



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105502782 B

(45)授权公告日 2019.09.27

(21)申请号 201510881304.8 CN 102942270 A,2013.02.27,
(22)申请日 2015.12.07 CN 104445788 A,2015.03.25,
(65)同一申请的已公布的文献号 CN 103910457 A,2014.07.09,
申请公布号 CN 105502782 A WO 2014089796 A1,2014.06.19,
(43)申请公布日 2016.04.20 张立文等.一种焦化废水深度处理工艺.《燃料与化工》.2012,第43卷(第5期),第37页第1栏
(73)专利权人 湖南湘牛环保实业有限公司 第1-3段、第1节、第38页第1-3节.
地址 410005 湖南省长沙市芙蓉区解放西路33号定王府B座703室 审查员 蔡文婷

(72)发明人 肖国军

(51)Int.Cl.
C02F 9/10(2006.01)
C01D 3/06(2006.01)
C01D 5/00(2006.01)

(56)对比文件
CN 104291486 A,2015.01.21, 权利要求书1页 说明书6页

(54)发明名称

一种煤化工焦化废水水资源和盐回收工艺

(57)摘要

一种煤化工焦化废水水资源和盐回收工艺,包括如下步骤:对废水除氟化学处理,同时进行碳酸钠软化沉淀处理,采用高级氧化法进行TOC降解,进行多介质和活性炭过滤器过滤分离,进行超滤,进行纳滤膜分离,将钙镁离子分离,纳滤产水钙镁离子低于2mg/L以下,很难形成CaF₂结晶结垢,得到纳滤通过液和纳滤浓盐水,然后对纳滤通过液和纳滤浓盐水分别进行处理。本发明将废水中氟离子、硬度、有机碳去除,将多价盐与一价盐的分离、盐的浓缩与蒸发结晶,回收水资源98%以上,回收95%以上的盐资源,没有产生二次危废,降低系统运行成本,最终解决资源回收和环境问题。

1. 一种煤化工焦化废水水资源和盐回收工艺,其特征在于:包括如下步骤:

(1) 对废水除氟化学处理,除氟化学处理采用氯化钙、石灰化学工艺进行,并采用三氧化二铝作为吸附介质,将氟离子降低到0.5mg/L以下;

(2) 同时对步骤(1)的废水进行碳酸钠软化沉淀处理,将总硬度降低到150mg/L以下;

废水除氟化学处理、碳酸钠软化沉淀处理包括如下步骤:

首先,在一级反应池中投加石灰和氯化钙,利用其中的 Ca^{2+} 和 OH^- 与废水中的 F^- 和 Mg^{2+} 反应生成 CaF_2 、 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 絮凝体,去除水体中的氟离子同时除去了镁离子,利用混凝沉淀装置或气浮装置,将固液进行分离,降低硬度浓度;

然后,一级反应池出水进入去氟离子装置,将氟化钙和氢氧化镁沉淀进行分离,降低氟离子和镁硬度浓度,出水进入二级反应池中,二级反应池中投加碳酸钠,利用其中的 CO_3^{2-} 和废水中的 Ca^{2+} 反应生成 CaCO_3 絮凝体,去除水体中的钙离子;利用混凝沉淀装置或气浮装置,将固液进行分离,降低硬度浓度;

最后,二级反应池出水进入混凝沉淀池中,进行泥水分离;

在一级反应池和二级反应池中同时加入混凝剂,所述混凝剂为含氯化铝10wt%、阴离子聚丙烯酰胺0.1wt%的水溶液;

(3) 采用高级氧化法对步骤(2)得到的废水进行TOC降解;高级氧化法采用臭氧+双氧水,臭氧投加量为50mg/L,双氧水投加量为30mg/L,这两种氧化剂将TOC降解,将TOC降低到50mg/L以下;

(4) 对步骤(3)处理的废水中悬浮物进行多介质和活性炭过滤器过滤分离,将悬浮物粒径大于5 μm 物质进行截留;活性炭吸附TOC,将TOC降低至30mg/L以下;

(5) 对步骤(4)得到的废水采用超滤进行截留,对粒径大于0.05 μm 物质进行截留;

