

# 环境保护署第 608 条 筹备手册

第九版 V2



esco institute



本手册由 ESCO INSTITUTE 开发  
伊利诺伊州芒特普罗斯佩克特 60056

能源服务公司研究所  
邮政信箱 521  
伊利诺伊州芒特普罗斯佩克特 60056

电话:(800) 726-9696 网站: 传真:(800) 546-3726  
www.escogroup.org 电子邮件:customerservice@escogroup.org

版权所有 © 2019 ESCO 研究所  
版权所有

美国印刷  
ISBN 1-930044-60-7

未经作者书面许可,不得复制、存储在检索系统中或以任何方式(电子、机械、影印、录制或其他方式)传输本手册的任何部分。对于使用本文所含信息,不承担任何专利责任。尽管在编写本书时已采取一切预防措施,但作者和出版商对错误或遗漏不承担任何责任。对于因使用本文所含信息而造成的损害,也不承担任何责任。



**免责声明:**处理和购买受管制的制冷剂必须通过 EPA 第 608 条认证考试。

608 认证并不表明个人作为安装人员或服务技术人员的能力,也不能取代参加此项考试之前应接受的正规培训。

目录

介绍	1
联邦法规	1
在你开始之前	1
考试概述	1
测试格式	2
蒸汽压缩制冷循环	3
如何使用压力-温度图	4
制冷服务	4
压力表歧管套件	4
参加多项选择题考试的技巧	5
核	6
平流层臭氧损耗	6
全球变暖潜能值	6
制冷剂特性及识别	7
泡点和露点	8
低压、中压、高压和超高压	8
冷冻油	8
蒙特利尔议定书和清洁空气法案	9
恢复	11
恢复设备	11
泄漏检测	12
脱水	12
安全/一般信息	十三
安全/气缸	14
船运	14
制冷剂特性表	15
I类认证	16
回收设备	16
恢复要求	16
恢复技术	17
安全	18
第二类认证	19
系统分类	19
确定系统充电	19
泄漏修复要求	19
泄漏修复时间范围	19
第 608 条泄漏修复规定	20
保持记录中	21
泄漏检测	21
恢复技巧:恢复之前	21
恢复技术:增强流程	21
恢复技术:恢复期间所需的疏散级别	22
制冷系统液体管路配件	22
制冷系统吸入管路和压缩机配件	23
系统疏散	23
系统充电和压力-温度图	23
III 类认证	24
泄漏检测	24
泄漏修复要求	24
恢复技术	二十五
恢复要求	二十六
充电技巧	二十六
安全	二十六
饱和度图表	封底

本手册旨在帮助技术人员准备环境保护署 (EPA) 第 608 条认证考试,其中包含成功完成考试所需的信息。本书可作为复习《清洁空气法》第 608 条相关材料的指南,并非正式的制冷培训课程。准备参加此项考试的技术人员应熟悉基本的蒸汽压缩制冷循环以及常见的服务原理、实践和程序。

本手册是根据出版时可用的最新信息编写的。

如果 EPA 法规在技术人员获得认证后发生变化,技术人员有责任遵守这些变化。EPA 还保留根据技术进步修改测试问题和/或要求新认证或重新认证的权利。ESCO 研究所将根据需要更新本手册,以反映当前的 EPA 法规和测试要求。

### 联邦法规

《清洁空气法》第 608 条要求所有维护、维修、修理或处理含有受管制制冷剂的设备的人员必须获得国家回收和减排计划要求的正确制冷剂处理技术认证。目前受管制的制冷剂包括:CFC、HCFC、HFC 和 HFO 制冷剂。

如果您维护、维修、修理或处置含有受管制制冷剂的设备,则必须获得认证。**您不能在他人认证下工作。**

### 在你开始之前

除了本备考手册外,还提供练习题以帮助您准备 EPA 第 608 条考试。您可以在 ESCO 网站 [www.escogroup.org/practice](http://www.escogroup.org/practice) 免费获取这些练习题。

如果您的考试是在 ESCO 认可的考试地点进行的,您将能够登录 ESCO 网站 [www.escogroup.org](http://www.escogroup.org) 查看您的考试结果、订购替换认证卡、更新您的信息(即地址)、退出公共认证注册表、订购其他培训材料等。如果您对认证有任何疑问,您也可以在周一至周五上午 8:00 至下午 5:00 (中部时间)拨打 1-800-726-9696 联系我们的客户服务团队。

请注意:如果您参加以纸质形式(即 Scantron 答题纸)进行的考试,我们的评分中心需要 5-7 个工作日才能收到您的试卷并进行处理。

### 考试概述

技术人员认证分为四 (4) 个类别:

核心。需要获得四个级别中的任意一个级别的认证。

类型 I。维护、维修、修理或处理小家电的人员必须获得类型 I 技术人员认证。小家电是指预组装、密封且工厂充入 5 磅或更少制冷剂的设备。例如饮水机、窗式空调、冰箱、冰柜、除湿机、家用制冰机和终端空调等设备。

分体式系统不属于 I 型。

II 类。维护、维修、修理或处理含有超过 5 磅制冷剂的电器的人员,或如果安装此类设备需要充注制冷剂,则必须获得 II 类技术人员认证。II 类认证不包括小型电器或机动车空调 (MVAC) 系统。

III 类。维护、维修、修理或处理离心式和冷却器等低压设备的人员必须获得 III 类技术人员认证。低压设备使用低压制冷剂,压力为 30 psig 或更低,液相温度为 104°F。根据 EPA 第 608 条规定,冷却器中使用的 HCFC-123 是一种“低压制冷剂”,用于替代 CFC-11。

通用。维护、保养或修理低压和高压设备以及小型电器的人员将被认证为通用技师。

### 测试格式

测试包含四个部分:核心部分以及第 I、II 和 III 部分。每个部分包含二十五 (25) 道多项选择题。技术人员必须在其要获得认证的每个组/部分中取得至少 70% 的及格分数。例如,寻求通用认证的技术人员必须在测试的每个部分中取得至少 70% 的分数,即 25 道题中答对 18 道。如果技术人员未通过一个或多个部分,他们可以重考未通过的部分,而无需重考他们获得及格分数的部分。同时,技术人员将获得其获得及格分数的类型认证。有一个例外;技术人员必须在核心部分和任何一种类型中取得及格分数才能获得任何认证。

核心部分包含 25 道常识性问题,涉及平流层臭氧消耗、《清洁空气法》的规则和条例、《蒙特利尔议定书》、制冷剂回收、再循环和再利用、回收设备、替代制冷剂和油、回收技术、脱水、回收气瓶、安全和运输。类型 I 包含 25 道与小型家电相关的行业特定问题。类型 II 包含 25 道与中高压家电相关的行业特定问题,类型 III 包含 25 道与低压家电相关的行业特定问题。

联邦法规要求,此项考试必须由授权考试管理员(监考员)以闭卷考试的形式进行。考试期间唯一允许携带的外部材料是压力-温度 (PT) 图表和计算器。考试期间不得使用手机,并且必须关闭手机并将其收好(不得放在桌面上)。使用任何其他电子通信设备,或试图复制、分发、公开发布、分享考试问题的照片等,都可能导致认证被吊销,并将被报告给美国环保署。

检查时需要提供某些个人信息。技术人员应准备提供以下信息:

- 照片身份证明(监考人员会要求提供此信息以验证您的身份 这是必需的。)
- 社会保障号码(仅用于身份识别目的。)
- 家庭/邮寄地址
- 出生日期
- 电话号码
- 电子邮件地址

根据要求,所有考试参与者都将按姓名、城市和州以及所获认证情况进行在线注册/查询。(公共注册表中不会包含任何个人信息。)技术人员可以通过登录 ESCO 网站 [www.escogroup.org](http://www.escogroup.org) 或致电客户服务热线 800-726-9696 退出此注册表。

技术人员应仔细研究核心内容和与认证类型相关的部分,以便获得及格分数。可在网上找到免费的 EPA 模拟考试: [www.escogroup.org/practice](http://www.escogroup.org/practice)。模拟考试旨在为考生提供他们可能在考试中遇到的问题类型的样本,并非唯一的学习资源。



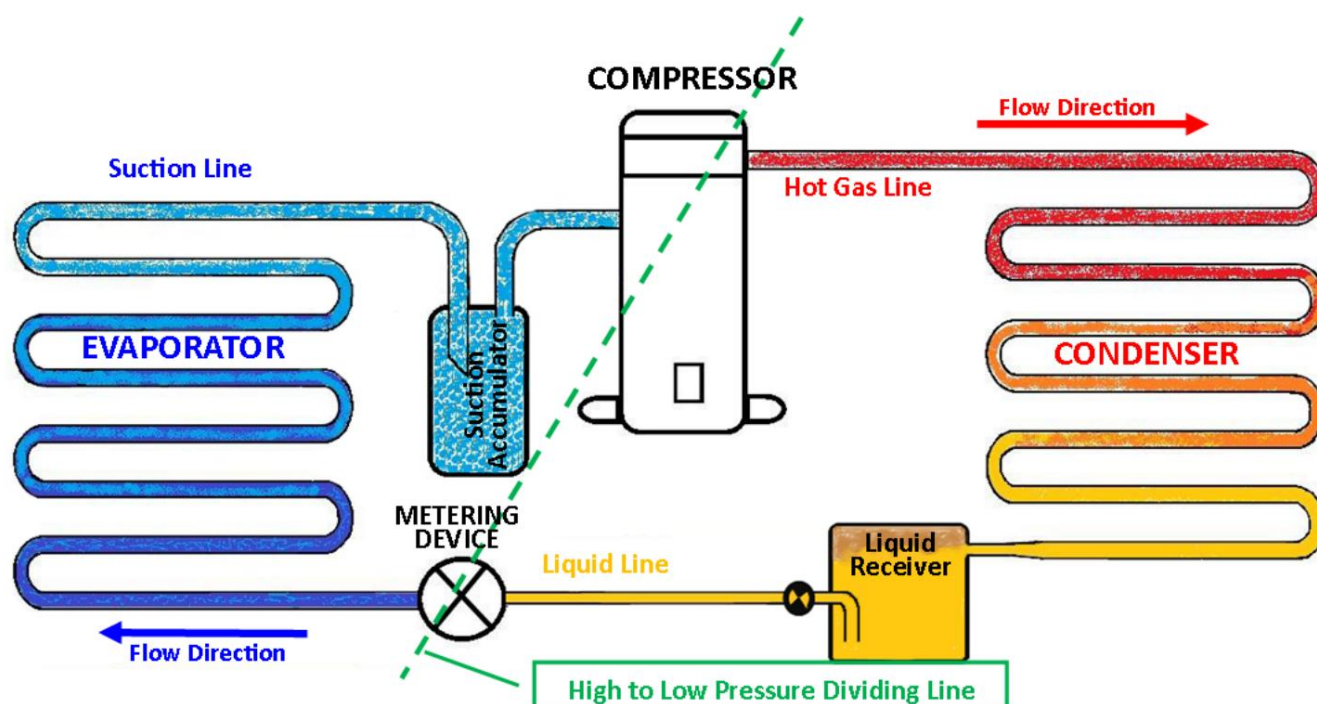


图 1. 蒸汽压缩制冷循环。

### 蒸汽压缩制冷循环

压缩机是蒸汽压缩制冷循环的核心,如图 1 所示。低压、低温、过热的制冷剂蒸汽进入压缩机并被压缩,变成高压、高温、过热的蒸汽。然后,它移动到冷凝器,在那里部分热量被去除,过热度降低并冷凝成液体。在以高压液体离开冷凝器之前,液体制冷剂被过冷到液体饱和温度以下的某个点。然后,它以高压过冷液体的形式流向计量或膨胀装置。当制冷剂流过计量装置时,液体的压力会降低,导致一小部分液体闪蒸成蒸汽(闪蒸气),从而将剩余制冷剂的温度降低到其饱和温度。低压、低温制冷剂以低温饱和制冷剂的形式流入蒸发器。当制冷剂吸收热量时,它会蒸发成低温蒸汽。这种蒸发过程称为直接膨胀。在此过程中,制冷剂蒸汽被加热至饱和温度以上,然后进入吸入管路。从吸入管路,制冷剂以低压、低温、过热蒸汽的形式进入压缩机,重复该循环。压缩机和计量装置是系统低压侧和高压侧的分界点。

