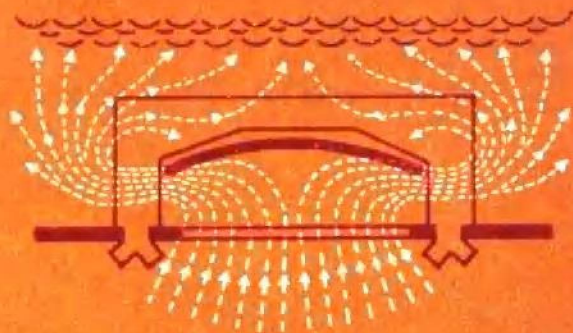




浮 閥 塔

燃料化学工业出版社

79.5183
171
0.3

浮 阀 塔

北京化工研究院“板式塔”专题组 编

燃料化学工业出版社

内 容 简 介

本书是在对具有溢流装置的盘式浮阀塔试验研究工作的基础上,总结国内有关浮阀塔资料汇编而成的。全书叙述了有关盘式浮阀塔的基本原理和操作性能,介绍了盘式浮阀塔的设计计算方法和在工业上的应用情况。

本书主要供设计单位和工厂的技术人员设计浮阀塔时参考。也可供工厂的专业工人和有关学校师生参考。

浮 阀 塔

(只限国内发行)

北京化工研究院“板式塔”专题组 编

*

燃料化学工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

燃料化学工业出版社印刷二厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ 印张 8 插页 1

字数 208 千字 印数 8,201—14,750

1972年12月第1版 1975年4月第2次印刷

书号15063·内503(化-70) 定价 0.85 元

前 言

建国以来，我国石油、化学工业战线上的广大工人、革命干部和革命技术人员，在毛泽东思想的光辉照耀下，发扬“**独立自主、自力更生**”的革命精神，迅速改变了我国一穷二白的落后面貌，使石油、化学工业获得了高速度的发展，目前有些项目已进入了世界先进行列。随着石油化学工业的迅速发展，作为重要化工单元操作之一的塔设备，也有了新的发展。它的发展同其他科学技术工作一样，也存在着两个阶级、两条道路、两条路线的斗争。广大革命群众，沿着毛主席的革命路线，坚持自力更生，奋发图强，发展我国塔器技术。但叛徒、内奸、工贼刘少奇及其代理人长期以来，一贯反对伟大领袖毛主席制定的“**鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义**”的总路线和“**独立自主、自力更生**”的建设方针。极力推行“洋奴哲学”、“爬行主义”、“专家治厂（院）”等反革命修正主义路线，致使塔器研究工作进展缓慢，对已有的新型塔器的科研成果，也不能及时得到推广和应用。

在这次史无前例的无产阶级文化大革命中，广大革命群众在伟大领袖毛主席领导下，彻底摧毁了以刘少奇为首的资产阶级司令部，狠批了刘少奇的“洋奴哲学”、“专家治厂”等反革命修正主义路线。从而大大提高了广大革命群众的阶级觉悟和路线斗争觉悟，激发了广大革命群众的积极性和创造性，有力地推动了革命和生产。使塔器工作也有了很大的发展。如纸质蜂窝填料的发明创造，大大提高了填料吸收塔的传质效率并降低了金属耗量；湍球塔的使用，有效地降低了吸收和解吸塔的单位体积和高度；新型的浮阀塔和浮动喷射塔的广泛应用，以及非金属材料的塔器和浮阀的采用，进一步强化了板式塔的生产能力，降低了塔器的

造价，大大减少了金属材料的用量；最近又提出了各种型式的卧式塔，使之更符合于我国当前战备的要求。这一切成就，是毛泽东思想的伟大胜利，是毛主席革命路线的伟大胜利。

伟大领袖毛主席教导我们：“中国应当对于人类有较大的贡献”。我们绝不能满足已有的成绩，要谦虚、谨慎、戒骄、戒躁，使塔器工作取得更大的成绩，在不远的将来赶上和超过世界先进水平。

