

冷库实用 制冷技术

第2版

张时正 萧自能 刘火土 编著

- ※ 冷库制冷安全生产技术
- ※ 设备操作规程和维修要点
- ※ 92个冷库 析



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

冷库实用制冷技术

第2版

张时正 萧自能 刘火土 编著



机械工业出版社

本书系统地介绍了我国目前冷库制冷系统方面的基本知识和有关技术要求,以及应掌握的制冷操作技术和管理方法,内容包括:冷库制冷技术基础、制冷设备、制冷压力容器的使用和管理、制冷压力管道的安全管理、氨制冷设备的操作规程、制冷系统的操作与调整、冷库的管理、制冷系统的安全技术与管理、空调及其管理、冷库事故实例分析。本书内容系统全面,语言简练,通俗易懂;书中列举了92多个冷库事故实例,并进行了剖析,实用性强。

本书可作为冷藏加工企业制冷操作人员及冷库管理人员的实用培训教材和参考资料,也可供相关专业的在校师生及从事冷库设计和施工的有关人员参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

冷库实用制冷技术/张时正,萧自能,刘火土编著.

—2版. —北京:机械工业出版社,2015.12

ISBN 978-7-111-52199-0

I. ①冷… II. ①张…②萧…③刘… III. ①冷藏库—制冷技术
IV. ①TB657.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第279041号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:陈保华 责任编辑:陈保华 崔滋恩

版式设计:霍永明 责任校对:佟瑞鑫

封面设计:马精明 责任印制:李洋

北京瑞德印刷有限公司印刷(三河市胜利装订厂装订)

2016年1月第2版第1次印刷

169mm×239mm·20.25印张·450千字

0001—3000册

标准书号:ISBN978-7-111-52199-0

定价:48.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

策划编辑:010-88379734

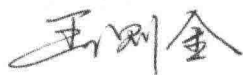
教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

序

张时正等该书的编著者长期从事冷库制冷系统的运行和技术管理工作，并亲自参与了多起系统安全事件的处置工作，对制冷系统的运行管理和安全处置工作有丰富的经验，对制冷设备的操作也很熟悉。由张时正主持编著的《冷库实用制冷技术》一书是作者在生产第一线通过长期的探索和实践，并结合制冷理论编撰而成的。该书全面系统地阐述了制冷的基础理论知识，制冷系统的特点、组成、应用场合以及安全管理技术，并全面系统地介绍了制冷设备的操作规程及安全操作要求，还较为系统地介绍了对制冷设备的安全管理、故障判断及调整维修方面的知识和技术要点。该书结合作者的丰富实践经验，理论联系实际，搜集并详细剖析了全国各地的一些制冷系统发生事故的实例，提出了有针对性的处置方法。该书内容丰富、翔实，深入浅出、针对性强，对冷冻冷藏行业从事管理的技术人员和从事制冷设备操作的技术工人来说都是一本很好的工具书，可以作为对制冷设备操作人员的培训教材，也可以作为大中专院校相关专业学生的参考书。

目前业界对制冷系统的安全运行和管理非常重视，政府监管部门也高度关注。原书出版发行后，几年来多次印刷，很受业界欢迎，并得到了很好的评价和肯定。作者在前版的基础上进行了部分删改、增补修订后使该书更加适合读者的需求，该书的再版发行对我省乃至全国的制冷界具有十分重要的意义。我们教师出一本好书都很难，他们非教育工作者出一本专著就更难了，我对他们扎扎实实、勤勤恳恳的写作精神表示敬意，对该书的再版表示祝贺，特为此书作序。



福建农林大学教授、博士生导师
福建省制冷学会副理事长兼秘书长

前 言

当前,随着国民经济的飞速发展和人民群众生活水平的不断提高,我国食品冷冻物流行业得到了迅速的发展,制冷技术的应用也日益广泛。各种类型的新冷藏库在各地不断新建,冷藏库的建设规模越来越大。引进或创新的制冷新设备、新技术在各地各行业广泛应用。国家也十分重视事关广大民生工程的冷藏物流业的发展,并进一步加强了对冷藏物流业的扶持力度。这对冷冻冷藏业来说是一个难得的发展机遇。随着人们对食品质量和食品安全越来越重视,与食品安全息息相关的食品冷链物流也被提到十分重要的位置。但是,目前由于从设计上、建设上与管理上有些地方跟不上发展的步伐,我国仍有相当数量的冷藏企业专业技术人员仍偏少,制冷设备操作人员仍然普遍缺乏,设备操作人员的技术素质仍然参差不齐,有的操作运营不科学,技术管理水平低,致使冷藏库存在较多安全隐患,不但使冷库耗能大,经济效益不高,还导致了各种安全事故的发生。例如:2013年6月3日吉林省宝源丰企业发生特别重大火灾引起氨爆炸燃烧伤亡事故;2013年8月31日上海市翁牌冷藏实业有限公司发生误操作引起大量氨气泄漏伤亡事件;2013年11月28日山东省威海市某食品公司又发生氨气泄漏重大伤亡事故等。现实对高速发展的冷藏物流行业的设计人员、企业管理人员和制冷设备操作人员提出了更高的要求,本着以人为本的精神,对于企业来说,提高企业管理者和制冷操作人员的安全技术和管理水平是一项十分迫切的重要任务。

