

清洁生产

基于区域组团式水热能综合利用的 化纤行业节能减排模式

吴 静¹, 田 磊¹, 温宗国¹, 史 琳¹, 施汉昌¹, 丁建中²

(1 清华大学 环境科学与工程系环境模拟与污染控制国家重点联合实验室, 北京 100084

2 江苏恒力化纤有限公司, 江苏 苏州 215000)

[摘要] 介绍了区域组团式水热能综合利用的模式, 区域组团式水热能综合利用以节能、降耗、减污、增效为目标, 从大型企业、工业园区或镇市三个层面构建包含有工业企业、商业办公区、居民区、污水处理厂、热电厂及水体在内的多主体的水、热、能综合利用网络, 形成以水为物质和能量载体的新的利用模式。以污水厂和热泵为中心的江苏恒力集团有限公司(简称恒力集团)的水热能综合利用网络, 可实现集团内的废水零排放, 回收的能源占恒力集团能源年消耗量的9.4%, 年产生效益约4820万元。组团式水热能综合利用的思路为当前我国各行业的节能减排提供了一种新模式。

[关键词] 区域组团式水热能综合利用; 化纤行业; 节能减排

[中图分类号] X 192

[文献标识码] A

[文章编号] 1006-1878(2010)01-0072-04

Energy-saving and Discharge-reducing Model of Chemical Fiber Industry Based on Comprehensive Unitization of Water and Heat in a Specified Zone

Wu Jing¹, Tian Lei¹, Wen Zongguo¹, Shi Lin¹, Shi Hanchang¹, Ding Jianzhong²

(1 State Key Joint Laboratory of Environment Simulation and Pollution Control, Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2 Jiangsu Hengli Chemical Fiber Company Limited, Suzhou Jiangsu 215000, China)

Abstract The model of comprehensive unitization of water and heat in a specified zone is introduced. It is a new model with water as carrier of both resources and energy aiming at energy saving, consume reducing, pollution decreasing and efficiency improving. It is a water-heat-energy comprehensive utilization network constructed in three levels of large-scale enterprise, industrial park and town, including industrial enterprise, shopping centre and office area, residential area, wastewater treatment plant, thermal power plant and water body. Jiangsu Hengli group Ltd. (Hengli Group) can realize zero discharge of wastewater in the company by using the water-heat-energy comprehensive utilization network with wastewater treatment plant and heat pump as cores. The recovered energy is about 9.4% of total energy annually consumed in Hengli Group, which can gain 48.20 million RMB per year. The thought of comprehensive unitization of water, heat and energy in a specified zone can offer a new energy-saving and discharge-decreasing model for industries.

Key words comprehensive unitization of water and heat in a specified zone; chemical fiber industry; energy saving and discharge decreasing

近年来, 化纤行业已成为我国重要的经济产业, 我国化纤产量已占世界总产量的40%^[1], 但同时该行业也是我国主要的能耗和污染工业之一。根据有关部门进行的能耗统计^[2], 按单位产品消耗标煤数量计算, 黏胶长丝和维纶行业分列第1位和第2位, 黏胶短纤列第8位, 腈纶列第12位, 涤纶长短纤列第26位和第27位。化纤生产中大量使用

酸、碱和溶剂, 化纤生产废水中含有醇、甲苯、二甲

[收稿日期] 2009-07-05 **[修订日期]** 2009-08-24

[作者简介] 吴静(1974-), 女, 贵州省遵义市人, 博士, 副研究员, 主要研究方向为废水生物处理与水质预警。电话 010-62789121, 电邮 wu_jing@mails.tsinghua.edu.cn

[基金项目] “十一五”国家科技支撑项目(2006BAC02A00)。

苯、对苯二甲酸等污染物。

《纺织行业“十一五”发展纲要》明确了“十一五”期间纺织工业节能降耗的目标: 2010年与 2005年相比, 吨纤维耗电量降低 10%, 万元工业产值(GDP)的纤维使用量降低 20%, 吨纤维耗水量降低 20%, 万元 GDP 的废水排放量降低 22%^[3]。但就目前我国化纤行业总体的技术水平很难实现上述目标。

