

# 天然气储罐安全设施设计研究

张 敏（青岛汶海赛弗投资咨询管理有限公司，山东 青岛 266000）

**摘 要：**工业企业由于生产中对燃气供应的持续性、压力的稳定度的要求，需要弥补管道气高峰供气压力不足、意外限量供应等问题，因此工业企业厂区建设天然气储罐的现象较多。天然气储罐的安全设施设计，有利于储罐的安全运行，保证企业的安全生产。

**关键词：**天然气储罐；安全设施

## 0 引言

天然气为易燃易爆物质，与空气混合能形成爆炸性混合物，遇明火、高热极易燃烧爆炸。若遇高热，容器内压增大，有开裂和爆炸的危险。目前厂区内建设的天然气储罐，大部分为液化天然气（LNG）。储罐一旦泄漏，将造成较大的灾害性后果。因此对天然气储罐进行安全设施设计，有着重要意义。

### 1 防火间距安全设计

天然气储罐与其他建、构筑物的防火间距应严格按照《城镇燃气设计规范》GB50028-2006（2020年版）第9.2.4和9.2.5条进行设计。

运营方应经常检查周边情况的变化，若周边环境发生变化，使其防火间距不符合规范的规定时，则应据理要求在建方停止或拆除。

## 2 工艺、设备安全设施设计

### 2.1 液化天然气储罐的布置

液化天然气储罐的布置应符合下列要求：

①储罐之间的净距不应小于相邻储罐直径之和的1/4，且不应小于1.5m；储罐组内的储罐不应超过两排；②储罐组四周必须设置周边封闭的不燃烧体实体防护墙，防护墙的设计应保证在接触液化天然气时不应被破坏；③对因低温或因防护墙内一储罐泄漏着火而可能引起防护墙内其他储罐泄漏，当储罐采取了防止措施时。防护墙内的有效容积不应小于防护墙内最大储罐的容积；当储罐未采取防止措施时，防护墙内的有效容积不应小于防护墙内所有储罐的总容积；④防护墙内不应设置其他可燃液体储罐；⑤严禁在储罐区防护墙内设置液化天然气钢瓶灌装口；⑥容积大于0.15m<sup>3</sup>的液化天然气储罐（或容器）不应设置在建筑物内。任何容积的液化天然气容器均不应永久地安装在建筑物内。

### 2.2 材料选择

液化天然气储罐和容器本体及附件的材料选择和

设计应符合现行国家标准《钢制压力容器》、《低温绝热压力容器》和国家现行《压力容器安全技术监察规程》的规定。

### 2.3 液化天然气储罐必须设置安全阀

液化天然气储罐安全阀的设置应符合下列要求：

①必须选用奥氏体不锈钢弹簧封闭全启式；②单罐容积为100m<sup>3</sup>或100m<sup>3</sup>以上的储罐应设置2个或2个以上安全阀；③安全阀应设置放散管，其管径不应小于安全阀出口的管径。放散管宜集中放散；④安全阀与储罐之间应设置切断阀。

### 2.4 液化天然气储罐仪表的设置

应按下列要求设置液化天然气储罐仪表：

①应设置两个液位计，并应设置液位上、下限报警和连锁装置。容积小于3.8m<sup>3</sup>的储罐和容器，可设置一个液位计（或固定长度液位管）；②应设置压力表，并应在有值班人员的场所设置高压报警显示器，取压点应位于储罐最高液位以上；③采用真空绝热的储罐，真空层应设置真空表接口；④储罐应设置放散管，液化天然气集中放散装置的汇集总管，应经加热将放散物加热成比空气轻的气体后方可排入放散总管；放散总管管口高度应高出距其25m内的建、构筑物2m以上，且距地面不得小于10m；⑤储罐区应设置低温检测报警装置和相关的连锁装置，报警显示器应设置在值班室或仪表室等有值班人员的场所。

### 2.5 储罐超压、液位保护

#### 2.5.1 储罐超压保护

当储罐压力值超过相应的设计值，计算机自动监控系统检测到储罐压力传感器传送过来的信号，并发出声光报警；同时，储罐降压调压器自动打开，将储罐内压力值稳定在要求值以内；若储罐压力继续升高，现场工作人员手动对储罐进行放空降压，确保储罐内压力值稳定在要求值以内。

当储罐内的压力继续升高，并超过设定值时，安

全阀自动打开,放散储罐内气体,确保储罐不超压。

### 2.5.2 液位过高、过低保护

卸车及倒罐过程中,当储罐的液位超过 90% 时,计算机自动控制系统检测到液位传感器传送来的信号,发出声光报警,并通过 PLC 控制系统,自动关闭上下进液口气动阀,同时停止泵的运行。

在气化及倒罐过程中,当储罐的液位低于 10% 时,计算机自动控制系统检测到液位传感器传送来的信号,发出声光报警,并通过 PLC 控制系统,自动关闭出液口气动阀,同时停止泵的运行。

