

# 煤层气集输管道设计影响因素分析

张学博 (山西蓝焰煤层气集团有限责任公司, 山西 晋城 048200)

**摘要:** 煤层气田的集输管线的设计, 对其运输的经济性和效率有着重要的影响。在管线的设计中, 重点分析了各种影响因素, 并从中找出了最关键的敏感因子。通过对管线的具体设计, 重点分析了敏感因素, 从而达到了经济、合理的管线设计。

**关键词:** 煤层气; 集输管道; 管道优化

煤层气是一种高质量、洁净能源的伴生矿产。煤层气田的开采井网及井口分布比较集中, 井口气压只有 0.5 巴, 属于比较低的一个水平。由于煤层气的压力较小, 因此需安装较多的管线及加压站, 因此其投资成本较高。文章首先介绍了煤层气网站的设计原理, 然后根据实际煤层气田的实际状况, 对影响管道输送的各种因素进行了仿真, 通过对影响因素的分析, 确定了影响原因, 并在实际设计中充分考虑了各种敏感因素, 从而避免了管网设计中的偏差。

## 1 煤层气地面集输技术及其特征

通过多年来的开采和实践, 我国已逐步建立起一套不同于一般天然气田的独特集输技术, 其集输技术包括: “集中脱水处理、外输”等, 该系统采用了“井场——收集管道——加压站——中心处理——外部输送”的集输流程。通过油嘴节流, 计量后进入煤层气收集气管线进行水力学仿真, 结果显示: ①水化物的形成温度通常在  $-55\sim-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  之间, 在井口压力为 0.2~0.5MPa。在集输压力条件下, 其水化物的生成温度比周围环境温度低, 不能在集输管线中形成水化物; ②为了减小管道内的流体流动、减小摩擦损耗、减小 PE 管的静电危险、合理地使用压力差, 应将收集气体的流量控制在 20m/s 以内; ③当煤层气采集管道高度差小于 100m 时, 采油管道压力下降的影响很小, 几乎可以忽略; 在高差大于 100m 的情况下, 必须考虑到高程对管线压力下降的影响。

## 2 煤层气集输管线的设计原理

集输管网的设计要综合考虑生产条件、储层地质等因素, 以经济、合理的输气技术和工艺参数为依据。在管道管径的选取上, 应按单井和地区产量的要求, 在保证安全、经济、有效的前提下, 实现资源的最优分配。在对输管线的线路进行设计时, 要充分的考虑到地形条件以及工程地质条件等, 除此之外还要考虑到主要的进气点和供气点, 科学合理的对路线进行选

择, 才能够保证整个线路的顺畅, 其长度也能够得到有效的缩短, 对于整个工程项目的投资来说, 起到了很好的节约作用, 从而能够很好的帮助相关企业获取一定的经济效益。在对线路进行选择时, 要尽量与已经存在的道路相邻, 这样才能够方便运输和施工工作的顺利进行, 同时也有利于生产和维修。在施工过程中, 应尽量选择有利的地势, 避免施工困难、工程地质条件差的路段, 以保证管线的正常使用。管道穿越等级公路、铁路及大、中型河流时, 其跨越的位置必须遵循线路的总体方向, 为了确保工程的经济性, 在总体方向上, 铁路和大、中型河流的局部走向必须服从等级公路、中型河流的越位。

坚持国家的基本建设方针, 注重经济效益, 注重工程质量, 采用先进的技术、先进的生产工艺, 科学合理的生产工艺, 在具体应用过程中能够具备很好的安全性和可靠性, 并且也能够实现经济实用的原则, 力求在项目建设中节省投资, 增加经济效益。严格遵守国家相关技术标准, 做好环保工作, 劳动安全卫生, 防火, 防爆。

## 3 煤层气集输管线设计的影响因素——以某油田的实例进行了研究

### 3.1 基本指标

管线站进站压力 0.5 巴, 井口流量 150kg/h, 管直径 150mm。模拟所用的煤层气中含有微量的自由水, 水分含量为 0.50%, 其组成如表 1 所示。

表 1 煤层气组分

组成	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
mol 含量, %	97.69	0.04	0.43	1.34	0.50

### 3.2 数值模拟的分析

流量效应的计算: 集气站的进站压力设为 0.5 巴, 管线长度 5km, 因其最大高度差小于 100m, 可视为其水平管线, 其管径设置为 150mm。由于煤层气单井产量偏低, 故该方法选择了 8 种不同的井口流量,

即 50~400kg/h, 其中可以包含大多数煤层气田的实际井口流量, 如图 1 所示。由图 1 可知, 当管道直径及入口压力一定时, 管道的压力下降会随流量的增大而增大。在 50kg/h 的流速下, 管线的压力由 0.509 巴下降至 0.5 巴, 压降为  $0.18 \times 10^{-5}$  巴/m; 在流量增加到 400kg/h 后, 管线的压力由 0.783 巴下降至 0.5 巴, 压降为  $5.66 \times 10^{-5}$  巴/m。这是因为在同样直径的情况下, 流量与流速呈比例关系, 而摩阻与流速的平方成比例关系。

