



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103613153 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 02

(21) 申请号 201310655712. 2

(22) 申请日 2013. 12. 06

(73) 专利权人 上海电站辅机厂有限公司

地址 200090 上海市杨浦区杨树浦路 2200 号

(72) 发明人 樊智锋 张勇 李海红 曹开智

(74) 专利代理机构 上海申汇专利代理有限公司
31001

代理人 翁若莹

CN 201704093 U, 2011. 01. 12, 全文.
CN 101172672 A, 2008. 05. 07, 全文.
CN 102616875 A, 2012. 08. 01, 全文.
CN 102777875 A, 2012. 11. 14, 全文.
CN 103351034 A, 2013. 10. 16, 全文.
KR 10-1241142 B1, 2013. 03. 19, 全文.
WO 2011/148422 A1, 2011. 12. 01, 全文.
孙琳等. CPR1000 核电蒸汽转换器系统
(STR) 设计特点. 《科技信息》. 2010, (第 33 期),

审查员 王静

(51) Int. Cl.

C02F 1/04(2006. 01)

G21D 9/00(2006. 01)

C02F 103/08(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101049999 A, 2007. 10. 10, 说明书第 1 页
第 2 段至第 5 页最后 1 段及图 3.

CN 102267733 A, 2011. 12. 07, 说明书第
0006-0020 段及图 1.

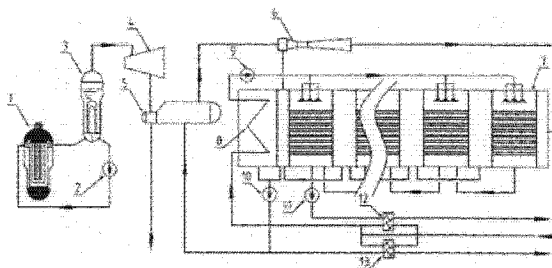
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54) 发明名称

一种核电与低温多效海水淡化耦合联产的系统

(57) 摘要

本发明公开了一种核电与低温多效海水淡化耦合联产的系统,属于核能利用与低温多效海水淡化技术领域。本系统包括小型核反应堆,蒸汽发生器,汽轮机,蒸汽转换器,蒸汽热压缩机,低温多效蒸发器以及辅助设备。本系统中,核反应堆提供能量,驱动蒸汽发生器产生高压蒸汽,高压蒸汽进入汽轮机做功发电,同时从汽轮机中抽出部分蒸汽供给蒸汽转换器,蒸汽转换器利用蒸汽热量加热内部除盐水产出二次蒸汽,二次蒸汽驱动蒸汽热压缩机和低温多效海水淡化系统产出淡水。本发明具有核能利用安全性高,淡化产水水质好,水电联产经济性好等优点。



1. 一种核电与低温多效海水淡化耦合联产的系统,其特征在于,包括小型核反应堆(1)与蒸汽发生器(3)及循环泵(2)依次相连构成的主回路;蒸汽发生器(3)的壳程出口与汽轮机(4)连接,汽轮机(4)的抽汽口与蒸汽转换器(5)的管程进口连接,蒸汽转换器(5)的管程出口连接凝结水后续处理设备,蒸汽转换器(5)上部壳程出口与热蒸汽压缩机(6)的动力蒸汽进口连接;热蒸汽压缩机(6)吸入口与低温多效蒸发器(7)任意一个中间效或未效相接,热蒸汽压缩机(6)的出口连接低温多效蒸发器(7)的首效管程进口;产品水泵(10)的进口与低温多效蒸发器(7)的末效产品水侧连接,产品水泵(10)的出口分别连接蒸汽转换器(5)的壳程进口、产品水冷却器(13);浓盐水泵(11)的进口与低温多效蒸发器(7)的末效浓盐水侧连接,浓盐水泵(11)的出口与海水预热器(12)连接;冷凝器(8)的进口连接原海水供水管道,冷凝器(8)的出口与物料水泵(9)的进口相连,物料水泵(9)的出口与低温多效蒸发器(7)的各效进水口连接;原海水供水管道的支路分别与海水预热器(12)和产品水冷却器(13)的进口相连接。

一种核电与低温多效海水淡化耦合联产的系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种核电与低温多效海水淡化耦合联产的系统,属于核能利用与低温多效海水淡化技术领域。

