



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102980171 A

(43) 申请公布日 2013. 03. 20

(21) 申请号 201110260716. 1

B01D 53/14(2006. 01)

(22) 申请日 2011. 09. 06

B01D 47/00(2006. 01)

(71) 申请人 陈兴元

地址 210037 江苏省南京市鼓楼区新模范马
路青石村 198 号 1304 室

申请人 陈良勇
陈建秋

(72) 发明人 陈兴元 陈良勇 陈建秋

(51) Int. Cl.

F22D 1/18(2006. 01)

F28F 21/02(2006. 01)

F28F 1/28(2006. 01)

B01D 53/02(2006. 01)

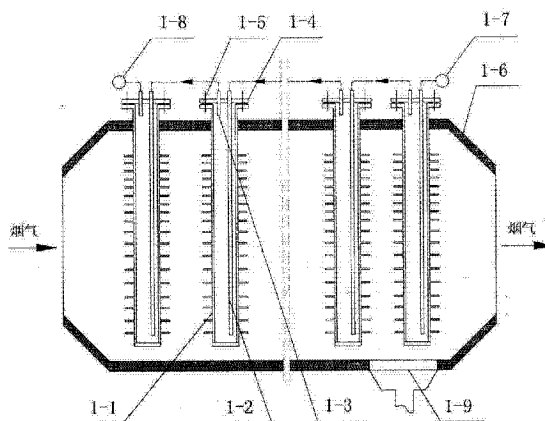
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种燃煤锅炉烟气余热深度回收利用与烟气
冷凝脱硫除尘用省煤器

(57) 摘要

本发明涉及一种燃煤锅炉烟气余热深度回收利用与烟气冷凝脱硫除尘用省煤器,主要由换热管、壳体、冷凝液收集口、水进口联箱和水出口联箱组成,其中换热管由石墨材料加工而成,该省煤器能在远低于酸露点温度以下运行,可将排烟温度降低到 60℃左右,深度回收烟气显热和部分水蒸汽的汽化潜热,从而使烟气产生严重的冷凝结露,在换热管表面产生厚厚的冷凝液膜吸收、吸附和脱除烟气中 30%~35%的 SO₂、SO₃和常规除尘器无法脱除的细微颗粒物,并具有自清洗作用。本发明提出的省煤器结构简单、换热效率高,具备良好的抗低温腐蚀性能,显著降低锅炉能耗和运行成本,锅炉效率提高 5%~10%,可广泛应用于燃煤工业锅炉和燃煤电站锅炉乃至所有的燃煤锅炉。



1. 一种燃煤锅炉烟气余热深度回收利用与烟气冷凝脱硫除尘用省煤器, 主要由换热管、壳体、冷凝液收集口、水进口联箱和水出口联箱组成, 各排换热管相互串联, 垂直或水平安装, 换热管排之间呈顺排或错排布置, 水进口联箱与末排换热管相连, 将锅炉给水分配至末排各换热管, 水出口联箱与第一排各换热管相连, 用于汇集换热管流出的高温水。

2. 一种燃煤锅炉烟气余热深度回收利用与烟气冷凝脱硫除尘用省煤器, 其特征在于: 换热管由石墨材料加工而成, 可采用光管形式, 也可采用翅片管形式, 翅片可为纵向翅片、螺旋翅片或圆形翅片, 换热管一端为封闭结构, 另一端为法兰结构或卡套结构, 采用密封圈使石墨换热管与金属件相连接, 金属件上设置低温水入口和高温水出口, 低温水入口的管子插至换热管的底部; 也可在换热管的两端采用弯头将换热管联接成蛇形管。

3. 一种燃煤锅炉烟气余热深度回收利用与烟气冷凝脱硫除尘用省煤器, 其特征在于: 若应用于燃煤工业锅炉烟气余热的深度回收利用工艺时, 本发明提出的省煤器安装于原燃煤工业锅炉的引风机后的水平烟道内, 在远低于酸露点温度以下运行, 采用燃煤工业锅炉常温给水作为回收烟气余热的介质, 换热管表面产生的冷凝液膜吸收、吸附和脱除烟气中部分 SO_2 、 SO_3 及常规除尘器无法脱除的细微颗粒物。

