



《全国特种作业人员安全技术培训考核统编教材》编委会

全国特种作业人员
安全技术培训考核
统编教材

(新版)

制冷 与空调作业

Zhileng yu Kongtiao Zuoye



全国特种作业人员安全技术培训考核统编教材(新版)

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》编委会



内 容 提 要

本书介绍了制冷的基本原理,制冷与空调的基础知识、相关设备及安全装置与仪表,制冷与空调作业安全技术、设备的安全操作、事故与故障处理和安全管理等内容,最后对制冷与空调作业的典型事故案例进行分析。本书针对制冷与空调作业人员培训与复审的特点编写,通俗易懂,例题实用,每章后都附有思考题,适合制冷与空调作业人员培训使用。

图书在版编目(CIP)数据

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》编委会编著. —北京:气象出版社,2011.1

全国特种作业人员安全技术培训考核统编教材;新版

ISBN 978-7-5029-5159-7

I. ①制… II. ①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. ①TB657.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 010740 号

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号 邮政编码:100081

总 编 室:010-68407112

发 行 部:010-68408042

网 址:<http://www.cmp.cma.gov.cn>

E-mail: qxpbs@cma.gov.cn

责任编辑:张盼娟 彭淑凡

终 审:李澄昌

封面设计:燕 彤

责任技编:吴庭芳

印 刷:北京奥鑫印刷厂

开 本:850 mm×1168 mm 1/32

印 张:12.5

字 数:325 千字

版 次:2011 年 1 月第 1 版

印 次:2011 年 1 月第 1 次印刷

定 价:25.00 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

前 言

特种作业是指容易发生人员伤亡事故,对操作者本人或他人的安全健康及设备、设施的安全可能造成重大危害的作业。特种作业人员是指直接从事特种作业的从业人员。国内外有关统计资料表明,由于特种作业人员违规违章操作造成的生产安全事故,约占生产经营单位事故总量的 80%。目前,全国特种作业人员持证上岗人数已超过 1200 万人。因此,加强特种作业人员安全技术培训考核,对保障安全生产十分重要。

为保障人民生命财产的安全,促进安全生产,《安全生产法》、《劳动法》、《矿山安全法》、《消防法》、《危险化学品安全管理条例》等有关法律、法规做出了一系列的强制性要求,规定特种作业人员必须经过专门的安全技术培训,经考核合格取得操作资格证书,方可上岗作业。1999 年,原国家经贸委发布了《特种作业人员安全技术培训考核管理办法》(国家经贸委主任令第 13 号),对特种作业人员的定义、范围、人员条件和培训、考核、管理作了明确规定,提出在全国推广和规范使用具有防伪功能的 IC 卡《中华人民共和国特种作业操作证》,并实行统一的培训大纲、考核标准、培训教材及资格证书。本套教材是与之相配套并由原国家经贸委安全生产局直接组织编写的。

2001 年,原国家经贸委安全生产局的职能划入国家安全生产监督管理局,这套教材的有关工作随之转入新的机构,并在 2002 年经国家安全生产监督管理局《关于做好特种作业人员安全技术培训教材相关工作的通知》中加以确认。近年来,国家安全生产监督管理总

局相继颁布实施了《特种作业人员安全技术培训考核管理规定》(国家安全生产监督管理总局第30号令,自2010年7月1日起施行)等一系列规章和规范性文件,重申了“特种作业人员必须接受专门的安全技术培训并考核合格,取得特种作业操作资格证书后,方可上岗作业”这一基本原则,同时对特种作业的范围、培训大纲和考核标准进行了必要的调整。

为了适应新的形势和要求,在总结经验并广泛征求各方面意见的基础上,我们根据国家安全生产监督管理总局第30号令,对这套教材进行了全新改版。新版的教材基本包括了全部的特种作业,共30余种教材,具有广泛的适用性。本次改版既充分考虑了原有教材的体系和完整性,保留了原有教材的特色,又根据新的情况,从品种和内容方面做了必要的修改和补充,力争形式新颖,技术先进,如增加了冶金煤气安全作业、危险化学品安全作业、烟花爆竹生产安全作业等新的品种,对于一些在新的特种作业目录中没有提到的原有品种及特种设备作业人员的培训教材,也予以保留。为了便于各地特种作业人员的培训和考核,还开发与之相配套的复审教材和考试题库供各地选用。本套教材不仅可供特种作业人员、特种设备作业人员及有关的管理人员、维修人员培训选用,也可供有关职业技术学校教学参考。

