

第六章 电力行业

案59.

零能耗脱硫资源综合利用技术

零能耗脱硫资源综合利用技术

——燃煤发电行业清洁生产关键技术案例



技术来源：上海外高桥第三发电有限责任公司

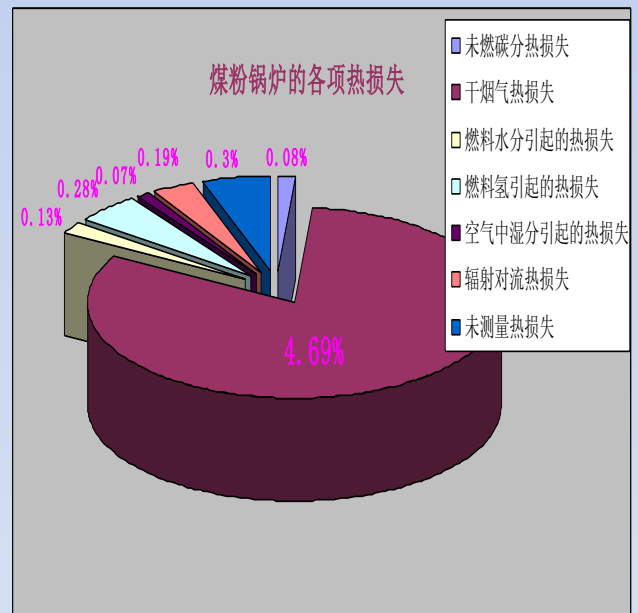
技术实施单位：上海外高桥第三发电有限责任公司

大量排放二氧化硫所带来的严重环境危害人们已感受至深。《中华人民共和国大气污染防治法》明确要求控制致酸物质的排放，控制其造成的危害。



装机容量的快速增长，使得我国脱硫形势日益严峻。燃煤电厂在脱硫装置上的投入产生的只是环境效益与社会效益而没有直接的经济效益,且脱硫岛投用后要消耗电厂大量生产运营成本和检修维护成本,大大限制了火电企业脱硫的积极性。

排烟热损失是由于排出锅炉时的烟气焓高于进入锅炉时的空气焓而造成的热损失,它是煤粉锅炉热损失中最重要的一项。大、中型煤粉锅炉排烟温度每降低 20°C 可使排烟热损失减少约1%。



