

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2025.07.004

城镇燃气LNG储配站联锁技术及运行管理研究

韦永金

贵州燃气集团股份有限公司

摘 要：本文主要研究了城镇燃气液化天然气（LNG）储配站联锁技术的现状，阐述了储配站三级联锁系统，结合国家燃气规范执行情况，提出了联锁系统整改思路，以及联锁存在的问题。同时，对联锁管理关键点进行研究、梳理，结合行业发展趋势和技术创新方向，为LNG储配站的联锁技术管理提供参考。

关 键 词：液化天然气；储配站；联锁技术；运行管理

1 引言

LNG作为一种清洁、高效的能源，在城镇燃气供应

中扮演着重要角色。LNG储配站作为城镇燃气供应系统的核心环节，其安全运行至关重要。然而，LNG具有易燃易爆的特性，一旦发生泄漏或火灾事故，后果不堪

工、地质变化引发的电位异常波动，通过预警功能快速响应，维修团队在24h内精准定位修复，有效避免管道腐蚀加剧与潜在泄漏风险，大幅提升管道运维效率与安全性，降低维护成本约30%，有力保障燃气供应稳定可靠，充分验证系统在复杂实际工况下的有效性与优越性，为燃气行业管道安全管理提供成功范例与实践经验。

6 结论与展望

燃气管道智能阴保在线检测系统集成智能测试桩与先进监测平台，有效解决传统阴极保护检测难题，显著提升管道腐蚀监测与防护水平，有力保障燃气管道安全运行。未来，随着物联网、大数据、人工智能深度融合，系统有望在预测性维护、故障智能诊断、多源数据融合分析等方面取得突破，进一步提高管道

运维智能化程度，降低安全风险与运维成本，推动燃气行业管道安全管理向智慧化迈进，为能源基础设施安全稳定运行持续赋能。

在研究过程中，智能阴保测试桩技术参数优化、系统平台数据挖掘算法改进、不同管道环境下系统适应性增强等方面仍有探索空间，需持续深入研究与创新实践，不断完善系统功能与性能，以适应燃气管道运维日益增长的安全需求与复杂工况挑战。

参考文献

- [1] 门程,白冬军,等.智能阴极保护采集监控系统的应用与发展[J].天然气与石油,2014(05):80-83.
- [2] 薛光,黄明军.管道工程智能测试桩和阴极保护监测系统[J].仪表电气,2011,30(6):63-65.

[第一作者简介] 韦永金，高级工程师，从事燃气技术管理工作。

设想。因此,联锁技术作为保障LNG储配站安全运行的关键手段,能够实现设备与系统的自动化控制与保护,及时发现并处理异常情况,防止事故的发生和扩大。

在实际运行中,LNG储配站的联锁技术涉及多个方面,包括储罐液位、压力控制以及消防系统联动等。同时,随着燃气行业技术的不断发展,对联锁技术的可靠性、灵活性和智能化提出了更高要求。然而,目前在联锁技术的应用与管理方面仍存在一些问題,如部分设备老化、维护不足,以及操作人员对联锁系统功能不熟悉等;在国家燃气规范执行中,对于LNG储配站装卸区设置拉断阀有关联锁问题亦存在争议^[1]。这些问題不仅影响了联锁系统的正常运行,也给储配站的安全运营带来了潜在风险。

因此,有必要深入研究城镇燃气LNG储配站的联锁技术及其运行管理,对于提高储配站的安全性、可靠性和运行效率具有重要意义。通过优化联锁系统的设计与配置,加强运行维护管理,提高操作人员的专业素质,能够有效提升LNG储配站的整体安全管理水平。不仅有助于保障城镇燃气供应的稳定与安全,也为燃气行业的可持续发展提供技术支持。

2 联锁系统技术及问题分析

2.1 联锁系统组成分析

城镇燃气LNG储配站的三级联锁体系是保障其安全运行的重要技术手段,联锁体系的构成^[2]如下:

(1) 一级联锁(设备级联锁)

主要是针对单个设备或局部工艺环节的保护。例如,LNG储罐的液位检测装置设定了高低位报警和高高位、低低位联锁,当液位达到设定的高高位或低低位时,自动触发相关设备的动作,如关闭进液阀或停止出液泵,防止储罐溢液或抽空。根据工艺要求和设备状态,对泵和压缩机进行启停控制、转速调节以及故障保护;当泵的出口压力过高时,联锁系统自动降低泵的转速或停止泵的运行,以防止设备损坏。

(2) 二级联锁(区域级联锁)

涉及储配站内某个特定区域的多个设备或工艺流程的协同联锁。比如,在可燃介质工艺装置区、LNG储罐区、装卸区等存在LNG泄漏危险的区域,设置低温检测器和可燃气体检测报警系统,当检测到低温或

可燃气体浓度达到一定阈值时,会联动关闭该区域的相关阀门、停止设备运行,并启动通风系统或消防系统。尤其是消防系统联动主要是针对特定区域(如储罐区、工艺装置区等)的安全保护措施,检测到火灾或泄漏等危险情况时,通过联动机制迅速启动消防设施,如喷淋系统、消防泵、灭火设施等,关闭相关区域的阀门,以控制和扑灭火灾,防止事故扩大,这种联动机制主要作用于局部区域。

