

QUANGUO TEZHONGZUOYE RENYUAN ANQUANJISHU
PEIXUN KAOHE TONGBIANJIAOCAI PEITAO FUSHENJIAOCAI

全国特种作业人员安全技术培训考核统编教材配套**复审教材**

工业制冷与空调作业

GONGYE ZHILENG YU
KONGTIAO ZUOYE

(复审教材)

《全国特种作业人员安全技术培训复审教材》编委会



气象出版社

全国特种作业人员安全技术培训考核统编教材配套复审教材

工业制冷与空调作业

(复审教材)

《全国特种作业人员安全技术培训复审教材》编委会

气象出版社

内 容 简 介

本书为工业制冷与空调作业全国特种作业人员安全技术培训考核统编教材(合称统编教材)的复审教材。主要内容是制冷量在12kW以上的制冷装置和制冷量在25kW以上空调装置的安全技术。

书中的内容是帮助作业人员复习和重点掌握统编教材中的内容并对统编教材作了补充。本书重点突出了制冷与空调的安全基础知识,主要制冷空调设备的安全技术和与其相关的仪表和安全装置的安全使用,针对制冷空调系统的安装、设备运行、检修和保养及常见故障的处理为作业人员提供了必备的安全知识和操作技能。

图书在版编目(CIP)数据

工业制冷与空调作业 / 《全国特种作业人员安全技术培训复审教材》编委会编. —北京:气象出版社,2005.7 (2008.4重印)

全国特种作业人员安全技术培训考核统编教材配套
复审教材

ISBN 978-7-5029-3983-0

I. 工… II. 全… III. ①制冷-安全技术-技术培训-教材②空气调节设备-安全技术-技术培训-教材
IV. TB657.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 069457 号

气象出版社出版

(北京中关村南大街46号 邮编:100081)

总编室:010-68407112 发行部:010-68409199

网址: <http://cmp.cma.gov.cn> E-mail: qxcsbs@263.net

责任编辑:成秀虎 彭淑凡 终审:周诗健

封面设计:刘扬 责任技编:陈红 责任校对:杨力

*

北京中新伟业印刷有限公司印刷

气象出版社发行

*

开本:850×1168 1/32 印张:6.125 字数:159千字

2008年4月第2版 2008年4月第2次印刷

定价:12.00元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社
发行部联系调换

《全国特种作业人员安全技术培训复审教材》 编审委员会

顾 问:王文琦

编写委员会:

主 任:曲世惠

副主任:孔 勇 甘心孟 董常军 张跃农 张双文 杨志增
王学彭 石连堂 高学光

委 员(按姓氏笔画排序):

戈忠勇 王学荣 孔申成 田 辉 冉庆杰 刘剑华
刘铁军 吴 杰 汪 洋 张伟华 李洪义 李培武
陈桂成 沈建柱 杜树珊 邵俊磊 林国文 杨进山
杨宝全 赵连波 赵贞元 徐向东 徐文琪 魏在江

审定委员会:

主 任:姜培生

副主任:孟广华 范士伟 邵本德 胡建昌 马方谟 陈福庆
毕建范 李绍宇

委 员(按姓氏笔画排序):

丁埃亮 乃成龙 于晓东 王成河 王家茂 王兆辉
王培成 丛 杰 史瑞奇 刘国华 刘成厚 纪玉清
李士明 李昌卫 吴日胜 陈崇文 周 涛 周厚明
杨亦文 郝蜀生 程咸勇

前 言

特种作业容易发生伤亡事故,对操作者本人、他人及周围设施、设备的安全造成重大危害。从统计资料分析,大量的事故都发生在这些作业中,而且大多数是由于直接从事这些作业的操作人员缺乏安全知识、安全操作技能差或违章作业造成的。依法加强对直接从事这些操作的作业人员即特种作业人员进行安全技术培训和考核并定期进行复审是非常重要的。

