

天然气液化场站的生产过程操作优化策略

王志锋 朵曼丽 (山西华新城市燃气集团有限公司, 山西 太原 030000)

摘要: 本文针对天然气液化场站的生产过程操作优化策略进行研究, 文章阐述了天然气液化场站生产流程比较常用的优化手段, 并且说明天然气液化场站生产流程的优化目标, 在此基础上介绍天然气液化场站生产操作流程, 进而提出天然气液化场站的生产过程操作优化策略, 通过研究为天然气液化场站优化生产操作流程、提升生产效率提供参考。

关键词: 天然气液化场站; 生产过程; 操作优化

1 天然气液化场站生产过程比较常用的优化手段

1.1 稳态优化与动态优化手段

天然气液化场站在生产过程中流量、液位、压力、温度等参数都会发生变化, 为了充分保证生产效率和生产质量, 天然气液化场站需要根据自身需求以及各方面因素调整生产参数^[1]。所谓的动态优化是对参数和生产模型进行优化, 使整个生产流程和控制效果达到最优。

通常情况下天然气液化场站是采用控制模型关键参数的方式构建最优动态模型, 从而达到优化整个生产过程的目的。所谓的稳态优化是指天然气液化场站通过排除干扰因素稳定生产流程, 并且实现优化生产工作的目标。一般来说采用这种方式会使生产目标相对稳定, 使其不会随着条件的变化而轻易改变, 因此在生产过程中这种状态也被称为稳态过程, 但是需要注意的是稳态过程是一种理想的状态, 现实生产中需要通过调整各种生产参数、优化数据模型等方式使天然气液化工作接近稳定状态。

1.2 在线优化方式

在线优化和 PID 控制求解法是天然气液化场站比较常用的方式, 而在线优化技术与 PID 控制求解法最大的区别在于在线优化可以针对多个变量和约束条件进行优化, 使天然气液化场站可以借助在线优化克服生产过程中存在的干扰因素^[2]。目前天然气液化场站主要利用在线优化技术保持数据模型的稳定性, 在优化工艺系统和稳定数据模型的基础上确保整个系统平稳运行, 并且将离线优化方式加入到生产过程中, 通过离线优化与在线优化相结合的方式提升生产流程的优化效果。

1.3 交互式进化计算方法

这种方式是利用信息技术手段对用户交互接口和整个生产操作系统进行创新, 将新一代个体加入到整

个系统中, 通过优化计算方法和评价手段等方式保证适应值函数能够满足个体需求。

2 天然气液化场站生产流程的优化目标

天然气液化场站生产流程优化工作需要经过很多环节, 首先天然气液化场站需要对天然气开展脱碳处理工作, 然后开展脱水处理, 利用混合冷剂对天然气进行液化, 并且将其存储到装车单元中。在这个过程中, 天然气液化场站需要对生产过程中产生的 BOG 进行回收。从整个生产流程来看, 能够达到优化最佳效果的是液化和 BOG 回收环节, 为此天然气液化场站倾向于对这两个环节进行优化^[3]。

在液化环节, 天然气液化场站一般是采用 PRICO 闭式制冷循环流程开展工作, 之所以采用这种方式主要是因为其具有较强的安全性, 而且操作流程比较简单, 可以有效保证液化的效率和质量。为此, 天然气液化场站在优化这一环节时需要保证液化工作正常开展。在这个环节中, 优化目标应当设定为换热以及冷剂使用效益最大化, 使天然气液化场站可以通过降低冷剂消耗量、提升换热效率等方式保证液化工作效率最大化。

BOG 回收环节的优化目标是最大限度提升回收效率, 为此天然气液化场站可以采用以下方式开展优化工作: 一是利用液化处理的方式开展 BOG 回收优化工作, 通过提升对热流体出口处温度以及降低对冷流体出口处温度的方式达到节能目的; 二是通过相应手段将 BOG 回收储到储罐内, 但是需要注意采用这种方式会使储罐内部温度增加, 需要通过加热处理 BOG, 使其恢复常温状态, 然后利用加压处理将其转换为燃料, 为其他行业和领域提供能源。

3 天然气液化场站生产操作流程

通常情况下天然气液化场站主要生产流程是开展进站调压计量工作, 然后开展天然气脱碳工作和脱水

工作,在此基础上对天然气进行制冷液化,然后将液化天然气输入到存储单元和装车单元中,并且完成液化天然气挥发气体回收工作。具体来说,天然气液化场站是利用脱碳单元脱离天然气中含有的二氧化碳和硫化氢,然后对天然气开展脱水工作。经过第一道工序之后,天然气会进入到制冷单元,由天然气液化场站采用混合冷剂进行液化。在这个过程中,天然气液化场站会利用冷气循环单元对天然气添加混合冷剂,然后利用冷剂压缩机对天然气进行液化,液化之后的天然气将会输入到储罐存储,然后利用低温泵装车。

