



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105217703 A

(43) 申请公布日 2016. 01. 06

(21) 申请号 201510741592. 7

(22) 申请日 2015. 11. 05

(71) 申请人 陕西省石油化工研究设计院

地址 710054 陕西省西安市西延路 61 号

(72) 发明人 蒋清波 齐永红 孟旭光 薛群翔

马红鹏

(74) 专利代理机构 西安西达专利代理有限责任

公司 61202

代理人 刘华

(51) Int. Cl.

C02F 1/04(2006. 01)

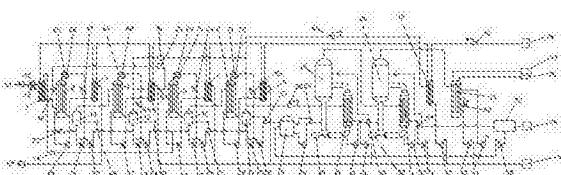
权利要求书5页 说明书11页 附图1页

(54) 发明名称

一种应用于工业废水零排放的六效蒸发结晶
装置及其工艺

(57) 摘要

一种应用于工业废水零排放的六效蒸发结晶
装置及其工艺，包括六个预热器、六组蒸发器、脱
盐单元除盐及其余元件串联运行，前五个预热器
重在回收蒸发冷凝水余热，末端预热器则将进入
一效的浓盐水加热至接近泡点；前四效为降膜蒸
发器，后两效为强制循环蒸发器，前四效主要作用
为蒸水，后两效重在浓缩，最终浓缩至一定固含量
的料浆，通过脱盐单元除盐；蒸发的冷凝液与浓
水换热，使蒸汽热能得到充分利用，从而提高热能
的利用率，它能够广泛应用于各行业蒸发除盐工
段，尤其适用于工业废水的“零”排放处理系统。



1. 一种应用于工业废水零排放的六效蒸发结晶装置，包括浓盐水进口(76)、循环回水出口(77)、循环给水进口(78)、废盐出口(79)、再生水出口(80)、生蒸汽进口(81)、生蒸汽冷凝液出口(82)，其特征在于，浓盐水进口(76)通过副冷凝器浓盐水调节阀(61)连通副冷凝器(12)；副冷凝器(12)、四效预热器(9)、三效预热器(7)、二效预热器(5)、一效预热器(3)依次连通；一效预热器(3)出料口连接末端预热器(1)进料口，末端预热器(1)出料口通过开关阀N(73)、开关阀O(74)连通一效分离器(14)进料口、三效分离器(16)进料口；一效分离器(14)、二效分离器(15)、三效分离器(16)、四效分离器(17)、中间缓冲罐(18)、五效分离器(19)、六效分离器(20)、脱盐压滤单元(75)依次连通；脱盐压滤单元(75)一出料口连通中间缓冲罐(18)进料口，另一出料口连通废盐出口(79)；五效分离器(19)、六效分离器(20)通过调节阀D(63)、调节阀E(64)连通脱盐压滤单元(75)；

所述的蒸汽进口(81)通过一效生蒸汽调节阀(44)、末端预热器生蒸汽调节阀(45)、开关阀P(46)连通一效蒸发器加热室(2)进气口，一效蒸发器加热室(2)汽液混合物出口与一效分离器(14)连通；一效分离器(14)、二效蒸发器加热室(4)、二效分离器(15)、三效蒸发器加热室(6)、三效分离器(16)、四效蒸发器加热室(8)、四效分离器(17)依次连通，四效分离器(17)二次蒸汽出口通过五效二次蒸汽调节阀(58)、副冷凝器二次蒸汽调节阀(60)与五效强制循环蒸发器加热室(10)二次蒸汽进口及副冷凝器(12)二次蒸汽进口连通，四效分离器(17)通过开关阀A(51)与二效分离器(15)连通；五效强制循环蒸发器加热室(10)、五效分离器(19)、六效强制循环蒸发器加热室(11)、六效分离器(20)、主冷凝器(13)依次连通；主冷凝器(13)连通循环回水出口(77)、循环给水进口(78)；二效预热器(5)通过开关阀C(53)连通三效蒸发器加热室(6)，三效蒸发器加热室(6)通过开关阀B(52)连通末端预热器(1)；

所述的末端预热器(1)冷凝水出口与一效蒸发器加热室(2)连通，一效蒸发器加热室(2)冷凝液出口与一效预热器(3)热源入口连通；二效蒸发器加热室(4)冷凝液与二效预热器(5)热源入口连通；三效蒸发器加热室(6)冷凝液与三效预热器(7)热源入口连通；四效蒸发器加热室(8)冷凝液与四效预热器(9)热源入口连通；一效预热器(3)冷凝液出口管道连接冷凝液出口(82)；二效预热器(5)冷凝液、三效预热器(7)冷凝液、四效预热器(9)冷凝液、五效强制循环蒸发器加热室(10)冷凝液、六效强制循环蒸发器加热室(11)冷凝液、副冷凝器(12)冷凝液及主冷凝器(13)冷凝液汇合后再生水出口(80)连通；其中通过一效冷凝液增压泵(36)、二效冷凝液增压泵(37)、三效冷凝液增压泵(38)、四效冷凝液增压泵(39)、五效冷凝液增压泵(40)、六效冷凝液增压泵(41)、副冷凝器冷凝液增压泵(42)、主冷凝器冷凝液增压泵(43)对管路冷凝液增压；

所述的一效分离器(14)、二效分离器(15)、三效分离器(16)、四效分离器(17)、中间缓冲罐(18)、五效分离器(19)、六效分离器(20)通过一效出料泵(22)、二效出料泵(24)、三效出料泵(26)、四效出料泵(28)、中间缓冲罐出料泵(29)、五效出料泵(31)、六效出料泵(32)控制出料，通过一效出料调节阀(48)、二效出料调节阀(50)、三效出料调节阀(55)、四效出料调节阀(57)、中间缓冲罐出料调节阀(59)控制出料速度，通过一效循环泵(21)、二效循环泵(22)、三效循环泵(25)、四效循环泵(27)、五效强制循环泵(30)、六效强制循环泵(32)向一效降膜蒸发器加热室(2)、二效降膜蒸发器加热室(4)、三效降膜蒸发器加热室(6)、为四效降膜蒸发器加热室(8)、五效强制循环蒸发器加热室(10)、六效强制循环蒸发器加热

室(11)循环送料,通过开关阀 F (65)、开关阀 J (66)、开关阀 H (67)、开关阀 I (68)、开关阀 J (69)、开关阀 K (70)、开关阀 L (71)、开关阀 M (72) 分别控制一效分离器(14)、二效分离器(15)、三效分离器(16)、四效分离器(17)管路的开关,通过一效循环调节阀(47)、二效循环调节阀(49)、三效循环调节阀(54)、四效循环调节阀(56) 调节流量。

2. 根据权利要求 1 所述的一种应用于工业废水零排放的六效蒸发结晶装置,其特征在于,所述的一效蒸发器加热室 (2) 和一效分离器 (14) 组成一效蒸发器,二效蒸发器加热室 (4)和二效分离器 (15) 组成二效蒸发器、三效蒸发器加热室 (6) 和三效分离器(16)组成三效蒸发器、四效蒸发器加热室 (8) 和四效分离器 (17) 组成四效蒸发器,一效蒸发器、二效蒸发器、三效蒸发器、四效蒸发器均为降膜蒸发器,五效强制循环蒸发器加热室 (10)、五效分离器(19) 和五效强制循环泵 (30) 组成五效蒸发器、六效强制循环蒸发器加热室 (11)、六效分离器 (20) 和六效强制循环泵 (32) 组成六效蒸发器,五效蒸发器、六效蒸发器采用强制循环蒸发器。

3. 根据权利要求 1 所述的一种应用于工业废水零排放的六效蒸发结晶装置,其特征在于,所述的进料分半负荷进料及全负荷进料,通过切换阀门开关阀 E(65)、开关阀 F(66)、开关阀 J (67)、开关阀 H (68)、开关阀 I (69)、开关阀 J (70)、开关阀 K (71)、开关阀 L (72) 来实现各部分的半 / 全负荷。

4. 根据权利要求 1 所述的一种应用于工业废水零排放的六效蒸发结晶装置,其特征在于,所述的整个系统的真空度通过水环真空泵(34)维持,真空度为 -75 ~ -80KPa,同时增加破空管道及破空调节阀(62)。

