



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 217903155 U

(45) 授权公告日 2022. 11. 25

(21) 申请号 202221686875.8

F01D 15/10 (2006.01)

(22) 申请日 2022.07.01

F01K 11/02 (2006.01)

(73) 专利权人 华北电力大学

F02C 6/00 (2006.01)

地址 102206 北京市昌平区回龙观镇北农
路2号

F03G 6/06 (2006.01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(72) 发明人 卢紫艺 段立强 王秋实 郑楠
李智诚 熊嘉丽

(74) 专利代理机构 北京高沃律师事务所 11569
专利代理师 刘芳

(51) Int. Cl.

H01M 8/04007 (2016.01)

H01M 8/04014 (2016.01)

H01M 8/04029 (2016.01)

H01M 8/04089 (2016.01)

H01M 8/06 (2016.01)

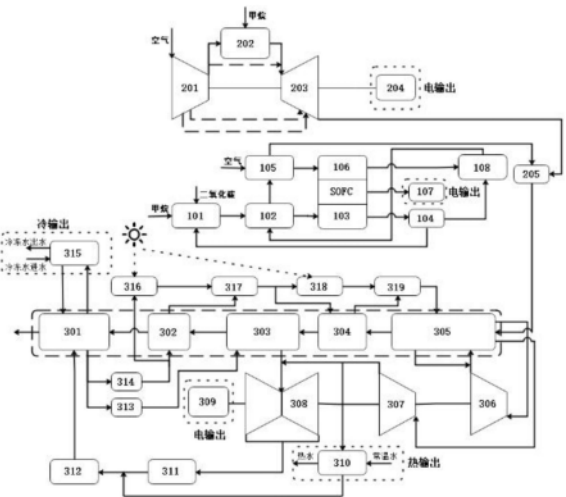
权利要求书2页 说明书8页 附图1页

(54) 实用新型名称

一种集成燃料电池与太阳能的联合循环冷
热电联供系统

(57) 摘要

本实用新型涉及一种集成燃料电池与太阳能的联合循环冷热电联供系统,属于冷热电联供技术领域。该联供系统包括:固体氧化物燃料电池子系统;太阳能热互补燃气蒸汽联合循环子系统,包括燃气轮机子系统和蒸汽循环子系统;以及双效吸收式溴化锂制冷子系统。燃气轮机子系统分别与固体氧化物燃料电池子系统和蒸汽循环子系统连接;蒸汽循环子系统还与双效吸收式溴化锂制冷子系统连接。固体氧化物燃料电池子系统能够进行发电和补燃,太阳能热互补燃气蒸汽联合循环子系统能够进行发电以及向用户侧提供热负荷,双效吸收式溴化锂制冷子系统能够向用户侧提供冷负荷,在满足用户冷、热、电多种用能需求的情况下减少系统的能量损失,提高系统的做功能力。



1. 一种集成燃料电池与太阳能的联合循环冷热电联供系统,其特征 在于,包括:固体氧化物燃料电池子系统、太阳能热互补燃气蒸汽联合循环子系统以及双效吸收式溴化锂制冷子系统;所述太阳能热互补燃气蒸汽联合循环子系统包括燃气轮机子系统和蒸汽循环子系统;所述燃气轮机子系统分别与所述固体氧化物燃料电池子系统和所述蒸汽循环子系统连接;所述蒸汽循环子系统还与所述双效吸收式溴化锂制冷子系统连接;

所述固体氧化物燃料电池子系统包括:气体混合器(101)、气体换热器(102)、燃料电池阳极(103)、气体分离器(104)、空气换热器(105)、燃料电池阴极(106)、直流交流转换器(107)以及燃料电池后燃室(108);所述气体混合器(101)的出口与所述气体换热器(102)的第一路入口连接;所述气体换热器(102)的第一路出口与所述燃料电池阳极(103)的入口连接;所述燃料电池阳极(103)的出口与所述气体分离器(104)的入口连接;所述气体分离器(104)的第一路出口与所述气体混合器(101)的第一路入口连接,所述气体分离器(104)的第二路出口与所述燃料电池后燃室(108)的第一路入口连接;所述空气换热器(105)的第一路出口与所述燃料电池阴极(106)的入口连接;所述燃料电池阴极(106)的出口与所述燃料电池后燃室(108)的第二路入口连接;所述燃料电池的出口通过所述直流交流转换器(107)进行电输出;所述燃料电池后燃室(108)的出口与所述气体换热器(102)的第二路入口连接;所述气体换热器(102)的第二路出口与所述空气换热器(105)的第一路入口连接;所述空气换热器(105)的第二路出口与所述燃气轮机子系统连接。

2. 根据权利要求1所述的集成燃料电池与太阳能的联合循环冷热电联供系统,其特征 在于,所述燃料电池为固体氧化物燃料电池。

3. 根据权利要求1所述的集成燃料电池与太阳能的联合循环冷热电联供系统,其特征 在于,所述气体混合器(101)的第二路入口通入甲烷;所述气体混合器(101)的第三路入口通入二氧化碳;所述空气换热器(105)的第二路入口通入空气。