基本图中显示的附件是液体接收器和吸入蓄能器。这些组件的使用取决于系统设计和/或所用计量装置的类型。使用恒温膨胀阀 (TEV) 的系统通常配备位于液体管线中的接收器,紧接在冷凝器后面。使用恒温膨胀阀 (TEV)、毛细管或固定孔计量装置的系统可能配备位于吸入管线中的蓄能器,以防止液体进入压缩机。

系统可能配有维修阀、检修阀或工艺短管,以便维修。系统运行时,切勿将维修阀置于前座(将阀杆顺时针旋转到底)。

必须将阀门回座(尽可能逆时针旋转阀杆)以拆除服务歧管软管之前,请关闭服务或压力表端口。

### 如何使用压力-温度 (PT) 图表

压力-温度 (PT) 图表提供了 HVACR 行业中使用的制冷剂的压力-温度关系,图 2。图表基于制冷剂蒸发和冷凝的饱和特性。必须存在液体才能匹配关系。例如,PT 图表将指示在 70°F 下包含 1 盎司或 10 磅液体 R-410A 的气缸的压力为 201 psig。

同样,可以通过将制冷剂类型的工作吸入压力或高压侧压力与相应温度进行比较来找到蒸发器或冷凝温度。

F°	R-410A PSI	R-22 PSI	R-134A PSI
0°	48	24	6
20°	78	43	18
40°	118	69	35
60°	170	102	57
70°	201	121	71
80°	236	144	87
100°	318	196	124

图 2. 压力-温度图。

### 制冷服务

当油压和制冷剂蒸汽压之间存在差异时,制冷剂将迁移到压缩机的曲轴箱并与油混合。压缩机曲轴箱加热器用于帮助防止这种制冷剂迁移。

当设备出现泄漏或主要部件故障时,应采集油样。当怀疑存在水分、酸、油泥形成、油蜡或烧坏产生的残留酸性油时,也应采集制冷剂油样。

查找并修复系统中的泄漏将在维修设备时节省制冷剂。不建议在烧坏后用液态制冷剂冲洗现场管道以清洁管道,这是违法的。

进行大修后,应将系统抽真空至最低 500 微米,以对设备进行脱水。对于使用 POE 油的 HFC 制冷剂或任何其他制冷剂系统,都需要达到此最低水平。在任何情况下,当系统处于真空状态时,都不应运行密封压缩机;电弧可能会烧毁压缩机内的端子。

### 压力表歧管套件

对于 HVACR 技术人员来说,最重要的工具之一是压力表歧管组,如图 3 所示。左侧的低压复合压力表 (蓝色)和右侧的高压压力表 (红色)连接到歧管以测量系统压力。

软管用于将歧管连接到制冷系统的接入口或服务阀,以获取系统压力。软管也采用颜色编码以匹配仪表。

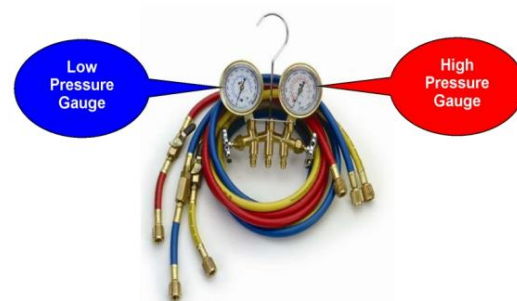


图 3. 压力表歧管组。

复合压力表测量低压侧系统压力（单位为磅/平方英寸表压 (psig)），真空度（单位为英寸汞柱 (Hg)）。高压表测量高压侧

（排放）压力。大多数高压表的范围为 0 至 800 psig。歧管还配备一个中心端口（通常是黄色软管），可用于回收、抽空和充电连接。



图4. 数字歧管和温度套件。

电子歧管可能具有组合温度探头来测量制冷剂管线温度，以计算系统过热和过冷，图 4。

EPA 建议软管配备低损耗配件或手动关闭或自动关闭的阀门，以尽量减少软管断开时制冷剂的损失。用于维修和回收设备的软管必须配备低损耗配件。

在连接或断开软管进行维修或回收时，少量制冷剂的泄漏被视为微量泄漏，并不被视为违法。



**警告：**压力表歧管和软管必须具有额定压力才能处理所使用的制冷剂。

## 参加多项选择题考试的技巧

EPA 第 608 条考试是多项选择题考试。请查看下面列出的策略，以帮助您在考试中取得最佳成绩。

**一定要复习一下你的备考手册。**无论你是否上过课，复习一下你的备考手册都是个好主意。这本书中可能有一些信息是课堂上没有复习过的。

**尝试参加模拟考试。**虽然练习题不会提供考试中会出现的确切问题，但它们可以帮助您准备多项选择题考试，并让您了解考试中可能出现的内容。

**在选择答案之前，请通读整个问题。**在阅读和选择答案选项之前，请仔细阅读问题，这将确保您更好地理解问题。

**选择答案前，请阅读所有答案选项。**选择答案前，请务必阅读所有答案选项。有时，阅读完所有答案选项后，看似正确的答案可能并非如此。

**先回答你知道的问题。**通读并回答你知道的问题，这样你就可以回过头来集中精力回答你不确定的问题。

**如果您不确定答案，请使用排除法。**通读并排除您 100% 确定不正确的答案选项。这将帮助您限制答案选项。

**坚持你的第一个答案选择。**你的第一个答案选择通常是正确的。（并非总是如此，但通常如此。）尽量不要怀疑自己并改变所有答案。





## 核心:四个级别认证中任意一个级别都需要。

### 平流层臭氧损耗

平流层臭氧有助于形成地球的保护盾。臭氧层保护地球免受太阳紫外线的辐射。臭氧耗竭潜能值 (ODP) 衡量物质破坏平流层臭氧的能力。平流层臭氧耗竭是一个全球性问题,影响着地球上的每个人。平流层臭氧层变薄和破坏的最严重后果之一是人类皮肤癌发病率增加。平流层臭氧层破坏对人类健康的另一个影响是白内障病例增加。平流层臭氧耗竭还会对环境产生影响,导致农作物产量下降和海洋生物受损。

关于臭氧层损耗的问题一直存在争议。一些人认为平流层中的氯来自火山喷发等自然来源。然而,从喷发火山上空采集的空气样本显示,与含氯制冷剂向大气中添加的氯量相比,火山向大气中添加的氯量微乎其微。此外,过去四十年中平流层中测量到的氯含量的增加与氟含量的增加相吻合,而氟的自然来源与氯不同。

此外,美国宇航局和其他机构在过去二十年中测量到的平流层氯含量的增加与同期氟利昂和氟氯烃排放量的增加相吻合。证据很明显,含氯制冷剂已经改变了自然平衡,从而消耗了臭氧层。

平流层中的臭氧由含有 3 个氧原子的分子  $O_3$  组成。

氯是 CFC 或 HCFC 分子中导致臭氧消耗的元素。当氯原子遇到臭氧分子时,它会夺走臭氧的 3 个氧原子之一,形成一种称为一氧化氯(ClO)的化合物,并留下一个氧气  $O_2$  分子,图 5。一氧化氯将与另一个臭氧分子碰撞,释放其氧原子,形成两个  $O_2$  分子,

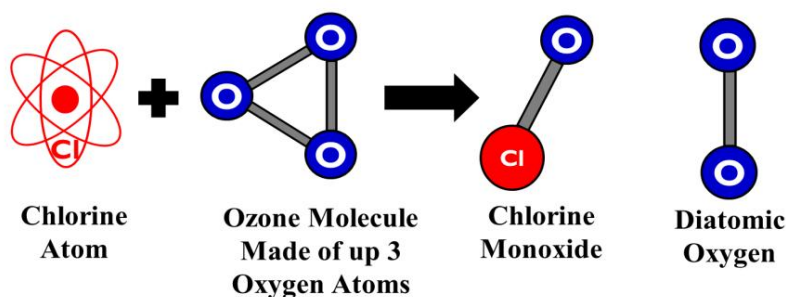


图 5. 氯/臭氧。

氯原子可以自由地攻击其他臭氧分子。一个氯原子可以在平流层中存在 120 年,最多可破坏 100,000 个臭氧分子。

与其他氯化物和天然存在的氯不同,CFC 和 HCFC 中的氯既不会溶于水,也不会分解成溶于水的化合物,因此它们不会从大气中降落。

HFC 由氢、氟和碳组成。它们不含影响臭氧层的氯,但大多数 HFC 具有较高的全球变暖潜能值 (GWP)。

### 全球变暖潜能值

全球变暖潜能值 (GWP) 的制定是为了比较不同气体在一段时间内对全球变暖的影响。二氧化碳 ( $CO_2$ ) 是全球变暖潜能值的基准测量值,其值为 1。大多数 HFC 制冷剂 (例如 R-410A) 的全球变暖潜能值比二氧化碳高出数千倍。与 CFC、HCFC 和 HFC 相比,碳氢化合物 (HC) 和氢氟烯烃 (HFO) 制冷剂的全球变暖潜能值最低。

与 R-134a、R-407C、R-404A 和 R-410A 等 HFC 的全球变暖潜能值相比,异丁烷 (R-600a)、丙烷 (R-290) 和 R-441A 的全球变暖潜能值明显较低。

