



中国轻工业“十三五”规划立项教材

食品科学与工程 综合实验指导

FOOD SCIENCE AND ENGINEERING
COMPREHENSIVE EXPERIMENTAL GUIDANCE



荣瑞芬 闫文杰 主编

非
外
借

中国轻工业“十三五”规划立项教材

食品科学与工程 综合实验指导

荣瑞芬 闫文杰 主编



 中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

食品科学与工程综合实验指导/荣瑞芬,闫文杰主编. —北京:中国轻工业出版社,2018.12

中国轻工业“十三五”规划立项教材

ISBN 978-7-5184-2191-6

I. ①食… II. ①荣… ②闫… III. ①食品科学—实验—高等学校—教材 ②食品工程学—实验—高等学校—教材 IV. ①TS201-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 247927 号

责任编辑:钟雨 责任终审:劳国强 整体设计:锋尚设计
策划编辑:伊双双 责任校对:吴大鹏 责任监印:张可

出版发行:中国轻工业出版社(北京东长安街6号,邮编:100740)

印刷:三河市国英印务有限公司

经销:各地新华书店

版次:2018年12月第1版第1次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:22

字数:500千字

书号:ISBN 978-7-5184-2191-6 定价:48.00元

邮购电话:010-65241695

发行电话:010-85119835 传真:85113293

网址:<http://www.chlip.com.cn>

Email:club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请与我社邮购联系调换

161263J1X101ZBW

前言

食品科学与工程专业是一级学科专业，涉及理、工、农、医、管等多门学科，其专业必修课程包括食品工程原理、食品化学、食品分析、食品工艺学、食品营养学、食品安全与卫生学及其实践课程。专业教材目前以理论课程教材较多，实践课程相对较少，特别是综合性的食品科学与工程专业综合实践教材目前还为数不多。

北京联合大学以培养技术应用型人才为目标，教学中极其重视实践教学。我校食品科学与工程专业开设十六年，以食品营养和功能食品为特色，经过十六年的建设，已形成了科教融合与产教融合相结合的实践教学模式，实践教学中融入了教师许多科研成果和产业先进技术。本教材是在我校食品科学与工程专业多年实践教学基础上，依据食品专业人才培养规格的要求，打破学科性束缚，融合大食品学科，与时俱进吸纳新的科研成果、行业新技术产品和我校营养功能食品特色内容汇编而成，注重技术应用。

本教材由北京联合大学荣瑞芬教授、闫文杰副教授主编，食品科学系和功能食品研究院一线教师和校外人才培养基地北京市理化分析测试中心、北京荷美尔食品有限公司专业技术人员参加编写。本教材共分十三章，包括食品工程原理实验，食品化学实验，食品分析实验，肉、乳、蛋制品工艺学实验，园艺产品工艺学实验，农产品工艺学实验，焙烤食品工艺学实验，食品功能因子制备技术实验，功能食品制备实验，应用营养学实验，食品安全与卫生学实验等内容。具体编写分工如下：第一章由黄汉昌编写；第二、七、九章由荣瑞芬编写；第三章由刘彦霞、戴涟漪编写；第四、五、六章由闫文杰编写；第八章由李祖明编写；第十章由惠伯棣编写；第十一章由惠伯棣和荣瑞芬编写；第十二章由常平、周绮云编写；第十三章由闫文杰、贾丽编写。北京联合大学食品科学与工程专业研究生王帅、谢洋洋、李汉洋参与了资料收集和部分内容编写。

本教材内容丰富，理论联系实际，强化实践技术，实用性强，突出营养与功能食品特色，以培养应用型人才为目标，以切实提高学生的动手能力、创新能力、设计能力为目的。可作为各大专院校食品专业的专业综合实践教材，可供职业技术学院学生、食品行业技术人员学习参考。

本书的编写得到了北京联合大学教务处的大力支持，同时得到了北京联合大学食品科学系和功能食品科学技术研究院教师和同学们、北京市理化分析测试中心范筱京总工程师、贾丽工程师、北京一轻研究院宋昊助理研究员、宝健生物技术有限公司洪杰高级工程

