

冻结氢氟烃：

全球过渡到环保型制冷剂摘要

environmental investigation agency

关于环境调查署（EIA)

环境调查署（EIA）是一个独立的宣传组织，致力于保护环境，防止对自然环境资源的破坏和滥用资源的行为。我们工作的一部分是进行开创性的调查，调查的对象是消耗臭氧物质（ODS）的非法贸易，我们密切参与国际臭氧和气候谈判已经超过十年。

致谢

报告设计：www.opmdesign.com

2014年4月

©环境调查署

未经EIA书面许可，本出版物的任何部分不得以任何形式进行复制。

本报告由EIA的华盛顿和伦敦办公室共同制作。

EIA是唯一对本报告所有内容全权负责的机构。

免责声明：

EIA不隶属于这篇报告中提到的任何公司，也没有收到它们的任何财务支持或其他利益。EIA在此声明，尽管有些其他公司在制造不含氢氟烃的产品，且EIA并没有在这篇报告中认可或者支持这些公司，但这跟这些公司及其产品没有任何关系。本报告所载的全部事实是根据截止到此篇报告发表为止最可靠的公共知识所编写。在发表之前，EIA已经对报告的准确性和完整性采取合理谨慎的检查。对于EIA这篇报告中所引用的各种纸质和网上资料，EIA并不代表它们的观点，并且不予保证他们的准确性、可靠性、完整性、商品性以及是否适合本报告中的产品，科技和公司。EIA敦促所有有意购买或者转换成不含氢氟烃技术的公司对资料进行独立研究，以确保选择最佳的技术来满足特定的用途和目的。

图片来源：

© iStock



目录

3 摘要

5 使用非氢氟烃技术的能效收益

9 家用制冷

15 工业制冷

25 运输制冷

32 商业制冷

53 空调

66 现已上市或有待研发的氢氟烃替代品



概要

全球气候无疑正在变暖。大气和海洋已经变暖，冰雪覆盖量正在下降，海平面上升，温室气体也在不断积聚。

过去三十年中，地表温度每过十年都有所上升，超过了1850年以来的任何一个年代。[1] 我们必须削减有害温室气体的排放。我们必须采取快速缓和措施来弥补不断加剧的环境影响，避免踏过临界点，导致气候产生突然而非线性的变化，同时通过减排和减碳策略为二氧化碳排量控制提供足够时间。 降低氢氟碳化物（HFC）的生产和使用是目前可行的最大、最快、最经济的缓和措施。按照目前形势来看，削减HFC的快速行动实际上能够在2050年之前消灭一种主要温室气体（GHG），减少96到146Gt当量二氧化碳排量。若HFC保持高增长，2100年之前气候温度将再次上升0.5摄氏度，而低增长也将导致气候温度上升至少0.35摄氏度。HFC淘汰机制将有效避免这两种可能。这种阻止气候变暖的方式对实现长期国际目标而言十分必要，目前我们的目标是在本世纪结束前将全球温度升幅保持在2摄氏度以下，虽然该升幅仍要高于工业化前的水平。如今，HFC是美国新零售食品应用中最为常用的制冷剂，但其所排放的强效温室气体GWP要比二氧化碳高出数百乃至数千倍以上。[2] HFC的商业化初衷是要替代CFC和HCFC，这两种制冷剂目前正按照《关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书》（Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer）进入淘汰阶段。虽然全球正努力减少制冷和空调领域的HFC排量，目前或今后与HFC有关的温室气体排量仍十分巨大。幸运的是，目前市场上已经出现了一系列环保型可替代制冷剂，其中包括碳氢化合物、二氧化碳、空气、水、氨和一些“非实物型”技术（比如太阳能）。

如今，HFC是美国新零售食品应用中最为常用的制冷剂，但其所排放的强效温室气体GWP要比二氧化碳高出数百乃至数千倍以上。[2]

虽然所有的制冷和空调技术都以蒸发压缩原理为基础，但所采用的制冷剂、系统设计和设备组件都会根据制冷应用和功率的不同需求而有所不同。便利店、超市、大型超市、仓库、分销中心和冷冻车都有不同的制冷需求和技术考虑，在具体决定采用哪种正确的无氟制冷剂时，这都是需要考虑到的问题。同理，家庭、商业建筑、学校、医院、工厂和不同气候地区都对空调系统和技术有不同需求，在决定采用哪种无氟制冷剂时，也还要考虑到这些问题。最常见的制冷设备类型包括独立机组（包括自动售卖机、伸手可取式冷藏箱）、远程陈列柜和小型冷冻间、冷凝机组、机架系统、整体式系统、中央工厂和运输系统（比如冷冻卡车）。常见的空调系统类型有工厂密闭式、单一分离式、多联机式、管道式、冷冻机式、热泵式和移动式空调。无氟可替代技术目前在商业上都开始销售，并已经经过检测，能够在迅速发展过程中满足多种制冷和空调需求。

由于HFC气体给全球气候带来了巨大威胁，世界各国正采取措施停止HFC扩散，淘汰对HFC系统的使用，甚至还在一些主要产业下达了禁令。这些行动迅速推动了低GWP可替代性制冷和空调技术的研发、测试和商业化进程。目前，针对几乎所有制冷和空调设备的无氟技术都已经经过验证。值得一提的是，世界各地都在生产和销售以碳氢化合物、二氧化碳、空气、水、氨或这些元素混合物为制冷剂的独立机组、机架系统和中央工厂系统。同样，采用这些制冷剂的可替代性技术也正进入研发、测试和商业化阶段，以适配工厂密封式、单一分离式、多联机式、管道式、冷冻机式、热泵式和移动式空调。随着越来越多的国家开始采取行动停止对HFC的使用，这些技术将不断渗透到市场当中。

此外，随着这些技术普及更加广泛，其相应成本也会下降，基础服务设施也会得到扩展。针对各种设备研发出的产品不仅采用了天然制冷剂，而且设计十分高效，这使得在HFC淘汰过程中出现的下一代制冷和空调设备不仅节能，还能产生直接环境效益。可行设计与采用可替代制冷剂的有效制冷和空调技术的结合能催生一个价值数十亿美元的全球市场。那些要进军欧洲、日本和美国市场的公司需要迅速向天然无氟技术进行过渡，因为这些国家目前都在加强对HFC的管控。正因如此，HFC才变成了没有前途的技术，保存期限也十分有限。

此报告汇总了来自全球市场中的案例研究，这些案例涵盖了适用于家庭、商业和工业制冷和空调设备的无氟技术，而且都经过了有效的检测。为了保持竞争力，制冷和空调公司需要迅速向下一代技术进行过渡，这对全球气候也有好处。现在是向无氟技术进行过渡的最佳时机，因为下一代可替代技术近在眼前。

参考资料

1 IPCC Summary Report available at: http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf

2 100 year warming potential of one kilogram of a gas relative to one kilogram of CO_2.

与无氟技术对接会带来高能效

制冷设备

全球各地的制冷系统消耗着全世界15%到20%的电力。[1] 零售部门制冷在超市全部电力支出中占据最大份额，超市所有冷藏食物或饮料价格中有3%到4%就是电费。[2] 在目前经济环境下，各公司都比以往更急切地要寻找节能机会，这一点毫无疑问。下文详细介绍了一些关键部门在无氟化过程中所取得的惊人节能效果。不过应当指出的是，最优系统设计和固定设备维护是提高能效的基础所在。

商业制冷中的能源节约

欧洲和南非商业制冷部门迅速生产无氟系统的原因在于，该系统具有巨大的节能潜质。就二氧化碳系统来说，其系统设计已经达到了顶尖要求，并且产生了显著的节能效果，因此也能节约成本。根据法律要求，目前瑞士所有的新超市都将二氧化碳作为标准制冷剂，瑞士零售商对这一技术的运用具有相当丰富的经验。瑞士零售商Coop Schweiz 目前有四分之一的设备都采用了二氧化碳跨临界系统，并计划在2023年前对所有设备进行转化。Coop Schweiz报告称，相较使用合成制冷剂的系统，新系统能节约30%左右的能源，如图1所示（热回收节约成本未计入此表）。

在商业制冷部门，水冷式碳氢系统也同样展现出潜力。英国零售商韦特罗斯（Waitrose）计划在2021年前将所有设备无氟化，该公司目前正在使用这一技术。其报告称，碳氢系统能效要比传统HFC系统高20%左右。

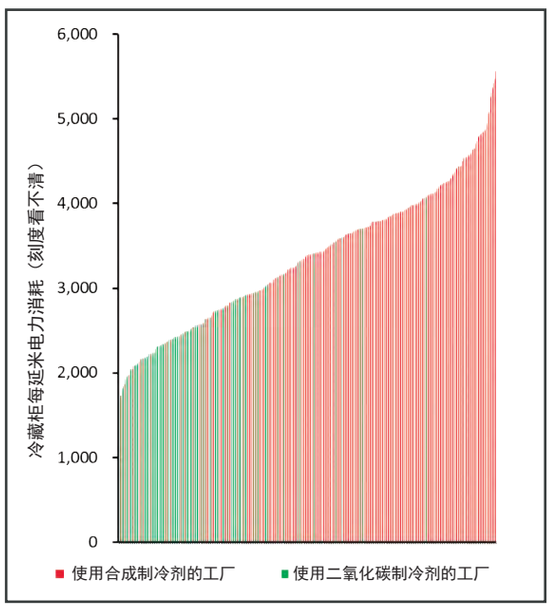


表1：Coop Schweiz商店HFC制冷剂能效与二氧化碳系统能效对比图。二氧化碳系统平均节能效率约30%。

来源：Coop Schweiz

亚洲也同样看到了节能效果。日本零售业巨头永旺集团（AEON）已经决定在其所有新商店采用二氧化碳系统。公司报告称，其自2009年开始采用二氧化碳系统的商店共节能约10%到30%。公司表示，其二氧化碳跨临界系统即使是在高温和潮湿气候中也具有高稳定性和高效率。[3]

同理，土耳其伊斯坦布尔的家乐福分店也表示，其二氧化碳跨临界系统能效提高了15%。

在2008到2011年间，德国可持续发展机构GIZ-Proklima和南非环境部共同帮助南非零售商Pick’n’Pay在其位于开普敦和约翰内斯堡的两家超市中安装了二氧化碳和氮混合串联式系统，这两家超市位于不同气候带（一个是中温、一个是高温）。在南非这样一个电力供应不足的国家，正是对节约用电的需求推动了该项目的发展。这两家商店于2009年十二月开张（正值南半球夏季），如今已进入全面运转。两家商店的能源消耗数据显示，相较传统HFC系统，新系统的节能效率为19%到26%。[4]

...随着二氧化碳系统设计的迅速完善，包括对平行压缩器的使用，都允许南亚、雅加达、印度尼西亚和南非安装二氧化碳系统，同时巨幅提升能效。

起初，二氧化碳系统在寒冷气候中的效果更好，因此常被认为不适用于高温地区。然而，随着二氧化碳系统设计的迅速完善，包括对平行压缩器的使用，都允许南亚、雅加达、印度尼西亚和南非安装二氧化碳系统，同时巨幅提升能效。二氧化碳跨临界系统如今可被有效运用于几乎所有温度带，相比传统合成系统能带来更多能源效益。

商业制冷中的热回收节能

对热回收技术的使用能大幅削减能源消耗、运营成本和碳排量。在任何一家超市，75%到90%的热水需求都可通过制冷系统中的热回收进行供应，这一过程中的二氧化碳排量仅占整个设施排量的2%到3%。[5] 二氧化碳制冷系统的特别之处在于，其临界压力较强，因此能为热回收提供绝佳机遇。[6]

虽然这种做法尚未在业内形成一种标准，不少零售商已经开始实施创新热回收项目。德国零售商Aldi Süd就用冷却系统来进行热回收，采纳该技术的门店数目非常惊人，特别是在斯洛文尼亚（100%）、匈牙利（100%）、瑞士（93.8%）和奥地利（96.1%）。[7] 葡萄牙零售商Jerónimo Martins同样也利用HFC系统来进行热回收，其343家商店都配有热交换器，从制冷系统中回收热空气。[8]

空调系统

美国是全球最大的空调消费国，该国住宅供冷每年要消耗约1850亿度电。[9] 然而，美国并不是唯一一个大量消耗制冷能源的国家——全世界对空调的使用都在猛增。仅在2010年，中国就卖出了5000万台空调。[10] 对节能和环保型空调的需求因此显得非常必要，特别是在之前出现过用电荒的国家，比如中国和印度。

商用和家用空调节能

碳氢化合物制冷剂非常适合温暖气候下的家用空调，其作为热导体的传热效率要比碳氟化合物高出50%，而运行过程中的排气压力还要比后者低20%，[11] 这样就减轻了压缩器的工作负荷，因此也削减了维修费用。据称，这些优势使节能效率提高到17%至35%之间，平均效率为25%。[12]

分离系统

全球各商业集团也表示，在气冷式分离系统中使用碳氢化合物制冷剂能明显起到节能的效果。这些系统包括：位于新加坡的屈臣氏商店，能效为24%；位于吉隆坡的7-eleven便利店，能效24%；位于马来西亚的Sumiden Electronics Shah Alam，能效22%；以及马来西亚的Hosiden Electronics，能效25%。[13]

房间空调

意大利小型家电生产商De’ Longhi自1995年起开始为欧洲市场生产一系列碳氢化合物家用空调，其Pinguino PAC W ECO型空调节能效率为15%到20%。[14] 同样，印度空调生产商Godrej所生产的绿色平衡系列（Green Balance）碳氢化合物空调能效要比目前市场中的五星级产品还要高出23%。[15] 2011年，中国最大的空调生产商格力（Gree）启动了10万台/年的房间用碳氢化合物空调生产线，其能效与传统系统相比提升了15%，此外碳氢化合物的充注量也更小，能够明显降低安全隐患。[16]

冷冻机

冷冻机用于水冷却，冷却水通过打压在楼内循环，为多个房间降温。冷冻机几乎用于所有安装有空调系统的多层建筑里。所有可替代HFC的无氟冷冻剂在技术上都能用做冷冻机冷冻剂，因为楼体内固定点的散冷都是通过冷水/乙二醇循



图片来源：EMMA CLARK，EIA国际

全球各商业集团也表示，在气冷式分离系统中使用碳氢化合物制冷剂能明显起到节能的效果。

环完成的。氨和碳氢化合物冷冻机目前市面上已经有售，小型碳氢化合物冷冻机的能效提高了约10%左右，而小型氨冷冻机的能效则能提高20%左右。[17] 二氧化碳在温和气候中预计也能产生同等能效，而在温暖气候中的能效则会下降10%。对大型离心式冷冻机而言，水是最不会对环境产生危害的冷冻剂，其能效还会提高5%到10%。[18]

总结

随着全球开始寻找节能型设备来降低能源需求、削减温室气体排量、减少能源制造对人体健康和环境带来的危害，向无氟制冷和无氟空调的转变能带来巨大回报，并且效果迅速。在许多部门，节能型无氟设备已经在商业上成为可能，更多的可替代物目前也在进一步研发过程中，并将迅速获得通过。对下一代制冷剂和空调设备的生产给商家带来了数十亿美元的商机，同时也对气候产生着巨大好处，有助于增进可持续发展。这是声誉和经济效益的双丰收。

参考资料

1 Presentation by Mazyar Karampour “CO2 Supermarket Refrigeration and Heat Recovery” October 2012, available: http://www.kvforetagen.se/download/102751/Lilla_4_Utvardering_CO2_system_i_livsmedlesbutiker.pdf

2 Irrek (2013), “ Policy options for ecodesign and labelling of commercial refrigeration” http://www.eceee.org/ecodesign/products/commercial_refrigerators_freezers/Wuppertal_presentation_23April2010

3 Presentation at Consumer Goods Forum Summit on Sustainable Refrigeration, June 2013

4 GIZ Factsheet (2011), “Conversion of Supermarket Refrigeration Systems from F-Gases to Natural Refrigerants” https://www.giz.de/Themen/en/dokumente/giz2011-enproklima-projectsheet-southafrica.pdf

5 The Carbon Trust (2011) Heat Recovery: A guide to key systems and applications, http://www.carbontrust.com/media/ 31715/ctg057_heat_recovery.pdf

6 Karampour et al. (2012) See also Eurammon info note no. 13 / June 2009

7 EIA (2013) Chilling Facts V: retailers on the cusp of a global cooling revolution

8 Ibid.

9 Michael Sivak (2013). Will AC Put a Chill on the Global Energy Supply? http://www.americanscientist.org/issues/pub/2013/5/will-ac-put-a-chill-on-the-global-energy-supply

10 Ibid.

11 HC – ENERGY SAVING, http://www.coolquip.com.au/index.php/energy_saving

12 Ibid.

13 Ibid.

14 DeLonghi Appliances (2014), http://airconditioning.delonghi.com/airconditioners/portable_airconditioner/WE125ECO

15 Godrej Appliances raises the bar for energy efficient products in India. http://www.prlog.org/11832200-godrej-appliances-raises-the-bar-for-energy-efficient-products-in-india.html

16 Shecco (2011). Comments on Draft 1 Version 3.0 ENERGY STAR Specification for Room Air Conditioners http://www.energystar.gov/products/specs/system/files/Shecco_Comments.pdf

17 Environmental Investigation Agency (2012) “Availability of low GWP alternatives to HFCs: Feasibility of an early phase-out of HFCs by 2020”

18 Schwarz, W., Gschrey, B., Leisewitz, A., Herold, A., Gores, S., Papst, I., Usinger, J., Oppelt, D., Croiset, I., Pedersen, P.H., Colbourne, D.,Kauffeld, M., Kaar, K., Lindborg, A. (2011) Preparatory study for a review of Regulation (EC) No 842/2006 on certain fluorinated greenhouse gases. Annex V, p.257

家用制冷

家用制冷领域包括的家用电器有家用电冰箱、冰柜、以及冰箱/冰柜组合产品。全世界每年要生产1亿台容量为1到30立方英尺（28到850公升）的家用电冰箱。[1]

典型家用冰箱包含一个密封蒸汽压缩系统，一个功率为50到250瓦的电机，以及50到250克制冷剂。[2] 截止2010年，全球家用制冷领域所采用的制冷剂共包含60%氢氟烃（HFC-134a）和40%碳氢化合物（异丁烷和丙烷）。[3]

实践证明，碳氢化合物系统更有优势，并且正在迅速取代陈旧的HFC-134a系统。从对气候影响的角度来看，碳氢化合物在100年尺度上全球变暖潜值（GWP）约为20，几乎可以忽略不计，而HFC-134a的GWP则高达1300。[4] 家用碳氢化合物技术传热效率提高了50%，[5]操作压力降低了20%，总能效因此上升了30%到60%。[6] 低操作压力同样也能减小对管道、接合点、软管和装置的影响，继而降低气体泄漏的可能性，增长产品寿命，缩短回报期。[7]

全球家用电冰箱市场已经开始向碳氢化合物系统转化，目前欧洲和日本几乎所有新的家用部件都使用异丁烷（HC-600a），中国的采纳率则是75%。[8] 亚洲、拉丁美洲和非洲南部所有国家对家用碳氢化合物电冰箱和冰柜的生产与消费愈发普及。[9] 在韩国，LG每天的碳氢化合物冰箱生产量超过了1.1万台；在中国，每四家最大的冰箱生产商中就有三家采用了碳氢化合物制冷剂。[10] 据估计，截止2020年，全球75%到80%的新产冰箱都会使用碳氢化合物制冷剂；而到2030年，全球95%的新产冰箱都会使用碳氢化合物制冷剂。[11] 然而，家用制冷领域中HFC消耗量仍有上升趋势（见表1），[12] 但随着全球碳氢化合物家用制冷的普及，HFC消耗量上升的预言很可能不会成真。

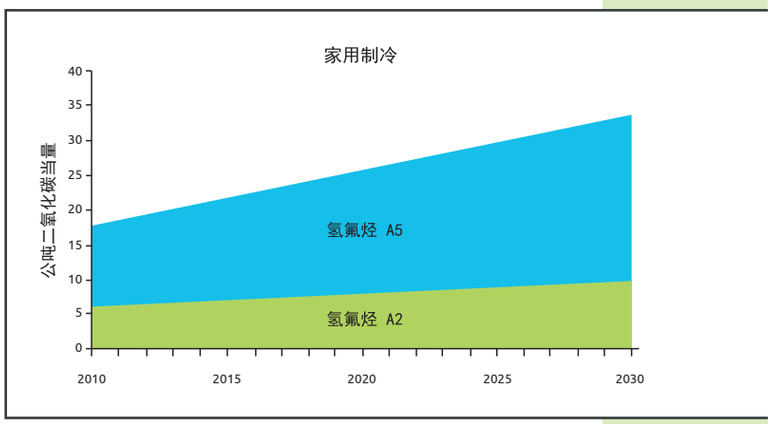


图1：全球基准情景下的氢氟烃消耗量(13)

如下是一些无氟家用制冷案例：

Gorenje碳氢化合物电冰箱（欧洲、澳大利亚、亚洲、巴西）



Gorenje碳氢化合物电冰箱
http://www.gorenje.com/ifa2013/photo-gallery/ion-generation-refrigerators

Gorenje集团的电冰箱和冰柜使用异丁烷为制冷剂，节能效率高达50%到60%。[13] 如下是Gorenje能效最高的一款“离子代”电冰箱（Ion Generation Refrigerator），其能效比同等HFC系统要高50%。[14]

离子代电冰箱每年耗电量约为168千瓦时，同时使用变频压缩器，冷却能力为8kg/24小时。[15] 该系统在安装变频压缩器技术的同时还安装了创新传感系统，这一系统能追踪用户使用习惯，并据此对能量运行做出相应调节。[16] 系统采用LED灯泡进行内部照明，同时还采用了EcoMode节能项目，在冰箱使用高峰时段降低能耗。[17] 系统还安装了报警技术，在冰箱门未关紧时提醒用户关紧柜门，并在冰箱出现反常高温状态时发出警报。[18]

关于Gorenje集团（Gorenje Group）：Gorenje集团是一家欧洲家用电器制造商，同时在亚洲、澳大利亚和巴西也有广泛业务。[19] 2012年，该公司有10895名员工，总收入为17亿美元。[20]



GE Monogram
(21)

通用电气碳氢化合物电冰箱（北美）

通用电气（General Electric）在其豪华型Monogram品牌下生产无氟电冰箱。通用Monogram冰箱是美国首款采用异丁烷制冷剂的家用冰箱。[21] Monogram机组同时还采用了碳氢化合物环戊烷为发泡剂。[22] 该系统使用复式压缩器和LED照明来增进系统整体效率。这款冰箱每年运行费用约为57美元，耗电量535千瓦时。[23]

关于通用电气（General Electric）：通用电气是一家总部位于康乃狄克州费尔菲尔德（Fairfield）的美国跨国企业，业务范围遍及160个国家。[24] 截止2012年，通用电气总收入为1460亿美元，员工总数30.5万名。[25]

Palfridge太阳能碳氢化合物电冰箱（非洲南部）

2009年，在德国国际合作机构GIZ ProKlima和斯威士兰国家臭氧部门（National Ozone Unit of Swaziland）的支持下，位于非洲国家斯威士兰的电冰箱生产商Palfridge将其全部生产设施从HFC转化为碳氢化合物制冷剂（异丁烷和丙烷）。该公司如今销售三种类型太阳能制冷（SolarChill）产品：疫苗冷却器、商用电冰箱、以及家用电冰箱。所有这三种产品都采用了太阳能供能，同时使用了碳氢化合物制冷剂。[26] SolarChill模型配备有两个90瓦光伏板，光伏板在白天产能，并将多余能量储存在镇流器负载系统里，以便在夜间、低光度和低能量情况下供能。[27]

Palfridge每年生产6万台无氟机组，在10年生产期内将减少150万公吨当量二氧化碳排量（直接和间接排量）。[28] 相较传统技术而言，对环保型碳氢化合物制冷剂的采纳和对设备设计的优化将使能效提高20%，而使用传统技术的机组在其生命周期内的减排量只有2.3公吨当量二氧化碳。[29]

型号为“LS150-家用”的家用电冰箱主要为农村宅基地和电力供应不持续地区设计。[30] 变频器的使用扩展了该冰箱的性能，使其能单独利用风能、柴油、生物量和太阳能来运转。[31] “LS150家用”系列则有独立的冷藏室和冷冻室，温控范围是2到-9摄氏度。[32] 该款预设系



TS 180冰箱厂/ Palfridge 冰箱厂

http://www.thefridgefactory.com/products/index.php?pid=111
http://www.unep.org/ozonaction/News/Features/ 2013/SwazilandGainsKnowledgeinSafeHydrocarbons/tabid/106122/Default.aspx

统能在所有室温下达到最佳温度，而优越的隔热技术则允许系统在低光照情况下延长冷冻时间。[33] SolarChill预计，发展中国家将大量需要这种适用于疫苗冷藏的机组，而每个机组能满足5万人口的需求。[34]

关于Palfridge: Palfridge（冰箱厂）总部位于非洲南部国家斯威士兰，该厂是非洲南部最领先的电冰箱生产商之一。[35]

Brastemp碳氢化合物电冰箱（巴西）

Brastemp是巴西家用电器生产商，其产品主打多款碳氢化合物电冰箱。该公司Inverse Refrigerator Viva 422L (BRE51)款电冰箱就是一款采用异丁烷制冷的无氟家电冰箱，每件产品能减少193磅二氧化碳排量。[36] 该系统采用了多个由Embraco公司生产的电容压缩器来节约能源。其电子控制系统会根据食物存储量提高或降低设备能源供给，在使用低峰期降低能耗。[37] 与传统系统相比，这些改进措施能让Brastemp制冷系统能效提高32.9%，大量削减二氧化碳排量。[38] 该款电冰箱还包含了其他一些环保改进措施，比如：采用80%的回收再利用塑料、LED照明、采纳RoHS生产标准（欧盟一项禁止在生产过程中使用特定有毒物质的政策）、还贴上了PROCEL(国家电子能源节约项目，Programa Nacional de Conservacao de Energia Electrica)标签来显示其能效品质。[39]

关于Brastemp:总部位于巴西圣保罗的Brastemp(Multibras)公司隶属于美国惠而浦公司（Whirlpool Corporation）。[40] 2013年，公司年报告收入约为190亿美元，在59家生产和技术研发中心共有6.9万名员工。[41]

关于Embraco：自1971年起，位于巴西若因维利（Joinville，位于巴西南部）的Embraco公司就开始为国内外市场生产压缩器、组件和制冷系统，如今销售范围已遍布80多个国家。[42] Embraco公司每年压缩器产量超过3700万台，在六个国家雇有9600名员工，这些国家是巴西、美国、中国、意大利、斯洛伐克和墨西哥。[43] Embraco公司生产一系列供家用和商用电器使用



Brastemp Invers Viva 冰箱
Embraco R600a压缩器

http://www.americanas.com.br/produto/113819346/geladeira-refrigerador-brastemp-frost-free-duplex-inverse-viva-bre51-422l-inox
为Shecco研制的 CO2冷却器

的高效压缩器，这些设备均采用HC-600a或HC-290制冷剂。[44] 公司已经证明，相较HFC-404a系统，使用碳氢化合物制冷剂能总体减少20%的能耗，噪音也更小。[45]

美的碳氢化合物和风冷电冰箱（中国）



美的MD-247冰箱
(46)

美的公司也研发了很多采用无氟制冷剂的电冰箱。其BCD-550WKM型号电冰箱采用了异丁烷制冷剂，并安装了变速直流变频压缩器，极大增进了节能效果。[46] 该系统采用的节能技术包括LED照明、低制冷剂充注量、以及低峰期待机模式。美的公司报告称，该款冰箱（容量550公升）每天仅耗电1.38千瓦，每年耗电量是503千瓦。[47] 美的还研发了一款较大容量电冰箱（570公升），该冰箱采用风冷原理，每天耗电量为1.21千瓦，每年耗电量仅为442千瓦。[48]

关于美的（Midea）：自1980年起，美的集团就开始生产家用产品，目前已成为中国最大的家用电器生产商之一。美的集团在中国、越南、白俄罗斯、埃及、巴西、阿根廷和印度各地都有销售点和生产基地，同时在美国、德国、日本、香港、韩国、加拿大和俄罗斯也分布有销售网络。[49]

海尔碳氢化合物电冰箱（中国）



海尔BCD-579WE冰箱
(50)

海尔公司生产的BCD-579WE型号碳氢化合物电冰箱容量为579公升，每天仅耗电1.08千瓦。[50] 该系统还有假日功能，可以在低峰期降低能耗。[51] 这款电冰箱同样也采用了LED照明、高温警报系统和风冷设计，为整个组件均匀提供温度。[52] 海尔公司已产出各型号容量不同的碳氢化合物制冷剂电冰箱。

