(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 203223295 U
(45)授权公告日 2013.10.02

(21)申请号 201320042195.7

(22)申请日 2013.01.27

(73)专利权人 南京瑞柯徕姆环保科技有限公司
地址 211100 江苏省南京市江宁区东麒路33号

(72)发明人 王海波

(74)专利代理机构 南京知识律师事务所 32207
代理人 张苏沛

(51)Int.Cl.
F02C 6/18(2006.01)
F01K 23/02(2006.01)
F01K 25/00(2006.01)
F01K 25/08(2006.01)
F01K 17/02(2006.01)
F27D 17/00(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

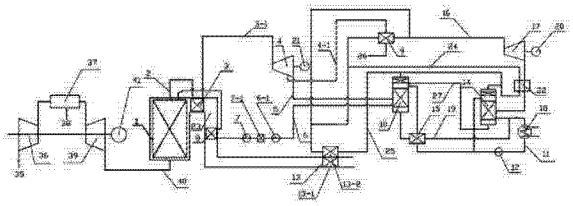
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)实用新型名称

布列顿-蒸汽朗肯-有机朗肯联合循环发电装置

(57)摘要

本实用新型涉及一种布列顿-蒸汽朗肯-有机朗肯联合循环发电装置，将布列顿燃气轮机的排气作为蒸汽朗肯-有机朗肯联合循环的热源，将蒸汽朗肯循环的凝汽器作为有机朗肯循环的蒸发器，利用有机朗肯循环系统对中低温热源的利用有更高效率的特点，将蒸汽凝结释放的大量汽化潜热用于有机朗肯循环高效发电，仅利用蒸汽朗肯循环蒸汽的汽化潜热用于发电这块就多回收50度/吨蒸汽以上，同时解决了有机朗肯循环回收烟气余热的安全难题，有效降低排烟温度并避免烟气的低温腐蚀。本实用新型既可用于现有机组的节能改造，也可用于新建机组的设计、建造，经济、社会、环保效益显著。



CN 203223295 U

1. 一种布列顿-蒸汽朗肯-有机朗肯联合循环发电装置，该装置包括布列顿循环、蒸汽朗肯循环和有机朗肯循环系统，其特征在于：

空气（35）经压气机（36）送入燃烧设备（37），与进入的燃料（38）充分燃烧，生成的高温烟气进入燃气轮机（39），拖动燃气轮机发电机（41）发电，完成燃气轮机机组布列顿循环；燃气轮机（39）排出的高温烟气（40）作为蒸汽朗肯循环系统的热源，高温烟气（40）经降温后排出；

所述的蒸汽朗肯循环，是指由余热锅炉本体（1）出来的饱和蒸汽（2），经第一过热器（3）形成过热蒸汽（3-1），送入汽轮机（4）带动蒸汽发电机（21）发电；汽轮机（4）出来的乏汽（5）经冷凝蒸发器（10）形成凝结水（6），凝结水（6）经给水泵（7）、余热锅炉本体（1），再产生饱和蒸汽，从而形成蒸汽朗肯循环回路；

所述的有机朗肯循环，是指液态有机工质（11）经循环泵（12）、冷凝蒸发器（10），产生的有机工质蒸汽经有机工质管线（24）进入第二过热器（9），形成有机工质过热蒸汽（16），进入有机工质汽轮机（17）拖动有机工质发电机（20）发电，从有机工质汽轮机（17）排出的乏汽经有机工质冷凝器（18）冷却形成液态有机工质（11），再进入循环泵（12），从而形成有机朗肯循环回路；或液态有机工质（11）经循环泵（12）、冷凝蒸发器（10），产生的有机工质蒸汽经有机工质管线（25）进入热换热器（13），形成有机工质过热蒸汽（16），进入有机工质汽轮机（17）拖动有机工质发电机（20）发电，从有机工质汽轮机（17）排出的乏汽经有机工质冷凝器（18）冷却形成液态有机工质（11），再进入循环泵（12），从而形成有机朗肯循环回路；

