



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112009697 A

(43) 申请公布日 2020.12.01

(21) 申请号 202010907448.7

F17C 13/00 (2006.01)

(22) 申请日 2020.09.02

F17D 1/04 (2006.01)

F17D 3/01 (2006.01)

(71) 申请人 成都精智艺科技有限责任公司

地址 610213 四川省成都市天府新区华阳
街道新希望大道二段158号28栋6单元
2楼220号

(72) 发明人 张琳东 董立臣 陈石义 王军

刘武 许攸 李汶颖 廖勇

(51) Int. Cl.

B64D 27/24 (2006.01)

B63B 17/00 (2006.01)

H01M 8/04014 (2016.01)

H01M 8/04082 (2016.01)

H01M 8/04089 (2016.01)

H01M 8/0662 (2016.01)

F17C 9/02 (2006.01)

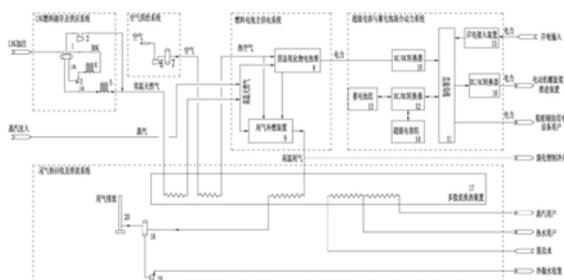
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种高效LNG船舶动力供应系统及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种高效LNG船舶动力供应系统及方法,动力供应系统包括LNG燃料储存及供应系统、空气供给系统、燃料电池主供电系统、超级电容与蓄电池混合动力系统、尾气热回收及排放系统,其中:所述LNG燃料储存及供应系统和空气供给系统分别与燃料电池主供电系统连接;所述燃料电池主供电系统分别与超级电容与蓄电池混合动力系统和尾气热回收及排放系统相连。本发明将液化天然气技术和燃料电池技术创造性结合应用在船舶动力领域结合,解决了高效使用LNG作为船舶燃料的动力效率问题。本发明采用固体氧化物电池的天然气发电效率可到65%,加速性、可靠性、可维性乃至噪音重量体积都远优于传统燃机-机械系统。



1. 一种高效LNG船舶动力供应系统,其特征在于:包括LNG燃料储存及供应系统、空气供给系统、燃料电池主供电系统、超级电容与蓄电池混合动力系统、尾气热回收及排放系统,其中:所述LNG燃料储存及供应系统和空气供给系统分别与燃料电池主供电系统连接;所述燃料电池主供电系统分别与超级电容与蓄电池混合动力系统和尾气热回收及排放系统相连;

所述LNG燃料储存及供应系统包括LNG储罐、BOG压缩机和燃料LNG气化器;其中:所述LNG储罐的液相出口通过管道与燃料LNG气化器连接,LNG储罐的气相出口通过管道与BOG压缩机连接,所述BOG压缩机的出口和LNG气化器的出口连通后通过尾气热回收及排放系统的多股流换热装置接入燃料电池主供电系统;

所述空气供给系统包括空气压缩机、空气缓冲罐,其中:所述空气压缩机出口与空气缓冲罐入口相连,空气缓冲罐的出口通过尾气热回收及排放系统的多股流换热装置后接入燃料电池主供电系统;

所述燃料电池主供电系统包括固态氧化物电池堆、尾气补燃装置,其中:多股流换热装置的高温天然气出口和热空气出口分别接入固态氧化物电池堆、尾气补燃装置,所述固态氧化物电池堆通过电缆接入超级电容与蓄电池混合动力系统的第一DC/DC转换器,所述固态氧化物电池堆的高温燃料尾气出口通过管道与尾气补燃装置连接,所述尾气补燃装置的高温尾气出口通过管道连接至尾气热回收及排放系统的多股流换热装置;

所述超级电容与蓄电池混合动力系统包括直流母线和分别与直流母线连接的第一DC/DC转换器10、第二DC/DC转换器和DC/AC转换器,所述第二DC/DC转换器分别与蓄电池组和超级电容组连接;

