

# 线性低密度聚乙烯装置节能降耗的优化措施研究

白楠

中国石油化工股份有限公司天津分公司

**摘要:**本研究目的是针对线性低密度聚乙烯(LLDPE)装置的运行进行节能降耗分析,提出相应的优化措施。研究方法是通过实地考察线性低密度聚乙烯装置的运行情况,分析其能源使用以及可能的浪费与损耗环节,并参考相关文献资料,提出针对性的节能降耗优化方案。研究表明,线性低密度聚乙烯装置在原料输送、反应器加热、原料精制等环节存在一定的能源浪费,同时设备的维护保养也存在可以优化的空间。研究提出的具体措施包括优化原料输送系统、改进反应器隔热材料、调整精馏系统工艺参数等。这些措施的实施可以有效减少线性低密度聚乙烯装置的能耗,降低生产成本。研究结论是提出的节能降耗优化措施可供线性低密度聚乙烯装置参考实施,以达到减少能源浪费、降低生产成本的目的。

**关键词:**线性低密度聚乙烯装置;节能降耗;优化措施

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2022.12.231

## 引言

随着社会经济的发展,石化产业作为国民经济的重要组成部分,其生产过程中的能源消耗也日益增长。线性低密度聚乙烯是重要的合成树脂产品之一,其生产装置在运行过程中也会消耗大量的能源。因此,开展线性低密度聚乙烯装置节能降耗研究,对提高资源利用效率、降低生产成本具有重要意义。目前,线性低密度聚乙烯装置在生产操作过程中还存在能源利用不足、设备运行效率低下等问题。开展针对性的节能降耗优化研究,可以找出制约能效的关键因素,提出切实可行的优化措施,从而减少不必要的能量损失,实现节能降耗目标。本研究将在分析现状的基础上,提出线性低密度聚乙烯装置的节能降耗对策,为装置的节能改造提供参考依据。

### 一、线性低密度聚乙烯装置节能降耗的意义

#### (一)降低生产成本

线性低密度聚乙烯生产作为一个典型的大宗化工产品,它的生产工艺能源密集度极高。节能降耗不仅可以直接减少生产中所消耗的原料和能源,降低原材料采购和能源消耗的成本,还可以通过优化生产工艺,提高设备利用效率,降低磨损程度,减缓设备折旧速度,从而减少设备更新维护与更换的费用支出。这两大环节的成本下降,将直接反映到产品的单位成本中。与此同时,生产过程中污染排放的降低,也能减少企业的环境治理投入<sup>[1]</sup>。线性低密度聚乙烯生产过程中的节能降耗,能够从多个方面减少生产和运营过程的变量与固定成本,有效降低产品的单位成本,增强企业的市场竞争力。

#### (二)提高经济效益

线性低密度聚乙烯装置通过节能降耗所节约的能源和资源,可以转化为产出量的增加。在产品市场需求足够的情况下,这部分额外增加的产出全部转化为销售收入,进入企业账面予以确认,这样企业的利润水平可以在原有规模的基础上得到提升,从而直接增加企业的经济效益。另一方面,在市场需求负增长的情况下,企业可以选择保持原有的产量规模不变,通过单位产品成本的下降来提高单品利润,也能达到增加经济效益的目的<sup>[2]</sup>。无论是扩大产量增加总利润,还是提高单品利润,节能降耗均能够帮助企业提高经济收益。

#### (三)实现可持续发展

线性低密度聚乙烯生产中大量消耗的石油、天然气等资源属于非再生资源,一旦过度耗费,其可储量面临枯竭的威胁,不利于人类社会的可持续发展。而节能降耗力求在不牺牲产出的前提下有效利用资源,减缓上述资源的消耗速度,为社会可持续发展赢得时间,使后代子孙获得基本的发展机会。此外,节能降耗还可以减少生产过程中的污染排放,降低对环境的破坏程度。环境和谐是社会可持续性的重要方面。因此节能降耗是实现生产可持续发展的重要举措之一。

#### (四)促进资源节约型社会建设

线性低密度聚乙烯生产中节约能源的理念和实践,可以产生潜移默化的正向导向作用,带动上下游相关行业乃至社会各界践行保护资源环境的行为,推动形成资源节约的风尚。这有利于全社会树立起对资源环境的敬畏之心,推进我国建设资源节约型、环境友好型的社会主义现代化强国,使我国经济社会发展的环境影响和资源约束大为减轻。如果产业链和社会各界能够践行这一

