

某型燃气轮机试验台进气盐雾系统设计及试验验证研究

魏昌森¹, 唐祖定¹, 马正军², 范 阔²

(1. 中国船舶集团有限公司第七〇三研究所无锡分部, 江苏 无锡 214151;

2. 中国船舶集团有限公司第七〇三研究所, 黑龙江 哈尔滨 150078)

摘 要:为满足燃气轮机试验台配置模拟海洋大气环境装置的需求,设计了试验台盐雾系统。该系统通过蠕动泵输送燃气轮机各工况所需要的盐溶液,盐溶液输送至雾化器内雾化后形成盐雾,盐雾在燃气轮机进气道中与燃气轮机吸入的空气混合后进入压气机。在20%,35%,50%,60%,80%和100%等额定功率工况下对压气机进口空气含盐质量分数进行测量计算,压气机进气含盐质量分数均约为 0.01×10^{-6} ,验证了系统满足燃气轮机全功率工况空气含盐质量分数的模拟要求。

关 键 词:燃气轮机;盐雾系统;试验研究

中图分类号:TK474.8

文献标识码:A

DOI:10.16146/j.cnki.rndlgc.2021.10.025

[引用本文格式]魏昌森,唐祖定,马正军,等.某型燃气轮机试验台进气盐雾系统设计及试验验证研究[J].热能动力工程,2021,36(10):193-196. WEI Chang-miao, TANG Zu-ding, MA Zheng-jun, et al. Design and experimental verification of inlet salt spray system for gas turbine test bed[J]. Journal of Engineering for Thermal Energy and Power, 2021, 36(10):193-196.

Design and Experimental Verification of Inlet Salt Spray System for Gas Turbine Test Bed

WEI Chang-miao¹, TANG Zu-ding¹, MA Zheng-jun², FAN Kuo²

(1. Wuxi Division of No. 703 Research Institute of CSSC, Wuxi, China, Post Code:214151;

2. No. 703 Research Institute of CSSC, Harbin, China, Post Code:150078)

Abstract: In order to meet the requirements of a set of equipment for simulating marine atmospheric environment on gas turbine test-bed, a salt spray system of the test-bed was designed, which transported the salt solution required by gas turbine under various working conditions is conveyed by peristaltic pump, and delivered the salt solution to atomizer for atomization. The salt spray mixed with the air inhaled by gas turbine in the gas turbine inlet and then enters the compressor. By measuring and calculating the salt content of compressor inlet air at 20%, 35%, 50%, 60%, 80% and 100% power conditions, it is concluded that the salt-containing mass fraction of compressor inlet air is about 0.01mg/kg, which verifies that the system meets the simulation requirements of salt-containing mass fraction at full power condition of gas turbine.

Key words: gas turbine, salt spray system, experimental investigation

引 言

随着海上燃气轮机的使用,逐渐出现很多问题,其中之一便是海洋环境下的腐蚀^[1-2]。海洋环境的

典型特点是高温、高湿及高盐雾,空气中含有大量 Cl^- 离子等腐蚀诱导物。当燃气轮机工作时,压气机源源不断地从外界吸入空气,空气中的 Cl^- 等与燃料中的S、V和Pb等元素极易发生反应,生成的熔盐混合物以共晶形式沉积在涡轮叶片等部件表

与盐雾喷射总管连接,盐雾喷射总管分 3 路盐雾分支喷射管,每根盐雾分支喷射管背向气流方向开出气孔。在燃气轮机慢车情况下,进气总压即能达到 -10 Pa 左右,负荷越高负压越大,因此盐雾喷射总管内能始终保持负压,喷出的盐雾会被吸入进气道内。为了保证盐雾不因流速过慢而在管壁凝结并克服管道阻力,从场地引入一路压缩空气,采用喷射引射原理,加强盐雾进入进气道的能力。经过调试,将引射气压保持在 0.2 MPa ,可以使盐雾快速通过沿途管路到达进气道。同时,在盐雾喷射总管上包缠电伴热带加温管壁,以防在环境温度过低时盐雾进入喷射总管后冷凝。盐雾在燃气轮机进气道中与燃气轮机吸入的空气混合后进入压气机。

