

1. 一种核电站结合燃气轮机的电水联产系统,其特征在於:它包括核电站二回路系统、燃气轮发电机组、湿燃气再热器、海水淡化装置、气水分离器、排水冷却器、压缩机、回注蒸汽管道、湿燃气管道、原海水管道;所述的核电站二回路系统由核岛、高压缸、低压缸、凝汽器、给水泵及多条管道组成并形成一個工质循环回路,高压缸和低压缸之间由再热蒸汽管道进行连接,凝汽器、给水泵、核岛之间由给水管进行连接;所述的燃气轮发电机组由压气机、燃烧室、燃气轮机及多条管道连接而成,压气机设有空气进口,燃烧室设有蒸汽注入入口和燃料注入入口,燃气轮机设有排气口并与湿燃气管道连接;所述的湿燃气管道依次与燃气轮发电机组的燃气轮机、湿燃气再热器、海水淡化装置、气水分离器相连接;所述的湿燃气再热器布置在核电站二回路系统的再热蒸汽管道上,湿燃气再热器的管程与再热蒸汽管道相连接,湿燃气再热器的壳程进口通过湿燃气管道与燃气轮机的排气口连接;所述的海水淡化装置为低温多效蒸发装置,该海水淡化装置首效装置设有热源管道进口、热源管道出口,各效装置设有海水进口,除首效外各效装置设有淡水出口,末效装置设有排污水出口、二次蒸汽出口,热源管道进口通过湿燃气管道与湿燃气再热器的壳程出口连接,各效淡水出口和末效排污水出口通过管道与外界连通,末效二次蒸汽出口通过管道与核电站二回路系统的凝汽器壳侧相连接;所述的气水分离器的进口通过湿燃气管道与海水淡化装置的热源管道出口连接,气水分离器的顶部设有排气口,底部设有排水口;所述的排水冷却器布置在核电站二回路系统的给水管道上,排水冷却器的管程与给水管相连接,排水冷却器的壳程进口与汽水分离器的排水口通过管道连接,排水冷却器的壳程出口与外界连通;所述的压缩机布置在回注蒸汽管道上;所述的回注蒸汽管道的一端与处于湿燃气再热器和低压缸之间的再热蒸汽管道相连接,另一端与燃气轮发电机组的燃烧室的蒸汽注入入口相连接,回注蒸汽管道在压缩机的前端管道上设有流量调节阀;所述的原海水管道螺旋或曲折穿过核电站二回路系统的凝汽器后与海水淡化装置各效装置的海水进口相连接。

2. 根据权利要求1所述的核电站结合燃气轮机的电水联产系统,其特征在於:所述的燃气轮机的排气温度在 $400\sim 600^{\circ}\text{C}$ 之间;所述的湿燃气再热器的水蒸气出口温度在 $350\sim 550^{\circ}\text{C}$ 之间,湿燃气再热器的湿燃气出口温度在 $200\sim 250^{\circ}\text{C}$ 之间;所述的海水淡化装置的热源管道出口温度在 $80\sim 100^{\circ}\text{C}$ 之间。

3. 一种根据权利要求1所述的核电站结合燃气轮机的电水联产系统进行电水联产的方法,其特征在於:包括以下过程:

1) 在核电站二回路系统中,从高压缸中排出较大湿度的排汽,该排汽经过湿燃气再热器重新被加热,排汽中的小水滴吸热蒸发重新变成蒸汽,排汽湿度降为零变为干饱和蒸汽并进一步吸热形成过热蒸汽;大部分过热蒸汽进入低压缸做功发电,小部分过热蒸汽流经回注蒸汽管道被压缩机压缩后进入燃气轮发电机组的燃烧室;

2) 燃气轮发电机组的燃烧室内天然气燃烧形成的烟气与注入的水蒸汽混合形成湿燃气,湿燃气进入燃气轮机做功发电后排出并进入湿燃气管道,湿燃气排气依次经过湿燃气再热器的壳程和海水淡化装置的热源管道进行放热,湿燃气排气中的大部分水蒸气发生冷凝,最后湿燃气排气进入气水分离器进行分离,烟气从气水分离器顶部排出,凝结水从气水分离器底部排出,该凝结水通过排水冷却器进一步放热后进行回收,核电站二回路系统的凝结水经过排水冷却器吸热后温度升高;