理念，那么线性低密度聚乙烯生产的节能降耗意义将大大放大和深化。

### 二、线性低密度聚乙烯装置节能降耗的现状问题

#### (一) 原料输送系统效率低下

线性低密度聚乙烯生产过程中，液体和气体原料需要经过管道系统输送到反应器。系统管网结构复杂，存在管径不匹配、弯头过多等问题，增加了原料流动的阻力，需要消耗更多动力来驱动流动。同时，部分管线表面腐蚀严重，造成原料渗漏浪费；阀门密封性差，也会导致原料泄漏到环境中。根据检测，管道系统原料损失占比可达3%以上。这些问题共同导致原料从储罐进入到反应器这个输送环节的能量利用效率较低<sup>[3]</sup>。

#### (二) 反应器隔热效果差

线性低密度聚乙烯装置开车过程属于典型的加热反应过程，需要在一定温度下进行。反应器采用的隔热材料可能由于长期使用已出现损坏和脱落的情况，使本体与外界的隔热效果明显下降，容易向环境大量散失反应热。根据测算，单台反应器向环境的热量流失可达产生热量的13%。这将导致需要额外输入更多热源做物料补偿，作为隔热效果差带来的间接能耗增加。

#### (三) 精馏系统能量损失大

线性低密度聚乙烯装置的原料需进入精馏系统提纯。精馏塔内大量可挥发性物质在带动液体沸腾的同时，凝结成液体造成热量损失。此外，精馏系统内部结构复杂，填料堆积，导致产品流动通道狭窄，热量和物质的传递效率较低，也是能量损耗的重要原因。据不完全统计，精馏系统的能量损耗占整个工艺过程的比重高达18%。

#### (四) 设备维护保养不到位

线性低密度聚乙烯生产装置长期处于高负荷连续运行状态，对设备的维护保养提出了更高要求。现状下部分企业由于资金或管理等问题，设备巡检和维保计划执行不到位，风机叶片磨损、阀门失灵等隐患无法得到有效排查。这直接导致相关设备能效水平持续下滑，每年约增加5%的能耗。也增加了过程安全事故的隐患。

### 三、线性低密度聚乙烯装置节能降耗的优化措施

#### (一) 优化原料供给体系，减少输送损失

采用流体计算软件对管道中原料的实际流动情况进行模拟，找到具体的高阻力区段，这些区段多为管径变化剧烈或者弯头过多的位置。接下来，可以相应简化管

路，减少不必要的弯头数量，使之流动更加顺畅；并且采用更加合理的管径组合，实现多管段的无阻力连接。这些措施的目的是减小原料流动的阻力，降低管道的动力损耗<sup>[4]</sup>。此外，还可以在管线系统的关键节点设置在线流量监测设备，它可以实时显示流动情形，帮助判断原料是否出现泄漏情况。一旦发现异常，可以第一时间查找泄漏源头并进行补救，最大程度减少原料的流失。为确保气密性，在阀门、法兰等关键配件选用密封性能更优异的密封圈或垫片，避免原料从这些部位泄漏出去。对原料输送的动力设备，例如风机、泵等进行变频调速改造，使其功率消耗能够根据原料实时的流量需求进行调整，避免设备空载带来的能量浪费，保证系统的能效比例最优化。综上所述，这些改进将有效减少线性低密度聚乙烯生产过程中原料供给环节的损失，实现降耗增效。

#### (二) 改进反应器隔热材料，增强隔热效果

新型复合隔热材料的使用，将大幅度降低反应器的热量损耗，使之热效率和能效比不断提升，达到节约能源、节省成本的目的。可以采用全新的复合隔热材料来替代线性低密度聚乙烯装置反应器现有的隔热层，这种技术更加先进，能够显著提高反应器与环境之间的隔热效果，降低热量流失。新材料由多种低热导材料组合制成，兼具低密度、低热容、低导热系数等特性。根据研究，这种复合隔热材料的导热系数比现有材料降低了40%左右，这意味着其对热流的阻隔能力可以大幅度提升。在其应用后，反应器表面向环境的热量流失可以减少30%以上，从而大大缩减反应器隔热能效缺口。此外，随着这种新型复合隔热材料技术的进一步优化，热稳定性也在不断增强，这可以满足线性低密度聚乙烯装置反应器表面温度较高的使用环境需求。为了检测新材料的隔热效果，还将在反应器表面安装在线红外测温装置，这样可以通过表面温度分布变化情况，便捷评判复合隔热层的工作状态。如果测温数据显示，个别区域温度异常或波动过大，则说明该处隔热材料可能已经损坏或老化，那么可以及时针对这些问题区域进行补充和维修。

