



电厂污水经处理后回用作循环冷却水的工程应用

苏金坡¹,尹连庆¹,李刚²,檀素丽³,曾芳¹,候文佳¹

(1. 华北电力大学 环境科学与工程学院,河北保定 071003;

2. 河北马头电力股份有限公司,河北邯郸 056044;

3. 河北省第四建筑工程公司,河北石家庄 050051)

摘要:采用初沉隔油、生物接触氧化、絮凝沉淀、消毒、过滤的工艺处理电厂总排废水。实际运行结果表明,该工艺处理效率高,运行稳定,出水浊度不大于 5 NTU, COD_{Mn} 含量不大于 5 mg/L, NH₃-N 含量不大于 1 mg/L, 达到了电厂循环冷却水补充水水质要求,既节约了水资源,又降低了生产成本,具有良好的经济效益和环境效益。

关键词:电厂废水;循环冷却水;生物接触氧化;絮凝沉淀;工程应用

中图分类号: TM621.83 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-9171(2005)04-0039-04

Engineering Application of Treated Wastewater of Power Plant as Recycling Cooling Water

Su Jin-po¹, Yin Lian-qing¹, Li Gang², Tan Su-li³, Zeng Fang¹, Hou Wen-jia¹

(1. North China Electric Power University, School of

Environmental Science and Engineering, Baoding, Hebei 071003, China;

2. Hebei Matou Electric Power Incorporated Company, Handan, Hebei 056044, China;

3. Hebei No. 4 Construction Engineering Company, Shijiazhuang, Hebei 050051, China)

Abstract: The total waste water of power station was treated by using the technology of the beginning sinks to separate the oil, bio-contact oxidation, flocculation-sedimentation, disinfection and filter. The practical operation results show that the process has high efficiency and stability. Using this process, effluent with turbidity ≤ 5 NTU, COD_{Mn} ≤ 5 mg/L, NH₃-N ≤ 1 mg/L has been obtained, this meets the make-up water standard of circulating systems, thus conserved the resources of water and lowered the production cost, achieved good environmental performance and economic performance.

Key words: power plant wastewater; recycling cooling water; bio-contact oxidation; flocculation-sedimentation; engineering application

河北马头电力股份有限公司(下称马头电厂)总装机容量为 1 000 MW,年生产用新鲜水量为 2 600 万 t,厂区年排放废水总量约为 219 万 t。废水主要来源是生活污水、地面冲洗水、机组检修部分污水、部分煤场排水、输煤栈桥冲洗水等。排水水质变化较大,特别是悬浮物与含油量变化较大。

邯郸地区水资源短缺,为了节约用水、减少环境污染、提高全厂重复用水率,投建污水处理厂进行厂区废水的处理回收利用。废水处理及其回用在电厂有着极好的投入产出效益,从目前已投运的电厂来看,据测算一般在 3

~4 年可收回全部投资,而且能够节约企业的生产成本,减轻对周边地区的水环境污染,减少水资源的浪费,缓解日益紧张的水资源问题,具有显著的经济、社会、环境效益^[1~3]。

1 废水处理工艺流程

1.1 废水处理进出水水质指标

处理后的废水用于循环冷却水,其水质指标参照《火力发电厂凝汽器管选材导则》,并结合厂内循环水补水状况确定。

1.1.1 处理后的废水水质指标

见表 1。

表1 火力发电厂进出水水质指标 mg/L

项目	pH	各物质含量				
		油	COD _{Mn}	BOD ₅	SS	NH ₃ -N
进水	6.5~9	1~30	4~20	7~22	34~105	1~6
出水	6.0~7.5	≤0.5	≤4	≤5	≤5	≤1.0

注:COD_{Mn}为锰法测的化学耗氧量;BOD为5天测的生物耗氧量;SS为悬浮物;下同。

1.1.2 《火力发电厂凝汽器管选材导则》中水质指标

- (1) pH 为 6~9;
- (2) SS 含量一般宜小于 100 mg/L(质量浓度,下同);
- (3) 溶解固形物含量小于 1 000 mg/L,短期应小于 2 500 mg/L;
- (4) Cl⁻ 含量应小于 150 mg/L,短期应小于 200 mg/L;
- (5) S²⁻ 含量应小于 0.02 mg/L;
- (6) NH₃-N 含量应小于 1.0 mg/L;
- (7) O₂ 含量应大于 4.0 mg/L;
- (8) COD_{Mn} 含量应小于 4.0 mg/L。

