

LNG 接收站总平面布置探讨

韩银杉 (中海石油气电集团有限责任公司技术研发中心, 北京 100028)

摘要: LNG 具有易燃易爆和低温等特性, 其接收站在设计和运行过程中面临较高的安全风险, 总平面布置合理与否直接影响各功能区之间的安全间距和防火分区设置等关键因素。本文对 LNG 接收站分区进行说明, 明确总平面布置主要原则, 开展 LNG 接收站总图设计要点探讨, 并提出 LNG 接收站总图布置设计的经验与建议, 为优化设施布局和提高接收站整体安全水平奠定基础。

关键词: LNG 接收站; 总平面布置; 站址选择; 设计要点

中图分类号: TU249.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 009-0157-03

Discussion on General Layout of LNG Terminal

Han Yinshan (Technology R&D Center, CNOOC Gas & Power Group Co., Ltd., Beijing 100028, China)

Abstract: LNG has the characteristics of flammability, explosion and low temperature, and its terminal faces high safety risks in the process of design and operation. Whether the general layout is reasonable or not directly affects the key factors such as the safety spacing between functional areas and the setting of fire zones. This paper describes the zoning of LNG terminal, defines the main principles of general layout, discusses the main points of general layout design of LNG terminal, and puts forward the experience and suggestions of general layout design of LNG terminal, which lays the foundation for optimizing the layout of facilities and improving the overall safety level of the terminal.

Keywords: LNG receiving station; general layout; zoning; key design points

随着全球能源结构的持续优化与我国双碳目标的稳步推进, 清洁能源天然气的消费需求持续增长, 作为天然气进口的重要基础设施, LNG 接收站在保障能源供应安全和实现天然气资源多元化方面发挥着关键作用。LNG 接收站集卸船和输送功能于一体, 系统结构复杂, 工艺流程紧凑, 对场站的空间利用和运行效率提出了极高要求, 总平面布置作为 LNG 接收站工程设计的核心内容之一, 其科学性与合理性直接关系到整个接收站运行的安全性和经济性^[1]。本文对 LNG 接收站总平面布置进行探讨分析, 为提升 LNG 接收站总图布置的设计规范化水平奠定基础。

1 LNG 接收站分区

LNG 接收站总平面按功能分区布置, 一般分为码头区、储罐区、工艺装置区、槽车装车区、公用工程及辅助生产区、外输计量区、行政办公及生活服务区、海水取排水区等。

①码头区: 包括工作平台、靠船墩、系缆墩、栈桥, 布置有 LNG 装卸臂、登船梯、系缆钩及辅助靠泊设备设施, 并配备干粉、高架消防水炮、雨淋及泡沫灭火系统等消防设施, 为 LNG 船舶提供锚泊、进出港、靠离泊和装卸作业。

