

◎ 特种作业人员安全技术培训考核统编教材

制冷空调设备维修与操作

国家《特种作业人员安全技术培训大纲及考核标准》

起草小组专家编写

ANQUAN JISHU
PEIXUN
KAOHE



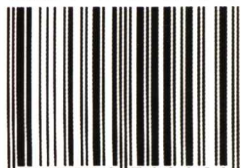
中国劳动社会保障出版社

特种作业人员安全技术培训考核统编教材

- ◎ 电工
- ◎ 焊工
- ◎ 起重机司机
- ◎ 起重指挥司索工
- ◎ 电梯维修与操作
- ◎ 企业内机动车辆驾驶员
- ◎ 登高架设工
- 制冷空调设备维修与操作
- ◎ 压力容器操作工

- ◇ 责任编辑 / 高永新
- ◇ 责任校对 / 孙艳萍
- ◇ 封面设计 / 张美芝
- ◇ 版式设计 / 朱 姝

ISBN 7-5045-4946-0



9 787504 549464 >

ISBN 7-5045-4946-0

定价：27.00 元

—— 特种作业人员安全技术培训考核统编教材 ——

制冷空调设备维修与操作

国家《特种作业人员安全技术培训
大纲及考核标准》起草小组专家编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

制冷空调设备维修与操作/魏长春, 孙维军编著. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2005

特种作业人员安全技术培训考核统编教材

ISBN 7-5045-4946-0

I. 制… II. ①魏… ②孙… III. 制冷-空气调节-设备-维修 IV. TB657.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 006917 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

850 毫米×1168 毫米 32 开本 12.5 印张 323 千字

2005 年 10 月第 1 版 2005 年 10 月第 1 次印刷

印数: 4000 册

定价: 27.00 元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64911190

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64911344

编委会

主 任 闪淳昌

委 员 施卫祖 吕海燕 杨国顺 牛开健

徐洪军 崔国璋 时 文 邢 磊

王铭珍 王海军 马恩远 杨有启

王琛亮 洪 亮 曹希桐 杨泗霖

冯维君 甘晓东

主 编 魏长春 孔维军

撰稿人员 魏长春 孔维军 梁艳辉 徐洪升

王万友 张秀芳

内容提要

本书根据国家安全生产监督管理局于 2002 年 10 月颁布的《特种作业人员安全技术培训大纲及考核标准》编写,是制冷空调设备维修与操作人员安全技术培训考核用书。

本书系统介绍了制冷空调设备维修与操作人员应学习掌握的安全技术理论知识。全书共分两部分。第一部分是制冷空调设备维修与操作人员安全技术培训内容,包括热力学基础知识,制冷与空调基本原理,制冷剂、载冷剂和润滑油的性质与安全使用,制冷与空调设备安全基础知识,蒸气压缩式制冷空调设备的安全技术,溴化锂吸收式制冷与空调设备的安全技术,制冷与空调设备安装检修及安全技术。第二部分是制冷空调设备维修与操作人员安全技术考核复习题及试卷实例。

本书可作为制冷空调设备维修与操作人员安全技术培训考核教材,还可作为各企事业单位安全管理干部及相关技术人员的参考用书。

前言

我国《劳动法》规定：“从事特种作业的劳动者必须经过专门培训并取得特种作业资格。”我国《安全生产法》还规定：“生产经营单位的特种作业人员必须按照国家有关规定经专门的安全作业培训，取得特种作业操作资格证书，方可上岗操作。”

为了进一步落实《劳动法》《安全生产法》的上述规定，配合国家安全生产监督管理局依法做好特种作业人员的培训考核工作，中国劳动社会保障出版社根据国家安全生产监督管理局颁布的《安全培训管理办法》《关于特种作业人员安全技术培训考核工作的意见》《特种作业人员培训考核管理办法》，组织《特种作业人员安全技术培训大纲及考核标准：通用部分》起草小组的有关专家，对由原劳动部组织的我国第一套《特种作业人员培训考核统编教材》及《特种作业人员复审教材》，进行全面的修订。

