

油脂生产原理与应用技术丛书

油脂制备工艺与设备

汪学德 主 编

刘玉兰 副主编

化 学 工 业 出 版 社

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

油脂制备工艺与设备/汪学德主编. —北京: 化学工业出版社, 2003. 12

(油脂生产原理与应用技术丛书)

ISBN 7-5025-5080-1

I. 油… II. 汪… III. ①油脂制备-生产工艺②油脂制备-化工设备 IV. TQ644

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 125422 号

油脂生产原理与应用技术丛书

油脂制备工艺与设备

汪学德 主 编

刘玉兰 副主编

责任编辑: 杨立新

文字编辑: 温建斌

责任校对: 蒋 宇

封面设计: 蒋艳君

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

北京市彩桥印刷厂装订

开本 850 毫米×1168 毫米 1/32 印张 15 字数 399 千字

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5080-1/TS·142

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

京工商广临字 2003—31 号

前 言

油脂工程技术是一门边缘工业技术，它属于粮油加工行业中的一个技术分支；油脂工业在目前已形成一个独立的工业体系，因此了解油脂工业和掌握油脂行业的商业运作，必须学习了解油脂工程技术。

在油脂工程技术之中油脂制备技术和设备是一个非常重要的部分，本书系统讲述了油脂制取工艺中一系列专业知识和基础知识，讲述了油料的基本性质和油料的结构与组分，以及油料储藏的基本知识。重点讲解了从油料中提取油脂的几种基本方法，系统讲解了油脂的压榨提取和浸出提取的基本原理，影响出油率的因素，同时描述了完成这一过程的设备结构和工艺方法。作者在这本书中还最大限度地分析和预测了油脂加工过程中的先进技术发展与方向，对新的技术和新的技术装备也进行了讲解。

本书可供从事油脂加工生产的技术人员和职工阅读，也可供从事油脂工程技术开发和研究的科研人员及油脂产业副产品开发研究的工程技术人员和油脂生产管理人员参考。

作者均为长期以来从事油脂专业的教学和科研工作者，在此书编写过程中作者搜集了大量的技术资料，融合作者长期从事工程设计和工程管理方面的知识，将油脂制备的技术和设备描写得更接近实际，使读者能够学习到实用的技术及其基础知识。

本书的编写是根据郑州工程学院粮油食品学院副院长陆后玉教授的策划而编写的；在本书的编写过程中得到化学工业出版社的支持，同时得到粮油食品学院教师们的帮助；本书的编写工作主要由汪学德副教授和刘玉兰教授完成，汪学德主要编写绪论、第七章至第十章节的内容，刘玉兰主要编写第一章至第六章的内容；本书全稿经陆后玉教授审核定稿。在本书编写过程中还有部分同志参与

了部分工作，本书的插图部分主要由刘志会、张百川、吴伟中、宋玉敏等同志完成的，在此表示感谢。

在本书的编写过程中由于时间紧，加之作者的条件有限，仍有许多不足之处甚至错误，欢迎读者批评指正。

编者

2003 年 9 月

目 录

绪论	1
一、油脂工业在国民经济中的地位	1
二、我国油料及油脂生产的状况	2
三、国内外油脂工业的现状与发展趋势	4
四、油脂制备的任务	8
第一章 油料及油料储藏	9
第一节 油料	9
一、油料种子的形态和基本结构	9
二、油料种子的细胞结构	12
三、油料种子的化学组成及其存在状态	17
第二节 油料的储藏性质	25
一、油料的物理性质	25
二、油料的生理性质	32
第三节 油料在储藏期间的品质变化	39
一、结露	39
二、发热	41
三、霉变	44
四、油料储藏期的工艺品质变化	46
第四节 油料储藏技术	47
一、干燥储藏	48
二、通风储藏	50
三、低温储藏	51
四、密闭储藏	53
五、气调储藏	53
第五节 油料储藏仓库	55
一、油料储藏仓库的分类	55
二、主要仓型及其储藏性能	56

第六节 主要油料及其储藏	60
一、大豆	60
二、油菜籽	63
三、花生	67
四、棉籽	71
五、芝麻	73
六、葵花籽	74
七、亚麻籽	75
八、红花籽	75
九、蓖麻籽	77
十、月见草籽	77
十一、油茶籽	78
十二、油桐籽	79
十三、乌柏籽	79
十四、油棕（果）	80
十五、椰子	81
十六、油橄榄	82
十七、可可	83
十八、米糠	84
十九、玉米胚	86
二十、小麦胚	87
第二章 油料的清理	88
第一节 油料清理的意义和要求	88
一、油料清理的意义	88
二、油料清理的方法和要求	89
第二节 筛选	89
一、筛面	89
二、振动筛	94
三、平面回转筛	98
四、旋转筛	98
五、影响筛选效果的因素	101
第三节 风选	103
一、风选的基本原理	103

