

# 天然气处理厂天然气净化工艺技术优化

余波 肖林林 马珂 李承

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：**天然气作为清洁能源的重要组成部分，在能源结构中占据重要地位。然而，原始天然气中常含有多种杂质，需经过严格处理才能达到用户标准，天然气处理厂作为这一关键环节的承担者，其净化工艺技术的先进性与高效性直接关系到天然气的品质与利用效率。本文旨在深入探讨天然气处理厂的核心功能、净化工艺技术及其优化措施，以期期为天然气净化领域的持续进步与发展提供有力支撑。

**关键词：**天然气处理厂；天然气净化工艺；技术优化

引言：天然气处理厂作为天然气产业链的关键节点，负责接收并净化原始天然气，去除其中的酸性气体、水分、重烃等杂质，以确保天然气品质符合用户需求。本文详细阐述了包括胺法处理、低温甲醇洗、物理溶剂法、化学物理溶剂法在内的多种净化工艺技术，以及天然气脱水、脱烃及凝液回收等关键环节。并提出了采用环保材料、引入智能化控制系统、废弃物处理与回收、建立质量管理体系等优化措施，旨在提升净化效率，降低能耗与物耗，减轻环境负担，推动天然气净化工艺向绿色、可持续方向发展。

## 1 天然气处理厂介绍

天然气处理厂作为天然气产业链中的关键一环，扮演着天然气净化与提纯的核心角色，该厂的主要职能是接收源自油田生产区域的原始天然气，这些天然气往往夹杂着多种杂质，包括酸性气体（如二氧化碳、硫化氢）、水分、重烃以及固体颗粒等。这些都需经过严格的处理方能满足用户标准，天然气处理厂通过一系列精密设计的净化处理工艺，如胺法脱硫、低温甲醇洗、分子筛脱水等技术，有效去除天然气中的各类杂质，确保其纯度与质量符合下游用户的严格要求。处理后的天然气，通过遍布全国的高压输气管网，被安全、高效地输送至发电厂、城市居民燃气、化工企业等各类用户手中；此外，天然气处理厂还承担着环保与资源循环利用的重任<sup>[1]</sup>。在处理过程中产生的副产品，如含油污水，会经过专业的污水处理系统处理后，达到环保排放标准，部分甚至可回注至地下油层，作为水驱采油的一部分，既减少了环境污染，又实现了资源的有效再利用，展现了天然气处理厂在能源开发与环境保护之间的和谐共生。

## 2 天然气净化处理的工艺技术分析

### 2.1 胺法处理工艺技术

胺法处理工艺技术作为天然气净化领域的佼佼者，

凭借其高度的适应性和卓越的净化效果，在全球范围内得到了广泛的应用。这一技术的核心在于利用弱碱性胺类化合物与天然气中酸性气体的化学反应，实现酸性气体的有效脱除。在胺法处理工艺中，一乙醇胺、二乙醇胺、甲基二乙醇胺等胺类化合物扮演着关键角色，这些胺类化合物具有弱碱性，能够与天然气中的二氧化碳和硫化氢等酸性气体发生酸碱反应，生成相应的胺盐。这一过程在吸收塔中完成，天然气从塔顶进入，而胺类化合物则从塔底以液态形式泵入，两者在塔内逆流接触，确保酸性气体能够充分被胺液吸收。吸收塔的设计至关重要，它必须确保天然气与胺液之间有足够的接触时间和接触面积，以实现高效的酸性气体转移。

### 2.2 低温甲醇洗工艺技术

低温甲醇洗工艺技术，以其高净化度、高选择性和溶剂廉价易得等优势，在天然气净化领域占据了一席之地。该技术利用甲醇在低温下对酸性气体溶解度极大的特性，通过物理吸收的方式实现天然气中酸性气体的有效脱除，在低温甲醇洗工艺中，甲醇溶液作为吸收剂，在吸收塔中与天然气逆流接触。由于甲醇在低温下对酸性气体具有极高的溶解度，因此能够迅速吸收天然气中的二氧化碳、硫化氢等酸性气体，形成富含酸性气体的甲醇溶液（即富液），这一过程通常在-50℃左右的低温条件下进行，以确保甲醇对酸性气体的最大吸收效率。随后，富液被送往解析塔进行进一步处理；在解析塔中，富液通过升温降压的方式释放出酸性气体。升温使甲醇溶液中的酸性气体重新以气态形式释放出来，而降压则有助于加速这一过程，释放出的酸性气体可以进行进一步的处理或利用，而贫液甲醇则返回吸收塔循环利用。

