

# 刮膜蒸发器

**Wipe Film Evaporator**

——产品介绍



## 一、概述：

二十世纪 50 年代，国外“Luwa”和“Samesre uther”公司对刮膜蒸发器(又称薄膜蒸发器)就已进行开发制作，发展至今刮膜蒸发器已被大家普遍认可和接受。今天 HEC 公司作为蒸发器专业研制公司，在蒸馏、浓缩、脱气、脱色、脱臭、干燥和反应领域里解决不同的工艺处理过程和特殊要求的问题；并提供更广泛的、不同类型的刮膜蒸发器应用，例如：

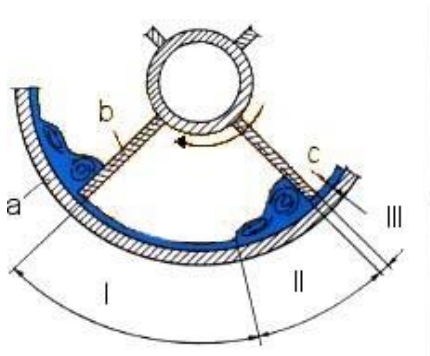
1. 提供一个适用范围广、不同应用的各种转子类型；
2. 垂直或卧式结构；
3. 圆柱或锥型设计；
4. 顺流或逆流工作原理；

### 特性：

刮膜蒸发器主要有下列技术特性和其它蒸发器所不同：

- 操作弹性大：由于刮膜器独有的性能，使其适宜于处理易结垢、结晶、起泡和要求平稳蒸发、高粘性、及随浓度提高粘度急剧增加的物料，其蒸发过程也能平稳处理。
- 连续操作：连续进料、连续出料，调节进料量控制出料浓度；
- 处理热敏性：因为在整个装置里短的停留时间和低的蒸发温度；
- 高蒸发性能：由于刮膜器的特性，加热面具有高的表面热通量；
- 损失最小：万一产品改变损失最小，因为物料在蒸发器里无滞留；
- 真空压降小：物料汽化气体从加热面送到外置的冷凝器，需要一定的压差。在一般的蒸发器中，这种压差要求 ( $\Delta p$ ) 通常是比较高的，有时甚至高得难于接受。而刮膜蒸发器有较大的气体穿越空间，蒸发器内压力能看成与冷凝器中的压力几乎相等，因此，压差可以很小即真空度可达 1mmHg。

### 装置性能：



A: 壳体 B: 刮膜片 C: 液膜  
I、III: 薄膜区 II: 高速湍流区

图 1

表一：装置性能

参数		性能
进料速度	(Kg/h)	20~10,000
蒸发速率	(Kg/h)	40,000
加热温度	(°C)	330
操作压力	(Torr)	-1~30* <sup>1</sup>
在操作温度下产品粘度	(mpas)	到 70,000
停留时间	(min)	<1* <sup>2</sup>
蒸发比 (浓缩/进料)		到 1: 50* <sup>3</sup>

\*1、带有电感应蒸发器的加热温度可达 600°C，

\*2、在卧式蒸发器可能时间较长，

\*3、依据蒸发器类型，

## 二、工作原理

### 基础：

根据混合物中两种不同沸点的物料进行分离。在这里，产品的热分离归诸于刮膜蒸发器的机械力产生薄膜和高速湍动。

当待处理物料进入刮膜蒸发器后，首先和转子上的布料器相接触，并被均匀地分配到筒壁，然后靠第一组刮膜片加速并立即在加热面上形成 (0.5~3.5mm) 间隙的液膜；在每一个刮膜片前面 (II 区) 的流体形成一个涡流 (见图 1)，在加热面和叶片顶部之间间隙里的流体被非常高地湍动，并导致强烈传热和传质，甚至高粘度产品在这湍动下产生高的热传递系数。

- 立式刮膜蒸发器工作原理:

由带夹套加热的垂直圆筒体及转子等部件组成。待处理物料被连续不断地从位于加热夹套（图 2）上部进入蒸发器，经位于进料口处的布料器将其分配到垂直筒体内壁，这时物料被刮膜片加速并立即在加热面上形成一个湍流薄膜，以螺旋状向下推进。