4. 根据权利要求1所述的集成燃料电池与太阳能的联合循环冷热电联供系统,其特征 在于,所述燃气轮机子系统包括:压气机(201)、燃烧室(202)、燃气透平(203)、第一发电机(204)以及烟气混合器(205);

所述压气机(201)通过所述燃烧室(202)与所述燃气透平(203)连接;所述压气机(201)、所述燃气透平(203)和所述第一发电机(204)共轴连接,通过所述第一发电机(204)进行电输出;所述空气换热器(105)的第二路出口与所述烟气混合器(205)的第一路入口连接;所述燃气透平(203)的出口与所述烟气混合器(205)的第二路入口连接。

5. 根据权利要求4所述的集成燃料电池与太阳能的联合循环冷热电联供系统,其特征 在于,所述压气机(201)的入口通入空气;所述燃烧室(202)的入口通入甲烷。

6. 根据权利要求4所述的集成燃料电池与太阳能的联合循环冷热电联供系统,其特征 在于,所述蒸汽循环子系统包括:余热锅炉、汽轮机高压缸(306)、汽轮机中压缸(307)、汽轮机低压缸(308)、第二发电机(309)、给水换热器(310)、凝汽器(311)、低压给水泵(312)、中压给水泵(313)、高压给水泵(314)、第一太阳能集热器(316)、第一给水混合器(317)、第二太阳能集热器(318)以及第二给水混合器(319);所述余热锅炉包括第一换热器组(301)、第一级高压省煤器(302)、第二换热器组(303)、第二级高压省煤器(304)和第三换热器组(305);所述第一换热器组(301)由低压省煤器、低压蒸发器组成;所述第二换热器组(303)由中压省煤器、中压蒸发器、低压过热器组成;所述第三换热器组(305)由中压过热器、高压

蒸发器、再热器和高压过热器组成；

所述烟气混合器(205)的出口与所述余热锅炉的入口连接；所述第三换热器组(305)的高压过热器出口与所述汽轮机高压缸(306)的第一路入口连接；所述汽轮机高压缸(306)的出口与所述第三换热器组(305)的再热器入口连接；所述第三换热器组(305)的再热器出口与所述汽轮机中压缸(307)的入口连接；所述汽轮机中压缸(307)的第一路出口与所述汽轮机低压缸(308)的入口连接，所述汽轮机中压缸(307)的第二路出口与所述给水换热器(310)的第一路入口连接；所述给水换热器(310)的第二路入口接入常温水；所述给水换热器(310)的第一路出口与所述低压给水泵(312)的入口连接；所述给水换热器(310)的第二路出口进行热输出；所述汽轮机高压缸(306)、所述汽轮机中压缸(307)、所述汽轮机低压缸(308)以及所述第二发电机(309)共轴连接，通过所述第二发电机(309)进行电输出；所述汽轮机低压缸(308)的出口与所述凝汽器(311)的入口连接；所述凝汽器(311)的出口与所述低压给水泵(312)的入口连接；所述低压给水泵(312)的出口与所述第一换热器组(301)的低压省煤器入口连接；

所述第二换热器组(303)的低压过热器出口与所述汽轮机低压缸(308)的入口连接；所述第一换热器组(301)的低压省煤器出口中的第一路与所述高压给水泵(314)的入口连接；所述高压给水泵(314)的第一路出口与所述第一级高压省煤器(302)的第一路入口连接；所述第一换热器组(301)的低压省煤器出口中的第二路通过所述中压给水泵(313)与所述第二换热器组(303)的中压省煤器入口连接；

所述高压给水泵(314)的第二路出口与所述第一太阳能集热器(316)的入口连接；所述第一太阳能集热器(316)的出口与所述第一给水混合器(317)的第一路入口连接；所述第一级高压省煤器(302)的第二路出口与所述第一给水混合器(317)的第二路入口连接；所述第一给水混合器(317)的第一路出口与所述第二太阳能集热器(318)的入口连接；所述第二太阳能集热器(318)的出口与所述第二给水混合器(319)的第一路入口连接；所述第一给水混合器(317)的第二路出口与所述第二级高压省煤器(304)的第二路入口连接；所述第二级高压省煤器(304)的第二路出口与所述第二给水混合器(319)的第二路入口连接；所述第二给水混合器(319)的出口与所述第三换热器组(305)的高压蒸发器入口连接。

7. 根据权利要求6所述的集成燃料电池与太阳能的联合循环冷热电联供系统，其特征在于，所述第一太阳能集热器(316)和所述第二太阳能集热器(318)均为槽式太阳能集热器。

