

# 压力管道设计中的安全隐患及优化措施

赵 钰 孟 楠 (东营市特种设备检验研究院, 山东 东营 257000)

**摘要:** 随着现代工业的发展, 压力管道在各种工业领域中的应用越来越广泛, 然而, 压力管道的设计、安装和使用过程中如果操作不符合规范, 就会引发各种安全事故。本文针对压力管道设计中的安全隐患进行了深入分析, 并提出了一些优化措施, 以此提高压力管道的安全性能, 减少事故发生的可能性。

**关键词:** 压力管道; 设计; 安全隐患; 优化措施

压力管道是一种广泛应用于工业和城市基础设施中的特种设备, 涉及多个领域, 如石油化工、医药、食品加工、电力等。由于其输送的介质通常具有高压、易燃、易爆等特性, 因此, 压力管道的设计和运行必须达到严格的安全标准。

近年来, 由于设计不当、使用不规范等原因, 压力管道事故时有发生, 给人民的生命财产安全带来了严重威胁。因此, 对压力管道设计中的安全隐患进行深入分析, 并提出相应的优化措施具有重要的现实意义。

## 1 压力管道设计中的安全隐患

### 1.1 静电接地中存在的隐患

如果在进行压力管道设计时, 没有对静电接地问题进行妥善处理, 可能会导致严重的后果。不正确的静电接地可能导致电荷积累, 从而引发电火花, 在易燃易爆的环境中, 这可能引发火灾或爆炸。当压力管道承担输送液体或气体的任务时, 在运输过程中, 运输介质在与管道内部的摩擦情况下会出现静电, 甚至可能会引发严重的爆炸事故, 不仅会使运营成本有所增加, 甚至还会威胁工作人员的生命财产安全<sup>[1]</sup>。

### 1.2 安全阀中存在安全隐患

安全阀是压力管道系统中的重要组成部分, 它的主要作用是在管道压力超过预设值时自动开启, 释放多余的压力, 以保护管道和相关设备的安全。然而, 如果安全阀的设计、安装或维护不当, 可能会导致其无法正常工作, 从而成为压力管道设计中的一个安全隐患。例如, 如果安全阀的开启压力设置不正确, 可能会在管道压力未达到危险值时就已经开启, 导致不必要的能源浪费和设备损坏。如果安全阀的排放能力不足, 可能会在管道压力超过预设值时无法有效释放多余的压力, 从而引发安全事故。此外, 如果安全阀的维护不当, 如长期不进行清洗、检查和维修, 可能会导致其出现堵塞、卡滞等问题, 影响其正常工作。

### 1.3 管道应力中存在安全隐患

压力管道设计中的安全隐患确实包括在管道应力作用下产生的安全隐患。在设计压力管道时, 应充分考虑材料的耐压性能、对环境的适应性和承载能力等因素, 否则会出现设计不合理的情况。例如, 设计时未考虑到管道的应力分布不均匀, 会导致管道局部出现过载情况, 形成安全隐患。此外, 安装问题也可能导致压力管道存在安全隐患。如果在安装过程中存在安装不规范、焊接不合格等问题, 将会导致管道在运行过程中出现爆管、漏水等安全事故。因此, 在压力管道的设计和安装过程中, 需要严格按照相关规范和标准进行操作, 以确保管道的安全运行。同时, 对于已经存在的压力管道, 应该定期进行安全检查和维修, 及时发现和处理存在的安全隐患, 以避免事故的发生<sup>[2]</sup>。

### 1.4 管道振动带来的安全隐患

压力管道设计中的另一个安全隐患是管道振动带来的。压力管道在运行过程中, 特别是在输送流体物质时, 可能会因为流体的性质和管道的结构等因素而产生振动。如果管道的振动过大, 可能会对管道本身和其支撑结构造成损害, 影响管道的使用安全。此外, 如果管道的振动频率与管道的固有频率相近或一致, 可能会引发共振现象, 使得管道的振动幅度进一步增大, 从而对管道的安全使用造成威胁。因此, 在压力管道设计时, 应充分考虑这些因素, 采取相应的措施来减少管道的振动。例如, 可以通过改变管道的结构、增加管道的刚性支承等方式来提高管道的稳定性, 避免共振现象的发生。同时, 在管道的使用过程中, 也需要定期检查管道的振动情况, 及时发现和处理存在的振动问题, 以确保压力管道的安全运行。

## 2 压力管道设计要注意的问题

### 2.1 确定压力管道工艺设计的参数

在对压力管道进行设计时, 需要结合设计要求确

定压力管道工艺设计的参数。首先，设计人员应该了解整个工艺流程，这是进行压力管道设计的基础，然后确认流量和流速，考虑管道的阻力对流量的影响。同时，还要根据工艺流程和设备参数，确定管道的设计压力和设计温度。此外，还要综合分析管道的布局 and 连接方式，以避免应力集中、热膨胀等问题的出现，并确保管道的安全性和可靠性。总之，在确定压力管道工艺设计的参数时，需要考虑多种因素，以确保管道的安全性和可靠性，并尽可能降低成本和减少能耗。

