1 000 MW 机组凝结水泵振动原因分析与处理

朱德强,王辉
(广东大唐国际潮州发电有限责任公司,广东 潮州 515723)

摘 要:介绍了潮州电厂 1 000 MW 机组凝结水泵由工频改为变频后,在某一转速区振动严重超标的问题,针对该项问题分析了其原因,通过采取针对性的检修措施,有效降低了凝结水泵的振幅,为凝结水泵长周期、安全可靠运行提供了保障。

关键词:凝结水泵;变频;振动;同轴度;检修
中图分类号:TM 358 **文献标志码**:B **文章编号**:1674 - 1951(2017)08 - 0061 - 03

0 引言

随着我国国民经济的发展,科学发展观、可持续发展、建设节约型社会得到了党中央、国务院的高度关注和大力提倡,并把节约优先、效率为本作为我国能源政策的首要任务。

变频技术作为一项成熟可靠的节能技术,在电力企业中得到了广泛的推广与应用,特别是在大型火力发电厂凝结水泵上普遍采用了该项技术。但由工频改为变频后,凝结水泵在某一转速区间存在振动严重超标,针对该项问题,本文从优化水泵检修工艺、降低振动方面进行分析与处理[1]。

1 设备简介

潮州电厂二期 2 台 1 000 MW 机组原设计 6 台工频凝结水泵,2 用 1 备。

凝结水泵为长沙水泵厂生产的 C630III - 6 型 6 级立式泵,推力由安装在泵体上部的推力轴承来承受,配套电机为湘潭电机厂生产的 6 kV,1 490 r/min,1 500 kW 的 YSPKSL560 - 4 型三相立式异步电动机。

为响应国家节能降耗号召,潮州电厂在设备安装阶段对凝结水泵进行了改造,即将原设计的工频凝结水泵改为变频凝结水泵,实现调速功能,全开出口管路调节阀,降低管系阻力损失,从而达到节能目的,凝结水泵主要技术规范详见表 1。

表 1 凝结水泵与电机主要技术规范

设备	项目	规格及设计参数	单位
凝结水泵	型号	C630III - 6	
	型式	立式筒袋型	
	生产厂家	长沙水泵厂	
	流量	1 245	t/h
	扬程	310	m
	转速	1 480	r/min
	泵效率	83.4	%
	轴功率	1 261.3	kW
	关闭扬程	420	m
	首级叶轮中心线吸入净正压头(NPSHr)	3.21	m
	密封形式	机械密封	
	密封水压力	0.1 ~ 0.2	MPa
	密封水水量	3 ~ 5	L/min
	旋转方向	逆时针(从电机向泵看)	
	叶轮级数	6	级
凝结水泵电机	型号	YSPKSL560 - 4	
	生产厂家	湘潭电机厂	
	额定功率	1 500.0	kW
	额定电压	6 000	V
	额定电流	196.6	A
	转速	1 490	r/min
	效率	95.5	%
	防护等级	IP54	
	冷却方式	空 - 水冷却	

2 故障现象及原因分析[2]

2.1 故障现象

二期 6 台凝结水泵工频运行时振幅均在 50 μm 以内。凝结水泵由工频改为变频后,1 100 r/min 与 1 300 r/min是凝结水泵常用的工作转速,也是共振区转速,转速在 1 100 r/min 与 1 300 r/min 左右时,振幅严重超标。通过电机加固后,凝结水泵振幅有所降低,但最大振幅仍达到 410 μm 左右,严重影响机组安全运行。

潮州电厂 #3, #4 机组大修时,先后对 4 台凝结

收稿日期:2017 - 04 - 07;**修回日期**:2017 - 07 - 03

水泵解体大修,优化检修工艺,对每台机组凝结水泵的槽钢固定顶丝按顺序进行了调整。

2.2 原因分析

2.2.1 转子提升量

凝结水泵解体时,测量凝结水泵装推力轴承时转子部件的提升量和拆去推力轴承时转子的总窜动量,发现4台凝结水泵转子的总窜动量在110 μm左右,提升量整体偏高5 000~7 500 μm,而且每台凝结水泵各级叶轮在叶轮室窜动量偏差达到2 000 μm。分析认为,凝结水泵各级叶轮在叶轮室内窜动量分布不均,且转子提升量过大,造成水泵个别转子叶轮在运行中水流扰动较大,在某一转速区间内个别叶轮入口会产生涡流,是引起凝结水泵在某一转速区振幅偏大的原因之一[2]。

2.2.2 导叶螺栓松动

在#3,#4机组4台凝结水泵进行解体检修时,发现存在部分共性问题:凝结水泵泵体各级导叶部分连接螺栓松动或脱落;凝结水泵各级导叶在运行中刚度降低,从末级叶轮至首级叶轮开始,导轴承、叶轮密封环、轴套的磨损量逐步加大,特别是3C,4A凝结水泵在解体过程中表现明显;泵体各级导叶连接双头螺栓没有弹簧垫和平垫,运行工况差,长时间运行后连接螺栓没有防松动措施,受力时没有起到一定量的缓冲保护及减振作用,螺栓松动后脱落,泵体刚性差,振动加大。

