



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104975943 B

(45)授权公告日 2018.03.16

(21)申请号 201510276331.2

(22)申请日 2015.05.27

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104975943 A

(43)申请公布日 2015.10.14

(73)专利权人 武汉理工大学  
地址 430070 湖北省武汉市洪山区珞狮路  
122号

(72)发明人 袁裕鹏 王凯 唐道贵 严新平

(74)专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限  
公司 42102  
代理人 许美红

(51)Int.Cl.  
F02B 63/04(2006.01)  
H02J 3/38(2006.01)

(56)对比文件

- CN 104015912 A, 2014.09.03,
- CN 203983406 U, 2014.12.03,
- CN 104015912 A, 2014.09.03,
- CN 1971170 A, 2007.05.30,
- CN 104134811 A, 2014.11.05,
- CN 101896259 A, 2010.11.24,
- CN 101841277 A, 2010.09.22,
- CN 104567100 A, 2015.04.29,
- CN 102569858 A, 2012.07.11,
- CN 102544549 A, 2012.07.04,
- CN 201809162 U, 2011.04.27,
- KR 10-2014-0026865 A, 2014.03.06,
- US 2013/0312384 A1, 2013.11.28,

审查员 王干

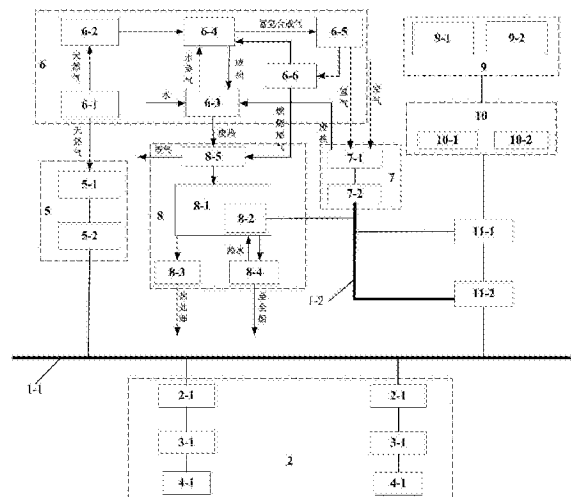
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种清洁能源混合动力船舶热电联供系统  
及方法

(57)摘要

本发明公开了一种清洁能源混合动力船舶热电联供系统,包括交流电网以及与交流电网连接的双燃料发电装置和电力推进装置,联供系统还包括供热系统、天然气重整装置、直流电网以及均分别与直流电网相连的新能源发电装置、质子膜燃料发电装置;直流电网通过DC/AC变换器与交流电网相连;供热系统包括储热罐,储热罐内设置有电加热器,电加热器与直流电网相连;双燃料发电装置、质子膜燃料发电装置以及储热罐分别与天然气重整装置连通。本发明还公开了一种热电联供方法。本发明克服了船舶电力推进装置对常规能源的依赖,将多种发电技术进行有机的结合,相辅相成,不仅实现了热电联供,还保证了能源供给的可靠性,节能环保。



1. 一种清洁能源混合动力船舶热电联供系统,包括交流电网以及与交流电网连接的双燃料发电装置和电力推进装置,其特征在于,联供系统还包括供热系统、天然气重整装置、直流电网以及均分别与直流电网相连的新能源发电装置、质子膜燃料发电装置;直流电网通过DC/AC变换器与交流电网相连;所述供热系统包括储热罐,储热罐内设置有电加热器,电加热器与直流电网相连;所述双燃料发电装置、质子膜燃料发电装置以及储热罐分别与天然气重整装置连通;所述天然气重整装置包括水蒸气发生器以及依次连通的天然气储罐、脱硫器、重整器和变压吸附器,水蒸气发生器与重整器连通;所述双燃料发电装置与天然气储罐连通,所述储热罐与水蒸气发生器连通,所述质子膜燃料发电装置分别与变压吸附器和水蒸气发生器连通;所述变压吸附器连通有尾气燃烧器,尾气燃烧器与重整器连通;水蒸气发生器与储热罐的连通管道上安设有换热器,换热器与尾气燃烧器连通;所述储热罐与散热器、备用锅炉连通。

