

发电机内冷水分床处理装置的研制

刘惠菊 (深圳市水苑水工业技术设备有限公司, 广东 深圳 518109)

摘要: 火力发电厂内冷发电机在近几年频发出现定子短路等问题, 部分原因是冷水回路在定子内受到了堵塞, 而造成堵塞的原因是由于没有采用合格水质的冷却水, 因此腐蚀了铜导线, 氧化铜在经过腐蚀后产生的杂质极易被磁场集聚, 进而导致水流堵塞。所以需要在运行发电机系统期间, 做好对整个冷却过程的监控工作, 采用合理的方式来运行内冷水系统, 对内冷水质量进行改善, 以此来使发电机能够具有更高的安全性和可靠性。

关键词: 发电机; 内冷水分床处理装置; 研制

1 小混床 + 间断换水处理定冷水

1.1 处理现状

1.1.1 加铜缓蚀剂法

将特定的 MBT、BTA 以及 TT 等铜缓蚀剂加入到冷却水中, 水中的铜缓蚀剂与铜离子发生络合反应后会形成难容沉淀, 在铜表面覆盖, 暂时起到保护铜, 降低铜腐蚀速度的作用, 铜表面的铜缓蚀剂会形成一层单分子保护膜, 该膜层厚度并不高, 极易破损, 缺乏良好的防护性, 所以, 必须保证水中一直存在特定量的缓蚀剂, 不然就会加剧铜离子在水中的含量。

水中加入缓蚀剂后会提升电导率, 极易导致电导率出现超标问题, 最初虽然通过对 MBT 的使用实现了对良好缓释效果的获取, 然而通过对缓蚀剂的增加, 可以使电导率长期处于 $5 \mu\text{s}/\text{cm}$ 以上, 如果需要控制在 $2 \mu\text{s}/\text{cm}$ 以内, 内冷水难以获取到合格的指标。所以, 大部分电厂已经不再使用 MBT。

1.1.2 缓蚀效果欠佳

通过对 BTA 类缓蚀剂的添加虽然能够使电导率超过 $2 \mu\text{s}/\text{cm}$ 标准, 然而缓蚀效果并不好。部分厂的 Cu^{2+} 浓度在药物未加入之前为 $300\text{--}600 \mu\text{g}/\text{L}$, 在 BTA 加入后变为了 $50\text{--}300 \mu\text{g}/\text{L}$, 与国际 $40 \mu\text{g}/\text{L}$ 的国标 GB/T12145-1999 标准并不相符。

1.1.3 安全性问题

无论添加哪种缓蚀剂都无法获得合格的电导率、pH 值以及 Cu^{2+} 值, 难以进行统一运行, 系统中会出现严重腐蚀, 铜表面极易生产颗粒状的氧化物, 部分电厂观察到缓蚀剂在内冷水缓慢流动的水域中会以粘泥的形式析出, 空心铜导线中的此类粘泥和腐蚀物很容易成为沉积污垢, 情况严重的还会导致水流阻塞, 提升线棒温度, 最终导致线棒被烧毁, 华能岳阳发电厂与 1998 年将 BTA 铜缓蚀剂加入到发电机的 362MW 机组中后, 由于难以控制各项指标最终发生了烧毁事故, 造成了巨大损失。

1.1.4 国电公司有关反事故规定对加缓蚀剂的限制

为了保证缓蚀剂加入到发电机内后不会对冷水水质造成影响, 进而导致重大设备事故的发生, 2000 年国电公司做出了规定“在运行 125MW 以下的机组是才能够添加缓蚀剂, 但是必须要保证 pH 值不小于 7.0”。

