第12讲 Aspen中的管路模块

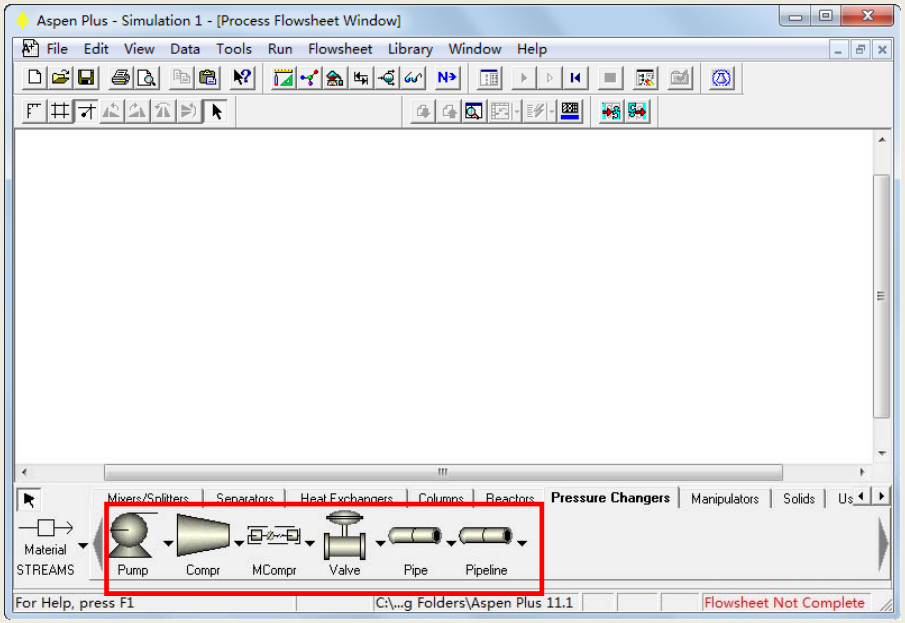
田文德
青岛科技大学化工学院
TEL: 0532-84022026
Email: tianwd@qust.edu.cn

本节主要内容

- **Pump**（泵）模型的介绍
- **Compressor**（压缩机）模型的介绍
- **Valve**（阀）模型的介绍
- **Pipe** （管段）和**Pipeline**（管线）的介绍
- 模拟实例

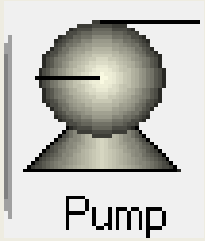
流体输送模型（Pressure Changers）的分类

泵	Pump
压缩机	Compr
多级压缩机	MComper
阀门	Valve
管道	Pipe
管线	Pipeline



Pump（泵）模型

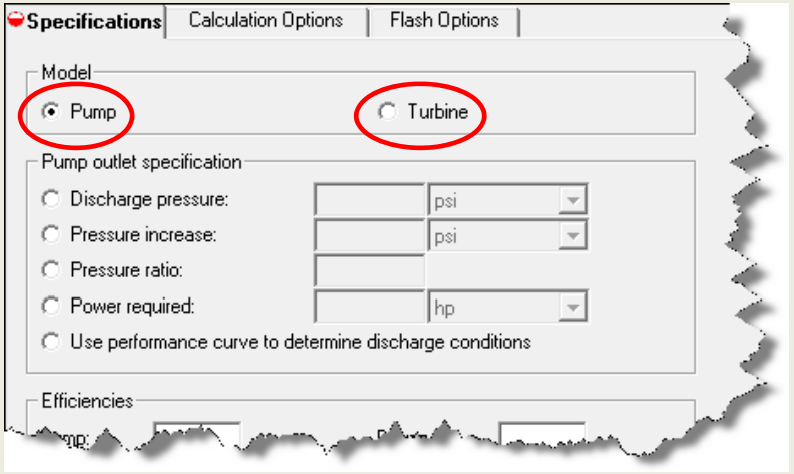
❖**Pump**泵模型



❖**Pump**模型用于模拟泵和水轮机两种单元设备

➢泵（ **Pump**）

➢水轮机（**Hydraulic Turbine**）



Pump——模型参数①

❖**Pump**模型有五种工作方式：

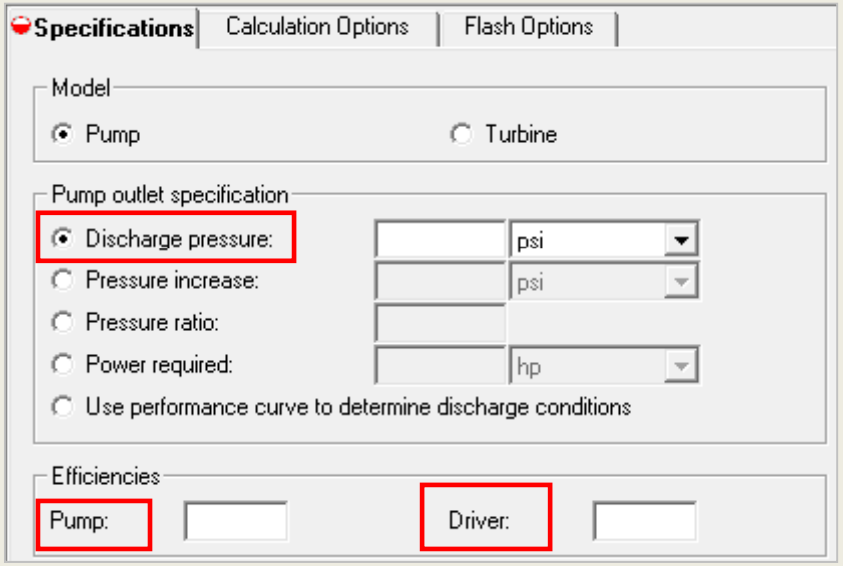
指定模型参数

- 出口压力（**discharge pressure**）
- 压力增量（ **pressure increase** ）
- 压力比率（ **pressure ratio** ）
- 所需功率 （ **power required** ）
- 特性曲线（ **use performance curve to determine discharge conditions** ）

Pump——模型参数②

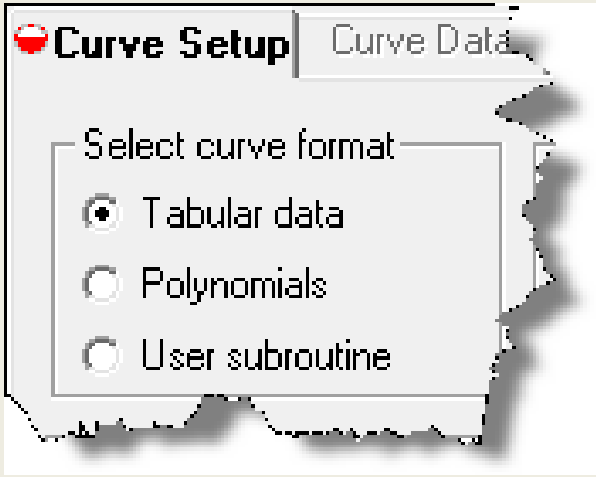
❖最简单的用法是指定出口压力（**Discharge pressure**），

并给定泵的水力学效率（**Pump Efficiency**）和驱动机效率（**Driver Efficiency**），计算得到出口流体状态和所需的轴功率和驱动机电功率。

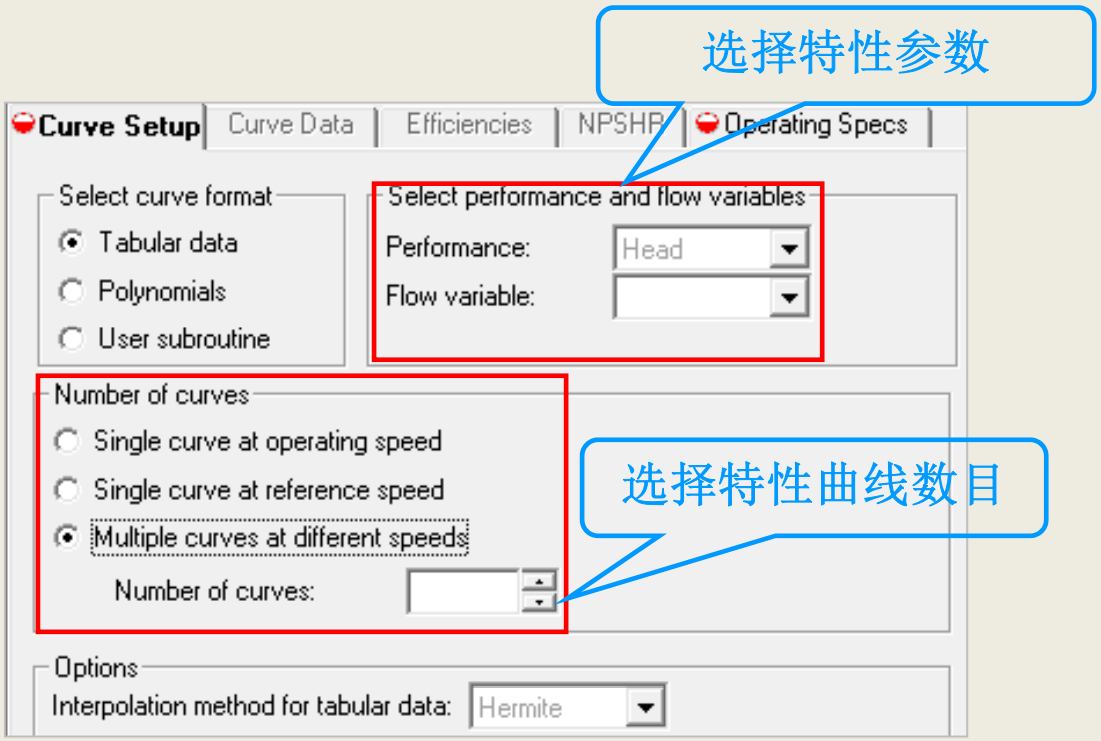


Pump——特性曲线①

- 特性曲线（Performance curve）有三种输入方式：
  - 列表数据（Tabular Data）
  - 多项式（Polynomials）
  - 用户子程序（User Subroutines）
- 列表数据是最常用的输入方式



Pump——特性曲线②


选择特性参数
Curve Setup
Curve Data
Efficiencies
NPSHR
Operating Specs
Select curve format
Tabular data
Polynomials
User subroutine
Select performance and flow variables
Performance:
Head
Flow variable:
Number of curves
Single curve at operating speed
Single curve at reference speed
Multiple curves at different speeds
Number of curves:
选择特性曲线数目
Options
Interpolation method for tabular data:
Hermite

Pump——特性曲线③

- 特性曲线的数目，有三个选项
  - 操作转速下的单根曲线

    Single curve at operating speed
  - 参考转速下的单根曲线

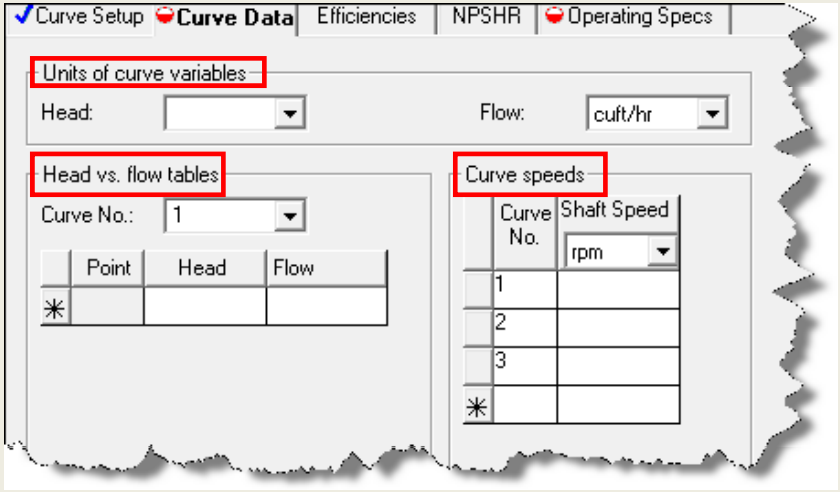
    Single curve at reference speed
  - 不同转速下的多条去曲线

    Multiple curves at different speeds

Pump——特性曲线④

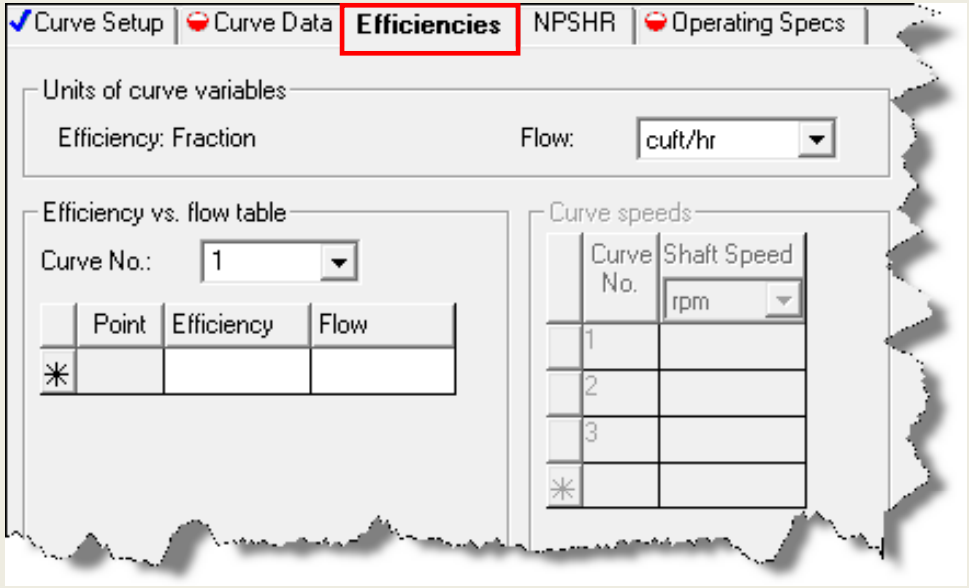
❖**Curve Data**表单中输入数据

- 特性曲线变量的单位 **Units of curve variables**
- 每根曲线特性数据表如：**Head vs. flow tables**
- 每根曲线的对应转速 **Curve speeds**



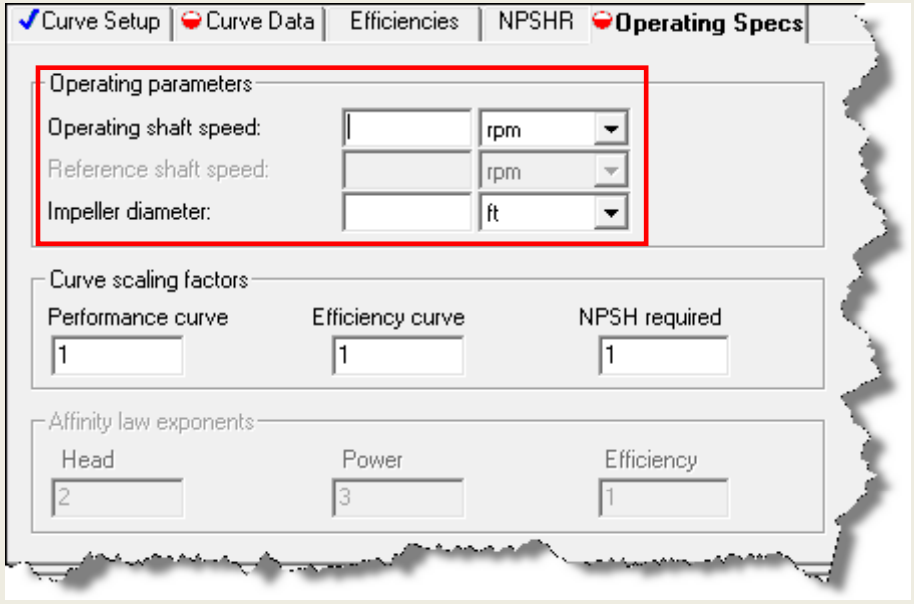
Pump——特性曲线⑤

❖在**Efficiencies**表单输入效率数据：



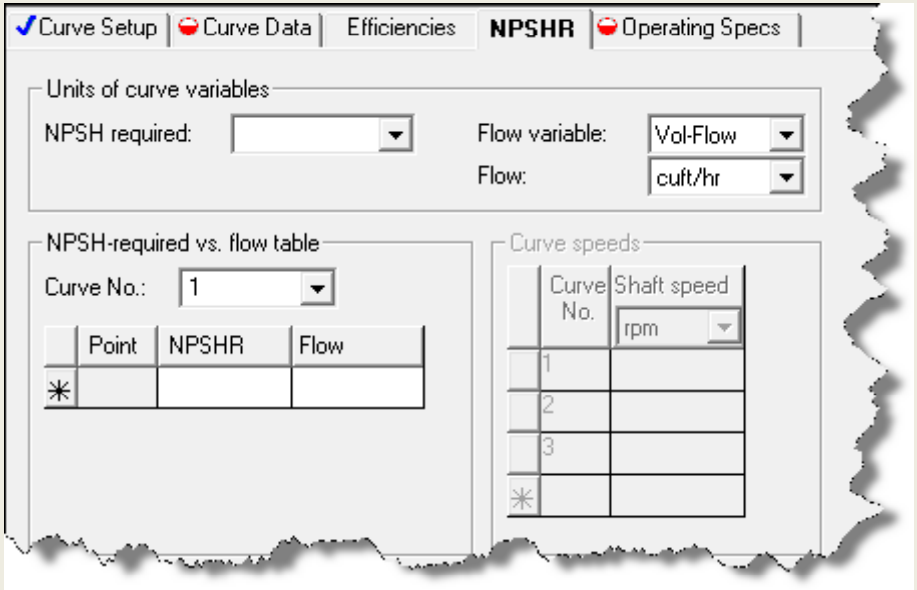
Pump——特性曲线⑥

❖当泵的操作转速与特性曲线的转速不同时，还需要输入操作转速数据



Pump —NPSHR表

- 设计泵的安装位置时，应核算“允许汽蚀余量”
- **NPSHR （Net Positive Suction Head Required）**
- **NPSHR≈10-Hs**
- **Hs为允许吸上真空度**



