

SPS/仿真器
高级应用
技术交流

北京澳科源科技有限公司

SPS STONER PIPELINE SIMULATOR
OPERATING 24/7

交流安排

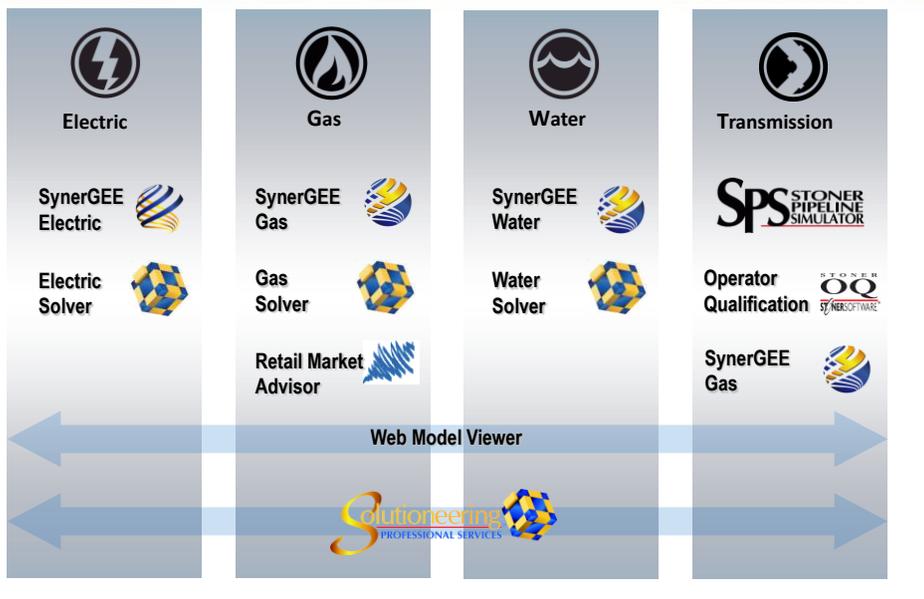
- Stoner Software介绍
- 新增功能介绍
- SPS的文件系统
- 仿真控制语言—INTRAN
- 模拟选项设置
- 气体管线实例（SPS for Gas）
 - 调峰实例
 - 布站实例
 - PID控制系统
- 液体管线实例（SPS for Liquid）
 - 水击工况模拟
 - 停输再启动模拟
 - 顺序输送模拟
- 总结

Stoner Software介绍



- Stoner软件最早是美国Stoner Associates (Stoner)公司的产品，Stoner是一家以提供软件技术服务为主的公司，成立于20世纪70年代。
- 2001年英国 National Grid公司收购了Stoner 公司，整合了Stoner 公司后，组建了Advantica公司。
- 2007年德国Germanischer Lloyd (GL)工业服务公司收购了Advantica公司。
- 2009年4月1日起，Stoner软件取消了Advantica的所有标识，全部更换为德国GL公司的标识。

Stoner Software介绍



SPS系列软件

Offline（离线模拟）

SPS/Simulator（SPS/离线仿真器）

SPS/Trainer（SPS/仿真培训器）

Online（在线模拟）

SPS/Statefinder（SPS/在线仿真器）

SPS/Leakfinder（SPS/泄漏检测器）

SPS/Predictor（SPS/预测分析器）

- **Stoner Pipeline Simulator (SPS/Simulator) (SPS/仿真器)**是一种先进的瞬态流体仿真应用程序，它分为气体和液体两个模块，分别用于模拟管网中天然气或（批量）液体的动态流动。
- **SPS/仿真器**可以模拟任何现有的或规划设计中的管道，可对正常或非正常条件下，诸如管路破裂、设备故障或其它异常工况等，各种不同控制策略的结果作出预测。
- 气体模块可以模拟不同对象如用户的用气周期性变化、气源断流、压缩机故障、管线出现泄漏以及管网系统的最大存活时间等。
- 液体模块可以模拟管道的水击分析、顺序输送时各油品的到达时间及混油位置、输油泵故障、管线出现泄漏以及故障管网系统的最大存活时间等。

Stoner Software介绍



- **SPS/仿真器**可计算设备运行状态及管网中的流量、压力、密度及温度等变量，并随仿真的进程，相对于时间或距离以报表或图形的形式在屏幕上交互显示设备和管路参数。仿真结果可用于打印或绘图。
- **SPS/仿真器**可用于解决在设计及操作天然气、密相气体或液态烃类管道运输系统时涉及液体、控制系统、液体处理设备的瞬态行为的几乎所有的问题。
- **SPS/仿真器**已被众多国际知名工程和建设公司采用，用于管道的设计及分析。同时它也在很多运营公司的工程部门和规划部门的日常运作中得到广泛的应用，一些公司已将**SPS**的结果视为管道分析的标准。

Stoner Software介绍



- 使用**SPS/仿真器**，用户可以：
 - 分析设备的启动及关闭
 - 分析运行稳定性
 - 分析泵 / 压缩机的运行时间表
 - 研究各种设计及运行方案的经济性
 - 分析喘振情况及设计减压系统
 - 设计串级控制系统
 - 研究气体输送系统的存活期
 - 分析对于潜在异常工况的系统响应，评估修正方案
 - 研究批量输送、侧线输送或混合供给的效果
 - 研究再循环系统的温升，以及由于与管道周围环境的瞬时热交换造成的产品冷却或加热
 - 研究气体（特别是非理想气体）的热效应，例如焦耳-汤姆逊冷却、减压冷却及多方压缩机的级间冷却
 - 设计最小旁路流量控制，以防止多变压缩机发生喘振
 - 研究气体管道的破裂效应及泄放冷却，以评估管道钢材的脆性

Stoner Software介绍

- SPS目前的最新版本是V9.72
- 对操作系统的要求：
 - Microsoft® Windows XP, Service Pack 2
 - Microsoft® Windows Vista 32-bit Business, Enterprise, or Ultimate, Service Pack 1 Or Vista support requires installation on a Vista certified PC.
- 对计算机硬件的最低要求：
 - 处理器（CPU）：3GHz 或更高
 - 内存（RAM）：2GB 或更高
 - 硬盘（Hard Disk）：50GB或更多剩余存储空间的硬盘
 - 显示器：SVGA 分辨率为1024x768或更高，16-bit 色彩
 - 接口：至少1个并口（LPT1）或1个USB接口，安装软件锁
 - 其他硬件设备：光驱（CD-ROM）及鼠标

传统界面

传统的操作界面
在软件安装程序组中运行SPS。界面如下：

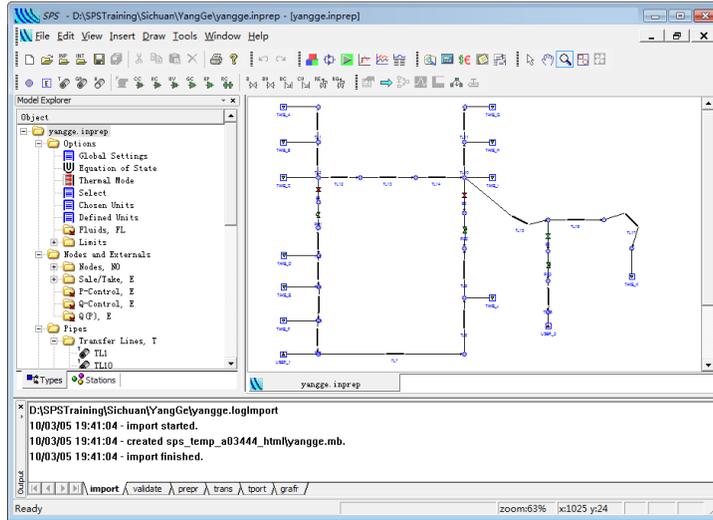


主要用于运行已经建好的模型。

新增功能—Model Builder



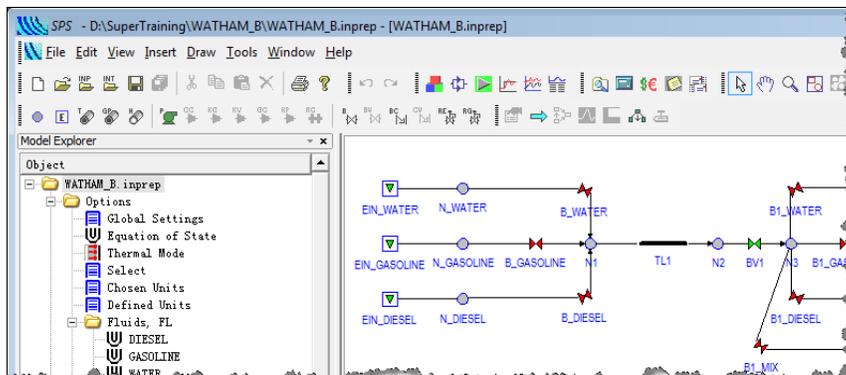
- 自V9.4版开始，SPS就提供了一个图形化的建模工具Model Builder，随着软件版本的不断升高，Model Builder也越来越人性化，越来越方便使用。



新增功能—Model Builder

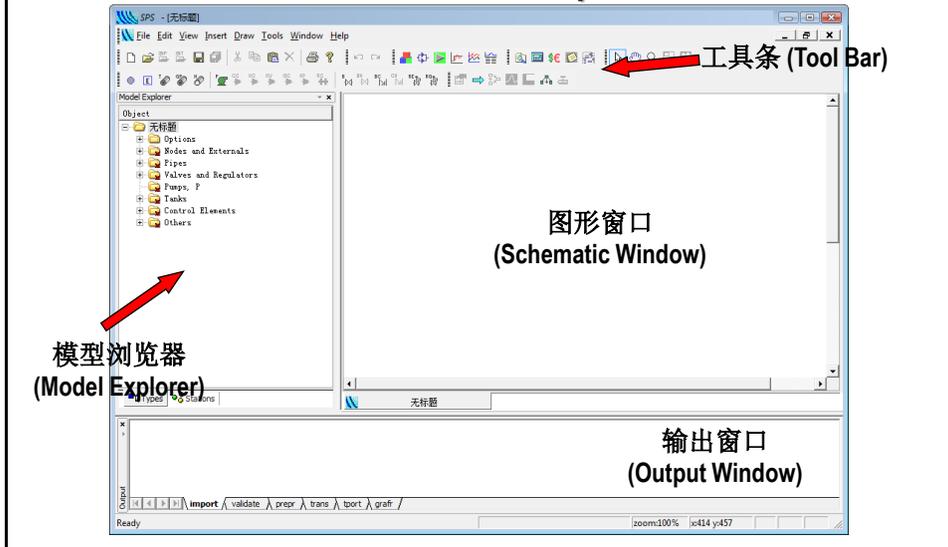


Model Builder提供一个管道模型示意简图，用来进行建模和设置；可以将老版本的INPREP文件输入进来，生成示意简图式模型；对输入的INPREP文件和模型自动布局，自动安排设备的位置；可以自己定制工作空间