②储罐区: 由一个或若干个 LNG 储罐及必要的消防设施构成, 是 LNG 接收站内最大的危险源。

③工艺装置区: 包含气化器、高压泵等各类工艺设备, 通过各设备对 LNG 进行气化和外输, 其设备操作是 LNG 接收站控制的核心。

④槽车装车区: 由装车台、装车撬、LNG 管线、气相返回管线及消防配套设施组成, 将经储罐内低压泵增压后的 LNG 充装至 LNG 槽车, 进行陆运液态分销。

⑤公用工程及辅助生产区: 由给排水系统、供电系统、仪表空气和压缩空气供应系统和液氮系统组成, 可为厂区运行提供动力支持。

⑥外输计量区: 主要设备为在线色谱分析仪, 对来自气化器的高压天然气进行组分在线分析、流量计量, 并完成气态分销。

⑦行政办公及生活服务区: 包括综合行政楼、生活楼及门卫等, 是接收站员工日常办公和提供生活服务的区域。

⑧海水取排水区: 主要包括海水泵房、取水口、海水供应管道、排水明渠和排水口, 负责接收站所需的海水供应和排水。

2 总平面布置主要原则

开展 LNG 接收站总平面布置, 需遵循相关标准规范, 并确保安全生产、满足工艺和物流的要求, 使全厂各装置设施相互协调。安全是 LNG 接收站总平面布置不容忽视的基础, 在布置上, 遵循行业安全规范, 总平面布置的主要原则包括: ①应根据火灾危险性, 结合地形、地质、风向等条件, 按功能分区相对集中布置, 功能相近的设施就近布置, 火灾危险性相近的设置集中布置, 合理划定防火防爆区域, 配置不同等级的消防系统, 控制各设施的防火间距, 优化设施的位置, 从源头降低风险水平; ②收站内可能散发可燃

气体的场所和设施宜布设在人员集中场所及明火或散发火花地点的全年最小频率风向的上风侧, 预防易燃易爆气体引发次生灾害, 最大限度降低可燃气体的泄漏, 再平面布局上, 满足相对方位要求, 设置防火墙、隔离带, 利用地形高差, 实现风险源的物理分隔; ③站内通道用于布设全厂道路、排水沟和系统工艺管线, 是分隔和联系各功能区块的纽带, 其设计应满足工艺、消防、排水、绿化等的综合要求, 道路系统不仅是交通路径, 更是安全空间, 主干道路满足设备运输要求, 尤其是在紧急情况下的双向疏散要求, 与周边建筑物保持防火间距, 排水系统与场地设计相结合, 雨污分流, 雨水系统快速排涝, 工艺管线布置减少交叉, 充分考虑热补偿要求, 为之后的操作检修预留空间, 绿化设计美化环境, 符合防火规范, 避免使用易燃树种, 预留消防操作面; ④应合理利用厂区面积, 尊重安全间距的前提下, 优化布局, 利用零散地块, 布置小型辅助设施, 优化管廊布局, 减少占地面积, 缩短管线长度, 也能降低后续的巡检成本, 充分考虑预留改扩建面积, 判断最佳位置, 保证在之后扩建时, 不会影响现有设施的正常运行, 同时在改扩建时, 应合理布局, 最大限度利用原有建构物、动力设施、运输线路和过程管线等。

3 LNG 接收站总图设计要点

3.1 工艺装置区

在 LNG 接收站中, 工艺装置区承担着 LNG 接卸和气化等核心功能, 其布局必须兼顾功能完整性与流程逻辑性。工艺装置区通常位于储罐区与输送系统之间, 是连接 LNG 储存与外输的核心桥梁。设计要点包括: ①工艺装置的布置应以流程为主线进行模块化划分, 根据气化装置和高压泵等单元的功能需求, 按照冷到热以及低压到高压的顺序排列, 有利于设备运行的热梯度控制与介质压力管理; ②为了提高设备的可达性与检修效率, 应对工艺设备间预留足够的人行与车行检修通道, 同时在关键设备周围设置维修平台与起重吊装通道; ③应合理配置管架走向与电气控制通道, 确保操作流程不交叉、仪控系统独立分区、危险源有效隔离^[2]; ④从消防角度出发, 冷-热流程工艺模块内部设备应按功能防火单元划分, 每单元之间设置固定式灭火系统, 消防泵房独立供电, 消防水源双重保障, 满足最大消防流量要求, 关键区域设置消防水炮, 并结合厂区道路形成环形消防车通道, 在设备集中区域安装紧急切断阀与应急喷淋系统, 以提升应急响应能力; ⑤工艺区与储罐区之间应设缓冲空带或构筑防火隔离带, 以防储罐泄漏事故向工艺区蔓延, 确保操作与储存的相对独立。

