



燃煤工业锅炉清洁改造技术及实践

秦宏波
上海市能效中心



能效创造价值，低碳创新生活

2016年10月



汇报内容

- 一、工作背景
- 二、燃煤替代改造技术路线
- 三、主要替代技术和案例
- 四、上海清洁改造实践



一、工作背景



1、中国在用工业锅炉概况

我国在锅炉为63.89万台，其中：电站锅炉0.99万台，在用工业锅炉62.1万台。工业锅炉中，燃煤工业锅炉约50万台，占总量的80.5%左右，年耗煤约5亿吨，其中供热行业燃煤约2亿吨，工业热力领域燃煤约3亿吨。

数据来源：2015中国工业锅炉行业年鉴



2、存在的主要问题

- 技术装备落后
- 经济运行水平不高
- 燃料匹配性差
- 环保设施不到位
- 政策法规不完善



3、近年工业锅炉的节能减排政策

2013年9月，国务院发布《大气污染防治行动计划》，给出了2017年前大气污染治理蓝图，并对各省市降低PM2.5浓度提出具体要求。

- 全国地级及以上城市可吸入颗粒物浓度比2012年下降10%以上，优良天数逐年提高；
- 京津冀、长三角、珠三角等区域细颗粒物浓度分别下降25%、20%、15%左右；
- 加快淘汰落后产能。提前一年完成钢铁、水泥、电解铝、平板玻璃等21个重点行业的“十二五”落后产能淘汰任务。



3、近年工业锅炉的节能减排政策

2014年10月，国家发改委、环境保护部、财政部、国家质检总局、工业和信息化部、国管局和国家能源局共同发布了《燃煤锅炉节能环保综合提升工程实施方案》。

- 到2018年，推广高效锅炉50万蒸吨，高效燃煤锅炉市场占有率由目前的不足5%提高到40%；
- 淘汰落后燃煤锅炉40万蒸吨；
- 完成40万蒸吨燃煤锅炉的节能改造；
- 推动建成若干个高效锅炉制造基地，培育一批大型高效锅炉骨干企业；
- 燃煤工业锅炉平均运行效率在2013年的基础上提高6个百分点，形成年4000万吨标煤的节能能力，减排100万吨烟尘、128万吨二氧化硫、24万吨氮氧化物。



3、近年工业锅炉的节能减排政策

2015年，国家能源局发布了《煤炭清洁高效利用行动计划（2015-2020年）》，提出加强煤炭质量管理，构建清洁、高效、低碳、安全、可持续的现代煤炭清洁利用体系。

- 全国新建燃煤发电机组平均供电煤耗低于300克标准煤/千瓦时；
- 到2017年，全国原煤入选率达到70%以上；
- 现代煤化工产业化示范取得初步成效，燃煤工业锅炉平均运行效率比2013年提高5个百分点。
- 到2020年，原煤入选率达到80%以上；
- 现役燃煤发电机组改造后平均供电煤耗低于310克/千瓦时，电煤占煤炭消费比重提高到60%以上；
- 现代煤化工产业化示范取得阶段性成果，形成更加完整的自主技术和装备体系；
- 燃煤工业锅炉平均运行效率比2013年提高8个百分点；
- 稳步推进煤炭优质化加工、分质分级梯级利用、煤矿废弃物资源化利用等的示范，建设一批煤炭清洁高效利用示范工程项目。



二、燃煤替代改造技术技术路线



1、基本原则

- (1) 应达到节能减排降耗目的
- (2) 改造设计必须进行优化
- (3) 必须满足安全生产要求
- (4) 燃气锅炉房改造设计应执行GB5004-2008
锅炉房设计规范
- (5) 完善锅炉房内其他节能减排措施



2、技术路线





三、主要替代技术和案例



技术1：贯流式锅炉高效节能技术

技术特点

采用了W型烟气流程，在对流传热部位采用了特殊的鳍片管，增加了换热的面积、烟气流速和扰动度，提高了传热的效果。锅炉上有自动控制电脑，能实现安全预警功能、报警联锁功能、能效管理功能、远程通讯功能。燃烧器上安装具有自诊断功能的火焰感应器、给水管上装有新型双密封止回阀、蒸汽管路上安装有失效保护型蒸汽压力开关、新型破真空阀等保证锅炉安全稳定的运行。

应用领域

主要用于制造业（橡胶、包装、造船）、食品、饮料（果汁、碳酸饮料、乳酸菌饮料等）、制药、酒行业（白酒、啤酒）、学校、政府机关等企事业单位。



技术1：贯流式锅炉高效节能技术

典型案例

某啤酒有限公司原来使用3台10t/h的燃煤锅炉，锅炉产生的蒸汽主要用于工业流水线。现将原燃煤锅炉改造为12台2t/h燃气锅炉。

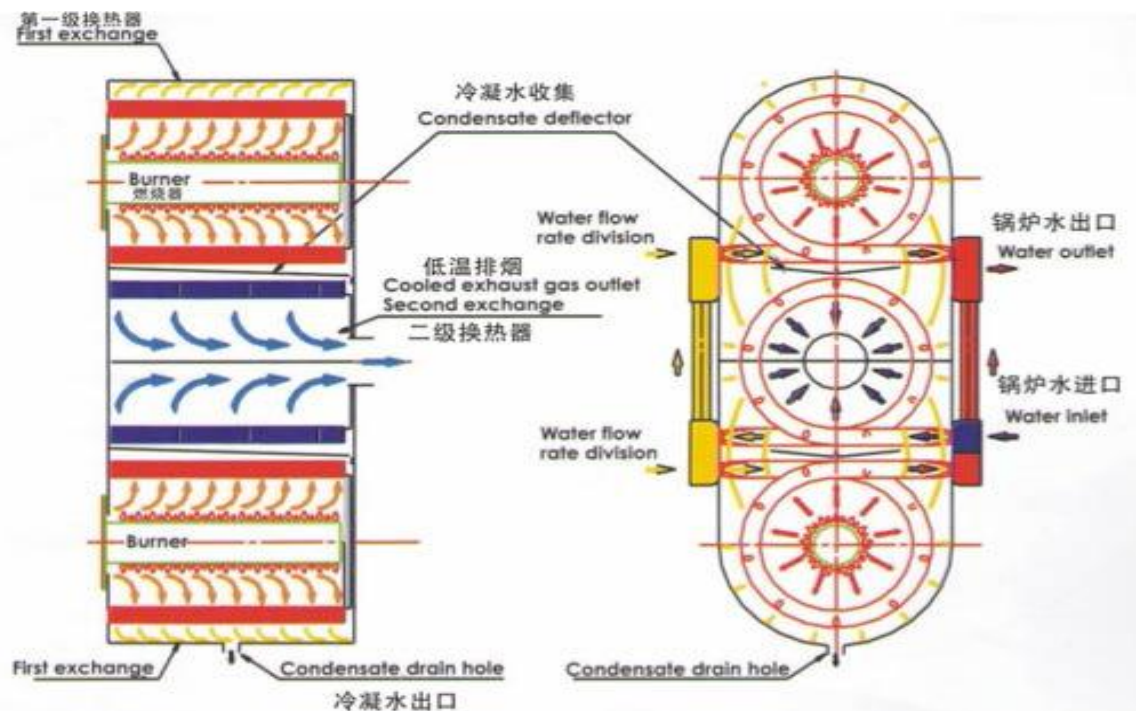
项 目	改造前	改造后
锅炉	3×10吨/时蒸汽燃煤锅炉	12×2吨/时蒸汽燃气锅炉
锅炉房面积（平方米）	2200（含堆煤场）	440
操作人员（人）	16	6
年燃料消耗量	12100吨煤	540万立方米天然气
折合标准煤	8643吨	6557吨
年节约标准煤	2086吨	
二氧化硫排放（吨）	115.19	0
氮氧化物排放（吨）	35.57	10.10
烟尘排放（吨）	38.72	0
二氧化碳排放（万标立方米）	13074	7358