8. 根据权利要求6所述的集成燃料电池与太阳能的联合循环冷热电联供系统，其特征在于，所述双效吸收式溴化锂制冷子系统包括：双效吸收式溴化锂制冷机(315)；

所述第一换热器组(301)的低压蒸发器出口中的第一路与所述双效吸收式溴化锂制冷机(315)的第一路入口连接；所述双效吸收式溴化锂制冷机(315)的第一路出口与所述第一换热器组(301)的低压省煤器入口中的第二路连接；所述双效吸收式溴化锂制冷机(315)的第二路入口连接冷冻水进水；所述双效吸收式溴化锂制冷机(315)的第二路出口进行冷输出。

一种集成燃料电池与太阳能的联合循环冷热电联供系统

技术领域

[0001] 本实用新型涉及固体氧化物燃料电池与冷热电联供技术领域,特别是涉及一种集成燃料电池与太阳能的联合循环冷热电联供系统。

背景技术

[0002] 近年来,为了解决能源匮乏、环境污染等造成的经济发展问题,需要寻求更加高效的系统耦合方式,致力于提高系统的做功能力,减少系统的能量损失,同时引入可再生能源,合理的构建多能源互补的分布式能源系统。长期以来,在世界能源利用结构中化石能源利用占据主要部分。然而随着化石能源的过量消耗以及日趋突出的环境污染等问题不断恶化,太阳能作为储藏量最大的可再生能源,其大规模高效利用已经成为调整世界能源利用结构以及可持续发展的必然要求。因此,如何高效利用可再生能源—太阳能,提高系统的做功能力,同时满足用户冷、热、电的多种用能需求,是本领域亟需解决的技术问题。

实用新型内容

[0003] 本实用新型的目的是提供一种集成燃料电池与太阳能的联合循环冷热电联供系统,以在满足用户冷、热、电多种用能需求的情况下减少系统的能量损失,提高系统的做功能力。

[0004] 为实现上述目的,本实用新型提供了如下方案:

[0005] 一种集成燃料电池与太阳能的联合循环冷热电联供系统,包括:固体氧化物燃料电池子系统、太阳能热互补燃气蒸汽联合循环子系统以及双效吸收式溴化锂制冷子系统;所述太阳能热互补燃气蒸汽联合循环子系统包括燃气轮机子系统和蒸汽循环子系统;所述燃气轮机子系统分别与所述固体氧化物燃料电池子系统和所述蒸汽循环子系统连接;所述蒸汽循环子系统还与所述双效吸收式溴化锂制冷子系统连接;

[0006] 所述固体氧化物燃料电池子系统包括:气体混合器(101)、气体换热器(102)、燃料电池阳极(103)、气体分离器(104)、空气换热器(105)、燃料电池阴极(106)、直流交流转换器(107)以及燃料电池后燃室(108);所述气体混合器(101)的出口与所述气体换热器(102)的第一路入口连接;所述气体换热器(102)的第一路出口与所述燃料电池阳极(103)的入口连接;所述燃料电池阳极(103)的出口与所述气体分离器(104)的入口连接;所述气体分离器(104)的第一路出口与所述气体混合器(101)的第一路入口连接,所述气体分离器(104)的第二路出口与所述燃料电池后燃室(108)的第一路入口连接;所述空气换热器(105)的第一路出口与所述燃料电池阴极(106)的入口连接;所述燃料电池阴极(106)的出口与所述燃料电池后燃室(108)的第二路入口连接;所述燃料电池的出口通过所述直流交流转换器(107)进行电输出;所述燃料电池后燃室(108)的出口与所述气体换热器(102)的第二路入口连接;所述气体换热器(102)的第二路出口与所述空气换热器(105)的第一路入口连接;所述空气换热器(105)的第二路出口与所述燃气轮机子系统连接。

[0007] 可选地,所述燃料电池为固体氧化物燃料电池。

[0008] 可选地,所述气体混合器(101)的第二路入口通入甲烷;所述气体混合器(101)的第三路入口通入二氧化碳;所述空气换热器(105)的第二路入口通入空气。

[0009] 可选地,所述燃气轮机子系统包括:压气机(201)、燃烧室(202)、燃气透平(203)、第一发电机(204)以及烟气混合器(205);

[0010] 所述压气机(201)通过所述燃烧室(202)与所述燃气透平(203)连接;所述压气机(201)、所述燃气透平(202)和所述第一发电机(204)共轴连接,通过所述第一发电机(204)进行电输出;所述空气换热器(105)的第二路出口与所述烟气混合器(205)的第一路入口连接;所述燃气透平(203)的出口与所述烟气混合器(205)的第二路入口连接。

[0011] 可选地,所述压气机(201)的入口通入空气;所述燃烧室(202)的入口通入甲烷。

[0012] 可选地,所述蒸汽循环子系统包括:余热锅炉、汽轮机高压缸(306)、汽轮机中压缸(307)、汽轮机低压缸(308)、第二发电机(309)、给水换热器(310)、凝汽器(311)、低压给水泵(312)、中压给水泵(313)、高压给水泵(314)、第一太阳能集热器(316)、第一给水混合器(317)、第二太阳能集热器(318)以及第二给水混合器(319);所述余热锅炉包括第一换热器组(301)、第一级高压省煤器(302)、第二换热器组(303)、第二级高压省煤器(304)和第三换热器组(305);所述第一换热器组(301)由低压省煤器、低压蒸发器组成;所述第二换热器组(303)由中压省煤器、中压蒸发器、低压过热器组成;所述第三换热器组(305)由中压过热器、高压蒸发器、再热器和高压过热器组成;

