

# 化工压力管道设计中相关安全问题分析

王月明 刘敏 (滨化集团股份有限公司, 山东 滨州 256600)

**摘要:** 本文分析了化工压力管道设计中存在的安全问题, 并探讨了相应的解决对策。化工压力管道作为能源输送的重要设施, 其设计质量直接关系到化工生产的安全性和效率。通过详细分析管道布置、材料选型、连接方式等方面的安全隐患, 本文提出了针对性的解决方案, 旨在提高化工压力管道设计的安全性和可靠性。

**关键词:** 化工压力管道; 设计安全; 管道布置; 材料选型; 连接方式

在化工生产中, 压力管道作为能源输送的重要设施, 其设计质量直接关系到生产的安全性和效率。然而, 在实际设计过程中, 由于各种因素的影响, 往往会出现一些安全问题。因此, 对化工压力管道设计中的相关安全问题进行深入分析, 并提出有效的解决对策, 对于保障化工生产的安全运行具有重要意义。

## 1 化工生产中压力管道的重要作用

在错综复杂的化工生产体系中, 压力管道扮演着举足轻重的角色, 它们不仅是能源与物料传输的关键通道, 更是整个生产流程顺畅进行的基石。特别是在能源输送领域, 管道运输以其高效、连续、大容量的特点, 占据了举足轻重的地位, 尤其是对于那些需要长距离、大规模输送的石油、天然气等战略资源而言, 长输管道更是成为了不可或缺的基础设施。

作为现代工业的血脉, 压力管道不仅确保了能源从产地到消费地的稳定供应, 还在很大程度上决定了国家能源安全的保障水平。它们如同一条条隐形的纽带, 将能源产地与工业中心紧密相连, 支撑着国民经济的持续健康发展。在化工生产中, 这些管道不仅要承受高温、高压、腐蚀等多种严苛条件的考验, 还必须保证绝对的密封性和可靠性, 以防止任何可能的泄漏或事故, 从而确保生产安全、环境保护以及人员生命财产的安全。

因此, 压力管道的设计、制造、安装、维护以及定期检测, 都需严格遵循国家相关标准和规范, 采用先进的技术和材料, 以确保其长期稳定运行。这不仅是对工程质量的要求, 更是对国家安全、社会稳定以及生态环境保护责任的体现。可以说, 没有压力管道的安全高效运行, 就没有现代化工产业的繁荣发展, 也没有国家能源安全的坚实保障。

## 2 化工压力管道设计要点

化工压力管道作为化工生产中的关键组成部分, 其设计不仅关乎生产效率, 更直接关系到生产安全与

环境保护。因此, 在设计过程中, 必须全面、细致地考虑多个方面, 以确保管道系统的可靠性、安全性和经济性。

### 2.1 管道布置

管道布置是化工压力管道设计的首要环节。设计时需充分考虑工艺流程、设备布局、操作空间以及检修需求。管道应尽可能短而直, 减少弯头和阀门的数量, 以降低流体阻力, 提高输送效率。同时, 要避免管道与高温设备、易燃易爆物质过近, 确保安全间距, 减少火灾和爆炸的风险。此外, 还需考虑管道的膨胀和收缩, 合理设置补偿器或弯头, 以应对温度变化引起的管道变形。

### 2.2 材料选型

材料选型是确保管道强度和耐腐蚀性的关键。化工介质往往具有腐蚀性、高温、高压等特性, 因此需根据介质的性质、温度、压力等参数, 选择合适的管道材料。常用的材料有不锈钢、合金钢、碳钢以及非金属管道如塑料管、玻璃钢等。选材时还需考虑材料的可焊性、加工性、经济性以及与其他材料的相容性, 确保管道系统的整体性能。

### 2.3 连接方式

连接方式的选择直接影响到管道的密封性和稳定性。常见的连接方式有焊接、法兰连接、螺纹连接、卡箍连接等。对于高压、高温或腐蚀性强的介质, 焊接是较为可靠的选择, 它能提供较强的连接强度和良好的密封性。而对于需要经常拆卸或维修的管道, 法兰连接或卡箍连接则更为方便。设计时需根据具体工况, 选择最合适的连接方式, 并严格控制连接质量。

### 2.4 支撑与固定

管道的支撑与固定是确保管道稳定运行的重要措施。设计时需根据管道的直径、重量、长度以及所处环境, 合理设置支架、吊架、托架等支撑结构。支撑点应均匀分布, 避免管道因自重或流体冲击而产生过

大的变形或振动。同时，还需考虑管道的热膨胀和冷缩，设置适当的滑动支架或导向支架，以减小管道的热应力。

## 2.5 防腐与保温

化工介质往往对管道具有腐蚀作用，因此防腐是管道设计不可或缺的一环。设计时需根据介质的腐蚀性质，选择合适的防腐措施，如涂覆防腐层、采用耐腐蚀材料、设置阴极保护等。同时，对于需要保温或保冷的管道，还需设置保温层或保冷层，以减少能量损失，提高管道的输送效率。保温材料的选择应考虑其导热系数、密度、耐温性能以及环保性等因素。

