

ICS 71.120  
G 93

# HG

## 中华人民共和国化工行业标准

HG/T 5643—2019

---

### 管式分子筛透水膜组件

Tubular zeolite membrane module for dehydration

2019-12-24 发布

2020-07-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国石油和化学工业联合会提出。

本标准由全国分离膜标准化技术委员会（SAC/TC382）归口。

本标准起草单位：江苏九天科技股份有限公司、南京工业大学、宁波大学、中海油天津化工研究设计院有限公司、中国科学院大连化学物理研究所、大连海斯特科技有限公司、大连理工大学、天津膜天膜工程技术有限公司。

本标准主要起草人：顾学红、相里粉娟、余从立、李砚硕、陈赞、朱广奇、胡子益、杨建华、刘洋、杨依柠、纪祖焕、郭召明。

# 管式分子筛透水膜组件

## 1 范围

本标准规定了管式分子筛透水膜组件（以下简称膜组件）的要求、检验方法、检验规则以及标志、包装、运输和贮存。

本标准适用于设计压力不大于 1.6 MPa、设计温度不大于 300 °C 的管式 NaA 型分子筛渗透气化或蒸气渗透钢制圆筒形透水膜组件，其他类型管式分子筛膜组件参考执行。

## 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 150.2 压力容器 第 2 部分：材料

GB/T 9174 一般货物运输包装通用技术条件

GB/T 10610 产品几何技术规范（GPS） 表面结构 轮廓法 评定表面结构的规则和方法

GB/T 34243—2017 渗透气化透水膜性能测试方法

HG/T 5540—2019 管式 A 型（NaA）分子筛透水膜

TSG 21 固定式压力容器安全技术监察规程

## 3 术语和定义

GB/T 34243—2017 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**管式分子筛透水膜元件 tubular zeolite membrane element for dehydration**

载体为管状多孔陶瓷或其他材料、表层为连续致密的分子筛薄层、优先透过水分子的复合膜。

### 3.2

**壳体 shell**

由圆筒、管板、封头、法兰、接口等组成的实用器件。

### 3.3

**管板 tube sheet**

用于将膜管穿入固定和密封的金属制孔板。

### 3.4

**管式分子筛透水膜组件 tubular zeolite membrane module for dehydration**

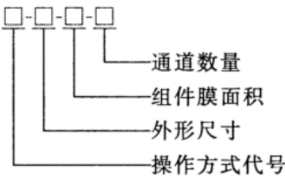
由管式分子筛透水膜元件、壳体、管板和密封圈等组成的实用器件。

4 型号和命名

4.1 型号构成

膜组件的型号由操作方式、外形尺寸、组件膜面积、通道数量 4 个部分构成。各部分之间以连字符“-”连接。

4 个部分的表述格式为：



4.2 操作方式分类

膜组件的操作方式分为渗透气化和蒸气渗透，其代号由操作方式英文名称大写的首字母表示，具体见表 1。

表 1 管式分子筛透水膜组件的操作方式

名 称	操作方式代号
渗透气化	PV
蒸气渗透	VP

4.3 外形尺寸

膜组件的外形尺寸以“壳体公称直径×长度”表示，单位为毫米（mm），取整数。卷制、锻制圆筒以内径作为壳体公称直径，管材制圆筒以外径作为壳体公称直径。

4.4 组件膜面积

以膜组件内装填的分子筛膜的外径或内径、有效长度为基准计算的外表面积或内表面积，单位为平方米（m<sup>2</sup>），小数点后保留 1 位。

4.5 通道数量

膜组件中装填的膜元件的通道数量。通道分为单通道和多通道两类，常见多通道为四通道。

4.6 示例

示例 1：

PV-300×1650-5.0-4

表示操作方式为渗透气化，壳体公称直径为 300 mm，长度为 1 650 mm，组件膜面积为 5.0 m<sup>2</sup>，单支膜元件的通道数量为 4。

示例 2：

VP-500×1450-10.2-1

表示操作方式为蒸气渗透，壳体公称直径为 500 mm，长度为 1 450 mm，组件膜面积为 10.2 m<sup>2</sup>，单支膜元件的通道数量为 1。

5 要求

5.1 通用要求

- 5.1.1 在 TSG 21 管辖范围内的组件设计、制造应接受特种设备安全监察机构的监察。
- 5.1.2 膜组件应包括圆筒、管板、管式分子筛透水膜元件、封头、容器法兰、原料进出口、渗透侧出口等。常见单通道管式分子筛透水膜组件和多通道管式分子筛透水膜组件的外形参见附录 A 图 A.1 和图 A.2，常见管式分子筛透水膜组件外形尺寸参见附录 A 表 A.1。
- 5.1.3 膜组件壳体材料的选用原则、标准、热处理状态及许用应力值等应符合 GB/T 150.2 的规定。