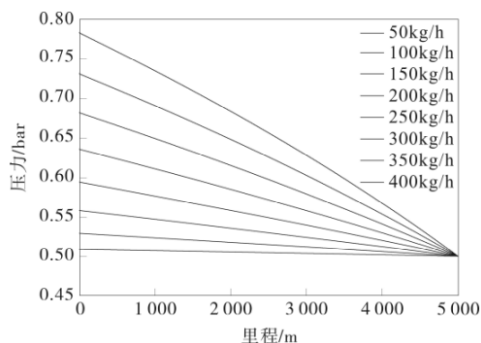


图 1 不同流量条件下管道压降变化

### 3.3 管径影响计算结果

选择了 8 种不同的管径, 其中的入口压力为 0.5 巴, 管线长度为 5km, 管线流量为 150kg/h。管内压力降随管径的改变而变化, 如图 2 所示。

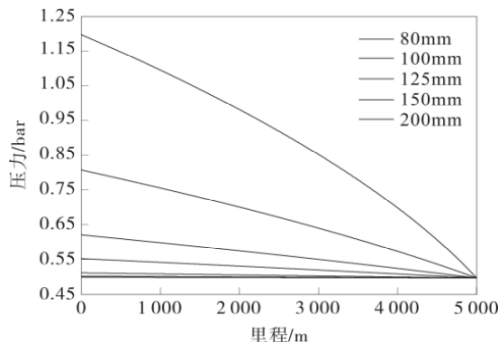


图 2 不同管径条件下管道压降变化

由图 2 的计算可知, 在同样流量情况下, 管道压力损失随管道长度的增加而减小。管径对管内压降有很大的影响, 在 80mm 的管径下, 管线的沿压降由 1.244 巴下降至 0.5 巴, 压降为  $14.88 \times 10^{-5}$  巴/m; 随着管径增加至 300mm, 管线上的压力由 0.502 巴下降至 0.5 巴, 压降为  $0.04 \times 10^{-5}$  巴/m。这样, 管直径增大, 管内压降明显减小。管径 80~150mm 的管壁压力降有很大的变化, 150~300mm 的管径变化很小。因此, 在增加管径的情况下, 增加管径对减小管内压力的影响不大。这是因为, 在流量不变的情况下, 随着管径的增大, 横截面的增大。

### 3.4 含水率影响计算结果

对集气站的进站压力设为 0.5 巴, 管线长度为 5km, 管线流量 150kg/h, 管直径 150mm, 采用不同的含水量进行计算。在煤层气中, 管线压力损失与含水量的关系如图 3 所示。

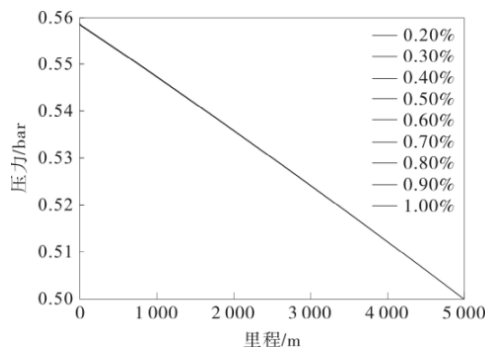


图 3 不同含水率条件下管道压降变化

由图 3 可知, 在煤层气中, 水分含量的改变并没有显著的影响。在 0.20% 水分条件下, 管线的压力由 0.5587 巴下降至 0.5 巴, 压降为  $1.175 \times 10^{-5}$  巴/m; 在含水量增加 1.00% 的情况下, 管线的压力由 0.5586 巴下降至 0.5 巴, 压降为  $1.172 \times 10^{-5}$  巴/m。

### 3.5 进水压力的影响分析

设计的管线长度为 5km, 管线流速 150kg/h, 管径设置为 150mm。由计算可知, 在 0.5 巴进料压力下, 管线上的压力由 0.5587 巴下降至 0.5 巴, 压降为  $1.175 \times 10^{-5}$  巴/m; 在进料压力增加 0.6 巴时, 管线上的压力由 0.6019 巴下降至 0.6 巴, 压降为  $0.039 \times 10^{-5}$  巴/m。压力下降比较显著。但当进料压力持续增加至 1 巴时, 管线上的压力由 1.0012 巴下降至 1 巴, 压降为  $0.024 \times 10^{-5}$  巴/m。压降下降的程度不显著。

## 4 煤层气集输管网优化方法

煤层气集输管道网络的优化目标是降低集输管道系统的建设成本, 包括井场、增压站、中央处理厂等。这是一类具有约束的混合变量的最优问题。这包括管道长度、压力等连续变量、管径、壁厚等许多不同的变量, 以及对增压站和污水处理厂投资的主要因素的限制条件无法量化, 主要因素包括地形条件以及交通条件等, 如果采用传统的非线性优化算法, 其结果往往与实际情况背道而驰, 难以达到工程设计的目的。根据煤层气开发方案和集输技术的特点, 提出了一种适用于煤层气管网的分级优化方法, 并将其分为两个独立的子问题: 布局优化和参数优化。

