

LNG 冷能在轻烃深冷分离过程中的综合利用及经济性研究

郭怀勇 刘春燕 (陕西未来能源化工有限公司, 陕西 榆林 719000)

摘要: LNG 冷能指在液化天然气过程中释放出的冷量, 这部分冷能可应用于制冷、分离、工业冷却等领域, 具有广泛的应用前景。目前, 轻烃深冷分离过程中冷剂的选择、冷剂冷却效率和低温分离过程中轻烃产品品质控制等方面仍存在一些问题。为此, 文章深入研究了 LNG 冷能在轻烃深冷分离过程中的综合利用方法, 包括 LNG 冷剂的选择、冷剂冷却效率的优化、低温分离过程中轻烃产品的品质控制等方面。本文将研究 LNG 冷能在轻烃深冷分离过程中的综合利用及经济性, 旨在为天然气行业提供一种有效地利用 LNG 冷能的解决方案。

关键词: LNG 冷能; 轻烃; 深冷分离; 经济效益

轻烃是指在常温下呈气态的烃类混合物, 包括甲烷、乙烷、丙烷、丁烷和 C5+ 烃类等, 轻烃中最重要的组分是丙烷和丁烷, 它们占轻烃总质量的 90% 以上。在深冷分离过程中, 由于受到温度、压力等因素的限制, 导致轻烃中部分组分难以实现分离。因此, LNG 冷能在轻烃深冷分离过程中的综合利用研究具有重要意义, 有利于提高能源利用效率, 保护生态环境。为了提高深冷分离过程的效率和经济性, 需要综合考虑以下几个方面: ①成本问题。深冷分离技术涉及到许多设备和材料, 成本较高。因此, 需要寻找一种成本较低、效率更高的深冷分离技术; ②回收和利用 LNG 冷能的成本问题。回收和利用 LNG 冷能需要付出一定的成本, 包括设备制造、能源费用等; ③能源消耗问题。由于深冷分离技术需要消耗大量的能源, 因此需要寻找一种更加节能和环保的技术。

1 轻烃回收工艺的设计

LNG 冷能轻烃回收工艺利用 LNG 低温气体的能量和轻烃的化学性质, 将轻烃进行回收和利用, 主要环节包括液化、制冷、轻烃回收和处理等。液化是将 LNG 进行液化处理, 将其变成液态的天然气。液化过程需要使用高压蒸汽、空气或氮气等惰性气体进行加热和冷却, 以降低 LNG 的沸点。在这个过程中, LNG 中的轻烃成分被压缩并释放出冷量, 从而实现了 LNG 的低温利用。制冷是将液化后的天然气冷却到 -183°C 左右, 以降低其热值和粘度。在这个过程中, 天然气中的轻烃成分被制冷并液化成液态天然气。轻烃回收是将回收到的轻烃成分进行分离和处理, 以获得高附加值的产品。在这个过程中, LNG 中的轻烃成分被分离成多种不同质量等级的产品, 包括液烃、甲烷、乙烷、丙烷等, 可以用于化工生产等领域。该工艺在提高能源利用率、降低能源成本等方面具有重要意义。

2 轻烃回收工艺的优化

2.1 进料位置优化

传统轻烃回收工艺往往从压缩机中吸入天然气, 然后将其冷却到所需温度并压缩成气体, 通过膨胀机膨胀至所需压力, 这种方法通常需要较高的能耗和较长的设备运行时间。轻烃回收工艺中的进料位置优化是一项重要的工艺优化措施, 需要根据实际情况选择适合的方法和技术。通过综合考虑多个因素和条件, 进行轻烃回收工艺的优化和升级, 可以提高回收效率和降低能耗。以下是几种常见的轻烃回收进料位置优化方法。

一是压缩机进料位置优化。压缩机进料位置优化可以通过改变压缩机出口温度和压力来实现。这种方法通常适用于小型压缩机, 可以在较低的温度和压力下运行, 从而减少能耗。

二是液化石油气进料位置优化。液化石油气是一种较轻的碳氢化合物, 可以从天然气中提取。液化石油气进料位置优化指的是将液化石油气通过压缩机吸入并冷却至所需温度。这种方法可以减少能耗和设备运行时间, 但需要较高的设备成本。

三是低温液体进料位置优化。可以将低温液体通过压缩机吸入并冷却至所需温度, 从而减少能耗和设备运行时间。需要注意的是, 上述优化方法只是轻烃回收工艺中的常用方法。在实际应用中, 需要根据实际情况选择适合的优化方法。例如, 对于大型压缩机、低温液体进料位置等方面的优化需要考虑更多因素和条件。同时, 需要结合实际情况进行实验和评估, 以确定最优方案并进行优化改进。

