

PIPESIM 操作流程

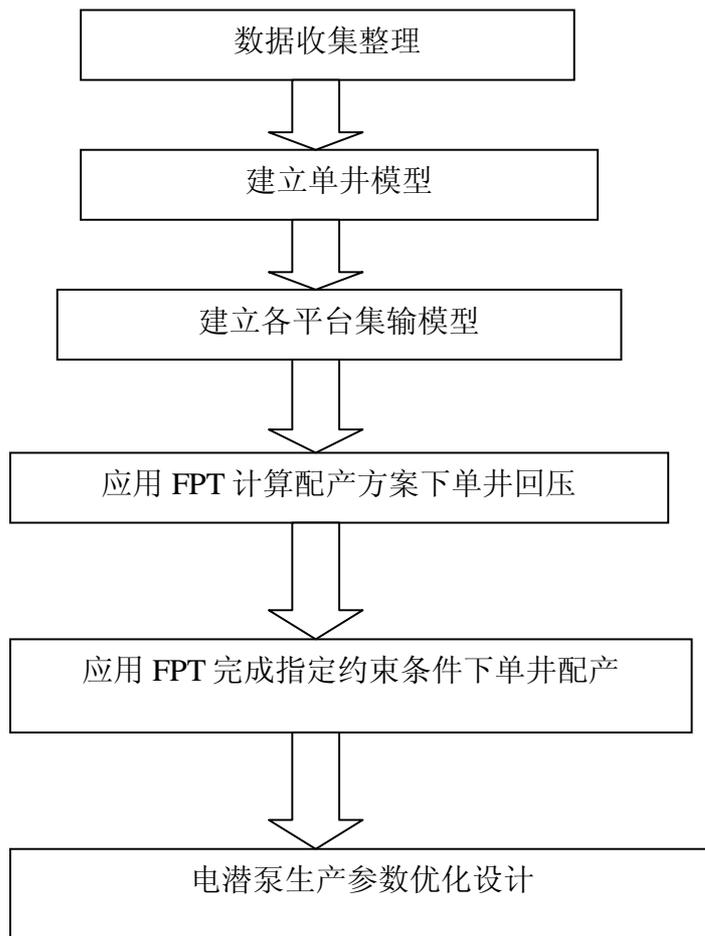
目 录

- 1.
- 2.
3. 单井建模流程
4. 管网建模流程
5. 单井敏感分析及电泵参数优化设计流程
6. 共立管生产单井产量优化流程

1. 项目目的及内容

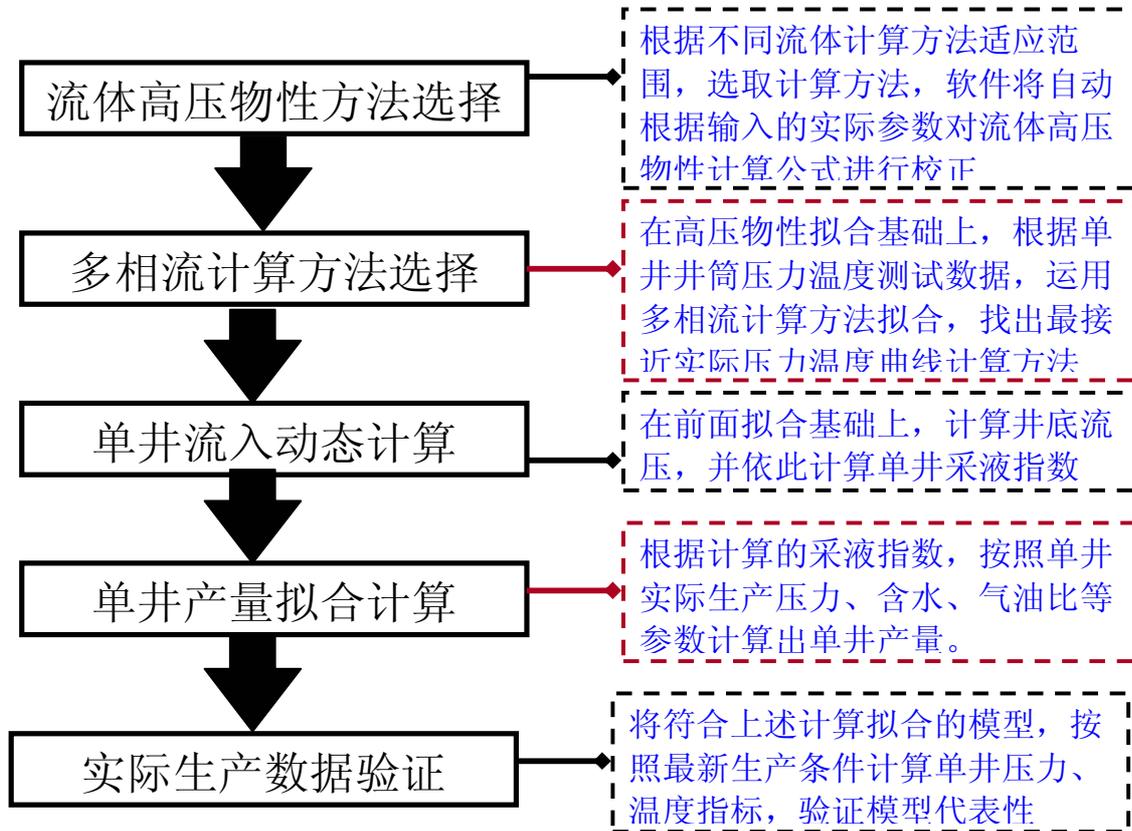
2. 思路

模型建立，单井特性分析，产量优化，电泵优化设计几个部分，具体如下图所示：



3. 单井建模流程

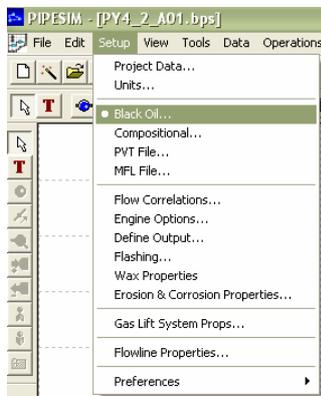
3.1 建模流程图



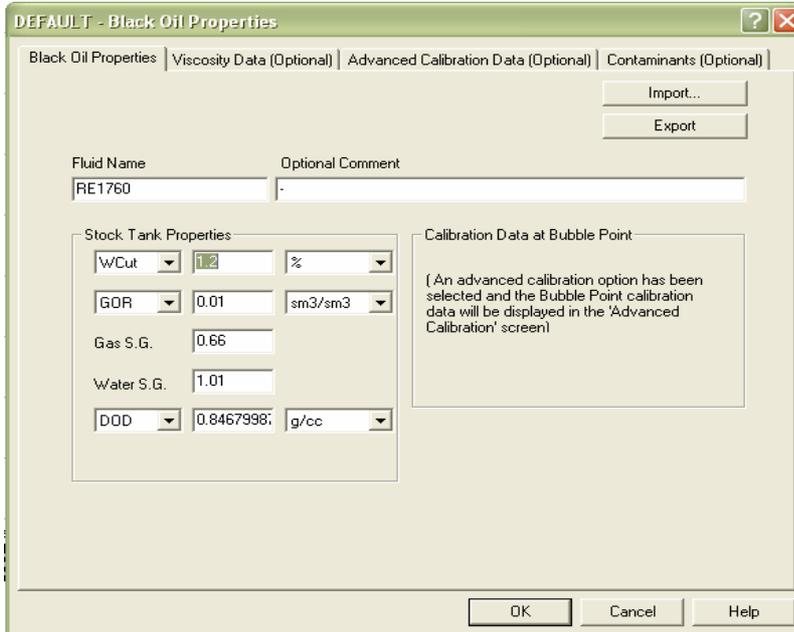
3.2 流程界面演示

(1) 流体高压物性方法选择

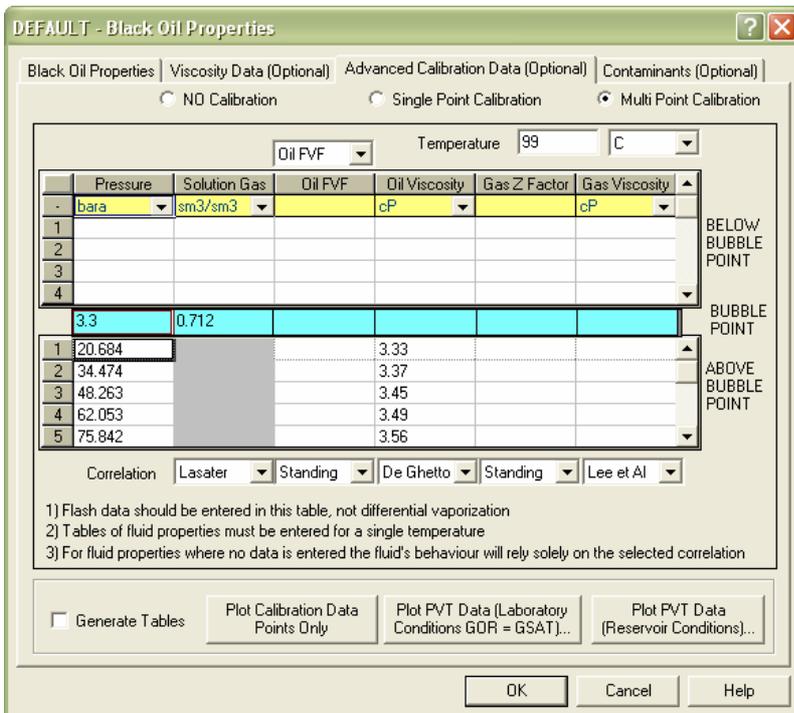
首先选黑油模型：



输入基本参数，在 PVT 物性拟合时设定含水率为 0%，选择“Viscosity Data”根据已知的地面原油粘度数据选择相应的计算相关式（观察不同方法在选定的计算式下得到的粘度是否与实际测试相近，取最接近的方法）。



如果 PVT 高压物性资料中包含压力与溶解气油比、原油粘度、原油体积系数关系，则使用“Advanced Calibration Data”

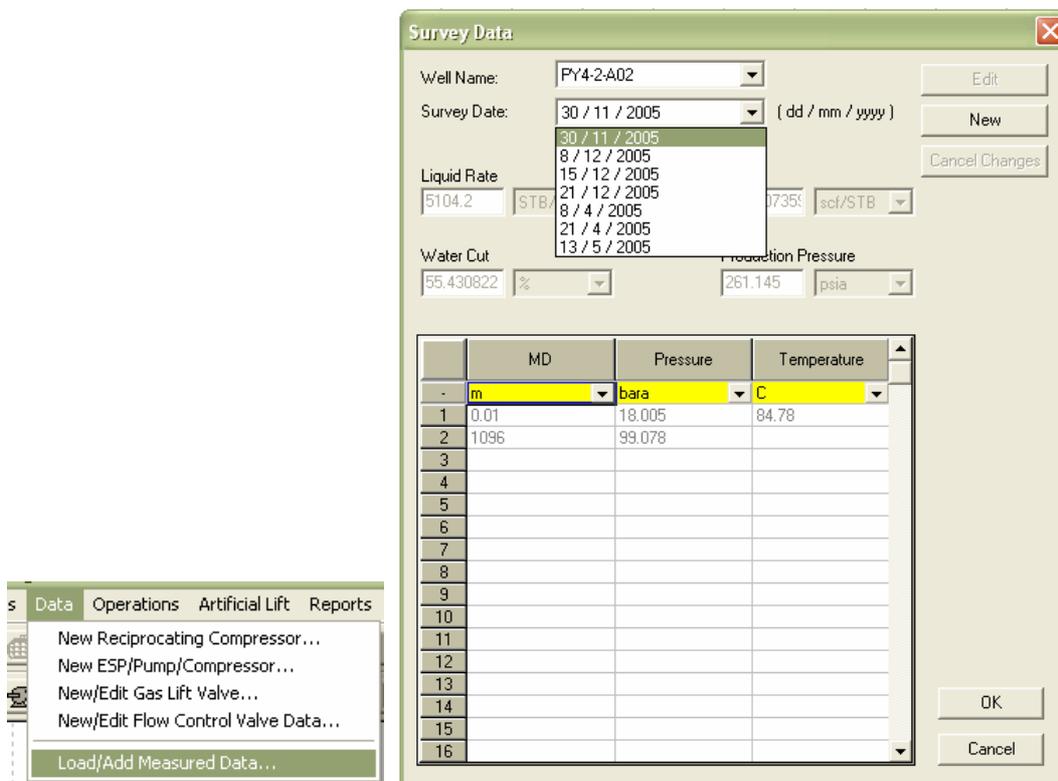


PIPESIM 根据输入的实测高压物性参数，内部自动将选定的计算相关式进行优化调整，使得计算出的流体高压物性与实测值匹配。但是建议有可能的情况首先拟合溶解气油比与压力的关系。

