

国家重大出版工程项目



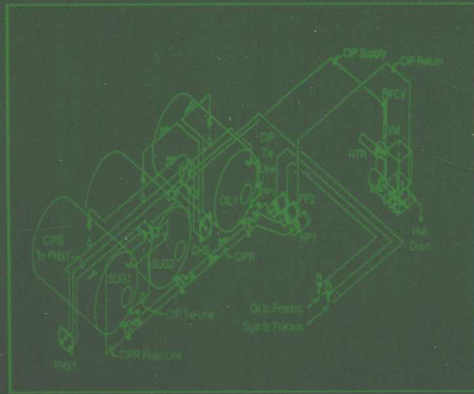
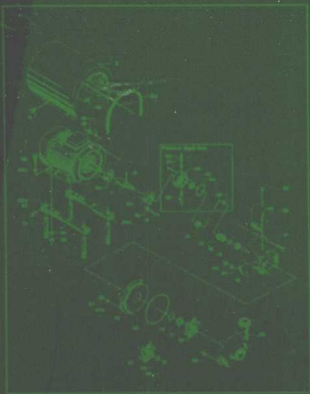
FOOD PLANT DESIGN

# 食品工厂设计

Antonio López-Gómez, Gustavo V. Barbosa-Cánovas 主编

李洪军 尚永彪 贺稚非 任发政 张宇昊 主译

岳田利 主审



中国农业大学出版社

国家重大出版工程项目

**FOOD PLANT DESIGN**  
**食品工厂设计**

**Antonio López-Gómez & Gustavo V. Barbosa-Cánovas** 主编

中国农业大学出版社

• 北京 •

## 图书在版编目(CIP)数据

食品工厂设计/[西班牙]安托尼欧(Antonio López-Gómez),等主编;李洪军,尚永彪,贺稚非,等主译. —北京:中国农业大学出版社,2010.5

书名原文:Food Plant Design

ISBN 978-7-81117-976-7

I. ①食… II. ①安…②李… III. ①食品厂-设计 IV. ①TS208

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第031895号

书 名 食品工厂设计  
作 者 Antonio López-Gómez & Gustavo V. Barbosa-Cánovas 主编  
李洪军 尚永彪 贺稚非 任发政 张宇昊 主译  
岳田利 主审

---

策划编辑	宋俊果	责任编辑	宋俊果 菅景颖
封面设计	郑川	责任校对	王晓凤 陈莹
出版发行	中国农业大学出版社		
社 址	北京市海淀区圆明园西路2号	邮政编码	100193
电 话	发行部 010-62731190,2620	读者服务部	010-62732336
	编辑部 010-62732617,2618	出版部	010-62733440
网 址	<a href="http://www.cau.edu.cn/caup">http://www.cau.edu.cn/caup</a>	E-mail	cbsszs@cau.edu.cn
经 销	新华书店		
印 刷	涿州市星河印刷有限公司		
版 次	2010年7月第1版 2010年7月第1次印刷		
规 格	787×1092 16开本 18印张 335千字		
定 价	50.00元		

---

图书如有质量问题本社发行部负责调换

# 译校人员

- 主 译** 李洪军 (西南大学)  
尚永彪 (西南大学)  
贺稚非 (西南大学)  
任发政 (中国农业大学)  
张宇昊 (西南大学)
- 主 审** 岳田利 (西北农林科技大学)
- 参 译** 夏杨毅 (西南大学)  
朱秋劲 (贵州大学)  
徐 毅 (西南大学)  
刘东红 (浙江大学)  
黄业传 (西南科技大学)  
叶劲松 (四川农业大学)  
董 全 (西南大学)
- 西南大学研究生：  
杜红霞 杨佳艺 刁雪洋 顾 媛 向 丹 张恬静 鲜 瑶  
韩鹏飞 沈嘉川 聂成霞 王红萍 李 莉 戴奇成 魏乃杰
- 图片整理** 黎 盛 (西南大学)