2.2 总理论板数优化

轻烃回收工艺是一种有效的节能减排技术, 其主要目的是回收和利用原油、天然气等石油产品中的轻

烃,以减少化石燃料的使用,降低环境污染。因此,优化轻烃回收工艺以减少能耗和污染具有重要意义。在优化轻烃回收工艺时,总理论板数是一个重要的参数。理论板数指的是每一个分离设备所需的板数,理论板数过多或过少都会影响回收工艺的效率和经济性。在优化理论板数时,需要考虑以下几个因素。一是分离设备的类型和数量。不同的分离设备具有不同的尺寸、形状和效率。因此,需要根据实际情况选择合适的分离设备进行优化。二是分离过程的复杂性。不同种类、不同温度和压力下的轻烃具有不同特性,需要根据实际情况选择合适的分离过程。三是热负荷。在回收过程中,需要考虑热负荷对分离过程产生的影响。热负荷越高,则需要越多的设备和板数进行回收。四是投资成本。在进行优化时,需要考虑投资成本和运行成本,这将影响到最终回收成本和投资回报率。操作难度越大,则需要越多的设备和板数进行回收^[1]。优化轻烃回收工艺需要综合考虑各种因素,选择合适的分离设备和理论板数进行优化。只有在考虑实际情况和投资成本的基础上进行优化,才能提高轻烃回收工艺的效率和经济性。

2.3 分离序列的经济分析

随着全球能源需求的不断增加,天然气等清洁能源的开发和利用已成为全球能源领域的热点。其中,LNG作为一种高效、清洁的能源,在天然气行业中得到了广泛的应用。然而,LNG的冷能利用对于轻烃深冷分离过程的综合利用具有重要意义。因此,本文将针对LNG冷能在轻烃深冷分离过程中综合利用的研究分离序列进行经济分析。

根据目前国内外的研究和应用情况,LNG冷能可以用于天然气、石油等轻烃产品的分离过程中^[2]。例如,在LNG冷能的驱动下,可以将天然气中的轻烃进行深冷分离,得到高纯度的天然气产品。此外,在低温下液化天然气可以降低其热值,从而提高其燃烧效率。其次,我们将对轻烃深冷分离过程中综合利用LNG冷能进行经济分析。根据目前国内外的研究和应用情况,轻烃深冷分离过程中综合利用LNG冷能不仅可以降低能耗和成本,还可以提高产品质量和可靠性。例如,在轻烃深加工过程中,使用LNG冷能可以提高产品质量和稳定性。通过综合利用LNG冷能和轻烃深冷分离过程中综合利用LNG冷能进行经济分析,可以降低能耗和成本、提高产品质量和可靠性、提高经济效益。这对于实现低碳经济、促进清洁能源开发和利用具有重要意义^[3]。

分离顺序一为顺序型低温分离流程,是将各个设备的原料混合物用LNG冷却到 -148°C ,降至大气压,然后再进入气-液分离器。在气-液分离器内,绝大部分轻烃组分凝缩为液态,富含氢(氢含量 $>91\%$)的含氢气(含氢量 $>91\%$)从气-液分离器的塔顶流出,进入制氢装置。在TDM过程中,气体甲烷和少量氢从TDM塔顶部的冷凝器排出,然后再返回到塔中。脱气后的C+2流体从TDM柱底部流出,进入脱乙烷塔(TDE)。

在TDE工艺中,液体乙烷从TDE塔顶部排出,进入乙烷罐,脱除后的C+3流体从TDE塔底部流出,进入脱丙烷塔。在TDP装置中,液体丙烷从TDP塔顶部排出,进入丙烷罐,而C+4气体则从TDP塔底部流出,进入脱丁烷塔I(TDB-I)。异丁烷从TDB-I塔顶部流出,进入异丁烷储存罐,然后从TDB-I塔底部流出,进入第二级脱丁烷塔(TDB-II)。

在TDB-II工艺中,正丁烷从TDB-II的塔顶排出,而重组分液相自TDB-II柱的底部排出,进入轻烃箱。分离顺序2,也就是预脱乙烯低温分离流程。与分步分离流程不同,预脱乙烷流程采用预脱丙烷-乙烷分离流程,即通过预加热装置E-101进入脱丙塔,在此过程中,气相丙烷、乙烷和甲烷从TDP塔底部排出进入TDE,而丙烷脱除丙烷后的液相自TDP塔底流出进入TDE。

在TDE工艺中,气体甲烷和乙烷从TDE上部分分离器流出,进入TDM,然后再返回塔。液态丙烷从TDP塔底部排出,送入丙烷罐。在TDM过程中,气相甲烷和少量氢从TDM塔顶分离器排出,然后在分离器中返回塔顶。液态乙烷是从TDM柱底部排出,进入乙烷罐的。分离顺序四是预脱丙烷和甲烷低温分离的流程,其特点是:轻组分C1~C3通过脱丙烷塔,在其底部生成丙烷,在其顶部生成甲烷和乙烷,再由换热器(E-102)冷却后,再送入TDM塔低温分离,最终获得甲烷和乙烷产物。

由此,将各主要成分按不同的轻、重成分的分离次序进行合并,可获得4个分离序列。在分离顺序1中,一号柱采用轻、重两个关键组分甲烷、乙烷,然后依次进行正序分离;针对分离序列二,一号塔以乙烯、丙烷为轻、重两个关键组分,塔顶产出液(甲烷、乙烷)与底部产出液(丙烷、异丁烷、正丁烷等)按相对挥发性逐级递增的顺序进行分离,获得高通量、高通量、高通量、高通量的分离工艺。在分选顺序开启

