

浅析物理分离过程在天然气净化中的应用

李 丹 柳向平 (长庆油田分公司第二采气厂米脂天然气处理厂作业五区, 陕西 榆林 718100)

摘要: 本文简要概述了天然气净化的发展过程, 着重探讨了物理分离中膜分离技术、低温分馏技术以及变压吸附技术在天然气净化中的具体应用, 并期望能够加强物理分离过程的影响, 使天然气的净化工作效率大大提高。

关键词: 物理分离; 天然气净化; 膜分离

天然气是当今社会人民群众不可或缺的生活资源, 自从醇胺法工艺的工业化后, 我国天然气的净化工作已经获得了较大的进展, 大多数天然气的净化方法都是依靠化学反应实现的, 虽然也有物理溶剂的使用, 但受到成本的影响, 应用范围并不广泛, 因此仍然需要在物理分离上进行持续的开发。

1 天然气净化的发展

改革开放后我国的经济逐渐复苏, 科学技术在经济发展的有力支持下获得了飞速的发展, 随着生活条件不断变好, 人民群众对生活的质量也提出了更高的要求, 同时对环境问题有了更多的关注。因此天然气新能源的应用越来越广泛, 但天然气并不能直接开发出来使用, 而是需要经过一系列操作将其提纯净化后才能投入民生和生产。就目前看来, 随着西气东输工程的成效越来越好, 我国在天然气净化方面的工作也获得了新的发展机遇, 对天然气净化的研究越来越多。天然气行业将会积极引进先进的净化技术, 借鉴其工艺技术, 结合自身发展的实际情况, 加快国内天然气工程的建设。同时积极协调市场, 使各项技术和溶剂都能够朝着多样化的发展方向靠拢。目前应用最广泛的天然气物理分离技术主要有三种, 第一种是膜分离技术, 第二种是低温分馏技术, 第三种是变压吸附技术, 以上三种技术在实际应用的过程中各有千秋, 但也有需要改进的地方。

2 物理分离过程在天然气净化中的具体应用

2.1 膜分离技术

利用膜不一样的渗透速率将混合气体中不同的组分分离出来就是膜分离法, 该技术主要的特点是其简单的结构, 由于结构简单, 因此其操作起来比较容易, 并且损耗的能源较少, 在节能方面的表现十分优异^[1]。目前商业上主要用途为脱除 CO₂ 的膜材料一共有三类, 第一类为醋酸纤维素, 第二类为聚酰亚胺。第三类为全氟聚合物。膜分离在进行工艺设计时需要将其渗透性以及选择性都综合考虑起来, 其中, 由于醋酸纤维素膜被工业领域接受较快, 占据天然气市场的八成, 因此该类膜已经成为了行业标准。醋酸纤维素膜最重要的市场有两种, 一种是富含 CO₂ 的天然气, 另一种是占地较小的油气田。而聚酰亚胺拥有较好的热稳定性并且化学稳定性的表现

也十分优异, 能够被轻易地制作成不对称的膜, 被认为可以替代醋酸纤维素。但由于在实际的应用过程中, 醋酸纤维素在分离性能损失上的表现比聚酰亚胺优异, 而聚酰亚胺的价格不仅过于昂贵, 因此其在天然气的市场中较小。全氟聚合物虽然拥有非常强力的抗塑性, 但其选择性较低, 远远不及聚酰亚胺的水平, 同时其制造成本非常高。

2.2 低温分馏技术

为了确保原油的采收率有所提高, 采油时会将 CO₂ 注入油田中, 导致采集到的田油气 CO₂ 含量直线上升, 高达 80%, 并且其酸气的含量具有较大的波动, 利用醇胺法此类化学吸收法难以对其进行处理, 此时低温分馏技术能够将其妥善解决。该技术主要依靠恒定压力分馏二元组成的混合物, 使其成为两类纯组分。此类天然气的分馏处理需要确保在 CH₄ 与 CO₂ 分离的过程中不会生成固体状态的 CO₂, 且 CO₂ 不会与 C₂ 组合为共沸混合物, 当原料气中有 H₂S 时, 还需要采取手段将其与 CO₂ 分离, 在此环节一般会在分馏塔中添加 C₄⁺ 或其他适配的添加剂, 对 H₂S 的挥发度进行把控, 是 CO₂ 与 H₂S 都能够符合指标。适当地对分馏塔进行调整不仅能够获得商品天然气, 还可以获得产品气以及 LPG 等等。当 CO₂ 的回收形式为液体并且需要回收丙烷时, 能够利用 4 塔流程将其加以实现。当其能够接受 CO₂ 中含有一定 CH₄ 时, 可以使用双塔流程, 只设置乙烷回收塔以及添加剂回收塔。双塔流程较为经济使用。低温分馏法的投资随原料气中酸气的含量变化而变化, 如果酸气含量高于 26%, 则其装置的投资相对较低, 并且含量越高, 投资越低。从其操作费用来看, 在处理同等高浓度酸气时, 低温分馏法使用的操作费用与化学吸收法使用的费用大同小异。低温分馏法的费用受到多种因素制约, 除了上述两种之外, 还会被原料气的压力、回注中 CO₂ 具备的压力以及其含有的烃类含量影响。其中影响最大的是原料气压力^[2]。

2.3 变压吸附技术

变压吸附技术是利用吸附剂实施天然气的净化的, 由于吸附剂在不同的分压下对吸附质具备的吸附容量、速度与吸附力有不同的表现, 并且其在特定的压力之下还会选择性地吸附分离后的气体混合物中的组成成分,

