

A brief analysis of the comparison of circulation water concentration ratio test methods

Zhigang Liu

Yunnan Diandong Yuwang Energy Co., Ltd., Qujing, Yunnan, 655000, China

Abstract

The concentration ratio of the open-cycle cooling system in coal-fired power generation units is a critical indicator for controlling the quality of circulating water. It plays a vital role in preventing condenser scaling and conserving water. The concentration ratio data is primarily obtained by the laboratory testing the Cl-concentration or hardness of the circulating water and makeup water daily. However, operators cannot monitor this data in real time, which hinders timely adjustments and control based on unit load and water quality conditions. This can lead to fluctuations in the concentration ratio, which is detrimental to preventing condenser scaling and conserving water. Therefore, there is a need for an indicator that can be monitored in real time to calculate and control the concentration ratio. This article suggests using the hardness and conductivity of the circulating water and makeup water to calculate the concentration ratio, as these two indicators show consistent trends.

Keywords

circulating water; concentration ratio; hardness; conductivity

关于循环水浓缩倍率测试方法对比的浅析

刘志刚

云南滇东雨汪能源有限公司, 中国 · 云南 曲靖 655000

摘 要

燃煤火力发电机组开式循环冷却系统浓缩倍率是控制循环水水质的一项重要指标, 对防止凝汽器的结垢和节水起重要作用, 而浓缩倍率数据主要是靠化验班每天通过测试循环水和补充水的Cl浓度或硬度来计算得到, 运行人员不能实时掌握浓缩倍率数据, 不利于跟随机组负荷、水质情况及时调整和控制, 会造成浓缩倍率忽高忽低, 对防止凝汽器的结垢和节水非常不利, 所以想寻找一种可以实时在线监测的指标来计算和控制浓缩倍率。通过本文分析可以得出采用循环水、补充水的硬度、电导率计算浓缩倍率, 两者趋势基本一致。

关键词

循环水; 浓缩倍率; 硬度; 电导率

1 火电厂冷却水系统介绍

在火力发电厂的生产过程中, 用水作为工作介质和冷却介质, 其中用水量最大的是汽轮机的凝汽器冷却用水。例如, 一台 300MW 的发电机组, 其设计冷却水量为 30000~35000t/h(平均 32000t/h), 如果补充水率按 2.5% 计算, 每天补充水量为 19200t。用水作冷却介质的系统称为冷却水系统, 它通常有两种: 一种是直流式冷却系统; 一种是循环式冷却水系统。直流式冷却系统是指冷却水直接从水源地抽出, 只通过换热设备(凝汽器)一次就排回天然水体, 不循环使用。循环式冷却水系统又分为密闭式循环冷却水系统和敞开式循环冷却系统。密闭式循环冷却水系统是指冷却水本身在一个完全密闭的系统中不断地循环运行, 冷却水不与空

气接触, 水的冷却是由另一个敞开式冷却水(或空气)系统的换热设备来完成的。敞开式循环冷却系统是指冷却水由循环水泵送入凝汽器内进行热交换, 升温后的冷却水经冷却塔降温, 再由循环水泵送入凝汽器循环利用, 此系统的主要优点是节水。某电厂装机 $4 \times 600\text{MW}$ 燃煤火力发电机组凝汽器冷却方式为敞开式循环冷却系统, 凝汽器管材质为 304 不锈钢。

2 循环冷却系统的运行参数介绍

循环冷却系统的运行参数主要包括: 蒸发损失; 吹散及泄漏损失; 排污损失; 补充水量; 水量平衡; 盐量平衡; 浓缩倍率等。

2.1 蒸发损失

蒸发损失是指因蒸发而损失的水量。蒸发损失量以每小时损失的水量表示 (m^3/h)。蒸发损失率 P_z 用蒸发损失量占循环水量的百分数表示。此值一般为 1.0%~1.5% 左右。

