

# 垃圾焚烧电厂节水减排改造工程实践

高琪娜<sup>1</sup>, 张健<sup>1</sup>, 金山<sup>1</sup>, 张建明<sup>2</sup>, 许睿<sup>2</sup>

(1.上海浦东环保发展有限公司 上海 200127;  
2.上海黎明资源再利用有限公司 上海 201209)

**摘要:**针对某生活垃圾焚烧厂全厂给排水系统用水及排水的水量、水质特点,进行全厂节水减排潜力分析,并制定有针对性的技术改造方案,通过在源头优化水源,强化节水管理,在末端进行污水回用改造等措施,最终实现节约用水、降低排污、降低成本的目的。

**关键词:**垃圾焚烧 节水减排 污水回用

中图分类号:TM628

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2017)05-0061-04

## PRACTICE OF WATER SAVING AND EMISSION REDUCTION RECONSTRUCTION OF WASTE INCINERATION POWER PLANT

GAO Qi-na, ZHANG Jian, JIN Shan, ZHANG Jian-ming, XU Rui

(1. Shanghai Pudong Environmental Protection Development Co., Ltd, Shanghai 200127, China;

2. Shanghai Liming Resources Reuse Co., Ltd, Shanghai 201209, China)

**Abstract:** According to the characteristics of quantity and quality of water and waste water of a municipal solid waste incineration plant, the analysis of water-saving and emission reduction potential of the whole plant was carried out. On this basis, a targeted technical transformation project has been formulated. By optimizing the water source in the head and strengthening water conservation management, carrying out wastewater reclamation reconstruction, the purpose of water saving, pollution reduction and cost reduction is achieved finally.

**Key words:** Waste incineration, water saving and emission reduction, wastewater reuse.

生活垃圾焚烧发电是通过垃圾焚烧设备焚烧生活垃圾产生热能进行发电的一种新型生活垃圾处理方式<sup>[1]</sup>。可实现城市垃圾减量化、无害化和资源化利用,社会价值、环境价值与经济价值都比较高。但伴随着垃圾焚烧过程,需要消耗大量的工业用水,同时又会产生一定量的工艺废水成为二次污染物,因此,为保障环境的可持续发展,有必要对垃圾焚烧电厂进行节水减排改造,在保证合理使用水资源的同时保护水资源免受污染。

本文以某规模为 2 000 t/d 的垃圾焚烧电厂为例,通过对全厂用水系统状况调研,分析系统节水减排潜力,制定切实可行的改进措施;以最终达到节约用水、减少排污、降低成本的目的。

### 1 水系统现状

某垃圾焚烧发电厂设计规模为日处理垃圾 2 000 t,采用 4×500 t/d 垃圾焚烧线,配置 2 台 20 MW 凝汽式汽轮发电机组(抽凝式、纯凝式各一台),机组最大出力 20 MW,项目周边河网密布,具有良好的供水条件,因此,采用直流冷却形式。

项目全厂用水系统分为直冷水、生产用水、循环水、生活用水、消防水等,日均用水量总量约为 650~950 t/d。生产用水主要包括除盐水制备、烟气净化系统用水、飞灰稳定化用水等,由清水池通过工业水泵供给;循环水主要包括汽机冷油器、锅炉料槽、空压站、锅炉液压装置等辅机设备的冷却用水,使用后回收至冷却塔和循环水池,重复使用。除直流冷却水采用江水,全厂其他用水均采用市政用水作为水源。

厂区排水分为生活污水、生产水和初期雨水。

其中,生产运行过程中产生的污水主要包括垃圾渗沥液废水和工业废水。工业废水包括除盐设备反冲洗水、烟气净化区、锅炉区、灰渣区冲洗水、洗烟废水处理房冲洗水。厂内现有渗滤液处理设施 1 套,设计规模按 600 m<sup>3</sup>/d 计,考虑 30% 的冲击负荷,厌氧系统按 750 m<sup>3</sup>/d 设计,运行状态良好。脱硫废水处理系统包括洗烟废水和减湿废水处理装置各 1 套,处理规模均为 150 m<sup>3</sup>/d。项目水系统现状见图 1。