## 作者简介

**Antonio López-Gómez** 教授是西班牙喀他赫纳理工大学(Polytechnic University of Cartagena, Spain)食品与农业工程系的系主任,同时还是西班牙冷藏科学技术协会(Spanish Society of Refrigeration Science and Technology)的会长,主要从事食品工厂设计和食品工艺学研究。

这之前,他相继在西班牙喀他赫纳理工大学食品工艺学系、法国蒙彼利埃(Montpellier)的国家农林水研究中心(CEMAGREF)的食品和农工部门以及西班牙纳瓦拉公立大学(Public University of Navarra, Spain)的食品工艺项目工作。

López-Gómez 教授在他的学术生涯中发表了 80 余篇学术论文,主要是关于食品工厂设计和食品工程技术方面的,发表的期刊主要有《Journal of Food Engineering》、《Drying Technology》、《International Journal of Refrigeration》、《Food Control》、《European Food Research and Technology》和《Journal of Food Processing and Preservation》。此外,他还在西班牙、法国、荷兰、德国、瑞典、爱尔兰、土耳其、美国、捷克、澳大利亚和阿根廷等国家举办的“食品工艺与工程大会”上发表了 60 多篇论文。

1982—2004 年间,他一面从事学术研究,一面作为工程师从事食品工厂设计和优化,参与了西班牙、法国、俄罗斯、阿根廷和墨西哥等国的 150 多家食品加工厂的设计和优化。

**Gustavo V. Barbosa-Cánovas** 在乌拉圭大学(University of Uruguay)获得机械工程理学学士,在美国的马萨诸塞大学(University of Massachusetts)获得食品工程理科硕士和哲学博士。他曾经是乌拉圭大学物理学和机械工程学的助理教授,在波多黎各大学(University of Puerto Rico)教授机械工程设计、工厂设计和食品加工工艺学。

他现在是食品工程学教授、华盛顿州立大学(Washington State University)非热力食品加工中心(CNPF)主任,教授食品加工工程设计、食品脱水技术、食品粉碎技术和食品流变学。目前他主要的研究方向为非热力食品加工、最小加工、高压杀

菌和食品的物理特性。Barbosa-Cánovas 教授是食品工艺研究所(IFT)研究员、乌拉圭工程院(Uruguayan Academy of Engineering)院士、国际食品科学技术协会(International Academy of Food Science and Technology)的会员。

Barbosa-Cánovas 教授还是个精力充沛的作者和编辑,写过 14 部书,编辑的书达 26 部之多,他目前是 CRC 出版社食品保鲜系列丛书的主编。此外,他参与审核了 100 多篇世界顶级期刊的论文。他还是联合国粮农组织(FAO)的国际顾问、美国多家主要食品加工企业的顾问。

# 译者的话

《食品工厂设计》简体中文版由西南大学根据西班牙 Antonio López-Gómez & Gustavo V. Barbosa-Cánovas 主编的《Food Plant Design》组织有关专家翻译,并由中国农业大学出版社出版。此书可作为高等农林院校的参考教材,也可作为食品科学与工程类专业学生及技术人员的主要参考著作。

2007年,来自西南大学、中国农业大学、浙江大学、贵州大学、西南科技大学和四川农业大学6所高等院校的12位专家学者汇集在重庆,召开了本书翻译工作研讨会,大家集思广益,认真讨论了翻译的背景、学科的发展与市场的需要,确定了翻译内容、翻译原则及基本要求等,从而为该书的成功翻译奠定了良好的基础。

《食品工厂设计》是一本反映现代食品工业科技进步、食品工程与食品厂房设计要求的教科书,主要内容包括:食品工厂设计的经济和技术背景、食品工厂设计的数学模型、食品工厂设计的方案、食品加工系统分析、试验用中试工厂的设计、食品设备的制造材料、加工系统与辅助系统的卫生设计、影响食品工厂设计的主要因素和食品工厂设计范例等。其中重点介绍了厂址选择、总平面设计、物料计算、设备选型、生产车间布置和公用系统设计等基本知识。本书广泛参阅了国际上已经出版的相关著作和文献资料,充分包涵了食品工厂设计的基本知识和技能,提出了食品工厂设计和建造的理念、理论与方法,图文并茂,重点突出。针对食品工厂设计课程学科跨度大、知识更新快的特点,《食品工厂设计》简体中文版本的出版,对我国食品科学与工程类专业人才的培养提供了重要的参考教材。