Compressor（压缩机）模型

❖**Compressor**（压缩机）模型

❖**Compressor** 模型用于模拟四种单元设备

- 多变离心压缩机（**Polytropic Centrifugal Compressor**）
- 多变正排量压缩机（ **Polytropic Positive**）
- 等熵压缩机（**Isentropic Compressor**）
- 等熵汽轮机（ **Isentropic Turbine**）

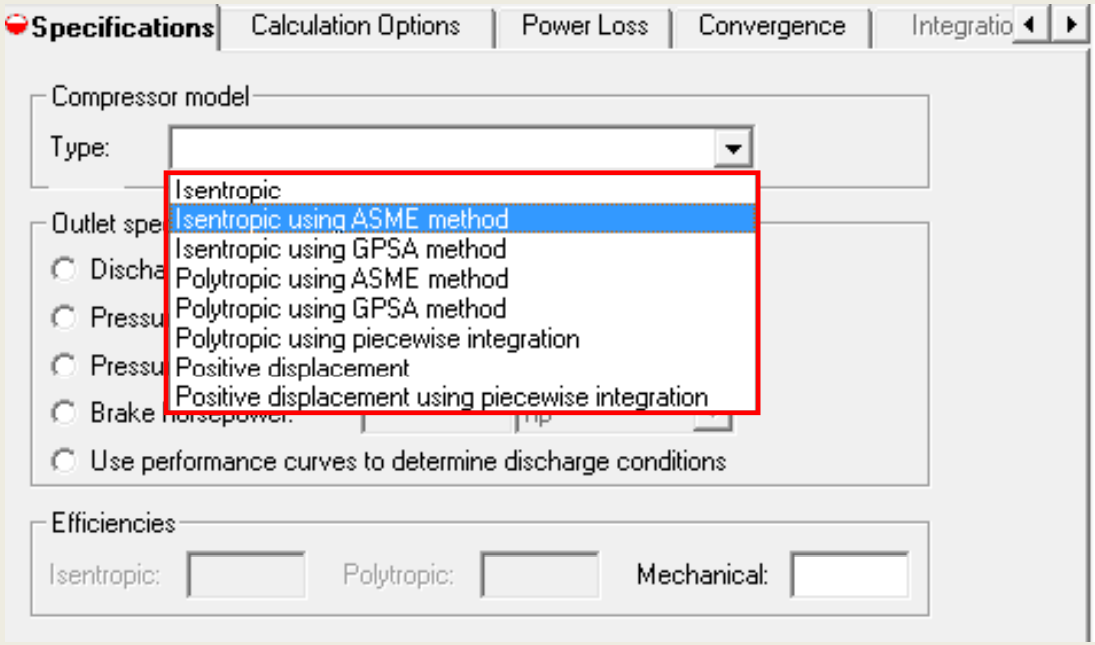
Compr —计算模型①

❖**Compr**模块提供八种计算模型：

- 标准等熵模型 **Isentropic**
- **ASME**等熵模型 **Isentropic using ASME method**
- **GPSA**等熵模型 **Isentropic using GPSA method**
- **ASME**多变模型 **Polytropic using ASME method**
- **GPSA**多变模型 **Polytropic using GPSA method**
- 分片积分多变模型 **Polytropic using piecewise integration**
- 正排量模型 **Positive displacement**
- 分片积分正排量模型 **Positive displacement using piecewise integration**

Compr —计算模型②

❖八种计算模型如图：

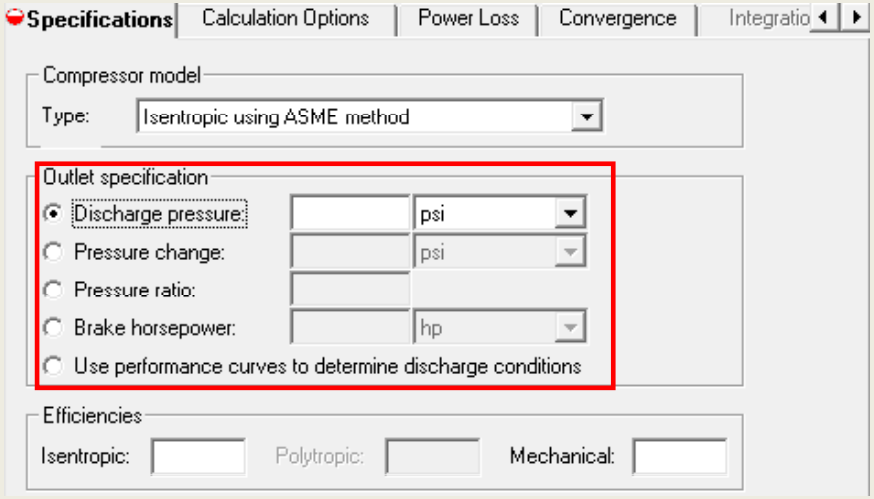


Compr —模型参数①

❖**Compr**模型有五种工作方式：

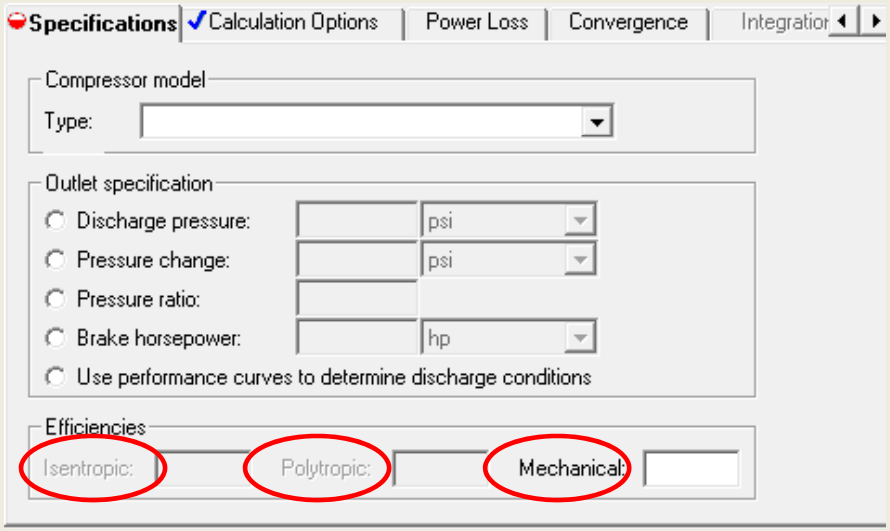
指定模型参数

- 排出压力
- 压力增量
- 压力比率
- 所需功率
- 特性曲线



Compr —效率

- **Compr**模型有三种效率：
  - 等熵效率 **Isentropic Efficiency**
  - 多变效率 **Polytropic Efficiency**
  - 机械效率**Mechanical Efficiency**



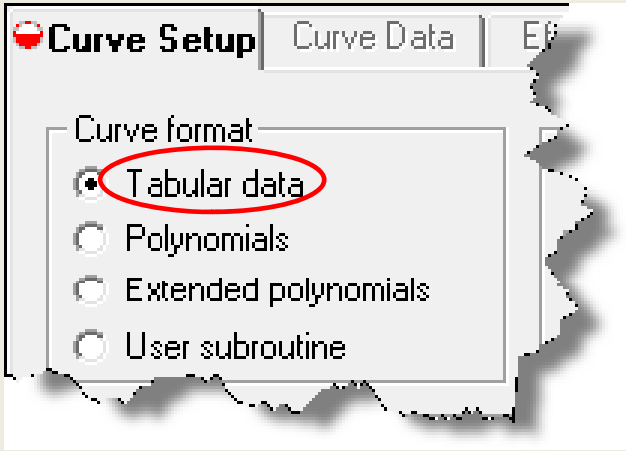
Compr —特性曲线

- 压缩机也用特性曲线表征其工作性能

  特性曲线有四种输入方式：

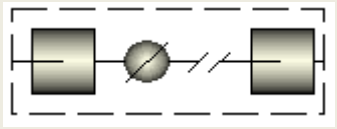
  - 列表数据**Tabular Data**
  - 多项式**Polynomials**
  - 扩展多项式**Extended Polynomials**
  - 用户子程序**User Subroutines**

- 列表数据是常用的输入方式



MCompr多级压缩机模型

❖**MCompr模型：**



MCompr模型用于模拟三种单元设备：

- 多级多变压缩机（**Multi-stage Polytropic Compressor**）
- 多级正排量压缩机（ **Multi-stage Positive Displacement Compressor** ）
- 多级等熵压缩机（ **Multi-stage Isentropic Compressor** ）

MCompr —模型参数①

❖**MCompr**的模型参数有：

➢级数（**Number of stages**）

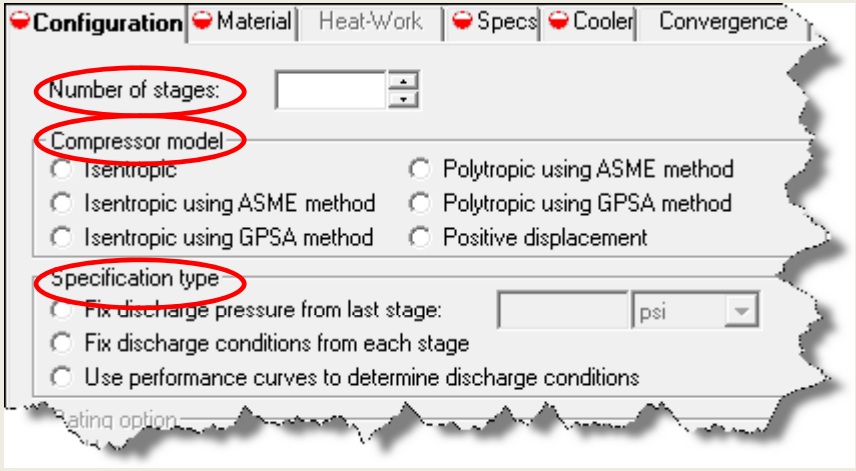
指定压缩机的级数

➢压缩机模型（ **Compressor model**）

有六种计算模型供选用

➢设定方式（**Specification type**）

指定压缩机的工作方式



MCompr —模型参数②

MCompr的设定方式与**Compr**模块有所不同：

指定末级排出压力

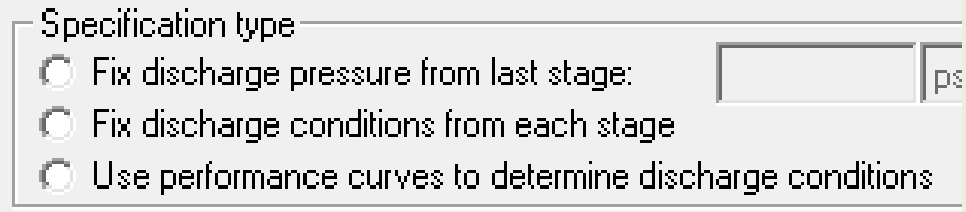
（**Fix discharge pressure from last stage**）

指定每级排出条件

（**Fix discharge conditions from each stage**）

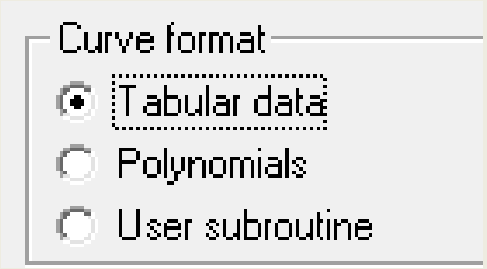
用特性曲线确定排出条件

（**Use performance curves to determine discharge conditions**）



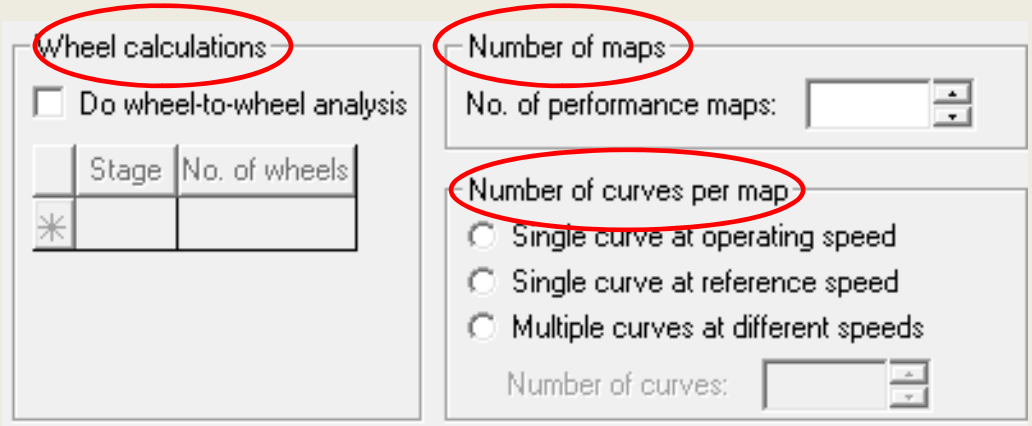
MCompr —特性曲线①

- **MCompr**特性曲线有三种输入方式：
  - 列表数据**Tabular Data**
  - 多项式**Polynomials**
  - 用户子程序**User Subroutines**