4. 一种燃煤锅炉烟气余热深度回收利用与烟气冷凝脱硫除尘用省煤器, 其特征在于: 若应用于燃煤电站锅炉烟气余热的深度回收利用工艺时, 在不改变原有主体工艺和设备的前提下, 增加由低压泵、本发明提出的省煤器、辅助凝结水箱和高压泵顺序串联组成的烟气余热深度回收利用系统, 低压泵入口与主凝结水井或补水管相连, 低压泵出口与本发明提出的省煤器的水进口联箱相连, 本发明提出的省煤器的水出口联箱与辅助凝结水箱的进水管相连, 辅助凝结水箱的出水管与高压泵入口相连, 高压泵的出口与第三级低压加热器入口或出口的主凝结水管相连, 本发明提出的省煤器安装于燃煤电站锅炉的引风机与湿法脱硫装置之间的水平烟道内。

一种燃煤锅炉烟气余热深度回收利用与烟气冷凝脱硫除尘用省煤器

技术领域

[0001] 本发明提供了一种燃煤锅炉烟气余热深度回收利用与烟气冷凝脱硫除尘用省煤器,具体是采用抗低温腐蚀和导热性能良好的石墨材料制成的换热器,用作燃煤工业锅炉或燃煤电站锅炉的省煤器,使之在远低于酸露点温度以下运行,深度回收烟气显热和部分水蒸汽的汽化潜热,同时利用该省煤器的换热管表面产生的冷凝液膜吸收、吸附和脱除烟气中部分 SO_2 、 SO_3 和常规除尘器无法脱除的细微颗粒物。

背景技术

[0002] 在全球能源安全和气候变暖形势日益严峻的情况下,迫切要求实施高效、低污染和低排放的技术经济模式。近年来,我国能源利用量大幅增加,尽管新能源技术开发使煤炭比例有所减低,但在未来相当长的一段时间内,以煤炭为主的能源结构不会发生根本性改变。

[0003] 我国约有 50 万台工业锅炉,每年燃烧煤炭超过 4 亿吨。多数工业锅炉的实际运行效率约只有 70% 左右,只有极少量锅炉的效率能够达到 80%,能源利用率低,能耗大。燃煤工业锅炉数量大,分布广,脱硫除尘的技术性能指标相对较低, SO_2 和烟尘排放所造成的环境污染非常严重。我国 2010 年发电用煤量达到 9.8 亿吨以上,煤电比例达到 59%。据预测,2020 年的发电用煤量将达到 20 亿吨以上,煤电比例可达 70%。二氧化硫、氮氧化物和粉尘等是大气的主要污染物,2009 年我国 SO_2 年排放总量达 2214.4 万吨, NO_x 排放已居全球首位。我国 SO_2 排放量的 90%、氮氧化物的 70% 来自于燃煤,其中 50% 来自火电厂,在电力行业深化实施节能减排的责任尤为重大。进一步提高燃煤工业锅炉和电站锅炉能源利用效率、减少污染物排放是实现国家节能减排总体目标的重要途径之一。

[0004] 排烟热损失是燃煤锅炉各项热损失中最大的一项,降低排烟温度、回收烟气余热是提高锅炉效率的最直接和最有效的途径。一般地,锅炉的排烟温度每降低 $15^\circ\text{C} \sim 20^\circ\text{C}$,锅炉效率可提高 1%。对于水分含量或氢元素含量较高的燃煤,燃烧后产生的烟气具有较高的水蒸汽含量,若能对烟气余热实施深度回收利用,将烟气温度适当降低到一定程度,使其中一部水蒸汽凝结放热,除能回收烟气物理显热外,还能回收可观的水蒸汽凝结热。