2. 如权利要求1所述的热电联供系统,其特征在于,所述质子膜燃料发电装置包括质子膜燃料电池和单向DC/DC变换器,质子膜燃料电池经单向DC/DC变换器与直流电网连接,质子膜燃料电池输出的电能经单向DC/DC变换器稳压后汇入直流电网。

3. 如权利要求1所述的热电联供系统,其特征在于,所述新能源发电装置连接有储能装置,储能装置经双向DC/DC变换器与直流电网连接。

4. 如权利要求1所述的热电联供系统,其特征在于,所述新能源发电装置包括太阳能发电装置和风能发电装置。

5. 如权利要求1所述的热电联供系统,其特征在于,所述双燃料发电装置包括相互连接的双燃料发动机和发电机,所述双燃料发动机与天然气重整装置连通,所述发电机与交流电网连接,发电机输出电能汇入交流电网。

6. 一种清洁能源混合动力船舶热电联供方法,其特征在于,当船舶热电负荷较低时,即采用新能源发电装置能满足船舶的热电需求时,仅启动新能源发电装置供电,并供电给电加热器加热,提供热量;当船舶热电负荷增加到仅启动新能源发电装置满足不了船舶的热电需求时,同时启动质子膜燃料发电装置共同发电,根据储能装置的电量状态决定是否给储能装置充电,同时储热罐提供热量,当储热罐中的热量不足时,通过质子膜燃料发电装置或储能装置供电给电加热器加热,提高热量;当船舶热电负荷继续增加到同时启动新能源发电装置和质子膜燃料发电装置均不能满足船舶的热电需求时,则启动双燃料发电装置作为船舶的主要动力源,为船舶推进提供动力,新能源发电装置和质子膜燃料发电装置为辅助动力源,为船舶提供热量和少量的电能。

## 一种清洁能源混合动力船舶热电联供系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及船舶技术领域,具体涉及一种清洁能源混合动力船舶热电联供系统及方法。

### 背景技术

[0002] 由于燃油成本的迅速增长以及国际海事组织对船舶污染物排放要求的日益严格给航运业的发展带来巨大的挑战,近年来,以液化天然气、太阳能、风能、燃料电池、超级电容、核能、潮汐能、氢能和生物质能为代表的清洁能源技术不断开发并已在各型船舶上得以试验应用,而太阳能、风能、海洋能等清洁能源其能源低密度能源,尚且不能作为完全独立的动力源使用。因此,各种能源综合利用的混合动力船舶获得了快速的发展,如日本邮船NYK设计的“超级生态环保船2030”,主要以LNG燃料电池为动力,辅以太阳能电池和风帆推动,可减少69%的CO<sub>2</sub>排放,其中太阳能和风能分别占2%、4%,燃料电池占32%。

[0003] 燃料电池是一种将存在于燃料与氧化剂中的化学能直接转化为电能的发电装置。其具有以下特点:1)能量转化效率高,燃料电池系统电能转换效率在45%~60%,如使用电池释放的热量,可提高产电效能至85%;2)安装地点灵活;3)负荷响应快,运行质量高。此外,燃料电池的输出功率大,最大可以达到11MW,因此燃料电池完全可以为船舶提供主推进动力,并可以与其他清洁能源发电装置一起组成混合动力系统,通过合理的优化控制可大幅提高各种能源的利用率,节能环保。

