

面向凝汽器检漏需求的多工质泄漏研究*

袁翠平¹, 眭宵翔², 李 征¹, 李文斌¹, 张子罡¹, 张海峰¹

(1. 北京卫星环境工程研究所, 北京 100094; 2. 中广核检测技术有限公司, 江苏 苏州 215004)

摘 要: 凝汽器作为核电站重要的冷却设备, 其密封性直接关系核电站的安全运行。本文模拟凝汽器真实工况(真空侧 7500Pa, 压力侧 110kPa), 基于四极质谱仪搭建了实验系统, 研究了不同量级漏孔(氦气等效漏率为 10^{-7} ~ 10^{-4} Pa·m³/s)下氦气、空气、SF₆ 三种气体介质的漏率。结果表明, 在凝汽器工况下, 所研究量级范围内气体介质漏率与介质种类无关, 只与标称漏率有关。

关 键 词: 凝汽器; 四极质谱仪; 六氟化硫; 泄漏检测

中图分类号: V19; TB774

文献标识码: A

文章编号: 1002-0322(2023)04-0042-05

doi: 10.13385/j.cnki.vacuum.2023.04.08

Various Media Leak Study for Condenser Leak Detection Needs

YUAN Cui-ping¹, SUI Xiao-xiang², LI Zheng¹, LI Wen-bin¹, ZHANG Zi-gang¹, ZHANG Hai-feng¹

(1. Beijing Institute of Spacecraft Environment Engineering, Beijing 100094, China;

2. CGN Inspection Technology Co., Ltd., Suzhou 215004, China)

Abstract: As an important cooling equipment of nuclear power plants, the tightness of condenser is directly related to the safe operation of nuclear power plants. In this paper, the real working conditions of the condenser (the vacuum side is 7500Pa, the pressure side is 110kPa) are simulated, an experimental system is built based on quadrupole mass spectrometer, and the leakage rates of three gas media including helium, air and SF₆ are studied under different magnitudes of leakage holes (helium equivalent leakage rate is 10^{-7} ~ 10^{-4} Pa·m³/s). The results show that under condenser conditions, the leakage rate of the gas medium within the measured magnitude has nothing to do with the type of medium, but only with the nominal leakage rate.

Key words: condenser; quadrupole mass spectrometer; sulfur hexafluoride; leak detection

核能作为清洁能源越来越受到重视, 其安全性更是不可忽视的重中之重。作为关键冷却设备的凝汽器, 其优异的密封性是核电站安全运行的重要因素之一。凝汽器气体泄漏主要发生在轴封、膨胀节、法兰结合面、截面突变处焊缝、系统连接的阀门、管道和仪表接头等位置^[1-4]。上述位置密封失效后会形成漏孔通道, 空气进入凝汽器真空侧, 导致汽轮机背压上升、乏汽与冷却水换热效果降低、凝结水氧含量增加引起腐蚀加速等问题^[5-14]。常用的凝汽器检漏方法主要包括烛烟法、灌水法、泡沫法、薄膜覆盖法、单管充压/真空法、柔性堵头法和示踪气体检漏法等^[15], 其中示踪气体检漏法因其灵敏度高、响应快和便于实

施的特点, 得到重点关注和研究。示踪气体种类主要有氦气、SF₆ 等, 示踪气体之间、示踪气体与空气之间的漏率关系是示踪气体检漏法的关键^[16-17]。

目前, 对于不同工质气体漏率等效关系的研究主要集中在真空漏孔和正压漏孔方面。凝汽器的泄漏工况为 110kPa, 内部压强为 7500Pa, 这种特定工况下, 不同工质气体的漏率等效关系鲜有研究。

本文选取一系列通道型真空漏孔用以模拟凝汽器由于密封失效形成的泄漏通道, 标称氦气漏率分别为 10^{-7} , 10^{-6} , 10^{-5} , 10^{-4} , 10^{-3} , 10^{-2} , 10^{-1} Pa·m³/s (漏孔入口压力为 1.01×10^5 Pa, 出口压力低于 1.33×10^{-3} Pa, 温度为 $296\text{K} \pm 3\text{K}$ 的标准条件下,

收稿日期: 2022-10-15

作者简介: 袁翠平(1989-), 男, 河北省藁城市人, 硕士, 工程师。

* 基金项目: 军用测试仪器领域工程产品替代研制(2006ZCTF0039-1)。