技术2： 冷凝式热水锅炉

技术特点

通过对烟气冷凝回收烟气中的热能。由于天然气成分不同，天然气高位发热值与低位发热值的差值，通常来说，每 m^3 天然气燃烧后可以产生1.55 kg 水蒸汽，气化潜热约3700kJ，占天然气高位发热值的10 %左右。





技术2：冷凝式热水锅炉

典型案例

某小区为新建的高档小区，实际供暖面积约70000平方米。该小区原采用4台2蒸吨的普通天然气锅炉，产生的室内热水用于小区的供暖。由于普通天然气锅炉热效率不高，再加上经营管理水平不高，一直以来都处于亏损的状态。后采用合同能源管理的方式新建锅炉房，采用供暖收费的方式提供暖气供应。

项目	改造前	改造后
锅炉	4×2 蒸吨天然气锅炉	7 × 5 0 0 千瓦冷凝式锅炉
锅炉房面积(平方米)	420	30
操作人员(人)	3	1
年燃料消耗量	82万立方米天然气	48万立方米天然气
折合标准煤	996吨	583吨
年节约标准煤	413吨	

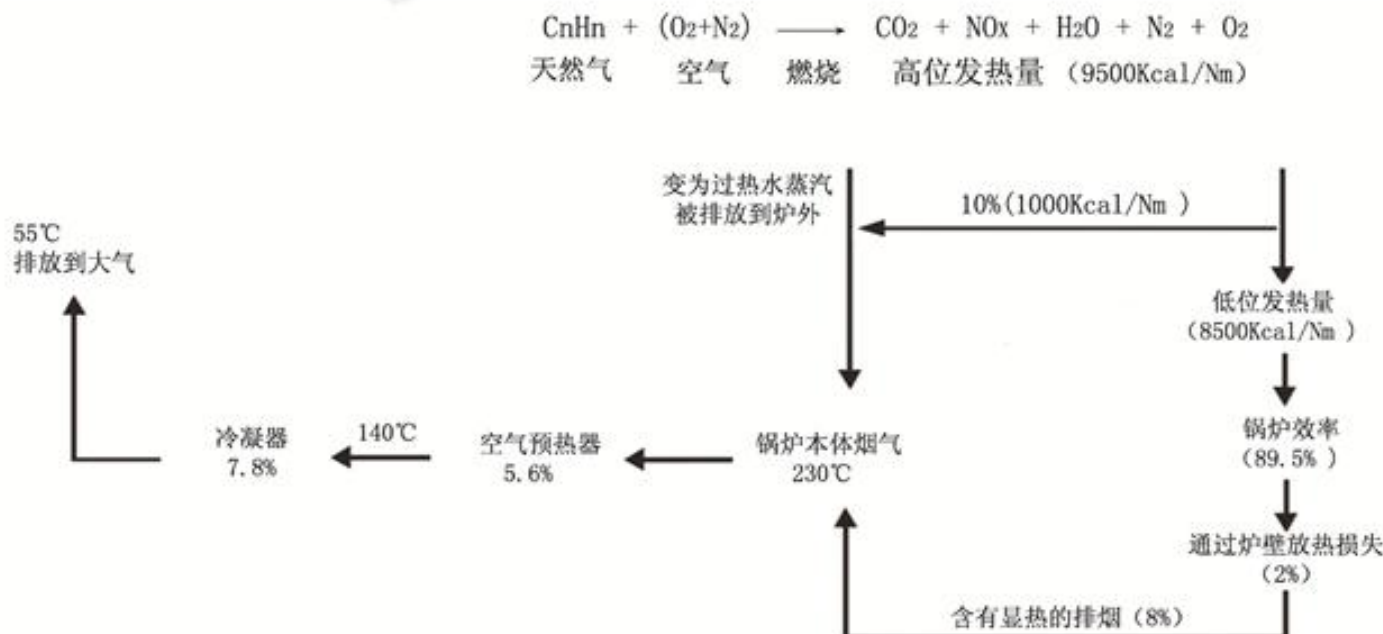
改造后，维修成本下降了57 %，人工成本下降了67 %，项目从亏损变为盈利，回收期小于5年。



技术3：冷凝余热回收技术

技术特点

冷凝式余热回收锅炉就是指通过冷凝排烟烟气中的水蒸汽，使得烟气中的显热与水蒸汽中的汽化潜热得以回收利用，从而提高热效率的锅炉。冷凝锅炉的排烟温度必须达到天然气露点温度以下，上海地区为70℃以内，（纯净天然气露点温度60℃左右）。