### 2.6 自控仪表

控制系统采用智能仪表来实现对液位的采集、控制等功能。主要包括 LNG 供气 PLC 自动控制系统、燃气泄漏报警系统、视频监控系统、ESD 紧急停车系统、流量管理系统以及信号上传系统,并在以上控制系统基础上建立计算机集中管理系统。

①对 LNG 储罐区进行天然气泄漏检测,当天然气浓度达到爆炸下限的 20% 时,计算机自动监控系统报警,并由 PLC 控制系统实现相关控制。天然气探测器安装于现场,探测器的安装高度宜在释放源上方 2.0m 内,探测器配装声光报警器;②紧急停车系统(ESD)。在卸车点、控制室设置紧急停车系统,当操作或值班人员在操作、巡检、值班时发现系统偏离设定的运行条件,如系统超压、液位超限、温度过高以及出现 LNG 泄漏,火灾事故时,能快速按下 ESD 紧急停车按钮快速停车,迅速切断危险源,使系统停运在安全位置上,且此系统需和自动控制系统连接,当发生火灾事故时,能自动快速停车迅速切断危险源,使系统停运在安全位置上;③视频监控系统。在储罐区、卸车点、气化区、值班室等位置设置视频监控探头,能够实时监控现场设备及人员,确保安全。

## 3 电气安全设施设计

### 3.1 电气防爆

根据现行规范《爆炸危险环境电力装置设计规范》分析,LNG 储罐区爆炸危险区域划分如下:

① LNG 设施的爆炸危险区域内地坪以下的坑或沟划为 1 区;② LNG 储罐爆炸危险区域划分:距 LNG 储罐的外壁和顶部 3m 的范围内划分为 2 区;储罐区的防护堤至储罐外壁,高度为堤顶高度的范围内划分为 2 区;③露天设置的空温式 LNG 气化器、阀门及法兰的爆炸危险区域划分:距设备或装置的外壁 4.5m,高出顶部 7.5m,地坪以上的范围内,划分为 2 区;当设置于防护堤内时,设备或装置外壁至防护堤,高度

为堤顶高度的范围内,划分为 2 区。

爆炸区域生产装置所用的电气设备如电机、低压开关、控制器、信号灯等均选用相应的防爆电气。

### 3.2 防雷、防静电措施

① LNG 储罐及放散管做防雷、防静电接地。防雷接地装置可兼作防静电接地装置,接地电阻  $\leq 1\Omega$ ;②在 LNG 槽车卸气、LNG 气化过程中,由于摩擦会产生静电,故在槽车卸气及汽车气化位置防静电接地装置,接地电阻不大于  $1\Omega$ ;③静电接地体的接地电阻值不大于  $1\Omega$ ;④ LNG 储罐设置接地装置;LNG 槽车卸车处设置静电接地栓;⑤在燃气管道的始端、终端、分支处应设置接地卡;⑥静电跨接:天然气胶管两端(装卸接头与金属管道)间采用断面不小于  $6\text{mm}^2$  的绞铜线跨接,以防电荷积聚。

### 3.3 电缆沟应有防止可燃气体积聚或含有可燃液体的污水进入沟内的措施

①配电线路应装设短路保护和过负荷保护;②电缆敷设应排列整齐,不宜交叉,加以固定,并装设标志牌。

### 3.4 罐区露天配电箱设防雨措施

①露天配电箱的外壳应选用防水性能好的材料,如防水铁皮或防水塑料。这样可以有效阻隔雨水的渗透,避免水分对电器设备的损害;②要做好防水处理。在安装露天配电箱时,应采取防水措施,例如在箱体接缝处涂抹防水胶,以确保雨水无法渗入箱内。此外,还可以在箱体上方加装遮雨棚或伞盖,避免雨水直接冲击箱体;③保持配电箱的干燥也是很重要的。在安装过程中,应尽量避免配电箱暴露在直接的雨水下,尽量选择干燥的地方安装。同时,要定期检查配电箱,一旦发现积水或漏水现象,应及时清理或修复,以保持箱体的干燥状态。

除了以上措施,还可以考虑加装防雨罩或防水罩。防雨罩可以有效地遮挡雨水,防止雨水直接接触到配电箱,从而降低了雨水对配电箱的侵蚀。防水罩则可以将配电箱整体包裹起来,形成一个密封的空间,进一步提高了配电箱的防雨性能。

## 4 消防安全设施设计

### 4.1 消防水

①总容积超过  $50\text{m}^3$  或单罐容积超过  $20\text{m}^3$  的液化天然气储罐或储罐区应设置固定喷淋装置和移动水枪;②喷淋装置的供水强度不应小于  $0.15\text{L}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ 。着火储罐的保护面积按其全表面积计算,距着火储罐直径(卧式储罐按其直径和长度之和的一半)1.5 倍范