对其实施加压操作则能够吸附杂质成分,实施减压操作后能够从杂质成分上脱附下来,此时吸附剂能够再次利用。变压吸附技术拥有的循环周期较短,吸附热一般不会排出床外,而是等到解吸时使用。并且由于吸附热的温度与解吸热的温度在吸附床层时具有较小的温差,因此变压吸附技术相当于等温技术。

变压吸附技术主要的工作流程有三个环节,首先进行吸附,其次进行解吸再生,最后实施生压。作为物理分离技术,相较于其他分离净化技术,该技术具有较多优势。该技术具有较强的适用性,在不同的压力下都能够完成工作,并且损耗的能量较少耗能少,当其存在压力的起源时,能够避免再次进行加压的能耗,提纯工作大多是在常温下实施的,因此不必浪费能量进行加热和冷却。利用变压吸附技术净化的天然气产品具有较高的纯度,并且灵活性非常强。无论提纯何种气体,其纯度都高达99%以上。在具体的操作过程之中,该技术还可以依据不同的公益环境对产品的纯度进行调整。变压吸附技术具有简单的工艺流程和较强的承受力。该技术能够承受各种杂质,无论是硫化物还是烃类都在其承受范围之内,操作的工艺也不用进行复杂繁多的预处理。该技术具有较高的智能化程度,操作十分方便。所有的仪器都可以由智能计算机控制,操作人员仅需要对数据进行核对,并对其实施监控即可,完全能够实现自动化操作,在开始操作与结束时都能够满足简单快速的需求,30min的时间就可以获得提纯的天然气产品。同时该技术还具备强大的调节能力,操作空间弹性比较大。操作过程中只需要对其配置进行适当调整就能够实现负荷变化,并且该调整不会影响产品的质量,能够调节的区域较为广泛。该项技术的投资需求较少,其工作成本较低。相较于投资成本大以及操作成本高的其他物理分离技术而言,较低的成本控制能够帮助其进行更好地维护,同时减轻净化的经济压力,提高其利用率。在该技术中,吸附剂能够使用的周期非常长,在一般情况下能够长达10年。变压吸附技术的配置十分牢靠,其仅有的运动配件是程序控制阀,该配件的故障率非常低,其使用寿命较长,具有非常强的可靠性,并且其具备的智能诊断功能可以帮助工作人员自动切换吸附塔。该技术在应用过程中的环境效益非常高。在其工作时不会造成任何对环境的破坏^[1]。

在天然气之中通常会有甲烷同类存在,其含量大概为2%,此类物质必定会影响天然气产品的质量,变压吸附技术能够将其中蕴含的甲烷同类物进行彻底地脱除。目前为止,我国早已研究开发出了非常多种类的针对天然气的变压吸附净化装置。为了将该技术应用于天然气的净化之中,科学家对其反应机理进行反复的研究,在吸附剂的选择上也反复试验,建立诸多数学模型,进

行了大量的室内试验,终于获得了可观的数据,能够将沼气中的CO₂大量地去除。并且由于变压吸附技术的经济性,利用该技术脱除并回收天然气中的H₂S也是重点研究的问题。在变压吸附的过程之中,针对不同的分离对象需要采用合适的吸附剂,在CH₄-H₂S-CO₂的体系之中最经常使用的吸附剂是5A分子筛。该吸附剂是由美国的联合碳化物企业生产的,其吸附效果较好。虽然变压吸附技术在工业上的应用较为广泛,但针对其建立的数学模型研究却是刚刚兴起。

在天然气净化的过程之中,变压吸附技术需要经历五个阶段。第一阶段,将原料气升压,第二阶段,在高压下进行吸附工作,第三阶段,实施并流减压工作,第四阶段,实施并流排放工作,第五阶段,进行逆流吹扫。在五个阶段的循环过程之中,前一阶段结束时的状态就是其后一个阶段开始的状态。数学模型是在假定气体行为完全满足理想气体的定律的基础上建立,并且其会将沿反应床层上存在的压力降忽略,同时忽略物料沿径向可能存在的分布差异。经过数学模型的推导发现,在其他条件不发生变化的情况下,H₂S在净化气以及浓缩酸气中存在的含量和原料气的吸附速度有关,速度低则H₂S的含量也低。在其他条件不发生变化的情况下,吸附气之中CO₂的含量也会随着吸附速度的降低而降低,但在脱附气之中,其含量却会随着吸附速度的降低增高。在操作条件合适的情况下,原料气中含有的H₂S含量能够从1000mg/L降低到1mg/L,此种情况下,原料气中CH₄将会有较高的回收率,一般高于95%。与此同时,脱附气之中含有的H₂S则只有2%。通常工业生产中利用该方式回收硫。经过大量的实践证明,天然气净化过程中适用的吸附剂5A分子筛具有非常稳定的性能,已经能够完全满足工业生产的需求。

3 结论

综上所述,天然气行业的不断发展,各种类型的天然气都在逐渐出现,化学试剂的净化不能够完全垄断市场,其虽然具备一定优势,但物理分离的过程也在不断地发展并且不断取得较好的研究成果,各项物理分离技术在吸收国外经验,结合当地实际应用中都获得了较好的实践经验。随着科学技术的不断创新,物理分离技术势必能够在天然气净化的市场中取得更大的发展。

参考文献:

- [1] 张翼,邓灿,邹晓鹏.沼气变压吸附脱碳影响因素分析及吸附剂比选[J].中国新技术新产品,2021(08):55-58.
- [2] 胡苏阳,花亦怀,李秋英,等.天然气膜分离脱碳技术评述[J].石化技术,2021,28(05):54-55+57.
- [3] 韩成,袁宸,梁济,等.对纳滤膜分离净化湿法磷酸溶液影响因素的研究[J].肥料与健康,2021,48(01):36-41.