

# 线性压缩机在冰箱中的应用分析\*

谢英柏<sup>1</sup> 谢远航<sup>2</sup> 俞准<sup>1</sup> 桂良明<sup>1</sup>

(华北电力大学,保定 071003) (杭州天元涤纶有限公司,杭州 311209)

Analysis of linear compressor applied in refrigerator

XIE Ying - bai<sup>1</sup>, XIE Yuan - hang<sup>2</sup>, YU Zhun<sup>1</sup>, GUI Liang - ming<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>North China Electric Power University, Baoding, 071003 China)

(<sup>2</sup>Hangzhou Top Polyester Co, Ltd., Hangzhou, 311209 China)

**【摘要】**压缩机是影响整机性能和实用化水平的关键部件。采用直线电机驱动的线性压缩机,与传统冰箱旋转电机驱动压缩机相比,没有曲柄连杆机构。从工作原理、受力分析、电磁转换与工质等方面分析,线性压缩机性能优于传统压缩机。且在较宽的功率范围内,效率可以保持不降低。直线电机技术的发展使线性压缩机的应用成为现实,开发我国自主知识产权的线性压缩机,具有节能与环保的重大意义。

**关键词:**线性压缩机;冰箱;工作原理;性能;应用

**【Abstract】**Compressor is the key components which determines the performance and application of whole unit. Comparing to traditional refrigerator compressor driven by rotary motor, Linear compressor driven by linear motor has no crankcase. Based on analyzing working principles, acting forces, electromagnetism switch and refrigerant replacement, it shows that linear compressor have higher performance than traditional refrigerator compressor. Meanwhile, its efficiency keeps from reducing over a wide range of power input. The development of linear motor technology makes the application of linear compressor in refrigerator realized. Developing linear compressor independently possesses great significance on energy saving and environment protection in our country.

**Key words:** Linear compressor ;Refrigerator ;Principle of work ;Performance ;Application

中图分类号:TB652 文献标识码:A

随着节能与环保意识的深入人心,新能效标准的推行,以及工质替代的迫切需求,使人们开始考虑使用直线电机驱动的线性压缩机代替原来的压缩机。冰箱采用线性压缩机对于提高冰箱能效比,节约电力,减少温室气体排放等具有重要意义。因此从 90 年开始日本、美国、以及欧洲一些国家开始把线性压缩机作为下一代家用电器的核心技术进行研究。

从 1971 年开始,直线电机进入了独立的应用阶段,不再以单机的形式与旋转电机竞争,而以直线电机系统与旋转电机系统相比。从而得到了迅速推广,制成了许多具有实用价值的产品和设备,例如直线电机驱动的钢管输送机,电动门,以及磁悬浮列车等等。目前,直线电机的应用大致可分为五个方面,即物流系统、工业设备、信息与自动化系统、交通与民用、军事及其他方面。

## 1 线性压缩机的工作原理

线性压缩机是采用直线电机驱动的压缩机。根据驱动方式,直线电机可分为:直线感应电机,直线同步电机,直线直流电机,直线振动电机。

它们的工作原理类似。以直线感应电机驱动的压缩机为例,其结构相当于把旋转电机在顶上沿径向切开,然后把它拉

直。在直线电机通入三相电流后,如果不考虑由于铁心断开所引起的边缘效应,那么它产生的磁场和旋转电机是相似的。即在电机定子绕组通电后产生一个行波磁场,电机动子在恒定的电磁力作用下,沿气缸轴线向一个方向运动。运行速度随气缸内气体压力变化而变化,气体压力越高,活塞运行速度越低。

当活塞运行到限位传感器时,电机定子断电,活塞及电机动子在气体压力作用下减速、停车。这时在直线电机对换两相电流后,那么它的行波磁场方向就会反过来,动子的电磁力也会反过来,动子运动方向也反过来了。根据这一原理,可使直线电机直接带动压缩机做往复运动。

图 1 为活塞式压缩机和线性压缩机的比较。

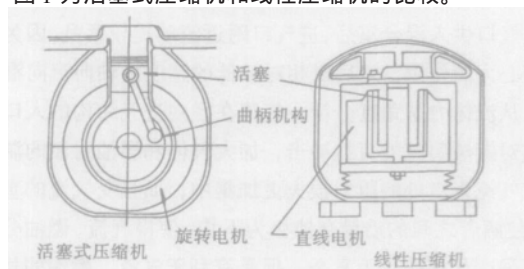


图 1 活塞式压缩机和线性压缩机的比较

\* 来稿日期:2006 - 02 - 15 \* 基金项目:华北电力大学校内基金(93102011)

## 2 线性压缩机的性能分析

### 2.1 受力分析

对于传统的活塞式压缩机,作用在曲柄连杆机构上的力主要有三种:即气体压力、惯性力(惯性力又分为活塞往复运动所产生的惯性力、曲柄不平衡旋转质量所产生的离心惯性力、连杆运动所产生的惯性力)和摩擦力。压缩机的摩擦功率包括往复摩擦功率、旋转摩擦功率。其中曲柄不平衡旋转质量所产生的离心惯性力、连杆运动所产生的惯性力以及旋转摩擦功率项都是因为使用旋转式电动机而直接带来能量损失的项目。而往复摩擦功率的损失则很大程度上是由曲柄造成的活塞所受到的径向力引起的。

