(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111792775 A
(43)申请公布日 2020.10.20

(21)申请号 202010858384.6

(22)申请日 2020.08.24

(71)申请人 济南山源环保科技有限公司
地址 250101 山东省济南市高新区临港街道办事处临港北路5566号

(72)发明人 田超 韩淑媛 曹珊珊 黄修帅 纪祥 陈国利

(74)专利代理机构 济南瑞宸知识产权代理有限公司 37268
代理人 王萍

(51)Int.Cl.
C02F 9/10(2006.01)
C02F 103/18(2006.01)
C02F 101/20(2006.01)

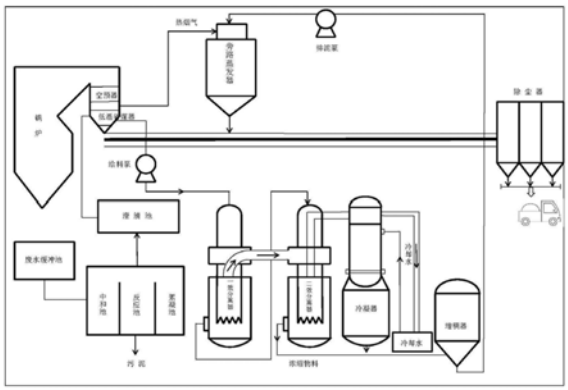
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种多热源蒸发脱硫废水的零排放方法

(57)摘要

本发明提供一种多热源蒸发脱硫废水的零排放方法，涉及废水处理技术领域。该多热源蒸发脱硫废水的零排放方法，包括沉淀预处理系统、低温真空双效蒸发浓缩系统和高温旁路烟道蒸发系统，所述沉淀预处理系统采用三联箱化学沉淀系统，所述的低温真空双效蒸发浓缩系统包括物料流程和蒸汽流程，所述高温旁路烟道蒸发系统包含了旁路蒸发器及其连接管道。整个结构通过多个系统的相互配合，可有效实现脱硫废水处理后无废水、无废气、无废弃固体物产生的真正零排放，通过组合工艺对水质要求较低，一定程度上缩短了工艺流程，同时废水的回收利用率高，结构节能环保的同时，也可以减少内部结构的结垢情况，具有一定的保护作用。



CN 111792775 A

1.一种多热源蒸发脱硫废水的零排放方法，包括沉淀预处理系统、低温真空双效蒸发浓缩系统和高温旁路烟道蒸发系统，其特征在于：所述沉淀预处理系统采用三联箱化学沉淀系统，所述的低温真空双效蒸发浓缩系统包括物料流程和蒸汽流程，所述高温旁路烟道蒸发系统包含了旁路蒸发器及其连接管道。

2.根据权利要求1所述的一种多热源蒸发脱硫废水的零排放方法，其特征在于：所述三联箱化学沉淀系统包括中和箱、反应箱、絮凝箱与澄清池，其操作方法如下：

在中和箱中通过添加石灰乳提高脱硫废水pH值，在反应箱中进行反应，把大部分重金属与镁、铁离子等以氢氧化物的形式沉淀出来，通过加有机硫沉淀重金属；在絮凝箱通过加入絮凝剂以及助凝剂等使废水中的悬浮物形成絮凝物，最后在澄清池中，在重量作用下将沉底物从废水中分离出来，上清液排入废水收集箱。

3.根据权利要求1所述的一种多热源蒸发脱硫废水的零排放方法，其特征在于：所述低温真空双效蒸发浓缩系统包括蒸汽发生器、一效蒸发器、二效蒸发器、冷凝器、废水箱、低温省煤器、冷却水箱、布液器、捕沫器以及各种输送使用的泵，所述一效蒸发器与二效蒸发器为相继串接设置，其操作方法如下：

a、第一步物料流程：首先废水收集箱中的脱硫废水由泵打入锅炉机组出口的低温省煤器进行预热；随后，调节阀门参数，通过进料泵将预热后的脱硫废水打入第一效蒸发器内，经过布液器均匀流淌在一效一段管壁内侧与源蒸汽进行对流换热，吸收热量后产生蒸汽，浓缩后脱硫废水通过一次泵打入一效二段再次进行吸热，产生蒸汽，一效二段出料脱硫废水通过二次泵打入二效一段内重复类似过程；

b、第二步蒸汽流程：引入烟道加热的蒸汽，作为外来加热热源，系统无预热器，加热源蒸汽直接进入一效蒸发器内进行换热，而冷凝水随管道排出；给料脱硫废水在一效组内换热相变后生成的二次蒸汽作为二效组的热源，输送至到二效蒸发器壳程进行冷凝换热，其凝结水输送到产品水罐中；二效组内浓盐水相变生成的二次蒸汽进入到末效冷凝器冷却、凝结后进入循环冷凝水罐，换热器内的水介质循环使用，通过工艺水定期对循环冷凝水罐进行少量补充。随后脱硫废水经过双效蒸发后进入增稠器进行进一步浓缩。