本套教材历经多次修订、编审和改版,以曲世惠、王红汉、徐晓航、张静等为代表的一大批作者和以闪淳昌、杨富、任树奎、罗音宇等为代表的一大批专家为此套教材的出版作出了重大贡献。本书修订改版由郑州轻工业学院时阳主编完成,参加编写的人员为张文慧(第1~5章)、时阳(第6~9章)。限于篇幅这里恕不一一列举,谨表衷心的谢意。

本书编委会

2010年10月

致 谢

本书在编写和修订改版的过程中,先后得到了以下单位(排名不分先后)的大力支持,在此表示衷心的感谢。

中国机械工业安全卫生协会
上海柴油机股份有限公司
一汽解放汽车有限公司
东风汽车有限公司
太原重型集团公司
上海安科企业管理有限公司
兰州通用机电技术研究所
武汉钢铁公司
齐重数控装备股份有限公司
福田重型机械股份有限公司
武汉起神起重机有限公司
邯郸新兴重型机械有限公司
厦门 ABB 开关有限公司
安徽合力股份有限公司
福田雷沃国际重工股份有限公司
斗山工程机械(中国)有限公司

山东普利森集团有限公司
安徽江淮汽车股份有限公司
石家庄强大泵业股份有限公司
武汉安全环保研究院
天津市劳动保护教育中心
河南省劳动保护教育中心
北京市事故预防中心
河南省安全生产监督管理局
青岛市安全生产监督管理局
武钢矿业公司
大冶有色金属公司
鲁中冶金矿业公司
淮南矿务局
大冶铁矿
铜录山铜矿
梅山铁矿
马钢南山铁矿
南芬铁矿
鸡冠咀金矿

.....

目 录

前 言

第一章 基础知识	(1)
第一节 热工基础知识	(1)
第二节 湿空气	(20)
第三节 制冷与空调基本概念及分类	(30)
第二章 制冷基本原理	(48)
第一节 制冷剂	(48)
第二节 载冷剂、蓄冷剂和润滑油	(61)
第三节 蒸汽压缩式制冷原理及典型系统	(64)
第四节 吸收式制冷原理及典型系统	(85)
第三章 制冷与空调设备	(95)
第一节 压缩式制冷设备	(95)
第二节 空调用冷水机组	(129)
第三节 空气热湿处理设备和冰蓄冷装置	(155)
第四节 循环水系统与水处理设备	(172)
第四章 安全装置与仪表	(180)
第一节 压力显示控制装置	(180)
第二节 温度显示控制装置	(188)
第三节 液位显示控制装置	(195)
第四节 安全阀等释压装置	(200)
第五节 溴化锂吸收式制冷机组安全装置	(204)
第五章 制冷与空调作业安全技术	(212)
第一节 安全技术在制冷与空调作业中的意义	(212)

第二节	制冷与空调机房安全技术·····	(213)
第三节	压力容器安全技术·····	(222)
第四节	冷藏库安全技术·····	(230)
第五节	制冷剂钢瓶的使用安全·····	(236)
第六节	安全防护器材·····	(239)
第七节	空调系统防火排烟·····	(248)
第八节	制冷剂泄漏中毒的紧急救护·····	(252)
第六章	制冷与空调设备安全操作·····	(258)
第一节	活塞式制冷设备安全操作·····	(258)
第二节	螺杆式制冷设备安全操作·····	(273)
第三节	离心式制冷设备安全操作·····	(276)
第四节	泵、冷风机、冷却塔安全操作·····	(279)
第五节	制冷设备与系统正常运转标志·····	(283)
第六节	吸收式制冷机组安全操作·····	(288)
第七节	制冷与空调设备安装维修安全操作·····	(303)
第七章	制冷与空调作业事故与故障处理·····	(313)
第一节	制冷与空调作业事故及特点·····	(313)
第二节	制冷与空调作业事故原因分析·····	(317)
第三节	制冷作业的爆炸危害分析·····	(329)
第四节	制冷空调循环水水质对制冷系统安全的影响·····	(332)
第五节	氨制冷作业事故与故障处理·····	(335)
第六节	氟利昂制冷机组故障处理·····	(352)
第七节	吸收式制冷机组故障处理·····	(358)
第八节	循环水系统故障处理·····	(362)
第八章	制冷与空调作业安全管理·····	(365)
第一节	安全管理制度·····	(365)
第二节	制冷与空调设备运行安全管理·····	(376)
第九章	制冷与空调作业典型事故案例分析·····	(385)
	参考文献·····	(392)

