

# 天然气开采及集输工艺技术分析

林洁 任小明 程棕 魏宏 李运录

中国石油化工股份有限公司西南油气分公司采气一厂 四川 德阳 618000

**摘要：**天然气开采是气田生产的关键环节和主要工艺。科学地提取井中的天然气，并通过有效的油气处理和集输技术提供给用户使用，是一项非常艰巨的任务。本文概述了天然气开采技术的重要性与现状，探讨了钻井与完井、增产增注、泡沫排水采气、气举排水采气等天然开采关键技术，分析了储层保护与管理策略。深入研究了天然气集输工艺的主要功能，包括采集处理、中压集输、脱水、防冻及防火防爆等关键环节。为天然气资源的高效、安全开发提供技术参考。

**关键词：**天然气开采；集输工艺；技术分析

引言：在全球能源转型与环保趋势的推动下，天然气作为低碳、高效的能源选项，其开采与集输技术的革新显得尤为关键。深入剖析这些技术，旨在揭示它们如何助力开采效率的提升，确保生产安全，并推动资源的可持续利用。经过分析不仅丰富了相关理论，也为行业实践提供了宝贵的指导与启示。

## 1 天然气开采技术概述

天然气作为清洁高效的能源，其资源分布广泛，全球各地均有丰富的储量，尤其在\*\*中东、俄罗斯及北美地区\*\*尤为集中。在我国天然气资源也遍布多个省份，主要集中在四川盆地、塔里木盆地、鄂尔多斯盆地等地质构造复杂的区域。天然气具有高热值、燃烧后污染物排放少等特性，这些特性使得天然气在能源结构中占据重要地位，成为推动能源转型和应对气候变化的关键力量。随着勘探技术的不断进步，人类对天然气资源的认识和开发能力也在不断提高。天然气开采技术作为能源领域的重要分支，正经历着技术革新与突破的快速发展阶段<sup>[1]</sup>。随着科技水平的提升，三维地震勘探、大数据分析及人工智能等先进技术被广泛应用于天然气勘探中，显著提高了找矿成功率和资源评价的准确性。针对复杂地质条件，如深海、极地及深层页岩气等难采区域，特殊钻井技术和完井工艺的创新，使得这些曾经难以触及的天然气资源得以有效开发。

## 2 天然气开采工艺技术分析

### 2.1 钻井与完井技术

钻井与完井技术是天然气开采中的核心环节，直接关系到开采效率与成本。现代钻井技术不断向高效、智能化方向发展。旋转导向钻井系统通过实时测量和调整钻头方向，实现了井眼轨迹的精确控制，显著提高了钻井速度和储层穿透率。自动化钻井技术的应用，如钻井

参数的自动监测与调整、钻井故障的远程诊断与处理，进一步降低了人工干预，提高了作业的安全性和效率。完井技术则是将钻井作业与后续生产作业有效衔接的关键。根据储层特性和开采需求，完井方式可分为裸眼完井、射孔完井、衬管完井等多种类型。裸眼完井适用于储层渗透性好的情况，能够最大限度地保持储层原始状态；射孔完井则通过射孔枪在套管内壁上形成孔道，使天然气能够流入井筒，适用于渗透性较差的储层；衬管完井则在井眼内下入衬管，通过水泥固井与地层隔离，再对衬管进行射孔，适用于需要防止地层流体侵入井筒的情况。

### 2.2 增产增注技术

增产增注技术是提高天然气井产量和采收率的重要手段。水力压裂技术作为最常用的增产技术之一，通过高压注入流体使储层岩石产生裂缝，从而增加天然气流动的通道，提高单井产量。随着技术的发展，水力压裂逐渐实现了精细化控制，如多级分段压裂、微地震监测等技术的应用，使得压裂效果更加显著，同时降低了对储层的伤害。除了水力压裂外，酸化处理、化学增产剂注入等也是常用的增产技术。酸化处理通过注入酸性溶液溶解储层中的堵塞物，提高储层渗透率；化学增产剂则通过改变储层岩石的润湿性、降低表面张力等方式，促进天然气的解吸和运移。增产增注技术还涵盖了气体注入法，如二氧化碳驱替技术，通过向储层中注入二氧化碳，利用其超临界状态下的溶解能力和膨胀效应，有效驱替出储层中的天然气，增加采收率，同时实现二氧化碳的地质封存，促进碳减排目标。

