

食品加工机械

● 程凌敏 徐克非 杨绮云 王志刚 孙智慧 编著

203

8

中国轻工业出版社

高等学校教学参考书

食品加工机械

程凌敏 徐克非 编著
杨绮云 王志刚 孙智慧

中国轻工业出版社

1988.3

(京) 亲

内 容 提 要

本书系统论述了面糖类食品的流变性质及加工机械的相关理论、机械结构、成型与传动原理、总体与结构设计方法,包括搅拌机械、辊压机械、面类食品成型机械、糖果机械及焙烤机械等等。

内容全面,技术先进,有实用性。可作为高等院校食品机械和食品工程专业的教材,对食品企业、食品加工机械的厂家及设计单位都有参考价值。

食品加工机械

(此书原以中国食品出版社名义出版)

程凌敏 徐克非
杨绮云 王志刚 孙智慧

编著 (编译·译)

责任编辑 彭倍勤

*

中国轻工业出版社出版

(北京市东长安街6号)

人民交通出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

787×1092毫米 1/16 印张: 18.5 字数: 439千字

1992年9月 第一版第二次印刷

印数: 7001—12 000 定价: 14.90元

ISBN 7—5019—1285—8 /TS·0859

前 言

食品是人民生活的必需品，食品工业是国民经济的重要组成部分。我国食品工业比较落后，发展食品工业势在必行。目前，国内关于食品机械的专著很少，特别是关于面类、糖类食品加工机械的技术尚属空白。本书是编著者根据十年来的教学和科研实践，结合国内外先进技术编著而成。该书从食品的流变性质入手，系统阐述了有关面类食品与糖果制品搅拌、调合，熬制成型，焙烤等有关机械的结构、原理及总体与结构设计等知识，并且编入了“机械加工对食品流变性质的影响”及“膨化理论”等最新研究成果。所以，此书具有一定的知识系统性和技术新颖性。

本书第一章由程凌敏执笔；绪论及第二章由徐克非执笔；第三章由王志刚执笔；第四章、第五章由王志刚、杨绮云、徐克非、程凌敏执笔；第六章由杨绮云执笔；第七章由孙智慧、徐克非执笔。全书由程凌敏、徐克非统稿主编。

本书可作为高等院校食品机械和食品工程专业教材，也可供从事食品机械教学、科研、设计、制造及使用的工程技术人员参考。读者应具备一定的数学、流体力学、工程力学、机械原理、机械零件及食品工艺学等方面的知识。

由于水平有限，错误在所难免，敬请批评指正，请与黑龙江商学院食品机械系联系。

编著者

1987. 8 于哈尔滨

绪 论

食品加工机械是指加工食品过程中所应用的机械装置及设备。它在国民经济建设中起着极其重要的作用。

长期以来,食品加工一直是以手工操作为主。这种琐碎而又繁重的重复性体力劳动,一直束缚着人们的手脚。尤其在我国建设四个现代化的今天,时间和效率就是生命。食品加工的手工操作在一定程度上阻碍了国民经济的发展。应用食品加工机械不仅能减轻人们的劳动强度,节约宝贵的时间,而且可以使人们摆脱繁忙的家务和落后的经济文化生活,使生产力大大解放,从而为社会创造更多的财富。

手工操作加工食品,难以实现大规模生产,工作环境较差,工人劳动强度大,生产率低,而且产品质量的稳定性较差。使用食品加工机械能够大幅度简化工人繁琐的工艺操作,同时还可以实现某些手工所不能给予的特殊加工效果。比如在千层酥生产中,食品机械可以在4毫米的厚度内迭加96层面皮。食品加工机械有效而稳定的长期工作,既能保证食品质量,减少对原材料的浪费,又能增加产量,提高劳动生产率,降低食品成本。而由食品加工机械组成的连续化、自动化的大型生产线,又为食品加工社会化创造了有利条件。