修订后的《特种作业人员安全技术培训考核统编教材》（第二版）共计以下9种：（1）电工；（2）焊工；（3）起重机司机；（4）起重指挥司索工；（5）电梯维修与操作；（6）企业内机动车辆驾驶员；（7）登高架设工；（8）制冷空调设备维修与操作；（9）压力容器操作工。修订后的《特种作业人员安全技术复审教材》（第二版）共计以下9种：（1）电工作业；（2）金属焊割作业；（3）起重作业；（4）起重指挥司索作业；（5）电梯作业；（6）企业内机动车辆驾驶；（7）登高架设作业；（8）制冷与空调作业；（9）压力容器操作。第二版统编教材具有以下几方面特点：

一、突出科学性、规范性。本版统编教材是根据国家安全生产监督管理局统一制定的特种作业人员培训大纲和考核标准，由该培训大纲和考核标准起草小组的有关专家对全国第一套《特种作业人员培训考核统编教材》及《特种作业人员复审教材》进行全面修订的最新成果。因此，本版统编教材具有突出的科学性、规范性。

二、突出适用性、针对性。专家在修订编写过程中，根据国家安全生产监督管理局关于教材建设要在安全生产培训指导委员会的统一指导和协调下，本着“少而精”“实用、管用”的原则，对第一版统编教材进行全面修订。因此，本版统编教材具有突出的适用性、针对性。

三、突出实用性、可操作性。根据国家安全生产监督管理局关于“努力做好培训机构、培训大纲、考核标准、考试题库建设，构建安全培训的标准化体系”的要求，以及“统一规划，归口管理，分级实施，教考分离”的原则，有关专家在修订中，为以上9种培训教材和9种复审教材分别配套编写了复习题库和答案，并提供了相应的考核试卷样式。因此，本版统编教材又具有突出的实用性、可操作性。

总之，本版统编教材反映了国家安全生产监督管理局关于全国特种作业人员培训考核的最新要求，是全国各有关行业、各类企业准备从事特种作业的劳动者，为提高有关特种作业的知识与技能，提高自身安全素质，取得特种作业人员IC卡操作证的最佳培训考核与复审教材。

目录

第一部分 制冷空调设备维修与操作人员 安全技术培训内容

第一章 热力学基础知识	(1)
第一节 物质与工质	(1)
第二节 热量及其基本参数	(4)
第三节 热传递的基本方式	(12)
第四节 热力学基本定律	(17)
第二章 制冷与空调基本原理	(21)
第一节 制冷循环与制冷系统	(21)
第二节 制冷状态及其参数	(28)
第三节 制冷剂的压—焓图及状态参数	(30)
第三章 制冷剂、载冷剂和润滑油的性质与安全使用	(37)
第一节 制冷剂的性质与安全使用	(37)
第二节 载冷剂的性质与安全使用	(48)
第三节 润滑油的性质与安全使用	(51)
第四章 制冷与空调设备安全基础知识	(54)
第一节 制冷与空调设备安全法规	(54)
第二节 制冷与空调设备电气与焊接安全	(60)
第三节 制冷与空调设备防火防爆安全知识	(74)

