

长输天然气站场压力容器及管道作业安全控制措施

肖永强（江西省天然气管道有限公司，江西 南昌 330096）

摘要：社会生活水平的不断提升，促使城市化进程不断加速，且目前城市居民基于自己的生活需求，对于天然气愈加依赖。在天然气站场中，压力容器和管道作为比较重要的设备，很容易在运行期间发生泄漏、火灾、爆炸等危险问题。作为天然气输气站的主要设备，压力容器在使用中面临着很多安全隐患。我们经常看到天然气站爆炸、泄露、中毒等新闻报道。可见，天然气站压力容器的使用需要格外注意安全风险。本文结合天然气站场压力容器以及管道作业进行分析，通过湿式作业、强制通风以及实时监控等方式，加强对天然气站场压力容器和管道的安全作业检查。希望能够为相关施工单位建设有帮助。

关键词：天然气站；压力容器；安全作业

天然气加气站是指以压缩天然气（CNG）形式向天然气汽车（NGV）和大型CNG子站车提供燃料的场所。天然气管线中的气体一般先经过前置净化处理，除去气体中的硫份和水份，再由压缩机组将压力由0.1-1.0MPa压缩到25MPa，最后通过售气机给车辆加气。在天然气产业中，气站的输站点分布零散，且工作量大，在整个施工过程中会出现很多安全风险，严重影响整个天然气输气站的正常运行。同时，输气站压力容器以及管道设施经过时间变化也会发生内外温差以及压力变化等问题，在整个制造以及焊接加工中也存在很多缺陷。经过长时间的使用甚至会出现穿孔、渗漏等问题，这需要相关单位及时维修，加强现场环境保护。结合生产建设工艺需要。常见的维修检测方式有内部清理以及管道维修检查等。因为管道内部储存这有害或者易燃易爆气体，因此整个施工过程中存在爆炸以及中毒的安全隐患，如何借助有效的技术，加强压力容器和管道安全作业，也是相关单位需要注意的要点。

1 长输天然气站场管道的特点和在线检验分析

1.1 站场管道的特点

天然气站场的管道和长输管道是整个天然气输气管道系统的重要组成部分。其中站场的管道属于输气管道系统的核心与枢纽，负责调压、计量和净化与冷却等重要功能。相对于长输管道来讲，天然气站场管道在设计层面上都会采取比较复杂的结构，并且其内部的构件也相对较多，如弯头、三通等元器件，这样也直接导致了长输管道经常会出现应力局部集中的情况。同时站场管道系统中也包含一些露空、埋地管道以及一些工艺撬块等构件，由此所组成的管道密度较大，元器件也相对较多，敷设过程十分复杂。针对天

然气站场管道分析，其主要特点包含以下内容：①有过多的地下构筑物 and 市政管道，在具体施工期间受到的干扰相对较多；②各种管道的元器件相关较多，如安全阀、仪表、截止阀和法兰等构件；③管道管径相对较小但是尺寸类型相对较多，其与动设备以直接方式进行连接，存在一定的压力波动情况；④因为站场面积的限制，为了满足相关的设计工艺要求，管道敷设的相对较为密集，交叉与多层敷设的情况较多；⑤因为产能的增加需求，站场可能存在多次改建与扩建的情况，整个站内的管道系统缺少系统性和一致性的设计。

1.2 站场管道在线检验分析

天然气的站场管道检验主要包含定期和在线两种检验形式，其中在线检验也被称为在役检验，是指在管道不具备停机的条件下依旧采取一系列先进的检测技术来对管道进行检验。由于天然气站场内的管道结构相对较为复杂，管径小、尺寸差异大，难以实现智能内检测的方法，一般会采取无损的外部检测方法去了解管道的实际情况，但是这种检验有效性相对较低。其包含两种关系检验内容：①管道检验与风险的关系。在管道投入使用之后其发生失效的概率随着时间的变化可被分为初始、正常和失效三个阶段。其中在失效阶段事故发生的概率会逐渐提高，主要是因为腐蚀、损伤或者是母线的材质劣化等问题的长期累积降低了整体导管的性能和承载力，加快设备老化与报废的速度；②管道在线检验与风险的关系。根据我国质量检验检疫总局在2018年所发布的特种设备安全技术规范中关于工业管道的检验标准，其对于全面停机管道的检验周期进行了详细要求。其规定在管道使用3年之后进行首次定期检验，随后需要根据管道安全的实

