



精 餾 塔

刘 忠 和編著

石 油 工 业 出 版 社

內 容 提 要

精餾塔是煉油廠里的主要設備之一，它的操作關係着產品的質量及產量。我們出這本書的目的，就是幫助操作工對精餾塔有一個全面的認識，加上實踐，從而能較主動地掌握操作。

這本書小夥子從蒸餾和精餾的道理講起，比較全面地介紹了有關精餾塔的知識，簡單講述了精餾塔的结构，多種型式及其優缺點和精餾塔的操作。為了使工人同志易于接受，文內力求少用外文公式，舉的例也比較淺顯。

本書可供石油煉廠蒸餾及精餾工段的操作工學習的材料，也可作培訓參考材料。

統一書號：T15037·434

精 餾 塔

劉 忠 和編著

石油工業出版社出版（地址：北京六號院石油工業部內）

北京郵政管理局登記證：京字第064號

石油工業出版社印刷廠印刷 新华書店發行

787×1092毫米 印張214·44千字 印1—3,500冊

1968年11月北京第1版第1次印刷

定價(10)0.81元

前 言

我国是一个石油蕴藏极为丰富的国家。石油是工业的血液，随着祖国社会主义建设的发展，就要求石油工作者炼出品质好，数量多的石油产品来。精馏塔是石油炼制过程中主要设备之一，为了帮助炼油工人初步了解精馏原理和精馏塔的构造作用以便于操作，笔者写了这本小册子。限于水平，在内容上难免有错误和不适当的地方，请读者批评指正。

原稿经王昌尧工程师在百忙中审阅，并提出许多重要意见，改进了原稿中不合适的地方，笔者特此致谢。

目 录

第一章 蒸馏与精馏的基本概念	1
第一节 液体的蒸发与沸腾	1
第二节 溶液的蒸发与沸腾, 汽体混合物的冷凝	2
第三节 蒸馏, 一次汽化, 多次汽化, 渐次汽化	4
第四节 不互溶液体混合物的蒸馏	6
第五节 真空蒸馏	9
第六节 精馏	10
第七节 压力下精馏	15
第八节 精馏精确度	16
第二章 精馏塔	18
第一节 概述	18
第二节 精馏塔的分类	21
第三节 泡帽式精馏塔塔板上液体流动方向	22
第四节 泡帽式精馏塔	24
第五节 填充式精馏塔	50
第六节 筛板塔	55
第七节 其它型式的精馏塔及精馏塔装置在化工过程上的应用	56
第八节 精馏塔的效率	57
第三章 精馏塔的操作	58
第一节 常压精馏塔	58
第二节 真空塔	62
第三节 常压塔和真空塔的温度指标	64
第四节 提高现有精馏设备的处理能力	65
第五节 事故与安全	68

第一章 蒸餾与精餾的基本概念

第一节 液体的蒸發与沸騰

物体按其形态可分为固体，液体，气体。現在我們来看一看液体的蒸發与沸騰的性質。

一杯水，如果在夏天把它放在外面，就会發現水逐漸減少，以致到后来全都不見了。对这种現象大家不会感到惊奇，我們都知道它跑到空气中去了。

水为什么跑到空气中去了呢？科学家們研究了这种現象后告訴我們，任何物質的分子都在不停的运动着而且相互間都有吸引力，液体也是这样。在液体表面附近的分子也在运动，因此就有一部分分子会脱离液体而跑到外面来，变成汽体。这种在液体表面由液体逐渐变成汽体的現象我們叫蒸發。

从上面的道理我們知道了液体在任何时候都有变成汽体的傾向。为了表示这种傾向的大小，常用蒸汽压这个名字。

蒸汽压和液体本身的温度有关系，温度升高时蒸汽压也升高，温度降低时蒸汽压也降低。換句話說水在 50°C 时蒸發的傾向比 30°C 时大。

蒸汽压不仅和温度有关系，和物質的性質也有很大关系。如一杯水和一杯酒精在同一温度下我們發現酒精蒸發的快。

如果我們在一个玻璃杯里裝上水加热，一直到燒开，我們發現此时水化汽的情形与前面講的情形就不同。水在燒开

时从杯底部也有气泡不断的冲出液体，其情形如图1。这种在液体下面也有液体变成汽体的现象我们叫沸腾。



圖1 水的沸騰

在沸騰时，液体分子好像不受限制似的能克服大气压力跑到外面来，因此此时液体的蒸汽压力必然等于大气压力。所以液体在沸騰时其蒸汽压等于大气压。

液体沸騰时的温度叫作沸点，液体的沸点和外界压力(或大气压力)有关系。如果外界压力大时沸点就高，外界压力小时沸点就低。我們都知道在高山上面大气压力較低水不到 100°C 就开了，而在地面上燒到 100°C 才开。不同的液体有不同的沸点：如苯的沸点是 80.2°C ，水是 100°C (都指在一个大气压下)。