师、江苏雨润集团徐宝才教授高级工程师的大力支持和帮助，在此一并向他们表示衷心的感谢。

本教材由《北京联合大学“十三五”产学合作规划教材建设项目》经费资助出版。

由于编者水平有限，本书所涉及的领域又十分广阔，因此，欠妥之处在所难免，恳请读者提出宝贵的批评和建议。

编者

2018年10月

第一篇 食品专业基础课程类实验

第一章 食品工程原理实验	3
实验一 雷诺实验	3
实验二 伯努利方程验证实验	6
实验三 流体流动阻力的测定	10
实验四 填料塔气体吸收传质系数测定实验	14
实验五 液—液对流传热综合实验	21
第二章 食品化学实验	28
实验一 食品总酸含量的测定（滴定法）	28
实验二 植物性食品中总糖和还原糖含量的测定	29
实验三 食品中淀粉含量的测定（酸水解法）	32
实验四 淀粉的糊化度和老化度的测定	34
实验五 果胶的提取和果冻的制备	36
实验六 坚果种子类食品中油脂和蛋白质的分离	38
实验七 植物性食品中蛋白质碱溶酸沉提取实验	40
实验八 蛋白质水解度的测定	42
实验九 蛋白质的起泡能力及稳定性测定	43
实验十 食品乳状液的制备及性质测定	45
实验十一 热加工温度对果汁中维生素 C 含量的影响	47
实验十二 美拉德（Maillard）反应初始阶段的确定	49
实验十三 食品中花青素含量的测定	51
实验十四 果蔬中 β -胡萝卜素含量的测定	52
实验十五 高效液相色谱法测定食品中维生素 A 和维生素 E 的含量	54
实验十六 食品中类黄酮含量的测定（HPLC 法）	57
实验十七 食用油脂氧化稳定性的测定	59
实验十八 植物多糖的提取	60

第三章 食品分析实验	63
实验一 食品水分含量的测定	63
实验二 凯氏定氮法测定食品中的蛋白质含量	65
实验三 索氏提取法测定食品中的脂肪含量	67
实验四 葡萄酒中有机酸含量的测定	68
实验五 饮料中山梨酸、苯甲酸含量的测定	70
实验六 原子吸收法测定食品中的锌含量	72
实验七 气相色谱法测定核桃中的脂肪酸含量	74
实验八 保健食品中洛伐他汀含量的测定	76
实验九 茶叶儿茶素类的 HPLC 检测	78
实验十 鸡蛋中胆固醇含量的测定	79

第二篇 食品专业课程类实验

第四章 肉制品工艺学实验	85
实验一 牦牛肉干的加工	85
实验二 黑猪肉脯的制作	88
实验三 猪肉松的制作	90
实验四 北京烤鸭的制作	93
实验五 右玉熏鸡的制作	95
实验六 香糟酱牛肉的制作	97
实验七 湘味毛氏红烧肉的制作	99
实验八 圆火腿的制作	100
实验九 台湾烤香肠的制作	102
实验十 金华发酵火腿的制作	103
第五章 乳品工艺学实验	106
实验一 巴氏杀菌杏仁乳的加工	106
实验二 牦牛酸乳的加工	109
实验三 配方乳粉的加工	112
实验四 玫瑰干酪的加工	116
实验五 冰淇淋的加工	119
实验六 奶油的加工	123
第六章 蛋品工艺学实验	127
实验一 洁蛋的加工	127

