

滑参数停炉、停机的试验研究

赵 斌

(开滦热电公司, 河北唐山 063103)

摘 要: 机组滑参数停炉、停机在开滦热电公司尚属首次。通过本次试验摸索出滑参数停炉、停机的经验, 可有效地指导今后机组的滑停。作者详尽地概述了滑参数停炉、停机的必要性、滑停应具备的条件和临时监控措施以及滑停中的具体操作, 分析总结了滑停对机组的影响以及今后应注意的问题。

关键词: 锅炉; 汽轮机; 滑停; 试验

中图分类号: 227 文献标识码: B

1 前言

2000年8月3日16:55分热电公司对即将大修的1号机进行了滑停试验, 滑停过程历时4小时55分, 滑停最终温度: 高压内缸上壁 283°C , 下壁 267°C , 1号炉粉仓烧空, 汽包上下壁温差最大 20°C , 排烟温度 100°C , 燃油1.5t, 基本达到了预期目的。

热电公司机组正常运行方式为冬季母管制三炉两机运行, 夏季两炉两机单元制运行。本次滑停的1号机为武汉汽轮发电机厂1991年生产的C25-3/35型汽轮机, 配套滑停的1号炉为北京巴威公司1989年生产的B&WB-130/3.82-M型单汽包、自然循环、固态排渣煤粉锅炉, 锅炉配置了两套钢球磨煤机中间储仓式制粉系统。该机组1993年投入运行, 本次滑停在热电公司尚属首次。

2 滑停的必要性

汽轮机滑参数停炉、停机, 有利于汽包、汽缸的均匀冷却, 上下壁温差小, 停机后, 可使汽轮机缸温降低到较低水平, 是缩短汽轮机检修工期, 提高机组等效可用系数的重要手段。热电公司在夏季机组大修前采用滑参数法停机, 可以利用锅炉的部分余热多发电以节约能源, 又可以利用温度逐渐降低的蒸汽使汽轮机部件得到比较均匀和较快的冷却, 可以缩短从停机到开缸的时间, 使机组大修工期缩短,

提前并网发电, 为公司多创造经济效益。而如何在确保机组安全的前提下, 尽可能地降低滑停后的缸温, 通过试验摸索出各种调节控制手段对机组(特别是低负荷阶段)缸温、热应力的影响, 是十分必要的。

3 滑停的准备工作

汽轮机滑停工况是汽轮机缸体冷却、收缩变形、热应力变化最为剧烈的工况, 因此, 充分细致的准备是做好滑停工作的前提。

3.1 机组滑停应具备的条件

首先对将要滑停的机组进行状态分析: 监视仪表是否齐全, 其中高压缸内壁温度、缸胀、轴位移、轴承回油温度等表计必须正确可靠; 滑销系统应工作良好, 汽缸膨胀、收缩应无卡涩; 汽机的调速系统迟缓率符合标准, 机组振动在良好标准以内。

滑停的主要目的是在降负荷过程的同时, 安全、均匀、缓慢地降低汽轮机缸温, 使机组在低缸温下停机。但对于滑停过程中各参数的要求, 主要是通过锅炉方面的一系列复杂操作来实现的。为此, 锅炉方面也必须具备一定的条件, 做好一些相应的准备工作: 表计齐全准确, 给水调整门、减温水阀门、一、二次风门等风门挡板操作灵活、严密, 二次风小风门采取倒塔型布置, 控制好上煤量和制粉量, 准确测量粉仓粉位, 滑停前控制粉仓粉位在2m左右; 准备好适量的燃油, 以备锅炉低负荷稳燃之用。

主蒸汽、给水系统运行方式为: 1号炉对1号机、3号炉对2号机单元制运行, 关闭0003号、0004号蒸汽母管隔断阀门, 关闭各疏水门, 并保证其严密性; 给水系统母管制运行, 以提高给水温度, 确保蒸汽温度降低。

另外, 滑停是机组的特殊运行工况, 为了滑停的顺利进行, 必须制定严密的安全技术保证措施, 并建立可靠的滑停指挥系统。

3.2 滑停的目标缸温

滑停的目标缸温确定为 280 °C(高压内缸上壁中间测点温度),在条件允许的情况下,可降至 280 °C以下,但必须确保安全,如发现任何危及机组安全的因素而不能消除时,应中断运行,紧急停机、停炉。

3.3 滑停步骤和注意事项

(1) 滑停应先降温后降压,在额定参数下,锅炉先用减温水将蒸汽温度降到 400 °C,稳定一段时间;之后汽机逐渐开大调速汽门,降低主汽压力;然后降低锅炉燃烧热负荷,使汽温、汽压同时下降。

