

甲醇储罐火灾风险及消防技术分析

柯林兵（海洋石油富岛有限公司，海南 东方 572600）

摘要：甲醇作为一种重要的工业原料和能源，在许多行业中广泛应用。然而，甲醇具有易燃、易爆和有毒的特性，其储存和使用过程中存在着火灾风险。甲醇储罐火灾事故不仅对人员生命和财产造成巨大威胁，还对环境带来严重影响。本文以甲醇的性质为引，接着分析了甲醇储罐火灾消防技术和甲醇储罐区防火防爆设计，以供参考。

关键词：甲醇储罐；火灾；消防；安全

甲醇作为一种重要的化工原料和能源，被广泛应用于许多行业中，如石油化工、医药制造和能源开发等。然而，甲醇具有易燃、挥发性强和高毒性的特点，一旦发生火灾事故，将会引发严重的人员伤亡、环境污染和财产损失。因此，对甲醇储罐火灾风险进行分析和消防技术的研究具有重要的现实意义。

1 甲醇概述

甲醇是一种重要的有机化合物，它可以用于制备多种产品。它可以被氧化为甲醛，后者可用作制备树脂、塑料、涂料和染料等的原料^[1]。甲醇还可用于制备甲基丙烯酸酯、乙二醇，以及其他一些合成材料。由于甲醇具有良好的溶解性和挥发性，它可以用作各种溶剂。在石油化工领域中，甲醇常被用作清洗和提纯各种化学物质的溶剂。甲醇作为一种常用的脱水剂，可用于去除天然气和液化石油气中的水分。在石油化工生产过程中，甲醇可以帮助提高气体和液体的纯度，并防止管道和设备因水分而腐蚀。

1.1 甲醇的理化性质

从化学性质方面来看，甲醇的组成式为 CH_3OH ，它由一个碳原子、四个氢原子和一个羟基（ $-\text{OH}$ ）组成。甲醇在常温下是无色、挥发性液体，并带有特殊的气味。从物理性质方面来看，甲醇的密度约为 0.792g/cm^3 ，在常温下呈液体状态。其沸点为 64.5°C ，燃点则在 $12.6\text{--}20.0^\circ\text{C}$ 之间。这意味着甲醇相对易挥发，且在接触到点火源时很容易燃烧。

1.2 甲醇的毒性

由于甲醇毒性较高，因此甲醇被广泛认定为有害物质。人体摄入甲醇后，会引发中枢神经系统抑制、代谢紊乱以及视觉障碍等严重后果，甚至可能导致中毒死亡。因此，在甲醇的生产、储存和使用过程中，必须严格遵守相关安全操作规程，防止甲醇接触到人体。

1.3 甲醇的爆炸性

甲醇具有一定的爆炸极限范围。其下爆炸极限为 6%（体积百分比），意味着当甲醇浓度低于 6% 时无法形成爆炸性混合物。而上爆炸极限为 36%，超过此浓度时同样无法形成爆炸性混合物。此外，甲醇的蒸汽与空气混合后形成可燃气体，当有适当的点火源存在时，可能引发爆炸。了解甲醇的化学物理性质、毒性和爆炸性是非常重要的。这些特点对于甲醇的储存、运输和使用过程中的安全管理具有指导意义，有助于预防和控制甲醇火灾风险的发生。

2 甲醇储罐火灾消防技术

2.1 甲醇储罐火灾防控系统

在甲醇储罐区主要应用四种常见的火灾防控系统，包括移动式灭火系统、固定式雨淋喷水灭火系统、固定式低倍数泡沫灭火系统和消防水管网灌区。这些系统在有火情时，能够有效预防和应对火灾，保障人员安全和财产的保护。①移动式灭火系统：通过安置大量的移动式灭火器，工作人员可以迅速扑灭小型局部火灾，是一种常见的灭火系统；②固定式雨淋喷水灭火系统：由水喷头、雨淋阀、喷水管网等组成，通过火灾探测系统的辅助作用，一旦发生火灾事故，能够快速启动雨淋阀进行喷水，有效扑灭保护区内的大面积火灾；^[2]③固定式低倍数泡沫灭火系统：该系统由消防泵、泡沫产生器、泡沫液储罐等组成，适用于甲醇罐区，要选择抗溶性的泡沫液。在使用灭火水枪时需要避免与该系统同时应用；④消防水管网灌区：在储罐区内设置消防水管网系统，包括消防栓、消防水泵、消防水池和环状管网等。严格按照相关规范标准进行布置，以应对断电等紧急情况，消防泵采用柴油机等不受电力影响的驱动机。

