

湛江调顺电厂循环水泵改造分析

郑红发

(湛江中粤能源有限公司,广东 湛江 524099)

摘要:以湛江调顺电厂 2×600 MW 机组为例,介绍了循环水泵的常见故障,分析了故障原因并给出了改造方案。改造方案实施后,提高了循环水泵的安全、可靠性,取得了良好的经济效益。

关键词:600 MW 机组;循环水泵;故障分析;汽机大修;优化方案;可靠性

中图分类号:TM 621.7 **文献标志码:**B **文章编号:**1674-1951(2017)10-0038-03

1 项目背景

湛江调顺电厂 2×600 MW 机组循环水系统选用的是由某厂生产的80LKXA-18型立式、单级单吸、转子可抽出式斜流泵,泵轴采用316L材质、泵外接管和吸入喇叭口采用HT200Ni2Cr镍铬铸铁件、导叶体为304材质、内接管采用304材质、轴套为316材质、导轴承采用316(壳体)+赛龙(易损件),整体采用重防腐油漆及外加电流防腐措施,泵外壳焊接牺牲阳极块,每台泵还有一套独立的外加电流保护系统。设备于2006年年底投入运行,自投入运行以来,设备故障频繁发生,极大地影响机组的安全运行,为提高循环水泵的安全可靠性,公司于2013年开始推动循环水泵改造项目,于2015年项目改造完成并全部投入运行。

2 故障情况及原因分析

2.1 故障情况

从2007—2011年#1~#4泵历次因故解体大修检查所发现的情况来看,主要暴露出以下几个方面的问题:(1)中间轴承支架几乎全部断裂,有的泵中间支架已完全成为碎片而被水冲至循环水管道内;(2)内接管全部断裂,断裂的内接管与导叶体相对摩擦造成导叶体连接法兰处严重磨损;(3)导轴承和轴套严重磨损,特别是下导轴承和轴套磨损特别严重,达到10~20 mm;(4)套筒联轴器止推卡环掉落;(5)导叶体和轴承支架与外泵壳内壁的配合面腐蚀严重,间隙达1 mm以上,严重超标。

针对以上问题,2012年机组油改煤汽机大修期间,对循环水泵进行了局部改造,于2011年分别投入运行,本次局部改造的主要内容有:(1)将中间轴承支架由原来的镍铬铸铁改为316材质;(2)将所

有内接管由原来的304改为316材质,在法兰处焊接加强肋板,并将中间轴承支架以上部分由原来的没有内管改为加长内接管到填料函处;(3)更换了全部导轴承和轴套;(4)对磨损的导叶体法兰面进行堆焊修复。

2012年6—9月,#1~#4循环水泵先后接连再次出现严重故障,主要是运行过程中出现剧烈振动,发巨响后泵跳闸。其间每台泵的损坏和检修情况如下。

(1) #3泵在运行过程中已经发现外接管D裂开,当时停泵比较及时,损坏的部件较少,只更换了外接管D。

(2) #4循环水泵当时运行中泵壳突然出口至三通以下全部断裂掉入水中,直到#2机因真空保护跳机才发现,因此#4循环水泵损坏严重,外接管和吸入喇叭口全部损坏,叶轮与叶轮室摩擦造成一叶片穿透性裂开,内接润滑水管全部损坏,导轴承和轴套严重磨损,特别是下轴套偏磨10~20 mm,经检测,下轴弯曲严重达6 mm。

(3) #2循环泵在运行中突然发出剧烈振动和异响,发现后立即停泵,拆卸后发现叶轮有一叶片断裂,内接管全部损坏,导轴承和轴套磨损严重,下导轴承从轴承体中脱落出来,特别是下导轴套偏磨约10~20 mm,下主轴弯曲严重达6 mm。

(4) #1循环水泵解体后发现内接管与导叶体连接处断裂,中间轴套从原安装位置脱出,下导轴套偏磨约6 mm。

2.2 原因分析

湛江调顺电厂4台循环水泵从投运至今,已多次出现严重故障,之前是内接管基本全部断裂,中间轴承支架也全部断裂,在2011年大修后,对4台泵的内接管和支架进行了局部改造,为了增加内接管和中间轴承支架的强度,将内接管从中间轴承支架处加长至上部填料函处,材质由原来的304改为了316,将中间

轴承支架的材质由原来的镍铬铸铁改为 316。改造后运行至 2012 年 6 月底,几台泵再次先后出现故障,其中: #4 泵最为严重,整个外筒体至三通以下全部断落,内外管及叶轮都严重损坏,下导轴承和轴套严重偏磨; #2 泵运行过程中叶片被刮断后无法继续运行,解体后发现下导轴承严重偏磨后叶轮与叶轮室碰磨造成叶片断裂,下导轴承脱落,内接管严重损坏; #3 泵运行过程中就发现外接管断裂; #1 泵解体后发现内接管靠近导叶体端断裂。通过分析几台泵的损坏情况我们认为,在外接管断裂、内接管断裂、叶片断裂等故障中,转子部件在运行过程中的径向晃动是造成泵故障的主要原因,当然原因还有其他几个方面。