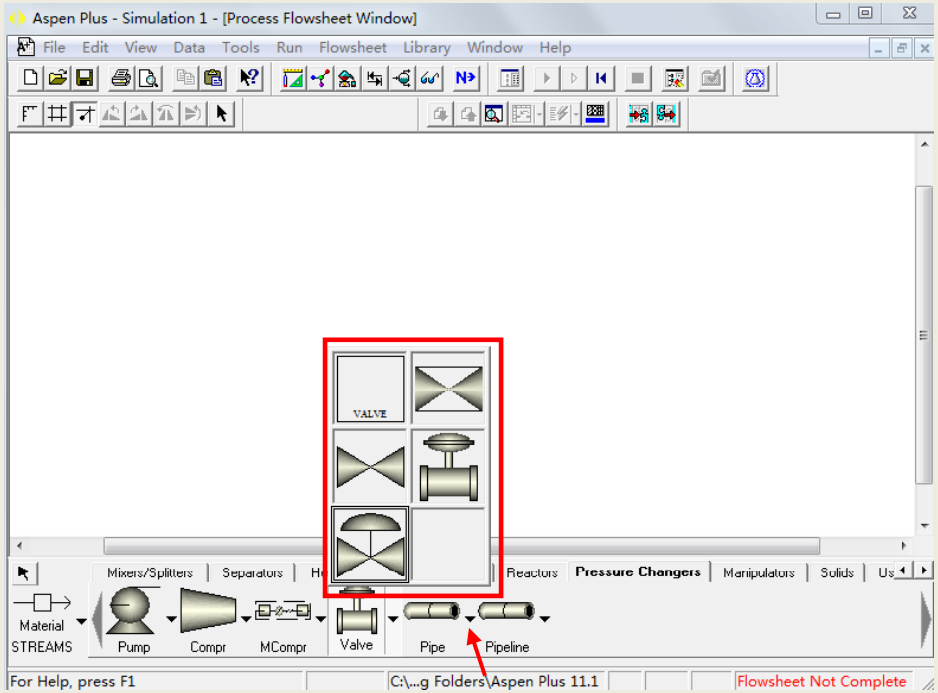
MCompr —特性曲线②

❖可以提供多张特性曲线表（**Maps**），每张表又可以有多条特性曲线。多级压缩机的每一级可以有多个叶轮（**wheels**），可以为每个叶轮选用不同的特性曲线表、叶轮直径。



Valve —阀门模型①

❖**Valve**用来调节流体流经管路时的压降：



Valve —阀门模型②

❖阀门模型有三种应用方式:

➢绝热闪蒸到指定出口压力

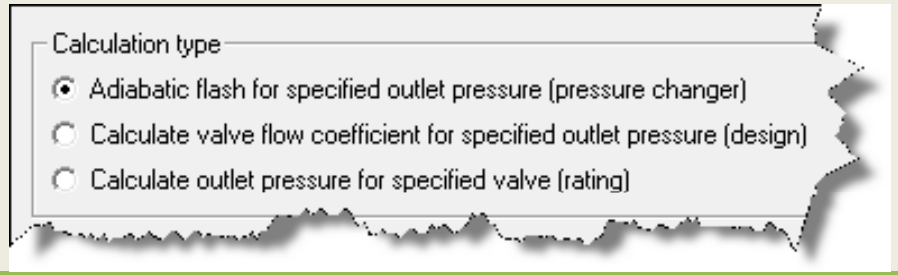
Adiabatic flash for specified outlet pressure

➢对指定出口压力计算阀门流量系数

Calculate valve flow coefficient for specified outlet pressure

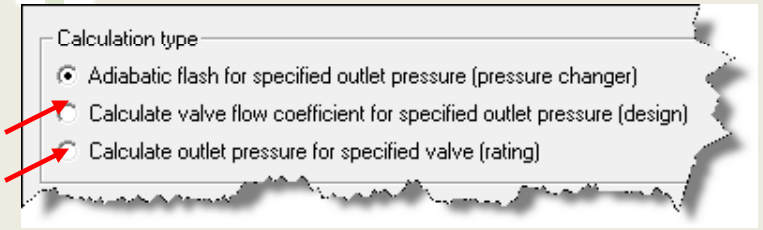
➢对指定阀门计算出口压力

Calculate outlet pressure for specified valve



Valve —阀门参数①

❖当使用图中箭头所示的计算类型时：



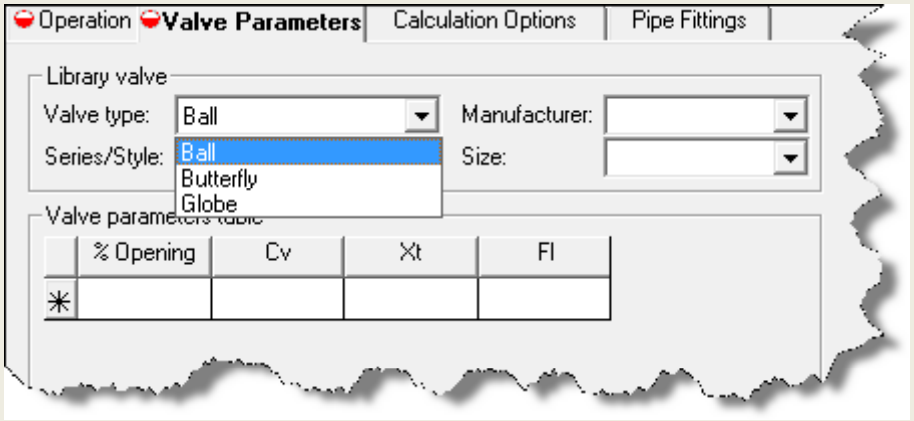
❖需输入以下参数：

➢阀门类型（**Valve type**）：截止阀（**Globe**）、球阀（**Ball**）、蝶阀（**Butterfly**）

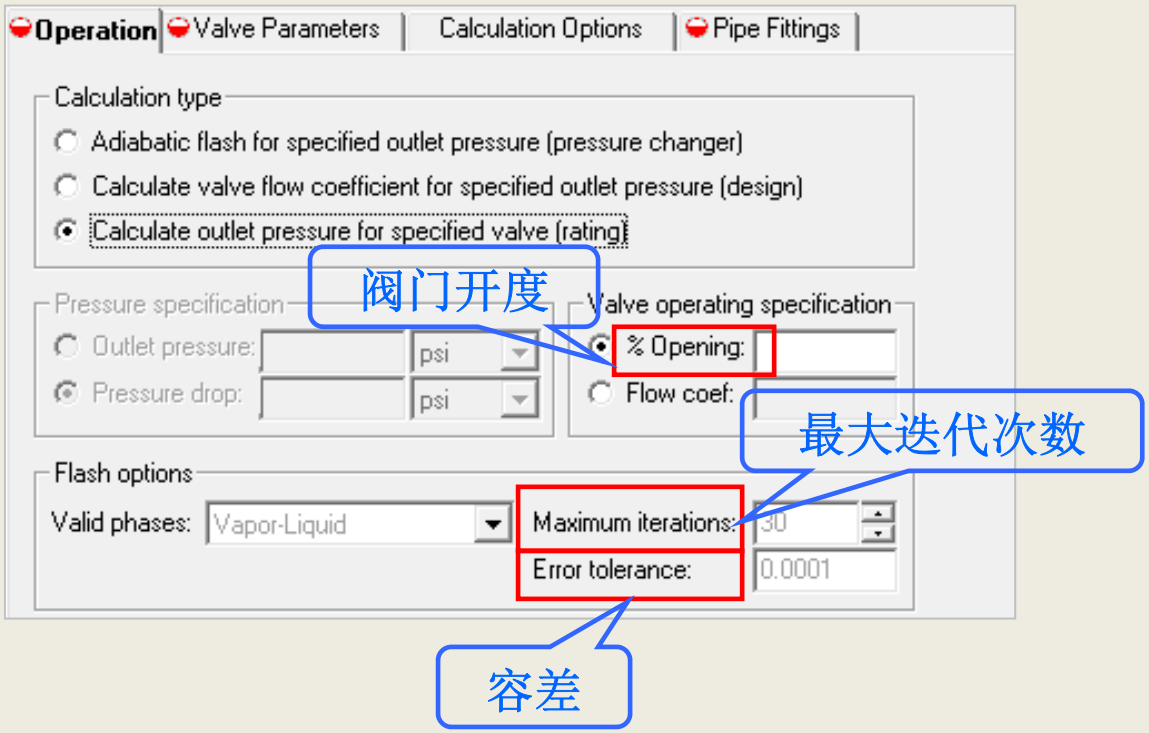
➢厂家（**Manufacturer**）

➢系列/规格（**Series/Style**）：线性流量（**linear flow**）、等百分比流量（**equal percent flow**）

➢尺寸（**Size**）：公称直径



Valve —阀门参数②


Operation
Valve Parameters
Calculation Options
Pipe Fittings
Calculation type
Adiabatic flash for specified outlet pressure (pressure changer)
Calculate valve flow coefficient for specified outlet pressure (design)
Calculate outlet pressure for specified valve (rating)
阀门开度
Pressure specification
Outlet pressure:
psi
Pressure drop:
psi
Valve operating specification
% Opening:
Flow coef:
最大迭代次数
Flash options
Valid phases:
Vapor-Liquid
Maximum iterations:
30
Error tolerance:
0.0001
容差

Valve —计算选项

- 计算阀门小开度状态时计算选项的设置很重要

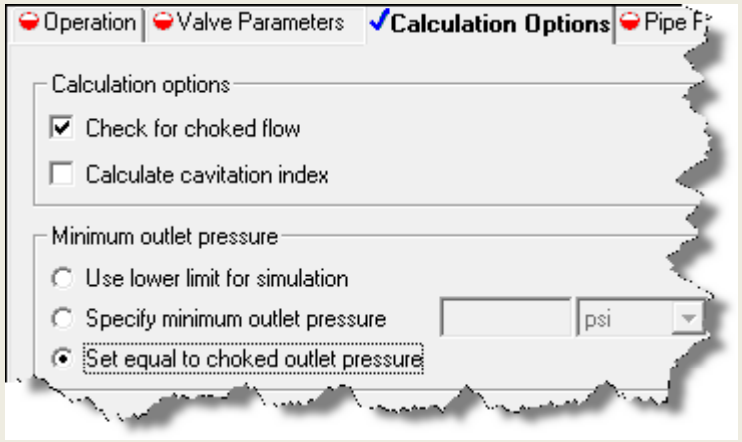
  检查阻塞流动 （Check for choked flow）

  计算空泡系数 （ Calculate cavitation index ）

  设置最小出口压力等于阻塞压力

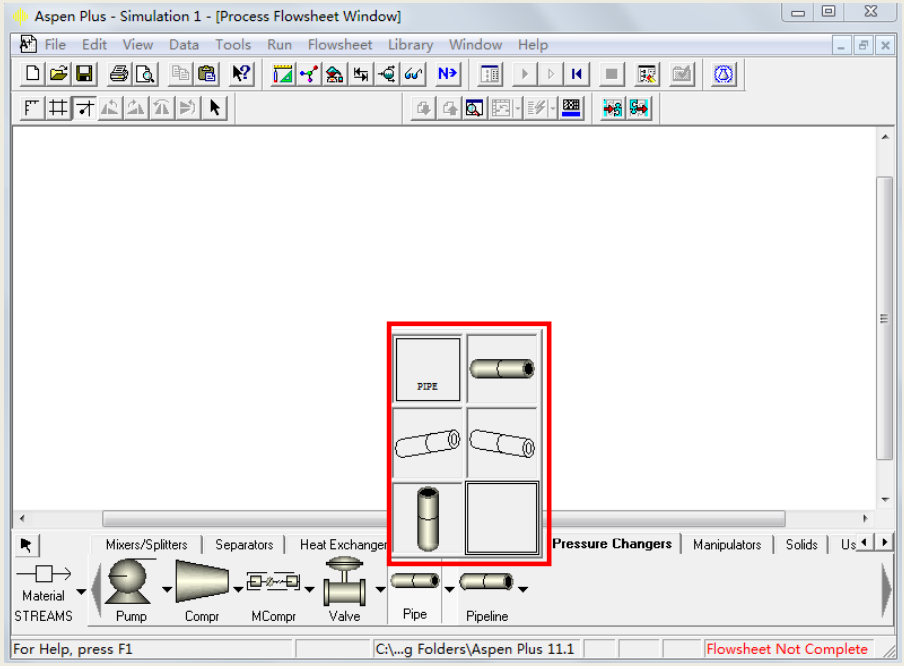
  （ Minimum outlet pressure：

  Set equal to choked outlet pressure ）

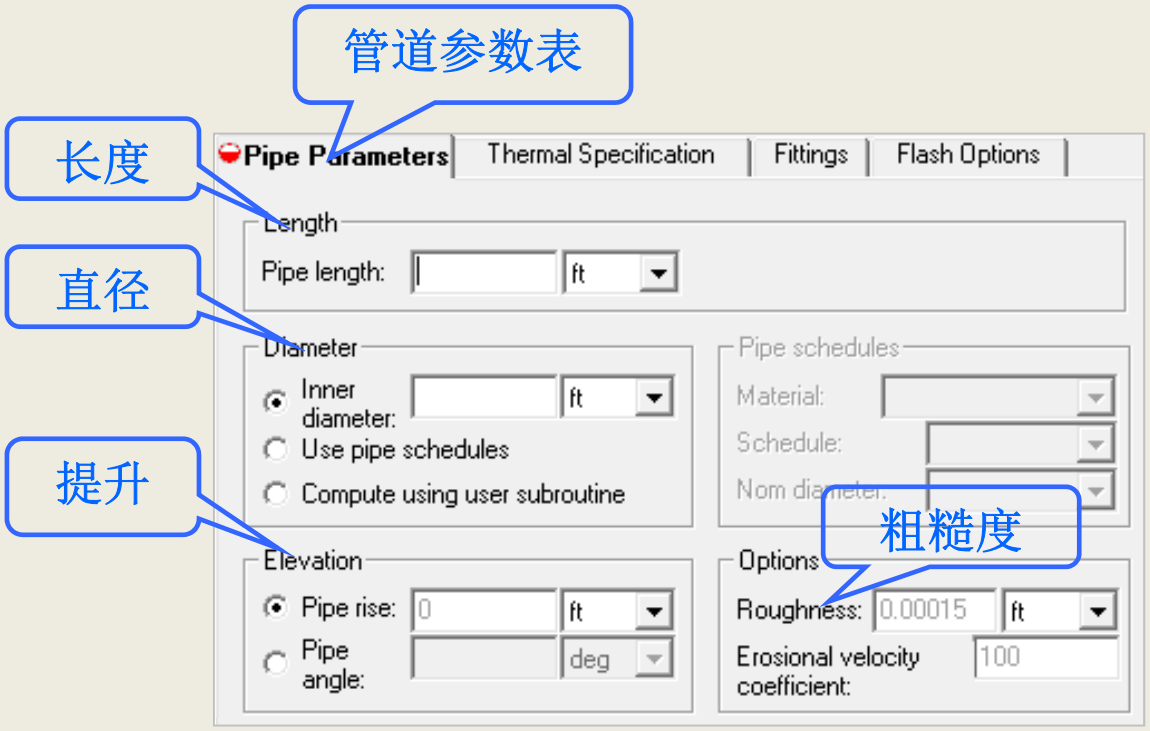


Pipe —管段模型①

❖管段模型用于计算等直径、等坡度的一段管道的压降和传热量

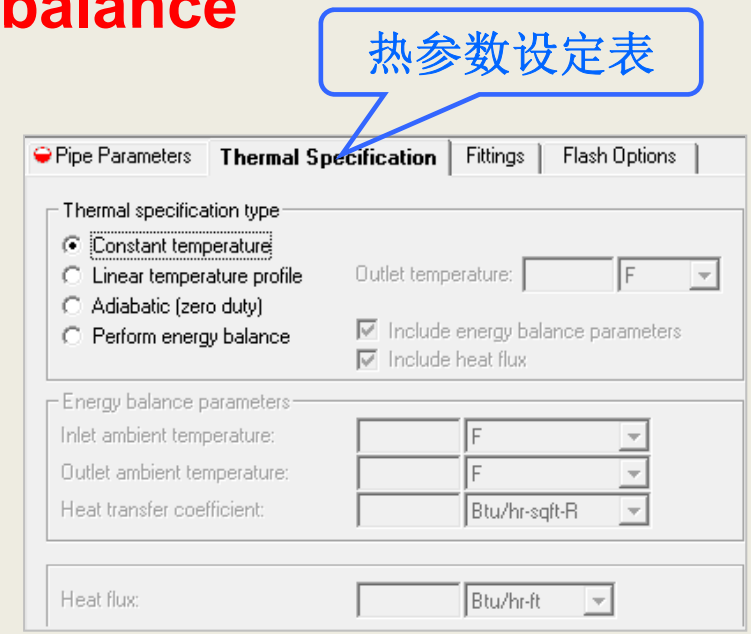


Pipe —管段参数


管道参数表
长度
直径
提升
粗糙度
Pipe Parameters
Thermal Specification
Fittings
Flash Options
Length
Pipe length:
ft
Diameter
Inner diameter:
ft
Use pipe schedules
Compute using user subroutine
Pipe schedules
Material:
Schedule:
Nom diameter:
Elevation
Pipe rise:
0
ft
Pipe angle:
deg
Options
Roughness:
0.00015
ft
Erosional velocity coefficient:
100

