

LNG槽车装车系统的技术特点

贺 耿¹ 王 正¹ 包光磊²

1.连云港远洋流体装卸设备有限公司,江苏 连云港 222062 2.中国寰球工程公司,北京 100028

摘要:

随着近年来国内 LNG 接收站和液化厂项目的大规模建设,LNG 产量和销量不断增大。目前 LNG 从接收站和液化厂到达中小型用户的过程中,LNG 槽车运输是唯一的方式。在缺少国家相关标准的情况下,为使工程设计人员能够熟悉 LNG 装车系统的特点,实现安全、快速装车,通过对装车系统工艺结构、设计数据、系统配置及操作方法的叙述,对目前国内 LNG 槽车装车系统现场使用情况进行分析和总结,提出 LNG 装车系统设计思路和系统配置结构,为 LNG 槽车装车系统设计和使用提供参考。

关键词:

LNG;装车系统;设计

文献标识码:B

文章编号:1006-5539(2012)04-0011-04

0 前言

LNG 槽车装车系统比油品槽车装车系统复杂,现场组配装车系统,安装和调试周期长,质量不稳定。为克服以上缺点,在工厂内,将装车系统的仪表和设备集成在一个橇装架上,并完成电气安装、强度试验和低温测试等,装车橇到达用户装车现场后,接地角螺栓,连接工艺管线、通讯和供电线路就可以使用。结合 LNG 装车橇技术特点,以及在中国石油江苏液化天然气有限公司和中国石油大连液化天然气有限公司的现场经验,对 LNG 装车系统中的设计数据、功能要求、操作方法进行叙述,综合国内装车系统在使用中出现的问题提出了解决办法。

1 装车工艺

按照目前国内接收站流程结构,装车橇工艺管线包括装车液相线、气相线、压力泄放线、保冷循环线、排

净线、氮气管线和仪表风管线,目前设计的装车正常流量为 $60 \text{ m}^3/\text{h}$,最大流量为 $80 \text{ m}^3/\text{h}$;设计的液相和气相线为 $\Phi 89 \times 4 \text{ mm}$,泄放管线为 $\Phi 57 \times 3.5 \text{ mm}$,保冷循环线和排净线为 $\Phi 32 \times 3 \text{ mm}$;装车橇设计压力为 1.41 MPa ,液相操作压力为 $0.6 \sim 0.9 \text{ MPa}$,气相操作压力为 $0.01 \sim 0.3 \text{ MPa}$;设计温度为 $-196 \sim 60 \text{ }^\circ\text{C}$,操作温度为 $-162 \sim 60 \text{ }^\circ\text{C}$ ^[1]。工艺流程见图 1。

装车液相线依次安装质量流量计、流量调节阀、气动切断阀、温度变送器以及压力变送器,然后连接液相装车臂;装车气相线依次安装气动切断阀、温度变送器以及压力变送器,然后连接气相装车臂;系统内还配置静电控制器及接地装置,保证装车时槽车能够可靠接地。同时在液相线和气相线上安装安全阀,橇装架外侧安装专用的 LNG 批量控制器和紧急停车按钮,批量控制器连接橇内所有控制阀门、温度变送器、压力变送器、质量流量计等,组成装车控制系统。

收稿日期:

2012-02-01

基金项目:

江苏省科技支撑计划(BE2010207)

作者简介:

贺 耿(1975-),男,陕西丹凤人,工程师,学士,从事流体装卸设备及自动化控制系统工程技术工作。

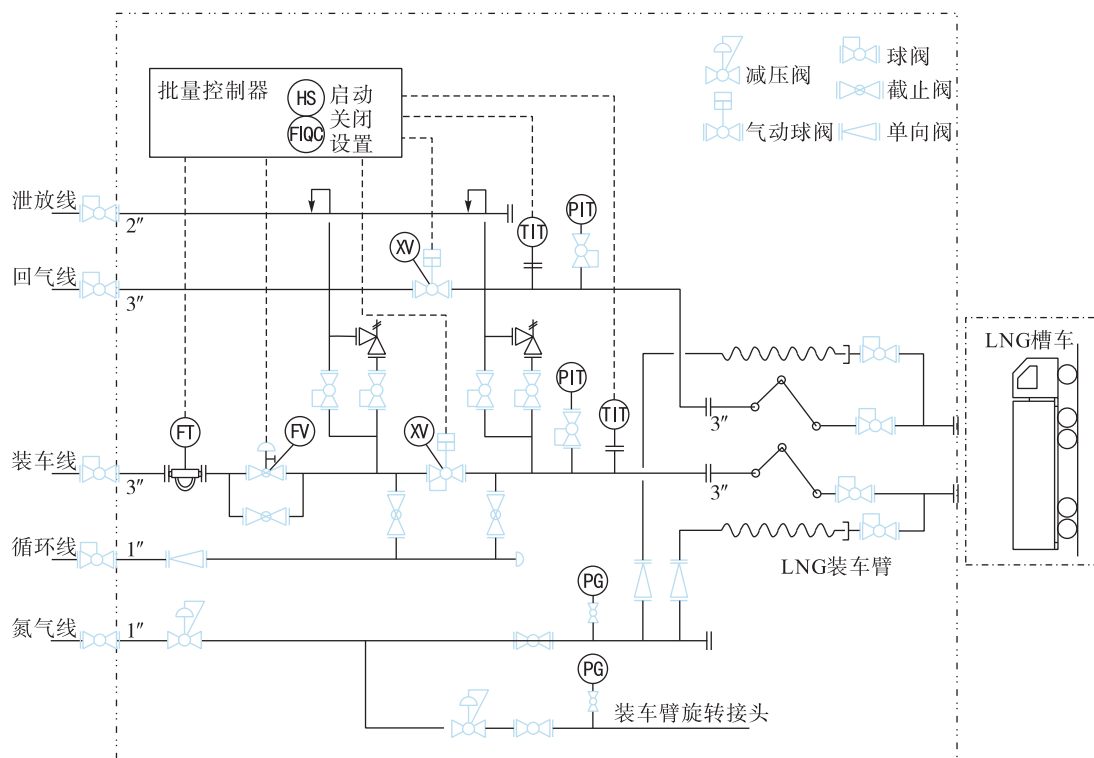


图1 工艺流程

装车前,首先连接槽车和装车臂,用氮气分别对液相臂和气相臂中的空气进行氮气置换,关闭保冷循环阀;接着在批量控制器上按“装车预冷”,系统自动打开液相线和气相线上的气动切断阀,批量控制器缓慢打开流量调节阀到5%开度,用小流量对装车臂进行预冷,流量计开始计量;当装车臂完全结霜后,在批量控制器上按“快速装车”,批量控制器缓慢打开流量调节阀到设定的正常装车流量;当装车量达到设定装车量的95%时,批量控制器缓慢关闭流量调节阀到设定的小流量,提高装车精度;当装车量达到装车提前量时,批量控制器关闭液相气动切断阀和流量调节阀,操作员用氮气分别对液相和气相臂进行吹扫,然后按照工艺关闭气相气动切断阀、装车臂上阀门和槽车上阀门,断开槽车和装车臂的法兰连接,完成装车作业;操作步骤和提示在批量控制器上显示。

2 设备及仪表配置

2.1 LNG装车臂

装车臂是装车橇中的关键设备,LNG装车臂采用双臂带立柱结构,两条臂上下安装,分别接槽车的液相口和气相口,用于LNG装车和BOG回气,立柱支撑结构有利于减少臂内侧旋转接头受力,减少磨损,延长密封件寿命;每条装车臂上安装有5个旋转接头,保证装车臂的接口能够在360°空间内自由活动^[2-4],同时也保证装车臂接口和槽车接口连接后处于正对状

态;每条装车臂上还必须配置弹簧平衡机构,保证在100 Nm的作用力下,装车臂能够正常操作。

装车臂材质304/304L(沿海地区宜采用316L),旋转接头的材料必须进行深冷加工处理,保证其强度和耐磨性。装车液相臂和气相液相臂入口为3"-ANSI#150RF,装车臂槽车连接的出口为2"-ANSI#150RF(目前国内槽车基本上采用此标准);装车臂上必须安装切断球阀,非装车状态下切断球阀要可靠地关闭,防止空气进入,而采用球阀结构能满足快速开启和关闭要求,减少操作时间;装车过程,这两个球阀操作频繁,操作温度常处于常温和低温的交变过程中,所以对阀门质量要求高。装车臂的前端旁路安装氮气吹扫阀,用于装车前对装车臂前端空气的置换和装车后对装车臂内LNG或BOG的吹扫,吹扫管线为 $\Phi 32 \times 3.5$ mm或 $\Phi 27 \times 3$ mm,吹扫阀的数量按照工艺设计稍有差异。装车臂的旋转接头一般采用氮气密封结构,使其滚珠轴承内处于干燥的氮气环境,防止空气进入后水气凝结,造成滚珠轴承冻结,使得装车臂无法正常操作,氮气压力为0.02 MPa^[5],每条臂5个旋转接头的氮气线串接在一起,氮气消耗量为0.3 Nm³/h。

