

超超临界 660 MW 机组凝结水泵变频振动治理

李伟林, 张海峰

(江苏大唐国际吕四港发电有限责任公司, 江苏 启东 226246)

摘要:针对凝结水泵变频改造后出现低频振动问题, 介绍各项治理方案的优缺点, 分析凝泵低频振动产生的关键因素, 找到最有效的解决方案。

关键词:凝结水泵; 变频; 振动

中图分类号: TM62

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2015)04-0076-03

凝结水泵是发电厂辅机中的重要辅机, 其工作属性是长期连续运行、流量调节范围大、用户广泛。作为重要辅机, 设计中为了满足各种特殊工况需求, 普遍配置裕量较大, 有的甚至按实际需求一倍来设计, 因此导致运行中设备厂用电率远高于实际需求值。这就给凝泵变频改造提供了广阔的空间, 且随机组负荷变化, 凝泵做工需求也是随负荷变动而变动, 凝泵采用变频调节更能适应负荷变化, 减少管道节流损失, 是一项节能前景广阔的实用节能项目。随着国产大容量电机变频设备制造技术的成熟, 国内绝大多数电厂都陆续进行凝结水泵变频改造, 均取得了不俗的节能效益。但在凝泵变频改造过程中, 即出现变频改造后凝泵电机的低频共振这个普遍问题, 其振动主要出现在凝泵电机非驱动端, 多数情况下频率降到 40 Hz 以下即出现, 使凝泵变频深度受限, 极大影响了凝泵变频的节能潜力。

1 实际使用问题介绍

凝泵原始设计正常转速为 1500 r/min, 经过变频改造后转速可在 0~1500 r/min 可调, 对应频率调节范围 0~50 Hz, 受限于机组运行中最小凝结水压力的限制, 频率下限一般在 30 Hz, 对应凝泵转速 900 r/min。凝泵配套电机设备长期运行的最低振动标准是 75 μm , 而实际运行中发现变频改造后的凝泵电机振动经常在频率 40 Hz 以下振动超过 80 μm , 降频就导致设备振动超限, 使凝泵实际可调变频范围仅在 40~50 Hz, 调节深度缩小了 50%, 节能潜力被大幅缩水。对应 600 MW 机组凝泵 40 Hz 运行电流比 35 Hz 高 20~30 A。主要原因是早期投产电厂凝泵都是工频设计, 未对变频运行时的低频振动问题进行过设计考虑, 因此变频改造后遇到了振动问题。

2 采取的各种应对方法

为了解决凝泵改变频后的低频振动, 各电力生产企业都进行不同层面、不同方向的探索。并形成了各种

处理方案, 这些方案用都对解决现场问题产生了有益的促进作用, 但随之也有其局限性。

2.1 框架加固法

已知的实施电厂有江苏扬州仪征热电厂、河南许昌龙岗电厂。具体实施方案可繁可简, 有单“井”字、双“井”字、牢笼式。其方案依据是凝泵低频振动超标问题绝大多数都体现在凝泵电机, 且全部是凝泵电机非驱动端, 到目前为止还没有凝泵本身振动大的案例。由于凝泵电机绝大多数都是直立布置, 电机支撑和固定全部依靠电机驱动端机座, 电机非驱动端相当于无固定装置的最远端, 其固定依靠电机外壳的强度来保持, 可能存在电机外壳强度不够, 电机非驱动端存在“甩尾”的情况。如果电机外壳真实存在强度不够的问题, 对电机外壳进行加固将能改善电机非驱动端的振动状况。单“井”字加固方案具体实施内容是, 在 2 台凝泵电机之间的吊耳处加“井”字槽钢锁固, 利用备用凝泵的电机刚度来增加运行凝泵的电机刚度。双“井”字加固方案具体实施内容是, 每台凝泵电机都用“井”字槽钢夹起来, 并将槽钢焊接在汽机 0 m 地面基础上。牢笼式加固方案具体实施内容是, 在双“井”字加固方案的基础上再增加四条支撑在凝泵坑内斜拉支撑槽钢。这些方案通过加固凝泵电机外壳, 对凝泵变频振动问题起到了一定的改善作用, 但也给凝泵电机检修带来了困难, 每次检修都要先拆除钢架, 且电机吊装空间也受到了限制。对应实施效果, 目前仅在较小的热电厂有完全效果, 600 MW 以上级别电厂有部分效果。3 种方案的示意图如图 1—3 所示(粗线部分为固定槽钢)。