## 2.2 管道组成件的选择

为确保安全运行压力管道，在进行设计作业时，需要重视管道组成件的选择，这就要求设计人员综合考虑多方面的因素。首先，流体的性质决定了管道组成件的材料和结构形式，对于高温流体，可以选择能够承受高温的材料；对于腐蚀性流体，需要选择具有抗腐蚀性能的材料，如镍基合金、奥氏体不锈钢等。其次，要分析实际操作工况，以此为依据确定管道组成件的规格和型号。于大流量流体，需要选择大直径的管道；对于高工作压力，需要选择具有高承压能力的管件和阀门。此外，外部环境也会对管道组成件的安全性和可靠性产生影响。例如，在地震多发区，需要选择具有抗震性能的管道组成件；在建筑物中，需要选择不会受到建筑物变形影响的管道组成件。需要注意的是，在选择组成件时，需要充分考虑实际情况和经济性，在满足安全性和可靠性的前提下，需要选择经济合理的管道组成件，以降低成本<sup>[1]</sup>。

## 3 优化压力管道工艺设计的措施

### 3.1 减少静电

在压力管道设计中，静电是一种常见的安全隐患。静电的产生可能会导致电火花，引发火灾或爆炸等严重后果。因此，减少静电是优化压力管道工艺设计的重要措施。在设计管道时，设计人员要合理设计流速、流态和管道布局，避免出现液体和气体在管道中滞留、流速过快、流向突变等情况，以减少静电的产生。同时，还可以在管道系统中增加防静电措施，如防静电管道、防静电接地、防静电涂料等，可以有效地降低静电的产生和积累。对于易燃易爆的液体和气体，应该控制其输送速度和流速，避免产生静电。同时，应采用防爆型电气设备和防爆型管道材料，以防止电火花引发火灾或爆炸。另外，要定期对管道系统进行检查和维护，确保其正常运行和防静电措施的有效性。如果发现静电问题，应及时采取措施进行治理，以确

保可以减少静电的产生和积累，保障压力管道系统的安全运行。

### 3.2 注意安全阀设计

#### 3.2.1 做好安全阀的选型

安全阀是保障管道安全的重要设备，可以在管道发生破裂、堵塞或其他故障时，及时开启并释放管道内部的压力，从而防止管道爆裂、损坏和人身伤害等事故的发生。因此，做好安全阀的选型和设计非常关键。设计人员可以根据管道内的介质、压力、温度等参数，选择适合的安全阀类型。安全阀的开启压力要与管道系统的设计压力相匹配，并能够覆盖系统的峰值压力。开启压力过低会导致管道超压，开启压力过高则可能导致安全阀失效。此外，安全阀的排放能力要能满足管道系统在异常情况下的排放需求。如果排放能力不足，会导致管道内的压力无法得到有效释放，从而引发安全隐患。

#### 3.2.2 合理设置安全阀的位置

在压力管道工艺设计中，除了选择合适的安全阀类型外，合理设置安全阀的位置也是优化压力管道工艺设计的重要措施。在管道系统中，有些位置是特别关键的，如泵的出口、储罐的顶部等，在这些位置设置安全阀可以更有效地保障管道安全。在设置安全阀的位置时，要尽量避免管道的死角或弯曲处，以免阻碍安全阀的正常工作，并增加管道系统的安全隐患。此外，设计人员还要考虑安全阀排放的方向和范围，安全阀的排放方向不可以影响到周围的人员和设备，并应避免排放物对环境造成污染。同时，还要预留足够的空间，以便在需要维修或更换安全阀时能够方便地进行操作。最后，设计人员在设置安全阀的位置时，要在明显位置标明安全阀的类型、排放能力、工作压力等信息，以便操作人员能够正确地使用和维护安全阀。

#### 3.2.3 做好安全阀入口管的设计

安全阀入口管的直径和材质要与管道系统的要求相匹配，设计人员要根据管道系统的压力、温度和介质特性，选择合适的管径和材质，以确保安全阀入口管能够承受管道系统的压力和温度，并且不会受到介质的腐蚀和磨损。其次，安全阀入口管的连接部位应牢固可靠，避免出现泄漏或脱落等问题，可以采用焊接、法兰连接等方式，确保连接部位的强度和密封性能。此外，避免出现袋型的入口管，如果必须设计袋型的入口管，那么就需要同时增加连续排列设计，设

