



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 202015502 U

(45) 授权公告日 2011. 10. 26

(21) 申请号 201120101257. 8

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(22) 申请日 2011. 04. 08

(73) 专利权人 魏仕英

地址 610041 四川省成都市武侯大街 89 号
17 幢 1 单元 2 号

(72) 发明人 魏仕英

(74) 专利代理机构 成都市辅君专利代理有限公司
51120

代理人 刘冰心

(51) Int. Cl.

B01D 1/00 (2006. 01)

B01D 1/30 (2006. 01)

B01D 5/00 (2006. 01)

F25B 30/00 (2006. 01)

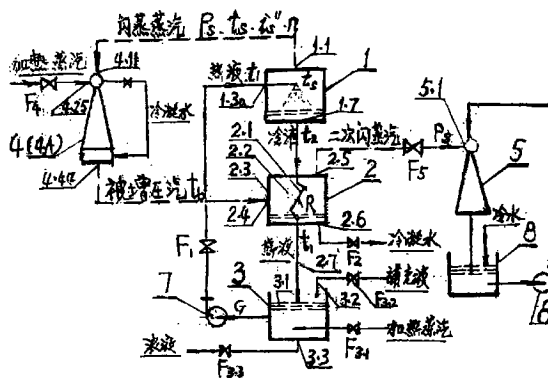
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 实用新型名称

喷射增焓回热式蒸发器

(57) 摘要

喷射增焓回热式蒸发器, 设由水喷头喷射闪蒸的压力闪蒸发器、下方顺次设间接式回热冷凝器、热液水箱、热液泵形成只需补充少量热量的热力循环。蒸发器闪蒸汽出口与设置的喷射增焓相变增压水蒸汽热泵的进汽管连通; 热泵排汽口与冷凝器的进汽口连通, 冷凝器的出汽口与设置的真空泵抽汽管连通。热泵由进汽室、蒸汽加热的拉瓦尔喷管和扩压器及扩容减压管组成。本实用新型用冷凝器和真空泵产生蒸发真空, 利用压力闪蒸提高汽温和蒸发强度, 利用喷射增焓相变增压热泵提高闪蒸温度和压力。理论热效率大于 80%, 蒸发比大于 35, 比现有多效蒸发器高数倍, 且不需循环水冷却系统。可用于蒸发、浓缩、海水淡化、污水处理等工艺中。



1. 喷射增焓回热式蒸发器,其特征是:

1) 设压力闪蒸蒸发器 (1),有如下结构:在壳体内沿周向均布 1 支以上水喷头 (1.5),壳体外表装有进水管 (1.3a) 的环形水室 (1.3);环形水室与水喷头进液管 (1.51) 连通;壳体上、下方分别设闪蒸蒸汽出口 (1.1) 和冷液出口 (1.7);

2) 设喷射增焓相变增压水蒸汽热泵 (4),有如下设计:i) 设同轴顺次连接的进汽室 (4.1)、有加热外套的一支以上拉瓦尔喷管组件 (4.2)、收敛段有加热外套的一支以上收敛-扩张型扩压器组件 (4.3) 以及扩容减压管 (4.4);其中,加热外套是指分别在拉瓦尔喷管 (4.22) 和扩压器收敛段 (4.37) 外壁固定加热片,并在加热片外装有密闭的通有蒸汽的喷管加热套 (4.26) 和收敛段加热套 (4.36);ii) 拉瓦尔喷管进口蒸汽压强 P_{2a} 为低压水蒸汽压强;且进口蒸汽压强 P_{2a} /出口蒸汽压强 $P_{2b} > 2$;iii) 从拉瓦尔喷管出口面 (2b) 处至收敛-扩张型扩压器喉道出口 (3C) 处这一段 (L_x) 汽流干度 $X < 1$;iv) 收敛-扩张型扩压器出口截面压强 $P_{3b} < \text{拉瓦尔喷管进口蒸汽压强 } P_{2a}$;v) 扩容减压管 (4) 采用圆柱-圆锥-圆柱形,进口面积 S_{4a} /出口面积 $S_{4b} > 3$;

3) 设间接回热冷凝器 (2),有如下设计:①在回热冷凝容器 (2.3) 中通入已增压的蒸汽 (2.2),开有进汽口 (2.4)、出汽口 (2.5) 和冷凝水排出口 (2.6),容器内还装有间接进行热交换的回热管 (2.1);②参数满足: $f_b \geq t_1 + R$ 式中: f_b 为喷射增焓相变增压水蒸汽热泵 (4) 的排汽温度; t_1 -回热冷凝器热液 (2.2) 的温度; R -回热冷凝器 (2) 的热阻;