5. 根据权利要求 1 所述的一种应用于工业废水零排放的六效蒸发结晶装置,其特征在于,所述的当关闭开关阀 A (51)、开关阀 B (52)、开关阀 O (74),其他开关阀打开时,系统采用一、二、三、四、五、六效运行模式,为六效蒸发,可按最大 110% 负荷运行,当关闭开关阀 B (52)、开关阀 C (53)、开关阀 O (74),其他开关阀打开时,系统采用一、二、五、六效运行模式,为四效蒸发,可按最大 60% 负荷运行,当关闭开关阀 P (46)、开关阀 A (51)、开关阀 C (53)、开关阀 N (73),其他开关阀打开时,系统采用三、四、五、六效运行模式,为四效蒸发,可按最大 60% 负荷运行。

6. 根据权利要求 1 所述的一种应用于工业废水零排放的六效蒸发结晶装置,其特征在于,所述的一效循环泵(21)、一效出料泵(22)、二效循环泵(23)、二效出料泵(24)、三效循环泵(25)、三效出料泵(26)过流部分材质采用双相钢 2205,且不能输送固液混合流体;四效循环泵(27)、四效出料泵(28)过流部分材质采用双相钢 2205,且允许输送固液混合,固含量不大于 5%m 流体;五效强制循环泵(30)及六效强制循环泵(32)为轴流泵,过流部分材质采用双相钢 2605;末端预热器(1)、一效预热器(3)、二效预热器(5)、三效预热器(7)、四效预热器(9) 均为列管式换热器,其换热管材质为 TA2,其他材质为不锈钢 316L;一效蒸发器加热室(2)、二效蒸发器加热室(4)、三效蒸发器加热室(6)、四效蒸发器加热室(8) 采用管式降膜蒸发器,换热管材质为 TA10 和 TA2,其他材质为不锈钢 316L。

7. 一种应用于工业废水零排放的六效蒸发结晶工艺,其特征在于,该工艺包括以下步骤:

1) 浓盐水进口(76)流入的浓盐水依次通过副冷凝器(12)、四效预热器(9)、三效预热器(7)、二效预热器(5)、一效预热器(3) 预热,温度 25 ~ 30 度,压力为 0.7MPaG,盐含量为

6‰，四效预热器(9)、三效预热器(7)、二效预热器(5)、一效预热器(3)热量回收，通过一效蒸汽调节阀(44)及末端预热器蒸汽调节阀(45)进行调节，将浓盐水加热至122℃后进入一效蒸发器加热室(2)，一效蒸发器加热室(2)产生的汽水混合物在一效分离器(14)中分离，当一效分离器(14)中有一定液位时，启动一效循环泵(21)进行浓盐水自分离器至一效蒸发器加热室(2)循环，采用0.5MPaG的蒸汽，温度为159℃，操作温度为，壳程130℃，管程125℃，将浓盐水中的部分水蒸发出去，出料浓度为7.3‰，汽相作为一效二次蒸汽送至二效蒸发器加热室(4)；

2)之后通过一效出料调节阀控制(48)液位，通过一效出料泵(22)将未蒸发的浓盐水送至二效分离器(15)，当二效分离器(15)中有一定液位时，启动二效循环泵(23)进行浓盐水自分离器至二效蒸发器加热室(4)循环，二效蒸发器加热室(4)采用自一效分离器(14)分离出的二次蒸汽加热自一效分离器(14)分离出的浓盐水，使得部分的浓盐水蒸发，一效蒸发器加热室(2)产生的二次蒸汽，温度为124℃，则二效蒸发器加热室(4)操作温度为，壳程124℃，管程119℃，二效蒸发器加热室(4)产生的汽水混合物在二效分离器(15)中分离，将浓盐水中的部分水蒸发出去，出料浓度为9.5‰，汽相作为二效二次蒸汽送至三效蒸发器加热室(6)；

3)之后通过二效出料调节阀(50)控制液位，通过二效出料泵(24)将未蒸发的浓盐水送至三效分离器(16)，当三效分离器(16)中有一定液位时，启动三效循环泵(25)进行浓盐水自分离器至三效蒸发器加热室(6)循环，三效蒸发器加热室(6)采用自二效分离器(15)分离出的二次蒸汽加热自二效分离器(15)分离出的浓盐水，使得部分的浓盐水蒸发，二效蒸发器加热室(4)产生的二次蒸汽，温度为118℃，则三效蒸发器加热室(6)操作温度为，壳程118℃，管程113℃，三效蒸发器加热室(6)产生的汽水混合物在三效分离器(15)中分离，将浓盐水中的部分水蒸发出去，出料浓度为13.3‰，汽相作为三效二次蒸汽送至四效蒸发器加热室(8)；

4)之后通过三效出料调节阀(55)控制液位，通过三效出料泵(28)将未蒸发的浓盐水送至四效分离器(17)，当四效分离器(17)中有一定液位时，启动四效循环泵(27)进行浓盐水自分离器至四效蒸发器加热室(8)循环，四效蒸发器加热室(8)采用自三效分离器(16)分离出的二次蒸汽加热自三效分离器(16)分离出的浓盐水，使得部分的浓盐水蒸发，三效蒸发器加热室(6)产生的二次蒸汽，温度为112℃，则四效蒸发器加热室(8)操作温度为，壳程112℃，管程107℃，四效蒸发器加热室(8)产生的汽水混合物在四效分离器(17)中分离，将浓盐水中的部分水蒸发出去，出料浓度为22.3‰，汽相作为四效二次蒸汽送至五效强制循环蒸发器加热室(10)；

5)之后通过四效出料调节阀(57)控制液位，通过四效出料泵(28)将未蒸发的浓盐水送至中间缓冲罐(18)，当中间缓冲罐(18)有一定液位时，启动中间缓冲罐出料泵(29)将浓盐水送至五效强制循环泵(30)的入口管道上，中间缓冲罐(18)的液位通过中间缓冲罐调节阀(59)进行控制，当五效分离器(19)具备一定的高液位时，启动五效强制循环泵(30)，使浓盐水在五效强制循环泵(30)中高速循环，四效蒸发器加热室(8)产生的二次蒸汽在装置处理量低于70m³/h时，不进行分流，全部进入五效强制循环蒸发器加热室(10)；当处理量大于70m³/h时，五效强制循环蒸发器加热室(10)采用自四效分离器(17)分离出的二次蒸汽加热自中间缓冲罐(18)来的浓盐水，使得部分的浓盐水蒸发，循环液中的汽液两相在顶

部五效分离器(19)中分离,四效蒸发器加热室(8)产生的二次蒸汽,温度为106℃,则五效蒸发器加热室(10)操作温度为,壳程106℃,管程84℃,将浓盐水中的部分水蒸发出去,出料盐含量为29%,其中固体盐含量为5~10%,汽相作为五效二次蒸汽送至六效强制循环蒸发器加热室(11);

6)之后启动五效出料泵(31)将未蒸发的浓盐水送至六效强制循环泵(32)的入口管道上,当六效分离器(20)具备一定的高液位时,启动六效强制循环泵(32),使浓盐水在六效强制循环泵(32)中高速循环蒸发,并将剩余的水分蒸发,同时进行浓盐水浓缩,直至六效循环液中具有一定量的结晶盐,六效强制循环蒸发器加热室(11)采用自五效分离器(19)分离出二次蒸汽加热自五效分离器(19)分离出的浓盐水,使得部分的浓盐水蒸发,循环液中的汽液两相在顶部六效分离器(20)中分离,五效强制蒸发器加热室(10)产生的部分二次蒸汽,温度为83℃,则六效蒸发器加热室(11)操作温度为,壳程83℃,管程61℃,将原浓盐水中的剩余水基本蒸发完毕,出料盐含量为42%,其中固体盐含量为10~25%,汽相作为六效二次蒸汽送至主冷凝器(13)冷凝冷却;

7)当六效循环液中含有约10~25%结晶盐时,启动六效出料泵(33)将料浆送至脱盐压滤单元(74),脱盐压滤单元(74)采用压滤方式,当压滤机形成一定厚度且含水量较少的滤饼时,将盐排放外送,而压滤产生的饱和滤液则返回至中间缓冲罐(18)重新蒸发出盐,为了使进入压滤机的盐是浆液状态,故压滤完的饱和盐水,盐含量23%,始终回流入五效强制循环蒸发器加热室(10),同时真空度保持在-0.75~-0.8MPaG。