[0013] 所述烟气混合器(205)的出口与所述余热锅炉的入口连接;所述第三换热器组(305)的高压过热器出口与所述汽轮机高压缸(306)的第一路入口连接;所述汽轮机高压缸(306)的出口与所述第三换热器组(305)的再热器入口连接;所述第三换热器组(305)的再热器出口与所述汽轮机中压缸(307)的入口连接;所述汽轮机中压缸(307)的第一路出口与所述汽轮机低压缸(308)的入口连接,所述汽轮机中压缸(307)的第二路出口与所述给水换热器(310)的第一路入口连接;所述给水换热器(310)的第二路入口接入常温水;所述给水换热器(310)的第一路出口与所述低压给水泵(312)的入口连接;所述给水换热器(310)的第二路出口进行热输出;所述汽轮机高压缸(306)、所述汽轮机中压缸(307)、所述汽轮机低压缸(308)以及所述第二发电机(309)共轴连接,通过所述第二发电机(209)进行电输出;所述汽轮机低压缸(308)的出口与所述凝汽器(311)的入口连接;所述凝汽器(311)的出口与所述低压给水泵(312)的入口连接;所述低压给水泵(312)的出口与所述第一换热器组(301)的低压省煤器入口连接;

[0014] 所述第二换热器组(303)的低压过热器出口与所述汽轮机低压缸(308)的入口连接;所述第一换热器组(301)的低压省煤器出口中的第一路与所述高压给水泵(314)的入口连接;所述高压给水泵(314)的第一路出口与所述第一级高压省煤器(302)的第一路入口连接;所述第一换热器组(301)的低压省煤器出口中的第二路通过所述中压给水泵(313)与所述第二换热器组(303)的中压省煤器入口连接;

[0015] 所述高压给水泵(314)的第二路出口与所述第一太阳能集热器(316)的入口连接;所述第一太阳能集热器(316)的出口与所述第一给水混合器(317)的第一路入口连接;所述第一级高压省煤器(302)的第二路出口与所述第一给水混合器(317)的第二路入口连接;所述第一给水混合器(317)的第一路出口与所述第二太阳能集热器(318)的入口连接;所述第二太阳能集热器(318)的出口与所述第二给水混合器(319)的第一路入口连接;所述第一给

水混合器(317)的第二路出口与所述第二级高压省煤器(304)的第二路入口连接;所述第二级高压省煤器(304)的第二路出口与所述第二给水混合器(319)的第二路入口连接;所述第二给水混合器(319)的出口与所述第三换热器组(305)的高压蒸发器入口连接。

[0016] 可选地,所述第一太阳能集热器(316)和所述第二太阳能集热器(318)均为槽式太阳能集热器。

[0017] 可选地,所述双效吸收式溴化锂制冷子系统包括:双效吸收式溴化锂制冷机(315);

[0018] 所述第一换热器组(301)的低压蒸发器出口中的第一路与所述双效吸收式溴化锂制冷机(315)的第一路入口连接;所述双效吸收式溴化锂制冷机(315)的第一路出口与所述第一换热器组(301)的低压省煤器入口中的第二路连接;所述双效吸收式溴化锂制冷机(315)的第二路入口连接冷冻水进水;所述双效吸收式溴化锂制冷机(315)的第二路出口进行冷输出。

[0019] 根据本实用新型提供的具体实施例,本实用新型公开了以下技术效果:

[0020] 本实用新型提供了一种集成燃料电池与太阳能的联合循环冷热电联供系统,包括:固体氧化物燃料电池子系统、太阳能热互补燃气蒸汽联合循环子系统以及双效吸收式溴化锂制冷子系统;所述太阳能热互补燃气蒸汽联合循环子系统包括燃气轮机子系统和蒸汽循环子系统;所述燃气轮机子系统分别与所述固体氧化物燃料电池子系统和所述蒸汽循环子系统连接;所述蒸汽循环子系统还与所述双效吸收式溴化锂制冷子系统连接。所述固体氧化物燃料电池子系统能够进行发电和补燃,将燃料电池用于发电,然后利用燃料电池排放的高温废气作为补燃气体,与燃气轮机子系统排气混合后共同驱动蒸汽循环子系统工作,能够有效利用高温燃料电池产生的废热,减少系统中的能量损失;所述太阳能热互补燃气蒸汽联合循环子系统能够进行发电以及向用户侧提供热负荷,所述双效吸收式溴化锂制冷子系统能够向用户侧提供冷负荷,在满足用户冷、热、电多种用能需求的情况下减少了系统的能量损失,提高了系统的做功能力。

