

CPR1000 型主泵电机轴承温度波动分析及处理

唐彬嘉

东方阿海珙核泵有限责任公司, 四川 德阳 618000

摘要: 主要介绍 CPR1000 型核电主泵电机轴承温度波动的分析及处理, 并以该核电站为实例进行解析, 介绍了主泵电机的推力轴承结构、测温元件的装配位置, 同时系统分析了轴承测温热电偶产生波动的可能原因及检查方法。

关键词: CPR1000; 推力瓦; 热电偶

中图分类号: TM623.3

文献标识码: B

文章编号: 1001-9006(2016)03-0066-03

Temperature Fluctuation Analysis and Treatment for Primary Pump Motor of Yangjiang Nuclear Power Plant

TANG Binjia

(Areva-Dongfang Reactor Coolant Pumps Co., Ltd., 618000, Deyang, Sichuan, China)

Abstract: This paper mainly presents the analysis of temperature fluctuation and its treatment for CPR1000 primary pump motor used to the 2.5-generation nuclear station, based on actual practice of Yangjiang nuclear station. Introduced structure of thrust bearing of primary pump motor and locations of thermocouples are analyzed along with the analysis of possible reasons of temperature fluctuation and its checking method.

Key words: CPR1000; thrust bearing shoe; thermocouple

CPR1000 型核电主泵电机采用三轴承结构, 承受来自主泵的推力负荷, 由上导轴承、推力轴承和下导轴承 3 部分组成。为了掌握和了解这些轴承的运行情况, 在电机设计时, 在每 1 套轴承中均考虑了 2 套采用 K 分度热电偶作为测温元件所谓测量系统, 通过核电厂的 DCS 系统, 能够实时地监控这些轴承瓦的运行温度。为核电的安全运行提供实时数据。从多个核电站收集的运行数据分析表明, 曾在多个核电站调试中出现轴承瓦温波动现象。本文所分析的就是某核电站主泵电机在热试运行过程中所产生的温度波动问题, 其主要参数如下:

名称	CPR1000 主泵电机
型号	PNCY164-90-4
额定功率/kW	6 500

定子额定电压/V	6 600
额定频率/Hz	50
接法	Y 型
额定转速/(r·min ⁻¹)	1 485
极对数	2
额定功率因素	0.93
效率/%	91.7
耐热等级	F
旋转方向	轴伸端看顺时针

电机与 CPR1000 水泵通过联轴器连接, 主泵高 9.4 m, 重 104.7 t, 流量 23 790 m³/h; 冷态下功率 8 042 kW、热态 5 932 kW。

2015 年 4~5 月, 某核电站一主泵机组在主回路压力 15.4 MPa、温度 291.4 °C 进行热停堆工况运行, 3 台主泵运行稳定, 其中#1 主泵上推力主/

收稿日期: 2016-05-04

作者简介: 唐彬嘉(1986-), 男, 2010 年毕业于襄樊学院机械设计制造及其自动化专业, 工学学士, 助理工程师。现在东方阿海珙核泵有限责任公司从事核电主泵工艺技术工作。

备轴瓦温度波动较大(各项振动数据合格)。5月4日,该核电站业主进行多次启停主泵后,电机上推力轴承备用测温瓦(3RCP132MT)温度波动幅度增大到 $9.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($52\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 61.1\text{ }^{\circ}\text{C}$);东方阿海珐(以下简称ADJV)技术人员与业主仪表部门商议后,决定找出时间窗口检查电机测温的主控接线。

2015年5月9日,ADJV人员与业主沟通后一道进入主泵电机房,断开了上推力轴承测温备瓦的热电偶与电气控制柜(DCS)的航空插头,用ADJV自带的测温巡检仪对该热电偶进行复测,10 min内发现温度在 $50.1\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 58.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 波动。将备瓦热电偶的航空插头与DCS连接后温度依然波动达 $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。随后,该核电站发出UES(意外事件单),要求ADJV进行处理。7月15日,根据该核电站的进度,ADJV派驻人员对该机组1#主泵电机进行检修。