5.2 膜组件壳体要求

5.2.1 外观

- 外观应符合以下要求：
- a) 膜组件壳体内外表面应清洁，无焊渣、熔渣、锈垢和油污等杂质；
  - b) 焊接接头表面不应有裂纹、未焊透、未熔合、气孔、弧坑、未填满、夹渣和飞溅物，焊缝与母材应圆滑过渡，角焊缝外形应凹形圆滑过渡；
  - c) 膜组件中与膜元件接触的表面粗糙度宜不大于  $3.2\ \mu\text{m}$ 。

5.2.2 外形尺寸偏差

单通道管式分子筛透水膜组件外形尺寸偏差应符合图 1 和表 2 的规定；多通道管式分子筛透水膜组件外形尺寸偏差应符合图 2 和表 3 的规定。

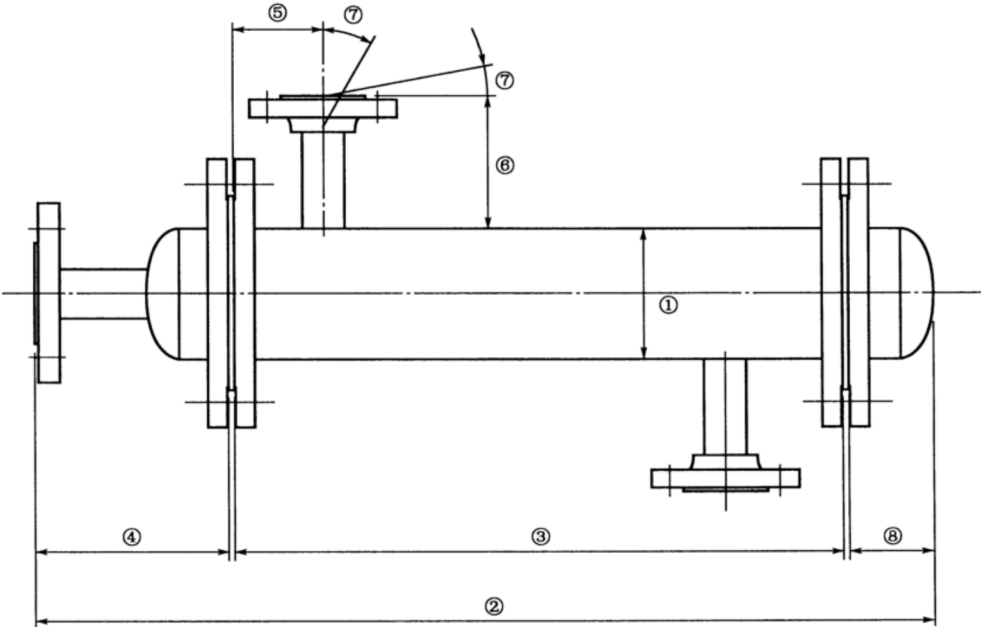


图 1 单通道管式分子筛透水膜组件外形尺寸偏差图

表 2 单通道管式分子筛透水膜组件外形尺寸偏差表

单位为毫米

符号	项 目	允 许 偏 差
①	筒体圆度	$\leq$ 筒体内径的 0.5%
②	总长度	$\pm 8$
③	两管板密封面之间的距离	$\pm 2$
④	接管法兰面到管箱法兰面的距离	$\pm 3$
⑤	接管中心线到管板密封面的距离	$\pm 2$
⑥	接管法兰面至筒体外壁的距离	$\pm 2$
⑦	法兰面水平度和垂直度	$\pm 1.5$
⑧	封头顶部到管箱法兰面的距离	$\pm 5$