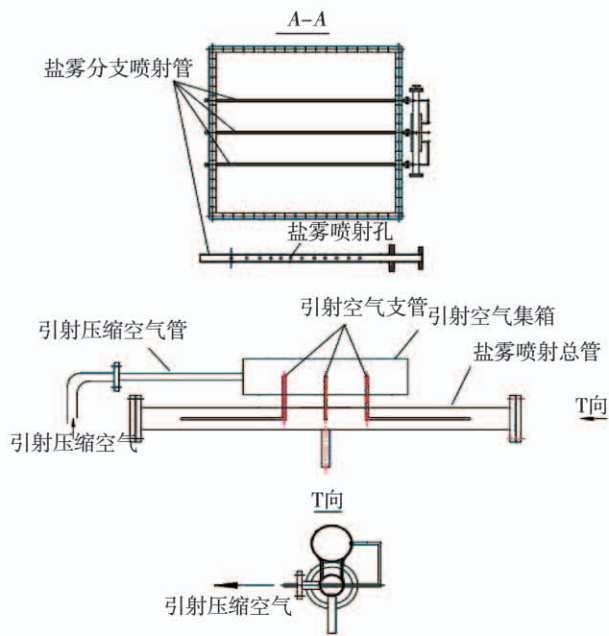


图 2 盐雾喷射管图

Fig. 2 Salt spray pipe diagram

通过 500 h 的燃气轮机运行,观察测试结果,超声波雾化器可生成连续不断的盐雾,杯内残留溶液无显著增加,检查软管和喷射总管管壁无凝结溶液,则盐雾均喷入进气道内。该盐雾系统满足了燃气轮机各工况对盐雾量的要求。

3 压气机盐雾系统性能试验验证

通过对压气机进口空气内的含盐质量分数测量,分析燃气轮机盐雾系统的准确性。盐雾分布试验主要由盐雾采样系统、含盐质量分数分析系统及相关配试仪器组成,如图 3 所示。

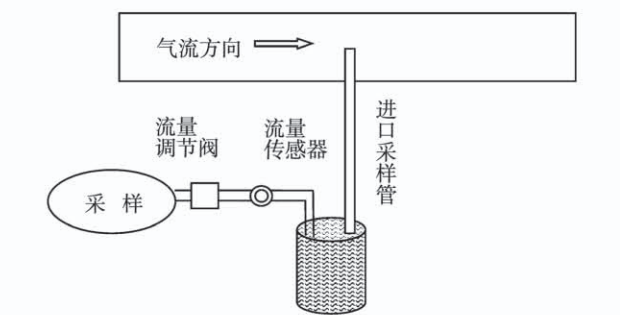


图 3 试验台布置示意图

Fig. 3 Schematic diagram of test bed layout

根据压气机进口空气压力特点,盐雾采样系统为负压采样系统。负压采样系统用于压气机进口含盐质量分数的测量,主要包含进口采样管、样品高效收集装置、流量传感器和采样泵等。采样探头伸入燃气轮机进气管道,与燃气轮机进气管道壳体通过螺纹连接,采样探头与样品收集装置之间通过采样管路连接,采样管路与压气机机匣螺纹连接,主要包含采样管路、样品高效收集装置、流量传感器和流量调节阀等。含盐量分析离子色谱仪用于分析盐雾收集装置中获取的采样溶液,采样溶液基于离子交换树脂上可离解的离子与流动相中具有相同电荷的溶质离子之间进行的可逆交换,以及分析物溶质对交换剂亲和力的差别而被分离,进而获得采样溶液中氯离子的质量浓度。含盐量分析系统主要设备如表 3 所示。

