

页岩气集输管网优化研究

袁杰 吕良辰 程文孙 霖(中国石油西南油气田分公司蜀南气矿, 四川 泸州 646000)

朱玉霖(宜宾华油天然气有限责任公司, 四川 宜宾 644005)

摘要: 页岩气作为一种非常规的天然气资源, 是重要的清洁能源, 可以在民众生活、社会生产中得到有效应用, 展现出较大的经济价值和发展前景。页岩气集输管网能够推进气田的稳定开发, 对页岩气的运输提供了有力支持, 考虑到页岩气田的生产井数量较多, 分布较为广泛, 为实现集输管网经济性与适应性的增强, 应当尽快推进优化管理, 有效降低集输管网系统的运输成本, 提高运输效率。文章重点围绕页岩气集输管网优化展开了研究, 仅供参考。

关键词: 页岩气; 集输管网; 优化; 设计要点

中图分类号: TE832

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167(2025)032-0100-03

Research on Optimization of Shale Gas Gathering and Transportation Pipeline Network

Yuan Jie, Lv Liangchen, Cheng Wen, Sun Lin (Shunan Gas Field, Luzhou Sichuan 646000, China)

Zhu Yulin (Yibin Huayou Natural Gas Co., Ltd., Yibin Sichuan 644005, China)

Abstract: Shale gas, as an unconventional natural gas resource, is an important clean energy source that can be effectively applied in people's lives and social production, demonstrating significant economic value and development prospects. The shale gas gathering and transportation pipeline network can promote the stable development of gas fields and provide strong support for the transportation of shale gas. Considering the large number and wide distribution of production wells in shale gas fields, in order to enhance the economy and adaptability of the gathering and transportation pipeline network, it is necessary to promote optimization management as soon as possible, effectively reduce the transportation cost of the gathering and transportation pipeline system, and improve transportation efficiency. The article focuses on the optimization of shale gas gathering and transportation pipeline network, for reference only.

Keywords: Shale Gas; Gathering and Transmission Pipeline Network; Optimization; Design Key Points

在社会生产和建设过程中, 页岩气发挥了关键作用, 其高效开发能够居民燃气、用电、化工生产、汽车燃料等提供重要的支持, 可以很好地满足能源需求, 维护社会运行的良好及稳定状态, 有助于增强能源的安全性。因此, 此类资源的战略地位不容忽视。经预测, 我国页岩气可采资源量为 25 万亿 m³, 资源非常丰富, 在一定程度上能够缓解能源短缺的问题, 也推进了页岩气的开发。集输管网能够有效地连接页岩气生产井和处理厂, 可以为页岩气的利用提供支持。然而, 在页岩气的开发期间, 单井的产量呈现出快递递减的态势, 使得集输管网面临着不小的挑战, 传统的集输管网难以保证运行效率, 还会直接降低页岩气开发的经济效益。因此, 从业人员应当重视开展页岩气集输管网的优化工作, 尽快降低运行的成本, 使页岩气开发可以创造更高水平的经济效益, 为推动社会发展提供有力支持。

1 页岩气的基本概述

在泥页岩及其夹层当中, 如果富含较多的有机质, 那么页岩气能够吸附在表面上, 也能够呈现出游离的状态, 与常规的天然气相比, 表现出较大的差

异, 页岩气藏也有着自生自储的特点, 致密的储层能够降低渗透率, 通常不会超过 0.1md, 增大了天然气的流动阻力。在这样的背景下, 要想确保页岩气可以在社会生产和实践当中发挥作用, 在组织开展页岩气的开发活动时, 需加强对水平钻井以及水力压裂等技术手段的应用, 在人工裂缝网络的帮助下, 促进页岩气的逸出。页岩气开发方式的独特也导致页岩气田与常规气田在生产动态上有着较大的不同。具体来看, 为推进页岩气开发的顺利, 需要在大型页岩气田当中部署大量的生产井, 将生产井之间的距离控制在 300~600m^[1]。同时, 单井的产量在初期阶段就会表现出迅速递减的特点。在页岩气井压裂投产之后, 虽然可以促进页岩气产量的较快提升, 但是在短时间内也会直接降低产量, 单井产量在前 2 年的递减率可达 60%~80%, 随后在较长的时间内保持较低的产量。

2 页岩气集输管网的特点及现状

页岩气作为一种重要的资源, 其开发利用能够推进传统能源结构的优化, 有效缓解现阶段能源短缺的问题, 为促进社会的发展提供了助力。然而, 由于页岩气的开发方式以及生产动态较为独特, 从业人员需

要重视加强对集输管网的管控，提高其设计水平，确保管网系统能够发挥作用。在页岩气的开发利用期间，集输管网能够将单井产出的天然气尽快汇集，快速输送到中心处理厂当中，确保页岩气可以得到高水平利用。因此，如果能够保证页岩气集输管网设计的科学与合理，不仅可以推进页岩气开发与利用的高效，还能够创造较高水平的经济效益，需要依据页岩气的地质以及生产特性，开展页岩气集输管网的优化设计工作，确保其运行状态的良好。

