

蒸馏及精馏理论

〔苏联〕A·M·特列古波夫著

刘衍烈译

中国工业出版社

81.176
487

蒸馏及精馏理论

〔苏联〕A·M·特列古波夫著

刘衍烈译

中国工业出版社

本书主要叙述石油产品蒸馏及精馏理论问题。全书共分八章，首先介绍复杂系统的重量、体积、分子对比关系及相律等一般问题，随后介绍了理想气体及真实气体的主要经验数据及公式，蒸馏过程及物料平衡等问题。最后详细叙述了蒸馏及精馏的理论，特别是对复杂系统蒸馏的计算原理作了详细的论述。对塔的计算举例也较具体。

这是一本可供石油学院有关专业师生、炼油厂技术人员及设计师以及科学研究人员参考的比较好的技术理论书。

А.М.Трегубов
ТЕОРИЯ ПЕРЕГОНКИ И
РЕКТИФИКАЦИИ

根据苏联国立石油燃料科技书籍出版社
(ГОСТОПТЕХИЗДАТ)1946年巴庫增訂第三版翻譯

蒸 餾 及 精 餾 理 論

刘 衍 烈 譯

石油工业部編輯室編輯(北京北郊六鋪炕石油工业部)

中国工业出版社出版(北京佟麟閣路丙10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第110号)

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{2}$ ·印張 $13 \frac{3}{8}$ ·字数350,000
1962年12月北京第一版·1964年2月北京第二次印刷
印数701—1,395·定价(10-7)2.25元

統一书号: 15165·1971(石油-140)

三 版 序 言

为高等学校提供成熟的科学技术文献是培养熟练干部工作的主要手段之一。因此蒸餾問題的专著，蒸餾及精餾理論前两版的出版曾获得很高的评价。

本版是在本书作者、功勋的科学技术工作者、技术科学博士 A.M. 特列古波夫教授去世后出版的。

在第二版序言中特列古波夫教授指出：在不久以前石油产品的精餾还没有严格的理論，在工厂中大多是凭經驗从事生产。特列古波夫在編写本教程时以及在科学及教育工作中，曾力求使蒸餾过程的理論与实际操作相接近，力求充实这一理論，以保証学生及专业人員有一本科学及教育水平較高的教科书。

由于在石油炼厂設計时提出許多新的要求，促使作者以新的研究成果修改并补充了本教程。

本书各章的内容与第二版相較，几乎都有补充和提高。

修改及补充内容如下：

在精餾理論中叙述了利用等压温度曲綫計算塔的图解法和利用綜合热焓图解法 ($t-i-x-y$)，并介紹了填料塔的計算法。

在平衡系統的一章中研究了三角形坐标图解法及其在提取問題上的应用。

在复杂系統理論中研究了塔的第二进料問題，并提出复杂系統精餾塔的工艺計算法。所以，这一理論具有很大的意义。

在个别情况下簡化了理論的推导，特別是关于汽化空間的計算。同时增加了实例及例題。

評閱者

06911

再版序言

在石油产品加工过程中的精餾問題还没有系統研究之前，在生产中是以連續釜的深度分餾代替精餾。由于連續釜不能充分地
从原料中提出最大含量的目的餾份，致使有用的餾份受到很大損失，所以产品质量也不能令人滿意。

最近十一十二年間在工厂及刊物上才开始精餾問題的研究和介紹。从这个时候开始，石油产品消費者对油品的需要量迅速的
增加，同时对于产品质量也提出了較高的要求。工厂中的精餾問題过去在大多数情况下都是根据已有的范例用实验的方法来解决，这样由于根据不准确假設的条件，經常会发生錯誤，致使生产受到影响，国家物資受到巨大損失。

一般說来精餾問題还探討的不够，直到現在在精餾理論方面还没有一本俄文的較系統的著作，同时由于精餾方面的外国文献不多，于是本教程第一版的問世是非常适时的。第一版曾得到了
工程技术界善意地批評。在本教程中首次叙述的复杂系統理論曾經引起了特別的注意；在巴庫炼油厂工程师的报告选集中（这个問題最初曾于1931年在巴庫炼油厂中討論过）曾經指出：由我所提出的复杂系統精餾理論問題的解决，对于实际具有巨大的意义，但此問題直到現在仍未解决。