如何控制管道的低温腐蚀是从脱硫烟气中获得利益的前提条件

我们必须解决传统烟气余热回收装置重点管材的低温腐蚀和堵灰问题。

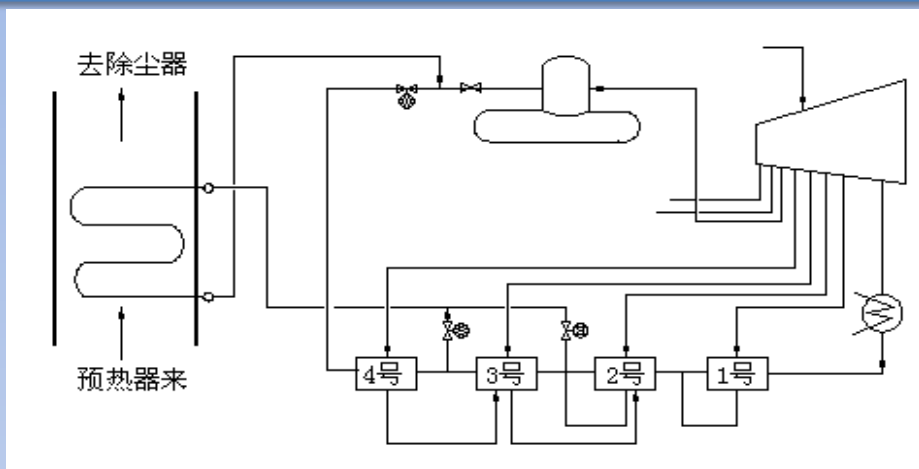


图2.1 山东某电厂低压省煤器系统连接图

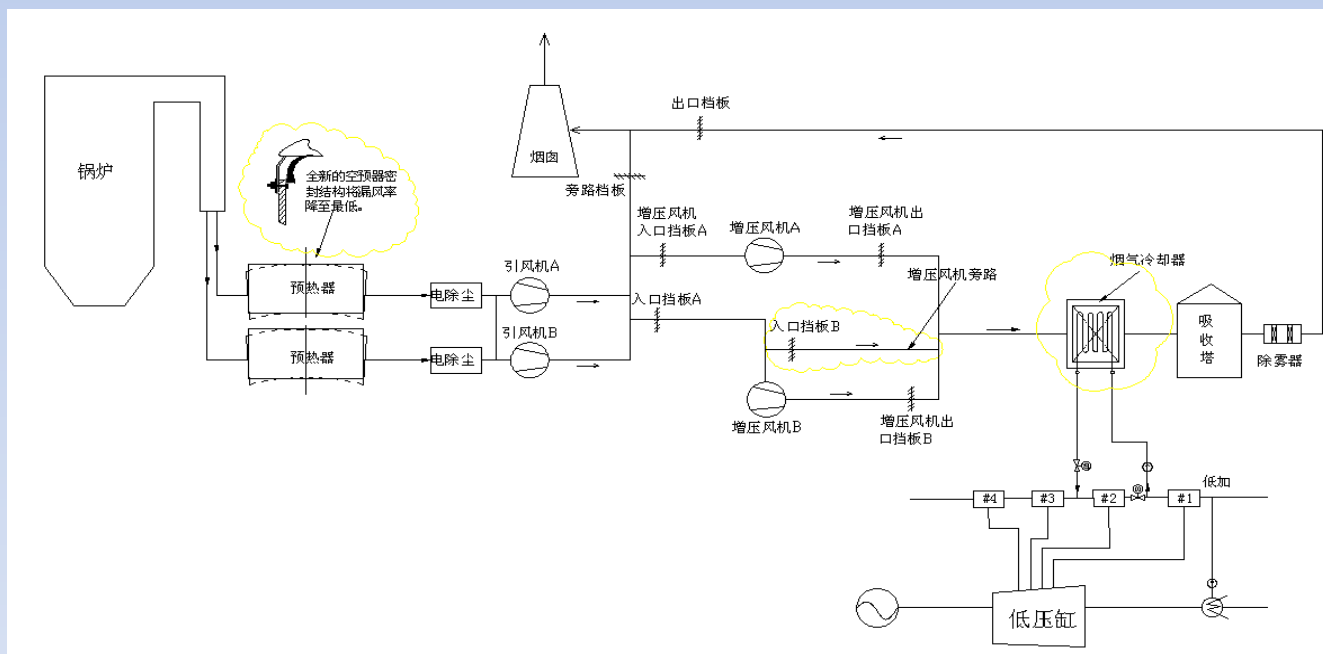


图2.2 系统优化后连接示意图

本技术原理

本技术是将传统的低温省煤器技术应用于烟气脱硫系统的延伸，它既保留了低温省煤器的部分特质，同时又对传统低温省煤器系统进行了很大的改进，将本技术应用于脱硫系统后，不但能大大提高机组的经济性，还能将脱硫吸收塔内的工业水使用量降低40%以上。

