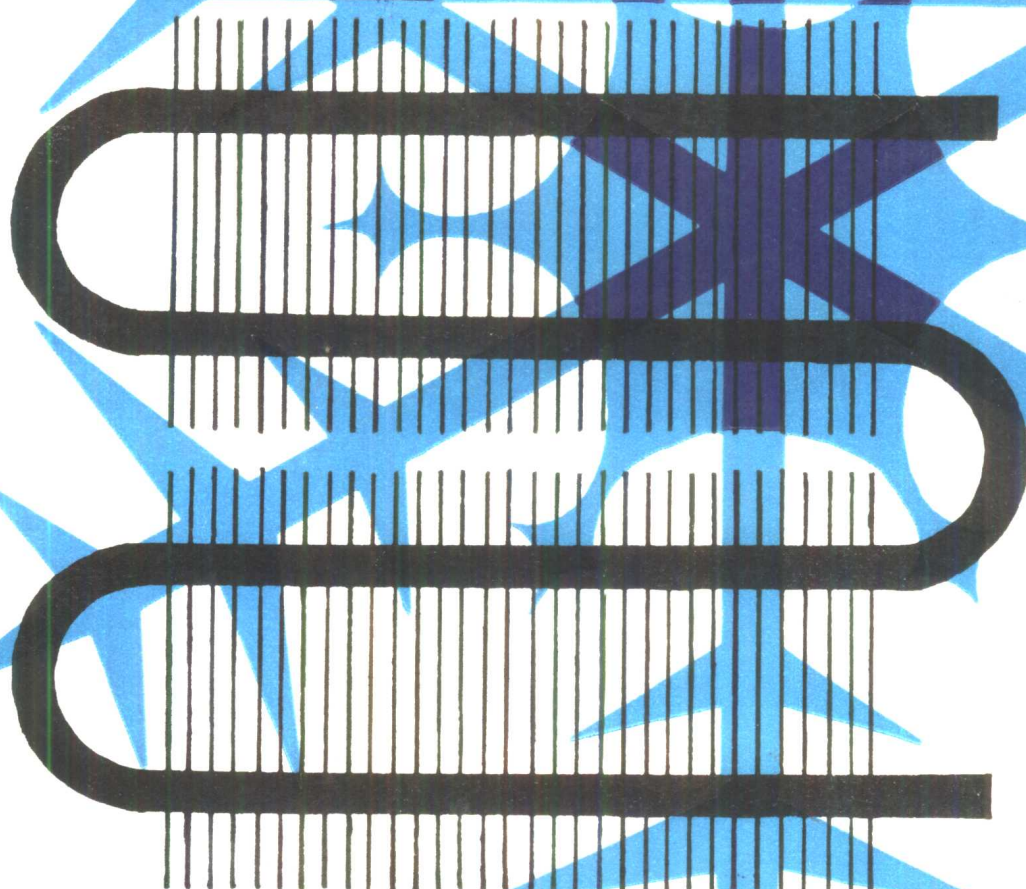


〔民主德国〕 H. 德里斯 A. 兹维克 著

制冷装置



657

机械工业出版社

制 冷 装 置

〔民主德国〕 H. 德里斯 著
A. 兹维克

徐家驹 译

霍励强 校



机 械 工 业 出 版 社

民主德国具有高水平的制冷技术。本书根据 H·德里斯教授等原著 1982 年的第十三版本译出, 是介绍制冷装置比较全面、系统的新书。书中系统地阐明了制冷装置的基本理论和设计计算实践。详细地介绍了热工基础、制冷方法、制冷剂、部件结构、装置结构与操作、隔热、冻结防腐、冷藏链和冷的应用。根据近年来制冷技术发展情况, 书中对一些传统的方法和结构进行了分析对比, 同时也介绍了一些新技术。

本书主要供从事制冷装置设计、制造和操作以及食物冷藏、防腐和运输的技术人员阅读, 也可供高等院校制冷专业师生参考。

Kühlanlagen

Prof. (em.) Dipl.-Ing. Heirich Drees

Dipl.-Ing. Alfreed Zwicker

VEB VERLAG TECHNIK BERLIN

Berlin 7.4.1982

制 冷 装 置

H. 德里斯
(民主德国) A. 兹维克 著

徐家驹 译

霍励强 校

责任编辑: 蒋有彩

封面设计: 郭景云

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

重庆印制一厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092 1/16·印张 20·字数 476 千字