应用食品加工机械,减少了人身与食品物料的直接接触和病菌传播机会。通过高压消毒及灭菌处理等操作,还可有效地防止污染食品,促进食品卫生法的贯彻实施。

食品加工机械是食品工业的技术装备,而食品工业的水平反映出国家工业化的程度。目前在许多工业发达国家里,食品工业已成为独立的工业体系,对食品原料的深度加工及综合利用,方便食品的加工,酶工程的应用等等都促进了食品加工机械向着更先进的专业化方向发展。因而可以说,食品加工机械的发展水平是国家工业现代化的标志。

一、我国食品加工机械发展现状

我国食品加工机械起步很晚。解放前,这个行业几乎是一片空白,只在少数大城市有一些国外引进的面包、饼干加工装置。解放后,以罐头、乳制品、糖果等机械设备为代表的食品加工机械才得以发展。特别是近几年来,我国食品工业的总产值每年以8%的速度递增。预计到1990年,我国食品工业的总产值将达到1350亿元。国家对食品工业固定资产的投资总额五年计划为225亿元左右。目前,全国生产食品加工机械的工厂已逾千家,主要品种有500多个。可以说,一个新的行业——食品加工机械行业已在我国初步形成。

二、国内现有食品加工机械特点

与其他机械相比,食品机械加工对象(食品物料)的种类更为繁多,性质更为复杂。按其物理状态分,有固体,包括散粒体和形状规则或不规则的整体;有流体,包括牛顿型流体和非牛顿型流体。按物料来源分,有农产品、畜产品、水产品及其他土特产品。它们的成分复杂,形态多样,各种物料的性质差别很大。食品品种、花色不胜枚举,而且

每种食品都各有不同的特殊要求。由此产生的机械加工方法及动作原理比较复杂，从而造成机械结构型式多样，简繁不一等。仅就面类食品加工机械，以成型原理分类，即有十余种结构。有一些“一机多用”的机器，其结构复杂性更为突出。

我国幅员广大，各地气候差异很大。人们对食物的爱好、习惯各不相同。这也使某些食品加工机械带有部分区域性特色，尤其是仅适合于加工特殊风味食品的机械设备，如刀削面机、松子去壳机等。另外，有些食品机械还带有使用季节性。这些特色更加丰富了食品加工机械的内容。

食品供人食用，食品卫生关系到人们的身体健康。为此，食品机械的卫生条件要求较高。机械的操作过程中与食物物料接触的材料都要保证无毒、无味、无污染、耐磨、耐腐蚀。机器中凡与食物接触的部位都应方便清洗。

目前，我国食品厂的操作人员大多数没有受过专业化训练，对机械的认识普遍不足。另外，食品加工机械使用的场所，除在专业生产厂外，还有较大的比重是在食堂餐厅和食品店等。所以，机器的操作与维修必须简单易行，安全可靠。

国内现有的食品加工机械一些是技术革新的结果，一些是仿造国外设备制成的。因此，食品加工机械中非定型产品多，定型产品少。

三、食品加工机械分类

由于食品加工机械品种繁杂，对其进行严格的科学分类是很困难的。根据商业部有关食品机械标准及产品特征和种类，食品加工机械可分为以下十大类：

面类食品机械

糖果及巧克力加工机械

乳制品机械

罐头制品机械

豆制品机械

调味品机械

肉类加工机械

饮料、酒制品机械

饮食机械

其他加工机械

其中，面类制品机械主要是指加工面包、饼干及糕点的机械设备。饮食机械是指加工大众饮食制品（如馒头、饺子）的机械设备，它是近年来国内食品加工机械行业中一支十分活跃的新军。其他加工机械是指除上述九种机械产品以外的食品加工机械。应该指出，这里所说的食品加工机械不包括食品原料加工机械，如粮油加工机械、制糖机械、制盐机械等。

四、国内食品加工机械现存问题及发展方向

我国食品加工机械起步较晚，技术比较落后，其现存问题是：

1. 实用技术水平偏低

我国从事食品加工机械的专业人员较少，现有的大多数工程技术人员都是在近年内刚刚转向，这需要有一个深化提高过程。另外，国内大多食品机械生产厂家属于中小型

企业，设备落后，资金短缺，技术力量有待于加强。

2. 现有机械产品质量欠佳

由于技术力量薄弱，现有食品加工机械的产品质量欠佳，如机器的工作稳定性和可靠性较差；对于引进的机械设备吸收消化不够，许多机器仅是单纯的仿型，并未突出我国的特点；品种不全，缺少方便食品加工机械、连续自动生产线及传统风味食品的加工机械设备。

