

工○人○安○全○技○术○培○训○系○列○读○本

制冷工安全技术

张 虎 主编

Chemical Industry Press



化学工业出版社
安全科学与工程出版中心

工人安全技术培训系列读本

制冷工安全技术

张 虎 主编



化学工业出版社
安全科学与工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

制冷工安全技术/张虎主编. —北京: 化学工业出版社, 2005. 5

(工人安全技术培训系列读本)

ISBN 7-5025-7085-3

I. 制… II. 张… III. 制冷工程-安全技术-技术培训-教材 IV. TB6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 050655 号

工人安全技术培训系列读本

制冷工安全技术

张 虎 主编

责任编辑: 杜进祥 郭乃铎

文字编辑: 项 澈

责任校对: 吴 静

封面设计: 关 飞

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
安全科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

http:// www. cip. com. cn

*

新华书店北京发行所经销

北京市兴顺印刷厂印装

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 11 字数 300 千字

2005 年 7 月第 1 版 2005 年 7 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-7085-3

定 价: 20.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

序 言

党和政府高度重视安全生产工作。党的“十六大”强调要“高度重视安全生产，保护国家财产和人民生命的安全”。安全生产事关广大人民群众的根本利益，事关改革、发展和稳定的大局，是树立和落实以人为本、全面协调可持续发展观的具体体现，是全面建设小康社会的基础和保证，也是目前社会关注的焦点。

据统计，全世界每年有 120 万工人因职业事故和工作相关疾病失去生命。近年来，我国每年发生各类事故 100 万起，死亡约 13 万人。由于中国安全生产基础薄弱，许多企业安全欠账严重、设备老化，相当一部分生产经营单位安全投入不足，事故隐患大量存在，许多企业负责人和职工安全素质亟待提高，安全技术教育尤为迫切。目前，中国的计划生育政策从城市到乡村，得到广泛的实施，独生子女将成为新世纪的主要劳动力，这些人一旦发生伤亡事故和职业病，至少要影响三个家庭六个中老年人的生活。随着中国经济的发展，人民生活水平不断提高，人们对生产活动中的安全需求将会大大提高，人们会把安全、卫生、舒适的劳动条件作为职业选择的重要标准，对生产活动中安全健康的关注已经上升到前所未有的高度。

知识就是力量。对劳动者进行安全技术知识的宣传、教育和普及，将会使他们加深对安全法规、标准以及安全规章的理解和认识，提高遵章守法的主动性和自觉性，真正做到“不伤害自己，不伤害别人，不被别人伤害”。故此，化学工业出版社特组织国内有关科研院所和企业的专家、学者共同编写了《工人安全技术培训系列读本》。

本系列读本各分册均围绕各专业工种的基础理论知识和基本操作技能，介绍各种作业条件下的安全要点及防护措施。我相信丛书的出版会受到广大技术工人的欢迎！

中国安全生产科学研究院副院长
中国职业安全健康协会副理事长兼秘书长

吴宗之

2005 年 3 月

前 言

自进入 20 世纪 90 年代以来,我国的制冷业得到了迅猛的发展,人们生活品质的提升和有效的环境及安全保护始终离不开制冷工业的科技创新和进步。当今,制冷业已是国民经济发展的重要组成部分。

为了适应社会对制冷专业人才的需求,为了提高制冷职工队伍的素质,我们组织了有关人员,根据近几年来制冷业技术的发展完成了本书的编著工作。

本书以安全技术为主线,着重介绍了制冷剂、载冷剂的安全技术,制冷压缩机的安全技术,吸收式制冷机组的安全技术,制冷机组的热交换设备及其他辅助设备的安全操作,热泵的安全技术,制冷系统的自动控制安全装置,制冷系统的噪声和振动的防治及低温管道的安装技术。

本书由张虎主编。各章编写分工为:第一章、第七章、第八章由张虎编写;第二章、第四章、第六章由鲁祥友编写;第三章、第五章由胡海涛编写。

本书在编写过程中得到了安徽省劳动保护科学技术学会副理事长朱世伟高级工程师的大力支持与帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,有不妥之处敬请读者批评指正。

