

330MW 汽轮机冷态启动低压差胀超限 原因分析与处理

宋伟（大唐辽源发电厂）

摘要：针对某发电厂北重产 NC330-17.75/0.39/540/540 型汽轮发电机组，冷态启动时低压差胀超限影响机组安全经济运行的问题，对机组滑销系统和轴封系统进行了详细检查分析，认为导致机组冷态启动时低压差胀超限的主要原因是高、中压缸推拉杆偏心圆销无锁紧装置，引起汽缸膨胀不畅及中、低压缸轴封系统漏汽加快中、低压转子膨胀所致。并对滑销系统和轴封系统进行了修复处理，成功解决了机组冷态启动时低压差胀超限问题，提高了机组运行的经济性和可靠性。

关键词：330MW 机组；汽轮机；低压差胀；滑销系统；推拉杆；轴封系统；

汽轮机胀差就是指汽轮机转子与汽缸在受热膨胀时轴向膨胀的差值。通常为了提高机组的效率，汽轮机的通流间隙都要设计的尽量小，那么为了保证汽轮机较小间隙的动静部分不发生碰摩，就要控制好汽轮机胀差值。因此胀差是汽轮机启动、运行及变工况运行时的最重要监视和控制的参数之一，也是影响机组安全运行的重要因素。如果胀差控制的好，机组就能按规定启动时间顺利启动，如果汽轮机启动或运行中，出现胀差增大并接近报警值，甚至停机值，必须尽力降下来，或打闸停机，否则将危及汽轮机设备的安全。

1 机组概况

大唐辽源发电厂 3、4 号汽轮机是北京重型汽轮发电机有限责任公司引进法国 ALSTHOM（阿尔斯通）技术设计制造的 NC330-17.75/0.39/540/540 型，亚临界，一次中间再热，三缸，双排汽，单轴，抽汽凝汽式汽轮机。汽轮机的滑销系统及各部膨胀方向如图 1 所示。

