

浅议压缩机与冰箱产品的匹配

北京恩布拉科雪花压缩机有限公司 秦宗民

摘要: 本文主要着重在冰箱整机与压缩机匹配上展开讨论, 重点讨论高效以及超级节能冰箱的匹配时注意点以及今后发展方向。

1 引言

欧盟日前宣布, 在未来4年将致力于提高冰箱产品的市场准入门槛, 即将能效标准提高到A+++级。按照规定, 今年将出口欧盟的冰箱产品能效要求从B级提高至A级。而在2012年, 进口冰箱产品能效将从A级提高至A+级。随着欧盟标准的不断提升, 其他地区以及国内都将逐步提出自己的新能耗标准, 而3月份的日本福岛核事故必定会进一步提高人们对能源的关注度, 这将对冰箱企业在新产品设计匹配方面带来越来越大的压力。

2 冰箱压缩机发展现状

随着技术的不断革新, 当代压缩机的COP的水平也在不断提升。图1为恩布拉科最近几年来的压缩机COP水平发展现状。

目前, 传统的活塞式压缩机的效率已经达到理想卡诺循环效率的75%左右, 未来2年内普通定频活塞式压缩机的COP大约可以提升到2.2左右。倘若依靠传统的技术进一步提高效率, 难度较大。

由于压缩机的小型化不仅能够降低压缩机企业面临原材料价格上涨的压力, 而且同时也能在冰箱应用时增大冰箱的有效使用容积, 降低冰箱的整体重量, 因此目前压缩机的小型化也逐渐成为压缩机企业关注的一个研究方向。可以相信如果下一代的压缩机在效率更高的同时, 体积也将会小型化。

从2011年的第一个季度可以很明显的看出300L左右的多门高端冰箱市场的增长速度完全可以用惊人来描述。当冰箱容积在250L

以上时, 变频压缩机的优势就更加明显。实验表明, 对于300L左右多门风冷冰箱, 如果使用COP为1.8的定频压缩机, 整体耗电量大约在每天1度左右, 而使用变频压缩机之后, 其整体耗电量实测值可以降到每天0.72度的水平。同样550L左右的对开门风冷冰箱, 使用定频压缩机时耗电量约为1.5度左右, 而使用变频压缩机的冰箱耗电量实测值可以降到0.95度以下。

当然, 应用了变频压缩机之后, 冰箱不仅仅能够体现出节能的优势, 同时噪音水平和启动能力也大幅提高。由于在冰箱正常工作时, 压缩机主要在低速区(1500~2500rpm)运转, 其噪音水平要比定频压缩机显著降低3~4dB左右, 如图2所示。同时由于变频压缩机的特殊的电机设计和启动方式, 可以HST(高扭矩)启动, 体现在冰箱上就可以实现不平衡启动, 即可以通过使用变压技术来进一步降低能耗。

另外, 使用变频压缩机后, 冰箱的保鲜时间也大大延长。尤其智能变频可以让压缩机的制冷量随时随着冰箱热负荷的变化而变化, 从而使得冰箱内部温度波动较小。实验数据显示, 相对于传统定频冰箱而言, 变频冰箱可以将草莓的保鲜期从3天提高到10天以上。在欧洲市场上, 已经有部分产品实现了压缩机的不停机运转, 由于没有了开停机的突变, 不仅压缩机和冰箱的整体寿命大大延长了, 同时冰箱的温度也更加稳定。值得注意的是, 在大大提高冰箱开机率的同时, 还需要注意优化防露管和风门加热器等在开机状态下对冰箱耗电有影响的部分的设计。由于目前国内市场还不习惯于压缩机一直开机运行, 因此在市场培育和推广方面还有更多的工作要做。

图3为恩布拉科在中国生产的变频压缩机产品, 其VEMC9C在日本市场的实际冰箱系统工况时(-23.3℃/38℃), COP值接近2.4W/W。

线性压缩机具有超宽的制冷量范围, 机械摩擦小等显著优势, 加上其独特的机械结构更有助于实现压缩机的无油化, 将进一步显著提高在冰箱实际工况时的工作效率, 不失为压缩机标准化的一个方向。也许, 在不久的将来, 从单门到多门都使用同一型号的压缩机不再是梦想。