编 者

2005 年 3 月

目 录

第一章 制冷剂与载冷剂	1
第一节 制冷剂的分类、命名和选择要求	1
一、制冷剂的种类与命名	1
二、制冷剂选择的要求	2
第二节 常用制冷剂的性质	3
一、氨	3
二、氟里昂	4
三、制冷剂鉴别区分与安全防护	6
四、制冷剂的替代	7
第三节 载冷剂	7
一、载冷剂的选择	7
二、常用载冷剂的特性	8
第二章 制冷压缩机的安全技术	10
第一节 活塞式制冷压缩机的安全操作	10
一、活塞式制冷压缩机的结构、分类及其工作原理	10
二、制冷装置的安全设施	13
三、活塞式制冷压缩机的安全操作规范	15
四、活塞式制冷压缩机正常运转的标志	23
五、钢瓶的安全使用	24
六、活塞式压缩机的常见事故的分析	26
七、氨制冷系统的安全技术	33
八、对一些制冷企业发生的机器故障和事故原因的分析	39
第二节 螺杆式制冷压缩机的安全操作	41

一、螺杆式制冷压缩机结构、分类、工作原理及其操作规范	41
二、螺杆式制冷压缩机正常运转的标志	56
三、螺杆式制冷压缩机组的安装、操作实例	56
第三节 离心式制冷压缩机的安全操作	62
一、离心式制冷压缩机的分类、结构及其工作原理	62
二、离心式制冷压缩机的安全操作	67
三、离心式制冷压缩机常见事故分析	71
第三章 吸收式制冷机组的安全技术	76
第一节 溴化锂吸收式制冷机组的安全技术	76
一、溴化锂水溶液的性质	77
二、溴化锂吸收式制冷机的分类、工作原理及安全操作规范	79
三、单效蒸汽型溴化锂吸收式制冷机组的结构、工作原理及其安全操作规范	93
四、双效蒸汽型溴化锂吸收式制冷机组的结构、工作原理及其安全操作规范	98
五、直燃型溴化锂吸收式制冷机组的结构、工作原理及其安全操作规范	104
六、溴化锂吸收式制冷机组的性能	114
七、提高溴化锂吸收式制冷机性能的途径	131
八、溴化锂吸收式制冷机组的安全保护措施	151
九、溴化锂机组的清洗	160
第二节 氨吸收式制冷机组的安全技术	161
一、氨水溶液的性质	162
二、氨吸收式制冷机组的分类、结构、工作原理	163
三、氨吸收式制冷机组的安全装置与安全检查	166
四、氨吸收式制冷机组的安全操作规程	171
五、氨吸收式制冷机的安全管理措施	176
六、氨制冷系统压力管道检验实例	182
七、氨制冷系统泄漏事故一般类型分析	188

第四章 制冷机组的热交换设备及其他辅助设备的安全

操作	192
第一节 制冷机热交换设备的安全操作	192
一、冷藏库建筑结构方面的安全要求	192
二、冷凝器的安全操作	192
三、蒸发器的安全操作	194
四、冷却塔的安全操作	197
五、中间冷却器的安全操作	197
六、回热器的安全操作	201
七、高压贮液桶的安全操作	202
第二节 制冷系统辅助设备的安全操作	202
一、膨胀机构的安全操作	202
二、阀门的安全操作	211
三、电磁阀的安全操作	213
四、过滤器的安全操作	214
五、紧急泄氨器的安全操作	215
六、一般制冷系统管道选用的原则	215
七、氨泵系统管道的选用原则	216
八、制冷管道的坡度与吊点	217
九、制冷管道的连接	218
十、制冷管道及设备的隔热	219
十一、制冷管道和设备的涂色	220
十二、泵的安全操作	220
十三、风机的安全操作	223
十四、放油的安全操作	225
十五、气焊设备及使用方法	228
十六、防止触电的措施	231
十七、焊工劳动卫生保健措施	233
第五章 热泵的安全技术	235
第一节 热泵的分类、结构及其工作原理	235
一、热泵与制冷的关系	235

二、热泵的分类和工作原理·····	236
第二节 热泵的安全操作·····	251
一、热泵的安全操作规范·····	251
二、几种常见的热泵机组的维修工艺·····	254
三、开机运转操作实例·····	259
四、四通换向阀的安全操作·····	261
第六章 制冷系统的自动控制安全装置·····	265
第一节 制冷系统的自动控制原理·····	265
一、自动控制的基本概念·····	265
二、制冷自动控制的内容·····	267
三、制冷系统的安全保护·····	275
四、电动机常见故障·····	281
第二节 制冷系统的计算机控制·····	284
一、制冷过程的计算机控制策略·····	285
二、常用的制冷系统测量元件的选择原则·····	287
三、测量点布置的原则和方法·····	291
四、空调用冷冻站监控系统·····	296
第七章 制冷系统的噪声和振动的防治·····	299
第一节 噪声的危害·····	299
一、噪声的基本知识·····	299
二、噪声对健康的影响·····	300
第二节 制冷系统中噪声的来源和控制策略·····	302
一、制冷空调区域的噪声控制标准·····	302
二、制冷系统噪声的来源·····	303
三、噪声的控制策略·····	304
四、冷却塔的噪声控制·····	306
第三节 制冷设备机房的噪声控制·····	310
一、机房噪声控制的设计准则和要求·····	310
二、空调、制冷设备机房位置的选择和防噪声规划·····	311
三、机房内的噪声减低·····	312
四、空调系统的主要设备噪声·····	313