[0004] 目前,燃料电池常用的燃料有氢和一些碳氢化合物,例如天然气、醇、甲烷等有时也作为燃料使用。氢能作为一种清洁、高效、安全的能源,被视为本世纪最具发展潜力的清洁能源,也被视为解决温室效应问题,提高能源利用率的有效替代二次能源,因此成为诸多燃料的首选。世界上最经济的制氢方式是通过天然气和水蒸气重整反应生产的,而燃料电池是公认的将化学能转化为电能的高效率能量转换装置。因此,将天然气制氢装置和燃料电池集成实现发电和供热的热电联产技术,不仅可以提高混合动力船舶天然气的利用率,而且可以解决由于直接燃烧天然气产生氮氧化物的问题,减少NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>、CO和可吸入颗粒物的排放。此外燃料电池可与供热装置组成热电联供系统,利用其产生的废热加热锅炉,从而提高能源的综合利用效率,减少能源的浪费。天然气燃料电池热电联产在日本市场比较成功,多为家庭使用,而极少应用在船舶系统中。因此,有必要对现有技术进行改进。

### 发明内容

[0005] 本发明要解决的问题在于,提供一种用于船舶的能源利用率高、清洁环保的多种发电技术综合利用的热电联产系统及方法。

[0006] 本发明为解决上述技术问题所采用的技术方案是:一种清洁能源混合动力船舶热电联供系统,包括交流电网以及与交流电网连接的双燃料发电装置和电力推进装置,联供系统还包括供热系统、天然气重整装置、直流电网以及均分别与直流电网相连的新能源发电装置、质子膜燃料发电装置;直流电网通过DC/AC变换器与交流电网相连;所述供热系统

包括储热罐,储热罐内设置有电加热器,电加热器与直流电网相连;所述双燃料发电装置、质子膜燃料发电装置以及储热罐分别与天然气重整装置连通。

[0007] 按上述方案,所述天然气重整装置包括水蒸气发生器以及依次连通的天然气储罐、脱硫器、重整器和变压吸附器,水蒸气发生器与重整器连通;所述双燃料发电装置与天然气储罐连通,所述储热罐与水蒸气发生器连通,所述质子膜燃料发电装置分别与变压吸附器和水蒸气发生器连通。

[0008] 按上述方案,所述变压吸附器连通有尾气燃烧器,尾气燃烧器与重整器连通。

[0009] 按上述方案,水蒸气发生器与储热罐的连通管道上安设有换热器,换热器与尾气燃烧器连通。

[0010] 按上述方案,所述储热罐与散热器、备用锅炉连通。

[0011] 按上述方案,所述质子膜燃料发电装置包括质子膜燃料电池和单向DC/DC变换器,质子膜燃料电池经单向DC/DC变换器与直流电网连接,质子膜燃料电池输出的电能经单向DC/DC变换器稳压后汇入直流电网。

[0012] 按上述方案,所述新能源发电装置连接有储能装置,储能装置经双向DC/DC变换器与直流电网连接。

[0013] 按上述方案,所述新能源发电装置包括太阳能发电装置和风能发电装置。

[0014] 按上述方案,所述双燃料发电装置包括相互连接的双燃料发动机和发电机,所述双燃料发动机与天然气重整装置连通,所述发电机与交流电网连接,发电机输出电能汇入交流电网。

[0015] 本发明还提供了一种清洁能源混合动力船舶热电联供方法:当船舶热电负荷较低时,即采用新能源发电装置能满足船舶的热电需求时,仅启动新能源发电装置供电,并供电给电加热器加热,提供热量;当船舶热电负荷增加到仅启动新能源发电装置满足不了船舶的热电需求时,同时启动质子膜燃料发电装置共同发电,根据储能装置的电量状态决定是否给储能装置充电,同时储热罐提供热量,当储热罐中的热量不足时,通过质子膜燃料发电装置或储能装置供电给电加热器加热,提高热量;当船舶热电负荷继续增加到同时启动新能源发电装置和质子膜燃料发电装置均不能满足船舶的热电需求时,则启动双燃料发电装置作为船舶的主要动力源,为船舶推进提供动力,新能源发电装置和质子膜燃料发电装置为辅助动力源,为船舶提供热量和少量的电能。

[0016] 本发明的有益效果是:

[0017] 1、本联供系统将太阳能发电技术、风能发电技术、双燃料发电技术以及质子膜燃料电池(PEMFC)发电技术进行有机的结合,相辅相成,克服了船舶电力推进装置对常规能源的依赖,并利用天然气重整装置构建了一个基于发电系统的供热系统,实现了热电联供;

[0018] 2、本联供系统将发电过程中产生的废热循环再利用,一方面避免了废热排入外界造成热污染,另一方面也提高了能源的利用率;

[0019] 3、本联供方法合理利用多种能源,将船舶负荷状态分为几种不同的情况,在不同的情况下启用不同的能源,根据船舶的热电需求,选取合适的容量,保证了船舶热电需求;

[0020] 4、本联供方法最大限度地使用理清洁能源,减少了NOX、SOX、CO及其他可吸入颗粒物的排放,对环境保护具有重要的意义。

## 附图说明

[0021] 图1为本发明一个具体实施例的结构简图。

[0022] 图2为本实施例中天然气重整装置与供热系统的流程图。

[0023] 图3为本实施例中热电联供方法的流程图。

[0024] 其中,1-1、交流电网;1-2、直流电网;2、电力推进装置;2-1、第一变频器;2-2、第二变频器;3-1、第一推进电机;3-2、第二推进电机;4-1、第一螺旋桨;4-2、第二螺旋桨;5、双燃料发电装置;5-1、双燃料发动机;5-2、发电机;6、天然气重整装置;6-1、天然气储罐;6-2、脱硫器;6-3、水蒸气发生器;6-4、重整器;6-5、变压吸附器;6-6、尾气燃烧器;7、质子膜燃料发电装置;7-1、质子膜燃料电池;7-2、单向DC/DC变换器;8、供热系统;8-1、储热罐;8-2、电加热器;8-3、散热器;8-4、备用锅炉;8-5、换热器;9、新能源发电装置;9-1、太阳能发电装置;9-2、风能发电装置;10、储能装置;10-1、超级电容;10-2、蓄电池;11-1、双向DC/DC变换器;11-2、DC/AC变换器。

## 具体实施方式

[0025] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。

[0026] 如图1所示的一种清洁能源混合动力船舶热电联供系统,包括交流电网1-1以及与交流电网1-1连接的双燃料发电装置5和电力推进装置2,联供系统还包括供热系统8、天然气重整装置6、直流电网1-2以及均分别与直流电网1-2相连的新能源发电装置9、质子膜燃料发电装置7;直流电网1-2通过DC/AC变换器11-2与交流电网1-1相连;供热系统8包括储热罐8-1,储热罐8-1与散热器8-5、备用锅炉8-4连通;储热罐8-1内设置有电加热器8-2,电加热器8-2与直流电网1-2相连;双燃料发电装置5、质子膜燃料发电装置7以及储热罐8-1分别与天然气重整装置6连通,双燃料发电装置5所需的天然气和质子膜燃料发电装置7所需的氢气均由天然气重整装置6提供。

[0027] 其中,天然气重整装置6包括水蒸气发生器6-3以及依次连通的天然气储罐6-1、脱硫器6-2、重整器6-4和变压吸附器6-5,水蒸气发生器6-3与重整器6-4连通;天然气储罐6-1与双燃料发电装置5连通,为其提供反应的天然气;质子膜燃料发电装置7分别与变压吸附器6-5和水蒸气发生器6-3连通;变压吸附器6-5连通有尾气燃烧器6-6,尾气燃烧器6-6与重整器6-4连通;水蒸气发生器6-3经换热器8-5与储热罐8-1连通,换热器8-5与尾气燃烧器6-6连通。

[0028] 本实施例中,质子膜燃料发电装置7包括质子膜燃料电池7-1和与直流电网1-2连接的单向DC/DC变换器7-2,质子膜燃料电池7-1输出的电能经单向DC/DC变换器7-2稳压后汇入直流电网1-2。

