



火力发电厂中水回用技术与应用前景

张国斌

(国华能源投资有限公司, 北京 100036)

摘 要: 介绍了近几年发电厂采用经深度处理后的市政污水作为循环冷却水的处理工艺, 指出了设计要点, 并对发电厂采用市政中水的前景进行了预测。

关键词: 发电厂; 循环冷却; 中水

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2005)07-0089-03

Application and Prospect of Reclaimed Water Reuse Technology in Thermal Power Plant

ZHANG Guo-bin

(Guohua Investment Corporation, Beijing 100036, China)

Abstract In recent years, thermal power plants have used the municipal wastewater after advanced treatment as cooling water, the treatment process is introduced, and the prospect in the use of reclaimed water is predicted.

Key words thermal power plant; recirculated cooling; reclaimed water

火力发电厂是耗水大户,一座 2×600 MW 的火力发电厂耗水量一般为 $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 相当于一个中小城市的居民用水总量,其中循环冷却耗水量占总耗水量的 $2/3$,这部分耗水均以蒸发和风吹形式损失,基本不会形成污染。循环冷却水对补水的要求不高,但对某些指标需要严格控制,若利用中水则对其稳定性、安全性和经济性要求较高,因此处理工艺的选择是非常关键的。

1 国内外应用现状

美国西南地区的几个主要发电厂均以经深度处理后的城市污水作为冷却水,如拉斯维加斯科拉电和森路士电厂以拉斯维加斯市污水厂出水为冷却水。污水厂规模为 $24 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 二级处理出水 $\text{BOD}_5 < 30 \text{ mg/L}$, $\text{SS} < 30 \text{ mg/L}$ 。深度处理后 $\text{BOD}_5 < 7 \text{ mg/L}$, $\text{SS} < 7 \text{ mg/L}$, 浊度 $< 1 \text{ NTU}$, $\text{P} < 0.5 \text{ mg/L}$, 满足电厂冷却水质要求,污水再生利用解决了沙漠城市的供水问题。

1989年北京市计委专门组织华能北京公司、华北电力设计院、北京市政设计院一行五人赴美国、日本进行污水回用项目的考察,发现以二级处理水作为冷却水的电厂,多数采用石灰处理工艺,一部分采用单纯过滤法及超滤技术。国外经验表明,二级出水经石灰深度处理后完全可满足电厂循环冷却水的要求。

1995年华能北京热电厂城市污水深度处理系统确定采用石灰处理工艺,主要工艺流程见图1。

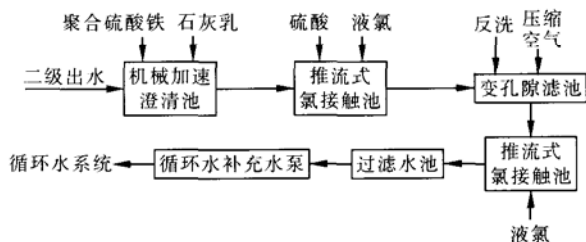


图1 污水处理工艺流程

Fig 1 Flow chart of wastewater treatment process

该工程于 2000 年 6 月投入运行。截至 2003 年 3 月,共处理污水近 $3\,000 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。近三年的运行实践表明,其出水水质可以满足循环冷却系统补充水的技术要求,使用该处理系统是安全可靠的。

2 处理工艺

目前市政污水深度处理所采用的工艺主要有单纯过滤处理、石灰凝聚澄清过滤处理、吸附氧化处理、除盐处理等,其中后两种主要用于对水质要求较高的用户(如印染、电子行业等),其处理系统比较复杂、投资较高;单纯过滤系统工艺简单、投资省,但要求二级出水水质好、有机物含量低、细菌及病毒含量少;石灰处理是目前火电厂普遍采用的一种方式;随着膜技术的不断发展,连续微滤处理工艺在火电厂中水系统中也得到了广泛应用。