3. 缺乏基础技术研究

关于食品加工机械方面的基础技术研究在我国尚未系统展开，如对食品物料的物理性质（特别是流变性）研究、食品加工机械动力参数的确定、食品原料的深度加工及综合利用等。因此用于指导实际生产的基础技术比较缺乏，至今国内尚无有关食品加工机械的工程手册，而且机械产品的标准化、系列化、通用化程度不高，对许多食品加工机械的设计与制造无章可循。

针对上述问题，当前食品加工机械的发展应是从我国实际情况和现有技术水平出发。着重开展对食品加工机械基础技术的研究、开发、和推广工作；加强对机械产品的“三化”工作，切实改善和加强现有技术力量。在此基础上抓好产品质量，生产出既实用又先进的高效能机器，其中应优先发展方便食品加工机械。同时还应努力学习国外先进技术，做到“洋为中用”，创造出具有我国特色的食品加工机械。

另外，为使我国食品加工机械的发展速度适应现代形势的需要，还应重点加强对食品机械专业技术人员的培养提高。有关高等院校、科研单位在开发应用技术的同时，还要确定长远科研规划，开展理论研究。我们相信经过广大技术人员的通力合作，我国食品加工机械的技术水平必将跨入世界先进行列。

目 录

绪论

- 一、我国食品加工机械发展现状..... 1
- 二、国内现有食品加工机械特点..... 1
- 三、食品加工机械分类..... 2
- 四、国内食品加工机械现存问题及发展方向..... 2

第一章 食品及其物料的流变特性

- 第一节 食品的流体特性..... 1
 - 一、粘度..... 1
 - 二、稳定与非稳定流动..... 4
 - 三、指数定律..... 6
- 第二节 食品的塑性..... 7
 - 一、宾汉模型..... 8
 - 二、非理想特性..... 9
 - 三、塑性材料的结构..... 9
 - 四、粘滞性..... 11
- 第三节 食品的粘弹性..... 11
 - 一、粘—弹性模型..... 12
 - 二、粘弹性材料的结构..... 14
- 第四节 典型食品的流变特性..... 14
 - 一、糖浆的流变特性..... 15
 - 二、巧克力熔浆的流变特性..... 16
 - 三、面团的流变特性..... 17
- 第五节 机械加工对面团流变性质的影响..... 26
 - 一、实验方法与实验数据处理..... 26
 - 二、实验结果..... 26
 - 三、分析与结论..... 31

第二章 搅拌机械

- 第一节 概述..... 34
 - 一、搅拌操作..... 34
 - 二、搅拌物料的种类及搅拌特性..... 34
 - 三、搅拌机械基本结构..... 34
 - 四、搅拌机械分类..... 35
- 第二节 搅拌机..... 35

一、混合机理.....	36
二、搅拌机结构.....	37
三、搅拌装置的几何特性.....	43
第三节 搅拌功率计算.....	44
一、功率关联式.....	44
二、功率曲线.....	45
三、形状因子对搅拌功率的影响.....	47
四、电动机功率.....	48
五、非牛顿流体的搅拌功率.....	49
第四节 因次分析法.....	52
一、因次分析法的作用及基本概念.....	52
二、因次和谐性.....	53
三、 π 一定理.....	53
四、应用举例.....	54
第五节 调和机.....	56
一、混合机理.....	56
二、调和机分类.....	57
三、打蛋机.....	57
四、调粉机.....	62
第六节 混合机.....	68
一、混合机理.....	68
二、旋转容器式混合机.....	69
三、固定容器式混合机.....	71
第三章 辊压机械	
第一节 辊压原理.....	74
一、辊压操作.....	74
二、理想辊压过程.....	74
三、辊压参数的确定.....	74
四、辊压过程的运动计算.....	77
五、导入条件与压辊直径的确定.....	78
六、横压力.....	79
七、辊压功率计算.....	80
八、生产能力计算.....	81
第二节 辊压机械.....	81
一、辊压机械的型式.....	81
二、卧式辊压机.....	82
三、立式辊压机.....	84
四、连续卧式辊压机.....	84