所述的汽轮机（4）之抽汽（4-1）经第二过热器（9）形成冷凝水（26），返回蒸汽朗肯循环系统；

所述的蒸汽朗肯循环和有机朗肯循环回路通过冷凝蒸发器（10）复合起来，高效回收蒸汽朗肯循环中蒸汽凝结释放的汽化潜热用于低温端有机朗肯循环发电。

2. 根据权利要求 1 所述的装置，其特征在于：

设有给水加热器（8）：

由余热锅炉本体（1）出来的饱和蒸汽（2），经第一过热器（3）形成过热蒸汽（3-1），送入汽轮机（4）带动蒸汽发电机（21）发电；汽轮机（4）出来的乏汽（5）经冷凝蒸发器（10）形成凝结水（6），凝结水（6）经给水泵（7）、给水加热器（8）、余热锅炉本体（1），再产生饱和蒸汽，从而形成蒸汽朗肯循环回路。

3. 根据权利要求 1 所述的装置，其特征在于：

设有除氧器（7-1）：

由余热锅炉本体（1）出来的饱和蒸汽（2），经第一过热器（3）形成过热蒸汽（3-1），送入汽轮机（4）带动蒸汽发电机（21）发电；汽轮机（4）出来的乏汽（5）经冷凝蒸发器（10）形成凝结水（6），凝结水（6）经凝结水泵（6-1）、除氧器（7-1）、给水泵（7）、余热锅炉本体（1），再产生饱和蒸汽，从而形成蒸汽朗肯循环回路。

4. 根据权利要求 1 所述的装置，其特征在于：

设有乏汽回热器（22）：

液态有机工质（11）经循环泵（12）、冷凝蒸发器（10），产生的有机工质蒸汽经乏汽回热器（22）、有机工质管线（24）进入第二过热器（9），形成有机工质过热蒸汽（16），进入有机工

质汽轮机 (17) 拖动有机工质发电机 (20) 发电，从有机工质汽轮机 (17) 排出的乏汽经有机工质冷凝器 (18) 冷却形成液态有机工质 (11)，再进入循环泵 (12)，从而形成有机朗肯循环回路。

5. 根据权利要求 4 所述的装置，其特征在于：

设有有机工质蒸发器 (14)：

液态有机工质 (11) 经循环泵 (12)、有机工质蒸发器 (14)、或和乏汽回热器 (22)、有机工质管线 (24)、第二过热器 (9)，进入有机工质汽轮机 (17) 拖动有机工质发电机 (20) 发电，有机工质汽轮机 (17) 排出的乏汽经乏汽回热器 (22)、有机工质蒸发器 (14)、有机工质冷凝器 (18) 冷却形成液态有机工质 (11)，再进入循环泵 (12)、有机工质蒸发器 (14)，从而形成有机朗肯循环回路。

6. 根据权利要求 1 至 5 之一所述的装置，其特征在于：

所述的热换热器 (13) 为相变换热器，包括蒸发器（13-1）、冷凝器（13-2），其中蒸发器（13-1）布置于烟道（23）中，冷凝器（13-2）布置于烟道（23）外；烟气通过相变工质与冷凝蒸发器（10）出来的有机工质蒸汽采用分离式换热方式：相变工质在蒸发器（13-1）中吸收烟气的热量产生饱和蒸汽，饱和蒸汽作为有机工质蒸汽的热源，通过冷凝器（13-2）与有机工质蒸汽间壁式换热，冷却后形成凝结液再由蒸发器（13-1）吸收烟气的热量产生蒸汽，从而形成相变工质的内循环回路；冷凝蒸发器（10）出口分流出的有机工质蒸汽经有机工质管线（25）、冷凝器（13-2），形成的有机工质过热蒸汽（16）进入有机工质汽轮机（17），再经有机工质冷凝器（18）、循环泵（12）回到冷凝蒸发器（10），从而形成有机朗肯循环回路。