(1) 水泵叶轮水力不平衡。由于各叶片流道的不均匀,制造精度不够,而且制造厂家没有有效的叶轮水力平衡检验测试平台,造成泵运行后水力不平衡对转子系统造成冲击。

(2) 导轴承的布置不合理。由于整个转子部分(包括叶轮、泵轴、联轴器)生产制造精度不够,转子运行过程中的径向力非常大,而设置的导轴承径向控制点只有 3 个,特别是在受力最大的导叶体处径向控制严重不足,导致最下面一处导轴承和轴套很快就被磨损,有的甚至脱落。

(3) 各部件材质不统一。不同材质的部件相接触产生电位腐蚀,造成导叶体与吸入喇叭口、导叶体与外接管 A、轴承支架与外接管内壁的配合不良,每次拆卸都发现这些配合面间隙过大,而间隙过大加剧了整个转子部分的晃动,同时也加剧了导轴承和轴套的磨损,进一步加剧了整个泵体的径向振动。

(4) 导轴承与轴套的选材不匹配。痕迹显示轴套比导轴承的磨损还严重,说明导轴承的材质过硬,轴套材质过软,这样轴套就失去保护作用了,使用寿命短。

(5) 设备安装、制造精度等原因导致泵筒体的垂直度和同轴度不够精确,也加剧了转子径向的磨损和振动。

(6) 铸铁材质在海水里抗腐蚀性及强度均不足。外筒体材质采用铸铁,一方面铸铁的耐腐蚀性能差,容易受到海水腐蚀,另一方面铸铁的强度低,在受到泵转子部件的径向振动冲击下,很容易断裂。

3 改造方案及实施效果

3.1 改造方案

(1) 泵体整体换型,保留原电机,新泵所有设计参数满足原电机的运行要求。原水泵基础、台板和出口管道不改变。

(2) 新泵根据湛江调顺电厂的机组参数和现场条件重新优化设计,满足与原泵并列运行的工况要求。1) 新泵性能曲线设计特点:功率曲线相对平滑,避免由于潮位的变化而造成电机功率波动;泵的性能曲线尽可能与管道特性曲线重合,尽可能使泵在高效区工作^[1]。2) 新设计泵充分考虑单泵运行与并列运行的稳定性,避免切泵过程中出现剧烈波动。优化后泵的性能曲线如图 1 所示。

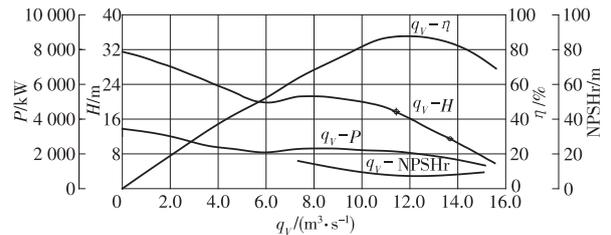


图 1 优化后泵的性能曲线

(3) 整体选用优质双相钢材质。1) 海水腐蚀性强,双相钢具备良好的抗腐蚀性能,因此新泵选材中所有与海水接触的部件全采用双相钢。同时,各部件材质的统一也可有效避免电位差带来的腐蚀。2) 部件结合部位做好防间隙腐蚀^[2],所有结合面涂装防腐涂料,所有连接螺栓采用防腐胶包扎。彻底消除部件之间的间隙腐蚀。

(4) 改造内管(也可称为护管)的结构。将内管改为大内接管形式,然后将导轴承支架固定于内接管内,彻底解决之前内管支撑力及刚性不足的问题,减小轴系的径向晃动。内接管作为轴承润滑水通道,同时也起到转子部件的径向支撑作用,为提高转子部件的径向支撑力和转子部件的整体安装精度,将原来的大轴承支架结构改为大内接管支撑结构,也就是说轴承支架由原来与泵外筒体支撑改为由内接管支撑,使泵的整体支撑强度、同轴度、垂直度都得到提高,更有利于泵的运行。

(5) 新泵导轴承材料由原来的塞龙改为美国进口 RA 及日本进口橡胶材料。从故障情况来看,之前的赛龙导轴承存在性能方面的不足,特别对含有杂质的润滑水,其硬度过高且耐磨性不够,在恶劣条件下摩擦力过大易加快轴套的磨损,因此新设计泵采用耐磨性更好的 AR 及橡胶导轴承。

(6) 叶轮由原来的开式叶轮改为闭式叶轮,减小水力扰动。由改造前泵的故障现象看,下导轴承都出现严重偏磨,一个很重要的原因是叶轮晃动,造成叶轮晃动的一个原因是之前的开式叶轮工作时内部介质混乱,回流大,从而加重了各叶片所承受力的不均,进一步加大叶轮的晃动,因此新设计泵采用闭式叶轮,减小叶轮密封环的泄漏回流,减小由于水力

