

火力发电厂循环冷却水处理技术与运行监督

程胜

国家能源集团永州发电有限公司 湖南 永州 425900

[摘要]在工业用水中，火力发电厂更是用水大户，占据工业用水的20%，水资源的循环利用对火电厂有着极其重要的意义，减少水资源浪费，可以实现废水零排放。因此循环冷却水处理技术对我国的社会经济和环境保护都具有重要意义。本文将重点就火力发电厂循环冷却水处理技术与运行监督展开探讨。

[关键词]火力发电厂；循环冷却水处理技术；运行监督

【DOI】10.12252/j.issn.2096-627X.2020.03.141

1 循环冷却水处理技术研究

在火力发电厂的生产过程中，用水量最大来源为冷却水，冷却水的处理就变成了工业生产中的重要问题。对于水资源浪费问题我国应先完善处理方式，目前所掌握的水处理方式方式为石灰处理、软化处理、加酸处理及杀菌处理。

1.1 石灰处理

石灰处理能有效减少循环冷却水中的盐垢，冷却水结垢是因为冷却水中的 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和碳酸氢根所形成的，所以在冷却水中加入石灰乳，可以有效去除水中游离的二氧化碳和碳酸盐等物质，还能去除部分微生物，极大地降低了循环冷却水的结垢现象。石灰处理得方法也较简单，但是会消耗大量石灰，并且要求石灰纯度要达到80%以上，石灰虽然不能减少水中的非碳酸盐硬度，但这些物质也不会导致其在管壁结垢。国内石灰的纯度不够并且循环冷却水系统的不稳定，导致后期会出现沉淀现象，可能造成管道堵塞等现象，并且对循环水的浓缩倍率也没有明显提高，但相对也是节约水的一种方式。

1.2 杀菌处理

微生物生长的水温一般在25-0℃，循环冷却水系统所在的环境，也为微生物的生长和繁殖提供了好的条件，冷却水是从江河或水库引进的水资源，其中所富含的矿物质，并且在循环系统中工艺介质的泄漏及空气中的大量细菌和充足的阳光都为微生物繁殖生长提供了良好的环境条件。微生物的繁殖对循环系统是有一定的危害，微生物在循环冷却水中会引起管壁腐蚀，同时会使管壁出现结垢现象，降低热量的传导速度。冷却水也要保证水的质量，但是微生物的长期繁衍就导致水质被污染，并且管壁被腐蚀出现结垢长期会造成堵塞管道，水质也会变差。所以控制微生物的繁殖也是循环冷却水系统中的重要部分，我国对冷却水的水质有一定的要求，想要达到国家的标准，就要做出相应的措施控制微生物的生长。在工业生产中，循环冷却水系统若要达到国家标准，就要做到对微生物进行控制，需要采用综合有效的治理方式，其中主要任务是为了杀菌。杀菌可以选用杀菌剂，我国消灭微生物的灭菌剂各式各样，种类繁多，据不完全统计能达到80多种。虽然种类繁多，但都为杀菌剂，所以大致可以分为三种，分别为氧化型杀菌剂、非氧化型杀菌剂以及金属盐类杀菌剂。氧化型杀菌剂由于价格低药效高的被大部分工厂普遍使用，但是随着循环冷却水系统的不断优化，这种杀菌剂就出现了局限性，氧化型杀菌剂主要是通过氯为主，

因为氯会污染环境，国家目前对环保的要求在逐渐提高，导致氯气的使用率被降低。在氯被限制的同时，新一代的氧化剂出现了，溴和氯之间的杀菌机理非常相像，并且对环境的污染也相比氯好，杀菌效果相比氯也有过之而无不及，所以以溴为代表的氧化型杀菌剂在杀菌中占重要地位。非氧化型杀菌剂的发展是由于杀菌剂中含有氮，这种有机化合物在碱性的水中有着杀菌灭菌的作用，科学家在创造杀菌剂时也通过多方面的化学实验发现季铵盐在水中可以吸附部分微生物，渗透到微生物体内进行消灭。国家也在研究新式杀菌剂使其能更好地控制微生物的繁殖，其中我国近几年对电化水处理方式的不断优化和发展，使我国杀菌方法也在不断突破自我。还有一种是金属盐类杀菌剂，早期使用的铜盐和汞盐，铜的化合物中含有硫酸铜，使用硫酸铜的杀菌历史也比较悠久，硫酸铜对微生物的杀生作用较强，能破坏微生物中的细胞结构，导致细胞死亡。汞的化合物中含有有毒物质，并且渗透性强，能对微生物起到很好的杀菌效果，但同时汞中有毒物质对动植物也是有害的，所以要尽量减少汞的使用。

