

火电厂汽包炉 AVT (O) -LPT 联合处理技术的应用

霍冬娇

秦皇岛发电有限责任公司 河北 秦皇岛 066003

【摘要】：本文结合实际应用情况分析了火电厂汽包炉给水氧化性全挥发处理和炉水低磷酸盐处理方式的原理、特点及优势。通过在亚临界汽包炉多年来的实践表明，该技术组合可降低腐蚀速率，减少锅炉垢量，延长锅炉化学清洗周期提升火电厂综合经济效益。

【关键词】：给水处理；炉水处理；氧化性全挥发处理；低磷酸盐处理

DOI:10.12417/2811-0536.25.11.044

1 引言

秦皇岛发电有限责任公司二期3、4号机组为325MW亚临界凝汽式汽轮机。锅炉采用美国燃烧工程公司(CE)引进技术，上海锅炉厂制造的亚临界、一次中间再热、控制循环炉。

当前，秦电公司锅炉给水和炉水采用的处理方式为氧化性全挥发处理(AVTO)+低磷酸盐处理(LPT)。该处理方式目前应用良好，给水铁含量低，水冷壁及省煤器炉管的沉积量及沉积率显著低于《火力发电厂机组大修化学检查导则》中的一类标准，机组运行安全稳定。

2 AVT (O) +LPT 组合处理方式简介

2.1 给水 AVT (O) 的原理和特点

AVT (O)是在给水进行热力除氧的同时，只向给水中加氨(不再加任何其他药品)的给水水质调节方式。其特点和优势是：在较好的给水条件下使用，控制水呈弱氧化性，仅限于对给水系统进行氧化性保护、不影响炉内无氧状态。AVT (O)与还原性全挥发处理AVT (R)和加氧处理OT均有相似之处也有本质的区别。AVT (R)是通过向给水中加入氨和还原剂联氨来调节给水水质。给水系统加入联氨后，管壁表面的铁氧化物会与联氨发生还原反应，使铁的氧化物变得疏松，溶解性增加、耐蚀性降低，使得给水和湿蒸汽系统容易发生流动加速腐蚀FAC，造成锅炉腐蚀和结垢速率增加。与其相比，在采用AVT (O)的氧化性水工况环境下，钢铁表面易形成氧化铁保护膜，从而达到减轻金属腐蚀速度的目。同时，联氨有一定地毒害作用，且易挥发，易燃烧，在使用过程中存在一定的危险性。

2.2 炉水 LPT 的原理和特点

汽包炉的炉水水质调节就是通过向锅炉水中投加化学药剂，使结垢物质呈水渣析出，通过锅炉排污排出炉外，传统磷酸盐处理就是向汽包内加入磷酸三钠，

在锅炉水呈沸腾状态和PH较高(PH=9-10)的条件下，钙离子和磷酸根生成松散水渣状态的碱式磷酸钙借锅炉排污排出炉外。同时，磷酸盐可在锅炉管壁表面上形成磷酸盐保护膜，防止金属腐蚀。为了既有效发挥磷酸盐处理的防垢作用，又能减少磷酸盐暂时消失带来的危害，国内外都进行了大量的研究，提出了多种改进措施。目前高参数汽包锅炉大都以优质的除盐水作为锅炉补充水，使随给水进入汽包内的钙、镁和硅酸根等结垢离子的数量已经很少，从而使钙离子转化为碱式磷酸钙水渣所需的磷酸根离子也非常小。传统磷酸盐处理的主要目的由最初的防垢逐渐转变为控制炉水的PH和防腐蚀，因而炉水磷酸盐处理也由最初的高浓度向低浓度的方向发展。低磷酸盐处理将炉水中的磷酸根离子含量上限控制在不超过2-3mg/L。以确保在局部浓缩处不超过磷酸盐的溶解度，从而避免磷酸盐的析出而沉积在炉管上而发生“磷酸盐暂时消失现象”。另外，过低浓度的磷酸盐不足以维持炉水的碱性和PH值，容易造成酸性腐蚀，部分超高压和亚临界汽包炉控制在磷酸盐平衡点浓度附近运行，添加少量的氢氧化钠来维持炉水PH值。

3 秦电公司给水炉水处理的选择优化

3.1 给水处理方式的优化

秦电公司给水原设计采用的是给水加氨和联氨的处理方式，目前大机组热力除氧效率都很高，从公司水汽监督的情况来看，除氧器出口溶解氧始终稳定在 $5\mu\text{g/L}$ 以下，因此从某种意义上来说，给水其实已经无氧可除，无氧情况下联氨还原管壁上的铁氧化物，使炉前系统易发生流动加速腐蚀，造成给水铁含量较高，省煤器软垢量较大的现象。结合秦电公司给水水质较高、机组因负荷需求经常启停以及机组水汽系统所用金属材料的不同特点，最终选择将给水处理方式调整为氧化性全挥发处理AVT(O)，于2009年5月开始停止加联氨，同时一期因给水系统有铜合金材质给水pH值控制在8.8-9.2之间，二期水汽系统不含铜合

