

苯 乙 烯

WARD & ROBERTS 著

科学出版社



苯 乙 烯

WARD & ROBERTS 著

刘敬琨 祖耐 译

刘达夫 高国经 校

*

科学出版社出版 (北京朝陽門大街 117 号)

北京市書刊出版業營業許可證出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总經售

*

1958 年 9 月第 一 版

套号: 137 字数: 78,000

1958 年 9 月第一次印刷

开本: 850×1168 1/32

(京) 0001-8,500

印张: 3

定价: (10) 0.60 元

苯 乙 烯

目 錄

一、导言.....	1
二、制备.....	2
I. 試驗室制备.....	3
II. 工業制造.....	5
1. 由乙苯制造.....	5
2. 由石油热解制造.....	8
3. 由副产物制造.....	9
三、精制.....	9
I. 雜質的除去.....	9
1. 阻化剂的除去.....	9
2. 水分的除去.....	10
3. 固体物質的除去.....	10
4. 聚合物的除去.....	10
5. 真空蒸餾.....	10
6. 結晶.....	12
7. 苯乙炔的除去.....	12
8. 溶解气体的除去.....	13
II. 雜質的影响.....	13
1. 水.....	13
2. 醛.....	14
3. 过氧化物.....	14
4. 乙苯.....	14
5. 苯乙炔.....	14

6. 硫	14
7. 聚合物	14
8. 空气	15
9. 其他气体	15
10. 氯化物	15
11. 二乙烯苯	15
12. 一般情况	15
III. 苯乙烯單体的分析	16
1. 苯乙烯含量	16
2. 叔-丁基隣苯二酚的測定	21
3. 苯乙烯中水份的測定	22
4. 苯乙炔的測定	22
5. 苯乙烯單体中聚苯乙烯含量的測定	24
6. 醌的測定	24
7. 聚苯乙烯中殘存的單体	25
8. 密度	25
9. 苯乙烯單体的顏色	25
10. 苯乙烯單体中过氧化物的含量	26
11. 其他	26
四、儲运單体及注意事項	26
I. 毒性	26
II. 穩定处理	27
III. 易燃性	29
五、物理性質和热力学性質	30
I. 一般性質	30
II. 温度与物理性質的变化	31
1. 一般性質	31
2. 蒸汽压力	32
3. 密度	32
4. 折光指数	32

III. 溶解度	33
IV. 氢化热	34
V. 聚合热	35
VI. 聚合的活化能	35
VII. 热力学性质	36
VIII. 光谱性质	36
六、化学性质	39
I. 还原反应	39
II. 苯乙烯的氧化	39
III. 卤化反应	40
IV. 卤化氢反应	41
V. 次卤化反应	41
VI. 与含氧化合物的反应	42
VII. 与含氮化合物的反应	43
VIII. 与含硫化合物的加成反应	44
IX. 与醇类的反应	45
X. 双键上的其他加成反应	45
七、聚合	46
I. 均聚合	47
1. 本体热聚合	47
2. 溶液聚合	55
3. 乳液聚合	61
4. 悬浮聚合	61
II. 共聚合反应	62
1. 本体聚合	62
2. 溶液共聚合	70
3. 乳液共聚合	72
a. 苯乙烯-丁二烯	72
(1) 丁苯橡胶	72
(2) 低温橡胶及氧化还原系统	75

(3) 苯乙烯-丁二烯乳液油漆.....	79
(4) 苯乙烯含量高的苯乙烯-丁二烯固体共聚物.....	80
b. 苯乙烯-甲基丁二烯共聚物	81
八、文献.....	82

苯 乙 烯

A. L. 华德(Alger L. Ward)

W. J. 罗伯特(William J. Roberts)

一、导 言

苯乙烯($C_6H_5CH=CH_2$)是一种非常活泼的芳香族烯烃。它的英文名称熟知的有 styrene, styrol, vinylbenzene, cinnamene 及 Phenylethylene 数种。所有烯烃的典型反应苯乙烯都能进行。它的乙烯基的反应性,特别是在聚合反应中,由于邻近的、具有负电性的苯基的活化而更为加强。

