

基于LNG接收站的LNG接收站施工安全风险管控策略研究

施 旭

国家管网集团天津液化天然气有限责任公司 天津 300452

摘 要：LNG接收站作为天然气产业链关键枢纽，其施工安全直接关乎能源供应稳定与公共安全。施工过程中，人员操作失误、设备故障、复杂环境及管理漏洞等风险因素相互交织，加剧安全隐患。通过深入剖析人员、设备、环境、管理等维度风险源，针对性提出完善安全管理体系、强化风险评估预警、加强人员培训管理及严格设备环境管控等策略，为提升LNG接收站施工安全水平、降低事故发生概率提供科学依据与实践指导。

关键词：LNG接收站；施工安全风险；管控策略

引言

随着全球能源结构向清洁化转型，LNG接收站建设规模与数量持续增长。然而，LNG具有易燃易爆、低温等危险特性，其接收站施工涉及高空作业、大型设备吊装、密闭空间作业等复杂环节，安全风险极高。近年来，行业内因安全管控不到位引发的事故时有发生，严重威胁人员生命、财产安全与生态环境。本文基于此背景，系统分析LNG接收站施工安全风险因素，探索科学有效的管控策略，对保障项目顺利实施与行业可持续发展意义重大。

1 LNG接收站概述

LNG接收站，英文名为LNG Terminal，是储存液化天然气并对外输送天然气的关键装置。其主要功能涵盖接收、存储以及再气化液化天然气（LNG），在全球能源结构转型进程中占据关键地位，有力地提升了能源供应的多样性与可靠性。LNG接收站一般由卸料区、储存区与再气化区构成。卸料区承担着接收来自运输船只LNG的重任，储存区用于LNG的长期存储，再气化区则负责将储存的LNG转化为高压气体，以供用户使用。其建设需综合考量地理位置、环境条件、市场需求等多方面因素。地理位置的选择直接关乎LNG的运输成本与接收站的运营效率；设计与建设必须严格遵循安全标准，确保在极端天气下也能稳定运行；还需具备灵活的再气化能力，以契合市场对供气量的不同需求。从产业链视角来看，LNG接收站行业上游包含LNG、LNG卸船臂、LNG储罐、低压输送泵、再冷凝器、BOG压缩机等，其中LNG多来源于进口，常通过海运从液化天然气出口国运至接收站，是接收站发展的根基。中游的LNG接收站主要负责液化天然气的接收、储存、气化和外输等作业。下游则是LNG接收站的服务领域，LNG作为一种无色、无味、无毒的液态燃料，在城市燃气、工业燃气等诸多

方面有着广泛应用。随着全球能源需求的不断攀升，LNG接收站的建设已成为各国能源战略的重要构成部分。近年来，我国在LNG接收站建设领域成果斐然，已建成多个大型接收站，构建起较为完善的LNG接收站网络，为国内能源供应的稳定提供了保障，也推动了能源结构的优化与节能减排。展望未来，伴随我国能源需求的持续增长，LNG接收站的建设与发展将延续强劲态势。

2 基于LNG接收站的LNG接收站施工安全风险因素分析

2.1 人员因素

LNG接收站施工人员的专业技能与操作水平直接影响施工安全。施工现场作业涵盖复杂的技术流程，涉及管道焊接、设备安装调试等多个环节，作业人员若缺乏系统培训，对LNG特性及施工工艺掌握不足，极易引发操作失误。焊接过程中，若操作人员未精准控制焊接参数，可能导致焊缝质量不达标，埋下泄漏隐患；在设备吊装作业时，若指挥人员对吊装角度、重量计算有误，会造成设备倾斜、坠落等事故。施工人员的身心状态也不容忽视。长期高强度作业易使人员产生疲劳，注意力难以集中，反应能力下降，在进行高空作业或复杂设备操作时，因判断失误引发坠落、机械伤害等风险显著增加。部分人员安全意识薄弱，存在违规操作行为，如未按要求佩戴防护装备、在危险区域随意走动等，这些行为都为施工安全带来极大隐患。加之人员间的协作配合程度也至关重要，施工过程中各工种需紧密配合，若沟通不畅、配合不默契，易出现操作混乱，进而引发安全事故。例如，在管道安装与电气布线交叉作业时，若各方未协调好施工顺序与时间，可能导致管道安装影响电气设备安装，甚至引发触电、机械碰撞等事故^[1]。

