



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111635053 A

(43)申请公布日 2020.09.08

(21)申请号 202010449974.3

C02F 101/20(2006.01)

(22)申请日 2020.05.25

(71)申请人 深圳能源资源综合开发有限公司
地址 518000 广东省深圳市宝安区燕罗街道老虎坑环境园渗沥液处理站办公楼

(72)发明人 张泉 高然 李朝辉 兰建伟
王明常 彭足仁 赵剑锋 徐文军

(74)专利代理机构 深圳市瑞方达知识产权事务所(普通合伙) 44314
代理人 林俭良 王少虹

(51)Int.Cl.
C02F 9/10(2006.01)
C01D 3/04(2006.01)
C02F 101/10(2006.01)
C02F 103/18(2006.01)

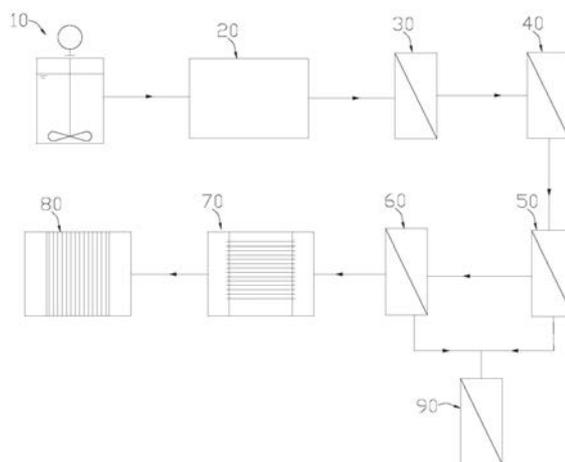
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

脱硫废水零排放处理系统及方法

(57)摘要

本发明公开了一种脱硫废水零排放处理系统及方法,脱硫废水零排放处理系统包括调节池、一体化预处理装置、微滤装置、纳滤装置、高压反渗透装置、超高压反渗透装置、横管降膜浓缩装置和蒸发结晶装置;所述调节池、一体化预处理装置、微滤装置、纳滤装置、高压反渗透装置、超高压反渗透装置、横管降膜浓缩装置以及蒸发结晶装置按脱硫废水的处理方向依次连接。本发明达到废水零排放,减小了蒸发系统规模,降低了蒸发结晶工艺能耗,提高结晶盐的纯度,简化预处理工艺流程,减少占地面积及设备投资。



1. 一种脱硫废水零排放处理系统,其特征在于,包括接入脱硫废水的调节池、对脱硫废水进行软化处理的一体化预处理装置、对软化后的脱硫废水进行微滤处理的微滤装置、对微滤后的脱硫废水进行分盐提纯处理的纳滤装置、对分盐提纯后的脱硫废水进行浓缩减量化处理的高压反渗透装置和超高压反渗透装置、对浓缩减量后的脱硫废水依次进行浓缩和结晶处理的横管降膜浓缩装置和蒸发结晶装置;

所述调节池、一体化预处理装置、微滤装置、纳滤装置、高压反渗透装置、超高压反渗透装置、横管降膜浓缩装置以及蒸发结晶装置按脱硫废水的处理方向依次连接。

2. 根据权利要求1所述的脱硫废水零排放处理系统,其特征在于,所述调节池包括池体以及设置在所述池体内的桨叶搅拌器。

3. 根据权利要求1所述的脱硫废水零排放处理系统,其特征在于,所述一体化预处理装置包括加药系统,依次连通的一级反应池、斜板澄清池、二级反应池以及浓缩池;

所述加药系统包括石灰加药装置、碳酸钠加药装置、有机硫加药装置、混凝剂加药装置以及助凝剂加药装置;所述石灰加药装置、混凝剂加药装置和助凝剂加药装置分别通过第一加药管道连通所述一级反应池,所述碳酸钠加药装置、有机硫加药装置、混凝剂加药装置和助凝剂加药装置分别通过第二加药管道连通所述二级反应池。

4. 根据权利要求3所述的脱硫废水零排放处理系统,其特征在于,所述一体化预处理装置还包括污泥缓冲罐和板框压滤机;

所述斜板澄清池和浓缩池分别通过污泥输送管道连接所述污泥缓冲罐的进口端,将产生的污泥输送至所述污泥缓冲罐;所述板框压滤机连接所述污泥缓冲罐的出口端,对污泥进行压滤处理。

5. 根据权利要求1所述的脱硫废水零排放处理系统,其特征在于,所述高压反渗透装置采用卷式复合高压反渗透膜元件,将所述纳滤装置的产水进行一次浓缩减量;

所述超高压反渗透装置采用卷式复合超高压反渗透膜元件,对来自所述高压反渗透装置的浓水进行二次浓缩减量。

6. 根据权利要求1所述的脱硫废水零排放处理系统,其特征在于,所述横管降膜浓缩装置包括横管蒸发罐、换热器、蒸汽压缩风机以及循环泵;