实验二	松花蛋的加工	130
实验三	咸蛋的加工	132
实验四	卤蛋的加工	134
实验五	液蛋制品的加工	136
第七章	园艺产品工艺学实验	142
实验一	果蔬过氧化物酶失活的测定	142
实验二	果蔬加工过程的护色方法	143
实验三	澄清苹果果汁的加工工艺	145
实验四	红枣果肉果汁的加工工艺	148
实验五	果蔬混合汁的加工工艺	149
实验六	全脂核桃乳的加工工艺	151
实验七	胡萝卜纳米粉的加工工艺	154
实验八	红枣奶茶的加工工艺	156
实验九	苹果果脯的加工工艺	157
实验十	山楂果脯的加工工艺	160
实验十一	低糖果脯的加工工艺	161
实验十二	低糖山药果脯的加工工艺	163
实验十三	蓝莓果脯的加工工艺	165
实验十四	话梅的加工工艺	166
实验十五	果胶含量不同果材果酱的加工工艺比较	168
实验十六	低糖草莓、苹果复合果酱的加工工艺	171
实验十七	糖水水果罐头的加工工艺	172
实验十八	中式泡菜的加工工艺	174
实验十九	韩国泡菜的加工工艺	176
实验二十	干红葡萄酒的酿造工艺	177
实验二十一	果蔬干制品的加工工艺	181
第八章	农产品工艺学实验	183
实验一	植物油脂制取(压榨法)	183
实验二	植物油脂的制取(浸提法)	185
实验三	植物蛋白的提取	187
实验四	内酯豆腐的制作	189
实验五	白酒的酿造	191

第九章 焙烤食品工艺学实验	195
实验一 面包的制作	195
实验二 甜面包配方与制作	198
实验三 法式面包配方与制作	200
实验四 香芋吐司配方与制作	202
实验五 蛋糕的制作	204
实验六 蛋挞配方与制作	206
实验七 广式月饼配方与制作	208
实验八 桃酥的配方与制作	211
实验九 饼干的制作	212
第十章 食品功能因子制备技术实验	216
实验一 杜氏藻萃取物的微胶囊包埋	216
实验二 豆油中轻质组分的短程分子蒸馏分离	219
实验三 菊花中叶黄素酯的微波萃取	223
实验四 菊花中叶黄素酯的微波皂化	226
第十一章 功能食品制备实验	229
实验一 万寿菊干花颗粒制备食品功能因子叶黄素	229
实验二 食品功能因子叶黄素在发酵型酸奶中的应用	231
实验三 核桃固元膏制作	233
实验四 海带多糖降脂茶的制备	235
实验五 减肥代餐粉的制备	237
实验六 叶黄素护眼咀嚼片的制备	240
实验七 抗疲劳保健饮品的制备	241
第十二章 应用营养学实验	244
实验一 营养配餐设计与食谱制定	244
实验二 孕妇及乳母的营养配餐设计与食谱制定	246
实验三 糖尿病老年患者的营养配餐设计与食谱制定	248
实验四 膳食调查与营养分析	249
实验五 营养状况的体格体征检查与评价	254
实验六 营养宣教计划书设计	257
实验七 营养宣教效果评价	259
实验八 食物蛋白质利用率评价	260
实验九 血红蛋白含量的测定 (氰化高铁血红蛋白 HiCN 法)	262

实验十	血中尿素氮的测定 (二乙酰一脲显色法)	264
实验十一	血清甘油三酯含量的测定 (正庚烷-异丙醇抽提法)	266
实验十二	血清总胆固醇含量的测定 (邻苯二甲醛法)	268
实验十三	血清高密度脂蛋白胆固醇含量的测定	269
实验十四	全血谷胱甘肽还原酶活性系数 (AC) 值的测定	271
实验十五	血清钙含量的测定 (EDTA 滴定法)	273
实验十六	血清磷含量的测定 (孔雀绿微量比色法)	275