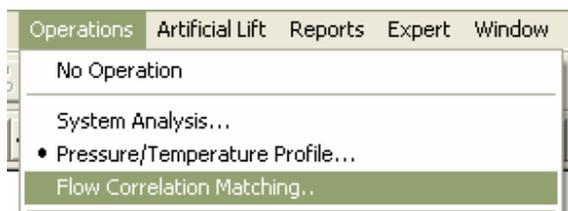
(2) 多相流方法选择

在流体高压物性拟合的基础上进行多相流方法选择。该工作实际是进行井筒压力温度剖面拟合，考虑到油田没有进行过井筒流动压力与流动温度剖面测试，在进行拟合时，考虑进行不同时期井下压力计测试温度压力拟合。

首先将不同时期压力计测试数据输入到模型文件。



运行“Flow Correlation Matching”



输入对应时刻的产量，压力数据，建议计算“Inlet Pressure”。同时选择多个计算相关式进行拟合对比。

Flow Correlation Matching

Calculated Variable

Inlet Pressure

Outlet Pressure 209.53 psia

Liquid Rate 5565 STB/d

Measured Data...

Default Profile Plot

Elevation vs Pressure

Elevation vs Temperature

Pressure vs Total Distance

Temperature vs Total Distance

Flow Correlation Type

Horizontal

Vertical

	Include	Vertical Flow Correlations	Source
1	<input checked="" type="checkbox"/>	Beggs & Brill Revised	bja
2	<input checked="" type="checkbox"/>	Duns & Ros	bja
3	<input type="checkbox"/>	Ansari	bja
4	<input type="checkbox"/>	Beggs & Brill Original	bja
5	<input type="checkbox"/>	Govier, Aziz & Fogarasi	bja
6	<input type="checkbox"/>	Gray (modified)	bja
7	<input type="checkbox"/>	Gray (original)	bja
8	<input type="checkbox"/>	Hagedorn & Brown	bja
9	<input type="checkbox"/>	Hagedorn & Brown, Duns & Ros map	bja
10	<input type="checkbox"/>	Mukherjee & Brill	bja

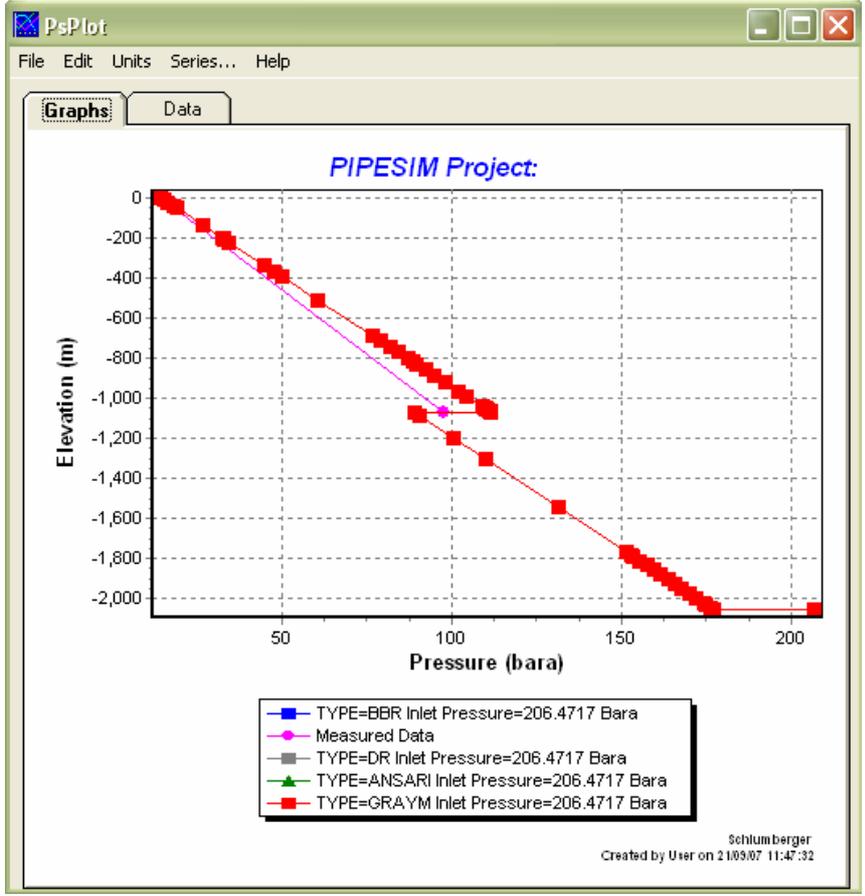
Run Model

Profile Plot...

Summary File...

Output File...

OK Cancel Help

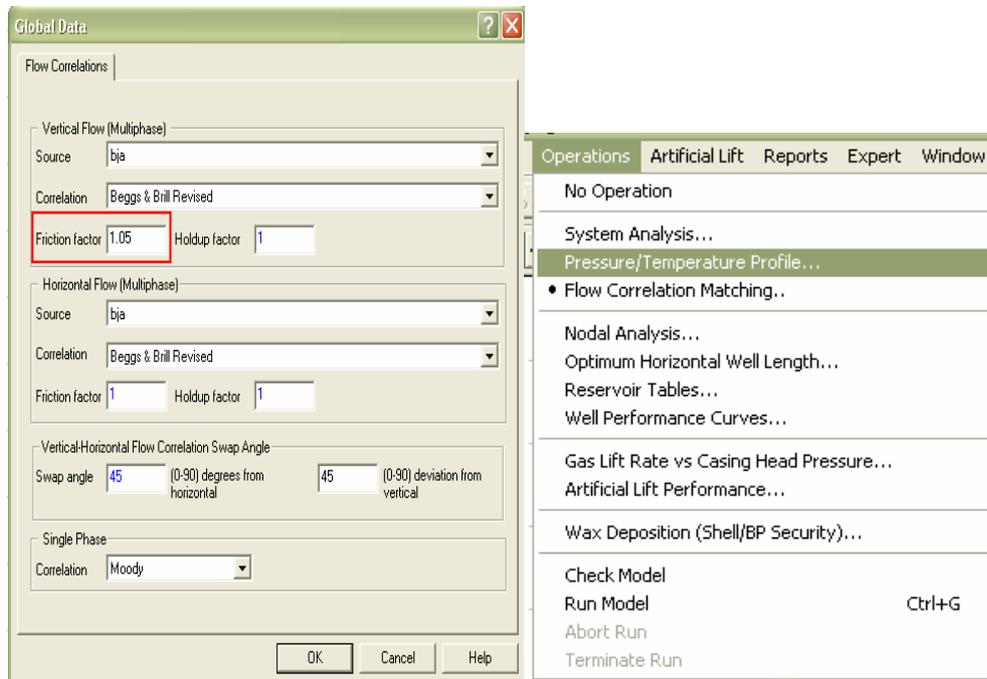


将不同方法及不同时期计算得到的压力计处压力及井口流温汇集成表，观察每种计算方法误差，选择误差最小的方法。

井号	日期	井下压力计压力	电机频率	产液量	测试含水	气油比	计算井口油温 (C)		计算压力计处压力 (psia)		相对误差	
		psia	Hz	bbl/d	%	scfd/bbl	BBR	DR	BBR	DR	%	
219	PY5-1-A08H	29/10/2004	1388	40	6743	0.5		80.02	80.02	1443.92	1443.92	-4.0288184
220	PY5-1-A08H	14/12/2004	1411	40	6936	0		80.31	80.31	1455.39	1455.39	-3.1459957
221	PY5-1-A08H	09/01/2005	1391	40	7032	0		80.44	80.44	1445.54	1445.54	-3.9209202
222	PY5-1-A08H	24/01/2005	1411	40	7012	0	8.5568E-05	80.47	80.47	1447.78	1447.78	-2.6066619
223	PY5-1-A11H	17/08/2004	1524	40	5089	0.5		77.69	77.69	1558.16	1558.16	-2.2414698
224	PY5-1-A11H	24/08/2004	1510	40	5810	0.1		78.99	78.99	1557.7	1557.7	-3.1589404
225	PY5-1-A11H	28/08/2004	1502	40	5841	0		79.04	79.04	1568.58	1568.58	-4.4327563
226	PY5-1-A11H	06/09/2004	1493	40	6109	0.7		79.46	79.46	1545.95	1545.95	-3.5465506
227	PY5-1-A11H	14/09/2004	1490	40	6319	0.6		79.77	79.77	1532.35	1532.35	-2.8422819
228	PY5-1-A11H	30/09/2004	1477	40	6768	0.7		80.39	80.39	1527.48	1527.48	-3.4177387
229	PY5-1-A11H	11/10/2004	1470	40	6947	0.7		80.63	80.63	1514.66	1514.66	-3.0380952
230	PY5-1-A11H	01/11/2004	1452	40	7267	0.8		81.02	81.02	1513.97	1513.97	-4.2679063
231	PY5-1-A17H	19/03/2006	1317	35	4975	54.2	0.00600614	81.9	81.9	1310.41	1310.41	0.5003797
232	PY5-1-A17H	20/03/2006	1295	38	5485	52.5	0.01259601	81.86	81.86	1260.44	1260.44	2.6687259
233	PY5-1-A17H	21/03/2006	1284	42	6037	59	0.01289931	82.84	82.84	1245.29	1245.29	3.0147975
234	PY5-1-A17H	22/03/2006	1287	37.5	5079	58.9	0.01264974	81.63	81.63	1250.04	1250.04	2.8717949
235	PY5-1-A17H	24/03/2006	1283	37.5	5075	73	0.01568198	82.17	82.17	1250.18	1250.18	2.558067
236	PY5-1-A17H	30/03/2006	1287	37.4	5652	74	0.00899183	82.81	82.81	1268.07	1268.07	1.4708625
237	PY5-1-A17H	03/04/2006	1282	37	5484	75.6	0.01347305	82.68	82.68	1269.17	1269.17	1.00078

