

# Aspen Plus 化工流程模拟软件 在采暖改造工程中的应用

贾 帅

(山西兰花煤化工有限责任公司)

**摘 要:** Aspen Plus 是一款功能强大的集化工设计、动态模拟等计算于一体的大型通用流程模拟软件。本文通过公司在实施采暖改造过程中利用 Aspen Plus 软件对已有流程进行模拟分析找出对症,对提出的改造方案加以验证,方案采纳后在完工投用取得良好的效果,以此来展示该软件的优越性以及实用性,是企业生产管理从经验型走向科学型的有力工具,具备条件的相关单位可进行大力推广应用。

**关键词:** Aspen Plus 软件;化工流程模拟;工程建设

Aspen Plus 是大型通用流程模拟系统,源于美国能源部七十年代后期在麻省理工学院开展的“过程工程的先进系统”(Advanced System for Process Engineering,简称 ASPEN)项目,最终开发出新型第三代流程模拟软件,于1981年完成,次年为了将其商品化,成立了 Aspen Tech 公司,并称之为 Aspen Plus。这一软件经过历次不断改进、扩充和提高,成为全世界公认的基于稳态化工模拟、优化、灵敏度分析和经济评价的大型化工流程模拟软件。Aspen Plus 为用户提供了一套完整的单元操作模块,可用于各种操作过程的模拟以及从单个操作单元到整个

工艺流程的模拟,对整个工厂、企业工程流程、工程实践和优化自动化有着非常重要的促进作用。

煤化工公司厂前区采暖由供热站利用一台废旧换热器引入生产区低压蒸汽作为热源提供,因供热温度偏低,近些年来冬季供暖时常无法满足办公楼供热需求,对此员工颇有微词。公司对供热站采暖设备进行改造势在必行,借此机会在实施改造过程中利用 Aspen Plus 对已有流程进行模拟分析找出对症,对提出的改造方案加以验证,以此来展示该软件的优越性以及实用性,具体内容如下:

## 1 蒸汽消耗量理论计算

蓝图设计文件说明显示采暖建筑总面积14486m<sup>2</sup>,建筑面积热指标106W/m<sup>2</sup>,可计算每小时采暖耗热(不考虑其它损失):

$$14486 \times 106 \times 3600 \div 1000 = 5527857.6 \text{ KJ}$$

现场换热器蒸汽进口管线压力表显示约0.4MPa,无温度计,查蒸汽热焓表(饱和):140℃,0.36MPa蒸汽热焓值2734KJ/kg

蒸汽换热后冷凝水温度估值90℃,0.4MPa,查热焓表,热焓值为377.45KJ/kg。

焓值差:

$$2734 - 377.45 = 2356.55 \text{ KJ/kg}$$

以上得,每小时蒸汽耗量:

$$5527857.6 \div 2356.55 \approx 2346 \text{ kg}$$

考虑换热器热损失,蒸汽耗量可取 3m<sup>3</sup>/h

## 2 换热器面积计算(选用列管换热器模型)

Aspen模拟结果(V7.2版本,以下都是):

1)自定义输入如表1所示:

2)模拟结果如表2所示:

以上结果可知,考虑到换热器热损耗,换热面积取50m<sup>2</sup>可满足要求。(列管式换热器汽水相传热系数经验值范围约290~4700,跨度范围大,为保险起见,取最低值290,带入计算出换热面积为99.4m<sup>2</sup>,考虑上损耗,换热面积取120m<sup>2</sup>)

经查询,供热站废旧换热器换热面积基本可满足上述模拟要求,但采暖循环水上水管线现场温度计显示低于60℃,设计文件要求为95℃,由此,采暖供水温度偏低原因可从两方面考虑:

A 换热器自身内漏严重;