氢氟烯烃 (HFO) 制冷剂不消耗臭氧层,全球变暖潜能值极低,非常适合 HVACR 设备。大多数 HFC 具有极高的全球变暖潜能值,这一特性使其对环境造成破坏。

### 制冷剂特性及识别

制冷剂可以通过类型 (CFC、HCFC、HFC、HFO、HC) 和美国采暖、制冷与空调工程师协会 (ASHRAE) 编号或 “R” 加 ASHRAE 编号来识别, 例如 HFC-134a 或 R-134a。

ASHRAE 根据制冷剂对人体的毒性程度, 将其分为 A 类 (最安全) 或 B 类。可燃性用 1 (不可燃)、2 (低可燃性) 或 3 (高可燃性) 表示, 如图 6 所示。

氯氟烃 (CFC) 制冷剂具有最高的臭氧消耗潜能值 (ODP), 对平流层臭氧的危害最大。CFC 制冷剂含有氯、氟和碳。氯是对平流层臭氧构成威胁的成分。CFC 制冷剂的例子包括 R-11 和 R-12。



Safety Group		
	Higher	
	High Flammability	A3 B3
	Low Flammability	A2 B2
	Slight Flammability	A2L B2L
	Low	
	No Flammability	A1 B1
		Low Toxicity Higher Toxicity
		

图 6. ASHRAE 安全组。

氢氯氟烃 (HCFC) 制冷剂含有氢、氯、氟和碳。与 CFC 相比, 氢使它们对平流层臭氧的危害略小。R-22 和 R-123 是 HCFC 制冷剂的例子, 它们的臭氧消耗潜能值大于零, 介于零和一之间。

氢氟碳化物 (HFC) 制冷剂含有氢、氟和碳原子, 这些原子之间通过单键连接。HFC 的臭氧消耗潜能值最低/为零, 但确实会对全球变暖产生影响。HFC 制冷剂不含氯。HFC 的例子有 R-134a、R-410A、R-404A、R-407C 和 R-422B。

氢氟烯烃 (HFO) 制冷剂含有氢、氟和碳原子, 碳原子之间至少有一个双键连接。HFO 没有臭氧消耗潜能值, 但对全球变暖的影响非常小。HFO 的可燃性比碳氢化合物制冷剂低, 但大多数仍具有轻微可燃性, 因此被归类为 A2L。HFO 制冷剂含有氟, 因此可燃性比碳氢化合物制冷剂低。HFO 制冷剂可与 POE 润滑剂混合。R-1234yf 是一种用于冷水机组的 HFO 制冷剂。

碳氢化合物 (HC) 制冷剂是氢和碳的基本化合物。虽然易燃, 但这些制冷剂对环境的危害最小。HC 没有臭氧消耗潜能值, 对全球变暖的影响非常小, GWP 值小于 10。异丁烷 (R-600a) 和丙烷 (R-290) 是 HC 的例子。一些 HC 制冷剂被认为是天然制冷剂。



注意: 烧烤用的丙烷气瓶绝不能用作制冷剂, 因为它们含有可能损坏制冷设备的杂质。

共沸制冷剂混合物含有两种或两种以上的制冷剂。在一定压力下, 共沸混合物在恒定温度下蒸发和冷凝。它在整个范围内的作用类似于单一成分的制冷剂。因此, 共沸混合物的作用类似于纯化合物。

非共沸或共沸制冷剂混合物是由沸点不同的成分混合而成。这种混合物是制冷剂的混合物。混合物可以是二元（两部分）或三元（三部分）。

混合制冷剂通常具有所谓的“温度滑移”。这是因为混合部件在相同饱和温度下具有不同的压力。温度滑移范围可以从零点几度到 12 度或更高。

#### 泡点和露点

非共沸混合物和一些近共沸混合物使用气泡点和露点来指示压力-温度图上的冷凝和蒸发温度。当通过冷凝器过冷进行充电时,使用气泡点（液体）值。当通过吸入或蒸发器过热进行充电时,使用露点（蒸汽）值。压力和温度的关系基于制冷剂的温度滑移。

R-400 系列制冷剂是近共沸混合物,由于蒸汽压力不同,可能会以不均匀的速率从系统中泄漏,从而影响系统中剩余的每种制冷剂的百分比。R-400 系列混合制冷剂的正确充注方法是制冷剂以液体形式称重后注入系统的高压侧。当向充注不足的系统添加制冷剂时,液体制冷剂会在系统运行时被节流到低压侧。

在发生泄漏的系统中,使用混合制冷剂令人担忧。制冷剂可能会发生分馏（由于蒸汽压力不同,制冷剂泄漏速度不均匀）。R-407C 是一种具有高温滑移的制冷剂,可能容易发生分馏。即使压力-温度关系和操作特性可能几乎相同,但制冷剂不能互换。虽然两种制冷剂的饱和压力-温度行为可能相似,但也必须考虑制冷剂氧化铜管的可能性。由于某些 HC 和 HFO 具有可燃性,因此必须设计设备来处理制冷剂。因此,EPA 根据类型和用途规定了新系统中可使用的最大制冷剂量。

当改造或转换系统以使用不同的制冷剂时,只能使用 EPA 批准的替代品。请记住,EPA 不批准任何替代制冷剂作为 R-22 或任何其他系统的直接替代品。

**低压、中压、高压和超高压**为了更好地定义泄漏率和服务恢复水平,EPA 列出了 104°F 冷凝温度下四种液相压力范围的制冷剂。

低压制冷剂在液相温度为 104°F 时压力为 30 psig 或更低。  
例如: CFC-11、HCFC-123、HFC-245fa、HFO-1233zd

中压制冷剂在液相温度为 104°F 时压力在 30 psig 至 155 psig 之间。

例如: CFC-12、HCFC-124、HCFC-409A、HFC-134a、HC-600a、HFO-1234yf、HFO-1234ze

高压制冷剂在液相温度为 104°F 时的压力在 155 psig 和 340 psig 之间。  
例如: HCFC-22、HFC-404A、HFC-407C、HFC-422B、HFC-422D、HFC-410A、HC-441A、R-717

超高压制冷剂在液相温度为 104°F 时压力超过 340 psig。  
例如:二氧化碳 (R-744)

#### 冷冻油

大多数 HCFC 二元（两部分）和三元（三部分）混合物使用合成烷基苯润滑油。当将 HCFC 设备改装为 HFC 制冷剂或使用新制造的系统时,最常使用合成多元醇酯油。酯基油不能与任何其他类型的油混合。

在将 HCFC 系统改装为 HFC 制冷剂之前,必须先从系统中去除其他类型的油,然后再添加酯基油。使用酯基油时必须小心;它们吸湿性很强,会从空气中和一些容器中吸收水分。

《蒙特利尔议定书》和《清洁空气法》美国是《蒙特利尔议定书》的缔约国,该议定书是一项针对臭氧消耗物质及其替代品的国际条约。为了防止对平流层臭氧层的破坏,美国正在逐步淘汰或已经逐步淘汰对环境有害的氯氟烃 (CFC)、氢氯氟烃 (HCFC) 和其他制冷剂。

《清洁空气法》第 608 条规定了 HVACR 行业中制冷剂处理的规则 and 规定。第 608 条认证允许技术人员购买或处理受管制的制冷剂。销售 HCFC、HFC 或其他受管制制冷剂的分销商必须核实购买者是否是第 608 条认证的技术人员或雇用了该技术人员。

任何违反制冷剂回路的行为 (包括拆除制冷剂或更换含有受管制制冷剂的部件)都必须获得适当级别的认证,并拥有所需类型的回收设备。在设备维护、保养、维修或处置过程中故意释放 CFC、HCFC 或 HFC 制冷剂属于违法行为。技术人员在执行第 608 条规定的活动时必须随身携带第 608 条认证卡。如果技术人员的第 608 条认证卡丢失,可向其认证机构 (而非 EPA)申请补发。

维修外部电路或不涉及 HVACR 设备制冷剂组件的系统部分时,无需成为第 608 条认证技术人员。

《清洁空气法》(EPA 法规)允许释放豁免制冷剂 (例如氨和 CO<sub>2</sub>)或少量制冷剂,与氮气 (泄漏痕量气体)混合,用于泄漏检测。截至 2017 年,技术人员因违反《清洁空气法》(包括故意从设备中释放非豁免制冷剂)每次违规可被罚款 44,539 美元/天。违反《清洁空气法》规定的服务技术人员可能会被吊销认证,并被处以罚款和出庭。技术人员获得认证后,有责任遵守法律或 EPA 法规的任何未来变化。州和地方政府可能会制定比《清洁空气法》/EPA 法规更严格的法律。

美国环保署的重要新替代品政策 (SNAP) 计划确定了对人类健康和环境总体风险较低的制冷剂。

美国将在 2020 年逐步淘汰新制造的 R-22 和 HCFC-142b 的生产和进口。在 2030 年淘汰所有 HCFC 制冷剂后,用于设备维修的这些制冷剂的供应将来自回收和再生气体。在淘汰这些制冷剂后,维修使用 CFC 或 HCFC 的系统并不违反《清洁空气法》下的制冷剂管理规定。

根据 EPA 规定,回收的制冷剂必须符合 AHRI 标准 700 才可以转售。技术人员只能将使用过的 CFC、HCFC 或 HFC 制冷剂重新注入同一设备或同一所有者拥有的另一台设备中。使用过的制冷剂可能不再符合 AHRI 原始制冷剂标准,因此如果不回收,就不能更改所有者。

所有 CFC、HCFC、HFC 和 HFO 制冷剂回收设备必须符合 EPA 标准。回收设备必须根据 AHRI 标准 740 进行测试。回收机可能能够回收一种或多种类型的制冷剂。

干燥剂除湿机不包含制冷剂,因此不受 EPA 第 608 条法规的约束。

自带回收装置无需设备内部件的帮助即可从设备中除去制冷剂。依赖设备内压缩机和/或设备内制冷剂压力的回收设备被视为系统依赖型。

为了更容易地回收制冷剂,EPA 法规要求没有服务阀的设备必须配备服务孔或工艺短管。

在处理含有 5-50 磅制冷剂的设备时,EPA 不要求技术人员 (或雇用技术人员的公司)记录设备的型号和序列号。但是,必须保留的记录包括:

- 回收制冷剂的类型
- 制冷剂数量 (按类型)
- 每个月从废弃电器中回收的数量
- 送去回收或销毁的制冷剂数量 (按类型)。

EPA 的制冷剂管理条例免除了某些制冷剂的排放禁令。如果 EPA 确定某种制冷剂即使排放也不会对环境构成威胁,则可以免除这一禁令。某些天然制冷剂 (例如二氧化碳)可以由未获得第 608 条认证的人购买。

维护现有的 R-22 系统并使用现有的 R-22 供应是合法的。用另一种制冷剂 (如 R-410A)补充 R-22 是不合法的。用一种制冷剂补充另一种制冷剂可能会导致设备保修失效、破坏制冷剂、损坏设备并导致严重的人身伤害或死亡。

