

浅谈LNG储配站工程实践及技术改进

□ 苏州港华燃气公司(215021) 张明明 陈进 孙能

摘 要: 结合苏州港华LNG储配站工程实例,介绍在LNG储配站工程实践中各专业施工的技术要点和需关注的问题,为日后类似工程提供参考及建议。

关键词: LNG储配站 工程施工 技术要点 调整改进

1 前言

随着天然气工业的大发展,LNG储配站(卫星站)凭借其建设周期短、储气量大以及能迅速满足用气市场需求的优势,作为城镇的备用、调峰气源或者过渡气源,目前已得到较为广泛的建设和应用,国内最早建设的城镇LNG站至今已十年有余,随着国家能源战略的逐步深化,天然气利用的广度拓展以及燃气用户需求的不断提升,LNG储配站的建设将继续如火如荼的进行。以江苏省城镇燃气发展“十二五”初步规划为例,十二五期间,江苏省内规划新建的城镇LNG储配站将达到10座左右。在以往关于LNG储配站设计施工的相关文献里大多关注于场站设备选型或工艺设计等方面,对于LNG储配站所涉及各专业的工程技术难点和施工要求总结介绍较少,而工程施工质量的优劣却密切关系到LNG储配站的运营可靠和安全保障。本文以苏州港华LNG储配站工程为例,对其相关施工技术及要点进行总结和探讨,为日后类似工程的管理人员提供参考。

2 苏州港华LNG储配站工程概况

苏州港华LNG储配站占地面积约13 340m²,建设规模为8只150Nm³LNG储罐,总储量72万Nm³,小时

高峰气化量10 000Nm³,年供气量600万Nm³,年平均日供气量5万Nm³,可以满足苏州工业园区应急或调峰7天的用气需求。工程分两期建设,于2008年11月开工,2010年7月全部竣工并顺利投运。

3 LNG储配站功能分类及组成

城镇内建设的LNG储配站按应用类别可分为主气源、过渡气源、调峰气源或事故备用气源。

LNG储配站的总平面一般进行分区布置,即分为生产区和生产辅助区。生产区域包括LNG储罐区、用于气化、调压、加臭的工艺装置区、LNG卸车区、LNG灌装区等。生产辅助区域则包括消防水池及泵房、锅炉房、配电间、发电机房等。

LNG储配站为综合性工程项目,涉及的专业包括土建、工艺、电气、仪表、暖通、给排水、消防等。

LNG储配站的一般工艺流程如图1:

(1) 生产流程

低温储罐内的LNG利用自身压力或自增压气化器升压。升压至所需运行压力(0.6MPa),利用其压力,将LNG送至空温式气化器进行气化。经过气化的天然气再经过调压(需求压力)、计量、加臭送入城市管网,为用户供气。