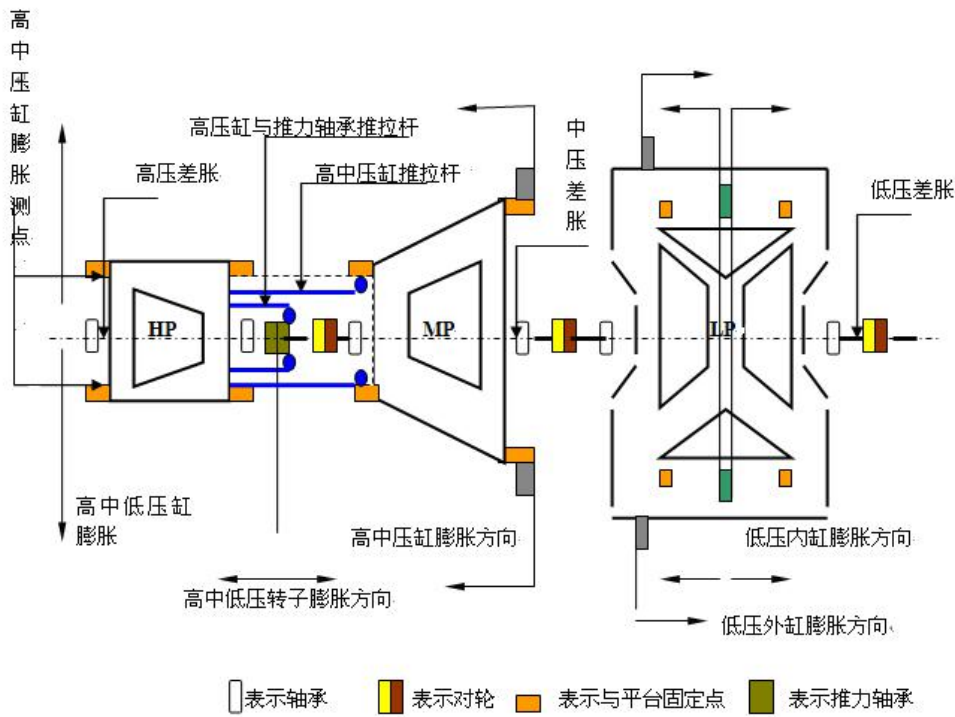


图1 滑销系统

高、中压缸滑销系统采用推拉杆结构,通过推拉杆刚性连接高、中压缸外缸上猫爪,推力轴承座与高压外缸之间用另一对推拉杆刚性连接,使汽缸的膨胀与转子的膨胀直接联系在一起,改善了汽缸与转子的差胀。1、2、3号轴承座都是落地式轴承座与基础台板固定,在汽缸膨胀时轴承座不动。高、中压缸与1、2号轴承座通过立销连接,中压缸与3号轴承座连接,除了有立销外,还有作为高、中缸膨胀死点的下缸后猫爪横销,高、中压缸由此点向前膨胀。低压外缸放置在支撑板上,支撑板放在固定于基础的台板上。低压缸与3号轴承座以及低压转子与发电机转子的对轮座都是通过立销联系。低压外缸膨胀死点为靠近低压缸前侧排汽口的横销,低压外缸以该点出发向发电机侧轴向膨胀,也可横向膨胀。低压缸内下缸通过中分面螺栓挂在内上缸上,而内上缸放在外下缸上,在进汽口的中线处设有横销,且内下缸同外下缸在排汽侧下部各有左、右两条挠性杆作限位连接。这样,内缸的横销为膨胀死点,可上、下、左、右、前、后均能自由膨胀。转子的膨胀死点为推力轴承推力盘,推力轴承设在2号轴承箱内,由两根推拉杆将推力轴承与高压外缸刚性联接,可随同高压外缸一起膨胀移动。整个汽轮发电机转子就以推力盘为死点分别向前、后膨胀。低压转子为整锻转子,有较好的刚性且低压转子采用中分流形式,可以抵消相互间的轴向推力。

汽轮机装有3个差胀测点:高压差胀、中压差胀和低压差胀。其中高、中压差胀的测量装置分别安装在各自的外缸缸体上,随缸体一起移动,而低压差胀传感器采用靶板式位移传感器,其探头在低压转子与发电机转子对轮处被固定在对轮保护罩上,而对轮保护罩固定在基础台板上,并不随缸体滑动,因此3、4号机组汽轮机低压差胀的测量值并不是测点处转子与缸体的膨胀差,而是中、低压转子在测点处相对于基础台板的位移量。经北重厂家证实,北重所有汽轮机的低压差胀均采用这种测量方法。厂家提供的3、4号机组高、中、低压差胀正常范围为:高压差胀 $-1.2\sim+6.6\text{mm}$,中压差胀 $-3.5\sim+6.0\text{mm}$,低压差胀 $-2.2\sim+8.0\text{mm}$,对应的测量范围均为 $0\sim100\%$,超过限值 10% (-10% 或 $+110\%$)紧急停机。即低压差胀停机值 -3.3mm 和 $+9.1\text{mm}$ 。TSI测量模块内设置的测量范围是 $-50\%\sim+150\%$ 。

2 存在问题

3、4号机组分别于2008年12月和2009年2月投产发电,均经历中修一次、小修三次,两台机组投运以来汽轮机高、中压缸总膨胀及高、中压差胀均能满足各种运行工况的要求,但自2011年两台机组小修后冷态启机过程中发现低压差胀值在机组冷态启动时低压差胀已接近甚至超过停机值 $+9.1\text{mm}$,从而使机组无法继续冲转,必须打闸停机后进行二次启动,

才能正常启动并网运行，这严重影响了机组运行的经济性。但机组正常运行和热态启动时低压差胀却满足差胀要求。

3 原因分析

由于机组低压差胀测量值与低压缸体的膨胀无关，因此，冷态启动时低压差胀增大的原因只能是高、中压缸体膨胀与中、低压转子膨胀存在问题或测量装置存在测量误差。

3.1 差胀测量装置检查

初步怀疑低压差胀测量探头老化，2012 年 3、4 号机组小修期间采用经校验合格的胀差测量新探头更换了旧探头，同时汽轮机监控系统 TSI 整套装置进行了详细检查和效验试验。从检查情况和校验数值判断，测量装置无异常。对低压差胀测量装置重新校正零位，（即推转子向前再向后，使之处于在工作状态下）正确安装低压差胀测量装置，确保测量探头的安装位置及测量回路正常。另外该套测量装置中的位移发讯器采用先进的涡轮探头，位移测量装置所用调整变送单位（内置前置放大器和整流滤波电路）几乎不存在零点漂移，而且线性度好，测量准确度高。然而小修后冷态启机过程中仍然出现了低压差胀超限的情况，由此判断低压差胀增大并非测量装置及回路有故障所致。

3.2 机组高、中压缸滑销系统故障

通过调取 2012 年 3、4 号机组冷态启动时的机组膨胀胀值与各参数的过程趋势曲线对比发现，高、中压缸总膨胀未到达要求值时，低压差胀值在短时间内迅速增长值报警值，并超过控制值，而且高、中缸缸胀左右相差 6.14mm，偏差较大，见图 2。由此分析冷态启动时低压差胀超限的原因是：机组高、中压缸滑销系统故障导致缸体膨胀过慢，而转子正常膨胀，出现正胀差超标。

