

油气化工码头装卸静电产生与问题探讨

王文忠（海南八所港务有限责任公司，海南 东方 572633）

摘要：液体危化品的特性比较特殊，所以在化工码头的装卸作业过程中，必须高度重视，并采取一定措施防范液体危化品引发的静电危害，确保每一位作业人员的生命安全与身体健康得到有力保障。此外，加强静电防范工作也是维护化工码头生产运输秩序、提升整体工作效率的关键所在，只有确保了作业环境的稳定与安全，才能避免不必要的延误和中断，进而保证生产运输的顺畅进行。基于此，本文对此进行了论述和研究，希望能起到一定的借鉴作用。

关键词：油气化工码头；装卸；静电产生；问题

0 引言

静电是一种在日常生活中比较常见物理现象，主要源自物体间的相互摩擦，但是在化工码头的液体危化品装卸作业中，静电现象会和存在很大的安全隐患。液体危化品具有独特的特性，所以在装卸过程中，不同性质的液体之间或与输送管道、存储容器等接触、摩擦时，极易导致电子的转移和重新分布。当这些转移的电子未能及时通过接地等方式释放至大地，就会在液体或相关物体表面积聚，形成静电。静电的积累不仅可能引发电火花，而且在特定条件下，足以点燃易燃易爆的液体危化品，导致火灾甚至爆炸的严重后果。因此，对于化工码头而言，深入了解装卸液体危化品过程中静电的危害性，提升全员的安全防范意识，是确保作业安全、维护码头稳定运行的首要任务。

1 液体危化品特性

液体危化品种类繁多，但大多数的液体危化品都具有易燃、易爆、以产生静电、易流动、易扩散的特点，所以在装卸过程中具有极高的安全风险。液体危化品在受到摩擦、碰撞或不当操作时，容易引发静电放电现象，而静电火花在接触到易燃易爆的液体表面时，极有可能触发火灾甚至爆炸事故，从而给人员安全、环境保护以及财产安全带来极其严重的威胁。因此，在进行装卸作业时，要做好防护，而表1主要列举的是几种典型危化品的相关参数。

2 油品静电分析

2.1 油品的静电易聚集特性

静电的产生与物质的导电性密切相关，一个物质的电阻率（ ρ ）越大，着其导电性能越差，静电也就越容易在物质表面积聚，并且难以消散。当物质的电阻率超过 $1 \times 10^8 \Omega \cdot m$ 时，物质被视为静电非导体，此时静电在其表面的消散变得尤为困难。在成品油库中，存储的石油产品主要由高绝缘性的烃类化合物组成，这些烃类化合物由于其特殊的化学结构，具有极高的电阻率。以汽油为例，其电阻率高达 $2.5 \times 10^{14} \Omega \cdot m$ 。如此高的电阻率，使得这些油品在输送、储存和装卸过程中极易积聚静电。

2.2 油品静电产生途径

油品在多种动态过程中都极易产生静电，比如流动、喷溅、含水状态的变迁以及气泡的破裂。当油品在管道中流动、从喷嘴喷出或以喷溅形式分散时，由于与空气、输入介质、分子间以及输油管壁的摩擦，极易发生电子的转移。这种电子转移导致静电的产生，并且由于油品的高电阻率，静电难以迅速消散，而是逐渐积累在贮槽、储罐等容器中。如果油品中含有水分，那么在沉降或流动的过程中，水与油之间的界面摩擦同样会产生静电。这种摩擦不仅发生在油品的主体部分，还可能发生在油品与容器壁、过滤器或其他接触面上。

表1 几种典型危化品的相关参数

物流	闪点 /℃	沸点 /℃	爆炸极限, %	电阻率 /($\Omega \cdot cm$)	危险等级
汽油	-50	40-200	1.4-7.6	2.5×10^{13}	甲
甲醇	-12	-64.5	6.7-36	3.0×10^{13}	甲
柴油	50-90	>280	1.5-4.5	6.0×10^{13}	丙
醋酸	39	118	4.0-17		乙
苯	-11	80.1	1.4-8.0	1.6×10^{13} - 3.0×10^{14}	甲