所述横管蒸发罐包括用于浓水在其中流通的外壳、若干水平布置在所述外壳内且用于加热介质在其中流通的换热管,所述外壳上设有连通外壳内部空间的进料口和出料口;所述换热器的冷侧进口端连接所述超高压反渗透装置,冷侧出口端连接所述横管蒸发罐的进料口;所述换热器的热侧进口端连接所述横管蒸发罐的冷凝水出口,所述超高压反渗透装置输出的浓水通过所述换热器后进入所述横管蒸发罐;

所述蒸汽压缩机的进风端和出风端分别通过蒸汽管道连接所述横管蒸发罐,形成一个蒸汽回路;

所述横管蒸发罐的出料口连接所述循环泵的进口端,所述循环泵的出口端连接所述蒸发结晶装置。

7. 根据权利要求6所述的脱硫废水零排放处理系统,其特征在于,所述循环泵的出口端还通过回流管道连接所述横管蒸发罐的顶部,形成一个浓水循环回路。

8. 根据权利要求1所述的脱硫废水零排放处理系统,其特征在于,所述脱硫废水零排放处理系统还包括常压反渗透装置;

所述常压反渗透装置分别连接所述高压反渗透装置和超高压反渗透装置,接收所述高压反渗透装置和超高压反渗透装置的产水并进行常压反渗透处理。

9. 一种脱硫废水零排放处理方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、调节池接入脱硫废水,对所述脱硫废水进行搅拌使其固液均匀;

S2、将所述脱硫废水输送至一体化预处理装置进行软化处理,去除其中的胶体、悬浮物、重金属及金属离子;

S3、将软化处理后的脱硫废水依次输送至微滤装置和纳滤装置,依次进行微滤处理和分盐提纯处理,获得纳滤产水;

S4、将纳滤产水输送至高压反渗透装置进行一次浓缩减量化处理;

S5、将一次浓缩减量化处理获得的浓水输送至超高压反渗透装置进行二次浓缩减量化处理;

S6、将二次浓缩减量化后得到的浓水输送至横管降膜浓缩装置进行浓缩处理;

S7、将浓缩处理后的产水输送至蒸发结晶装置进行结晶处理,获得氯化钠结晶盐和蒸发冷凝水。

10. 根据权利要求9所述的脱硫废水零排放处理方法,其特征在于,还包括以下步骤:

S8、将所述高压反渗透装置和超高压反渗透装置的浓水输送至常压反渗透装置进行常压反渗透处理,获得回用水。

脱硫废水零排放处理系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及废水处理技术领域,尤其涉及一种脱硫废水零排放处理系统及方法。

背景技术

[0002] 为去除烟气中的二氧化硫,我国90%以上的燃煤电厂采用石灰石膏湿法脱硫工艺。电厂各类废水常作为脱硫系统工艺水,因此脱硫系统产生的脱硫废水是电厂的末端废水,具有水量小、成分复杂、难处理的特点。由于水资源再利用与环境保护问题日益突出,脱硫废水零排放越来越必要。

[0003] 影响脱硫废水水质的主要因素包括燃烧煤种、石灰品质、浓缩循环水和电厂化学废水以及回收再利用过程中添加的各种药剂等。脱硫废水总体呈现弱酸性、水质变化大、含盐量高、钙镁硬度高、重金属种类多的特点,尤其是氯离子含量高达11000~25000mg/L,其中, NH_4^+ -N含量较低,COD含量较低。

[0004] 目前,脱硫废水零排放处理工艺以蒸发技术为核心分为两种:以烟气或蒸汽为热源,烟气蒸发结晶工艺由于烟气对盐接触换热,产生混盐,产品盐处置问题使得其应用有局限性。蒸汽蒸发结晶工艺由于投资大、成本高的缺点,影响其大范围推广。近年来,工程上采用的主流蒸汽蒸发技术是立式机械蒸汽压缩蒸发(MVR),其运行能耗不足多效蒸发(MED)工艺的10%,蒸发设备大量缩减,占地面积大幅降低,但仍然存在投资较大、运行成本较高的问题。此外,废水前端软化预处理工艺存在流程长、节点多的问题。

发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题在于,针对上述现有技术的缺陷,提供一种脱硫废水零排放处理系统及脱硫废水零排放处理方法。

[0006] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:提供一种脱硫废水零排放处理系统,包括接入脱硫废水的调节池、对脱硫废水进行软化处理的一体化预处理装置、对软化后的脱硫废水进行微滤处理的微滤装置、对微滤后的脱硫废水进行分盐提纯处理的纳滤装置、对分盐提纯后的脱硫废水进行浓缩减量化处理的高压反渗透装置和超高压反渗透装置、对浓缩减量化后的脱硫废水依次进行浓缩和结晶处理的横管降膜浓缩装置和蒸发结晶装置;

[0007] 所述调节池、一体化预处理装置、微滤装置、纳滤装置、高压反渗透装置、超高压反渗透装置、横管降膜浓缩装置以及蒸发结晶装置按脱硫废水的处理方向依次连接。

[0008] 优选地,所述调节池包括池体以及设置在所述池体内的桨叶搅拌器。

[0009] 优选地,所述一体化预处理装置包括加药系统,依次连通的一级反应池、斜板澄清池、二级反应池以及浓缩池;