所述尾气热回收及排放系统包括多股流换热装置、尾气分离器、凝结水泵、尾气放散筒,所述多股流换热装置的尾气出口通过管道与尾气分离器连接,所述尾气分离器的底部冷凝水出口通过管道接入凝结水泵,所述尾气分离器的顶部脱水尾气出口通过管道接入尾气放散筒。

2. 根据权利要求1所述的一种高效LNG船舶动力供应系统,其特征在于:所述LNG储罐的另一液相出口由管道连接至增压泵的入口,增压泵的出口通过管道与LNG增压气化器的入口相连,LNG增压气化器的出口返回至LNG储罐。

3. 根据权利要求1所述的一种高效LNG船舶动力供应系统,其特征在于:所述超级电容与蓄电池混合动力系统的直流母线与岸电接入装置连接。

4. 根据权利要求1所述的一种高效LNG船舶动力供应系统,其特征在于:所述尾气补燃装置的高温尾气出口通过管道连接至溴化锂吸收式制冷机。

5. 根据权利要求1所述的一种高效LNG船舶动力供应系统,其特征在于:所述多股流换热装置设置有脱盐水入口、热水出口和蒸汽出口。

6. 根据权利要求5所述的一种高效LNG船舶动力供应系统,其特征在于:多股流换热装置的蒸汽出口通过管道连接至多股流换热装置的高温天然气出口。

7. 根据权利要求5所述的一种高效LNG船舶动力供应系统,其特征在于:所述凝结水泵的出口通过管道与冷凝水收集装置连接,所述冷凝水收集装置通过管道接入多股流换热装置的脱盐水入口。

8. 一种高效LNG船舶动力供应方法,其特征在于:包括如下内容:

一、燃料电池主供电系统产生电力和热能：

LNG燃料储存及供应系统将LNG燃料送入尾气热回收及排放系统的多股流换热装置中换热成600-1000℃的高温天然气，空气供给系统将空气送入尾气热回收及排放系统的多股流换热装置中换热成600-1000℃的热空气，高温天然气和热空气在固态氧化物电池堆中反应产生的电力送至超级电容与蓄电池混合动力系统给船舶供电；反应产生的燃料尾气和空气尾气在尾气补燃装置中混合新鲜空气进一步燃烧，最终将尾气补燃装置产生的高温尾气送至尾气热回收及排放系统分级回收热能；

二、岸电接入为船舶提供电能：

所述超级电容与蓄电池混合动力系统在码头靠泊时通过船-岸电缆将岸电输入岸电接入装置进行交流/直流转换后通过电缆接入直流母线进行电能储存及使用分配；

三、尾气热回收及排放系统利用回收的热能生产高品位蒸汽和低品位热水：

所述燃料电池主供电系统副产的高温尾气通向尾气热回收及排放系统进行梯级换热，回收的热能将脱盐水加热成为蒸汽和热水；

四、尾气资源回收：

所述燃料电池主供电系统副产的高温尾气通向尾气热回收及排放系统进行梯级换热，换热后的尾气将冷凝的纯净水，经处理后注回脱盐水罐再利用。

9. 根据权利要求8所述的一种高效LNG船舶动力供应方法，其特征在于：LNG燃料在LNG储罐中的储存压力为0.1MPa，储罐中的LNG通过LNG增压泵增压到0.4MPa的中压，再由LNG增压气化器转化为气态天然气，并返回LNG储罐实现自增压，达到0.3~0.4MPa后的LNG燃料从LNG储罐的另一个液相出口由管道连接至燃料LNG气化器，气化为常温后送入尾气热回收及排放系统的多股流换热装置。

10. 根据权利要求8所述的一种高效LNG船舶动力供应方法，其特征在于：所述燃料电池主供电系统副产的高温尾气作为溴化锂吸收式制冷机的加热热源，为船舶提供空调冷量。

一种高效LNG船舶动力供应系统及方法

技术领域

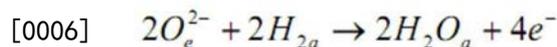
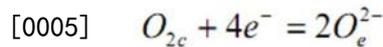
[0001] 本发明涉及LNG船舶动力系统领域,尤其是涉及一种采用LNG作为动力燃料、固态氧化物电池堆作为核心动力源,蓄电池/超级电容作为电能储存装置的船舶动力供应系统及方法。

