

LNG 接收站与场外设施防火间距设计要点

杨国辉 刘中庆 孔维光 李彦 (国家管网集团工程技术创新有限公司, 天津 300450)

摘要: LNG 接收站, 场外设施, 是对应供气系统中的重要节点, 两者相互连接, 相互影响, 在防火方面有着不同的要求, 在防火间距设计方面, 更需要做到严谨面对。文章从这个角度入手, 对于 LNG 接收站的功能、组成、工艺流程、安全要求进行分析, 在此基础上, 归结防火间距设计的重要性、基本原则、影响因子, 继而提出了对应设计策略, 期望可以让 LNG 接收站与场外设施防火间距设计机制可以更好地发挥自身的效能。

关键词: LNG 接收站; 场外设施; 防火间距设计

0 引言

在液化天然气接收站设计和运营的过程中, 每个站点和周边环境的安全性, 是必须要保证的。LNG 接收站内有高度易燃的液化天然气, 这些必须要能够使用安全的控制手段, 这是防火间距设计中必须要考虑的问题之一。保证适当的防火间距, 可以减少火灾事故中的伤害和财产损失, 还可以控制潜在的火灾, 避免其蔓延到场外设施中去, 由此保护人员, 构建安全的运营环境。由此, 在新形势下, 对于 LNG 接收站与场外设施防火间距设计的问题进行考量, 是很有必要的。

1 LNG 接收站的功能、组成、工艺流程和安全要求分析

1.1 LNG 接收站的功能

LNG 接收站的主要功能在于: 接收、储存、气化天然气, 在此之后可以通过装车区或外输管道将天然气输送给下游的市场和客户端。

1.2 LNG 接收站的组成

从接收站构成的角度来看, 主要可以归结为: 码头区域, 主要是完成运输船的卸货任务; 储存区域, 主要是实现大型 LNG 储罐系统的构建, 起到储存的效能; 气化和输送装置, 主要将 LNG 转换回气体形态, 并且将其输送到市场中去。

1.3 LNG 接收站的工艺流程

从工艺流程的角度来看, 其主要是通过特殊设计渠道获得管道和泵送系统, 从运输船卸载到储罐中去。在储罐中, LNG 可以在很低温度和压力下, 保持液体的状态。在需求出现的时候, 可以从其中抽取, 依靠热交换器气化机制, 可以将其传输到天然气管网中, 也可以直接输送到客户端。

1.4 LNG 接收站的安全要求分析

在 LNG 接收站设计和运营的过程中, 会将安全作为一种指标之一。因为 LNG 有着很低的温度, 并且有

易燃的特点, 因此必须要保证安全措施被完全落实下去, 在此期间需要关注高效防火系统的引入、建立泄露检测机制、引入紧急切断装置、开展全面的安全培训工作。另外, 接收站还需要考虑到火灾、泄露、其他灾害等情况下的应急响应计划。在设计对应标准的时候, 要能够依照国家和国际的安全规范来落实, 让所有操作都在可控的范围内, 这样才能够保证其有效运营。

2 LNG 接收站与场外设施防火间距设计的重要性分析

LNG 接收站, 是能源供应链中的重要环节之一, 主要是将进口的液化天然气安全有效地输送到国家天然气管道网络系统中去。需要注意的是, LNG 有着高度易燃和低温的特点, 在安全性设计方面, 需要严谨对待, 继而保证接收站内部以及周边环境的安全性, 不仅仅对站点自身稳定运营起到重要效能, 还关乎到周边社区或者生态环境的安全性。详细来讲述, 适当的防火间距, 可以有效降低火灾事故发生之后对于外围设施的影响, 在距离合理设置的基础上, 可以阻断或者减缓火势的蔓延速度, 让紧急应对措施的实施可以在良好的条件下进行。另外, 足够的间距还可以减少因为火灾引起的热辐射强度, 保护站外设施, 不会受到火灾事故的直接损害。在考量到防火间距的时候, 还需要综合考量: 储罐容量因素、物料的物理化学性质因素、潜在泄露规模因素、火灾可能的强度和类型因素等。在此基础上, 研判当地的气候条件、地形地貌条件、周边社区的分布特点等, 让防火间距的设计科学合理, 还要满足环境和各项要求。国家和国际上的安全规范, 也是 LNG 接收站的防火间距设计的基本要求和指导原则, 但是每个接收站的情况是不一样的, 此时设计者要能够在遵守规范的基础上, 树立创新意识, 选择合适的场景。在对历史事件进行分

