

热电厂水资源综合利用

曹伟娜¹,张兴文¹,王 栋¹,李文霞²

(1.大连理工大学环境与生命学院 辽宁 大连 116024 ;2.大连春兴水处理科技发展有限公司 辽宁 大连 116021)

摘要 :依据水循环经济的 3R 原则 ,对某热电厂水资源综合利用进行研究。通过对全厂用水、排水的分析与规划 ,得出水平衡图。结果表明 ,此项技术改造工程将提高热电厂的水循环利用率和用水效率 ,减少自来水的用量以及污水的排放量 ,可实现水、热、电联产 ,环境效益和社会效益得到明显提高。

关键词 :水资源化 ;再生水回用 ;水平衡 ;热电厂

中图分类号 :TV213.9 **文献标识码** :A **文章编号** :1004-693X(2010)02-0088-04

Comprehensive utilization of water resources in thermal power plant

CAO Wei-na¹ , ZHANG Xing-wen¹ , WANG Dong¹ , LI Wen-xia²

(1. School of Environmental and Biological Science and Technology , Dalian University of Technology , Dalian 116024 , China ;2. Dalian Chunxing Water Treatment Science and Technology Development Limited Company , Dalian 116021 , China)

Abstract : Based on the 3R (reduce , reuse , recycle) principles of water recycling economy , the comprehensive utilization of water resources of a thermal power plant was studied . Through analysis and planning of water use and water discharge of the whole plant , a water equilibrium diagram was constructed . The results showed that it could improve the water circulation utilization rate and the efficiency of water utilization . Both the tap water and the wastewater discharge were reduced . Meanwhile , the water-thermoelectricity cogeneration could be implemented , and the environmental and social benefits be significantly enhanced .

Key words : comprehensive utilization of water resources ; renewable water ; water balance ; thermal power plant

电力工业是国民经济的基础产业和重要能源行业 ,同时也是工业用水大户。一座 1 000 MW 的大型火电厂耗水量相当于一个中等城市的用水量 ,火电节水在我国水资源节约工作中具有特别重要的地位。因此 ,如何减少火电厂的新鲜用水量 ,提高水的重复利用率 ,实现节约用水、重复利用 ,对于我国电力工业的可持续发展具有十分重要的意义。大连是一个资源型缺水的海滨城市 ,淡水资源非常有限 ,自来水价格不断上涨 ,而热电厂耗水量大 ,所以对某热电厂用水、排水系统进行合理规划 ,实现污水资源化 and 综合利用是其解决水资源问题的首选方法。

1 用水、排水系统分析

为了提高水资源利用率 ,减少污水排放量及新鲜水使用量 ,该研究在用水环节始终贯穿 3R 原则 ,采用新技术、新工艺 ,对跑、冒、滴、漏、污实现最小量化 ,最大限度地实现水的净化、回收、循环利用 ,达到或接近零排放^[1]。

