

监测与评价

# 某工业园区污水处理厂清洁生产 审核实践研究

许天啸

(苏州市环境科学研究所 江苏 苏州 215001)

**摘要:**结合江苏某工业园区某污水处理厂清洁生产审核案例,应用清洁生产审核的方法,从原辅材料和能源、技术工艺、设备、过程控制及废弃物等方面进行分析,找出企业能耗高、污染大的生产环节,并针对性地提出清洁生产方案,并取得较好的经济效益和环境效益。

**关键词:**清洁生产;污水处理

**中图分类号:**X38

**文献标识码:**B

**文章编号:**1006-8759(2017)03-0063-02

随着我国的经济的发展,环境也受到了严重的破坏,如何在发展经济的同时保护好环境变得愈发重要。清洁生产就是一种环境保护战略,通过清洁生产可以使工业企业的环境保护工作由简单的末端治理转变为生产全过程控制。《清洁生产促进法》指出:清洁生产是指不断采取改进设计、使用清洁的能源和原料、采用先进的工艺与设备、改善管理、综合利用等措施,从源头削减污染,提高资源利用效率,减少或者避免生产、服务和产品使用过程中污染物的产生和排放,以减轻或者消除对人类健康和环境的危害<sup>[1]</sup>。实施清洁生产是企业实现经济效益、环境效益双赢的重要举措。

本文以江苏省某工业园区污水处理厂为例,介绍了该污水处理厂清洁生产审核的实践情况。该污水处理厂严格按照《清洁生产审核暂行办法》的规定开展审核工作,共产生清洁生产方案 28 个,其中无/低费方案 25 个,中/高费方案 3 个,审核结束时已全部实施完成,最终达到了“节能、降耗、减污、增效”的目的。

## 1 污水处理厂概况

该污水处理厂处理能力 3 万吨/天;输水管网 67 km,设 3 个提升泵站、覆盖面积范围 45.4 km<sup>2</sup>,服务人口 12 万,区域内污水处理情况以轻化工、

制造业为主;目前园区污水处理厂的的实际处理量为 7 000 m<sup>3</sup>/d 左右。污水处理主体处理工艺见图 1,出水排放标准执行《污水综合排放标准》(GB8978-1996)中表 4 一级标准以及《太湖地区城镇污水处理厂及重点行业主要污染物排放限值》表 1 中 Ⅲ类标准。

## 2 清洁生产潜力评估

### 2.1 原辅材料和能源

企业原辅材料及能源的台账统计较为完善,严格按照计划进行购买及使用。企业所用的水处理药剂、化学品均购自于有资质单位生产的高质量产品,次氯酸钠等危险品安全管理比较完善。主要原辅料中单位污水处理量消耗 PAC 515 kg/万 m<sup>3</sup>,单位污水处理量消耗 PAM 46kg/万 m<sup>3</sup>;能源方面企业主要消耗电力,全厂消耗 220.5 万 kw·h,单位污水处理量消耗电能 8 120 kw·h/万 m<sup>3</sup>;全厂年用新水 28 771 m<sup>3</sup>,单位污水处理量耗新水量 101.2 m<sup>3</sup>/万 m,除生活用水外主要消耗在污泥脱水机冲洗(占新水用量 91%),建议用中水进行污泥脱水机冲洗。

### 2.2 工艺技术

目前该污水处理厂所采用的污水处理工艺为卡鲁塞尔氧化沟工艺,废水进入污水处理厂后,由机械格栅截留去除废水中较大的物质后,由潜水污水泵提升后进入细格栅渠,采用旋流沉砂池去除污水中含有的沙砾物质,然后进入水解酸化池,