8. 根据权利要求7所述的一种应用于工业废水零排放的六效蒸发结晶装置,其特征在于,所述的末端预热器(1)冷凝液与一效蒸发器加热室(2)产生的冷凝液汇合后通过一效冷凝液增压泵(36)送至一效预热器,作为一效预热器(3)的热源加热浓盐水,加热后将这部分饱和蒸汽冷凝液送至界外相关管路回收;二效蒸发器加热室(4)产生的冷凝液通过二效冷凝液增压泵(37)送至二效预热器(5),作为二效预热器(5)的热源加热浓盐水,加热后的冷凝液送至冷凝液出口(81);三效蒸发器加热室(6)产生的冷凝液通过三效冷凝液增压泵(38)送至三效预热器(7),作为三效预热器(7)的热源加热浓盐水,加热后的冷凝液送至冷凝液出口(81);四效蒸发器加热室(8)产生的冷凝液通过四效冷凝液增压泵(39)送至四效预热器(9),作为四效预热器(9)的热源加热浓盐水,加热后的冷凝液送冷凝液出口(81);五效强制循环蒸发器加热室(10)产生的冷凝液通过五效冷凝液增压泵(40)送至冷凝液出口(81);六效强制循环蒸发器加热室(11)产生的冷凝液通过六效冷凝液增压泵(41)送至冷凝液出口(81);副冷凝器(12)产生的冷凝液与主冷凝器(13)产生的冷凝液汇合后通过主冷凝器冷凝液增压泵(43)送至冷凝液回收罐,所述的主冷凝器(13)的冷媒为循环冷却水,循环冷却水可以采用全场生产冷却水或自冷却塔系统,通过冷却水冷凝冷却,主冷凝器(13)中的二次蒸汽全部冷凝并回收。

9. 根据权利要求7所述的一种应用于工业废水零排放的六效蒸发结晶装置,其特征在于,所述的当水质中COD及PH过高时,可以将四效分离器(17)产生的部分二次蒸汽通过控制进副冷凝器(12)的五效二次蒸汽调节阀(58)分流至副冷凝器(12),从而减少进五效强制循环蒸发器加热室(11)的二次蒸汽量;为了增强降膜蒸发器对垢盐的抵抗力,前四效蒸发器加热室增加循环泵,循环泵的流量可通过调节阀进行调整;为了强化五、六效对浓盐水中COD及PH的敏感性,增加四效蒸发器加热室增至副冷凝器(12)的二次蒸汽管道,并且通

过四效至副冷凝器二次蒸汽管道上的调节阀控制四效至副冷凝器的二次蒸气量。

10. 根据权利要求 7 所述的一种应用于工业废水零排放的六效蒸发结晶装置，其特征在于，所述的蒸汽可以作为一效蒸发器加热室(2)的热源、也可以作为三效蒸发器加热室(4)的热源，末端预热器(1)出口浓盐水可以去一效分离器(14)、也可以去三效分离器(16)，二效分离器(15)产生的二次蒸汽也可以直接去五效强制循环蒸发器加热室(10)，从而实现一、二、五、六效运行模式、三、四、五、六效运行模式及一、二、三、四、五、六效运行模式。

一种应用于工业废水零排放的六效蒸发结晶装置及其工艺

技术领域

[0001] 本发明属于工业废水处理技术领域,具体涉及一种应用于工业废水零排放的六效蒸发结晶工艺。

背景技术

[0002] 国家相关政策明确要求在钢铁、电力、化工、煤炭等重点行业推广废水循环利用,努力实现废水少排放或零排放。近年来,一些地方也相继颁布了严格的废水排放标准,黄河、淮河等水污染严重的敏感流域、区域地区和省份甚至不允许工业企业废水排放到地表水体。水资源和水环境问题已成为制约工业产业发展的瓶颈。寻求处理效果更好、工艺稳定性更强、运行费用更低的废水处理工艺,实现“废水零排放”的目标,已经成为化工行业发展的自身需求和外在要求。

[0003] GB/T21534-2008《工业用水节水术语》中对零排放解释为企业或主体单元的生产用水系统达到无工业废水外排;一般认为煤化工废水“零排放”是将煤化工项目产生的废水浓缩成为固体或浓缩液的形式再加以处理,而不向地表水域排放任何形式的废水;

通常的,煤化工废水可通过有机废水处理、含盐废水处理、浓盐水处理及高浓盐水固化处理四个工段实现废水的高效处理和“零排放”;浓盐水处理是制约煤化工废水“零排放”的关键技术;该工段一般采用(预处理+膜浓缩)处理工艺,将浓盐水进一步浓缩,使TDS质量浓度达到 $5000 \sim 8000\text{mg/L}$,进而送至蒸发装置蒸发浓缩,浓缩后含有一定固含量的料浆则进行固化处理;多效蒸发将几个蒸发器串联运行的蒸发操作,使蒸汽热能得到多次利用,从而提高热能的利用率,多用于水溶液的处理。在三效蒸发操作的流程中,第一个蒸发器(称为第一效)以生蒸汽作为加热蒸汽,其余两个(称为第二效、第三效)均以其前一效的二次蒸汽作为加热蒸汽,从而可大幅度减少生蒸汽的用量。每一效的二次蒸汽温度总是低于其加热蒸汽,故多效蒸发时各效的操作压力及溶液沸腾温度沿蒸汽流动方向依次降低。

[0004] CN 103657122 A公开了一种六效蒸发装置,主要包括以下步骤:浓盐水通过预热器进行余热利用,之后依次进入一效至六效;盐分在后两效进行浓缩,浓缩后的料浆送至无机盐结晶工段。该发明前四效为降膜蒸发,因受最小进料量的限制,进料负荷受局限,且降膜蒸发器很容易结垢,效体化洗频繁,装置无法稳定运行;五、六效的蒸发能力约仅为前四效的一半,在进料负荷较大的时候必须将很大一部分二次蒸汽分流至副冷凝器,且分流管道上无调节阀,操作难度大,造成能量的损失,按经济性定义的话只能算作五效蒸发;六效出料位置不太合适,有出现管道堵塞的风险。

[0005] 目前国内企业的工业废水“零排放”多效蒸发多采用三效蒸发+两效浓缩结晶工艺,该方法运行比较稳定,但因为其效数较少,热量利用不甚充分,经济效应较差;且蒸发器一般采用强制循环蒸发器,体积大,造价高;综合经济性较差。

[0006] 六效作为一种蒸发装置,其在工业给水“零排放”处在尾端,所承担的任务也非常巨大;工业废水的组成复杂且变化较大,故而造成蒸发装置运行难度较大,且不同于其他工段,上游来水在此蒸发工段必须处理,否则牵一动全身,整个“零排放”都无法稳定运行;在

一定层面上，本装置的正常与否对于整个装置的稳定运行起决定性作用。

发明内容

[0007] 为了克服上述现有技术的不足，本发明的目的是提供一种应用于工业废水零排放的六效蒸发结晶工艺，提高了工业废水“零排放”蒸发除盐工段多效蒸发装置效数上限，完美的实现热量多级利用，进一步降低单位工业水处理成本。

[0008] 为了实现上述目的，本发明采用的技术方案是：

一种应用于工业废水零排放的六效蒸发结晶装置，包括浓盐水进口、循环回水出口、循环给水进口、废盐出口、再生水出口、生蒸汽进口、生蒸汽冷凝液出口，浓盐水进口通过副冷凝器浓盐水调节阀连通副冷凝器；副冷凝器、四效预热器、三效预热器、二效预热器、一效预热器依次连通；一效预热器出料口连接末端预热器进料口，末端预热器出料口通过开关阀 N、开关阀 O 连通一效分离器进料口、三效分离器进料口；一效分离器、二效分离器、三效分离器、四效分离器、中间缓冲罐、五效分离器、六效分离器、脱盐压滤单元依次连通；脱盐压滤单元一出料口连通中间缓冲罐进料口，另一出料口连通废盐出口；五效分离器、六效分离器通过调节阀 D、调节阀 E 连通脱盐压滤单元；

所述的蒸汽进口通过一效生蒸汽调节阀、末端预热器生蒸汽调节阀、开关阀 P 连通一效蒸发器加热室进气口，一效蒸发器加热室汽液混合物出口与一效分离器连通；一效分离器、二效蒸发器加热室、二效分离器、三效蒸发器加热室、三效分离器、四效蒸发器加热室、四效分离器依次连通，四效分离器二次蒸汽出口通过五效二次蒸汽调节阀、副冷凝器二次蒸汽调节阀与五效强制循环蒸发器加热室二次蒸汽进口及副冷凝器二次蒸汽进口连通，四效分离器通过开关阀 A 与二效分离器连通；五效强制循环蒸发器加热室、五效分离器、六效强制循环蒸发器加热室、六效分离器、主冷凝器依次连通；主冷凝器连通循环回水出口、循环给水进口；二效预热器通过开关阀 C 连通三效蒸发器加热室，三效蒸发器加热室通过开关阀 B 连通末端预热器；