背景技术

[0002] 海水淡化是解决 21 世纪全球淡水危机的重要途径,但就目前来讲,其仍属于能源密集型产业。目前大规模成熟商用的海水淡化过程主要包括多级闪蒸、多效蒸发和反渗透。多级闪蒸和多效蒸发需要消耗大量的热能和少量的电能,而膜法则需要消耗更多的电能。采用传统的化石燃料,产出热能和电能,用以进行海水淡化,这一过程势必会向外释放大量的温室气体,对全球生态环境产生负面影响。海水淡化需要新型能源的助推,才能获得更广阔的应用。

[0003] 核能发电作为新型清洁能源的典范,已经得到国内外长时间商业应用的验证。国际上许多国家进行了核电与海水淡化耦合联产的技术研究,并且在一些工程中得到了应用。最早的核电海水淡化耦合项目是哈萨克斯坦的 Shevchenko 电站(1973-1999),系统由 BN-350 反应堆、化石燃料电站和多效蒸发海水淡化装置组成,产出的淡水可作为工业用水和饮用水。1978 年,Ohl 电站顺利投运,成为日本第一个核电与海水淡化耦合联产的项目,系统包括一台 1175MW(e)PWR 反应堆和一台产水 1300 吨/天的多级闪蒸海水淡化装置。巴基斯坦的 KANUOPP 电站是较早利用核电与反渗透海水淡化装置耦合联产的项目,系统包括一台 137MW(e)PHWR 反应堆和两套产水 227 吨/天的反渗透海水淡化装置,最终产水水质符合 WHO 饮用水标准要求。

[0004] 伴随着核电技术和海水淡化技术的不断革新,在耦合系统中,不论是单项技术还是耦合工艺都获得了长足的进步。核电技术逐渐形成向小型核反应堆发展的趋势,同时低温多效海水淡化技术逐步发展成熟,成为公认的节能型海水淡化技术之一,而在如何实现核能和海水淡化两种系统的高效率耦合,以及如何提高核能海水淡化制水安全性等方面仍有一些问题亟待解决。

发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是提出一种核电与低温多效海水淡化耦合联产的系统,采用效率和安全性更高的小型核反应堆,配合技术成熟的热压缩低温多效海水淡技术,提升了能量和资源的利用效率,发电和制水系统间采用蒸汽转换器进行衔接,有效隔绝核电蒸汽进入淡水系统,保证海水淡化系统的制水安全性。

[0006] 为了解决上述技术问题,本发明提供了一种核电与低温多效海水淡化耦合联产的系统,其特征在于,包括小型核反应堆与蒸汽发生器及循环泵依次相连构成的主回路;蒸汽发生器的壳程出口与汽轮机连接,汽轮机的抽汽口与蒸汽转换器的管程进口连接,蒸汽转换器的管程出口连接凝结水后续处理设备,蒸汽转换器上部壳程出口与热蒸汽压缩机的动力蒸汽进口连接;热蒸汽压缩机吸入口与低温多效蒸发器任意一个中间效或末效相接,热

蒸汽压缩机的出口连接低温多效蒸发器的首效管程进口；产品水泵的进口与低温多效蒸发器的末效产品水侧连接，产品水泵的出口分别连接蒸汽转换器的壳程进口、产品水冷却器；浓盐水泵的进口与低温多效蒸发器的末效浓盐水侧连接，浓盐水泵的出口与海水预热器连接；冷凝器的进口连接原海水供水管道，冷凝器的出口与物料水泵的进口相连，物料水泵的出口与低温多效蒸发器的各效进水口连接；原海水供水管道的支路分别与海水预热器和产品水冷却器的进口相连接。

[0007] 本发明的优点在于，小型核反应堆规模灵活，能源利用效率高，安全可靠；蒸汽转换器作为安全隔离措施，降低核电蒸汽进入海水淡化系统的可能性；低温多效海水淡化技术成熟，并且配置热蒸汽压缩机，提高了海水淡化的能量循环利用率，产水品质高；整个系统依托清洁能源，依据能源等级实现梯级利用，体现出优良的电水联产经济性。

