

凝汽器铜管的腐蚀原因分析与防护措施

李光林¹, 穆永智^{2*}

1. 辽宁工学院, 锦州 121001; 2. 锦州东港电力有限公司, 锦州 121006

摘要:针对锦州东港电力有限公司各台机组凝汽器频繁漏泄的原因,从铜管材质、沉积物、运行工况、检修操作、铜管保养等方面进行了分析,采取相应措施,收到了很好的效果。

关键词:凝汽器;铜合金;腐蚀;防护

中图分类号:TG174 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-6495(2004)04-0256-03

CORROSION FAILURE ANALYSIS AND PRECAUTIONARY MEASURE FOR COPPER PIPE OF CONDENSER

LI Guang-lin¹, MU Yong-zhi^{2*}

1. Dept. of Informatics Liaoning Institute of Technology, Jinzhou 121006;

2. Jin Zhou Easten Power Co., Ltd. Jinzhou 121006

ABSTRACT: The frequent leakage in condensers caused by crrosion at Jinzhou eastern power co. Ltd. were analyzed in terms of materials, sediment, running conditions, overhaul operation, maintenance for the copper pipe etc. The counter - measures were accordingly proposed and the relevant effectiveness is also summed up.

KEY WORDS: condenser; copper alloy; corrosion; protection

我公司有六台 200MW 机组,配有 N11220 型三壳体双流层表面换热式凝汽器,由 17001 根 $\phi 25 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ 黄铜管组成,利用冷却塔自然降温冷却。机组经过了十多年的运行,凝汽器铜管漏泄现象十分频繁,严重污染了凝结水的水质,导致水冷壁结垢速率上升、蒸汽通流部分积盐、锅炉四管漏泄等现象。为了解决该问题,笔者对引起凝汽器铜管漏泄的原因进行分析,采取相应措施、并且收到很好的效果。

1 腐蚀现状

共 6 台机组的凝汽器依次排序为 1[#]~6[#]。其投产日期

依次为 1983 年 1 月,1983 年 12 月,1984 年 8 月,1986 年 10 月,1987 年 8 月和 198 年 6 月;其型号:1[#]~3[#]为 N11220-1,4[#]~6[#]为 N11220-4;其材质:2[#]、3[#]为 HA177-2A, HSn70-1,其它为 Hsn70-1A。

图 1 为典型样管应力腐蚀裂纹、脱锌腐蚀穿孔及残余水垢的宏观形貌图。

经检验发现,2[#]3[#]上十排铜管有应力腐蚀裂纹(图 1a),所有铜管均有严重的塞状脱锌腐蚀(图 1b),其余各凝汽器的铜管内壁均有不同程度的脱锌腐蚀层,5[#]上十排铜管有一条带状残余水垢(图 1c)。

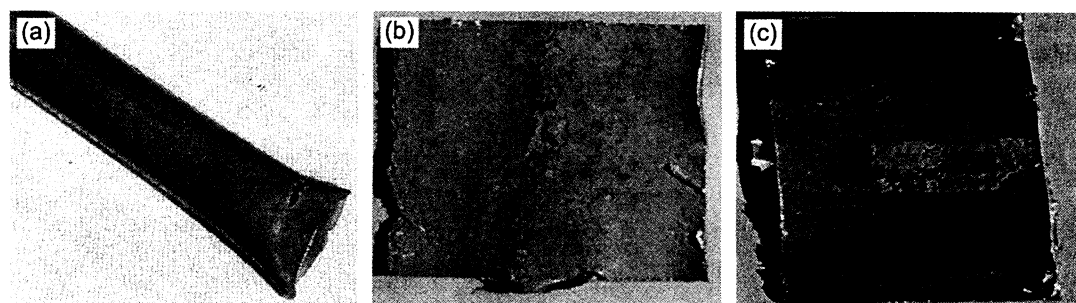


图 1 典型样管(a)应力腐蚀裂纹,(b)脱锌腐蚀穿孔,(c)残余水垢

收稿日期:2003-03-03 初稿;2003-05-01 修改稿

作者简介:李光林(1976-),女,硕士,讲师,主要从事控制理论与控制工程研究

* Tel:0416-2524138 E-mail:lgl-6@163.com

表 1 部颁标准中铜管对水质的要求与公司水质的比较表, mg/L

项目	溶解固形物	悬浮物及含沙量	含氧量	氯离子	COD
HSn70-1A	<1000	<300	>4	<150	<4
HAl77-2A	1500~海水	<50	>4	<20000 ^[3]	<4
深井水	237.8~439.8	0.4~7.4	>4	22.0~53.0	0.72~2.16
机组循环水	650~1200	2.0~68.6	>4	60~140	0.98~5.84