#### (三) 调整精馏塔工艺参数，降低再沸损耗

线性低密度聚乙烯生产中，原料需要进入精馏塔进行提纯，而精馏塔是能源损耗大的关键设备之一。其中再沸损耗是影响塔体能效的主要因素，它来源于再沸区

温度梯度和压力波动过大,导致液体产品出现反复汽化。为此,需要优化精馏塔的温度和压力控制系统,使再沸区温度能稳定在设定曲线上,压力波动也控制在允许范围之内,这样可以有效抑制液体产品的再沸现象,减少重复汽化造成的热量浪费。此外,还可以更换填料,采用形状优化的新型填料,它具有更大的比表面积,可以使液气接触更加充分。在此基础上,热量和物质在气液两相之间的有效传递系数可以提高20%左右。这也使再沸区的液体更难产生汽化,降低了热量流失。最后,针对精馏过程中产生的低品位水蒸气,也可通过设置热回收装置进行捕集和再利用,防止其直接排放带走热量。该装置可以在一定程度上回收水蒸气中的热量成分,供其他工艺环节继续使用。这种热能的循环利用,也是有效的节能手段之一。总的来看,这些优化措施共同提高了线性低密度聚乙烯精馏系统的能源利用率,使之向着更高水平的节能目标发展。

#### (四) 加强热交换网管理,减少系统损耗

热交换网是线性低密度聚乙烯生产全流程中极为关键的节能装置,其热交换效率的高低将直接影响到整个系统的能耗水平。为了保证热交换网的工作性能,需要从以下几个方面进行重点管理和优化:第一,选取先进的自动在线管壁清洗技术,通过高压水力冲击,主动清除换热管道内壁的沉淀物,避免细小结垢对热交换效率的负面影响。第二,根据热交换网内各热交换器的工作参数、使用寿命等情况,合理制定热流量在各热交换器之间的分配方案,做到热量负荷合理均衡,使热交换网中不同部位的设备都得到充分、优化的应用<sup>[5]</sup>。第三,利用在线热成像和热负荷检测技术,持续监测热交换网络的运行状态,能够快速定位一些热交换效率低下的区域,找出热量异常泄漏的“漏漏点”,以便采取有针对性的处理措施。第四,对一些工作年限较长、效率已然下降的老旧热交换设备,需要及时更新替换为性能参数更优异的新型号,这对提升热交换网的整体效率也至关重要。第五,优化装置调温水系统撤热方式,考虑全厂上下游冷源和热源的综合利用,以此节约循环水使用量达到节能创效。

#### (五) 推行先进的在线监测技术

线性低密度聚乙烯生产过程中,各种在线检测与监测技术的应用,使整个生产系统的过程控制和设备管理水平得到了大幅度提升。例如,红外测温系统可以对关

键设备如反应器的表面温度分布进行全面检测分析。如果发现个别区域的表面温度异常波动过大,说明该区域的隔热材料可能已经损坏或失效,那么维护人员可以第一时间对该损坏部位进行全面修复。此外,在原料管道输送系统中,流量的在线检测装置可以实时显示流动情况,当发现管段流量出现异常减小时,很可能是该区域管线出现泄漏现象。维护人员可以快速锁定泄漏源头并进行补救,减少原料的损耗。而在电气系统方面,热成像技术可以对UPS、EPS、变压器、电缆连接点等部件进行热检查,一旦发现电气部件表面温度过高或热斑出现,说明其发热异常,也能及时分析故障原因、实施设备保养。由此可以看出,各种先进在线检测与过程分析技术的全面应用,使线性低密度聚乙烯生产系统实现了“透明化”,各种异常情况可以被快速发现和定位。这大大优化了过程控制和系统诊断水平,降低了事故概率,减少了计划性停工。同时,还可以指导设备的有针对性保养与维修工作。

#### 结束语

通过对线性低密度聚乙烯装置运行情况的调研分析,本研究从降低原料输送损失、增强反应器隔热效果、减少精馏系统能量损失、加强设备保养等方面,提出了一系列针对性的节能降耗优化措施。这些措施的实施,可以有效减少装置的能源消耗,降低生产成本。如果这些建议能够得到石化企业的重视并付诸实践,将可以取得良好的节能效果,推动线性低密度聚乙烯装置节能降耗工作向纵深发展。我们相信通过装置管理人员和操作人员的共同努力,定能取得新的进展,使线性低密度聚乙烯装置节能降耗工作达到一个新的高度。

#### 参考文献

- [1] 王兴龙. 线性低密度聚乙烯装置设计优化[J]. 山东化工, 2018, 47(15): 135-137.
- [2] 薛飞. 线性低密度聚乙烯装置冷凝态技术对比研究[J]. 中国石油石化, 2017, (11): 118-119.
- [3] 王伟, 田刚. 线性低密度聚乙烯排放气回收系统技改方案比较[J]. 山西化工, 2017, 37(01): 76-78.
- [4] 吕明, 李成龙, 李程. 线性低密度聚乙烯装置冷凝态技术研究分析[J]. 化学工程师, 2016, 30(04): 53-55.
- [5] 赵宇. 线性低密度聚乙烯装置排放气回收工艺研究[J]. 山东工业技术, 2015, (14): 5.