



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104649493 A

(43) 申请公布日 2015. 05. 27

(21) 申请号 201410832592. 3

(22) 申请日 2014. 12. 29

(71) 申请人 北京特里高膜技术有限公司

地址 100085 北京市海淀区上地三街 9 号嘉  
华大厦 A 座 808

(72) 发明人 关向宇 刘洋 石艳艳 张保成

(74) 专利代理机构 北京恒都律师事务所 11395

代理人 李向东

(51) Int. Cl.

C02F 9/10(2006. 01)

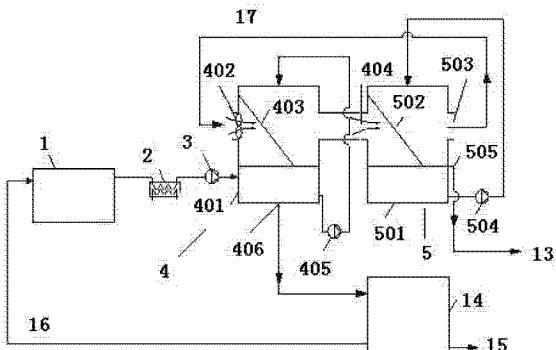
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54) 发明名称

一种低温蒸发结晶处理高浓度废水的方法及  
系统

(57) 摘要

本发明提供一种高浓度废水的处理方法，包  
括将原水箱中的原水预热后送入到蒸发室，再经  
循环泵进入到蒸发室顶部；沿蒸发室内的斜板表  
面向下流动，进风口吹入风与斜板表面的水层接  
触，生成饱和湿空气，饱和湿空气从出风口排出蒸  
发室，进入到冷凝室，在冷凝室中降温；蒸发室中  
流入到蒸发室底部的浓缩液经蒸发室循环泵再提  
升至蒸发室顶部循环蒸发，当蒸发室中的浓缩液  
浓度达到饱和结晶时，通过晶体排放口排出蒸  
发室，进入晶体处理体系，处理后液体返回至原水  
箱，回收沉淀物。本发明提供的高浓度废水的处理  
方法及系统解决了当前高浓度废水处理蒸发效率  
低、设备易结垢、腐蚀严重、成本高的问题。



1. 一种高浓度废水的处理方法,其特征在于,包括如下步骤:

(1) 原水箱中的原水经预热后进入到蒸发室,再经循环泵进入到蒸发室顶部;(2) 蒸发室顶部的水沿蒸发室内的斜板表面向下流动,进风口吹入风与斜板表面的水层接触,生成饱和湿空气,饱和湿空气从出风口排出蒸发室;

(3) 蒸发室中未生成饱和湿空气、流入到蒸发室底部的浓缩液经蒸发室循环泵再提升至蒸发室顶部,重复步骤(2);

(4) 步骤(2)中从蒸发室排出的饱和湿空气进入到冷凝室,在冷凝室中降温;

(5) 蒸发室中的浓缩液浓度达到饱和结晶时,通过结晶体排放口排出蒸发室,进入晶体处理体系,处理后液体返回至原水箱,回收沉淀物,重复步骤(2)至步骤(4)。

2. 根据权利要求 1 所述高浓度废水的处理方法,其特征在于,所述步骤(4)包括:冷水经循环泵提升至冷凝室顶部,冷水沿着冷凝室内的斜板向下流动,斜板表面流动的冷水与蒸发室排入到冷凝室的饱和湿空气接触,形成气泡,气泡继续与不断在斜板表面流动的冷水接触,饱和湿空气中的水分进入到冷水,温度降低;冷凝室中从斜板流下的冷水再经循环泵回流至冷凝室顶部,如此循环。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述高浓度废水的处理方法,其特征在于,所述原水经两组或两组以上串联在一起的蒸发室、冷凝室循环处理,其中所述步骤(3)蒸发室中未生成饱和湿空气的浓缩液经蒸发室循环泵再提升至与之串联的下一组蒸发室顶部,重复所述步骤(2)。

4. 根据权利要求 3 所述高浓度废水的处理方法,其特征在于,所述步骤(4)冷凝室中从斜板流下的冷水再经循环泵回流至与之串联的上一组冷凝室顶部,如此循环。

5. 根据权利要求 4 所述高浓度废水的处理方法,其特征在于,进入到最后一组蒸发室中蒸发后的浓缩液经循环泵再回流至第一组蒸发室时加热至 60℃;进入到第一组冷凝室中沿斜板流下的冷水经循环泵再回流至最后一组冷凝室时冷却至 35℃;所述浓缩液和冷水在各自加热和冷却前进行热交换。

6. 一种高浓度废水处理系统,其特征在于,包括蒸发模块和冷凝模块,所述蒸发模块一侧连接有原水箱,另一侧与冷凝模块相连通,蒸发模块与原水箱之间还设置有加热器和原水泵;蒸发模块与冷凝模块内部均设置有斜板,使液体沿斜板表面从高处向下流动;在蒸发模块与冷凝模块连通相对的一侧设置进风口,在冷凝模块与蒸发模块连通相对的一侧设置出风口;蒸发模块底部设置晶体排放口并连接晶体处理模块;蒸发模块和冷凝模块下方均设置循环泵和连接管道,使流出液体回流至相应模块顶部。