技术3：冷凝余热回收技术

示范案例

某公司原来运行2台4t/h的燃煤蒸汽锅炉，用于生产工艺。现将燃煤锅炉改造为1台6t/h的燃天然气冷凝式蒸汽锅炉。

测试工况 (kg/h)	6159.00
锅炉正平衡效率 (%)	101.8 (按天然气低位热值)
冷凝器后排烟温度 (℃)	54.8
过量空气系数	1.17

改造后的效果：

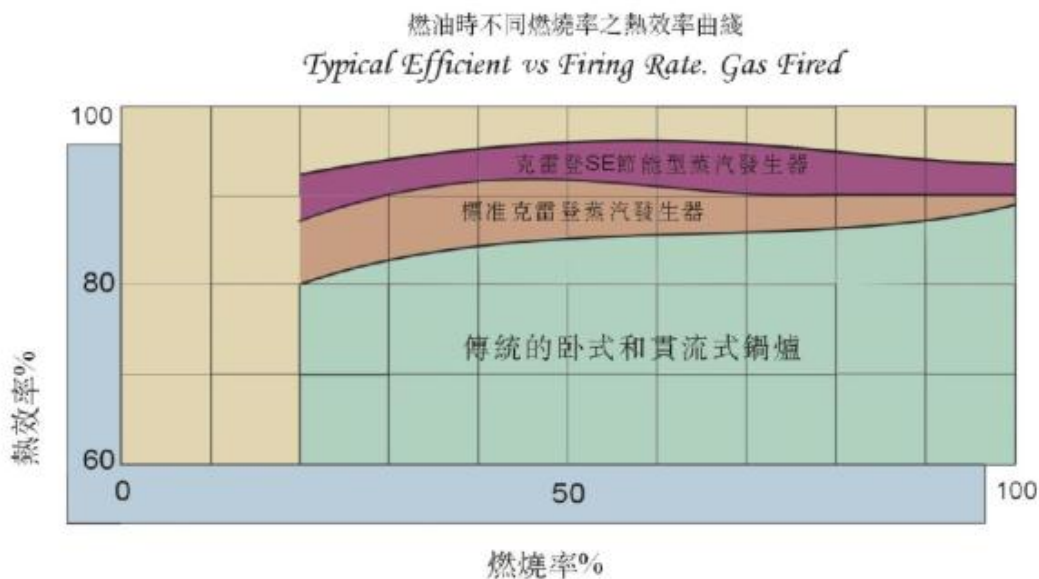
- 1) 大气排放指标达标。
- 2) 相比燃煤锅炉燃料成本，天然气燃料运行费用超过一倍多。
- 3) 员工由原来4人降为2人。人工成本下降50%。



技术4：直流式锅炉（蒸汽发生器）技术

技术特点

- （1）安全性高。蒸汽发生器本身包含的水容量很少，一般约为其蒸发量的16%，加之其结构型式为立式盘管型式，因而即便出现裂缝也只是盘管裂管。
- （2）结构紧凑。面积只有燃煤锅炉的1/4~1/3。这样不但节省了大量空间，同时又节约了基建投资费用。蒸汽发生器系统如下图所示。
- （3）蒸汽品质高。蒸汽发生器输出蒸汽的干度可达99.5%，能有效遏止冷凝水的积聚，提高热效率，减少资源的损耗，从而减少运行费用。
- （4）操作简单、维护保养费用低、使用寿命长。





上海能效

技术4：直流式锅炉（蒸汽发生器）技术

典型应用

某饮料公司采用直流式燃气蒸汽发生器对燃煤锅炉进行了改造。改造后整个系统较燃煤锅炉减少了水膜除尘系统，节约了大量的水资源，并且无固体废气排放物，高效自动化操作，提高了生产力。在排烟温度上，与燃煤锅炉相比，有较大的降低：2007年燃煤锅炉月平均排烟温度为 258.5°C ，2009年7月-2010年6月燃气锅炉月平均排烟温度为 100.4°C 。

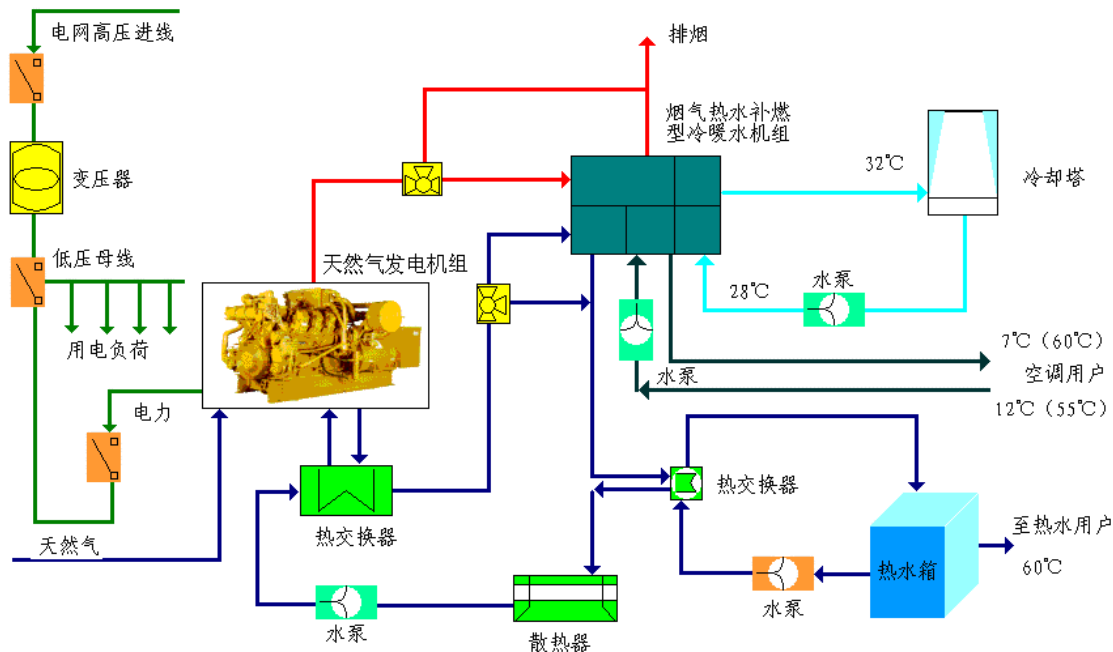




技术5：天然气分布式供能技术

技术特点

天然气分布式能源系统的技术核心为“能源梯级利用”。即在用户侧利用天然气燃烧的高温段（800-1100℃）热量进行发电，发电后余热低温段（300-500℃）被利用来制热（冷），实现能源梯级利用，一次能源利用效率达到70%以上，相比分产系统（市电+燃气锅炉）可实现节能25%以上，减排CO₂33%以上。同时，使用户获得电、冷、热等多形式供能，实现用电安全性的提高。