(6) 对步骤(5)得到的废水进行纳滤膜分离,将钙镁离子分离,纳滤产水钙镁离子低于2mg/L以下,很难形成 CaF_2 结晶结垢,得到纳滤通过液和纳滤浓盐水;所述纳滤浓盐水中硫酸钠含量大于80%,氯化钠含量小于20%;所述纳滤通过液中硫酸钠含量小于5%,氯化钠含量大于95%;纳滤将TOC进行分离并浓缩,将TOC浓缩4倍,纳滤浓水TOC在120mg/L;

(7) 对步骤(6)的纳滤通过液进行反渗透盐水分离,废水水资源回收70%以上,得到的一价盐浓盐水进行反渗透浓缩,将一价盐浓缩,将氯化钠浓缩到12000~15000mg/L以上,得到的浓盐水采用ED电渗析浓缩,将氯化钠浓缩到120000~150000mg/L,得到的浓盐水进行蒸发结晶,得到结晶氯化钠盐;

(8) 对步骤(6)得到的纳滤浓盐水进行除氟化学处理,将氟离子降低到0.5mg/L以下,并进行碳酸钠软化沉淀处理,将总硬度降低到80mg/L以下,再将水中悬浮物进行多介质和活性炭过滤器过滤分离,并对浓盐水进行除氟化学处理,出水氟离子小于0.5mg/L,活性炭吸附TOC,将TOC降低到80mg/L以下;然后采用超滤进行截留,对胶体、微生物、微小颗粒物质进行截留;得到的超滤滤液采用树脂吸附有机物,去除浓盐水TOC,将TOC降低到10mg/L以下;并采用树脂软化,去除浓盐水硬度,最后进行纳滤膜分离,进一步将硫酸钠和氯化钠分离并浓缩硫酸钠,浓缩后硫酸钠浓度为10000~15000mg/L,纳滤透过液进入步骤(7),而对纳滤浓盐水采用ED电渗析浓缩,将硫酸钠浓缩到120000~150000mg/L,并对浓盐水进行蒸发结晶,得到结晶五水硫酸钠盐;

步骤(7)和步骤(8)均利用MVR蒸发器进行蒸发结晶处理。

一种煤化工焦化废水水资源和盐回收工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及环境工程技术领域,具体为一种煤化工焦化废水水资源和盐回收工艺。

背景技术

[0002] 环境保护部2014年4月21日发布《关于在化解产能严重过剩矛盾过程中加强环保管理的通知》明确要求“焦化废水采用预处理(重力除油法、混凝沉淀法、气浮除油法)+硝化、反硝化生化处理技术,处理后酚氰废水回用,不得外排”。煤化工焦化废水生化出水零排放难度很高,是世界级的技术难题,主要难点是焦化废水生化出水中TOC含量较高,含盐量高,硬度较高,氟化物高,此类废水成分复杂,必须攻克几个技术难题才能做到真正零排放和资源回收。国内典型案例采用工艺为生化出水采用石灰软化+过滤+膜浓缩+蒸发,最后工序蒸发釜底液由于含有TOC、钙、镁、氟离子和大量硫酸根离子,蒸发釜底液无法结晶,形成粘附浓盐水浆液,最后只能做危废处理。水的回收率在92%-95%左右,盐无法回收。因此,目前国内主流工艺做不到完全意义的零排放和资源回收。

发明内容

[0003] 本发明所解决的技术问题在于提供一种煤化工焦化废水水资源和盐回收工艺,从而解决上述背景技术中的问题。

[0004] 本发明所解决的技术问题采用以下技术方案来实现:

[0005] 一种煤化工焦化废水水资源和盐回收工艺,包括如下步骤:

[0006] (1)对废水除氟化学处理,将氟离子降低到0.5mg/L以下;

[0007] (2)同时对步骤(1)的废水进行碳酸钠软化沉淀处理,将总硬度降低到150mg/L以下;

[0008] (3)采用高级氧化法对步骤(2)得到的废水进行TOC降解;

[0009] (4)对步骤(3)处理的废水中悬浮物进行多介质和活性炭过滤器过滤分离,将悬浮物粒径大于5 μ m物质进行截留;

[0010] (5)对步骤(4)得到的废水采用超滤进行截留,对粒径大于0.05 μ m物质进行截留;

[0011] (6)对步骤(5)得到的废水进行纳滤膜分离,将钙镁离子分离,纳滤产水钙镁离子低于2mg/L以下,很难形成CaF₂结晶结垢,得到纳滤通过液和纳滤浓盐水;