3.2 储罐区

LNG 储罐是接收站中最关键的设施之一, 其布置直接关系到安全隔离距离与结构基础的适配性, 由于 LNG 储罐常采用双层全容式结构, 单体体积巨大, 对场地的地基承载能力和抗震稳定性要求极高。设计要点包括: ①在布置设计上, 储罐区应选址于地势相对较高且排水良好的区域, 防止因周边设施泄漏导致储罐被动浸泡; ②应通过场地地质勘探将储罐基础布置于承载力高和稳定性好的持力层上, 避免软弱地层引起沉降不均, 采用桩基碎石处理方式, 设计防膨胀系统; ③各储罐之间应满足国家标准规定的最小安全间距, 满足最小规范距离, 考虑热辐射的影响, 并结合风向布置成顺风排布形式, 减少在罐体泄漏时冷气团回卷对厂区其他区域的影响^[3]; ④储罐应呈线性或双线平行布置, 配合管道走向形成统一供液和回气系统, 提高运行效率; ⑤为便于罐区运行管理, 储罐控制间与供电变电站应就近设置, 并配置与罐顶设施兼容的光纤通信系统; ⑥罐区外围建议设置环形车道与围堰系统, 在突发泄漏或着火事故中具备完整的应对能力。

3.3 槽车装车区

槽车装车区是 LNG 接收站用于 LNG 陆运配送的核心设施, 其布置需要兼顾运输效率和充装作业的安全性, 应从车流动线设计和装车能力匹配等方面进行综合考虑。设计要点包括:

①在布置位置上, 槽车装车站应优先安排在厂区内靠近主干道的一侧, 避免运输车辆深入厂区内影响其他区域运行, 装车区独立成区, 外部槽车无需进入生产核心区域, 降低外部车辆进步的不可控风险, 避免厂内主干道交叉。

②要设计独立的进出口系统, 形成单向进出和环形循环的交通流线, 减少槽车回转频次, 入口处配备车辆安全检查点, 厂区道路设计为单向环形通道, 应先设计符合大型槽车对转弯半径的要求, 避免出现死角, 造成交通拥堵。

③装车区域建议设置多个装车岛, 预留双车位或四车位对称布置, 同时可为多台槽车服务, 采用并列作业方式提升效率, 每座装车岛应配备独立的低温充装臂与应急喷淋系统, 发生泄漏时立即启动, 隔离泄漏区域, 控制蒸汽云扩散, 设计回收管道接口, 实现密闭装车, 减少不必要的损耗^[4]。

④在人流组织与安全管理方面, 槽车站应限制非操作人员进入, 设专用等候区与司机操作培训室, 司机完成等级后, 进入专用等候区休息, 不得在装车区域随意走动, 专职装车工于司机配合, 完善装车前安全检查制度。

⑤为防止静电聚集，车辆进入前应设置静电释放桩与轮胎清洁装置，借助自动轮胎清洁机，减少车辆带入的泥土，保持作业区清洁，同时在装车作业区铺设防滑抗冻地坪材料，抵抗低温冲击。

⑥装车站的地面排水应与罐区区分开设，引至单独的事故池或冷液隔离系统，低温 LNG 进入排水系统时自动封堵，防止 LNG 泄漏造成厂区范围内次生事故扩散。

3.4 厂区扩建

LNG 接收站总图设计中厂区扩建设计应同时满足未来扩建增加产能与保证安全生产的双重要求。设计时应注意以下几点：

①扩展预留空间，要增加或预留足够的用地面积，以满足未来扩建增加储罐及设施的需要，罐间安全间距应根据国家及行业相关规范，按照储罐直径及最大罐容确定，同时应注意防火分区及罐间通风排放路径的确定。

②场地选择阶段应对地质情况、地下管线分布及场地承载能力等进行详尽的勘探，以使扩建区基础处理及管沟埋设满足设计寿命的要求，对软土或高含水层可采用桩基或地基加固等措施。

③总图上应预先布置扩建阶段工艺管线的走向及联络管道接口，适当布置一些阀门井和检测点，以使今后扩建施工对现有运行区影响最小，同时管线及电缆沟通道应考虑留有一定的余量，以利于后期维护及与既有厂区维护的安全隔离，同时应预留消防水源和氮气供给管网接口，以满足扩容后氮气顶压及应急切换的需求。

