

·工业给排水·

再生水补水对热电厂循环冷却水系统的影响评价

罗婧嫵 汪慧贞 许 萍 张雅君

(北京建筑工程学院,北京 100044)

摘要 结合北京某热电厂循环冷却水系统的实际运行情况,通过再生水补水和河水补水的水质特点比较、温度变化对系统的影响分析等,评价再生水水质对热电厂循环冷却水系统的影响,并提出维护系统安全稳定运行的措施。

关键词 再生水 河水 补水 循环冷却水

再生水替代地表水或地下水作为工业循环冷却水系统补水水源是污水再生利用的重要途径之一。补水水质是影响循环冷却水系统安全稳定运行的关键因素。本研究通过对北京市某热电厂循环冷却水系统进行的调研和水质测试,探讨再生水补水对循环冷却水系统的影响。该热电厂使用敞开式循环冷却水系统,系统水容积为4万 m^3 ,循环水量为6万~10万 m^3/h ,自2007年5月起补水水源由河水改为再生水,再生水补水量为1000~1600 m^3/h 。目前热电厂采用投加水处理剂(阻垢剂、缓蚀剂、杀菌剂)的化学处理方法控制系统的结垢、腐蚀、微生物问题。

1 不同补水水源比较

1.1 补水水质分析

以该热电厂原补水水源(河水)和现补水水源(再生水)水质检测数据为依据,比较其水质特点,见表1。由表1可知,河水和再生水水质指标的测定值符合《工业循环冷却水处理设计规范》(GB 50050—2007)相关项的要求,且再生水除有机物外,各指标的变化范围均小于河水变化范围,这有利于循环冷却水系统的稳定运行。

但再生水的钙硬度比河水大,总硬度却比河水小,即钙硬度占总硬度的比例增大,因此再生水补水增大了碳酸钙水垢形成的可能性。此外,虽然再生水中浊度、 COD_{Mn} 、 Cl^- 的降低对循环冷却水系统控制微生物生长和防腐蚀均有利,但再生水中氮、磷营养物质含量较高,可能促进系统中微生物的滋生,从

表1 某热电厂补水水质情况

项目	水质控制指标 ^[1]	河水水质	再生水水质
pH(25℃)	7~8.5	7.05~8.57 (8.14)	7.22~7.73 (7.50)
浊度/NTU	5	1.9~5.7 (3.9)	1.2~4.3 (2.4)
COD/mg/L	30	5.1~7.1 (5.9)	3.7~6.8 (4.9)
铁/mg/L	0.5	0.17~0.31 (0.23)	0.096~0.24 (0.16)
$\text{Cl}^-/\text{mg/L}$	250	103.3~162.0 (123.6)	82.5~129.0 (112.6)
钙硬度/mg/L	250	78.7~171.3 (122.8)	139.9~211.5 (176.5)
甲基橙碱度/mg/L	200	146.1~297.8 (221.2)	129.6~195.2 (162.3)
总硬度/mg/L		250~450 (330)	230~370 (300)
电导率/ $\mu\text{S}/\text{cm}$		1105~1848 (1366)	908~1318 (1153)
铜/ $\mu\text{g/L}$		20.9~41.2 (29.2)	5~18.5 (9.6)
$\text{NH}_3-\text{N}/\text{mg/L}$	5		0.6~1.73 (1.01)
总磷(以P计)/mg/L	1		0.16~0.42 (0.30)

注:河水水质是2006年测定数据的月平均值,其中含铁量是9~12月数据,再生水水质是2008年测定数据的月平均值,总磷含量为6~12月数据;水质控制指标为 COD_{Cr} ,河水和再生水为 COD_{Mn} ;硬度和碱度均以 CaCO_3 计;括号内为平均值。

而加重生物黏泥及生物腐蚀的危险,且pH的降低,也使补水的腐蚀性增加。

1.2 补水水质稳定性判断

通常根据碳酸钙溶解平衡计算出碳酸钙饱和

国家水体污染控制与治理科技重大专项课题(2009ZX 07314—009)。

pH(pHs),再由稳定指数(S)判断腐蚀或结垢倾向(见表2)。稳定指数虽然为经验式判断,但对系统运行仍具有一定的参考意义^[2]。

表2 稳定指数判断指标

$S < 3.7$	$3.7 < S < 6.0$	$S \approx 6.0$	$6.0 < S < 7.5$	$S > 7.5$
严重结垢	结垢	稳定	腐蚀	严重腐蚀

$$pH_s = 9.70 + A + B - C - D \quad (1)$$

$$S = 2pH_s - pH \quad (2)$$

式中 A——总溶解固体系数;