1.1 补给水水源

目前该热电厂采用大连市某污水处理厂二级标准出水作为补给水水源 ,经深度处理后用作全厂生产用水。再生水回用工艺流程如图 1。

该工艺产水 COD 质量浓度小于 1 mg/L ,氨氮质量浓度小于 0.5 mg/L ,去除率达到 95% 以上。由于

作者简介 :曹伟娜(1983—) ,女 ,河北保定人 ,硕士研究生 ,研究方向为水资源综合利用。E-mail :weina601@126.com

通讯作者 :张兴文 ,副教授。E-mail :zxw-dl@163.com

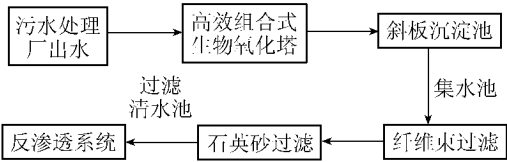


图 1 再生水回用工艺流程图

反渗透系统的应用,使得整套工艺的除盐效果很好,满足工业用水要求,同时节约了大量的自来水。

此次技术改造项目仍以污水处理厂二级出水为水源,扩大使用该深度处理技术,处理出水用作热电厂工业生产用水。

1.2 锅炉补给水系统改造

为保证热电厂设备(锅炉、汽机、热交换器等)的安全经济运行,通常在反渗透(RO)工艺后再增加去除水中残余离子的装置。目前该热电厂锅炉补给水采用离子交换树脂的方法降低含盐量。但此工艺存在着酸碱再生过程,会产生大量的酸碱废液,严重污染环境,同时日常维修保养也比较复杂^[2]。所以此次重点改造锅炉补给水这一部分,应用比较成熟的电去离子技术(EDI)进一步降低反渗透产水中的含盐量,出水用作锅炉用水。

1.3 各种排水的复用和再生回用

热电厂废水主要有生产废水及生活污水,其中生产废水包括:循环水排污水、锅炉清洗废水等。根据各用水点对水质的要求,将用水水质较高的系统排水作为对水质要求较低的系统给水,做到一水多用和重复使用。

本工程拟将循环水的排污水排入循环水预处理系统进行处理。处理后的清水经反渗透和电去离子技术处理后用作锅炉补水。因灰渣加湿、喷水除尘、输煤冲洗用水对水质要求不高,所以可回用 RO 和 EDI 废水。而多余的 RO 废水可以排海,主要是考虑到 ①如果采用先进技术对这部分废水进行处理,投入较高,经济收益也不太理想;②电厂离海边近,废水除含盐量高外,其他项均达排放标准,虽然没有达到零排放,但基本不会对环境造成污染。

2 水平衡的建立

2.1 热电厂水平衡图

通过认真、细致地对电厂用水和排水进行情况调查、水质检测、水量平衡计算^[3],并参考有关设备的说明,得出了热电厂两台 300 MW 机组的用水、排水的水量平衡图。详见图 2。

2.2 水量平衡

电厂的水量平衡包括电厂用水总量的平衡和各个子系统用水量的平衡,它们之间是相互联系的,只

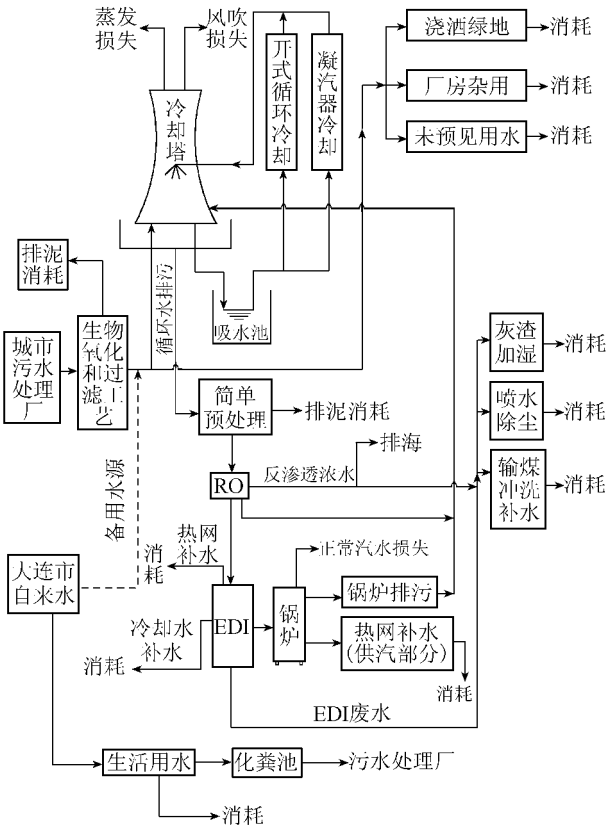


图 2 水系统平衡图

有在子系统水量平衡的基础上才可保证用水总量的平衡,关键是要保证各个子系统的水量平衡。

预计本期循环水量情况和补给水量如表 1 及表 2。

表 1 循环水量

机组 功率/ MW	凝汽量/ (t·h ⁻¹)	凝汽器冷却水量/ (m ³ ·h ⁻¹)		循环冷却水量/ (m ³ ·h ⁻¹)	
		夏季	冬季	开式冷却	夏季
1×300	658.68	35 543	21 326	2 100	37 643
2×300	1 317.36	71 086	42 652	4 200	75 286