强制性燃气行业规范GB 55009-2021《燃气工程项目规范》^[3](以下简称“GB 55009”)第4.2.8条:

“装卸系统上应设置防止装卸用管拉脱的联锁保护装置。”燃气企业对照规范完善LNG储配站装卸区设施时,提出了“装卸管道系统上安装紧急切断联锁装置,联锁信号来自于低温温度超限报警信号、可燃气体泄漏报警信号”整改思路^[4],既属于区域级联锁。

(3) 三级联锁(全站级联锁)

整个LNG储配站的最高级别联锁,通常与全站紧急停车装置(简称“ESD”)相关联。在控制室(区域级控制室或中心级控制室)和现场关键位置设置紧急停车按钮,一旦触发,能够切断液化天然气、可燃气体的来源,停止所有可能导致事故扩大的设备运行,如LNG泵、压缩机等。

(4) 联锁设置情况举例分析

①GB 55009第4.2.4条:“燃气厂站应根据应急需要并结合工艺条件设置全站紧急停车切断系统。”该条规定的设置全站紧急停车切断系统属于全站级联锁。

②GB 55009第4.2.14条:“液化天然气和低温液化石油气的储罐区、气化区、装卸区等可能发生燃气泄漏的区域应设置连续低温检测报警装置和相关的联锁装置。”该条中的“相关的联锁装置”比较模糊,规范落地执行时理解不统一,存在不同整改思路。

整改思路一:低温检测装置检测到低温超限信号,意味着LNG发生了泄漏,发生泄漏时为了防止事故进一步发展,通常的应急处理措施主要分为两个方面,一是控制泄漏源,不让其继续泄漏,即ESD执行联锁动作,把相关工艺管路上的阀门切断,泄漏物料一般情况下多为站内工艺管路内残留的介质,该联锁属于全站级联锁;二是对泄漏出来的LNG进行处置,防止事态进一步扩大,能让环境温度报警的泄漏属于小泄漏的可能性较低,采取驱散LNG的措施较为困

难,针对大量 LNG 泄漏,必须严格控制蒸发扩散速度,防止形成蒸气云,这时启动高倍泡沫发生系统,联锁系统作用后,打开水路和泡沫液路的阀门,启动消防水泵(或专用的泡沫泵)以及输送泡沫的风机,该联锁属于二级联锁(区域级联锁)。

整改思路二:在储罐区、低温泵区、气化区(高压空温式气化区、低压空温式气化区、水浴式气化区)安装低温检测装置,报警参数为低于 -30°C ,联锁切断对应设备装置的参数为低于 -40°C ,该联锁未启动其他系统设施(例如启动通风或消防系统),属于一级联锁(设备级联锁)。

2.2 三级联锁体系的作用

保障人员安全:通过及时检测潜在危险并触发联锁动作,避免人员接触到危险环境,减少人员伤亡风险。

保护设备设施:防止设备在异常工况下运行,避免设备损坏,延长设备使用寿命,降低维修成本。

防止事故扩大:在事故发生初期,迅速采取措施控制事态发展,避免事故从小范围扩大到整个储配站,减少经济损失和社会影响。

确保环境安全:防止LNG泄漏对周围环境造成污染,保护生态环境。

2.3 三级联锁设计技术要点

可靠性:采用冗余设计,如控制器、电源、重要控制回路的输入/输出组件、通信网络等都应具备冗余功能,确保联锁系统在部分设备故障时仍能正常工作。

安全性:安全仪表系统应按照故障安全型设计,即使在系统故障的情况下,也能保证安全功能的实现。同时,系统内的设施(包括控制器、控制阀门、测量仪表等)应满足相应的安全完整性等级(SIL)要求。

灵活性:联锁系统应具备一定的灵活性,能够根据不同的工艺条件和操作需求进行调整和优化。例如,在正常运行和维护检修等不同状态下,能够灵活切换联锁逻辑。

可操作性:联锁系统的操作界面应简洁直观,方便操作人员进行监控和操作。同时,应提供足够的报警信息和操作提示,帮助操作人员快速判断和处理异常情况。

2.4 联锁系统问题分析

(1) 技术标准不统一

目前,城镇燃气LNG储配站联锁技术的相关标准

和规范还不够完善,不同厂家生产的设备在联锁逻辑、接口标准等方面存在差异,这给储配站的设计、建设和维护带来了一定的困难。同时,标准的不统一也不利于新技术的推广和应用。为了解决技术标准不统一的问题,相关部门和行业协会应加强合作,制定统一的城镇燃气LNG储配站联锁技术标准和规范。统一的标准将有助于规范市场秩序,提高设备的兼容性和互换性,降低储配站的建设和维护成本,促进联锁技术的健康发展。