B——温度系数;

C——钙硬度系数,即lgCa;

D——碱度系数,即lgM(M为碱度)。

由式(1)、式(2)可计算得出河水为腐蚀性水质($S = 6.98$),而再生水属于严重腐蚀性水质($S = 7.54$)。尽管再生水中电导率、浊度、 Cl^- 等多项与腐蚀有关的指标均小于河水,但总的趋势是再生水腐蚀倾向增大。

1.3 补水水源不同时循环冷却水系统浓缩倍率比较

如图1所示,河水和再生水补水时循环冷却水系统水质指标的浓缩倍率基本维持在2~2.5。采用再生水补水后,COD_{Mn}的浓缩倍率反而减小,可能是部分有机物被微生物吸收利用所致。

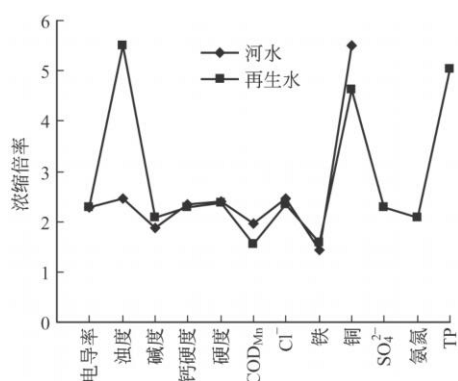


图1 补水水源不同时循环冷却水系统浓缩倍率比较

采用再生水补水后,浊度的浓缩倍率明显增大,达5.49,表明再生水补水时循环冷却水的浊度显著增加,即循环冷却水系统中悬浮物增多,它们沉积形成污垢,会增大垢下腐蚀的可能性。TP浓缩倍率也很高,为5.04,即循环冷却水中TP较大,这与投加含磷水处理药剂有关,而磷的合理浓度应综合考虑磷酸钙垢的析出、磷的缓蚀作用及磷对微生物的

影响,可通过试验确定。

铁和铜的含量是对系统腐蚀情况的反映,如果循环水中铁和铜含量明显增加,可能是循环冷却水系统中碳钢管道或凝汽器铜管有腐蚀现象发生。从图1看出,铜含量增加较大,推断是凝汽器铜管有腐蚀发生,这也表明再生水较河水的腐蚀性强。

2 温度对循环冷却水系统的影响

2.1 温度对再生水水质的影响

考虑温度对再生水补水水质的影响,在2009年3~4月(温度较低)和2009年7~8月(温度较高)测定了再生水的各项水质指标(见表3)。由表3可知,除总铁、 Ca^{2+} (低温时为1.7 mmol/L,高温时为1.8 mmol/L)外,高温条件下再生水的各项指标测定值如 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、氮、磷等均小于低温下的测定值,这对系统防腐和抑制微生物生长有利。

表3 不同温度下再生水水质比较

项目	低温	高温	项目	低温	高温
温度/	15.7	27.2	COD _{Mn} /mg/L	4.4	3.5
DO/mg/L	10.37	7.01	Cl^- /mg/L	104	82
pH	7.56	7.47	SO_4^{2-} /mg/L	141	106
电导率/ μ S/cm	1165	993	钙硬度/mmol/L	1.7	1.8
浊度/NTU	1.73	1.5	硬度/mmol/L	3.3	2.7
SS/mg/L	16.5	5.2	PO_4^{3-} /mg/L	0.22	0.14
碱度/mmol/L	2.8	2.6	无机磷/mg/L	0.3	0.14
氨氮/mg/L	0.5	0.3	TP/mg/L	0.39	0.19
NO ₃ ⁻ /mg/L	22.9	18.2	总铁/ μ g/L	57	114
总氮/mg/L	30.4	23	Cu^{2+} / μ g/L	24.4	10.1