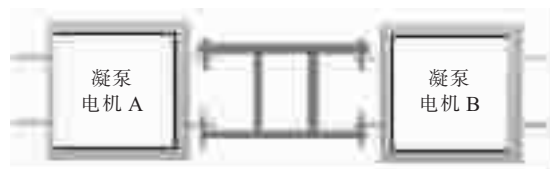


图 1 单“井”字固定法示意图

2.2 共振回避法

具体实施方案是在凝泵四级叶轮中取掉一级, 降低凝泵的出力, 使相同凝结水流量下凝泵的转速上升, 避

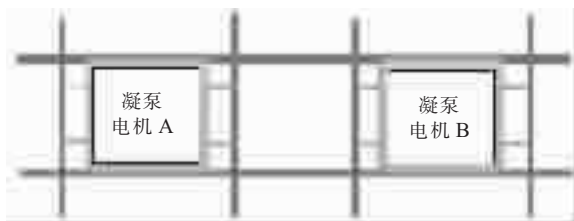


图 2 双“井”字固定法示意图

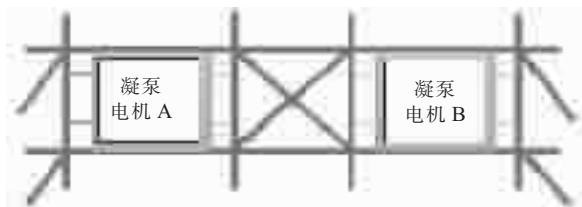


图 3 牢笼式固定法示意图

开振动大的频率区间。其实施依据是,凝泵变频振动大的频率区间多数是在 40 Hz 以下,在相同凝结水流量的前提下,出力小的水泵需要更高的转速才能达到要求的流量,通过减小水泵的出力,使相同凝结水流量下,凝泵运行在更高的频率,从而避开振动高的频率区间,达到满足运行需求的前提下控制凝泵电机振动的目的。此种方案,比较适合于凝泵选型过大的机组,但对与凝泵出力裕量不太大的机组却有很大的负作用,凝泵取消一级叶轮,降出力后由于凝泵的裕量被吃尽,特殊工况下凝泵出力不足反而导致机组带不了满负荷,比如高加切除工况。凝泵去掉一级叶轮的示意图如图 4、图 5 所示。

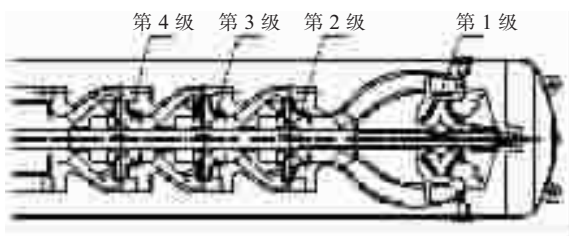


图 4 凝泵结构图

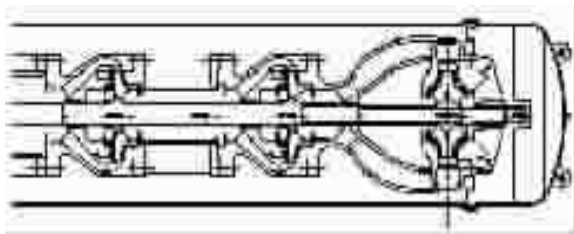


图 5 取掉第 3 级叶轮后凝泵结构图

2.3 流道修整加共振回避法

具体实施方案是在共振回避方案取消一级凝泵叶轮的基础上,对剩下的三级叶轮的出口流道进行修整,通过将叶轮出口流道打磨的方法将叶轮出口叶边前后弧面稍微减薄,打磨区域长度约为 50 mm,从而增加叶轮出口的扩散能力,以期改变叶轮原有的共振频率区间,达到既不降低凝泵最大出力又治理凝泵变频振动的双重目标。其实施依据为凝泵是长轴系统,水泵叶轮