### 2.3 物理溶剂法

物理溶剂法作为一种相对简单且经济的天然气净化技术，主要依赖于有机化合物对酸性气体的物理溶解性

进行脱除，与胺法处理工艺和低温甲醇洗工艺技术相比，物理溶剂法不需要化学反应，因此设备更为简单，操作也更为简便。在物理溶剂法中，常用的吸收溶剂包括多缩乙二醇、碳酸丙烯酯等有机化合物，这些溶剂在常温下对酸性气体具有一定的溶解度，通过多级闪蒸等方式可以实现溶剂的再生和循环利用<sup>[2]</sup>。多级闪蒸是一种通过逐级降压使溶剂中的酸性气体逐级释放出来的过程，既实现了酸性气体的脱除，又确保了溶剂的再生，物理溶剂法的优势在于其设备简单、操作简便以及能耗低，由于不需要复杂的化学反应和高温高压条件，因此设备投资和维护成本相对较低；此外，物理溶剂法还具有较好的经济性，适用于处理酸气分压较低的天然气。

#### 2.4 化学物理溶剂法

化学物理溶剂法作为天然气净化技术中的一种创新方法，巧妙地结合了化学溶剂法与物理溶剂法的优点，为天然气的高效净化提供了新的途径。该方法采用醇胺、物理溶剂和水的混合物作为吸收剂，既利用了醇胺类化合物与酸性气体之间的化学反应，提高了酸性气体的吸收效率；又借助物理溶剂对酸性气体的物理溶解性，进一步增强了净化效果。在化学物理溶剂法中，吸收剂的选择至关重要。醇胺类化合物，如一乙醇胺、二乙醇胺等，能够与天然气中的二氧化碳、硫化氢等酸性气体发生化学反应，生成稳定的胺盐，从而实现酸性气体的有效转移，这种化学与物理相结合的吸收方式，不仅提高了净化效率，还降低了溶剂的再生难度。化学物理溶剂法的操作过程相对灵活，可以根据天然气的组成和净化要求，调整吸收剂的配比和操作条件。

#### 2.5 天然气脱水技术

天然气脱水技术，作为保障天然气品质与实现安全输送不可或缺的一环，其重要性不言而喻。天然气在开采和输送过程中，往往会携带一定量的水分，当前，天然气脱水技术主要依赖两大主流方法：（1）分子筛脱水技术，凭借其独特的孔隙结构和庞大的表面积，展现出了卓越的水分吸附能力，这种技术能够高效地将天然气中的水分吸附于分子筛表面，而对天然气中的其他有益组分则保持极低的吸附性，从而确保了脱水过程的高选择性和高效率。此外，分子筛还具备易于再生的特性，使得该技术能够在多次循环使用后仍保持良好的脱水性能，因此被广泛应用于天然气脱水领域。（2）三甘醇脱水技术，则是通过三甘醇溶液与天然气中的水分发生化学反应，生成稳定的水合物，进而实现水分与天然气的有效分离，三甘醇溶液以其出色的热稳定性和化学稳定性著称，能够在多变的温度和压力条件下保持稳定的脱

水效果。

#### 2.6 天然气脱烃及凝液回收技术

天然气脱烃及凝液回收技术，作为天然气处理流程中的核心环节，对于提升天然气品质、优化资源利用及增强经济效益具有举足轻重的作用。在脱烃技术方面，我们主要采用膨胀机制冷与混合制冷剂制冷两大方法：

（1）膨胀机制冷技术，通过膨胀机对天然气实施绝热膨胀处理，使其温度骤降，进而促使烃类化合物及凝液在低温环境下冷凝并析出。（2）而混合制冷剂制冷技术，则巧妙利用多种制冷剂的混合效应，创造出更低的温度条件，以实现烃类化合物与凝液的精准分离<sup>[3]</sup>。这两种技术均展现出了卓越的脱烃效果，能显著提升天然气的纯度与热值；在凝液回收环节，我们构建了一套完善的回收系统，该系统涵盖了凝液分离器、储罐以及输送设备等关键组件。这套系统能够高效地将天然气中的凝液分离出来，并将其安全地储存于储罐之中，随后通过专业的输送设备，将凝液运送至相应的处理或再利用设施，从而实现了资源的全面回收与循环利用。

### 3 提高天然气净化工艺技术的优化措施

#### 3.1 采用环保材料

在天然气净化这一至关重要的工艺环节中，积极引入并应用环保材料，已成为推动整个行业向绿色、可持续方向转型的关键一步，对于减轻环境污染具有深远意义。回顾过去，传统的净化材料，如某些有机溶剂以及含有重金属成分的催化剂，虽然在去除天然气中各类杂质方面展现出了不俗的效果，但遗憾的是，这些材料在使用后的处理过程中，若未能得到妥善处置，往往会引发环境的二次污染，给原本脆弱的生态环境带来长期且难以挽回的伤害。正是基于这样的背景，我们开始积极探索并采纳那些可降解或具有低毒性特性的溶剂与催化剂，作为优化天然气净化工艺的核心组成部分。这类环保材料在净化作业过程中，不仅能够显著减少有害物质的排放，从而有效降低对环境的直接污染，更在其使用寿命结束后，能够实现自然分解或是便于回收再利用，极大地减轻了环境负担，有力促进了资源的循环与再利用。

