

新投运发电机组水汽品质异常分析及控制

刘兰平

(国华太仓发电有限公司, 江苏 太仓 215433)

摘 要: 新投运发电机组在整个试运过程中, 凝结水、给水、炉水、饱和蒸汽、过热蒸汽、再热蒸汽品质各项指标均会有大幅度超标现象, 水汽品质超标严重威胁锅炉及汽轮机的安全运行及加剧机组效率的降低。通过认真分析水汽超标的原因, 提出合理的控制方式, 使水汽品质迅速达标。

关键词: 发电机组; 汽水品质; 异常; 控制

0 引言

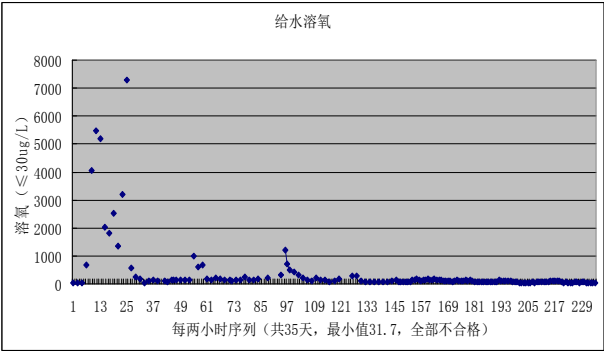
新装或大修后的发电机组在试运过程及投产初期的启动过程中, 经常会发生凝结水、给水、炉水、饱和蒸汽、过热蒸汽、再热蒸汽品质各项指标大幅度超标现象, 严重影响了锅炉和汽轮机的安全运行, 为今后锅炉腐蚀和汽轮机通流部分结垢埋下隐患。通过实例详细分析新装或大修后机组汽水品质超标的原因, 以及在解决汽水品质问题的同时, 如何考虑用最低成本、最快速度使水汽品质达标, 实现机组的安全、经济、节能运行。下面以某厂汽包炉投产数据为例, 进行分析。

1 典型汽水品质超标实例

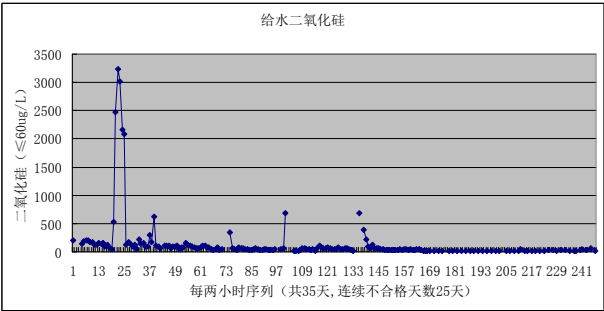
汽 轮 机 型 号 为 C135/N150-13.24/535/535/0.6865, 超高压、双缸、中间再热、单轴、双分流、抽汽凝汽式汽轮机。机前压力 13.24MPa, 主汽温度 535℃, 再热汽温 535℃。

锅炉型号为 DGJ500/13.7-II 7, 属超高压参数、自然循环、四角切向燃烧、单汽包、一次中间再热、平衡通风、固态排渣煤粉锅炉。主汽温度 540℃, 再热汽温 540℃。

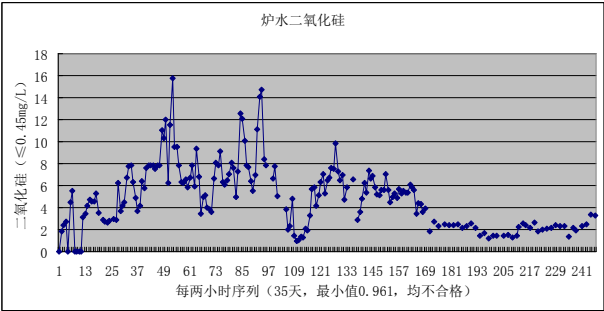
本机组在投产初期, 水汽品质长期不合格, 定排和连排排污量较大, 机组补水率达到 8%, 历时一个月之久, 水汽系统水汽品质完全合格时经历了两个多月时间。严重影响了机组的经济性, 并影响到机组的长期安全运行。典型的化验数据趋势见图 1。