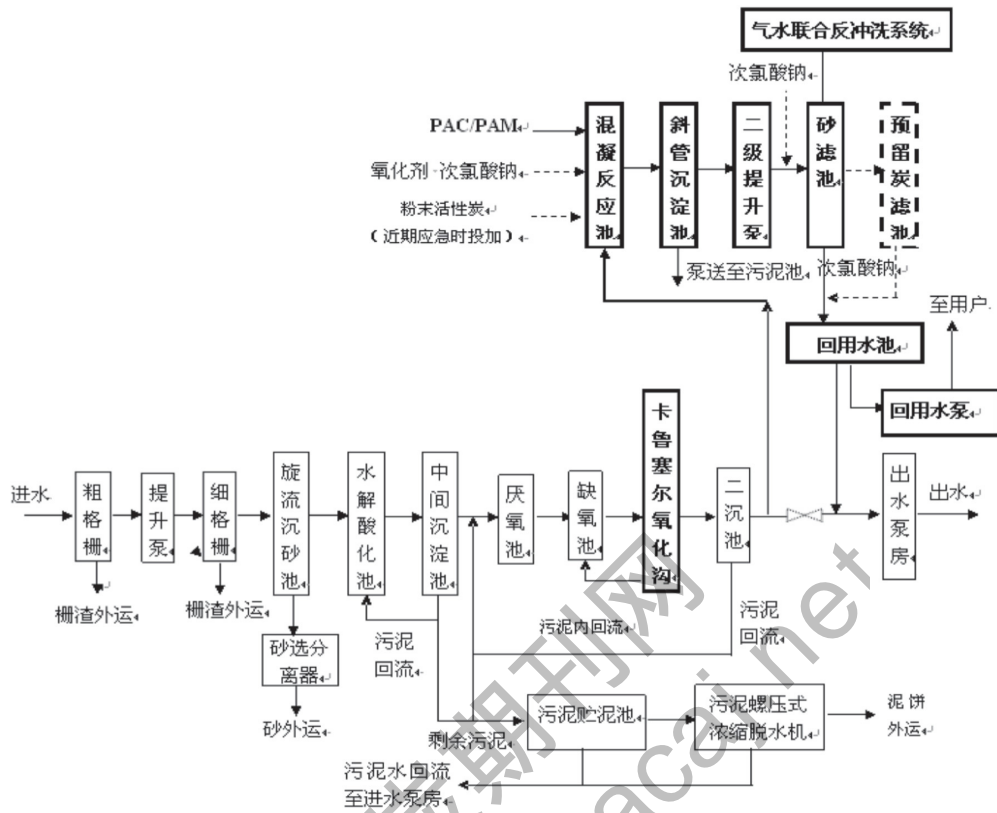


图1 污水处理工艺流程

分解废水中存在的难降解有机物，通过兼性菌和厌氧菌水解酸化作用转化为较易降解的有机物，水解酸化污泥经中间沉淀池分离后部分回流至水解酸化池，部分作为剩余污泥排出。污水经水解酸化处理后流入后续 AAC 卡鲁塞尔氧化沟生物处理段，以完成生物除磷、硝化/反硝化和去除有机物等功能，二沉池出水经斜管沉淀池加药、砂滤池过滤、次钠消毒等环节使尾水达标排放。此工艺具有良好的脱氮除磷能力，能够较好的处理目前企业所需要处理的废水。

### 2.3 设备

企业所使用的污水处理设施均购置于国内外知名企业，设备性能优异；企业对设备的检查维修制定了严格的计划，对不同的设备设置不同的检查周期，以保证各主要处理设备及相关辅助设施的运行，每年投入大量的设备维护费用对所发现损坏、故障的设备能够及时的维修，避免跑冒滴漏等现象的发生，保证污水处理正常运行，企业所有设备完好率长期保持在 98 % 以上。存在的问题主要是大功率设备及水泵未设置变频设备或是软启

动，不少设备还缺少节能改造，有一定的清洁生产潜力。

### 2.4 过程控制

企业按照环保要求在进水口、排放口安装与环保部门联网的在线自动监测设备，能够 24 小时实时的对水体进行监测，以保证废水能够正常处理并达标排放。企业通过自动控制系统监控污水处理过程，通过秉承对污水处理进行自动控制，药剂的添加做到计量准确，以保证在正产处理废水的条件下节约原辅材料。

### 2.5 废弃物

企业自己产生的生活废水以及外来处理的污水经过处理后达标排放进入长江，根据监测报告数据来看，其中的主要污染因子为 COD、氨氮，处理后总磷含量很小；废气主要是污水以及污水处理污泥所产生的臭味气体，该类废气浓度较低，能够达到相应标准；固体废弃物方面有生活垃圾、废水处理污泥、格栅清理物及药剂化学品废弃物等，各种废弃物均按照相应的方法分别进行处理。

### 2.6 管理

(下转第 49 页)