背景技术

[0002] 液化天然气(Liquefied Natural Gas,简称LNG),主要成分是甲烷,被公认是地球上最干净的化石能源。无色、无味、无毒且无腐蚀性,其体积约为同量气态天然气体积的1/625,液化天然气的质量仅为同体积水的45%左右。联合国组织的173个成员国希望能够在2050年前将船舶的二氧化碳排放量至少降低至2008年的一半。2018年4月,国际海事组织决定从2020年开始,船舶只能使用含硫量不超过0.5%的燃料,为保护环境,降低污染,目前国际业界提倡船舶使用LNG作为船舶替代燃料,是一种理想的船用燃料。而且LNG本身也可以利用液化生物甲烷来制取,同样可以发展出零碳未来。

[0003]

[0004] 固态氧化物电池堆(Solid Oxide Fuel Cell,简称SOFC)是一种在中高温下直接将储存在燃料和氧化剂中的化学能高效、环境友好地转化成电能的全固态化学发电装置。在固态氧化物燃料电池中,电解质采用固体氧化物氧离子(O^{2-})导体(如最常用的 Y_2O_3 稳定的氧化锆简称YSZ),起传递 O^{2-} 及分离空气和燃料的双重作用。其工作原理公式所示:能量转换是通过电极上的电化学反应来进行的,阴阳极反应分别为:



[0008] 其中燃料气体可以是 H_2 ,也可以是燃料气体,而 O_2 来源于空气。式中,下标c、a和e分别表示在阴极、阳极和电解质中的状态。

[0009] 本发明将液化天然气技术和燃料电池技术创造性结合应用在船舶动力领域结合,解决了高效使用LNG作为船舶燃料的动力效率问题。与传统LNG船舶动力技术相比,传统LNG船舶动力采用的是燃气内燃机或燃气轮机,其采用的是机械传动理论,动力效率仅为45%左右。而本发明采用固体氧化物电池的天然气发电效率可到65%,用电机驱动的船舶则具有输出功率大、极限转速高、结构简单、成本低、动力装置体积小、运行灵活等特点,加速性、可靠性、可维性乃至噪音重量体积都远优于传统燃机-机械系统。

发明内容

[0010] 为了克服现有技术的上述缺点,本发明提出了一种高效LNG船舶动力供应系统及方法,旨在提升船用LNG燃料的使用效率,提高LNG动力船的效率,实现能源高效利用,应用前景广阔。

[0011] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是：一种高效LNG船舶动力供应系统，包括LNG燃料储存及供应系统、空气供给系统、燃料电池主供电系统、超级电容与蓄电池混合动力系统、尾气热回收及排放系统，其中：所述LNG燃料储存及供应系统和空气供给系统分别与燃料电池主供电系统连接；所述燃料电池主供电系统分别与超级电容与蓄电池混合动力系统和尾气热回收及排放系统相连；

[0012] 所述LNG燃料储存及供应系统包括LNG储罐、BOG压缩机和燃料LNG气化器；其中：所述LNG储罐的液相出口通过管道与燃料LNG气化器连接，LNG储罐的气相出口通过管道与BOG压缩机连接，所述BOG压缩机的出口和LNG气化器的出口连通后通过尾气热回收及排放系统的多股流换热装置接入燃料电池主供电系统；

[0013] 所述空气供给系统包括空气压缩机、空气缓冲罐，其中：所述空气压缩机出口与空气缓冲罐入口相连，空气缓冲罐的出口通过尾气热回收及排放系统的多股流换热装置后接入燃料电池主供电系统；

[0014] 所述燃料电池主供电系统包括固态氧化物电池堆、尾气补燃装置，其中：多股流换热装置的高温天然气出口和热空气出口分别接入固态氧化物电池堆、尾气补燃装置，所述固态氧化物电池堆通过电缆接入超级电容与蓄电池混合动力系统的第一DC/DC转换器，所述固态氧化物电池堆的高温燃料尾气出口通过管道与尾气补燃装置连接，所述尾气补燃装置的高温尾气出口通过管道连接至尾气热回收及排放系统的多股流换热装置；