[0005] 对小型燃煤工业锅炉,燃用高硫分煤时,排烟温度定得比较高,在 $180^\circ\text{C} \sim 220^\circ\text{C}$ 范围,大、中型燃煤工业锅炉,排烟温度在 $120^\circ\text{C} \sim 180^\circ\text{C}$ 。对燃煤电站锅炉,设计和运行中采用的排烟温度通常选择在 150°C 左右以避免酸露点。因此,对燃煤工业锅炉和大型电站锅炉,若实施烟气余热深度回收利用,将烟气排放温度降低到 60°C 左右,锅炉效率可提高 5%~10%。若在燃煤工业锅炉的相关行业和电力行业实施烟气余热的深度回收利用,总体经济效益和环保效益是相当可观的。

[0006] 降低排烟温度对燃煤电站锅炉还具有另外一种特别重要的意义。根据十一五规划,我国投运脱硫发电机组 3.55 亿千瓦,形成削减 SO_2 能力 590 万吨。到 2007 年,占装机容量 50% 的机组已安装脱硫装置,这其中 90% 以湿法脱硫装置为主。湿法脱硫的最佳反应

温度一般为 50℃左右,如不采取降温措施,从尾部受热面出来的排烟需要在脱硫塔内直接将温度从 150℃左右降低至 50℃。这不仅损失了大量原本可以利用的烟气余热,而且过高温度的烟气引入脱硫塔内必然会增加水消耗量和反应塔出口烟气携带水量。因此,从降低水资源消耗和工艺衔接等方面考虑,进一步降低原有锅炉受热面后的排烟温度、回收烟气余热成为当前电站锅炉节能减排深入发展的一个必然选择。

[0007] 锅炉烟气余热的回收利用总体可分为两种方式:一种是通过换热设备将烟气余热回收至锅炉热力系统本身进行利用;另一种方式是通过能量转化设备将烟气余热转化为其他形式的能源加以利用。第一种方式更具有现实意义,更适合于在现有燃煤锅炉或燃煤电站锅炉上通过适当改造实现,该方法是在不改变原有主体工艺和装置的前提下,将收集的烟气余热引入热力系统本身,如对燃煤工业锅炉,可通过换热装置用烟气余热来加热入炉空气或用来加热低温的锅炉补水等;对燃煤电站锅炉,收集的热量可用来加热入炉空气、给水或凝结水等,最终将烟气余热用于获得优质能源-电能。这些措施都能有效的提高锅炉效率、降低能耗和燃料成本。

[0008] 无论采用何种烟气余热的深度回收利用方式,都存在着较大的技术障碍,即低温受热面腐蚀和积灰等问题。多数燃煤锅炉以动力煤为主,燃料硫份含量大,在排烟温度过低的情况下,烟气中 SO_2 和 SO_3 与水蒸汽结合形成强腐蚀性液体,由此会引起烟道尾部受热面的严重腐蚀和积灰,制约锅炉的安全运行。为避开以上问题,无论是燃煤工业锅炉还是燃煤电站锅炉的设计和运行中普遍采用较高的排烟温度,由此不可避免地造成了较大的排烟热损失。在现有多数烟气余热利用技术中,热量回收利用装置仍沿用了避开酸露点以避免低温腐蚀和积灰的技术路线,虽然可以回收一部分烟气余热,但利用程度并不高,同时将烟气酸露点的安全余量降低到了危险的程度。因此,欲实现烟气余热的深度回收利用,换热装置的低温受热面腐蚀和积灰是必须面对的两个技术难题。

[0009] 燃煤锅炉余热回收利用涉及到锅炉的技术、经济和安全性等多方面,关键制约因素是烟气的低温换热技术,只有在解决了低温换热过程中的腐蚀和堵灰问题后才能选择技术经济上最合算的方案。在化工领域,新型特种材料如石墨材料、酚醛树脂材料和新型陶瓷材料应用于换热技术中,成功开发出了能够较好克服强酸性化工产品腐蚀和结垢问题的换热装置。已有的石墨材料抗腐蚀换热器用作浓硫酸稀释冷却器(浓硫酸稀释到 65%左右)已安全稳定运行 10 年以上。这类低温换热技术为开发出能够克服燃煤烟气低温腐蚀和堵灰问题的换热装置提供了很好的借鉴,为最终实现燃煤工业锅炉和燃煤电站锅炉烟气余热深度回收利用技术的大规模商业化提供了可能。

