



高等职业教育“十二五”规划教材

食品工程单元操作

SHIPIN GONGCHENG
DANYUAN CAOZUO

— 刘丹赤◎主编

中国轻工业出版社



— 全国百佳图书出版单位

食品工程单元操作

SHIPIN GONGCHENG DANYUAN CAOZUO

上架建议：食品工业

ISBN 978-7-5019-9297-3



9 787501 992973 >

定价：30.00元



高等职业教育“十二五”规划教材

食品工程单元操作

刘丹赤 主编

 中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

食品工程单元操作/刘丹赤主编. —北京:中国轻工业出版社,
2013.8

高等职业教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5019-9297-3

I. ①食… II. ①刘… III. ①食品工程学-高等职业教育-教材
IV. ①TS201.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 113172 号

责任编辑:张 靛 责任终审:张乃柬 封面设计:锋尚设计
版式设计:锋尚设计 责任校对:燕 杰 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:三河市万龙印装有限公司

经 销:各地新华书店

版 次:2013年8月第1版第1次印刷

开 本:720×1000 1/16 印张:14.25

字 数:282千字

书 号:ISBN 978-7-5019-9297-3 定价:30.00元

邮购电话:010-65241695 传真:65128352

发行电话:010-85119835 85119793 传真:85113293

网 址:<http://www.chlip.com.cn>

Email:club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

101310J2X101ZBW

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

本系列教材编委会

(按姓氏笔画排列)

主 任 丁立孝

副主任 王宗湖 冯 蕾 李志香 李公斌 杨海莹

委 员 刘丹赤 孙晓燕 孙清荣 李慧东 李 扬
李京东 宋传升 张 峰 张玉华 张玉清
张瑞菊 张家国 陈红霞 赵晓华 胡会萍
倪雪朋 高玲美 黄 莉 黄贤刚 臧剑甬

顾 问 王树庆 亓俊忠 孙连富

本书编委会

主 编 刘丹赤 （日照职业技术学院）

副主编 吴佳莉 （辽宁农业职业技术学院）

刘惠萍 （烟台职业学院）

滕金玲 （邦基三维油脂有限公司）

编著者 （按姓氏拼音为序）

丁 振 （日照职业技术学院）

杜延兵 （山东商务职业学院）

李 锋 （南通农业职业技术学院）

路红波 （辽宁农业职业技术学院）

王政军 （青岛农业大学）

于克学 （山东省农业管理干部学院）

周 娟 （蒙牛乳业有限公司马鞍山质量检验管理部）

本书根据高职高专食品类专业人才培养目标要求,以食品生产相关岗位的职业能力培养为主线,以真实的食品加工单元操作工作任务及其工作过程为依据,整合、序化教材内容,重点强化对学生职业技能的培养。

本书主要介绍食品工程单元操作的基本原理、典型设备和相关计算,全书共分为七个学习情境,内容包括流体流动、过滤、传热、蒸发、冷冻、精馏、干燥。每个学习情境根据单元操作的特点和高职学生的认知规律,设置若干个工作任务。

本书具有以下特色:

(1)与行业、企业合作开发工学结合教材,体现高职特色。教材内容不但有最新的高职教育理念,又能贴近生产实际,体现校企合作、工学结合特点。

(2)教材的编写打破了传统的学科体系教材编写模式,按照工作任务重构教材体系,以工作过程为导向,系统设计课程的内容,融“教、学、做”为一体。

(3)教材采用了学习情境、任务的编排方式。根据食品专业岗位群的典型工作任务,确定本门课程对应的具体学习任务,针对具体任务,考虑学生的可持续发展,设计工作任务。充分满足“边学、边做、边互动”的教学要求,达到所学即所用。

(4)教材编排上,本着任务的具体实施中会用到哪些知识与技能就是教材应涵盖的内容的原则,合理选择教材内容,特别注重学生职业能力的培养及职业素养的养成。

(5)教材在难度的把握上,充分结合高职学生的特点与实用的需要。在选取工作任务时,遵循高职学生的认知规律,即由简单到复杂循序渐进的原则,任务之间是递进的关系。

本书可作为高职高专食品类及相关专业的教材使用,也可供食品企业生产一线的技术人员参考。

本书在编写过程中得到了日照职业技术学院、辽宁农业职业技术学院、青岛农业大学、烟台职业学院、山东省农业干部管

理学院、山东商务职业学院、南通农业职业技术学院、邦基三维油脂有限公司、马鞍山蒙牛乳业有限公司及中国轻工业出版社的大力支持,在此深表谢意。

由于作者水平有限,书中不足和疏漏之处在所难免,恳请读者和同仁们指正,以便今后修订。

编 者

1 学习情境一 | 流体流动

1 任务一 管子的选用与管路安装

- 1 一、流体输送管路
- 6 二、流体输送设备

7 任务二 流体力学基本方程的应用

- 7 一、流体的主要物理量
- 11 二、流体静力学方程
- 13 三、流体在管内流动的物料衡算——连续性方程
- 15 四、流体在管内流动的能量衡算——伯努利方程
- 22 五、流体流动阻力的计算

