

垃圾焚烧炉沼气入炉系统应用

时小军，王雪炎，储开建，李波，汪明浩

（光大环保能源（江阴）有限公司，江苏江阴214400）

摘要：光大环保能源（江阴）有限公司（以下简称我司）污水处理系统每天可产生约16000m³沼气，且经化验沼气中甲烷含量：69.35%、二氧化碳：29.76%、硫化氢：10881mg/m³、高位发热量：25.76MJ/m³、低位发热量：23.20MJ/m³，则年产生量约16000/24×8000=5333333m³。折合标煤约25760kJ/m³×5333333m³/29310kJ/kg=4687365kg。为利用垃圾发酵产生的沼气余热，进行沼气入炉系统技术改造。

1 研发背景

目前在通过对生活垃圾进行处理，利用焚烧垃圾产生的低位热量发电的同时，垃圾中的污水、污泥等渗滤液进入渗滤液处理系统进行处理，在渗滤液处理过程中产生大量的沼气，根据目前生产运行实际情况以及理论测算，污水处理系统每天可产生约16000m³沼气，且经化验沼气中甲烷含量：69.35%、二氧化碳：29.76%、硫化氢：10881mg/m³、高位发热量：25.76MJ/m³、低位发热量：23.20MJ/m³，则年产生量约16000/24×8000=5333333m³。折合标煤约25760kJ/m³×5333333m³/29310kJ/kg=4687365kg。

由于沼气中的甲烷的温室效应是二氧化碳的21倍，所以根据现有条件，对产生的沼气仅采用原始收集对空点燃处理。如果对沼气进行综合利用，燃烧发电，不仅可以提供清洁能源，还可减轻沼气燃烧造成的大气污染，有利于环境保护，回收可利用资源，给企业带来一定的效益，见表1。

表 1 沼气量核算数据表

ID	项目	数值	说明
1	垃圾量 (t/d)	2200	入厂垃圾量
2	渗滤液占入厂垃圾量比	23%	
3	渗滤液总量 (t/d)	800	
4	渗滤液 COD 含量 (mg/L)	50000	
5	厌氧系统消化率	85%	
6	转化甲烷比率 (Nm ³ /kg)	0.35	
7	日产甲烷量 Nm ³	9775	
8	沼气中甲烷含量 60%	一般为 50-70%	
9	沼气实际日产量 m ³	16000	
10	每小时产量 m ³ /h	667	
11	余量倍数	1.3	受工况影响产生的波动
12	核算数值 m ³ /h	867	

2主机及主要辅机配置情况简介

我司一二期垃圾焚烧系统共配置3台400t/d垃圾焚烧炉排炉，三期垃圾焚烧系统共配置2台500t/d垃圾焚烧炉排炉，为光大环境科技公司自主研发生产的多级炉排垃圾焚烧炉，余热锅炉由无锡华光锅炉厂设计制造。

本次技改主机设备主要技术参数如下：

锅炉制造厂：光大环保科技发展（北京）有限公司余热锅炉为卧式、中温中压、单汽包、自然循环锅炉，位于焚烧炉的上部，见表2。

表 2 锅炉容量和主要参数

序号	项目	单位	参数
1	数量	台	3
2	余热锅炉型式		中温、中压、单汽包 自然循环卧式锅炉
3	每台锅炉额定蒸发量 (MCR)	t/d	32.3
4	蒸汽压力	MPa	4.0
5	蒸汽温度 (锅炉出口)	℃	400
6	汽包工作压力	MPa	4.72
7	汽包工作温度	℃	256
8	汽包圆筒长度	mm	9594
9	汽包直径	mm	1600
10	汽包壁厚	mm	50
11	材料		19Mn6
12	给水温度	℃	130
13	锅炉出口烟气量 (MCR)	m ³ /h	67676
14	设备规范烟气温度	℃	216
15	锅炉排污率	%	1
16	锅炉效率 (MCR)	%	80.5