液体在沸騰时無論再怎样加热它的温度也不会升高，而只是繼續化汽。其道理是因为外界压力来变沸点也不会变，在高山上面煮不熟东西就是这个原因。

第二节 溶液的蒸發与沸騰，汽体混合物的冷凝

我們这里所說的溶液是指由两种或两种以上的液体組成均匀的液体混合物。

溶液也有蒸發与沸騰的性質，溶液在沸騰时其蒸汽压也必須等于外界压力。溶液是由几种物質組成的，因此溶液的蒸汽压就与这些物質有关系。每种物質的蒸汽压只是溶液蒸汽压的一部份，所以每种物質的蒸汽压又叫分压。組成溶液

的各种物質又叫組份(或叫成份)。

科学家道尔頓發現溶液的蒸汽压等于組份的分压之和。
如果写成公式:

$$\text{溶液蒸汽压} = \text{甲組份分压} + \text{乙組份分压} + \dots\dots\dots$$

这个規律又叫道尔頓分压定律，在精餾过程中經常用到这个定律。

溶液既然是由好几种物質組成，那么溶液在蒸發或沸騰时各組份在汽体中和溶液中的含量是多少呢？某甲物質在汽体中或溶液中含量是否有一定关系呢？这是我們必須先弄清楚的問題。

科学家拉烏尔發現溶液在某温度下蒸發或沸騰时，某一組份的分压和这个組份在該温度下的蒸汽压及它在溶液中的含量有关系。如写成公式:

$$\text{組份甲分压} = \text{組份甲蒸汽压} \times \text{組份甲分子含量}$$

这个規律又叫拉烏尔定律，它是精餾过程的重要定律之一。

由上兩定律就会發現，組份在汽体和溶液中的含量是不同的(除共沸物外)而且有一定的比例关系。即:

$$\text{組份在汽体中含量} = \frac{\text{組份蒸汽压} \times \text{組份在溶液中含量}}{\text{溶液蒸汽压}}$$

溶液各組份处于上式所表示的关系时又叫平衡状态。換句話說某一定組成的溶液在某温度和压力下处于平衡状态时，溶液中和汽体中的各組份含量是始終不变的。这个原理很重要，在精餾塔操作时我們要想得到一定質量的油品，主要是控制油品从塔里出来的温度(如塔頂温度，側綫温度等等)。与溶液成平衡的汽体混合物又叫饱和蒸汽。

由道尔頓定律和拉烏尔定律得出溶液在沸騰时各組份在汽体中和溶液中的含量是不同的，即沸点低的物質在汽体中含量就多，沸点高的物質在液体中含量多。如果將汽化后的汽体送去冷凝，則得到的液体中含沸点低的物質就比原来的（未加热汽化前）多了。同样未汽化的液体中含沸点高的物質也比原来多了。因此我們就可以用汽化后再冷凝的方法將組份分开。

第三节 蒸餾，一次汽化，多次汽化，漸次汽化

对煉油工人來說蒸餾这个名字大家都很熟悉，但往往有人把蒸餾与精餾混为一談，这是不对的。

蒸餾的簡單定义是，將液体（像石油）在一个裝置中加热

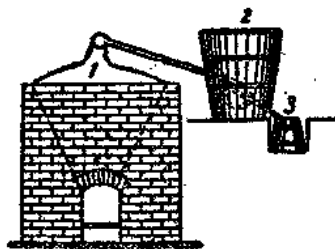


圖 2 石油的簡單蒸餾裝置

1—加熱器；2—冷卻器；3—容器。

汽化并使其汽化物冷凝的过程就叫蒸餾。其情形如圖 2，石油放到加熱器 1 中經加热后，一部份汽油汽化出来，經冷卻器 2 冷凝后，变为常温下的液体汽油，流到容器 3。得到的油品又叫餾份。根据我們的需要，可