第十三章	食品安全与卫生学实验	278
实验一	食品中菌落总数的测定	278
实验二	食品中大肠菌群的测定	282
实验三	食品中金黄色葡萄球菌的检验	284
实验四	食品中沙门氏菌的检验	289
实验五	蔬菜中硝酸盐含量的测定	296
实验六	食品中苯甲酸、山梨酸和糖精钠含量的测定	298
实验七	食品中合成着色剂的测定	302
实验八	苏丹红的快速检测	306
实验九	三聚氰胺的快速检测	309
实验十	瘦肉精的快速检测	312
实验十一	抗生素的快速检测	314
实验十二	黄曲霉毒素 B ₁ 含量的测定	317
实验十三	苯并 (a) 芘含量的测定	320
实验十四	食品掺伪鉴别和检验方法	323
实验十五	鲜乳的质量安全评价与卫生检验	326
实验十六	鲜肉的质量安全评价与卫生检验	329
实验十七	鱼类的质量安全评价与卫生检验	331
实验十八	食用油脂的质量安全评价与卫生检验	333

参考文献		337
-------------	--	-----

A decorative graphic consisting of several interconnected circles of varying sizes, resembling a molecular structure or a network diagram, is positioned in the center of the page. It is rendered in a light gray color and is partially obscured by a dark gray horizontal band.

第一篇

食品专业基础课程类实验

食品工程原理实验

实验一 雷诺实验

一、知识准备

1883年,雷诺(Reynolds)首先在实验装置中观察到实际流体的流动存在两种不同的形态——层流和湍流,以及这两种不同形态的转变过程。层流时,流体质点做直线运动,即流体分层流动,与周围的流体无宏观的混合;湍流时,流体质点呈紊乱地向各方向作随机的脉动,流体总体上仍沿管道方向流动。

二、实验目的

研究流体流动的形态,对食品科学的理论和工程实践具有重要的意义。本实验的目的是通过雷诺实验装置,观察流体流动过程的不同流动形态及转变过程,测定流动形态转变时的临界雷诺准数。

三、实验原理

实验证明,流体的流动形态主要取决于流体的密度、黏度、流体的流动速度以及设备的几何尺寸。将这些影响因素整理归纳为一个量纲为1的特征数,我们称之为雷诺数(准数, Re),雷诺数是判断实际流动类型的特征数。若流体在圆管内流动,则雷诺准数可用下式表示。

$$Re = \frac{d u \rho}{\mu}$$

式中 d ——管路直径, m;

ρ ——流体密度, kg/m^3 ;

u ——流体流动速度, m/s ;

μ ——流体黏度, $\text{Pa} \cdot \text{s}$ 。

大量实验证实,当雷诺数小于某一下临界值时,流体作层流流动;当雷诺数大于某一下临界值时,流体作湍流流动;在下临界值和上临界值之间,流体的流动形态为过渡状态。

一般认为,当 $Re \leq 2000$ 时(下临界值),流体流动类型属于层流;当 $Re \geq 4000$ 时(上临界值),流体流动类型属于湍流;而 Re 值在 $2000 \sim 4000$ 是不稳定的过渡状态,可能

是层流也可能是湍流，取决于外界干扰条件，如管道直径或方向的改变、管壁粗糙，或有外来振动等都易导致湍流。

四、实验设备与材料

1. 工作流体

自来水。

2. 实验设备

雷诺实验装置主要由稳压溢流槽、带细套管的实验导管等部分组成。实验过程中还要自备量筒和秒表，以测量流体流速。实验装置示意图及流程如图 1-1 所示，自来水不断被注入并充满稳压溢流槽。稳压溢流槽内的水经实验导管流出，流入自备的量筒中，水的流量可由流量调节阀 7 控制。

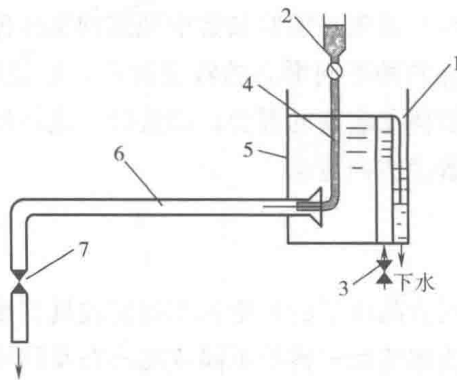


图 1-1 雷诺实验——装置示意图及流程

1—溢流管 2—小瓶 3—上水管 4—细管 5—水箱 6—水平玻璃管 7—出口阀门

图 1-1 中水箱内的水由自来水管供给，实验时水由水箱进入玻璃管（玻璃管供观察流体流动形态和滞流时管路中流速分布之用）。水量由出口阀门控制，水箱内设有溢流管，用以维持恒定的液面，多余水由溢流管排入下水道。