虽然百余年前已知苯乙烯及它的某些聚合物的存在,但第二次世界大战以前,在工业上它还未得到很广泛的应用。1911年麦瑟(Mathew)的英国专利(Brit. P. 16,278),首先认定它在工业上应用的可能性。1930年德国首先进行了工业生产。1920年以后的几年间在美国俄斯特罗密斯楞斯基(Ostromislensky)曾做了很多的工作,引用并生产苯乙烯。美国在1933年第一次进行工业生产苯乙烯时遭到了失败,原因是聚苯乙烯的质量很坏,价格又高。

1937年美国不同工业团体再度进行苯乙烯的生产,在第二次世界大战开始时,其生产量很小,但此后即在逐渐增长中。它在工业上唯一的用途是生产聚苯乙烯供射出成型模塑粉之用。虽然某些问题如聚合物的雾化尚未解决,同时聚苯乙烯仅在适当高温时只能有些扭变,其产品通常质量尚好。但由于价格高,消费上受到一定的限制。

由苯乙烯与各种二烯烃制造合成橡胶的大量研究,一直是在进展之中,美国在参加第二次世界大战时期中,选择苯乙烯为一份与丁二烯约为三份配方的共聚物大量地制造橡胶。当时是将努力的方向集中在生产的问题上,研究发展则处于停顿状态。因而生产迅速

地达到很高的水平，由原来的数千磅增到数十万吨的惊人产量。

在战争末期，许多政府经营的合成橡胶厂，变得不很活跃。以和平时期的需要去衡量，苯乙烯单体的产量就变得大为过剩。价格由每磅一个美元暴跌到一角五分。

结果聚苯乙烯模塑粉的消费量突然上升，使它变成一种流行的廉价产品。更重要的是纯度大于 99% 的高活性单体，可以似乎无限地得到廉价的供应。因此使大量的研究发展工作集中到苯乙烯新的应用途径上去。在这种工作之中，特别是用苯乙烯共聚物作为涂料方面得到很大的成功。结果苯乙烯单体的消耗量在美国迅速地上升，1950 年 5 月份曾达到 43,200,000 磅^[10]，相当于每年的消耗量 518,400,000 磅。用于橡胶以外的苯乙烯，每月消耗量的曲线从 1947 年起几乎是直线地上升。例如在 1948 年用于非橡胶方面的消耗量为 140,000,000 磅，而 1946 年仅为 30,000,000 磅。1950 年夏季新用途发展得非常快，用于非橡胶方面其他目的的消耗量可与用于模塑粉方面的消耗量相当。

美国由于朝鲜战争中军备计划的关系，丁苯橡胶厂再度复兴，结果拖住了使用于橡胶以外的苯乙烯的消耗量的迅速膨胀，这是由于苯的缺乏还无法满足生产大量苯乙烯的需要。可以有把握地预测到当苯的供应能再度赶上需要时，则苯乙烯消耗量的迅速增加将再度恢复；而在发展工作方面，将会继续 1946 年到 1950 年期间所曾成功过的路线。苯乙烯新的主要出路之一将无疑地将作为纸的涂层之用。

最后，苯乙烯单体所具有的官能反应性引起人们对它作为有机合成的中间体方面进行研究，因之使它趋向于成为其他化学药剂的有效来源。

二、制 备

自 1831 年用热解苏合香 (storax) 制备苯乙烯以后，曾想出各种各样的合成方法，其中较适当的方法列举在实验室制备一节中。目前工业上苯乙烯的制造，据了解完全是用乙苯高温催化脱氢的方法。

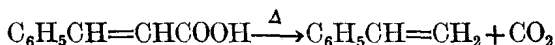
此外，在煤焦油蒸馏液中及由石油热解所得某些油类中含有为

量不同的苯乙烯。在这些油类里面的苯乙烯单体,为很多其他的烃类所稀释,将它浓缩制成工业上所能用的纯单体是有困难的。工业制造将在实验室制备部分后进行讨论。

I. 实验室制备

虽然有很多合成方法列举在下面,但总的来说,液相制备苯乙烯的方法的缺点为苯乙烯的同时聚合,结果使得产率变低,特别在大量制备时更为严重。

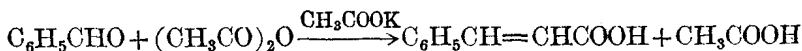
1. 将肉桂酸加热,脱除二氧化碳,即易得到苯乙烯。



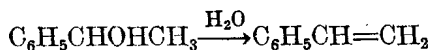
下面所举的这种制备方法,由“有机合成”专著^[50]中摘录如下:

将 148 克干燥粉状的肉桂酸, 2 克对苯二酚与几小块白土的混合物放入 500 毫升的烧瓶中, 此烧瓶上装有一个内径 13—14 毫米具有齿形凹痕的玻璃塔, 塔底到支管的距离是 24 厘米, 支管的内径是 7 毫米与一个水夹套的冷凝器相连接, 再通到一个瓶内含有 0.5 克对苯二酚的接受瓶上。将肉桂酸迅速加热, 到苯乙烯开始蒸出后, 即须控制加热, 使塔顶蒸汽温度经常保持在 130°C 以下, 并大多数时间在 120°C 以下。反应进行 3.5 小时到 5 小时之后, 塔顶温度迅速上升。馏出物与 100 毫升的水混合, 再重新蒸馏。将油分出后, 用氯化钙干燥, 在 40—60 毫米汞柱下再蒸馏, 用冰水或冷水使冷凝器与接受器冷却到 5°C。在 44—46°C/40 毫米汞柱*或 60—63°C/60 毫米汞柱*下收集苯乙烯。这种规模制备苯乙烯, 其产率约为 40%。

由苯甲醛与乙酸酐可以制备肉桂酸, 此项实验室的合成方法在“有机反应”专著上有记载^[1]。



2. 第二个制备苯乙烯及具有取代基的苯乙烯的方法是将 α -或 β -苯乙醇脱水, 用 α -苯乙醇最方便, 因为它可以由苯乙酮还原制得。关于液相与气相的各种脱水方法, 均曾有报导。



α -苯乙醇液相脱水曾采用亚硫酸钾^[58]、磷酸^[96]与乙二酰氯^[2]

* 原文认为 44—46°C/40 mm, 按原文献修正(译者注)。

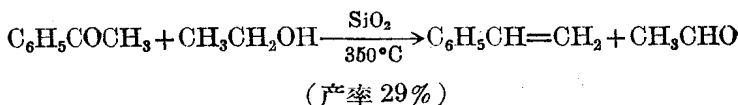
为脱水剂。气相脱水曾採用氧化铝、氧化鈷与氧化錫等催化剂^[7],184]。用氧化铝作催化剂,苯乙烯的产率可达理論上的 71—89%^[184], 烷基苯乙烯的产率則可达 76—93%^[121]。用氧化铝催化剂气相脱水所得烷基苯乙烯的产率,極为良好。由於此法制备方便,特將其介紹如下:

用电加热的內徑 25 毫米、長 50 厘米的熔融純石英(Vitreosil)反应管。裝有一个內徑 2 毫米的热电偶管伸至离管底 15 厘米处,並裝有两个具有平衡压力支管的刻度分液漏斗;管底則裝一个用水冷却的冷凝器,其下方連接一个干冰槽。此反应管内裝有一層 5 厘米高的碳化硅碎片,上置 40 厘米高的 4—8 篩孔的活性氧化铝。由一个分液漏斗將醇以每小时 40—60 毫升的速度滴入,在压力 30—100 毫米汞柱溫度 290—310°C 下进行脱水。如果反应管堵塞,則由另一分液漏斗滴入溶剂。此催化剂可用緩慢流速的空气在 500°C 下經一夜的时间进行复活。生成物由水層分离后,干燥,再採用前述方法,在小量阻化剂的存在下进行蒸餾。

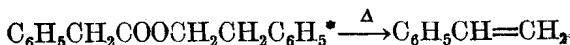
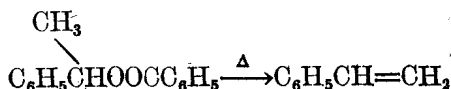
β -苯乙醇採用氫氧化鉀的酒精溶液进行脱水,亦可制得苯乙烯^[152]。



