

卜啸华 主编

制冷

与

空调

技术问答

冶金工业出版社
机械工业出版社

TR657-11

制冷与空调技术问答

主 编：卜啸华
参 编：秦明元 韩润虎
 陈 中 俞国新
主 审：蒋能照

冶金工业出版社
机械工业出版社

本书以问答形式叙述了制冷与空调技术的基础知识、制冷剂以及各种制冷用换热器、制冷压缩机、吸收式制冷机等的结构、性能及应用。重点对空气调节进行论述。此外,对电气控制及机组的安装、调试、维修也作了讨论,并介绍了制冷与空调领域的新发展,如保护臭氧层不受破坏的新型制冷剂、换热器中的强化传热,制冷压缩机中的高效回转式压缩机,空调系统中的节能蓄冷技术等。这是一本普及与实用性相结合的专业技术书,可供从事制冷与空调技术领域各个层次的技术人员、大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

制冷与空调技术问答/卜啸华主编. —北京:冶金工业出版社,
机械工业出版社, 2000.1

ISBN 7-5024-2425-3

I. 制… II. 卜… III. 空气调节器-制冷技术-问答
IV. TB657. 2-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 63764 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:蒋有彩 版式设计:张世琴 责任校对:吴美英

封面设计:姚毅 责任印制:郭景龙

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2001 年 7 月第 1 版·第 2 次印刷

787mm×1092mm¹/₁₆·14.75 印张·346 千字

5 001—8 000 册

定价:23.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677-2527

前 言

随着国民经济的发展和人民生活水平的提高,制冷和空调技术不断地发展。不仅在工业、农业和科学研究中得到越来越广泛的应用,并且在人们日常生活中亦得到了广泛的应用。为了促进制冷技术的普及和提高,本书在基础知识、制冷剂、制冷换热器、制冷压缩机、吸收式制冷机、电气与自动控制、空调以及制冷设备的操作与调试等方面,以问答的方式进行逐题解析。本书涉及的内容覆盖了制冷与空调领域中常见的工程问题,并反映了当前技术的新发展,如保护臭氧层不受破坏的新型制冷剂,换热器中的强化传热,制冷压缩机中的高效回转式压缩机,空调系统中的节能蓄冷技术等。这是一本普及与实用性相结合,可供各个层次的制冷与空调技术人员、大专院校师生参考的专业技术书。

本书编写分工情况如下:第1章俞国新,第2、第5章陈中,第3章韩润虎,第4章卜啸华,第6、第7、第8章秦明元。在初稿编写过程中,姚奕(第4章)、韩晖(第6章)、任超英(第8章)亦作了大量工作。全书由卜啸华统稿,由上海理工大学蒋能照教授审定。在审定工作中提出很多有益的建议,在此一并致谢。

由于编者水平有限,书中错漏之处恳请读者指正。

编者

1999年6月于上海

常用符号、名称和单位

A	面积	m^2	r	气化潜热	J/kg
c_p	比定压热容	$J/(kg \cdot K)$	s	比熵	$J/(kg \cdot K)$
c_v	比定容热容	$J/(kg \cdot K)$	T	热力学温度	K
C	相对余隙容积		t	摄氏温度	$^{\circ}C$
c	声速	m/s	U	电压	V
d	直径	m	u	流速	m/s
E	能量利用系数		V	体积	m^3
f	摩擦系数, 系数(压缩机散热)		v	比体积	m^3/kg
h	比焓	J/kg	W	功	J
I	电流	A	w	比功	J/kg
K	传热系数	$W/(m^2 \cdot K)$	π	压力比	
L_p	声压级	dB	α	表面传热系数	$W/(m^2 \cdot K)$
L_w	声功率级	dB	δ	厚度	m
l	长度	m	ϵ	制冷系数	
m	质量	kg	ϵ_h	制热系数	
n	转速	r/min	ζ	热力系数	
P	功率	W	η	效率	
p	压力	Pa	λ	热导率(导热系数)	$W/(m \cdot K)$
Q	热量	J	μ	动力粘度	$Pa \cdot s$
Q_1	制冷量	W	ν	运动粘度	m^2/s
q_1	单位制冷量	J/kg	ρ	密度	kg/m^3
Q_h	制热量	W	σ	表面张力	N/m
q_m	质量流量	kg/s	τ	时间	s
q_v	体积流量	m^3/s	ϕ	相对湿度	
q_h	单位制热量	J/kg	Re	雷诺数	
$q_{v,h}$	单位体(容)积制热量	J/m^3	Nu	努塞尔数	
$q_{v,1}$	单位体(容)积制冷量	J/m^3	Pr	普朗特数	

