

耒阳电厂 200MW 汽轮机滑负荷原因分析及调速系统改造

杨继明, 黄志杰, 刘 亮

(长沙电力学院 动力系, 湖南 长沙 410077)

摘 要:通过对调速系统的使用分析,找出 200 MW 机组采用高速弹性调速器为敏感元件的机械液压式调速系统滑负荷和负荷阶跃产生的原因。采用技术改造方案消除了调速系统滑负荷和负荷阶跃现象。

关 键 词:汽轮机; 调速系统; 滑负荷; 联轴器

中图分类号: TK263.7 文献标识码: B

1 前言

耒阳电厂 200 MW 汽轮机是某厂生产的 N200-130/535/535 型中间再热式汽轮机,其调速系统是采用高速弹性调速器为敏感元件的机械液压式调速系统^[1]。

该厂两台机分别于 1988 年和 1989 年投产,在投产后一段时间内调速系统运行比较稳定。但随着运行时间的增长,两台机组调速系统相继出现摆动,突发性甩负荷情况。而且甩负荷的程度随着甩负荷次数的增加越来越大,最大时达 70~80 MW,在解体检查调速系统时发现 1 号和 2 号机的齿形联轴器严重磨损,主油泵推力瓦的非工作面磨损达 1 mm 以上,严重威胁机组的安全稳定运行。

2 调速系统滑负荷和负荷阶跃产生原因分析

根据运行和检修中的观察发现:汽轮机滑负荷或负荷阶跃情况产生时,均发现齿形联轴器和推力瓦非工作面存在不同程度的磨损。在更换联轴器一段时间内,调速系统运行情况又比较平稳。但随着运行时间的增长,开停次数的增加,机组变负荷运行时,又会出现调速系统滑负荷或负荷阶跃。

根据分析研究:认为耒阳电厂 200 MW 汽轮机调速系统滑负荷或负荷阶跃是基于下列原因所致。

2.1 主油泵齿形联轴器磨损

由于机组在冷态启动到正常运行过程中,汽轮机转子相对前轴承箱有一胀差,主油泵与高压转子的中心标高变化也较大。为吸收转子中心和胀差的变化,保证主油泵调速系统正常工作,制造厂在联轴器设计选型时,选择了挠性齿轮联轴器。原设计齿轮联轴器的润滑油来自主油泵吸入口,通过泵轴上的小孔(槽)进入联轴器里,流经联轴器齿面后再由齿套的孔流出。由于主油泵吸入口油压较低,吸入口面积偏小,流程曲折,在高速旋转的离心力作用下,很难保证联轴器内充满润滑油。加上轴封系统等一系列问题(油中水份含量较大)以及油质较差导致吸油口的堵塞,使联轴器在断油的状态下运行。

齿形联轴器在断油的情况下,磨擦系数加大,磨擦阻力增加;再加之原齿形联轴器为 55 型,材质为 25CrMoV,齿面硬度偏低,耐磨性能差,致使啮合部分很快磨损咬合,使齿形联轴器完全失去自补偿能力,无法消除汽轮机转子轴位移及高压缸差胀对主油泵轴向力的影响。故当汽轮机大轴窜动等因素干扰时,就会造成主油泵轴向窜动。高速离心调速器为敏感元件的机械液压式调速系统,其调速器是固定在主油泵小轴上,与随动滑阀之间的间隙很小,调速器本身的工作行程仅 1 mm 左右。所以调速器微量轴向窜动,将会引起负荷的较大变化,造成调速系统的大幅度的摆动。

2.2 主油泵推力瓦工作面磨损

由于联轴器工作失常,主油泵就会受油压波动和汽轮机大轴窜动等因素的干扰,高压转子不断将主油泵轴前推或后拉,导致推力瓦工作面的磨损。由此引起窜轴造成联轴器工作齿面的磨损,两者相互影响,加速其恶化,调速系统无法正常工作,造成调速系统大幅度的摆动。显然,这类调速系统工作的稳定性与主油泵推力间隙有着直接的关系,当然主油泵推力间隙的绝对值并不是影响调速系统稳定工作的关键因素,问题的关键是主油泵推力盘在运

