

液化天然气管道预冷技术工艺优化

童盼龙

荆门宏图特种飞行器制造有限公司 湖北省 荆门市 448000

摘要:在当前时代背景下,为了解决我国面临的能源危机,需要通过液化天然气(LNG)促进市场的发展。随着我国一系列环保政策的执行,要向实现我国能源的转型,也离不开LNG的有效利用。但随着其应用的广泛性,也带来了一些新的问题,在应用LNG的过程中,由于预冷技术的应用,可能会导致天然气管道发生形变,甚至损耗天然气。对此,应优化LNG管道预冷技术,以保障LNG应用环节的安全性。

关键词:液化天然气(LNG);管道;预冷技术;工艺优化

前言:液化天然气是世界公认最干净的化石能源,无腐蚀性,也没有任何颜色和味道,并且质量非常轻。但由于液化天然气属于超低温液体,一旦进入常温管道,会使其发生变形,甚至存在泄露的情况。因此,在接收液化天然气之前,要提前做好预冷处理,以保障相关工作能够顺利开展。

1 液化天然气

将天然气冷却到相应沸点之后,就会形成液化天然气,其主要的组成成分为甲烷、丁烷等,经过燃烧之后,能够生成二氧化碳和水,本身并没有毒性,属于绿色化石能源。在应用过程中,为了保障LNG的稳定性,需要对其进行低温储存;当前,由于预冷技术存在的不足,导致应用过程中,很容易使得天然气管道产生形变现象,严重威胁LNG的安全性和可靠性,也直接影响着卸料过程,所以相关技术人员需要加强研究分析,对预冷技术进行优化完善,以免不利因素对LNG管道产生影响。

2 预冷的必要性与液氮预冷的优势

2.1 预冷的必要性

LNG管道在正式进入LNG介质前,要首先进行预冷过程,使其充分的冷却。LNG管道通常采用奥氏体不锈钢材料,奥氏体不锈钢材料具有优异的低温性能,但线膨胀系数较大。在低温介质设计温度条件下,不锈钢收缩率约为0.3%,因此在设计时要采取措施防止出现冷收缩引起破坏。

LNG低温介质设计温度条件下的收缩和补偿是一个需考虑的问题。两个固定点之间,由于冷收缩产生的应力,可能远远超过材料的屈服点,特别是对低温容器内的管道更加严格。虽然在设计时考虑了冷收缩的补偿,但是在温度变化速率较大时,还存在温度变化过快、热应力过大而使材料或连接部位产生损坏的问题。这就要求在低温管道进入低温液体前,首先进行预冷,确保投

运安全。

2.2 液氮预冷的优势

为了保障LNG应用过程中的稳定安全,需要结合液氮预冷装置强化预冷效果,但在二者结合运用的过程中,存在一些问题,由于预冷的过程中,需要对天然气进行放空处理,存在较大的资源损耗,也浪费了液氮资源,增加了投入成本;因此,需要进一步优化预冷工艺。同时,为了保障取得理想的预冷效果,需要保障LNG储存容器及管道质量与标准要求一致,防止存在破损现象,危害LNG应用安全。所以,一旦发现存在管道损坏的情况,需要及时处理,以免出现丧失预冷效果的情况,为企业带来严重的经济损失,而液氮预冷技术的合理应用,能够在一定程度上保障LNG管道的安全性,提高其应用效率。

3 液氮预冷技术工艺优化分析

3.1 准备相关设备

主要需要准备1台高温气化器、4台低温气化器、4套远程监控系统、2组增压撬、2套孔板流量计、2套低温气液分离罐、4只铂电阻温度计等等。

3.2 连接预冷设备

通过采用两个注氮口的方式,能够提高预冷效率,降低风险因素的影响,也能减少成本。在这一过程中,需要合理选择两个注氮口,一个选择在靠近LNG罐管道的转角处,一个在管道中段附近。在对液氮槽车进行增压时,主要使用外部增压器,能够高效保障氮气供应。两个注氮口,一共配备4套低温气化器,一套高温气化器,理论上讲,一个小时最大可以气化液氮10余吨。在低温气液分离器顶部,带有液体监控系统,通过这样的方式,确保进入管道的均为气体。同时,低温管网还带有压力保护器^[1]。为了有效调节温度以及监控流量,在分离器前后和出口处,分别设置温度传感器和流量传感

器。为了确保能够满足预冷要求,对相关传感数据进行整合,并设有远程监控箱,对注氮的过程进行监控,根据监控情况,及时对液氮气化进行调节。

3.3 预冷工艺优化流程和原理

主要需要的材料为液氮,需要使用到的设备为液氮槽车、远程电气控制柜、气化器、孔板流量计以及气液分离罐等等。在实际操作的过程中,先合理摆放液氮槽车,然后连接金属软管、两组启动电磁阀以及两组汇管,同时,在两组气化器的出口,应分别安装紧急切断阀。将常温气化器和低温气化器分别连接在气液分离罐上端和出口低温汇管。此时,连接气液分离罐,并在其末端安装温度计和流量计,最后将动力线和控制线连接在一起。