原因造成的叶轮晃动,提高转子的运行平稳性。

(7)安装在线测振装置。新泵设计在线振动监测功能,实现泵运行状况的在线监测。

3.2 实施效果

至 2015 年 6 月,湛江调顺电厂 4 台循环水泵全部改造实施完毕,从改造完后设备运行情况来看,效果主要体现在以下几个方面。

(1)运行稳定性明显提高。现场监测参数见表 1。

表 1 现场监测参数

监测项目	改造前	改造后
振动/ μm	45 ~ 100	13 ~ 30
噪音/dB	95	83
电流/A	270 ~ 325	250 ~ 290
瓦温/ $^{\circ}\text{C}$	70 ~ 83	56 ~ 70

(2)在出口流量满足机组正常运行的条件下,电流明显下降。因此,改造后的循环水泵,不仅安全性大大提高,经济性也非常明显。运行显示,相同流量下电流平均减小约 30 A,按每年运行 7 000 h,电价 0.48 元/(kW·h)计算,循环水泵每年节省电费 $S_1 = Ph \times 0.48 \text{ 元}/(\text{kW} \cdot \text{h}) = \sqrt{3} UI \cos\varphi \times h \times 0.48 \text{ 元}/(\text{kW} \cdot \text{h}) = 1.732 \times 6 \text{ kV} \times 30 \text{ A} \times 0.81 \times 7\,000 \text{ h} \times 0.48 \text{ 元}/(\text{kW} \cdot \text{h}) = 84.8 \text{ 万元}$,3 台泵同时运行则节省电费 $3 \times 84.8 \text{ 万元} = 254.4 \text{ 万元}$ 。

(3)改造后设备运行稳定,检修维护量大大减小,因此,节省的检修维护费用将非常可观。按每年

(上接第 31 页)

5 结束语

在主厂房体积和占地面积受限的情况下,为最大限度降低工程造价,对于一些燃用高水分、超低热值褐煤所造成给煤量较大的 CFB 锅炉(600 MW 及以上且锅炉给煤口较多),为了保证给煤的可靠性、均匀性和可控性,推荐采用内嵌于锅炉双侧的煤仓间布置方案。

参考文献:

[1]张玉柱,李智,孟金波.火电厂煤仓间布置方案优化设计与选择[J].河北电力技术,2013,32(2):4-6.

[2]唐鹏,王楠,李国堂.1 000 MW 机组煤仓间布置方案优化[J].电站系统工程,2013(1):41-42.

[3]李伟科,潘灏,陈广川.华能海门电厂 1 000 MW 超超临界燃煤机组侧煤仓间布置经济性分析[J].科技信息,2009

单台泵进行 1 次常规性检修,只计算易损件更换费用,单泵费用为 32 万元/台,人工为 10 万元/台,则 1 年最小检修费用 $S_2 = 32 \text{ 万元}/\text{台} \times 4 \text{ 台} + 10 \text{ 万元}/\text{台} \times 4 \text{ 台} = 168.0 \text{ 万元}$ 。

(3)1 年总节省费用 = $S_1 + S_2 = 254.4 \text{ 万元} + 168.0 \text{ 万元} = 422.4 \text{ 万元}$,投资为 1 200 万元,回收期约为 3 年。

4 结论

通过项目实施效果的分析,我们认为湛江调顺电厂循环水泵改造项目非常成功,所选择的方案针对性地解决了设备之前所存在的问题,改造后不仅使循环水泵的安全、可靠性有了质的提高,而且随着改造后设备各项参数性能的优化,取得了非常大的节能经济效益。

参考文献:

[1]王立新.提高循环水泵效率的改造措施[J].内蒙古电力技术,2009,27(1):30-33.

[2]王朝晖.泵与风机[M].北京:中国石化出版社,2007.

(本文责编:白银雷)

作者简介:

郑红发(1970—),男,广东韶关人,工程师,从事火力发电厂汽机专业设备点检工作(E-mail:1976349608@qq.com)。

(11):709-710.

[4]俞玮,施文远.火电厂侧煤仓间布置的应用及其施工组织[J].电力建设,2009,30(5):74-77.

[5]曾育文.锅炉钢结构及煤仓间钢结构整体设计[J].工程设计,2012,27(167):66-71.

(本文责编:刘芳)

作者简介:

孔明(1991—),男,山东曲阜人,助理工程师,工程硕士,从事火力发电厂技术支持服务与管理方面的工作(E-mail:kongming@chec.com.cn)。

周正一(1963—),男,重庆人,高级工程师(教授级),从事国内外火电厂 EPC 及 BOT 项目技术支持与管理方面的工作(E-mail:zhouzy@chec.com.cn)。

罗子湛(1974—),男,内蒙古巴彦淖尔人,高级工程师,工学硕士,从事国内外火电厂 EPC 及 BOT 项目技术支持与管理方面的工作(E-mail:luozz@chec.com.cn)。