在天然气脱碳单元,天然气液化场站将会采用 MDEA 配比溶液与天然气进行反应,通过天然气逆向流动将天然气中包含的二氧化碳含量降低到 50ppm 以下、硫化氢的含量降到 5ppm 以下,而吸收了二氧化碳和硫化氢的 MDEA 溶液将会通过三级过滤进行处理。在这个过程中,MDEA 溶液需要过去固体颗粒、液体杂质以及重烃等工作,然后与热煤油进行反应,释放出饱和二氧化碳、甲烷以及部分水蒸气。经过反应之后的 MDEA 溶液会进入到脱碳单元继续使用。

天然气脱水单元主要是利用分子筛过滤器脱除天然气中包含的水分和汞,通过这项工作将天然气中水分的含量降低到 1ppm 以下,汞含量降低到 $0.01 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下^[4]。天然气液化场站开展分子筛过滤工作需要较长时间,在要求的工作时间内需要保证一台机器处于吸收状态,另一台机器处于再生状态,经过 12h 的工作完成脱水目标。如今这项工作已经实现全自动,天然气液化场站可以根据自身情况动态调整工作时间,在保证脱水质量的前提下提升工作效率。在这个过程中,天然气液化场站可以利用 BOG 压缩机将 BOG 气体进行加热,然后通过分子筛床开展再生工作,经过再生工作之后的天然气将会被送到燃气透平机中完成脱水流程。经过脱水的天然气会进入到机械分离器中,确保天然气可以去除固体颗粒。完成固体颗粒去除工作之后,天然气将会进入到液化单元,由天然气液化场站借助制冷工艺对其进行液化。这个过程中,天然气将会进入到换热器中,经过 PRICO 工艺与混合冷剂进行换热,最终生成低于零下 162℃ 的液体。之后天然气液化场站会将液化之后的天然气通过提升泵输入到存储单元中,然后利用外输泵装车。

整个冷气循环系统主要是利用 PRICO 工艺和混合冷剂形成,经过压缩换热和冷凝工艺处理吸收天然气中饱含的热量,从而保证天然气液化工作顺利完成。

通常情况下,天然气液化场站采用的混合冷剂是由氮气、甲烷、乙烷、丙烷和异戊烷按照一定的比例组成,天然气液化场站将合理配比后的混合冷剂输入到冷剂压缩机中进行压缩,然后将压缩之后的冷剂输入到冷箱中,利用混合冷剂完成膨胀换热工作。

在 BOG 回收环节,天然气液化场站需要将装车单元挥发的 BOG 回收利用,通过 BOG 压缩机与高温烟道气开展换热工作,然后利用分子筛再生工作使 BOG 重新成为燃料。整个操作原理是利用热媒油系统将燃气透平机燃烧后产生的高温烟道气进行加热,然后利用 MDEA 溶液开展换热工作,将反应之后的高温烟道气排出,保证天然气液化工作可以最大限度降低污染指数。

4 天然气液化场站的生产过程操作优化策略

4.1 液化单元的优化操作

液化单元是整个天然气液化工作的关键,而保证液化质量的重点是冷气循环系统的使用^[5]。天然气液化场站利用 PRICO 工艺开展制冷循环工作,借助混合冷剂对天然气进行压缩冷凝,通过将氮气、甲烷、乙烷、丙烷和异戊烷合理配比之后生成混合冷剂,然后对混合冷剂进行压缩,利用混合冷剂与天然气生成反应,借此达到膨胀换热以及天然气液化的目的。天然气液化场站需要在保证液化质量和安全性的前提下通过提升换热效率、降低混合冷剂使用量的方式达到液化单元优化目标。在整个优化工作中要实现混合冷剂和天然气换热效率最大化以及混合冷剂自身循环利用的目的。为此,天然气液化场站通过降低混合冷剂使用量,并且保证液化效果的方式降低液化厂家生产成本,从而有效提升其经济效益,这在整个天然气液化工作中是一项比较明显的进步,可以解决很多实际问题。

从上述内容来看,液化单元的优化目标应当是进一步提升液化效率并且减少混合冷剂的使用量。从整个液化流程来看,液化场站需要利用混合冷剂与天然气实施热交换,然后将天然气的温度降低,使其实现液化。在这个过程中能够优化的操作变量是冷却出口的温度、冷箱天然气出口温度、混合冷剂使用量、重烃分离罐液位等数据。冷却出口温度优化工作会影响到热交换的效果,并且对冷箱天然气出口温度以及重烃分离罐液位产生一定的影响,而冷箱天然气出口温度需要采用串级控制的方式控制混合冷剂流量对出口温度产生的影响,并且以最小的混合冷剂量实现热交