五、减少空调系统噪声的主要措施·····	315
第四节 制冷装置的振动控制·····	316
一、振动的评价标准·····	316
二、制冷系统管道的减振方法·····	317
三、离心式冷水机组的噪声与振动控制·····	320
四、螺杆式制冷压缩机噪声与振动控制·····	322
第八章 制冷工程管道安装·····	326
第一节 制冷系统管道安装的一般要求·····	326
一、管道材料·····	326
二、安装前管道的清洗·····	326
三、制冷管道安装·····	327
四、制冷管道的连接·····	327
第二节 阀门及仪表的安装·····	328
一、阀门安装的一般要求·····	328
二、减压阀的安装·····	329
三、安全阀的安装·····	330
四、调节阀的安装·····	330
五、热力膨胀阀的安装·····	331
参考文献·····	332

第一章 制冷剂与载冷剂

第一节 制冷剂的分类、命名和选择要求

制冷剂是制冷系统中实现制冷循环的工作介质，也称为制冷工质。制冷剂的状态参数在制冷循环中不断发生变化，从液态变成气态，再从气态变成液态。制冷机借助于制冷剂的状态变化将从低温热源吸收的热量连续不断地传递给高温热源，以完成制冷循环。

目前，能作为制冷剂的物质有近百种，并且新的制冷剂仍在不断出现。当前被采用的制冷剂有十余种，主要有氨、氟里昂、水等。

一、制冷剂的种类与命名

目前，世界上多数国家均采用美国供暖制冷空调工程师协会标准（ASHRAE standard 34—78）的规定。我国在 GB/T 7778—1987 中也明确规定采用这个标准。这一标准的命名方法，是将制冷剂的代号同它的种属和化学构成联系起来，只要知道它的分子式，就可以写出它的代号。代号是由字母 R 和它后面的一组数字及字母组成，常用的一些制冷剂的代号见表 1-1～表 1-3。

表 1-1 无机化合物类制冷剂

制冷剂	分子式	制冷剂代号	制冷剂	分子式	制冷剂代号
氢	H ₂	R702	空气		R729
氦	He	R704	氧	O ₂	R732
氨	NH ₃	R717	二氧化碳	CO ₂	R744
水	H ₂ O	R718	氧化亚氮	N ₂ O	R744a
氮	N ₂	R728	二氧化硫	SO ₂	R764

表 1-2 氟里昂制冷剂

制 冷 剂	分子式	制冷剂代号	制 冷 剂	分子式	制冷剂代号
一氟三氯甲烷	CFCl_3	R11	三氟一溴甲烷	CF_3Br	R13B1
二氟二氯甲烷	CF_2Cl_2	R12	二氟一氯甲烷	CHF_2Cl	R22
三氟一氯甲烷	CF_3Cl	R13	四氟二氯乙烷	$\text{C}_2\text{F}_4\text{Cl}_2$	R114

表 1-3 不饱和碳氢化合物及其卤族元素衍生物

制 冷 剂	分子式	制冷剂代号	制 冷 剂	分子式	制冷剂代号
二氟二氯乙烯	$\text{C}_2\text{F}_2\text{Cl}_2$	R1112a	三氯乙烯	C_2HCl_3	R1120
三氟一氯乙烯	$\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}$	R1113	二氯乙烯	$\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$	R1130
四氟乙烯	C_2F_4	R1114	乙烯	C_2H_4	R1150