附图说明

[0021] 为了更清楚地说明本实用新型实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本实用新型的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0022] 图1为本实用新型一种集成燃料电池与太阳能的联合循环冷热电联供系统的结构示意图。

具体实施方式

[0023] 下面将结合本实用新型实施例中的附图,对本实用新型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实用新型一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本实用新型中的实施例,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,都属于本实用新型保护的范围。

[0024] 本实用新型的目的是提供一种集成燃料电池与太阳能的联合循环冷热电联供系

统,以在满足用户冷、热、电多种用能需求的情况下减少系统的能量损失,提高系统的做功能力。

[0025] 为使本实用新型的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本实用新型作进一步详细的说明。

[0026] 图1为本实用新型一种集成燃料电池与太阳能的联合循环冷热电联供系统的结构示意图,如图1所示,所述集成燃料电池与太阳能的联合循环冷热电联供系统(简称联供系统)包括:固体氧化物燃料电池子系统、太阳能热互补燃气蒸汽联合循环子系统以及双效吸收式溴化锂制冷子系统,各子系统之间通过管路和阀门进行连接。所述太阳能热互补燃气蒸汽联合循环子系统包括燃气轮机子系统和蒸汽循环子系统;所述燃气轮机子系统分别与所述固体氧化物燃料电池子系统和所述蒸汽循环子系统连接;所述蒸汽循环子系统还与所述双效吸收式溴化锂制冷子系统连接。

[0027] 所述固体氧化物燃料电池子系统用于发电和补燃,采用固体氧化物燃料电池(Solid Oxide Fuel Cell, SOFC)用于发电,然后利用燃料电池排放的高温废气作为补燃气体,与燃气轮机子系统排气在烟气混合器205中混合后共同驱动太阳能热互补燃气蒸汽联合循环子系统中的蒸汽循环子系统工作。

[0028] 所述太阳能热互补燃气蒸汽联合循环子系统用于发电以及向用户侧提供热负荷。其中太阳能热互补燃气蒸汽联合循环子系统中的燃气轮机子系统主要用来发电,燃气轮机子系统排气用来驱动太阳能热互补燃气蒸汽联合循环子系统中的蒸汽循环子系统,采用太阳能集热器替代余热锅炉中第一级高压省煤器和第二级高压省煤器的部分热负荷,当太阳能辐照强度达到一定程度时,太阳能集热器开始工作,余热锅炉中的循环工质量增多,从而提高汽轮机发电量;同时本系统从余热锅炉中的汽轮机中压缸排汽处抽汽,用以加热生活热水,向用户侧输出热负荷。

[0029] 所述双效吸收式溴化锂制冷子系统用于向用户侧提供冷负荷。

[0030] 具体地,参见图1,所述固体氧化物燃料电池子系统包括:气体混合器101、气体换热器102、燃料电池阳极103、气体分离器104、空气换热器105、燃料电池阴极106、直流交流转换器107以及燃料电池后燃室108。在实际应用中,所述燃料电池为固体氧化物燃料电池。

[0031] 其中,所述气体混合器101的第二路入口通入甲烷;所述气体混合器101的第三路入口通入二氧化碳;所述气体混合器101的出口与所述气体换热器102的第一路入口连接;所述气体换热器102的第一路出口与所述燃料电池阳极103的入口连接;所述燃料电池阳极103的出口与所述气体分离器104的入口连接;所述气体分离器104的第一路出口与所述气体混合器101的第一路入口连接,所述气体分离器104的第二路出口与所述燃料电池后燃室108的第一路入口连接;所述空气换热器105的第一路出口与所述燃料电池阴极106的入口连接;所述燃料电池阴极106的出口与所述燃料电池后燃室108的第二路入口连接;所述燃料电池的出口通过所述直流交流转换器107进行电输出;所述燃料电池后燃室108的出口与所述气体换热器102的第二路入口连接;所述气体换热器102的第二路出口与所述空气换热器105的第一路入口连接;所述空气换热器105的第二路入口通入空气;所述空气换热器105的第二路出口与所述燃气轮机子系统的烟气混合器205连接。

[0032] 所述固体氧化物燃料电池子系统的高温燃料电池具有清洁高效的工作特点,发电效率理论上可以达到50%以上,电池排出的废气温度较高,具有较高的利用价值且易于

与传统动力系统集成。此外固体氧化物燃料电池使用固体陶瓷作为电解质、阴极和阳极材料,可以避免燃料电池电解液流失和热腐蚀等问题,且固体氧化物燃料电池具有高效发电、清洁、燃料利用灵活等优点。

[0033] 所述太阳能热互补燃气蒸汽联合循环子系统是将太阳能引入高效的联合循环系统中,从而提高太阳能的光电转化效率、节约成本、减少化石能源消耗。

[0034] 参见图1,所述太阳能热互补燃气蒸汽联合循环系统中的所述燃气轮机子系统包括:压气机201、燃烧室202、燃气透平203、第一发电机204以及烟气混合器205。