析、引入现代火灾模拟技术、融入风险评估机制之后，保证可以设计出可以满足安全需求有着经济效益的防火间距。

3 LNG 接收站与场外设施防火间距设计的基本原则

3.1 安全性原则

防火间距的设计，要能够保障人员、财产、环境在潜在的火灾或者爆炸事件中，有着一定的安全屏障。设计的环节，要考虑到不利的情景，比如储罐泄露之后的蒸汽云爆炸，在这样的场景下，不要让其蔓延到场外设施中去。为了实现上述目标，设计人员需要评估不同类型和规模事故，对于周围区域可能产生的影响，可能会是热辐射影响、可能是冲击波影响、可能是有毒气体扩散影响。

3.2 合规性原则

在设计的过程中要能够严格遵守国家或者行业在此方面的规范，如果是在国际项目内，还需要遵守当地的法律法规或者相关国际规范，比如美国国家消防协会标准、美国职业安全健康管理局规范、美国石油学会标准、国际标准化组织标准等。另外，在一些特定的地方，还需要考虑到地方性法规和建筑规范在此方面的特殊要求。遵守这些标准，可以顺利通过对应安全审批，在一定程度上降低保险的费用或者法律层次的责任。

3.3 科学性原则

防火间距的设计，还需要在科学风险评估机制上去开展，此时可以将定性分析技术和定量分析技术融入进去。比如在此维度可以尝试将故障树分析法、事件树分析法、后果模拟分析法等融入进去，这些方法可以系统上识别各种潜在的风险，评价事故发生的可能性，对于其后果严重性进行研判，这样才能够确定必要的防火间距。比如可以尝试将计算流体动力学使用进去，模拟预测 LNG 泄露后蒸汽云行为或者火焰的传播路径，由此可以为确定与场外设施的最小安全距离提供信息支撑。

3.4 可操作性原则

防火间距的设计不仅要在理论上可行，在实践中也要确保操作的便利性和有效性。这包括考虑日常运营中的实际问题，比如设备维护、紧急疏散路线、消防及救援车辆的进出等。同时，设计中还应考虑未来的扩展可能性，确保防火间距在接收站进行扩建或技术升级后依然有效。

3.5 等效性原则

设计应遵循等效性原则。在某些情况下，标准的

防火间距要求可能难以实现或者不是最经济的选择。在这种情况下，可采用替代的解决方案，如增加防火墙、使用高科技的监测和控制系统、建立现场应急响应团队等，来实现与标准防火间距等效的安全水平。

4 LNG 接收站与场外设施防火间距设计的影响因素分析

能够对于 LNG 接收站与场外设施防火间距设计造成影响的因素比较多，其主要有：

其一，地理位置和环境条件因素。地理条件主要包括接收站所在地的地质特点、气候条件、周边地形等。一些位于地震带的接收站，还需要考虑地震对于储罐和相关设施的影响，此时必须要设置更加大的安全距离。风速、风向、降水量可能对于 LNG 泄露的蒸发速率和蒸汽云的扩散范围造成影响，这也会对于防火间距造成影响。另外，山丘或者水体的存在，可能对于火势蔓延的路径或者速度造成影响，在设计期间也需要考虑该因素。

其二，接收站的内部因素。主要牵涉到设计和运营两个维度。储罐的类型和容量，也会决定防火间距，不同类型和规模的储罐，在泄露和火灾情况下的表现差异是比较大的，大容量的储罐在发生泄露的时候，会影响更加广泛的区域，此时需要设置更加大的防火间距。再者，储罐之间的相对位置和布局，也需要进行优化，继而减少火灾蔓延的风险。

其三，工艺流程的复杂性因素。LNG 接收站中有复杂的管道网络、泵站、其他处理设施，此时需要充足的空间，才能够在后续去操作和维护，再者在需要各个设施之间保留足够间距，继而避免火灾的扩散。处理的过程中 LNG 温度和压力条件，也是需要考虑的，尤其是在气化的场景下，必须要能够严格去控制，这样意外事故发生几率才会下降。

其四，安全控制系统的因素，这也是影响防火间距的重要因素之一。高效的监测和控制系统，可以实时检测到潜在的泄露和火源，继而快速启动应急响应措施，这样可能允许减少一些操作区间的防火间距。但是，系统的失效，可能会因为不能及时处理小规模泄露而出现更加大的火灾，因此要懂得积极将先进的安全系统引入其中。

其五，人员与社区安全因素。接收站附近的居民区、学校、医院等公共设施的位置，人员的密度，也会影响到防火间距的大小。保证高密度的人口区域，不会受到火灾或者爆炸影响，因此接收站与这些设施之间的距离需要不断拉大。其六，法规和标准因素。