从页岩气的集输管网特点来看，其首先表现出规模庞大的特点。当前，在页岩气的开发活动当中，生产井的数量较多，较小的井间距也导致生产井呈现出密集的分布状态，集输管网要想促进页岩气的运输，需要依据生产井的分布情况进行大范围覆盖，导致管线长度较大。同时，集输管网在结构布局上多表现为放射状、枝状等，能够推进单井的串联，实现对页岩气的集中运输，因此，页岩气集输管网的拓扑结构也更加复杂，在一定程度上增大了开发利用的难度。其次，页岩气集输管网的气源流量、压力呈现出动态变化的特点，且相应变化较为激烈。单井产量、进口压力的短期递减使得集输管网运输页岩气的流量、压力并不是恒定不变的，设计的页岩气集输管网即便可以在初期保持良好的运行状态，在进入到中后期之后，受到流量的影响，也难以保证集输管网的流速，使得页岩气的运输出现问题，难以保证运输的高效，容易导致管内沉积的问题，管网也会受到腐蚀，无法实现对页岩气的高效开发和利用^[2]。再次，页岩气集输管网的建设需要耗费较多的资金，为满足页岩气生产的安全以及输送的高效，其成本控制难度较大。具体来看，在页岩气地面工程当中，集输管网的建设占据着重要位置，工作人员需要对管材、配套压缩机站等进行管理，推进施工建设活动的开展，管网系统的投资大约占据总投资的3到5成。当前，为了尽量减少成本支出，虽然推进了集输管网布局的优化，但是仍然难以控制成本。最后，页岩气集输管网在运行期间通常需要耗费较多的能源。在页岩气集输管网的运行过程中，压缩机组能够发挥重要作用，保证管网运行的顺畅，但是由于管道摩阻问题的存在，加上为了确保页岩气输送压力的合适压缩机会产生大量的能耗，页岩气井压力的持续递减也促使压缩机在运行期间需要对运行参数进行不断调整和优化，很多情况下还会直接引进新的压缩设施，明显增大了能耗管理的难度。因此，页岩气集输管网的运行与当前的节能降耗理念相悖。

3 页岩气集输管网的优化设计要点

页岩气集输管网的运行可以推进天然气的运输，

确保能源在社会生产及建设过程中得到有效应用，促进社会建设进程的不断加快。然而，从页岩气集输管网当前的运行特点来看，还存在不少的问题，资金浪费、能效差、适应性不强等问题较为突出，需要持续开展页岩气集输管网的优化设计工作，尽量消除页岩气不确定产量带来的负面影响，并推进优化设计的动态化，提高设计水平，使集输管网能够发挥重要的作用。

3.1 推进总体布局优化

在开展页岩气集输管网的优化设计工作时，为确保集输管网可以长期保持自身运行的高效及稳定状态，促进页岩气传输的经济与安全，应当从整体出发，积极推进总体布局的优化，实现对页岩气的高水平利用，维护能源安全。首先，专业工作人员需要对页岩气田的生产周期进行科学划分，依据产量划分成高产期、持续递减期以及稳定低产期。其次，工作人员需要对各个阶段继续进行研究和分析，整合并分析现有的数据信息，加快设立针对性的页岩气井产量及压力预测模型，能够实现对相应阶段页岩气井产量和压力的高水平预测，随即依照预测的结果，控制成本支出，对集输管网的连接方案进行完善和改进，提升集输管网运行的效率。在此基础上，工作人员能够在页岩气田的生产周期内，在产量发生变化之后，尽量优化集输管网，缩短管线的总长度，保证页岩气运输的快速，并保证运输的安全，快速突破页岩气传统集输管网的限制^[3]。

3.2 管径的科学选择

在页岩气集输管网的运行过程中，管径的大小产生了较大的影响，与管线的投资以及管网的运行能耗情况存在直接联系。具体来看，大管径在集输管网中的应用虽然增大了成本支出，但是也能够保证摩阻的低水平，有助于减少能源的消耗；而小管径的成本则能够保持低成本，有助于提高页岩气开发利用的经济效益，但随之产生的较大摩阻，通常会损害集输管网的平稳运行状态，页岩气也因此难以在社会生产及建设活动当中得到有效应用。在这样的情况下，为了提高页岩气集输管网设计的科学与合理，需要在优化设计期间提高对管径的重视程度，推进管径的科学选择，使管径的摩阻与成本之间可以保持相对平衡的状态，并依据页岩气产量及压力的变化，推动平衡点的移动。

首先，在选择管径时，工作人员应当摆脱传统思维模式的限制，避免依据最大流量统一化进行管径的设计，而应当明确页岩气集输管网运行的动态化特点，推进管径的差异化，有效地满足页岩气的运输需求。对此，在页岩气量较大、临近集气站的主干线上，工作人员可以选择应用大管径，可有效降低压力，防止产生较大的摩阻，而在边缘支线上应用小管径，尽量