Pipe —热参数设定

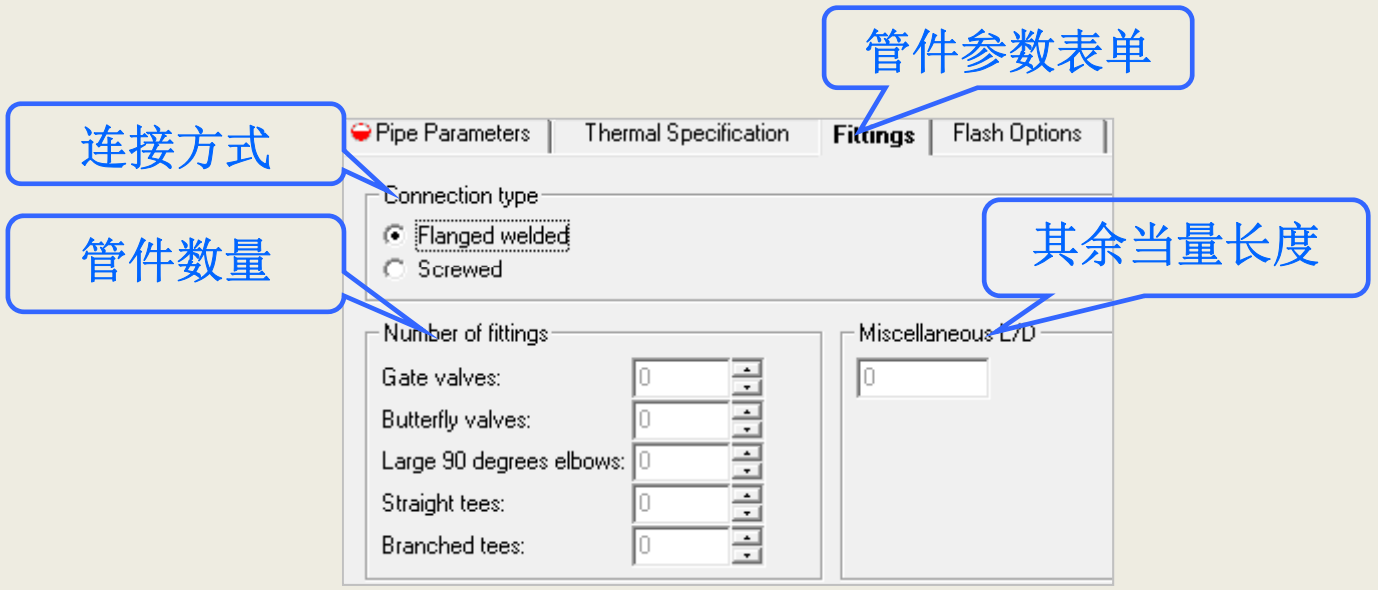
- 恒温 **Constant temperature**
- 线性温度剖型 **Linear temperature profile**
- 绝热（零热负荷）**Adiabatic（zero duty）**
- 热衡算 **Perform energy balance**



Pipe —管件参数

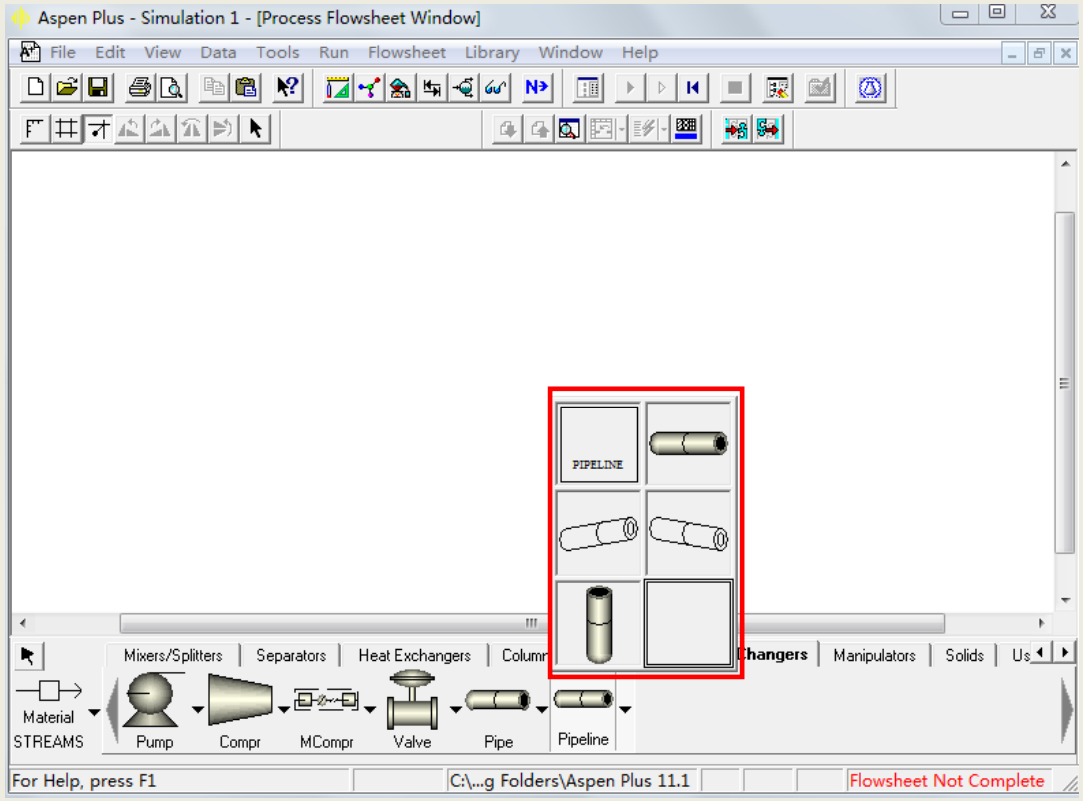
❖连接方式：法兰连接/焊接Flanged/Welded，螺纹连接Screwed

❖管件数量：闸阀Gate valves，蝶阀Butterfly valves，90度肘管Large 90 degree elbows，直行三通 Straight tees，旁路三通Branched tee

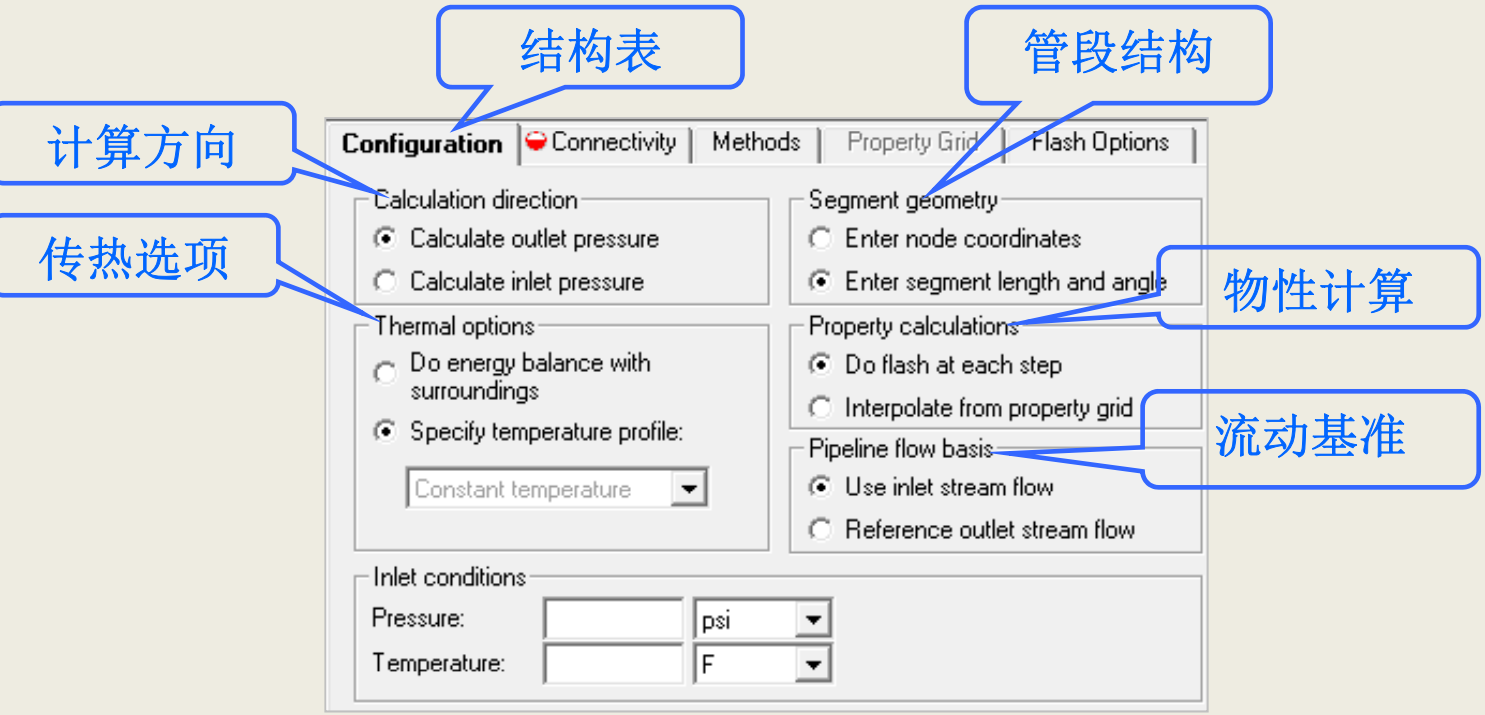


Pipeline —管线模型

管线模型用于计算由多段管道串联组成的一条管线的压降



Pipeline —管线参数①



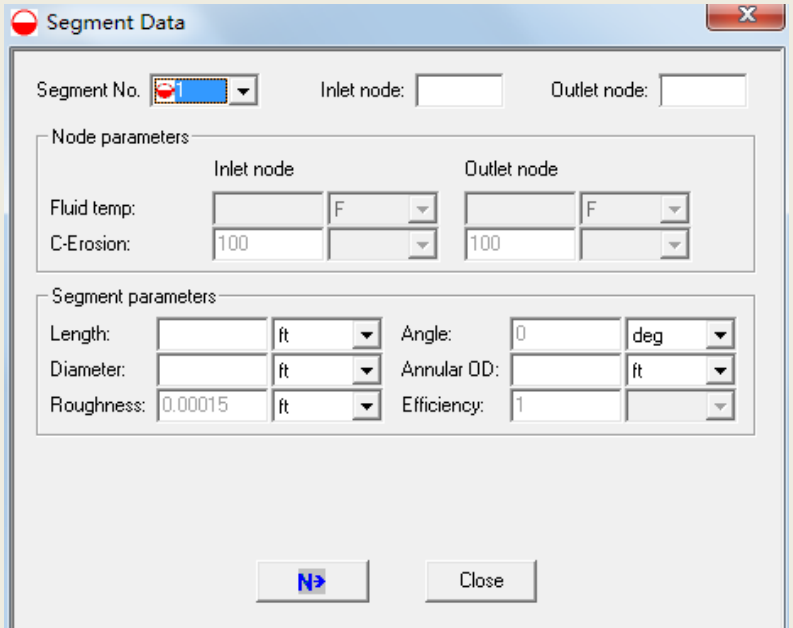
Pipeline —管线参数②

单击**NEW**：

Pipeline —管线参数③

弹出如图管段数据（**Segment data**）对话框：

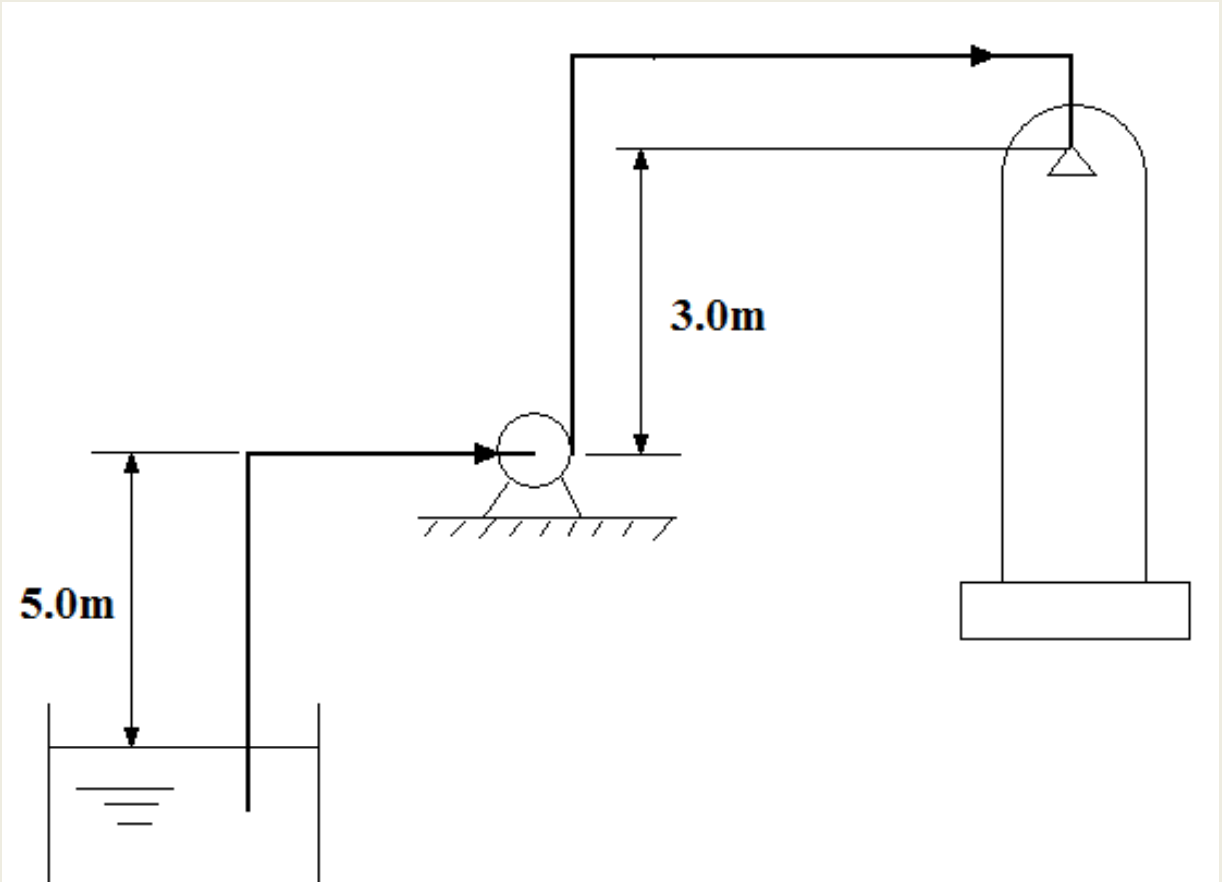
在此对话框中逐段输入每管段的长度、角度、直径、糙度，或者节点坐标、直、粗糙度。



模拟实例

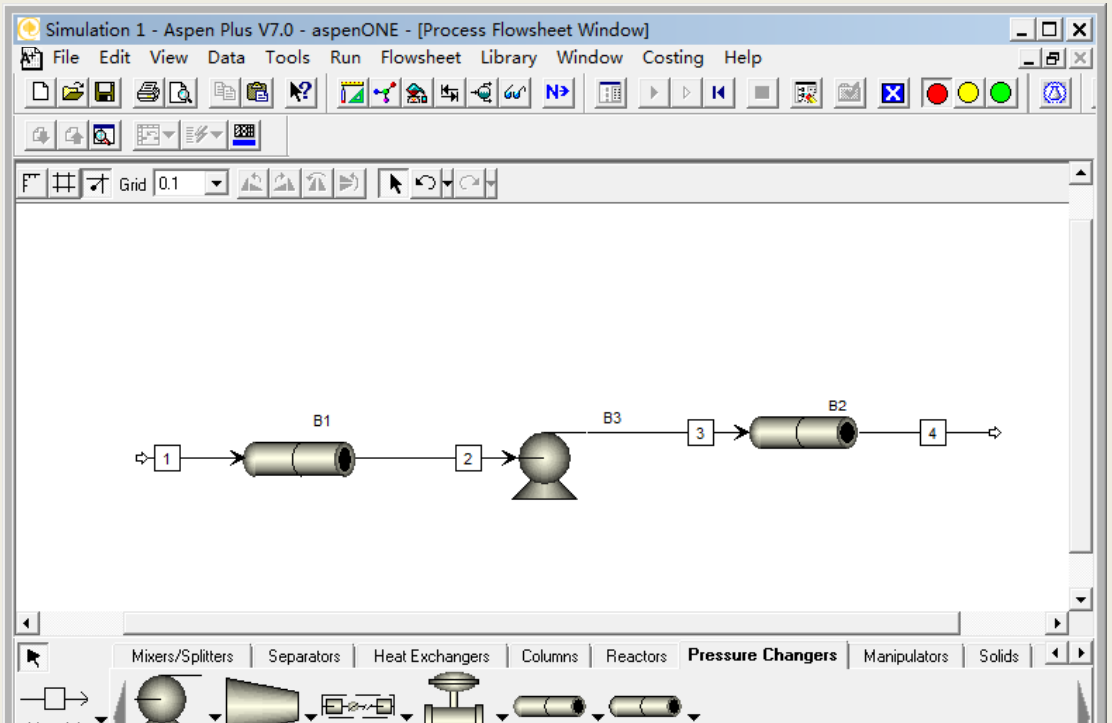
例1】 某离心泵以40m³/h的流量将贮水池中
5℃的热水用钢管输送到凉水塔顶，并经喷头喷
凉水池中以达到冷却的目的。已知水在进入喷头
前需要维持49kPa的表压强，喷头入口较离心泵
3m，离心泵较贮水池贮水池液面高5m。泵的吸
管长度（包括所有局部阻力的当量长度，下同）
60m，排出管长度为40m，二者的内径均为
0mm。试计算该离心泵所需提供的压头。