[0010] 所述加药系统包括石灰加药装置、碳酸钠加药装置、有机硫加药装置、混凝剂加药装置以及助凝剂加药装置;所述石灰加药装置、混凝剂加药装置和助凝剂加药装置分别通过第一加药管道连通所述一级反应池,所述碳酸钠加药装置、有机硫加药装置、混凝剂加药

装置和助凝剂加药装置分别通过第二加药管道连通所述二级反应池。

[0011] 优选地,所述一体化预处理装置还包括污泥缓冲罐和板框压滤机;

[0012] 所述斜板澄清池和浓缩池分别通过污泥输送管道连接所述污泥缓冲罐的进口端,将产生的污泥输送至所述污泥缓冲罐;所述板框压滤机连接所述污泥缓冲罐的出口端,对污泥进行压滤处理。

[0013] 优选地,所述高压反渗透装置采用卷式复合高压反渗透膜元件,将所述纳滤装置的产水进行一次浓缩减量化;

[0014] 所述超高压反渗透装置采用卷式复合超高压反渗透膜元件,对来自所述高压反渗透装置的浓水进行二次浓缩减量化。

[0015] 优选地,所述横管降膜浓缩装置包括横管蒸发罐、换热器、蒸汽压缩风机以及循环泵;

[0016] 所述横管蒸发罐包括用于浓水在其中流通的外壳、若干水平布置在所述外壳内且用于加热介质在其中流通的换热管,所述外壳上设有连通外壳内部空间的进料口和出料口;所述换热器的冷侧进口端连接所述超高压反渗透装置,冷侧出口端连接所述横管蒸发罐的进料口;所述换热器的热侧进口端连接所述横管蒸发罐的冷凝水出口,所述超高压反渗透装置输出的浓水通过所述换热器后进入所述横管蒸发罐;

[0017] 所述蒸汽压缩机的进风端和出风端分别通过蒸汽管道连接所述横管蒸发罐,形成一个蒸汽回路;

[0018] 所述横管蒸发罐的出料口连接所述循环泵的进口端,所述循环泵的出口端连接所述蒸发结晶装置。

[0019] 优选地,所述循环泵的出口端还通过回流管道连接所述横管蒸发罐的顶部,形成一个浓水循环回路。

[0020] 优选地,所述脱硫废水零排放处理系统还包括常压反渗透装置;

[0021] 所述常压反渗透装置分别连接所述高压反渗透装置和超高压反渗透装置,接收所述高压反渗透装置和超高压反渗透装置的产水并进行常压反渗透处理。

[0022] 本发明还提供一种脱硫废水零排放处理方法,包括以下步骤:

[0023] S1、调节池接入脱硫废水,对所述脱硫废水进行搅拌使其固液均匀;

[0024] S2、将所述脱硫废水输送至一体化预处理装置进行软化处理,去除其中的胶体、悬浮物、重金属及金属离子;

[0025] S3、将软化处理后的脱硫废水依次输送至微滤装置和纳滤装置,依次进行微滤处理和分盐提纯处理,获得纳滤产水;

[0026] S4、将纳滤产水输送至高压反渗透装置进行一次浓缩减量化处理;

[0027] S5、将一次浓缩减量化处理获得的浓水输送至超高压反渗透装置进行二次浓缩减量化处理;

[0028] S6、将二次浓缩减量化后得到的浓水输送至横管降膜浓缩装置进行浓缩处理;

[0029] S7、将浓缩处理后的产水输送至蒸发结晶装置进行结晶处理,获得氯化钠结晶盐和蒸发冷凝水。

[0030] 优选地,所述处理方法还包括以下步骤:

[0031] S8、将所述高压反渗透装置和超高压反渗透装置的浓水输送至常压反渗透装置进

行常压反渗透处理,获得回用水。

[0032] 本发明的有益效果:将脱硫废水通过一体化集成的预处理装置的软化处理、纳滤装置的分盐提纯处理、高压和超高压反渗透的浓缩减量化处理,最后的浓缩和结晶处理,达到废水零排放,减小了蒸发系统规模,降低了蒸发结晶工艺能耗,提高结晶盐的纯度,简化预处理工艺流程,减少占地面积及设备投资。

附图说明

[0033] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明,附图中:

[0034] 图1是本发明一实施例的脱硫废水零排放处理系统的连接结构示意图;

[0035] 图2是本发明一实施例的脱硫废水零排放处理系统中一体化预处理装置的结构示意图;

[0036] 图3是本发明一实施例的脱硫废水零排放处理系统中横管降膜浓缩装置的结构示意图。

具体实施方式

[0037] 为了对本发明的技术特征、目的和效果有更加清楚的理解,现对照附图详细说明本发明的具体实施方式。

[0038] 如图1所示,本发明一实施例的脱硫废水零排放处理系统,包括依次对脱硫废水进行处理并按脱硫废水的处理方向依次连接的调节池10、一体化预处理装置20、微滤装置30、纳滤装置40、高压反渗透装置50、超高压反渗透装置60、横管降膜浓缩装置70以及蒸发结晶装置80。

