

探析天然气集输管网优化设计方法

张 壮 (辽河油田油气集输公司, 辽宁 盘锦 124010)

摘要: 天然气的开发和利用离不开管道系统的输送。随着气田开发力度的不断加大,由于新气田的发现和老气田的衰竭,需要对集输管网系统进行调整和改造。因此,研究天然气集输系统的优化设计具有重要意义。本文首先对天然气集输管网进行了阐述,着重从天然气集输管网系统设置布局优化,集输场站选址规划优化,管网设计优化以及管网运行优化四个方面进行了论述。从最低成本、最大安全性、最快动作、最佳可靠性等要求出发对油气田天然气的集输管网系统的布局规划进行合理优化和设计。

关键词: 天然气; 集输管网; 优化设计; 方法

油气集输工程是油气田地面工程的主体工程,集输管道的主要功能就是对油气田开采出的天然气和伴生油进行处理,包括分离、净化、输送、外销等。集输管网设备系统复杂、建造成本巨大,投入使用后运行和维护费用昂贵,并且由于天然气的易燃易爆特性,导致天然气集输管网系统不但建设运行成本高,而且存在的潜在风险隐患较大。随着天然气开发规模的扩大,集输管网越来越多、系统越来越复杂。在天然气地面集输过程中,为了生产和管理上的方便,通常将气井划分为若干组,每一组气井的天然气都在各自的集气站进行汇集处理后,然后外输。其各组所含的气井取决于地理条件、气井和集气站的生产规模、井位分布等。气田集输系统布局优化问题是解决如何最优划分井组,如何确定站的位置,以使建设投资费用最省。目前,在管网布局优化中,对井组最优划分时,大都采用在一定井式和集输半径约束下,以距离之和最短为原则对井组进行划分,没有考虑集气站的规模问题,这就使得各集气站的集气量分布不尽合理。因此,对集输管网系统进行优化设计和规划在经济效益、安全可靠方面都具有重要的实用意义。

1 天然气管网建设现状及系统优化设计的必要性

自 60 年代以来,全世界已形成了许多洲际、国际、全国性和地区的天然气输气管网。1998 年初,世界天然气输配气管网长度共约 5.197×10^6 km,其中北美占 42.8%。到 1997 年末,美国的天然气输配气管网已长达 1.95×10^6 km(不包括集气管线),其输气管网占北美地区的 87.7%。在拉丁美洲,阿根廷和墨西哥国家石油公司及私人作业者拥有大量管网。这两个国家占该地区输气管网总长度的 59.1%,配气管网的 90.6%。目前,哥伦比亚的天然气管网也在开发中,现已拥有约 1120km 输气管网和 2500km 配气管网。委内瑞拉现在的输气管网长度约 6400km。加拿大还拥有横贯全国的泛加输气管道,管道总长 8500km,管径从 500~1000mm,年输气量达 3×10^{10} m³,是世界上最长的输气管道。亚太地区天然气开发时间不长。但有些国家,如澳大利亚、日本和巴基斯坦拥有覆盖面积广的天然气管网。马来西亚正在建设的半岛天然气利用管网将为国内的天然气消费奠定坚实的基础。目前世界输气干线仍以每年 1.4×10^4 km 的速度增长。在“西气东输”工程建设前,中国石油天然气集团公司输气管线总长度为 9972km,初步建成了三类区域性管线,这些管网和“西气东输”工程的建成及投入使用对改善我国能源消费结构、实现国民经济

的可持续发展和提高人民的生活水平起到了至关重要的作用。当今输气管道是朝着长距离、大口径、薄壁、高输送压力的趋势发展。从气田的井口开始,天然气经矿场集气、净化、干线输气,直到通过配气管网输送到用户,形成了一个统一密闭的输气管网系统。随着天然气资源开发和应用的增长,天然气输配系统日趋大型化、复杂化。天然气输配系统供气量大,点多面广,其中任意气源、用户、管道或设备的变化都将影响整个系统的运行,再加上管网本身的复杂性和气体流动规律的特殊性,使得整个系统的设计管理和调度更加困难,从而加剧了产、供、销间的矛盾。因而迫切需要引入优化技术对复杂的天然气集输系统进行优化设计、优化管理、优化调度以及优化改扩建等,节约投资、提高技术水平和经济效益,以促进国民经济的繁荣发展。

2 天然气集输管网系统设置布局优化

2.1 井组区域划分优化

气田内部的集输流程根据气田的地质、地理条件及气田开发阶段的不同可分为单井集输流程和多井集输流程。对于面积较大和井数较多的气田,为了生产和管理上的方便,通常将气井划分为若干组,每一组气井的天然气都在各自的集气站进行汇集处理后,然后外输。其各组所含的气井数取决于地理条件、气井和集气站的生产规模、井位分布等。目前,在井组最优划分时,大都采用在一定井式和集输半径约束下,以距离之和最短为原则对井组进行划分,没有考虑集气站的集气量规模问题。而且当井数为井式的整数倍时,为了满足井式约束,将出现每座集气站所属气井数均与井式相同的情况;而有相当数量的气井到其所属集气站的距离虽然满足集输半径约束,但并没有达到最短的井站间距,这就使得各集气站的集气量分布不尽合理。根据经验,产量较大的为 6~10 口井,产量较小的为 11~16 口井,最多不宜超过 20 口井。气田集输系统井组最优划分解决的问题是如何最优划分井组,以使建设投资费用最省。

2.2 集输场站选址规划优化

集输场站是气田天然气集输的储存和中转装置,因此在对气田集输管网系统进行优化时,首先要对集输场站进行合理选址,既要确保集输气站位址、数目符合井组的隶属,又要保证气井集输量、距离合理,节约成本。因此,优化集气站选址,从而减少集输管线总长度显得十分重要。通常,天然气井的位置基本上在油藏设计(下转第 17 页)

