燃煤发电厂化学水处理技术研究

施善文
江苏华和热电有限公司，江苏 镇江 212221

[摘要]燃煤发电厂在维持设备稳定运行过程中，对用水要求相对严格，一旦杂质含量较高，且硬度较大的水被投入使用，容易导致燃煤发电厂运营成本大幅度增加。为避免此类问题，文中将围绕燃煤发电厂化学水处理特点与现状进行分析讨论，并提出一系列切实有效的化学水处理技术，以此科学、高效处理生物污染以及水污染，实现电厂的清洁发展。

[关键词]反渗透；膜分离；化学水处理技术
DOI：10.33142/hst.v5i6.7444　　中图分类号：TM6　　文献标识码：A

Study on Chemical Water Treatment Technology of Coal Fired Power Plant

SHI Shanwen
Jiangsu Huahe Thermal Power Co., Ltd., Zhenjiang, Jiangsu, 212221, China

Abstract: In the process of maintaining the stable operation of equipment, coal-fired power plants have relatively strict requirements for water. Once the water with high impurity content and hardness is put into use, it is easy to lead to a significant increase in the operating costs of coal-fired power plants. In order to avoid such problems, the paper will analyze and discuss the characteristics and status quo of chemical water treatment in coal-fired power plants, and propose a series of effective chemical water treatment technologies, so as to scientifically and efficiently treat biological pollution and water pollution, and achieve clean development of power plants.

Keywords: reverse osmosis; membrane separation; chemical water treatment technology

引言

现阶段，我国主要依靠发电机组的稳定运行，保证电力能源的正常生产，但随着我国科学技术的不断创新，发电机组相应设备的运行效率与性能，得到进一步提升，因此对所用水质的要求不断增长。为维持设备的稳定运行，燃煤发电厂需切实保障水质质量，做好水质净化，根据化学水处理的特点，保证采取的技术手段具有针对性与实用性。

1 燃煤发电厂化学水处理特点与现状

在信息时代背景下，我国的经济水平得到了进一步提升，科学技术也实现了升级与创新，各种全新的化学水处理技术被不断研发出来。同时，为了更好地响应环保政策，降低环境污染现象，我国对电厂水处理中的水质有了更加明确的限制，根据笔者对部分燃煤发电厂化学的调查，可将发电厂化学水处理现状归纳为以下几点：

一是设备的集中化发展，以往燃煤发电厂的电力装置需要结合其具体用途进行安装，在布置时大多表现为单元化、分散式状态，没有有效利用工厂空间，导致资源浪费现象严重，需要铺设较长的公共介质管线，进一步加大了输送环节产生的能源耗损，不利于实际生产工作的开展。为此，燃煤发电厂通过改善厂房布置，充分利用空间面积，促进设备布置的立体化发展，进行设备的集中使用，在有效节省空间面积的基础上，大幅度提升了设备的利用率；

二是生产监控的智能化发展，以往化学处理系统大多采用人为监控的方式，来维护生产现场的有序管理，但由于人为操作难以避免出现失误或是人员注意力不集中等问题，导致现场容易引发安全事故。为了解决此类问题，燃煤发电厂加大了信息技术的应用力度，借助可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller，PLC）、云计算、专家系统、远程控制等手段，高效完成设备数据的采集，以及设备运行状态的把控，使化学水处理系统能够做到集中操作与控制，借助连锁管理应对突发状况；

三是水资源零排放利用，由于我国地域辽阔，人口数量庞大，导致人均水资源的占有率严重不足，且发电厂在生产运行中会消耗大量水资源，若想满足人们的用水需要，满足环保要求，便必须加强水资源的利用。现阶段，我国自动化水平较高的发电厂基本实现了废水的零排放，能够做到将含盐量与污染物较高的废水回收再利用，并利用压滤机过滤出不溶于水的物质，之后实现循环利用。这样既可以满足节约用水的要求，也能防止对环境造成破坏；

四是燃煤发电厂的化学处理技术创新，以往的化学水处理技术主要表现为过滤沉降等，此类方法的污染处理效率较低，水质处理效果不佳。而随着时代的进一步发展，科学技术的升级与改良，全新的化学水处理技术正不断被研发出来，比如：超滤、反渗透等，能够为发电厂的化学水处理提供技术保障；