技术5：天然气分布式供能技术

典型应用

某地区一家的综合性医院。住院床位总共700张，整个医院需要的能源主要由电力、生活热水、消毒蒸汽和空调，医院的用电使用四台变压器。且该医院需要使用60℃热水，最高每日用水量为130t，最低用水量为35t。

改造前：采用燃气蒸汽锅炉，产生蒸汽，通过换热装置产生60℃热水。多次换热，效率低；且燃气费用较高。

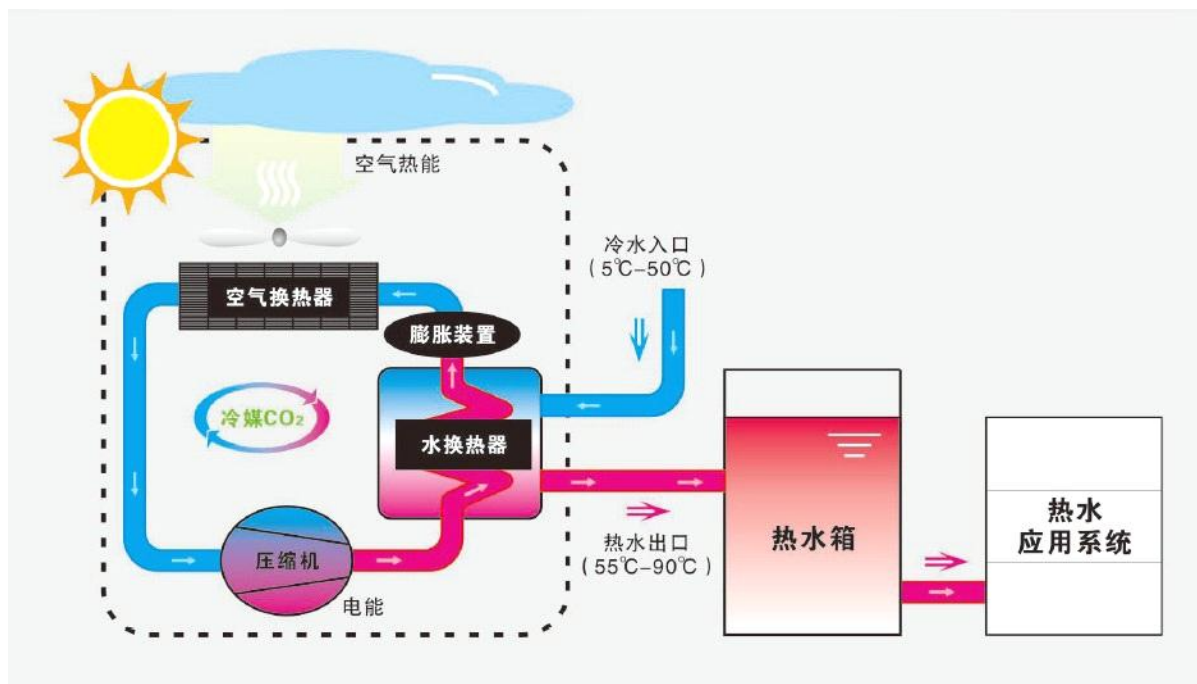
改造后：采用天然气分布式能源系统，主要设备使用3台Capstone C65 I CHP微型燃气轮机发电热水一体机。利用该机组内置的余热回收模块产生热水，满足医院60℃热水需求；产生电力满足医院基本电负荷需求，且在医院停电后可单独供电，保证医院关键电力。系统发电功率为195kW，小时产热量为6吨/小时。改造后年节约费用97.2万，减排二氧化碳385吨。



技术6：二氧化碳热泵技术

技术特点

热泵是利用设备内的吸热介质（冷媒）从空气或自然环境中采集热能，经压缩机压缩后提高冷媒的温度，并通过热交换器冷媒放出热量加热冷水，同时排放出冷气，制取的热水通过水循环系统送入用户进行采暖或直接用于热水供应。





技术6：二氧化碳热泵技术

典型应用

上海某饭店建筑面积16563平方米，全天24小时为客房、厨房及盥洗室提供热水，冬季平均日用水量为47吨，夏季平均日用水量为35吨，年日均用水量为42吨，改造前使用燃油锅炉作为热源来完成每天的制热任务。由于燃油每年消耗量大，导致每年燃油费用高昂，期间将原有的燃油蒸汽锅炉改造成燃油热水锅炉，但仍然收效甚微，后来决定使用两台18kW二氧化碳热泵替代原有燃油锅炉。