关于海尔：海尔公司成立于1984年，是一家全球家电生产商。2013年，其全球销量收入是1803亿人民币。[53]

博世碳氢化合物电冰箱（新加坡）



博世KIS87AF30冰箱
(56)

博世集团（Bosch Group）研发了一系列供家庭使用的碳氢化合物电冰箱。该公司位于新加坡的BSH家电销售点出售24种家用电冰箱，包括使用异丁烷为制冷剂的无氟冷酒器。[54] 其新生产的A++型节能电冰箱比同等A级HFC电冰箱能效高出40%。[55]

型号为KIS87AF30的电冰箱节能等级是A++，该系统采用了诸多节能技术，包括允许用户在长期外出时将设备调节到节能模式的假日功能。[56] 该组件同样也采用了LED照明、增效型发声警报系统、以及迅速给食物降温、防止内部升温的“超冷功能”（SuperCool Function）。[57]

关于博世（Bosch）：博世集团总部位于德国慕尼黑，是全球第三大家用电器生产商，其产品包括冷冻电器、洗衣机、洗碗机、灶具及其他消费品。[58] 2013年，博世集团销售收入是464亿欧元。[59]

Arcelik碳氢化合物电冰箱（土耳其）

Arcelik生产并销售耐用品、零部件和家用电子产品，同时提供售后服务。[60] Arcelik是土耳其首家引入A+++节能型电冰箱的公司，并称该冰箱是全世界最高效的无霜冰箱。[61]



Arcelik 5088 A+++ NFY
http://www.arcelik.com.tr/fridge-freezers-no-frost-refrigerator-5088-A----NFY-Refrigerator.html

该公司2488 CNGY A+++型电冰箱采用异丁烷制冷剂，其能效比A级HFC电冰箱高出40%。[62] 该系统采用的电子气候控制系统能帮助维持恒定温度，制冷能力为6kg/24小时，总容量是19立方英尺。该系统绝热能力优越，能在断电27小时的情况下仍保持低温。[63]

关于Arcelik：Arcelik成立于1955年，是一家位于土耳其伊斯坦布尔的家用电器生产商，其销售范围遍布全球100多个国家。[64] 该公司在俄罗斯、罗马尼亚、南非、中国和土耳其都有生产厂家，总员工人数为2.4万。[65]

意大利Blupura碳氢化合物饮水机（欧洲）

Blupura是全球第一家天然冷水机生产商。[66] 这家意大利生产厂家使用的丙烷和异丁烷压缩器在多款饮水机中提供制冷。公司报告称，其机器比传统HCFC和HFC饮水机能效高出75%。[67] Blupura采用碳氢化合物制冷剂在餐厅、办公室、学校和家用产品中冷却饮用水和碳酸水。[68]

关于意大利Blupura：截止2014年，意大利Blupura公司共有18名员工，出口收入占其年销售总额的80%。[69] 由于美国市场对Blubpura冷水机需求量不断上升，美国Blupura公司（Blupura USA）也于2014年2月成立。[70]



Blupura 冷水机
图片归属于Blupura

参考资料

1 Regulation (EC) No 842/2006 on certain fluorinated greenhouse gases. See p274. Available: http://ec.europa.eu/clima/policies/f-gas/docs/2011_study_annex_en.pdf. Last accessed March 2014

2 Id.

3 Id.

4 IPCC (2013). Climate Change 2013 Report. Available: http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf. Last accessed March 2014

5 Cool Quip (2014). Introduction. Available; http://www.coolquip.com.au/Archive/. Last accessed March 2014

6 Engas (2013). About hydrocarbon refrigerants. Available: http://www.engas.com.au/About-Hydrocarbon-Refrigerants.php. Last accessed March 2014

7 Id.

8 EPA (2010). Transitioning to Low-GWP Alternatives in Domestic Refrigeration. Available: http://www.epa.gov/ozone/downloads/EPA_HFC_DomRef.pdf. Last accessed Feb 2014

9 Öko-Recherche et al. (2011). Preparatory study for a review of Regulation (EC) No 842/2006 on certain fluorinated greenhouse gases. See p274. Available: http://ec.europa.eu/clima/policies/f-gas/docs/2011_study_annex_en.pdf. Last accessed March 2014

10 Engas (2013). About hydrocarbon refrigerants. Available: http://www.engas.com.au/About-Hydrocarbon-Refrigerants.php. Last accessed March 2014

11 Shecco & UNIDO (2013). Guide 2013: Natural Solutions for Developing Countries. See p17. Available: http://conf.montreal-protocol.org/meeting/mop/mop-25/ngo-publications/NGO%20Publications/GUIDE%20UNIDO%20-%20Natural%20Solutions%20for%20Developing%20Countries.pdf. Last accessed Feb 2014

12 Öko-Recherche et al. (2011). Preparatory study for a review of Regulation (EC) No 842/2006 on certain fluorinated greenhouse gases. See p274. Available: http://ec.europa.eu/clima/policies/f-gas/docs/2011_study_annex_en.pdf. Last accessed March 2014

13 Gorenje (2014). New generation of refrigerators. Available: http://www.gorenje.com/ngfridge/. Last accessed March 2014

14 Gorenje (2014). The remarkable ION generation fridge freezers. Available: http://www.gorenje.com/ifa2013/press/the-remarkable-ion-generation-fridge-freezers. Last accessed March 2014

15 Gorenje (2011). Product Information- Free Standing Fridge-Freezer. Available: http://www.gorenje.com/iongeneration/en/pdf.asp?code=419639. Last accessed Feb 2014

16 Gorenje (2014). The remarkable ION generation fridge freezers. Available: http://www.gorenje.com/ifa2013/press/the-remarkable-ion-generation-fridge-freezers. Last accessed March 2014

17 Gorenje (2011). Product Information- Free Standing Fridge-Freezer. Available: http://www.gorenje.com/iongeneration/en/pdf.asp?code=419639. Last accessed Feb 2014

18 Id.

19 Gorenje (2014). Select your country. Available: http://www.gorenje.com/. Last accessed March 2014

20 Id.

21 Monogram (2013). Appliances. Available: http://appliances.monogram.com/ApplProducts/ZIC30GNDII. Last accessed Feb 2014

22 Bloomberg (2014). New GE Monogram 30-inch Refrigerator and Wine Reserve Provides Flexible Innovation for Metropolitan Living. Available:http://www.bloomberg.com/apps/news?pid=conewsstory&tkr=GE:SW&sid=aVFsw_sHMWio. Last Accessed March 2014

23 General Electric(2012). Energy guide. AvailableL http://products.geappliances.com/MarketingObjectRetrieval/Dispatcher?RequestType=PDF&Name=ZIK30GND.pdf. Last accessed March 2014

24 General Electric (2014). Fact Sheet. Available: http://www.ge.com/about-us/fact-sheet. Last accessed March 2014

25 Id.; Google Finance (2014). General Electric Company. Available: https://www.google.com/finance?q=NYSE:GE&fstype=ii&ei=3CX6UJDHLMiJlAXbxAE. Last accessed March 2014

26 Hydrocarbons 21.com (2009). Southern African company converts entire production line to HCs. Available: http://www.hydrocarbons21.com/news/view/2455. Last accessed March 2014; Hydrocarbons 21.com (2010). UPDATED: Swaziland presents SolarChill at Montreal Protocol talks. Available: http://www.hydrocarbons21.com/news/view/2546. Last accessed March 2014

27 Id.

28 Id.

29 GIZ (2011). Converting the Production of Refrigeration Equipment to Natural Refrigerants. Available: http://www.thai-german-cooperation.info/download/swaziland_production.pdf. Last accessed March 2014

30 SolarChill (2012). Features at a Glance. Available: http://www.solarchill.org/features.html. Last accessed March 2014

31 SolarChill (2012). Breakthrough Technology. Available: http://www.solarchill.org/technology.html. Last accessed March 2014

32 Id.

33 Id.

34 SolarChill (2012). Features at a Glance. Available: http://www.solarchill.org/features.html. Last accessed March 2014

35 Palfridge (2013). Palfridge. Available: http://www.palfridge.com/. Last accessed March 2014

36 Translated from Brastemp (2014). Por Dentro Da Sustentabilidade do Inverse Viva. Available: http://viva.brastemp.com.br/. Last accessed March 2014

37 Id.

38 Id.

39 Id.

40 Whirlpool Corporation (2014). Brastemp Brand. Available: http://www.whirlpoolcorp.com/brands/brastemp.aspx. Last accessed Feb 2014

41 Yahoo Finance (2013). Whirlpool Corporation Reports Fourth-Quarteeer and Record Full-Year Earnings.

42 Embraco (2014). Profile and History. Available: http://www.embraco.com/default.aspx?tabid=172. Last accessed March 2014

43 Id.

44 Embraco (2011). Hermetic Compressors. See pp14-16. Available: http://www.embraco.com/DesktopModules/DownloadsAdmin/Arquivos/02012%20-%20Hermetic%20Compressors%20Product%20Line.pdf. Last accessed Feb 2014

45 Embraco (2014). Refrigerants. Available: http://www.embraco.com/Default.aspx?tabid=183. Last accessed Feb 2014

46 Midea (2013). BCD-550WKM America's on the refrigerator door. http://www.midea.com/cn/Household_Products/fridge/fdlbx/201310/t20131023_39927.shtml. Last accessed Mar 21.

47 Id.

48 Midea (2013). 570 WFPMA United Van Tai Luo French Fridge. http://www.midea.com/cn/Household_Products/fridge/fdlbx/201304/t20130423_2881.shtml. Last accessed Mar 21.

49 Id.

50 Haier (2014). BCD-579WE On the Refrigerator Door. http://www.haier.com/cn/consumer/cooling/dkmbx/201307/t20130723_175581.shtml. Last accessed Mar 21.

51 Id.

52 Id.

53 Haier (2014). About Haier. http://www.haier.net/cn/about_haier/. Last accessed Mar 21.

54 Bosch (2010). Refrigeration Range 2010. See pp1-14. Available: http://www.bosch-home.com/Files/Bosch/Sg/sg_en/Document/FRIDGE%20CATALOG%202010_FINAL.pdf. Last accessed March 2014

55 Bosch (2012). Cutting edge fridges and freezers save energy. Available: http://www.bosch-home.ie/cutting-edge-fridges-and-freezers-save-energy.html. Last accessed March 2014; Bosch (2012). Bosch SD12 Fridge (A+++ energy-efficient fridge). Available: https://www.youtube.com/watch?v=0mtWDwDjuYU. Last accessed March 2014

56 Bosch (2014). Products-KIS87AF30. Available: http://www.bosch-home.com.sg/products/cooling/refrigeration/bottom-freezer-refrigerators/KIS87AF30.html?source=browse. Last accessed March 2014

57 Id.

58 Bosch Group (2014). About Bosch. Available: http://www.bosch-home.com/us/about-bosch/company-overview.html. Last accessed March 2014

59 Bosch Group (2014). Bosch in Figures: Available: http://www.bosch.com/en/com/bosch_group/bosch_figures/bosch-figures.php. Last accessed March 2014

60 Id.

61 Translated from Arcelik A.S. Genel Mudur' un Mesaji. Available: http://www.arcelikas.com/sayfa/143/Sirket_Ozet_Bilgileri. Last accessed March 2014

62 Arcelik A. S. (2012). 508 A+++ NFY. Available: http://www.arcelik.com.tr/fridge-freezers-no-frost-refrigerator-5088-A----NFY-Refrigerator.html. Last accessed March 2014. Last accessed March 2014; Arcelik A. S. (2012). Buying guide- refrigerator. Available: http://www.arcelik.com.tr/refrigerator-buying-guide.html. Last accessed March 2014

63 Arcelik A. S. (2012). 508 A+++ NFY. Available: http://www.arcelik.com.tr/fridge-freezers-no-frost-refrigerator-5088-A----NFY-Refrigerator.html. Last accessed March 2014. Last accessed March 2014

64 Translated from Arcelik A.S. (2011). Kirumsal Tanitim. Available: http://www.arcelikas.com/sayfa/72/Arcelik_Kurumsal_Tanitim. Last accessed Feb 2014

65 Id.

66 Blupura (2011). Environment. Available: http://www.blupura.com/eng/ambiente.htm. Last accessed Feb 2014

67 Id.; Hydrocarbons 21.com (2010). Blupura presents new range of R290 water coolers. Available: http://www.hydrocarbons21.com/news/view/2605. Last accessed Feb 2014

68 Hydrocarbons 21.com (2014). Companies- Blupura Srl. Available: http://www.hydrocarbons21.com/companies/view/blupura. Last accessed March 2014

69 Hydrocarbon 21.com (2014). BLUPURA ITALY expands to the USA. Available: http://www.hydrocarbons21.com/articles/blupura_italy_expands_to_the_usa. Last accessed March 2014

70 Id.

工业制冷

如今许多生产部门都会用到工业制冷，这些部门包括化工、塑料生产、石油设备、食品生产加工、冷藏、体育和休闲设备生产、农业、以及采矿业。[1]

目前在工业系统中使用最广泛的HFC和ODS类制冷剂是HCFC-22和HFC-404a。[2] 工业制冷大面积采用无氟技术的历史已超过150年。然而，鉴于近期欧盟F-gas法规再经修改，《蒙特利尔条约》加速无氟化进程，全球将有更多公司开始向节能型、经济性无氟制冷剂转化。氨系统能效要比HFC系统至少高出15%。[3]

工业制冷系统由管道支架系统或中央冷却厂组成。[4] 管道支架系统在物流中心较为常见，其主要包括含多个压缩器的预制管道支架和其他一些组件，这些组件和遥控冷凝器相连，同时也通过管道网络与冷藏陈列柜和小型冷库相连。[5] 中央冷却厂则是一种大型冷藏系统，普遍用于冷藏仓库和物流中心。[6] 中央冷却厂的蒸发器往往置于冷藏空间顶部，或置于室外楼顶围栏内，同时配有两个或多个压缩器和冷凝器。[7] 管道支架系统和中央冷却厂常使用间接设计和串联式设计。[8]

间接设计 使用两种液体制冷剂：初级制冷剂和二级循环流体（制冷液）。[9] 初级制冷剂（大部分是氨）用于机房中的制冷系统，给二级流体（如乙二醇）降温，二级流体随后在整个楼体内进行循环。[10] 由于初级制冷剂仅位于机房，间接设计充注量普遍不高。[11]

串联式设计 由两个共用同一热交换器的独立制冷系统组成。[12] 热交换器扮演着低温制冷剂蒸发器的功能。[13] 串联式设计中的每一个组件都会根据不同温控范围使用不同冷冻剂。[14] 无氟串联式系统主要由氨和二氧化碳组成，同时丙烷和二氧化碳组合也较为常见。

> …全球将有更多公司开始向节能型、经济型无氟制冷剂转化。

无氟工业系统主要包括氨/乙二醇系统或使用二氧化碳/氨、二氧化碳/丙烷的串联式系统。从工业制冷初期开始，氨就一直是制冷剂中的首选，如今也被广泛用于冷库制冷系统。[15] 氨具有诸多优势，在工业领域的应用非常普及，其ODP和GWP均为零；由于潜热较高，其对质量流量的需求也较小；在连接管道时压力损耗小；与制冷润滑油在一起反应活性低。[16] 大型氨系统最多能容纳6万公斤冷冻剂。随着终端用户不断面临极其严格的安全管理条例，氨的使用也被拓展到小型工业和商业中，这些领域对氨系

统进行了重新设计，使氨制冷剂充注量大幅减少。串联式系统能同时提供中低温制冷，充注量则要小很多。[17] 随着氨充注量下降，使用二氧化碳/氨的串联式系统相比使用合成制冷剂的传统系统要更加经济，同时还能大幅减少运营和维修成本，特别是在低温制冷情况下。[18] 工业制冷中的串联式系统还能带来更多好处，比如降低制冷剂成本，减小低压级压缩器尺寸，同时低温端管道体积也将有所减少。[19]

发达国家中90%的工业制冷都采用了无氟技术，而发展中国家对这一技术的采纳率只有40%，但这一数字正在增长。大中型串联式二氧化碳/氨制冷系统的完善正在进一步加速向无氟技术的转变。如果一切照旧，工业制冷对HFC系统的使用将猛增（见表1）。然而，经济和环境优势型可替代技术的出现如今使充注量大幅减少，同时还涵盖双系统，避免氨在循环过程中占据空间。无氟技术的使用因此增长，并已经开始改变HFC采纳率猛增的趋势。下文展示了一些工业制冷采用无氟技术的案例。

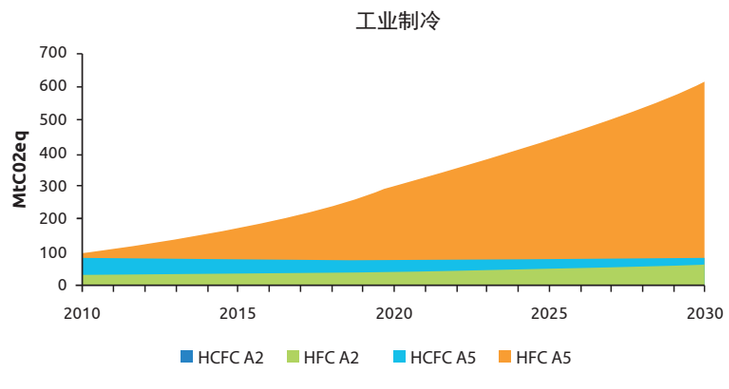


图1：全球基准情景下的氢氟烃消耗量

http://ec.europa.eu/clima/policies/f-gas/docs/2011_study_annex_en.pdf

雀巢公司串联式二氧化碳/氨工厂泰国曼谷）

雀巢公司曼谷工厂安装了6兆瓦的二氧化碳/氨制冷系统，该系统由法国埃希玛制冷公司（Axima Refrigeration）于2012年生产。[20] 相比传统串联式二氧化碳/氨系统，其能效要高出13% ——比HFC系统效率高很多。[21] 该系统融合了热回收过程，同时还采取了节能措施，如使用变速驱动压缩器、高效电动机、提高空调温度水平、在空气热交换器中使用高效风扇、以及用二氧化碳冷冻盐水来替代乙二醇等做法。[22] 据统计，相较于传统HFC404a组件，新系统每年的直接减排量为1905公吨当量二氧化碳（tCO2e）。[23]

关于雀巢（Nestle）： 总部位于瑞士的雀巢公司是一家经销范围遍及全球的食品公司。[24] 雀巢公司有部分制冷设备使用了串联式二氧化碳/氨系统。[25] 2012年，雀巢公司共雇用33.9万名员工，总收入为921.8亿美元。[26]

关于埃希玛制冷公司（Axima Refrigeration）： 埃希玛制冷公司位于法国，该公司经由一系列制冷公司合并后于2001年成立，隶属法国燃气苏伊士集团旗下（GDF Suez）。[27] 埃希玛公司为工业和商业制冷提供设备和安装服务，其服务对象包括家乐福（Carrefour）、利德尔（Lidl）及其他超市。[28] 截止2012年，埃希玛共有1350名员工，总收入为2.3亿欧元。[29]

美国冷藏公司串联式二氧化碳/氨冷藏系统（美国加州）

美国冷藏公司（United States Cold Storage, USCS）于2013年在其位于加州夫勒斯诺市（Fresno）140万平方英尺大的仓库里安装了串联式二氧化碳/氨系统，该公司称其是业内拥有最高效串联式系统的公司之一。相较传统间接式氨系统，新系统能效提高了5.8%。[30] 能效的提高得益于低温端（CO2）往复式压缩器部分负荷性能。[31] USCS目前有六个仓库在使用串联式二氧化碳/氨系统，所有六家仓库的冰柜温度范围都在-3到-8华氏度之间（-19到-20摄氏度），而冷藏间和码头的温度范围分别是32到35华氏度（0到2摄氏度）和38到40华氏度（3到4摄氏度）。[32] 所有这些温控系统比起传统复合式制冷系统要更加高效。



加利福尼亚州弗雷斯诺的美国冷库公司（United States Cold Storage）

http://www.unitedinsulated.com/viewproject/us_cold_storage__fresno_ca.html

关于美国冷藏公司（United States Cold Storage）： USCS自1889年起就开始制造冷藏设备，如今则是全美领先公用冷库运营商，其在全美共有35家工厂，总冷藏体积接近2亿立方英尺（560万立方米）。[33] USCS在其多个仓库都使用了串联式二氧化碳/氨系统，其有超过四分之一的冷藏空间都在使用串联系统。[34] 截止2013年，USCS共有2100名员工，在全美12个州有35家工厂，总冷藏占地面积超过2.1亿平方英尺。[35]

阿斯达串联式二氧化碳/氨物流中心（英国）

英国零售商阿斯达（ASDA）在2012年对其占地面积为49.3万平方英尺的洛奇戴尔（Rochdale）总物流中心进行了串联式二氧化碳/氨系统过渡。其两级泵循环式制冷系统由星制冷公司（Star Refrigeration）提供，其中1兆瓦制冷系统供冷库使用、1.7兆瓦制冷系统供新冷却室使用、0.5兆瓦制冷系统供生产室使用。[36] 在其诸多优点中，冷冻厂节能系统犹值一提，该系统降低了冷凝器风扇速度，同时提供浮头压力控制，增强了系统功能。[37] 星制冷此前还在其他阿斯达英国门店里配备了串联式二氧化碳/氨系统，其中包括位于莱斯特（Leicester）附近的总物流中心。[38]

关于阿斯达（ASDA）： 阿斯达总部位于英国，该公司在全英有525家商店。公司自1999年起全部归沃尔玛所有，总员工人数为1.6万。[39]



在阿斯达配送中心的星制冷级联系统

http://warehousenews.co.uk/2013/06/star-treatment-is-natural-for-asda/

关于星制冷（Star Refrigeration）：成立于1970年的星制冷公司是英国最大的独立工业制冷工程公司之一。星制冷专门提供制冷解决方案，帮助终端用户降低环境影响，同时降低设备运行周期操作成本。截止2014年，该公司在全国共有250名员工。

巴西食品公司氨制冷工厂（巴西里奥韦尔迪）

巴西食品公司里奥韦尔迪工厂（Rio Verde Plant of Brasil Foods）使用氨系统来冷冻其产品。[40] 该设备厂于1996年由法尔肯施泰恩公司（Falkenstein）公司研发，它是一家大型肉



巴西食品加工厂(Brasil Foods)的雷维达(Rio Verde)工厂

http://www.panoramio.com/user/194091?photo_page=2&comment_page=2

类加工生产厂，占地面积为32.8万平方英尺，每日可仓储2.8万只鸡和3500头猪。[41] [42] 该设备厂主要采用冷冻隧道、冷库和冷水式/空调系统，但充注量仅占标准制冷剂充注量的1/5。[43] 巴西80%以上的工业制冷市场都采用氨系统。[44]

关于巴西食品公司（Brasil Foods S.A.）：巴西食品公司是全球第十大食品公司，该公司在全巴西有50家工厂，在120多个国家有33个分销中心，为各国提供服务。[45] 2012年，公司共有员工11万名 。 [46]

关于法尔肯施泰因公司（Falkenstein）：公司在德国奥伦多尔夫（Aulendorf）和巴西布卢梅瑙（Blumenau）设有两个总部，该公司专门制造建筑和工程用冷冻设备，同时也为复杂建筑项目提供总体规划服务，公司运营时间长达30年。[47] 法尔肯施泰因一共有大约50名员工，参与了全球250多个制冷安装项目。[48]

戴尔蒙特公司间接式氨制冷冷藏厂（迪拜）

位于迪拜的戴尔蒙特（Del Monte）氨制冷厂建于2007年，占地面积约为32.3万平方英尺，场地包括多条冷却生产线、一个冷库和一个冷却室。[49] 其间接式系统充注有4000公斤氨，在40摄氏度即可凝结，同时还在高温间使用水，在低温区使用乙二醇，作二级制冷剂用。[50] 四个平板热交换器用来提供冷却能力保障，同时系统还有六个600千瓦高低温单级GEA格拉索螺杆压缩器来提供高压蒸汽，提高系统效率。[51] 该系统 高温端运行功率为1890千瓦，低温端运行功率为1800千瓦，每年足够冷冻4500吨蔬菜水果。[52]

关于戴尔蒙特品公司（Fresh Del Monte Produce）：戴尔蒙特食品公司成立于1886年，是一家全球食品饮料公司，总部位于开曼群岛乔治城（George Town, Cayman Islands），其办公室和营业点遍及全球。[53] 2013年，该公司共有4.4万名员工。[54]



基伊埃(GEA)开放式螺杆压缩机MC系列

图片由Shecco提供

关于GEA格拉索（GEA Grasso）：GEA格拉索公司隶属GEW集团，公司成立于150年前，主要制造冷冻压缩器，目前总部位于荷兰和德国。[55] 其德国分部主要生产螺杆压缩机、箱型冷气机和液体冷冻机，工厂设在柏林和哈雷；其荷兰分部则研发往复式压缩机、箱型冷气机和组件，工厂设于斯海尔托亨博斯（s-Hertogenbosch）。[56] 格拉索公司为全球工业规模食品加工、空调、休闲（溜冰场和滑雪场）产业以及工业生产提供制冷和空调组件。[57] 截止2012年六月，GEA集团共有员工2.4万名。[58]

比克金斯顿公司氨冷库（澳大利亚格林纳克）

位于澳大利亚格林纳克的比克金斯顿（Beak&Johnston）低高温综合冷冻厂于2007年安装了二级氨系统。[59] 该系统包括Mycom公司生产的冷冻压缩机组、一个巴尔的摩空调盘管公司（Baltimore Aircoil）生产的蒸发冷凝器、以及一个惠普接收器。[60] 澳大利亚总计约有1305万立方米的冷藏空间，其中约有1240万立方米（95%）都依靠氨制冷系统来制冷。[61] 由澳大利亚政府委托的一项研究表明，相较于复合式（HFC、HCFC）制冷系统，氨系统能量比耗要低15%。[62]

关于比克金斯顿（Beak&Johnston）：比克金斯顿是一家本地家庭式食品加工企业，其工厂 位于澳大利亚新南威尔士和昆士兰州。[63] 它的顾客包括来自澳大利亚和海外的主要零售连锁店和食品服务商。[64] 2012年，比克金斯顿的年收入为8149.5106万美元。[65]

关于Mycom（前川制作所Mayekawa）：前川制作所成立于1924年，是一家专业冷冻和压缩技术生产公司，在全球都分布有公司。[66] 前川制作所致力于研发创新冷冻、节能、无氟和二氧化碳减排技术。[67]



Beak & Johnston复式冷库
http://beefcentral.com/p/news/article/1971/

关于巴尔的摩空调盘管公司（Baltimore Aircoil）：巴尔的摩空调盘管公司（BAC）是一家蒸发传热和热能管理设备全球制造商兼销售商。[68] 其马里兰州总部的工厂有业内最大最先进的综合研发实验室。[69] BAD在全球都有生产厂，包括韩国、中国、马来西亚、印度和南非。[70] 2013，BAC报告总收入是3750万美元。[71]

独特乳制品公司氨制冷系统（南非比勒陀利亚）

独特乳制品公司（Unique Dairy Products）长达十年来都为麦当劳南非门店供应冰激凌、奶昔和其他乳制品，该公司在其工厂中使用氨制冷。[72] 工厂位于南非比勒陀利亚，为了达到牛奶加工厂的温控标准，近期刚经过更新。[73] 新的氨系统取代了旧的复合型地面燃气设备，此外还有三个现代冰箱取代了之前的九个合成天然气冰箱。[74]



GEA氨热泵
图片由Shecco提供

关于独特乳制品公司（Unique Dairy Products）：独特乳制品公司总部位于南非比勒陀利亚的赫尔曼斯塔德（Hermanstad），它是一家生产冰激凌及其他乳制品的私人公司。公司成立于2002年。[74]



罗伯特怀斯曼乳品公司(Robert Wiseman Dairy)
http://www.fwi.co.uk/articles/04/09/2008/111974/new-dairy-facility-offers-improved-green-credentials.htm

罗伯特怀斯曼乳品公司采用的星制冷二氧化碳/氨系统（英国）

2008年，英国公司星制冷（Star Refrigeration）为穆勒怀斯曼乳品集团（Müller Wiseman）价值8000万英镑的布里奇沃特（Bridgwater）工厂研发了二氧化碳制冷系统，该厂位于英国萨默赛特（Somerset）。设计后的工厂每年能生产5亿公升牛奶，总制冷功率超过3兆瓦。该系统用氨作为初级流体，来冷冻二次流体乙二醇。[77] 其能效设计还涵盖了经济型螺杆压缩机、变频驱动电动机、浮头压力控制、以及为热乙二醇冷冻器除霜用的热回收功能，以此来降低系统成本。[78] 星制冷公司2008年报告称，相较于传统系统设计，这一进步每年能为穆勒怀斯曼乳品集团节约8万英镑运营成本。[79]