所述的末端预热器冷凝水出口与一效蒸发器加热室连通，一效蒸发器加热室冷凝液出口与一效预热器热源入口连通；二效蒸发器加热室冷凝液与二效预热器热源入口连通；三效蒸发器加热室冷凝液与三效预热器热源入口连通；四效蒸发器加热室冷凝液与四效预热器热源入口连通；一效预热器冷凝液出口管道连接冷凝液出口；二效预热器冷凝液、三效预热器冷凝液、四效预热器冷凝液、五效强制循环蒸发器加热室冷凝液、六效强制循环蒸发器加热室冷凝液、副冷凝器冷凝液及主冷凝器冷凝液汇合后再生水出口连通；其中通过一效冷凝液增压泵、二效冷凝液增压泵、三效冷凝液增压泵、四效冷凝液增压泵、五效冷凝液增压泵、六效冷凝液增压泵、副冷凝器冷凝液增压泵、主冷凝器冷凝液增压泵对管路冷凝液增压；

所述的一效分离器、二效分离器、三效分离器、四效分离器、中间缓冲罐、五效分离器、六效分离器通过一效出料泵、二效出料泵、三效出料泵、四效出料泵、中间缓冲罐出料泵、五效出料泵、六效出料泵控制出料，通过一效出料调节阀、二效出料调节阀、三效出料调节阀、四效出料调节阀、中间缓冲罐出料调节阀控制出料速度，通过一效循环泵、二效循环泵、三效循环泵、四效循环泵、五效强制循环泵、六效强制循环泵向一效降膜蒸发器加热室、二效降膜蒸发器加热室、三效降膜蒸发器加热室、为四效降膜蒸发器加热室、五效强制循环蒸发

器加热室、六效强制循环蒸发器加热室循环送料，通过开关阀 F、开关阀 J、开关阀 H、开关阀 I、开关阀 J、开关阀 K、开关阀 L、开关阀 M 分别控制一效分离器、二效分离器、三效分离器、四效分离器管路的开关，通过一效循环调节阀、二效循环调节阀、三效循环调节阀、四效循环调节阀调节流量。

[0009] 所述的一效蒸发器加热室和一效分离器组成一效蒸发器，二效蒸发器加热室和二效分离器组成二效蒸发器、三效蒸发器加热室和三效分离器组成三效蒸发器、四效蒸发器加热室和四效分离器组成四效蒸发器，一效蒸发器、二效蒸发器、三效蒸发器、四效蒸发器均为降膜蒸发器，五效强制循环蒸发器加热室、五效分离器和五效强制循环泵 组成五效蒸发器、六效强制循环蒸发器加热室、六效分离器和六效强制循环泵组成六效蒸发器，五效蒸发器、六效蒸发器采用强制循环蒸发器。

[0010] 所述的进料分半负荷进料及全负荷进料，通过切换阀门开关阀 E、开关阀 F、开关阀 J、开关阀 H、开关阀 I、开关阀 J、开关阀 K、开关阀 L 来实现各部分的半 / 全负荷。

[0011] 所述的整个系统的真空度通过水环真空泵维持，真空度为 $-75 \sim -80\text{KPa}$ ，同时增加破空管道及破空调节阀。

[0012] 所述的当关闭开关阀 A、开关阀 B、开关阀 O，其他开关阀打开时，系统采用一、二、三、四、五、六效运行模式，为六效蒸发，可按最大 110% 负荷运行，当关闭开关阀 B、开关阀 C、开关阀 O，其他开关阀打开时，系统采用一、二、五、六效运行模式，为四效蒸发，可按最大 60% 负荷运行，当关闭开关阀 P、开关阀 A、开关阀 C、开关阀 N，其他开关阀打开时，系统采用三、四、五、六效运行模式，为四效蒸发，可按最大 60% 负荷运行。

[0013] 所述的一效循环泵、一效出料泵、二效循环泵、二效出料泵、三效循环泵、三效出料泵过流部分材质采用双相钢 2205，且不能输送固液混合流体；四效循环泵、四效出料泵过流部分材质采用双相钢 2205，且允许输送固液混合，固含量不大于 5% m 流体；五效强制循环泵及六效强制循环泵为轴流泵，过流部分材质采用双相钢 2605；末端预热器、一效预热器、二效预热器、三效预热器、四效预热器均为列管式换热器，其换热管材质为 TA2，其他材质为不锈钢 316L；一效蒸发器加热室、二效蒸发器加热室、三效蒸发器加热室、四效蒸发器加热室采用管式降膜蒸发器，换热管材质为 TA10 和 TA2，其他材质为不锈钢 316L。

[0014] 一种应用于工业废水零排放的六效蒸发结晶工艺，该工艺包括以下步骤：

1) 浓盐水进口流入的浓盐水依次通过副冷凝器、四效预热器、三效预热器、二效预热器、一效预热器预热，温度 $25 \sim 30$ 度，压力为 0.7MPaG ，盐含量为 6% m ，四效预热器、三效预热器、二效预热器、一效预热器热量回收，通过一效蒸汽调节阀及末端预热器蒸汽调节阀进行调节，将浓盐水加热至 122°C 后进入一效蒸发器加热室，一效蒸发器加热室产生的汽水混合物在一效分离器中分离，当一效分离器中有一定液位时，启动一效循环泵进行浓盐水自分离器至一效蒸发器加热室循环，采用 0.5MPaG 的蒸汽，温度为 159°C ，操作温度为，壳程 130°C ，管程 125°C ，将浓盐水中的部分水蒸发出去，出料浓度为 7.3% m ，汽相作为一效二次蒸汽送至二效蒸发器加热室；

2) 之后通过一效出料调节阀控制液位，通过一效出料泵将未蒸发的浓盐水送至二效分离器，当二效分离器中有一定液位时，启动二效循环泵进行浓盐水自分离器至二效蒸发器加热室循环，二效蒸发器加热室采用自一效分离器分离出的二次蒸汽加热自一效分离器分离出的浓盐水，使得部分的浓盐水蒸发，一效蒸发器加热室产生的二次蒸汽，温度为 124°C ，

则二效蒸发器加热室操作温度为,壳程 124℃,管程 119℃,二效蒸发器加热室产生的汽水混合物在二效分离器中分离,将浓盐水中的部分水蒸发出去,出料浓度为 9.5% m ,汽相作为二效二次蒸汽送至三效蒸发器加热室;

3)之后通过二效出料调节阀控制液位,通过二效出料泵将未蒸发的浓盐水送至三效分离器,当三效分离器中有一定液位时,启动三效循环泵进行浓盐水自分离器至三效蒸发器加热室循环,三效蒸发器加热室采用自二效分离器分离出的二次蒸汽加热自二效分离器分离出的浓盐水,使得部分的浓盐水蒸发,二效蒸发器加热室产生的二次蒸汽,温度为 118℃,则三效蒸发器加热室操作温度为,壳程 118℃,管程 113℃,三效蒸发器加热室产生的汽水混合物在三效分离器中分离,将浓盐水中的部分水蒸发出去,出料浓度为 13.3% m ,汽相作为三效二次蒸汽送至四效蒸发器加热室;

4)之后通过三效出料调节阀控制液位,通过三效出料泵将未蒸发的浓盐水送至四效分离器,当四效分离器中有一定液位时,启动四效循环泵进行浓盐水自分离器至四效蒸发器加热室循环,四效蒸发器加热室采用自三效分离器分离出的二次蒸汽加热自三效分离器分离出的浓盐水,使得部分的浓盐水蒸发,三效蒸发器加热室产生的二次蒸汽,温度为 112℃,则四效蒸发器加热室操作温度为,壳程 112℃,管程 107℃,四效蒸发器加热室产生的汽水混合物在四效分离器中分离,将浓盐水中的部分水蒸发出去,出料浓度为 22.3% m ,汽相作为四效二次蒸汽送至五效强制循环蒸发器加热室;

5)之后通过四效出料调节阀控制液位,通过四效出料泵将未蒸发的浓盐水送至中间缓冲罐,当中间缓冲罐有一定液位时,启动中间缓冲罐出料泵将浓盐水送至五效强制循环泵的入口管道上,中间缓冲罐的液位通过中间缓冲罐调节阀进行控制,当五效分离器具备一定的高液位时,启动五效强制循环泵,使浓盐水在五效强制循环泵中高速循环,四效蒸发器加热室产生的二次蒸汽在装置处理量低于 70m³/h 时,不进行分流,全部进入五效强制循环蒸发器加热室;当处理量大于 70m³/h 时,五效强制循环蒸发器加热室采用自四效分离器分离出的二次蒸汽加热自中间缓冲罐来的浓盐水,使得部分的浓盐水蒸发,循环液中的汽液两相在顶部五效分离器中分离,四效蒸发器加热室产生的二次蒸汽,温度为 106℃,则五效蒸发器加热室操作温度为,壳程 106℃,管程 84℃,将浓盐水中的部分水蒸发出去,出料盐含量为 29% m ,其中固体盐含量为 5~10% m ,汽相作为五效二次蒸汽送至六效强制循环蒸发器加热室;