【作者简介】刘志刚(1982-), 男, 中国湖南邵阳人, 本科, 工程师, 从事电厂化学、脱硫、环保研究。

2.2 吹散及泄漏损失

吹散及泄漏损失是指呈水滴由冷却塔吹散出去和系统泄漏而损失的水量,吹散及泄漏损失率 P_F 因冷却设备不同而异,自然通风冷却塔(有捕水器)的 0.1%,自然通风冷却塔(无捕水器)的 0.3%~0.5%。

2.3 排污损失

排污损失是指从防止结垢和腐蚀的角度出发,控制系统的浓缩倍率而强制排污的水量。浓缩倍率是指循环冷却水中的含盐量(或某种离子的浓度)与补充水中含盐量(或某种离子的浓度)的比值,因为水质 Cl^- 不会与阳离子生成难溶性化合物,所以经常用下式表示:

$$\phi = \frac{\rho_{Cl,X}}{\rho_{Cl,B}} \quad (2-1)$$

式中 ϕ —冷却系统的浓缩倍率;

$\rho_{Cl,X}$ —循环水中 Cl^- 的质量浓度, mg/L;

$\rho_{Cl,B}$ —补充水中 Cl^- 的质量浓度, mg/L;

如果知道 P_Z 、 P_F 和 ϕ 值,就可求出排污损失率 P_P 。

2.4 补充水量

补充水量是指补入循环冷却系统中的水量。当冷却系统中的总水量保持一定时,补充水量相当于单位时间内,因蒸发、吹散、排污损失的总和。对于一定的冷却系统,蒸发、吹散损失是一定的,也就是说排污损失的大小决定了补充水量的多少。

2.5 水量平衡

开式循环冷却系统中,水的损失包括蒸发损失、吹散和泄漏损失、排污损失。要使冷却系统维持正常运行,对这些损失量必须进行补充,因此,水的平衡方程式如下:

$$P_B = P_Z + P_F + P_P \quad (2-2)$$

$$P_B = \frac{\text{补充水量}}{\text{循环水量}} \times 100\%$$

式中 P_B —补充水率, %;

P_Z —蒸发损失率, %;

P_F —吹散及泄漏损失率, %;

P_P —排污损失率, %。

2.6 盐量平衡

由于蒸发损失不带走水中盐分,而吹散、泄漏、排污损失带走水中盐分,假如补充水中的盐分在循环冷却系统中不析出,则循环冷却系统将建立如下的盐类平衡:

$$(P_Z + P_F + P_P)\rho_B = (P_F + P_P)\rho_X \quad (2-3)$$

式中 ρ_B —补充水中的盐含量, mg/L;

ρ_X —循环水中的盐含量, mg/L。

将上式移项得:

$$\phi = \frac{(P_Z + P_F + P_P)}{(P_F + P_P)} = \frac{\rho_X}{\rho_B} \quad (2-4)$$

式中 ϕ —开式循环冷却系统的浓缩倍率。

如果冷却水系统的运行条件一定,那么蒸发损失量和吹散损失量就是定值,通过调整排污量可以控制循环冷却系统的浓缩倍率。

$$P_P = \frac{P_Z + P_F - \phi P_F}{\phi - 1} \quad (2-5)$$

由公式计算出的补充水量、排污水量和浓缩倍率的关系,如图 2-1 所示。从图 2-1 中看出,提高冷却水的浓缩倍率,可大幅度减少排污量和补充水量。另外,由于淡水资源日益紧张、源水水质不断恶化和环境保护要求严格,提高火力发电厂敞式循环冷却系统中循环水的浓缩倍率达到节水的目的势在必行。从图 2-1 中还可以看出,随着浓缩倍率的提高,补充水量明显降低,但当浓缩倍率超过 5 时,补充水量的减少已不显著。此外,过高的浓缩倍率,严重恶化了循环水质,容易发生各种故障,大大增加了处理费用。上述情况说明,需要选定合适的浓缩倍率。一般开式循环冷却系统的浓缩倍率应控制在 5 左右,多采用 4~6。某电厂水源取自天然河水,经澄清处理作为系统补水,循环水采用加浓硫酸+水质稳定剂处理方式,根据藻类生产情况冲击性加固体氯片进行杀菌灭藻。日常控制浓缩倍率 3.0~3.8。