1.3 加酸处理

当循环冷却水的碱度过高时，通常是向补给水中加入硫酸，加酸处理时要控制好酸的用量，硫酸具有腐蚀效果，如果大量使用酸，循环冷却水系统就会遭到破坏。适量使用硫酸可以降低冷却水中的碱含量，及时做到除垢效果，同时还能提高循环水的浓缩倍率。我国目前工业技术不断进步，还有离子交换处理方式、阻垢剂处理、软化处理和稳定剂处理方式。

2 循环水监督处理的主要任务

循环冷却水监督处理的任务就是结合循环水系统的运行参数，分析影响循环水系统的原因，采取水质处理的办法解决和避免循环水运行中出现的问题。运行管理的基本原则是保证处理效果的情况下尽量提高浓缩倍数，做好防垢、防腐、防菌藻工作，节水减排、减少环境污染、节约金属材料的投资，提高经济效益，保证机组的安全稳定运行。

2.1 水垢处理技术

水中最易结垢的主要是碳酸钙。对于碳酸钙结垢有几种经验判断指数（饱和指数、稳定指数、结垢指数），这只能作为参考。要准确的分析判断水质结垢，应通过试验，并对凝汽器热阻值的测量来进行，即水质分析判断+污垢热阻判断。水质分析判断：通过试验检测该水质条件下的极限

碳酸盐硬度，极限碳酸硬度也是循环水防垢处理的控制依据参数，准确性和重现性较高。污垢热阻判断：可与同类型机组凝汽器或同凝汽器在同季节时的端差运行数据进行比较判断。新凝汽器或清洁系数高的状态下，端差一般在3-℃。污垢热阻值升高、真空下降、端差升高可判断水垢的生成。

目前采用的防垢技术宗旨是采取各种方法保持循环水的碳酸盐硬度不超过其极限碳酸盐硬度，即可防止碳酸盐垢。实际生产中采用热力学和动力学相结合的方法。热力学方法：排污换水、弱酸离子交换、石灰处理软化、加硫酸将碳酸盐转化为溶度积较高的硫酸盐等，降低水中结垢物质的量。动力学方法：加入化学药品（阻垢剂、分散剂）或其他方法来防止碳酸盐结晶、长大、析出。阻垢剂处理时的循环水水质呈弱碱性，因此也称为碱性处理，提高防腐的同时防垢，水稳剂可以提高水的极限碳酸盐硬度，从而发挥高效的阻垢作用。目前最常用的水稳剂有聚磷酸盐、有机膦酸盐、聚羧酸类等。企业在生产过程中要做好循环水质的日常监督和水质报表的分析，严格精准的做好结垢趋势判断，结合补水水质和补水量的变化采用复合水处理，总体的原则是保持循环水一定的碱度 $\geq 3.0\text{mmol/L}$ 以达到防腐要求或效果（碱性处理）、减少加酸量、提高经济性；又控制循环水碱度 $\leq 8.0\text{mmol/L}$ （要小于阻垢剂的极限碳硬），达到防垢目的。科学认识浓缩倍数与节水减排的关系，作经济技术比较，根据机组实际运行工况来提高浓缩倍率达到节水的目的。

2.2防腐处理技术

循环水系统腐蚀的影响因素概括起来可分为化学、物理、微生物因素，主要有：pH值（8.5左右为宜）、腐蚀性离子（ ClO^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- ）、络合剂（如水中氨的存在）、硬度、溶解气体、悬浮物（流速低时，生成疏松的沉积物）、温度、流速。GB50050—2017《工业循环冷却水处理设计规范》中规定：碳钢设备传热面水侧腐蚀速率 $< 0.075\text{mm/a}$ ；铜合金、不锈钢设备传热面水侧腐蚀速率 $< 0.005\text{mm/a}$ 。试验表明：不锈钢、黄铜腐蚀随氨氮浓度、 COD_{Cr} 成正相关性；管内黏泥黏附速率与腐蚀速率成正相关性。腐蚀速率可按式（1）和式（2）计算：

$$\text{腐蚀失重 } V_c = \frac{W_1 - W_2}{S \cdot t} \quad (1)$$

$$\text{腐蚀深重 } V_d = 24 \times 365 \times \frac{W_1 - W_2}{S \cdot t \cdot \rho} = 8.76 \frac{V_c}{\rho} \quad (2)$$