本书是在我们对具有溢流装置的盘式浮阀塔的试验研究工作的基础上，总结了国内外有关浮阀塔资料汇编而成的。它较全面地叙述了有关盘式浮阀塔的基本原理和操作性能，并介绍盘式浮阀塔的设计计算方法和在工业上的应用情况。对所列出的某些重要公式，均用国内有关生产操作数据作了验算和校核，并作了必要的修正，使之更接近于生产实际情况。

由于我们学习马克思列宁主义、毛主席著作不够，加上我们的业务水平有限，编写时间仓促，书中一定会有不少缺点和错误，希同志们阅后能给我们提出宝贵的意见，以便改正。

北京化工研究院“板式塔”专题组

1970年12月15日

毛主席語录

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。因此，人类总得不断地总结经验，有所发现，有所发明，有所创造，有所前进。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

目 录

前言

第一章 各种塔板结构主要特性的比较	1
第一节 鼓泡及泡沫塔设备	2
第二节 喷射式传质设备	11
第二章 盘式浮阀塔板的性能	19
第一节 盘式浮阀塔板的构造	19
第二节 盘式浮阀塔板的操作状况	23
第三节 盘式浮阀塔板的性能	24
第四节 影响盘式浮阀塔板性能的因素	30
第三章 盘式浮阀塔板的工艺设计	48
第一节 塔板间距	48
第二节 塔径计算	49
第三节 塔板类型	56
第四节 液流程数	57
第五节 溢流装置	58
第六节 塔板布置	78
第七节 浮阀数及开孔率	78
第八节 浮阀的排列	80
第九节 流体力学计算	82
第十节 塔板数的测定和计算方法	90
(1) 塔板数的测定方法	90
(2) 塔板数的计算	91
(一) 二元系统	91
(二) 多元系统	104
(三) 萃取和恒沸精馏	117
(四) 吸收和解吸	147
第四章 盘式浮阀塔板的结构设计	152
第一节 浮阀结构	152

VIII

第二节 浮阀塔板的结构设计	162
(1) 整块式塔板	162
(2) 分块式塔板	175
第三节 浮阀塔制造、安装的主要技术要求	190
第五章 浮阀塔的辅助装置	192
第一节 回流冷凝器	192
第二节 再沸器	193
第三节 接管	195
第四节 除沫器	200
第六章 浮阀塔在工业上的应用	202
盘式浮阀塔的设计实例	205
参考文献	245

第一章 各种塔板结构主要特性的比较

气体(蒸汽)和液体间的传热和传质过程,例如精馏、吸收及解吸等,在许多工业生产中都是主要的单元操作过程。因此,研究和新型的传质塔设备,对于强化气(汽)、液二相传质过程,在工业上具有很重要的意义。

对气(汽)、液二相传质设备的要求是:生产能力大、分离效率高、压力降小、操作范围广、结构简单和金属耗用量少。因之在改进旧有设备和提出新型设备时,就应当主要进行如下几方面的工作:(1)研究操作设备的流体动力学条件;(2)制定更为合理的操作流程;(3)改进和提出各种新型塔板,以满足上述的要求。

目前在工业上普遍应用的是膜式传质设备与鼓泡式传质设备两种;从传质角度来说,鼓泡式传质设备的生产强度(按每1米³容积计算),往往要超过一般膜式传质设备好多倍。气泡或是液滴中的传质速度亦较液膜为大^[1],有人认为在一般情况下液滴的传质速度要比液膜大10~13倍。因此,从当前发展趋势来看,人们对于鼓泡式设备的研究较多。在改进泡罩塔板的基础上,先后提出了各种各样的新型塔板结构。为了有助于我们对这些新型塔板结构更深入的了解,先根据图1—1^[2]对旧有泡罩塔的操作状况进行一下分析。

首先当气(汽)、液负荷很小时,塔板上发现上升气体不均匀而引起脉动现象,同时有部分液体,从部分的气体上升管流下。若当液体的负荷较气体的负荷大得多时,就可看到塔板上泡罩被液体所淹没,并有大量液体通过气体上升管而下流。当液体负荷很小,而气体负荷很大时,塔板上泡罩缺乏液封,气体从齿缝直接跑出。若继续增大气体负荷时,就会发现有大量气体直接抽出。