在翻译过程中,所有参与人员尽职尽责,此书的诞生是所有译校人员共同劳动与集体智慧的结晶。需要提出的是,原英文版图书中有个别插图印刷不清楚,故在中文简体版中保持了英文版原状。限于译者的时间和水平,书中错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

译者

2010年3月

# 前 言

化学工程和食品工艺是与食品加工系统和食品工厂设计紧密相连的学科。然而在食品工艺和工程学类书籍中,食品工厂设计的出现经常是零星和不系统的。一些食品方面的数据可以在一般的化学工程类书籍中找到,但是这些数据难以在有食品加工和食品工厂设计方面的参考文献中查询。某些食品加工和工厂设计因素需要特殊的处理,包括原料在数量和品质方面的天然可变性,这种可变性由气候、生长发育、生物学环境、食品在生产和贮藏期间的腐败情况以及对终端产品的高安全级别要求决定。事实上,这些因素与化学工程中的差别很大。有些书籍已经出现了试图把食品工程学分为两种类型的书籍的观点(化学工程学和食品工艺学),并且有少数已在这两者中找到合适的平衡。这种书通常在一个科目的细节上给予更多的权重,在另一科目只提供几个方面的信息,这通常在一定程度上受作者大学教育方式的影响。

本书提供了一个很好的解决思路,考虑了食品加工和其他相关因素方面的平衡。本书具体而有序地论述了食品加工系统和商业工厂的设计。本书可供食品工程的本科生和研究生、工程师、食品工程学者、食品研发中心以及食品厂技术员使用。本书以图片的形式提供了许多重要的数据,并且提供了许多已经初步处理过的典型的例子。同时,本书也收录了与食品工厂设计相关的最近的参考文献。

当为一个产品提供设计工艺时,首先需要给出具体的食物和必需的原料,然后浏览需要的各种食品加工设备,接着对所有选择的设备逐一进行评估。在设计食品加工系统时,按照技术、卫生和经济的要求在其中选择最好的设备。这个所谓的“最佳选择”务必在工程学水平上允许设计和安装并且在最后作详细的描述。

食品加工系统必须与必要的辅助系统相连接,并在实用、技术和卫生方面正确地安装和运行。对于一个特殊的食品加工系统,食品工厂设计完全建立在所采用的解决方案基础上。这样,一个食品加工厂的设计将最终会产生一个最适宜的食品加工系统。设计也将包含这些详细的信息:①任何需要的土建工程,包括含食品加工车间的建筑(原料的接收和贮藏室、产品的包装车间、杀菌车间、贮藏间、



出货间);辅助建筑(锅炉房、冷藏室等);②各类必要的辅助系统的描述(热蒸汽系统、制冷系统、原料处理设备和控制系统)。写这本书的目的是提供一些技术的操作程序,并对技术进行评估,这些技术用来解决在食品加工系统和生产既定产品的食品工厂设计中遇到的问题。

在第1章中详细介绍了一些有趣的概念。另外,对食品加工系统和食品工厂设计中遇到的常见问题的解决方案、农产品加工体系的最优化和相应的食品链也做了简单的介绍。

食品加工系统和辅助系统的建模程序以及一系列的案例研究出现在第2章中,包括依靠人工智能技术制作的整个食品厂建模。这些工具是非常有用的,它们可帮助设计师反映和评估上述系统中不同的设计与运行方案产生的效果,以供选择。

加工系统和工厂设计过程中的文档和信息数据处理在第3章进行了分析,重点介绍了原料和能量利用的合理性。从原料和产品的研究到详细的食品厂方案以及食品厂不同水平的信息数据都进行了分析,这足以作为一个文件来建一座完整的食品厂。

第4章略述了组合技术及不同食品加工系统中信息和数据的优化程序。这一章讨论了基本组合方法在合成或产生不同食品加工系统中的一般用法,同时对问题分类和数学设计的方法也进行了讨论。第5章从技术和经济两方面对不同的选择方案进行了分析,寻找最优解决方案的难点在本章也进行了讨论。

