

天然气储运液化工艺流程及冷剂离心压缩机研究

王希贤 高 健 王嘉伟

(新地能源工程技术有限公司装备集成分公司设计室, 河北 廊坊 065000)

摘要: 本文简要分析天然气液化工艺流程, 重点强调 LNG 冷剂压缩机驱动器选择, 并以干气密封作为切入点, 对干气密封的功能、种类以及 LNG 冷剂压缩机干气密封的选择等方面展开研究, 以此来降低储运成本, 期望能够为相关人员提供参考。

关键词: 天然气液化; 混合冷剂; 冷剂离心压缩机; 储运

0 引言

冷剂离心压缩机作为一种重要的压缩机类型, 具有体积小、重量轻、效率高等优点, 因此被广泛应用于天然气液化工艺中。而对于天然气液化工艺流程及冷剂离心压缩机的研究具有重要的意义, 可以促进天然气资源的更好利用, 提高天然气液化工艺的效率和安全性, 推动天然气行业的可持续发展。

1 天然气液化工艺流程

1.1 阶式液化流程

天然气液化工艺是将天然气从管道中取出, 将其中的杂质和水分去除后, 对其进行压缩, 使其变成高压气体。然后将压缩后的天然气进行预冷, 将其温度降低到接近零下的温度。在主热交换器中, 将预冷后的天然气与丙烷、丁烷等制冷剂进行冷却, 使其温度降至零下 162℃左右, 逐渐转化成液态天然气。在液化过程中, 需要注意天然气的压力和温度, 以及制冷剂的选择和使用量等因素。

液化后的天然气会出现液气两相的状态, 需要进行分离。未液化的气体可以再次进入液化工艺流程, 而液态天然气则被储存到液气储罐中, 用 LNG 罐车运输至下游, 可以最大程度的降低天然气运输成本, 提高天然气储运经济效益。储存过程中需要注意储罐的设计、材料和维护等问题。天然气液化工艺的关键技术包括压缩、制冷、分离、储存等方面, 涉及众多设备的使用和控制。在液化工艺中, 需要考虑安全和环保问题, 例如控制液化工艺中的温度和压力、防止泄漏和爆炸等。因此, 天然气液化工艺的实施需要高度专业化和技术创新。

1.2 混合冷剂液化流程

天然气液化工艺采用的不仅仅是阶式液化流程, 还可以采用混合冷剂液化流程。混合冷剂液化流程相对于阶式液化流程而言, 可以更加有效地利用制冷剂,

提高液化效率, 并且减少环境污染。混合冷剂液化流程的基本步骤包括: 压缩、预冷、主热交换、冷却、分离和储存等。首先, 将天然气进行压缩, 提高其压力和温度, 然后脱去水份与酸性介质。

接下来, 将预冷后的天然气送入主热交换器中, 与混合制冷剂进行热交换和冷却, 使其逐渐液化成液态天然气。最后, 将液态天然气储存在液气储罐中, 如此可以有效降低储运成本, 提高经济效益。混合冷剂液化流程相对于阶式液化流程而言, 具有更高的液化效率和更低的能耗。但是, 在操作中也需要特别注意制冷剂的选择和使用量, 以及储存安全等问题。因此, 混合冷剂液化流程需要高度专业化和技术创新。

1.3 两种液化流程的区别

天然气液化工艺有两种主要的液化流程, 分别是阶式液化流程和混合冷剂液化流程。它们的区别主要在于制冷剂的选择和使用方式不同。其中, 阶式液化流程中, 通常使用单一制冷剂(例如丙烷或丁烷)进行冷却和液化。在预冷和主热交换过程中, 天然气与制冷剂进行热交换, 使天然气的温度逐渐降低。在液化过程中, 制冷剂将吸收天然气的热量, 从而将其液化。这种液化流程相对简单, 但是制冷效率较低。

而混合冷剂液化流程中, 通常采用多种制冷剂进行混合使用, 通过这种方式实现天然气液化从而降低储运成本。混合制冷剂可以在低温下产生更高的冷却效果, 从而提高液化效率。在混合冷剂液化流程中, 预冷后的天然气进入主热交换器中与混合制冷剂进行热交换和冷却, 从而逐渐液化。这种液化流程能够更加有效地利用制冷剂, 提高液化效率, 降低天然气存储成本, 从而实现节能降耗这一目标, 提高天然气储运成本。

因此, 两种液化流程的主要区别在于制冷剂的选择和使用方式。阶式液化流程中采用单一制冷剂, 而

混合冷剂液化流程中采用多种制冷剂进行混合使用，以达到更高的液化效率。同时，混合冷剂液化流程也具有更低的能耗和更少的环境污染。

2 LNG 冷剂压缩机驱动机选择

2.1 电机

LNG 液化厂中的冷却循环系统需要大量冷却液而在换热器中与天然换热将气冷却成液态，在这过程中压缩机的驱动机的决定储运能耗的关键，能够有效降低储运成本。因此，在选择 LNG 冷剂压缩机的驱动机时，需要考虑多个因素。首先，能效比是选择驱动机的一个重要考虑因素。电机的能效比通常比燃气轮机更高，这意味着使用电机作为驱动机可以节约能源和降低能耗，因此合理选择电机能够有效降低能耗，节省储运成本。