2 原因分析

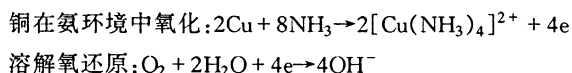
2.1 凝汽器铜管选材不当

锦州东港电力有限公司所用的水源为大凌河畔深井水, 根据 SD116-84《火力发电厂凝汽器管选材导则》要求与公司深井水、循环水情况进行比较(表 1)。

公司 2[#]、3[#] 机组凝汽器铜管材质为 HAl77-2A 铝黄铜, 这种管材不耐冲刷腐蚀, 一般应用在水质清洁、溶解固形物大于 1500 mg/L 或海水冷却水中^[1], 不适应我公司含沙量较高的深井水。而且根据有关材料介绍, 在淡水冷却水中一般不推荐使用铝黄铜管, 在淡水中它容易发生应力腐蚀裂纹、腐蚀疲劳和点蚀等局部腐蚀^[2]。所以铜管材质的选材不当是造成 2[#]、3[#] 机组凝汽器铜管有严重脱锌腐蚀和应力腐蚀的主要原因。

2.2 空冷区铜管氨腐蚀

公司锅炉给水采用加氨处理, 由于加药量控制不当、机组负荷突然变化等因素, 蒸汽中的氨在凝汽器空冷区易发生局部富集, 在氧存在的情况下, 空冷区铜管汽侧易发生氨腐蚀。其电化学腐蚀机理为^[2]。



由于腐蚀产物为可溶性的络合离子, 因而腐蚀过程能不受阻滞的进行下去, 导致空冷区铜管外壁均匀减薄和铜管支撑隔板的两侧形成横向条状的腐蚀沟, 如果腐蚀严重, 会引起局部漏泄。

2.3 机械损伤造成铜管的条状脱锌腐蚀

公司为了解决铜管结垢问题采用了射弹和用铁钎子捅垢等机械方式除垢, 使铜管内壁划伤, 破坏保护膜, 导致铜管在划伤的部位脱锌腐蚀, 如果有外力或震动使铜合金腐蚀后的沉积物脱落, 则会导致铜管腐蚀穿孔的部位微量漏泄。

2.4 凝汽器的应力腐蚀破裂及腐蚀疲劳

1 我公司 N11220-1 型凝汽器隔板间距 1400 mm, 安全裕度不足, 在铜管自重和内冷水的重量下铜管发生弯曲, 同时在汽轮机排汽和凝结水的冲击下造成铜管振动, 导致铜管的内应力增加^[2]。而在凝汽器运行条件下, 其空抽区水中氨浓度比较高, 又因为凝汽器的频繁漏泄, 使高含盐量的循环水进入凝结水系统, 影响凝结水 pH 值, 为铜管产生应力腐蚀裂纹提供了环境。在上述两个条件的同时作用下, 导致铜管缓慢形成应力裂纹。

2 在购进新铜管的运输中, 因包装简单, 铜管之间碰

撞、摩擦, 使新管在未安装之前就已经存在残留应力。3 凝汽器铜管更换过程中, 由于某些员工的野蛮作业, 对新铜管随意拖拽、安装时使用铁锤将铜管钉入, 使新更换的铜管残留应力。

4 机组频繁启停、机组负荷变化幅度较大, 使凝汽器铜管受汽轮机高流速排汽冲击造成管束振动, 使铜管受交变应力的作用。由于应力的方向和幅度的变化使铜管的表面膜发生破裂, 产生局部腐蚀, 形成点蚀坑, 使材料疲劳极限降低^[2]。

2.5 凝汽器铜管维护不当, 造成的电化学腐蚀

1 凝汽器因结垢经过了几次化学清洗, 但化学清洗后的镀膜工作没有得到有效的重视, 而是凝汽器投入运行后, 只在水塔的循环水入口处投入一定量的硫酸亚铁, 由于铜管在高温的情况下镀膜较快, 但膜质疏松易脱落, 容易造成保护膜不完整而产生电化学腐蚀。

