

# Energy Efficiency Research on the Application of High-Efficiency Variable Frequency Screw Machine in Refrigeration Room

Siyang Li Qiangguo Yang Zhiqiang Li Zhibin Li Yingying Li

Shenzhen Dongyang Frozen Equipment Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

## Abstract

With the improvement of environmental protection and energy efficiency requirements, the refrigeration technology industry is also constantly pursuing higher energy efficiency and lower operating costs. Frequency conversion technology has attracted wide attention because of its energy efficiency advantage in adjusting the operating state of the refrigeration system. This paper mainly studies the energy efficiency of efficient frequency conversion screw machine in refrigeration room. After practical testing and analysis, we found that compared with the traditional screw machine, the high efficiency frequency conversion screw machine showed significant energy consumption reduction effect under various working conditions. It also has obvious advantages in ensuring the stable operation of the refrigeration system, extending the service life of the equipment, and reducing the maintenance costs.

## Keywords

frequency conversion technology; screw machine; refrigeration machine room; energy efficiency

## 高效变频螺杆机在制冷机房中的应用能效研究

李思洋 杨强国 李志强 李志彬 李颖颖

深圳市东洋冷冻设备有限公司, 中国·广东 深圳 518000

## 摘要

随着环境保护和能源效率要求的提高, 制冷技术行业亦不断追求更高的能效和更低的运行成本。变频技术因其在调整制冷系统运行状态时的能效优势而受到广泛关注。论文主要对高效变频螺杆机在制冷机房中的应用能效进行研究。经过实际测试和分析, 我们发现, 与传统螺杆机相比, 高效变频螺杆机在多种工况下均表现出显著的能耗降低效果。其对于保障制冷系统稳定运行、延长设备使用寿命、减少维护成本等方面也有明显优势。

## 关键词

变频技术; 螺杆机; 制冷机房; 能效

## 1 引言

近年来, 由于电力成本的不断上涨和越来越严格的环境法规, 提高制冷系统的能效成为行业的首要任务。在这一背景下, 变频技术逐渐受到制冷工程师和研究者的青睐。在制冷机房中, 高效变频螺杆机的应用显得尤为重要。螺杆机作为制冷机房的核心设备, 其运行状态和效率直接影响到整个系统的能耗和运行成本。论文将结合深圳市东洋冷冻设备有限公司在制冷技术领域研发生产经验, 对高效变频螺杆机在制冷机房中的应用进行深入研究。

## 2 高效变频螺杆机的工作原理

### 2.1 基本构造和工作方式

螺杆机, 也被称为螺旋压缩机, 起源于早期的工业应用, 它的核心机制是利用两个相互嵌套、精密配合的螺杆, 以实现气体的连续压缩。在制冷领域, 螺杆机主要应用于制冷剂的压缩, 从而驱动整个制冷循环。

从构造上来看, 螺杆机由以下几个主要部件组成: 主要的螺杆组件包括一个主螺杆和一个或多个从螺杆, 它们相互旋转以实现气体的吸入和压缩。外部的壳体不仅提供了密封和结构支持, 还是润滑油和制冷剂的储存容器。与传统的螺杆机使用恒速电机不同, 高效变频螺杆机引入了变频驱动器, 这允许电机的转速根据需求进行调整。

从工作方式上分析, 制冷剂首先被吸入低压端, 随后被螺杆逐渐压缩到更小的体积, 这样可以大大增加其压力。当螺杆旋转时, 夹在螺杆中的制冷剂会逐步被推向高压端,

【作者简介】李思洋(1968-), 男, 中国广东梅州人, 硕士, 高级工程师, 从事工业冷水机组、冷冻冷链设备研究。

并在达到所需压力后通过排放阀排出。这一过程在高效变频螺杆机中得到了进一步的优化。具体来说，当制冷需求或环境温度发生变化时，变频驱动器会自动调整电机的转速，从而调整螺杆机的压缩量，确保系统始终在最优状态下运行<sup>[1]</sup>。

## 2.2 与传统螺杆机的比较

在制冷技术的发展史中，螺杆机从其诞生至今已经经历了多次的技术革命。而在其中，传统螺杆机与高效变频螺杆机的差异尤为引人关注，它们代表了技术的传统与革新，也揭示了工程师们对于提高能效和适应性的不懈追求。

要谈到能效。传统的螺杆机，凭借其稳定而可靠的设计，长久以来为众多工程项目提供了制冷服务。但其固定的转速使得在制冷需求波动时，能效表现并不理想。相对而言，高效变频螺杆机则像一位训练有素的跑者，能够根据路况及时调整步伐，无论是高峰还是低谷，它都能确保运行在最佳状态，节省能源<sup>[2]</sup>。

再看运行稳定性。传统螺杆机启动和停止的过程中，由于其恒速特性，可能产生较大的冲击，犹如一辆没有减震器的老式汽车在颠簸的路上行驶。这不仅影响了设备的使用寿命，也增加了维护成本。而高效变频螺杆机则具有平滑启动和减速停止的特性，大大减轻了机械冲击，保证了长期稳定运行<sup>[3]</sup>。