[0035] 其中,所述压气机201通过所述燃烧室202与所述燃气透平203连接;所述压气机201的入口通入空气;所述燃烧室202的入口通入甲烷。所述压气机201、所述燃气透平202和所述第一发电机204共轴连接,通过所述第一发电机204进行电输出,即进行发电。所述空气换热器105的第二路出口与所述烟气混合器205的第一路入口连接;所述燃气透平203的出口与所述烟气混合器205的第二路入口连接。

[0036] 所述太阳能热互补燃气蒸汽联合循环系统中的所述蒸汽循环子系统包括:余热锅炉(其包括第一换热器组301、第一级高压省煤器302、第二换热器组303、第二级高压省煤器304、第三换热器组305)、汽轮机高压缸306、汽轮机中压缸307、汽轮机低压缸308、第二发电机309、给水换热器310、凝汽器311、低压给水泵312、中压给水泵313、高压给水泵314、第一太阳能集热器316、第一给水混合器317、第二太阳能集热器318以及第二给水混合器319。所述第一换热器组301由低压省煤器、低压蒸发器组成;所述第二换热器组303由中压省煤器、中压蒸发器、低压过热器组成;所述第三换热器组305由中压过热器、高压蒸发器、再热器和高压过热器组成。在实际应用中,第一换热器组301、第一级高压省煤器302、第二换热器组303、第二级高压省煤器304、第三换热器组305通常为余热锅炉的组成部分。

[0037] 其中,所述烟气混合器(205)的出口与所述余热锅炉的入口连接;所述余热锅炉中流经水、汽水混合物或蒸汽。所述第三换热器组305的高压过热器出口与所述汽轮机高压缸306的第一路入口连接;所述汽轮机高压缸306的出口与所述第三换热器组305的再热器入口连接;所述第三换热器组305的再热器出口与所述汽轮机中压缸307的入口连接;所述汽轮机中压缸307的第一路出口与所述汽轮机低压缸308的入口连接,所述汽轮机中压缸307的第二路出口与所述给水换热器310的第一路入口连接;所述给水换热器310的第二路入口接入常温水;所述给水换热器310的第一路出口与所述低压给水泵312的入口连接。所述给水换热器310的第二路出口进行热输出,即产生热水作为热负荷。所述汽轮机高压缸306、所述汽轮机中压缸307、所述汽轮机低压缸308以及所述第二发电机309共轴连接,通过所述第二发电机209进行电输出;所述汽轮机低压缸308的出口与所述凝汽器311的入口连接;所述凝汽器311的出口与所述低压给水泵312的入口连接;所述低压给水泵312的出口与所述第一换热器组301的低压省煤器入口连接。

[0038] 所述第二换热器组303的低压过热器出口与所述汽轮机低压缸308的入口连接;所述第一换热器组301的低压省煤器出口中的第一路与所述高压给水泵314的入口连接;所述高压给水泵314的第一路出口与所述第一级高压省煤器302的第一路入口连接;所述第一换热器组301的低压省煤器出口中的第二路通过所述中压给水泵313与所述第二换热器组303的中压省煤器入口连接。

[0039] 所述高压给水泵314的第二路出口与所述第一太阳能集热器316的入口连接;所述

第一太阳能集热器316的出口与所述第一给水混合器317的第一路入口连接;所述第一级高压省煤器302的第二路出口与所述第一给水混合器317的第二路入口连接;所述第一给水混合器317的第一路出口与所述第二太阳能集热器318的入口连接;所述第二太阳能集热器318的出口与所述第二给水混合器319的第一路入口连接;所述第一给水混合器317的第二路出口与所述第二级高压省煤器304的第二路入口连接;所述第二级高压省煤器304的第二路出口与所述第二给水混合器319的第二路入口连接;所述第二给水混合器319的出口与所述第三换热器组305的高压蒸发器入口连接。

[0040] 所述第一换热器组301、第一级高压省煤器302、第二换热器组303、第二级高压省煤器304、第三换热器组305按照一定位置排列,烟气自烟气混合器205出口流经所述第一换热器组301、第一级高压省煤器302以及第二换热器组303。图1中第一换热器组301、第一级高压省煤器302、第二换热器组303、第二级高压省煤器304、第三换热器组305之间的箭头表示的是烟气方向,换热器由管道组成,汽水在管道中流动,烟气流经管道外表面。所述汽轮机高压缸(306)的出口与所述第三换热器组(305)的再热器入口连接。

[0041] 其中,所述第一太阳能集热器316和所述第二太阳能集热器318均为槽式太阳能集热器。

[0042] 参见图1,所述双效吸收式溴化锂制冷子系统包括:双效吸收式溴化锂制冷机315。其中,所述第一换热器组301的低压蒸发器出口中的第一路与所述双效吸收式溴化锂制冷机315的第一路入口连接;所述双效吸收式溴化锂制冷机315的第一路出口与所述第一换热器组301的低压省煤器入口中的第二路连接;所述双效吸收式溴化锂制冷机315的第二路入口连接冷冻水进水;所述双效吸收式溴化锂制冷机315的第二路出口进行冷输出,即产生冷冻水出水作为冷负荷。

