

经验交流

600 MW 机组锅炉过热蒸汽钠离子异常原因分析

Analysis on Abnormal Na^+ Content of Superheated Steam
in 600 MW Boiler

葛雪静, 洪云

(浙江国华浙能发电有限公司, 浙江 宁波 315612)

摘要: 以国华宁海电厂3号锅炉为例, 介绍了过热蒸汽钠离子超标现象, 结合影响过热蒸汽的各因素对此现象进行了研究、分析, 并提出了整改措施, 取得了良好的效果。

关键词: 锅炉; 过热蒸汽; 钠离子; 异常

中图分类号: TM621.8

文献标识码: B

文章编号: 1007-1881(2008)05-0064-03

国华宁海电厂一期工程4台600 MW 机组在运行中相继出现热蒸汽钠离子超标现象, 基本在 $10 \sim 40 \mu\text{g/kg}$, 并在短时间内快速回落。鉴于过热蒸汽在热力循环中的重要性, 以3号锅炉为例, 对这一现象的成因进行分析。

1 设备概况及系统水质处理情况

国华宁海电厂一期工程锅炉均为上海锅炉厂制造的亚临界一次中间再热控制循环汽包炉。汽轮机为上海汽轮机有限公司和美国西屋公司合作制造的亚临界、中间再热、凝汽式汽轮机, 机组投产前锅炉均进行过EDTA清洗。

化学补给水的处理采用活性炭过滤、一级除盐和混床系统, 锅炉给水采用氨、联氨处理; 炉水采用低磷酸盐处理; 凝结水100%经精除盐系统处理。

考虑到基建调试期间整个热力系统管路较脏, 炉水采用磷酸盐处理, 一般控制在 $2 \sim 8 \text{ mg/L}$, 电导控制在 $20 \mu\text{S/cm}$ 左右。投入生产后, 系统已较干净且为防止磷酸盐隐藏现象^[5]的出现, 炉水采用低磷酸盐控制, 即炉水磷酸根控制在 $1 \sim 3 \text{ mg/L}$ 之间, 电导控制在 $10 \mu\text{S/cm}$ 左右。

给水加氨泵和炉水磷酸盐泵分别通过给水和炉水的pH值反馈来控制泵的频率, 使给水和炉水的pH值维持在设定范围内。2007年10月之前, 给水的pH值设定范围为 $9.1 \sim 9.4$ (控制指标为 $9.0 \sim 9.6$), 炉水pH值设定范围为 $9.2 \sim 9.6$ (控制指标为 $9.0 \sim 9.7$)。当给水pH值符合控制范围时, 炉水pH值经常会下降至设定值的低限。炉水加药泵为提高炉水的pH值, 加药量过大, 出现炉水pH值不高, 但炉水电导偏高的现象, 即磷酸盐含量大的情况(3号炉没有在线磷表)。运行人员为降低炉水含盐量, 经常通过手动提高给水加药量、停运磷酸盐加药泵来减少磷酸盐的加入量, 导致当机组负荷波动过大时, 由于磷酸盐隐藏现象引起的水汽品质变化较大。

2007年7月3日和10月10日3号锅炉过热蒸汽 Na^+ 超标情况如表1所示。

2 过热蒸汽钠离子超标原因分析

2.1 表计、取样系统排查

过热蒸汽 Na^+ 超标后, 运行人员进行了手工比对分析, 与在线表计显示结果基本一致, 排除了仪表故障的可能。过热蒸汽两侧的取样

系统有两条独立的取样管路和冷却装置，两侧取样管路切换后在线钠表显示和人工分析数据仍然超标，也排除了取样系统故障的可能。

2.2 蒸汽携带盐类原因排查

过热蒸汽由饱和蒸汽和减温水组成。过热蒸汽钠离子超标时凝结水精除盐正常投入，给水水质非常好，可以排除减温水的影响。虽然未发现饱和蒸汽有异常波动，但由于饱和蒸汽的取样来自汽包上部6个导汽管，过热蒸汽取样来自过热蒸汽的联箱，过热蒸汽水样比饱和蒸汽的更具有代表性，因此可以确定饱和蒸汽的钠离子超标。