第四节	常用检测仪器工具的安全使用与管理·····	(78)
第五章	蒸气压缩式制冷与空调设备的安全技术·····	(85)
第一节	单级和双级蒸气压缩式制冷原理·····	(85)
第二节	制冷空调设备的结构与工作原理·····	(90)
第三节	制冷空调设备安全装置·····	(111)
第四节	冷却水系统的循环与水质安全要求·····	(127)
第五节	蒸气压缩式制冷与空调设备的安全操作·····	(133)
第六节	蒸气压缩式制冷与空调设备常见故障判断与排除 ·····	(152)
第六章	溴化锂吸收式制冷与空调设备的安全技术·····	(160)
第一节	溴化锂吸收式制冷原理与典型系统·····	(160)
第二节	溴化锂吸收式制冷的工质及其特性·····	(176)
第三节	溴化锂吸收式冷水机组循环水质的特性及影响 ·····	(182)
第四节	溴化锂吸收式冷(热)水机组的安全装置与 自控系统·····	(189)
第五节	溴化锂吸收式机组的安全操作·····	(212)
第六节	溴化锂吸收式机组的维护与保养·····	(222)
第七节	溴化锂吸收式机组的常见故障判断及排除·····	(230)
第七章	制冷与空调设备安装检修及安全技术·····	(243)
第一节	压缩式制冷设备的安装·····	(243)
第二节	溴化锂制冷设备的安装·····	(266)
第三节	冷却塔与水系统的安装·····	(272)
第四节	制冷与空调设备的试运行与调试·····	(277)
第五节	制冷与空调设备的检修·····	(291)
第六节	制冷与空调设备安装检修安全技术·····	(305)

第二部分 制冷空调设备维修与操作人员安全

技术培训考核复习题及试卷实例

I. 安全技术考核复习题	(324)
II. 模拟试卷	(343)
III. 复习题与模拟试卷参考答案	(358)
附录一 制冷与空调作业人员安全技术培训大纲	(371)
附录二 制冷与空调作业人员安全技术考核标准	(382)

第一部分 制冷空调设备维修与操作人员 安全技术培训内容

第一章 热力学基础知识

热力学是研究热能与其他能量相互转化规律的科学。制冷与空调技术就是应用热力学理论和制冷循环原理，通过制冷与空调设备，实现能量的转换与传递。所以，了解和掌握热力学基础知识，对正确理解制冷与空调设备的工作原理很有帮助。在这方面打下一个良好的理论基础，将有助于对设备运行过程中的故障作出正确的分析判断。同时，通过学习热力学基础知识，还可以更深刻地理解制冷与空调设备安全运行与操作的重要意义，并能够根据设备的特点和用途，采取正确的安全维护方法和安全修理技术。

第一节 物质与工质

一、物质与物态变化

自然界中的物质是由分子（或原子）组成的。分子或原子都以不同的形式不停地运动着，它们之间存在或强或弱的相互作用。

在工程热力学中，通常把那些作为主要研究对象的相对较大的物体称为热力学系统。热力学系统以外的物体称为外界。在通常情况下，物质有三种物态，即固态、液态和气态。

(1) 固态 固态的特征是有固定的体积和形状，分子间的距离最小，相互间的引力大，分子只能在自己的平衡位置作振幅很小的振动，而不能相互移动。对于晶体来说，分子（或原子或离子）之间保持距离有序的周期性排列，因此具有一定的形状和力学强度。

(2) 液态 液体有一定的体积，具有流动性而无固定的形状，分子在其平衡位置作振幅较大的振动，分子之间保持短程有序的“相对稳定”的排列，基本上不可压缩。

(3) 气态 气体没有固定的形状，也没有固定的体积，将充满其容器。在没有容器的情况下，分子向四面八方扩散。气体分子间距离大而无定值，相互间的引力小而不能相互约束，不停地进行着毫无规则的运动，它可以无限膨胀，也可以大大压缩。关于分子集体，人们有一些假设，其中之一是每个分子运动速度各不相同，而且通过分子与分子或分子与器壁碰撞不断发生变化。

物质形成何种物态，是由分子间作用力大小和分子热运动的强弱来决定的。在缓慢升温过程中，每当某种相互作用的特征能量不足以抗衡热运动能的破坏时，物质的宏观状态就可能发生变化，从而出现一种新的物态。在一定的成分下，当温度变化时，物质所发生的从一种状态到另一种状态的转变称为物态转变。三种物态相互转化过程如图 1—1 所示。