我们多年来一直参与当地设备特检部门对压力容器及压力管道特种设备有关人员的技术培训工作,参与了相关设备的设计和安装工作。根据长期教学的经验、学员反映的普遍问题和我们在工作中的实践经验,以及我们多年来对一些冷库氨制冷的深入调查和安装制作体会,为了满足大部分学员对专门针对性教材的需求,也为了减少制冷企业安全事故的发生,我们于2011年编写出版了第1版《冷库实用制冷技术》。本书第1版出版几年来,历经几次印刷,得到了业界的认可和肯定。这次的修订再版对书中一些陈旧内容进行了删减,对一些新技术、新产品资料进行了补充,力争使内容更加完善,更具有可读性。本书比较系统地介绍了我国目前冷库制冷装置方面的安全技术要求,以及应掌握的制冷安全操作技术和安全管理方法。本书共有10章,内容包括制冷技术的一些基础知识、制冷设备、设备及制冷系统操作规程、制冷系统的操作与调整、压力容器和压力管道的使用和安全管理、冷藏库的库房管理、空调及其管理,以及制冷系统的安全事故实例分析等。在修订编写过程中,我们结合了我国制冷行业的发展及对专业技术人

员、管理人员的实际要求,参考了近几年配合安全生产监督局和技术质量监督局对氨制冷企业的安全大检查的结果,在本书的内容和形式上进行了有益的探索,力求涉及面广、内容比较丰富、适用及通俗易懂。本书着重通过对职业技能及安全管理介绍,本着突出实用性的编写指导思想,尽量精简了有关理论和有关计算等相关内容。另外,为了能进一步引起本行业人员对安全工作的重视,书中还搜集剖析了92个冷库事故实例,内容涵盖面较广,非常有针对性、警示性和教育性。

由于制冷操作人员和冷库管理人员具有一定的流动性,因此书中有少部分非冷库的内容可供参考。

本书可以作为冷藏物流企业管理人员、冷藏库管理人员,安全管理人员,以及企业制冷操作特种工的实用培训教材和参考资料,也可供相关专业的在校生及从事制冷设计和安装的有关人员参考阅读。

在本书的再版修订过程中得到了厦门集美大学张建一教授及国内贸易工程设计研究院徐庆磊教授级高工的支持和帮助,他们对书稿进行了认真的审阅和修改,同时参阅了很多同行专家的科研成果和资料,在此对他们表示衷心感谢。福建省泉州市丰泽南方设备安装有限公司的张子强总经理及黄良昌工程师、福建省正元工程设计有限公司的廖竞毅高级工程师等为本书做了大量的工作,给予了大力支持,在此也对他们表示衷心的感谢。

福建农林大学王则金教授在百忙中为本书作序,在此表示衷心的感谢!

本书的再版发行得到了泉州柏骏胶印有限公司董事长黄明峰先生及其夫人黄桂金女士在资金上的大力赞助,在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,又为了尽快弥补市场上制冷操作管理与安全技术读物的需求,再版编写时间相对仓促,书中在内容上和文字上难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。