饱和蒸汽携带的盐类主要来源于机械携带（即蒸汽带水）和溶解携带。机械携带量与锅炉汽水分离装置、汽包水位、锅炉升降负荷速率有关；溶解携带量与炉水的含盐量有关。

2.3 锅炉内汽水分离装置的影响

汽水分离装置运行是否正常对蒸汽中含水量有着重要的影响，3号锅炉过热蒸汽的钠离子超标后在短期内又自动恢复，可以排除汽包内水汽分离装置故障的可能。

2.4 汽包水位的影响

汽包水位过高会使汽包上部的蒸汽空间高度减小，水滴飞溅到蒸汽引出管的距离减少，不利于自然分离，导致蒸汽携带的水量增大。

当汽包水位在 $-50 \sim +200 \text{ mm}$ 之间，蒸汽品质维持在稳定的范围内，变化不大。3号锅炉正常运行水位控制在 $\pm 50 \text{ mm}$ ，且蒸汽钠离子异常时水位也未超出这个范围，因此也可排除汽包水位引起蒸汽品质变化的可能。

2.5 锅炉升降负荷速率的影响

锅炉负荷、压力的剧烈变动，会使蒸汽大量带水。图1是3号机组模拟正常升负荷速率

12 MW/h 和降负荷速率6 MW/h 时对蒸汽品质的影响情况。从图1可以发现机组升降负荷与蒸汽品质变化之间的关系：

(1)选择性。在正常的汽包水位调节控制和升降负荷速率范围内，蒸汽品质变化不大。但是当机组负荷低于400 MW 时再进行大幅度的降负荷操作时，蒸汽品质会有瞬时明显变化。由表1也可以发现当机组负荷出现波动时，蒸汽品质会出现相应的变化；波动幅度越大，对蒸汽品质影响越大。