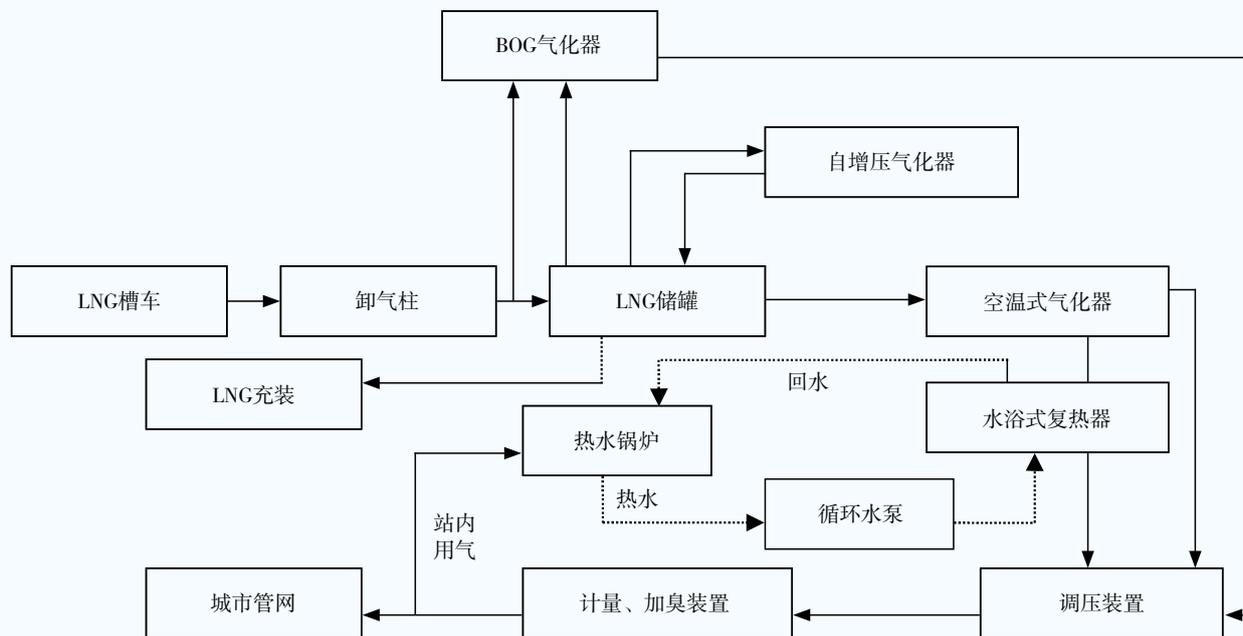


图1 LNG储配站的基本工艺流程

(2) 卸车流程

液化天然气从气源地利用LNG槽车将液化天然气通过公路运输至本站，卸车时将槽车压力通过增压气化器升至0.6MPa左右，LNG储罐压力降低至0.4MPa。利用槽车与储罐的压差将槽车内LNG卸至储罐内。

(3) 充装流程

对于燃气管道暂时无法到达的区域，可通过建设LNG瓶组站作为临时气源供气。首先利用LNG储配站的灌装系统将LNG充装到低温杜瓦瓶中（最大可充装410L），然后通过公路运输的方式送到瓶组站。充装LNG杜瓦瓶时控制LNG储罐的压力在0.6MPa左右。将钢瓶内的气体通过BOG系统放散降低瓶内压力至0.4MPa左右。利用两者的压差将LNG由储罐充装到杜瓦瓶中。

4 LNG储配站施工需关注的问题

4.1 土建专业

4.1.1 LNG储罐基础施工

储罐基础应在LNG储罐吊装前、吊装后空罐、投运后满罐3个阶段分别进行沉降观察与测试，具体方法可参照GBJ128-90《立式圆筒形钢制焊接油罐施工

及验收规范》。

目前LNG储罐的吊装一般采用地脚螺栓一次灌浆成型的方法来完成，这就要求储罐地脚螺栓前期预埋时的尺寸需十分精确，否则将导致储罐正式吊装时地脚螺栓孔需进行较多的修正扩孔，从而延长吊装时间，增加作业安全风险。

储罐厂家一般在到货前都会提供地脚螺栓尺寸模板，建议先根据模板尺寸预留储罐基础孔，同时放入地脚螺栓并进行临时固定，再将实际螺栓尺寸、角度等参数发回厂家进行校核，经过多次的校核、调整来保证参数准确。当然，亦可在掌握较为准确的尺寸后，先浇筑固定地脚螺栓，再将尺寸参数发回厂家，由厂家在生产车间进行LNG储罐螺栓孔的修正工作。

由于LNG为深冷介质，考虑到如发生LNG泄漏对储罐柱基产生危害，建议对储罐地上柱基部分采用保温材料及外保护皮进行包裹处理。

4.1.2 消防水池施工

根据GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》的相关规定，储存总容量大于或等于265m³的LNG站内应设置固定消防水系统，一般设计中以地下消防水池为主。消防水池作为重大砼浇筑工程和重要防渗工程，其施工及验收应引起LNG站工程管理人员的高度重视。

①水池浇筑

消防水池的浇筑一般分为底板、壁板与顶板等3次浇筑过程，混凝土应选用泵送C30以上混凝土，抗渗等级S6以上，水泥标号不应低于42.5。

为防止不均匀沉降，消防水池地基应为经过置换处理的碎石回填层，回填层应分层碾压密实，经过第三方检测的密实系数应不小于0.96。

壁板与顶板的浇筑切不可同时进行，以防止壁板过早承载顶板应力而导致产生裂缝。

防渗砼体的养护至关重要，砼浇筑后应尽量延长拆模板的时间，带模养护时间需7天以上，其间应对水池壁板两侧的模板进行浇水养护，使内外模板始终处于湿润状态，减少混凝土的内外温差。拆模后应采用覆盖塑料薄膜或挂麻袋淋水养护方法，养护期不得小于14昼夜。

