

液态烃球罐区安全隐患分析与预防措施

雍丰荣

中石化宁波工程有限公司 浙江 宁波 315103

摘要：液态烃球罐区作为重要的工业储存设施，存在诸多安全隐患。本文深入分析了液态烃球罐区的安全隐患，包括设备老化、工艺操作失误、环境布局不合理及配管问题等。这些隐患可能导致火灾、爆炸等严重事故，对人员和财产安全构成极大威胁。为防止事故发生，本文提出了优化配管设计、加强设备维护、完善操作规程、改善罐区环境及加强静电防护等预防措施。通过实施这些措施，可以有效降低液态烃球罐区的安全风险，保障生产安全稳定进行。

关键词：液态烃球罐区；安全隐患；预防措施

引言：液态烃球罐区作为石化行业中至关重要的储存与转运环节，其安全性直接关系到生产运行的稳定性和环境安全。然而，由于液态烃的易燃易爆特性，加之球罐区复杂的工艺设备与操作环境，使得该区域成为潜在安全隐患的高发地。近年来，国内外多次发生的液态烃球罐区安全事故，为我们敲响了警钟。因此，深入分析液态烃球罐区的安全隐患，并针对性地提出预防措施，对于提升石化企业的安全管理水平、保障人员生命财产安全具有重要意义。

1 液态烃球罐区概述

1.1 液态烃的种类及特性

液态烃是由碳原子数5至16的烃类化合物组成的混合物，在常温常压下保持液态，主要包含烷烃、烯烃、炔烃及芳香烃等结构类型。（1）易燃易爆性。液态烃属于甲类火灾危险性物质，具有低点燃能量和高爆炸性。与空气混合后，在体积浓度达到2%~10%的范围内即可发生爆炸。此外，多数液态烃的引燃温度低于200℃，如戊烷为260℃、己烷为240℃。在泄露时，液态烃易形成蒸气云，一旦在封闭空间内遇到静电火花，就可能引发化学爆炸，爆炸速度极快，极具危险性。

1.2 球罐区的功能与布局

（1）球罐的类型与用途。球罐是一种用于储存液态或气态物料的钢制容器设备，其形状有圆球型和椭球型，以单层球壳最为常见，操作温度一般为-50~50℃，操作压力一般在3MPa以下。根据储存物质的不同，球罐的设计和选材也会有所不同，以确保其能够承受内部压力并保持结构完整性。（2）球罐区的整体布局原则。球罐区的整体布局应严格遵循Q/SH 0749和AQ 3059规范要求，确保在紧急情况下能迅速采取有效措施，防止事故扩大。同时，球罐区应设置环形消防通道，确保消防车能够顺利通行并实施救援。此外，球罐组应设置防火

堤，以防止液态烃泄漏后扩散至更大范围，造成更严重的后果。防火堤的高度、宽度等参数应满足相关标准的要求^[1]。

2 液态烃球罐区安全隐患分析

2.1 环境隐患

（1）罐区布局不合理。罐区防火间距不足，一旦某个球罐发生火灾爆炸，火焰和热辐射会迅速蔓延至相邻球罐，引发连锁反应，扩大事故范围。同时，不合理的布局还会影响消防救援通道的畅通，导致救援车辆无法及时接近事故现场，延误救援时机。（2）明火管理不严格。在罐区内，动火作业审批和监管不严，未采取有效的防火防爆措施，如未对动火区域进行彻底清理、未设置隔离带等，焊接火花、切割火星等明火源一旦接触到泄漏的液态烃，就会立即引发火灾爆炸。此外，人员违规吸烟、携带火种进入罐区等行为，也存在极大的安全隐患。（3）电气设备防爆等级不足或维护不当。罐区内的电气设备若防爆等级不满足环境要求，在运行过程中产生的电火花、电弧等，可能成为液态烃爆炸的点火源。而电气设备长期缺乏维护，线路老化、绝缘层破损等问题会导致漏电、短路，产生高温和火花，增加事故发生的概率^[2]。

2.2 设备隐患

（1）球罐本体及附件的缺陷和老化。球罐长期处于高压、介质腐蚀等复杂工况下运行，其本体及附件极易出现缺陷和老化问题。球罐本体可能因材料本身存在夹杂、气孔等制造缺陷，在长期应力作用下，缺陷逐渐扩展，形成裂纹。而罐体附件如阀门、法兰、管道等，也会因频繁开关、介质冲刷，导致密封面磨损、腐蚀。一旦密封失效，液态烃泄漏后迅速汽化，与空气混合形成可燃混合气，遇火源即会引发火灾爆炸事故。例如，阀门阀芯磨损严重时，即使处于关闭状态，也可能存在微