模拟实例



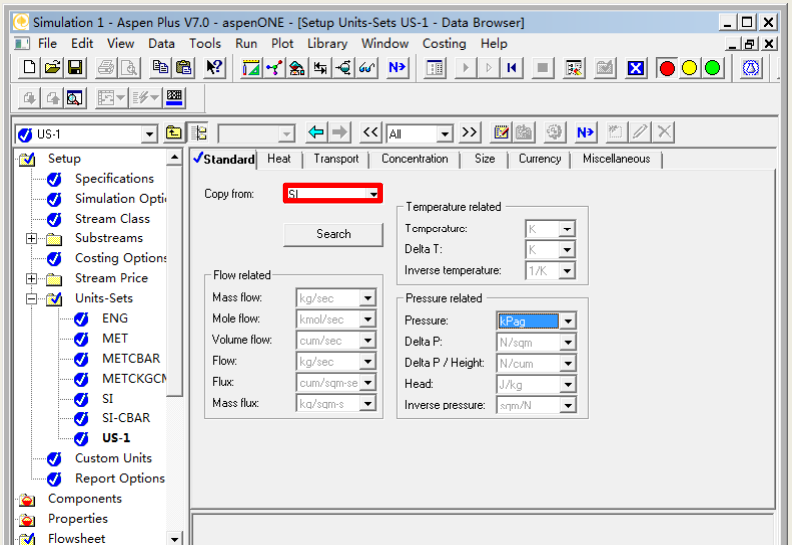
模拟实例

搭建流程图：


Simulation 1 - Aspen Plus V7.0 - aspenONE - [Process Flowsheet Window]
File Edit View Data Tools Run Flowsheet Library Window Costing Help
Grid 0.1
B1
B3
B2
1
2
3
4
Mixers/Splitters
Separators
Heat Exchangers
Columns
Reactors
Pressure Changers
Manipulators
Solids

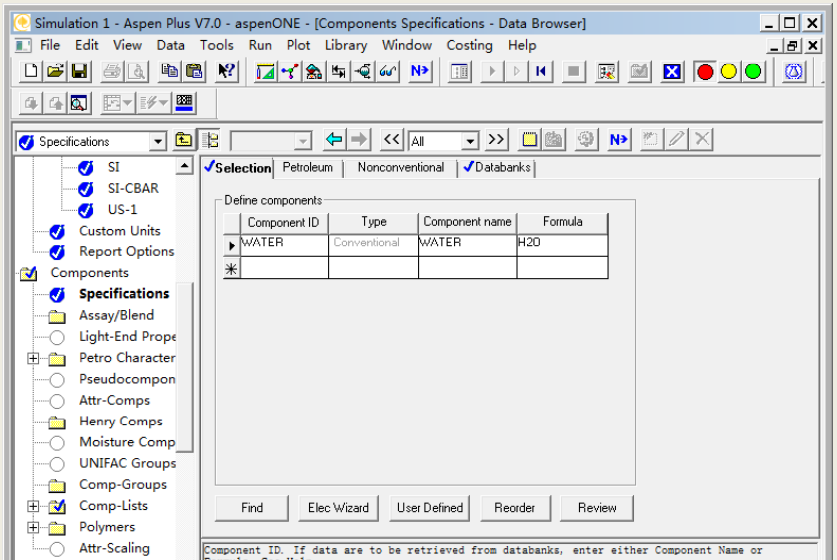
指定单位制

※指定国际单位制，压力单位设为**kPag**，如图：



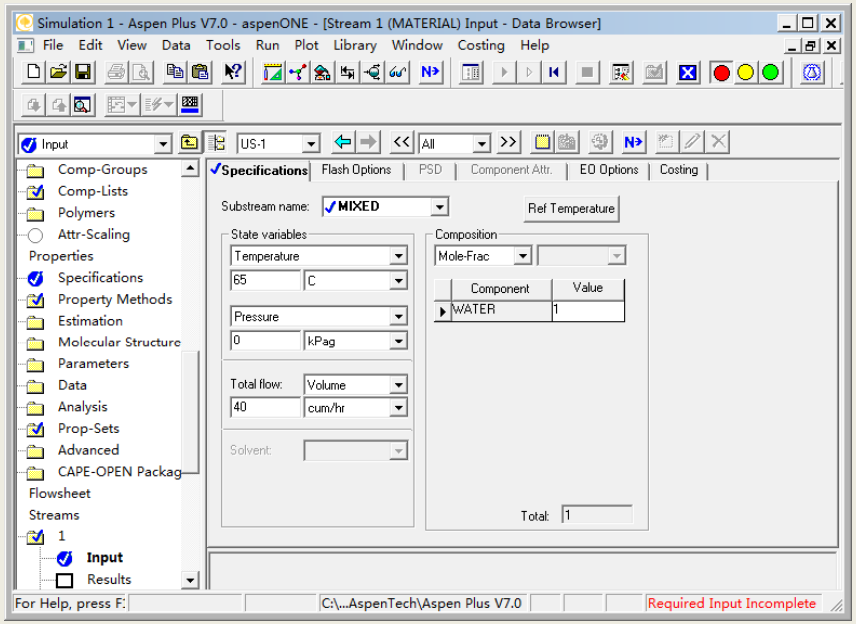
指定组分

- 因离心泵输送的流体为水，所以只有一个组分，如图：



进料物流1的参数

输入进料物流1的参数，如图：



指定管路参数（1）

定管路**B1**的参数，包括长度、内径、位置抬高及粗糙度，如图：

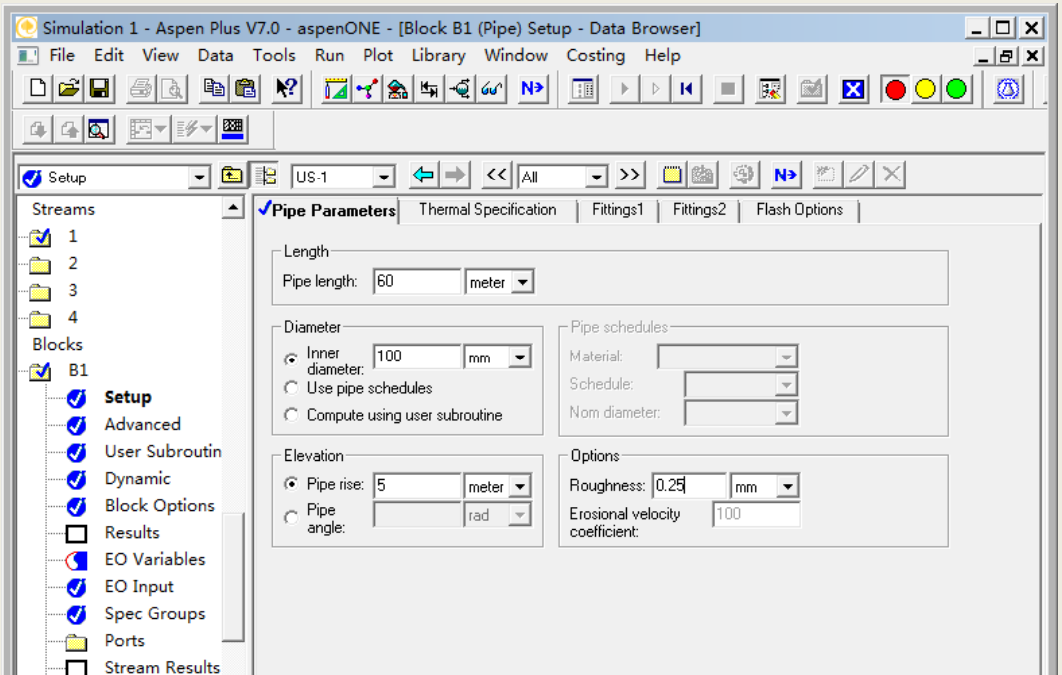
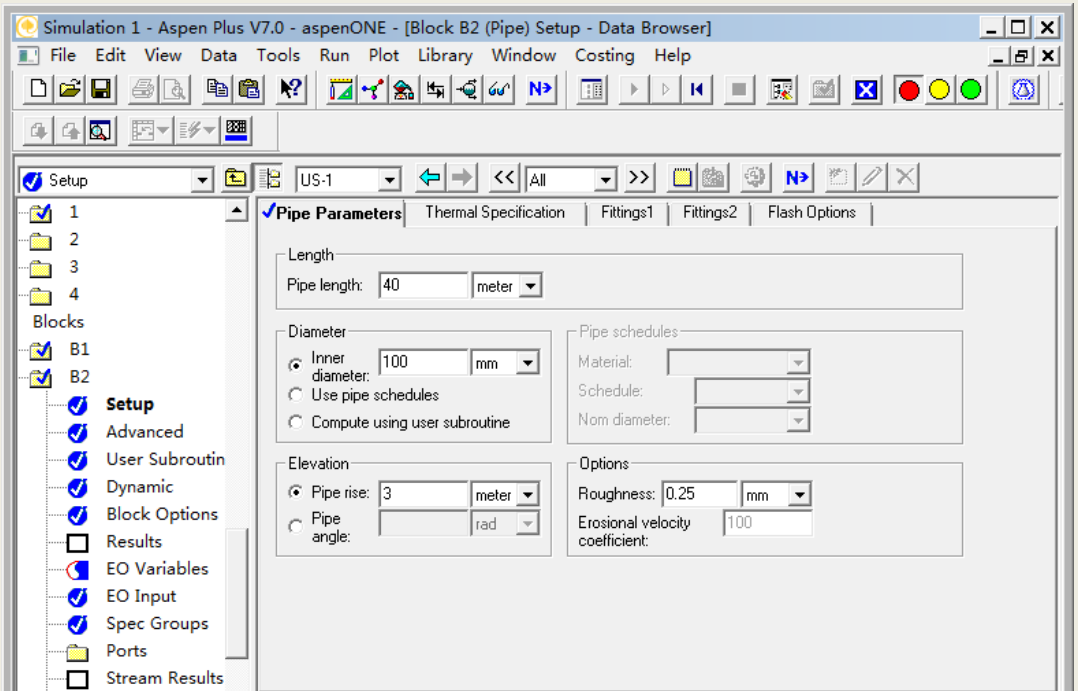


表2 某些工业管道的绝对粗糙度

金属管	绝对粗糙度(mm)	非金属管	绝对粗糙度(mm)
黄铜管、铜管及铝管	0.01-0.05	干净玻璃管	0.0015-0.01
无缝铜管或镀锌铁管	0.1-0.2	橡皮软管	0.01-0.03
新的铸铁管	0.25-1.0	木管道	0.25-1.25
新的无缝钢管	0.02-0.1	陶土排水管	0.45-6.0
轻度腐蚀的无缝钢管	0.2-0.3	表面抹得较好的混凝土管	0.3-0.8
显著腐蚀的无缝钢管	>0.5	表面平整的水泥管	0.3-0.8
旧的铸铁管	>0.85	新石棉水泥管	0.05-0.1
用多年的煤气总管	0.5	中等状况的石棉水泥管	0.03-0.8

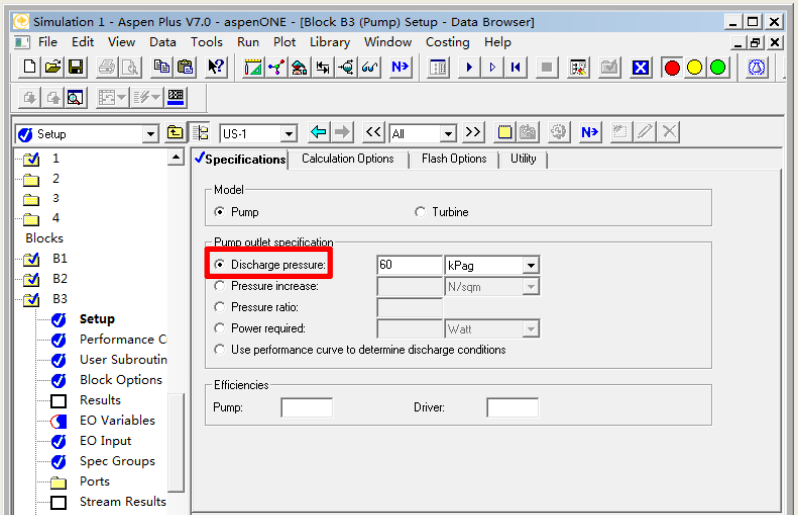
指定管路参数（2）

指定管路**B2**的参数，包括长度、内径、位置抬高及粗糙度，如图：



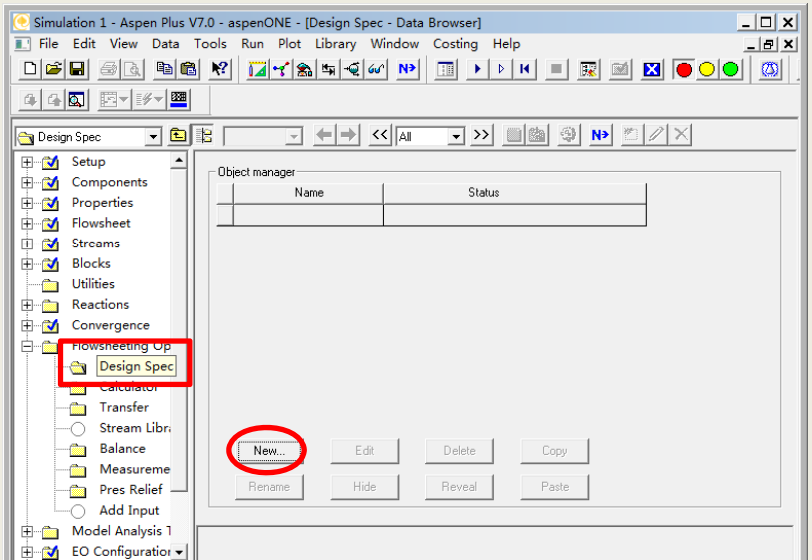
设置离心泵参数

指定泵的类型为**Pump**，排出压力为**60 kPag**，实际上泵的出口压力应该在物流**4**的压力指定后即可确定，但**Aspen**为序贯模块法求解，所以需先输入一个初值，然后再添加一个设计规定来准确计算该值，如图：