时,分离器中的液相返回塔中。甲烷乙烷被除去后,液相从TDE柱底部排出,进入TDP。在TDM过程中,气相甲烷和少量氢从TDM塔顶分离器排出,然后在分离器中返回塔顶。液态乙烷是从TDM柱底部排出,进入乙烷罐。

3 轻烃回收工艺换热网络设计

3.1 换热网络设计

轻烃回收工艺是一种将生产过程中的气体和液体分离的工艺,其中所涉及的换热网络设计是非常重要的。换热网络设计不当,会导致生产成本增加,能源浪费,以及环境污染等问题。因此,轻烃回收工艺中换热网络设计的好坏直接关系到整个生产过程的效率和可持续性。换热网络设计应该考虑到以下几个方面:生产效率:换热网络设计需要考虑到生产效率的提高,即通过换热设备的优化、降低生产成本等方式来提高生产效率。能源利用率:换热网络设计需要考虑到能源利用率的提高,即通过采用高效、节能的换热设备和工艺来减少能源消耗。环境影响:换热网络设计还需要考虑到环境影响问题,即通过采用环保、节能的换热设备和工艺来减少对环境的影^[4]。经济效益:换热网络设计还需要考虑到经济效益问题,即通过采用高效、节能的换热设备和工艺来提高生产效率和降低生产成本。

在设计换热网络时,应该根据实际情况进行具体分析。例如,如果生产过程中有大量气体需要回收,可以采用多个换热设备进行换热;如果生产过程中只有少量液体需要回收,可以采用小型换热设备进行回收。此外,还应该考虑到实际情况中存在的各种限制因素,例如设备容量、工艺要求等。在进行换热网络设计时,需要综合考虑各种因素,以确保整个系统能够高效、节能地运行。例如,通过优化换热流道设计、采用高效的换热设备和工艺等方式来提高效率;通过合理配置设备和工艺等方式来降低能源消耗和环境污染。轻烃回收工艺换热网络设计是一个复杂的过程,需要综合考虑各种因素。只有通过科学合理的设计和优化,才能够实现整个系统的高效、节能、环保和可持续发展。

3.2 LNG用冷分析

LNG(LNG Fuel Natural Gas)是一种天然气的液化形式,通常用于储存和运输天然气。作为一种高效的能源,LNG在工业应用中具有广泛的应用。其中,冷分析是一种重要的操作方法,可以将LNG从低温状

态转换为较高温度状态,从而提高其利用率和效率。冷分析通常包括以下步骤:首先,将LNG进行预冷处理,使其温度降低到接近于0℃。这可以通过采用降温压缩机、冷却器和空调设备来实现。其次,将LNG分解为气体和液体两部分。在分解过程中,气体部分可以通过压缩机、冷却器和空调设备进行冷却处理,从而释放出其分子能量。最后,将液体部分重新液化并生成天然气。冷分析的优点在于可以提高LNG的利用率和效率,降低能源成本。同时,冷分析也具有较低的能耗和污染排放等优点。然而,在使用冷分析时,需要注意一些问题。首先,由于LNG中含有大量的气体分子,因此需要采用足够的降温设备和冷却方法来降低这些气体分子的温度。其次,为了避免对环境造成不良影响,需要采取相应的保护措施,如采用隔热材料、优化空调设计等。

4 结语

综上所述,通过综合利用LNG冷能和轻烃深冷分离技术,可以有效地提高深冷分离过程的效率和经济性。在实际应用中,需要综合考虑成本、回收和利用等因素,选择合适的技术路线和工艺设备。同时,也需要加强对LNG冷能资源的研究和开发,不断优化深冷分离技术和设备设计,以满足不断增长的市场需求。通过优化操作参数和设备结构,不仅实现了LNG冷能在轻烃深冷分离过程中的综合利用,还为能源的可持续发展做出了贡献,为LNG冷能在海洋监测、环境治理等其他领域的应用提供了借鉴和参考。LNG冷能在轻烃深冷分离过程中的综合利用研究具有重要意义,将其转化为有用的能量形式有助于提高能源的利用率和环境保护,推动实现经济社会的可持续发展。

参考文献:

- [1]何友祥.LNG轻烃回收流程模拟及参数优化[J].上海煤气,2023(05):1-3,13.
- [2]李莉.LNG轻烃回收与冷能利用工艺优化[D].西安:西安石油大学,2023.
- [3]李莉.LNG轻烃分离工艺流程设计与分析[J].中外能源,2023,28(01):70-75.
- [4]张骏驰,严建林,司群猛.LNG冷能在轻烃深冷分离过程综合利用探讨[J].炼油技术与工程,2022,52(09):22-27.

作者简介:

郭怀勇(1989-),男,汉族,陕西榆林人,本科,中级工程师,研究方向:煤化工生产技术研究。