7. 根据权利要求 1 至 5 之一所述的装置，其特征在于：

设有回热器（15）：

液态有机工质（11）经循环泵（12）、回热器（15）、冷凝蒸发器（10），形成的贫液经回热器（15）、返流管线（19）返回有机工质冷凝器（18），或有机工质蒸发器（14）产生的贫液经返流管线（27）、冷凝蒸发器（10）、回热器（15）、返流管线（19）回到有机工质冷凝器（18），冷凝蒸发器 (10)、有机工质蒸发器 (14) 产生的有机工质蒸汽经第二过热器 (9) 或热换热器 (13)，形成的有机工质过热蒸汽 (16) 经有机工质汽轮机 (17)、有机工质冷凝器 (18) 形成液态有机工质 (11)，再回到循环泵 (12)，从而形成有机朗肯循环回路。

8. 根据权利要求 7 所述的装置，其特征在于：

所述的第一过热器 (3)、给水加热器 (8)、第二过热器 (9)、冷凝蒸发器 (10)、热换热器 (13)、有机工质蒸发器 (14)、回热器 (15)、乏汽回热器 (22) 可分别设置一个或多个，采用串联、并联或混联方式连接。

布列顿－蒸汽朗肯－有机朗肯联合循环发电装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种布列顿－蒸汽朗肯－有机朗肯联合循环发电装置，具体属火力发电厂动力装置技术领域。

背景技术

[0002] 燃气一蒸汽联合循环因其热效率高、启动速度快、环保条件好、安装周期短、投资费用低等一系列优点，加上近年来燃气轮机技术的飞速发展，燃气轮机单机功率也不断加大，联合循环研究已经引起世界各国的重视和实施。

[0003] 国外联合循环发电技术的研究始于上个世纪 60 年代末，经过几十年的发展，目前，美国、英国、日本等许多发达国家的燃气一蒸汽联合循环发电技术已比较成熟，其供电效率已达到 50％以上。如美国 CE 公司为 53％左右；ABB 公司为 48％～ 51.9％；三菱重工为 51％ ～ 52％。许多公司（如美国 Texco 公司、比利时 CMI 公司等）都具有比较成熟的联合循环余热锅炉性能设计、系统优化、结构优化、生产制造技术，而且已经完全掌握了联合循环余热锅炉的热力特性和运行特性。燃气－蒸汽联合循环以及目前正在开发中的双流体循环－燃气轮机回注蒸汽的程氏循环和在燃气轮机的压气机出口喷水蒸发的回热循环，正是这种技术发展的代表，前者已经发展成熟，取得了巨大的经济效益，后两者正在加紧研究之中，而程氏循环已有应用实例和正式产品。

[0004] 以水蒸汽为工质的火力发电厂，是大规模地进行着把热能转变成机械能，并又把机械能转变为电能的工厂。发电厂应用的循环很复杂，然而究其实质，主要是由锅炉、汽轮机、凝汽器、水泵等设备所组成的朗肯循环来完成，其工作原理是：给水先经给水泵加压后送入锅炉，在锅炉中水被加热汽化、形成高温高压的过热蒸汽，过热蒸汽在汽轮机中膨胀做功，变为低温低压的乏汽，最后排入凝汽器凝结为冷凝水，重新经水泵将冷凝水送入锅炉进行新的循环。至于火力发电厂使用的复杂循环，只不过是在朗肯循环基础上，为了提高热效率，加以改进而形成的新的循环即回热循环，回热的介质为水。朗肯循环已成为现代蒸汽动力装置的基本循环。

[0005] 现代大中型蒸汽动力装置毫无例外地全都采用抽汽加热给水回热循环，采用抽汽回热加热给水后，使给水温度提高，从而提高了加热平均温度，除了显著地提高了循环热效率以外，汽耗率虽有所增加，但由于逐级抽汽使排汽率减少，这有利于实际做功量和理论做功量之比即该循环的相对内效率 η_{oi} 的提高，同时解决了大功率汽轮机末级叶片流通能力限制的困难，凝汽器体积也可相应减少。但蒸汽在凝汽器中凝结时仍释放出大量的汽化潜热，需要大量的水或空气进行冷却，即浪费了热量、造成热污染，又浪费了电能、水资源。因此如何有效利用凝汽器中蒸汽凝结时释放的大量的汽化潜热，值得深入研究。

