

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**

小型制冷与空调作业

XIAOXING 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

657
337/4

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

小型制冷与空调作业

(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 提 要

本书为小型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的复审教材。复审教材主要的内容是指制冷量在 12kW 以下的制冷装置和制冷量在 25kW 以下的空调装置的作业安全。

本书重点突出了小型制冷与空调的安全基础知识、主要小型制冷装置和空调器的安全技术以及与其相关的控制和安全保护装置的安全使用,为小型制冷装置和空调器的安装、使用与维护保养及常见故障处理提供了必备的安全知识和安全技能。

复审教材对上岗后作业者的安全技能起到不断提高和巩固的作用,是一本实用性和指导性很强的教材。

图书在版编目(CIP)数据

小型制冷与空调作业 / 《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. 8

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 7-5029-3984-9

I. 小... II. 高... 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(2005)第 082514 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:010-62175925

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:阳光图文工作室 责任技编:陈 红 责任校对:薛艳梅

*

北京燕龙印刷有限公司印刷
气象出版社发行

*

开本:850×1168 1/32 印张:6.125 字数:159 千字

2005 年 8 月第一版 2005 年 8 月第一次印刷

定价:10 元

《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 张 静 徐晓航

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》等相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。

《小型制冷与空调作业》(复审教材)由高祖锟、张静、刘学芝、刘诚、杨大欣同志主编,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 制冷与空调原理.....	(1)
第二节 制冷剂 and 贮冷剂及冷冻油的安全使用.....	(6)
第三节 制冷空调作业的消防知识.....	(13)
第二章 小型制冷装置与空调器.....	(17)
第一节 电冰箱.....	(17)
第二节 冷柜.....	(19)
第三节 冷藏运输设备.....	(25)
第四节 其他小型制冷装置.....	(29)
第五节 小型空调器.....	(35)
第三章 制冷与空调设备.....	(57)
第一节 制冷压缩机.....	(57)
第二节 冷凝器和蒸发器.....	(65)
第三节 节流装置和阀门及辅助设备.....	(73)
第四章 制冷与空调的控制及安全保护装置.....	(84)
第一节 温度控制装置.....	(84)
第二节 湿度控制装置.....	(87)
第三节 压力控制装置.....	(88)
第四节 电动机启动控制与电气保护元件.....	(91)
第五章 制冷与空调装置的控制电路.....	(102)
第一节 电冰箱的控制电路.....	(102)
第二节 冷藏柜和陈列柜的控制电路.....	(106)
第三节 小型冷库的控制电路.....	(107)
第四节 空调器的控制电路.....	(108)

第六章 制冷空调维修作业的安全操作要求	(111)
第一节 焊接安全操作	(111)
第二节 电气作业的安全要求	(116)
第三节 高空作业的安全要求	(118)
第四节 制冷剂转移的安全操作	(119)
第五节 制冷系统检漏的安全操作	(120)
第六节 制冷剂和冷冻油的安全充注	(122)
第七节 从系统回收制冷剂的安全操作	(126)
第七章 制冷装置和空调器的安装、使用与维护保养	(130)
第一节 电冰箱的安装、使用与维护保养	(130)
第二节 空调器的安装、使用与维护保养	(132)
第三节 其他小型制冷装置和空调机的安装、使用与 维护保养	(136)
第八章 制冷装置和空调器的常见故障及其处理	(143)
第一节 电冰箱的故障及其处理	(143)
第二节 家用空调器的故障及其处理	(152)
第三节 汽车空调器的常见故障及其排除	(158)
第四节 小型制冷装置的常见故障及其排除	(165)
第九章 制冷作业典型事故案例	(177)
附录 1 复习题	(181)
附录 2 课时安排表	(187)
参考文献	(188)

第一章 制冷与空调安全基础知识

第一节 制冷与空调原理

小型制冷与空调装置一般指制冷量在 12kW 以下的各种制冷装置和 25kW 以下的空调装置。这些装置包括电冰箱、冷藏柜、陈列柜、冷饮机、小型冷库、小型制冰机、冷藏运输中的冷冻机和各种空调器等。