下 标

a 空气	i 内部,指示	sb 过冷
c 冷凝	l 液体	sp 过热
cr 临界	v 蒸气	w 水
d 排气	m 平均	s 等熵
e 蒸发	o 外部	

目 录

前言

常用符号、名称和单位

第 1 章 基础知识 1

- 1-1 什么叫人工制冷? 人工制冷的温度一般可划分为几个区域? 1
- 1-2 什么叫温度? 温度有几种表示方法? 1
- 1-3 什么叫压力? 在制冷技术中, 压力有几种表示方法? 1
- 1-4 什么是体积、比体积和密度? 2
- 1-5 热量是怎样一个物理量? 2
- 1-6 什么叫冷吨? 单位如何换算? 2
- 1-7 什么是热力学能? 3
- 1-8 什么是焓和比焓? 3
- 1-9 什么是熵和比熵? 3
- 1-10 什么是热容和比热容? 3
- 1-11 什么叫冷凝? 什么叫升华? 4
- 1-12 蒸发和沸腾有什么区别? 什么叫气化潜热? 4
- 1-13 什么叫制冷系数? 5
- 1-14 什么叫热力完善度? 5
- 1-15 什么是热力学第一定律和第二定律? 5
- 1-16 热传递有哪些基本方式? 5
- 1-17 什么是导热? 6
- 1-18 什么是对流换热? 6
- 1-19 什么是辐射换热? 7
- 1-20 什么叫热力过程? 常见的热力过程有哪些? 7
- 1-21 什么叫真实气体? 什么叫理想气体? 8
- 1-22 什么是理想气体的状态方程? 8
- 1-23 什么叫饱和状态? 什么叫过热状态? 8
- 1-24 什么叫临界状态? 什么叫三相点? 8

- 1-25 什么叫工质? 工质的基本状态参数有哪些? 8
- 1-26 什么叫节流? 什么叫焦耳—汤姆逊效应? 9
- 1-27 什么叫循环过程? 卡诺循环和逆卡诺循环是怎样的循环? 9
- 1-28 目前有哪几种常用的制冷方法和制冷系统? 10
- 1-29 什么叫单级压缩制冷理论循环? 它和实际循环有哪些主要区别? 10
- 1-30 单级蒸气压缩制冷循环由哪些部分组成? 11
- 1-31 什么叫双级压缩制冷循环? 11
- 1-32 双级压缩制冷循环主要分为哪几类? 11
- 1-33 什么叫复叠式制冷循环? 12
- 1-34 为什么有时要采用复叠式和双级压缩式制冷循环? 12
- 1-35 什么叫热电制冷? 13
- 1-36 什么叫蒸汽喷射式制冷系统? 13
- 1-37 蒸汽喷射式制冷机有什么优缺点? 14
- 1-38 什么叫绝热去磁制冷? 14
- 1-39 什么是热泵? 热泵循环和制冷循环有什么区别和联系? 15

第 2 章 制冷剂 16

- 2-1 什么叫制冷剂? 16
- 2-2 对制冷剂的基本要求和选用原则是什么? 16
- 2-3 怎样表示各种制冷剂的种类和代号? 16
- 2-4 制冷剂如何按照沸点高低来分类? 17

2-5	什么是制冷剂的临界温度?它对制冷系统有什么影响?	19	3-11	什么是高效管?	35
2-6	蒸发压力高于大气压的制冷剂有哪些优点?	19	3-12	什么是板式换热器?	36
2-7	制冷剂与润滑油的溶解性对制冷系统有什么影响?	20	3-13	板式换热器有何优点?	36
2-8	制冷剂与水的溶解性对制冷系统有什么影响?	20	3-14	什么是热阻?如何计算通过传热管管壁的热阻?	37
2-9	什么叫共沸制冷剂?它有哪些特点?	21	3-15	什么是传热系数?	37
2-10	什么叫非共沸混合工质?它有哪些特点?	22	3-16	蒸发器的传热系数与哪些因素有关?	37
2-11	非共沸混合工质发生泄漏是否对系统产生影响?	23	3-17	为什么蒸发温度越低制冷量与制冷系数越低?	37
2-12	在制冷系统中用其它制冷剂代替原来的制冷剂会有什么影响?	24	3-18	为什么冷凝温度升高会使制冷量和制冷系数下降?	38
2-13	为什么有CFCs问题的提出?有哪些物质将禁止生产和使用?	24	3-19	什么是液体的过冷度?	38
2-14	什么叫灌注式替代?什么叫未来替代?	25	3-20	为什么液体过冷对增加制冷量有直接的贡献?	38
2-15	制冷系统中CFC类制冷剂被替换后对压缩机会有什么影响?	26	3-21	什么是不凝性气体?为什么不凝性气体进入系统后制冷效率会下降?	39
2-16	如何选择制冷剂?	27	3-22	什么是冷凝器的热负荷?	39
2-17	HFC134a的性能如何?	29	3-23	什么是蒸发器?	40
2-18	HFC152a的性能如何?	29	3-24	衡量蒸发器的主要指标有哪几个?	40
2-19	CFC11的替代方向如何?	30	3-25	蒸发器怎样分类?	40
2-20	什么叫载冷剂?	30	3-26	什么是直接冷却式蒸发器?什么是间接冷却式蒸发器?	41
第3章	制冷换热器	32	3-27	冷却空气的蒸发器有哪几类?	42
3-1	制冷换热器都包括什么?	32	3-28	什么是冷风机?冷风机有哪几类?	42
3-2	何谓传热过程?制冷换热器中的传热过程有哪几种?	32	3-29	什么是风机盘管?	42
3-3	怎样计算通过平壁的传热?	32	3-30	什么是满液式蒸发器?什么是干式蒸发器?	43
3-4	怎样计算通过圆管的传热?	33	3-31	什么是壳管式蒸发器?如何辨别壳管式蒸发器是满液式还是干式?	43
3-5	怎样计算通过肋壁的传热?	33	3-32	满液式和干式壳管蒸发器各有何优缺点?	45
3-6	为什么许多换热设备常常采用肋片管?	34	3-33	为什么立管式和螺旋管式蒸发器也是满液式蒸发器?	45
3-7	肋片管有哪几种?	34	3-34	什么是再循环式蒸发器?	46
3-8	什么是肋片管的肋化系数?	35	3-35	什么是气液分离器?它怎样与蒸发器配合使用?	47
3-9	什么是肋片管的肋片效率?	35	3-36	为什么用氨的蒸发器通常由低部供液而用氟利昂的通常由顶部供	
3-10	什么是肋片管的有效表面和表面效率?	35			