试验用中试工厂的设计——食品厂最优化的极限重要性在第6章进行了研究。在这里,对现有的食品加工系统最优设计和它使用的最优化技术的数据来源的可靠性做了进一步的强调。在新产品及其加工的研发中,中试工厂的试验经常起着决定性的作用。

最后,设计的所有方面在第7、8、9章进行了研究,联系食品对设备进行了评估。这三章讨论了食品加工设备最合适的原料、加工系统和车间在卫生学角度上的设计。第9章也介绍了关于食品加工工厂设计中的科学性和功能性。

**Antonio López-Gómez**  
**Gustavo V. Barbosa-Cánovas**

# 致 谢

谨向为我们提供图片、图表、文字等资料的企业和个人表示感谢：

- Alfa Laval Iberia, S.A., [www.alfalaval.com](http://www.alfalaval.com)
- Blücher, [www.blucher.com](http://www.blucher.com)
- Dale A. Seiberling, [www.seiberling4cip.com](http://www.seiberling4cip.com)
- DIZIO Costruzioni Meccaniche, [www.dizio.it](http://www.dizio.it)
- Fitzpatrick Company, [www.fitzmill.com](http://www.fitzmill.com)
- FMC Food Tech, [www.fmcfoodtech.com](http://www.fmcfoodtech.com)
- Genemco Machinery and Equipment, [www.genemco.com](http://www.genemco.com)
- HRS-Spiratube, [www.hrs-spiratube.com](http://www.hrs-spiratube.com)
- Indetec S.L., GRUPO VENTO, [www.grupovento.com](http://www.grupovento.com)
- NORVIDAN OVERSEAS A/S, [www.norvidan.dk](http://www.norvidan.dk)
- Sani-Matic Inc, [www.sani-matic.com](http://www.sani-matic.com)
- The National Drying Machinery Company, Aeroglide Corporation, [www.nationaldrying.com](http://www.nationaldrying.com)

# 目 录

<b>第1章 食品工厂设计的经济和技术背景</b> .....	1
1.1 食品科学、技术和工程 .....	1
1.1.1 发展历史 .....	1
1.1.2 食品工程中的设计工程 .....	5
1.2 社会经济和技术背景 .....	6
1.2.1 农产品加工体系与食品链 .....	6
1.2.2 食品加工系统、辅助系统与食品工厂 .....	9
参考文献 .....	17
<b>第2章 食品加工系统与食品工厂设计的数学模型</b> .....	19
2.1 传递现象和平衡特性 .....	19
2.1.1 传递现象 .....	19
2.1.2 宏观平衡和物理性质 .....	22
2.1.2.1 质量平衡 .....	22
2.1.2.2 能量平衡 .....	23
2.1.2.3 动量平衡 .....	25
2.1.2.4 物理性质 .....	29
2.1.3 微观平衡和传递现象 .....	29
2.1.3.1 微观质量平衡:菲克定律 .....	30
2.1.3.2 动量平衡:牛顿定律 .....	33
2.1.3.3 能量平衡:傅里叶定律 .....	37
2.2 传递特性:黏度、传导性和扩散性 .....	41
2.2.1 黏度 .....	41
2.2.2 热传导性 .....	43
2.2.3 扩散性 .....	43
2.3 流体中的热传递 .....	45
2.3.1 对流热传导系数 .....	45