[0039] 其中,调节池10接入脱硫废水,可对脱硫废水进行搅拌处理,使得脱硫废水固液均匀而不易沉降。一体化预处理装置20是一体化集成装置,对脱硫废水进行软化处理,以去除其中的胶体、悬浮物、重金属及金属离子等。微滤装置30对软化后的脱硫废水进行微滤处理,从而取消传统预处理工艺的二级澄清池的设置,减少工艺环节,减小占地面积及设备投资。纳滤装置40对微滤后的脱硫废水进行分盐提纯处理,提高产水氯化钠纯度,从而可提升后续蒸发产品盐的氯化钠纯度达97.5%及以上。高压反渗透装置50和超高压反渗透装置60对分盐提纯后的脱硫废水依次进行浓缩减量化处理。横管降膜浓缩装置70和蒸发结晶装置80对浓缩减量化后的脱硫废水依次进行浓缩和结晶处理,最终获得氯化钠结晶盐和蒸发冷凝水。

[0040] 具体地,调节池10可包括池体以及设置在池体内的桨叶搅拌器,通过桨叶搅拌器对进入池体内的脱硫废水进行搅拌。

[0041] 如图1、2所示,一体化预处理装置20包括加药系统21,依次连通的一级反应池22、斜板澄清池23、二级反应池24以及浓缩池25。加药系统21、一级反应池22、斜板澄清池23、二级反应池24以及浓缩池25集成一体设置,减少整个预处理装置的占地面积及其中的管道投资等。

[0042] 加药系统21用于分别往一级反应池22和二级反应池24加入相应的药剂。该加药系统21进一步包括石灰加药装置211、碳酸钠加药装置212、有机硫加药装置213、混凝剂加药装置214以及助凝剂加药装置215。

[0043] 石灰加药装置211、混凝剂加药装置214和助凝剂加药装置215分别通过第一加药管道(未图示)连通一级反应池22,第一加药管道上设有加药泵。一级反应池22通过输送泵210连接调节池10,输送泵210提供动力将调节池10的脱硫废水输送至一级反应池22,通过石灰加药装置211往一级反应池22中的脱硫废水加入石灰,对其pH调节至碱性(如pH至11.2等),可去除镁硬、硅硬;通过混凝剂加药装置214和助凝剂加药装置215分别往一级反应池22中的脱硫废水加入聚铁溶液(混凝剂)、PAM溶液(助凝剂),可促进沉淀絮凝沉降。

[0044] 碳酸钠加药装置212、有机硫加药装置213、混凝剂加药装置214和助凝剂加药装置215分别通过第二加药管道(未图示)连通二级反应池24,第二加药管道上设有加药泵。通过碳酸钠加药装置212和有机硫加药装置213分别往二级反应池24中的脱硫废水加入碳酸钠和有机硫,分别可去除钙硬和重金属离子;通过混凝剂加药装置214和助凝剂加药装置215分别往二级反应池24中的脱硫废水加入聚铁溶液(混凝剂)、PAM溶液(助凝剂),可促进沉淀絮凝沉降。

[0045] 斜板澄清池23连通在一级反应池22和二级反应池24之间,对来自一级反应池22的脱硫废水进行澄清处理,将脱硫废水中的沉淀物等截留在该斜板澄清池23内,澄清液则流向二级反应池24以进行再处理。脱硫废水在二级反应池24中处理后再输送至浓缩池25,经浓缩池25后输送至微滤装置30。

[0046] 一级反应池22、斜板澄清池23、二级反应池24以及浓缩池25中各水池间采用高度差溢流,在调节池10和一级反应池22之间仅需配置一备一用的两台输送泵210提供一体化预处理装置20进水动力,省去多台水泵的设置。

[0047] 脱硫废水通过一体化预处理装置20时,经化学加药处理去除脱硫废水中的胶体、悬浮物、重金属及钙镁钡锶等金属离子,控制浓缩池25出水钙硬小于5mg/l、镁硬小于5mg/l,达到更好的软化效果。

[0048] 本实施例中,一级反应池22、斜板澄清池23、二级反应池24以及浓缩池25中各水池均为长方体水池。一级反应池22和二级反应池24中分别在对角布置有潜水搅拌器221、241,具有推力大、能耗低、固液搅拌均匀的特点,用于将脱硫废水及加入的药剂搅拌均匀。斜板澄清池23内设斜板填料进行填充,提高澄清效率,减小斜板澄清池23占地面积。浓缩池25内设有桨叶搅拌器,且浓缩池25的底部呈锥形,减少污泥积聚。

[0049] 进一步,一体化预处理装置20还包括污泥缓冲罐26和板框压滤机27。斜板澄清池23和浓缩池25分别通过污泥输送管道连接污泥缓冲罐26的进口端,将产生的污泥输送至污泥缓冲罐26;污泥输送管道上可设有污泥输送泵提供动力。板框压滤机27连接污泥缓冲罐26的出口端,对污泥进行压滤处理。