(2) 分阶段降温、降压。锅炉严格控制好温降速度,主汽温度下降速率不超过 1 °C/min(60 °C/h);主汽压力下降速率不超过 0.05 MPa/min。以确保汽缸温降率不超过 0.8 °C/min 的要求。预计滑停总时间为 4~6 小时。

(3) 汽机主汽温度降至 420 °C时,开启主蒸汽管道疏水门,主汽温度降至 410 °C时,开启汽轮机本体、抽汽管道疏水。

(4) 随着主汽参数下降,逐渐调整调速汽门开度,并记录油动机行程。

(5) 汽机主汽温度每下降 40 °C,稳定 20 min,观察计算缸温下降速度,膨胀指示情况,决定是否需要调整滑降速度,然后再进一步降温、降压。

(6) 在滑停过程中,高压加热器随机滑停,当高加液位高,无法维持运行时,手动关闭高加抽汽门,切除高加保护,停止高加运行。

(7) 在滑停过程中,如使用减温水时,更要注意汽温的变化,发现主汽温度骤降,在 10 min 内下降超过 50 °C时,应立即打闸停机。

(8) 在滑停过程中,发现汽缸金属内壁温度骤降时,应立即打闸停机。

(9) 轴位移负值增大,非工作瓦块温度升高和主蒸汽温度急剧下降是汽机发生水冲击的象征,应立即停机。

(10) 汽机各轴瓦振动情况应与正常运行时大致相同,如增大明显,应停机。

(11) 在滑停过程中,应每 10 min 由专人记录一次各主要运行参数,如机主蒸汽参数、各金属内壁温度、各温差、振动、调速汽门油动机开度变化;炉过热蒸汽参数、油枪的投切、给粉机的投停及减温水的使用情况。

(12) 在滑停过程中,应保持主蒸汽温度有不小于 80 °C的过热度,在滑停后期,主蒸汽过热度可适当放宽到不小于 50 °C。

(13) 机组始终维持较高真空。

(14) 负荷降至 10 MW 时,将厂用电倒到外网。

(15) 当机组滑到无法维持负荷时,应打闸停机。

3.4 滑停应提前采取的临时监控措施

前轴承箱猫爪、后汽缸左右两侧临时架设千分表,监视汽轮机组膨胀在滑停过程中是否均匀收缩;在汽轮机组前后轴承上加装临时可固定振动仪,对机组振动连续监测;派专人定期用塞尺监视前轴承箱间隙,以判断滑销系统是否工作正常。

4 滑停的具体过程

滑停从 2000 年 8 月 3 日 16:55 开始。

开始前机炉主要参数,锅炉负荷 118 t/h,过热蒸汽压力 3.42 MPa,过热蒸汽温度 435 °C,给水温度 154 °C,粉仓粉位南 2.5 m、北 2.5 m;汽机电负荷 24.5 MW,自动主汽门后压力 3.24 MPa,温度 433 °C,油动机行程 96 mm。

4.1 第一阶段

滑停开始保持主蒸汽压力不变,降低主蒸汽温度。

锅炉使用减温水降低锅炉过热蒸汽温度,同时减少给煤量降粉位。在 50 min 内锅炉过热蒸汽温度由 435 °C降至 402 °C,温降率为 0.7 °C/min,汽机主汽温度由 433 °C降至 400 °C,相应的高压内缸上壁温度由 391 °C降至 360 °C,温降率为 0.7 °C/min,稳定 20 min。这一阶段后,锅炉减温水阀门最大开度 1 圈,减温器前后温差 46 °C(理论计算温差 41.7 °C);汽机主蒸汽焓值随温度降低而降低,为防止末级叶片过负荷,降电负荷 2 MW,油动机行程 93 mm,主汽温 420 °C时开启主蒸汽母管疏水门,主汽温 410 °C时开启汽机本体及抽汽管道疏水门;由于机组负荷高,低温蒸汽流量大,取得了较稳定的滑停效果。

4.2 第二阶段

在主汽温下降较小的情况,手摇同步器,开大调速汽门,降低主汽压力,维持电负荷基本不变。

18:05 开大调速汽门,18:25 锅炉过热蒸汽压力降至 2.86 MPa,汽温降至 397 °C,锅炉负荷 120 t/h;汽机主汽压力降至 2.74 MPa,汽温降至 396 °C,汽机电负荷 23 MW,油动机行程增至 107 mm,稳定 20 min,高压内缸上壁温度降至 358 °C。这一阶段后,温降率 0.028 MPa,为防止汽机末几级叶片过负荷,