第四章 面类食品成型机械

第一节 冲印式饼干成型机	87
一、冲印饼干机生产基本过程	87
二、冲印饼干机主要结构	87
三、冲印成型原理	90
四、冲印饼干机主要技术参数	91
第二节 辊印式饼干成型机	93
一、辊印饼干机主要结构	94
二、辊印饼干机成型原理	95
三、辊印饼干机传动原理	96
四、辊印饼干机主要技术参数	96
第三节 辊切式饼干成型机	97
一、辊切饼干机主要结构	97
二、辊切饼干机成型原理	98
三、辊切饼干机主要技术参数	99
第四节 冲印成型机构优化设计	99
一、机构运动分析	100
二、机构优化设计	104
三、优化结果分析	107
第五节 面包成型机械	108
一、面包切块机	108
二、面包搓圆机	111
三、网格式面包成型机	114
第六节 包馅机	116
一、包馅机的型式	116
二、包馅机主要结构	117
三、包馅机的成型原理	119
四、包馅机的传动原理	121
第七节 软料糕点成型机	125
一、成型原理	125
二、定量供料装置	129
三、柱塞式软料糕点机传动原理	130
第八节 膨化食品机械原理	132
一、膨化成型原理	133
二、膨化食品结构的形式	134
三、加工变量对膨化产品比容的影响	134
四、原料对膨化产品比容的影响	137
第九节 蛋卷成型机	139

一、蛋卷机主要结构	139
二、蛋卷成型操作原理	141
第十节 饮食成型机械	142
一、馄饨成型机	142
二、饺子成型机	145
第五章 糖果机械	
第一节 糖果种类与生产工艺流程	151
一、硬糖	151
二、半软糖	151
三、软糖	153
第二节 熬糖机械与设备	154
一、化糖机械与设备	154
二、真空连续熬糖机	155
三、国外熬糖机械与设备	158
第三节 保温辊床拉条机	162
一、保温辊床	162
二、拉条机	166
三、拉匀条机	169
第四节 硬糖成型机	170
一、冲糖机主要结构	172
二、冲糖成型原理	174
三、冲糖机传动原理	175
四、冲糖机主要技术参数	176
第五节 半软糖成型机	176
一、刀平车组	177
二、压辊切割机组	177
第六章 焙烤机械	
第一节 加热原理	183
一、热交换形式	183
二、红外线及其特性	185
三、热辐射基本定律	187
第二节 远红外烘烤糕点的基本原理	190
一、远红外辐射加热原理	191
二、水分扩散	191
三、食品物料对远红外辐射的吸收光谱	193
第三节 远红外辐射元件及涂料	193
一、食品烤炉常用辐射元件的种类及特点	193
二、远红外辐射涂料	199

第四节	烤炉的分类及生产能力计算	201
一、	烤炉的分类	201
二、	食品烤炉生产能力计算	206
第五节	远红外食品烤炉的炉体设计	207
一、	炉体的结构形式	208
二、	炉体尺寸确定	208
三、	炉体的保温	211
四、	炉体密封	215
第六节	电功率计算	215
一、	热平衡法	215
二、	辐射功率密度法	217
三、	计算实例	217
第七节	辐射元件的表面温度选择及其工艺排布	219
一、	辐射元件的表面温度选择	219
二、	辐射距离的确定	222
三、	辐射元件的工艺排布	224
四、	功率分配	227
第八节	反射装置	228
一、	反射装置的选择	228
二、	辐射元件在反射装置中的位置	229
三、	影响反射效果的原因	230
第九节	排潮系统设计	231
一、	箱式炉通风排潮系统	231
二、	隧道炉排潮系统	231
第十节	烤炉的传送装置	233
一、	各种传送装置的特点及选用	233
二、	带式炉传动功率的计算	234
三、	滚筒直径计算	236
四、	链条传送装置驱动功率计算	237
第十一节	炉温调节	238
一、	炉温的调节	238
二、	炉温自动调节的执行装置	240
第七章	食品加工机器设计方法	
第一节	概述	242
一、	食品加工机器设计的基本要求	242
二、	食品加工机器设计的主要步骤	244
三、	食品加工机器的一般设计方法	244
第二节	食品加工机器总体设计	246