如气体负荷比液体负荷大很多时，雾沫夹带现象严重，就会使塔板的分离效率降低。因此，根据图1—1分析可知，泡罩塔的正常

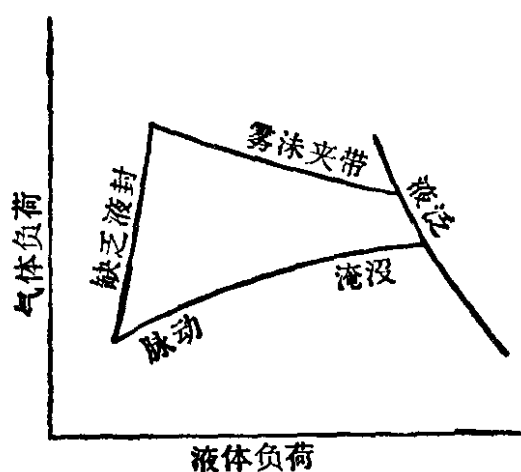


图 1—1 泡罩塔板的操作状况

操作状况区域被上述这些现象所包围，为了要改善泡罩塔的操作状况，必须扩大其正常操作区域。其中最主要的问题是如何减少雾沫夹带现象和提高操作时的液泛界限（即在塔中产生液体被堵塞现象的界限）。

针对泡罩塔操作中所出现的问题，提出了泡罩塔的改进方向：（1）改进泡罩或塔板结构

以减少雾沫夹带来提高塔板的分离效率和气液负荷。（2）降低塔板液面落差、压力降和改进溢流装置，以提高液泛值，扩大正常操作区域。（3）增强气液两相扰动程度而降低扩散阻力，并使相际接触不断更新。

基于上述要求，近 20 年来，先后提出了许多新型的塔板结构。为了更好地说明气液二相传质设备的现状及发展趋势，依据二相流体力学状态，将板式设备分为鼓泡及泡沫塔设备和喷射式传质设备两大类来进行讨论。

第一节 鼓泡及泡沫塔设备

在鼓泡式塔设备中，最早应用的是泡罩塔。它从1918年就开始在工业上得到了应用^[3]。随着科学技术的不断发展，目前又提出了新型的鼓泡式设备，已经在速度方面，或者在效率方面，或者在结构的简化方面不同程度地超过了泡罩塔板结构。虽然目前它们还远不是最完善的，但从其演变趋势来看，似乎前一阶段人们着重考虑的是如何保证效率，近来则逐渐从强化过程的速度为前提，趋向于全面地把高速、高效与简化结构的要求紧密结合起来。

前已说及,对塔设备的基本要求是分离效率高,生产能力强,操作范围广,但对于大直径塔来说,液面落差也甚为重要。液面落差会引起塔板上操作不均匀,直接影响到塔的分离效率。为了减少或消除液面落差,在泡罩塔的基础上提出了一些新型塔板,例如“S”型塔板。这种塔板的结构如图1—2所示,塔板上装有横“S”型泡罩,液体的流向与旧有泡罩塔不同,它不是穿过泡罩间隙而是横跨泡罩顶部。泡罩只有一面开口,并设有锯齿,其方向与液流方向相同,气体自下而上转折齿缝而入液层中;由于气速很大,气液接触良好,且气体喷注方向有助于液流向降液方向流动,因而减少了液面落差,且在大液流情况下塔板操作仍较稳定。“S”型塔板的溢流装置为空塔截面的12~

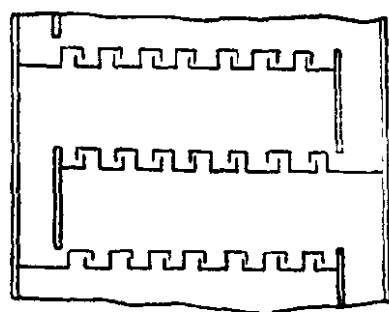


图 1—2 S型塔板

14%,其上升蒸气管面积较圆形泡罩塔板大2~4倍,故处理能力比泡罩塔要提高20~30%。由于结构简单,可用金属钢板冲压,安装费用较少,钢材耗量较泡罩塔板低20~30%。