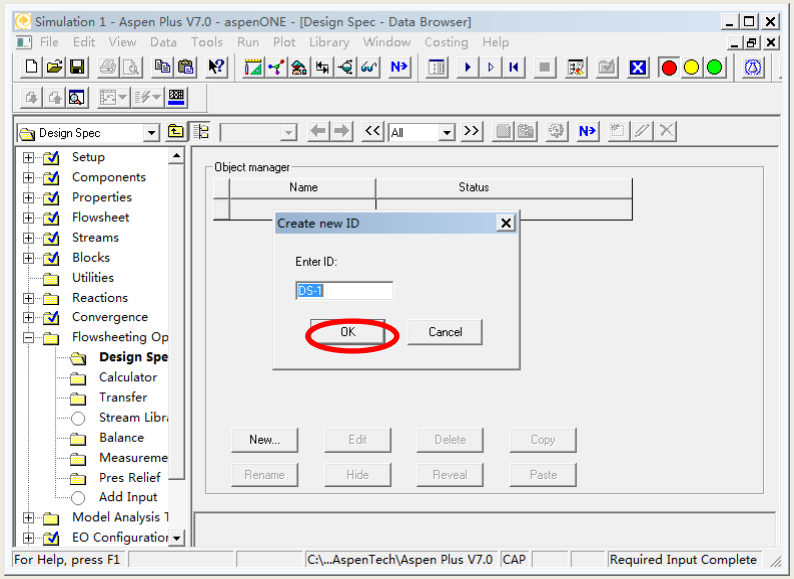
添加设计规定（1）

在数据浏览器的**Flowsheeting Options/Design Spec**中新建一个设计规定，如图：



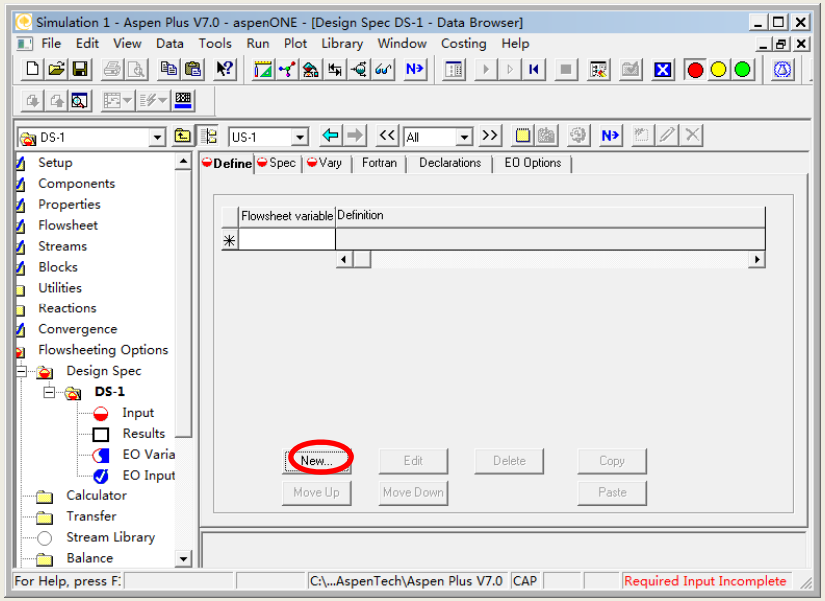
添加设计规定（2）

※ 点击上图的**New**，出现下图对话框，如图：



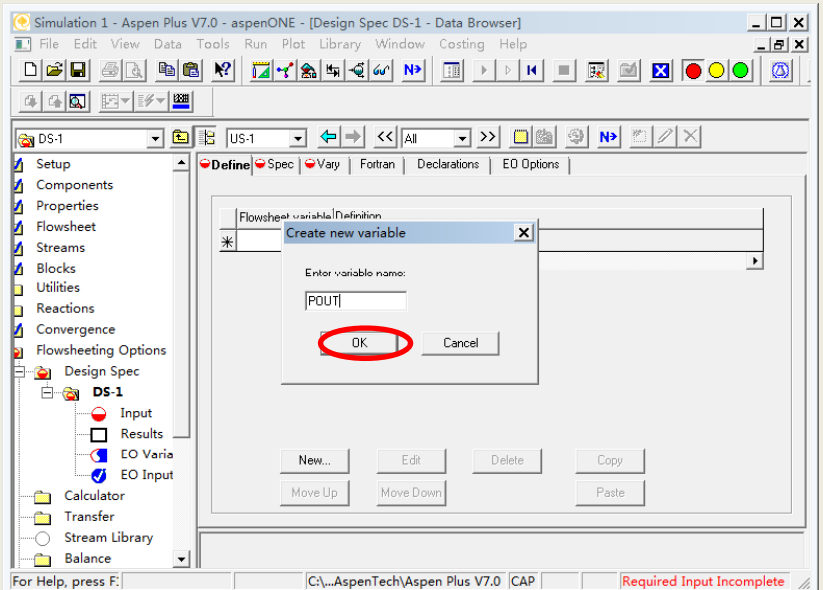
添加设计规定（3）

点击上图的**OK**，出现下图窗口，如图：



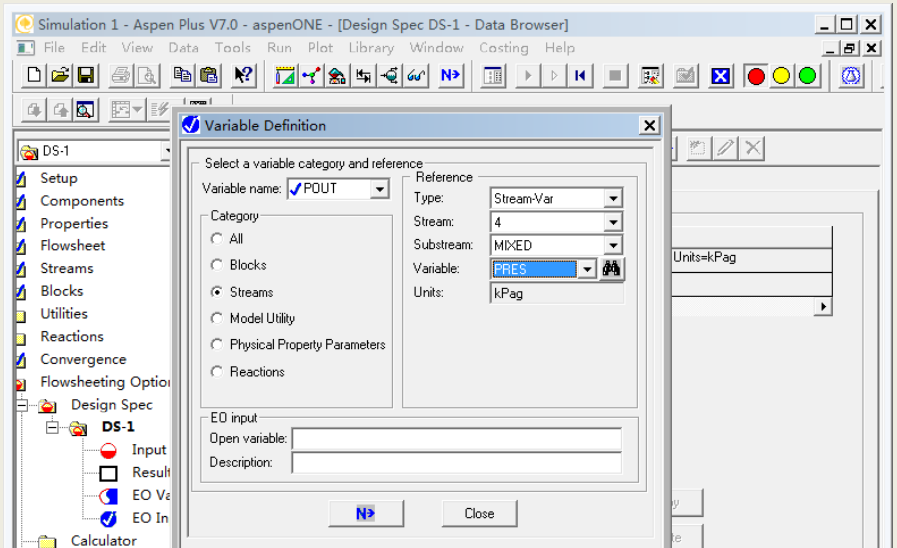
添加设计规定（4）

点击上图的**New**，出现下图对话框，并定义变量**POUT**，如图：



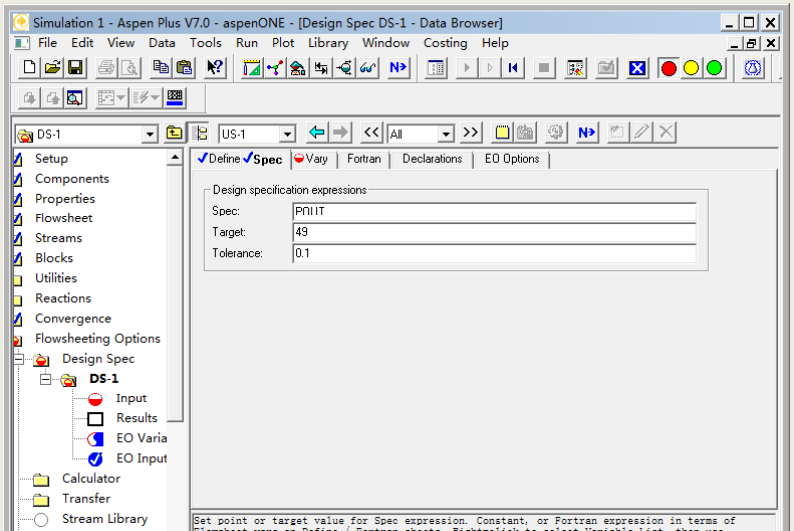
添加设计规定（5）

点击上图的**OK**，出现下图对话框并对变量进行如下定义，如图：



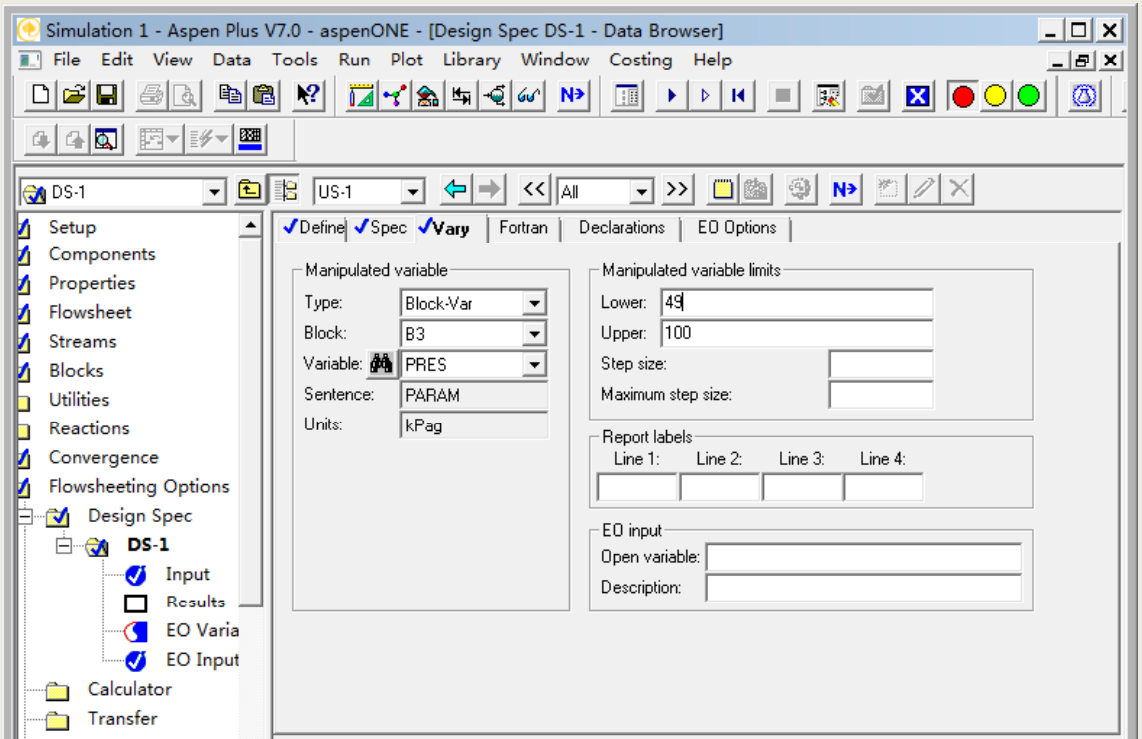
添加设计规定（6）

※ 调整离心泵的出口压力，使物流**4**的出口压力为**49kPag**，如图：

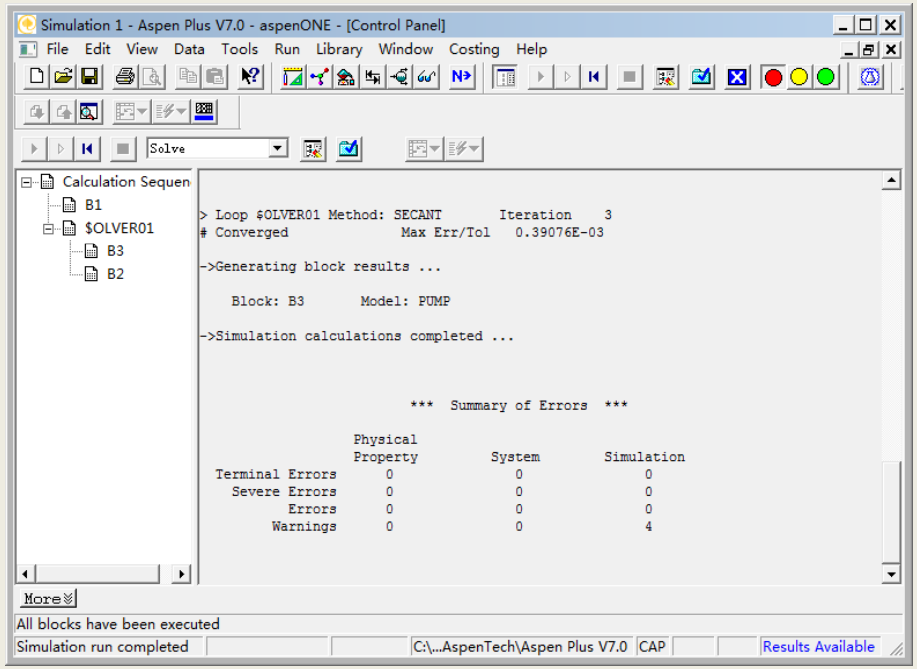


添加设计规定（7）

※ 调整离心泵的参数，如图：

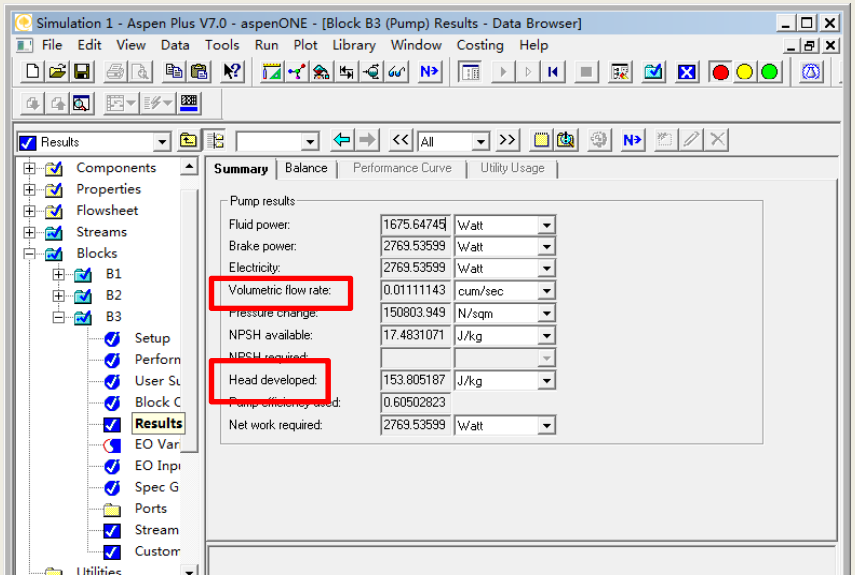


运行模拟


Simulation 1 - Aspen Plus V7.0 - aspenONE - [Control Panel]
File Edit View Data Tools Run Library Window Costing Help
Solve
Calculation Sequen
B1
$OLVER01
B3
B2
> Loop $OLVER01 Method: SECANT Iteration 3
Converged Max Err/Tol 0.39076E-03
->Generating block results ...
Block: B3 Model: PUMP
->Simulation calculations completed ...
*** Summary of Errors ***
Physical Property System Simulation
Terminal Errors 0 0 0
Severe Errors 0 0 0
Errors 0 0 0
Warnings 0 0 4
More
All blocks have been executed
Simulation run completed
C:\...AspenTech\Aspen Plus V7.0
CAP
Results Available