1988 年 4 月北京第一版·1988 年 4 月北京第一次印刷

印数 0.001—6.700·定价: 5.05 元

ISBN 7-111-00411-6/TB·21

译 者 的 话

制冷技术的任务，是要建立并保持一种低于环境温度的低温状态。随着国民经济和科学技术的飞速发展，需要这种温度状态的场合愈来愈多，应用的规模也愈来愈大。如果说，一百多年前，珀金斯、戈里、卡雷和林德这几位制冷技术奠基人的着眼点，只是为了食物保鲜和长期贮存，那末，今天，他们的继承者已经使制冷技术与国民经济的联系变得更加紧密，现在在世界范围内，很难找得出哪一个部门或技术领域不需要制冷技术。因此，我认为再象过去出版的制冷书籍那样，罗列出一系列应用范围，似乎没有多大必要了。

我国的制冷技术正处于日新月异的发展之中。在这一形势下，当前需要的制冷技术专业书，不仅要求理论阐述上系统完整，深入浅出，而且应该在设计计算、结构型式和安装调试等方面，全面反映当前世界先进水平。

《制冷装置》一书的著者H·德里斯教授等，对制冷技术的有关问题作了全面、系统的介绍。自原著第一版问世以来，至今已发行了第十三版本，其间，经过反复修订，充实，而日臻完善。中文版是根据原著最新版本译出的。每一位制冷专业工作者和对制冷问题有兴趣的任何人，都能从中获得裨益。

原著正文中偶而引用的英制单位，已用译注的方式标出了英制单位与我国法定计量单位之间的换算关系。原著开头的目录和符号说明之后，著者罗列了本书涉及到的若干单位的对照，鉴于这些单位对于阅读本书的重要性，尤其是考虑到目前我国正处于实施法定计量单位的初期，更有其现实意义，因而稍作变动后，基本已全部译出，并冠以单位换算标题。这张换算表会给读者带来方便与益处。原书第十二章是表。为了便于查阅，将表与附图合并，作为附表和附图处理。

由于水平有限，译文中错误与欠妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

译 者

第十二版与第十三版序言

与第十一版相比，本书依然保留结构严谨，叙述简明这些特点。一个制冷工作者在机器和设备的设计计算方面，必须具备扎实的知识，而且始终要有能力选取最适宜的制冷方法，其中，主要涉及如下几个方面：待冷却物的贮存条件、耗冷量、低温防腐以及人工制冷的最主要应用范围。本书有关章节清晰明了，每一个制冷专业工作者和对制冷问题有兴趣的任何人，都能从中获得裨益。

本书考虑到提高工程师的能力这一要求，增加了制冷装置流程图的数目，并采用很多的曲线来详细阐明工作过程。与以前相比，更多地把注意力放在设备结构及其运行特性方面，把热工基础、制冷装置设计原理、冻结防腐和冷藏运输等章节重新加以改写。对其余章节的内容，也作了彻底的校订，达到了最新的程度。

制冷技术所涉及的领域愈来愈宽，正是这一点，促使 H·德里斯教授争取合作者来一起修订本书。热工基础、制冷方法和制冷装置（第二章、第三章、第五章第一、二、四、五节）由 A·兹维克工学士改写。他是卡尔·马克思市工科大学这些专题的代表人物。冻结防腐和冷藏运输（第九章和第十章第二节）这二个专门章节，由富有经验的 E·弗吕盖尔工学博士重新修订。他多年来一直任工程技术协会“冷藏运输”分会的主席。

我们要衷心感谢那些乐于为我们提供数据和图片等资料的所有机构。特别感谢德累斯顿通风和制冷技术研究所，为我们提供了该所 ILKA-计算手册中的一些数据表；还特别感谢容尼克教授兼博士，为我们提供了制冷剂 NH_3 、R12 和 R22 的校订过的 $\lg p-h$ 图，以及工质对 $\text{NH}_3-\text{H}_2\text{O}$ 的 $h-\xi$ 图。