在地面以下 -5 m,加上电机轴承,整体轴系长度超过 9 m,水泵叶轮处由于埋入地下振动无法测量,仅能通过联轴器、电机两端间接测量。由于变频运行单独试转电机时不存在共振频率区间,因而可以推断凝泵轴系的变频共振发源点是水泵本身。任何转机设备都存在临界转速,通过改变转机设备结构能改变临界转速区间。打磨叶轮叶片末端后,扩大了叶片出口的扩散面积,同时也间接对叶轮进行了减重,这些改变必然导致叶轮的临界转速区间会发生改变,从而解决特定低频区间振动大的问题。目前此种方案是效果最好的方案,江苏大唐国际吕四港电厂 4 台机组 8 台凝泵进行了相应改造,有 7 台凝泵低频共振频率由 40 Hz 降到了 35 Hz 以下,解决了常见负荷区间内的凝泵低频振动大问题。凝泵叶轮打磨位置示意图如图 6 所示。

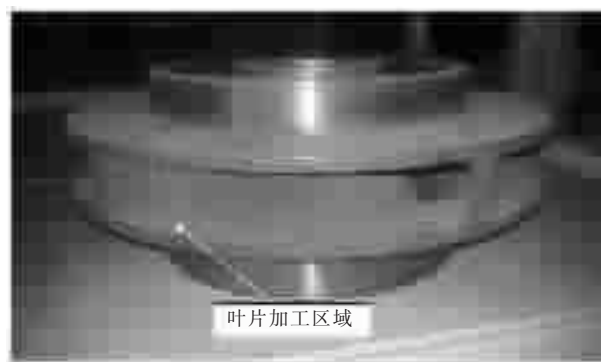


图 6 凝泵叶轮打磨位置示意图

3 产生振动的原因分析

由于凝泵原始设计没有考虑变频运行,因此在生产制造环节的质量考核标准都是按照工频转速 1500 r/min 把控的。一台低频运行振动不合格的凝泵不能说其质量不合格,其各项指标在 1500 r/min 时可能完全达标甚至是优秀。这样设计的凝泵,后期要改成变频运行,并且要求各频率段振动都达到要求,是一种苛求。要保证一台转机在新的转速下长期稳定运行,需要对转机进行重新的设计校验并进行相应试验检测,甚至做出部分修改。但现在进行凝泵变频改造的时候,往往注重电气、电机部分检测,忽视了机务部分检测及改造工作。有的电厂凝泵变频改造后,凝结水泵轴系返厂检修依然按照工频转速来验收,只做 1500 r/min 的动平衡试验,根本不涉及变频运行转速。这样怎么可能保证水泵在低频时运行振动合格。因此凝泵低频共振问题,表面原因是水泵自身特性在低频运行下振动大,实际上根本原因是改造项目的管理问题。凝泵变频改造改的是电气部分,但受影响的是机务转机部分,转速改变后机务部分没有进行相应的设计与改造,没有进行充分的测试与检验,所以带来了变频改造后凝泵低频振动问题。

4 经济效益

按 600 MW 级别发电机组测算,凝泵变频深度由 40 Hz 降到 35 Hz,可降低凝结水泵运行电流平均 25 A,厂用电率可降低 0.01%,每小时可节电 273 kW·h。按每台泵年运行 8000 h 计算,则年节电分别为 $273 \times 8000 = 218.4$ 万 kW·h,按上网电价 0.43 元/(kW·h)计算,则年效益分别为 $218.4 \times 0.43 = 93.9$ 万元,能够取得良好的经济效益。同时凝结水泵低频振动问题解决后,使凝泵安全性提高,设备寿命延长,更能降低检修维护费用。是经济性和安全性双赢的结果。