[0043] 参见图1,本实用新型所述集成燃料电池与太阳能的联合循环冷热电联供系统的工作过程描述如下。

[0044] 甲烷分别送入固体氧化物燃料电池子系统的气体混合器101以及燃气轮机子系统的燃烧室202中,固体氧化物燃料电池发生电化学反应从而发电;甲烷在燃气轮机子系统的燃烧室202中燃烧,燃烧室202排气驱动燃气透平203工作发电,由第一发电机204进行电输出。固体氧化物燃料电池排气与燃气透平203排气混合后驱动太阳能热互补燃气蒸汽联合循环子系统系统中的蒸汽循环子系统。所述蒸汽循环子系统以余热锅炉为受热面载体,采用第一、第二太阳能集热器316、318替代余热锅炉中第一级高压省煤器302和第二级高压省煤器304的部分热负荷,当太阳能辐照强度达到一定程度时,太阳能集热器316、318开始工作,余热锅炉中的循环工质量增多,从而提高汽轮机306、307、308的发电量;同时本联供系统分别从余热锅炉中的第一换热器组(也称低压汽包)301和汽轮机中压缸307排汽处抽汽,用以驱动双效吸收式溴化锂制冷机315工作和加热生活热水,向用户侧输出冷负荷(冷冻水出水)和热负荷(热水)。

[0045] 具体地,当所述联供系统工作在一定太阳能辐射强度下时,所述高压给水泵314出口处的给水分成两条线路,在一条线路中,高压给水泵314出口给水进入第一太阳能集热器316中吸收太阳光热能,当第一太阳能集热器316出口给水温度与第一级高压省煤器302出口给水温度相同时,第一太阳能集热器316出口给水与第一级高压省煤器302出口给水进入所述第一给水混合器317中进行混合。所述第一给水混合器317出口处的给水分成两条线

路,在一条线路中,第一给水混合器317出口给水进入第二太阳能集热器318中吸收太阳光热能,当第二太阳能集热器318出口给水温度与第二级高压省煤器304出口给水温度相同时,第二太阳能集热器318出口给水与第二级高压省煤器304出口给水进入所述第二给水混合器319中混合后进入所述由中压过热器、高压蒸发器、再热器和高压过热器组成的第三换热器组305的高压蒸发器中。

[0046] 当太阳能辐照强度不足时,联供系统通过燃烧甲烷维持正常工作状态,燃料电池、燃气透平203和蒸汽透平(包括汽轮机高压缸306、汽轮机中压缸307、汽轮机低压缸308)正常发电,同时双效吸收式溴化锂制冷机315和给水换热器310向用户侧提供冷负荷和加热生活热水。

[0047] 本实用新型公开的一种集成燃料电池与太阳能的联合循环冷热电联供系统,该联供系统包含固体氧化物燃料电池(SOFC)子系统、太阳能热互补燃气蒸汽联合循环(ISCC)子系统和双效吸收式溴化锂制冷子系统。该联供系统首先利用固体氧化物燃料电池产生的高温尾气预热进入燃料电池阴极的空气,然后与燃气轮机子系统排气混合后一起进入余热锅炉中;以余热锅炉作为余热回收载体,利用太阳能替代余热锅炉中第一级高压省煤器和第二级高压省煤器的部分热负荷,增大底循环的做功能力。为了充分满足用户冷、热负荷需求,本联供系统从余热锅炉的低压汽包处抽取部分蒸汽,利用这股蒸汽驱动双效吸收式溴化锂制冷系统工作。此外,本联供系统在中压缸排汽处抽取部分蒸汽,利用这股蒸汽加热生活热水。因此,本实用新型提供的所述联供系统在满足用户冷、热、电的多种用能需求的同时,能够有效利用高温燃料电池产生的废热,减少系统中的能量损失;并且高效利用可再生能源—太阳能,提高系统的做功能力。

[0048] 下面提供一个具体实施例说明本实用新型提供的所述联供系统的技术效果。该实施例中,燃料选用西气东输天然气,天气数据选用拉萨某一典型日数据;表1列出了所述联供系统的热力学分析基础数据。

[0049] 表1联供系统热力学分析基础数据

[0050]

项目	名称	数据	单位
能量输入	压气机	252.98	MW
	太阳能镜场	44156	kW
	双效吸收式溴化锂制冷子系统	6903.7	kW
	给水泵	2056.68	kW
能量输出	固体氧化物燃料电池	87.92	MW
	燃气透平	252.54	MW
	蒸汽透平	157.89	MW
	生活热水	64712.91	kW
	冷冻水	7501.86	kW
	制冷系数	1.09	
	能量效率	61.9	%
	炯效率	52.61	%