经分析，各井选用“BBR”方法。

最后根据选定的多相流方法，设置不同摩擦系数，计算井筒压力温度剖面，调整压力及温度误差尽量小。

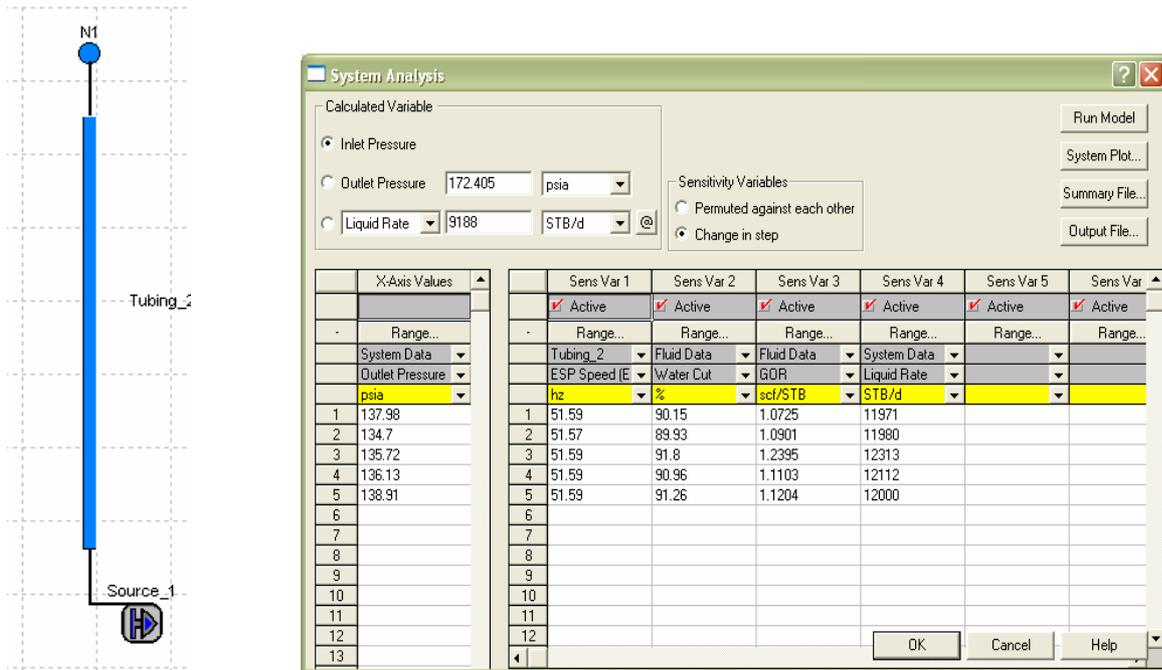


至此，得到单井井筒多相流计算方法及修正系数。

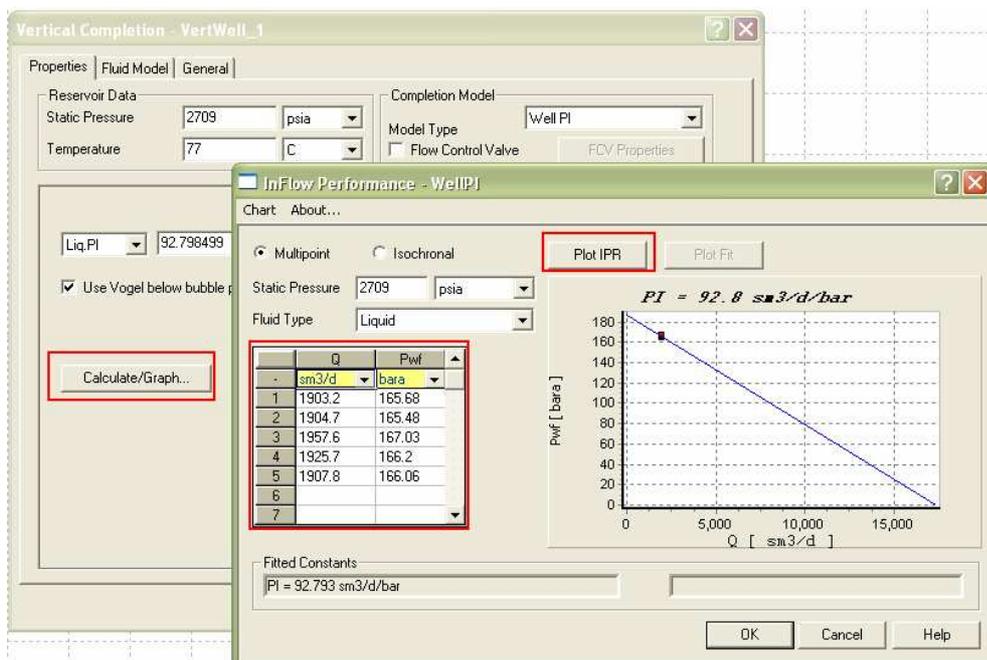
(3) 采液指数拟合计算

由于不能直接获得井底流压与产量的关系，因此借助前面建立好的单井模型计算近期内一系列的井底流压与产量的关系。

首先将模型改为源模型。运用“系统分析”功能计算一系列产量下入口压力



将得到的产量与井底流压关系输入地层完井模型“ ”



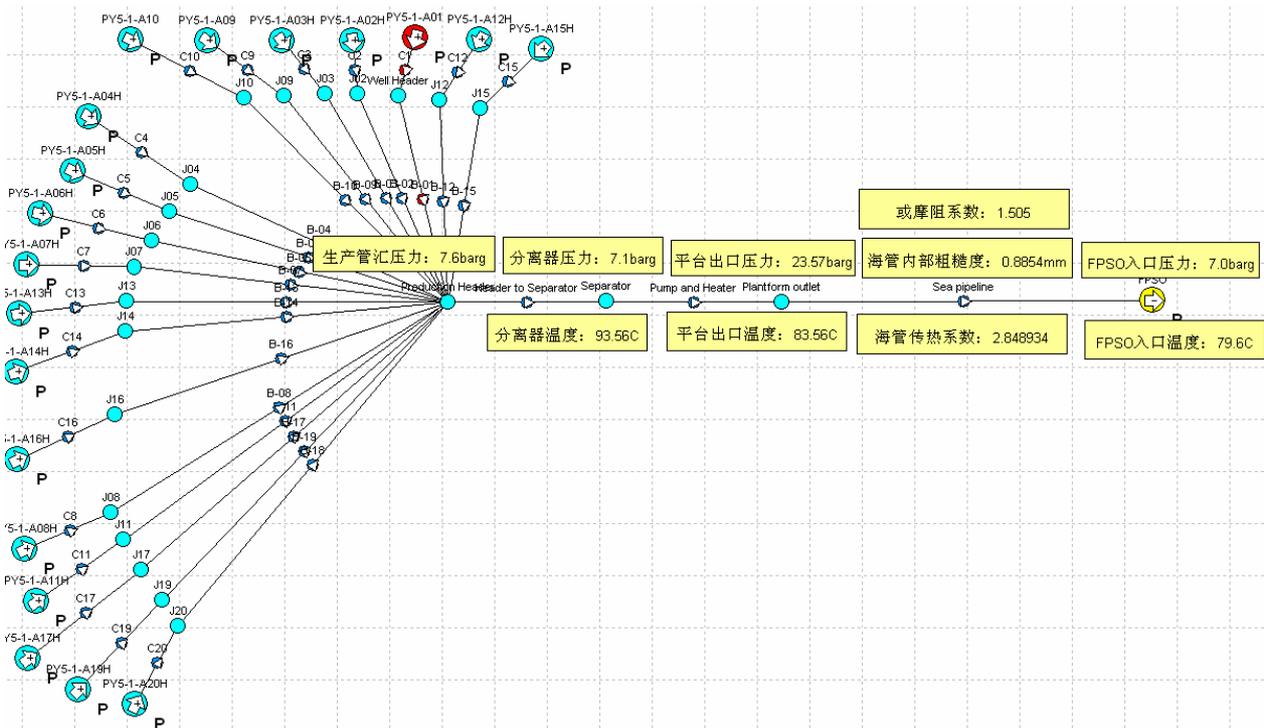
回归出单井采液指数。注：在选取数据时要注意该采液指数是代表目前压力和含水情况下同一地层的采液指数。

(4) 实际数据验证

至此单井模型完成，即 PVT 高压物性计算方法选定、多相流方法选定、单井采液指数确定。将最近一两个数据点数据代入“压力/温度剖面”计算功能，计算出井口压力与温度，将计算出的井口压力温度与实际值比较，如果误差在允许范围则可用该模型进行下面的计算。否则需要重新进行采液指数计算。

4. 集输管网建模流程

根据实际集输管网建立集输管网模型，首先建立源模型，及单井井口处以源代替，这样可以简化建模难度。



同时标记出各个压力、温度测试点的值，以便下面拟合使用。

在这个模型中，我们需要拟合单井的产量、压力及各个测试点，因为需要拟合的点相对较多，我们采取分段拟合的策略，从 FPSO 出发逐段向单井过度。在进行拟合之前，需要对各

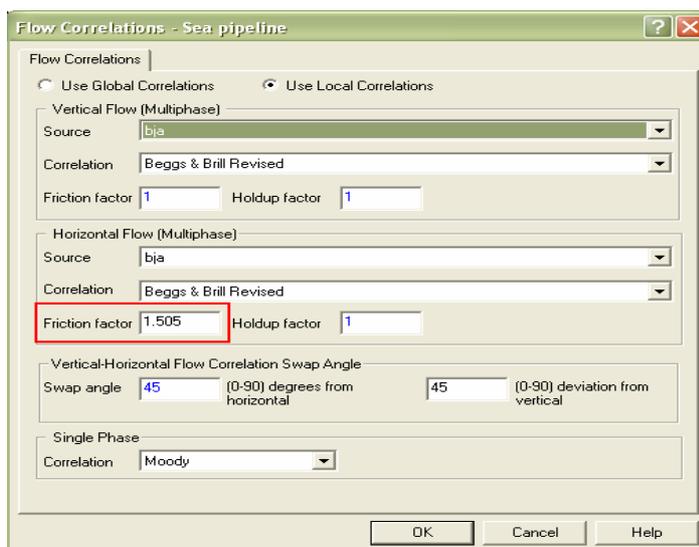
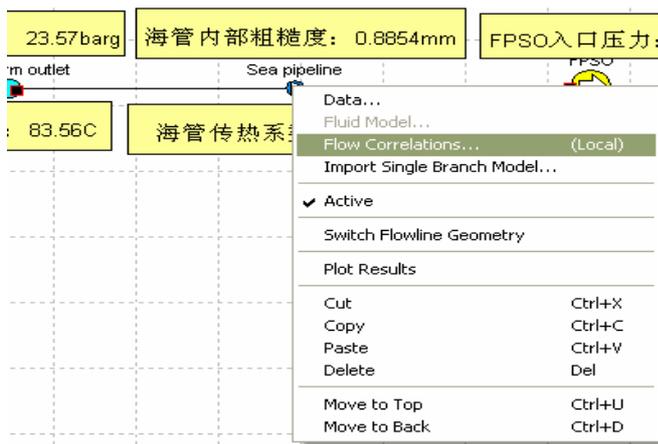
段管柱及管线流量进行计算，即根据各井产量和 FPSO 的产量指标计算出分离器的分离效率（分离效率 = 分离出的水量 / 流体中总的水量）

4.1 FPSO 至 平台出口端管线拟合

可以通过两种方式来拟合该单支管线流动，（1）将该段管线单独拿出来拟合其摩擦系数、传热系数或（2）在管网模型中通过试错法计算该段管线两头压力温度值。方法一的好处是可以在 PIPESIM 单分枝模型中进行各种敏感分析，但是缺点是黑油模型的各项物性指标不能反应混合流体的指标；方法二的好处是可以很好的模拟混合流体物性。

