

Study on LNG Cryogenic Pipeline Installation Technology

Weisheng Yang

Jiangsu Huanyu Construction Engineering Co., Ltd., Suzhou, Jiangsu, 215699, China

Abstract

With the development of society, LNG is widely used by people as a clean energy source, and the demand is increasing. In recent years, there has been a problem of insufficient natural gas supply. Therefore, China has increased the construction of LNG receiving stations and corresponding LNG gate stations, which involves many researches and operations on low temperature pipelines to ensure the safe operation of LNG pipelines. This paper studies the installation technology of LNG low temperature pipelines, hoping to provide some valuable reference for related installation technicians.

Keywords

liquefied natural gas; low temperature pipeline installation; technical research

关于液化天然气低温管道安装技术的研究

杨伟胜

江苏环宇建设工程有限公司, 中国·江苏 苏州 215699

摘要

随着社会的发展,液化天然气作为清洁能源越来越受到人们的广泛使用,期需求量也越来越大。近年曾出现过天然气供应不足的问题,所以,中国加大液化天然气接收站以及相应液化天然气门站的建设,这就涉及到许多有关低温管道的研究和运行,以保证液化天然气管道的安全运行。论文就液化天然气低温管道安装技术进行研究,希望可以给相关的安装技术人员提供一定价值的参考。

关键词

液化天然气;低温管道安装;技术研究

1 液化天然气低温管道的奥氏体不锈钢焊接技术

目前,液化天然气低温管道的材料基本上选用奥氏体不锈钢,普遍采用 0Cr18Ni9 (美国 ASTM 标准中为 304)、0Cr17Ni12Mo2 (美国 ASTM 标准中为 316) 和 00Cr17Ni14Mo2 (美国 ASTM 标准中为 316L)。因此,须对此类不锈钢材料的焊接技术要点做出说明^[1]。

首先,焊接线能量不能超过规定的范围:因不锈钢管道焊接的特殊性,焊道易产生裂纹、未熔、未焊透等缺陷;并且不锈钢材料因其特有一些物理性能,如高的线膨胀系数(比碳钢大约 40%),并随着温度的升高,线膨胀系数的数值也相应地提高;低的热导率(约为碳钢的 1/3);高的电阻率,约为碳钢的 5 倍。因这些特点,所以要特别注意焊接过程的参数,减少焊接变形,保证焊接质量。在焊接中须对电流、电压和

焊接速度做合理调整,尽量采用“小电流,多遍焊,快速焊”,以防止焊道的线能量过大,同时保证必要的焊道层间温度。以经审批的焊接工艺评定为依据,严格执行焊接工艺纪律。

同时,此类不锈钢焊道就会在焊接过程中易出现晶间贫铬现象,例如焊接、熔合区和热影响区在经 450 ~ 850℃ (一般称之为敏化温度)这一范围时,焊道中的铬与碳形成高铬的 Cr₂₃C₆ 型碳化物,从而导致焊道局部铬的偏析,造成焊缝出现晶间腐蚀、应力腐蚀等,影响管道运营的安全。所以应采用较快的焊接速度,减少焊敷金属在这一温度区间的停留时间,另外在焊接的过程中,对层间的温度也要加以重视,以减少熔焊区骤热、急冷,减少焊接裂纹的发生。

另外,在管道焊接方法上,目前主要采用氩弧焊和药芯焊丝手工焊接。在管道预制焊接时,因焊道的根底受氩气保护比较充分,当然需要氩气的纯度(需要 99.99% 以上)和氩气流量(一般为 8-10L/min),采用氩弧焊接时底部成型比较好,

容易保证焊接合格率。但在管道安装过程中,受现场条件限制,采用氩气充满管道以对焊接根部进行保护,就会比较困难,不但氩气消耗量很大,且保护的效果不理想。以前受材料技术的限制,采用一种速溶纸堵塞安装焊道的两端,以保证氩气对焊接根部的保护,但这种方法有一个非常大的缺点是速溶纸在管道试验后往往会堵塞在阀门、过滤器、三通等处,给后期管道运行带来很大的安全隐患。近年来,随着材料技术的发展,低温液化天然气管道安装时,已采用药芯焊丝钨极惰性气体保护进行固定口焊接,如采用药芯焊丝(如型号为 TS308L-R- II -1),不需要再在管内充惰性气体保护,提高施工效率,保证工程质量。需要注意的,这种焊接方法,在焊接过程需要摆动,能很大程度上提高熔池中金属与母材的融合性;在摆动的同时,要注意钨极的中心线与焊接表面工件应保持在约 $80 \sim 85^\circ$ 夹角,填充焊丝与焊接工件表面的夹角也应尽可能地小(一般为 $10 \sim 15^\circ$)左右,对提高焊接合格率有较大的帮助。

在实际的此类管道的焊接过程中,还必须严格遵循以下条件:

(1) 环境问题:焊接的环境温度如果小于 0°C 时,应对焊件进行预热,预热的温度要达到相应规范的要求;并在施工中做好防风、防雨、防湿等措施,达到焊接规定的温度、湿度和风速等环境条件要求,保证焊接质量。

(2) 焊接接头清理:此类管道焊接之前,应对焊道两侧的母材表面和焊材表面的油污、铁锈等进行清理,减少焊接处气孔、夹渣等缺陷的出现。

(3) 焊工问题:焊工的技能非常重要,这类薄壁低温不锈钢管道的焊接难度较大,施工中应进行技能认定,以选拔优秀的焊工,保证焊接质量。

2 低温液化天然气管道安装过程中的吹扫、试验和干燥工作

低温液化天然气管道在安装的吹扫、强度和严密性试验以及干燥工作,对整体质量而言非常重要,所以须认真仔细。

安装过程吹扫工作:在管道预制过程中,管道里易残存杂质,须在安装过程中采用吹扫清除,否则容易堵塞各类阀门,引生安全事故。因此,我们在低温管道安装过程中,采用分段吹扫,分段安装办法;在安装中,采用先安装直通管(或

主管),再安装弯管和旁通管(或支管);一些切断阀门在最后安装,避免阀门采到损伤。

低温管道的试压一般采用两种介质和方法:液体试压和氮气试压。在液体试压的过程中,可快速找到漏点,试压过程也相对安全。但是,管道采用液体试压后,管道低点、球阀排凝处、管壁等会有一定积液,难以彻底清除残留的液体。在管道投入运行后,有积水部位就会现“冰堵”,严重影响管道运行。所以,我们认为氮气作为试验的介质是比较理想的,因为氮气的挥发性比液体要强,在管道的内部停留时间较短,不易发生残留^[1];这种试验方法不但对管道严密性试验检查效果比较好,更主要是不会留下任何液体,为后继的干燥工作做好准备,会节约很大的一部分成本;当然在以氮气作为介质的管道试验中,应充分的做好安全措施。

管道干燥:因液化天然气管道对管道的干燥度要求很高,在投产前须对管道进行干燥。管道干燥的方式有干空气和液氮两种介质。从经济效益上分析,单独站场时宜采用液氮作为介质干燥,液氮管与汽化器之间应用低温的金属软管连接,汽化器与待干燥管道之间应采用钢管连接,切忌将液氮出口直接连到待干燥管道上,会导到管道因冷脆而失效。在干燥管道的出口处用露点仪检测出口处气体的露点,合格后才能对整段管道进行封闭,并保证低温管道内氮气的压力达到微正压(约 $0.005\text{mPa} \sim 0.01\text{mPa}$)。如果单独一个站场或接收站的管道采用热空气干燥对管道进行干燥,施工的成本比较高,并有一定的操作条件;最好是站内液化低温管道与场外的长输管道直接连接,同时进行干燥,这时干燥成本相对较低,整体干燥的效果也较理想。

3 保冷工作

液化天然气管道运行温度很低,一般以 -192°C 作为保冷,属深冷绝热施工,保冷效果的好坏对管道的运行效率和成本非常重要。

首先,我们要选择好绝热材料,目前主要有泡沫玻璃和聚异氰尿酸酯。早此年,类似工程以泡沫玻璃作为首选,泡沫玻璃不会燃烧,而聚异氰尿酸酯在火焰中能够燃烧,并产生有毒气体。近年来,近年又研制出阻燃聚异氰尿酸酯(俗称 PIR)材料,绝热性能好,又属于憎水性的材料,闭孔率高,防水功能好。阻燃聚异氰尿酸酯可根据工艺管道的实际要求

和保冷层数模压成型,制造成各类管壳;部分阀门保冷时可采用发泡用聚异氰尿酸酯现场浇灌的方式成型,以适应现场非标准的外表面设备保冷,因此阻燃聚异氰尿酸酯近年被广泛使用。

其次,要注意保冷绝热材料设置方式,这也直接影响管道绝热的效果;保冷材料和管道材料线膨胀系数不同,液化天然气管道的运行中,两者会产生不同变形差,导致保温材在管托和连接区等部位脱开,严重影响绝热的效果。针对这种情况,保冷管道施工过程中应每6m设置一道伸缩缝,并错缝安装,且伸缩缝的位置须设置在 $15^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 范围之内,伸缩缝采用沥青玛蹄脂作为填充,能有效地避免这种情况的发生。

另外,保冷管壳搭接形式对保冷效果也有较大的影响。根据我们做过几次实验,在同一个管道里,保冷管壳有两种形式:z字(搭接式)和一字型(平口式),采用这两种形式分别对该管道进行预冷工作,我们明显的观察到后者有出现结霜的现象,而前者没有,z字型的保冷效果更好。因此我们建议液化天然气管道的保冷管壳优先采用z字形式连接,虽然管壳的模具及成型成本相对较高。