3) 原海水经过核电站二回路系统的凝汽器吸热后变成预热海水,再进入海水淡化装置

发生蒸发冷凝过程形成淡水产品输出,海水淡化装置的末效二次蒸汽进入核电站二回路系统的凝汽器发生冷凝直接作为核电站的化学补充水。

核电站结合燃气轮机的电水联产系统及其方法

技术领域

[0001] 本发明属于发电技术领域和海水淡化技术领域,特别是涉及一种核电站结合燃气轮机的电水联产系统及其方法。

背景技术

[0002] 随着社会经济的发展,我国未来有可能同时面临能源危机和淡水危机。核电作为一种清洁能源,对于满足电力需求、优化能源结构、减少环境污染都具有重要意义,在国家相关政策下,目前我国的核电事业得到了蓬勃发展。从安全性出发,核电站的新蒸汽只能采用较低参数的饱和蒸汽,因此核电站的循环效率大约只有30%左右,远低于火电厂的循环效率。现代核电站汽轮机组都采用再热循环以提高安全性和经济性,由于核电站高压缸的排汽湿度较大,故在高低压缸之间设置汽水分离器和再热器,高压缸排汽首先进行汽水分离,然后进行再加热。再热方法有烟气再热和蒸汽再热两类,核电站从系统结构设计出发,只能采用蒸汽再热的方法。核电站利用新蒸汽或抽汽作为热源来加热再热蒸汽,与火电厂采用烟气再热的方法相比,再热后蒸汽温度较低,比再热用的热源温度还要低15~40℃,因此核电站再热循环的热经济性提高较少,仅约为2%~3%,与烟气再热提高热经济性6%~8%相比差距甚大。海水淡化是解决淡水危机的重要途径之一,由于海水淡化是能源密集型产业,用化石能源提供海水淡化动力不符合可持续发展的要求,实现可持续、无污染、同时解决能源和水资源短缺问题的最好方法是核能发电系统和海水淡化系统一体化。目前核电站海水淡化工程都是采用汽轮机抽汽或较高温度的排汽作为海水淡化设备的热源,这样必然引起抽汽的做功不足或新蒸汽的整机焓降减小,由此造成核电站的热经济性进一步降低。综合上述分析,如何进一步提高核电站的热经济性,同时避免投建海水淡化工程对核电站的热经济性造成影响,关键在于进行热源的重新选择,若采用合适的外加热源替代核电站自身的蒸汽用汽,则有利于解决上述的难题。高温的湿燃气是比较理想的外加热源,不仅可以用来提高核电站的再热蒸汽温度,同时具有较大的热流量和传热系数,也适合作为海水淡化的热源。如何获得高温的湿燃气,可以考虑将新型燃气轮机循环、核电站朗肯循环和海水淡化三者耦合起来,由核电站为燃气轮机提供适合参数的注入蒸汽,再将燃气轮机的高温湿排气进行梯级利用,作为核电站的再热热源和海水淡化工程的加热热源,不仅可以有效地提高核电站的热经济性,同时也提高燃气轮机循环的热效率,并最终提高电水联产系统的整体效率。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种核电站热经济性好、燃气轮机循环效率高、可提供电力和淡水的核电站结合燃气轮机的电水联产系统。

[0004] 本发明的另一个目的在于提供一种将新型燃气轮机循环、核电站朗肯循环、海水淡化三者耦合起来,具有高度集成化和显著经济效益的核电站结合燃气轮机的电水联产方法。