4) 设热液水箱 (3),有如下结构:在水箱内充满由加热蒸汽加热的热液 (3.1),并设补充液管 (3.2) 和底部的浓液排出口 (3.3);

5) 设真空泵 (5),用真空管将真空泵抽汽管 (5.1) 与回热冷凝器出汽口 (2.5) 连通;

6) 上述各单元汽路用真空管还有如下连接:蒸发器 (1) 蒸汽出口 (1.1) 与增焓相变热泵 (4) 的进气管 (4.11) 连通;增焓相变热泵 (4) 排气管 (4.44) 与回热冷凝器 (2) 进汽口 (2.4) 连通;上述各单元水路用水管如下连接:蒸发器进水管 (1.3a) 与热液泵 (7) 的出水管连通,热液泵 (7) 的进液口与热液水箱 (3) 连通;蒸发器冷液出口 (1.7) 与冷凝器回热管 (2.1) 进液口连通,冷凝器回热管 (2.1) 热液出口 (2.7) 与热液水箱 (3) 连通。

2. 按权利要求 1 所述蒸发器,其特征是所述真空泵 (5) 采用水喷射真空泵、下方的水箱 (6) 和箱外管路上的水泵 (8) 形成循环水喷射真空系统;水喷射真空泵 (5) 内设压力水室 (5.2)、与它连通并向混合室 (5.4) 喷射水的多个并联的水喷嘴 (5.3)、混合室外与水喷嘴配合的多个并联扩散管 (5.5),混合室壁开抽气管 (5.1)。

3. 按权利要求 1 所述蒸发器,其特征是所述水喷头 (1.5) 采用旋流雾化喷头。

喷射增焓回热式蒸发器

[0001] (一)技术领域:喷射增焓回热式蒸发器,属喷射器、蒸发器、热泵和热交换设备等。

[0002] (二)背景技术:多效蒸发器是化工生产、海水淡化、造纸黑液及污水处理工艺中的一种常用设备。多效蒸发器是一种多个蒸发器的串联设备,其设计原理是将二次蒸发的汽化潜热反复利用。在一定的范围内,蒸发器的级数越多,热能利用率越高。但无论级数多少,生蒸汽总是以汽态形式进入系统,又以汽态形式排出系统。通常系统的进汽压力为 0.5MPa,相应的汽温为 152℃,热焓为 2745kJ/kg;排汽压力为 -0.92MPa,相应的汽温为 42℃,热焓为 2573kJ/kg;进出系统的焓差为 172kJ/kg,热利用率不足 8%。非但如此,还要消耗大量的冷却水将排出系统的二次蒸汽冷凝。国外有人对海湾地区的一座 24 效大型海水淡化装置进行测查,其第二定律的热效率仅 4.3%。目前多效蒸发海水淡化装置一吨生蒸汽可以蒸发 8 吨水,即蒸发比为 8,而国内运行最好的多效蒸发器的蒸发比不足 4。若以目前生产每吨蒸汽的价格以 200 元计,蒸发一吨水的成本为 50 元,这是最好的,普遍的成本在 70 元以上,有的则更高。因此,提高蒸发效率是节能减排亟待解决的问题。提高蒸发效率最理想的途径是将二次蒸汽循环利用,循环利用则需要高效热泵,然而由于原理所致,目前的机械压缩式热泵和喷射热泵的蒸发效率都不能满足要求。

(三)实用新型内容

[0003] 本实用新型提供的喷射增焓回热式蒸发器,目的就是要提高现有蒸发器的热效率。本实用新型目的是通过采用喷射增焓相变增压、真空状态下的压力闪蒸、闪蒸冷液回热及循环蒸发的方式,使蒸发系统形成封闭的热力循环实现的。

[0004] 本实用新型的技术方案如下:喷射增焓回热式蒸发器,其特征是:

[0005] 1) 设压力闪蒸蒸汽器 1,有如下结构:在壳体 1.4 内沿周向均布 1 支以上水喷头 1.5,壳体外表装有进水管 1.3a 的环形水室 1.3;环形水室与水喷头进液管 1.51 连通,并向水喷头提供压力水;壳体上、下方分别设闪蒸蒸汽出口 1.1 和冷液出口 1.7;2) 设喷射增焓相变增压水蒸汽热泵 4,有如下设计:i) 设同轴顺次连接的进汽室 4.1、有加热外套的一支以上拉瓦尔喷管组件 4.2、收敛段有加热外套的一支以上收敛-扩张型扩压器组件 4.3 以及扩容减压管 4.4;其中,加热外套是指分别在拉瓦尔喷管 4.22 和扩压器收敛段 4.37 外壁固定加热片,并在加热片外装有密闭的通有蒸汽的喷管加热套 4.26 和收敛段加热套 4.36;ii) 拉瓦尔喷管进口蒸汽压强 P_{2a} 为低压水蒸汽压强,此处选用二次蒸汽、泛汽及其它低品位水蒸汽;且进口蒸汽压强 P_{2a} /出口蒸汽压强 $P_{2b} > 2$;iii) 从拉瓦尔喷管出口面 2b 处至收敛-扩张型扩压器喉道出口 3C 处这一段 L_x 气流干度 $X < 1$;iv) 收敛-扩张型扩压器出口截面的压强 $P_{3b} < \text{拉瓦尔喷管进口蒸汽压强 } P_{2a}$;v) 扩容减压管 4 采用圆柱-圆锥-圆柱形,进口面积 S_{4a} /出口面积 $S_{4b} > 3$ 。3) 设间接回热冷凝器 2,有如下设计:①在回热冷凝容器 2.3 中通入已增压的蒸汽 2.2,开有进汽口 2.4、出汽口 2.5 和冷凝水排出口 2.6,容器内还装有间接进行热交换的回热管 2.1;②参数满足: $f_b \geq t_1 + R$ 式中: f_b 为喷射增焓相变增压水蒸汽热泵 4 的排汽温度; t_1 -回热冷凝器热液 2.2 的温度; R -回热冷凝器 2 的热阻。4) 设

热液水箱 3, 有如下结构: 在水箱内充满由加热蒸汽加热的热液 3. 1, 并设补充液管 3. 2 和底部的浓液排出口 3. 3。5) 设真空泵 5, 用真空管将真空泵抽汽管 5. 1 与回热冷凝器出汽口 2. 5 连通; 6) 上述各单元汽路用真空管还有如下连接: 蒸发器 1 蒸汽出口 1. 1 与增焓相变热泵 4 的进汽管 4. 11 连通; 增焓相变热泵 4 排汽管 4. 44 与回热冷凝器 2 进汽口 2. 4 连通; 上述各单元水路用水管如下连接: 蒸发器 1 进水管 1. 3a 与热液泵 7 的出水管连通, 热液泵 7 的进液口与热液水箱 3 连通; 蒸发器冷液出口 1. 7 与冷凝器回热管 2. 1 进液口连通, 冷凝器回热管 2. 1 热液出口 2. 7 与热液水箱 3 连通。

[0006] 本实用新型有益效果:

[0007] 1) 首先对实现本实用新型目的研制应用的水压力闪蒸原理作如下说明。由水的蒸发特性: 见图 1, 参数为 G_1 、 t_1 、 P_1 的热水 1a 通入蒸发室 1d, 经喷头 1c 雾化闪蒸, 产生和排出参数为 P_s 、 t_s 、 nG 、 is'' 闪蒸汽 1b 和参数为 P_2 、 t_2 、 $(1-n)G$ 的冷水 1e。由图 1 闪蒸蒸发单元建立的能量方程得到如下关系式: $is'' = C(t_1 - t_2 + nt_2)/n + (P_1 - P_2)/n\rho \cdots (A)$

[0008] 上式 (A) 中: is'' - 蒸汽热焓; f_1 、 f_2 和 f_s - 进水、出水和蒸汽温度; P_1 、 P_2 和 P_s - 进水、出水和蒸汽压力; n - 水的蒸发比; ρ - 水的密度; C - 水的比热; G - 流量。右边第一项是由温度产生的闪蒸蒸汽的热焓, 称热力焓, 右边第二项是由水的压力势能转变为热能产生的焓, 称压力焓。热焓是水蒸汽的状态参数, 焓差表示水蒸汽做功能力的大小。为了回用二次蒸汽, 我们需要知道在不同状态下的闪蒸汽温 and 汽压, 并希望其值越大越好。表 1 提供了当闪蒸热水温度 $t_1 = 90^\circ\text{C}$ 时, 闪蒸汽温 t_s 与蒸发比 $n\%$ 和闪蒸水压 ΔP 的关系。