一、食品加工机器总体方案拟定的依据·····	247
二、食品加工工艺分析·····	248
三、食品加工机器的总体布局·····	251
四、食品加工机器主要技术参数的确定·····	255
五、食品加工机器的控制系统及工作循环图的拟定·····	260
第三节 食品加工机器传动系统设计·····	263
一、食品加工机器传动系统的组成及要求·····	264
二、传动系统的分析与计算·····	264
三、设计传动系统的一般原则·····	268
四、分级变速传动系统的设计·····	269
五、无级变速传动系统的设计·····	272
第四节 技术设计·····	278
一、结构设计·····	278
二、强度、刚度、传动计算·····	278
三、总图、总装配图、部件图、零件图的绘制·····	278
四、技术文件的编写·····	278
参考文献·····	280

第一章 食品及其物料的流变特性

正如设计金属加工机床需要了解被加工金属材料的参数一样，设计食品加工机械也要掌握被加工的食品物料的特性参数。与设计食品机械及确定食品工艺密切相关的是食品流变特性。

对于食品的流变性质进行物理学探讨的科学称为食品流变学。食品流变学属广义的流变学范畴，而流变学则是物理学的一个分支。

食品流变学是研究食品工业中原料、中间产品及最终产品的流动及变形的科学(White, 1970)。食品流变性质的测定能够为食品机械设计提供科学的技术依据，使其符合加工物料的性质，从而生产出理想的最终产品。对食品的流变性质了解得越多，所设计的食品机械则越有效，在面包生产中对面团流变性质的研究与控制就是其中一例。

食品流变特性主要是指食品的流体特性、塑性及粘弹性。按其特性，食品可分为牛顿流体、非牛顿流体、塑性材料及粘弹材料。

下面首先讨论食品的流体特性。

第一节 食品的流体特性

一、粘度

粘度是绝大多数流体和半流体食品及物料的一个重要质量指标和加工过程中不可忽略的设计依据。

(一) 牛顿流体的粘度

1. 牛顿粘性定律 流体在流经管道时，由于粘性作用造成了其速度分布情况如图 1-1 所示。牛顿根据这一现象，提出了牛顿粘性定律：流体层间的剪应力等于流体粘度与速度梯度（剪切速率）的乘积。即

$$\tau = \eta \frac{d_u}{d_y} \quad \text{或} \quad \tau = \eta D \quad (1-1)$$

由式 (1-1) 导出牛顿粘度定义式：

$$\eta = \frac{\tau}{\frac{d_u}{d_y}} \quad \text{或} \quad \eta = \frac{\tau}{D} \quad (1-1a)$$

式中 τ ——单位面积上的摩擦力，即剪应力

η ——牛顿粘度，又称动力粘度

$D, \frac{d_u}{d_y}$ ——流体的速度梯度，即剪切速率

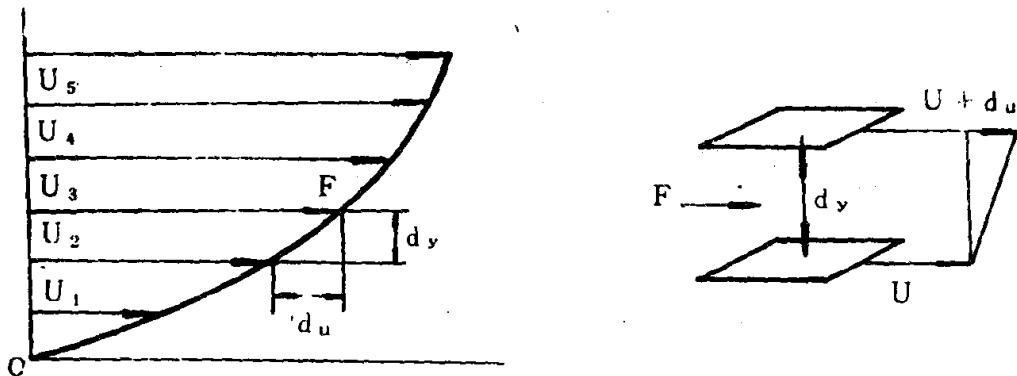


图 1-1 圆管内流体速度分布示意图

动力粘度单位 $\text{Pa} \cdot \text{S}$ 称为帕·秒。物理学上也常用泊 (P) 或厘泊 (CP) 作为动力粘度的单位，泊的量纲是达因·秒/厘米²，泊与厘泊的换算关系为：

