SPS与 TGNET在天然气管网仿真中应用与认识

苏 欣[1], 章 磊[1], 刘 佳[2], 张 琳[1]

(1. 中国石油工程设计有限公司西南分公司, 四川 成都 610017; 2. 中油管道检测技术有限责任公司, 河北 廊坊 065000)

摘 要: 介绍了天然气管网水力仿真常用的 SPS和 TGNET软件, 分别应用两种软件对某多气源天然气管网进行了动静态仿真, 仿真结果表明 TGNET和 SPS的计算结果相近; TGNET在静态模拟时模型的建立和结果的查看上较方便; SPS的优点在于其动态模拟速度较快, 且如果管网越复杂该优势越明显; 另一个优点是 SPS能实现更多的逻辑控制。建议对于天然气管网一般静态仿真计算采用 TGNET, 而复杂管网的动态计算推荐采用 SPS。

关键词: 天然气; 管网; 仿真; 软件; 应用

文章编号: 1006-5539(2009)01-0001-03 文献标识码: A

0 引言

目前, 国际公认的天然气管道水力计算软件主要有两个: 一个是英国 ESI公司的 PipeLineStudio (TGNET)软件; 另一个是英国 ADVANTICA公司 STONER PIPELINE SIMULATION(SPS)软件。两个软件的计算结果均较可靠, 而且在国际上都得到了广泛的应用, 但两者软件在建模、求解及结果显示等方面均有较大差别, 且 SPS的最大特点是不仅可以进行离线仿真, 还可实现在线仿真。本文就笔者在使用软件进行天然气管网仿真中所遇到的问题谈几点认识。

1 相关基础资料

某天然气管网布局如图 1(其中 1~19表示管段编号, A1~A16表示用户编号, S1~S4表示气源, 其余数字表示气量, 单位 $\times 10^4$ m³/h), 管网相关参数见表 1。

管网的设计压力为 6.3 MPa, 从管网布置示意图可以看出该管网的类型是以多气源环状为主, 部分枝状的天然气管网。由于气源多, 用户多, 天然气在管道中的流向随工况而发生变化, 因此, 这样的管网其水力计算如果手算或者自行编程计算都是相当

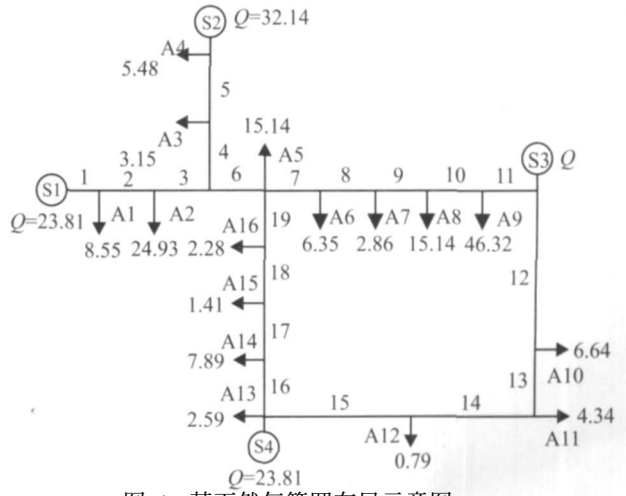

图 1 某天然气管网布局示意图

表 1 管网管段参数

管段编号	管径	管长/km	管段编号	管径	管长/km
1	Φ813	20	11	Φ813	45.48
2	Φ813	61.5	12	Φ660	199.5
3	Φ813	28.79	13	Φ660	104
4	Φ813	42	14	Φ508	112
5	Φ813	56.4	15	Φ508	181.5
6	Φ813	19.58	16	Φ813	75
7	Φ813	19.3	17	Φ813	54.3
8	Φ813	27.57	18	Φ813	64.3
9	Φ813	44.97	19	Φ813	54.4
10	Φ813	56.57			

收稿日期: 2007-12-01

作者简介: 苏 欣(1982-), 男, 四川南充人, 硕士, 助理工程师, 2007年毕业于西南石油大学油气储运专业, 现从事油气田地面工程设计工作。电话: (028)86014120

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

复杂和困难的，而且计算结果的可靠性也难以保证。因此，采用国际成熟的专业软件 SPS和 TGNET分别计算。

由于用户中存在电厂用户，因此其用气量随时间（每天工作 10 h）变化而改变，各用户用气需求量见表 2。

表 2 管网各用户用气需求表

用户编号	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
用气需求/10^4 m^3·h^{-1}	8.55	24.93	3.15	5.48	0～15.14*	6.35	2.86	0～15.14
用户编号	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16
用气需求/10^4 m^3·h^{-1}	18.32～46.32	4.93～6.64	4.34～19.88	0.79	2.59	0.75～7.89	1.41	2.28

