



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 39801—2021

---

## 海水或苦咸水淡化用膜蒸馏装置 通用技术规范

General technical specifications of membrane distillation device for  
seawater and brackish water desalination

2021-03-09 发布

2021-10-01 实施

国家市场监督管理总局 发布  
国家标准化管理委员会

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
海水或苦咸水淡化用膜蒸馏装置  
通用技术规范  
GB/T 39801—2021

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: [www.spc.org.cn](http://www.spc.org.cn)

服务热线: 400-168-0010

2021年3月第一版

\*

书号: 155066 • 1-65762

版权专有 侵权必究

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国分离膜标准化技术委员会(SAC/TC 382)提出并归口。

本标准起草单位:德蓝水技术股份有限公司、中国科学院大连化学物理研究所、新疆水处理工程技术研究中心有限公司、浙江东大环境工程有限公司、北京中科瑞升资源环境技术有限公司、天津膜天膜科技股份有限公司、广州中国科学院先进技术研究所、中国科学院生态环境研究中心、山东招金膜天股份有限公司、蓝星(北京)化工机械有限公司、天津科技大学、北京新林水务科技有限公司、江苏久吾高科技股份有限公司、枫科(北京)膜技术有限公司、中国人民解放军军事科学院系统工程研究院卫勤保障技术研究所、北京碧水源膜科技有限公司、浙江津膜环境科技有限公司、天津工业大学、天津膜天膜工程技术有限公司。

本标准主要起草人:曾凡付、曹义鸣、王瀚漪、艾山·玉素莆、许白羽、金王勇、史志伟、范云双、梁义、钟文蔚、王军、王乐译、司继松、唐娜、负延滨、彭文博、陈卫文、马军、丑树人、康国栋、李梁梁、王希、许以农、席雪洁、马岚云。



# 海水或苦咸水淡化用膜蒸馏装置 通用技术规范

## 1 范围

本标准规定了海水或苦咸水淡化用膜蒸馏装置的型号、要求、检查与试验、检验规则及标志、包装、运输和贮存。

本标准适用于海水或苦咸水淡化用膜蒸馏装置,其他应用领域或其他类型的膜蒸馏装置可参考执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 191 包装储运图示标志

GB/T 5750.5—2006 生活饮用水标准检验方法 无机非金属指标

GB/T 20103—2006 膜分离技术 术语

## 3 术语和定义

GB/T 20103—2006 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。为了便于使用,以下重复列出了GB/T 20103—2006 中的某些术语和定义。

### 3.1

#### 膜蒸馏 membrane distillation; MD

利用微孔膜两侧温度上的差异,使与热侧接触的水溶液在膜的表面上汽化,产生的水蒸气通过膜孔传递到膜的冷侧并冷凝成水,从而完成分离的过程。

注:其方式有直接接触式、空气间隔式、减压式或气体吹扫式。

[GB/T 20103—2006,定义 6.2.6]