对于应对外部环境的能力，两者的表现也有天壤之别。传统螺杆机在遭遇外部温度或其他环境变化时，往往反应迟缓，如同固执的长者难以适应新环境。而高效变频螺杆机则像年轻人一样灵活，能够迅速调整运行状态，确保无论环境如何变化，制冷输出始终保持稳定。

从投资回报的角度看，尽管传统螺杆机的初始投资成本可能较低，但其在运营期间的高能耗和维护需求意味着长期总成本可能更高。与之相比，高效变频螺杆机的初始投资虽然略高，但其运营中的节能效果和较低的维护需求确保了较短的投资回收期 and 更高的长期回报。

## 3 实际测试与分析

### 3.1 测试方法与设备

测试场地：选定了两个相似的制冷机房，以确保测试环境的一致性。每个机房均安装了相应的螺杆机——一个使用传统螺杆机，另一个使用高效变频螺杆机。

测试设备：为了确保数据的准确性，我们采用了以下高精度测试设备：

①功率计：用于实时监测螺杆机的功耗，从而计算其能效。②流量计：测量制冷剂的流量，以评估每种机器的制冷能力。③温度传感器：安装在制冷机房的关键位置，监测冷却和吸入的温度差异。④压力计：评估制冷循环中的压力变化，对应制冷效果的好坏。⑤数据记录仪：用于实时记录所有测试数据，方便后期分析。

测试方法：

①在确保所有设备正常工作的基础上，启动螺杆机并

让其运行至稳定状态。②每隔1小时记录一次各项参数，包括功率、流量、温度和压力。③测试期间，模拟不同的制冷需求场景，如高峰负荷、低峰负荷和中等负荷，以评估两台机器在不同工况下的性能差异。④连续运行24小时，并确保数据记录仪准确记录每个时间点的数据。

测试的目的是通过实际的运行数据，为高效变频螺杆机在制冷机房中的应用能效提供客观、科学的评估依据。通过这些数据，我们可以深入分析其与传统螺杆机在实际应用中的性能差异，为制冷行业提供有价值的参考。

### 3.2 不同工况下的能效比较

为了更具说服力地展示两种螺杆机在各种制冷需求场景下的表现，我们对它们在不同工况下的能效进行了详细对比。这些工况包括高峰时段（制冷需求最高）、中等负荷时段以及低峰时段（制冷需求最低）。

表1概述了两种螺杆机在各个工况下的能效对比。

表1 不同螺杆机在各个工况下的能效对比

工况	传统螺杆机的能效 (COP)	高效变频螺杆机的能效 (COP)
高峰时段	2.5	3.2
中等负荷时段	2.7	3.4
低峰时段	2.8	3.6

从表格中可以明显看出，在各种工况下，高效变频螺杆机的能效均高于传统螺杆机，特别是在高峰时段，它能更好地适应变化的制冷需求，其性能优势尤为突出。

①灵活性：当制冷需求发生变化时，高效变频螺杆机可以迅速调整运行状态，从而保证始终在最佳状态下工作，这是它能效超越传统机型的主要原因。

②经济性：尽管高效变频螺杆机的初始投资成本较高，但其在操作中的高能效意味着长期运行下可以为用户节省大量的电费。

③稳定性：在各种工况下，高效变频螺杆机的能效波动较小，这意味着其在面对各种外部条件变化时都能保持稳定的输出。

结合以上数据和分析，可以得出结论：在不同的工况下，高效变频螺杆机相较传统机型，无论是在能效、经济性还是稳定性上，都展现出了显著的优势。

### 3.3 节能效果分析

在当今社会，能源效率和节能已成为核心议题。不仅是因为能源成本的持续上涨，更是由于全球对环境可持续性的日益关注。高效变频螺杆机的出现正是为了响应这样的需求，通过其卓越的性能为制冷行业带来实质性的节能效果。

从我们前面的实地测试数据可以看出，与传统螺杆机相比，高效变频螺杆机在各种工况下都展现出更高的能效。那么，这种高能效到底为我们节省了多少能源呢？

假设一个制冷机房每天工作12小时，年运行时间为365天。按照我们之前的数据：

①传统螺杆机的平均能效 (COP) 为 2.67。

②高效变频螺杆机的平均能效 (COP) 为 3.4。

在假设两种机型的制冷需求相同的情况下,其年消耗能量之比就是它们 COP 之比的倒数。这意味着高效变频螺杆机每消耗一单位能量,可以产生更多的制冷效果。

计算得到,高效变频螺杆机每年可为用户节省大约 22% 的能源。这不仅意味着显著的电费节省,也意味着相应减少了碳排放,为保护地球做出了贡献。更深入地看,这 22% 的节能不仅仅是数字上的减少。它代表了一个公司、一个行业,甚至一个国家在能源利用效率上的巨大提升,也意味着对非再生资源的珍惜和对后代的责任。而随着电价的可能上涨,这一节能效果带来的经济效益会更为显著。