[0006] 张红(低沸点工质的有机朗肯循环纯低温余热发电技术 [J]. 水泥 .2006.No.8)以正戊烷为例比较了常规的水蒸气朗肯循环和有机朗肯循环在回收低等及中等焓热时的各自特点。

[0007] 当利用低温有机工质时，主要设备有：蒸发器、汽轮机、冷凝器和正戊烷循环泵。对

于低等及中等的焓热，ORC 技术比常规的水蒸气朗肯循环有很多优点，主要是在回收显热方面有较高的效率，由于循环中显热 / 潜热比例不相等，ORC 技术中此比例大。因此采用 ORC 技术比水蒸气循环会回收较多的热量。

[0008] 但 ORC 技术也有其固有的缺点：由于有机工质可能具有可燃、爆炸等特点，在锅炉或工业炉窑尾部烟道利用烟气余热组织 ORC 时，必须要考虑烟气中粉尘等对布置于烟道中的换热器的磨损、腐蚀等引起的泄漏，必须要考虑由此引出的爆炸防护以及环境与工作地点的防护等。这是 ORC 技术在电站系统中回收含尘、有腐蚀物质的烟气余热时必须要解决的难题。

[0009] 因此如何利用蒸汽朗肯循环火力发电厂的热力学基本规律，借鉴复式朗肯循环组织思路及朗肯 -Kalina 等复合循环等理论的创新方法，保留基于朗肯循环原理的动力装置技术的优点，探讨新的复合循环理论，真正找到大幅度提高热力循环动力装置热效率的新途径，成为该领域研究的难点。

发明内容

[0010] 本发明的目的为解决上述蒸汽朗肯循环及 ORC 技术存在的问题，提出一种新的火电厂复合循环流程，即布列顿 - 蒸汽朗肯 - 有机朗肯联合循环发电装置，能够对现有的蒸汽朗肯循环进行节能改造，同时解决了 ORC 机组安全运行的关键问题、回收蒸汽朗肯循环凝汽器中蒸汽凝结释放的大量的汽化潜热用于低温端有机朗肯循环发电，从而实现有效提高整个联合循环机组的热效率，最终达到节能降耗、提高系统热效率的目的。

[0011] 本发明的目的是通过以下措施实现的：

[0012] 一种布列顿 - 蒸汽朗肯 - 有机朗肯联合循环发电装置，该装置包括布列顿循环、蒸汽朗肯循环、有机朗肯循环，其特征在于：

[0013] 空气 35 经压气机 36 送入燃烧设备 37，与进入的燃料 38 充分燃烧，生成的高温烟气进入燃气轮机 39，拖动燃气轮机发电机 41 发电，完成燃气轮机机组布列顿循环。

[0014] 所述的燃气轮机 39 排出的高温烟气 40 作为蒸汽朗肯循环系统的热源，高温烟气 40 经余热锅炉本体 1、过热器 2、给水加热器 8、热交换器 13 降低温度后排出。

[0015] 所述的蒸汽朗肯循环，是指由余热锅炉本体 1 出来的饱和蒸汽 2，经过热器 3 形成过热蒸汽 3-1，送入汽轮机 4 带动蒸汽发电机 21 发电；汽轮机 4 出来的乏汽 5 进入冷凝蒸发器 10 形成凝结水 6，凝结水 6 经凝结水泵 6-1、除氧器 7-1、给水泵 7、给水加热器 8 送入余热锅炉本体 1，再产生饱和蒸汽，从而形成蒸汽朗肯循环回路。

[0016] 所述的有机朗肯循环，是指液态有机工质 11 经循环泵 12、冷凝蒸发器 10，产生的有机工质蒸汽经乏汽回热器 22、有机工质管线 24、过热器 9，形成有机工质过热蒸汽 16，进入有机工质汽轮机 17 拖动有机工质发电机 20 发电，从有机工质汽轮机 17 排出的乏汽经乏汽回热器 22、有机工质冷凝器 18 冷却形成液态有机工质 11，再进入循环泵 12，从而形成有机朗肯循环回路。