没有继续开大调速汽门。

4.3 第三阶段

该阶段采用同时降温、降压的方法继续滑停。

18:45 开始降温、降压, 负荷随之下落, 停乙制粉系统运行, 调整手段主要以减少上排给粉机转数为主, 锅炉关小减温水控制温降率。目标主汽压力 0.8 MPa, 主汽温度 280 °C, 滑停期间随时预备停机。

19:00 锅炉汽压降至 2.70 MPa, 汽温降至 375 °C, 负荷 117 t/h, 粉仓粉位南 2.3 m、北 2.1 m; 汽机汽压降至 2.55 MPa, 汽温降至 374 °C, 汽机电负荷 20.5 MW, 高压内缸上壁温降至 354 °C。考虑到降温过快和粉仓粉位略高, 决定高负荷运行一段时间。

19:25 锅炉汽温反弹至 395 °C, 汽机汽温升至 393 °C, 由于及时开大减温水阀门, 并继续降压、降温, 汽机高压缸温仅上升 2 °C。

20:00 锅炉切除 8 号给粉机, 投 2 号、4 号油枪助燃, 降负荷 2 MW, 锅炉汽压降至 2.55 MPa, 汽温降至 372 °C, 负荷 105 t/h, 粉仓粉位南 1.7 m、北 1.5 m; 汽机汽压降至 2.4 MPa, 汽温降至 372 °C, 汽机电负荷 18.5 MW, 高压内缸上壁温降至 342 °C。

20:10 锅炉切除 7 号给粉机, 投 3 号油枪助燃, 降负荷 2.5 MW, 锅炉汽压降至 2.18 MPa, 汽温降至 365 °C, 负荷 92 t/h, 粉仓粉位南 1.3 m、北 1.1 m; 汽机汽压降至 2.1 MPa, 汽温降至 364 °C, 汽机电负荷 16 MW, 高压内缸上壁温降至 331 °C。

20:20 锅炉切除 6 号给粉机, 锅炉汽压降至 2.1 MPa, 汽温降至 358 °C, 粉仓粉位南 1.0 m、北 0.7 m; 汽机汽压降至 2.0 MPa, 汽温降至 358 °C, 高压内缸上壁温降至 322 °C。

20:30 锅炉投 1 号油枪助燃, 切除 5 号给粉机, 降负荷 4 MW, 锅炉汽压降至 1.97 MPa, 汽温降至 350 °C, 负荷 82 t/h, 粉仓粉位南 0.8 m、北 0.6 m; 汽机汽压降至 1.86 MPa, 汽温降至 349 °C, 汽机电负荷 12 MW, 高加因水位高停运, 高压内缸上壁温降至 316 °C。

20:35 锅炉给水温度降至 104 °C。

20:40 锅炉切除 3 号给粉机, 汽压降至 1.8 MPa, 汽温降至 344 °C, 负荷 70 t/h, 粉仓粉位南 0.5 m、北 0.4 m; 汽机汽压降至 1.7 MPa, 汽温降至 344 °C, 汽机电负荷 9.8 MW, 高压内缸上壁温降至 313 °C。

21:00 锅炉切除 1 号给粉机, 汽压降至 1.4 MPa, 汽温降至 322 °C, 负荷 65 t/h, 粉仓粉位南 0.4 m、北 0.4 m; 汽机汽压降至 1.32 MPa, 汽温降至 320

°C, 汽机电负荷 8.4 MW, 高压内缸上壁温降至 308 °C。

21:20 锅炉汽压降至 0.87 MPa, 汽温降至 300 °C, 负荷 60 t/h, 粉仓粉位南 0.3 m、北 0.2 m, 投入锅炉底部加热装置; 汽机汽压降至 0.7 MPa, 汽温降至 297 °C, 汽机电负荷 6.2 MW, 高压内缸上壁温降至 289 °C, 均压箱倒正汽。

21:40 锅炉汽压降至 0.69 MPa, 汽温降至 290 °C, 负荷 52 t/h, 粉仓粉位南 0.1 m、北 0 m; 汽机汽温降至 286 °C, 汽机电负荷 4.6 MW, 高压内缸上壁温降至 286 °C, 真空下降, 低压轴封漏入冷空气。

21:50 锅炉汽温降至 251 °C, 汽机汽温降至 264 °C, 高压内缸上壁温降至 283 °C, 低压缸因排汽温度高而膨胀, 汽机打闸停机。

此阶段由于锅炉热负荷的降低和蒸汽流量的减小, 使减温水对汽温影响增大, 造成锅炉汽温控制困难, 及时采取关小锅炉减温水的方法。在滑停后期, 可投入锅炉底部加热装置, 增加蒸汽流量降低主汽温度, 保证了汽轮机缸温的进一步下滑。本次滑停高压缸收缩 1 mm。