这种塔板的特性研究和设计数据可参阅有关文献^[4,5]。它适用于常压或加压操作,不适用于减压过程,目前已广泛应用于原油蒸馏,解吸及气体分馏等液体量较大的精馏过程。

又如,浮阀塔板。这种塔板的性能兼有泡罩板与多孔板塔之优点,并进一步改进了它们的缺点。其特点是塔在变负荷情况下操作时,仍能保持浮阀孔隙速度不变,具有较大的弹性,以得到稳定的塔板效率。目前,在工业上应用最广的大致可分为以下两类:

(1) 盘式浮阀塔板

盘式浮阀塔板按支架型式可分为二种:一种是利用十字支架来固定浮阀位置和进行导向,支架嵌在塔板上,如图1—3所示^[6,7]。另一种是用圆盘上支腿来保证浮阀的位置和进行导向,按阀片形式又可分为V型^[8,9,10]和A型^[11,12]两种。分别如图1—4

和图1—5所示。

在盘式浮阀塔板上开有许多升气孔,每个孔上装有圆盘浮阀,

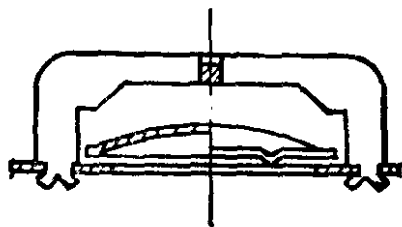


图 1—3 十字架型浮阀塔板

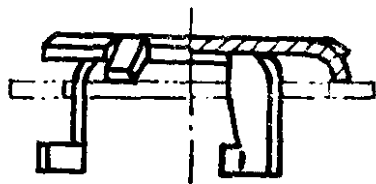


图 1—4 V-1型(FI)浮阀塔板

塔板可用不同重量的浮阀交替排列。操作时,当气体通过升气孔时,浮阀上升,穿过环形隙缝,并以水平方向吹入液层,浮阀中环形隙缝随着上升气体的大小而可自动调节。

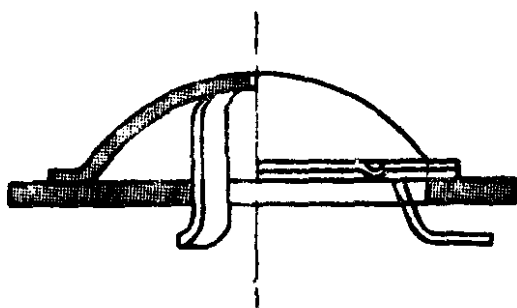


图 1—5 A型浮阀塔板

(2) 条状浮阀塔板^[13,14]

条状浮阀塔板,于1945年研究成功,1953年试用于吸收操作中。以后,它的结构又再经改进。阀型种类也很多,相继应用于精馏和解吸等过程。图1—6表示塔板的操作状况。在塔板上开有矩形槽缝,在未操作时,浮阀由于本身重力而处于塔板上(图1—6—*a*);开始操作时,气体将浮阀部分开启,此时气体从隙缝中流出,并与板上液体进行接触,当气体量达到最大允许负荷的20%时,阀的操作就完全稳定,当达到40%时,浮阀就保持图1—6—*b*的状态。如气体量继续增加至65%时,浮阀就被升至极限状态