在此过程中，旋转的刮膜器保证液膜的均匀和连续，并阻止液膜在加热面结焦、结垢。轻组份料（低沸点）被蒸发形成蒸汽流上升、经汽液分离器进行汽液分离；在这里产生的液滴或泡沫被击碎并返回到蒸发器布料口；分离后的汽体流向蒸发器的顶部和二次蒸汽出口相联的外置冷凝器或下道工序，重组份（高沸点）沿着加热面以螺旋型轨道流向蒸发器底部（大约几秒）从出口排出。

对于特殊的应用，二次蒸汽和液膜可以顺流。

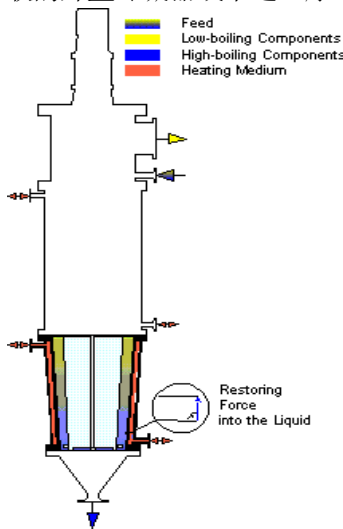


图 3 垂直于加热面，另一个朝大直径端体的方向（注意：相同的结果同样出现在垂直圆锥型薄膜蒸发器里）

依靠这些力产生物料加速，而且进入的物料保证加热面充分潮湿，不依赖于蒸发比或进料速度。因此，局部物料过热和热降解被减少或完全消除。

在此过程中，轻组份（低沸物）顺流（和液膜同向）穿过卧式薄膜蒸发器进入汽液分离器，在此处经汽液分离所产生的液滴和泡沫被击碎进入液相（高沸物），被分离后的汽体进入外置冷凝器或下道工序；重组份（高沸物）沿着加热壁面爬升到小端出口排出。

图 4

### 三、装置特性

- 真空压降小

物料沸腾形成的蒸汽从加热面送到指定的冷凝器，存在一定的压差，在一般的蒸发器中这种压差常常是比较高。而薄膜蒸发器有较大的气体穿越空间，在蒸发器内压力与外置冷凝器中压力几乎相等，因此，低压降是薄膜蒸发器的关键优点。

- 操作温度低

由于上述特性，这使得蒸发过程可以保持在较高真空条件下进行，由于真空度的提高，与之相应的物料沸点迅速降低，因此，操作可以在较低温度条件下进行。

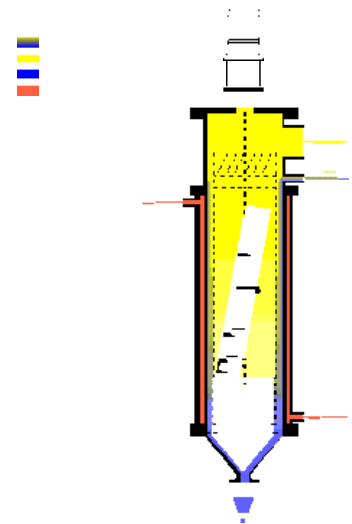


图 2

- 立式圆锥型刮膜蒸发器工作原理:

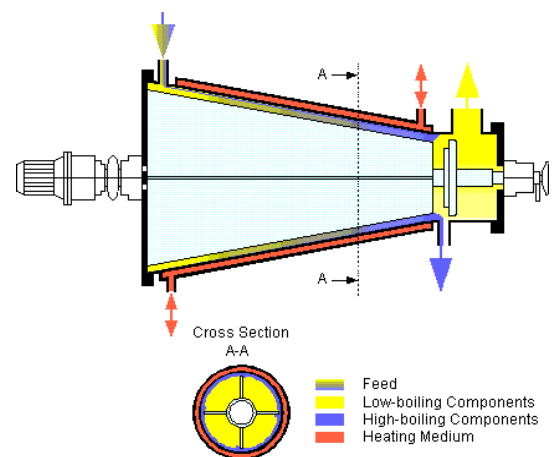
立式圆锥型薄膜蒸发器的工作原理和卧式圆锥型薄膜蒸发器相类似（图 3）

- 卧式刮膜蒸发器工作原理:

物料从大直径端连续不断地进入卧式蒸发器（图 4），被刮膜片加速和分配并立即在加热面上形成一个薄的流动膜。

圆锥型薄膜蒸发器，依赖于转子施于物料一个离心力，这离心

力有两个有效力，一个



- 受热时间短

由于薄膜蒸发器的刮膜片具有泵送作用，使得物料在蒸发器内的停留时间很短，约 10~50 秒；物料呈薄膜状，液面与加热面的面积几乎相等，这样物料在蒸馏过程中受热时间更。因此，特别适合于热敏性物料的蒸发。

