

特种作业人员安全技术培训教材



制冷与空调

作业人员安全技术

上海市安全生产科学研究所 编著

上海科学技术出版社

特种作业人员安全技术培训教材

制冷与空调作业人员安全技术

上海市安全生产科学研究所 编著

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

制冷与空调作业人员安全技术/上海市安全生产科学
研究所编著. —上海:上海科学技术出版社, 2009.9
特种作业人员安全技术培训教材
ISBN 978-7-5323-9984-0

I. 制… II. 上… III. ①制冷装置—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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 151027 号

上海世纪出版股份有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

新华书店上海发行所经销

上海铁路印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 18.75

字数:450 千字

2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷

印数:1-11 000

ISBN 978-7-5323-9984-0/TB·47

定价:35.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向印刷厂联系调换

内 容 提 要

本教材编写是以国家安监总局培训考核大纲为依据,并结合了安全生产的实际。内容主要包括:制冷与空调专业的的压力、高温、低温、容量等安全技术,有关防燃烧爆炸的措施,以及防毒防病防污染的相关知识。同时,介绍了相关专业(电工、焊接、压力容器、高空作业等)的安全技术在本专业作业中的应用。在各有关章节中,详细介绍了制冷与空调安全作业的技术基础、制冷物质的安全性、安全保护装置以及安全保障常用的执行设备;以实例进行事故分析,给出了急救措施;阐述了安全生产法律法规和职业道德规范。书后附录列出了新制冷剂的饱和状态性质,可供专业人员进行查找。

本书适用于压缩式制冷与空调设备运行、吸收式制冷空调设备运行、制冷与空调设备安装修理和小型制冷与空调装置安装修理等作业人员培训。

本书既是制冷与空调特种作业人员培训的专用教材,也可作为制冷与空调设备生产人员、安全管理人员、工程技术人员的工具书。

前 言

《中华人民共和国安全生产法》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,在取得特种作业操作资格证书方可上岗作业,它也是安全生产工作的一项重要内容。在我国现行有关安全生产的法律法规中,如《中华人民共和国劳动法》、《中华人民共和国消防法》、《特种设备安全监察条例》、《上海市安全生产条例》、《安全生产违法行为行政处罚办法》等,都有对生产经营单位的特种作业人员进行特别管理的规定。在生产实践中,加强对特种作业人员的安全技术培训和考核,严格执行特种作业人员的安全技术培训和考核,严格执行特种作业人员持证上岗制度,对防止和减少伤亡事故,保护从业人员自己和他人的安全与健康,保障安全生产和国家财产免遭损失有着至关重要的作用。

认真做好特种作业人员安全技术培训和考核是各级安全生产监督管理部门的职责之一,也是生产经营单位和从事特种作业人员的义务。对特种作业人员进行的安全技术培训和考核实行统一管理、统一教材、统一考核、统一发证,对提高培训质量、规范操作起到了重要作用。因此,通过对特种作业人员进行安全技术培训和考核,将切实提高特种作业人员安全技术水平和自我保护能力、事故隐患识别能力和应急排故能力,使安全生产工作跨上一个新台阶。

本次编写的特种作业人员安全技术培训教材——《制冷与空调作业人员安全技术》是根据国家安全生产监督管理总局确定的安全技术培训考核要求,参照有关安全技术操作规程及相关的事故案例编写。教材详细介绍了制冷与空调的基础理论知识和安全技术知识,使制冷与空调作业人员能掌握压缩式制冷空调设备运行与吸收式制冷空调设备运行的安全操作规程;掌握制冷与空调设备安装修理和小型制冷与空调装置安装修理的安全注意事项,了解和熟悉防护措施及现场急救方法,使从业人员熟悉国家有关安全生产法律法规,增强安全法制观念,自觉遵守职业道德规范,提高安全操作技能,为安全生产服务。本教材融基础知识与实际操作为一体,既针对性强又通俗易懂,既可作为培训教材,又可作为自学读本。