4.根据权利要求1所述的一种多热源蒸发脱硫废水的零排放方法，其特征在于：所述高温旁路烟道蒸发系统还包括了除尘器与空预器，其操作方法如下：

脱硫废水在预处理以及浓缩减量后，剩余的浓水通过双流体雾化喷枪在旁路烟道内雾化，旁路烟道从空预器前端烟道引入少量高温烟气，利用烟气热量，使雾化后的废水迅速完全蒸干。废水蒸发后产生的结晶盐和水蒸汽与粉煤灰一起并入除尘器前端烟道，结晶盐随粉煤灰一起被除尘器捕捉去除，增加水蒸汽随着烟气则进入脱硫系统，经过吸收塔的气液接触，降低脱硫水耗量，水蒸汽间接实现回收利用。

一种多热源蒸发脱硫废水的零排放方法

技术领域

[0001] 本发明涉及废水处理技术领域，具体为一种多热源蒸发脱硫废水的零排放方法。

背景技术

[0002] 随着水资源的日益匮乏以及严格的环保要求，燃煤电厂不断加大废水处理能力建设，提高废水回用率，电厂废水零排放将是不可回避的发展趋势，脱硫废水是燃煤电厂的末端废水，如何处理脱硫废水是实现电厂废水零排放的关键。

[0003] 目前脱硫废水零排放技术主要为由预处理单元、浓缩减量单元和固化单元组成。

[0004] 浓缩减量单元的目的是通过分离工艺，将废水分离为浓水和淡水。目前浓缩处理方法常用的有蒸馏法和膜法工艺，蒸馏法工艺主要包括MVR、MED等工艺，膜法工艺主要包括反渗透法、纳滤法和正渗透法。蒸馏法回收率较高，但对设备的材质要求很高，普遍采用钛材，因此投资大、能耗高，此外，还需特别注意高温下的结垢和腐蚀问题，反渗透法投资小、能耗低，但回收率相对稍低。正渗透法回收率与蒸馏法大致相同，但设备投资及运行高，因此在技术经济方面不占优势。

[0005] 固化处理工艺中蒸发塘以自然蒸发为基础，简单实用，但是受季节、温度等因素影响显著，处理量明显不足；膜浓缩工艺的成本高，设备故障率高，占地面积大，正渗透技术目前国内研究较少，产品还存在对一些污染物的截留率不高、支撑层内浓差极化大、造价较贵等问题；机械雾化蒸发技术虽然成本低、处理量大，但风吹损失带来周边环境的盐污染是制约其发展的关键；蒸发浓缩结晶技术利用热蒸汽将废水蒸干，工艺系统复杂，投资运行成本高，且在实际运行过程中发现，分盐工艺得到的NaCl结晶盐品质不高，含有部分微量有害元素，有成为危险废物的隐患，其经济性和适用性有待进一步评估。

发明内容

[0006] (一)解决的技术问题

[0007] 针对现有技术的不足，本发明提供了一种多热源蒸发脱硫废水的零排放方法，解决了现有的废水处理因种种因素而导致的处理效率低下，经济性与适用性低下等诸多问题。

[0008] (二)技术方案

[0009] 为实现以上目的，本发明通过以下技术方案予以实现：一种多热源蒸发脱硫废水的零排放方法，包括沉淀预处理系统、低温真空双效蒸发浓缩系统和高温旁路烟道蒸发系统，所述沉淀预处理系统采用三联箱化学沉淀系统，所述的低温真空双效蒸发浓缩系统包括物料流程和蒸汽流程，所述高温旁路烟道蒸发系统包含了旁路蒸发器及其连接管道。

[0010] 优选的，所述三联箱化学沉淀系统包括中和箱、反应箱、絮凝箱与澄清池，其操作方法如下：

[0011] 在中和箱中通过添加石灰乳提高脱硫废水pH值，在反应箱中进行反应，把大部分重金属与镁、铁离子等以氢氧化物的形式沉淀出来，通过加有机硫沉淀重金属；在絮凝箱通