- 蒸发强度高

物料沸点的降低，增大了同热介质的温度差；刮膜片的功能，减小了呈湍流状的液膜厚度，降低了热阻；同时，在这过程中抑制物料在加热面结壁、结垢，并伴有良好的热交换；因此，总传热系数大，蒸发强度高。

- 操作弹性大

正是由于薄膜蒸发器独有的特点，使其适宜于处理热敏性和要求平稳蒸发的物料、高粘度的物料及随浓度提高粘度急剧增加的物料，其蒸发过程也能平稳操作。

它还能成功地应用于含固颗粒、易结晶、聚合、结垢等情况物料的蒸发和结晶。

#### 四、结构特点

##### 1、精密的布料环

布料器固定在转子，安置于物料入口处，防止物料喷入蒸汽流造成短路，并能防止在此处闪蒸造成大量液滴夹带，使物料只能沿着蒸发面被蒸发。

物料特性不同，设计不同的布料环。

HEC 公司设计的布料环（专利），它不仅能将物料迅速均匀分布到加热面，同时能对发泡性物料具有一定的抑制作用。

##### 2、耐磨的底轴承

底轴承是一个具有自润滑的滑动轴承，位于锥型封头内。由于它工作在产品区，且处于高温状态，因此，底轴承结构及材料的好坏，不仅影响到转子的使用寿命，还能对所处理物料造成二次污染。

轴承材料是石墨、PTFE 或其它材料，根据情况还须冷却润滑。

##### 3、汽液分离器

在薄膜蒸发器的上部设有分离筒，筒内配有离心式分离器。由二次蒸汽流所夹带的液滴在流经汽液分离器时，液滴被抛向外壁，并返回到蒸发器入口；分离后的气体从和外置冷凝器相连的二次蒸汽出口引出。

汽液分离器形式设计不仅要考虑物料特性，还须还考虑到真空压降。

HEC 公司设计有三种形式：动态二种、静态一种。

#### 五、装置类型

HEC 公司提供用于中、小试和工业化生产的薄膜蒸发器，选择合理的型式及蒸发面积是相当重要的。以下为各种薄膜类型及规格，供选择参考：

- **WFE-V 型立式薄膜蒸发器：**

- a) **WFE-VA 型薄膜蒸发器**

WFE-VA 型刮膜蒸发器的刮膜片形式为径向可滑动型刮膜片，它原为“SWITH”人发明，所以又称“SWITH”（图 1）。每块刮膜片安装在开口朝外的“U”型导槽内，刮膜片呈矩形柱体，在刮膜片端面上带有一定角度的沟槽，改变此沟槽角度能调节液膜停留时间。刮膜片安装时带槽面向外，在转子的“U”型槽内可自由滑动，受离心力的作用沿导槽径向甩到加热面并随转子一起作圆周运动，保证液膜分布均匀、彻底混合和良好的热交换。

刮膜片材料一般采用 PTFE（聚四氟乙烯）、合成石墨或相类似的材料。



### b) WFE-VB 型刮膜蒸发器

WFE-VB 型刮膜蒸发器，其刮膜片形式类似于刮板搅拌器，用一个刚性叶片转子装备（图 2）。其刮膜片长度和加热面同高，根据刮膜片宽度及蒸发器的大小调整到与加热壁面间隙 1~3mm，因此对加热面不产生磨损。这封闭类型结构和非常光滑表面的转子容易清洗，因此，物料适用范围广，非常适用于食品行业，同样也适用于医药行业的 GMP 要求。它可处理粘度到大约 50,000mpas 的产品

WFE-VB 型刮膜蒸发器的刚性叶片也可以制作成螺旋状，此时处理粘度可达 70,000mpas 的产品。

刮板材质采用和蒸发器筒体相同的材质。

下表为立式薄膜蒸发器的标准的尺寸和设备的外形尺寸。

型号规格	加热面积 (m <sup>2</sup> )	内 径D (mm)	总 高A (mm)	总 重 (Kg)
WFE-0.2V	0.2	125	1825	220
WFE-0.3V	0.3	150	1980	380
WFE-0.5V	0.5	210	2550	420
WFE-1V	1	300	3250	650
WFE-2V	2	400	4320	1090
WFE-3V	3	400	5100	1500
WFE-4V	4	500	5850	1980
WFE-6V	6	600	6500	3150
WFE-8V	8	800	7230	3650
WFE-10V	10	900	7210	4880
WFE-12V	12	1000	8370	6500
WFE-15V	15	1200	8850	7200
WFE-20V	20	1400	10650	9850
WFE-24V	24	1400	11380	12080
WFE-30V	30	1500	12860	15620

