

# 化工管道设计风险分析与保护措施

赵文鹤（中海油安全技术服务有限公司，天津 300453）

**摘要：**随着当前化工生产技术的不断革新，保障化工产业的生产运输安全成为了化工生产企业必须要关注的问题，毕竟化工物质的特殊性在通过管道运输的过程中面临着诸多风险，一旦处理不当则会影响到生产安全，甚至还会导致泄漏等风险，严重影响员工健康以及社会环境。其中做好管道设计工作是控制化工生产运输风险的重要措施之一，为了能够提高管道的整体质量以及结构的合理性，在设计过程中提前做好设计分析以及材料选择尤为重要。而本文则分析了化工管道安全设计工作的重要性以及所涉及的风险，并且提出了化工管道设计时加强管道保护的措施以供参考。

**关键词：**化工管道；设计风险；保护措施

化工管道设计对于化工产品生产效率以及产品的运输安全有着非常重要的影响，一旦管道出现问题，整个化工生产环节则会面临着停产甚至化学物质泄漏等严重的生产风险或事故。因此，在管道设计时便需要考虑到日后的生产安全因素，确保管道设计能够以实用性为核心，在此基础上管道结构能够更加合理，管道质量也需要满足化工安全生产需求，以保障能够有效控制由管道带来的化工安全生产风险。

## 1 化工管道安全设计工作的重要性

化工管道安全设计是确保化工生产过程中人员和环境安全的关键部分，涉及到对管道系统的布局、选择材料、设计参数设置以及防范措施等全方面的设计和规划，加强化工管道的安全设计对于化工生产企业来说有着以下重要的作用：

首先，化工管道安全设计能够有效降低事故发生的概率。化工管道作为工业生产中液体、气体运输的主要途径，在运输的过程中化工管道不仅要负荷大量的危险性物质，而且其受到的能量也相对较大，若是在设计阶段未能充分考虑介质特性、压力、温度等因素，则很容易导致管道系统在运行中损坏从而导致泄漏、爆炸、火灾等严重事故。而合理的设计则可以通过对结构稳定性、材料选型、管道设计参数等方面的调整，确保管道性能的稳定，进而减少事故发生的风险，保证化工生产运输的安全稳定。

其次，化工管道安全设计能够保护工作人员的生命安全。由于化工产业的生产工作人员与管道接触时间较长、距离较近，而且部分岗位的工作人员需要直接接触管道设备，若是管道设计存在缺陷，例如未考虑流体压力对管道的影响或者未选用适当的材料，则会导致设备的破裂、泄漏等危险情况，进而发生安全

生产事故，影响到工作人员的人身安全。而合理的管道设计在确保管道的稳定性及安全性的同时还可以提供足够的安全间距和紧急撤离通道，确保工作人员在事故发生时有更多的时间和空间逃离危险区域，以确保能够有效减少管道安全事故因素对工作人员带来的危害。合理的管道设计也能增强管道质量、提高管道的负荷能力和使用寿命，这也能有效减少管道系统在运行中损坏的风险。

再次，化工管道的安全设计也能够增强对环境的保护。管道泄漏而影响环境的问题非常严重，一旦发生泄漏事故，管道中的化学物质可能会被释放到环境中，进而对土壤、水源和大气造成严重的污染，这不仅会影响周边生态系统，而且还会对周边居民的健康造成严重的影响。而在设计过程中采用先进的防爆、防火、防腐等措施，并且增加相关的应急处理设计，则能够有效控制管道事故的发生，即便产生事故也可以通过快速处理减少环境污染风险，进而满足环境可持续发展的需求。

除此之外，化工管道安全设计还能提高生产效率和降低成本。在实际生产过程中，合理的管道布局 and 选择适宜的设备材料，可以减少管道系统的压降和损耗，提高流体传输的效率；而且通过精确的参数设置，还可以保证生产过程的稳定性和连续性，避免因设备故障或事故而导致的停产和维修延误，进而提高生产效率；同时选择更强的材料和设备也能保障管道的整体质量，进而减少工程的运行维护成本<sup>[1]</sup>。

由此可见，管道设计的安全性和合理性对于整个化工产业来说有着非常重要的影响，为了能够有效减少化工生产安全事故，化工企业应当结合生产需求优化管道设计，为保障安全生产打好坚实的基础。

## 2 化工管道设计涉及的风险

### 2.1 材料对管道的影响

在管道设计的过程中首先必须要考虑到化工原料对管道带来的风险，其对于管道的材料选型和结构设计等方面有着直接影响，毕竟不同的化工原料具有不同的化学性质、物理性质，像是一些化工原料可能具有腐蚀性，需要选用耐腐蚀或选用带内防腐的管道材料；一些化工原料可能具有高温或低温特性，需要选用耐高温或耐低温的管道材料；还有一些化工原料可能会引起聚集、结晶或沉积，则需要考虑管道内部的清洗和维护等，若是在管道设计时缺乏对化工原料的关注和了解，则很容易导致管道无法适应原料的特性而导致质量问题从而引发严重的事故。