过加入絮凝剂以及助凝剂等使废水中的悬浮物形成絮凝物，最后在澄清池中，在重量作用下将沉底物从废水中分离出来，上清液排入废水收集箱。

[0012] 优选的，所述低温真空双效蒸发浓缩系统包括蒸汽发生器、一效蒸发器、二效蒸发器、冷凝器、废水箱、低温省煤器、冷却水箱、布液器、捕沫器以及各种输送使用的泵，所述一效蒸发器与二效蒸发器为相继串接设置，其操作方法如下：

[0013] a、第一步物料流程：首先废水收集箱中的脱硫废水由泵打入锅炉机组出口的低温省煤器进行预热；随后，调节阀门参数，通过进料泵将预热后的脱硫废水打入第一效蒸发器内，经过布液器均匀流淌在一效一段管壁内侧与源蒸汽进行对流换热，吸收热量后产生蒸汽，浓缩后脱硫废水通过一次泵打入一效二段再次进行吸热，产生蒸汽，一效二段出料脱硫废水通过二次泵打入二效一段内重复类似过程；

[0014] b、第二步蒸汽流程：引入烟道加热的蒸汽，作为外来加热热源，系统无预热器，加热源蒸汽直接进入一效蒸发器内进行换热，而冷凝水随管道排出；给料脱硫废水在一效组内换热相变后生成的二次蒸汽作为二效组的热源，输送至到二效蒸发器壳程进行冷凝换热，其凝结水输送到产品水罐中；二效组内浓盐水相变生成的二次蒸汽进入到末效冷凝器冷却、凝结后进入循环冷凝水罐，换热器内的水介质循环使用，通过工艺水定期对循环冷凝水罐进行少量补充。随后脱硫废水经过双效蒸发后进入增稠器进行进一步浓缩。

[0015] 优选的，所述高温旁路烟道蒸发系统还包括了除尘器与空预器，其操作方法如下：

[0016] 脱硫废水在预处理以及浓缩减量后，剩余的浓水通过双流体雾化喷枪在旁路烟道内雾化，旁路烟道从空预器前端烟道引入少量高温烟气，利用烟气热量，使雾化后的废水迅速完全蒸干。废水蒸发后产生的结晶盐和水蒸汽与粉煤灰一起并入除尘器前端烟道，结晶盐随粉煤灰一起被除尘器捕捉去除，增加水蒸汽随着烟气则进入脱硫系统，经过吸收塔的气液接触，降低脱硫水耗量，水蒸汽间接实现回收利用。

[0017] (三)有益效果

[0018] 本发明提供了一种多热源蒸发脱硫废水的零排放方法。具备以下有益效果：

[0019] 1、该多热源蒸发脱硫废水的零排放方法，采用“沉淀预处理系统+低温真空双效蒸发浓缩系统+高温旁路烟道蒸发系统”方法，预处理后的脱硫废水经过双效低温真空多效蒸发浓缩，然后通过高温旁路蒸发器干燥后送入电除尘被捕捉。蒸发出的洁净水回收再利用，实现脱硫废水处理后无废水、无废气、无废弃固体物产生的真正零排放；

[0020] 2、该多热源蒸发脱硫废水的零排放方法，通过“低温真空双效蒸发浓缩系统+高温旁路烟道蒸发系统”的组合工艺对来水水质要求较低，因此除非当来水水质很差时，预处理采用传统的三联箱工艺进行处理，其余情况可直接由废水收集池进入低温真空双效蒸发浓缩系统进行浓缩处理，在一定程度上缩短了工艺流程；

[0021] 3、该多热源蒸发脱硫废水的零排放方法，较之机械压汽蒸馏耗电较高、蒸馏法对设备材料要求高(普遍采用钛材料)、反渗透法回收率低、正渗透法设备投资及运行高等缺点，本系统采用的低温真空双效浓缩技术的系统简单，自动化程度高，不需要增加运行维护人员；投运后不需要加药；不用消耗性材料，只有电费的消耗，大大降低运营成本。较之反渗透膜法投资小、能耗低，但回收率相对稍低的缺点，经过低温真空双效蒸发后，废水回收率最大可达到90％，且蒸发冷凝后的水属蒸馏产品水，可回用脱硫系统或工业水系统；