金属材料给水 PH 值控制在 9.2-9.6 之间。

3.2 炉水处理方式的优化

秦电公司炉水原处理方式是传统磷酸盐处理，负荷急剧变动时易发生“磷酸盐暂时消失”现象。这些易溶盐类的附着物传热性能差，容易引起炉管过热、爆管；与其他沉积物发生反应时，生成复杂的难溶水垢，加剧结垢和腐蚀过程，“磷酸盐暂时消失”时会使炉水的实际 PH 值升高，产生游离氢氧化钠，一旦发生炉水浓缩就会导致碱性腐蚀。基于锅炉补水水质的优化汽包内结垢离子的数量已经很少了，且机组配置了凝结水精处理设备，秦电公司将炉水处理方式改变为低磷酸盐处理，同时协调加入氢氧化钠调节炉水 PH 值。通过实际运行，将磷酸三钠与氢氧化钠质量比按照 1: 1 来配药，将炉水 PH 值提升至 9.6 时，磷酸根浓度约为 0.2-0.5mg/L 左右。该方式既降低了炉水中的磷酸盐含量，又保留了一定的 PH 值缓冲能力，同时还具有防止结垢的能力。

4 优化实施的主要效果

(1) 给水铁含量明显下降：给水采用 AVT(O) 处理方式之后，给水铁含量明显下降。给水铁含量从 2007 年的 8μg/L 左右降至 4-5μg/L，锅炉给水处理方式由 AVT(R) 改为 AVT(O) 初期，给水的铁含量降低了 30% 左右，因此对给水的铁含量的影响是比较显著的，且运行十多年后运行情况依旧较好。

(2) 省煤器管样内壁腐蚀情况改善：优化处理后，省煤器管样内部松散的黑色氧化铁软垢逐渐减少，总沉积量从 2010 的 801.6g/m² 降至 2019 年的 205.64g/m²；总沉积率从 2010 的 54.0g/(m²·年) 降至 2019 年的 22.1g/(m²·年)；省煤器腐蚀结垢评级也从二类降为一类，且远远低于一类设备标准。机组检修割管检查发现，省煤器管样内部已经不在有大量松散的易脱落的黑色软垢，而是形成了致密完整的氧化膜，无明显腐蚀情况。

(3) 延长锅炉化学清洗周期：优化处理后，水冷壁管样总沉积率从 2010 的 62.1g/(m²·年) 降至 2019 年的 16.7g/(m²·年)；水冷壁管腐蚀结垢评级从二类降为一类，且远远低于一类设备标准。锅炉运行十三年了，水冷壁管沉积量依旧在 180-190g/m²，未达到

《火力发电厂水汽化学清洗导则》所要求的亚临界机组锅炉运行周期十年、水冷壁管沉积量大于 250g/m² 的应该进行化学清洗的标准。秦电机组都是运行了十多年以后，因为运行时间得进行化学清洗了，没有因为是沉积量超标而不得不进行化学清洗的，从而大大延长了锅炉化学清洗的周期，节约了锅炉进行化学清洗所需的人工和药剂成本，提高了机组的经济指标。

(4) 蒸汽纯度得到提升：从秦电公司给水、炉水、蒸汽各项指标来看总体上炉水含盐量低。给水 pH 值在 9.32-9.60 之间，氢电导率在 0.085-0.119μs/cm 之间；炉水 pH 值在 9.17-9.68 之间，电导率在 5.1-13.0μs/cm 之间，磷酸根在 0.13-0.62mg/L 之间的情况下，过热蒸汽氢电导率能维持在 0.085-0.106μs/cm 之间，说明蒸汽品质优良，蒸汽携带盐类较少。多次机组检修化学检查发现，汽轮机高、中压叶片上沉积物极少，甚至进没有沉积物，防止汽轮机效率下降和叶片应力腐蚀的发生，维护了机组的安全稳定运行。

(5) 提升系统可靠性：低磷酸盐处理从根本上避免了高浓缩磷酸盐导致的沉积和局部浓缩腐蚀，避免了水冷壁管的局部腐蚀的发生，延长了水冷壁、过热器等设备的寿命，避免因腐蚀产物附着而导致炉管过热而发生爆管事故发生，同时因炉内沉积物较少也大大抑制垢下腐蚀的发生，降低了隐藏腐蚀的风险。减少非计划停机的发生。

(6) 节能降耗效果明显：优化给水、炉水处理后，给水系统不再加联胺，炉水磷酸三钠的加入量也显著减少，联胺的使用量减少 85%，磷酸三钠减少 50%，降低了化学大宗药品的消耗。因炉水采用低磷酸盐处理，大大降低了锅炉排污率，连排大度可以维持在最低限，避免大量高温炉水排放掉，提高了锅炉热效率，降低了锅炉煤耗。

5 结论

秦电公司机组优化炉水、给水处理方式后，给水铁含量减少，炉水水质控制稳定，解决了磷酸盐隐藏现象，蒸汽盐类携带量低。水冷壁及省煤器炉管的沉积量及沉积率显著的降低，通过优化化学工况显著提升火力电厂的安全性、经济性和环保性能。

参考文献：

- [1] DLT-794.火力发电厂锅炉化学清洗导则.
- [2] DLT-1115.火力发电厂大修化学检查导则.
- [3] 葛红花.《火电厂防腐蚀与水处理》科学出版社,2017.