

量子管通环在 350MW 高背压机组热网循环水系统中的应用

卢温厚¹, 徐志鸿²

1. 国家能源泰安热电有限公司, 山东 泰安 271000

2. 北京微朗世纪科技有限公司, 北京 100097

摘 要: 基于量子管通环在石油、化工、电力、冶炼、制药、食品加工等行业水处理中的应用案例, 文章探讨了量子管通环的工作原理, 并对该产品在某企业 350MW 超临界高背压机组热网循环水系统中的应用进行了效果评估, 初步认定量子管通环在该热网循环水系统上具备良好的阻垢缓蚀性能。

关键词: 量子管通环; 循环水; 防垢; 高背压; 超临界; 350MW; 热网循环水处理

中图分类号: TM621; TM311

文献标志码: A

文章编号: 2096-2789 (2021) 18-0127-02

1 项目背景

某企业 350MW 超临界机组于 2019 年进行了高背压供热改造, 通过对汽轮机低压转子和凝汽器的改造, 将汽轮机背压由 4.9kPa 提高至 54kPa, 低压缸排汽的饱和温度提高至 83.3℃; 将凝汽器改造为供热系统的热网加热器, 充分利用低压缸排汽的汽化潜热加热热网循环水, 降低汽轮机的冷源损失, 提高机组的循环热效率。供热首站至城区西路供回水和东路供回水均采用 DN1200 的循环水管道, 承担泰安市区超过 2000 万 m³ 的供热任务, 热网循环水回到凝汽器时存在结垢和腐蚀的隐患, 一旦凝汽器换热管出现结垢腐蚀情况, 不仅会影响机组负荷, 更重要的是将显著降低其供热能力, 严重影响城区的供暖安全。

在高背压工况下, 该凝汽器设计循环水量为 13700m³/h, 冷却面积为 23000m², 管内平均循环水流速为 0.81m/s, 清洁系数为 0.9, 水阻为 84.90kPa。另外, 在高背压工况下胶球系统不能投运, 凝汽器换热管一旦出现结垢或腐蚀现象, 将导致凝汽器热交换效果降低, 机组带负荷能力下降, 直接影响首站供暖负荷。热网加热器进汽压力为 0.40 ~ 0.55MPa (绝对压力), 进汽温度为 257℃, 出水温度设计为 130℃, 水侧阻力 ≤ 40kPa。该企业的水源为城市第二污水厂的中水, 在电厂进一步处理后补入热网循环水系统, 因此对热网循环水质处理要求较高。为了避免凝汽器换热管和热网加热器换热管结垢或腐蚀, 保证供热设备长久稳定运行, 经过技术论证及考察, 在热网循环水进凝汽器前, 进行加装物理法水处理设备—量子管通环的应用研究。

2 量子管通环阻垢缓蚀技术概述

量子管通环阻垢技术是一种新颖的缓蚀阻垢技术, 发明于 20 世纪 90 年代的德国, 由当时斯图加特大学的物理学家舒伯特与德国 IAB 生物能量技术研究所联合研制而成, 其理论基础来自量子力学中物质属性的波粒二象性。早期的一代产品量子管通环由德国 IAB 生物能量技术研究所率先推向市场, 在工业水处理除垢防腐领域引起了强烈的反

响。21 世纪初该产品被引入中国市场, 广泛应用于工业水处理领域, 包括化工、电力、钢铁行业的大型循环冷却水系统, 自备电厂循环冷却水系统, 中小型工业热交换系统, 热力站的供暖系统, 油田注水系统, 油气集输管线, 等等。

(1) 除垢机理的量子理论依据。在量子力学中, 有一个物质波的概念, 又被称为德布罗意波。德布罗意是一位法国物理学家, 他指出实物粒子也具有波动性。在微观世界里, 对于尺度足够小的物质, 是不能忽略量子物理中的波粒二象性这一物质属性的。除了电子, 后来人们还陆续证实了质子、中子、原子、分子的波动性。对于这些粒子, 德布罗意给出的 $E=h\nu$ 和 $P=h/\lambda$ 关系式同样正确。宏观世界中的物质都是由微观粒子构成的, 微观粒子的内构成与其波动属性都具有一定的固有特征, 如果这种特征发生变化, 势必影响由其形成的宏观物质的结构稳定性。构成晶体化合物的晶格发生畸变, 则晶体结构的取向以及松散度、致密性等物理属性相应发生改变。在结晶时形成比较酥松的晶体, 防止晶体之间进一步吸附嵌入板结成致密的水垢。

无论是新系统还是已经投入运行的老系统, 在设备和管道表面均有一层金属氧化物或与水接触的金属单质。WELLAN2000 量子管通环释放出的超精微振动波作用于金属原子和水中的氧原子, 干扰铁离子与氧定向结合, 在管道表面上生成以 Fe₃O₄ 为主要成分的金属氧化膜, 隔绝腐蚀因子的侵袭, 对金属表面起到保护作用。同时, 量子管通环所释放的超精微振动波活化水分子可以瓦解剥离老垢, 消除垢下细菌滋生的温床, 从而抑制细菌的大量繁殖, 大幅减少细菌酸性分泌物对金属管道的腐蚀。在实际应用中, 量子管通环具有良好的综合缓蚀表现。