2.3.2	牛顿流体中的热传导系数 .....	45
2.3.3	非牛顿流体中的热传导系数 .....	47
2.4	单元操作的数学模型:热风干燥 .....	49
2.4.1	通用模型方程 .....	54
2.4.2	通用模型扩展方程 .....	54
2.4.3	试验结果 .....	56
2.4.4	术语 .....	59
2.5	制冷与热贮藏系统的数学模型 .....	60
2.5.1	制冷系统各组分模型 .....	61
2.5.1.1	压缩机 .....	62
2.5.1.2	冷凝器 .....	65
2.5.1.3	蒸发器 .....	67
2.5.1.4	膨胀阀 .....	70
2.5.2	制冷系统的建模趋势 .....	72
2.5.3	案例研究 .....	73
2.5.3.1	模型公式化 .....	73
2.5.3.2	热传导系数分析 .....	75
2.5.3.3	试验确认 .....	76
2.6	食品工厂模拟 .....	80
2.6.1	啤酒厂 .....	80
2.6.1.1	专门知识系统的发展 .....	81
2.6.1.2	模拟结果 .....	83
2.6.2	酿酒厂 .....	83
2.6.2.1	酿酒厂的制冷需求 .....	84
2.6.2.2	发酵工艺的热反应 .....	85
2.6.2.3	热贮藏系统的使用 .....	86
2.6.2.4	发酵高级控制系统的使用 .....	86
2.6.3	冷冻蔬菜工厂 .....	88
	参考文献 .....	90
<b>第3章</b>	<b>食品工厂设计方案 .....</b>	<b>101</b>
3.1	引言 .....	101
3.2	产品与原材料的初步研究 .....	101
3.3	方案审查和食品生产技术与工程的实验室研究 .....	102
3.4	工厂中试研究 .....	103

3.5 食品加工系统和食品工厂的初步与最终设计 .....	103
3.5.1 食品工厂的初步设计 .....	103
3.5.2 食品工厂的最终设计 .....	107
3.5.2.1 食品加工系统的最终设计 .....	107
3.5.2.2 辅助系统的最终设计 .....	109
3.5.2.3 建筑物和服务设施的最终设计 .....	111
3.6 信息处理流程图 .....	113
3.6.1 由基本板块组成的总体流程图 .....	113
3.6.2 流程图 .....	116
3.6.3 加工中的质量平衡 .....	124
3.6.4 食品加工系统中的能量平衡 .....	125
3.6.4.1 食品工厂的能量估算 .....	126
3.6.4.2 测量能量流动率 .....	127
参考文献 .....	129
<b>第4章 加工系统选择:过程的组合</b> .....	<b>146</b>
4.1 引言 .....	146
4.2 组合方法 .....	147
4.2.1 演化法 .....	147
4.2.1.1 基本单元法 .....	147
4.2.1.2 演化设计法 .....	148
4.2.2 基于问题解决的方法 .....	150
4.2.3 启发式设计法 .....	152
4.2.4 运算或数学规划法 .....	152
术语 .....	154
参考文献 .....	155
<b>第5章 食品加工系统的方案分析</b> .....	<b>157</b>
5.1 引言 .....	157
5.2 选择设计变量 .....	158
5.2.1 子系统过程 .....	158
5.2.1.1 自由度和信息流图 .....	158
5.2.1.2 信息流的反转 .....	160
5.2.1.3 选择设计变量的算法 .....	162
5.2.2 加工系统 .....	164
5.2.2.1 通过子系统的信息流 .....	164

5.2.2.2	信息流的反转 .....	168
5.2.2.3	选择设计变量的算法 .....	169
5.3	模拟法选择分析 .....	172
5.4	设计经济学标准 .....	173
5.4.1	静态标准 .....	173
5.4.2	动态标准 .....	174
5.4.2.1	净现值 .....	175
5.4.2.2	净现值/初始投资率 .....	175
5.4.2.3	回报周期 .....	176
5.4.2.4	内部租金分摊 .....	176
5.5	成本估计 .....	176
5.5.1	前期投入或投资估计 .....	176
5.5.1.1	食品加工设备成本估计 .....	176
5.5.1.2	辅助系统成本估计 .....	180
5.5.2	操作成本估计 .....	181
	参考文献 .....	189
<b>第6章</b>	<b>试验用中试工厂的设计 .....</b>	<b>192</b>
6.1	引言 .....	192
6.2	中试工厂的规模和结构 .....	193
6.2.1	基本原理 .....	193
6.2.2	最小与最大规模 .....	193
6.3	类型与应用 .....	194
6.4	中试工厂设计 .....	196
6.5	试验策略 .....	197
6.6	基本投资与操作费用 .....	199
	参考文献 .....	200
<b>第7章</b>	<b>食品设备的制造材料 .....</b>	<b>201</b>
7.1	制造材料的特征 .....	201
7.2	材料的类型及其应用 .....	202
7.2.1	不锈钢 .....	202
7.2.1.1	表面处理 .....	204
7.2.1.2	腐蚀 .....	206
7.2.2	铝 .....	207
7.2.3	镍和蒙乃尔合金 .....	208

