

石油化工企业油气储运工程安全性研究

朱 瑞 贺军龙（山东海普安全环保技术股份有限公司，山东 青岛 266000）

摘要：在石油化工行业的发展进程中，油气储运工程作为连接生产与消费的核心环节，其安全性对企业的稳定运营、人员生命财产安全以及生态环境的保护都具有至关重要的意义。本文全面且深入地阐述油气储运的工艺技术，分析其存在的各类安全风险，涵盖设备设施缺陷、人为操作失误、自然环境因素等多个方面，并提出一系列切实可行的提升油气储运安全的技术与措施，包括强化设备设施维护管理、规范人员操作流程、应对自然环境风险等，旨在为石油化工企业油气储运工程的安全运行提供坚实的理论支撑与实践指导，助力行业的可持续发展。

关键词：石油化工；油气储运；安全性；风险防控

石油，作为现代工业的“血液”，在全球经济与社会发展中占据着举足轻重的地位。油气储运工程贯穿于油气开采、加工、分配直至终端使用的整个产业链条，它犹如人体的血管与仓储系统，保障着油气资源的顺畅流通与安全储备，是石油化工产业平稳运行的基础支撑。然而，随着石油化工行业的蓬勃发展，油气储运工程面临的安全挑战日益严峻。油气本身具有易燃、易爆、易挥发等危险特性，加之储运环节涉及复杂的工艺、设备以及多样的环境因素，使得潜在风险众多^[1]。近年来，频发的安全事故，如油罐火灾、管道泄漏引发的爆炸等，不仅造成了巨大的人员伤亡和财产损失，还对生态环境带来了难以估量的破坏。

1 油气储运工程概述

1.1 油气储运的基本流程

油气储运起始于油气田开采现场。开采出的原油经初步处理后，根据实际需求和运输距离，会利用管道、油罐车或船舶等方式输送至炼油厂。其中，管道运输因其大运量、低成本的优势，成为长距离输送原油的首选方式；油罐车运输灵活性高，适合短距离、小批量的原油运输；船舶运输则适用于跨海或跨区域的大规模原油运输。天然气在开采后，先通过集气站收集，然后进行增压处理，再借助长输管道送往城市燃气门站或各类工业用户。在储存环节，原油多储存于大型浮顶油罐，这种油罐能够有效减少油气挥发，提高储存安全性。成品油则依据品种分别存放于不同规格的储罐，以避免不同油品之间的相互污染。天然气通常以气态形式储存于地下储气库或高压球罐，地下储气库利用地下的天然地质构造储存天然气，具有储存量大、成本低等优点；高压球罐则适用于对储存空间要求较高、用气需求波动较大的场合，以应对用

气高峰需求。

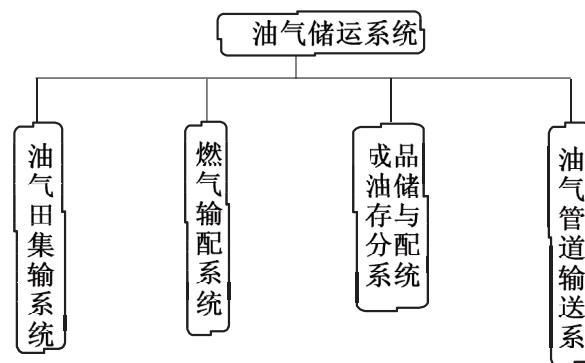


图 1：油气储运系统

在运输过程中，除了管道运输这一主要方式外，公路、铁路及水路运输也发挥着重要作用。公路运输灵活性强，能够实现“门到门”的运输服务；铁路运输运量大、速度快，适合长距离、大批量的油气运输；水路运输则具有成本低、运量大的优势，尤其适合沿海地区和内河沿线的油气运输。这些运输方式相互配合，构建起了多元互补的油气输送网络。

1.2 油气储运工程的重要地位

油气储运工程是石油化工产业不可或缺的重要组成部分，对保障国家能源安全、促进经济发展具有重要意义。一方面，它确保了油气从产地源源不断地供应至消费地，满足了工业生产、居民生活等各领域的能源刚需。工业生产中，油气是众多化工产品的基础原料，为化工、塑料、橡胶等行业的发展提供了支撑；居民生活中，天然气作为清洁能源，广泛应用于烹饪、取暖等方面，提高了居民的生活质量。另一方面，合理的储存策略能够缓冲市场供需波动，平抑价格起伏。在油气供应过剩时，通过储存设施将多余的油气储存起来；在油气供应紧张时，释放储存的油气，以满足