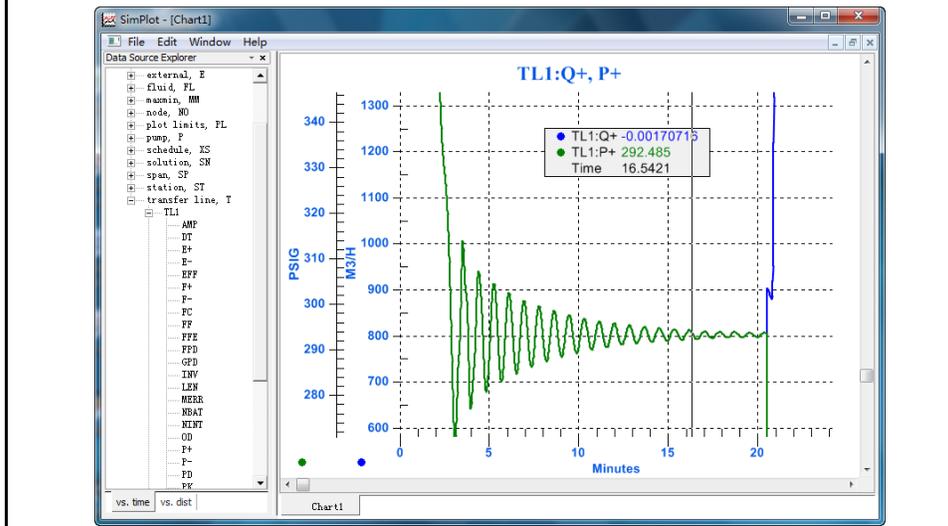
新增功能—Model Builder

Model Builder的工作空间 (WorkSpace)



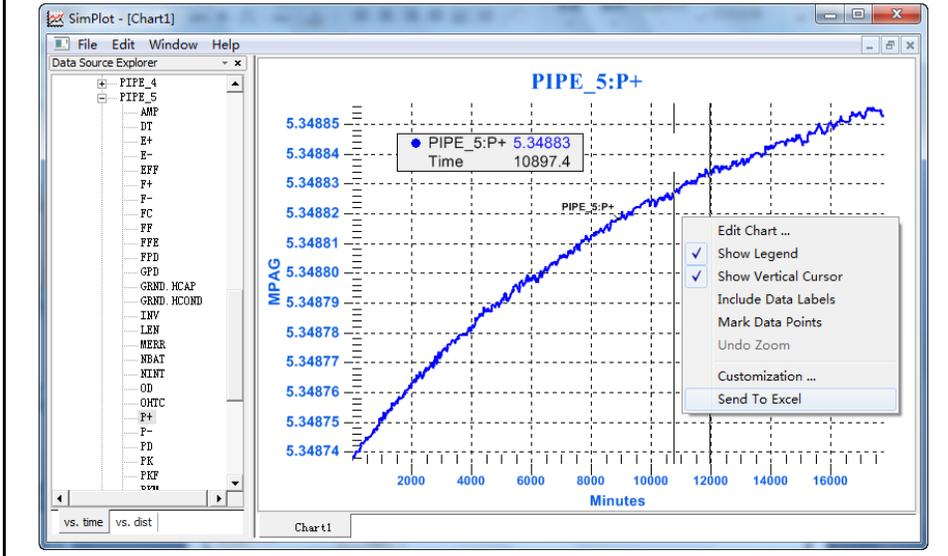
新增功能—SimPlot

- 自V9.6版开始, SPS又提供了一个图形化的结果查看工具SimPlot, 通过SimPlot, 我们可以很方便的查看模型中各种设备的参数和仿真结果。



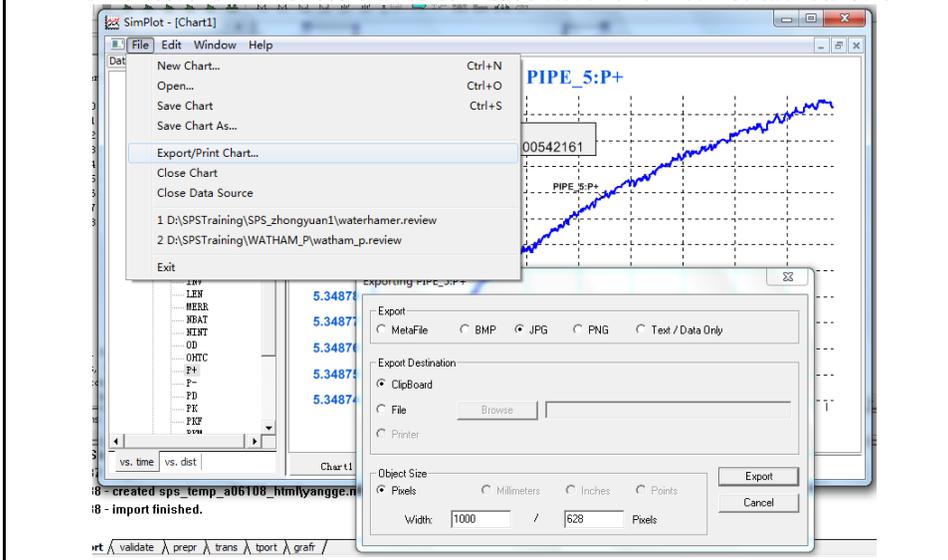
新增功能—SimPlot

- 通过右键菜单，我们可以将当前变量的变化值输出到Excel中进行分析。



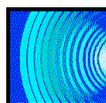
新增功能—SimPlot

- 通过文件菜单，可以将变量的变化趋势图截取下来，贴到我们的报告中。



SPS的文件系统

SPS软件模块



MODEL BUILDER

建立图形化的管道模型并输入数据。



PREPR

预处理器：
设置管道、设备及流体的相关参数。



TRANS

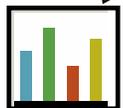
瞬态模拟器：
完成以时间为变量的模拟计算。
可以查看变量在距离上的变化趋势图和随时间变化的趋势图。



TPORT

TRANS 模块的附加窗口，创建多窗口模拟。

后处理器：
将计算结果进行摘录并以图表的形式显示出来



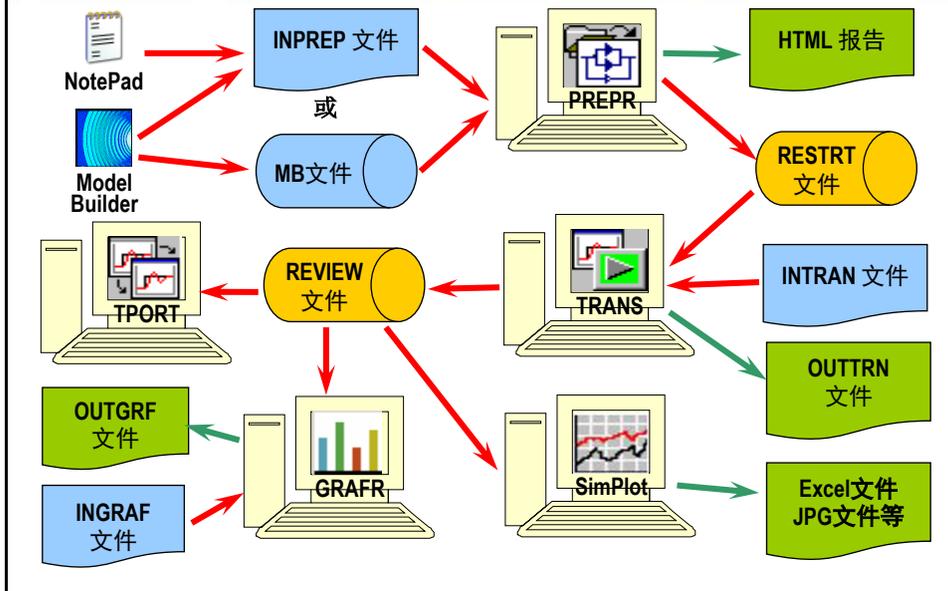
GRAFR



SimPlot

数据查看器：
SPS软件提供的用于查看模拟计算结果的工具

SPS的文件系统



SPS的文件系统

• 完整模型必须的文件:

- INPREP文件 → 存储所建模型及其基本参数设置
- MB文件 → 由Model Builder生成的模型文件（可选）
- INTRAN文件 → 存储瞬态模拟的控制指令
- INGRAF文件 → 存储生成报告的控制指令

注: INPREP文件和MB文件其中有一个就可以构成完整的模型。

• 其他文件:

- OUTPRP文件 → PREPR后的输出文件
- OUTTRN文件 → TRANS后的输出文件
- OUTGRF文件 → GRAFR后的输出文件
- DSP文件 → 存储在TRANS中定制的显示指令
- SPS.Settings → 存储SPS软件的各种设置
- 还有一些是运行仿真模拟后生成的数据文件, 如REPLAY文件, RESTRT文件, REVIEW文件及LOG文件等。

INPREP文件的结构

- A. INPREP文件是一个文本文件，可以使用Windows的记事本和一些文本编辑软件对其进行编辑和修改。
- B. 包括的内容：

全局数据：

- . Phase
- . Units
- . Thermal mode
- . Equation of state
- . Fluids

设备数据：

- . Pipes / headers
- . Pumps and compressors
- . Supplies and deliveries
- . Valves and regulators
- . Relief valves
- . Controllers
- . Sensors
- . Relays

INPREP文件的结构

- C. 下面的输入参数是每一个INPREP文件都必需的：

TITLE (必需在文件的第一行)

LIQUID 或 **GAS** (定义INPREP的相属性，是液体还是气体)

ENGLISH 或 **METRIC** (定义模型使用单位制，是英制还是公制)

CUSTODY (标准条件下的参考值)

PIPEPARMS (管道公用参数)

ISOTHERMAL, **THERMAL** 或 **TRANSTHERMAL** (选用的传热模式)

STATE CNGA, **STATE AGA** 或 **STATE BWRS** 等，状态方程

=EQUIPMENT 通用数据和元件数据的分割线。

元件，节点，用户定义的变量等数据。

- D. INPREP文件中的指令需使用大写字母。更多语法规则，参考SPS用户手册和帮助中的“the INPREP file”章节。

SPS的文件系统—INTRAN



- INTRAN是仿真模拟运行时必需的文本文件，通过它用户可以方便的控制瞬态模拟的进行
 - 指定仿真模拟开始和结束的时间
 - 控制指令（**START/STOP**，**OPEN/CLOSE**等）
 - 在指定的时间按照指定的文件格式输出指定的数据
 - 将当前的仿真模拟状态存档或载入事先保存的模拟状态
 - 定义一个基于其他现有变量的新变量
 - 定义操作顺序，如站的启动或停止
 - 定义警报条件和警报信息
 - 设置条件控制顺序（**IF THEN**，**WHENEVER**）

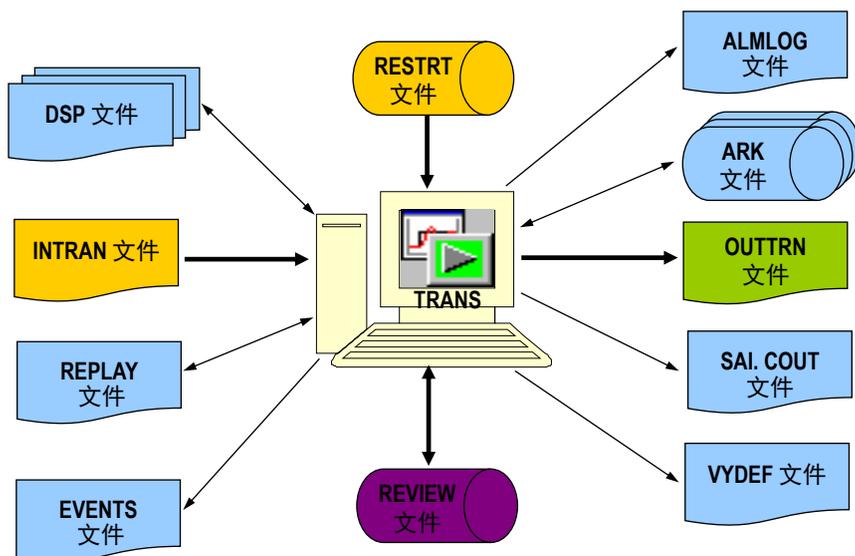
SPS的文件系统—INTRAN



- 每一个INTRAN文件都必需有BEGIN命令。一个基本的INTRAN文件同时还需要包括以下指令：
 - **BEGIN** (必需在文件的第一行)
 - **INTERACTIVE** (运行交互式的仿真模拟，必需有此指令)
 - **TRENDLIST** (生成交互式的 GRAFR 时间图或运行 TPORT)
 - **PROFILE (INTRAN)** (生成 GRAFR 曲线图，需有此指令)
 - **SHARE** (运行 TPORT，需有此指令)
- 注意：INTRAN文件中的指令必需使用大写字母。
更多的语法规则，请参考SPS用户手册和帮助中的“the INTRAN file” 章节。