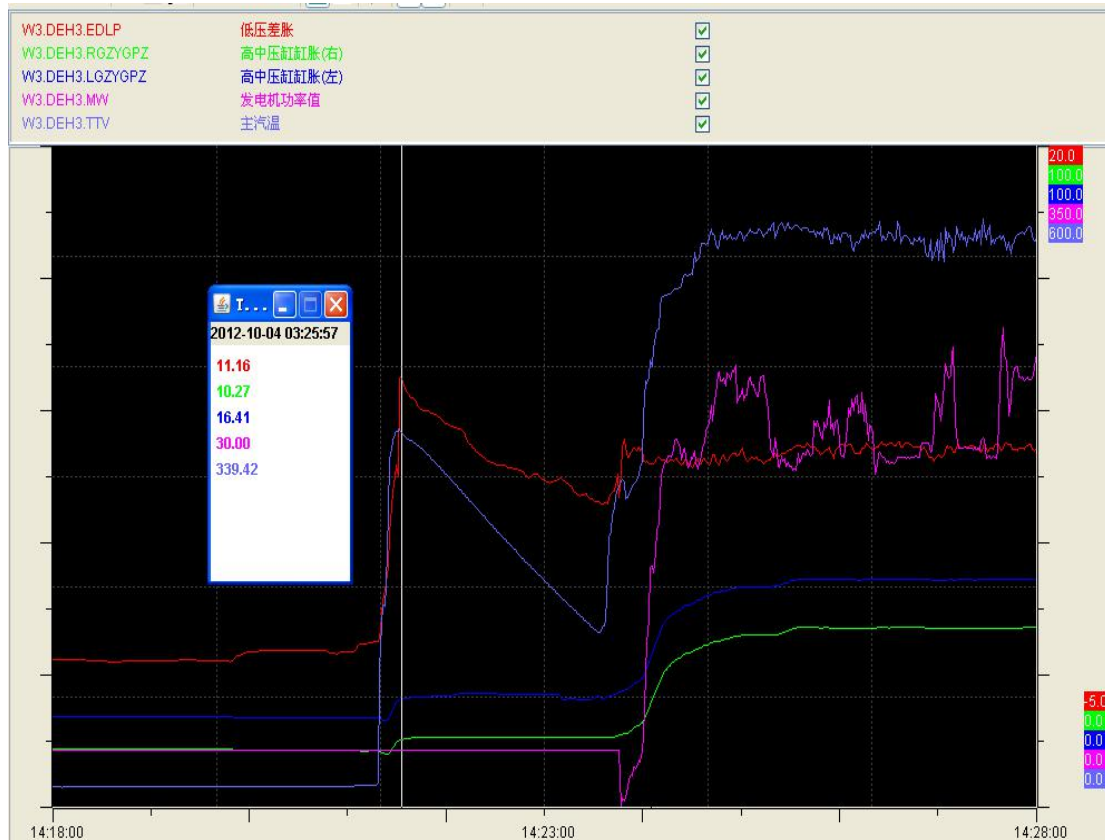


图2 机组冷态启动过程趋势曲线图

4 故障处理

2013年4月下旬和8月下旬，4号和3号机组开始A级检修，针对汽轮机低压差胀的异常情况原因分析，采取了相应的修复措施。

通过详细检查机组滑销系统发现如下3处问题：（1）高、中压缸推拉杆偏心圆销无锁紧装置；（2）高压缸前右侧防升起装置定位销折断；（3）2号轴承箱与中压缸连接立销座螺栓松动，销座活动。机组采用中压缸启动，加热过程中，中压转子先受热向后膨胀，低压差胀产生正胀差，而中压汽缸由后侧死点向前膨胀通过推拉杆推动高压缸一起向前膨胀。但由于高、中压缸推拉杆偏心圆销无锁紧装置导致中压缸向前膨胀时偏心圆销转动，不能推动高压缸一起向前膨胀，进而不能通过高压缸与推力轴承推拉杆带动转子推力盘向前移动，产生负胀差（即正胀差减小）。也就导致低压正胀差持续增大直至超限。打闸停机后再次启动，推拉杆偏心圆销随着中压缸的向前膨胀，偏心部分旋转完毕，才开始推动高压缸向前膨胀进而带动转子向前移动，使低压转子正胀差减小，并保持在控制值以内。这一点通过图2曲线可以很好的验证。问题（2）和（3）也正是高、中压缸膨胀故障衍生出来的问题，高、中压缸两侧推拉杆4只偏心圆销转动并不能保持一致，因而左、右两侧推拉杆推拉力亦不相同，从而使轴承箱和高压缸也受到偏心的推拉力，该力传递到轴承箱下方的立销，增大了摩擦力，造成

膨胀不畅。由于一侧推拉力很大，而汽缸的启动过程中，其左右两侧还存在横向膨胀，从而造成汽缸膨胀受阻，也就导致了高压缸右侧防升起装置定位销折断，同时也使高、中压缸缸胀左右两侧出现较大偏差。处理办法：（1）测量调整高、中压转子通流间隙，并对转子进行轴向定位，测量推力轴承推力间隙为 27mm（标准：25mm-30mm），在高、中压缸推拉杆偏心圆销与销孔外延相接处转 M10 螺孔，并安装锁紧螺丝；（2）重新制作高压缸前右侧防升起装置定位销，并调整好防升器装置间隙后进行安装；（3）更换 2 号轴承箱与中压缸连接立销座螺栓，并紧固牢靠。

