

# 天然气脱硫脱碳工艺技术进展

陈坚军

杭州青城科技有限公司

**摘要:** 随着社会经济的快速发展, 给我国带来了巨大的能源需求, 但是石油、煤炭等传统能源的广泛应用也带来了大气与环境的污染问题。相比于上述能源, 天然气要更加清洁环保, 对环境要更加优化, 天然气的应用能够有效抑制二氧化硫以及粉尘等给大气和环境带来的污染问题。但是天然气当中也存在一些有害气体, 例如硫化氢、二氧化碳以及其他硫化物等酸性气体, 这对于天然气的生产加工和运输来说是有害的, 因此通过一定的措施来减少天然气中的酸性气体是十分必要的。基于这种情况, 本文对天然气的脱硫脱碳工艺展开了探讨, 分别阐述了当前常用的天然气脱硫脱碳工艺, 以供参考。

**关键词:** 天然气; 脱硫脱碳; 技术进展

## 引言

随着我国能源结构逐渐向绿色低碳转型, 天然气作为一种清洁能源在能源消费结构比例中增速明显。我国主要有新疆产气区、鄂尔多斯产气区、川渝产气区和青海产气区四大产气区。开采收集的天然气中常含有 $H_2S$ 、 $CO_2$ 以及有机酸等酸性组分。天然气中酸性气体的存在会加快金属管道和设备的腐蚀, 影响其使用寿命。在天然气冷冻分离过程中,  $CO_2$ 会形成干冰, 堵塞管道和设备, 甚至造成严重的生产事故。含 $H_2S$ 较多的天然气不但燃烧时会产生异味, 污染环境, 影响身体健康, 加工时也会造成催化剂失效。因此, 脱除天然气中的酸性气体对天然气的发展至关重要。

## 一、化学吸附法

### (一) 醇胺法

醇胺法是当前世界各国的大型油气田中最为常用的脱硫脱碳法, 这种方法已经形成了一套比较完善的操作工艺体系, 这种方法主要是利用了天然气中的硫化物和碳化物成酸性的化学性质, 通过醇胺溶液的碱性化学性质来对酸性气体进行吸附。通常来说, 常温条件下的硫化物和碳化物就能够和醇胺溶液发生反应, 因此只要将发生反应的酸性气体剥离出来, 就可以实现醇胺溶液的多次利用。在当前我国的天然气脱硫脱碳工艺当中, 常用的醇胺溶液主要包括二甘醇胺(DGA)、甲基二乙醇胺(MDEA)、二乙醇胺(DEA)以及二异丙醇胺(DIPA)集中, 这些醇胺溶液都随着社会的不断发展而应用于天然气的脱硫脱碳工艺当中, 而就目前的天然气脱硫脱碳工艺来看, 甲基二乙醇胺的应用范围最广。

### (二) 空间位阻胺法

空间位阻胺其氨基氮原子上连接有一个能够产生空间位阻效应的体积较大碳链基团, 空间位阻效应使胺液与 $CO_2$ 的反应能力进一步降低, 相应提高了胺液对 $H_2S$ 的选择性。中国石油西南油气田公司天然气研究院对自主开发的CT8-16空间位阻胺选择性脱硫配方溶剂进行试验表明: 在相同的条件下, 净化气中的 $H_2S$ 含量比MDEA法降低了30%左右。

## 二、物理脱除法

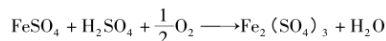
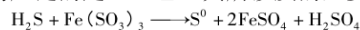
### (一) 物理吸收法

物理吸收法可简述为在低温、高压的条件下使溶剂内的水和酸性组分溶解。吸收酸性气体的溶剂可以在高温以及低压下释放出酸性气体以恢复溶剂的吸收能力, 从而循环以达到脱酸的目的。该方法通常使用的物理溶剂再生所需要的加热量往往很小, 对天然气内酸气负荷高的情况一般较为适用。其依据的基本原理是依据酸性杂质以及烃类在物理溶剂中溶解度的巨大差异来完成天然气的脱硫脱碳过程, 该过程拥有以下基本特征: 传质速率较慢, 达到高的净化度往往较为困难, 溶剂再生的能耗比较低, 物理溶剂能够在共存的条件下同时脱硫脱水脱烃类。