[0029] 本实施例中,新能源发电装置9包括太阳能发电装置9-1和风能发电装置9-2,新能源发电装置9连接有储能装置10(储能装置10包括超级电容10-1和蓄电池10-2),储能装置10经双向DC/DC变换器11-1与直流电网1-2连接,新能源发电装置9产生的电能稳压后汇入直流电网1-2或者直流电网1-2为储能装置10提供电能。

[0030] 本实施例中,双燃料发电装置5包括相互连接的双燃料发动机5-1和发电机5-2,双燃料发动机5-1与天然气储罐6-1连通,发电机5-2与交流电网1-1连接,双燃料发动机5-1驱动发电机5-2发电,为交流电网1-1提供电能。

[0031] 本实施例中,电力推进装置2包括第一推进装置和第二推进装置,第一推进装置包括第一变频器2-1、第一推进电机3-1及第一螺旋桨4-1;第二推进装置包括第二变频器2-2、第二推进电机3-2及第二螺旋桨4-2;通过从交流电网1-1获得的电能驱动第一推进电机3-1、第一推进电机3-2分别带动第一螺旋桨4-1、第二螺旋桨4-2,推动船舶航行,其中通过第一变频器2-1、第二变频器2-2分别控制第一推进电机3-1、第二推进电机3-2的转速,从而控制船舶的运行速度。

[0032] 本热电联供系统的工作原理是:天然气储罐6-1中的部分天然气进入双燃料发电装置5发电,为交流电网1-1提供电能;天然气储罐6-1中的另一部分天然气通过脱硫器6-2脱硫后与水蒸气发生器6-3产生的水蒸气一起进入重整器6-4,在重整器6-4中反应后产生富含氢气的合成气,合成气经由变压吸附器6-5提纯得到高纯度氢气,和空气一起进入质子膜燃料发电装置7进行发电,经单向DC/DC变换器7-2转换后给电加热器8-2供电,或通过双向DC/DC11-1变换器向储能装置10充电,或再次通过DC/AC变换器11-2给交流电网1-1供电;变压吸附器6-5中产生的反应尾气进入尾气燃烧器6-6进行燃烧,燃烧后,燃烧尾气引入重整器6-4,重整器6-4中的燃烧尾气携带废热以及质子膜燃料电池7-1产生的废热均被引入水蒸气发生器6-3产生水蒸气,接着燃烧废气引入换热器8-5中交换热量后排出,换热器8-5中的热量引入储热罐8-1,如图2所示;储热罐8-1收集热量,通过备用锅炉8-4为船舶提供热能,当储热罐8-1中的热量不足时,可通过电加热器8-2加热,满足船舶的热量需求,当储热罐8-1中废热超过储热罐8-1的容量时,部分热量将通过散热器8-3释放到大气中或被引入供居住舱室供取暖用;新能源发电装置9产生的电能储存到储能装置10,储能装置10通过双向DC/DC变换器11-1与直流电网1-2相连,给储热罐8-1中的电加热器8-2供电,或是通过质子膜燃料发电装置7-1产生的电能给储能装置10充电,或再次通过DC/AC变换器11-2转换后,为交流电网1-1提供电能。

[0033] 本发明提供的一种清洁能源混合动力船舶热电联供方法:当船舶热电负荷较低,采用新能源发电装置9能满足船舶的热电需求时,仅启动新能源发电装置9发电,并供电给电加热器8-2加热,提供热量;当船舶热电负荷增加到仅启动新能源发电装置9满足不了船舶的热电需求时,同时启动质子膜燃料发电装置7共同发电,根据储能装置10的电量状态决定是否给储能装置10充电,同时储热罐8-1储存热量,当储热罐8-1中的热量不足时,则通过质子膜燃料发电装置7或储能装置10供电给电加热器8-2加热,提高热量;当船舶热电负荷继续增加到同时启动新能源发电装置7和质子膜燃料发电装置7均不能满足船舶的热电需求时,则同时启动双燃料发电装置5作为船舶的主要动力源,为船舶推进提供动力,新能源发电装置9和质子膜燃料发电装置7为辅助动力源,为船舶提供热量和少量的电能。