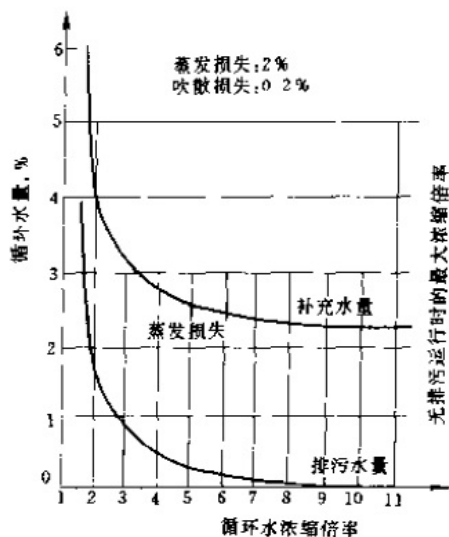


图 2-1 开式循环冷却系统中浓缩倍率与补充水量和排污量的关系

3 运行情况说明

在第 2 节中提到,浓缩倍率是指循环冷却水中的含盐量(或某种离子的浓度)与补充水中含盐量(或某种离子的浓度)的比值,因为水质 Cl^- 不会与阳离子生成难溶性化合物,所以经常用循环水 Cl^- 浓度与补充水 Cl^- 浓度的比值来计算浓缩倍率。但由于某电厂地处西南地区,常年温度适宜、阳光充足,微生物滋长严重,需经常向循环冷却系统中投加氯系杀菌剂,如以 Cl^- 浓度计算浓缩倍率,误差太大,造成水资源浪费,给系统的结垢带来风险,所以自 2006 年投产

以来一直采用循环水、补充水的硬度数据计算浓缩倍率，日常控制 3.0-3.8 之间。利用机组检修机会打开凝汽器水侧进行检查，未发现结垢现象，由此可见采用循环水、补充水硬度数据计算浓缩倍率来控制水质是可行的。

综上，燃煤火力发电机组开式循环冷却系统浓缩倍率是控制循环水水质的一项重要指标，对防止凝汽器的结垢和节水起重要作用，而浓缩倍率数据主要是靠化验班每天通过测试循环水和补充水的硬度来计算得到，运行人员不能实时掌握浓缩倍率数据，不利于跟随机组负荷、水质情况及时调整和控制，会造成浓缩倍率忽高忽低，对防止凝汽器的结垢和节水非常不利，所以想寻找一种可以实时在线监测的指标来计算和控制浓缩倍率。水的电导率是指水传导电流的能力，而水传导电流的能力与水中溶解盐类的多少息息相关，换言之，水的电导率的大小可以代表水中溶解盐类的多少，

若得到循环水和补充水的电导率数据，就可以计算得出开式循环冷却系统浓缩倍率。而电导率可以采用仪表实时测试，可得到在线数据，实时计算得出浓缩倍率，但这只是理论，需要实际数据来证明，因此本文主要是对这两种测试方法计算得出的浓缩倍率进行对比，看能否与理论一致。

4 循环水浓缩倍率测试方法对比

某电厂化验班每周进行一次循环水水质全分析，包含测试硬度、电导率等指标。补充水为天然河水，经过多年的测试发现，电导率基本在 $400 \mu\text{s/cm}$ 左右，硬度 2.2mmol/L 左右。通过选取 2010-2021 年 1、2 号机组循环水水质全分析时的循环水硬度、电导率数据，计算得出硬度浓缩倍率和电导率浓缩倍率，将循环水硬度、电导率浓缩倍率做成折线图进行对照，如图 3-1、3-2 所示。