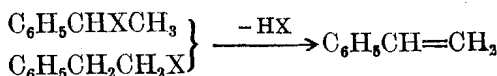
3. 由苯乙酮用乙醇經硅膠去氧即可直接制备苯乙烯^[141]



4. 苯乙烯也可以用蒸餾 α -苯乙醇的苯甲酸酯^[66]与用蒸餾 β -苯乙醇的苯乙酸酯来制备^[69]。

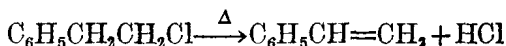


5. 另一制备苯乙烯的普通方法为將鹵化乙苯脫去鹵化氫



* 原書为 $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_2\text{COOCH}_2\text{C}_6\text{H}_5$ 誤,据原文改正(譯者註)。

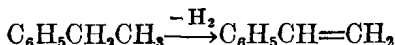
β -氯乙基苯热解即为上项反应的一个例子^[162]



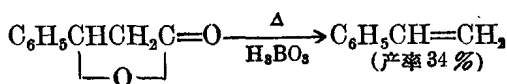
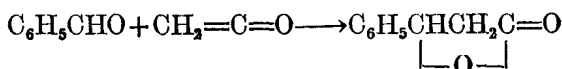
6. α, β -二溴(代)乙苯用镁脱卤^[166]



7. 当高温 (500—700°C) 气相反应便于进行时, 苯乙烯亦可以实验室规模由乙苯催化或加热脱氢来制备。



8. 温度 0—10°C 时, 在有硼酸或氯化锌的存在下苯甲醛与乙烯酮(Kotene)反应, 然后用硼酸加热脱去二氧化碳即可制得苯乙烯。



II. 工业制造

1. 由乙苯制造

美国与德国由乙苯脱氢制造苯乙烯的方法, 是各自独立地发展出来的, 但在化学方面、设备方面与产率方面, 都非常相似。图 1 为此基本方法的图解。

乙苯的制造系採用液相方法以氯化铝作催化剂, 将苯与乙烯经催化氢化反应制得。反应条件比较温和, 系在压力为每平方吋 15 磅和温度 85°C 左右进行。乙苯制造的同时有聚乙苯产生, 将后者的一部分重新送回到反应器内可以改进乙苯的产率, 经此操作手续所得乙苯产率, 可达理论产率的 90% 以上。所用苯最初由煤焦油得来, 后因要求量增加, 而焦油蒸馏液的供应有一定的限制, 结果不得不由石油来进行苯的制造。在美国乙烯系由石油或其馏分热裂来大量制造。在催化剂除去后, 将反应生成物放到蒸馏系统内, 首先将未反应的苯馏出重用, 再将乙苯蒸出, 留在蒸馏器底的聚乙苯, 一部分送回反应器重用, 其余则除去。此项氢化反应为显著的放热反应, 因此在反应器中, 必须有冷却设备。

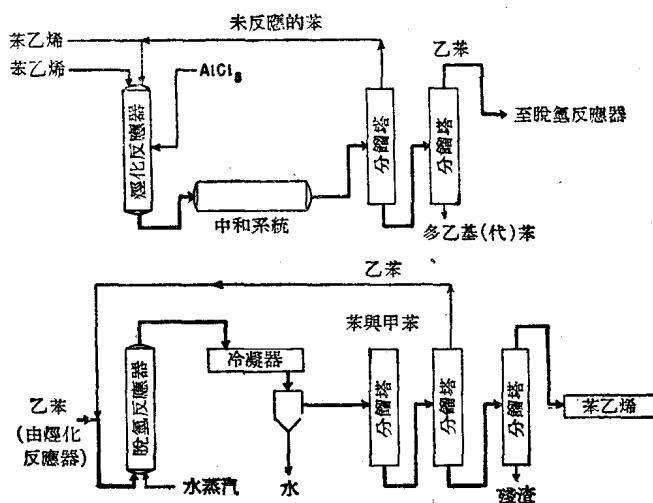
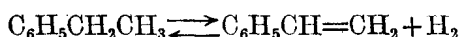