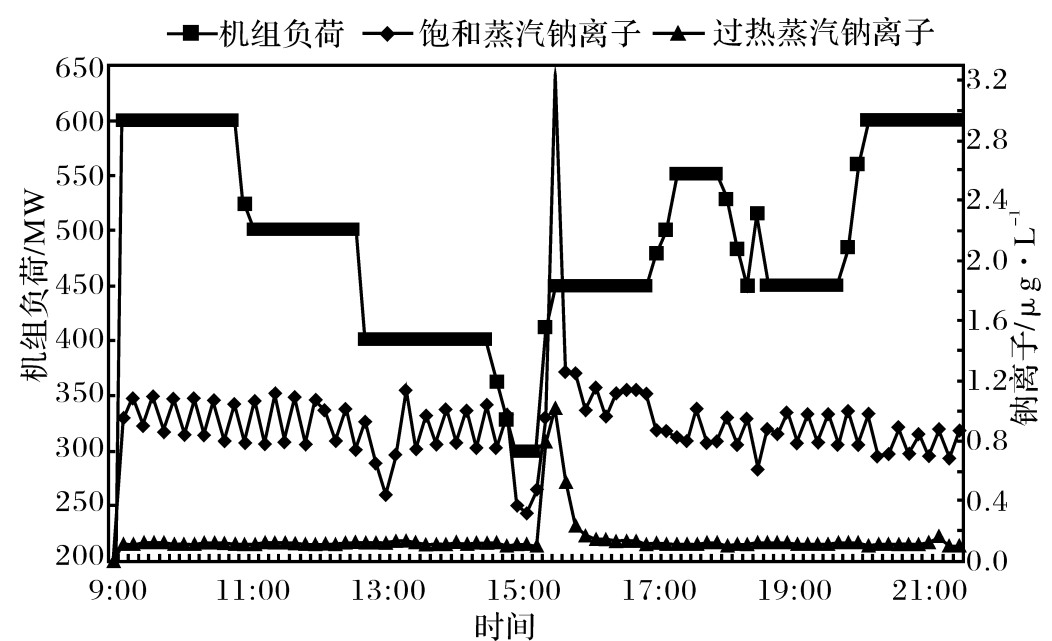


图1 机组负荷与蒸汽钠离子含量关系

(2)滞后性。由于杂质携带、水汽输送、水汽取样检测需要一定时间，因此蒸汽品质变化相对机组负荷升降有一定滞后，负荷变化对蒸汽品质的影响会在一段时间后表现出来。

2.6 炉水含盐量的影响

炉水含盐量对蒸汽品质有着直接的影响，当炉水含盐量增加时，蒸汽中盐类的溶解携带也将增加。图2是3号炉热化学试验炉水含盐量与蒸汽品质的关系图。

从图2中可以看出，蒸汽中的钠含量与炉水中的钠含量成正比，饱和蒸汽中的钠离子大

表1 3号锅炉过热蒸汽钠离子超标记录

时 间	过热蒸汽钠 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	过热蒸汽电导 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	饱和蒸汽钠 $\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	饱和蒸汽电导 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$	主汽压力 /MPa	主汽温度 /	汽包水位 /cm	负荷 /MW
7月3日15:20	40	0.112	0.756	12.57	12.57	536.8	-21.87	323
16:30	397	/	0.882	0.102	15.40	539.8	-10.85	460
17:45	9.6	0.288	0.722	0.116	12.11	537.6	-27.25	392
10月10日21:45	22.3	0.066	0.442	0.067	13.22	536	-35.13	320
22:00	196	0.066	0.965	0.082	15.41	537	-27.74	447
22:25	30	0.086	0.605	0.066	17.93	535	-42.21	558

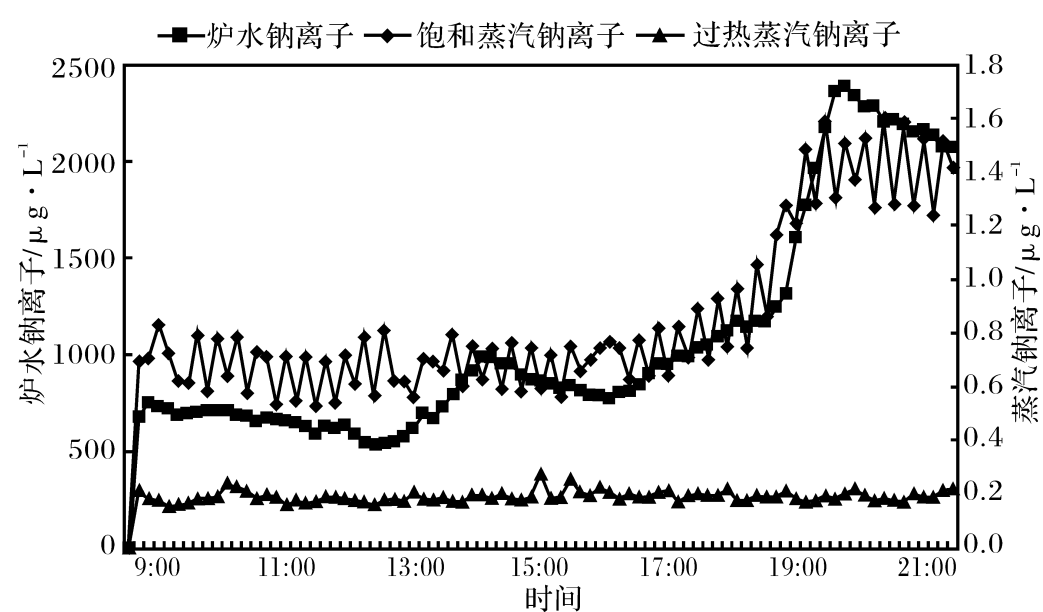


图2 炉水钠离子含量与蒸汽钠离子含量关系

部分沉积在过热器的管道上, 过热蒸汽中的钠变化不是太明显。经过对试验数据的计算, 得出饱和蒸汽对钠离子的总携带系数为 0.09%, 说明即便是在额定负荷下运行, 钠的溶解携带量还是很多的, 因此炉水的含盐量是影响蒸汽品质的主要因素。

