

火电厂降低凝结水铁离子技术的研究与应用

白金河

中铝宁夏能源集团有限公司六盘山热电厂 宁夏 固原 756000

摘要: 随着国内发电厂机组参数的不断提高,对热力系统水汽品质的要求也在不断提高。在蒸汽控制系统中,用汽设备凝结水处理与利用是一种主要节能措施,因为一般用汽设备所排放的凝结水,其热能占总蒸发热量的10%-15%,而利用凝结水又回收了这些热能。因此凝结水的水质直接影响锅炉蒸汽品质及整个机组的安全运行。对于30万及以上的机组,凝结水水质不但需要达到国家标准GB12145-2016《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量》,还应尽可能降低凝结水中的铁的腐蚀产物及盐类,以保证机组安全运行。

关键词: 凝结水处理; 氧腐蚀; 酸腐蚀; 处理技术

引言: 根据实际分析,六盘山热电厂凝结水系统铁含量超标,目前六盘山热电厂对水中铁含量的控制主要是通过凝结水精处理系统粉末覆盖过滤器去除水中的铁悬浮物,粉末覆盖过滤器过滤除铁效果不佳,运行管理复杂。针对六盘山热电厂凝结水铁含量超标,提出“凝结水精处理系统”研究与引用。

1 凝结水精处理系统必要性

为保证机组安全稳定运行,六盘山热电厂拟对现有凝结水系统铁含量超标现象进行治理,降低锅炉传热面发生二次结垢及垢下腐蚀的风险,排除安全隐患。六盘山热电厂原有凝结水精处理设计为粉末覆盖过滤器,利用线绕滤芯及粉末树脂去除水中的铁的腐蚀产物及盐类,但其仅适用于铁和盐的含量较低的情况下使用,粉末覆盖的铺膜量有限,能进行交换的空间有限,当凝结水水质较差的情况下,其处理效率将明显降低。根据现场数据收集情况来看,六盘山热电厂为空冷机组,目前凝结水泵出口凝结水中铁的腐蚀产物含量较高,在机组运行期间经常出现铁超标的情况,严重影响了炉水和蒸汽的品质,给机组安全运行带来了安全隐患。为提高凝结水水质,更高的要求蒸汽品质,减少安全隐患,现结合本厂实际情况,提高凝结水处理效果,达到国家标准的要求。

2 凝结水中腐蚀产物的来源和危害

凝结水回用,它最大的应用价值就是可以回用作高压锅炉补水,能够最高效能的利用凝结水的热能,从而降低了热污染和电能污染,是非常有利环保和节水、节能等资源利用的有力之举。但是,未经达标的凝结水作为锅炉补充水,水中所含大量铁离子,不能满足锅炉补水的基本要求^[1]。

2.1 氧腐蚀

因为表层保护层的缺陷、硫化物掺杂等因素,在碳钢表面和含氧水接触时,由于碳钢表层各部位的阴极电位均不相同,产生了微腐蚀电池。

2.2 酸腐蚀

CO₂在加入冷凝水后产生了碳酸反应,由于它是一个弱酸,在水中电离的H⁺并不多。由于冷凝水是相对纯净的水溶液,含盐量低,且缓冲能力较差,因此即使向碳酸分子这样的弱酸也能使pH值产生很大的变化,当纯水中汇总CO₂达到1mg/L以后,纯水的pH值从7.0降至5.5。

酸腐蚀的结果导致冷凝水中存在大量的铁离子,这些铁离子溶解在水中,不会沉积在金属表面,会一直在水中,这也是导致水中铁离子含量较高的一个重要原因。

凝结水含铁率也是《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量标准》中给水的—个关键指标,大比例锅炉冷凝水由于不符合规范,含铁量过高将被直接排放。水中铁含量过高,其主要危害有以下四个方面:

2.2.1 浪费燃料,降低出力

燃煤锅炉结垢经处理后将严重干扰受热层传热,影响热效率,从而减小蒸汽出力,提高燃油损耗。

2.2.2 易引起事故,影响安全运行

受热表面结垢后,金属表面的热能会因受水垢的限制而难以传热于炉水,从而造成了金属表面壁温急速增加,当高温值达到了金属表面所能接受的允许高温值时,金属表面强度明显下降,并由此引起了金属投资的过热变化,更严重时还将引起金属鼓包、破裂,甚至爆管等事件^[2]。

2.2.3 堵塞管道,破坏水循环

一旦在管道内结垢处理,将会减少流通横截面,增加污水的流通阻力,并破坏正常的水循环,严重时候还会完全封闭管道,甚至引发爆管事件。

2.2.4 引起垢下腐蚀, 缩短锅炉寿命

高温锅炉经结垢处理后还可能造成在垢下锈蚀的影响。如果受热表面结垢, 则很难清理, 严重的不得不采取挖补、割换管子等修补方法, 不仅代价大, 同时也会使受热表面遭到很大破坏。大大缩短了高压锅炉的使用寿命。此外, 当锅炉结垢后, 将增大清理与保养的时间、花费和工程量等, 严重影响生产能力, 从而降低了锅炉的有效使用率, 进一步削弱了经济效益^[3]。