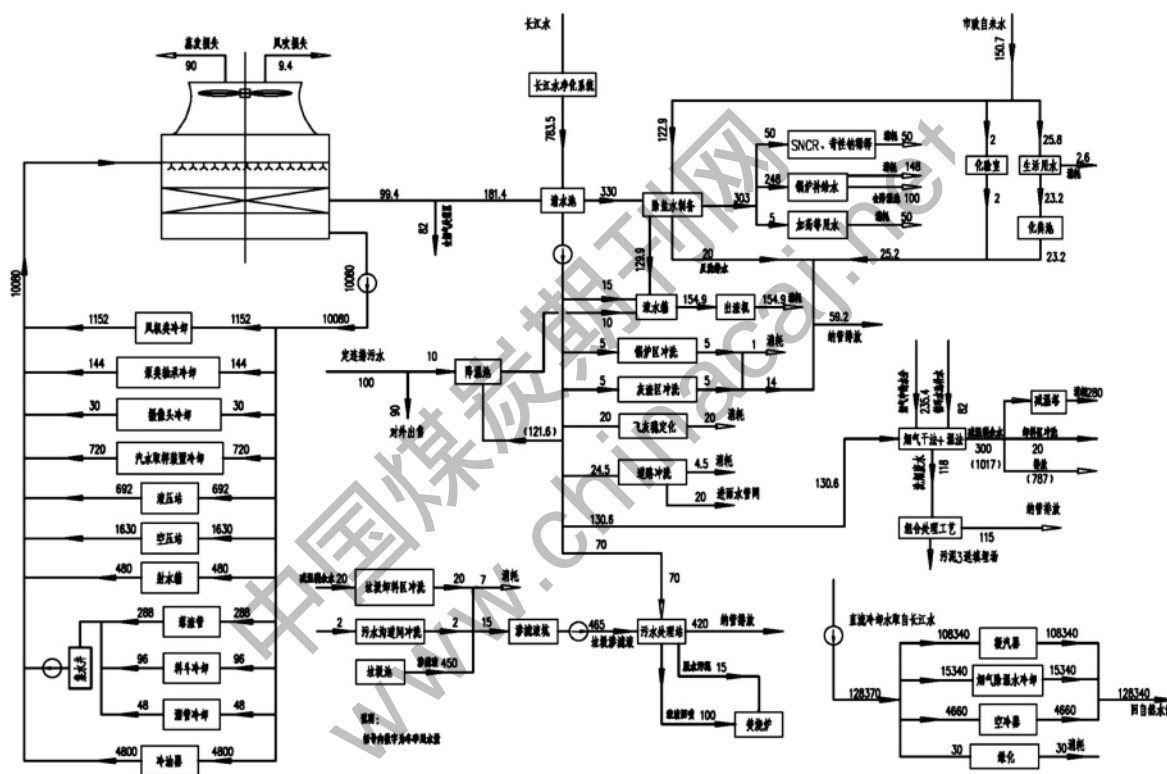


图 1 生活垃圾焚烧电厂水量平衡

## 2 节水减排可行性分析

### 2.1 节水潜力分析

通过分析可以发现,各类用水中除盐水原水、烟气净化区用水、工业冷却塔补水为 3 大主要用水点,以夏季典型月为例,用水量分别为 452.6t/d、212.6 t/d 和 99.4 t/d,其占总用水量的比例分别为 50%、23%、11%。

#### 2.1.1 除盐水制备

除盐水制备是项目最主要的耗水点,其中,锅炉日均补水量约为 248 t/d 左右,除盐水产水率按

70%估算时,每天耗水量可达 354 t/d。若能通过一系列措施降低锅炉补水量,提高除盐制备装置内的水重复利用率,可有效降低企业用水量。

#### 2.1.2 冷却塔补水

工业冷却塔补水每日用水量约为 104.5 t/d,占总用水量的 15%。主要损失来自于蒸发、风吹泄漏和排污损失。根据理论计算在不进行排污的情况下,理论蒸发损失及风吹损失约为 156.24t/d,大于现有循环水损失量,节水空间有限,因此,优先考虑将厂内其他节水措施。

#### 2.1.3 厂区冲洗及降温池补水

厂区冲洗水对水质要求较低,用水量较大,可通过一系列污水回用手段,将生产过程中产生的污水,直接或经过处理后回用作为冲洗水。

2.2 污水回用潜力分析

项目现行各类废水排放情况见下表。通过分析可以发现,经过处理后的垃圾渗滤液、除盐水浓水、洗烟废水以及减湿废水为 4 大主要废水产生点。

表 1 项目现行各类废水排放情况

类别	排污量 (m <sup>3</sup> /d)	pH	排放污水水质指标 COD <sub>Cr</sub> (mg/L)	电导率 (mS/cm)	排放去向
垃圾渗沥液	450~650				浓缩液回喷,纳管
垃圾卸料区冲洗水					
生活污水	18	8.2	475	-	纳管
化验室用水	2				
厂房冲洗水	14				回用
除盐水浓水	114	7.8	3	-	
除盐水设备反冲洗水	20	8.3	-	2.4	纳管
洗烟废水	115	7.9	-	14.9	部分回用,部分纳管
减湿废水	300~1000	8.5	-	4.2	
初期雨水	不可预计	-	-	-	纳管

