

快速冻结

康景隆 编著

中国商业出版社

快 速 冻 结

康景隆 编著

中国商业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

快速冻结/康景隆编著—北京：中国商业出版社，1996.6

ISBN 7-5044-2645-8

I. 快… II. 康… III. 速冻贮藏 IV. TS205.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 10125 号

责任编辑：夏贤明

责任校对：康 夏

中国商业出版社出版发行

(100053 北京广安门内报国寺1号)

新华书店总店北京发行所经销

天津市宝坻县第十印刷厂印刷

1996年6月第1版 1996年6月第1次印刷

850×1168毫米 32开 11.25印张 26.7千字

印数：1-5000册 定价：15.00元

* * * *

(如有印装质量问题可更换)

内 容 介 绍

本书较系统地介绍了快速冻结技术。其中基础篇包括热工和制冷技术新旧单位对照、快速冻结常用重量参数、与快速冻结有关的流体概念、快速冻结常用热工系数、制冷剂、载冷剂等基础知识。实用篇包括快速冻结原理、快速冻结方法、快速冻结装置及其设计计算、快速冻结装置安装调试操作和维护、快速冻结食品加工工艺、速冻食品的包装、冷藏运输及速冻食品加工厂的平面布置及生产管理。本书理论联系实际、深入浅出,可作为速冻食品加工单位、设计部门、大专院校师生的参考用书。

前 言

快速冻结技术是近几十年逐步发展起来的一项新技术。它涉及了食品工艺学、热力学、流体力学、材料力学、生物学、生物化学、物理化学以及机械、电气、建筑、给排水等不同学科的多方面知识，因而也是一门综合性技术。作为低温冷藏前的重要环节——食品的快速冻结越来越受到人们的重视。由于速冻食品基本保持了原来食品的色、香、味，具有较高的食用价值，因此，国内外速冻食品的销售量逐年增加。为了满足肉类、水产类、禽类、果蔬类以及调理食品快速冻结的需要，各种快速冻结方法及其装置的研究工作十分活跃，发展相当迅速。沈阳制冷技术研究所作为专门从事制冷技术研究工作的专业机构，近几年来在速冻装置方面的研制和开发取得了十分显著的成绩，获得了多项国家专利，向社会推出了十几个系列的产品，深受广大用户欢迎。值此生产第一百台速冻装置之际，编写了《快速冻结》一书，奉献给制冷界同仁和广大用户，无疑具有十分重要的现实意义！

本书采用了新旧单位制对照，以期满足习惯于旧单位制又便于采用新单位制的制冷界同仁。

书中采用的经验数据是沈阳制冷技术研究所的技术人员多年来积累的，有些尚属首次披露。如能被人们采用和获得广泛证实，当感欣慰！

本书由国内贸易部研究设计院副院长、高级工程师吕道元审定，在此表示衷心感谢！

由于本人水平有限，书中不足之处，恳望广大读者指正。

康景隆

1996年5月

目 录

第一篇 基础篇

第一章 热工和制冷技术新旧单位对照

及换算表..... (3)

第一节 法定单位制的发展..... (3)

第二节 法定单位制..... (3)

第二章 快速冻结常用重量参数..... (13)

第一节 密度..... (13)

第二节 堆装容积..... (14)

第三节 各种重量参数..... (17)

第三章 与快速冻结有关的流体概念..... (21)

第一节 流量测量..... (21)

第二节 流动阻力..... (24)

第四章 快速冻结常用热工参数..... (33)

第一节 膨胀系数..... (33)

第二节 比热..... (34)

第三节 融解和凝结热焓..... (41)

第四节 蒸发潜热..... (41)

第五节 沸点和熔点..... (42)

第六节 溶解..... (45)

第七节 气体参数..... (47)

第八节 人体散热及其水蒸汽的散发..... (50)

第五章 快速冻结常用制冷剂和载冷剂..... (52)

第一节 制冷剂..... (52)