编 者
2009.8

目 录

第一章 制冷与空调安全作业的技术基础	(1)
第一节 制冷剂的安全应用	(1)
一、蒙特利尔议定书	(1)
二、制冷剂环境影响的评价指标	(3)
三、制冷剂按环保特征命名	(4)
四、制冷剂的安全性	(5)
五、混合制冷剂	(6)
六、制冷剂的安全应用	(8)
第二节 载冷、蓄冷物质的安全应用	(16)
一、载冷剂使用安全注意事项	(16)
二、常用载冷剂安全注意事项	(17)
三、蓄冷物质	(19)
第三节 冷冻机油的安全作用	(20)
一、冷冻机油的作用	(20)
二、冷冻机油的分类	(20)
三、冷冻机油的选用	(20)
四、冷冻机油的变质	(22)
第四节 空调技术基础	(22)
一、空调的概念	(22)
二、空调系统	(23)
三、常用的空气处理方法	(25)
第五节 制冷技术基础	(25)
一、蒸气压缩式制冷原理	(26)
二、影响蒸气压缩式制冷系统的因素	(31)
三、溴化锂吸收式制冷原理	(33)
第六节 制冷与空调的安全保护	(36)
一、温度保护控制器	(36)
二、压力保护控制器	(40)
三、过载保护控制器	(45)
四、流体液位控制器	(47)
五、流体观察镜	(48)
六、分离型安全设备	(49)
七、高压储液桶的安全	(54)
第七节 安全保障常用的执行阀门	(55)

一、安全阀、易熔塞和安全膜	(55)
二、电动阀	(56)
三、电磁阀	(56)
四、热力膨胀阀	(57)
五、电子膨胀阀	(59)
六、旁通阀	(60)
七、单向阀	(61)
八、蒸发压力调节阀	(62)
九、冷凝压力调节阀	(63)
十、紧急泄氨器	(66)
十一、防烟防火阀	(66)
第二章 压缩式制冷与空调设备运行操作作业	(68)
第一节 活塞式压缩机制冷系统的安全操作	(68)
一、活塞式压缩机制冷系统安全运行	(68)
二、活塞式压缩机制冷系统的安全操作规程	(70)
三、活塞式压缩机冷水机组安全操作规程	(71)
第二节 螺杆式压缩机制冷系统的安全操作	(71)
一、螺杆式压缩机制冷系统的组成与应用	(71)
二、螺杆式压缩机制冷系统的安全运行	(74)
三、螺杆式压缩机冷水机组的安全操作规程	(75)
第三节 离心式压缩机制冷系统的安全操作	(76)
一、离心式压缩机冷水机组的安全运行	(76)
二、离心式压缩机冷水机组的安全操作规程	(80)
第四节 涡旋式压缩机制冷系统的安全操作	(80)
一、涡旋式压缩机冷水机组的安全运行	(80)
二、涡旋式压缩机冷水机组的安全操作规程	(81)
第五节 蒸汽压缩式制冷系统事故特征	(82)
一、蒸汽压缩式制冷系统故障性事故	(82)
二、蒸汽压缩式制冷系统突发性事故	(85)
第六节 食品冷藏库安全运行	(87)
一、冷藏库制冷系统安全运行	(87)
二、冷藏库的安全管理	(90)
第七节 空气调节设备安全运行	(94)
一、集中送风户式中央空调安全运行	(94)
二、集中送水户式中央空调安全运行	(95)
三、空气调节安全运行的技术措施	(98)
四、空调通风系统和水系统的清洗	(98)
五、中央空调辅助设备安全运行	(99)
六、防火排烟装置	(101)

第三章 吸收式制冷空调设备运行操作作业	(102)
第一节 溴化锂吸收式制冷系统的安全运行	(102)
一、溴化锂吸收式制冷机的安全操作规程	(102)
二、溴化锂吸收式制冷机的安全运行	(105)
第二节 溴化锂吸收式制冷机日常维护保养	(107)
一、溴化锂制冷机日常维护保养	(107)
二、溴化锂制冷机内部的清洗	(108)
第三节 溴化锂吸收式制冷机系统故障分析	(109)
一、制冷机溴化锂溶液结晶	(109)
二、机组制冷量下降	(110)
三、机组运行时突然停机	(111)
四、抽气装置运转不正常	(111)
五、机组被腐蚀的处理方法	(112)
六、屏蔽泵故障及处理方法	(112)
第四节 溴化锂吸收式制冷机的安全性能	(112)
一、影响溴化锂吸收式制冷机的因素	(113)
二、提高溴化锂吸收式制冷机安全性能	(115)
三、溴化锂吸收式制冷机事故危害	(117)
四、溴化锂吸收式制冷机安全要求	(118)
第四章 制冷与空调设备安装修理作业	(119)
第一节 大中型制冷压缩机的故障检查	(119)
一、活塞式氨制冷压缩机的故障	(119)
二、活塞式氟利昂制冷压缩机的故障	(124)
三、全封闭式压缩机的故障分析	(126)
第二节 大中型制冷压缩机的修理	(127)
一、开启式制冷压缩机的修理	(127)
二、全封闭式制冷压缩机的修理	(131)
第三节 制冷设备故障检查	(133)
一、制冷设备正常状态	(133)
二、制冷系统故障的检查	(134)
第四节 制冷设备维护与修理	(140)
一、冷凝器	(140)
二、蒸发器	(141)
三、干燥过滤器	(142)
四、阀门	(142)
五、膨胀阀	(143)
第五节 冷藏库安全维护和检修	(144)
一、库房维护结构检修	(144)
二、制冷机及设备检修	(146)