于福建省泉州市冷冻行业协会

目 录

序

前言

第一章 冷库制冷技术基础	1
第一节 基本常识	1
第二节 制冷原理	12
第三节 制冷剂的压焓图 ($\lg p-h$ 图)	18
第四节 制冷剂和载冷剂	19
第五节 冷库保温隔热材料及防潮隔气层	27
第六节 制冷系统的供液方式	29
第七节 冷库设置概况	32
第八节 制冷特种作业的法律法规	39
第二章 制冷设备	45
第一节 制冷压缩机的种类	45
第二节 活塞式制冷压缩机	46
第三节 螺杆式制冷压缩机	68
第四节 溴化锂吸收式制冷机	89
第五节 冷库辅助设备	98
第六节 制冷系统阀门的安装和操作	108
第七节 制冰及其设备	112
第八节 渔业制冷及其设备	117
第三章 制冷压力容器的使用和管理	122
第一节 压力容器	122
第二节 制冷压力容器的安全技术档案	123
第三节 制冷压力容器的使用、变更登记	125
第四节 制冷压力容器的安全使用管理	126
第五节 制冷压力容器的操作与维修	127
第六节 制冷压力容器的检验	129
第四章 制冷压力管道的安全管理	131
第一节 制冷压力管道安全使用的基本要求	131
第二节 制冷压力管道事故的自救和防护	133
第五章 氨制冷设备的操作规程	135
第一节 125 及 170 系列氨压缩机的操作规程	135
第二节 螺杆式制冷压缩机的操作规程	136
第三节 低压循环贮液器的操作规程	138
第四节 中间冷却器的操作规程	139

第五节 贮液器的操作规程	139
第六节 排液桶的操作规程	141
第七节 油分离器的操作规程	142
第八节 集油器的放油操作规程	144
第九节 空气分离器的操作规程	145
第十节 氨泵的操作规程	146
第十一节 氨系统热氨冲霜的操作规程	147
第十二节 冷风机水冲霜的操作规程	148
第十三节 冷风机热氨与水结合除霜的操作规程	149
第十四节 制冷系统加氨的操作规程	150
第十五节 平板冻结器的操作规程	150
第十六节 冷库电梯的操作管理规程	151
第六章 制冷系统的操作与调整	153
第一节 制冷装置的主要运行参数	153
第二节 制冷操作人员的安全操作要点	154
第三节 压缩机的排气压力和冷凝压力、吸气压力和蒸发压力	155
第四节 制冷装置的调整要点	155
第五节 氨压缩机正常运转的标志	156
第六节 压缩机的润滑油在系统中的影响	156
第七节 空气对制冷系统的影响	159
第八节 蒸发温度与冷凝温度的调整	159
第九节 制冷压缩机的试机和系统试压	161
第十节 制冷系统加氨和新库房降温	168
第十一节 活塞式制冷压缩机制冷量的调节	171
第十二节 压缩机发生湿行程（倒霜）的危害和原因	171
第十三节 压缩机发生湿行程（倒霜）时的调整操作	172
第十四节 压缩机排温过高的危害和原因	174
第十五节 压缩机吸气压力过低或过高的原因和影响	174
第十六节 压缩机吸气温度的确定	175
第十七节 压缩机排气压力过低或过高的原因	176
第十八节 中间压力变化的原因	176
第七章 冷库的管理	178
第一节 冷库建筑的形式和优缺点	178
第二节 库房的卫生管理	180
第三节 食品加工和进库的卫生要求	181
第四节 冷库的库房管理	183
第五节 冷库建筑的正确使用和维护	193
第六节 冷库维修前的检查及维修措施	195
第七节 冷库地坪、墙体和楼板出现裂缝的原因及处理	197

第八节 聚氨酯现场发泡时应注意的事项	198
第九节 冷库消防安全及事故预防措施	200
第八章 制冷系统的安全技术与管理	203
第一节 制冷装置的安全保护	203
第二节 机房突然停电时的应急操作	204
第三节 氨制冷系统发生泄漏事故的原因及应采取的措施	205
第四节 氨机房的安全设施	206
第五节 系统的安装与安全	207
第六节 如何抢救氨中毒者	213
第七节 氧气呼吸器防毒面具的工作原理和使用方法	214
第八节 空气呼吸器防毒面具的工作原理和使用方法	214
第九章 空调及其管理	217
第一节 中央空调	217
第二节 中央空调系统的管理	219
第三节 空调机组设备的维护和保养	224
第十章 冷库事故实例分析	226
第一节 制度不遵守,工作不认真导致的事故	226
第二节 没按压缩机操作规程操作引起的事故	229
第三节 操作失误引起的事故	232
第四节 违规检修引起的事故	237
第五节 安装、材料设备及操作引起的事故	238
第六节 抢救器材失效造成的事故	246
第七节 缺油或油质下降引起的事故	247
第八节 氨阀损坏引起的事故	247
第九节 综合事故	249
附录	259
附录 A R717 饱和液体及饱和蒸气的热力学性质	259
附录 B R22 饱和液体及饱和蒸气的热力学性质	261
附录 C R502 饱和液体及饱和蒸气的热力学性质	263
附录 D 氯化钠水溶液的热物理性质	264
附录 E 氯化钙水溶液的热物理性质	265
附录 F 冷库节能运行技术规范 (SB/T 11091—2014)	266
附录 G 氨制冷系统安装工程施工及验收规范 (SBJ 12—2011)	271
附录 H 冷库管理规范 (GB/T 30134—2013)	284
附录 I 冷库安全规程 (GB 28009—2011)	293
附录 J 氨泄漏事故紧急救援预案 (国家质检总局资料摘录)	298
附录 K 制冷工国家职业技能标准摘录 (2009 年修订)	305
附录 L 冷库机房工作记录表	311
参考文献	314