31 任务三 流体主要参数的测量

- 31 一、压力测量
- 34 二、液位的测量
- 34 三、流量测量

38 任务四 离心泵的操作及安装

- 38 一、离心泵的结构及工作原理
- 41 二、离心泵的性能参数及特性曲线
- 44 三、离心泵的工作点与流量调节
- 46 四、离心泵的汽蚀现象与安装高度
- 48 五、离心泵的类型与选用

50 思考题

51 习题

56 主要符号说明

58 学习情境二 | 过滤

58 任务一 获取过滤知识

58 一、过滤操作的基本知识

61 二、过滤操作的基本计算

64 任务二 认识过滤设备

64 一、板框压滤机

67 二、叶滤机

68 三、转筒真空过滤机

71 思考题

71 习题

72 主要符号说明

73 学习情境三 | 传热

73 任务一 了解传热现象

73 一、传热在食品工业中的应用

74 二、传热的基本方式

74 三、工业上的换热方式

75 四、稳定传热和不稳定传热

75 任务二 导热过程的计算及应用

75 一、傅立叶定律

76 二、热导率

77 三、平壁的热传导

79 四、圆筒壁的热传导

81 任务三 对流传热过程的分析及应用

81 一、对流传热过程分析

81 二、对流传热基本方程——牛顿冷却定律

82 三、对流传热系数

85 任务四 间壁换热过程分析及计算

85 一、总传热速率方程及其应用

86 二、换热器的热负荷

88 三、传热平均温度差的计算

91 四、总传热系数的获取

94 五、传热面积的确定

95 六、换热器传热过程的强化

96 任务五 换热设备的认识 and 选择

96 一、间壁式换热器的类型

102 二、列管式换热器的选用

104 思考题

105 习题

107 主要符号说明

108 学习情境四 | 蒸发

108 任务一 了解蒸发过程及其应用

108 一、蒸发操作及其应用

109 二、食品物料蒸发的特点

110 三、蒸发操作的分类

111 四、蒸发操作流程

113 任务二 单效蒸发的工艺计算

113 一、水分蒸发量计算

114 二、加热蒸汽消耗量

116 三、蒸发器的传热面积

118 任务三 蒸发设备的选用

119 一、蒸发器

122 二、蒸发的辅助设备

123 三、蒸发器的选用

123 任务四 认识蒸发过程的影响因素

123 一、蒸发器的生产强度及影响因素

125 二、降低热能消耗的措施

126 思考题

126 习题

127 主要符号说明

129 学习情境五 | 冷冻

129 任务一 认识制冷操作

129 一、制冷技术及其在食品工业中的应用

130 二、制冷剂与载冷剂

131 三、蒸气压缩式制冷基本知识

135 四、蒸气压缩式制冷设备

137 任务二 认知冷冻浓缩

137 一、冷冻浓缩及其特点

138 二、冷冻浓缩的原理

138 三、冷冻浓缩过程与控制

139 四、冷冻浓缩设备

140 任务三 认知冷冻干燥

140 一、冷冻干燥及其特点

141 二、冷冻干燥基本原理

142 三、冷冻干燥的主要流程

143 四、冷冻干燥设备

144 思考题

144 习题

145 主要符号说明

146 学习情境六 | 精馏

146 任务一 了解精馏过程

- 146 一、蒸馏及其在食品工业中的应用
- 147 二、蒸馏操作的分类
- 147 三、双组分溶液的气液相平衡
- 149 四、精馏原理
- 150 五、精馏操作流程

151 任务二 连续精馏过程的计算

- 151 一、精馏塔的物料衡算
- 154 二、进料热状况对精馏过程的影响
- 155 三、塔板数的确定
- 159 四、回流比的影响和选择

160 任务三 认知板式精馏塔

- 161 一、板式塔的结构
- 162 二、板式塔的类型
- 163 三、塔板上流体流动状况
- 165 四、辅助设备
- 166 五、板式塔的选择
- 166 思考题
- 167 习题
- 168 主要符号说明