[0022] 4、本系统采用的竖管降膜蒸发器(图4)，克服了水平管降膜蒸发器和板式降膜蒸

发器的不足，竖管降膜蒸发器工作时，管外壁由热源蒸汽加热，蒸汽自身放热后冷却、凝结为水；给料液通过顶端布液装置在竖管内侧形成均匀的液膜，液膜受管内壁加热后蒸发，所以竖管两侧均有相变，整体的传热系数较高。另外，由于给料液沿竖直方向直接流过管壁内侧，进料量相对较小，预处理费用低，能耗较低。使其具备传热系数较高，进料量相对较小，预处理费用低，能耗较低；效组之间的传热温差小等优势；

[0023] 5、本系统采用的高温旁路蒸发工艺利用空预器前高温烟气，从湿物料到干粉产品的整个过程仅在几秒内完成，浓液蒸发系统体积小、占地少、热效率高，本方法利用余热烟气进行多效蒸发，一效蒸发器的最高温度低于70℃，同时增加强制循环系统，由于废水的流动性，降低了其浓缩过程中在蒸发系统中的停留时间，促进过饱和结晶盐在硫酸盐晶体和其他非溶性固体物质上进行附着，因此避免了系统内部结垢。

附图说明

[0024] 图1为本发明系统结构示意图；

[0025] 图2为本发明三联箱化学沉淀预处理系统结构示意图；

[0026] 图3为本发明低温真空双效蒸发浓缩系统结构示意图；

[0027] 图4为本发明低温真空双效蒸发浓缩系统蒸发器结构示意图；

[0028] 图5为本发明旁路烟道蒸发器结构示意图。

具体实施方式

[0029] 下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明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发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，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，都属于本发明保护的范围。

[0030] 实施例：

[0031] 如图1所示，本发明实施例提供一种多热源蒸发脱硫废水的零排放方法，包括沉淀预处理系统、低温真空双效蒸发浓缩系统和高温旁路烟道蒸发系统，沉淀预处理系统采用三联箱化学沉淀系统，的低温真空双效蒸发浓缩系统包括物料流程和蒸汽流程，高温旁路烟道蒸发系统包含了旁路蒸发器及其连接管道。

[0032] 如图2所示，三联箱化学沉淀系统包括中和箱、反应箱、絮凝箱与澄清池，其操作方法如下：

[0033] 在中和箱中通过添加石灰乳提高脱硫废水pH值，在反应箱中进行反应，把大部分重金属与镁、铁离子等以氢氧化物的形式沉淀出来，通过加有机硫沉淀重金属；在絮凝箱通过加入絮凝剂以及助凝剂等使废水中的悬浮物形成絮凝物，最后在澄清池中，在重量作用下将沉底物从废水中分离出来，上清液排入废水收集箱。

[0034] 如图3所示，低温真空双效蒸发浓缩系统包括蒸汽发生器、一效蒸发器、二效蒸发器、冷凝器、废水箱、低温省煤器、冷却水箱、布液器、捕沫器以及各种输送使用的泵，一效蒸发器与二效蒸发器为相继串接设置，其操作方法如下：

[0035] a、第一步物料流程：首先废水收集箱中的脱硫废水由泵打入锅炉机组出口的低温省煤器进行预热；随后，调节阀门参数，通过进料泵将预热后的脱硫废水打入第一效蒸发器

内，经过布液器均匀流淌在一效一段管壁内侧与源蒸汽进行对流换热，吸收热量后产生蒸汽，浓缩后脱硫废水通过一次泵打入一效二段再次进行吸热，产生蒸汽，一效二段出料脱硫废水通过二次泵打入二效一段内重复类似过程；

[0036] b、第二步蒸汽流程：引入烟道加热的蒸汽，作为外来加热热源，系统无预热器，加热源蒸汽直接进入一效蒸发器内进行换热，而冷凝水随管道排出；给料脱硫废水在一效组内换热相变后生成的二次蒸汽作为二效组的热源，输送至到二效蒸发器壳程进行冷凝换热，其凝结水输送到产品水罐中；二效组内浓盐水相变生成的二次蒸汽进入到末效冷凝器冷却、凝结后进入循环冷凝水罐，换热器内的水介质循环使用，通过工艺水定期对循环冷凝水罐进行少量补充。随后脱硫废水经过双效蒸发后进入增稠器进行进一步浓缩；

