

汽动给水泵转速探头测量异常原因分析及处理

郑军杰

(中海石油舟山石化有限公司 机械动力部 浙江 舟山 316000)

【摘要】锅炉 10MPa 蒸汽节能改造项目中增加了 1 套 B0.88-9.2/3.72 型高背压汽轮机替代电力驱动给水泵, 机组采用 505 控制器, 并配有必要的保护装置, 以确保汽轮机安全运行。在汽轮机检修后出现转速无法测量和测量值波动大造成超速停车等问题, 汽轮机转速的准确测量关系到机组的安全稳定运行, 与转速探头的安装质量有重大关系。

【关键词】转速传感器 505 控制器 TSI

汽轮机为高温、高压、单缸背压式汽轮机, 主要包括汽缸、喷嘴室、转子、喷嘴组、转向导叶、支持轴承、推力轴承、轴承箱、汽封、联轴器、主汽阀、提板阀、危急遮断器、危急遮断器错油门以及轴向位移控制器等部件组成。主汽阀上的行程开关、主汽阀前、后压力进入 DCS 系统, 只有当汽轮机盘车暖机结束、主汽阀完全开启后, DCS 系统才能发出启动允许指令, 汽轮机电液控制系统启动冲转汽轮机。汽轮机装有六个转速传感器, 其中一个接到转速表用于就地显示, 二个接到 505 控制器用于调速, 三个接到 TSI 用于超速保护。当汽轮机机械保护或电保护动作时, 保安油压泄去, 油缸带动搭扣与挂钩杠杆脱开, 阀碟在弹簧力作用下迅速关闭主汽阀, 截断蒸汽进入汽轮机。汽动给水泵大修后第一次开机时 6 只转速探头无指示, 导致机械飞锤动作停机。按汽动给水泵使用说明书要求将 6 只转速探头安装间隙调整到 0.9mm, 随后开机转速都显示正常。在第二次正常开机过程中, 当转速升到 5500 rpm 时出现异常超速停机。

保护系统主要包括超速保护(机械和电)、滑油压力低保护、轴向位移大保护(机械和电)、轴瓦超温保护、振动大保护等。主要通过主汽阀、危急遮断器错油门、危急遮断器、轴向位移控制器、停机电磁阀、ETS 系统、TSI 系统来实现。当汽轮机超速时, 危急遮断器飞锤飞出, 撞击危急遮断器错油门上的杠杆, 引起危急遮断器错油门动作, 将主汽阀中随动滑阀内的压力油泄掉, 使主汽阀和调节阀关闭, 切断进入汽轮机的蒸汽, 机组停机。此外, 危急遮断器错油门顶部的小弹簧罩用于紧急情况时的就地手动停机。正常状态下, 轴向位移控制器喷嘴与汽轮机转子之间的间隙为 0.4mm, 当转子的轴向位

移超过了 0.8mm (即喷嘴与转子的间隙为 1.2mm) 时, 轴向位移控制器动作, 将主汽阀中随动滑阀内的压力油泄掉, 使主汽阀和调节阀关闭, 切断进入汽轮机的蒸汽, 机组停机。在危急遮断器与随动滑阀之间的管路上冗余配置的电磁阀是速关组合件的组成部分。当检测到各种外部条件综合停机信号(如汽轮机转速、轴承及轴瓦温度、轴向位移、滑油压力等)后, ETS 系统发出信号(超温保护由 DCS 系统送给 ETS 系统开关量信号), 电磁阀动作, 随动滑阀中的油泄掉, 压力油直接排回油箱, 主汽阀关闭, 汽轮机停止运行。

一、问题原因检查

(一) 6 只转速探头转速无显示情况检查

①对汽轮机 6 只转速探头电阻值进行了测量, 均为 117 Ω 左右, 转速探对正常。②在现场用信号发生器送信号, 505 控制器和 TSI (本特利 3500 系统) 转速显示正常。③探头安装间隙检查, 6 只转速探头均在 1.6mm 左右。

(二) 第二次超速停机情况检查

①检查进入 505 控制器的 2 只转速信号历史曲线正常, 无波动现象。②检查进入本特利 3500 系统 3 只转速信号历史曲线(图 1)发现, 转速 2 SIST-8116 和转速 3 SIST-8117 存在在不同转速区间先后出现测量值波动现象。③检查转速探头电阻值测量正常, 运行期间转速探头输出电压正常。

二、磁阻式转速传感器测量原理

转速探头使用的是美国阿泰克 AI-TEK 70085-1010-118 可变磁阻传感器, 它的内部结构由一个磁体、磁极和线圈组成(如图 2)。磁场(通量线)从磁体中延伸出来, 穿过磁极和线圈, 在传感器末端进入到气室。磁场的回路为从气室到磁体的另一端。