查看模拟结果（1）

可见离心泵的压头为**15.82m**，流量为**40m³/h**如图：



模拟实例

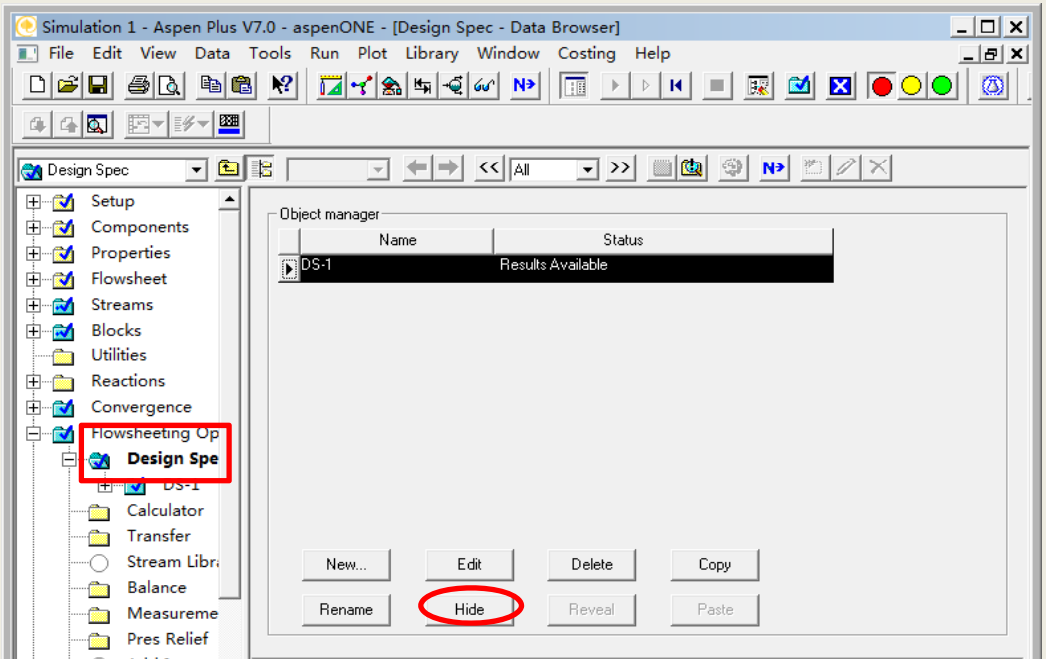
例2】将IS80-65-125的离心泵放置在例1中给出
管路中，试计算该离心泵的实际功率，并确定该
的安装高度是否合适。

表1 IS80-65-125的特性曲线数据

Point	Flow	Head	Efficiency	NPSHR
1	30	22.5	0.64	3
2	50	20	0.75	3
3	60	18	0.74	3.5

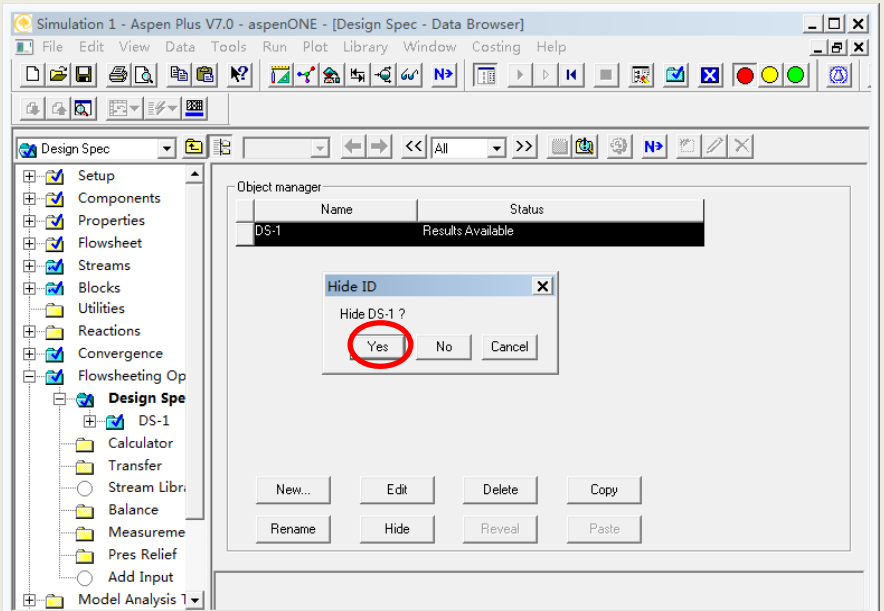
隐藏设计规定（1）

- 隐藏设计规定**DS-1**，如图：



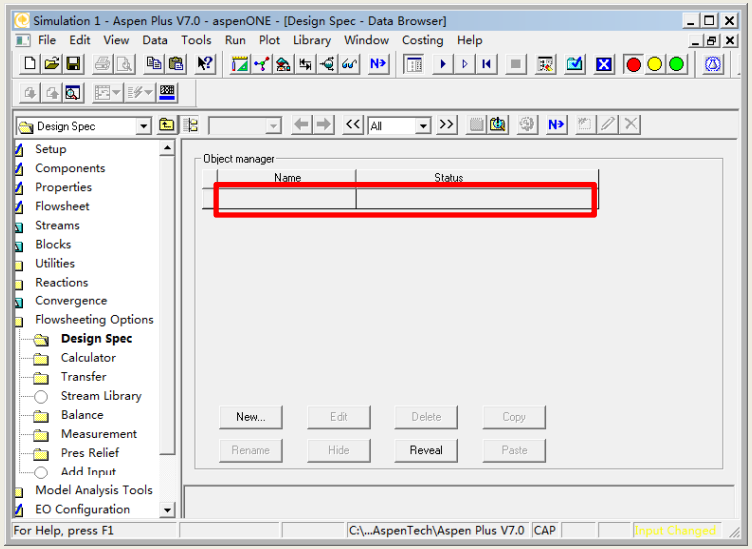
隐藏设计规定（2）

点击上图的**Hide**，出现下图对话框，如图：



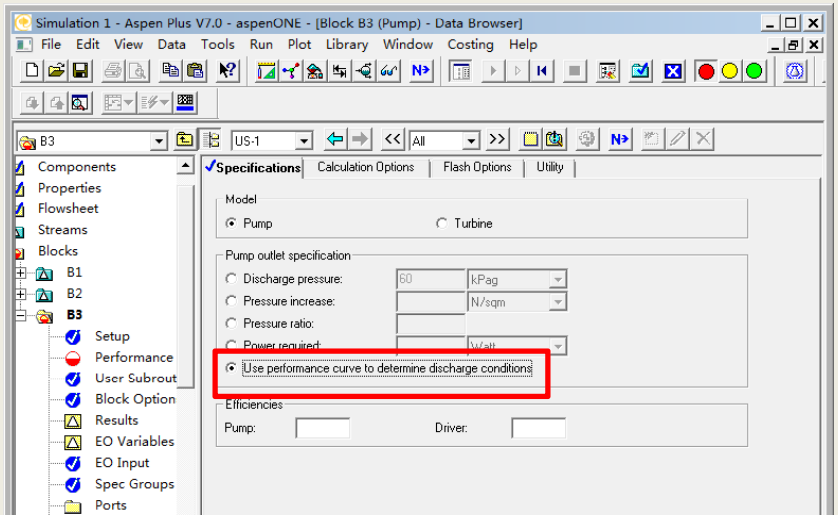
隐藏设计规定（3）

点击上图的**Yes**，设计规定**DS-1**已被隐藏，如图：



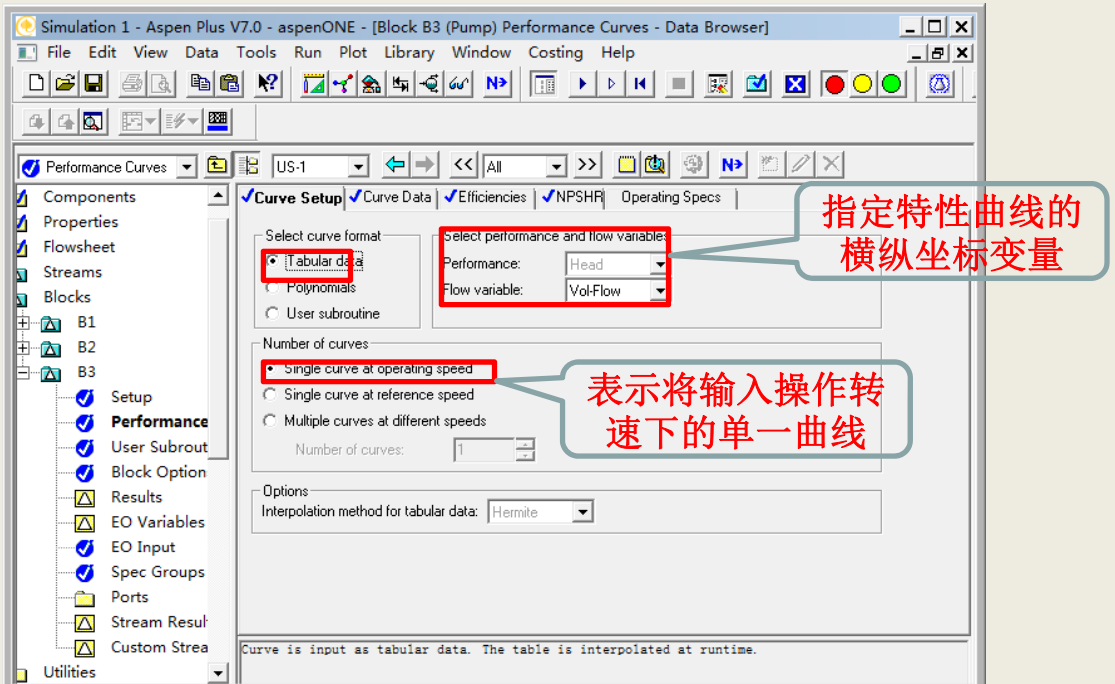
由泵的特性曲线计算泵的出口状态

- 将**Pump outlet specification** 内容由**Discharge pressure**更改为**Use performance curve to determine discharge conditions**，表示将由泵的特性曲线来计算泵的出口状态，如图：