[0037] 蒸发器结构设计时采用一种不同以往的竖管降膜蒸发器形式(如图4)，换热列管为双侧相变换热，管外侧为加热蒸汽，管内侧为脱硫废水，因此换热系数较高，给料脱硫废水一次性流过换热列管，输送动力小，耗功较少，将每一效两段式设计方案，即将一效蒸发器按轴向方向一分为二，称为一效一段和一效二段，一效内两部分列管换热器处于相同的加热蒸汽氛围内，原料脱硫废水先通过一效一段换热列管后再通过物料泵打入一效二段内继续换热蒸发，如此设计增加蒸汽与物料之间接触时间，使物料得以有充足时间换热，从而达到沸腾温度，同时蒸发器结构采用顺流进料，原料脱硫废水配置完成，经过沉淀处理后注入原料罐中，无预热流程，采用外源预热达到设定的进料温度，采用顺流进料，虽然在末效时脱硫废水浓度最大，但此时蒸发温度较低，降低了结垢的风险，蒸发器设计时考虑到蒸发过程中由蒸汽压降低、液柱静压差和管路摩擦阻力带来的温度差损失，此外，实际生产多效蒸发器时，为了形成一定的规模和加工方便，一般采用等面积方式加工多效蒸发器，即每一效组的蒸发器管束换热面积大致相等，每一效蒸发器的上部，以及在冷凝器的凝水罐中均设置不凝结气体排放接口，并将所有接口连接至抽真空设备上，时刻抽出装置中的不凝结气体，以提高装置内部的真空度，保证蒸发器和凝器器稳定地工作，构建效间合理压降，维持设备稳定运行；布液器采用螺旋型布液器，可以保证将给料液均匀分布到每根换热管的内壁面，从而形成稳定地薄液膜层，捕沫器采用挡板捕沫器，其特点包括小压降、大处理量、不易堵塞等，夹带高盐分的水雾沫的水蒸汽可被挡板捕沫器高效截留下来，从而保证冷凝器中冷凝水的水质。

[0038] 如图1所示，高温旁路烟道蒸发系统还包括了除尘器与空预器，其操作方法如下：

[0039] 脱硫废水在预处理以及浓缩减量后，剩余的浓水通过双流体雾化喷枪在旁路烟道内雾化，旁路烟道从空预器前端烟道引入少量高温烟气，利用烟气热量，使雾化后的废水迅速完全蒸干。废水蒸发后产生的结晶盐和水蒸汽与粉煤灰一起并入除尘器前端烟道，结晶盐随粉煤灰一起被除尘器捕捉去除，增加水蒸汽随着烟气则进入脱硫系统，经过吸收塔的气液接触，降低脱硫水耗量，水蒸汽间接实现回收利用；

[0040] 旁路烟道蒸发结构入口、出口分别设置温度计，从而间接判断废水的蒸发情况，高温旁路烟气蒸发系统从脱硝出口引出旁路，并从空预器入口处引入3％～5％的高温烟气，引进的高温烟气迅速汽化蒸发经过浓缩后的脱硫废水，废水经过双相流雾化喷嘴喷入，有效利用高温烟气使其蒸干，蒸发系统为脱销出口引高温烟气到旁路蒸发室蒸发脱硫废水，浓缩后100％的脱硫废水在高温旁路蒸发室内全部蒸发处理，旁路烟道入口位于SCR后、空气预热器前烟道，出口位于空预器后、除尘器前烟道，旁路烟道入、出口通过电动隔离挡板

实现与主体烟道的隔离，保障电厂的稳定运行，旁路烟道入口加设电动调节挡板以调节烟气的流量、流速，保障液滴的高效蒸发，旁路烟道蒸发系统采用PLC控制，实现运行参数、设备状况在线远程监控，远程指导现场操作，并且可以汇总旁路烟道蒸发过程中各个参数的变化，旁路烟道的入口、中间、出口处分别设置温度传感器，以监测蒸发过程中烟气的温度变化，初步判断蒸发效果。提高系统维护检修效率和发现缺陷的能力，旁路烟道可通过检修口观察旁路反渗透浓水经废水管道输送至旁路烟道内的双流体高效雾化喷头，并可通过空压机调节气液比控制雾化液滴粒径。雾化液滴与高温烟气(330～350℃)在旁路烟道内充分混合，在不断的传质、传热过程中实现液滴的高效蒸发，雾化液滴中所含的盐类物质在蒸发过程中持续析出，并附着在烟气中的粉尘颗粒上经旁路烟道出口进入除尘器，被除尘器捕集；蒸发后的水蒸气随烟气进入脱硫塔，在脱硫塔经冷凝后间接补充脱硫工艺用水，最终实现脱硫废水零排放。

[0041] 尽管已经示出和描述了本发明的实施例，对于本领域的普通技术人员而言，可以理解在不脱离本发明的原理和精神的情况下可以对这些实施例进行多种变化、修改、替换和变型，本发明的范围由所附权利要求及其等同物限定。