为保障人民生命财产的安全,促进安全生产,《安全生产法》等有关法律法规作出了一系列规定,要求特种作业人员必须经过专门的安全技术培训,持证上岗。电工、焊工、电梯、起重机械、企业内机动车辆等作业人员属特种作业人员,必须经专门的安全技术培训取得操作证才能上岗。之后每两年还要进行一次复审。原国家劳动部、国家经委、国家质检总局针对各工种特点,制定了具体的培训、复审大纲、标准和要求。这些法律法规和具体标准成为教材编写的依据。

特种作业人员培训工作已经开展多年,具有广泛的社会影响和群众基础。从目前情况看,经过第一次培训后需要两年进行一次“复审”的人员越来越多,而复审教材却处于空白。国家经贸委安全生产局已组织编写了全国特种作业人员安全技术培训考核统编教材供培训使用,各方反映急需与之配套的复审教材,为此,国家经贸委安全科学技术研究中心青岛办事处、青岛市安全生产协会、青岛东方盛安全技术有限公司(青岛国音安全信息网络有限公司)等单位共同组织了全国部分省市具有丰富培训工作经验的专家、教授、工程技术人员共同编写了这套复审教材。本套复审教材包括:《电工作业》、《起重作业(含起重司索指挥作业)》、《金属焊接与切割作业》、《电梯作业》、《登高架设作业》、《企业内机动车辆驾

驶员》、《制冷与空调作业》等。本套教材由曲世惠、刘衍胜、孟广华、甘心孟、范士伟、邵本德、王宗振、董常军、张双文、崔绍源、李胜利、潘继才等同志主编。

本套教材的编写以国家相关部门现有考核大纲、标准为依据，以现有各地教材为参考，广泛吸收培训复审工作中的经验，突出“安全”为主线和复审工作的特点，着重介绍了特种作业人员复审中所必须掌握的新技术、新工艺、新设备等安全技术知识，书末有典型事故案例分析，便于加强警示，每章配以适量的复习题，便于学员的复习和相关知识的掌握。整套教材集科学性、先进性、实用性于一体，力求高质量、高品位。

本套教材在编写过程中，得到了广东、甘肃、陕西、青海、内蒙古、福建、广西、新疆、西安、广州、包头、柳州、青岛、济南、烟台、威海、淄博、潍坊、聊城、济宁、泰安、德州等省（区）市安全监督、质量技术监督部门、劳动保护教育中心的大力支持，在此，谨对上述单位表示感谢。

《工业制冷与空调作业》（复审教材）由高祖锟、张静、刘学芝、刘诚、邹乐群同志主编，由白人骥、高祖锟审定。

由于水平所限，疏漏之处在所难免，敬请读者不吝指正。

编著

2005年5月18日

目 录

前 言

第一章 制冷与空调安全基础知识 ·····	(1)
第一节 制冷与空调基础知识·····	(1)
第二节 压焓图与焓湿图·····	(9)
第三节 制冷剂、载冷剂和冷冻油的安全使用 ·····	(18)
第四节 消防安全基本知识·····	(24)
第五节 中毒、触电事故的急救与冻伤的处理 ·····	(31)
第六节 防护用品的正确使用和管理·····	(32)
第二章 制冷空调主要设备的安全技术 ·····	(34)
第一节 制冷压缩机·····	(34)
第二节 冷凝器和蒸发器·····	(44)
第三节 辅助设备·····	(48)
第四节 溴化锂吸收式制冷机的主要设备·····	(51)
第五节 冷却水设备·····	(55)
第六节 空调设备·····	(56)
第三章 制冷系统与冷水机组的流程 ·····	(59)
第一节 氨与氟利昂制冷系统·····	(59)
第二节 活塞式冷水机组·····	(61)
第三节 螺杆式冷水机组·····	(63)
第四节 离心式冷水机组·····	(66)
第五节 溴化锂吸收式冷水机组·····	(69)
第四章 制冷空调仪表与安全装置 ·····	(70)
第一节 压力控制装置的安全使用·····	(70)
第二节 温度控制装置的安全使用·····	(74)
第三节 湿度控制装置的安全使用·····	(79)