3 降低炉水含盐量的措施

通过上述分析, 得出炉水含盐量及机组在低负荷时进行大幅升降负荷操作是造成蒸汽品质超标的主要原因, 针对这些原因采取如下措施降低炉水含盐量。

(1) 降低磷酸盐含量。炉水磷酸盐控制指标由原来的 1~3 mg/L 下调至 0.3~1 mg/L。

(2) 降低磷酸盐药箱药液浓度。在机组稳定运行时, 药液配制浓度由原来的 8 mg/L 调低至 2 mg/L, 在保证炉水 pH 值的情况下磷酸盐不超标。

(3) 调整加药系统自动控制设定值。在运行中尽量提高给水 pH 值, 控制在标准值的上限, 减少炉水中磷酸盐的加入量, 给水 pH 设定值改为 9.3~9.5, 炉水 pH 设定值改为 9.3~9.6, 并在机组正常运行情况下, 要求运行加药系统自动连续投入。

(4) 加强磷酸盐分析。运行每班手工分析一次炉水的磷酸盐含量, 掌握炉水中的磷酸盐含量情况。

(5) 控制炉水电导。一般情况控制在 $6 \mu\text{S}/\text{cm}$ 左右, 在机组低负荷时(一般为夜班)炉水定排一次。

(6) 升降负荷时适时调整加药量。当机组

在中低负荷进行大幅升降负荷操作时, 应提前加大或减小给水、炉水加药量。

4 结语

通过以上措施, 目前宁海电厂 4 台机组的蒸汽品质都很好, 再未出现蒸汽钠离子指标超标现象。通过这起异常事件的分析 and 处理, 对新建电厂提出以下几点建议:

(1) 新投产机组必须做热化学试验, 确定汽包水位控制的范围(主要是水位控制上限); 确定机组负荷变化对蒸汽品质的影响程度, 给出机组升降负荷的控制速率; 找出炉水含盐量变化对蒸汽钠离子含量等指标的变化规律, 提出合理的炉水加药方式, 控制指标。

(2) 必须实现加药系统的连续运行, 不能频繁启停加药设备, 保证机组水汽品质稳定。

(3) 在凝汽器未泄漏或凝结水能 100% 正常处理的情况下, 炉水磷酸盐尽量控制在低限, 约 0.3 mg/L 左右。

(4) 在水质允许的情况下, 可考虑进一步优化给水、炉水的处理方式, 如全挥发处理或氢氧化钠处理等。

参考文献:

- [1] 容奎恩, 袁镇福, 刘志敏. 电站锅炉原理[M]. 北京: 中国电力出版社, 1997.
- [2] 龚洵洁. 热力设备的腐蚀与防抗[M]. 北京: 中国电力出版社, 1998.
- [3] 游晓宏. 高参数汽包炉炉水加药处理方式的选择[J]. 电力建设, 2003, 24(6): 9-12.
- [4] 阎春平, 米建文. 采用 NaOH 调节炉水降低锅炉排污率试验与实践[J]. 山西电力, 2003(1): 64-66.
- [5] 肖作善. 热力设备水汽理化进程[M]. 北京: 水利电力出版社, 1987.
- [6] 邓冬青, 俞明芳. 600 MW 机组锅炉的热化学试验[J]. 浙江电力, 2004, 23(4): 40-42.

收稿日期: 2008-07-07

作者简介: 葛雪静(1972-), 女, 浙江宁波人, 工程师, 从事电厂化学运行监督工作。

洪云(1981-), 男, 助理工程师, 从事电厂化学运行工作。

(本文编辑: 陆莹)