丢弃任何一次性 CFC、HCFC、HFC 或 HFO 气瓶时,应回收所有剩余的制冷剂,使气瓶变得无用,并回收金属。

在打开或处理任何含有氯氟烃 (CFC)、氢氯氟烃 (HCFC) 或氢氟烃 (HFC) 制冷剂的设备之前,请将制冷剂回收至 EPA 批准的回收或排放水平。根据第 608 节“安全处置要求”,处置链中的最后一个人有责任确保在处置家用冰箱或其他设备之前已清除其中的任何 CFC、HCFC 或 HFC 制冷剂。

在设备维护、保养、维修、故意破坏、盗窃或处置过程中故意释放 CFC、HCFC、HFC 或 HFO 制冷剂是违法的。在未正确排空设备的情况下切断管线时排放制冷剂违反了排气禁令。使用后从回收机或回收罐中排出制冷剂也是违法的。必须保留回收制冷剂的记录,以确保从设备回收后不会发生排气。

家用冰箱中使用的少量异丁烷可以排放。向充满氮气的电器中添加氮气以检查电器泄漏,由此产生的氮气和制冷剂混合物被视为违反排放禁令。只有几盎司与氮气混合的制冷剂被视为泄漏痕量气体,可以不经回收而排放。



## 恢复

回收、再循环和再生的过程听起来相似,但实际上却有很大不同。

回收是指从系统中取出任何条件下的制冷剂并将其存储在经批准的回收罐或容器中。回收的制冷剂可以注入同一系统、同一所有者的另一个系统,或运送到经批准的回收商。

回收是指从设备 (机动车空调或 MVAC 除外)中提取制冷剂并清洁制冷剂,以便在同一所有者的设备中重复使用,而无需满足所有回收要求。一般而言,回收的制冷剂是使用油分离和单次或多次通过设备 (例如可更换的核心过滤器干燥器)进行清洁的制冷剂,这些设备可减少水分、酸度和颗粒物。回收的制冷剂可以装入同一系统或同一所有者的另一个系统中。回收设备必须符合 AHRI 740 性能评级标准。

回收是指将制冷剂加工至与化学分析确定的全新 (原始)产品规格相同的水平。回收的制冷剂必须符合 AHRI 700 标准,才能出售。这通常在化学加工公司进行。

## 回收设备 1993 年 11 月

15 日以后生产的制冷剂回收和/或再循环设备必须经过 EPA 认可的设备测试机构的认证和标记,才能符合 EPA 标准。所有新回收设备都必须贴有 EPA 认可的认证标签。

回收装置有两种基本类型:“系统依赖型”(被动型)在回收制冷剂的设备组件的帮助下捕获制冷剂,图 7。

“自给式”(主动式),具有自己的装置将制冷剂从设备中抽出,图 8。



图 7.12 盎司或更少的被动恢复袋。



图 8. 主动恢复装置。图片由 Appion Inc. 提供。

如果设备位于低环境温度下或在设备和回收机之间使用长软管,则回收时间将会增加。应避免在设备和回收机之间使用长而小直径的软管,因为它们会导致过度压降并增加回收时间。

回收装置和制冷系统之间的制冷剂液体传输完成后,应防止液态制冷剂滞留在关闭的服务阀之间的服务软管中。

技术人员必须为每种回收的制冷剂配备单独的制冷剂回收罐,并且应为已知混合的制冷剂配备单独的回收罐。如果维修使用 HFC-134a、HFC-410A 和 HCFC-22 的系统,则需要三个回收罐,即使其中两个是 HFC。回收时不要将制冷剂混合在同一个容器中,因为混合的制冷剂可能无法回收,并且销毁它们可能会增加成本。

技术人员只能将使用过的 CFC、HCFC 或 HFC 制冷剂重新注入同一设备或同一所有者的另一设备。使用过的制冷剂可能不再符合 AHRI 原始制冷剂标准,因此如果不回收,就不能更改所有者。

### 泄漏检测

使用的泄漏检测方法和设备必须经过制造商的批准。错误类型的电子泄漏检测器与易燃制冷剂一起使用可能会导致爆炸和人身伤害。

要确定小泄漏的大致区域,使用电子或超声波泄漏检测器被认为是最有效的方法。为了对环境造成最小的损害,新安装的系统应使用干氮加压以进行泄漏检测。如果要使用电子泄漏检测器,可以将系统制冷剂的痕量与干氮一起添加到系统中。痕量气体应与设备要充入的制冷剂相同。根据 EPA 的制冷剂管理规定,泄漏痕量气体不被视为制冷剂。一旦确定了泄漏的大致区域,使用肥皂泡将有助于查明泄漏点。查找和修复系统中的泄漏将节省制冷剂以备将来使用。

泄漏修复完成后,在重新充注系统之前,安装新的过滤器干燥器,并在最大系统压力下完成常压泄漏检查。为了安全起见,任何设计为包含易燃碳氢化合物 (HC) 或 HFO 制冷剂的系统都必须在抽空至 500 微米或更低之前进行泄漏测试。

与天然气不同,易燃碳氢化合物或 HFO 制冷剂不含气味剂来表明其存在。含有易燃制冷剂的系统无需添加气味剂。

### 脱水

对制冷系统进行脱水的目的是去除水和水蒸气,遵循正确的脱水程序非常重要。如果允许水分残留在运行的制冷系统中,可能会形成盐酸和氢氟酸。要对系统进行脱水,应该对其进行抽真空。系统抽真空不能过度。大多数制造商要求系统抽真空至 500 微米或更低,这可以用微米计测量,图 9。

在没有首先遵循正确的恢复程序并达到 EPA 法规所要求的强制恢复水平的情况下,切勿将系统疏散到周围空气中。

影响抽真空速度和效率的因素包括:被抽真空设备的尺寸、环境温度、系统中的水分量、真空泵和真空管线的尺寸,图 10 和 11。此外,真空管线(软管)应等于或大于泵进气口连接。微米计的品牌通常不会影响抽真空速度,但将其连接到系统的方法可能会影响。与真空泵的管道连接应尽可能短,直径尽可能大。为了在抽真空过程中获得准确的读数,系统真空计应尽可能远离真空泵连接。测量最终系统真空度时,应隔离系统并关闭真空泵。抽真空后无法保持真空的系统可能有泄漏。在抽真空过程中,您可能希望加热制冷系统以减少脱水时间。



图 9.  
微米规。  
由 Appion  
Inc. 提供。

用橡胶锤敲击压缩机将有助于释放油中滞留的制冷剂。



图 10. 真空泵。图片由 Appion Inc. 提供。



图 11. 真空歧管。图片由 Appion Inc. 提供。

当真空计/指示器显示已达到并保持所需的 500 微米或更低的真空度时,脱水完成。如果压力上升然后停止几分钟然后上升更多,则系统中可能残留水分。如果压力稳步上升,则可能有泄漏。

### 安全/一般信息

EPA 不仅关注防止制冷剂泄漏,还关注技术人员的安全。处理和填充制冷剂钢瓶或操作回收或再循环设备时,应佩戴安全眼镜、防护手套并遵守所有设备制造商的安全预防措施。

确保您的回收机在使用时接地,特别是在回收易燃制冷剂时。

当使用氮气对系统加压时,应始终通过压力调节器和压力调节器下游管线中的泄压阀进行充气。使用多个泄压阀时,不得将它们串联安装,只能并联安装。如果在泄压阀体内发现腐蚀积聚,则必须更换该阀。

检查系统泄漏时,切勿用氧气或压缩空气加压系统。与某些制冷剂或压缩机油混合时,氧气或压缩空气会引起爆炸。要确定泄漏测试的安全压力,请检查设备数据板上的最大低压测试压力值。

切勿将制冷剂暴露在明火或炽热的金属表面。虽然回收商可以接受明显烧毁的回收罐,但在高温下,制冷剂会分解并形成酸。如果制冷剂中含有氯,则会形成盐酸。如果制冷剂中含有氟,则会形成氢氟酸。加热制冷剂气瓶可能会导致爆炸并造成严重伤害。如果还存在氧气,则可能会形成一氧化碳、二氧化碳和光气。如果将碳氢化合物 (HC) 制冷剂释放到空间中,并且存在点火源,则如果制冷剂浓度高于可燃性下限 (LFL) 并低于可燃性上限 (UFL),则可能会发生爆炸。

使用任何溶剂、化学品或制冷剂时,技术人员应查看安全数据表 (SDS),以了解与其他材料的兼容性。例如,用于密封件和垫圈的硅橡胶与 HFO 制冷剂不兼容。

不应吸入高浓度的制冷剂蒸汽或雾气;它们可能会导致心律不齐或昏迷。在大多数发生死亡的制冷剂事故中,缺氧是主要原因。

根据 ASHRAE 制冷剂安全分类标准,A1 级是最安全的。  
R-410A 被认为是无毒的,但与任何其他高浓度的制冷剂一样,会导致窒息。

在回收任何易燃制冷剂之前,请确保制冷系统和回收装置接地。切勿将明火或蒸汽喷到易燃制冷剂气瓶上,切勿在装置中有制冷剂时切割或焊接任何制冷剂管线,切勿使用氧气吹扫管线或给机器加压。空间中制冷剂浓度足够大以及有火源最有可能导致制冷剂爆炸。HFO-1234yf 被归类为 A2L,而不是像异丁烷 (R-600a)、丙烷 (R-290) 和 R-441A (碳氢化合物混合物) 那样的 A3 (可燃性更高)制冷剂。

所有工艺管和其他易燃制冷剂流经/通过的管道以及可能存在服务连接的管道上都必须有红色标记。红色标记必须从这些位置向两个方向延伸至少一英寸。

如果在密闭区域内发生大量 CFC、HCFC、HFC、HFO、HC 或任何制冷剂泄漏,则需要使用自给式呼吸器 (SCBA) 或离开该区域。



注意:应使用酒精喷雾来除去视镜或观察玻璃上的冰。

### 安全/气缸

制冷剂回收罐应无锈蚀、无损坏、贴有标签、固定牢固,且按重量计填充量不超过其容量的 80%。经批准的制冷剂回收罐可通过黄色顶部和灰色主体来识别,图 12。不应使用明火加热制冷剂储存罐或回收罐,因为罐中的制冷剂可能分解形成有毒物质,这可能导致制冷剂从压力安全阀排放到大气中,或者罐可能爆炸,造成严重伤害。



图 12。回收罐。

使用蒸汽或液体回收时,回收缸的填充液位可以通过机械浮动装置、电子关闭装置或测量总缸重来控制。回收装置的倾斜度不会控制回收缸的填充液位。必须小心谨慎,防止制冷剂储存缸过量填充。在加热区域,缸内压力可能会升高并导致爆炸。在正常环境温度下,高压 (高于 15 psig) 制冷剂的可重复使用容器必须每 5 年进行一次水压测试。