2.1 石灰凝聚澄清处理系统

工艺流程见图 2。

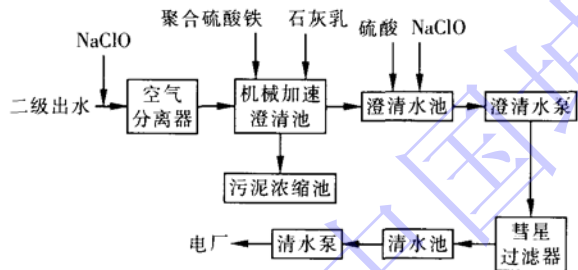


图 2 污水处理流程

Fig 2 Flow chart of wastewater treatment

澄清水池设计为迷宫式,在该池入口处加入硫酸及次氯酸钠以降低澄清水的 pH 值,防止碳酸钙在彗星式纤维过滤器中沉淀,并进行杀菌灭藻,防止微生物滋生。澄清池排泥通过污泥泵送至浓缩池浓缩后,使用脱水机进行脱水处理。

该工艺对二级处理出水石灰处理系统进行了优化,系统选用了机械加速澄清池以降低上升流速,增加池内停留时间;过滤器选用压力式彗星过滤器,其在北京酒仙桥污水处理厂的运行结果表明, COD 去除率约 45% ~ 50%, BOD₅ 去除率约 71.4%,色度去除率约 40%,出水悬浮物 < 5 mg/L,浊度 < 1 NTU。

华北某发电厂中水系统 (12 744 m³/d) 的主要设备参数见表 1。

表 1 二级出水石灰处理系统主要设备参数

Tab 1 Equipment index of municipal wastewater lime treatment system

设备名称	技术参数	数量 / 台
澄清水泵	200 m ³ /h Q 20 MPa	2
彗星过滤器	Ø2 000	2
反洗水泵	200 m ³ /h Q 20 MPa	1
回收水泵	25 m ³ /h Q 20 MPa	2
泥浆输送泵	25 m ³ /h Q 40 MPa	2
泥浆输送泵	12 m ³ /h Q 40 MPa	2
离心脱水机	12 m ³ /h	1
罗茨风机	13.42 m ³ /min Q 06 MPa	2
石灰筒仓	Ø4 000 70 m ³	1
聚合硫酸铁储存罐	Ø1 800 10 m ³	2
硫酸储存罐	Ø1 200 5 m ³	2
次氯酸钠储存罐	Ø1 000 2 m ³	2

注: 机械加速澄清池为 Ø12 400 200~300 m³/h 污泥浓缩池为 Ø4 500。

2.2 连续微滤处理工艺

微滤技术目前国内处于推广应用阶段,如天津纪庄子污水处理厂和天津开发区污水处理厂均采用了微滤膜处理二级出水,已于 2002 年底投运。山西大同第二发电厂二期扩建工程 (2 × 600 MW 直接空冷机组) 也拟采用此技术,该项目正在进行施工图设计。

该技术工艺流程见图 3。

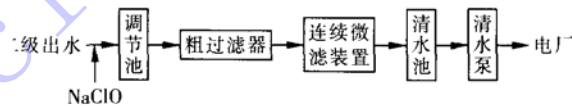


图 3 连续微滤工艺流程

Fig 3 Flow chart of CMF process

华北某电厂的主要设备参数见表 2。

表 2 微滤处理系统主要设备参数

Tab 2 Equipment index of wastewater micro-filter treatment system

设备名称	型号或技术参数	数量
微滤装置	112M10C	2 套
微滤给水泵	200 m ³ /h Q 32 MPa	2 台
自动反洗过滤器		2 台
碱清洗系统		1 套
酸清洗系统		1 套
压缩空气系统		1 套
其他辅助系统		1 套

国外的不少污水处理厂也采用了连续微滤工艺,如澳大利亚太平洋电力公司的 ERARING 电厂 (4 × 660 MW 机组) 将二级处理出水经过微滤、反渗透处理后作为电厂锅炉补给水及其他工艺用水的水源,该系统已于 1995 年投运。