天然气热值数据和相关理论依据，利于加快我国能源改革的步伐。

5 天然气能量计量的方法

5.1 天然气样品取样

天然气能量计量准确度的直接影响因素是取样，因此，要根据天然气组分、物性、现场环境选择科学、合理的取样方法。譬如，本身物理性能变化不大的天然气采用周期法，不仅快捷方便，也能提供大量天然气真实数据，而对于本身物理性能影响较大的天然气可采用累计法，尽可能减少外部影响因素；此外，一些特殊环境下也可采用连续法。因此，为提高能量计量的准确度，应根据天然气的组分、物性以及外部环境等因素，采用相应的取样方法。

5.2 直接测量法

直接测量法是将单位体积的天然气直接在空气中燃烧，然后加热单位质量的水，再根据水温的变化，计算出水升温过程需要的能量，最后根据能量守恒得出天然气释放的能量。此法须严格遵守国际标准，同时保证以上各步骤和计算的准确。再者，天然气流量的测定采用结构简单、性能稳定的孔板流量计，能够保证流量的准确性。因此，在严格按照国际标准执行时，采用此法，可以简介、高效完成天然气能量计量。

5.3 间接推算测量法

此法利用反推法，通过利用天然气燃烧过程中热量的释放、燃烧现象以及产物性能的变化对天然气所含能量进行反推。譬如，利用天然气燃烧过程中，火焰颜色、温度以及燃烧产物使澄清石灰水变浑浊的程度等现象对天然气

(上接第 15 页) 和设备设施安装前都已经确定，主要是根据油气资源分布和开采难易程度等天然条件确定的；集气站的建设一般设置在同一组隶属气井位置分布的区域中间。

2.3 干支管网布局优化

进行干支管网布局连接的主要前提条件是需要气井和隶属的集气站合理连接。在原天然气集输管网设计布局的过程中，主要是根据集合论和数学论中的图论分布知识进行探究，运用多交叉熟知网络状连接和设置独立的集气总站的两种方式进行集输管网系统的设置。在进行优化分析的过程中，需要有总流量分布最均匀和最小的目标，从而进行科学合理的调整，保证干支管道气体的顺利传输。

3 管网设计优化

管网的布局、管网地址的选择以及管网的安装等规划是天然气集输管网优化设置的关键，同时还应该对管网设计进行合理优化。在进行天然气集输管网的安装建设之前，需要对集输管网进行科学合理的设计，在集输管网设计的过程中需要对集输管道管径这一问题进行追踪处理，为了得到最佳数据，优化设计人员还应通过物理和数学理论对管道流量和压力等参数进行计算确定，通过最优解和最小解等形式获得天然气集输管网系统造价成本的最低的设计。

4 管网运行优化

天然气集输管网运行优化是指管网建设完成投入使用

所含能量进行反推。此法因国际上没统一标准，在天然气能量计量过程中未广泛使用。

5.4 组分分析法

此种方法，首先利用气相色谱仪得到天然气的分析图谱，再利用计算机对图谱曲线进行曲线校正，根据分析图谱曲线中的峰值以及峰面积等数据，精准计算出天然气的组成物质以及各物质的含量多少，最后，根据其组成物质种类、物性及含量等要素计算出天然气所含总能量。因此，将计算机与仪器相结合精准得出天然气组成及含量，在通过计算也能够得到天然气所含能量。

6 总结

综上所述，目前西方发达国家在天然气贸易活动中均采用能量计量法，现在虽然我国天然气计量方法大部分仍采用体积计量法，但是随着全球化的快速发展以及天然气国际贸易的需求，我国为与国际接轨也在不断推进国内天然气计量改革，逐渐向能量计量方向努力，能量计量也是将来我国天然气计量的必然趋势。

参考文献：

- [1] 常季成. 国内外天然气计量技术现状及发展趋势 [J]. 仪器仪表, 2019(2):36-38.
- [2] GB17820-2012. 天然气 [S]. 中国国家标准化管理委员会, 2012.
- [3] 王池, 李春辉. 天然气能量计量系统及方法 [J]. 计量学报, 2008, 36(5):403-406.
- [4] 苏荣跃, 冉莉, 肖鹰, 等. 天然气能量计量及实施方案探讨 [J]. 中国计量, 2003, 23(11):19-22.

后，就需要对其投入使用后的运行状况进行优化，以合理的运行参数设置和管理模式，确保天然气集输管网使用时整体处在最稳定良好的状态。分析天然气集输管网运行过程最优化的内容，就是根据管道结构、分布方式、压缩机特征、边界条件、设计极限要求等设定部分限制条件，以此达到运行时最顺畅、成本最低的目的。

5 结束语

天然气集输工程是气田地面工程的主体工程，集输系统的耗资十分巨大，天然气集输管网布局是集输系统规划优化的最主要內容，天然气集输系统管网前期布局设计是优化集输系统规划设置的首要內容，在设计规划初期，按照要求对油气田井组、干支管道走线、集输场站选址等进行合理布局，通过优化促使其既要满足气田生产开工艺、现场条件、成本、外销供求情况等要求的条件，又要满足投资小、安全稳定性好的要求，进而有效减少费用，提高管网的经济效益。

参考文献：

- [1] 刘扬. 集输管网系统模糊优化设计 [J]. 大庆石油学院学报, 1996, 20(2):25-29.
- [2] 陈进殿, 汪玉春, 黄泽俊. 天然气管网系统最优化研究 [J]. 油气储运, 2006, 25(2):6-15.

作者简介：

张壮 (1972-) , 男, 江苏睢宁人, 工程师, 从事石油天然气储运与建设技术管理工作。