关于穆勒怀斯曼乳品集团（Müller Wiseman Dairies）：英国每天的牛奶消费有30%都来自穆勒怀斯曼乳品集团。[80] 该公司总部位于苏格兰东基尔布莱德（East Kilbride），其乳品和仓库网络遍布全英国。2013年2月至12月间，该公司报告总收入为8.8亿英镑。[81]

关于星制冷：参见之前阿斯达（ASDA）分销工厂部分。

大连獐子岛渔业集团串联式二氧化碳/氨制冷厂

中国獐子岛

中国东北地区最大的串联式二氧化碳/氨冷藏设施位于大连附近的獐子岛，该厂于2013年6月投入运行。[82] 该项目被中国环保部认定为无氟技术示范项目，因为它是第一个同时安装了串联式二氧化碳/氨和盐水系统的项目，氨充注量因此下降了90%。[83] 据项目设计方和合同方烟台冰轮集团（Yantai Moon Group）称，大连獐子岛渔业集团对该项目十分满意，并计划在公司目前在建的3吨低温冷冻设施中使用二氧化碳制冷系统。[84] 丹佛斯公司（Danfoss）为该系统提供了二氧化碳方案和部件，如AKS 4100U系列雷达液位传感器和ICM系列电动控制阀，而冷冻室则



烟台冰轮

使用了丹佛斯ICF系列阀门站，安装面积因此减少2/3，焊接流程简化80%。[85] 丹佛斯SVL系统制冷部件也同样在该项目中得到运用。[86]

大连港

2012年八月，大连獐子岛渔业集团开始建设5吨冷冻设施。[87] 该设施位于大连港，其建筑有六层楼高，设有12个温控范围在-25到-20摄氏度间的冷冻室，此外还有一个-60摄氏度超低温冷冻室。[88] 相较传统3吨氨系统，该设施只需3吨氨就能达到90%氨制冷剂充注量。[89] 该设施总体上每年能效为30%，夏季能效则高达50%以上。[90]

关于大连獐子岛渔业集团(Dalian Zhangzidao Fishery Group Co., Ltd)：大连獐子岛渔业集团主要从事水产品养殖、加工和销售。[91] 销售范围遍及国内外。[92] 大连獐子岛渔业集团的净收入是7900万美元，共有员工4335名。[93]

关于烟台冰轮股份有限公司（Yantai Moon Co., Ltd）：烟台冰轮股份有限公司隶属冰轮集团（Moon Group），该集团成立于1956年，是一家国家级“机械工业企业技术进步示范工程”集团，也是“国家级工程实践教育中心。”[94] 烟台冰轮既参与研发，也参与从工业制冷厂成套设备到中央空调制造安装等大型工业项目。[95] 2011年底，烟台冰轮股份有限公司总资产超过6.5亿美元，员工人数超过5000名。[96]

关于丹佛斯（Danfoss）：丹佛斯公司总部位于丹麦，是一家在18个国家拥有56个工厂的全球公司，其在全球有2.3万名员工，在51个国家进行产品销售和分销。[97] 丹佛斯的气候和能源部门专门负责冷冻和空调系统控制、动力电子设备、商业压缩器和地区能源等项目。[98] 该公司主要生产组件控制器和前端控制器、蒸发器控制器、二氧化碳控制器、电子调节阀、生产线组件和过滤器、传感器、压力开关、以及适用于二氧化碳商业应用的电磁阀。[99] 详细内容请参见商业部分。



大连港
(87)

卡诺TC二氧化碳体育中心制冷/供热系统（加拿大蒙特利尔）

加拿大蒙特利尔的卡诺制冷公司（Carnot Refrigeration）在Dollars-des-Ormeaux溜冰场综合设施安装了跨临界二氧化碳系统，来取代旧的HCFC-22系统。[100] 二氧化碳系统有许多优势，让该设施能效最大化。该系统为三个溜冰场提供制冷，同时还为附近的两个游泳池、一个图书馆和一个体育馆供暖。[101] 该系统包括18个压缩器、三个盐水泵、一个取暖用泵、四个热交换器、八个热回流机组、两个气体冷却器、以及约5456磅（2474公斤）二氧化碳。[103] 该系统其他优势还在于，它能减少60%冷藏设备空间，相较传统系统能减少10%维修费，而且还不需要冷却塔。[104] 该系统最近获得了魁北克节能协会（Quebec Association of Energy Efficiency）颁发的机构类“现有建筑能源奖”（Energia Award in the Existing Building）。[105]



卡诺(Carnot)跨临界二氧化碳系统
图片由Shecco提供

位于瑞典斯德哥尔摩的皇家理工学院工业工程与管理研究所（KTH School of Industrial Engineering and Management）进行的一次模拟分析结果显示，二氧化碳系统在溜冰场设备中的能效很高。[106] 模拟分析还显示，其能效要比氨/盐水系统高30%，比二氧化碳/盐.水系统的能效高46%，同时COP值高达6.4。[107] 这些改进同样让二氧化碳运行周期成本比传统氨/盐水系统低13%。[108]

关于卡诺制冷公司（Carnot）：自2008年起， 魁北克特瓦河卡诺制冷公司（Carnot Refrigeration of Trois-Rivieres）就开始研发能降低环境影响的商业和工业制冷系统。[109] 卡诺制冷公司系统在设计过程中专注于使用环保型天然制冷剂，如二氧化碳和串联式氨/二氧化碳系统。公司目前正努力建立生态友好型国际制冷标准。公司还在加拿大和美国地区参与了多个跨临界二氧化碳系统的应用项目。[110]

GEA制冷技术公司氨冷冻厂（俄罗斯）

俄罗斯也拥有了其第一个用于体育设施的氨冷冻厂。该项目由GEA制冷技术公司和NPO Mostovik公司合资完成，后者是俄罗斯最大的建筑公司。[111] 该厂包括四个螺杆式压缩器组件，共产生4.2兆瓦制冷功率。[112] 该厂位于卡拉斯拉雅波利亚娜（Krasnaya Polyana），主要在索契冬奥会期间为1814米长的大雪橇滑道进行制冷。滑道制冷由4千米长的主要氨管道提供，其蒸发焓较高，单位体积冷负荷也较高。[113] 在经过多次质量检查和压力测试以保证最佳安全标准的同时，GEA安装的气体洗涤器能



基伊埃格拉索(GEA Grasso)压缩机
图片由Shecco提供

在气体泄漏的情况下捕获逃逸到空气中的氨，进一步减小安全隐患。[114] 氨制冷系统目前在欧洲许多地方都很受欢迎。瑞典有近85%的滑雪场都采用了该系统，[115] 英国的几家滑雪场最近也采纳了该系统，并报告称该系统能降低运营成本，提高能效。[116]

关于GEA冷冻技术公司（GEA Refrigeration Technologies）： GEA冷冻技术公司隶属于GEA集团，主要为食品饮料部门、石油化工、制药、渔业和休闲娱乐产业提供制冷方案，业务范围遍及全球。[117] 截止2013年12月，GEA共产生超过43亿欧元收入，在全球雇用1.8万名员工。[118]

参考资料

1 Umwelt Bunesamt (2011). Avoiding Fluorinated Greenhouse Gases– Prospects for Phasing Out. Available: http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3977.pdf. Last accessed March 2014

2 Expert Group (2013). Cold Hard Facts 2. http://www.environment.gov.au/system/files/resources/fa48d00d-1fb9-4797-90f4-47a6eed2c9c7/files/cold-hard-facts2.pdf

3 Ammonia 21.com (2013). Ammonia systems with up to 95% market share in cold storage and food manufacturing- Cold Hard Facts Report 2. Available: http://www.ammonia21.com/news/view/4462. Last accessed March 2014

4 EIA Global (2012). HFC Free Technologies are Available in the US Market for the Supermarket Retail Refrigeration Sector. Available: http://eia-global.org/images/uploads/HFC-Free_Tech_Available_in_the_US.pdf. Last accessed March 2014

5 Id.

6 Id.

7 Id.

8 Id.

9 Id.

10 Id.

11 Id.

12 Id.

13 Id.

14 Id.

15 Id.

16 Energy Design Resources (2010) Design Brief- Energy efficiency Practices in Industrial Refrigeration. See Page 4. Available: http://energydesignresources.com/media/1753/EDR_DesignBriefs_industrialrefrigeration.pdf?tracked=true. Last accessed March 2014.

17 Ammonia 21.com (2014). Knowledge-FAQ. Available: http://www.ammonia21.com/knowledge/faq/. Last accessed March 2014

18 Christiensen, O. (2006). System Design for Industrial Ammonia/ CO_2 Cascade Installations. See p6. Available: http://www.omnico-engineering.com/MM_Refrigeration-IIAR_2006_Conference-CO2_Cascade_Refrigeration_Systems.pdf. Last accessed March 2014

19 International Institute of Ammonia Refrigeration. Technical Papers- 2009 Industrial Refrigeration Conference and Exhibition. See p10. Available: http://www.ammonia21.com/web/assets/paper/file/energy-consumption-co2-ammonia-cascade-iiar.pdf. Last accessed March 2014

20 Ammonia 21.com (2012). NH3 experiences from Africa, Thailand and China shared at Bangkok conference. Available: http://www.ammonia21.com/news/view/3394. Last Accessed Feb 2014

21 Id.

22 Id.

23 Id.

24 The Economist (2009). Nestle- The unrepentant chocolatier. Available: http://www.economist.com/node/14744982. Last accessed Feb 2014

25 Nestle (2007). The CO2 freezer story. Available: http://www.omni-co-engineering.com/Nestle-The_CO2_Freezer_Story.pdf. Last accessed March 2014

26 Nestle (2012). Annual Reports. Available: http://www.nestle.com/asset-library/documents/library/documents/annual_reports/2012-annual-report-en.pdf. Last accessed March 2014

27 Axima Refrigeration (2014). About us. Available:http://www.aximaref.com/francais/societe/juridique/index_juridique.php. Last accessed March 2014

28 Axima Refrigeration (2014). GMS. Available: http://www.aximaref.com/francais/refrigeration/gms/index_gms.php. Last accessed March 2014

29 Axima Refrigeration (2014). Company-Key Figures. Available: http://www.aximaref.com/francais/societe/chiffres/index_chiffres.php. Last accessed March 2014

30 Ammonia 21.com (2013). United States Cold Storage invests in CO_2/NH3 cascade systems. Available: http://www.ammonia21.com/news/view/4483. Last accessed March 2014

31 Id.

32 Id.

33 United States Cold Storage (2014). About Us. Available: http://www.uscold.com/html/ourcompany.html. Last accessed March 2014

34 Id.

35 Id.

36 R744.com (2007). ASDA gets CO2 “star treatment”. Available: http://www.r744.com/articles/2007-07-03-asda-gets-co2-star-treatment.php. Last accessed March 2014

37 Id.

38 Star Refrigeration (2007). Asda gets more naturally cool star treatment, Available: http://lms.i-know.com/pluginfile.php/28245/mod_resource/content/4/Case%20Study%20No%2027%20-%20Asda%20CO2%20Cascade%20Plant%20new%20logo.pdf. Last accessed March 2014

39 ASDA (2014). About Us. Available: http://www.asdasupplier.com/about-us/about-asda. Last accessed March 2014

40 Ammonia21.com (2010). Ammonia in America: the example of the US and Brazil. Available; http://www.ammonia21.com/news/view/1903. Last accessed Feb 2014

41 Falkenstein (2011). We construct your food business. Available: http://www.falkenstein.de/en/fa_prae_en.pdf

42 http://www.referenceforbusiness.com/history2/53/Perdigao-SA.html. Last accessed March 2014

43 Eurammon (2010). Applications with Natural Refrigerants- Brazil Situtation and Experiences. Available: http://www.eurammon.com/englisch/download/Vortrag_Cleto.pdf. Last accessed March 2014

44 Id.

45 BRF (2014). CFM. Available: http://www.brf-br.com/EN/paginas.cfm?area=0&sub=30. Last accessed Feb 2014

46 Id.

47 Falkenstein (2013). Home. Available: http://www.falkenstein.de/. Last accessed Feb 2014

48 Id.

49 R744.com (2009). Middle East invests in Ammonia. Available: http://www.r744.com/news/viewprintable/1679. Last accessed March 2014

50 Eurammon (2013). Del Monte- Dubai. Available: http://www.eurammon.com/node/253. Last accessed March 2014

51 Id.

52 Id.

53 Fresh Delmonte (2014). Company Overview. Available: http://www.freshdelmonte.com/our-company. Last accessed March 2014

54 Yahoo Finance (2014). Fress Del Monte Produce Inc. Available; http://finance.yahoo.com/q/pr?s=fdp. Last accessed Feb 2014

55 Grasso (2014). About Us. Available: http://www.grasso.nl/en-us/About-Us/Pages/default.aspx. Last accessed March 2014

56 Grasso (2014). About Us- company profile. Available: http://www.grasso.nl/en-us/About-Us/Company-profile/Pages/default.aspx. Last accessed March 2014

57 Grasso (2014). About Us- key activities. Available: http://www.grasso.nl/en-us/About-Us/Key-activities/Pages/default.aspx. Last accessed March 2014

58 Grasso (2014). About GEA Refrigeration. Available: http://www.grasso.nl/en-us/About-Us/About-GEA-Refrigeration/Pages/default.aspx. Last accessed March 2014

59 Tri Tech Refrigeration (2009). Tri Tech Refrigeration Australia Pty Ltd. Available: http://www.tritechaustralia.com.au/storage/TriTechpresentation2009.pdf. Last access Feb 2014

60 Id.

61 Supra 3.

62 Id.

63 Beak and Johnston (2014). Home Page. Available: http://www.beak.com.au/. Last accessed: March 2014

64 Id.

65 Manta Media Inc. (2013). Beak & Johnston Pty Ltd. http://www.manta.com/ic/mvmpynj/au/beak-johnston-pty-ltd. Last accessed: March 2014.

66 Mayekawa (2014). Mayekawa About. http://www.mayekawa.com/about/. Last accessed: March 2014.

67 Mayekawa (2014). Mayekawa Mission. http://www.mayekawa.com/about/mission/. Last accessed: March 2014.

68 Baltimore Aircoil Company (2012). Baltimore Aircoil Company Brochure. http://www.hydrocarbons21.com/web/assets/companybrochure/file/295_bac_corporate.pdf. Last accessed: March 2014.

69 Baltimore Aircoil Company (2014). About Us. http://www.baltimoreaircoil.com/english/about-us/history. Last accessed: March 2014.

70 Baltimore Aircoil Company (2014). International Manufacturing Facilities. http://www.baltimoreaircoil.com/english/contact-us/international-manufacturing-facilities. Last accessed: March 2014.

71 Indeed – Baltimore Aircoil Co. Baltimore Aircoil Company. http://www.indeed.com/cmp/Baltimore-Aircoil-Co.

72 http://www.bus-ex.com/sites/default/files/UniqueDairy-Africa-FD-June13-Bro-s.pdf. Last accesses: March 2014.

73 Id.

74 Id.

75 Bloomberg Businessweek (2014). Company Overview of Unique Dairy Products (Pty) Limited. Available: http://investing.businessweek.com/research/stocks/private/snapshot.asp?privcapid=183624538. Last accessed March 2014

76 Id.

77 Star Refrigeration (2008). Star helps £80 million dairy keep its cool. Available: http://www.star-ref.co.uk/star/images/stories/pdf/Case%20Study%20No%2039%20-%20Robert%20Wiseman%20Dairies.pdf. Last accessed March 2014

78 Id.

79 Star Refrigeration (2013). Star Exceeds Energy Reduction Target. Available: http://www.star-ref.co.uk/star/web-pages-news/Page-3.html. Last accessed March 2014

80 Muller-Wiseman (2014). Our Company. Available: http://www.muller-wiseman.co.uk/our-company/. Last accessed Feb 2014

81 BBC (2013). Dairy firm Robert Wiseman Dairies hit by 'cost challenges'. Available: http://www.bbc.co.uk/news/uk-scotland-scotland-business-24302712. Last accessed Feb 2014

82 R744.com (2013). Largest NH3/CO2 cascade cold storage pant launched in Zhangzi Island of China. Available: http://www.r744.com/news/view/4412 cascade cold storage pant launched in Zhangzi Island of China. Last accessed March 2014

83 Id.

84 Id.

85 Id.

86 Id.

87 http://www.ammonia21.com/news/view/3450

88 Id.

89 Id.

90 Id.

91 Forbes (2012). Companies- Zhangzidao Fishery Group. Availiable: http://www.forbes.com/companies/zhangzidao-fishery-group/. Last accessed March 2014

92 Id.

93 Id.

94 Yantai Moon (2008). Company Profile. http://www.yantaimoon.com/enAboutus.asp?Title=Company%20Profile. Last accessed: March 2014.

95 Id.

96 Alibaba – Yantai Moon. Yantai Moon. http://yantaimoon.en.alibaba.com/. Last accessed: March 2014.

97 Danfoss (2014). About Us-Facts and Figures. Available: http://www.danfoss.com/AboutUs/FactsAndFigures/. Last accessed March 2014

98 Danfoss (2014). About Us-Our Organisation. Available: http://www.danfoss.com/AboutUs/Our_Organisation/Danfoss+Group.htm. Last accessed March 2014

99 Id.

100 http://www.r744.com/articles/co_sub_2_sub_solution_cools_3_ice_rinks_heats_2_pools_a_library_and_a_gym

101 Id.

102 Id.

103 http://www.r744.com/articles/span_style_color_rgb_255_0_0_update_span_co_sub_2_sub_solution_cools_3_ice_rinks_heats_2_pools_a_library_and_a_gym

104 Id.

105 Id.

106 http://www.r744.com/web/assets/link/4596_nguyen_tuyet_EGI-2013-013_msc%20(2).pdf

107 Id. P16

108 Id.

109 http://www.carnotrefrigeration.com/en/about-us

110 http://www.r744.com/news/view/4377

111 http://www.ammonia21.com/articles/a_russian_first_ammonia_refrigeration_plant_for_a_sports_facility

112 http://www.gearefrigeration.com/en-us/News-and-Media/news/Pages/Sotchi_2012.aspx

113 http://www.ammonia21.com/articles/a_russian_first_ammonia_refrigeration_plant_for_a_sports_facility

114 Id.

115 http://www.r744.com/web/assets/link/4596_nguyen_tuyet_EGI-2013-013_msc%20(2).pdf. P22

116 http://www.star-ref.co.uk/star/leisure-and-ice.html; http://www.star-ref.co.uk/star/images/stories/pdf/Case%20Study%20No%2060%20-%20Solihull%20Ice%20Rink.pdf

117 http://www.gearefrigeration.com/en-us/About-Us/Company-profile/Pages/Segment-Profile.aspx

118 http://www.gearefrigeration.com/en-us/About-Us/About-GEA-Group/Pages/About-GEA-Group.aspx

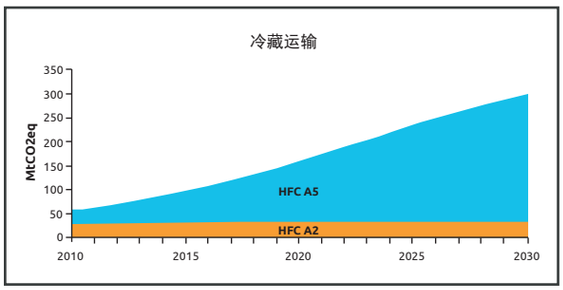
冷藏运输

冷藏车、半拖车、货车、联运集装箱、轮船和捕鱼船在易腐产品和冷冻产品的成功运输环节中（从生产设备到物流中心再到销售点）发挥着至关重要的作用。

冷藏运输系统对技术有很高要求，因为设备必须能在各种室温和天气条件下运转，而且还要能经受频繁震动和撞击。[1] 此外，此类系统必须紧凑简洁，让货物空间最大化，同时还必须轻便有效，降低汽车能源和燃料消耗。

冷藏运输设备的制冷剂容量取决于系统冷藏能力及其特殊用途。普遍而言，制冷剂容量从4.5到7.5公斤不等，而大部分设备容量都在6公斤以下。[2] 冷藏运输设备常用的氢氟烃（HFC）类气体是R-404A和R-410A，这两种气体均可用于冷冻或深冷产品长距离汽车运输；此外还有用于冷冻产品运输的R-134A。[3] 冷藏运输设备的操作原理与采用中低温系统的商业冷藏设备原理大致相同。[4]

随着全球冷冻和深冷产品运输需求的增加，无氟制冷也变得愈发重要，这样一来各大公司才能达到温室气体减排目标 和氟化气体管理要求。目前无氟系统已投入商业运用，新的无氟系统也正在市场中进行研发、测试和销售。无氟冷藏运输不仅能帮助公司明显削减温室气体排量，而且还可以通过高能效和低冷藏成本节约开支。这些无氟可替代物包括二氧化碳、复叠式二氧化碳/氨、碳氢化合物和氮系统。目前，二氧化碳冷藏运输系统正被作为一种尖端技术广泛采用。二氧化碳制冷剂的优势在于它没有分解产物、冷却能力高、不可燃、全球皆是、而且成本低廉。[5] 瑞典的冷藏卡车基本都使用二氧化碳技术。[6]



基准情景下氢氟烃的需求趋势
见参考文献3。

目前正在使用的另一种无氟可替代物是氨。其冷藏效率高、臭氧消耗潜值（ODP）为零、全球变暖潜值（GWP）为零，故而成为水产业制冷剂首选，特别是在发展中国家。[7] 复叠式二氧化碳/氨系统目前也被成功运用在运输领域（如下文案例所示）。如果一切照旧，未来几年内冷藏运输对HFC的消费将急剧增长。（表1）[8] 现代改良无氟系统的迅速发展和商业化能够显著改变这种趋势并大幅削减温室气体排放。如下是冷藏运输对无氟应用的案例研究。

开利（Carrier）运输冷冻CO2制冷系统

2010年，位于美国的开利运输冷冻公司（Carrier Transicold）（美国联合技术公司[United Technologies]）和全球领先班轮公司赫伯罗特（Hapag-Lloyd）一起研发了全球首款天然冷藏货柜。[9] 这一名为NaturaLine的系统用二氧化碳代替了HFC制冷剂R-134A和R-404A，二者全球变暖潜值(GWP)分别为1320和3260。[10] 这样一来，该系统在提供最佳能效的同时还能将直接和间接气体排量减少10%，比目前最具竞争力模式排量还要低。[11] 该系统还能明显削减电力需求，降低航运燃料费用。[12] 2012年试运行过程中，NaturalLine机组温控范围为零下22度到零上13度。[13] 赫伯罗特公司的轮船目前正在全球实际环境中使用这种二氧化碳集装箱，并获得了巨大成功。该系统已经针对诸多产品进行了测试，迄今结果颇为乐观。[14] 为方便操作，该系统仍采用传统用户界面，但加入了包括专用多级压缩器在内的创新冷藏管理系统，此外还加入了具有优化传热表面的环绕式冷却器。[15]



开利(Carrier)的Transicold NaturaLINE二氧化碳系统

Carrier Transicold (2011). Carrier Transicold Reveals World's First CO2 Based Container Refrigeration Design. http://www.transicold.carrier.com/Carrier+Brand+Sites/Carrier+Transicold/Carrier+Transicold+Reveals+World%E2%80%99s+First+CO2-Based+Container+Refrigeration+Design. Accessed March 2014.

关于开利运输冷冻公司（Carrier Transicold）： 开利运输冷冻公司（美国联合技术公司旗下子公司）总部位于美国，它是一家全球冷藏运输系统公司。[16] 开利运输冷冻公司和美国联合技术气候、控制与安防公司(UTC Climate, Controls&Security）有一整套适用于冷藏卡车、拖车和集装箱的设备。[17] 美国联合技术公司在全球71个国家分布有4000个办公点，共有21.83万名员工，2012年年收入为577亿美元。[18]

关于赫伯罗特（Hapag-Lloyd）： 赫伯罗特航运公司业务遍布全球114个国家，每年运输量超过500万标准集装箱（Twenty-foot Equivalent Unit）。[19] 该公司目前有近100条航线往返于各大洲。[20] 2013年上半年公司收入为33亿欧元。

赛恩斯伯里CO2冷藏拖车

英国零售商赛恩斯伯里（Sainsbury’s）于2013年9月宣布，公司将与开利运输冷冻公司（美国联合技术公司）一起测试使用全球首个100%纯天然冷藏拖车。[21] 如前文所说，开利公司的NaturaLine冷藏系统最初是为深海集装箱研发，开利公司随后开始探索该系统在其他潜在运输领域的应用。这是开利公司NaturaLine系统首次运用于拖车，如果测试成功，赛恩斯伯里将启动替换计划。按照目前车队数量计算，这一做法能帮助公司削减7万公吨二氧化碳排放量。[22] 截止2020年，NaturaLine拖车将帮助赛恩斯伯里削减35%从仓库到商店运输过程中产生的二氧化碳排量，2030年削减幅度将至少达到50%。[23]

关于赛恩斯伯里（Sainsbury’s）：赛恩斯伯里于1863年成立于英国，目前有1016家杂货店和便利店。[24] 赛恩斯伯里是英国最大的食品零售商之一[25]，2012年总收入约为362亿美元，员工人数达到15.2万人。[26] 迄今为止，赛恩斯伯里已拥有160家无氟商店。[27]



Sainsbury’s二氧化碳冷藏拖车
转载已由Sainsbury’s超市有限公司许可

江森自控公司复叠式氨/二氧化碳渔船

江森自控船舶公司（Johnson Controls Marine）复叠式二氧化碳/氨技术在低温端使用二氧化碳，在高温端使用氨。[28] 该系统所采用的节能压缩器和变频器能帮助维持高冷冻能力，相较其他制冷剂性能系数（COP）[29]大为改善，同时对二氧化碳的使用也可减少设备体积。[30] 江森自控公司报告称，该系统能在登陆时仍保证鱼类品质优良，同时由于效率改善，运营成本也有所降低。[31]

关于江森自控公司（Johnson Controls）：江森自控公司总部位于美国，为超过150个国家的用户提供服务。[32] 江森自控公司有17万名员工，2013年总收入是427亿美元。[33]



一条使用江森自控公司(Johnson Controls)级联系统的渔船
见参考文献28。

DSI CO2平板冻结机

丹麦公司DSI为交通和海鲜加工领域设计并制造垂直和水平平板冻结机。其冻结机在岸上和海上均可安装。DSI声明，二氧化碳的优势无可置疑，二氧化碳冻结机能让冻结时间缩减25%到50%，有助于更好保持冷冻食物天然品质。[34] 这一快速冷冻过程能削减能源消耗，降低最初能源成本。[35] 纳米比亚公司MEATCO[36] 和俄罗斯阿尔汉格尔斯克渔船队（Arkhangelsk Trawler



DSI二氧化碳平板冻结机
youtube (2013). DSI Single Station Horizontal Plate Freezer Including ERLINOR… https://www.youtube.com/watch?v=wsTpj9f2CiY. Accessed March 2014.