2.3 存在的问题

① 粘泥问题会引起凝汽器铜管传热能力降低。通过补充水加氯、循环水加氯以及循环水加非氧化剂来控制粘泥的生成。如果能使胶球清扫装置正常运行并增设旁滤装置,粘泥问题应是可以控制的。

② 凝汽器管材的选型。对于使用中水的电厂循环冷却系统,凝汽器管材的选择直接关系到系统的安全运行,由于中水系统有一定的腐蚀性,故在设备选型时应将循环水水质情况提供给主机设备厂。华能北京热电厂凝汽器管材使用俄产 МНЖМЦ-30-1-1,通过添加合适的缓蚀阻垢剂,可以明显降低腐蚀速率,延长铜管使用寿命。

2.4 两种工艺比较

针对上述华北某电厂中水系统进行了石灰处理系统和微滤系统的技术、经济比较(见表 3、4)。可见连续微滤技术投资及运行费用较高,因此开发国产膜产品替代目前售价较高的国外或合资产品,是该技术广泛推广的前提。

表 3 技术比较

Tab 3 Technical comparison

比较项目	石灰处理	微滤处理
基建投资	中等	投资高
安装费	高	低
维护工作量	大	小
药剂使用	需要加石灰、凝聚剂、杀菌剂	循环水需要加硫酸、杀菌剂
占地面积	较大	较小
温度影响	凝聚效果受温度升高的影响	膜通量随温度而增加
自用水量	过滤器反洗水全部回收	反冲洗水采用污水,反洗水量大
出水水质	稳定运行后出水水质好	可靠的膜阻挡层,出水水质好
浊度、细菌及悬浮物去除率	80% ~ 100%	近 100%
氮、磷去除率	80% ~ 100%	不变
碱度去除率	80%	不变
COD 与 BOD 去除率	40% ~ 60%	30% 以上

表 4 经济方案比较

Tab 4 Economic comparison

比较项目		石灰处理	微滤处理
建筑物占地尺寸 (m × m)		39.5 × 43.5	30 × 42
一次性投资 / 万元	建筑工程费	314	252
	设备购置费	532	1 032
	安装工程费	265	150
	合计	1 111	1 434
运行费 / (万元 · a ⁻¹)	固定资产折旧费	74	78.9
	药品费	31.9	15.5
	电费	38.4	13.9
	滤元更换费用		50
	总计	144.3	158.3

注: 未考虑人工费。

3 结语与展望

在煤炭工业发达的山西、内蒙、陕西、宁夏地区有很好的西电东输条件,但上述地区水资源严重短缺,目前通常的作法是采用直接空气冷却技术,以减少自然通风冷却塔的蒸发和风吹损失,节水量可达到原用水量的 2/3,但该技术使单位造价和运行成本大幅提高,因此市政中水回用技术越来越得到大型电力集团的重视。2002 年—2004 年,华北和西北地区有 5~6 个电厂采用了中水回用技术,并且取得了良好的效果。中水系统以其运行的稳定性和制水成本的经济性而得到广泛应用。

参考文献:

- [1] 周彤. 污水回用决策与技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002
- [2] 张自杰. 环境工程手册—水污染防治卷 [M]. 北京: 高等教育出版社, 1996

电话: (010) 88113843
E-mail zhangguobin@guohua.com.cn
收稿日期: 2005-01-04

• 工程信息 •

安阳市医疗废物集中处理工程

工程内容: 医疗废物处理, 投资额为 1 800 万元, 资金来源为地方政府自筹, 处理工艺: 医疗废物采用焚烧工艺, 生产废水采用沉淀 + 气浮 + 过滤 + 消毒工艺, 进展阶段: 已完成初步设计的招投标, 设计单位: 中国市政工程华北设计研究院, 项目负责人: 王敏。

(韩志威)