低温管道深冷绝热材料的选择以结构型的选择对于工程安装质量非常重要,因此我们需要对各种因素做出合理的调整,确定最优的方案。

4 预冷工作

液化天然气管道保冷工作完成之后,顺便补充一下,如果是LNG站场建设,须等待子母罐的膨胀珍珠岩+氮气绝热和预冷工作完成后,工艺管道的预冷工作才能进行。管道预冷环节对于安装工程质量至关重要的,不但能在低温的情况下测试的设备的灵敏度,也能检查管道整体结构的强度是否达到设计的要求。

预冷介质的选择,以液氮最为常用。在预冷操作中,管道温度的降低不宜过快,温度降温需要遵循逐步降温的原则,否则容易出现急冷的现象,对材料、各类支架、设备等会造成不良的影响,甚至损坏。在预冷过程中,应将阀门等用螺栓连接的部位进行紧固,具体的温度约 -70°C 时作一次冷紧,在工作温度时作第二次冷紧,冷紧需要等温度稳定并在卸压后进行;同时对管道的支撑体系(包括滑动、导向和固定支架)适当的调整,减少管道局部应力集中。

预冷可以分为两部分:气体预冷和液体预冷。先实行气态预冷模式,在气体预冷完成后,才能向液相管里灌入液态氮,实行液态制冷模式。液体预冷应分段分步推进。液化天然气进入管道时,会出现香蕉效应。可以解释为:一部分液化天然气会快速气化沸腾,管道内会发生气液两相天然气的现象,另外管道顶部和底部的温度也有所不同,底部的温度低,顶部的温度高,这种情况下造成管道上下收缩的不一致性,此为香蕉效应^[5],所以应对管道的上下部进行检测,保证温度差不超过 50°C ;重要的是控制温度下降速率,每次降低的温度不超过 10°C ^[2];在上一阶段温度稳定,管道系统经检查没有问题后,再下浮预冷温度,以免因为温度差过大造成设备、材料的损坏。

5 关于液化天然气低温管道的设计要求

首先管道设计的压力应该大于在操作过程中出现的温度结合工况的压力,并且需要符合以下规定:安全泄放装置的管道设计的压力应该大于安全泄放装置规定的压力;离心泵出口管道的设计应该大于泵的关闭压力^[6]。

设计时需要考虑环境因素:应该避免隔断管道中的流体后,因环境因素造成的热力膨胀;减少管道表面冷冻造成的各种故障问题的发生;并且应充分考虑如何处理管道冰堵技术措施(如设置伴热管道)。

管道材料的要求:材料应该根据设计的压力和温度、焊接情况等条件进行合理选择,以达到最优的效果;阀门主体的材质应该选择奥氏体不锈钢材质。

管道的整体布置问题:应该符合管道工艺的一般流程,不便于施工和维修;也要遵循管道需短、弯头需少的原则,而且合理设置各类支架,消除热应力;安全阀入口的管道管段的设置需无保冷条件等。

阀门:其中分体式阀门应禁止使用,因它不能够减少泄漏点。另外,还需要建立阀腔泄压的基本结构,这种结构可以避免在阀门关闭的情况下,天然气气化引起的升压造成阀门破坏。阀门的低温测试需要符合标准,以适应深低温工作的要求。

6 实现技术创新、材料先进,不断优化安装技术

如今,随着科技不断的发展,安全理念的不断提高,安装工程技术人员努力学习新技术,努力创新;在安装质量方面,用新科技的手段提高安装质量。相关单位应培养技术人

员的创新意识,定期培训、学习、交流、轮岗,理论结合实际,在思考中工作,在工作中反思,使得液化天然气管道安装工程实现高质量、高科技完成^[4]。

7 结语

论文关于液化天然气低温管道安装技术的研究问题做了一些探讨,有利于使施工技术人员了液化天然气低温管道施工有更深入的了解,并随着社会技术的发展,科技不断进步,不断的提高安装技术水平,保证工程质量,保证施工和运输的安全。

参考文献

[1] 姚长青,郑超,刘志辉.LNG低温阀门技术发展趋势分析[J].化工

设备与管道,2014,51(1):8-14.

[2] 蔡汶学张俊等.浅析液化天然气(LNG)接收站管线预冷技术.化工管理 2014(33).

[3] 华军,姜铭.有关超低温球阀密封性的探讨[J].科技咨询,2015(3):78.

[4] 曹平富.超低温浮动球阀密封结构设计[J].中国高新技术企业,2015(26):26-27.

[5] 裘铮浩.用于液化天然气的低温球阀特性研究[J].阀门,2013(5):16-20.

[6] 吴堂荣,唐勇.低温阀门密封性能的研究与分析[J].阀门,2009(2):26-28.