圖 1. 苯乙烯制造流程图

乙苯脱氢的制造是一种吸热反应,而且一般系在高温,並在較低的乙苯分压下进行操作.这种情况,对此可逆反应在热力学方面有利,



在許多用以降低分压的方法中,最常採用的是水汽稀釋法。

虽然在平衡理論上,採用較低的分压有利,但反应速度相当的慢,同时必須採用催化剂。

德国与美国的方法,在所用氧化物催化剂的成分方面,在水蒸汽对二苯的比例方面以及在供給变成蒸汽所需热量的机械方面,各有不同。德国方法^[29]用氯化鋅作基础的催化剂(77.4%),並用鉀使之活化;蒸汽对乙苯的重量比为 18:104 (克分子数相等)。此反应在一簇平行的反应管中进行,在反应管外加热来維持其所需的温度。用新鮮催化剂时,反应温度为 580°C。在催化剂使用的一年時間里;反应温度要逐漸增高到 610°C,来补足催化剂活性的逐漸降低。

美国的方法同样用氧化物作催化剂,但其成分不同。一种美国催化剂系用氧化鎂作基础用碱与氧化鉄为助催化剂,另一种催化剂則含有碱性氧化鉄(83%)与少量氧化鉻。此种催化剂常作为脱氢反应之用,包括苯乙烯、丁烯、丁二烯及其相类似的化合物。

道化学公司(Dow Chemical Company)^[118,134]的一种标准装置系每磅乙苯用 2.6 磅蒸汽。將大部水蒸汽使之加热到 710°C, 其余水蒸汽与乙苯共热到 520°C, 將二者混合, 在 630°C 加入反应器内。此反应器为絕热式蒸汽向上流过的一巨大的催化剤床。其流出蒸汽的温度为 565°C, 此温度为几个月操作的平均值, 以后也和德国方法一样, 反应由較低的反应温度开始, 漸漸升高, 来补足催化剤应用后的活性降低。所需热量一部系由反应器流出物所放出的热量經過交换来供給, 一部分用油或气体燃燒的过热高温爐来供給。反应器流出物經部分冷却, 脫除焦油, 再經冷却, 使水蒸汽与油蒸汽冷凝下来, 最后放出气体, 主要是氢、一氧化碳与二氧化碳(由水蒸汽与热解所形成的焦炭反应生成)以及甲烷与乙烷(由輕微的热解副反应所形成)。在与水分开之后, 此項烴类液体生成物加入到一系列的連續蒸餾塔中。此項液体冷凝物的典型組成的重量百分数为:

37.0	苯乙烯
61.1	乙苯
1.1	甲苯
0.6	苯
0.2	焦油

这个方法如同德国方法一样是連續的, 操作一年以上才需要更換催化剤。未反应的乙苯循环使用, 苯乙烯的总产率大於 90%。蒸餾塔回收系統的操作情况, 首先除去苯与甲苯, 未反应的乙苯則重新送到脫氢器。苯乙烯生成物的純度大於 98%, 此外尚有少量焦油。

在兩种方法中, 特別重要的是加入的乙苯須除去二乙苯。二乙苯脫氢成为二乙烯苯, 虽然少量存在亦易聚合成为既不溶解也不熔化的物質, 使流程設備中, 發生麻煩。

据說德国方法較一般美国方法可得到較高(約为 40%)的苯乙烯濃度^[29]。增加温度或增加接触時間均能得到較高的苯乙烯濃度与較高的單程产率, 但这样則損失选择性因而最終产率有所損失的, 因为經過乙苯脫去烴基的反应而增加苯与甲苯的生成。下面数据系由瓦那(Wenner)与德浦特(Dybdal)的論文^[189]取得, 可以說明脫氢条

件猛烈的影响。

苯乙烯单体在脱氢, 混合物中的重量百分数	原料回收后的最 終产率
38.2	89.5
45.7	86.5
56.9	81.4

在应用上, 以限制單程轉化率, 而增加脱氢次数較為經濟。

2. 由石油热解制造

上面已述及苯乙烯可由乙苯直接热解制得, 但使用催化剂則可在能限制不利的裂解的温度下改进反应速度。苯乙烯也能由石油热解来制造。在二次世界大战期間已有选择一定規格的粗油为原料, 在适合於芳烃与烯烃生成的条件下, 进行小規模的工業生产^[24]。