5 结束语

凝泵低频振动问题,是由电厂节能改造所伴生出来的新问题。各电厂都进行了不同层面的探索,其中江苏大唐国际吕四港电厂采用流道修整加共振回避方法,取得了良好的经济效益,基本解决了凝泵低频共振

问题,给凝泵低频振动治理提供了一个好的借鉴方案。同时也从中可看出转机设备由工频改变频需要在方案设计、试验验收上对机务设备投入更多的关注。增加机务设备在不同转速下的试验与测试,对不同转速进行动平衡试验,并对发现问题进行处理,这样才能从根本上解决低频振动问题。

参考文献:

- [1] 黄莉莉,李建河.凝结水泵变频改造节能效果分析及提高措施[J].热力发电,2011(6):85-87.
- [2] 陈柏权,刘明君,吴志强.600 MW 机组凝泵变频运行振动分析及治理[J].浙江电力,2013(1):60-62.

作者简介:

李伟林(1979),男,湖北天门人,高级工程师,研究方向为汽轮机运行及辅机设备优化;

张海峰(1974),男,河北阳原人,助理工程师,研究方向为汽轮机检修及辅机设备管理。

On the Vibration of Condensate Pump Due to Frequency Conversion Retrofit in 660 MW Ultra-supercritical Power Plant

LI Weilin, ZHANG Haifeng

(Jiangsu Datang Lvsigang Power Generation Co. Ltd., Qidong 226246, China)

Abstract: The advantages and disadvantages of the currently available solution measures, proposed for solving the low-frequency vibration issues encountered after performing frequency conversion retrofit to the condensate pump, are introduced. The key factors inducing low-frequency vibration are analyzed, and the most effective solution strategy is established.

Key words: condensate pump; frequency conversion; vibration

(上接第 75 页)

5 结束语

次低温再热器受热面改造,由于仅涉及到低温再热器及相应包覆区域的改造,相对工作量较小,工程造价也少,解决了机组长期以来再热蒸汽温度偏低的问题,提高了锅炉效率,机组运行的安全性能也得到进一步提升,为同类型锅炉技改方案的选择提供借鉴。

参考文献:

- [1] 叶江明.电厂锅炉原理及设备[M].北京:中国电力出版社,2004:178-179.

- [2] 陈健婷.300 MW 与 600 MW 燃煤机组耗差系数的变负荷特性[J].动力工程,2009(9):891-894.

- [3] 万跃,晏海能.汽包锅炉炉内结渣的监控及优化吹灰策略[J].江苏电机工程,2014,33(5):80-81.

作者简介:

马士松(1967),男,江苏连云港人,工程师,从事火力发电厂锅炉设备管理工作;

陈国华(1976),男,江苏连云港人,工程师,从事火力发电厂设备运行管理工作。

Technical Transformation for Improving Reheat-steam Temperature in 330 MW Boiler

MA Shisong, CHEN Guohua

(Jiangsu Xinhai Power Generation Co. Ltd., Lianyungang 222023, China)

Abstract: The reheat-steam temperature of one 330 MW coal-fired power unit in Jiangsu had been lower than the design value for a long term. It not only affected the economy of the power unit, but also caused serious erosion to the last stage blades of the steam turbine. Through increasing the area of the low-temperature reheater in vertical position, the reheat steam temperature can achieve or even exceed the design level, which could bring huge economic benefits for the power unit. Moreover, the wear and tear problems associated with low-temperature reheater were also solved, which could significantly improve the safety and economy of the power unit.

Key words: boiler; reheat steam temperature; low-temperature reheater; transformation