2 我公司循环水的处理方式是加硫酸调节 pH=(7.8±0.2), 硫酸的加入量调整是靠人工手动操作, 难度较大; 工业硫酸本身因为粘度较高不易混均; 工业硫酸的储藏罐长期使用, 底部积累了大量的酸泥, 时常堵塞加酸系统或随着加酸系统进入凝汽器, 使循环水 pH 值波动, 造成铜管腐蚀。

3 停备的凝汽器不能及时的将铜管内的水排掉, 当水中溶解游离二氧化碳, 使水呈微酸性或酸性时, 在有氧的情况下, 铜的腐蚀速度便大大增高^[2], 使有积水的铜管产生绿色铜锈。

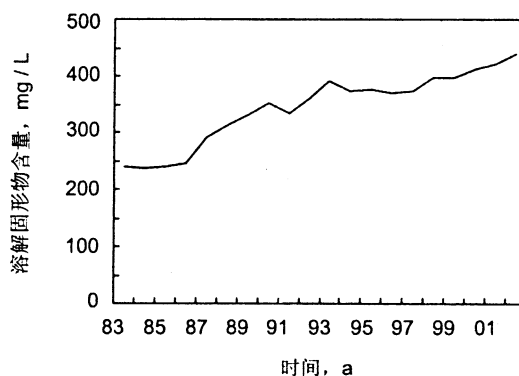


图 2 生水溶解固形物变化统计图

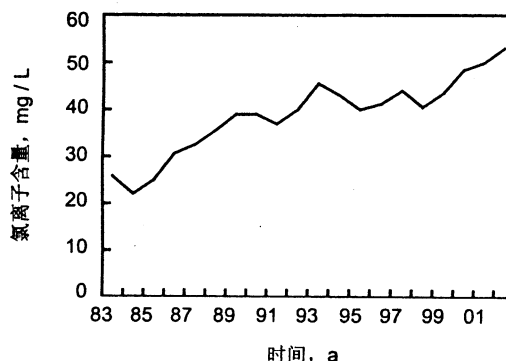


图 3 生水氯离子变化统计图

2.6 循环水离子含量超过铜管的承受范围,造成的凝汽器铜管腐蚀

现在由于水资源的严重匮乏,地下水位逐年下降,深井水溶解固形物含量和氯离子含量不断上升,如图 2,图 3 所示:

从图中可以看出,深井水溶解固形物含量和氯离子含量在 2000 年大幅度增加,而公司在 2000 年进行全面的节能降耗工作,特别是节水工作,使循环水倍率维持在 3.0~5.0,循环水溶解固形物超过 1000 mg/L、氯离子含量超过 150 mg/L,超过了 HSn70-1A 铜管能够承受的水质上限,使铜管表面保护膜的氧化物晶格中的氧离子被氯离子所取代,破坏保护膜^[4],导致铜管在 2000 年时开始大面积脱锌腐蚀并且频繁漏泄。

2.7 残余水垢下腐蚀

在 5# 机组凝汽器化学清洗的过程中,上水室顶部的铜管因气塞现象,使铜管内壁上部残留一条水垢,水垢下和溶液间金属离子或供氧浓度差异,形成腐蚀原电池,造成铜管的局部腐蚀。

2.8 粘泥附着物下的腐蚀

公司在 1999 年前利用循环水养殖热带鱼,排放的废水回收至水塔,致使凝汽器铜管内堆积大量的粘泥附着物,几乎覆盖了整个铜管。这种粘泥导热性差,使凝汽器端差上升、真空下降,铜管表面因温度偏高、水质 PH 值和溶解氧的不同,使铜管表面的电位产生差异,导致附着物下脱锌腐蚀,同时这种粘泥还为微生物提供滋生的场所,造成铜管的微生物腐蚀。

3 防止凝汽器铜管漏泄的措施

1. 凝汽器铜管的更换。公司采取 HSn70-1A 黄铜管和 B30 白铜管(安装在空冷区)更换 2# 和 3# 机组凝汽器全部铜管和其他机组凝汽器部分腐蚀严重的铜管,同时改变 25 口深水井的运行方式即使用溶解固形物含量较低的深井水作为循环水的补充水,并加强循环水排污,使循环水溶解固形物控制在 950 mg/L~1200 mg/L、氯离子控制在 93 mg/L~120 mg/L,维持凝汽器的正常运行。

