

330MW 中调供热机组再热器安全阀动作分析

周 磊

江苏淮阴发电有限公司, 江苏 淮安 223001

[摘要]随着“双碳”目标推进及能源结构调整,火电机组逐步向“灵活性调峰+热电联产”转型,供热改造后机组的运行工况更趋复杂,中调门等关键调节部件的工作负荷显著增加,相关故障风险也随之上升。文章针对某公司 330MW 中调供热机组因中调门阀座脱落引发的再热器安全阀动作事件,从事件经过、原因溯源、检查处理、防范措施等方面进行系统分析,为同类型供热机组的设备维护、运行优化提供全面参考,有效防范类似事故发生,保障机组安全经济运行与供热可靠性。

[关键词]再热器安全阀;中调门;阀座脱落

DOI: 10.33142/hst.v8i10.18052

中图分类号: TK223

文献标识码: A

Action Analysis of Reheater Safety Valve of 330MW Middle Note Heating Unit

ZHOU Lei

Jiangsu Huaiyin Power Generation Co., Ltd., Huai'an, Jiangsu, 223001, China

Abstract: With the promotion of the "dual carbon" goal and the adjustment of the energy structure, the thermal power units are gradually transforming to "flexible peak shaving + cogeneration". After the heat supply transformation, the operating conditions of the units become more complex, and the working load of key regulating components such as the middle regulating valve increases significantly, and the related failure risk also increases. This paper systematically analyzes the reheater safety valve action event caused by the falling off of the valve seat of the intermediate control valve of a 330MW middle note heat supply unit in a company from the aspects of the event process, cause traceability, inspection and treatment, and preventive measures, so as to provide a comprehensive reference for the equipment maintenance and operation optimization of the same type of heat supply units, effectively prevent similar accidents, and ensure the safe and economic operation of the unit and the reliability of heat supply.

Keywords: reheater safety valve; intermediate control valve; valve seat detachment

引言

在当前能源转型背景下,热电联产机组凭借“能源梯级利用、节能减排”的优势,成为保障民生供热与工业用汽的核心力量。为响应国家能源局关于火电机组灵活性改造的要求,提升机组调峰能力与供热适应性,众多电厂对原有机组进行了供热系统优化改造。中调门作为供热机组抽汽压力调节的关键部件,其工作状态直接影响抽汽参数稳定性与再热蒸汽系统压力控制。

再热器作为火电机组热力循环的重要组成部分,其核心功能是将汽轮机高压缸排出的中压低温蒸汽重新加热至高温,不仅能提高机组循环热效率(通常可提升效率3%~5%),还能降低汽轮机末级叶片的湿度,减少叶片侵蚀损耗。再热器安全阀是再热蒸汽系统的最后一道安全屏障,当系统压力超过额定整定值(通常为设计压力的1.05~1.1倍)时,需在0.5s内快速开启泄压,防止再热器因超压发生爆破等恶性事故。据行业统计数据显示,再热蒸汽系统故障中,因调节部件失效导致的安全阀误动作占比达35%以上,此类事件不仅会造成机组非计划降负荷,还可能导致供热中断,给电厂与热用户带来重大经济损失。因此,深入分析中调门故障引发的安全阀动作事件,对提升供热机组运行安全性与可靠性具有重要的工程实

践意义。

1 机组改造背景与技术参数

江苏淮阴电厂 #4 汽轮机组为哈尔滨汽轮机厂生产的亚临界、一次中间再热、单轴、双缸、双排汽、抽汽冷凝式机组,机组型号为 73E-3,额定功率 330MW,额定主蒸汽压力 16.7MPa,额定主蒸汽温度 538℃,再热蒸汽额定温度 538℃。机组原设计抽汽型式为中压缸回转隔板工业抽汽,通过调整中压第 5 级回转隔板开度,维持工业抽汽压力在 1.5MPa,单台机组最大工业抽汽能力为 300t/h。

近年来,随着电厂周边的快速发展,新增多家要求供汽压力为 2.0MPa 的工业用户,原抽汽系统已无法满足供热需求。为解决这一矛盾,公司于 2021 年对 #4 机组供热系统进行改造:在热再管道上开孔引出分支管道,依次加装安全阀、逆止阀、抽汽快调节阀、电动截止阀等设备,形成独立的高压抽汽支路。