实际情况来做好检验的周期安排。

1.3 天然气站场压力容器与管道作业安全控制发展趋势

未来天然气站场压力容器与管道作业安全控制会进一步朝向数字化、智能化方向发展,人工智能逐渐取代人工,其主要表现在:①深度探讨设计数字化、施工机械化、物采电子化、管理信息化及大数据、云计算、物联网、移动应用等信息技术在智能化管道及智慧管网中的应用,助力各企业加快推进“全数字化移交、全智能化运营、全业务覆盖、全生命周期管理”的智能化管道及智慧管网建设;②随着云计算、大数据、人工智能、物联网、移动应用等技术的发展成熟,信息化工业化两化深度融合加速,为管道发展带来新机遇,油气管道行业将全面进入智能化时代;③管道传统型向数字型的转化,设计数字化、施工机械化、物采电子化、管理信息化及大数据、云计算、物联网、移动应用等信息技术在智能化管道及智慧管网中的应用。

2 天然气站场压力容器作业风险分析

在天然气站场中如收发球筒、旋风/过滤分离器、排污罐等都是常见且典型的压力容器。而最为常见的作业内容包含收发球作业、分离器的清理和内部附件更换等。由于作业情况的不同,对于其进行整体分析也存在一定的复杂性。所以对于一些不同的作业内容需要作出共性的风险分析和评估,求同存异,对于一些同类的风险可以采取一些更加简洁、规范及可靠的安全作业措施。这对于整个管道和压力容器的运行安全有着十分重要的指导意义。

3 案例探究与分析

3.1 站场管道概况及参数

本文以A省天然气管网有限公司的一期工程B分输站场为例,其于2010年建成并投运试生产,站场的设计压力为9.2MPa,天然气为站场主要的输送介质。其中下游包含C电厂和D燃气2个用户。其中B分输站主要是对上游天然气进行过滤、计量和调压后输送到下游的城市燃气门站和电厂,其中所输出的天然气是由 H_2S 、 CO_2 和 CH_4 组成。目前B分输站主要包含1台清管的收发装置、2台过滤分离器、3座计量撬、175个各类工艺阀门。还有一些工艺连接、放空以及排污管道等内容。本站内部的管道总长度为1620m。其中埋地管道为1313.85m,露空管道为306.65m。站内所有的露空设备和管道都按照设计要求进行防腐作

业,内部埋地管道的防腐则根据设计要求采取3层PE加强级外防腐层作为防腐方式。站内实行与设置区域性的阴极保护装置。

3.2 管段风险评价结果

根据上述单元的划分与相关数据的采集与分析,可以清楚地看出这些单元的风险值情况。经过数据分析可以看出,中风险管段分别位于收发球筒去、过滤分离单元、调压和出站单元,其余管段均为低风险,无高风险管段。

3.3 检验方案的优化

结合上述检验过程与结果分析,需要对在线检验方案进行优化处理,具体可根据以下几点进行:①科学的选择检验范围。在线检验主要是补充全面检验周期内的设备风险活动,因此需要将检验的资源都集中到高风险设备中,也正是这样,本次检验应当将进站单元和过滤分离单元作为重点检验的中高风险管段,其次才是其余的风险管段检验;②确定适合的检验周期。根据国家所颁布的相关压力管道定期检验的规则内容,每年至少需要进行一次在线检验,并且需加强监控一些中高风险或者是中风险等级的管段,每年至少检验一次。而低风险管段可以随着全面检验时一起进行检验;③检验比例。结合本次风险评价主要结论和分析结果。

4 天然气站场管道作业安全控制措施

4.1 防控火源

一般在天然气站场内所引起爆炸的火源主要有电、化学、热和机械火源四种形式,而输气站则很少存在热火源;①对于机械火源的防护主要还是从作业的工具和方式来进行,首先可使用防爆工具,其次需要使用非金属制作一些经常碰撞和摩擦的部分,最后需要做好冷却、润滑和隔离等方面的工作内容。这三种方法可独立使用也可组合使用;②电火源的防护主要需从作业目标与方式出发,一为人体和工具所释放的静电,二为设备接地良好,且操作气体的介质流速被控制在5m/s以下。

4.2 湿式作业

一般的湿式作业主要用在阻燃和降尘等工作中,并且对于含硫天然气管道中可能存在的 FeS 粉末可以起到物理化学作用,避免自燃的情况发生。且其所产生的硫化氢气体可以微溶于水,形成“氢硫酸”,该物质能够和水中的氧进行缓慢的化学反应,产生不溶于水的单质硫,便于物质的去除。

