

一台给水泵汽轮机联轴器卡涩引起的振动故障

史思源

摘要：一台 640MW 机组给水泵汽轮机运行中振动较大，超过了报警值，通过对其振动的频谱测试，发现振动特征符合不平衡的振动特征，但实际上引起振动的原因是联轴器安装不当，致使的小汽机与给水泵不对中引起的振动大，调整联轴器后振动降低至优秀水平。

关键词：振动；联轴器；动平衡

1 设备概况

某电厂机组容量为 640MW，配备两台 50% 容量的汽动给水泵和一台 30% 容量的电动给水泵，正常运行中，两台汽动给水泵运行，电动给水泵作为紧急情况下的备用给水泵。

给水泵汽轮机型号 NK63/71/0，生产厂家是杭州汽轮机厂的 NK63/71/0，给水泵型号 HPT300-340-6S/27A。汽轮机的膨胀死点在汽缸排汽缸后部，进汽侧由汽缸下猫爪支撑在前轴承箱上，汽缸猫爪带动前轴承箱向前膨胀；后轴承箱与汽缸一体铸造，在排汽缸上部，随汽轮机缸体膨胀而向后膨胀，汽轮机与泵之间采用齿式联轴器连接。

2 事件经过

该机组在 2023 年 5 月完成的大修。给水泵汽轮机返厂

检修，更换了通流汽封、通流部分喷丸除垢、动平衡、转子弯曲度测量等工作。返厂回装时，外缸基础未动，检查机头横键、立键正常，复测通流间隙在设计范围内，未对洼窝中心、轴颈接触面进行检查。超速试验时汽轮机 #1、2 瓦振动保持在优秀范围内。但联轴器回装后，振动偏大，随着运行时间的延长，小机轴瓦振动有逐渐上涨的趋势，特别是 1x 振动，最高达到 $86 \mu\text{m}$ ，已超过了报警值。由于振动大，威胁机组安全运行，利用停机机会进行了处理，本文重点介绍了振动处理过程，以期对以后得振动处理有一定的借鉴意义。

2.1 超速试验情况介绍



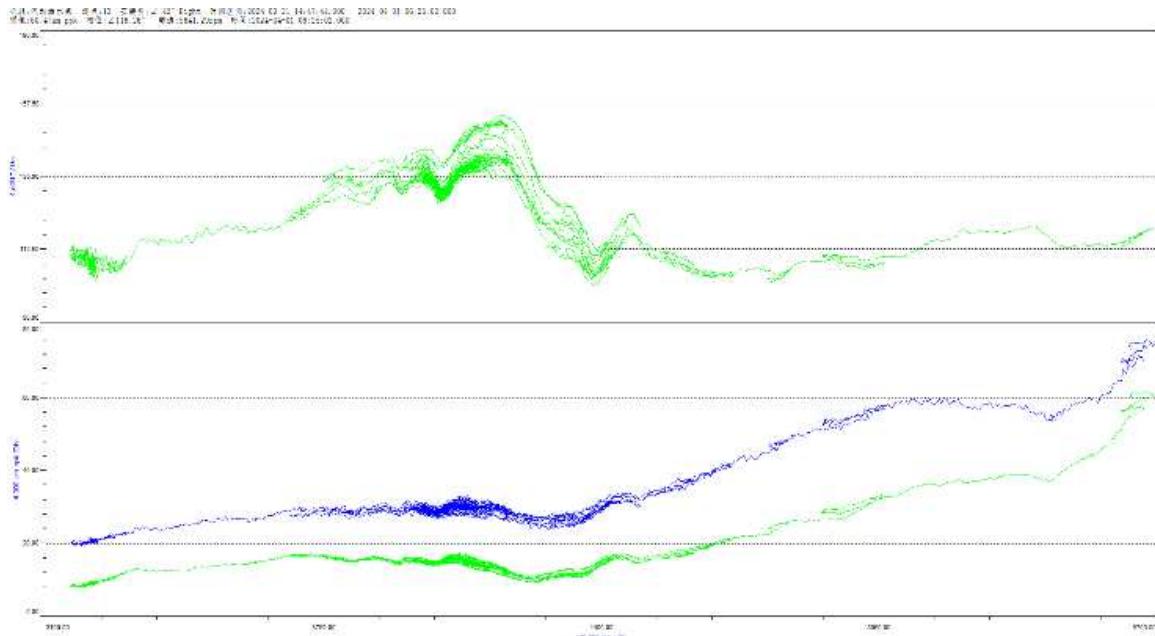
超速试验过程中，振动最大在 $20 \mu\text{m}$ 以内，但转子在惰走过程中存在碰磨现象，在大修或新安装机组中较为常见，属于正常现象，毕竟通流汽封全部更换，间隙较小，且

最大振动也仅仅只有 $69 \mu\text{m}$ ($125 \mu\text{m}$ 保护动作)。说明小机出厂后振动状态较为优秀，汽轮机现场回装工艺较好。

2.2 汽轮机带给水泵对轮后振动情况

连接对轮后，在盘车（盘车转速 370rpm）状态 2x 振动达到 $69.5 \mu\text{m}$ ，超过报警值 $65 \mu\text{m}$ ，退出运行，对轮复查中心正常，恢复联轴器，在 3500rpm 时振动最大 $56 \mu\text{m}$ ，因时间较紧，并入系统运行。此后机组满负荷状态 1x 最大振动 $65 \mu\text{m}$ ，保持运行。

2024 年 4 月 18 日，转速 5658rpm 时振动达到 $86 \mu\text{m}$ ，远远超过了报警值 $65 \mu\text{m}$ ，对安全运行产生了较大影响。