2.2.3 对轮中心存在偏差

潮州电厂通过利用#3,#4机组大修机会,在4台凝结水泵解体检修之前,对电机轴与凝结水泵轴的同轴度进行复查,发现4台凝结水泵运行中轴与电机轴的同轴度存在不同程度偏差。松开电机加固槽钢固定顶丝后,3B,4A凝结水泵轴与电机轴的同轴度偏差减小,可以推断凝结水泵在运行中振动大,再盲目打紧电机固定顶丝后,引起凝结水泵轴与电机轴同轴度偏差加大,虽然运行中短时间内电机振动值减小,但是运行一段时间后电机轴承和凝结水泵导轴承劣化趋势明显,振动值会逐步加大,因电机四周8个顶丝的力量不均匀,造成凝结水泵轴与电机轴同轴度偏差大。

3 振动处理[3]

3.1 调整各级叶轮窜动量

优化检修工艺,修改凝结水泵解体检修作业标准,组装过程中从首级叶轮到末级叶轮,通过增减密封垫,严格控制各级叶轮窜量偏差在0.20 mm以内,将转子部件提升量固定在4.30~5.00 mm之间。

3.2 严格执行检修标准

更换磨损超标部件,各级导叶连接螺栓增加弹簧垫片,严格执行凝结水泵大修作业验收质量技术标准(标准见表2),更换磨损部件和超标部件,增加泵体各级导叶连接双头螺栓弹簧垫和平垫,提高泵体刚性及各级导叶连接螺栓防松能力。

表2 作业包验收质量技术标准

检测项目	技术标准
叶轮晃度测量	0.05 mm以内
上泵轴弯曲度	中间位置最大为0.03 mm,两端为0.02 mm
中间泵轴弯曲度	中间位置最大为0.03 mm,两端为0.02 mm
下泵轴弯曲度	中间位置最大为0.03 mm,两端为0.02 mm
电机架上面水平度	小于0.04 mm/m
轴承与外壳间隙	固定端:-0.03~0.01 mm; 膨胀端:-0.01~0.03 mm
6级叶轮前后口环	0.60~0.70 mm
联轴器中心差	圆周:±0.05 mm;平面:±0.03 mm

3.3 调整顶丝

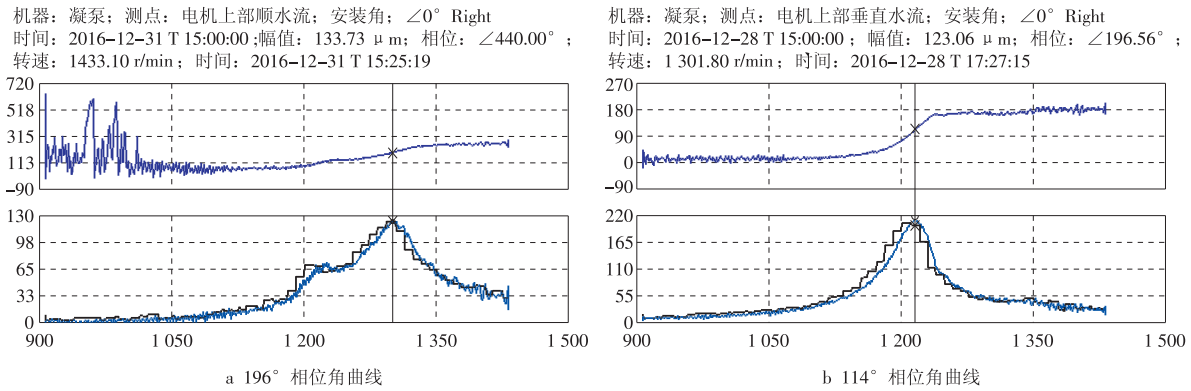
架设百分表调整电机固定顶丝与凝结水泵联轴器找中心同步进行,分以下2种情况进行调整。

(1)凝结水泵或电机大修时的处理方法。在电机与凝结水泵联轴器找中心时,兼顾电机加固调整螺栓,在调整螺栓处架设8块磁力座百分表,根据百分表读数调整螺栓紧力,做到既保证固定螺栓力度基本一致,又确保凝结水泵与电机联轴器同轴度精准。通过动平衡调整试验,如4C凝结水泵在联轴器部位加配重的方法可有效地改变振动区间,将共振区偏离设备正常运行转速。启动凝结水泵现场测试,最大振幅出现在1 300 r/min转速附近,电机上部顺水流方向约135 μm,最高转速时垂直水流方向振幅为72 μm,水流方向振幅为79 μm。#4机组满负荷时凝结水泵转速1 270 r/min,最大振幅约94 μm;转速低于1 270 r/min时,振动值会快速减小,所以凝结水泵日常带负荷运行时,振动值在可接受范围之内。

