

管道系统的安全泄放装置设计与计算

张霜晴

扬子石化-巴斯夫有限责任公司，江苏南京

摘要：本文探讨了管道系统中安全泄放装置的设计与计算过程。首先概述了泄放装置在管道系统中的关键角色及其设计与计算的基本原则。接着，详细分析了常见的安全泄放装置类型及在选择泄放装置时需要考虑的因素。文章进一步阐述了泄放量的基本计算方法，并探讨了影响泄放量的各种因素。在设计部分，我们讨论了泄放装置的安装位置与布局、规格与参数选择，以及设计中必须遵循的法规与标准。此外，还探讨了泄放装置与管道系统的协调配合，以及与其他安全设备的集成。

关键词：管道系统；安全泄放装置；设计；计算

Design and Calculation of Safety Vent Device for Pipeline System

Shuangqing Zhang

BASF-YPC Company Limited, Nanjing, Jiangsu

Abstract: This paper explores the design and calculation processes of safety relief devices in pipeline systems. It begins by outlining the critical role of relief devices in pipeline systems and the fundamental principles governing their design and calculation. The text then provides a detailed analysis of common types of safety relief devices and factors to consider during selection. The article further elaborates on the basic calculation methods for relief capacity and examines various influencing factors. In the design section, we discuss installation positioning and layout, specification selection, and regulatory compliance requirements for relief devices. Additionally, the paper explores the coordination between relief devices and pipeline systems, as well as their integration with other safety equipment.

Keywords: Pipeline system; Safety vent device; Design; Calculation

1 引言

在现代化工业进程中，管道系统作为输送各类介质的关键设施，其安全性与稳定性至关重要。安全泄放装置作为管道系统中的重要组成部分，能够在系统压力超过设定值时及时泄放压力，防止管道破裂或设备损坏，从而保障整个系统的安全运行。本文旨在深入探讨管道系统中安全泄放装置的设计与计算过程，为相关领域提供有益的参考。

1.1 泄放装置在管道系统中的角色

泄放装置作为管道系统的重要组成部分，其主要角色在于确保系统的安全运行。在管道系统内部压力异常升高时，泄放装置能够迅速响应，通过释放多余的压力来防止系统爆炸或损坏。它们不仅起到了压力控制的作用，还是防止事故发生的关键安全屏障。此外，泄放装置还能在系统维护或故障排查过程中，提供必要的压力释放通道，保障操作人员的安全。因此，合理设计和选择泄放装置，对于提升管道系统的整体安全性和可靠性至关重要。

1.2 设计与计算的基本原则

在管道系统设计中，安全泄放装置起着至关重要的作用，它能够保护管道系统免受超压损坏，同时确保人员和环境的安全。设计与计算的基本原则要求我们首先确保泄放装置的效率和可靠性。例如，泄放量的计算必须准确无误，以保证在系统压力超过设定值时，能够及时、完全地排放多余介质。这通常涉及到伯努利方程和流体动力学的复杂计算，以预测不同工况下的泄放速率。同时，设计时要考虑设备的耐腐蚀性、耐高温或低温性能，以及在连续或间歇泄放条件下的耐用性。例如，选择适合输送介质特性的材料，如不锈钢用于抗腐蚀，或者特殊合金用于高温环境。此外，设计过程中还需考虑泄放装置的安装位置与方向，确保其能够有效地响应系统压力的变化。安装位置的选择需避免对管道系统的正常运行造成干扰，同时也要便于日常的维护和检查。设计时应遵循相关标准和行业规范，确保泄放装置的性能和安全性达到规定要求。

此外，还需考虑泄放装置与管道系统其他部分的兼容性，以确保整个系统的协调运行。

2 泄放装置类型与选择

2.1 常见的安全泄放装置

在管道系统中，安全泄放装置扮演着至关重要的角色，它们能够有效地保护管道系统免受过压或超温等危险情况的影响，确保设备和人员的安全。在设计及计算过程中，应遵循预防为主、保护全面的原则，确保泄放装置在紧急情况下的及时、有效动作。

