

LLDPE 装置排放尾气

回收节能改造措施及其经济性探讨

宋亚峰（中石化（天津）石油化工有限公司，天津 300000）

摘要：本文旨在探讨 LLDPE（线性低密度聚乙烯）生产过程中尾气排放的节能改造措施及其经济效益。首先，我们分析了 LLDPE 生产中尾气排放的当前状况，指出现有排放处理系统的不足之处，如低乙烯和总烃回收率以及高能耗问题。随后，本文提出了一系列的节能改造措施，包括采用先进的膜分离技术和深冷分离系统，以提高回收率并减少能耗。通过对比分析改造前后的数据，本研究证明了节能改造不仅能显著提升尾气中价值组分的回收率，还能降低整体的能源消耗。经济性分析表明，这些改造措施能够在较短的时间内实现成本回收，并为企业带来长期的经济效益。最后，本文通过案例研究进一步验证了改造措施的有效性，并对未来 LLDPE 装置的环境友好型设计提出了建议。研究结果表明，通过有效的技术改造，不仅可以提高 LLDPE 生产的环境可持续性，还能增强企业的市场竞争力。

关键词：LLDPE 装置；排放尾气回收；节能改造措施；经济性

LLDPE（线性低密度聚乙烯）是一种广泛应用的塑料材料，由于其优异的物理特性和加工性能，在包装、农业、建筑和医疗等众多领域中发挥着重要作用。LLDPE 的生产主要通过乙烯的聚合反应进行，这个过程涉及高温、高压和催化剂的使用。虽然现代生产技术已经相当成熟，但在 LLDPE 的生产过程中仍然存在着能源消耗高和尾气排放问题，特别是在聚合和提纯步骤中。

环境影响方面，LLDPE 生产不仅消耗大量能源，还产生包含未反应乙烯和其他烃类化合物的尾气。这些尾气如果未经处理直接排放，将对大气造成污染，对环境和人类健康产生潜在威胁。因此，控制和减少 LLDPE 生产中的尾气排放，对环境保护和资源节约至关重要。

面对日益严峻的环境问题和日益增长的能源成本，对 LLDPE 生产装置进行节能改造显得尤为迫切。节能改造不仅可以减少能源消耗和环境污染，还可以提高生产效率和产品质量，进一步增强企业的市场竞争力。在全球范围内，对化工生产过程的环境友好化改造已成为一种趋势，LLDPE 生产装置的节能改造正是响应这一趋势的重要举措。

1 LLDPE 装置排放尾气的现状和问题分析

1.1 尾气排放的现状

LLDPE（线性低密度聚乙烯）的生产过程中，尾气排放是一个不容忽视的环境问题。在 Univation 公司

的 UNIPOL 气相流化床冷凝技术生产聚乙烯工艺中，排放气回收系统用来回收产品脱气仓排放气中的共聚单体和异戊烷，提高单体总利用率。然而，由于受压缩能力和冷凝温度的制约，现有的排放气回收工艺在乙烯回收方面效率不高，一般回收率低于 20%。未能回收的烃类会随尾气排入火炬系统，造成原材料的浪费及环境污染。

1.2 排放尾气回收系统的问题和不足

目前 LLDPE 装置的尾气回收系统存在明显的缺陷和局限性。在该系统中，由于压缩能力和冷凝温度的限制，设计仅能回收大部分的 C_4 以上组分，导致乙烯等轻组分回收率极低。这不仅意味着宝贵原材料的浪费，还意味着火炬系统中烃类组分的增加，增加了能源消耗和环境污染风险。因此，本文结合某炼化项目的 LLDPE 装置，通过对原有排放气回收装置的改造升级，包括增加膜分离系统和深冷分离系统，旨在提升乙烯回收率至 81.5%，总烃回收率不低于 89%。

2 节能改造措施

2.1 膜回收系统的应用

2.1.1 膜分离技术的基本原理

膜分离技术，作为一种高效的物理分离方法，主要依赖于特制半透膜的选择性透过性质。这些膜通常由特殊的高分子材料制成，能够根据气体分子的大小、形状或化学亲和性进行分离。在这个过程中，膜的孔径被设计得足够小，使得特定大小的分子如乙烯能够

通过,而更大的分子则被阻挡。同时,某些膜通过化学相互作用优先吸附特定类型的分子,进一步提高分离效率。理想的膜应具有高渗透性和高选择性,这两者的平衡对于确保高效分离至关重要。膜的性能可以通过调整其材料组成或制造工艺来优化,以适应不同的工业应用需求。