市场需求，从而增强了能源供应的稳定性与可靠性。此外，油气储运工程的安全稳定运行，还关系到国家的能源战略安全，对于维护国家经济安全和社会稳定具有重要的战略意义。

2 油气储运工程常见安全隐患剖析

2.1 设备设施缺陷

2.1.1 储罐问题

储罐作为油气储存的重要设备，长期服役过程中容易出现各种问题。其中，罐体腐蚀是最为常见的问题之一，尤其是罐底与罐壁连接处，由于长期受到油品的冲刷、化学腐蚀以及外部环境的影响，容易出现腐蚀穿孔，从而引发油品泄漏。一旦油品泄漏，不仅会造成资源浪费，还可能引发火灾、爆炸等严重安全事故。此外，储罐的呼吸阀、安全阀若故障失灵，也会给储罐的安全运行带来极大隐患。在油气收付作业时，罐内压力会发生变化，呼吸阀和安全阀的作用是及时调节罐内压力，确保其在安全范围内。如果呼吸阀、安全阀故障，罐内压力失衡无法及时得到调节，就会增大罐体破裂甚至爆炸的风险。浮顶油罐的密封装置老化、损坏也是一个不容忽视的问题。密封装置的作用是防止油气挥发逸散，当密封装置老化、损坏时，油气会从缝隙中挥发出来，既造成了资源浪费，又形成了易燃易爆混合气体积聚的隐患，一旦遇到火源，极易引发燃烧、爆炸事故。

2.1.2 管道隐患

油气管道铺设环境复杂，穿越山川、河流、人口密集区等不同地形和区域，这使得管道面临着多种风险因素。土壤腐蚀是管道腐蚀的主要原因之一，土壤中的酸碱度、含水量、微生物等因素都会对管道材料产生腐蚀作用，导致管道壁厚减薄。外力挤压也是管道损坏的常见原因，如地面沉降、施工挖掘等都可能对管道造成挤压，使管道变形、焊缝开裂。地质灾害对管道的影响也不容小觑，地震、山体滑坡、泥石流等地质灾害可能导致管道断裂扭曲，造成油气大量泄漏。部分老旧管道由于使用年限较长，材质性能退化，难以承受当前的运行压力，一旦发生泄漏，高压油气瞬间喷射，遇火源极易爆炸^[2]。而且，长输管道由于线路较长，泄漏点定位困难，抢险修复难度高，这也增加了事故的危害程度。

2.2 人为操作失误

2.2.1 违规作业

操作人员在工作过程中未严格遵循操作规程，是

导致安全事故发生的重要原因之一。例如，在储罐清洗时，未进行充分的通风置换和检测可燃气体浓度，就贸然进入罐内作业，罐内积聚的可燃气体可能会引发中毒窒息事故。动火作业是油气储运过程中的高危作业，在进行动火作业前，必须办理动火审批手续，并对动火区域进行有效隔离，清除易燃物。然而，一些操作人员忽视这些规定，未办理动火审批手续就进行动火作业，或者在动火作业过程中未采取有效的防护措施，极易点燃周边油气，导致火灾、爆炸事故的发生。

2.2.2 安全意识淡薄

部分员工对油气的危险性认识不足，安全意识淡薄，这也是安全事故发生的潜在因素。在日常巡检过程中，一些员工走马观花，未能及时察觉设备细微的异常声响、气味变化等初期故障征兆，从而错过最佳的维修时机，导致故障进一步扩大。在设备维护保养时，一些员工敷衍了事，不按标准紧固螺栓、更换密封件，这不仅会影响设备的正常运行，还会为后续的安全事故埋下隐患。

2.3 自然环境因素

2.3.1 雷击

油气储运设施多为金属材质，高耸的储罐、放空塔等在雷雨天气易成为雷击目标。雷电击中储罐时，强大的电流可能引发罐体感应电荷积聚，如果接地系统不完善，电荷无法及时泄放，就会造成火花放电，引燃罐顶挥发的油气，从而引发火灾、爆炸事故。此外，雷电还可能通过电气线路侵入控制系统，损坏仪表设备，干扰正常运行，导致生产中断，甚至引发更严重的安全事故。

2.3.2 地震、洪水等地质灾害

处于地震活跃带或洪水频发区的油气储运工程面临着严峻的考验。地震可能使储罐基础移位、管道断裂扭曲，导致油气大量泄漏。泄漏的油气一旦遇到火源，就会引发火灾、爆炸事故，造成严重的人员伤亡和财产损失。洪水浸泡储罐、冲毁管道支架，不仅会破坏设施的结构完整性，还可能裹挟杂物撞击设备，加剧设备的损坏程度。此外，洪水还可能导致油品污染，影响油品质量，给企业带来经济损失。