三、氨中毒急救措施	(149)
第六节 大型制冷设备检修安全基础操作	(150)
一、制冷系统进行吹污	(150)
二、制冷系统的气密性试验	(150)
三、向系统内充灌制冷剂	(153)
四、由系统内取出制冷剂	(154)
五、充灌冷冻润滑油	(155)
第七节 大中型制冷空调工程的安装	(155)
一、户式中央空调工程的安装	(155)
二、风冷式冷(热)水机组安装	(162)
第五章 小型制冷与空调装置安装修理作业	(167)
第一节 电冰箱单相电动机的控制	(167)
一、重锤式电流启动器的启动	(167)
二、PTC 启动器的启动	(168)
第二节 空调器单相电动机的控制	(169)
一、电容启动式	(169)
二、电容启动电容运转式	(169)
三、电容运转式	(170)
四、电容器	(171)
第三节 单相电动机检测与保护	(172)
一、单相电动机过载保护器	(172)
二、单相电动机的绕组和性能的判断	(172)
第四节 三相电动机的控制电路	(174)
一、三相电动机的自锁控制	(174)
二、三相电动机的顺序控制	(174)
三、三相电动机失压保护(断相保护)	(175)
四、三相电动机过载保护	(175)
第五节 基础电子电路	(176)
一、稳压电路	(176)
二、晶体振荡电路	(177)
三、电压比较器电路	(179)
四、基本 R-S 触发器电路	(180)
第六节 小型制冷空调装置修理的基础操作	(181)
一、小型系统检漏、抽真空、充制冷剂	(181)
二、制冷系统充注冷冻油具体操作	(182)
第七节 家用电冰箱的安全检修	(182)
一、家用电冰箱安全检测	(183)
二、家用电冰箱安全运行	(183)
三、家用电冰箱的安全维修技术	(185)

四、家用电冰箱的故障判断与排除	(186)
第八节 小型空气调节装置	(187)
一、空调器(机)制冷系统	(187)
二、空调器(机)热泵系统	(188)
三、热泵型空调器的节流装置	(190)
四、空调器的卸载方法	(191)
第九节 空调器安装与修理	(193)
一、窗式空调器安装	(193)
二、安装后的检查和试运转	(194)
三、分体式空调器安装	(195)
四、安装空调器严格遵守事项	(197)
五、空调器常见故障	(198)
六、正确使用安全带	(199)
 第六章 制冷与空调相关安全技术与管理	(200)
第一节 制冷与空调相关安全技术	(200)
一、安全用电有关事项	(200)
二、制冷焊接安全技术	(201)
三、制冷压力容器安全技术	(202)
四、气瓶安全综述	(204)
五、制冷与空调的高空作业与吊装	(205)
第二节 制冷与空调作业安全管理	(206)
一、系统操作注意事项	(206)
二、使用安全装置注意事项	(207)
三、使用制冷剂注意事项	(207)
四、突发事故处理	(208)
五、劳动防护	(208)
六、空调的防病防毒	(208)
 第七章 制冷与空调的事故急救与实例分析	(214)
第一节 制冷与空调的事故急救	(214)
一、中毒的现场急救	(214)
二、触电的现场急救	(215)
三、火灾、爆炸的急救	(223)
第二节 制冷与空调事故实例分析	(227)
 第八章 安全生产法律法规	(234)
第一节 安全生产法规的特征与作用	(234)
一、安全生产法规的特征	(234)
二、安全生产法规的作用	(235)