我所听到及讀过的对本教程的內容的意見是各式各样的。例如有些反对意見是：不能同时指定（纵然不超过已知界限）塔頂及塔底产品的性质（我是这样作的），同样也不能任意指定两个組份（已知两組份之和）。或者认为可以用平面图解法“以曲度高于二次方程式的平衡曲綫作图解”来代替我所提出的复杂系統的空間坐标。从数学的观点出发，在所給的具体条件下第一种反对意見是毫无根据的，第二种反对意見也是完全沒有意义，因为曲綫的曲度不根据方次来决定。

110301

在关于复杂混合物的通用曲线的独特理论方面也和我有另一种原则性的分歧。对于提浓系数给出一个与组份沸点温度差有关系的 inaccuracies 的公式，并把这个公式扩展到复杂混合物。持此理论者不可避免地会得出一个结论：对所有石油馏份的任何温度具有一个单一的平衡曲线，对于所有的情况都是把馏份分为两部分（组份）。以这个理论为基础曾经研究了一系列绘制 OII 曲线以及计算的实际方法。在本教程的第二版中，读者将在许多地方发现了完全不必争辩的论证，就是对于复杂混合物不存在任何一条通用的平衡曲线。

最后，也曾有这种意见，认为复杂系统的学说只有理论上的价值，还没有发现在实际中应用过。但本教程中在塔的计算的例题中就应用了复杂系统的理论。

与第一版比较，本教程的内容几乎增加了 3 倍，在本教程中首先是解决了一系列新的问题；其中特别重要的是：对于含过热水蒸汽时真实塔的平衡曲线的作法，在有水蒸汽存在时汽化段的计算、塔的操作条件及安装等方面的研究。复杂系统的理论研究得很深刻，这个理论仍然具有很大的意义。

本教程内容的安排基本上保持不变，部分稍微作了改变：如平衡（及不平衡）系统作为独立的一章；另外，以十分简短的一章叙述了逸度及吸收；关于后一问题较详细的叙述读者可参考有关文献。

在结论里我愿意讲一下，如果这个工作给我们美丽的祖国及有才干的年青人带来一些益处——这些年青人有权期望我们年老的一代——的话，我将是万分欣悦。

A. 特列古波夫

1937年12月1日于莫斯科

一 版 序 言

本教程是根据作者在1931—1932学年于阿塞爾拜疆紅旗石油学院为石油-化学系的研究生所讲的材料編写的,它是用来作为有关专业高年級学生及高等工业学校毕业生、研究生及工程师学习有关蒸餾問題的教材及参考书。

本教程的材料,基本上是选自各种文献,一部分是著者早年发表的文献經加工整理后,并补充了例題。

本教程包括下列六章:

- 1)重量及分子关系;
- 2)相律;
- 3)气体及飽和蒸气压;
- 4)汽化及冷凝;
- 5)精餾;
- 6)复杂系統。

在第一章中叙述了濃度的一般知識,其中关于复杂系統中的集体濃度的概念曾特別提出。对于这个概念作了新的較詳細的解釋,以便于讀者了解。

第二章相律的篇幅不大,它是理解蒸餾及精餾过程各种系統中所发生的物理变化时所必需的。

第三章气体及蒸气压是本教程中主要的一章。本章从理想气体的主要定律中推导出許多适于实际应用的公式。对于单組份液体的飽和蒸气压介紹了經驗数据及公式,并对公式作了評論。在溶液的飽和蒸气压的学說中,采用了Л.И. 康納瓦洛夫的建議。研究了由两个或三个組份所組成的最簡單的平衡系統的物理性质的图解法及分析法,其中特別詳細地介紹了这些方法在理想溶液中的应用;根据这些方法导出方程式并指出作相平衡曲綫、等温綫及等压綫的方法。

第四章闡述了汽化及冷凝的問題，也就是簡單蒸餾（沒有精餾）的問題。在本章中也解釋了并在許多例題中分析了一次及漸次汽化過程。第三章的圖解法及分析法在這裡得到應用，並且也得到進一步的發展。應當指出，本章的一般結論適用於所有的溶液，不僅僅是對於理想的、均態的，而離共沸混合物狀態足夠遠的溶液也適用。

