

# 天然气处理工艺流程优化

马玉龙<sup>1</sup> 张兆楠<sup>2</sup> 郑政<sup>3</sup> 刘安<sup>4</sup> 张志辉<sup>5</sup>  
中国石化华北油气分公司采气二厂 陕西 咸阳 712000

**摘要:** 天然气是一种重要的清洁能源,其处理工艺的优化对于提高天然气的质量、提高生产效率和降低能耗至关重要。本文主要介绍了天然气处理工艺流程的优化措施。该研究结果对天然气处理工艺的优化设计提供了参考,有助于提高天然气产业的经济效益和环境可持续性。

**关键词:** 天然气; 处理流程; 优化措施

## 1 天然气处理主要内容

天然气处理是指对从天然气井中产出的原始天然气进行净化和加工的过程。原始天然气中含有多种杂质和成分,例如酸性气体(如硫化氢和二氧化碳)、固体和液体颗粒、水分和液相碳氢化合物等。天然气处理的目的是降低杂质含量,提高天然气的质量和热值,使之达到管道输送和商业利用的要求。

### 1.1 天然气净化

天然气净化过程主要包括脱硫、脱酸、颗粒去除和水分除去等步骤。脱硫和脱酸主要是移除原始天然气中的酸性气体,以避免对设备和管道的腐蚀,保障安全运输和使用。颗粒去除是通过过滤或离心力等方法去除原始天然气中的固体和液体颗粒,防止其对设备和管道的堵塞和损坏<sup>[1]</sup>。水分除去则是通过吸附、冷凝或膜分离等方式,降低或去除天然气中的水分含量,以防止结露和腐蚀问题的产生。

### 1.2 天然气加工

天然气加工是为了提高天然气的热值和商业价值,主要包括催化裂化、重整、分馏和液化等过程。催化裂化过程可将重质碳氢化合物分解为轻质产品,提高天然气的热值。重整过程则是将甲烷等低热值气体转化为高热值气体,进一步提高天然气的热值。分馏过程通过不同轻重分子的汽化和冷凝,实现天然气的组分分离和纯化。液化是将天然气压缩并冷却至低温状态,将其转化为液态,以便进行长距离和海上运输。

### 1.3 天然气储运

天然气储运是指将处理过的天然气压缩并输送至目的地的过程。主要包括压缩和膨胀、储存和运输安全以及气体检测和监控等步骤。压缩和膨胀是为了将天然气压力提高至输送和储存的要求,并在需要时进行减压或解压。储存和运输安全包括不同类型的储气库、管道和液化天然气船等设施建设和运营管理。气体检测和监

控是为了持续监测和控制天然气的质量和安全,在发生异常情况时能及时预警和采取措施。

## 2 天然气处理原因

天然气是一种重要的能源资源,广泛应用于工业、居民和交通等领域。然而,原始天然气中含有多种杂质和成分,例如酸性气体、固体和液体颗粒、水分和液相碳氢化合物等,这些杂质会对天然气的质量和使用产生不利影响。因此,为了确保天然气的质量和安全使用,需要对原始天然气进行处理和净化。第一,天然气处理是为了净化天然气中的酸性气体。原始天然气中的硫化氢和二氧化碳等酸性气体会对设备和管道产生腐蚀,并对人体健康造成威胁。通过脱硫和脱酸等工艺,可以将酸性气体含量降低到安全的水平,确保天然气的质量和可用性<sup>[2]</sup>。第二,天然气处理的目的是去除天然气中的固体和液体颗粒。原始天然气中可能存在的沙粒、油滴、水滴等固体和液体颗粒会对设备和管道产生堵塞和磨损,影响天然气的传输效率和安全性。通过过滤和沉淀等工艺,可以有效地去除这些颗粒物,保护设备和管道的正常运行。第三,天然气处理是为了降低天然气中的水分含量。原始天然气中的水分会在管道中结露,并引起腐蚀和冻结问题。通过吸附、冷凝或膜分离等技术,可以将水分含量降低到安全的水平,避免管道和设备受到损坏。第四,天然气处理还可通过加工和液化等工艺增加天然气的商业价值。地下储层中的天然气成分不均匀,热值较低。通过催化裂化、重整和分馏等加工过程,可以提高天然气的热值和纯度,使其更适合商业用途。同时,液化技术可以将天然气压缩成液态,便于海上和远距离运输。

