

DOI:10.13808/j.cnki.issn1674-9987.2015.03.013

# 百万核电汽轮发电机组顶轴油泵振动问题处理

徐仕海, 邓晓晖, 李诚

(东方汽轮机有限公司, 四川 德阳, 618000)

**摘要:** 文章通过对国内百万等级半转速核电机组顶轴油泵在实际运行过程中的振动问题进行分析, 并对处理过程进行描述, 可作为经验反馈对后续核电机组顶轴油泵选型及安装进行改进。

**关键词:** 核电汽轮机, 顶轴油泵, 振动

**中图分类号:** TK262

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1674-9987 (2015) 03-0056-03

## Analysis and Disposal of Vibration Problem for Jacking-up Oil Pump in 1 000 MW Nuclear Turbine

Xu Shihai, Deng Xiaohui, Li Cheng

(Dongfang Turbine Co., Ltd., Deyang Sichuan, 618000)

**Abstract:** The article analyses the vibration problem of jacking-up oil pump in 1 000 MW grade half speed nuclear turbine in actual operation process. And it can be taken as experience feedback to improve the selection and erection of nuclear turbine jacking-up oil pump.

**Key words:** nuclear turbine, jacking-up oil pump, vibration

### 0 引言

顶轴油系统的作用是在汽轮机低速阶段提供高压油, 在转子和轴承之间形成静压油膜将转子顶起, 避免汽轮机低转速过程中轴颈和轴瓦之间的干摩擦, 防止低速碾瓦, 并减少盘车力矩, 对转子和轴承起着重要的保护作用。通常百万级火电机组采用全转速机型, 轴系及叶片总重相对较小, 因而顶轴压力一般在 20 MPa(a)左右, 顶轴

油泵出口油量 100 L/min 左右; 而作为百万级核汽轮机发电机组采用半转速机型的特点, 轴系重量会比较大, 叶片也相对比较长, 包含叶片在内的轴系重量高达 500~600 t, 因而顶轴油泵的出口额定压力甚至要保持在 30 MPa (a), 额定流量高达 250 L/min, 这样大的压力和流量要求, 势必对核电汽轮机顶轴油泵的运行造成极大挑战。

### 1 设备简介

**作者简介:** 徐仕海 (1980-), 男, 工程师, 机械电子工程专业, 目前在东汽产品开发处从事核电汽轮机设计工作。



百万核电顶轴装置采用2台容积式真空泵，一台运行，一台备用，每台顶轴油泵由一台交流电机驱动。每台顶轴油泵的出口设置有压力控制阀、过滤器、隔离阀和止回阀，过滤器上安装有差压传感器以监测滤网的堵塞情况。顶轴油供油母管上安装了一只放油阀，还安装了2个压力传感器以监测顶轴油压。

每个支持轴承设置了5个带压力测点的顶轴油分配器，其中4个分配器将顶轴油送至底部支撑瓦块上的顶轴油囊内，另外1个分配器将顶轴油送至侧部瓦块上的顶轴油囊内。

顶轴系统运行时必须保证有一台顶轴油泵投运，另一台处于备用状态。顶轴油泵在核电汽轮发电机系统中的典型安装位于主油箱顶部。安装示意图如图1所示。

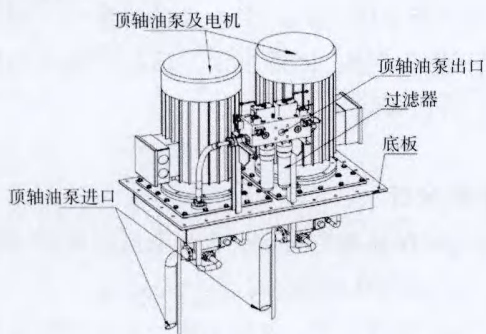


图1 一用一备顶轴油泵安装示意图

## 2 振动问题描述

以国内某百万核电项目中的顶轴油泵运行时的振动情况为例进行描述。该机组在进行顶轴油泵调试时，发现电机局部振动超标。

为了对振动获得全面的数据，首先根据现场实际环境，对顶轴油泵电机不同区域设置振动测量点，如图2所示。

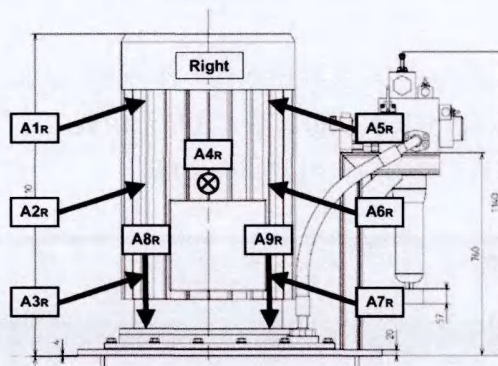


图2 顶轴油泵振动点划分（正视图）

分别选取电机非驱动端水平向、电机非驱动端垂直向、电机驱动端水平向、电机驱动端垂直向、电机驱动端轴向进行测振。表1和表2分别为图1左侧(#1)和右侧(#2)电机振动测量值。

