

火力发电厂汽泵常见振动问题分析

何小锋

(江苏方天电力技术有限公司,江苏南京 211102)

摘要:根据对并网机组汽泵常见振动问题的分析处理经验,总结归纳了发电厂汽泵常见的几类振动故障,并针对给水泵质量不平衡、小汽机质量不平衡、联轴器问题、碰磨问题以及其他可能的振动原因分别给出了具体的案例及分析处理过程,以便为发电厂汽泵的检修和运行提供参考。

关键词:汽泵;振动;质量不平衡;联轴器;碰磨

中图分类号:TK223.5

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2011)01-0069-04

随着电网机组单机容量的增加和性能参数的提高,对给水泵性能和安全运行提出了更高要求。目前高效能锅炉给水泵主要采用小汽机驱动,由于振动问题导致汽泵无法正常启动或跳机的情况时有发生,严重影响机组出力和安全运行,汽泵的振动问题日益凸显。根据对并网机组汽泵振动问题的分析及处理经验,总结归纳了汽泵常见的几类振动故障及对应处理措施,以便为发电厂汽泵的检修和运行提供参考。

1 汽泵常见振动故障及处理

一般汽泵轴系支撑示意图如图1所示,给水泵由小汽机带动工作,小汽机及给水泵各由2个轴承支撑。

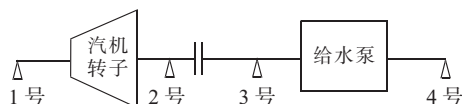


图1 汽泵轴系支撑示意图

1.1 给水泵质量不平衡

给泵转子为刚性转子,刚性转子质量不平衡引起的振幅为:

$$A = m r \omega^2 / K_d$$

式中: A 为转子振动幅值; m 为不平衡质量; r 为质心离回转中心的距离; ω 为角速度; K_d 为动刚度^[1]。

由于其支撑动刚度在运行中基本不变,转子振动幅值与转速平方成正比,因此,其质量不平衡主要表现为给泵支撑轴承振动幅值随着转速的升高而平稳增加,振动成分主要为工频,振动重复性好。一般给水泵因质量不平衡引起传动端振动大的问题可通过现场加重处理。

某电厂汽泵启机时给水泵传动端工频振动幅值随转速上升而平稳增加,几次升降速情况一致,至4400 r/min时泵传动端X向工频振动45 μm ,通

频70 μm ,无法继续升速带高负荷,经判断为给水泵质量不平衡。加重前升速波特图如图2所示。通过计算,在联轴器上试加重17 g,4400 r/min时工频振幅降至23 μm 左右,通频47 μm ,加重后升速波特图如图3所示。试加重后,给泵已能满足负荷运行。