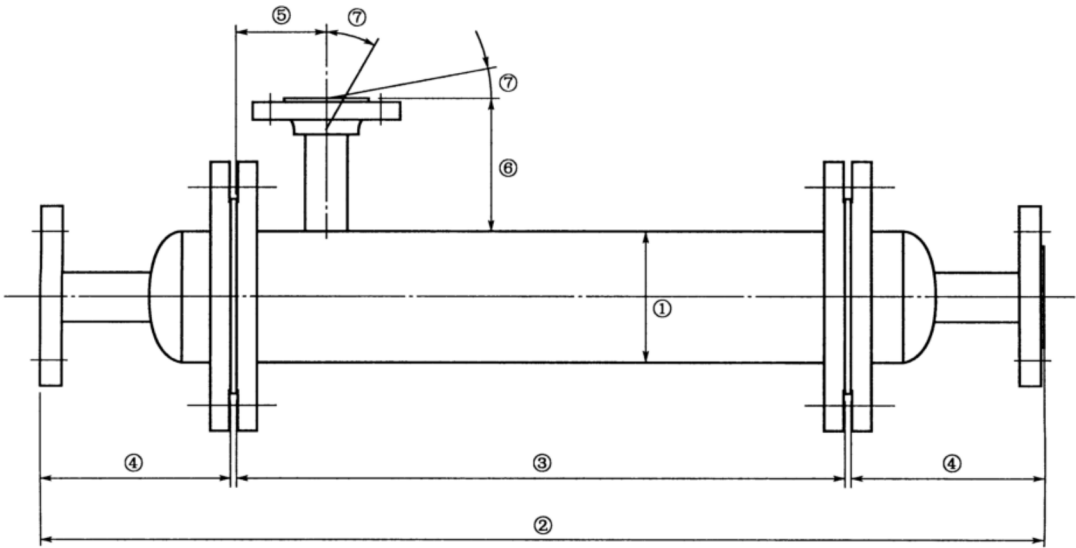


图 2 多通道管式分子筛透水膜组件外形尺寸偏差图

表 3 多通道管式分子筛透水膜组件外形尺寸偏差表

单位为毫米

符号	项 目	允 许 偏 差
①	筒体圆度	$\leq$ 筒体内径的 0.5%
②	总长度	$\pm 8$
③	两管板密封面之间的距离	$\pm 2$
④	接管法兰面到管箱法兰面的距离	$\pm 3$
⑤	接管中心线到管板密封面的距离	$\pm 2$
⑥	接管法兰面至筒体外壁的距离	$\pm 2$
⑦	法兰面水平度和垂直度	$\pm 1.5$

### 5.2.3 耐压性

膜组件壳体应进行耐压试验，膜组件壳体应在设计压力的 1.25 倍下无渗漏、无可见的变形和异响。

## 5.3 膜元件要求

### 5.3.1 外观

同步 HG/T 5540—2019 的规定。

### 5.3.2 外形尺寸偏差

同步 HG/T 5540—2019 的规定。

### 5.3.3 抗折强度

同步 HG/T 5540—2019 的规定。

### 5.3.4 渗透通量和分离系数

同步 HG/T 5540—2019 的规定。

## 5.4 膜组件的完整性要求

膜组件的完整性应符合表 4 的规定。

表 4 管式分子筛透水膜组件的气体泄漏量

操作方式代号	气体泄漏量/ [kPa · L/(m <sup>2</sup> · s) ]
PV	≤0.2
VP	≤2

## 6 检验方法

### 6.1 膜组件壳体

#### 6.1.1 外观

表面粗糙度的检测采用 GB/T 10610 的方法，其他采用目视的方法，结果应符合 5.2.1 的规定。

#### 6.1.2 外形尺寸偏差

外形尺寸采用表 5 的工具和方法检测，结果应符合 5.2.2 的规定。

表 5 外形尺寸的检测工具和方法

符号	项 目	检测工具和方法	偏差计算
①	筒体圆度	筒体同一断面上用精度为 1 mm 的钢卷尺，每隔 45°测量筒体内径	最大内径与最小内径之差 除以标称值
②	总长度	采用精度为 1 mm 的钢卷尺，每隔 90°测量	最大测量值与标称值之差
③	两管板密封面之间的距离	采用精度为 1 mm 的钢卷尺，每隔 45°测量	最大测量值与标称值之差
④	接管法兰面到管箱法兰面的距离	采用精度为 1 mm 的钢卷尺，每隔 90°测量	最大测量值与标称值之差
⑤	接管中心线到管板密封面的距离	采用精度为 1 mm 的钢卷尺测量	最大测量值与标称值之差
⑥	接管法兰面至筒体外壁的距离	采用精度为 1 mm 的钢卷尺测量	最大测量值与标称值之差
⑦	法兰面水平度和垂直度	采用法兰角尺进行测量	最大测量值与标称值之差
⑧	封头顶部到管箱法兰面的距离	采用精度为 1 mm 的钢卷尺，每隔 90°测量	最大测量值与标称值之差

