

基于 TRIZ 理论的一种提升罗茨真空泵基础压力的设计方法*

李小金, 李正清, 韩仙虎, 蔡宇宏, 杨建斌, 刘筱文

(兰州空间技术物理研究所, 甘肃 兰州 730000)

摘 要:以 TRIZ 理论为研究工具, 采用因果分析方法得到了影响罗茨真空泵基础压力的根本原因和薄弱点, 通过技术矛盾和技术系统进化法则解决方案模型的启示, 进一步改进了罗茨真空泵的密封结构和转子型线, 然后基于改进方案, 对 ZJP70 型罗茨真空泵进行了优化。测试结果表明: 在同等条件下, 优化后的新型罗茨真空泵基础压力提升明显, 同时最大零流量压缩比、整机漏率和噪声等核心指标也得到了显著改善。

关 键 词:罗茨真空泵; 基础压力; TRIZ; 真空电机; 转子型线

中图分类号: TB752

文献标识码: A

文章编号: 1002-0322(2024)02-0062-06

doi: 10.13385/j.cnki.vacuum.2024.02.11

A Design Method Based on TRIZ Theory to Enhance the Base Pressure of Roots Vacuum Pump

LI Xiao-jin, LI Zheng-qing, HAN Xian-hu, CAI Yu-hong, YANG Jian-bin, LIU Xiao-wen

(Lanzhou Institute of Physics, Lanzhou 730000, China)

Abstract: Using the causal analysis of TRIZ theory as a research tool, the basic reason and weakness that affect the base pressure of Roots vacuum pumps were obtained. The seal structure and rotor profile of the Roots vacuum pump were improved based on the enlightenment of the technological contradiction and the law of technological system evolution solution model, and then the ZJP70 Roots vacuum pump was optimized. The test results show that the base pressure of the optimized Roots vacuum pump is significantly increased under the same conditions. At the same time, the key indicators such as maximum zero flow compression ratio, overall leakage rate, and noise achieve significant improvement.

Key words: Roots vacuum pump; base pressure; TRIZ; vacuum motor; rotor profile

罗茨真空泵是一种双转子容积式真空泵, 罗茨真空泵及其组成的罗茨真空泵机组广泛应用于中真空范围内大载量气体的抽除, 或者在相对较短的时间内获得设定的工作压力。除此之外, 罗茨真空泵与油泵组成的真空机组可有效降低前级油泵的运行压力, 因而对凝性气体具有良好的适应性。在实际的应用中, 罗茨真空泵常作为中真空机组的主泵或者高真空机组的中间泵^[1-3]。

稳定条件下的最低压力体现了罗茨真空泵产品有效工作区间的下限和技术水平的先进性, 是选配机组时的主要参考, 也是诸如密封结构设计、转子型线设计水平的重要体现。最新的国际

标准 ISO 21360-1:2020^[4]和国家标准 GB/T 40344.1-2021^[5]中, 用基础压力(Base Pressure)替代极限压力表示真空泵在稳定条件下的最低压力, 具体定义为真空泵和测试罩达到规定状态后, 测试罩指定位置处测得的压力。

国内外学者围绕提升罗茨真空泵的基础真空开展了不少相关的实验和理论研究。In 等^[6]通过将可变的、非圆形的转子间隙横截面等效为矩形通道, 讨论了计算罗茨真空泵转子与转子之间、转子和泵体之间返流的可行性, 估算了不同间隙下的基础压力; Burmistrov 等^[7]采用角度系数法建立了罗茨真空泵分子流状态下的流导方程, 为低返流转子型线的设计提供了理论支撑;

收稿日期: 2023-04-21

作者简介: 李小金(1987-), 男, 甘肃天水人, 硕士, 高级工程师。

* 基金项目: 甘肃省科技重大专项(21ZD4GA004)。