3 冰箱整机的现状

3 冰箱整机的现状

近年来, 随着对开门冰箱的普及, 多门冰箱尤其是三门冰箱得到了较快的发展。各大公司都在关注节能的同时更加注重冰箱的实用功能。

在超节能产品方面, 由海尔和恩布拉科等历经2年时间, 联合研发的达到欧洲A+++能效等级以上的冰箱已经面世, 其耗电量可以低到惊人的每天0.19度。

由于市场更加注重冰箱的实用性, 因此目前而言, 冰箱的设计除了在外观上注意差异性外, 还需要注意功能设计实用性。直冷冰箱相对比较节能, 但是温度分布差异大; 风冷冰箱, 温度更加均匀, 但是耗电量较大, 且冷藏室食物水分流失较快。冷藏直冷, 冷冻风冷的风直冷式冰箱也是一个发展方向, 而且由于技术, 工艺较复杂, 市场竞争相对而言尚不太激烈。

3.1 两器设计

传统直冷冰箱的冷藏蒸发器大多还是板管式, 只是在流向或者结构上略有不同, 而冷冻蒸发器主要有: 丝管式, 板管式, 吹胀式等三种。而风冷冰箱的蒸发器大多仍为翅片式, 在部分超级节能产品上还借鉴了其他行业采用的胀管工艺用来改进翅片与管道的接触, 进一步强化换热效率。

国内传统的两门直冷式冰箱的匹配已

经相当成熟，而对于三门以及多门的直冷冰箱，不同间室的蒸发器的匹配设计还有部分提升的空间。

对于风冷冰箱而言，蒸发器的结构尤其重要，因为结构直接关系到蒸发器空气阻力和化霜时的难易程度，倘若设计不合理，在化霜后启动等方面都会遇到问题。

由于国内市场的限制，效率更高的外挂式冷凝器一直没能得到推广，目前大都还是采用内藏式的冷凝器。如果结构允许，在压缩机仓的位置，适当布置部分暴露在空气中的冷凝管道，会对冰箱的整体散热性能有着明显的提升效果。对于蒸发器和冷凝器而言，位置和材料都很重要。在保证足够换热面积的同时还需要注意减小内容积，降低尤其蒸发器的弯头引起的压降损失。

3.2 箱体保温的现状

目前保温材料得到了长足的发展，随着性能更加优异的R360、R245fa、HF0-1234ze等新型发泡材料的推广和使用，以及真空发泡技术的应用，冰箱箱体的保温性能得到了明显的改善。但是，目前国内企业的发泡工艺管理均比较粗放，仍有很大提升空间。

恩布拉科开发的热流量制图技术可以直观地描述箱体不同部位的热流量状态，直接清晰地掌握箱体保温的薄弱环节，有针对性加以改进。可以更加合理地设计不同位置保温层的厚度，以及确定真空绝热板和蒸发器，冷凝器的最佳位置。尤其对于真空绝热板而言，其本身的边际效应有时候甚至会对整体保温性能产生很严重的负面影响。

另外，国内冰箱门封条的密封性能相对国外同类产品还有较大差距，还需要进一步地研究。目前，双门封技术已经在超节能产品上得到了推广应用，同时部分产品也借鉴了国外的曲径密封技术，从而使得门封条的整体热负荷占箱体总负荷的比例降到了10%以下。

在箱体保温技术等到提升的同时，原有的防露管设计也可以做部分调整，首先根据实际情况确认是否传统的位置需要全部安放防露管。毕竟在冰箱运行时，传统的防露管也会对冰箱的箱体带来额外的热负荷。其次在防露管的位置设计时，不妨借用部分侧板冷凝器的散热来满足防露要求。这样以来可以有效减少箱体热负荷，二来减少焊点数量，降低直冷系统泄漏风险。

3.3 其他新技术应用

在三门以及多门的冰箱系统中，已经出现了使用双压缩机的直冷系统。由于使用了不同的压缩机分别为高温区和低温区工作，可以有效的提高直冷系统的总体效率。一定程度上，双压缩机的直冷系统的节能效果可以与使用变频压缩机的直冷系统相媲美。当然，双压缩机系统更加适合于制冷容积较大的冰箱，对于300L以下的冰箱，其节能效果并不明显，反而成本压力更加突出，限制了改技术的应用。