在第五章中敘述了十分重要的和複雜的精餾問題。在本章的开始就詳述了精餾過程的具體內容，而在後一部分介紹了精餾條件的計算。計算時採用了碳氫化合物的混合物（正-庚烷及正-十一烷）并舉出三個例題：1)純態；2)含飽和水蒸汽；3)含過熱水蒸汽；在例題中除計算技術外，還闡述了水蒸汽對碳氫化合物精餾的影響。

最後一章是複雜系統的蒸餾及精餾理論。這一章在意義上超過前邊各章，因為本章所敘述的方法可用於任一系統，如簡單的或複雜的。二元系統相的狀態是根據平衡曲線平面上一點的位置來決定，而在複雜系統是由整個曲線所表示。因此複雜系統相的狀態得改用空間坐標，必須重新修正并改變所有應用在簡單系統中的圖解及分析方法。複雜系統的相平衡曲線在本質上與一般通用的平衡曲線不同。除了平面汽化曲線外，也採用了平衡表面。很有興趣的是屬於精餾的各個物料平衡方程式在複雜系統中仍保持了它的原來形狀；因為同一個方程式適用於任意組份，所以它們具有較普遍的意義。

A.M.特列古波夫教授

1932年7月28日於巴庫

目 录

第一章 重量, 体积及分子的对比关系	10
多组份系统(复杂系统)	10
石油及石油产品	18
无限数目组份的系统	19
二元系统	23
例题	27
第二章 相律	37
系统, 相及组份	37
相平衡	38
自由度	40
例题	41
第三章 气体及蒸气	43
理想气体	43
真实气体	51
单一液体的饱和蒸气	59
例题	71
实验数据及公式	72
溶液的饱和蒸气	85
第四章 平衡的(和不平衡的)理想系统	93
二元系统。等温线。拉乌尔定律	93
相平衡方程式及曲线	97
平衡曲线的绘制	99
作图例题	109
等压方程式	111
具有饱和水蒸气的三组份系统	113
相平衡方程式及曲线	116
以惰性气体或过热水蒸气作为组份之一的三组份系统	120
相平衡方程式及曲线	122

例題	124
等压方程式	128
一些实际的問題	129
三角坐标图解	131
第五章 汽化及冷凝	139
定义	139
二元系統	139
一次汽化过程	144
多次(漸次)汽化过程及其与一次汽化过程的比較	152
連續(漸次)过程	154
例題	158
理想双組份系統中的过程	160
例題	166
結論及比較	167
三組份混合物	168
例題	173
第六章 精餾	180
二元系統。总論	180
精餾过程的示意图	180
泡帽塔及填料塔	186
符号	188
物料平衡。濃度方程式及濃度綫	190
热量平衡	202
塔板数目是无限多，蒸气及回流的重量是最小的理想塔的 濃度曲綫的繪制	207
回流及蒸气的过剩重量以及濃度綫位置对应的变化	210
二元系統精餾塔的計算例題	213
理論塔板数的决定	222
例題	222
决定塔板数目的图解法	224
等压溫度曲綫在計算塔时的应用	228
計算精餾塔的热焓图解法	231
說明	250

同名相物流的混合	252
塔的上段及下段濃度綫的相互位置	255
塔裝置的方案及其操作狀況	260
在不同的操作狀況下濃度綫位置的變化	266
沒有分凝器的塔的回流	275
具有飽和水蒸氣的三組份系統	278
物料平衡	279
熱量平衡	282
塔的計算例題	285
在精餾塔內過熱水蒸氣的操作	295
具有過熱水蒸氣或惰性氣體的三組份系統	296
物料平衡及熱量平衡	297
精餾塔汽化段的計算	299
汽化空間計算例題	311
其他精餾因素的計算	317
塔的計算例題	318
水蒸氣對於石油產品精餾的影響	327
填料塔的計算	328
第七章 複雜系統	333
定義	333
相平衡方程式及曲綫	335
根據複雜系統理論對於相平衡曲綫的計算及作圖舉例	340
汽化。平衡表面	348
複雜混合物一次汽化(OH)開始及終了相平衡曲綫。	
它們相互的位置。共軛點	352
複雜混合物一次汽化時汽化分率數值的決定	354
雙組份混合物一次汽化的計算	355
三組份混合物一次汽化的計算	356
三元混合物一次汽化計算例題	357
複雜混合物蒸氣的一次冷凝	359
一次冷凝計算例題	360
複雜系統一次汽化相平衡曲綫的制法	364
精餾	368