$$1 \text{ Pa} \cdot \text{S} = 10 \text{ P} = 1000 \text{ CP}$$

凡剪应力与速度梯度的关系符合牛顿粘性定律的流体，称为牛顿流体。牛顿流体模型如图 1-2 所示。

许多食品，如汽水、酒精饮料、淀粉糖浆、蔗糖和食盐溶液、某些食用油、一些蜂蜜、牛奶等都表现了近似牛顿流体的特性。

在工程上还常用运动粘度 (γ) 来表示流体的粘性。动力粘度与运动粘度的换算关系如下：

$$\gamma = \frac{\eta}{\rho} \quad (1-2)$$

式中 γ ——运动粘度 (米²/秒)

ρ ——流体的密度 (公斤/米³)


模型	符号	公式
	N	$\tau = \eta D$

图 1-2 牛顿流体模型、符号和公式

运动粘度 γ 的单位还可以用沱 (St) 或厘沱 (CSt) 表示，其换算关系为：

$$1 \text{ 米}^2/\text{秒} = 10^4 \text{ 厘米}^2/\text{秒} = 10^4 \text{ 沱} = 10^6 \text{ 厘沱}$$

2. 剪切应力与剪切速率的关系 由牛顿粘性定律可知，剪切应力 τ 与剪切速率 D 成正比。图 1-3, a 表示了 τ 与 D 的这种线性关系，其斜率即为动力粘度 η 。从图 1-3, b 中可以看出，动力粘度 η 为常数，它与剪切速率 D 无关。这一点正是区分牛顿流体与非牛顿流体的重要标志。

3. 粘度与温度的关系 严格说来，牛顿流体的粘度是温度和压力的函数。但在一般情况下，压力的影响很小，可以忽略不计。表 (1-1) 为 20℃ 条件下的一些牛顿流体

表 1-1

牛顿流体的粘度

20℃

物料名称	乙醇	橄榄油	蓖麻油	甘油
η (帕·秒)	1.2×10^{-1}	84.0×10^{-1}	986.0×10^{-1}	149.0×10^{-1}

粘度。

温度的上升能够引起流体粘度的大幅度下降。其规律是：粘度越大，温度对其影响就越大。例如每增加 1℃，水的粘度便下降 1~3.5%。而当温度从 20℃ 升至 21℃ 时，蓖麻油的粘度下降 8%。对于绝大多数牛顿流体来说（水除外），粘度与温度的关系可用下式表示：

$$\log \eta = \frac{B}{T} + C \quad (1-3)$$

式中 T——绝对温度

B、C——常数

表 1-2 中列出了一些牛顿流体的 B 和 C 值。

4. 雷诺准数 流体流动时分层流和湍流两种截然不同的流动状态。雷诺 (1842~1912) 从理论上建立了流态的变化与动力粘度 η 、流体密度 ρ 、导管半径 r 及流速 μ 的关系，并提出了判断流体运动状态的准则，即雷诺无因次准数 R_e ，写作