二、风选设备	105
三、影响风选效果的因素	105
第四节 比重法去石	106
一、比重去石原理	106
二、比重去石设备	107
三、影响去石效果的因素	108
第五节 磁选	109
一、永久磁铁装置	109
二、电磁除铁装置	111
第六节 并肩泥的清选	112
一、并肩泥清理的方法	112
二、并肩泥清理的设备	113
第七节 除尘	115
一、除尘方法和工艺	115
二、除尘装置	116
第三章 油料的剥壳及脱皮	121
第一节 油料剥壳	121
一、剥壳的目的、要求和方法	121
二、剥壳设备	122
三、影响剥壳效果的因素	129
第二节 油料剥壳后的仁壳分离	132
一、仁壳分离的要求和方法	132
二、仁壳分离设备	132
三、影响仁壳分离效果的因素	134
第三节 油料脱皮	136
一、脱皮的目的、要求和方法	136
二、脱皮工艺和设备	137
第四章 油料生坯的制备	145
第一节 油料的破碎	145
一、油料破碎的目的和要求	145
二、油料破碎的方法和设备	145
第二节 油料的软化	146
一、软化的目的和要求	147

二、软化设备	147
第三节 油料的轧坯	148
一、轧坯的目的和要求	148
二、轧坯原理	150
三、油料在轧坯过程中的变化	154
四、轧坯设备	156
五、影响轧坯效果的因素	161
第四节 生坯干燥	163
第五节 油料挤压膨化	165
一、油料挤压膨化的目的及意义	166
二、油料挤压膨化设备	167
三、油料挤压膨化浸出工艺	171
第六节 生坯湿热处理	172
一、料坯湿热处理的目的及意义	172
二、豆坯湿热处理工艺与设备	176
第五章 油料熟坯的制备	177
一、蒸炒的目的	177
二、蒸炒的类型	177
第一节 湿润蒸炒理论	178
一、生坯的结构和性质	178
二、蒸炒过程的湿润作用	178
三、蒸炒过程的加热作用	181
四、高水分蒸坯的特殊作用	184
第二节 湿润蒸炒设备和工艺技术	188
一、湿润蒸炒设备	188
二、湿润蒸炒工艺技术	191
第六章 压榨法取油	194
第一节 压榨法取油的基本原理	194
一、压榨取油的过程	194
二、压榨取油的必要条件	196
三、影响压榨取油效果的主要因素	198
第二节 液压榨油机取油	204
一、液压榨油机工作原理	204

二、液压榨油机的类型和结构	205
第三节 螺旋榨油机取油	208
一、螺旋榨油机的工作原理	208
二、动力螺旋榨油机的结构和种类	217
第四节 压榨毛油的除渣	231
一、压榨毛油除渣的特点	231
二、压榨毛油除渣的方法和设备	232
第七章 油脂浸出	246
第一节 概述	246
第二节 油脂浸出用溶剂	249
一、浸出对溶剂的要求	249
二、浸出溶剂的种类和性质	254
第三节 油脂的浸出理论	264
一、油脂浸出的扩散理论	267
二、单个料坯的浸出油脂过程	270
三、在大量料坯中浸出油脂的过程	276
四、影响浸出效果的因素	279
第四节 油脂浸出设备	285
一、浸出的主要方法	285
二、油脂浸出设备	287
三、浸出新工艺探讨	324
第八章 混合油处理	345
第一节 概述	345
一、混合油蒸发的技术	345
二、混合油的基本组分	346
三、混合油处理的基本过程	346
第二节 混合油的预处理	348
一、混合油的净化	348
二、混合油的预热	355
第三节 混合油的蒸发	355
一、混合油蒸发理论	355
二、混合油的蒸发	358
第四节 混合油的汽提	364