双进料及侧线产品	378
把复杂混合物分为几个馏份	385
三组份混合物的精馏	387
例题	393
复杂混合物精馏塔的工艺计算方法	396
第八章 补遗	414
逸度	414
例题	415
平衡常数	416
吸收及解吸	420
例题	425

三 版 序 言

为高等学校提供成熟的科学技术文献是培养熟练干部工作的主要手段之一。因此蒸馏問題的专著，蒸馏及精馏理論前两版的出版曾获得很高的评价。

本版是在本书作者、功勋的科学技术工作者、技术科学博士 A.M. 特列古波夫教授去世后出版的。

在第二版序言中特列古波夫教授指出：在不久以前石油产品的精馏还没有严格的理論，在工厂中大多是凭經驗从事生产。特列古波夫在编写本教程时以及在科学及教育工作中，曾力求使蒸馏过程的理論与实际操作相接近，力求充实这一理論，以保证学生及专业人員有一本科学及教育水平較高的教科书。

由于在石油炼厂設計时提出許多新的要求，促使作者以新的研究成果修改并补充了本教程。

本书各章的内容与第二版相較，几乎都有补充和提高。

修改及补充内容如下：

在精馏理論中叙述了利用等压温度曲綫計算塔的图解法和利用綜合热焓图解法 ($t-i-x-y$)，并介紹了填料塔的計算法。

在平衡系統的一章中研究了三角形坐标图解法及其在提取問題上的应用。

在复杂系統理論中研究了塔的第二进料問題，并提出复杂系統精馏塔的工艺計算法。所以，这一理論具有很大的意义。

在个别情况下簡化了理論的推导，特别是关于汽化空間的計算。同时增加了实例及例題。

評閱者

06911

再版序言

在石油产品加工过程中的精餾問題还没有系統研究之前，在生产中是以連續釜的深度分餾代替精餾。由于連續釜不能充分地
从原料中提出最大含量的目的餾份，致使有用的餾份受到很大損失，所以产品质量也不能令人滿意。

最近十一十二年間在工厂及刊物上才开始精餾問題的研究和介紹。从这个时候开始，石油产品消費者对油品的需要量迅速的
增加，同时对于产品质量也提出了較高的要求。工厂中的精餾問題过去在大多数情况下都是根据已有的范例用实验的方法来解决，这样由于根据不准确假設的条件，經常会发生錯誤，致使生产受到影响，国家物資受到巨大損失。

一般說来精餾問題还探討的不够，直到現在在精餾理論方面还没有一本俄文的較系統的著作，同时由于精餾方面的外国文献不多，于是本教程第一版的問世是非常适时的。第一版曾得到了
工程技术界善意地批評。在本教程中首次叙述的复杂系統理論曾經引起了特別的注意；在巴庫炼油厂工程师的报告选集中（这个問題最初曾于1931年在巴庫炼油厂中討論过）曾經指出：由我所提出的复杂系統精餾理論問題的解决，对于实际具有巨大的意义，但此問題直到現在仍未解决。

我所听到及讀过的对本教程的內容的意見是各式各样的。例如有些反对意見是：不能同时指定（纵然不超过已知界限）塔頂及塔底产品的性质（我是这样作的），同样也不能任意指定两个組份（已知两組份之和）。或者认为可以用平面图解法“以曲度高于二次方程式的平衡曲綫作图解”来代替我所提出的复杂系統的空間坐标。从数学的观点出发，在所給的具体条件下第一种反对意見是毫无根据的，第二种反对意見也是完全沒有意义，因为曲綫的曲度不根据方次来决定。

在关于复杂混合物的通用曲线的独特理论方面也和我有另一种原则性的分歧。对于提浓系数给出一个与组份沸点温度差有关系的的不准确的公式，并把这个公式扩展到复杂混合物。持此理论者不可避免地会得出一个结论：对所有石油馏份的任何温度具有一个单一的平衡曲线，对于所有的情况都是把馏份分为两部分（组份）。以这个理论为基础曾经研究了一系列绘制OII曲线以及计算的实际方法。在本教程的第二版中，读者将在许多地方发现了完全不必争辩的论证，就是对于复杂混合物不存在任何一条通用的平衡曲线。

