

全面科学地实施对制冷剂的管制*

(美) James M. Calm 著 汪训昌 译

摘要 本文给出了鉴别目前的制冷剂用户以及他们的设备能否影响未来制冷剂选择方案的一些方法。从最近对工业界征收特别税的一些科学评价来看,制冷剂的未来是充满着挑战。作者以这种客观的评论态度,作了一一报导,并为作出明智的决定和防止可能太草率的淘汰提出了三点建议。

我们所指的“新的”或者“替代的”制冷剂实际上已经不是什么新的了。HCFC - 123 替代了 R - 11 (R - 123 在商业上第一次使用是在 1989 年),而且至今已有了 100000 台/年的成功使用记录。R - 134a (是在后来几年中引入的)在变化繁多的应用中替代了 R - 12 与 R - 500,包括了像冰箱,汽车空调,一些商业制冷,及螺杆式与离心式的冷水

机组的应用。R - 22 (是在 1936 年后生产的)在中、低温制冷工程中的使用有了增加,并且仍旧是单元式空调设备的主要制冷剂。在新设备中从 R - 22 转变为 R - 410A 正在进行中,预计将在 5 ~ 6 年内完成。R - 404A 与 R - 507A (两者都是在 1993 年引入的)替代了商业制冷中的 R - 502,尤其是低温用途(如冷冻食品)。在表1中归纳了目

表1 较老的与“替代的”制冷剂

CFC 或 HCFC	现有的设备(可以要求转换)	新设备
R - 11	R - 123	R - 123 R - 245fa
R - 12, R - 500	R - 134a R - 401A R - 401B R - 401C R - 405A R - 406A R - 407D R - 409B R - 412A R - 413A R - 414A R - 414B R - 415A R - 416A R - 418A R - 420A	R - 134a R - 227ea R - 245fa HCS
R - 22	R - 407C R - 411A R - 411C R - 417A R - 419A	R - 407C R - 407E R - 410A R - 41B ??? HCS
R - 113	无	任何替代
R - 114, R - 400	R - 124 R - 236fa E245cb1 R - 401A	R - 236fa E245cb1
R - 502	R - 402A R - 402B R - 403A R - 403B R - 404A R - 407A R - 407B R - 408A R - 409A R - 411B R - 411C R - 507A	R - 404A R - 407A R - 507A R - 509A HCS
R - 13B1	R - 410A R - 410B	R - 410A R - 410B
R - 13, R - 503	R - 23 R - 508B	R - 23 R - 170 R - 508A R - 508B

其它和特殊用途的制冷剂包括有:

- **R - 717 (氨)**, 用于食品与饮料加工,工业制冷, (NH₃/H₂O) 吸收式制冷。
- **R - 718 (水)**, 用于 (H₂O/LiBr) 吸收式循环,工业蒸汽再压缩,及真空蒸汽压缩。
- **R - 729 (空气)**, 用于 Braton 循环的特殊用途。
- **R - 744 (二氧化碳)**, 用于串级系统,特别是用氨作其低压级,商业与运输制冷,汽车空调器,及热泵型热水器。
- R - 704 (氨) 与 R - 7131 (氙), 用于一些冰箱的 Stirling 循环,特殊用途,与热声制冷。
- 氢烃 (HCs), 主要用于充液量非常小的设备,如冰箱与冷藏柜(注:上面表中的 R - 170 是乙烷)。
- 低温工质(如氨与氩), 用于超低温制冷。

表中用粗体字表示的制冷剂作者认为是在其它一些制冷剂淘汰后还将长期使用的制冷剂。

J. M. Calm, "Responsible Responses to Refrigerant Regulation," *Engineered Systems*, 20(10):66-72, October 2003 (invited guest commentary); *Refrigeration and Air Conditioning, China*, 4(2):55-59, April 2004

* 译自《Engineered Systems》杂志,经作者同意,现予发表。

前一些在用的与替代的工质。新增加的制冷剂有 100 多种——其中在用的替代工质大部分是混合制冷剂,但它们所占市场份额总的来说很小。此表只包括了已经获得了标准命名的这些制冷剂。

这“替代物”一词已经成为在许多应用中对一些新设备和对一些老设备进行转换的标准用词。这种用词容易可以掩盖真相,让一些化学品与设备制造厂商进行大量投资,用以筛选一些替代品,并对这种替代品编制安全与应用的资料,重新设计产品和维修操作方法,制订与考核新的润滑油和其他的加工材料,及试验与标定新设备。