五、实验步骤

1. 实验前准备

- (1) 用自来水将稳压溢流槽充满水。
- (2) 将适量的红墨水加入到细管储存槽内。
- (3) 用温度计测定水温。

2. 操作要点

- (1) 打开自来水进水阀，保持稳压溢流槽内有一定的溢流量。
- (2) 打开流量调节阀。
- (3) 缓慢地打开红墨水调节阀，一般地，红墨水的注入流速与实验导管内主体流体的流速相近或略低于主体流体的流速为宜。

(4) 调节流量调节阀, 并注意观察层流现象 (精心调节流量调节阀, 直至能观察到一条平直的红色细流为宜)。

(5) 逐渐加大流量调节阀的开度, 并注意观察过渡流现象。

(6) 进一步加大流量调节阀的开度, 并注意观察湍流现象 (当流量达到某一数值后, 红墨水一进入实验导管内, 立即被分散成烟雾状, 这时表明流体的流动形态已经进入湍流区域)。

(7) 根据测量时间内的水的体积流量和导管尺寸计算得到流体的流量并计算出雷诺数。

(8) 这样的实验操作需要反复进行 5~6 次, 以便取得较为准确的实验数据。

(9) 关闭红墨水调节阀, 然后关闭进水阀, 待玻璃管中的红色消失, 关闭流量调节阀门, 结束本次实验。

六、结果计算

1. 实验设备基本参数

实验导管内径 $d = \underline{\hspace{2cm}}$ m

2. 实验数据记录及整理

实验数据记录表

实验序号	流量 (q_v) /(m^3/s)	温度 (T) / $^{\circ}\text{C}$	黏度 (μ) / $\text{Pa} \cdot \text{s}$	密度 (ρ) /(kg/m^3)	流速 (u) /(m/s)	临界雷诺数 (Re)	实验现象 及流动形态

列出上表中各项的计算公式。

七、注意事项

1. 在开启水箱的进水阀时, 应注意控制进水量, 使其稍大于用水量即可 (此时看到溢流管有少许水量溢出)。如果进水量太大, 溢流量太多, 在大量溢流的干扰下, 会造成液面严重波动而影响实验结果。

2. 红墨水量不宜调节太大, 否则既浪费又影响实验结果。

3. 试验后将实验装置内各处的存水排放干净。

思考题

1. 流体的流动类型与雷诺准数的数值大小有什么关系?
2. 影响流体流动类型的因素有哪些?

实验二 伯努利方程验证实验

一、知识准备

流体流动所具有的总能量是由各种形式的能量所组成的，并且各种形式的能量之间能够互相转化。根据能量守恒原理，当流体在管路内作稳态流动时，管路各截面之间的机械能的变化规律可以由机械能衡算基本方程来表达。

二、实验目的

本实验采用伯努利实验验证装置，观察不可压缩流体在管路内稳定流动时位能、动能和静压能之间转化现象，并验证伯努利方程。通过实验加深对流体流动过程中能量守恒和转化的基本原理的理解。流体流动各机械能间的转化规律对流体流动过程的管路计算、流体压强、流量与流速的测量以及流体的输送等问题的解决均有着十分重要的指导意义。

三、实验原理

对于不可压缩流体，在管路内作稳态流动时，流体的流动流体所具有的能量由流动流体自身所具有的能量、流动时外加能量以及损失能量组成。流动流体自身所具有的能量主要为位能 (mgz)、动能 ($mu^2/2$)、内能 (E)、静压能 (mp/ρ) 等，如图 1-2 所示。