1.2 原因分析

对于正常运行时的机组来说, 在发电机内将化学物质添加到冷水中, 能够起到去盐水的的作用, 进而提升系统中的水含量。盐水的去除量与 CO_2 在空气中的溶解达到平衡时, 就能够降低 pH 值到 5.7, 虽然定子水循环是由小混床处理的, 然而由于数值缺乏良好的性能特点, 因此 pH 值依然比 7.0 小, 所以, 必须要在低 pH 值环境下运行电导率较低的内冷水。如果环境中的 pH 值比 6.8 更低, 那么就会对铜造成腐蚀。事实上, 如果发电机内有空气与冷水接触, 那么其 pH 值的范围就是 6.0-6.5, 所以会腐蚀铜线棒, 而在内冷水中溶入腐蚀产物, 必定会加大铜离子在冷水中的浓度, 进而提升电导率。此外, 内冷水直接接触空气后, 会导致大量氧气在水中的溶入, 也会腐蚀铜线棒, 进而提升铜离子在内冷水中的浓度, 加大电导率, 导致先帮无法保持良好的绝缘性。

2 SZSY 系列发电机内冷水三分床处理装置

2.1 技术原理和技术特征

在发电机内处理定冷水的原因是为了避免铜线棒受到腐蚀, 保证定冷水通道的通畅。发电机铜线棒的材质通常为纯铜或低银铜合金, 其具有良好的化学稳定性, 然而如果定冷水中存在氧浓度较高、pH 值较低的介质, 那么在其的长期作用下依然会腐蚀铜线棒。定冷水中的铜线棒如果发生腐蚀就会出现如下现象: ①铜离子在定冷水中的浓度加大, 就会提升电导率, 发电机无法与地保持良好的绝缘; ②铜线棒在长期腐蚀作用下会发生性能的改变, 情况严重的还会导致水穿过铜线棒; ③发电机内的铜离子浓度过高, 会沉积在铜线棒定冷水通道内, 进而堵塞定冷水通道, 发电机内局部过热的铜线棒会烧毁。

定冷水包含了 pH 值以及电导率等主要水质指标。对 pH 标准值的制定是为了避免腐蚀发电机铜线棒, 如果 pH 在 8.0-9.0 之间, 那么钝化区的铜不会出现腐蚀, 而过高或过低的 pH 值都会导致铜腐蚀的出现。这主要是根据了 $\text{Cu-H}_2\text{O}$ 体系与水的铜腐蚀速率和 pH 值及溶解氧含量的关系。

2.2 SZSY-3 型发电机定冷水三分床处理装置的工艺原理及主要特征

提高定冷水 pH 值的工艺原理。分床处理工艺是将

Na 型、H 型和 OH 型树脂分别装在三个离子交换器内，定冷水并联进入 Na 床和 H 床，然后进入 OH 床，调节 Na 床的进水量可以调节定冷水的 pH 值，调节 H 床的进水量可以调节定冷水的电导率，从而人为调控定冷水水质使其满足标准要求，通常控制设备入口定冷水的 pH 值 8.0-8.5，电导率 0.4-1.0 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (25 $^{\circ}\text{C}$)，铜离子浓度 0-10 $\mu\text{g}/\text{L}$ 。该装置旁路处理水量为定冷水循环量的 1-2%，是机组原有小混床处理装置的 1/5。装置内树脂的设计运行周期为一年以上，当树脂失效时可以再生重复使用，树脂的使用寿命大于 8 年。

2.3 SZSY-3 型发电机定冷水三分床处理装置的主要技术特征

2.3.1 采用分床离子交换处理技术，定冷水质能人为调控，树脂失效可再生

而 SZSY-3 型发电机定冷水三分床处理装置采用分床离子交换系统，可以通过调节钠床和氢床的处理水量比例人为调节出水水质，使整个运行周期定冷水处理装置出水和定冷水水质指标稳定，离子交换树脂利用率高，体积小，树脂失效后能再生，运行成本低，且调试和运行控制十分简单，调试时间远远少于其他类型处理装置，一般只需 2 天。

2.3.2 水质处理效率高，效果好

由于 SZSY-3 型发电机定冷水三分床处理装置的上述优异性能，该装置使定冷水水质指标全部达到标准要求所需的旁路处理水量仅有 1.0 m^3/h ，是混床类型处理装置的 1/5，处理效率高，效果好，能耗大幅度降低。

2.3.3 腐蚀速率低

使用 SZSY-3 型发电机定冷水三分床处理装置后，通过处理装置处理的出水的铜离子浓度接近于 0 $\mu\text{g}/\text{L}$ ，而处理装置进口的铜离子浓度与定冷水系统中的铜离子浓度相同，根据物料平衡原理，定冷水处理装置除去的铜离子量与定冷水系统因腐蚀产生的铜离子量相等。