其次，维护成本也是选择驱动机的一个关键因素。电机通常需要更少的维护和保养成本，因为它们的机械部件相对较少，同时也不需要定期进行更换燃料等。相比之下，燃气轮机需要更多的维护和保养成本，并且需要定期更换燃料和维护机械部件。同时，可靠性也是选择驱动机的一个重要考虑因素。电机通常比燃气轮机更加可靠，因为它们的机械部件相对较少，同时也不受燃料质量和气候等因素的影响。这意味着使用电机作为驱动机可以提高 LNG 液化厂的生产效率和可靠性。最后，环境污染也是选择驱动机的一个重要考虑因素。电机相对于燃气轮机来说，排放更少的废气和污染物，对环境影响更小。这也是许多 LNG 液化厂选择使用电机作为冷剂压缩机驱动机的原因之一。

2.2 蒸汽透平

LNG 液化厂是将天然气液化，以方便储运的工业设施。在 LNG 液化过程中，冷却循环中的压缩机是非常关键的设备，它们扮演着将天然气冷却至液态所必需的角色。为了使压缩机正常运行，需要一个驱动机来提供动力。一般来说，LNG 液化厂使用电机或燃气轮机作为驱动机，但也可以使用蒸汽透平。蒸汽透平是一种利用蒸汽能量驱动机械旋转的设备，常用于产生电力。在 LNG 液化厂中，可以使用蒸汽透平将蒸汽能量转换为机械能，来驱动压缩机。

首先，蒸汽透平可以高效利用热力系统中的余热来产生蒸汽，从而提高能源利用效率。其次，蒸汽透平的工作原理与发电厂类似，其废气排放量低，对环境影响小。此外，蒸汽透平运行稳定，对天然气液化厂的生产稳定性有着重要的保障作用。然而，使用蒸汽透平也存在一些缺点，主要包括技术难度高、外部

依赖和初始投资高。由于蒸汽透平的制造和维护技术要求较高，需要具备一定的技术和人力成本，使得蒸汽透平需要依赖于蒸汽产生系统，而该系统需要消耗一定的能源。此外，蒸汽透平的制造和安装成本相对较高，需要投入大量资金。

因此，在选择 LNG 冷剂压缩机的驱动机时，需要综合考虑以上因素，并根据实际情况选择最适合的驱动机。如果 LNG 液化厂可以提供余热，使用蒸汽透平可能是一个不错的选择。然而，如果生产规模较小或不具备蒸汽产生系统，可能更适合选择电机或燃气轮机作为驱动机。

2.3 燃气透平

LNG 液化厂是将天然气液化的设施，其中的压缩机是将天然气压缩至液态所必需的设备。在液化过程中，需要一个驱动机为压缩机提供动力。目前，常用的驱动机包括电机、蒸汽透平和燃气透平。电机驱动的压缩机通常适用于小型和中型 LNG 液化厂，其优点是操作简便、成本低、维护费用低等。但电机驱动的压缩机在高负载条件下效率不高，而且需要大量的电力，增加了能源消耗。

蒸汽透平驱动的压缩机可以利用 LNG 液化过程中产生的余热，提高能源利用效率。但是，由于其受到燃气质量、蒸汽温度等因素的影响，其性能和效率可能受到影响，其运行和维护成本也较高。相比之下，燃气透平作为一种内燃机，可以高效地利用燃气燃烧产生的能量，从而提高能源利用效率。此外，燃气透平具有灵活性高、节省能源、运行稳定、对环境影响小等优点，可以根据实际情况进行灵活调节，从而适应不同的工作负载和气源变化。同时，燃气透平具有高度自动化的控制系统，可以实现自动调节和监控，从而保证设备的稳定运行。

当然，使用燃气透平也存在一些缺点。其制造和安装成本相对较高，需要投入大量资金。同时，燃气透平对燃气质量有一定要求，需要使用高品质的燃气，否则会影响设备的运行效率和寿命。另外，虽然废气排放量较低，但仍然会产生一定的污染物排放。

3 干气密封

3.1 干气密封功能

干气密封技术在机械密封领域中发挥着越来越重要的作用。与传统的润滑油密封相比，干气密封技术有着更好的密封效果和更广泛的应用范围。在化工、石油、天然气、食品、制药等行业中，干气密封已经成为了不可或缺的机械密封技术。首先，干气密封技