2.2 可燃气体泄漏监测报警系统

在工业设备中，如法兰、机泵的密封垫或阀门等

部位都存在泄漏风险。因此,为了及时发现和处理泄漏情况,需要设置可燃气体泄漏监测报警系统,并采取相应的应急响应措施。首先可燃气体泄漏监测报警系统通过在关键部位设置可燃气体监测器,能够实时检测周围环境中的气体浓度。同时,该系统与监测器相连,建立稳定的数据传输通道,确保了监测数据的准确性和实时性。其次当混合物浓度达到爆炸浓度下限的2.0%–2.5%时,报警装置会发出声光报警信号,提醒工作人员注意。监控主机上同时显示泄漏警报,使工作人员能够立即采取相应的措施来处理泄漏情况。

而如果当混合物浓度达到爆炸下限的约40%–50%时,除了声光报警信号外,系统还会触发一系列应急措施。如,消防水泵会自动启动,提供足够的灭火水源;固定灭火系统会自动投入,采取适当的灭火措施;进入罐区的物料阀也会自动关闭,以阻止进一步泄漏的发生。针对泄漏部位,还需要采取相应的安全防护措施。其中包括加强设备的密封设计,以进一步降低泄漏的概率;检查和维护设备,确保其正常运行;并培训员工,提高其对泄漏风险和应急响应的意识。

2.3 控制混合气浓度

控制甲醇储罐区的混合气浓度是确保安全的关键措施。它能够预防火灾爆炸、保护人员安全、防止环境污染和提高系统运行效率,可以最大程度地减少潜在的风险和损失,确保储罐区的安全稳定运行。第一,通过向储罐注入惰性气体,采取惰化操作,如氮气,可以减少甲醇蒸汽的浓度,从而降低混合气体的爆炸性。在进行惰化操作时,应遵循相应的安全规范,确保正确的气体流量和良好的通风。第二,安装有效的通风系统也是关键。定期维护和检查通风系统的运行状态,确保其能够及时排除储罐区的有害气体,并引入新鲜空气,以保持气体浓度在安全范围内。第三,布置气体检测仪在储罐区域。这些检测仪可以实时监测甲醇蒸汽或其他有害气体的浓度。一旦浓度超过安全阈值,应及时发出警报,并采取适当的措施,如紧急停机、人员撤离等。这些措施的目的是控制甲醇储罐区的混合气浓度,从而降低火灾和爆炸的风险。^[3]然而,在实施这些措施之前,请务必咨询专业工程师或相关领域的专家,以确保储罐区的安全性。

2.4 管道安全设计

甲醇储罐区内管道安全设计的要点包括选择无缝管以确保管道完整性和耐压性能,优先采用焊接连接

方式,设置双重阀门在储罐与进出物料主管道连接处增加安全保障,避免管道跨越建筑物或道路以防泄漏引发火灾,推荐沿地面或架空敷设管道避免物料集聚产生安全隐患,并在储罐区四周的主管道上安装隔断阀以提供额外的安全保护和控制能力。这些措施旨在确保管道稳定、完整,预防事故发生,保障甲醇储罐区的安全运行。

3 甲醇储罐区防火防爆设计

3.1 确定建筑物间防火间距

在确定建筑物间防火间距时,需要考虑建筑物的耐火等级、是否存在明火以及物质的扩散范围等因素。根据建筑物的耐火等级来确定防火间距,不同等级的建筑物对火灾传播的速度和范围有不同的要求。如果建筑物中存在明火,应增加防火间距以减小明火对相邻建筑物的影响。一般情况下,爆炸危险场所的影响范围维持在15m以内,而火灾传播的范围通常为10m。对于易燃物质如甲醇,需要考虑其蒸气在正常操作期间的扩散范围约为3m左右,而泄漏后的扩散范围可达10–15m。综上所述,根据建筑物耐火等级、是否存在明火以及物质扩散的特性,可以合理控制建筑物间的距离,以确保防火安全。

3.2 甲醇储罐区电气设计和设备选择要求

甲醇储罐区的电气设计和设备选择要求涵盖了几个重要方面。首先,必须与储罐区保持一定的距离,以减少电气设备可能产生的火花引发火灾的风险。其次,在确保安全性和生产工艺的前提下,应尽量减少使用电气设备的数量,以减低潜在的火灾危险。在设备选择时,需要综合考虑储罐区的火灾危险性区域和混合物浓度,并确保所选设备符合最低标准。此外,所选设备的级别和组别应高于混合物的级别和组别,以确保其具备足够的安全性和适应性。这些要求旨在保障甲醇储罐区电气系统的可靠性和安全性,并最大程度地降低火灾风险。

3.3 甲醇储存中的主要金属储罐类型及结构

甲醇储存中常用的金属储罐类型有球形罐、浮顶罐、立式罐、卧式罐和圆柱形罐。球形罐外形呈球状,能够承载高压和抗震,适用于大容量甲醇储存。浮顶罐顶部可浮动,能有效隔离内部气体与外界的接触,防止甲醇挥发和污染。立式罐适合较小容量的储存,结构简单、安装维护方便。^[4]卧式罐水平放置,适用于较大容量储存,占地面积小且稳定性好。圆柱形罐通常带锥形或圆顶,能承受压力和外界环境影响,适