[0050] 微滤装置30连接一体化预处理装置20的浓缩池25,接收来自浓缩池25的出水。微滤装置30采用管式微滤膜,对大流量、高悬浮物废水的具有良好的过滤作用,从而取消传统预处理工艺的二级澄清池的设置,减少工艺环节,减小占地面积及设备投资。

[0051] 微滤装置30的产水输送至纳滤装置40进行分盐提纯处理。纳滤装置40采用高选择性、较高的单价离子透过率、较高的二价离子和COD截流率的卷式复合膜元件(如螺旋卷式聚哌嗪复式薄膜元件),工作压力是0.6MPa-4MPa。纳滤装置40接收的产水的pH为5-10;当pH不为5-10时,根据需要加入盐酸进行调节。通过纳滤装置40的处理提高产水氯化钠纯度,从而提升后续蒸发产品盐的氯化钠纯度,可达97.5%及以上。

[0052] 纳滤装置40的产水输送至高压反渗透装置50。该高压反渗透装置50的工作压力为6MPa-8MPa。高压反渗透装置50采用高抗污染的卷式复合高压反渗透膜元件(如螺旋卷式聚酰胺复合薄膜元件),将纳滤装置40的产水进行一次浓缩减量化。高压反渗透装置50接收的来自纳滤装置40的产水pH为5-10。

[0053] 高压反渗透装置50输出的浓水输送至超高压反渗透装置60;该输出的浓水pH优选为5-10。超高压反渗透装置60的工作压力为8MPa-12MPa。超高压反渗透装置60采用宽流道、抗污染的卷式复合超高压反渗透膜元件,对来自高压反渗透装置50的浓水进行二次浓缩减量化。通过对浓水的进一步浓缩减量,减小后续蒸发系统处理规模。

[0054] 本发明的脱硫废水零排放处理系统还包括常压反渗透装置90。常压反渗透装置90分别连接高压反渗透装置50和超高压反渗透装置60,接收高压反渗透装置50和超高压反渗透装置60的产水(反渗透产水,区别于浓水)并进行常压反渗透处理,处理后的产水可作为电厂用回用水收集以进行再利用。常压反渗透装置90采用抗污染的聚酰胺复合膜元件。

[0055] 经二次浓缩减量化后的浓水从超高压反渗透装置60输送至横管降膜浓缩装置70,进行浓缩处理。

[0056] 结合图1、3,本实施例中,横管降膜浓缩装置70包括横管蒸发罐71、换热器72、蒸汽压缩风机73以及循环泵74。

[0057] 其中,换热器72采用板式换热器,其冷侧进口端连接超高压反渗透装置60以接收超高压反渗透装置60输出的浓水,冷侧出口端连接横管蒸发罐71的进料口;换热器72的热侧进口端连接横管蒸发罐71的冷凝水出口。超高压反渗透装置60输出的浓水通过换热器72后进入横管蒸发罐71,在换热器72内,浓水与进入换热器72的冷凝水进行热交换,充分利用冷凝水余热以预热浓水,降低电耗。

[0058] 横管蒸发罐71可包括外壳以及水平布置在外壳内的若干换热管;若干换热管自上而下分布,形成多层。换热管的水平设置,相对传统的竖管设置而言,可降低整个装置的总高度,减小维护难度,降低厂房高度,减少钢结构的用量,降低地基的要求。

[0059] 横管蒸发罐71中,外壳用于来自超高压反渗透装置60的浓水在其中流通,换热管用于加热介质在其中流通。外壳上设有连通外壳内部空间的进料口和出料口,还设有连通换热管的冷凝水进口和冷凝水出口。浓水优选从外壳顶部的中间位置处的进料口进入,在逐层换热管外部均匀成液膜流动,加热介质(蒸汽)在换热管内流通并与外壳内的浓水进行热交换;浓水被换热管内的加热介质加热汽化,形成二次蒸汽进入冷凝器冷凝排出或进入蒸汽压缩风机73循环使用。相对传统的竖管设置浓水在换热管内,本发明的横管蒸发罐71中,浓水在换热管外成膜更薄,有效换热面积更大,液膜每经过一层换热管都要重新分布换热一次,降低了流动速度,增加了流动时间,提高了蒸发效率。

[0060] 蒸汽压缩机73的进风端和出风端分别通过蒸汽管道731连接横管蒸发罐71,形成一个蒸汽回路。浓水被加热汽化形成的蒸汽进入蒸汽管道731,经蒸汽压缩机73后回流到横管蒸发罐71内。蒸汽压缩机73可采用离心风机或罗茨风机。

[0061] 循环泵74的进口端连接横管蒸发罐71的出料口,循环泵74的出口端连接蒸发结晶装置80,经浓缩处理后的浓水经循环泵74输送至蒸发结晶装置80。

[0062] 进一步,循环泵74的出口端还通过回流管道741连接横管蒸发罐71的顶部,形成一个浓水循环回路,这样可使得横管蒸发罐71的出料口输出的浓水可经回流管道741回流到