[0017] 所述的蒸汽朗肯循环和有机朗肯循环回路通过冷凝蒸发器 10 复合起来，高效回收蒸汽朗肯循环中蒸汽凝结释放的汽化潜热用于低温端有机朗肯循环发电，所述的蒸汽朗肯循环的蒸汽凝结侧为负压。

[0018] 所述的过热器 9 采用蒸汽朗肯循环中汽轮机 4 的抽汽 4-1 作为热源，抽汽 4-1 经

过热器 9 冷却形成冷凝水 26 返回蒸汽朗肯循环系统。

[0019] 所述的液态有机工质 11 为单一组分的有机工质，或以有机工质为低沸点组分、高沸点组分为吸收剂的混合溶液等。

[0020] 所述的液态有机工质为多组分溶液时，设有回热器 15 ：液态有机工质 11 经循环泵 12、回热器 15、冷凝蒸发器 10，形成的贫液经回热器 15、返流管线 19 返回有机工质冷凝器 18，产生的有机工质蒸汽经乏汽回热器 22、过热器 9、有机工质汽轮机 17、有机工质冷凝器 18 形成液态有机工质 11，再回到循环泵 12，从而形成有机朗肯循环回路。

[0021] 设有热交换器 13 ：热交换器 13 为相变换热器时，包括蒸发器 13-1、冷凝器 13-2，其中蒸发器 13-1 布置于烟道 23 中，冷凝器 13-2 布置于烟道 23 外，相变工质采用水或其他适宜的物质 ；烟气通过相变换热器 13 的相变工质与冷凝蒸发器 10 出来的有机工质蒸汽采用分离式换热方式 ：相变工质在蒸发器 13-1 中吸收烟气的热量产生饱和蒸汽，饱和蒸汽作为有机工质蒸汽的热源，通过冷凝器 13-2 与有机工质蒸汽间壁式换热，冷却后形成凝结液再由蒸发器 13-1 吸收烟气的热量再产生蒸汽，从而形成相变工质的内循环回路 ；相变工质采用自然循环或强制循环方式 ；冷凝蒸发器 10 出口的有机工质蒸汽经有机工质管线 25、热换热器 13 之冷凝器 13-2，形成的有机工质过热蒸汽 16 进入有机工质汽轮机 17，再经乏汽回热器 22、有机工质冷凝器 18、循环泵 12 回到冷凝蒸发器 10，从而有机朗肯循环回路。

[0022] 设有有机工质蒸发器 14 ：有机工质蒸发器 14 采用有机工质汽轮机 17 出口的乏汽作为热源，产生的有机工质蒸汽经乏汽回热器 22、过热器 9、有机工质汽轮机 17，拖动有机工质发电机 20 发电，有机工质汽轮机 17 排出的乏汽经乏汽回热器 22、有机工质蒸发器 14、有机工质冷凝器 18 冷却形成液态有机工质 11，再进入循环泵 12、有机工质蒸发器 14，从而形成有机朗肯循环回路 ；如为多组分有机工质时，有机工质蒸发器 14 产生的贫液经返流管线 27、冷凝蒸发器 10、回热器 15、返流管线 19 回到有机工质冷凝器 18。

[0023] 所述的给水加热器 8、过热器 9、冷凝蒸发器 10、回热器 15、热交换器 13、有机工质蒸发器 14、乏汽回热器 22 可分别设置一个或多个，采用串联、并联或混联方式连接。

[0024] 所述的有机工质冷凝器 18 按照常规技术进行设置，采用水或空气等作为冷却介质。

[0025] 本发明中所提及的前述设备的换热元件可采用列管、翅片管、蛇形管或螺旋槽管，或采用其他强化传热措施的管子或其他型式的中空腔体换热元件。

[0026] 控制蒸发器 13-1 换热面的壁面温度稍高于烟气酸露点温度，或采用耐腐蚀的材料有效减轻烟气的低温腐蚀，能够有效降低排烟温度、避免烟气低温腐蚀的同时，高效回收烟气余热。