第一章 冷库制冷技术基础

第一节 基本常识

一、冷、热概念

冷和热是两种不同的感觉，是两个相对应的概念。但物质的冷和热，只是热的程度不同，没有本质的区别。各种物质都由分子组成，每个分子都在不断地运动，分子运动产生了热能。凡是分子运动速度快的，物质的温度就比较高，就称为热；分子运动速度比较慢的，温度就比较低，就称为冷。所以用物理学的观点来解释，冷和热是相对的，只是热的程度不同而已，没有本质的区别，只能以温度的高低来衡量。两种温度的物体相接触时，就会发生传热。热量总是从温度较高的物体传向温度较低的物体，直至两物体的温度相等，能量的传递才会停止。热量决不会自发地从温度较低的物体传向温度较高的物体，这是自然界的客观规律。

自然界每年都有季节性变化，地面各种物质的温度也随着变化，这种由于气候的变化使物质变冷的过程称为天然制冷。据《中国制冷史》记载，我国使用天然冷（冰）已有 3600 多年的历史，它不仅记载的时间为世界最早，而且应用范围也最广。

在制冷技术领域内，所谓冷是指低于环境介质（自然界的水或空气）温度的状况。

二、人工制冷

人工制冷又称机械制冷，是借助于一种专门的技术装置，通过消耗一定外界的能量，迫使能量从温度较低的被冷却物体，传递给温度较高的环境介质，得到人们所需要的各种低温。这个过程就称为人工制冷。这种技术装置称为制冷装置，它通常由压缩机、热交换设备、蒸发器和节流机构等组成。

众所皆知，水不能从低处向高处流。但是，借助水泵消耗一定能量，就可以使水从低处向高处流。热量也不能从温度低处向温度高处传递，类似水泵抽水原理，借助制冷机消耗一定能量，就可以使热量从温度低处向温度高处传递。图 1-1 所示为制冷机与水泵工作原理对照。例如冷库内在低温处的热量，借助制冷机，可以把这些热量传递到温度较高的环境，即实现人工制冷。

人工制冷（机械制冷）是从 1755 年才开始的。由于我国工业化的长期滞后，才导致了近代的机械制冷从国外的输入。我国真正能掌握机械制冷技术及有规模地应用，是在中华人民共和国成立之后，特别是在改革开放之后才得以迅速发展。

三、压力

气体或液体分子对容器或管壁表面造成碰撞所产生的作用力称为压力。在容器壁或管壁单位面积上的压力称为压强，在工程上，习惯把压强称为压力。

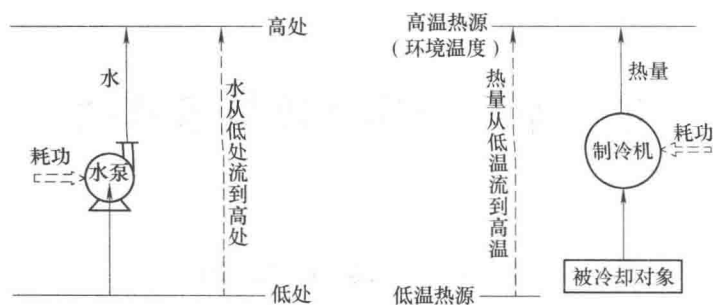


图 1-1 制冷机与水泵工作原理对照

1. 标准大气压

标准大气压又称物理大气压,是指在纬度 45° 的海面上大气的平均压力,其值为 1.033kgf/cm^2 或 760mmHg (相当于 101325Pa),称为 1 个标准大气压 (1atm)。

2. 工程大气压

为计算方便,把大气压力 1kgf/cm^2 (0.098MPa) 的压力,称为 1 个工程大气压 (1at)。

3. 绝对压力和表压力

绝对压力是气体或液体的真实压力。表压力是指压力表上的读数,是绝对压力与大气压力之差。绝对压力、表压力及大气压力三者之间的关系为

$$P_{\text{绝}} = P_{\text{表}} + P_{\text{大气}}$$

当表压力为负数时 ($P_{\text{负}}$):

$$P_{\text{绝}} = P_{\text{大气}} - P_{\text{负}}$$

在工程上一般采用表压力,但在计算中要用绝对压力。

4. 公称压力 (PN)