④扩建还应配套考虑相关公用工程，如加热循环系统、仪表电缆桥架等，以避免未来新增设备后出现拥挤或重复改造的情况，在总图布置时还应考虑配套公用工程的模块化及预制化设计，以利于缩短施工周期、降低造价及提高施工质量，以避免现场二次安装带来的安装质量问题，如加热循环系统、仪表电缆桥架等。

⑤应将环境保护与应急响应设施纳入设计要点，预留雨水与低温液体泄放管沟及噪声屏障位置，并在总图中标注应急集结区和疏散通道，独立设置出入口，与生产物流出口分开，便于日常管理，在出现事故时应急疏散，确保扩建后的罐区既满足运营效率，又实现高标准的安全、防护和可持续发展目标。

⑥区域内设置应急物资仓库，方便应急指挥中心的调度，借助技术手段，在事故状态下仍能正常运转，结合事故处理需求，设计专门人员集合点，流线清晰。

3.5 码头区

对 LNG 接收站总图中对码头和管廊的预留，目的

是为了今后的扩建和运行维护高效，保障安全。主要要求有：①对于码头，预留足够的岸线长度和岸宽，以适应目前 LNG 卸料臂和今后追加的卸船装置的安装，岸线和陆域之间预留缓冲带，以布置防撞护舷和消防水炮，以及沉降监测和岸基管线的余量，码头和储罐区之间的管廊走廊，必须按一管一桥或多管并行的方式预留，建议在总图上划定多条独立管廊的路由，分别用于主输液管线和仪表线路，管廊的净宽应满足检修人员通行和管线检修更换的方便，符合有关标准规范的要求；②管廊的预留还应考虑未来管径的升级和线路的增容，因此在总图设计时，应在基底层面预留足够的承载能力，应在基底层面上标注有顶板开孔和电缆桥架的挂设点，管廊的两侧宜留设检修平台或可拆卸的人行桥，以便于随时拆装阀门和泄漏检测仪；③管廊的入口和出口在总图中，应与泄压沟渠和安全疏散通道进行逻辑关联，以保证在紧急情况下管廊内的管线能快速切断，并为抢修人员提供疏散通道；④预留管廊应避开高压电缆和储罐喷淋系统的辐射区，还应与雨水排放管道和中水回用管网相互错位，避免交叉。

4 经验与建议

综上所述，在 LNG 接收站总平面布置过程中，应充分根据场地的地质、水文等条件，合理划分功能分区、优化交通流线，满足安全防护要求的同时，提高运行效率并为罐区及码头扩建预留空间，采用模块化、预制化设计理念以减少后期改造的现场施工难度，为降低后期运行安全环保风险、减少施工成本奠定基础。加强智能化监测及应急能力建设，对温度、液位等关键参数进行实时在线监测，发现异常后及时预警，有利于发现风险并消除隐患，根据风险评估结果合理布置防火分隔带及安全疏散通道，在总图上标注应急集结点和疏散路线。提倡使用余热回收、绿色电能等技术，减少碳排放，助力企业实现碳中和，设置绿化隔离带、噪声屏障，优化雨水、低温液体排放系统。

参考文献：

- [1] 王凯锋, 魏雄标, 宋广然, 等. LNG 接收站管廊结构设计 [J]. 天然气与石油, 2024, 42(04): 140-146.
- [2] 黄冉. LNG 接收站消防应急照明和疏散指示系统设计 [J]. 山东化工, 2020, 49(10): 178-180+185.
- [3] 李广鑫. 天津浮式 LNG 工程全容式 LNG 储罐总布置设计 [J]. 油气田地面工程, 2015, 34(07): 32-34.
- [4] 张美美, 赖幸梁. 浅谈 LNG 接收站总图布置的特点 [J]. 山东化工, 2017, 46(17): 116-117+119.
- [5] 张磊, 刘芳. 基于 LNG 接收站平面布置的研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(10): 114-115.