

气源组分跟踪分析在天然气管网的应用

刘玉莹（国家管网集团山东省分公司，山东 济南 250000）

摘要：随着我国能源结构转型与低碳发展战略的持续推进，天然气消费量持续快速增长，出于提高天然气气源供应的可靠性、拓展气源采购范围的考虑，天然气管网呈现多气源供应的局面。由于气源气质组分差异大，如何快速分析气源组分、跟踪管线混气段长度并判断分输计量点气质组分情况即气源组分跟踪分析，成为决定管线输差和用户计量交接平稳有效的关键因素。本文以面临 3 气源的国家管网干线天然气管道为实例，着重研究气源组分在线监测、管道混气监测、声速核查监测等气源组分跟踪分析方法，为确保多气源混气管网平稳运行、精准计量提供参考。

关键词：输气管网；天然气组分；混气；输差

0 引言

随着我国能源结构向低碳转型的不断推进，天然气在我国一次能源消费结构中占据愈发重要的地位^[1]。出于提高天然气气源供应的可靠性、拓展气源采购范围的考虑，天然气管网设置气源点 3 处，可向全球范围调配优质天然气资源，从而构成天然气管网多气源供应的格局。因天然气组分与生产工艺的差异，各气源的组成和物性参数存在区别，当管网接收多气源天然气后势必形成混合气体，如何快速分析气源组分、跟踪管线混气段长度并判断分输计量点气质组分情况即气源组分跟踪分析，成为决定管线输差和用户计量交接平稳有效的关键因素。本文以运行实际运行经验出发，着重研究气源组分在线监测、管道混气监

测、声速核查监测等气质组分跟踪分析方法，为确保多气源混气管网平稳运行、精准计量提供参考。

1 气源组分变化监测

1.1 气源气质概况

天然气管网目前主要采用陆上天然气资源、海外 LNG 资源。表 1 为三处气源地气质每季度抽样监测结果，表 2 为三处气源地 2020 年 12 月 1 日至 12 月 05 日在线组分监测结果。

由表可见，三气源之间组分差异大，陆上气源气体中重组分含量多密度大，但每季度变化在可控范围内；一、二号 LNG 海上气源，LNG 靠岸后因处理工艺流程调整，天然气中重组分含量变化较大，气体密度变化较为明显。因此，天然气在线组分分析是气源

表 1 三处气源地气质每季度抽样监测结果

日期	一号 LNG 资源相对密度	二号 LNG 资源相对密度	陆上气源
2020/02/12 取样监测	0.5605	0.5561	0.5982
2020/05/09 取样监测	0.5578	0.5682	0.6011
2020/09/28 取样监测	0.5900	0.5734	0.6027
2020/12/13 取样监测	0.5624	0.5578	0.6003

表 2 三处气源地 2020 年 12 月 1 日至 12 月 05 日在线组分监测结果

日期	一号 LNG 资源相对密度	二号 LNG 资源相对密度	陆上气源
2020/12/01	0.5605	0.5561	0.5924
2020/12/02	0.5578	0.5682	0.5932
2020/12/03	0.5900	0.5734	0.5931
2020/12/04	0.5624	0.5578	0.5928
2020/12/05	0.5577	0.5559	0.5918
日供气占比	48.66%	1.79%	49.55%

组分监测的首选方法^[2]。

1.2 气质在线分析网络

天然气气源来气经 5# 站、中转站，约 72% 去大用户站，其余往 1# 站方向，反输 2# 线。5# 线、6# 线来气在 1# 站进入 2# 线，除在 1# 站消耗外，其余约 84% 进入 2# 线往中间站方向输送，与 3# 线来气混合。管网运行示意图如图 1。