170 学习情境七 | 干燥

170 任务一 了解干燥过程及其应用

- 170 一、干燥在食品工业中的应用
- 171 二、物料去湿方法
- 172 三、干燥操作的分类
- 172 四、对流干燥过程

173 任务二 湿空气状态的确定

174 一、湿空气的状态参数

178 二、湿空气的 $I-H$ 图**182 任务三 对流干燥过程计算**

182 一、物料中含水量的表示方法

182 二、物料衡算

184 三、热量衡算

187 任务四 固体物料干燥过程分析

187 一、物料中的水分

188 二、干燥速率及其影响因素

191 任务五 认知干燥设备

191 一、对食品干燥设备的要求

191 二、干燥设备分类

191 三、常用的干燥设备

195 思考题

195 习题

196 主要符号说明

198 附录

198 一、单位换算

200 二、某些气体的重要物理性质

201 三、某些液体的重要物理性质

202 四、干空气的物理性质(101.33kPa)

203 五、水的物理性质

205 六、饱和水蒸气表

209 七、低压流体输送用焊接钢管(摘自 GB3091—2008)

209 八、部分 IS 型单级单吸离心泵的规格

213 参考文献

学习情境一

流体流动

学习目标

- 知识目标**
1. 熟知流体的主要物理量及测定方法；
 2. 掌握静力学方程、连续性方程、伯努利方程、流体阻力的计算方法及应用；
 3. 了解流体输送管路中的管子、管件、阀门的类型、作用及应用场合，熟知管路布置和安装的一般原则；
 4. 熟知离心泵等流体输送设备的结构、工作原理及性能。
- 技能目标**
1. 能进行基本物理量的计算、换算及识图查表；
 2. 能测定流体的压力、流速、流量等；
 3. 能根据伯努利方程和流体阻力的影响因素，对已有的输送案例进行正确分析与评价，提出优化改进的建议；
 4. 能根据输送任务正确选择适宜的管子和流体输送机械；
 5. 能进行离心泵的安装、操作及维护。

任务一

管子的选用与管路安装

一、流体输送管路

(一) 管路的构成

管路是由管子、管件和阀门等按一定的排列方式构成。由于生产中输送的流体是各种各样的，输送条件与输送量也各不相同，因此，管路也必然是各不相同的。

1. 管子

管子是管路的主体。工业上根据所输送物料的物理化学性质和操作条件不同,采用不同材质的管子来满足生产要求。目前,在食品工业中经常使用的管子的类型及其特点见表 1-1。

表 1-1 常见的化工管材

种类及名称			结构特点	用途
金属管	钢管	有缝钢管	用低碳钢焊接而成的钢管,又称为焊接管。分为水管、煤气管和钢板电焊钢管。主要特点是易于加工制造、价格低	目前主要用于输送水、蒸汽、煤气、腐蚀性低的液体、压缩气体及真空管路等。因为有焊缝而不适宜在 0.8MPa(表压)以上的压力条件下使用
		无缝钢管	按制造方法分热轧和冷拔两种,没有接缝。主要特点是质地均匀、强度高、管壁薄	能在各种压力和温度下输送流体,广泛应用于输送高压、有毒、易燃易爆和强腐蚀性流体等
	铸铁管		有普通铸铁管和硅铸铁管。其特点是价廉而耐腐蚀,但强度低,气密性也差,不能用于输送有压、有毒、爆炸性气体及高温液体	一般作为埋在地下的给水总管、煤气管及污水管等,也用来输送碱液及浓硫酸等
	有色金属管	铜管与黄铜管	由紫铜或黄铜制成。其导热性好,延展性好,易于弯曲成型	适用于制造换热器的管子,在油压系统、润滑系统中输送有压液体,还适用于低温管路。黄铜管在海水管路中也广泛使用
		铅管	铅管抗腐蚀性好,其最高工作温度是 413K。其缺点是机械强度差、性软而笨重、导热能力差,目前正被合金管及塑料管所取代	主要用于硫酸及稀盐酸的输送,但不适用于浓盐酸、硝酸和乙酸的输送
		铝管	铝管有较好的耐酸性,其耐酸性主要由其纯度决定,但耐碱性差	铝管广泛用于输送浓硫酸、浓硝酸、甲酸和乙酸等,亦可用来制造换热器
非金属管	玻璃管		具有耐腐蚀性能好、透明、易清洗、阻力小、价格低等优点,但性脆、耐压低	主要在一些检测或实验过程中使用
	陶瓷管		具有很好的耐腐蚀性能,来源较广,价格便宜,但性脆,强度较低,不耐压及不耐温度剧变	通常用于排出腐蚀性污水的管道和通风管道等
	橡胶管		具有良好的耐腐蚀性和弹性,质轻,可任意弯曲,但易老化	常用于实验室或一些临时性的管路
	塑料管		包括聚乙烯管、聚氯乙烯管、酚醛塑料管、ABS 塑料管和聚四氟乙烯管等。其特点是耐腐蚀性能好、质轻、加工成型方便、能任意弯曲。但性脆、易裂、强度较低、耐热性差	塑料管的用途越来越广,很多原来用金属管的场合逐渐被塑料管所代替,如下水管等