常见的安全泄放装置包括爆破片、安全阀和自动泄放阀等[1,2]。爆破片是一种非重闭式装置，当管道内压力超过设定值时，爆破片会破裂泄压，但不适用于需要连续运行或防止介质泄漏的系统。安全阀则是一种可重闭式的设备，它在压力恢复正常后能自动关闭，广泛应用于各种工业气体和液体的储罐及管道中[3]。自动泄放阀则通过感应系统内的压力或温度变化来自动开启和关闭，常用于防止系统超压或超温。

选择泄放装置时，需要考虑管道系统的操作条件、介质性质、预期泄放频率以及环境法规要求等多方面因素。例如，天然气管道可能需要选择防爆型的安全阀，而化学工艺管道可能需要能够抵抗腐蚀的特殊材料制成的泄放装置。

2.2 选择泄放装置的考虑因素

在选择管道系统中的安全泄放装置时，需综合考虑多个关键因素以确保系统的安全性和效率[4]。首先，必须评估潜在泄放物的性质，如是可燃、有毒还是腐蚀性介质，这将直接影响装置的材料选择和设计。例如，处理可燃气体时，可能需要选择防爆型泄放阀，以防止火花引发的爆炸。其次，要考虑系统的操作条件，如正常和异常工况下的压力和温度变化，这将决定泄放装置的额定工作参数。再者，设备的处理能力与系统的泄放量需求应匹配，以确保在超压时能快速、有效地泄放，防止设备损坏或环境污染。此外，安装位置的限制、维护便捷性以及与周围环境的安全距离也是选择时不可忽视

的因素。在实际工程应用中, 这些因素的综合分析往往需要借助专业的设计工具和模拟软件, 以确保所选泄放装置能够满足特定管道系统的安全需求。

3 泄放量计算

3.1 基本计算方法

在进行管道系统安全泄放装置的设计与计算时, 基本计算方法是至关重要的。它通常基于一系列物理定律和工程原理, 包括流体力学、热力学以及材料力学等。首先, 需明确系统的初始条件, 如初始压力、温度以及介质的物性参数。随后, 利用能量守恒方程或质量守恒方程来预测在泄放过程中系统的状态变化。这些方程将帮助我们确定在特定条件下, 系统能够释放多少能量或物质, 从而选择合适的泄放装置尺寸和类型。此外, 还需考虑泄放过程中的动态效应, 如流体的压缩性、摩擦损失以及泄放阀的开启特性等, 这些因素都可能对计算结果产生影响。因此, 在进行基本计算时, 应尽可能采用精确的模型和算法, 并结合实际工程经验进行修正, 以确保结果的准确性和可靠性。

3.2 影响泄放量的因素

在管道系统安全设计中, 泄放量的计算至关重要, 因为它直接决定了泄放装置的性能和系统安全。影响泄放量的因素多种多样, 包括但不限于以下几个关键点:

1. 管道系统的材质与尺寸: 管道的内径、壁厚以及材质的物理特性都会影响到流体的泄放速度和量。例如, 使用具有更高内摩擦阻力的材料可能会显著降低泄放速率。

2. 流体性质: 流体的粘度、密度以及是否含有颗粒或杂质, 都会影响到泄放量的计算。例如, 高粘度流体可能需要更大的泄放口来维持相同的泄放速率。

3. 工作压力与温度: 系统的工作压力和温度直接影响到流体的体积和状态, 进而影响泄放量。例如, 根据理想气体定律, 压力或温度的增加会导致气体体积的增加, 可能需要更大的泄放能力。

4. 泄放阀的特性: 泄放阀的开启压力设定、流

量系数和响应时间等参数直接影响泄放量。一个快速响应的泄放阀可以在压力超过设定点时迅速开启, 减少过量泄放的可能性。

5. 系统动态响应: 在实际操作中, 系统压力的上升或下降可能不是线性的, 这需要考虑泄放装置的动态性能, 以确保在压力峰值时能够有效泄放。

在进行泄放量计算时, 工程师通常会使用仿真软件, 结合伯努利方程和流体动力学模型, 考虑上述因素的综合影响, 以精确预测和设计泄放装置的性能。此外, 实际工程案例中, 还会参考历史数据或类似系统的运行经验, 以确保设计的合理性和安全性。