第二节	载冷剂	(76)
第二篇 实用篇		
第六章	快速冻结原理	(97)
第一节	概述	(97)
第二节	快速冻结的优点	(101)
第三节	快速冻结技术术语及规范	(101)
第四节	影响速冻食品质量的因素	(104)
第七章	快速冷却	(109)
第一节	概述	(109)
第二节	快速冷却方法	(110)
第三节	快速冷却装置	(112)
第八章	快速冻结方法	(116)
第一节	吹风式快速冻结方法	(117)
第二节	接触式快速冻结方法	(139)
第三节	沉浸式和喷淋式快速冻结方法	(140)
第四节	各种冻结方法冻结时间的实际值	(141)
第五节	各种冻结方法冻结耗冷量的实际值	(141)
第九章	快速冻结装置	(148)
第一节	快速冻结装置分类	(148)
第二节	强烈吹风式快速冻结装置	(149)
第三节	接触式快速冻结装置	(193)
第四节	沉浸式和喷淋式快速冻结装置	(204)
第十章	快速冻结装置的设计计算	(208)
第一节	设计原则	(208)
第二节	吹风式快速冻结装置设计计算	(212)
第三节	接触式快速冻结装置设计计算	(237)
第四节	沉浸式、喷淋式快速冻结装置设计计算	(240)

第十一章	快速冻结装置的安装、操作及维护	(244)
第一节	快速冻结装置的安装.....	(244)
第二节	快速冻结装置的操作.....	(250)
第三节	快速冻结装置的维护与检修.....	(254)
第十二章	速冻食品加工工艺	(258)
第一节	概述.....	(258)
第二节	果蔬类食品速冻加工工艺.....	(258)
第三节	蔬菜前加工生产线.....	(284)
第十三章	速冻食品包装	(292)
第一节	包装要求.....	(292)
第二节	包装方法.....	(293)
第三节	包装材料.....	(293)
第十四章	速冻食品冷藏运输	(296)
第一节	概述.....	(296)
第二节	耗冷量计算.....	(297)
第三节	运输车辆.....	(305)
第四节	运输过程中的变质损坏.....	(312)
第十五章	速冻食品工厂的平面布置及管理	(314)
第一节	建设速冻食品工厂的选址.....	(314)
第二节	速冻食品工厂的平面布置.....	(316)
第三节	速冻食品工厂的管理.....	(322)
附录一	速冻食品技术规程	(336)
附录二	《速冻菜豆》标准	(343)
附录三	《速冻豌豆》标准	(347)

第一篇 基础篇

第一章 热工和制冷技术新旧单位 对照及换算表

第一节 法定单位制的发展

1800年全世界还没有完全统一的单位制, 1868年德国人布特(Bund)首次提出采用统一单位, 1875年5月20日在巴黎国际会议上通过了公制(米制)单位制协议, 1889年第一次容量和重量单位会议通过了决议: 重量(质量)单位为 kg, 1954年10月第10次国际会议决定采用国际单位制。国际单位制缩写为“SI”, 1969年5~7月国际标准化组织(ISO)通过了计量技术单位制。

自1970年7月1日起, 各国陆续采用国际单位制(SI)。1977年5月27日中华人民共和国国务院颁发“中华人民共和国计量管理条例(试行)”, 规定我国“逐步采用国际单位制”。

第二节 法定单位制

表 1-1 法定基本单位与导出单位表

单位名称		基本单位		导出单位	
名称	符号	名称	符号	名称	符号
长度	L	米	m	面积 A	m^2
				容积 V	m^3
				平面角(弧度)	$1\text{rad} = 1\text{m}/1\text{m}$
				球面角(球面弧度)	$1\text{Sr} = 1\text{m}^2/1\text{m}^2$

续表

单位名称		基本单位		导出单位	
名称	符号	名称	符号	名称	符号
质量	m	公斤	kg	单位长度重量	kg/m
				单位面积重量	kg/m ²
				密度 P	kg/m ³
时间	s	秒	S	时间	
				分	min
				小时	h
				天	d
				速度 V	m/s
				加速度 a	m/s ²
				角速度 ω	rad/s
				角加速度 ε	rad/s ²
				流量、容积流量 V̇	m ³ /s
温度	T	开氏温度	K	质量流量 ṁ	kg/s
电流强度	J	安培	A		
				力 F	1 牛顿 = 1N, 1N = 1kgms ⁻²
				压力 P, 应力 σ, τ	1 帕斯卡 = 1 帕 = 1N/m ²
				动力粘度 η	1 帕斯卡·S = 1N·S/m ²
				运动粘度 υ	m ² /s
				功 W, 能 E	1 焦耳 = 1J = 1N·m = 1W·S
				热量 Q	3.6MJ = 1kwh 基本单位 1J = 1m ² kgS ⁻²
				功率 P	1W = 1J/S
				能流 Ė, 热流 Q̇	1000W = 1kw