Fleet）就购买了这种平板冻结机，在捕鱼期间投入使用。[37]

关于DSI：DSI成立于1969年，是一家领先设计并制造手自两动平板冻结机的公司，约有40名员工。公司长久以来十分重视其所制造冻结机的操作性能、可靠性和整体经济，以保证他们能为顾客提供最好最新的技术上的可能。[38]

冷王低温技术冷藏系统



Thermo King 的Cryotech冷藏车
见参考文献39。

美国冷王公司（Thermo King）研发出在开环系统中将液态二氧化碳作为制冷剂的制冷机组。[39]作为制冷剂用的二氧化碳是氨生产过程中的副产物，因此也能进一步限制温室气体排放。[40]该制冷机组在爱尔兰共和国进行研发，并且已经应用于芬兰、丹麦、法国、德国、挪威、波兰、荷兰、瑞典和美国。[41] 冷王的冷藏技术（Cryotech）系统在可持续冷藏运输领域里已经有超过500个成功案例。该系统能将温室气体全部排量减少75%到90%。[42] 温室气体排量大幅度下降的同时，该机组性能也不断得到完善，其噪音更小，与传统机组相比温度恢复速度更快。[43] 荷兰的Spar超市已经100%将其机组转换成这一系统，[44] 其运输碳排量减少了27%。[45]

关于冷王 ：冷王（Thermo King）（英格索兰公司[Ingersoll Rand]旗下子公司）位于美国，该公司是运输温控系统制造商，同时也制造暖通空调（HVAC）运输系统。[46] 英格索兰公司总共有5.2万名员工，2011年报告利润为3.174亿美元。[47]

AGA低温冷藏拖车

AGA专门制造运输冷却器来冷冻易腐产品，其采用的冷冻剂包括液态氮和液态二氧化碳。AGA认为，采用这些可替代物的好处在于，该系统具有噪音低、低维护、低投入等优点，并且能精确设置温度。[48] 将液态二氧化碳作为干冰冷却剂的做法意味着在运输过程中能连续多日保持低温。AGA声明，相较于传统HFC系统，运输高峰时段更易提升天然气系统能力，因为它无需整合。[49] 该系统采用的是从工业过程中捕获回收的二氧化碳，否则这些二氧化碳将被排放到大气中。[50]

关于AGA：AGA是一家北欧工业气体公司，业务范围主要在斯堪地那维亚和波罗的海地区。该公司隶属于气体和工程建筑供应商德国林德集团（Linde Group），其业务范围遍布全球100多个国家。[51] 在2012财政年中，林德集团年收入是152.8亿欧元。[52]

natureFridge液态氮制冷系统

natureFridge针对各型号冷藏卡车和拖车研发了液态氮制冷系统，涵盖车型包括一舱式、双舱式、纵向舱卡车，以及一舱式、双舱式、三舱式、纵向舱、双层拖车。[53] natureFridge使用氮，并降温至零下196度将氮液化，然后将液氮均匀喷洒在车舱内达到制冷效果。[54]



natureFridge冷藏拖车
(53)

这一氮系统的明显优势在于：

零排放——一辆拖车每年能节省约33.3到42吨二氧化碳，一家拥有200量冷藏拖车的企业年二氧化碳温室气体排量将减少约7500吨。[55]

运营成本低——相较于传统柴油供能冷藏机组，natureFridge对液态氮的采用能明显降低系统运营成本。[56] natureFridge机组的运营成本与氮消费量成正比。根据室外温度差异，每小时氮消费量约为20到40公升，按照每公升0.13美元的价格计算，该系统每辆拖车每年能节省约2500美元燃料费。[57]

免维护——该系统每年仅需两次测评，并且保证比柴油供能冷藏机组寿命更长。这是因为natureFridge的系统活动部件更少，损耗也较少，同时该系统也没有压缩器、冷凝器、和蒸发器。[58]

腐败率降低99%——该系统保证，一旦到达送货点卸下部分货物关闭舱门后，系统会迅速提供最佳降温幅度，以降低产品腐败的可能性。[59] Shoprite集团是2010年第一家在运输过程中采用氮供能冷藏系统的公司。该公司反映，该新系统保水性更强，因此产品浪费率更小。[60]

无噪音——该系统活动部件很少，也没有压缩器。这一设计能保证机器无噪音运行，使全天候送货成为可能。[61]

关于natureFridge:natureFridge也被称为生态冰箱生产有限公司（ecoFridge Production Company），该公司是一家位于乌克兰的全球公司，商业伙伴和供货商包括美国、英国、中国、台湾、法国和南非。[62] 南非沃尔沃斯（Woolworths South Africa）、喜互惠（Safeway）、法国家乐福（Carrefour France）和英国阿斯达（Asda UK）均已试用或购买生态冰箱的系统。[63]

Lidl 低共熔板

英国Lidl在物流中心使用低共熔板来冷冻易腐产品，然后将产品运输到商店。装满盐水的低共熔板要先降温到零下24度，然后放置在绝缘运输集装箱中来储存产品，整个过程不使用任何制冷剂来给拖车降温。[64] 这样一来，普通货车都可用来运输冷冻产品，避免现行R404a系统继续产生排量，同时也可减少冻柜车数量。



利德尔(Lidl)的冷藏车
图片由Banzai卡车提供

截止2011年，英国约投入使用8500个绝缘集装箱，总投资850万英镑。[65] Lidl公司于2001年引入这种技术，并预计在投入使用的前十年中，共节省约1.4万公吨当量二氧化碳，相当于每天节省3.6吨二氧化碳当量。[66] Lidl公司总部位于德国，该国克尔彭（Kerpen）、帕德伯恩（Paderborn）、柏林和汉堡的一些物流中心就采用了二氧化碳和氨制冷系统，来进一步削减与货物运输有关的气体总排量。[67]

关于英国Lidl：Lidl在全英约590家商店雇有1.3万多名员工。[68] 2013年，其英国子公司Lidl&Schwarz集团报告年收入是33亿英镑。[69]

参考资料

1 EIA (2012). HFC-Free Technologies Are Available in the US Market for the Supermarket-Retail Refrigeration Sector. Available: http://eia-global.org/images/uploads/HFC-Free_Tech_Available_in_the_US.pdf. See p.11. Last accessed Feb 2014

2 US EPA (2011). Transitioning to Low-GWP Alternatives in Transport refrigeration. Available: http://www.epa.gov/ozone/downloads/EPA_HFC_Transport.pdf. See p.1. Last accessed Feb 2014

3 Umwelt Bundesamt (2011). Avoiding Fluorinated Greenhouse Gases- Prospects for phasing out. Available: http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3977.pdf. See p.76. Last accessed Feb 2014

4 Öko-Recherche et al. (2011). Preparatory study for a review of Regulation (EC) No 842/2006 on certain fluorinated greenhouse gases. Available: http://ec.europa.eu/clima/policies/f-gas/docs/2011_study_annex_en.pdf. Last accessed March 2014

5 Umwelt Bundesamt ((2009). Natural refrigerants – CO2-based air conditioning system put to practical testing. Available: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3654.pdf. See p.1. Last accessed March 2014

6 Supra 3.

7 Ammonia 21.com (2012). The perfect catch for the fishery cold chain: ammonia refrigeration. Available: http://www.ammonia21.com/news/view/2084. Last accessed March 2014

8 Supra 4.

9 Environmental Leader. (2010). Carrier Unveils Natural Refrigerated Transport Solution. Available: http://www.environmentalleader.com/2010/12/01/carrier-unveils-natural-refrigerated-transport-solution/. Last accessed March 2014

10 Id.

11 Logistics Business Magazine.com (2012). Sea Trials Proving Value of Carrier Transicold's Efficient NaturaLINE™ Natural Refrigerant Container System. Available: http://www.logisticsbusiness.com/news/news1131.aspx. Last accessed Feb 2014

12 Id.

13 Id.

14 PR Newswire.com (2011). Carrier Transicold Unveils Environmental Breakthroughs for Marine and Road Transport. Available: http://www.prnewswire.com/news-releases/carrier-transicold-unveils-environmental-breakthroughs-for-marine-and-road-transport-134664793.html. Last accessed Feb 2014

15 Id.

16 Carrier-Transicold.com (2014). About Carrier-Transicold. Available: http://www.transicold.carrier.com/Carrier+Brand+Sites/Carrier+Transicold/Side+Bar+Links/About+Carrier+Transicold. Last accessed Feb 2014

17 R744.com (2014). Carrier Transicold's CO2 refrigerated shipping container tested for road transport. Available: http://www.r744.com/articles/carrier_transicold_s_co2_refrigerated_shipping_container_tested_for_road_transport. Last accessed Feb 2014

18 United Technologies.com. (2014). Fast Facts. Available: http://www.utc.com/About+UTC/Fast+Facts. Last accessed Feb 2014.

19 Hapag-Lloyd.com (2014). About us. Available: http://www.hapag-lloyd.com/en/about_us/overview.html. Last accessed Feb 2014

20 Id.

21 Id.

22 Id.

23 MotorTransport.co.uk (2013). Sainsbury's piloting alternative truck refrigeration technology. Available: http://motortransport.co.uk/blog/2013/09/10/sainsburys-piloting-alternative-truck-refrigeration-technology/. Last accessed March 2014

24 J. Sainsbury Plc. (2014). Store Portfolio. Available: http://www.j-sainsbury.co.uk/about-us/store-portfolio/. Last accessed Feb 2014

25 Bloomsberg (2011). Sainsbury's Slow More Than Anticipated on Fuel. Available: http://www.bloomberg.com/news/2011-03-23/sainsbury-sales-slow-more-than-anticipated-amid-fuel-cost-rise.html. Last accessed Feb 2014

26 J. Sainsbury Plc. (2012). Annual Report and Financial Statements 2012. Available: http://www.j-sainsbury.co.uk/media/649393/

j_sainsbury_ara_2012.pdf. Last accessed Feb 2014

27 The Chartered Institute of Logistics and Transport (2013). Sainsbury's introduces new refrigeration system. Available: http://www.cilt.ie/news/news-2013/744-sainsburys-introduces-new-refrigeration-system.html. Last accessed March 2014

28 Johnson Controls.com. (2014). Fishery. Available: http://www.johnsoncontrols.com/content/us/en/products/building_efficiency/building/marine/fishery.html. Last accessed March 2014

29 Peter Powell (2003). Examining NH3/CO2 Cascade Systems. Available: http://www.achrnews.com/articles/examining-nh3-co2-cascade-systems. Last accessed March 2014

30 Supra 22.

31 Id.

32 Johnson Controls.com. (2014). About us- our company. Available: http://www.johnsoncontrols.com/content/us/en/about/our_company.html. Last accessed March 2014

33 Johnson Controls.com. (2014). About us- our company-profile. Available: http://www.johnsoncontrols.com/content/us/en/about/our_company/company_profile.html. Last accessed March 2014

34 Dybvad Stal Industri. (2014). CO2 Freezing. Available: http://www.dsi-as.com/fileadmin/Arkiv/Dokumenter/co2_plate_freezers.pdf. Last accessed Feb 2014

35 Id.

36 World Fishing.net. (2005). News-Orders flow in for DSI. Available: http://www.worldfishing.net/news101/fish-processing/ice-and-refrigeration/orders-flow-in-for-dsi. Last accessed Feb 2014

37 World Fishing.net. (2011). Success for DSI. Available: http://www.worldfishing.net/news101/fish-processing/ice-and-refrigeration/q1-success-for-dsi. Last accessed Feb 2014

38 Dybvad Stal Industri. (2014). About – market coverage. Available: http://www.dsi-as.com/about/market-coverage/. Last accessed March 2014

39 Thermo King.com-Europe (2013). Zero Emissions Transport Refrigeration System. Available: http://europe.thermoking.com/download/index/call-out/2nd_sustainia100_2013.pdf. Last accessed Feb 2014

40 Id.

41 Id.

42 Id.

43 Id.

44 R744.com (2013). CyroTech transport refrigeration. Available: http://www.r744.com/web/assets/paper/file/1487_323_2_THERMOKING_technomercials.pdf. Last accessed Feb 2014

45 R744.com (2013). Natural solutions in the transport sector for an "all-natural" cold chain. Available: http://www.r744.com/articles/natural_solutions_in_the_transport_sector_for_an_all-natural_cold_chain. Last accessed Feb 2014

46 Thermo King.com-Europe (2013). Thermo King. Available: http://www.europe.thermoking.com/index.html. Last accessed Feb 2014

47 The Wall Street Journal (2013). Ingersoll-Rand 2nd-Quarter New Down 13% on Increased Expenses. Available: http://online.wsj.com/article/BT-CO-20130719-704440.html Last accessed Feb 2014

48 AGA.com (2012). Transportation Cooling. Available: http://www.aga.com/international/web/lg/aga/like35agacom.nsf/docbyalias/sol_trans_cooling. Last accessed March 2014

49 Id.

50 Id.

51 The Linde-Group.com (2014). About us. Available: http://www.the-linde-group.com/en/about_the_linde_group/company_profile_2/index.html. Last accessed Feb 2014

52 Id.

53 natureFridge.com. (2013). Products. Available: http://naturefridge.com/products/. Last accessed Feb 2014

54 natureFridge.com (2013). Zero Emissions Transport Refrigeration. Available: http://naturefridge.com/advantages/evironment-friendly. Last accessed Mar 2014

55 Id.

56 natureFridge.com (2013). Advantages-cheaper to run. Available: http://naturefridge.com/advantages/cheaper-to-run/. Last accessed Feb 2014

57 Id.

58 natureFridge.com (2013). Advantages- maintenance free. Available: http://naturefridge.com/advantages/maintenance-free/. Last accessed Feb 2014

59 natureFridge.com (2013). Advantages- 99% less spoilage. Available: http://naturefridge.com/advantages/99-spoilage-less/. Last accessed Feb 2014

60 Shoprite Holdings Ltd. (2010). Shoprite leads the way with new eco-friendly transport refrigeration systems. Available: http://www.shopriteholdings.co.za/news/Pages/Shoprite-leads-way-with-eco-friendlytransport-fridge.aspx. Last accessed March 2014

61 natureFridge.com (2013). Advantages- silent running. Available: http://naturefridge.com/advantages/silent-running/. Last accessed Feb 2014

62 natureFridge.com (2013). Company. Available: http://naturefridge.com/company/. Last accessed Feb 2014

63 Trailer Magazine (2010). Refrigeration Revolution hits Australia. Available: http://www.trailermag.com.au/featured/article/refrigeration-revolution-hits-australia. Last accessed March 2014

64 Based on information supplied by Lidl UK (2011).

65 Id.

66 Id.

67 Temper Technology (2010). LIDL chooses Temper for improved energy efficiency. Available: http://www.temper.se/eng_Ovrigt_Nyheter_(eng)_100120_LIDL_DXNI-128960_. Last accessed March 2014.

68 Lidl (2014). About Us-History. Available: http://www.lidl.co.uk/cps/rde/SID-80DFA082-934472F7/www_lidl_uk/hs.xsl/659.htm. Last accessed March 2014

69 Ruddick, G. (2013). Sunday interview: Lidl's UK boss Ronny Gottschlich, The Telegraph. Available: http://www.telegraph.co.uk/finance/newsbysector/retailandconsumer/10484622/Sunday-interview-Lidls-UK-boss-Ronny-Gottschlich.html. Last accessed March 2014.

商业制冷

商业制冷应用范围广泛，应用领域包括超市、便利店、餐厅及其他食品服务机构。[1]

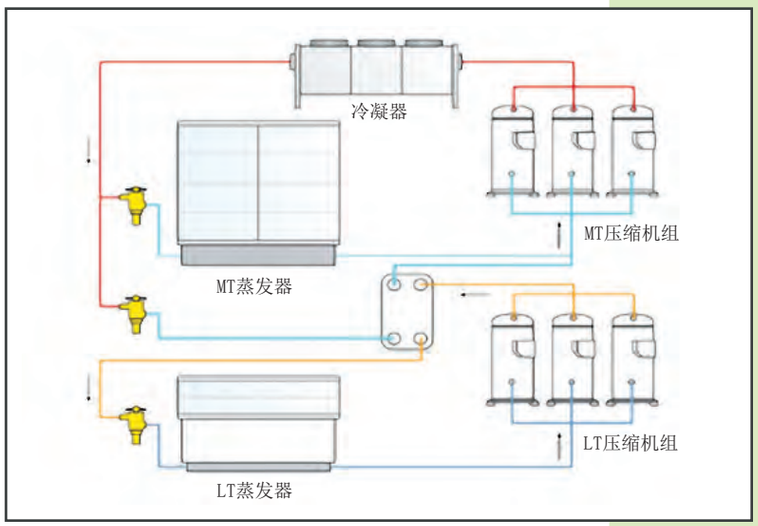
到2015年，全年制冷剂排量中将有47%来自商业制冷，商业制冷将成为CFC、HCFC和HFC等制冷剂气体最大的等效二氧化碳排放领域。[2] 商业制冷系统主要由两种温度级别组成：中温(1-14摄氏度)用于冷藏食品（蔬菜、牛奶和鸡蛋等），其制冷设备蒸发温度在-15到1摄氏度之间；低温（-12到-20摄氏度）用于冷冻食品，蒸发温度在-35到-40摄氏度之间。[3] 其设备寿命期限一般在15到20年，通常采用如下三种系统：

中央机架系统

中央机架系统是超市中最常见的系统，该系统在机房的机架上安装有多台压缩器，还安装有一个屋顶冷凝器及与商店陈列柜相连的管道系统。[4] 制冷剂充注量根据超市大小、商店设计及制冷技术的不同而有所差异，一般是在300到3000公斤左右。[5] 目前正在使用的高级无氟中央系统有：

串联式二氧化碳/氨系统

串联式系统适用于双机架系统，其高温或中温端与低温端各配备有一个系统，两个系统通过普通的热交换器相连。[6] 串联式系统的设计目的是要让二氧化碳压力和温度保持在临界点以下。临界点是指在最高压和最高温时制冷剂仍能保持冷凝的情况。[7] 在传统无氟系统中，氨或HC-290（丙烷）被用作初级制冷剂来为二级制冷剂（二氧化碳）提供制冷，二氧化碳然后被打入商店制冷陈列柜里，提高了用户使用安全性。[8] 一些串联式系统还采用了二氧化碳和HFC-134a（全球变暖潜值是1320）的混合系统，其中HFC-134a充注量相比传统系统有明显减少。



串联式系统图解
http://www.emersonclimate.com/europe/en-eu/Resources/Software_Tools/The_Right_Balance_Calculator/systems/Pages/cascade.aspx.

跨临界二氧化碳系统

跨临界二氧化碳系统使用二氧化碳为唯一制冷剂。跨临界系统在临界点以上或以下都能运行（如上图所示），压缩器会在压力超过临界点时将二氧化碳气体释放到冷凝器中，冷凝器会在不使气体液化的情况下降低气体温度；冷冻气体随后通过减压阀，在此过程中一部分气体

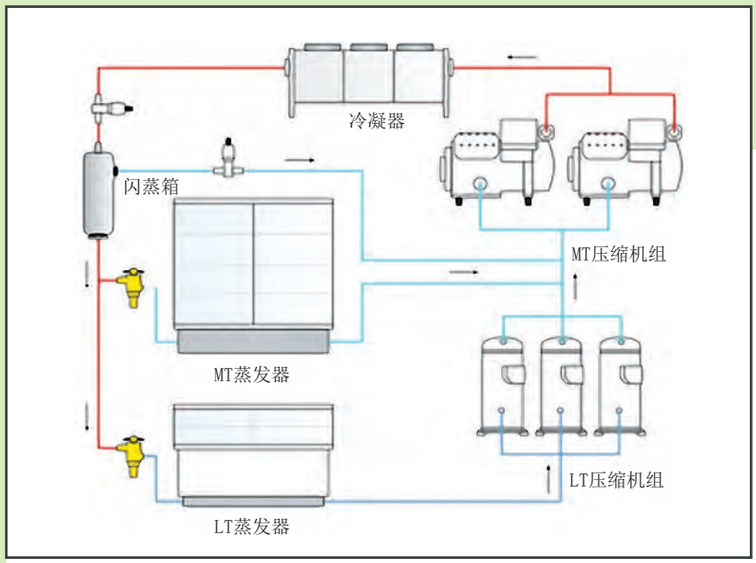


表2：CO2 跨临界系统
The_Right_Balance_Calculator/systems/Pages/r744_booster_transcritical.aspx

液化，闪蒸罐将液体与气体分离，然后将液体通过管道输送到商店陈列柜里。[9] 多余的闪蒸气体之后被吸入MT压缩器。若该系统安装于温暖地区，还可安装一款独立闪蒸气体压缩器来提高系统效率。[10] 实践证明，跨临界二氧化碳系统的电池能效要比超市应用中的合成制冷剂系统高出10%到35%左右。[11] 截止2013年11月，欧盟国家已经安装了2881个跨临界二氧化碳系统。[12] 2014年2月，加拿大索贝斯公司（Sobeys）已经在65个门店中采用了跨临界二氧化碳系统。[13] 到2015年，日本还将安装大约600个跨临界二氧化碳系统，而目前南非总共安装了17个跨临界二氧化碳系统。[14]

冷凝机组

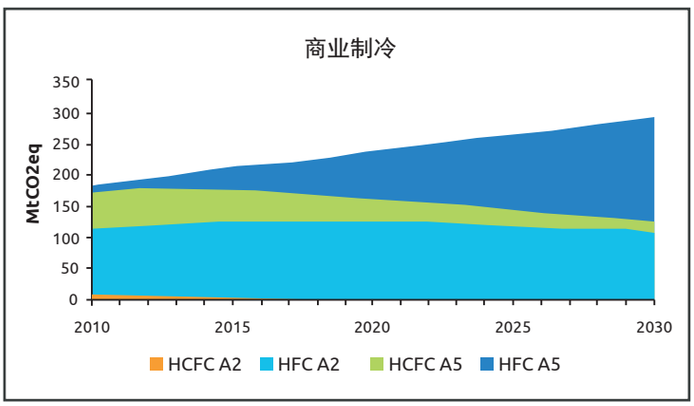
冷凝机组用于小型商业制冷，该系统仅包含一到两个压缩器、一个冷凝器和一个通过管道与个别商店陈列柜相连的接收器，其制冷剂充注量从0.5到20公斤不等。[15] 无氟冷凝系统包括直接丙烷或碳氢化合物混合机组，还包括跨临界二氧化碳系统。[16] 而冷凝机组基本上都是中央系统的小型版本。

单机机组

S单机机组包括完全由工厂组装的冷冻机、自动售货机和饮料冷柜。无氟单机机组目前在全世界都所有使用，而碳氢化合物系统和二氧化碳系统目前正在加快普及速度。直接式碳氢化合物系统使用丙烷或异丁烷为制冷剂，充注量不足150克（欧盟和美国标准允许充注量在1.5公斤以上的系统用于公共区域），能效比HFC机组提高了5%到15%。[17] 将单机碳氢化合物系统和水冷式系统结合使用的方法大幅削减了制冷剂充注量。这一技术采用了工厂制单机机组，但在机组中进行冷水循环来排除多余热量，冷水可在位于零售机组顶部的碳氢化合物冷冻机中进行冷冻。目前世界各地都已开始采用二氧化碳系统，其能效比HFC-134a机组提高了17%。[18]

将单机碳氢化合物系统和水冷式系统结合使用的方法大幅削减了制冷剂充注量。

无氟技术目前已经到位，并且相较HFC系统有诸多显著优势。零售领域对无氟系统的应用已经得到检测，并可在全球所有气候区进行安装。表4列出了目前情境下发达国家（A2）和发展中国家（A5）的HFC消耗量。发达国家的HFC消耗量目前已经很高，引发了诸多不满，而发展中国家的HFC消耗量也在急剧增长，并将在接下来的十年中赶超发达国家。HFC使用量的增长将对气候产生剧烈影响，而正是出于对经济和环境因素的考虑，向低GWP系统的迅速过渡才显得十分必要。比如，超市转化为二氧化碳系统后能减少60%的碳排量[19]，整体系统能效也将大幅提高（10%到35%），同时还可削减运行成本。如下是一些公司对现代化节能型无氟系统的投资案例。



商业制冷
见参考文献3

沃尔沃斯跨临界二氧化碳制冷系统（南非）

2010年，沃尔沃斯公司（Woolworths）在南非开普敦安装了功率约为300千瓦的跨临界二氧化碳系统。[20] 该商店能效提高了45%，并且还决定在其所有商店中采用跨临界二氧化碳系统标准，该公司目前已经安装了八个这样的系统。[21] 其开普敦门店采用了丹佛斯公司（Danfoss）的控制系统，同时还安装了电子膨胀阀、组件控制器、热交换器和平板热交换器，大副削减了能耗。[22] 该商店同样还采取了其他改进措施，包括：能根据自然光进行调节的LED照明，用制冷系统中的回收废热进行地板加热，以及一个使用液态氨制冷剂的实验性卡车冷冻系统。[23]



沃尔沃斯 南非开普敦
http://media.capetowndailyphoto.com/wp-content/uploads/2009/01/woolworths_img_1244.jpg.

关于沃尔沃斯有限责任公司（Woolworths Proprietary Limited）： 位于南非开普敦的沃尔沃斯公司成立于1931年，该公司是一家食品、成衣和日用商品零售商，其在南非、博茨瓦纳、纳米比亚、赞比亚、莫桑比克和加纳共有365家食品连锁店。[24] 沃尔沃斯的母公司是沃尔沃斯控股有限责任公司（Woolworths Holdings Limited）。[25]

关于丹佛斯（Danfoss）： 总部位于丹麦的丹佛斯是一家在全球18个国家拥有56个工厂和2.3万名员工的公司，其销售和分销范围遍布51个国家。[26] 丹佛斯公司的气候和能源部门（Climate&Energy）专门负责研发制冷和空调控制器、动力电子设备、商业压缩器和区域能

源系统。[27] 该公司专门为商业二氧化碳应用领域生产组件控制器和前端控制器、蒸发器控制器、二氧化碳控制器、电子调节阀、管路零部件和过滤器、传感器、压力开关和电磁阀。其用于气体制冷的EKC326控制器用于零售业跨临界二氧化碳和串联式系统，系统性能系数可达到最优。[28] 2002年，丹佛斯公司签署了联合国全球契约（UN Global Compact Initiative）十项原则，并据此制定了节能计划，以减少其产品对环境和能源的损耗，还将设法降低其15家最大工厂的耗能量。[29]

罗森跨临界二氧化碳制冷系统（日本、印度尼西亚）



罗森店在上海
Author: Livelikerw http://commons.wikimedia.org/wiki/File:A_Lawson_Store_in_Shanghai.JPG

罗森公司在其位于日本最南部岛屿冲绳县的零售店里安装了一款跨临界二氧化碳系统，该岛处于亚热带气候带。相较温暖气候下的传统HFC-404A系统，该系统能效提高了21%。[30] 其能效改进每年能节约235256日元（约1708欧元）。[31] 这款由三洋（松下）公司设计的系统采用了分置循环技术来完善能源效率，使二氧化碳压力降低到中等水平，增进了系统制冷效果。[32] 罗森公司仅在日本就有157家跨临界二氧化碳商店，此外在亚洲还有其他几个跨临界二氧化碳商店。[33] 该公司最近还在印度尼西亚雅加达开了一家店，能效高达39%。[34] 2010年，一家罗森便利店还安装了三洋智能能源系统（Sanyo Smart Energy System），该系统采用了光伏模块和锂离子电池来储存能量，同时还安装了二氧化碳制冷系统，能效非常高。[35]

关于罗森（Lawson）： 总部位于日本的罗森公司于1975年在大阪县开设了第一家零售店。该公司目前共有6404名员工，[36] 门市店遍布日本（11609家）和中国——上海（292家）、重庆（77家）、大连（18家）、北京（5家）——以及印度尼西亚（63家）、泰国（29家）和夏威夷（4家）。[37]

关于松下/三洋（Panasonic/Sanyo）： 松下公司于2010年收购了三洋电子公司（Sanyo Electric），该公司是一家生产制冷和空调系统产品的全球公司。[38] 松下的空调业务部门（Air-Conditioner Business Division）位于日本群马县（Gunma），该部门专门制造多种适用于商业领域的二氧化碳旋转式两级压缩制冷系统。[39] 松下的二氧化碳系统被日本和东南亚零售商广泛采用，其中包括罗森、永旺（Aeon）、西友（Seiyu）及其他公司。[40] 松下公司不仅为大型商业领域制造产品，还为小型零售领域（便利店）制造产品。松下公司的二氧化碳室外冷凝机组能效相较HFC-404a系统提高了30%。[41]



松下二氧化碳系统
图片由Shecco提供

新世界（Foodstuffs）跨临界二氧化碳制冷系统（新西兰）

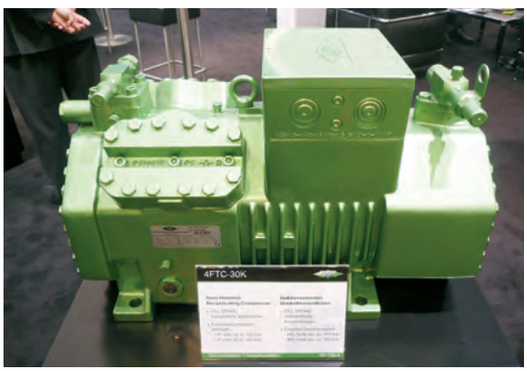
Foodstuff公司位于新西兰惠灵顿的2400平方米大的商店是该公司第二家跨临界二氧化碳商店。相较于安装在独立商店里的传统二氧化碳/HFC-134a串联式系统，其能效提高了8%。[42] 这款由考利服务公司（Cowley Services）安装的系统包含一款由澳大利亚比泽尔公司（Bitzer Australia）生产的机架系统，该系统涵盖了7个位于升压机压缩配置机组中的二氧化碳压缩器，此外机组中温端还有4个4FTC-30K压缩器和一个4FTC-15K压缩器，低温端则有两个HHC和一个2HSK压缩器。[43] 低温端制冷功率约为21千瓦，温度是-36摄氏度；中温端功率则为150千瓦，温度是-10摄氏度，二氧化碳充注量不到150公斤。[44] 该系统控制器由艾默生公司（Emerson）打造，此外还有阿法拉伐公司（Alfa Laval）公司提供的空气冷却器和带有电子交换风扇的房间蒸发器。[45] 总体而言，相较于超市传统系统，该商店碳排量减少幅度约为40%。[46]