行中的窜动量。

200 MW 机组转子的死点是 2 号轴承座的推力瓦, 高、中压缸的汽缸死点在中压缸的排汽缸的中部, 冷热态开机, 高中压缸高压转子向前膨胀。高压缸正常差胀为 3 mm 左右, 那么在转子温度低, 高压缸的差胀较小或在负数的范围, 齿轮组的齿轮面接触长度短, 磨擦其端部。停机过程中转子冷却速度快, 同样磨损齿轮的端部。随着开、停机次数的增加, 齿轮端部的磨损大于中部与后部, 于是齿面的磨损就变成非均匀性磨损, 从齿尖往下看变成一个楔形状, 如图 1 所示。

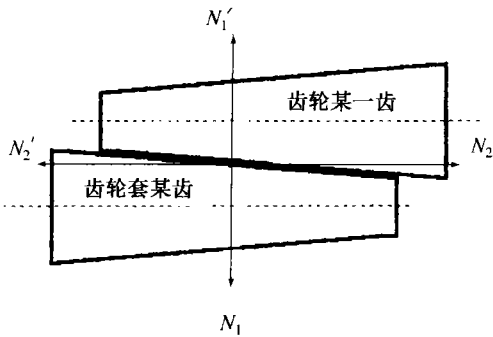


图 1 齿面磨损示意图

齿与齿之间的力传递除了一圆周方向力之外, 还存在一个轴向分力。随着机组运行时间的增长, 齿面磨损成楔形, 就使联轴器产生一个指向机头方向的轴向推力。按生产厂设计, 主油泵的推力应该是由调速系统的调速器滑阀组的 2 号滑阀喷油口, 直接将油喷到高速弹性调速器上, 高速弹性调速器与主油泵轴连成一体, 这股高速压力油的喷射使主油泵的轴向推力指向高压缸方向, 使主油泵推力瓦工作面承受推力。由于齿形联轴器的磨损产生一个指向机头方向的附加轴向推力, 结果改变了主油泵推力瓦的工作状态, 由非工作面工作。实践证明往机头方向轴向推力比较大, 这是导致推力瓦的非工作面磨损的主要原因。

另外, 还有两轴及内齿轮齿套的定位问题, 若安装或冷热态转子相对膨胀, 都改变齿面啮合的长度, 齿面比压改变, 也导致联轴器齿轮的损坏。

3 改进措施

调速系统引起滑负荷或负荷阶跃, 其主要原因是因齿形联轴器的磨损咬合所致。为此我们采取以下措施。

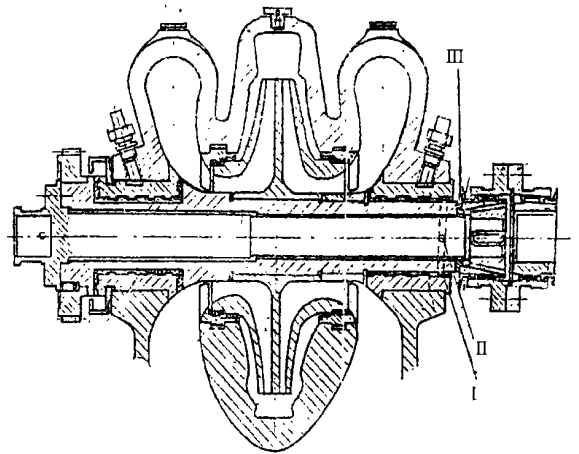
3.1 更换齿形联轴器

原齿形联轴器为 55 型, 材质为 25CrMoV。齿面硬度 HRC20 左右, 偏低。现更换为 69 型, 材质为 38CrMoVAL, 表面渗氮处理, 硬度提高到 HRC45 ~ 50。从而改变表面接触强度, 使齿形联轴器的耐磨性提高, 使用寿命相对增长。

3.2 解决润滑问题

原结构内部齿间润滑油的供给有名无实, 解体时也发现齿间无润滑油痕迹。运行时属于干磨擦, 致使齿的啮合部分很快磨损咬合。为了改善齿间的润滑, 进行了如下改进。

分别在主油泵高压缸端的支承瓦, 主油泵的主轴的空心轴, 空心轴与主油泵侧联轴器之间, 采取了相应的改造, 见图 2。



I — 支持瓦改为环形油槽;