1 化纤行业的能耗现状

化纤机械被称为“电老虎”, 电耗一直是化纤行业的主要成本之一, 如我国以生产丙纶长丝和空气变形丝为主的尼龙化纤公司的电耗就占成本的 18.5%^[4]。近年来, 我国化纤行业在节能方面取得明显进步, 2007年电耗为 972.5 kW h/t(以每吨产品计, 下同), 比 2000年降低了 42%; 煤耗为 0.43 t/t 比 2000年减少了 36%, 综合能耗降低了 38%。但我国化纤行业总能耗仍比国外先进水平高 10%~30%。

我国化纤行业在废水减排方面也取得了显著的进步, 目前国内黏胶长丝耗水量平均为 197 t/t, 黏胶短纤耗水量为 80 t/t, 平均水重复利用率在 70%以上, 有的企业已达到 95%以上, 但与国际先进水平相比还有较大差距。

我国化纤行业的节能减排工作已刻不容缓, 在第十四届中国国际化纤会议上提出了“节能、降耗、节水、减排、清洁生产、循环经济”的工作方针。中国化纤工业协会制定了 2010年行业节能减排的主要目标, 见表 1。

表 1 2010年化纤行业节能减排的主要目标

项目	考核项目	2005年	2010年
综合能耗	标煤单耗/(kg·t ⁻¹)	742.5	519.5
	标煤总耗/kt	11 759	14 907
取水量	单位取水量/(t·t ⁻¹)	19.1	10.8
	取水总量/kt	302 330	308 730
废水量	单位排放量/(t·t ⁻¹)	16.0	9.4
	排放总量/kt	253 330	268 480
COD 排放	单位排放量/(t·t ⁻¹)	75.2	23.9
	排放总量/kt	119.1	68.7
废气	单位排放量/(kNm ³ ·t ⁻¹)	21.7	15.0
	排放总量/kt	34 385	43 071
粉尘	单位排放量/(kg·t ⁻¹)	5.88	1.92
	排放总量/kt	9.3	5.5

由表 1 可见, 水在节能减排中地位显著, 水耗占化纤行业成本的 0.5%。近年来, 国内化纤行业在

废水处理与回用方面取得了一些成效, 但只限于将水作为生活或生产资源的方式回用。实际上, 水同时也常常是热能的载体, 其负载的热能也可以回收。热泵技术的成熟为回收这种热能提供了可能。热泵可以从十余摄氏度的水中回收得到 70~80℃ 的热水, 所得热水可直接用于供暖、淋浴及工业过程的升温等, 而回收了热能的水则可以用于降温等。

2 区域组团式水热能综合利用

区域组团式水热能综合利用以节能、降耗、减污、增效为目标, 从大型企业、工业园区或市镇三个层面构建包含有工业企业、商业办公区、居民区、污水处理厂、热电厂及水体在内的多主体的水、热、能综合利用网络, 形成以水为物质和能量载体的新的利用模式, 以有效提升资源利用率和节能降耗。在网络中, 不同的主体之间形成比较固定的配合关系, 如 A 主体的废水深度处理后供给 B 主体, A 主体的废水余热回收后供给 C 主体等, 这种形成比较固定的关系被称为组团。区域组团式水热能综合利用的三个层面如下:

(1) 以重点行业的重要大型企业为对象, 在企业内部各子公司之间组团, 形成多主体的资源与能源优化利用网络;

(2) 在工业园区的层面上, 在不同企业、园区水体与生活区之间组团, 形成多主体的资源与能源优化利用网络;

(3) 在镇或市的层面上, 在工业区、商业办公区、居民区、电厂和水体之间组团, 形成多主体的资源与能源优化利用网络。

区域组团式水热能综合利用通过再生水回用、余热回收、能量的梯级利用, 在较大区域的多主体的复杂系统中实现水和热能利用的最优化。组团式水热能综合利用的关键在于合理组团以及网络优化, 核心技术是废水深度处理技术和热泵技术。