[0005] 本发明的目的是通过下述的技术方案加以实现的：

本发明是一种核电站结合燃气轮机的电水联产系统，它包括核电站二回路系统、燃气轮发电机组、湿燃气再热器、海水淡化装置、气水分离器、排水冷却器、压缩机、回注蒸汽管道、湿燃气管道、原海水管道。所述的核电站二回路系统由核岛、高压缸、低压缸、凝汽器、给水泵及多条管道组成并形成一工质循环回路，高压缸和低压缸之间由再热蒸汽管道进行连接，凝汽器、给水泵、核岛之间由给水管道进行连接；所述的燃气轮发电机组由压气机、燃烧室、燃气轮机及多条管道连接而成，压气机设有空气进口，燃烧室设有蒸汽注入入口和燃料注入入口，燃气轮机设有排气口并与湿燃气管道连接；所述的湿燃气管道依次与燃气轮发电机组的燃气轮机、湿燃气再热器、海水淡化装置、气水分离器相连接；所述的湿燃气再热器布置在核电站二回路系统的再热蒸汽管道上，湿燃气再热器的管程与再热蒸汽管道相连接，湿燃气再热器的壳程进口通过湿燃气管道与燃气轮机的排气口连接；所述的海水淡化装置为低温多效蒸发装置，该海水淡化装置首效装置设有热源管道进口、热源管道出口，各效装置设有海水进口，除首效外各效装置设有淡水出口，末效装置设有排污水出口、二次蒸汽出口，热源管道进口通过湿燃气管道与湿燃气再热器的壳程出口连接，各效淡水出口和末效排污水出口通过管道与外界连通，末效二次蒸汽出口通过管道与核电站二回路系统的凝汽器壳侧相通；所述的气水分离器的进口通过湿燃气管道与海水淡化装置的热源管道出口连接，气水分离器的顶部设有排气口，底部设有排水口；所述的排水冷却器布置在核电站二回路系统的给水管道上，排水冷却器的管程与给水管道相连接，排水冷却器的壳程进口与汽水分离器的排水口通过管道连接，排水冷却器的壳程出口与外界连通；所述的压缩机布置在回注蒸汽管道上；所述的回注蒸汽管道的一端与处于湿燃气再热器和低压缸之间的再热蒸汽管道相连接，另一端与燃气轮发电机组的燃烧室的蒸汽注入入口相连接，回注蒸汽管道在压缩机的前端管道上设有流量调节阀；所述的原海水管道螺旋或曲折穿过核电站二回路系统的凝汽器后与海水淡化装置各效装置的海水进口相连接。

[0006] 所述的燃气轮机的排气温度在400~600℃之间；所述的湿燃气再热器的水蒸气出口温度在350~550℃之间，湿燃气再热器的湿燃气出口温度在200~250℃之间；所述的海水淡化装置的热源管道出口温度在80~100℃之间。

[0007] 本发明通过了一种核电站结合燃气轮机的电水联产方法，它包括以下几个过程：

1) 在核电站二回路系统中，从高压缸中排出较大湿度的排汽，该排汽经过湿燃气再热器重新被加热，排汽中的小水滴吸热蒸发重新变成蒸汽，排汽湿度降为零变为干饱和蒸汽并进一步吸热形成过热蒸汽；大部分过热蒸汽进入低压缸做功发电，小部分过热蒸汽流经回注蒸汽管道被压缩机压缩后进入燃气轮发电机组的燃烧室；

2) 燃气轮发电机组的燃烧室内天然气燃烧形成的烟气与注入的水蒸汽混合形成湿燃气，湿燃气进入燃气轮机做功发电后排出并进入湿燃气管道，湿燃气排气依次经过湿燃气再热器的壳程和海水淡化装置的热源管道进行放热，湿燃气排气中的大部分水蒸气发生冷凝，最后湿燃气排气进入气水分离器进行分离，烟气从气水分离器顶部排出，凝结水从气水分离器底部排出，该凝结水通过排水冷却器进一步放热后进行回收，核电站二回路系统的凝结水经过排水冷却器吸热后温度升高；

3) 原海水经过核电站二回路系统的凝汽器吸热后变成预热海水，再进入海水淡化装置发生蒸发冷凝过程形成淡水产品输出，海水淡化装置的末效二次蒸汽进入核电站二回路系

统的凝汽器发生冷凝直接作为核电站的化学补充水。

[0008] 采用上述方案后,本发明具有以下几个优点:

1)核电站经济性提高。本发明采用燃气轮机的湿排气加热核电站的再热蒸汽,使再热蒸汽温度高达350~550℃,远高于目前再热方法的蒸汽温度极限值250℃,因此核电站的循环热效率大幅度提高。

[0009] 2)从核电站引出一股再热后过热蒸汽回注到燃气轮机的燃烧室内,降低了

燃烧污染物NO_x的排放,同时增加了工质的质量流量,提高了燃气轮机的输出功和效率。

[0010] 3)燃气轮机排出的湿燃气首先依次经过再热器、海水淡化装置进行热量回收,与两者温度匹配,符合按质用能、梯级利用的原则,然后依次经过气水分离器和排水冷却器对湿燃气冷凝后的淡水及余热进行回收,因此湿燃气的热利用率很高,使得燃气轮机循环效率很高。

[0011] 4)本发明利用湿燃气再热器取代传统的汽水分离再热器,不仅再热器结构简单,而且不涉及疏水收集方式,简化了核电站的热力系统。

[0012] 5)海水淡化装置利用湿燃气作为热源,不需要核电站额外提供蒸汽,不会影响核电站的热经济性;基于蒸馏法淡水品质高,故海水淡化装置不设置冷凝器,而是将末级二次蒸汽直接引入核电站的凝汽器进行冷凝回收作为核电站的补充水,另外湿燃气冷凝后的淡水经处理后也可作为核电站的补充水。