液?	47	是否一样?	60
3-37 选择蒸发器时应注意什么 问题?	48	3-64 什么是冷却塔的理论冷却 极限?	60
3-38 何谓冷却排管? 冷却排管有哪 几种?	48	3-65 什么是冷却塔的冷却幅高?	60
3-39 什么是集管式蒸发排管?	49	3-66 如何评价一个冷却塔的冷却 效果?	60
3-40 什么是板管式蒸发器?	49	3-67 水冷式冷凝器的冷却水系统有 几类?	61
3-41 蒸发器对材料有何要求?	50	3-68 冷却水是怎样腐蚀金属管路和 设备的?	61
3-42 冷凝器的作用是什么? 如何 分类?	50	3-69 水质是指什么?	61
3-43 什么是自然对流式风冷冷 凝器?	50	3-70 水的硬度怎样定义?	61
3-44 什么是强迫对流式风冷冷 凝器?	51	3-71 什么是水的软化?	62
3-45 风冷冷凝器有什么优缺点?	51	3-72 水的混浊度怎样定义?	62
3-46 什么是壳管式冷凝器?	52	3-73 水的 pH 值怎样定义?	62
3-47 卧式壳管式冷凝器的结构是 怎样的?	52	第 4 章 制冷压缩机	63
3-48 冷凝器的进水管接在水盖下部有 什么好处?	53	4-1 制冷压缩机的作用是什么? 如何 分类?	63
3-49 为什么有些冷凝器的进、出水管 接头在同一侧而有些不在同一 侧?	53	4-2 容积型制冷压缩机有哪几种结构 型式?	63
3-50 卧式壳管式冷凝器有什么 优缺点?	53	4-3 制冷压缩机如何划分高温压缩机、 中温压缩机和低温压缩机?	63
3-51 什么是套管式冷凝器?	53	4-4 制冷压缩机如何划分高、中、低 转速?	64
3-52 什么是蒸发式冷凝器?	54	4-5 活塞式制冷压缩机的结构和工作原理 是怎样的?	64
3-53 哪些因素对蒸发式冷凝器的放热 影响较大?	55	4-6 活塞式压缩机的气缸有哪几种排 列形式?	65
3-54 什么是淋水式冷凝器?	55	4-7 滑管式压缩机的结构是怎样的?	65
3-55 蒸发式冷凝器与淋水式冷凝器有何 重要区别?	55	4-8 斜盘式压缩机的结构是怎样的?	66
3-56 水冷式冷凝器表面温度过高的原 因是什么?	55	4-9 逆流式和顺流式压缩机各有何优 缺点?	66
3-57 怎样维护保养冷凝器?	56	4-10 什么是假盖? 它有什么作用?	67
3-58 冷凝器水垢怎样清除?	56	4-11 开启式制冷压缩机的结构有何特点? 它的优缺点是什么?	67
3-59 什么是冷却塔? 它的工作原理是 什么?	56	4-12 开启式制冷压缩机的轴封装置是 怎样的?	68
3-60 冷却塔有哪几类?	57	4-13 半封闭式制冷压缩机的结构有何特点? 它的优缺点是什么?	69
3-61 冷却塔由哪几部分组成?	58	4-14 全封闭式制冷压缩机的结构有何特点? 它的优缺点是什么?	69
3-62 冷却塔配水系统有哪几种 形式?	59	4-15 压缩机的润滑系统是怎	
3-63 冷却塔在一年四季中的冷却效果			