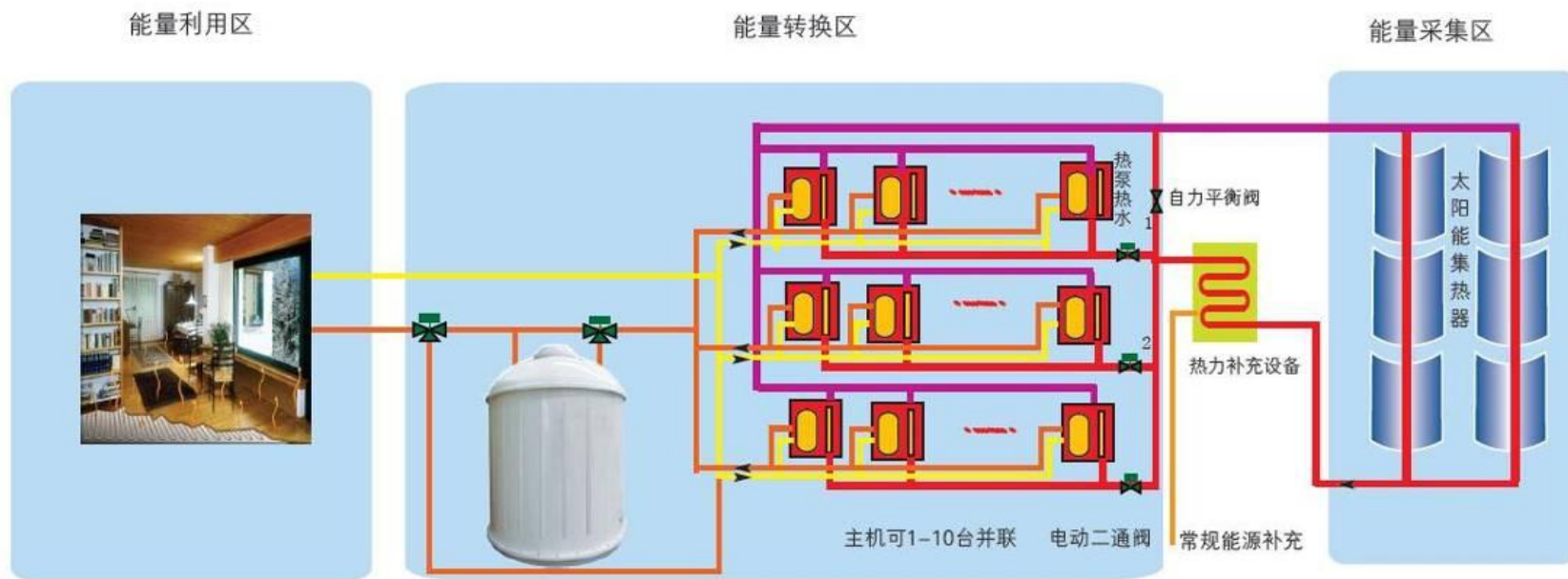
月份	2010年燃油蒸汽锅炉制热水 每月耗油(吨)	按目前油价 8450元/吨 费用(万元)	2011年燃油热水锅炉制热水 每月耗油(吨)	按目前油价 8450元/吨 费用(万元)	2012年热泵制 热水耗电 (万度)	2012年热泵制 热水费用 (万元)	同比2010年 燃油蒸汽锅 炉能耗降幅	同比2011年 燃油热水锅 炉能耗降幅
5月	12.32	10.41	8.34	7.05	1.26	0.67	93.57%	90.49%
6月	9.67	10.17	6.68	5.65	1.19	0.63	92.28%	88.84%
7月	6.68	5.65	5.5	4.65	0.9	0.48	91.50%	89.67%
8月	7.02	7.93	5.45	4.61	0.9	0.48	91.90%	89.58%
9月	8.04	7.79	5.55	4.69	1.14	0.61	91%	86.99%
10月	11.29	10.54	7.76	6.56	1.48	0.78	91.82%	88.10%
11月	12.32	10.41	8.34	7.05	1.89	1.33	87.22%	81.13%
12月	13.5	11.4	10.5	8.87	1.57	1.1	90.35%	87.59%
合计	80.84	68.3	68.12	49.11	10.33	6.08	91.09%	87.61%



技术7：太阳能热泵技术

技术特点

太阳能热泵中央热水系统是通过聚光型槽式集热器吸取太阳能加热导热油，通过高温导热油驱动空气源吸收式热泵机组，以从空气中提取热量，达到太阳能、空气能的结合，使两种新能源浑然天成。





技术7：太阳能热泵技术

典型应用

某银行原来使用一台1台1吨/时燃煤锅炉。锅炉生产的热水主要用于职工和接待中心生活热水。原有燃煤锅炉改为180m²槽式太阳能+4台热力式热泵，新系统热泵采用并联形式，能根据热水需求调控热泵的开启台数。天气晴好时，太阳能热泵系统全天可免费提供40吨50℃生活热水。

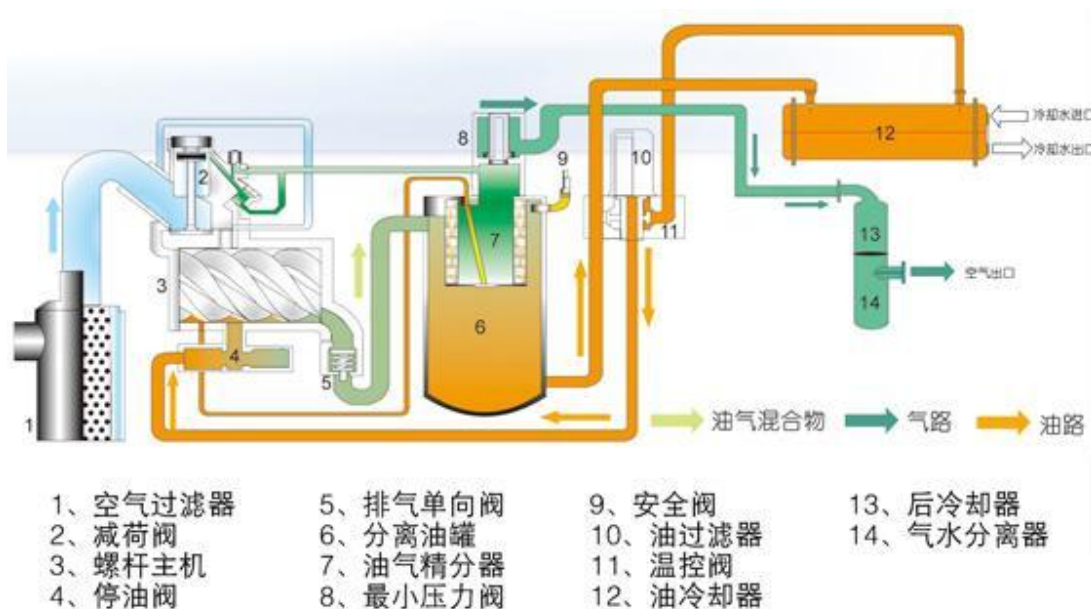
改造后，维修成本下降了55%，人工成本下降了66%，每吨水的成本降低了20%；每年可节约燃料折算成标准煤为75吨；年减排二氧化硫1.97吨，氮氧化物0.61吨，烟尘0.66吨，二氧化碳110.32万标立方米。



技术8：空压机热回收技术

技术特点

对于喷油螺杆压缩机，其主机出口油温一般可以达到90-105℃，喷油温度（即经过冷却后）一般控制在65-75℃左右。喷油螺杆压缩机的输入功率大约有80%（大部分轴功率）是作为热量通过冷却器带走，散耗在环境中的。冷却器又分空气冷却器和油冷却器。如果以50%计算，那么通过的油冷却器的散热量大约占空压机输入功率的40%。