[0009] 表 1 闪蒸汽温表 $t_1 = 90^\circ\text{C}$

[0010]

$P(\text{KPa})$ $t_s(^{\circ}\text{C})$ $n\%$	0	100	200	300
1.0	75	81	88	94
2.0	62	65	68	71
3.0	50	52	54	56
4.0	35	36	37	39

[0011] 从表 1 可以得出: ①表 1 所示的热力闪蒸的状态下, 闪蒸汽温 t_s 大大低于闪蒸水温 t_1 。这就是蒸发过程沸点升值现象, 正是由于这一现象的存在影响了二次蒸汽的回用。②蒸发过程的沸点升值随蒸发比增加而迅速增大, 对真空系统要求也迅速提高, 所以单级蒸发器不宜采用大蒸发比。③在中小蒸发比的情况下, 可以提高闪蒸水压的方式来提高闪蒸汽温, 以降低压汽回热的能耗。2) 本蒸发器利用了水射流 (见项 1. 5) 和间接冷凝 (见项 2) 的功能产生真空使热液闪蒸; 利用将压力势能转换为热能的方式减小蒸发过程的沸点升值,

[0012] 提高闪蒸汽温 (见项 5); 利用喷射增焓相变增压的特性使闪蒸汽增压, 从而大幅度地降低回热热泵的能耗 (见项 4); 利用闪蒸冷液回热 (见项 2 和项 3), 使系统形成封闭的热力循环。其中, 项 4 中拉瓦尔喷管 4. 2 入口蒸汽压强 $P_{4.2a}$ 为低压水蒸汽压强 P_i , 且入口比出口蒸汽压强 > 2 , 使拉瓦尔喷管出口汽流为超音速的湿蒸汽流; 从拉瓦尔喷管出口面 4. 2b 处至收敛-扩张型超音速扩压器 4. 4 喉道出口 4. 4c 处这一段汽流干度 $X < 1$, 便实现湿蒸汽在蒸发而减湿过程中温度压力不变, 即保证在等温状态下对湿蒸汽增焓; 收敛-扩

张型超音速扩压器出口截面压强 $P_{4.4b} < \text{低压水蒸汽压强 } P_i$, 使增压后水蒸汽不回流; 扩容减压管进口 / 出口面积 > 3 , 这些参数设计均大幅度降低热泵 4 能耗。3) 热效率高。系统热效率定义为 $\eta = (Q_r - Q_b) / Q_r$ 式中 Q_r - 回热汽化潜热; 按图 2 $Q_r = nGr$; Q_b - 补充热量; 按图 2, $Q_b = NG(ib'' - is'')$, 由此得: $\eta = 1 - (ib'' - is'') / r$ 若取 t_s 为 54°C t_b 为 96°C 相应的 $is'' = 2595\text{kJ/kg}$ $ib'' = 2665\text{kJ/kg}$ 取 $r = 2500\text{kJ/kg}$ 则 $\eta = 97\%$ 。3) 冷却水耗量少按定义 $m = nGr / nG \Delta i'' \approx 36$ 。比现行多效蒸发器低 20 倍。4) 流程短、设备简单, 除水泵外, 无其它运动部件, 因此运行可靠, 投资省。本系统的成功实施将导致蒸发节能技术的重大变革。

(四) 附图说明

- [0013] 图 1 压力闪蒸器原理图;
- [0014] 图 2 本实用新型系统组成及流程图;
- [0015] 图 3 喷射增焓相变水蒸汽热泵 4 结构图之一(单管);
- [0016] 图 4 喷射增焓相变水蒸汽热泵 4 结构图之二(多管);
- [0017] 图 5 压力闪蒸蒸发器 1 的一种结构图;
- [0018] 图 6 图 5 中水喷头 1.5 的一种结构图——旋流雾化喷头 1.5 结构图;
- [0019] 图 7 图 2 中真空泵 5 的一种结构图——多扩散管水喷射器。