一、蒸气压缩式制冷的实际循环

在理论循环中没有考虑到制冷剂液体过冷和蒸气过热的影响,没有考虑到冷凝器、蒸发器和连接各设备的管道中因制冷剂的流动而产生的压降。实际上压缩机在压缩过程中也并非等熵过程,系统中存在不凝性气体等因素影响到循环的性能。掌握实际循环知识不仅可以经济运行而且还可以指导安全运行、故障分析、设备维修和保养等。

1. 液体过冷循环

在制冷机系统的冷凝器后增设一个过冷器,利用深井水或高压液体制冷剂节流,将节流机构前的制冷剂液体冷却到比冷凝温度更低的温度,称为过冷。在过冷器中,制冷剂液体的温降称为过冷度。液体过冷循环对基本循环来说,在过冷循环中的单位理论功没有改变的情况下,由于过冷使单位制冷量增大了,故循环的制冷系数必然增大。在实际中冷凝器向远距离的蒸发器输送工质时还可减少阻力引起闪发气体的影响,所以采用液体过冷循环总是有利的。

2. 蒸气过热循环

实际循环中,压缩机吸入饱和状态蒸气的情况很少。为了不将液滴带入压缩机产生液击,造成故障,通常制冷剂在到达压缩机之前已处于过热状态。在过热循环中压缩机的排气温度要比理论循环的排气温度高得多,其比功也比理论循环比功大,并且在冷凝器中排出的热量也比理论循环大。吸气过热有两种情况:一种情况是从蒸发器出来的低温制冷剂蒸气,在通过吸气管进入压缩机前从周围环境中吸热而过热,它对被冷却物体不产生任何制冷效果,即无效过热。对于无效过热,在工况相同的情况下单位制冷量是相等的,但由于蒸气比容的增加使单位容积制冷量减少,对给定压缩机而言,将导致循环制冷量降低,单位理论功增加了,循环制冷系数必然减小。蒸发温度越低,与环境温差越大,循环经济性越差,为减少这种有害过热,可在吸气管上采取保温措施。另一种情况是,制冷剂蒸气在蒸发器中过热,这时蒸气的过热包括在有用单位制冷量内,即有效过热,这时单位制冷量和单位理论功都有所增加,循环的制冷系数是否增大不能直观判断。对于氨制冷系数稍有下降,对于 R12、R134a 和 R502 制冷系数略有提高,而 R22 介于两者之间,制冷系数几乎没有变化。

3. 回热循环

在系统中增加一个气—液热交换器(回热器),使节流前的液体和来自蒸发器的低温蒸气进行内部热交换,热交换的结果是制冷剂液体因向低温蒸气放出热量而进一步过冷,低温蒸气吸收液体的热量而有效过热,这样,不仅减少甚至消除吸气管中的有害过热,并减少制冷剂节流后闪发气体的影响,增加了单位制冷量,而且可以防止液击的产生。

4. 实际制冷系数

实际制冷系数又称性能系数,用 COP 表示,也可以称为单位轴功率制冷量。

对于全封闭或半封闭式压缩机,由于电动机置于压缩机机壳

内部,没有外伸轴,压缩机所消耗的比功常用电动机的输入功表示。单位质量制冷量与电动机的输入比功之比称为能效比,用 EER 表示。

5. 冷凝温度和蒸发温度对制冷机性能的影响

(1) 蒸发温度不变时冷凝温度变化的影响

蒸发温度不变,冷凝温度升高时,与制冷机的理论循环相比,除了单位质量制冷量减少、单位压缩轴功增大、能耗指标 COP 值和 EER 值降低外,由于压缩比增大,压缩机排气温度升高,当温度接近或超过油温要求时会使冷冻油变质,从而影响压缩机性能,同时使压缩机运动部件间的合理间隙变小,摩擦阻力增大,使汽缸等磨损,情况严重时会发生抱缸、抱轴等现象。因此,冷凝温度升高必然引起冷凝压力与蒸气压力间的压差增加,它将影响运动部件的受力,导致其寿命下降。