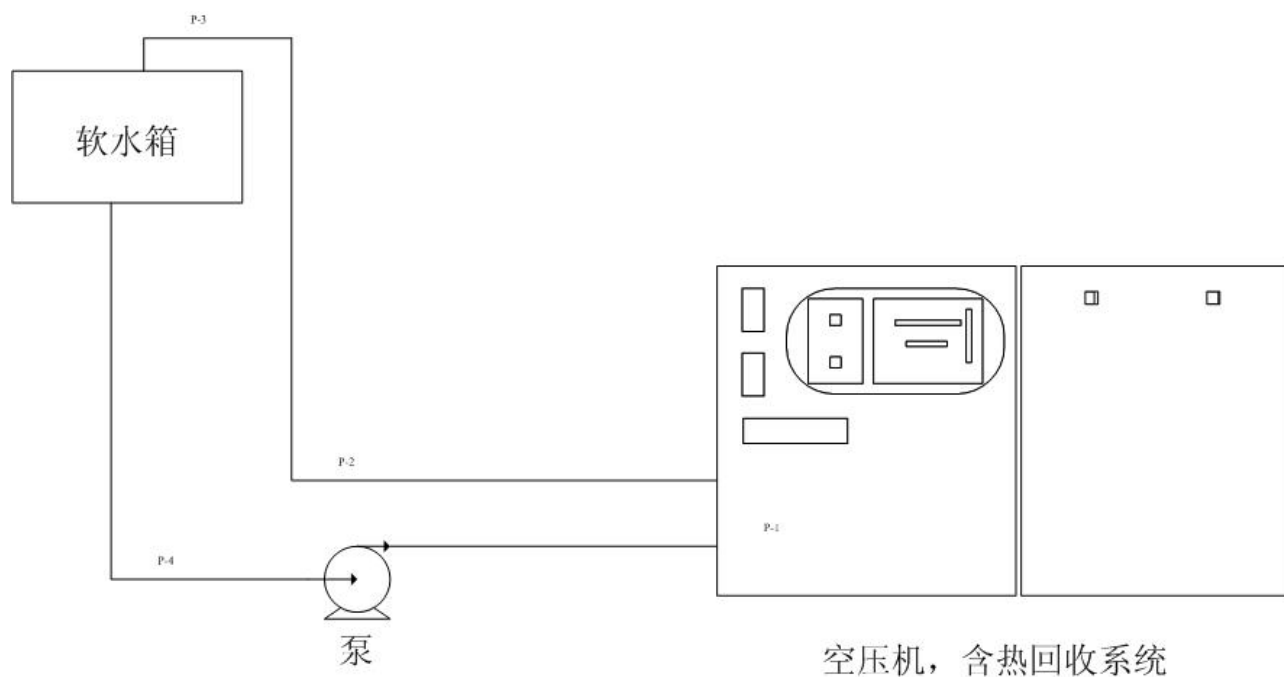




技术8：空压机热回收技术

典型应用

某日化企业进行了空压机热回收改造，在顺利安装和调试后，进行了数据的观察，2008 年4月28 日9:00 至2008 年4月29 日9:00，24 小时的时间内，在循环加热补充过程中观察得到水箱的水温在 54°C – 67°C ，平均水箱温度为 59.8°C ，4 小时补水共计30t。投资回收期约1年。





四、上海清洁改造实践



1、上海市工业锅炉节能减排工作历程

第一阶段（“十五”期间）：上海市出台了《“基本无燃煤区”区划和实施方案》，推动内环线以内无燃煤区建设。

第二阶段（“十一五”期间）：国家出台《“十大重点节能工程”实施方案》，上海对4t/h以上燃煤锅炉进行热工测试，推进节能改造。

第三阶段（“十二五”期间）：上海全面推进工业锅炉的清洁能源替代工作。



2、替代前燃煤锅炉情况

2013年，上海市经济和信息化委员会联合上海市环保局和上海市市质量技监局等单位对上海市市燃煤（重油）锅炉和窑炉的情况进行了新一轮排摸。

数据显示，本市目前在役的燃煤（重油）锅炉及工业窑炉共2898台，其中，燃煤（重油）锅炉2536台和窑炉362台。

锅炉和窑炉每年消耗煤炭约390万吨，重油约10万吨，木材约30万吨，焦炭约6万吨，共折合标准煤约313万吨。这些燃料燃烧排放CO₂ 约826万吨，SO₂ 2.4万吨，NO_x 2.4万吨，粉尘 1.31万吨。



3、主要替代举措

举措1：摸清家底，建立动态数据库

举措2：出台实施方案和奖励政策

举措3：开发技术支撑资料，开展培训和对接

举措4：主动帮助大用户评估，提供技术方案

举措5：委办、区县、街镇联动

举措6：出台更严格环保，开展严格执法



举措1：摸清家底，建立动态数据库

对全市存量燃煤（重油）锅炉和窑炉进行了梳理，建立了动态数据库。





上海能效

举措2：出台实施方案和奖励政策

制定了《上海市关于燃煤（重油）锅炉清洁能源替代实施方案》及《上海市推进燃煤（重油）锅炉清洁能源替代扶持办法》。



000051

上海市人民政府办公厅文件

沪府办发〔2012〕36号

上海市人民政府办公厅关于转发市发展改革委等六部门制订的上海市燃煤（重油）锅炉清洁能源替代工作方案和专项资金扶持办法的通知

各区、县人民政府，市政府各委、办、局：

市发展改革委、市经济信息化委、市环保局、市财政局、市建设交通委、市质量技监局制订的《上海市燃煤（重油）锅炉清洁能源替代工作方案》和《上海市燃煤（重油）锅炉清洁能源替代专项资金扶持办法》已经市政府同意，现转发给你们，请按照执行。



二〇一二年六月十六日

上海市经济和信息化委员会
上海市环境保护局
上海市发展和改革委员会
上海市财政局
上海市城乡建设和交通委员会
上海市质量技术监督局

文件

沪经信节〔2012〕681号

上海市经济信息化委、市环保局、市发展改革委、市财政局、市建设交通委、市质量技监局关于落实本市2012年燃煤（重油）锅炉清洁能源替代工作的通知

各有关单位：

为贯彻落实《上海市人民政府关于印发上海市2012年节能减排和应对气候变化重点工作安排的通知》（沪府发〔2012〕20号）以及《上海市人民政府办公厅关于转发市发展改革委等六部门制订的上海市燃煤（重油）锅炉清洁能源替代工作方案和专项资金扶持办法的通知》（沪府办发〔2012〕36号），加快本市燃煤（重油）锅炉清洁能源替代，改善大气环境质量，优化能源结构，现就落实本市2012年燃煤（重油）锅炉清洁能源替代工作通知如下：

一、协调推进机制

-1-



补贴标准

➤ 燃煤锅炉（单位：万元/蒸吨）

档次	市级	区级	合计	区域
一	8	12	20	黄浦、徐汇、长宁、普陀、闸北、虹口、杨浦
二	12	12	24	浦东、宝山、闵行、嘉定、松江
三	20	10	30	金山、青浦、奉贤、崇明