第四节	液位控制装置和膨胀阀的安全使用·····	(80)
第五节	缺水断水保护装置的安全使用·····	(88)
第六节	安全装置的安全使用·····	(89)
第七节	制冷机对安全装置的要求·····	(90)
第五章	制冷空调系统安装的安全操作·····	(95)
第一节	安装的一般安全要求·····	(95)
第二节	制冷设备安装的安全要求·····	(97)
第三节	制冷系统的清污与气密性试验·····	(106)
第四节	制冷剂的充注·····	(110)
第五节	制冷系统的试运转·····	(112)
第六章	制冷空调设备运行的安全操作·····	(114)
第一节	活塞式制冷压缩机的运行操作·····	(114)
第二节	螺杆式制冷压缩机的运行操作·····	(121)
第三节	离心式制冷压缩机的运行操作·····	(122)
第四节	制冷系统的运行操作·····	(124)
第五节	溴化锂吸收式制冷机组的运行操作·····	(127)
第六节	冷却水系统的运转与管理·····	(135)
第七节	制冷空调设备使用的安全管理·····	(137)
第七章	制冷空调作业中常见故障的处理·····	(142)
第一节	故障检查的一般方法·····	(142)
第二节	制冷压缩机常见的故障及处理·····	(143)
第三节	氨制冷作业主要事故的处理·····	(151)
第四节	制冷系统作业主要故障的处理·····	(153)
第五节	吸收式制冷机组的故障处理·····	(155)
第六节	空调系统的故障处理·····	(158)
第七节	循环水系统的故障处理·····	(160)
第八章	制冷空调设备的检修与保养·····	(162)
第一节	制冷压缩机及制冷设备的检修·····	(162)
第二节	制冷压缩机及制冷设备的保养·····	(165)

第三节	溴化锂吸收式制冷机的检修和保养·····	(168)
第四节	冷却塔、水泵、风机的检修和保养·····	(170)
第九章	典型制冷作业事故案例·····	(173)
附录 1	复习题·····	(178)
附录 2	课时安排表·····	(185)
参考文献	·····	(186)

第一章 制冷与空调安全基础知识

第一节 制冷与空调基础知识

一、热力学基础

在制冷装置的选用和制冷设备的安全操作运行过程中,都要用到工程热力学的一些基础知识。其基本概念与术语如下:

(1)工质 工程上将实现热能与机械能互相转换的媒介物质称为工质。

(2)热力系 在热力学研究中常将所研究的对象用一些边界与周围的环境分开来,这个研究对象称为热力系,边界可以是实际存在的也可以是假想的。

(3)状态参数 工质在某一瞬间所呈现的物理状况称为状态。把表示工质所处状态的宏观物理量称为状态参数。常用的状态参数有温度、压力、比体积、内能、熵和焓。这些状态参数中只有温度、压力和比体积可以用仪表直接测量。

(4)温度 是标志物体冷热程度的一个物理量,从微观来讲它是分子平均移动动能的量度。

工程上常用的温标有摄氏温标,用字母 t 或 θ 表示,单位为 $^{\circ}\text{C}$ 。在我国法定单位制中,热力学温标,用字母 T 表示,单位为 K ,它和摄氏温标的间隔与温差完全相同,只是零点的选择不同。目前进口制冷、空调设备中,常用华氏温标,用字母 t_F 表示,单位为 F 。由图 1-1 可见这三种温标之间的换算关系为:

$$T = t + 273.15 \approx t + 273 \quad (1-1)$$

$$T = \frac{5}{9}(t_F - 32) + 273 \quad (1-2)$$

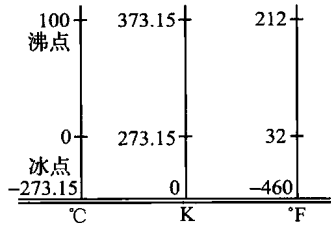


图 1-1 不同温标之间的关系

1) 干球温度 (t_g) 将一般的温度计,置于室内、外,测得的环境温度叫干球温度。

2) 湿球温度 (t_s) 将水银温度计的感温包,扎上润湿的脱脂纱布,并将纱布下端浸于充水容器中,就成为湿球温度计。将它置于通风处(空气流速约 4m/s),其读数为湿球温度。湿球温度可以等于、小于干球温度但不能大于干球温度。干湿球温度差越大表示相对湿度越小。反之,温差越小则相对湿度越大。