(图1—6—c)。条状浮阀与盘式浮阀比较，其优点是它在半开状态下是稳定而不摆动的，这样就可能使气速较低时泄漏较少而不致影响塔板效率。

条状浮阀的另一特点，即可根据用途选择如图1—7所示的各种阀型。它的基本型式有如下五种：

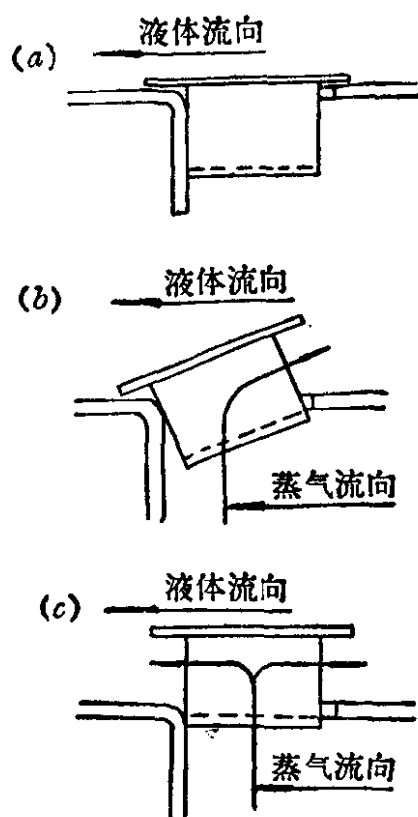


图 1—6 条状浮阀塔板操作状况

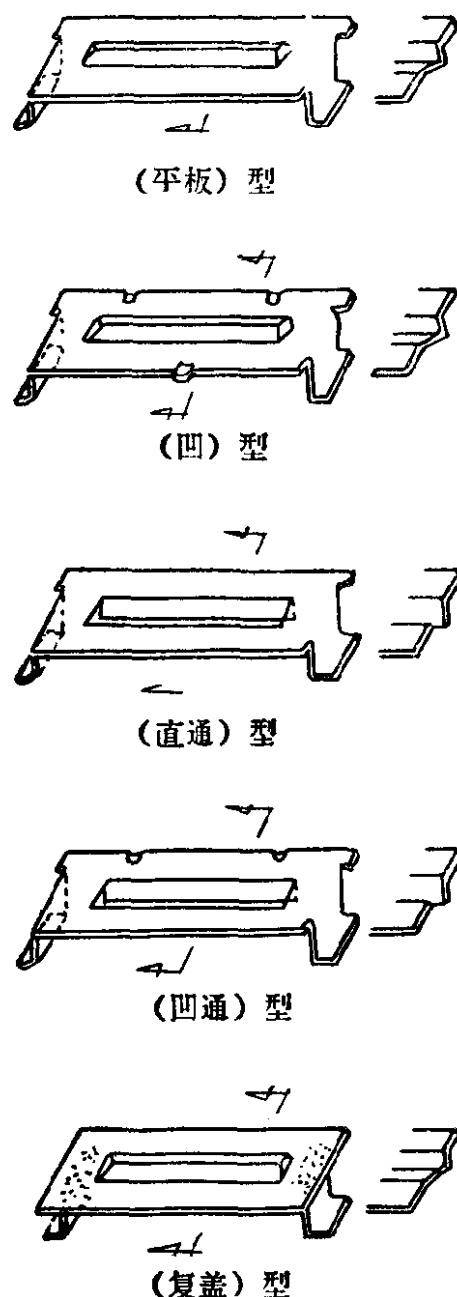


图 1—7 各种条状浮阀塔板

1. 平板型，是最基本的型式。
2. 表面微凹型，当未全关闭时，气体可以直接通过。
3. 凹和直通联合型，是1—2型的联合型式。
4. 复盖型，支脚是点焊在阀上，阀与塔板之间无空隙。与其他型式同样大小的称“全复盖”型。在小塔径时用“半复盖”