3实施情况

主要工艺设备技改内容：根据沼气质核算数据表沼气核算峰值为433m³/h，考虑地域特点，设计范围为160-867m³/h，以适应全年不同负荷时的运行工况。考虑总体负荷不高，从经济性与适用性出发，该方案设计为入一二期三台炉掺烧，分别为3×400炉型，在燃烧稳定的情况下，可以随意配置掺烧锅炉的数量。燃烧器设置三套，#1#2#3炉各一套，均从一通道炉排四区侧墙通过预埋套管安装到炉墙侧面，沼气助燃风机设置三套，每台炉匹配一套助燃风机。考虑锅炉系统分属于两套DCS系统的特点，控制部分设计两套PLC，渗滤液处理系统一套，负责输送沼气；3×400系统一套，负责各自入炉掺烧。

沼气收集系统图如图1。

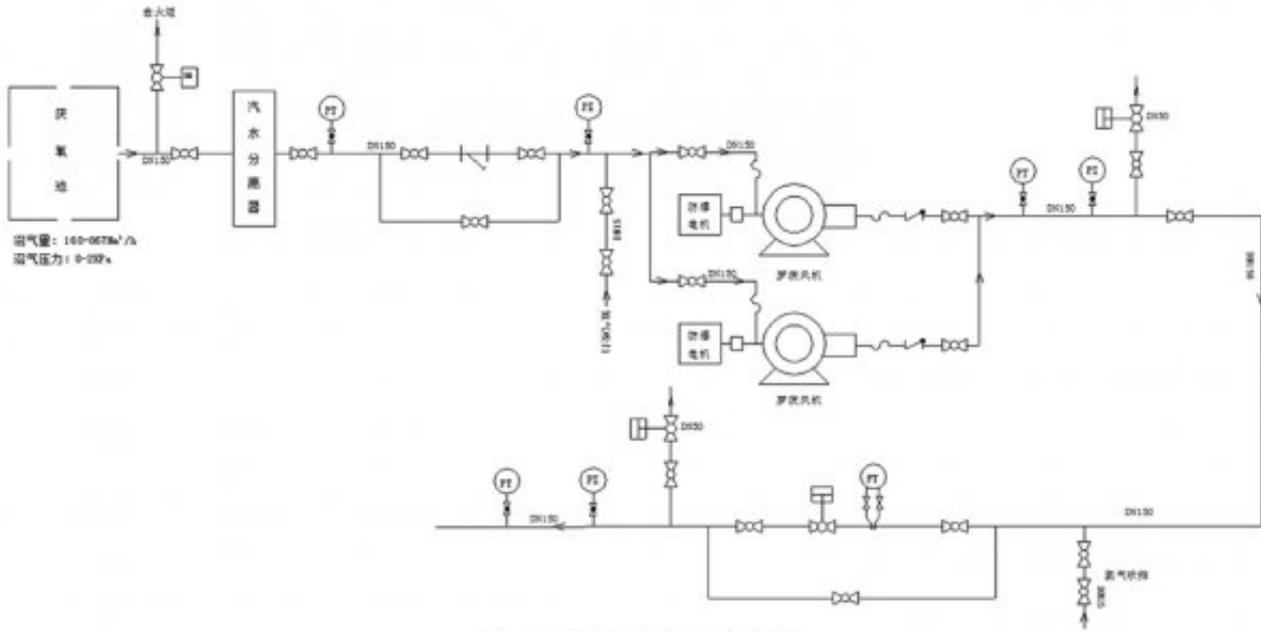


图 1 沼气收集系统图