水期水中重金属较枯水期水中重金属含量高,与常规有机物及营养盐污染物一致,表明矿区沉陷

水域重金属浓度很大程度是丰水期地表冲刷而带来的。

表5 沉陷区水质重金属污染特性

		谢桥矿		张集矿		顾桥矿		丁集矿		潘一矿		潘三矿		潘北矿
		枯水期	丰水期	枯水期	丰水期	枯水期	丰水期	枯水期	丰水期	枯水期	丰水期	枯水期	丰水期	丰水期
Cu	均值	9.4	3.3	4	5.3	2.8	2.9	13	6.5	9.9	2.4	14	7.4	13
	范围	6.4-15	0-16	0-9	0-10	0-7.4	0-7.2	7.0-16	2.7-9.7	4.6-14	1.0-5.3	13-17	0-19	4.3-56
As	均值	0.86	3.3	2.6	7.9	2	4	1	7.7	4.6	1.1	2	5.4	5.8
	范围	0-3.7	0.10-15	0-14	0.60-32	0-6	0-11	0-1.7	5.2-11	0-19	0-2.6	0-5	0-13	3.2-9.6
Cr	均值	11	7.2	5.1	12	5.2	14	5.9	13	7.9	9.3	13	8	10
	范围	3.2-25	3.3-11	0-11	4.6-19	1.4-7.8	2.5-65	2.2-8.8	12-15	0-16	7.4-12	9.9-18	0-38	4.3-25
Cd	均值	-	0.21	0.073	0.17	0.11	0.038	-	-	0.05	0.4	-	0.36	0.13
	范围	-	0-0.84	0-0.5	0-1.6	0-0.7	0-0.1	-	-	0-0.25	0-2.3	-	0-2	0-0.2
Pb	均值	10	5.9	3.5	3.1	1.9	7	4.2	13	5.5	5.5	14	13	17
	范围	0-31	0-27	0-14	0-12	0-9.7	0-33	0-11	0-28	0-19	0-10	0-43	0-41	3.2-48
Zn	均值	1.7	-	-	-	-	-	-	-	9.3	-	-	7.6	-
	范围	0-14	-	-	-	-	-	-	-	0-46	-	-	0-91	-
Fe	均值	1790	700	680	440	300	360	360	860	750	290	1490	720	750
	范围	760-5200	170-2000	0-1580	110-1490	41-840	11-1030	160-470	43-2600	250-1820	0-1045	810-2040	170-1160	210-1520
Mn	均值	110	72	51	38	30	62	34	220	110	33	69	56	110
	范围	51-260	2.3-160	1-220	8.6-160	2.2-63	38-80	17-470	87-560	39-180	8.8-85	12-120	8.3-94	36-240

### 3 结论

沉陷区水域水质很大程度受地表径流影响,其中常规有机物及营养盐所受影响更大。

各沉陷区枯水期和丰水期的 COD<sub>Cr</sub> 呈现极显著差异,且丰水期 COD<sub>Cr</sub> 较枯水期高。

各沉陷区丰水期营养盐 TP 浓度均值大于枯水期,主要是由于丰水期农业面源磷的流失导致沉陷区水域磷的浓度升高,而 NH<sub>3</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N 浓度在不同沉陷区呈现出不同变化规律。

受地表径流影响丰水期水中重金属较枯水期水中重金属含量高。

### 参考文献

- [1]刘劲松. 淮南潘集矿区地表水质及环境影响因素分析[D]. 安徽理工大学,2009:1.
- [2]程方奎,官传刚,刘和武. 淮南潘集典型采煤沉陷积水区的水质变化规律[J]. 黑龙江科技大学学报,2015,25(1):32.
- [3]范廷玉. 潘谢采煤沉陷区地表水与浅层地下水转化及水质特征研究[D]. 安徽理工大学,2013:5.

(上接第 64 页)

企业建立了较为完善的生产制度与环境管理制度,物料、能源以及废弃物有详细、准确的台账记录,在能够严格执行各项管理制度的条件下保证了日常污水处理工作。

#### 2.7 员工

企业员工总体素质较高,能够较好的按照所制定的各项要求、制度落实在作业中。由于生产员工的素质、新进员工的培训、熟练程度、责任意识等不同,也会在生产过程中导致能耗物耗增加和废弃物的产生。

### 3 清洁生产方案

#### 3.1 方案产生

从原辅材料与能源的减量、设备的维护更新、技术工艺改进、过程控制优化、加强管理、提高员工素质、提高出水水质、废物回收利用 8 个方面对该污水处理厂的整个生产过程进行分析,找出了该企业的清洁生产潜力,针对以上 8 个方面本轮清洁生产审核产生了 28 个清洁生产方案,其中无低费清洁生产方案 25 个,中高费清洁生产方案 3 个。

#### 3.2 中高费方案介绍

##### 3.2.1 中水回用

(下转第 62 页)