型，即长边的长度减少一半。

以上各种阀型，根据气体处理量，来选择阀片的最大开度；

根据适用的操作范围，来选择不同的阀重。设计时，这些因素需要进行综合考虑。

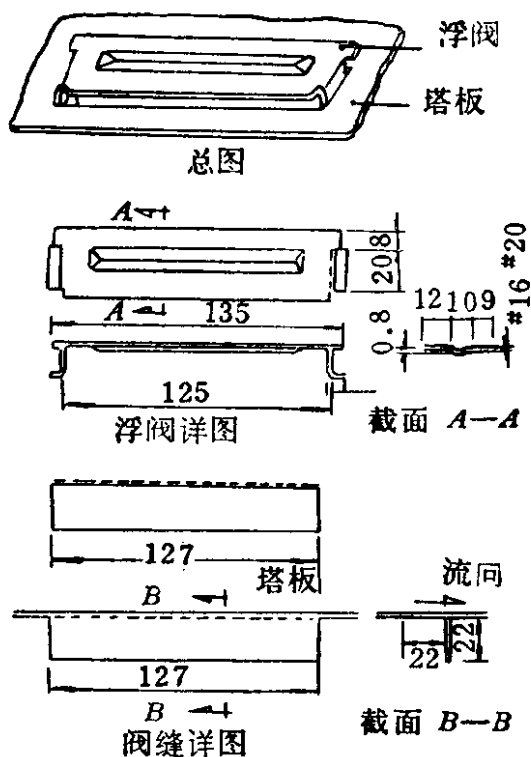


图 1—8 平板型条状浮阀结构

各种型式的条状浮阀的结构大体相同。以平板型为例，如图1—8所示。

浮阀塔板除了上述外，尚有其他型式，但其操作原理是基本相同。它除了在性能上兼有泡罩塔板和多孔塔板的优点外，还具有处理能力大，操作范围广，效率高的特点。目前这种塔，在国内外已日益广泛地应用于精馏、吸收、解吸等过程中。

在浮阀塔板的发展过程中，又提出了如图1—9的旋转浮阀塔板。这种浮阀在塔板上可以随着塔的气（汽）体负荷而自动改变旋转速度和浸没在液体中的深度^[15]。

还有如图1—10的旋转浮阀^[16]。将塔板 1 上每一圆孔中安置一个直径较阀孔为小的盘式阀 2，阀片可自由地放在垂直销 3 上，

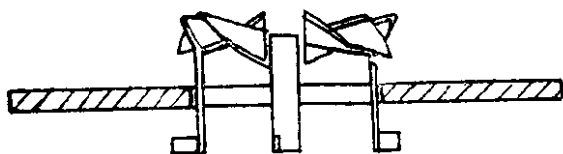


图 1—9 旋转浮阀塔板

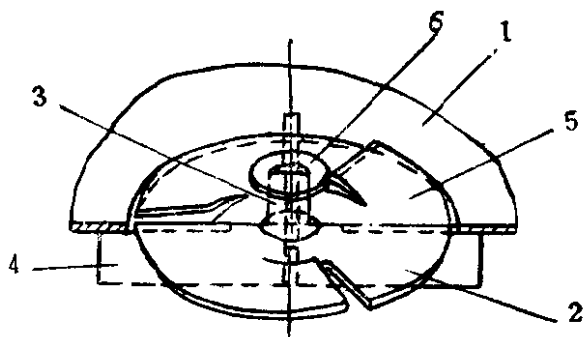


图 1—10 旋转浮阀塔板

用挡销 6 固定，销钉 3 与支承横条 4 为一整体。圆盘 2 上有三个径向切口 5。通过阀孔而上升的气(汽)体使阀旋转，致使气(汽)体均匀地分散于阀上的液体中。大部份气(汽)体是流经阀与塔板间的间隙，并随负荷的增加而逐渐加大。阀转动时产生动力阻力，在中等压力或中等气(汽)体负荷的条件下，其垂直分量不应使阀上升至挡销 6。

这种旋转浮阀，由于气体作旋转运动，减小了气泡上升速度和气(汽)体对液体的夹带而改善了气(汽)液两相之间的传质作用。

属于泡罩塔板改进的塔板，尚有带夹层筛孔泡罩塔板(APV-west)，塔板结构如图 1—11，是由泡罩式与筛板式两种塔板相结合，隧道式泡罩是按液体流向在塔板上进行分布。这种塔板的特点是塔板间距小（约为200毫米左右），而分离效率高，应用在丙酮及汽油的精馏中，其效率可达70~85%^[17]。

