

论凝结水精处理耐高温树脂选择与应用

高占奎

国能水务环保有限公司, 北京

收稿日期: 2024年3月11日; 录用日期: 2024年4月11日; 发布日期: 2024年4月22日

摘要

根据北方电厂的特点, 分析凝结水及循环水的特性, 分析凝结水在系统中的重要性, 及高温凝结水对树脂分解的影响, 如何保证系统正常运行, 如何选择耐高温的树脂应对高温凝结水系统正常运行。

关键词

凝结水, 树脂, 高温

Selection and Application of High Temperature Resistant Resin for Condensate Finishing Treatment

Zhankui Gao

CHN Energy Water and Environmental Protection Co., Ltd., Beijing

Received: Mar. 11th, 2024; accepted: Apr. 11th, 2024; published: Apr. 22nd, 2024

Abstract

According to the characteristics of north power plant, this paper analyzes the characteristics of condensate and circulating water, the importance of condensate in the system, the influence of high temperature condensate on the decomposition of resin, and how to ensure the normal operation of the system, how to choose high-temperature resistant resin to deal with the normal operation of high-temperature condensate system.

Keywords

Condensate, Resin, High Temperature

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

由于城市和工业的飞速发展，电力的需求越来越大，电厂数量也不断地增多，电厂是生产供应大户也是资源消耗和污染排放大户。随着技术的不断革新，机组的参数越来越高，其用水量也随之增大，特别是缺乏水资源的北方地区及西部地区，电厂节水用水至关重要。鼓励各电厂优化节约用水。

近年来，随着各电厂对资源的认识，对环保的重视，北方很多电厂为了减少水资源的浪费，节约用水，电厂机组均采用了直接空冷机组或间接空冷机组，替代了传统的耗水的湿冷塔，为企业节能降耗节水打下了坚实的基础。各电厂为了节约用水大多均采用了空冷机组运行，空冷机组凝结水在发电系统中起着至关重要的作用，空冷机组凝结水系统的运行较之传统的湿冷机组凝结水温度较高，对此高温凝结水对树脂耐高温的要求提出了严苛的指标，也是对精处理系统的稳定运行提出了更高的要求。

2. 关于凝结水系统现状工艺介绍

凝结水系统功能是由凝结水泵将凝结水升压后将凝结水从凝汽器送至除氧器。凝结水系统严格的来说应该从汽轮机的凝汽器开始、经热井、凝结水泵、轴封加热器、低压加热器到除氧器。

凝结水精处理系统组成：凝结水泵 - 前置过滤器 - 高速混床 - 旁路系统 - 轴封加热器 - 低压加热器到除氧器。在凝结水系统中有的在混床前采用前置过滤器(如粉末树脂覆盖过滤器或氢型阳床)，然后在通过高速混床处理，早期 300 MW 机组多无前置过滤器设备，而 600 MW 包锅炉及超临界直流锅炉均设有凝结水处理系统[1]。凝结水精处理作用是连续除去热力系统内的腐蚀产物、悬浮物和溶解的“胶体硅”，防止汽轮机通流部分积盐。电厂凝结水精处理系统能够去除水中溶解的微量矿物质(如： Fe^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Cu^{2+} 、 SiO_2 、 Na^+ 、 Cl^- 等)以及少量的悬浮物和溶解固形物[2]，凝结水系统能够降低锅炉排污量，节省能耗和经济成本。