附图说明

[0013] 图1是本发明的系统结构示意图。

具体实施方式

[0014]

一、装置

本发明是一种核电站结合燃气轮机的电水联产系统,它包括核电站二回路系统10、燃气轮发电机组1、湿燃气再热器2、海水淡化装置3、气水分离器4、排水冷却器5、压缩机6、回注蒸汽管道7、湿燃气管道8、原海水管道9。

[0015] 所述的核电站二回路系统10由核岛101、高压缸102、低压缸103、凝汽器104、给水泵105及多条管道组成并形成工质循环回路,高压缸102和低压缸103之间由再热蒸汽管道106进行连接,凝汽器104、给水泵105、核岛101之间由给水管道107进行连接;所述的燃气轮发电机组1由压气机11、燃烧室12、燃气轮机13及多条管道连接而成,压气机11设有空气进口111,燃烧室12设有蒸汽注入口121和燃料注入口122,燃气轮机13设有排气口131并与湿燃气管道8连接;所述的湿燃气管道8依次与燃气轮发电机组1的燃气轮机13、湿燃气再热器2、海水淡化装置3、气水分离器4相连接;所述的燃气再热器2布置在核电站二回路系统10的再热蒸汽管道106上,湿燃气再热器2的管程与再热蒸汽管道106相连接,湿燃气再热器2的壳程进口21通过湿燃气管道8与燃气轮机13的排气口131连接;所述的海水淡化装置3为低温多效蒸发装置,该海水淡化装置3首效装置设有热源管道进口31、热源管道出口32,各效装置设有海水进口33,除首效外各效装置设有淡水出口34,末效装置设有排污水出口35、

二次蒸汽出口36,热源管道进口31通过湿燃气管道8与湿燃气再热器2的壳程出口22连接,各效淡水出口34和末效排污水出口35通过管道与外界连通,末效二次蒸汽出口36通过管道与核电站二回路系统10的凝汽器104壳侧相连通;所述的气水分离器4的进口41通过湿燃气管道8与海水淡化装置3的热源管道出口32连接,气水分离器4的顶部设有排气口42,底部设有排水口43;所述的排水冷却器5布置在核电站二回路系统10的给水管道107上,排水冷却器5的管程与给水管道107相连接,排水冷却器5的壳程进口51与汽水分离器4的排水口43通过管道连接,排水冷却器5的壳程出口52与外界连通;所述的压缩机6布置在回注蒸汽管道7上;所述的回注蒸汽管道7的一端与处于湿燃气再热器2和低压缸103之间的再热蒸汽管道106相连接,另一端与燃气轮发电机组1的燃烧室12的蒸汽注入口121相连接,回注蒸汽管道7在压缩机6的前端管道上设有流量调节阀71;所述的原海水管道9螺旋或曲折穿过核电站二回路系统10的凝汽器104后与海水淡化装置3各效装置的海水进口33相连接。

[0016] 所述的燃气轮机13的排气温度在400~600℃之间;所述的湿燃气再热器2的水蒸气出口温度在350~550℃之间,湿燃气再热器2的湿燃气出口温度在200~250℃之间;所述的海水淡化装置3的热源管道出口温度在80~100℃之间。

[0017] 二、方法

本发明是一种核电站结合燃气轮机的电水联产方法,它包括以下几个过程:

1)在核电站二回路系统10中,从高压缸102排出较大湿度的排汽,该排汽经过湿燃气再热器2重新被加热,排汽中的小水滴吸热蒸发重新变成蒸汽,排汽湿度降为零变为干饱和蒸汽并进一步吸热形成过热蒸汽。大部分过热蒸汽进入低压缸103做功发电,小部分过热蒸汽流经回注蒸汽管道7被压缩机6压缩后进入燃气轮发电机组1的燃烧室12;

2)燃气轮发电机组1的燃烧室12内天然气燃烧形成的烟气与注入的水蒸汽混合形成湿燃气,湿燃气进入燃气轮机13做功发电后排出并进入湿燃气管道8,湿燃气排气依次经过湿燃气再热器2的壳程和海水淡化装置3的热源管道进行放热,湿燃气排气中的大部分水蒸气发生冷凝,最后湿燃气排气进入气水分离器4进行分离,烟气从气水分离器4顶部排出,凝结水从气水分离器4底部排出,该凝结水通过排水冷却器5进一步放热后进行回收,核电站二回路系统10的凝结水经过排水冷却器5吸热后温度升高;