如果冷凝压力(在冬天时)过于下降,若它与蒸发压力间的压差小于制冷剂液体到蒸发器的阻力时,将会中断制冷。因此有些小型制冷装置中设有温度补偿加热器。

(2) 冷凝温度不变时蒸发温度变化的影响

冷凝温度不变,蒸发温度下降时,与理论循环相比,除了单位质量制冷量减少、单位压缩轴功增大、能耗指标 COP 值和 EER 值下降外,冷凝压力与蒸发压力之间的压差将增加,会影响压缩机的寿命。

蒸发压力过于升高所引起的后果类同于冷凝温度过于下降的影响。

至于压缩机消耗的功率,因其变化随吸入蒸气比容而定,很难直接判断。蒸发温度逐渐下降时,功率先是增加,然后减小。压缩机功率存在一个最大值,这个最大值出现在压缩比约等于 3 的时候。

二、空气调节

空气调节简称空调,它是使室内空气环境符合一定的空气温

度、相对湿度、空气的流动速度、空气的新鲜度、洁净度,并在允许范围内有一定波动的技术。

1. 舒适性空调与工艺性空调

(1)舒适性空调是使空调房间满足人们生活和工作的舒适要求。其室内设计参数要求:夏季空气温度为 $24\sim 28^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 $40\%\sim 65\%$ 、空气速度 $<0.3\text{m/s}$;冬季空气温度为 $18\sim 22^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 $40\%\sim 60\%$ 、空气速度 $<0.2\text{m/s}$ 。

(2)工艺性空调是使空调房间的空气参数满足生产工艺上的需要,从而保证产品的质量。在这个基础上尽量满足人的卫生要求。

一般小型空调多数为舒适性空调,为了达到所需要的空气参数,空气调节系统需对空气进行加热、加湿、冷却、去湿、净化等处理。

衡量空调工程的等级,常用空调的基数和空调的精度来表示。例如:某空调房间,温度要求 $t=(20\pm 1)^{\circ}\text{C}$,相对湿度 $\varphi=(60\pm 5)\%$ 。此时房间的空调基数为 $t=20^{\circ}\text{C}$, $\varphi=60\%$,空调精度为 $\Delta t=\pm 1^{\circ}\text{C}$, $\Delta\varphi=\pm 5\%$ 。

新风量的大小要根据卫生的要求、补充局部排风量和保持空调房间的正压要求来确定,一般按规范新风量应大于或等于 $30\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$,对于人员密集的场所和按吸烟与否的情况,新风量可取 $7\sim 15\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{人})$ 。

(3)舒适性空调的指标系数估算法

以国内现有的一些工程冷负荷指标为依据(一般按建筑面积的冷负荷指标),以旅馆为基础($70\sim 95\text{W/m}^2$),对其他建筑则乘以修正系数 β 。

办公楼 $\beta=1.2$; 图书馆 $\beta=0.5$;

大会堂 $\beta=2\sim 2.5$; 医院 $\beta=0.8\sim 1.0$;

商店 $\beta=0.8$ (只营业厅有空调),

$\beta=1.5$ (全部建筑空间有空调);

体育馆 $\beta=3.0$ (比赛场馆面积),

$\beta=1.5$ (总建筑面积);

影剧院 $\beta=1.2$ (电影厅有空气调节),

$\beta=1.5\sim 1.6$ (大剧院)。

上述数据在使用中,当建筑物的总面积小于 5000m^2 时,取上限值;若其大于 10000m^2 时,取下限值,上述指标确定的冷负荷为制冷机的容量,不必再加系数。