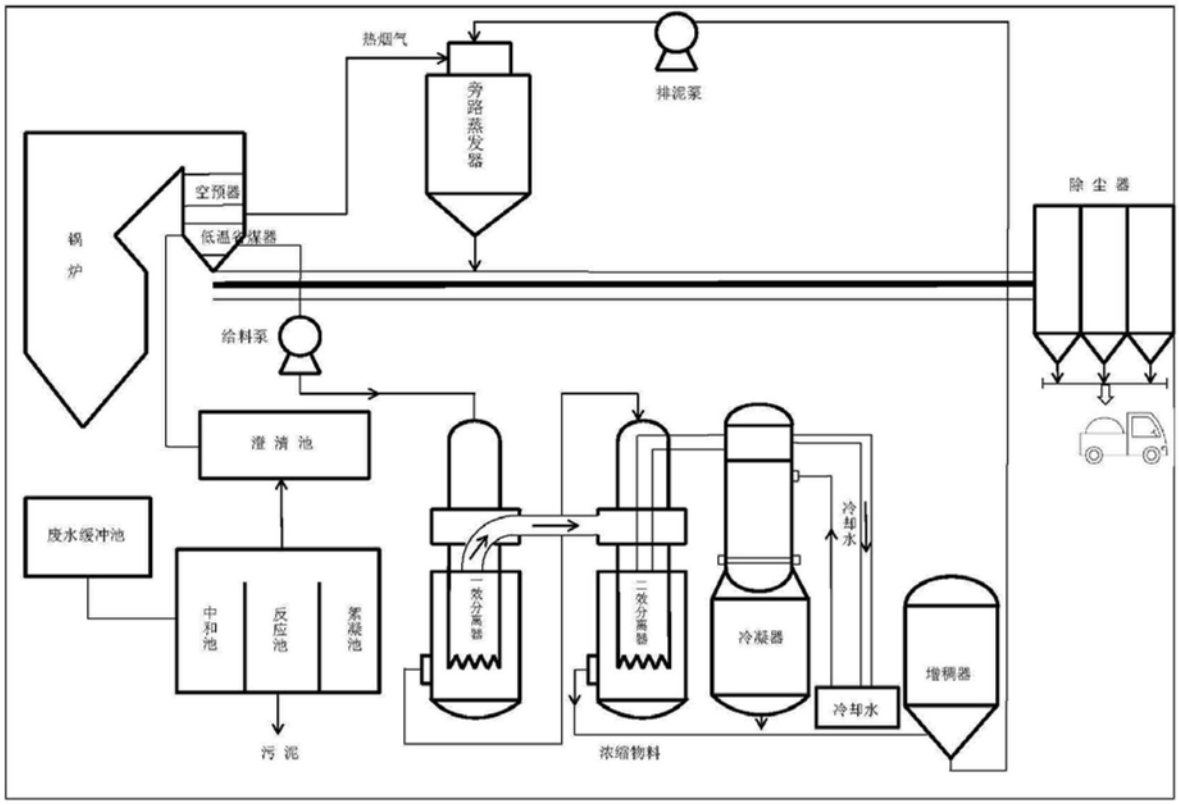

热烟气
旁路蒸发器
排泥泵
除尘器
空预器
低温省煤器
锅炉
给料泵
澄清池
废水缓冲池
中和池
反应池
絮凝池
污泥
一效分离器
二效分离器
冷凝器
冷却水
增稠器
浓缩物料