五是过程检测控制趋于完善，随着燃煤发电厂对信息

Copyright © 2022 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

技术、数字化技术的应用愈发成熟，可以凭借各类在线监测手段进行化学水处理系统的全过程动态把控，进一步提高检测结果的精确性，能够做到对水质的提前预防，实现设备的可持续使用[1]。

2 燃煤发电厂化学水处理技术分析

2.1 离子树脂交换法

燃煤发电厂的化学水处理是为了避免设备腐蚀，防止设备产生结垢。以往采用的离子树脂交换法是借助离子交换剂与溶液内的离子产生交换反应，以此达到分离的目的。为了进一步提高化学水的处理效率，许多发电厂会在车间布置多个离子树脂交换储罐，借助反复切换使离子树脂不断再生。常见的处理流程为：将通入到升压泵中实现升压处理，之后流入过滤器，过滤掉大颗粒杂质，再经过离子树脂交换器除盐进入脱盐水箱，以供使用。该方法的优势在于分离效率较高、适用于带相反电荷的离子分离，也适用于带相同电荷的离子分离，且工艺条件成熟，因此得到广泛应用。但也存在化学水处理周期较长的不足之处，由于操作较为复杂，因此更适合用于解决复杂的分离问题[2]。

与离子树脂交换不同，有些采用 EDI 脱盐，但因前期投入较大，影响其大面积推广。

2.2 微滤与超滤技术

微滤与超滤技术都属于膜分离技术的一种，主要依靠部分高性能、高分子微孔材料对水中杂质进行过滤与提纯。其中微滤技术是以静压差作为推动力，借助筛网状过滤介质膜的筛分作用进行物质分离，采用的滤膜属于均匀的多孔薄膜，厚度在 90～150μm 之间，能够过滤粒径在 0.025～10μm 之间的杂质，操作压力在 0.01～0.2mpa 左右。该技术的优势在于膜孔径均匀，过滤精度较高，且滤速快、吸附量少，不会出现介质脱落的问题。至于超滤技术则是以 0.1～1.5mpa 的压力差作为推动力，借助多孔膜的拦截功能，以物理截留的方式，实现溶液内不同物质的颗粒分离，以此达到纯化、筛分溶液组分的目的。该技术的特点在于：能够在常温下进行，条件温和无成分破坏，适合对热敏感的物质进行分离、富集；超滤过程中不会出现相变化，无需加热，能耗较低，是一种节能环保的分离手段；超滤技术的分离效率极高，可以实现稀溶液中微量成分的回收，且分离装置简单、易于控制与维护。但该技术也存在一定的局限性，即无法直接获取干粉制剂，对于蛋白质溶液来说，通常只能得到 10%～50%的浓度[3]。

2.3 反渗透技术

反渗透技术同样是将压力差作为推动力，从溶液中进行溶剂分离的膜分离操作，通过对膜一侧的料液施加压力，直至压力达到渗透压时，溶剂便会逆着自然渗透的方向实现反向渗透，最终在膜的低压侧得到透过的溶剂。该技术在实施过程中需要采用以下装置：过滤器，其内部含有大量熔喷滤芯，主要用于阻止水中大颗粒物通过反渗透膜，能够确保膜的完整性；高压泵，其作用在于提供压力，使水克服渗透压，在经过反渗透膜后流入产水侧；反渗透膜组，用于将水分为淡水与浓水，之后借助浓水调节设备，使水的回收率与脱盐率达到安全标准；阻垢剂，其作用在于避免浓水内的难溶盐造成反渗透膜堵塞，在调配时需要集合具体水质状况提高设计的合理性[4]。