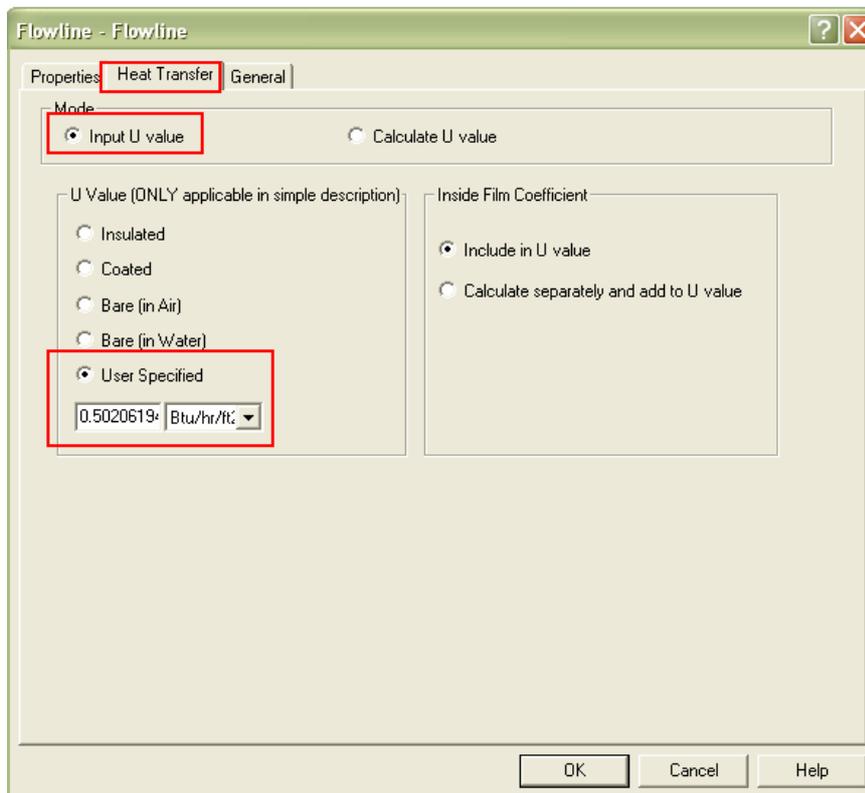
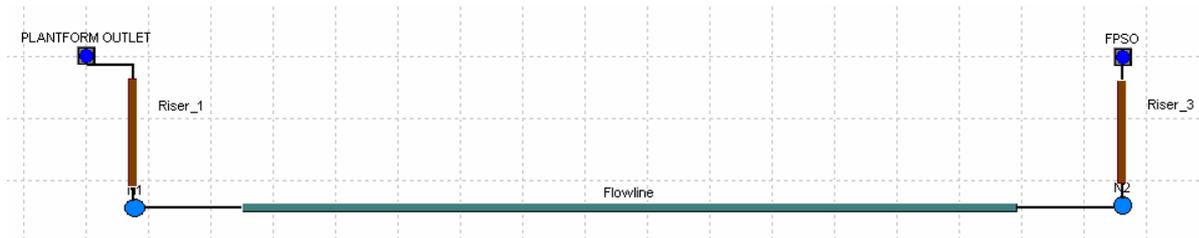
此处用方法二用试错法拟合，为保证计算的准确性，设定通过热交换器输出温度，使得平台出口温度为测试温度，在 FPSO 输入参数为压力，单井输入参数为流量和各自井口温度。

右键点击该段海管，出现下面界面，选择“Flow Correlations”



同时试错 法调整海管传热系数

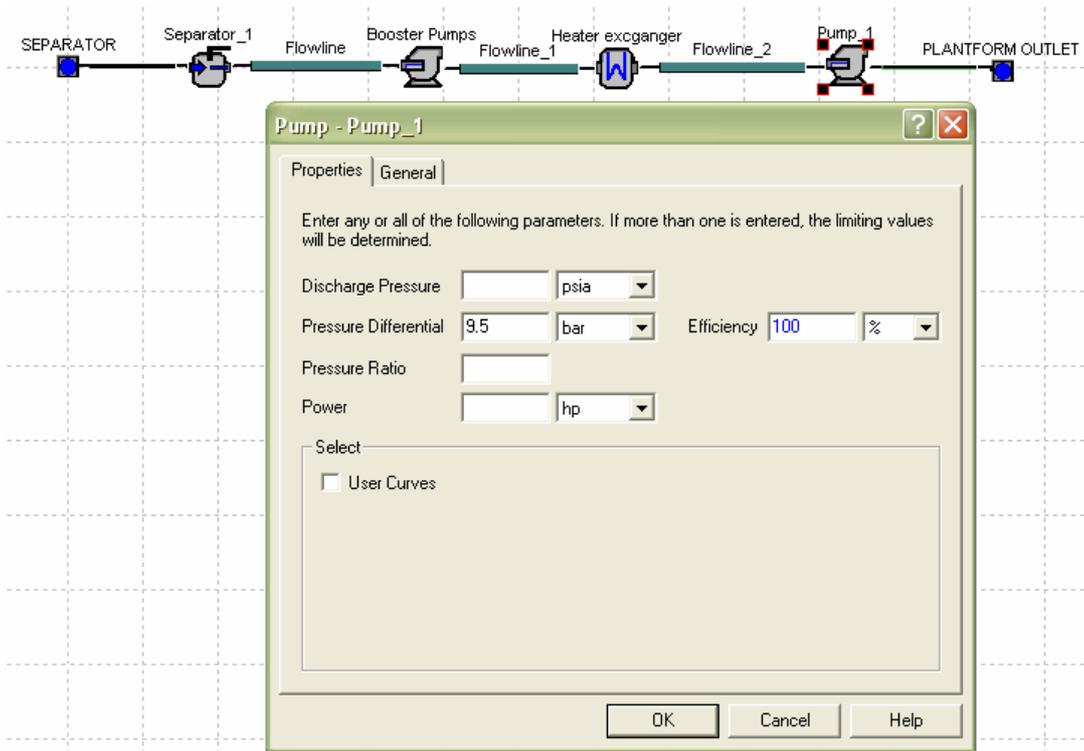
双击管线进入参数输入界面



经过试错法输入不同摩擦系数和传热系数，最终使得计算得到的 FPSO 端的温度与实测一致，平台出口处的压力与实测一致。至此该段管柱拟合完成。

4.2 分离器至平台出口端集输设备模拟

如前所述，分离器效率已经计算得知，此时各泵增压幅度大致范围已知，同时在前面平台后压力拟合完毕，计算得到平台出口处压力与实测数据一致，通过调整热交换器换热大小和外输泵增压幅度来确定分离器处压力，使得分离器压力与实际测试值一致。注：此段管线较短，而且弯头等节流不多，可以不用通过调整摩阻系数来校正，仅需调整增压泵增压幅度以达到压力及温度计算拟合成功。

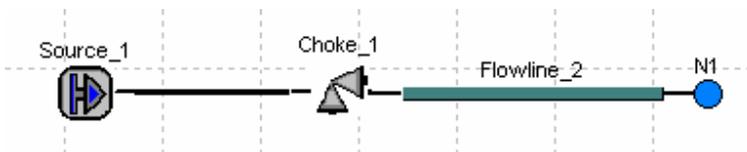


4.3 生产管汇至分离器入口模拟

该段管线较为简单，而且较短，当使用默认属性（摩擦系数为 1.0，传热系数为涂层效果）计算得到的压力与实测已经接近，不需过多拟合。

4.4 单井井口至生产管汇模拟

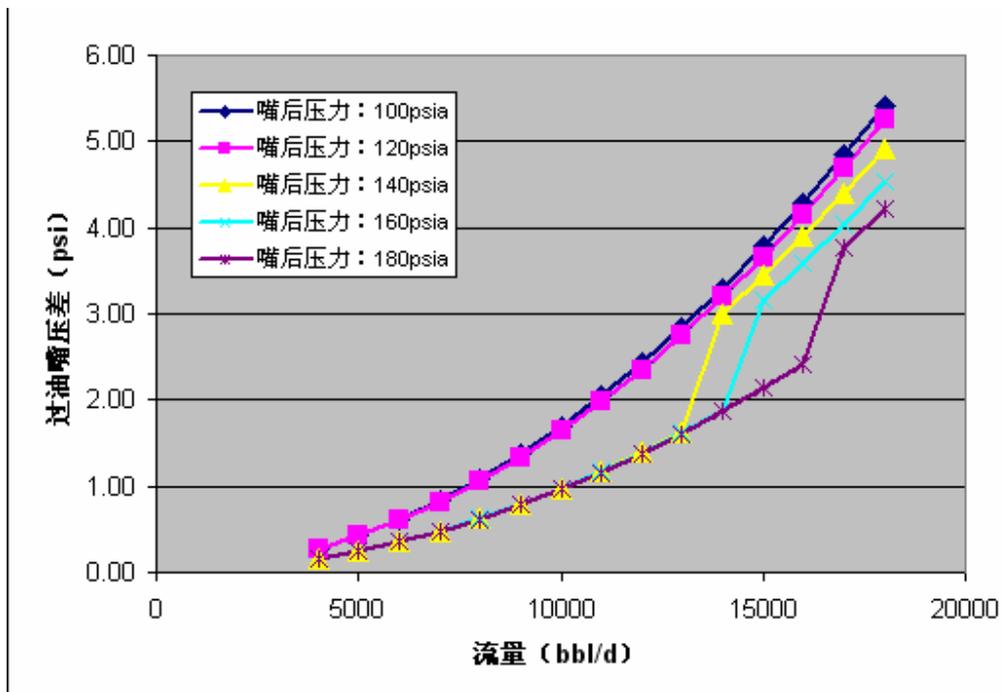
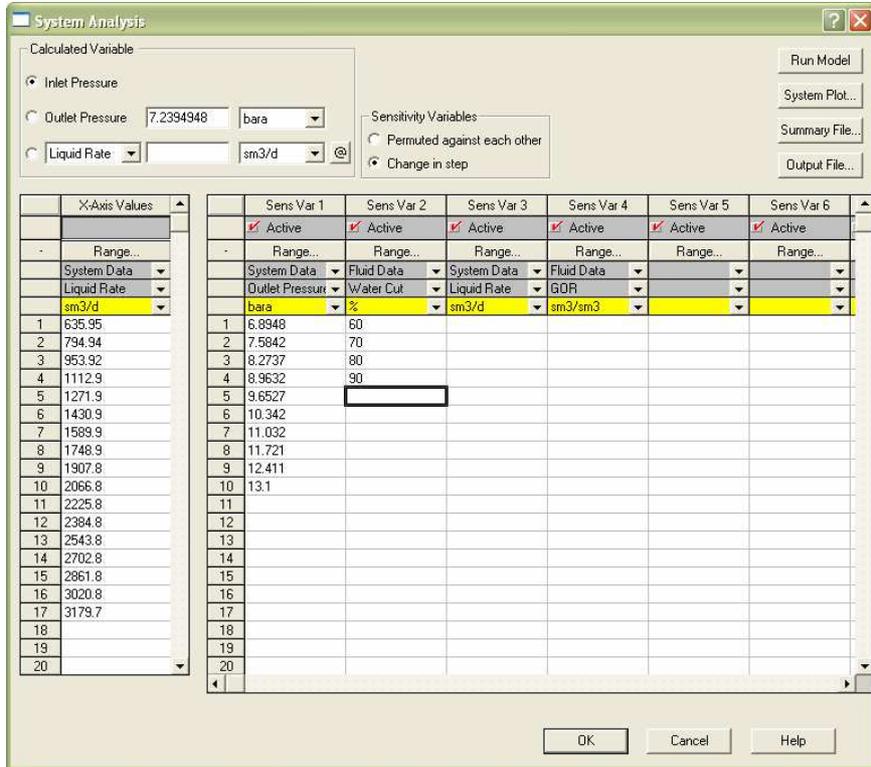
可以看出该段管线包含油嘴，因此首先分析过油嘴可能产生的节流效应，即过油嘴节流的压差是多少。因此可以应用 PIPESIM 单分枝功能建立油嘴分析模型如下：