用蒸餾方法从石油中制出汽油、煤油或其它餾份。

从上面所講的可看出，蒸餾过程主要包括加热汽化和汽化物冷凝兩步驟。

加热汽化的方式又分为一次的，多次的，漸次的。

一次汽化是將液体加热后，生成的汽体和未汽化的液体有較長時間的接触，因此能达到平衡状态。一次汽化又叫平

衡汽化(或一次閃蒸)。

在工業上常是連續進行的，其情形如圖 3。

多次汽化是許多個一次汽化湊起來的。其情形是：石油經過一次汽化生成的汽體經過冷凝後再去經過一次汽化過程；或者未汽化的液

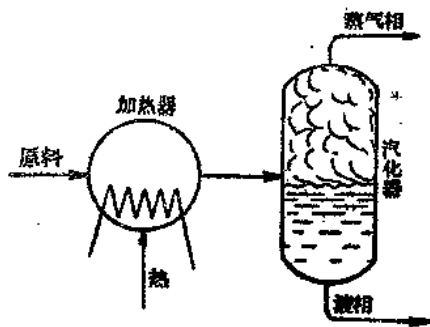


圖 3 一次汽化的連續過程

體再經過一次汽化過程。精餾塔就是按照這種方式操作的，因此我們能同時分出幾個餾份而且分的很好。

漸次汽化是指石油加熱後瞬間所生成汽體(或未汽化的液體)很快的就離開了裝置，這一點與一次汽化很不同。我們也可以用這個方法在蒸餾釜內將石油分為幾個餾份，其情形如圖 2 所示。

在實用上一次汽化較漸次汽化有很大優點。如果從石油中汽化出一定量的輕油，用一次汽化方法較用漸次汽化方法需要的加熱溫度就低。其理由是：一次汽化方法使油與油汽有較長時間接觸，在油與油汽突然分開時，油汽就能將一部份未汽化而較輕的油帶出來，等於幫助它汽化，因而在汽化出同樣量的油汽時，一次汽化方法需要的溫度就低。

汽化溫度降低對我們有很大好處，我們可以少用燃料，可以避免在較高的溫度下油品發生裂化而結焦的危險。另外的好處就是它的生產能力高和熱量損失少。

利用漸次汽化把石油分成各種餾份是比較老的方法，常見的是連續釜蒸餾，其情形如圖 4 所示。

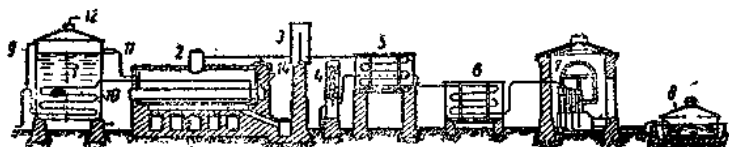


圖 4 連續操作的連續釜蒸餾裝置

- 1—預熱器；2—蒸餾釜；3—部份冷凝器；4—吸收塔；
5—冷凝器；6—冷却塔；7—收油(送油出)；
8—貯槽；9,11,12,13—導管；10—蛇形管；
14—水蒸汽導入總管。

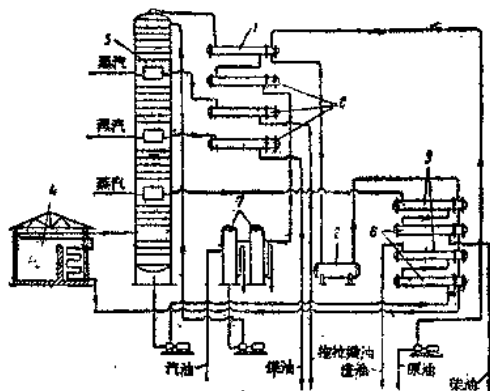


圖 5 管式蒸發裝置

- 1—汽油餾出物換熱器；2—泥水沉淀器；3—換熱器；4—管式爐；5—精餾塔；6— cooler；7—除水器。

利用一次汽化方法和在精餾塔內來把石油分成各餾份是近代煉油廠廣泛採用的，它又叫管式蒸發裝置(或叫管式蒸餾，管式汽化裝置)，其情形如圖 5 所示。

第四節 不互溶液體混合物的蒸餾

在前節中曾提到，溶液是由幾種液體組成的均勻液體混

合物。如果液体与液体随时都能組成均匀的液体混合物，我們就称它为完全互溶的液体，像水和酒精，苯和甲苯等。如果它們只能在某温度範圍內以任意比例混合成均匀的溶液，我們就称它为部分互溶液体，像水和酚。部分互溶液体間互相溶解的程度叫做溶解度，溶解度与温度有很大关系。如果在任何温度下它們都不能互相溶解，如水和苯，我們就称它为不互溶液体。下面我們談一談不互溶液体混合物的蒸餾。