国家或者国际上,对于接收站设计都会提出一些基本标准,这些规范,都是以大量数据分析和事故经验为基准的,可以依靠法律的手段,确保公众处于安全的状态,避免对于环境保护工作造成影响。对于设计人员要能够遵守对应的法律法规,在此基础上可以结合具体的项目特点,做出适当的调整。其七,环保要求因素。环保要求也是现代接收站设计中不可忽视的因素。随着可持续发展和环境保护意识的增强,减少对生态环境的影响成为新的重要考量。例如,为避免对野生动物栖息地的破坏以及对水体的污染,可能需要增加与生态敏感区域的防火间距^[1]。

5 LNG 接收站与场外设施防火间距设计要点

在液化天然气接收站的设计与运营的历程中,必须要保证高效性和安全性。防火间距的设计,要能够将接收站内部设施的安全布局考虑进去,还需要将接收站与外围设施之间的合理配置融入进去。这样的设计,可以让潜在的火灾或者爆炸事故中,最大限度减少对于人员,对于财产,对于环境的影响^[2]。

5.1 应用火灾模拟技术

使用火灾模拟技术,也就是说,要求设计人员可以在预测各种可能性的基础上,研判火势蔓延的速度、热辐射的强度、燃烧产物的扩散范围等。在这样的模拟基础上,可以有效地评估不同设计方案下的安全距离是否充足,思考对应条件下,接收站和周围设施的安全情况。现代的或早期模拟软件,多数是以物理模拟为主导的,会将风速、风向、材料特定、地形等指标融入进去,由此为设计工作的开展提供依据。比如可以模拟一个设计 LNG 储罐泄露的火灾场景,观察在不同天气条件下泄露 LNG 蒸发扩散模式,继而对于云爆炸或者池火与周围区域可能的影响进行预测。依靠模拟的结果,设计者可以在必要的时候,对于储罐与周围设施的距离进行调整,还可以去优化应急通道的布局,由此让事故的潜在影响不断降低。

5.2 使用风险评估技术

在此期间,还需要使用风险评估技术。风险评估主要牵涉到定性分析和定量分析两个维度,依靠这样的方式,可以系统性地识别潜在的风险,评价在此过程中可能出现的风险,研判风险的危害程度。在 LNG 接收站防火间距设计期间,风险评估机制可以让设计团队,量化不同类型和规模事故,对于环境或者人员安全的影响,这样才能够保证对应的间距方案是安全标准的,是经济实用的。在风险评估的环节,需要考量的因素主要有:储存的条件、储存的数量、可能的

泄露火灾场景、周边的人口密度、环境保护要求、应对紧急情况的能力等。在上述信息研判之后,使用故障树分析法、事件树分析法,保证对于各个因素对于安全间距的影响进行研判^[3]。

5.3 集成安全防护措施

在接收站与场外设施防火间距设计方面,还需要能够将各个方面的安全防护手段融合起来,保证可以展现出集成效能。为此,需要注意的有:其一,强化安全意识。从项目开始的时候,要对于全体参与人员开展安全意识培训,让每个人能够了解最新的安全威胁和防范措施,定期开展安全演练和培训活动,让团队的安全意识得以塑造,提升应对威胁的能力;其二,保证可以树立安全设计的理念。坚持安全第一的原则,系统设计和实施多层次多维度的安全保护方案,设计的时候还需要考虑潜在的未来安全威胁,让系统处于长期有效的运行状态;其三,要建立细致的权限管理机制,坚持实行最小权限原则,让每个用户和组件可以访问必要的功能和数据,继而降低潜在的攻击面。使用身份认证和访问控制技术,确保只有授权用户,才能够访问对应的敏感信息;其四,建立漏洞管理和及时修补机制。定期对于系统中的漏洞进行扫描,建立安全评估机制,及时发现和修补安全漏洞。关注厂商发布的安全补丁,保证可以迅速应对已经知道的安全问题;其五,建立全天候的安全监控机制。建立全天候安全监控体系,通过实时监测来早期发现异常行为或潜在威胁。一旦检测到安全事件,立即采取应对措施,确保系统不受影响。

6 结语

综上所述,LNG 接收站与场外设施的运作,必须要保证在安全的环境下进行,为此就需要考虑到防火间距的设计问题,能够正确理解两者之间的空间关系,遵循特定规律和相关规范,保证可以建立完善的防火间距设计机制,保证给出来的防火间距设计方案是科学合理的。

参考文献:

- [1] 廉立伟.LNG 接收站工程超低温阀门选型研究[J].管道技术与设备,2019(05):42-45.
- [2] 孙吉业,张永信,胡超,曹佳璐.某液化天然气接收站及码头消防安全系统分析[J].安全、健康和环境,2014,14(06):17-20.
- [3] 李宁宁.LNG 接收站消防系统设计初探[J].消防科学与技术,2012,31(06): 623-625.