换目标。重烃分离罐液位控制与冷箱冷剂入口换热器的热交换工作有一定联系,因此可以从优化重烃分离罐液位控制的角度入手提升热交换效率。

4.2 BOG 单元的优化方案

天然气液压场站处理排放气体时需要将 BOG 输入到压缩机中增压,并且将其输入到冷箱入口进行液化,从而保证 BOG 得以回收利用。在这个过程中,天然气液压场站需要将装车单元产生的 BOG 输入到压缩机中增压并且利用冷却实现液化目标,避免产生污染。为此,天然气液化场站需要保证整个 BOG 循环利用工作的有效性,通过控制压缩机正常气体入口温度冷流体出口温度以及降低冷流体出口温度的方式缓解冷箱液化需要承受的负荷程度,并且实现优化目标。BOG 优化目标应当设置为降低冷流体出口温度以及提高热流体出口温度等。由此可见,BOG 单元优化工作中能够操作的变量是换热器热流体流量以及冷箱入口温度。

4.3 优化天然气储运流程

天然气液压场站优化自身生产操作流程的过程中需要重视天然气储运环节的安全性,尤其是做好 LNG 储罐的设计和进液准备工作并且加强对储运环节的控制程度,全方位保障储运安全。目前国内天然气液压场站比较常用的储存方式是低温常压条件下单容罐或全容罐存储。

在这种模式下,天然气液压场站使用的单容罐和全容罐采用双层罐设计,由内罐和外罐组成,并且在两层罐装材质之间填充保冷材料,借此保证存储温度符合要求。单容罐和全容罐最大的区别是单容罐的外罐是由普通碳钢制成的,存储安全性有限,而全容罐的外罐是由钢或混凝土外壁制成,可以在一定程度上阻止内罐的 LNG 泄漏。但是无论哪种材质都具备一定的耐低温性和保冷性能,可以在一定程度上规避存储风险。

为了进一步提升储运的安全性,天然气液压场站如今采用封拦理念对存储条件进行优化,在单容罐的外围设置围堰,用以阻拦液体泄漏。对于全容罐采取外层罐体设计进行优化,借此起到封拦泄露液体以及阻止液体挥发的作用,最大限度提升天然气储运的安全性。除此之外,天然气液压场站也会对罐体进行检验,利用 PT 检验、RT 检验、检查焊缝气密性的真空试验和 PMI(焊缝合金成分鉴定)检验等方式对罐体上的焊缝进行检测,并且对储罐开展水压试验、气压

试验等工作,全方位收集数据信息。

完成上述工作之后,天然气液压场站需要对储运工作进行监控,借此保障运输人员的安全性。一方面,天然气液压场站需要综合各方面数据设计天然气液位和设计标准,并且在储罐上安装警报装置,一旦发现问题可以及时发出警报,便于工作人员及时采取处理措施。另一方面,天然气液压场站需要合理分析天然气进料方面的数据合理选择进料方式。如果天然气的密度比较小可以选择从下部进料;天然气密度比较大的话可以选择从顶部进料。在此基础上,天然气液压场站需要根据需求和实际情况安置温度监测点,便于工作人员随时掌握储罐内天然气的实时温度,避免发生意外情况。

5 结语

综上所述,如今各行各业对于天然气的需求不断增加,天然气供应市场的竞争也越发激烈,为了从容应对天然气市场激烈的竞争环境,天然气液化场站需要进一步优化自身生产流程,有效降低生产成本、提升生产效率。为此,天然气液化场站必须充分认识到优化生产过程的重要性,针对自身在生产过程中存在的问题采取针对性优化措施,通过采用液体单元优化、BOG 单元优化以及交互式进化优化等方式进一步提升生产效率,确保天然气液化场站可以用最低的成本完成工作任务,在增加经济效益的基础上提升自身发展实力。此外,天然气液化场站也可以根据自身实际情况吸收借鉴国内外先进的生产经验,并且学习更多先进的生产知识,通过再教育和培训的方式确保工作人员可以掌握这些生产知识和经验,全方位优化自身生产流程,但是在这个过程中,天然气液化场站必须保证优化方案的科学性和高效性,避免出现资源浪费以及优化方案不合理的现象。

参考文献:

- [1] 孙子贻. 液化天然气工厂生产工艺仿真系统开发 [D]. 青岛: 青岛科技大学, 2021.
- [2] 杨宏伟, 刘方, 韩银杉. 国外天然气场站优化运行研究及启示 [J]. 石油工程建设, 2020, 46(06): 50-53.
- [3] 李慧芳. 试论天然气液化场站的生产操作优化流程 [J]. 化工管理, 2015(27): 28.
- [4] 陈建龙, 张洪耀. 探究天然气液化场站的生产过程操作优化 [J]. 化工管理, 2014(23): 10.
- [5] 高尚. 天然气液化场站的生产过程操作优化 [D]. 北京: 北京化工大学, 2012.