

LNG 接收站的储存和气化工程输出系统及方法研究

张 超 (中石油江苏液化天然气有限公司, 江苏 南通 226000)

摘 要: 随着全球能源结构的转型和清洁能源需求的增加, 液化天然气 (LNG) 作为一种高效、清洁的能源, 其在全球范围内的贸易和应用日益广泛。LNG 接收站作为连接 LNG 运输和最终用户的关键环节, 其储存和气化工程输出系统的设计、优化和研究显得尤为重要。基于此, 本文对 LNG 接收站加以研究, 并提出储存和气化工程输出系统及其方法的具体内容, 以为行业提供参考和借鉴。

关键词: LNG 接收站; 储存; 气化工程; 输出系统

0 引言

通过对储存技术、气化方法和输出系统的深入研究, 不断提高 LNG 接收站的运营效率和经济性。随着技术的进步和市场需求的变化, 未来 LNG 接收站的设计和运营将面临更多的挑战和机遇, 需要行业内外的专家和工程师共同努力, 不断创新和优化, 实现 LNG 产业的可持续发展。

1 LNG 接收站概述

在整个液化天然气 (LNG) 供应链中, LNG 接收站由多个专门设计的子系统组成, 子系统包括卸料系统、储存系统、气化系统以及输出系统。这些系统共同协作, 确保 LNG 能够高效地从运输船只上卸载下来, 并被妥善储存, 再进行气化处理, 最终输送到下游用户加以使用。

LNG 接收站的卸料系统的主要职责是将 LNG 从运输船只安全地转移到接收站的储存设施中。为此, 卸料系统配备了一系列的管道、泵和阀门, 确保 LNG 在转移过程中的稳定性和安全性。在卸料过程中, 操作人员必须严格遵守安全规程, 防止任何可能的泄漏或其他危险情况的发生。

储存系统的设计要求非常高, 其必须能够保持极低的温度, 以维持 LNG 的液态状态。通常通过使用绝热材料和冷却技术实现。储存罐通常是双层壁结构, 中间填充有绝热材料, 最大限度地减少热量传递。此外, 储存系统还包括监测设备, 促使罐内压力和温度始终保持在安全范围内。

气化系统则是将储存的 LNG 转换为气态天然气 (NG) 的过程。此过程通过加热实现, 通常使用海水或者环境空气作为热源。气化系统包括换热器、蒸发器和其他相关设备, 在相互作用下, 使得 LNG 逐渐升温并转化为气态。在此过程中, 气化系统必须控制气体的压力和温度, 满足输送到下游用户的要求^[1]。

输出系统的作用是将气化后的天然气输送到下游用户。此系统包括一系列管道、压缩机和计量设备。压缩机用于提高气体的压力, 以便其能够通过管道长距离输送。同时, 计量设备确保了输送给用户的气体量的准确性和公正性。输出系统的设计要考虑到输送效率 and 安全性, 促使天然气能够稳定且连续地供应给用户。

2 储存和气化工程输出具体的系统与运行方式

2.1 储存系统

在进行储存和气化工程时, 系统需要具体输出和运行方式。对于 LNG 的储存系统, 是整个过程中的关键组成部分。在设计这些系统时, 必须考虑到多个因素, 保证安全和效率。LNG 储存系统的核心是低温储罐, 其设计目的是在极低的温度下 (通常约为 -162°C) 储存液化天然气 (LNG)。为了适应极端低温条件, 储罐的类型包括地上储罐和地下储罐。地上储罐进一步细分为单壁罐、双壁罐和全容罐等不同种类。每种类型的储罐都有其独特的特点和适用场景。

在设计储存系统时, 储罐的绝热性能是重要考虑因素。绝热性能保证 LNG 在储存过程中能够始终保持低温, 防止气体膨胀和热量损失。安全措施包括防止泄漏的措施, 以及在发生泄漏时的应急响应计划。泄漏检测系统的设计要能够及时发现任何潜在的问题, 以便迅速采取行动。除了安全性, 维修便利性也是储存系统设计时需要考虑的因素。储罐和其他相关设备必须易于检查和维护, 促使系统的长期稳定运行。其中涉及到对储罐的访问方式、维修通道的设计, 以及必要的维护工具和设备的可用性。

在 LNG 储存系统的设计中, 从储罐的类型选择到绝热材料的应用, 再到安全措施的实施, 每一步都必须精心规划和执行。促使 LNG 安全储存, 为气化过程提供了坚实的基础。

2.2 气化系统

气化系统负责将液化天然气（LNG）转换为气态的天然气（NG）。此过程是通过专门的设备——气化器完成。气化器有多种类型，包括开架式气化器、浸没燃烧式气化器以及利用热水或蒸汽加热的气化器^[2]。