技术创新点

本项技术首次突破性的解决了长期以来困扰火电厂低温烟气余热回收面临的金属低温硫酸腐蚀问题。

为火电厂烟气热源的回收和利用这一巨大废热利用潜力开拓了全新的局面。

1、该技术首创性的解决了机组运行负荷变化对传热管运行工况的影响

2、研发了受热面的低温腐蚀控制技术。

3、研发了一整套的科学管理和自动控制体系。

4、研发了与上述技术配套的创新设备。

5、极大的节约脱硫系统的水耗。

6、烟囱烟气排放量大大减小。

关键技术创新突破1：低温烟气余热回收利用技术

★开发全向柔性空预器密封技术，降低漏风率，显著减少低负荷排烟量，冷风泄漏的减少，又相对提高了排烟温度。

★取消脱硫系统传统的GGH，在吸收塔前加装热交换装置，利用烟气余热加热凝结水获取经济效益。

★由于进入吸收塔的烟气温度降低，从而减少吸收塔内工业冷却水耗用量，脱硫系统工艺水用量可大大减少，相应也降低了排烟总量。



关键技术创新突破2：受热面的低温腐蚀控制技术

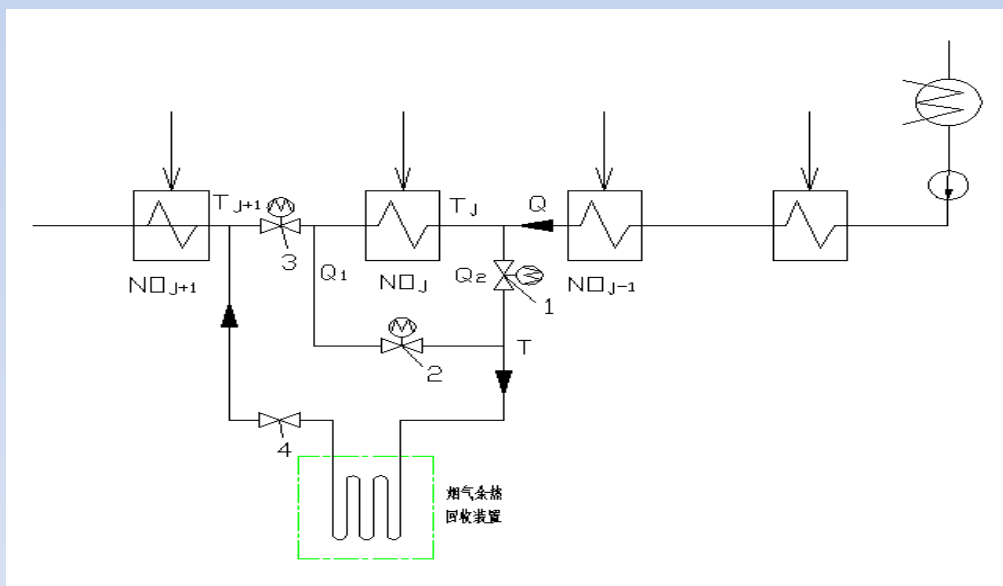
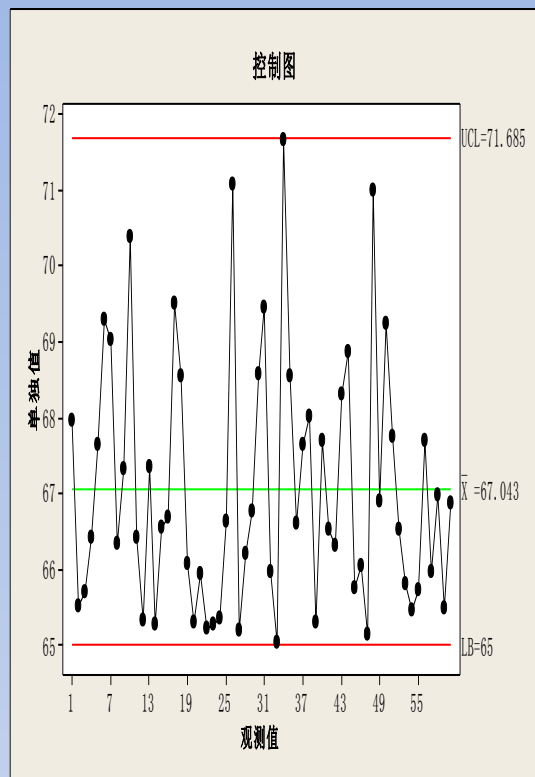
★运用DOE方法对影响低温腐蚀的因素进行综合分析和测试，最终确定最佳的相关工艺参数，实现了换热器设置在静电除尘器后的低尘区运行，解决了传统烟气余热回收装置的磨损和堵灰问题。