#### 3.1.1

##### 直接接触式膜蒸馏 direct contact membrane distillation

原料侧与透过侧的水溶液分别与多孔膜两侧表面直接接触,产生的水蒸气通过膜孔传递到透过侧并冷凝成水,从而完成分离的过程。

#### 3.1.2

##### 空气间隔式膜蒸馏 air gap membrane distillation

在冷凝面与透过侧膜表面之间有一空气隙存在,蒸汽穿过气隙后在冷凝面上冷凝成水,从而完成分离的过程。

#### 3.1.3

##### 气体吹扫式膜蒸馏 sweep gas membrane distillation

使用惰性气体将透过侧的蒸汽吹出组件,在外部进行冷凝成水,从而完成分离的过程。

3.1.4

真空膜蒸馏 vacuum membrane distillation

在透过侧使用真空泵抽吸,将透过侧的蒸汽抽出,并在膜组件外冷凝成水,从而完成分离的过程。

注：真空膜蒸馏也称减压式膜蒸馏。

3.2

膜蒸馏装置 membrane distillation device

由膜蒸馏组件、换热器、泵、管路、仪表和阀门等构成的一套完整的水淡化装置。

3.3

脱盐率 salt rejection

表示脱除给料液盐量的能力。

注：改写 GB/T 20103—2006,定义 2.2.11。

3.4

产水量 productivity

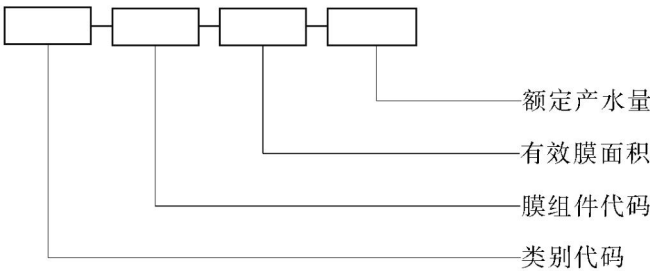
在规定的运行条件下,膜元件、组件或装置单位时间内所生产的产品水的量。

[GB/T 20103—2006,定义 2.2.10]

4 型号

4.1 型号组成

膜蒸馏装置的型号由类别代码、膜组件代码、有效膜面积和额定产水量组成,表示方法如下：



示例：

DCMD-H-50-1000

型号表示意义说明：直接接触式膜蒸馏装置,该装置的膜组件为中空纤维膜组件,有效膜面积为 50 m<sup>2</sup>,额定产水量为 1 000 L/h。

4.2 类别代码

膜蒸馏的类别代码见表 1。

表 1 膜蒸馏类别代码

类别	代码
直接接触式膜蒸馏	DCMD
空气间隔式膜蒸馏	AGMD
气体吹扫式膜蒸馏	SGMD
真空膜蒸馏(减压式膜蒸馏)	VMD

4.3 膜组件代码

膜蒸馏装置的膜组件代码见表 2。

表 2 膜组件代码

膜组件类别	代码
板框式膜组件	F
中空纤维膜组件	H
卷式膜组件	S
管式膜组件	T

4.4 有效膜面积

膜蒸馏装置的有效膜面积用以平方米(m<sup>2</sup>)为单位的整数阿拉伯数字表示。

4.5 额定产水量

膜蒸馏装置的额定产水量用以升每小时(L/h)为单位的整数阿拉伯数字表示。

5 要求

5.1 外观

外观要求如下：

- a) 装置结构紧凑、占地面积小,主机架应焊接牢固,安装平整,管路应水平或垂直；
- b) 装置表面涂层应均匀,无凹痕、毛刺、划伤及磨损、变形、脱落、龟裂、污染和腐蚀。

5.2 材质

装置材质应满足下列要求：

- a) 装置的材质应满足压力等级、耐海水腐蚀、耐盐雾腐蚀、耐高温或低温的要求；
- b) 管件和阀门应选择非金属材料；
- c) 加热器、料液泵、压力表、流量计和料液罐应选择耐温、耐海水腐蚀和耐盐雾腐蚀的金属材质或选择耐压、耐温和耐腐蚀性能相当的其他非金属材料。

5.3 脱盐率

装置的脱盐率应大于 97%。

5.4 产水量

在规定条件下,装置的产水量应不小于装置的额定产水量。

5.5 密封性

5.5.1 渗漏性

在规定的操作条件下正常运行,装置整体、管道、阀门及其连接处应不渗水。

## 5.5.2 气密性

### 5.5.2.1 DCMD、AGMD 和 SGMD 三种装置气密性

在 6.4.2.1 的试验条件下,压力表的压力下降数值应不超过 0.01 MPa。

### 5.5.2.2 VMD 装置气密性

在 6.4.2.2 的试验条件下,真空压力表的压力上升数值应不超过 0.01 MPa。

## 6 检查与试验

### 6.1 外观检查

采用目测的方法检查。

### 6.2 材质检查

检查管件、阀门、加热器、料液泵、压力表、流量计和料液罐所需的生产许可证、出厂合格证和出厂检测报告等资料。

### 6.3 脱盐率和产水量试验

#### 6.3.1 DCMD 装置的脱盐率和产水量

DCMD 装置示意图参见附录 A 中图 A.1,测试步骤如下:

- 在高温恒温料液罐中配制原料液质量浓度  $\rho_f$  为  $(10\ 000 \pm 20)$  mg/L 的氯化钠溶液,并加热至  $(65 \pm 2)^\circ\text{C}$ ;
- 将冷凝用纯水注入产水罐中,开启冷水泵,将纯水注入低温换热器中,开启循环冷却泵,使整个冷却水侧温度恒定至  $(25 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ ;开启料液泵,将高温恒温料液罐中原料液注入膜组件的原料液侧,循环至原料液侧温度恒定至  $(65 \pm 2)^\circ\text{C}$ ;
- 待原料液侧和产水侧温度恒定后,热的原料液产生的水蒸气透过膜表面进入冷却水侧,经冷凝后进入产水罐中,通过产水罐自带液位计,记录初始产水罐液位高度  $H_0$ ,按式(1)计算初始产水罐水量  $Q_0$ ,液位计精度为  $\pm 1.5\%$ FS;
- 装置运行过程中控制原料液侧膜面流速为 0.5 m/s,压力为 0.10 MPa,冷水侧流量 50 L/h,压力为 0.05 MPa,每 30 min 检测原料液侧温度、氯化钠质量浓度和原料液侧水量,其中氯化钠质量浓度按 GB/T 5750.5—2006 中 2.1 执行,加入试验用水或低浓度的氯化钠水溶液,保持原料液侧温度为  $(65 \pm 2)^\circ\text{C}$ ,质量浓度为  $(10\ 000 \pm 20)$  mg/L,水量不少于初始水量的 95%;
- 装置连续运行 3 h 后,按 GB/T 5750.5—2006 中 2.1 的规定检测最终产水罐料液中的氯化钠质量浓度  $\rho_1$ ,由产水罐自带液位计记录最终产水罐液位高度  $H_1$ ,按式(2)计算最终产水罐水量  $Q_1$ ,按式(3)计算产水中的氯化钠质量浓度  $\rho_p$ ,按式(4)计算脱盐率  $R$ ,再按式(6)计算产水量  $F$ 。

#### 6.3.2 AGMD 装置的脱盐率和产水量

AGMD 装置示意图参见图 A.2,试验步骤如下:

- 按 6.3.1a);
- 将冷凝用纯水注入冷水罐中,开启冷水泵,将纯水依次注入膜组件和低温换热器中,开启循环冷却泵,使整个冷却水侧温度恒定至  $(25 \pm 0.5)^\circ\text{C}$ ;开启料液泵,将高温恒温料液罐中原料液注



入膜组件的原料液侧,循环至原料液侧温度恒定至 $(65\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ;

- c) 待原料液侧和冷却水侧温度恒定后,热的原料液产生的水蒸气穿过气隙后在冷凝面上冷凝进入产水罐中,通过产水罐自带液位计,记录初始产水罐液位高度  $H_0$ ,按式(1)计算初始产水罐水量  $Q_0$ ;
- d) 按 6.3.1d);
- e) 装置连续运行 2 h 后,用仪器精度为 $\pm 1.0\%$ FS 的电导率仪测定原料液电导率  $\gamma_f$  和产水电导率  $\gamma_p$ 。由产水罐自带液位计记录最终产水罐液位高度  $H_1$ ,按式(2)计算最终产水罐水量  $Q_1$ ,再按式(5)和式(6)分别计算脱盐率  $R$  和产水量  $F$ 。

### 6.3.3 SGMD 装置的脱盐率和产水量

SGMD 装置示意图参见图 A.3,试验步骤如下:

- a) 按 6.3.1a);
- b) 将冷凝用纯水注入低温恒温冷水罐中,开启循环冷却泵,使整个冷却水侧温度恒定至 $(25\pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ ;开启料液泵,将高温恒温料液罐中原料液注入膜组件的原料液侧,循环至原料液侧温度恒定至 $(65\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ;将加热用纯水注入高温恒温热水罐中,开启空压机,开启热水循环泵,将压缩空气(吹扫气)加热至 $(40\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ,输送至膜的透过侧;
- c) 待原料液侧和吹扫气温度恒定后,热的原料液产生的水蒸气透过膜表面后由吹扫气带入低温换热器中冷凝进入产水罐,通过产水罐自带液位计,记录初始产水罐液位高度  $H_0$ ,按式(1)计算初始产水罐水量  $Q_0$ ;
- d) 装置运行过程中控制原料液侧膜面流速为 0.5 m/s,压力为 0.10 MPa,膜的透过侧吹扫气流量 50 L/h,压力为 0.05 MPa,每 30 min 检测原料液侧温度、氯化钠质量浓度和原料液侧水量,其中氯化钠质量浓度按 GB/T 5750.5—2006 中 2.1 执行,加入试验用水或低浓度的氯化钠水溶液,保持原料液侧温度为 $(65\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ,质量浓度为 $(10\ 000\pm 20)\text{mg/L}$ ,水量不少于初始水量的 95%;
- e) 按 6.3.2e)。

### 6.3.4 VMD 装置的脱盐率和产水量

VMD 装置示意图参见图 A.4,试验步骤如下:

- a) 按 6.3.1a);
- b) 将冷凝用纯水注入低温恒温冷水罐中,开启循环冷却泵,使整个冷却水侧温度恒定至 $(25\pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ ;开启料液泵,将高温恒温料液罐中原料液注入膜组件的原料液侧,循环至原料液侧温度恒定至 $(65\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ;
- c) 待原料液侧和冷却水侧温度恒定后,开启真空泵,压力调节至 $-0.09\text{ MPa}$ ,热的原料液产生的水蒸气透过膜表面由真空泵负压抽吸进入低温换热器冷凝进入产水罐中,通过产水罐自带液位计,记录初始产水罐液位高度  $H_0$ ,按式(1)计算初始产水罐水量  $Q_0$ ;
- d) 装置运行过程中控制原料液侧膜面流速为 0.5 m/s,压力为 0.10 MPa,每 30 min 检测原料液侧温度、氯化钠质量浓度和原料液侧水量,其中氯化钠质量浓度按 GB/T 5750.5—2006 中 2.1 执行,加入试验用水或低浓度的氯化钠水溶液,保持原料液侧温度为 $(65\pm 2)^{\circ}\text{C}$ ,质量浓度为 $(10\ 000\pm 20)\text{mg/L}$ ,水量不少于初始水量的 95%;
- e) 按 6.3.2e)。

### 6.3.5 结果计算

#### 6.3.5.1 产水罐水量、产水中的氯化钠质量浓度、脱盐率

四种装置产水罐水量  $Q_0$  和  $Q_1$  分别按式(1)、式(2)计算:

$$Q_0 = \pi r^2 H_0 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$Q_0$ ——初始产水罐水量，单位为升(L)；

$r$ ——产水罐的半径，单位为分米(dm)；

$H_0$ ——初始产水罐液位高度，单位为分米(dm)。

计算结果数据保留到小数点后 2 位。

$$Q_1 = \pi r^2 H_1 \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$Q_1$ ——最终产水罐水量，单位为升(L)；

$r$ ——产水罐的半径，单位为分米(dm)；

$H_1$ ——最终产水罐液位高度，单位为分米(dm)。

计算结果数据保留到小数点后 2 位。

DCMD 装置产水中的氯化钠质量浓度按式(3)计算，脱盐率按式(4)计算：

$$\rho_p = \frac{\rho_1 Q_1}{Q_1 - Q_0} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$\rho_p$ ——产水中的氯化钠质量浓度，单位为毫克每升(mg/L)；

$\rho_1$ ——最终产水罐料液中的氯化钠质量浓度，单位为毫克每升(mg/L)；

$Q_1$ ——最终产水罐水量，单位为升(L)；

$Q_0$ ——初始产水罐水量，单位为升(L)。

计算结果数据保留到小数点后 2 位。

$$R = \left(1 - \frac{\rho_p}{\rho_f}\right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$R$ ——脱盐率；