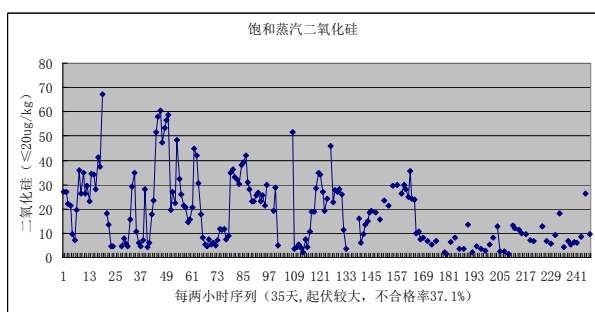
(a) 给水溶氧



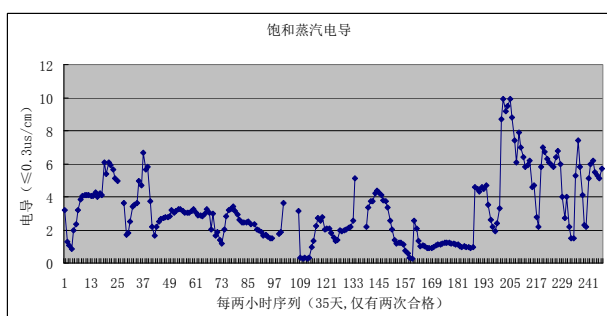
(b) 给水二氧化硅



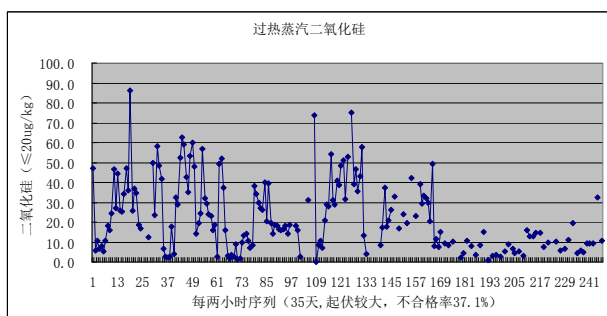
(c) 炉水二氧化硅



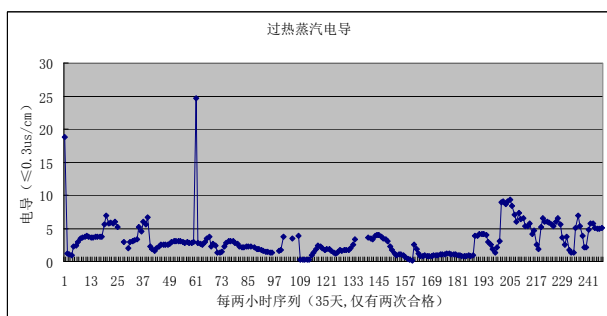
(d) 饱和蒸汽二氧化硅



(e) 饱和蒸汽电导



(f) 过热蒸汽二氧化硅



(g) 过热蒸汽电导

图1 典型的水汽系统水汽品质化验数据趋势

2 水汽品质超标因素分析

在原始数据报表中, 各项监督点的二氧化硅、联氨、氢电导、溶氧等均有非常严重的超标现象, 这些参数的超标原因分析如下:

2.1 联氨超标

联氨超标是由于人工或者自动加联氨加药不当引起。

2.2 氢电导

氢电导指标是衡量热力系统水汽品质的重要指标, 综合反映水汽质量的优劣, 尤其当系统阴离子含量异常时, 通过氢电导率的测量能够准确反映锅炉汽水系统阴离子杂质含量的变化。氢电导超标反映出水质可能存在多种因素的污染。机组启动初期, 系统安装及锅炉酸洗等等遗留杂质在短时间内没有得到控制, 因此氢电导出现超标现象。

氢电导超标有以下因素:

(1) 启动阶段水质不稳定, 上水过程中搅动某些死角的杂质或酸洗存水。

(2) 凝汽器泄漏, 水质污染造成, 包括漏真空引起系统内部二氧化碳增多。

(3) $[H^+]$, $[OH^-]$, $[Cl^-]$, $[HCO_3^{3-}]$, $[NO_3^-]$, $[CO_3^{2-}]$, $[SO_4^{2-}]$, $[CHCOO^-]$ 相关离子增加。

(4) 有机酸含量增加。

(5) 凝结水携带有机物。

(6) 在正常运行过程中, 凝结水系统中的精处理阳树脂被过量氧化。

2.3 二氧化硅

二氧化硅超标会造成汽轮机叶片积盐, 影响锅炉和汽轮机的安全和效率。

二氧化硅超标有以下因素:

(1) 新机组的二氧化硅最主要的来源是管道内的泥沙在安装前清理不干净以及喷砂处理后没有完全清理。

(2) 凝汽器钛管泄漏, 循环水进入汽水系统。

(3) 机组在启动阶段凝泵采用工业水等不合格的水进行密封, 工业水进入系统。

(4) 除盐水制水过程工艺出现问题或者水质污染。

2.4 溶氧

溶氧超标会引起管道及受热面等腐蚀, 严重的会引起氧化皮脱落, 对机组的安全运行造成隐患。由原始数据得知, 凝结水溶氧超标严重, 除氧器的除氧效果很好, 但由于凝结水溶氧较高, 导致给水溶氧不合格。治理的重点应放在如何控制凝结水溶氧上。

凝结水溶氧超标的主要原因有:

- (1) 凝汽器漏真空, 外部空气进入。
- (2) 凝泵滤网漏气。
- (3) 凝泵密封水不足。
- (4) 凝补水量过多。

3 有效的控制措施

3.1 联氨超标

联氨超标是由于加药操作不良引起, 只要运行人员精心控制, 就能达到标准。

3.2 氢电导超标

针对以上分析, 采取的方法如下:

(1) 分系统、分阶段彻底清洗基建或酸洗等留存杂质以及存水。

(2) 控制凝结水补给水的水质, 控制好化水制水工艺。

(3) 凝结水精处理运行时, 防止阳树脂被过度氧化, 生成有机酸。

3.3 二氧化硅超标

电厂新机组的洗硅过程是必须经历的步骤, 按照规定, 一定的压力等级对应一定的二氧化硅含量, 当含量超标时, 禁止进入下一个压力等级。二氧化硅在蒸汽中的溶解性随着压力和温度的升高而升高, 二氧化硅将随着蒸汽进入汽轮机中。当蒸汽在汽轮机做功后, 随着压力的降低二氧化硅而析出, 沉积在通流部分形成积盐。积盐会增加汽轮机的轴向推力以及降低汽轮机效率, 影响汽轮机的经济运行, 严重者影响汽轮机的安全运行。假如因为积盐引起汽轮机效率下降 1/1000, 以本机组 80% 的上网负荷率计算, 每年的损失为:

$$135000\text{kW} \times 80\% \times 24 \times 365 \times 1/1000 \times 0.07 (\text{美分/kWh}) = 66225.6 \text{ 美元}$$

另外, 如果二氧化硅含量不合格, 在正常运行时必须采用排污的方法进行控制。大量排污不仅浪费凝结水, 而且造成大量的热量损失。以本机组为例, 除去试运近一个月时间, 从商业运行至二氧化硅合格又经历了两个多月的时间, 期间进行了大量的底部排污, 连排及定排长期开启, 机组补水率达到 8% 且居高不下, 浪费了大量的水及热量。

机组在试运初期, 系统管道内部的泥沙、杂质会沉积在凝汽器、除氧器、汽包及各个联箱等处, 随着机组的排污, 杂质会逐渐减少。针对这些现象,

可以采取以下的步骤, 对二氧化硅超标进行治理, 争取在机组启动后的短时间内使汽水品质达到标准。

3.3.1 仔细检查

仔细检查凝汽器、除氧器底部是否有遗留或沉淀杂质, 如果有, 进行人工清理。在试运及初期运行过程中, 如果有停运机会, 则及时检查清理凝汽器和除氧器。这是一个非常有效的方法。

3.3.2 上水阶段冲洗, 也即冷态冲洗

必须保证每一个阶段水质合格后才能使水进入下一个环节。具体控制如下步骤:

(1) 凝汽器冲洗。凝补水合格, 凝汽器上水冲洗。凝泵密封水使用工业水时尽可能在启动凝泵时投入, 启动凝泵后应及时切换密封水至凝结水供给。凝泵启动后检查凝结水水质, 如果水质不合格, 则必须放水或者利用低加出口放水门进行管路冲洗, 最终达到合格, 然后才能进入除氧器。

(2) 除氧器冲洗。除氧器上水初期, 利用除氧器底部放水对除氧器进行初步冲洗, 冲洗合格后启动电泵打循环直到水质合格再给锅炉上水。

(3) 汽包及水冷壁下联箱冲洗。锅炉上水时, 开启水冷壁底部放水门对汽包及水冷壁下联箱进行冲洗, 冲洗合格后关闭底部放水, 锅炉上水至正常。

(4) 冲洗参考值:

机侧冲洗终点: 全铁/ $\mu\text{g/L}$ ≤ 200 ; 联氨/ $\mu\text{g/L}$ 100-300; pH 值 ≥ 9.0 ; 浊度/FTU ≤ 2 。

炉侧冲洗终点判断: 硬度/ $\mu\text{mol/L}$ ~ 1 ; 浊度/ $\mu\text{mol/L}$ ≤ 2 ; 全铁/ $\mu\text{g/L}$ ≤ 200 ; 联氨/ $\mu\text{g/L}$ 200-300; pH 值 ≥ 9.0 ; 磷酸根 (mg/L) 3.0~5.0。

3.3.3 点火升温升压阶段, 称之为热态冲洗

升温升压阶段应当严密监视汽水品质, 随着压力和温度的升高, 炉水二氧化硅含量升高, 应加强底部排污, 并将连排开到最大。在汽水品质超标时, 禁止进入下一个压力等级。升温升压阶段加强排污不仅对在短时间内改善水质起到重要作用, 而且浪费的热量少, 水量少。

3.3.4 冲车及并网阶段

并网时, 汽水品质应合格, 否则应继续进行热态洗硅过程, 防止溶硅进入汽轮机。汽轮机冲车及并网后, 应及时投入高低加系统, 便于及早冲洗高低加汽侧, 在低负荷阶段对高低加进行洗硅。

3.3.5 升负荷阶段

投入高低加后应当监测汽水品质合格后才能进入下一个压力等级也即才能升负荷。

3.3.6 正常运行阶段

如果由于某些原因导致正常运行时汽水品质超标,则应当采取降压运行,加强排污。由于新机组是全周进汽,因此调门可以全开降压运行而不影响机组负荷。压力降低时,不仅蒸汽携带二氧化硅的能力降低,而且有利于炉水排污。正常运行时,锅炉排污应当主要用连排进行,不仅可以回收工质,而且可以回收热量,也可以防止底部排污影响水循环,有益于机组安全和经济运行。

3.4 凝结水溶氧超标

(1)凝结水溶氧超标的主要原因是真空严密性试验不合格,有漏真空现象。应当认真查询真空泄漏点并采取措施。

(2) 凝结水补水量大也是溶氧超标的原因之一。在正常情况下,应当控制系统的漏水漏汽,发现阀门内漏外漏应及时消除。汽水品质合格时,限制排次数及连排外排阀门开度,降低补水率。

(3) 调整凝泵密封水,防止漏空气。

(4) 检查凝泵入口滤网,螺丝紧固正常,排空及放水门关闭严密。

4 进行全过程化学监督

机组启动至正常运行是一个持续渐进和正常监督的过程,在机组的全寿命期间,化学监督起到了至关重要的作用。汽水品质长期不合格会影响机组

的安全、稳定、长寿命和高效运行。因此,在机组启停的一个循环中,必须进行全过程化学监督过程。具体分为:化学冲洗、锅炉点火升温升压、冲车、并网、正常运行监督以及停机保养几个步骤。每一个节点必须严格把握,下一个节点才容易达到,否则很容易陷入恶性循环,很难改善。

化学冲洗不是简单的冲洗,而是必须保证水质情况下的冲洗过程,重点监视的项目是联氨、pH、溶氧、含铁、浊度和硬度。

锅炉点火升温升压期间重点监视项目应为炉水pH值、溶氧、磷酸盐、含铁、含硅及硬度。

冲车时主要指标有二氧化硅、含铁及钠值。

并网后主要监督二氧化硅。

5 实效对比

根据以上分析,在本厂第二台机组试运投产阶段参考了相关措施,从整套启动开始,仅仅一个月时间水质已经合格,大大缩短了从初负荷至满负荷的时间,此结果表明分析正确,措施有效,节水节能效果良好。

参考文献:

- [1] 丁桓如,吴春华,龚云峰,等 工业用水处理工程[M].北京:清华大学出版社,2005.
- [2] GB/T 12145-1999,火力发电厂机组及蒸汽动力设备水、汽质量标准[S].
- [3] DL/T 805,火电厂汽水化学导则[S].