★本项技术首次突破性的解决了长期以来困扰火电厂低温烟气余热回收面临的金属低温硫酸腐蚀问题。为火电厂烟气热源的回收和利用这一巨大废热利用潜力开拓了全新的局面。



关键技术创新突破3：传热管壁温自动控制技术

★建立一套完善的**传热管壁温自动控制系统**，自动控制的总体思路是通过**对机组给水回热系统的改进**，利用不同级给水回热系统温度不同的特性，改变各级给水回热系统至烟气余热回收系统进口的分水流量，达到改变进口水温的目的，随着负荷的波动各级给水回热系统的分水流量比例自动调整，满足传热管使用壁温的要求。



传热管壁温自动控制技术系统图

设计煤种元素分析（外三项目）

Car	Har	Oar	Nar	St, ar	Aar	Mad	Qnet, ar
%	%	%	%	%	%	%	MJ/kg
61.45	3.61	0.71	7.80	0.43	12	10	23.42

采用前苏联73年锅炉机组热力计算标准方法为例计算烟气酸露点温度

$$t_{DP} = t_{DP,O} + \frac{\beta \cdot \sqrt[3]{S_{ZS}}}{1.05^{\alpha_h \cdot A_{ZS}}}$$

烟气酸露点
温度：120℃

问题

按照文献计算出的烟气酸露点温度显著高于本项目实际可使用的烟气温度范围

基于DOE的低温腐蚀机理的深入研究

**研究
目标**

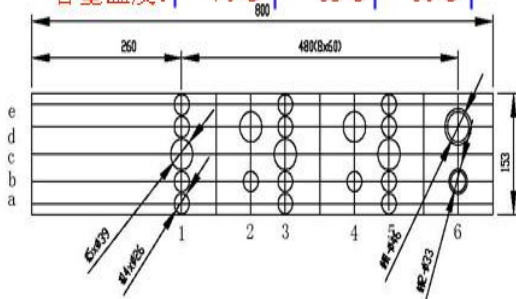
- ❖ 各种不同管材传热管低温腐蚀特性研究
- ❖ 不同给水流速对传热管低温腐蚀特性研究
- ❖ 不同给水温度对传热管低温腐蚀特性研究

a1, a3, a5, b2, b4, b6; 材料：钢1#-标记：A
b1, b3, b5; 材料：钢2#-标记：B
c1, c3, C5, d2, d4, d6; 材料：钢3#-标记：C
d1, d3, d5; 材料：钢4#-标记：D
e1, e3, e5; 材料：钢5#-标记：E