1 热电偶装配及其工作原理

测温热电偶按照设计要求合理地分布在推力瓦中,CPR1000电机采用的是可倾斜式的金斯伯里(Kingsbury)型推力轴承(图1),承受轴向载荷;分为上、下推力轴承各8块瓦,表面衬有巴氏合金,与推力头的总间隙在 $0.34\text{ mm}\sim 0.42\text{ mm}$ 之间。当主泵系统在小于 3.7 MPa 压力的状态时,水压系统静压水推力小于转动系统重力,电机下推力轴承受力;当主泵系统在大于 3.7 MPa 压力的状态时,水压系统静压水推力大于转动系统重力,电机上推力轴承受力。若电机转子推力头与推力轴承不平行,就会造成推力头在推力瓦面上上下波动,进而较为严重地磨损电机推力瓦,造成个别推力瓦面温度分布不均匀。

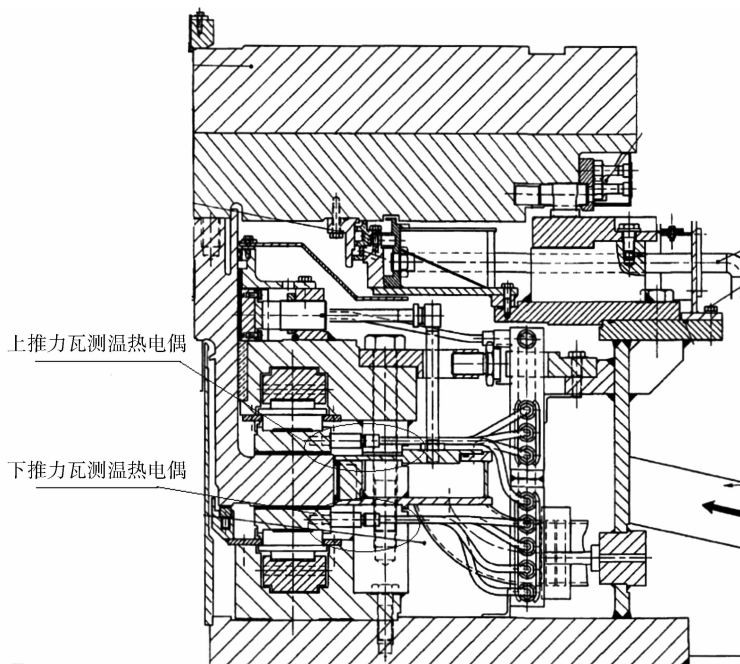


图1 推力轴承结构图

CPR1000电机推力瓦测温使用的是K-型热电偶,由1根镍-铬材料和1根K型镍合金包含在核级氧化镁高压套管内。套管采用不锈钢,采用热对接焊缝完全包在无机绝缘里,不与外部套管的端部接触,连接的端部用玻璃纤维绝缘,通过“热电效应”将温度变化转化电压信号。装配时,将热电偶探头端装配到推力瓦测温孔内(图2),并通过NPT锥形螺纹锁定在推力瓦上,且要求热电偶顶部与测温孔底部不能接触,有适量的间隙。

若此部位有松动,电机运行时则会随推力瓦摆动,可能致使热电偶探头与测温孔内壁不断地接触、脱离或贴合,造成温差波动或偏高。

2 主泵电机温度波动分析

该机组1#主泵电机在ADJV厂内进行小流量回路试验(水泵用试验叶轮-减少主泵流量),即主泵回路压力 15.2 MPa ,上推力轴承受力,模拟核电站稳态工况运行。试验过程中,上推力轴承备瓦温度