[0027] 本发明中未说明的设备及其备用系统、管道、仪表、阀门、保温、具有调节功能旁路设施等采用公知的成熟技术进行配套。

[0028] 本发明中的燃气轮机变为内燃机、斯特林机等其他气动机时，同样能形成奥图循环 - 蒸汽朗肯 - 有机朗肯联合循环、斯特林循环 - 蒸汽朗肯 - 有机朗肯联合循环等发电装置。

[0029] 设有与本发明系统配套的调控装置，采用现有蒸汽朗肯循环发电厂、程氏循环发电厂或燃气 - 蒸汽联合循环发电厂的公知的成熟调控技术进行配套，使布列顿 - 蒸汽朗肯 - 有机朗肯联合循环发电装置能经济、安全、高热效率运行，达到节能降耗的目的。

[0030] 本发明相比现有技术具有如下优点：

[0031] 1、节能效果显著：本发明设计的布列顿-蒸汽朗肯-有机朗肯联合循环发电装置，将蒸汽朗肯循环的凝汽器作为有机朗肯循环的蒸发器，利用有机朗肯循环系统对中低温热源的利用有更高效率的特点，将蒸汽朗肯循环蒸汽凝结释放的大量汽化潜热用于有机朗肯循环高效发电，仅利用蒸汽的汽化潜热发电这块就多达 50 度 / 吨蒸汽以上；有机朗肯循环中有机工质冷凝器负荷较传统蒸汽朗肯循环中的凝汽器减轻的绝对值达 15% 左右，冷却循环水的电耗显著降低。

[0032] 2、电厂的三废实现集成利用：尾部烟道设置的热交换器采用相变换热器时，可以高效回收烟气的余热，排烟温度可降低至 120℃左右，相变换热器蒸发器采用耐腐蚀材料时，排烟温度能降低更多，达到 85℃左右，对脱硫脱硝系统的运行极为有利，有效避免烟气低温腐蚀的同时，回收的热量用于有机朗肯循环系统高效发电，更符合能量梯级利用原理。蒸汽朗肯循环系统产生的废水、废汽等余热均可纳入有机朗肯循环系统回收利用。从根本上消除了其他废气、废水、废汽余热回收装置对整个机组热力循环系统的影响，实现整个电厂系统余热的真正意义的集成利用，节水、节汽、节电等效果明显。

[0033] 3、采用汽轮机的抽汽作为有机朗肯循环中蒸汽的热源，进一步回收抽汽的显热、汽化潜热用于有机朗肯循环发电，使整个联合循环机组的效益进一步提高。

[0034] 4、本发明的方案既可用于新建联合动力装置系统的设计、建造，也可用于对现有的纯凝式、抽凝式机组进行节能改造，对现有机组的热力循环不产生负面影响，能充分挖掘设备的节能潜力，同时符合国家的产业政策，经济及环保效益显著。

附图说明

[0035] 图 1 是本发明的一种布列顿 - 蒸汽朗肯 - 有机朗肯联合循环发电装置流程示意图。

[0036] 图 1 中：1- 余热锅炉本体，2- 饱和蒸汽，3- 过热器，3-1- 过热蒸汽，4- 汽轮机，4-1- 抽汽，5- 乏汽，6- 凝结水，6-1- 凝结水泵，7- 给水泵，7-1- 除氧器，8- 给水加热器，9- 过热器，10- 冷凝蒸发器，11- 液态有机工质，12- 循环泵，13- 热交换器，13-1- 蒸发器，13-2- 冷凝器，14- 有机工质蒸发器，15- 回热器，16- 有机工质过热蒸汽，17- 有机工质汽轮机，18- 有机工质冷凝器，19- 返流管线，20- 有机工质发电机，21- 蒸汽发电机，22- 乏汽回热器，23- 烟道，24- 有机工质管线，25- 有机工质管线，26- 凝结水，27- 返流管线，35- 空气，36- 压气机，37- 燃烧设备，38- 燃料，39- 燃气轮机，40- 高温烟气，41- 发电机。