3)原海水经过核电站二回路系统10的凝汽器104吸热后变成预热海水,再进入海水淡化装置3发生蒸发冷凝过程形成淡水产品输出,海水淡化装置3的末效二次蒸汽进入核电站二回路系统10的凝汽器104发生冷凝直接作为核电站的化学补充水。

[0018] 以上所述仅是对本发明的较佳实施方式而已,并非对本发明作任何形式上的限制,凡是依据本发明的技术实质对以上实施方式所做的任何简单修改,等同变化与修饰,均属于本发明技术方案的范围。

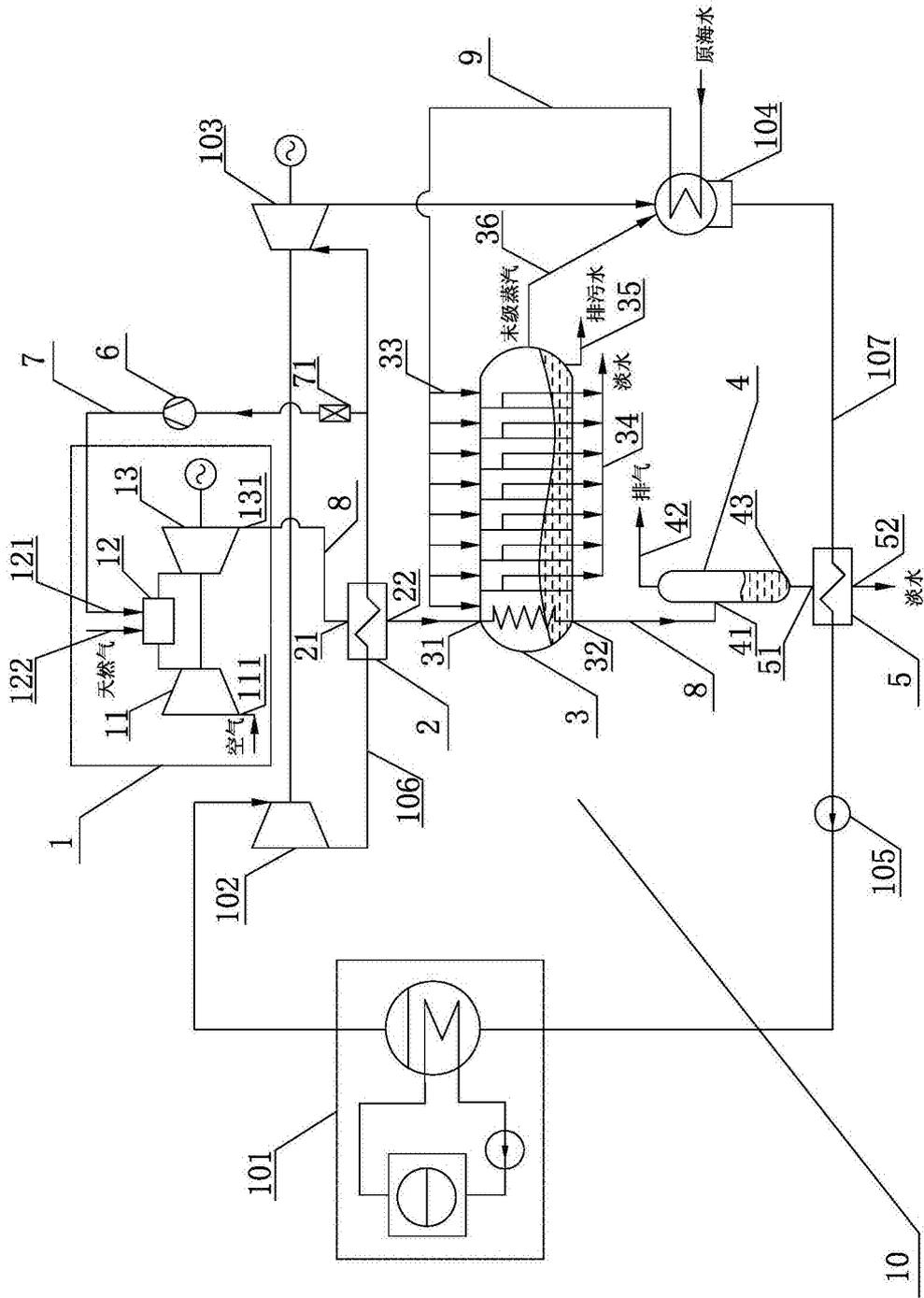


图1