$\rho_p$ ——产水中的氯化钠质量浓度，单位为毫克每升(mg/L)；

$\rho_f$ ——原料液中的氯化钠质量浓度，单位为毫克每升(mg/L)。

计算结果数据保留到小数点后 2 位。

AGMD 装置、SGMD 装置、VMD 装置脱盐率按式(5)计算：

$$R = \left(1 - \frac{\gamma_p}{\gamma_f}\right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中：

$R$ ——脱盐率；

$\gamma_p$ ——产水电导率，单位为微西门子每厘米( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )；

$\gamma_f$ ——原料液电导率，单位为微西门子每厘米( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )。

计算结果数据保留到小数点后 2 位。

### 6.3.5.2 产水量

四种装置的产水量按式(6)计算：

$$F = \frac{Q_1 - Q_0}{T} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$F$ ——产水量，单位为升每小时(L/h)；

$Q_1$  ——最终产水罐水量,单位为升(L);  
 $Q_0$  ——初始产水罐水量,单位为升(L);  
 $T$  ——产水时间,单位为小时(h)。  
计算结果数据保留到小数点后 2 位。

6.4 密封性检查

6.4.1 渗漏性

四种装置分别在 6.3 所述操作条件下正常运行 30 min,检查整体、管道、阀门及其连接处是否渗漏。

6.4.2 气密性

6.4.2.1 DCMD、AGMD、SGMD 三种装置气密性

关闭装置进水阀、产水阀,将压缩空气通入装置中,缓慢调节压力至 0.10 MPa,关闭进气阀,保压 30 min 后,检查压力表下降数值,其中压力表精度等级为 0.4 级。

6.4.2.2 VMD 装置气密性

关闭装置的进水阀、产水阀,用真空泵调节真空表压力至-0.10 MPa,关闭真空泵,保压 30 min,检查真空压力表上升数值,其中真空表精度等级为 0.4 级。

7 检验规则

7.1 检验项目

装置出厂应逐台进行检验,检验合格后方可出厂。检验项目见表 3。

表 3 检验项目

序号	项目名称	要求章条号	检查与试验章条号
1	外观	5.1	6.1
2	材质	5.2	6.2
3	脱盐率	5.3	6.3
4	产水量	5.4	6.3
5	密封性	5.5	6.4

7.2 判定规则

每台检验中任意一项不合格,此装置检验不合格。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

8.1.1 每台装置应在机箱的显著部位设置持久明晰的标志或铭牌,至少包括以下内容:

- a) 产品型号、名称;

- b) 制造商全称及商标;
- c) 主要参数(装置尺寸、额定产水量、功率);
- d) 出厂日期及编号;
- e) 本标准编号。

8.1.2 包装箱应有如下标记:

- a) 包装箱外尺寸(长×宽×高)及毛重;
- b) 装箱外应有“防潮”“向上”“小心轻放”等字样;
- c) 包装箱外应规定叠放层数。

8.1.3 标志标识应符合 GB/T 191 的规定。

8.2 包装

8.2.1 装箱前,所有仪器、仪表应加以保护。

8.2.2 装置应采用适当材料包装,适合长途转运,包装的结构和性能应符合有关规定。

8.2.3 装置包装箱内应有随机文件,包括:

- a) 装置主要零部件清单;
- b) 装置使用说明书;
- c) 装置检验合格证;
- d) 必备的附件和技术文件。

8.3 运输

运输过程应注意防雨、防晒、防冻、防重压,装卸时防止跌落、抛掷和剧烈碰撞。

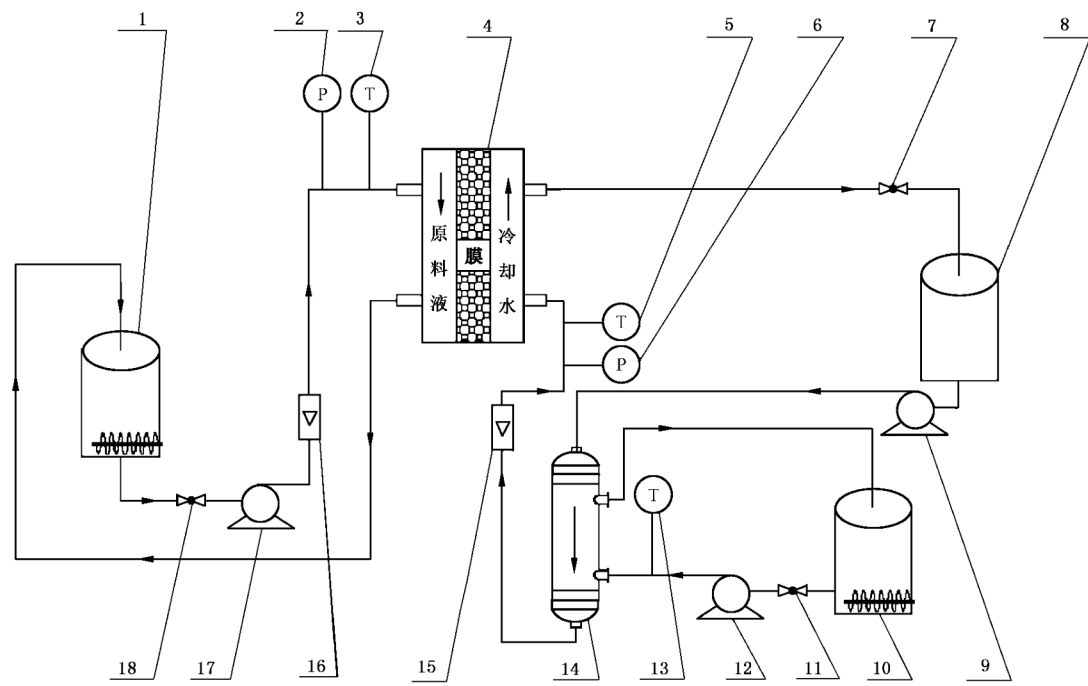
8.4 贮存

装置底部距离地面、墙面的距离应不小于 10 cm,并置于干净、干燥的房内,避免受热和阳光及紫外线照射,储存温度 5℃~45℃,当温度低于 5℃时,需对膜组件采取防冻措施。