### 6.1.3 耐压性

#### 6.1.3.1 试验条件

耐压性试验条件如下：

- 膜组件壳体应按设计文件的规定进行耐压试验；
- 耐压试验应当至少采用两个量程相同且经过校验的压力表，量程应为试验压力的 1.5 倍～3 倍；
- 试验液体一般采用纯水，也可采用不会导致发生危险的其他液体；
- 试验温度比膜组件壳体金属无塑性转变温度至少高 30℃，且低于试验液体的沸点；
- 试验过程中必须保持膜组件壳体表面干燥，不得采用连续加压维持试验压力不变，不得带压拧紧固件或对受压元件施加外力；
- 奥氏体不锈钢制膜组件壳体用水进行耐压试验后应立即将水渍去除干净。

#### 6.1.3.2 试验步骤

耐压性试验步骤如下：

- 试验时先排净膜组件壳体内的气体，使其腔体充满液体；
- 当膜组件壳体的壁温与液体温度接近时，缓慢升压至设计压力，确认无泄漏后继续升压至试验压力，试验压力为设计压力的 1.25 倍，保压时间一般不少于 30 min，试验过程中观察膜组件的壳体有无渗漏、变形和异响；
- 膜组件壳体耐压试验合格后，应将液体排尽，并用压缩空气将其内部吹干。