二、制冷剂选择的要求

制冷剂的性质将直接影响制冷机的构造、尺寸和运转特性，同时也会影响制冷循环的形式、设备结构及经济技术性能。具体要求如下。

(1) 临界温度要高，以便在常温下或普通低温下能够液化。

(2) 凝固温度低，可使制冷系统安全地制取较低的蒸发温度，制冷剂在工作温度范围内不发生凝固现象。

(3) 具有适宜的饱和蒸气压力，以避免外部空气从不严密处渗入系统，造成制冷机的无效耗功和腐蚀。冷凝压力不宜过高，以免引起压缩机耗功增加和设备金属材料消耗的増加。

(4) 单位容积制冷量大。对于制取相同的制冷量而言，它可减少制冷剂的循环流量，缩小制冷机的结构尺寸。

(5) 黏度和密度尽可能小，以减小制冷剂在系统中的流动阻力。

(6) 热导率要高，可提高蒸发器与冷凝器的传热效率，减少设备的传热面积。

(7) 不燃烧、不爆炸、无毒，对金属材料不腐蚀，高温下不分解。

(8) 应具有良好的电绝缘性。

(9) 价格低廉，便于获得。

由于制冷剂的种类繁多，其性质差别也就很大，完全满足上述要求的制冷剂尚未发现，因此，在选择时要根据实际情况综合考虑。表 1-4 列出了常见制冷剂的主要应用场合。

表 1-4 常见制冷剂的主要应用场合

制 冷 剂	分子式	制冷剂代号	大气压下沸点/℃	主要应用场合	
三氟三氯乙烷	$C_2F_3Cl_3$	R113	48	高 温 制 冷 系 统	工业空调
一氟三氯甲烷	$CFCl_3$	R11	24		用于比 R113 压力高、冷量大的大型离心机组或作为载冷剂
三氟二氯乙烷	$C_2HF_3Cl_2$	R123	28		替代 R11
四氟二氯乙烷	$C_2F_4Cl_2$	R114	4		大型离心机组制冷系统
二氟二氯甲烷	CF_2Cl_2	R12	-30	中 温 制 冷 系 统	空调
四氟乙烷	$C_2F_2F_4$	R134a	-27		替代 R12
二氟一氯甲烷	CHF_2Cl	R22	-41		商用或民用空调、热泵
氨	NH_3	R717	-33.4	低 温 制 冷 系 统	用于两级压缩中的中低温部分压缩式、吸收式制冷系统
三氟一氯甲烷	CF_3Cl	R13	-82		复叠式制冷的低温级，达 -73℃

第二节 常用制冷剂的性质

一、氨

氨 (NH_3 , R717) 是目前应用较广的中温制冷剂之一。氨有较好的热力学性质和热物理性质。氨在标准状态下是无色气体，大气压 ($1.013250 \times 10^5 \text{ Pa}$) 下的沸点为 -33.4°C ，临界压力为 11.28 MPa ，临界温度为 132.4°C ，凝固温度为 -77.7°C ，在常温和普通低温范围内压力适中，单位容积制冷量大，黏性小，流动阻力小，传热性能好，价格低廉，对大气臭氧层无破坏作用，因而大量地应用于大中型工业制冷装置中。

氨的主要缺点是对人体有较大的毒性。氨蒸气无色，具有强烈的刺激性臭味。它可以刺激人的眼睛及呼吸器官。当氨液飞溅到人

的皮肤上时，会引起肿胀甚至冻伤，应以大量的清水冲洗并及时治疗。当氨蒸气在空气中含量（体积分数）达到 0.5% 以上时，人在其中停留 0.5h 即会中毒。

氨易燃烧和爆炸，当空气中氨的含量（体积分数）达到 16%~25% 时可引起爆炸；含量达到 11%~14% 时即可点燃，燃烧时呈黄色火焰。因此，车间内的工作区内氨蒸气的量不得超过 0.02g/m³。车间内必须设置通风换气装置。若制冷系统中含有较多空气，也会引起制冷装置爆炸。因此，氨制冷系统中应设有空气分离器，及时排出系统中的空气及其他不凝性气体。

氨对钢铁不起腐蚀作用，但当含有水分时对锌、铜和铜合金（除磷青铜外）有腐蚀作用。因此，在氨制冷系统中不使用铜和铜合金材料，只有连杆衬套、密封环等零部件才允许使用高锡磷青铜。

二、氟里昂

1. 二氟二氯甲烷 (CF₂Cl₂, R12)

R12 的沸点为 -29.8℃，凝固点为 -155℃，压力适中，广泛应用于冷藏、空调及低温设备，可制取 -70℃ 以下的低温。

R12 无色，气味很弱，有芳香味，当它在空气中含量（体积分数）达 20% 时，人才会感觉到。R12 毒性小、不燃烧、不爆炸，但当温度达到 400℃ 以上时，与明火接触会分解出具有剧毒的光气。R12 的单位容积制冷量小、密度大、流动阻力大、热导率小，因此，应用于制冷装置时要增加换热设备的换热面积。

水在 R12 中的溶解度很小，且随温度的降低而减小，在低温状态下水易析出而形成冰堵。因此，R12 系统内必须严格控制含水量。

R12 对一般金属没有腐蚀作用，但能腐蚀镁及含镁量（质量分数）超过 2% 的铝镁合金。R12 对天然橡胶及塑料有膨胀作用，故密封材料应用耐腐蚀的丁腈橡胶或氟醇橡胶。封闭式压缩机中，电动机绕组导线要用耐氟绝缘漆，电动机采用 B 级或 E 级绝缘。