---

7.2.4 塑料材料 .....	208
参考文献 .....	210
<b>第8章 加工系统和辅助系统的卫生设计 .....</b>	<b>211</b>
8.1 食品设备卫生设计的基本原则 .....	211
8.2 与食品接触的辅助系统的卫生设计 .....	213
8.2.1 罐 .....	213
8.2.2 泵 .....	213
8.2.3 阀门 .....	218
8.2.4 管道 .....	220
8.3 加工设备与辅助设备的外部设计 .....	223
8.4 清洁系统设计 .....	224
8.4.1 单用途定位清洗系统或单罐定位清洗系统 .....	225
8.4.2 多用途定位清洗系统或多罐定位清洗系统 .....	227
8.4.3 紧凑式定位清洗系统和泡沫清除系统 .....	230
8.4.4 定位清洗系统设计细节 .....	231
8.4.4.1 喷雾分布装置 .....	232
8.4.4.2 泵、热交换器和阀 .....	233
参考文献 .....	234
<b>第9章 食品工厂设计需要考虑的因素 .....</b>	<b>235</b>
9.1 食品工厂的设计 .....	235
9.1.1 法律方面 .....	235
9.1.2 功能方面 .....	236
9.1.3 工厂布局 .....	239
9.2 食品工厂的选址 .....	241
9.2.1 地理条件及位置 .....	241
9.2.2 现场的区域布局 .....	241
9.3 食品工厂的卫生要求 .....	242
9.3.1 抗性结构 .....	242
9.3.2 墙壁与内部装饰 .....	242
9.3.3 地面 .....	245
参考文献 .....	249
<b>索引 .....</b>	<b>250</b>

# 第 1 章

## 食品工厂设计的经济和技术背景

### 1.1 食品科学、技术和工程

#### 1.1.1 发展历史

在 18 世纪以前,食品工业的技术完全凭经验形成,没有任何科学根据(Pariser,1974;Peterson,1968,1975)。事实上,在 19 世纪生物学家第一次解释酵母在发酵中的作用之前,自然科学一直没有延伸至食品技术之中。在 1680 年,Antonie van Leeuwenhoek 在啤酒中发现了酵母细胞,但是并没有认识到它们是活的生物体,也没有把它们和发酵联系起来(Schlenk,1997)。在 1697 年,Georg Ernst Stahl 认为发酵不是一个化学过程。100 年以后,Antoine Lavoisier 证实了 Stahl 的观点。在 1837 年,Theodor Schwann,F. T. Kützing 和 C. Cagniard Latour 观察到了酵母的繁殖机制,并认定其属于一种生物学的现象。2 年以后,T. Schwann 发现了酵母具有芽孢形成能力。在 1843 年,Jöns Jacob Berzelius 和 Justus Liebig 提出发酵是“一种类蛋白分解”的学说。直到 1876 年,这种学说才占据主导地位,同时,在这一年 Louis Pasteur 发表了啤酒研究方面的论文,证明了酵母是一种活的生物体。在 1890 年,Emil Fischer 和 Eduard Buchner 证明了发酵的生物化学机理,并指出发酵过程中酵母具有产酶作用。此后,这一理论推动了发酵技术的飞速发展。

另外,在 1795~1810 年期间,Nicholas Appert 注意到“食品腐烂”仅仅是一种表面现象。他观察到如果经过适当的高温处理,或者瓶子经过真空密封,食品是不易腐败的。这些现象的机理当时是完全未知的,直到在 19 世纪末贮藏技术第一次被提出(Thorne,1986)。