②闭水试验

消防水池使用的是抗渗混凝土，在混凝土达到设计强度后，为检验抗渗性能，必须在内壁防水层施工前就应进行闭水试验，闭水试验就是根据设计水位将水池蓄满水，检验水池的渗水量，并进行外观检查。

闭水试验注水时以5天充满为宜，每升高1m水位不小于4h，然后停止12h再继续充水。充水时应仔细检查水池壁板混凝土和穿壁防水管道的施工质量情况，如果水池外壁或穿壁的消防管道（防水套管）有渗漏，同时检测的渗水量较大时，应立即停止充水，经处理合格后方可再次充水。

闭水试验渗水量的检测方法及其合格标准应遵守GB50141-2008《给水排水构筑物工程施工及验收规范》的相关要求，LNG储配站设置的消防水池为全封闭水池，蒸发量可忽略不计或根据当地水文站的相关数据计算得到。试验期间，如遇气温急剧变化，计算渗水量时应注意消除水池结构温差产生的影响。

水泥砂浆防水层的施工应在闭水试验合格后进行。

消防水池在闭水试验期间不可进行任何回填施工，水池在周围土未回填前及回填后未充满水前，应做好地下水排水，降低地下水位，以防止水池漂浮。

③水池渗漏治理

施工不当、收缩影响、温度变化等因素均会引起消防水池产生裂缝，消防水池由于裂缝而产生的渗

漏可分为多种情况：施工缝渗漏、局部混凝土抗渗等级不足、变形缝渗漏、混凝土渗漏等等。在施工过程中，应根据裂缝的产生形态采取针对性措施进行裂缝治理，同时建议选择有资质的防水工程公司进行专业补漏。

消防水池的渗漏治理应得到LNG工程管理人员的高度关注，消防水池即使产生长期微渗，亦会导致地基的不均匀沉降，从而损坏消防管道，影响LNG站的运行安全。

4.2 工艺专业

工艺专业施工既包括液相、气相等工艺管道的敷设，也包括工艺设备如阀门、储罐、气化器的安装，以及工程整体的试车（即预冷）、投运工作。

4.2.1 管道安装

LNG储配站的低温管道一般选用奥氏体不锈钢管道（0Cr18Ni9），常温管道一般选用碳钢管。在管道施工敷设中应密切关注下列事项：

①不锈钢管道进场后应采用“光谱分析法”进行材料检验，每批次抽查的管材不少于1根，每根管材一般选检3点，主要检查Cr、Ni含量。不锈钢管道堆放时应避免与普通碳钢管接触。

②不锈钢管道法兰应选用不锈钢突面带颈对焊法兰，现场施工中容易使用带颈平焊法兰来代替。带颈对焊法兰与带颈平焊法兰在管件加工形式、焊缝形式、使用范围等方面均有诸多不同，应予以注意。

③不锈钢坡口两侧各100mm范围内应涂上白垩粉，以防焊接飞溅物玷污焊件表面；安装时，不得用铁质工具敲击。法兰用的非金属垫片，其氯离子含量不得超过 5×10^{-7} 。

④LNG储配站工艺管道上需安装的仪表较多，进行仪表取源部件的开孔和焊接应在管道敷设安装前进行。

4.2.2 管道焊接检验

①不锈钢管道焊工选择时应注意压力管道焊工证上母材种类应为IV类，此类别（奥氏体不锈钢、双相不锈钢）为单独一类，不可有其他类别代替。

②低温管道的对接焊缝应进行100%射线探伤；角焊缝亦需进行100%检测。由于焊缝检验效果的差异，低温管道施工中应尽量避免角焊缝的存在。角焊缝的检验一般有渗透检测和磁粉检测两种形式，相比