R12 的渗透性极强，易通过机器设备的接合面的不严实处、铸件中的小孔及螺纹接合处泄漏，所以，对铸件要求质量高，对机器

的密封性要求良好。

近年来,发现 R12 对大气臭氧层有严重破坏作用,并产生温室效应,危及人类的生存环境,属于首先被替代的制冷剂,这限制了 R12 的长期使用。

R12 的泄漏检验方法有以下几种:卤素喷灯、电子检漏仪、肥皂水等。

2. 二氟一氯甲烷 (CHF_2Cl , R22)

R22 也是较常用的中温制冷剂,其沸点为 -40.8°C ,凝固点为 -160°C 。在相同的蒸发压力和冷凝压力下, R22 的饱和蒸气压力比 R12 约大 65%。单位容积制冷量稍低于氨,但比 R12 大得多。压缩终温介于氨和 R12 之间,能制取的最低蒸发温度为 -80°C 。广泛应用于冷藏、空调及低温设备中。

R22 无色、无味、不燃烧、不爆炸,毒性比 R12 略大,但仍属于安全的制冷剂。对 R22 含水量(体积分数)仍限制在 0.0025% 以内。为防止制冷系统冰堵,需装设干燥器。

R22 的化学性质不如 R12 稳定,对有机物的膨润作用更强。密封材料可采用氯乙醇橡胶。封闭式制冷压缩机中的电动机绕组线圈可采用 QF 改性缩醛漆包线(E 级),或 QZY 聚酯亚胺漆包线。

R22 对金属的作用与 R12 相同,比 R12 有更强的渗透性和泄漏性。

R22 对大气臭氧层有微弱的破坏作用,属于过渡性替代制冷剂。

3. 四氟乙烷 ($\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$, R134a)

R134a 属于中温制冷剂,沸点为 -26.5°C ,凝固点为 -101°C ,热力性质与 R12 接近,不燃烧、不爆炸,但遇明火或高温时会分解出有毒和刺激性物质。现被广泛应用于汽车空调、电冰箱及部分离心式制冷压缩机中。目前是 R12 的首选替代制冷剂。

R134a 与金属有良好的相溶性,与铜、铁和铅等金属材料不发生作用。R134a 中不含氯原子,与现有的矿物性润滑油的相溶性差。研究表明, R134a 能与聚烯烃乙二醇和聚酯类等润滑油相溶。R134a 的渗透性强,对密封材料要求高,丁腈橡胶和氟化橡胶由于

吸收 R134a 后发生膨胀裂变，一般可采用聚丁腈橡胶、三聚乙丙橡胶或氯丁橡胶等。还应增加封闭式制冷压缩机电动机绕组的绝缘等级。

R134a 合成工艺复杂，目前生产成本较高。

三、制冷剂鉴别区分与安全防护

1. 制冷剂的鉴别区分

除二氧化硫 (R764) 和氨 (R717) 外，靠气味和颜色来识别制冷剂是非常困难的，尤其是吸入某些制冷剂会造成人身伤害，因此，不推荐靠气味鉴别制冷剂。

可以通过查看贮装容器的标识来区分，如果标识不清或磨损，推荐采用制冷剂识别仪来区分制冷剂。其测量原理是测量制冷剂的压力-温度，通过比对标准的压力-温度曲线图，即可区分制冷剂。

2. 制冷剂的安全防护

在充装、运输、贮存制冷剂时，必须注意安全问题。

(1) 制冷剂通常贮存在专用钢瓶内，注意最大灌装量为钢瓶的 80%，严禁充满，以免发生危险。

(2) 在充注制冷剂前，要检查核对其编号，确认钢瓶标识与要充注的制冷剂是同一种，防止混入不同的制冷剂。如果是含氟的制冷剂，在泄漏严重的区域，不要有光亮的火苗，以防生成有毒气体。

(3) 刚被烧坏的全封闭压缩机中的冷冻机油具有酸性，注意不要伤人。

(4) 许多制冷剂没有气味，人们无法及时察觉制冷剂的泄漏，更严重的是制冷剂大多比空气重，能置换室内的空气。如不采取措施，盲目进入使用制冷系统且可能漏入制冷剂的房间，会有人身伤亡的危险。

(5) 在管路中安装必要的干燥器，尽可能地脱除制冷剂中的水分。因为过多的水分可能在制冷系统中的控制阀、毛细管处冻结，堵塞管道；另一方面，当压缩机温度升高时，水分与一些制冷剂反应，产生有害的酸，腐蚀设备。