➤ 燃重油锅炉

补贴标准为10万元/蒸吨，市区各承担50%

➤ 其他

- 1、市级补贴最高不超过500万元，区级最高不超过250万元。
- 2、不得与分布式供能补贴政策重复申请





上海能效

举措3：开发技术支撑材料，组织培训和对接

上海市燃煤（重油）锅炉

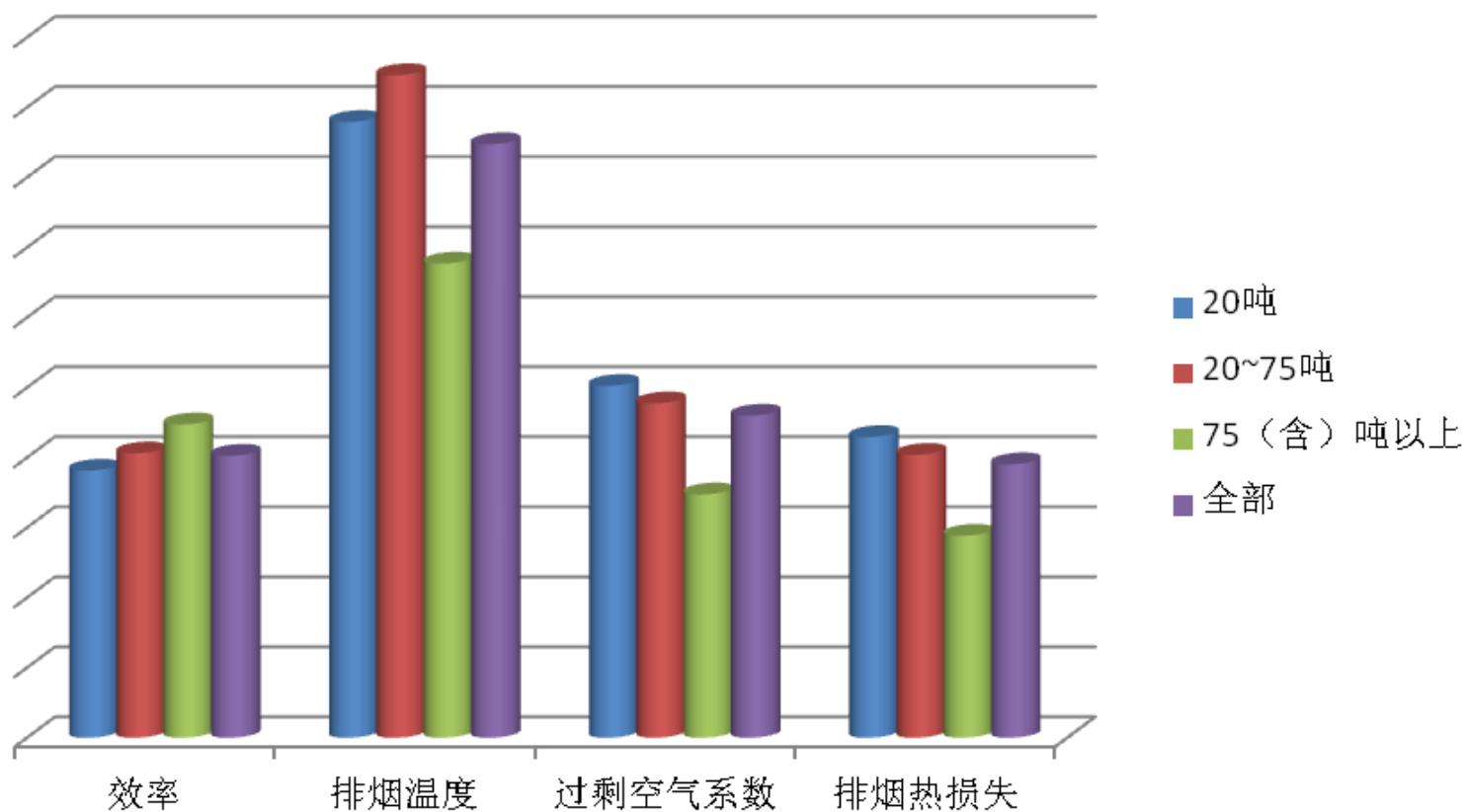
清洁能源替代及节能改造实用指南

[illegible]



上海能效

举措4：主动帮助大用户评估，提供技术方案





举措5：委办、区县、街镇联动

燃煤（重油）锅炉清洁能源替代

工 作 专 报

第4期（总第18期） 2015年8月17日

上海市燃煤（重油）锅炉清洁能源替代推进工作小组办公室

本 期 内 容

- ★ 蒋卓庆副市长赴奉贤调研锅炉清洁能源替代
- ★ 宝山区调研报告：发挥“集中供热”优势
- ★ 松江区调研报告：发改委加强统筹协调
- ★ 至8月15日全市累计完成情况《晴雨表》
- ★ 电力公司拓展客户提供优质服务
- ★ 推进工作简讯三则