第二节 安全生产法规体系	(235)
一、《中华人民共和国宪法》	(236)
二、相关法律	(236)
三、安全生产行政法规	(237)
第三节 中华人民共和国安全生产法	(237)
第四节 上海市安全生产条例	(238)
 第九章 职业道德规范	(240)
第一节 职业道德的基本概念	(240)
第二节 制冷与空调作业人员职业道德	(241)
 附录	
附录一 制冷与空调作业常用单位换算表	(244)
附录二 R410A 饱和状态的压力与温度	(245)
附录三 R407C 饱和状态的压力与温度	(246)
附录四 R404A 饱和状态的压力与温度	(247)
附录五 R134a 饱和状态的压力与温度	(248)
附录六 R600a 饱和状态的压力与温度	(249)
附录七 R123 饱和状态的压力与温度	(250)
附录八 R23 饱和状态的压力与温度	(252)
附录九 上海市制冷与空调安全作业初训教学大纲	(253)
附录十 上海市制冷与空调安全作业复训教学大纲	(257)

第一章 制冷与空调安全作业的技术基础

【培训对象:所有制冷与空调作业人员】

第一节 制冷剂的安全应用

一、蒙特利尔议定书

1834年以来,用作制冷剂的材料有乙醚、二甲基乙醚、二氧化硫、二氧化碳等。后来逐渐被氟利昂制冷剂所取代。近年来,由于二氧化碳(CO₂)对大气臭氧层无破坏作用,同时又具有良好的传热性能,重新引起人们的广泛研究和重视。

1870年,人们选择氨(NH₃)作为制冷剂,从此在大型制冷机中NH₃被广泛应用。

18世纪后期,氟利昂(Freon,主要是含氟、氯、溴元素的卤族衍生物)开始作为制冷剂使用。1929~1931年间将CCl₂F₂作为制冷工质,取得良好的效果,而生产此物质的杜邦公司,将其标名为氟利昂12。

20世纪50年代开始使用了共沸混合制冷剂,20世纪60年代又开始应用非共沸混合制冷剂。到1963年,制冷剂生产已占有有机氟工业总产量的98%。

氟利昂制冷剂的种类很多,它们之间的热力性质有很大区别。但在物理、化学性质上又有许多共同的优点,所以,氟利昂得到迅速推广。

为了书写和表达的方便,制冷剂采用国际统一规定的标识符号,即由字母“R”(Refrigerant的第一个字母)和一组数字及字母构成,其数字则根据制冷剂的化学组成按一定规则编写。

详细的制冷剂标准符号可从表1-1中查得。

表 1-1 制冷剂的标准符号

代号	化学名称	分子式	代号	化学名称	分子式
卤代烃			非共沸混合制冷剂		
R10	四氯化碳	CCl ₄	R400	R22/114 (80/20)	
R11	一氟三氯甲烷	CFCl ₃	R401A	R22/152a/124 (53/13/34)	
R12	二氟二氯甲烷	CF ₂ Cl ₂	R401B	R22/152a/124 (61/11/28)	
R13	三氟一氯甲烷	CF ₃ Cl	R401C	R22/152a/124 (33/15/52)	
R13B1	三氟一溴甲烷	CF ₃ Br	R402A	R125/290/22 (60/2/38)	
R14	四氟化碳	CF ₄	R402B	R125/290/22 (38/2/60)	
R20	氯仿	CHCl ₃	R403A	R290/22/218 (5/75/20)	
R21	一氟二氯甲烷	CHFCl ₂	R403B	R290/22/218 (5/56/39)	
R22	二氟一氯甲烷	CHF ₂ Cl	R404A	R125/143a/134a (44/52/4)	
R23	三氟甲烷	CHF ₃	R405A	R22/152a/142b/C318 (45/7/5.5/42.5)	
R30	二氯甲烷	CH ₂ Cl ₂	R406A	R22/600a/142b (55/4/41)	
R31	一氟一氯甲烷	CH ₂ FCI	R407A	R32/125/134a (20/40/40)	
R32	二氟甲烷	CH ₂ F ₂	R407B	R32/125/134a (10/70/20)	
R40	氯甲烷	CHCl ₃	R407C	R32/125/134a (23/25/52)	