$$R_e = \frac{2 r \mu \rho}{\eta} \quad (1-4)$$

两种流态发生变化时的雷诺数，称为临界雷诺准数。对于牛顿流体来说，该值约为 2300。

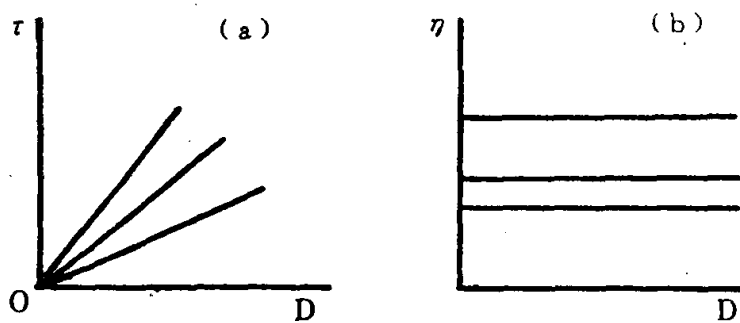


图 1-3 剪应力、剪切速率与粘度的关系

a——剪应力与剪切速率的关系

b——粘度与剪切速率的关系

表 1-2

一些牛顿流体的 B、C 值

物料名称	B	C
甲醇	927	0.9123
乙醇	1178	0.7467
丙醇	1595	-0.0305
丁醇	1742	-0.3285

(二) 非牛顿流体的粘度

在食品工业中，许多流体食品及物料流动时不符合牛顿粘性定律，其流动的剪应力与速度梯度（剪切速率）不成简单的线性关系，因此没有一个确定的粘度值，这类流体称为非牛顿流体。

仿照牛顿流体定律，习惯上把非牛顿流体的粘度定义为剪切应力与速度梯度（剪切速率）的比值，称为表现粘度（或非牛顿粘度、有效粘度、异常粘度等）。它与牛顿粘度不同，在恒温下不是常数，而是随剪应力或剪切速度的变化而变化的。即

$$\eta_{app} = \frac{T}{D} \quad (1-5)$$

式中 η_{app} ——表现粘度（牛顿·秒/米²）

图 1—4 为牛顿流体与非牛顿流体的特性曲线。

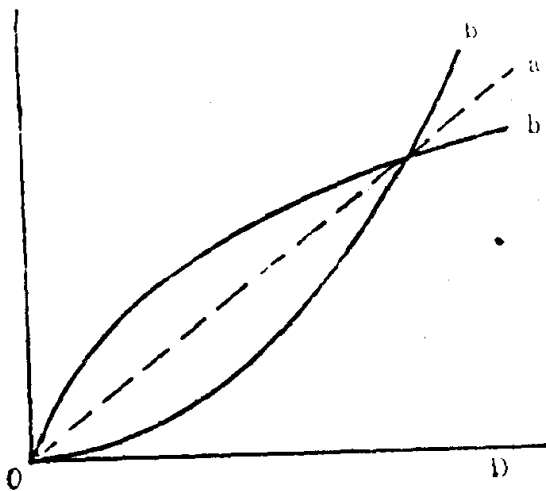


图 1—4 流体的特性曲线

a——牛顿流体 b——非牛顿流体

一般说来，分子量极大的高分子物质的溶液或混合物，以及浓度很高的颗粒悬浮液，都具有非牛顿流体性质。不论是源于生物系统的液体，还是天然形成或人工合成的高分子聚合物，不论是液态，还是熔化状态，多是非牛顿流体。在食品加工过程中遇到最多的是非牛顿流体，例如奶油、果酱、巧克力熔浆、面浆及某些面团等。

二、稳流与非稳定流动

根据剪切应力与剪切速率之间关系的不同，可将非牛顿流体的流动分为两类。一类是剪应力与剪切速率的关系不随作用时间而变化，称为稳定流动。另一类是剪应力与剪切速率的关系随应力作用时间而变化，称为非稳定流动。稳定与非稳定流动的四种主要特性是假塑性、膨胀性、摇溶性及摇凝性。其相互关系如表 1—3 所示。

稳定与非稳定流动的四种主要特性是假塑性、膨胀性、摇溶性及摇凝性。其相互关系如表 1—3 所示。

(一) 稳流（不随时间变化的稳定流动）

1. 假塑性 当受高速剪切时（比如搅动）流体比低速剪切时更稀。表现粘度取决于剪切速率，但与剪切时间作用的长短无关， $\tau-D$ 曲线不是一条直线。剪切速率随剪应力的增加而大幅度的增长，至使表现粘度随剪应力的增加而降低。对于每一个 τ 值，都有

表 1—3

稳定与不稳定流动的主要特性

特 征	稳 流 (不随时间变化)	非稳流 (随时间变化)
受剪变稀	假 塑 性	摇 溶 性
受剪变稠	膨 胀 性	摇 凝 性