5 结论

(1) 锅炉烧空仓虽有一定难度, 但现场滑停的 1 号炉可以依靠螺旋输粉机给相邻 3 号炉输粉, 使滑停炉在高负荷下稳定燃烧, 投油助燃时间延迟。

(2) 在滑停后期, 由于蒸汽压力、温度较低, 蒸汽流量少, 但为了进一步降低蒸汽温度, 锅炉使用了大量减温水, 使减温水不易雾化和汽化, 造成蒸汽带水, 主蒸汽降温幅度大; 另由于减温器前后温差大, 使高温过热器管产生较大的温度交变应力, 影响过热器的使用寿命。

(3) 滑停有利于锅炉汽包均匀冷却, 此次滑停汽包上、下壁温差最大时仅 20 °C, 约 20 min, 其余时间温差均在 10 °C 范围内, 而定参数停炉, 汽包上下壁温差在停炉后的冷却过程中通常超过 40 °C。

(4) 在滑停后期锅炉热负荷和蒸汽流量极低的情况下, 应全部关断减温水, 避免蒸汽温度降低过快。

(5) 汽机高压内缸上壁温停机时 283 °C, 10 h 后为 189 °C, 34 h 后为 115 °C, 52 h 后为 80 °C, 符合揭缸标准, 与定参数停机相比提前 36 h。在滑停机期间汽机高压内缸上、下壁温差最大 15 °C。

热力设备水冲击的原因分析及防范措施

黄生琪¹, 周菊华²

(1. 武汉生物制品研究所, 湖北武汉 430060; 2. 武汉电力学校, 湖北武汉 430079)

关键词: 锅炉; 容器; 管系; 水冲击; 分析处理; 防范措施

中图分类号: TK224.1; TM621.4 文献标识码: C

热力管系由于水冲击故障而振动、损伤; 重者, 热力设备焊口撕裂乃至爆破。一些用热单位就曾发生过多起热力管系及锅炉设备水击故障, 压力容器也曾发生过焊口炸裂, 容器严重变形、设备报废等。

水冲击, 又称“水锤”。当水在管道中流动或蒸汽进入含水的管道或容器中时, 因速度突然发生变化导致该处压力突变, 形成压力波并沿管道或容器壁传播的现象。在热力系统中当输出的蒸汽与少量的积水相遇时, 部分热量被水迅速吸收, 使少量蒸汽冷凝成水, 体积突然缩小, 形成局部真空, 引起周围水介质的高速冲击, 产生巨大的音响和震动, 另外, 在管道内, 流水有时被空气和蒸汽阻塞, 使水流不能畅通, 也会发生冲击音响和震动。现分类介绍如下。

1 蒸汽管道水冲击

蒸汽管道出现水冲击是最为常见的现象。它主要表现为管系上周期性的发生“咚咚”声响且剧烈抖动, 管道穿墙处则墙壁震动, 掉灰。一般多次水冲击的管系, 常常出现支吊架松脱焊口泄漏等。因此, 在热力管系设计规程中明确规定, 对于不经常流通的管道死端, 以及管段的低位点, 均应考虑设置疏水阀、疏水管。

收稿日期: 2000-08-02; 修订日期: 2000-10-08

作者简介: 黄生琪(1958-), 男, 湖北武汉人, 武汉生物制品研究所高级工程师。

(6) 在滑停后期, 均压箱压力降低, 不能正常地向低压轴封送汽, 导致冷空气沿着轴端进入汽轮机后汽缸内, 造成大轴收缩快, 低压汽封有碰磨痕迹。建议在以后的检修中把 1、2 号机均压箱进汽用母管串接亦或在汽轮机自动主汽门后汽压低于 1.0 MPa 时, 考虑停机。

1.1 原因分析

(1) 在送汽前没有很好的暖管和疏水, 或疏水管堵塞。

(2) 送汽时主汽阀开启过快或过大。

(3) 锅炉负荷增加过急, 或发生满水、汽水共腾等事故, 使蒸汽带水进入管系。

1.2 处理方法及防范措施

(1) 暂关注汽阀, 开启主蒸汽管道疏水阀, 若疏水管堵塞, 手摸裸露处不烫手, 则宜反复敲打之, 必要时更换。

(2) 若锅筒水位过高, 应暂停或关小给水, 适当降低水位。

(3) 改善给水质量和锅水品质, 适当加强定期排污和连续排污。避免发生汽水共腾。另外, 蒸汽负荷增加时, 应及时调整燃烧, 增加燃料量和风量, 注意分辨虚假水位。