B 提供热源的蒸汽用量未满足要求。

关于A方面的原因,可拆开设备进行检查补漏

表1 换热器面积模拟计算输入数据

采暖循环水回水温度	采暖循环水循环量	采暖循环水压力	进口蒸汽温度	进口蒸汽压力	出口冷凝液温度	出口冷凝液压力
70℃	80m <sup>3</sup> /h	0.3MPa	145℃	0.4MPa	90℃	0.3MPa

表2 换热器面积模拟计算结果数据

采暖循环水上水温度	换热面积	传热量	传热系数
91.1℃	39.5 m <sup>2</sup>	1.690 × 10 <sup>6</sup> cal	730.868W/m <sup>2</sup> ·K

表3 蒸汽管线模拟a情形计算输入数据

生产区蒸汽压力	生产区蒸汽温度	传热系数	管径	蒸汽流量	管路中弯头数量	输送距离
0.6MPa	200℃	10	DN80	1.5m <sup>3</sup> /h	15个	450m

或者重新采购换热器。

关于B方面原因继续往下分析：

### 3 蒸汽管线模拟计算

厂前区采暖蒸汽管线为DN80,生产区输送至厂前区采暖距离大致可认为450m,以下为试算模拟数据：

a 生厂区至供热站蒸汽输送距离450m, DN80管径, 1.5m<sup>3</sup>/h流量 Aspen 模拟：

1) 自定义输入如表3所示：

2) 模拟结果如表4所示：

表4 蒸汽管线模拟a情形计算结果数据

采暖换热器进口蒸汽压力	采暖换热器进口蒸汽温度
0.266MPa	129℃

b 生厂区至供热站蒸汽输送距离150m, DN80管径, 3 m<sup>3</sup>/h流量 Aspen 模拟：

1) 自定义输入如表5所示：

表5 蒸汽管线模拟b情形计算输入数据

生产区蒸汽压力	生产区蒸汽温度	传热系数	管径	蒸汽流量	管路中弯头数量	输送距离
0.6MPa	200℃	10	DN80	3 m <sup>3</sup> /h	15个	150m

2) 模拟结果如表6所示：

表6 蒸汽管线模拟b情形计算结果数据

采暖换热器进口蒸汽压力	采暖换热器进口蒸汽温度
0.239MPa	156℃

c 生厂区至供热站蒸汽输送距离450m, DN100

管径, 3m<sup>3</sup>/h流量 Aspen 模拟：

1) 自定义输入数据如表7所示：

表7 蒸汽管线模拟c情形计算输入数据

生产区蒸汽压力	生产区蒸汽温度	传热系数	管径	蒸汽流量	管路中弯头数量	输送距离
0.6MPa	200℃	10	DN100	3m <sup>3</sup> /h	15个	450m

2) 模拟结果如表8所示：

表8 蒸汽管线模拟c情形计算结果数据

采暖换热器进口蒸汽压力	采暖换热器进口蒸汽温度
0.317MPa	135℃

由以上a、b、c三种情形模拟分析：

管径为DN80时,进采暖换热器暖蒸汽实际用量仅为1.5m<sup>3</sup>/h左右。模拟数据自定义输入3 m<sup>3</sup>/h时, 450m显示数据有误,理论上达不到450m输送距离。根据试算,流量3 m<sup>3</sup>/h时,极限蒸汽输送距离只有约150m。管径为DN100时,进换热器采暖汽用量可达到3m<sup>3</sup>/h,且蒸汽温度基本能满足要求。

因此,建议新增一条DN80蒸汽管线与现有蒸汽管线并联至采暖换热器进口处汇合,改为DN125管径进换热器入口。或者更换现有DN80蒸汽管线为DN100管径。

### 4 采暖热源采用尿素冷凝液方案分析

生产区现有采暖热源为加热后的尿素冷凝液,因此,考虑厂前区采暖能否同样利用此热源,分析如下：

a 假设尿素冷凝液温度90℃,循环量60m<sup>3</sup>/h, 0.3MPa;厂前区采暖循环水上水温度70℃,回水温

度 50℃, 循环量 80 m<sup>3</sup>/h。

1) 自定义输入如表 9 所示:

表 9 尿素冷凝液方案模拟 a 情形计算输入数据

进采暖 换热器 尿素冷 凝液温 度	进采暖 换热器 尿素冷 凝液循 环量	进采暖 换热器 尿素冷 凝液压 力	厂前区 采暖上 水温度	厂前区 采暖回 水温度	厂前区 采暖循 环量
90℃	60 m <sup>3</sup> /h	0.3MPa	70℃	50℃	80 <sup>3</sup> /h

2) 模拟结果如表 10 所示:

表 10 尿素冷凝液方案模拟 a 情形计算结果数据

换热面积	尿素冷凝液回水温度	传热系数
132m <sup>2</sup>	63.4℃	730.87 W/m <sup>2</sup> ·K

b 假设尿素冷凝液温度 95℃, 循环量 60m<sup>3</sup>/h, 0.3MPa; 厂前区采暖上水温度 80℃, 回水温度 60℃, 循环量 80 m<sup>3</sup>/h。

1) 自定义输入如表 11 所示:

表 11 尿素冷凝液方案模拟 b 情形计算输入数据

进采暖 换热器 尿素冷 凝液温 度	进采暖 换热器 尿素冷 凝液循 环量	进采暖 换热器 尿素冷 凝液压 力	厂前区 采暖上 水温度	厂前区 采暖回 水温度	厂前区 采暖循 环量
95℃	60 m <sup>3</sup> /h	0.3MPa	80℃	60℃	80 <sup>3</sup> /h

2) 模拟结果如表 12 所示:

表 12 尿素冷凝液方案模拟 b 情形计算结果数据

换热面积	尿素冷凝液回水温度	传热系数
192m <sup>2</sup>	68.5℃	730.87 W/m <sup>2</sup> ·K

c 假设尿素冷凝液向厂前区采暖输送管道为 DN100, 循环水温度 95℃, 压力 0.6MPa, 输送距离 450m, 管路输送损耗模拟:

1) 自定义输入如表 13 所示:

表 13 尿素冷凝液方案模拟 c 情形计算输入数据

尿素冷 凝液管 径	生产区 尿素冷 凝液温 度	生产区 尿素冷 凝液压 力	尿素 冷凝液 输送距 离	尿素冷 凝液管 路弯头 个数	传热 系数	尿素 冷凝液 流量
DN100	95℃	0.6MPa	450m	15 个	10	60m <sup>3</sup> /h

2) 模拟结果如表 14 所示:

表 14 尿素冷凝液方案模拟 c 情形计算结果数据

厂前区进换热器 尿素冷凝液温度	厂前区进换热器 尿素冷凝液压力
93℃	0.345MPa

由以上 a、b、c 三种情况模拟分析:

生产区尿素冷凝液温度 ≥ 95℃, 选用输送泵扬程 ≥ 60m, 流量 ≥ 60m<sup>3</sup>/h, 厂前区采暖换热器换热面积选用 ≥ 192m<sup>2</sup>, 冷凝液输送管径 DN100, 厂前区采暖循环量 80 m<sup>3</sup>/h。经换热后, 厂前区采暖循环水上水温度可达到 80℃。

后记, 煤化工公司采暖改造工程已于 2018 年 1 月完工投入使用, 最终采用方案为尿素冷凝液作为采暖热源, 实际运行效果良好。因本文主要着重介绍 Aspen Plus 在实际改造过程中的流程模拟分析、应用, 故工程建设方面便不再做过多的阐述。化工过程模拟可以用来进行新工艺流程的开发研究、新装置设计、就装置改造、生产调优以及故障诊断, 同时还可以为企业装置的生产管理提供可靠的理论依据, 是企业生产管理从经验型走向科学型的有力工具, 具备条件的相关单位可进行推广应用。