横管蒸发罐71内进行再浓缩处理,经过一次或多次循环后再输送至蒸发结晶装置80,进一步提高产水浓度。循环泵74的出口端和蒸发结晶装置80之间管路上设有阀门以进行通断切换。

[0063] 横管降膜浓缩装置70整体高度的降低,可优选低扬程(扬程低于10m)的循环泵74,使得循环泵74能耗较立式蒸发器的循环泵降低60%。

[0064] 另外,对于本发明中的横管蒸发罐71,换热管的水平设置较竖向设置可优选薄壁管,这是由于换热管与管板连接处轴向受力仅为管内外压差,应力小。本实施例中,换热管采用厚度为0.7mm的钛管,能够降低成本的同时增强传热效果约10%;较竖向设置可优选采用更小直径管道,采用更高的装填密度,可提高换热效率约10%。

[0065] 换热管接头处优选只采用胀接连接的方式,节省安装成本。这是由于浓水侧在壳程,换热管接头处介质为蒸汽或凝水,且接头处管程侧始终存在自上而下的水流,不存在局部结晶现象,同时降低压力。

[0066] 较低的流速和极薄的液膜使得横管蒸发罐71对进水水质要求较高,硬度含量需要严格控制。前端浓缩池25的严格控制出水硬度要求,该横管蒸发罐71进水钙硬小于5mg/l,镁硬小于5mg/l。

[0067] 蒸发结晶装置80接收来自横管降膜浓缩装置70的产水,对其进行蒸发结晶处理,以获得氯化钠结晶盐和蒸发冷凝水。

[0068] 蒸发结晶装置80可选用多效蒸发结晶器或MVR蒸发结晶器,产生的蒸发冷凝水满足GBT50050-2017《工业循环冷却水处理设计规范》间冷开式循环冷却水的要求,可回用于电厂;结晶盐经过脱水、干燥得到氯化钠产品盐,满足工业盐(GB/T 5462-2015)精制工业盐二级(97.5%)标准,可外售。

[0069] 本发明的脱硫废水零排放处理方法,采用上述的处理系统实现。参考图1-3,该处理方法可包括以下步骤:

[0070] S1、调节池10接入脱硫废水,对脱硫废水进行搅拌使其固液均匀。

[0071] S2、将脱硫废水输送至一体化预处理装置20进行软化处理,去除其中的胶体、悬浮物、重金属及金属离子。

[0072] 结合一体化预处理装置20的各水池集成设置,脱硫废水依次经过一级反应池22、斜板澄清池23、二级反应池24以及浓缩池25,在各个水池的处理具体可参考上述系统相关所述。

[0073] S3、将软化处理后的脱硫废水依次输送至微滤装置30和纳滤装置40,依次进行微滤处理和分盐提纯处理,获得纳滤产水。

[0074] 微滤装置30采用管式微滤膜,对软化处理后的脱硫废水进行过滤。纳滤装置40采用高选择性、较高的单价离子透过率、较高的二价离子和COD截流率的卷式复合膜元件(如螺旋卷式聚哌嗪复式薄膜元件),对微滤装置30的产水进行分盐提纯处理,提高产水氯化钠纯度。

[0075] S4、将纳滤产水输送至高压反渗透装置50进行一次浓缩减量化处理。

[0076] S5、将一次浓缩减量化处理获得的浓水输送至超高压反渗透装置60进行二次浓缩减量化处理。

[0077] S6、将二次浓缩减量化后得到的浓水输送至横管降膜浓缩装置70进行浓缩处理。

浓缩处理可参考上述系统中相关所述。

[0078] S7、将浓缩处理后的产水输送至蒸发结晶装置80进行结晶处理,获得氯化钠结晶盐和蒸发冷凝水。

[0079] 进一步地,本发明的处理方法还包括以下步骤:

[0080] S8、将高压反渗透装置50和超高压反渗透装置60的产水输送至常压反渗透装置90进行常压反渗透处理,获得回用水,可用于电厂。

[0081] 综上,本发明采用一体化预处理软化除硬、纳滤分盐提纯、高压反渗透和超高压反渗透的浓缩减量、横管降膜浓缩及蒸发结晶的方法对脱硫废水进行零排放处理,最终产生反渗透产水、蒸发冷凝水和氯化钠结晶盐。通过集成一体化预处理装置结合微滤,简化了预处理工艺流程,减少占地面积及设备投资;通过纳滤提高结晶盐的纯度;通过超高压反渗透浓缩代替MVR蒸发浓缩,进一步降低蒸发系统规模及投资;通过特殊设计的横管降膜浓缩装置,降低蒸发结晶工艺能耗,降低工艺设备投资,实现脱硫废水零排放处理,经济效益与环保效益可观。

[0082] 以上所述仅为本发明的实施例,并非因此限制本发明的专利范围,凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构或等效流程变换,或直接或间接运用在其他相关的技术领域,均同理包括在本发明的专利保护范围内。