2.3.4 运行成本低

SZSY-3 型发电机定冷水三分床处理装置采用的离子交换树脂为定冷水专用的大孔均粒树脂，该离子交换树脂性能好，且可多次在生长期使用，该树脂使用寿命大于 8 年，省去了更换特种离子交换树脂的昂贵费用，大幅度降低运行成本。

2.3.5 设备整体性能优于其他类型发电机定冷水三分床处理装置

SZSY-3 型发电机定冷水三分床处理装置的设备及连接管道、法兰、三通、弯头等全部采用 304 不锈钢材质，且管道法兰和所有接合面的防渗漏垫片，材质为聚四氟乙烯材料，不使用橡胶、石棉纸板等可能造成堵塞和提高水质硬度的材料。设备使用寿命 30 年，树脂使用寿命大于 8 年。该装置根据定冷水与离子交换树脂的自平衡控制定冷水水质，在离子交换树脂运行周期内，定冷水水质人为控制在水质标准之内，操作人员可以根据生产要求通过两个阀门分别调节定冷水的 pH 值和电

导率，相对于其他类型的处理装置通过调整混床离子交换树脂比例和 PLC 程控加碱控制定冷水水质，分床处理装置的优点是操作简单、出水水质稳定、不需要检修维护、运行安全可靠。

2.3.6 设备运行更安全可靠

2.3.6.1 树脂捕捉器采用微滤技术

传统树脂捕捉器采用不锈钢丝缠绕技术，间隙较大 (100-200 μm)，应用于定冷水处理装置存在离子交换树脂磨损产生的粉末进入发电机的安全隐患，SZSY-3 型发电机定冷水三分床处理装置出口采用 5 μm 微滤器能确保离子交换树脂磨损粉末不会进入定冷水系统，更加安全可靠。

2.3.6.2 采用前置过滤技术

在 SZSY-3 型发电机定冷水三分床处理装置前设置有 5 μm 的前置过滤器，以确保在机组大小修后启机时和定冷水水质较差时，离子交换树脂不会受到进水杂质的污染，从而保证树脂的运行周期、再生效果和使用寿命。滤芯根据水质情况和需要进行更换。

2.3.7 使用 SZSY-3 型发电机定冷水三分床处理装置的效益

经 SZSY-3 型发电机定冷水三分床处理装置处理后的定冷水 pH 值可以稳定控 pH8.3-8.5，延长发电机使用寿命等。另外，定冷水处理系统改造后，可以使系统运行稳定，减少换水、调整等操作，减少除盐水消耗，减轻值班人员的劳动强度。

3 结束语

发电机如果存在质量不合格的内冷水就会腐蚀铜线棒，损坏其绝缘性能等等，进而造成较大的所示，所以必须要对内冷水品质进行改善。本文介绍了一种 SZSY-3 型发电机定冷水三分床处理装置，该装置在处理效果、经济性以及可靠性等方面都具有良好的优势，因此值得推广应用。

参考文献：

- [1] 张富峰, 张声强. 发电机内冷水分床处理技术在 660MW 机组上的应用 [J]. 广东化工, 2013, 40(14): 188-189.
- [2] 易美玲, 刘坚, 胡筱勇. 发电机内冷水处理问题诊断与新技术应用 [J]. 能源研究与管理, 2019(04): 104-107.
- [3] 易美玲, 刘坚, 胡筱勇. 发电机内冷水处理问题诊断与新技术的应用 [C]//2019 年江西省电机工程学会年会, 2019.
- [4] 祁传西, 郭金鑫. 600MW 发电机内冷水处理方法的研究及应用 [C]// 全国电站化学. 中国电力企业联合会; 全国发电机组技术协作会, 2010.
- [5] 邵俊彪. 发电机内冷水系统改造及探讨——#5、6 机加装微碱处理装置 [C]//2009 第三届中国设备工程专家论坛, 2009.
- [6] 刘才秀, 周院斌. 小分床处理工艺与发电机定冷水处理 [J]. 清洗世界, 2018, 34(06): 14-17.