水和油也是不互溶液体。不互溶液体混合物在蒸餾時与互溶液体混合物所表現的情形不同。其所以不同是因为不互溶液体互相間的影响很小。

既然互相間影响很小，我們來看一看看在蒸餾过程中是怎样表現的。

現在我們拿苯和水的液体混合物作例子。假定將这个混合物加热到 50°C ，此时有一部分苯和水汽化組成汽体混合物。在本章第一节中已講到液体在任何温度下都有一定的蒸汽压，由于苯和水互相間影响很小，因此它們的蒸汽压与苯和水在液体混合物中的比例也沒有关系（即不像拉烏尔定律所表示那样）。換句話說，苯或水在混合物中的蒸汽压总是等于在該温度下純的苯或水的蒸汽压。

根据这个道理，現在我們看一看在 50°C 时苯和水混合物的蒸汽压是多少。由書上查到水在 50°C 时的蒸汽压是 100 毫米水銀柱；苯是 260 毫米水銀柱。

道尔頓定律告訴我們：

$$\begin{aligned}\text{总压力} &= \text{苯的水压} + \text{水的分压} \\ &= 260 + 100 \\ &= 360 \text{ 毫米水銀柱}\end{aligned}$$

由計算如果知道此时混合物的总压力等于 360 毫米水銀柱，而大气压是 760 毫米水銀柱可見它小于大气压，此时混合物并未沸騰。

如果繼續加热到 70°C 时。由書上查到此时苯的蒸汽压是 535 毫米水銀柱，水的蒸汽压是 225 毫米水銀柱。則混合物的总压力是 760 毫米水銀柱。显然，此时混合物沸騰了。从这里我們發現一个有意思的現象，我們知道純苯在大气压下的沸点是 80.2°C ，純水的沸点是 100°C ，如果將它們混起来时則混合物的沸点只有 70°C ，比苯或水都低，这个現象是不互溶液体混合物蒸餾时的特点。

因此我們就会得出这样結果，將不互溶液体混合物蒸餾时，混合物的沸点比混合物中任一組份的沸点都低。这一結果对实际工作很有用处。上面我們簡單的談論了它的原理，下面我們再談一下它在实际工作中的应用：

一、蒸汽蒸餾 水和油是不互溶的液体，当这个混合物进行蒸餾时会使它們的沸点都降低。在实际工作上并不是把水与油作成混合物去蒸餾，而是將过热蒸汽通到油中去，即常說的蒸汽蒸餾(或叫汽提)。蒸汽蒸餾在煉油厂中广泛应用，因为它能降低油品的汽化温度。

蒸汽的另一个作用是加强攪拌，使蒸汽和油充分接触以增加蒸發面，这样才能將油品很好的汽化出来。如果蒸汽不能和油品接触，則蒸汽的作用是很小的。

油品蒸發时需要热量，为了供給这部分热量，常用过热蒸汽。由于过热蒸汽比油温高，与油接触时它的温度就降低而放出一部分热来供給油品蒸發需要的热量。蒸汽蒸餾时油品蒸發需要的热量不是完全由过热蒸汽供給的，一大部分由

油品本身供給(即油品的本身溫度要降低)。

蒸汽用量多蒸發出的油品也多，但蒸汽用的過多是不經濟的，這樣會增加冷凝器的負擔。

二、汽化劑蒸餾 有的工廠用汽油或煤油餾份來蒸餾重油，這種汽油或煤油餾份就叫汽化劑。

用汽化劑蒸餾石油，其道理與蒸汽蒸餾相同。這種方法已被工業上所採用，如在蘇聯用這種方法蒸餾含硫的第二巴庫重油很成功。這個方法可以避免含有腐蝕性物質的石油對設備的腐蝕。

第五節 真空蒸餾

在第一節中已提到，液體在沸騰時，它的蒸汽壓必須等於大氣壓。此時的溫度就叫沸點。我們又進一步提到，同一液體的沸點隨着外界壓力變化而改變。如水在高山的沸點就與地面不同。根據這個道理如果我們想辦法把外界壓力降低，就能將液體的沸點降低。這種辦法就是抽真空，用抽真空的辦法來蒸餾石油就叫真空蒸餾(或叫減壓蒸餾)。