新的世界超市
http://northernsuburbs.co.nz/wp-content/

关于新世界（New World, Foodstuffs）： 总部位于新西兰惠灵顿的新世界公司成立于1963年，该公司是一家100%由新西兰运作的公司，在全国共有138家商店。[47] 新世界公司为Foodstuffs（新西兰）有限责任公司所有，该总公司在新西兰有三家零售企业，在全国共有680家商店和批发中心。[48]

关于比泽尔（Bitzer）： 比泽尔公司为制冷和空调系统生产制冷剂压缩器、冷凝机组和压力容器的历史长达75年，在全球90多个国家有30家子公司。[49] 比泽尔公司为二氧化碳制冷应用所设计的C4型号八边形半封闭式往复压缩器不仅能效高，而且还有一个大容量抽气冷却电机、高效阀门、以及配备有独立高低温热分离室的气缸盖。[50]



比泽尔R744压缩机
图片由Shecco提供

关于爱默生（Emerson）： 爱默生气候技术公司（Emerson Climate Technologies）是一家为家庭、商业和工业领域提供供热、通风、空调和制冷手段的全球供货商。[51] 爱默生共为全球2.5万家超市提供了安装服务。[52] 爱默生的E2设施管理系统（E2 Facility Management System）通过为客户提供建筑和制冷系统完整控制系统来降低能源和维护成本，这一系统包括：压缩器机组、冷凝器、小型冷库、暖通空调机组和照明设备。[53]

关于阿法拉伐（Alfa Laval）： 阿法拉伐是一家专门为食品和饮料产业供热、制冷、分离和运输产品提供专门产品工程设计的全球服务商。其业务范围遍布欧洲、亚洲、澳大利亚、



阿法拉伐-V为Shecco研制的 CO2冷却器

非洲和美洲。[54] 产品主要用于热转换、分离和流体处理。阿法拉伐公司的Alfa-V二氧化碳风冷式气体冷却器（Air Gas Cooler）完全取代了传统制冷系统中的风冷式压缩器，其小直径铜管和铝制波纹涡轮增压鳍使制冷剂充注量大为减少，同时大幅提高了热传递质量。[55]

家乐福商店翻新后跨临界二氧化碳系统（土耳其）

2012年五月，家乐福位于土耳其伊斯坦布尔的门店再次开业，并在翻新过程中采用了二氧化碳跨临界系统。从HFC制冷系统向二氧化碳系统的转变使该商店温室气体排量削减了3400倍，系统整体能效提高了15%。[56] 因为管道的改进，这一现代系统的泄漏率也降低了75%。[57] 该系统的正齿条式压缩机在40千瓦下运行，负机架压缩机在4千瓦下运行。[58] 总部在意大利的全球性公司卡尔是在土耳其使用家乐福二氧化碳系统的第一家。该系统同时配备卡尔PVPRO监督系统、PRACK电子控制器的压缩机架、MPXPRO管理的制冷机组、二氧化碳冷凝低温侧和E2V电子阀以监测热度控制。[59]

2013年11月，家乐福也在其位于罗马尼亚加拉茨的第一家跨临界二氧化碳超大型超市中安装了Advansor compSUPER系统。[60] 该系统在低温端和中温端都使用了二氧化碳，同时采用了平行压缩器技术在超高温或超低温情况下提高能源性能。[61] 由于温暖气候中的二氧化碳系统会产生很多闪蒸气体，对平行压缩器的采用正好解决了这一问题。[62]



家乐福快捷店
http://www.monofis.com.tr/tr/index.asp?ID=19&view=list&sort=&sector=&service=



Advansor TC CO2系统（EIA拍摄）

除了在中低温阶段消除闪蒸气体外，大部分在平行压缩器系统中产生的闪蒸气体还会在更高温度下被消除，使整体能量损失进一步降低，能效比其他跨临界二氧化碳系统还要高6%。[63] 平行压缩器已经在丹麦进行了测试，这一系统能效要比普通（HFC）串联式系统高20%。[64] Advansor机组中温端功率是200千瓦，低温端功率是45千瓦，同时还安装了二氧化碳传感警报系统来监测漏气情况。[65] 该系统采用了丹佛斯或卡雷尔（Carel）的控制器。[66]

家乐福同样也和卡雷尔一起合作研发平行压缩器系统，同时还安装了在15摄氏度以上也能工作的闪蒸阀。[67] 随着环境空气温度上升，该系统将变得更加高效。[68] 在检测这些系统效果时，两家公司又采用了在意大利巴勒莫使用过的一款带有平行压缩器的升压机（平均使用温度为18摄氏度），发现其能效比HFC-134a/二氧化碳串联系统还要高。[69] 卡雷尔目前正在意大利各工厂测试一系列平行压缩器系统。[70]

关于家乐福（Carrefour）：总部位于法国布洛尼-比扬谷（Boulogne Billancourt）的家乐福是全球第二大零售商，集团旗下商店遍布全球34个国家，其中法国有4743家商店、欧洲其他地区有4066家、拉丁美洲有714家、亚洲有373家、其他国家（马格里布、中东和多米尼加共和国）有206家。[71] 截止2013年7月，家乐福在欧洲的79家商店都采用了天然制冷剂技术，其中有7家是无氟试点商店。[72] 制冷在其商店能源输出中所占的比例仅为35%，但家乐福仍在采用新方法减少能耗，并打算从2015年开始对含氟新设备下达禁令。[73]

关于卡雷尔（Carel）：成立于1973年的卡雷尔公司总部位于意大利布鲁吉内（Brugine），该公司是一家专门为空调与制冷市场提供加湿和控制系统的全球供货商。其子公司、附属公司和销售机构遍布全球约80个国家。[74] 卡雷尔的E2V智能二氧化碳/氨电子膨胀步进阀门提供了一系列性能，特别适用于采用了工作压力高达140的二氧化碳冷凝机组和迷你机架的小型零售店；这一阀门同样还可在跨临界二氧化碳系统中起到闪蒸气旁通阀的作用。[75] 该公司



卡尔跨临界二氧化碳解决方案
图片由Shecco提供

还研发了用于制冷、空调和热回收的整体式系统。采用平行压缩器后，该系统在高温外界环境下（15摄氏度以上）更加高效。[76]

关于Advansor（Hillphoenix）：位于丹麦的Advansor公司（受美国公司Hillphoenix所有）研发并销售使用二氧化碳制冷剂的供热和制冷系统。Advansor（Hillphoenix）在英国、瑞士、荷兰、挪威、芬兰、瑞典、墨西哥、哥斯达黎加和美国都有营业点。[77] [78] Advansor的整合式平行压缩器机组目前有多种型号，在便利店、快捷店和大型商店中都适合安装。[79]

瑞典合作社整合式二氧化碳和平行压缩器系统（瑞典）

Advansor还在位于瑞典Tocksfors的瑞典合作社（Coop Svierge）商店里安装了平行压缩器和热泵技术。[80] 该系统通过两个热交换机组从制冷过程回收废热，并在无需气体旁通阀或假负载蒸发器的前提下将气体从接收器传送到高压端。[81] Advansor报告称，这一设计能够为建筑和家庭住宅供热。[82] 公司还报告称，这一功率为700千瓦的系统适用于所有欧洲，包括欧洲南部国家在内的商店。[83]

关于Advansor（Hillphoenix）：见之前案例。

关于瑞典合作社（Coop Svierge）：瑞典合作社隶属于KF瑞典合作联盟（Swedish Cooperative Union）集团，在瑞典零售业部门占据21.5%的份额。[84] 2013年，该公司总收入为320亿克朗，雇佣员工7300名。[85] 截止2013年，瑞典合作社共有25家商店安装了二氧化碳制冷系统，并承诺在所有新商店中都将采用无氟技术。[86]

赛恩斯伯里小零售店跨临界二氧化碳系统（英国）

赛恩斯伯里公司除在其160多家商店采用了跨临界二氧化碳系统外，还尝试在便利店中使用小型跨临界二氧化碳系统。2013年，该公司在其位于英国伯明翰郊外的Haslucks Green新便利店安装了首个跨临界二氧化碳系统。这一名为Epta ECO2-小CO2 的系统能帮助商店减少33%碳排量，同时提高商店能效。[87] 赛恩斯伯里小型跨临界系统目前已成为该公司便利店今后进行无氟化转化的一个示范案例。[88] 该系统还具有噪音小的优势，使室内和室外安装都成为可能。[89]



赛恩斯伯当地零售店
http://www.j-sainsbury.co.uk/media/latest-stories/2013/20130422-sainsburys-opens-britains-greenest-convenience-store-in-haslucks-green/

关于赛恩斯伯里（Sainbusry）：于1869年成立于英国伦敦的赛恩斯伯里公司在全英国有1106家超市和便利店，员工人数在15.7万名左右。[90] 作为可持续计划的一部分，赛恩斯伯里目标在2014年之前对250家大小规模商店进行无氟化过渡，包括所有新商店和翻新商店。[91]

关于Epta集团（Epta Group）：Epta是一家在商业制冷市场有六个品牌的欧洲领先公司和全球合作商，其六家品牌是：Costan、Bonnet

Neve、George Barker、Eurocryor、Misa和IARP。[92] Epta公司主要关注于冷冻陈列柜、生产机组和冷藏室的设计、生产与安装。Epta擅长为客户量身设计产品和制冷系统解决方案。[93]

ALDI SÜD跨临界二氧化碳系统

折扣零售店ALDI SÜD是德国第一家在2006年采用跨临界二氧化碳制冷系统的零售商。[94] 截止2013年，ALDI SÜD有151家采用跨临界二氧化碳系统的商店。自2010年起，该公司将跨临界二氧化碳系统设定为其所有的德国门市店标准技术。[95] 该公司每年都会开设150家新商店。[96] 市场研发专家、天然制冷剂销售公司Shecco预计，2011到2013年间该德国公司对跨临界二氧化碳系统的采纳率高达158%以上，其所有采用跨临界二氧化碳系统的商店数量达到了429家。[97]



新的世界超市
http://northernsuburbs.co.nz/wp-content/

关于ALDI SÜD：ALDI Einkauf GmbH & Compagnie oHG是一家德国连锁超市，旗下有两个独立集团，分别是Aldi SÜD 和 ALDI Nord。[98] 这两家集团零售店遍及德国、爱尔兰共和国、英国、匈牙利、奥地利、斯洛文尼亚、美国和澳大利亚。[99] Aldi SÜD 在德国南部有1816多家商店。[100] 目前，该零售商有超过10%的展柜都采用了二氧化碳技术。此外，其79%的卧式冻结柜还在低温制冷中采用了丙烷制冷剂。[101] Aldi SÜD 其余21%的卧式冻结柜有望在2017年采用天然系统。[102] Aldi Nord集团则有2428家商店，其有一半数量的卧式冻结柜都采用了丙烷制冷剂，有1%的陈列柜采用了二氧化碳制冷剂。[103]

玛莎碳氢化合物制冷剂商店（英国）

2012年，玛莎集团（Marks and Spencer）在英国Cheshire Oaks奥特莱斯开启了一家采用碳氢化合物制冷系统的商店。[104] 其碳氢化合物压缩机组和分布式二氧化碳一起为冷藏室里的所有冷冻和冷藏食物保温箱提供制冷。[105] 这款由A1制冷公司（A1 Refrigeration）和爱默生零售解决方案公司（Emerson Retail Solutions）一起设计的制冷系统采取了一系列创新措施来保证能效水平，其能效普遍比传统商店设计模式高出42%。[106] 同年，玛莎集团还在斯特拉福德城的2012伦敦奥运会场地开设了一家门市店。这家三层楼商店采用了碳氢化合物制冷机组，为99%的制冷系统和冷藏室提供制冷。[107]



玛莎在英国Cheshire Oaks的分店
http://www.mylearning.org/mands-cheshire-oaks-eco-store/p-4380/

置换通风柱的安装能让室外冷空气流入室内，同时还能收集室内不断上升的热空气，帮助减少整体碳效应。[108] 这些改进措施使玛莎集团成为了英国和爱尔兰第一家主要大型碳平衡零售商，而其商店、办公室、仓库和配送车队也基本达到了碳平衡。[109] 2006到2012年间，该公司将其商店制冷系统的整体碳排量减少了60%。[110] 除之前承诺要在其所有新系统中采用无氟技术外，该集团还在近期开设的商店中采用了HFC-二氧化碳混合技术，不过目前公司正在对跨临界二氧化碳系统进行再测试，对可行性进行重新评估。

关于玛莎集团（Marks and Spencer）： 玛莎集团的商品在766家英国和418国际商店中进行销售，其销售点遍及欧洲、中东和亚洲。[111] 截止2013年，该公司有76家商店采用了可替代性制冷剂。这些商店大部分都采用了二氧化碳-HFC混合系统，但该公司将天然制冷剂的使用量提升了到所有制冷剂用量的20%。[112]

关于A1制冷公司（A1 Refrigeration）： A1制冷集团为全英国商业、零售和工业领域提供制冷、空调和安装服务解决办法。[113]

关于爱默生零售解决方案公司（Emerson Retail Solutions）： 见新世界案例研究部分。

乐购二氧化碳系统（全球）

零售业大亨乐购集团（Tesco）也将环保型制冷系统扩展到了中国。截止2013年，该公司在其商店中安装了149个无氟系统，其中有84家都在英国海外。[114] 该集团在位于宁波的超市中采用了由开利公司（Carrier）生产的二氧化碳串联式系统，并因此成为中国的五家无氟商店之一。该公司在位于北京、上海和厦门的商店里也安装了类似系统。[115] 该系统能效比传统系统高24%。[116]

关于乐购（Tesco）： 乐购公共有限公司（Tesco Plc.）自1924年起开始进行贸易业



乐购在中国昌平的分店
http://www.flickr.com/photos/dcmaster/4237158186/

务，目前在英国有3146家商店，还将业务扩展到了海外。[117] 截止2014年，乐购公司共在欧洲和亚洲的12家零售店雇有53万名员工。[118] 2013年，该公司在英国的年收入是436亿英镑，在亚洲的年收入是115亿英镑。[119] 中国制冷产业已经将二氧化碳作为超市传统HFC制冷剂的可行替代物，其超市制冷剂和能源成本已经有所下降。[120] 中国乐购公司计划在所有商店中采用天然制冷剂。[121] 该公司在匈牙利和韩国的无氟商店数量超过35家。[122]

关于开利（Carrier）： 见运输制冷部分。

维特罗斯丙烷和HFC/碳氢化合物水冷式陈列机组（英国）

维特罗斯公司（Waitrose）目前正在使用以丙烷为制冷剂的水冷式设备来降低制冷剂充注量。该系统小型陈列机组通过与水循环系统相连的办法来排出余热，并将制冷剂充注量减少了90%。[123] 这款由Geoclima公司生产的系统采用了分裂线圈将碳氢化合物制冷剂充注量维持在400克以下，同时还利用液体泵放大功能和浮头压力将自然冷却温度维持在18摄氏度以下。[124]



新的世界超市
http://www.waitrose.presscentre.com/Photo-Library/Waitrose-Bracknell-75d8.aspx

该系统首次于2009年引入了Altrincham商店，此后还在所有新商店和全面翻新后的商店中投入使用。[125] 相比传统HFC制冷商店，这些商店的能耗减少了20%，碳排量减少了50%以上。[126]

关于维特罗斯（Waitrose）：维特罗斯公司为约翰·刘易斯合伙公司（John Lewis Partnership）所有，该公司共有6.8万名员工。[127] 2014年，维特罗斯公司在英国有280多家分店。[128] 其年营业额超过了60亿英镑。[129]

关于Geoclima：成立于1994年的Geoclima是一家专门为空调和制冷系统应用设计研发冷冻机的公司。[130] 该公司总部位于意大利，每年在全球范围内生产500多台机组。[131]

米格罗平行压缩器技术二氧化碳和跨临界二氧化碳系统（瑞士）

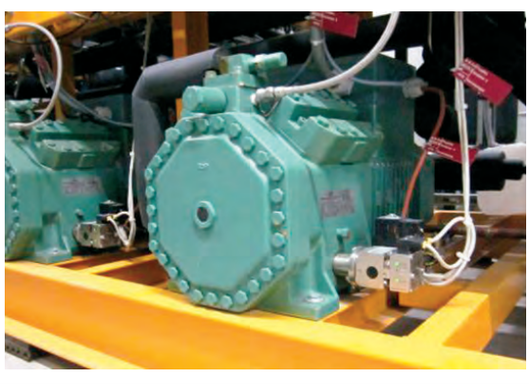
2009年，瑞士零售商米格罗（Migros）和开利集团（Carrier Corporation）合作为米格罗公司的巴塞尔商店提供次临界和跨临界二氧化碳技术解决方案。[132] 该系统单个机架系统的功率在25到240千瓦之间。[133] 自2010年起，米格罗在所有213家新店中都安装了无氟系统。[134] 所有系统均采用了二氧化碳为标准制冷剂，并被安装在该公司35%的零售店中。[135] 自2008年起，米格罗还开始安装与平行压缩器技术相结合的跨临界二氧化碳系统。[136]

该系统通过多级压缩器和减压器减少了在高温时段产生的热亏损。[137] 位于瑞士的制造商Frigo咨询有限公司（Frigo-Consulting Ltd.）于2011年在米格罗Ebikon商店里安装了此系统，并报告称其安装第一年节能量为1万千瓦时。[138] 其蒸发温度提高到了-1.5摄氏度左右，标准增压系统蒸发温度提高了8摄氏度。[139] 随着环境温度上升，该系统能效也得到提升。[140]

关于米格罗（Migros）：成立于1925年的米格罗是瑞士最大的零售商。截止2013年，该公司在瑞士有610家商店，同时在德国和法国也有商店。[141]

关于开利（Carrier）：参见运输制冷部分。

关于Frigo咨询有限公司（Frigo-Consulting Ltd.）：Frigo咨询有限公司成立于1988年，总部位于瑞士波恩。该公式是一家商业和工业制冷系统生产商，主要关注于研发跨临界二氧化碳技术。[142]



Frigo咨询公司并联压缩机系统
http://www.frigoconsulting.ch/fr/actuel/Parallelkompression_Portes-Rouges_de_110902_frz_afa_2.html

皇家阿霍德二氧化碳/HFC混合安装和试点系统（欧洲）

截止2013年，皇家阿霍德（Royal Ahold）在其工厂总共安装了227个二氧化碳/碳氢化合物混合系统，并大部分采用HFC-134a为二级制冷剂，但公司计划在接下来15年中停止使用HFC。[143] 皇家阿霍德目前正对三家无氟商店进行测试，在这几家位于荷兰的Albert Heijn商店中安装了跨临界二氧化碳系统。如果这些试点项目成功，皇家阿霍德将在2023年之前在其所有工厂和商店中安装跨临界二氧化碳系统。[144] 据皇家阿霍德称，这一名为CO2OLtec的系统由开利公司生产。公司报告称，相较在传统门店中使用的HFC/二氧化碳混合系统，新系统的减排总量约为4000吨二氧化碳。[145]



开立MaxiCO2OL制冷系统
图片由Shecco提供

开利系统在大中型设备安装过程中采用了跨临界二氧化碳制冷剂助推器，以便在偏冷气候中使用。相比传统HFC系统，该系统能效提高了10%左右。[146]

关于皇家阿诺德（Royal Ahold）：截止2013年，皇家阿诺德在全球总共约有3000家商店，其中包括在荷兰的881家商店，此外还有比利时、德国、斯洛伐克、捷克共和国和美国的几家商店。[147] 皇家阿诺德每年都要开设150家新商店。[148] 2011年，该公司员工人数超过了12.2万，报告收入是39100万。[149] 2013年，该公司售出了所持有的挪威食品零售集团ICA的股权，ICA集团已经在其50家瑞典商店中安装了二氧化碳系统。[150]

关于开利（Carrier）：参见运输制冷部分。

德尔海兹跨临界二氧化碳商店（美国）

2013年，德尔海兹集团在美国缅因州开设了第一家100%二氧化碳商店。[151] 其Hannaford商店主要采用了由卡诺制冷公司（Carnot Refrigeration）生产的跨临界二氧化碳增压器，同时还加入了乙二醇热回收和热气除霜系统。[152] 该系统低温负荷为250800Btu/小时，中温负荷为898200Btu/小时。公司报告称，相比传统HFC制冷剂，该系统在寒冷气候中的能效提高了5%到10%。[153]



卡诺制冷公司跨临界二氧化碳系统
图片由Shecco提供

关于德尔海兹集团（Delhaize Group）：德尔海兹集团在美国、比利时、东南欧和亚洲都有业务点。[154] 2012年，德尔海兹集团的年收入是227亿欧元。[155] 截止2013年，德尔海兹集团共有40家商店采用了无氟制冷技术，其罗马尼亚商店还进一步使用了碳氢化合物混合系统。[156]

关于卡诺制冷公司（Carnot Refrigeration）：参见工业制冷部分。

英国合作社无氟碳氢化合物独立制冷系统 （英国）

英国合作社集团（Co-op UK）目前正在普及安装碳氢化合物系统，以减少对制冷剂的使用。英国合作社目前已经在其2400家商店中安装了碳氢化合物独立制冷系统，相当于仅使用了其20%的制冷剂。[157] 2012年，制冷剂和空调系统排量仅占公司直接碳排量的14%。[158] 为加速无氟化过渡进程，英国合作社正为其商店调研一系列创新技术，其中包括能使用店内回收热的碳氢化合物冰箱机组。[159]



英国食品合作社
图片由合作社提供

关于英国合作社（The Co-operative）：英国合作社是英国最大的互助业务集团，共有800万会员拥有该集团。合作社食品公司（The Co-operative Food）是该集团九大企业之一，也是英国第五大零售商，其食品店遍布英国每一个区。[160] 合作社英国分社有2800多家零售店，共雇用员工7.5万人。[161]

索贝斯跨临界二氧化碳系统（加拿大）

截止2014年2月，索贝斯已经在其65家商店中安装了跨临界二氧化碳系统，此外还有至少六家商店处在规划阶段，并将在2014年年底前进行实施。[162] 2010年，索贝斯实施了“全国计划”（National Initiative），旨在寻找最优制冷系统。跨临界二氧化碳之所以被



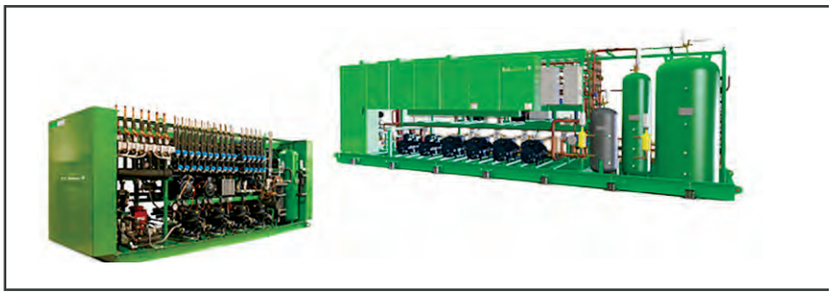
索贝斯在加拿大Alberta的分店
http://www.flickr.com/photos/mastermaq/6270465007/

纳入选项，是因为它比HFC系统更具能源和气候优势。二氧化碳系统安装耗铜量更少，安装成本降低了10%，而且只需安装一根管道，耗能量减少15%，取暖成本下降75%到85%，制冷成本总计减少94%，温室气体排量减少99%，同时维护成本也可下降50%。[163] 索贝斯与四家供货商展开了合作——卡诺制冷公司（Carnot Refrigeration）、CSC、Systems LMP、以及Hillphoenix Advansor。[164]

关于索贝斯（Sobeys）：索贝斯公司于1907年成立于加拿大新斯科舍，该公司共有1569家商店，总员工人数为4.7万。[165] 索贝斯公司在2009年只有一个跨临界二氧化碳系统，短短五年内就有65家商店安装了二氧化碳系统，比北美其他所有采纳该系统的零售店总数还要多。[166]

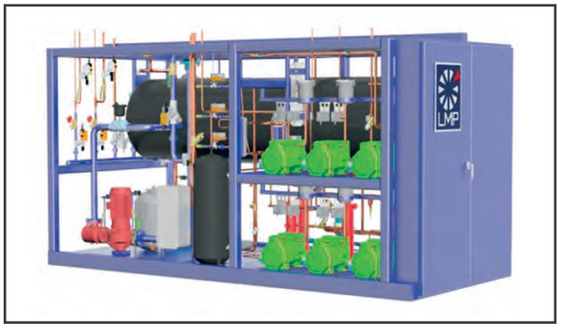
关于卡诺制冷公司（Carnot Refrigeration）：自2008年起，魁北克三河城卡诺制冷公司（Carnot Refrigeration）研发了能减轻环境危害的商业和工业制冷系统，其设计原理主要围绕着二氧化碳和串联式二氧化碳/氨系统。[167] 该公司在加拿大和美国参与了多个跨临界二氧化碳系统应用项目，[168] 最近还加入了美国环保局Greenchill合作伙伴关系（US EPA’s Greenchill Partnership），该项目旨在减少商业零售店制冷剂泄漏。[169] 卡诺公司的跨临界二氧化碳系统功率在2000千瓦以上，只占现有机房一半的空间，在空气和水加热过程中还有一定的热回收潜力，其能效提高了25%，运行费用减少了31.5%。[170]

关于CSC：成立于1982年的CSC公司为商业和工业食品部门生产并制造综合制冷、空调和热控制系统，其应用领域还包括体育场。[171] 该公司在加拿大魁北克和安大略地区共有100名员工。[172] CSC公司的Eco2系统是一款专门为超市设计的二氧化碳机组，其能效优势包括：通过热回收流程减少供热成本、制冷剂充注量减少了5倍、制冷剂成本比传统制冷剂减少10倍多、维护成本减少了30%。[173]



在超市使用的CSC Eco2系统
http://www.groupecsc.com/produits22_en.p

关于Systems LMP：Systems LMP公司为客户量身打造制冷和热回收系统的历史已经超过15年，该公司为工业和商业应用领域设计了多款跨临界二氧化碳制冷系统。[174] 其Purity Module跨临界二氧化碳系统采用了专利专用压缩器来进行热回收，此外还采用了专利压缩器润滑管理系统来减少运行成本，使能效最大化。[175] 截止2013年10月，Systems LMP共参与安装了六个跨临界二氧化碳系统和一个串联式系统，并在安装过程中添加了八个机组。[176]



LMP系统纯度二氧化碳模块
http://www.r744.com/products/view/_ellysiumlmp

关于Hillphoenix：参见上文家乐福翻新店案例研究。Hillphoenix Advansor系统参与了美国和加拿大地区多个二氧化碳系统安装项目，其中包括伊利诺伊州Angelo Caputo的新鲜市场（Fresh Market）、布鲁克林全食超市（Whole

Foods）、威斯康辛州Roundy’s Pick’nSave超市、温哥华Urban Fare商店（Overwaitea食品集团）、以及其他几家索贝斯商店。[177]

H-E-B丙烷制冷系统（美国）

2013年，H•E•巴特食品杂货公司（H-E-B, H.E.Butt Grocery Company）在得克萨斯奥斯汀开设了一家占地面积为8.3万平方英尺的食品店，该店采用了哈斯曼公司（Hussmann）设计的丙烷制冷系统。[178] 该系统在近一半机组中都安装了美国泰康产品公司（Tecumshe Products Company）生产的AE2 系列高效压缩器，其大部分机组还包括水冷式冷凝器和蒸发器，使丙烷充注量维持在150克以下。[179] H-E-B对该系统给予了好评，称其易于安装。该系统完全在工厂中进行设计安装，使用寿命高达15到20年。[180] 采用新制冷剂除能减少1556公吨当量二氧化碳排量外，[181] H-E-B预计该系统能效比传统商店还要高50%，但其第一年项目运行文件显示，系统效率提高了79%。[182]

关于H-E-B：H-E-B公司于1905年在德州克维尔（Kerrville）开设了第一家商店，目前在得克萨斯州和墨西哥境内共有340家商店，员工总人数为7.6万。[183]



在得克萨斯奥斯汀的HEB超市

http://www.city-data.com/forum/austin/1838647-e-slaughter-vs-mueller-area.html

关于哈斯曼（Hussmann）：自1906年开始，哈斯曼公司就开始制造冷冻产品和制冷解决方案，目前已成为一家全球领先生产、销售、安装和服务公司。公司专门在零售食品产业为顾客量身打造展示设备和制冷系统。[184] 哈斯曼业务范围遍及美国、加拿大、拉丁美洲和亚太地区。[185]

关于泰康产品公司（Tecumseh）：泰康产品公司自1937年起就开始为电冰箱研发制造密封式压缩器。[186] 泰康公司目前主要生产使用碳氢化合物制冷剂（丙烷和异丁烷）的压缩器和冷凝机组，该产品销售范围遍及全球，需求量日益增长。[187] 2013年，泰康公司决定将其生产范围扩大到密西西比州，以迎合AE2 压缩器不断上升的国际需求。[188] 据报道，该款压缩器是目前市场中同体积压缩器里能效最高的一款，可用于饮料冷却器、商业电冰箱和冰柜中。[189]