- 样的? 70
- 4-16 制冷压缩机对润滑油有哪些基本要求? 71
- 4-17 什么是实际输气量、理论输气量和容积效率? 72
- 4-18 制冷压缩机的指示功率和指示效率的定义是什么? 73
- 4-19 什么是制冷压缩机的轴功率、轴效率和机械效率? 74
- 4-20 什么是制冷压缩机的电功率和电效率? 74
- 4-21 什么是压缩机的制热量和制冷量? 74
- 4-22 什么是压缩机的最大功率工况? 75
- 4-23 制冷压缩机电动机的选配有哪些原则? 75
- 4-24 制冷压缩机在不同工况下的制冷量如何换算? 75
- 4-25 如何计算压缩机的排气温度? 77
- 4-26 热泵用压缩机有什么特点和要求? 77
- 4-27 活塞式压缩机输气量的调节方法有哪些? 78
- 4-28 滚动转子式制冷压缩机的发展概况如何? 79
- 4-29 滚动转子式压缩机的工作原理是怎样的? 80
- 4-30 滚动转子式压缩机的结构是怎样的? 80
- 4-31 双缸滚动转子式压缩机的结构和优点是什么? 82
- 4-32 卧式滚动转子式压缩机的润滑问题是如何解决的? 82
- 4-33 如何计算滚动转子式压缩机的输气量? 82
- 4-34 压缩机变频调节是怎样的? 83
- 4-35 怎样应用直流无刷电动机来进行无级变速调节? 83
- 4-36 滚动转子式压缩机的旁通调节是怎样的? 84
- 4-37 滚动转子式压缩机有哪些特点? 85
- 4-38 滑片式压缩机的工作原理是怎样的? 85
- 4-39 滑片式压缩机有哪些特点? 86
- 4-40 双作用滑片式制冷压缩机是怎样的? 86
- 4-41 螺杆压缩机的结构与工作原理是怎样的? 87
- 4-42 螺杆压缩机的内容积比是什么? 对热力性能有什么影响? 87
- 4-43 螺杆有些什么样的型线? 88
- 4-44 螺杆转子齿数对性能有什么影响? 89
- 4-45 螺杆转子长径比对螺杆压缩机性能有什么影响? 89
- 4-46 什么是螺杆转子的扭转角和扭角系数? 90
- 4-47 螺杆压缩机的输气量和容积效率如何? 90
- 4-48 螺杆压缩机的输气量是怎样调节的? 91
- 4-49 螺杆压缩机的内容积比是如何调节的? 91
- 4-50 带经济器的螺杆压缩机制冷系统是怎样的? 92
- 4-51 小型开启式螺杆压缩机的结构是怎样的? 94
- 4-52 半封闭式螺杆压缩机的结构是怎样的? 95
- 4-53 全封闭式螺杆压缩机的结构是怎样的? 96
- 4-54 多台型压缩机组有什么优点? 97
- 4-55 单螺杆压缩机的工作原理是怎样的? 97
- 4-56 单螺杆压缩机的容积效率和绝热压缩效率如何? 98
- 4-57 单螺杆压缩机如何实现输气量及内容积比的调节? 98
- 4-58 单螺杆压缩机的结构特点是什么? 99
- 4-59 开启式单螺杆压缩机的结构是怎样的? 99
- 4-60 半封闭式单螺杆压缩机的结构是怎样的? 99

4-61	涡旋压缩机的发展概况如何?	100	5-3	溴化锂水溶液有哪些特性?	113
4-62	涡旋压缩机的涡旋体是怎样形成的? 如何形成压缩室?	100	5-4	单效溴化锂吸收式制冷机的基本工作原理 是怎样的?	114
4-63	涡旋压缩机的工作原理是怎 样的?	101	5-5	双效溴化锂吸收式制冷机的基本工作 原理是怎样的?	114
4-64	全封闭式涡旋压缩机的结构是怎 样的?	102	5-6	为什么要采用双效溴化锂吸收式制 冷机?	115
4-65	涡旋压缩机的柔性密封技术是怎 样的?	103	5-7	直燃式溴化锂吸收式制冷机是怎 样的?	115
4-66	涡旋压缩机怎样减少吸气过 热度?	104	5-8	溴化锂吸收式制冷机组有哪些主要 辅助设备?	116
4-67	涡旋压缩机噪声与振动情况 如何?	104	5-9	溴化锂吸收式制冷机有哪些措施 保障运行?	117
4-68	涡旋压缩机变转速运行时振动 情况如何?	104	5-10	直燃式溴化锂吸收式制冷机有哪 些特别保护措施?	118
4-69	涡旋压缩机的防自转机构是 怎样的?	105	5-11	溴化锂吸收式制冷机组的性能与加热蒸 汽压力有什么关系?	118
4-70	涡旋压缩机输气量调节机构是 怎样的?	105	5-12	溴化锂制冷机组的性能与冷水出口 温度有什么关系?	118
4-71	涡旋压缩机带有经济器的流程是 怎样的?	106	5-13	溴化锂制冷机组的性能与冷却水进口温 度有什么关系?	119
4-72	涡旋压缩机润滑系统是怎 样的?	106	5-14	溴化锂制冷机组的性能与冷却水流量、 冷水流量有什么关系?	119
4-73	涡旋压缩机的输气量和效率是 怎样计算的?	106	5-15	污垢对溴化锂吸收式制冷机组的制冷量、 供热量的影响如何?	120
4-74	涡旋压缩机的制冷系数 如何?	107	5-16	能量增强剂是一种什么物质? 它为什么 会提高机组的性能?	120
4-75	离心压缩机的结构和工作原理是 怎样的?	108	5-17	为什么有时要进行冷剂水的再生 处理?	120
4-76	离心压缩机的润滑系统是 怎样的?	109	5-18	氨水吸收式制冷机的基本工作原理 是怎样的?	121
4-77	离心式冷水机组的制冷循环 是怎样的?	110	5-19	双级氨水吸收式制冷机是怎 样的?	121
4-78	离心压缩机的抽气回收装置是 如何工作的?	110	5-20	扩散-吸收式制冷机的工作原理 是怎样的?	122
4-79	离心压缩机的制冷与热泵系统是 怎样的?	111	5-21	吸收式冰箱是怎样的?	123
			5-22	太阳能吸收式空调装置是怎 样的?	123
第 5 章 吸收式制冷机			第 6 章 空气调节与处理		
5-1	什么是吸收式制冷机中的“工 质对”?	113	6-1	什么是空气调节?	124
5-2	什么是吸收式制冷机的热力 系数?	113	6-2	什么是空调的基数和精度?	124
			6-3	大气环境质量的等级标准如何	