同时对中压调节门进行结构优化,更换调节阀芯与阀座,增加执行机构灵敏度,使其具备在部分负荷下通过关小中调门提升抽汽压力的功能,确保抽汽参数满足 2.0MPa 用户需求。改造后机组抽汽能力提升至 350t/h,供热负荷适应性显著增强,但中调门因需频繁参与抽汽

压力调节，其工作强度与故障风险也相应增加。

2 事件经过

2.1 运行背景与初始状态

2024年6月4日，江苏淮阴电厂#4机组参与电网深度调峰任务，按调度指令执行30%深度调峰（负荷99MW）至9:35结束。随后机组开始升负荷，10:12负荷升至165MW并投入AGC（自动发电控制）模式，AGC设定负荷响应速率为1.5MW/min，压力偏差允许范围±0.1MPa，机组负荷稳定在165MW左右运行。此时机组主要运行参数如下：高压缸排气压力2.52MPa，再热蒸汽温度535℃，工业抽汽压力2.0MPa，抽汽流量280t/h；阀位指令73.2%，#3高调门开度21.5%，#4高调门关闭（因机组负荷较低，单侧高调门满足通流需求），#1中调门开度22.7%，#2中调门开度22.3%，各调门反馈与指令偏差均在±0.5%范围内，符合运行要求。

2.2 事件发展过程

10:41:16时，机组负荷小幅升至167MW，高压缸排气压力微升至2.54MPa，阀位指令调整至73.45%，#3高调门开度增至21.6%，#1、#2中调门开度保持不变。10:41:22时，燃烧盘值盘人员发现机组负荷突然降至162MW，高压缸排气压力快速上升至2.57MPa，阀位指令自动上升至74%，#3高调门开度同步增至22.4%，但#1、#2中调门开度仍维持在22.8%和22.28%。值盘人员立即检查燃烧系统，发现给煤量、风量、炉膛负压等参数均无异常，高调门、中调门反馈信号正常，遂采取燃烧调整措施（适当增加给煤量5t/h，调整二次风配比），但负荷与高压缸排气压力未出现明显恢复。（如图1所示）



图1 调门动作曲线

10:42:10时，汽水盘值盘人员在监控汽轮机“主控”画面时，发现“抽汽控制”弹窗中“高排压力高”报警信号灯亮（报警阈值3.0MPa），此时高压缸排气压力已升至3.2MPa。值盘人员判断中调门开度不足导致高排压力升高，遂手动将两侧中调门从22%缓慢开大至24%，但报警信号未消失，且高压缸排气压力持续上升。约30s后（10:42:48），再热器安全阀因超压动作，现场听到明显的

泄压声，此时DCS系统记录关键参数如下：机组实际负荷156.25MW，高压缸排汽压力3.93MPa（达到安全阀整定值），阀位输出89.9%，#3高调门油动机位置99.0%（接近全开），#4高调门油动机位置20.816%，#1中调门油动机位置24.907%，#2中调门油动机位置24.167%（如图2所示）。

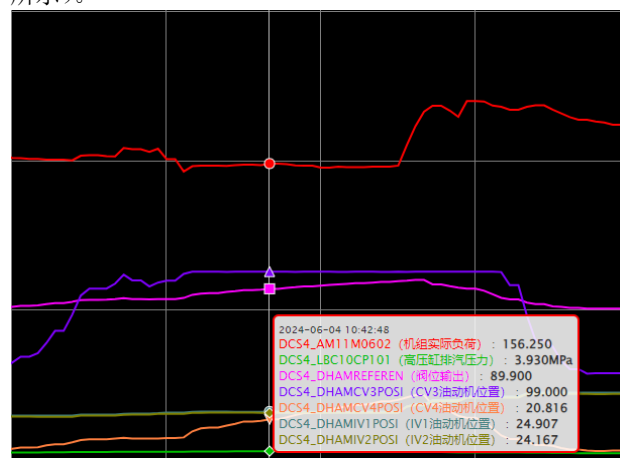


图2 调门动作曲线

值盘人员确认安全阀动作后，立即持续开大中调门以降低再热蒸汽压力，10:43:26时两侧中调门开度从24%增至30%，高压缸排气压力开始快速下降，10:44:10时降至2.5MPa（正常范围），再热器安全阀成功回座，机组负荷逐步恢复至165MW，各项参数趋于稳定。