### 2.3 泡沫排水采气工艺技术

发泡剂用于在井中产生大量泡沫。在井筒上升过程中，它具有超强的携液能力，可以排出天然气井中积聚

的液体,提高天然气井的产气能力。发泡剂是一种表面活性剂,它被添加到气藏中的水中,并与水发生化学反应,形成丰富的泡沫<sup>[2]</sup>。在井筒垂直上升的过程中,降低了摩擦阻力损失,产生了携液流速,达到了最大携液水平,解决了天然气井的积液问题,提高了天然气井产能。泡沫排水采气利用泡沫效应、分散效应、减阻效应和冲洗效应,达到天然气井聚液的处理效果,疏通气井底部堵塞,提高天然气井产能。

#### 2.4 气举排水采气工艺技术

由于天然气井存在积液问题,而利用气举管排水采气能够克服油井井底积水现象,从而增加了天然气井的采气量。在工作过程中,大量高压气体被投入天然气井。由于竖井中空气压强的增大和提高,其具有强大的携水力,使气井将大量聚集的液体送入水井,从而减少了液体聚集后对采气的危害。人们通过使用气举来进行排水和采气,它也能够适应液体积聚的情况。当气体的压力由压缩机中上升而进入气井。这种方法更简单、更易于控制气举过程。在钻井中和天然气混合不会影响燃气的特性,还可以使用提取的燃气。它具备较高的利用价值,应用在气井的利用工程上。气举排水采气工艺技术不但克服了积液问题,还体现出其智能化的优越性。现代气举系统结合传感器与自动控制系统,能实时监测井内液面高度与压力变化,自动调整注入气量,确保最佳排水效果与采气效率。该技术还促进了天然气开采的可持续性,通过高效利用自身资源(高压天然气)作为动力源,减少了对外部能源的依赖,降低了开采成本与环境影响。

#### 2.5 储层保护与管理

储层保护与管理是确保天然气开采长期效益的重要措施。钻井液与完井液的选择对储层保护至关重要,需根据储层特性选用合适的钻井液体系,以减少对储层的污染和伤害。同时,在钻井和完井作业中,应严格控制作业压力和流速,避免对储层造成过大的冲击和破坏。

储层管理则贯穿于整个开采过程中,包括储层压力监测、流体注入与采出管理、储层动态分析等。通过科学的储层管理,可以及时了解储层状态,调整开采策略,确保储层压力稳定,提高采收率。

### 3 天然气集输工艺功能

天然气集输工艺作为能源供应链中的关键环节,承载着多重功能,确保天然气从开采到终端用户的安全、高效传输。主要有以下三方面(1)是将井口提取的天然气与伴生流体混合物,通过精心设计的管网系统,稳定输送至中央处理站。在这里,复杂的气液分离技术被应

用,有效去除天然气中的水分、凝析油及其他杂质,同时通过精密的脱水工艺,使天然气质量达到国家乃至国际规定的使用标准,保障其清洁燃烧,减少环境污染。

(2)集输工艺还涉及天然气的储存环节。处理后的天然气被安全地送入大型储气库,以应对季节性需求波动或紧急供应中断。同时,从混合物中分离出的天然气组分,还需进一步送往天然气净化厂,经历更为严格的脱水和脱氢处理,以提升其品质,延长储存寿命。(3)集输工艺致力于将净化后的天然气以最优方式送达终端用户。这一过程不仅要求选择合理的管网布局,减少输送过程中的能量损失,还需考虑用户的具体需求,如工业用气、城市燃气等,采用灵活多样的配送策略。尤为重要的是,鉴于长距离输送中可能面临的风险,如管道腐蚀、压力波动等,必须采用先进的监控技术和合格的运输设备,确保天然气安全、稳定地送达每一位用户,从而提升用户体验,促进天然气市场的健康发展。

### 4 天然气集输工艺技术分析

#### 4.1 天然气采集与处理

天然气采集是天然气产业链中的首要环节,涉及从井口到处理厂的整个流程。在采集过程中,天然气往往伴随着地层水、凝析油、固体杂质以及硫化氢等有害气体的产出,因此必须进行严格的净化处理。(1)通过多级分离器将天然气与地层水和凝析油进行有效分离,确保天然气的纯度。(2)利用吸收塔、吸附塔等设备进一步脱除天然气中的水分、二氧化碳、硫化氢等杂质,以防止在输送过程中发生腐蚀、水合物生成等问题。(3)对于含有重烃组分的天然气,还需进行低温分离处理,以回收液化石油气等副产品<sup>[3]</sup>。经过这一系列复杂的处理工艺后,天然气方能达到管道输送或液化储存的标准,为后续利用奠定坚实基础。随着技术的不断进步,天然气采集与处理工艺正朝着更加高效、环保、智能化的方向发展。