具体实施方式

[0037] 以下结合附图和具体实施例对本发明作进一步详细描述。

[0038] 实施例 1：

[0039] 如图 1 所示，一种布列顿 - 蒸汽朗肯 - 有机朗肯朗肯联合循环发电装置，该装置包括布列顿循环、蒸汽朗肯循环、有机朗肯循环系统，具体实施例如下：

[0040] 空气 35 经压气机 36 送入燃烧设备 37，与进入的燃料 38 充分燃烧，生成的高温烟气进入燃气轮机 39，拖动燃气轮机发电机 41 发电，完成燃气轮机机组布列顿循环。

[0041] 所述的燃气轮机 39 排出的高温烟气 40 作为蒸汽朗肯循环系统的热源，高温烟气

40 经余热锅炉本体 1、过热器 2、给水加热器 8、热交换器 13 降低温度后排出。

[0042] 所述的蒸汽朗肯循环，是指由余热锅炉本体 1 出来的饱和蒸汽 2，经过热器 3 形成过热蒸汽 3-1，送入汽轮机 4 带动蒸汽发电机 21 发电；汽轮机 4 出来的乏汽 5 进入冷凝蒸发器 10 形成凝结水 6，凝结水 6 经凝结水泵 6-1、除氧器 7-1、给水泵 7、给水加热器 8 送入余热锅炉本体 1，再产生饱和蒸汽，从而形成蒸汽朗肯循环回路。

[0043] 所述的有机朗肯循环，是指液态有机工质 11 经循环泵 12、回热器 15、冷凝蒸发器 10，形成的贫液经回热器 15、返流管线 19 返回有机工质冷凝器 18，产生的有机工质蒸汽经乏汽回热器 22、过热器 9、有机工质汽轮机 17，从有机工质汽轮机 17 排出的乏汽经乏汽回热器 22、有机工质冷凝器 18 形成液态有机工质 11，再回到循环泵 12，从而形成有机朗肯循环回路；

[0044] 或液态有机工质 11 经循环泵 12、冷凝蒸发器 10，产生的有机工质蒸汽经有机工质管线 25 进入热换热器 13，形成有机工质过热蒸汽 16，进入有机工质汽轮机 17 拖动有机工质发电机 20 发电，从有机工质汽轮机 17 排出的乏汽经有机工质冷凝器 18 冷却形成液态有机工质 11，再进入循环泵 12，从而形成有机朗肯循环回路；

[0045] 所述的蒸汽朗肯循环和有机朗肯循环回路通过冷凝蒸发器 10 复合起来，高效回收蒸汽朗肯循环中蒸汽凝结释放的汽化潜热用于低温端有机朗肯循环发电，所述的蒸汽朗肯循环的蒸汽凝结侧为负压。

[0046] 所述的过热器 9 采用蒸汽朗肯循环中汽轮机 4 的抽汽 4-1 作为热源，抽汽 4-1 经过热器 9 冷却形成冷凝水 26 返回蒸汽朗肯循环系统。

[0047] 所述的液态有机工质 11 为多组分的有机工质溶液。

[0048] 所述的热交换器 13 为相变换热器时，包括蒸发器 13-1、冷凝器 13-2，其中蒸发器 13-1 布置于烟道 23 中，冷凝器 13-2 布置于烟道 23 外，相变工质采用水；烟气通过相变换热器 13 的相变工质与冷凝蒸发器 10 出来的有机工质蒸汽采用分离式换热方式：相变工质在蒸发器 13-1 中吸收烟气的热量产生饱和蒸汽，饱和蒸汽作为有机工质蒸汽的热源，通过冷凝器 13-2 与有机工质蒸汽间壁式换热，冷却后形成凝结液再由蒸发器 13-1 吸收烟气的热量再产生蒸汽，从而形成相变工质的内循环回路；相变工质采用自然循环方式；冷凝蒸发器 10 出口分流处的有机工质蒸汽经有机工质管线 25、相变换热器 13 之冷凝器 13-2，形成的有机工质过热蒸汽经过热器 9 进入有机工质汽轮机 17，再经乏汽回热器 22、有机工质冷凝器 18、循环泵 12 回到冷凝蒸发器 10，从而有机朗肯循环回路。