2.3 油品静电其他影响因素

①油品的流速。在层流状态下，即油品流动平稳、无漩涡和湍动时，静电的生成量与流速成正比关系，而与管道的内径大小无关。无论管道粗细，只要流速增加，静电量就会相应增加。然而，当流动状态转变为湍流时，油品的流动变得混乱无序，流速与静电量的关系变为1.75次方，同时，管道的内径也对静电量的生成产生了影响，具体表现为与管径的0.75次方成正比。所以，在湍流状态下，流速和管径的双重作用使得静电量的增加更为显著；②管道的曲直度。弯道多的管道容易形成湍流，因为油品在转弯时会受到离心力的作用，从而改变其流动方向和速度。这种流动状态的改变增加了油品与管道内壁的摩擦和碰撞机会，进而促进了静电的产生；③管道材质的选择。塑料和橡胶等非金属管道由于其高绝缘性，使得静电一旦产生就不易消散。相比之下，金属管道由于具有良好的导电性，静电能够迅速通过管道壁导入大地，从而降低了静电积聚的风险；④管道中的设备，阀门、流量计、过滤器等会改变了油品的流动方向、速度和接触频次，从而增加了静电的生成。尤其是过滤器，由于其内部结构的复杂性，使得油品在通过时受到强烈的剪切和摩擦作用，导致静电量急剧增加，有时甚至可达原来的10~200倍。

3 化工码头装卸作业的特点

在化工码头的液体危化品装卸作业中，流量计、装卸臂以及过滤器等设备通过复杂的管线网络，将液体危化品安全、高效地输送到储罐或油舱中。随着液体危化品在长距离管线中的输送，电荷量会逐渐增加。这主要是由于泵和流量计在搅动液体时会产生电荷，同时管壁与液体之间的摩擦也会导致电荷的累积。当流速较快、输送时间较长以及接触面积较大时，静电荷量会显著升高，从而增加了静电放电的风险。此外，喷溅式装卸方式也是导致静电问题加剧的一个重要因素。在喷溅过程中，液体容易掺入泡沫和空气，这不仅会增加液体的流动性，还会使得流动电荷更加复杂和难以控制。一旦静电荷量达到一定程度，就有可能引发静电放电，进而造成火灾、爆炸等严重后果。

4 装卸作业静电产生原因分析

4.1 摩擦起电

摩擦起电现象在化工码头的液体危化品装卸作业中十分常见，其成因多样，包括输送、喷射、冲击等多种物理过程。在液体危化品的输送过程中，管道与液体之间的摩擦是一个主要的静电产生源。当液体在

管道内流动时，由于管壁与液体之间的相互作用，会导致电荷的分离和积累，从而形成静电。

4.2 感应起电

当液体危化品处于带电状态时，它会表现出一种特殊的电学性质，即能够诱导其周围与之不相连接的物体产生极性相反的电荷分布，继而造成静电。

4.3 附着带电

尽管绝缘体本身不具备导电性，不会主动产生或传递电流，但在某些特定条件下，绝缘体表面或内部仍可能因外部因素而积聚电荷，从而表现出静电现象。当环境中的部分自由电子、极性离子或其他带电微粒附着于绝缘体上时，这些电荷就会在绝缘体上停留并积累，使得绝缘体整体呈现出带电状态，即产生了静电。

4.4 极化起电

极化起电是一种普遍存在的静电产生方式，某些物质在受到静电场作用时，其表面分子或内部结构会发生极化现象，进而引发电荷的产生与分布。

5 化工码头装卸液体危化品的静电危害探讨

5.1 引发爆炸、燃烧

在化工码头的装卸作业中，静电是导致爆炸和燃烧事故的主要原因之一。当静电在物体表面积累时，如果没有得到及时的释放，就会形成潜在的威胁。虽然良好的接地系统可以有效地将静电导入大地，从而避免电荷的累积和危险的电位升高，但在实际操作中，绝缘体上的静电往往难以通过常规方式泄漏。当静电在绝缘体表面不断累积，其电位会逐渐升高。一旦这个电位差超过了300伏特这一临界值，静电放电就会产生火花。这个火花虽小，但其能量却足以点燃可燃物，特别是当空气中的可燃物浓度达到爆炸极限时，后果更是不堪设想。

5.2 电击

在化工码头的装卸作业环境中，静电现象是一个不容忽视的安全隐患。尽管通常情况下，人体因接触或摩擦产生的静电能量相对较低，不足以直接造成严重的身体伤害，但其潜在的风险仍然不容忽视。静电现象可能导致的一个直接后果是人员电击。虽然这种电击通常不会造成严重的生理损伤，但它却足以引起人员的惊吓和紧张，导致瞬间的肌肉收缩或失去平衡。在这种情况下，工人可能会因为突如其来的电击而摔倒、失去重心，甚至发生坠落等意外事故。特别是在化工码头这样复杂且充满潜在危险的环境中，一旦工人失去平衡，很可能面临落水等更为严重的后果，这将直接威胁到他们的生命安全。