在此替代过程中,在性能与安全两方面工业界所取得的进步是值得赞赏的。一些设备制造商以及安装与维修技术人员对于减少制冷剂的排放作出了一种专门的承诺,保证对于某些已退役制冷剂可以不必淘汰,也不会有工程发生泄漏排放。

虽然维修一些老的系统仍旧买得到库存与回收的氯氟烃(CFC)制冷剂,但是替代仍在使用的 CFCs 设备的最好理由是因为用了下一代设备可以大大提高效率,从而节省了运行费用。

氢烃,主要是异丁烷,在某些国家的冰箱中现在已占有支配地位。同样,氟与氢烃(如丙烷与丙烯)的使用也在渐渐增加,最值得注意的是在某些欧洲国家正在推广。虽然二氧化碳未来的使用前景是振奋人心的,例如在串级制冷系统的应用,但是它在广泛应用中的好处通常是被夸大了。

虽然这种转变还在进行中,但是这种转变进行得如此平稳以至于大多数制冷剂用户面对着许多替代却感觉不到管制条例与政策的挑战。实施臭氧层保护的诀窍(mantra)是将 CFC 转换成采用氢氯氟烃(HCFC)或氢氟烃(HFC)的方案,而前者是一种过渡性措施。

若干种关键性应用仍依赖于 HCFCs,特别是 90% 以上的单元空调器与热泵仍在使用的 R-22,2/3 以上的新的离心式冷水机组仍在使用的 R-123。

美国在新设备中淘汰 HCFCs 的时间表分别在 2010 与 2020 年,而以后的 HCFCs 生产用以确保对维修需要的支持。对于 R-123,在发达国家满足维修需要的生产允许维持到 2030 年,在发展中国家允许维持到 2040 年。无论是蒙特利尔议定书,或者是美国及大多数其它国家的管制条例都没有限制现有装置的继续使用,以及为了未来的维修而使用库存的,或再生的 HCFCs,所以对预期的维

修需要量应该有足够多的考虑。

某些国家与环保主义者正在为减轻全球变暖,淘汰 HFCs 大喊大叫。他们之中更为极端的人主张禁用所有的氟化学品——远远超出了制冷剂,发泡剂,溶剂,气雾剂,与灭火剂范围——还要消灭如在合成纺织品(如 Gore-Tex)与炊具涂层(如 Teflon)这些产品中的使用。

在许多欧洲国家,一些管制措施已经生效,对于氟化学品,特别是对一些 HFC 制冷剂的压力是很明显的。这些管制措施包括了要张贴专门的标志,按照 GWP 值与淘汰时间表加权计算其征税额(如在瑞典,对家用制冷设备在 2003 年初实行征税,在丹麦,在 2006 年对大多数用途的设备实行征税),而且在某些应用中要完全禁止使用。欧洲议会(EC)已经批准了对 HFCs 的进入市场、使用、及密闭性(containment)的管制条例初稿。在另一些管制措施中,此提案要求由合格的专业人员对泄漏作定期检查,小系统每年一次,大设备次数要更多。此管制条例初稿还最终要求像在汽车空调器这样的移动系统中淘汰 R-134a。

制冷剂绝大多数的用途,和所有氟化学品制冷剂的使用都是在密闭系统中进行的,在这种系统中在运行时不会释放制冷剂。因此,装在这种系统内的制冷剂是不耗损同温层中臭氧的,从而它们也不起到温室气体的作用。然而二氧化碳和其它一些温室气体的更大量排放是由于使用能源所引起的。在一些不泄漏的密闭系统中,不但其运行费用与维修需求都较低,而且效率与制冷能力又较高。

然而,有科学证据证明,某些替代物在大气中的浓度正在比所报导的可达到的排放速度更迅速地增加。这种情况就提出了用户可以通过以下这种负责任使用来影响替代制冷剂未来的可接受性(acceptability)与最终命运(fate):

· 选择那些具有非常低的 ODP 与 GWP 值的制冷剂:这样的制冷剂一般还具有很短的大气寿命,从而减少了在大气中的积累量,并且为另一些有利害关系的问题提供了保护(图 1 与图 2)。

· 在制造、组装、重新组装、运输、储藏、安装(充液)、维修、与设备退役(回收)过程中要将排放减少到最小程度:在冷水机组中,制冷剂的泄漏损失有了急剧的减少(图 3)——由 30 年前的每年累计泄漏三分之一充液量降低到今天最好设备的不到 0.5% 的年泄漏率——说明潜力很大,在设备退