(2)凝结水泵或电机不大修时的处理方法。凝结水泵与电机联轴器螺栓未拆除的情况下,振动测试在电机上部固定螺栓顶丝调整螺杆紧固和完全松开的状态下进行,4B凝结水泵电机上部完全松开状态不同相位升速Bode曲线如图1所示。

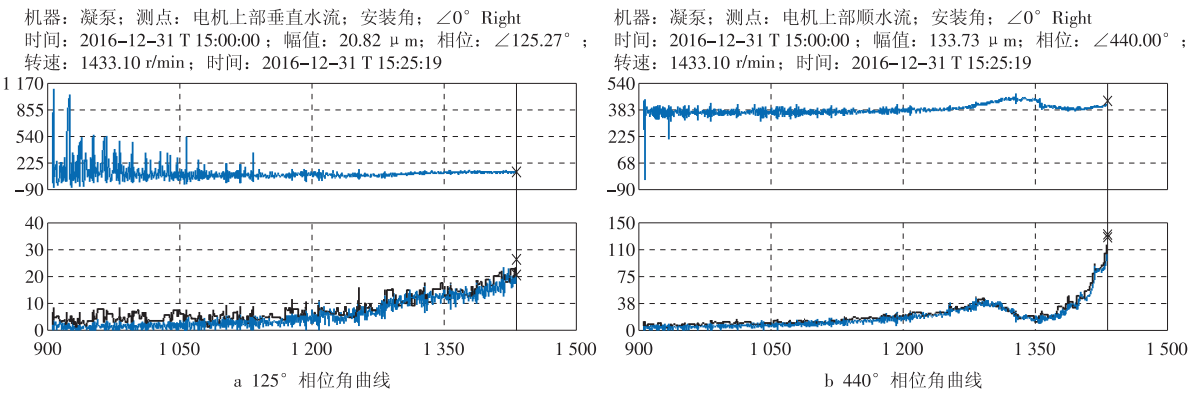
电机上部固定螺栓顶丝调整螺杆完全松开状态下进行振动测试,在1 300 r/min转速下、凝结水泵在垂直水流方向呈现振动峰值,振幅为123 μm;在1 216 r/min转速下、凝结水泵在顺水流方向出现振动峰值,振幅为212 μm,振动超标且在凝结水泵常用转速区域内,无法满足该泵正常安全运行。

在 4B 凝结水泵电机加固调整螺栓顶丝处架设 8 块磁力座百分表，根据百分表读数不变打紧调整螺栓紧力，既做到保证固定螺栓力度基本一致，又能保证电机与凝结水泵联轴器中心偏差不变，4B 凝结水泵启动过程 2 个测点不同相位实测 Bode 曲线如图 2 所示[4-5]。



a 196° 相位角曲线　　b 114° 相位角曲线

图 1　电机上部完全松开状态下升速 Bode 图(截图)



a 125° 相位角曲线　　b 440° 相位角曲线

图 2　电机上部紧固状态下升速 Bode 图(截图)

3.4　实测调整效果

通过对 4B 凝结水泵电机外部支撑重新进行调整，最大转速变频运行时，振幅最大，为电机上部顺水流方向约 131 μm；转速至 1 400 r/min 左右振动振幅已降至 40 μm 以下，水流方向振动振幅基本在 20 μm 以内。机组带负荷运行，凝结水泵变频运行的最高转速不会超过 1 400 r/min，振动值处于优良水平。

4　结束语

凝结水泵由工频改为变频是各火力发电厂节能的主要措施，是未来发展的主要趋势，虽然从检修工艺方面可以降低振动，但要根据各个凝结水泵运行中振动频率及特性，因地制宜采取各种措施。潮州电厂对凝结水泵采用了电机加固方法、动平衡、优化检修工艺、提高检修质量标准等将振动降低在合格范围内，为机组安全长周期运行提供了保障。

本文所论述方法均经过现场实际验证，虽然不能从根本上消除共振，但实际处理效果相对较好，处理费用低、耗时短，仍是比较理想的处理手段，供相关人员参考。

参考文献：

[1] 章建林，龚桂华. 变频改造后凝结水泵振动原因分析与对策[J]. 水泵技术，2007(1)：41 - 42.

[2] 钟伟权. 立式凝结水泵组振动问题浅析[C]//中国电机工程学会第十届青年学术会议论文集，2008：1 - 3.

[3] 张启发. 凝结水泵振动原因分析与解决措施[J]. 冶金动力，2006(6)：50 - 51.

[4] 陈镇波. 立式凝结水泵振动分析及处理[J]. 科技资讯，2009(11)：91 - 92.

[5] 王辉，陈镇波，李军. 1 000 MW 机组凝结水泵变频改造后振动处理[J]. 华电技术，2013，35(11)：70 - 71，75.

(本文责编：刘炳锋)

作者简介：

朱德强(1978—)，男，河南洛阳人，助理工程师，主要从事火力发电厂汽机技术管理工作(E-mail：yangguang7068@163.com)。