3. 凝结水系统高温情况下树脂运行问题及分析

某电厂 2X330MW 热电联产机组，该电厂为间接空冷机组，初建时没有凝结水精处理系统，仅设有前置过滤器，久而久之，凝结水水质不断浓缩，造成凝结水水质不断变差，汽轮机积盐，且水冷壁结垢严重，爆管事件时有发生，管壁切开后肉眼可见水垢，为了防止类似事件后续逐渐增多，于 2014 年投资增设凝结水系统，虽然凝结水通过一段很长的管路到达前置过滤器，但进入的水温仍然较高，夏季时为 $75^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 左右，冬季时约为 65° 左右，该凝结水系统高速混床(运行速度 120 m/h 左右)[3]，为避免树脂破碎现象，为了获得较好去除水中的各项离子的效果，又考虑到树脂的机械强度破裂问题，最终确定为陶氏凝胶型树脂(550A, 650C 型)。该系统建设完成后凝结水系统初期投运时为春季，凝结水运行流速为 120 t/h [4]，凝结水水温为 45° 左右，运行效果十分良好，且再生排水水质为见到明显变化、运行正常，混床再生周期时间也比较长约为 25 天左右电导 < 0.15 [5]。在经过很长一段时间运行后，凝结水系统步入了

夏季运行时段，凝结水水温为 72°树脂再生排水水质有明显的变化、运行不正常，废水树脂捕捉器排放废水为红褐色显而易见树脂发生了分解见图 1 此时电导严重超标。此事经过排查询问一时之间谁也不明白，水质的变化原因，运行人员认为新敷设的管道初期运行时管道内铁锈，再生时置换出来，但经过多次反复进行再生后，，置换废水水质好转，树脂送入混床运行后，运行时间大大缩短，混床再生间隔期仅为 14 天。其它项目再生时未发生树脂分解见图 2，经过多次分析比对后，发现是凝结水高温后，树脂进行了分解，又经询问树脂厂家证实此事件，树脂反复分解后运行周期大大缩短，经过反复研究试验，用烧杯高温水浸泡树脂分析得出主要为阴树脂受高温影响发生分解。



Figure 1. Drainage diagram after regeneration (resin decomposes under the influence of high temperature)

图 1. 再生时置换排水图(树脂受高温影响发生分解状态)



Figure 2. Drainage diagram after regeneration (resin decomposes the undecomposed state of the resin)

图 2. 再生时置换排水图(树脂未发生分解的状态)

某电厂三期 2x660MW 超临界直接空冷机组。为进一步满足城市新增供热面积要求, #8 机组进行了低位供热扩容深度改造, 改造后的所有凝汽全部经过 4 组大型换热器进行冷却, 换热面积再次大幅增加, 因#7、#8 机组精处理原始设计中只设置了覆盖过滤器设备, 未配置凝结水精处理混床系统, 在机组实施供热改造后, #7/#8 机精处理覆盖过滤器除盐能力弱、缓冲性差的缺点突显, 冬供热季机组炉内水质氢电导(25℃)等指标波动升高, 部分时段炉内水汽氢电导超过汽水品质控制标准要求, 且水质稳定性变差, 杂质无法得到全面有效的处理消除, 给锅炉设备安全可靠运行带来风险隐患。

为了确保机组安全稳定运行, 2019 年决定对三期#7、#8 机组增建凝结水精处理系统。保留原有粉末覆盖过滤器设备, 在粉末覆盖过滤器后增加高速混床, 加大除盐能力, 减少工程建设对原有系统运行的影响。冬季机组运行, 高速混床投运, 夏季机组运行, 凝结水温度较高, 当温度超过设定值, 可旁路高速混床, 精处理系统不投运[6]。

4. 耐高温树脂在凝结水中运用效果

高速混床树脂的材质主要包括环氧树脂、丙烯酸树脂、酚醛树脂等。这些树脂材料均是由各类化学物质制成, 通过合理的细胞结合和混合技术, 形成了高度透明、坚固耐用的材料。其中环氧树脂是目前最常见的一种高速混床树脂材质, 高速混床树脂应具有优异的物理性能, 比如高硬度、高粘度、高耐磨性等。同时其颜色和透明度都有一定的控制性, 能够根据需要制成无色、透明、半透明、有色等各种类型, 此外, 由于其强度高、断面清晰, 可以延长高速混床设备使用寿命和安全性。研究表明, 粉末阴树脂在其运行周期内能够耐 65℃~75℃ 的高温凝结水, 在役期间降解率不足达到报废标准。对于颗粒阴树脂, 新树脂使用温度不宜超过 60℃。零级反应动力学可以较好地解释颗粒阴树脂强基交换容量的降解规律, 表现为强基交换容量随受热时间呈线性关系下降, 但由于其粉末树脂运行是的复杂性较难控制, 对运行人员提出较高的掌握要求, 同时粉末树脂在爆膜敷膜频度较高, 不易控制, 且粉末树脂价格也很高, 故很多电厂凝结水精处理粉末树脂系统运行状况并不是很好, 部分电厂将其粉末系统已改造为高速混床系统。