沼气入炉系统图如图2。

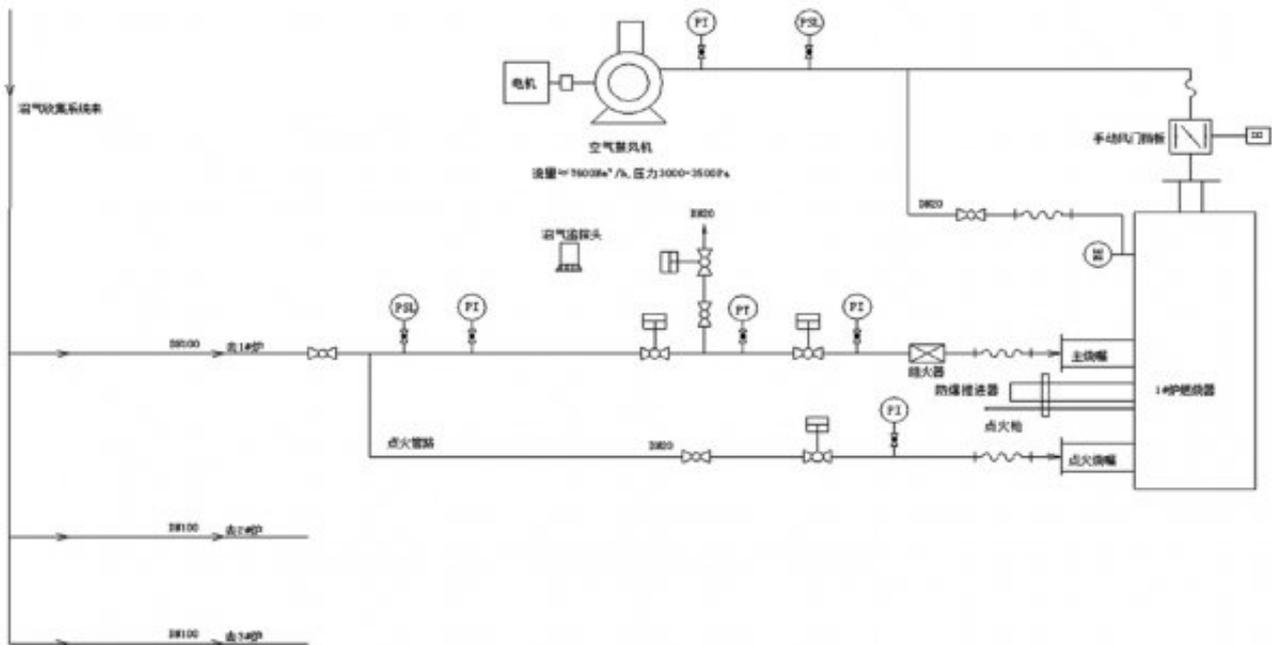


图 2 沼气入炉系统图

沼气入炉运行画面如图3。

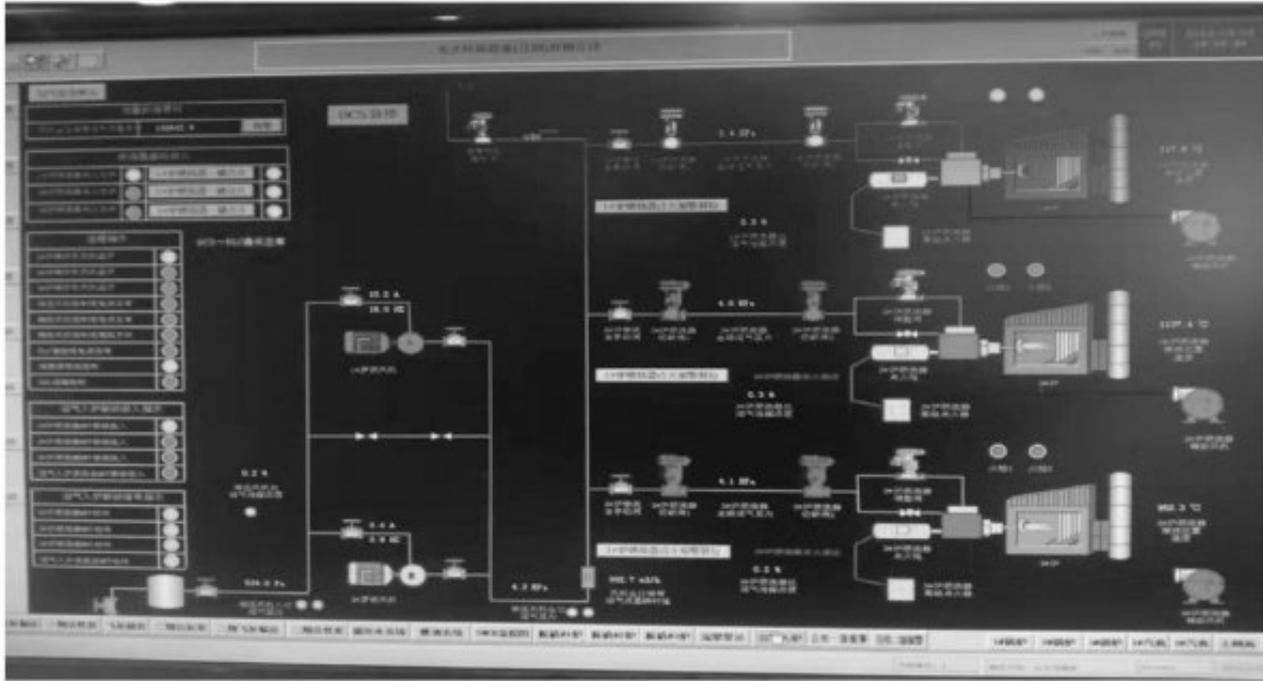


图 3

4经济指标

4.1技术指标

技改后，正常运行方式为厌氧罐沼气通过罗茨风机输送至锅炉进行燃烧，沼气利用率达100%，当系统故障全面跳停时，此时厌氧罐火炬将接收沼气入炉系统总MFT保护信号，火炬点火器自动点火，恢复火炬运行。

沼气入炉投运前后数据统计。

由表3和表4可知，1月29日至2月2日期间日沼气入炉量，见图4。

表 3 沼气入炉投运前数据表

沼气入炉投运前				
日期	产汽量 (t)	入炉垃圾量 (t)	吨垃圾发电量 (kWh/t)	石灰单耗 (kg/T)
1月23日	2043	940	461.17	
1月24日	2131	987	459.88	
1月25日	2155	923	496.97	
1月26日	1976	879	477.13	
1月27日	2100	956	467.26	

表 4 沼气入炉投运后数据表

沼气入炉投运后					
日期	产汽量 (t)	入炉垃圾量 (t)	吨垃圾发电量 (kWh/t)	石灰单耗 (kg/T)	沼气入炉量 (m ³)
1月29日	2135	942	481.85	22.61	
1月30日	2105	936	476.36	22.35	
1月31日	2136	878	516.97	24.86	
2月1日	2158	925	496.22	22.84	
2月2日	2149	932	488.30	22.36	