操作性,最终能实现目标值。任何一项法规的制订,其是为了解决相应的问题,并非为了让谁来承担法律责任。环保法和环评法及其他相关法规的出台,其目的是为了控制环境污染,使经济能够可持续的发展,并在一定的时间与空间范围内实现环境保护与经济社会的协调发展。而这种协调发展是一个十分巨大的课题,除了要依靠法律规范外,还需要通过不断的实践和长期的努力来实现。环境影响后评价是对建设项目过往历史的再认识,通过总结经验和教训,使环境影响评价的措施及评价结论更切合实际,同时也能不断改进监管方式,实现环保监管方式的制度创新。因此,简政放权只是简化审批程序,并非否定和弱化环评作用,从某种意义上讲,反而要进一步提高环评质量,使其能真正发挥环评应有的作用。

如果不对相应的环评制度进行改进和创新,一味的去环评化,将可能极大增加环保监管部门的工作量,导致环境状况的大起大落。根据我国环境污染现状,开展环境影响后评价的相关工作极为迫切。环境影响后评价是对建设项目或规划不断的迭代、容错过程,最终实现环境保护与经济、社会的协调发展。因此,环境管理部门应当重视环境影响后评价,确立其在环境保护中的地位,加强权威性和可操作性强的方法体系建立,充分利用它的作用,提高环保措施的有效性,减少环境污染,从而切实改善环境质量。

## 参考文献

- [1]中华人民共和国国务院令(第 253 号).建设项目环境保护管理条例,1998 年 11 月 29 日发布.
- [2] 国家环境保护总局.《关于执行建设项目环境影响评价制度有关问题的通知》1999 年 4 月 21 日发布.
- [3]全国人大常委会法制工作委员会经济法室,刘左军主编,《中华人民共和国环境影响评价法》释义及实用指南,中国民主法制出版社,2002.11.
- [4]全国人大常委会法制工作委员会行政法室编,中华人民共和国环境保护法解读.北京:中国法制出版社,2014.5.
- [5]汪劲,环境法治的中国路径:反思与探索.北京:中国环境科学出版社,2011.1
- [6] 汪劲,中外环境影响评价制度比较研究,北京大学出版社,2006.11.
- [7]林宗浩.环境影响评价法制研究,中国法制出版社,2011.3.
- [8]刘美.我国环境影响评价制度的不足与完善,当代法学,2007,3(21).
- [9]许桂兰.我国环境影响评价中存在问题及其对策.科技情报开发与经济,2009(19).
- [10]赵东风,路帅.回顾性环境影响评价程序及研究.油气田环境保护,1999,9(2):15-18.
- [11]吴巡远,黄永福.环境影响回顾评价工作初探[J].环境监测管理与技术,1995,7(4):32-33.
- [12]陆书玉,朱坦.环境影响评价[M].北京:高等教育出版社,2001.
- [13]环境保护部环境工程评估中心,环境影响评价技术导则与标准[M].北京:中国环境科学出版社,2005.
- [14]陈昕.关于建设项目环境影响回顾性评价的几点看法.中国环境管理,2001(2):18-19.
- [15]洪伟,罗智刚.对建设项目环境影响回顾性评价的不同看法[J].中国环境管理,1997(4):17-18.
- [16]中华人民共和国环境保护部,建设项目环境影响后评价管理办法(试行),环保部令第 37 号,2015 年 12 月 10 日发布.
- [17]中华人民共和国环境保护部,建设项目环境影响评价技术导则总纲(HJ2.1-2016 代替 HJ2.1-2011),2016.12.8 发布.

(上接第 49 页)

企业经过处理的污水按照原设计可提供与周边企业的中水回用,目前除了企业内绿化用水以及提供环卫部门用来周边地区的清扫用水外实际应用比较狭隘,年中水回用量不足 1 000 m<sup>3</sup>。结合企业实际用水情况,除了生活用水以及配制药剂用水外,主要耗水环节为污泥脱水设备的清洗水,并且该部分用水占全厂用水的绝大部分,经过研究,该用水环节完全可以采用自身经过处理的回用水来代替,通过从回用水池加设管道接入污泥脱水房,可以实现此环节将不消耗新鲜水,完全采用回用水。从而节约新水使用 2.6 万 m<sup>3</sup>/a。

### 3.2.2 设备节能改造

该污水处理厂有相当部分的泵体,如污泥泵、提升泵及其他泵体缺少节能措施,产生了较多的电力损耗,通过对 6 个泵体进行变频节能改造,采用变频器一拖二控制的方式减少电能的消耗。