2.3.1 预处理工艺应用

反渗透设备作为锅炉补水处理的重要脱盐部分，其应用原理表现为：水与溶液以渗透膜隔离，两相之间存在一定的渗透压，而水则向溶液方向逐渐渗透。当溶液相上所施加的压力高于渗透压时，溶液相中的水便会与水相反的方向进行渗透，最终借助反渗透的形式得到脱盐水，而原水则会在压力作用下，透过渗透膜得到纯净水，至于未通过膜的水溶液则会因悬浮物浓度的不断提升而得到排放。将反渗透技术运用在化学水处理的过程中，容易产生水体积降低与溶解物浓度提升的情况，此时悬浮颗粒会在反渗透膜上不断积聚，造成管道堵塞。同时，若浓水内的难溶解物达到饱和，也会产生物质沉淀，进而在反渗透膜上形成垢状物，影响反渗透膜的流通效果，并破坏水质。为了解决上述问题，需要在反渗透系统中添加预处理工艺，其目的在于切实降低污染状况，提高反渗透膜的流通量，保证水质安全。在添加预处理工艺时，需要选取原水进入反渗透设备时的时间点，并在系统中添加过滤器滤料，从而防止设备失效。之后借助过滤器的稳定运行，过滤原水内的溶解性有机物。也可采用反洗型过滤器，利用对系统的定期超声处理，达到降低杂质沉积的目的，通过增加过滤器件的面积，来降低过滤元件的更换周期，延长设备的使用寿命，降低净水流程的运行成本。此外，还要在反渗透系统中适当添加用于调节水 pH 值的试剂，根据垢状物的沉积条件，确保水的 pH 值满足安全标准[5]。

2.3.2 膜浓水与脱硫废水工艺应用

由于脱硫废水与膜浓水水质相对较差，因此需要作为化学水处理的重点对象，通常来说，在进行脱硫废水处理时需采用脱硫废水池、提升泵、中和箱、絮凝箱、沉淀箱、过滤罐等装置，实现脱硫废水的软化除硬度预处理，并采用海水淡化与碟管式反渗透相结合的方法来完成深度脱盐。至于膜浓水则主要来自工业废水回收站的反渗透系统，在处理浓水时需要采用高密度沉淀池、活性炭过滤罐来实施软化除硬度预处理，同样采用海水淡化与碟管式反渗透进行深度脱盐。

根据上述分析可知，不仅地下水需要采用反渗透技术进行处理，对于海水淡化处理来说同样要用到反渗透膜。究其原因在于内陆地区的水资源相对稀缺，若想达到污染零排放的目标，便要实施澄清、过滤、反渗透膜、深度脱盐等一系列处理流程。此外，将处理后的水通入脱硫系统中，将地表泥通过真空脱水机脱水后制作成石膏，可以达

Copyright © 2022 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.

到综合利用的目的。若活性炭过滤罐的出水水质较为清澈，但检测指标未达到安全标准，则不可用于后续的反渗透系统当中，避免膜出现堵塞、结垢，至于化学水处理期间产生的水则可作为抑尘用水或花圃用水。

燃煤发电厂如果想确保进入反渗透膜前的水质能够满足应用标准，则要在药剂配置过程中实现全过程控制连锁，加强对过滤器以及澄清池的监督力度，要求进出水水质能够符合应用需求，并不断冲洗过滤系统，将冲洗后的水回收，通过与絮凝剂混合，再搅拌均匀，使悬浮物与药剂得到充分接触，最终形成大颗粒絮凝沉积在溶液底部，并借助污泥输送泵，将其排放到脱水机中完成后续处理。至于剩下的澄清水则可用于抑制尘土飞扬，也可用于反渗透膜的深度处理。

2.3.3 日常监督

第一，预处理的来水水质需要满足反渗透系统的进水指标，其中最重要的一项指标为：淤泥密度指数（SDI）低于 4.0。另外，余氯含量也要有所控制，不能太高，否则会造成对膜的氧化破坏。

第二，反渗透系统若在运行环节出现异常故障导致停运时，不可立即进行复位调整，而是要优先开启过滤器前的排污门进行泄压处理，从而及时找出造成反渗透停运的原因，并在处理完成后才可恢复系统。

第三，通常来说，反渗透系统的运行不可出现手动开启方式，这是因为当反渗透系统采用手动运行时，会导致高压泵处于无高低压保护的状态下，此时如果出现异常情况，便会造成膜的破坏。