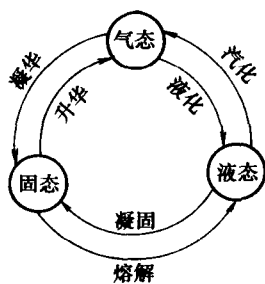


图 1—1 物态变化及名称

以水为例：水随着外部条件温度、压力的变化，其物态也相应发生变化。在标准大气压下，当水被加热到 100°C 时会逐渐变成气态，即水蒸气，而水被冷却到 0°C 时会逐渐变成固态——冰。反之，固态冰吸收热量，温度高于 0°C 时会全部变成液态——水。水蒸气放出热量，温度低于 100°C 时会全部变成液态——

水。物态变换过程中主要体现热量的交换以及温度的变化。

物质由固态变为液态的过程称为熔解，如冰融化成水。熔解的逆过程称为凝固，即液态物质变为固态物质。物质在熔解和凝固过程中伴随着吸热、放热，但温度不发生变化。物质熔解或凝固时的温度称为该物质的熔点或凝固点。

物质由气态变为液态的过程称为液化，如水蒸气液化成水。液化的逆过程称为汽化。汽化有两种不同的方式，一是液体内部和表面同时汽化的现象称沸腾；另一种是在液体表面产生的汽化现象称蒸发。制冷技术中使用的“蒸发”一词，是蒸发和沸腾两种汽化现象的统称。

固态物质不经过液化而直接变为气体的过程称为升华，如干冰（固体 CO_2 ）变为 CO_2 气体的过程。升华的逆过程称为凝华。

物质三态相互转化，特别是液态、气态相互转化，对制冷技术有着重要意义。制冷技术是利用制冷剂物质的液态——气态——液态变化，实现热量从低温环境向高温环境的转移，从而达到采用人工的方法调节并保持一定的温度的目的。

二、制冷工质与制冷系统

在制冷技术中，能够实现能量转化或能量传递的工作介质叫做工质，供给工质热量的高温物质叫做高温热源；吸收工质所放出的热量的冷却介质或周围环境叫做低温热源。制冷系统是工作于两个不同热源之间的一种系统。制冷剂是制冷系统中使用的制冷介质，或称制冷工质。

工质应具有可压缩性和流动性，能够在密闭的系统中循环流动，通过自身热力状态的变化与外界发生热能的交换。各种气体、蒸气及其液体都是工程上常用的工质。制冷系统的最优工质物质，应根据制冷与空调的目的和具体制冷设备的结构来选定。蒸汽压缩式制冷系统中常用的工质，主要有氨和氟利昂等。在吸收式制冷系统中，则经常使用两种组分混合而成的工质，称为工质对。

第二节 热量及其基本参数

一、热量与比热容

许多宏观物体是由大量分子组成的。分子不规则的热运动和分子之间的相互作用，构成了物体分子的动能和势能。物体的分子的动能和分子相互作用引起的势能的总和叫做物体的内能，也称作物体的热能。

热量是能量的一种形式，是由分子的无规则运动产生的，微观上体现为物体内分子热运动的剧烈程度，物体内分子平均动能越大，则物体温度越高；反之物体温度越低。物体受压力、日光照射、通电、化学作用或燃烧等，均可使分子运动加剧，在宏观上则表现出物体温度的升高，即物体从外界吸收热量，自身热能增加，物体温度升高；反之，物体向外界放出热量，自身热能减小，温度降低。

热量与其他形式的能量可以相互转换，如电能转换成热能，热能转换成机械能等。热与功也可以相互转换。一定量的热消失时必然产生一定量的功，消耗一定量的功也必然产生与其相应的一定量的热。

热量是通过两个存在温差的物体而传递的能量，并且从高温物体传递给低温物体，是表示物体吸收或放出多少热的物理量，所以热量只有在热能转移过程中才有意义。制冷与空调技术就是研究和利用热能的转移过程及其量的关系的科学。

物体的温度发生一定量变化时，物体所吸收或放出的热量，不仅与其自身性质有关，而且还与物体的质量有关。相同性质组成的物体质量不同，它们升高或降低 1°C 时所吸收或放出的热量是不同的。同样，相同质量而由不同性质组成的物体升高或降低 1°C 所吸收或放出的热量也是不同的。这是因为各种物质的比热容是不同的。把单位质量的某种物质升高或降低 1°C 所吸收或放