2. 空调系统的组成

(1)冷源和热源

常用的冷源是各类冷水机组。常用的空调热源有热泵型冷水机组、各类锅炉、电加热器等。

(2)空气处理设备

常用的空气处理设备有空气过滤器、空气冷却器、空气加热器、空气加湿器和喷水室等。

(3)空气输送与分配系统

1)空调风系统 其基本组成部分是风机、风管系统,室内送风口装置和排风口装置。在小型空调系统中,有时送排风系统合用一个风机。

2)空调水系统 其基本组成部分是水泵和水管系统。

(4)控制、调节装置

3. 空调中几个参数的实用意义

(1)相对湿度和含湿量的关系

相对湿度和含湿量都是表征空气湿度的参数,但意义不同。相对湿度表示空气接近饱和的程度, φ 值越小,空气越干燥,吸收水蒸气能力越强; φ 值越大,则表示空气越接近饱和状态,吸收水蒸气的能力越弱,但不能表示空气中含有水蒸气量的多少;而含湿量表示空气中所含水蒸气量的多少,却不能表示空气接近饱和的程度。

(2)湿球温度和干球温度的关系

干湿球温差越大,则空气相对湿度越低;反之,温差越小,空气相对湿度接近饱和状态。因此,在选用冷却塔时就要注意,如果当地干湿球温度差很小时则相对湿度就大,接近饱和湿度,冷却塔对冷却水降温的效果就差,这时必须采取措施,例如在水中加人造冰或改变风机叶片角度,提高风量。

(3)露点温度

湿空气在含湿量不变的情况下冷却到相对湿度为 100% 时所对应的温度,称为露点温度。表面冷却器对空气处理有两种工况,即干工况和湿工况。当空气冷却处理的温度高于或等于空气的露点温度时为干工况,低于露点温度时为湿工况。在空调器运行中,其排水管中无水流出时不能视为没有或缺少制冷剂,此时可降低蒸发器的蒸发温度,使其表面温度低于空气露点温度。如果有水流出,而且随着蒸发器表面温度的下降流水增多,应视为空调器工作正常。反之,应考虑制冷剂不足或有其他故障。

第二节 制冷剂 and 贮冷剂及冷冻油的安全使用

一、制冷剂的安全使用

1. 氯氟碳化物(CFCs)对地球的影响

在小型制冷装置与空调器中,目前使用的制冷剂几乎都是氟利昂制冷剂。近年来由于发现 CFCs 破坏大气臭氧层,对人类和地球造成如下严重的影响:

(1)影响人类的健康。导致皮肤癌和白内障的发病率提高,还破坏动物的个体细胞,引发生物的变态反应。

(2)影响植物和海洋生物的生长和繁殖。

(3)腐蚀聚合物。使建筑材料和高分子聚合物加速分解及老化。

(4)改变气候。紫外线的增加使燃烧放出的氧化氮和挥发性

有机物发生光氧作用而生成有机酸、醛等烟雾,造成污染,同时还增加了温室效应。

2. 氟利昂制冷剂的安全分析

氟利昂是饱和碳氢化合物的氟、氯、溴衍生物的总称,目前作为制冷工质的主要是甲烷和乙烷的衍生物。

(1)在氟利昂工质中随着氢原子的增加,其易燃、易爆性越强,安全性就越差。

(2)在氟利昂工质中氟原子的增加,使常温下的压力升高,增加了容器的不安全性。在标准蒸发温度下,每多一个氟原子,则温降约 50°C ,临界温度和凝固温度较低,绝热指数降低,气体压缩终温变小,单位容积制冷量增大,工质性质将变得更为稳定。氟原子增加对金属的腐蚀性、毒性及燃烧、爆炸的危险性也会减少,并且具有不溶于油、微溶于水等特点。

(3)氯原子在氟利昂工质中越多,其毒性越大,化学性能越差,遇到明火或接触高温时会分解出剧毒的光气(COCl_2),所以安全性降低,但它能很好地和传统润滑油互溶。

要减少氟利昂对大气臭氧层的破坏,必须使替代工质中的氯原子减少,甚至不含氯原子或使氯、氟烷烃在大气对流层中得以分解,以缩短其寿命,使其成为低公害或无公害的物质。

3. 替代工质的要求

(1)臭氧破坏能力 ODP 值和温室效应 GWP 值应为环境标准所接受。

(2)期望的新工质性能应该是稳定的。对金属非金属的腐蚀性要小,要求有良好的溶油性,以保证压缩机的润滑性能和换热器中的传热效果。另外替代工质应与被禁止工质的性能接近,以便和原工质兼容。