3 原因分析

常见引起不平衡现象的主要因素有：1、运行中发生了碰磨，导致转子热弯曲；2、原始制造质量欠佳产生的质量不平衡；3、联轴器对中较差，引起的类似不平衡现象。

3.1 转子返修后，通流间隙较小，发生碰磨现象较为常见，由于该汽封是镶齿汽封，汽封材质较硬，难以磨损，有摩擦引起的热弯曲进而转变成永久弯曲极有可能；同时由于泵和小机对盘车转速的要求区别较大，不排除机组停运后，盘车时间过短，引起的汽轮机转子弯曲。

3.2 原始制造质量欠佳产生的质量不平衡可以排除，因为大修后超速试验时振动值较为优秀。

3.3 齿式联轴器由两个具有外齿环的半联轴器和具有内齿环的中间齿套组成。两个半联轴器分别与主动轴和被动轴连接。这种联轴器具有一定的对中调节能力，因此常在大型旋转设备上采用。在对中状态良好的情况下，内、外齿套之间只有传递转矩的周向力。当轴系对中超差时，齿式联轴器

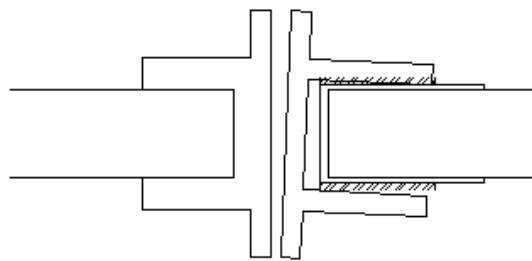
2.3 频谱分析

采用多通道振动分析仪从 TSI 上采集信号，发现在 4000rpm 转速以下时，振动较低通频值在 $30 \mu\text{m}$ 左右，较为优秀，1 瓦振动主要以 1、2 倍频为主，存在幅值较低的高次谐波；4000rpm 以上时，振动主要以 1 倍频为主，且随转速的上升而增大。2 瓦振动主要以 1 倍频为主；振动随转速的上升而上升，最大达到 $65 \mu\text{m}$ ，符合不平衡特征。

内外齿面的接触情况发生变化，从而使中间齿套发生相对倾斜，在传递运动和转矩时，将会产生附加的径向力和轴向力，引发相应的振动，这就是不对中故障振动的原因。

3.4 如果齿轮联轴器的齿根间隙偏小，在给水泵负荷增加过程中，给水流量与压力同时增加，联轴器的传递扭矩逐渐增大，齿套内摩擦阻力相对增大，如果联轴器齿轮和齿套出现卡涩情况，会导致泵侧与机侧联轴器齿轮滑动不畅，进而使汽轮机转子及给水泵转轴由于温度升高引起的膨胀量不能被联轴器吸纳，形成事实上的不对中引起的振动大。设计值为 $0.15 \sim 0.20 \text{ mm}$ ，在标准范围内，可以排除因联轴器齿套本身故障引起的卡涩现象导致的振动大。

3.5 联轴器安装失误。当汽轮机与给水泵之间的中心找好之后，在安装联轴器的过程中，由于安装工艺不当，致使联轴器法兰面出现较大张口，即使对中找正较为优秀，也会使得齿套与齿轮出现偏斜导致卡涩，联轴器由挠性联轴器变成刚性联轴器，失去调节能力，引起振动过大。



4 振动处理

2024年5月3日，利用机组启动机会，解开联轴器对轮，测量汽轮机空转振动，发现振动最大在4000rpm左右，振动幅值 $20\mu\text{m}$ ，汽轮机本体动平衡情况较佳。

至此，确定小机振动大的主要位置是在联轴器上，因机组启动，时间较紧，准备待下次停机后再复查中心。



在拆对轮螺栓的过程中，发现螺栓卡涩严重，此法兰口存在明显的张口，达到 $150\mu\text{m}$ 以上，设计上为刚性连接，

不能存在张口，张口会导致联轴器齿套和齿之间不是均匀配合，出现卡死现象。至此，确定引起振动大的主要原因是螺栓存在缺陷，使得连州两个半法兰不能紧密配合，出现张口，形成事实上的不对中。通过对螺栓打磨，消除联轴器法兰站口后，振动降低至 $42\mu\text{m}$ ，较为优秀的水平。无独有偶，在2024.6月检查另一台给水泵联轴器的时候，也出现了类似现象，把连接螺栓打磨处理回装后，给水泵汽轮机振动由 $52\mu\text{m}$ 降低至 $30\mu\text{m}$ 。

5 总结

通过检查处理可以看出，不对中对设备的振动影响较大，且随转速的升高而升高，很容易误认为是不平衡。对轮回装过程中应注意每一个细节，特别是在检修过程中发现异常，应查明原因，消除异常后再继续开展后续工作，防止因对轮安装存在异常导致的不对中，引起振动大造成设备损坏。

参考文献：

- [1]寇胜利，汽轮发电机组的摩擦振动，汽轮机技术，1998，3：134—143
- [2]施维新，汽轮机工作转速下转轴磨碰振动特征及其诊断，河北电力技术，1994，3：1—9
- [3]火电厂旋转机械振动诊断机治理技术 西安热工研究院有限公司 张学延 张卫军 何国安编著 中国电力出版社 2019年7月
- [4]本特利哈奇. 旋转机械诊断技术. 姚红良译. 出版地：沈阳创思佳业科技有限公司，2014.5.
- [5]机械振动、冲击与状态监测国家标准汇编，全国机械振动、冲击与状态监测标准化技术委员会、中国质检出版社第三编辑室 编. 中国标准出版社出版，2011.11