### c) WFE-VC 型刮膜蒸发器:

又称铰链刮膜蒸发器，它有一个中心回转轴，输送铰链刮膜片（图 3），它们靠离心力紧贴在加热壁面上成一定的角度滑动，将物料刮成所需的液膜，并防止在加热面结垢、结焦。这种转子类型的设计对液膜提供有效的压紧力（高蒸发比和低浓缩液）。它适合于在加热面易结垢、带有固体颗粒或在蒸发过程中有结晶倾向的及要求浓缩成干（即干燥）的物料，处理粘度到 35,000mpas。

这种转子类型应用广泛，靠改变刮板频率和质量，调节离心力。

刮板材质通常采用和蒸发器筒体相同的金属材料、也可采用 PTFE 材质。

### d) WFE-VE 型刮膜蒸发器

又称柔性刮膜蒸发器，带有沟槽的滑块被固定在“L”槽内，靠离心力和弹性力双重负荷作用将物料在加热面上形成液膜，通过调整沟槽角度可调节液膜停留时间。

这种刮膜器形式利用弹性力产生的外加载荷，尤为适用于高粘性和聚合倾向的物料，它具有很好的壁面自清洁作用。



刮膜片材质为 PTFE 或合成石墨等相似的材料。

• **WFE-KV 型立式圆锥刮膜蒸发器**

WFE-KV 型刮膜蒸发器其刮膜器形式均为刚性刮片，结构为蒸发器上部（高蒸发区）为圆柱型筒体、下部（低蒸发区）为圆锥型筒体；靠轴向移动调节转子叶片，能调整在低蒸发区转子刮膜片和加热面的间隙。这保证加热面均匀获得湿润，甚至在浓缩液低排放率（高蒸发比）时能被获得，同时能改变液膜厚度（减薄）及停留时间（加长），使得在此处的蒸发过程得到改良。

它非常适用于要求残留量内含低沸物成份极少的产品，粘度大约在 50,000mpas。

• **WFE-KH 型卧式圆锥刮膜蒸发器**

卧式圆锥刮膜蒸发器非常类似于立式圆锥型刮膜蒸发器，至于结构是类似的，但是下列性能是不同的：轻组份（低沸物）和液膜（高沸物）是顺流，适用于直接地流入过热物料，靠闪蒸进入蒸发器；它具有较长的停留时间，且流动方向和重力成 90 度，还能用作反应器；低空间要求，WFE-KH 蒸发器能被安置于如现有建筑物高度受限制，它不可能安置垂直蒸发器的地方。

这类型蒸发器适用于粘度大约在 70000mpas。

下表为卧式圆锥刮膜蒸发器标准规格和外形尺寸：

型号规格	加热面积 (m <sup>2</sup> )	外 径D (mm)	总 长A (mm)	重 量 (Kg)
WFE-0.5KH	0.5	235	3000	520
WFE-1KH	1	365	3580	700
WFE-1.5KH	1.5	410	3680	850
WFE-2KH	2	430	4510	1150
WFE-3KH	3	495	4980	1700
WFE-4KH	4	825	5500	2300
WFE-5KH	5	835	5800	4250
WFE-6.5KH	6.5	1180	6500	6850
WFE-8.5KH	8.5	1180	6800	7500



成套卧式圆锥刮膜蒸发器

六、 典型应用：

目前大约几百家单位，以：蒸馏、分离、浓缩、汽提、脱臭、脱气、反应为目的，应用于农药、中医药、轻工、日化、生物化工、精细化工、石油化工等领域（表三）。

表 3

行 业	典 型 物 料
石 油 化 工	呋喃酚、吗啉、乙草胺等除草剂、毒死蜱等杀虫剂、除虫菊系列； 乳胶、苯乙烯丙烯乳胶、苯乙烯丁烯乳胶、橡胶乳胶、PVC 乳胶、胺、喹啉衍生物、异氰酸盐、异丁基酮等； 丙烯腈、丙烯酸酯、双酚A、己内酰胺、丁二醇、环氧氯丙烷、顺丁烯二酸酐、苯乙烯、增塑剂、TDI、MDI、三甲基氢醌、三羟甲基丙烷、氢氧化钠、氨化物、硅油等； 聚酰胺树脂、环氧树脂、甲醛、PBT、PTA、DMT、PPS（癸二酸聚丙烯酯）、聚丙烯腈、聚碳酸酯、聚苯乙烯、聚氨酯、有机硅树脂、聚丙烯、聚醚多元醇、甲酸丙烯酯、聚四氢呋喃等；

