

# 循环水排污水采用膜脱盐法处理回收工艺的试验研究

吴仕宏

(北京大唐发电股份有限公司, 北京市)

**摘要:**通过对电厂水务管理工作内容与现有循环水处理工艺技术状况的分析研究,提出采用膜脱盐法处理循环水排污水的必要性,并就此叙述了近年来在膜处理循环水排污水技术方面所做的工作,介绍了膜处理循环水排污水的主要处理系统及研究关键点

**关键词:**膜处理;循环水;排污水;研究

水资源的匮乏是我国很多城市的大问题,尤其我国北方地区,缺水相当严重,因此节水是我们国家的基本国策,也是我们企业水务管理的工作重点。

循环水用水是火电厂的用水大户,电厂的节水工作首先应该最大限度地提高循环水的浓缩倍率,减少循环水的用水。为此,我们在这方面做了些研究工作。

## 1 电站水务管理工作内容

火电厂的节水工作是一个综合的水务管理过程,涉及到火电厂锅炉、汽机、化学、水工、环保等各个专业,而节水工作实施的关键是水务管理工作到位。电厂水务管理工作一般有三方面内容:水源取水量;全厂水的重复利用率;各项节水技术研究应用。对于湿冷机组,全厂水耗如能达到 $0.6-0.7\text{m}^3/\text{s}/1000\text{MW}$ 的全国先进水平,水的重复利用率至少在95%以上,最好达到98%,并通过研究,采取了各种先进的节水措施,这是水务管理工作搞好的尺度。只有做好这三方面工作,才能说做好节水工作。

火电厂实施节水措施,开展节水工作,这是水处理行业和发电业的发展方向。但是否实施零排放,不在于水处理技术,在技术上实施零排放是可以办到的,而在于节水的潜力和经济合理性。如投巨资只取得较小的节水效果,经。

由于地区水资源的日益匮乏,加上广泛深入的节水宣传和大量细致的节水技术研究,目前,一些节水工作在各个电厂中实施是没有问题的,许多节

水措施在电厂中已实施多年,如降低灰水比,减少冲灰水用量,甚至采用干除灰,冲灰不耗水;布设水处理系统,回收再利用生产、生活废水;采用加酸加复合水稳剂,或其他软化方法,将循环水浓缩倍率提高到2.5-3倍,有些水源水质较好的电厂循环水的浓缩倍率可以再高些,以降低循环水用水量,等等。然而,仅完成这些方面的基本节水工作是远远不够的,与上述水务管理工作的尺度距离较大。

循环水耗水是电厂用水大户,取水的80%水量是用作为循环水的补充水,因此,火电厂的节水研究重点应放在进一步提高循环水浓缩倍率,降低循环水用水量。

## 2 现有循环水处理工艺状况

除靠近江河湖海的电厂,由于这些电厂的水资源比较丰富,循环水一般都采用贯流冷却方式外,全国绝大多数电厂基本都是采用敞开式密闭冷却系统。现在运行着的敞开式密闭冷却系统总是采取一定的处理措施,来提高循环水浓缩倍率,以降低补充水量,节约用水。概括起来,目前的处理方法有以下两种:

一种是降碱度方法。

加酸是一个传统的老方法,一般是通过向循环水或其补充水加入硫酸。在给定的循环水浓缩倍率下,将循环水的碱度降到极限碳酸盐值以下。这一方法工艺简单,控制容易,目前相当一部分电厂仍都采用这一方法。

采用石灰沉降或弱酸离子交换树脂处理循环水补充水,其原理同加酸处理,目的也是降低循环水补充水碱度,以保证在给定的浓缩倍率下,循环水能控制在极限碳酸盐硬度值下运行。

另一种是加阻垢剂、缓蚀剂等药剂进行稳定处理。

药剂处理方法发展很快,从最早加六偏、磷酸三钠开始,到加有机磷,至现在发展为加复合水稳

剂。由于复合水稳剂当中某些药剂成分对金属离子有螯合作用，同时为避免循环水的浸蚀性，在加复合水稳剂的同时，还要加入缓蚀剂。

九十年代及近三年，循环水处理方法主要有以上这些。发展到今天，药剂处理是循环水处理的主流处理方法，我相信，今后也会是。一般是根据被处理水质，通过试验筛选出较佳的复合水稳剂，并配以缓蚀剂，协同其他处理方法，如加酸处理，可以将循环水提高到较高的浓缩倍率。