注 *：0～15.14表示该用户为电厂用户，在电厂工作时用气量为 15.14×10^4 m^3/h，其余时间用气量为 0。

其余已知参数：气源 S1气量 23.81×10^4 m^3/h，S2气量 32.14×10^4 m^3/h，S3的压力为 4.8 MPa，S4气量 23.81×10^4 m^3/h。分别应用 SPS和 TGNET对该管网进行动静态模拟。

2 仿真结果与认识

2.1 仿真结果

统一以各用户的最大用气需求作为静态模拟的参数，而动态模拟的参数按照不同时间对应不同气量输入模型中。模型的约束条件为各用户的用气需求量，气源 S1、S2、S4的气量和 S3的压力（4.8 MPa）。对于 SPS来说模型必须首先确定选用何种状态方程（提供了 AGA、BWRS和 CNGA三种方程），热力学模型（是否绝热等），输入气源及各用户的压力或气量两者参数之一，而管道则需要输入管径、壁厚、长度等参数；TGNET对气源来说可以不控制任何参数，但这样管网就少了一个约束，需要在其它节点处增加一个约束以满足约束条件，其节点只能控制压力（SPS的管道连接处的节点既可控制流量也可控制压力），另外 TGNET提供了 AGA、Pan（A）、Pan（B）、Weymouth和 Colebrook五种计算公式，其余设置与 SPS大致相同（当然不同设备的设置在两个软件中肯定有所不同，在此不一一叙述）。具体的建模过程不再赘述。

为比较两个软件计算结果，选取所有气源及用户 A2、A5、A8、A9、A10、A11和 A14节点的压力计算结果作对比，见表 3（选择 BWRS和 Colebrook进行计算）[1～3]。

表 3 管网动静态仿真模拟结果对比表 P/MPa

		S1	S2	S4	A2	A5
TGNET	静态	4.017	4.177	3.996	3.909	3.905
	动态	4.47～4.97	4.62～5.09	4.49～5.00	4.37～4.88	4.41～4.86
SPS	静态	4.080	4.222	4.066	3.984	3.900
	动态	4.45～4.97	4.58～5.09	4.47～5.03	4.36～4.90	4.34～4.90
		A8	A9	A10	A11	A14
TGNET	静态	3.916	4.030	3.816	3.525	3.929
	动态	4.43～4.85	4.34～4.79	4.19～4.74	4.02～4.63	4.42～4.97
SPS	静态	3.991	4.095	3.886	3.620	4.000
	动态	4.34～4.82	4.35～4.79	4.19～4.75	4.02～4.75	4.40～4.98

从表 3可以看出，两者计算结果十分相近：静态模拟压力结果明显小于动态，这是由于静态情况下各用户的用气量是稳定的，没有发生变化，整个管网的气量达到最大（但并不是管网的最大通过能力），故各节点压力明显较小；而动态模拟时，在电厂关闭后，气量处于供大于求，多余的气量储存在环状管网中，使得整个管网压力升高，而电厂的启停时间间隔小于整个管网压力降低所需的时间，故电厂正常运行后压力的最低值也比静态的压力值高。这就是环状管网的储气调峰作用，因此，为更加符合实际工况，一般采用动静态模拟相结合的方式，对管网进行仿真。同时，说明在确定管网管径时，如果静态模拟结果显示不能满足某节点压力要求时，并不一定要继续调整管径，因为通过动态模拟有可能发现完全能够达到该用户用气压力要求。例如用户 A10的压力要求为 4.0 MPa，而静态模拟显示只有 3.9 MPa左右，但动态结果表明该节点的最小压力也有 4.19 MPa，完全能够满足该用户的用气要求，没有必要增

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

大管径。很明显管网设计压力也需要按照动态模拟结果进行确定，按静态结果确定的设计压力明显偏小。

2.2 认识

通过使用两个软件，发现二者有共同之处，也有差别：

a.从表 3可以看出两个软件计算的结果非常相近，特别是动态模拟结果几乎没有差别，可见两者均适用于天然气管网的动静态仿真模拟。

b.动静态模型的模拟速度有所差别。TGNET的仿真模拟速度明显不如 SPS快，特别是动态模拟。该管网用 TGNET进行模拟耗时约 5 min，而 SPS几乎在几秒之内便得到稳定的结果。因此，对于大型复杂的管网建议使用 SPS软件进行仿真计算。

c.建立模型方式不同。两者模型建立好后，均提供了有效性检验，即查错模式，方便使用者快速查找出模型中的错误。TGNET一旦有效性检验通过后，便可进行动静态模拟；但 SPS在模型建好，通过有效性检验后，仍然不能进行计算，因为完整的 SPS模型还需要一个非常重要的 INTRAN文件，该文件需要使用者按照 SPS自定义的语言进行编程，才能进行模拟计算。