著者和出版者

符号、单位和示意图标记

A	m^2	面积	q	kJ/kg	单位热量
a	m^2/s	导温系数	$\dot{q}$	W/m^2	热流密度
C	$\text{J/m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{K}^4$	辐射系数	q_c	kJ/kg	单位质量制冷量
c	$\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$	比热	$q_{o,}$	kJ/m^3	理论单位容积制冷量
c_g	m/s	音速	q_h	kJ/kg	汽化热
c_m	m/s	活塞平均速度	q_l	kJ/kg	溶解热
D	m^2/s	扩散系数	q_u	kJ/kg	过热量
$\dot{D}$	kg/h	蒸汽流量	R	$\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$	单位气体常数
d	m	直径	R	$\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$	传热热阻
$\dot{E}$	$\text{J/m}^2 \cdot \text{s}$	辐射能, 发射能	R_e	—	雷诺数
F	N	力	r	kJ/kg	蒸发潜热
F_a	kg/h	稀溶液的质量流量	s	$\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$	比熵
$\dot{F}_r$	kg/h	浓溶液的质量流量	s	kJ/kg	融解热或凝固热
G_r	—	格拉晓夫数	s	m	行程
g	m/s^2	重力加速度	T	K	绝对温度
h	kJ/kg	比焓	t	$^{\circ}\text{C}$	温度, 冷凝温度
K_{th}	$\text{kJ/kW} \cdot \text{h}$	理论单位功率制冷量	t_o	$^{\circ}\text{C}$	蒸发温度
k	$\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$	传热系数	$t_{o,h}$	$^{\circ}\text{C}$	压缩机进气管内的制冷剂温度
l	m	长度	$t_{L,}$	$^{\circ}\text{C}$	露点温度
M_a	—	马赫数	t_M	$^{\circ}\text{C}$	混合温度
m	kg	质量	t_v	$^{\circ}\text{C}$	过冷温度, 控制阀前的温度
$\dot{m}$	$\text{kg/s}, \text{kg/h}$	质量流量	Δt	K	温差
$\dot{m}_k$	kg/h	制冷剂流量	Δt_m	K	对数平均温差
$\dot{m}_L$	kg/h	空气流量	u	kJ/kg	单位内能
$\dot{m}_s$	kg/h	盐水流量	V	m^3	容积
$\dot{m}_w$	kg/h	水流量	$\dot{V}$	m^3/h	实际输气量
m_a	$\frac{\text{kg 溶液}}{\text{kg 蒸汽}}$	单位溶液循环量	$\dot{V}_H$	m^3/h	理论输气量
m_s			v	m^3/kg	比容
N	—	努塞尔数	v	m/s	流速
n	—	多变指数	W	J, kJ	功, 能
P	W, kW	功率	$\dot{W}$	kg/h	空气的水耗量
P_r	—	普朗特数	w	kJ/kg	比功
p	$\text{Pa}, \text{MPa}, \text{N/m}^2$	压力	w	kJ/kg	压缩功的热当量
p_c	Pa, MPa	蒸发压力	x	$\frac{\text{kg饱和蒸汽}}{\text{kg湿蒸汽}}$	干度
Q	kJ	热量	x	$\frac{\text{kg水蒸汽}}{\text{kg干空气}}$	空气的水蒸汽含量
$\dot{Q}$	$\text{kJ/s}, \text{kW}$	热流, 冷凝器负荷	α	$\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$	放热系数
$\dot{Q}_c$	$\text{kJ/s}, \text{kW}$	制冷量, 蒸发器负荷			
Q_0	kJ/24h	每昼夜耗冷量, 损耗热			

β	1/K	体积膨胀系数	κ	—	绝热指数
β	kg/m ² ·s·Pa	汽化系数	λ	W/m·K	热导率
δ	m	壁厚, 层厚	λ	—	吸气系数
ε	—	制冷系数	λ_1	—	进汽系数
ε	—	辐射系数	λ_1	—	泄漏系数
ε_{th}	—	理论制冷系数	μ	—	扩散阻力系数
ζ	—	热量比	ν	mm ² /s, m ² /s	运动粘度
η	N·s/m ² , MPa·s	动力粘度	ξ	—	按质量计算的浓度
η_c	—	卡诺效率	ρ	kg/m ³	密度
η_i	—	指示效率	σ	kg/m ² ·s	汽化率
η_m	—	机械效率	τ	s, h	时间
η_t	—	据温度计测得的效率	φ	—	空气相对湿度
η_{th}	—	热效率	ϕ	—	饱和度

单位换算

力

基本单位为牛顿 (N)

$$1\text{N}=0.102\text{kgf}$$

$$1\text{kgf}=9.81\text{N}$$

能, 功, 热量

基本单位为焦耳 (J); $1\text{J}=1\text{W}\cdot\text{s}=1\text{N}\cdot\text{m}$

$$1\text{J}=0.102\text{kgf}\cdot\text{m}$$

$$1\text{kgf}\cdot\text{m}=9.81\text{J}$$

$$1\text{kJ}=0.239\text{kcal}$$

$$1\text{kcal}=4.187\text{kJ}$$

$$1\text{W}\cdot\text{s}=0.278\times 10^{-6}\text{kW}\cdot\text{h}$$

$$1\text{kW}\cdot\text{h}=3.6\text{MJ}=860\text{kcal}$$

功率

基本单位为瓦特 (W); $1\text{W}=1\text{J/s}$; $1\text{kW}=1\text{kJ/s}$

$$1\text{W}=0.102\text{kgf}\cdot\text{m/s}$$

$$1\text{kgf}\cdot\text{m/s}=9.81\text{W}$$

$$1\text{kW}=1.36\text{hp}$$

$$1\text{hp}=0.736\text{kW}$$

$$1\text{J/s}=0.860\text{kcal/h}$$

$$1\text{kcal/h}=1.163\text{J/s}=1.163\text{W}$$

$$1\text{kJ/h}=0.278\text{W}=1/3600\text{kW}$$

$$1\text{kW}=3600\text{kJ/h}$$

$$1\text{W/m}\cdot\text{K}=0.860\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot\text{K}$$