根据上表中各类废水的水质情况分析,除盐水浓水及除盐水设备反冲洗水水质最好;减湿废水和洗烟废水由于 SS 较高并含有一定量的重金属离子,水质相对较差,其中减湿废水的污染物浓度较洗烟废水更低,水质更好;渗沥液水质最差,即使经过厌氧+两级硝化反硝化+MBR 处理后,出水 COD 也达 400~500 mg/L,仅能达到纳管标准。据统计,厂内可供回用的用水点根据对水质的要求高低依次为:工业循环冷却水系统、除盐水原水、飞灰稳定化用水、减温塔用水、厂区冲洗水、绿化用水、排渣机用水等。

由于除盐水、冷却塔补水等对水质具有一定要求,对比除盐水浓水水质与《城市污水再生利用工业水水质》(GB19923-2005)可以发现,除盐水浓水及 RO 反冲洗水主要在 TDS 和总硬度等指标上无法达到回用要求,对此,可采用离子交换、RO 反渗透等工艺方法对其进行处理,以达到回用于循环水及除盐水源水的目的,但运行成本较高,吨水单耗约为 1.63 元<sup>[3]</sup>。

针对烟气脱白产生的大量减湿废水,主要污染物为 SS 及重金属,建议将其回用于减温塔及卸料平台冲洗用水,并进一步实验测试其作为飞灰稳定化用水的可行性。此外,洗烟废水主要污染物与减湿废水相似,但浓度相对较高,建议可回用于排渣机等对水质要求不高的用水点。

此外,由于项目地处生态产业园区,周边设有有机

质固废处理厂、填埋气发电项目、渗沥液处理站等多个环保生态项目。可通过废物交换、清洁生产等手段,使园内实现物质闭环循环和能量多级开发利用,达到废物的正确处理和资源回收,促进废物减量化、无害化以及资源化的目标<sup>[2]</sup>。

3 节水减排改造工程

3.1 生产用水水源优化

为了进一步降低运行成本,计划厂内新建 2 套规模为 1 000 t/d 的长江水净化系统。根据前期对取水口所取的长江水进行的水质分析以及 2010 年长江水水质报告,长江水的水质良好,仅部分指标超出标准。原水经除砂器、中间水池、一体化净水器处理后,完全可以达到生产用水指标,供应全厂生产及消防用水。

3.2 除盐水系统改造

除盐水制备是本项目最主要的耗水点,通过及时消除各蒸汽管道跑冒滴漏,减少汽水损耗;加强汽水品质监督,减少定连排水量;及时回收疏水并加以利用;减少启停过程中的汽水损失,从而实

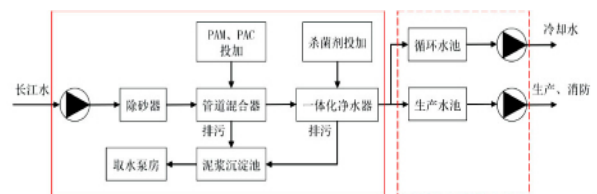


图 2 长江水净化系统工艺

现降低锅炉补水量的目标。

同时,通过加强原水水质的监测,及时调整系统运行参数;加强浓水及反冲洗水回收利用;提高除盐水设备产水率、重复利用率,从而有效降低企业用水量<sup>[4]</sup>。

目前,已将一级 RO 浓水回收用于补充烟气管工业水箱及 1# 清水箱,作为烟气减温塔及卸料大厅冲洗的备用水源。

### 3.3 脱硫废水回用减排

#### 3.3.1 减湿废水回用

通过前述分析,减湿废水可回用于飞灰稳定化和厂区冲洗两处对水质要求不高的回用点。

目前,在广东中山市及其他垃圾焚烧发电企业中已有将卸料平台、生产器械及地面冲洗水等生产废水,以及实验室废水等含 SS 及重金属的废水收集回用于飞灰处理环节的先例。因此,建议可对本项目的减湿废水进行进一步的实验检测,论证其作为飞灰稳定化用水的可行性。

