

分子泵体积流率检测标准方法的探讨

乔忠路¹, 王玲玲^{1,2}, 李智慧¹, 刘诗梦¹, 宋青竹^{1,2}, 战春鸣²

(1. 国家真空设备质量检验检测中心, 辽宁 沈阳 110042; 2. 沈阳真空技术研究所有限公司, 辽宁 沈阳 110042)

摘 要: 全面论述了分子泵的发展、体积流率检测方法及应用等内容。介绍了分子泵体积流率测量的国内外标准, 重点探讨了流量法和小孔法两种体积流率测试方法, 以 FF-160/620C 分子泵为对象, 分别用这两种方法测量了其在特定压力下的体积流率, 详细介绍了测量原理、流程、结果及不确定度。结果表明, 在流量计满足要求的情况下, 流量法更具优势。最后介绍了分子泵在特殊工况下如强磁、耐腐蚀等环境下的测量方法和意义。

关键词: 分子泵; 体积流率; 流量法; 小孔法

中图分类号: TB752

文献标识码: A

文章编号: 1002-0322(2024)04-0058-07

doi: 10.13385/j.cnki.vacuum.2024.04.11

Discussion on the Standard Method for Detecting Volume Flow Rate of Molecular Pump

QIAO Zhong-lu¹, WANG Ling-ling^{1,2}, LI Zhi-hui¹, LIU Shi-meng¹, SONG Qing-zhu^{1,2}, ZHAN Chun-ming²

(1. National Quality Inspection and Testing Center for Vacuum Equipment, Shenyang 110042, China;

2. Shenyang Vacuum Technology Institute Co., Ltd., Shenyang 110042, China)

Abstract: The development of molecular pumps, detection methods and applications of volume flow rate are comprehensively discussed. The domestic and international standards for volume flow rate measurement of molecular pumps are introduced, and two volume flow rate test methods, the flow method and the orifice method are focuses on. Taking the FF-160/620C molecular pump as the object, the volume flow rate under specific pressure is measured by the two methods respectively. The principle, process, results and uncertainty are introduced in detail. It is concluded that the flow method has greater advantages when the flowmeter meets the requirements. Finally, the measurement methods and significance of molecular pumps in special working conditions, such as strong magnetic and corrosion-resistant environments, are introduced.

Key words: molecular pump; volume flow rate; flow method; orifice method

1 超高/高真空分子泵的发展

分子泵作为一种高洁净、高效率的真空获得设备, 在高真空、超高真空领域中发挥着关键作用^[1-4], 如芯片制造、质谱分析、核电能源和航空航天等尖端领域。分子泵主要由定子和转子组件组成, 其性能主要取决于转子组件中叶片的数量、长度及角度等参数^[5]。在质谱分析领域, 分子泵的性能直接决定了其工作范围及精度^[6]。

1912 年, 德国人盖得 (W. Gaede) 首先发明了分子泵。早期的牵引式分子泵抽速小、故障多, 并未获得广泛应用, 而是被油扩散泵挤占了发展

空间。随后, 德国人贝克 (W. becker) 发明的涡轮式分子泵得到了快速发展和应用。同时期, 全球 10 余家公司研制的分子泵均以此泵为原型进行技术和产品开发。目前, 最新型的涡轮分子泵极限压力可达 10^{-8} Pa 量级。按涡轮转子的支撑方式不同, 可将涡轮分子泵划分为油润滑轴承、脂润滑轴承和磁悬浮轴承三类。

20 世纪 50 至 70 年代, 德国普发 (Pfeiffer) 公司和莱宝 (Leybold) 公司均进行了涡轮分子泵开发。Leybold 公司率先应用磁悬浮轴承技术, 为分子泵的性能提升提供了新的思路。但是磁悬浮分子泵的制造存在成本高、故障多等问题, 大