在鼓泡设备中，筛板塔亦是应用最早的一种。由于过去认为筛板塔的性能不如泡罩塔，所以筛板塔一直没有得到广泛的应用。近20年来，有关筛板塔的研究工作进行了很多，表明筛板塔可以在较宽广的范围中操作，它的压力降较小，造价比泡罩塔低，目前在工业上也应用得很广泛。

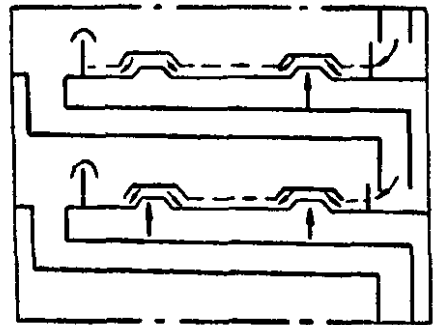


图 1—11 带夹层筛孔
泡罩塔板

为了强化筛板塔，发展了有关筛板上“泡沫”状态的理论^[17]，使塔板上操作建立在一种新的流体动力学状况的基础上。此时，塔板上的液体成为运动的泡沫，使两相接触面积大大增加，同时由于气液扰动剧烈，致使扩散阻力降低，相际接触表面得到不断更新，使传热和传质过程得到了强化。目前这种筛板塔已应用于精馏、吸收、冷却及除尘等过程，但其流体阻力较高，对塔板数较多的过程，就不适宜。

在筛板塔基础上,又提出了具有除雾板的筛板塔^[17],它是根据气液并流原则进行设计的。塔板结构如图1—12所示,塔板及

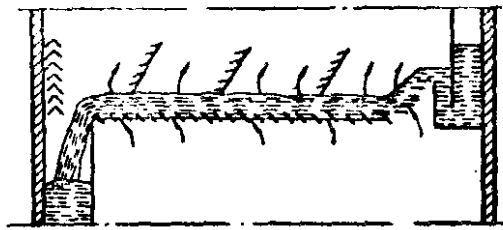


图 1—12 具有除雾板的筛板塔

除雾板是以多孔薄板所组成。

塔板的特点,是能够保证在气体负荷较大的情况下稳定操作,与泡罩塔板相比,生产能力约提高一倍,塔板结构简单,金属耗量小。与类似的文丘里塔相比,在相应的负荷

下,生产能力大,雾沫夹带小。

目前,在研究筛板的工作上,国内外对大孔径筛板引起了重视,因为这样可以降低造价及避免筛孔的堵塞。根据研究,证实了选择大孔径($\phi 15 \sim 25$ 毫米)结构不会显著地影响筛板塔的稳定性能,并对大孔筛板的流体力学和传质性能进行了研究。

在直孔筛板的基础上,我国又发展了双溢流螺旋式斜孔筛板塔,应用于 CO_2 的加压水洗等过程,已得到较好的效果^[18]。

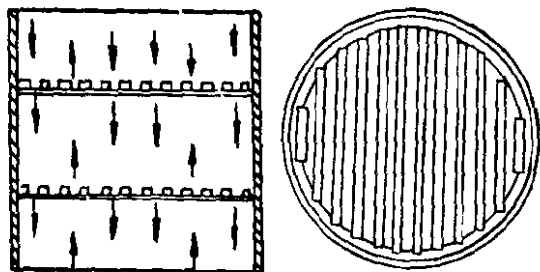


图 1—13 栅板塔

近年来,对于无溢流塔板的研究进展很快,已形成了一个新的发展方向。它除了可使塔的15~17%溢流面积供二相传质用之外,还具有塔板压力降小,结构简单,造价便宜等优点。无溢流塔板在工业上应

用较早的是栅板塔。在1954年以前,国外已用它来分离碳氢化合物^[17]。这种塔板如图1—13所示,它是由铣削或冲压成许多平行缝隙的金属圆盘。另外,多孔塔板也获得了普遍的使用。上升的蒸汽和下降的液体,系逆流穿过缝隙或筛孔,并在栅板或筛板上形成一分散系统。此系统的特性决定于气液流速度、塔板的几何尺寸及相的物理性质等。栅板缝隙宽度最常采用的是4~5毫米。塔板的自由截面积为15~25%,板间距一般为250~400毫米之