## 3 化工压力管道设计中相关安全问题

在化工压力管道设计的复杂过程中，安全问题无疑是重中之重，任何细微的疏忽都可能带来不可估量的后果。以下是几个关键安全问题：

### 3.1 管道布置不合理

在化工生产环境中，管道布置不仅仅是空间排列的艺术，更是安全与效率并重的科学决策。受限于工厂场地的有限性、生产设备既定的布局以及工艺流程的特殊要求，管道往往需要在有限的空间内蜿蜒穿行。若设计初期未充分考虑这些因素，可能会导致管道走向错综复杂，不仅增加了日常维护和检查的难度，还可能因管道间的相互挤压、摩擦而造成磨损，长期以往会影响管道的疏通性和清洗便利性。此外，不合理的布置还可能形成“死角”，这些区域容易积聚残留物，成为腐蚀和堵塞的温床，严重影响管道的运行效率和使用寿命，更甚者会引发介质泄漏，对生产环境和人员安全构成直接威胁。

### 3.2 材料选型不当

化工压力管道所输送的介质种类繁多，从高温高压的蒸汽到强腐蚀性的化学品，每种介质都对管道材料提出了特定的性能要求。正确的材料选择是保证管道安全运行的基石。然而，在实际设计过程中，一些项目可能因过分追求成本控制，而忽视了材料性能与介质特性的匹配度，选择了价格低廉但不适合的材料。这种短视行为可能导致管道在使用过程中迅速老化、腐蚀，甚至直接因无法承受介质压力而破裂。另一方面，对介质特性的深入了解不足也是导致材料选型失误的重要原因。缺乏对介质化学成分、温度、压力等参数的全面分析，设计师可能无法准确评估所需材料的耐腐蚀性、耐高温性、强度等关键指标，从而为管道系统的长期稳定运行埋下隐患。

### 3.3 管道连接缺陷

管道连接作为整个系统的“关节”，其可靠性和密封性直接关系到整个管道网络的安全。连接方式的选择需根据介质的性质、工作压力、温度以及管道材质等多方面因素综合考虑。然而，在实际操作中，因设计失误、施工不规范或质量控制不严，连接处往往成为安全事故的高发区域。例如，焊接接头若未严格按照规范进行预热、焊接和焊后热处理，可能会出现焊缝裂纹、夹渣等缺陷，降低连接强度；法兰连接则可能因垫片选择不当、螺栓预紧力不足或安装错位而导致泄漏。此外，随着时间的推移，连接处还可能因振动、热胀冷缩等因素逐渐松动，进一步加剧泄漏风险。因此，确保连接方式的合理性、施工质量的严谨性以及定期的检查与维护，是预防连接处安全事故的关键措施。

### 3.4 静电电荷积聚

在化工压力管道的设计过程中，静电电荷积聚是一个不容忽视的安全隐患。由于管道内流体的高速流动、摩擦以及与管道壁的接触分离等现象，均可能产生并积聚静电电荷。若设计不当，如管道材质选择不当、缺乏有效的静电接地系统、管道直径与流速设计不合理等，都会导致静电电荷无法及时泄放，进而可能引发静电放电（ESD）事件。这种放电不仅会对管道本身造成损伤，如击穿绝缘层、引发火花等，更可能在不具备防爆措施的环境中点燃易燃易爆介质，导致火灾、爆炸等严重后果。

### 3.5 防冻措施不足

化工压力管道中传输的介质往往具有多样的物理和化学特性，其中包括一些在常温下即可能凝固或结冰的物质。若管道设计未充分考虑介质的低温特性，或防冻措施实施不当，如未安装保温层、加热装置，或保温层厚度不足、加热系统不可靠等，都将导致管道内介质在低温环境下发生冷凝、结冰现象。这不仅会阻塞管道，影响生产流程的顺畅进行，还可能因冰块的膨胀力对管道造成物理损伤，如管壁破裂、接头松动等，进而引发泄漏事故。此外，结冰还可能改变管道内的流体动力学特性，增加管道承受的压力，对管道的整体结构安全构成威胁。

## 4 化工压力管道设计中安全问题解决对策

### 4.1 合理布置管道

在化工压力管道的设计阶段，合理布置管道是确保安全的首要任务。设计团队需全面考虑实际作业场

地的空间限制、现有设备的布局情况，以及生产工艺的具体要求。通过细致入微的现场勘查和数据分析，设计出既满足生产流程又兼顾安全性的管道布局方案。为了进一步提升设计的准确性和可行性，可以充分利用现代 CAD（计算机辅助设计）技术，进行三维模拟和优化。CAD 软件不仅能够直观展示管道布置的立体效果，还能帮助设计师发现潜在的空间冲突和安全隐患，从而及时调整设计方案，确保管道布置的合理性、科学性和安全性。