1.2 工艺流程的选择

废水处理技术在国内外已相当成熟,根据废水中主要污染物类型以及处理后回用的目的不同其处理工艺不同^[4~6]。考虑到马头电厂废水中生活污水占有较大的比例,故采用了生化处理工艺。为了满足循环水的水质要求,在生化处理之后还进行了深度处理。废水处理工艺流程如图 1。

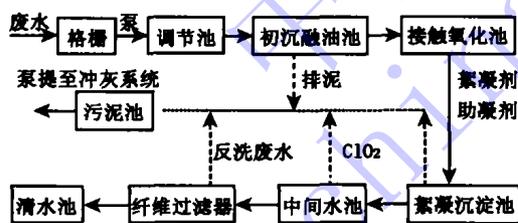


图1 废水处理工艺流程

1.3 工艺流程的特点

与传统的生物接触氧化处理工艺比较,该工艺中的生物接触氧化池具有以下优点:(1) 采用了兼性生物与好氧生物在微氧条件下共同处理污水,优化了微生物菌种,微生物接种挂膜快且生长繁殖迅速;(2) 立体弹性填料,保证了生物膜在整个填料层面上均匀生长,不结球;(3) 利用水的流体特性,通过流体的合理变速流动达到装置本体动力消耗小,氧利用率高,能耗低的目的;(4) 剩余污泥量少,运行周期长,维护简便。

ClO₂ 消毒与其它消毒方式比较有许多优点:杀菌效果好,用量少,作用快;杀菌能力受 pH 影

响小;温度升高,ClO₂ 的杀菌能力增强;ClO₂ 杀菌效果持续时间长;ClO₂ 稳定液除藻、除臭效果显著^[7,8];使用 ClO₂ 处理,设备简单,投资少,能耗低,操作管理方便,出水水质好^[9,10]。

2 工程概况及主要处理单元配置

2.1 工程概况

厂区外排废水总量约为 250 t/h,考虑到厂区废水排放量变化以及处理设施耐冲击的能力,取水不均匀系数为 1.2,工程设计处理量为 300 t/h。整个处理单元占地面积 5 000 m²,主要建筑物包括废水调节池、初沉隔油池、生物接触氧化池、絮凝沉淀池、中间水池、污泥池、化验室、控制室等构筑物。除废水调节池及污泥池建在地下外,其余均为地上建筑物,工程总投资 877.6 万元。工程在 2003 年 7 月 10 日正式开工,同年 12 月 20 日进入 168 h 试运行,通过了环保部门的设施竣工验收。

2.2 设计指标

该工程的设计指标见表 1。

2.3 主要处理单元情况

(1) 废水调节池

废水调节池采用钢筋混凝土结构,为地下式建筑。调节池入口安装 1 台回转式格栅除污机,主要用于清除污水中较多的 SS;调节池容积为 600 m³,水力停留时间为 60 min;池内设有 3 台 160 m³/h 提升泵(二用一备),并设 1 套投入式液位计,对泵的运行状态进行控制。

(2) 初沉隔油池

废水调节池出水经过废水泵提升后至初沉隔油池,经过较长的斜管通道将污水中大部分 SS 除去。池内安装有浮子式隔油阀以除去废水中的浮油。初沉隔油池容积为 375 m³,水力停留时间为 35 min,斜管内容积为 45 m³。

(3) 生物接触氧化池

初沉隔油池出水自流进入生物接触氧化池,利用池内弹性立体填料载体上丰富的好氧微生物,对污水中的有机物进行氧化分解,去除绝大部分的溶解性有机物 BOD₅ 及部分油类物质。生物接触氧化池容积为 990 m³,水力停留时间为 2.6 h;采用鼓风微孔曝气方式,微孔曝气器 392 个,设计水气比为 1/2~1/4;每格设溶氧仪 1 台,控制出水溶解氧含量为 2.0~3.0 mg/L;接触氧化池底部设有排污泥装置,以免污泥上浮使生物处理效果降低。

