

火电厂的节水与中水回用措施

孟令国 李向东

(东北电力设计院, 吉林 长春 130021)

摘要 火电厂节水主要指循环冷却水系统和除灰系统的节约用水, 利用中水回用技术不但可以节水, 而且可使电厂的生产成本显著降低, 并减少废水排放。火电厂的中水回用技术的关键是利用合理的处理工艺, 采取切实可行的方案, 最终实现经济效益、社会效益和环境效益的统一。

关键词 节水; 中水回用; 反渗透; 浓缩倍率; 火电厂

中图分类号 X773.3 **文献标识码** B **文章编号** 1006-764X(2005)S2-0070-03

我国华北、东北、西北地区煤炭资源丰富, 但水资源严重短缺, 同时仅有的水资源受到污染, 一些水源的水质日趋恶化, 水资源短缺和水污染问题已成为制约我国缺水地区电力发展的重要因素。循环冷却系统和灰渣处置系统是火电厂用水、耗水量较大的系统, 对整个电厂节水起着举足轻重的作用。火电厂循环冷却水系统主要由冷却塔、凝汽器、循环水泵等组成。循环水在系统内完成换热和冷却过程, 在循环过程中, 发生着循环水的蒸发损失和风吹损失, 同时为保持循环水的水量和水质平衡, 循环水系统需进行连续补水和排污, 只有将排污水经处理进行回用或者作为水质要求不高场所的补给水, 才能达到既节水又能利用中水回用的目的。

火电厂的废水一般分为除灰废水、冷却系统排水、化学处理系统排水、输煤系统废水、厂区生活废水、含油废水和杂用水系统排水等, 其中除灰废水和冷却水系统排水水量占整个电厂废水的 80% 左右^[1], 其他废水水量由电厂的具体用水情况而定。冷却水系统排水水质较好, 只是温度和含盐量较高。除灰废水水质差, 水中不仅 SS 很高, 还含有许多重金属元素。

1 火电厂节约用水

1.1 循环冷却水系统

循环冷却水系统用水量占火电厂用水量的 90% 左右。补水量和排污水量与浓缩倍率有关, 提高循环冷却水的浓缩倍率, 可减少补水和排污率。提高浓缩倍率的主要方法有^[2]:

a. 循环水加酸的方法。采用向循环水加酸的方法降低碱度, 可明显提高循环水的浓缩倍率, 这是因为循环水的碱度降低后, 可以大幅度提高与其相对应的饱和钙离子浓度, 从而可能在补充水质基本不变的情况下提高浓缩倍率。

b. 弱酸阳离子交换脱出碳酸盐硬度的方法。将循环水的补充水通过弱酸阳离子交换处理后, 可以脱出碳酸盐硬度。经过这样的处理后, 可以提高循环水极限浓缩倍率, 同样可以达到节水、防腐、防垢的目的。采用这种方法应注意: ①当补充水的碱度大于硬度时, 由于弱酸阳离子交换树脂只能除掉碳酸盐硬度, 弱酸床在一个周期的出水混合后将含有碱度, 而硬度接近零。这种水质作为循环水的补充水是十分有利的, 浓缩后碱度升高而硬度升高较小, 因而既能提高浓缩倍率, 又能提高碱度, 从而维持高的 pH 值; ②当补充水的碱度小于或等于硬度时, 弱酸床运行周期如果较短, 周期平均出水含有酸度, 不能作为循环水使用。因此, 必须使弱酸床运行较长时间, 其周期内的平均出水碱度大于零, 此时的弱酸床出水才能作为循环水的补充水。这种水质进入循环水系统浓缩后, 常添加少量水质稳定剂。

c. 脱盐的方法。利用脱盐技术也可以达到节水的目的。当采用这种方法时, 淡水回收到循环水系统中, 而浓水排放后相当于冷却水系统的排污。此时由于排污水的盐浓度大大提高而排污水量大大减少, 同样可以达到节水的目的。

1.2 冲灰系统

火电厂大多采用低浓度输灰系统, 灰水比一般

为 1:10。冲灰系统耗水量较大,占电厂总耗水量的 50%左右。冲灰废水水质较差,并且含有多种重金属。由于重金属的浓度是微量的,处理难度大、费用高^[3],较好的措施是将冲灰水闭路循环,使冲灰系统只补水,不排水。

目前,灰处理方式有了很大的改进,灰处理系统节水方法主要采用浓缩除灰、干式除灰和降低灰水比三种,其中湿式除尘器低浓度水力除灰、高浓度水力除灰和干储灰灰水比分别为 1:20,1:3 和 1:0.2,可见干储灰的灰水比最小,干储灰仅耗去占灰量 20%~25% 的湿润水,因此节水极为可观。