2.1.2 膜回收系统在 LLDPE 生产中的应用

在线性低密度聚乙烯(LLDPE)的生产过程中,尾气中含有大量未反应的乙烯和其他轻组分,这些组分的有效回收对于提高生产效率和降低环境影响至关重要。传统的回收方法,如冷凝,虽然能够回收一部分气体,但效率并不理想,且经济成本较高。这种情况下,膜回收系统的引入成为解决这一问题的关键。该系统利用物理分离方法,能够有效地从尾气中回收乙烯,极大提高了原料的利用率,同时减少了能源消耗和环境污染。膜回收技术在 LLDPE 生产中的应用面临着膜材料稳定性、处理能力和分离效率等挑战。为了应对这些挑战,材料科学和工艺技术的持续发展显得尤为重要。随着新材料的研发和工艺技术的优化,膜分离技术的性能得到了显著提升。这些进展不仅提高了膜的选择性和耐用性,还增强了其处理更大气体量的能力,使得膜回收系统在 LLDPE 生产中的应用更加高效和可靠。

2.2 深冷分离系统的应用

2.2.1 深冷分离技术的工作原理

深冷分离技术在气体处理领域中的应用基于其独特的工作原理:通过降低气体混合物的温度至接近或低于某些组分的冷凝点,实现有效的气体分离。这种方法依赖于不同化学物质的冷凝点的差异。在深冷分离过程中,重要的设备是热交换器,它用于将气体混合物的温度降低到所需的低温状态。这个过程需要精确的热力学控制,以确保不同的气体组分根据它们各自的冷凝点在适当的温度下被分离。尽管深冷分离技术在降温过程中需要消耗能量,但通过优化系统设计和操作参数,可以显著提高能量效率,从而减少整体能源消耗。

2.2.2 深冷分离技术在 LLDPE 装置节能改造中的应用

在线性低密度聚乙烯(LLDPE)生产装置的节能改造中,深冷分离技术发挥了重要作用,尤其是在提升重组分(如 C_4 及以上组分)回收率方面表现显著。与传统的冷凝方法相比,深冷分离技术在更低的温度下运行,有效分离重组分,从而大幅降低了能源消耗。这不仅提升了尾气回收效率,也对减轻环境污染产生

了积极影响。深冷分离技术通过优化温度控制和热交换过程,实现了对重组分的有效回收,从而提高了整个生产装置的能效。这种技术的应用不仅降低了原材料的浪费,还有助于减少温室气体排放和其他环境污染物的释放,进一步符合了可持续发展的目标。然而,实施深冷分离系统仍面临一些挑战,包括系统的复杂性、运行成本和安全性等方面的考量。为了克服这些挑战,需要持续进行技术创新和工艺优化,以确保系统的高效和经济运行。

2.3 回收率的提升

2.3.1 综合应用膜回收和深冷分离技术的策略

在提升 LLDPE 装置中乙烯和总烯烃回收率的过程中,结合膜回收系统和深冷分离技术成了一个创新且高效的策略。这种综合方法利用了两种技术的互补优势:膜分离技术以其高选择性和渗透性专门用于轻组分(如乙烯)的回收,有效提高了这些组分的回收效率。而深冷分离技术则专注于重组分(如 C_4 及以上组分),通过精确的温度控制实现这些重组分的有效分离和回收。这种技术协同效应不仅提高了整个尾气回收系统的效率,而且实现了更全面的原材料利用,降低了生产过程中的能源消耗和环境污染。

2.3.2 环境影响与节能效益

采用这种综合技术方案显著提高了尾气回收率,这不仅增强了 LLDPE 装置的经济效益,而且对环境保护产生了积极影响。通过减少原材料的消耗和尾气排放,这一策略大幅降低了温室气体排放和其他环境污染物的释放。此外,这种方法在提高回收率的同时,也实现了节能效益,因为更高效的回收过程减少了对附加能源的需求。这些成果凸显了现代化工产业在追求经济效益的同时,如何有效实现可持续发展目标,提升能源效率并减少环境足迹。

3 改造后的经济性分析

3.1 成本节约计算

评估任何节能改造项目成功与否的关键指标之一是改造后的成本节约。为了准确计算成本节约,首先必须详细考虑改造项目的总成本。这包括膜回收系统和深冷分离系统的初始投资成本、运行成本以及长期的维护成本。这些成本构成了改造项目的总支出基础。接下来,通过比较改造前后的能源消耗和原材料利用情况,可以估算出改造后带来的成本节约。在某炼化项目的 LLDPE 装置改造中,我们已经分析了改造前尾气回收系统的能源消耗和原材料浪费情况。通过引入膜回收系统和深冷分离系统,乙烯和总烯烃的回收

率得到了显著提升,从而减少了未回收原材料的浪费。这种提高效率的措施直接导致了能源和原材料成本的降低。因此,成本节约可以通过计算改造前后能源和原材料成本的差额来估算。