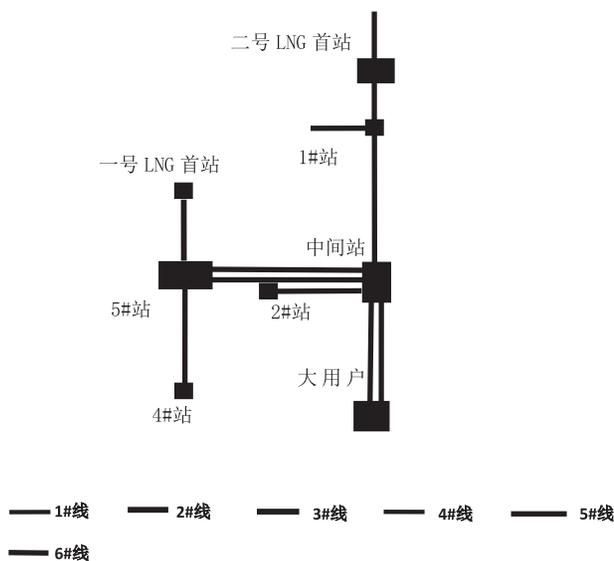


图 1 天然气管网运行示意图

经研究国家管网天然气管网设置在线气质分析点 6 处，形成完整的组分分析网络，网络点设置情况如表 3。

色谱 CH103 设置两处采样口，可切换不同的取样口，分别分析气源气体与外输气体组分，分析值可与气源来气分析值对比；色谱 CH105 对 CH104 组分分析值进行对比，并预留在 5# 站来气变为双气源，即 2# 线管网变为四气源时，对 5# 站外输混气的分析功能；色谱 CH106 设置在 2# 线管网最大用户交接点处，此处为管道混气段，通过此点分析值与另外 5 点的比较，判断混气段长度及混气段预计变化时间。

表 3 网络点设置情况

	配置位置	分析气体
色谱 CH101	陆上天然气来气	气源来气
色谱 CH102	1# 站 LNG 来气	气源来气
色谱 CH103	1# 站汇管 1、2 之间	可切换为陆上、LNG 或管道外输混气
色谱 CH104	5# 站 LNG 来气	气源来气
色谱 CH105	5# 站过滤分离后	气源或管道外输气
色谱 CH106	大用户过滤分离后	管道混合气

建立监测网络，合理调控上游供气、取样点开关时间，通过分析网络上下游对比、色谱自标对比，确保气质分析准确^[3]。

1.3 气质分析结果平台化

公司自行组织设计搭建生产运行管理系统，实现各项生产数据上线平台化管理，组分数据利用场站自控系统、通信系统，经由数据中心，实现数据自动录取、实时共享、自动存档、趋势分析等功能。场站值班人员登陆生产管理系统，进入气质组分参数平台，下载需要查看的数据，利用相对密度等趋势图，可以判断气质变化情况，通过下载不同气源数据，监控管网气质组分变化的目的，利用组分分析结果可以指导场站计量运行等操作。气质分析结果平台化为场站计量人员分析测量结果提供便利，缩短发现组分异常变化所需时间。

2 管道混气监测与跟踪分析

2.1 天然气声速测量与计算

目前天然气声速计算主要是采用计算软件计算，计算的数学模型基于 AGA NO.10 报告，它是以庞大的高精度基础物性参数研究数据库为基础，利用高精度的计算程序和相关状态方程，对天然气声速进行精确的计算。天然气声速是天然气压力、温度和组分有关的函数，利用软件分别计算相对密度为 0.65、0.61、0.58 及空气在 0 至 10MPa 内压力对应声速，在相同压力温度下相对密度高的组分声音传播速度低。（见图 2）

超声波流量计声速测量原理如公式。根据超声波流量计测量原理，声速只与声道长度与测量时间有关^[5]：

$$C = \frac{L}{2} \left(\frac{1}{t_{down}} + \frac{1}{t_{up}} \right)$$

式中：

C—天然气测量声速，m/s；

t_{down} —声波顺天然气流动方向传播时间（超声波

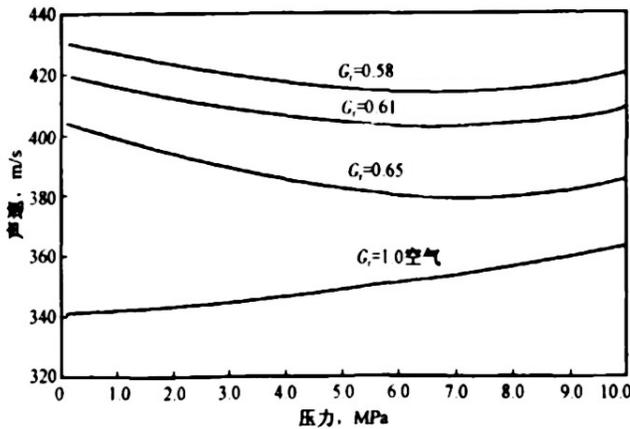


图2 几种天然气在16℃下的声速

流量计数据处理单元计算), s;

t_{up} —声波逆天然气流动方向传播时间(超声波流量计数据处理单元计算), s;