式中： V_c 为腐蚀失重， $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ； V_d 为腐蚀深重， mm/a ； W_1 为试验前试片质量， g ； W_2 为试验后试片质量， g ； S 为试片的表面积， m^2 ； t 为试验时间， h ； ρ 为试片的密度， g/cm^3 ；现以实例来解释加酸+阻垢缓蚀剂时对循环水的防腐防垢处理。例如：某电厂要求补充水碱度 4.5mmol/L 、硬度 6.0mmol/L ，浓缩倍数4.0；阻垢缓蚀剂极限碳硬 8.0mmol/L ；推荐合理的水处理方案。（1）通过配制一定硬度、碱度的水样进行小型试验，测定出阻垢剂达到的极限碳硬和最佳加药量；或由厂家推荐加药量。（2）为防垢，循环水的碱度或碳硬度要控制在小于其水质下的极限碳硬；可采用加硫酸将全部碳硬转

化为硫酸盐硬度，使碱度接近于0，但循环水的pH值会在7左右，无任何缓冲性、对金属产生腐蚀性，不符合弱碱性处理的方针且加酸量大不经济不安全；不加酸浓缩4倍，循环水碳硬达 18mmol/L ，肯定超出该阻垢剂极限碳硬的部分严重结垢。所以，为了防垢，就要加硫酸转化为不易结垢的永硬，将碳硬控制在极限碳硬以下；考虑到防腐应保持循环水的弱碱性、不能使水碱度接近于0；考虑到经济性要少加酸使水碱度（碳硬）接近于可维持的极限碳硬，在加阻垢剂条件下充分发挥其阻垢剂的效能。综合安全运行、设计控制循环水碱度在 $6-7\text{mmol/L}$ ，浓缩倍数4.0，在补水中加酸+阻垢剂，并估算出补水中的加酸量。根据循环水运行水质及相关规定选择适宜的管材也是管材防腐的首要前提。比如不锈钢属于钝化型金属，主要是由于 Cl^- 腐蚀而产生点蚀，在实际运行中就要做好循环水质全分析，防止 Cl^- 含量超标；防止pH值过低使不锈钢的点蚀电位降低引起点蚀；提高冷却水流速来加强传热效果，防止沉积物破坏不锈钢钝化膜的致密和完整产生点蚀。

2.3防菌藻技术

循环冷却水，特别是地表水和中水作为补充水，带入的细菌、硫酸盐还原菌、硝化细菌、铁细菌、藻类，这些菌类影响水质pH值（中水的氨氮）、增加热阻影响传热、产生垢下腐蚀、降低流速等。循环水中微生物的动向可以通过以下化学分析项目进行测量。（1）余氯（游离氯）：微生物繁殖严重时会使循环水中耗氯量大大地增加；（2）氨：由于工艺介质泄漏或吸入空气中的氨时会使循环水中含氨，此时要引起重视，寻找氨的泄漏点，并检测水中是否含有 NO_2^- ；（3） NO_2^- ：亚硝酸菌将氨转化为亚硝酸根，耗氯量增加，余氯难以达到指标；（4）COD：水中微生物繁殖严重时会使化学需氧量COD增加。循环水中微生物所造成的危害十分严重，实际运行中控制好水质（COD、pH值、悬浮物）、采用杀生涂料、旁滤过滤、混凝沉淀、化学清洗、加入杀菌灭藻剂等杀菌灭藻技术，事先全面监测循环冷却水的微生物情况十分必要。

3 结束语

为了防止循环水质超标，引起凝汽器铜管腐蚀结垢等问题，需要加强对火力发电厂循环冷却水处理技术与运行监督的研究，以提高专业运行水平和增强技术监督的有效性，保障机组的安全稳定运行，提高火力发电厂的经济效益。

参考文献

[1] 吴海福, 文明通, 蒋铭明, 黄淋佳. 几种工业循环水用缓蚀阻垢剂静态阻垢性能对比研究[J]. 广东化工, 2016, 43(3): 1-2.
 [2] 田福立. 工业循环水处理技术及优化对策[J]. 当代化工研究, 2017, 0(8): 72-73.
 [3] 王涛涛, 于瑞红. 火电厂最佳循环水量的优化方法[J]. 煤炭科技, 2018, 0(1): 90-92.
 [4] 郭锐敏. 火力发电厂二次循环冷却水系统节水理论分析[J]. 福建建筑, 2018, 0(8): 127-130.