(3)有较好的经济性,能量消耗应在规定的标准范围内。

(4)有可靠的安全性,无毒、不燃烧,在空气中没有爆炸危险。

(5)在寻找替代工质时要注意热力参数。冷凝压力过高,会使

设备承压高,压力比过大会对压缩机的效率、功率、结构产生直接影响。压缩机排气温度和压力比、绝热指数有密切的关系,排气温度高会导致工质和油的分解、变质,甚至产生不凝性气体,从而使冷冻油润滑性能恶化,系统运转性能降低,尤其对使用全封闭式压缩机的系统影响更大。

4. 替代工质

(1) 氟利昂 R134a

R134a 无毒、不燃烧、不爆炸,使用安全,但遇明火会分解产生剧毒的光气。

R134a 与 R12 的比较:

1) R134a 的各项指标总体上优于 R12,从环保角度看,可以作为 R12 的长期替代物。

2) 两者热力性能相似,但 R134a 的单位容积制冷量比 R12 高 8% 左右。更换工质时需要考虑加大压缩机容量,由于 R134a 制冷系数略低于 R12,更换工质将引起能耗增加。

3) R134a 易水解,应保证系统绝对干燥,其含水量应小于 1.5×10^{-5} 。

4) R134a 与矿物油不相溶,应用酯类润滑油。更换工质时须冲洗系统,确保矿物油的残余量低于 1%。它和材料有很好的相容性。

5) R134a 的消耗臭氧潜能值为 0,全球变暖潜能值 GWP 为 0.27,可以替代 R12。

6) R134a 对以沸石为材料的分子筛有溶胀作用,长期使用会造成脏堵。

(2) 氟利昂 R290

R290 与 R22 相似,可应用在蒸发温度为 $-25 \sim -50^{\circ}\text{C}$ 的双级、多级压缩系统和复叠式系统的高温级。

(3) 氟利昂 R170

R170 可以用在蒸发温度为 $-60 \sim -90^{\circ}\text{C}$ 的复叠式制冷机的

低温级。

(4)近共沸混合工质

1)氟利昂 R410a 由 R32 和 R125 组成,质量配比为 50/50。它的标准蒸发温度为 -52.7°C ,不燃烧、不爆炸,可用于 $-50\sim+10^{\circ}\text{C}$ 的制冷装置中,如空调器、热泵、去湿机等。

2)制冷剂 R507 由 R125/R143a 组成,质量配比为 50/50,其标准蒸发温度为 -46.7°C ,不燃烧、不爆炸,可用于低温冷柜、低温冷库和速冻机等制冷装置。

5. 无氟和无氟装置概念

“无氟”的氟不是氟利昂的简称,也不是氟原子的简称,其真正的意义是不含 CFCs 的简称。无氟的提法易使人误认为所有氟利昂都是有害的。因此,正确的表示可用“无氟”和“无 CFCs”。

6. 使用制冷剂时的注意事项

(1)制冷剂钢瓶必须经过检验。

(2)盛有制冷剂的钢瓶应远离热源和阳光直射,不得严重撞击或跌落。

(3)瓶内制冷剂应装到 85% 左右,用毕应立即关闭控制阀并戴上帽盖。

(4)制冷剂应避免触及皮肤,更不可触及眼睛。当发现有大量渗漏时,应把门窗打开通风。

(5)不得用明火加热制冷剂瓶,需要对瓶加热时热源温度不得超过 40°C 。

(6)不得把不同编号的制冷剂充入同一瓶内,也不能全凭制冷剂瓶的颜色来鉴别制冷剂。

(7)将制冷剂从一个瓶转移到另一个瓶时,要避免压力波动。

(8)在制冷剂的操作中必须使用安全防护用品,如戴防护手套和防护眼镜等。

(9)在制冷剂容器中未完全抽空制冷剂之前,不得焊接或切割管路和容器。