### 6.2 膜元件

#### 6.2.1 外观

同步 HG/T 5540—2019 的规定。



### 6.2.2 外形尺寸偏差

同步 HG/T 5540—2019 的规定。

### 6.2.3 抗折强度

同步 HG/T 5540—2019 的规定。

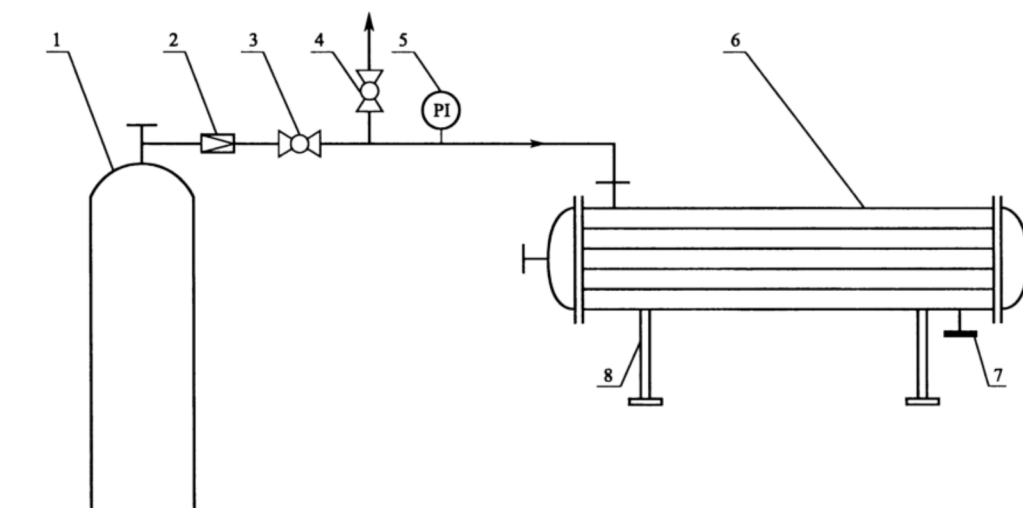
### 6.2.4 渗透通量和分离系数

同步 HG/T 5540—2019 的规定。

## 6.3 膜组件的完整性

### 6.3.1 检测装置

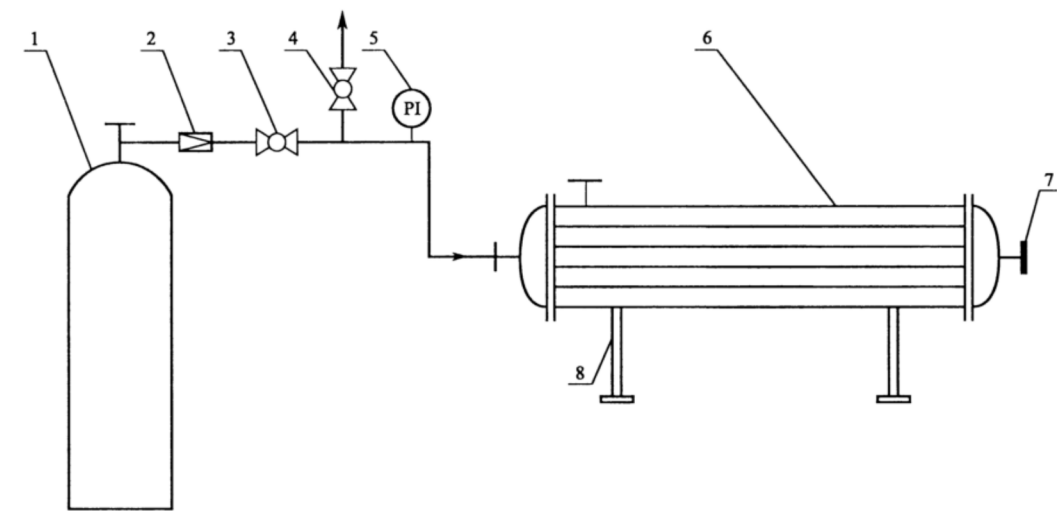
完整性检测装置如图 3 和图 4 所示。检测前应保证检验所需的压力表、阀门等附件配置齐全、检验合格。



说明：

- 1——高纯氮气钢瓶；
- 2——减压阀；
- 3——进气阀；
- 4——排气阀；
- 5——压力表；
- 6——单通道管式分子筛透水膜组件；
- 7——盲板；
- 8——组件支架。

图 3 单通道管式分子筛透水膜组件完整性检测装置示意图



说明：

- 1——高纯氮气钢瓶；
- 2——减压阀；
- 3——进气阀；
- 4——排气阀；
- 5——压力表；
- 6——多通道管式分子筛透水膜组件；
- 7——盲板；
- 8——组件支架。

图 4 多通道管式分子筛透水膜组件完整性检测装置示意图

### 6.3.2 试验条件

完整性试验条件如下：

- a) 膜组件中装填的膜元件经检验合格、壳体经耐压试验合格后方可进行完整性试验；
- b) 试验用气体为高纯氮气；
- c) 试验温度为常温；
- d) 渗透气化膜组件和蒸气渗透膜组件的试验压力分别为 0.09 MPa 和 0.40 MPa。

### 6.3.3 检测方法

将膜组件置于支架上，按图 3 和图 4 连接检测装置。试验时应先缓慢升至试验压力的 10%，保压 5 min，根据压力变化判断紧固件是否上紧，确认无泄漏后，按 2 min 升压 10% 持续进行升压，升压至试验压力时关闭进气阀，开始保压计时。记录压力衰减值为 20 kPa 的泄漏时间，按公式 (1) 计算气体的泄漏量，结果应符合 5.4 的规定。检验结束后打开排气阀，排空膜组件内的气压，检测完成。

$$Q = \frac{\Delta p V}{t A} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- $Q$ ——气体泄漏量的数值，单位为千帕升每平方米秒  $[\text{kPa} \cdot \text{L}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})]$ ；
- $\Delta p$ ——膜组件原料侧压力衰减值的数值，单位为千帕 (kPa) (取  $\Delta p = 20$ )；
- $V$ ——膜组件原料侧体积的数值，单位为升 (L)；
- $t$ ——泄漏时间的数值，单位为秒 (s)；
- $A$ ——组件膜面积的数值，单位为平方米 ( $\text{m}^2$ )。

7 检验规则

7.1 检验分类

产品检验分出厂检验和型式检验。

7.2 出厂检验

7.2.1 检验项目

膜组件均应经质量检验部门检验合格并签发合格证后方可出厂。出厂检验项目按表 6 的规定进行。首先检验膜组件壳体的外观、外形尺寸偏差、耐压性，再检验膜组件的完整性。

表 6 出厂检验项目

项 目	要 求	试验方法	出厂检验方式
膜组件壳体的外观	5.2.1	6.1.1	全检
膜组件壳体的外形尺寸偏差	5.2.2	6.1.2	全检
膜组件壳体的耐压性	5.2.3	6.1.3	全检
膜组件的完整性	5.4	6.3	全检