3) 露点温度 物体表面是否结露,取决于两个因素,即物体表面温度和空气露点温度。当物体表面温度低于空气露点温度时,物体表面才会结露。所以露点温度是指湿空气开始结露的温度,即在含湿量不变的条件下,空气含水蒸气量达到饱和时的温度。

(5) 压力 单位面积上所受的垂直力称为压力即压强,用字母 p 表示。以微观来看,它是分子撞击壁面的结果。

压力一般用弹簧管式压力计或测量微小压力的 U 形管压力计测量。测得的压力为表压 p_g 。工质的真实压力或绝对压力和大气压力 p_b 、表压 p_g 的关系如下:

当工质的绝对压力大于大气压力时

$$p_1 = p_g + p_b \quad (1-3)$$

当工质的绝对压力小于大气压力时

$$p_2 = p_b - p_v \quad (1-4)$$

式中 p_v 表示测得的差数,称为真空度,此时,测量工质压力的仪表称为真空计。

(6)比体积和密度

1)比体积 单位质量(m)工质所占据的体积(V)(容积),也称为质量体积(v),其单位为 m^3/kg ,旧称比容,即:

$$v = \frac{V}{m} \quad (1-5)$$

2)密度 单位容积中所容纳的工质质量,是比容积的倒数,用 ρ 表示,单位为 kg/m^3 。

(7)内能和比内能 内能是物质内部所具有的能量,也称热力学能,用符号 U 表示,单位为 J 。单位质量物质具有的内能称为比内能,也称为质量热力学能,用符号 u 表示,单位为 J/kg 。

(8)湿度 空气中水蒸气的含量常用湿度表示,表示方法有以下三种:

1)绝对湿度 每立方米的湿空气中所含有的水蒸气的重量称为湿空气的绝对湿度。

2)相对湿度(φ) 湿空气的绝对湿度与同温度下饱和湿空气的绝对湿度之比称为相对湿度,并用%表示。相对湿度也可以表示空气的潮湿程度。在夏季时,室内温度在 $27 \sim 28^\circ\text{C}$ 时, $\varphi = 50\% \sim 60\%$,人们感到相当舒适。若相对湿度过大,即使温度较低,人们仍会感到不舒适。

3)含湿量 每千克干空气中所含有的水蒸气的重量称为含湿量,其单位为 g/kg 。

(9)热量和热流量 热量是能量的一种形式,它是靠温差传递的能量,用 Q 表示,单位为 J 。热流量是单位时间内通过一个面的热量,其单位为 W 。单位时间、单位面积通过的热量称为热流密度,用 q 表示,单位为 W/m^2 。

(10)机械功 是能量的一种形式,它是物体整体移动时所具有的能量,常用 W 表示,单位为 J ,单位质量的能量用 w 表示,单位为 J/kg 。

(11)功率 单位时间所做的功,单位为 W 或 kW 。

(12)比热容 单位质量的物质温度升高或降低 1°C 所需的热量称为比热容,用 c 表示,单位为 $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 。

(13)过程 工质从某一状态经过一系列中间状态变至另一状态,称为一个过程。

(14)循环 工质从某一状态经一些过程后又回到原来状态,称为循环。

(15)显热 物体在加热(或冷却)过程中,温度升高(或降低)所需吸收(或放出)的热量,称为显热,亦称感热,它可以用温度计测出物体温度的变化。

(16)潜热 单位质量物体在吸收或放出热量的过程中,其形态发生变化,如液体变为气体,但温度不发生变化,这种热量无法用温度计测量出来,但可以通过实验计算出来的称为潜热。

(17)推动功 压缩机压缩气体时要做功,压缩气体的压力越高,压出的气体越多,所做的功也越大,这个功称为推动功。

(18)焓 内能与推动功总是同时出现,把二者之和用符号 H 表示,称为焓,单位为 J 。单位质量物质的焓称为比焓,用符号 h 表示,单位为 J/kg 。

(19)熵 熵是一个导出参数,表征工质状态变化时其热量传递的程度,用符号 S 表示,单位为 J/K 。比熵用 s 表示,单位为 $\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 。