6)之后启动五效出料泵将未蒸发的浓盐水送至六效强制循环泵的入口管道上,当六效分离器具备一定的高液位时,启动六效强制循环泵,使浓盐水在六效强制循环泵中高速循环蒸发,并将剩余的水分蒸发,同时进行浓盐水浓缩,直至六效循环液中具有一定量的结晶盐,六效强制循环蒸发器加热室采用自五效分离器分离出二次蒸汽加热自五效分离器分离出的浓盐水,使得部分的浓盐水蒸发,循环液中的汽液两相在顶部六效分离器中分离,五效强制蒸发器加热室产生的部分二次蒸汽,温度为 83℃,则六效蒸发器加热室操作温度为,壳程 83℃,管程 61℃,将原浓盐水中的剩余水基本蒸发完毕,出料盐含量为 42% m ,其中固体盐含量为 10~25% m ,汽相作为六效二次蒸汽送至主冷凝器冷凝冷却;

7)当六效循环液中含有约 10~25% m 结晶盐时,启动六效出料泵将料浆送至脱盐压滤单元,脱盐压滤单元采用压滤方式,当压滤机形成一定厚度且含水量较少的滤饼时,将盐排放外送,而压滤产生的饱和滤液则返回至中间缓冲罐重新蒸发出盐,为了使进入压滤机

的盐是浆液状态，故压滤完的饱和盐水，盐含量 23‰，始终回流入五效强制循环蒸发器加热室，同时真空度保持在 -0.75 ~ -0.8 MPaG。

[0015] 所述的末端预热器冷凝液与一效蒸发器加热室产生的冷凝液汇合后通过一效冷凝液增压泵送至一效预热器，作为一效预热器的热源加热浓盐水，加热后将这部分饱和蒸汽冷凝液送至界外相关管路回收；二效蒸发器加热室产生的冷凝液通过二效冷凝液增压泵送至二效预热器，作为二效预热器的热源加热浓盐水，加热后的冷凝液送至冷凝液出口；三效蒸发器加热室产生的冷凝液通过三效冷凝液增压泵送至三效预热器，作为三效预热器的热源加热浓盐水，加热后的冷凝液送至冷凝液出口；四效蒸发器加热室产生的冷凝液通过四效冷凝液增压泵送至四效预热器，作为四效预热器的热源加热浓盐水，加热后的冷凝液送至冷凝液出口；五效强制循环蒸发器加热室产生的冷凝液通过五效冷凝液增压泵送至冷凝液出口；六效强制循环蒸发器加热室产生的冷凝液通过六效冷凝液增压泵送至冷凝液出口；副冷凝器产生的冷凝液与主冷凝器产生的冷凝液汇合后通过主冷凝器冷凝液增压泵送至冷凝液回收罐，所述的主冷凝器的冷媒为循环冷却水，循环冷却水可以采用全场生产冷却水或自冷却塔系统，通过冷却水冷凝冷却，主冷凝器中的二次蒸汽全部冷凝并回收。

[0016] 所述的当水质中 COD 及 PH 过高时，可以将四效分离器产生的部分二次蒸汽通过控制进副冷凝器的五效二次蒸汽调节阀分流至副冷凝器，从而减少进五效强制循环蒸发器加热室的二次蒸汽量；为了增强降膜蒸发器对垢盐的抵抗力，前四效蒸发器加热室增加循环泵，循环泵的流量可通过调节阀进行调整；为了强化五、六效对浓盐水中 COD 及 PH 的敏感性，增加四效蒸发器加热室增至副冷凝器的二次蒸汽管道，并且通过四效至副冷凝器二次蒸汽管道上的调节阀控制四效至副冷凝器的二次蒸汽量。

[0017] 所述的蒸汽可以作为一效蒸发器加热室的热源、也可以作为三效蒸发器加热室的热源，末端预热器出口浓盐水可以去一效分离器、也可以去三效分离器，二效分离器产生的二次蒸汽也可以直接去五效强制循环蒸发器加热室，从而实现一、二、五、六效运行模式、三、四、五、六效运行模式及一、二、三、四、五、六效运行模式。

[0018] 本发明的有益效果是：

1) 通过该工艺处理高盐废水，可将浓盐水中的水分全部回收，从而实现水的“零排放”；盐则通过压滤机，最终以干混盐(含水量不高于 5‰)的形式进行填埋处理，热利用效率高，汽水比仅为 0.21 ~ 0.22，即蒸发 1 吨水仅需要 0.21 ~ 0.22 吨的低压蒸汽；而传统工艺的三效、四效工艺汽水比分别为 0.4, 0.32；

2) 节能效果显而易见，因蒸汽热能的多次高效利用，以及各预热器对于冷凝液显热的回收，使得整个装置有着很高的经济性；

3) 采用高效外循环降膜蒸发器，改善了降膜蒸发器易结垢的现状，大大的提高了使用寿命；

4) 利用强制循环蒸发器收尾浓缩，使得出料浓度更加可靠，保证出盐的稳定可靠；

5) 采用多种操作模式，使得本发明装置操作弹性大大提高，保证运行稳定的同时进行其他几效的清洗恢复工作。

[0019] 7) 采用六效蒸发工艺，相比于传统的三效蒸发工艺，热利用率更高，节能效果更好；以处理 115t/h 浓盐水为例，年节省蒸汽量不小于 15 万吨，年节能经济效益不低于 2000 万元(低压蒸汽价格以 130 元 / 吨计算)；

8) 前四效采用降膜蒸发器,重在蒸水浓缩;后两效采用强制循环蒸发器,结晶出盐;因降膜蒸发器传热系数高,故所需的有效温差较小,故而可以把有限的温差用在强制循环蒸发器;如全部采用强制循环蒸发器,从经济角度来说(生蒸汽等级为0.5MPaG),工业高盐废水处理最多可以做到5效,而非六效;整合两种蒸发器型式,最终使节能及经济效益最大化。

[0020] 9) 采用多级预热,将系统内部的热量充分进行利用,进一步优化节能效果。

附图说明

[0021] 图1是本发明的结构示意图;

图2是本发明的工艺流程图;

其中,1为末端预热器;2为一效蒸发器加热室;3为一效预热器;4为二效蒸发器加热室;5为二效预热器;6为三效蒸发器加热室;7为三效预热器;8为四效蒸发器加热室;9为四效预热器;10为五效强制循环蒸发器加热室;11为六效强制循环蒸发器加热室;12为副冷凝器;13为主冷凝器;14为一效分离器;15为二效分离器;16为三效分离器;17为四效分离器;18为中间缓冲罐;19为五效分离器;20为六效分离器;21为一效循环泵;22为一效出料泵;23为二效循环泵;24为二效出料泵;25为三效循环泵;26为三效出料泵;27为四效循环泵;28为四效出料泵;29为中间缓冲罐出料泵;30为五效强制循环泵;31为五效出料泵;32为六效强制循环泵;33为六效出料泵;34为水环真空泵;35为滤液回流输送泵;36为一效冷凝液增压泵;37为二效冷凝液增压泵;38为三效冷凝液增压泵;39为四效冷凝液增压泵;40为五效冷凝液增压泵;41为六效冷凝液增压泵;42为副冷凝器冷凝液增压泵;43为主冷凝器冷凝液增压泵;44为一效生蒸汽调节阀;45为末端预热器生蒸汽调节阀;46为开关阀P;47为一效循环调节阀;48为一效出料调节阀;49为二效循环调节阀;50为二效出料调节阀;51为开关阀A;52为开关阀B;53为开关阀C;54为三效循环调节阀;55为三效出料调节阀;56为四效循环调节阀;57为四效出料调节阀;58为五效二次蒸汽调节阀;59为中间缓冲罐出料调节阀;60为副冷凝器二次蒸汽调节阀;61为副冷凝器浓盐水调节阀;62为破空调节阀;63为开关阀D;64为开关阀E;65为开关阀F;66为开关阀J;67为开关阀H;68为开关阀I;69为开关阀J;70为开关阀K;71为开关阀L;72为开关阀M;73为开关阀N;74为开关阀O;75为脱盐压滤单元;76为浓盐水进口;77为循环回水出口;78为循环给水进口;79为废盐出口;80位再生水出口;81为蒸汽进口;82为冷凝液出口。