7.2.2 组批原则

同一生产周期的同一型号的膜组件组成一批。

7.2.3 判定规则

若检验项目全部合格，则该批次产品合格；若有任意项目不合格，则该批次产品不合格。

7.3 型式检验

7.3.1 应进行型式检验的情况

当有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品定型或老产品转产鉴定时；
- b) 结构、材料或生产工艺有较大变化，有可能影响产品性能；
- c) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- d) 产品停产 1 年以上，恢复生产时；
- e) 正常生产，每年一次；
- f) 国家质量技术监督部门提出型式检验要求。

7.3.2 检验项目

型式检验的项目及要求按表 7 的规定进行。首先检验膜组件壳体的外观、外形尺寸偏差、耐压性，其次检验膜元件的外观、外形尺寸偏差、抗折强度、渗透通量和分离系数，最后检验膜组件的完整性。

表 7 型式检验项目

项 目	要 求	试验方法	检验方式
膜组件壳体的外观	5.2.1	6.1.1	全检
膜组件壳体的外形尺寸偏差	5.2.2	6.1.2	全检
膜组件壳体的耐压性	5.2.3	6.1.3	全检
膜元件的外观	5.3.1	6.2.1	全检
膜元件的外形尺寸偏差	5.3.2	6.2.2	内径的抽测数量不低于 5%，其他全检
膜元件的抗折强度	5.3.3	6.2.3	抽测数量不低于 5%
膜元件的渗透通量和分离系数	5.3.4	6.2.4	抽测数量不低于 10%
膜组件的完整性	5.4	6.3	全检

7.3.3 组批原则

同一生产周期的同一型号的膜组件组成一批，每台组件的膜元件组成一批。

7.3.4 判定规则

若检验项目全部合格，则该批次产品合格；若有任意项目不合格，应按原抽测比例加倍取样对不合格项进行复检，复检合格则该批次产品合格，复检不合格则该批次产品不合格。

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

产品铭牌应固定于壳体明显位置，铭牌应至少包括如下内容：

- a) 产品名称；
- b) 制造单位名称；
- c) 产品标准；
- d) 主体材料；
- e) 介质名称；
- f) 设计温度；
- g) 设计压力；
- h) 耐压试验压力；
- i) 产品编号；
- j) 制造日期；
- k) 产品型号。

8.2 包装

8.2.1 管式分子筛膜组件的包装应符合 GB/T 9174 的规定。注意壳体及各接口处应给予保护性包扎，采用木箱或其他坚固箱体包装。

8.2.2 产品包装箱内随机文件应至少包括如下内容：

- a) 装箱单；
- b) 膜组件产品合格证；

- c) 产品质量证明文件（含主要受压件材质证明书、外形尺寸偏差检查报告、耐压性试验报告及完整性试验报告等）。

### 8.3 运输

膜组件在运输、装卸过程中，不应受到剧烈的撞击、颠簸、抛掷，严防重物堆压、雨淋、潮湿。

### 8.4 贮存

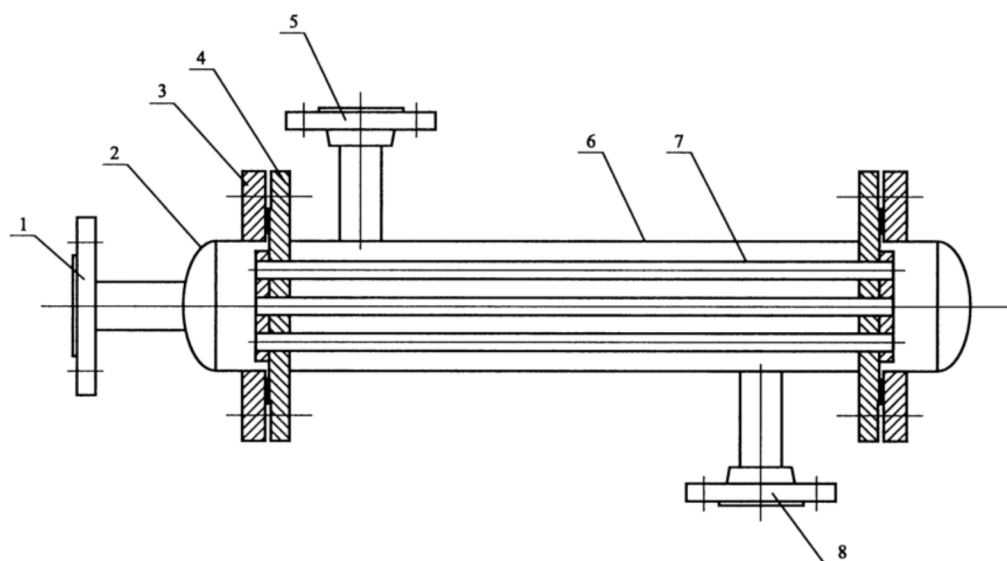
膜组件应密封包装，存放在清洁、阴凉、通风、干燥的仓库中，严禁与酸、碱、腐蚀性气体或其他污染物混放。