通过检查轴封系统发现如下 2 处问题：（1）中压内缸前轴封汽封齿向前侧倾倒，共 4 环；（2）低压缸前后轴封汽封环弧端间隙大，约 2.5mm。两处问题均导致中压转子和低压转子轴封漏汽，由轴封结构和芬诺原理可知：轴封供汽温度升高，将使转子绝对膨胀量增大，而轴封体是通过嵌套方式固定在汽缸端部，其对汽缸的放热系数很小，汽缸的绝对膨胀量不变，进而导致低压差胀一度超标。处理方法：（1）更换中压内缸前轴封倾倒的 4 环汽封齿，并调整汽封间隙至合格范围内；（2）采切割补焊的方法对低压缸前后汽封环进行补焊嫁接，并调整弧端间隙至合格范围内。

5 大修后运行情况

2013 年 6 月底和 2013 年 10 月底，4、3 号机组 A 级检修结束，机组在各参数正常的情况下冷态启动，能到达厂家要求的启动、加负荷速度；冷态启动时 3、4 号机低压缸胀差最大值 7.3mm 和 7.6mm，3、4 号机高、中压缸缸胀左右偏差也减小到了 0.03mm，到达了正常值，启动顺利，并网后也运行正常。见图 3。

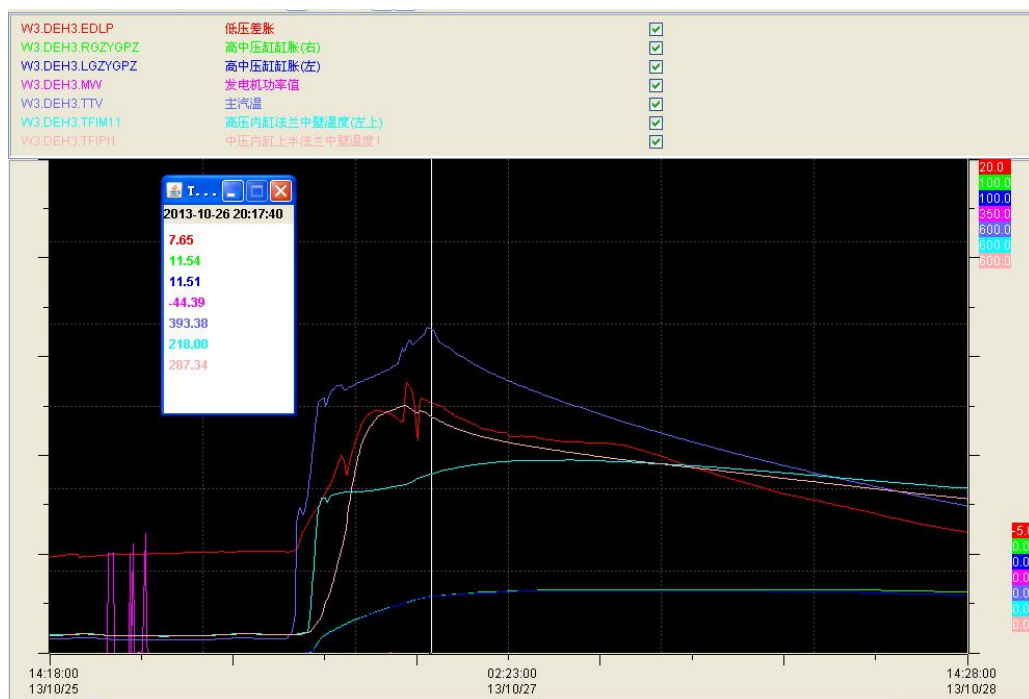


图 3 大修后启机低压差胀趋势曲线

5 结束语

大唐辽源发电厂 3、4 号机组低压缸差胀在机组冷态启动时超限的主要原因是高、中压缸推拉杆偏心圆销无锁紧装置以及中、低压轴封系统漏汽，导致高压缸未能及时膨胀，而中、低压转子过快膨胀，从而出现低压差胀超限问题。对 3、4 号机组滑销系统和轴封系统的故障处理是成功的，解决了冷态启动时低压差胀超限对机组启机的影响，其经济效益是可观的，也大大提高了机组的运行可靠性。

作者姓名：宋伟

工作单位：大唐辽源发电厂 设备管理部

邮寄单位：辽源市大唐辽源发电厂 设备管理部

邮编：136200

联系电话：13689768535

电子邮件：261467026qq.com

现任工作职务及职称：点检员 助理工程师