划分?	124	有哪一种?	147
6-4 室内空气质量对人体健康有什么影响? 空调工程中采取什么措施?	125	6-34 变风量空调机组的结构型式如何?	148
6-5 氨对人体有什么危害? 如何控制氨的含量?	125	6-35 组装式空调机组的结构型式如何?	148
6-6 空气调节的主要任务是什么?	126	6-36 什么是空调房间的气流组织?	150
6-7 空气调节房间对土建及其布置有何要求?	126	6-37 常用的送、回风口型式有哪些?	150
6-8 什么是湿空气?	127	6-38 送、回风口有哪些布置形式?	151
6-9 湿空气的湿度如何表示?	128	6-39 空调系统的风管有哪些要求?	152
6-10 怎样计算湿空气的焓值?	128	6-40 空调系统中风管的材料、型式有哪些? 风管内的风速及风管的布置有何要求?	152
6-11 什么是焓-湿图?	129	6-41 为什么要对风管系统保温? 怎样保温?	154
6-12 什么是湿球温度? 什么是干球温度?	130	6-42 空调工程中有哪几类常用的通风机?	155
6-13 什么是露点温度?	130	6-43 空调中的通风机有哪些性能指标?	155
6-14 怎样在 $h-d$ 图上表示空气状态的变化?	130	6-44 空调水系统有哪几种类型?	156
6-15 怎样评价人体的舒适状态?	132	6-45 什么是开式系统? 什么是闭式系统?	156
6-16 舒适性空调的室内参数是怎样的?	133	6-46 什么是定水量系统? 什么是变水量系统?	156
6-17 太阳辐射热对建筑物有哪些热作用?	134	6-47 什么是单式水泵供水系统? 什么是复式水泵供水系统?	157
6-18 如何估算一般民用建筑的空调冷负荷?	135	6-48 什么是同程式供回水系统? 什么是异程式供回水系统?	157
6-19 怎样确定空调系统的新风量?	135	6-49 什么是两管制、三管制和四管制水系统?	157
6-20 商场空调冷负荷有何特点?	136	6-50 空调工程用离心式水泵的型式和性能是怎样的?	158
6-21 办公楼空调冷负荷有何特点?	137	6-51 空调用离心式水泵的工作点是怎样确定的?	159
6-22 空气热湿处理设备有哪些?	138	6-52 空调用管道泵的类型和优缺点是什么?	161
6-23 喷水室有哪几种型式?	138	6-53 空调水系统采用大温差、小流量有何好处?	161
6-24 怎样对空气进行加湿处理?	139	6-54 风机盘管水系统的安装要求有哪些?	161
6-25 怎样对空气进行减湿处理?	140		
6-26 净化空调的要求如何?	142		
6-27 空气中灰尘的来源及空气过滤器的类型有哪些?	142		
6-28 空调系统有哪几种类型?	143		
6-29 什么是普通集中式空调系统? 什么是一、二次回风系统?	144		
6-30 什么是变风量空调系统?	145		
6-31 变风量空调系统的风量、风量调节及气流组织是怎样的?	145		
6-32 风机盘管空调机组有哪些结构型式?	146		
6-33 风机盘管机组的新风供给方式			