具体实施方式

[0022] 以下结合附图对本发明进一步叙述。

[0023] 如图1所示,一种应用于工业废水零排放的六效蒸发结晶装置,包括浓盐水进口76、循环回水出口77、循环给水进口78、废盐出口79、再生水出口80、生蒸汽进口81、生蒸汽冷凝液出口82,浓盐水进口76通过副冷凝器浓盐水调节阀61连通副冷凝器12;副冷凝器12、四效预热器9、三效预热器7、二效预热器5、一效预热器3依次连通;一效预热器3出料口连接末端预热器1进料口,末端预热器1出料口通过开关阀N73、开关阀O74连通一效分离器14进料口、三效分离器16进料口;一效分离器14、二效分离器15、三效分离器16、四效分离器17、中间缓冲罐18、五效分离器19、六效分离器20、脱盐压滤单元75依次连通;脱

盐压滤单元 75 一出料口连通中间缓冲罐 18 进料口,另一出料口连通废盐出口 79 ;五效分离器 19、六效分离器 20 通过调节阀 D63、调节阀 E64 连通脱盐压滤单元 75 ;

所述的蒸汽进口 81 通过一效生蒸汽调节阀 44、末端预热器生蒸汽调节阀 45、开关阀 P46 连通一效蒸发器加热室 2 进气口,一效蒸发器加热室 2 汽液混合物出口与一效分离器 14 连通;一效分离器 14、二效蒸发器加热室 4、二效分离器 15、三效蒸发器加热室 6、三效分离器 16、四效蒸发器加热室 8、四效分离器 17 依次连通,四效分离器 17 二次蒸汽出口通过五效二次蒸汽调节阀 58、副冷凝器二次蒸汽调节阀 60 与五效强制循环蒸发器加热室 10 二次蒸汽进口及副冷凝器 12 二次蒸汽进口连通,四效分离器 17 通过开关阀 A51 与二效分离器 15 连通;五效强制循环蒸发器加热室 10、五效分离器 19、六效强制循环蒸发器加热室 11、六效分离器 20、主冷凝器 13 依次连通;主冷凝器 13 连通循环回水出口 77、循环给水进口 78 ;二效预热器 5 通过开关阀 C53 连通三效蒸发器加热室 6,三效蒸发器加热室 6 通过开关阀 B52 连通末端预热器 1 ;

所述的末端预热器 1 冷凝水出口与一效蒸发器加热室 2 连通,一效蒸发器加热室 2 冷凝液出口与一效预热器 3 热源入口连通;二效蒸发器加热室 4 冷凝液与二效预热器 5 热源入口连通;三效蒸发器加热室 6 冷凝液与三效预热器 7 热源入口连通;四效蒸发器加热室 8 冷凝液与四效预热器 9 热源入口连通;一效预热器 3 冷凝液出口管道连接冷凝液出口 82 ;二效预热器 5 冷凝液、三效预热器 7 冷凝液、四效预热器 9 冷凝液、五效强制循环蒸发器加热室 10 冷凝液、六效强制循环蒸发器加热室 10 冷凝液、副冷凝器 12 冷凝液及主冷凝器 13 冷凝液汇合后再生水出口 80 连通;其中通过一效冷凝液增压泵 36、二效冷凝液增压泵 37、三效冷凝液增压泵 38、四效冷凝液增压泵 39、五效冷凝液增压泵 40、六效冷凝液增压泵 41、副冷凝器冷凝液增压泵 42、主冷凝器冷凝液增压泵 43 对管路冷凝液增压;

所述的一效分离器 14、二效分离器 15、三效分离器 16、四效分离器 17、中间缓冲罐 18、五效分离器 19、六效分离器 20 通过一效出料泵 22、二效出料泵 24、三效出料泵 26、四效出料泵 28、中间缓冲罐出料泵 29、五效出料泵 31、六效出料泵 32 控制出料,通过一效出料调节阀 48、二效出料调节阀 50、三效出料调节阀 55、四效出料调节阀 57、中间缓冲罐出料调节阀 59 控制出料速度,通过一效循环泵 21、二效循环泵 22、三效循环泵 25、四效循环泵 27、五效强制循环泵 30、六效强制循环泵 32 向一效降膜蒸发器加热室 2、二效降膜蒸发器加热室 4、三效降膜蒸发器加热室 6、为四效降膜蒸发器加热室 8、五效强制循环蒸发器加热室 10、六效强制循环蒸发器加热室 11 循环送料,通过开关阀 F65、开关阀 J66、开关阀 H67、开关阀 I68、开关阀 J69、开关阀 K70、开关阀 L71、开关阀 M72 分别控制一效分离器 14、二效分离器 15、三效分离器 16、四效分离器 17 管路的开关,通过一效循环调节阀 47、二效循环调节阀 49、三效循环调节阀 54、四效循环调节阀 56 调节流量。

[0024] 所述的一效蒸发器加热室 2 和一效分离器 14 组成一效蒸发器,二效蒸发器加热室 4 和二效分离器 15 组成二效蒸发器、三效蒸发器加热室 6 和三效分离器 16 组成三效蒸发器、四效蒸发器加热室 8 和四效分离器 17 组成四效蒸发器,一效蒸发器、二效蒸发器、三效蒸发器、四效蒸发器均为降膜蒸发器,五效强制循环蒸发器加热室 10、五效分离器 19 和五效强制循环泵 30) 组成五效蒸发器、六效强制循环蒸发器加热室 11、六效分离器 20 和六效强制循环泵 32 组成六效蒸发器,五效蒸发器、六效蒸发器采用强制循环蒸发器。

[0025] 所述的进料分半负荷进料及全负荷进料,通过切换阀门开关阀 E65、开关阀 F66、

开关阀 J67、开关阀 H68、开关阀 I69、开关阀 J70、开关阀 K71、开关阀 L72 来实现各部分的半 / 全负荷。

[0026] 所述的整个系统的真空度通过水环真空泵 34 维持, 真空度为 $-75 \sim -80\text{KPa}$, 同时增加破空管道及破空调节阀 62。

[0027] 所述的当关闭开关阀 A51、开关阀 B52、开关阀 074, 其他开关阀打开时, 系统采用一、二、三、四、五、六效运行模式, 为六效蒸发, 可按最大 110% 负荷运行, 当关闭开关阀 B52、开关阀 C53、开关阀 074, 其他开关阀打开时, 系统采用一、二、五、六效运行模式, 为四效蒸发, 可按最大 60% 负荷运行, 当关闭开关阀 P46、开关阀 A51、开关阀 C53、开关阀 N73, 其他开关阀打开时, 系统采用三、四、五、六效运行模式, 为四效蒸发, 可按最大 60% 负荷运行。

[0028] 所述的一效循环泵 21、一效出料泵 22、二效循环泵 23、二效出料泵 24、三效循环泵 25、三效出料泵 26 过流部分材质采用双相钢 2205, 且不能输送固液混合流体; 四效循环泵 27、四效出料泵 28 过流部分材质采用双相钢 2205, 且允许输送固液混合, 固含量不大于 5% 流体; 五效强制循环泵 30 及六效强制循环泵 32 为轴流泵, 过流部分材质采用双相钢 2605; 末端预热器 1、一效预热器 3、二效预热器 5、三效预热器 7、四效预热器 9 均为列管式换热器, 其换热管材质为 TA2, 其他材质为不锈钢 316L; 一效蒸发器加热室 2、二效蒸发器加热室 4、三效蒸发器加热室 6、四效蒸发器加热室 8 采用管式降膜蒸发器, 换热管材质为 TA10 和 TA2, 其他材质为不锈钢 316L。

[0029] 如图 1、图 2 所示, 一种应用于工业废水零排放的六效蒸发结晶工艺, 该工艺包括以下步骤:

1) 浓盐水进口 76 流入的浓盐水依次通过副冷凝器 12、四效预热器 9、三效预热器 7、二效预热器 5、一效预热器 3 预热, 温度 $25 \sim 30$ 度, 压力为 0.7MPaG , 盐含量为 6‰, 四效预热器 9、三效预热器 7、二效预热器 5、一效预热器 3 热量回收, 通过一效蒸汽调节阀 44 及末端预热器蒸汽调节阀 45 进行调节, 将浓盐水加热至 122°C 后进入一效蒸发器加热室 2, 一效蒸发器加热室 2 产生的汽水混合物在一效分离器 14 中分离, 当一效分离器 14 中有一定液位时, 启动一效循环泵 21 进行浓盐水自分离器至一效蒸发器加热室 2 循环, 采用 0.5MPaG 的蒸汽, 温度为 159°C , 操作温度为, 壳程 130°C , 管程 125°C , 将浓盐水中的部分水蒸发出去, 出料浓度为 7.3‰, 汽相作为一效二次蒸汽送至二效蒸发器加热室 4;