其次化工原料的输送方式和流动性也会对管道系统的布局 and 结构产生影响，部分化工原料可能需要采用压力泵、离心泵或者搅拌装置等特殊的输送方式，这些特殊的运输方式对管道的结构布局和尺寸要求非常高，例如高黏度的物质需要采用较大直径的管道以保证流量和压力的稳定，若是管道设计不符合需求，则很容易影响原料运输效率以及管道质量。同时化工原料的安全性要求对管道设计具有决定性的影响，化工生产是一项非常危险且复杂的工作，部分化工原料具有易燃、易爆或有毒性等危险性质，因此在管道设计的过程中一定要考虑到管道安全因素，例如需要采用防爆设计、防火措施、漏气检测装置等安全设备，并合理设置管道的排风、通风系统来保障管道的安全和稳定<sup>[2]</sup>。

### 2.2 管道自身结构的影响

合理的管道结构设计对于管道系统运行时的安全性有着非常重要的影响。例如在管道的强度和稳定性方面，由于化工生产过程中管道需要承受较大的压力、温度和重量，因此管道在设计时一定要考虑到结构、尺寸等方面的设计，以确保管道在运行过程中具有能够承受外界荷载和内部压力的能力，一旦管道结构设计因为不够科学严谨而导致无法满足生产需求，则很容易产生因为应力集中、管道负荷压力过大等问题而导致的管道破裂或断裂引发的泄露事故。管道结构设计同时也会影响到流体流动性能，尤其是对于液体化工原料来说，合理的管道结构设计可以确保流体在管道中的流动能力、流速和压降等参数符合工艺要求，像是采用合适的管道截面形状、弯头和支撑件的布置可以有效减小流体的阻力和压力损失，进而提高流体

的流量和流速。而且管道结构也会影响到管道的安全性和可靠性，不合理的管道结构则会让管道难以承受生产运输过程中流体产生的压力，同时抵抗事故的性能也相对较差，管道也缺乏足够的安全保护，进而影响管道运行的安全性和可靠性。除此之外，管道结构对管道的经济性也会带来非常显著的影响，如果管道结构过于复杂，管道所选用材料的成本以及后续维护难度都会显著提升，这些因素对管道的长久使用非常不利。

### 2.3 技术原因对管道的影响

管道施工技术也会对管道的设计带来一定影响，例如在管道的连接技术方面，常见的连接方式包括焊接、螺纹连接、法兰连接等，由于不同的管道连接方式有不同的特点和适用范围，若是在设计时没有充分考虑到管道得连接得形式，则很容易导致管道因连接紧密度不足而引发松动甚至泄露的风险，或者由于连接过于严密不利于后续与维护或更换。而在管道支撑和固定方面，适当的支撑和固定方式可以确保管道在运行过程中保持稳定从而防止振动和疲劳损伤，若是在管道设计时忽略了支撑及固定的应力和技术分析，也没有选择合适的支撑材料和固定件，则管道很容易因负荷或生产环境的变化而产生影响稳定性和可靠性的严重后果。而在流体力学设计方面，通过对流体的流动特性进行分析和计算，可以预测管道系统中的流速、压降、流量分布等参数，若是设计时没有考虑到这些问题则会影响到管道的运输效率和节能效果。除此之外，在管道设计中还需要考虑安全防护等技术因素，这些因素对于管道质量会带来非常显著的影响<sup>[3]</sup>。

## 3 化工管道设计保护措施

### 3.1 利用不同材料提高管道安全性

为了满足管道对于安全性的需求，在管道设计的过程中一定要根据化工生产内容需求选择合适的材料，确保管道满足生产方面的需求。例如在面对具有腐蚀性的化工生产物质时需要选择耐腐蚀性强的材料来建设管道。例如对于酸性介质，可以选用耐酸不锈钢；对于碱性介质，可以选用耐碱塑料等来避免管道受到腐蚀。而对于高温工况下的化工管道，则需要选择耐高温材料来确保管道的安全运行，像是高温合金材料可用于耐高温介质的管道系统，该材料具有较好的高温强度和热稳定性，可以有效避免因高温引起的材料破裂和变形。在面对高压工况下的管道，设计时则需要考虑采用具有足够强度和耐压能力的材料，比