6-55	为什么风机盘管向室内送冷风有时有雾气、风口有凝水?	162	热?	176	
6-56	什么是分层空调? 其方式如何?	162	6-79	什么是 VRV 系统?	176
6-57	什么是噪声?	162	6-80	为什么在空调工程中要应用蓄冷技术?	176
6-58	表示噪声大小的物理量有哪些?	163	6-81	蓄冷技术的优缺点有哪些?	177
6-59	如何进行噪声的主观评价和噪声的测量? 噪声标准如何制订?	163	6-82	用于蓄冷的蓄冷剂有哪些?	177
6-60	一般空调房间的允许噪声标准是怎样的?	164	6-83	蓄冷空调系统的运行方式有哪些?	178
6-61	怎样控制空调送回风系统的噪声?	165	第 7 章 电气与自动控制		179
6-62	管道消声器的原理是怎样的? 有哪些种类?	165	7-1	电力负荷如何分级? 空调机房属于哪级负荷?	179
6-63	空调对空气中离子的影响及如何改善空气的品质?	166	7-2	制冷压缩机的驱动电动机有哪些启动方法?	179
6-64	房间空调器的有哪些类型?	166	7-3	单相异步电动机的工作原理是怎样的?	180
6-65	单冷型空调器制冷原理是怎样的?	167	7-4	电阻式电动机的工作原理是怎样的?	181
6-66	热泵型空调器制冷、制热原理是怎样的?	168	7-5	电容式电动机有哪些类型? 其工作原理是怎样的?	181
6-67	窗式空调器的结构型式是怎样的?	169	7-6	三相异步电动机的工作原理是怎样的?	182
6-68	分体式空调机组是怎样的?	169	7-7	电动机的星形-三角形 (Y- Δ) 启动是怎样的?	182
6-69	用于热泵型空调器的四通电磁阀构造和工作原理如何?	170	7-8	自耦减压启动法是怎样的?	183
6-70	壁挂式分体空调器的结构型式是怎样的?	170	7-9	什么是延边三角形启动法?	184
6-71	柜式空调器的结构型式是怎样的?	171	7-10	电动机运行启动前如何检查?	184
6-72	如何选择房间空调器?	172	7-11	室内电气管线与其它管线之间的间距有何要求?	185
6-73	房间空调器的安装有哪些要求?	173	7-12	电动机常用的调速方法有哪些?	186
6-74	房间空调器的操作注意事项有哪些?	174	7-13	变频调速的基本原理是怎样的?	186
6-75	空调器停机后为什么须等三分钟再启动?	174	7-14	变频调速的方法有哪些?	187
6-76	如何评价房间空调器的性能?	175	7-15	什么叫变频空调? 在空调中采用变频调速有何好处?	187
6-77	房间空调器的保养要求有哪些?	175	7-16	什么是调节器? 它有哪些类型?	188
6-78	为什么热泵空调机组在室外温度较低时制热能力降低甚至不能制		7-17	怎样选用调节器?	188
			7-18	双位调节器的作用原理是怎样的?	189
			7-19	比例调节器的作用原理是怎	

样的?	190
7-20 电接点水银温度计的控制原理是 怎样的?	190
7-21 双金属温度计的工作原理是 怎样的?	191
7-22 热电偶测量温度的工作原理是怎 样的?	192
7-23 电接点压力表的工作原理是怎 样的?	192
7-24 压力控制器的控制原理是怎 样的?	193
7-25 油压差控制器的工作原理是怎 样的?	193
7-26 液位控制器的工作原理是怎 样的?	194
7-27 电磁阀控制的工作原理是怎 样的?	195
7-28 热力膨胀阀是如何控制制冷温 度的?	196
7-29 毛细管是如何进行节流的?	197
7-30 如何对空调房间的室温进行 控制?	197
7-31 如何对空调房间相对湿度进行 控制?	197
7-32 模糊控制在制冷空调中的应用 如何?	198
7-33 冷水机组、水泵、冷却塔风机起动的 顺序是怎样的?	198
7-34 风机盘管空调机组是怎样调 节的?	198
7-35 变风量空调机组是怎样调 节的?	198
7-36 家用空调器的电气控制是怎 样的?	199
7-37 采用微处理器的家用空调器有 哪些功能?	200
7-38 电冰箱的电气控制是怎 样的?	200
7-39 小型冷库的电气控制是怎 样的?	201
7-40 除湿机组的电气控制是怎 样的?	202
7-41 水冷冷水机组的电气控制是	

怎样的?	203
7-42 空气-水热泵机组有哪些保护和 控制功能?	205
7-43 离心式冷水机组有哪些主要控制 功能?	205
7-44 溴化锂吸收式制冷机的电气控制是 怎样的?	206
7-45 消防对通风空调系统的控制有 什么要求?	207

第 8 章 操作与调试

8-1 制冷装置的运行参数有 哪些?	209
8-2 如何对制冷系统进行排污?	209
8-3 如何对管道和设备进行强度和气密 性试验?	210
8-4 为什么要对制冷系统进行真空 试验?	210
8-5 如何判断制冷系统制冷剂过量? 过量 有何危害?	210
8-6 如何判断制冷系统制冷剂不足? 不足 有何危害?	211
8-7 制冷系统何时需要补充制 冷剂?	211
8-8 制冷系统存在空气有何危害?	211
8-9 如何确定蒸发温度?	212
8-10 蒸发温度过低由哪些因素 造成?	212
8-11 如何确定冷凝温度?	212
8-12 冷凝温度过高与过低由哪些因素 造成?	213
8-13 为什么对水冷式冷凝器的制冷 系统要在起动压缩机之前先开 冷却水?	213
8-14 制冷设备起动前需做哪些 工作?	213
8-15 压缩机起动不了或起动后很快停车的 原因是什么?	214
8-16 压缩机产生液击的原因有 哪些?	214
8-17 制冷系统产生“冰堵”的原因 是什么?	215
8-18 制冷系统产生“脏堵”的原因是什么?	

