岗岩、玄武岩、火成岩、石英岩或其混合物;或回收的具有较高导热系数的金属冶炼废渣,包括铁渣、钢渣、铝渣、铜渣,制作成型放置在储热罐中;或成型的耐高温水泥储热装置;或在陶瓷或金属容器中存放的熔盐;

[0010] 3) 所述传热介质为导热油、或高温硅油、或低结晶点熔盐;

[0011] 4) 所述电解水制氢装置为固体氧化物电解制氢装置(SOEC);或聚合物(SPE)制氢设备;或高温电解水制氢装置;或碱性电解水制氢装置;

[0012] 5) 所述天然气可用沼气、煤层气、煤制气、生物质气、合成气、可燃冰气作替代;或烷烃类液态燃料包括甲醇、乙醇、二甲醚、液化天然气、液化石油气替代。

[0013] 本装置最大技术特点是充分利用半闭式超临界二氧化碳燃气布雷顿热发电系统燃烧纯氧高效发电的优势,将系统运行产生的高温热能为槽式太阳能热发电提供互补热源,而系统产生的水则可直接用于蒸汽朗肯循环发电,同时借助可再生能源完成甲烷化制备,最终实现以可再生能源为主体的零排放循环热发电。该技术另外一个优势是将化学储能与太阳能储热有机结合,实现即储热又储气,在不消耗或少消耗化石能源的基础上显著提高太阳能热发电效率;特别是增强太阳能热发电的环境适应性,为无水地区建立槽式太阳能热发电站奠定技术基础;该技术特别有利于降低太阳能热发电站的初始投资和单位发电成本,通过多能互补有效增加太阳能热发电时数,增强太阳能热发电参与电网调频调峰和作为电网基荷电源的能力,在实现零排放发电的基础上实现人工可干预、可控制、可管理。简化后的第二种运行模式虽然不设置太阳能热发电系统,但保留蒸汽透平发电,可进一步提高总体热循环效率。

附图说明

[0014] 图1是本实用新型太阳能风能与燃气互补联合制氢制甲烷循环热发电装置运行模式一示意图

[0015] 图2是本实用新型太阳能风能与燃气互补联合制氢制甲烷循环热发电装置运行模式二示意图

[0016] 其中:1槽式太阳能热发电聚光阵列、2蒸发器、3储热罐、4换热器、5三通阀、6二氧化碳气体传热管道、7风力发电或光伏发电系统、8电解水制氢装置、9二氧化碳加氢甲烷化制备装置、10氧气罐、11燃烧室、12回热器、13储气柜、14储水罐、15二氧化碳气包、16主压气机、17主涡轮透平、18冷凝器、19汽水分离装置、20蒸汽朗肯循环涡轮透平、21压力泵、22副涡轮透平、23副压气机、24氢气罐、25空分装置、26氮气或氩气储罐、27电源整流器

具体实施方式

[0017] 槽式太阳能聚光阵列1出口通过三通阀5连接高温换热器4的进口,同时连接储热罐3进口,对应的高温换热器4出口连接三通阀5进口,三通阀5两个出口分别连接储热罐3进口和蒸发器2进口,储热罐3出口通过三通阀5分别连接两个压力泵21的进出口,其中蒸发器2出口连接压力泵21进口,压力泵21出口与储热罐3出口的三通阀5一端连接,三通阀5另一端出口连接压力泵21进口,压力泵21出口连接槽式太阳能聚光阵列1进口,完成光热转换和互补储热循环;蒸发器2蒸汽发生端出口连接换热器4过热蒸汽进口端,其出口顺序连接蒸汽涡轮透平20、冷凝器18、压力泵21以及补水三通阀5和蒸发器2,实现蒸汽朗肯循环发电;所述半闭式超临界二氧化碳燃气布雷顿热发电系统的燃烧室11一端出口连接主、副涡轮透平17、22进口,主涡轮透平17同轴驱动发电机,主涡轮透平17出口连接换热器4一端进口,换热器4出口连接回热器12出口和冷凝器18进口,冷凝器18出口连接汽水分离装置19,汽水分离装置19出口分别连接储水罐14和二氧化碳汽包15,二氧化碳汽包15连接主、副压气机16、23进口,主压气机16出口连接另一端回热器12进口,回热器12出口连接换热器4进口,对应的出口连接燃烧室11进口,以输送加压后的高温二氧化碳气,燃烧室11另两个进口连接氧气罐10出口和存储天然气的储气柜13出口,副涡轮透平22同轴带动主、副压气机16、23运转,副涡轮透平22出口连接回热器12进口;副压气机23出口连接二氧化碳加氢甲烷化制备装置9进口;主压气机16出口连接回热器12进口,出口连接换热器4进口,储水罐14一端连接压力泵21,压力泵21出口连接换热器4进口,相对应的出口连接固体氧化物电解水制氢装置8进行高温蒸汽电解制氢,或绕过换热器4输送水至碱性电解制氢装置8;制取的氧气通过气体管道连接氧气储罐10至燃烧室11与甲烷混合燃烧,制取的氢气通过氢气储罐24和气体管道连接二氧化碳加氢甲烷化制备装置9另一进口,与来自副压气机23的加压二氧化碳气混合制备甲烷,出口连接储气柜13;储气柜13另一进口连接天然气输送管道;储气柜13出口连接燃烧室11,输送天然气或两者的混合气体;燃烧室11出口连接主、副涡轮透平16、22进口,实现半闭式超临界二氧化碳燃气布雷顿互补热发电循环;电解水制氢装置8连接电源整流器27,电源整流器27接收来自太阳能、风能或其他以及自身的可再生能源电力,或电网超负载过剩电力;二氧化碳加氢甲烷化制备装置9高温蒸汽出口依次连接换热器4和冷凝器18、储水罐14,换热器4另一端或接入有机朗肯热发电装置,或连接其他热利用装置;或将高温蒸汽直接输送蒸发器升温后用于电解制氢。

[0018] 本装置另一运行模式即不设置槽式太阳能热发电系统,来自储水罐14经压力泵21的水工质经蒸发器2高温气化成过热蒸汽直接驱动蒸汽透平20做功发电,蒸汽透平20出口排出的蒸汽与来自主压气机16经回热器12升温加压后的二氧化碳气混合,一同进入燃气室

11与纯氧和天然气或甲烷气混合燃烧,产生的高温混合气体同时驱动超临界二氧化碳布雷顿发电系统的主、副涡轮透平17、22做功,来自主涡轮透平17的高温混合气通过换热器4与来自副涡轮透平22的高温混合气一同进入回热器12,之后进入冷凝器18,冷凝产生的混合物进入汽水分离装置19,分离出的水进入储水罐14,分离出的二氧化碳气进入二氧化碳汽包15,其中一部分作为动力工质进入主压气机16,经主压气机16提升压力后经回热器12升温升压,并于来自蒸汽朗肯涡轮透平20排出的蒸汽混合再次进入燃烧室11,而经副压气机23加压后的二氧化碳进入加氢甲烷化制备装置9;储水罐14一端连接压力泵21,压力泵21出口连接电解制氢装置8,或经蒸发器2连接固体氧化物电解制氢装置8进行电解,制取的氧气送氧气罐10,然后送燃烧室11;制取的氢气通过储氢罐24进入二氧化碳加氢甲烷化装置制备甲烷,制备的甲烷气进入储气柜13,储气柜13另一进口连接天然气输送管道。

[0019] 本实用新型不限于上述例举范围,只要不背离本实用新型创意原则或等同变换应用范围,均在本实用新型保护范围之内。