(2) 微朗量子管通环工作原理。量子管通环由信息储存能力很强的特种合金材料组成, 通过释放预先“刻录”在产品内的特制生物信号 (超精微振动波) 到管网水体中, 改变水及水中垢、锈、菌藻等物质的分子振动模式。这些物质在新的分子振动能量基础上, 经过长期缓慢相互作用, 物理性质发生改变, 水分子的活性及渗透力增强, 水垢及锈蚀变软脱落, 菌藻的生长得到抑制, 从而逐步实现防垢、

防锈、抑制菌藻等功能,达到保障用水管道系统正常使用和延长设备使用寿命的目的。

经过处理的水垢或脱落成块状或疏松成粉状,金属管道壁的铁锈也会慢慢剥离进入水中,水中的总固形物含量会出现先上升再下降最后回落到一个很低的正常水平的状态,因此在闭路循环系统应用时需要含盐离子高的系统水进行定期排污。

(3) 量子管通环除垢技术发展与应用情况。基于量子力学原理开发的阻垢缓蚀技术源于德国 IAB 生物能量研究所,该研究所由德国的水处理专家瓦格纳先生联合斯图加特大学于 20 世纪 80 年代创立。产品最初应用于社区供水等民用市场,因其表现良好,经过技术升级开发逐步进入循环冷却水系统、油田污水处理等工业市场。

(4) 量子管通环的应用环境及对设备的要求。设备传热面水侧黏附速率不大于 $15\text{mg}/(\text{cm}^2 \cdot \text{月})$,碳钢设备传热面水侧腐蚀速率小于 $0.075\text{mm}/\text{年}$,铜合金和不锈钢设备传热面水侧腐蚀速率小于 $0.005\text{mm}/\text{年}$ 。

(5) 量子管通环安装非常简便,产品外观特点为一个完整的圆形金属环,由两个半圆形金属环对扣卡在管道外围,用内六角螺栓紧固,并使用专用绝缘胶带将产品内表面与金属管道外壁隔离。安装点距离电源、电机、电缆线等带电体 1m 以上。

3 应用方案

350MW 超临界高背压机组热网循环水系统如图 1 所示。为了防止凝汽器和热网加热器换热管结垢、腐蚀,影响供热系统安全,在考察比较了系统加药和管网加装量子管通环后,认为量子管通环方案环保、可靠,免维护,更适合高背压机组热网循环水系统。因此,在 2019 年 11 月,该背压供热机组城市热网循环水回水至凝汽器管道上安装了 2 只量子管通环,量子管通环内径为 1226mm,距凝汽器前端分别约 30m、80m,热网循环水经过量子管通环处理后汇合,再进入凝汽器换热。热网循环水设计回水温度为 50°C ,循环水温升 28.32°C ,在凝汽器加热升温后,再去热网加热器进行二级加热,以满足城市热网温度和热量的需求。

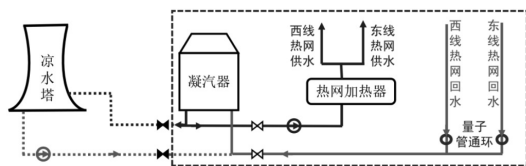


图 1 350MW 高背压机组凝汽器循环水系统示意图

4 应用效果检测与评估

安装量子管通环后,设备保持正常运行,在每个供暖季结束后都将凝汽器打开检测验视设备内表面是否有结垢或腐蚀现象。经过两个供暖季的连续应用和技术人员的细致检查,凝汽器和热网加热器换热管均没有出现泄漏现象,也没有结垢或腐蚀现象。对热网循环水系统中的水样进行总铁含量的分析测试,结果表明,管道也没有发现腐蚀现象。检查量子管通环,两个供暖季内没有任何维护,产品工作稳定,两个供暖季的水质指标监测表明水质稳定,保证了供暖设备的安全可靠。

5 结论

经过两个供暖季的应用和检测,量子管通环的使用效果明显,没有发生任何结垢与腐蚀问题,总体上保障了供暖设备的安全性,达到了应用研究的目的。综合该产品在循环冷却水系统上的应用情况,对其技术特点作出如下总结:

(1) 阻垢效果比较稳定,污垢沉积速率能达到相关行业标准,能保护凝汽器、热网加热器不结垢,保持良好换热效果,节约能耗;

(2) 量子管通环安装简便,环保节能,无污染,无运行费,无特殊维护要求;

(3) 就量子管通环的安装环境而言,只需保证电场强度不超过 $50\text{V}/\text{M}$ 即可,应用场所广泛,安装位置灵活;

(4) 热网循环水系统化学药剂明显减少,在水质稳定时已完全替代加药;

(5) 量子管通环使用寿命可达 15 年以上,综合效费比较高。

鉴于量子管通环具备以上优点,值得在高背压机组热网循环水系统中推广使用。

参考文献:

- [1] 翟德双,项林.量子管通环在600MW汽轮发电机组循环水系统的试验应用[J].电力与能源,2015,36(2):228-231.
- [2] 赵立福,徐志鸿,王杭庆.量子管通环技术用于处理热电行业循环冷却水[J].中国给水排水,2016,32(12):98-101.
- [3] 黄昆.固体物理学[M].北京:北京大学出版社,2015.
- [4] M.玻恩,黄昆.晶格动力学理论[M].葛惟锟,贾惟义,译.北京:北京大学出版社,1989.

作者简介:卢温厚,男,本科,高级工程师,研究方向为火力发电厂设备检修管理。