$$1\text{kcal/m}\cdot\text{h}\cdot\text{K}=1.163\text{W/m}\cdot\text{K}$$

$$1\text{kJ/kg}\cdot\text{K}=0.2388\text{kcal/kg}\cdot\text{K}$$

$$1\text{kcal/kg}\cdot\text{K}=4.187\text{kJ/kg}\cdot\text{K}$$

压力和机械应力

基本单位为帕斯卡 (Pa); $1\text{Pa}=1\text{N/m}^2$; $1\text{MPa}=1\text{N/mm}^2$

$$1\text{Pa}=0.102\text{kgf/m}^2$$

$$1\text{kgf/m}^2=9.81\text{Pa}$$

$$1\text{Pa}=0.102\text{mmHg}$$

$$1\text{mmHg}=9.81\text{Pa}$$

$$1\text{Pa}=0.0075\text{Torr}$$

$$1\text{Torr}=133.3\text{Pa}$$

$$1\text{kPa}=0.102\text{mHg}$$

$$1\text{mHg}=9.81\text{kPa}$$

$$1\text{MPa}=10\text{bar}$$

$$1\text{bar}=0.1\text{MPa}$$

$$1\text{MPa}=10.2\text{kgf/cm}^2$$

$$1\text{kgf/cm}^2=0.0981\text{MPa}$$

温度

基本单位为开氏度 (K); 也可以采用摄氏度 (°C);

温差和温度误差以 K 为单位

$$0\text{K}=-273^\circ\text{C}$$

$$0^\circ\text{C}=273\text{K}$$

动力粘度

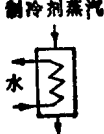
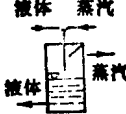
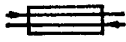
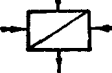
$$1\text{Pa}\cdot\text{s}=1\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2=0.102\text{kgf}\cdot\text{s}/\text{m}^2 \quad 1\text{kgf}\cdot\text{s}/\text{m}^2=9.81\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2=9.81\text{Pa}\cdot\text{s}$$

$$1\text{mPa}\cdot\text{s}=1\text{mN}\cdot\text{s}/\text{m}^2=1\text{cP}(\text{厘泊}) \quad 1\text{cP}=1\text{mN}\cdot\text{s}/\text{m}^2=1\text{mPa}\cdot\text{s}$$

运动粘度

$$1\text{mm}^2/\text{s}=1\text{cSt}(\text{厘沲}) \quad 1\text{cSt}=1\text{mm}^2/\text{s}=10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$$

示意图标志

示意图标志	名 称	缩 写
	压 缩 机	Vdi
	泵	Pp
	油分离器	Ö
	液体分离器	FA
	以水作为冷却介质的中间冷却器	ZK
	以制冷剂作为冷却介质的中间冷却器，无过冷盘管	ZK
	以制冷剂作为冷却介质的中间冷却器，有过冷盘管	ZK
	换热器，回热器，热交换器	TW
	传热器，管系结构型式 蒸发器 冷凝器	Vda Vfl
	传热器，管束结构型式	
	贮液器	FS
	压力监控器（恒压器）	DW
	室内温度监控器（室内恒温器）	TW
	带有温度感受器的温度监控器（恒温器）	TW
	直通阀（手控）	DV

(续)

示意图标志	名 称	缩 写
	磁控截止阀 (电磁阀)	MV
	止 回 阀	RdV
	控 制 阀	RV
	热力控制阀	TRV
	浮球控制阀	SRV
	活塞控制阀	KRV
	恒 压 阀	KDV
	制冷剂分配器	KV