附录 A  
(资料性附录)  
膜蒸馏装置示意图

A.1 直接接触式膜蒸馏(DCMD)装置

直接接触式膜蒸馏装置示意图见图 A.1。

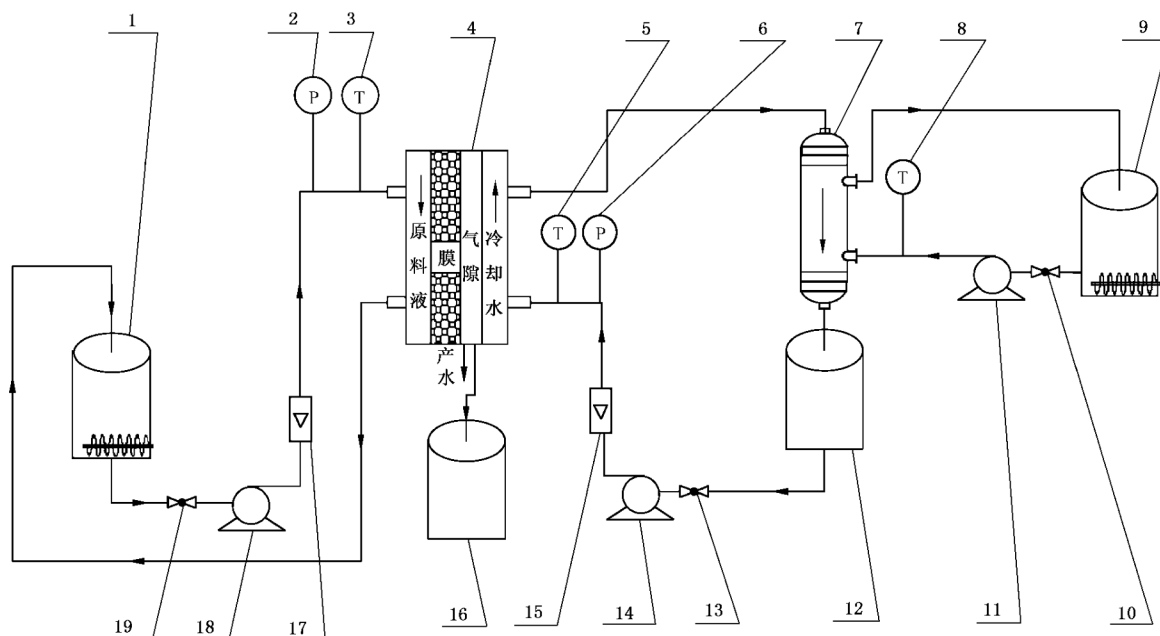


- 说明：
- 1 —— 高温恒温料液罐；
  - 2,6 —— 压力表；
  - 3,5,13 —— 温度计；
  - 4 —— 膜组件；
  - 7,11,18 —— 阀门；
  - 8 —— 产水罐；
  - 9 —— 冷水泵；
  - 10 —— 低温恒温冷水罐；
  - 12 —— 循环冷却泵；
  - 14 —— 低温换热器；
  - 15,16 —— 液体流量计；
  - 17 —— 料液泵。

图 A.1 直接接触式膜蒸馏装置示意图

## A.2 空气间隔式膜蒸馏(AGMD)装置

空气间隔式膜蒸馏装置示意图见图 A.2。



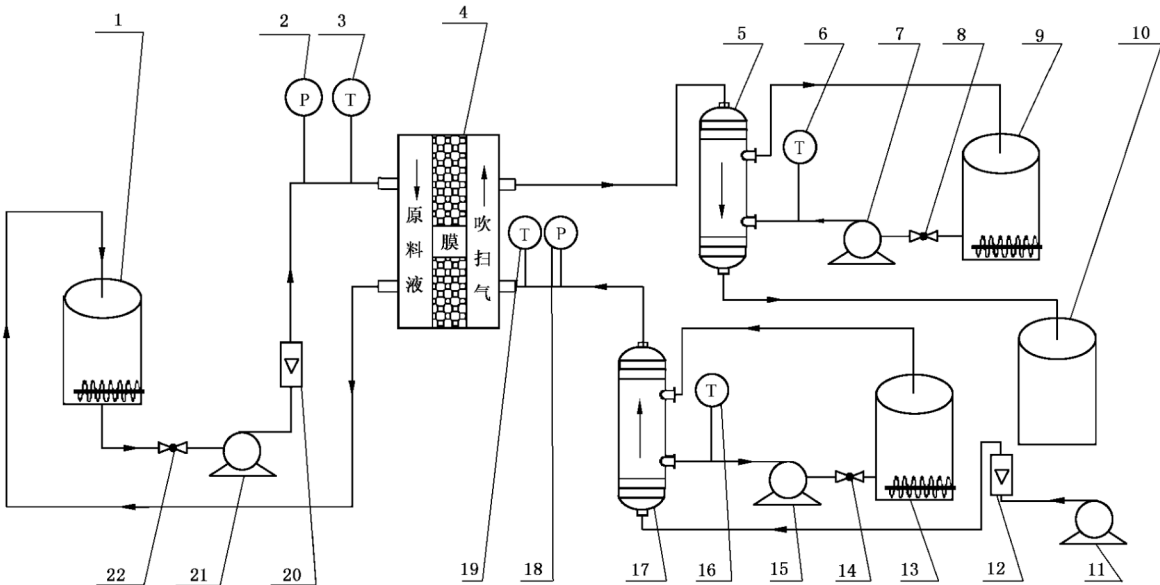
说明：

- |          |             |
|----------|-------------|
| 1        | —— 高温恒温料液罐； |
| 2,6      | —— 压力表；     |
| 3,5,8    | —— 温度计；     |
| 4        | —— 膜组件；     |
| 7        | —— 低温换热器；   |
| 9        | —— 低温恒温冷水罐； |
| 10,13,19 | —— 阀门；      |
| 11       | —— 循环冷却泵；   |
| 12       | —— 冷水罐；     |
| 14       | —— 冷水泵；     |
| 15,17    | —— 液体流量计；   |
| 16       | —— 产水罐；     |
| 18       | —— 料液泵。     |