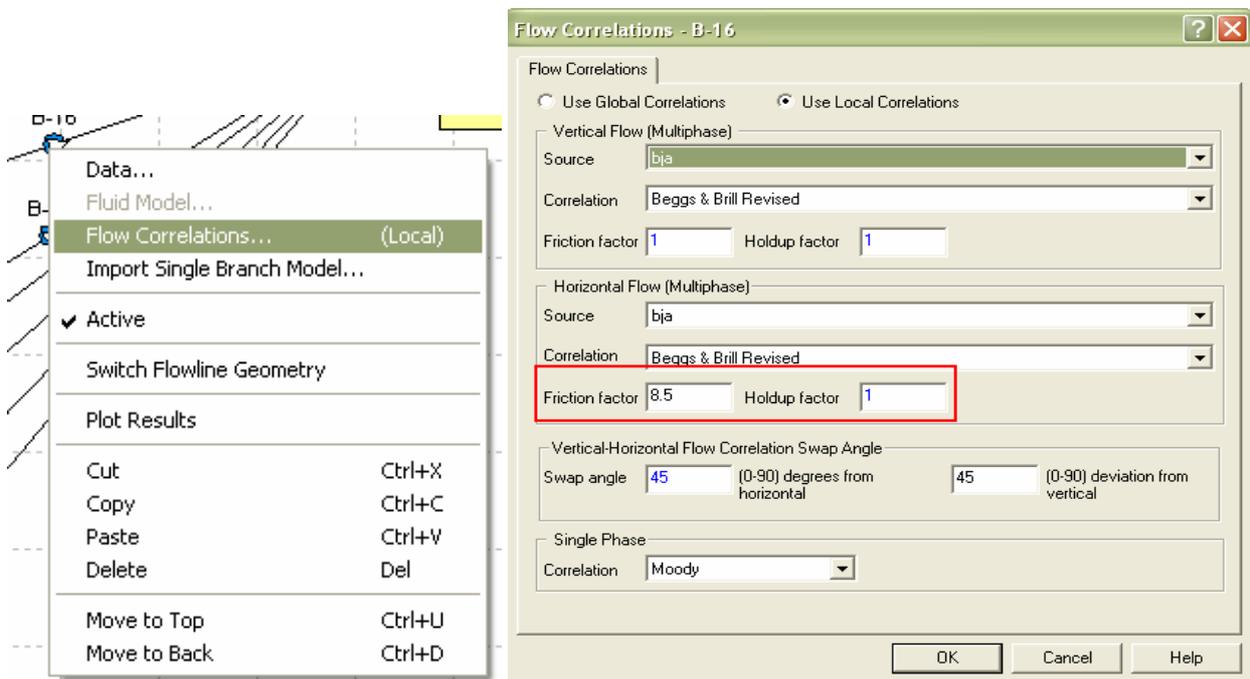
应用系统分析功能，分析不同流量下，不同含水率下，已知嘴后压力计算嘴前压力，进而计算出过油嘴压差（= 嘴前压力 - 最后压力）。

分析得到过油嘴（以 38.1mm 油嘴为例）压力节流远小于实际井口压力与生产管汇压力之差，说明过油嘴后的生产管线存在较大的节流效应。通过实际管线流程对比也可知，该处管

线弯头多，阀门或变径也多，因此附加阻力大。在实际拟合时通过调整该段管线摩阻系数完成压力校正。



右键点击嘴后至生产管汇



调整各嘴后管线摩擦系数，直至计算得到井口油压与实际测试值基本一致

井号	日期	油嘴	井口油压	计算井口参数	摩阻系数	绝对误差	相对误差	继续修订 摩阻系数	计算压力	绝对误差	相对误差
			psia	压力		psi	%		psi	psi	%
PY5-1-A02H	20070525	96	169	166.8	6.2	2.2		6.6	169.2	-0.2	-0.12
PY5-1-A03H	20070524	96	157	155.99	6	1.01		6.3	157.38	-0.38	-0.24
PY5-1-A04H	20070525	96	153	150.59	6	2.41		6.7	153.3	-0.3	-0.20
PY5-1-A05H	20070523	96	175	180.44	8.2	-5.44		7.4	175.38	-0.38	-0.22
PY5-1-A06H	20070530	96	170	246.75	6	-76.75		7.5	168.12	1.88	1.11
PY5-1-A07H	20070524	96	163	161.24	6	1.76		6.4	163.39	-0.39	-0.24
PY5-1-A08H	20070520	96	141	140.28	5	0.72		5.5	141.7	-0.7	-0.50
PY5-1-A09	20070524	50	163	166.64		-3.64		5.5	251.52	-88.52	-54.31
PY5-1-A10	20070525	96	125	125.67	5	-0.67		3	128.34	-3.34	-2.67
PY5-1-A11H	20070523	96	152	151.32	5.5	0.68		5.7	152.17	-0.17	-0.11
PY5-1-A12H	20070526	96	156	152.24	5.5	3.76		6.4	156.39	-0.39	-0.25
PY5-1-A13H	20070526	96	161	159.11	5.5	1.89		5.9	161.4	-0.4	-0.25
PY5-1-A14H	20070527	96	166	163.2	6	2.8		6.5	166.05	-0.05	-0.03
PY5-1-A15H	20070522	96	149	148.99	5.7	0.01		5.7	149.35	-0.35	-0.23
PY5-1-A16H	20070526	96	127	126.9	5	0.1			132.31	-5.31	-4.18
PY5-1-A17H	20070523	96	146	145.05	5	0.95		5.4	146.52	-0.52	-0.36
PY5-1-A19H	20070528	96	150	149.74	5	0.26		5.1	150.15	-0.15	-0.10
PY5-1-A20H	20070529	28	282	287.74		-5.74			287.74	-5.74	-2.04

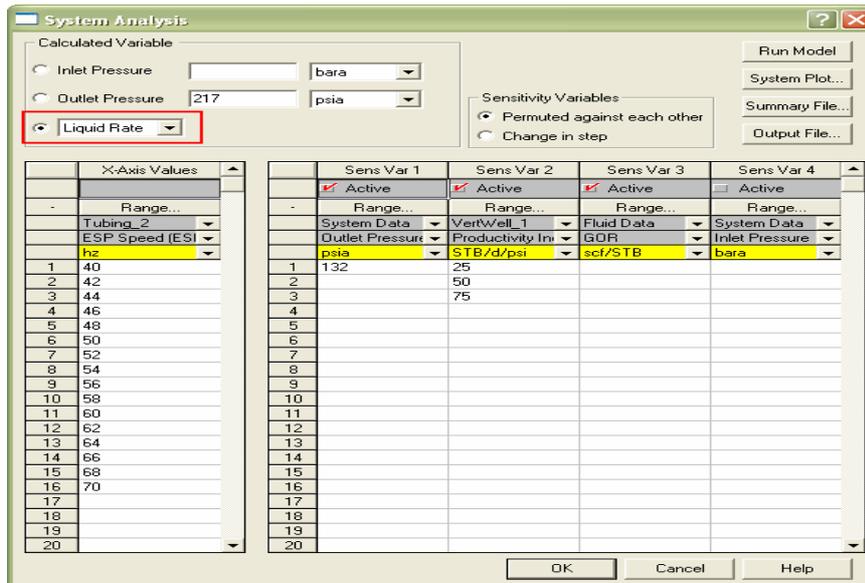
4.5 集输管网单井产量拟合

经过如上拟合，各段管线压力、温度计算与实际测试相一致，然后应用上面建立的集输管网，对于单井（源）输入数据由输入产量改为输入井口油压，计算得到单井井口流量及各处的压力温度等指标，与实际值比较，若误差小，则认为模型具有代表性。