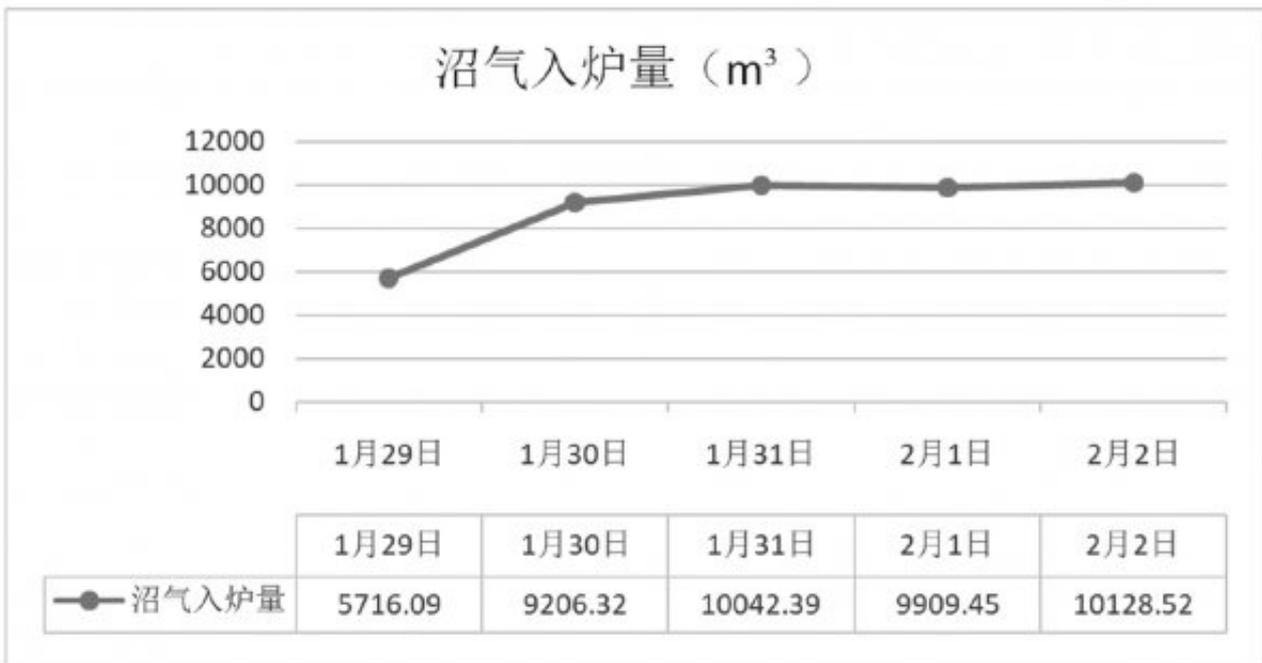


图 4 沼气入炉流量表

1月30日至2月2日期间日均入炉沼气体量为9821.67m³（水处理中心厌氧系统未满足负荷运行）。

因此，理论上：日沼气产量对应的热量
 $= 25.76 \text{ MJ/m}^3 \times 9821.67 \text{ m}^3 = 253 \times 10^6 \text{ kJ}$
 根据锅炉效率80.5%，可利用热量为 $253 \times 10^6 \text{ kJ} \times 80.5\% = 203.665 \times 10^6 \text{ kJ}$
 因锅炉

主蒸汽额定压力4.0MPa

，额定温度400，对应焓值为3212kJ/kg，则日增加产汽量= $203.665 \times 10^6 \text{ kJ} / 3212 \text{ kJ/kg} / 1000 = 63.4 \text{ t}$ 。

因沼气质限制，目前两台炉投入沼气入炉系统运行，按照一二期两台炉额定蒸发量 $2 \times 32.3 \text{ t/h} = 64.6 \text{ t/h}$ 计算，日额定蒸发量= $64.6 \text{ t/h} \times 24 \text{ h} = 1550.4 \text{ t}$ 。若维持额定蒸发量，日沼气贡献产汽量占比= $63.4 \text{ t} / 1550.4 \text{ t} = 4.1\%$ ，则日沼气产量对热负荷的贡献为4.1%。

沼气入炉后，折算成机械负荷（垃圾量）= $63.4 \text{ t} / (485 \text{ kWh/t} / 200 \text{ kWh/t}) = 26.14 \text{ t}$ ，占比= $26.14 \text{ t} / 800 \text{ t} = 3.27\%$ ，见图5。