与前文所述情况类似,高温下再生水中 Ca^{2+} 增加,系统水垢容易产生。pH(低温时为7.56,高温时为7.47)降低,却增大了补水的腐蚀性。

按式(1)和式(2)计算高温和低温下再生水的稳定指数各为6.83和7.26,均为腐蚀性水质,但高温条件下再生水的腐蚀倾向减小。

2.2 温度对浓缩倍率的影响

如图2所示,除磷含量的浓缩倍率外,高温下各项水质指标浓缩倍率均高于低温下的浓缩倍率,这是由于温度升高,系统蒸发浓缩加剧,使循环冷却水中的含盐量增加较快。

高温下磷含量浓缩倍率降低是由于系统夏季的循环水量增加,而水处理剂投加量变化不大,使得高温下循环冷却水中TP比低温约小2.5 mg/L。氨

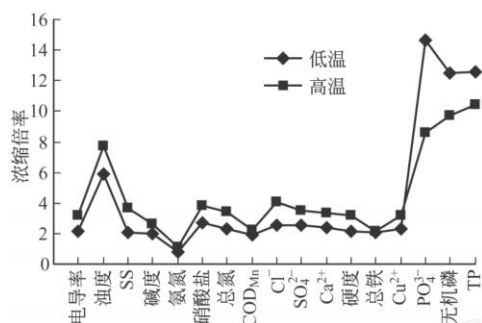


图2 再生水补水时随温度变化循环冷却水浓缩倍率的比较
氮的浓缩倍率接近1,可能是部分氨氮被循环冷却水中微生物利用所致。

3 讨论

3.1 腐蚀控制

由稳定指数可知再生水为严重腐蚀性水质,同时再生水中可被微生物利用的氮、磷营养物质含量高,增大了循环冷却水系统中微生物滋生的风险,从而也加重生物黏泥及生物腐蚀问题。根据再生水水质筛选能起到防腐、阻垢、灭菌作用的水处理药剂,同时应根据补水水质,结合系统运行条件,适时调节药剂投加量,保证循环冷却水系统中药剂维持在合理有效的范围内。

再生水补水时浊度的浓缩倍率远高于河水,表明再生水作为补水水源时,循环冷却水的浊度显著增加。单因素静态挂片试验证明^[3]:随着浊度的增加腐蚀速率呈明显上升趋势,当浊度 > 50 mg/L,腐蚀速率急剧增大,使药剂几乎失去了缓蚀作用。浊度增加也意味着悬浮物和胶体容易在流速减慢处沉积形成污垢,引起沉积物下金属的氧浓差电池腐蚀。

针对浊度增大可能引起的腐蚀问题,可在循环冷却水系统中增加旁流处理工艺^[4]。合理确定旁滤池型式、滤料种类、滤速等,对于降低浊度,减少悬浮物及生物黏泥量都很关键。

3.2 提高系统浓缩倍率

河水补水和再生水补水时循环冷却水的浓缩倍率相差不大,基本在2~2.5,由于再生水除钙硬度外多项水质指标均比河水的小,同时再生水补水时循环冷却水中除浊度、磷含量外其他各指标也都比河水补水时的循环冷却水小。因此,在投加高性能阻垢剂提高循环冷却水对钙离子容忍度的前提下,可以适当提高再生水补水时的循环冷却水系统浓缩

倍率,实现节水减排。此外,温度升高,系统蒸发加剧,浓缩倍率相应提高,影响循环冷却水水质,因此需要加强对结垢、腐蚀、微生物滋生的监测,及时采取控制措施。

4 结论

(1) 再生水水质指标变化范围较河水的小,而且除钙硬度和营养物质外,各水质指标都低于河水,表明再生水可用作循环冷却水系统的补水水源。

(2) 根据稳定指数判断,再生水的腐蚀性增强(特别是低温条件下),并因氮、磷营养物质含量较高增大了循环冷却水中微生物滋生的风险,应加强循环冷却水系统的腐蚀控制。

(3) 在采取有效的防腐阻垢措施的前提下,可以适当提高再生水补水时循环冷却水的浓缩倍率,实现节水减排,从而节约运行成本,提高经济效益。

参考文献

- 1 GB 50050—2007 工业循环冷却水处理设计规范
- 2 齐冬子. 敞开式循环冷却水系统的化学处理. 北京:化学工业出版社,2005
- 3 张颢,侯盾,李雨松,等. 污水回用于循环冷却水系统腐蚀影响因素的研究. 工业水处理,2001,12(3):1~3
- 4 高华生,俞建德,姬跃国. 工业循环冷却水旁流处理工艺及设备. 中国给水排水,2002,18(10):20~23

E-mail: haitian27@163.com

收稿日期:2009-12-30

修回日期:2010-03-18

环境保护部审议并通过八项 国家污染物排放标准

环境保护部审议并通过了《淀粉工业水污染物排放标准》、《酵母工业水污染物排放标准》、《油墨工业水污染物排放标准》、《陶瓷工业污染物排放标准》、《铝工业污染物排放标准》、《铅、锌工业污染物排放标准》、《铜、钴、镍工业污染物排放标准》、《镁、钛工业污染物排放标准》等八项标。标准确定了工业废水排入城镇污水处理系统的污染物控制方式,进一步规范和完善了国家排放标准的污染物监控要求,合理设置了国家排放标准的实施方案。标准的实施,对于严格规范重点行业、重点污染源的监督管理,促进污染防治和减排,保护生态环境都具有积极作用。