2 火电厂中水回用措施

火电厂废水的水量大,各用水系统水质差别大。除灰废水和冷却水系统排水水量占整个电厂废水的 80%左右,若这两部分废水能够充分利用或处理后进行回用,将会提高水的重复利用率和废水资源化程度,在生产过程中减少用水和排水,这不仅技术上可行,经济上电厂也是可以承担的。

2.1 循环冷却水系统

根据浓缩倍率与排污率的关系和电厂循环水补水处理方式,提高浓缩倍率可以减少排污量,但提高循环水浓缩倍率的主要限制是:当浓缩倍率提高后,因含盐量提高而引起凝汽器腐蚀和结垢。浓缩倍率可以提高到 5 倍,再进一步提高浓缩倍率的节水效益较小,同时经济效益不合理,这就需要从排污水处理方面来考虑节水。

2.1.1 排污水回收系统的选择

循环水排污水含盐量很高,还有一定量的不易沉降的悬浮物,它的回收再利用必须经过过滤及脱盐处理,以除去悬浮物,降低含盐量。

对循环水排污水的处理方法常用的有除盐、软化、电渗析、蒸汽压缩蒸发、离子交换和反渗透等。对于含盐量很高的排污水,采用离子交换脱盐势必导致树脂失效快、再生频繁、酸和碱耗量大、运行费用高,同时产生大量的酸碱废水,因此采用离子交换脱盐不经济。蒸发器脱盐投资高、热交换部分易结垢,对运行和维护的要求较高,成本较高。反渗透技术在近些年得到飞速发展,已成为许多领域中的可靠脱盐技术。反渗透系统无需酸、碱,不产生酸碱废水,成本较前几种方法低。为此,循环水的排污水宜采用反渗透处理方案。

反渗透(RO)是一种基本的膜分离技术,主要作用是去除水中大部分可溶性盐类,也可去除水中绝大多数无机物质及硬度,并能去除部分有机物质。反渗透膜对水中离子和有机物的去除机理目前为大家

普遍接受的理论是:认为起作用的半透膜可以看作是对扩散的非孔屏障,水和溶质被溶解在膜内,靠浓度梯度和压力梯度扩散过去。反渗透膜对水中离子和有机物的去除性能具有以下规律:①高价离子的去除率大于低价离子;②去除有机物的特性受分子结构和膜材料亲和性影响,大致趋势为:高分子量的影响大于低分子量,亲和性方面:醛类>醇类>胺类。

经反渗透系统处理后的淡水可以用作循环水的补给水和用作锅炉补给水等对水质要求较高的用水系统,反渗透的浓排水可以作为冲灰系统的补给水,这样排污水部分得到了回用,部分作为下级用水系统的补给水,使电厂废水零排放处理方案得以实现。

2.1.2 应用实例^[4]

a. 反渗透在国外火电厂循环冷却水排污水处理上的应用。南非是属于水资源严重贫乏的国家,火电厂冷却主要采用节水型空冷技术、干除灰技术、循环冷却水旁流净化技术,除此之外,循环冷却水采用反渗透和电渗析两种方式处理,其处理后的淡水回用于循环水系统。

b. 反渗透在国内火电厂循环水系统排污水处理上的应用。河北西柏坡电厂因需满足当地环境保护特殊要求,需采用循环水系统零排放方案。3 号和 4 号火电机湿冷塔排污水进行反渗透膜处理,其被二次浓缩的浓污水作为冲灰水,分离出来的淡水作为火电厂化学水补给水水源。

2.1.3 反渗透浓排水的回用

冲灰系统对补水水质没有特殊的要求,并且粉煤灰具有很好的吸附性能,可以净化其他废水的油污和有机污染物;循环水排污水经处理后的反渗透浓排水可以作为冲灰系统和其他低级用水系统的补水。

2.2 冲灰系统

一般电厂采用冲灰水流入机械沉淀搅拌池,沉渣排入灰场,上清液进入澄清池,回收的部分用于再冲灰循环,另一部分排出厂外,如能将这部分排放水处理回用于循环冷却系统,既能缓解用水不足,又能减少环境污染。

冲灰水的硬度和碱度都超过了冷却水循环系统进口水的水质指标,含盐量很高,水中无机物主要是碳酸盐、重碳酸盐、硫酸盐、磷酸盐和氯化物等,另外,水中还含有少量有机物,因此,冲灰水回用的关键在于降低水中的含盐率。有文献表明,当污水中的含盐量小于 3 000 mg/L 时,金属的腐蚀速度就会大大减缓,另外,废水中的硫酸根和氯根也对金属腐蚀速度产生很大影响。冲灰水先经化学絮凝,除去大部分悬浮物质,然后用泵打入反渗透系统,浓缩液排入