一、薄膜汽提（蒸馏）	365
二、喷雾汽提（蒸馏）	368
三、混合油蒸发汽提工艺	371
四、蒸发、汽提时混合油组分的变化	377
第九章 湿粕处理	380
第一节 概述	380
一、湿粕蒸脱技术	380
二、成品粕的质量	380
第二节 湿粕中溶剂的蒸脱	383
一、溶剂在湿粕中的存在状态	383
二、湿粕脱除溶剂的方法	384
三、在层式蒸脱机中蒸脱湿粕所含溶剂	387
四、在卧式烘干机中蒸脱粕所含溶剂	400
五、粕在悬浮状态下脱除溶剂	403
第三节 混合气体净化	407
一、干式捕集粕粉工艺	407
二、湿式捕集粕粉的方法	408
第四节 成品粕的冷却与处理	411
一、粕的干燥和冷却	411
二、等级（豆）粕的生产工艺	417
三、含脂肪粕和颗粒状粕的生产	422
四、成品粕的质量控制	424
五、成品粕的包装与储藏	428
第十章 溶剂回收	431
第一节 概述	431
第二节 溶剂蒸气的冷凝和冷却	433
一、间接壁式冷凝回收溶剂蒸气	434
二、直接混合冷凝回收溶剂蒸气	442
三、空气冷凝回收溶剂蒸气	443
第三节 溶剂和水的分离	444
一、分水器的的工作原理	444
二、分水设备	445
第四节 自由气体中溶剂气体的回收	447

一、冷冻回收自由气体中的溶剂蒸气	447
二、吸收法回收自由气体中的溶剂蒸气	450
三、吸附法回收自由气体中的溶剂蒸气	453
第五节 油脂浸出生产中溶剂的损耗	455
一、不可避免的溶剂损耗	455
二、可避免的溶剂损耗	456
主要参考文献	459

绪 论

油脂加工业是一个古老而又新兴的工业，油脂的生产与人类的发展历史密不可分，它和其他相关产业一样在近代随工业的发展而发展，在应用新技术和新设备基础上形成油脂工业的现代化工业体系，油脂生产也从一个简单的作业演变成一个具有一定理论知识的庞大知识体系，同时派生出系列化工产品生产体系，了解和掌握油脂生产必须从理论学习入手，熟悉并掌握油脂生产理论、生产工艺及油脂生产技术。

一、油脂工业在国民经济中的地位

油脂加工业是粮油工业的重要组成部分，而粮油工业又是食品工业的基础工业分支，油脂加工业为食品工业提供了充足的原料。在我们这样的农业大国里，植物油生产在农副产品生产中占重要比例，在整个国民经济中占有重要的地位。

植物油脂生产的主要原料是含油的植物种子，这些植物种子有种植的和野生的，有多年生长的木本油料和一年生长的草本油料。它的主要产品有食用油脂、工业用油脂，以及含有较高植物蛋白质的食用浓缩蛋白、分离蛋白和饲料用的饼粕，除主要的产品外，还有多种副产品，为其他工业提供了重要的工业原料。

油脂是人们日常生活的必需品，它在人体内起着十分重要的生理功能，是人类生命的能源之一。其发热量为 37.67kJ/g ，高出蛋白质（其发热量为 23.76kJ/g ）和碳水化合物（其发热量为 20.037kJ/g ）一倍左右。油脂也是构成人体组织的一种重要组成成分，可以维持体温、保护器官、润泽皮肤。例如，油脂中的油酸、亚油酸、亚麻酸等成分，是人体所不能合成的必需脂肪酸，缺乏这类脂肪酸会影响人体正常的生理代谢。油脂中还含有磷脂、甾醇、维生素等营养物质，这些物质对人们的生长发育和维持正常的生理

功能也有着密切的关系。所以油脂对维持人们身体健康有着重要的功用。油脂工业生产的各种植物油脂（高级烹调油、色拉油、调和油、调香油等）广泛用于人民日常生活之中。

蛋白质对于人类的生命是十分重要的。“生命是蛋白质存在的形式”。蛋白质除可供给人体能量之外，它还是生命体物质基础的主要组成部分和重要来源。蛋白质中的赖氨酸等必需氨基酸亦非人体所能合成。人体缺乏任何一种必需氨基酸，均会使生理机能反常或产生疾病。近几年随着国民经济的飞速发展，人民生活水平的不断提高，对蛋白质的需求量越来越大。作为蛋白质的重要资源之一的植物蛋白质也就越来越引起人们的关注，如何将油料进行综合性的开发和转化，即从油料中不仅仅提取我们传统的食用油脂或工业用油，而且还提取植物蛋白质以供食用，以生产蛋白粉、浓缩蛋白和分离蛋白，以及以植物蛋白为原料的饮料和冲剂。对植物蛋白质应用最多的还是作饲料，饲料中的蛋白质 70% 来源于植物油料蛋白，尤其是大豆蛋白在提油后用于饲料的量每年都以 10% 的速度递增，大有油脂工业将以生产植物蛋白为主的产业了。