[0012] (7)对步骤(6)的纳滤通过液进行反渗透盐水分离,废水水资源回收70%以上,得到的一价盐浓盐水进行反渗透浓缩,将一价盐浓缩,将氯化钠浓缩到12000~15000mg/L以上,得到的浓盐水进采用ED电渗析浓缩,将氯化钠浓缩到120000~150000mg/L,得到的浓盐水进行蒸发结晶,得到结晶氯化钠盐;

[0013] (8)对步骤(6)得到的纳滤浓盐水进行除氟化学处理,将氟离子降低到0.5mg/L以下,并进行碳酸钠软化沉淀处理,将总硬度降低到80mg/L以下,再将水中悬浮物进行多介质和活性炭过滤器过滤分离,并对浓盐水进行除氟化学处理,出水氟离子小于0.5mg/L,然后

采用超滤进行截留,对胶体、微生物、微小颗粒物进行截留;得到的超滤滤液采用树脂吸附有机物,去除浓盐水TOC,并采用树脂软化,去除浓盐水硬度,最后进行纳滤膜分离,进一步将硫酸钠和氯化钠分离并浓缩硫酸钠,浓缩后硫酸钠浓度为10000~15000mg/L,纳滤透过液进入步骤(7),而对纳滤浓盐水采用ED电渗析浓缩,将硫酸钠浓缩到120000~150000mg/L,并对浓盐水进行蒸发结晶,得到结晶五水硫酸钠盐。

[0014] 本发明中,作为一种优选的技术方案,除氟化学处理采用氯化钙、石灰化学工艺进行,并采用三氧化二铝作为吸附介质,使得氟离子出水含量小于0.5mg/L。

[0015] 本发明中,作为一种优选的技术方案,废水除氟化学处理、碳酸钠软化沉淀处理包括如下步骤:

[0016] 首先,在一级反应池中投加石灰和氯化钙,利用其中的 $\text{Ca}^{2+} + \text{OH}^-$ 和废水中的 $\text{F}^- + \text{Mg}^{2+}$ 反应生成 $\text{CaF}_2 + \text{Mg}(\text{OH})_2$ 絮凝体,去除水体中的氟离子同时出去了镁离子,利用混凝沉淀装置或气浮装置,将固液进行分离,降低硬度浓度;

[0017] 然后,一级反应池出水进入去氟离子装置,将氟化钙和氢氧化镁沉淀进行分离,降低氟离子和镁硬度浓度,出水进入二级反应池中,二级反应池中投加碳酸钠,利用其中的 CO_3^{2-} 和废水中的 Ca^{2+} 反应生成 CaCO_3 絮凝体,去除水体中的钙离子;利用混凝沉淀装置或气浮装置,将固液进行分离,降低硬度浓度;

[0018] 最后,二级反应池出水进入混凝沉淀池中,进行泥水分离;

[0019] 在一级反应池和二级反应池中同时加入混凝剂,所述混凝剂为含氯化铝10wt%、阴离子聚丙烯酰胺0.1wt%的水溶液。

[0020] 本发明中,步骤(3)中,高级氧化法采用臭氧+双氧水,臭氧投加量为50mg/L,双氧水投加量为30mg/L,这两种氧化剂将TOC降解,将TOC降低到50mg/L以下。

[0021] 本发明中,步骤(7)和步骤(8)均利用MVR蒸发器进行蒸发结晶处理。

[0022] 本发明中,碳酸钠软化沉淀处理包括如下方面:

[0023] 首先,在步骤(1)中反应池中投加石灰和氯化钙,利用其中的 $\text{Ca}^{2+} + \text{OH}^-$ 和废水中的 $\text{F}^- + \text{Mg}^{2+}$ 反应生成 $\text{CaF}_2 + \text{Mg}(\text{OH})_2$ 絮凝体,去除水体中的氟离子同时出去了镁离子;反应池出水进入去混凝沉淀装置或气浮装置,将固液进行分离,降低硬度浓度;

[0024] 其二,在步骤(2)中反应池投加碳酸钠,利用其中的 CO_3^{2-} 和废水中的 Ca^{2+} 反应生成 CaCO_3 絮凝体,去除水体中的钙离子;反应池出水进入去混凝沉淀装置或气浮装置,将固液进行分离,降低硬度浓度;

[0025] 其三,在步骤(6)中采用纳滤将钙镁离子进行分离浓缩;