表1 #1 电机振动测量值

测点	电机非驱动端	电机非驱动端	电机驱动端水	电机驱动端	电机驱动
	水平向	垂直向	平向	垂直向	端轴向
速度均方根值(mm/s)	5.12	1.39	2.39	2.19	3.02
报警值(mm/s)	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5

表2 #2 电机振动测量值

测点	电机非驱动端	电机非驱动端	电机驱动端水	电机驱动端	电机驱动
	水平向	垂直向	平向	垂直向	端轴向
速度均方根值(mm/s)	4.24	4.69	2.97	3.48	2.83
报警值(mm/s)	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5

## 3 振动问题分析

### 3.1 频谱分析

从表1~2中的数据可以看出，2台顶轴油泵电机的非驱动端都有测点的振动值超过报警值4.5 mm/s。针对上述2台顶轴油泵电机的振动，做了曲线对比，对比结果如图3所示。



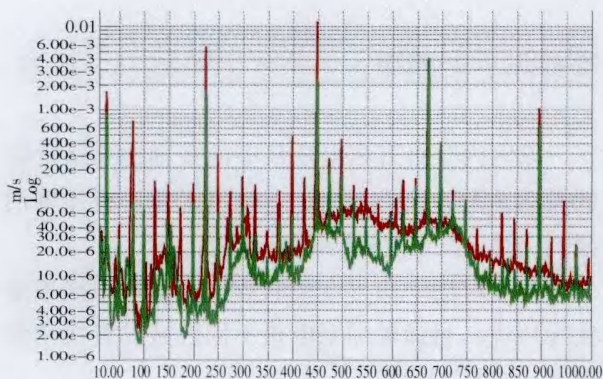


图3 振动曲线对比

为了分析上述振动测量值部分超标的原因，利用频谱分析仪获得如图4~5所示的频谱（只列#2电机非驱动端和#1电机驱动端）。



图4 #2电机非驱动端水平向（上图），垂直向（中图）和轴向（下图）频谱图

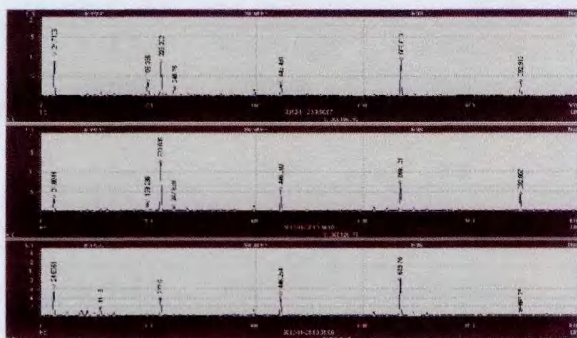


图5 #1电机驱动端水平向（上图），垂直向（中图）和轴向（下图）频谱图

对比#1和#2顶轴油泵电机频谱，发现2台电机的频谱特征非常相似，这说明造成2台顶轴油泵电机局部振动超标的原因存在共性。

电机非驱动端的频谱成分主要是转速的1倍

频。1倍频主要与2个因素有关：一是不平衡量，可以说是转子质心偏离其旋转中心线的程度；二是刚度，现场观察发现，虽然已经加了抱箍和支撑，但抱箍与电机的接触不充分，支撑的铁棒也比较细，电机水平方向的刚度还是较小。

电机驱动端除了1倍频以外，还有9倍频及其谐波。在对轴承的检查过程中，未发现轴承的故障频率，说明电机轴承运转正常。9倍频及其谐波来自顶轴油泵本身，详细检查了顶轴油泵的出厂试验情况，同时在现场也重新测了顶轴油泵的振动，未见异常。

### 3.2 gSE 能量谱分析

为了更深入地查找原因，对顶轴油泵与电机之间连接的轴承再次进行了确认，获取了轴承的尖峰振动能量谱（gSE谱），该能量谱中主要存在的是转速的倍频，因而也未发现存在轴承的故障频率，可以排除。

### 3.3 数据分析

(1)从振动数值可知，2台电机的非驱动端都有测点的振动值超过报警值4.5 mm/s；

(2)频谱分析中，发现造成非驱动端振动超标的主要振动来源是1倍频。影响1倍频的两个因素有不平衡量。对于不平衡量，即上面提到的顶轴油泵转子和电机转子的对中，仔细核对了转子此时的偏心情况，同时严格地进行了对中，未发现是造成振动超标的主因，因而重点放在提高刚度上。