最后，也曾有这种意见，认为复杂系统的学说只有理论上的价值，还没有发现在实际中应用过。但本教程中在塔的计算的例题中就应用了复杂系统的理论。

与第一版比较，本教程的内容几乎增加了3倍，在本教程中首先是解决了一系列新的问题；其中特别重要的是：对于含过热水蒸汽时真实塔的平衡曲线的作法，在有水蒸汽存在时汽化段的计算、塔的操作条件及安装等方面的研究。复杂系统的理论研究得很深刻，这个理论仍然具有很大的意义。

本教程内容的安排基本上保持不变，部分稍微作了改变：如平衡（及不平衡）系统作为独立的一章；另外，以十分简短的一章叙述了逸度及吸收；关于后一问题较详细的叙述读者可参考有关文献。

在结论里我愿意讲一下，如果这个工作给我们美丽的祖国及有才干的年青人带来一些益处——这些年青人有权期望我们年老的一代——的话，我将是万分欣悦。

A. 特列古波夫

1937年12月1日于莫斯科

一 版 序 言

本教程是根据作者在1931—1932学年于阿塞爾拜疆紅旗石油学院为石油-化学系的研究生所讲的材料編写的,它是用来作为有关专业高年級学生及高等工业学校毕业生、研究生及工程师学习有关蒸餾問題的教材及参考书。

本教程的材料,基本上是选自各种文献,一部分是著者早年发表的文献經加工整理后,并补充了例題。

本教程包括下列六章:

- 1)重量及分子关系;
- 2)相律;
- 3)气体及飽和蒸气压;
- 4)汽化及冷凝;
- 5)精餾;
- 6)复杂系統。

在第一章中叙述了濃度的一般知識,其中关于复杂系統中的集体濃度的概念曾特別提出。对于这个概念作了新的較詳細的解釋,以便于讀者了解。

第二章相律的篇幅不大,它是理解蒸餾及精餾过程各种系統中所发生的物理变化时所必需的。

第三章气体及蒸气压是本教程中主要的一章。本章从理想气体的主要定律中推导出許多适于实际应用的公式。对于单組份液体的飽和蒸气压介紹了經驗数据及公式,并对公式作了評論。在溶液的飽和蒸气压的学說中,采用了Л.И. 康納瓦洛夫的建議。研究了由两个或三个組份所組成的最簡單的平衡系統的物理性质的图解法及分析法,其中特別詳細地介紹了这些方法在理想溶液中的应用;根据这些方法导出方程式并指出作相平衡曲綫、等温綫及等压綫的方法。

第四章闡述了汽化及冷凝的問題，也就是簡單蒸餾（沒有精餾）的問題。在本章中也解釋了并在許多例題中分析了一次及漸次汽化过程。第三章的图解法及分析法在这里得到应用，并且也得到进一步的发展。应当指出，本章的一般結論适用于所有的溶液，不仅仅是对于理想的、均态的，而离共沸混合物状态足够远的溶液也适用。

在第五章中叙述了十分重要的和复杂的精餾問題。在本章的开始就詳述了精餾过程的具体內容，而在后一部分介紹了精餾条件的計算。計算时采用了碳氢化合物的混合物（正-庚烷及正-十一烷）并举出三个例題：1)純态；2)含飽和水蒸汽；3)含过热水蒸汽；在例題中除計算技术外，还闡述了水蒸汽对碳氢化合物精餾的影响。

最后一章是复杂系統的蒸餾及精餾理論。这一章在意义上超过前边各章，因为本章所叙述的方法可用于任一系統，如簡單的或复杂的。二元系統相的状态是根据平衡曲綫平面上一点的位置来决定，而在复杂系統是由整个曲綫所表示。因此复杂系統相的状态得改用空間坐标，必須重新修正并改变所有应用在簡單系統中的图解及分析方法。复杂系統的相平衡曲綫在本质上与一般通用的平衡曲綫不同。除了平面汽化曲綫外，也采用了平衡表面。很有兴趣的是属于精餾的各个物料平衡方程式在复杂系統中仍保持了它的原来形状；因为同一个方程式适用于任意組份，所以它們具有較普遍的意义。

A.M.特列古波夫教授

1932年7月28日于巴庫