### 3.2.3 变压器减容

根据原设计该污水处理厂总规模日处理污水 3 万吨,目前实际日处理量在 9 000 t 左右,污水处理厂现阶段负载率较低,正常情况下,污水处理厂运行时全厂用电设备总功率在 300 kwh 左右,相比较所用的 800 kVA 容量的变压器来说,存在一定的“大马拉小车”现象,初步估算,每月电力开支额外增加约 5 000 元左右,全年电力开支增加 6

(下转第 30 页)

在每一排植生槽中铺填种植土,种植土铺填至距槽顶约 1 cm,不填满。种植土成份为:种植壤土、复合肥、保水剂、泥炭土等相结合,保证植物生长所需的养分。由于飘板植生槽内土壤体积少,保水保肥能力差,因此要求种植土中的有机质含量至少要达到 30%,N、P、K 折纯含量应达到 40%。

### 3.2.8 栽种苗木

因坡面槽体容量有限,土壤较少,保水能力也弱,不宜种植高大乔木,应选择耐旱、耐贫瘠、管理粗放、根系发达的乡土树种(种子)进行灌、草、藤本植物立体配置,保证成活率、可持续性和景观效果。可在飘板植生槽内侧种植爬山虎、葛藤等攀缘性藤本植物,中间种植小叶榕、胡枝子、勒杜鹃、山毛豆等进行遮挡,外侧扦插三角梅、炮仗花等下挂植物,整个坡面还可撒播类芦、狗牙根、百喜草、宽叶雀稗等草本植物。

### 3.3 飘板植生槽植物的养护

受岩质坡面自然条件限制,飘板植生槽内可容纳的土壤体积少,且保水保肥能力差,要使槽体内植物得以良好生长并达到预期效果,飘板植生槽内植物的养护就显得尤为重要。然而,石材矿山的高陡边坡一般高度大多是几十米,有的甚至高达 100 多米,飘板植生槽设置在这样的坡面上,其浇水、施肥和养护都极其困难。因此滴灌系统的建立十分必要。滴灌系统主要由蓄水池、泵站、输水主管、支管、滴管、沙石过滤器、调节阀、截止阀(放空阀)、毛管、滴头等组成,应结合坡面微地形因地制宜设计。飘板植生槽板内植被则通过滴灌系统进行灌水和施肥养护,在灌水时直接将肥料加入滴灌用水,滴灌的同时进行施肥。

接着成活期养护:完工后 12 个月内,必须经

常浇水(雨天除外),保持基质层湿润,保证种子发芽、成坪期和苗木恢复生根期所需要的水分。同时还应注意施肥、补植及病虫害防治等管养工作。

然后是后期管养,于成活期结束后 12 个月。主要是在旱季视天气情况定期浇水,并对其进行施肥及病虫害防治等护理,使其逐步进入自然生长状态。3~5 年后能达到良好的草灌结合的护坡效果和景观效果,以及简养护状态的植物群落;15~20 年后能达到自然协调生长和演绎的植物群落。

## 4 结语

目前,飘板植生槽绿化技术已在泉州市多个石材矿山的高陡边坡治理中得到成功运用,取得了较为显著的经济效益、社会效益和环境效益。实践证明,这一技术对于较为稳定的高陡岩质边坡的治理是一种行之有效的方法,而且对于以石材矿闻名的泉州的石材矿山的生态修复意义重大。应用中关键在于三点:一是种植土的优化配置,由于飘板植生槽内土壤少,所以必须保证种植土中含有足够的植物生长所必需的养分;二是种植植物要因地制宜,灌草藤本合理搭配,优先选用具有固氮特性的植物;三是确保植物后期的浇水、施肥和养护,这是复绿效果的决定性因素。

## 参考文献

- [1]徐文年等.岩质边坡护坡绿化技术研究.水利水电技术,2002(33) 35
- [2]张玉昌,邹宇超,张强.高陡裸露坡面生物护坡新技术研究.全国编(滑)坡工程建议与防护技术交流研讨会,2007
- [3]刘宗成.福建省泉州市矿山开采地质环境现状与治理建议.能源与环境,2013(5)

(上接第 62 页)

万元左右。通过变压器减容至 630 kVA,可以降低空载损耗及负载损耗,从而达到节约电力的目的,此外还可以减少变压器的电力开支,减少基本用电量。

## 4 清洁生产效益

在该污水处理厂各部门积极参与和配合下,共投资 26.62 万元,所有清洁生产方案均已实施,

提高了该污水处理厂的管理水平,完善了相关管理制度,特别是其取得的经济、环境效益,激发了员工主动参与清洁生产的积极性。

清洁生产审核后,企业节约电耗 15.5 万 kw·h/a,减少用水 26 000 t/a,加上节约原辅材料、节约维修成本等共计获得清洁生产效益 30 万元/a。实现了良好的环境和经济效益,表明开展清洁生产审核工作能够使企业实现“节能、降耗、减污、增效”的目的。