[0026] 其四,将步骤(6)得到的纳滤浓盐水中采用投加碳酸钠,利用其中的 CO_3^{2-} 和废水中的 Ca^{2+} 反应生成 CaCO_3 沉淀,去除水体中的钙离子;反应池出水进入去混凝沉淀装置,固液分离,降低硬度浓度;

[0027] 其五,在步骤(8)中,采用软化树脂将浓盐水硬度进行去除。

[0028] 本发明中,TOC去除采用了如下方面:

[0029] 其一,步骤(3)中,高级氧化法采用臭氧+双氧水,臭氧投加量为50mg/L,双氧水投加量为30mg/L,这两种氧化剂将TOC降解,将TOC降低到50mg/L以下;

[0030] 其二,在步骤(4)中采用活性炭吸附TOC,将TOC降低到30mg/L以下;

[0031] 其三,在步骤(6)中纳滤将TOC进行分离并浓缩,将TOC浓缩4倍,纳滤浓水TOC在

120mg/L左右；

[0032] 其四，在步骤(8)中纳滤浓盐水采用活性炭吸附TOC，将TOC降低到80mg/L以下；

[0033] 其五，在步骤(8)中得到的超滤滤液采用树脂吸附有机物，将TOC降低到10mg/L以下。

[0034] 本发明中，一价盐和多价盐进行分离采用步骤(6)纳滤工艺，纳滤浓盐水中硫酸钠含量大于80%，氯化钠含量小于20%；纳滤通过液中硫酸钠含量小于5%，氯化钠含量大于95%。

[0035] 本发明中，硫酸钠盐纯化采用步骤(8)，分别将浓盐水总硬度降低，含量小于1mg/L，氟离子含量小于1mg/L；TOC含量小于10mg/L。

[0036] 本发明中，氯化钠盐浓缩蒸发结晶采用步骤(7)，将氯化钠浓盐水TDS从2500~4000mg/L提高到8000~10000mg/L，将氯化钠浓盐水提高到12000~15000mg/L，将氯化钠浓度提高到100000~150000mg/L，将氯化钠浓盐水进行蒸发结晶，得到95%氯化钠。

[0037] 本发明中，硫酸钠盐浓缩蒸发结晶采用步骤(8)，将浓盐水TDS从3000~4000mg/L提高到8000~10000mg/L，将浓盐水TDS提高到120000~150000mg/L，将硫酸钠浓盐水进行蒸发结晶，得到94%左右纯度的五水硫酸钠。

[0038] 由于采用了以上技术方案，本发明具有以下有益效果：

[0039] 本发明工艺采用分离与纯化工艺，将废水中氟离子、硬度、有机碳去除，将多价盐与一价盐的分离、盐的浓缩与蒸发结晶，回收水资源98%以上(微量水分随固化污泥带走)，回收95%以上的盐资源，没有产生二次危废，降低系统运行成本，最终解决资源回收和环境问题。

[0040] 相对于国内主流零排放工艺废水水资源回收92~95%，盐无法回收，少量固废垃圾填埋，有大量危废处置而言，本发明存在显著的有益效果和突出的创造性特点。

具体实施方式

[0041] 为了使本发明实现的技术手段、创作特征、达成目的与功效易于明白了解，下面结合具体实施例，进一步阐述本发明。

实施例

[0042] 一种煤化工焦化废水水资源和盐回收工艺，包括如下步骤：

[0043] (1)对废水除氟化学处理，将氟离子降低到0.5mg/L以下；

[0044] (2)同时对步骤(1)的废水进行碳酸钠软化沉淀处理，将总硬度降低到150mg/L以下；

[0045] (3)采用高级氧化法对步骤(2)得到的废水进行TOC降解，高级氧化法采用臭氧+双氧水，臭氧投加量为50mg/L，双氧水投加量为30mg/L，这两种氧化剂将TOC降解，将TOC降低到50mg/L以下，由于焦化废水生化出水中污染物种类繁多、成分复杂，含有高分子化合物及含氮、氧、硫难降解的杂环有机化合物，软化沉淀池出水含有微量的菌胶团胞外分泌酶等物质，很容易对回用系统有机膜产生有机污堵，必须降低有机污堵因子。废水有机污染因子已经过生化降解，很难生化降解的污染因子只能通过化学降解，污染因子物质发生化学反应的前提是污染物质分子必须与化学物质分子发生有效碰撞和反应物分子必须具备足