油脂工业生产的油脂除了食用外，也是重要的工业原料，在工业上有着广泛的用途。诸如肥皂、食品、糖果、罐头、油漆、日用化学、润滑剂、甘油、人造橡胶、油布、油墨、塑料等工业都直接或间接用油脂为原料。同时油脂的产品也广泛用于医药、纺织、制革、选矿、铸造等方面。另外，油脂还是重要的出口物资。

二、我国油料及油脂生产的状况

我国是一个农业大国，油料和油脂的生产量在世界的油料和油脂生产中占有重要的比例，同时我国又是一个人口大国，人均油料及油脂生产量偏低。了解我国的油料和油脂的生产状况对全面理解我国油脂工业是非常重要的。

中国生产的油料主要有油菜籽（Rapeseed）、棉籽（Cottonseed）、大豆（Soybean）、花生（Peanut）、芝麻（Sesame），这类油料的产量占油料总产量的 85% 以上。除此之外，中国不同地区生产其他几种油料，它们分别是葵花籽（Sunflowerseed）、亚麻籽

(Flaxseed)、红花籽 (Sunflower)、蓖麻籽 (Casterseed)、油茶籽 (Teaseed)、桐油籽 (Tungseed)，这部分油料虽然在油料生产所占比例不大，但对局部经济产生较大影响。在我国还有一定量的谷物油料，它们是在粮食加工过程中产生的副产品，诸如米糠 (Ricebran)、玉米胚芽 (Corngerm)、小麦胚芽 (Wheatgerm)，这类油料的生产比较稳定。在我国还生产有少部分热带植物油料，如棕榈果 (Palm)、椰子仁 (Cocanut)、油橄榄 (Olive)、可可豆 (Cocabean)，这类油料正处在发展之中。在我国还生产营养价值较高的野生油料，如沙棘籽 (Bucksoon)、黑加仑籽、月见草籽，这类油料生产的油脂主作为保健油用，它们的生产有的是防沙护土种植，有的是野外生长的。

我国油料每年的总产量在 $5000 \times 10^4 \text{t}$ 左右，占世界油料总产量的 16%，世界各国油料生产与我国油料生产见表 0-1。油脂生产量占世界油脂总产量的 15%。而我国大豆油脂和大豆粕的生产和需求是上升的，大豆油和豆粕基本反映了国内油脂的基本情况，见表 0-2。我国五大宗油料的生产分布情况见表 0-3。

表 0-1 世界油料生产分布表 单位: 10000t

年份	世界油料 总产量	北美洲	欧洲	亚洲	南美洲	其他国	中国
2000 年	31340	9530	3020	7860	7240	3690	5110
2001 年	32350	9690	2840	8240	7920	3660	5220
2002 年	32170	8880	2940	7980	8760	3610	5160

表 0-2 我国大豆、豆油、豆粕的总平衡表

单位: 10000t

项 目		2000 年	2001 年	2002 年
大豆	总产量	1541	1545	1640
	总消费量	2716	2733	2652
	总供给量	2866	2579	2540
	进出口量	1325	1039	900

续表

项 目		2000 年	2001 年	2002 年
豆 油	总产量	327	319	305
	总消费量	317	341	362
	总供给量	335	356	355
	进出口量	8	37	60
豆粕	总产量	1515	1485	1377
	总消费量	1332	1518	1598
	总供给量	1524	1487	1379
	进出口量	10	2	2

表 0-3 我国五种油料产量分布情况

项 目	油料总产量	大豆	菜籽	棉籽	花生	芝麻	其他油料
2002 年	5160	1640	1270	623	850	83	694
所占百分比		31.8	24.6	12.1	16.5	1.6	13.4

可以看出我国油料和油脂的生产人均量还很低，与发达国家相比差距还很大；世界人均油脂占有量为 12kg，而我国只有 8kg 左右，因此在相当长的时间里我国将是油脂紧缺的国家，还要有相当的进口量来满足国内的需求。

目前我国油脂的生产正在从二级食用油向高级烹调生产发展，高级食用油脂的量占油脂总产量的 40% 以上，且每年都以 8% 的速度递增，可以说社会的强大需求是推动油脂技术发展的重要动力。

三、国内外油脂工业的现状与发展趋势

油脂制取工业有着悠久的历史。早在人类穴居时代，古代劳动人民从生活实践中就发现从曝晒植物籽仁时可以取得油脂。在发掘埃及坟墓和金辽塔时发现了存有油脂残余物的陶罐，其中包括棕榈油和作为它分解产物的棕榈酸。根据历史学家的论证，离现在大约二千年，在尼罗河山谷中古老的埃及人民已经把亚麻分开用来加工成纤维和提取油脂。早在 14 世纪初叶，我国已有楔式榨油的完整