图1

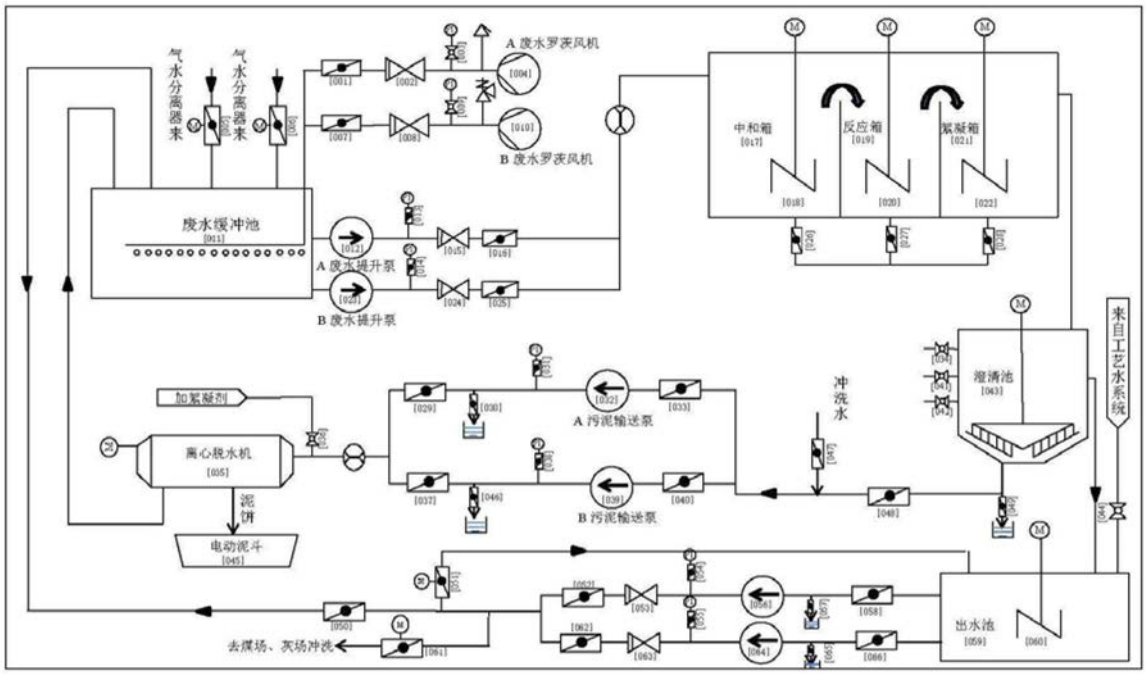

气水分离器来
A 废水罗茨风机
B 废水罗茨风机
中和箱
反应箱
絮凝箱
废水缓冲池
A 废水提升泵
B 废水提升泵
加絮凝剂
离心脱水机
泥饼
电动泥斗
A 污泥输送泵
B 污泥输送泵
冲洗水
澄清池
来自工艺水系统
出水池
去煤场、灰场冲洗

图2

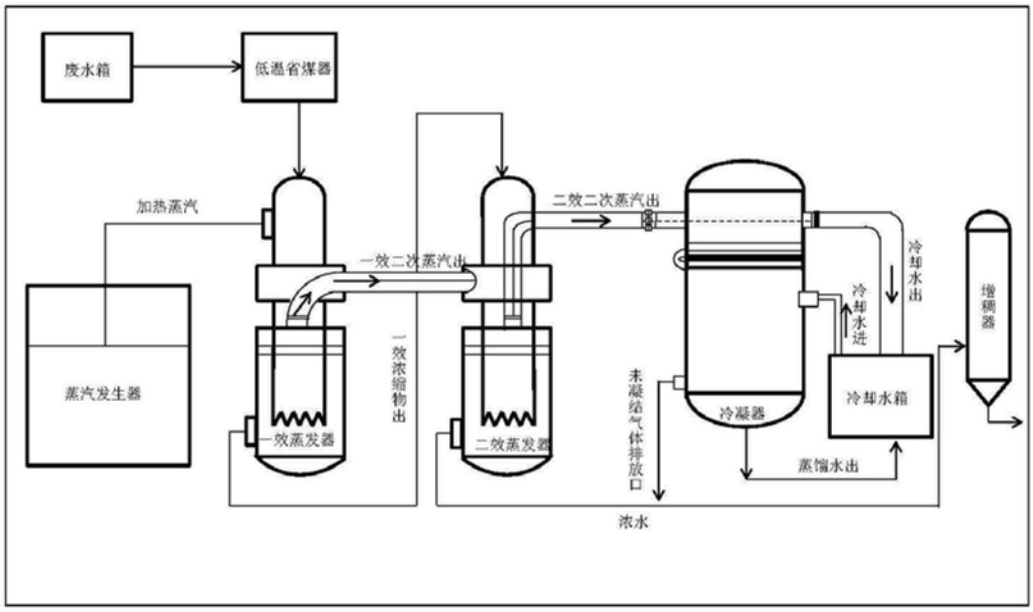

废水箱
低温省煤器
加热蒸汽
蒸汽发生器
一效蒸发器
一效浓缩物出
一效二次蒸汽出
二效蒸发器
二效二次蒸汽出
冷凝器
冷却水进
冷却水出
冷却水箱
增稠器
未凝结气体排放口
蒸馏水出
浓水