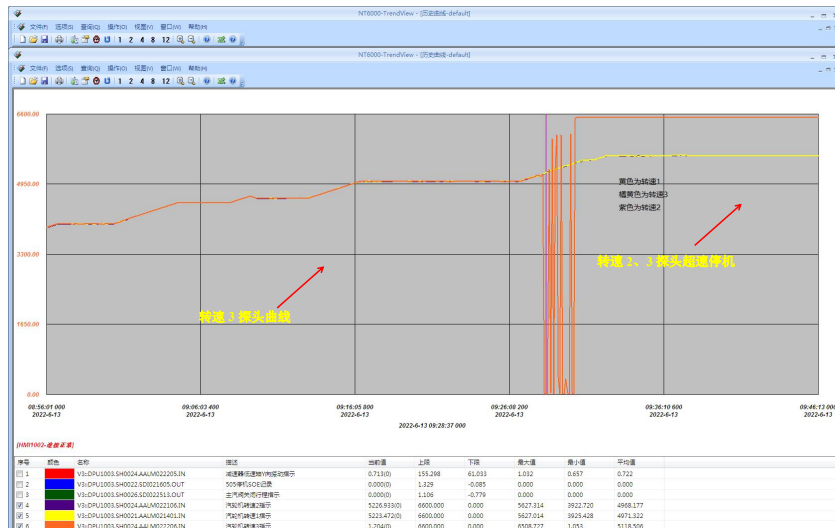


图 1：超速停机转速曲线

当铁实体接近磁极末端时，磁场强度会增大，而当铁实体远离磁极时，磁场强度会减少。磁场突然中断或迅速变化会在线圈中感生出交流电压信号。在理想目标和匹配传感器同时存在的情况下，感生电压的形状为正弦波。因此所生成的频率信号与单位时间内穿过磁极的铁实体数量（转速）直接成正比。输出电压的振幅与铁实体穿过磁极的速度成正比。

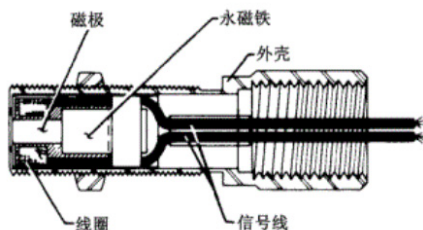


图 2：磁阻式转速传感器内部配置

三、转速测量异常原因分析

(一) 转速无显示原因分析

根据汽轮机大修后第一次开机 6 个转速探头无

显示造成的汽轮机超速，危急遮断器飞锤飞出停机，转速探头检查情况及磁阻式转速传感器工作原理分析，6 只转速传感器均无显示原因是因为转速传感器的安装间隙不合适（过大），导致转速探头与发讯盘之间转动时产生的感应电压偏低，未达到 505 控制器和 3500 系统的接收频率信号的低限值电压，因此无频率信号产生，所以在 505 控制器和 3500 系统无法正常显示实际转速。

(二) TSI 转速超速停机原因分析

根据第二次汽轮机超速停机后检查情况及图 1 转速历史曲线分析，本次超速停机是由于转速 2(SIST-8116) 和转速 3 (SIST-8117) 两个探头转速测量值波动触发 3 取 2 联锁动作停机。在高转速时，转速 2(SIST-8116) 和转速 3 (SIST-8117) 先后出现波动，根据转速传感器工作原理和图 1 历史曲线判断，该 2 只转速传感器安装间隙偏小，当转速升到某一个区间时会导致传感器输出信号叠加、失真（具体波动原因见说明），导致无法正常显示实际转速。

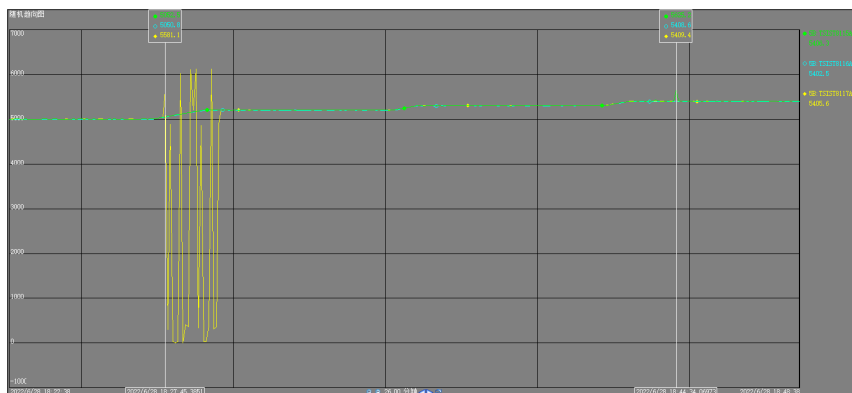


图 3：6 月 28 日 3# 汽动给水泵开机转速曲线

转速测量波动、满量程原因分析：磁阻式转速传感器产生的感应电动势波形近似为正弦波。测量模块（本特利 3500 转速卡件）对正弦波输入电压进行模数转换后，送入控制器进行计算获取齿轮转速。一般来讲，测量模块都有其低限电压 V_l 和高限电压 V_h ，其输入电压 U 满足 $V_l \leq U \leq V_h$ ，否则测量模块无法接收到转速信号。