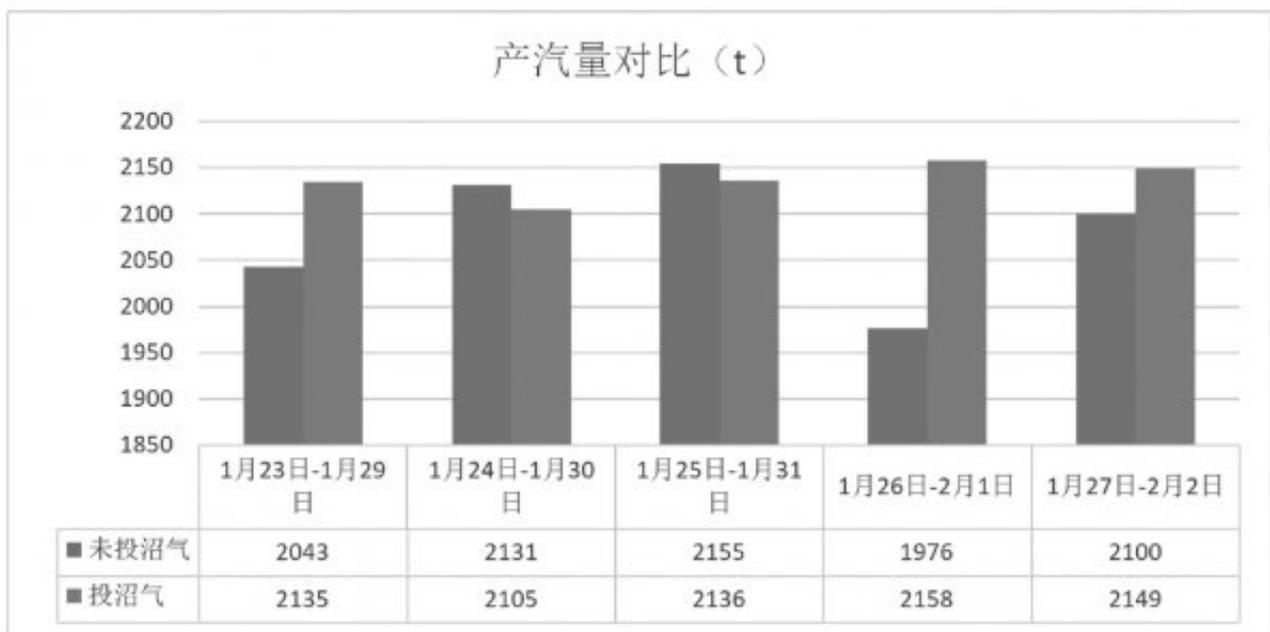


图5 同期对比沼气技改前后锅炉产汽量对比表

一二期沼气入炉系统投运后，日均总产汽量平均上升55.6t。

考虑锅炉运行周期长以及受热面积灰结焦等因素，锅炉效率有一定下降，理论增加产汽量63.4t与实际平均增加产汽量55.6t存在偏离属于正常现象。

同期对比沼气入炉技改前后入炉垃圾量，见图6。

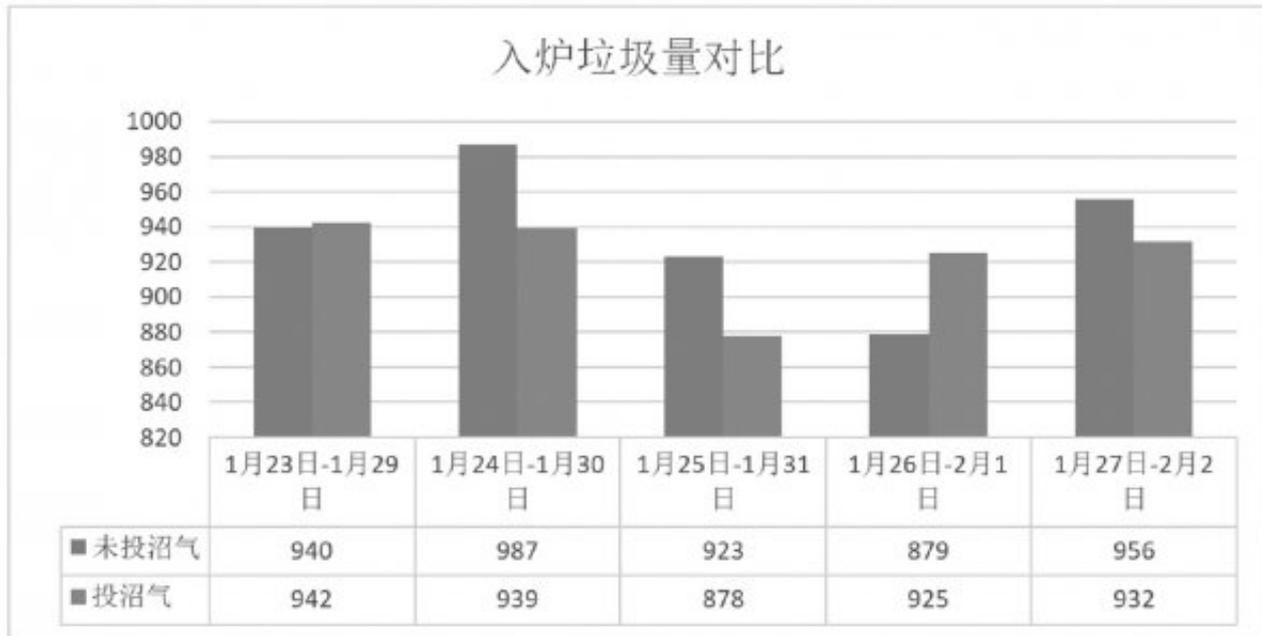


图 6 同期对比沼气技改前后入炉垃圾量对比表

一二期沼气入炉系统投运后，入炉垃圾量平均下降13.8t。

同期对比沼气入炉技改前后平均吨垃圾发电量，见图7。

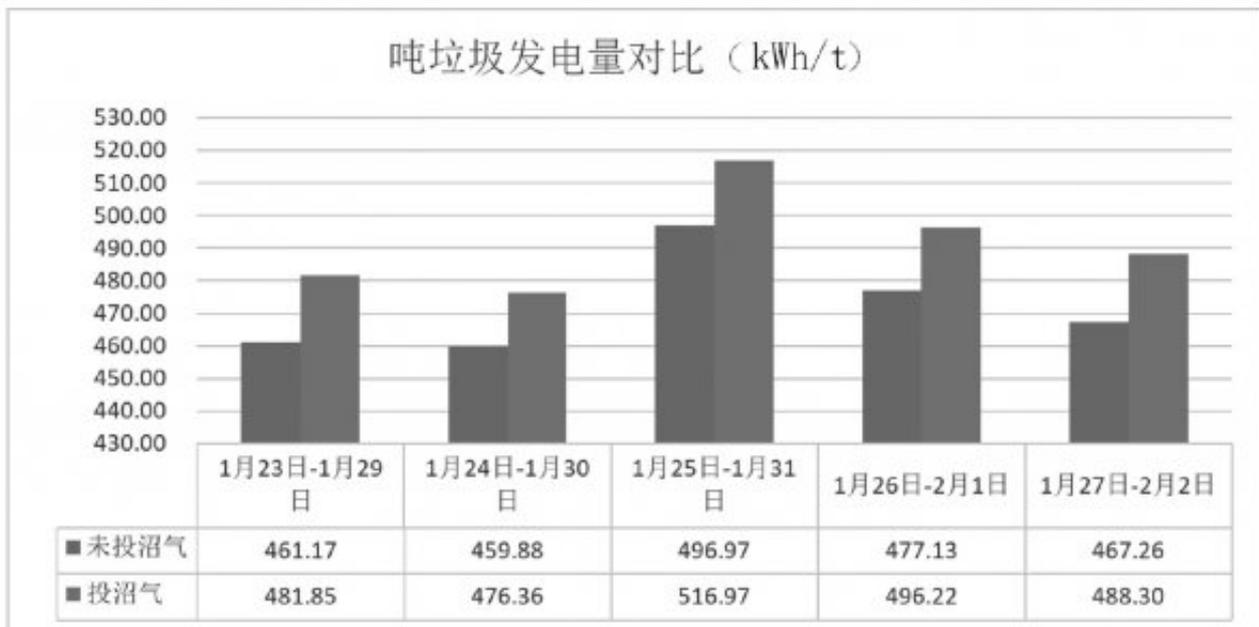


图 7 同期对比沼气技改前后吨垃圾发电量对比表

一二期沼气入炉系统投运后，日均吨垃圾发电量上升19.264Kwh/t。

同期对比沼气入炉技改前后平均石灰单耗，见图8。

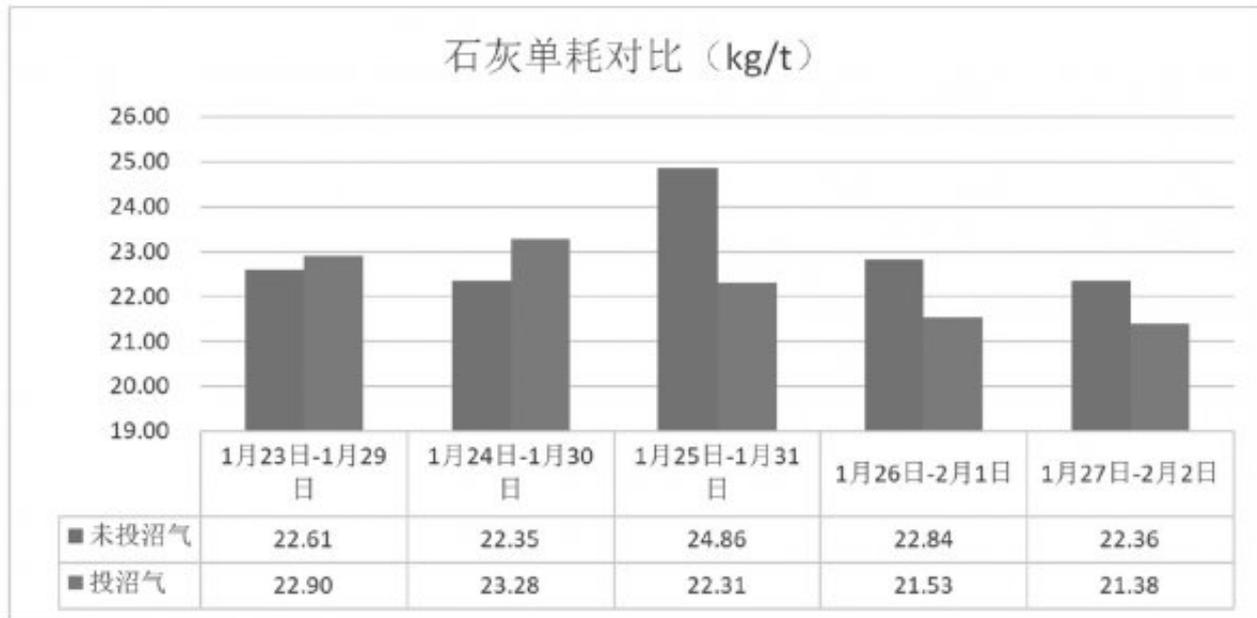


图 8 同期对比沼气技改前后石灰单耗对比表

一二期沼气入炉系统投运后，日均石灰单耗上升0.72kg/t。

按日处理垃圾量1200t，则日消耗石灰增加=1200t × 0.72kg/t=0.864t。