2.2 设备因素

LNG接收站施工设备的性能与可靠性对施工安全

起着关键作用。施工过程中使用的各类机械设备,如起重机、挖掘机、焊接设备等,若存在质量缺陷或日常维护保养不到位,会大幅增加事故发生概率。起重机的制动系统若出现故障,在吊装重物时可能导致重物失控坠落,对下方人员和设备造成严重伤害;挖掘机液压系统泄漏,不仅影响工作效率,还可能因液压油喷出引发滑倒、火灾等事故。设备老化也是不容忽视的问题。随着使用年限增长,设备的零部件逐渐磨损,性能下降,故障频发。老旧的焊接设备可能出现电流不稳定现象,影响焊接质量,导致管道焊接处存在砂眼、气孔等缺陷,在LNG接收站运行过程中,这些缺陷可能发展成泄漏点。设备的选型适配性也至关重要。不同的施工环节对设备性能要求各异,若选型不当,无法满足施工需求,也会带来安全风险。例如,在地基处理作业中,若选用的打桩设备功率不足,难以达到设计的地基承载要求,会影响整个接收站的结构稳定性。设备的操作便捷性与安全性设计也会影响施工安全。操作复杂、缺乏安全防护装置的设备,不仅增加操作人员的工作难度,还容易因误操作引发事故。

2.3 环境因素

LNG接收站施工环境复杂多变,对施工安全构成诸多威胁。自然环境方面,恶劣天气是主要风险源。强风天气会影响高空作业的稳定性,增加人员坠落和设备倾覆的风险,如在强风下进行塔吊作业,塔吊易发生晃动,导致吊装物摆动,碰撞周边建筑物或人员;暴雨天气可能引发场地积水,使地基软化,影响施工设备的正常运行,还可能导致临时搭建的工棚、脚手架等设施倒塌。雷电天气则对施工现场的电气设备和人员安全造成威胁,若防雷措施不到位,雷电可能击中电气设备,引发火灾或爆炸事故,人员在户外作业时也存在遭受雷击的风险。施工现场的地质条件也会影响施工安全。若地质勘查不详细,对地下溶洞、软弱土层等不良地质情况掌握不足,在基础施工过程中可能出现地基沉降、塌陷等问题,影响建筑物的稳定性。施工现场的作业环境同样重要,狭小的作业空间限制了施工设备的操作和人员的活动范围,增加了碰撞、挤压等事故发生的可能性;通风不良的环境会导致有害气体积聚,如焊接作业产生的一氧化碳等有害气体无法及时排出,人员吸入后会引发中毒事故,易燃易爆气体积聚还存在爆炸风险^[2]。

2.4 管理因素

LNG接收站施工管理水平直接关系到施工安全。施工组织管理的合理性是关键。若施工计划安排不合理,各工序衔接不当,可能导致交叉作业过多,增加施

工混乱程度和安全风险。例如,在管道安装与地面硬化施工同时进行,会出现人员、设备相互干扰,易引发碰撞、碾压等事故。施工现场的资源调配若不合理,如材料供应不及时,会导致施工人员停工待料,为赶工期可能出现违规抢工现象;设备调配不当,会使部分设备过度使用,增加故障概率,同时影响施工进度和安全。现场安全管理措施的落实情况也至关重要。若安全检查不细致、不全面,无法及时发现施工现场存在的安全隐患,如未及时发现脚手架连接松动、电气线路老化等问题,这些隐患可能逐渐发展成事故。安全防护设施的设置若不完善,如高空作业防护栏高度不足、警示标识缺失等,不能为施工人员提供有效的安全保障。应急管理能力也不容忽视。若应急预案缺乏针对性和可操作性,未定期组织应急演练,在发生突发事件时,施工人员无法迅速、有效地采取应急措施,可能导致事故扩大,造成更严重的损失。

3 基于LNG接收站的LNG接收站施工安全风险管控策略

3.1 完善安全管理体系

(1) 构建全面覆盖施工各环节的安全管理架构,将施工前准备、现场作业流程、设备安装调试等纳入统一管理框架。明确各层级、各岗位安全管理职责,确保从项目管理层到一线施工人员,均知晓自身安全责任边界,避免职责不清导致的管理漏洞。针对LNG接收站施工中管道焊接、储罐安装等关键环节,设置专门的安全管理节点,细化安全操作要求与检查标准。(2) 建立动态化的安全管理流程,依据施工进度与现场实际情况,灵活调整管理措施。在施工初期,着重把控场地规划与临时设施搭建的安全性;进入主体施工阶段后,强化对高空作业、动火作业等高风险作业的管控;施工后期则加强设备调试与试运行期间的安全监测,保障各阶段安全管理精准有效。(3) 搭建高效的安全信息沟通平台,实现施工各参与方之间的实时信息交互。利用信息化技术,将现场安全隐患、整改情况等信息及时传递给相关人员,确保问题能够快速响应、高效解决。通过平台共享安全管理经验与案例,促进各施工团队相互学习、共同提升安全管理水平。