弱酸处理和石灰处理都是处理循环水补充水，处理后将浓缩倍率进一步提高。但弱酸处理和石灰处理都存在一定弊端。弱酸处理适于处理负硬水，或碱度较大的水，如被处理水硬度大，则周期制水 pH 值较低，易于引发金属腐蚀。另外，采用弱酸处理，设备投资大，再生废液不易处理排放；石灰也适于处理碱度大些的水系，石灰处理维护工作量大，增加了环境污染和检修工作量，设备投资也较大。

还有，目前，我国多数机组采用的是铜材凝汽器管，且多为 HSn70-1 管。按照选材导则，这种铜管适宜水质为：总含盐量小于 1000mg/L，氯根小于 150mg/L。按照这样的水质控制，循环水的浓缩倍率受到了限制。如我们地区的地表水或地下水总含盐量在 500mg/L 以上，氯根在 40mg/L 以上，那么即是说循环水的浓缩倍率只能控制在 2-3 倍，而对于这样的浓缩倍率值加水稳剂进行稳定处理即可达到，无需再采取弱酸或石灰处理。

### 3 膜脱盐法处理循环水排污水缘由

火电厂的节水工作重点应放在提高循环水浓缩倍率、减少循环水补充水。然而，如前所述，提高循环水浓缩倍率，不但对系统设备提出更严格要求，同时受到了管材对水质要求的限制，因此，要进一步提高循环水浓缩倍率，就只有采用脱盐的方法处理循环水排污水，这样，按照盐平衡计算，循环水的浓缩倍率提高了，而总含盐量与各种离子含量不会增加，不会超过选材导则允许值。

为什么要处理循环水排污水？循环水经过加水稳剂处理后，浓缩倍率控制在 2.5-3.0 倍以上，与补充水的水量相比，排污水的水量相对较小。对这水量相对较小的循环水排污水再采用脱盐法处理，这样既提高了脱盐设备的利用率，又可以节约大量投资。

以一台 300MW 机组为例：循环水量按 30000t/h

计，蒸发损失率 ( $p_1$ ) 取 1.4%，风吹损失率 ( $p_2$ ) 取 0.1% (带收水器的自然通风冷却塔)，设浓缩倍率为  $k$ ，排污率为  $p_3$ 。

$$\begin{aligned} \text{则： 补充水率 } p &= p_1 + p_2 + p_3 \\ \text{浓缩倍率取 3 倍，且 } k &= p / (p_2 + p_3) = \\ &= (p_1 + p_2 + p_3) / (p_2 + p_3) \\ \text{则： } p_3 &= 0.6\% \\ p &= 2.1\% \end{aligned}$$

即一台 300MW 机组在循环水浓缩 3 倍时，补充水量为  $30000 \times 2.1\% = 630\text{t/h}$ ，而排污水量为  $30000 \times 0.6\% = 180\text{t/h}$ 。显然，处理排污水的设备容量仅为处理补充水的 3.5 分之一，这不但包括节省了同样比例的初投资，也包括节省了同样比例的场地。

如补充水含盐量为 1000mg/L，浓缩 3 倍后，排污水的含盐量就是 3000mg/L，处理浓缩后的高含盐量水如果在技术上可行的话，那么与处理补充水比较，应该说提高了水处理设备的利用率。

对循环水排污水进行脱盐处理，主要指反渗透膜脱盐，其他的脱盐方法不适合。反渗透膜脱盐法经过这么多年的应用与发展，技术比较成熟，设备配套比较齐全，自动化程度比较高，价格在逐年下降，又不会给环境造成污染，因此，就目前的现状，循环水排污水的脱盐处理系统主要是以反渗透膜脱盐为中心的处理系统。

### 4 循环水排污水膜脱盐法处理系统

我公司认真落实国家的节水政策，不管在已运行机组上，还是在新、扩建机组上，因地制宜，积极采取各种节水措施，尤其是在循环水排污水处理上，已确定了几个以反渗透膜为主体的膜脱盐处理系统。这些处理系统有的已安装，即将投运；有的已招标、设计；有的确定了意向。

目前我们采用的反渗透膜脱盐处理系统介绍如下：

#### 4.1 以微滤作反渗透预处理

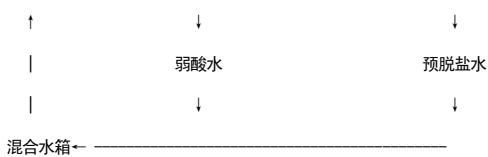
循环水排污水 → 管道絮凝 → 微滤 → 保安过滤器 → 反渗透 → 预脱盐水 (补进水塔或作其他用)