5.3 阻碍生产

静电在化工码头的环境中不仅会对人员构成威胁，还会对电子设备造成显著的干扰，进而影响其正常运行和工作效果。静电的积累能够干扰电子设备的内部电路，导致设备灵敏度降低，甚至在某些情况下造成设备完全瘫痪。以输油臂感应仪和电子雷达系统为例，当它们处于静电环境下时，静电的干扰可能会导致传感器失灵、信号传输受阻等问题，使得这些设备无法准确、及时地提供所需的数据和信息。这不仅会影响装卸作业的效率，还可能对码头的整体运营安全构成潜在威胁。

6 化工码头装卸液体危化品的静电防范措施

6.1 建立和完善硬件设施

优化硬件设施是有效预防静电危害的措施。①在进行设施设计时，需科学合理地选择管道材料，以尽量减少因摩擦而产生的电荷。此外，还需确保软管能够深入油舱的底部，以此来有效避免油料的喷溅现象，进而减少静电的产生；②在高危区域，如码头等地，设置可靠的接地设施，例如，可以安装消除人体静电的设备，防止人员携带静电进入危险区域。同时使用不导电管来减少静电的传播，以及配备防雷、防静电的接地设备，以全方位保障设施的安全；③在一些对静电极为敏感的场所，增设物理屏蔽和静电消除器，有效地阻断静电的传播路径；④安装可燃气监测仪，实时监控液体危化品的浓度，发现并处理潜在的火灾隐患，有效防止静电引发的火灾事故。

6.2 严格监控工艺过程

①精确操作。在化工码头的装卸作业中，任何一个环节的疏忽都可能因物料混合、自然下沉或是杂质的存在而引发静电问题，因此，要严格监控整个装卸过程，避免出现任何操作错误；②流速控制。根据安全操作规程，装卸作业的初始阶段，管道内的液体流速应严格控制在不超过1m/s，当吸入口完全浸没于液体中至少200mm后，在确保安全的前提下，流速才可以逐渐提升，但即便如此，最高流速也应严格限制在不超过6m/s，以防止流速过快导致静电急剧增加。德国化学工业学会按管径推荐流速如表2；③检尺计量。在进行计量操作时，取样器和量油尺的金属部件与油舱需要充分接触，同时整个操作过程需要避免猛拉快提的动作，以免因快速移动而产生静电火花，提速应严格控制在每秒不超过0.5m，而下落速度也不得超过每秒1.0m；④准确操作。当不同物料相互混合或物料中含有杂质时，重的组分在向下沉降的过程中

会因摩擦而起电。这不仅会影响物料的纯度，还可能因静电积聚而引发安全事故。因此，在作业时，必须严格遵守操作规程，严禁错接卸造成物料串混。通过精确的操作和严格的监控，确保每种物料都能按照既定的流程和条件进行处理，从而保障物料的质量和作业的安全。

表2 德国化学工业学会按管径推荐流速 m/s

管径 /mm	最大流速
10	8
25	5.1
50	3.6
100	2.5
200	1.8
400	1.3
600	1

6.3 健全管理体制，加强劳动保护

①不断完善和优化现有的管理制度，制定并发放安全指导书，全面提升员工的安全意识和风险应对能力；②对码头工作人员进行系统的考核与培训，筛选出真正合格并能规范操作的人才；③重视个人防护，所有员工必须穿戴防静电鞋服，并且员工在作业期间禁止佩戴金属挂件。

7 结束语

静电的危害不容小觑，其不仅能够引发火灾、爆炸等严重事故，甚至可能导致触电伤害，直接威胁到人们的生命安全和身体健康，甚至静电事故的发生还会对化工码头的正常生产秩序造成极大的扰乱，给企业带来不可估量的经济损失和社会影响。因此，必须采取科学有效的措施来防范化工码头在装卸危化品过程中的静电。

参考文献：

- [1] 王本刚. 成品油库装卸过程静电危害及防范措施 [J]. 化工管理, 2024(11):104-106.
- [2] 徐发鹏, 刘俊. 浅谈汽车装卸栈台静电危害的分析和对策 [J]. 中国化工贸易, 2015(21):165-165,128.
- [3] 王荣刚, 邱德军. 自动化装卸用防静电物流中转箱 :CN201920152034.0[P].CN209814659U[2025-01-13].
- [4] 任伟, 朱明远. 油田企业油品装卸静电导泄技术研究 [J]. 科技创新与应用, 2015(09):122-122.
- [5] 刘沛华, 曾亚勤, 周立辉, 等. 一种闭环电位反馈的装卸原油静电危害预警方法及装置 :CN201310552711.5[P]. CN104627932A[2025-01-13].

作者简介：

王文忠 (1973-)，男，汉族，高级工程师，从事石油天然气行业 HSE 管理 20 余年。