一次性制冷剂钢瓶绝不能用于回收制冷剂。当钢瓶用完时,应回收蒸汽,在报废前将钢瓶内的压力降至 0 psig。

### 船运

运输装有废旧制冷剂的气瓶时,必须在气瓶上贴上运输部 (DOT) 分类标签。用于运输 CFC、HCFC 或其他使用回收设备获得的制冷剂的便携式可再填充罐或容器必须符合 DOT 标准。DOT 规定要求在危险等级为 2.2 的不可燃压缩气体的运输单上记录每种气体的气瓶数量。运输时,制冷剂气瓶必须直立放置。

在用气瓶装运任何使用过的制冷剂之前,需要在回收气瓶上贴上制冷剂标签,以识别所回收制冷剂的类型,避免意外混合所回收的制冷剂,使回收商能够识别内容物,并允许技术人员的公司确定所回收制冷剂的量,以便进行记录。

EPA 第 608 条准备手册:核心

下表列出了可能涵盖在核心、类型 I、II 和 III 各部分中的制冷剂及其特性。此表仅供参考/比较,无需完全记住以备考试。

制冷剂	类型	组成	ODP (ODP)	全球变暖潜能值 (GWP)	特性	等级	类别
R-11	氟氯	氟	1	4000	已淘汰	低	A1
R-12	氟氯	氟	1	10900	已淘汰		A1
R-22	氟氯	氟	0.055	1810	逐步淘汰	高	A1
R-123	氟氯	氟	0.012	77	逐步淘汰	低	B1
R-502	氟氯	氟/氯	.283	4657	逐步淘汰	高	A1
R-134a	氟	氟	0	1430	氟、	中	A1
R-404A	氟	氟、	0	3920	氟	中	A1
R-407C	氟	氟、	0	1770	R22	中	A1
R-410A	氟氯		0	2090	逐步淘汰	中	A1
R-422B	氟	氟、	0	2530	R22C,	中	A1
R-441A	氟氯		0	<5	氟、	中	A3
R-170	HC	烃	0	6	逐步淘汰	低	A3
R-290	HC	烷	0	3	氟	中	A3
R-600a	HC	醚	0	3	氟、	中	A3
R-744		氟	0	1	氟	低	A1
R-717		氨	0	0	氟、	中	B2L
准R1234yf		氟、	0	4	氟	中	A2L
准R1234ze		氟、	0	6	氟、	中	A2L
准R1233zd		氟、	0	4.7-7	氟	低	A1



## I 型

在小型家电的维护、保养或维修期间处理制冷剂的人员必须获得 I 类技术人员或通用技术人员认证,机动车空调 (MVAC) 除外。

EPA 对小型家电的定义包括:在工厂制造、完全充填和密封且制冷剂含量不超过 5 磅的产品。分体式系统不得由 I 类技术人员维修。销售用于维修或安装制冷和空调设备的 CFC、HCFC、HFC 和 HFO 制冷剂仅限于获得 EPA 制冷剂回收认证的技术人员。

无论制冷剂的类型和数量如何,类似 MVAC 的系统均不符合 I 型设备认证的标准。HCFC 和 HFC (例如 R-404A)不能用于新的 I 型设备。

当改造或转换系统以使用不同的制冷剂时,只能使用 EPA 批准的替代品。请记住,没有“直接替代”的替代品;EPA 不批准任何替代制冷剂作为 R-22 或其他系统的直接替代品。

**回收设备**在维护、保养或修理使用 CFC、HCFC 和 HFC 的小型电器时使用的回收设备必须经过 EPA 认可的实验室的认证。

打开或执行含有 CFC、HCFC 或 HFC 的 I 类设备维护、维修或修理的人员可以使用独立 (主动)或被动恢复设备。家用冰箱是允许使用被动恢复设备的设备的示例。系统依赖

或含有 HCFC 或 HFC 的器具的被动回收设备使用限制为最高 15 磅。

回收设备的维护措施应包括定期检查制冷剂泄漏和油位。制冷剂秤或罐内浮子装置是监测回收罐中填充液位不超过 80% 的可接受方法。

用于含有 CFC、HCFC、HFC 和 HFO 的小型家电的独立回收装置必须能够在压缩机运行时回收 90% 的制冷剂或在 AHRI 740 的条件下实现 4 英寸的真空。在压缩机不工作的情况下,用于从小型家电中回收 CFC、HCFC 和 HFC 制冷剂的设备在进行处理时必须能够回收 80% 的制冷剂或实现 4 英寸的真空。

用于回收 CFC、HCFC、HFC 和 HFO 的制冷剂回收装置可以手动关闭,也可以在断开连接时自动关闭,以防止制冷剂从软管中流失。连接压力表组以检查系统压力时,应使用两端带有手动或自密封阀的软管,以最大限度地减少制冷剂的释放。

当使用受管制的制冷剂填充充电瓶时,必须回收从顶部排出的制冷剂。

为系统脱水而制造的真空泵可用于抽空回收缸以用作回收装置,但不能与加压回收缸或回收容器结合使用。

## 恢复要求

碳氢化合物 (HC) R-600a 是经批准用于新型家用冰箱、冰柜和组合式制冷/冷冻柜的制冷剂。碳氢化合物制冷剂未获准用于改造现有的

为使用碳氢化合物以外的制冷剂而设计的家用冰箱。新的 SNAP 法规已批准在新制造的家用冰箱中使用 R-290、R-450A 和 R-600a 制冷剂。

#### 恢复技术

在维修发现泄漏的小型设备时,不强制修复泄漏,但建议尽可能修复。在开始制冷剂回收程序之前,始终需要了解系统中的制冷剂类型,以防止回收缸中的制冷剂混合。在设备或回收缸中混合任何制冷剂都是不可接受的。

R-744,二氧化碳CO<sub>2</sub>,是一种超高压制冷剂,一般不需要回收。

从设备中回收 R-410A 或任何其他制冷剂时,应将其回收 to 清楚标记其内容物的回收容器中,以确保不会发生制冷剂混合,如图 14 所示。

仅当制冷剂的压力和温度都稳定且已知时,与压力-温度图进行比较才能有效检查制冷剂是否受污染。当检查装有一种制冷剂的回收缸内是否存在非冷凝物时,技术人员必须让缸内温度稳定到室温,然后才能读取压力读数,以便使用压力-温度 (PT) 图进行比较。

如果技术人员怀疑回收罐中的制冷剂受到污染,则应进行压力测量并与压力-温度图进行比较。如果压力-温度关系不匹配,则应将制冷剂送至回收设施。一些回收设施可能会拒绝接受混合制冷剂或收取额外费用以进行处理或销毁。



图 14.  
回收槽。

小型家用电器上通常使用的服务孔或工艺短管是一根直管,使用穿刺接入阀进入该管以添加或移除小型家用电器中的制冷剂。在将任何类型的接入配件安装到密封系统上时,应在继续恢复之前对配件进行泄漏测试。由于无焊型穿刺阀往往会随着时间的推移而泄漏,因此在维修完成后,不应将它们留在制冷系统上。

小型家电的被动、系统依赖型回收过程可以将制冷剂收集到非加压容器中。当在压缩机不工作的小型家电上使用被动回收装置时,必须采取措施帮助在制冷剂回收过程中从压缩机油中释放滞留的受控制制冷剂。当从压缩机不工作的小型家电 (如家用冰箱) 中将制冷剂回收 to 非加压容器中时,加热 (使用热风枪) 并用橡胶锤敲击压缩机会有帮助。这样做将有助于释放可能滞留在压缩机曲轴箱油下的制冷剂。

当使用依赖系统 (被动) 的恢复过程且压缩机不运行时,必须访问系统的高端和低端以进行制冷剂回收。

从家用冰箱或任何其他设备回收制冷剂时,应安装低压和高压侧检修阀,以提高回收速度。为了确保无霜冰箱中的所有 CFC、HCFC 或 HFC 制冷剂都已清除,可以通电除霜加热器以提高制冷剂的温度并蒸发任何液体。带有运行压缩机和完全受限毛细管或计量装置的设备只需要一个检修阀。

系统的高压侧。如果在安装并打开穿孔接入阀后设备内的压力为 0 psig,则无法开始恢复程序。

当使用独立式 (主动式)回收装置并且回收的制冷剂中存在大量不凝性气体时,回收机的高压侧和回收缸中可能会出现过大压力。可以使用压力-温度 (PT) 图表检查制冷剂中的不凝性气体。不含任何不凝性杂质且存储在 80°F 房间中的 R-134a 缸的近似压力等于 87 psig。只要存在液态制冷剂并且缸中没有杂质,压力和温度就应该与 PT 图表上显示的一致。

在系统恢复和/或维修期间,从制冷剂中检测到刺鼻气味通常表示压缩机烧坏。技术人员在从压缩机烧坏的系统中恢复制冷剂时应注意油污染的迹象,因为如果存在污染物,则必须冲洗系统。当使用氮气加压或吹出系统中的碎片时,氮气可能会排放到周围空气中。

## 安全

使用碳氢化合物 (HC) 制冷剂的家用电器要求在任何蒸发器、暴露的制冷剂管道、机器隔间和冰箱外部或附近贴上永久安全标记。

回收制冷剂时,安全工作规范包括在连接/断开软管时佩戴护目镜和丁基衬里手套。使用氮气维修、泄漏测试或清洗制冷系统时,氮气罐应配备调节器。

由于制冷剂比空气重,会取代氧气,因此大量制冷剂泄漏会导致窒息。如果发生大量制冷剂泄漏,例如在封闭区域内从充满气体的气瓶中泄漏,并且没有自给式呼吸器,请撤离并自然通风。在高温下,CFC 和 HCFC 制冷剂会分解成光气、盐酸和/或氢氟酸。

## II 型

维护、保养、修理或处理中压、高压和超高压设备（I 类定义的小型设备以及机动车空调系统 (MVAC) 除外）的技术人员必须获得 II 类技术人员或通用技术人员认证。

### 系统分类

用于提供冷却以控制使用设施的热量和/或湿度的空调设备被 EPA 定义为泄漏修复类别的舒适冷却。住宅、办公室和商业建筑都属于此类别。用于保存产品的设备（设备），例如在零售食品和冷藏仓库领域，被 EPA 归类为商业制冷。

当设备具有双重用途时，适用的最大泄漏率由最高使用百分比决定。例如，如果一家公司将其系统冷却能力的 55% 用于其一条生产线或制冷，将其冷却能力的 45% 用于办公室空间的空调，则就泄漏率类别而言，它被视为工业过程制冷 (IPR)。

### 确定系统充电

当系统是工厂充注的封装系统时，使用设备铭牌上注明的充注量来确定泄漏率计算的正常充注量。现场管道分体系统的充注量可以使用工厂充注量加上管道和附件的充注量来计算。当由于充注量损失而对系统进行加注或再充注时，可以计算设备的泄漏率。