泰康AE2压缩机

图片由Shecco提供

Verdemar超市串联式二氧化碳/HFC-134a系统（巴西）

Verdermar超市是拉丁美洲第一家安装二氧化碳制冷剂冷冻系统的企业。作为一家小型



Verdemar在巴西Minas Gerais的超市 *(190)*

零售商，其位于巴西米纳斯吉拉斯（Minas Gerais）的商店占地面积有6000平方米，是该公司开设的第五家商店。[190] 这一由Plotter&Racks公司安装的系统在低温端使用二氧化碳（-32摄氏度功率为36千瓦），在中温端使用丙二醇（-2摄氏度功率为200千瓦），高温端则使用充注量有所减少的HFC-134a。总体而言，该Skyrack Breeze型号的系统温室气体排量比使用HFC-404a的传统技术减少了六倍之多。[191] 其制冷机组包括一个热回收系统、一个冷凝降温系统、直流变速冷凝器风扇、电动膨胀阀门、变频驱动压缩器、以及能使系统达到最优操作的电动控制器。[192] 这些特点增进了系统整体效率，并产生了诸多优势：能耗降低20%到30%、压缩比低、比泽尔（Bitzer）CO2 压缩器使用寿命提高、二氧化碳管道体积减小、制冷剂充注量减少、二氧化碳制冷剂成本降低、制冷机架更小、机型紧凑易于安装、整体安装和维护成本下降。[193]

关于Verdemar超市：成立于1993年的Verdemar超市在巴西有六家零售店。[194] Verdemar将串联式系统作为标准，目前计划在未来安装100%天然无氟系统。[195] 公司目前有两家使用天然制冷剂的商店。[196]

关于巴西比泽尔公司（Bitzer Brazil）：有关比泽尔公司的介绍在之前新西兰新世界公司的案例研究中已经有所涉及。该公司在压缩器、冷凝机组和压力容器制造业的经营历史已经长达75年之多，业务范围遍及全球。[197] 巴西比泽尔公司被誉为南美洲最大的二氧化碳技术生产商之一，甚至还有自己的二氧化碳训练课程和训练中心，这些项目主要关注于：二氧化碳基本原理、二氧化碳应用系统的安全性、二氧化碳系统、二氧化碳系统组件及试运行、服务和维护流程。[198] 巴西比泽尔公司同样还打造了南美洲第一款跨临界二氧化碳系统，该系统就位于其训练中心，便于工程师培训。[199]

关于Plotter&Racks：位于巴西库里提巴（Curitaba）的Plotter Engenharia公司主要为工业和商业制冷项目提供服务，其服务领域包括超市、大型超市、便利店、分销中心和生产工厂。公司经营时间已长达15年。[200]

可口可乐二氧化碳独立设备（全球）

2014年1月，可口可乐公司安装了其公司第100万个无氟冷藏机。[201] 通过使用三洋公司生产的现代化节能型二氧化碳系统，可口可乐公司在过去十年中减少了525万公吨二氧化碳排量，公司同时还使用了无氟绝缘泡沫塑料，温室气体直接减排量为75%。[202] 自2000年投资二氧化碳技术以来，可口可乐公司获得的节能效益高达40%。[203] 可口可乐公司证明，其二氧化碳设备比HFC系统更可靠也更节能。[204] 测试结果



在美国参议院大厦使用的无HFC 二氧化碳系统

表明，二氧化碳冷藏机的能效要比传统系统高18%，自动饮料机的能效要比传统系统高36%之多。[205] 在2011年日本地震/海啸之后出现核危机以来，日本关闭了部分发电厂。可口可乐公司于是将其自动饮料售卖机进行翻新，并采用了三电公司（Sanden）的Peakshift自动售货机[206]。相比传统机器，该款售货机在白天减少了95%耗电量，整体耗电量减少了68%。[207] 可口可乐公司还加入了产业联合会“天然制冷剂!”（Refrigerants Naturally！），该机构是一个旨在解决制冷设备所引发的气候变化和臭氧层破坏问题的国际项目。[208]

关于可口可乐公司（Coca-Cola）：可口可乐公司是全世界最大的饮料公司之一，旗下有500多个品牌。[209] 该公司大型饮品分销系统遍及全球200多个国家。[210]

关于松下/三洋（Panasonic Sanyo）：见上文罗森案例研究。

关于丹佛斯（Danfoss）：见上文沃尔沃斯和麦德龙案例研究。



百事可乐自动贩卖机
图片由Shecco提供

百事可乐碳氢化合物自动饮料机（全球）

2009年，百事可乐公司投资了碳氢化合物自动售货机，如今已在全球投入安装。[211] 该款新机器在能效方面显示出明显改进，温室气体排量也大幅减少。百事可乐公司制冷系统比能源之星认证系统（Energy Star）所要求的能效标准还要低20%。[212] 百事可乐公司还投资研发了二氧化碳冷藏机，这些机器比其2003版本的能效还要高51%。该公司碳氢化合物和二氧化碳系统都采用了无氟泡沫塑料进行绝缘。[213] 百事可乐公司也加入了“天然制冷剂！”项目。[214]

关于百事可乐公司（PepsiCo）：总部位于纽约州Purchase的百事可乐公司是世界上最大的食品和饮料公司之一，其产品被销往全球200多个国家。[215]

红牛碳氢化合物ECO冷藏机（全球）

截止2013年，软饮制造商红牛公司在全球有100多万个冷藏机，并且已经在一半数量的机器里安装了碳氢化合物系统。[216] 该公司表示，对碳氢化合物系统的引入能减少20%设备能耗。[217] 这款ECO冷藏设备结合运用了丙烷和异丁烷，同时还采用了冷藏技术设备，如专业风扇。该系统相较传统冰箱能效提高了45%。[218] 红牛同样也加入了“天然制冷剂！”项目。[219]



红牛冷藏机
图片由Shecco提供

关于红牛（Red Bull）：红牛公司于1984年成立于奥地利，销售范围遍及全球165个国家，每年产量超过52亿罐。[220] 该品牌表示，制冷占其产品碳排量的20%，并计划采用更多碳氢化合物冷藏机，逐渐退出HFC系统。[221]

喜力碳氢化合物冷藏机

喜力公司目前正在继续普及无氟碳氢化合物冷藏机。喜力公司目前在全世界有80万台冷藏机，每年还会生产13万台新的碳氢化合物冷藏机。[222] 该公司约有65%的制冷设备都采用碳氢化合物制冷剂。公司报告称，新系统能效相比传统HFC设备提高了38%。[223] 该公司还报告称，该技术自2008年进行首次安装以来，价格已经有所



喜力碳氢化合物冷藏机
(222)

下降，继而降低了系统过渡成本。[224]

关于喜力（Heineken）：喜力啤酒是一家荷兰生产商，其在全世界有250个啤酒系列品牌。[225] 2012年，喜力报告年收入是1840万欧元。[226]

参考资料

1 U.S. Environmental Protection Agency. (2010). Transitioning to low-GWP alternatives in commercial refrigeration. See p1. Available: http://www.epa.gov/ozone/downloads/EPA_HFC_ComRef.pdf

2 Greenpeace Available: Maté et al (2012) Examples of HFC-Free Cooling Technologies in Various Industrial Sectors. .By Greenpeace. See p9. Available: http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/climate/2012/Fgases/Cool-Technologies-2012.pdf. Last accessed Feb 2014

3 Öko-Recherche et al. (2011). Preparatory study for a review of Regulation (EC) No 842/2006 on certain fluorinated greenhouse gases. See p280. Available: http://ec.europa.eu/clima/policies/f-gas/docs/2011_study_annex_en.pdf. Last accessed March 2014

4 U.S. Environmental Protection Agency. (2010). Transitioning to low-GWP alternatives in commercial refrigeration. See p1. Available: http://www.epa.gov/ozone/downloads/EPA_HFC_ComRef.pdf. Last accessed March 2014

5 Id.

6 ACHR News (2012). Making the Switch: Exploring CO_2 Refrigeration Systems Designs. Available: http://www.achrnews.com/articles/121055-making-the-switch-exploring-co2-refrigeration-system-designs. Last accessed March 2014

7 HVACR Fundamentals (2012). Transcritical Refrigeration. Available: http://hvacrfundamentals.blogspot.com/2012/01/transcritical-refrigeration.html. Last accessed Feb 2014

8 ACHR News (2012). Making the Switch: Exploring CO_2 Refrigeration Systems Designs. Available: http://www.achrnews.com/articles/121055-making-the-switch-exploring-co2-refrigeration-system-designs. Last accessed March 2014; HVACR Fundamentals (2012). Transcritical Refrigeration. Available: http://hvacrfundamentals.blogspot.com/2012/01/transcritical-refrigeration.html. Last accessed Feb 2014

9 Emerson Climate Technologies (2010). Refrigerant Choices for Commercial Refrigeration- Finding the Right Balance. See p12. Available: http://www.emersonclimate.com/europe/Documents/Resources/TGE124_Refrigerant_Report_EN_1009.pdf. Last accessed March 2014

10 Id.

11 Shecco and Unido (2013).Natural Solutions for Developing Countries. Available: http://www.r744.com/web/assets/paper/file/1508_guide2013naturalsolutions.pdf. See p17. Last accessed Feb 2014

12 Shecco (2013). ATMOsphere Europe 2013-Natural Refrigerant trends and EU F Gas Regulation. See p9. AvailableAavailable: http://www.r744.com/web/assets/paper/file/1521_338_6_CHASSEROT_SHECCO.pdf. Last accessed Feb 2014

13 Sobeys (2014). CO2- One Retailer's Experience. See p4. Available: http://www.r744.com/web/assets/paper/file/1564_367_4_CROOKSTON_SOBEYS.pdf. Last accessed Feb 2014

14 Shecco (2013). Mainstreaming Natural Refrigerants- The Business Case for North America. See p6. Available: http://www.r744.com/web/assets/paper/file/NatRef_Market_Trends_in_NA_and_Beyond.pdf. Last accessed Feb 2014; R744 (2013). 17 transcritical CO2 stores already installed in South Africa. Available: http://www.r744.com/news/view/4742. Last accessed March 2014

15 EPA. U.S. Environmental Protection Agency. (2010). Transitioning to low-GWP alternatives in commercial refrigeration. Available: http://www.epa.gov/ozone/downloads/EPA_HFC_ComRef.pdf. Last accessed March 2014

16 Preparatory study for a review of Regulation (EC) No 842/2006 on certain fluorinated greenhouse gases. See p2. Available: http://ec.europa.eu/clima/policies/f-gas/docs/2011_study_annex_en.pdf. Last accessed March 2014

17 Id.

18 Jakobs, R. et al.(2006). On the Energy Efficiency of Carbon Dioxide in Small Commercial Cooling Applications. Available: http://lms.i-know.com/pluginfile.php/28689/mod_resource/content/58/On%20the%20Energy%20Efficiency%20of%20Carbon%20Dioxide,%20in%20Small%20Commercial%20Cooling%20Applications.pdf. See p2. Last accessed March 2014

19 Danfoss (2014). Solution Examples. Available: http://www.danfoss.com/SolutionsReady/. Last accessed March 2014

20 R744.com (2013). 17 Transcritial CO2 stores already installed in South Africa. Available: http://www.r744.com/news/view/4742. Last accessed March 2014

21 R744.com (2009). Woolworths pilots R744 refrigeration in South Africa. Available: http://www.r744.com/articles/span_style_color_rgb_255_0_0_update_span_woolworths_pilots_r744_refrigeration_in_south_africa. Last accessed March 2014

22 R744.com (2013). 17 Transcritial CO2 stores already installed in South Africa. Available: http://www.r744.com/news/view/4742. Last accessed March 2014

23 Woolworths Holdings Limited (2014). Our Good Business Journey – Our Local Heroes: Paylymra Junction. Available: http://www.woolworths.co.za/store/fragments/corporate/corporate-index.jsp?content=../article/article&contentId=cmp100469. Last accessed March 2014

24 Woolworths Holdings Limited (2013). Corporate Profile- Overview.2013 Integrated Report. Available: http://www.woolworthsholdings.co.za/corporate/profile_overview.asp. http://www.woolworthsholdings.co.za/investor/annual_reports/ar2013/WHL_IR_2013.pdf?v=1.1. Last accessed Feb 2014

25 Id.

26 Danfoss (2014). About Us-Facts and Figures. Available: http://www.danfoss.com/AboutUs/FactsAndFigures/. Last accessed March 2014

27 Danfoss (2014). About Us-Our Organisation. Available: http://www.danfoss.com/AboutUs/Our_Organisation/Danfoss+Group.htm. Last accessed March 2014

28 R744.com (2014). Products. Available: http://www.r744.com/products/view/ekc_326_controller_for_gas_cooling_1. Last accessed March 2014

29 Danfoss (2014). About us- sustainability. Available: http://www.danfoss.com/AboutUs/Sustainability/. Last accessed Feb 2014

30 R744.com (2014). 10% energy savings achieved with CO_2 transcritical systems in subtropical Okinawa. Available: http://www.r744.com/articles/10-21_energy_savings_achieved_with_co_sub_2_sub_transcritical_systems_in_subtropical_okinawa. Last accessed March 2014

31 Id.

32 Ishii, T. and Mujaiyama, H. (2010). Development of CO_2 trans-critical system for supermarket freezer showcases. See p1. Available: http://www.r744.com/assets/link/SANYO_Development%20of%20CO2%20Trans-critical%20System%20for%20Supermarket%20Freezer%20Showcases.pdf. Last accessed March 2014

33 R744.com (2014). ATMOsphere Asia 2014: natural refrigerants represent future market trends in Japan and beyond. http://www.r744.com/news/viewprintable/4929. Accessed March 2014.

34 R744.com (2014). Schinichirou Uto: Latest developments with CO_2 technology in convenience stores. Available: http://www.r744.com/knowledge/papersView/1565. Last accessed March 2014

35 SANYO Electic Co, Ltd (2010). SANYO supplies its smart energy system to Lawson convenience store. See pp1-2. Available: http://panasonic.net/sanyo/news/2010/12/01-2.pdf. Last accessed Feb 2014

36 Lawson. Inc. (2014). About Us- Corporate Profile. Available: http://lawson.jp/en/about/profile/. Last accessed March 2014

37 Lawson. Inc. (2014). About Us- Business. Available: http://lawson.jp/en/about/business/. Last accessed March 2014

38 R744.com (2014). Companies- Panasonic. Available: http://www.r744.com/companies/view/panasonic. Last accessed Feb 2014

39 Id.

40 R744.com (2013). SMTS 2013: Line up of commercial CO_2 units by Panasonic on display (Part 2). Available: http://www.r744.com/

articles/smts_2013_line_up_of_commercial_co2_units_by_panasonic_on_display_part_2_br. Last accessed March 2014
41 R744.com (2014). Products. Available: http://www.r744.com/products/view/_outdoor_condensing_unit_panasonic. Last accessed March 2014
42 R744.com (2012). New Zealand's 2nd transcritical CO2 supermarket opens its doors. Available: http://www.r744.com/news/view/3566. Last accessed March 2014
43 Id.
44 Id.
45 Id.
46 New World (2013). New World Newlands on top for efficiency innovation. Available: http://www.newworld.co.nz/news/new-world-newlands-on-top-for-efficiency-innovation/. Last accessed March 2014
47 Newworld (2013). About Us.Available: http://www.newworld.co.nz/about-us/new-world/. Last accessed March 2014
48 Foodstuffs (2014). About Foodstuffs. Available: http://www.foodstuffs.co.nz/about-foodstuffs/. Last accessed Feb 2014
49 R744.com (2014). Companies- Bitzerbitzer. Available: http://www.r744.com/companies/view/bitzer. Last accessed March 2014
50 Bitzer (2008). Excellence in Performance. Available: http://www.r744.com/assets/link/kp-130-3.pdf. See p3. Last accessed March 2014
51 Emerson Climate Technologies (2014). Market Solutions-Supermarket. Available: http://www.emersonclimate.com/en-US/market_solutions/commercial/Pages/supermarket.aspx. Last accessed March 2014
52 Id.
53 Emerson Climate Technologies (2014). E2 Facility Management System. Available: http://www.emersonclimate.com/en-US/products/controls/facility_controls/e2/Pages/e2.aspx. Last accessed March 2014
54 R744.com (2014). Alfa Laval- Overview. Available: http://www.r744.com/companies/view/alfa_laval?page=2&tabtitle=products&tab=1#tab1. Last accessed March 2014
55 Alfa Laval (2010). Alfa-V VXD. Available: http://www.r744.com/assets/link/Alfa-Laval_air%20gas%20cooler.pdf. Last accessed: March 2014
56 R744.com (2012). Carrefour installs first CO2 transcritical system in Turkey. Available: http://www.r744.com/news/view/3261#comment_id_3382. Last accessed Feb 2014
57 Id.
58 Id.
59 CAREL (2012). CarrefourCARREFOUR and CAREL develop the first CO2 installation in Turkey. Available: http://www.r744.com/web/assets/link/CARREFOUR%20and%20CAREL%20develop%20the%20firts%20CO2%20installation%20in%20Turkey.pdf. Last accessed Feb 2014
60 R744.com (2014). Romania's first CO2 transcritical store with parallel compression system by Advansor. Available: http://www.r744.com/news/view/5001. Last accessed March 2014
61 Id.
62 Id.
63 Id; R744.com (2013). Swedish supermarket receives compSUPER Sigma by Advansor. Available: http://www.r744.com/articles/span_style_color_rgb_255_0_0_update_span_swedish_supermarket_receives_new_compsuper_sigma_by_advansor. Last accessed March 2014
64 Id.
65 R744.com (2014). Romania's first CO2 transcritical store with parallel compression system by Advansor. Available: http://www.r744.com/news/view/5001. Last accessed March 2014
66 Hill Pheonix.com. Caputo's to Use Transcritical Refrigeration in Hybrid Location. Available: http://www.hillphoenix.com/wp-content/uploads/2011/06/Caputos-to-use-transcritical-refrigeration.pdf. See pp1-2. Last accessed March 2014
67 Carel (2013). Integrated CO2 systems for warm climates. Available: http://www.atmo.org/media.presentation.php?id=305. Last accessed March 2014
68 Id.
69 Id.
70 Id.
71 Carrefour Group (2014). Carrefour stores worldwide. Available: http://www.carrefour.com/content/carrefour-stores-worldwide. Last accessed March 2014
72 Based on information supplied to EIA by Carrefour in 2013 for Chilling Facts V Survey 5
73 Id.
74 CAREL (2011). Company Profile. Available: http://www.carel.com/carelcom/web/download?nome_file=/carelcom/web/@extsrc/@eng/@catalogo/@documenti/@depliant/302239421_company_profile_en.pdf. Last accessed Feb 2014
75 Carel (2013). E2V Smart Valve Home Page. http://www.carel.com/carelcom/web/eng/catalogo/prodotto_dett.jsp?id_mercato=1&id_gamma=108&id_prodotto=386. Last accessed March 2014.
76 Carel (2013). Integrated CO2 systems for warmer climates. Available: http://www.atmo.org/media.presentation.php?id=305. Last accessed March 2014
77 Nordic Green (2012) Advansor A/S. Available: http://www.nordicgreen.net/startups/soldclosed/advansor. Last accessed March 2014
78 Hillphoenix (). Hillphoenix Company Locations. http://www.hillphoenix.com/company-locations/. Last accessed March 2014.
79 Id.
80 R744.com (2013). Technology innovations: integrated systems, parallel compression, ejectors. Available: http://www.r744.com/articles/technology_innovations_integrated_systems_parallel_compression_ejectors. Last accessed March 2014
81 Id.
82 Id.
83 Id.
84 Coop Sverige (2014). About Us. Available: https://www.coop.se/Globala-sidor/In-english/. Last accessed March 2014
85 Id.
86 Based on information supplied to EIA by Coop Sverige in 2013for Chilling Facts V Survey.5
87 R744.com (2013). Sainsbury's tests first small CO_2 transcritical refrigeration system. Available: http://www.r744.com/news/view/4320. Last accessed March 2014
88 RAC Plus (2013). Sainsbury's unveils its first small CO_2 system. Available: http://www.racplus.com/news/sainsburys-unveils-its-first-small-co2-system/8648689.article. Last accessed Feb 2014
89 Id.
90 Sainsbury's (2014). About Us. Available: http://www.j-sainsbury.co.uk/about-us/. Last accessed Feb 2014
91 Sainsbury's (2013). 2020 Sustainability Plan. Available: http://www.j-sainsbury.co.uk/media/1790641/20x20_brochure_2013.pdf. Last accessed March 2014; EIA (2013); Chilling Facts 5. Available: http://www.eia-international.org/chilling-facts-v. See p7. Last accessed March 2014.
92 Epta Refrigeration (2014). Home. About: http://www.eptarefrigeration.com/home.pag. Last accessed March 2014
93 Epta Refrigeration (2014). Mission. Available: http://www.eptarefrigeration.com/missionevision.pag. Last accessed March 2014
94 Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (2008). Natural Refrigerants. Available: http://epa.gov/greenchill/downloads/en-gtz-proklima-natural-refrigerants.pdf. See p285. Last accessed March 2014
95 Based on information supplied to EIA by ALDI SÜD in 2013their Chilling Facts V Survey.5 report.
96 Greenpeace (2012). Cool Technologies: Working Without HFCs. Available: http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/climate/2012/Fgases/Cool-Technologies-2012.pdf. Last accessed March 2014
97 Shecco (2014). Guide 2014: Natural Refrigerants Continued Growth & Innovation in Europe. See p42. Available: http://publications.shecco.com/app/webroot/upload/file/org/1389610562667024_73251.pdf. Last accessed March 2014
98 Bloomberg Businessweek (2012). Company overview of Aldi (Sud) GmbH &Co. Available: http://investing.businessweek.com/research/stocks/private/snapshot.asp?privcapId=28486908. Last accessed Feb2014
99 Id.
100 Id.
101 R744.com (2013). Increasing share of natural refrigerants in German supermarkets. Available: http://www.r744.com/news/view/4761. Last accessed Feb 2014
102 Id.
103 Id.
104 Retail Forum for Sustainability (2013). Retailers' Environmental Action Programme-Annual Report 2013. See p23
105 Marks and Spencer (2012). Cheshire Oaks. Available; http://corporate.marksandspencer.com/documents/publications/2012/cheshire%20oaks%20tour%20guide. Last accessed Feb 2014 http://corporate.marksandspencer.com/documents/publications/2012/cheshire%20oaks%20tour%20guide

106 BREEAM (2014). Retail- Marks & Spencer Cheshire Oaks. Available: http://www.breeam.org/podpage.jsp?id=655. Last accessed Feb 2014

107 Marks and Spencer (2011). Going for gold at the heart of the Olympics. See pp1-4. Available: http://corporate.marksandspencer.com/documents/publications/2011/stratford_city.pdf; Marks and Spencer (2012). Last accessed March 2014 ; Stratford City Sustainable Store. Available: http://plana.marksandspencer.com/we-are-doing/climate-change/stories/94/. Last accessed March 2014

108 Retail Forum for Sustainability (2013). Retailers' Environmental Action Programme-Annual Report 2013. See p23

109 Id.

110 RAC Plus Magazine (2012). Marks and Spencer reveals refrigeration policy- Part 1, Available: http://www.racplus.com/news/marks-and-spencer-reveals-refrigeration-policy-part-1/8624489.article. Last accessed March 2014

111 Marks and Spencer (2014). About Us. Available: http://corporate.marksandspencer.com/aboutus/where/international_stores. Last Accessed March 2014

112 Based on information supplied to EIA by Marks and Spencers for the 2013 Chilling Facts V Survey

113 A1 Refrigeration (2013). About Us. Available: http://www.a1refrigeration.co.uk/index.php/home-page-1. Last accessed March 2014

114 Based on information supplied to EIA by Tesco for EIAs 2013 Chilling Facts V Survey.

115 Id.

116 R744.com (2013). Food retailers commit to CO2 in China. Available: http://www.r744.com/news/view/4422. Last accessed March 2014

117 Tesco (2014). Market Overview. Available: http://www.tescoplc.com/index.asp?pageid=280. Last accessed Feb 2014

118 Tesco (2014). About Us. Available: http://www.tescoplc.com/index.asp?pageid=6. Last accessed Feb 2014

119 Tesco (2014). At a glance. Available: http://www.tescoplc.com/index.asp?pageid=658. Last accessed Feb 2014

120 R744.com (2013). Food retailers commit to CO2 in China. Available: http://www.r744.com/news/view/4422. Last accessed March 2014

121 Id.

122 Based on information supplied to EIA by Tesco for EIAs 2013 Chilling Facts V Survey.

123 R744.com (2012). UK: ACR Show Seminar series highlight benefits of natural refrigerants. Available: http://www.r744.com/news/viewprintable/2340. Last accessed March 2014

124 Hydrocarbons 21.com (2009). UPDATE: Waitrose develops R290 refrigeration for new and refitted stores. Available: http://www.hydrocarbons21.com/news/view/2412. Last accessed March 2014

125 Based on information supplied to EIA by Waitrose for EIAs 2013 Chilling Facts V Survey

126 Id.

127 Waitrose (2014). Company history. Available: https://www.waitrose.com/home/about_waitrose/corporate_information/company_history.html#.UywJAk1OWP8. Last accessed March 2014

128 Id.

129 Id.

130 Geoclima (2014). About Us. Available: http://www.geoclima.com/about/. Last accessed March 2014

131 Id.

132 Carrier. Carrier Commercial Refrigeration and Migros Team Up for Responsible Retailing Solutions with CO2 Refrigeration Systems. http://www.r744.com/web/assets/companybrochure/file/NewPressReleaseMigros.pdf. Accessed March 2014.

133 Id.

134 Based on information supplied to EIA by Migros for EIAs 2013 Chilling Facts V Survey

135 Id.

136 R744.com. Increased Efficiency with Parallel Compression in Migros Switzerland. http://www.r744.com/news/view/1505. Accessed March 2014.

137 Id.

138 Id.

139 R744.com (2013). Technology innovations: integrated systems, parallel compression ejectors. http://www.r744.com/articles/technology_innovations_integrated_systems_parallel_compression_ejectors. Accessed March 2014.

140 Id.

141 Supra 136.

142 R744.com (2014). Frigo-Consulting Ltd. http://www.r744.com/companies/view/frigo-consulting_nbsp_ltd. Accessed March 2014.

143 Based on information supplied to EIA by Royal Ahold for EIAs 2013 Chilling Facts V Survey.

144 R744.com (2013). Ahold's global perspective on CO2 systems: 100% CO2 in 10 years? http://www.r744.com/news/view/4231. Accessed March 2014.

145 ATMOsphere (2014). Ahold Refrigeration Program. http://www.atmo.org/media.presentation.php?id=186. See p4. Accessed March 2014.

146 Carrier (2014). Commerical Refrigeration Europe: MaxiCO2OL. http://www.carrier.com/commercial-refrigeration/en/eu/products/systems/maxico2ol/. Accessed March 2014.

147 Based on information supplied to EIA by Royal Ahold for EIAs 2013 Chilling Facts V Survey

148 Supra 144.

149 CNN Money (2011). Global 500: 219. Royal Ahold. http://money.cnn.com/magazines/fortune/global500/2011/snapshots/7908.html. Accessed March 2014.

150 Supra 144

151 R744.com (2013). Delhaize opens first 100% CO2 transcritical store in the US. http://www.r744.com/news/view/4377. Accessed March 2014.

152 Id.

153 Id.

154 Id.

155 Delhaize Group (2014). Financial Review. http://www.delhaizegroup.com/annualreport/en/review.html. Last accessed March 2014.