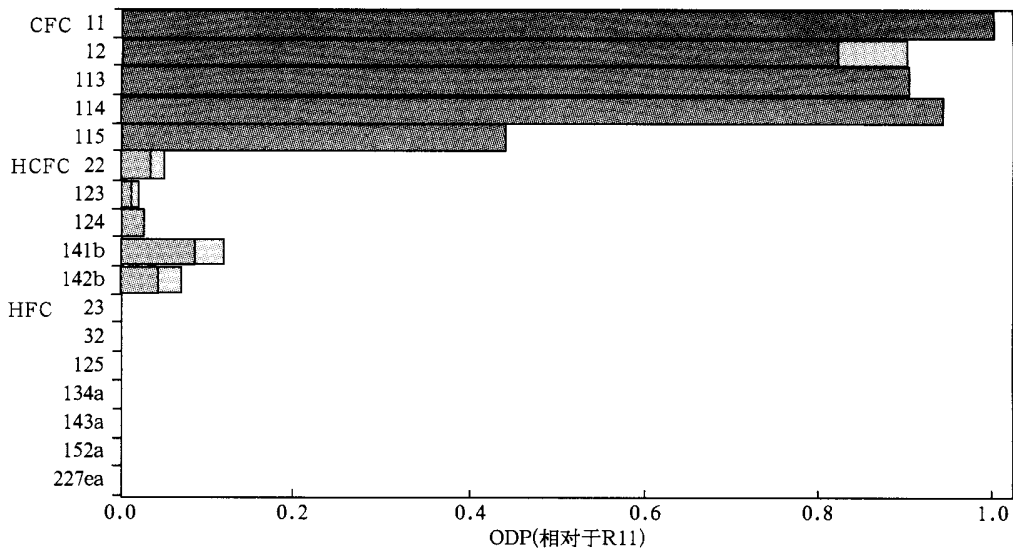


图 1 常用 CFC, HCFC 和 HFC 制冷剂的臭氧消耗潜能值
(引自:WMO,2002 年度臭氧消耗的科学估算,2003 年 3 月)

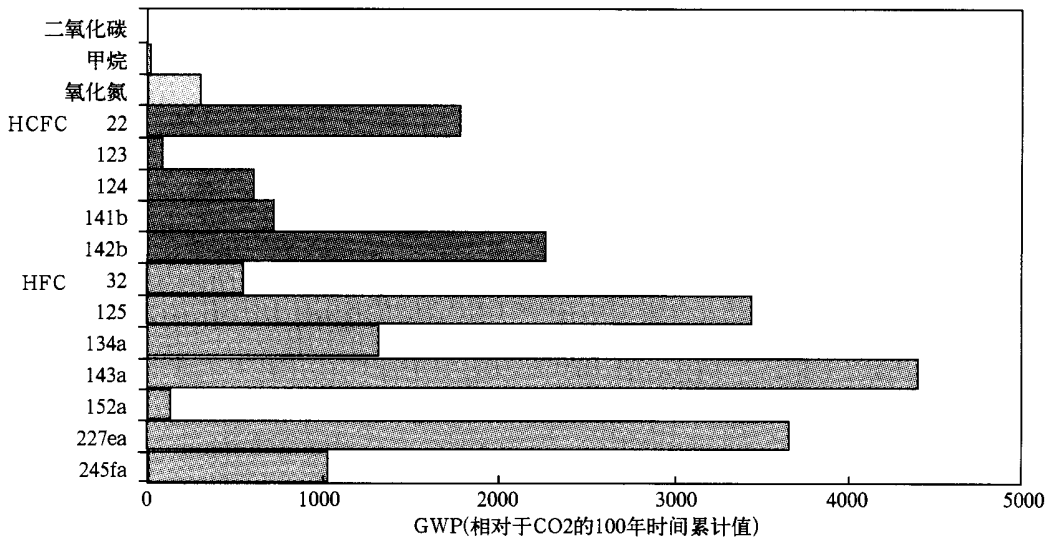


图 2 常用 CFC, HCFC 和 HFC 制冷剂的全球变暖潜能值
(引自:IPCC,2001 年度气候变化—科学依据,2001 年,和 WMO,2002 年度臭氧消耗的科学估算,2003 年 3 月)