[0034] 本实施例中,将新能源发电装置9(太阳能发电装置9-1和风能发电装置9-2)视为第一级能源,质子膜燃料发电装置7作为第二级能源,双燃料发电装置5作为第三级能源,热电联供方法的流程图如图3所示。

[0035] 当船舶热电负荷较低时,启动第一级能源通过双向DC/DC变换器11-1和DC/AC变换器11-2为船舶提供电能,通过双向DC/DC变换器11-1给储热罐8-1中的电加热器8-2加热,为

船舶提供热量；当船舶热电负荷增加，仅启用第一级能源不能满足船舶的热电需求时，同时启用第二级能源，即通过质子膜燃料发电装置7和新能源发电装置9共同为船舶提供电能，同时根据储能装置10的电量状态决定是否给储能装置10充电，此时，第一级能源通过双向DC/DC变换器11-1与直流电网1-2相连，第二级能源通过单向DC/DC变换器7-2与直流电网1-2相连，直流电网1-2给储热罐8-1中的电加热器8-2加热，或通过双向DC/DC变换器11-1给储能装置10充电，或通过DC/AC变换器11-2为船舶提供电能，此外第二级能源所产生的废热也用于给储热罐8-1加热，储热罐8-1汇集热量来满足船舶的热力需求；当船舶热电负荷继续增加，同时启用第一级能源和第二级能源都无法满足船舶的热电需求时，则同时启动第三级能源，第三级能源为船舶的主要动力源，为船舶推进提供动力，第一级能源和第二级能源作为辅助动力源，为船舶提供热量和少量的电能，其中第一级能源通过双向DC/DC变换器11-1给储热罐8-1中的电加热器8-2加热，第二级能源通过单向DC/DC变换器7-2供电给直流电网1-2，直流电网1-2给电加热器8-2供电加热，或通过DC/AC变换器11-2为船舶提供电能，此外，第二级能源所产生的废热也用于给储热罐8-1加热，储热罐8-1为船舶提供热量。