钢3#管为 $\phi 38 \times 3$, 其余管材为 $\phi 25 \times 3$

管壁温度：70℃ 65℃ 60℃

烟气进口

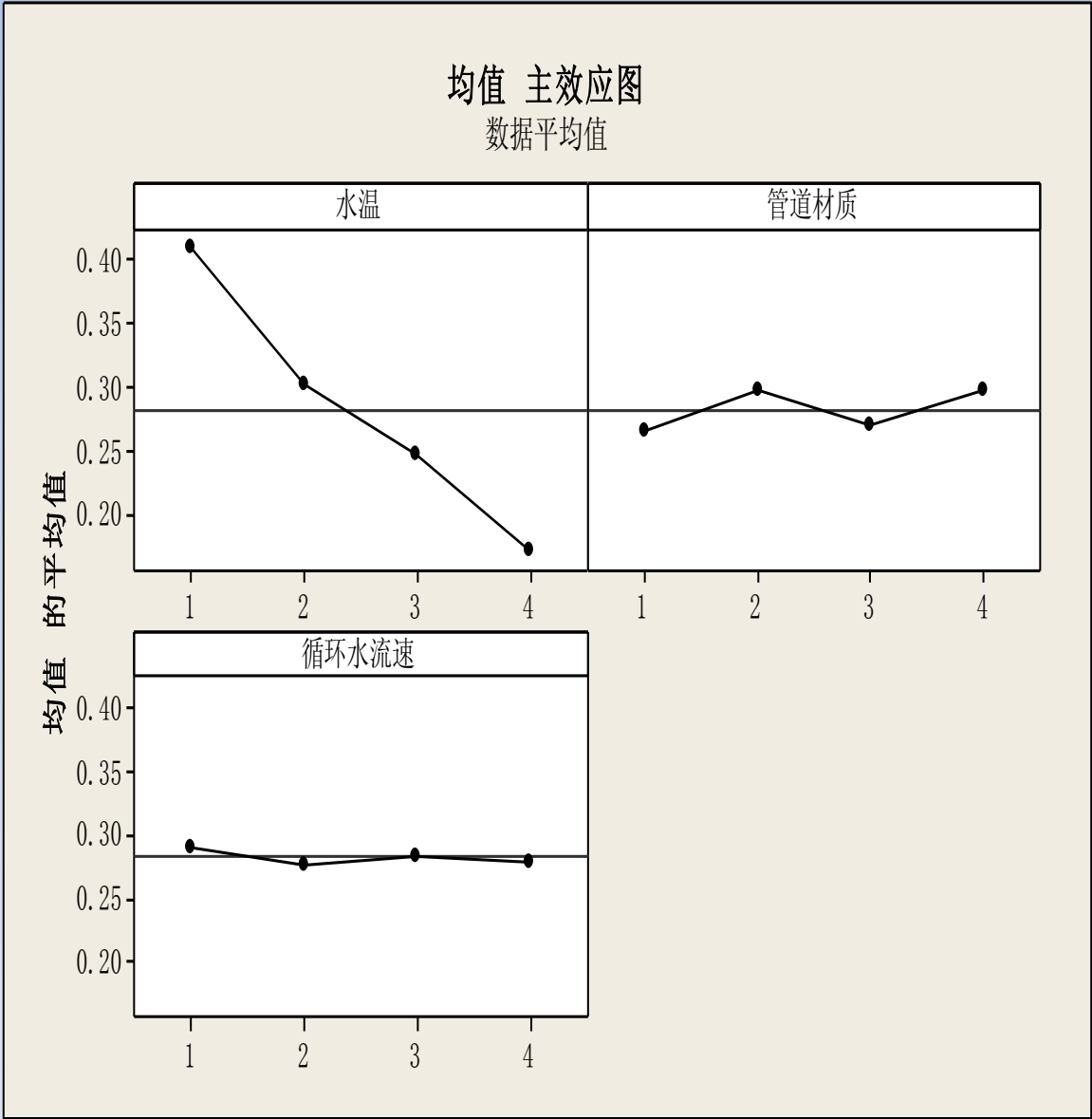


试验管组分布图

试验用小型换热器模型