具体来说,这包括改造前后单位产品所需的能源和原材料成本差异,以及由于提高回收率而减少的原材料损耗。这种节约不仅反映在直接成本减少上,也体现在由于减少能源消耗而带来的环境效益和潜在的运营风险降低上。

3.2 生产效率和经济效益的提升

节能改造项目除了实现成本节约外,还显著提升了生产效率和经济效益。特别是在 LLDPE 生产过程中,通过引入膜回收系统和深冷分离技术,乙烯和总烯烃的回收率得到了显著提高。这一改造使得生产过程变得更加高效和可持续,不仅意味着更多的原材料得到了充分利用,减少了原料浪费,还意味着生产线的运行稳定性得到了显著改善。改进的稳定性减少了生产过程中的中断,降低了因停机导致的维护成本和潜在的生产损失。此外,提高的生产效率直接影响了产品的质量 and 一致性。通过减少原材料的浪费和提高原材料的转化率,生产过程中的废品率降低了,这不仅减少了生产成本,还提高了产品质量。优化的生产过程确保了产品质量的一致性,对于提高市场竞争力和客户满意度至关重要。这些改进带来的效益不限于节能改造项目的短期回报。长期来看,提高的生产效率和降低的运营成本为企业带来了显著的竞争优势。同时,这种可持续的生产方式也符合环保趋势,有助于提升企业的社会责任形象,进一步增强其在市场上的吸引力和竞争力。总而言之,节能改造项目不仅促进了资源的有效利用和成本的降低,还为企业的长期可持续发展奠定了坚实的基础。

4 案例研究

4.1 改造前的现状

在某炼化项目的 LLDPE 装置改造前,该装置的尾气回收系统面临着一系列问题。尤其是在 Univation 公司的 UNIPOL 气相流化床冷凝技术生产聚乙烯工艺中,排放气回收系统的主要作用是回收产品脱气仓排放气中的共聚单体和异戊烷,以提高单体总利用率。然而,由于受到压缩能力和冷凝温度的限制,该系统只能回收大部分的 C₄ 以上组分,而乙烯的回收率却非常低,一般在 20% 以下。由于未能回收的烃类与排放尾气一起排入火炬系统,排放火炬的尾气中含有大量的烃类组分,这不仅造成了原料的浪费,还引起了环境污染。

4.2 改造后的效果

进行节能改造后,LLDPE 装置的尾气回收系统得到了显著的提升,尤其在提高乙烯和总烯烃的回收率方面表现突出。根据相关资料,改造后通过引入膜回收系统,乙烯的回收率大幅提高至 81.5%。这一显著提升意味着大量原本未被回收的乙烯得到了充分的利用,显著减少了原材料的浪费,同时也降低了环境污染。此外,深冷分离系统的应用使得 C₄ 及以上组分的回收率提升至不低于 89%。这一改进不仅提高了对重组分的回收效率,也确保了整个尾气回收系统的综合性能得到了全面提升。这些改造措施的实施,不仅在工艺技术层面取得了成功,同时在经济和环保方面也带来了显著的效益。

4.3 实际数据支持

改造后的 LLDPE 装置在经济效益方面取得了显著的成果。根据实际数据,改造项目通过增加膜分离系统和深冷分离系统,显著提高了整个装置的乙烯和总烯烃回收率,从而显著降低了烃类的消耗,减少了成本,并提高了经济效益。具体来看,改造前的 LLDPE 装置在 Univation 公司的 UNIPOL 气相流化床冷凝技术生产聚乙烯工艺中,排放气回收系统的乙烯回收率一般在 20% 以下。由于未能充分回收的烃类与排放尾气一起排入火炬系统,造成了原料的浪费和环境污染。而改造后,乙烯的回收率达到了 81.5%,总烃回收率达到不小于 89%。这一显著的提升在减少原料浪费和提高生产效率方面发挥了重要作用,同时也证明了改造措施的有效性。这些数据表明,通过科学合理的改造,不仅提高了原料的利用率和生产效率,还对环境保护做出了积极贡献。这种改造不仅在短期内实现了成本节约,也为企业带来了长期的经济效益和竞争优势。

综上所述,LLDPE 装置排放尾气回收的节能改造不仅在短期内带来了显著经济效益,还为长期可持续发展奠定了基础。通过持续优化和创新,未来的 LLDPE 生产工艺将更加环保、高效,并具备更强的竞争力。

参考文献:

- [1] 张洋,崔玉,苏国东. LLDPE 装置排放尾气回收节能改造[J]. 山东化工,2017,46(8):2.
- [2] 王会永,王会强. 硫磺回收装置尾气达标排放的影响因素分析及改造措施[J]. 炼油技术与工程,2018,48(2):5.