7. 根据权利要求 6 所述高浓度废水处理系统,其特征在于,所述系统包括两组或两组以上串联在一起的蒸发模块和冷凝模块;每组蒸发模块下方设置循环泵和连接管道使浓缩液回流至下一组蒸发模块顶部,最后一组蒸发模块下方设置循环泵和连接管道则使浓缩液回流至第一组蒸发模块顶部;每组冷凝模块下方设置循环泵和连接管道使冷水回流至前一组冷凝模块顶部,第一组冷凝模块下方设置循环泵和连接管道则使冷水回流至最后一组冷凝模块顶部。

8. 据权利要求 7 所述高浓度废水处理系统,其特征在于,所述连接最后一组蒸发模块和第一组蒸发模块的连接管道与所述连接第一组冷凝模块和最后一组冷凝模块的连接管道之间设置有换热装置;所述连接最后一组蒸发模块和第一组蒸发模块的连接管道在靠近第一组蒸发模块处设置有加热装置;所述连接第一组冷凝模块和最后一组冷凝模块的连接

管道在靠近最后一组冷凝模块处设置有冷却装置。

9. 据权利要求 7 所述高浓度废水处理系统, 其特征在于, 所述串联在一起的蒸发模块和冷凝模块之间都是相连通的, 每组蒸发模块进风口处设置风机, 每组蒸发模块与冷凝模块连接处设置出风口, 通过出风口使每组的蒸发模块与冷凝模块相通, 每组冷凝模块的出风口与相串联的下一组蒸发模块进风口相通。

10. 根据权利要求 6 所述高浓度废水的处理方法, 其特征在于, 所述斜板上设置有透风孔隙, 或者所述斜板采用透风材料。

## 一种低温蒸发结晶处理高浓度废水的方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于废水处理领域，具体涉及一种低温蒸发结晶处理高浓度废水的方法及系统。

### 背景技术

[0002] 随着环保要求的日益提高和工业化的发展，产生了更多高含盐废水或高含盐高腐蚀性废水，该种废水常规处理办法很难处理，并且直接排放对环境产生极大的污染，同时随着环保标准和要求的提高，在很多地方需要对高含盐量的废水进行处理并达到零排放目标。

[0003] 传统上的零排放工艺一般为蒸馏蒸发技术，应用的技术原理为降膜或升膜蒸发，即通过液体在换热管表面形成薄薄的液膜，利用换热管内部新鲜蒸汽或二次蒸汽，对液膜进行加热，实现水蒸发，但是这种方式处理成分复杂的污水时，存在换热管结垢，降低换热效率问题，同时此类设备均为密闭循环，且通常是在高温高压或高温负压下操作，设备内部也存在结垢问题，如盐垢属于难清理硬垢，则很容易导致设备报废，而且，此类设备处理含有高氯离子、高酸的废水时，在高温高压或高温负压的操作条件下，氯离子对设备腐蚀更为严重。

[0004] 现有技术中处理高浓度废水利用的设备多为普通蒸发器、多效蒸发器、MVR 蒸发器。如多效蒸发器，是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；但该蒸发器占地面积大，系统稳定性差，只能实现半自控，设备易结垢，对于处理高氯、含酸废水蒸发器腐蚀严重，且无法实现直接结晶。还有 MVR 蒸发器，从蒸发器出来的二次蒸汽，经压缩机压缩，压力、温度升高，热焓增加，然后送到蒸发器的加热室当作加热蒸汽使用，使料液维持沸腾状态，而加热蒸汽本身则冷凝成水；但该蒸发器同样存在设备易结垢，对于处理高氯、含酸废水蒸发器腐蚀严重，对压缩机的品质依赖程度很高等缺点。

[0005] 现有技术高浓度废水处理应用的设备通常只能用新鲜蒸汽，系统所需的能耗高，且设备易结垢，降低蒸发效率，严重的盐垢无法清理的话，可导致设备报废，同时对于高氯、含酸废水蒸发器腐蚀严重，对于高腐蚀性废水材质很难选择，特别是既含有高氯又含有盐酸的废水，如要避免腐蚀，则需要选择锆、钽贵金属，设备造价非常昂贵，并且常规的蒸发无法实现直接的结晶。

### 发明内容

[0006] 针对现有技术的不足，本发明的目的在于提供一种低温蒸发结晶处理高浓度废水的方法及系统。解决当前高浓度废水处理方法和设备蒸发效率低、设备易结垢、腐蚀严重、成本高的问题。

[0007] 为实现上述目的，本发明所采用的技术方案是：

一种高浓度废水的处理方法，包括如下步骤：

(1) 原水箱中的原水经预热后进入到蒸发室，再经循环泵进入到蒸发室顶部；(2) 蒸发室顶部的水沿蒸发室内的斜板表面向下流动，进风口吹入风与斜板表面的水层接触，生成饱和湿空气，饱和湿空气从出风口排出蒸发室；

(3) 蒸发室中未生成饱和湿空气、流入到蒸发室底部的浓缩液经蒸发室循环泵再提升至蒸发室顶部，重复步骤(2)；

(4) 步骤(2)中从蒸发室排出的饱和湿空气进入到冷凝室，在冷凝室中降温；

(5) 蒸发室中的浓缩液浓度达到饱和结晶时，通过结晶体排放口排出蒸发室，进入晶体处理体系，处理后液体返回至原水箱，回收沉淀物，重复步骤(2)至步骤(4)；

优选地，所述步骤(4)包括：冷水经循环泵提升至冷凝室顶部，冷水沿着冷凝室内的斜板向下流动，斜板表面流动的冷水与蒸发室排入到冷凝室的饱和湿空气接触，形成气泡，气泡继续与不断在斜板表面流动的冷水接触，饱和湿空气中的水分进入到冷水，温度降低；冷凝室中从斜板流下的冷水再经循环泵回流至冷凝室顶部，如此循环；