如选择高强度钢材或特殊合金材料来制造耐压管道，可以确保管道在高压条件下不会发生变形或破裂。而对于易产生静电的介质，则应当采用防静电材料来减少静电积聚和放电带来的安全风险，例如石墨聚合物等具有导电性或抗静电性能，能够有效地消散静电荷以减少火灾和爆炸的风险。而在需要避免热能损失或减少温度变化对周围环境的影响时，可以采用管道绝缘材料，绝缘层的设计能够有效地减少热量的传递，保护管道周围的设备和工作环境，同时也能提高能源的利用率<sup>[4]</sup>。

### 3.2 加强对管道结构设计

做好管道结构设计也是保障管道安全的重要措施，因此，设计单位在设计管道的过程中需要做好以下结构设计工作：首先设计人员在设计管道结构时，需要根据工作条件、介质特性和压力要求等因素合理选择管道的尺寸和壁厚，确保尺寸和壁厚的设计既能够满足管道强度需求，也能兼顾到成本、施工难度和后续的维护难度。而对于高压或特殊工况下的管道，设计人员可以在管道外层添加增强层来提高其强度和刚度，常见的增强层材料包括纤维增强复合材料、碳纤维材料等，这些材料能够有效增加管道的承载能力和抗变形能力。焊接作为管道连接的重要方式，合理的焊缝设计能够提高管道的强度和密封性，为此设计人员应当提前做好焊缝设计，尤其是对于焊缝处的应力集中区域可以通过增加焊缝长度、采用特殊形式的焊缝等方式进行强化。此外在管道结构设计时还需要考虑介质温度变化引起的热膨胀和应力累积问题，设计人员需要通过进行热膨胀计算和应力分析，确定管道系统中的应力集中区域，并针对这些区域采取相应的强化措施，像是增加支撑点、设置膨胀节等，以减小应力集中并保证管道结构的安全性。

### 3.3 加装安全装置

在化工管道设计中，加装安全装置也是确保管道系统运行安全的重要措施之一，为此管道设计人员需要通过分析管道应用途径选择以下安全装置提高管道的安全性：压力安全装置包括了压力传感器、压力开关和安全阀等设备，压力安全装置能够监测管道内的压力变化，并在超过设定值时采取相应的措施，像是自动减压或切断送料，以确保管道不会受到超压影响而导致破裂或爆炸事故。温度安全装置包含了温度传感器和温度控制器等设备，其能够监测管道内介质的温度变化，并在超过设定范围时采取相应的措施，

以避免高温而造成的管道事故。流量安全装置包括了流量计和流量控制阀等设备，其能够监测管道内介质的流量，并根据设定值进行流量控制，进而避免管道内流量过大或过小所引发的生产事故。液位安全装置则液位传感器和液位控制器等，其能够通过监测管道内液位的变化并根据设定值进行液位控制，以避免液位问题引发的安全事故<sup>[5]</sup>。

### 3.4 做好管道防腐防火设计

做好单独的防腐和防火对于增强管道设计的安全性也非常重要，为此，在设计阶段设计人员需要选用316L不锈钢、镍基合金等耐腐蚀、耐高温的材料，这些材料具有较高的抗腐蚀性能和耐高温性能，能够降低管道表面对腐蚀介质的侵蚀，或是选择管道内壁添加合理内涂层材料的管材。而且在设计时还需要在管道外表面施加适当的防腐涂层，例如环氧涂层、聚氨酯涂层等，确保能够阻隔管道与外界环境的接触以减少腐蚀问题。而在防火隔离方面，设计人员需要通过管道周围设置防火墙或防火板，或采用防火灌浆、防火卷帘、防火涂料等设施做好防火工作，避免火灾事故的发生。

## 4 结语

总的来说，化工管道作为化工产业生产过程中最重要的设备之一，其对于生产安全和生产效率方面都有严重的影响，为了能够进一步保障生产安全，化工企业在设计管道的过程中应当深度分析影响管道质量的诸多风险，并且要做好严格的控制措施提高管道的整体设计质量，确保管道的结构、材料等因素都能够满足高质量管道建设的需求，为促进化工生产的安全性和绿色性打好坚实的基础。

### 参考文献：

- [1] 朴斌,毛海东,艾大欣.石油化工装置工艺管道设计技术合理性分析[J].石化技术,2021,28(11):51-52.
- [2] 魏其凡,张丽丽.化工设计过程中管道材料的选择及应用[J].化工设计通讯,2021,47(07):53-54.
- [3] 唐好斌,金鑫,梁富维等.化工工艺管道设计的配管注意事项分析[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(12):90-91.
- [4] 余苏苏.化工设计过程中管道材料材质的选用研究[J].山东化工,2021,50(09):169-170.
- [5] 叶振雷,任伟峰.化工工艺管道设计、安装与维护研究[J].化工管理,2021(09):155-156.