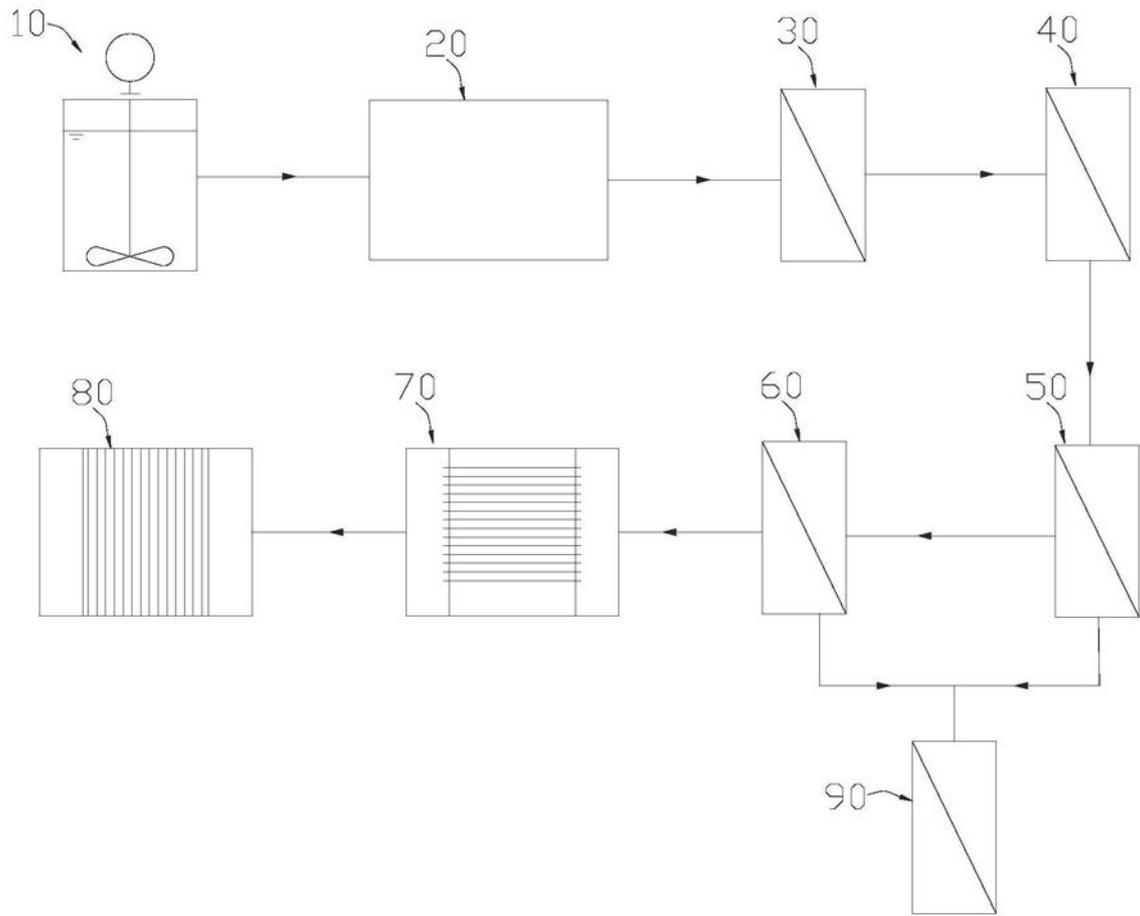


图1

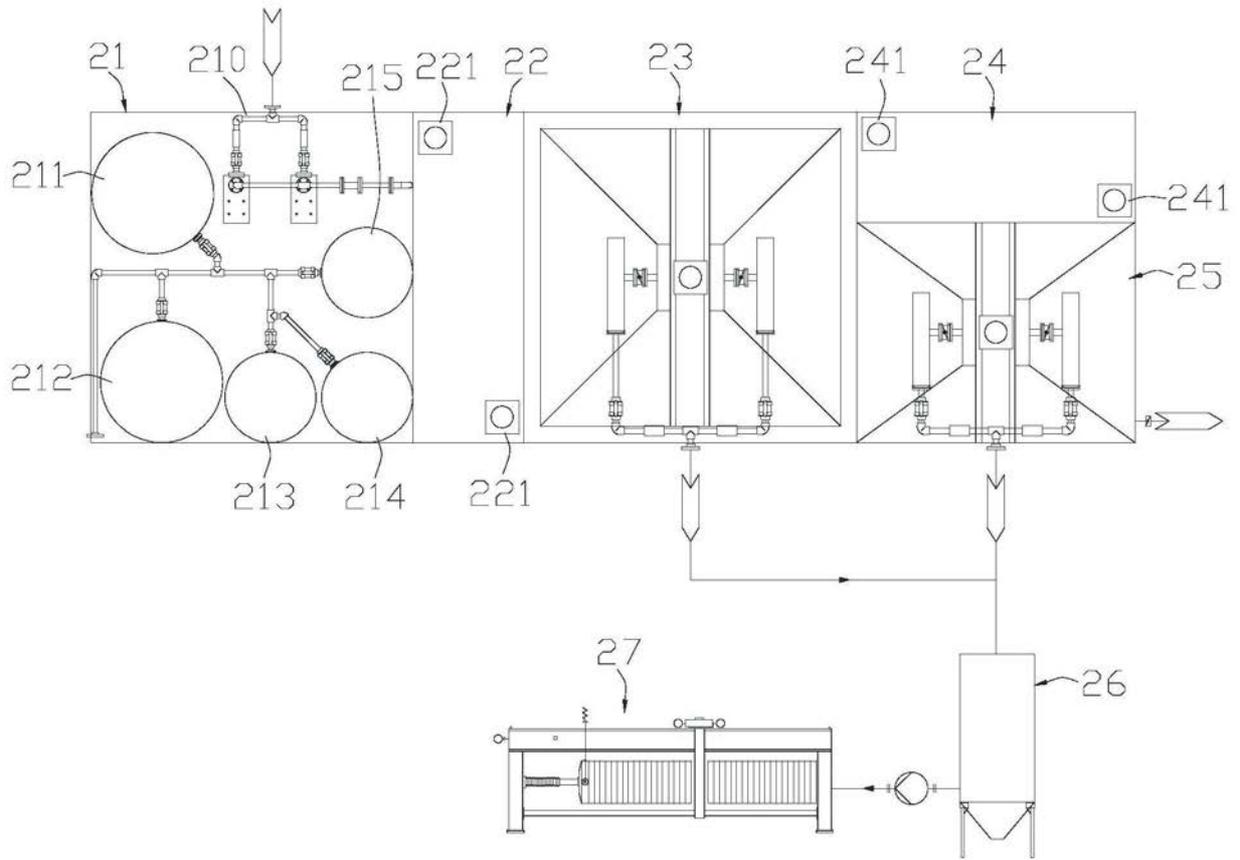