附图说明

[0008] 图 1 为本发明提供的一种核电与低温多效海水淡化耦合联产的系统的结构示意图。

具体实施方式

[0009] 为使本发明更明显易懂，兹以优选实施例，并配合附图作详细说明如下。

[0010] 实施例

[0011] 如图 1 所示，为本发明提供的一种核电与低温多效海水淡化耦合联产的系统的结构示意图，包括小型核反应堆 1 与蒸汽发生器 3 及循环泵 2 依次相连构成的主回路；蒸汽发生器 3 的壳程出口与汽轮机 4 连接，汽轮机 4 的抽汽口与蒸汽转换器 5 的管程进口连接，蒸汽转换器 5 的管程出口连接凝结水后续处理设备，蒸汽转换器 5 上部壳程出口与热蒸汽压缩机 6 的动力蒸汽进口连接；热蒸汽压缩机 6 吸入口与低温多效蒸发器 7 任意一个中间效或末效相接，热蒸汽压缩机 6 的出口连接低温多效蒸发器 7 的首效管程进口；产品水泵 10 的进口与低温多效蒸发器 7 的末效产品水侧连接，产品水泵 10 的出口分别连接蒸汽转换器 5 的壳程进口、产品水冷却器 13；浓盐水泵 11 的进口与低温多效蒸发器 7 的末效浓盐水侧连接，浓盐水泵 11 的出口与海水预热器 12 连接；冷凝器 8 的进口连接原海水供水管道，冷凝器 8 的出口与物料水泵 9 的进口相连，物料水泵 9 的出口与低温多效蒸发器 7 的各效进水口连接；原海水供水管道的支路分别与海水预热器 12 和产品水冷却器 13 的进口相连接。

[0012] 以 8 效末效抽汽的热压缩低温多效海水淡化工艺为例，首先采用 10MW 的小型核反应堆 1 向主回路中蒸汽发生器 3 提供能量，蒸汽发生器 3 产出高压蒸汽，这部分高压蒸汽进入汽轮机 4，驱动汽轮机 4 带动发电设备进行发电，同时由汽轮机 4 中压缸抽出蒸汽（压力 0.4MPa，温度 235℃）进入蒸汽转换器 5，加热蒸汽转换器 5 壳程中的除盐水产出二次蒸汽（压力 0.3MPa，饱和蒸汽），二次蒸汽作为动力蒸汽进入热蒸汽压缩机 6，引射低温多效蒸发器 7 末效壳程蒸汽，两股蒸汽混合经过适当的减温后，以小于 70℃ 的温度作为加热蒸汽进入低温多效蒸发器 7 首效管程，原海水经过海水预热器 12、产品水冷却器 13 和冷凝器 8 的预热后由物料水泵 9 输送到低温多效蒸发器 7 的各蒸发效物料水进口，进行低温多效海水淡化过程。一台单机容量为 10000 吨 / 天的低温多效海水淡化装置造水比可以达到 10 以上，产品水 TDS 小于 10mg/L，电水联产的综合经济性得到显著提升，制水成本降低 10% 以

上。

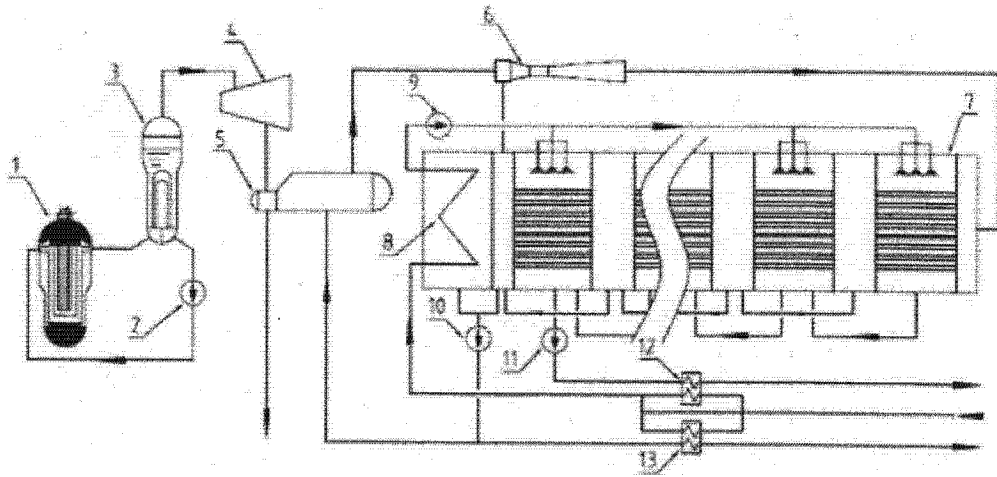


图 1