## 3 天然气处理工艺流程优化分析

### 3.1 脱水处理工艺的选择

天然气处理工艺流程的优化是为了提高天然气处理效率、减少能源消耗、降低成本和提升环境友好性。在

天然气处理中,脱水处理是一个重要的环节,因为天然气中的水分含量对天然气的质量和使用具有重要影响。因此,选择合适的脱水处理工艺对于天然气处理的优化至关重要<sup>[3]</sup>。(1)脱水效率:脱水工艺的主要目标是将天然气中的水分含量降至符合要求的水平。因此,选择的脱水工艺应具有高效的脱水能力,能够在保持天然气流量的同时,去除水分。传统的脱水工艺包括吸附、冷凝和减压等方法,而膜分离技术近年来也越来越受关注。(2)能耗和成本:选择脱水处理工艺时,需要考虑其能耗和成本。高耗能的脱水工艺会增加运营成本和能源消耗。因此,选择能耗较低但具有高脱水效率的工艺,可以在提高天然气质量的同时,降低运营成本。(3)设备可靠性和维护需求:脱水处理工艺涉及到各种设备和设施的使用。选择具有较高可靠性和较低维护需求的工艺和设备可以提高生产效率和降低停机时间,从而减少运营风险。(4)环境友好性:脱水处理工艺应尽可能减少对环境影响,包括降低废水和废气的排放,以及减少化学药剂和其他污染物的使用。选择环境友好型的脱水工艺可以符合环境保护的要求,提高企业的可持续发展能力<sup>[4]</sup>。

### 3.2 液化加工技术的应用

天然气处理工艺流程的优化是为了提高天然气的利用效率、减少环境影响、降低成本和扩大应用范围。在天然气处理中,液化加工技术是一种重要的工艺,也是天然气处理工艺的重要组成部分。液化加工技术可以将天然气压缩成液态,从而便于长距离运输、储存和使用。液化加工技术的应用在天然气处理中具有以下优势和特点:(1)液化加工技术可以大幅度减小天然气的体积。通过液化,天然气的体积可以减小到原先的1/600,因此可以大大提高储存密度和运输效率。这样,天然气可以通过液化船舶或液化汽车等方式进行长距离和海上运输,扩大市场范围和供应渠道。(2)液化加工技术可以提高天然气的热值。液体天然气(LNG)中的甲烷热值较高,通常在38-42MJ/m<sup>3</sup>范围内,比原始天然气的热值高出20-30%。这意味着液化加工后的天然气可以提供更大的热能输出,更高的热效率,满足对能源的更高要求<sup>[5]</sup>。(3)液化加工技术可以降低温室气体排放。由于液化过程中液化天然气中的杂质和成分被除去,液化天然气中的二氧化碳、硫化氢等有害气体含量较低。因此,使用液化天然气作为能源可以减少温室气体的排放,对环境更友好。同时,液化加工技术还可以扩大天然气的应用领域。液化天然气可以广泛应用于工业、居民、交通等领域,满足不同行业的能源需求。此外,作

为清洁能源替代传统能源,液化天然气对于可持续发展和碳减排具有重要意义。

### 3.3 低温甲醇加工处理

低温甲醇加工处理是一种将天然气转化为甲醇的技术,可以利用天然气资源,生产高附加值的化工产品。天然气处理工艺流程的优化分析中,低温甲醇加工处理被视为一种有潜力的工艺,具有以下优势和特点:(1)低温甲醇加工处理可以实现天然气的高效利用。甲醇是一种重要的化工原料,广泛应用于合成塑料、纺织品、胶粘剂等多个领域。通过将天然气转化为甲醇,可以将该资源优势转化为高附加值的产品,提高天然气产业的经济效益和可持续发展能力。(2)低温甲醇加工处理可以降低碳排放。相比于直接燃烧天然气释放二氧化碳,低温甲醇加工处理将天然气转化为甲醇后,甲醇燃烧释放的二氧化碳量较少。因此,该工艺可以有效减少温室气体的排放,对应对气候变化和实现低碳经济具有积极意义<sup>[1]</sup>。(3)低温甲醇加工处理具有较高的能源利用效率。在该工艺中,天然气首先被蒸汽重整制氢,然后与二氧化碳合成甲醇,再通过加压和低温条件下的合成反应得到甲醇产品。这种连续产生甲醇的过程,能够充分利用天然气中的碳氢化合物,最大限度地提高能源利用效率。(4)低温甲醇加工处理工艺具有较低的废水和废气排放。相比于传统的炼油和化工工艺,低温甲醇加工处理过程中产生的废水和废气较少,且易于处理和控制。这可以减少对环境的污染和对水资源的消耗,保护生态环境。

### 3.4 天然气脱硫处理

天然气脱硫处理是天然气处理工艺中的重要环节,主要目的是去除天然气中的硫化氢(H<sub>2</sub>S)和其他硫化物。脱硫处理的优化是为了提高天然气的质量和安全性,减少对设备和管道的腐蚀,同时降低对环境的污染。在天然气脱硫处理的工艺流程中,优化分析主要包括以下几个方面:第一,脱硫效率:脱硫处理的主要目的是去除天然气中的硫化物,特别是硫化氢。因此,选择脱硫工艺时需要考虑脱硫效率的可靠性和稳定性。常见的脱硫工艺包括化学吸收法、吸收剂反应法和生物脱硫法等,每种工艺都有其优势和适用场景。根据天然气中硫化物的含量和处理要求选择合适的脱硫工艺以达到目标脱硫效果<sup>[2]</sup>。第二,能源消耗和成本:脱硫处理过程中,能源消耗会对整个工艺的经济性产生影响。选择低能耗的脱硫工艺,可以降低能源成本,并提高处理效率。还要综合考虑设备投资和运营成本等因素,确保脱硫处理的经济可行性。第三,废物处理和环境影响:脱