役时可回收了大约 90 % 的原始充液量,而不再是每三年需要重新充灌一次新的制冷剂。过去使用制冷剂吹冲冷凝管线与清洗盘管的作法不只是不可接受的,而且在美国与某些国家中还是非法的。只要进一步改进,在处理与维修中更加小心,发现泄漏后就立即负责修理,进一步降低泄漏是完全可能的。在平时维修中对制冷机内的抽液方法作一些策略性改进就可能释放得更少。例如,根据对油样的定期实验室分析,修改换油时间表可以避免过

频繁的换油,因为每一次换油都会释放一些制冷剂。

· 要支持制定科学的管制措施:反对正确合理的措施会动摇行业中负有决策责任的管理者信心,因而削弱了对维持一些合理方案的作用。另外,对于为临时性市场利益服务的管制条款,无论是由于类似的理由,还是由于混淆了管理者与客户之间的区别,都只能令人失望。

最后一点必须再解释一下。空调与制冷行业

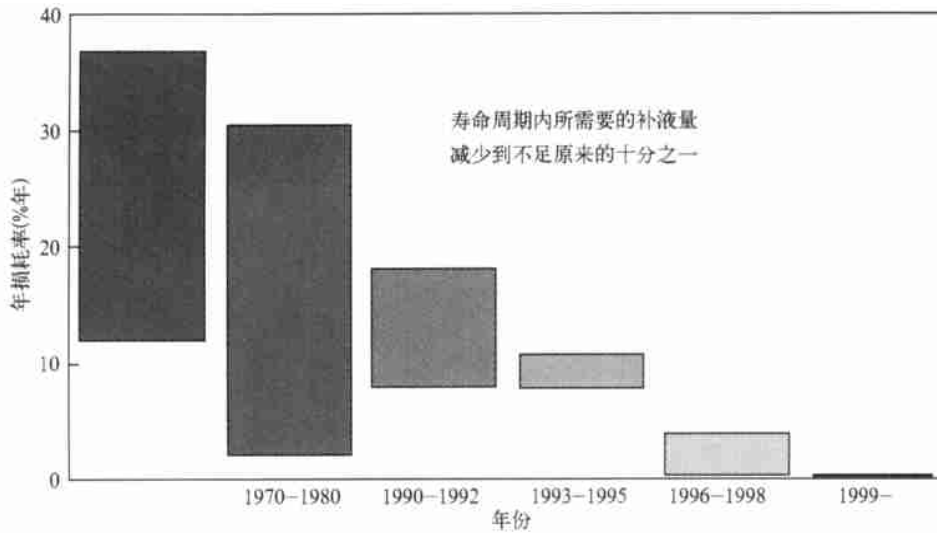


图 3 减少由于泄漏、抽气排放及其他操作和维修损耗所引起的制冷剂年损耗率的进展
 (引自 J. M. Calm, “来自制冷空调系统的排放物 and 环境影响”一文,
 国际制冷学报, 25(3):293 ~ 305, 2002 年 5 月)

一般赞成采用分析的方法,其中包括制冷剂释放(有时称直接影响)与由于和用能有关的其它温室气体排放(有时称为间接影响,虽然在大气科学中此名词另有含义)。这种分析方法包括了总当量变暖影响 (TEWI), 寿命周期变暖影响 (LCWI), 寿命周期气候性能 (LCCP), 净变暖影响 (NWI), 和许多变量。

这些分析方法是实用的工具,但是由于一些基础性运算的假设,系统的边界条件,及数据故意或无意的曲解也容易引起错误。今天 HFC 的排放虽然是很少,只占所测量到的受控温室气体的 1 % 至 2 % 的 CO₂ 当量,但这部分 HFC 的排放量正在上升,问题是它的今后水平将会增加好几倍。

在美国,四家离心式冷水机组生产厂家中有两家在使用 R - 123。对于重新考虑目前所计划的淘汰时间表,有的厂家表示支持,有的表示反对,同样都存在着商业上的利益。然而,这种制冷剂提供了使管制政策立足于科学证据的可能性,因为暂缓淘汰这种制冷剂在冷水机组中的使用,对于臭氧层可能只有几乎觉察不到的影响,而在与能耗有关的温室气体排放上可以避免增加 9 % 到 20 %。

R - 123 是少数几种受控物质之一,对于这种物质,存在有明确的环境理由将它作为一种冷水机组的制冷剂而保留下来,然而它的那些突出的优点在市场上与公众中却受到了歪曲与否定。一个成功的保留这种独特的 HCFC 的运动将可能会给今