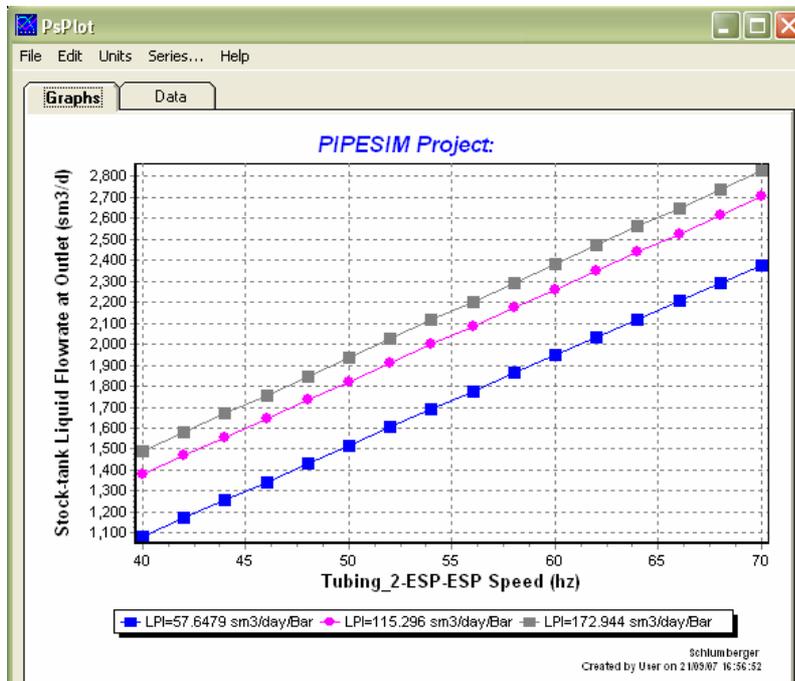
5. 单井敏感分析及电泵参数优化设计流程

5.1 单井敏感分析

对于单井敏感分析，在此主要是使用 PIPESIM 的“System Analysis”功能，选择计算值（一般选择产量），确定 X 轴参数，确定敏感参数



以电机频率和油藏米采液指数为分析对象，计算得到如下结果



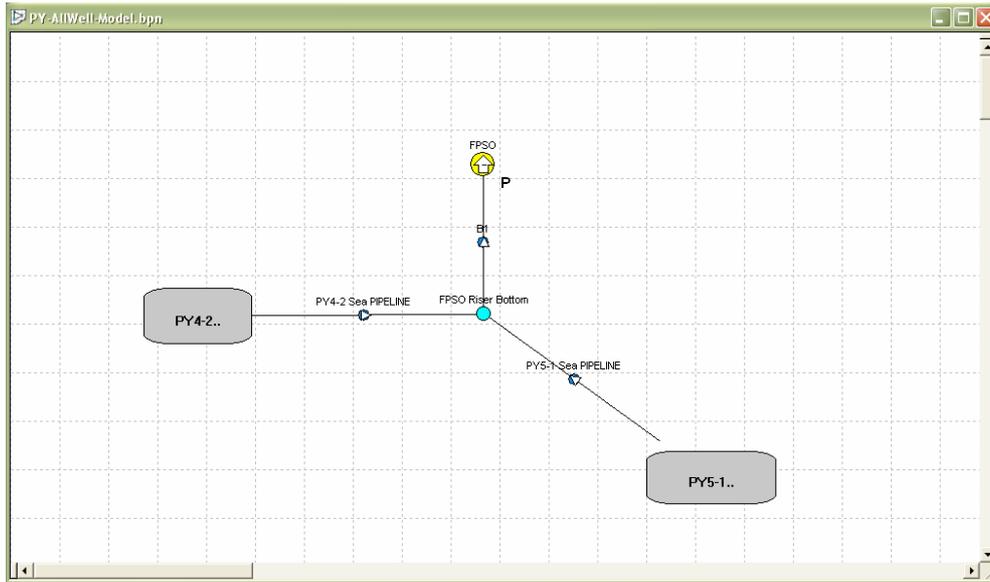
实际工作中根据自己的需要分析不同敏感参数。

6. 共立管生产单井产量优化流程

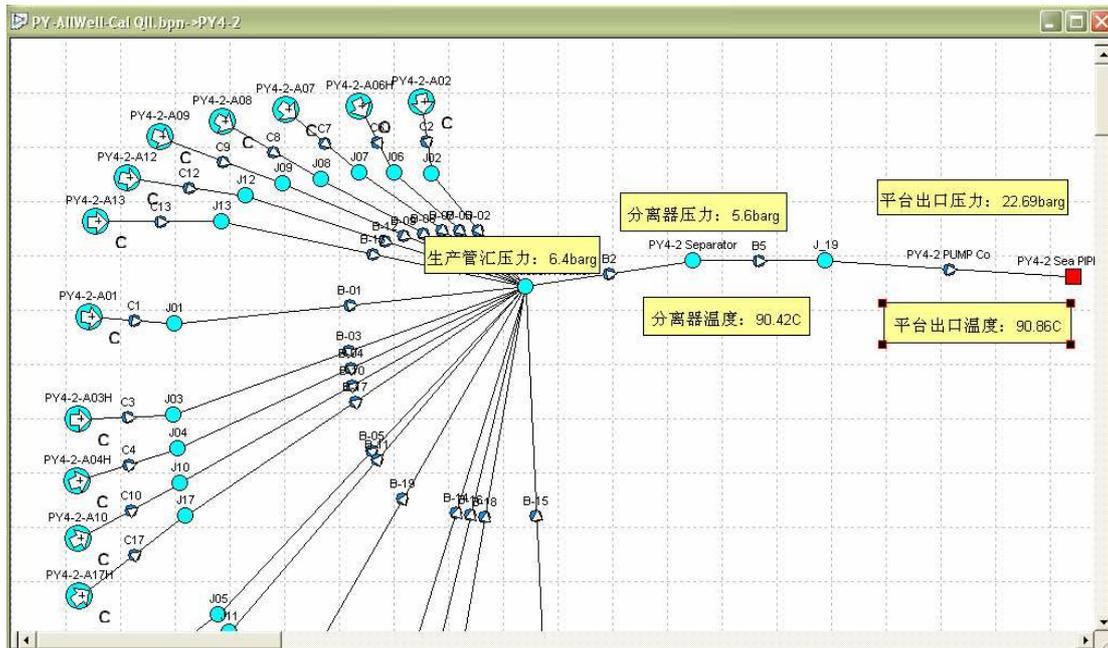
共立管生产或者各自一套生产集输系统生产实际操作过程是一样的，不同之处仅在模型内容。

操作步骤如下：

(1) 建立管网模型，单井使用源形式。如下图示：



使用 Fold 表示各自平台内部集输系统，点击 fold 可展开各平台模型。



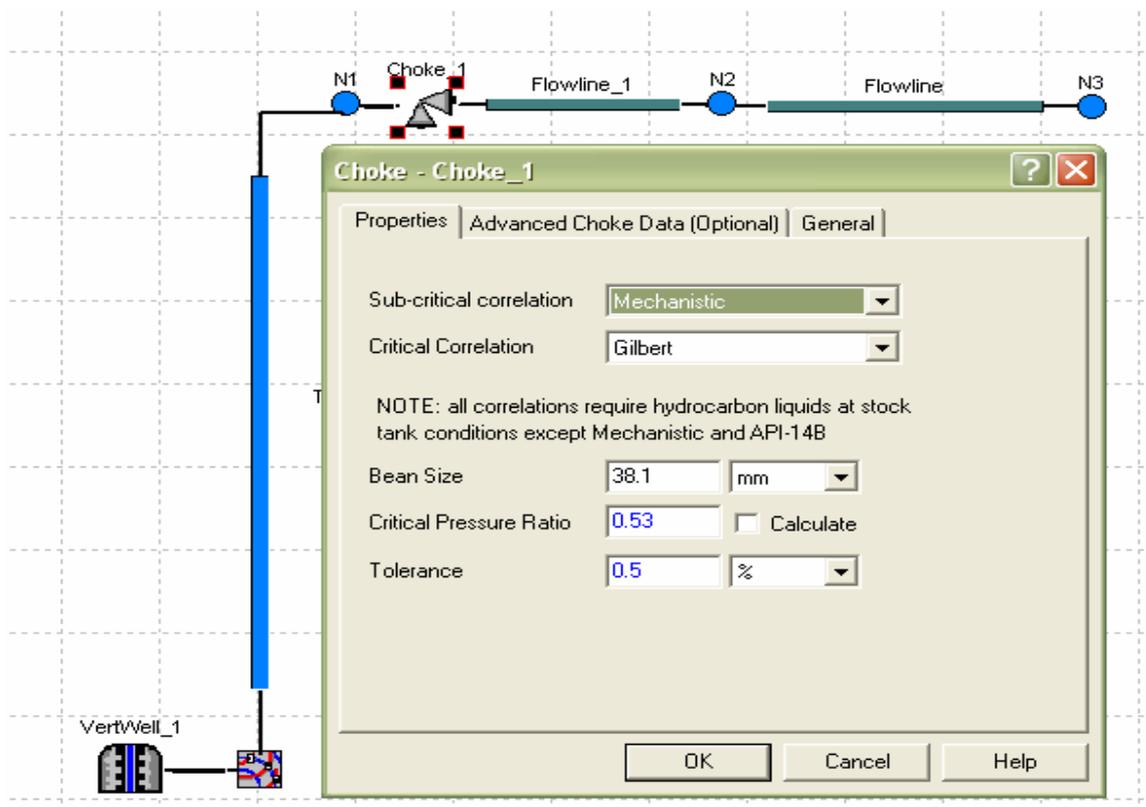
fold 内容仅包括平台出口以前部分。

(2) 建立单井流量与井口油压关系曲线

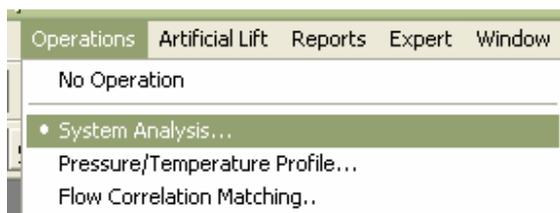
之所以要建立单井 $P_t \sim Q_l$ 曲线是因为如果对单井使用完整的油藏到井筒至井口模型，在处理电泵举升能力上收到限制，主要是模型中要确定电泵级数及电机频率，而实际工作中可通过调整频率来达到调整电泵举升能力。

在生成单井 PQ 曲线时，应用 PIPESIM 单分枝计算模型，计算起点是油藏，计算终点是生产管汇。其中假设：（a）油嘴完全打开；（b）生产管汇处压力已知为目前确定值。实际上由于分离器压力限制，生产管汇处压力可以说已经确定下来。

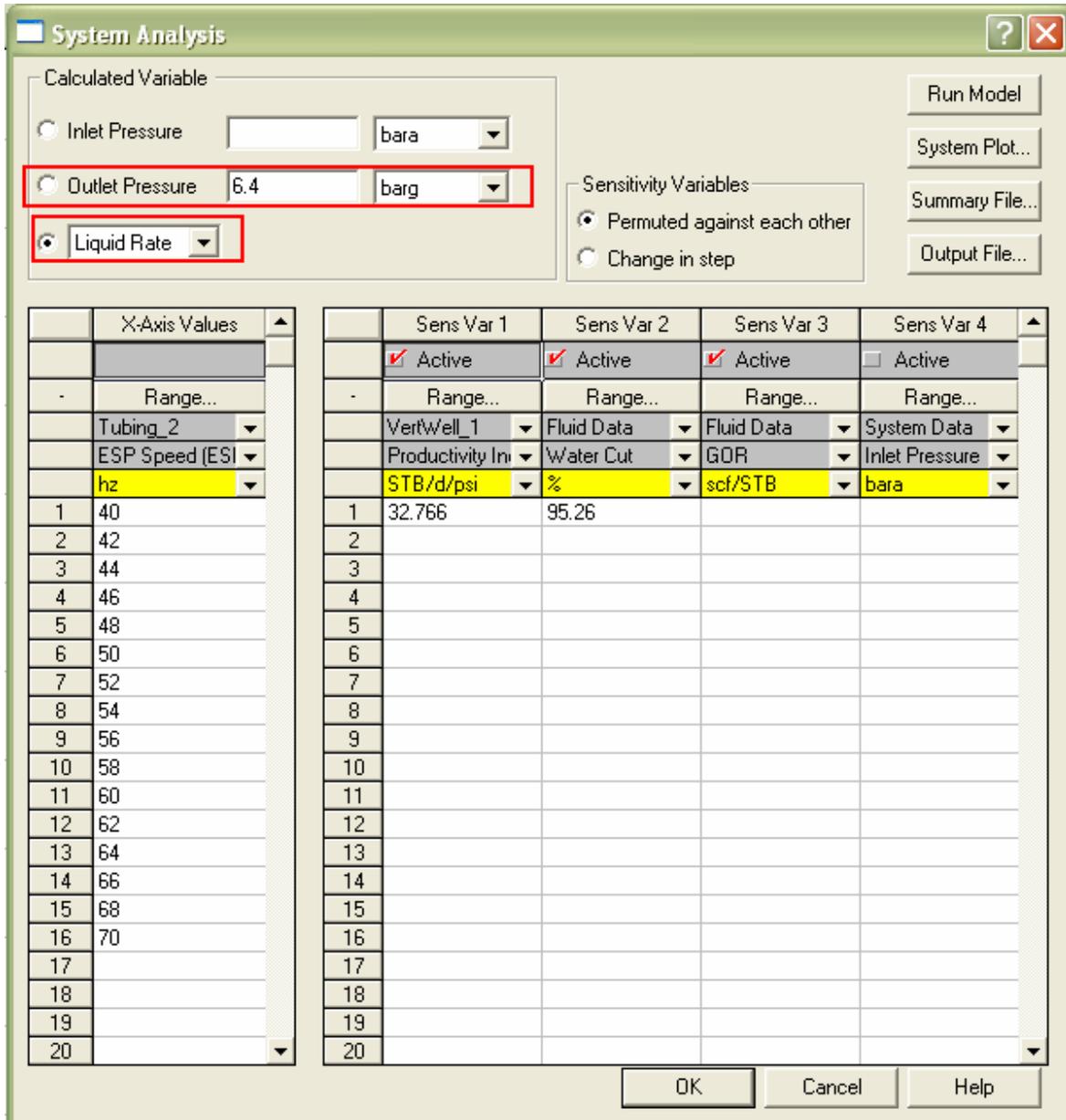
(i) 应用“System Analysis” 计算不同电机频率，已知生产管汇压力下单井能举升的液量。



选择“系统分析”



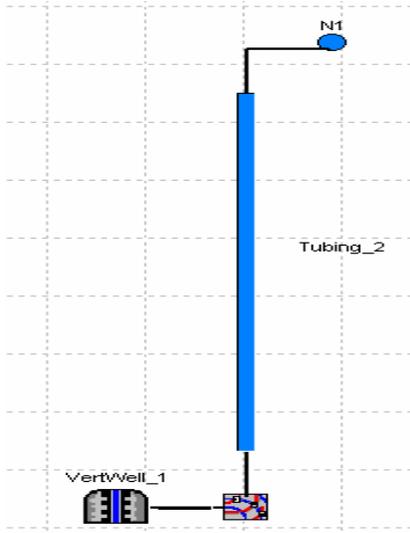
指定出口压力为生产管汇压力，计算产液量，X轴为电泵频率，敏感参数可不输入



从计算结果中归纳出不同频率与产液量关系

(ii) 将模型另存，计算终点改为井口油嘴前如下。

同时也应用系统分析计算不同频率，产量下井口压力



Operations Artificial Lift Reports Expert Window

No Operation

- System Analysis...
- Pressure/Temperature Profile...
- Flow Correlation Matching..