(2) 信息孤岛现象

部分储配站的联锁系统与其他自动化系统之间缺乏有效的数据交互和共享,形成了信息孤岛。这使得操作人员无法全面、及时地掌握储配站的运行状态,影响了决策的准确性和及时性,信息孤岛限制了储配站智能化水平的提升。未来,LNG储配站的联锁系统将与其他自动化系统实现深度融合,打破信息孤岛,实现数据的全面共享和交互。通过建立一体化的监控管理平台,操作人员可以实时掌握储配站的所有运行信息,实现对储配站的全方位、精细化管理。同时,信息融合与共享还将为储配站的优化调度和智能决策提供有力支持。

(3) 安全隐患评估不足

部分储配站在联锁系统的设计和运行过程中,对潜在的安全隐患评估不够全面和深入。例如,对于一些复杂的工艺操作和异常工况,联锁系统可能无法提供有效的保护措施,存在一定的安全风险。

(4) 人员技术水平不足

联锁关键技术涉及到自动化控制、通信技术、安全仪表等多个领域,对操作人员和维护人员的技术水平要求较高。然而,目前部分从业人员对相关技术的掌握程度不够,缺乏实际操作经验和故障处理能力,难以满足储配站安全运行的需求。

3 联锁管理研究与案例分析

3.1 联锁管理关键技术要点

在城镇燃气LNG储配站联锁管理中,针对不同级别联锁系统的技术特性,制定差异化管理要求,确保其可靠性、安全性与协调性。技术层面的关键管理要点如下。

(1) 设备级管理。通过强化设备冗余与实时监测对一级联锁进行管理,需确保关键传感器(如液位、压力检测装置等)及执行机构的冗余配置,控制器及输入/输出模块应采用双通道或多通道设计,避免单点故障导致联锁失效。同时,建立实时数据采集与诊断系统,对设备运行参数进行动态分析,定期校准传感器精度,确保联锁触发阈值的准确性。例如,储罐液位联锁逻辑需结合工艺需求动态优化,避免误动作或漏动作。

(2) 区域级管理。通过跨系统集成与逻辑协同对二级联锁进行管理,需实现与消防、通风、可燃气体检测等子系统的深度集成,采用统一通信协议打破信息孤岛。联锁逻辑应支持模块化编程,便于根据工艺区域特性(如装卸区、储罐区)灵活调整触发条件与响应动作。例如,装卸区低温检测信号与可燃气体报警信号需双重验证后触发紧急切断阀,避免单一信号误触发导致的非计划停车。

(3) 全站级管理。全站级联锁系统应独立于基本过程控制系统,采用安全完整性等级认证的硬件与软件。管理上需制定分级响应机制,根据事故严重程度(如泄漏量、扩散范围等)动态调整联锁动作范围,避免全站级联锁的过度触发影响生产连续性。此外,紧急停车按钮的布局需符合人机工程学原则,设置权限分级管理,防止误操作。

通过上述技术管理措施,可有效提升各级联锁系统的可靠性、协同性与应急处置效率,为LNG储配站的安全运行提供技术保障。

3.2 案例分析

某城镇燃气LNG储配站技术管理人员在一次例行检查中发现,联锁系统中的压力传感器存在读数偏差。经进一步调查,发现该问题已存在一段时间,但由于场站人员日常巡检不够细致,未能及时发现。这一问题可能导致在储罐超压时,联锁系统无法及时响应,存在严重安全隐患。

针对这一问题,该储配站采取了以下改进措施:

(1) 加强巡检人员的培训,提高其发现和处理问题的能力;(2) 优化巡检流程,增加关键参数的复核环节;(3) 建立传感器定期校准制度,确保测量精度;(4) 开展技术研究,适时引入智能诊断系统,实时监测传感器状态,及时发现异常。通过上述改进措

施,该储配站有效提高了联锁系统的可靠性。在后续运行中,成功避免了多起潜在事故,保障了储配站的安全运行。这一案例表明,严格执行联锁系统日常管理规范,及时发现和解决问题,对于保障储配站安全至关重要。

4 结语

城镇燃气LNG储配站联锁技术在保障储配站安全稳定运行方面发挥着重要作用。目前,虽然联锁技术已经得到了一定的发展和应用,但仍然存在技术标准不统一、信息孤岛现象和安全隐患评估不足等问题。展望未来,随着智能化技术的不断进步和应用,以及统一技术标准的制定和信息融合与共享的实现,城镇燃气LNG储配站联锁技术将朝着更加智能化、标准化和高效化的方向发展,为城镇燃气事业的发展提供更加坚实的保障。在实际应用中,应持续关注联锁技术的发展动态,积极引入新技术、新方法,持续完善储配站的联锁系统,提高储配站的安全管理水平和运行效率。

参考文献

- [1] 韦永金,候智强,等.城镇燃气LNG卸车用拉断阀的现状与规范研究[J].城市燃气,2021(06):43-46.
- [2] 崔克清著.化工过程安全工程[M].北京:化学工业出版社,2002.01
- [3] GB 55009-2021燃气工程项目规范[S].
- [4] 韦永金.液化天然气槽车装卸区设置联锁装置研究[J].设备管理与维修,2023,(16):43-45.

欢迎订阅《城市燃气》杂志



扫描此二维码订阅杂志



扫描此二维码关注杂志

《城市燃气》杂志社官方网站: www.gas800.com