156 Based on information supplied to EIA by Delhaize Group for EIAs 2013 Chilling Facts V Survey

157 Based on information supplied to EIA by The Co-operative for EIAs 2013 Chilling Facts V Survey

158 The Co-operative Food (2012). Sustainability Report. See p4. Available: http://www.co-operative.coop/Corporate/sustainability-report-2012/downloads/Ecological_sustainability/ES_Climate_change_section.pdf. Last accessed March 2014

159 Id. http://www.co-operative.coop/Corporate/sustainability-report-2012/downloads/Ecological_sustainability/ES_Climate_change_section.pdf. P4

160 The Co-operative Food (2014). The Co-operative Food. Available: http://www.co-operative.coop/corporate/aboutus/ourbusinesses/The-Co-operative-Food/. Last accessed March 2014

161 Id.

162 R744.com (2012). Second Brazilian supermarket invests in CO_2 refrigeration-Part 1. Available: http://www.r744.com/news/view/1574. Last accessed March 2014

163 SHECCO (2013). 2013: Natural Refrigerants Market Growth for North America. See p41. Available: http://www.r744.com/web/assets/paper/file/guide_natural_refrigerants_north_america_2013.pdf. Last accessed March 2014

164 R744.com (2014). Exclusive interview with Ian Crookston: Sobeys Inc. is the grocery industry-leader in the use of natural refrigerant systems in Canada. Available: http://www.r744.com/articles/exclusive_interview_with_ian_crookston_sobeys_inc_is_the_grocery_industry-leader_in_the_use_of_natural_refrigerant_systems_in_canada. Last accessed Feb 2014

165 Sobeys (2013). Empire Company Limited 2013 Annual Rerport. Available: http://www.sobeyscorporate.com/App_Themes/SobeysCorporate/media/en/Empire_AR_13_ENG.pdf. Last accessed March 2014

166 R744 (2014). R744.com (2014). Exclusive interview with Ian Crookston: Sobeys Inc. is the grocery industry-leader in the use of natural refrigerant systems in Canada. Available: http://www.r744.com/articles/exclusive_interview_with_ian_crookston_sobeys_inc_is_the_grocery_industry-leader_in_the_use_of_natural_refrigerant_systems_in_canada. Last accessed Feb 2014

167 Camot Refrigeration.com (2014). About Us. Available: http://www.carnotrefrigeration.com/en/about-us. Last accessed March 2014

168 R744.com (2013). Delhaize opens first 100% CO2 transcritical store in the US. Available: http://www.r744.com/news/view/4377. Last accessed Feb 2014

169 Environmental Protection.com (2014). Carnot Refrigeration Joins GreenChill Partnership. Available: http://eponline.com/articles/2014/02/26/carnot-refrigeration-joins-greenchill-partnership.aspx. Last accessed March 2014

170 Camot Refrigeration.com (2014). Products- Commercial. Available: http://www.carnotrefrigeration.com/en/products#commercial. Last accessed March 2014

171 R744.com (2014). Companies- Group CSC Smart. Available: http://www.r744.com/companies/view/groupe_csc-smart_ref. Last accessed March 2014

172 Group ECSC (2014). Smartref- An Extensive Network at Your Service. Available: http://www.groupecsc.com/apropos3_en.php. Last accessed March 2014

173 Newswire (2009). The CSC Group develops the Eco-System, an innovative refrigeration system that permits a major reduction in greenhouse gas emissions. Available: http://www.newswire.ca/en/story/552623/the-csc-group-develops-the-eco-system-an-innovative-refrigeration-system-that-permits-a-major-reduction-in-greenhouse-gas-emissions. Last accessed March 2014

174 LMP Inc. (2012). Philpsophy. Available: http://www.lmpinc.ca/philosophie/?lang=en. Last accessed March 2014

175 LMP Inc. (2012). Multiple-compressor unit module for installations using natural CO2 refrigerant. Available: http://www.lmpinc.ca/wp-content/uploads/2012/06/Purity_AN.pdf. See pp1-2. Last accessed March 2014

176 R744.com (2013). Efficient CO2 transcritical technologies from Canada- exclusive interview with Systems LMP. Available: http://www.r744.com/news/view/4604. Last accessed March 2014

177 Hill Pheonix.com. Caputo's to Use Transcritical Refrigeration in Hybrid Location. Available: http://www.hillphoenix.com/wp-content/uploads/2011/06/Caputos-to-use-transcritical-refrigeration.pdf. See pp1-2. Last accessed March 2014

178 Hussman (2013). Press Release- H-E-B opens new store with Hussmann Designed Propane Refrigeration System . See pp1-2. Available: http://www.hussmann.com/en/Press%20Releases/Hussmann_H-E-B_Propane_072513.pdf. Last accessed Feb 2014

179 Hydrocarbons 21.com (2013). US first: Texas supermarket opts for R290 store refrigeration system. Available: http://www.hydrocarbons21.com/articles/us_first_texas_supermarket_opts_for_r290_store_refrigeration_system. Last accessed Feb 2013

180 Id.

181 Cooling Post (2013). First Propane Supermarket Opens in USA. Based on , a typical store in the United States that uses 3,500 pounds of HFC-404a and leaks 24% of that a year, for an annual emissions of 1,556 metric tonnes of CO2eq per year Available: http://cooling-post.blogspot.co.uk/2013/07/first-propane-supermarket-opens-in-usa.html. Last accessed Feb 2014; Hydrocarbons 21.com (2013). US first: Texas supermarket opts for R290 store refrigeration system. Available: http://www.hydrocarbons21.com/articles/us_first_texas_supermarket_opts_for_r290_store_refrigeration_system. Last accessed Feb 2014

182 AndNowUKnow.com (2013). H-E-B opens sustainable Austin location. Available: http://www.andnowuknow.com/headlines/h-e-b-opens-sustainable-austin-location/ericanderson. Last accessed March 2014

183 H-E-B (2014). About Us- Our Story. Available: http://www.heb.com/sectionpage/about-us/company/our-story/27800051. Last accessed Feb 2014

184 H-E-B (2014). About Us- Company. Available: http://www.hussmann.com/en/About-Us/Pages/Company-Overview.aspx. Last accessed Feb 2014

185 Hussmann (2014). Locations. Available; http://www.hussmann.com/en/Pages/Locations.aspx. Last accessed March 2014

186 Tecumseh (2014). About us. Available: http://www.tecumseh.com/en/united-states/about-us. Last accessed March 2014

187 Hydrocarbons 21.com (2014). Companies- Tecumseh. Available: http://www.hydrocarbons21.com/companies/view/tecumseh. Last accessed Feb 2014

188 Hydrocarbons 21.com (2013). US first: Texas supermarket opts for R290 store refrigeration system. Available: http://www.hydrocarbons21.com/articles/us_first_texas_supermarket_opts_for_r290_store_refrigeration_system. Last accessed Feb 2013

189 Id.

190 R744.com (2010). Verdemar- the first supermarket in Latin America that uses CO_2 as a refrigerant. Available: http://www.r744.com/web/assets/paper/file/pdf_670.pdf. Pp2-9. Last accessed March 2014

191 Id.

192 Id.

193 Id.

194 Verdemar (2012). Verdermar. Available: http://trabalhenoverdemar.blogspot.com.br/p/v.html. Last accessed March 2014

195 R744.com (2013). Small Brazilian Retailer Paves The Way for CO_2 adoption in South America. Available: http://www.r744.com/articles/b_small_brazilian_retailer_paves_the_way_for_co_sub_2_sub_adoption_in_south_america_b. Last accessed Feb 2014

196 Based on information supplied to EIA by Verdemar for EIAs 2013 Chilling Facts V Survey.

197 R744.com (2013). BITZER- overview. Available: http://www.r744.com/companies/view/bitzer. Last accessed Feb 2014

198 R744.com (2012). BITZER Brazil: First CO_2 transcritical system in the Americas. Available: http://www.r744.com/articles/bitzer_brazil_first_co_sub_2_sub_transcritical_system_in_the_americas. Last accessed March 2014

199 Id.

200 R744.com Available: Plotter Engenharia- Description. Available: http://www.r744.com/companies/view/plotter_racks. Last accessed March 2014

201 The Coca-Cola Company (2014). Coca-Cola installs 1 millionth HFC-Free Cooler Globally, Preventing 5.25mm Metric Tons of CO2. Available: http://www.coca-colacompany.com/press-center/press-releases/coca-cola-installs-1-millionth-hfc-free-cooler-globally-preventing-525mm-metrics-tons-of-co2. Last accessed March 2014

202 Id.

203 Id.

204 Jakobs, R. Kruse, H. and Russman, H. (2006). On the Energy Efficiency of Carbon Dioxide in Small Commercial Cooling Applications. Available: http://lms.i-know.com/pluginfile.php/28689/mod_resource/content/58/On%20the%20Energy%20Efficiency%20of%20Carbon%20Dioxide,%20in%20Small%20Commercial%20Cooling%20Applications.pdf. Last accessed March 2014

205 Id.

206 R744.com (2014). ATMOsphere Asia 2014 provides showcase for latest R744 commercial refrigeration technologies. Available: http://www.r744.com/articles/atmosphere_asia_2014_provides_showcase_for_latest_r744_commercial_refrigeration_technologies. Last accessed March 2014

207 Ubergizmo (2012). Global Peak Shift Vending Machines In Japan. Available: http://www.ubergizmo.com/2012/11/coke-peak-shift-vending-machines-in-japan/. Last accessed March 2014

208 Refrigerants, Naturally! (2014). Memebers. Available: http://www.refrigerantsnaturally.com/about-us/members.htm. Last accessed March 2014

209 The Coca-Cola Company (2014). Coca-Cola installs 1 millionth HFC-Free Cooler Globally, Preventing 5.25mm Metric Tons of CO_2. Available: http://www.coca-colacompany.com/press-center/press-releases/coca-cola-installs-1-millionth-hfc-free-cooler-globally-preventing-525mm-metrics-tons-of-co2. Last accessed March 2014

210 Id.

211 PepsiCo (2009). PepsiCo brings first climate-friendly vending machines to US. Available: http://www.pepsico.com/PressRelease/PepsiCo-Brings-First-Climate-Friendly-Vending-Machines-to-the-US03302009.html. Last accessed March 2014

212 Hydrocarbons 21.com (2010). Hydrocarbon coolers debuted at US most popular sports event. Available: http://www.hydrocarbons21.com/news/view/2489. Last accessed Feb 2014

213 Id.

214 Refrigerants, Naturally! (2014) Red Bull- Statement. Available: http://www.refrigerantsnaturally.com/statements/red-bull.htm. Last accessed March 2014 http://www.refrigerantsnaturally.com/statements/red-bull.htm

215 PepsiCo (2009). PepsiCo brings first climate-friendly vending machines to US. Available: http://www.pepsico.com/PressRelease/PepsiCo-Brings-First-Climate-Friendly-Vending-Machines-to-the-US03302009.html. Last accessed March 2014

216 Red Bull (2013). Implementing hydrocarbons in the global Red Bull cooler. Available: http://www.atmo.org/media.presentation.php?id=308. Last updated March 2014 http://www.atmo.org/media.presentation.php?id=308

217 Id.

218 Refrigerants, Naturally! (2014) Red Bull- Statement. Available: http://www.refrigerantsnaturally.com/statements/red-bull.htm. Last accessed March 2014 http://www.refrigerantsnaturally.com/statements/red-bull.htm

219 Id.

220 Id.

221 Id.

222 Oz-Chill (2013). Heineken Successfully Rolls Out Hydrocarbon Coolers. Available: http://www.oz-chill.com/latestnews/heineken-successfully-rolls-out-hydrocarbon-coolers/. Last accessed Feb 2014 http://www.oz-chill.com/latestnews/heineken-successfully-rolls-out-hydrocarbon-coolers/

223 Id.

224 Id.

225 Reuters (2013). Profile- Heineken NV. Available: http://in.reuters.com/finance/stocks/companyProfile?symbol=HEIN.AS. Last accessed March 2014

226 Heineken (2012). Media Release. Available: http://www.theheinekencompany.com/~/media/Websites/TheHEINEKENCopany/Downloads/Download%20Center/Quarterly%20Updates/Full%20Year/English/NV/Heineken%20NV%202012%20Full%20Year%20Results.ashx. Last accessed March 2014

空调

空调涵盖了许多应用方式，大体可分为九类系统：工厂密封式系统（可移动系统）、单一分离式系统、多联机系统、管道系统、小型冷冻机系统、大型冷冻机系统、离心式冷冻机系统、热泵式系统和移动式系统。[1]

工厂密封式、单一分离式、多联机式和管道式空调系统的温度范围从16到26摄氏度（61到79华氏度）不等，而冷冻机式空调系统的温控范围则是5到15摄氏度（41到59华氏度）。[2] 在空调系统中采用的新技术包括变频式压缩器，其能效至少比传统定速非变频空调高30%，再加上对天然制冷剂的使用，系统运行效率得到了大幅提高。[3] 如下是对这些系统的介绍：[4]

工厂密封式系统 – 工厂密封式系统主要供家庭和商业使用，其应用对象包括便携式空调、窗式空调、穿墙式空调（如酒店房间和机器翻新）和建筑系统终端空调。典型工厂密封式系统包含了制冷能力在1到10千瓦之间的密封式蒸汽压缩器，还有300克到3千克制冷剂（平均为0.75千克）。

单一分离式系统 – 分离式空调涵盖了家商两用式系统，这些系统通常包括一个工厂端压缩器/冷凝器和一个连接场地的独立室内蒸发器。单一式分离系统的制冷能力从2到12千瓦不等，制冷剂充注量一般是500克到5千克（平均为1.5千克）。许多分离式系统还有供热能力。

多联机系统 – 多联机固定系统主要用于安装有传统系统组件的商业制冷和供热空调，这些组件包括一个或多个工厂端接压缩器/冷凝器和多个在安装过程中通过管道相连的室内机。该系统制冷/供热能力为10到200+千瓦，整体系统制冷剂充注量一般是5千克到100+千克，单个机组制冷/供热能力是10到50千瓦，平均充注量是13.5千克。

> 在空调系统中采用的新技术包括变频式压缩器，其能效至少比传统定速非变频空调高30%. . .

管道式系统 – 管道式系统涵盖了多种类型空调系统，包括在商业和家用制冷/供热应用中常见的屋顶式系统、中央系统和接近控制系统，这些系统制冷能力从10千瓦到300千瓦不等，制冷剂容量为5千克到150千克。不同系统类型设计原则如下：屋顶式系统安装有一个位于整体式系统中的单一压缩器，该整体式系统与贯穿全楼的管道相连；中央系统则有一个位于室外的压缩器/冷凝器，该机组通过连接管道把制冷剂输送到楼梯内与管道相连的蒸发器里；接近控制系统则以直接膨胀系统为基础，该系统与

室外压缩器/冷凝器、或室内压缩器和室外冷凝器、或与使用水冷式冷凝器的整体式压缩系统相连。

冷冻机式系统 – 冷冻机按体积大小分为小型冷冻机（10-350千瓦，5-10公斤充注量）、大型冷冻机（大于350千瓦，充注量大于1000公斤）、和离心式冷冻机（200千瓦-20兆瓦，充注量100-1万公斤），同时还涵盖了风冷和水冷系统。这两个系统主要用于商业和工业应用中，并且由工厂端接蒸发器/压缩器/冷凝器组成，这些组件与有独立室外冷凝器的风冷系统相连。但凡是存在能源浪费（如热能、蒸汽、气体、热水）的地方，如车间、工厂、酿酒厂、面包厂和垃圾填埋场，都能够使用吸附式冷冻机系统。[5]

热泵式系统 – 热泵式系统用于家用和小型商业应用中，其工作原理主要是从水、地面或空气中吸热，然后将热量输送给楼内水循环系统，为空间和水供热。该系统设计根据不同产品而有所不同，这些产品基本上都由与厂内预设水循环系统相连的工厂端接蒸发器/压缩器/冷凝器组成；此外，其他一些气源型产品则使用直接与厂地相连的室外冷凝器。该系统运行功率从5千瓦到50千瓦不等，其中一些商业机组负荷超过了400千瓦，制冷剂充注量则在1.5公斤到15公斤之间（大型商业设备中的充注量要更多）。

移动式系统 – 移动系统在空调制冷中的应用包括：客车、轻重型卡车和公共汽车。该系统压缩器受汽车引擎皮带驱动，除在豪华汽车和公共车系统中使用两个到多个蒸发器之外，其他情况都采用单个蒸发器。 客车和轻型卡车的充注量在400到800克之间，重型客车充注量在0.7到1.5公斤之间 ，含有两个蒸发器的系统充注量一般大于1.8公斤，公共汽车充注量则在6到18公斤之间。

空调设备的平均寿命在10到25年左右，[6] 因此各国放弃破坏气候的HFC低效设备，向节能型、低GWP无氟系统的过渡已经显得非常必要。空调领域中最常见的无氟制冷剂是二氧化碳、氨、水、空气和碳氢化合物，不同空调会根据设备大小和用途选择不同的制冷剂。太阳能风冷组件和无氟制冷剂的搭配组合也同样适用于空调，并且还在减少能源消耗、减轻碳污染方面发挥了重要作用。无氟系统更加节能、经济、环保，并且在所有纬度和气候环境中都能适用。

如下是一些案例研究：

De’ Longhi Pinguino便携式空调（全球）

自1995年开始，意大利小型家电生产商De’ Longhi就开始为欧洲市场生产一系列碳氢化合物家用空调。[7] De’ Longhi便携式空调根据不同房间大小配备了不同型号，其中有四种型号都使用丙烷制冷剂。Pinguino PAC W ECO型号的便携式空调能效在15%到20%之间。[8]



Pinguino PAC W ECO型号 *http://www.tecnoficio.com/shopping/heating_cooling_purifying.php?page=52*

关于De’ Longhi：

De’ Longhi集团成立于1950年，该集团是一家位于意大利特雷维索（Treviso）的小型家用电器生产商。截止2012年，其总销售额为20亿美元。[9] De’ Longhi业务遍布全球，在欧洲、亚洲、澳大利亚/新西兰、迪拜、南非、巴西、智利、美国和加拿大都设有经销点。

Godrej绿色平衡EON碳氢化合物系列（印度）

Godrej绿色平衡EON系列（Green Balance EON）五星级空调使用碳氢化合物作为制冷剂，

其节能量已超过印度能源效率局（Bureau of Energy Efficiency, BEE）在2014年所制定的标准。[10] Godrej报告称，其新产品能效相比目前市面上的其他五星级产品还要高23%。[11] Godrej承诺，其系统用电量比吹风机、熨斗或榨汁机还要少。[12]

关于Godrej：Godrej集团总部位于印度孟买，其家用电器分部成立于1958年，主要生产电冰箱和空调，同时还生产其他一些家电产品。[13] Godrej家电产品在全印度都有分销网络。[14]



Godrej Eon分体式空调系统

格力碳氢化合物室内空调（中国、全球）

（EIA拍摄）

2011年，中国最大的空调生产商格力在其珠海工厂开启了年生产量为10万台的丙烷家用空调生产线。[15] 该系统通过使用丙烷大幅削减了温室气体排量，相比全球变暖潜值（GWP）分别为1800和1320的HCFC-22和HFC-134a制冷剂，丙烷制冷剂的GWP仅为3.3。除大幅减少制冷剂充注量和泄漏率之外，丙烷空调能效还要比传统系统高15%。[16] 格力公司已经和德国GIZ Proklima公司达成合作，双方同意将18条空调生产线完全转化为丙烷，该项目目前正在实施过程当中。[17]



格力（Gree）碳氢化合物空调

关于珠海格力电器股份有限公司(Gree Electric Appliances, Inc. Of Zhuhai)：总部位于中国珠海的格力电器股份有限公司是全球最大的专业空调生产商之一，该公司其他六个生产中心位于重庆（中国）、合肥（中国）、巴西、巴基斯坦和越南。[18] 格力公司每年家用空调生产量超过2700万台，商用空调生产量为200万台。[19]

美的碳氢化合物空调 （中国，全球）（未能找到无氟空调图片，采用品牌图标。）

美的公司年生产量为20万台的丙烷空调压缩器生产线是联合国工业发展组织正式实施的一个项目（United Nations Industrial Development Organization Implementation Project）。[20] 美的公司发现，丙烷系统所需的冷冻剂充注量要比HCFC-22系统少30%到40%。[21] 通过美的工厂的无氟化转换，该系统能效提高了10%到15%，并且每年能减少约100万公吨当量二氧化碳排量。[22] 该项目每年同样还能减少240公吨HCFC-22排量（臭氧消耗能值为13.2公吨）。[23] 由于美的公司生产着全世界1/4的分体式空调，其向无氟化系统的发展和过渡进程显得至关重要。[24] 美的公司目前正在申请美国环保局的重要新替代品项目（EPA Significant New



美的(Midea)空调
http://www.mideaair.com.au/(S(0reisvfhs33pmb45odgwza55))/ProductLargeImages/KSeriesLarge.JPG

Alternatives Program），以便其丙烷空调在美国进行销售，这将成为美国市场允许销售的第一款碳氢化合物空调。

关于美的(Midea)：美的公司在越南、白俄罗斯、埃及、巴西、阿根廷和印度都分布有销售和生产基地，而且目前正将其销售网络扩展到世界各地。[25]

先锋国际碳氢化合物分体式和管道式空调（全球）

先锋国际（Pioneer International）的碳氢化合物分体式和管道式空调要比标准变频式空调能效高35%。[26] 先锋公司发现，碳氢化合物制冷剂效率要比热导体效率高出50%左右，此外还比碳氟制冷剂操作压力低20%。[27] 低操作压力能够减少压缩器磨损消耗，还能降低漏气的可能性，因为低操作压更易保持系统中管道工程、结合点和零部件完整性。[28] 先锋公司的一些空调机组采用了由Engas公司制造的M60型碳氢化合物制冷剂，预计将比同等碳氟系统成本低10%。[29]



先锋(Pioneer)碳氢化合物空调
http://pioneerair.com.au/wp-content/uploads/2012/04/small-big-inverter.png

关于先锋国际(Pioneer Interantional)：先锋国际公司总部位于澳大利亚新南威尔士，其生产空调的历史已经超过20年。[30] 该公司是首家研发出太阳能空调的公司，并且在天然制冷器空调的生产和研发方面一直处在领先位置。[31] 先锋公司最近增加了一个国际部门，以便将其产品销售到世界各地。[32]

关于Engas：Engas公司总部位于澳大利亚佩斯（Perth），该公司是一家专门生产碳氢化合物制冷剂的环保和能效型公司。[33] 其生产的制冷剂适用于中温、中低温、低温系统，还可在一些特殊应用中做直接代用品。[34]

山东奇威特太阳能空调系统（全球）

奇威特太阳能系统由四个部分组成： 太阳能集热器、氨吸附空调装置、蓄能器和中央控制系统。[35] 太阳能集热器利用热能将燃油推入系统来驱动空调装置，而蓄能器则收集多余太阳能以便在夜间或低光照期间维持机器运转。[36] 由太阳能供能的空调组件散热转化效率高达85%。[37] 奇威特VSA系统制冷能力为72到504千瓦，该系统适用于任何能安装太阳能光伏板的场地，如酒店、购物中心、办公楼、会展中心、机场、体育馆和工厂。[38] 该系统有三个功能：单一制冷、单一供热、以及制冷供热双功能。[39] 奇威特生产的另一款VSB太阳能空调系统由光伏板、溴化锂（卤水）吸附式制冷机、氨吸附热



奇威特(Vicot)太阳能空调系统

http://www.weiku.com/products/10290288/Vicot_Solar_Air_Conditioning_solar_air_conditioner.html

泵、蓄能器和制冷能力在300到2000千瓦的中央控制系统构成。[40] 山东奇威特公司报告称，基于目前能源和维修成本节约状况，该系统初始投资回报期是3.5年。[41]

关于山东奇威特空调有限公司（Shandong Vicot Air Conditioning Co., Ltd.）：奇威特集团专门进行可再生能源产品的研发、生产、销售和服务。其生产中心位于中国德州，中心占地面积15万平方米，年电动空调机组生产量超过10万台、燃气空调机组年生产量超过1万台、年光伏板集热器生产量超过20万平方米。[42] 该公司致力于研发太阳能、地热能和其他可再生能源在制冷、供热、和家用热水系统中的应用。奇威特还研发了无氟冷冻机和热泵，该系统已经在中国各地得到普及，其中北京空军第二师就安装了该系统。[43] 奇威特销售范围遍及全球，其最大市场在中国、非洲、中东和东欧。[44]

前川制作所跨临界二氧化碳热泵、冷水器和氨冷冻机（全球）

前川制作所跨临界二氧化碳热泵

前川制作所（Mayakawa）生产水热泵系统和冷热水型热泵系统。该公司生产的跨临界二氧化碳 Eco Cute “unimo A/W” 型号水热泵系统目前在日本、亚洲和欧洲市场占据领先地位。[45] 前川制作所生产的水热泵系统功率超过80千瓦，被其称为世界上功率最大的热泵，而且还能在大型商业应用中使用，如酒店、餐厅、医院和食品加工厂。[46] 该系统性能系数为4.0，在有冷却和加热功能共同配置的情况下，性能系数高达8.0 。[47] 热泵性能系数是指热泵产出能与供热能比值。性能系数越高，运行成本就越低。该系统还具有其他一些环保优势，比如避峰用电能节约60%运行成本，同时无需消耗传统系统所需的燃油。[48] 前川制作所的Eco Cute “unimo W/W”型号冷热水型热泵功率为100千瓦，比水热型热泵要高，前川制作所因此也将其称为世界上最大的冷热水型系统。[49] 由于二氧化碳热容较高，冷热水型系统能迅速将水升温至90摄氏度，此外还能迅速将水冷却，而总性能系数始终大于5 （最大是8）。[50] 该系统适



在Somerston酿酒厂的前川制作所(Mayekawa)热泵

http://www.greenbuildingadvisor.com/sites/default/files/Mayekawa_SomerstonWineryPlant_004_TroyDavis_MedRes.jpg

用于对热水需求较高的工业情境，同时操作成本比传统重油热水器和煤油热水器要低。[51]

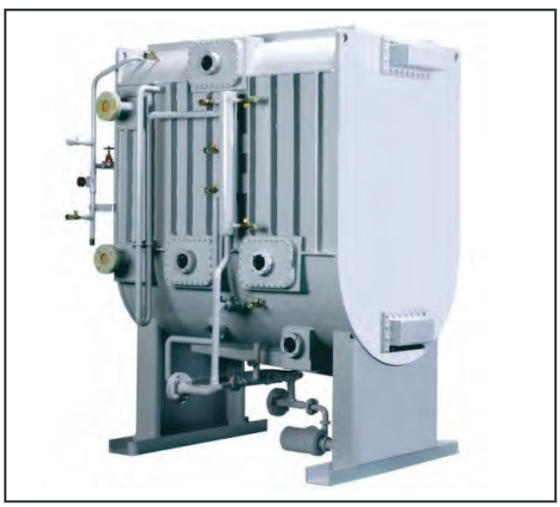
加州纳帕谷的Somerston葡萄酒公司就为其制冷和供热流程安装了前川制作所的Eco Cute二氧化碳热泵。[52] 该酒厂占地面积为1.2万平方英尺，通过采纳前川制作所的Eco Cute热泵，该厂共减少28%温室气体排量。[53] 该系统由四个主要组件构成：Eco Cute二氧化碳热泵、代替传统冷却塔的混合绝热流体冷却器、供酒槽和酒桶间供热用的乙二醇供热系统、以及供多余酒槽和酒桶间制冷用的高效水冷式乙二醇冷冻机。[54] 该系统自2010年起开始投入运行，相较传统系统已节能22%。[55]

前川制作所吸附式冷水机

前川制作所Ad Ref-Noa型号吸附式冷水机通过高温废水生产冷水，COP高达10。[56] 该系统以水为制冷剂，明显降低了二氧化碳排量。此外，该系统用电功率不到1千瓦，制冷能力却高达105千瓦。[57] 这款冷水机采用了一款名为Zeolite的高效吸收剂，同时配备有两个完全相同的吸附/去吸附热交换区。[58] 2012年，该系统被安装在日本大阪茨城县Waseda Setsuryou高级中学，同时还配备有一个太阳能回热加热组件来为系统提供驱动，让制冷过程整体用电量下降42%，供热过程用电量下降73%。[59] 位于墨西哥瓜纳华托（Guanajuato）的加梅萨百事可乐公司（Gamesa of PepsiCo）也安装了该系统，该公司是墨西哥最大的食品饮料生产商。[60] 其工厂三台制冷机通过烘培生产线回收废热，然后将能量进行转化，为工厂办公室空调系统提供冷冻水。[61]

前川制作所E5系列氨冷冻机组

前川制作所e5 系列冷冻机采用低充注量氨为制冷剂，卤水为二次制冷剂。[62] 该系统噪音低，体积小，节省安装时间。[63] 其制冷能力在35千瓦到1440千瓦之间。e5系列冷冻机采用的是前川制作所生产的密封式K系列压缩器，该压缩器采用变速传动系统，使效率达到最优。[64]



Ad Ref-Noa型号吸附式制冷剂(56)
(56)



前川制作所（ Mayekawa)K系列压缩器
http://www.mayekawa.eu/en/products/compressors/single-stage-piston-compressor/k-series

关于前川制作所(MYCOM Mayekawa)：前川制作所是一家成立于1924年的压缩器和热力系统公司，该公司专注于为制冷、空调和供热领域提供节能型天然制冷剂技术。[65] 该公司销售点遍布北美、欧洲、亚洲、拉丁美洲、中东和大洋洲/澳大利亚。[66]