3 恒力模式及其主要组成

江苏恒力集团有限公司(简称恒力集团)年产熔体直纺涤纶长丝 600 kt 是我国大型化纤生产基地。集团有生产厂房、电厂、办公楼、污水处理厂、食堂、宿舍楼等, 具备构建区域组团式水热能综合利用网络的多主体的特点。2006年, 恒力集团与清华大学合作, 着手实施区域组团式水热能综合利用项目, 选用适合的水处理和回用技术、热交换及热回收技术, 实现恒力集团内的再生水回用、热回收

及沼气资源化等综合利用。项目包括组团式网络的设计和关键网络节点的建设,其中关键网络节点有:面积 13 000 m²的中水处理系统、沼气回收利用系统和热泵回收余热系统。目前,恒力集团已经完成了组团式水热能综合利用网络的设计,实现了沼气回用和废水零排放。

3.1 恒力模式

恒力集团的主要废水为聚酯车间的工艺废水(简称聚酯废水)以及长丝车间、加弹车间清洗产生的低浓度废水。聚酯废水的水量为 300 m³/d COD 为 2 500~18 000 mg/L, COD 平均为 6 500 mg/L, 经过中温厌氧处理后和其他废水混合;低浓度废水水量为 1 950 m³/d COD 为 300 mg/L。经深度处理后,出水全部回用。聚酯废水中温处理产生沼气 600 m³/d。产生的沼气,按 23.1 MJ/m³ 计算,可产生热量 1.39 × 10⁴ MJ/d。

废水处理系统不排泥,没有明显的水消耗,再生水水量取 2 250 m³/d。在最不利工况下,夏季最高水温约 30 °C,冬季最低水温约 10 °C。若均取 5 °C温差,则再生水夏季可提供的冷量和冬季可提供的热量为 4.72 × 10⁴ MJ/d。

恒力集团下属的苏盛热电厂,年供电量为 1.02 × 10¹⁰ kWh,蒸汽 1.11 × 10⁶ t/d,电厂冷却水水量 240 kt/d 排放温度夏季为 38 °C,冬季为 25 °C。由于冷却水水温较高,夏季不适宜作为冷源,只作全年热回收的热源为宜。可利用热泵回收其余热用于电厂锅炉进水的预热、建筑供暖或制取生活热水。若均取 10 °C温差,可提供的热量为 1.01 × 10⁷ MJ/d。

按照就近利用的原则,热泵回收余热利用示意图见图 1。

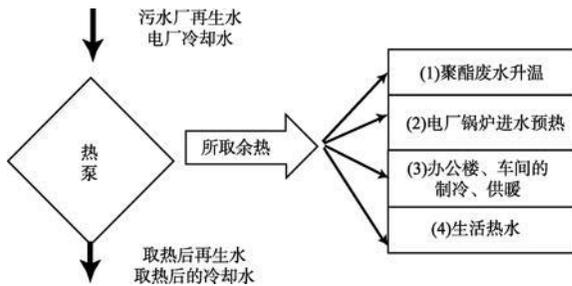


图 1 热泵回收余热利用示意

(1)聚酯废水升温。在聚酯废水处理工艺中,替代目前聚酯废水预热采用的蒸汽,将聚酯废水由 20 °C 升温至 30 °C,需要 1.26 × 10⁴ MJ/d。

(2)电厂锅炉进水预热。蒸汽是电厂的产品之一,在热电生产工艺中,生产蒸汽用水 3 360 t/d。

夏季 20 °C,冬季 12 °C,目前没有预热。若通过热泵将其升温至 30 °C,可以节省用煤,需要用热 4.23 × 10⁵ MJ/d。

(3)办公楼、车间的制冷、供暖。再生水夏季可提供的冷量约 4.72 × 10⁴ MJ/d。若取建筑热负荷为 200 W/m²,则热泵夏季制冷面积约 2 000 m²。除去用于聚酯废水升温、锅炉进水预热外,若再生水、冷却水的余热全部用于冬季供暖,冬季可提供的热量约 9.66 × 10⁶ MJ/d。在热负荷取 100 W/m²时,冬季供暖面积可达 1.12 × 10⁶ m²,可以满足 60% 的车间供暖,也可以分供办公楼或食堂。