[0010] 实施烟气余热的深度回收利用时,用于烟气余热收集的换热装置具备一定的脱硫除尘功能。当换热管表面形成冷凝液膜时,可吸收烟气中部分 SO_2 ,吸附常规静电除尘器无法脱除的燃煤细微颗粒物(小于 $10\ \mu\text{m}$)。该过程是在不消耗能量和资源的情况下实现的,有必要加以利用,最大限度的发挥其优势。目前,国内有关科研单位如清华大学、北京交通大学和北京建筑工程学院等开展了烟气冷凝液膜吸收 SO_2 的理论和实验研究,获得了不同烟气成分和冷凝温度对 SO_2 脱除性能的影响;在工程实践方面,采用烟气冷凝的燃油锅炉脱硫效率可达 20%~40%。现有静电除尘器对于燃煤细微颗粒物的捕集效率仍很低,进入大气后对大气环境和人体健康带来严重危害。控制这部分燃烧源细微颗粒物的排放已列入国家重点基础研究发展计划。以一台 300MW 的燃煤电站锅炉为例,如果静电除尘器的除尘效

率为 99.5%，微粒排放浓度 90-200mg/Nm³，烟囱向大气排放微粒 110-240kg/h，仍具有可观的排放量。如能够在燃煤烟气低温换热器的抗腐蚀和抗积灰性能上有所突破，就能够实施燃煤烟气余热深度回收利用。这对于燃煤工业锅炉，则可减少 SO₂ 的排放量（若未采用湿法脱硫工艺），捕集相当数量的燃煤细微颗粒物，对改善大气环境意义重大；对燃煤电站锅炉，可以减少后续脱硫装置运行负荷和成本，提高脱硫副产品品质。

[0011] 针对我国燃煤工业锅炉和电站锅炉排烟损失普遍过大的现状，提出了一种燃煤锅炉烟气余热深度回收利用与烟气冷凝脱硫除尘用省煤器，该种省煤器可运行在远低于酸露点的温度以下，用作燃煤工业锅炉或燃煤电站锅炉的末级受热面来回收烟气显热和部分水蒸汽的凝结放热，同时利用省煤器换热管表面产生的冷凝液膜可吸收、吸附烟气中部分 SO₂、SO₃ 和常规除尘器无法脱除的细微颗粒物。

发明内容

[0012] 为解决我国燃煤工业锅炉和电站锅炉排烟温度过高和排烟热损失过大问题，本发明提供了一种燃煤锅炉烟气余热深度回收利用与烟气冷凝脱硫除尘用省煤器，具体是采用抗低温酸露点腐蚀和导热性能良好的石墨材料制成的换热器，用作燃煤工业锅炉或燃煤电站锅炉的省煤器，使之在远低于酸露点温度以下运行，深度回收烟气显热和部分水蒸汽的汽化潜热，同时利用该省煤器的换热管表面产生的冷凝液膜吸收、吸附和脱除烟气中部分 SO₂、SO₃ 和常规除尘器无法脱除的细微颗粒物。

[0013] 技术方案

[0014] 本发明提出的燃煤锅炉烟气余热深度回收利用与烟气冷凝脱硫除尘用省煤器由换热管、壳体、水进口联箱、水出口联箱和冷凝液收集口组成。换热管为石墨材料加工而成，换热管可采用光管形式，也可采用翅片管形式，翅片可为纵向翅片、螺旋翅片或圆形翅片，换热管一端为封闭结构，另一端为法兰结构或卡套结构，采用密封圈使石墨换热管与金属件相连接，金属件上设置低温水入口和高温水出口，低温水入口的管子插至换热管的底部；也可在石墨换热管的两端采用弯头将石墨换热管连接成蛇形管。各排换热管相互串联，垂直或水平安装，换热管排之间呈顺排或错排布置。水进口联箱与末排换热管相连，将低温水分配至末排各换热管，水出口联箱与第一排各换热管相连，用于汇集换热管流出的高温水。