而言,磁粉检测灵敏度更高,且对奥氏体不锈钢之类的铁磁性材料检验效果更佳。

4.2.3 管道试压、吹扫及保冷

①管道吹扫及试压介质一般选用压缩空气或氮气,来自现场空压机的压缩空气含油量较高,极易损坏低温阀门内的四氟垫片,建议选用高压氮气瓶组。

②管道吹扫应分段进行,相关设备不可参与吹扫,管道的吹扫方向应由内(LNG储罐)向外进行。每只安全阀及低温截止阀处均应进行单独吹扫检测合格,否则极易造成低温阀内漏或安全阀阀座密封不合格。

③保冷工程应选择有资质的专业保冷资质公司进行。保冷材料应具有耐燃、膨胀和防潮性能的说明书。保冷材料的金属外保护层建议采用不锈钢皮。

④低温管道的保冷工程应在管道试压、预冷之后进行;低温阀门的保冷则应在预冷之后进行。保冷工程的验收应用液氮进行过冷试验。

4.2.4 设备安装

①低温阀门的选用

LNG储配站内低温阀门种类包括截止阀、调节阀、紧急切断阀、安全阀等,一般设计中,为了场站运行的安全可靠,低温截止阀一般选用国内产品,而调节阀、紧急切断阀、安全阀等则会选用国外产品。对于低温安全阀,虽然国外产品无论在制造工艺还是在产品可靠性上均具有优势,但目前国内普遍使用的进口安全阀阀门底座的密封形式均为金属硬密封,该密封形式对管道洁净程度的要求极高,一旦有杂质进入,便将无法正确校正开启压力,致使阀门的校验不合格,最终导致管道安全短期内无保障,另外进口安全阀的返厂维修费用也相对较高,而国产低温安全阀的制造工艺经过近几年的发展已进步明显,因此建议低温安全阀可选用国产品牌。

②紧急切断阀的优化

目前LNG场站的设计中,LNG进入储罐增压气化器的进液管道一般选择连接在LNG储罐下进液管道上,并且在LNG储罐的进液管道和储罐增压气化器的进液管道上分别设置紧急切断阀门。而在LNG站的正常运行中,LNG储罐的进液与储罐增压气化器的自增压并不会同时进行,因此这两种运行模式采用1台紧急切断阀进行控制便可达到安全诉求(见图2)。这

样,每台储罐的进口紧急切断阀设置便可减少1台,从而降低工程投资。

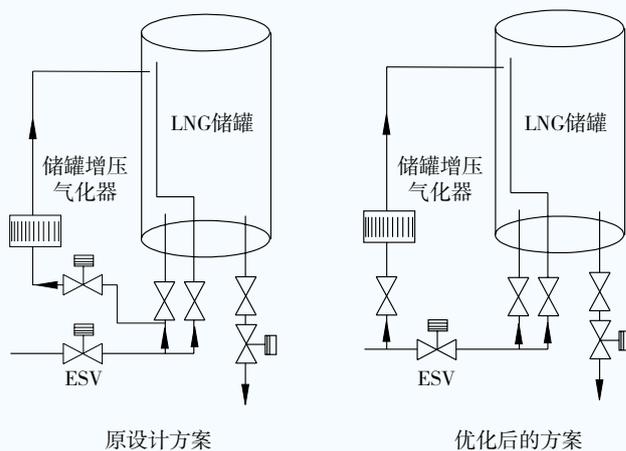


图2 紧急切断阀的优化

③管道材质的优化

一般设计中,空温主气化器后的管道由于主要流通介质为气态天然气,通常被归类为常温管道(使用温度大于 -20°C),从而选用普通碳钢管,但实际运行中,在气温较低的冬季,气化器的气化能力极易不足,虽然有出口温度变送器进行监测(低温连锁切断),但管道内依然可能短暂存在气液两相流,此时的实际温度其实已超过碳钢管的使用温度范围。因此空温主气化器至水浴式气化器之间管道应作为低温管道来进行设计,材质选用奥氏体不锈钢。