- 注: 1. 所有设备和阀门等的通流方向都是从左向右。
2. 示意图标志引自民主德国标准 TGL 180-3003。

目 录

符号、单位和示意图标记

第一章 制冷技术的意义和任务 1

第二章 热工基础 4

第一节 物态概论 4

第二节 气体和蒸汽 5

一、热力状态参数 5

(一)热状态 5

(二)状态方程式 5

二、热和功, 热力学第一定律 5

(一)热量和比热 5

(二)输入和输出的热量 6

(三)热力学第一定律 6

(四)一般热平衡方程式 6

(五)单位压缩功和比焓 7

三、状态图 10

(一)比焓 10

(二)热平衡图, $T-s$ 图 10

(三) $\lg p-h$ 图 10

(四) $\lg p-1/T$ 图 11

四、循环 12

(一)热力学第二定律 12

(二)能量转换指数 12

(三)可逆过程和不可逆过程 13

(四)一般循环 13

(五)卡诺循环 13

第三节 二元混合物 16

一、性质 16

二、热效应 17

三、液-汽相 18

(一)用 $t-\xi$ 图表示的蒸发和冷凝过程 18

(二)用 $h-\xi$ 图表示的蒸发和冷凝过程 19

(三)共沸混合物 20

四、吸收装置的典型过程 20

(一) 沸腾过程 20

(二) 吸收过程 22

(三) 节流过程 22

第四节 蒸汽-空气混合物, 湿空气 22

一、湿空气的基本概念 22

(一)定义和状态参数 23

(二)状态图, $h-x$ 图 24

二、湿空气的状态变化 25

(一)重要概念 (图2-22) 25

(二)汽化 (图2-23) 25

(三)凝结 (图2-23) 25

(四)任意状态 L_1 和 L_2 下两种空气量的混合 26

第五节 传热 29

一、导热 29

二、放热 30

(一)物态不变时的放热 31

(二)物态变化时的放热 36

三、传热 38

四、辐射换热 41

第六节 计算例题 42

第三章 制冷方法 47

第一节 压缩式制冷法 47

一、压缩式制冷装置的作用原理 47

二、卡诺循环过程 50

三、无损耗机器的理论工作过程 51

(一) $T-s$ 图 51

(二) $\lg p-h$ 图 52

四、指示效率和单位功率制冷量 52

五、吸气系数(容积效率)和单位容积制冷量 55

(一)进气系数 λ_v 56

(二)温度系数 λ_t 56

(三)泄漏系数 λ_l 56

(四)吸气系数 λ 56

(五)经验数据 56

(六)理论单位容积制冷量 57

(七)标准温度和标准制冷量 58

六、提高制冷系数的措施 58

(一)过冷 58

(二)双级压缩 59

七、复叠式回路	64	二、离心式压缩机	112
第二节 吸收式制冷法	65	三、旋转活塞式压缩机	117
一、吸收式制冷装置的 h - ξ 图	67	(一)滑片式和滚动活塞式压缩机	117
(一)热交换器	67	(二)螺杆式压缩机	118
(二)蒸汽浓度 ξ_d	68	四、传动和调节	10
(三)加热用热量 q_h	68	(一)传动	120
(四)冷凝器	68	(二)能量调节	120
(五)节流	68	第二节 传热器和传质器	123
(六)蒸发器	68	一、蒸发器	123
(七)吸收器	68	(一)用于冷却空气的蒸发器	123
(八)蒸馏和精馏	69	(二)用于冷却液体的蒸发器	128
二、热平衡	70	二、冷凝器	132
第三节 带有蒸汽喷射式压缩机的压缩		(一)直通式冷凝器	134
式制冷法	72	(二)蒸发式冷凝器	135
一、结构和作用原理	72	(三)气冷式冷凝器	138
二、工作蒸汽消耗量的计算	73	(四)回热器	141
三、操作方法和调节	74	(五)发展趋势	141
第四节 空气膨胀制冷法	75	三、发生器和吸收器	142
第五节 计算例题	78	四、冷水塔	144
第四章 制冷剂	82	(一)概论	144
第一节 对制冷剂性质的要求	83	(二)冷水塔(冷却塔)的结构和	
一、物理性质	83	性能	145
二、化学性质	84	(三)冷水塔的设计参数	145
三、生理学性质	84	五、制冷装置部件计算例题	146
第二节 水溶性和水分的影响	85	第三节 自动控制器件	150
第三节 油溶性和膨胀性能	85	一、制冷剂回路控制	151
第四节 最重要的制冷剂	87	(一)控制过程	151
一、卤化制冷剂	87	(二)自动控制阀	153
二、二元制冷剂混合物	89	(三)制冷剂泵强制循环控制	158
(一)非共沸制冷剂混合物	89	二、冷却剂回路控制	160
(二)共沸制冷剂混合物	90	三、温度控制器	160
三、氨	90	四、监控器件	162
第五节 冻结混合物和载冷剂	91	第四节 管路	163
一、盐溶液	91	一、概论	163
二、冻结混合物	92	二、管路尺寸的确定	163
三、载冷剂	92	三、管路连接	164
(一)概论	92	四、附件	165
(二)常用载冷剂	92	第五节 成套组件和成套制冷装置	166
第五章 制冷装置部件的结构	94	一、压缩式制冷机组	166
第一节 机械式压缩机	94	二、吸收式制冷装置	167
一、活塞式压缩机	94	三、蒸汽喷射式制冷装置	171
(一)单级活塞式压缩机	94	第六章 制冷装置的结构和操作	173
(二)多级活塞式压缩机	104	第一节 制冷装置结构设计的依据	173
(三)活塞式压缩机的附件	106	一、空气状态的调节	174