低温液氮经过气化后会不断降低卸料管端口的温度,一旦这段管段中部温度低于 -60°C ,即开启这段管段中间的预冷作业;同时,提高至末端卸料口降温速度,直到温度低于 -120°C ,才算完成预冷作业。在全开液氮槽车出液阀的情况下,对于液氮流量的控制,主要依靠启动电磁阀的调节来实现^[2]。通过这样的方式,能够避免相关工作人员额外操作,提高工作效率,并且能够确保流量的稳定性。之所以在预冷管道入口端安装气液分离罐,主要为了防止没有完全气化的液氮进入其中。在注氮的过程中,为了防止液氮槽车出现工作压力不稳定的情况,或者液氮供给量出现间断,应采用Y型连接法对液氮槽车和预冷增压器组进行连接。

3.4 预冷工作情况

在液化天然气管道预冷的过程中,为了防止低温LNG液体进入常温管道,对管道进行严重破坏,所以,对于管道预冷应逐步、缓慢的降低温度。在传统的预冷工艺中,主要采用BOG模式预冷,在这种模式下,具有一定的危险性,并且也会提高费用。因此,对其进行优化,选择使用液氮进行预冷,能够减少预冷时间,降低成本,有效保护管道安全。在实际操作的过程中,最好采用分段预冷的方式。如在注入预冷时,将冷段管道分为甲、乙两段,在乙段某点达到 -60°C 时,再启动另一个注氮点。为了保证预冷效果,应合理控制预冷管道温度及降温速率,降温速率不能大于每小时 10°C ,管道上下的温差应小于 50°C ,直到末端温度达到 -120°C ,证明预冷工作完成。在启动第二个注氮点后,大幅提升了预冷效率,减少了低温氮气过程中的损耗^[3]。在某项目实践中,从液化天然气储罐至卸料臂的长度为 900m ,为了保温,管道外部采用聚酯泡沫,为了监测管道上下的温度情况,在沿途设置了多个温度监测点,并在末端设有

插入式温度计,这样才能对管道中心的温度进行检测。在操作过程中,将各个温度监测点的温将控制在每小时 10°C 内,与预冷规范要求一致。

3.5 预冷工作模式优化

液化天然气管道预冷实践环节需要根据现场的实际情况采取科学的预冷工作模式,以此保障预冷效果和实效。然而,传统的预冷模式无法满足液化天然气管道发展的实际需求,需要根据液化天然气管道的具体情况对预冷模式进行优化,不断创新预冷模式,具体表现为以下几个方面:(1)分段预冷模式,该种预冷工作模式能够有效防止因为预冷速度过慢导致效果不良的情况出现。在实践运用过程中必须提前设置若干排放点,先将排放口打开,能够有效的提高冷却速率,在 2h 时冷却效果最好,冷却温度降低至零下 12°C 。将和预冷注氮点位置最近的排放口打开,能够有效的加快降温速度,同时把距离较远的排放口闭合,并严格控制预冷管道的长度,能够有效的提高预冷效果。(2)爆破式预冷模式,当出现上下两点温差过大的现象时,可以采用该种模式进行预冷处理。当预冷时间逐渐增加后,温度逐步降低,预冷的速度发生一定变化。预冷时间超过 18h ,氮气温度降低至零下 80°C ,同时随着时间的推移降低的速度变为每小时 4°C 左右,在预冷的过程中上下两点的温差出现逐步增大的现象,且会出现位移增加的问题。通过检测得知两个点的温度一个为零下 62°C ,另一个为零下 19°C ,二者相差 43°C ,并且随着时间的推移,二者的温度差还会逐步增加,为了防止二者温差过大影响预冷效果,需要利用爆破式预冷模式进行处理。先将排放口关闭,将上下两点的压力分别调整到 158kPa 、 29kPa ,然后进行泄压处理,这样能够快速降低上下两点的压力差,并且氮气的流动速度也会逐渐降低,二者的温差能够降低到可控范围。当运行 72h 时,上下两点的温度分别降低到零下 124°C 和零下 90°C ,二者的温度差为 34°C ,由此可见采用爆破式预冷模式能够有效降低上下两点的温度差,保证预冷效果的同时保障运行安全。(3)“液氮+液化天然气”联合预冷模式,两种方式的联合能够充分发挥各自的优势,提高温控效果。当预冷操作执行 72h 后,做好末端温控工作,连续不断的输入氮气进行制冷,保证预冷质量。在预冷环节需要对温度降速进行有效管理,避免出现因为降速过快导致温差增大的问题。同时还需要对液氮温度进行科学管控,避免导致管道出现破损问题。液氮对末端管线进行降温,液化天然气对入口进行降温,二者的联合能够保证降温均衡,并且防止出现管线偏移的问题。