(4)生活热水。夏季回收的热量除去用于聚酯废水升温、锅炉进水预热外,还结余 9.66 × 10⁶ MJ/d。可以制取生活热水,自来水夏季温度取 20 °C,则可制得 65 °C 的热水约 5.11 × 10⁴ t/d。恒力集团员工 1.3 万人,按沐浴水量 150 L/人次计算,每天沐浴用水约 2 000 t。需要用热量 3.78 × 10⁵ MJ/d。根据上述分析,夏季只回收 2 × 10⁴ t/d 冷却水中热量即可完全满足需求。

不计水消耗时,构建出恒力组团式水热能综合利用网络,见图 2。

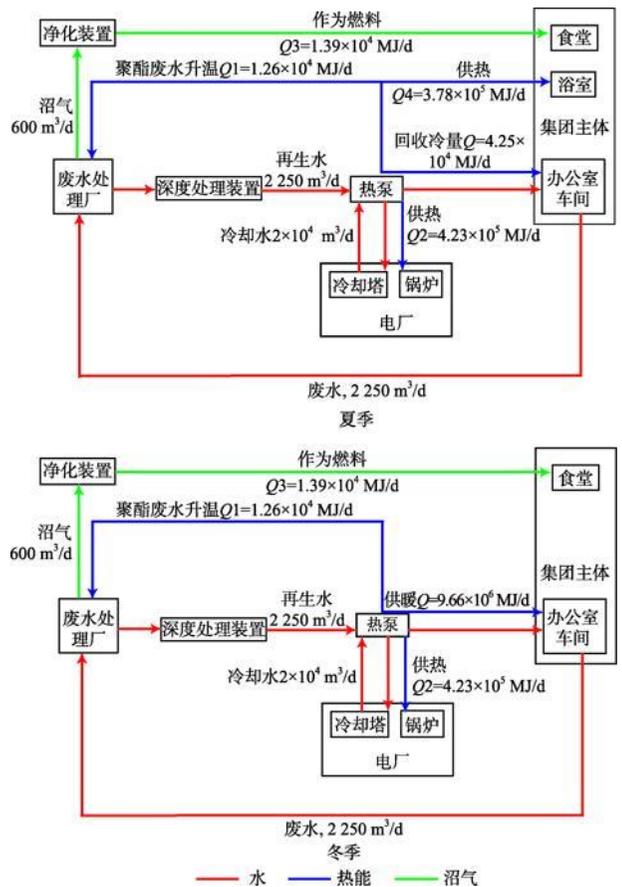


图 2 恒力组团式水热能综合利用网络

3.2 主要组成

依靠关键网络节点工程的实施,在恒力集团下属的恒力化纤、吴江化纤和苏盛热电之间形成以废水处理厂和热泵为核心节点,在生产车间、食堂、办公室、锅炉、浴室与废水处理厂之间实现水、热和能量的转移和综合利用。节点工程主要包括:(1)废水零排放工程。废水处理厂出水深度处理后回用作恒力化纤的冷却水,实现企业废水零排放。(2)热泵热能回收工程。实现废水处理厂再生水和空调冷却水之间热量转移,为办公室或车间冬季供热,夏季供冷;回收电厂冷却水的余热,为电厂锅炉预热,其余热量冬季为办公室或车间供暖,夏季供浴室使用。(3)废水厂的副产品甲烷回收利用工程。沼气回收后送至食堂替代燃煤。

4 经济效益分析

恒力集团组团式水热能综合利用网络及关键节点工程的建设和调试建立起化纤行业的组团式水、热和能量的综合利用模式,该模式的经济效益主要包括:

(1)实现废水零排放。废水经深度处理后作为生产车间工业用水回用,水质和成本均优于目前采用河水的方式。实现零排放后,系统废水减排 $820 \text{ km}^3/\text{a}$, COD 减排 680 t/a 。目前每吨废水的处理成本为 0.75 元,比综合利用项目实施前降低 48% ,每年节约成本 58 万元。

(2)利用热泵技术,实现废水处理厂出水、电厂冷却水和车间空调冷却水之间有效热量转移,为办公室和车间冬季供热,夏季供冷,为电厂锅炉用水预热以及夏季提供生活热水,以达到节能目的。恒力集团夏季供冷量可达 $4.72 \times 10^4 \text{ M J/d}$ 供热量为 $8.27 \times 10^5 \text{ M J/d}$ 目前制冷 100 d/a 冬季总供热量

约为 $1.01 \times 10^7 \text{ M J/d}$ 按 120 d/a 计算,其余季节按夏季热量计算,则全面应用热泵技术后,每年回收热量 $1.41 \times 10^9 \text{ M J}$ 回收能源占恒力集团能源年消耗量的 9.4% ,一年可节约成本 4740 万元。而电厂冷却水热回收后,可以不再安装降温设施,也可节省这部分投资和运行费用。

(3)将废水处理厂中温厌氧处理产生的沼气回收,提高品质后为企业食堂提供优质燃料。回收沼气 $219 \text{ km}^3/\text{a}$ 按 $1 \text{ 元}/\text{m}^3$ 计算,每年节省 21.9 万元。

5 结语

区域组团式水热能综合利用为当前我国各行业正面临巨大压力的节能减排工作提供了一种以水为物质和能量载体的新模式,而恒力集团的组团式水热能综合利用网络的建立实现了显著的节能减排效果,年产生效益约 4820 万元,证明这种模式是有价值的,可以推广。

致谢 本课题得到江苏恒力化纤有限公司林贵、雷鸣两位工程师的大力协助,特此致谢。

参 考 文 献

- 1 张世贤. 我国化纤工业布局和结构的现状、问题及对策. 中国经贸导刊, 2005, 12: 26~28
- 2 盛杰. 我国粘胶纤维行业发展态势分析及对策研究: [学位论文]. 吉林: 吉林大学, 2007
- 3 张怀良. 纺织行业面临的形势与任务. 2008 年全国推广应用新型纺织器材科技成果技术研讨会论文集. 安徽: 中国纺织工程学会, 2008: 1~4
- 4 王士华. 作业成本法在化纤行业中的应用研究: [学位论文]. 南京: 南京理工大学, 2006

(编辑 祖国红)

• 专利文摘 •

可见光下具有高催化活性的

纳米铂负载三氧化钨的制备方法

该发明涉及一种可见光下具有高催化活性的纳米铂负载三氧化钨的制备方法。该发明的目的是解决氧化钨光催化剂活性低的难题,提高其光催化活性,并拓展光催化剂的适用领域。该方法包括以下步骤:(1)对三氧化钨粒子进行前处理;(2)制备铂负载三氧化钨;(3)光照反应。该发明可用于去除大气和水中的污染物,如污染环境较严重的印染厂排放的染料废水。 / CN 101518735 2009-09-02

芳香类硝基化合物氯化尾气中氮氧化物的处理方法

该发明提供一种芳香类硝基化合物氯化尾气的综合利用方法,其特征在于,用硫酸吸收芳香类硝基化合物氯化尾气中的氮氧化物及硝酰氯,生成含硝酸、硫酸及亚硝酸的混酸,生成的混酸用来进行芳香族化合物的硝化;硫酸不能完全吸收的尾气,用水吸收后形成以盐酸为主及少量硝酸的酸液;剩余的尾气用稀碱处理,达到完全吸收,废液进入废水处理系统。 / CN 101502746, 2009-08-12