### 4.1 布局优化

煤层气集输网络规划设计的关键是如何充分利用

压力差、合理规划管网布置、减小中间站点、降低管网投资等。由于煤层气井口与增压站之间的距离比较远,可用的有效压力差不大(约200kPa),为了降低地面集输网络的投资,应尽可能增大其集输半径。

①收集气体的管路选择为非金属管路。与传统的钢管相比,非金属管材具有更低的摩擦力和更低的成本,更适合于低压煤层气的集输。通过对比,在直径小于300mm的情况下,可以选择PE管材;内径大于300mm时,可采用螺旋缝埋弧焊接;②降低管道中的液体。在采集管道的最低端安装了一个分水器,增加了收集管道的气流速度,增加了带液容量,降低了液体的体积;③合理配置网络。在平缓的区域,可以采取“枝上枝”的方式,以集气阀组取代集气站,使阀门组之间可以进行串联,增加集输半径(17km)。综合考虑煤层气田的地形地貌、开发方案和集气站的集气规模,确定了煤层气田的网络布置方式。并进一步应用了分层优化的方法,对井间的串连、站位进行了优化。井间串联优化:按照煤层气田的发展规划和井位布局,将需要连通的2-6口井从更远处的单井开始,通过电子地图将其串联起来,最后选定一套适合于工程实际(综合地形、施工难度等因素)的衔接方式,然后按照最短的路线进行选择。站址优化:依据煤层气区块所在位置、布井方案及总平面布置方案,对各站(气阀站、增压站、中心处理站)站选址方案进行比较,并进行可行性与经济性的多方案比较,使站选址方案得到合理的优化。

#### 4.2 参数优化

煤层气田的集输管网设计参数主要有:压力等级的优化、采集、输送管线的优化。其目标是在满足用户要求流量、压力等约束条件下,对系统压力水平及采集管线管径进行优化。压力级别的优化:在确定了煤层气处理技术及外部输送压力后,对加压站和中心处理厂进行压力级别的优化,可以减少其集输管网的费用。针对加压站与中心处理站的不同压力水平,从技术和经济上进行了对比,对加压站的出口和中心处理的工作压力进行了优化。收集管线管径的最佳选择:管径优化问题是一种具有约束的非线性离散变量优化问题,而煤层气田的采集管线种类繁多,因此不能简单地应用传统的非线性优化方法。在实际工程中,依据煤层气集输管网布局,按照节点压力与流量均衡原理,对其进行了简化,建立了管网水力仿真等效图,并对其进行了逐步优化。它的最优解是:①管网

的最远端压力应该为200,而增压站和中心处理站的压力不应该小于它们各自的最低限度;②收集气体管路的速度应小于20m/s,集气管线尽量选择较小的管径,以便更大程度地分布压力,从而减少管网的投资;③在集输管线上,为了便于施工和清管,必须尽可能地统一管线规范。煤层气管管径的最佳选择:根据集气管网水力仿真等效图,确定集气管网的集气、集气支线和采气干线的管径,并根据集气管网的实际情况,确定集气管网的管径、集气支线和采气干线的管径,确定了调整后的管道直径。采用多相流网络仿真软件,对煤层气的集输网络进行了建模。对所选管线进行了初步设计,并对不合格的管线进行了重新设计,反复进行了网络仿真,直到最后确定了满足设计要求的管线管径。

#### 5 结束语

综上所述,在煤层气集输管线的设计中,管径是决定输油管线的关键因素,而管径的大小则是决定输油管线输水压力损失的关键,必须通过合理的管径分析来实现最佳的设计目的。在直径范围内,压力降随直径的增大而减小,但是当直径增大到某一值时,压力降的变化并不显著。这样,就能得到最优的输送管道直径。在煤层气输送过程中,当含水率较高时,应考虑到管线中液体的增加而引起的一系列排液问题。科学合理的对输送管线进行设计,能够保证整个空中的顺利进行,同时也能够方便生产运输等各项工作的进行,对于社会的发展来说是至关重要的。

#### 参考文献:

- [1] 梁海鹏,徐玉清,史松,吴所.煤层气田地面集输技术研究[J].山东化工,2020,49(06):119-120.
- [2] 邵林峰,孙晗森,陈仕林,徐兴臣,张国铎.煤层气田开采后期地面集输增压方式优化[J].能源与环保,2018,40(06):157-161.
- [3] 梁霄.煤层气地面集输设计研究[J].化工设计通讯,2017,43(07):175+193.
- [4] 王星宇.煤层气地面集输技术标准优化分析[J].中国石油和化工标准与质量,2017,37(10):9-10.
- [5] 武浩.煤层气田采—集系统一体化运行优化研究[D].北京:中国石油大学,2017.
- [6] 骆裕明,孟凡华,米光伟,等.基于数据分析的山区煤层气管道积液推断方法[J].石油规划设计,2019,30(3):11-15.