间，一般的塔板效率为50~80%^[17]。

与栅板相仿的有管状栅板，可在圆管中进行热交换，这种塔板的流体阻力较小^[17]，滞留量小，适用于蒸馏热敏感性强的物料。

这种淋降塔板的特点是生产能力大，压力降小，结构简单，造价便宜，若与相应的泡罩塔板比较，生产能力约大20~100%，压力降约低40~80%，造价可低40~80%，但这种塔板的缺点是稳定操作范围较小，最好用于简单的塔中（无侧线出料）。

为了提高栅板塔的稳定性能，又有人提出带溢流的栅板塔。由试验证明，带有溢流的栅板塔的操作范围不小于泡罩塔板，应用于氯化苯的精制过程，既便于清洗又解决了结垢的问题^[19]。

无溢流塔板中还有定向二层无溢流栅板（Kittel）^[17,20,21,22]。这种塔板是利用轻相组份的动能来增加二相的相互作用，从而强化操作，降低阻力。这种塔板如图1—14，是用整体开筛孔的金属板制成，而每块板由上下两块筛板组成。每块筛板又分为六个相

等的扇形板。在筛板上，筛孔与筛板平面间具有一个倾斜角度，这样就能在塔板上造成液体的定向流动（见图1—14a、b）。在上筛板上造成液体的离心流动，而在下塔板则造成液体的向心流动，

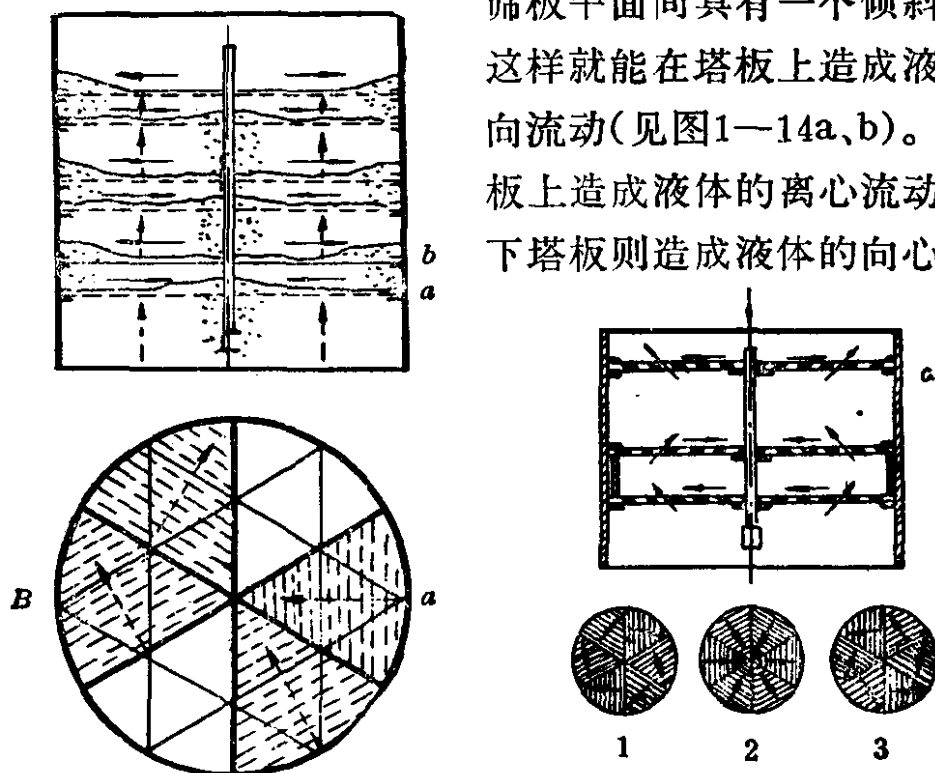


图 1—14 定向二层无溢流栅板