设备铭牌是检查屋顶机组所用制冷剂类型的最简单方法，图 15。此外，设备铭牌将指示系统的总充注量。对于同时具有风冷冷凝器和蒸发器且铭牌充注量为 80 磅的系统，最好的充注方法是通过液体管路服务阀按重量充注液体。

SERIAL	9601F069		
PROD	8BNX048AA		
MODEL	8BN048		
PISTON	ID	TXV	OD 49
		FACTORY CHARGED	
13.94		LBS	R410A 6.34 Kg
INDOOR TXV SUBCOOLING			F
POWER SUPPLY		208/230	VOLTS

图 15.数据板。

### II 型泄漏修复要求

EPA 的泄漏修复要求适用于所有使用受管制制冷剂的设备。一旦任何充注量为 50 磅或更大的系统的泄漏率超过阈值，所有者必须对设备进行足够的维修，使泄漏率低于阈值。如果所有者无法或选择不将泄漏率降至阈值以下，则必须对设备进行改造或淘汰。

 注意：II 型和 III 型的泄漏修复要求相同。

自 2019 年 1 月 1 日起，最大泄漏率为：

- 用于舒适冷却时，每年需支付 10% 的费用。
- 用于商业制冷时，每年需支付 20% 的费用。
- 用于工业过程制冷时，每年需支付 30% 的费用。

### 泄漏修复时间范围

如果装有 50 磅或更多受管制制冷剂的设备泄漏率超过阈值，设备所有者或操作员有 30 天的时间修理设备，使其泄漏率低于阈值限制并进行初始验证测试，除非 EPA 批准更多时间。如果装有 200 磅或更多受管制制冷剂的设备通过了初始验证泄漏测试，则必须在 10 天内进行后续验证测试。没有经过认证的服务技术人员提供服务不能作为延长设备泄漏维修期限的理由。

如果在修复超市使用的 HCFC 架式制冷系统的泄漏后,系统未能通过初始泄漏验证测试,则技术人员有 30 天的时间进行额外修复或制定改造计划。

假设不适用延期,冷藏仓库运行的装有 R-22 或任何其他受管制物质的设备泄漏率超过阈值,可以继续运行该设备 12 个月而无需维修,之后必须进行改造或淘汰。如果该系统泄漏率在一自然年内超过其满负荷的 125%,则必须向 EPA 提交一份报告,描述识别和修复系统泄漏的努力。必须采取进一步行动,修理、淘汰、封存或改造设备。



注意:使用臭氧消耗制冷剂的设备无需拆除或封存,只需将其存放在工厂的仓库中即可延长泄漏修复期限。可以通过暂时关闭设备、从隔离部分或整个系统回收制冷剂至至少大气压来延长修复期限。

如果更换的设备使用不受排放禁令限制的制冷剂,则所有者或操作者有 18 个月的时间来改造或淘汰泄漏的设备。

## 第 608 条泄漏修复规定

下表总结了上述修复规定。



注意: II 型和 III 型的泄漏修复要求相同。

第 608 条泄漏修复规定		
更新后的第 608 条法规包括针对业主/操作人员的新泄漏检查和验证测试要求,自 2019 年 1 月 1 日起对技术人员产生影响:		
根据下表,超过最大允许泄漏率的器具需要进行泄漏检查。必须使用适合该器具的一种或多种方法检查器具的所有可见和可接触部件。		
设备	维修后所需的泄漏检查频率	
商业的 制冷和 工业过程 冷藏	多于 500磅	每三个月检查一次,直到业主/操作人员能够通过泄漏率计算证明泄漏率连续四个季度不超过 20% (商业制冷)或 30% (IPR)。
	50至500磅	每年一次,直到业主/操作者可以通过泄漏率计算证明一年内的泄漏率不超过 20% (商业制冷)或 30% (IPR)。
舒适冷却	50 磅或以上	每年一次,直到业主/操作者可以通过泄漏率计算证明一年内的泄漏率不超过 10%。
<p>对于超过适用泄漏率的设备,需要进行泄漏修复的初始和后续验证测试。验证测试必须证明泄漏已成功修复。</p> <p>*在向设备添加任何额外的制冷剂之前,必须进行初步验证测试。</p> <p>**只有在设备恢复正常运行特性后才必须进行后续验证测试和条件。没有最低时间限制。</p> <p>技术人员必须向业主提供服务发票和泄漏检查或验证测试的记录/操作符。</p>		

示例:根据第 608 条泄漏修复规定图表,含有 1000 磅或更多 R-22 的工业过程制冷 (IPR) 系统,如果已经超过适用的泄漏率阈值,则必须每 3 个月检查一次泄漏情况,直到验证修复后一年内泄漏率未超标。



## 保持记录中

泄漏检查、初始泄漏验证和后续验证测试的记录必须保存三 (3) 年。设备所有者和/或操作员负责保存记录。

### 泄漏检测

组装和安装分体式系统后,应首先用惰性气体(如氮气(也称为干氮))加压设备并检查泄漏。在绝对必要时,应使用干氮和微量系统设计制冷剂进行泄漏检测。例如,应使用加压干氮和微量 R-407C 检查 R-407C 系统的泄漏。

首次检查已知有泄漏的运行密封系统时,应寻找油迹。皮带驱动压缩机旋转轴密封上的油迹表明有泄漏,尤其是当压缩机几个月未使用时。要查明制冷剂泄漏,最好使用肥皂泡进行测试。

如果系统在过热度下运行,则应怀疑高压毛细管系统存在制冷剂泄漏。

### 恢复技巧:恢复之前

虽然 II 类固定式制冷设备的维修人员必须拥有主动回收和再利用设备,但不再要求向 EPA 报告设备的购买情况。

在回收制冷剂之前,请确定系统中所含制冷剂的最大量。

这将是系统的总充注量。如果总充注量大于 15 磅,则不能使用系统依赖型或被动型回收技术,因为 EPA 法规禁止在设备含有超过 15 磅制冷剂时使用这些技术。

在使用回收装置清除电荷之前,应检查维修阀位置和回收油位。当回收的制冷剂类型与使用该特定回收设备回收的上一种制冷剂不同时,应清除回收装置中剩余的制冷剂并更换装置的过滤器。回收的制冷剂可能含有酸、水分和油等杂质。

用于将回收装置连接至水箱(以及用于所有现场服务工作)的压力软管需要具有自密封连接器或手动阀,以最大限度地减少软管连接或断开时制冷剂的释放。

将制冷剂转移到空气瓶之前,应该先将气瓶抽空,以降低压力并去除不凝性物质。

在并联管道压缩机系统中回收制冷剂之前,请确保压缩机之间的均衡连接已关闭。使用水冷式冷凝器的回收机通常连接到市政供水系统。

### 恢复技术:增强流程

为了减少恢复时间,将其中一条服务软管连接到液体管路并回收液相制冷剂,或者当冷凝器位于接收器下方时从冷凝器出口去除制冷剂。

回收液态制冷剂后,剩余的蒸汽由回收系统除去。

尽管回收气相制冷剂的速度比液体回收慢,但可以最大限度地减少设备中的油损失。从空调系统中回收并存放在可再充气瓶中的制冷剂可以在维修后重新注入系统。但是,如果要处理设备,重要的是要知道,如果系统的制冷剂充注量在 5 到 50 磅之间,所有 HVAC 服务公司都必须为每台处理的设备保留三年 (3) 的记录。

冷却回收罐将降低其压力并加速回收过程或从系统中去除制冷剂。此外,加热系统也将加速回收过程,因为这将增加罐和系统之间的压差。随着设备中的制冷剂下降,请密切监控回收装置压缩机的温度。这是因为回收或回收机上的全封闭压缩机电机依靠制冷剂流过压缩机进行冷却,并且在抽吸深真空时可能会过热。此外,如果在深真空下通电,全封闭制冷压缩机的电机绕组可能会损坏,因此应注意在回收制冷剂时避免通电这些压缩机。

恢复技术 :恢复期间所需的疏散级别


恢复期间所需的疏散级别总结如下表：

II 型设备恢复期间所需的疏散水平 [小型电器、MVAC 和类似 MVAC 的电器除外]	
使用 1993 年 11 月 15 日以后制造或进口的回收和/或再循环设备	
高压设备	0”汞柱
高压设备或此类设备的独立组件,充满的制冷剂少于 200 磅。	0”汞柱
高压设备或此类设备的独立组件,充满 200 磅或更多的制冷剂。	10”汞柱
中压设备或此类设备的独立组件,充满的制冷剂少于 200 磅。	10”汞柱
中压设备或此类设备的独立组件,充满 200 磅或更多的制冷剂。	15”汞柱

示例 1:在对含有超过 200 磅制冷剂的 R-410A （高压制冷剂)系统进行大修之前,技术人员必须将设备 （或其组件)抽真空至至少 10 英寸汞柱真空度。

示例 2:在设备达到所需的恢复真空水平后,等待几分钟,查看系统压力是否上升,表明存在水分或泄漏。例如,在更换包含 40 磅 R-404A （高压制冷剂)的系统的压缩机时,将系统的隔离部分抽真空至 0 psig,如果系统压力在几分钟后没有上升,则拆下压缩机。

示例 3:如果包含受管制制冷剂的设备发生泄漏,导致无法恢复到规定的水平,则可以忽略图表中的抽空水平,因为仅需回收系统制冷剂,直到系统内部压力达到大气压力。

 注意:根据问题的不同,EPA 考试可能会使用EVACUATION一词代替Dehydration ,或在其他问题中代替Recovery。

制冷系统液体管路配件

当系统使用恒温膨胀阀作为计量装置时,制冷剂接收器通常位于冷凝器出口处的液体管线中。当系统运行时,离开接收器的制冷剂处于高压液体状态。在打开带有液体管线接收器的系统进行维修之前,应尽可能将系统的制冷剂抽空并隔离在接收器中,以免从系统中回收制冷剂。

湿度指示观察镜用于检查制冷剂中的湿度。观察镜位于液体管线中,紧接着液体管线过滤器干燥器的下游。每当系统打开进行维修时,都应更换液体管线过滤器干燥器。过滤器干燥器用于去除系统中制冷剂中的水分。



注意:应使用异丙醇来除去视镜或观察玻璃上的冰。

### 制冷系统吸入管路和压缩机配件

在吸入管路中,蒸发器的出口处,可以找到吸入管路蓄能器。它们位于蒸发器和压缩机之间。蓄能器可防止从蒸发器流出的任何液态制冷剂流入压缩机。吸入服务/截止阀的正常位置是后座。在后座位置,压力表端口关闭,因此可以从阀门上移除歧管软管而不会释放制冷剂。在压缩机的高压侧,可以找到排放阀。与吸入服务阀一样,正常工作位置是后座。在任何情况下都不应关闭运行往复式压缩机上的排放服务阀。这样做可能会导致压缩机损坏以及严重的人身伤害。为了防止压缩机损坏,必须使用高压释放装置保护制冷剂系统,该装置可能位于压缩机中或外部释放阀中。使用多个压力释放阀时,只能并联安装。