在贮藏技术发展的初期,工程学比食品科学更加重要。液压机和风车是两个很好的例子。工程学解决了动力驱动问题,然而蒸汽机的发明在食品工程的历史上并未起到决定性的作用。1780 年面粉厂曾使用了蒸汽机,然而由于缺乏有效的运输和贮藏体系,面粉产量并没有显著的增长。那时在成品销售过程中,缺乏好的分配和供给体系。利用建在城市附近的蒸汽机生产的产品仅仅可以供应周边的村庄。但是在 18 世纪下半叶,随着食品科技和工程学的发展,工业化进程加快,面粉



厂的发展过程很好地展示了这个进程。面粉厂作为食品产业的一个基本分支有着较长的发展历史,由于在西方饮食中面包是相当重要的食品,因此在一定程度上,西方国家把它作为食品产业发展的晴雨表或引路者。

在 19 世纪以前,食品加工厂的工作是长期、单调而且缓慢的。一个费城的工程师 Oliver Evans(1785)发明了循环螺旋输送机,第一次实现了机械代替大规模的人工劳动。这个输送机以蒸汽为驱动,可以在加工厂水平输送谷物和面粉,其生产效率远高于人工生产。Evans 也发明了斗式提升机,它可以垂直输送粉状产品。利用该系统,谷物可以提升 to 工厂的顶端然后通过重力分配到不同的磨碎和处理设备中。这些自动化设备很快就应用到了食品加工厂中,为日后的连续化生产奠定了基础。

在 1804 年,Richard Trevithick 发明了蒸汽机车,半个世纪后铁路发展日益繁荣。蒸汽轮船在 1814 年开始用做交通运输。在 19 世纪 30 年代的早期,蒸汽动力也被尝试用在冷却装置的压缩机中。

起先,包装后的食品被存放在地下室里通过与冰接触达到保鲜的目的。后来,利用冰冷却地下室,避免了食品和冰的直接接触。在 19 世纪中期,英国的 Henry Benjamin 发明了通过将食品浸没在低温液体中进行保藏的技术并由此衍生了食品快速冻结技术。在 1861 年,Enoch Piper 发明了鱼体快速冻结方法,此方法是通过内部装有冰和盐混合物的金属面板与鱼体直接接触而实现的。在 1911 年,丹麦人 A. J. A. Ottesen 发明了第一个在商业中使用的鱼体快速冻结技术,是通过将鱼体浸没在低温盐水中实现冻结。毋庸置疑,机械制冷是现代化食品产业最先进的发明之一,如图 1.1 所示。在 1834 年,Jacob Perkins 发明了蒸汽压缩式制冷系统;1860 年,法国的 Ferdinand Carre 发明了吸收式制冷系统。随后其他制冷系统相继诞生,但是 20 世纪以前机械制冷技术没有得到广泛应用。进入 20 世纪后,这一现象发生了根本性改变,制冷技术的应用已经扩展至食品工业以外的其他行业,甚至出现在消费者的家里。

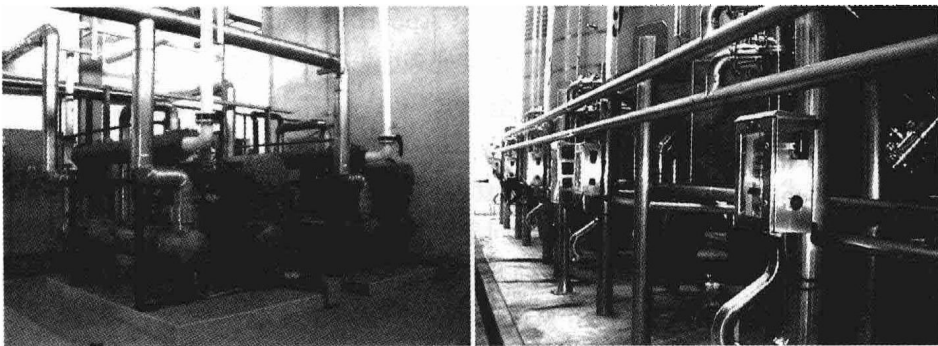


图 1.1 在果酱厂用压缩机中的水冷却的机械制冷系统(左);  
在酒厂用冷水控制发酵罐的温度(右)