管子、管件、阀门等在规定的温度范围内,以标准规定的系列压力等级表示的工作压力称为公称压力。

四、公称直径 (DN)

采用标准的尺寸系列来表示管子、管件、阀门等口径的名义直径称为公称直径。

五、制冷系统

通过制冷设备及专用管道、阀门、自动化控制元件、安全装置等连接在两个热源之间用于制冷目的的总成,称为制冷系统。

六、压力管道

压力管道是指利用一定的压力,用于输送气体或者液体的管状设备,其范围规定为最高工作压力 $\geq 0.1\text{MPa}$ (表压),介质为气体、液化气体、蒸气介质或者可燃、易爆、有毒、有腐蚀性、最高工作温度高于或者等于标准沸点的液体,公称直径 $\geq 50\text{mm}$ 。公称直径 $< 150\text{mm}$,且其最高工作压力 $< 1.6\text{MPa}$ (表压) 的输送无毒、不可燃、无腐蚀性气体的管道和设备本体所属管道除外。

七、闪燃与闪点

在液体（固体）表面上能产生足够的可燃蒸气，遇火能产生一闪即灭的火焰的燃烧现象称为闪燃。在规定的试验条件下，液体（固体）表面能产生闪燃的最低温度称为闪点。闪点的意义非常重要，它是液体介质火灾危险性分类和管道设计布置和选材的重要依据。闪点越低，管道、设备介质泄漏引起火灾的危险性越大。

八、凝固点

液体被冷却到停止流动时的温度，称为该物质的凝固点。

九、临界状态

液体在饱和状态下，如果温度上升到某一数值（即临界温度）时，饱和液体密度与饱和蒸气密度就会相等，液体与蒸气就没有了区别，气、液两相的界面就会消失，液体不再以两种状态存在，这种状态称为临界状态。描述临界状态的主要参数有临界温度、临界压力和临界密度。

临界温度是使液体全部蒸发成气体的温度，在此温度以下对其施加压力才能使介质液化，在此温度以上不管对其施加多大的压力都不能使其液化。

临界压力是指气体在临界温度下，使其液化所需要的最低压力。

临界密度是指气体在临界温度和临界压力下的密度。

十、管道绝热

压力管道的保温与保冷统称为管道绝热。

十一、机械负荷

为维持制冷系统的正常运转，制冷压缩机负载所带走的热量流量值，称为压缩机的机械负荷。

十二、温度

温度是用来表示物质冷和热的程度。衡量温度的标准有三种：摄氏温度、华氏温度和热力学温度。

1. 摄氏温度

在标准大气压下，把水的结冰温度作为 0 度，把沸点温度作为 100 度，在 0 度与 100 度之间平均分成 100 份，每一份作为 1 度。这个温度标准就称为摄氏温度，用℃表示。

2. 华氏温度

在标准大气压下，把水的结冰温度作为 32 度，沸点温度作为 212 度，在 32 度与 212 度之间平均分为 180 份，每一份作为 1 度。这个温度标准称为华氏温度，用°F表示。

3. 热力学温度

把水在标准大气压下的冻结点作为 273.15 度，水的沸点作为 373.15 度，把物质中的分子全部停止运动之点作为 0 度，这个温度标准称为热力学温度（也称绝对温度），用符号 K 表示。

热力学温度与摄氏温度有如下关系：

$$T = t + T_0$$

式中 t ——摄氏温度 ($^{\circ}\text{C}$);

T_0 ——水冰点的热力学温度 (K), $T_0 = 273.15\text{K}$;

T ——热力学温度 (K)。

计算中一般取 $T_0 = 273\text{K}$, $0^{\circ}\text{C} = 273\text{K}$, 热力学温度没有负值。

十三、设计温度

设计温度是指正常操作或运行过程中, 由压力和温度构成的最苛刻条件下管道可能承受的最高或最低温度。

十四、过热度与过冷度

在一定的压力下, 温度高于饱和温度的蒸气, 称为过热蒸气。过热蒸气超过相同压力下饱和温度的差异, 称为过热度。一般情况下, 制冷压缩机的吸入气体也是过热蒸气, 其吸气过热度为 $5 \sim 12^{\circ}\text{C}$ 是属于正常的。氟利昂制冷压缩机的吸气过热度比氨压缩机要大得多。