续上表

代号	化学名称	分子式	代号	化学名称	分子式
R41	氟甲烷	CHF_3	R408A	R125/143a/22 (7/46/47)	
R50 ^①	甲烷	CH_4	R409A	R22/124/142b (60/25/15)	
R110	六氯乙烷	CCl_3CCl_3	R410A	R32/125a (50/50)	
R111	一氟五氯乙烷	$\text{CCl}_3\text{CFCl}_2$	R411A	R1270/22/152a (1.5/87.5/11)	
R112	二氟四氯乙烷	$\text{CFCl}_2\text{CFCl}_2$	R411B	R1270/22/152a (3/94/3)	
R112a	二氟四氯乙烷	$\text{CF}_2\text{ClCCl}_3$	共沸混合制冷剂		
R113	三氟三氯乙烷	$\text{CF}_2\text{ClCFCl}_2$	R500	R12/152a (73.8/26.2)	
R113a	三氟三氯乙烷	CCl_3CF_3	R501	R22/12 (75/25)	
R114	四氟二氯乙烷	CFCl_2CF_3	R502	R22/115 (48.8/51.2)	
R114a	四氟二氯乙烷	$\text{CF}_2\text{Cl}_2\text{CF}_2$	R503	R23/13 (48.2/51.8)	
R114B2	四氟二溴乙烷	$\text{CF}_2\text{BrCF}_2\text{Br}$	R504	R32/115 (48.2/51.8)	
R115	五氟一氯乙烷	CF_2ClCF_3	R505	R12/31 (78.0/22.0)	
R116	六氟乙烷	CF_3CF_3	R506	R31/114 (55.1/44.9)	
R120	五氯乙烷	$\text{CHCl}_2\text{CCl}_3$	R507	R125/143a (50.0/50.0)	
R123	三氟二氯乙烷	CHCl_2CF_3	无机物制冷剂		
R124	三氟一氯乙烷	CHFClCF_3	R702	氢(正氢和仲氢)	H_2
R124a	四氟一氯乙烷	$\text{CHF}_2\text{CF}_2\text{Cl}$	R704	氦	He
R125	五氟乙烷	CHF_2CF_3	R717	氨	NH_3
R133a	三氟一氯乙烷	CH_2ClCF_3	R718	水	H_2O
R134a	四氟乙烷	$\text{CH}_2\text{F}_2\text{CF}_3$	R720	氖	Ne
R140a	三氯乙烷	CH_3CCl_3	R728	氮	N_2
R142b	二氟一氯乙烷	$\text{CH}_3\text{CF}_2\text{Cl}$	R729	空气	
R143a	三氟乙烷	CH_3CF_3	R732	氧	O_2
R150a	二氯乙烷	CH_3CHCl_2	R740	氩	Ar
R152a	二氟乙烷	CH_3CHF_2	R744	二氧化碳	CO_2
R160	氯乙烷	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Cl}$	R744	一氧化二氮	N_2O
R170 ^①	乙烷	CH_3CH_3	R764	二氧化硫	SO_2
R218	八氟丙烷	$\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CF}_3$	环状有机物制冷剂		
R290 ^①	丙烷	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	RC316	六氟二氯环丁烷	$\text{C}_4\text{F}_6\text{Cl}_2$
碳氢化合物制冷剂			RC317	七氟一氯环丁烷	$\text{C}_4\text{F}_7\text{Cl}$
R50	甲烷	CH_4	RC318	八氟环丁烷	C_4F_8
R170	乙烷	CH_3CH_3	不饱和烃制冷剂		
R290 ^①	丙烷	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$	R1112a	二氟二氯乙烯	$\text{CF}_2=\text{CCl}_2$
R600	丁烷	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	R1113	三氟一氯乙烯	$\text{CFCl}=\text{CF}_2$
R600a	异丁烷	$\text{CH}(\text{CH}_3)_3$	R1114	四氟乙烯	$\text{CF}_2=\text{CF}_2$
	乙烯	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$	R1120	三氯乙烯	$\text{CHCl}=\text{CCl}_2$
R1270 ^②	丙烯	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$	R1130	二氯乙烯	$\text{CHCl}=\text{CHCl}$
有机氧化物制冷剂			R1132a	二氟乙烯	$\text{CH}_2=\text{CF}_2$
R610	乙醚	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$	R1140	氯乙烯	$\text{CH}_2=\text{CHCl}$
R611	甲酸甲酯	HCOCCCH_3	R1141	氟乙烯	$\text{CH}_2=\text{CHF}$
脂肪族胺制冷剂			R1150	乙烯	$\text{CH}_2=\text{CH}_2$
R630	甲胺	CH_3NH_2	R1270	丙烯	$\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$
R631	乙胺	$\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$			