用于中小容量储存。目前浮顶罐和立式拱顶罐是最常见和主要使用的储罐类型，它们具备良好的密封性和安全性能，能满足甲醇储存需求。

4 甲醇储罐火灾防护技术的优化建议

在防火方面，建议采用高强度、耐高温、耐腐蚀的材料设计储罐，并对储罐外壁进行阻燃涂层处理，增加储罐间的隔离距离，并加强静电防护措施。

4.1 防火

在防火方面，建议采用高强度、耐高温、耐腐蚀的材料设计储罐，并对储罐外壁进行阻燃涂层处理，以提高其耐火性能。此举可以有效降低储罐在火灾发生时的燃烧和爆炸风险。另外，增加储罐间的隔离距离可以有效减少火势传播的可能性，若发生火灾，这将有助于限制火势蔓延到其他储罐。同时，在储罐设计中要注重静电防护措施的加强，以防止静电引发火灾事故。这包括合理设计罐体接地系统，使用带有静电导电功能的材料，并确保定期对储罐进行静电检测和除静电操作，以最大程度避免静电引发的火灾危险。

4.2 灭火系统

针对灭火系统：第一，建议增加灭火装置的储备量，以确保足够的灭火介质供应。通过增加灭火器数量或容量，可以更有效地应对火灾。在日常工作中，要及时检查和维护灭火设备，确保其正常运行，并定期进行灭火剂的更替和补充。第二，引入自动灭火系统。这种系统基于先进的火灾探测技术，如烟雾探测器、热敏探测器等，能够在火灾发生时迅速作出反应。一旦火灾被探测到，自动灭火系统将立即触发，采用适当的灭火方法进行扑灭，从而降低火灾蔓延的风险。第三，优化布局。根据场所特点和火灾风险，合理布置灭火设备，使其能够覆盖到可能发生火灾的区域，并避免因布局不当导致的盲区。此外，对于特殊场所如机房、储罐区等，可以考虑采用局部灭火系统，以提高精确扑救火灾的能力。第四，选择适合的高效灭火技术。对于甲醇火灾等特殊情况，可以选择干粉灭火器或泡沫灭火器等专业灭火设备。这些灭火技术在处理化学物质火灾时具有较高的效果，能够迅速扑灭火源，并形成一层保护膜以防止火势重新燃烧^[5]。

4.3 监测与报警系统

在监测与报警系统方面，需要加强监测能力，包括实时监测温度、压力、气体浓度等参数。为此，可以采用先进的监测设备，通过精确的传感器来实时监测各项参数。这样可以及时察觉到任何异常情况，并

采取相应的措施。为了提高报警的及时性，可以引入智能化的报警系统。这类系统可以与联动控制中心和应急响应系统配合使用，实现快速反应。当监测到异常情况时，报警系统能够自动触发警报，同时向控制中心发送信号，以便工作人员能够及时采取行动。应急响应系统也能根据情况采取适当的措施，以最大程度地减少潜在危害。此外，为确保监测与报警系统的可靠性，还需要增加备用能源和通讯设备。备用能源可以是独立的电池组或发电机组，以防止因电力中断导致监测系统瘫痪。通讯设备可以采用多种方式，例如备用网络连接或无线通信技术，以确保即使在通讯中断的情况下，系统仍能正常运行，并及时向相关人员发送警报信息。通过加强监测能力、提高报警及时性以及增加备用能源和通讯设备，可以确保监测与报警系统在各种情况下都能可靠运行，及时发现并处理潜在的风险和危害。

5 结语

综上所述，通过对甲醇储罐火灾消防技术和甲醇储罐区防火防爆设计的研究，并提出了优化建议，旨在为提高储罐的抗火能力和安全性提供有益的指导和参考。未来对于防火措施的改进，可以进一步研究新型材料的应用，通过模拟分析和实验验证来评估其抗火能力和耐受性；在灭火系统方面，可以加强对新型灭火技术的研究，如气体灭火、化学灭火等，以提高灭火效果和减少副作用；通过结合智能化技术开发更加智能化、自动化的监测报警系统，提高火灾预警和响应的能力。

参考文献：

- [1] 赵明. 甲醇储罐火灾风险与消防技术研究 [J]. 江西化工, 2021(11).
- [2] 张晓晨. 甲醇储罐火灾风险与消防技术 [J]. 中国科技信息, 2021(09).
- [3] 张国峰. 甲醇储罐区火灾爆炸的危险性及消防设计探析 [J]. 中国化工贸易, 2018, 10(33): 253-254.
- [4] 鲜爱国, 郎需庆, 等. 大型甲醇储罐火灾风险与消防技术探讨 [J]. 安全、健康和环境, 2013, 13(9): 4.
- [5] 管效祺, 贾刚岗, 任玲玲. 甲醇储罐火灾及爆炸危险性分析与评价 [J]. 维纶通讯, 2013, 33(2): 4.

作者简介：

柯林兵（1981-），男，汉族，本科，湖北黄冈人，工程师，研究方向：化工安全管理。