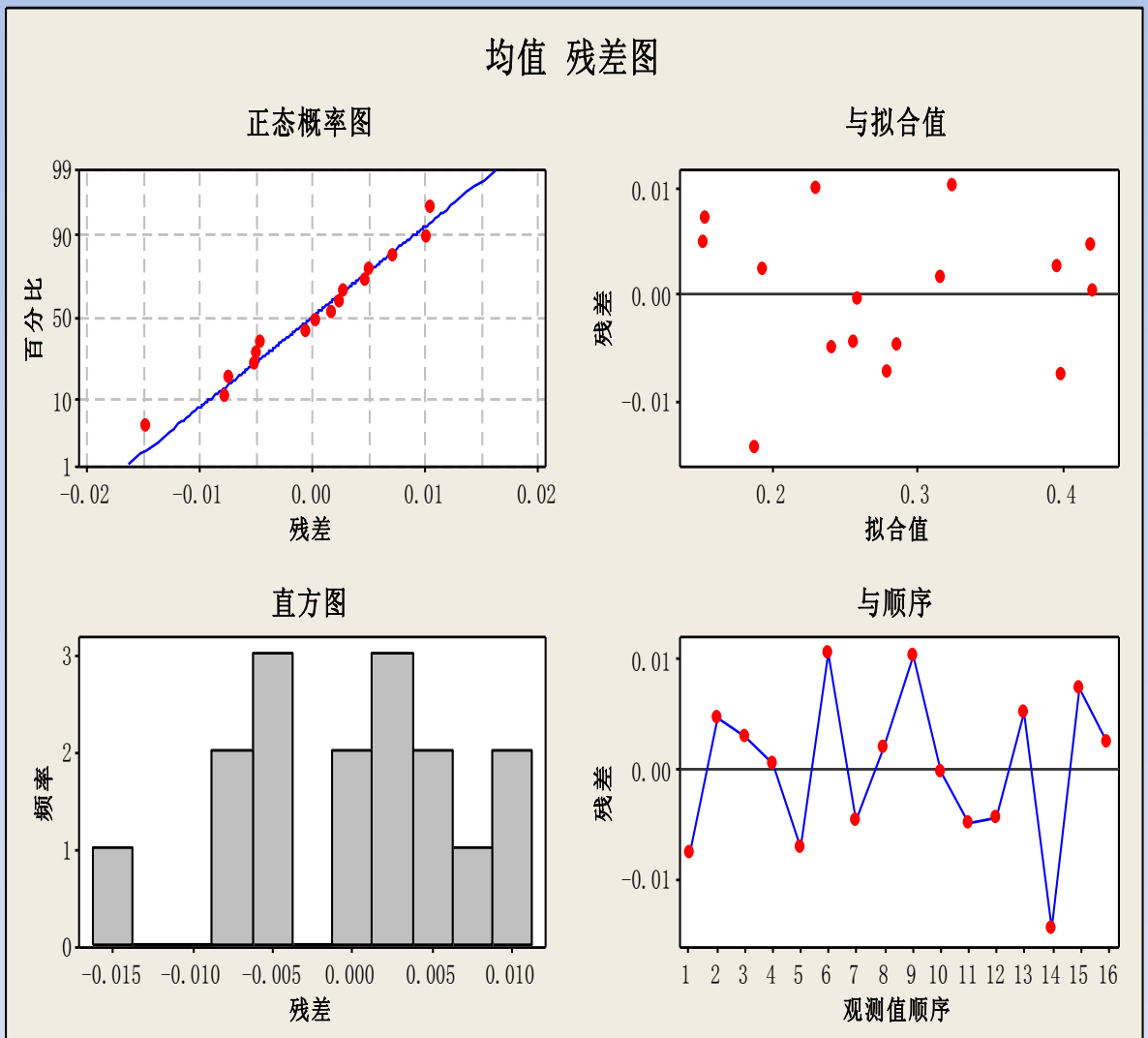
实验结果

经过60天的模拟实验结果，对实验结果进行统计分析后发现，从ANOVA结果来看：循环水流速对应的P值为0.465>0.05，因此它对管道的腐蚀程度影响并不显著，而水温 and 管道材质对应的P值均小于显著性水平0.05，这两项效应是显著的。