3 现有凝结水的处理技术及问题

我国从2002年电力建设进入全面发展阶段, 到2012年左右进入一个稳定期, 在高速发展的十年期间, 电力新建项目主要以300MW以上火力发电机组为主, 原有小机组多被关停。截止2020年, 大多数300MW以上机组均已投运5年以上, 现有技术存在的问题也逐渐显露出来, 从凝结水精处理工艺方面来看, 现有技术主要有“裸混床工艺”、“粉末覆盖过滤器工艺”、“前置过滤器+混床工艺”、“前置阳床+混床工艺”、“阳床+阴床+混床工艺”几种配置, 其中前三种较为常见。

前置过滤器形式中“滤芯式过滤器”和“粉末覆盖过滤器”应用广泛^[4]。

3.1 常见凝结水处理工艺普遍存在的问题分析如下:

3.1.1 裸混床工艺

机组启动: 系统启动时间长, 机组启动过程中, 凝结水铁含量比正常运行值高十几倍甚至几十倍, 凝结水精处理系统无法启动。凝结水需要通过大量排放(1-2天), 才能达到凝结水回收标准。机组运行: 凝结水系统没有设置前置过滤器, 无法实现除铁功能, 凝结水铁超标, 混床铁中毒。

3.1.2 粉末覆盖过滤器工艺

粉末覆盖技术的运用已经有二十多年, 从大量电厂的运行经验看, 粉末覆盖过滤器仅在启动初期起到降低凝结水的含铁量及除盐的作用, 缩短冲洗热力系统的时间; 在正常投运后, 除盐功能弱化, 需要经常频繁地爆膜和铺膜, 使运行费用大大增加。因此在后续建的电厂中, 单独采用粉末覆盖过滤器工艺的情况较少遇到, 一般会在粉末覆盖过滤器后设置混床, 达到除盐的目的。

3.1.3 前置过滤器+混床工艺

前置过滤器一般采用滤芯式过滤器或粉末覆盖过滤器。滤芯式除铁过滤器容易被铁腐蚀产物堵塞、污染, 使用寿命缩短。而滤芯造价很高, 使运行成本大大提高。前置过滤设备一般选用进口滤元, 由于滤元存在价格昂贵、进水水质要求高、不易清洗、更换困难等原因, 在系统运行过程中一般会出现水资源浪费、更换周

期短、运行费用高等问题, 给企业的正常运行带来一定隐患, 经济效益造成较大影响^[5]。

4 永磁净化技术工艺简介

4.1 永磁净化技术

永磁除铁过滤器用于回收凝结水及其热能。水中铁的悬浮物在磁场干扰的作用下被磁化, 颗粒成为带磁颗粒后, 小颗粒聚集为大颗粒, 相互吸引, 相互靠拢, 再由磁路的引导下被吸附在磁材料上, 完成悬浮物与水的分离过程。

永磁除铁过滤器在凝结水除铁和除盐两个核心技术领域利用公司自主研发的发明专利技术, 实现了凝结水完全回收, 节能节水显著, 环保效果明显。该装置具有以下优点:

技术先进: 永磁除铁过滤器具有良好的除铁、防腐、防垢功能, 装置在运行和使用过程中又具有较大的安全性、经济型、环境保护等优势。永磁除铁过滤器用于过滤器前可有效降低过滤器爆膜、铺膜次数, 减少废水排放、节省树脂采购费用。

保证水质: 永磁除铁过滤器不但能对凝结水进行良好的净化效果, 同时具有防止系统腐蚀和结垢的功能, 彻底消除了凝结水对系统造成的各种危害。

耐高温: 永磁除铁过滤器最高耐温可以达到200℃, 能够适应绝大部分凝结水的回收和利用。

寿命长: 永磁除铁过滤器设计寿命为30年。

节能环保: 系统可有效降低废水排放和固废处理问题, 符合环保要求。

4.2 凝结水永磁净化技术

永磁除铁过滤器与原有粉末覆盖过滤器串联, 每台机组配置两台100%流量的永磁除铁过滤器, 该装置通过与粉末覆盖过滤形成组合工艺, 永磁净化实现除铁功能, 粉末覆盖过滤实现深度处理。两组工艺组合互为备用, 粉末覆盖过滤器爆膜时, 与其串联的永磁净化设备进行反洗。永磁净化反洗周期为30天, 单次反洗时间为10min。

4.3 国内外的研究情况

磁处理技术是近年来在凝结水处理领域发现的一项新的应用技术, 依托我国先进的材料技术和丰富的磁矿资源, 在凝结水处理领域得到了较广泛的应用, 也取得了较好的应用效果, 但由于早期的技术和设备过于简单、粗糙, 在用户的使用过程中, 仍然存在很多需要完善和改进的地方。