仿真控制 INTRAN

TRANS模块执行流程



INTRAN文件使用的语言



- INTRAN使用的就是Application Definition Language（一种SPS特有的语言——ADL语言）
- ADL语言的重要的约定
 - **空格**：两个数据之间至少要有一个空格。
 - **缩进**：为了便于阅读，指令行有时需要缩进。
 - **注释**：“/*”为注释符号，其右边的内容将被处理器忽略。
 - **连续**：“+”为连续符号，ADL语言允许多行输入，对于数据和一般的指令，在换行后，使用“+”，表明是一个多行输入（有些指令如：IFELSE，DEFINE.SEQUENCE，WHENEVER等则不需要使用“+”表示连续）
 - **缩写**：关键字可以缩写，长短任意，只要缩写后的关键字是唯一的就可以。如：DENSITY可缩写为DENS或DE，HEAT.CAPACITY可以缩写为HEAT.CAPA，HEAT.CA或HE.CA。
 - **通配符**：“*”可以代表多个字符，“?”仅代表一个字符。
 - **大写**：ADL的命令和函数表达式 要求使用大写字母。

ADL语言举例



计算压缩机站的总功率：

```
DEFINE STA1_PWR = STA1.P1:PWR + STA1.P2:PWR
```

当出口压力过高时停泵：

```
WHENEVER PUMP1 Discharge Pressure > MAOP  
AND PUMP1 Status = "Running"  
THEN STOP PUMP1  
AND OPEN BYPASS VALVE
```

ADL语言的命令

INTRAN将会使用以下命令：

ALARM	POKE	DEFINE
ALARM.CATEGORY	POKEALL	DEFINE.PATH
ARCHIVE	PRINT	INCLUDE
BEGIN	PROFILE (INTRAN)	IFELSE
CLOSE	RAMP	IFISMACRO
COLSEP	REOPEN	MACRO
DEFINE.FUNCTION	REVIEW SIZE	TESTMACRO
DEFINE.SEQUENCE	SAVE.LINE.FILL	
DEFINE.TIMETABLE	SAVE.STATUS	
DO.INTERACTIVE	SAVE.STEADY	
External (Named Fluid)	SET	
FORMAT	SETLIST	
IF	SHARE	
Input reference (I) (INTRAN)	SHOW.STEADY	
INTERACTIVE	START	
LINE.FILL	STOP	
LOAD.INPUT	SUBMIT.SEQUENCE	
LOAD.STATUS	TIMEPAGE	
LOAD.STEADY	TRENDLIST	
MAXMIN	WAIT, WAIT.UNTIL	
OPEN	WHENEVER	

ADL语言的运算符

表达式使用的运算符

数学运算符：

加号：+ 减号：- 乘号：* 除号：/
乘方：** 自然对数：LN() 绝对值：ABS() 圆括号：()

关系运算符：

小于：< 小于等于：<= 大于：> 大于等于：>=
等于：= (或 ==) 不等于：!= (或 ~=)

逻辑运算符：

与：& 非：!(或 ~) 或：|

ADL语言的函数

ADL语言内部定义的函数：

ABS	INT	SCRAPER
AVG	INTEGRATE	STDV
CEIL	INTERNAL	SUM
COUNT	ISPEEK	SUMA
DELTA_ENTHALPY	LN	TAVE
DENS	LOOKBACK	TAYLOR1
DENS_DDP	MAX	TAYLOR2
DENS_DDT	MAXDIFF	Time function operators
DESCRIPTION	MIN	TIME_HISTORY
DEVICELIST	MOD	TINT
FLOOR	MOVING_AVG	TOSTR
HEAT_CAPA	PEEKLIST	TRUNC
HISTORY	PREV	UNITS

ADL语言的函数

常用函数如下：

函 数	数据类型	返 回 值
ABS	数值型	绝对值
AVG	数值型	算术平均数
DENS	数值型	密度
HEAT_CAPA	数值型	流体的热容
INT	数值型	取整函数
INTERNAL	数值型	返回管道中任一点的计算值
LN	数值型	自然对数
MAX	数值型	最大值
MIN	数值型	最小值
MOD	数值型	余数
PEEKLIST	peek list	满足指定条件的Peek名的排列
SUM	数值型	求和

函数表达式 (Expressions)

PEEKLIST — 满足条件的Peek名的排列

```
DEFINE DEV_LIST = PEEKLIST( "*", K.L = T,  
+ P.M = *:INV")
```

SUM — 求给出变量的和

```
DEFINE INV_T = SUM(DEV_LIST)
```

INTERNAL — 返回管道中任一点的计算值

语法: **INTERNAL**(PIPENAME:LEN, "PROPERTY", DISTANCE)

举例: 求距PIPE1起点10公里处的压力

```
DEFINE PRES_MID = INTERNAL(PIPE1:LEN,  
+ "PRESSURE", 10)
```

MAX — 最大值

1、求PIPE1的最大压力

```
DEFINE PIPE1_MAX = MAX(PIPE1:PRESSURE)
```

2、求从PIPE1到PIPE6路径中的最大压力

```
DEFINE.PATH PATH1 = PATH(PIPE1, PIPE6)
```

```
DEFINE PATH1_MAX = MAX(PATH1:PRESSURE)
```

MIN — 最小值

1、求PIPE1的最小压力

```
DEFINE PIPE1_MIN = MIN(PIPE1:PRESSURE)
```

2、求从PIPE1到PIPE6路径中的最大压力

```
DEFINE.PATH PATH1 = PATH(PIPE1, PIPE6)
```

```
DEFINE PATH1_MIN = MIN(PATH1:PRESSURE)
```

- 关于函数的用法, 请参考SPS用户手册和帮助的“Expressions, Operators and Functions”章节中的相关内容。

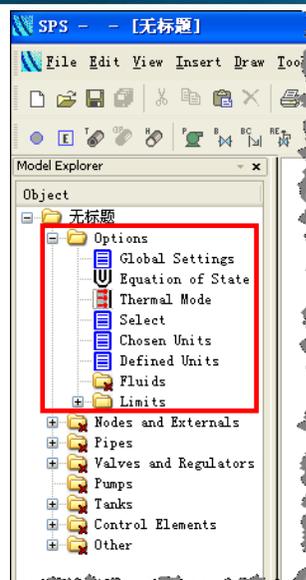
Simulation Options

模拟选项设置

模拟选项设置

模拟选项设置主要指以下设置

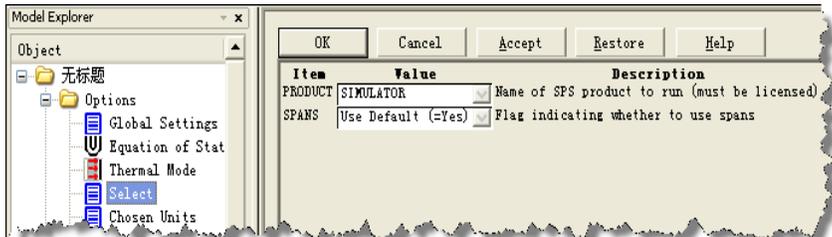
- Simulation Type
- Units
- Custody Conditions
- Knot Spacing
- Thermal Mode
- Equation of State (Gas or Liquid)
- Fluids
- Data Input Limits



模拟选项设置

选择模拟类型 (Simulation Type) 包括:

- Simulator
- Trainer
- Statefinder
- Leakfinder
- Predictor



模拟选项设置

选择单位 (Chosen Units)

单位包括英制(ENGLISH)和公制(METRIC)两种，在一个模型中只能选择其中一种，选择的单位将会在全局应用，包括所有输入和输出的数据。

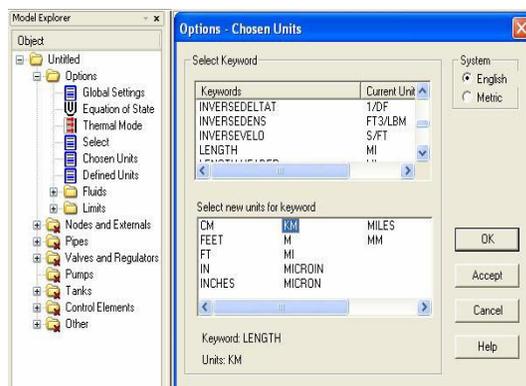
在设备Externals处，流量FLOW的单位可以改变。

LENGTH

- LENGTH.PIPE
- LENGTH.HEADER

AFLOW

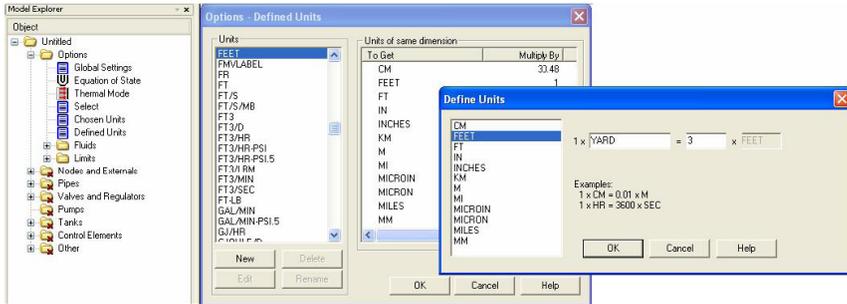
- PUMP.AFLOW
- COMP.AFLOW



模拟选项设置

定义单位 (Defined Units)

用户可以根据需要，利用现有的单位来定义一个新的单位，如：公里、里等。



模拟选项设置

限定值检验 (Limit Checking)

SPS有一个很重要的功能，就是将用户输入的数据与系统内设定的限定值进行校验，来帮助用户发现输入过程中造成的错误数据。

每一个数字型数据都有以下限定值：

High-High：致命错误

High：警告

Low：警告

Low-Low：致命错误

Default：默认输入值

系统内设定的限定值可以根据需要进行必要的修改。

模拟选项设置

限定值检验 (Limit Checking)

所有输入的数据将会自动进行校验，结果如下：

- 错误(Error): 高于high-high或低于low-low
- 警告(Warning): 介于low-low和low之间或介于high和high-high之间
- 正确(O.K.): 没有问题
- 默认值(Default)
- 计算所得(Calculated)

Item	Value	Units	
NAME	TL1		Unique
FROM	Node9		Upstre
TO	Node10		Downst
LEN	80.00	MI	Actual
OD	20.00	IN	Outsid
WT	1.20	IN	Wall th
T-	70.00	DF	Initial
T+	70.00	DF	Initia
ELEV-		FT	Upstre
ELEV+		FT	Downst
FRICITION	MOODY		Fricti
FF	0.013		Moody
TTYPE	NONE		Temper