线性压缩机的受力有:(1)往复运动产生的惯性力;(2)活塞和汽缸摩擦产生的摩擦力(抑制力);(3)弹簧弹力;(4)在汽缸压缩和缓冲空间工质压缩和膨胀过程由于压差产生的力;(5)电流产生的电子力。

从受力分析看,线性压缩机由于没有曲轴和连杆,消除了相关的能量损失。

### 2.2 电磁转换

旋转电机定子内有大量线圈与线槽,磁通量只能部分地充满齿和轭间。因此,定子内高磁通密度和谐波通量的存在,产生了较大的铁损。并且旋转电机在定子每一端都有端部线圈,这些无用的端部线圈体积大约是内部狭缝线圈的 2 倍之多。为了避免磁通量饱和,直线电机只有一个狭缝提供给线圈,且在不增加整体电动机尺寸的前提下,这种定子形状也易于设计。同时定子内磁通量的分布也是一致的。直线电机只有一个线圈,很容易增大线圈的槽满率而获得较低的电流强度。因此直线电机产生较少的铜损和铁损。

因此线性压缩机的效率提高,主要是由于直线电机设计简单的磁回路。

### 2.3 工质

线性压缩机还能推动制冷剂的替代。由于 CFCs 工质对臭氧层产生破坏并产生温室效应。根据《蒙特利尔议定书》及后续协议,CFCs 与 HCFCs 在不远的将来将全面禁用。

国内外进行了大量的 CFCs 以及 HCFCs 工质替代试验研究,推出了 CFCs 工质替代的电冰箱。而现有的传统压缩机对一些替代工质还不适应,会使制冷机的性能下降。

例如,日本从 1996 年全面禁止生产 CFCs 冰箱,采用 HFC-134a 及 HCFC-22 替代 CFC-12,HCFC-141b 替代 CFC-11。而使用 HFC-134a 替代 CFC-12 时,冰箱制冷性能下降 5%~10%。

线性压缩机容易密封,适用性强。由于电机本身结构简单,又可做到无接触运行,因此容易密封,经过适当浸渍、涂封,它可在各种特殊环境中使用(包括液态物质中)。由于其只需少量或无需使用润滑油,可使这种压缩机能与很多种工质匹配。

因此,它可以适应新的替代工质,使制冷机的性能下降的小或不下降。

### 2.4 性能比较

从线性压缩机与活塞式压缩机两者的性能比较可看出,对于冰箱压缩机功率范围,线性压缩机的性能优于活塞式压缩机,并且在较宽的功率范围内可以保持不降低。

同时,线性压缩机还可以解决传统压缩机的结构复杂、体积大、噪声和振动大、整体机械效率低、寿命短、活塞的行程短、活塞的频率高等问题。

## 3 线性压缩机的应用

正是由于线性压缩机在节能降耗方面的优势,压缩机制造商与家电企业,投入大量的人力与财力进行研究,并取得一系列成果。

例如,日本日东工器的 A1015-0920 线性压缩机。这种线性压缩机采用动铁心式直线电机作动力。是一台单相 230W 的线性压缩机,压力为 2.5MPa,自由空间输出 8m<sup>3</sup>/h,相当于一台 373W 的旋转电机驱动的压缩机。其节能效果非常明显,现已应用在空调和电冰箱上。

LG 公司投入了 60 位研究人员及 400 亿韩国货币用 8 年的时间开发了线性压缩机,在此过程中获得了 500 多项专利,并且成功地将线性压缩机商业化。2000 年 9 月,LG 公司在美国 Cincinnati 的 Appliance Manufacturer Conference & Expo 上报道在 LG 自己的 680L(24 cu. ft.) 冰箱上用直线电机替代活塞式压缩机。工质为 HFC-134a,在没有任何改动下,节能 24%,优化之后节能 47%。

1991 年 Sunpower 公司在美国环保局的资助下开始线性压缩机的研究。研究表明线性压缩机可在较宽广的制冷量范围内调节,且保持较高的性能。目前,该公司生产的线性压缩机 COP 在 ASHRAE 的测试条件下大于 2.0,单级压缩比可达 26:1。

## 4 结论

压缩机是制冷器的动力源,是影响整机性能和实用化水平的关键部件。采用直线电机驱动线性压缩机在冰箱制冷量调节范围内,性能明显优于传统的压缩机,适合作为冰箱的驱动。

我国是制冷大国,开展线性压缩机在冰箱及制冷空调业的理论研究和实践,对于促进环保和节能,缩短我国在制冷工业领域与发达国家的差距,具有重要意义。

### 参考文献

- 1 www.lge.com
- 2 何志龙,李连生,束鹏程. 冰箱用直线压缩机研究. 西安交通大学学报. 2003, 37(11):1119~1123.
- 3 王建生,李晓红,杨林等. 直线电机驱动的活塞式压缩机样机研制. 流体机械. 2000, 28(5):7~12.
- 4 王伟进. 直线电机的发展与应用概述. 微电机. 2004, 37(1):45~46, 50.
- 5 Koh Deuk-Yong, Hong Yong-Ju, Park Seong-Je, et al. A study on the linear compressor characteristics of the Stirling cryocooler. Cryogenics. 2002, 42(6):427~432.
- 6 Yajima H., Wakiwaka H., Minegishi K., et al. Design of linear DC motor for high-speed positioning. Sensors and Actuators A: Physical. 2000, 81(1):281~284.