随后进行了残差诊断，以确定模型是否合适。

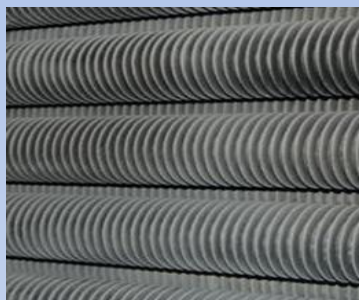
运用MINITAB得知，响应变量残差诊断的四组图分析都是正常的。



示范工程介绍

本项目传热管的低温腐蚀控制技术普遍适用于所有火力发电厂的烟气余热回收，并将对长期被火电厂浪费的巨大烟气热能的回收和利用这一想法变成了现实。

技术特点



运行一年后
后



运行二年后

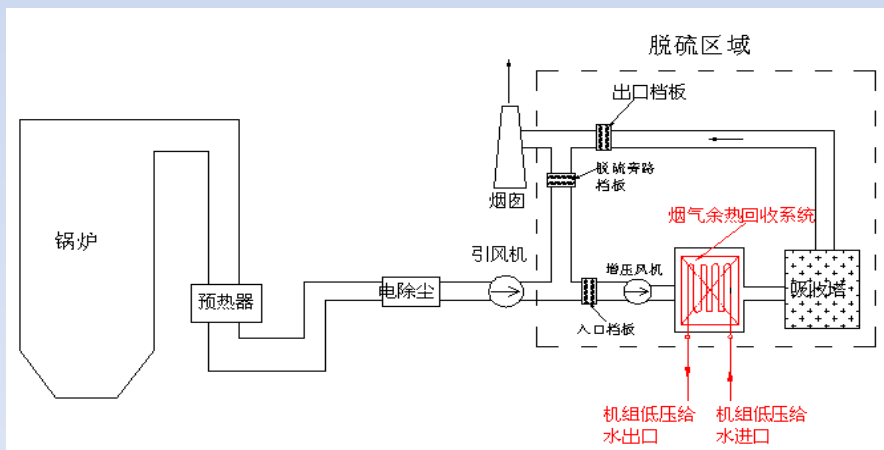


清除浮灰

解决

传统热能回收装置的烟侧低温腐蚀及积灰堵塞的工艺难题

新工艺



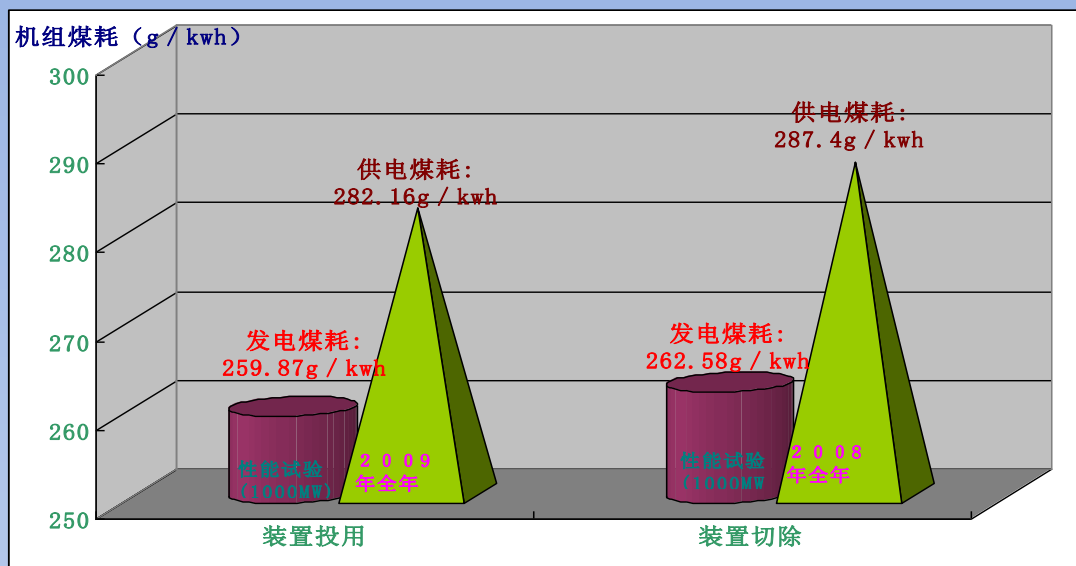
购置设备费

序号	设备名称	型号	生产国别与地区	单价(元/台件)	购置数量(台件)	总价	购置理由、用途、拟安置单位
1	烟气换热器本体	脱硫烟气冷却器 SRH-4.0/200-33200	国产	10424000.00	2	20848.00	排烟余热利用主体装置
2	蒸汽吹灰器						换热元件吹灰
3	钢结构(平台扶梯)						钢结构
4	水侧阀门	电动闸阀、截止阀等	国产	1568020.00	2	3136.04	调节和切换凝结水
5	水侧管道及支吊架	无缝钢管及支吊架等	国产	5503195.00	2	11006.39	支吊和管道
6	滤网	530*22··PN6.4	国产	174500.00	2	349.00	□
7	增压风机烟道支架、地基、钢结构、平台扶梯等		国产	803915.00	2	1607.83	基础设施
累计		/	/	/	10	36947.26	/

安装费用和协作研究费用（金额：千元）

序号	协作研究任务名称	协作研究任务内容	协作研究任务承担单位	总价
1	烟气余热回收装置特性研究	负责对烟气换热器进行结构设计和腐蚀特性研究等	上海发电设备成套设计研究院	558.00
2	烟气余热回收装置管路系统设计	负责水侧的管路,支吊架及与回热系统的接口设计	华东电力设计院	780.00
4	安装费用	设备安装	电建公司	2185.05
5	系统调试和性能试验	负责对投产前的设备和系统进行调试并进行详细的性能试验,使系统保持在最优和最经济工况运行。	相关调试单位	3500.00
累计				7023.05

节能



主要技术指标

示范工程的烟气流量	307, 0000 Nm ³ /h