2.2 天然气声速核查在管道混气监测中的应用

对于处于管网混气段的采用超声波流量计计量的场站,可参考5#站、大用户站和首站站的色谱分析值,针对具体混气情况,分段计算管存变化得到各气源加权系数,混气段场站组分利用加权算法得到计算组分。利用声速计算软件计算混气段声速,与超声波流量计测量声速进行比较,若差值较大说明计算组分有误,需及时查看生产管理系统更新气源加权系数后重新计算混气段组分。

每季度当混气段管网达到稳态时,现场取样检测管道气组分,利用声速核查方法对超声波流量计进行校验,确保超声波流量计运行稳定,测量声速计算正确。

3 气源组成跟踪分析结果的应用

3.1 管道气质组分变化预警

管道中天然气组分始终处于动态的变化过程中,充分利用LNG外输气源地在线色谱分析数据,实时监测气体组分变化,并根据场站距5#站、首站管线距离及气体流速,粗略计算LNG气头到达时间,为管道气体气质变化做好预警,向上下游场站发布预警通报,及时告知组分变化情况,避免计量纠纷。

3.2 流量计算机组分参数自动切换

搭建流量计量设备远程通信系统,实现调控中心一级监控,流量计算机经调试实现组分异常检测切换功能,当设备检测到甲烷含量低于92%或气体相对密度高于0.5790时自动将组分切换至固定值,避免大量输差产生,甲烷含量及相对密度设置值每月依据气源组成分析结果进行调整^[4]。

利用SCADA上位机报警功能,对在线色谱分析

仪CH103、CH105分析结果进行分析,当色谱分析值与气源分析结果超过一定范围内,将产生报警信息提示值班人员,检查对应设备。^[5]

3.3 输差控制与管理

充分利用5#站、大用户站和首站的三台色谱分析仪,尤其大用户站色谱,所分析气质为华北气源和LNG气源的混气,对沿线各分输场站的组分参数有很大的参考价值。因此,可充分利用大用户站色谱分析仪数据,对其他场站的气质组分做好监测和判断。对处在三种气源混合交叉点的6#站,则可采用取大用户站和首站色谱组分分析值加权平均的计算方法,再辅以声速核查,确定一个合理的组分值,尽可能减小计量输差。同时,需与用户做好沟通,及时告知组分变化情况,避免计量纠纷。^[6]

4 结语

随着国内天然气多气源供应格局的不断形成,多气源混合和调配将是天然气市场的方向,利用好气源组成跟踪分析方法,提高天然气组分检测的准确度,及时分析并掌握各组分含量变化对管网压力波动、计量的影响,确保管网平稳运行、精准计量。

参考文献:

- [1] 徐晓菊,詹淑慧,丁国玉.北京市规划天然气气源互换性分析[J].天然气技术与经济,2013(01).
- [2] 裴全斌,沈超,夏宝丁,姜琛.标准物质对气相色谱仪测定天然气热值的影响研究[J].计量技术,2017(08).
- [3] 蔡宝朋.利用控制系统和色谱分析仪进行天然气混气的实践[J].中国仪器仪表,2015(11).
- [4] YUAN C, MA S, HU Y, et al. Scenario Deduction on Fire Accidents for Oil - Gas Storage and Transportation Based on Case Statistics and a Dynamic Bayesian Network[J]. Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste, 2020, 24(3): 04020004.
- [5] RAMZALI N, LAVASANI M R M, GHODOUSI J. Safety barriers analysis of offshore drilling system by employing Fuzzy Event Tree Analysis[J]. Safety Science, 2015, 78: 49-59.
- [6] 刘学铭,陈利琼,程绍军.PLC和色谱分析仪在天然气混气中的应用[J].油气储运,2008(06).

作者简介:

刘玉莹(1990.11—),女,山东滨州人,汉族,大学本科,工程师,研究方向:油气计量。