注:①甲烷、乙烷和丙烷按序号放在氟利昂类,但它们实际是碳氢化合物。

②乙烯、丙烯放在碳氢化合物类,但它们实际是不饱和有机物。

联合国环保组织于1987年9月16日在加拿大蒙特利尔市签署了《关于消耗大气臭氧层物质的蒙特利尔议定书》，国际上正式规定了逐步削减CFCs生产与消费的日程表。

我国政府于1992年正式宣布加入修订后的《蒙特利尔议定书》，并于1993年批准了《中国消耗大气臭氧层物质逐步淘汰国家方案》。为了加快淘汰步伐，逐步限制使用的时间表在不断地提前。到1995年12月在维也纳召开的《蒙特利尔议定书》缔约国第七次会议为止，国际上对CFCs和HCFCs物质限制日程表如下：

1. CFCs的制冷剂淘汰

对CFCs(例如CFC11, CFC12, CFC113, CFC114, CFC115等),规定对发达国家,从1996年1月1日起完全停止生产与消费;对发展中国家(CFCs人均消耗量小于0.3kg/年),最后的停用日期是2010年。

2. HCFCs的制冷剂淘汰

对HCFCs(例如HCHC22, HCFC142b, HCFC123等),规定对发达国家,从1996年起冻结生产量,2004年开始削减,至2020年完全停用;对发展中国家,从2016年开始冻结生产量,2040年完全停用。

二、制冷剂环境影响的评价指标

1974年,人们发现氟利昂在紫外线作用下会释放出氯离子,而氯离子会消耗地球周围热成层(Stratosphere,原名平流层)中的臭氧(O_3),臭氧是大气中具有微腥臭的浅蓝色气体,主要集中在地面20~25km的平流层内,科学家称此为臭氧层,它是地球上生命的保护伞,阻挡99%的紫外线辐射,使地球生物免遭紫外线的伤害。

臭氧层消减和南极上空臭氧层出现“空洞”的原因主要有两种:一是自然因素,太阳黑子爆炸产生的带电质子轰击臭氧层,使臭氧分解,加上气流的上升运动使南极上空的臭氧浓度降低;二是人为因素,制冷剂、发泡剂、灭火剂、消毒剂等向大气中排放了大量的氟利昂,在太阳紫外线的照射下,分解出氯原子,氯原子会夺取臭氧分子中的一个原子而使臭氧变成普通氧。

现已证实,大气臭氧层的消耗甚至出现空洞将会引起人们的皮肤癌、白内障等疾病的发病率上升;减退人类的免疫功能;引起农作物如大豆、棉花、玉米、甜菜等减产;会杀死水中微生物而破坏水生食物链,使渔业减产;腐蚀聚合物。给地球上的生物和人类带来一系列的危害。

此外,CFCs还是一种温室气体,它的大量排放会助长温室效应,加速全球气候变暖,这是地球面临的最严重的问题之一。

如何评价制冷剂对环境的破坏能力,主要考察下述三个指标:

(1)大气寿命。大气寿命是制冷剂散布到大气层中后,制冷剂能稳定存在时间的长短。

(2)臭氧耗损潜能(ODP)。臭氧耗损潜能是以R11(CFC11)为参照点的一个相对指标,以ODP作代表符号。常把R11的臭氧耗损潜能定为1,即R11的ODP=1。ODP值越大,则破坏臭氧层越厉害。

(3)温室效应潜能(GWP)。温室效应潜能也是以R11为参照点的一个相对指标,以GWP作代表符号。常把R11的温室效应潜能定为1,即R11的GWP=1。GWP值越大,则温室效应越厉害。