二、空气循环	176
三、传冷方式	176
(一)直接蒸发	177
(二)间接蒸发	177
四、空气冷却器的布置	179
(一)室内空气冷却器	179
(二)室外空气冷却器 (集中式空气冷却器)	180
五、融霜方法	180
六、冷分配	181
(一)集中式空气冷却器	181
(二)恒温控制的单个空气冷却器	182
(三)利用泵使制冷剂强制循环	182
(四)非集中式的冷分配	183
(五)地区供冷	183
第二节 工作状态和容量试验	184
一、开动	184
二、维护	186
三、操作故障及其排除	187
四、容量试验	187
(一)制冷量	188
(二)压缩机功率	189
(三)冷凝器热负荷	189
第七章 制冷装置计算	191
第一节 耗冷量计算	191
第二节 制冷装置计算例题	194
第八章 低温隔热	211
第一节 隔热材料的含湿量	211
第二节 低温隔热材料	212
一、软木板	212
二、矿渣棉	213
三、泡沫塑料	213
(一)皮亚特(Piatherm)	213
(二)泡沫聚苯乙烯	213
(三)聚氨酯泡沫塑料	214
四、薄膜层状材料	214
五、泡沫玻璃	214
第三节 经济的隔热层厚度	214
第四节 建筑构造	216
第九章 冻结防腐	218
第一节 冻结原理	218
第二节 冻结过程	220
第三节 冻结方法和冻结装置	223
一、沉浸冻结法	223

二、接触冻结法	223
三、空气冻结法	225
(一)周期性装货的冻结隧道	225
(二)连续装货的冻结隧道	226
(三)流化冻结隧道	227
四、低温液体法	227
第四节 冻干	228
第十章 冷藏链	230
第一节 冷藏库	230
第二节 冷藏运输	234
一、船用制冷装置	234
(一)食品间制冷装置	236
(二)货舱制冷装置	238
二、铁路冷藏车	241
三、公路冷藏车	244
(一)装有直接蒸发系统的机械式冷却	245
(二)蓄冷板	245
(三)干冰	246
(四)液体氮	246
(五)开式氨循环	246
四、冷藏集装箱	246
第三节 冷藏柜和冻结柜	248
一、家用冰箱	248
(一)装备	249
(二)强制空气循环	251
(三)箱体	251
二、商用冷柜, 冻结柜, 冻结物冷藏柜	252
(一)商用冷柜	252
(二)冻结柜	252
(三)贮藏冻结物的箱式冷藏柜 (闭式和开式冷藏柜)	252
第十一章 冷的应用	254
第一节 食物的冷加工	254
一、肉	255
(一)屠宰场冷却间	260
(二)肉类冷却间	262
二、牛奶和奶制品	262
(一)牛奶	262
(二)黄油	265
三、蛋	265
四、水果和蔬菜	266
(一)新鲜水果和新鲜蔬菜	266

(二)冻结罐头食品	268
第二节 制冰	269
一、块冰生产	269
二、小块冰生产	270
三、人造滑冰场	271
(一)耗冷量	272
(二)滑冰道的底板构造和基础设计 (图11-15)	272
第三节 化学工业中冷的应用	272
第四节 工业原材料和建筑材料的低温 处理	275
第五节 仪器试验箱	276
第六节 制冷装置在空调设备中的 应用	277
一、空调设备的任务和对空调设备的	

要求	277
二、空气处理	278
(一)喷淋室(空气洗涤器)	278
(二)表面空气冷却器	279
(三)制冷量和冷却介质循环量 计算	281
三、制冷装置的结构型式	281
第十二章 制冷装置制造、试验和安 装安全技术规程,劳动 保护和火警法规	284
附表	286
附图	297
参考文献	303