[0015] 本发明提出的省煤器应用于燃煤工业锅炉时，安装于原燃煤工业锅炉引风机后的水平烟道内，采用锅炉常温给水吸收烟气余热，烟气与锅炉给水总体呈逆流布置，烟气横向冲刷换热管外侧放热。水进口联箱将锅炉常温给水分配至末排换热管，从每根换热管顶部金属件上设置的低温水入口进入换热管吸热，吸热后的水从高温水出口流入下一排换热管，最后由第一排换热管汇入水出口联箱。本发明提出的省煤器在远低于酸露点温度以下运行，将烟气温度降至 60℃ 左右，从而产生严重的冷凝结露，在换热管表面产生厚厚的冷凝液膜吸收、吸附和脱除烟气中部分 SO₂、SO₃ 和常规除尘器无法脱除的细微颗粒物，并具有自清洗作用，所生成的含酸含尘冷凝液在省煤器下方设置有冷凝液收集口进行汇集。

[0016] 本发明提出的省煤器应用于燃煤电站锅炉时，在不改变原有电站锅炉主体工艺和设备的前提下，增加由低压泵、本发明提出的省煤器、辅助凝结水箱和高压泵顺序串联组成的烟气余热回收利用系统，通过深度回收烟气余热以替代部分汽轮机低压缸回热抽汽。在运行状态下，部分低温凝结水从主凝结水井，或补水从补水管，经低压泵升压后送入本发明

提出的省煤器,吸收烟气放出的热量成为高温凝结水,而后流入辅助凝结水箱,再由高压泵将辅助凝结水箱中的高温凝结水升压后输送至第三级低压加热器入口或出口的主凝结水管,同时减少进入第一至第三级低压加热器的回热抽汽量。

[0017] 有益效果

[0018] 1. 本发明提出的省煤器的换热管采用石墨材料制成,使得该省煤器在远低于酸露点温度以下长期可靠运行,具有比常规金属省煤器更高的可靠性和稳定性。

[0019] 2. 本发明提出的省煤器可使燃煤工业锅炉和燃煤电站锅炉的排烟温度均能降低到 60℃左右,使锅炉效率提高 5%~10%,显著降低锅炉能耗和运行成本,总体工程投资少,工艺简单可靠,设备运行和管理灵活。

[0020] 3. 本发明提出的省煤器用于燃煤锅炉烟气余热深度回收利用,换热管表面形成的冷凝液膜可吸收烟气中 30%~35%的 SO_2 和 SO_3 ,吸附常规除尘器无法脱除的细微颗粒物。特别地,该省煤器应用于燃煤电站锅炉可有效地降低湿法脱硫装置的负荷和运行成本,减少水资源消耗,提高脱硫副产品品质。

附图说明

[0021] 图 1 为本发明提出的省煤器的结构示意图。

[0022] 图 2 为本发明应用于燃煤工业锅炉烟气余热深度回收利用时的工艺流程图。

[0023] 图 3 为本发明应用于燃煤电站锅炉烟气余热深度回收利用时的工艺流程图。

具体实施方式

[0024] 图 1 为本发明提出的省煤器的结构示意图。本发明提出的省煤器主要由换热管 1-1、壳体 1-6、水进口联箱 1-7、水出口联箱 1-8 和冷凝液收集口 1-9 组成。换热管 1-1 为石墨材料加工而成的圆形翅片管,换热管 1-1 下端为封闭结构,上端为卡套结构,采用密封圈 1-5 使换热管 1-1 与金属件 1-4 相连接,金属件 1-4 上设置低温水入口 1-2 和高温水出口 1-3,低温水入口 1-2 的管子插至换热管 1-1 的底部。各排换热管相互串联,水平安装,换热管排之间呈错排布置。水进口联箱 1-7 与末排换热管相连,将低温水分配至末排各换热管,水出口联箱 1-8 与第一排各换热管相连,用于汇集换热管 1-1 流出的高温水。本发明提出的省煤器在远低于酸露点温度以下运行,将烟气温度降至 60℃左右。换热管 1-1 表面产生的冷凝液膜吸收、吸附烟气中部分 SO_2 、 SO_3 和常规除尘器无法脱除的细微颗粒物后成为含酸含尘冷凝液,在省煤器的下方设置冷凝液收集口 1-9 收集含酸含尘冷凝液。