2) 之后通过一效出料调节阀控制 48 液位, 通过一效出料泵 22 将未蒸发的浓盐水送至二效分离器 15, 当二效分离器 15 中有一定液位时, 启动二效循环泵 23 进行浓盐水自分离器至二效蒸发器加热室 4 循环, 二效蒸发器加热室 4 采用自一效分离器 14 分离出的二次蒸汽加热自一效分离器 14 分离出的浓盐水, 使得部分的浓盐水蒸发, 一效蒸发器加热室 2 产生的二次蒸汽, 温度为 124°C , 则二效蒸发器加热室 4 操作温度为, 壳程 124°C , 管程 119°C , 二效蒸发器加热室 4 产生的汽水混合物在二效分离器 15 中分离, 将浓盐水中的部分水蒸发出去, 出料浓度为 9.5‰, 汽相作为二效二次蒸汽送至三效蒸发器加热室 6;

3) 之后通过二效出料调节阀 50 控制液位, 通过二效出料泵 24 将未蒸发的浓盐水送至三效分离器 16, 当三效分离器 16 中有一定液位时, 启动三效循环泵 25 进行浓盐水自分离器至三效蒸发器加热室 6 循环, 三效蒸发器加热室 6 采用自二效分离器 15 分离出的二次蒸汽加热自二效分离器 15 分离出的浓盐水, 使得部分的浓盐水蒸发, 二效蒸发器加热室 4 产生的二次蒸汽, 温度为 118°C , 则三效蒸发器加热室 6 操作温度为, 壳程 118°C , 管程 113°C , 三

效蒸发器加热室 6 产生的汽水混合物在三效分离器 15 中分离, 将浓盐水中的部分水蒸发出去, 出料浓度为 13.3‰, 汽相作为三效二次蒸汽送至四效蒸发器加热室 8;

4) 之后通过三效出料调节阀 55 控制液位, 通过三效出料泵 28 将未蒸发的浓盐水送至四效分离器 17, 当四效分离器 17 中有一定液位时, 启动四效循环泵 27 进行浓盐水自分离器至四效蒸发器加热室 8 循环, 四效蒸发器加热室 8 采用自三效分离器 16 分离出的二次蒸汽加热自三效分离器 16 分离出的浓盐水, 使得部分的浓盐水蒸发, 三效蒸发器加热室 6 产生的二次蒸汽, 温度为 112℃, 则四效蒸发器加热室 8 操作温度为, 壳程 112℃, 管程 107℃, 四效蒸发器加热室 8 产生的汽水混合物在四效分离器 17 中分离, 将浓盐水中的部分水蒸发出去, 出料浓度为 22.3‰, 汽相作为四效二次蒸汽送至五效强制循环蒸发器加热室 10;

5) 之后通过四效出料调节阀 57 控制液位, 通过四效出料泵 28 将未蒸发的浓盐水送至中间缓冲罐 18, 当中间缓冲罐 18 有一定液位时, 启动中间缓冲罐出料泵 29 将浓盐水送至五效强制循环泵 30 的入口管道上, 中间缓冲罐 18 的液位通过中间缓冲罐调节阀 59 进行控制, 当五效分离器 19 具备一定的高液位时, 启动五效强制循环泵 30, 使浓盐水在五效强制循环泵 30 中高速循环, 四效蒸发器加热室 8 产生的二次蒸汽在装置处理量低于 70m³/h 时, 不进行分流, 全部进入五效强制循环蒸发器加热室 10; 当处理量大于 70m³/h 时, 五效强制循环蒸发器加热室 10 采用自四效分离器 17 分离出的二次蒸汽加热自中间缓冲罐 18 来的浓盐水, 使得部分的浓盐水蒸发, 循环液中的汽液两相在顶部五效分离器 19 中分离, 四效蒸发器加热室 8 产生的二次蒸汽, 温度为 106℃, 则五效蒸发器加热室 10 操作温度为, 壳程 106℃, 管程 84℃, 将浓盐水中的部分水蒸发出去, 出料盐含量为 29‰, 其中固体盐含量为 5~10‰, 汽相作为五效二次蒸汽送至六效强制循环蒸发器加热室 11;

6) 之后启动五效出料泵 31 将未蒸发的浓盐水送至六效强制循环泵 32 的入口管道上, 当六效分离器 20 具备一定的高液位时, 启动六效强制循环泵 32, 使浓盐水在六效强制循环泵 32 中高速循环蒸发, 并将剩余的水分蒸发, 同时进行浓盐水浓缩, 直至六效循环液中具有一定量的结晶盐, 六效强制循环蒸发器加热室 11 采用自五效分离器 19 分离出二次蒸汽加热自五效分离器 19 分离出的浓盐水, 使得部分的浓盐水蒸发, 循环液中的汽液两相在顶部六效分离器 20 中分离, 五效强制蒸发器加热室 10 产生的部分二次蒸汽, 温度为 83℃, 则六效蒸发器加热室 11 操作温度为, 壳程 83℃, 管程 61℃, 将原浓盐水中的剩余水基本蒸发完毕, 出料盐含量为 42‰, 其中固体盐含量为 10~25‰, 汽相作为六效二次蒸汽送至主冷凝器 13 冷凝冷却;

7) 当六效循环液中含有约 10~25‰ 结晶盐时, 启动六效出料泵 33 将料浆送至脱盐压滤单元 74, 脱盐压滤单元 74 采用压滤方式, 当压滤机形成一定厚度且含水量较少的滤饼时, 将盐排放外送, 而压滤产生的饱和滤液则返回至中间缓冲罐 18 重新蒸发出盐, 为了使进入压滤机的盐是浆液状态, 故压滤完的饱和盐水, 盐含量 23‰, 始终回流入五效强制循环蒸发器加热室 10, 同时真空间度保持在 -0.75~-0.8MPaG。

[0030] 所述的末端预热器 1 冷凝液与一效蒸发器加热室 2 产生的冷凝液汇合后通过一效冷凝液增压泵 36 送至一效预热器, 作为一效预热器 3 的热源加热浓盐水, 加热后将这部分饱和蒸汽冷凝液送至界外相关管路回收; 二效蒸发器加热室 4 产生的冷凝液通过二效冷凝液增压泵 37 送至二效预热器 5, 作为二效预热器 5 的热源加热浓盐水, 加热后的冷凝液送至冷凝液出口 81; 三效蒸发器加热室 6 产生的冷凝液通过三效冷凝液增压泵 38 送至三效预

热器 7,作为三效预热器 7 的热源加热浓盐水,加热后的冷凝液送至冷凝液出口 81;四效蒸发器加热室 8 产生的冷凝液通过四效冷凝液增压泵 39 送至四效预热器 9,作为四效预热器 9 的热源加热浓盐水,加热后的冷凝液送冷凝液出口 81;五效强制循环蒸发器加热室 10 产生的冷凝液通过五效冷凝液增压泵 40 送至冷凝液出口 81;六效强制循环蒸发器加热室 11 产生的冷凝液通过六效冷凝液增压泵 41 送至冷凝液出口 81;副冷凝器 12 产生的冷凝液与主冷凝器 13 产生的冷凝液汇合后通过主冷凝器冷凝液增压泵 43 送至冷凝液回收罐,所述的主冷凝器 13 的冷媒为循环冷却水,循环冷却水可以采用全场生产冷却水或自冷却塔系统,通过冷却水冷凝冷却,主冷凝器 13 中的二次蒸汽全部冷凝并回收。

[0031] 所述的当水质中 COD 及 PH 过高时,可以将四效分离器 17 产生的部分二次蒸汽通过控制进副冷凝器 12 的五效二次蒸汽调节阀 58 分流至副冷凝器 12,从而减少进五效强制循环蒸发器加热室 11 的二次蒸汽量;为了增强降膜蒸发器对垢盐的抵抗力,前四效蒸发器加热室增加循环泵,循环泵的流量可通过调节阀进行调整;为了强化五、六效对浓盐水中 COD 及 PH 的敏感性,增加四效蒸发器加热室增至副冷凝器 12 的二次蒸汽管道,并且通过四效至副冷凝器二次蒸汽管道上的调节阀控制四效至副冷凝器的二次蒸汽量。

[0032] 所述的蒸汽可以作为一效蒸发器加热室 2 的热源、也可以作为三效蒸发器加热室 4 的热源,末端预热器 1 出口浓盐水可以去一效分离器 14、也可以去三效分离器 16,二效分离器 15 产生的二次蒸汽也可以直接去五效强制循环蒸发器加热室 10,从而实现一、二、五、六效运行模式、三、四、五、六效运行模式及一、二、三、四、五、六效运行模式。