d.结果查看方式不同。TGNET静态模拟过程中不能随时查看结果，SPS在动静态模拟过程中均能查看结果，但在动态时其结果随时间变化快不易查看，需要通过建立 INGRAF文件，运行 GRAF后，才能查看软件自行生成了 OUTGRAF结果文本文档（静态也一样），TGNET则不需要编写任何程序，可以直接查看结果趋势和表。图 2是 SPS仿真模拟过程，一旦启动计算，该图随即出现（用户必须先定义该图里需要查看哪些参数），而图 3是 TGNET仿真模拟计算完成后才会出现的。

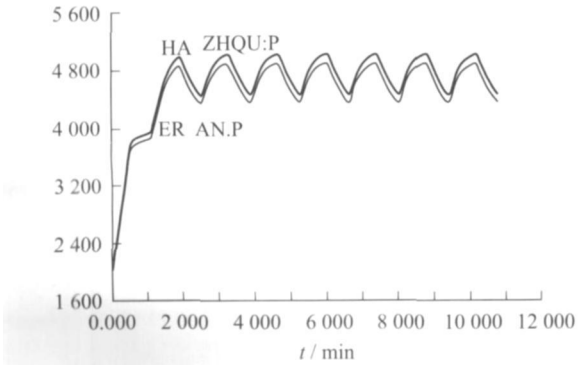

图 2　SPS仿真结果界面

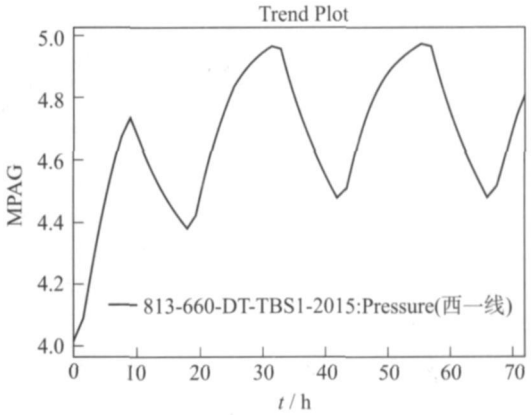

图 3　TGNET仿真结果界面

e.逻辑控制方式不同。TGNET几乎没有什么逻辑控制，而 SPS则提供了非常丰富的逻辑控制，这是源于其 INTRAN文件的强大功能，在 INTRAN文件中，使用者可以按照现场实际情况提前定义阀门、压缩机、泵等设备在指定情况下的开启和停止。而且 TGNET模型一旦运行，在运行过程中不能改变任何参数，而 SPS在模型是否运行，都不影响其参数的变化，而且模拟图示会立即反映出因某个参数变化后系统压力、流量等参数的变化趋势。SPS还可模拟在某些危险情况下，自动开启某些阀门或停止某些设备等工况，而 TGNET则基本没有这项功能。另外在动态模拟中，有的用户的用气量是随时间有规律的变化，因此，SPS提供了自动循环语句，即只需要输入一个周期的数据后，使用“RAMP…… REPEAT= YES”语句，软件就自动无限重复该周期，这样减少了输入的数据；而 TGNET则是通过另一种方式实现该功能，即完成一个周期模拟后，可以重新启动动态模拟，选择是否以上次结果作为本次模拟的初始状态，重复的选择后达到循环功能，明显 SPS更为方便。

f.实现功能有所不同。两者均可进行一般的天然气管网仿真计算，但最新的 TGNET7.2增加了模拟地下储气库的功能，SPS暂无此功能。但 SPS能够实现在线仿真功能，只要与 SCADA系统结合，对该软件进行二次开发，便能方便的实现在线仿真。

3　建议

通过对 SPS和 TGNET在天然气管网仿真中的应用，总结了二者的特点，建议：

（下转第 10页）

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

（上接第 3页 ）

a.如果用气量变化不大或没有变化的静态模拟，采用 TGNET软件，其仿真速度虽没 SPS快但结果查看十分方便。

b.如果进行动态仿真，且需要进行多种逻辑控制则使用 SPS进行仿真。

c.尽快对 SPS进行更多的二次开发，开发出人机界面友好且理解和操作方便的二次软件，利用 SPS软件加强对生产工作人员、工程师等的仿真培训，进一步推广该软件的应用。

参考文献：

[1] 油田油气集输设计技术手册编写组. 油田油气集输设计技术手册[M]. 北京：石油工业出版社，1995.

[2] 苏建华，许可方，宋德琦，等. 天然气矿场集输与处理[M]. 北京：石油工业出版社，2004.

[3] GB 50251－2003 输气管道工程设计规范[S].

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net