优选地，所述原水经两组或两组以上串联在一起的蒸发室、冷凝室循环处理，其中所述步骤(3)蒸发室中未生成饱和湿空气的浓缩液经蒸发室循环泵再提升至与之串联的下一组蒸发室顶部，重复所述步骤(2)；

优选地，所述步骤(4)冷凝室中从斜板流下的冷水再经循环泵回流至与之串联的上一组冷凝室顶部，如此循环；

优选地，进入到最后一组蒸发室中蒸发后的浓缩液经循环泵再回流至第一组蒸发室时加热至60℃；进入到第一组冷凝室中沿斜板流下的冷水经循环泵再回流至最后一组冷凝室时冷却至35℃；所述浓缩液和冷水在各自加热和冷却前进行热交换。

[0008] 本发明提供的另一个技术方案：

一种高浓度废水处理系统，其特征在于，包括蒸发模块和冷凝模块，所述蒸发模块一侧连接有原水箱，另一侧与冷凝模块相连通，蒸发模块与原水箱之间还设置有加热器和原水泵；蒸发模块与冷凝模块内部均设置有斜板，使液体沿斜板表面从高处向下流动；在蒸发模块与冷凝模块连通相对的一侧设置进风口，在冷凝模块与蒸发模块连通相对的一侧设置出风口；蒸发模块底部设置晶体排放口并连接晶体处理模块；蒸发模块和冷凝模块下方均设置循环泵和连接管道，使流出液体回流至相应模块顶部；

优选地，所述系统包括两组或两组以上串联在一起的蒸发模块和冷凝模块；每组蒸发模块下方设置循环泵和连接管道使浓缩液回流至下一组蒸发模块顶部，最后一组蒸发模块下方设置循环泵和连接管道则使浓缩液回流至第一组蒸发模块顶部；每组冷凝模块下方设置循环泵和连接管道使冷水回流至前一组冷凝模块顶部，第一组冷凝模块下方设置循环泵和连接管道则使冷水回流至最后一组冷凝模块顶部；

优选地，所述连接最后一组蒸发模块和第一组蒸发模块的连接管道与所述连接第一组冷凝模块和最后一组冷凝模块的连接管道之间设置有换热装置；所述连接最后一组蒸发模块和第一组蒸发模块的连接管道在靠近第一组蒸发模块处设置有加热装置；所述连接第一组冷凝模块和最后一组冷凝模块的连接管道在靠近最后一组冷凝模块处设置有冷却装置；

优选地，所述串联在一起的蒸发模块和冷凝模块之间都是相连通的，每组蒸发模块进风口处设置风机，每组蒸发模块与冷凝模块连接处设置出风口，通过出风口使每组的蒸发

模块与冷凝模块相通，每组冷凝模块的出风口与相串联的下一组蒸发模块进风口相通；  
优选地，所述斜板上设置有透风孔隙；或者所述斜板采用透风材料。

[0009] 本发明低温蒸发结晶处理高浓度废水的方法及系统，通过气液接触，空气转变成饱和湿空气，水由液相转变为气相，实现水的蒸发。该工艺在低温常压下操作，降低了操作条件，从而可以选用多种非金属材料加工设备，降低了设备的造价，避免了腐蚀设备的问题，同时本发明提供的方法通过水不断高速循环流动，不断冲刷，循环蒸发，实现盐直接结晶，避免设备内部结垢；本发明提供的高浓度废水处理方法及系统还可最大限度的利用余热、废热做为热源，充分做到废物利用，变废为宝，节约设备运行成本，实现真正意义的零排放。

## 附图说明

[0010] 图 1 为本发明单效低温蒸发结晶高浓度废水处理工艺流程示意图；

图 2 为本发明双效低温蒸发结晶高浓度废水处理工艺流程示意图；

图 3 为本发明双效低温蒸发结晶高浓度废水处理过程温度变化示意图；

图 4 为本发明三效低温蒸发结晶高浓度废水处理工艺流程示意图；

图 5 为本发明三效低温蒸发结晶高浓度废水处理过程温度变化示意图。

[0011] 图中：1. 原水箱，2. 加热器，3. 原水泵，4. 第一效蒸发模块，401. 蒸发室，402. 进风口，403. 斜板，404. 出风口，405. 循环泵，406. 晶体排放口，5. 第一效冷凝模块，501. 冷凝室，502. 斜板，503. 出风口，504. 循环泵，505. 溢流口，6. 第二蒸发模块，601. 蒸发室，602. 进风口，603. 斜板，604. 出风口，605. 循环泵，606. 晶体排放口，7. 第二效冷凝模块，701. 冷凝室，702. 斜板，703. 出风口，704. 循环泵，705. 溢流口，8. 第三效蒸发模块，801. 蒸发室，802. 进风口，803. 斜板，804. 出风口，805. 循环泵，806. 晶体排放口，9. 第三效冷凝模块，901. 冷凝室，902. 斜板，903. 出风口，904. 循环泵，905. 溢流口，10. 回流换热器，11. 回流加热器，12. 回流冷却器，13. 晶体处理装置，14. 沉淀物排出口，15. 冷水溢流管道，16. 晶体处理液体回流通道，17. 风循环通道。