(20)热力学第一定律 它是能量转换与守恒定律在热力学上的应用。热可以转化为功,功也可以转化为热。一定量的热消失,必然产生一定量的功;消耗一定量的功,也必然产生一定量的热。

(21)热力学第二定律 是指在自然界中进行的各种热力过程都是热从高温物体传向低温物体,而不可能自发地从低温物体把热量传给高温物体。要实现反向过程,必须有另外的补偿过程。在制冷机工作中,就是在消耗机械功的过程中使热量由低温处传向高温处。此外机械能可以无条件地转变为热能,但无法使热能再全部转变为机械能。

(22)制冷机 在机械制冷中所需要的机器和设备的总和。

(23)制冷循环 制冷剂经一系列状态的变化过程的综合称为制冷循环。

(24)制冷系统 实现制冷循环,必须外界做功,消耗能量,这个系统叫制冷系统。

(25)制冷装置 制冷设备和用冷设备的组合。

二、传热学基础

传热是由于温度不同的物体(或同一物体不同部分)之间发生的热量传递过程。在制冷技术中,热交换器、管道保温、冷库或空调房间的热负荷的确定,都需要利用传热规律来分析和计算。

传热的基本形式有三种,即导热、对流换热和辐射换热。

1. 导热

导热是指物体各部分温度不同时,热量从物体的一部分传递到另一部分,或者不同温度的物体接触时,热量从温度高的物体传递给温度低的物体的过程,它又称为热传导。导热可以在固体、液体和气体中发生,但单纯的导热只能发生在密实的固体中,因为液体和气体在有温差时就会出现对流现象。

2. 对流换热

当流体与固体表面直接接触时,由于流体运动而引起的传热过程称为对流换热,对流换热热量 Q 与流体和固体表面间的温差、换热面积 F 成正比。

3. 辐射换热

物体内部的微观粒子由热运动而激发出来的电磁波称为热辐射。在辐射过程中,物体不断把热能转变为热辐射能,其大小随物体温度大小而变化。物体以辐射或吸收的形式进行的换热过程,称为辐射换热,简称辐射。

实际上,辐射换热与物体绝对温度四次方成正比。在制冷装置中,由于温度较低,温差较小,因此常忽略辐射换热,但在冷库与

空调中,计算热负荷时应考虑太阳辐射热。辐射能力还与物体表面的粗糙度和颜色深浅有关,表面越黑越粗糙,辐射能力越强。

4. 传热温差

由于冷热流体间的温差是一个变值,所以 Δt 应用冷热流体间沿流体方向的温差的平均值来计算,符号为 Δt_m 。

在制冷工程中,冷热介质之间的温度变化有以下四种形式,见图 1-2:

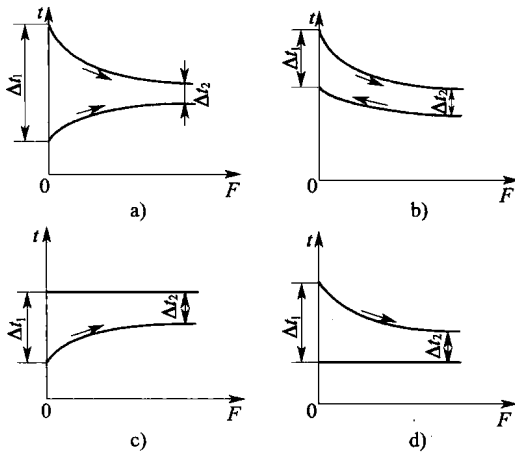


图 1-2 冷热流体温度及温差沿流动方向的变化

a) 顺流 b) 逆流 c) 冷凝 d) 蒸发

- (1) 顺流 吸热与放热同向平行流动;
- (2) 逆流 吸热与放热反向平行流动;
- (3) 在冷凝器中,放热介质温度不变,吸热介质温度是变化的;
- (4) 在蒸发器中,吸热介质温度不变,放热介质是变化的。