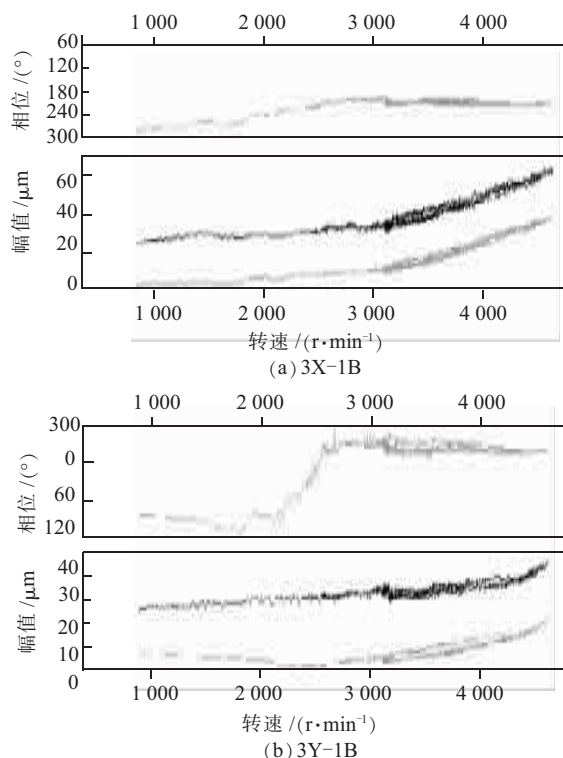


图2 加重前升速波特图

1.2 小汽机质量不平衡

由于小汽机转子一般为柔性转子,在转速升高的过程中,其挠曲将发生改变,转子平衡状态也发生变化。具体表现为,转子在一阶临界转速以下,轴承振幅随转速升高而逐渐增大;在接近一阶临界转速时,其振幅迅速增大;当转子横向振动自振频率与转子不平衡激振力频率重合时,就产生了共振^[1]。通过一阶临界转速后,其一阶不平衡引起的振幅逐步下降,而二阶不平衡引起的振动幅值则逐步增加。由于目前小汽机工作转速区域基本在一阶转速与二阶转

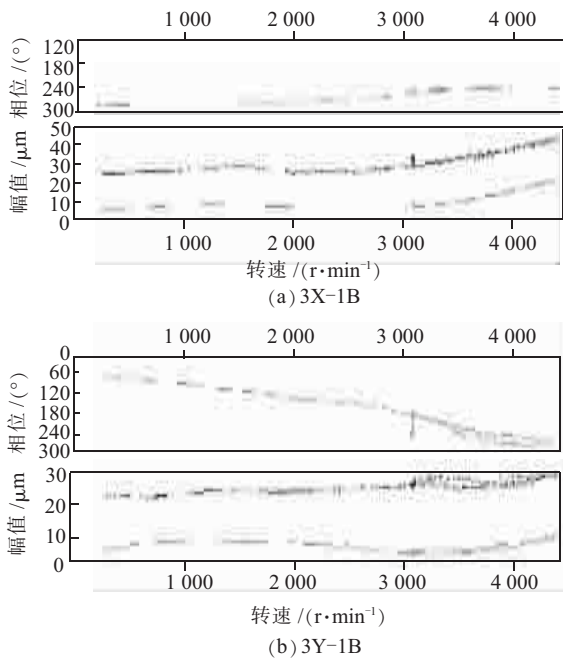


图3 加重后升速波特图

速之间,故小汽机质量不平衡引起的振动,主要表现为小汽机升速过临界时振动超标,或者正常运行时随转速升高,小机前轴承或后轴承振动爬升或者两轴承均出现爬升,振动频率主要为工频成分,振动重复性好。由于大部分小机汽缸并未设计现场加重手孔,一般建议返厂进行高速动平衡处理。

某电厂小机在正常运行转速区间,1号瓦振动值偏大,最大达 $70\mu\text{m}$ 左右,且主要为工频,负荷不变时振动幅值相位稳定,测取前、后轴承降速波特图如图4、图5所示。从波特图上可以看出,通过转子一阶临界转速时,前后轴承振动均不超过 $30\mu\text{m}$,说明转子一阶平衡情况较好,从高速降至接近一阶临界转速时,随着转速降低,振动值稳步下降,从振动数据上分析,转子存在着二阶质量不平衡,在检修中通过返厂动平衡处理后,振动已降至较好水平。