物质的原子物理单位

名称	符号	单位物质质量	1kg/mol
克分子	mol	物质密度	1mol/m ³

原子物理质量单位

原子的质量单位

名称	符号
u	1u = 1000mu

原子物理能量单位

名称 符号
电子伏特 $\text{ev}; 1\text{ev} = 1000\text{mev}$

单位 m^2/s 是动力粘度为 $1\text{NS}/\text{m}^2$, 密度为 $1\text{kg}/\text{m}^3$ 的流体运动粘度率。单位斯托克斯(st)作为实用粘度单位至今仍然使用, 它可以以幂的形式表示更大和很小的粘度值($1\text{m}^2/\text{s} = 10^4\text{st}$)。

表 1-2 单位及对照

	符号及名称	新	旧
A	横截面积、面积	m^2	m^2
a	加速度	m/s^2	m/s^2
α	导温系数	m^2/h	m^2/h
b	气压计压力	mbar	Torr
b	蓄热系数(吸热系数)	$\text{KJm}^2\text{KS}^{1.5}$	$\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}^{0.5}\text{C}$
C	辐射系数	$\text{W}/\text{m}^2(\text{K})^4$	$\text{Kcal}/\text{m}^2\text{h}(\text{K})^4$
c	比热	WS/kgk	$\text{Kcal}/\text{kg}\cdot\text{C}$
C	阻力系数	—	—
D, d	直径、厚度	m	m
D	扩散阻力	$\frac{\text{hN}/\text{m}^2}{\text{kg}/\text{m}^2}$	$\frac{\text{hKp}/\text{m}^2}{\text{kg}/\text{m}^2}$
e	热电动势	v/k	v/C
F	力	N	Kp
f	溶解比		
G	重量	取消	Kp
G	重量流量	取消	Kp/s
g	重力加速度 = 9.80665	m/s^2	m/s^2
g	扩散流密度	$\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$	$\text{kP}/\text{m}^2\text{s}$
H	焓	KJ, WS, Wh	Kcal
h	单位热焓	KJ/kg, Wh/kg	Kcal/kg

续表

	符号及名称	新	旧
I	电流强度	A(安培)	A
K_e	单位功率产冷量(单位产冷量)		
K_c	卡诺循环单位功率产冷量	Kwh/Kwh	Kcal/Kwh
K_{th}	理想热力学循环单位功率产冷量	Kwh/Kwh	Kcal/Kwh
κ	传热系数	$W/m^2K, KJ/hm^2K$	$Kcal/m^2h^{\circ}C$
$1/k$	热阻	m^2K/W	$m^2h^{\circ}C/Kcal$
L, l	长度	m	m
M	力矩	Nm	mkp
m	质量	kg	kp^2/m
$\dot{m}$	质量流量(m/τ)	kg/s	—
n	转动频率(转速)	S^{-1}, min^{-1}	min^{-1}
n	多变指数	—	—
P	功率(运行功率)	$Nm/s \cdot W \cdot kW$	kpm/s 马力
P	在温度 T, t 时的压力	$Pa = N/m^2$ 巴	kp/cm ² 大气压
P_0	在温度 T_0, t_0 时的压力	$Pa = N/m^2$ 巴	kp/cm ² 大气压
P_a	吸收器压力	$Pa = N/m^2$ 巴	kp/cm ² 大气压
P_m	中间压力	$Pa = N/m^2$ 巴	kp/cm ² 大气压
Q	热量、热能	$kJ \cdot Wh \cdot kWh$	kcal
Q_0	冷量	$kJ \cdot Wh \cdot kWh$	kcal
$\dot{Q}$	热流量(Q/t), 热效率	$kJ \cdot Wh \cdot kWh$	kcal
$\dot{Q}_0$	产冷量	$kJ \cdot Wh \cdot kWh$	kcal
$\dot{Q}_a$	吸收器功率	$kJ \cdot Wh \cdot kWh$	kcal
$\dot{Q}_c$	冷凝器功率	$kJ \cdot Wh \cdot kWh$	kcal