3.6 预冷过程中遇到的问题及应对方法

在卸料管道预冷的过程中,一旦发现管道温降速度过快,每小时超过 10°C ,应及时减少低温气化器排量;若发现管道顶部与底部的温差超过 50°C ,应及时启用第二注氮点;若发现管道末端温降每小时速度小于 5°C ,应及时启动第二注氮点。同时,在此过程中,如果发现管道压力超过 6kPa ,应及时停止注氮,并打开所有放空口进行泄压处理。如果发现保冷层出现结霜或者预冷收缩,甚至开裂的情况,对其前者,应降低一半预冷速率,必要时,可以暂停氮气供应,同时,应找出结霜的真正原因,及时对保冷层进行处理;对于后者,也应降低一半的预冷速率,必要时,停止供应氮气,并且要对保冷层进行更换^[4]。此外,一旦发现管道温度监测显示装置故障,应及时联系仪表工程师,对仪表进行维修处理,确保其能够正常运行。

4 预冷时的注意事项及建议

4.1 管道吹扫

在预冷之前,要对管道进行吹扫,确保管道内无杂质、水分,否则会导致阀门密封面损坏及阀门处有凝结水而冻住阀门。由于低温管道的阀门法兰比较少,大都是焊接而成,所以管道吹扫具有一定的难度。因此,在实际进行吹扫的过程中,一定要采用有效的控制措施,避免操作不当,可以法兰连接阀门为界限,采用管道分段吹扫的方式进行,吹扫完后要做好管道、阀门法兰连接处的密封处理。在吹扫的过程中,宜采用 0.6MPa (且不高于管道设计压力)的干燥氮气吹扫,同时应用橡皮手捶轻敲管底、焊缝、死角处,注意不得损坏管道,吹扫合格后不得进行影响管内清洁的作业。一般情况下,对于吹扫合格的标准,用干净的白布在排气端进行检查,10分钟内无铁锈、尘土、水分等其他赃物,同时用表面涂有白色油漆且表面光滑的木板在排气端进行检测,10分钟内油漆表面无任何损伤,视为管道吹扫合格。

4.2 安全问题

在预冷的过程中,主要以下几点安全注意事项:在密闭空间内,液氮一旦吸收外部热量,将会导致压力快速上升。所以在操作的过程中,必须合理控制阀门关闭顺序,以免低温液体被封闭。对于软管连接处,要严格

进行检查,以免存在泄露的现象,并防止人员距离此处过近。同时,还需仔细观察管道压力上升情况和安全阀是否存在结霜现象^[5]。此外,还要严格检查低温材料是否存在低温开裂、法兰焊接部位是否存在裂纹或者泄露、液氮的压力上升情况、管道的冷缩量等。

4.3 预冷建议

其一,要提前确定氮气的排放点,并明确注氮点,以免影响预冷操作流程的效率。其二,为了取得理想的预冷效果,需根据首次卸料的时间,有效控制预冷操作的开始时间。其三,在预冷操作的过程中,掌握储罐立管段管道的温度,以免影响后续的预冷操作。其四,为了强化整体预冷效果,应实时监测温度差范围,因为管道中顶部与底部氮气的流动速度存在一定差异,从而形成温度差。

结语

综上所述,在预冷过程中,通过在管道中段增加注氮点的方式,能够提高预冷效率,减少低温氮气在途中的损耗,避免增加额外的费用,并且能够有效保障液化天然气运输的稳定性和可靠性。

参考文献

- [1]苏阳.LNG接收站卸料总管BOG预冷技术研究[J].石化技术,2020(11):177-178.
- [2]唐嘉,幸涛,黄康胜.不带预冷流程的撬装天然气液化工艺研究[J].天然气化工(C1化学与化工),2020(03):57-60.
- [3]李庆增.LNG接收站扩建工程兼容性设计及预冷问题简析[J].广东化工,2022(07):165-167.
- [4]赖家俊,马志先.小型LNG气化站预冷方法对比分析[J].煤气与热力,2021(07):12-15+45.
- [5]杨丽.济南目前储量最大液化天然气调峰站预冷调试[J].城市燃气,2020(01):49.
- [6]赖家俊,马志先.小型LNG气化站预冷方法对比分析[J].煤气与热力,2021,41(07):12-15+45.
- [7]陈峰,张晨,陈锐莹,刘永浩,王亚群,王秀华.LNG接收站管道预冷温度—应力模型[J].天然气工业,2019(09):102-109.
- [8]郭沙,闫雪利.液化天然气管线预冷技术的应用[J].石化技术,2022(02):48-49.