蒋卓庆副市长赴奉贤调研锅炉清洁能源替代

8月3日下午，蒋卓庆副市长前往在全市燃煤（重油）锅炉清洁能源替代工作中“数量最多、压力最大”的奉贤区调研。蒋副市长对奉贤区这两年来在锅炉窑炉清洁能源替代工作中取

燃煤（重油）锅炉清洁能源替代

工 作 专 报

第5期（总第19期） 2015年9月6日

上海市燃煤（重油）锅炉清洁能源替代推进工作小组办公室

本 期 内 容

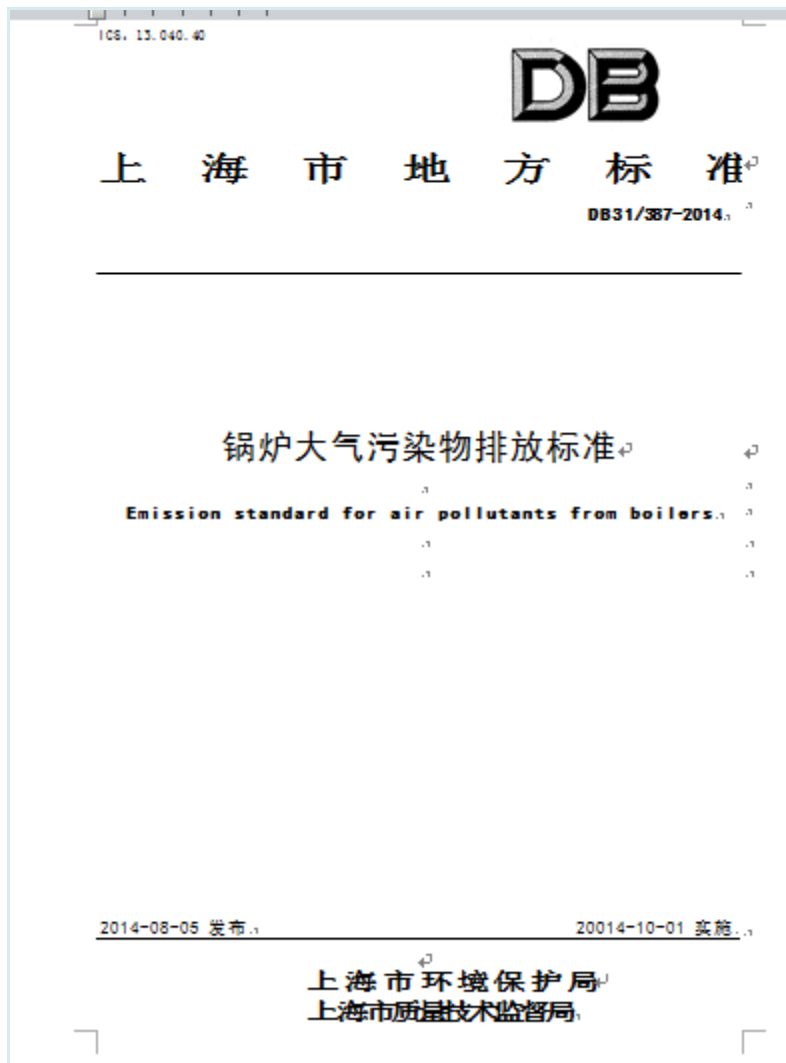
- ★ 市政府召开“全面完成替代”专题会议
- ★ 至8月31日全市累计完成情况《晴雨表》
- ★ 九区县雷厉风行抓落实，促进度、保目标
- ★ 工作简讯两则

市政府召开“全面完成替代”专题会

8月18日，市政府召开燃煤（重油）锅炉清洁能源替代工作专题会议。市政府有关委办局和区县领导参加会议。会议听取市经信委总工程师原清海就1-8月全市推进工作作的汇报，市有关委办局和区县也分别进行了汇报。市政府副秘书长黄融会上做了讲话；副市长周波、蒋卓庆出席会议并作重要指示。



举措6：出台更严格环保，开展严格执法



3.2 标准状态 standard condition

指温度在 273K，压力在 101325Pa 时的气体状态，简称“标态”。本标准规定的排放浓度均指标准状态下的干烟气中的数值。

3.3 氧含量 O₂ content

燃料燃烧时，烟气中含有的多余的自由氧，通常以干基容积百分数来表示。

3.4 锅炉大气污染物排放浓度 emission concentration of air pollutants from boilers

指在标准状态下，排气筒中干排气所含污染物在任何 1h 浓度平均值，单位为：mg/m³（标态）或 mg/Nm³。

3.5 烟囱高度 stack height

从锅炉所在地±0 地面至烟囱排放口的垂直距离，单位为：m。位于地面以下的锅炉应扣除从锅炉所在地表面至±0 地面部分。

3.6 新建锅炉和在用锅炉 new and in-use boiler

新建锅炉：本标准实施之日起，环境影响评价文件通过审批的新建、改建、扩建的锅炉。

在用锅炉：指本标准实施之日前，已建成投产或环境影响评价文件已通过审批的锅炉。

4 大气污染物排放控制要求

4.1 大气污染物排放限值

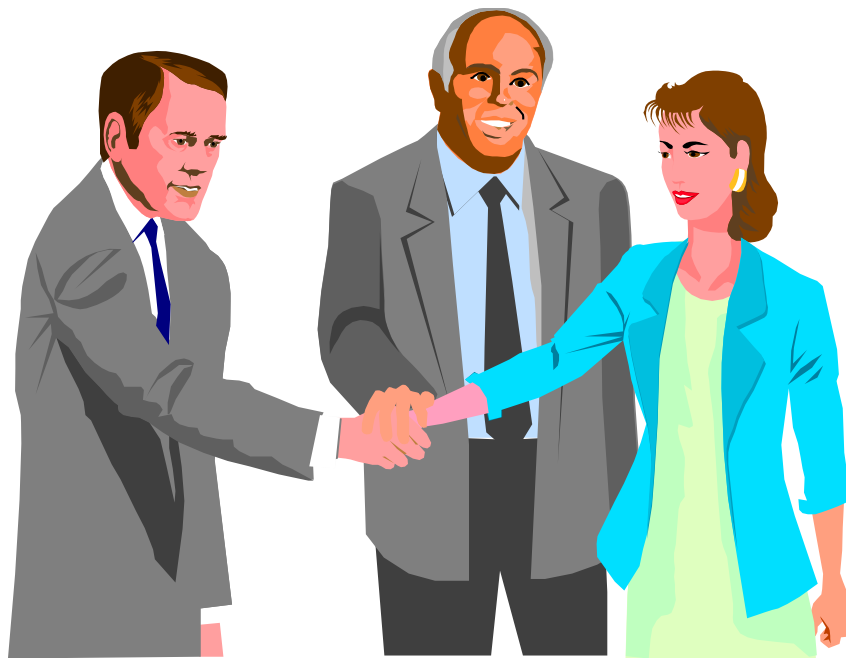
4.1.1 自本标准实施之日起至2015年9月30日，在用锅炉（集中供热锅炉及额定蒸发量小于65t/h的热电联产锅炉除外）执行表1规定的大气污染物排放限值。自本标准实施之日起至2017年9月30日，在用集中供热锅炉及额定蒸发量小于65t/h的热电联产锅炉执行表1中规定的排放限值。

表1 在用锅炉大气污染物排放限值（单位：mg/Nm³）

锅炉类别	烟尘	二氧化硫	氮氧化物 (以 NO ₂ 计)	烟气黑度 (林格曼黑度，级)	监控位置
燃煤、燃生物质 锅炉	80	300	400	1	烟囱排放口
燃油锅炉	50	300	400		
燃气锅炉	30	50	200		



上海能效



谢谢！

Thank you for your attention!

联系方式



上海能效



秦宏波

地址：上海市虹口区中山北一路121号（花园路171号）A1栋7楼

邮编：200083

电话：021-60805055

传真：021-60805085

电子邮箱：qinhognbo@esco.com.cn

网址：www.esco.com.cn

上海市能效中心 / 上海市节能服务中心