在冰箱直冷系统的另一个提高效率的方法就是保压技术，即通过在冰箱系统中使用保压阀来减小开停机损失。传统的保压技术由于受到变频压缩机的启动能力限制，需要增加用来

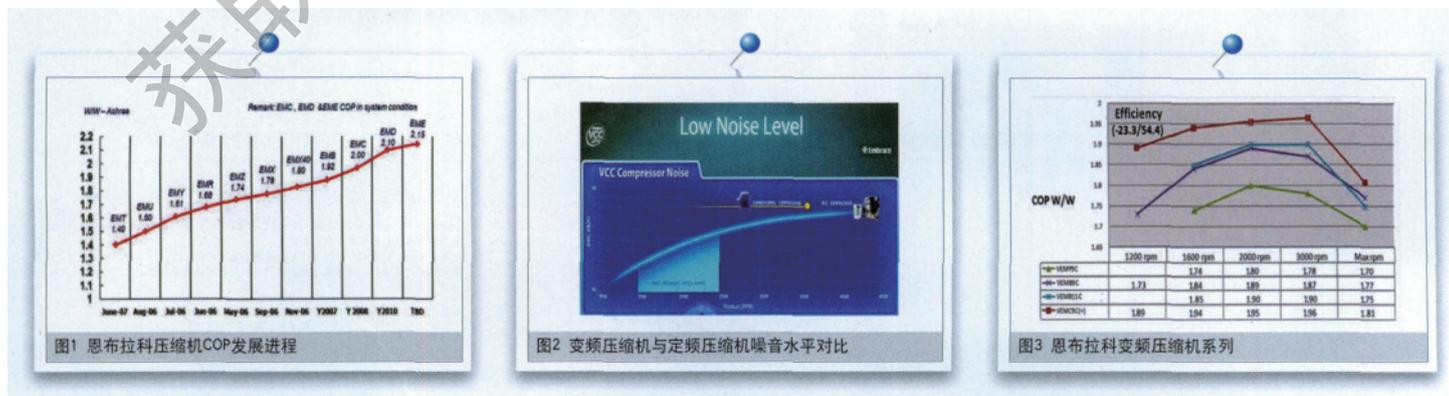
平衡压力的毛细管，保压效果受到一定限制；如果使用变频压缩机，则可以不需毛细管来平衡压力，更加显著地降低能耗。值得注意的是，目前国内保压阀的可靠性相对于日本市场广泛使用的产品而言仍然存在缺陷，需要进一步加强研究。

同样，单向阀（即截止阀）可以一改以往，冷藏冷冻的蒸发温度都一样的状态，可以使不同温度间室的蒸发温度控制在不同的水平，简单地说，可以有效地提高冷藏的蒸发器温度，从而直接提高制冷系统的循环效率。

对于带风道的多门风冷冰箱而言，其与带电磁阀的多系统的冰箱有着相似的特性——风道和电磁阀的逻辑控制对冰箱的性能至关重要。不同的控制逻辑对冰箱内部的温度波动，压缩机的功率变化都有着显著的影响。目前，很多业内人士已经认识到了控制逻辑的重要性，已经开展了一系列的研究。

在冰箱平台设计的初始阶段，一定要注意和国家标准相结合，例如，国标规定了耗电量测试时，冷冻室的负载包的间距，而同时负载包的尺寸已经固定，如何在即满足规格要求的同时，又能保证负载包得到良好的冷却，这就需要在设计冷冻室抽屉时加以注意。同样地，在应用了变频压缩机之后，需要对毛细管的流量做一定地调整。首先要通过优化转速，找到最适合该型号冰箱的转速，然后对比该转速下压缩机的制冷量，可以通过计算该工况下，压缩机的质量流量来调整毛细管的流量。

随着新材料的应用，原来的毛细管和回



气管的焊接工艺比较困难，大部分厂家都在使用铝箔胶带缠绕的方式加以固定，相对于传统工艺，这种方式的换热性能较差，尤其当使用的铝箔较大厚度在30um以下时，需要加以重视。相对传统工艺的换热长度1.2米左右，新工艺的换热长度要保证最少在1.5米以上，部分产品根据实际要求可以做到1.8米以上。