2.2 质量流量计

质量流量计在装车过程中测量装车量,由于LNG装车过程中产生BOG回气,质量流量计计量结果仅作为系统控制依据,不作为贸易交割计量依据。其口径按照流量大小选配,流量计的精度选0.1级,结构选择分

体式,保证在低温环境下能够正常工作。

2.3 控制阀门

系统中的流量调节阀要可靠地控制装车流量,装车流速过大会存在安全隐患,装车流速过小,产生的 BOG 量较大,装车时间长,装车效率降低,故一般采用直线型调节阀。而气动切断球阀,分别安装在液相线和气相线,用于装车前后对工艺管线的切断,兼作紧急切断阀,采用双电磁阀结构,和全厂的 ESD 系统连锁。目前国内这两种深冷控制阀门的产品性能不稳定,LNG 装车橇一般采用进口控制阀门。

2.4 温度和压力变送器

温度变送器采用分体式,热电阻采用法兰式,由于装车管线较小,外面有绝热层,热电阻在管道安装时需另外安装套管,插入深度在 300 mm 以上;压力变送器的引压管长度为 2 m 以上,保证接触测量膜片时的气体温度,防止低温对测量膜片的损坏,另外在引压管的根部安装阀门和主管线隔离,在变送器端配置两阀组,方便调试和维护。

2.5 批量控制器

批量控制器采用 PLC 结构,每个装车橇为一个控制单元,硬件上能完成对流量、压力、温度、静电信号、阀位信号的采集,实现对调节阀和气动切断阀的控制,软件上必须具备以下功能。

2.5.1 批量控制功能

按照预定程序启动,打开相关阀门,采集流量计的流量,到达预定装车量时,按照预定程序关闭相关阀门,实现定量装车。

2.5.2 流量控制功能

批量控制器采集质量流量计信号,控制装车橇内的调节阀开度,在槽车预冷、装车过程和装车结束时,分别控制装车流量,满足装车工艺及安全要求。

2.5.3 超限报警功能

系统内液相线和气相线分别安装压力变送器和温度变送器,对装车过程中的温度和压力进行监测,当超过限定的温度和压力时,控制系统报警。

2.5.4 位置检测功能

装车橇内安装装车臂停靠架,停靠架上安装防爆接近开关,装车完成后,装车臂必须放回到停靠架上,防止在非装车状态下装车臂意外摆动,损坏附近设备或撞上槽车。

2.5.5 静电监测功能

装车橇内安装静电接地控制器,装车过程中监测接地电阻,当接地不良时,系统报警并切断装车控制阀。

2.5.6 防雷设计

装车橇与外部连接的通讯线路、供电线路、信号线路加装防雷栅,防止雷击后损坏系统内仪表。

2.5.7 操作提示功能

LNG 装车过程复杂,操作阀门 12 个以上(包括槽车上阀门),把每一步操作都提示在批量控制器的显示屏上,操作完成后确认。规范操作,防止不安全情况发生。

2.5.8 数据通讯功能

装车橇采用 RS485/MODBUS 通讯标准,可以实时将装车流量、温度、压力、阀位及静电接地状态向其它控制系统发送,满足工厂信息化管理要求。

2.6 管线保冷

LNG 装车橇内阀门、仪表和管线短节数量较多,管线不适合采用真空管结构,宜采用外部加保冷材料方式。管径 57 mm 以上的管线保冷材料一般采用双层 PIR 结构,管径 57 mm 以下的管线保冷材料一般采用单层 PIR 结构^[6],每层保冷材料厚度执行整个项目的保冷规定。LNG 装车橇在现场完成安装和测试后,进行橇内管线保冷工作,而阀门和仪表要等待系统预冷和试车完成后,再进行保冷工作。

3 装车系统存在的问题

3.1 计量精度

超低温环境会影响质量流量计的核心处理器,产生较大的零漂,对测量精度有较大影响,进口装车橇在中海油福建 LNG 现场也出现同样问题,在中石油江苏 LNG 项目装车橇的后期调试中,技术人员对装车橇保冷方式和采集程序处理方式进行了特殊处理,精度有了较大改善,基本达到设计精度。