④LNG储罐出厂时一般采用低压氮气进行密封,储罐根部阀则禁止在预冷前开启;但与现场预制管道碰接时,如根部阀与管道接头距离太近,为了防止焊接高温损坏根部阀密封面,必须通过开启根部阀门来完成焊接。故而建议在储罐出厂前,根部阀下侧预留不小于30cm直管,便于低温管道焊接。同时为方便运行中观察检测,建议将储罐就地液位计在出厂前进行下移。

⑤气化器出厂时,为保证运输和吊装时气化器翅片不被损坏,一般会设置保护钢架;同时考虑到场站运行后,保护钢架由于温差应力会损坏气化器,所以在气化器吊装完成后一般会拆除钢架,此工序即耗时又繁琐。建议气化器出厂时采用铝制保护架,从而免于在安装后拆除。

4.2.5 场站预冷

目前LNG储配站的预冷技术已基本稳定、成熟，预冷工艺亦逐渐标准化、流程化。

①预冷介质一般以采用液氮为主，液氮应满足GB/T8980-96质量标准，同时纯度应达99.9999%。

②低温氮气预冷时建议根据能量级梯使用原则，充分利用氮气，从而节约液氮成本，参考工序如图3：低温氮气从1号储罐下进液管进、BOG气相管出，从BOG气相管进2号储罐，从2号储罐出液阀出，最后在空温气化器后管道进行放散。

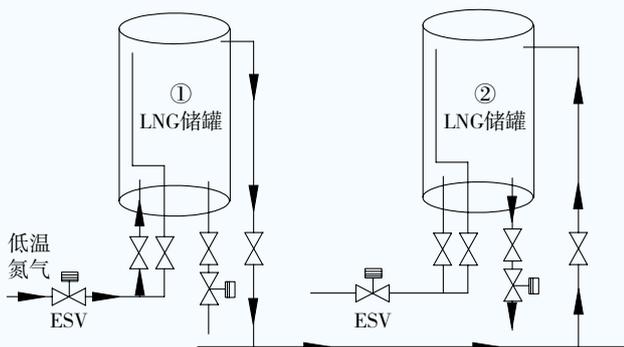


图3 低温氮气预冷

③预冷结束后不宜立即进行LNG置换投运工作，应将液氮在LNG储罐内放置3-5天，观察储罐各项指标变化情况，评价储罐性能。

4.3 电气、仪表专业

4.3.1 场站运行控制

①储罐区低温检测

储罐区导流槽上宜设置低温检测热电偶来实时检测有无LNG泄漏，每台储罐下环形导流槽应坡向中央区域汇流槽，低温热电偶应安装在汇流入口处。

低温热电偶与泡沫发生系统应设置联锁，联锁发生时切断集液池内排污泵的电，以防将泄漏的LNG误排至污水管道；同时关闭储罐进出液和气化器进口的各个紧急切断阀。

②储罐自增压与BOG控制

储罐自增压运行通过设置增压调节阀来进行控制，增压调节阀建议选用气相介质的阀门，位置设在储罐增压气化器的出口处；

储罐日常蒸发气相（BOG）的泄放通过设置减压调节阀来进行控制，减压调节阀宜设置旁通。

增压调节阀与减压调节阀的功能分别通过设定自动关闭压力和自动开启压力来实现，减压阀开启压力应大于增压关闭压力，其压差值应大于0.015MPa。

③气化生产控制

空温式气化器进口的液相管道上一般设置紧急切断阀，出口气相管道处建议采用双套温度检测变送器，如只设置单台仪表，故障时易发生误切断。

出口的温度变送器应与进口的紧急切断阀设置联锁，联锁控制的温度值不应低于当地最低温度以下10℃。

④紧急停车系统

GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》内明确规定液化天然气设施应设置紧急停车系统。

紧急停车系统（ESD）一般在现场设置ESD按钮，用以手动操作关闭LNG储罐的进出液紧急切断阀门，以切断液化天然气气源。ESD按钮设置的形式可根据LNG站的功能区来进行选择：对于作为主气源、过渡气源等经常使用的LNG站，可为每台储罐的进出液紧急切断阀门均设置一只ESD按钮，如此来实现分类控制、持续供气的要求；对于调峰气源或者备用气源用途的LNG站，每套ESD系统便可只集中设置一只ESD按钮，紧急时将全部切断阀同时关闭。