围内(范围的计算应以储罐的最外侧为准)的储罐按其表面积的一半计算;③水枪宜采用带架水枪。水枪用水量由储罐总容积和单罐容积较大者确定。总容积超过  $200\text{m}^3$  或单罐容积超过  $50\text{m}^3$  的液化天然气储罐水枪用水量为  $30\text{L/S}$ ;总容积不超过  $200\text{m}^3$  或单罐容积不超过  $50\text{m}^3$  的液化天然气储罐水枪用水量为  $20\text{L/S}$ ;④液化天然气立式储罐固定喷淋装置应在罐体上部和罐顶均匀分布;⑤消防水池的容量应按火灾连续时间  $6\text{h}$  计算确定。但总容积小于  $220\text{m}^3$  且单罐容积小于或等于  $50\text{m}^3$  的储罐或储罐区,消防水池的容量应按火灾连续时间  $3\text{h}$  计算确定。当火灾情况下能保证连续向消防水池补水时,其容量可减去火灾连续时间内的补水量。

## 4.2 灭火器

①每台储罐设置  $8\text{kg}$  手提式干粉型灭火器和  $35\text{kg}$  手推式干粉型灭火器各一具;②灭火器应设置在明显和便于取用的地点,且不得影响安全疏散。灭火器摆放应稳固,其铭牌应朝外。

## 5 其他安全设施设计

### 5.1 应急救援设施

①在储罐区设置应急药品等人员救助设施。如若发现呼吸中毒,轻微者立即离开现场,到空气新鲜处,保持呼吸道通畅,并到医院检查。重症者发现时,发现者在保证自身安全的条件下立即将其移至空气新鲜处,保持呼吸道通畅,必要时吸氧。第一时间通知医院请求救助;②在储罐区配备防静电工作服、眼面防护用品、防护鞋、防冻手套、应急药品等应急救援设施。

### 5.2 安全警示标志

储罐区设置可燃气体告知牌,并设置“当心爆炸”、“禁止烟火”等安全警示标志牌。

### 5.3 罐区安全管理

①运营单位应当建立、健全安全生产责任制度,实行全员安全生产责任制,明确生产经营单位主要负责人、其他负责人、职能部门负责人、一般从业人员等全体从业人员的安全生产责任,并逐级进行落实和考核。考核结果作为从业人员职务调整、收入分配等的重要依据;②运营单位应当依据法律、法规、规章和国家、行业或者地方标准,制定涵盖本单位的安全生产管理制度和安全操作规程。严格执行各项管理制度、操作规程,不违章指挥、不违规操作;对重点部位严格控制,加强巡回检查,及时发现问题。出现异常情况,组织相关人员研究提出解决方案,落实安全

措施;③设置安全管理机构,配备安全管理人员。主要负责人和安全生产管理人员必须具备与本单位所从事的生产经营活动相应的安全生产知识和管理能力;④运营单位应当制定、及时修订和实施储罐的生产安全事故应急救援预案并定期演练。在事故发生后能及时予以控制,防止重大事故的蔓延,有效地组织抢险和救助;⑤运营单位应加强对职工的安全教育,专业培训和考核。使职工具有高度的安全责任心,熟练的操作技能,增强危险、危害状态应急处理能力,在紧急情况下能采取正确应急方法,事故发生时有自救互救能力;⑥特种作业人员和特种设备操作人员(电工、压力容器操作工等)必须按照国家有关规定经专门的安全作业培训,取得相应资格,方可上岗作业;⑦项目单位生产经营单位必须为从业人员提供符合国家标准或者行业标准的劳动防护用品,并监督、教育从业人员按照使用规则佩戴、使用;⑧天然气储罐为特种设备,应当建立特种设备安全技术档案,安全技术档案应当包括以下内容:特种设备的设计文件、制造单位、产品质量合格证明、使用维护说明等文件以及安装技术文件和资料;特种设备的定期检验和定期自行检查的记录;特种设备的日常使用状况记录;特种设备及其安全附件、安全保护装置、测量调控装置及有关附属仪器仪表的日常维护保养记录;特种设备运行故障和事故记录等资料;⑨运营单位应当对在用特种设备的安全附件、安全保护装置、测量调控装置及有关附属仪器仪表进行定期校验。未经定期检验或者检验不合格的特种设备,不得继续使用。

综上所述,上述内容主要通过防火间距、工艺安全、电气安全、消防安全等方面进行了天然气储罐的安全设施设计,通过天然气储罐的安全设施设计可以对天然气储罐的危险、有害因素进行有效控制,确保天然气储罐建设后的安全运行。对工业企业的安全生产有着重要意义。

## 参考文献:

- [1] 王振良.大型 LNG 低温储罐设计理论与方法研究[D].西安:西安石油大学,2011.
- [2] 朱保国,田绍伟,李晓明,等.液化天然气储罐安全技术分析[J].石油化工设备,2021,39(01):86-89.
- [3] 张淑淑,邢志祥,钱辉,等.液化天然气储罐安全防护技术的研究进展[J].安全与环境工程,2022,25(2):6.
- [4] 伍婷.液化天然气储罐安全技术研究[J].石油石化物资采购,2022(13):43-43.