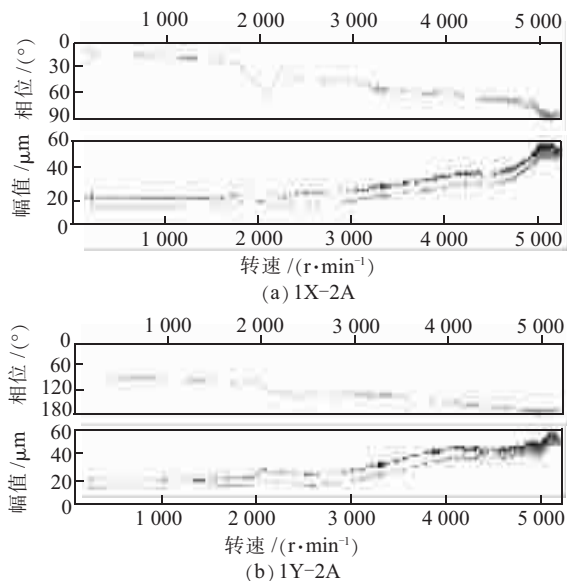


图4 前轴承降速波特图

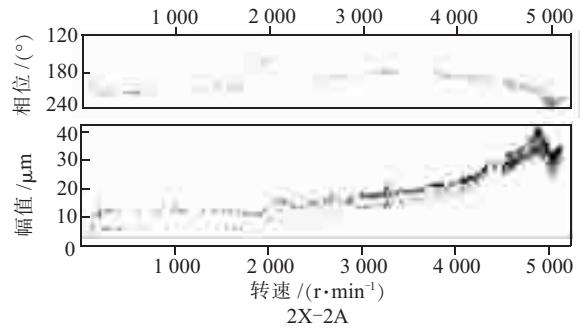


图5 后轴承降速波特图

1.3 联轴器问题

在运行中,由于联轴器的紧力、对中情况会发生改变,在紧力不足、对中不好的情况下,将对汽泵的工频振动造成影响。目前多数汽泵为齿套式联轴器连接,运行中啮合面磨损,间隙变大,当负荷变动时,联轴器传递的扭矩发生变化,联轴器齿间啮合点发生移位或卡涩,也会对振动造成影响。联轴器连接问题可通过检修调节连接紧力、对中情况及更换磨损严重的齿套联轴器来处理。某电厂汽泵为齿套式联轴器连接,随着负荷的变动,泵传动端振动发生变化,在 600MW 负荷时,振动幅值最大达到 $94\mu\text{m}$ 。变负荷试验发现,汽泵在 4784r/min 到 5291r/min 间运行时,泵传动端振动在 5000r/min 时达到最大值, 4784r/min 到 5000r/min 时,泵传动端 X,Y 向工频振动分别爬升了 $7\mu\text{m},8\mu\text{m}$; 5000r/min 到 5135r/min 时,泵传动端 X,Y 向工频振动分别下降了 $10\mu\text{m},16\mu\text{m}$,如图6所示。

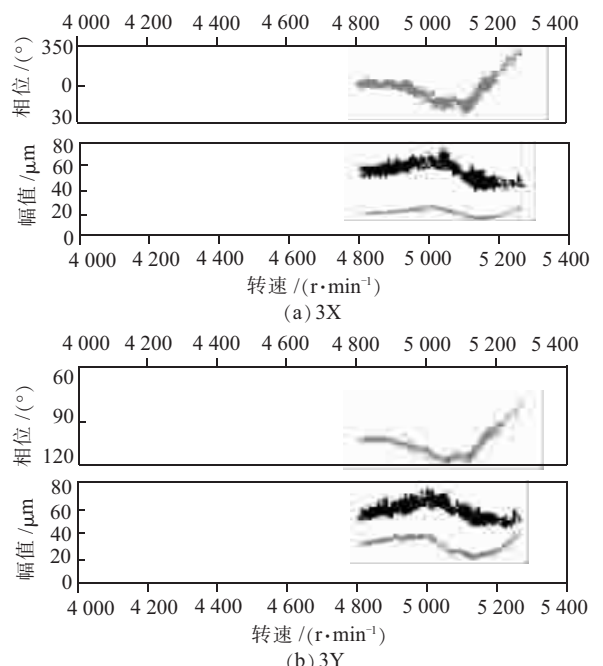


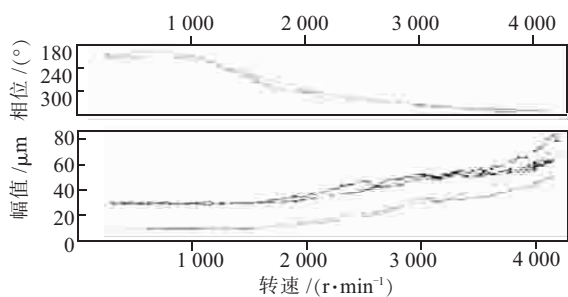
图6 变负荷试验时振动波特图

从振动理论上分析,如果是因为质量不平衡引起的振动,其幅值会随着转速的升高而平稳升高,而不会出现在高于某一转速时,振动又出现较快下降的情况,故建议检修中检查联轴器对中及齿套式联