折算每方沼气用量消耗石灰量=0.864t/9821.67m³ =0.088kg/m³。

4.2效益指标

本次改造材料费施工总费用为208万元。

按年运行8200小时计算，年增加产汽量为 (55.6/24) × 8200=18997t；每吨蒸汽发电按215Kwh计算，年增加发电量18997 × 215=4084283Kwh；电费收入按0.5元/Kwh计算，年增加电费收入为：4084283 × 0.5=204.21万元。

年增加石灰投入=0.864/24 × 8200=295.2t；每吨石灰采购价为570元，年增加石灰投入成本=16.83万元。

年增加总收入为：204.21-16.83=187.38万元。

ROI (投资回报率) 187.38/208 × 100%=90.09%。

约13个月即可收回全部改造费用，该技改投资回报率较高。

本次沼气入炉改造后，日沼气体量对锅炉热负荷贡献4.1%，对锅炉机械负荷贡献3.27%，因目前我司入厂垃圾量存在一定缺口，机组长期未达到额定负荷运行，此次沼气入炉改造一定程度上弥补了部分垃圾量缺口，对机组运行起到了积极作用。

4.3安全指标

正常运行时，两台炉投用即可满足867m³/h的沼气入炉负荷，完全可以满足沼气产生的需要，系统压力会稳定在2-25kpa之间。当出现厌氧系统故障，造成断供气或剧烈波动时，会超出系统承受范围，可能因系统无来气，造成炉侧压力低至0.5kpa使单炉MFT保护动作切除一台入炉系统，确保沼气系统仍有一台入炉系统能够正常使用。