#### 4.2 以超滤作反渗透预处理

循环水排污水 → (澄清池+砂滤器+50 μm 保安过滤器) 或 (100 μm 到 200 μm 叠片过滤器) → 超滤 → 5 μm 保安过滤器 → 反渗透 → 预脱盐水 (补进水塔或作其他用)

### 4.3 高效反渗透系统处理

水塔→循环水排污水→弱酸处理→除气处理→软化处理→反渗透膜脱盐



这些处理系统都采用了膜过滤作为反渗透的预处理，在技术上比较先进，脱离了传统的预处理方式。过去，对于地表水作为水源，反渗透预处理大多采用凝聚、澄清、过滤、砂滤、活性炭过滤这样的传统系统。虽然传统处理系统的初投资要低些，但存在着出水水质不稳、设备占地面积大、自动控制难于实施等弊端。尤其是 SDI 值这一出水水质指标，在传统处理系统上，很难控制在稳定值以下，而这一指标控制得好与坏又直接影响着反渗透的安全运行。

随着膜处理技术的飞快发展和膜处理设备的成本降低，我们现在完全有可能脱离传统处理工艺，而采用比较先进的膜处理技术。当然，采用膜处理技术不是没有技术问题，而是仍有相当复杂、相当难度的技术问题需要去研究、去应用、去实践。

### 5 膜脱盐法处理循环水排污水技术研究

为研究膜处理技术的应用，结合具体应用电厂的实际水质，我公司投入了一定的科研费用，依靠膜设备制造公司和某些工程公司，分别在三个电厂进行了 2-3 个月的动态工业试验。通过试验考察，基本选定了设备运行中所需加入的药品种类（絮凝剂、阻垢剂）与计量，初步确定了运行控制参数。

这三个电厂的循环水补充水均为地表水。其中一个电厂的补充水为黄河水，溶解固形物最大近 1000mg/L，氯根最大近 200mg/L；其他两个电厂的补充水为北京上游河水，溶解固形物在 500mg/L 左右，氯根最大近 70mg/L。

试验时，三个电厂的循环水均加水稳剂，控制浓缩倍率在 3 倍的情况下，对排污水进行处理中型试验。先在实验室利用烧杯进行药品种类和计量初选，再在实际超微滤设备前进行加药筛选试验，在这样的基础上，再接上反渗透小型装置连续运行

20-30 天。通过实验室小型试验、现场中型实际考察试验及全系统中型连续运行考核试验，基本摸清了膜处理运行工况。

膜处理循环水排污水技术研究关键点：

首先是絮凝剂或混凝剂药品种类的筛选及计量的确定。循环水排污水的絮(混)凝处理与通常地表水的絮(混)凝处理有较大的差别，因为循环水中加入了水质稳定剂。水稳剂就是阻垢剂，水稳剂是通过防止生成晶核或临界晶核、阻止或干扰晶体生长、分散晶体微粒等方式达到阻垢目的，一句话，水稳剂的作用就是分散。而加入絮(混)凝剂的目的正相反，是要将水中的各种杂质及胶体凝聚在一起，成为大颗粒，便于沉降除掉。所以，循环水排污水的絮(混)凝剂要选择絮(混)凝效果较优的，尤其对微滤，必须择优。当然，不言而喻，其絮(混)凝剂用量要比处理原水的计量大很多。

其次是反渗透膜运行参数的确认。因为，循环水已浓缩了三倍，总含盐量及各种离子（尤其是影响运行的特种离子）浓度都扩大了三倍。假如补充水的含盐量是 1000mg/L，浓缩三倍，循环水的含盐量就是 3000mg/L。这个含盐量达 3000mg/L 的循环水是经过浓缩达到的，它和含盐量为 3000mg/L 的普通地表水在性质上不一样。反渗透膜处理循环水排污水要通过试验选择合适的阻垢剂，并按照影响反渗透运行稳定性的主要离子确定水的回收率。

### 6 结束语

近期，我地区将有几个循环水排污水处理工程要投运，这些项目将是方向性工程、历史性工程，投运后具有非常大的社会意义。前期试验研究工作是工程实施的基础，工厂顺利投产与稳定运行还与设计、安装、运行管理诸阶段工作有关，我们将协同各方力量、协调上下关系共同做工作，确保工程正常投产运行。

采用膜处理技术处理循环水排污水是一项新的技术研究，肯定会有许多技术问题，需要 we 不断研究、不断应用、不断解决、不断总结，随着不断研究应用，膜处理循环水排污水的系统、方案也会不断合理、不断完善、不断可靠。