在一定的压力下, 温度低于饱和温度的液体, 称为过冷液体。过冷液体的温度较相同压力下饱和温度低的数值, 称为过冷度。

十五、冷凝与升华

物质在饱和温度下由气态转变为液态的过程称为冷凝。我们在日常生活中容易见到水蒸气凝结成水的现象, 即当水蒸气遇到低于其饱和温度的壁面就会凝结成水。

物质从固态直接变成气态的过程称为升华。日常生活中碰到将樟脑丸放在空气中或衣柜里会逐渐消失, 这是升华的典型例子。

十六、热量

分子运动所具有的热能量称为热量。它是能量的一种形式, 是表示物体吸收或放热多少的物理量。在国际单位制 (SI) 中, 热量的单位用焦耳 (J) 或千焦耳 (kJ) 表示。工程上根据传统的习惯还用卡 (cal) 或千卡 (也叫大卡, kcal) 表示, 但按我国规定卡 (或千卡) 都是非法定单位。在标准大气压下, 将 1g 的水加热或冷却, 温度升高或降低 1°C , 所吸收或放出的热量为 1cal 。

焦耳与卡的换算关系: $1\text{J} = 0.2389\text{cal}$ 。

1. 比热容

单位质量的热容叫比热容。即单位质量的物体温度升高或降低 1K 所吸收或放出的热量称为该物体的比热容, 也称为质量热容。比热容的单位一般为 $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 。此外, 还有体积热容和摩尔热容。

物体的比热容除了与物体的性质有关之外, 还与物体所处的温度有关。如多脂冻鱼的比热容在冻结点以上为 $2.395\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, 在冻结点以下为 $1.55\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$; 冰激凌的比热容在冻结点以上为 $2.75\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$, 在冻结点以下为 $1.585\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 。所以严格地讲, 任何物体的比热容都不是常数, 温度变化时比热容也随着改变。

表 1-1 列举了几种常用食品的比热容。

表 1-1 常用食品的比热容

食品名称	最高冻结温度/℃	比热容/ [kJ/ (kg · K)]	
		冻结前	冻结后
鸡蛋 (鲜蛋)	-1	3.18	1.67
牛肉 (冷却)	-1.5	3.18	1.77
猪肉 (冷却)	-1.7	2.26	1.34
鱼 (一般鲜鱼)	-2.22	3.43	1.80
牛乳	-0.56	3.85	1.93
鲜家禽	-2.8	3.18	1.76
苹果	-2	3.85	1.88
香蕉	-1	3.74	1.76
橘子	-1.05	3.77	1.93
桃子	-1.1	3.77	1.93
梨子	-2	3.85	1.88
西瓜	—	4.06	2.01
土豆	-1.5	3.43	1.80
洋葱	-0.72	3.77	1.93

2. 显热与潜热

物体在被加热或被冷却时有温度变化,而没有状态(相态)变化时,所加给或放出的热量称为显热。例如,在 0.1013MPa 气压下对水进行加热,使水的温度逐渐升高,所加的热量称为显热。

物质分子可以聚集成固体、液体、气体三种状态,简称为物质的三态。在一定条件下,物态可相互转化,称为物态变化,也叫相变。

物质发生相变(物态变化),在温度不发生变化时吸收或放出的热量称为潜热。按相变过程种类的不同,潜热有汽化热、熔化热和升华热三种。例如,在 0.1013MPa 气压下把水加热到沸点 100℃ 时,继续加热,水的温度没有变化,此时所加的热量使水在沸腾状态下变成水蒸气,温度始终为 100℃,此时所给的热量即为汽化热。显热和潜热的单位都是 kJ/kg,它表示改变每千克物质的状态所吸收或放出的热量。

3. 制冷量

在单位时间内从被冷却的物质或空气中移去的热量,称为制冷量。制冷量法定单位是 W (或 kW)。以往习惯上也有用 kcal/h (大卡/小时) 及冷冻吨 (即“冷吨”)。其换算关系:

$$1\text{W} = 3.6\text{kJ/h} = 0.8599\text{kcal/h} = 2.843 \times 10^{-4} \text{ 美国冷吨} = 2.59 \times 10^{-4} \text{ 日本冷吨} \\ = 2.395 \times 10^{-4} \text{ 新英国冷吨}.$$