此外,厂内目前尝试将减湿剩余水回用至烟气管工业水箱及 1# 清水箱,用于烟气降温及卸料大厅冲洗。

#### 3.3.2 洗烟废水回用

洗烟废水是厂内除垃圾渗滤液以外,污染物浓度最高的污水之一,根据污水阶梯回用的原则,对水质要求更低的排渣机补水可作为洗烟废水的回用点。

目前,厂内已完成相关改造,由于排渣机日均用水量为 150~190 t/d,而洗烟废水日均产生量约为 115 t/d,不足以完全满足水量要求,根据梯级使用原则,可采用减湿废水作为备用水源。然而,结合厂内目前已有除盐水浓水及工业水两路水通往排渣机的现状,考虑改造成本问题,建议可以将浓水作为备用水源。当洗烟废水水量不足时,以除盐水浓水作为补充,确保排渣机的正常使用运行。

### 3.4 园区再生水综合利用

目前,园区内已建和在建的项目有机质固废处理厂、填埋气发电项目、渗沥液处理站等多个环保生态项目。通过对园区项目的调研总结,对各项目用水需求及综合利用的可行性进行了分析。

渗沥液处理站自身用水量较小,且出水水质可达到《城市污水再生利用—城市杂用水水质》GB/T 18920—2002 标准,可实现厂内自身污水回用。

因此,考虑到输送距离及成本等原因,暂不作为园区再生水综合利用点。

填埋气发电项目主要为除盐水制备及循环冷却系统用水,日均用水量约 10~15 t/d。由于对原水水质要求较高,本项目目前排水水质难以达到其水质要求。

餐厨中试项目主要为中试车间内部冲洗水、餐饮线温水罐用水、生物滤池喷淋用水及冲洗用水,日均用水量约为 30~50 t/d。主要用于冲洗清洁,对水质要求相对较低,可收集减湿废水回用。有机质固废项目各部分用水量需求较大,包括制浆机、湿热水解罐、三项收集器等多环节但多已在设计阶段考虑到内部物料回用。整体需求量为工艺用水约为 105 t/d 左右,冲洗水约 10t/d,减湿废水收集回用作冲洗水。

## 4 改造效果评价

经过改造,自 2016 年 3 月起,厂内启用长江水净化装置,除生活用水及化验室用水外,厂区生产用水、消防水及循环水补水也都由长江净化水供应。

按市政用水费为 5.21 元/m<sup>3</sup>,日均用水量 900 t/d 计算,全厂年均用水量为 32.04 万 m<sup>3</sup>,利用长江水净化作为生产用水后每吨水成本价格低于 1 元(主要成本为药剂成本 PAM/PAC 及设备折旧),按日均生产用水(长江净化水)耗量为 800 t/d,市政用水耗量约为 100 t/d 计算,利用长江水净化后,每年可降低市政用水量 29.2 万吨,节约生产成本 123 万元。

脱硫废水的综合利用改造,将脱硫废水用于炉渣冷却,每天可减少工业废水用量及废水处理排放量约 115 t/d。同时,将减湿废水用于烟气冷却及卸料平台冲洗,降低了工业水的用量和废水处理量约 300 t/d,同时,前者又利用了脱硫废水含有的碱度,有效地增加了烟气处理效果。但是存在夏季减湿水量不足,冬季减湿水量过剩,以及降温塔喷头腐蚀,污水色度高、冲洗效果不佳、地面有残留物等问题。因此,在改造运行一段时间后停用,改用除盐水浓水作为水源,冲洗效果较减湿废水好,但浓水排放量(130 t/d)难以满足工业水箱每天用水量需求,仍需以其他水源作为补充。

经过上述改造,本项目每年减少市政用水使

(下转第 48 页)