对汽轮机转速测量系统，当本特利 3500 的转速模块接收的输入电压 U 满足 $V_l \leq U \leq V_h$ ，转速模块能够进行正常测量，随着汽轮机发迅盘转速的升高，传感器产生的交变感应电动势 E 逐步增大，转速模块的输入电压 U 也随之增大；当转速模块的输入电压 U 上升沿达到 V_h 时，转速模块会进行一次采样；当 $U > V_h$ 时，输入电压 U 被标记为零；当 U 经过峰值后下降沿达到 V_h 时，转速模块就会又进行一次采样^[1]（见图 4）。由图 4 可知，当转速模块的输入电压 U 超过其高限电压 V_h 时，一个波就会被进行 2 次采样，从而引起经计算得到的转速测量值剧烈波动；当转速继续升高至某一个值时，转速模块对其输入电压的每一个波都会进行 2 次采样，因此，此时得到的转速测量值为实际转速的 2 倍。

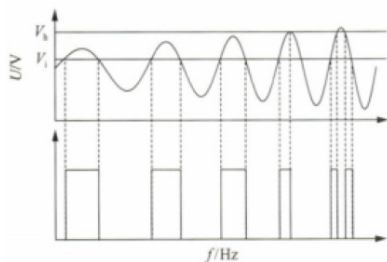


图 4：转速模块接收信号示意图

四、汽轮机组冷态启动

汽轮机在投运前需对整个机组的准备状况作一番检查，特别要对主汽阀、调节系统、保安装置等对汽轮机的安全运行起决定作用的部件进行检查。

确认机组安装（或检修）工作已全部结束，附近地面的杂物已清除和清扫完毕。确认汽轮机保护装置（润滑油压过低、轴向位移过大、汽轮机及齿轮箱振动过大、支持轴承和推力轴承以及齿轮箱轴承瓦温过高等）已投入位置，安全可靠。在 ETS 机柜上将保护开关投入，多次开关调节阀，以防止其卡死并可清除阀杆上的污垢。手拍危急遮断器错油门按钮，主汽阀和调节阀应快速关闭。试验结束后，各调节部件应恢复至初始位置。在汽轮机进行静态试验前，应进行各监测点、控制点的信号传递检查，确保信号上传到监控系统。全开调节阀，缓慢手动开启主汽阀，冲动转子至 500r/min，倾听汽轮机内异常声响，检查汽轮机的汽缸温度、轴振、各轴承瓦温及轴向位移值。（如图 5）

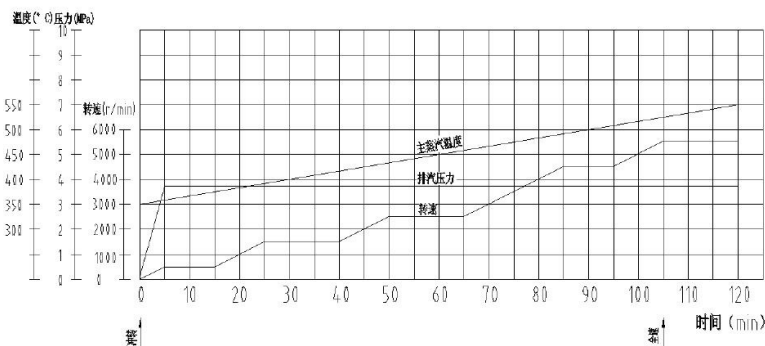
监视各轴振、轴向位移在升速过程中出现振动过大时，应迅速降低转速直至振动符合要求为止，并在此转速下暖机找出振动原因，并在问题消除后再继续升速。排汽并网，在保持汽轮机转速不变的情况下，逐渐关小向空排汽阀，使排汽压力略高于工业用汽管网压力 5% 左右。

五、结语

根据以上分析判断机组转速出现的无显示和波动 2 种现象，都是因为转速传感器的安装间隙不合适所致，所以利用停机期间，将该机组的 6 只转速传感器的合适间隙做了一个测量和记录，以利于下次机组大修时转速探头与发迅盘之间的安装间隙提供参考依据。汽轮机在启机过程中缺少转速保护，升速过程中如发生汽轮机的振动、转速、温度等异常情况应进行检查，避免造成问题进一步扩大。

参考文献：

[1]磁阻式转速测量系统电磁特性分析与故障处理中国电力,2015,12:70



高压汽轮机额定参数冷态启动曲线

图 5