当来气恢复后，若由于入炉系统未能及时投入，而又造成高至30kpa，总MFT保护动作，系统全面跳停时，此时厌氧罐火炬将接收沼气入炉系统总MFT保护信号，火炬点火器自动点火，避免厌氧系统安全阀动作导致沼气外排造成安全环境事故。

5结束语

此次新增沼气入炉系统直接消除了厌氧罐烟囱，此方式利用现有垃圾焚烧余热锅炉，热负荷约增加4.1%，机械负荷约增加3.27%，对现有锅炉影响不大，具有较强的可行性。且在我司入厂垃圾量存在一定缺口，机组长期未达到额定负荷运行情况下，此次沼气入炉改造一定程度上弥补了部分垃圾量缺口，对机组运行起到了积极作用。

虽能源利用率略低，但沼气利用小时数长，设备简单、投资较低、风险小，运营成本低，对技术要求不高，设备故障率低、维护量小，不需要设备专人运行维护。不仅可以提供清洁能源，还可减轻沼气燃烧造成的大气污染，有利于环境保护，回收可利用资源，给企业带来一定的效益，值得在行业内进行推广。

参考文献

[1]NDGJ16原89.火力发电厂热工自动化设计技术规定[S].

[2]G-RK-95-52.锅炉炉膛安全监控系统技术规范书[S].

[3]焓熵图[Z].

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/206654.html>