第一章 制冷技术的意义和任务

制冷技术是机械工程的一个部门，迄今已有一百多年的历史，但只是在最近的几十年里，才对工艺流程最佳化以及对物品防腐、混合物分离和材料调质处理具有如此广泛的意义。制冷技术所涉及的技术领域愈来愈宽，因为人工制冷作为一种能量形式，早已不再限于它原来的应用范围，即食物的保鲜和长期贮存。制冷技术已成为化学和机械工艺流程、低温技术、制药工业和医学这些方面的必不可少的辅助手段，并已用于工作间和住房的空气调节。

制冷装置在整个机械设备中占有特殊地位。它在本质上是一种能量输送装置。按热力学第二定律，制冷装置起着热能转换器的作用。

在制冷技术发展的早期阶段，可以列出珀金斯、戈里、卡雷和林德这些名字。珀金斯发明了压缩式制冷机(1834年)；戈里在1844年制成了第一台蒸汽制冷机，卡雷在1860年发明了吸收式制冷机，随后对压缩式制冷机作了改进，而林德则基于热力学知识，发展了性能可靠的压缩式制冷机结构，并投入实际应用(1870年)。林德和克劳德提出了空气液化方法，从而开辟了低温研究领域。只是在更晚的时候(约1930年)，制冷技术才在厂房、仪器试验箱、会议室和住房的空气调节这一领域中获得应用。

随着制冷技术的发展，“冷却装置”这一概念慢慢演变成了“制冷装置”。根据愈来愈庞杂的计划任务，冻结这一应用范围也纳入了冷却范畴之中。

冷的应用范围所涉及的温度区域很宽，从接近于绝对零度的最低温度直至环境温度，甚至更高。可以把整个范围分成如下三个区域：

1. 低温区(约 -100°C 以下)

用于气体液化、低温物理(低温技术)、超导和宇航研究。

2. 中温区($-100\sim+10^{\circ}\text{C}$)

用于空调箱、冻结技术、食物冷藏以及化学和机械工艺的冷却过程。

3. 高温区($+10\sim+50^{\circ}\text{C}$)

用于空调设备和热泵。

区域1和3已发展成为专门领域。区域2则是制冷技术的主要领域，对此本书将详细论述。

为了确保整个食品工业的产品质量，迫切需要人工制冷。冷藏库、百货商店、屠宰场、乳酪厂、罐头食品制造厂和酿酒厂，没有制冷装置是不可想象的。此外，在海路、铁路和公路上运输食物时，规模愈来愈大地使用机械式制冷装置。冰箱在家用电器中占首位。

在丁钠橡胶、汽油和塑料这些合成原材料的生产流程中，只有采用人工制冷，才有可能提高经济性。在化学工业中，大型制冷装置用于油脂生产、矿物油提炼、天然气液化、照相胶片和人造丝生产，以及各种各样的工艺流程。特别值得一提的是人造冰的生产。另外，材料和仪器试验也需要低温。甚至在装配和建筑工程部门，也已开始应用冷处理工艺。

在国民经济计划这一总目标指引下，民主德国的制冷机工业正在飞速发展。作为在德累斯顿通风和制冷技术研究所和马格德堡冷却和冻结经济研究所，同工业界之间的社会主义合作的结果，使我国在许多领域，例如在冷藏库建造和冷藏运输工具（冻结物冷藏船和机动冷藏车）制造方面，以及在制冷机和制冷设备的发展方面，都达到了世界先进水平。

国外制冷技术已经发展到了一个新的高度。除了在空调技术和冻结罐头食品制造方面特别发达的美国以外，应该首先举出苏联。苏联格外重视冷藏库建造。肉、鱼和冻结罐头食品工业的冷藏库储量，按计划逐年加大，从而把愈来愈多的冷藏和冻结食物源源不断地供给人民。不言而喻，在象苏联这样一个幅员辽阔的国家里，冷藏运输具有重大意义。苏联的鱼类加工和冻结物冷藏船队占世界第一位。随着农业的经济作物区愈来愈向北方扩展，制冷技术又面临着一个特殊的应用研究领域。人工制冷对于选种和栽培良种植物是一种有效的手段。

在制冷技术的发展方面，进行国际科学技术合作具有很大意义。为此，德累斯顿通风和制冷技术研究所^①，基于经济互助委员会成员国之间的社会主义经济一体化的原则，同苏联和其他社会主义国家的有关研究所，保持着紧密的联系，其中心就是设在莫斯科的全苏制冷工业科学研究所。

制冷技术的任务，是设法建立并保持一种低于环境温度以下的低温状态。因此除低温技术领域外，制冷技术可用于如下几个方面：

一、食物的加工和防腐

与味觉、色调、营养价值和质量受到影响的热防腐相反，制冷技术使我们得以建立起合乎需要的空气状态（指温度和湿度），从而使食物保持其原有的新鲜状态。

食物防腐是制冷技术的主要应用范围（屠宰场、乳酪厂和酿酒厂），也是迄今最重要的方面。因为就防止食物的显微组织受到破坏，从而保持其新鲜状态来说，制冷技术是最有效的方法。