(4) 絮凝沉淀池

生物接触氧化池出水进入絮凝沉淀池,通过投加絮凝剂(PAC)和助凝剂(PAM),使废水中的微小絮体在絮凝剂和助凝剂的吸附下,和架桥、卷扫的作用下在斜管沉淀池内进行固液分离,去除水中的部分 COD_{Cr}(铬法测的化学耗氧量,下同)以及大部分 SS;絮凝沉淀池容积为 600 m³,水力停留时间为 45 min。絮凝段设 LFJ 絮凝搅拌机 2 台,斜管沉淀段斜管内容积为 45 m³。

(5) 中间水池

中间水池经过投加 ClO₂ 消毒剂去除绝大部分的菌类物质与部分有机物。ClO₂ 投加量范围为 3~6 mg/L,当余氯含量低于 0.2 mg/L 时加大投药量,当余氯含量高于 0.5 mg/L 时减少投药量。中间水池容积为 320 m³,池内设 3 台 155 m³/h 提升泵(二用一备),并设 1 套液位计,对泵的运行状态进行控制。

(6) 高效过滤器

中间水池出水由中间水泵提升,经过纤维过滤器的过滤,废水中 SS 和 COD_{Cr} 得以进一步去除。过滤机理主要包括颗粒迁移和颗粒粘附等作用,同时絮凝颗粒的吸附架桥作用也会存在。纤维过滤器定期或者根据出水浊度进行反冲洗,反冲洗水排向污泥池。纤维过滤器的出水水质清澈,直接进入循环冷却水补水系统。纤维过滤器 2 台,交替运行,每台出力为 200 m³/h。

(7) 污泥池

系统的污泥主要由初沉隔油池、絮凝沉淀池产生,污泥定期排放,自流入污泥池,经过污泥泵提升后至电厂冲灰系统。污泥池为地下式建筑,设有 2 台流量为 90 m³/h 的污泥泵。

3 处理效果及效益分析

3.1 处理效果

马头电厂污水处理厂运行初期,出水水质偶有波动,但随着生物池去除效果的稳定及絮凝剂、助凝剂投药量的进一步优化,出水水质逐渐稳定。对主要污染物 COD_{Mn} 的去除率大于 50%,BOD₅ 的去除率大于 70%,浊度的去除率大于 85%,出水水质能够满足循环冷却水补水要求。主要污染物进出水监测指标见表 2。

3.2 出水水质分析

污水经深度处理后是否可以作为循环冷却系统补充水,需要将系统出水与循环冷却补充水的水质作进一步的对比分析。按照西安热工研究所

提供的“污水作为循环水系统补充水的水质标准”^[11]进行比较,经深度处理的出水水质如表 3。

表 2 主要污染物进出水监测指标

监测日期	BOD ₅ 含量/ (mg · L ⁻¹)		COD _{Mn} 含量/ (mg · L ⁻¹)		浊度/ NTU		pH	
	进	出	进	出	进	出	进	出
12-22	18.6	4.37	10.34	4.03	33.4	2.37	7.36	7.09
01-22	20.7	3.38	11.2	3.67	29.8	1.19	8.10	7.87
02-22	19.8	3.45	9.72	3.52	22.7	3.13	7.26	7.03
03-22	15.9	3.56	7.23	3.42	15.7	2.16	6.97	6.86
04-22	19.97	2.39	10.7	4.21	19.6	1.06	7.37	7.28
05-22	23.7	4.25	12.3	4.31	35.2	2.36	7.78	7.43
06-22	25.8	4.15	13.8	2.89	17.8	3.24	8.23	7.98

注:监测日期第一行为 2003 年,其余为 2004 年。

表 3 处理后的出水水质情况

项目	循环补充水水质标准			处理后的出水水质
	一类 (较好)	二类 (允许)	三类 (好)	
pH	6~9	6~9	6~9	7.5~8.5
浊度/NTU	<5	<10	<20	<5
COD _{Cr} /(mg · L ⁻¹)	<40	<60		<20
Cl ⁻ 含量/(mg · L ⁻¹)	<300			<150
电导率/(μS · cm ⁻¹)	<300	<1 000	<1 500	<1 100
总硬度/(mmol · L ⁻¹)	<2	<3.5		<8