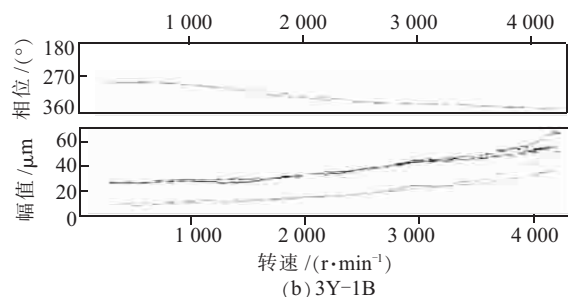
轴器连接情况, 结果发现汽泵左右方向整体跑偏 2 mm, 处理后启机, 振动问题得到解决。

1.4 碰磨问题

碰磨是导致小机和给泵振动的原因之一, 汽封、油档、水密封等处的动静碰磨会使小机冲转过程发生碰磨或在正常运行中跳机。部分电厂机组在额定负荷运行时, 小机振动出现快速爬升, 导致跳机。其主要原因为动静碰磨, 一是可能运行参数变化等因素导致动静间隙变小, 二是内部部件在投运后产生一定变形或基础下沉, 标高变化导致动静间隙变小。某电厂 2 台汽泵在大修后启机时, 由于水密封处一侧间隙偏小, 出现较严重碰磨导致无法启机, 1 台给水泵甚至出现抱死的情况。其中 1 台给水泵间隙处理前后泵传动端升速波特图如图 7、图 8 所示。