(五) 具体实施方式

- [0020] 实施例 1 见图 1- 图 3, 图 5- 图 7
- [0021] 见图 2, 本实施例 1 喷射增焓回热式蒸发器如下组成:
- [0022] 1) 见图 5, 本实施例设置的压力闪蒸蒸发器 1 结构如下: 在壳体 1.4 内沿周向装 1 支以上旋流雾化喷头 1.5, 壳体外表面装带进水管 1.3a 的环形水室 1.3, 旋流雾化喷头进液管 1.51 与环形水室连通。壳体上方设闪蒸蒸汽出口 1.1、封头 1.10 和除雾器 1.2; 壳体下方设溅水筛板 1.6、溅水筛板支承 1.9、锥管 1.8 和冷液出口 1.7。其中, 旋流雾化喷头 1.5 为中国专利“大流量吸气式多层旋流雾化喷头”(ZL89105926) 公开的结构, 现为公知技术, 这里简述如下: 见图 6, 旋流雾化喷头 1.5 包括顺次水汽路连通的进液管 1.51、大直径环状旋流室 1.52、薄壁扩张管 1.53 和多个环形喷头 1.54、1.55 和 1.56 以及它们与吸气室 1.58 之间的多层旋流和环形喷液流道。2) 见图 3, 喷射增焓相变增压水蒸汽热泵 4 如下形成: 设被增压水蒸汽的进汽室 4.1 由顺次连接固定的进气管 4.11、封头 4.12、圆柱室 4.13 和连接法兰 4.14 组成。有加热外套的一支拉瓦尔喷管组件 4.2 如下组成: 由中心的一支拉瓦尔喷管 4.22、焊接于喷管外壁的加热片 4.23、外部设密闭的喷管加热套 4.26 将喷管 4.22 和加热片 4.23 密闭套在其内; 进、出两端焊接法兰 4.21 和 4.24。收敛段有加热外套的一支收敛-扩张型扩压器组件 4.3 如下组成: 由中心的一支收敛-扩张管 4.33、焊接于扩压管收敛段 4.37 外壁的加热片 4.35、将收敛段 4.37 和加热片 4.35 密闭套在其内的收敛段加热套 4.36, 收敛段加热套进汽端焊接有法兰 4.31 和后端焊接有密闭环 4.32。圆柱-圆锥-圆柱形扩容减压管 4.4 由顺次焊接的上盖板 4.41、圆筒 4.42、收敛管 4.43 和圆管出汽管 4.44 组成。扩压管 4.33 出口端伸入扩容减压管 4.4 圆筒 4.42 内, 并以焊接方式将扩压器组件 4.3 和扩容减压管 4.4 连接固定。进汽管用法兰 4.14 与拉瓦尔喷管组件法兰 4.21 连

接,拉瓦尔喷管组件法兰 4.24 与扩压管法兰 4.31 连接均用螺栓连接固定,由此上述四部分形成同轴连接固定的整体。蒸汽进口 4.25 设在喷管加热套 4.26 首端,冷凝水出口 4.34 设在收敛段加热套 4.36 末端喷管加热套和收敛段加热套之间有蒸汽通道 4.27。加热蒸汽从蒸汽进口进入并充满在喷管加热套内加热拉瓦尔喷管内被增压蒸汽,然后加热蒸汽经过蒸汽通道进入收敛段加热套加热扩压器内被增压蒸汽,冷凝水从冷凝水出口 4.34 排出。上述各部分设计参数如下:①拉瓦尔喷管 4.22 进口蒸汽压强 P_{2a} 为低压水蒸汽压强,可选泛汽、废汽及低品位水蒸汽。拉瓦尔喷管进口蒸汽压强 P_{2a} /出口蒸汽压强 $P_{2b} > 2$;②从拉瓦尔喷管出口面 2b 处至收敛-扩张型超音速扩压器喉道出口 3C 处这一段 L_x 汽流于度 $X < 1$;③收敛-扩张型超音速扩压器 4.33 出口截面的压强 $P_{3b} < \text{拉瓦尔喷管进口蒸汽压强 } P_{2a}$;④圆柱-圆锥-圆柱形扩容减压管 4.4 进口面积 S_{4a} /扩容减压管出口面积 $S_{4b} > 3$ 。3) 见图 2,设如下的间接回热冷凝器 2(以下简称为冷凝器 2):①在冷凝容器 2.3 中通入被冷凝的蒸汽 2.2,开有进汽口 2.4、出汽口 2.5 和冷凝水排出口 2.6,容器内还装有间接进行热交换的回热管 2.1。前述普通间接回热冷凝器产品为市场中公开销售产品。通入 t_2 冷液,排出 t_1 热液。②本实用新型间接回热冷凝器 2 设计参数需满足: $f_b \geq t_1 + R$ 式中: f_b 为喷射增焓相变增压水蒸汽热泵 4 的排汽温度; t_1 回热冷凝器热液的温度; R 回热冷凝器 2 的热阻。4) 见图 2,热液水箱 3 内充满由加热蒸汽加热的热液 3.1,并设补充液管 3.2 和底部的浓液排出口 3.3。也可选用市售产品。5) 见图 2、图 7,本实施例真空泵 5 采用水喷射真空泵 5,可采用中国专利“多扩散管水喷射器”(ZL00259988.0),这里简述如下:见图 7,水喷射真空泵 5 设压力水室 5.2、与它连通并向混合室 5.4 喷射水的多个并联的水喷嘴 5.3、混合室外与水喷嘴配合的多个并联扩散管 5.5,混合室壁开抽气管 5.1。水喷射真空泵 5 下方设水箱 6 并在水箱外装水泵 8 和管路与压力水室 5.2 连通,构成循环的水喷射真空系统。6) 见图 2,上述各单元汽路用真空管还有如下连接:蒸发器 1 蒸汽出口 1.1 与增焓相变热泵 4 的进汽管 4.11 连通;增焓相变热泵 4 排汽管 4.44 与冷凝器 2 进汽口 2.4 连通;冷凝器 2 出汽口 2.5 与水喷射真空泵 5 抽气管 5.1 连通。上述各单元水路用水管如下连接:蒸发器 1 进水管 1.3a 与热液泵 7 的出水管连通,热液泵 7 的进液口与热液水箱 3 连通;蒸发器冷液出口 1.7 与冷凝器回热管 2.1 进液口连通,冷凝器回热管 2.1 热液出口与热液水箱 3 连通,蒸发器 1、冷凝器 3、热液箱 3 和水泵 7 形成一条封闭的料液循环系统。上述阀门系统:增焓相变热泵 4 加热外套的增焓蒸汽管路设汽阀 F4,冷凝器 2 出汽管路设汽阀 F5,热液泵 7 水管路设水阀 F1。热液水箱 3 有加热蒸汽管路汽阀 $F_{3.1}$,补充液管路水阀 $F_{3.2}$,浓液排出管路水阀 $F_{3.3}$ 。冷凝器 2 冷凝水排出管路水阀 F_2 。

