

中等粮食学校试用教材

植物油厂 化工过程及设备



F 71

中国财政经济出版社

中等粮食学校试用教材

植物油厂化工过程及设备

植物油厂化工过程及设备编写组 编

中国财政经济出版社

中等粮食学校试用教材
植物油厂化工过程及设备
植物油厂化工过程及设备编写组 编

*

中国财经出版社出版
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
廊坊日报印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 插页1 12,875印张 285,000字

1979年10月第1版 1979年10月北京第1次印刷

印数：1—40,000

统一书号：K15166·047 定价：1.10元

编 审 说 明

本书是根据中等粮食学校油脂加工专业《植物油厂化工过程及设备》课程的要求编写的。也可作为植物油厂技术人员、职工的参考用书。

本书由武汉粮食工业学校主编。参加编写的有武汉粮食工业学校刘大川、胡小泓、高秀峰，吉林财贸学院张玉畴，辽宁省粮食学校赵富荣，四川省粮食学校罗永宗等同志。在编写过程中，有关院校、工厂、科研单位提供了不少宝贵意见和资料，谨此表示感谢。

本书经我们审定，可作为中等粮食学校的试用教材。

中华人民共和国粮食部教材编审小组

一九七九年六月

目 录

绪 论	(1)
第 一 章 流体力学基础	(9)
第一节 流体的基本性质	(9)
第二节 流体静力学	(17)
第三节 流体动力学	(24)
第四节 流体的压头损失	(38)
第五节 压力和流速的测定	(47)
第 二 章 液体的输送	(59)
第一节 管路管件及阀门	(60)
第二节 泵的主要性能	(73)
第三节 介绍油厂中几种常用泵	(81)
第 三 章 非均一系的分离	(101)
第一节 液相非均一系的分离	(102)
第二节 气相非均一系的分离	(120)
第 四 章 传热学基本原理	(122)
第一节 热量衡算方程式	(124)
第二节 传热方程式	(127)
第三节 传热温差的计算	(129)
第四节 热传导	(141)
第五节 给热	(153)
第六节 传热系数的计算及选用	(166)
第七节 热损失	(179)
第 五 章 加热、冷却和冷凝	(181)

第一节	加热、冷却和冷凝的方法	(181)
第二节	热交换器	(188)
第 六 章	蒸发	(216)
第一节	蒸发设备	(216)
第二节	蒸发的流程和计算	(223)
第 七 章	传质概论	(231)
第一节	传质的基本概念	(231)
第二节	扩散原理	(232)
第三节	相际物质传递	(234)
第 八 章	吸收	(241)
第一节	气体的吸收理论	(241)
第二节	吸收的物料衡算	(248)
第三节	填料吸收塔	(252)
第 九 章	蒸馏	(263)
第一节	概念和定律	(263)
第二节	液体混合物及蒸汽的基本性质	(265)
第三节	水蒸汽蒸馏	(268)
第四节	真空系统及混合蒸汽的冷凝	(276)
第 十 章	固—液萃取(浸出)	(286)
第一节	固—液萃取的操作方式	(286)
第二节	固—液萃取的计算	(290)
第三节	固—液萃取的三元相图计算法	(298)
第十一章	干燥	(302)
第一节	湿空气的性质	(303)
第二节	干燥静力学	(311)
第三节	干燥动力学	(318)

第四节	干燥设备	(325)
第十二章	冷冻	(331)
第一节	压缩蒸汽冷冻机	(331)
第二节	冷冻剂和冷冻盐水	(347)
第三节	冷冻机的主要设备	(349)
第十三章	反应设备	(351)
第一节	反应锅 (器)	(351)
第二节	反应锅 (器) 的壁厚计算	(363)
第十四章	搅拌装置	(370)
第一节	机械搅拌器	(370)
第二节	机械搅拌器的功率计算	(375)
第三节	搅拌器的机械计算及传动装置	(380)
附录		(390)
一、附表		(390)
1.	公制单位内部换算	(390)
2.	英制单位换算公制单位	(391)
3.	某些元素的原子量	(392)
4.	固体物料的重度和容重	(393)
5.	某些气体的主要物理性质	(394)
6.	水的粘度	(395)
7.	水的物理性质	(397)
8.	某些液体在 0—20°C 时的重度	(399)
9.	油脂在各种不同温度下的比重	(400)
10.	几种油脂的粘度	(401)
11.	某些水溶液的粘度	(402)
12.	某些液体的表面张力	(403)
13.	某些液体的平均比热	(404)