	怎样防止?	215			
8-19	氟利昂用的热力膨胀阀如何选择 与安装?	215	8-25	空调器的常见故障及排除方法有 哪些?	218
8-20	热力膨胀阀有哪些常见故障?	216	8-26	分体空调机的室内机漏水原因 是什么?	220
8-21	电磁阀有哪些常见故障?	216	8-27	风机盘管机组不运转、无送风的原因 是什么?	220
8-22	全封闭式制冷压缩机故障的检查 步骤如何?	217	8-28	风机盘管机组只有风、不制冷的原因 是什么?	220
8-23	全封闭式制冷压缩机的修理步骤 如何?	217		参考文献	221
8-24	窗式空调器定期保养有哪些 内容?	218			

第 1 章 基础知识

1-1 什么叫人工制冷？人工制冷的温度一般可划分为几个区域？

人工制冷是借助于制冷装置，以消耗机械能或电磁能、热能、太阳能等形式的能量为代价，使热量从低温系统向高温系统转移而得到低温的方法。按照制冷所能达到的温度范围，人工制冷一般可分为如下几个领域：

120K 以上	普通制冷（普冷）
120~20K	深度制冷（深冷）
20~0.3K	低温制冷
0.3K 以下	超低温制冷

1-2 什么叫温度？温度有几种表示方法？

温度是标志物体冷热程度的物理量。从微观上看，温度标志着物质分子热运动的激烈程度。温度升高，分子运动速度加快；反之，温度降低，分子运动速度减慢。

在法定计量单位中，采用热力学温度，并允许摄氏温度同时使用。热力学温度符号用 T 表示，单位符号为 K。热力学温度单位开尔文是水的三相点热力学温度的 $1/273.16$ 。

工程上仍沿用摄氏温度（米制）和华氏温度（英制）。摄氏温度用 t 表示，单位符号为 $^{\circ}\text{C}$ 。华氏温度用 θ 表示，单位符号为 $^{\circ}\text{F}$ 。三种温度之间的关系如下：

表示温度差和温度间隔时 $1^{\circ}\text{C} = 1\text{K}$ $1^{\circ}\text{F} = \frac{5}{9}\text{K}$

表示温度数值时 $\frac{t}{^{\circ}\text{C}} = \frac{T}{\text{K}} - 273.15$ $\frac{T}{\text{K}} = \frac{5}{9} \left(\frac{\theta}{^{\circ}\text{F}} + 459.67 \right)$ $\frac{t}{^{\circ}\text{C}} = \frac{5}{9} \left(\frac{\theta}{^{\circ}\text{F}} - 32 \right)$

1-3 什么叫压力？在制冷技术中，压力有几种表示方法？

单位面积上所受到的垂直作用力称为压力（即压强），用符号 p 表示。在法定计量单位中，单位符号为 Pa。1Pa 为 1m^2 上作用 1N 力时的压力，即 $1\text{Pa} = 1\text{N}/\text{m}^2$ 。

在米制中，压力的单位为 kgf/m^2 。在英制中，压力单位用 lbf/in^2 （磅力/英寸²）。以前也有采用液柱高度作为压力单位的，如 mmHg（毫米汞柱）；也有用大气压作为压力单位的，如 atm（标准大气压）等。压力单位之间的换算见表 1-1。

表 1-1 压力单位换算

Pa(帕)	bar(巴)	lbf/in ² (磅力/英寸 ²)	atm (标准大气压)	mmHg (毫米汞柱)	mmH ₂ O (毫米水柱)	inH ₂ O (英寸水柱)	kgf/cm ² (千克力/厘米 ²)
1	10^{-5}	0.145×10^{-3}	0.987×10^{-5}	7.50×10^{-3}	0.102	4.01×10^{-3}	0.102×10^{-4}
10^5	1	14.504	0.987	750.1	1.02×10^4	402	1.0197
6894.8	0.06895	1	0.068	51.715	703	27.68	0.0703

(续)

Pa(帕)	bar(巴)	lbf/in ² (磅力/英寸 ²)	atm (标准大气压)	mmHg (毫米汞柱)	mmH ₂ O (毫米水柱)	inH ₂ O (英寸水柱)	kgf/cm ² (千克力/厘米 ²)
101325	1.01325	14.696	1	760	10333	406.8	1.0333
133.332	1.333×10^{-3}	0.0193	1.31579×10^{-3}	1	13.6	0.535	1.36×10^{-3}
9.80665	9.81×10^{-5}	1.4223×10^{-3}	9.68×10^{-5}	73.556×10^{-2}	1	3.937×10^{-2}	10^{-4}
249.089	2.49×10^{-3}	0.0361	0.00246	1.87	25.4	1	0.00254
98.0665×10^3	0.9807	14.223	0.9678	735.56	10 ⁴	393.7	1

1-4 什么是体积、比体积和密度?