第一节 热工基础知识

热工基础知识是各种制冷装置和空调装置工作原理的理论基础,各种制冷空调装置的运行管理、故障分析判断、维护与维修都离不开必要的热工知识。

一、温度、压力与比体积

液体和气体物质的状态随外界条件的变化而变化,在一定条件下,可以相互转化。为了描述液体和气体当前的状态,需要用一些物理量,这些物理量称为状态参数。其中最基本的状态参数是温度和压力,称为基本状态参数。另一个常用的状态参数是比体积。

(一)温度与温标

温度是表示物体冷热程度的参数。而物体温度的高低,则是物质内部分子热运动程度的表现。温度愈高,表示物质内部分子热运动愈剧烈。

温度标准的标志方法称为温标,工程上也俗称温度,本书以后也将温标称为温度。由于规定和划分的方法不同,常用的有摄氏温度、华氏温度和绝对温度。

摄氏温度规定,在标准大气压下水结成冰的温度为 0 度,水沸腾

的温度为 100 度,在 0 度和 100 度之间平均分成 100 份,每一份称为 1 度,所以又称为百分度。摄氏温度用符号 t 表示,单位用符号 $^{\circ}\text{C}$ 表示。当温度低于 0°C 时,称为零下多少摄氏度,书写时在数值前加负号即(—)表示。摄氏温度是国际单位制允许使用的单位,也是我国采用的温标。

北美和西欧习惯上采用华氏温度,用符号 F 表示。摄氏温度换算成华氏温度按下式计算:

$$F = \frac{9}{5}t + 32$$

华氏温度换算成摄氏温度按下式计算:

$$t = \frac{5}{9}(F - 32)$$

绝对温度又称热力学温度,用 K (开尔文,简称开)表示,以物质内部分子运动速度为零时作为起点,在标准大气压下水结成冰的温度为 273.15 K 。绝对温度用符号 T 表示。绝对温度的数值都是正值,现有技术条件,只有尽可能地接近绝对零度。绝对温度与摄氏温度的关系为:

$$T = t + 273.15$$

绝对温度换算成摄氏温度的计算式为:

$$t = T - 273.15$$

测量温度的方法很多,液体或气体的压力和体积、金属或半导体的电阻、热电偶的电动势等均随温度的变化而不同,可以利用这些性质来制成各种不同的温度计,来测量不同温度范围的温度。在制冷和空调工程中,常用的温度计有水银玻璃棒温度计、有机液体玻璃棒温度计、压力式温度计、以热敏电阻为感温元件的数字温度计等。工程实际工作中应用的温度计,精度并不需很高,通常精度 2.5 级、分度值为 0.5°C 即可。在使用中,温度计的误差会逐步加大,需要进行校验才能继续使用。

(二) 压力与真空

压力与真空是制冷和空调工程中经常接触的物理量,与制冷和空调装置的安全有密切关系。

垂直作用在物体表面上的力称为压力,用符号 F 表示。垂直作用在物体表面单位面积上的压力称为压强,用符号 P 表示。压力与压强的关系为:

$$P = F/S$$

式中 S 为压力在物体表面的作用面积。

在工程中,习惯将压强称为压力,本书以后也称压强为压力。

在国际单位制中,力的单位是牛顿,用符号 N 表示,面积的单位是平方米,用 m^2 表示,压力的单位是帕斯卡,简称帕,也就是牛顿每平方米,用符号 Pa 表示:

$$1 Pa = 1 N/m^2$$

在实际应用中,有时 Pa 这个单位太小,还经常采用千帕和兆帕,即 kPa 和 MPa :

$$1 kPa = 1000 Pa$$

$$1 MPa = 10^6 Pa$$

过去在工程应用中采用工程单位制,压力的单位是千克力每平方厘米,用符号 kgf/cm^2 表示,它与国际单位之间的关系为:

$$\begin{aligned} 1 kgf/cm^2 &= 98.07 kPa \\ &= 0.09807 MPa \end{aligned}$$

$$1 MPa = 10.2 kgf/cm^2$$

在制冷与空调应用中,过去也有时采用液柱高度作为压力单位,常用的是毫米汞柱和毫米水柱,分别用符号 $mmHg$ 和 mmH_2O 表示,它们与国际单位之间的关系分别为:

$$1 mmHg = 133.3 Pa$$

$$1 Pa = 7.5 \times 10^{-3} mmHg$$

$$\begin{aligned}1000 \text{ mmH}_2\text{O} &= 9.807 \times 10^3 \text{ Pa} \\ &= 0.009807 \text{ MPa}\end{aligned}$$

$$1 \text{ Pa} = 0.102 \text{ mmH}_2\text{O}$$

在北美和西欧习惯上采用英制单位。我国目前在制冷与空调实际工作中应用的压力计,也有部分是英制单位。这时压力的单位是磅力每平方英寸,用符号 psi 表示,它与国际单位之间的关系为:

$$\begin{aligned}1 \text{ psi} &= 6891.4 \text{ Pa} \\ 1 \text{ Pa} &= 1.4504 \times 10^{-4} \text{ psi}\end{aligned}$$

由于大气存在压力,在许多场合所测得的压力是实际压力与大气压的差值,因此在工程上,压力有绝对压力、表压力与真空度之分。

绝对压力是液体或气体作用于密闭容器内表面的真实压力,用符号 p_j 表示。用弹簧管式压力表、U 型管压力计等压力计测量压力得到的压力读数称为表压力,用符号 p_e 来表示。当密闭容器内的绝对压力低于大气压时,大气压力与容器内绝对压力之差在工程习惯上称为真空度,用符号 p_v 来表示。

用于测量高于大气压的压力的测量仪表称为压力计,用于测量低于大气压的压力的测量仪表称为真空计。有的压力表既可用来测量高于大气压的压力,又可用于测量低于大气压的压力,这种压力表称为真空压力计或称为压力真空计。在制冷与空调工程实际工作中,常使用弹簧管式压力计或真空压力计来测量压力的大小,实际应用中常称为压力表和压力真空表,本书以下也用这样的称呼。弹簧管式压力表的构造如图 1-1 所示。

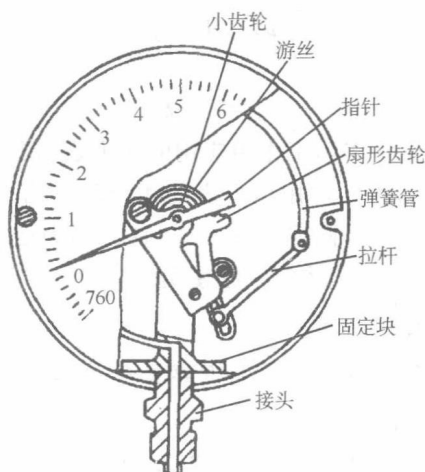


图 1-1 弹簧管式压力表

在弹簧管式压力表壳体内有一根具有弹性的弯管,即弹簧管;其一端封焊密封,并与拉杆铰接在一起,称为自由端;另一端与接头相通,并固定在接头上,称为固定端。测压时,弹簧管外为大气,压力为大气压力;弹簧管内为被测气体或液体,其压力为被测气体或液体的实际压力。当弹簧管内外有压力差时,弹簧管会发生变形,其自由端产生位移。如弹簧管内压力高于大气压时,弹簧管会被拉直一些,拉杆带动杠杆齿轮,使指针向顺时针方向偏转,在压力表表盘的压力刻度盘上指示出压力的读数。这个读数就是表压力,它是绝对压力与大气压力(B)之差,即:

$$p_b = p_j - B$$

或写成:

$$p_j = p_b + B$$

当弹簧管内压力低于大气压时,弹簧管会被压弯一些,拉杆带动杠杆齿轮,使指针向逆时针方向偏转,在压力表表盘的压力刻度盘上指示出真空度的读数。它是大气压力与绝对压力之差,即:

$$p_e = B - p_i$$

或写成:

$$p_i = B - p_e$$

制冷与空调工程实际工作中应用的压力表,精度不需要很高,通常用精度 2.5 级即可。常用压力表的测压范围为 $-0.1 \sim 1.6$ MPa 和 $0 \sim 2.4$ MPa 两种。同温度计一样,在使用中压力表的误差也会逐步加大,需要进行校验才能继续使用。

(三)比体积和密度

比体积是气体或液体物质的重要参数,它可以由温度和压力导出,因此它不是基本状态参数。

气体或液体物质所占有的容积与它自身质量的比值称为该物质的比体积,也称比容,或者说比体积是单位质量气体或液体物质所占有的容积。比体积用符号 v 表示,常用的单位是立方米每千克,用符号 m^3/kg 表示。