## 具体实施方式

[0012] 以下结合附图对本发明的技术方案作进一步描述。

### 实施例 1

如图 1 所示，单效低温蒸发结晶处理高浓度废水的方法，包括如下步骤：

(1) 蒸发循环：原水箱 1 中的原水经预热后进入到第一效蒸发模块 4 的蒸发室 401，再经循环泵 405 进入到蒸发室 401 顶部；蒸发室 401 顶部的水沿蒸发室内 401 的斜板 403 表面向下流动，进风口 402 的风机吹入风与斜板 403 表面的水层接触，生成饱和湿空气，饱和湿空气从出风口 404 排出蒸发室 401；蒸发室 401 中未生成饱和湿空气、流入到蒸发室 401 底部的浓缩液经循环泵 405 再提升至蒸发室 401 顶部，循环蒸发；

(2) 冷凝循环：冷水经循环泵 504 提升至第一效冷凝模块 5 的冷凝室 501 顶部，水沿着斜板 502 向下流动，斜板 502 表面流动的冷水与步骤(1)中的饱和湿空气接触，形成气泡，不断形成的气泡与斜板 502 表面流动的冷水长时间接触后，饱和湿空气中的水分进入冷水中，温度下降；冷凝室 501 中从斜板 502 流下的冷水再经循环泵 504 回流至冷凝室 501 顶

部,如此循环;

(3)风循环:第一效蒸发模块4进风口402风机吹出的风穿过斜板403经出风口404流入第一效冷凝模块5,再穿过斜板502后回流至第一效蒸发模块4,如此进行风循环;

(4)结晶体回收:随着蒸发循环和冷凝循环的运行,当蒸发室401中的浓缩液浓度达到饱和结晶时,通过晶体排放口406排出,进入晶体处理装置13进行处理,滤液再返回至原水箱1,过滤的盐从沉淀物排出口14排放或回收。

#### [0014] 实施例 2

如图2所示,双效低温蒸发结晶处理高浓度废水的方法,处理能力达100m<sup>3</sup>/d,包括如下步骤:

(1)蒸发循环:原水箱1中的原水经过加热器2预热后通过原水泵3泵入第一效蒸发模块4的蒸发室401中,再由循环泵405提升至第二效蒸发模块6的蒸发室601顶部,水沿着斜板603表面向下流动,流入蒸发室601中,同时进风口602的风机向蒸发室601吹风,水与风接触变成饱和湿空气,饱和湿空气从出风口604排入第二效冷凝模块7;第二效蒸发模块6的蒸发室601中没有生成饱和湿空气的浓缩液经循环泵605提升,经换热器10换热,再经加热器10提升温度后进入第一效蒸发模块4的蒸发室401顶部,水沿斜板403流动,并在第一效蒸发模块4的蒸发室401中蒸发,如此按前述步骤不断循环蒸发;

(2)冷凝循环:冷水经循环泵704提升至第一效冷凝模块5的冷凝室501顶部,水沿着斜板502向下流动,斜板502表面流动的冷水与步骤(1)中的饱和湿空气接触,形成气泡,不断形成的气泡与斜板502表面流动的冷水长时间接触后,饱和湿空气中的水分进入冷水中,温度下降;第一效冷凝模块5的冷凝室501中的水经过循环泵504的提升,并通过换热器10与热水换热降低温度,再经冷却器12降温后流入第二效冷凝模块7的冷凝室701顶部,水沿着斜板702向下流动进入第二效冷凝模块7的冷凝室701;按前述步骤不断的回流,冷却饱和湿空气,每一效冷凝模块(5,7)的冷凝室(501,701)均设有溢流口(505,705),当冷凝室(501,701)中水满了之后,可经溢流口(505,705)流入冷水溢流管道15系统;

(3)风循环:第一效蒸发模块4的进风口402吹出的风穿过斜板401经出风口404流入第一效冷凝模块5的冷凝室501,再穿过斜板502后与第二效蒸发模块6进风口602的风机吹出的风一起进入第二效蒸发模块6的蒸发室601,穿过斜板603之后经出风口604进入第二效冷凝模块7,而后穿过斜板702经出风口703回流至第一效蒸发模块4的进风口402,如此进行风循环;

(4)结晶体回收:随着蒸发循环和冷凝循环的运行,当蒸发室(401,601)中的浓缩液浓度达到饱和结晶时,通过晶体排放口(406,606)排出,进入晶体处理装置13进行处理,滤液再返回至原水箱1,过滤的盐排放或回收;

(5)能量回收:热水与空气的不断接触蒸发,温度会下降,而冷水通过不断的循环,温度会升高,此时冷水的温度会高于热水的温度,通过换热器10进行换热,冷水温度会降低,热水温度会升高;换热之后,仍需通过加热器11对热水加热,以满足第一效蒸发模块对热水温度的要求,通过冷却器12对冷水降温,以满足第二效冷凝模块对冷水温度的要求。

[0015] 如图3所示,原水经加热器2从20℃加热至50℃,进入到第一效蒸发模块4的蒸发室401时温度为50℃,经循环泵405进入到第二效蒸发模块6的蒸发室601顶部的温度是50℃,在此蒸发,流下的浓缩液温度此时为40℃,再经循环泵605回流,与获得热量的冷

水进行热交换，温度由 40℃ 升至 50℃，进一步经加热器 11 加热至 60℃，回流至第一效蒸发模块 4 的蒸发室 401 顶部，继续循环蒸发；冷凝循环中第二效冷凝模块 7 的冷凝室 701 顶部的冷水温度为 35℃，经与饱和湿空气作用后温度升高至 45℃，流至冷凝室 701 底部，经循环泵 704 提升至第一冷凝模块 5 的冷凝室 501 顶部时温度 45℃，再与饱和湿空气作用后温度升高至 55℃，从斜板 502 流下经循环泵 504 回流，与蒸发循环中冷却后的热水进行热交换，温度由 55℃ 降至 50℃，再经冷却器 12 降温至 35℃，继续冷凝循环。