从表 1、2 可算出,循环冷却水浓缩倍数夏季为 3.1,冬季为 2.6。一般来说浓缩倍数低,耗水量就大,浓缩倍数提高则耗水量减少,节约水处理费用。但浓缩倍数过高会使循环冷却水中的硬度、碱度和浊度升得过高,水的结垢倾向增大,从而使结垢、腐蚀控制的难度变大^[4]。因此,循环冷却水的浓缩倍数也不是愈高愈好。本项目冬季的浓缩倍数 2.6,不符合规范规定的浓缩倍数不宜小于 3.0 的要求。分析其原因主要是为了满足化学用水量的要求。冬季对外供气量和供热量都比较大,需要补充的热网损失也比较大,因此,循环水排污量定位 490 m³/h,全部回收处理满足锅炉补水、热网补水等水量的需要。循环冷却水排污水回收以后完全重复利用,并没有浪费水量,所以冬季浓缩倍数小于 3 也是合理的。

表 2 全厂补给水量情况

序号	项 目	夏季水量/(m ³ ·h ⁻¹)			冬季水量/(m ³ ·h ⁻¹)			备 注
		用水	回收	耗水	用水	回收	耗水	
1	冷却塔蒸发损失	740	0	740	754	0	754	中水
2	冷却塔风吹损失	38	0	38	23	0	23	中水
3	循环水排污损失	490	490	0	490	490	0	回收水处理后用于锅炉补水
4	澄清池排泥耗水	6	0	6	6	0	6	剩余 100 m ³ /h 排海
	反渗透排水	141	41	100	141	41	100	
	正常汽水损失	33	0	33	33	0	33	
	锅炉排污水	22	22	0	22	22	0	回收用于循环水补水
	对外供汽补水	28	0	28	206	0	206	
	热网补水	0	0	0	70	0	70	
	闭式除盐冷却水补水	10	0	10	10	0	10	回收用于灰渣加湿
	凝结水精处理废水	2	2	0	2	2	0	
	冷却塔蒸发损失	248	0	248	0	0	0	
	第 4 项小计	490	65	425	490	65	425	夏季用 RO 产水补充部分循环水
5	主厂房杂用水	1	0	1	1	0	1	中水
6	灰渣加湿用水	25	0	25	25	0	25	用反渗透排水
7	输煤除尘用水	13	0	13	13	0	13	用反渗透排水
8	输煤冲洗补充水	5	0	5	5	0	5	用反渗透排水
9	浇洒道路绿地用水	3	0	3	3	0	3	中水
10	未预见水量	54	0	54	54	0	54	中水
11	生活用水	3	0	3	3	0	3	用自来水
全 厂 合 计		1862	555	1307	1861	555	1306	

3 效益分析

该技术改造项目因采用循环流化床锅炉 ,炉内脱硫 ,节省了脱硫系统用水。对本项目采用水循环综合利用研究 ,可大大减少单位发电耗水量。现对节水作以下效益分析。

3.1 经济效益分析

a. 用水量及节约自来水量。项目设计日处理水量为 4.5 万 t ,日产再生水 3.2 万 t。计算可知全年用水量为 914.61 万 t(工业用水和生活用水) ,再生水用量 ,即节约自来水量 912.51 万 t/a(未考虑雨季城市污水处理厂海水倒灌问题)。

b. 实现水、热、电联产。项目投产后产水全部回用 ,相当于新建一座日产淡水 3.2 万 m³ 的稳定水源厂。热电厂实现水、热、电联产 ,热电联产的产品是热、电 ,将消耗大量的水资源 ;再生水及全厂污水资源化综合利用虽然消耗电、热 ,但可以节约大量的自来水。二者结合起来 ,不仅可以拉长产业链 ,优势互补 ,还将减少中间输送环节的损失 ,提高热、电、水的利用率 ,节约资源。