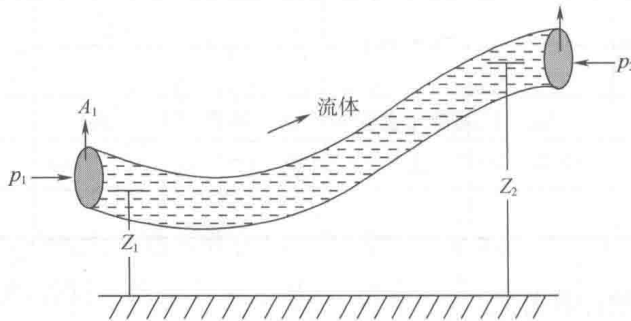


图 1-2 伯努利方程推导示意图

p_1 —截面 1 的压强 p_2 —截面 2 的压强 A_1 —截面 2 的管径面积

流体流动时外加能量、损失能量主要为外功 (W)、热量 (Q) 等。如果不考虑流体的内能，则在流体的上下游任意两个截面上总的能量守恒。通过能量衡算可以得到：

$$gZ_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{u_1^2}{2} = gZ_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2} + \sum h_f \quad (\text{J/kg}^1)$$

$$Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} + \sum H_f \quad (\text{m})$$

式中 Z ——流体的位压头，m；
 p ——流体的压强，Pa；
 u ——流体的平均流速，m/s；
 ρ ——流体密度， kg/m^3 ；

g ——重力加速度, m/s^2 ;

$\sum E_f$ ——单位质量流体因阻力因素造成的能量损失, J/kg ;

$\sum H_f$ ——单位质量流体因阻力因素造成的压头损失, m 。

以上不可压缩流体的能量守恒方程被称之为伯努利方程, 伯努利方程在不同的具体应用情况下可以适当简化。

1. 不考虑阻力损失时, 伯努利方程表示为

$$gZ_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{u_1^2}{2} = gZ_2 + \frac{p_2}{\rho} + \frac{u_2^2}{2} \quad (\text{J/kg})$$

$$Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} \quad (\text{m})$$

2. 当流体流经水平放置的管路时, 伯努利方程表述为

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{u_1^2}{2} = \frac{p_2}{\rho} + \frac{u_2^2}{2} + \sum h_f \quad (\text{J/kg})$$

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} + \sum H_f \quad (\text{m})$$

3. 当流体处于静止状态时, 伯努利方程表述为

$$gZ_1 + \frac{p_1}{\rho} = gZ_2 + \frac{p_2}{\rho} \quad (\text{J/kg})$$

$$Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} \quad (\text{m})$$

即为流体的静力学方程, 为伯努利方程的特殊形式。

四、实验设备与材料

1. 工作流体

自来水。

2. 实验装置

本实验装置主要由实验导管、稳压溢流槽和 3 对测压管组成。实验装置的流程如图 1-3 所示。实验过程中还要自备量筒 (或者天平) 和秒表, 以测量流体流速。

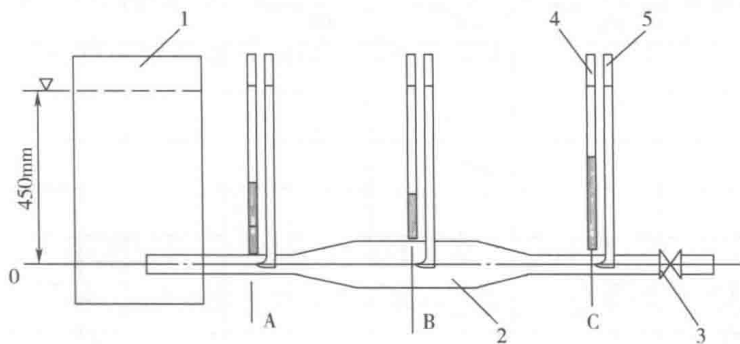


图 1-3 伯努利实验装置流程图

1—稳压水槽 2—实验导管 3—出口调节阀 4—静压测量管 5—冲压测量管