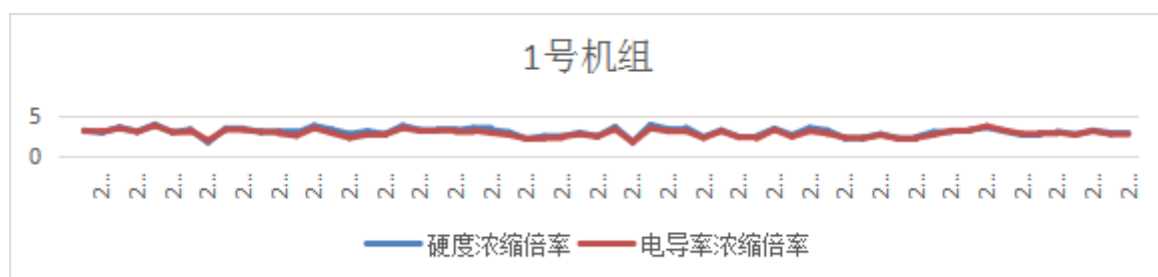


图 3-1 1 号机组硬度、电导率浓缩倍率对照图

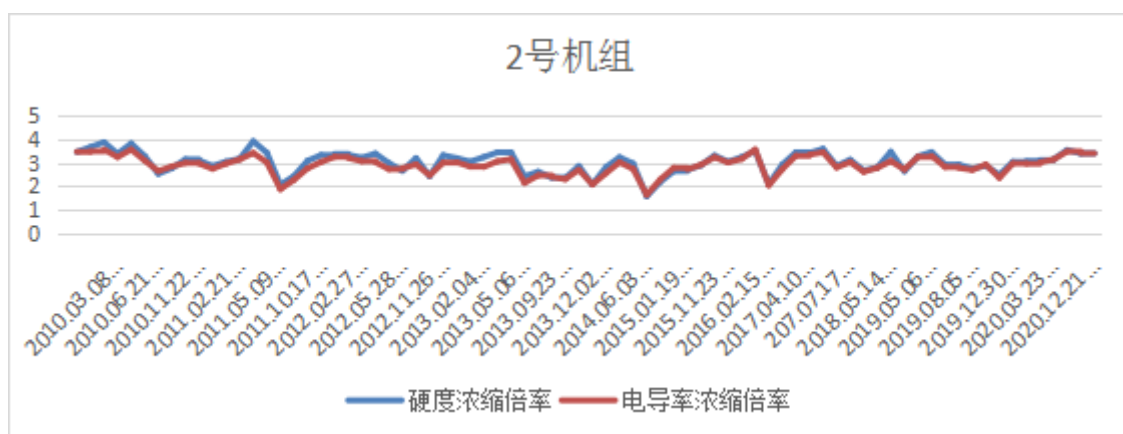


图 3-2 2 号机组硬度、电导率浓缩倍率对照图

5 结论

通过对上述表、图中数据、图形分析可以得出，采用循环水、补充水的硬度、电导率计算浓缩倍率，两者趋势基本一致。若安装循环水、补充水在线电导率表进行实时监测，完全可以为实现循环水的自动排污提供数据支持，为智慧化电厂的建设提供帮助。鉴于各电厂控制方式不一致，若想利用循环水、补充水电导率来计算浓缩倍率控制水质，还需进行针对本厂的数据收集和分析。

参考文献

- [1] 钱达中.发电厂水处理工程 [M].北京:中国电力出版社,1998.
- [2] 高秀山,张渡,杨东方.火电厂循环冷却水处理 [M].北京:中国电力出版社,2001.
- [3] 孙本达,杨宝红.火力发电厂水处理实用技术问答 [M].北京:中国电力出版社,2006.
- [4] 周柏青,陈志和.热力发电厂处理 [M].北京:中国电力出版社,2019.