3.2 社会效益分析

大连是资源型缺水城市 ,城市用水主要依靠远距离调水。几十年来 ,城市缺水一直是制约大连市经济快速增长的主要因素之一。经测算 ,目前大连市远距离引水工程的造价成本已达 4000 元/m³。所以该厂运行后 ,可为大连市减少 1.28 亿元引水工程

投资。另外 ,以大连市 2006 年的工业万元产值取水量 24 m³ 计算 ,相当于每年为大连市增加 38 亿元的工业产值潜力^[5-6] ,社会效益显著。

3.3 环境效益分析

该项目每年可回用 945 万 t 城市污水处理厂二级出水 ,对大连市 2010 年污水处理回用率达到 35% 以上的远景目标有积极的推动作用。此外 ,从表 3 可以看出 ,每年将削减 COD 排放量约 526 t ,削减 SS 排放约 90.3 t ,削减 NH₃-N 排放量约 188.15 t ,环境效益明显。

表 3 污染物减排量统计

	水量/ (万 t·a ⁻¹)	ρ(NH ₃ -N)/ (mg·L ⁻¹)	NH ₃ -N 排放量/ (t·a ⁻¹)	ρ(SS)/ (mg·L ⁻¹)	SS 排放量/ (t·a ⁻¹)	ρ(COD)/ (mg·L ⁻¹)	COD 排放量/ (t·a ⁻¹)
污水处理 厂二级标准 出水用量	945	20	189	10	94.5	60	567
生活污 (废) 水	1.68	30	0.50	250	4.2	300	5.04
RO 废水	70	0.5	0.35	0	0	51	35.7
污染物 减排总量			188.15		90.3		526

注 : 污染物减排总量为热电厂回用的城市二级标准出水中所含的污染物量减去生活污水和 RO 废水中所含的污染物量。

4 结 论

a. 该热电厂在技术改造中引用城市污水处理厂二级出水作为补充水源 ,应用先进水处理技术 ,综合利用各级出水和排水 ,将大大减少自来水的用量和污染物的排放量。

b. 可实现水、热、电联产。不仅节省建设和运营水厂的投资,还可以降低用水成本,多余的电能可以供水处理工艺使用,从而起到调蓄电能的作用。

总之,该热电厂在技术改造和今后的运行过程中大力开展水资源综合利用,因地制宜分配各系统用水、排水,将是缩短其与国内外先进发电企业发电用水差距的有效途径,也将产生明显的社会效益、环境效益和经济效益,具有很大的实际意义。

参考文献：

[1] 乔洪勇.火力发电厂节约用水和循环用水管理模式研究

(上接第 55 页)

[5] 徐勤松,施国新,杜开和,等. Zn 诱导的菹草叶抗氧化酶活性的变化和超微结构损伤[J]. 植物研究, 2001, 21(4): 569-574.

[6] 金相灿. 湖泊富营养化调查规范[M]. 2 版. 北京 : 中国环境科学出版社, 1990 291-293.

[7] 国家环境保护总局《水和废水监测分析方法》编委会. 水和废水监测分析方法[M]. 4 版. 北京 : 中国环境科学出版社 2002 210-257.