实施例

[0033] 通过本设备及工艺,处理一种含有无机盐(主要组成是 NaCl,Na₂SO₄,NaCO₃ 等)的工业废水,此废水即为浓盐水;应用本发明装置处理此废水时,浓盐水首先自上游装置进入调节池,之后通过调节池泵送至本发明装置处理;使用的热源自界外来通过汽包缓冲稳压的 0.5MPaG 低压饱和蒸汽;蒸发后有两种冷凝液,分别为饱和蒸汽冷凝液及二次蒸汽冷凝液,温度约为 80~90℃ 及 30~40℃,饱和蒸汽冷凝液送至界外脱盐水站,二次蒸汽冷凝液送至界外回用水站;装置设置有事故池,其作用是综合回收化洗废水、事故排水及其他废水,最终排至界区外;装置设置有再生水缓冲池,其作用是回收本发明装置机封冷却水及真空泵用水,并通过再生水循环泵给机泵及凉水塔供水,其损耗由界外再生水补充;装置设置有落地水池,其和装置内地沟连通,主要回收因故障操作及压滤漏掉的含盐浓盐水,并通过落地水池泵送至本发明装置继续回收出盐;本发明装置循环冷却水通过自配的凉水塔空冷后循环使用;最终真正实现“零”排放;

在本实例中,设计处理量为 115t/h,废水 TDS 含量为 69600mg/L,采用本发明装置生产得到的二次蒸汽冷凝液满足工业回用水的要求,产的混盐含水量不大于 5%,汽水比不大于 0.23;各效体运行主要情况见表 1;

表1

效体	技术参数		
	加热室温 度℃	分离器顶部温 度℃	饱和蒸汽/二次蒸 汽量t/h
0.5MPaG饱和 蒸汽	/	/	23
一效	120~125	112~117	22.5
二效	111~116	103~108	21.5
三效	102~107	94~99	20.5
四效	93~98	85~90	19
五效	84~89	70~75	12.5
六效	69~74	55~60	11

本装置,对于浓盐水中的结垢离子是比较敏感的,需要前段水质对于结垢离子充分处理,装置本身也会设置专用的清洗装置,设备的清洗工作可以在不影响运行的情况下同时进行;

综上所述,本发明有着高效、节能、经济的特点;其水汽比不超过0.23;以设计115t/h废水处理计算,单位小时耗蒸汽量不超过23t/h;产水约107t/h,可作为生产水重复利用,操作优化时甚至可产脱盐水;且产生混盐6~8t/h;综合效益显著,即达到全场“零”排放的要求,也产生品质较高的再生水或脱盐水,满足国家的基本国策。

[0034] 对于多效蒸发工艺,各效的操作温度受限于原始蒸汽压力等级及真空泵的运行参数,本工艺采用0.5MPaG的低压蒸汽,真空泵操作压力为-0.8MPaG,在此工况下通过设计确定各效的运行参数;

进一效的浓盐水温度通过调节阀,通过出料温度与进该预热器的生蒸汽流量进行连锁控制,再通过调节阀的进行调节,以满足进入一效的温度为122℃;

一至四效的循环量通过各流量计与调节阀F04, F06, F11, F13连锁进行控制,使的循环量为其设计最小布液量的两倍;

分离器的液位通过其上的液位计与调节阀F05, F07, F12, F14进行联络控制,保证其液位仅距分离室底部0.2m即可;

末端的真空度则通过调节阀进行控制,控制真空度为-0.8MPaG;

五、六效分离室液位则通过调节阀连锁进行控制,控制液位高出循环液出口位置1~2米。

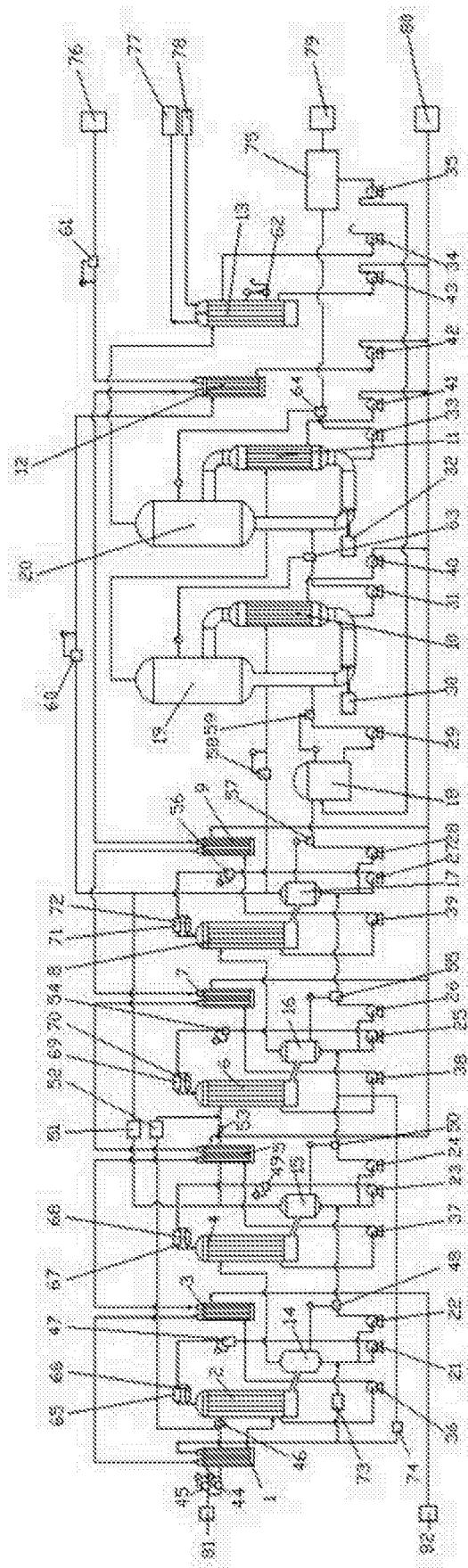


图 1

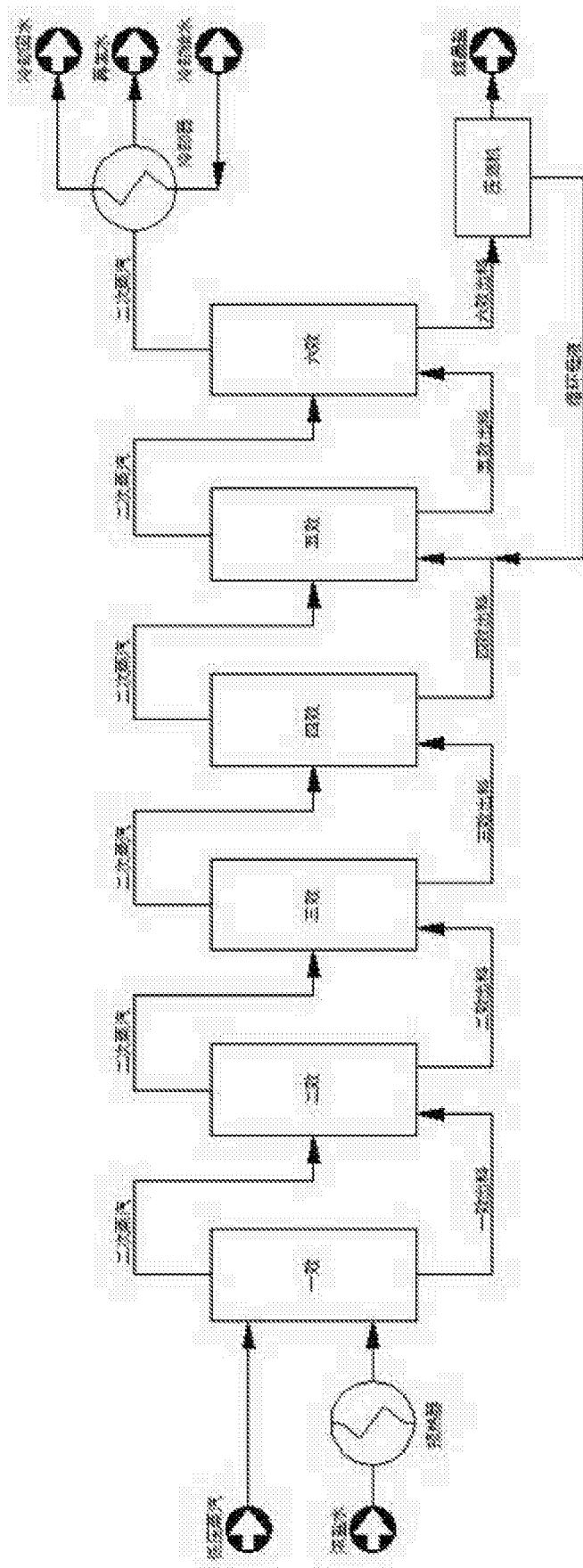


图 2