#### 3.2 引入智能化控制系统

在信息技术日新月异的今天，智能化控制系统的融入为天然气净化工艺带来了前所未有的革新。我们通过关键节点安装高精度的传感器，构建起一个全方位的监测网络，这个网络能够实时捕捉并传输温度、压力、流量以及组分浓度等核心参数的变化情况，为整个控制系统提供了坚实而精准的数据基石。智能控制软件作为这一系统的“大脑”，它基于收集到的实时数据，运用

一系列先进的算法模型进行深度分析和快速决策，从而自动且精准地调整吸收塔、再生塔、加热器等核心设备的运行参数。这样的智能化调控，不仅确保了净化效果始终维持在最优水平，还极大地提升了净化效率，缩短了生产周期<sup>[4]</sup>。更为显著的是，智能化控制系统的应用还带来了能耗和物耗的显著降低；此外，这一系统还具备强大的预测性维护功能，能够依据设备运行数据，提前预测并预警潜在的故障点，从而有效减少非计划停机时间，确保生产线的持续高效运行，进一步提升了整体运营效率。

### 3.3 废弃物处理与回收

在天然气净化工艺中废弃物的妥善处理与回收利用是减轻环境压力、推动资源循环的关键步骤。净化流程中主要产生的废弃物有再生后的吸收剂、废水及少量固体废物，针对再生后的吸收剂，我们采用蒸馏、萃取等前沿净化技术，有效剔除其中杂质，恢复其原有的净化效能，进而实现循环再利用。此举在减少原材料消耗的同时，也显著降低了废弃物的排放量。对于废水处理，我们则采取生化处理与膜过滤等多元组合工艺，确保废水能够达到排放标准，甚至满足回用水质要求。经过处理后的部分废水，可直接回流到净化工艺中，用于冷却、冲洗等辅助环节，极大地提升了水资源的利用效率；通过这一系列废弃物处理与回收措施，我们不仅能够最大限度地减轻废弃物对环境的污染，还能助力天然气净化工艺向更加绿色、可持续发展的方向发展，实现经济效益与环境保护的双赢。

### 3.4 建立质量管理体系

为了确保天然气净化过程能够持续、稳定地产出高质量产品，构建一套既全面又严谨的质量管理体系是重中之重。这一体系的构建，首要且核心的任务是制定出一套详尽无遗的操作规程与质量控制标准，这些规程

和标准必须细致入微地明确每一项操作的具体步骤、操作要点，以及必须严格达到的质量指标，从而为操作人员提供一套清晰、准确且可操作的行动指南。紧接着，构建全过程监控机制是质量管理体系不可或缺的一环，这要求我们充分利用高精度的在线监测仪器，对净化过程中的每一个关键参数进行实时监测，一旦发现任何异常或偏差，我们必须立即启动应急响应机制，以最快的速度查明问题根源，并采取切实有效的措施进行纠正，坚决防止任何问题产品流入市场，损害消费者利益。此外，质量管理体系还应包含一套完善的质量反馈与持续改进机制，我们需要定期收集并分析来自客户的宝贵反馈，以及内部质量监测的详实数据。

结语：综上所述，天然气处理厂作为天然气产业链中的关键环节，其净化工艺技术的优化与创新对于提升天然气品质、降低生产成本、减轻环境负担具有重要意义。通过采用环保材料、引入智能化控制系统、加强废弃物处理与回收、建立完善的质量管理体系等措施，我们可以有效推动天然气净化工艺向更加绿色、高效、可持续发展的方向发展。未来，随着科技的不断进步与环保意识的日益增强，天然气净化领域将迎来更多创新与突破，为构建清洁、低碳的能源体系贡献更大力量。

### 参考文献

- [1] 庞净兮. 天然气处理厂中优化天然气净化工艺技术的思考[J]. 化工管理, 2021(21):99-100.
- [2] 杜健, 张帆, 耿琳. 对天然气处理厂天然气净化工艺技术优化的探讨[J]. 中国化工贸易, 2021(18):93-94.
- [3] 吕佳, 孙美露, 韩智伊, 等. 天然气处理厂中优化天然气净化工艺技术探究[J]. 石化技术, 2019, 26(8):193-193, 197.
- [4] 王海宇, 王莹. 高碳硫比天然气净化及酸气处理工艺分析与研究[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2019, 39(3): 226-227.