模拟选项设置

全局设定 (Global Settings)

参考环境(Custody Conditions)

TREF: 参考温度，使用用户选定的单位

PREF: 参考压力，使用用户选定单位系统的绝对单位

PINIT: 最高高程处的初始压力，使用用户选定的单位

Item	Value	Units	Description
TITLE	SPS Model Builder		Title for OUTPRP
PREF	14.696	PSIA	Custody transfer pressure
TREF	60.00	DF	Custody transfer temperature
ACTIVE	No		Initialize Flowing
PINIT	300.00	PSIG	Initial pressure at the highest elevation
SPAC		MI	Pipe interval (knot) spacing
THRM. COEF	1.33E-006	1/DF	Pipe thermal expansion coefficient

模拟选项设置

全局设定—KNOT Spacing

液力学计算是依靠输送管线划分的所有短节来完成的。短节的间隔越小，模型的瞬态模拟能力越强，结果也就越接近实际情况。

实际上KNOT Spacing就是 ΔX 。

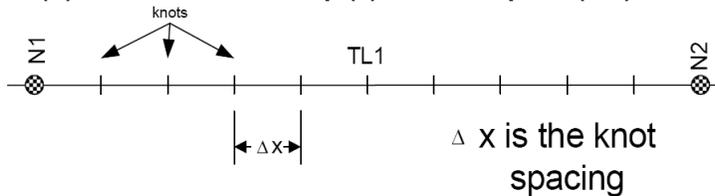
SPS的PREPR规定Knot Spacing如下：

将最短的输送管线分为3段；

将阀的开/关时间除以5；

将旋转式设备的旋上/旋下时间除以5。

$$\text{Knot (ft)} = \text{Minimum Timestep (s)} \times \text{Wavespeed (ft/s)}$$



模拟选项设置

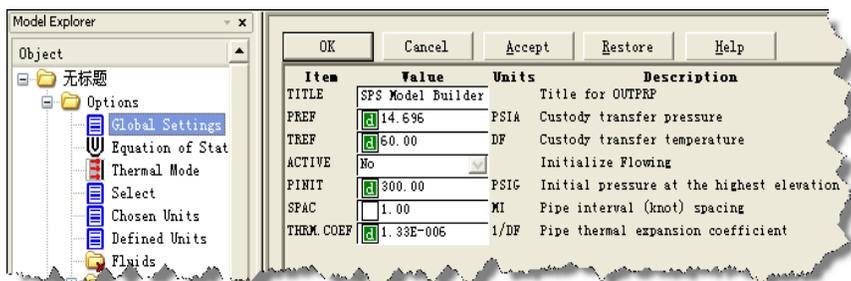
全局设定—KNOT Spacing

一般情况下在Global Settings窗口中不用考虑最小knot spacing

阀在一个时间步长内不会关闭或打开

旋转式设备也不会在一个时间步长内停止或启动

管线若比knot spacing短，在流量快速变化的情况下，是无法接入系统中的可以根据实际情况输入一个值。



模拟选项设置—传热模式

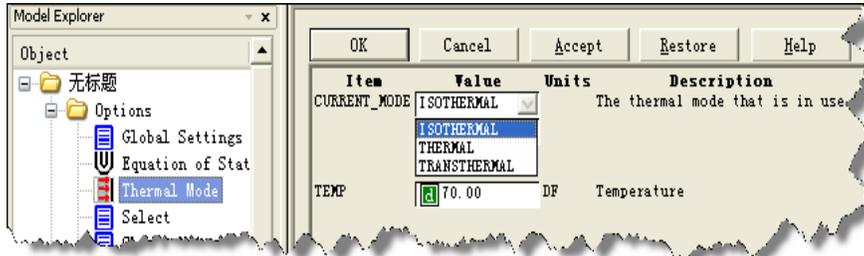
传热模式 (Thermal Mode)

和温度有关的计算，系统提供了3种不同的传热模式。

ISOTHERMAL

THERMAL

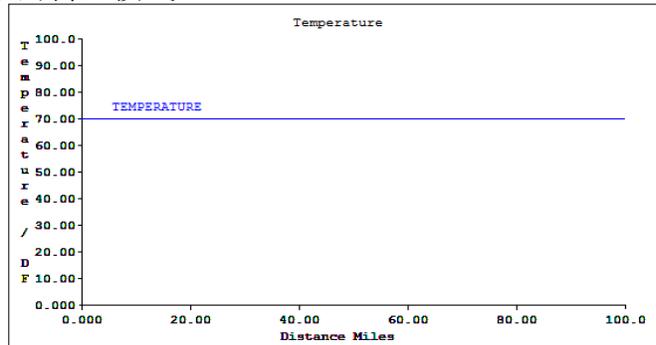
TRANSTHERMAL



模拟选项设置—传热模式

传热模式— ISOTHERMAL

- 温度为恒量，不随时间和距离变化
- 默认的温度常数是70°F (21.1°C)
- 开始时使用该模式，当模型能够正确运行后，再选用其他复杂的传热模式。



模拟选项设置—传热模式

传热模式— THERMAL

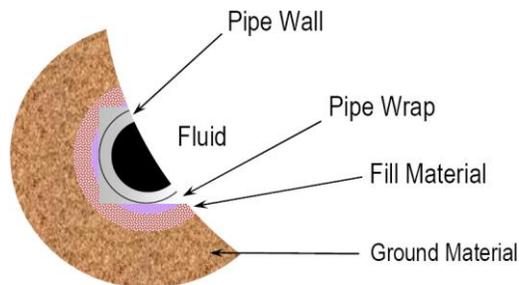
- 使用该模式可以研究温度随泵、压缩机和阀的状况动态变化的情况
- 增加流体通过设备时的温度计算，例如：阀、泵以及压缩机等，不包括输送管线。

Description	Abbrev.	Value	Units
● Suction Pres	P-	260.000	PSIG
● Discharge Pres	P+	1074.021	PSIG
● Suction Temp	T-	70.000	DF
● Discharge Temp	T+	73.279	DF
● Suction Flow	Q-	248.792	GAL/MIN
● Discharge Flow	Q+	248.792	GAL/MIN
● Driver Power	PWR	200.000	HP
● Hydraulic Driver Power	HYPW	200.000	HP

模拟选项设置—传热模式

传热模式— TRANSTHERMAL

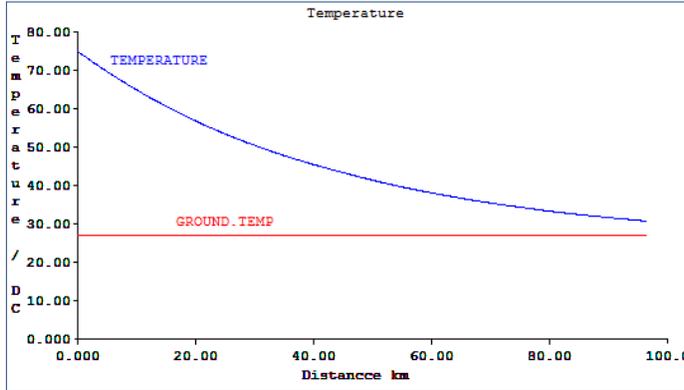
- 在此模式中，对于管道和设备来说，温度是一个变量。
- 可以计算管道和环境之间的瞬时径向热交换
- 对流现象仅发生在管道内部
- 每一层都有自己的
 - 厚度 (Thickness)
 - 热容 (Heat capacity)
 - 导热系数
 - 径向Knot Spacing



模拟选项设置—传热模式

传热模式— TRANSTHERMAL

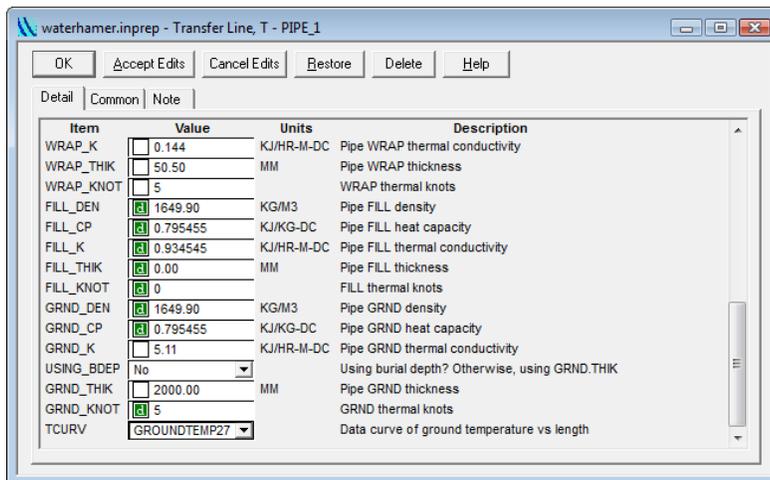
输入的数据分为输送管线和Transthermal两部分
输入的温度仅是所有流体用于计算的起始温度
温度随时间变化—管道周围土壤的温度也会随时间变化



模拟选项设置—传热模式

传热模式— TRANSTHERMAL

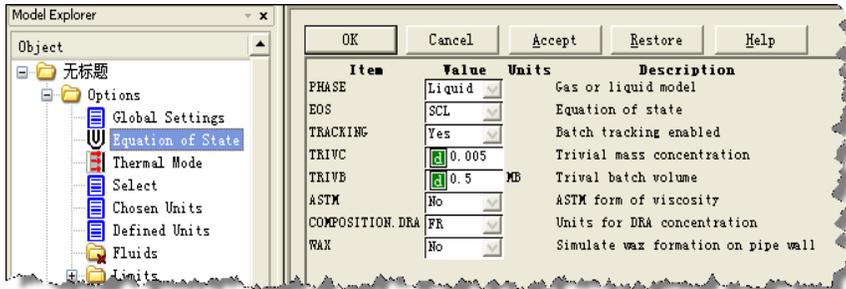
使用该模式，管道的参数中可以使用定义好的地温变化曲线



模拟选项设置—状态方程

状态方程（Equation of State）

- 指定Phase: Liquid或Gas
- 确定不同温度和压力下的流动特性，如流体密度，粘性系数、可压缩性、热容、饱和蒸汽压等
- 必需包括操作的温度和压力的全部范围



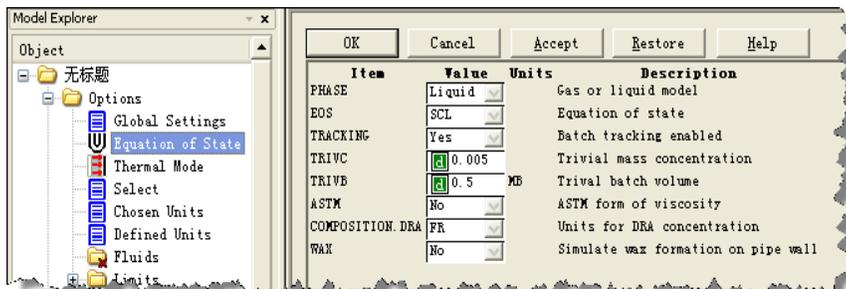
模拟选项设置—状态方程

状态方程—液体（Liquid）

STATE TABLE: 单一液体的热效应

SCL: 一种或多种液体及其相关属性

BWRS: 低粘性的液化气等



模拟选项设置—状态方程

状态方程—液体（Liquid）

STATE TABLE: 单一液体的热效应

模拟温度效应非常重要的单一液体

主要用于非理想化的液体

密度, 粘性系数作为压力和温度的函数用表格形式输入

必需涵盖整个操作范围

至少有5种明显不同的温度

至少有4种明显不同的压力对应每个温度值

模拟选项设置—状态方程

状态方程—液体（Liquid）

STATE TABLE: 单一液体的热效应

Item	Value	Units	Description
PHASE	Liquid		Gas or liquid model
EOS	TABLE		Equation of state
VP	1.00	PSIA	Vapor Pressure
SPH	1.00		Specific heat (heat capacity relative to water)
STATE TABLE	Edit Table		Table of density and viscosity as a function of pressure and temperature