真空蒸餾可以降低油品的沸點，這是很重要的事情。一般講油品在蒸餾溫度超過 350°C 時就開始分解，特別是重油更容易分解。在蒸餾重油時油品的分解會引起寶貴的潤滑油餾份的損失和在設備上結焦，這是很不好的。如果用真空蒸餾方法(或蒸汽蒸餾方法)就可以避免。

真空的程度常用真空度來表示。它的數值是 760 毫米水銀柱減去剩餘壓力，如剩餘壓力(或叫絕對壓力，殘壓)是 100 毫米水銀柱，則真空度 $= 760 - 100 = 660$ 毫米水銀柱。可見真空度愈高，則愈接近真空。

从上面講的道理可看出，真空度愈高，則蒸餾溫度也愈低。一般的，在煉油廠真空精餾塔中，其蒸發層的壓力是140毫米水銀柱（或真空度是620毫米水銀柱）。如再降低是很困難的而且也是不經濟的。

為了能在低的汽化溫度下蒸出更多的餾份來，把蒸汽蒸餾與真空蒸餾同時採用是很有利的，這個方法已被廣泛應用。

第六節 精 餾

精餾的定義可以這樣說，在蒸餾過程中同時又利用回流和精餾塔將油品分為各種餾份的方法叫精餾。其情形如圖6所示。汽油與煤油經過加熱後送入塔內，汽油油汽經過塔盤上升，未汽化的煤油沿着塔盤流下。由於煤油在該溫度下也有一定蒸汽壓，汽油油汽中就會帶一些煤油油汽一起上升。在這時從塔頂打入液體汽油（即回流）沿塔盤下流與上升油汽接觸，就可以將汽油中帶入的少量煤油分出來，而使塔頂出來合格的汽油。

在每層塔盤上由於產生連續不斷的溢流（或叫內回流）因此都在發生精餾作用。塔盤上回流和精餾作用是這樣產生的：作回流的汽油進塔後由於塔頂溫度很高（等於汽油完全汽化的溫度）它就要汽化，隨著汽油一起上升的煤油油汽由於受到汽油的排擠就冷凝下來變成液體。冷凝的液體沿塔盤下流，造成溢流。它到下層塔盤與上升的油汽接觸，又造成溢流，這種現象從上到下連續發生。由於煤油受到汽油的排擠，愈往下煤油愈多溫度也愈高，愈往上煤油愈少，到塔頂煤油會一點沒有，而得到合格的汽油。從這裡可看到精餾就

好像交换一样。这种交换不仅是汽油和煤油的交换，而且还有热的交换。如汽油在汽化时需要热量，这部分热量就由煤油冷凝来供给。因此精馏实际上就是物质交换和热交换。

我们所用的回流就是一种馏份，在塔顶打入的回流往往是塔顶出来的合格产品。从精馏作用上看，拿比塔顶出来的成品重的馏份打回流是不合适的。

由上面所讲的情况可看出，蒸馏与精馏是有很大区别的。其区别就在于蒸馏时不用回流，而精馏时必须用回流。换句话说，没有回流就没有精馏作用。一般讲精馏与分馏没有多大区别，因此精馏塔也可以叫分馏塔。

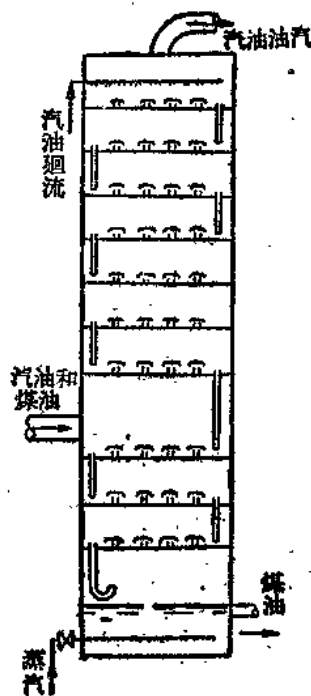


图 6 精馏塔图解

从回流的作用看，我们很容易想到，如果回流量大时它的作用也大。为了表示回流量的大小，常用回流比这个名字。回流比是指从塔顶打入的回流量和得到的合格成品量的比值。如回流量是每小时 4 吨，而得到的成品是每小时 1 吨，则回流比 = $\frac{4}{1} = 4$ ，其情形如图 7 所示。