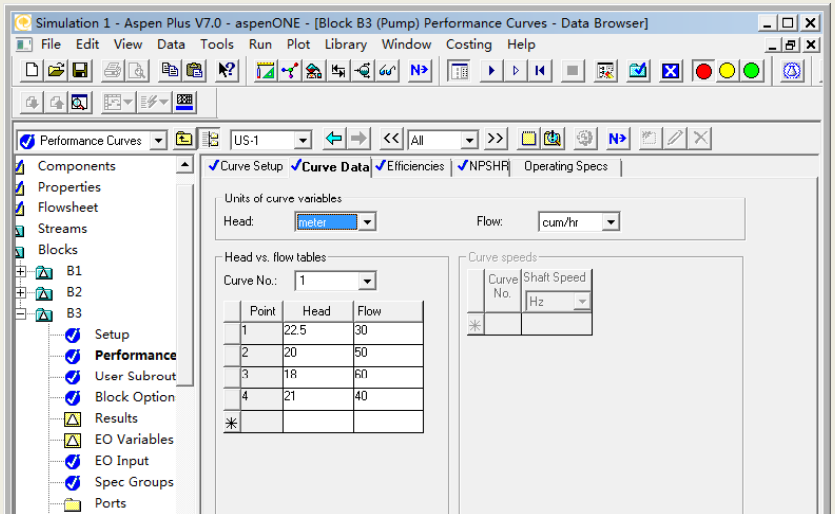
设置特性曲线

在**Curve Setup**标签下指定特性曲线的形式，如图：



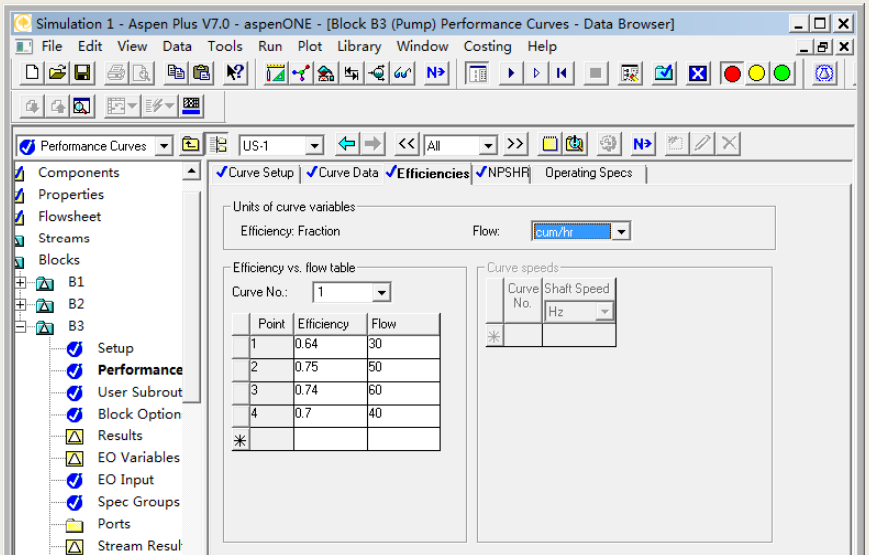
指定离心泵特性曲线参数（1）

- 在**Curve Data**标签下输入压头流量数据，如图：



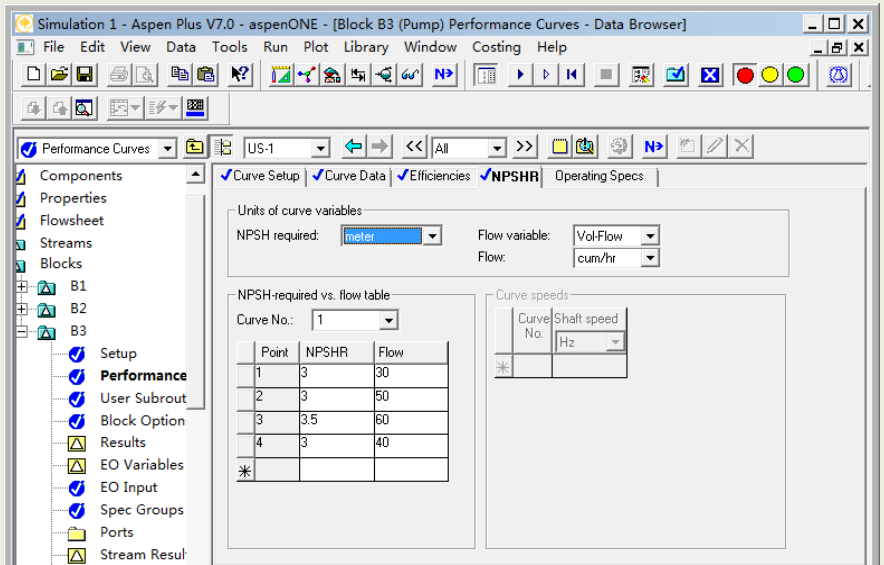
指定离心泵特性曲线参数（2）

在**Efficiencies**标签下输入效率流量数据，如图：

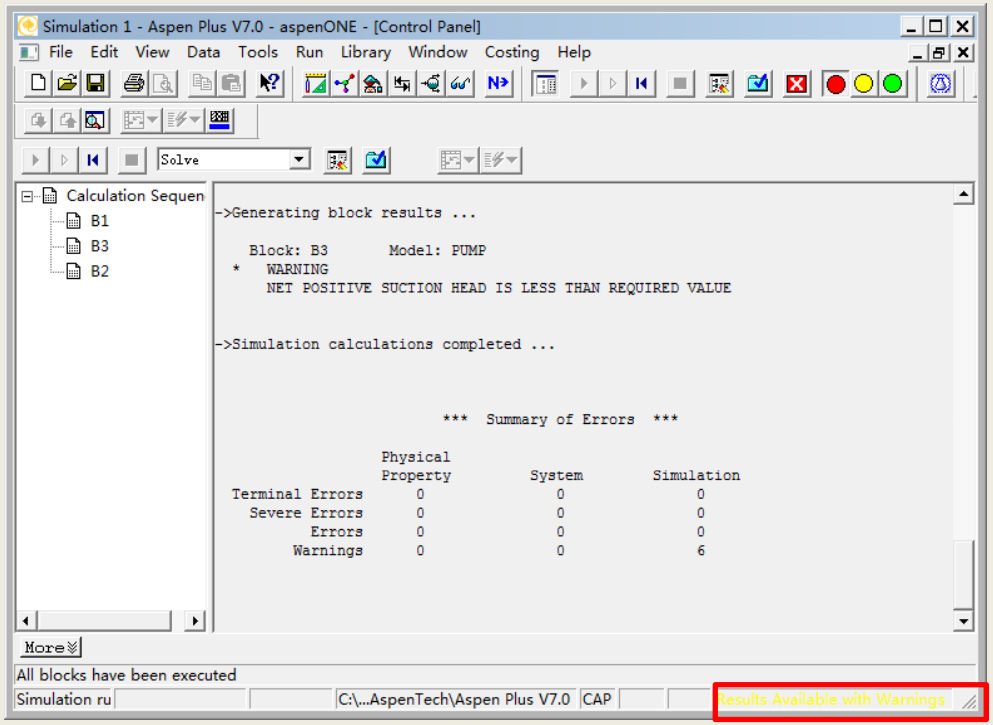


指定离心泵特性曲线参数（3）

※ 在**NPSHR**标签下输入必须汽蚀余量流量数据，如图：

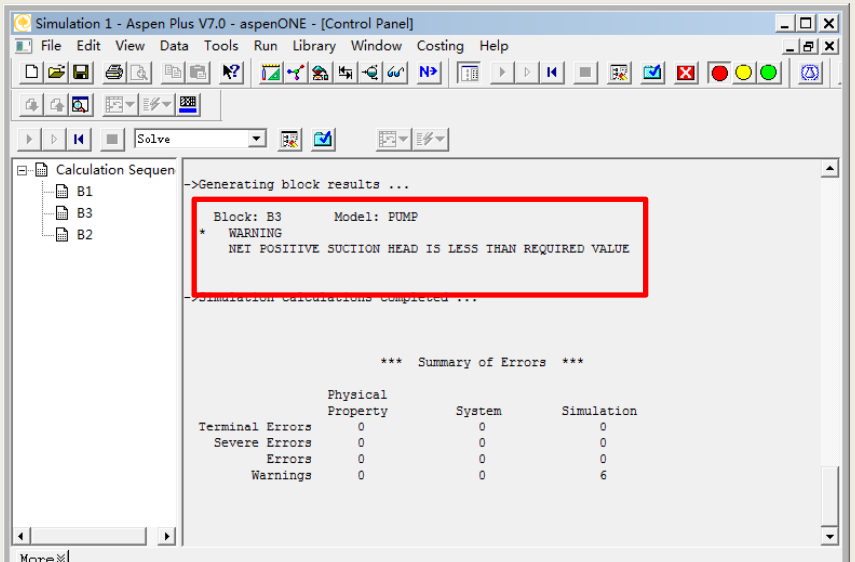


运行模拟


Simulation 1 - Aspen Plus V7.0 - aspenONE - [Control Panel]
File Edit View Data Tools Run Library Window Costing Help
Solve
Calculation Sequen
B1
B3
B2
->Generating block results ...
Block: B3 Model: PUMP
* WARNING
NET POSITIVE SUCTION HEAD IS LESS THAN REQUIRED VALUE
->Simulation calculations completed ...
*** Summary of Errors ***
Physical Property System Simulation
Terminal Errors 0 0 0
Severe Errors 0 0 0
Errors 0 0 0
Warnings 0 0 6
More
All blocks have been executed
Simulation ru
C:\...AspenTech\Aspen Plus V7.0
CAP
Results Available with Warnings

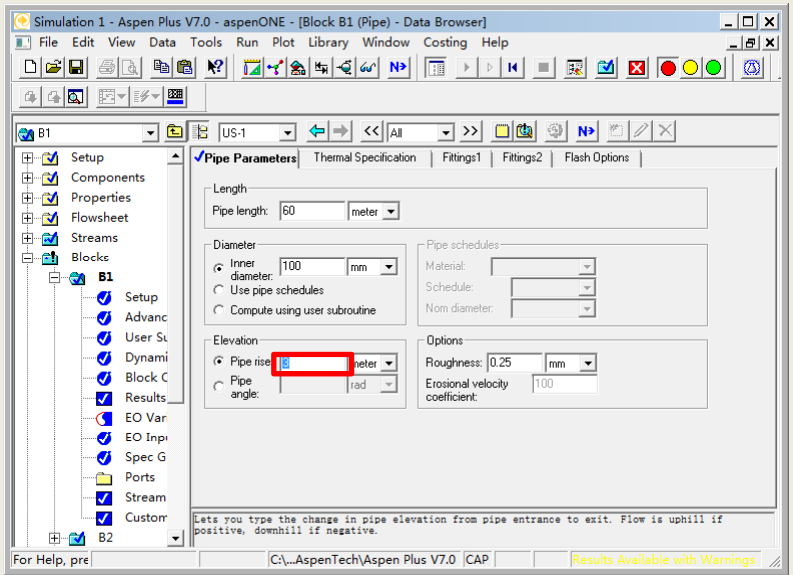
分析模拟结果

模拟运行之后有警告，查看迭代信息，发现警告信息含义为汽蚀余量小于必须汽蚀余量， 如图：产生该信息的原因是泵的安装高度过大，必须降低安装高度。



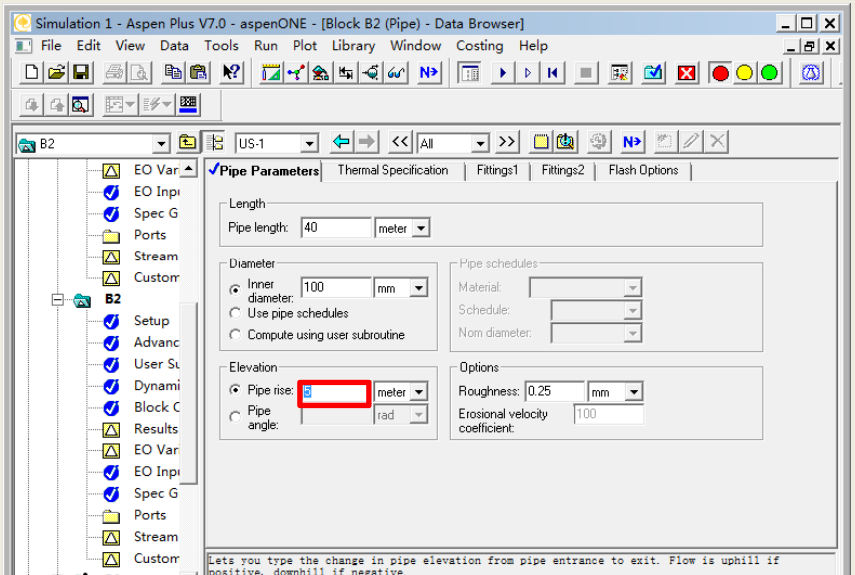
降低安装高度（1）

将**B1**的高度改为**3m**，即泵的安装高度由**5m**降低至**3m**，如图：



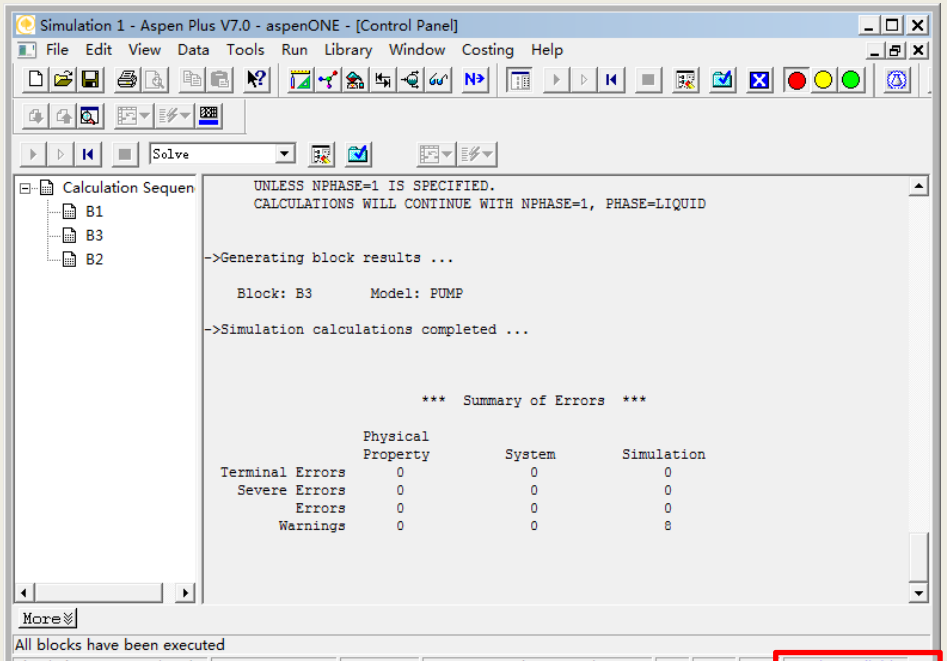
降低安装高度（2）

※将**B2**的高度改为**5m**，如图：



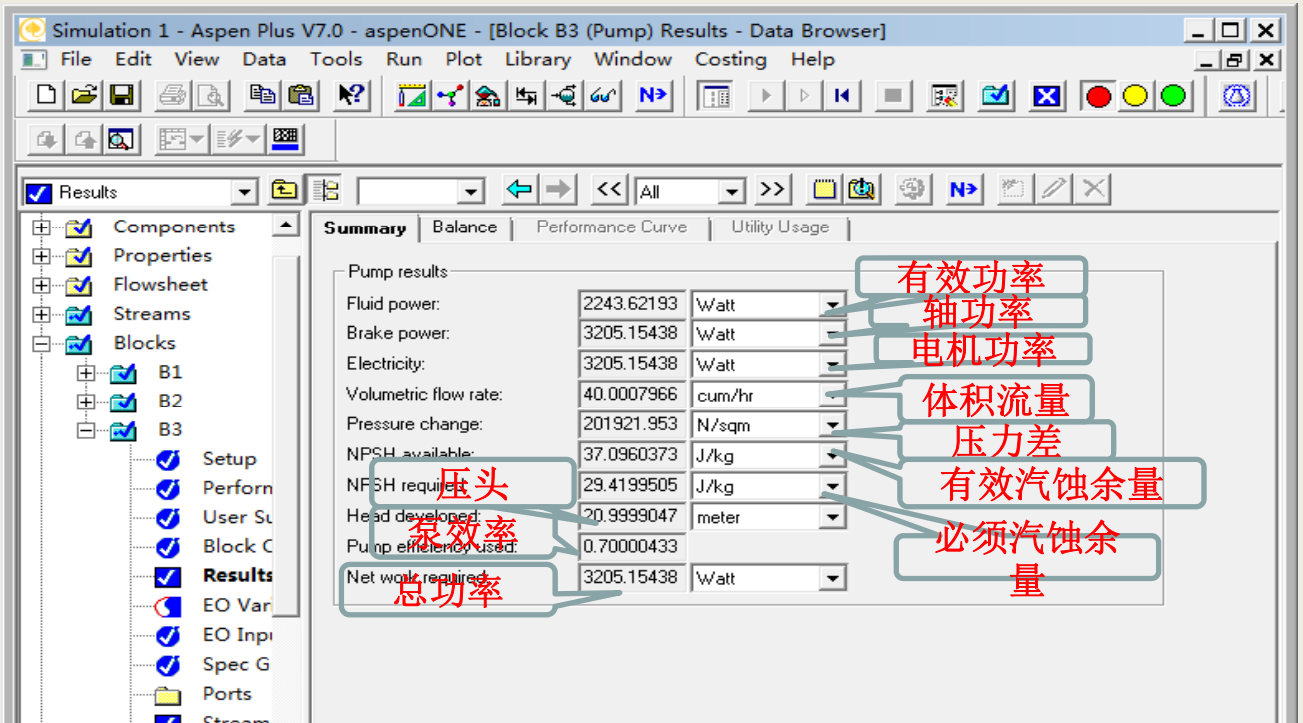
重新计算

说明**3m**的安装高度是合适的，如图：



查看泵的计算结果

泵的计算结果已列入表中，如图：

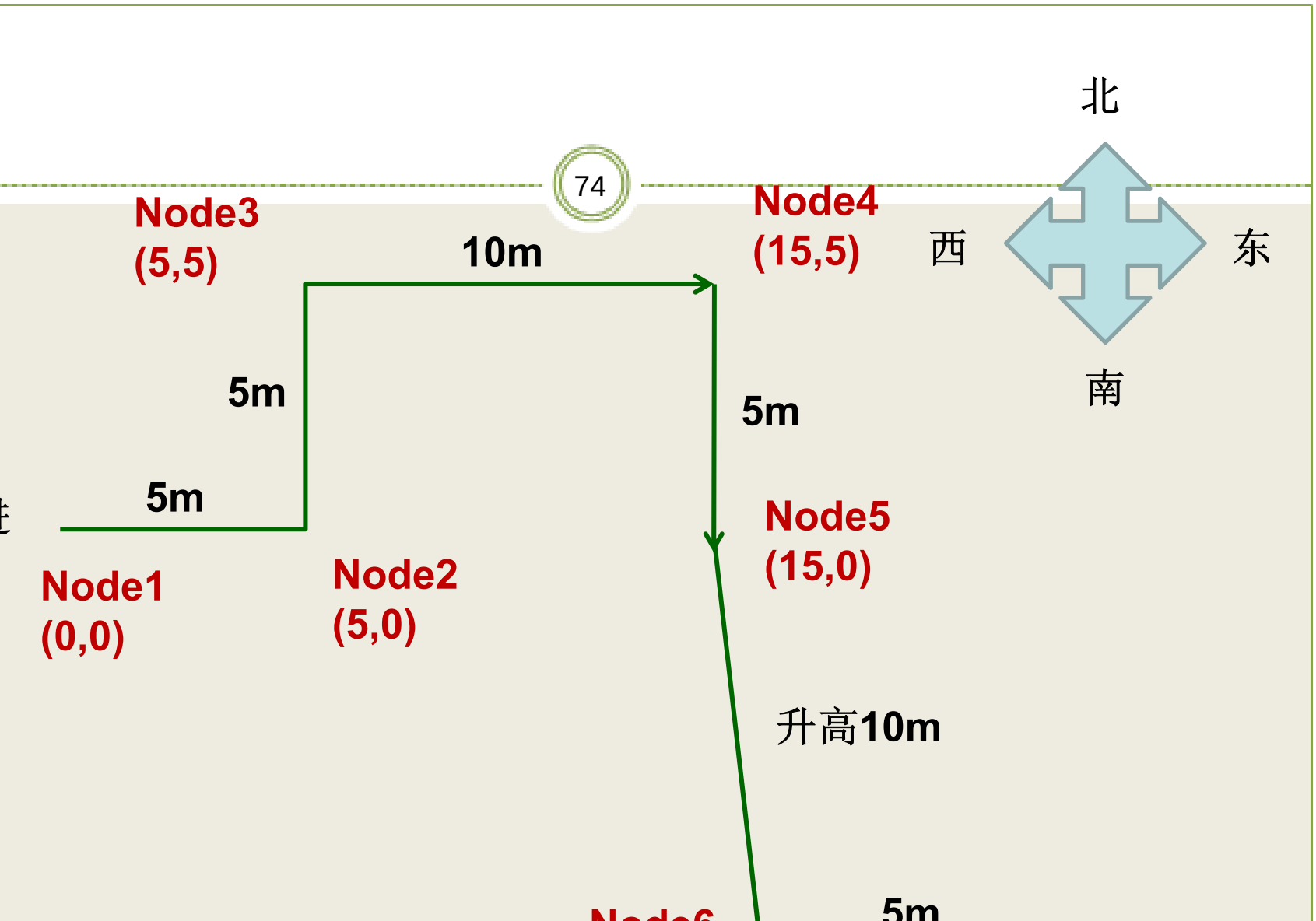


模拟实例

【例3】流量为 5000 kg/h，压强为 7 ar的饱和水蒸汽流经 ϕ108×4mm 的管道。管道长 20 m，出口比进口高 5 m，粗糙度为 0.05 mm。管道采用法兰连接，安装有闸阀 1 个，90° 肘管 2 个。环境温度为 20 °C，传热系数为 20 W/(m²·K)。求：出口处蒸汽的压强、温度和含水率，

模拟实例

【例4】流量为 100 m^3/h，温度为 50 °C，压强为 5 bar的水流经 ϕ108×4 的管线。管线首先向东延伸 5 m，再向北 5 m，再向东 10 m，再向南 5 m，然后升高 10 m，再向东 5 m。管内壁粗糙度为 0.05 mm。


北
西
东
南
Node3
(5,5)
10m
Node4
(15,5)
5m
5m
5m
Node1
(0,0)
Node2
(5,0)
Node5
(15,0)
升高10m
5m

结束

下节内容：Aspen中的换热器模块