够大的能量。分子活化降解装置通过加压溶解更多氧化分子,有效地把相互碰撞的分子价电子云的静电排斥力减少,从而克服了价电子云之间的排斥力,使原有化学键的断裂和新化学键的形成起到了强大的外能量作用,更多的分子成为活化分子,增加了活化分子的百分数,从而使单位时间内有效碰撞次数显著增加,可以提高分子碰撞的概率、增加分子的碰撞能量、延长反应分子的碰撞时间,从而加快化学反应速度;

[0046] (4)对步骤(3)处理的废水中悬浮物进行多介质和活性炭过滤器过滤分离,将悬浮物粒径大于5um物质进行截留;

[0047] (5)对步骤(4)得到的废水采用超滤进行截留,对粒径大于0.05um物质进行截留;

[0048] (6)对步骤(5)得到的废水进行纳滤膜分离,将钙镁离子分离,纳滤产水钙镁离子低于2mg/L以下,很难形成CaF₂结晶结垢,得到纳滤通过液和纳滤浓盐水;

[0049] (7)对步骤(6)的纳滤通过液进行反渗透盐水分离,废水水资源回收70%以上,得到的一价盐浓盐水进行反渗透浓缩,将一价盐浓缩,将氯化钠浓缩到12000~15000mg/L以上,得到的浓盐水进采用ED电渗析浓缩,将氯化钠浓缩到120000~150000mg/L,得到的浓盐水进行蒸发结晶,得到结晶氯化钠盐;

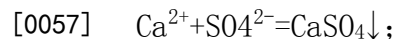
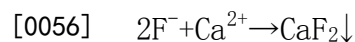
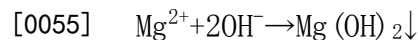
[0050] (8)对步骤(6)得到的纳滤浓盐水进行除氟化学处理,将氟离子降低到0.5mg/L以下,并进行碳酸钠软化沉淀处理,将总硬度降低到80mg/L以下,再将水中悬浮物进行多介质和活性炭过滤器过滤分离,并对浓盐水进行除氟化学处理,出水氟离子小于0.5mg/L,然后采用超滤进行截留,对胶体、微生物、微小颗粒物质进行截留;得到的超滤滤液采用树脂吸附有机物,去除浓盐水TOC,并采用树脂软化,去除浓盐水硬度,最后进行纳滤膜分离,进一步将硫酸钠和氯化钠分离并浓缩硫酸钠,浓缩后硫酸钠浓度为10000~15000mg/L,纳滤透过液进入步骤(7),而对纳滤浓盐水采用ED电渗析浓缩,将硫酸钠浓缩到120000~150000mg/L,并对浓盐水进行蒸发结晶,得到结晶五水硫酸钠盐。

[0051] 上述的步骤(1)和步骤(8)的除氟化学处理采用氯化钙、石灰化学工艺进行,并采用三氧化二铝作为吸附介质,使得氟离子出水含量小于0.5mg/L。

[0052] 废水除氟化学处理、碳酸钠软化沉淀处理包括如下步骤:

[0053] 首先,在一级反应池中投加石灰和氯化钙,利用其中的Ca²⁺+OH⁻和废水中的F⁻+Mg²⁺反应生成CaF₂+Mg(OH)₂絮凝体,去除水体中的氟离子同时出去了镁离子,利用混凝沉淀装置或气浮装置,将固液进行分离,降低硬度浓度,

[0054] 其化学反应式如下:



[0058] 然后,一级反应池出水进入去氟离子装置,将氟化钙和氢氧化镁沉淀进行分离,降低氟离子和镁硬度浓度,出水进入二级反应池中,二级反应池中投加碳酸钠,利用其中的CO₃²⁻和废水中的Ca²⁺反应生成CaCO₃絮凝体,去除水体中的钙离子;利用混凝沉淀装置或气浮装置,将固液进行分离,降低硬度浓度,其化学反应式如下:



[0062] 最后,二级反应池出水进入混凝沉淀池中,进行泥水分离;