表 3 盐量分析系统设备组成表

Tab. 3 Composition of Salt Analysis System Equipment

设备	数量
采样探头	1
采样管路	1
样品高效收集装置	1
流量传感器	1
流量调节阀	1
采样泵	1
离子色谱仪	1
纯水机	1

根据表 1 盐溶液的组分进行盐雾配比,盐溶液中 Cl^- 占比如表 4 所示。测量压气机进口空气盐分时,试验负压系统安装如图 4 所示。

表 4 Cl⁻ 占比表
Tab.4 Cl Ion Proportion Table

成分	分子量	Cl ⁻ 相对 原子质量	各成分 质量/g	Cl ⁻ 质 量/g
MgCl ₂ · 6H ₂ O	203	71	11	3.847 291
CaCl ₂ (无水)	111	71	1.2	0.767 568
Na ₂ SO ₄	142	0	4.0	0
NaCl	58.5	35.5	25.0	15.170 940



图 4 负压采样系统安装图

Fig.4 Installation drawing of negative pressure
sampling system

采样试验时,为保证测量精度,各典型工况采样时间维持在 30 min 以上。在盐雾系统工作的情况下,即进口盐分模拟质量分数为 0.01×10^{-6} 时,采样系统将空气样品中的盐雾溶解在样品吸收瓶内的纯水中。采用化学分析方法,利用离子色谱仪测定燃气轮机在 20% ,35% ,50% ,60% ,80% 和 100% 额定功率下压气机进气口空气中氯离子的质量浓度,进而计算出气流中的含盐浓度。

根据燃气轮机 20% ,35% ,50% ,60% ,80% 和 100% 额定功率下压气机进气口空气中氯离子的质量浓度,计算出压气机进口含盐质量分数如表 5 所示。

表 5 压气机进口空气含盐质量分数
Tab.5 Salt content mass fraction of compressor inlet air

工况	进口空气含盐质量分数/ 10^{-9}
0.20	10.015
0.35	10.071
0.50	10.011
0.60	9.834
0.80	9.917
1.00	9.892

可以看出,在各工况下进口含盐质量分数均在 0.010×10^{-6} 左右,含盐质量分数分布如图 5 所示。

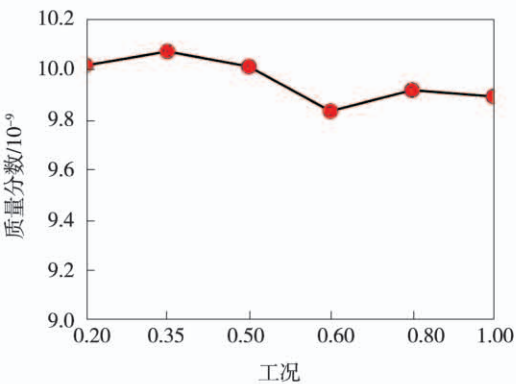


图 5 进口空气含盐质量分数分布图
Fig.5 Distribution diagram of salt content mass
fraction in inlet air

通过压气机各级含盐量的测量及计算,压气机进口含盐量在各典型工况下均在 0.010×10^{-6} 左右,与盐溶液中含盐量一致,该盐雾系统模拟装置满足进气含盐质量分数为 0.01×10^{-6} 的试验要求。

4 结 论

为了研究船舶及海洋石油平台用燃气轮机在海洋大气环境中的工作情况,设计了模拟海洋大气环境的燃气轮机陆地试验台盐雾系统。该系统通过蠕动泵来输送燃气轮机各功率下所需要的盐溶液,并将盐溶液输送至雾化器内进行雾化,盐雾均匀地进入燃气轮机进气道内,并实现系统自动控制。通过在 20% ,35% ,50% ,60% ,80% 和 100% 额定功率下压气机进气口空气含盐质量分数的测量及计算,验证了该系统满足进气含盐质量分数为 0.01×10^{-6} 的试验要求。该盐雾系统的设计合理并投用至燃气轮机陆地试验台试验,对研究燃气轮机在海洋环境中工作造成的通流部分污染、盐雾腐蚀等方面研究具有重要意义。

参考文献:

[1] 赵德孜. 海洋环境下燃气轮机涡轮叶片的热腐蚀与防护[J]. 装备环境工程,2011,8(5):100 – 103.
ZHAO De-zi. Hot Corrosion and protection of gas turbine Blade in marine environment [J]. Equipment EnvironmEntal engineering, 2011,8(5):100 – 103.