	Pressure	Temperature	Density	Viscos
1	100	40	55.2	5
2	100	50	55.1	4.8
3	100	60	55	4.3
4	100	70	54.9	4
5	100	80	54.8	3.8
6	200	40	55.7	5.1
7	200	50	55.6	4.9
8	200	60	55.5	4.4
9	200	70	55.4	4.1
10	200	80	55.3	3.9
11	300	40	56.2	5.2
12	300	50	56.1	5
13	300	60	56	4.4

模拟选项设置—状态方程

状态方程—液体（Liquid）

SCL：一种或多种液体及其相关属性

定义一种或多种液体及其相关属性

默认的液体—水water的属性参数

适用于批量产品和原油管线

支持非牛顿体和Bingham塑性流体

支持DRA曲线

对批量流动可分配不同颜色进行显示

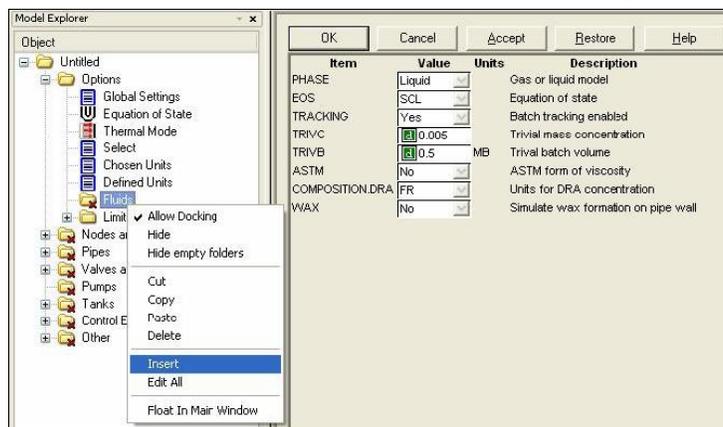
必需至少定义一种流体

模拟选项设置—状态方程

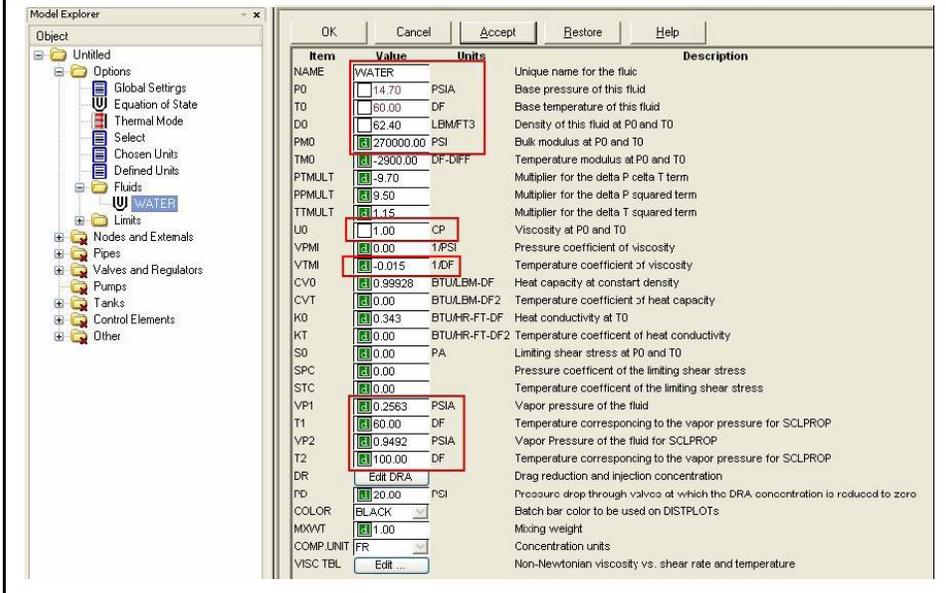
状态方程—液体（Liquid）

SCL—添加流体

添加流体，用鼠标右键点击Fluids文件夹，选择Insert



模拟选项设置—状态方程



模拟选项设置—状态方程

状态方程—液体 (Liquid)

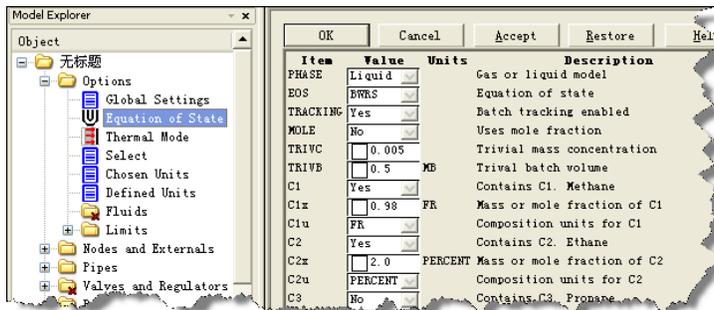
BWRS: 低粘性的液化气等

可模拟密相液体

仅适用低粘性液体

确保custody conditions表现为液相

可使用质量分率, 摩尔百分数或PPM



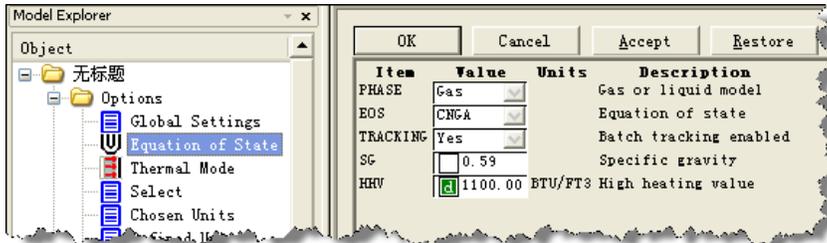
模拟选项设置—状态方程

状态方程—气体 (Gas)

CNGA：用于天然气

BWRS：用于对气体进行全组分跟踪

AGA8：由用户定义流体属性的烃类气体



模拟选项设置—状态方程

状态方程—气体 (Gas)

CNGA：用于天然气

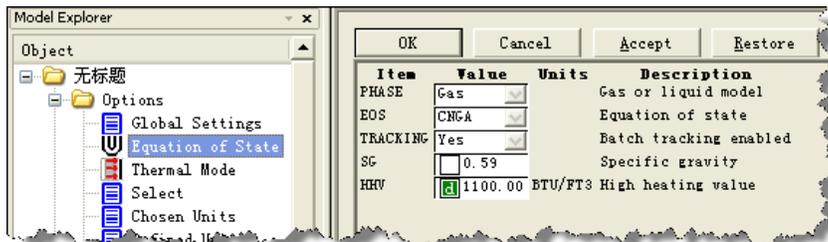
用于不知气体组分的情况

适用于“Normal”管道气，不要用于其他气体

压力 Pressures ~ 1500 psig (~ 10000 KPa)

气源处气体的比重

若使用燃料压缩机，需给出气体的热值



模拟选项设置—状态方程

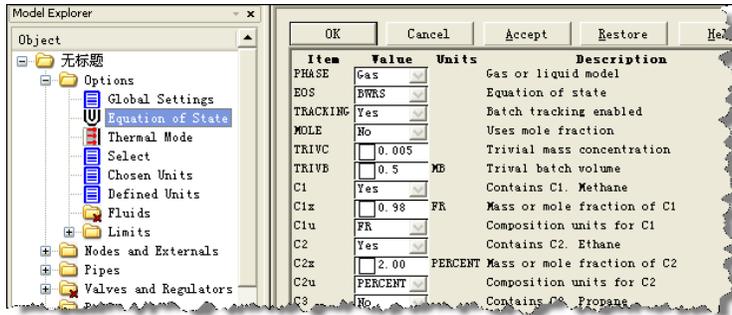
状态方程—气体 (Gas)

BWRS: 用于对气体进行全组分跟踪

适用于知道气体组分的情况

组分混合处理

组分可以使用质量分率或摩尔百分数来表示



模拟选项设置—状态方程

状态方程—气体 (Gas)

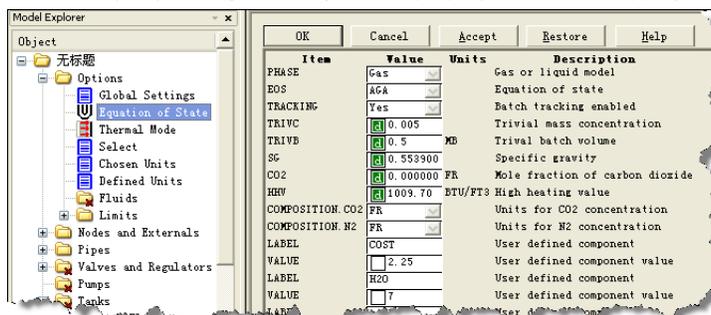
AGA8: 由用户定义流体属性的烃类气体

用于天然气混合气

压力Pressures ~ 1300 psig (~ 9000 KPa)

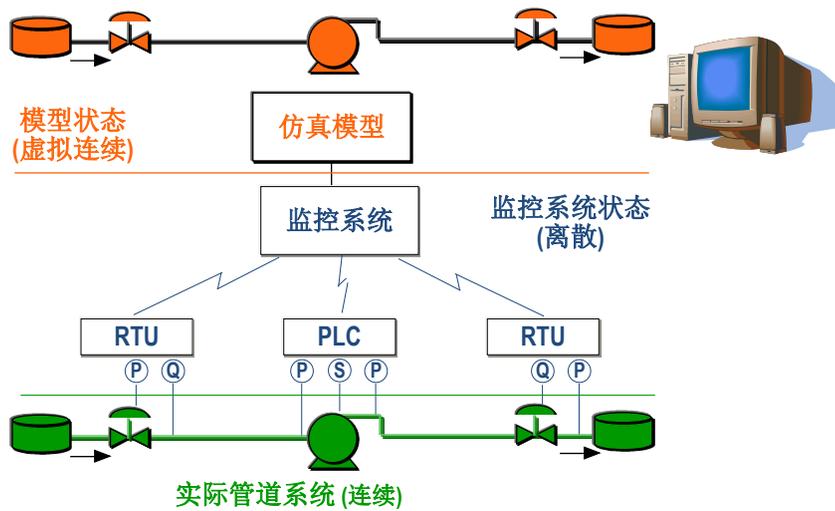
温度Temperatures ~ 130 °F (~ 62 °C)

用于跟踪气体重度, 热值和用户定义的流体属性参数



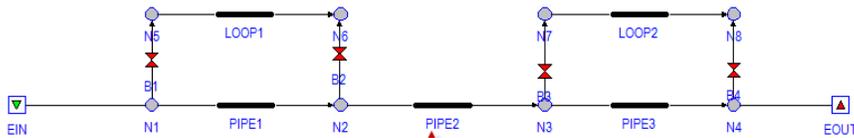
管道仿真实例

管网仿真系统



气体管道—调峰

- 天然气管网系统本身具有一定的调峰能力，当用气量不均匀时，或是用气量按照某种规律变化时，能够保持天然气输配系统供需平衡。
- SPS软件可以对这一过程进行仿真模拟。
- 建立模型如下：