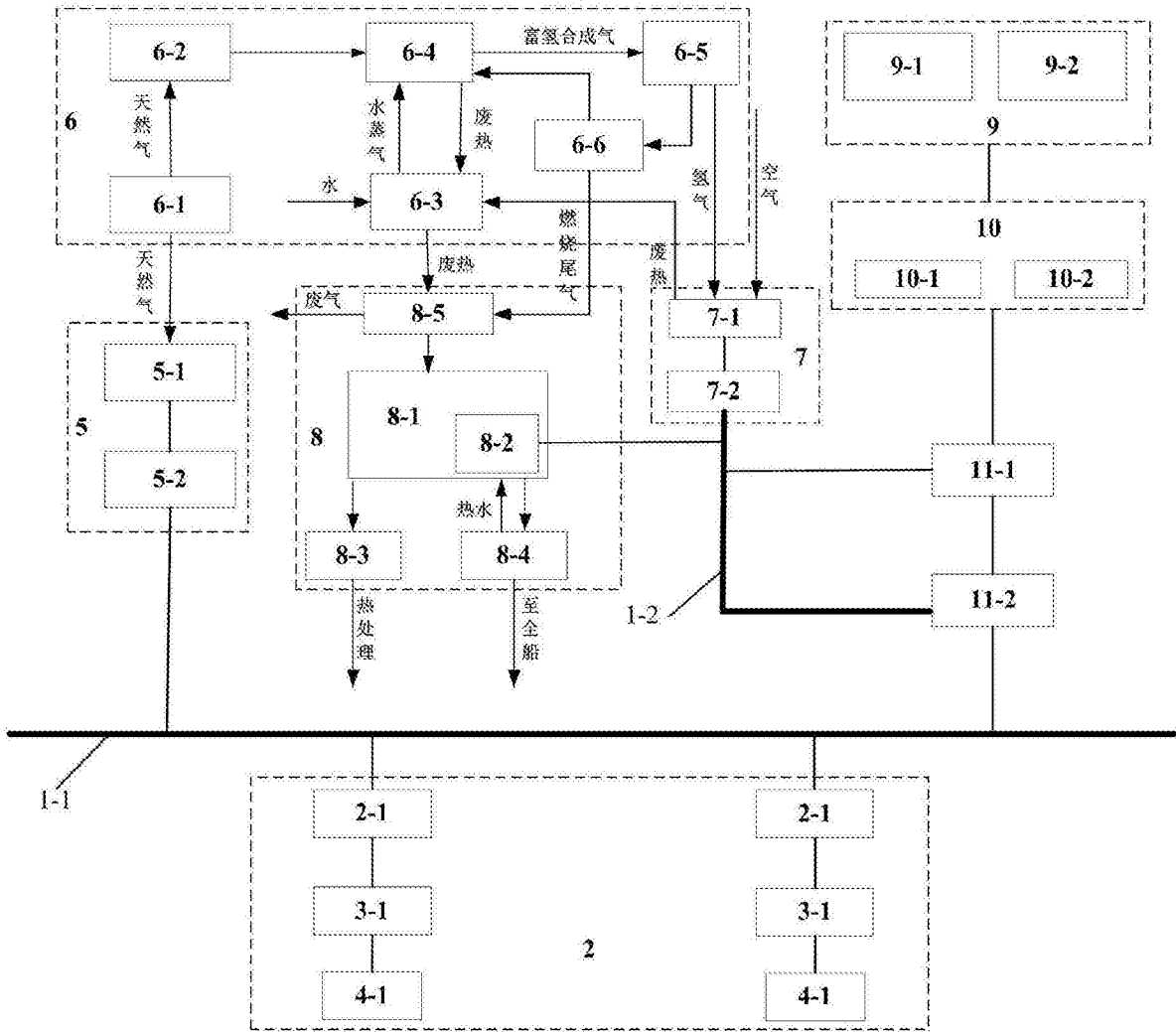


图1



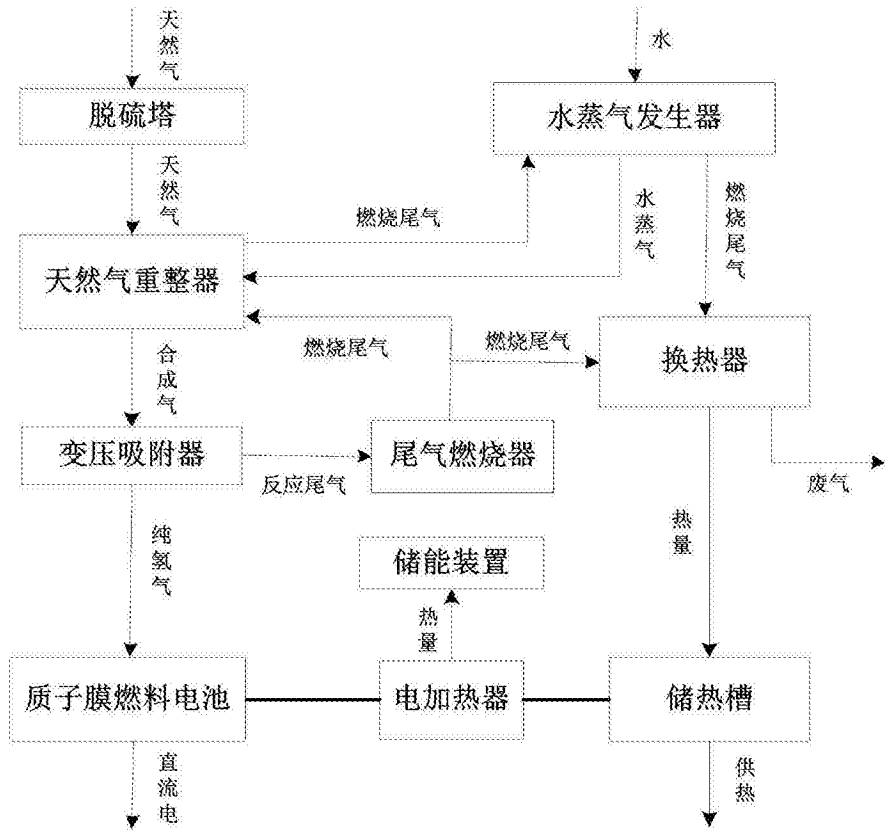