2009年第一代产品“插入式可卸磁永磁除铁过滤器”, 实现了永磁技术向装置化转换的第一步, 其各项

技术性能、指标均处于世界领先水平；2014年第二代产品“一体化永磁除铁过滤器”在除铁效率、自动化运行、检修和维护等方面均取得重大进步，同时该产品也得到了用户的充分肯定和认可，并取得用户100%的好评；2018年第三代产品“永磁除铁过滤器”结合了磁技术的物理和化学特性，在磁技术的综合应用方面取得重大技术突破。

4.4 磁技术在水处理应用领域的概述

磁场是研究物质性能的有力手段，因为它可以直接作用于物质中的基本粒子和磁矩。在数十T乃至数百T的超大磁场下，电磁对化学反应体系的作用也取得了十分重要的进展，甚至能够改变化学反应的反应热、化学反应进行的方式、化学反应速度、活性等诸多方面。

水经磁场运动，在磁场的影响下，溶液中的水分子、水化离子等带电粒子都要接受磁场的影响，液体中粒子的运动速度也会发生改变，从而改变了水化离子的结构，正是由于存在大量的“离子缩合体”或颗粒缔合体，在水溶液中提供了大量的结晶核心。

磁场改变水分子的结构，也改变水溶液的结构，必然地要引起水溶液的一系列性质发生变化。如水的密度、粘度、表面张力、电导率、pH值、溶解度、冰点、沸点等均会发生变化。

由于磁场的影响，水溶液的结垢状况、腐蚀情况、结晶状况等都会发生变化；水溶液中悬浮物的凝聚速度、沉降速度都会加快；水溶液中的细菌、病毒的生长环境和生长速度也会发生变化。

5 凝结水处理存在以下问题

5.1 凝结水水质波动明显

5.1.1 凝汽器真空系统不严密、漏气，系统溶氧的升高导致了铁腐蚀速度加快，使得短期内铁含量升高，系统溶氧的升高，还存在较多方面的原因：空冷岛泄露、取样系统漏气和凝泵泄露，这些均可以导致系统溶氧升高，导致铁腐蚀加剧；

5.1.2 锅炉补给水带入，导致炉水被污染，凝结水铁含量升高；

5.1.3 锅炉、管道等铁结垢严重，表面氧化腐蚀产物脱落，造成致铁离子浓度偏高，尤其是老机组易出现类似问题。

5.2 粉末树脂覆盖过滤器出水不达标

5.2.1 过滤器运行周期的变化：凝结水水质的劣化、粉末树脂用量不适、树脂膜破损等原因，均可以导致过

滤器运行周期发生变化，运行周期的变化，可以导致粉末树脂覆盖过滤器出水不稳定，甚至不达标；

5.2.2 粉末树脂覆盖过滤器运行不稳定，运行流速、前周期失效膜冲洗不彻底，进水杂质多等原因都会影响粉末树脂覆盖过滤器进出口压差，进而影响设备的启停，从而影响精处理出水，导致水质的波动。

5.2.3 粉末树脂覆盖过滤器短流，造成部分凝结水未经处理，铁含量超标。线绕滤芯经多次铺膜曝膜后纤维松紧程度不一，如未及时更换也容易造成粉末覆盖过滤器效率下降。

针对以上问题，建议在凝结水精处理系统安装永磁除铁过滤器。冷凝液中铁的腐蚀产物主要有 Fe_3O_4 ，可以利用磁性吸引的方法从水中去除这些铁的腐蚀产物。永磁除铁过滤器，率先解决了永磁材质的卸磁反洗难题。并将其应用到电厂凝结水、高温疏水、MGGH、暖风器疏水、一次网循环水等除铁处理领域，解决了原来电磁除铁过滤器能耗高且系统复杂运行操作复杂等难题。从而缩短机组启动时间，有效控制铁杂质含量，延长凝结水精处理系统中粉末覆盖过滤器滤元使用周期。永磁除铁过滤器与原有粉末覆盖过滤器串联，每台机组配置两台100%流量的永磁除铁过滤器，该装置通过与粉末覆盖过滤形成组合工艺，永磁净化实现除铁功能，粉末覆盖过滤实现深度处理。

结语

综上所述，磁技术在水处理领域有非常广阔的应用前景，有非常大的研究空间和非常巨大的研究价值。而且磁技术又属于无能耗、环保、可循环利用的范畴。永磁除铁过滤器的研制成功开启了凝结水除铁领域一个全新的时代，在经济效益、节能环保、运行管理等方面均具有无可比拟的巨大优势。永磁除铁过滤器设计新颖，安装在凝结水泵后，吸附的同时进行净化，一举两得。

参考文献

- [1]凝结水正常水量（每台机）：906m³/h；最大流量（每台机）：916m³/h。
- [2]凝结水设计最高温度：85℃；运行温度：75℃。
- [3]每台粉末树脂覆盖过滤器最大出力：916m³/h；正常出力：906m³/h。
- [4]粉末树脂覆盖过滤器最大差压：0.175MPa；正常差压：0.014MPa。
- [5]粉末树脂覆盖过滤器设计压力：4.0MPa；运行压力：3.5MPa。