气体管道—调峰

使用到的指令如下：

RAMP: 变量值随时间不断变化

我们可以按一系列随时间变化的值改变目标的值

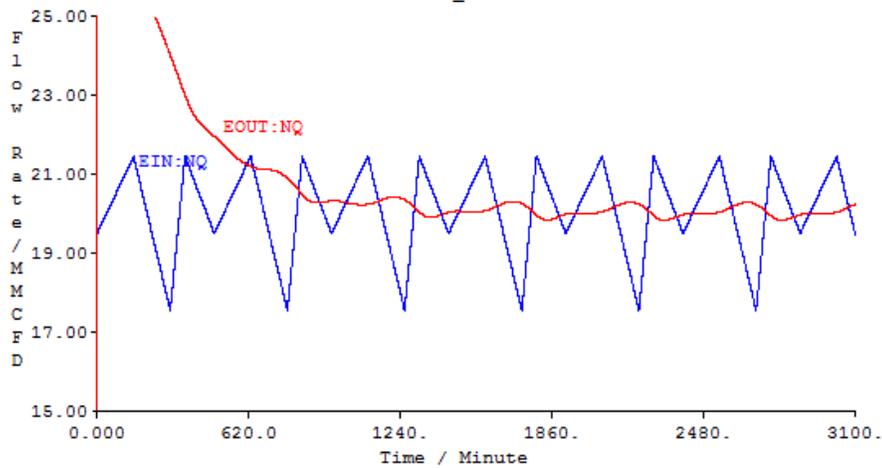
```
RAMP EIN:SNQ = 19.5 21.5 17.55 21.5 19.5  
+ TIME = 0 150 300 360 480  
+ REPEAT = YES
```

也可将目标值指定为一个在不断变化的表达式的值

```
RAMP EXT1:SP = TANK_PRESSURE
```

气体管道—调峰

结果如下：



气体管道—布站

- 在气体管线的规划和设计过程中，因管线过长，为保证管线的正常运营，需要在沿线设计压气站，这就是布站问题。
- 设定全线长度：1250km，输量：300亿方/年。
- 首站EIN压力7.0MPa，管道外径1118mm，壁厚20mm。
- 压缩机最大功率200MW，压缩比1.4~1.8
- 要求，压缩机出站压力11.8MPa，压损0.05MPa
- 管线沿线最低不得低于7.6MPa



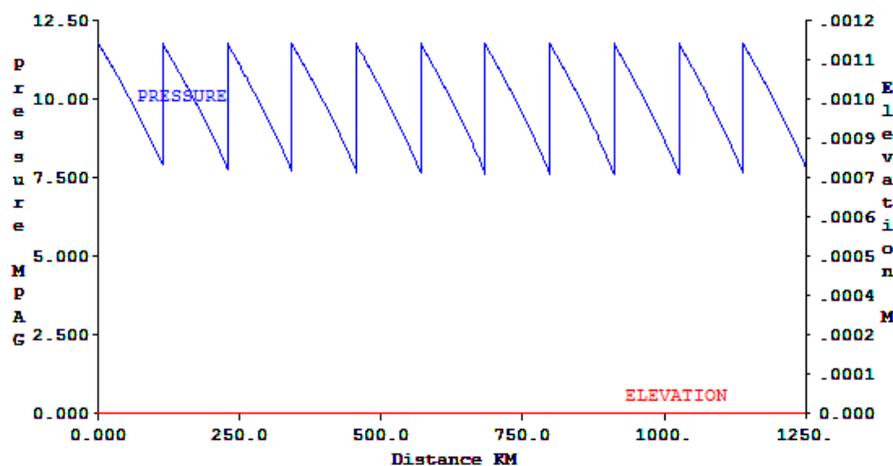
气体管道—布站

布站方法:

- 将管道全线建立模型，仿真开始后在沿线压力图上找到压力等于或稍高于7.6MPa的位置，将管道模型断开，接入一个压气站，然后继续。直到末站压力满足要求为止。最后再调整压气站的位置即可
- 根据经验，预估需要设计多少个压气站，先均匀布站，仿真运行后根据沿线压力变化曲线，再调整压气站的位置。
- 技巧：巧用Archive和Load Status指令，将稳态保存，对模型修改调整后再调入，可以节省很多的等待时间。

气体管道—布站

结果如下:



气体管道—布站

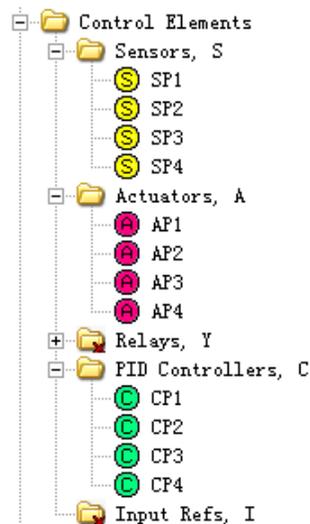
结果如下:

Device	UP_Pres	Down_Pres	C_Rate	Power	State
KP00	7.000	11.750	1.714	52.298	RUNNING
KP00_1	7.896	11.750	1.518	42.436	RUNNING
KP00_2	7.788	11.750	1.509	42.727	RUNNING
KP00_3	7.727	11.750	1.521	44.140	RUNNING
KP00_4	7.679	11.750	1.530	45.288	RUNNING
KP00_5	7.645	11.750	1.537	46.173	RUNNING
KP00_6	7.622	11.750	1.541	46.800	RUNNING
KP00_7	7.611	11.750	1.543	47.175	RUNNING
KP00_8	7.611	11.750	1.543	47.309	RUNNING
KP00_9	7.620	11.750	1.541	47.215	RUNNING
KP00_10	7.639	11.750	1.538	46.912	RUNNING

气体管道—PID控制系统

复杂控制系统 (Detailed Control System)

- 传感器 Sensor (optional)
- 控制器 Controller
- 继电器 Relay (optional)
- 激励器 Actuator
- 液力学设备 Hydraulic Device
 - 控制阀 Control Valve
 - 泵 Pump
 - 压缩机 Compressor



气体管道—PID控制系统

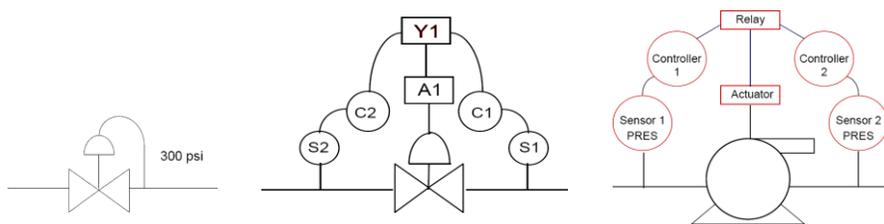
控制系统 (Control Systems)

需要什么?

液力学设备 (阀 Valve, 泵 Pump, 压缩机Compressor等)

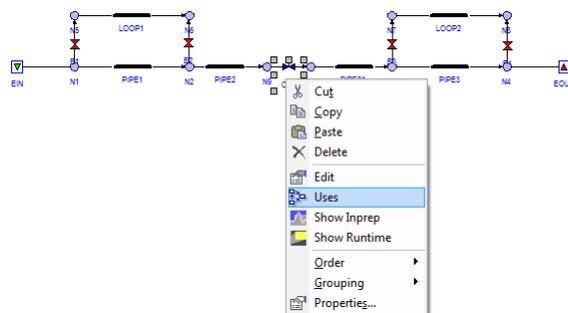
反馈结构 (Feedback configuration)

一个或多个控制点 (Set point)



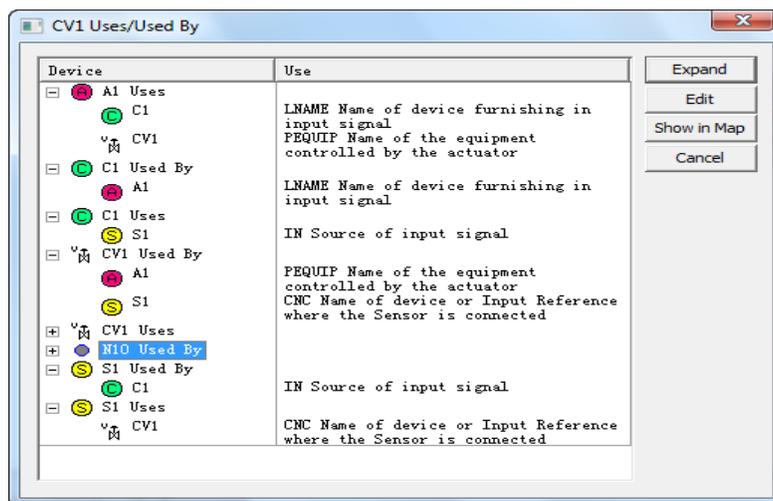
气体管道—PID控制系统

- 在SPS软件中，控制系统的加入是无法在示意图中直接画出来的
- 控制系统的添加，需在模型浏览器中进行。通过控制元件的设置，将其连接到它所控制的液力学设备上。
- 通过Use菜单，我们可以查看液力学设备上所连接的控制元件。



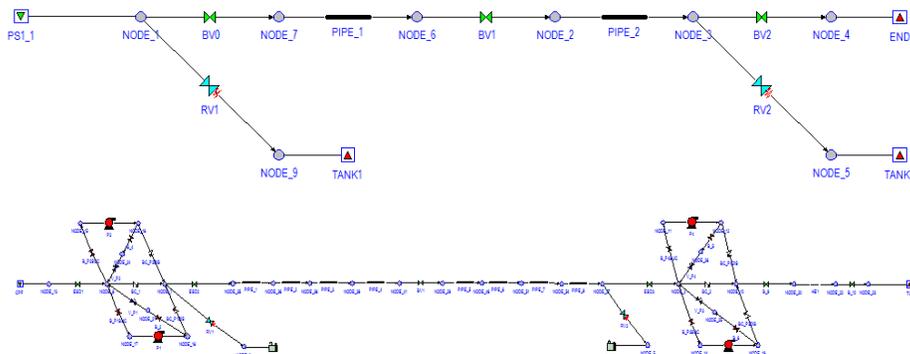
气体管道—PID控制系统

如下图所示：



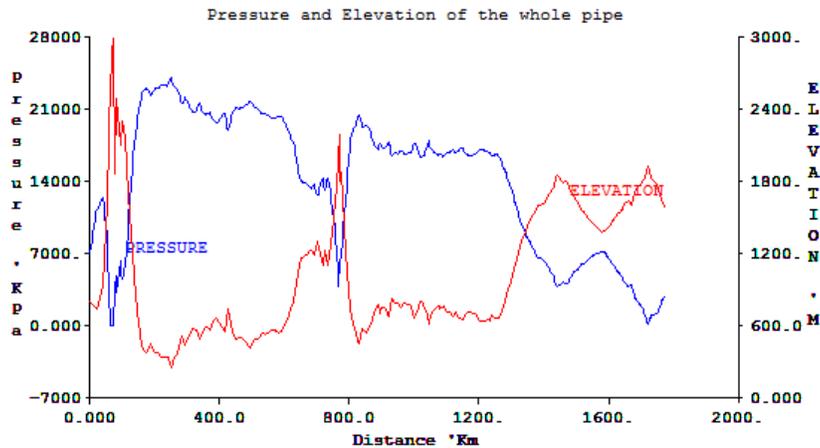
液体管道—水击

- 水击计算是液体管道最常见的计算项目之一。
- 水击计算模型的建立，可以很复杂，也可以很简单，关键取决于我们的要求。针对不同的要求，我们可以建立复杂程度各不相同的模型。