量泄漏,日积月累后,泄漏量足以达到爆炸极限浓度^[3]。

(2) 配管系统中的泄漏风险。配管系统的焊接点、接口和法兰连接处是泄漏的高发区域。焊接点若存在未焊透、咬边等焊接缺陷,在管道压力波动、热胀冷缩作用下,缺陷部位易发生开裂,导致液态烃泄漏。接口处的密封垫片若材质不匹配介质特性,长期受介质腐蚀,会出现老化、变形,失去密封效果。法兰连接处的螺栓若受力不均、预紧力不足,在管道振动影响下,也会导致法兰面松动,引发泄漏。泄漏的液态烃一旦扩散到一定范围,就会形成巨大的安全隐患。(3) 装卸设备隐患。快速接头、管线及连接金属软管、卡件不严等问题在装卸设备中较为常见。快速接头若密封面存在划痕、变形,在装卸过程中,液态烃可能从缝隙中泄漏。金属软管长期弯曲、拉伸,会使管壁变薄,出现破损泄漏。卡件如果安装不牢固,在装卸作业时,可能会因外力作用松动,导致连接部位脱节,液态烃大量泄漏。这些泄漏不仅会造成物料损失,还可能引发严重的安全事故。

2.3 工艺过程隐患

(1) 操作过程中的误操作。操作人员未按规定进行置换,会使球罐内残留空气或其他可燃气体,与后续充装的液态烃混合形成爆炸性气体。超温超压操作更是严重威胁球罐安全,当球罐内温度过高,液态烃体积膨胀,压力急剧上升,若超过球罐设计压力,可能导致罐体破裂;超压运行还会使球罐各连接部位密封失效,引发泄漏。此外,错误的阀门开闭顺序、液位控制不当等操作失误,都可能打破球罐内的稳定状态,引发安全事故。

(2) 液态烃相态变化导致的爆炸事故。液态烃在特定压力和温度下会发生相态变化。当液态烃在球罐内温度升高,部分液态烃会汽化,罐内压力随之上升。若压力释放不及时,达到爆炸极限,遇火源就会爆炸。例如,在夏季高温环境下,未采取有效降温措施的球罐,内部液态烃汽化加剧,压力失控,极易引发灾难性后果。

2.4 配管相关的安全隐患

(1) 配管设计不合理。配管设计中法兰数目过多,增加了泄漏点数量,降低了系统密封性;螺栓连接方式不当,如螺栓规格不匹配、数量不足,会导致连接部位强度不够,在压力作用下易松动泄漏。不合理的管道走向设计,还可能导致介质流动不畅,形成气液积聚,引发压力波动。(2) 配管安装和维护不当。配管安装时焊接质量不过关,存在气孔、夹渣等缺陷,会严重削弱管道强度和密封性。管道支架设置不合理,如支架间距过大、固定不牢,会使管道在介质流动和外力作用下产生较大振动,导致管道连接部位松动、焊缝开裂。日常

维护中,若未及时检查和紧固管道连接件、未对管道进行防腐处理,也会加速管道老化损坏,增加泄漏风险。

(3) 配管系统中的介质流速过快。当液态烃在配管系统中流速过快时,会与管壁剧烈摩擦,产生大量静电。若静电无法及时导除,静电积聚到一定程度就会产生放电现象,火花一旦遇到可燃混合气,就会引发爆炸。此外,高速流动的介质还会对管道造成冲刷腐蚀,缩短管道使用寿命,增加泄漏隐患。

3 液态烃球罐区安全隐患的预防措施

3.1 改善罐区环境

(1) 合理布局罐区。罐区的布局应考虑到防火间距、安全通道以及应急疏散等因素。同时,还应根据液态烃的物理化学特性和储存要求进行合理分区和标识。这样可以确保在紧急情况下能够迅速采取措施进行救援和处理。(2) 严格明火管理。明火是引发液态烃火灾和爆炸事故的主要原因之一。因此,在罐区内应严格禁止明火作业,除非经过特殊审批并采取严密的安全措施。执行动火作业审批制度时,需明确动火作业的具体内容、时间、地点以及作业人员的资质和安全措施。在动火作业过程中,应有专人监护,并配备必要的消防器材和应急设备,以确保在紧急情况下能够迅速响应和处理。(3) 提高电气设备防爆等级。由于液态烃具有易燃易爆性,罐区内的电气设备必须具备相应的防爆等级。在选用电气设备时,应严格按照国家和行业标准进行选择,并确保其满足罐区的防爆要求。同时,还应定期对电气设备进行检查和维护,及时发现并修复潜在的故障和隐患,确保其正常运行和安全性^[4]。