[0023] 工作过程:①见图 2,系统启动之前,关闭水阀 F1、汽阀 F5,然后将热液水箱 3 内的热液 3.1 由加热蒸汽加热至设计状态的温度 f_1 。开启 F5,启动真空泵 5,由抽气管 5.1 通过冷凝器 2 和增焓相变热泵 4 将蒸发器 1 抽汽至设计状态的压强 P_s 。开水阀 F1、汽阀 F4,启动热液泵 7 使热液水箱 3 内温度为 f_1 的热液送入蒸发器 1。②见图 5、图 6,热液通过进水管 1.3a、环形水室 1.3、进液管 1.51 进入旋流雾化喷头 1.5 进行带压喷雾闪蒸,在壳体 1.4 内,多个环形喷头、多层旋流和环形喷液流道喷雾闪蒸后的闪蒸蒸汽穿过除雾器 1.2 流向上方蒸汽出口 1.1,闪蒸后的冷液经下方溅水筛板 1.6 后落入下方冷液出口 1.7。③见图 1 和图 2,闪蒸结果获得温度 f_s 、压力 P_s 、热焓 i_s 的闪蒸蒸汽在真空压差的作用下从蒸汽出口 1.1 流入增焓相变热泵 4 的进汽室 4.1(见图 3);与此同时温度为 f_2 的闪蒸冷液则流入

冷凝器 2 的回热管 2.1 内。在增焓相变热泵 4 中,温度为 f_s 的闪蒸蒸汽被增压为温度为 $f_b = f_1 + R$ 的饱和水蒸汽。④温度为 $f_b = f_1 + R$ 的饱和水蒸汽在冷凝器 2 中被温度为 f_2 的冷液冷凝,释放汽化潜热,将冷液重新加热至 f_1 。被冷凝后的温度为 $f_1 + R$ 的回热蒸汽首先变成温度为 $f_1 + R$ 的同温冷凝水,然后在水喷射真空作用下二次闪蒸,再度降温至设计的背压温度 f_b ,二次闪蒸的水蒸汽被真空泵 5 抽吸并冷凝。二次闪蒸蒸汽的温度和流量取决于 $f_1 + R$ 的温度和真空泵 5 的真空压强。但二次闪蒸的蒸发比肯定小于蒸发器 1 的蒸发量的 4%,这就是说,蒸发 1T/h 水,仅需 3T/h 冷却水。⑤见图 7,水喷射真空泵 5 工作过程:由水泵 8 提供的压力水通入水室 5.2,均压后各喷嘴 5.3 形成高速射流,抽吸抽气管 5.1 进入的二次闪蒸蒸汽,在混合室 5.4 中成汽水混合流,分别进入各扩散管 5.5 增压,然后再经稳压管 5.7,整流管 5.8 和水封尾管 5.9 排入水箱 6 内循环使用。