4 泄放装置设计

4.1 安装位置与布局

在管道系统安全泄放设计中, 安装位置与布局是至关重要的环节。正确的布局可以确保在发生过压或异常情况时, 泄放装置能够有效地工作, 减少对设备和环境的损害。例如, 泄放装置应避免安装在人员频繁活动的区域, 以防止意外泄漏对人员安全构成威胁。同时, 根据管道的走向和压力变化的特性, 可能需要在系统的多个点设置泄放点, 以实现更均衡的泄压效果。此外, 考虑管道的局部特征, 如弯头、阀门或缩径处, 这些位置可能会导致压力波动或积聚, 因此泄放装置可能需要特别针对这些区域进行优化布置。

安装位置的选择还应考虑到泄放后介质的处理, 如设置收集设施或排放至安全区域。例如, 如果管道中传输的是有害或易燃物质, 泄放装置应连接到适当的捕集系统, 以防止泄漏物质扩散到环境中。这种设计方法体现了“预防优于治疗”的原则, 将潜在的事故影响降至最低。在实际工厂布局中, 可能还需要与工厂的其他设施协调, 如确保泄放管道的布置不影响消防通道或应急设备的使用。

在选择安装位置时, 还应考虑泄放装置的可维护性和可达性。例如, 应确保泄放装置易于接近, 以便进行定期检查和维修。这包括检查泄放装置是否处于良好工作状态, 以及是否需要清洁或更换部件。此外, 对于大型或重型泄放装置, 应考虑提供

适当的支撑结构，以确保其在长期运行中的稳定性和可靠性。在安装布局方面，还应考虑泄放装置与管道系统之间的连接方式和密封性。连接处应采用合适的密封材料和技术，以防止泄漏。同时，对于高温或高压环境下的泄放装置，还应考虑采用特殊材料和设计，以确保其在极端条件下的安全性和可靠性。最后，在安装位置与布局的设计过程中，还应充分考虑到未来可能的系统扩展或改造需求。这包括预留足够的空间和接口，以便在需要时添加额外的泄放装置或调整现有布局。这种前瞻性设计有助于确保管道系统安全泄放装置的长期有效性和适应性。

4.2 泄放装置的规格与参数

在设计管道系统安全泄放时，泄放装置的规格与参数是至关重要的考虑因素。这些参数直接决定了装置的性能和效率，确保在系统压力异常升高时能够快速、安全地排放过量流体，防止设备损坏或潜在的爆炸风险。同时，泄放装置的容量需要根据最大可能的泄放速率来确定，这可能涉及到复杂的流体动力学计算。此外，泄放装置的材质选择也需考虑流体的化学性质，以防止化学反应导致材料腐蚀或性能退化。例如，处理腐蚀性介质时，可能需要采用不锈钢或特殊合金材料。尺寸方面，泄放口的直径将直接影响泄放效率，过小可能导致压力积聚，过大则可能影响系统的正常运行。

泄放装置的工作压力范围同样是一个关键参数，它必须与系统正常操作压力和最大允许工作压力相匹配。若装置的工作压力范围设置不当，可能会导致装置在压力异常时无法及时响应或过早动作，影响系统的稳定性和安全性。除了工作压力范围，泄放装置的温度承受能力也是设计中不可忽视的因素。在高温或低温环境下，泄放装置的材料和密封件可能会受到影响，导致性能下降或失效。因此，在选择泄放装置时，必须确保其能够耐受系统操作温度范围内的极端条件。此外，泄放装置的开启和关闭特性，包括开启压力和关闭压力，也是设计中的重要参数。这些特性决定了装置对压力变化的响应速度和准确性，对于保护系统免受超压损害