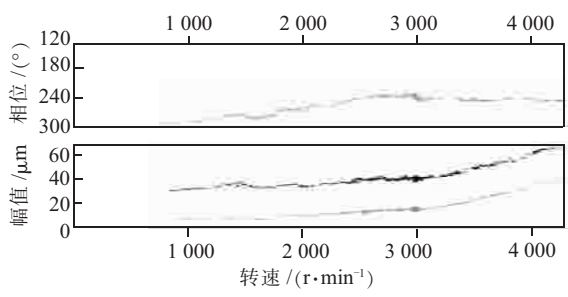


(a) 3X-1B

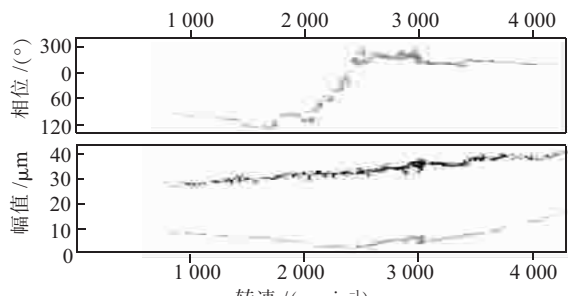


(b) 3Y-1B

图 7 间隙处理前泵传动端振动波特图



(a) 3X-1B



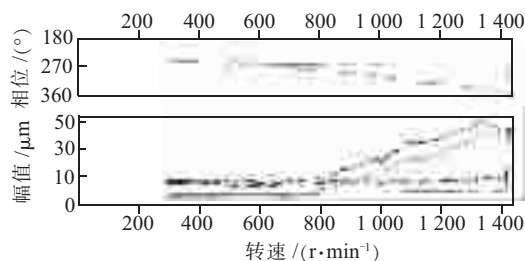
(b) 3Y-1B

图 8 间隙处理后泵传动端振动波特图

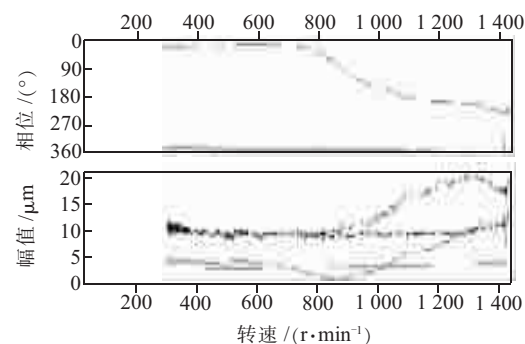
从波特图可看出, 间隙处理前, 在升速至 4 170 r/min 左右, 泵传动端振动因为碰磨而发生较快增加, 处理完后, 振动随转速平稳上升。对于碰磨问题, 在运行中注意运行参数不要大幅度剧烈变化, 如果振动有爬升现象, 应注意检查运行参数是否有异(蒸汽温度, 真空、轴封温度等), 在振动增大到一定程度后, 可考虑改变运行参数, 如降负荷、降低汽泵转速或汽泵退出运行等。在振动较大且仍快速增大时, 应按照规程迅速采取必要措施, 防止事故发生。

1.5 其他问题

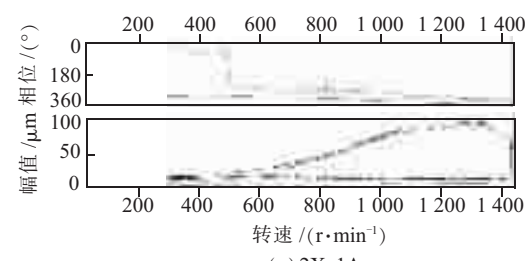
某发电厂 1 台汽泵大修后启机, 升速至 1 397 r/min 时, 各瓦振动幅值突然变大而打闸见图 9、图 10, 其中小汽机传动端振动矢量变化量达到 98 μm, 再次冲转时, 升速振动曲线与打闸后降速曲线重合, 判断为部件掉落所致, 经检查为联轴器内并帽螺母未锁死, 在升速过程中掉落, 产生质量不平衡所致。