硫处理过程中产生的废物需要得到妥善处理,避免对环境造成污染。一些脱硫工艺会产生硫元素,需要进行储存、处理或转化利用。同时,对产生的废气和废水要进行合理处理和排放控制,以确保环境保护要求的达标。第四,工艺参数的优化:脱硫处理过程中的工艺参数对处理效果和能耗有着重要影响。优化工艺参数可以提高脱硫效率,减少资源消耗。例如,调整反应温度、压力和吸收剂浓度等参数可以提高脱硫效果和能源利用效率。

### 3.5 天然气净化处理

天然气净化处理是天然气处理工艺中的关键环节,用于去除天然气中的杂质和不纯物质,提高天然气的质量和利用效率。首先是杂质的去除效率。在天然气中常见的杂质包括水蒸气、二氧化碳、硫化氢、甲烷、乙烷等。优化的净化处理工艺应能有效地去除这些杂质,使天然气达到规定的产品质量标准。不同的净化工艺有不同的优势,例如吸收法、吸附法、冷凝法等。根据天然气中的具体杂质成分和浓度选择适合的净化工艺,以达到高效的杂质去除效果<sup>[3]</sup>。其次是能源消耗和成本。净化处理工艺中耗能过多会增加天然气处理成本,并对环境产生负面影响。优化分析需要考虑净化处理工艺的能源使用效率,努力降低能源消耗。同时,还要综合考虑设备投资、运行维护等方面的成本,确保净化处理的经济可行性。净化处理过程中产生的废物和产物需要妥善处理,以防止对环境产生污染。一些净化工艺会产生废水、废液和废气,需要严格控制排放,并采取合适的处理手段。对废弃物的管理和处理应符合环境保护要求,确保对环境的影响最小化。

## 4 天然气处理工艺流程的新技术与创新

4.1 膜分离技术:膜分离技术是一种基于不同分子大小和溶解度的原理进行分离的技术。在天然气处理中,膜分离技术可以用于去除二氧化碳、硫化氢等杂质。相比传统的吸收法和冷却法,膜分离技术具有更高的分离效率、更低的能耗和更小的设备占地面积。

4.2 高效催化剂:在天然气加氢、氧化和脱硫等工艺中,使用高效催化剂可以提高反应速率和转化率,从而降低能耗和提高产物纯度。目前,一些新型的纳米催化剂和复合催化剂已经在天然气处理中得到应用,具有较

高的活性和稳定性。

4.3 化学吸收剂改进:化学吸收剂是天然气脱硫处理中常用的一种方法。此外,一些新型的酸性气体吸收剂如甲醇胺改性吸收剂,具有更高的脱硫效率和更低的能耗。此外,新型吸收剂的再生技术也在不断改进,如薄膜蒸馏、离子液体蒸馏等,以提高吸收剂的再生效率<sup>[4]</sup>。

4.4 LNG液化技术:液化天然气(LNG)是天然气的一种重要形式,广泛用于储存和运输。为了提高LNG液化过程的效率和经济性,目前研究出现了新型的LNG液化技术,如混合制冷循环、闪蒸回馈、磁性制冷等。这些新技术可以降低能耗、提高液化效果,并减少对环境的影响。

4.5 智能化自动控制系统:在天然气处理工艺中,智能化自动控制系统的应用可以提高工艺的稳定性和可靠性。通过实时监测仪表和数据处理技术,实现对工艺参数的自动调整与控制,减少人为干预的错误,提高生产效率和安全性。

### 结束语

天然气处理工艺的优化是为了提高天然气的质量和经济效益,同时降低对环境的影响。通过选择合适的工艺、优化参数和引入新技术,可以提高脱硫效率和净化效果,降低能耗和成本,并实现环境友好的天然气处理过程。随着能源领域的发展和技术的进步,我们相信在未来将有更多创新和优化的天然气处理工艺出现,为天然气行业的可持续发展做出贡献。

### 参考文献

- [1]张丽丽.天然气处理工艺流程优化分析[J].中国石油和化工标准与质量2022(04):187-189.
- [2]杨肇琰.天然气处理工艺流程优化分析[J].中国石油和化工标准与质量2021(17):171-172.
- [3]屠艳.DANAFPSO天然气处理工艺流程分析[J].船舶标准化工程师,2020,53(05):117-121.
- [4]蔡译锋,黄志,罗学伟.天然气处理工艺适应性分析与应用研究[J].清洗世界,2020,36(07):113-114.
- [5]王勇,李士富.基于轻烃回收油吸收工艺的HYSYS模拟计算[J].天然气与石油,2021,32(5):37-40.