System Analysis

Calculated Variable

Inlet Pressure bara

Outlet Pressure

Liquid Rate STB/d @

Sensitivity Variables

Permuted against each other

Change in step

Run Model

System Plot...

Summary File...

Output File...

X-Axis Values		Sens Var 1	Sens Var 2	Sens Var 3	Sens Var 4
	Range...	<input checked="" type="checkbox"/> Active	<input checked="" type="checkbox"/> Active	<input checked="" type="checkbox"/> Active	<input type="checkbox"/> Active
	Tubing_2	VertWell_1	Fluid Data	System Data	System Data
	ESP Speed (ESI)	Productivity In	Water Cut	Liquid Rate	Liquid Rate
	hz	STB/d/psi	%	STB/d	sm3/d
1	40	32.766	95.26	7753.1	
2	42			8260.7	
3	44			8780.8	
4	46			9298.5	
5	48			9808.3	
6	50			10332	
7	52			10851	
8	54			11377	
9	56			11888	
10	58			12408	
11	60			12923	
12	62			13443	
13	64			13965	
14	66			14487	
15	68			15009	
16	70			15529	
17					
18					
19					
20					

OK Cancel Help

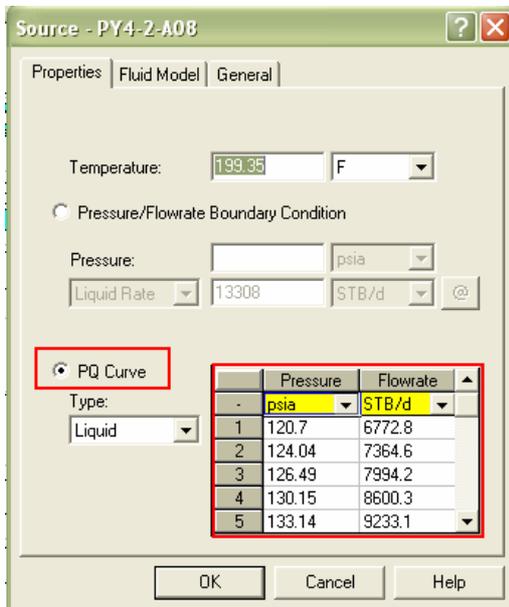
运行后，可以归纳得到如下结果：

PY5-1-A02

频率	产量	油压
40	11740.1	154.8498
42	12466.69	159.9688
44	13211.85	164.0668
46	13957.91	168.4351
48	14703.58	173.2188
50	15452.53	178.0976
52	16197.47	183.7226
54	16951.22	188.8724
56	17701.2	194.7394
58	18453.32	200.7391
60	19206.78	206.9247
62	19961.93	213.2563
64	20716.41	219.9746
66	21471.67	226.9129
68	22222.92	234.6758
70	22986.62	241.1156

(iii) 将生成的各井的 PQ 曲线输入前面建立的管网模型

双击源模型  PY4-2-A09 得到;

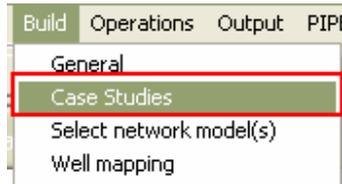
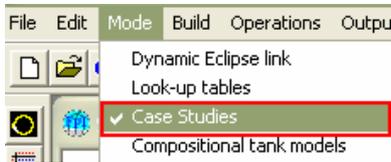


选择 PQ Curve 并将前面产生的油压与产量关系输入。

至此完成为单井配产管网模型。

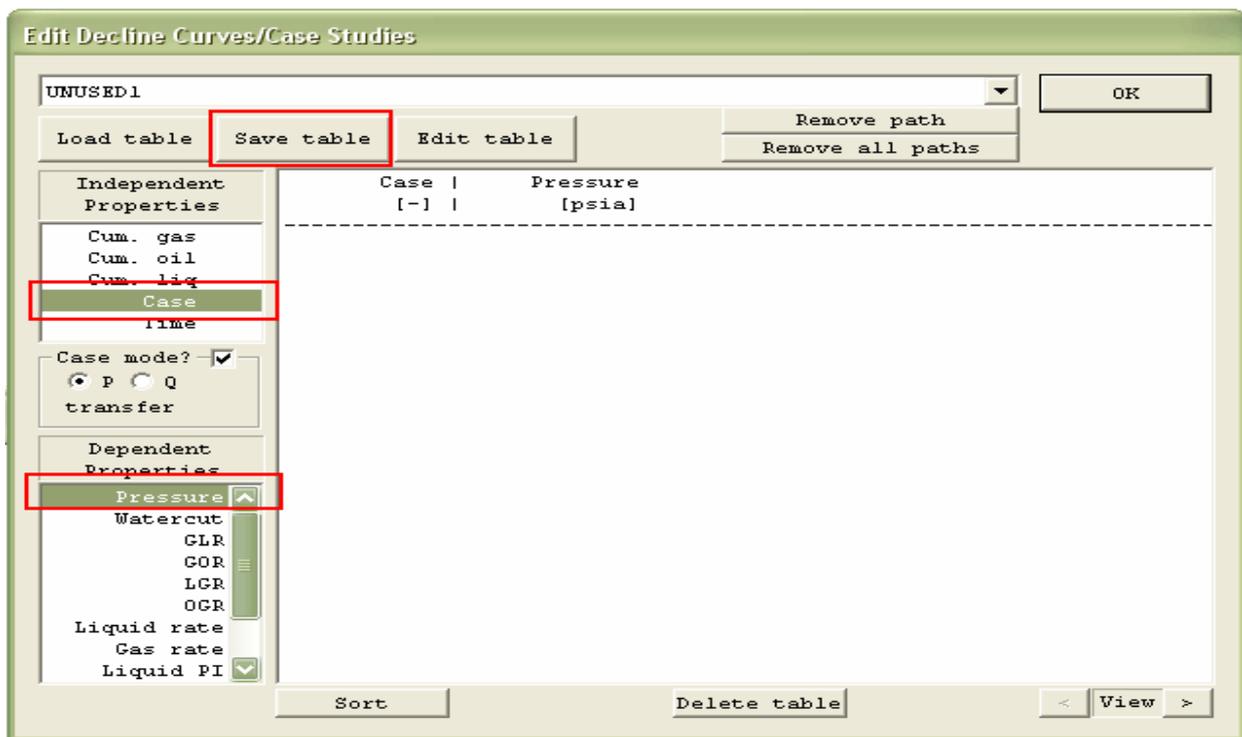
(3) 建立 FPT 模型

(i) 首先建立“CASE”模型，同时假设多个 case，每个设置压力为 FPSO 压力（7barg）。

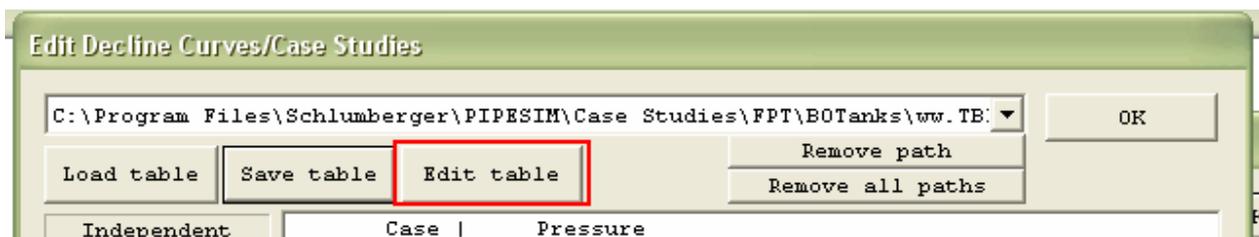


点击： 或者

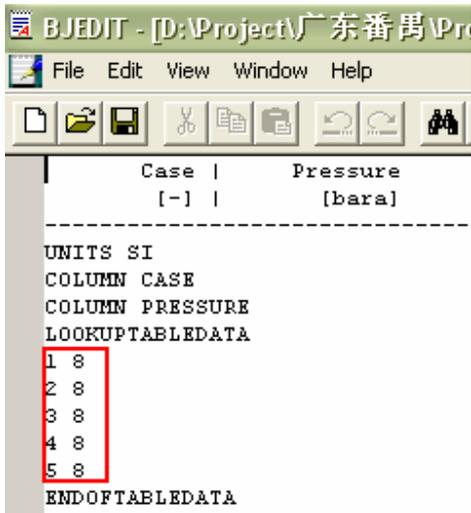
在下面界面选择“Case”和“Pressure”，并点击“Save table”



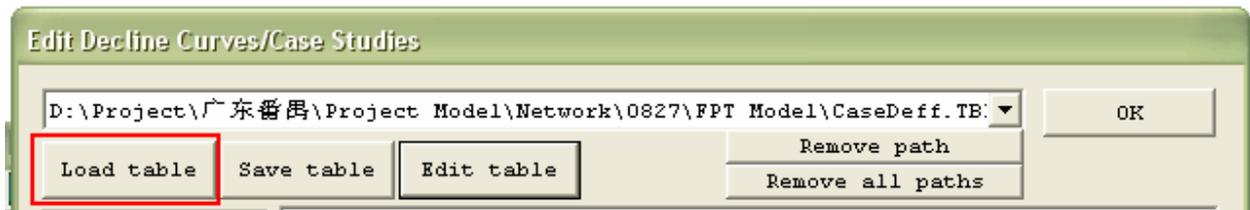
然后点击“Edit table”