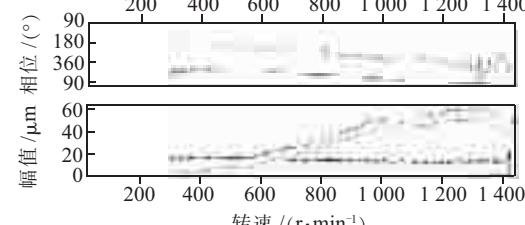
(a) 1X-1A



(b) 1Y-1A



(c) 2X-1A



(d) 2Y-1A

图 9 小汽机升降速波特图

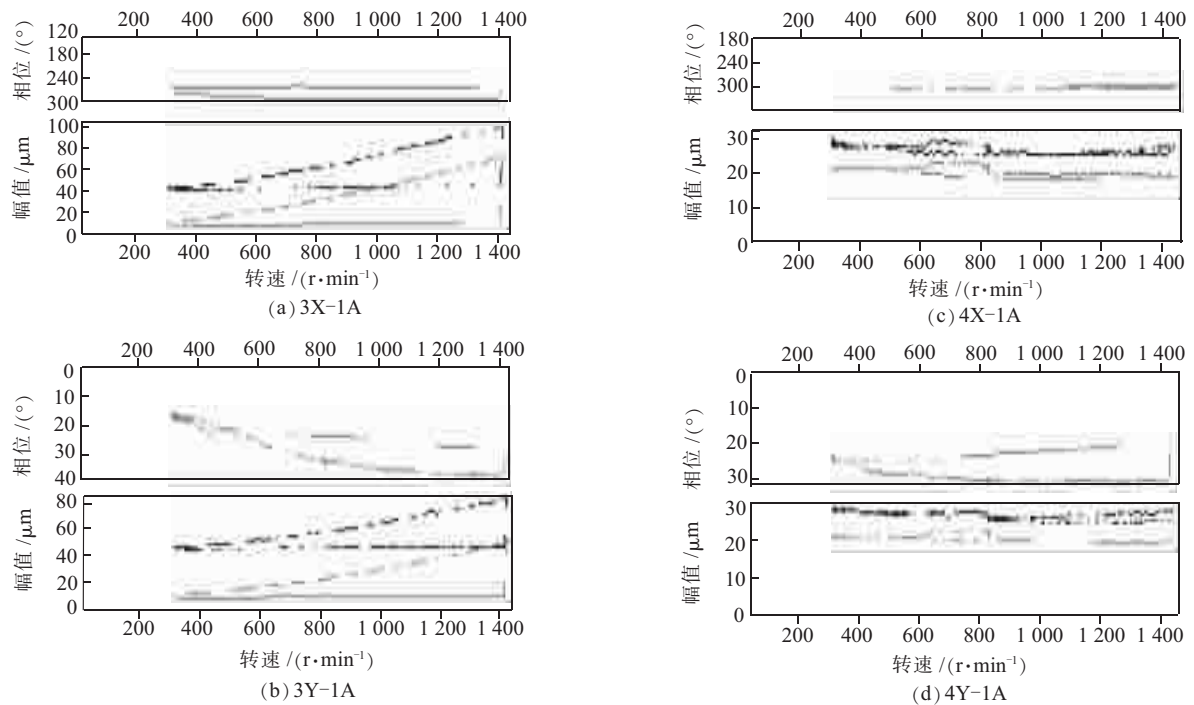


图 10 给水泵升降速波特图

2 结束语

(1) 通过现场处理发现,碰磨和联轴器问题为小机和给泵比较常见的振动问题,在汽泵出现振动问题的情况下,可先检查联轴器连接情况,并观察判断有无碰磨迹象,然后视情况再做处理。

(2) 对于质量不平衡问题,小汽机一般需返厂进行动平衡处理,给水泵不平衡致使传动端振动大,一般可现场加重处理。

(3) 建议电厂在适当时候增加小汽机偏心测量装置,这将有利于对小汽机启机过程中碰磨等问题的分析。

参考文献:

[1] 施维新,石静波. 汽轮发电机组振动及事故[M].北京:中国电力出版社,2008.

作者简介:

何小锋(1983-),男,湖北黄冈人,硕士研究生,研究方向为汽轮发电机组的振动。

Analysis on the Ordinary Vibration Problems of the Steam Pumps in Thermal Power Plant

HE Xiao-feng

(Jiangsu Frontier Electric Technology Co.Ltd., Nanjing 211102, China)

Abstract: According to the experience of treating vibration problems of the steam pumps, the frequently happened vibration problems are systematically summarized in the paper. As for the mass unbalance issues of the pumps and the steam turbines as well as the matter induced by locked coupling, internal rub and so on, we put forward several specific cases and the total treating process to provide reference for the overhaul and the operation of the steam pumps in the power plant.

Key words: steam pump; vibration; mass unbalance; coupling; crash

工频电场的长期生态影响研究有哪些?

关于工频电场效应的长期影响,即电场引起长期的生理或生物学影响,在世界范围内已进行 20 多年的研究,至少有十几个国家开展了这方面的研究工作。研究内容包括:(1)输配电职工健康情况调查;(2)流行病学研究;(3)对志愿受试实验室内试验;(4)在实验室用动物模拟人体暴露的试验;(5)电场对动物和植物生态影响的研究等。

各国所开展的典型研究为:(1)美国邦纳维尔电力局关于特高压试验线路对生态影响的试验研究;(2)美国电力公司关于 765kV 输电线路对家畜影响的调查;(3)日本特高压输电线路下电场对家畜影响的试验研究;(4)意大利对特高压输电工程工频电场生态影响的试验研究;(5)前苏联对超、特高压输电线路下电场的生态影响研究;(6)英、法、意 3 国联合对工频电场生态影响方面的试验研究。

研究表明,工频电场对人和动物有确定有害影响的阈值远高于输电线路下工频电场的限值;特高压输电线路工频电场取值合适,不会对生态环境造成不利的影