[0024] 实施例 2:见图 1-图 2,图 4-图 7。

[0025] 本实施例与实施例 1 结构有如下不同:见图 4,采用如下的喷射增焓相变增压水蒸汽热泵 4A:1) 设置有加热外套的三支拉瓦尔喷管组件 4.2A 如下组成:由中心的三支拉瓦尔喷管 4.22A、焊接于喷管外壁的加热片 4.23A、外部设密闭的将三个喷管和三组加热片密闭套在其内的一个多喷管加热套 4.26A,进、出两端焊接法兰 4.21A 和 4.24A。2) 收敛段有加热外套的三支收敛-扩张型扩压器 4.3A 如下组成:由中心的三支收敛-扩张管 4.33A、焊接于扩压管收敛段外壁的加热片 4.35A、将三支收敛段 4.37A 和三组加热片 4.35A 密闭套在其内的一个多管收敛段加热套 4.36A,多管收敛段加热套 4.36A 进汽端焊接有法兰 4.31A 和后端焊接有密闭环 4.32A。并设蒸汽进口 4.25A,蒸汽通道 4.27A,冷凝水出口 4.34A。其余部分与实施例 1 完全相同。

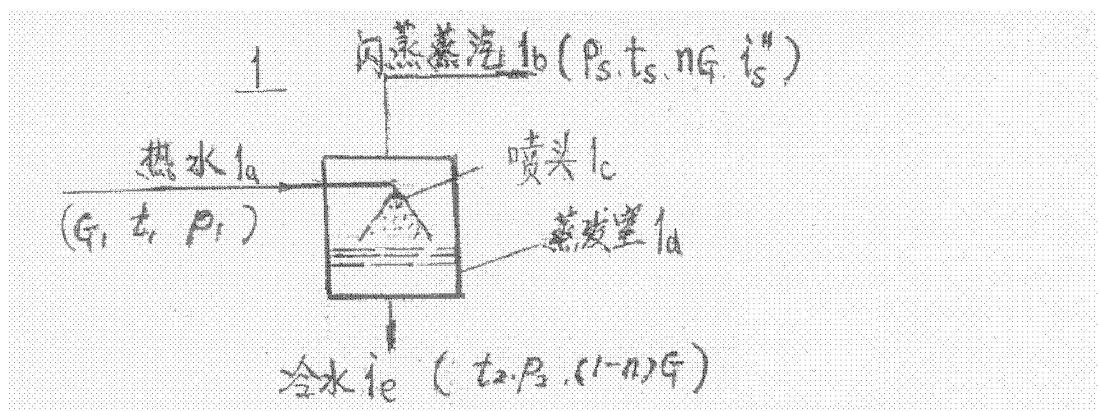
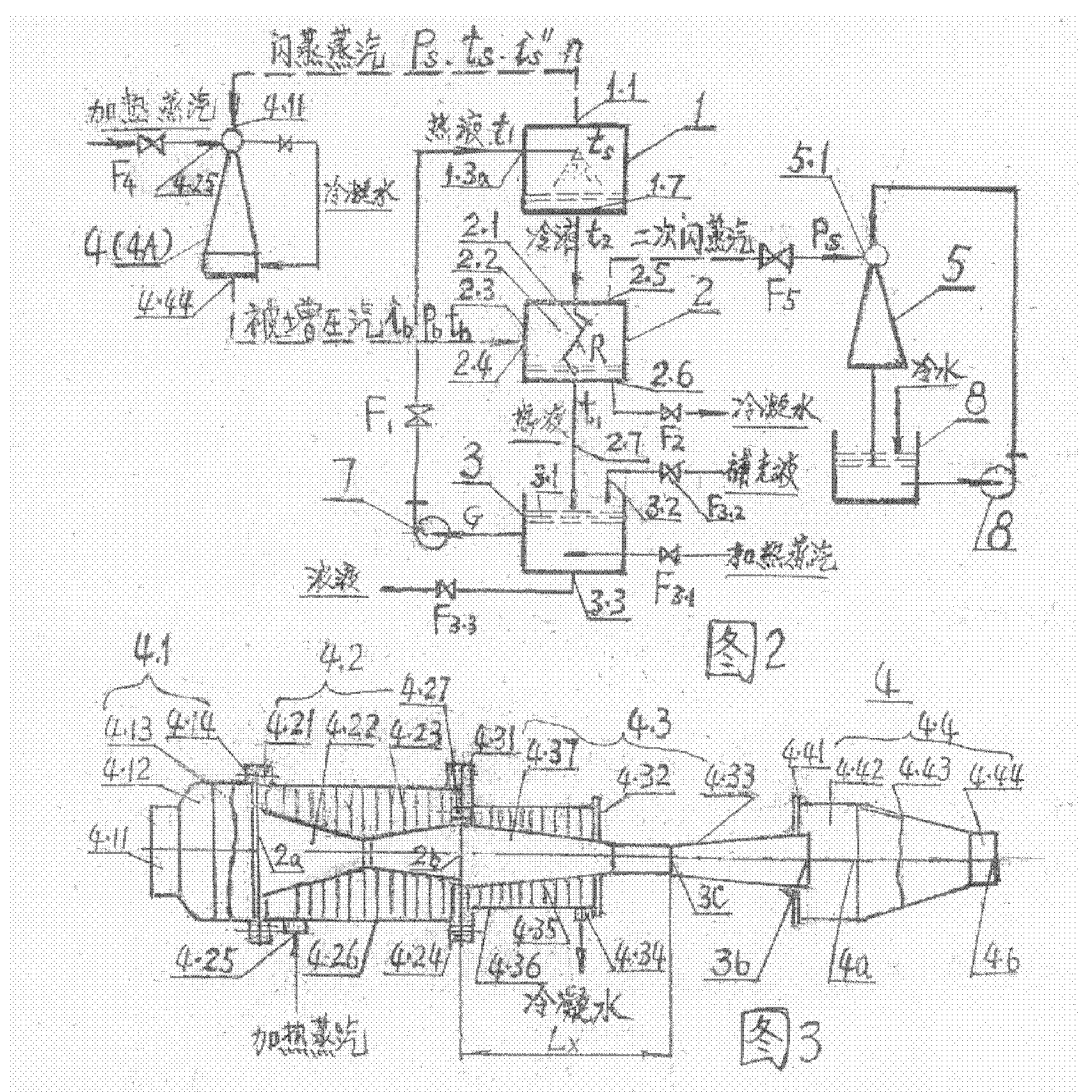