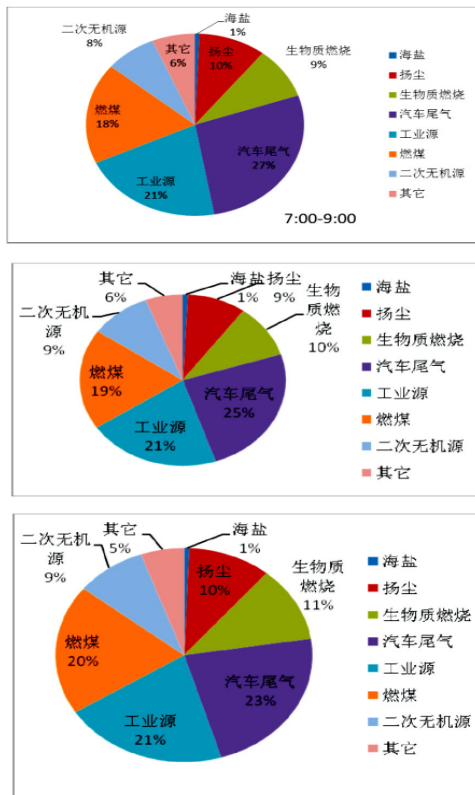


图6 特定时段颗粒物来源分析

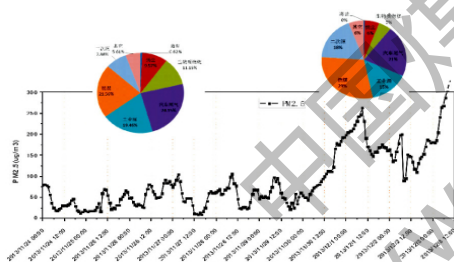


图7 PM2.5 浓度与颗粒物来源对比

### 2.5 PM2.5 变化与颗粒物来源对比--采暖前后

在图7中,发现采暖期PM2.5浓度急剧增大,

与之对应的颗粒物来源:燃煤、二次源贡献明显增加,导致空气质量降低。

### 3 总结

监测期间,徐州市细颗粒物主要来源是:机动车尾气(24.15%)、燃煤(21.56%)、除此之外,生物质燃烧(11.15%)和扬尘(9.57%)的影响也不容忽视;

扬尘颗粒主要分布在大粒径,对PM2.5颗粒来源贡献不大;汽车尾气颗粒主要分布在小粒径;采暖后,燃煤对PM2.5颗粒贡献明显增大;

要改善徐州市大气空气质量,需要政府采取措施,控制煤烟型污染和机动车尾气排放,治理城市扬尘和减少秸秆焚烧行为。

### 参考文献

[1]周敏,陈长虹,乔利平,等.2013年1月中国中东部大气重污染期间上海颗粒物的污染特征[J].环境科学学报,2013,33(11):3120-3125. 引用P23

[2]付晓娟,邵龙义,刘昌凤,等.可吸入颗粒物与心血管系统疾病关系研究进展[J].中国现代医药杂志,2008,10(12):139-141.

[3]林刚,赵鑫,杜莹,等.可吸入大气颗粒物暴露对居民每日死亡短期影响的Meta分析[J].首都公共卫生,2009,3(4):156-161.

[4]王欣,邓芙蓉,吴少伟,等.北京市某区大气可吸入颗粒物和细颗粒物对儿童肺功能的短期影响[J].北京大学学报:医学版,2010,42(3):340-344.

[5]包贞,冯银厂,焦荔,等.杭州市大气PM2.5和PM10污染特征及来源解析[J].中国环境监测,2008,26(2):44-48.

[6]侯美伶,王杨君.灰霾期间气溶胶的污染特征[J].环境监测管理与技术,2012,24(2):6-11.

[7]李梅,李磊,黄正旭,等.运用单颗粒气溶胶质谱仪分析香烟烟气气溶胶[J].环境科学研究,2011(6):632-636.

[8]李梅,董俊国,黄正旭,等.单颗粒气溶胶飞行时间质谱仪分析香烟烟气气溶胶[J].分析化学,2012(6):936-939.

(上接第28页)

用量38.1万m<sup>3</sup>,减少向环境水体中排放工业废水8.9万m<sup>3</sup>,综合考虑工程改造费用及运行成本,节水减排改造每年可节约生产成本约150万元。因此,改造工程具有良好的环境效益和经济效益。并且随着国家对环境保护重视力度逐渐加大,排污费的收费标准将不断提高,节水减排改造项目的综合效益将愈加明显。

### 参考文献

[1]黄明.垃圾焚烧发电厂零排放废水处理系统及信息管理系统[D].重庆大学,2014.

[2]佚名.建设好生态园区 发展循环经济浅析[J].经济视角,2007(4):32-32.

[3]蔡战胜,万树春.除盐站浓水回收处理及再回用[J].工业水处理,2013,33(7):94-96.

[4]魏肖彬.燃煤电厂节水及废水零排放的应用[J].低碳世界,2016(15):15-16.