术的防泄漏能力非常强。干气密封采用干净、干燥的气体作为密封介质，避免了流体或气体的泄漏和污染环境的可能性，特别是对于那些对环境和人体有害的物质，如腐蚀性液体和毒性气体等，更是有着重要的作用。

其次，干气密封技术还能够降低能源消耗，提高设备效率和节能效果。使用干净、干燥的气体作为密封介质，无需使用润滑油或其他液体，从而减少了摩擦和阻力，降低了能源消耗，提高了设备的效率和节能效果。此外，干气密封技术还能减少机械部件的磨损和腐蚀，延长设备使用寿命，提高设备可靠性和安全性。使用干净、干燥的气体作为密封介质，可以有效减少机械部件的磨损和腐蚀，减少设备的维修和更换成本，延长设备的使用寿命，提高设备的可靠性和安全性。

3.2 干气密封种类

干气密封是一种新型的机械密封技术，它采用干净、干燥的气体作为密封介质，代替了传统的润滑油或其他液体。相比传统的机械密封，干气密封具有更好的密封性能和更高的安全性，可以有效地防止流体或气体的泄漏，特别对于环境和人体有害的物质更具有重要的作用。干气密封的另一个优点是能够降低能源消耗，提高设备效率和节能效果。传统机械密封需要使用润滑油或其他液体作为密封介质，这些液体会引起能源的浪费和污染。而干气密封不需要使用任何液体，因此可以有效地降低能源消耗，并且不会对环境造成污染。

此外，干气密封还可以减少机械部件的磨损和腐蚀，延长设备使用寿命，提高设备的可靠性和安全性。传统的机械密封需要使用润滑油或其他液体，这些液体会对机械部件产生腐蚀和磨损，从而降低设备的使用寿命和可靠性。而干气密封不需要使用液体，可以有效地减少机械部件的磨损和腐蚀，延长设备的使用寿命，提高设备的可靠性和安全性。因此，干气密封在各种机械设备中具有广泛的应用前景。根据不同的应用场合和要求，可以选择不同类型的干气密封，以达到最佳的密封效果和性能。

3.3 LNG 冷剂压缩机干气密封的选择

LNG 冷剂压缩机干气密封的选择需要考虑到多个因素，如压缩机的工作条件、气密性要求、可靠性和维护成本等。一般来说，旋转式干气密封和挤压式干气密封是 LNG 冷剂压缩机中较为常用的两种干气密封。其中，旋转式干气密封的密封效果较好，适用于

高速旋转设备，如压缩机。在压缩机的工作过程中，会产生高速气流，旋转式干气密封可以有效地防止气体泄漏，并且具有长寿命、维护方便等优点。但是，旋转式干气密封的密封效果受到气体的压力和温度等因素的影响，需要针对不同的工作条件进行选择和调整。

而挤压式干气密封是一种可靠性较高、密封性能稳定的密封方式，适用于旋转和直线运动的设备，如搅拌器、鼓风机等。相较于旋转式干气密封，挤压式干气密封的设计较为简单，维护成本较低。同时，挤压式干气密封在气密性方面具有较高的性能，可用于一些对气密性要求较高的场合。因此在选择 LNG 冷剂压缩机干气密封时，还需要考虑到压缩机的工作压力、温度、流量等因素，以及气密性、耐磨性、耐腐蚀性等要求，综合考虑选择适合的干气密封类型，以确保压缩机的正常运行和可靠性。

4 结论

综上所述，在离心压缩机的气体密封中，干气密封被认为是一种可靠的密封选择，它可以有效地降低泄漏率，减少维护和修理，提高系统的运行稳定性和可靠性，降低储运成本。因此，未来的研究应该继续关注磁力耦合干气密封技术的优化和应用，以进一步提高液化天然气压缩机的性能和可靠性，实现降低储运成本这一目标，提高天然气储运经济效益。

参考文献：

- [1] 王阳 .LNG 液化工厂冷剂系统余能利用改造方案 [J]. 山西化工, 2022, 42(09): 76-77.
- [2] 冀传玖. 焦炉煤气制 LNG 节能技术的研究与应用 [J]. 山东化工, 2022, 51(21): 182-183+199.
- [3] 于淼 .LNG 液化工厂冷剂压缩机生产管理技术 [J]. 压缩机技术, 2021(04): 40-42.
- [4] 周慧, 周彦焱. 大型液化天然气压缩机应用流程分析研究 [J]. 化工管理, 2021(06): 157-158.
- [5] 赵志玲, 张鹏飞, 韩亮. 天然气液化工艺流程及冷剂离心压缩机 [J]. 通用机械, 2015(2): 3.
- [6] 申峥峥, 董小强. 天然气液化工艺流程分析及冷剂压缩机减负方案探讨 [J]. 石油石化物资采购, 2022(2): 3.

作者简介：

王希贤 (1996-), 男, 汉族, 甘肃威武人, 助理工程师, 学士, 研究方向: 天然气液化、天然气调压计量装置。