图 1



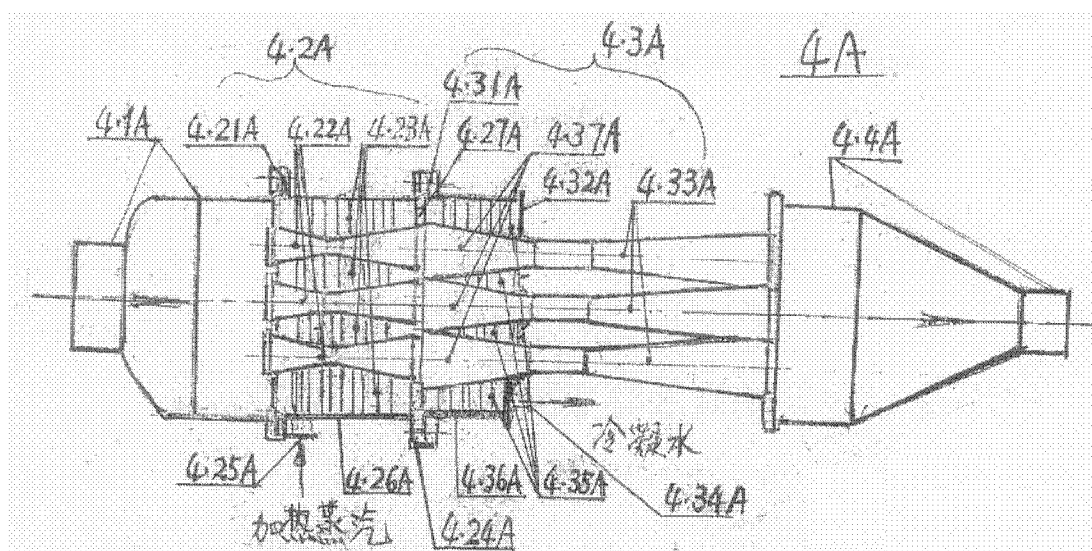


图 4