[0051] 由表1可知,所述联供系统在拉萨某一典型日稳定工况下运行时,考虑太阳能输入热量,其能量效率达61.9%,炯效率为52.61%。

[0052] 本实用新型公开的一种集成燃料电池与太阳能的联合循环冷热电联供系统,针对传统热电联产系统热力学优势不足的现状,提出在系统中耦合高温固体氧化物燃料电池的方式,由于燃料电池排气温度与燃气轮机排气温度相当,因此将二者进行混合后通向余热锅炉中可以保证能量的梯级利用,不仅有效利用了固体氧化物燃料电池的高温废热,还减少了系统中的能量损失。所述联供系统结构合理耦合槽式太阳能集热器,利用太阳能集热器替代余热锅炉的部分热负荷,提高了余热锅炉的烟气利用率,增大了蒸汽循环子系统的发电量,进一步提高了系统的做功能力。因此与传统的集成方式相比,本实用新型提供的联供系统具有显著的热力学优势。

[0053] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。

[0054] 本文中应用了具体个例对本实用新型的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本实用新型的控制方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本实用新型的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。综上所述,本说明书内容不应理解为对本实用新型的限制。

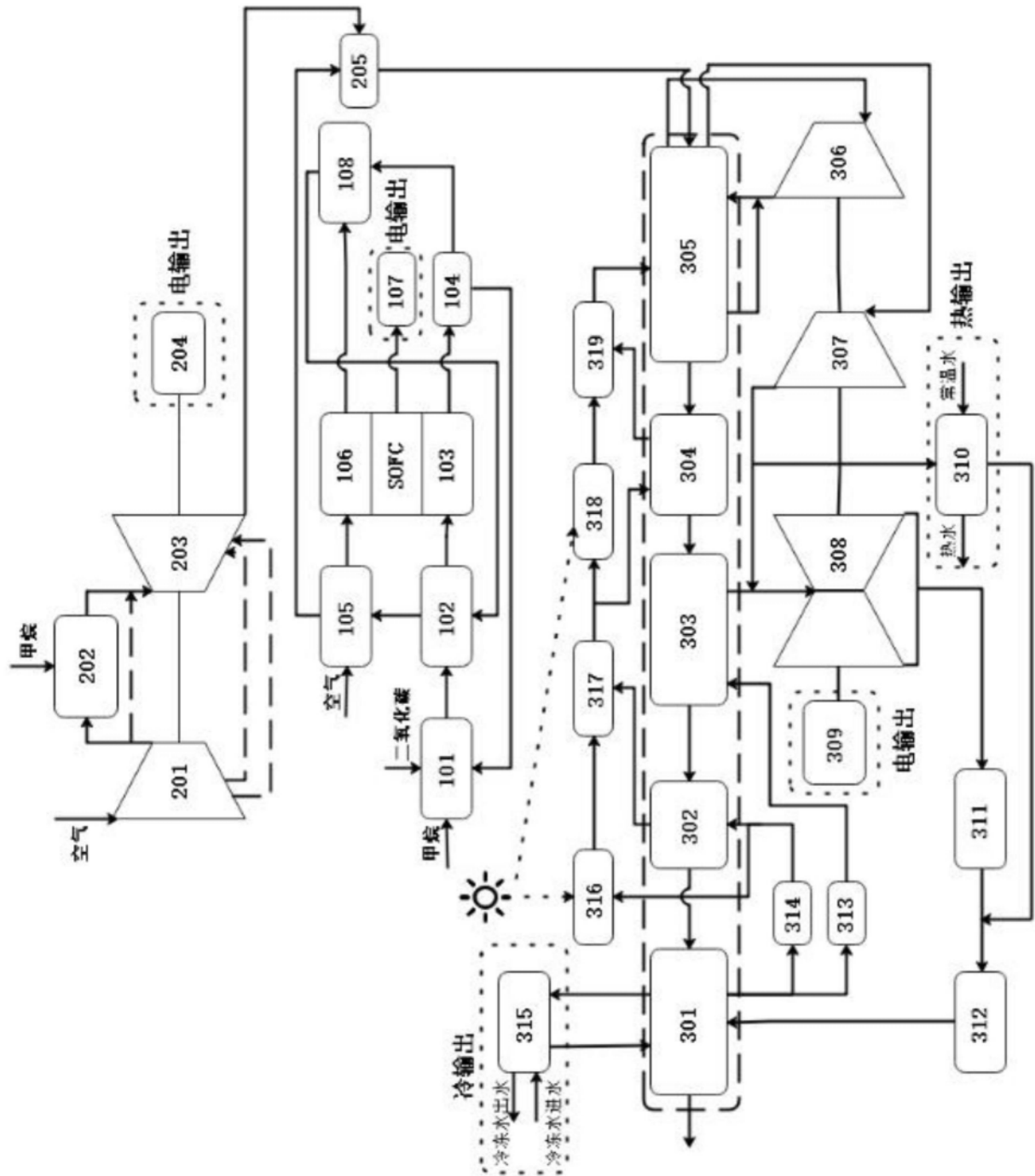


图1