3.2 计量方式

国内的 LNG 接收站都将质量流量计计量结果作为控制依据,地秤计量结果作为贸易交割依据。质量流量计在 LNG 装车计量过程中存在较大误差,主要有两个原因:一是质量流量计在计量超低温介质中有较大零漂;二是 LNG 液相装车管线内可能存在少量的 BOG 气体,导致质量流量计工作时产生误差,相比较地秤计量就不受介质影响,较为准确。宁夏哈纳斯项目没有采用地秤计量交割,而采用在气液两相同时安装质量流量计,直接用液相质量流量计计量数减去气相质量流量计计量数得到装车量的办法,因项目没有投用,效果未知;山西及内蒙的 LNG 液化厂,没有采用流量计控制装车,由操作员观察槽车上的液位计,确定是否装满后采用地秤计量交割,但往往会产生溢罐

或者超装而需卸车,延长了装车时间,降低了效率。

3.3 软管装车

国内有些小型 LNG 液化厂采用软管连接装车,软管长度 4~6 m,直径 150 mm,重量较大,容易损坏而需经常更换;软管和槽车法兰对接时需要两个人操作,特别是装车完成后拆法兰时,由于法兰口结冰很厚,操作员往往采用极端方式拆卸,给设备造成伤害的同时也增加了安全隐患。而采用装车臂具有弹簧平衡机构,操作力矩小,和槽车法兰对接时的安全性高。

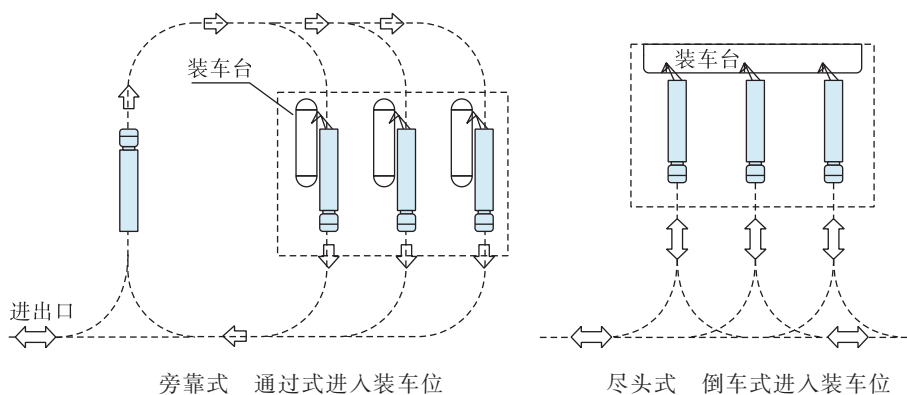


图2 槽车进车方式

3.5 小型 LNG 液化厂装车不规范情况

a) 操作员没有防冻保护措施,如果 LNG 直接接触皮肤,后果严重;

b) 安全培训力度不够,操作员自我保护意识不强,容易出安全事故;

c) 装车完成后没有进行氮气吹扫,残余 LNG 汽化后直接高空排放,不经济、不安全、不环保;

d) 没有安装装车臂氮封管线,容易损坏装车臂密封,造成 LNG 泄漏;

e) 装车缺少自动控制和计量系统,容易超装溢车,影响装车效率;

f) 自动化程度落后,紧急停车系统不完善,缺少应急措施。

4 结论

LNG 装车系统已经成为 LNG 液化厂信息自动化的重要组成部分,将自动化仪表技术、计算机控制技术、网络及通讯技术和装车工艺有机结合,实现 LNG

3.4 倒车方式进入装车位

有些 LNG 装车站为了节省空间,采用槽车倒车方式进入装车位,存在一定的安全隐患。目前绝大部分 LNG 槽车为后部装车,LNG 槽车长度超过 16 m,如果车辆进出路线相同,车辆较多时容易出现混乱;直接对着装车设置进行倒车作业,容易出事故。建议设计时尽量采用旁边停靠,通过式进入装车位,槽车进出装车区域路线清楚,直接正向驶入装车位,减少在场内的回车,提高安全性,见图 2。

装车的分散控制和集中管理功能,减小劳动强度,减少安全隐患,提高装车效率,确保生产安全。

参考文献:

- [1] 顾安忠. 液化天然气技术手册[M]. 北京:机械工业出版社, 2010, 284-345.
- [2] NFPA 59A-2011, 液化天然气(LNG)生产储存和装运标准[S].
- [3] 廖志敏, 杜晓春, 陈刚, 等. LNG 的研究和应用[J]. 天然气与石油, 2005, 23(3): 28-31.
- [4] 熊光德, 毛云龙. LNG 的储存和运输[J]. 天然气与石油, 2005, 23(2): 17-20.
- [5] 杜光能. LNG 终端接收站工艺及设备[J]. 天然气工业, 1999, 19(5): 82-86.
- [6] 谢刚, 王天明. LNG 保冷厚度的计算[J]. 石油与天然气化工, 2007, 26(5): 373-376.