14. 某些气体在 $P = 1$ [绝对大气压] 下的分子比热	404
15. 计算气体热容的常数 a, b, c, d 之值	405
16. 油脂的比热	406
17. 两种油脂的热容和热传导系数	407
18. 某些固体在 $0-100^{\circ}\text{C}$ 时的平均比热	408
19. 某些固体物料在 $0-100^{\circ}\text{C}$ 时的导热系数	409
20. 某些水溶液的导热系数	410
21. 某些气体在 $P = 1$ [绝对大气压] 下的导热系数	411
22. 某些液体在 20°C 时的体积膨胀系数	411
23. 饱和水蒸汽在 $-20^{\circ}\text{C}-+100^{\circ}\text{C}$ 时的压强	412
24. 饱和水蒸汽 (以温度计)	414
25. 饱和水蒸汽 (以压强计)	416
26. 二氟二氯甲烷 (费立安-12) 的饱和蒸汽	418
27. 氯化钠溶液在低温时的物理性质	419
28. 干空气的物理性质 $P = 760$ [毫米汞柱]	421

二、附图 423

1. 液体的粘度列线图	423
2. 气体的粘度列线图	426
3. 液体的比热列线图	428
4. 液体的汽化潜热列线图	430
5. 己烷的汽化热与温度的关系	432
6. 求饱和蒸汽压与沸点的算图	434
7. 湿空气的 $I-X$ 图	插页
8. 氨的 $T-S$ 图	435
9. 直立通流式氨压缩机的 η 和 λ	436
10. 横卧双动氨压缩机的 η 和 λ	436

绪 论

一、植物油厂化工过程及设备的研究对象和任务

化工过程及设备是化学工程技术科学领域中的一项基础技术学科。对于油脂加工专业而言，油厂化工过程及设备则是一门专业基础课。

化工过程及设备研究的对象是化工生产的基本过程和典型设备，主要研究它们共同的基本原理。这是因为化学工业的门类虽然繁多，制造方法、设备大小、结构型式等虽各不相同，但若将其加以分析整理，则可见其中大体上有若干应用较广而为数不多的基本过程。例如在无机化工烧碱的制造中，碱液的浓缩，就采用蒸发过程来完成；在食盐精制和制糖工业中溶液的浓缩都是采用蒸发的方法，可见蒸发是一个化工基本过程。再如，在氮肥制造中所得晶体肥料需要干燥，在纯碱制造中，纯碱亦须干燥，故干燥也是一个基本过程。这些具有共同的物理变化特点的化工基本过程，也称为化工单元操作。如进一步观察各种体现蒸发及干燥过程的设备，则又可以发现，在生产水平处于一定的阶段，它们往往可归纳成为数不多的几种典型设备。因此可以认为任何化工过程，不论简繁，均系按照不同的生产要求，由若干基本过程及典型设备串联组合而成。

油脂制备工艺过程，特别是浸出法制油过程就是由若干

基本的化工过程所组成的，例如浸出就是固液萃取过程，混合油的浓缩就是蒸发过程，湿粕的烘干就是干燥过程等等，而且这些过程均采用了化工的典型设备。因此化工过程及设备所研究的对象也就是油厂化工过程及设备的研究对象，只是本课程主要研究油脂工厂的化工过程及设备，有所侧重。

植物油厂化工过程及设备课程的任务即在于学习典型的化工过程及设备，掌握其基本原理，熟悉其计算方法，了解设备的性能及其在油厂生产中的应用，并进一步对生产过程及设备进行革新与改造。

由于生产和生活的需要，我国在很早以前，就已采用过滤、蒸发、蒸馏和干燥等单元操作。十九世纪初，各国的制糖、制盐、酿酒和制油工业有了很大的发展，相继出现了真空蒸发装置、精馏塔和压滤机等一系列设备。十九世纪末叶和廿世纪初期，机械工业中出现了电机和蒸汽透平机等高速发动机，因此化学工业中就相应出现了高速离心机、离心泵、涡轮压缩机等，近几十年来由于工业生产实践不断的发展和改进，又出现了许多高效能的新型设备，使传热和传质的速率有了很大的提高。人类生产斗争的不断发展和进步，逐渐形成了与各部门工业生产相适应的工程技术科学。廿世纪初叶，化工过程及设备成为一门独立的学科而出现。随着生产实践和科学技术的不断发展，本课程的内容亦必将日益丰富起来。

解放前我国油脂工业曾长期处于落后状态。解放后油脂工业和其它工业一样，也得到了迅速的发展。特别是以化工过程为基本操作过程的浸出法制油的广泛采用和油厂副产品

综合利用的大力开展，这就向我们提出了研究化工过程及设备的更高要求。这也就需要我们不断采用更多高效能的新设备，更加合理的组织生产工艺过程，不断提高生产技术水平。努力改善油厂生产条件，使生产过程机械化、连续化，生产控制及调节自动化，降低成本，充分利用副产品及废料，提高产品的质量和数量，为实现在本世纪内把我国建设成为社会主义现代化强国的宏伟目标而奋斗。