图3

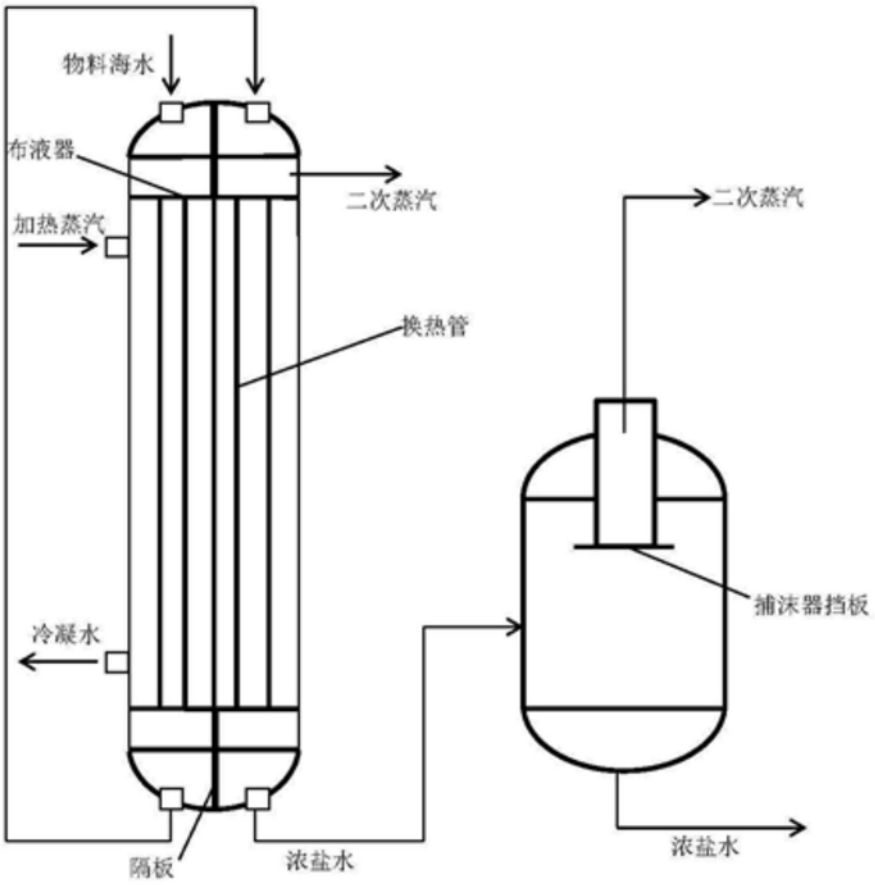

物料海水
布液器
二次蒸汽
加热蒸汽
换热管
二次蒸汽
捕沫器挡板
冷凝水
隔板
浓盐水
浓盐水

图4

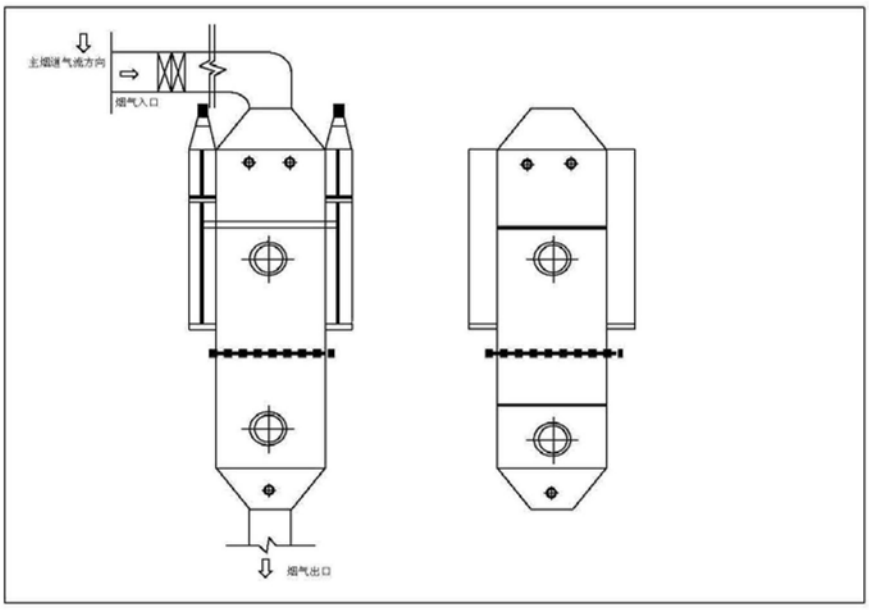


图5