[0015] 所述超级电容与蓄电池混合动力系统包括直流母线和分别与直流母线连接的第一DC/DC转换器10、第二DC/DC转换器和DC/AC转换器，所述第二DC/DC转换器分别与蓄电池组和超级电容组连接；

[0016] 所述尾气热回收及排放系统包括多股流换热装置、尾气分离器、凝结水泵、尾气放散筒，所述多股流换热装置的尾气出口通过管道与尾气分离器连接，所述尾气分离器的底部冷凝水出口通过管道接入凝结水泵，所述尾气分离器的顶部脱水尾气出口通过管道接入尾气放散筒。

[0017] 本发明还提供了一种高效LNG船舶动力供应方法，包括如下内容：

[0018] 一、燃料电池主供电系统产生电力和热能：

[0019] LNG燃料储存及供应系统将LNG燃料送入尾气热回收及排放系统的多股流换热装置中换热成600-1000℃的高温天然气，空气供给系统将空气送入尾气热回收及排放系统的多股流换热装置中换热成600-1000℃的热空气，高温天然气和热空气在固态氧化物电池堆中反应产生的电力送至超级电容与蓄电池混合动力系统给船舶供电；反应产生的燃料尾气和空气尾气在尾气补燃装置中混合新鲜空气进一步燃烧，最终将尾气补燃装置产生的高温尾气送至尾气热回收及排放系统分级回收热能；

[0020] 二、岸电接入为船舶提供电能：

[0021] 所述超级电容与蓄电池混合动力系统在码头靠泊时通过船-岸电缆将岸电输入岸电接入装置进行交流/直流转换后通过电缆接入直流母线进行电能储存及使用分配；

[0022] 三、尾气热回收及排放系统利用回收的热能生产高品位蒸汽和低品位热水：

[0023] 所述燃料电池主供电系统副产的高温尾气通向尾气热回收及排放系统进行梯级换热，回收的热能将脱盐水加热成为蒸汽和热水；

[0024] 四、尾气资源回收：

[0025] 所述燃料电池主供电系统副产的高温尾气通向尾气热回收及排放系统进行梯级换热,换热后的尾气将冷凝的纯净水,经处理后注回脱盐水罐再利用。

[0026] 与现有技术相比,本发明的积极效果是:

[0027] 本发明将液化天然气技术和燃料电池技术创造性结合应用在船舶动力领域结合,解决了高效使用LNG作为船舶燃料的动力效率问题。与传统LNG船舶动力技术相比,传统LNG船舶动力采用的是燃气内燃机或燃气轮机,其采用的是机械传动理论,动力效率仅为45%左右。而本发明采用固体氧化物电池的天然气发电效率可到65%,用电机驱动的船舶则具有输出功率大、极限转速高、结构简单、成本低、体积小、运行灵活等特点,加速性、可靠性、可维性乃至噪音重量体积都远优于传统燃机-机械系统。

附图说明

[0028] 本发明将通过例子并参照附图的方式说明,其中:

[0029] 图1是基于固体氧化物电池的LNG船用动力供应系统的示意图。

具体实施方式

[0030] 一种高效LNG船舶动力供应系统,如图1所示,包括:LNG储罐1、BOG压缩机2、LNG增压泵3、LNG增压气化器4、燃料LNG气化器5、空气压缩机6、空气缓冲罐7、固态氧化物电池堆8、尾气补燃装置9、第一DC/DC转换器10、直流母线11、第二DC/DC转换器12、蓄电池组13、超级电容组14、岸电接入装置15、DC/AC转换器16、多股流换热装置17、尾气分离器18、凝结水泵19、尾气放散筒20。