4.3 置换吹扫

为了防止天然气管道的爆炸,在作业期间做好内部天然气和空气的混合也是置换的必要目的。目前所采取的置换方法主要有以下两种:

4.3.1 大气压力稀释置换法

在容器和系统的一端引入氮气,这时系统内的空气以及其他气体就会被置换到另一端的大气中,在大气压力的作用吹扫系统。但是该方法存在死角,在一些局部的区域不能彻底进行气体置换。但是这种操作可以采取一次或者是相同几次来实现系统内的气体与氮气混合的目的,其中所使用的置换纯氮气量可以利用下面公式进行计算:

$$N = \log_e (C_0/C_1)$$

其中, N 表示导入氮气的总容量; C_0 表示整个系统初始的状态含量; C_1 表示系统内最后的状态含量。如果初始状态的氧含量为 21%, 在吹扫后的氧含量为 1%, 那么需要 3.045 倍的氮气容器才能够置换完成。

4.3.2 压力循环置换法

在容器或系统的一端引入氮气,促使系统内的压力提升到容器允许的压力范围,这时的空气和其他气体会与氮气混合,被置 1 换排放到另一端的大气中,利用高于大气的压力进行重复吹扫。但是该方法缺点就是需要耗费的置换介质质量较多,操作步骤较多,比较复杂。但是该方法可以根据容许的操作压力和吹扫后所需要的纯度来进行一次和几次的系统内吹扫,被稀释后的操作可以利用下面公式进行计算。

$$C_i = C_0/P_n$$

其中, n 表示导入氮气之后充压后排放的次数; C_0 表示初始状态的含量; C_i 表示系统最后的状态含量; P 表示每一次对于系统充压之后的压力。

4.4 强制通风

在天然气输气站场中所存在的强制通风设备主要是轴流风机,部分生产的房屋中直接加装轴流风机,将其与测温和可燃气体进行探头连锁。并且对于一些输气厂区内可采取大功率、防腐与防爆型的轴流风机,以此来实现场地内有效的对流通风效果。

4.5 实时监测

现阶段的天然气站场内主要选择固定式可燃气体检测仪、便携式单一气检测仪和可燃气体检测仪(XP-3140)三种设备作为监测主要设备形式。这三种设备可以分别实现区域性的可燃气体监测连锁报警、个人便携监测告警以及单点的检测数据采集等工作。在实

时监测过程中还需要注意多点和多次的进行检测,取样和动火的时间间隔可以被控制在 30min 以内,坚决杜绝死角,减少安全风险的影响。

5 综合措施建议

以上可知,在对天然气输气站监测以及安全分析时候,要做好防爆实用性处理,加强变形以及湿式作业建设,注意含水量,避免在外界环境下形成腐蚀,结合隔离作业氮气供给,要综合分析站点运输成本,加强通风处理与以及相关建设。保证监测有效性。结合现场检查,笔者提出以下措施建议。鉴于以上矛盾,笔者根据现场实际提出以下建议。对于压力容器和 DN200 及以上管道作业时,宜采取防控火源、湿式作业、氮气置换隔离、实时监测相结合的作业安全措施。以氮气置换吹扫隔离为主,湿式作业为辅。对于 DN200 以下管道作业时,宜采取防控火源、湿式作业、天然气置换隔离、强制通风、实时监测相结合的作业安全措施。以天然气置换吹扫结合强制通风为主,湿式作业为辅。

6 结语

压力容器及管道是天然气输气站主要设备,站场在常规作业过程中会面临泄漏、爆炸着火、窒息中毒等各类风险,导致此类风险的因素很多,本文探讨共性风险因素及所能引起的后果,并寻找安全作业措施来降低或消除危险因素,进一步提出现场实施建议,改善作业条件,对于实际的输气站场设备的作业规程制定具有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 王磊,齐昌超,舒洁.天然气站场埋地管道检测评价技术优化[J].石油与天然气化工,2018,47(02):104-109.
- [2] 程茂,凌张伟,王敏,唐萍.基于地基沉降的天然气站场管道应力分析[J].化工装备技术,2018,39(05):41-44.
- [3] 赵永利.天然气站场压力容器及管道作业安全控制措施之研究[J].化工管理,2019(11):89.
- [4] 于天文.天然气站场安全管理分析[J].化工设计通讯,2020,46(11):2.
- [5] 周长李,翟富超,付文静.天然气站场压力容器及管道作业安全措施[J].化工管理,2016(25):136-137.
- [6] 程茂,凌张伟,王敏,等.基于地基沉降的天然气站场管道应力分析[J].化工装备技术,2018,39(5):4..