记录。17 世纪，我国农书《天工开物》中，对我国特有的水代法制油方法也有了详细的记载，那时世界油脂工业基本上还处于原始的手工生产阶段。公元 1785 年英国发明了液压榨油机，到 19 世纪初期才开始应用在工业上。与此同时，制油的辅助设备也有许多的改进和发展，如蒸炒锅的使用，直到 1830 年才由火力加热改用蒸汽加热。到 20 世纪初期，由于连续作用的动力螺旋榨油机获得成功，才使油脂工业有可能采用机械化、连续化生产。但是机械压榨法制油过程存在有根本的缺点，即饼中残油高，油和饼的损耗大，这就促使不少学者力求寻找新的、更现代的提取油脂的方法。

几乎在发展螺旋榨油机的同时，具有崭新技术的溶剂浸出法制油也开始出现于工厂。这种浸出法是从 1843 年法国人在试验室里用二硫化碳提出橄榄油成功后，在工业上开始逐步推广使用，1856 年正式采用单罐浸出器（batch tank extractor）从植物油料中提取植物油，这种单罐浸出器的生产效率较低，因此研制高效的浸出方法在世界工业发达的国家进行竞争，1870 年欧洲首先推出逆流萃取（浸出）的罐组式浸出工艺，将小规模浸出法提出油脂生产变成大规模的浸出法提出植物油生产线；由于罐组的间歇式的操作不能适应工业化的生产要求，发达国家开始研制连续的浸出设备，1919 年德国建成连续生产的直立式篮斗式浸出器（basket extraction），比利时研制成功履带式浸出器（belt extractor），美国生产拖链式浸出器（track belt extractor）；这样大规模多阶段逆流喷淋浸出的浸出器不断完善和改进，使浸出法制油技术在油料加工过程中所占比重愈来愈大；20 世纪 40 年代出现的更大规模的多阶段逆流喷淋连续式浸出器；如平转式浸出器（rotate extractor）和环形浸出器（ring belt extractor）将浸出法制油技术又推向一个新的高度。20 世纪 60 年代出现的自动化控制技术成功地在油脂加工业中的运用，使浸出法制油技术在油脂加工行业中向大型化，高效率，自动化方向发展，浸出单线生产能力从 100t/d 上升到 1000t/d；进入 80 年代后，现代化商业的发展更刺激浸出法制油技术的发展，世界范围内商品贸易要求农副产品加工的产品向特大规模发展，使

得浸出生产规模愈来愈大，先后出现日加工量 2000～4000t 的生产线，高者达到 6000t 的生产能力，现在浸出法制油最大单线日生产能力已达近万吨（见表 0-4）。

表 0-4 国外生产规模发展概况

年份	1900	1920	1940	1950	1960	1970	1985	1993
生产量/(t/d)	50	150	300	400	1000	3000	6000	9300

我国油脂工业的发展有着悠久的历史，很早就取得了相当的成就。但是由于我国长期受封建统治的影响，墨守成规，闭关自守，一直使用落后的土榨生产工具使油脂工业发展极其缓慢。直到 20 世纪中叶，我国植物油料加工在大多数地区仍然采用以人力为主的土法榨油，机械化生产的油脂加工厂寥寥无几。据有关资料记载，1949 年全国只有 343 个植物油加工厂，植物油产量只有 9 万多吨。其中动力螺旋榨油机三十多台，浸出油厂一座，其余大多采用土榨、水压机等生产工具，生产效率低，劳动强度大，这些油厂的布局上集中在沿海地区或大城市，广大的内地、中小城市以及油料产区几乎是空白，布局很不合理。整个油脂工业远远落后于世界水平。1954 年以前我国的榨油技术也很落后，如大豆出油率一般仅 8%。1954 年以后，推广了李川大豆榨油法才使大豆出油率提高到 12%，1958 年我国生产了一大批 200 型螺旋榨油机，这使我国的榨油面貌有了很大的改变。在此期间，我国也自行设计并建造了一些采用浸出法制油的工厂，由于浸出法一般能使粕中残油率降到 1% 以下，因而大大提高了出油率，为国家增产了大量的油脂。后来由于技术力量薄弱，企业管理不善和多种因素所造成的阻力，使浸出法制油的发展走了一段弯路，其发展速度仍然是十分缓慢的，直至 1972 年召开了全国油脂浸出会议，提出了大力推广浸出法制油之后，才使我国的油脂工业向前推广进了一大步。

到了 20 世纪 80 年代，自从油脂浸出技术被列为国家“六五”重点推广项目以来，我国的浸出法制油得到了飞跃的发展，目前全国已有一千多个浸出油厂，浸出油脂已经达到国内全部油脂产量的