#### 4.2 中压集输工艺

目前对天然气的集输主要采用两种方式,及高压技术和中压集输。高压集输系统的设备结构形式比较简单,因此应用范围比较广泛,但在实际的集输工作中,容易出现由于压力过高导致的管线堵塞现象,对正常开采造成非常大的影响,地面集输设备的压力过高,也容易造成各种安全隐患的发生。与高压集输的方式相对应,中低压集输则是利用在水下安装节流器来减小井口内的水压,从而能够使整条集输管道的水压调节到一个相对适宜的程度。采用了在井口配套上带有计压力装置的安全切断阀,可以有效保证了开采过程压力的可靠

性。中低压集输系统与传统高压集输系统比较,其在设施投资上的投入相对较少,而设施与管道之间的运行压力也能够获得合理降低,从而减少了出现重大安全事故的机会可能性。

#### 4.3 天然气集输过程中的脱水工艺

天然气的集输工艺流程中,脱水工艺起到了重要作用,任何在集输过程中的脱水处理工艺,都需要根据更严格的技术要求实施,而由于这直接关系着在集输过程中的安全问题,所以需要引起注意。要特别注意分离器必须在空气还没有进行完全脱水反应之前就完成工作,把安全阀设计在压缩机或者水泵的输出管道上,这从一定意义上可以减少在气体集输过程中的安全问题。在气体的脱水器中也不必设置安全阀,因为安全阀已经明确指出设置在气体不能进入脱水器中或者截断了阀后的管道中,这样也可以起到安全阀的效果。从而避免一些安全事故发生。在天然气脱水工艺中,选用合适的脱水剂与工艺条件同样关键。高效的脱水剂能显著提升脱水效率与质量,同时减少能耗与设备磨损。而精确控制脱水温度、压力等工艺参数,则能进一步优化脱水效果,确保天然气含水量达到规定标准,为后续的集输与利用奠定坚实基础。

#### 4.4 天然气集输过程中防冻工艺

在天然气集输过程中,如果气井井口压力较高,应先将天然气节流降压至管网要求的范围,然后通过管道输送至处理厂。在井口节流降压过程中,由于温度降低,天然气输送过程中温度下降过大,会形成天然气水合物。目前,防止水合物形成的措施主要包括向气流中加入水合物抑制剂、提高天然气流动温度和从天然气中去除水分。防止井筒内水合物形成的可行方法是向井筒内注入防冻剂;为防止天然气输送过程中水合物的形成,通常有两种措施:注入酒精和加热保温<sup>[4]</sup>。水井节流防冻一般采用加温方法。因为水井气压大,气温低,井口天然气节流一次甚至更少,加温后的天然气水温要求过高。通过各种加温和节流方法,避免加温后的天然气

水温太高。对于凝析气田,凝析油的凝固点一般很深。注乙醇可以缓解天然气水合物藏的形成问题,却无法缓解凝析油的凝结问题。所以,必须通过加温以避免冻结。在加温与注乙醇二个抗冻结方法适用下,应结合上下游生产工艺和技术经济比较来选择防冻措施。

#### 4.5 天然气集输防火防爆工艺

在天然气集输过程中,必须注意天然气的防火防爆过程,这也是各气田必须注意的问题,因为它将直接影响到集输人员的人身安全,因此,防火防爆工作必须按照国家防火、防瀑布的规定进行。根据国家有关规定,雷雨天气时,气田工作人员不得进行轻烃液化气的安装和拆卸,这也是防止安全事故发生的有效措施。只有在天然气的安装和运输之后,这些问题才能顺利解决。从多年的安全事故可以看出,天然气集输过程是安全事故的主要阶段。现阶段需要注意的安全问题很多,气田工作人员必须按照国家规定操作。在实际的集输过程中,对可能发生安全事故的管道接口和天然气进出口应采取一定的安全措施,防止不可弥补的安全事故发生,这也是天然气收集的首要前提。

结束语:天然气开采及集输工艺技术的不断创新与优化,对于推动能源转型、保障能源安全、促进经济可持续发展具有重要意义。未来,随着科技的进步和环保要求的提高,天然气开采与集输技术将更加注重高效、环保与智能化发展,为实现全球能源绿色转型贡献力量。

#### 参考文献

- [1]郭伟鹏.天然气增压开采工艺技术在气田开发后期的应用[J].化工管理.2021(13).163-164
- [2]王超.天然气集输工艺研究现状和主要问题[J].化工管理.2021(03).175-176
- [3]李明星,范丽娟,于磊.天然气集输及净化处理工艺技术探讨[J].石化技术.2020(01).225+227
- [4]顾玉涛.石油天然气开采技术措施[J].化工设计通讯,2019,45(04):53.