

利用计算机建模优化化工厂蒸汽系统

孙 鹏

南通市节能监察中心, 江苏 南通 226006

[摘要] 文章中采用美国能源局开发的蒸汽系统建模器 (A. S. T.), 为某化工企业蒸汽系统进行计算机建模, 通过分析该企业蒸汽系统状况, 发现企业蒸汽系统存在的不合理利用状况, 提出安装透平机组进行“热电联产”提高企业能源利用率的技术方案, 并通过数据模拟确定方案的可行性, 为企业完成“十二五”节能量提供技术支持。

[关键词] 蒸汽系统建模器; 建模; 热电联产

DOI: 10.33142/ec.v2i6.415

中图分类号: TS958.02

文献标识码: A

Optimization of Steam System in Chemical Plant by Computer Modeling

SUN Peng

Nantong Energy Conservation Supervision Center, Jiangsu Nantong, 226006 China

Abstract: In this paper, the steam system modeler (A.S.T.) developed by the United States Energy Administration is used to model the steam system of a chemical enterprise by computer. by analyzing the situation of the steam system of the enterprise, it is found that the unreasonable utilization of the steam system exists in the enterprise, and the technical scheme of installing the turbine unit to improve the energy efficiency of the enterprise is put forward, and the feasibility of the scheme is determined by data simulation. To provide technical support for enterprises to complete the 12th five-year Plan energy saving.

Keywords: Steam system modeler; Modeling; Cogeneration

引言

随着我国经济快速发展, 能源和资源相对不足已成为发展的瓶颈, 如何合理的利用现有的宝贵资源是确保我国经济可持续发展的关键所在。根据国家“十三五”规划方案, 到 2020 年, 工业能源利用效率和清洁化水平显著提高, 规模以上工业企业单位增加值能耗比 2015 年降低 18%以上, 电力、钢铁、有色、建材、石油石化、化工等重点耗能行业能源利用效率达到或接近世界先进水平。全国化学需氧量、氨氮、二氧化硫、氮氧化物排放总量分别控制在 2001 万吨、207 万吨、1580 万吨、1574 万吨以内, 比 2015 年分别下降 10%、10%、15%和 15%。全国挥发性有机物排放总量比 2015 年下降 10%以上。所以, 节能减排已成为高耗能工业尤其是化工产业发展过程中面临的重大战略性任务, 如何有效提高工业企业能源有效利用率, 已成为当前形势下节能减排工作中一个重要问题, 迫在眉睫。

余热发电技术以充分利用工业余热, 实现“热电联供”为显著特点可达到既减排又增收的双重目的, 是工业余热科学转换的最好方案和最好的能源节约方式。笔者通过在某化工企业现场能源审计中发现的问题, 借助美国能源局开发的蒸汽系统建模器 (A. S. T.), 阐述蒸汽余热利用 (热电联产) 设计方案, 为企业进行技术改造完成“十三五”期间国家下达的节能量及类似企业技术改造提供技术支持。

1 建模系统简介

Amo steam tool (以下简称 A. S. T.) 是由美国能源部、美国橡树岭实验室、美国劳伦斯伯克利实验室共同开发的工业蒸汽评估系统, 该系统主要由 3 个主要组件组成, 分别为 SSST、A. S. T. 以及 3E-Plus。其中 SSST 为系统蒸汽调查工具, 通过一系列的选项得分模式找出系统蒸汽运行过程中可以改进的地方; 3E-Plus 为蒸汽管道隔热效果评估软件, 用于确定不同区域的管路热损失以及计算经济的保温层厚度; A. S. T. 为可视化系统建模工具, 通过建立模型, 增加设备、修改参数等方式模拟技改后的系统运行情况, 以便确定技改措施的可行性。

A. S. T. 系统主要界面如图 1 所示:

蒸汽模型工具

简介 [创建基础模型](#) [重新载入模型](#)

利用蒸汽系统建模器

步骤一: 产生基本模型
共有三种方法生成基础模型:

- 手动方式输入特定的蒸汽系统细节 [\[链接\]](#)
- 负载示例 [以下]
- 重新载入先前下载模型 [\[链接\]](#)

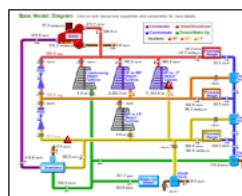
步骤二: 产生可调模型

可以选择一系列具体项目和系统调整, 然后与基本模型组合起来生成一个调整后的模型。

步骤三: 比较基本模型和调整后的模型

基本模型和调整后的模型都创建成功后, 将生成基本模型和调整模型定量的对比分析。

生成的模型也可以作为一个excel文件下载下来, 以后再上传。



蒸汽建模工具例子

点击下面的任何链接, 可将实例加载到蒸汽模型中:

基本模型	选择性调整模式
从以下菜单中只选择基础模型	从以下菜单中选择基础模型和调整模型
随机	无调整模型
SSAT缺省3号集气管模型	<ul style="list-style-type: none"> • 没有汽轮机 • 闪蒸冷凝
SSAT缺省2号集气管模型	无调整模型

图 1 A. S. T. 系统界面

2 企业蒸汽系统现状

某化工企业采用 2 台 UG-35/3.98-m³ 中温中压燃煤循环流化床锅炉产汽, 主要供应本厂使用, 部分外供园区其他企业。锅炉出口蒸汽压力约为 2.0MPa、温度为 430℃, 厂内所需用蒸汽经减温减压装置降至 1.0MPa、185℃蒸汽后供应各车间。

锅炉主要测试数据如表 1 所示:

表 1 UG-35/3.82-m³ 锅炉主要测试数据表

序号	名称	符号	单位	数据
1	入炉煤收到基煤样低位发热量	$Q_{net, ar}$	MJ/kg	17.87
2	锅炉出力	D	kg/h	31937.50
3	蒸汽压力	$P_{绝}$	MPa	2.38
4	过热蒸汽温度	t_{gr}	℃	426.88
5	给水温度	t_{gs}	℃	55.24
6	煤消耗量	B	kg/h	6214.29
7	固体不完全燃烧热损失	q_4	%	4.92
8	气体不完全燃烧热损失	q_3	%	0.07
9	排烟温度	t_{py}	℃	127.41
10	冷空气温度	t_{lk}	℃	25.45
11	排烟热损失	q_2	%	8.29
12	散热损失	q_5	%	1.50
13	底渣温度	t_{bz}	℃	890.00
14	灰渣物理热损失	q_6	%	0.46
15	热损失之和	Σq	%	15.24

序号	名称	符号	单位	数据
16	锅炉热效率	η	%	86.45

根据现场测试的参数，利用 A. S. T. 建立基础模型，建成后的模型如图 2 所示：

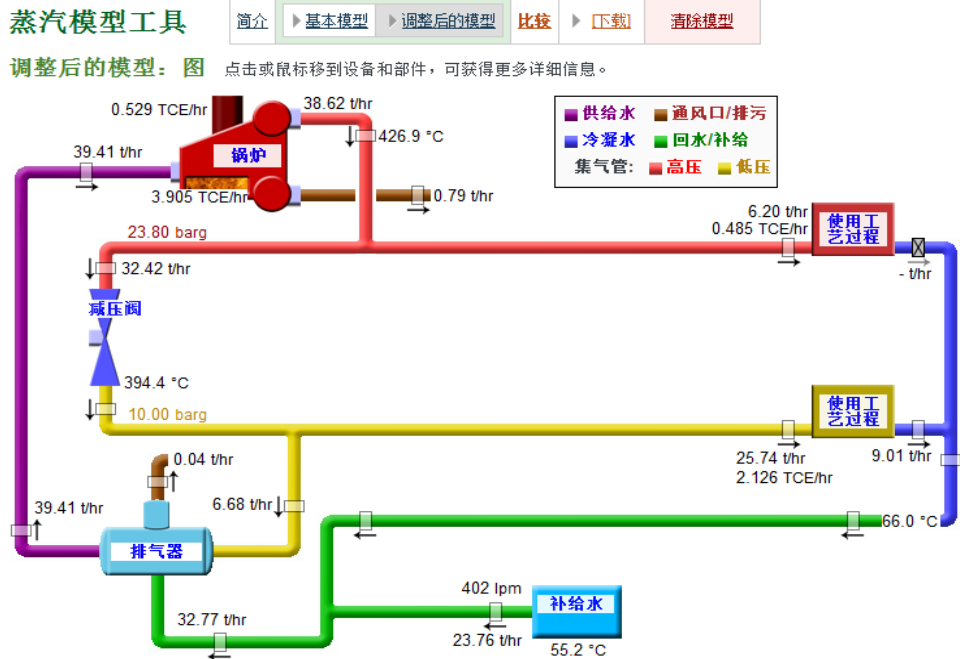


图 2 根据企业现有工况建立的 A. S. T. 建立的基础模型

该企业锅炉 2.38MPa、426.88℃蒸汽通过减温减压器降为 1.0MPa、185℃蒸汽使用，高品质蒸汽在经过减温减压时将会损失一部分能量，蒸汽有效能按下式计算：

式中： b ：某状态单位质量蒸汽有效能，kJ/kg

h ：蒸汽状态焓，kJ/kg

S ：蒸汽状态熵，kJ/kg·K

T_0 ：环境温度，293K(20℃)

h_0 ：环境温度蒸汽焓，kJ/kg

S_0 ：环境温度蒸汽熵，kJ/kg·K

根据上式，减温减压前，蒸汽的有效能：

$$b_1 = (3301.94 - 2537.7) - 293 \times (7.13 - 8.6674) = 1214.7 \text{ (kJ/kg)}$$