3 提升油气储运工程安全性的策略探讨

3.1 强化设备设施维护管理

3.1.1 储罐定期检测与维护

为确保储罐的安全运行，应采用无损检测技术，

如超声波测厚、磁粉探伤等，定期对储罐进行全方位“体检”。通过这些检测技术，可以精准定位储罐的腐蚀部位、焊缝缺陷等问题，并及时进行修复。按照规定周期校验呼吸阀、安全阀，确保其在关键时刻能够灵活可靠地工作，有效调节罐内压力。定期更换浮顶密封装置，保证密封效果，减少油气挥发损耗。同时，安装油气回收系统，对挥发的油气进行回收利用，不仅可以降低安全风险，还能提高资源利用率，实现经济效益与环境效益的双赢。

3.1.2 管道完整性管理

建立管道地理信息系统（GIS），实时监控管道的走向、埋深、周边环境变化等信息。运用智能检测定期清管、检测管道内部缺陷，结合外部腐蚀监测，综合评估管道的完整性。通过这些技术手段，可以及时发现管道内部的腐蚀、裂纹等缺陷，以及外部的腐蚀情况^[3]。对于高风险管段，应及时实施防腐层修复、更换、加装套管等防护措施，增强管道抵御外力与腐蚀的能力。同时，建立管道风险预警机制，根据管道的运行状况和风险评估结果，提前采取相应的防范措施，降低事故发生的概率。

3.2 规范人员操作流程

3.2.1 严格培训与考核

对新入职员工开展全面的三级安全教育培训，培训内容涵盖油气知识、操作规程、应急处置等方面。通过系统的培训，使新员工了解油气的危险特性、掌握正确的操作方法和应急处理技能。定期组织在岗员工复训，引入典型事故案例分析，让员工深刻认识到违规操作的严重后果，强化安全操作技能与风险防范意识。实行严格的考核制度，考核结果与绩效挂钩，激励员工主动学习、规范作业。只有通过考核的员工才能上岗作业，确保员工具备相应安全知识和操作技能。

3.2.2 细化操作标准与监督机制

将油气储运各环节的操作细化为标准作业流程（SOP），明确每一步骤的操作要求、参数设定、安全注意事项等。通过制定详细的操作标准，使员工在操作过程中有章可循，减少因操作不规范而引发的安全事故。设立专职安全监督员，加强日常巡检监督，及时发现并纠正员工的违规行为。利用视频监控系统对关键作业区域进行实时监控，确保监督工作的全面性和有效性。对违规行为进行严肃处理，形成有效震慑，促使员工自觉遵守操作规程。

3.3 应对自然环境风险举措

3.3.1 防雷击措施

为防止雷击对油气储运设施造成损害，储罐、放空设施等应安装高效避雷装置，包括避雷针、避雷带等，并确保接地电阻符合规范要求，引下线连接牢固。避雷针和避雷带能够将雷电引入地下，避免雷电直接击中设备。在电气线路入口处加装电涌保护器，防止雷电过电压侵入损坏设备，保护电气设备的安全运行。雷雨天气来临前，停止储罐收发油、放空等高危作业，人员撤离至安全区域，避免雷击事故的发生。

3.3.2 地质灾害防范

针对地震风险，油气设施选址应避开活动断裂带，从源头上降低地震对设施的影响。储罐、泵房等按抗震标准设计施工，基础采用抗震结构，提高设施的抗震能力。定期组织地震应急演练，让员工熟悉地震应急处置流程，掌握自救互救技能，提高员工在地震发生时的应对能力。对于洪水威胁，在设施周边修筑防洪堤、围堰，提高场地标高，防止洪水浸泡设施。制定洪水应急预案，明确在洪水发生时的应急处置措施，如停止生产、关闭阀门、转移人员和物资等。储备应急抢险物资，如沙袋、抽水设备等，确保在洪水来临时能够迅速开展抢险工作。洪水期间加强巡检频次，及时发现并处理险情，保障设施的安全。

4 结论

石油化工企业油气储运工程的安全性是一个涉及多方面因素的复杂问题，关系到企业的生产运营、人员生命安全以及生态环境的保护。通过对油气储运工程的基本流程、重要地位的了解，以及对常见安全隐患的深入剖析，可以认识到设备设施缺陷、人为操作失误和自然环境因素等都可能对油气储运工程的安全构成威胁。为提升油气储运工程的安全性，提出强化设备设施维护管理、规范人员操作流程、应对自然环境风险等策略。这些策略的实施需要企业全体员工的共同努力，从设备的日常维护到人员的操作规范，再到对自然环境风险的防范，每个环节都至关重要。

参考文献：

- [1] 郭宇祥. 浅谈石油化工油气储运设备的有效管理及维护措施 [J]. 中国设备工程, 2021(17):84-85.
- [2] 黄佳林. 油气储运设施安全的重要性 [J]. 化工设计通讯, 2020(05):43-44.
- [3] 张鑫. 石油化工企业油品储运过程中的安全环保问题及对策 [J]. 化工管理, 2020(12):106-107.