由表 3 可以看出,处理后的出水水质除电导率、硬度较大以外,其他基本上能达到循环补充水水质的二类标准,能够满足循环水系统的补充水要求。

3.3 效益分析

马头电厂厂区工业总排废水年排放量约为 219 万 t。目前水资源取用费为 0.548 元/t、城市污水处理费为 0.25 元/t(按照总取水量的 40% 计算水量)、废水排污费为 0.05 元/m³。在南水北调工程投入商业运营后,预测水资源取用费在 2005 年将提高到 3 元/m³ 以上。污水处理厂按 2004 年运行情况每年可产清水 200 万 m³。

3.3.1 运行成本

工程设计处理量为 300 t/h,产水量按照 250 t/h 计算,运行费用构成如下:电力费用为 0.18 元/m³;药品费用为 0.065 元/m³;人工费用为 0.086 元/m³;检修费用为 0.18 元/m³。综合以上单位运行成本为 0.511 元/m³;年运行成本为 111.91 万元/年。

3.3.2 经济效益分析

该工程在 2003 年底建成运行,处理后的污水全部用于循环冷却水系统,每年可节约清水 200 万 m³,节省费用 300 万元/年,同时免交排污费 60 万元。因此每年直接经济效益 360 万元,扣除每年的运行费用 111.91 万元,每年纯收益 248.09 万元。工



程总投资 877 万元,预计 3.5 年即可收回投资。

3.3.3 社会效益

该项目实施投运后,废水得以利用,既节约了水资源,又避免了污水对附近生态环境、地下水体的污染,对改善本地的水环境有着直接的意义。

4 运行中应注意的几个技术问题

(1) pH 的突变将使生物池生物膜脱落,影响生物池的去除效果;pH 的过高或者过低会使混凝剂处理效果降低,结果使絮凝沉淀池的出水浊度、COD_{Mn} 含量升高。因此在运行中应加强对来水 pH 的监测,防止 pH 的突变。

(2) 每次配药应严格计量,以确保实际加药量与采用的加药数据相同;计量泵应定期校核,以便及时掌握计量泵的实际流量;加药量应与流量成比例,当发现浊度异常升高或降低时,应及时调整投药量。

(3) 应保证定期、不定期对生物接触氧化池进出水 BOD₅、COD_{Mn}、NH₃-N 等指标进行监测,维持生物接触氧化的正常运行条件。当有大量工业污水流入时应将其及时排掉,以免对生物膜造成冲击。

5 结论

马头电力厂污水处理厂的运行实践表明,电厂污水采用一级处理、二级生化处理和深度处理的方法是完全可行的,处理后的水质满足循环补充水二类水的要求,既节约了水资源,又保护了环

境,具有明显的经济效益、社会效益和环境效益。

参考文献

- [1] 李贤贵. 火电厂废水的净化与回收利用. 石油化工环境保护, 2001, (4): 34~36
- [2] 赵太平. 黄岛电厂的废水回收利用. 电力环境保护, 2001, 17(1): 53~55
- [3] 魏有权, 王化军, 张强. 电厂冲灰水回用于冷却循环水系统的试验研究. 环境污染治理技术与设备, 2002, 3(9): 11~14
- [4] 李青, 胡竹玲. 发电企业的工业污水与生活废水回收技术. 山东电力高等专科学校学报, 2002, 5(2): 40~42
- [5] 黄德勇, 杨宝红, 王憬等. 废水在电厂循环水系统中的应用. 热力发电, 2003, (5): 56~61
- [6] 王江华, 殷同伟, 王丽. 热电厂废水的处理及利用. 能源环境保护, 2003, 17(1): 47~48
- [7] 郑建华, 韩舞鹰. 新型消毒剂——ClO₂ 的制备方法及应用现状. 水处理技术, 2001, 27(3): 133~137
- [8] 张固诚. 稳定性二氧化氯在给水处理中的应用. 工业用水与废水, 2001, 32(5): 17~18
- [9] 陈鸿林, 张长寿, 苏静. 二氧化氯在工业废水处理中的应用. 工业水处理, 1999, 19(6): 5~6
- [10] 毕向阳. 二氧化氯和液氯在工业循环冷却水中的应用比较. 山西化工, 2000, 20(4): 27~28
- [11] 周彤. 污水回用决策与技术. 北京: 化学工业出版社, 2001

收稿日期: 2004-11-08

作者简介: 苏金坡(1974—), 男, 华北电力大学环境工程与科学学院在读硕士研究生, 研究方向为水与废水处理。