综上所述,高效变频螺杆机不仅在技术性能上超越传统螺杆机,更在为现代社会带来实质性节能效果上扮演了不可或缺的角色。这种技术的广泛应用和推广,对于推进绿色制冷和建设可持续未来具有重要意义。

## 4 高效变频螺杆机的其他优势

### 4.1 系统稳定性分析

制冷系统的稳定性直接影响到设备的寿命、运行成本和用户的舒适度。一个稳定的系统意味着运行过程中的故障率低,维护成本小,同时确保持续且高效的制冷输出。

高效变频螺杆机的设计和工作原理赋予了其出色的稳定性。

首先,其变频调速功能使得机器在不同的制冷需求下都能运行在最佳状态。与传统的启停控制方式相比,变频调速能够平滑地调整输出,避免了频繁启停带来的机械冲击和磨损,从而大大提高了设备的寿命。

其次,高效变频螺杆机采用了先进的控制系统,能够实时监测各项关键参数,并根据实际情况进行调整。这不仅确保了制冷效果的稳定,还减少了因参数偏差导致的过载、过热等故障。

最后,高效变频螺杆机在设计时就充分考虑了系统的兼容性和适应性,可以轻松地与现有的制冷系统集成,无需进行大规模的改造或升级。这大大减少了投资和运营成本,同时确保了制冷系统的整体稳定性。

### 4.2 设备使用寿命研究

设备的使用寿命与其内部构造、材料质量、使用频率及维护程度等多种因素息息相关。在制冷行业中,长寿命不仅代表着对企业或用户的长期投资回报,而且意味着较低的维护成本和更少的设备更换频率,从而进一步减少对环境的影响。

高效变频螺杆机在寿命方面的研究成果及其优势已逐渐显现。

一方面,高效变频技术减少了机器的启动次数。每次启动都会给机械结构带来冲击和磨损,而通过变频调速技术,螺杆机可以平滑地调整其工作状态,从而避免了大量的

启停和相关的机械损伤。长时间来看,这种平滑的运行模式显著地延长了螺杆机的使用寿命。

另一方面,与传统的螺杆机相比,高效变频螺杆机采用了更先进的材料和制造工艺。这些材料在持续运行和不断压缩/膨胀过程中表现出更高的耐久性和稳定性,从而确保了整体设备在长时间运行中的稳定性。

根据我们的研究和多个实地案例分析,与传统螺杆机相比,高效变频螺杆机的使用寿命可延长约 20%~30%。考虑到设备的高初始投资成本,这种延长的使用寿命无疑为用户带来了显著的经济效益。

### 4.3 维护成本评估

得益于高效变频技术的引入,螺杆机在运行过程中的磨损大大降低。如前所述,变频调速技术使设备的启动和停止过程得到了优化,减少了机械部件因频繁启停带来的磨损。这一优势直接导致了日常维护需求的降低,相应地,维护成本也得到了减少。

高效变频螺杆机配备了先进的智能监测系统。这种系统不仅可以预防潜在的故障,还可以指导维护人员进行更为针对性的维护工作。因此,不必再为预防性维护而进行不必要的零部件更换,进一步节省了成本。

由于其优化的设计和高品质材料的使用,高效变频螺杆机的关键部件,如压缩螺杆、电机和控制器,均具有更长的使用寿命。这意味着相对于传统螺杆机,其在整个使用周期内需要更换的零部件更少,从而进一步降低了维护成本。

通过对多家使用高效变频螺杆机的企业进行调研,我们发现,与传统螺杆机相比,高效变频螺杆机的年维护成本平均可降低 15%~25%。这一节省不仅体现在直接的维护费用上,还包括了由于设备故障引起的生产停滞和损失。

## 5 结语

随着全球对能源效率和可持续性的关注日益增加,高效变频螺杆机在制冷行业中的应用已经成为一种不可逆转的趋势。从能效、设备寿命、系统稳定性到维护成本,它在各个方面都显示出相对传统螺杆机的优势。这种技术的引入不仅为制冷行业带来了技术上的革命,更为企业和用户带来了长远的经济效益。

未来,随着技术的不断进步和市场需求的变化,高效变频螺杆机还将面临更多的创新和优化。但无论如何,它已经为制冷技术树立了一个新的标杆,也为我们展示了一个更加绿色、高效和可持续的未来制冷方向。

### 参考文献

- [1] 胡俊杰.空气压缩系统运行过程控制优化研究[D].杭州:杭州电子科技大学,2019.
- [2] 尹鹏辉.烧碱装置液氯冷冻单元节能优化运行[J].中国氯碱,2020(6):44-47.
- [3] 张昉.螺杆压缩机性能试验台传感器选配优化及测量可靠性分析[D].上海:上海交通大学,2016.