减少成本的支出，防止出现资源浪费等情况，维护经济效益^[4]。其次，工作人员在页岩气集输管网的优化设计期间，要想推动管径选择的科学与合理，还应当关注各个管径方案在生产周期内的实际表现，依据评估结果，再度进行优化，提高页岩气集输管网的设计水平。对此，工作人员需要在运行的过程中加大监测力度，整合、分析数据信息，确保大管径能够在生产初期阶段发挥作用，使集输管网内的流速较为稳定，防止因摩擦而产生较大的损害，并在中后期阶段内利用小管径，提高运行效率，有效维护经济效益。

3.3 压缩机的优化配置

在页岩气集输管网的运行过程中，压缩机扮演着不可或缺的重要角色，能够推进系统运行的良好及稳定状态，确保页岩气能够得到有效应用。考虑到集输管网传统运行模式下对单一型压缩机站的依赖程度较高，集输管网的运行压力以及运营成本也比较大，工作人员在组织开展页岩气集输管网的优化设计工作时，应当推进压缩机的优化配置，既要确保压缩机能够发挥作用，也要有效减少运营成本的支出，提高经济效益。

在开展压缩机的优化配置工作时，工作人员需加强对分级增压模式的应用将小型的压缩机放置在井场周边，实现对低压气井产出气的初步增压，顺利将页岩气汇集到干线当中，保证其输送的高效。分级增压模式的应用较大程度上降低了页岩气集输管网的运行压力，可有效降低页岩气井压力递减给运输活动的高效进行带来的负面影响，在成本节约方面也发挥了较为关键的作用。其次，工作人员在利用压缩机的优化配置提高页岩气集输管网的设计水平时，还应当确保压缩机安装时序的科学与合理。为减少集输管网的运行压力，控制成本的支出，工作人员需加大对页岩气集输管网运行情况的监测力度，通过对压力的监测，在特定时间阶段开展压缩机的增设作业，保证压缩机能够尽快发挥作用，在减少页岩气集输管网运行能耗方面也可以提供有力支持^[5]。

3.4 加强对数字化技术的应用

随着社会现代化建设进程的不断加快，数字化技术实现了自身的迅猛发展，其凭借着优良的特性在民众日常生活以及社会生产活动当中得到了较为广泛的应用，推动了生产模式的创新与升级，也带动了社会经济的发展，不少传统行业在数字技术的驱动下也实现了自身的转型升级。在这样的背景下，为了推进页岩气集输管网的优化，提高其设计水平，工作人员不应当仅仅在建设前期开展优化设计工作，更要在页岩气集输管网的整个运营阶段内持续优化，并树立信息

化思维、增强创新意识，将先进数字化技术应用到页岩气集输管网的运行活动当中，推进其运行的智能化和现代化^[6]。

首先，工作人员可以加强对数字孪生技术的应用，借助该技术构建数字孪生模型，通过对地质、生产、设备以及管网的实时运行等关键数据信息的利用，掌握集输管网在实际运行期间的状况，尽快明确在管网运行期间可能出现的问题及风险，提前采取科学有效的措施进行防范，切实降低集输管网运行异常问题的发生概率，促进页岩气的高效、稳定运输。其次，工作人员可以利用此前构建的模型，结合先进控制算法，加强对页岩气集输管网的智能化管理，可掌握气量、压力的实时变化情况，推进压缩机的自动化优化配置，也能够加强对历史数据信息的分析，更为精准地把握页岩气井生产的动态，加强对集输管网的优化管理，使页岩气集输管网的运行效率与质量实现大幅提升。

4 总结

综上所述，页岩气集输管网的运行可以促进页岩气的开发利用，满足能源需求。但是该系统的运行表现出动态化的特点，难以保证运输的高效与顺畅，不仅影响着页岩气的高水平利用，也会增大管网运行的成本支出与能耗。因此，相关部门应当重视推进页岩气集输管网的优化，在科学策略的帮助下，避免不稳定的页岩气产量给管网的运行产生较大的干扰，使管网系统的运行更为安全、高效、经济以及环保。

参考文献：

- [1] 李泽龙, 黄思宇, 罗媛媛, 等. 页岩气地面集输管网增压位置优化模型 [J]. 控制理论与应用, 2025, 42(04): 767-775.
- [2] 梁爽. 页岩气集输技术的分析及研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(17): 169-171.
- [3] 何国玺, 唐鑫, 黄小明, 等. 页岩气集输管网适应性评价分析 [J]. 科学技术与工程, 2022, 22(24): 10550-10556.
- [4] 张禾, 周军, 董建蓉, 等. 地形起伏条件下页岩气管网布局优化研究 [J]. 特种油气藏, 2019, 26(05): 170-174.
- [5] 王念榕, 曾禄轩, 张哲, 等. 昭通页岩气示范区集输工艺现状及发展方向 [J]. 油气与新能源, 2021, 33(03): 109-115.
- [6] 廖柯熹, 彭浩, 何国玺, 等. 中国页岩气田地面工程技术研究进展 [J]. 科学技术与工程, 2020, 20(28): 11400-11412.

作者简介：

袁杰（1986-），男，汉族，四川仁寿人，本科，中级工程师，研究方向：油气田开发。