(上接第 60 页) 严格实行限额用水,确保“ 水量分配方案 ”制定的下泄塔里木河水量指标的实现。

d. 目前,塔里木河生态综合治理工程仍在实施过程中。随着生态治理的持续开展,源流区节水力度将进一步加大,塔里木河河道整治工程得以完善,塔里木河流域水量统一调度管理措施得到逐步落实和加强,塔里木河水量将随之发生更为显著的变化,这需要我们继续深入地进行分析和研究,特别是阿克苏河、和田河、叶尔羌河向塔里木河的供水水量、供水过程的变化以及塔里木河泥沙、水质及水文过程的变化,是今后塔里木河水文效应研究的关键和重点。

参考文献：

[1] 王西琴. 河流生态需水理论、方法与应用[M]. 北京 : 中国

[D]. 保定 : 华北电力大学, 2006.

[2] 房海阔,魏洪军.电去离子(EDI)技术在热电厂水处理中的应用[J]. 净水技术, 2002, 21(2): 17-18.

[3] 王佩璋.火力发电厂全厂废水零排放[J]. 电力环境保护, 2003, 19(4): 25-29.

[4] 华冰. 火电厂节水[D]. 保定 : 华北电力大学, 2005.

[5] MOUSA S M, JAMAL O J. Potential of industrial wastewater reuse[J]. Desalination, 2002, 152 : 281-289.

[6] 褚俊英,陈吉宁,王志华,等. 中水回用的经济与中水利用潜力分析[J]. 中国给水排水, 2002, 18(5): 83-86.

(收稿日期: 2008-11-10 编辑: 徐 娟)

[8] 陈宇炜,高锡云.浮游植物叶绿素 a 含量测定方法的比较测定[J]. 湖泊科学, 2000, 12(2): 185-188.

[9] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京 : 中国农业出版社, 1999 30-38.

[10] 陈建勋,王晓峰. 植物生理学实验指导[M]. 2 版. 广州 : 华南理工大学出版社, 2002 : 119-121.

(收稿日期: 2008-11-04 编辑: 徐 娟)

水利水电出版社, 2007 74-75.

[2] 新疆维吾尔自治区人民政府, 中华人民共和国水利部. 塔里木河流域近期综合治理规划报告[M]. 北京 : 中国水利水电出版社, 2002 55-72.

[3] 徐海量,叶茂,李吉枚.塔里木河下游输水后地下水动态变化及天然植被的生态响应[J]. 自然科学进展, 2007, 17(4): 460-470.

[4] 宋郁东,樊自立,雷志栋,等. 中国塔里木河水资源与生态问题研究[M]. 乌鲁木齐 : 新疆人民出版社, 2000 9.

[5] 叶茂,徐海量,宋郁东.塔里木河流域水资源利用及其变化趋势分析[J]. 科学通报, 2006, 51(S): 14-20.

(收稿日期: 2009-04-20 编辑: 徐 娟)

淮北市开展纪念“ 世界水日 ”活动

2010 年 3 月 22 日是第 18 届“ 世界水日 ”, 3 月 22 ~ 28 日是第 23 届“ 中国水周 ”。3 月 22 ~ 4 月 22 日是安徽省第 20 届“ 水法宣传月 ”。今年“ 世界水日 ”的主题是“ 严格水资源管理,保障可持续发展 ”。根据统一安排,淮北市水务局于 3 月 21 日就开始了宣传活动,在市区主要公共场所面向广大市民作深入宣传,摆放宣传展板,发放宣传材料,设立咨询台,20 余家大型企业参与了活动,现场开展节水百题知识有奖竞赛等。在淮北电视台集中播放水法宣传电视系列片《人-水-法》,并在《淮北日报》上发表纪念“ 世界水日 ”的署名文章。淮北市不仅广泛开展纪念世界水日活动,而且在加快建设水利基础设施的同时,正在实行最严格的水资源管理制度,推进水资源从供水向需水管理等转变,其核心是建立水资源管理三条红线,即建立水资源开发利用红线,严格实行用水总量控制,建立用水效率控制红线,坚决遏制用水浪费,建立水功能区限制纳污红线,严格控制入河排污总量,以水资源的可持续利用,保障淮北区域经济社会可持续发展。

(淮北市水务局 李锋供稿)