若某物质所占的容积是 $V \text{ m}^3$,它的质量是 $G \text{ kg}$,它的比体积为:

$$v = V/G$$

气体或液体物质自身质量与它所占有的容积的比值称为该物质的密度,或者说密度是单位容积气体或液体物质所具有的质量。密度用符号 ρ 表示,常用的单位是千克每立方米,用符号 kg/m^3 。

密度与比体积互为倒数,即:

$$\rho = 1/v$$

二、热量与机械功

制冷与空调设备都是进行热量与机械功的转换和转移的装置,所以热量与功是制冷与空调中常用的热工参数。

(一)热量

物体温度升高,我们说物质从外界吸收了热能;如物体温度降

低,则说物质向外界放出了热能。热量是能量的一种表现形式,是表示物质吸收或放出热能多少的物理量,热量只有在热能转移的过程中才有意义。

在制冷与空调中,热量用符号 Q 表示。热量是能量的一种形式,单位与功相同,其国际单位制单位是焦耳,用符号 J 表示。有时焦耳这个单位太小,采用千焦作为热量单位,符号为 kJ ,二者的关系是:

$$1 \text{ kJ} = 1000 \text{ J}$$

过去在工程应用中采用工程单位制,热量的单位是卡和千卡(又称大卡),分别用符号 cal 和 $kcal$ 表示。千卡的意义是把 1 kg 水的温度升高 1°C 所需要的热量。它们与国际单位之间的关系为:

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

$$1 \text{ kcal} = 4.1868 \text{ kJ}$$

或写成:

$$1 \text{ J} = 0.2388 \text{ cal}$$

$$1 \text{ kJ} = 0.2388 \text{ kcal}$$

目前我国,制冷与空调实际工作中遇到的制冷空调装置,有一部分是就用英制热量单位。热量的英制热量单位,用符号 Btu 表示,它与国际单位以及工程单位之间的关系为:

$$1 \text{ Btu} = 1.055 \text{ kJ}$$

$$1 \text{ Btu} = 0.2520 \text{ kcal}$$

或写成:

$$1 \text{ kJ} = 0.9479 \text{ Btu}$$

$$1 \text{ kcal} = 3.9685 \text{ Btu}$$

(二)物质的比热容

物质在被加热或被冷却时,单位质量的物质温度每升高一度或下降一度,所吸收或放出的热量,就叫做此物质的比热容。按物质度量单位的不同,比热容分为质量比热容、体积比热容和摩尔比热

容。在工程上,常用的是质量比热容,可以简称比热。不同的物质,比热不同,水的比热较大,而钢和铜的比热较小。通常来说,液体的比热大于气体。

质量比热表示 1 kg 物质的温度变化 1°C 时,所吸收或放出的热量,用符号 c 表示。比热的单位是千焦耳每千克开,用符号 $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 表示。

对于气体,比热不仅与气体的种类有关,还随加热或冷却条件的不同而变化。在压力不变的加热或冷却条件下,气体的比热称为定压比热,用符号 c_p 表示;在容积不变的加热或冷却条件下,气体的比热称为定容比热,用符号 c_v 表示;定压比热的数值较大。在实际工作中,对于水等液体,不需要区别对待定压比热和定容比热。

在制冷与空调实际工作中,最经常遇到的物质是水和干空气。水的比热可取为 $4.18 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$,干空气定压比热可取为 $1.01 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ 。

(三) 显热与潜热

如果物体吸收或放出热量后,只改变了物体的温度,物质的形态并没有改变,原来是液体现在仍是液体,原来是气体现在仍是气体,则将这种热量称为显热。把 1 kg 水的温度从 12°C 降低到 7°C ,要从水中放出 20.934 kJ 的热量,水的形态并未有任何变化,这 20.934 kJ 的热量就是显热。

如果物体吸收或放出热量后,只改变了物体的形态,物质的温度并没有改变,则将这种热量称为潜热。物体形态的改变,是指物体由固态改变成液态、由固态改变成气态、由液态改变成气态、或是相反的改变。把质量为 1 kg、温度为 100°C 的水加热成为水蒸气,水吸收了 2257.2 kJ 的热量。由于水的温度并没有改变,只是水由液态改变成了气态,这 2257.2 kJ 的热量就是潜热。

(四) 制冷量、制热量

制冷量和制热量的概念与热量的概念不同,热量是能量,而制冷