#### 4.2 科学选择材料

管道材料的选择直接关系到化工压力管道的安全性和耐用性。因此，在设计过程中，必须根据介质的具体性质（如腐蚀性、易燃易爆性）、工作温度、压力等级等关键参数，结合生产工艺的特殊要求，进行科学严谨的材料选择。同时，要充分考虑材料的经济性、可加工性和可获得性，确保所选材料既符合安全标准，又能在成本控制范围内。此外，应建立健全的材料质量控制体系，加强对管道材料采购、验收、存储等环节的监管，坚决杜绝假冒伪劣材料流入生产环节，为化工压力管道的安全运行奠定坚实基础。

#### 4.3 优化连接方式

管道连接方式的合理选择和优化是确保化工压力管道安全性的另一关键环节。在设计阶段，设计团队应对各种连接方式（如焊接、法兰连接、螺纹连接等）进行详细的评估和对比，根据管道的使用要求、工作压力、介质特性等因素，选择最适合的连接方式。同时，要确保连接处的设计能够满足密封性、强度、耐腐蚀性等多方面的要求，防止因连接不当而引发的泄漏、爆裂等安全事故。在施工过程中，应严格按照设计要求和操作规程进行连接作业，对连接处进行严格的质量控制和检验，确保每一处连接都牢固可靠、密封良好。此外，还应定期对连接处进行巡检和维护，及时发现并处理潜在的安全隐患，确保化工压力管道的长期安全稳定运行。

#### 4.4 防止静电积聚

在工业生产与储运过程中，静电积聚是引发火灾和爆炸事故的潜在风险之一，特别是对于易燃液体的处理。为了防止静电的产生与积聚，我们必须从源头抓起，通过科学、合理的管线设计来有效规避这一风险。具体而言，当向贮罐输送如汽油、柴油等易燃液体时，应避免采用自由降落这种容易导致静电大量产生的方式。相反，我们应推广使用插入液面之下的输送方式，这样可以使液体在进入贮罐时直接与罐内液

体接触，减少因摩擦而产生的静电。另外，沿容器壁缓慢下流也是一种有效的方法，它能显著降低液体流动速度，从而减少静电的生成。

然而，即使是最精心的设计也可能无法完全避免所有区域的静电积聚。对于这类无法避免静电积聚的地方，我们必须采取额外的预防措施。其中，设计并安装静电接地点是至关重要的。这些接地点能够将积聚的静电安全地导入大地，从而避免静电火花的产生。同时，为了确保接地的有效性，我们还应定期对这些接地点的电阻进行检测，确保其阻值在规定的安全范围内。

#### 4.5 加强防冻措施

在寒冷的季节或地区，管线中的介质如果温度低于其凝固点，很容易发生冷凝或结冰现象，这不仅会影响生产流程，还可能对管线造成损坏。因此，我们必须采取有效的防冻措施来应对这一问题。对于可能受到低温影响的管线，我们可以采用蒸汽或其他热源进行伴热或夹套加热。伴热是指通过外部热源对管线进行加热，以保持管线内介质的温度；而夹套加热则是在管线外部加设一层夹套，通过向夹套内注入热源来加热管线。这两种方法都能有效地防止冷凝和结冰现象的发生。

同时，在管线的设计阶段，我们还应充分考虑防冻的需求。具体来说，应尽量避免出现盲点或死点的配管设计，因为这些地方很容易积聚冷凝水或冰块，从而影响管线的正常运行。如果由于工艺需求或其他原因无法避免盲点或死点的出现，我们则应在这些位置加上倒淋装置，并定期对其进行伴热处理，以确保管线内的介质能够顺畅流动。通过这些全面而细致的防冻措施，我们可以有效地保障管线的安全稳定运行。

### 5 结论

综上所述，化工压力管道设计中的安全问题不容忽视，需要设计人员在设计过程中充分考虑各种因素，确保管道设计的安全性和可靠性。通过合理布置管道、科学选择材料、优化连接方式、防止静电积聚和加强防冻措施等对策，可以有效解决化工压力管道设计中存在的安全问题，为化工生产的安全运行提供有力保障。

#### 参考文献：

- [1] 彭翠君. 石油化工压力管道设计过程及要点的分析[J]. 化学工程与装备, 2023(05):181-183.
- [2] 柳斐斐. 化工压力管道设计中的安全问题研究[J]. 化工设计通讯, 2022,48(02):160-162.
- [3] 王永亮. 石油化工压力管道设计中相关安全问题分析[J]. 当代化工研究, 2024(20):109-111.