十七、蒸发与沸腾

物质分子可以聚焦成固、液、气三种状态。在一定条件下，物态可以相互转化，称为物态变化。

物质从液态转变成气态的过程称为汽化。物质的汽化有两种方式，即蒸发和沸腾。

在任何温度下，液体表面发生的汽化现象，叫作蒸发。液体的温度越高，表面越大，蒸发速度进行得越快。在相同的外界条件下，不同的物质蒸发的快慢也不相同，这是由于各物质分子间的引力大小不同，分子飞离液面所需动能不一样所致。

对液体加热到一定温度时，（例如把水烧开时）液体内部便产生大量气泡，气泡上升到液面破裂放出大量水蒸气。这种在液体表面和内部同时进行得剧烈汽化的现象叫作沸腾。把液体沸腾时的温度叫作沸点。在相同的压力下，各种液体的沸点是不相同的。例如，在 0.1MPa 下，水的沸点是 100℃，氨液的沸点是 -33.4℃。对同一种液体来说，压力减小，则沸点降低。由于高山上大气压低于地面，所以在高山上烧开水，不到 100℃ 就沸腾了。

制冷剂在蒸发器内吸收了被冷却物体的热量后，由液态制冷剂汽化为蒸气，这个过程是沸腾。当蒸发器内的压力一定时，制冷剂的汽化温度就是与其对应的沸点，在制冷技术中，习惯上把沸腾温度称为蒸发温度。

十八、空气的湿度

自然界中的空气（大气）是由于空气、水蒸气等组成的混合物。通常把含有水蒸气的空气叫作湿空气，把不含水蒸气的空气叫作干空气。干空气中主要成分的容积组成（体积分数）如下：氮气（ N_2 ）为 78.09%；氧气（ O_2 ）为 20.95%；氩气（Ar）为 0.93%；二氧化碳（ CO_2 ）为 0.03%。

自然界单纯的干空气是不存在的，如果不特别指出，我们所说的“空气”就是指湿空气。

空气中含有水蒸气的数量，称为空气的湿度，它代表空气干湿的程度。

1. 绝对湿度

在标准状态（0℃， 10^5 Pa）下，单位体积湿空气中的水蒸气质量称为绝对湿度，常用单位为 g/m^3 。

2. 相对湿度

空气中所含水蒸气的密度与同一温度下饱和空气中所含水蒸气密度的百分比值，称为相对湿度，其值用百分数表示。如相对湿度为 0 时，表示空气完全干燥；相对湿度为 100% 时，表示空气湿度最大，达到饱和状态。

3. 露点

含有一定量水蒸气的空气，当温度降低时，其水蒸气密度逐渐增大，当水蒸气达到完全饱和时开始凝结的温度称为该空气的露点。空气的露点温度即为相对湿度达到 100% 时的温度。在制冷工程中，经常会遇到结露现象，例如在冷藏库的冷藏门上，在出库的货物上有时会出现凝结水或结霜，在压缩机的吸气管道处会出现这种现象，低压

容器放油操作后期也会出现这种由结露到结霜的现象。

在露点温度下,空气中的水蒸气成为饱和水蒸气,部分水蒸气会凝结成露,呈露状黏附在物体表面,如果露点温度低于 0°C ,则水蒸气凝结成霜状。此时饱和空气的干球温度、湿球温度、露点温度相等。不同温度和相对湿度下的空气露点温度可以从表 1-2 中查得。