附录 A  
(资料性附录)

常见管式分子筛透水膜组件结构示意图、尺寸和规格

A.1 常见单通道管式分子筛透水膜组件结构示意图

见图 A.1。



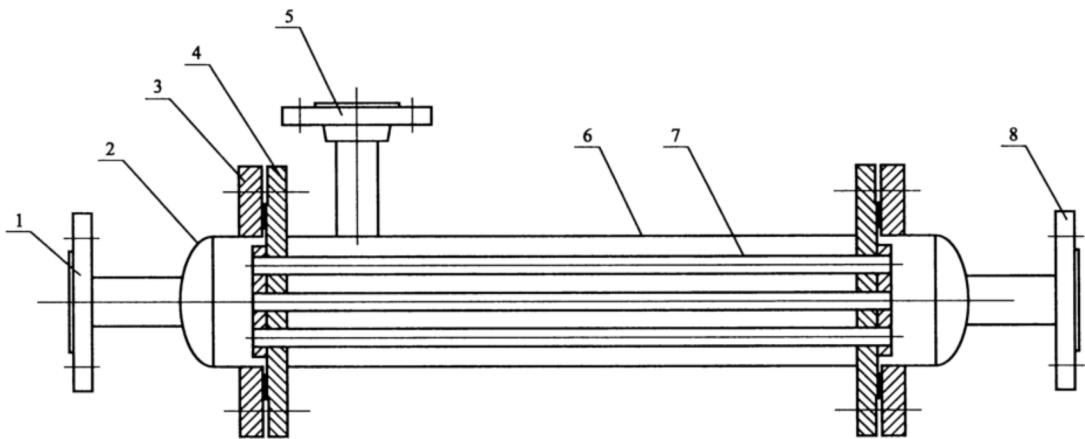
说明：

- 1——渗透侧出口；
- 2——封头；
- 3——容器法兰；
- 4——管板；
- 5——原料进口；
- 6——圆筒；
- 7——单通道管式分子筛透水膜元件；
- 8——原料出口。

图 A.1 常见单通道管式分子筛透水膜组件结构示意图

A.2 常见多通道管式分子筛透水膜组件结构示意图

见图 A.2。



说明：

- 1——原料进口；
- 2——封头；
- 3——容器法兰；
- 4——管板；
- 5——渗透侧出口；
- 6——圆筒；
- 7——多通道管式分子筛透水膜元件；
- 8——原料出口。

图 A.2 常见多通道管式分子筛透水膜组件结构示意图

## A.3 常见管式分子筛透水膜组件尺寸和规格

见表 A.1。

表 A.1 常见管式分子筛透水膜组件尺寸和规格

膜元件 通道数量	膜元件外径 mm	膜元件内径 mm	膜元件长度 mm	壳体公称直径 mm	组件长度 mm	组件膜面积 m <sup>2</sup>
单通道	12	8	800	100	1 050	0.4
				150	1 050	0.9
				200	1 250	1.7
				300	1 250	3.1
				350	1 300	5.0
				400	1 300	6.8
				500	1 450	10.2
				650	1 450	18.9
				1 000	1 600	40.8
四通道	24	6	1 200	150	1 500	0.9
				250	1 600	3.0
				300	1 650	5.0
				350	1 650	7.0
				400	1 700	10.0
				550	1 800	20.0
				750	1 900	40.0