II — 空心轴直径为 8 mm 的 45°角孔; III — 铜套

图 2 主油泵齿轮式联轴器的改造图

(1) 主油泵的高压缸侧支承瓦的润滑油是从瓦座顶部引入进油管, 再通过上半瓦的上背开一条油槽直达上下瓦的结合中分面, 上瓦在对应的油槽中分面开一条进入瓦体内部油路。我们在上下两半瓦一端 5 mm 处, 开一条宽 8 mm 圆弧形, 深 2 mm 的油槽, 并在上瓦的圆环油槽与支承瓦中分面进油导通 (上半瓦中分面处去掉一部分乌金), 保证润滑油顺利进入圆环槽, 油量足够供应齿形联轴器。

(2) 主油泵空心轴的改造。在主油泵支承瓦加工一个环型槽, 与其相应的主油泵空心轴钻三个相差 120°角, 直径为 8 mm 的 45°角的圆孔, 如图 3 所示。

转子旋转方向如图 3 顺时针方向, 通过三个 $\Phi 8 \text{ mm} \times 45^\circ$ 的孔 (象油泵一样) 将润滑油打入实轴

与空轴之间,使两轴之间充满有一定压力的油。

(3) 空心轴与齿形联轴器油路连通方案是在空心轴端面与齿轮端部内环处固定一个铜套,铜套内部留有 2 mm 间隙,形成油路,铜套的固定一端紧连空心轴的端部,另一端插入齿轮端部的内环处,装配时要求 0.02 mm 的紧度。

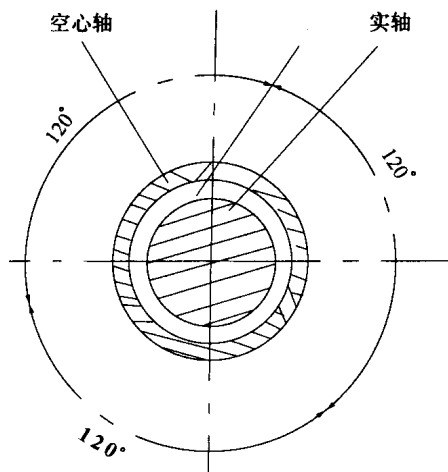


图 3 主油泵空心轴的改造图

如此就形成从主油泵支承瓦进油→支承瓦的附加改造油环→主油泵空心轴→齿轮端部贯穿孔→齿形联轴器组件的润滑油路。从现场实际检查,即使在停机状态,转子静止的情况下,也有润滑油进入联轴器组件。

经过齿轮联轴器材质及齿形的改变,齿形联轴器组件润滑油路的改进,彻底改变了齿轮的工作状况,

大大延长了其使用寿命。实践证明,一套齿形联轴器可以使用一个大修期 2~3 年,延长寿命 5~6 倍。

3.3 提高油的品质,解决油中带水

从其调速系统滑负荷与负荷阶跃产生原因可知,油品的好坏,对推力瓦的磨损也有一定的影响,必须很好解决油中带水的问题。

4 改进后的运行情况

从 1995 年 1 号机大修,2 号机小修改用 69 型齿形联轴器及润滑系统,改进投运以来,两台机调速系统均未出现滑负荷和负荷阶跃现象。

1996 年利用 1 号机小修与 2 号机备用情况对主油泵轴向窜动量进行了测量,齿形联轴器解体进行了检查。1 号机主油泵推力瓦间隙为 0.21 mm;2 号机主油泵推力瓦间隙为 0.24 mm,齿形联轴器没有磨损,情况良好。

从试验过程看,手摇同步器,油动机开启平稳,无摆动,左右两侧油动机的开度基本一致。快速往复摇同步器时,油动机无大的抖动,机组的速度变动率满足要求;从开机过程看,升速顺利,未发生油动机摆动现象,机组带负荷平稳。

为了进一步观察改进后调速系统运行情况,1997 年 1 月 31 日进行了一次变负荷实验,用同步器分别向负荷减少(下行)和负荷增加(上行)方向移动,观察同步器处于某一位置时机组负荷的变动值,试验数据见表 1。

表 1 1 号机组负荷变动试验数据

	负荷/MW		主汽压力/MPa		主汽温度/℃		左侧高压油 动机行程/mm		右侧高压油 动机行程/mm	
	上行	下行	上行	下行	上行	下行	上行	下行	上行	下行
同步器行程/mm										
29.25	200	197	13.0	13.0	535	533	140	138	138	136
29.0	189	188	12.5	12.5	535	532	130	129	128	127
28.75	176	175	12.2	12.3	522	524	118	118	117	116
28.5	162	159	11.2	11.1	515	515	106	104	107	105
28.25	141	136	9.3	9.4	511	507	95	92	95	93
28.0	130	127	9.1	9.1	506	502	86	85	85	83
27.75	115	112	8.6	8.5	499	495	76	76	76	74
27.5	97	95	8.2	8.2	495	492	64	62	62	60
27.25	80		8.0		489		50		49	

在用同步器加减负荷过程中,机组运行平稳,油动机无突跳、抖动现象,机组迟缓率满足要求。

[2] 耒阳电厂 200 MW 汽轮机调速系统滑负荷原因分析及对策研究鉴定材料[R].长沙:湖南省电力局,1997.