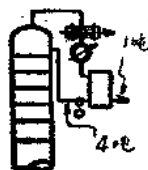


图 7 精馏塔

的回流比 对不同的精馏塔来说，它们的回流比一样，回流量并不一定相等。这个道理很简单，因为

不同的精餾塔塔頂出來的成品量并不都一樣。

對一個精餾塔來說，回流比與塔盤數有密切關係。在決定精餾塔的回流比時，如果回流比用的大，則塔盤數就要少，如果回流比用的小，則塔盤數就要多。塔盤數的多少與塔的價錢有很大關係。回流比的大小與動力消耗和熱量消耗有很大關係。因此決定精餾塔的回流比時，必須從經濟上和操作上考慮。

煉油廠用的精餾塔常常是在一個塔內同時分出好幾個餾

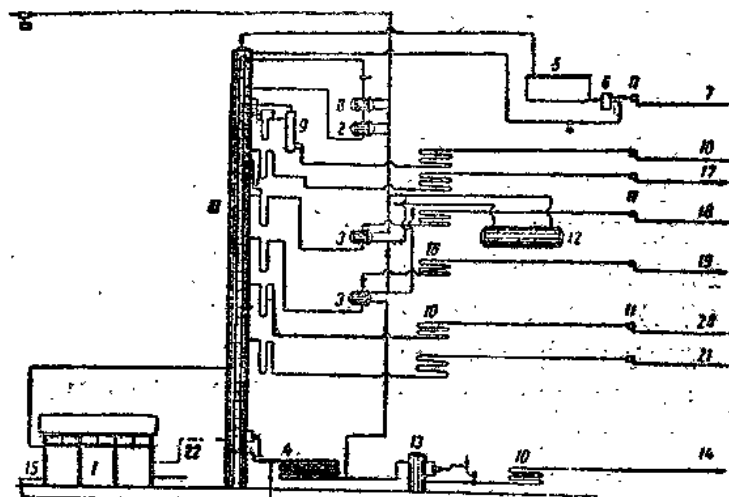


圖 8 將石油分為多餾份的精餾塔

- 1—原料泵；2—循環回流換熱器；3—餾份換熱器；
- 4—套管式換熱器；5—冷凝器；6—油水分離器；
- 7—汽油；8—循環迴流冷却器；9—汽提塔；10—水浸式冷却器；11—觀察窗；12—雜質沉降槽；
- 13—殘渣貯槽；14—殘余物；15—原料入口；
- 16—里格羅因；17—煤油；18—瓦斯油；19—索拉油；
- 20—輕餾油；21—重餾油；22—比濃汽。

份，其情形如圖 8 所示。这时候的回流比就不是任意决定的，它是根据热平衡计算出来的（在塔底有重热器的精馏塔，像稳定塔，其回流比是可以改变的）。

根据前面所讲的道理，如果我们确定了合适的温度、回流量和塔盘数，就可以得到我们所要求的成品。

从塔侧取出馏份的地方又叫侧线馏出口。侧线馏出口的数目各塔不等，有的有二个，多的有六个。馏出口的数目主要根据原油的性质和要得的馏份数目来决定的。在一个塔内同时取出几个馏份的道理很简单。我们知道塔盘上都有溢流（或叫内回流）在流动，由于精馏作用，使得各塔盘上的溢流组成和温度都不一样，我们可根据对馏份的要求，将合适的一部分溢流取出作为成品。

回流对精馏来说是很重要的，因此回流方式也是我们所注意的。回流方式本身和精馏作用没有直接关系，所以要讲它是因为在经济上或操作上有实际意义。

回流方式大致可分为冷回流、热回流和循环回流。

一、冷回流 炼油厂的精馏塔一般从塔顶打入回流，这种回流温度接近常温，我们称它为冷回流。冷回流是塔顶出来的产品，其情形如图 9。

二、热回流 热回流的温度与回流进塔处的温度一样。

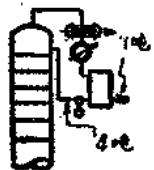


圖 9 冷回流

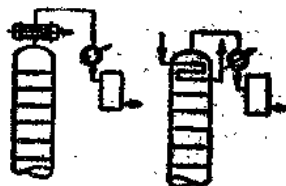


圖 10 热回流