在设计气化系统时，必须综合考虑多个重要因素。其中，能效是设计时重要考虑点。气化过程需要消耗能量，设计者需要确保系统的能效尽可能高，减少能源消耗和运营成本。环境影响问题同样需要考虑。气化过程可能会对周围环境产生影响，因此需要采取措施将不良影响控制在最低程度，比如通过优化设计来减少排放。

除了能效和环境因素，设备的可靠性也是设计时的关键点。气化系统必须能够稳定运行，保证天然气供应的连续性和安全性。要求系统中的设备能够承受长时间的运行，并在出现故障时能够快速修复。因此，设备的可靠性和维护成本是设计过程中不可忽视的因素。设计师需要选择可靠、易于维护的设备，保障系统的长期稳定运行。

在实际运行中，气化系统的效率和性能会受到多种因素的影响。气候条件包括温度、湿度、气压等气象元素，其变化会直接影响气化过程中的热交换效率，对整个系统的性能产生显著影响。例如，极端的温度波动可能会导致设备材料的性能变化，或者影响气化剂的供应稳定性。随着时间的推移，任何机械设备都难以避免磨损和老化的问题。在气化系统中，表现为密封性能的下降、热交换效率的降低或是流动通道的堵塞等。如果不及时发现和解决，会导致系统效率的下降，甚至可能引发安全事故。操作人员的技术水平也是影响气化系统性能的一个重要因素。经验丰富、技术娴熟的操作团队能够准确判断系统运行中的各种情况，及时调整操作策略，确保系统稳定高效地运行。相反，如果操作人员缺乏必要的技能和经验，即使是最先进的设备也难以发挥其应有的性能。

2.3 输出系统

输出系统在将气化后的天然气输送给用户过程中，涉及到一系列复杂的管道和设施，其共同构成了所谓的输出系统。系统的核心任务是确保气体的流量和压力能够满足用户的需求，并且具备适应需求波动的能力。

在此过程中，应重视紧急切断装置，其是输出系统中至关重要的一部分，作用是在出现紧急情况时迅速切断气体供应，保证整个系统的安全。这种装置通常设计

需要极高的可靠性，保证在需要时能够立即启动。

调压设施负责调整气体的压力，适应不同的用户需求。由于天然气在输送过程中可能会遇到各种阻力，调压设施确保气体到达用户端时的压力恒定，保证用户的天然气始终处于稳定供应状态。

计量装置负责测量通过系统的气体流量，方便对用户的天然气使用情况进行准确的计费。其通常具有高精度，能够提供可靠的数据支持，保证对用户精准计费，避免出现经济损失，以及与用户出现争执时，作为重要依据。

压缩机在输出系统中，主要用于增加气体的压力，促使气体能够顺利地通过管道输送到用户端。压缩机的设计和选型需要考虑到系统的整体需求，以及可能出现的最大压力和流量。

系统需要能够应对用户需求的波动，无论是在日常的使用高峰，还是在特殊情况下的需求变化。要求系统的各个组成部分都能够在必要时进行调整，适应不同的运行条件，保证在不同时间段，为用户提供稳定的天然气流量。

2.4 系统整合与优化

LNG 接收站的储存、气化和输出系统构成了一个复杂的工程网络，其高效与安全的运行依赖于各个子系统的紧密整合。为了实现这一目标，系统集成变得至关重要。集成过程涵盖了对自动化控制系统、监控和数据采集系统等多个方面的协调控制，保障操作的精确性和响应速度^[3]。

自动化控制系统通过先进的软件和硬件技术，实现了对 LNG 接收站各个环节的实时监控和自动调节。系统能够快速识别参数变化，并作出相应的调整，保持流程的稳定性和效率。监控和数据采集系统负责收集整个 LNG 接收站的运行数据。通过对数据的实时分析，操作人员可以获得关键洞察，做出更加明智的决策。系统能够及时发现潜在的问题，防止事故的发生，确保人员和设施的安全。

除了依赖先进的技术，系统集成还需要考虑如何通过采用高性能材料和管理方法来提升系统的整体性能。使用耐腐蚀、高温和高压的材料可以延长设备的使用寿命，减少维护成本。同时，实施有效的管理策略，如定期培训员工、优化维护计划和采用最佳实践，也能显著提高系统的可靠性和经济性。