[0031] 具体地,

[0032] 1) 由LNG储罐1、BOG压缩机2、LNG增压泵3、LNG增压气化器4、燃料LNG气化器5共同组成了LNG燃料储存及供应系统。

[0033] LNG燃料储存于LNG储罐1。LNG储罐1的液相出口由管道连接至增压泵3的入口,增压泵3的出口通过管道与LNG增压气化器4入口相连,LNG增压气化器4出口返回至LNG储罐1实现自增压。达到0.3~0.4MPa的LNG燃料从LNG储罐1的另一个液相出口由管道连接至燃料LNG气化器5的入口,气化为常温;LNG储罐1的气相出口通过管道连接到BOG压缩机2,经过BOG压缩机2增压的BOG(Boil Off Gas闪蒸气,LNG在静态储存时产生的静态蒸发)和LNG气化器5出口的天然气连通混合后通过管道被送至尾气热回收及排放系统加热,加热后的天然气被送至燃料电池主供电系统参与发电。

[0034] 其中:

[0035] LNG储罐1可以是真空粉末绝热罐、高真空杜瓦瓶;BOG压缩机2可以是螺杆压缩机、迷宫压缩机、平衡式往复式压缩机;LNG增压泵3可以是筒袋潜液泵、外置离心泵。

[0036] 2) 由空气压缩机6、空气缓冲罐7、共同组成了空气供给系统。

[0037] 空气自大气中吸入空气压缩机6,空气压缩机6的出口通过管道与空气缓冲罐7入口相连,实现增压空气缓冲储存,空气缓冲罐7出口的空气通过管道被送至尾气热回收及排放系统加热,加热后的空气被送至燃料电池主供电系统参与发电。

[0038] 其中:

[0039] 空气压缩机6可以是螺杆压缩机、往复压缩机等。

[0040] 3) 由固态氧化物电池堆8、尾气补燃装置9等共同组成了燃料电池主供电系统。

[0041] 由尾气热回收及排放系统送至来的高温天然气和蒸汽(所述蒸汽来自尾气热回收及排放系统)按一定比例混合增湿(根据燃料气组分不同采用不同的增湿混合比例,有利于多组分碳氢燃料实现内部重整),同送来的热空气在固态氧化物电池堆8中产生电化学反应,生产出直流电通过电缆接入DC/DC转换器10。固态氧化物电池堆8会产生高温燃料尾气(其中可能含有一氧化碳),通过管道将高温燃料尾气连接至尾气补燃装置9和热空气混合后燃烧产生高温尾气再通过管道连接至尾气热回收及排放系统进行热量回收。

[0042] 其中:所述固态氧化物电池堆8包含多个固态氧化物电池的堆叠。

[0043] 4) 由第一DC/DC转换器10、直流母线11、第二DC/DC转换器12、蓄电池组13、超级电容组14、岸电接入装置15、DC/AC转换器16等共同组成了超级电容与蓄电池混合动力系统。

[0044] 固体氧化物电池的LNG船用动力系统生产的电能通过电缆连接到第一DC/DC转换器10,相关电力转换成合适的船用直流电压后再送至直流母线11分配,直流母线11通过电缆分别连接第二DC/DC转换器12、DC/AC转换器16、或直接送至船舶辅助用电设备用户,维持船舶的生产生活用电。第二DC/DC转换器12通过电缆连接蓄电池组13、超级电容组14等电能的储存装置。DC/AC转换器16通过电缆连接至电动机螺旋桨推进装置,实现船舶电力驱动。当船舶靠岸时,本系统允许依靠岸电接入装置15从码头获取电能,进而减少船舶自身的燃料消耗。当岸电通过船-岸电缆输入岸电接入装置15进行电压、交流/直流转换后通过电缆接入直流母线11进行电能储存及使用分配。

[0045] 其中:

[0046] 岸电接入装置15的设计符合《静止式岸电装置(GB/T 25316-2010)》要求,其组件包括岸电电源装置、接线箱、电缆卷车和船载变电站、AC/DC转换器等多个部件组成,属于常规装置可由专业厂家进行定制。

[0047] 直流母线11是能源系统的汇合点,所有的能源都以直流的方式汇总到直流母线11上,再进行分配。

[0048] 能量转换装置分为:AC/DC、DC/DC、DC/AC,其中AC/DC是用于岸电接入的交流电转换成直流电,送给直流母线;DC/DC是用于控制锂电池组/超级电容组和直流母线之间的能量流动方向;DC/AC用于直流母线上的电能转换成交流电,送给电动机螺旋桨推进装置。