液体管道—水击

- 水击过程中往往需要判断管道压力最高处是否安全，对于高程变化不大系统很容易判断，但是对于如下图所示的高程有较大变化的系统，就很难判断了。



液体管道—水击

- 我们可以采取以下措施来找到水击时系统压力最高处：
 - 1、我们可以将模型建成很短的直管道，一点点的查。
 - 2、使用函数MAX来查找最大压力值。
 - 3、使用函数INTERNAL查找系统中任意一点的压力值。

(1) 求PIPE1的最大压力：

```
DEFINE PIPE1_MAX = MAX(PIPE1:PRESSURE)
```

(2) 求从PIPE1到PIPE6路径中的最大压力：

```
DEFINE.PATH PATH1 = PATH(PIPE1, PIPE6)
```

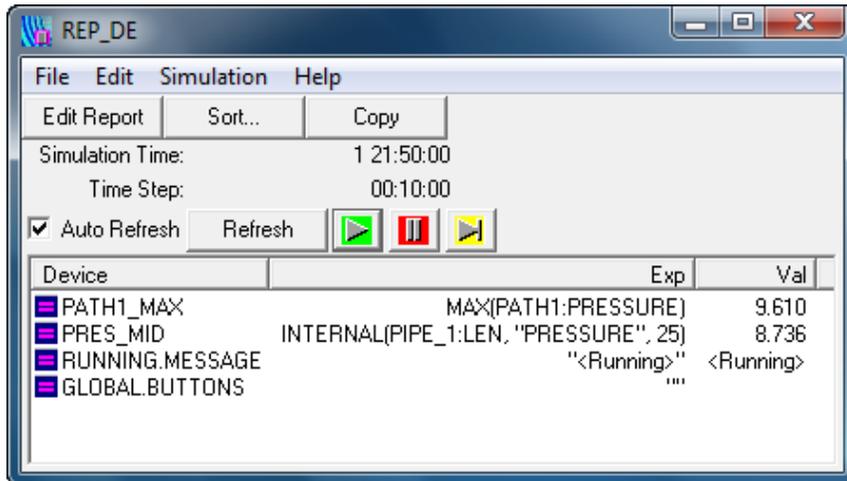
```
DEFINE PATH1_MAX = MAX(PATH1:PRESSURE)
```

(3) 求距PIPE1起点10公里处的压力

```
DEFINE PRES_MID = INTERNAL(PIPE1:LEN,"PRESSURE", 10)
```

液体管道—水击

- 结果如下：



The screenshot shows the REP_DE software interface. The window title is 'REP_DE'. The menu bar includes 'File', 'Edit', 'Simulation', and 'Help'. Below the menu bar, there are buttons for 'Edit Report', 'Sort...', and 'Copy'. The 'Simulation Time' is displayed as '1 21:50:00' and the 'Time Step' is '00:10:00'. There is a checked 'Auto Refresh' checkbox and a 'Refresh' button. Below these are three icons: a green play button, a red stop button, and a yellow right arrow button. The main area contains a table with the following data:

Device	Exp	Val
PATH1_MAX	MAX(PATH1:PRESSURE)	9.610
PRES_MID	INTERNAL(PIPE_1:LEN, "PRESSURE", 25)	8.736
RUNNING.MESSAGE	"<Running>"	<Running>
GLOBAL.BUTTONS	...	

液体管道—停输再启动

- 热油管道在运行过程中，不可避免地会发生自然灾害、油田停电和管线维修等情况，造成停输。
- 当管道停输超过一定时间，原油结构强度便超过泵所能提供的启动压力或管路所能承受的压力，会造成“凝管”事故。
- 提高出站输油温度虽能在一定程度减少发生“凝管”事故的风险，但极大地提高了输油企业的运输成本。
- 如何使输油管道既经济又安全地运行，需准确掌握管道的停输期间温降变化情况及再启动过程的启输参数变化情况。

液体管道—停输再启动



- 停输再启动的模型建立很简单，关键在于控制语言的编写：

```
DEFINE.SEQUENCE STOP_RESTART_30000
{
  STOP P1

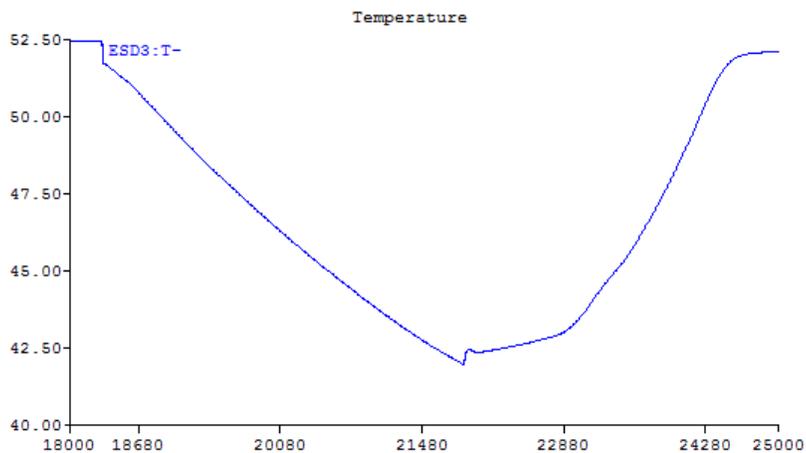
  {WAIT.UNTIL (ESD3:T- <= 42.0)
  START P1
  {WAIT.UNTIL (P1:ST = STOPPING |
+   P1:ST = STOPPED)
  START P1}
}
```

- 这里定义了一个停输再启动的次序，我们可以很方便的随时调用这个次序，来观察停输再启动的过程。

液体管道—停输再启动



- 结果如末端温度变化曲线图所示。温度开始下降时即为首站停输时刻，温度开始上升时即为首站泵再次启动时刻；后面温度上升即为再启动达到稳态的过程。



液体管道—顺序输送

1. 建立模型

A. 将WATHAM.MB另存为WATHAM_B.MB

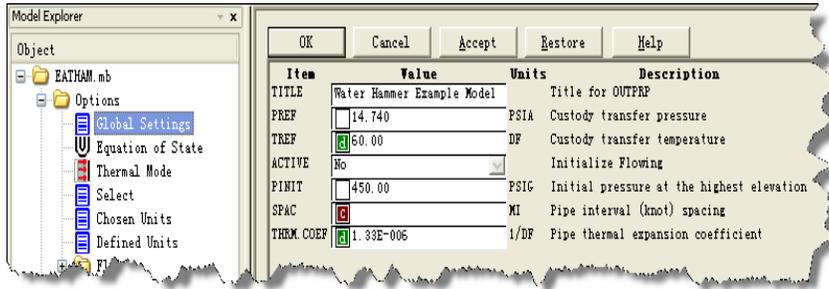
B. 打开位于“Options”下的“Global Settings”窗口

添加标题: TITLE=Batch Tracking Example Model

设置最高高程处的初始压力: PINIT=450 psig (3103 kPag)

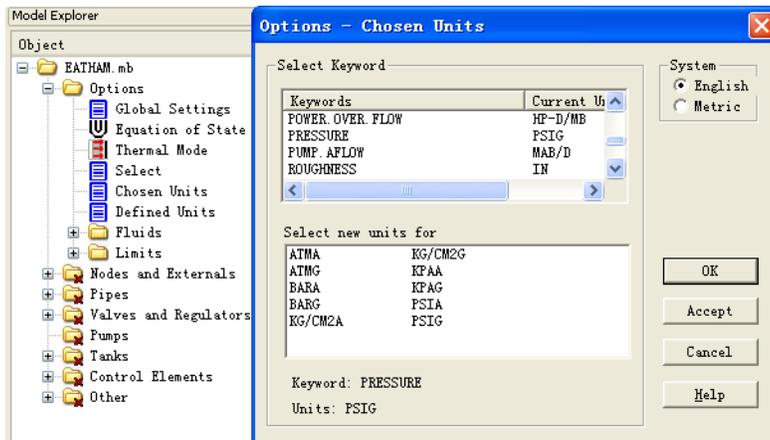
参考压力: PREF=14.74 psia (101.63 kPaa)

参考温度: TREF=60 deg F (15.6 deg C)



液体管道—顺序输送

C. 打开位于“Options”中的“Choose Units”窗口，指定使用英制单位。



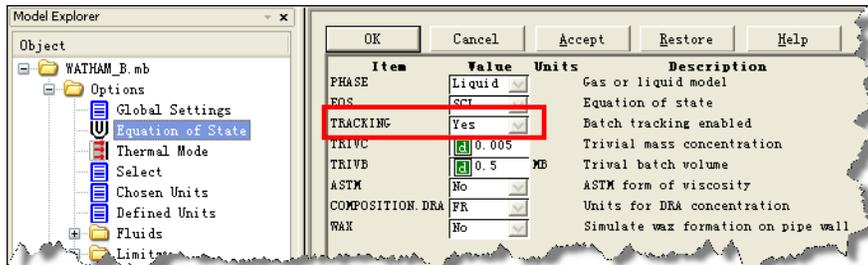
液体管道—顺序输送

D. 打开位于“Options”中的“Equation of State”窗口，

选择软件模块：PHASE=Liquid（注：若SPS软件授权为单一模块，则没有此选项）

选择状态方程：EOS=SCL。

打开批量跟踪：TRACKING=Yes



液体管道—顺序输送

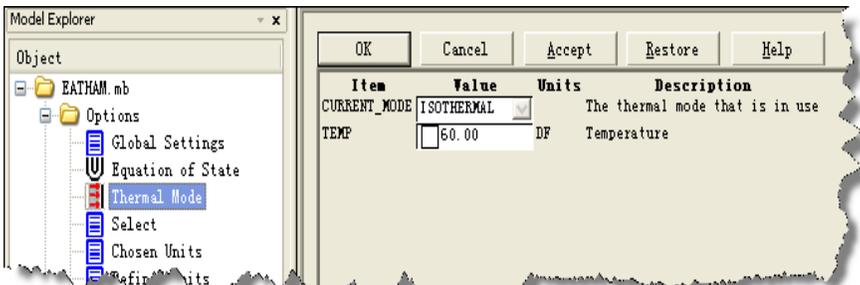
E. 设置热模式

打开位于“Options”中的“Thermal Mode”窗口

选择当前模式：CURRENT_MODE=ISOTHERMAL

管道中的温度为定值，不随时间变化

温度设置：TEMP = 60 deg F（15.56 deg C）



液体管道—顺序输送

F. 按照下图修改模型

G. 添加的六个隔断阀的参数如下：

初始状态为关闭，即 $FR=0$

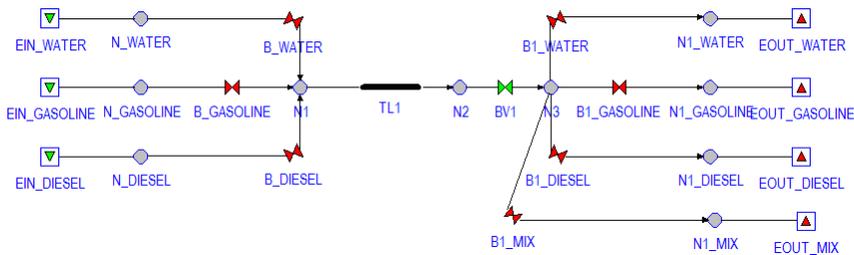
CV/时间开关曲线为直线

全关位置的CV值： $CVC=0.001$ MB/D-PSI.5

全开位置的CV值： $CVO=5000$ MB/D-PSI.5

操作时间： $T=60$ 秒

其中B1_Water, B1_Gasoline和B1_Diesel的操作时间为 $T=20$ 秒



液体管道—顺序输送

H. 添加流体：

Water, 参数如下： ,

$P0=14.7$ psia (101.35kPaa); $T0=60$ deg F (15.56deg C)