在系统整合与优化的过程中，不断追求创新，是推动效率提升的关键因素。研究和开发新技术，如更

高效的气化工艺或者更先进的控制算法,为 LNG 接收站带来显著的运营优势。同时,对现有系统的持续评估和改进也是确保长期高效运行的重要手段。

2.5 实际运行方式

在确保 LNG 接收站的操作过程中,必须严格遵循安全规程,保障整个储存和气化工程的顺畅运行。

卸载液化天然气(LNG)时,操作人员需格外留意,保证船岸接口的安全连接无误,防止任何可能的泄露或其他安全事故。此外,在将 LNG 转移至储罐之前,进行预冷是至关重要的一步,有助于防止由于温度差异引起的热应力,避免对储罐造成损坏。

随着 LNG 被安全地储存于储罐中,操作人员的责任并未结束。需要定期检查储罐的压力和温度,这两项指标对于保持 LNG 在最佳状态至关重要。通过这些定期检查,及时发现并调整任何偏离正常范围的数值,确保储存过程的稳定性和安全性。

当 LNG 需要从液态转换为气态时,在气化过程中,操作人员必须根据气化器的性能和当前的环境条件来调整操作参数,同的性能要求和环境变化会影响气化过程的效率。

一旦 LNG 被抽出,随即被送入气化装置。在气化装置内,LNG 与热交换介质发生接触,热交换介质的任务是将 LNG 逐渐升温,直到其完成由液态向气态的转变。转变过程需要精确控制,保证气体的质量符合后续步骤的要求。

气化后的天然气需要通过加热器进一步升温。加热器的目的是为了确保气体达到足够的温度,满足输送或使用的标准。此步骤是整个输出过程直接关系到天然气能否有效地被输送到最终的用户。

气化后的天然气必须经过压力调节器,此设备的功能是降低气体的压力,使其达到适合输送的水平。压力调节保证天然气能够安全地输送,提升了输送过程的稳定性。对于整个供应链的顺畅运作至关重要,任何压力上的波动都可能导致输送效率的下降或者安全事故的发生^[4]。

3 系统的未来发展

在探讨储存和气化工程输出系统的未来发展趋势时,需要关注技术进步和市场需求变化这两个关键因素。其共同推动了液化天然气(LNG)接收站的储存和气化工程输出系统的不断发展。未来的发展方向主要体现在以下几个方面:

①气化技术的效率提升将是未来发展的重要趋

势。随着技术的不断进步,更高效的气化技术将被研发出来,满足市场对于快速、高效气化过程的需求。这种技术的发展能够提高气化速率,降低能源消耗,减少运营成本,同时提高整个系统的操作效率。

②环保型制冷剂的使用将成为未来发展的重点。随着全球对环境保护意识的增强,使用更环保的制冷剂在储存和气化过程中将变得越来越重要。这意味着在未来的工程输出系统中,将会采用对臭氧层破坏潜力更低、全球变暖潜能更小的制冷剂,减少对环境的影响。

③智能化和自动化水平的提升也是未来发展的显著趋势。随着信息技术的发展,储存和气化工程输出系统将越来越多地采用智能化和自动化技术。这包括使用先进的监控系统、远程操作能力和机器学习算法,提高操作的精确性和可靠性,减少人为错误,同时也提高了系统的灵活性和响应速度。

④对极端天气和紧急情况的适应能力强化,未来发展中不可或缺的一部分。随着气候变化导致的极端天气事件日益频繁,未来的储存和气化工程输出系统需要具备更强的韧性,能够抵御恶劣天气的影响,并在紧急情况下保持稳定运行。此过程涉及到系统的物理结构设计、备份方案以及紧急响应程序的优化。

4 结论

综上所述,LNG 接收站的储存和气化工程输出系统是确保 LNG 从生产到最终用户的关键环节。通过对系统的深入研究和不断优化,有效提升 LNG 接收站的运营效率和安全性,促进天然气产业的可持续发展。随着全球对清洁能源的需求不断增长,LNG 接收站的相关技术和管理方法也将持续进步,应对不断变化的市场需求和技术挑战。

参考文献:

- [1] 陈乐. 浅谈 LNG 接收站工艺设备布置与配管 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(17): 178-180.
- [2] 苏黎明, 王攀胜, 谷学山. 浅谈 LNG 接收站工艺设备布置与配管 [J]. 石化技术, 2022, 29(05): 9-11.
- [3] 刘雪平. LNG 接收站项目节能降碳发展探讨 [J]. 上海节能, 2022, (04): 400-404.
- [4] 王同升, 杨薇. LNG 接收站的数字化管理建设与应用 [J]. 化工管理, 2021, (35): 11-12.

作者简介:

张超(1989-),男,满族,吉林吉林人,工程师,本科,学士学位,主要从事:LNG 接收站运行操作员。