

低温高真空环境下气体吸附材料吸气性能测试系统设计

李晓刚¹, 胡 勇¹, 高 峰¹, 胡湘娥¹, 甘智华²

(1. 中山凯旋真空科技股份有限公司, 广东 中山 528478; 2. 浙江大学制冷与低温研究所, 浙江 杭州 310013)

摘 要: 设计了利用动态法原理测试气体吸附材料吸气性能的系统, 可以实现在 15 ~ 500K 温度范围, 高真空 (5.0×10^{-4} Pa) 至几个大气压压力范围内精确测量多种材料对不同气体的瞬时吸气速率、阶段气体吸附量、累积饱和吸附量等参数。研究表明该测试系统具有本底真空度高、结构合理紧凑、测试数据精确可靠的特点。

关 键 词: 气体吸附材料; 低温高真空; 系统设计

中图分类号: TB771

文献标识码: A

文章编号: 1002-0322(2023)01-0042-04

doi: 10.13385/j.cnki.vacuum.2023.01.07

Design of Gas Adsorption Performance Measurements at Low Temperature and Low Pressure

LI Xiao-gang¹, HU Yong¹, GAO Feng¹, HU Xiang-e¹, GAN Zhi-hua²

(1. Zhongshan Kaixuan Vacuum Science & Technology Co., Ltd., Zhongshan 528478, China;

2. Institute of Refrigeration and Cryogenics, Zhejiang University, Hangzhou 310013, China)

Abstract: A system is designed to test the gettering performance of gas adsorption materials by using the principle of dynamic method, which can achieve high vacuum (5.0×10^{-4} Pa) to several atmospheres in the temperature range of 15–500K, measure the instantaneous adsorbing speed, adsorption capacity and saturation gas capacity of various materials for different gases accurately. The test results show that the system has the characteristics of high background vacuum, reasonable and compact structure, and accurate and reliable test data.

Key words: gas adsorption material; cryogenic high-vacuum; system design

除工业气体处理领域外, 气体吸附材料在真空绝热容器和高真空器件中也得到广泛的应用, 如低温杜瓦、液氢(氮)储罐及管道、低温吸附泵等。气体吸附材料可以吸收真空环境中的残余气体分子, 用来产生或者长时间维持较高水平的真空度, 保证绝热设备的真空绝热层始终维持一个极低的导热系数。真空绝热层的导热系数只有常见绝热材料的 1/10 左右, 是目前效果最好的一种绝热型式^[1-8]。气体吸附材料还可用于各类低温泵中, 用于吸除各类小分子活性气体, 产生 10^{-8} Pa 量级的真空环境。随着航天、化工、机械行业的高速发展, 液氧、液氮、液态天然气、液态二氧化碳等低温液体的批量生产技术和储运技术不断有所突破, 真空绝热容器(管道)有了巨大的市场需

求, 将成为以往机械保温管的经济替代品^[4]。

常见的气体吸附材料有活性炭、分子筛^[5]、氧化钡、锆/钛系合金吸气剂、石墨烯、活性氧化铝和硅胶等。但目前, 这些吸附材料的低温测试实验数据较为缺乏^[6], 为了获得性能更佳的气体吸附材料, Feng 等^[7]、Hsu 等^[8]、谢斯卫^[9]、王健等^[10]、于洋等^[11-12]研究了合金吸气剂、活性炭、氧化铜复合吸氢剂、PdO 和银改性分子筛在低温条件下的吸附性能, 他们借助液氮等方式来创造低温测试环境, 研究了 77K 至室温范围下气体吸附材料的吸气性能, 但均未能实现 77K 以下温度范围吸气性能的测试。Moulard 等^[13]用液态氮和气态氮作为冷源, 研究了五种不同材料在 3.7 ~ 45K 范围内的气体吸附性能, 但该实验装置结构复杂, 且无

收稿日期: 2022-07-14

作者简介: 李晓刚(1980-), 男, 陕西省宝鸡市人, 硕士, 工程师。

* 基金项目: 广东省重点领域研发计划项目资助(2021B0101300004)。