[0049] 5) 由多股流换热装置17、尾气分离器18、凝结水泵19、尾气放散筒20等共同组成了尾气热回收及排放系统。

[0050] 从燃料电池主供电系统来的高温尾气,通过管道接入多股流换热装置17中分别与常温天然气、空气、水分别发生换热交换,生成高温天然气、热空气、蒸汽、热水等。多股流换热装置17出口尾气通过管道连接到尾气分离器18进行冷凝水分离,尾气分离器18底部产生的冷凝水通过管道接入凝结水泵19增压后送至本系统外的冷凝水收集装置处理回收,尾气分离器18顶部产生的脱水尾气再通过管道接入尾气放散筒20最终排放至大气。

[0051] 其中:

[0052] 多股流换热装置可以是板式换热器,或缠绕管式换热器。

[0053] 本发明还提供了一种高效LNG船舶动力供应方法,包括如下内容:

[0054] 一、燃料电池主供电系统产生电力和热能:

[0055] LNG燃料储存及供应系统的LNG燃料在LNG储罐中储存(储存压力0.1MPa左右),储

罐中的LNG通过LNG增压泵3增压到中压(0.2MPa左右),中压LNG由LNG增压气化器4转化为气态天然气,并返回LNG储罐实现压力增压。LNG储罐中的LNG通过管道输送到燃料LNG气化器气化成常温天然气后会进一步在每股流换热装置中换热成高温天然气(600-1000℃)。空气供给系统将空气压缩到中压(0.2MPa左右,但需要比燃料气端略高,以保证氧离子的运动)后,在每股流换热装置中换热成热空气(600-1000℃)并送至固态氧化物电池堆;高温天然气在固态氧化物电池堆中反应产生的电力送至超级电容与蓄电池混合动力系统给船舶供电;反应产生的燃料尾气和空气尾气将在尾气补燃装置9里混合新鲜空气(热量不足时可加入天然气)进一步燃烧,最终将产生的高温尾气送至尾气热回收及排放系统分级回收热能。

[0056] 二、岸电接入为船舶提供电能:

[0057] 所述超级电容与蓄电池混合动力系统在码头靠泊时可以接收来自岸上的充电系统进行充电,满足船舶靠岸基本电力消耗。当岸电通过船-岸电缆输入岸电接入装置15进行交流/直流转换后通过电缆接入直流母线11进行电能储存及使用分配。

[0058] 三、尾气热回收及排放系统利用回收的热能生产高品位蒸汽和低品位热水:

[0059] 所述燃料电池主供电系统副产的高温尾气通向尾气热回收及排放系统进行梯级换热,回收的热能将脱盐水加热成为高品位蒸汽和低品位热水。其中低品位热水可供船上生产生活用热水,高品位蒸汽可用于燃料电池反应增湿。

[0060] 四、尾气资源回收:

[0061] 所述燃料电池主供电系统副产的高温尾气通向尾气热回收及排放系统进行梯级换热,换热后的尾气将冷凝的纯净水,经处理后注回脱盐水罐再利用。本系统运行时高温尾气亦可作为溴化锂吸收式制冷机的加热热源,为船舶提供空调冷量。

[0062] 本发明的工作原理是:

[0063] 本发明提供了一种采用LNG作为动力燃料、固态氧化物电池堆作为核心动力源,蓄电池/超级电容作为电能储存装置的船用动力系统及动力供应方法。旨在提高使用LNG作为船舶燃料的动力效率问题,为国家大规模推广LNG在船舶领域的应用提供一种高效动力系统方案。

[0064] 本发明的一种高效LNG船舶动力供应系统包括依次连接的LNG燃料储存及供应系统、空气供给系统、燃料电池主供电系统、超级电容与蓄电池混合动力系统、尾气热回收及排放系统,其中:所述LNG燃料储存及供应系统和空气供给系统分别与燃料电池主供电系统连接,提供其反应需要的天然气和氧气;所述燃料电池主供电系统与超级电容与蓄电池混合动力系统相连,为其提供动力电源;所述燃料电池主供电系统与尾气热回收及排放系统相连,由后者进行热量回收、凝结水回收与尾气排放;所述超级电容与蓄电池混合动力系统拥有岸电装置可以接收岸电。