后对 HFCs 作出正确决定树立一个成功的先例,也就是说,对这类化合物,要按照一种化学物与一种化学物,一种应用与一种应用地进行科学分析。对整个一类化学品实施替代限制,有可能在淘汰一些讨厌的物质的同时将一些合理的选择也一起淘汰掉了。

在一些技术文献中,包括发表在某些最有威望的科学工程杂志上的文章,对于暂缓淘汰 R - 123 列举了科学理由。而且,1998 年世界气象组织 (WMO) 的最终结论,按照蒙特利尔议定书准备的一项国际研究报告“臭氧层耗损的科学评估”中指出,“臭氧层耗损与气候变化是相互有联系的,因此蒙特利尔议定书与京都议定书有关控制 HFCs 的决定可能会影响有关淘汰臭氧层耗损物质能力的决定。”

在 1999 年,政府间气候变化委员会与技术经济评估委员会 (IPCC - TEAP) 合办的“限制 HFCs 与 PFCs 排放方案专家会议”指出“淘汰 HCFC - 123 将会使全球变暖增加 14 ~ 20 % —相反溴-氯高峰负荷的增加不会超过 0.001 %”。虽然对此问题有争论,但是此委员会的工作组一致认为“根据 HCFC - 123 的使用对臭氧层的影响可忽略不计和在减少气候变暖上有很大好处,可以保证将 R - 123 用于冷水机组的做法是经得起考验的。”

在 UNEP 的支持下,制冷、空调与热泵技术方案委员会 (RTOC) 所准备的 2002 年评估报告指

出：“HCFC - 123 对环境具有全面良好的影响,其贡献表现在五个方面：低的 ODP 值；非常低的 GWP 值；非常短的大气寿命；目前设计的 HCFC - 123 冷水机组的泄漏率极低；在所有现行替代制冷剂方案中的效率为最高。”这项国际评估引用了一些研究后说,“在冷水机组中继续使用 HCFC - 123 对同温层臭氧只会有难以觉察的影响,而对提高效率却带来重大好处,因此就降低了由于使用能源所带来的温室气体的排放。”

正如图 4 所描述的那样,制冷剂演变到最后的第三代制冷剂的工作正在进行中。未来的一些决定将取决于目前这些替代方案的长期生存能力。制冷剂与设备的生产厂商和用户能够通过选用低的 ODP 与低的 GWP,排放最少,能提高系统效率,和支持对管制措施的科学决策来影响这些替代方

案的未来。这种未来将取决于我们对所筛选的这些方案,无论是在使用中的方案,还是目前提倡使用的方案,是否采取负责任的态度。

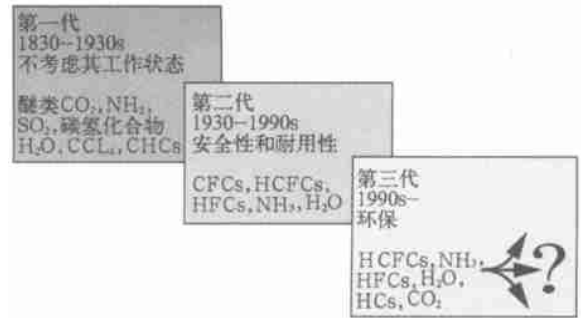


图 4 制冷剂的更新换代及其特点
(J. M. CALM, “冷水机组制冷剂的选择与前景”一文, 地球技术论坛论文集, 239 ~ 248, 2000 年 10 月)

(上接第 62 页)

5 结束语

以往的家用空调冷媒,主要是 R22。但从目前的新冷媒替代进展来看,新冷媒应用出现了两元化甚或多元化的趋势,这将带来产品互换性的降低,会给空调产品的设计、生产、维修服务带来或多或

少的不便。至于能被全球厂商普遍接受的单一冷媒的出现,现在还看不到明确的迹象,相应的冷冻机油的选择更是如此,也许最终需要各国协商,以法规或标准的形式加以确定。在此之前,各行其是的现象恐怕要持续相当一段时间。

参 考 文 献

- 1 三菱电机全封闭替代冷媒压缩机技术手册.
- 2 Honeywell Asahi 公司新冷媒手册.
- 3 日石三菱(中国)冷冻机油研讨会(2001. 11)论文集.
- 4 Akihiko Lshiyama, Tadashi Iizuka, Tribochemical approach for establishment of reliability technology for RAC system using R410a refrigerant and POE lubricant. Proceedings of 3rd ICTC 2001, pp459 ~ 466.