## 4 实施措施及效果

根据分析，在现场减振主要从刚度方面入手，实施了如下措施：

(1)重新加工抱箍，保证抱箍与顶轴油泵电机接触更充分、更均匀；

(2)抱箍设计成可调整松紧度的部件，在现场设备运行时可以调整；

(3)更换较粗支撑的铁棒以增加刚度。

(下转第74页)



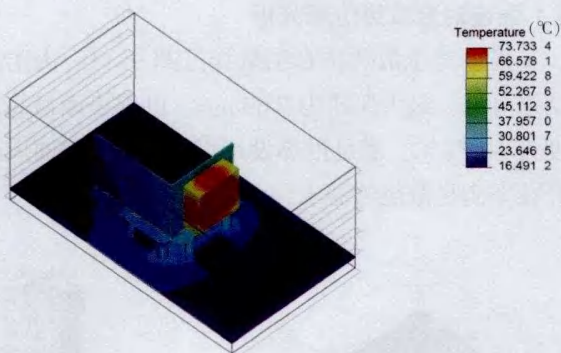


图12 自然对流温度云图

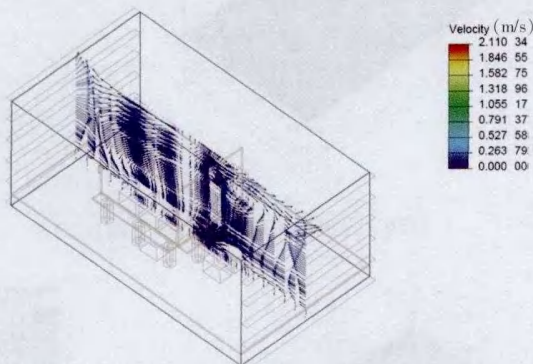


图13 自然对流风速云图

## 6 结论

利用专业散热仿真软件,对伺服驱动器的虚

拟样机进行散热仿真分析。根据仿真结果、分风扇,采用抽风的工作方确定了最优的伺服驱动器热设计方案:选用 ebm614NGHH 型号,风扇安装在 Z75 mm 处。气流在风机的抽吸作用下由对侧进风口进入驱动器内部,带走功率器件所产生的热量,最后经风机同侧的出风口耗散至外部环境形成循环。通风孔的开孔率为 40%。在这种结构设计方式下,当伺服驱动器环境温度在 45℃ 时,功率器件电感的最高温度为 60.73℃,满足热设计需求。

## 参考文献

- [1]余建祖,高红霞,谢永奇.电子设备热设计及分析技术[M].北京:北京航空航天大学出版社,2008:332-362
- [2]顾林卫.电子系统的热仿真及热测试研究[J].现代雷达,2011,33(3):78-80
- [3]卢锡铭.电子设备热仿真及热测试技术研究[J].舰船电子对抗,2013,36(3):118-120
- [4]陈洁茹,朱敏波,齐颖.Icepak 在电子设备热设计中的应用[J].电子机械工程,2005,21(1):14-16
- [5]吕永超,杨双根.电子设备热分析、热设计及热测试技术综述及最新进展[J].电子机械工程,2007,23(1):5-10
- [6]黄梦彬.一种强迫风冷机柜的热设计[J].电子机械工程,2006,22(2):12-13,36

(上接第 58 页)

通过上述改进后,根据图 2 的测点布置,重新对各点进行测振,振动值都在报警值 4.5 mm/s 以下,达到预期目的。

另外,在处理过程中对于不平衡量(转子质心偏离其旋转中心线)的调整时,也获得了一些经验:可以通过提高电机与联轴器之间接合面的平面度或泵装配间隙使振动得到改善。

## 5 结束语

通过对核电半转速机顶轴油泵现场振动问题的分析及处理,找到一些关于核电半转速机型大容量顶轴油泵振动的原因及处理方法。今后,对顶轴油泵及电机的选型需提出更高要求,在生产

制造及安装、运行过程中,必须严格执行标准规范要求,否则,就很可能造成局部的振动超标。也积累了局部振动超标可通过加固或者改善部件的装配等达到要求的经验。同时,在处理问题过程中,对核电顶轴油泵的实际运行过程及运行经验有了全面的认识。

## 参考文献

- [1]陈胜军,刘金生,高鹏里.1000 MW 汽轮机顶轴油系统异常的原因分析与处理[J].浙江电力,2008,(5):48-49
- [2]王银丰,柴锡强,吴砚华,等.600 MW 汽轮机顶轴油系统调试与问题处理[J].陕西电力,2006,34(1):24-25
- [3]蔡颐年,王璧玉.汽轮机装置[M].北京:机械工业出版社,1989