二、化工过程的分类

根据化工过程所遵循的基本规律，可分成下列几类：

（一）流体力学过程。包括以体现流体力学基本规律为主的过程及设备，如流体的流动及输送、气相悬浮系的分离、液相悬浮系的分离、物料的搅拌等。

（二）传热过程。包括以体现热交换基本规律为主的过程及设备，如传热理论及换热设备、蒸发、结晶等。

（三）传质过程。包括以体现扩散基本规律为主的过程及设备，如气体的吸收、液体的蒸馏及精馏、溶剂萃取、固体的干燥等等。

（四）热力学过程。包括以体现热力学基本规律的过程及设备，如冷冻及深度冷冻等。

（五）机械过程。包括以体现固体力学基本规律为主的过程及设备，如固体的粉碎、筛析和加料等。

（六）化学反应过程。包括以体现化学变化基本规律为主的过程及设备，如氧化、还原、氢化、磺化、硝化、水解等。

本课程着重介绍前四类化工过程，其它过程可参阅有关书籍。

应该指出，以上分类方法只是相对的。在最简单的情况下，过程用一个基本定律就能表明，例如流体力学过程可以用流体运动规律来表明。但是某些过程也可以同时包括有流体力学现象、热交换现象和传质现象，而某些设备也会随着它在生产中使用目的或条件的不同，起着不同的作用。因此对同一典型设备，有必要从各个角度，进行全面的分析，应该把一系列共同影响和经常互相矛盾的因素密切地联系起来研究。

三、物料衡算和能量衡算

(一) 物料衡算。物料衡算是质量守恒定律的一种表现形式。根据这一定律，输入某一设备以进行操作的物料重量，一定等于操作后所得产品的重量。但是在实际制造过程中，物料不可避免地有损失，也就是输出的重量较输入的重量为少，两者的差额就是物料损失的重量。如果物料衡算用数学式表示，则：

$$G_1 = G_2 + G_{\text{损}} \quad (1)$$

式中： G_1 ——输入的物料重量

G_2 ——输出的物料重量

$G_{\text{损}}$ ——损失的物料重量

这种物料衡算式适用于整个过程，也适用于过程的任何一项步骤。物料衡算可以帮助我们正确地选择工艺流程及设备的大小，了解物料的利用率，以及生产过程的完善程度。

(二) 能量衡算。能量衡算是能量守恒定律的一种表现形式。根据这一定律，输入的能量必定等于输出的能量（包括损失的能量）。进行能量衡算时，必须把各种有关的能量（包括热能、电能、机械能、辐射能、化学能等）都考虑在内。但在化工生产中最常遇到的是热能，所以本课程中，常用下列热量衡算式：

$$Q_1 = Q_2 + Q_{\text{损}} \quad (2)$$

式中： Q_1 ——输入的热量

Q_2 ——输出的热量

$Q_{\text{损}}$ ——损失的热量

同物料衡算一样，热量衡算可以适用于整套装置或设备的某一部分。通过热量衡算，可以了解热量的利用和损失情况。

四、物理量的单位制

在本课程的计算中，常常用到各种物理量，如密度、粘度、导热系数、速度、压强、温度等。所有这些物理量可以用各种单位来量度。因此，应该熟悉单位制度以及单位的换算关系。

目前应用最普遍的是物理单位制和工程单位制。

(一) 物理单位制。也称为厘米—克—秒制 (CGS制)，或绝对单位制，是科学研究中常用的单位制。在这种单位制中，基本量是长度、质量、时间，其单位是厘米、克、秒。

(二) 工程单位制。也称为米—公斤—秒制 (MKGS制)，是工程计算中常用的一种单位制。在这种单位制中，

基本量是长度、重量或力、时间，其单位是米、公斤、秒。

本课程主要采用工程单位制，工程单位制同物理单位制的区别在于用重量代替质量作为基本量。为了区别重量和质量起见，当用公斤作质量单位时，用公斤（质）表示。

在这两种单位制中，温度的单位都是摄氏度 $^{\circ}\text{C}$ 或绝对温度 $^{\circ}\text{K}$ 。在物理单位制中，热量的单位用卡；而工程单位制中则用千卡。现将两种单位制中某些物理量的单位列于表1。