第四，当反渗透产水达到额定出力后，可减少一定压力与回收率，这样有助于反渗透膜的稳定运行。

第五，在系统运行过程中，需要控制好阻垢剂的添加量，保证行程正常，要求计量箱的液位下降具有一定规律性。若加药泵出现故障，需第一时间采取应对措施，避免反渗透膜产生结垢，最好做到每天校正加药流量，确保加药正常。

第六，反渗透处于自动控制状态下时，如果阻垢剂加药泵停泵，则反渗透系统也会自动停止运行。

第七，高压给水泵装有低压、高压开关，一旦高压给水泵的进水压力与设备设定参数不一致，则高压给水泵便会自动发出报警提示。

第八，反渗透装置在运行时需要做好浓水排水管设施的全面观察，特别要注意定期对反渗透膜端盖拆检，查看膜的污染情况，评价药剂和阻垢剂的使用效果，以此及时进行药量的调整。

第九，关注原水水质和水温情况，必要时要增减加药流量。

第十，反渗透高压泵最好增加变频器控制，最大程度降低启动时对膜的冲击。

2.3.4 装置清洗

首先工作人员要判断好反渗透装置的清洗时机，若反渗透装置的产水量出现下降，或是产水含盐量提升，或者膜压上升，则要对膜元件进行及时清洗。其次要合理选择清洗液，一般来说，若污染类型为金属氧化物，则要使用酸性物质进行酸洗，若污染类型为有机物污染，则要使用碱性物质进行碱洗。最后要确定清洗方案及清洗药剂的种类，要求每年对反渗透水处理系统进行不低于 2 次化学清理，并确保工作人员能够做好日常维护，定期检验水质，记录好系统运行参数，对于异常数据进行及时处理。有条件的，可对清洗药剂适当加温，洗洗效果会好些！

2.4 锅炉防腐处理

为了解决锅炉生产过程中可能出现的腐蚀问题，需要燃煤发电厂切实遵循我国对锅炉用水做出的详细规定，要求蒸发量在 2t/h 以上的蒸汽锅炉对水实施除氧处理。一般情况下，电厂采用的除氧方式以物理法和化学法为主。其中物理法是指通过热力除氧技术，将锅炉给水加热至沸点，以此降低水中的含氧量，该方法操作相对便捷，但存在容易产生汽化，且耗能偏高的不足之处。至于化学除氧技术则是利用还原性物质进行除氧，现在有些公司采用二甲基酮肟或者碳酰肼等物质除氧，效果不错。此外，有些大型锅炉利用电化学方式在锅炉给水中实施加氧处理，可以进一步增加锅炉的腐蚀电位数，使锅炉表面发生钝化现象，最终形成氧化膜，以此起到防腐作用。

3 结语

综上所述，通过对燃煤发电厂化学水处理特点与现状进行分析讨论，提出离子树脂交换法、微滤与超滤、反渗透等燃煤发电厂化学水处理技术，并阐述锅炉防腐处理措施，以此保证燃煤发电厂能够实现废水的绿色排放，满足电能生产的用水需求。

[参考文献]

[1]邓强，赵跟云. 电厂化学水处理系统的特点与发展趋势研究[J]. 造纸装备及材料，2022，51(6)：136-138.
[2]王燕，徐文成. 化学水处理工艺中存在的问题及改进对策[J]. 化工设计通讯，2022，48(3)：4-6.
[3]王弯弯，王竞一，刘晓冬. 采用城市中水作为水源的化学水处理系统反渗透膜压差快速上涨原因分析及清洗对策[J]. 全面腐蚀控制，2021，35(9)：18-24.
[4]刘娜娜. 分析热电厂化学水处理专业的废水综合利用问题[J]. 化工管理，2020(23)：25-26.
[5]付海凤. 电厂化学水处理的特点及创新应用[J]. 城市建设理论研究(电子版)，2019(16)：74.

作者简介：施善文（1970.7-），男，工业化学分析/水处理专业，目前就职单位江苏华和热电有限公司。

Copyright © 2022 by authors and Viser Technology Pte. Ltd.