选用R11作为基准,其值规定为1.0。以前也曾经用二氧化碳作为基准,规定二氧化碳的值为1.0。两者的换算关系前者是后者的3500倍。

常见制冷剂的环保指标见表1-2。

表 1-2 常见制冷剂的环保指标

制冷剂代号	环保名称	大气寿命(年)	ODP(R11=1)	GWP(R11=1)
R11	CFC11	48~80	1.0	1.0
R12	CFC12	95~150	0.9~1.0	2.83.4
R13	CFC13	400	1.0	2.3
R14	CFC14	—	0	3
R113	CFC113	96~119	0.8~0.9	1.3~1.4
R114	CFC114	210~320	0.6~0.8	3.7~4.1
R115	CFC115	390~680	0.3~0.6	7.4~7.6
R500	CFC500	—	0.74	—
R501	CFC501	—	0.29	—
R502	CFC502	—	0.33	—
R503	CFC503	—	0.60	—
R504	CFC504	—	0.31	—
R505	CFC505	—	0.79	—
R506	CFC506	—	0.48	—
R22	HCFC22	15~23	0.04~0.06	0.32~0.37
R123	HCFC123	—	0.013~0.022	0.017~0.020
R124	HCFC124	—	0.016~0.024	0.092~0.10
R141b	HCFC141b	—	0.07~0.11	0.084~0.097
R142	HCFC142b	21~27	0.05~0.06	0.34~0.39
R32	HFC32	—	0	—
R125	HFC125	20~24	0	0.510.65
R134	HFC134	20~40	0	
R134a	HFC134a	8~11	0	0.3
R143	HFC143	—	0	—
R143a	HFC143a	—	—	0.39
R152a	HFC152a	2~3	—	0.03
R290	HC290	—	—	—
R600a	HC600a	—	0	0
R717	NH ₃	—	0	0
R718	H ₂ O	—	0	0

三、制冷剂按环保特征命名

为了区别各类氟利昂对臭氧的不同作用,1988 年美国杜邦公司首先提出用 CFCs 表示氯的氟化碳,CFCs 对大气臭氧层的破坏性最大。目前,这种表示方法已被接受。据此,人们将制冷剂按其环保特征进行命名(见表 1-3)。

表 1-3 制冷剂按其环保特征命名

CFC _s	氯氟烃	R11、R12、R13、等标示为 CFC11、CFC12、CFC13
HCFC _s	氢化氯氟烃	R22、R123 等标示为 HCFC22、HCFC123
HFC _s	氢化氟烃	R134a、R23 等标示为 HFC134a、HFC23
HC _s	碳氢化合物	R290、R600a 等标示为 HC290、HC600a
无机化合物		NH ₃ (R717)、CO ₂ (R 744)、H ₂ O(R718)等

1. CFC_s 制冷剂

CFC_s 制冷剂中含氯元素,对臭氧层具有最大的破坏作用,CFC_s 的排放会加剧地球的温室效应,像二氧化碳那样使地球温度升高,CFC_s 制冷剂的大气寿命长,甚至达几百年,属禁用的制冷剂。

2. HCFC_s 制冷剂

由于 HCFC_s 制冷剂中存在氢元素,可大大减弱其对臭氧层的破坏作用,所以目前还可以继续使用,属于过渡制冷剂。

3. HFC_s 制冷剂

HFC_s 制冷剂是无氯元素的制冷剂,不会对臭氧层产生破坏,故受到国际社会的重视,成为替代型制冷剂。

四、制冷剂的安全性

对操作人员来说,制冷剂的安全性是非常重要的。制冷剂的毒性、燃烧性和爆炸性是评价制冷剂安全程度的指标。

目前,各国都对制冷剂规定了最低安全标准,要求它对人体健康、食品等无损害。

过去,对制冷剂的安全性以毒性和可燃性来表示。最近,国际标准 ISO5149-93 和美国标准 ANSI/ASHBAE34-92 对制冷剂的安全分类作了较大的调整,将毒性与可燃性合在一起规定了 6 个安全等级,表 1-4 给出了这 6 个等级的划分定义。表 1-5 给出了部分制冷剂的安全分类。

表 1-4 ASHBAE34-92 以毒性和可燃性为依据的安全分类

可燃性 \ 毒性		TLVs 值确定或一定的系数,制冷剂体积分数 $\geq 4\times 10^{-4}$	TLVs 值确定或一定的系数,制冷剂体积分数 $< 4\times 10^{-4}$
无火焰传播	不燃	A1	B1
制冷剂 LFL $> 0.1\text{kg/m}^3$, 燃烧 $< 19000\text{kJ/kg}$	低度可燃性	A2	B2
制冷剂 LFL $\leq 0.1\text{kg/m}^3$, 燃烧 $\geq 19000\text{kJ/kg}$	低度可燃性	A3	B3
		低毒性	高毒性

注:TLVs:表示在此指标下可以在较长时间接触制冷剂而不至于产生不良反应;