计保温措施对易凝物质进行保温处理,设计专门系统处理易燃有毒介质。

#### 3.2.4 做好安全阀出口管的设计

为了避免出现拐道压力过大的情况,在完成安全阀配管之后,需要核算阻力降。安全阀主要分为开式安全阀和闭式安全阀两大类,两者之间有着较大的差别,所以需要根据实际情况和公式进行核算。除此之外,设计人员还应该综合考虑安全阀出口管线支架的振动、自重和热胀冷缩等多项因素,以保证设计结果的精确性。

### 3.3 管道的应力设计

#### 3.3.1 合理选择支架支撑位置

支架支撑是保证管道稳定性的重要措施。合理选择支架支撑位置,可以避免管道因支撑不足而产生的弯曲、变形等问题。支架的位置应根据管道的走向和应力分析结果来确定,以确保支架能够有效地支撑管道,并避免管道在支架处产生过大的应力集中。其次,支架反力是支撑管道的重要因素。在选择支架位置时,需要考虑管道荷载和支架反力的关系,以确保支架能够承受管道的重量和其他外部载荷。对于一些需要限制管道位移或防止管道振动的部位,可以设置导向支架和限位支架,以增强管道的稳定性。此外,支架位置的选择还要考虑与设备接口和阀门的位置关系,以确保支架不会影响这些部件的正常操作和维修。

#### 3.3.2 管道采用柔性设计

管道的柔性设计主要是为了吸收和减缓管道端部的位移和振动,以防止管道与相邻设备之间的碰撞和摩擦。设计人员需要合理选择连接方式,也可以通过增加管道的弯曲半径,增加管道的柔性,吸收更多的位移。另外,波形管可以增加管道的柔性,吸收更多的位移和振动,这也是设计人员需要关注的重点。总的来说,通过优化压力管道的柔性设计,可以大大降低管道的安全隐患,提高系统的稳定性和可靠性。

#### 3.3.3 合理使用弹簧支架

弹簧支架在压力管道设计中起着重要的作用,它可以为管道提供必要的支撑,并吸收由于温度变化、振动等引起的位移。在选择弹簧支架的时候,设计人员要根据具体的应用和环境条件,选择适合的弹簧支架类型,可以根据管道的重量、运行压力、温度等参数来选择合适的弹簧类型。然后在关键部位或可能存在位移的部位设置弹簧支架,可以在管道的弯曲部分或分支部分,以及受到设备推力的部位。另外,要对

弹簧支架进行定期的检查和维护,以确保其正常运转,如果发现存在异常或损坏,就要立即进行维修或更换。在一些特殊情况下,可能需要考虑其他的支撑方式来替代弹簧支架。例如,对于大型或重要的管道系统,可能需要采用更稳定的支撑结构。合理使用弹簧支架可以显著降低管道系统的安全隐患,并提高其稳定性和可靠性。同时,还需要结合实际情况进行详细设计和操作,以确保压力管道的安全运行。

#### 3.3.4 注意应力分析软件的应用

应力分析软件是一种基于数值模拟技术的工具,可用于对压力管道的应力分布、变形等进行精确分析,为管道的优化设计和安全评估提供依据。Auto Pipe、Pipe Net 等都是有用的计算软件,可以根据实际管道结构和载荷条件,建立精确的数值模型,设定模型的边界条件,对模型进行精细的网格划分,以便获得更精确的数值解。还可以根据计算结果,对管道的安全性进行评估,找出潜在的安全隐患,提出优化建议,有效避免潜在的安全隐患,保障工业生产和人身安全。

### 3.4 管道的减振设计

对管道进行减振设计是对管道进行优化设计的关键,设计人员可以通过缩短管道长度或扩大管道直径,提高管道系统的刚度、固有频率及共振的简谐阶次,从而避免共振。其次,支承刚度是影响管道固有频率的重要因素。支承刚度越高,管系的固有频率值越高,反之则固有频率值越低。因此,支承的结构应做成刚度大而质量要小,管道和支承间力求采用刚性连接。一般可采用增加支承点、加固支承或在管路上附加质量的方法,改变管道的固有频率,使其远离激振频率。

## 4 结束语

压力管道的安全运行关系到人民的生命财产安全和社会的稳定发展。通过对压力管道设计中安全隐患的分析和优化措施的探讨,我们可以从设计、施工、监管等多个方面入手,加强安全管理,提高压力管道的安全性能和使用寿命。同时,政府、企业和研究机构应共同努力,推动压力管道安全领域的进步与发展。

### 参考文献:

- [1] 俞正荣. 压力管道设计安装若干问题研究 [J]. 建材发展导向, 2023, 21(16): 121-124.
- [2] 计美佳. 压力管道在工艺设计中存在的安全隐患及预防措施 [J]. 天津化工, 2023, 37(02): 141-143.
- [3] 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.