工质所占据的空间常用 V 表示。对于液体和固体, V 就是体积; 对于气体, V 是分子运动的空间。

比体积是体积除以质量, 符号为 v , 单位为 m^3/kg 。

密度是质量除以体积, 符号为 ρ , 单位为 kg/m^3 。

显然, 比体积与密度互为倒数。

1-5 热量是怎样一个物理量?

热量是能量的一种形式。它是表示物体吸热或放热多少的物理量。在法定计量单位中, 热量的符号为 Q , 单位为 J (焦耳)。因温度变化而引起的热量变化的计算式为

$$Q = mc_p(t_2 - t_1)$$

式中 Q ——热量 (J);

m ——物体的质量 (kg);

c_p ——比定压热容 [$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$];

t_1 、 t_2 ——物体的初始与终了温度 (K)。

热力学中规定, 当物体吸热时热量取正号; 放热时取负号。

米制的热量单位为 cal (卡), 英制单位为 Btu (英热单位)。它们与法定计量单位之间的关系为

$$1\text{cal} = 4.1868\text{J}$$

$$1\text{Btu} = 1055\text{J}$$

1-6 什么叫冷吨? 单位如何换算?

冷吨是冷冻吨的简称, 是指 1t 、 0°C 的水在 24h 内变为 0°C 的冰所需的冷量。进口设备有采用此单位的。冷吨不是法定计量单位, 各国冷吨的实际大小也不一致, 它们与法定计量单位的换算如下:

$$1\text{USRT}(\text{美国冷吨}) = 3.517\text{kW}$$

$$1\text{BRT}(\text{英国冷吨}) = 3.923\text{kW}$$

$$1\text{JRT}(\text{日本冷吨}) = 3.861\text{kW}$$

1-7 什么是热力学能?

热力学能也称内能。热力学能是指以一定方式储存于物质内部的能量。从微观上看,热力学能包括分子移动、转动、振动的动能及分子间由于相互作用力的存在而具有的位能。热力学能的符号为 U ,单位为 J。通常将零摄氏度状态的气体的热力学能定义为零,各种状态下工质的热力学能可在有关图表中查得。对于热力学封闭系统,

$$\Delta U = Q + W$$

式中 ΔU ——系统热力学能的变化量(J);

Q ——传给系统的能量(J);

W ——对系统所作的功(J)。

在理想压缩过程中,制冷剂蒸气得到外界的压缩功,根据热力学第一定律,这些能量必然转换成内能储存在制冷剂内部,使其温度、压力升高,从而能够通过冷凝器把热量释放给周围的冷却介质。

1-8 什么是焓和比焓?

焓是状态参数,在数值上等于系统的热力学能和压缩功之和。焓的符号为 H ,单位为 J。

$$H = U + pV$$

式中 U ——内能(J);

p ——压力(Pa);

V ——容积(m^3)。

显然, p 、 V 及 U 均为状态参数,故 H 也是一个状态参数。

制冷系统的分析计算中常用比焓(质量焓)。比焓是焓除以质量,符号为 h ,单位为 J/kg。

1-9 什么是熵和比熵?

熵是一种导出的热力状态参数。熵的符号为 S ,单位为 J/K。当温度为 T 的系统接受微小的热量 dQ 时,如果系统内未发生不可逆变化,则系统的熵增为 dQ/dT ,即 $dS = dQ/dT$ 。与焓一样,只需了解工质状态变化时的熵值变化即可。从系统熵的变化,可反映可逆过程热交换的方向及不可逆程度。

比熵(质量熵)是熵除以质量,符号为 s ,单位为 J/(kg·K)。各种状态下工质的比熵可在有关图表中查得。

1kg 工质在热力学温度 T 下,与外界热交换量 q ,工质在热交换前后的比熵分别为 s_1 与 s_2 ,则对于理想可逆过程,

$$q = T(s_2 - s_1)$$

因此,可用比熵来表示热交换量的计算式。当 $s_2 > s_1$ 时,为熵增过程, $q > 0$,工质从外界吸收热量;当 $s_2 < s_1$ 时,为熵减过程, $q < 0$,工质对外界放出热量;当 $s_1 = s_2$ 时,为等熵过程, $q = 0$ 。显然,制冷剂的理想绝热压缩过程是一个等熵过程。

1-10 什么是热容和比热容?

当一个系统由于加给一微小的热量 δQ 而使温度升高 dT 时, $\delta Q/dT$ 即是热容。热容的符