[0063] 在一级反应池和二级反应池中同时加入混凝剂,所述混凝剂为含氯化铝10wt%、阴离子聚丙烯酰胺0.1wt%的水溶液,经过氯化钙软化处理后水中会生成 CaCO_3 、 CaF_2 和 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 等难溶于水的物质,从水中沉淀出来。这些沉淀物常常不能形成大颗粒物,有些则呈胶体状态悬浮于水中。当水中有机物存在时,有机物微粒则会吸附在这些胶体颗粒上,形成“双电层”,从而使沉淀物胶体不能聚合成大颗粒物沉淀下来。因此,氯化钙软化处理与混凝处理同时进行,混凝剂可以从水中除去某些对沉淀过程有害的有机物,有利于沉淀物的析出。同时混凝处理所形成的凝絮也可以吸附氯化钙形成的胶体共同沉淀。

[0064] 考虑NF浓水或RO浓水中,含水率还比较高,直接进行蒸发会能耗较高。为减少蒸发处理水量,在步骤(7)和步骤(8)中,蒸发装置前端采用ED电渗析工艺对浓水进行再浓缩,减少蒸发处理水量。电渗析法(electrodialysis(ED))是利用离子交换膜和电场的作用,强行将离子向电极处吸引,致使电极中间部位的离子浓度大为下降,从而制得淡水的一种方法。一般情况下水中离子都可以自由通过离子交换膜。离子交换膜是一种功能性膜,分为阴离子交换膜和阳离子交换膜,(简称阴膜和阳膜)。阳膜只允许阳离子通过阴膜只允许阴离子通过,这就是离子交换膜的选择透过性。在外加电场的的作用下,水溶液中的阴,阳离子会分别向阳极和阴极移动,如果中间再加上一种交换膜,就可能达到分离浓缩的目的。

[0065] 本发明中,步骤(7)和步骤(8)均利用MVR蒸发器进行蒸发结晶处理。其中,利用MVR蒸发器进行蒸发结晶处理。废水经纳滤和反渗透膜处理后将产生部分的浓水,浓水中浓缩了原来废水中的大部分有机物和盐分等污染物。由于《关于在化解产能严重过剩矛盾过程中加强环保管理的通知》(环发(2014)55号)要求焦化废水不得外排,如果浓水中的盐分一直在系统中循环,盐分将不断累积,会导致反渗透系统产水能力下降甚至导致设备损坏,因此必须对浓水进行适当的处理。本发明采用蒸发的方式对浓水进行处理。MVR蒸发器利用压缩机把蒸发器产生的二次蒸汽进行压缩使其压力和温度升高,然后作蒸发器热源替代鲜蒸汽。实现二次蒸汽中热能的再利用,使蒸发器的热能循环利用。只要提供少量的电力驱动压缩机工作不需要鲜蒸汽就能使蒸发器热能循环利用,连续蒸发。在热力学中MVR蒸发器也可以理解为开式热泵。压缩机的作用不是产生蒸发需要的热量,而是输送蒸发器的热量形成热量循环。MVR蒸发器是新一代蒸发器技术,是一种节能环保的高新技术。MVR蒸发器单位耗电量根据物料特性而不同,一般每蒸发一吨水消耗25-70度电,而常规蒸发器消耗1.25吨鲜蒸汽,3效蒸发器消耗约0.4吨鲜蒸汽,对同一种溶液,MVR能源消耗量和生产成本显著低于常规蒸发器,是一种高新节能蒸发技术。MVR蒸发器不需要循环冷却水,没有冷却水消耗。不需要建设高污染的燃煤锅炉或高成本的燃油锅炉。MVR蒸发器比常规蒸发器更节水更环保。MVR蒸发器应用范围广,所有常规蒸发器应用的领域都适用于MVR蒸发器,MVR蒸发器蒸发温度低、温差小、蒸发温和更适用于热敏性溶液。溶液在蒸发器内流程短,停留时间短溶质不宜变质。MVR蒸发器采用全自动电脑控制,系统性能更为稳定。也可以在低负荷下连续运行。MVR蒸发器是国家发改委科委节能技术推广项目,符合国家节能减排和环保高新技术推广范围,政府有专项资金支持。MVR蒸发器建设成本比常规蒸发器高约2-3倍,但是由于节约能源,运行成本低,一般运行2年的节能费用可以抵消前期建设投资。

[0066] 以上显示和描述了本发明的基本原理和主要特征和本发明的优点。本行业的技术人员应该了解,本发明不受上述实施例的限制,上述实施例和说明书中描述的只是说明本

发明的原理,在不脱离本发明精神和范围的前提下,本发明还会有各种变化和改进,这些变化和进步都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等效物界定。