LFL:为燃烧下限,即在指定的实验条件下,能够在制冷剂和空气组成的均匀混合物中传播火焰的制冷剂最小浓度,单位为 kg/m^3 。

表 1-5 部分制冷剂的安全分类

制冷剂代号	安全分类	制冷剂代号	安全分类	制冷剂代号	安全分类	制冷剂代号	安全分类
R11	A1	R32	A2	R134a	A1	R290	A3
R12	A1	R123	B1	R142b	A2	R500	A1
R22	A1	R124	A1	R143a	A2	R502	A1
R23	A1	R125	A1	R152a	A2	R600a	A3
R717	B2	R744	A1	R718	A1		

五、混合制冷剂

1. 共沸混合制冷剂的共性

共沸混合制冷剂是由两种或两种以上的纯制冷剂以一定的比例混合而成的。表 1-6 列出了目前使用的几种共沸制冷剂的组成和它们的沸点等特性。共沸制冷剂有下列特点:

(1)在一定的饱和压力下沸腾时,具有几乎不变的沸腾温度,而且沸腾温度一般比组成它的单组分的蒸发温度低,表现出与纯制冷剂相同的恒沸性质,即在沸腾过程中饱和压力不变,沸腾温度也不变。

(2)在一定的蒸发温度下,共沸制冷剂的单位容积制冷量比组成它的单一制冷剂的容积制冷量要大。

(3)共沸制冷剂的化学稳定性较组成它的单一制冷剂好。

(4)在全封闭和半封闭压缩机中,采用共沸制冷剂可使电动机得到更好的冷却,电动机绕组温升减小。

由上述特点可知,在一定的情况下,采用共沸制冷剂可使能耗减少。例如, R502 在低温范围内,即蒸发温度在 $-60\sim-30^{\circ}\text{C}$ 之间,能耗较 R22 低;而在高温范围内,蒸发温度在 $-10\sim+10^{\circ}\text{C}$ 区间时,能耗较 R22 高。因此,通常 R502 用在低温冷藏冷冻中,而 R22 用在空调系统中。

表 1-6 几种共沸制冷剂的特性

代号	组分	质量成分(%)	分子量	标准沸点 ($^{\circ}\text{C}$)	共沸点 ($^{\circ}\text{C}$)	各组分的标准沸点 ($^{\circ}\text{C}$)
R500	R12/152a	73.8/26.2	99.3	-33.5	0	-29.8/-25.0
R501	R22/12	84.5/15.5	93.1	-41.5	-41	-40.8/-29.8
R502	R22/115	48.8/51.2	111.6	-45.4	19	-40.8/-38.0
R503	R23/13	40.1/59.9	87.6	-88.0	88	-82.2/-81.5
R504	R32/115	48.2/51.8	79.2	-59.2	17	-51.2/-38.0
R505	R12/31	78.0/22.0	103.5	-30.0	115	-29.8/-9.8
R506	R31/114	55.1/44.9	93.7	-12.5	18	-9.8/3.5
R507	R125/143a	50.0/50.0	98.9	-46.7	-	-48.8/-47.7

2. 非共沸混合制冷剂的共性

非共沸混合制冷剂没有共沸点。在定压下蒸发或凝结时,气相和液相的成分不同,温度也在不断变化。

图 1-1 为非共沸制冷剂的温度-浓度($T-\xi$)图。由图可见,在一定的压力下,当溶液加热时,首先到达饱和液体点 A,此时所对应的状态称为泡点,其温度称为泡点温度。若再加热到达点 B,即进入两相区,并分为饱和液体(点 B_1)和饱和蒸气(点 B_g)两部分,其浓度分别为 ξ_{b1} 和 ξ_{b2} 。继续加热到点 C 时,全部蒸发完,成为饱和蒸气,此时所对应的状态称为露点,其温度称为露点温度。泡点温度和露点温度的温差称之为温度滑移。在露点时,若再加热就成为过热蒸气。

非共沸混合制冷剂在定压相变时温度要发生变化,定压蒸发时温度从泡点温度变化到露点温度,定压凝结则反之。非共沸混合制冷剂的这一特性被广泛用在变温热源的温差匹配场合,实现近似的劳伦兹循环,以达到节能的目的。

与其他混合物一样,混合制冷剂具有各纯质制冷剂性质近似和平均的性质。可以利用混合