[0016] 因为对冷水和热水换热，此时会节省二分之一的能力，系统所需能力仅为单效蒸发的二分之一。

[0017] 实施例 3

如图 4，三效低温蒸发结晶处理高浓度废水的方法，处理能力达 150m<sup>3</sup>/d，包括如下步骤：

(1) 蒸发循环：原水箱 1 中的原水经过加热器 2 预热后通过原水泵 3 泵入第一效蒸发模块 4 的蒸发室 401 中，由循环泵 5 提升至第二效蒸发模块 6 的蒸发室 601 顶部，水沿着斜板 603 表面向下流动，流入第二效蒸发模块 6 蒸发室 601 中，同时进风口 602 向蒸发室 601 吹风，风与水接触变成饱和湿空气，饱和湿空气从出风口 604 排入第二效冷凝模块 7；第二效蒸发模块 6 蒸发室 601 中没有生成饱和湿空气的浓缩液经循环泵 605 提升至第三效蒸发模块 8 蒸发室 801 顶部，水沿斜板 803 向下流动，流入第三效蒸发模块 8 蒸发室 801 中，同时进风口 802 的风机向蒸发室 801 吹风，风与水接触变成饱和湿空气，饱和湿空气从出风口 804 排入第三效冷凝模块 9；第三效蒸发模块 8 蒸发室 801 中没有排入到第三效冷凝模块 9 的浓缩液经循环泵 805 提升并经加热器 11 提升温度后进入第一效蒸发模块 4 的蒸发室 401 顶部，水沿斜板 403 流动，并在第一效蒸发模块 4 中蒸发，如此按前述步骤不断循环蒸发；

(2) 冷凝循环：冷水经循环泵 904 提升至第二效冷凝模块 7 的冷凝室 701 顶部，水沿着斜板 702 向下流动，斜板 702 上流动的冷水与步骤(1)中的饱和湿空气接触，形成气泡，当不断形成的气泡与冷水长时间接触后，饱和湿空气中的水分进入冷水中，温度下降；第二效冷凝模块 7 冷凝室 701 中的水经循环泵 704 回流至第一效冷凝模块 5 的冷凝室 501 顶部，水沿着斜板 502 向下流入冷凝室 501 中，饱和湿空气得到冷却与回收；第一效冷凝模块 5 冷凝室 501 中的水再经过循环泵 504，并通过换热器 10 与热水换热降低温度，再经冷却器 12 降温至 35℃ 后流入第三效冷凝模块 9 的冷凝室 901 顶部，水沿着斜板 902 向下流动进入第三效冷凝模块 9 的冷凝室 901；如此按前述步骤不断的回流冷却饱和湿空气，每一效冷凝模块 (5, 7, 9) 的冷凝室 (501, 701, 901) 均设有溢流口 (505, 705, 905)，当冷凝室 (501, 701, 901) 中水满了之后，可经溢流口 (505, 705, 905) 流入冷水溢流管道 15 排出系统；

(3) 风循环：第一效蒸发模块 4 进风口 402 的风机吹出的风穿过斜板 403 经出风口 404 流入第一效冷凝模块 5 的冷凝室 501，再穿过斜板 502 后与第二效蒸发模块 6 进风口 602 的风机吹出的风一起进入第二效蒸发模块 6 的蒸发室 601，穿过斜板 603 之后经出风口 604 进入第二效冷凝模块 7 的冷凝室 701，而后穿过斜板 702 并与第三蒸发模块 8 进风口 802 的风机吹出的风一起进入第三效蒸发模块 8 的蒸发室 801，按前面的步骤穿过斜板 801 经出风口 804 回流至第一效蒸发模块 4，如此进行风循环；

(4) 结晶体回收：随着蒸发循环和冷凝循环的运行，当蒸发室 (401, 601, 801) 中的浓缩液浓度达到饱和结晶时，通过晶体排放口 (406, 606, 806) 排出，进入晶体处理装置 13 进行

处理,滤液再返回至原水箱 1,过滤的盐经沉淀物排出口 14 排放或回收;

(5)能量回收:热水与空气的不断接触蒸发,温度会下降,而冷水通过不断的循环,温度会升高,此时冷水的温度会高于热水的温度,通过换热器 10 进行换热,冷水温度会降低,热水温度会升高;换热之后,仍需通过加热器 11 对热水加热,以满足第一效蒸发模块 4 对热水温度的要求,通过冷却器 12 对冷水降温,以满足第三效冷凝模块 9 对冷水温度的要求。