⑤循环热水控制

LNG储配站内的水浴式气化器、CNG减压撬等设备在运行时需进行换热处理，所需热源主要由燃气热水锅炉提供，循环热水的供热量一般比较固定，但在水浴气化或CNG减压卸车过程中，气体所需的换热量则因为瞬时气量的变化而处于时刻变化中，如在CNG卸车后期，气体所需换热量极小，但供热量却相对固定，这就极易造成天然气出口温度相对较高。因此，建议采用在出站天然气总管上设置温度变送器，并与热水锅炉进行联锁的措施来对气体出站温度进行合理控制，同时亦可通过在相关设备的进水管道上增设节流阀来加强控制。

4.3.2 电气防爆

根据GB50058-92《爆炸和火灾危险环境电力装置设计规范》的相关规定，LNG储配站内一般包括爆炸危险1区与爆炸危险2区。

①储罐区集液池内为爆炸危险1区，污水泵应选

择隔爆型，与其连锁的液位计亦应采用隔爆型。

②相关路灯及照明设施一般处于爆炸危险2区，为降低投资成本，可选用增安型产品。

③站内燃气锅炉房因是明火生产，一般不作为爆炸危险区域考虑，但从LNG站整体安全角度出发，建议机械排风及照明设备采用防爆型产品，同时应安装与锅炉进口管道电磁阀连锁的可燃气体报警系统。

4.3.3 防雷接地

对于LNG储配站，雷击破坏可分为直击雷和感应雷。LNG站内应具备完善的防直击雷的外部装置和防感应雷的内部装置，外部装置包括接闪器、引下线、接地装置等，而内部防雷的主要措施则是屏蔽、分流、等电位、接地等，主要用来防范、减少雷电流在需防护空间所产生的电磁感应。

①LNG储罐外罐的壁厚一般大于4mm，不需单独设立避雷针，但必须做好防雷接地，接地引下线不少于两根，宜对称布置，一般设计中采用铜绞线与接地镀锌扁钢连接，建议将接地扁钢与储罐地脚直接焊接，焊接形式为搭接焊，从而进一步减少冲击接地电阻值。

②LNG储配站内，为方便员工作业，在LNG卸车或CNG卸车区经常设置防雨棚，该棚即使高度较低、已被保护，亦应单独设置避雷针（带），避雷针（带）保护范围应为爆炸危险1区。

③LNG站的放散一般采用集中放散形式，集中放散管如装有阻火器，可做接闪器用；当不装阻火器时，应装单独接闪器，滚球半径用45m保护。

④工艺装置区内设备众多，虽然已在最高点避雷针的保护半径内，但建议在露天的重要工艺设备上加设短针保护，同时形成整体均压分流。

⑤接地系统的完善

LNG站内的接地系统包括保护接地、工作接地、防雷接地、防静电接地等：

在爆炸危险1区内所有的电气仪表设备以及爆炸危险2区内除照明灯具以外的其它电气仪表设备，均应接地。低于36V供电的现场仪表，可不作保护接地，但有可能与高于36V电压设备接触的除外。

仪表电缆槽、仪表电缆保护管在进入控制室处应与电气专业的防雷电感应的接地排相连。现场仪表的浪涌保护器应与电气专业的现场防雷电感应的接地排

相连。

LNG站内安装DCS、PLC、RTU等设备的控制室、机柜室、过程控制计算机的机房，应考虑防静电接地。室内的导静电地板、活动地板、工作台等应进行防静电接地。

4.4 给排水专业

(1)消防水池入口建议设置浮球阀进行自动补水，消防水池上设置液位变送器上传水池液位情况。

(2)LNG站内水浴式气化器、CNG减压撬等用水设备对循环热水的水质均有特殊要求：水中氯离子（ Cl^- ）浓度 $\leq 25\text{mg/L}$ ；水的pH值在7~7.5之间；严禁被碳钢铁素体污染，或有碳钢锈蚀源的存在。因此循环水系统的正常补水不宜采用自来水供给，建议采用软化水或加装水处理装置。