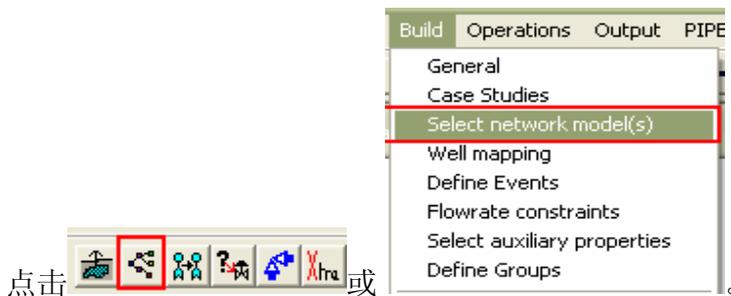
进入编辑界面。输入多个 Case 及相同的压力值（7barg）



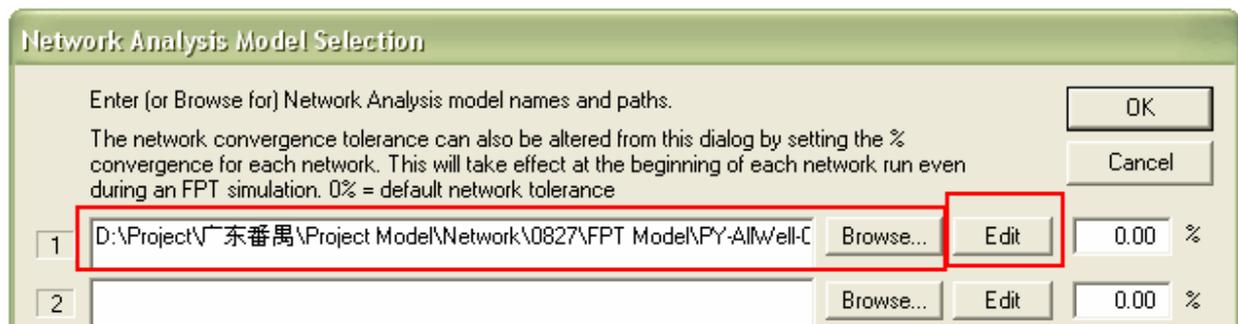
保存后，再重新打开该 case 文件，如下：



(ii) 加载地面管网模型



选择需要加载的管网模型，对于共立管生产选择建立好的模型

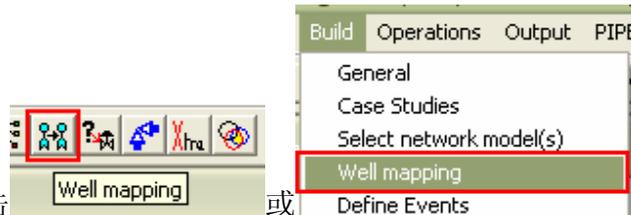


之后点击“Edit”，进入 PIPESIM-Net 编辑界面，查看是否为需要的模型，同时运行导出

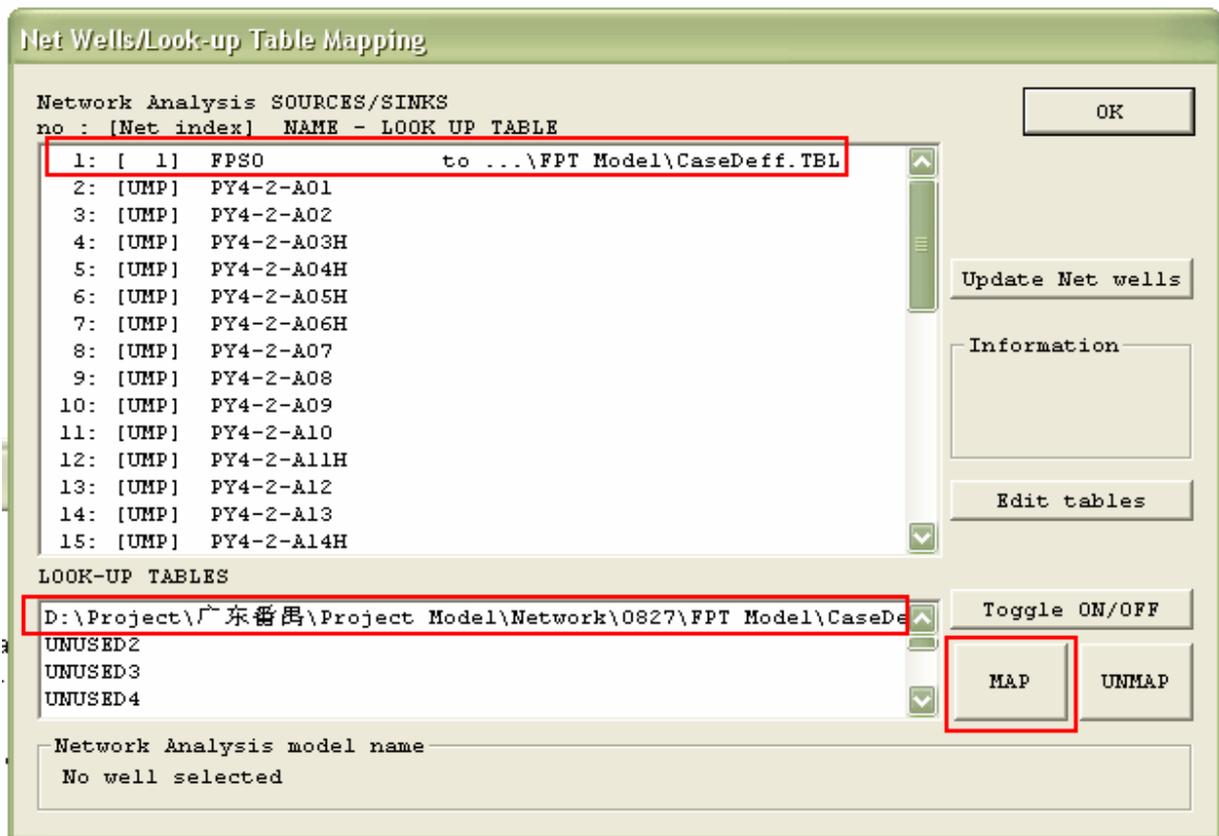


FPT 模型工具 “Export Files”，并保存为默认值 (*.tnt)。

(iii) 建立关联

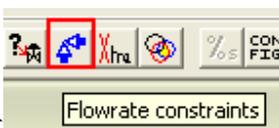


回到 FPT 主界面，点击

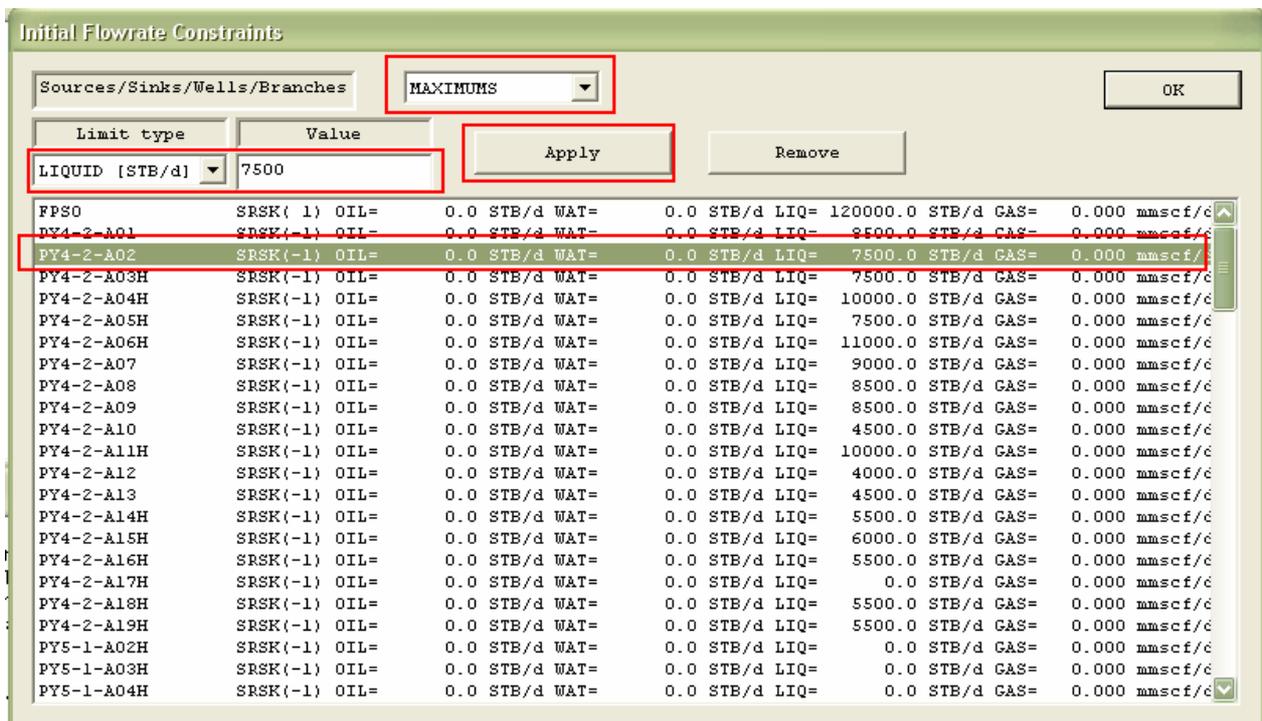


将 FPSO 与 TABLE 表格关联，单井不关联（MAP）。

(iv) 建立流动条件限制



点击



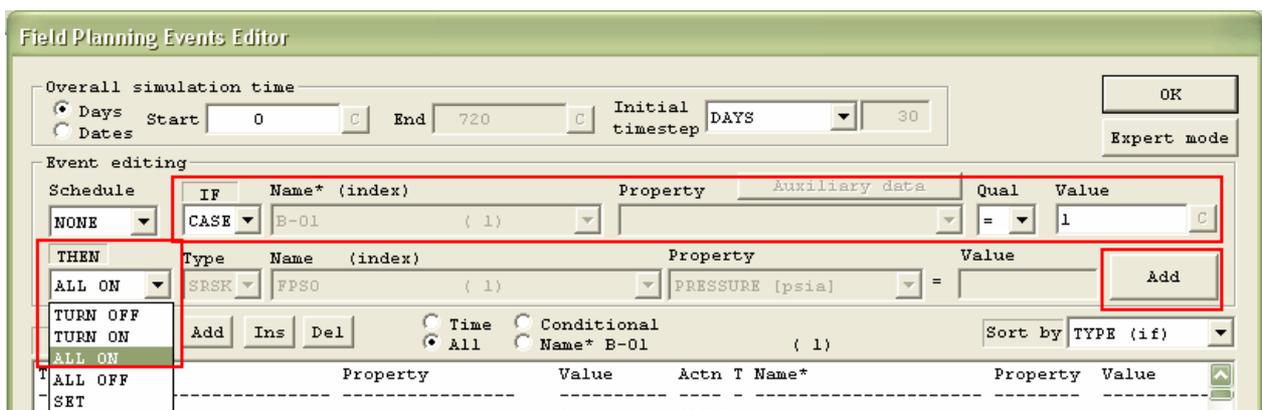
先选中井号，之后输入每口井的产量限制（最大或最小产量），并点击“Apply”。

(V) 建立计划表

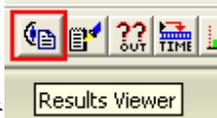


点击 **Field Planning Events** 出现如下界面。

首先定义当 case=1 时打开所有井，并点击“Add”。



之后点击“OK”，同时运行。



运行结束，观察计算结果，点击 **Results Viewer**。

Results Viewer/Processor

Well data | Field Planning | Edit CSF | Plotting | Reload | OK

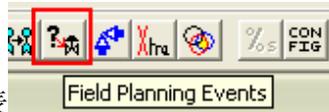
Well mapping | Update CSF | Re-run Solver

Display data for: Source/sinks Nodes Branches MBAL output

Network Model wellname : PY4-2-A14H [-1]

Case/Time	Pressure (err)	Oil Q (err)	Total liquid Q
[-/days]	[PSIA]	[%]	[STB/d]
1.0	135.9 (UMP)	364.1 (0.0)	1619.3
2.0	145.7 (UMP)	1236.5 (0.0)	5500.0
3.0	158.4 (UMP)	1236.5 (0.0)	5500.0
4.0	177.0 (UMP)	1236.5 (0.0)	5500.0
5.0	177.0 (UMP)	1236.5 (0.0)	5500.0

可以观察到某些井产量过小，因为产量设置时没有设置最小产量，如果认为该产量不合适，



可以从新进入设置计划表 **Field Planning Events**。假定 CASE=2 时这些不合适井的新产量

Field Planning Events Editor

Overall simulation time: Days Start 0 End 720 Initial timestep 30

Event editing:

Schedule	IF	Name* (index)	Property	Auxiliary data	Qual	Value
NONE	BRN	B-01 (1)	Inlet pressure [PSIA]		=	
THEN		Type Name (index)	Property		Value	
SET	SRSK	FPSO (1)	PRESSURE [psia]		=	

Events: Add Ins Del

Type	Name*	Property	Value	Actn	T Name*	Property	Value
CASE			= 1	ALON			=
CASE			= 2	SET	S PY4-2-A14H (1)	LIQ [ST =5500	
CASE			= 2	SET	S PY4-2-A15H (1)	LIQ [ST =6000	
CASE			= 2	SET	S PY4-2-A16H (1)	LIQ [ST =5500	
CASE			= 2	SET	S PY4-2-A18H (1)	LIQ [ST =5500	
CASE			= 2	SET	S PY4-2-A19H (1)	LIQ [ST =5500	

直至所有井产量均符合要求，这时即可得到在给定限制条件，每口井的合适配产。接下来将这些产量代入之前建立的共立管生产 PIPESIM-Net 模型，进而确定单井合理井口油压及平台出口压力