参考文献:

(辉 编辑)

[1] 翦天聪.汽轮机原理[M].北京:水利电力出版社,1985.

某船主锅炉过热器管束爆管原因分析及解决措施 = An Analysis of the Causes of Tube Explosion in the Superheater Tube Bank of a Marine Main Boiler and the Measures Taken for Resolving the Problem [刊, 汉] / SHEN Zhi-gang, LI Yan-jun, MA Yun-xiang, et al (Harbin No. 703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150036) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(4): 418 ~ 419, 422

In connection with the tube explosion occurring in the superheater tube bank of a marine main boiler tests were conducted with respect to the material used for the tube bank, the superheater construction and system operating mode, etc. followed by relevant calculations, a discussion and analysis of the test results. The cause of the tube explosion has thus been identified as follows: an improper operation and manipulation had caused the deformation of the partition plate of a superheater header when it was suddenly subjected to an excessively high pressure difference, eventually leading to a steam short circuit-sparked tube explosion. In view of the above situation relevant measures were proposed to eliminate the causes leading to the tube explosion. **Key words:** superheater, tube explosion, partition plate device, deformation

实用新型除尘装置——环栅式动力除尘器 = A Novel and Functional Dust-removal Device of the Ring-grid and Dynamic Type [刊, 汉] / LI Wei-shun, LU Jia, WANG Lin, et al (Harbin No. 703 Research Institute, Harbin, China, Post Code: 150036) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(4): 420 ~ 422

A novel and functional dust-removal device of the ring-grid and dynamic type has been made by adopting an advanced aerodynamic profile and by using fluid calculation techniques. Its operating principle is similar to that of a traditional louver-type dust removal device, but its dust removal efficiency is considerably higher. Moreover, the device under discussion features a variety of merits, such as a simple construction specific to a mechanical dust removal device, low fabrication cost and ease of maintenance. Other advantages include a low operating resistance, a small space occupied, corrosion and high-temperature resistant properties, the absence of secondary pollution and a unique flexibility in the selection of installation modes. It can be widely employed in various engineering sectors, such as cement making, electric power generation, metallurgical and chemical enterprises, food and tobacco processing and lumber processing, etc. **Key words:** dust removal device, ring-grid type

汽轮机旁路与引进型过热器(5 % BMCR)小旁路的特点比较 = Comparison of a Steam Turbine Bypass with the Small Bypass of a Foreign-made Superheater [刊, 汉] / YU Ze-zhong, LI Dong-mei, LI Rui (Harbin Boiler works Co. Ltd., Harbin, China, Post Code: 150046) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(4): 423 ~ 425, 430

耒阳电厂 200 MW 汽轮机滑负荷原因分析及调速系统改造 = An Analysis of the Causes Leading to a Sliding Load of the 200 MW Steam Turbine at Leiyang Power Plant [刊, 汉] / YANG Ji-ming, et al (Changsha electric Power Institute, Changsha, China, Post Code: 410077) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(4): 426 ~ 428

Through the usage analysis of a speed governing system identified were the causes leading to the sliding load and load jump phenomenon discovered in the mechanical/hydraulic speed governing system of a 200 MW steam turbine, which used a high-speed elastic governor as sensing elements. The implementation of a technical modification scheme has eliminated the sliding load and load jump phenomenon of the speed governing system. **Key words:** steam turbine, speed governing system, sliding load, coupling

600 MW 机组离心式引风机故障分析与处理 = Failure Analysis of the Centrifugal Induced-draft Fan of a 600 MW Power Plant [刊, 汉] / ZHOU Kui-ying, JIANG Cun-tao, FU Zhi-fang (Pingwei Power Generation Co. Ltd., Huainan, China, Post Code: 232089) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2002, 17(4): 429 ~ 430