4.5 消防专业

(1)LNG储罐的消防喷淋蝶阀一般采用气动阀门，该阀门在正常供仪表风和供电时处于常闭状态，可自动或手动开启。阀门发生故障时亦会保持开启，从而进行非正常储罐喷淋，建议加设手动蝶阀或选用带有机械切断的气动蝶阀。

(2)虽然GB50183-2004《石油天然气工程设计防火规范》内规定，LNG储罐总容量大于或等于3000 m^3 的站场，集液池应配泡沫灭火系统。但为提高安全可靠，目前国内的200 m^3 罐容以上的城镇LNG站均会在集液池设置泡沫发生系统。一般设计中，高倍数泡沫发生器所需泡沫混合液，由消防水泵提供压力水，经过出水管道上的流量控制阀后，再与泡沫经负压式比例混合器形成泡沫混合液。

负压式比例混合器的原理是在一定压力的消防水经过时，利用文丘里管原理，在上部形成真空腔，从而引射泡沫。但是消防水管管内的洁净程度较低，极易造成负压式比例混合器的真空腔产生阻塞，从而导致无法形成泡沫混合液，因此不宜采用负压式比例混合方式，建议采用带压力罐的比例混合器，具体要求参考GB50196-93《高倍数、中倍数泡沫灭火系统设计规范》。

(3)一般LNG站的消防系统设计中，在消防管网正常运行阶段是由稳压泵及稳压罐进行补充。稳压泵的启闭有一定的区间，通过电接点压力表进行控制，如0.3MPa启动补水，消防管网到达运行水压

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2011.08.005

关于燃气企业的公关和危机管理的探讨

□ 深圳市燃气集团股份有限公司龙岗管道气分公司 (518172) 李 军

摘 要: 作为直接面向用户的燃气企业,受到社会各界的密切关注。气价、安全、稳定供应等等都是政府、公众乃至媒体关注的重点。燃气企业应如何进行有效的公关和危机管理,塑造良好的品牌形象,本文拟从城市燃气运营各环节展开探讨,提出建立和改进的对策。

关键词: 燃气 公关 危机 管理

1 概述

自西气东输一线投产以来,中国大陆领域内的城市燃气事业获得了空前的发展,天然气覆盖的面积

和人口数量呈跨越式增长。此间,深圳市的管道燃气也取得了长足的进步。有国家层级的政府官员表示,“十二五”期间天然气在能源消费结构中所占比例将由目前的4%提高到8%(引自《“十二五”期间天然

0.6MPa后停止补水。如果LNG储罐区内发生火灾探测报警,一般在手动开启消防水泵之前会先打开消防喷淋蝶阀,此时消防管网压力可能存在未达运行水压现象(如处于0.35MPa,稳压泵尚未启动补水),因此消防水泵的启动前期只能用于给消防管网补压,这就可能导致储罐喷淋产生出水不连续现象,所以建议增加消防管网压力与消防水泵连锁的控制措施,同时提高稳压泵启动压力(高于消防管网连锁压力),以防产生日常运行中消防管网的失压现象。

5 结语

LNG储配站不仅为没有管输天然气供应的城镇发展天然气提供了便利,也逐渐成为城镇燃气调峰、备用的重要基础设施。在LNG储配站的工程建设中,我们不仅要严格按照相关规范要求来进行设计、施工,亦应结合地域状况、功能需求、前期经验来不断提升LNG储配站的工程质量水准。

参考文献

- 1 王兆法. LNG与CNG结合供气技术在咸宁市的应用[J]. 城市燃气, 2010; 11
- 2 吴创明. LNG气化站工艺设计与运行管理[J]. 煤气与热力, 2006; 4
- 3 高继华. 东莞新奥LNG储配站的运行实践[J]. 油气世界, 2006; 6
- 4 GB50141-2008, 石油天然气工程设计防火规范[S]
- 5 GB50183-2004, 给水排水构筑物工程施工及验收规范[S]
- 6 易永华. 沙湾水厂工程的防水措施与渗漏处理[J]. 中国建筑防水, 2004; 8
- 7 顾安忠, 鲁雪生, 汪荣顺等. 液化天然气技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003
- 8 孙能, 刘兰慧, 陈进等. LNG气化站控制系统[J]. 煤气与热力, 2010; 1