由这个方法从 135° 到 150°C 蒸餾所得的輕油組成內, 含有乙苯、二甲苯的几种異構体与苯乙烯。有效的分餾能濃縮苯乙烯至 60%, 此时稀釋剂主要是隣二甲苯。因此, 这个方法或其他以石油为原料的方法關於增高苯乙烯的濃度的關鍵步驟在於如何分离苯乙烯与隣二甲苯, 其沸点分別为 145.2°C 和 144.41°C。直接分餾只是在極高的成本以及苯乙烯由於聚合而大量損失的情況下才能完成。在战争期中, 系採用低温結晶的方法, 並在結晶处理前或結晶处理后, 以化学方法处理以除去苯乙炔而达成分离的目的。

由於最近溶剂与共沸分餾技术的發展, 所以此項生产苯乙烯的方法是值得總結一下的。因为此法价格低廉不需要用苯或其他必要的原料。

与上面相反, 在由乙苯作原料的方法中, 濃縮生成物的必要步驟为由沸点 136.19°C 的乙苯中分离苯乙烯。虽然沸点有 9°C 的差別, 但苯乙烯的易於聚合为其關鍵問題。由於聚合阻化剂在 100°C 以上即失效, 故蒸餾器的温度須保持在 90°C 或以下。完成分离可採用大約 70 理論板的分餾塔, 並在适当回流比下进行。甚至在 35 毫米压力下进行操作, 也必須將分餾塔分为兩部分, 以便維持蒸餾器所必要的温度。關於美国与德国方法分离系統的描述, 可参考本文所附的文献^[184, 20]。

3. 由副产物制造

在生产煤气、焦爐气和增碳水煤气(carbu retted water gas)时, 苯乙烯存在於輕油、引管油(drip oils)与其他由煤的碳化或石油热解的凝集物中。在第二次世界大战时, 有一个工業方法系將来自苯乙烯副产物的低分子量聚合物进行加热解聚以生产純苯乙烯。此法的成本目前很高, 但粗的副产的苯乙烯, 在不必需考虑不純物和稀釋剂等因素的情况下, 仍被繼續应用。

三、精 制

I. 雜質的除去

由苯乙烯單体内除去雜質所採用的技术, 显然決定於它含有哪些雜質与哪些雜質是我們想除去的, 后者又取決單体將用於哪一方面。又存在的雜質主要是取決於制造單体的原料和方法。因此首先要討論最可能存在着的各种雜質的除去方法。此外起始原料最可能的为工業上的純度大於99%的單体。

又苯乙烯單体精制时, 必須特別注意物理方面的处理, 以免沒有將其質量精制反而使得它的質量較处理以前更坏。对銅或其合金, 微量酸、空气与热(除非有阻化剂存在)的曝露應該避免或減少至最低限度。可能时須採用低温並在容器夾層間充以惰性气体(如氮)。

1. 阻化剂的除去

对(位)叔丁基磷(位)苯二酚为苯乙烯常用的一种阻化剂, 可用苛性碱水溶液洗滌除去。建議用适量(苯乙烯容积的10—20%)的稀氢氧化鈉溶液(5—20%)洗滌多次, 再用蒸餾水洗滌, 除去微量的碱, 至水層呈中性为止。洗滌后的單体应进行干燥。阻化剂的除尽与否, 可由分析驗證, 其方法見本章第III节。

真空蒸餾也可用以从苯乙烯中將不揮發的阻化剂基本分离出来; 因此如採用蒸餾法来精制, 則預先碱洗的手續即無必要。

另有报告謂白色無水硫酸鈣干燥剂(white Drierite)也可以除去大部分的对(位)叔丁基磷(位)苯二酚。

2. 水分的除去

凡与苯乙烯並無化学反应,又在水的存在下不产生生活潑产物的干燥剂都可用以除去苯乙烯中的水分。氧化鈣(生石灰)、硅膠、無水硫酸鈣干燥剂或氯化鈣均可採用。酸性干燥剂則不宜使用。水分也可採用小心減压蒸餾由苯乙烯內分离除去。