3.2 加强配管安装和维护

(1) 严格执行焊接规程,确保焊接质量。焊接是配管安装中的重要环节,焊接质量直接影响系统的密封性能和承压能力。因此,在焊接过程中,应严格执行焊接规程,确保焊接参数的选择、焊材的选用以及焊接过程的控制都符合规范要求。(2) 定期对配管系统进行检查和维护。定期检查可以发现并修复潜在的泄漏点、腐蚀点以及松动部位等隐患。同时,通过维护可以保持配管系统的清洁和润滑,延长其使用寿命。因此,应制定详细的检查和维护计划,并严格按照计划执行。(3) 对关键部位进行重点监控。对于法兰连接处、焊接点等关键部位,应进行重点监控。可以采用在线监测技术或定期抽检等方式,对其密封性能、承压能力以及腐蚀情况进行实时监测和评估。一旦发现异常情况,应立即采取措施进行处理。

3.3 完善工艺操作规程

制定严格的操作规程。操作规程应明确操作流程、操作参数、安全注意事项以及应急处理措施等内容。同时,规程应具有可操作性和针对性,能够指导操作人员在各种情况下正确执行操作。(2)加强对操作人员的培训。操作人员是工艺操作规程的执行者,其操作技能和安全意识直接影响到操作过程的安全性和稳定性。因此,应定期对操作人员进行培训和考核,提高其操作技能和安全意识。同时,还应建立激励机制和惩罚机制,鼓励操作人员积极学习新知识、新技术和新方法。(3)定期对操作过程进行监督和检查。监督和检查是确保操作规程得到有效执行的重要手段。通过定期检查可以及时发现并纠正操作过程中的违规行为和不安全行为;通过监督可以促使操作人员时刻保持警惕和谨慎态度。因此,应建立完善的监督和检查机制,并严格按照机制执行。(4)控制介质流速。液态烃管道输送时,流速过高易导致静电积聚与放电。操作中需将流速严格限制在安全阈值内,并通过优化管道材质、增大内径等措施减少静电产生^[5]。

3.4 优化配管设计

(1)减少法兰数目,优先采用焊接方式连接管道。法兰连接处是泄漏的主要风险点,因此应尽量减少法兰数目。在条件允许的情况下,优先采用焊接方式连接管道,以提高系统的密封性能。同时,对于必须使用的法兰连接,应选用高质量的法兰和垫片,确保其承压能力和密封效果。(2)所有连接件应配备关断阀并就近管嘴安装,确保紧急状况下能快速切断介质流动,遏制事故升级。(3)考虑管线的挠性和膨胀性,设置合理的支架和膨胀节。由于液态烃在储存和运输过程中会因温度变化而发生体积膨胀或收缩,因此配管设计时必须考虑管线的挠性和膨胀性。通过设置合理的支架和膨胀节,可以吸收管线的热膨胀和冷缩变形,防止管道因应力过大而损坏。

3.5 静电防护

为确保罐区安全,静电防护至关重要。需在罐区内设置完备的静电接地系统,涵盖管道、设备及防雷接地

等多方面,以有效消除静电积聚,预防静电引发事故。这些接地设施必须经过定期的专业检测与维护,确保其接地电阻达标,性能可靠。此外,罐区还应装配防雷设施,例如避雷针、避雷带等,以构筑起抵御雷电侵袭的坚实防线,保障罐区免受雷电破坏,确保生产运营平稳有序进行。

3.6 可燃气体检测器

在阀门、法兰、泵、压缩机等易泄漏部位附近布置,距离通常不超过1米。液态烃挥发后多比空气重,需在地面或设备底部附近(距地面0.3-0.6米)设置;若存在通风不良的低洼处、管沟等,需额外增设。检测器有效覆盖半径一般为5-7.5米(根据型号确定),确保监测区域无盲区。

结束语

综上所述,液态烃球罐区作为石油化工行业的重要组成部分,其安全隐患不容忽视。通过详细分析环境、设备、工艺过程及配管等方面的隐患,我们深刻认识到加强安全管理、提升设备质量、完善操作规程的重要性。为确保液态烃球罐区的安全运行,必须采取切实可行的预防措施,从改善罐区环境、加强配管安装与维护、完善工艺操作规程、优化配管设计、加强静电防护及安装可燃气体检测器等方面入手,全面提升罐区的安全保障能力。只有这样,才能确保液态烃球罐区的长期稳定运行,为石油化工行业的发展贡献力量。

参考文献

- [1]于龙年,车玉君,康健,李贺.液态烃球罐区常见事故与处理[J].辽宁化工,2021,(05):46-47.
- [2]唐春蓉,吴焕利,陈平.球罐定期检验的安全风险识别和控制[J].石油化工设备,2020,(08):81-82.
- [3]张志成.液态烃球罐全面检验问题分析[J].工程地质学,2020,(10):95-96.
- [4]王锐.液态烃球罐区安全隐患分析与预防措施[J].建筑设计及理论,2021,(12):117-118.
- [5]刘敬理.液化烃球罐脱水存在的风险分析及改进措施[J].政治经济学,2023,(04):55-56.