曲轴箱加热器用于制冷和空调压缩机,以减少油中的制冷剂量并减少压缩机曲轴箱中通常出现的油泡。如果压缩机烧坏,应取油样检测系统中是否存在酸。

根据 EPA 法规的定义,压缩机更换以及蒸发器盘管、冷凝器盘管或其他系统热交换器的更换被视为“重大”维修。

### 系统疏散

深真空以微米为单位。应达到 500 微米的真空度,以确保从制冷系统中去除所有水分和非冷凝物。当抽空含有大量水分的系统时,可能需要通过增加氮气压力来打破真空,以抵消水分的冻结。当使用过大的真空泵抽空系统时,系统中的水可能会结冰。如果制冷系统中残留非冷凝物(例如空气或干氮气),则系统的排气压力会很高。



注意:氮气罐处于高压状态,因此氮气瓶需要压力调节器将压力降低至安全水平。

在制冷系统上,切勿串联安装多个泄压阀。

### 系统充电和压力-温度图

在 R-410A 冷冻水系统中,蒸汽从真空水平充入约 110 psig 的压力(对应于 36°F 的温度),以防止水结冰。同样,参考 PT 图表,R-410A 机器在室温(80°F)下(机器闲置时)的饱和压力为 238 psig。R-134a 冷冻机应首先充入蒸汽,压力约为 30 psig,对应于 35°F 的温度。0 psig 时 R-134a 的蒸发温度为 -15°F。对于用于低压设备的低压制冷剂 R-123,35°F 时的饱和压力为 19.5”Hg 真空(有关如何使用 PT 图表的信息,请参阅核心部分)。

ASHRAE 标准 15 要求使用传感器来检测制冷剂的存在,但也有少数例外。

例如,如果机械房内的机械通风系统连续运行,ASHRAE 标准 15 就不要求设备房配备 R-717 制冷剂检测器。

## III 型

维护、保养、维修或处理低压设备的技术人员必须获得 III 类技术人员或通用技术人员认证。大多数低压设备用于舒适冷却,且允许泄漏率较低。

### 泄漏检测

由于低压系统在低于大气压 (真空) 的条件下运行,垫圈或配件中的泄漏会导致空气和湿气进入系统。

低压冷水机组需要清洗装置,因为它们运行在低于大气压的条件下,图 16。清洗装置的主要目的是去除泄漏到冷水机组系统中的不凝性物质。清洗装置的吸力来自冷凝器顶部的连接处,大多数不凝性物质都聚集在那里。清洗装置将空气与制冷剂分离后,将制冷剂送回蒸发器。高压头表示低压系统中有空气,清洗装置可能运行不正常。低压冷水机组清洗系统过度运行通常表示系统有泄漏。高效清洗装置将随空气一起排出少量制冷剂。



图 16. 清除单元。

消除。

静水管测试套件用于确定管道是否泄漏。当使用氮气对低压离心式冷水机组进行泄漏测试时,最大测试压力为 10 psig。使用超过 10 psig 的氮气对低压制冷系统进行泄漏测试可能会导致爆破片失效。充注的低压制冷机可以通过使用循环热水或加热毯加热来最有效地检查泄漏。为了减少 R-123 冷水机组清洗装置的制冷剂损失,请务必对冷水机组进行泄漏测试和维修。如果清洗装置中持续积聚过多水分,则低压制冷系统的冷凝器或冷水机组简管可能会发生泄漏。

为了防止空气积聚在空转的低压制冷系统中,请保持系统压力略高于大气压力。

水分最常通过垫圈或配件区域的泄漏进入低压冷水机组的制冷剂系统。要检查冷水机组水侧的制冷剂泄漏情况,请将泄漏检测器探头放入已排干水的水箱排水阀开口中。在从怀疑存在管道泄漏的冷水机组中回收制冷剂之前,请先排空蒸发器和冷凝器的水侧。

采用开放式驱动型压缩机的低压制冷系统特别容易受到轴封泄漏的影响。根据 ASHRAE 指南 3,如果在标准真空测试期间,系统中的压力从 1 毫米汞柱升至 2.5 毫米汞柱以上,则应检查系统是否有泄漏。

### 泄漏修复要求

EPA 的泄漏修复要求适用于所有使用受管制制冷剂的设备。一旦任何使用受管制制冷剂且充注量为 50 磅或以上的系统泄漏率超过阈值,所有者必须维修设备,使泄漏率低于阈值,或对其进行改造或淘汰设备。

自 2019 年 1 月 1 日起,适用的最大泄漏率为:

- 用于舒适冷却时,每年需支付 10% 的费用。
- 用于商业制冷时,每年需支付 20% 的费用。
- 用于工业过程制冷时,每年需支付30% 的费用。

冷水机组通常属于 EPA 泄漏修复类别,用于舒适冷却。当用于多个类别时,适用的最大泄漏率由最高使用百分比决定,图 17。

示例:如果某公司将其冷水机组的 55% 冷却能力转移到其一条生产线,并将 45% 冷却能力转移到办公空间的空调,则该冷水机组被视为属于工业过程制冷 (IPR) 泄漏率类别。

使用设备铭牌上注明的充注量来确定冷却器的正常充注量,以进行泄漏率计算。

当由于电荷损失而对系统进行补充或重新充电时,必须计算使用受管制制冷剂的设备的泄漏率。



图 17. 低压冷却器。

如果某台设备的受管制制冷剂充注量为 50 磅或更多,且泄漏率超过阈值,则更换的设备将使用不受排放禁令限制的制冷剂,则所有者或操作者有 18 个月的时间改造或淘汰该设备。

没有经过认证的服务技术人员提供服务不能作为延长设备泄漏维修期限的理由。

系统封存不需要移除设备并将其存放在设施的仓库中。

如果含有 50 磅或更多受管制制冷剂的设备泄漏率超过了阈值,则所有者或操作者有 30 天的时间修理该设备,使其泄漏率低于阈值并进行初步验证测试。

如果充注了 200 磅臭氧消耗制冷剂的冷水机组通过了初始验证泄漏测试,则必须在 10 天内进行后续验证测试。

设备的所有者和/或操作者负责并必须保存所有泄漏检查、初步验证以及任何已完成的泄漏修复后续验证测试的记录三年 (3)。

## 恢复技术

用于从低压冷却器中抽取/回收制冷剂的回收装置上的高压切断控制通常设置为 10 psig。由于大型系统中液态制冷剂的体积,低压系统中的制冷剂去除首先从液体去除开始,然后回收蒸汽制冷剂。在去除所有液体后,平均 350 吨、R-123 冷却器在 0 psig 下仍将有大约 100 磅的蒸汽态制冷剂。

使用尺寸过大的真空泵可能会导致抽空时滞留的水结冰/

系统脱水。在对含有大量水分的系统进行抽真空/脱水时,可能需要使用氮气破坏真空。使用氮气增加压力可防止水分冻结并加快脱水速度。



水冷回收装置可以更快地回收大量制冷剂。在制冷剂抽空期间,水在冷却器中循环流动/

恢复以防止设备中的水结冰。

在从低压制冷系统中去除蒸汽或液体时,系统的水泵、回收压缩机和回收冷凝器水都应处于开启状态。提高系统或低压冷却器所在房间的温度也会加快制冷剂回收速度。

移除制冷剂油时,应将其加热至 130°F,因为在较高温度下油中所含的制冷剂较少。加热系统时要小心,因为低压制冷剂回收容器上的爆破片在 15 psig 时会泄压,图 18。



图 18. 爆破片。

### 恢复要求

在低压设备上达到所需的恢复真空后,等待几分钟,看看系统压力是否上升,然后再进行充电。当设备中的泄漏导致无法达到规定的水平时,请勿继续进行恢复。恢复和再循环设备必须贴上经过认证的标签,以满足 EPA 的要求。

更换或维修压缩机、冷凝器或蒸发器被视为大修。进行非大修时,用热水或加热毯加热系统中的液态制冷剂将使系统压力脱离真空。

在处理低压设备之前,必须回收或抽空制冷剂至 25 毫米汞柱绝对压力。已处理 5-50 磅制冷剂设备的回收记录必须保留三 (3) 年。

### 充电技巧

如果机组压缩机烧坏,在抽真空/恢复或脱水之前,应取油样。此外,当抽真空/脱水含有大量水分的系统时,使用干氮气对系统进行三重抽真空/脱水以打破真空。用氮气增加压力将防止水分冻结。

在对冷却器进行维护和抽空/脱水后,将制冷剂蒸汽重新引入冷却器,使其压力达到饱和温度 (高于冰点) 对应的水平。这将防止系统中充入的液态制冷剂使热交换器管束中的水结冰。例如,在真空度大于 18 英寸汞柱的条件下将液态 R-245fa 充入低压制冷系统将导致系统中的水结冰。在 18 英寸汞柱的真空度下,R-245fa 的饱和温度远低于 -40°F。

在查看 PT 图表上的饱和条件时,使用 R-123 的抽真空/脱水水冷式冷却器系统在添加液体制冷剂之前应具有高于 20 英寸汞柱真空的蒸汽压。使用蒸发器充注阀将液体制冷剂充注到系统中,这是低压设备上的最低接入点。



注意:压力-温度图表上的关系会因制造商或出版商的不同而略有不同。压力通常以 psig 表示。要将绝对压力 (psia) 转换为表压 (psig),请从绝对压力中减去 14.7。

因此,14.7 psia 等于 0 psig。

### 安全

当超过 TLV-TWA (阈值限值 - 时间加权平均值)时,ASHRAE 标准 15-2013 要求每个机械室启动警报和机械通风系统。

ASHRAE 标准 15-2013 还要求使用室内传感器和警报器来检测所有制冷剂安全组中的制冷剂泄漏,图 19。在标准 34 代码组中,R-123 制冷剂被归类为 B1 (不易燃、高毒性),而制冷剂 R-1233zd 被归类为 A1 (不易燃、低毒性)。使用室内传感器和警报器来检测所有制冷剂安全组中的制冷剂泄漏不仅是因为制冷剂的特性,还因为制冷剂比空气重,可以取代氧气。