(下转第 39 页)

表 5 不同机组热效率对比<sup>[10][12]</sup>

机组名称	电效率(%)	综合效率(%)	热电比	供热品质
燃气轮机	24~42	70~85	1.3~2.0	高
蒸汽背压汽轮机	14~28	84~92	4.0~22	高
凝汽式汽轮机	22~40	60~80	2.0~10.0	高
联合循环燃气轮机	34~55	69~83	1.0~1.7	中
往复式发动机	33~53	75~85	0.5~2.5	低

### 3.2.2.3 自备电厂实施清洁能源改造

根据宁波市大气污染防治行动计划<sup>[13]</sup>中“落实 10 万千瓦以下自备燃煤电站天然气改造工作,重点推进 10 万千瓦以下自备燃煤电厂的关停和天然气改造”要求进行清洁能源改造,以符合节能减排要求。

### 3.2.3 优化现有热源点布局,加大区域集中供热基础设施建设

实施集中供热是“节能、减排、增效”的有效途径<sup>[11]</sup>,各区域可抓住城市规划和产业区块调整契机,适时优化现有热源点布局,同时加大各区域集中供热基础设施建设,在集中供热覆盖区域取缔燃煤锅炉。

### 3.2.4 推行清洁生产,发展循环经济,推广清洁燃烧技术

今后相当一段时期,以煤炭为主的能源结构依然难以改变。推行清洁生产,限期淘汰落后产能,对燃煤锅炉采取强制脱硫脱硝、清洁能源替代等措施,大力发展循环经济;鼓励热力企业将供热、供电负荷分配和热电厂配煤相结合<sup>[14-16]</sup>,提高机组运行经济性;同时引入优质煤炭,推广清洁燃烧技术,对实现煤炭清洁高效利用具有重要的意义。

## 参考文献

- [1] 宁波市经济和信息化委员会,宁波能源(2015 年度报告),2016,2-21。
- [2] 宁波市环境保护局,宁波市环境统计数据(2015 年度)。
- [3] 郭涛,张旭等,热电联产火电厂“以热定电”可行性研究,东北电力技术,2013,4,13-15
- [4] 宁波市各燃煤热力企业提供的资料
- [5] 宁波各县市区环保局提供的相关文件
- [6] 杨博,我国火电企业发电能源低效原因及节能建议,2011,7,27,175-177
- [7] 陈兆卓,关于热电厂锅炉的节能措施分析,山东工业技术,2015,01,72
- [8] 蔡卫东,赵星海等,电厂蒸汽长距离供热分析,能源研究与信息,2011,27(2),95-98.
- [9] 唐成麒,热电厂气力除灰系统改造实践,科技论坛,2014,6,467
- [10] 龙惟定,分布式能源热电联产“以热定电”的新理解,暖通空调,2011,41,19;
- [11] 唐兆亮,城市集中供热存在的优势及可行性分析,电力与能源,2011,02,142
- [12] Catherine S.A review of existing cogeneration facilities in Canada [R/OL].U.S. Department of Energy Northwest Clean Application Center,2004.
- [13] 宁波市人民政府办公厅关于印发宁波市大气污染防治行动计划专项实施方案的通知,甬政办发[2015]87 号;
- [14] 付殿峰,黄国和等,基于供热发电分析的配煤优化方法,电力建设,2013,34-11,72;
- [15] Sanaei S M,Nakata T.Optimum design of district heating—Application of a novel methodology for improved design of community scale integrated energy systems[J].Energy,2012,38:190-204;
- [16] 朱啸水,王双童,锅炉配煤掺烧经济性分析评估系统[J],热力发电,2011,40(12):103-105.

(上接第 30 页)

## 5 结语

本轮清洁生产审核主要从节约原辅料能源使用、改善工艺技术与设备、优化过程控制、加强生产管理与人素质等方面入手,着眼于节能、降耗和减污,减少原辅料能源过度消耗、物料流失及废

料产生,最终达到增效的目的。由此可见,清洁生产是一种全新的发展战略,清洁生产对我国的环境保护和经济发展意义重大。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国清洁生产促进法 2012 年修订。