对于风冷冰箱而言，用CFX可以方便地模拟风冷系统的各个部位空气流场以及压力损失情况，有助于更加优化设计风扇和风道系统。这也是很好的一个研究方向。

同样地，EES (Engineering Equation Solver) 软件在冰箱设计领域的使用也越来越多，由于其自身带有不同制冷剂的热力学性质数据库，可以有效地减少工作量，缩短开发周期。

4 压缩机与整机的匹配设计

传统的压缩机都是基于ASHRAE工况来设计的，由于ASHRAE的工况 (-23.3℃/54.4℃) 与实际冰箱的工况 (直冷-28℃/40℃，风冷-25℃/25℃) 明显不同，因此同样COP水平的压机，在冰箱具体应用时显示出的效率水平也参差不齐。恩布拉科的EMC开始，就更加重视压缩机在冰箱工况的性能设计，因此与其他基于ASHRAE的压缩机相比，在冰箱系统中应用时优势更加明显。

总所周知，在制冷系统运行中，蒸发温度和冷凝温度不是一成不变的，相对于EMC是基于具体冰箱工况的“点”来设计的理念不同，恩布拉科正在开发的下一代EME则更注重于根据蒸发温度和冷凝器温度变化的“曲线”工况来设计，使得压缩机在实际应用时，更加适合于冰箱的系统工况，整体性能也更加高效。

另外，降低噪音和提高启动性能更加需要强化压缩机与冰箱的匹配。压缩机的噪音如何避免与箱体产生共振，压缩机的启动性能如何与冰箱直冷系统的失速曲线更加匹配，这些都是需要冰箱和压缩机研发人员共同研究解决的问题。

5 小结

未来的冰箱设计将不再是冰箱企业设计冰箱制冷系统，压缩机企业来设计生产压缩机的传统模式。制冷性能和功能更加完善的冰箱需要冰箱和压缩机研发人员的共同合作才能完成。今后，需要强化冰箱和压缩机企业之间的技术合作，熟练掌握和运用冰箱和压缩机技术，共同开发出更加节能、高效、环保的冰箱新产品，以满足国内外消费者的需求。

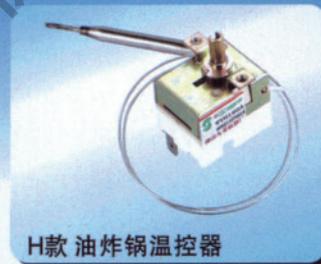
九龍溫控器 助您創一流品牌



E款温控器



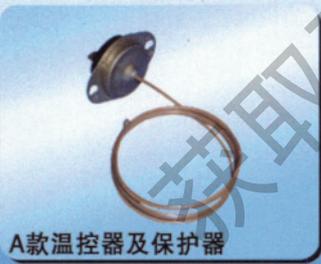
大S款双极超温保护器



H款油炸锅温控器



H款油炸锅保护器



A款温控器及保护器



D款单极超温保护器



能量调节器



F/2000温控器

九龍機器廠是专业从事温控器制造和温控器设备制造的股份制企业，是我国温控器标准起草单位之一。

企业采用国内外技术开发生产的体胀式温控器，控温范围从-35℃-320℃。优良的性能获得了国内外客户的好评。

“客户——合伙人”是企业所坚持的经营理念。企业将继续以高质量、高性能价格比的产品，及时完善的服务与国内外朋友携手合作，共创辉煌。

型号	控温范围	主要适用对象
A系列	50℃-140℃	适用于热水器、热水器及取暖器械。
B系列	-35℃-320℃	适用于冰箱、制冰机、取暖机、太阳能热水器、电热水器、开水器、食品机械、服装机械、热温箱、电烤箱等电加热器、制冷装置的温度控制。
H系列	-35℃-320℃	适用于油炸锅
S系列	90℃-140℃	适用于各种电加热装置的保护。
D系列	90℃-140℃	适用于热水器、热水器
能量调节器		适用于电炉的功率控制

地址：广东省佛山市佛平二路55号
 电话：86-757-86289578 86394040
 真：86-757-86237770 86363775
 邮编：528200

Http://www.gd-julong.com Http://fs.julong.cn.alibaba.com
 Http://thermostat.en.alibaba.com E-mail: julong@gd-julong.com