图 A.2 空气间隔式膜蒸馏装置示意图

A.3 气体吹扫式膜蒸馏(SGMD)装置

气体吹扫式膜蒸馏装置示意图见图 A.3。

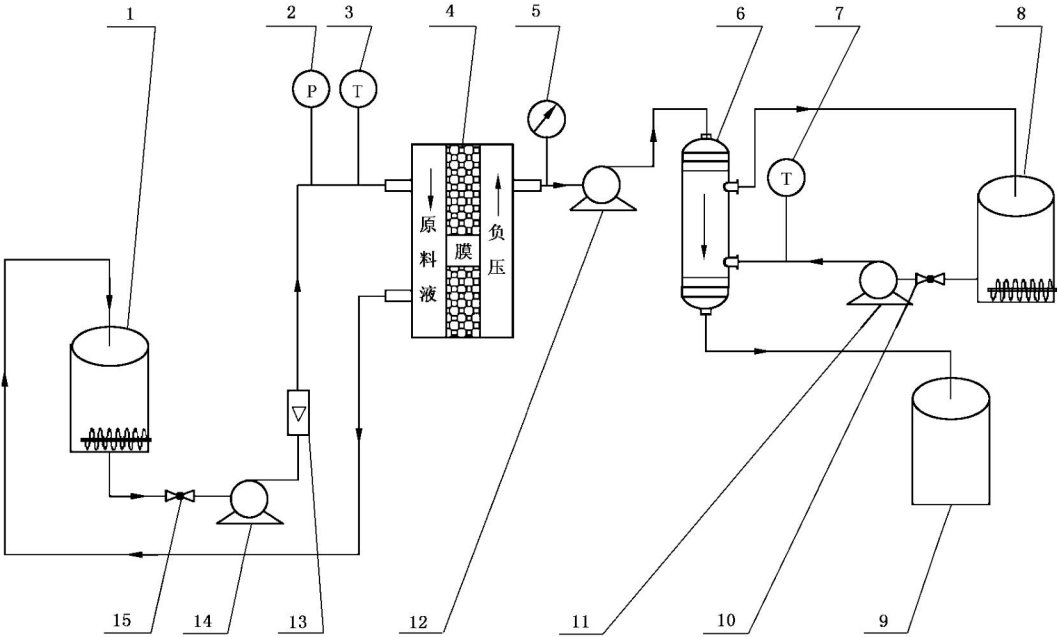


- 说明：
- 1 —— 高温恒温料液罐；
  - 2,18 —— 压力表；
  - 3,6,16,19 —— 温度计；
  - 4 —— 膜组件；
  - 5 —— 低温换热器；
  - 7 —— 循环冷却泵；
  - 8,14,22 —— 阀门；
  - 9 —— 低温恒温冷水罐；
  - 10 —— 产水罐；
  - 11 —— 空压机；
  - 12 —— 气体流量计；
  - 13 —— 高温恒温热水罐；
  - 15 —— 热水循环泵；
  - 17 —— 压缩空气加热器；
  - 20 —— 液体流量计；
  - 21 —— 料液泵。

图 A.3 气体吹扫式膜蒸馏装置示意图

A.4 真空膜蒸馏(VMD)装置

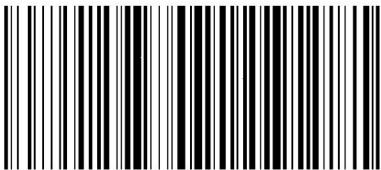
真空膜蒸馏装置示意图见图 A.4。



说明:

- 1 —— 高温恒温料液罐;
- 2 —— 压力表;
- 3,7 —— 温度计;
- 4 —— 膜组件;
- 5 —— 真空表;
- 6 —— 低温换热器;
- 8 —— 低温恒温冷水罐;
- 9 —— 产水罐;
- 10,15 —— 阀门;
- 11 —— 循环冷却泵;
- 12 —— 真空泵;
- 13 —— 液体流量计;
- 14 —— 料液泵。

图 A.4 真空膜蒸馏装置示意图



GB/T 39801-2021

版权专有 侵权必究

\*

书号:155066 · 1-65762