2.3 事件影响

此次事件导致机组降负荷10.75MW，持续时间约3min，未造成供热中断。事件未造成人员伤亡与设备重大损坏，但暴露出机组改造后中调门运行维护存在的薄弱环节，若未及时处理，可能导致再热器超压爆破等严重事故。

3 原因分析

3.1 原因查找

负荷稳定后，技术人员进行分析排查时发现回到原工况时调节级、一抽、二抽压力均较安全阀动作前增大不少，同负荷下中调门开度较安全阀动作前增大约10%左右方能使上述压力回到安全阀动作前数值。经现场试验发现：#1中调门在开启时各项参数均能正常反映，在关闭时发现在20%开度时即无法再向下关闭；后将#1中调门开足后再次关闭时发现在32%开度时又无法再向下关闭。结合异常发生时情况，初步判断为：#4机#1中调门阀座脱落导致该侧通流面积减少，造成负荷下降；因实际负荷与给定负荷存在偏差，DCS阀位指令增加后高调门开大，使得再热器压力上升。值盘人员发现“高排压力高”报警后，未能引起足够重视，只是选择将中调门开度由22%开大至24%，且在开中调门过程中“高排压力高”报警一直存在，未能持续开大中调门直至“高排压力高”报警消失，最终造成安全阀动作。

3.2 保证机组安全运行的措施

因对机组安全性和高负荷工况没有较大影响,为保证机组安全运行,制定下列措施。

(1) 将#1 中调门打“维修开关”设定在 32%开度,正常情况下不做调整。

(2) 运行中加强对再热蒸汽压力及中调供热流量的监视,防止运行中#1 中调门阀座突然回座。3、机组接带高负荷时根据需要可将#1 中调门开大。在负荷下降关小#1 中调门时应注意#1 中调门的指令与实际阀位。如发现指令下降但阀位反馈不动时,这时#1 中调门阀座可能又发生位移,应将阀位指令设定与反馈值一致,防止油动机过载。

3.3 检查处理

机组停运后对#1 中调门进行解体检查,发现与分析一致,确实为阀座脱落。如图 3 所示。



图 3 阀座内部图

从现场情况看阀座脱落原因为:安装时过盈量不足,同时焊接时未焊透,因供热时中调门频繁参与调节,在蒸汽的长期冲刷和振动载荷下造成阀座脱落。后#1 中调门阀体现场找正加工,阀座返厂堆焊加工过盈配合 13 丝,返厂后回装。机组启动后运行正常。

4 防范措施

(1) 阀座与阀壳的配合公差严格控制在规定范围内,

过盈量按设计要求执行,避免因配合过松导致振动脱落。

(2) 采用整体锻造阀座替代焊接结构,消除焊接缺陷风险。

(3) 加强中调门运行参数监控,优化负荷调节方式,减少中调门的启闭次数,降低阀芯与阀座的冲击载荷。

5 结论

本文通过对 330MW 中调供热机组再热器安全阀动作事件的深入分析,明确了中调门阀座脱落是导致事故的直接原因,安装工艺缺陷、运行工况变化、操作监控不到位是重要诱因。通过采取阀座结构优化、制造安装质量管控、运行维护升级等一系列防范措施,有效解决了中调门运行隐患,机组恢复正常运行。

此次事件为同类型供热机组提供了重要借鉴:在机组灵活性改造过程中,不仅要关注设备功能满足需求,更要重视结构设计、制造工艺与运行维护的匹配性;针对频繁调节的关键部件,需采用更可靠的结构形式与材质,强化全生命周期管理;同时要完善运行监控体系与应急处置流程,提升故障预警与处置能力。未来,随着供热机组运行工况的日益复杂,需持续开展设备故障机理研究与技术创新,不断提升机组安全稳定运行水平,为热电联产行业的高质量发展提供保障。

【参考文献】

- [1] 吴季兰.300W 火力发电机组丛书—汽轮机设备及系统.北京:中国电力出版社,1998.
 - [2] 林万超.火力发电厂热力系统节能分析.北京:水利电力出版社,1987.
 - [3] 赵宇,李军.再热蒸汽系统压力波动与安全阀动作关联性分析[J].热力发电,2021,50(3):123-128.
- 作者简介:周磊(1980—),男,江苏淮安人,高级工程师,淮阴发电有限公司发电部专工,从事火电厂汽机运行管理工作。