[0018] 如图 5 所示,原水经加热器 2 从 25℃加热至 60℃,进入到第一效蒸发模块 4 的蒸发室 401 时温度为 60℃,经循环泵 405 进入到第二效蒸发模块 6 的蒸发室 601 顶部的温度是 60℃,在此蒸发,流下的浓缩液温度此时为 50℃,再经循环泵 605 进入到第三效蒸发模块 8 的蒸发室 801 顶部的温度是 50℃,在此蒸发,流下的浓缩液温度此时为 40℃,经循环泵 805 回流,与获得热量的冷水进行热交换,温度由 40℃升至 50℃,进一步经加热器 11 加热至 70℃,回流至第一效蒸发模块 4 的蒸发室 401 顶部,继续循环蒸发;冷凝循环中第三效冷凝模块 9 的冷凝室 901 顶部的冷水温度为 35℃,经与饱和湿空气作用后温度升高至 45℃,流至冷凝室 901 底部,经循环泵 904 提升至第二效冷凝室模块 7 的冷凝室 701 顶部,此时温度为 45℃,再经与饱和湿空气作用后温度升高至 55℃,流至冷凝室 701 底部,经循环泵 704 提升至第一冷凝模块 5 的冷凝室 501 顶部,此时温度为 55℃,再与饱和湿空气作用后温度升高至 65℃,从斜板 502 流下经循环泵 504 回流,与蒸发循环中冷却后的热水进行热交换,温度由 65℃降至 55℃,再经冷却器 12 降温至 35℃,继续冷凝循环。

[0019] 因为对冷水和热水换热,此时会节省三分之二的能力,系统所需能力仅为单效蒸发的三分之一。

#### [0020] 实施例 4

如图 2 所示,双效低温蒸发结晶处理高浓度废水处理系统,包括依次相连通的原水箱 1、第一效蒸发模块 4、第一效冷凝模块 5、第二效蒸发模块 6 和第二效冷凝模块 7,第一效蒸发模块 4 与原水箱 1 之间还设置有加热器 2 和原水泵 3;各效蒸发模块(4, 6)靠近原水箱 1 一侧上设置进风口(402, 602),并在进风口(402, 602)设置风机,各效蒸发模块(4, 6)与各效冷凝模块(5, 7)相连接一侧设置出风口(404, 604),并通过出风口与之相通;各效蒸发模块与冷凝模块内部均设置有斜板(403, 603, 502, 702),使液体沿斜板(403, 603, 502, 702)表面从高处向下流动;各效蒸发模块(4, 6)底部设置晶体排放口(406, 606)并连接晶体处理装置 13;各效蒸发模块(4, 6)和冷凝模块(5, 7)下方均设置循环泵(405, 605, 504, 704)和连接管道,使流出液体回流至相应模块顶部;第二效蒸发模块 6 连接至第一效蒸发模块 4 的管道与第一效冷凝模块 5 连接至第二效冷凝模块 7 的管道之间设置换热装置 10,并且第二效蒸发模块 6 连接至第一效蒸发模块 4 的管道上靠近第一效蒸发模块 4 处设置加热装置 11,第一效冷凝模块 7 连接至第二效冷凝模块 9 的管道上靠近第二效冷凝模块 9 处设置冷却装置 12。

[0021] 其中,所述斜板可以是透风材料,也可以是不透风材料;使用不透风材料时在斜板上设置透风孔隙,以便风可以透过斜板与斜板上流下的液体相接触;也可以采用透风材料的同时设置透风孔隙,使风与液体更好地接触;斜板材料可以是塑料、金属或非金属,如不锈钢、布、玻璃缸、陶瓷等。

[0022] 其中,所述风机还可以设置在各效蒸发模块的顶部,直接与斜板上液体接触。

[0023] 其中,各效冷凝模块中可采用水冷,也可采用风冷;各效冷凝模块还可以设置成冷

却塔。

[0024] 其中，蒸发冷凝过程还可以进一步结合热泵原理，提高能效。

[0025] 实施例 5

如图 4 所示，三效低温蒸发结晶处理高浓度废水处理系统，在实施例 4 所述双效低温蒸发结晶处理高浓度废水处理系统基础上增加一组蒸发模块和冷凝模块，包括依次相连通的原水箱 1、第一效蒸发模块 4、第一效冷凝模块 5、第二效蒸发模块 6、第二效冷凝模块 7、第三效蒸发模块 8 和第三效冷凝模块 9；第三效蒸发模块 8 与第一效蒸发模块 4 设置回流连接管道，第一效冷凝模块 5 与第三效冷凝模块 9 设置回流连接管道，其他均与实施例 4 相同，不再赘述。

[0026] 本发明低温蒸发结晶处理高浓度废水处理系统工作时，将预热达到操作温度的原水，送入蒸发模块中的蒸发室，通过循环泵将原水提升到模块顶部，水沿着蒸发室内部搭建的斜板表面高速向下流动，流回蒸发室中，在水不断高速循环流动的同时，通过风机向蒸发室吹风，风透过斜板上的孔或缝，并穿过斜板表面的水层，与水充分接触，在接触过程中，与水进行物质和能量的交换，最终空气温度升高，变成相应温度下的饱和湿空气，排出蒸发模块，在蒸发过程中，由于水的蒸发和空气与水接触形成的热交换，造成水的温度下降，为了保证蒸发的持续和稳定，需提供相应的能量进行补偿，由于操作温度不高，通常可采用余热、废热进行热交换，如热水、热风、烟气等，盐水不断的蒸发，盐水中盐的浓度逐渐升高，达到饱和甚至过饱和后，就会有盐的晶体析出，当析出的盐晶体达到一定尺寸后，可通过过滤或离心的办法将它们回收。蒸发模块排出的饱和湿空气，利用同样形式的模块，采用蒸发过程的逆过程，即用冷水进行循环，与高温饱和湿空气进行接触，从而将湿空气中蒸发过程获得的水和能量冷凝回收，高温饱和的湿空气变成低温饱和的湿空气，再循环到蒸发模块，冷水由于获得了能量，温度会升高，因此需要外界不断提高低温的冷凝水或进行制冷，由于有水被冷凝下来，因此冷凝水的量会越来越大，通过溢流的方式，将多余的冷凝水回收再利用，通过整个蒸发冷凝系统实现盐水的零排放。由于蒸发和冷凝都需要外界提供能量，但是不是所有领域都有足够多的余热、废热，所以将多个蒸发冷凝系统串联到一起，形成多效低温蒸发冷凝系统，这样与单效蒸发冷凝系统相比，多效蒸发冷凝系统所需能量降为单效的 n 分之一，n 为多效的效数，因此大大节约了外界能量的需求，降低系统运行成本。