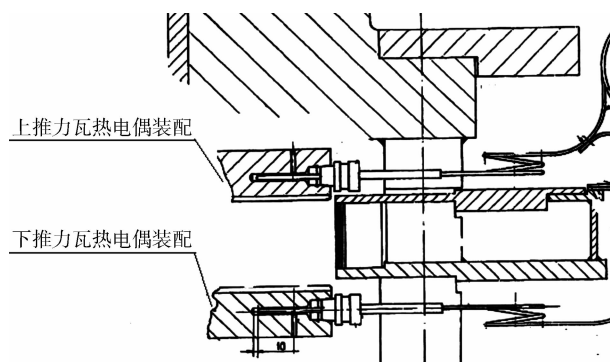


图2 热电偶装配示意图

波动在1℃以内(见表1), ADJV 记录了电机上推运行8 h 的温度数据, 间隔时间为2 h。从此数据可以说明, 该电机上推力轴承备瓦温度的波动在出厂时是满足运行要求的。

表1 电机厂内运行上推力轴承备瓦温度

运行时间/h	2	4	6	8
上推备用瓦温/℃	58.1	58.0	57.9	58.3

排除电机振动、电站电路系统及出厂状态的影响后, 考虑到电机推力轴承测温元件安装在推力瓦测温孔内, 在电机在线运行工况下, ADJV 服务人员在测温箱内测量了电机上/下推力备瓦热电偶的感应电动势。下推力轴承备瓦热电偶电压稳定在0.07 mV, 上推力轴承备瓦热电偶电压在0.26 mV~0.53 mV波动, 因此从所得数据可以表明, 该电机上推力轴承备瓦的测温元件表现的温度数据在实际运行中产生了波动。随后, 对比做出了可能的原因分析, 见表2。

表2 影响电机温度波动可能原因

	可能原因	判断依据
机械方面	1. 电机转子推力头与轴承面不平行, 上推力轴承备瓦受力较大	根据推力瓦磨损状况
	2. 测温热电偶探头与推力瓦测温孔壁接触, 造成温度波动	检测测温孔的同心度, 松动等
	3. 推力瓦油孔堵塞, 造成温度偏高	检查推力瓦油孔是否有杂质
电气方面	4. 测量系统偏差	用温度巡检仪单独测量验证
	5. 热电偶绝缘破损, 造成信号干扰	测量热电偶绝缘电阻

由于上述第1、2、3项需要通过拆卸电机上部轴承才能验证, 于是进行了第4、5项分析。第4项上述已通过巡检仪排除了电站的DCS系统问题。针对第5项, 测量了电机上推力轴承主/备测温瓦的热电偶绝缘电阻和直流电阻。主用测温瓦热电偶绝缘电阻126 MΩ、直流电阻24.9 Ω, 备用测温瓦热电偶绝缘电阻0.32 MΩ、直流电阻25.3 Ω。从此数据可以看出, 备用热电偶的绝缘电阻过低, 小于制造规范要求值, 初步判断应该是热电偶绝缘损坏引起, 但并不排除上序第1、2、3项可能的原因; 所以只有通过拆检电机上部轴承才能找出并解决温差波动问题。

3 关于温度波动问题的处理

从以上分析可以看出, 要排查并解决温度波动问题就必须拆检电机上部轴承, 于是应用户要求, ADJV 工作人员对该电机进行现场检修: 拆除上推力轴承装置后, 检查上推力轴瓦表面没有明显磨损迹象; 然后检查上推轴承测温备瓦的锁紧

状况, 发现锁紧装置锁紧功能完好; 随后拆卸出热电偶, 检查热电偶插入深度, 测温孔同心度均合格。测量该上推力轴承备用热电偶的绝缘电阻后, 绝缘电阻仍为0.32 MΩ, 远小于设计要求值。若绝缘电阻过低, 会使轴电压对热电偶信号形成干扰, 因此可以判定该热电偶的绝缘电阻偏低是此次上推力轴承温度波动的主要原因。此后, 更换了新的热电偶, 回装各部件后测量绝缘电阻符合规范要求。

4 结语

随着我国核电站的建设规模越来越大、建设速度越来越快, CPR1000 主泵国产化已进入尾声, 主泵电机的设计、制造、安装技术亦日益完善。然而, 机组在实际运行监控中能够直接获取的第一手分析数据依然较少; 主泵电机的温度波动原因是多方面、多角度的, 但从结构、功能方面入手, 只要原因分析正确、思路对位, 问题便会迎刃而解。