[0025] 图 2 为本发明应用于燃煤工业锅炉烟气余热深度回收利用时的工艺流程图。本发明提出的省煤器 2-1 安装于原燃煤工业锅炉引风机 2-3 后的水平烟道 2-2 内,采用燃煤工业锅炉给水作为回收烟气余热的介质,锅炉给水与烟气呈逆流布置。锅炉给水连接至本发明提出的省煤器 2-1 的水进口联箱,水进口联箱将锅炉给水分配至本发明提出的省煤器 2-1 的末排换热管,吸热后的锅炉给水从高温水出口流入下一排换热管,最后由第一排换热管汇入本发明提出的省煤器 2-1 的水出口联箱,再进入原燃煤工业锅炉的省煤器 2-5 吸热后送入锅炉。本发明提出的省煤器 2-1 在远低于酸露点温度以下运行,烟气温度从约 150℃降至 60℃左右后由烟囱 2-6 排入大气。本发明提出的省煤器 2-1 的换热管表面产生的冷凝液膜吸收、吸附烟气中部分 SO_2 、 SO_3 和除尘器 2-4 无法脱除的细微颗粒物成为含酸含尘冷凝

液,由冷凝液收集口收集含酸含尘冷凝液。

[0026] 图3为本发明应用于燃煤电站锅炉烟气余热深度回收利用时的工艺流程图。在不改变原有电站锅炉主体工艺的前提下增加由低压泵3-2、本发明提出的省煤器3-1、辅助凝结水箱3-3和高压泵3-4顺序串联组成的烟气余热深度回收利用系统,低压泵3-2入口与主凝结水井3-5相连,低压泵3-2出口与本发明提出的省煤器3-1的水进口联箱相连,本发明提出的省煤器3-1的水出口联箱与辅助凝结水箱3-3的进水管相连,辅助凝结水箱3-3的出水管与高压泵3-4入口相连,高压泵3-4的出口与第三级低压加热器3-7入口或出口的主凝结水管相连。本发明提出的省煤器3-1安装在引风机3-8与湿法脱硫装置3-9之间的水平烟道3-10内。在运行状态下,由引风机3-8出来的烟气流入水平烟道3-10并横向冲刷本发明提出的省煤器3-1的换热管,烟气由约150℃被冷却至60℃左右后进入湿法脱硫装置3-9,本发明提出的省煤器3-1的换热管表面产生的冷凝液吸收、吸附烟气中部分SO₂、SO₃和除尘器3-11无法脱除的细微颗粒物成为含酸含尘冷凝液,由冷凝液收集口进行收集。同时,主凝结水井3-5中的部分低温凝结水经低压泵3-2升压后送入本发明提出的省煤器3-1吸收烟气放出的热量成为高温凝结水,而后流入辅助凝结水箱3-3,再由高压泵3-4将辅助凝结水箱3-3中的高温凝结水升压后输送至第三级低压加热器3-7入口或出口的主凝结水管。