Viscosity $U0=1$ CP; $PM0=300000$ psi (2068420 kPa)

$D0=62.43$ lbm/ft3 (1000 kg/m3)

Gasoline, 参数如下：

$P0=14.7$ psia (101.35kPaa); $T0=60$ deg F (15.56deg C)

Viscosity $U0=0.8$ CP; $PM0=270000$ psi (1861580 kPa)

$D0=45.57$ lbm/ft3 (730 kg/m3)

Diesel, 参数如下：

$P0=14.7$ psia (101.35kPaa); $T0=60$ deg F (15.56deg C)

Viscosity $U0=6.02$ CP; $PM0=270000$ psi (1861580 kPa)

$D0=52.44$ lbm/ft3 (840 kg/m3)

液体管道—顺序输送



I. 更新模型中的Externals model

入口

EIN_Water: SPT=Pressure, SP=450 psig

EIN_Gasoline: SPT=Pressure, SP=450 psig

EIN_Diesel: SPT=Pressure, SP=450 psig

出口

EOUT_Water: SPT=Pressure, SP=200 psig

EOUT_Gasoline: SPT=Pressure, SP=200 psig

EOUT_Diesel: SPT=Pressure, SP=200 psig

液体管道—顺序输送



2. 建立INTRAN文件

- A. 创建WATHAN_B.intran文件，并存在“D:\Training”目录中
- B. 为便于修改每个批次Water, Gasoline和Diesel的流量，累计流量为变量，当累计流量达到设定值后，转输其它流体。
- C. Water从EIN_Water注入系统，从EOUT_Water流出系统
- D. Gasoline从EIN_Gasoline注入系统，从EOUT_Gasoline流出系统
- E. Diesel从EIN_Diesel注入系统，从EOUT_Diesel流出系统
- F. 试用LINE.FILL 指令

```
LINE.FILL TL1,  
+ FLUID DIESEL WATER GASOLINE,  
+ VOLUME 10 10 10
```

G. 定义次序:

```

DEFINE BATCH_CTRL = 0
DEFINE SEQUENCE L_GAS ( _SIZE_ )
{ OPEN B_GASOLINE
  POKE B_GASOLINE:CF = 0
  WAIT.UNTIL (B_GASOLINE:CF >= _SIZE_) /*累计流量
  SET BATCH_CTRL = 1
  CLOSE B_GASOLINE }

DEFINE SEQUENCE L_DIESEL ( _SIZE_ )
{ OPEN B_DIESEL
  POKE B_DIESEL:CF = 0
  WAIT.UNTIL (B_DIESEL:CF >= _SIZE_) /*累计流量
  SET BATCH_CTRL = 0
  CLOSE B_DIESEL }

DEFINE SEQUENCE L_WATER ( _SIZE_ )
{ OPEN B_WATER
  POKE B_WATER:CF = 0
  WAIT.UNTIL (B_WATER:CF >= _SIZE_) /*累计流量
  SET BATCH_CTRL = 2
  CLOSE B_WATER }
    
```

H. 定义次序:

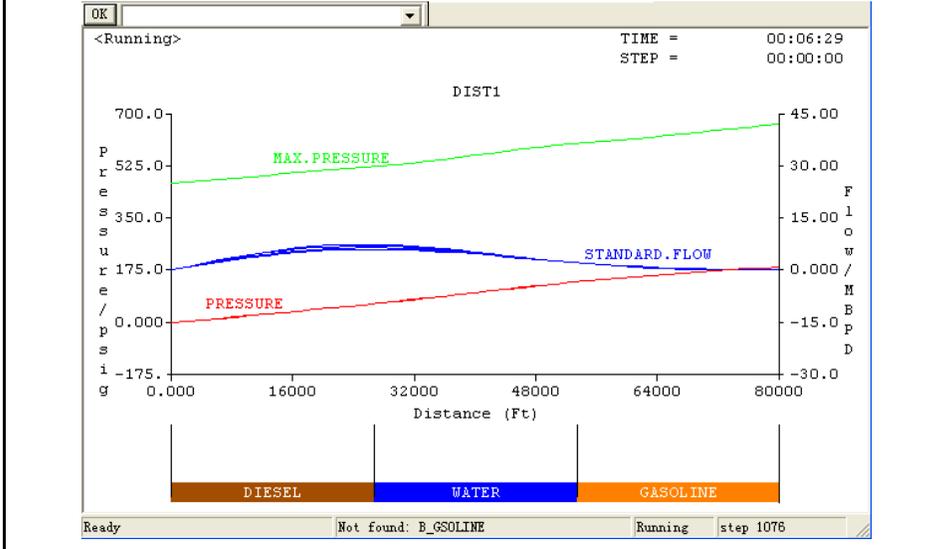
```

DEF.SEQ LBA ( _SIZE_ )
{ WAIT.UNTIL(BATCH_CTRL = 0 )
  SUB.SEQ L_GAS ( _SIZE_ )
  WAIT.UNTIL(BATCH_CTRL = 1 )
  SUB.SEQ L_WATER ( _SIZE_ )
  WAIT.UNTIL(BATCH_CTRL = 2 )
  SUB.SEQ L_DIESEL ( _SIZE_ ) }

DEFINE DES_N3 = INT(DENS(N3,14.7,60) * 100) / 100 /*计算N3点标况下的密度
WHENEVER ( DES_N3 = 62.43 & B1_WATER:ST = CLOSED )
{OPEN B1_WATER
  CLOSE B1_GASOLINE
  CLOSE B1_DIESEL
  CLOSE B1_MIX }
WHENEVER ( DES_N3 = 45.57 & B1_GASOLINE:ST = CLOSED )
{OPEN B1_GASOLINE
  CLOSE B1_WATER
  CLOSE B1_DIESEL
  CLOSE B1_MIX }
WHENEVER ( DES_N3 = 52.44 & B1_DIESEL:ST = CLOSED )
{OPEN B1_DIESEL
  CLOSE B1_WATER
  CLOSE B1_GASOLINE
  CLOSE B1_MIX }
WHENEVER ( DES_N3 != 62.43 & DES_N3 != 45.57 & DES_N3 != 52.44 )
{OPEN B1_MIX
  CLOSE B1_GASOLINE
  CLOSE B1_DIESEL
  CLOSE B1_WATER }
    
```

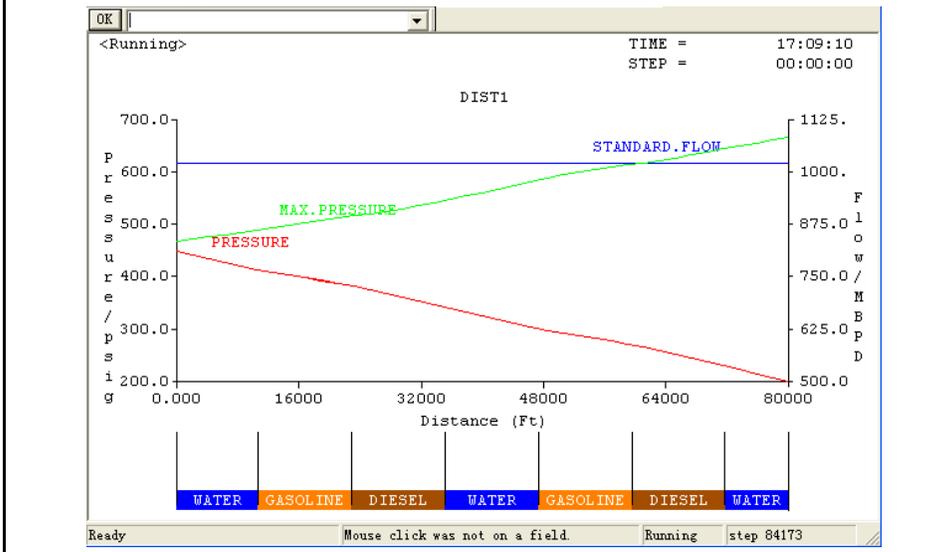
液体管道—顺序输送

3. 运行结果（初始状态）



液体管道—顺序输送

3. 运行结果



3. 运行结果

Device	CF	FR	ST
✘ BV1	14.143	1.000	OPENED
✘ B_WATER	0.000	0.000	CLOSED
✘ B_GASOLINE	14.069	1.000	OPENED
✘ B_DIESEL	0.000	0.000	CLOSED
✘ B1_GASOLINE	14.102	1.000	OPENED
✘ B1_WATER	0.008	0.000	CLOSED
✘ B1_DIESEL	-0.000	0.000	CLOSED
✘ B1_MIX	0.000	0.000	CLOSED

培训总结

- 一、建立模型时，设备和节点的命名需要制定相应的规范，否则将会造成INTRAN文件的可读性差，给程序除错带来不必要的困难。
- 二、编写INTRAN文件时需要注意以下问题：
 - 1、文件中的命令和SPS内部变量一定要使用大写字符（最好所有的英文字符都使用大写，避免造成不必要的错误）。
 - 2、命令和字符等参数全部使用半角英文字符，不能使用全角的汉字字符（/* 注释后面的内容除外）。
 - 3、养成良好的编程习惯，适当的使用空行，注释和缩进，便于程序的阅读和除错（DEBUG）。

培训总结



- 4、使用连接符“+”时，“+”一定要是换行后的第一个字符，并且后面必需使用空格与后面的参数和指令分开。
- 5、注意“，”的使用，有些时候指令和参数后面需要使用“，”进行分隔，有些时候不需要使用。（详细情况请参考用户手册中的命令语法部分）
- 6、注意“ ”（空格）的使用，命令和参数，参数与参数之间要使用空格进行分隔。
- 7、注意命令及参数输入的准确性，即“0”和“O”的区别，“2”和“Z”的区别，等等。
- 8、ADL内部函数的使用，会给我们编程带来方便。
- 9、次序和宏的使用会给仿真模拟带来便利。

培训总结



例如：

```
MACRO (START_PUMP (%PUMP%, _TIME_),  
DEFINE.SEQUENCE START_%PUMP%  
{  
    OPEN %PUMP%.SUC  
    {WAIT.UNTIL (%PUMP%.SUC:ST = OPENED )  
    START %PUMP%}  
    {WAIT.UNTIL (%PUMP%:ST = RUNNING )  
    OPEN %PUMP%.DIS}  
    CLOSE %PUMP%.BYP  
}  
SUB.SEQ START_%PUMP%, TIME = _TIME_  
)
```

例如:

```
MACRO (STOP_PUMP (%PUMP%, _TIME_),  
DEFINE.SEQUENCE STOP_%PUMP%  
{  
    STOP %PUMP%  
    OPEN %PUMP%.BYP  
    {WAIT.UNTIL (%PUMP%:Q+ <= 0 )  
    CLOSE %PUMP%.SUC  
    CLOSE %PUMP%.DIS}  
}  
SUB.SEQ STOP_%PUMP%, TIME = _TIME_  
)
```

- 上述宏定义中，由于后面增加了执行指令**SUB.SEQ**，所以宏在被调用时，可以按照指定的时间被执行。

谢谢各位专家领导 莅临指导

北京澳科源科技有限公司