### (二) 生物脱除技术

生物脱除技术是一种在常温常压条件下, 借助于发酵液中的各种微生物去除天然气中硫化物的新技术, 它具有投资少、

能耗低、净化程度高、环境友好、不需要催化剂和氧化剂、能量消耗较少和分离处理效率较高的优点。通常借助于发酵液中的不同微生物, 在各种不同的微氧环境下, 将硫化氢氧化为单质硫和硫酸, 本领域常用的微生物主要是氧化亚铁硫杆菌以及脱氮硫杆菌, 对天然气低含硫脱硫也较为适用。也可以将生物反应和吸附反应相结合进行使用, 从而达到提高脱硫的效果, 该技术在天然气、沼气、造纸、化工、矿业以及炼油等领域已较好地实现了运用, 效果普遍良好。目前已实现工业化且运用较为广泛的是BS工艺, 其所涉及的主要反应如下所示:



### (三) 分子筛法

分子筛是人工合成的无机吸附剂—硅铝酸盐晶体, 其脱硫过程主要是利用分子筛具有很强的亲 $H_2S$ 能力, 但是当进料气中 $H_2S$ 含量较高时, 会造成需对再生气进行处理的问题。因此除特殊场合外, 在天然气脱硫领域中该法应用很少。某等研究表明, 对于小型LNG装置建议采用分子筛脱硫, 脱附顺序为先脱碳再脱硫。

### (四) 膜分离法

膜分离法是以选择性透过膜为分离介质, 在外力推动下对混合物进行分离的一种方法。其基本原理是: 一定压力下原料气中的各个组分因通过半透膜的速率不同而实现分离。膜分离法利用天然气的自身压力作为净化推动力, 在脱除酸性气体的同时还可以脱除天然气中的部分水蒸气。膜分离法具有投资低、操作简单以及无污染等优点。其缺点在于: 处理大量酸性气时不能达到理想的酸性气体脱除率, 且薄膜无法承受较高的压力。

## 三、其他方法

### (一) 直接转化法

直接转化法可以将天然气中的 $H_2S$ 直接氧化为元素硫, 因为其主要反应是液相中的氧化还原反应, 因此也被称为氧化还原法或者湿式氧化法, 主要包括钒法(ADA-NaVO<sub>3</sub>, 栲胶-NaVO<sub>3</sub>等)、铁法(Lo-Cat, Sulferox, EDTA络合铁, FD及铁碱法等)以及PDS等方法。直接转化法几乎对 $CO_2$ 没有脱除能力, 因此可以作为一种选择性脱除 $H_2S$ 的方法。其脱硫效率很高, 一般净化气中的硫含量不大于10ppm。Lo-cat法是目前应用较多的一种直接转化法, 由美国ARI公司开发。Lo-cat法使用铁离子的碱性溶液作为氧化剂将 $H_2S$ 氧化为元素硫, 被还原的亚铁离子经氧气氧化后作为再生吸收剂循环使用。

### (二) 微生物脱硫技术

微生物脱硫技术是利用各种微生物的新陈代谢吸收 $H_2S$ 并将 $H_2S$ 转化成单质硫。常用的细菌为氧化亚铁硫杆菌和脱氮硫杆菌等。此方法绿色环保, 原料成本低, 已在煤炭脱硫、石油脱硫、金属矿物脱硫、烟气脱硫等方面得到了应用, 相信在天然气净化方向发展前景巨大。

## 结束语

天然气净化技术一直是我国应用比较广泛的技术, 在当前我国能源需求日益广泛的环境下, 我国相关人员对其展开了广泛的研究, 并总结出了诸多方法, 需要相关的工作人员根据实际情况展开选择。

## 参考文献

- [1] 李景辉, 叶仲斌, 吴基荣, 等. 醇胺法天然气脱硫脱碳装置效能分析与节能措施探讨[J]. 现代化工, 2018(6).
- [2] 范峥, 刘向迎, 黄凤林, 等. 天然气中酸性组分含量升高的脱硫系统优化研究[J]. 石油与天然气化工, 2014, 43(5): 467-471.
- [3] 童晓光. 大力提高天然气在能源构成中比例的意义和可能性[J]. 天然气工业, 2010, 30(10): 1-6.