3.2 强化风险评估与预警

(1) 采用科学的风险评估方法,对LNG接收站施工全过程进行系统分析。运用作业条件危险性分析(LEC)法,结合现场实际情况,从风险发生的可能性、暴露于危险环境的频繁程度、事故后果的严重程度三个维度,对施工中存在的坍塌、爆炸、中毒窒息等风险进行量化

评估,确定风险等级,为后续管控提供依据。(2)建立风险预警机制,针对不同等级的风险制定相应的预警阈值与响应措施。在施工现场布置各类监测设备,实时采集温度、压力、可燃气体浓度等数据,当数据达到预警阈值时,立即启动相应预警程序,通过声光报警、短信推送等方式,将风险信息传递给现场人员,以便及时采取应对措施,防止事故发生。(3)定期开展风险评估回顾与更新工作,随着施工进度与环境变化,及时识别新出现的风险因素,并重新评估风险等级。结合施工过程中积累的经验与教训,优化风险评估方法与预警机制,确保风险管控始终契合施工现场实际情况,提高风险防范的有效性^[3]。

3.3 加强人员培训与管理

(1)开展针对性的施工安全技能培训,根据不同岗位的作业特点与安全要求,设计差异化的培训课程。对于焊工、电工等特种作业人员,着重强化专业操作技能与安全规范培训,确保其熟练掌握本岗位安全操作要点;对普通施工人员,则重点普及基础安全知识与应急逃生技能,提高全员安全意识与自我保护能力。(2)建立严格的人员准入与考核制度,对参与LNG接收站施工的人员进行资质审查与安全能力测试。只有通过相关考核,具备相应安全知识与技能的人员,方可进入施工现场作业。定期对施工人员进行安全技能考核,对于考核不达标者,及时进行再培训或调整岗位,保证施工队伍的整体安全素质。(3)加强施工现场人员的行为管理,规范人员作业行为。设置专职安全监督员,对施工现场进行全天候巡查,及时纠正人员的违规操作与不安全行为。通过开展安全行为表彰活动,鼓励施工人员遵守安全规定,形成良好的安全作业氛围,减少因人为因素导致的安全事故。

3.4 严格设备与环境管理

(1)强化施工设备全生命周期管理,从设备采购选型、进场验收、安装调试到使用维护、报废处理,均制定严格的管理标准。优先选用安全性能可靠、技术先进

的施工设备,在设备进场时,严格检查设备质量与安全性能,确保设备符合施工安全要求。在设备使用过程中,定期进行维护保养与安全检测,及时发现并排除设备故障与安全隐患。(2)加强施工现场环境安全管理,对施工区域进行合理规划与隔离。设置明显的安全警示标识,划分危险作业区域与人员通行区域,避免无关人员进入高风险作业区。针对LNG接收站施工中可能产生的噪声、粉尘、有害气体等环境污染物,采取有效的防护与治理措施,如安装降噪设备、设置除尘系统、加强通风换气等,保障施工人员的身体健康与作业环境安全。(3)建立设备与环境应急管理机制,针对设备突发故障、环境异常变化等情况,制定完善的应急预案。定期组织开展应急演练,使施工人员熟悉应急处置流程与方法,提高应对突发事件的能力。储备充足的应急物资与设备,确保在发生紧急情况时,能够迅速开展救援与处置工作,降低事故损失与影响^[4]。

结语

综上所述,LNG接收站施工安全风险管控是一项系统工程。通过对人员、设备、环境及管理风险因素的全面分析,提出的针对性管控策略,可有效提升施工安全管理水平。但随着施工技术发展与环境变化,新的风险挑战将不断涌现。未来需持续深化安全风险研究,动态优化管控策略,推动LNG接收站施工安全管理向智能化、精细化方向迈进,为能源基础设施建设筑牢安全防线。

参考文献

- [1]林现喜,杨勇,裴存锋,等.LNG接收站全生命周期安全风险管控实践[J].化工管理,2020(10):163-167.
- [2]仲伟杰,裴存锋.LNG接收站接船卸料操作风险管控[J].低碳世界,2021,11(7):142-143.
- [3]景美波,李相环.LNG接收站安全生产风险分级管控体系建设研究[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(23):5-6.
- [4]汪洋.LNG接收站试生产安全风险管控良好实践[J].广东安全生产技术,2024(2):82-84.