2. 改进现在的循环水处理方式。根据调整后的循环水各离子含量,进行水质判断:

饱和指数计算:

$$pH_s = (9.7 + A + B) - (C + D) = 6.39 \sim 7.85$$

$$pH_{eq} = 7.09 \sim 8.06$$

按照 Puckoricus 指数进行判断:

$$P.S.I = 2pH_s - pH_{eq} = 5.69 \sim 7.64$$

由上可知循环水水质为腐蚀型兼结垢型,为防止凝汽器再次结垢,降低铜管腐蚀速度,采用加入阻垢分散剂、铜缓蚀剂和使用硫酸调节 $pH = (7.8 \pm 0.2)$ 的联合处理方式,有效的控制了循环水的腐蚀和结垢。

3. 降低循环水的浊度,保持循环水的清洁。取消养鱼场,停止有机物含量高的污水回收,有效防止了凝汽器铜管内堆

积淤泥的现象,降低了凝汽器的端差、减少了铜管粘泥下腐蚀的机会;同时向循环水中交替投加异噻唑啉酮、季胺盐类、 ClO_2 等几种杀菌剂,大大的降低了微生物的抗药性,杀菌效率提高,避免铜管的微生物腐蚀。

4. 改造凝汽器结构。在凝汽器隔板之间添加了铜管定位拉筋,使铜管的跨度为 700 mm,以提高安全裕度;尽量减少启停次数、维持平稳的运行工况;减轻蒸汽冲击铜管产生的振动。

5. 防止循环水系统的杂物进入凝汽器,损伤铜管。利用机组大、小修期间将水塔水排净,对水塔的配水沟道和池底进行清扫,使循环水系统内无碎石、淤泥等杂物;凝汽器胶球系统每天投入一个小时,有效防止了凝汽器铜管内壁被淤泥附着;加强设备维护,保证循环水系统一、二次滤网完好,防止异物进入凝汽器划伤、堵塞铜管。

6. 加强凝汽器铜管的合理操作,避免不必要的损伤。在机组大、小修对更换铜管的操作中,将所有的堵塞铜管和断管抽出,防止残留断管在运行中振动,损伤邻近的铜管;在安装铜管时轻拿慢放,不能重力锤击铜管,穿管头时装橡胶引导头,以免铜管伤害;对凝汽器铜管中残留的水垢,采用了高压射流冲洗方式除掉,禁止采用射弹和用铁钎子捅垢的机械方法除垢。

7. 做好每次凝汽器停止运行时铜管的保养工作。机组停止运行后,及时开启凝汽器的人孔门,利用强力风扇和凝汽器的余热,排除凝汽器各铜管内的存水,保持铜管的干燥,防止氧蚀发生。

8. 加强凝汽器铜管的预膜处理。在凝汽器的循环水侧连接一套铜管镀膜系统,每年对凝汽器铜管进行造膜 96 小时,并且保证每次镀膜的各项技术要求,以保证铜管保护膜的质量,增加耐蚀性。

9. 加强机组循环水的治理,提高循环水 pH 值的合格率。为了加强循环水的综合处理水平,在循环水系统上安装了 pH 值在线检测仪,对循环水进行在线监督,并且加强管理力度,使运行人员重视循环水 pH 值的调整,提高循环水水质的合格率;对硫酸储藏罐进行定期的清扫,避免酸泥进入凝汽器,解决了因酸泥造成加酸系统堵塞而导致的循环水 pH 值超标问题。

通过整改措施的执行,在 2001 年里机组凝汽器的漏泄次数明显减少。凝汽器铜管的腐蚀和结垢问题得到了有效控制,切实保证了机组安全、经济、稳定的运行。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国水利电力部. SD116-84. 火力发电厂凝汽器管选材导则[S]. 1984.
- [2] 王杏卿. 热力设备的腐蚀与防护[M]. 北京:水利电力出版社, 1988. 239.
- [3] 韩振祥. 加强循环水系统管理确保凝汽器长周期运行[J]. 东北电力学院报化学专刊, 2001; 24.
- [4] 张晓冬, 保其敏, 李松林, 等. 凝汽器换热管腐蚀类型分析与防范措施[J]. 内蒙古电力技术, 2001, 19(5): 28.