灰厂,渗透液经测定对冷却水循环系统不会造成腐蚀后,返回循环冷却水系统。

2.3 其他系统

化学水处理系统包括二级除盐系统和反渗透系统等。废水主要包括离子交换再生废水、过滤器反洗废水和反渗透系统的浓排水等。废水中的硬度、 Cl^- 浓度较高, pH 变化大,水质较差,较好的回用方案是作为冲灰系统的补水。煤场废水的污染物较为单一,主要是 SS 以及微量重金属的污染。若循环使用,则微量的重金属离子可以不处理,只处理 SS 是容易的。使用高效混凝剂处理 SS,可以使煤场废水形成闭路循环,不排污水。含油废水水量小,污染物单一,可以作为原煤加湿系统和冲灰系统的补水。当作为原煤加湿系统的补水时,油污可以作为燃料烧掉,作为冲灰系统的补水时,油污被粉煤灰吸附。杂用水系统包括厂区生活用水、机房杂用水和厂区杂用水等,这类用水对水质没有特殊要求,废水的污染物浓度不高,废水既可以作为冲灰系统的补水,也可以处理后再用。

(上接第 66 页)

3 结 论

a. 横凸纹陶瓷填料的冷却水温比差位正弦波塑料填料的冷却水温略高,夏季频率为 10% 时,与差位正弦波塑料填料冷却水温相差 0.33°C ,但均小于 33°C ,考虑到冷却塔寿命期内,陶瓷填料冷效稳定而塑料填料老化变形会造成冷效下降,两者冷效效果基本相当。工程经济使用年限按 20 a 计算时,陶瓷填料较塑料填料总投资高 152.25 万元(1 台机组,下同)已包括 10 a 后塑料填料的更换费用,年费用高 58.73 万元;工程经济使用年限按 30 a 计算时,陶瓷填料较塑料填料总投资高 87.49 万元(已包括 10 a 后和 20 a 后塑料填料的更换费用),年费用高 47.59 万元。这主要因为排汽压力的差距导致年微增电费增加,填料高度不同导致循环水泵耗电增加,反映在实际运行中的机组热耗增加。

b. 两种填料在技术上都是可行的。塑料填料的优点在于初期冷却水温低,年费用低,在全国应用广泛,山东省早期投产的邹县、石横、华德和黄台等共计 16 台 30 万 kW 及以上机组均采用了塑料填料,运行情况良好,平均运行寿命在 12 a 左右。陶瓷填料的优点在于综合性能好,使用寿命长,免于中途更换带来的麻烦,但年费用高,目前山东省采用的有潍坊、十里泉电厂共计 4 台 30 万 kW 的机组,运行基本稳定,但运行时间较短有待进一步考验。结合聊城电厂

3 结 语

节约用水和减少外排废水是火电厂水务管理的目标,通过对火电厂用水和排水的水质特征研究,采取合理的节水工艺和中水回用技术,实现火电厂用水的资源化管理,最终使火电厂的废水零排放。火电厂废水零排放的实施,不仅保护了电厂所在地的环境,同时还节约了用水,为水资源短缺、能源密集、环境污染日趋严重的地区带来巨大的经济效益。

参考文献:

[1] 刘希波. 火电厂水务管理[M]. 北京:中国电力出版社, 1998.
[2] 李贺全. 火电厂循环冷却水节水技术初探[J]. 华北电力技术, 2002(6): 9-12.
[3] 波克罗斯基 B H. 火力发电厂废水处理[M]. 北京:水利电力出版社, 1986.
[4] 王翔, 王佩璋. 大型火电厂高浓缩倍率循环冷却水处理技术与实践[J]. 电站辅机, 1999, (1): 25-33.

(收稿日期 2005-09-15 编辑 熊水斌)

新厂循环水系统的实际情况,推荐本工程采用塑料填料。

(收稿日期 2005-09-13 编辑 骆超)

《河海大学学报(自然科学版)》征订启事

《河海大学学报(自然科学版)》是以水资源开发、利用与保护为重点的综合性学术期刊,主要刊登本校在水资源、水文、地质、测量、水利工程、水电工程、水运工程、海洋及海岸工程、水工结构、工程力学、水力学及河流动力学、岩土工程、计算机科学、电力工程、电子技术及自动化工程、工业与民用建筑、管理工程、水利经济、环境工程、机械工程等学科方面的科研成果、学术论文、学术讨论、研究动态等学术性文章,可供上述有关专业的科技工作者及大专院校师生阅读和参考。

本刊创办于 1957 年,是全国中文核心期刊,在国内工程技术界和学术界有较大影响,曾获全国高校科技期刊优秀编辑出版质量奖以及中国期刊方阵“双效期刊”、江苏省优秀期刊、全国水利系统优秀期刊称号。

本刊每逢单月出版,国内外公开发行。邮发代号 28-63,每期定价 12.00 元,全年 6 期共 72 元。欢迎广大读者在全国各地邮局订阅或直接与编辑部联系。联系地址:南京市西康路 1 号《河海大学学报(自然科学版)》编辑部,邮政编码:210098。联系电话:025-83786343。