图2

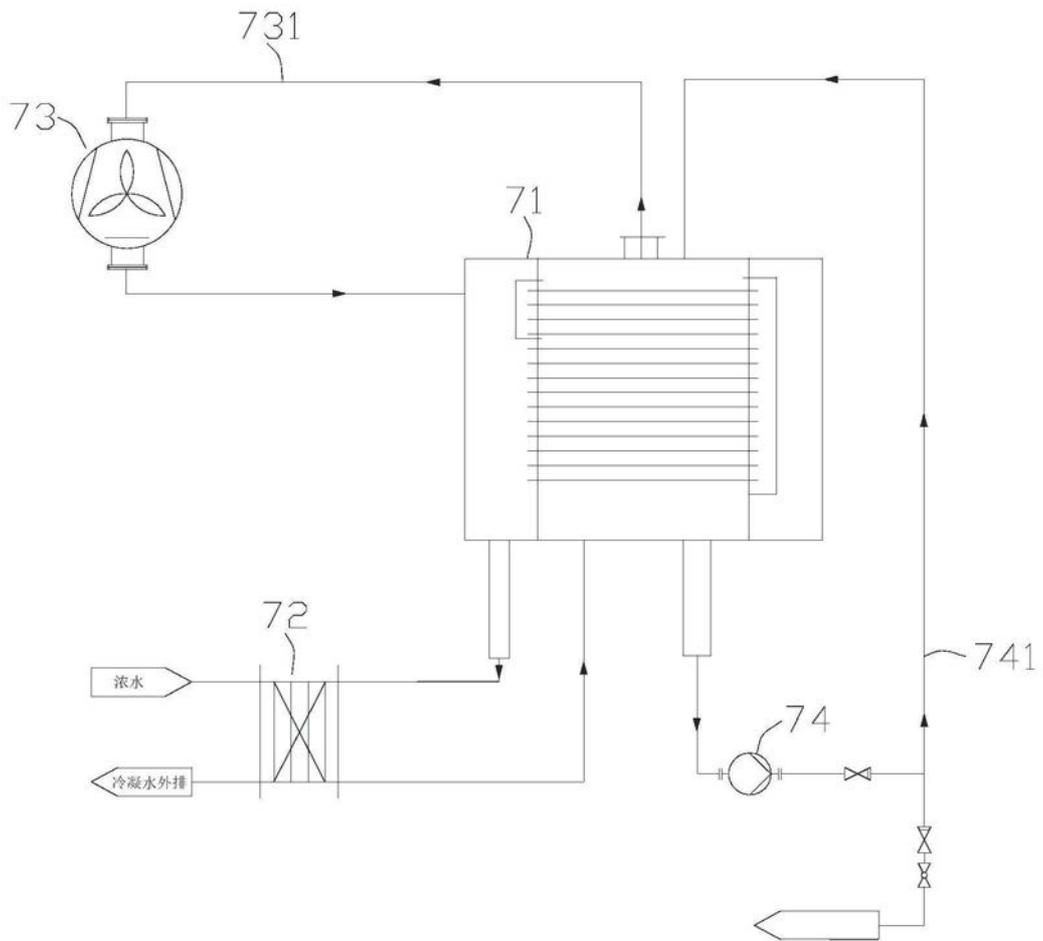


图3