[0049] 设有有机工质蒸发器 14：有机工质蒸发器 14 采用有机工质汽轮机 17 出口的乏汽作为热源，产生的有机工质蒸汽经乏汽回热器 22、过热器 9、有机工质汽轮机 17，拖动有机工质发电机 20 发电，有机工质汽轮机 17 排出的乏汽经乏汽回热器 22、有机工质蒸发器 14、有机工质冷凝器 18 冷却形成液态有机工质 11，再进入循环泵 12、有机工质蒸发器 14，从而形成有机朗肯循环回路；如为多组分有机工质时，有机工质蒸发器 14 产生的贫液经返流管线 27、冷凝蒸发器 10、回热器 15、返流管线 19 回到有机工质冷凝器 18。

[0050] 所述的给水加热器 8、过热器 9、冷凝蒸发器 10、回热器 15、热交换器 13、有机工质蒸发器 14、乏汽回热器 22 可分别设置一个或多个，采用串联、并联或混联方式连接。

[0051] 所述的有机工质冷凝器 18 按照常规技术进行设置，采用水或空气等作为冷却介质。

[0052] 本发明中所提及的前述设备的换热元件可采用列管、翅片管、蛇形管或螺旋槽管，或采用其他强化传热措施的管子或其他型式的中空腔体换热元件。

[0053] 控制蒸发器 13-1 换热面的壁面温度稍高于烟气酸露点温度，或采用耐腐蚀的材料有效减轻烟气的低温腐蚀，能够有效降低排烟温度、避免烟气低温腐蚀的同时，高效回收烟气余热。

[0054] 本发明中未说明的设备及其备用系统、管道、仪表、阀门、保温、具有调节功能旁路设施等采用公知的成熟技术进行配套。

[0055] 设有与本发明系统配套的调控装置，采用现有蒸汽朗肯循环发电厂、程氏循环发电厂或燃气 - 蒸汽联合循环发电厂的公知的成熟调控技术进行配套，使蒸汽朗肯 - 有机朗肯联合循环发电装置能经济、安全、高热效率运行，达到节能降耗的目的。

[0056] 虽然本发明已以较佳实施例公开如上，但它们并不是用来限定本发明，任何熟悉此技艺者，在不脱离本发明之精神和范围内，自当可作各种变化或润饰，同样属于本发明之保护范围。因此本发明的保护范围应当以本申请的权利要求所界定的为准。

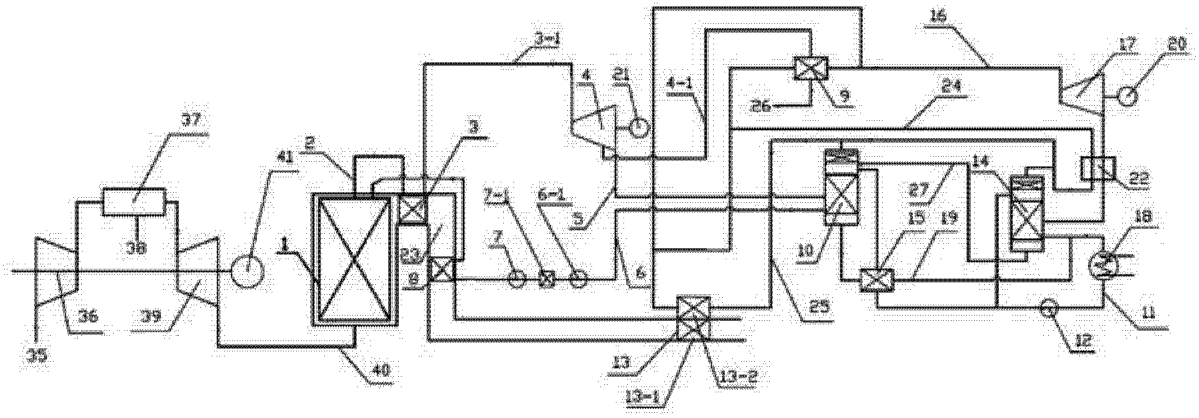

3-1
16
17
20
4
21
4-1
26
9
24
37
41
2
3
14
22
27
7-1
6-1
5
15
19
18
38
1
23
7
10
8
6
25
36
39
35
40
13
13-2
13-1
12
11

图 1