出的热量，称为这种物质的比热容或质量热容，单位是 $\text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ 。

制冷工程中，在温度变化范围不太大，或者计算要求不太精确的场合，往往把比热容取为定值。例如，将水的比热容取为 $4.18 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ ，冰的比热容取为 $2.09 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ 。

物体温度的变化将伴随着热量的转移，即得到热量或放出热量。得到或放出热量的数值与该物质的质量热容、质量及温度变化值成正比。计算式为：

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

式中 Q ——热量，J；

c ——物质质量热容， $\text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$ ；

m ——物质的质量，kg；

t_1 ——物体初始温度， $^\circ\text{C}$ ；

t_2 ——物体终止温度， $^\circ\text{C}$ 。

热量的单位主要有国际单位、公制工程单位、英热单位。国际单位是焦（耳）(J)。这也是我国国家法定计量单位。其物理含义：1 N 的力使物体在力的方向上发生 1 m 位移所做的功为 1 J。

热量的公制工程单位用卡 (cal)、大卡 (kcal) 表示。其物理含义是 1 g 纯水在标准大气压力下，温度升高或下降 1°C 所需吸收或放出的热量为 1 cal。这种单位是应废除的单位，但在实际工作中还会遇到，故予以介绍。

英国、美国常采用 Btu 作为热量的单位，称 Btu 为英制热单位。其物理含义为 1 lb 纯水在标准大气压下，温度升高或下降 1°F 所需吸收或放出的热量为 1 Btu。这是必须废除的单位，但在实际工作中还会遇到，故予以介绍。

三种热量单位之间的换算关系见表 1—1。

物质在吸收或放出热量时，根据该物质温度是否变化，把它吸收或放出的热分为显热和潜热。

(1) 显热 物质在被冷却或加热过程中，物质本身不发生状

表 1—1

热量单位换算

单位	kJ	kcal	Btu
kJ	1	0.24	0.95
kcal	4.18	1	3.97
Btu	1.05	0.252	1

态变化，只是其温度降低或升高，在这一过程中物质放出或吸收的热量称为显热。它可用温度计来测量，也能使人们感觉到热，这种热又称为可感热。例如，把一块铁放在火炉上加热，铁块不断吸收热量，温度逐渐升高，在铁块熔化成铁液之前，其形态始终是固体，而温度是可以测量出来的，这时铁块所吸收的热称为固体显热。如果把一壶水放在火炉上加热，水不断吸收热量，温度随着不断升高，当水的温度未达到 100°C 时，其形态仍然为液体水，（如果把蒸发忽略的话）它所吸收的热量称为液体显热。如果把气体密闭在一个容器内，从外界继续加热，则气体的温度不断上升，但气体仍然为气体，（如果未发生裂解或其他反应的话）此时吸收的热则为气体显热。

（2）潜热 物质在被冷却或加热过程中，物质本身只是状态发生变化，而温度不发生变化，如物质由液态变成气态、液态变成固态，在这一过程中物质吸收或放出的热称为潜热。它无法用温度计测量出来，但可以计算出来。例如，对 0°C 的冰加热，在冰完全融化成水之前，冰逐渐由固体变为冰水混合物，这时，冰所吸收的热称为熔解潜热。把一杯水放入冷冻室，当水温降至 0°C 以后，杯内水开始凝固成冰，尽管水仍将向四周散热，但此时杯内冰水的温度仍为 0°C ，只是杯内冰在增多，而水在减少。水在结冰过程中向外放出的热称为凝固热。液体在沸点汽化时所吸收的热量叫汽化热。对 100°C 的水继续加热，水便开始沸腾，水急剧转化为气体，而水的温度没有改变，这个过程中单位质量的水所吸收的热称为它的汽化热。所生成的水蒸气在液化时，也