表 1-2 不同温度和相对湿度下的空气露点温度

相对湿度 (%)	温度/ $^{\circ}\text{C}$								
	60	65	70	75	80	85	90	95	100
	空气露点温度/ $^{\circ}\text{C}$								
+30	+20.9	+22.3	+23.6	+24.8	+25.9	+27.0	+28.1	+29.1	+30.0
+28	+19.0	+20.4	+21.7	+22.9	+24.0	+25.1	+26.1	+27.1	+28.0
+26	+17.2	+18.5	+19.8	+21.0	+22.1	+23.1	+24.1	+25.1	+26.0
+24	+15.3	+16.6	+17.8	+19.0	+20.1	+21.1	+22.1	+23.1	+24.0
+22	+13.4	+14.7	+15.9	+17.0	+18.1	+19.1	+20.1	+21.1	+22.0
+20	+11.5	+12.8	+14.0	+15.1	+16.2	+17.2	+18.2	+19.1	+20.0
+18	+9.9	+10.9	+12.1	+13.2	+14.2	+15.2	+16.2	+17.1	+18.0
+16	+7.7	+9.0	+10.2	+11.3	+12.3	+13.3	+14.3	+15.2	+16.0
+14	+5.8	+7.0	+8.2	+9.3	+10.3	+11.3	+12.3	+13.2	+14.0
+12	+3.9	+5.1	+6.3	+7.4	+8.4	+9.4	+10.3	+11.2	+12.0
+10	+2.1	+3.3	+4.4	+5.4	+6.4	+7.4	+8.3	+9.2	+10.0
+8	+0.3	+1.4	+2.5	+3.5	+4.5	+5.4	+6.3	+7.2	+8.0
+6	-1.5	-0.4	+0.7	+1.7	+2.7	+3.6	+4.4	+5.2	+6.0
+4	-3.2	-2.1	-1.1	-0.2	+0.7	+1.6	+2.5	+3.3	+4.0
+2	-4.9	-3.9	-3.0	-2.1	-1.2	-0.3	+0.5	+1.3	+2.0
± 0	-6.5	-5.5	-4.6	-3.7	-2.9	-2.1	-1.3	-0.6	± 0.0
-2	-8.4	-7.4	-6.4	-5.6	-4.8	-4.0	-3.3	-2.6	-2.0
-4	-10.3	-9.3	-8.3	-7.5	-6.7	-6.0	-5.3	-4.6	-4.0
-6	-12.1	-11.2	-10.3	-9.5	-8.7	-8.0	-7.3	-6.6	-6.0
-8	-13.9	-13.9	-12.2	-11.4	-10.7	-10.0	-9.3	-8.6	-8.0
-10	-15.4	-14.8	-14.1	-13.3	-12.6	-11.9	-11.2	-10.6	-10.0
-12	-17.7	-16.7	-15.9	-15.1	-14.4	-13.8	-13.2	-12.6	-12.0
-14	-19.8	-18.8	-17.9	-17.1	-16.4	-15.8	-15.2	-14.6	-14.0
-16	-21.9	-20.9	-20.0	-19.2	-18.5	-17.8	-17.1	-16.5	-16.0
-18	-24.1	-23.0	-22.2	-21.4	-20.9	-19.8	-19.1	-18.5	-18.0
-20	-26.2	-25.2	-24.2	-23.4	-22.6	-21.8	-21.1	-20.5	-20.0

十九、压缩、膨胀和节流膨胀

1. 压缩

使气体物质体积减小、密度增大、压力升高的过程称为压缩。在压缩气体时，必须对气体做功。例如，氨压缩机压缩氨蒸气使氨气压力升高。

2. 膨胀

使气体物质比体积增大、密度减小、压力降低的过程称为膨胀。

3. 节流膨胀

流体在管道中流动，通过阀门、孔板等设备时，由于流通截面突然缩小，使流量受到限制，而后流通截面增大，造成流体压力下降，比热容增大的现象称为节流膨胀。

二十、制冷系数

在制冷压缩循环中，所产生的制冷量与所消耗的功量之比，称为制冷系数，常用符号 ε 表示，即

$$\varepsilon = q_0 / W_0$$

式中 q_0 ——单位质量制冷量 (kJ/kg)；

W_0 ——单位理论功 (kJ/kg)。

或

$$\varepsilon = Gq_0 / GW_0 = Q_0 / P$$

式中 G ——压缩机的质量流量 (kg/s)；

Q_0 ——压缩机的制冷量 (kW)；

P ——压缩机的理论功率 (kW)。

制冷系数是考核制冷机循环性能优劣的一个重要技术经济指标。制冷系数越大，则制冷循环的经济性越好。制冷系数与制冷循环的各种参数、制冷剂的种类及设备操作方法等因素有关。

二十一、热力学第一定律

能量既不能被创造，也不能被消失，各种形式的能可以互相转换，但不能增多，也不会减少，其总量保持不变。热力学第一定律也就是讨论热能和机械能相互转变时的能量守恒和转换定律在热力学上的应用。

二十二、热力学第二定律

热力学第二定律包括以下两个说法：

1) 热量不能自发地、不付出代价地由低温物体传向高温物体。因为热量由低温物体转移到高温物体时，必然要消耗外界的功。

2) 要使热量全部而且连续地转变为机械功是不可能的（永动机的假想是不可能实现的），因为由热能转变为功时，伴随而来的必然会有热量的损失。

根据热力学第二定律，通过实践可以清楚地知道，温度较高的物体能够自动地把热量转移到温度较低的物体。而温度较低的物体则不能自动地把热量传递给温度较高的物体。

制冷系统就是根据热力学第二定律，用消耗机械能或热能作为补偿条件，把热量从低温热源（需要制冷的场所，如冷库、会场、房间）转移到高温热源（如冷凝器中的冷却水、空气等）以达到制冷的目的。