[0027] 在以上的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明。但是以上描述仅是本发明的较佳实施例而已，本发明能够以很多不同于在此描述的其它方式来实施，因此本发明不受上面公开的具体实施的限制。同时任何熟悉本领域技术人员在不脱离本发明技术方案范围情况下，都可利用上述揭示的方法和技术内容对本发明技术方案做出许多可能的变动和修饰，或修改为等同变化的等效实施例。凡是未脱离本发明技术方案的内容，依据本发明的技术实质对以上实施例所做的任何简单修改、等同变化及修饰，均仍属于本发明技术方案保护的范围内。

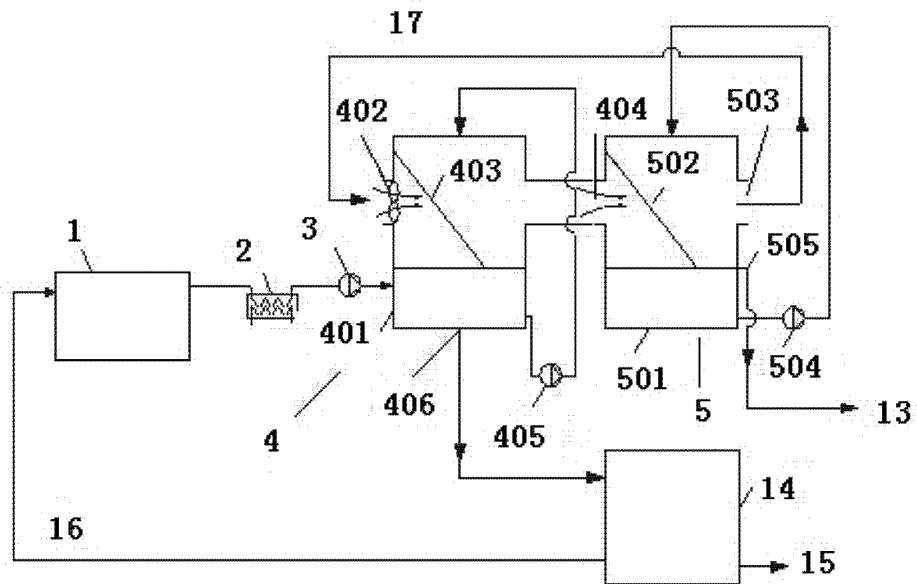


图 1

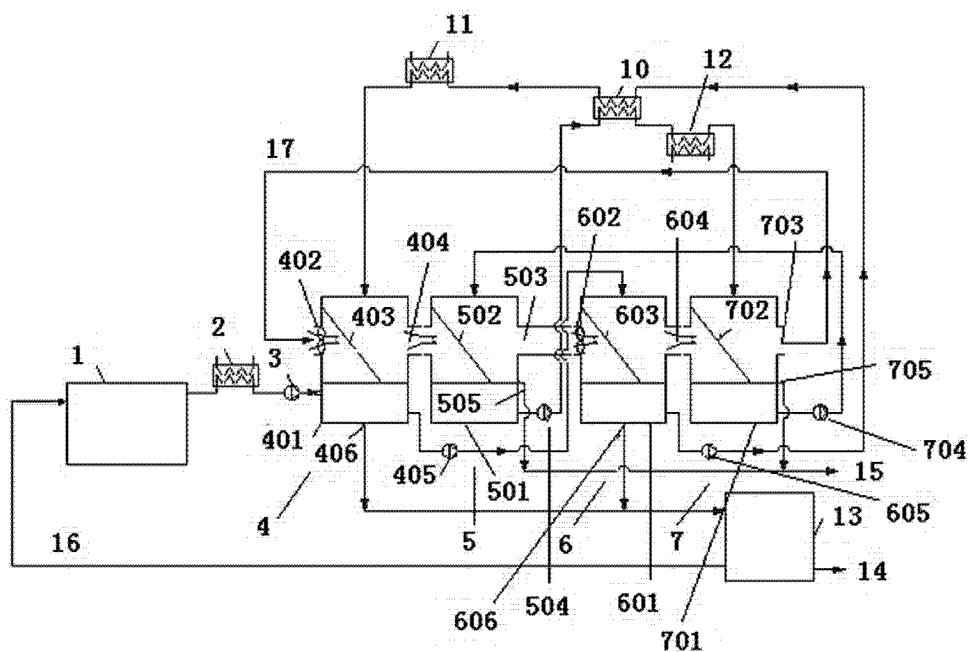


图 2

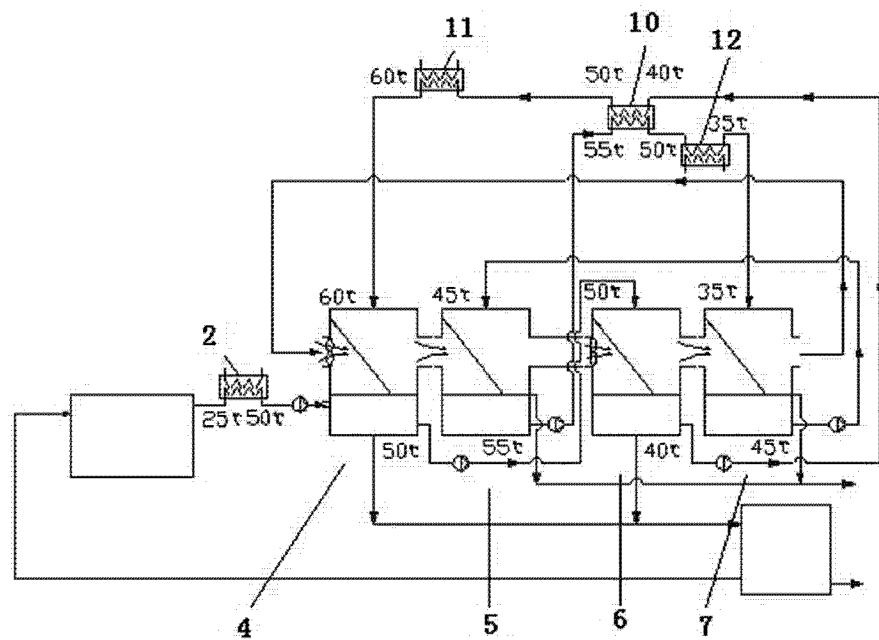


图 3

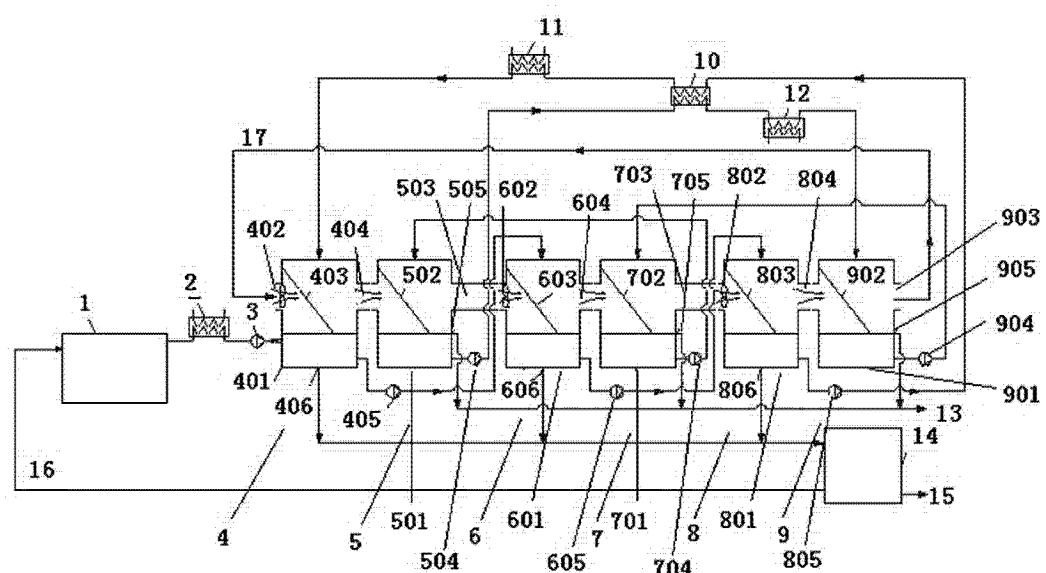


图 4

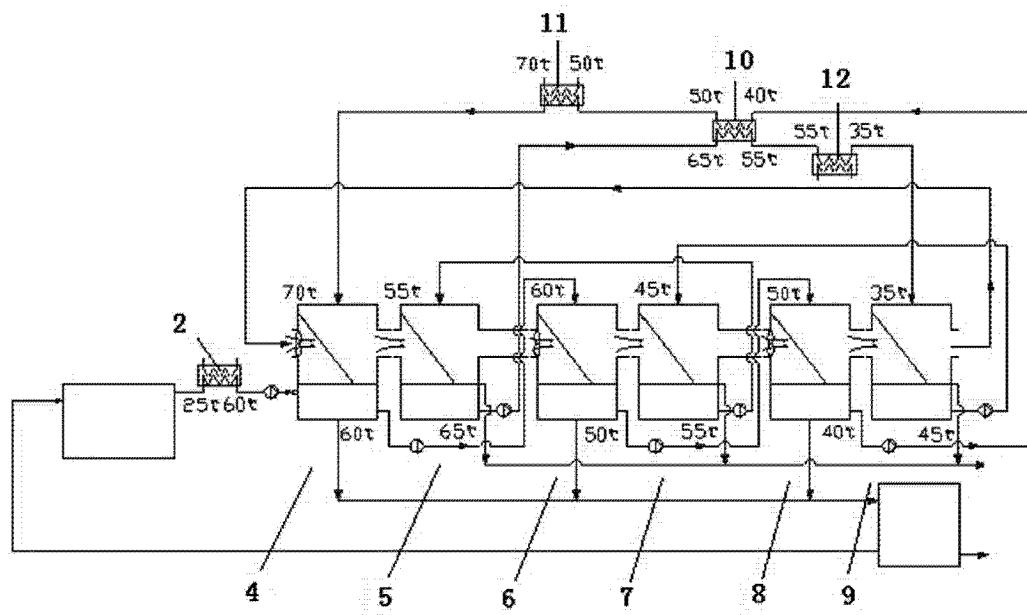


图 5