示范工程的烟气进口温度	~139.2℃
示范工程的烟气出口温度	~95.2℃
示范工程锅炉节煤量	~2×16260吨/年
示范工程节水量	~2×43.34 t/h
示范工程锅炉烟气减排量	~2×522160m ³ /h
示范工程节省厂用电量	~2×4100000kwh

成功应用后，两台机组的运行煤耗下降了2.71克/千瓦时，年节煤量3.2万吨标煤，年节水量56万吨，年节约厂用电量844万千瓦时。近三年累计新增利润6623万元，新增利税1123万元。

推广分析

上述技术属通用技术，原则上可适用于任何火电机组的新建配套或老机组改造。



技术投资分析

本项目的投资额约为4500万元（两台机组）。
按项目建设投资/（年节水直接经济效益+按节煤模式计算的年节能直接经济效益）计算本项目静态投资回收期，
即：静态投资回收期=4500/（2276.4+156+2×79.2-216）
=1.89年

行业推广情况分析

这项技术的具有极大的推广前景，尤其是对于排烟温度较高的中小型机组，可根据排烟温度的水平按需调整换热面积，大幅度降低排烟温度，机组煤耗的收益更好。

项目专利

● 实用新型

低温省煤器的系统连接装置 CN 201163019Y 已授权

应用于燃煤发电机组的脱硫烟气余热回收系统
CN201103915Y已授权

● 发明型

应用于燃煤发电机组的脱硫烟气余热回收系统
200710047418.8

锅炉排烟余热回收热交换器壁温自动控制系统
200710039653.0

社会效益分析

这项技术在燃煤量不变的情况下实现脱硫系统的低能耗甚至是零能耗运行，将电厂的“要我脱硫”意识转变成“我要脱硫”意识。

专家评价

在专家评审验收会上，本项目获得了高度评价：

“上海外高桥第三发电有限责任公司的“脱硫岛零能耗系统”在我国率先突破了电厂脱硫减排不节能的传统观念，实现了既减排又节能的双重目标，为我国的火电节能环保树立了良好的典范、为环境保护事业做出了重大贡献，项目达到了国际先进水平。”

获得奖项情况

- 本项目专利之一 **“应用于燃煤发电机组的脱硫烟气余热回收系统”** 获得第六届上海市发明创造专利奖一等奖。
- **“零能耗脱硫资源综合利用项目”** 获得**2010年上海节能服务产业展览会节能减排技术和产品金奖**。
- **“零能耗脱硫系统设计优化节能项目”** 获得**2010年上海节能技改示范项目称号**。