2 锅筒内水冲击

通常锅筒发生的水冲击, 往往声音沉闷且前后、上下窜动, 有时也连带至低位排污管处, 导致排污阀泄漏失灵。

2.1 原因分析

(1) 备用锅炉准备启动, 锅内为低水位, 空气未排出, 采用蒸汽预热, 进汽速度太快, 蒸汽被水冷凝形成低压区。

(7) 在滑停期间, 要保持汽机高压加热器的正常投入, 当抽汽压力降低, 疏水水位升高时, 再切除高加运行, 以保证较高的给水温度。高加随机滑停, 可使给水温度不发生突变, 对减低高加各组成部件的应力也有益处。

(何静芳 编辑)

During the operation of a heat recovery boiler some problems have arisen, which include excessive ash buildup on heating surfaces, tube deformation and excessive dust and smoke emissions. Following an detailed analysis of these problems a series of methods were proposed for their effective resolution. **Key words:** heat recovery boiler, ash buildup on heating surfaces, dust and smoke abatement

滑参数停炉、停机的试验研究 = **Experimental Study of Boiler and Turbine Shutdowns under the Operating Condition of Sliding Parameters** [刊, 汉] / ZHAO Bing (Kailuan Thermal Power Co., Tangshan, Hebei Province, China, Post Code: 063103) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2001, 16(5). — 554 ~ 557

The boiler and turbine shutdown of a power plant under the operating condition of sliding parameters was conducted for the first time at Kailuan Thermal Power Co. By carrying out this trial the Co. has accumulated the experience of boiler and turbine shutdown under the sliding-parameters condition, which can serve as an effective guide for a plant shutdown under such circumstances. A detailed account is given concerning the necessity for and requisite conditions of such shutdowns as well as the temporary monitoring measures and specific operation procedures required in this regard. An analysis was given of the influence of such shutdowns on a power plant. Some issues demanding special attention are also presented. **Key words:** boiler, steam turbine, plant shutdown under sliding parameters, test

热力设备水冲击的原因分析及防范措施 = **An Analysis of the Causes of Thermal Equipment Hydraulic Shocks and Measures Taken for their Prevention** [刊, 汉] / HUANG Sheng-ji (Wuhan Biological Products Research Institute, Wuhan, China, Post Code: 430060), ZHOU Ju-hua (Wuhan Electric Power School, Wuhan, China, Post Code: 430079) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2001, 16(5). — 557 ~ 559

链条炉排的侧密封 = **Lateral Seal of a Chain Grate Stoker** [刊, 汉] / WANG Yu (Harbin Hongqi Boiler Works, Harbin, China, Post Code: 150080) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2001, 16(5). — 560 ~ 561
With commonly used fish-scale type chain grate stoker serving as an example the author cites the importance of lateral seal for a grate stoker. After an enumeration of the existing problems specific to a labyrinth seal the necessity of employing contact and running-in type seals was expounded along with an exploratory study of the lateral seal for a light-type chain grate stoker. **Key words:** labyrinth seal, contact seal, running-in seal

常压热水锅炉供暖系统安装错误事例分析 = **An Analysis of the Mistakes Identified During the Installation of the Heat Supply System of a Constant-pressure Hot-water Boiler** [刊, 汉] / HOU Yun-tao (Boiler and Pressure Vessel Inspection Institute under the Harbin Municipal Labor Bureau, Harbin, China, Post Code: 150076) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2001, 16(5). — 562 ~ 563

锅炉的计算效率与燃料的高低位发热值的关系 = **Relationship Between the Calculated Efficiency of a Boiler and the Low and High Calorific Value of Fuel** [刊, 汉] / GAO Fei, YANG Wei-liang (Harbin Boiler Works Co. Ltd., Harbin, China, Post Code: 150046) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2001, 16(5). — 564 ~ 565

The thermal efficiency of a boiler and its various heat losses calculated through the use of low calorific value of fuel were compared with those calculated respectively on the basis of high calorific value of fuel. The relation among various heat losses was established to facilitate mutual conversion. **Key words:** boiler efficiency, calorific value, various heat losses

有效控制汽轮机变工况运行 = **Effective Control of Steam Turbine Off-design Operation** [刊, 汉] / WANG Jin-ming (Huaibei City Thermal Power Plant, Huaibei, Anhui Province, China, Post Code: 235029) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. — 2001, 16(5). — 546