表1 两种公制单位制度中某些物理量的单位

物 理 量	C G S 制	M K G S 制
长 度	厘 米	米
质 量	克	公斤·秒 ² /米
时 间	秒	秒
速 度	厘米/秒	米/秒
加 速 度	厘米/秒 ²	米/秒 ²
重量或力	克·厘米/秒 ² 或达因	公斤
功	克·厘米 ² /秒 ² 或尔格	公斤·米
功 率	克·厘米 ² /秒 ³ 或尔格/秒	公斤·米/秒

质量和重量间的关系可由牛顿第二定律—— $F = ma$ 导出。即：

$$\begin{aligned}
 1[\text{公斤}] &= 1[\text{公斤(质)}] \times 9.81[\text{米/秒}^2] \\
 &= 9.81[\text{公斤(质)} \cdot \text{米/秒}^2] \\
 &= 9.81[\text{牛顿}] \\
 &= 1000[\text{克(质)}] \times 9.81 \times 100[\text{厘米/秒}^2] \\
 &= 981000[\text{克(质)} \cdot \text{厘米/秒}^2] = 981000[\text{达因}]
 \end{aligned}$$

[例题 1] 将重力加速度 $g = 981$ 厘米/秒² 换算成米/秒²

$$\begin{aligned} \text{[解]} \quad g &= 981 \frac{\text{厘米}}{\text{秒}^2} = 981 \times \frac{1}{100} \frac{\text{米}}{\text{秒}^2} \\ &= 9.81 \text{米/秒}^2 \end{aligned}$$

[例题 2] 将转速 $n = 1450$ 转/分换算成转/秒

$$\begin{aligned} \text{[解]} \quad n &= 1450 \text{转/分} = 1450 \times \frac{1}{60} \frac{\text{转}}{\text{秒}} \\ &= 24.2 \text{转/秒} \end{aligned}$$

[例题 3] 将速度 20 公里/小时换算成米/秒

$$\text{[解]} \quad 20 \text{公里/小时} = 20 \times \frac{1000 \text{米}}{3600 \text{秒}} = 5.56 \text{米/秒}$$

[例题 4] 将流量 150 升/分换算成米³/小时和米³/秒

$$\begin{aligned} \text{[解]} \quad 150 \text{升/分} &= 150 \times \frac{\frac{1}{1000} \text{米}^3}{\frac{1}{60} \text{小时}} = 9 \text{米}^3/\text{小时} \\ &= 9 \times \frac{\text{米}^3}{3600 \text{秒}} = 0.0025 \text{米}^3/\text{秒} \end{aligned}$$

[例题 5] 在气体状态方程式 $pV = nRT$ 中, $R = 82.07$ $\frac{\text{大气压} \cdot \text{厘米}^3}{\text{克分子} \cdot ^\circ\text{K}}$ 。若压强 p 用公斤/米²、分子数 n 用公斤分子、温度 T 用 $^\circ\text{K}$ 、体积 V 用米³ 表示, 求 R 的数值和单位。

$$\text{[解]} \quad R = 82.07 \frac{\text{大气压} \cdot \text{厘米}^3}{\text{克分子} \cdot ^\circ\text{K}}$$

$$= 82.07 \times \frac{10330 \frac{\text{公斤}}{\text{米}^2} \times \left(\frac{1}{100} \right)^3 \text{米}^3}{\frac{1}{1000} \text{公斤分子} \times 1^\circ \text{K}}$$

$$= 848 \frac{\frac{\text{公斤}}{\text{米}^2} \cdot \text{米}^3}{\text{公斤分子} \cdot ^\circ \text{K}} = 848 \frac{\text{公斤} \cdot \text{米}}{\text{公斤分子} \cdot ^\circ \text{K}}$$

第一章 流体力学基础

流体是具有流动性的物体，包括液体和气体。流体力学就是研究流体平衡和运动的宏观科学。

流体力学可分成流体静力学和流体动力学。它们不仅是流体力学的基础，而且与传热过程和传质过程有关。所以我们首先研究流体力学的基本原理。

第一节 流体的基本性质

凡是以气体和液体状态而存在的物质统称为流体。流体的特征是分子之间的内聚力极小，几乎有无限的流动性，而且可以几乎毫无阻力地将其形状改变。当流速低于声速时（在 0°C 的空气中声速为 331 米/秒）气体和液体的流动具有相同的规律。

液体一般来说几乎不具有压缩性，具有一定的自由表面，受热时体积膨胀很小，其形态与盛器相同。气体与此相反，不仅有极显著的可压缩性，受热时体积膨胀有较大的改变，并且没有一定的形状和表面，完全充满整个容器。因此一般来说液体的密度几乎不随压力和温度而改变，但气体的密度则随压力和温度的不同有很大的改变。

实际上液体的体积也随温度的变化而稍有改变，在流动