当换热面两端的两个温差 $\Delta t_1, \Delta t_2$ 相差不大时 $\Delta t_m = \frac{1}{2} (\Delta t_1 + \Delta t_2)$ 为算术平均温差;反之用对数平均温差, $\Delta t_m = (\Delta t_1 - \Delta t_2) / \ln(\Delta t_1 / \Delta t_2)$ 。

三、流体力学基础

气体和液体统称为流体。制冷装置中制冷剂处在气体和液体状态,冷冻油、冷却水、冷冻水都是流体,研究其运动规律对制冷空调的运行和故障的分析有很大的意义。

1. 液体内的压力与帕斯卡定律

在静止液体内部,同一点上各方向压强都相等,且随深度增加压力也增加。在液体内部深度处,由上面液体产生的压力为:

$$p = \rho \cdot g \cdot h \quad (\text{N/m}^2) \quad (1-6)$$

式中 ρ 为液体密度(kg/m^3); g 为重力加速度, $g = 9.8 \text{m/s}^2$; h 为深度(m)。

当液体表面受大气压力 p_0 作用时,液体内部 h 深度处的总压力为:

$$p = p_0 + \rho \cdot g \cdot h \quad (1-7)$$

在密闭容器内部的液体,能把它在一处受到的压力传递到液体内部的各个方向,其大小不变。这个压力传递的规律称为帕斯卡定律。例如,在压缩机发生液(体冲)击时,其压力传递到各个方向,致使压缩机发生损坏事故等。

2. 流体的连续性和伯努利方程

在理想流体的稳定流动中,单位时间内流过同一流管的任何截面的流体体积相等,即通过同一流管任一截面的流速(c)与截面积(F)成反比。

$$F_1 c_1 = F_2 c_2 \quad (1-8)$$

理想流体作稳定流动时,流体中某点的压力、流速和该点高度的关系称为伯努利方程。

$$p + \rho \cdot g \cdot z + \frac{1}{2} \rho c^2 = \text{常量} \quad (1-9)$$

式中 z 为该点到基准面的高度(m)。

该公式表明,在同一流管中任意一点处,单位体积流体的动能、重力势能及压力能之和相等。

3. 流态与阻力

流体流动的阻力与流态有关。判别流态用雷诺数 Re , ($Re = d \cdot c \cdot \rho / \eta = d \cdot c / \nu$)。它是一个无因次量(没有单位的数群),式中符号分别为导管直径(d)、流速(c)、密度(ρ)、动力黏度(η)和运动黏度(ν)。

当 $Re \leq 2320$ 时,流态为层流;在 $2320 \leq Re \leq 4000$ 时为过渡流;当 $Re > 4000$ 时为紊流(湍流)。

流体在直管流动中,由于流体的黏性和流体质点间互相位移产生的摩擦引起的压力降或压头的损失称为沿程损失。

当流体流过管路中的管件、阀门、管子的出入口等局部时因障碍产生压头损失或压力降,这个损失是由于流体流动的方向和通过截面的突然改变引起的,称为局部损失。

降低流体阻力的途径是:①尽量缩短管路;②适当选用大管径;③采用逐步扩大和收缩截面(如在水泵和风机出入口处及管路中的变径处使用),可使局部损失降为原来的 $10\% \sim 20\%$ 。此外要考虑阀门和管件的必要性。

4. 管中水锤、气穴和空蚀现象

(1)水锤现象 在满管流体流动中,由于流速迅速改变而引起压力急剧变化的现象称为水锤现象。管路中常因阀门迅速关闭,阀门前液体压力骤增,阀门后液体压力急剧减小或成真空,致使阀门前后压差急增,导致阀门破裂、损坏造成事故。

减弱水锤的具体办法:①增加阀门关闭或开启时间;②缩短管路;③在管路上增设安全装置。

(2)气穴和空蚀 在运动液体中,如果某区压力降低到液体饱和蒸汽压力之下液体将会沸腾而产生气泡。它聚在低压区的附近,形成气穴,当气泡随液体进入较高压力区时,气泡凝滞,四周液体迅速流向气泡中心,发生激烈撞击,压力急骤升高,使壁面损坏,并有强烈的振动和噪声,从而形成空蚀。在水泵中当发生气穴时,会形成严重的空蚀,以致效率降低,设备被破坏。