经减温减压后，蒸汽的有效能：

$$b_2 = (2789.33 - 2537.7) - 293 \times (6.6117 - 8.6674) = 853.95 \text{ (kJ/kg)}$$

减温减压过程中损失掉的有效能为：

$$\text{占减温减压前所产蒸汽有效能总值：} 69.88 \times 10^6 \div (283.54 \times 10^6) = 24.65\%$$

$$\text{相当于多耗用原煤 (5000kcal/kg)：} 69.88 \times 10^6 \div 29307 \div 0.8645 = 2758.14\text{t}$$

按每吨原煤单价 500 元/吨计算，相当于每年增加成本 137.91 万元。

3 企业蒸汽系统改造

为了将上述损失掉的蒸汽有效能进行回收，企业拟采用热电联产模式，即利用汽轮机将这部分损失掉的功转化为电力，供应厂内生产使用。为了确保该技改措施的可行性及效益情况，我们再次利用 A. S. T. 建立透平机组模型，如图 3 所示：

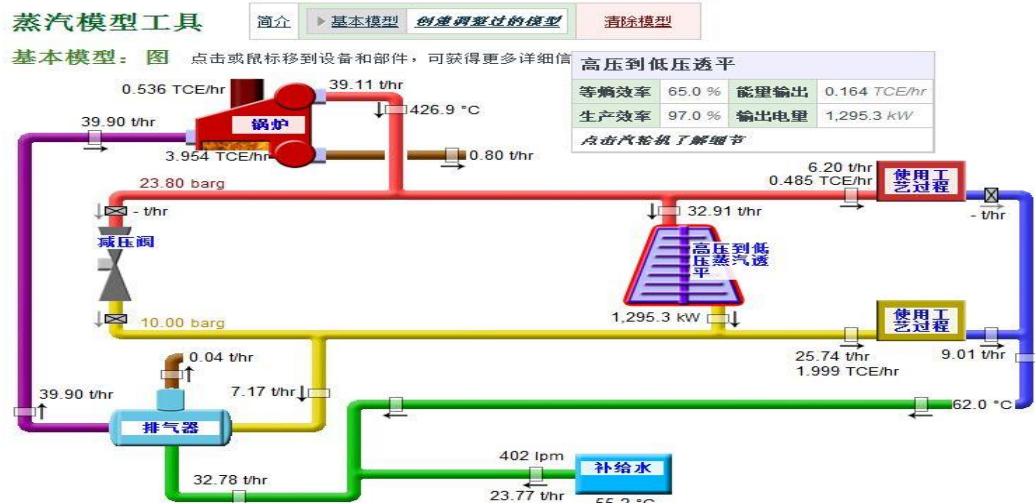


图3 安装透平机组后的 A. S. T. 系统模型

从模型上可以直观的看出,采用透平机组后,利用上述损失的蒸汽有效能可产生 1295.3kW 电力,按年运行时间 7200 小时计算,约可产生电力 932.62 万 kWh,按网购电每 kWh0.6 元估算,可直接节约成本 560 万元。该技改工程预计投资 1600 万元,不考虑设备残值,按折旧年限 10 年,年折旧 160 万元。

方案总节省费用为: $P=560$ 万元

应税利润为 $T=P-D=560-160=400$ 万元,

获得的年净现金流量 $F=400 \times (1-25\%) + 160=460$ 万元。

该方案的静态投资偿还期 N 为: $=1600/460=3.48$ 年

即该方案实施后仅需约 3 年 6 个月即能收回投资。

该技改项目净现值为: $=-1600+460 \times (P/A, 10\%, 10)$

$$=1226.5 \text{ 万元}$$

该技改项目内部收益率为: $=26\%$

根据以上计算指标可见,方案各项指标如表 2 所示,均优于基准指标,因此方案在经济上可行。

表 2 方案经济评估汇总表

内容项目	经济评价的相关内容	经济评价的标准值
总投资 I	1600 万元	---
年净现金流量 F	460 万元	---
偿还投资期 N	3.48 年	高费方案 $N < 5$ 年
净现值 NPV	1226.5 万元	$NPV \geq 0$
内部收益率 IRR	26%	$IRR \geq$ 基准收益率

4 结语

蒸汽减温减压虽为绝热过程,减温减压前后蒸汽品质降低,有效能损失较大(约为 24.65%)。利用 Amos steam tool 对蒸汽系统进行建模,并利用基础模型进行安装透平机组技改方案虚拟化操作,具有可视性强、操作简便、易确定可行性等优势。笔者以某化工厂进行热电联产改造为例,抛砖引玉,为化工企业技术人员提供技术支持与思路。

[参考文献]

[1]王喻飞. 化工厂蒸汽及凝液系统的优化改造[J]. 化学工程, 2015(12): 18-20.

[2]赵男. 低压蒸汽系统的优化节能改造[J]. 炼油与化工, 2017(04): 145-146.

作者简介: 孙鹏(1985-), 男, 南通市节能监察中心办公室副主任