某该电厂采用空冷机组, 夏季凝结水温度较高, 最高温度可达 80°左右, 为了保证系统安全稳定运行, 同时也考虑到了阴树脂高温分解问题, 要求树脂可耐温度高达 75°, 经多方验证, 确定了目前市面上的进口品牌耐高温的三菱树脂(UBK10BH + UBA10AOH)与德国拜耳树脂(SP112H + MP800), 由于陶氏的 550C + 650A 均为凝胶型, 市场调研耐高温程度不是很好, 容易发生分解, 电厂将树脂锁定在三菱及德国拜耳品牌, 这里值得一提三菱树脂是比较特殊的组合, 克服了耐高温性又考虑到了高速混床运行时的机械强度, 故采用“大孔 + 凝胶”的方案, 该电厂最终选择了德国拜耳品牌。在系统建设完成后, 夏季 78°时, 运行状态良好, 树脂仅有少量的分解, 其运行周期良好, 可达 20 天左右再生一次, 运行时电导正常能够达到标准要求, 树脂破碎量也较低, 置换水质等未发生上述水质红褐色现象, 足以证明树脂基本上没有发生分解。

5. 结语

对于空冷机组, 凝结水处理用的树脂应满足耐高温的要求。海勒式空冷机组的凝结水温度高达 60℃~70℃, 而直接空冷机组, 凝结水最高温度高达 80℃。因此对凝结水处理所用树脂提出了更高的要求。各国的强酸大孔型阳树脂的允许温度在 100℃以上, 而一般的强碱 I 型大孔阴树脂 OH-型的最高允许温度仅为 60℃ [7], 有资料介绍当凝结水温度高于 49℃时, 运行中 SiO₂ 的泄漏量要增加, 另外高温凝结水还会使阴树脂分解率提高, 致使阴树脂交换容量减。

对于空冷机组以及凝结水高温机组还需选择适宜的树脂, 必要时可以做小试, 在此之前一定要搜集

厂内凝结水的水温情况，精准控温，便于控制数值分解的可行性，同时也能够保障凝结水系统安全稳定运行，各电厂还需通过对树脂的选型与装置系统结构的改进，解决火电厂凝结水精处理装置夏季运行时的树脂分解问题。

参考文献

- [1] 米树华. 火力发电厂化学技术监督[M]. 北京: 中国电力出版社, 2019.
- [2] 周柏青, 陈志和. 热力发电厂水处理(上册) [M]. 北京: 中国电力出版社, 2010.
- [3] 王广珠, 王德良, 崔焕芳. 离子交换树脂使用及诊断技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [4] 周军, 余乐, 李淑芳, 等. DL 5068-2014. 发电厂化学设计规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.
- [5] 曹杰玉, 龙国军, 刘涛, 陈洁. DL/T 912-2005. 超临界火力发电机组水汽质量标准[S]. 北京: 中国电力出版社, 2005.
- [6] 李长海. 火电厂凝结水精处理系统调试[J]. 中国电力, 2010, 43(6): 69-73.
- [7] 徐斌, 沈建华, 周闯. 耐高温混床树脂在凝结水精处理系统中的应用[C]//上海市电机工程学会. 上海市电机工程学会、上海市电工技术学会第十二届(2016年)学术年会论文集. 2016.