3. 固体物質的除去

在苯乙烯單体内的悬浮固体物質,可用過濾除去,但此法必須在氮或其他惰性气体下来进行。特別的机械過濾方法本文所附文献有記載^[35]。如果單体採用蒸餾法精制則此步驟可以省去。

4. 聚合物的除去

聚苯乙烯為不揮發性物質,可採用水蒸汽或真空蒸餾法除去。在常压下水蒸汽蒸餾法可以採用,但蒸出物必須进行干燥。

5. 真空蒸餾

苯乙烯的干蒸餾不能在常压下进行,因为單体在此条件下聚合速度很快。如果适当加以注意,真空蒸餾,只要加以必需的小心不論簡單的真空蒸餾或是真空分餾均可採用,但必須使用低压低温。蒸餾器內加阻化剂,並充滿惰性气体。絕對的清潔,沒有任何沾污的蒸餾設備与冷却受器(最好是採用完全玻璃的設備,且未被油脂沾污),这都是先决的条件。

簡單真空蒸餾可用来分离聚合物、阻化剂、悬浮固体物質及其类似物。有关应注意的各方面,如阻化剂、压力、温度及設備等將在下面敘述分餾时討論之。

如果需要很大程度的精制或存有沸点相接近的雜質例如乙苯时,必須採用有效的分餾塔小心进行真空分餾。茲將設備与操作条件列举如下。

a. 結構材料: 可以採用完全清潔沒有油脂沾污的玻璃設備;如果需用軟木塞,則必須用錫箔或鋁箔將之包裹。若須应用試驗工厂規模的大型設備时,則所用金屬避免用銅及其合金。用硫黃作阻化剂时,鎳不能适用。

b. 蒸餾鍋与加热器: 蒸餾鍋应有均匀加热、防止暴沸与引入惰

性气体等的装备。在实用上以一个很细的毛细管与氮气筒连接可减少沸腾并能形成一个惰性气体的低温和低压的环境(氮与苯乙烯仍有少许反应的危险,故曾有人建议采用天然气或氮^[35])。蒸馏锅的加热可由石蜡,合金,或油浴或均匀包裹的圆底瓶电热器来供给。

c. 分馏塔: 分馏塔的效率应有 20 至 30 或更高的理论层板。斯特满(Stedman)、波特比尔尼克(Podbielniak)、肯农(Cannon)、卑尔鞍形座(Berl saddle)、雷斯西克环(Raschig ring)或芬斯克螺旋(Fenske helix)等形式的填充物均可适用。为了保持蒸馏锅内的温度至最低限度,尽可能采用压力差较低的填充物。分馏塔应该有绝热操作装备,可采用镀银的真空外套或用具有可变控制装置的电热外套以平衡输入热的损失。实验室的分馏塔至少须 36 吋长并用¹/₈吋直径玻璃螺旋物作为填充物,如果装置与操作得适当,可得最低要求的效率。分馏塔理论层板的效率愈大,则需要达到一定程度的分离的回流比就愈低,因而可以使加入的原料遭受加热的時間愈短。

d. 馏头: 馏头应该可以控制回流比,在冷凝器内应具有足够热交换量,使在减压下的苯乙烯得以操作。可自动控制回流比的全凝液式馏头,特别适合于应用。

e. 凝气瓣(trap): 次级冷凝器,冰或干冰凝气瓣,是用来防止沾污真空泵的。如果采用干冰凝气瓣,应该注意防止冻结的苯乙烯堵塞引入管。

f. 真空系统: 任何适当的真空泵均可采用,它应该经过一个浪涌槽(surge tank)与自动控制的恒压系统相连接,同时在对预先所安置的压力波动最小的情况下进行操作。控制空气漏洞的细管不应采用。

g. 冷凝器的水: 由于需要采用低压,冷凝器用水的温度愈低则蒸汽损失愈少。假若蒸馏液的回收损失不严重的话,一般水道也可以采用,自然 0—10°C 的冰水更是更适宜一些。

h. 接受器: 馏出物接受器可以采用任何适当的、能在蒸馏时接受各馏分的装置。此接受器应该保存在冰浴内。

i. 压力: 操作压力应该在冷凝条件得以适应的情况下尽可能降