使用低压系统的液态制冷剂时应戴手套和护目镜。



图 19.设备室墙板。

爆破片或压力释放阀的排放物应通过管道排到室外,以防止排入机房。所有压力释放阀都应并联连接或安装,切勿串联。

离心式制冷机的蒸发器上装有额定压力为 15 psig 的防爆片。充注时,制冷剂通过蒸发器充注阀注入,确保不要使系统压力过大。



注意:应使用异丙醇来除去视镜或观察玻璃上的冰。

	低压 制冷剂 <30 psig 冷凝温度为 104°F			中压制冷剂 30 至 155 psig 冷凝温度为 104°F								
班级	B1	B1	A1	A1	A1	A1		A1	A3	A2L	A2L	班级
全球变暖潜能值	77	1030	4.7-7	10,900	609	1558		1430	3	4	6	全球升温潜能值
	氟氯烃	氢氟碳化物	重油	氟利昂	氟氯烃	氟利昂R-409A		氢氟碳化物	烃 异丁烷	重油	重油	
单位	R-123 R-245fa R-1233zd	R-12			R-124气泡*	液体	露* 汽	R-134a	R-600a	R-1234yf	R-1234ze	单位
-40°	*	-13.9	-28.3	-11.0	-22.1	6.7	-14.8	-14.8	-21.6	-11.5	-19.1	-40°
-35°	*	-13.7	-28.0	-8.4	-20.9	3.5	-12.5	-12.5	-20.4	-8.9	-17.4	-35°
-30°	*	-13.5	-27.6	-5.5	-19.4	0.0	-9.9	-9.8	-18.9	-6.0	-15.4	-30°
-25°	*	-13.2	-27.2	-2.4	-11.8	1.9	-7.0	-6.9	-17.4	-2.8	-13.3	-25°
-20°	-27.8	-13.0	-26.7	0.5	-16.0	4.0	-3.8	-3.1	-15.6	0.4	-10.9	-20°
-15°	-27.4	-12.7	-26.1	2.4	-14.0	6.3	2.0	-0.1	-13.7	2.3	-8.2	-15°
-10°	-26.9	-12.2	-25.5	4.5	-11.8	8.8	1.8	1.9	-11.5	4.4	-5.3	-10°
-5°	-26.4	-11.9	-24.7	6.7	-9.3	11.6	4.0	4.1	-9.2	6.7	-2.0	-5°
0°	-25.9	-11.4	-23.9	9.1	-6.6	14.6	6.3	6.5	-6.6	9.1	-0.8	0°
5°	-25.2	-11.0	-23.0	11.7	-3.6	17.8	8.8	9.1	-3.8	12.0	2.7	5°
10°	-24.5	-10.4	-22.0	14.6	-0.3	21.3	11.6	11.9	-0.7	14.9	4.8	10°
15°	-23.8	-9.5	-20.8	17.7	1.6	25.1	14.7	15.0	1.3	18.1	7.2	15°
20°	-22.8	-9.1	-19.5	21.0	3.6	29.2	18.0	18.4	3.1	21.6	9.7	20°
25°	-21.8	-8.0	-18.1	24.6	5.7	33.6	21.6	22.1	5.0	25.4	12.5	25°
30°	-20.7	-7.5	-16.5	28.4	8.0	38.4	25.5	26.1	7.1	29.4	15.4	30°
35°	-19.5	-6.8	-14.7	32.5	10.5	43.4	29.7	30.4	9.4	33.8	18.7	35°
40°	-18.1	-5.6	-12.8	36.9	13.2	48.9	34.2	35.0	11.8	38.4	22.2	40°
45°	-16.6	-4.2	-10.7	41.6	16.1	54.7	39.1	40.1	14.4	43.4	26.0	45°
50°	-14.9	-2.8	-8.3	46.6	19.3	60.9	44.3	45.4	17.2	48.8	30.0	50°
55°	-13.0	-1.8	-5.8	51.9	22.7	67.5	49.9	51.2	20.2	54.5	34.4	55°
60°	-11.2	0.0	-3.0	57.6	26.3	74.5	55.9	57.4	23.5	60.6	39.1	60°
65°	-8.9	1.9	0.0	63.7	30.2	81.9	62.3	64.0	26.9	67.0	44.1	65°
70°	-6.5	3.5	1.6	70.1	34.4	89.8	69.2	71.1	30.6	73.9	49.5	70°
75°	-4.1	5.9	3.4	76.8	38.9	98.2	76.5	78.7	34.5	81.3	55.2	75°
80°	-1.2	7.9	5.3	84.0	43.7	107	84.2	86.7	38.6	89.0	61.3	80°
85°	0.9	10.2	7.3	91.6	48.8	116	92.5	95.2	43.0	97.2	67.8	85°
90°	2.5	12.8	9.5	99.6	54.3	126	101	104	47.7	106	74.8	90°
95°	4.3	15.8	11.9	108	60.1	137	111	114	52.7	115	82.1	95°
100°	6.1	19.0	14.4	117	66.2	148	120	124	57.9	125	89.9	100°
104°	7.7	21.3	16.6	124	71.4	157	129	133	62.3	133	96.5	104°
105°	8.1	23.0	17.1	126	72.7	159	131	135	63.4	135	98.2	105°
110°	10.3	26.0	20.0	136	79.6	171	142	146	69.3	146	107	110°
115°	12.6	30.0	23.1	146	86.9	184	153	158	75.4	157	116	115°
120°	15.1	33.0	26.5	157	94.6	197	166	171	81.9	169	126	120°
125°	17.8	36.0	30.0	169	103	211	179	185	88.7	182	136	125°
130°	20.6	41.0	33.8	181	111	226	192	199	95.8	195	147	130°
135°	23.6	46.0	37.8	193	120	241	207	214	103	209	158	135°
140°	26.8	52.0	42.0	206	130	257	222	229	111	223	171	140°
145°	30.2	57.0	46.5	220	140	274	237	246	120	239	183	145°
150°	33.9	61.0	51.3	234	150	291	254	263	128	255	196	150°



\* 有关气泡/露水的更多详细信息,请参阅第 8 页

高压制冷剂 155 至 340psig  
冷凝温度为 104°F

很高  
冷凝温度为 104°F 时  
压力超过 340 psig

班级	A1	A1		A1		A1		A1		A3		A1	B2	A1	班级			
全球变暖潜值 1810		3920		1770		2730		2530		<5		2090	0	1 (基础)GWP				
单位度	氟氯烃 R-22	氢氟碳化物 R-404A		氢氟碳化物 R-407C		氢氟碳化物 R-422D		氢氟碳化物 R-422B		烃 R-441A		氢氟碳化物 R-410A	氨 R-717	二氧化碳 R-744	单位度			
		气泡 液体	露 汽	气泡 液体	露 汽	气泡 液体	露 汽	气泡 液体	露 汽	气泡 液体	露 汽							
-40°	0.6	4.9	4.3	2.7	-4.6	2.4	-2.3	0.9	-2.7	4	2	11	-9	132	-40°			
-35°	2.6	7.5	6.8	5.1	-0.9	4.6	0.8	3.0	-0.9	8	4	14	-6	147	-35°			
-30°	4.9	10.3	9.6	7.7	1.6	7.1	3.0	5.4	1.1	9	5	18	-2	163	-30°			
-25°	7.4	13.4	12.7	10.6	3.9	9.9	5.4	7.9	3.2	十三	9	22	1	181	-25°			
-20°	10.2	16.8	16.0	13.7	6.5	12.9	8.1	10.7	5.7	14	10	二十六	4	200	-20°			
-15°	13.2	20.5	19.7	17.2	9.3	16.2	11.0	13.8	8.3	17	14	31	5	221	-15°			
-10°	16.5	24.6	23.6	20.9	12.3	19.8		14.3	17.1	18	15	三十六	9	243	-10°			
-5°	20.1	28.9	27.9	25.0	15.7	23.7		17.8	20.7	二十	21	四十二	12	266	-5°			
0°	24.0	33.7	32.6	29.5	19.4	27.9			24.7	二十八	24	四十八	16	291	0°			
5°	28.3	38.8	37.7	34.3	23.5	32.5			29.0	二十七	33	五十五	20	318	5°			
10°	32.8	44.3	43.1	39.5	27.9	37.5			33.6	三十八	33	62	24	346	10°			
15°	37.8	50.2	49.0	45.2	32.7	42.8			38.6	四十四	三十五	70	二十八	376	15°			
20°	43.1	56.6	55.3	51.2	37.9	48.5			43.9	四十九	三十四	78	33	407	20°			
25°	48.8	63.4	62.2	57.7	43.5	54.7			49.7	五十四	三十七	87	三十九	441	25°			
30°	55.0	70.7	69.3	64.7	49.6	61.3			55.9	六十六	五十一	97	四十五	476	30°			
35°	61.5	78.6	77.1	72.2	56.1		68.4	59.3	62.5	五十二	60	107	五十一	513	35°			
40°	68.6	86.9	85.4	80.2	63.2	75.9			69.6	五十九	68	118	五十八	553	40°			
45°	76.1	96.8	94.2	88.8	70.7	84.0			77.2	六十六	74	130	六十六	595	45°			
50°	84.1	105	104	97.9	78.8	92.6			85.3	七十四	80	143	七十四	638	50°			
55°	92.6	115	114		108	87.5	102	90.9	94.0	八十二	89	156	八十三	684	55°			
60°	102	126	124		118	96.8	111		100	103	90.9	105	97	170	93	733	60°	
65°	111	137	136		129	107	122		110	113	100	115	106	185	103	784	65°	
70°	121	159	147		141	117	133		121	123	110	125	117	201	114	838	70°	
75°	132	162	160		153	129	144		132	134	120	133	124	218	126	895	75°	
80°	144	175	173		166	141	156	144	145	132	145	135	238	138	955	80°		
85°	156	190	188		180	153	169		156	158	143	155	145	255	151	1018	85°	
90°	168	205	202		194	167	183		170	170	156	167	157	275	166	*	90°	
95°	182	220	218	209	181		197	184	184	169	180	171	296	181	*	*	95°	
100°	196	237	235	226	196	212		198	198	183	193	182	318	197	*	*	100°	
104°	208	251	249	239	209	225		211	210	195	203	192	336	210	*	*	104°	
105°	211	254	252	242	212	282	114		213	198	210	200	341	214	*	*	105°	
110°	226	273	270	260	229	245		231	229	213	218	207	365	232	*	*	110°	
115°	243	292	290	279	247	262	248		246	230	235	225	391	251	*	*	115°	
120°	260	312	310	299	266	281		266	263	247	251	240	418	271	*	*	120°	
125°	278	333	331		319	286	300	286	281	265	267	255	447	293	*	*	125°	
130°	297	355	354		341	307	320	306	301	284	282	275	477	315	*	*	130°	
135°	317	379	377		363	329	341		327	321	304	305	292	508	339	*	*	135°
140°	337	404	402	387	352	364	350			342	326	319	307	541	364	*	*	140°
145°	359	430	428	412	377	387	373			364	348	333	315	576	390	*	*	145°
150°	382	455	454	438	403	411		398	387	387		*	*	613	417	*	*	150°



\* 有关气泡/露水的更多信息,请参阅第 8 页