雀巢即插即用式氨冷冻机（安哥拉、突尼斯、津巴布韦工厂）

雀巢公司在安哥拉、突尼斯和津巴布韦工厂的空调系统中安装了法国Axima制冷公司的即插即用式冷冻机。[67] 雀巢公司在其津巴布韦工厂安装了4个70千瓦的系统，在安哥拉安装了两个90千瓦的系统，并在突尼斯安装了2个115千瓦的系统。[68] 相较于HFC-134a冷冻机，每个系统每年能减少12公吨二氧化碳排量。[69] 雀巢工厂所采用的Axima公司FrigoBox冷冻机采用氨和水为制冷剂，氨充注量为3公斤。[70] Frigobox系统同样还可安装空气冷凝装置和水冷凝系统。[71]



Axima制冷公司的即插即用式冷冻机

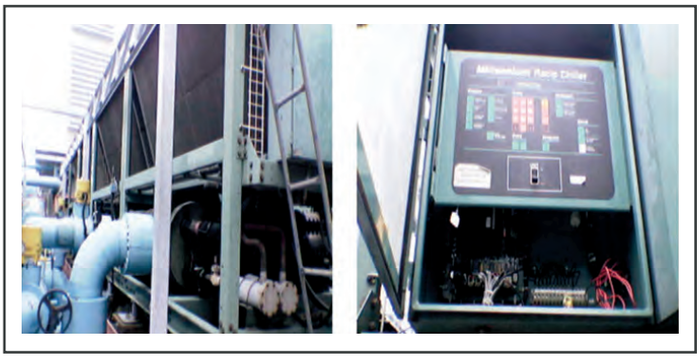
http://www.aximaref.com/english/compression/frigobox/index_frigobox.php

关于雀巢：见工业制冷部分。

关于Axima：见工业制冷部分。

约克碳氢化合物冷冻机 （新加坡）

2005年，新加坡远东购物中心（Far East Shopping Mall）将其旧HCFC-22冷冻机转化为碳氢化合物约克200TR 型冷冻机，能效提高了16%。[72] 这一转化过程采纳了5个功率为700千瓦的约克200TR型风冷冻机，并采用了充注量为25公斤的ERG Minus 50 制冷剂（异丁烷和丙烷碳氢化合物混合制冷剂）。[73] 这项由澳大利亚能源资源集团（Energy Resources Group）承接的转化项目是亚洲70多个碳氢化合物转化项目之一，这些项目实施地点包括新加坡、马来西亚、泰国、印度尼西亚和菲律宾。[74] 这些项目采纳了由格力、三菱、开利、三洋、约克、日立、通用、麦克维尔(McQuay)、敦汉布什(Dunham-Bush)、奥维尔(Acson)及其他生产商的系统。各系统转化后能效至少都提高了12%，个别能效提高了50%以上，包括位于印度尼西亚龙目岛的萨益德查亚旅馆(Sahid Jaya Hotel)。旅馆报告称，在其采用碳氢化合物冷冻机后，能效提高了72%。[75]



安装在远东广场购物中心的约克(York)冷冻机

http://www.hydrocarbons21.com/web/assets/paper/file/hydrocarbon-conversions-large-chillers-coolers.pdf

关于约克（江森自控有限公司）(York, Johnson Controls)：见运输制冷部分。

医疗保健中心碳氢化合物冷冻机（丹麦）

2012年，位于丹麦Brørup的一家占地面积为4450平方米的医疗保健中心安装了一款翻新后的风冷系统。[76] 该款系统由Bundgaard Koleteknik A/S公司生产，并采用了富士豪(Frascold)公司生产的压缩器，该系统还采用了空气冷凝器来进行间接制冷，同时采用乙二醇(30%)为二级制冷剂，外加一个带储水罐的水电厂，13个有4种方式风投的天花板嵌入式室内机，以及一个送风机组专用的铜板热交换器。[77]

关于BundgaardKøleteknik A/S: Bundgaard-Køleteknik A/S公司成立于1952年，是一家生产风冷式和水冷式冷冻机的公司。该公司同时还生产以丙烷为制冷剂的水热转换泵和冷热水型转换泵。[78] 该公司专门研发碳氢化合物系统，其为客户量身定做的冷冻机和热泵能用于许多领域，包括大型办公室、生产工厂、游泳池、马厩和农场。[79]

关于富士豪公司（Frascold）：意大利富士豪公司为冷冻和空调产业生产压缩器的历史已经有70多年，其销售网络遍布全球。[80] 目前，该公司每年要为风冷和水冷式冷凝机组生产7万多台压缩器。[81] 富士豪不同压缩器和冷凝机组有诸多应用途径，其中包括：半封闭式压缩器、二级半封闭式压缩器、串联半封闭式压缩器、小型双螺杆半封闭式压缩器、用于远程油分离器的双螺杆半封闭式压缩器、CXHO创新双螺杆压缩器、风冷和水冷式冷凝机组。[82]

氨热泵安装（南非）

位于南非夸祖鲁-纳塔尔省哈马斯戴尔（Hammarsdale, KwaZuluNatal）的彩虹炸鸡(Rainbow Chicken) P1工厂安装了氨热泵系统，该系统利用氨压缩器产生的热能在加工厂中生产热水。[83] 氨热泵取代了现存系统中的电热锅炉，能效高达90%，超过了系统提供商磁铁电力有限公司(Magnet Electric(Pty) Limited)所预设的85%能效。[84] 该系统包括一个吸入式中间冷却器，一个六轴变速传动往复式压缩机，一个板壳式冷凝热交换器和一个可编程逻辑控制器。[85] 该系统投资回收期不到两年。[86]

关于磁铁电力有限公司(Magnet Electrical)：成立于1984年的磁铁电力公司为非洲南部产业生产变压器、电池充电器和磁性设备。[87] 磁铁电力公司主要生产组件和室内产品。[88]



位于南非夸祖鲁-纳塔尔省哈马斯戴尔的彩虹炸鸡厂

http://www.eta-awards.co.za/upload/2012Winners/Magnet/IMG_6790.jpg

DEMA太阳能空调系统（Arizona）

2011年，美国紧急军事事务部(DEMA, U.S. Department of Emergency and Military Affairs) 和盐河项目(Salt River Project)安装了太阳能空调系统，来为亚利桑那州国民警卫队帕帕戈公园军事自留地(Arizona National Guard Papago Park Military Reservation)5200平方英尺的生态建筑提供制冷，该自留地位于亚利桑那州菲尼克斯



亚利桑那的太阳能空调系统

http://www.solaripedia.com/13/41/arizona_national_guard_building_(phoenix,_arizona,_usa).html

(Phoenix)。[89] 该系统由太阳能光伏板组成，为250吨的吸附式冷冻机提供热源，[90] 冷冻机继而使用热水将水分蒸发到真空中来产出冷水，冷水接着通过管道进入空气处理器中，向全楼吹送冷风。[91] 亚利桑那公共服务公司(Arizona Public Service)的大楼里也安装了两个相似系统，公司报告称，其整个建筑电力消耗减少了25%。[92]

大学碳氢化合物制冷 （牙买加）

牙买加西印度大学莫纳校区(Mona Campus of the University of West Indies)将 中央、窗口和小型分体式空调从HCFC-22系统转化为Duracool 22a （丙烷)系统。[93] 该大学共转化646台（1413）机组，能效提高15%到20%，预计节能量为350093千瓦/时 (9.6万美元)。[94] 除能效明显提高外，这一碳氢化合物系统维护和维修费用也有所降低，使转化过程成本效益更高。[95]

关于Duracool：Duracool是一家碳氢化合物制冷剂提供商，其产品由Deepfreeze制冷剂公司进行分销。[96]

深层海水空调（美国夏威夷）

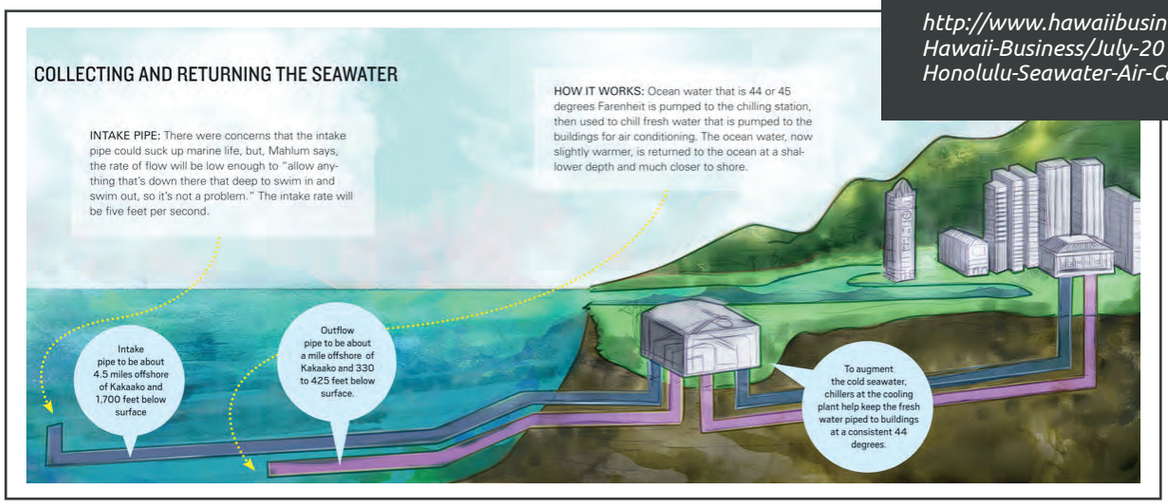
深层海水空调(Deep Sea Water Air-Conditioning)系统将为夏威夷火奴鲁鲁的40座大型商业建筑提供空调制冷。[97] 深层海水系统将为地区冷却厂提供44华氏度（6摄氏度）的冷水，冷却厂然后用淡水流进行热交换将海水温度升高到10华氏度（5.5摄氏度），然后将海水运送到各建筑的水冷式空调系统里。[98] 该系统制冷能力将达到25吨，并且能为欧胡岛（Oahu）40%城区提供制冷。[99] 该系统预计将减少75%的能耗，减少8.4万吨二氧化碳排量。[100] 系统每年还将节约7700万千瓦的电量，这部分电量每年足够供给1万多户家庭，此外每年还可节省17.8万桶油。[101] 火奴鲁鲁海水空调有限责任公司(Honolulu Seawater Air Conditioning)、马凯海洋能源公司(Makai Ocean Engineering)和弗兰克·克鲁奇奥建筑公司(Frank Coluccio Construction Company)是该项目的开发商。[102]

关于火奴鲁鲁海水空调有限责任公司(Honolulu Seawater Air Conditioning LLC)：火奴鲁鲁海水空调有限责任公司总部位于夏威夷火奴鲁鲁，公司由位于明尼苏达州圣保罗的常青能源有限责任公司(Ever-Green Energy LLC)发起成立，以期在夏威夷地区发展海水空调项目。[103]

关于马凯海洋能源公司(Makai Ocean Engineering)：成立于1973年的马凯海洋能源公司总部位于夏威夷凯鲁亚(Kailua)，该公司是一家多样化海洋工程公司，主要为国内外客户提供设计和研发服务。[104] 马凯公司主要研究海洋项目，包括可再生能源、大型海底管道、工程

深层海水空调

http://www.hawaiibusiness.com/Hawaii-Business/July-2012/Inside-the-Honolulu-Seawater-Air-Conditioning-project/



设计软件、模拟、安装、海底电缆和排列修复、以及科学4D/5D数据可视化软件。[105] 马凯参与了多个深层海水和湖水空调项目，包括加拿大多伦多（5.8万吨）和纽约州伊萨卡(Ithaca，2万吨)的湖源系统(Lake Source System)，以及夏威夷考拿(Kona，30-50吨)、法属波利尼西亚波拉波拉岛(Bora Bora，450吨)和加勒比海古拉索岛(Curacao，3000吨)的海水系统(Seawater System)。[106]

关于弗兰克·克鲁奇奥建筑公司(Frank Coluccio Construction Company)： 弗兰克·克鲁奇奥建筑公司位于华盛顿州西雅图，公司成立于1953年。[107] 该公司是美国西北太平洋地区最大的地下设备合同商之一。[108]

深层海水空调（毛里求斯）

2013年12月，非洲可持续能源基金会(Sustainable Energy Fund for Africa, SEFA)通过了一项价值100万美元的项目准备金，用于发展安装Sotravic Limited公司研发的海水空调系统（Sea Water Air-Conditioning System）。[109] 该系统每年将减少4万吨二氧化碳排量，此外还将明显减少成本和能源消耗，同时为当地提供就业和新商业机会。[110] 该项目是非洲同类项目中的第一个，会被当作非洲乃至全世界沿海城市的一个示范项目。[111] 该项目包含的系统可以从印度洋深海（1000米）抽水，并将温度为5摄氏度的冷海水运送到冷却站的热交换器里，冷却站接着把冷水运送到路易斯港中心地带和其他地方的建筑楼里供空调使用。[112] 这一功率为4兆瓦的系统将替代目前在楼体中使用的低效传统空调系统，这些系统现在的耗电量接近30兆瓦。[113] 对于一个用矿物燃料来供能的小岛，这一巨大的能源节约项目将减少毛里求斯人对矿物燃料的依赖，节省每年所花费的4亿卢比进口石油费用。[114]

关于Sotravic Limited： 总部位于毛里求斯La Tour Koenig的Sotravic公司成立于1986年，是一家私人所有的毛里求斯建筑公司，其业务范围主要在坦桑尼亚、马达加斯加、塞舌尔、留尼旺、罗德里格斯岛和毛里求斯。[115] Sotravic公司专门为饮用水管道、灌溉和下水道进行水管搭建。[116]

康奈尔大学湖源制冷（美国纽约州）



康奈尔的湖源制冷系统
http://energyandsustainability.fs.cornell.edu/util/cooling/production/lsc/

2000年，康奈尔大学(Cornell University)将其使用氟氯烃的旧校区制冷系统转换成为湖源制冷系统(Lake Source Cooling)，该系统采用了附近湖区的深层冷水。[117] 这一2万吨系统[118]每年共能为校区节约2500万千瓦能源，节能幅度比传统制冷手段高出86%。[119] 该系统通过热交换器将校园冷冻水的热量转移到湖水中。[120] 该系统设计寿命是75到100年，是传统冷冻机寿命的两倍以上。[121] 由于能效大幅改善，寿命更长，湖源制冷系统非常节约成本。[122]

马凯工程公司(Makai Engineering)： 参见火奴鲁鲁深层海水空调案例研究。

美国陆军悍马车队二氧化碳空调机组（美国）

在90年代，美国陆军将其移动车队空调机组的研发作为优先项目。其车队之前主要使用HFC-134a制冷剂，然而出于环境考虑，美国陆军开始考虑向二氧化碳制冷剂转化。[123] 二氧化碳制冷剂的显著优势在于：相较于全球变暖潜值（GWP）为1300的HFC-134a系统，其GWP仅为1；HFC-134a制冷剂价格是4美元/磅，而二氧化碳制冷剂的价格则是0.3美元/磅，无需再采用美国环保局所要求的回收循环设备及相应训练；新系统能效提高了25%到50%；蒸发器出口温度更低（-6到-12摄氏度/10-20华氏度）；温度下拉时间缩短50%到100%。[124]

Frigadon丙烯冷冻机（欧洲和美国）

瑞典生产商Frigadon研发了一系列以丙烯为制冷剂的冷冻机，其功率在7摄氏度时为29到208千瓦，在-31摄氏度低温时是15.6千瓦。[125] 此外，其“螺丝刀”（Skrewdriver）系列液体冷冻机同样也适合功率超过1000千瓦的机组。[126] 其机组适用于各种天气环境，并能在-20到38摄氏度的室外环境中使用。[127] 其所有机组都包含一个内置液压套件和一个变频驱动循环泵。[128]



Frigadon丙烯冷冻机
http://www.srs-frigadon.com/chillers_examples.html

关于SRS Frifadon冷冻机公司(SRS Frigadon Chillers)：SRS Frigadon冷冻机公司专门研发使用丙烯制冷剂的风冷式冷冻机。[129] 安装有Frigadon设备的零售商遍及德国、英国、爱尔兰和美国，其中包括赛恩斯伯里(Sainsbury’s)、英国合作银行(COOP Bank)、雀巢、Dunnes商店、英国石油公司(BP)、罗氏制药有限公司(Roche Pharmaceuteucals)和Copplands面包店。[130]

AC-Sun公司太阳能水空调（丹麦）



AC-Sun空调涡轮机组件
http://www.ac-sun.com/co22

AC Sun公司太阳能空调在闭合回路中使用水制冷剂，同时采用了低压真空涡轮机。[131] 该系统包括冷凝器、蒸发器、热交换器、压缩器和膨胀器。[132] 2013年，该公司包括低压涡轮机、水制冷剂和太阳能充电在内的专利技术进入了“现场测试”阶段。[133] AC-Sun公司报告称，其系统比电能系统能效高出90%，碳减排量为85%。[134] 由太阳热和废热产生的蒸汽为涡轮机提供能源。蒸汽进入膨胀器流体，最终到达冷凝器变成冷凝水，最后冷凝水再次回到缓冲罐里。[135]

关于AC-Sun公司：AC-Sun公司是一家成立于2005年的丹麦公司，公司采用无氟水制冷技术。[136] 该技术几乎在所有国家都进行了专利注册。[137] 来自冷却系统的废热还能满足其他供热需求，如游泳池。[138]

荷兰银行数据中心水/二氧化碳空调（英国）

2006年，荷兰银行ABN Amro与星制冷公司(Star Refrigeration)合作，共同打造了一款二氧化碳空调制冷系统，来为硬件降温，防止服务器过热。[139] 这一二级设施包括一个冷凝器、15个通风组件、热交换器和重力流泵。[140] 二氧化碳在6摄氏度的间接式制冷循环中和水一起进行再压缩，服务器机柜后部的通风组件随后对空气进行制冷。[141] 据报告，二氧化碳是IT气候控制最为适宜的制冷剂，因为它不导电，因此能够增进操作安全性。其高效性同样也适用于紧凑橱柜配件，相比传统系统能节省50%以上的空间。[142] 此外，相比纯水冷式制冷系统，其能效提高了约30%。[143] 二氧化碳泄漏自动探测器的安装也帮助减少了这一高压系统下的漏气风险。[144]



ABN Amro数据中心
http://www.reuters.com/article/2011/10/06/us-abnamro-shipping-idUSTRE7954R620111006

关于荷兰银行ABN Amro：荷兰银行ABN Amro在其伦敦分部的数据中心有15个高性能服务器。[145] 荷兰银行ABN Amro为全欧洲和亚洲提供银行服务。[146]

关于星制冷(Stat Refrigeration)：见商业或家用制冷部分。

参考资料

1 http://ec.europa.eu/clima/policies/f-gas/docs/2011_study_annex_en.pdf
2 Id.
3 http://pioneerair.com.au/wp-content/uploads/2012/04/RETROFIT-HYDROCARBON-UNIT-flyer-3.pdf
4 Supra 1.
5 http://www.johnsoncontrols.com/content/dam/WWW/jci/be/integrated_hvac_systems/hvac_equipment/chiller_products/absorption_single/Absorption_Single_Stage_Application_Guide_PDF.pdf
6 See European Commission, Commission Staff Working Document – Impact Assessment – Accompanying Document to the Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: A Roadmap for Moving to a Competitive Low Carbon Economy in 2050, Sec(2011) 289 final (8 March 2011).
7 Id.
8 http://airconditioning.delonghi.com/airconditioners/portable_airconditioner/WE125ECO
9 http://investors.delonghi.com/pdf/presentation/delonghi---the-group-at-a-glance-(2013)-2013-05-10.pdf
10 http://www.godrejandboyce.com/godrej/GodrejandBoyce/Pdf/EON-GRN-BALANCE-AC.pdf
11 Id.
12 Id.
13 http://www.godrejappliances.com/godrej/GodrejAppliances/aboutus.aspx?id=6&menuid=334
14 Id.
15 http://www.energystar.gov/products/specs/system/files/Shecco_Comments.pdf
16 Id.
17 http://giz-lowcarbonurbandevelopment.org.cn/zhixing_en.asp
18 http://www.greeac.com/aboutus.html
19 Id.
20 http://www.unido.org/news/press/unido-asi.html
21 http://www.hydrocarbons21.com/news/view/2741
22 Supra 13.
23 Id.
24 http://www.philstar.com/business-life/2013/11/18/1257433/how-chinas-midea-went-appliance-maker-global-player
25 Id.
26 http://pioneerair.com.au/wp-content/uploads/2012/10/PER005_hydrocarbon-enhanced-FLYER-1.pdf
27 Supra 3.
28 Supra 23.
29 http://www.environment.gov.au/system/files/pages/4e821f4c-7496-41e7-849d-7f2ca1ce85e3/files/cs-pioneer.pdf
30 http://pioneerair.com.au/major-air-conditioning-brands/
31 http://pioneerair.com.au/air-conditioning-products-for-australia/solar-air-conditioners/
32 http://pioneerair.com.au/major-air-conditioning-brands/
33 http://www.engas.com.au/Products.php
34 Id.
35 http://www.vicot.com.cn/english/SERVICE/ShowArticle.asp?ArticleID=160
36 Id.
37 http://inhabitat.com/china-develops-worlds-first-solar-powered-air-conditioning-unit/
38 Id.
39 Id.

40 Id.
41 http://inhabitat.com/china-develops-worlds-first-solar-powered-air-conditioning-unit/
42 http://vicot.en.alibaba.com/company_profile.html
43 http://www.vicot.com.cn/english/typicalproject/Index.asp
44 http://vicot.en.alibaba.com/company_profile/trade_capacity.html
45 http://www.mayekawa.com/products/features/eco_cute/
46 Id.
47 http://www.greenbuildingadvisor.com/blogs/dept/energy-solutions/heat-pump-using-carbon-dioxide-refrigerant
48 Supra 47.
49 Id.
50 http://www.doe.gov.ph/doe_files/pdf/05_Energy_Efficiency/AJEEP/03_Mayekawa.pdf
51 Id.
52 http://www.shecco.com/files/case_studies/8_case%20study_mycom.pdf
53 Id.
54 Id.
55 Id.
56 http://www.mayekawausa.com/products/coolingsystems/adref.html
57 Id.
58 http://www.mayekawa.eu/en/media/brochure-downloads/download/17
59 http://www.r718.com/news/view/3423
60 http://www.mayekawa.com/news/2011/0527.html
61 Id.
62 http://www.mayekawa.eu/fr/medias/telechargements-de-brochure/download/23
63 Id.
64 Id.
65 http://www.mayekawa.com/about/
66 http://www.mayekawa.com/about/network/
67 http://www.ammonia21.com/news/view/3394
68 Id.
69 http://www.aximaref.com/photos/799_Case_Story_FRIGOBOX_Zimbabwe_Nestle__GB__DEF.pdf
70 Id.
71 http://www.aximaref.com/photos/911_Plaquette_FRIGOBOX__GB_DEF_09_2011.pdf
72 http://ec.europa.eu/clima/events/docs/0007/erg_hc_in_chillers_slides_en.pdf
73 http://www.hydrocarbons21.com/web/assets/paper/file/hydrocarbon-conversions-large-chillers-coolers.pdf
74 Id.
75 Id.
76 http://www.hydrocarbons21.com/news/view/2780
77 Id.
78 http://www.hydrocarbons21.com/companies/view/bundgaard
79 http://www.coolcare.dk/history.html
80 http://www.hydrocarbons21.com/companies/view/5050; http://www.frascold.it/eorgvendita_w.htm
81 Id.
82 http://www.frascold.it/eprodotti.htm
83 http://www.ammonia21.com/news/view/4606; http://www.eta-awards.co.za/?q=con,72,Winners+2012
84 Id.
85 http://www.myvirtualpaper.com/doc/brookepattrick/water_sewage__effluent_january_2012_wase_africa/2012012001/24.html#24
86 Id.
87 http://www.magneticelectrical.co.za/Default.aspx
88 Id.
89 http://www.eastvalleytribune.com/news/article_42825c02-041e-50ed-8cf9-aa57c1ddba25.html?mode=jqm
90 http://www.midstatemechanical.com/federal.aspx?id=35
91 Id.
92 Id.
93 http://www.hydrocarbons21.com/articles/jamaica_realising_energy_savings_from_ac_while_protecting_the_climate
94 Id.
95 Id.
96 http://www.duracool.com/Duracool/distributionsales.html
97 http://www.otecnews.org/2013/01/honolulu-seawater-air-conditioning-to-begin-construction-of-largest-seawater-district-cooling-system/
98 Id.
99 Id.
100 http://honoluluswac.com/_assets/_pdfs/20121005_After%20long%20wait,%20company%20ready%20to%20cool%20buildings%20with%20seawater.pdf
101 Id.
102 Id.
103 http://honoluluswac.com/story.html
104 http://www.makai.com/about/
105 Id.
106 http://www.makai.com/pipelines/ac-pipelines/
107 http://www.coluccio.com/about/company-history/
108 Id.
109 http://www.otecnews.org/2014/01/mauritius-sea-water-air-conditioning/
110 http://www.afdb.org/en/news-and-events/article/sefa-to-support-innovative-energy-efficiency-project-in-mauritius-12739/
111 Id.
112 http://www.sotravic.net/pdf/company-profile.pdf
113 Supra 104.
114 Supra 106.
115 Id.
116 http://www.sotravic.net/aboutus.html
117 http://energyandsustainability.fs.cornell.edu/util/cooling/production/lsc/default.cfm
118 http://www.makai.com/pipelines/ac-pipelines/
119 Supra 123.
120 Id.
121 Id.
122 Id.
123 http://www.denix.osd.mil/awards/upload/EEWSA_Team_CO2_Cooling.pdf
124 Id.
125 http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/climate/2012/Fgases/Cool-Technologies-2012.pdf. See p37
126 http://www.srs-frigadon.com/chillers.html
127 http://www.srs-frigadon.com/chillers.html
128 Id.
129 http://www.srs-frigadon.com/chillers.html
130 Id.
131 http://www.r718.com/news/viewprintable/4903
132 http://www.r718.com/news/viewprintable/4903
133 Id.
134 Id.; http://www.ac-sun.com/
135 http://www.r718.com/news/viewprintable/3800
136 http://www.ac-sun.com/co22
137 http://export.by/en/?act=news&mode=view&page=2&id=4326
138 http://www.ac-sun.com/co22.
139 http://www.eurammon.com/node/259
140 Id.
141 http://www.greenpeace.org/international/Global/international/publications/climate/2012/Fgases/Cool-Technologies-2012.pdf. See p39
142 http://www.eurammon.com/node/259
143 Id.
144 Id.
145 http://www.eurammon.com/node/259
146 http://www.abnamro.com/en/about-abn-amro/our-company/index.html

结语：

下一代无氟制冷和空调设备近在眼前



鉴于HFC气体给全球气候带来了巨大威胁，世界各国正采取行动停止HFC扩散，并加紧淘汰HFC系统，甚至还在一些产业下达了禁令。

这些行动迅速推动了低GWP可替代性制冷和空调技术的研发、测试和商业化进程。目前，针对几乎所有制冷和空调设备的无氟技术都已经经过验证。值得一提的是，目前世界各地都在生产和销售以碳氢化合物、二氧化碳、空气、水、氨或这些元素的混合物为制冷剂的独立机组、机架系统和中央工厂系统。同样，采用这些制冷剂的可替代性技术也正进入研发、测试和商业化阶段，以适配工厂密封式、单一分离式、多联机式、管道式、冷冻机式、热泵式和移动式空调。随着越来越多的国家开始采取行动停止对HFC的使用，这些技术将不断渗透到市场当中。

此外，随着这些技术更加广泛的普及，其相应成本也会下降，基础服务设施也会得到扩展。针对各种设备研发出的产品不仅采用了天然制冷剂，而且设计十分高效，这使得在HFC淘汰过程中出现的下一代制冷和空调设备不仅节能，还能产生直接环境效益。可行设计与采用可替代制冷剂的有效制冷和空调技术的结合能催生一个价值数十亿美元的全球市场。那些要进军欧洲、日本和美国市场的公司需要迅速向天然无氟技术进行过渡，因为这些国家目前都在加强对HFC的管控。正因如此，HFC才变成了没有前途的技术，保存期限也十分有限。为了保持竞争力，制冷和空调公司需要迅速向下一代技术进行过渡，这对全球气候也有好处。现在是向无氟技术进行过渡的最佳时机，因为下一代可替代技术近在眼前。



可行设计与采用可替代制冷剂的有效制冷和空调技术的结合能催生一个价值数十亿美元的全球市场。





环境调查署(EIA)

华盛顿特区

PO Box 53343
华盛顿特区 20009 美国
电话：+1 202 483-6621
传真：+1 202 986-8626
邮箱：info@eia-global.org
www.eia-global.org

EIA – 伦敦

62/63 Upper Street
伦敦 N1 0NY, 英国
电话：+44 (0) 20 7354 7960
传真：+44 (0) 20 7354 7961
邮箱：ukinfo@eia-international.org
www.eia-international.org