图2

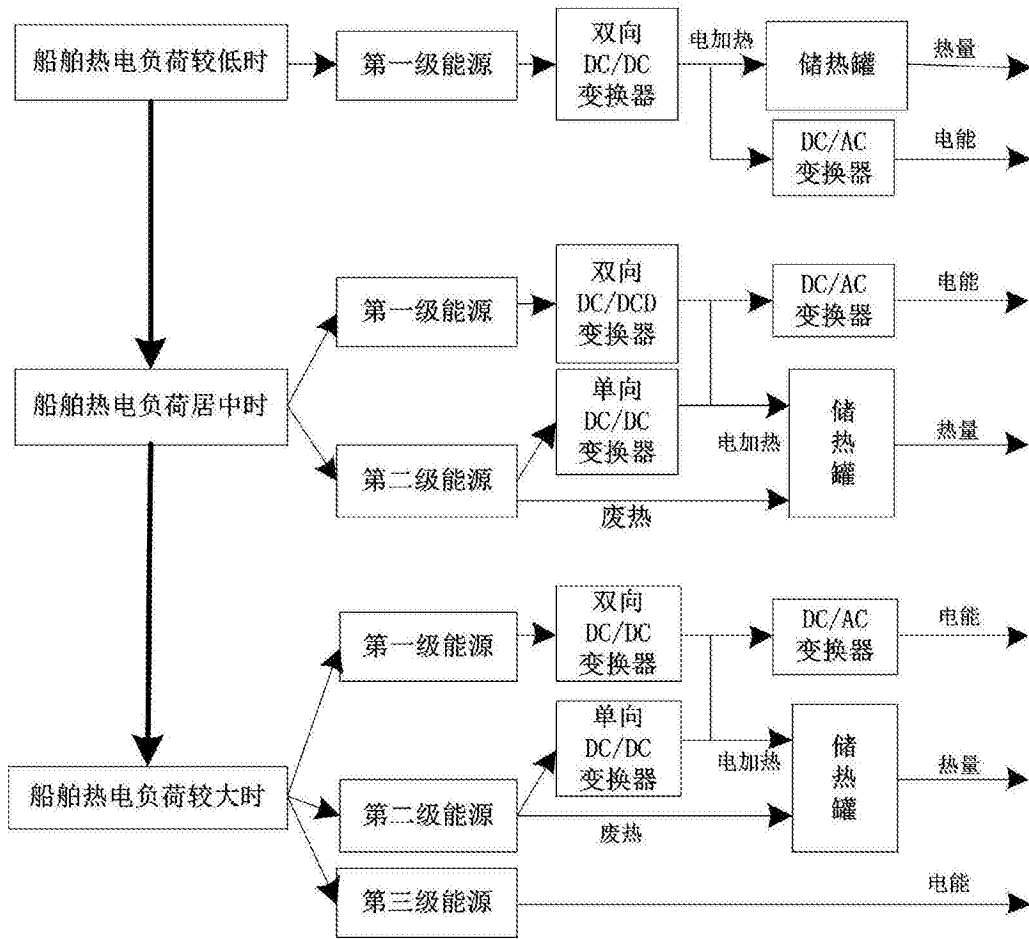


图3