轻工日化	蛋白水解物、鸡肉汁；DL-乳酸、L-乳酸、米糠油、小麦胚芽油、桂皮油、玫瑰油等； 乳水、全脂奶、脱脂乳、炼乳； 果汁和果浆、苹果、杏；香精、香料、色素、酶制剂、山梨酸钾、月桂二酸、丙二醇酯等； 果糖、葡萄糖、蜂蜜、转化糖、淀粉糖； 脂肪和油、鱼肝油、油酸、甘油、烷基多糖苷、醇醚硫酸盐、脂肪酸衍生物、豆油、维生素E、单甘酯、二聚酸、卵磷脂等等； 啤酒、酵母、咖啡、茶、豆奶、麦芽糖；
制药行业	抗生素、生化酶、青霉素； 植物浸出液、雷公藤、黄芪、藻酸盐、莨菪、麻醉药、蛇麻草、欧亚甘草、栗子、蛔蒿素； 生物碱、激素类、血清、维生素（天然及合成 VE）类； 制药溶液、医药中间体、单胺胺、咪唑、三唑啉；
环境保护	废润滑油回收、氯化铵废水、工业废水、溶剂回收；

下列流程为典型操作单元：

a) 刮膜蒸发器单级蒸馏单元：

预热后的物料流入真空闪蒸罐，一些低沸物被蒸发、冷凝，经脱气后的物料进刮膜蒸发器进行蒸馏或浓缩等操作（流程图 1）。

b) 刮膜蒸发器作为再沸器：

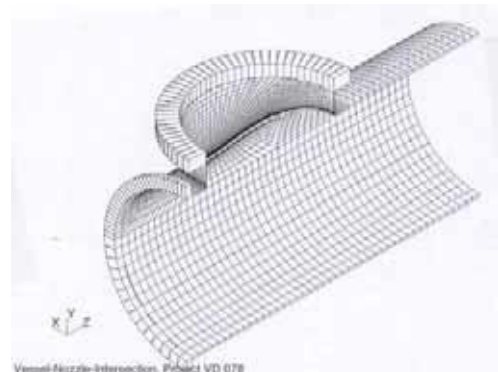
当处理热敏性物料时，刮膜蒸发器作为精馏塔的再沸器（流程图 2）。

## 七、设计、制造

HEC 公司的质量管理体系严格遵守下列要求：

- ISO9001
- 压力容器安全技术监察规程；

我们的设计人员使用 CAD 软件设计，所有设备的工艺尺寸设计依照国标及压力容器安全技术监察规程，此外我们还借助软件进行有限元分析。



CAD 有限元分析

我们的制作重点是专业化设备的加工，是依靠 HEC 专业人员对专用工夹具多年研究成果的应用。

专用工具是保证设备质量的可靠标准，例：

- 关于垂直度和圆整度严格的公差，
- 非常精确的转子平衡
- 特殊的底轴承



机械车加工转子

- 关于密封的高要求
- 关于焊接方法的高要求
- 特殊的机械加工过程

加工蒸发器内表面



## 八、 选型准则

在蒸发装置的选型中，必须综合考虑各种因素，

一般需考虑：

- 生产能力和操作参数：包括处理量、进出浓度、温度、年操作小时数等；
- 产品特性：包括热敏性、粘度和流动性（在操作温度下）、发泡沫性、固体含量、结晶和聚合倾向等；
- 操作介质：如水蒸汽（压力）、冷却水（温度）、清洗液（溶剂）等；
- 制造的材料选择和表面抛光要求；
- 现场条件：如空间、气候（室外）、能量和产品的
- 法规：包括安全、噪音、环境保护等；

## 我们提供的产品：

- 实验暨小试蒸馏装置
- 薄膜蒸发器
- 薄膜干燥器
- 离心薄膜蒸发器
- 短程蒸馏器
- 蒸发/蒸馏成套装置
- 升、降膜蒸发器
- 转盘萃取塔