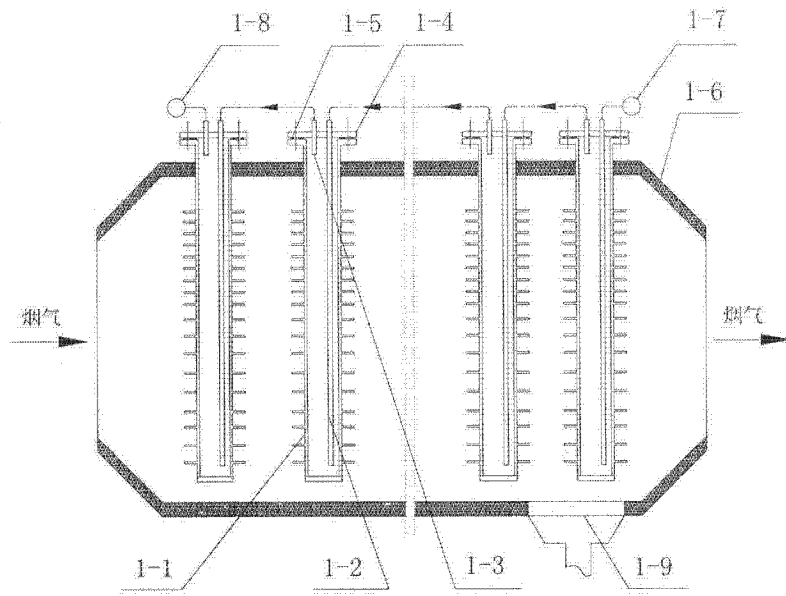


图 1

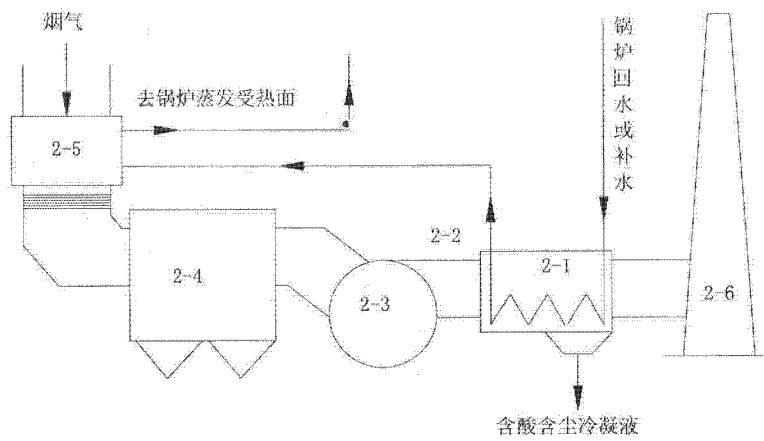


图 2

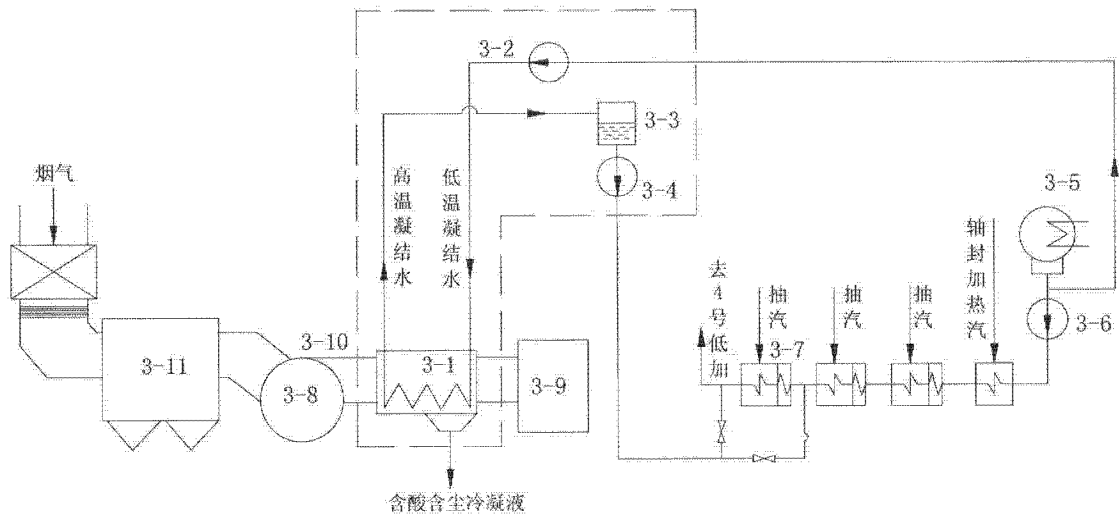


图 3