食物经过加工、贮存和分配，然后供应住宅区的居民，这种作法经济价值与日俱增。在这种情况下，制冷是生产产品（乳酪品、人造黄油、啤酒、巧克力、冻结食物和食用冰等）和防止产品变质的一种手段（肉、水果和蔬菜的快速冷却、在冷藏库内长期贮存和运输过程中的各个冷藏环节）。人们对冻结食物的兴趣愈来愈大，最近几十年里，数量成倍增加，在冷藏运输（车皮、长途载重汽车和分配用交通工具）以及冷藏库贮藏间中，所占的比例持续上升。冻干法是食物防腐的一种新方法。这一方法与高温条件下的空气干燥法相比，具有冻干物性质不变和不需要冷藏链这些优点。

二、用于生产过程

在化学工业、冶金、制药和其它生产部门中，进行原材料处理的生产过程，需要应用大量的制冷设备。例如：气体分离和冷凝装置，现代炼钢方法用的制氧厂，制药用的冻干装置，液化、输送和贮存天然气的液化装置、石油工业和与此有关的石油化学工业设备。

三、生产厂房、会议室和住房的空气调节

各种空调设备所需的冷量大小不等。供应整个建筑群的集中式制冷装置，其制冷量高

^① “德累斯顿通风和制冷技术研究所”现在是通风和制冷技术方面的一个国营联合企业，在德累斯顿是从事于研究和工程设计的一家老企业。——原注

达10000kW，甚至更大。在化学工业中，空调设备所需要的制冷能力还要大些。通过空调保持一定的空气相对湿度，与保持一定的空气温度具有同样的重要性。材料试验室和精密测量仪器试验室，都属于这一应用范围。

人们力图把冷凝器的“废热”用于加热目的，终于导致了热泵的发展。在这方面展现了节省电能的可能性，因而具有重要的国民经济意义。

由上述可知，制冷技术与国民经济许多部门的联系十分密切，所以制冷装置的生产获得了飞速发展。制冷技术文献众多，内容丰富，本书只能介绍其中的主要部分。

第二章 热工基础

第一节 物态概论

在制冷技术领域中所遇到的物态，有固态、液态和气态。

物态的转换有如下几种形式：

1) 融化，解冻和凝固，冻结

例如，食物（冻结食物，低温冷却食物）贮存前的预加工和随后不断的消耗，或者制冰和用冰。

2) 蒸发和液化，冷凝

例如，作为制冷循环重要组成部分的蒸发和冷凝过程。

3) 汽化

例如，在制冷装置冷却水回路中，水于冷水塔（冷却塔）内的汽化过程；或者冷却物（如肉）敞口存放时，因其中所含的一部分水向空气汽化而变干的过程。

4) 凝结，偶而伴随有结霜和结冰现象

例如，在空气冷却器表面上，从空气中析出露珠的过程（在表面温度 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 时就出现冰、霜，这种情况下要配置除霜机构）。

5) 升华

例如，食物的冻干过程，或者用“干冰”（固态 CO_2 ）冷却包装好了的冷却物时发生的过程。

只要导入或导出足够数量的热，就可以使同一种物质先后呈现出三种物态来，也就是说，从一种物态转变为另一种物态：

固态 $\longleftrightarrow$ 液态

液态 $\longleftrightarrow$ 汽态或气态

例如从水就可清晰地观察到这些过程。

通过加热，可以使固态物质达到熔点（参看附表3），然后转换成液态。在液体情况下，通过加热而达到沸点，随后就蒸发；液体的沸腾温度在形成汽泡的范围内，取决于有效压力（附表3）。因此，蒸发原理可用于制冷。

通过散热（冷却），可以使气体或蒸汽达到冷凝温度而液化（冷凝）。而对于液体来说，则因散热而达到凝固温度（冻点），随后逐渐凝固，即冻结，例如水形成冰。

如果研究的是一种纯物质（仅为一种成分），或者是一种共沸混合物（见第四章第四节二），那末一般认为，在条件相同的情况下（譬如压力相等），沸腾温度与冷凝温度相一致，或者融化温度与凝固温度相一致。在这些前提条件下，等压下发生的物态变化，同时也在等温下进行。

对于非共沸混合物，在等压下改变物态时温度是变化的。出现所谓温度带。

1. 固态物质

一定质量和在某一温度下，固态物质具有一定的体积，并具有确定的形状。温度变化