续表

	符号及名称	新	旧
Q_i	热效率发生器功率输入的热量	$\text{kJ} \cdot \text{Wh} \cdot \text{kWh}$	kcal
Q_T	在热交换器中交换的热量	$\text{kJ}/\text{S} \cdot \text{W} \cdot \text{kW}$	kcal/h
q	比热在循环中输出的单位热量单位冷凝热	$\text{Wh}/\text{kg}, \text{kJ}/\text{kg}$	kcal/h
q_0	单位冷量	$\text{Wh}/\text{kg}, \text{kJ}/\text{kg}$	kcal/kg
q_1	单位加热量单位发生器热量	$\text{Wh}/\text{kg}, \text{kJ}/\text{kg}$	kcal/kg
q_a	单位吸收器热量	$\text{Wh}/\text{kg}, \text{kJ}/\text{kg}$	kcal/kg
q_T	在对流式热交换器中交换的单位热量	$\text{Wh}/\text{kg}, \text{kJ}/\text{kg}$	kcal/kg
q_{vol}	单位容积产冷量(容积产冷量)	$\text{Wh}/\text{m}^3, \text{kJ}/\text{m}^3$	kcal/ m^3
$\dot{q}$	热流密度	$\text{W}/\text{m}^2, \text{kJ}/\text{m}^2\text{h}$	kcal/ m^2h
R	气体常数	J/kgK	kpm/kg $\cdot^\circ\text{C}$
r	单位蒸发焓值	$\text{Wh}/\text{kg}, \text{kJ}/\text{kg}$	kcal/kP
Re	雷诺数	—	—
S	熵	kJ/K	kcal/ $^\circ\text{C}$
S	单位熵	kJ/kgK	kcal/kg $^\circ\text{C}$
S	行程距离	m	m
T	热力学(绝对)温度	K	$(273 + t)^\circ\text{C}$
t	摄氏温度		$^\circ\text{C}$
U	电压	V(伏特)	V

续表

	符号及名称	新	旧
u	单位内能	kJ/kg	kcal/kg
V	容积	m ³	m ³
$\dot{V}$	容积流量	m ³ /h	m ³ /h
$\dot{V}_g$	压缩机理论活塞排量	m ³ /h	m ³ /h
v	比容	m ³ /h	m ³ /h
W	功能	J, kJ, Wh, kWh	kPm, PSh
$\dot{W}$	能流, 功率(W/τ)	J/S, kJ/S, W, kw	kPm/s, PS
W	单位功	kJ/kg, Wh/kg, kWh/kg	kPm/kP
V	速度	m/s	m/s
X	循环系数		
z	液化空气回收率	kg/kg	kP/kP
Ze	通过透平制冷机的空气消耗量	kg/kg	kP/kP
α	放热系数	kJ/hm ² k, W/m ² k	kcal/m ² h℃
α	流量系数	—	—
δ	壁厚层厚	m	m
ε	制冷系数, 制冷度	Wh/Wh, kJ/kJ	kcal/kcal
ε _c	卡诺循环制冷度	Wh/Wh, kJ/kJ	kcal/kcal
ε _u	单位功率制冷度, 单位功率制冷系数	Wh/Wh, kJ/kJ	kcal/kcal
ε	有害余隙		
ζ	热度, 热比	Wh/Wh, kJ/kJ	kcal/kcal
ζ _c	卡诺循环热度	Wh/Wh, kJ/kJ	kcal/kcal
η	效率, 相对效率	—	—

续表

	符号及名称	新	旧
η_c	卡诺循环效率		
η_b	有效效率		
η_m	机械效率		
η_{vol}	容积效率		
η_g	相对效率	—	—
η	动力粘度	Pa·S	kPS/m ² , 泊
κ	熵变指数		
Λ	热导(λ/δ)	W/m ² k, kJ/m ² hk	kcal/m ² h°C
λ	抽气系数		
λ	导热系数	W/mk, kJ/mhk	kcal/mh°C
λ	摩擦系数		
μ	扩散阻力系数		
ν	运动粘度	m ² /s	m ² /s(cst)
ξ	质心	—	—
P	比重	kg/m ³	kpS ² /m ⁴
T	时间	S, h	S, h
φ	相对湿度		

热力学的基本单位,即温度,有两种表示法,一种是开氏温标,一开氏度(K)是水的三相点热力学温度的 273.16 分之一。其零点称为绝对零度。另一种是摄氏温标,摄氏温标的百分之一刻度为 1°C。这两种温标的温差值完全相符,分别为 1K, 1°C。

热力学温标和摄氏温标的关系:

$$273.15K \triangleq 0^\circ C$$