至关重要。

4.3 设计中的法规与标准遵循

在管道系统安全泄放装置的设计过程中，严格遵守相关的法规与标准至关重要。这些法规和标准旨在确保泄放装置的有效性、可靠性和安全性，以保护人员和设备免受潜在危险。设计时，必须参考国家和国际上的相关规范[5]。此外，还需考虑行业特定的规定，如石化、化工等行业的安全规程。遵循这些法规和标准不仅有助于避免设计缺陷，还能确保泄放装置在紧急情况下能够正确、迅速地响应，从而保障整体系统的安全性。因此，在设计的第一步中，都应仔细审查并确认是否符合所有适用的法规与标准要求。

5 安全系统集成

5.1 泄放装置与管道系统的协调

在管道系统设计中，安全泄放装置与管道系统的协调至关重要，因为这直接关系到系统的安全运行和故障时的保护效果。泄放装置，如安全阀、爆破片或组合型泄放系统，必须能够根据管道内的压力和流体特性快速、有效地动作。例如，当管道内压力超过设定值时，泄放装置应能立即开启，以防止管道破裂或爆炸等严重事故的发生。设计时，需要考虑管道的直径、长度、材质以及流体的物理性质来确定泄放装置的响应速度和泄放能力。

此外，泄放装置的安装位置也需精心规划，以确保在紧急情况下，流体能够迅速、顺畅地通过泄放装置，避免局部压力过大。对于复杂的管道系统，可能还需要采用多个泄放装置，并合理分布在整个系统中，以实现全面的保护。同时，泄放装置与管道系统的连接部分也需特别注意，必须确保连接牢固、密封可靠，以防止泄漏或误动作。通过这些细致的协调工作，可以大大提高管道系统的安全性和可靠性。

5.2 与其他安全设备的配合

在设计管道系统安全泄放时，与泄放装置配合的其他安全设备的整合是至关重要的。例如，安全

阀与爆破片常被用作互补的保护措施，以确保在多种故障情况下系统的稳定性。安全阀能够自动调整以维持设定的压力上限，而爆破片则作为最后的防线，当压力超过预设极限时提供非重闭合的泄放路径。这种组合使用方式需要精确的设定点和协调，以避免设备间的相互干扰。此外，考虑到管道系统可能涉及的高温或低温介质，热防护设备如隔热层和冷凝器也需要与泄放装置协同工作。例如，如果泄放的蒸汽可能对周围环境或设备造成危害，适当的冷凝措施可以减少蒸汽排放量，降低潜在风险。在实际工程中，可能需要通过模拟分析工具进行热流体动态模拟，以优化这些设备的配合效果。

6 结语

随着工业技术的不断进步和安全意识的增强，管道系统的安全泄放装置设计与计算已成为确保工业设施安全稳定运行的关键环节。本文探讨了泄放装置在管道系统中的作用、设计与计算的基本原则、泄放装置的类型与选择、泄放量的计算方法、

泄放装置的具体设计以及安全系统集成等方面的内容。通过深入分析，我们认识到在设计管道系统安全泄放时，必须综合考虑各种因素，确保泄放装置能够有效、可靠地工作。未来，随着工业4.0和智能制造的发展，管道系统的安全泄放装置设计与计算将面临更多挑战和机遇。我们需要不断探索新的技术和方法，提高泄放装置的智能化水平，实现更加精准、高效的安全泄放。

参考文献

- [1]王薇. 化工设计中常用的安全泄放装置[J]. 化工管理, 2020, 12 (10): 154-155.
- [2]张丽. 化工设计中常用安全泄放装置[J]. 化工设计通讯, 2020, 46 (08): 223-224.
- [3]徐勇. 化工设计中的常用安全泄放装置[J]. 化工设计通讯, 2020, 46 (11): 245-246.
- [4]范芸珠. 化工设计中安全装置的设计与选用[J]. 化工管理, 2021, 13 (36): 167-168.
- [5]崔保林, 任晓珍. 化工设计中常用安全泄放装置探析[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2020, 40 (16): 189-190.