[0065] 流程1正常自发电:

[0066] LNG燃料储存及供应系统的LNG燃料在LNG储罐中储存(储存压力0.1MPa左右),储罐中的LNG通过LNG增压泵3增压到中压(0.4MPa左右),中压LNG由LNG增压气化器4转化为气态天然气,并返回LNG储罐实现压力增压。LNG储罐中的LNG通过管道输送到燃料LNG气化器气化成常温天然气后会进一步在每股流换热装置中换热成高温天然气(600-1000℃)。空气供给系统将空气压缩到中压(0.4MPa左右,但需要比燃料气端略高,以保证氧离子的

运动)后,在多股流换热装置中换热成热空气(600-1000℃)并送至 固态氧化物电池堆;所述LNG在多股流换热装置中换热成高温天然气将产生 的电力发送给超级电容与蓄电池混合动力系统给船舶供电。

[0067] 流程2岸电接入:

[0068] 所述超级电容与蓄电池混合动力系统在码头靠泊时可以接收来自岸上的 充电系统进行充电,和满足船舶靠岸基本电力消耗。当岸电通过船-岸电缆输入岸电接入装置15后需先通过AC/DC转换器进行电压、交流/直流转换后通过电缆接入直流母线11进行电能储存及使用分配。

[0069] 流程3冷暖通风:

[0070] 当冬季热水需求量较大时,天然气和空气可大量进入尾气补燃装置9产生 热量,再通过尾气热回收及排放系统加热成热水给船舶供应暖通热量。当夏季 对制冷空调有需求时,尾气或可送至溴化锂吸收式制冷机用作热源,最终生成 冷水为船舶提供空调冷量。

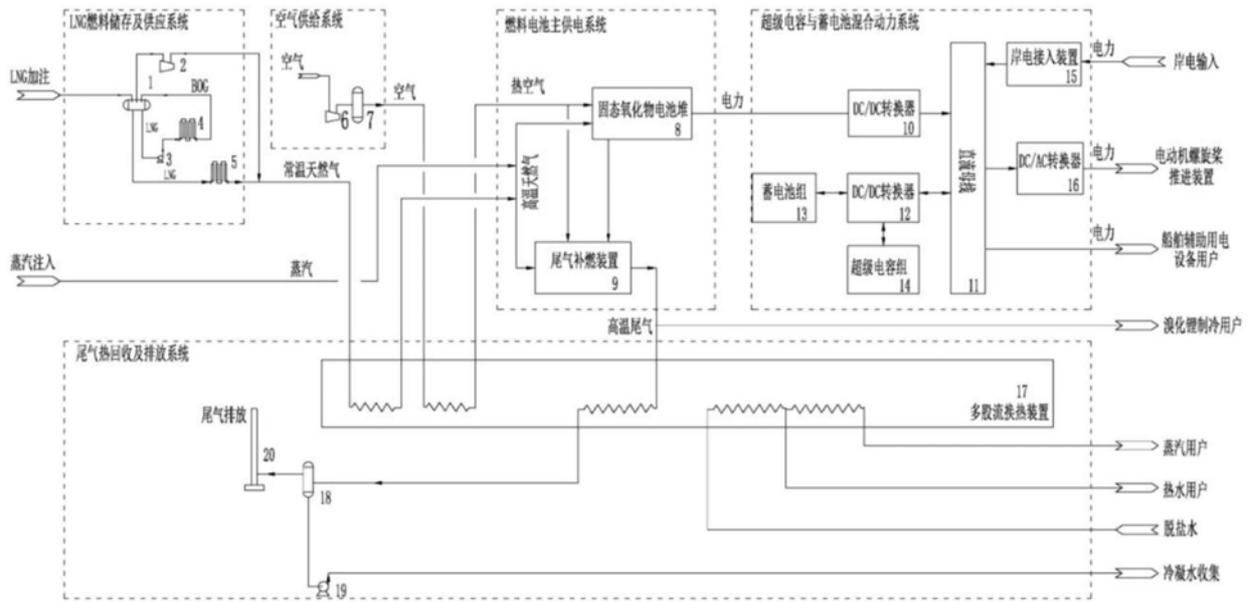


图1